

执行摘要

Runge Pincock Minarco

CMOC Mining Pty. Ltd.
Suite 2001, Goldfields House
1 Alfred Street
Sydney 2000, NSW Australia

Runge, Inc. dba
RungePincockMinarco
6251 Greenwood Plaza
Blvd., Suite 275

Greenwood Village,
CO 80111

二零一六年九月八日

关于: 合格人士报告

+1 303 986 6950

尊敬的先生:

洛阳栾川钼业集团股份有限公司有限公司 (HK: 3993) (简称「CMOC」或「客户」)委托隆格有限公司(以 RungePincockMinarco 品牌交易,简称 RPM)对 Tenke Fungurume 项目(简称: 项目)进行独立技术审核工作和编制合格人士报告(根据香港上市规则第 18 章或称「上市规则」所定义)。项目目前 56%由 Freeport-McMorRan(简称「公司 Freeport-McMorRan」)持有和运营。该项目位于刚果民主共和国,是世界一流的运作的铜矿床。客户已同意通过有条件地购买项目间接持有公司的已发行股票收购项目股份。

独立技术专家报告的过程和结论以合格人士报告呈现,合格人士报告将包含在按香港上市规则第 18 章关于交易的客户通函中。矿产资源量和储量(附录 B 所定义的)已按照联合矿石储量委员会(「JORC」)编制的《澳洲矿产勘探结果、矿产资源量及矿石储量的报告规则》(2012 年版)报告。

RPM 的技术专家团队由国际合格人士,国际高级咨询师,主任采矿工程师和高级地质师组成。RPM 的香港合格人士负责编撰或监督报告的编写,以及这里所陈述的 JORC 矿产资源量和矿石储量。团队的资质和经验详列在附录 A 中。

团队对项目矿山所在地及地上运营进行了考察以熟悉项目特征。项目考察是在 2016 年 4 月 4 日至 6 日。成员有 Esteban Acuña 先生, John Uhrie 博士和 Tim Swendseid 先生; Terry Brown 博士 6 月 6 日至 8 日进行了考察。项目考察期间,团队考察了矿山、选矿厂、尾矿储存设施、社区和进行了项目区的总体考察。考察也获得了对项目状态的更好了解。考察期间,团队就有关问题与公司技术公员对技术层面的问题进行了广泛讨论。公司人员在促进 RPM 工作时是合作的和坦诚的。

除了产生独立的 JORC 矿产资源量和矿产储量所承担工作外,合格人士报告使用公司现场和其他办公室提供的资料或来自其他组织所作的、隶属于公司或其子公司资产的报告。由 RPM 独立进行资源量和储量估算所依赖的资料主要由客户和矿业公司编写,继之以 RPM 的审核和尽可能核实。技术报告提供的信息截止于二零一六年九月八日。客户或矿业公司对支持资料、设计或预测未告知 RPM 自资产考察之日起有何实质性的变化或可能引起的任何实质性变化。

项目概述

- 项目是正在运作的世界级的铜-钴项目，项目位于民主刚果共和国加丹加省，卢本巴希市北约 175 公里处。从卢本巴希经快速路和和津巴布韦国道可方便到达。
- 项目含有许多采矿和探矿特许权证，并由一系列沉积生成的铜-钴矿床组成。这部份矿床形成著名的中非大铜矿带的组成部分。项目含有 15 个查明的赋存良好的矿化带，是刚果最大的铜矿，并组成全球含铜资源量最大项目之一。区域构造迭加形成矿化带呈聚束半连续状，但沿走向和倾向有大规模矿化体，厚度在资源量区达 5 至 10 米。
- 自二零零八年试运行以来，该项目运转良好，所有采矿作业均通过传统露天采矿法进行，专注于开采近地面氧化矿。矿业公司将采用搅拌浸析、溶剂萃取及电解冶金法（「湿法冶炼」）的加工厂逐步升级，目前实现 5.4 百万吨 / 年（「百万吨 / 年」）处理量。该项目在产出含铜约 99.9% 及含钴约 38% 的氢氧化精矿的同时，亦产生阴极铜产品。两种产品均通过卡车由加工厂经赞比亚运送至位于坦桑尼亚的海港。铜产品其后销往全球各地的客户，而钴产品则内销至 Freeport 位于芬兰的钴精炼厂。
- 除露天采矿及地表加工厂以及办公室基础设施外，该区及当地拥有的大量基础设施为运营及预期生产要求提供了支持。RPM 对区域及当地基础设施进行的审核表明，该区拥有适当的交通运输条件，可将经营资产与当地及国际市场连接，既可供应耗材，又能将产品运往市场。该项目毗邻多条优质公路（ 2-2），优质水源，所有员工居住在现场两处专属生活区内。该项目已与该区国有供电公司 Societe Nationale d'Electricite (SNEL) 订立长期协议供应电力，然而，因供电紧张而影响生产在刚果民主共和国属常见。（详情见后）

矿产资源量和矿石储量估算

- 原生铜及钴矿物成分主要为辉铜矿、黄铜矿、斑铜矿及硫铜钴矿。氧化导致全面蚀变，产生孔雀石、假孔雀石、硅孔雀石（水化硅酸铜）及水钴矿。Tenke 及 Fungurume 的氧化基介于 75 至 125 米。部分区域有发展良好的淋滤带，淋滤带发展而成的铜品位一般为周边氧化物的三至四倍。黑色氧化物及氧化铁可能是该区域低铜及酸铜的原因。氧化带通过一个混合带（氧化物和硫化物）达至被称作硫化带的原生岩石。
- 对钴探及取样程序的审阅表明，二零零六年后已采用国际标准惯例，RPM 并无发现任何重大问题。自二零零九年起的质量保证 / 质量控制样本均表明精度和准确度处于适当水平，可确保矿业公司及主要实验室采用的样本制备方法可靠。RPM 亦注意到，资源估算使用的 90% 以上样本来自二零零六年后的钴探，因此，RPM 认为，支持资源量估算的数据不存在重大样本偏差，可代表所取样的样本。此外，2006 前大部分钻孔接近地表区域，有关区域已采空，因此对未来生产并无重大影响。因此，RPM 认为支持资源量估算的资料没有重大样品误差，代表所采样品。
- 在项目内为不同的资源量创立了 19 个块体模型。由 RPM 独立估算的矿产资源量结果列在如下矿产资源量报表（**表 1**）中。该表乃根据二零一二年 JORC 规则的规定及联交所上市规则第 18 章的申报准则呈报。因此，矿产资源量报表适合向公众呈报。**表 7-2** 所示及图 7-2 及图 7-3 所呈现的矿产资源量报表包括第 8 节所列报的矿石储量。RPM 注意到，**表 1** 和 **表 2** 以及 **图 1** 的矿产资源量包含 **表 3** 中所列的矿石储量。

RPM 提请注意：.

- TCu/TCo—指材料中包含的总铜 / 钴。这包括总数，计入作为 AsCu/AsCo（见下文）。
- AsCu/AsCo—指可溶于酸的 Cu/Co 品位。这对氧化矿材料使用的浸析加工至关重要。AsCu 与 TCu 之间的差别未透过浸析收回。

表 1 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 露天矿产资源量报表

类型	分类	数量 (吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	酸可溶 性铜 (%)	酸可溶 性钴 (%)	全铜金属量 (磅)	全钴金属量 (磅)
堆浸覆 盖层	确定的	0.8	0.8	0.54	0.5	0.47	15.0	9.8
	标示的	1.1	0.7	0.56	0.4	0.48	15.3	13.1
	推测的	0.7	0.4	0.49	0.3	0.42	6.3	7.8
	小计	2.6	0.6	0.53	0.4	0.46	36.6	30.8
氧化	确定的	115	3	0.31	2.7	0.24	7,615.6	785.6
	标示的	114.3	2.6	0.27	2.3	0.21	6,458.9	676.8
	推测的	31.1	2.9	0.19	1.9	0.16	1,503.8	131.7
	小计	260.4	2.7	0.28	2.4	0.22	15,578.3	1,594.2
混合	确定的	42.3	3.4	0.28	1.6	0.17	3,151.0	264.8
	标示的	69.8	2.9	0.25	1.4	0.15	4,512.8	383.5
	推测的	22	2.2	0.23	1.1	0.13	1,077.0	113.6
	小计	134.1	3	0.26	1.4	0.15	8,740.7	761.9
硫化物	确定的	13	4.3	0.28	0.7	0.11	1,239.8	80.8
	标示的	20.5	3.5	0.21	0.6	0.07	1,560.9	92.6
	推测的	10.5	2.8	0.15	0.3	0.03	653.9	34.9
	小计	43.9	3.6	0.22	0.6	0.07	3,454.7	208.4

表 2 - 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 地下矿产资源量报表。

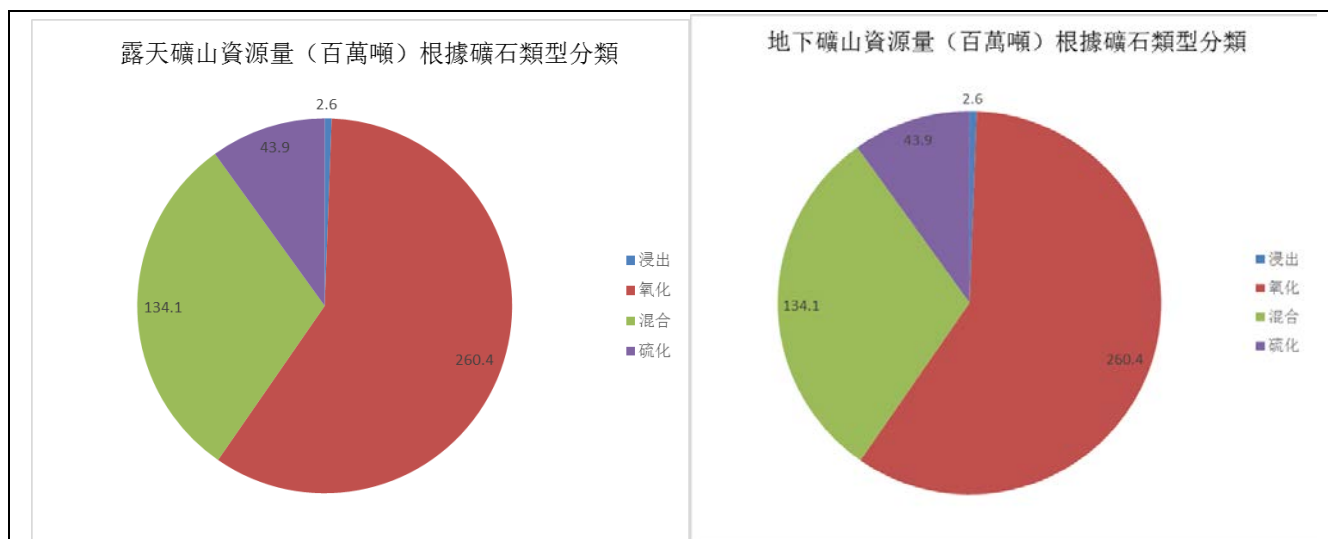
类型	分类	数量 (吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	酸可溶 性铜 (%)	酸可溶 性钴 (%)	全铜金属量 (百万磅)	全钴金属量 (百万磅)
氧化	确定的	3.7	3.0	0.34	2.64	0.25	240.1	27.2
	标示的	26.4	3.0	0.29	2.68	0.22	1,770.9	170.6
	推测的	13.2	3.2	0.28	2.78	0.19	917.0	79.9
	小计	43.3	3.1	0.29	2.71	0.22	2,928.0	277.8
混合	确定的	5.8	3.4	0.2	1.71	0.12	436.2	25.4
	标示的	59.3	3.2	0.26	1.52	0.15	4,175.8	340.1
	推测的	155.9	3.0	0.3	1.43	0.16	10,413.6	1,016.3
	小计	221	3.1	0.28	1.46	0.16	15,025.6	1,381.9
硫化物	确定的	1.0	3.2	0.31	0.6	0.06	67.7	6.4
	标示的	25.4	2.9	0.22	0.8	0.04	1,644.1	125.6
	推测的	91.8	3.0	0.25	0.8	0.05	6,081.6	506.5
	小计	118.2	3.0	0.25	0.8	0.05	7,793.5	638.5

附注:

1. JORC 矿产资源量报表表 7-2 及表 7-3 在 Esteban Acuña 先生的监督下编制而成，彼为 RPM 之全职雇员，并为智利采矿协会注册会员。Acuña 先生具有与相关矿化的样式及矿床类型以及其为符合 JORC 规则界定的合格人士资格所进行的活动有关的充足经验。
2. 上表列报的所有矿产资源量数字为零一六年三月三十一日之估算值。矿产资源量估算并非精确的计算，其依赖于对矿点的位置、形态、连续性等有限资料的诠释以及所能获得的取样结果。上表所载合计数字已经约整，以反映估算之相对不确定性。约整可能导致若干计算差异。
3. 矿产资源量乃根据澳大拉西亚勘探结果、矿产资源量及矿石储量之报告规则（联合矿石储量委员会规则—JORC 二零一二年版）列报。

除原地矿产资源量外，原矿料上有合共 46.2 百万吨的 1.3% TCu、1.2% AsCu、0.31% TCo 及 0.26% AsCo，并被定义为确定的资源量。材料基于测量控制、卡车数及品位控制数据进行。

图 1 JORC 估算资源量图示（2016 年 3 月 31 日）



- 由于酸消耗差别导致加工成本存在较大差别，资源量模型矿块的边界品位均基于每个独立矿块的利润。利润基于铜及钴品位、酸消耗、冶金回收率、采矿及加工成本，使用矿石储量估算中使用的参数及地下研究计算，价格除外（如下文所述）。利润超过或等于零的所有矿块如具有最终经济开采的合理前景，则被视为具有合理前景。
- 露天采矿区域矿产资源量报告受地形及矿坑约束，它的产生由确定的、标示的及推测的资源量并按铜价 3.25 美元 / 磅及钴价 11.76 美元 / 磅生成。RPM 强调基于开发浮选和焙烧流程而对混合矿和硫化矿进行了测试工作，其回收率和成本概述在**第 10 节**。因此 RPM 认为每一矿块的混合矿石和硫化矿石在将来有着利用低回收率经济开采的合理期望。在报告地下矿产资源量时，RPM 利用了相似的收入现金流，使用成本 52 美元/吨，详见**第 10 节**进一步参考。
- 地质解释模型由一系列 3D 实体模型组成，由隐含模型生成。隐含模型是用于解释岩石类型，以便根据块体体积估算金属含量。因此，这一方法并不把矿石损失或贫化包含进矿块估算中。
- 项目的独立矿石储量陈述由 RPM 按照 JORC 准则估算至 2016 年 3 月 31 日，RPM 在审核项目地点后确定适合的技术参数和至少预可行性研究水平所含的技术信息用于储量估算。所考虑的进一步信息包括矿山寿命期的矿山计划，采矿方法，预测的选矿厂回收率和尾矿储存设施能力。矿石储量是从项目范围内确定的和标示的资源量中推导出来的。

- 该项目的证实及可信 JORC 矿石储量估算概述于表 3 及以图表形式列示于图 2。但是更多的细节在附录 C 中提供，以示各矿坑数量。呈报的 JORC 矿石储量估算已计入表 1 呈报的确定及标示矿产资源量。RPM 估算矿石储量约 183.1 百万吨，平均品位 2.6 % Cu 及 0.31% Co，包括 125.8 百万吨证实矿石储量及 57.3 百万吨可信矿石储量。

表 3 - 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 地下矿产资源量报表

区域	数量 (吨)	全铜 (%)	酸可溶性铜 (%)	全钴 (%)	钴酸可溶性 (%)	全铜 (百万磅)	全钴 (百万磅)
露天矿							
「证实的」储量	79.7	3.20	2.84	0.32	0.25	5,616.0	567.1
「可信的」储量	57.3	2.74	2.44	0.30	0.24	3,457.3	372.5
小计	136.9	3.01	2.67	0.31	0.25	9,073.3	939.6
矿石堆							
「证实的」储量	46.2	1.3	1.2	0.31	0.26	1,328.2	314.9
「可信的」储量							
小计	46.2	1.3	1.2	0.31	0.26	1,328.2	314.9
整合							
「证实的」储量	125.8	2.5	2.2	0.32	0.26	6,944.2	882.0
「可信的」储量	57.3	2.7	2.4	0.30	0.24	3,457.3	372.5
累计	183.1	2.6	2.3	0.31	0.25	10,401.5	1,254.4

附注：

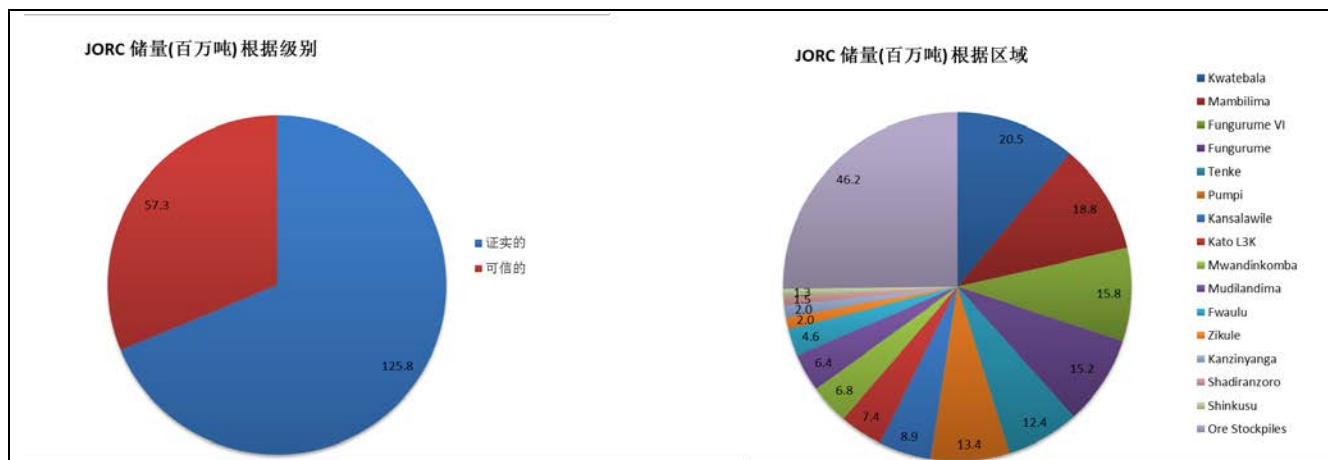
- JORC 矿石储量报表在 Rondinelli Sousa 先生的监督下编制，彼为 RPM 的全职高级采矿工程师，并为美国采矿、冶金及勘探协会会员。Sousa 先生具有与相关矿化样式及矿床类型以及其为符合 JORC 规则界定的合格人士资格有关的充足经验。
- 吨指公吨
- 铜价：2.75 美元 / 磅，钴价：10.00 美元 / 磅
- 矿石料堆包括于二零一六年三月底的在制品料堆余额
- 所报告数字已取整，可能会导致细微的制表误差。矿石储量乃根据 JORC 规则二零一二年版估算。

由于矿块根据其内在的收入及成本价值定义为矿石或废料，RPM 已使用现金流法进行矿井优化。在现金流法中，矿石材料透过比较将特定矿块加工成矿石或作为废料开采将产生的现金流而界定。如加工矿块产生的现金流高于 0 美元，则矿块报告为矿石，否则作为废料处理。本分析中已包括运输成本。

在简单情况下（即只存在一种加工方法，且加工成本并非基于影响边界品位计算的数学式），按现金流进行矿石选择产生的结果将与使用边界品位进行产生的结果相同。Tenke 项目的情况并非如此。

与 Tenke 项目相关的加工成本与矿块耗酸量存在极大关系，而耗酸量乃基于铜、钴及钙的浓度依据数学表达式估算。此外，尽管锰浓度并未用于估计耗酸量，但其对选厂的氧化钙消耗具有影响。RPM 认为，按该结果现金流法为界定优化矿井内可开采数量的最合适方法。

图 2 JORC 最终境界和矿石堆场估算储量图示



勘查潜力

该项目具有悠久的系统性勘探历史，包括地质测绘、地球物理及地球化学测量，以及大量的地面金刚石钻探。有关工作在过去 100 年由无数代人进行。主要重点一直是大批露头的低酸耗高品位氧化矿矿床（可据此估算矿产资源量-矿石储量）。该等已界定氧化矿资源深处的硫化矿延伸已勘探并在大部分区域界定为资源，但该区域的勘探潜力被认为优异。

RPM 认为，在特许开采区内含有许多靶区，这些靶区含有增加资源量基础、对选厂供矿和增加矿山寿命的机会，这些包括：

- **推测材料：**在该项目现有最终矿井设计中，已报告合共约 10 百万吨「推测」材料。这在 Mudilandima 矿床中尤其普遍，该等储备井中有 3.4 百万吨推测的岩矿。该岩矿未计入矿石储量估算。
- **氧化矿区域勘探目标：**矿业公司已在已知矿化带周边进行勘探。公司在已定义的资源量区域周边设计了勘探工程，另外在南部和 Zikule 项目南翼，定义了新的勘探靶区，即：Kamalondo South、Kansalawile South、Kafufya、Mukanzila、Kachimilambe、Kakapidi、Zakeo。但现时对该等区域的钻探显示铜品位较低。但勘查有限和已经界定氧化矿化。
- **Dipeta 向斜中的硫化矿：**RPM 意识到，Dipeta 向斜整个延伸中存在重大的硫化矿潜力，而该地质连续结构只有少部分已被评估 Dipeta 向斜的矿块模型涵盖整个结构 14 公里延伸中约 1.2 公里。物探和有限的勘探数据指示沿着地质结构有潜在的矿化连续性。
- **横向及垂直延伸：**RPM 注意到，数个矿化带或可垂直及按倾斜方向延伸，超出矿块模型范围之外。因此 RPM 认为在设计矿井内和坑下延伸资源量报告之外有极好的可能界定额外的资源量。

采矿和生产

当前生产

- 仅氧化矿材料在现有选厂内加工（浸析及溶剂萃取电解法），氧化矿材料在任何特定时间内由五个矿井连续不断地供给。原矿矿石经现场一系列砾石运料路由矿井运输至五个原矿堆中的某一个（视乎矿石类型及 / 或品位而定）。采矿由承包商通过传统的卡车及铲装机式露天矿井采矿法进行，于矿山开采年限（「LOM」）内，计划从十五个独立的露天采矿区域采集矿石，已设计共 26 个分离井。在许多情况下，该采矿可被视为山顶脱离并极少剥土，但随着矿井越来越深，剥离要求将会提高。采矿以 12 码前端装载机、RH120 及 RH90 柴油液压挖掘机、CAT 777（90 吨）及 CAT 772（45 吨）运输卡车进行，Mercedes 路上 50 吨运能卡车用于将矿石由周边矿井从陆路运往加选厂原矿料堆。矿业公司计划拥有五个作业矿井（包括毗邻加选厂附近的矿井及距离相对远的其他矿井），以便灵活掌控业务的给料品位、矿石类型及成本架构。

该选厂的处理量为 5.4 百万吨 / 年，当前设备的产能（全岩）最高为 52 百万吨 / 年。这导致形成大量料堆，将在二零三八年采矿结束时处理。基于目前的矿石储量，项目总寿命达 35 年至 2050 年。

- RPM 估算总矿石储量约 **183.1 百万吨**，平均品位 3.2 % Cu 及 0.33% Co，令项目可自二零一六年三月三十一日起运行 35 年。在 23 年采矿期中，整体矿井剥采比将平均约 7.59:1，或每开采 7.59 吨废料可获得 1.0 吨矿石。RPM 注意到，Fungurume、Fwaulu、Mwandinkomba 及 Tenke 矿山的钻探、爆破、装载及运输活动现时由一个矿主经营的车队进行。扩帮采矿顺序的选择是基于经济考虑，包括矿石品位，酸消耗估算，矿石运输距离，以及剥离，见图 3 所述。
- 已于现场修建单一加工设施，名义加工量为 5.4 百万吨 / 年原矿。从矿井采集到的矿石将根据品位特征堆放入 5 个原矿长条堆（另加一个废石场）。其后根据品位及耗酸量要求（来自两个当地酸厂 2, 250 吨/天），使用前端装载机从长条堆中取出并生成混合给料，供加工设施破碎工艺使用。矿石加工设施由搅拌浸出法、溶剂萃取电解法（「SXEW」）工艺组成，以生产阴极铜及氢氧化钴中间产品（「CHIP」）。所有设施的合计处理量为 14.8 千吨 / 日（千吨 / 日），氧化矿石内酸溶铜及钴的整体回收率为 97% 及 94%（94% 及 83% 总铜）。矿石首先经压碎、研磨、使用硫酸及二氧化硫浸于反应槽内并脱水。在使用空气 / 二氧化硫及石灰岩以及铜和石灰对铁铝锰沉淀物进行额外提纯后，阴极铜乃采用溶剂萃取电解法工艺生产，利用氧化镁调节 PH 值，从萃余液制出氢氧化钴中间产品。
- 余下矿石储量(仅氧化矿)矿山开采年限需合共 16.8 亿美元持续资本，大部分资本用于选矿（1.527 亿美元），采矿（5.36 亿美元），尾矿坝建设及维护（6.208 亿美元）是最大的一笔。RPM 注意到，闭坑成本按每吨包含在运营成本中而不是资本投资。第 12 节列出了进一步分类以供参考。
- 该项目矿山开采年限的生产成本（仅氧化矿）估算为每磅可销售铜 1.66 美元/磅，该生产成本不包括 SX-EW 回路及将电解铜产品运输和销售钴产品。可是 SX-EW 及运输成本共额外每磅 0.33 美元/磅；而钴金属装运及运输至市场需另外的 0.82 美/磅。RPM 注意主要的生产成本是酸，每吨磨矿 174 美元。第 12 节列出进一步分类以供参考。

图 3 矿石储量矿山开采年限的矿井顺序

礦坑		單位	年												礦山服務 期限
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026-2030	2031-2038	
KANZ	礦石	百萬噸											1.5		1.5
	廢石	百萬噸											11.9		11.9
FGME	礦石	百萬噸	2.3	2.5	2.8	2.3	1.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.0	1.8	1.6	15.2
	廢石	百萬噸	5.7	9.0	9.8	11.4	4.9		0.8	1.3	0.6		11.0	50.7	105.1
FWAL	礦石	百萬噸	0.6							<0.1			2.7	1.3	4.6
	廢石	百萬噸	2.2										15.9	17.2	35.3
ZIKU	礦石	百萬噸								<0.1			1.3		1.3
	廢石	百萬噸											18.1		18.1
TENK	礦石	百萬噸	2.0	2.5	1.5	0.2		0.1	0.2	<0.1		<0.1	2.7	3.2	12.4
	廢石	百萬噸	12.6	16.4	8.5	0.7			1.6			0.5	16.6	58.1	115.1
MWAN	礦石	百萬噸	0.8	1.6				0.0	0.0			1.1	1.4	1.9	6.8
	廢石	百萬噸	8.4	9.3						0.0	0.1	7.9	8.9	37.9	72.5
MAMB	礦石	百萬噸			0.5	0.8	1.9	2.4	6.1	0.0				7.0	18.8
	廢石	百萬噸			5.8	11.2	11.1	23.6	36.0	0.1			1.3	98.1	187.1
FGVI	礦石	百萬噸						0.0	0.1	1.1	7.9	0.4	4.3	2.1	15.8
	廢石	百萬噸						0.0	0.6	6.6	39.1	1.5	48.3	22.0	118.0
PUMP	礦石	百萬噸			1.9	1.6	6.0	0.5					0.1	3.3	13.4
	廢石	百萬噸			10.0	5.2	20.7	0.5					3.9	31.0	71.3
SHIK	礦石	百萬噸										<0.1	1.9		2.0
	廢石	百萬噸											17.0		17.0
ZORO	礦石	百萬噸						0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	1.5		2.0
	廢石	百萬噸								0.9	0.3	4.3	17.0		22.4
MUDI	礦石	百萬噸								0.4		2.8	3.3		6.4
	廢石	百萬噸							0.2	5.2		28.7	25.5		59.7
KWAT	礦石	百萬噸	0.1	1.0	1.2		1.8		0.4	9.1	0.6	1.5	1.3	3.4	20.5
	廢石	百萬噸	0.9	4.0	7.0		9.8	0.2	6.9	29.1	5.5	4.9	5.6	25.2	99.0
KASA	礦石	百萬噸			1.2	1.7	3.0	0.2	0.0				1.4	1.3	8.9
	廢石	百萬噸			14.8	12.1	11.9	0.7	0.1				7.9	16.8	64.4
KATO	礦石	百萬噸					0.9						5.2	1.2	7.4
	廢石	百萬噸					3.6						31.9	15.2	50.7
礦堆平衡量	礦石	百萬噸	48.2	50.7	52.7	54.7	59.9	63.9	66.2	72.0	75.4	76.5	81.3*	76.5*	

*年平均

- 鉴于项目位置，运输和电力是重要的后勤，基础设施和运行的类别。该项目电力目前由国家电网系统供应，且获准从刚果电网消耗约 83 兆瓦电力，而消耗约 80 兆瓦电力，其中约 10 兆瓦由 Tenke 制酸厂通过内部发电供应。
- 撒哈拉以南非洲的电力供应不大可靠，Katanga 全省实行定期限电及停电措施。尽管刚果民主共和国电网接入非洲南部联合电力系统覆盖的国家，例如赞比亚、津巴布韦、安哥拉、博茨瓦纳及南非，但连接较为有限，且能够从赞比亚进口的电量较少并受密切监管。Tenke 的大部分电力经直流输电线，由位于刚果河的 Inga 水电站（邻近首都 Kinshasa），但该发电站年久失修，仅能供应现有发电站发电潜力的一部分。刚果民主共和国已计划在 Inga 场地另外修建两座发电站，预计发电潜力超过 30 千兆瓦。RPM 认为，近期修建新发电站及对现有运转状况欠佳的 Inga 涡轮机进行维修的可能性不大。可是目前的电力基于现在的储量可能支持运作。但是 RPM 被告知矿业公司已大量投资以保证电力的连续供给，尽管导致了额外成本，但已得到电力的 98% 的供给量。RPM 认为现有的电力供应足够满足目前的生产运营要求。

硫化矿采矿潜在可能

- RPM 提示，现有矿石储量及生产时间表仅涉及氧化矿材料，明确不包括任何推测材料及硫化矿矿化。RPM 注意到，硫化矿可能采用露天及地下采矿法开采。由于受矿化样式影响，无法使用现有搅拌浸析及溶剂萃取电解法回路加工混合及硫化矿矿化，且难以实现相同的矿石回收率。因此，矿业公司已就硫化矿加工、地下采矿及可能性露天采矿进行多项研究及试验工作。
- 硫化选矿需建设一座浮选和烘焙回路。由公司完成的概略研究围研究认为 375 万吨/年的处理量透过破碎、SAG 磨矿、硫化矿浮选、硫化矿浮选、尾矿硫化、氧化矿浮选、两种精矿脱水、硫酸化焙烧而加工矿石，并透过新的搅拌浸出选厂、溶剂萃取电解法及钴沉淀厂加工该等精矿。这些选矿会对全 Cu 和全 Co 回收率

各自达到 75% 和 21%，生产阴极铜和氢氧化钴最终产品。在新厂建设一完整回路所需的投资是 26 亿美元（在 2011 年）。可是 RPM 修正的估算为 22 美元（在 2016 年），包括建设一个磨浮和焙烧回路和利用现在的搅拌浸出和溶剂萃取电解厂。

- 尽管 RPM 知晓，矿业公司并无且未委托他人代其进行任何硫化矿露天采矿研究或计划，RPM 已完成初步矿井优化，以对该机遇进行量化分析。如第 7 节所概述，矿井优化基于与储备井相同的参数，价格除外，采用的价格为铜 3.25 美元 / 磅及钴 11.93 美元 / 磅。根据矿床特点，目前设想使用相同型号设备采用类似采矿方法，以 3.75 百万吨 / 年的速率开采该矿化，并将矿石送至浮选厂及焙烧厂（待兴建）。这将产生类似的矿石及废石清理及运输单位成本，但将出现钻探及爆破（因岩石厚度而）小幅增加，废石比矿石的剥采比可能随材料的深度而增加（硫化矿直接位于氧化矿材料下方）。除项目新设备或要使用合同商外，需要的投资较少。
- 矿业公司此前曾委聘一名第三方对该项目 Dipeta 向斜区硫化矿地下部分进行过范围研究。RPM 已完成审核概述拟定开采曲线、经营及成本的相关报告。RPM 利用本报告，并完成进一步优化，以更好地界定该项目地下作业的经济可行性（RPM 范围研究）。如第 7 节所报告，RPM 提示，19 个资源区内所有地下潜在区域混合及硫化矿矿石共呈报 340 百万吨品位 3.0% TCu 及品位 0.26% TCo。下文概述的 RPM 范围研究仅关注 Dipeta 向斜，该部分共占总量 340 百万吨中的 77.8 百万吨。
- 在基于现有数量应用适当的修正因子后，可开采数量已界定并在报告中报告为确定、标示及推测矿产资源量中可能具有开采经济效益的可开采部分。其已考虑开采贫化与材料损失因素以及经济考虑因素。可开采数量并无具有预可行性研究准确度的研究支持，因此，数量估算并非 JORC 规则中的矿石储量。需要在若干领域进行进一步工作，包括土工、地下矿山规划，且需要更详细的成本估算，将准确度提升至预可行性研究的级别。本文件中提及「矿石」或「原矿」（第 13 节）时，指超过上述边界品位的矿化岩石，而非 JORC 规则指定的矿石。
- RPM 估计总可开采地下潜力数量为 38.0 百万吨平均品位为 3.0% TCu 及 0.05% TCo，包括 0.1 百万吨确定资源量及 6.2 百万吨标示资源量及 31.7 百万吨。表 4 列示以当地每吨冶炼净收益 110 美元/吨情形下的矿产资源量估算结果。

表 4 截至二零一六年三月三十一日地下矿产资源量估算分类涉及的现场 NSR 110 美元 / 吨情境下的可开采数量

	数量 (吨)	铜金属 (百万吨)	铜品位 (%)	钴金属 (吨)	钴品位 (%)
确定的	0.1	<0.1	3.2	<0.1	0.1
标示的	6.2	0.2	3.19	<0.1	0.17
推测的	31.7	0.95	3	0.1	0.25
总计	38	1.15	3.04	0.1	0.24

附注:

1. 吨指干公吨。
2. 基于现场品位，可开采边界品位为 NSR 110 美元 / 吨。
3. 所报告数字已取整，可能会导致细微的制表误差。
4. 可开采数量并非 JORC 规则界定的矿石储量。

- 地下采矿计划法根据目前的可开采矿量采用长孔空场采矿法，生产能力 375 万吨/年，服务年限 12 年。采矿采用斜坡道，计划采用承包商，运营采矿成本为 52 美元 / 吨矿石，选矿成本为 27.56 美元 / 吨矿石(排除了钴生产，但包括铜浸出和尾矿设施成本)。管理成本估算为 19 美元 / 吨矿石，而向市场提供产品的异地成本（包括 SX-EW 成本）预算为铜金属 0.35 美元 / 磅矿石和钴金属 6.15 美元 / 磅。没有预测采矿成本，所有设备由合同商购置，对地下和地表支持基础设施，需要 8530 万美元，详见第 13.4.3 节。RPM 提示，资本成本不包括选厂投资。
- RPM 获悉露天或地下硫化矿项目均未制定开发方案或顺序，然而，RPM 注意到，有多个方案应当在日后研究中考考虑，该等方案在时间上较为灵活，且能够缓解供电及加选厂资金需求方面的重大风险。硫化矿生产的主要限制为需要建设选厂，以及采矿作业的时间。如上述所述，需要一个浮选回路，其次焙烧厂，然后为浸析及 SX-EW 回路给料。对于硫化厂，有不同的选择，它包括建设一个全新厂或浮选和烘干厂及利用当前选厂，或综合选项。第 13.5 节提供了开发时间框架案例选项。

环境，健康，社会和安全

- 宏观审核表明项目从环境及社会角度是可行的，尽管项目许多社会管理方面是复杂的和不稳定的。RPM 认为在项目的各阶段 该项目所有期次产生的潜在社会及环境影响似乎可予应对。矿业公司及其承包商似乎在组织上有能力解决环境及社会问题以及健康与安全管理。公司已建立了许多在公司层面的管理地区和当地程序，以能够处理社区层面的诉求和有效互动。这包括环境、社会和安全范围，每一地区都有许多动议以支持公司实行的重大社会福利活动。详见第 14 节，可是将许可和社会管理简要如下。
- 对现有文件的审核表明，矿业公司已遵守适用法规。现场稽核由项目及公司稽核员每日对经营的部分方面进行，更详细的审核每月及每年进行。潜在问题在发现后很快解决，采取的缓解行动看似能防止监管稽核员违规。所提供的文件中未发现导致合规问题的任何重大环境问题的证据。矿业公司会监控所有重大环境问题，包括气候状况、空气质量、噪音、振动、地面水及地下水（水量及水质）以及植物群及动物群（包括水生动物及生物多样性）。监管内容及频率根据潜在问题及监管要求而定，会有所不同。对于位于项目区域的设施（包括废石及矿石储存区、尾矿储存设施及废石管理设施），会进行严密监控，以尽早发现问题。此外，还会监控水质及空气质量，以确保项目各个设施的排放物不会对人体及周边环境造成不利影响。RPM 认为监督活动是严格的满足现有规程要求和国际化指导意见。
- 矿业公司就该项目组建的社会管理团队的成员具备技术专长，足以实现对公司承诺及监管要求有着重大意义的目标。社会管理小组由社会计划经理领导。会计划经理精通监管要求、社会问题及相关缓解措施。社会计划由三(3)个小组组成：社区发展、社区联络及安置。社会社区基金是一个独立于矿业公司的非盈利机构。政府命令规定，矿业公司须将采矿溢利的一定百分比划拨用于支持社区发展。社会社区基金依据这一命令开展运作。社会计划分部由来自第三方的项目主管支持实施。该第三方精通安置行动计划的实施。社区发展团队由各大领域的专家组成，包括社区联络/参与、农业发展、公共卫生、教育、经济发展及申诉机

制。社区联络小组是矿业公司与社区之间的主要沟通桥梁。自愿原则小组与社会活动小组紧密合作，而主要由安全经营小组管理。

- 矿业公司已建立申诉机制，这一申诉机制符合赤道原则及国际金融公司绩效标准。矿业公司制定有现场标准操作程序，用以确保在处理申诉问题时统一采用适当机制。矿业公司在 Tenke 及 Fungurume 设有社区联络小组办事处，负责支持履行申诉职能。联络小组融入社区，确保社区成员知悉申诉机制及其运作流程。申诉事宜会呈至独立复核委员会，以寻求解决方法。该委员会由 4 名社区持份人以及 3 名矿业公司股东组成。回顾二零一五年所收到的申诉，可了解到这一机制的运作流程。二零一五年共收到 357 宗申诉。于年底，已处理 472 宗申诉，另有 74 宗正在处理。与 RAP 有关的申诉占 79%，主要牵涉资产确认及补偿，而余下 21% 牵涉人身损害及环境破坏。于二零一五年亦收到有人权申诉。年内共收到 29 宗申诉。于年底，已处理其中 28 宗，另有 1 宗正在处理。RPM 认为矿业公司很好地处理了申诉。

在技术报告期间查明的主要机会

- 尽管存在各种机会以增加项目价值，包括项目的勘查潜力、现矿坑推断的资源量和短期的矿石混合矿，鉴于较长的矿山寿命，RPM 作为参考呈现以被认为实质影响矿山寿命和/或项目价值的机会。
- **硫化矿：**对于露天和地下采矿方法硫化矿未被包含在目前的探明的矿石储量中，这些材料有可能极大延长矿山寿命和增加 Cu 和 Co 只基于目前氧化矿石的生产量机会。RPM 建议分析硫化矿石的开发选项，这些选项应当包括将优化氧化矿生产与硫化矿结合起来生产，这在 2037 年停止氧化矿生产特别有关，那时计划处理 LG 矿量，在此减少 Cu 生产。
- **现选厂的去瓶颈化：**尽管已实现日处理量 1.70 万吨/天（计划的是 1.48 万吨/天），但这不是可持续的，因此需去瓶颈化以实现年续地满足这一量。矿业公司计划审核升级首级压碎机、半球磨机、矿石筛和旋流器，以及安装砾石压碎机。RPM 提示如果达到处理产量，这会增加 Cu 和 Co 的生产，应采取进一步的短期和中期的矿山计划以保证所需的酸和不可超过日生产量。
- **氧化矿山优化：**在项目内预计采矿在 15 个地区发生，其中有 5 个始张处于运营中。另外基于品位和酸消耗，矿山计划排产要安排 5 种不同矿石和矿堆以保证正确在原矿垫上混矿。尽管这会导致实现实际排产计划的复杂性，但矿坑数量、需要的扩帮和矿石类型在生产呈现很大的灵活性，以达到所要求的处理量和酸消耗量。RPM 指出，本报告所提的排产受设备能力和最大耗酸量限制，但是每年会比现在的处理量多。RPM 认为排产计划既要实际又要可实现，应分析各种选项，包括减少采矿量以匹配矿石处理量，增加采矿量以允许在矿山寿命早期有更高品位的矿石，以及不同的选项去开发硫化矿开采。整个现在计划的所有选项和劣势都有不同的成本情形，这会实质影响项目价值和社会风险（如快采消除非法开采问题）

在技术调查报告中查明的风险。

尽管查明了各种风险，鉴于较长的矿山寿命，RPM 如下呈现被认为是可能实质影响公司实现项目矿山寿命和/或项目现在储量排产的价值，并不含有增加硫化矿采矿可能性有关的风险。

- **电能：**电能不仅在项目内，而且在 Kataga 省许多地方经常发生电力不足而中断，尽管 RPM 注意到近期电力供应已达 98%，但这一变化导致按使用更高的成本，将来可能发生进一步变化。RPM 认为公司与政府和地方社区连续的支持和讨论的方法是恰当的，可是建议不中断审核电能，特别是在增加硫化矿采矿潜力情形下。
- **社会-经济社区关系：**社会管理计划包括移民安置行动计划和申诉程序的开发已经完成。投诉问题时有发生，主要与粉尘、泥沙淤积、以及有关在移民安置区低质量的庄稼地担忧。此外，还发生过蓄意破坏。RPM 提示矿业公司已建立许多程序和管理系统应对这一风险（见第 14 节）
- **非法开采：**矿区众多团体进行非法采矿，包括对临时停工的矿坑和未采的已知矿区。尽管采出量对于生产并未造成很大的破坏，但社会和生产影响可能影响生产和安全，特别是在各矿区得到更多开发的时候。

RPM 资格及经验

RPM 的咨询分部以独立技术顾问方式作业，向采矿及金融服务行业提供整个矿山服务期的服务，包括勘探及项目可行性、资源量及储量评估、采矿工程及矿山估值服务。

RPM 是革新优化矿业资产及营运经济价值咨询及技术解决方案的市场领导者。RPM 以全套顾问服务为业界服务超过 45 年，是全球最大的公开交易独立采矿技术专家集团，已完成对所有主要矿种及采矿方法的 13,000 多次研究，曾在全球超过 118 个国家工作。本报告由技术专家代表 RPM 编写，技术专家之专业资格与经验详情载列于附录 A。

RPM 已收取且同意收取编写本报告的专业费用；然而，RPM 或其任何董事、员工或负责编写报告的顾问均不涉及任何下列（直接或间接的）利益或权益：

- 公司、公司证券，或与公司相关公司的证券；或
- 相关项目的权利或选择权。
- 执行的工作是对公司或代表公司所提供资料的独立技术审查，以及 RPM 在进行独立技术审查期限中，从完成的现场调查所收集的资讯。工作内容不包括法律问题、营销、商业和财务事宜、保险、土地业权和使用协议等方面的议题，以及公司可能已订立的任何其他协议 / 合约。

RPM 不保证在编写此报告时使用的公司所提供资讯的完整性和准确性。

在所有代价付清前，本报告的所有权不会转交客户。

RPM 已将本报告草稿交给客户，但仅适用于确认报告中所用事实资料的准确性，以及所作假定的合理性。

总体而言，所提供的资料已足够令 RPM 完成工作范围。RPM 认为，所提供资料的品质及数量，以及提供的合力协助，已展现公司在独立技术审查过程中的协助。本报告载明的所有意见、结果和结论，均为 RPM 及其专业顾问所提供。

加入签名



.....
Jeremy Clark

香港经理（香港合格人士）

RungePincockMinarco

谨启

目录

执行摘要	1
1 简介	21
1.1 RPM 工作范畴	21
1.2 相关资产	21
1.3 审核方法	21
1.4 现场考察	23
1.5 资料来源	23
1.6 合格人士与相关责任	23
1.6.1 团队专家职责	23
1.6.2 矿产资源量	24
1.6.3 矿石储量	24
1.6.4 香港证券交易所合格人士	24
1.7 限制及排除	25
1.7.1 有限责任	25
1.7.2 本报告责任及内容	25
1.7.3 保障	26
1.7.4 采矿未知因素	26
1.7.5 能力及独立性	26
2 项目概览	27
2.1 项目地点及交通	27
2.2 现时作业	27
2.3 区域环境	28
2.4 地理及气候	28
2.5 产业	29
2.6 区域及当地基础设施	29
2.7 未来作业	30
3 权证及许可证	30
3.1 项目所有权	31
3.2 矿产特许权及地面权利	31
3.3 社区及 EHSS 许可及互动	31
4 项目历史	33
4.1 勘探历史	33
4.2 采矿历史	33
5 地质	34
5.1 地质环境及矿化样式	34
5.1.1 地层柱状	34

5.1.2	构造地质.....	38
5.1.3	蚀变及矿化.....	38
5.2	矿化样式.....	38
5.3	矿床地质.....	39
6	数据核实.....	49
6.1	钻探类型及岩心回收率.....	49
6.2	地形及坐标位置.....	49
6.3	孔内调查.....	49
6.4	地质、工程地质及地质力学编录.....	50
6.5	体积密度测定.....	50
6.6	取样、样本制备及分析.....	50
6.7	质量保证质量控制.....	51
6.8	数据质量审阅.....	53
6.9	样本安全.....	53
6.10	数据核实声明.....	53
7	JORC 矿产资源量.....	54
7.1	JORC 规则下的矿产资源量分类制度.....	54
7.2	资源量估算区域.....	54
7.3	JORC 矿产资源量报表.....	55
7.4	估算参数及方法.....	58
7.4.1	验证.....	64
7.4.2	分类.....	64
7.5	勘探潜力.....	65
8	JORC 矿石储量.....	68
8.1	矿石储量区域.....	68
8.2	JORC 矿石储量报表.....	68
8.3	JORC 矿石储量估算程序.....	70
8.4	JORC 矿石储量估算参数.....	70
9	氧化矿露天矿开采.....	72
9.1	概要.....	72
9.2	采矿方法.....	72
9.3	矿山设计及概念.....	72
9.3.1	工程地质-边坡角.....	73
9.3.2	矿井优化.....	73
9.3.3	边界品位分析.....	74
9.3.4	矿山设计参数.....	75
9.3.5	废料堆.....	75
9.3.6	设备方案.....	77

9.4	矿山开采年限计划及矿井顺序	78
9.4.1	监控系统	79
9.4.2	矿石储量时间表	79
9.5	预测产量	82
9.6	评论及建议	83
10	氧化矿露天矿选矿及矿石加工	84
10.1	支持 Tenke 选厂设计的初步测试工作	84
10.2	工艺设计标准	85
10.3	流程说明	91
10.3.1	破碎	91
10.3.2	搅拌浸出	91
10.3.3	铜溶剂萃取与电解冶金	91
10.3.4	钴回收	92
10.3.5	其他服务	92
10.3.6	尾矿储存	92
10.3.7	Kwatebala 尾矿储存设施 SS	94
10.4	选矿扩大机会	97
10.4.1	去瓶颈化研究	97
11	基础设施及后勤	98
11.1	运输设施	98
11.2	建筑物及住宿	98
11.3	供水	99
11.4	雨水坝	99
11.4.1	评论	100
11.5	供电	100
11.5.1	当前供电	100
11.6	通讯系统	100
11.7	污水处理	100
11.8	炸药库	101
11.9	管理	101
11.10	后勤	101
12	氧化矿露天矿资本及经营成本	102
12.1	资本成本	102
12.1.1	采矿资本开支	102
12.1.2	加工资本开支	102
12.1.3	基础设施、管理及行政	103
12.1.4	资本建设	104

12.2	经营成本	104
12.2.1	矿山开采年限采矿成本	106
12.2.2	加工成本	107
12.2.3	每年成本	108
13	硫化矿开采潜力	109
13.1	硫化矿加工回顾	109
13.2	露天采矿	112
13.3	地下采矿研究	112
13.3.1	工程地质	112
13.3.2	水文	114
13.3.3	采矿方法	114
13.3.4	边界品位分析	116
13.3.5	矿山设计基础	117
13.3.6	采矿周期	120
13.3.7	支户	120
13.3.8	采矿材料运输	120
13.3.9	采矿基础设施及支持	121
13.3.10	矿山设计	121
13.4	地下资本及经营成本	126
13.4.1	矿承包商成本	126
13.4.2	资本成本	127
13.4.3	经营成本	128
13.4.4	逐级分析	129
13.4.5	经济情境等级	130
13.4.6	采矿时间表及可开采数量估算	131
13.5	硫化矿发展选择	132
13.6	备注	135
14	环境及社会	136
14.1	环境管理计划	136
14.1.1	环境管理团队实力	136
14.1.2	环境管理体系	136
14.1.3	许可活动现状	136
14.1.4	环境管理体系的重要部分	136
14.2	社会管理	140
14.2.1	社区发展团队的才能	140
14.2.2	社会／社区管理体系	140
14.2.3	社会管理计划的重要组成部分	141

14.3	社会社区基金.....	144
14.4	安全作业	145
14.4.1	安全管理团队能力	145
14.4.2	安全管理及人权.....	145
14.4.3	人权管理.....	147
14.5	职业健康安全计划.....	147
14.6	考古及文化资源	147
14.7	关闭及复垦计划	147
14.7.1	环境关闭计划	147
14.7.2	社会关闭计划	148
14.8	潜在环境及社会问题概要.....	148
15	矿山风险及机会评估	149
15.1	机会	149
15.2	风险.....	149
第 1 节	- 取样技术及数据	163
第 2 节	- 勘探结果报告	167
第 3 节	- 矿产资源量估算及报告.....	169
第 4 节	- 矿石储量估算及报告	173

图目录

图 1 JORC 估算资源量图示（2016 年 3 月 31 日）	4
图 1-1 总体位置图	22
图 2-1 平均降雨量及气温	28
图 2-2 现场布局图	29
图 3-1 特许权位置图	32
图 5-1 区域地质图	36
图 5-2 一般地层剖面	37
图 5-3 区域地质图	41
图 5-4 Fungurume（上方）Mambilime（下方）剖面	42
图 5-5 Dipeta 向斜横断面	47
图 6-1 铜参考样本材料（上方 STD09，下方 STD11）	52
图 7-1 矿产资源数量图示	58
图 7-2 Mwadinkomba 钻探图	60
图 7-3 Tenke 及 Fungurume 延伸钻探图	61
图 7-4 Fungurume 条带图剖面	66
图 7-5 南翼与 Zikule 之间的勘探潜力	67
图 8-1 最终矿井设计及矿石料堆中的 JORC 矿石储量估算图示	69
图 9-1 总岩矿变化图示	81
图 10-1 Tenke 铜选厂工艺流程图	88
图 10-2 Tenke 钴选厂工艺流程图	89
图 10-3 Tenke 溶剂萃取电解法 选厂工艺流程图	90
图 10-4 雨水位置及尾矿储存设施装船位置	93
图 10-5 Kwatebala 尾矿储存设施四期横断面	96
图 13-1 采场术语	114
图 13-2 LHOS 采矿方法全景图	115
图 13-3 一般平面图，列示分段巷道 7.5 米入口平面图	116
图 13-4 现场 90 美元 / 吨边界品位（左）、100 美元 / 吨（右）的采场优化结果	118
图 13-5 现场 110 美元 / 吨（左）、120 美元 / 吨（右）的采场优化结果	119
图 13-6 现场 130 美元 / 吨的采场优化结果	119
图 13-7 东部概念矿山设计	122
图 13-8 西部概念矿山设计	122
图 13-9 概念矿山设计平面图	123
图 13-10 北部概念矿山设计	124
图 13-11 南部概念矿山设计	124
图 13-12 西南部概念矿山设计	125
图 13-13 东北部概念矿山设计	125
图 13-14 各 NSR 情境吨位及品位	131
图 13-15 采矿时间表	132
图 13-16 选择 1 硫化矿发展时间表	134
图 13-17 选择 2 硫化矿发展时间表	134

目录

表 3-1 项目历史（按年序）	31
表 4-1 勘探活动概要	33
表 5-1 岩石类型缩写	34
表 6-1 自二零一一年起的质量保证质量控制样本。	51
表 7-1 资源量估算概要	55
表 7-2 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 露天矿产资源量报表	56
表 7-3 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 地下矿产资源量报表。	56
表 7-4 密度 计算方法	62
表 7-5 Fungurume 及 Mambilima 密度估算 概要	63
表 7-6 Dypeta 向斜及 Mudilandima 的相关图模型	64
表 7-7 样本配置	64
表 8-1 矿石储量区域	68
表 8-2 于二零一六年三月三十一日的 JORC 矿石储量估算报表	69
表 9-1 矿井优化结果	74
表 9-2 矿山设计参数	75
表 9-3 最终矿山设计中的矿石储量分布	76
表 9-4 现有矿山设备	78
表 10-1 试验选厂提取结果	85
表 10-2 Tenke 主要工艺设计标准	86
表 10-3 Tenke 主要设备	87
表 11-1 基础设施	98
表 11-2 现场全职员工	101
表 12-1 矿山维持成本（百万美元）	102
表 12-2 项目年限加工资本开支（百万美元）	103
表 12-3 Tenke 项目年限尾矿资本开支（百万美元）	103
表 12-4 基础设施、管理及行政资本开支（百万美元）	104
表 12-5 矿山开采年限经营成本估算	105
表 12-6 平均经营成本	106
表 12-7 每矿井单位运输成本	106
表 12-8 按工艺区域划分的 TGM 加工资本开支	107
表 12-9 二零一六年试剂及消耗品预测	107
表 12-10 每年成本	108
表 13-1 Tenke 硫化矿工艺设计标准	110
表 13-2 Tenke 硫化矿工艺设计标准	111
表 13-3 工程地质样本结果	113
表 13-4 NSR 假设	117
表 13-5 采矿承包商成本	126
表 13-6 地下资本成本	127
表 13-7 采矿经营成本	128
表 13-8 加工及行政经营成本	128
表 13-9 矿区外经营成本	129
表 13-10 基准情况经济建模参数	130
表 13-11 截至二零一六年三月三十一日矿产资源量估算分类涉及的现场 NSR 110 美元 / 吨情境下的可开采数量	132
表 15-1 风险评估等级	149

附录目录

A. 专家经验和资质.....	152
B. 专业术语.....	158
C. JORC 表 1.....	162
D. 每个矿坑的「矿石储量」和矿坑优化明细.....	177
E. RPM 数据核实检查（权证及许可）	183

1 简介

洛阳栾川钼业集团股份有限公司（HK：3993）（简称「CMOC」或「客户」）委托隆格有限公司以 RungePincockMinarco 品牌交易（简称「RPM」）进行独立技术审核工作（「独立技术审核」）并编制有关 the Tenke Fungurume 项目（「本项目」或「该矿区」）的合格人士报告（「合格人士报告」或「报告」，定义见香港联合交易所有限公司证券上市规则（「上市规则」）第 18 章）。本项目目前由 Freeport-McMoran（「Freeport」或「公司」）持有（56%）并主持运营。公司是位于非洲民主刚果共和国加丹加省的世界级铜钴矿（**详图 1-1**）。

1.1 RPM 工作范畴

RPM 的工作范畴包括：

- 收集项目相关资料，包括资源量及储量资料、矿山服务年限生产计划，以及营运及资本成本
- 审核资源量及储量，包括钻孔数量及品质、资料可靠性，以及资源量及储量估算方法的适用性
- 按照联合矿石储量委员会（「JORC」）编制的《澳洲矿产勘探结果、矿产资源量及矿石储量的报告规则》（2012 年版）（「JORC 规则」）的建议指引，进行独立矿产资源量及矿石储量估算（定义见附录 B）
- 审核并评论项目勘探前景
- 审核相关技术研究的预测营运及资本开支，并对项目短期及长期开发计划提出专家意见
- 宏观审核该项目的环境、健康和安全风险及管理计划
- 按照上市规则第 18 章编写《合格人士报告》

1.2 相关资产

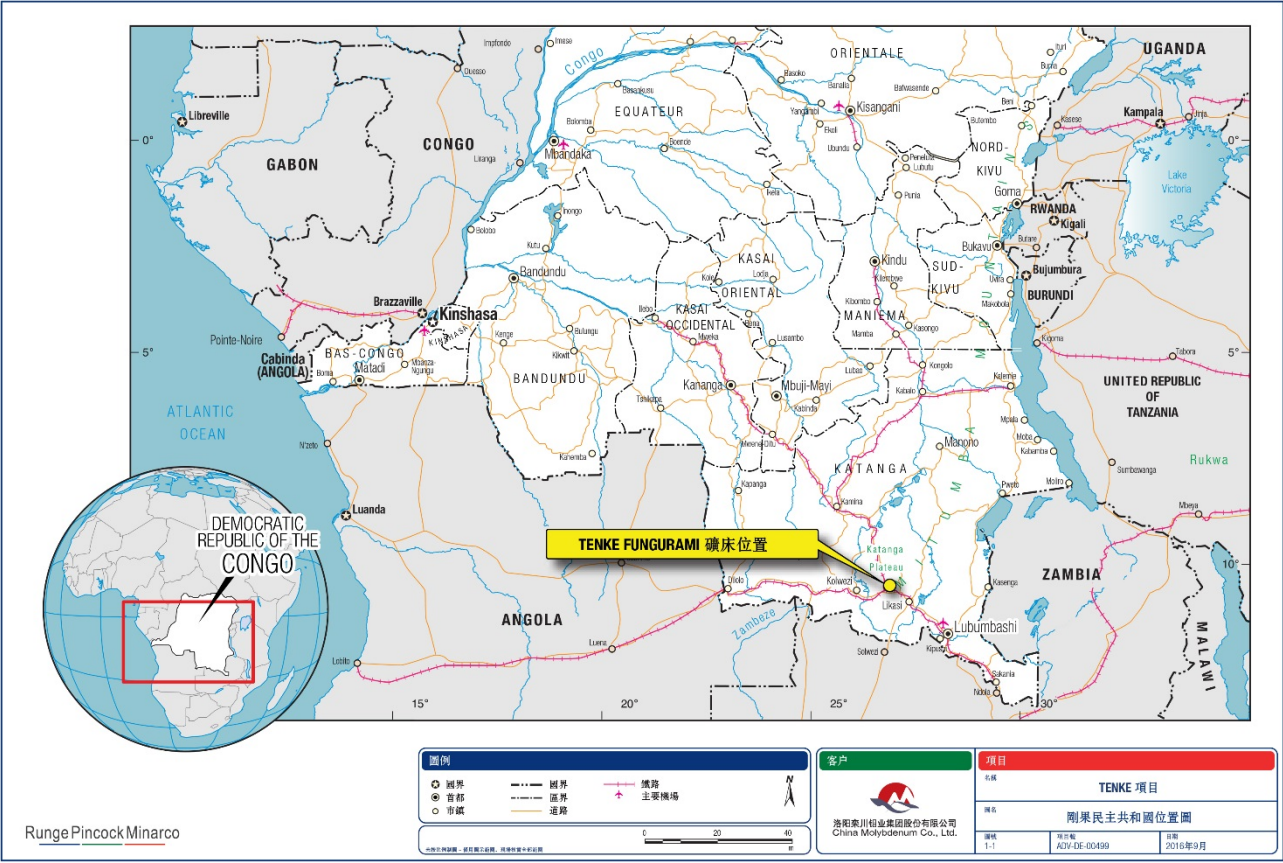
相关资产位于非洲民主刚果共和国加丹加省的现有大型铜钴矿 Tenke Fungurume 矿山。项目包括 15 个矿床，部分在产，部分计划通过传统露天开采进行生产。矿石通过矿山现场的一个搅拌浸出和溶剂萃取-电积选厂进行加工处理。

1.3 审核方法

RPM 独立技术审核方法如下：

- 审核现有报告及资料
- 合格人士现场考察
- 于现场考察前后与公司该项目人员展开讨论
- 根据 JORC 标准指导进行矿产资源量和矿石储量独立估算和报告
- 《合格人士报告》编写并向专案人员提供《合格人士报告》初稿，以确保事实准确并且假设具有合理性

图 1-1 总体位置图



1.4 现场考察

RPM 于 2016 年 4 月 4 日至 6 日以及 2016 年 6 月 6 日至 8 日两次对矿山、选厂设施、「环境、健康、社会、安全」等方面进行现场考察。RPM 考察专家团队组成如下：

- Tim Swendseid, 总裁 - 咨询服务 - 美洲（四月考察）
- Esteban Acuña 首席地质师（四月考察）
- John Uhrie 首席选矿工程师（负责 Tenke 选厂考察）（四月考察）
- Terry Brown 首席环境与社会咨询专家（六月考察）

1.5 资料来源

项目提供了数份地质报告、可行性研究报告以及设计报告。

1.6 合格人士与相关责任

根据上市规则第 18 章定义，矿产资源量和矿石储量陈述按照 JORC 标准要求报告，适用于加入《合格人士报告》。

1.6.1 团队专家职责

作为团队成员，参与撰写本报告的专家如下：

- Esteban Acuna 先生 – Esteban 先生负责钻孔资料库审核和本报告的矿产资源量估算
- John Uhrie 先生 – John 先生负责基础设施、选矿、冶金流程以及参数审核
- Terry Brown 博士 – Terry 博士负责项目的环境和社会方面审核
- Rondinelli Sousa 先生 – Rondinelli 先生负责为本报告进行采矿参数审核、矿山规划和矿石储量估算
- Mr Brendan Douglas – Brendan 先生负责矿山规划
- Mr Pedro Repetto – Pedro was responsible for the review of the TSF and infrastructure designs and costing's.
- Mr Jeremy Clark – Jeremy 先生负责整个团队监督、团队工作和报告编制。并拟负责担任报告的“合格人士”
- Mr Philippe Baudry--先生--负责担任报告的内部同行评审

1.6.2 矿产资源量

本报告中有关矿产资源量的资料皆以 Esteban Acuña 先生汇编的资料为准。Kehmeier 先生为 RPM 全职专家及智利矿业委员会委员。Acuña 先生在相关矿化及矿床类型方面工作经验十分丰富，符合 JORC 标准下的「合格人士」定义。

矿产资源量估算报告按照 JORC 标准建议相关规定指南编写，因此适用于公开报告。



加入签名

Esteban Acuña

1.6.3 矿石储量

本报告中有关矿产资源量的资料皆以 Rondinelli Sousa 先生汇编或监制的资讯为准；Rondinelli Sousa 先生为 RPM 全职员工，同时也是美国采矿、冶金和勘探协会会员（SME）。Sousa 先生对于矿化作用的形式和矿床类型拥有相当丰富的经验，同时也非常熟悉如何按照 JORC Code 进行合格人士活动。



加入签名

Rondinelli Sousa

1.6.4 香港证券交易所合格人士

Jeremy Clark 先生符合上市规则第 18 章所界定的合格人士要求。该等要求包括：

- 五年以上矿床类型相关经验
- 香港证券交易所和 JORC 标准下的认证专业机构：澳大利亚采矿及冶金学会会员、澳大利亚地质科学家学会会员
- 在所汇报的相关资产中概无任何（现有或潜在的）经济或实益权益
- 其酬金并不取决于合格人士报告的结果
- 并非客户或其任何集团公司、控股公司或联营公司的高级人员、雇员或拟聘任的高级人员；及
- 对合格人士报告承担整体责任



加入签名

Jeremy Clark 先生（香港合格人士）（澳大利亚采矿及冶金学会会员）

Jeremy 先生在矿业工作超过 15 年并通过在矿业价值链的各个方面的工作积累了丰富的经验。他对矿化类型、开采方法和各种规模的采矿生产所需技术研究均有极为广泛和专业的见解。过去 7 年来, Jeremy 先生除了作为澳大利亚采矿及冶金学会以及澳大利亚地质学家协会会员外, 还担任众多采矿研究和独立审核的领导人物, 包括为大量的香港证券交易所交易编制《合格人士报告》。Jeremy 先生凭借对投资者和金融机构需求以及 JORC 和 NI 43-101 等在内的国际标准合规性报告要求拥有详细的了解, 他已经在包括: 香港、伦敦、澳大利亚、新加坡和多伦多等世界各大证券交易所, 按照全部主要金融交易规则和条例提供专家服务。除了合规报告外, Jeremy 先生所做露天及地下矿山勘探专案, 包括: 南美洲(特别是在巴西和秘鲁)、澳大利亚、非洲以及世界各地主要矿山省份各大金属矿床均有审核和评估经验。因此, 除了熟知采矿生产技术层面之外, Jeremy 先生还在包括巴西和非洲在内的世界各地不同司法管辖区域, 对矿业运作的商业和社会互动等方面拥有深刻的认识; 同时, 还包括公众合规性报告、投资者可信度、透明度保证等后续要求方面拥有大量经验。

在过去十几年中, Jeremy 先生一直担任 RungePincockMinarco 公司的国际顾问, 在澳大利亚、北美、南美、非洲和亚洲等地担任首席地质师和专案经理职务, 目前职务为公司的香港经理。在 RPM 工作期间, Jeremy 先生曾常驻在公司各大国际办事处, 包括: 珀斯、布里斯班、丹佛、北京、香港等地, 从而在世界各地主要采矿中心, 包括: 巴西、非洲、中国、中亚、欧洲、北美洲和南美洲等区域, 工作涉及大量矿床类型、开采类型和生产运营方式。Jeremy 先生于近期曾按照 JORC 标准(或其他同等级别国际标准)作为专案经理、首席专案审核专家及(或)“合格人士”, 参与了大量首次公开发行(IPO)、大型交易所交易或大型矿业研究专案工作。工作包括专案管理采矿研究, 涵盖对在南美洲、非洲、刚果民主共和国、中国、澳大利亚等地大规模生产资产, 从范围界定、预可行性研究至独立技术审核的大量工作, 其中包括众多的采矿方法和产品类型。近期, 作为合规性报告工作的一部分, Jeremy 先生担任过“合格人士”或专案经理负责人及评审专家, 参与了大量香港证券交易所合规报告。RPM 公司拥有成功编制 JORC 标准和香港证券交易所合规《合格人士报告》(详见附录 A)。

1.7 限制及排除

本报告根据客户通过从矿山现场及其它办公室或其他为客户资产服务的机构所编写的报告, 包括各种报告、图表编写而成。客户未通知 RPM 资料存在任何重大变动或可能导致发生重大变动的事件将造成资产核查之日起运营或预测发生改变。

为编写本报告进行的工作包括相关资料技术审核, 以及团队认为将能够帮助报告编写而进行的考察。明确排除法律相关各方面问题、商业和融资事宜、土地所有权和协定, 直接影响技术、运营或成本和适用于 JORC 准则指导的相关问题除外。

RPM 还明确排除对「相关资产」与世界其他类似或具竞争力的生产商做出任何比较性评价相关工作。RPM 强烈建议潜在投资者自行对「相关资产」市场竞争地位以及整体铜和钴市场基础进行竞争力评估。

1.7.1 有限责任

本报告由 RPM 为洛阳钼业就关于拟议的项目收购而为内部商务目的而制备, 不用于或依赖于其他目的。本报告不适用于公开报告。RPM 没有也不会同意此报告用于任何不同于客户内部使用以外的目的。RPM 没有也不会同意本报告或于此有关内容或摘要公开披露。RPM 对不同于本报告目的第三方依赖于本报告或有关内容或于此的摘要而致的损失不负任何责任(无论事因, 是否违反合同, 包括过失在内的侵权或其它情形), RPM 同意的情形除外。

1.7.2 本报告责任及内容

本报告内容基于洛阳钼业提供的、或代表洛阳钼业提供、或公司提供的数据和资讯进行编写。RPM 不对洛阳钼业或公司或任何第三方所提供的数据及资讯精确性或完整性负任何责任, 包括已编入本报告中或作为依据进行使用的数据和资讯。本报告由 RPM 于报告封面日期前收到的资料诚意编写, 应与作为香港交易所通函共同阅读。

如 RPM 所取得之任何资料不准确或发生变化，本报告所包含的预测、估算和结果亦可能发生大幅变化。RPM 没有义务更新本报告所包含的资料。

尽管如此，RPM 认为洛阳钼业或代表洛阳钼业或公司所提供数据和资讯具有合理性，本报告编写过程中未发现任何显著错误；相应数据或资讯亦无不实陈述。

1.7.3 保障

客户保证因以下原因不对 RPM 及其外聘机构、顾问、代理、管理、负责人和雇员等引起索赔、责任、损害、损失与费用（包括律师费及其它诉讼、仲裁或调解费用）：

- 由洛阳钼业或公司提供给 RPM 依赖的信息，或
- RPM 的服务或实质内容，或
- 使用或依赖上述服务或实质内容

除外情形：人员死亡或伤害、财产损失、违反知识产权并遭受第三方索赔、重大过失、故意不当行为、欺诈、虚假陈述或欺骗的侵权行为、或受到限制或排除在适用法律的问题之外的其它事项（包括作为上市规则约束下的合格人士）和 RPM 违反合同及赋有严格责任。

1.7.4 采矿未知因素

本报告中所呈现的结果及意见不以包括表达、暗示等在内的任何形式提供担保。运营者或任何其他相关商务环节的预期生产及经济目标的实现将取决于诸多因素，在 RPM 控制或预告能力范围之外。其因素包括但不限于：现场具体地质及采矿情况、管理及人员能力、适宜运营资金到位情况及资本化情况、成本因素及市场情况的可变性、矿山开发及运营的有效性、法规变化的不可预见性及行业最新动态等。上述全部因素都可能使任何矿业运营产生重大变化。

1.7.5 能力及独立性

RPM 向采矿和金融部门提供咨询服务。在其核心专业范围内，RPM 为资源及金融服务行业提供独立的技术审核、资源鉴定、采矿工程和矿山估价服务。

RPM 已通过审核相关数据为客户「相关资产」进行独立评估，包括资源、储量、劳动力要求和矿山服务年限相关生产力、生产率、经营成本和资本支出成本及资金开销等。本报告所陈述的全部意见、结果和结论均由 RPM 及其专家顾问做出。

本报告初稿提供给客户，仅用于对本报告中事实性材料准确性和作为依据的假设存在的合理性进行确认。

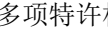
按照固定费用估算，RPM 同意并已收讫本报告编制的相关专家费用。相应报酬不依赖于报告内所得工作成果、亦不依赖于相关交易结果。

RPM 按照本报告编写所需专业费用评估固定价格已同意并收到支付费用。RPM 及其负责人、员工或参与报告编写的专家对本报告无任何（目前或偶发）直接或间接权益或权利，包括：

- 本项目、项目相关证券或客户公司相关证券
- 「相关资产」权益或股权
- 建议交易所产生的结果

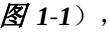
《合格人士报告》通过本函签字代表 RPM 编写，其专家资质及经验详见附录 A。参与《合格人士报告》研究及编写的专家均基于其资讯对报告形式及上下文相关方面表示认同。

2 项目概览

该项目涉及多项特许权（ 2-2），由一系列沉积岩铜钴矿床组成，该类矿床构成知名的主要中非铜带（ 5-1）的一部分。该铜带跨越刚果民主共和国及赞比亚等多个国家，当中蕴藏部分全球品位最高的铜矿床。该项目由 15 个界定矿化带组成，是刚果民主共和国境内最大铜矿，当中包括一个全球最大含铜金属矿产资源量。该矿化带矿化作用在走向及倾斜方向十分明显，已知矿化厚度介于 5 至 10 米。局部具规模的结构体导致在走向及倾斜方向形成大规模半连续式矿化体。

自二零零八年试运行以来，该项目运转良好，所有采矿作业均通过传统露天采矿法进行，专注于开采近地面氧化矿。矿业公司将采用搅拌浸析、溶剂萃取及电解冶金法（「湿法冶炼」）的加工厂逐步升级，目前实现 5.4 百万吨 / 年（「百万吨 / 年」）处理量。该项目在产出含铜约 99.9% 及含钴约 38% 的氢氧化精矿的同时，亦产生阴极铜产品。两种产品均通过卡车由加工厂经赞比亚运送至位于坦桑尼亚的海港。铜产品其后销往全球各地的客户，而钴产品则内销至 Freeport 位于芬兰的钴精炼厂，其后以精炼钴形式销售。

2.1 项目地点及交通

该项目位于刚果民主共和国加丹加省（ 1-1），距 Lubumbashi 省会西北 175 公里。该项目与一条近期刚翻新的优质铺装国道相连接。Lubumbashi 设有国际机场，有定期航班飞往约翰内斯堡、南非共和国及中东。该项目地域范围内亦有国家铁路穿过，惟有关铁路不可用于运输工业产品及用品。矿业公司拥有一条飞机跑道，主要用于在项目场地及 Lubumbashi 之间接载采矿人员。

2.2 现时作业

矿业公司总计计划 26 个独立矿坑，现有矿山服务年限（「矿山服务年限」）时间表（可采储量时间表）计划从 15 个仅含氧化矿矿坑采取矿石。所有采矿作业均由业主使用该区常见传统露天开采设备完成，设备由第三方人员进行维护。矿业公司计划在任何时间拥有的作业矿井数不超过五个（包括毗邻加工厂附近的矿井及距离较远的其他矿井），以便灵活掌控作业的供矿品位、矿石类型及成本组成。采矿作业由多支采矿车队支持。

预期矿石产量将超过加工厂现有处理量（5.4 百万吨 / 年），因此会造成加工厂附近储存大量矿石，储存的矿石将在二零三八年停止氧化矿开采后进行加工。截至二零一六年三月三十一日，储存的矿石合共达 46.2 百万吨，然而，在二零三八年停止氧化矿开采时，储存用于加工的矿石将达 66.8 百万吨，储存量在二零二九年达到峰值，为 82.8 百万吨。RPM 认为，鉴于影响加工量及时间表的主要推动因素为耗酸量，故该方法属合适，惟建议优化时间表，以确保该项目实现价值最大化。正如全部采用浸析及湿法冶炼工艺的铜氧化项目，不同的矿石类型（矿化样式）导致每吨矿石的耗酸量不同。矿业公司拥有两座硫酸厂，每日合计可生产 2,250 吨硫酸，此为主要生产限制。有鉴于此，矿业公司已制定系统性混合项目，将矿石分类放入四个矿堆（包括采矿场弃石）中某一堆，包括：

- 高品位铜 > 3.50% 铜
- 高品位钴 > 0.70% 钴
- 中级品位（中级）铜 > 2.20% 铜及铜 ≤ 3.50% 铜
- 低品位及高耗酸量

各类矿石耗酸量各不相同，因此，RPM 时间表及混合假设在每日最高耗酸量限制条件下，只向一台粗碎机给料，并优先给高品位、低耗酸量物料。

根据 RPM 可采储量估算，预期矿山服务年限（「矿山服务年限」）约为 35 年（持续至二零五零年），可加工约 183.1 百万吨（「百万吨」）矿石，生产 104 亿磅铜金属及 12 亿磅钴金属。现有生产时间表完全涉及氧化矿，然而，在项目现场亦发现重大硫化矿，该类矿将构成长期项目开发方案，并将于近期对其进行分析。

2.3 区域环境

2.4 地理及气候

该地区及该项目附近地形为连绵起伏的低山，高程介于海拔 1,518 米至 1,110 米。该地区覆盖植被普遍为高草、灌木及矮树。

该区属亚热带季风性湿润气候，冬季温和干燥、夏季炎热潮湿，季节性较明显。年平均气温为摄氏 21 度（如图 2-2 所示）。年平均降水量为 1,290 毫米，主要集中在夏季（十二月至三月间）（图 2-2）。

图 2-1 平均降雨量及气温

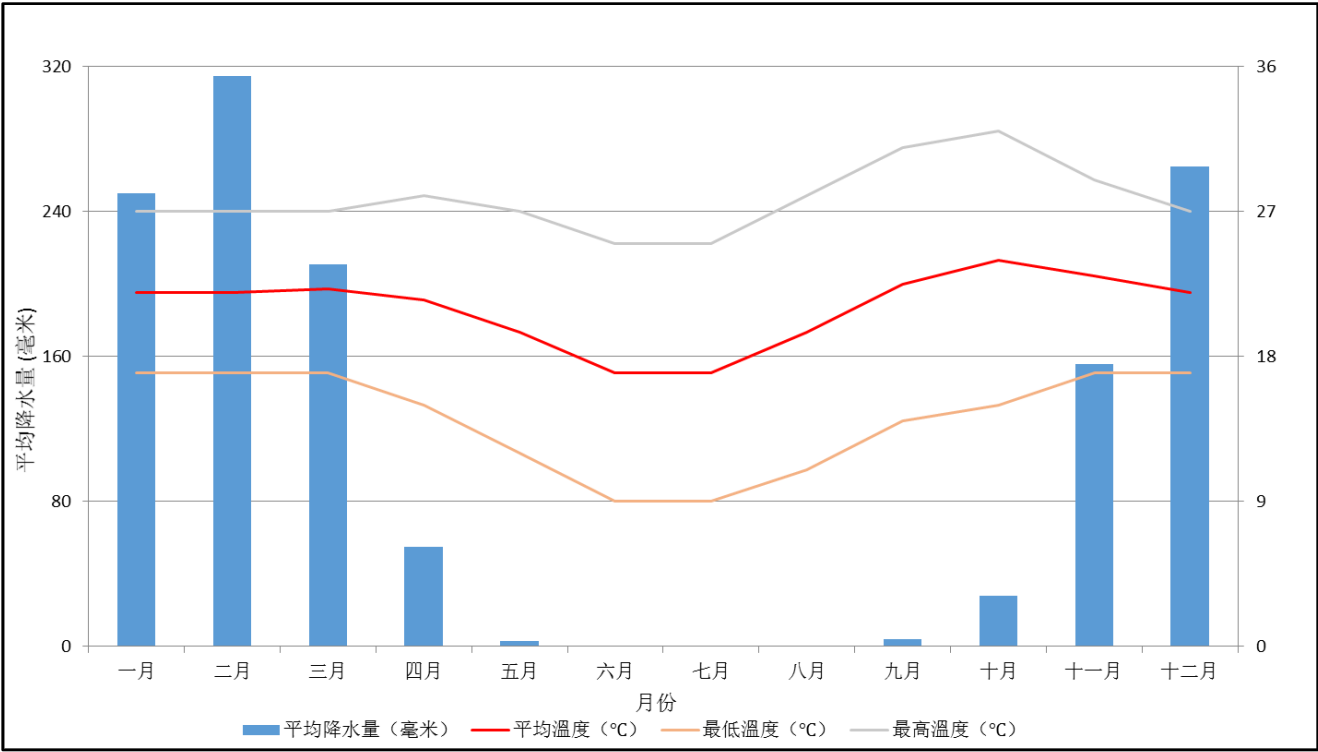
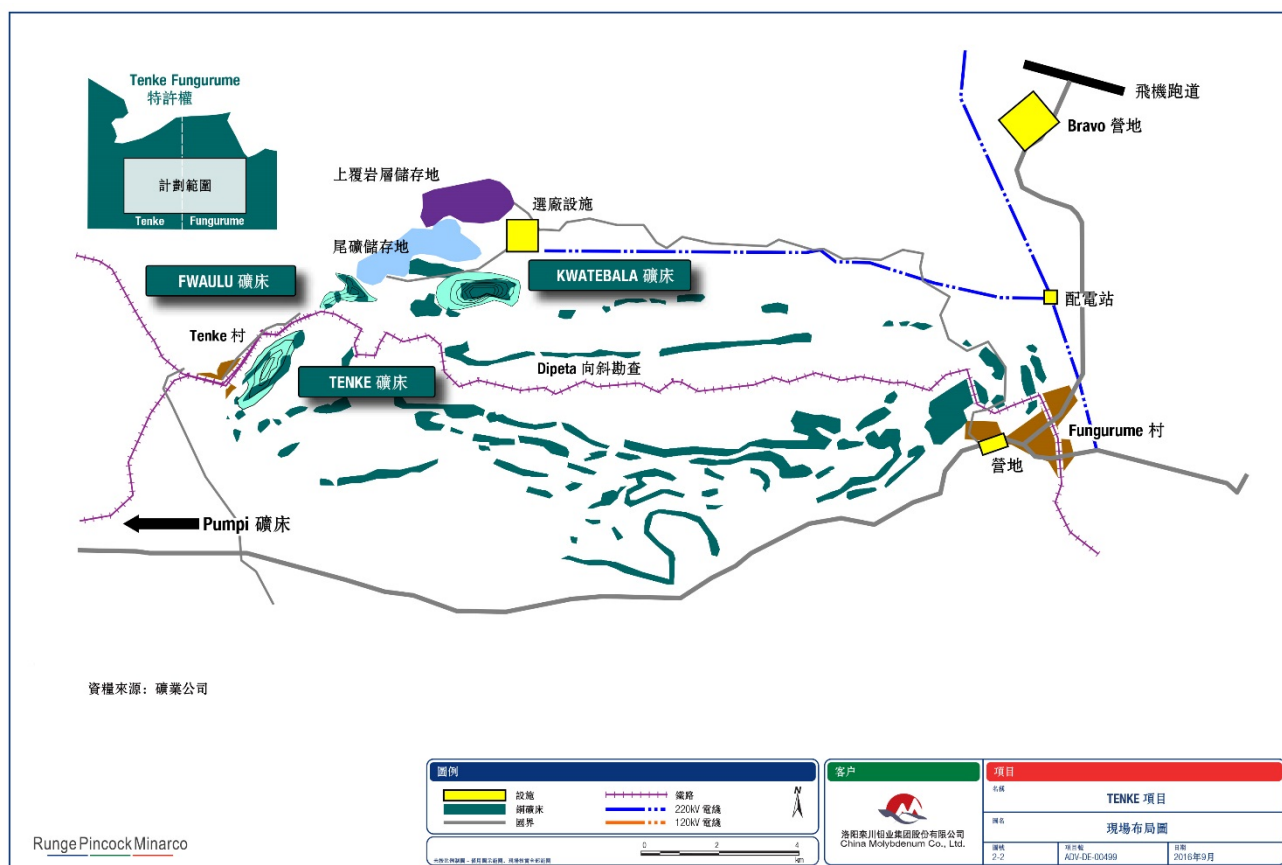


图 2-2 现场布局图



2.5 产业

除当地农牧业及采矿业外，该项目地区几乎没有其他产业，Lubumbashi 为重要的商业及国家工业中心。当地制造商包括纺织业、食品产品及饮料、印刷、制砖及炼铜。该国最大银行之一 Trust Merchant Bank 的总部设于 Lubumbashi。布鲁塞尔航空公司与比利时跨国集团 Groupe George Forrest International 成立的合营公司 Korongo Airlines 亦将其总部设在 Lubumbashi。

Lubumbashi 亦为刚果民主共和国的矿业之都，是该国多家大型采矿公司的基地，该等采矿公司生产的铜及钴合共分别占全球铜产量的 3% 以上及该国钴产量的 50%，其中多数来自 Katanga 地区。

2.6 区域及当地基础设施

除露天采矿及地表加工厂以及办公室基础设施外，该区及当地拥有的大量基础设施为运营及预期生产要求提供了支持。RPM 对区域及当地基础设施进行的审核表明，该区拥有适当的交通运输条件，可将经营资产与当地及国际市场连接，既可供应耗材，又能将产品运往市场。该项目毗邻多条优质公路（图 2-2），优质水源，所有员工居住在现场两处专属生活区内。该项目已与该区国有供电公司 Societe Nationale d'Electricite (SNEL) 订立长期协议供应电力，然而，因供电紧张而影响生产在刚果民主共和国属常见。有关配套基础设施及电力问题的详情载于第 12 节。

2.7 未来作业

受矿化样式影响，无法使用现有搅拌浸析及湿法冶炼工艺加工混合及硫化物矿化，且难以实现相同的矿石回收率。因此，矿业公司已就硫化矿加工、地下采矿及露天采矿可能性进行多项研究及试验工作，并因此考虑修建第二座工厂以支持露天及地下硫化矿开采作业，并对修建成本进行估算（详情见第13节）。

RPM 提示，第8节及第9节呈列的现有可采储量及生产时间表仅涉及氧化矿，明确不包括任何推测的岩矿及硫化矿。RPM 注意到，同时采用露天及地下采矿法开采混合矿及硫化矿的可能性较大。以下仅提供简要概述，详情载于第13节：

- **露天开采：**尽管 RPM 知晓矿业公司并无且未委托他人代其进行任何硫化矿露天采矿研究或计划，作为本报告及审核的一部分，RPM 已进行初步矿井优化，以对该机遇进行量化分析。矿井边界其后被用于呈报混合及硫化物矿产资源量（合共 178 百万吨品位 3.2%的总铜及品位 0.25%的总钴）。根据矿床特点，目前设想使用相同型号设备采用类似采矿方法，以 3.75 百万吨 / 年的速率开采该矿化，并将矿石送至浮选厂及烘干厂（待兴建）。这将产生类似的矿石及废石运输及清理单位成本。
- **地下：**矿业公司此前曾委聘一名第三方对该项目 Dipeta 向斜区硫化矿地下部分进行过概略研究，然而，作为本报告一部分，RPM 已进行进一步优化及设计。此乃为提高研究采矿部分的准确性，以更好界定该项目地下作业的经济可行性（RPM 范围研究）。该研究对该岩矿经济可行性（如第7节所概述）作出提示，所有地下潜在区域混合矿及硫化矿矿石共呈报为 340 百万吨品位 3.0%的总铜及品位 0.26%的总钴。第13节概述的 RPM 范围研究仅关注 Dipeta 向斜，该部分共占总量 340 百万吨中的 77.8 百万吨。预期类似研究可进一步界定潜在具经济效益的地下矿化或可转化成可开采数量的资源。

RPM 获悉露天或地下硫化物项目均未制定开发方案或顺序，然而，RPM 注意到，有多个方案应当在日后研究中考虑，该类方案在时间上较为灵活，且在一定程度上能够缓解供电及加工厂资金需求方面的重大风险。硫化矿露天开采的开发时间受氧化矿矿井时间所限制，总体而言，需先完成氧化矿矿井，方可开采硫化矿，除非投入额外人员及资金。然而，在氧化矿矿山服务年限接近末尾时，有一定的能力可同时进行氧化矿及硫化矿开采。但是，在氧化矿开采结束后开始硫化物开采，以便减少设备占用的作法合乎逻辑。地下采矿的开发时间较为灵活，取决于何时修建硫化物工厂。目前存在多种开发方案可供选择，需待日后进行后续工作时对该等方案进行研究及分析。RPM 提示，尽管已完成初步露天开采优化，但尚未制定矿山时间表或完成经济建模，故难以确定按 3.75 百万吨 / 年的生产率开采硫化矿的可行性及潜在矿山服务年限。

3 权证及许可证

矿业公司持有多项现有采矿权，包括采矿及勘探权证（许可证）、营业、环境及安全许可证，可见附录 D。能够持续经营包括采矿业务、主要地面设施及矿石处理、管理业务、电力基础设施、废石及尾矿储存设施安装及勘探作业在内的多种业务。主要许可证概要如下：

RPM 提供以下资料，仅供参考，并建议法律专家审核土地业权及所有权。

3.1 项目所有权

该项目为 Freeport-McMoRan、Lundin Mining Corporation 及国营矿业公司，Gécamines 三间公司的合营项目，有关公司分别拥有 56%、24% 及 20% 的权益。所有业务均由 Freeport-McMoRan 管控，该项目为刚果民主共和国的最大铜矿。该项目运营历史较长，自一九一七年发现以来，更换过多名矿主（如表 3-1 所述）。

表 3-1 项目历史（按年序）

年	相关工作
1917	联合矿业首先探讨的区域
1969	Mobutu 国有化项目
1971-1976	Societe Miniere de Tenke Fungurume（私人财团）投资 2.80 亿美元
1996	TF 控股有限公司（TFHL），Lundin 集团的子公司，通过公开招标过程收购了多数股权
1998	必和必拓收购方案 TFHL 购买多数权益
2000	FCX 期权以收购必和必拓 50% 的利益。
2002	FCX 收购必和必拓期权的剩余部分
2005	TFHL 和 Gécamines 公司执行（I）修正并重新陈述的股东协议，FCX 行使期权收购 TFHL 70% 权益。
2007	建设初始开发项目启动
2009	首先金属生产作为一个项目进入启动阶段
2010	刚果（金）政府确认 Tanke 采矿合同都处于良好状态；Tanke 同意追加承诺
2011	建设二期扩建项目启动
2012	Tanker 持有 FCX 项目的 56%，Lundin 的 24% 和 Gécamines 公司的 20%，2010 年达成共识，2012 年 3 月 26 日生效。

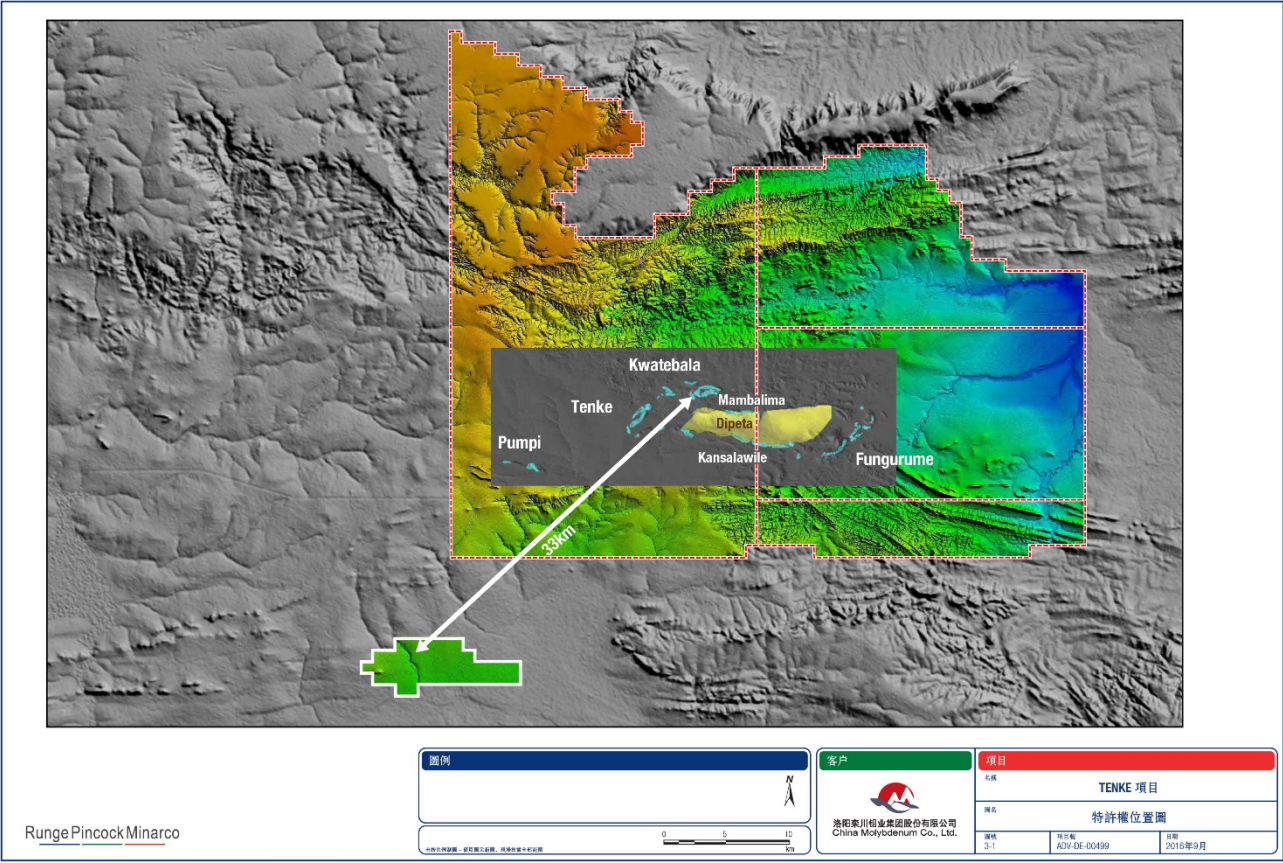
3.2 矿产特许权及地面权利

对维持资产连续经营从而支持计划生产量的主要采矿权目前均有效（图 3-1），矿业公司持有按开采该项目本报告所呈列计划所需的所有采矿权（特许权）及地表权利，且并不知悉存在任何针对矿业公司的法律申索或诉讼。此外，矿业公司目前持有多项环境、施工及经营许可证。许可证包括废石及尾矿储存设施施工及经营许可证、水井开凿及取水许可证以及各种经营及环境许可证。RPM 已概览有关许可证，并认为有关许可证有效，可支持资产在可预见的将来按照矿山寿命期计划的生产量持续运营。RPM 注意到所有的主要特许权矿山服务期适用于当地法规，主要资产名单和到期日列示在附录 D 中。

3.3 社区及 EHSS 许可及互动

如第 14.1.4 节所述，RPM 明白，矿业公司至目前一直遵守刚果民主共和国法律法规，并已支付所有许可及采矿权支出。RPM 在审核过程中发现，存在非法矿工开采近地面高品位铜及钴矿化的重大问题。该等矿工通常选择以往社区关系紧张、曾发生包括恶意破坏矿业公司设施事件的非作业采矿区行事。因此，矿业公司已制定一项主要社会与社区互动计划，并成立社会社区基金。自该计划启动以来，RPM 意识到矿业公司与当地社区及国家政府的关系已有明显改善，尽管仍存在非法采矿行为，但减少了干扰生产事件的发生。RPM 注意到，该等类型风险并非位于刚果民主共和国的该项目或全球其他类似规模项目所独有，主要详情载于第 14 节，以供参考。

图 3-1 特许权位置图



4 项目历史

4.1 勘探历史

该区勘探历史可追溯至一九一七年，当时 Union Miniere du Haut Katanga（「UMHK」）通过探槽及钻探对该项目地区进行取样。此后，在首次勘探至二零零九年进行首次商业化生产之间，众多公司采用多种方法进行了勘探作业。其中包括 Gecamines（于一九六九年至一九七零年进行钻探作业）及 Societe Miniere de Tenke Fungurume（「SMTF」）（于一九七一年至一九七六年进行包括钻探在内的多项研究）。

在一九七六年（继 SMTF 结束所有工作后）至一九九四年间，进行的勘探作业相当有限，Lundin Holding Limited（「LHL」）在与 Gecamines 进行探讨并完成技术审查后，于一九九六年七月收购该项目。

于一九九八年十二月，BHP 订立独家购买权购买 LHL 股份。于一九九九年二月，LHL 停止可行性研究（「可行性研究」）工作，并宣布发生不可抗力事件。于二零零零年至二零零二年间，Phelps Dodge 订立购买权协议，以收购 BHP 的 50% 权益，以及余下独家购买权以购买 LHL 股份。

Phelps Dodge 于二零零二年至二零零五年间完成了范围研究并取得经修订股东协议，并于二零零五年至二零零六年完成可行性研究及环境和社会影响评估。于二零零六年十二月，Phelps Dodge 有条件批准开始施工。在该项目由不同公司拥有的不同阶段，勘探数量各不相同，其中大部分工程乃于二零零八年 Freeport 收购该项目（如表 4-1 所概述）后完成。

表 4-1 勘探活动概要

年	公司	岩芯		反循环钻孔		总计	
		米	#钻孔数量	米	#钻孔数量	米	#钻孔数量
1919 - 1970	UMHK	92,393	346	10,925	56	103,318	402
1971 - 1976	SMTF	64,630	545			64,630	545
1990 - 1991	GCM	8,635	83			8,635	83
1997	TMC	9,820	85			9,820	85
2006	PD	16,797	131			16,797	131
2007	PD/FCX	52,280	436	2,413	34	54,693	470
2008	FCX	113,956	626	5,943	58	119,899	684
2009	FCX	52,293	292	82	4	52,375	296
2010	FCX	43,131	312			43,131	312
2011	FCX	78,956	444			78,956	444
2012	FCX	106,024	628			106,024	628
2013	FCX	106,013	549	1,042	22	107,055	571
2014	FCX	87,034	611	2,822	45	89,856	656
2015	FCX	59,326	373			59,326	373
2016	FCX	19,745	142	2,190	29	21,935	171
		911,033	5,603	25,417	248	936,450	5,851

4.2 采矿历史

首批阴极铜的生产时间为二零零九年三月，生产工厂在二零零九年九月前一直按计划产能运作。工厂于二零一三年进行扩建达到现有产能，每年可生产约 600 百万磅阴极铜及 37 百万磅钴（氢氧化钴沉淀形式）。

5 地质

RPM 已审核该项目区域内地区及矿床的地质，并认为已透过地质填图、地层界定（沉积层序、时代及侵入历史）、地质剖面解释及三维模型对地质有了很好的了解。**表 5-1** 概述该地区发现的各种岩石类型，以及与该项目及本报告有关的所有技术文件中使用的相关缩写。

表 5-1 岩石类型缩写

缩写	名称	描述
RAT Lilas	泥岩-滑石岩	白云石和滑石泥岩和白云泥质砂岩
RAT Grises	泥岩-滑石岩	灰色砂质泥岩白云岩、泥质砂岩
DStrat	层状白云岩	层状白云岩和白云质叶岩
RSF	硅铁质岩	硅质叶岩白云岩
RSC	多孔硅质岩	硅化白云岩
SD	叶岩白云岩	白云质叶岩
BOMZ	黑矿成矿带	黑矿成矿带
CMN	钙质黑色矿化	云岩
Dipeta	Dipeta 组	Dipeta 组

5.1 地质环境及矿化样式

该项目大约位于南纬 10°及东经 26°，距刚果民主共和国（「刚果民主共和国」）东南地区加丹加省行政中心 Lubumbashi 西北约 175 公里。该项目内的矿床被解释为一系列含有铜-钴的沉积矿床，构成中非铜带（中非铜带）的一部分。中非铜带跨越多个国家，包括刚果民主共和国及赞比亚，位于一个名为卢弗里安弧（Lufilian Arc）的主要构造特征内。该弧形为一个长 500 公里的褶皱带，从刚果民主共和国南部的 Kolwezi 延伸至赞比亚的 Luanshya，含有全球最大且品位最高的铜钴矿床。

该弧形为与刚果及喀拉哈里古陆核接壤的数个主要泛非洲结构之一，体现了新元古代古陆内部的裂变，与中元古代超级大陆分裂处于同一时期（约 800 至 600 百万年前）。晚新元古代碰撞变形亦有区域性记载，与风瓦纳古陆中部的形成有关（约 600 至 500 百万年前）。

卢弗里安造山集中在多项冲断事件，导致赞比亚北-西北部及 Kolwezi 东西呈曲线形地貌（**图 5-1**）。该等结构在新元古代罗安超群沉积物中有最佳体现，在一系列断层及角砾化的背斜（或所谓的「*écailles*」）（最长达 10 公里）露头。该超群包括一个约 7,000 米厚的演替（主要为浅海及陆地变质沉积岩），在跨古陆核裂口盆地中累积。

Katanga 底部序列厚 800 至 2,000 米，分配至罗安超群，包括向上延伸至浅平台碳酸盐的大陆硅化沉积岩及蒸发溶解角砾岩。罗安超群的上方为 Nugba 超群（Rodinian 超级大陆破裂后刚果古陆核南侧被动陆缘的海洋硅化及碳酸盐矿床）、Kundelungu 及 Fungurume 群、同造山期及海角盆地演替。上罗安及底部 Nugba 超群被大量拉斑玄武岩变辉长岩床侵入（Tempo 等，一九九九年）。泛非洲时期一系列古陆核事件（650 至 500 百万年前）导致有关岩石出现大量变形。主要构造事件称为卢弗里安造山，导致刚果-喀拉哈里古陆核碰撞期间形成卢弗里安弧（Master 等，二零零五年）。

中非铜带的大部分矿化包含在罗安超群下部内的各种硅、陶土及白云石岩性中，但矿化亦延伸至 Katangan 前基底及 Nugba 超群中更高的地层水平。矿化主要为层状，限于特定水平，一般沿走向延伸数公里。

5.1.1 地层柱状

Katanga 统分为加丹加省两个超群，即历史较长的罗安超群与历史较短的 Kundelungu 超群。罗安超群的轮廓如下所示，按历史由长至短在**图 5-2**中列示。

- **RAT Lilas 组**地层为一个含有丰富镜铁矿的白云石、滑石泥板岩及白云石泥质砂岩。有关岩石极不坚固，常角砾化及蚀变。地层基底位于逆断层面上，因此未观察到。RAT Lilas 地层可能与不整合位于在基底杂岩的花岗岩（片麻岩）上方的底砾岩相关。
- **RAT Grises 组**地层为一个 2 至 5 米厚的细至中粒砂质灰色大块白云石泥板岩及泥质砂岩。与 RAT Lilas 一样，该地层亦经常极不坚固，常角砾化及蚀变。其在数个地点良好矿化。
- **DSTRAT 组**地层一般为细粒层状至迭层的白云石及白云石叶岩。部分区域的该地层含有矿化带的最低部分。
- **RS 组 F** 地层含有大部分较低矿化。其为交替变化的细条段状硅质白云石叶岩及云母叶岩及微晶粒状石英条带。铜-钴矿化沿顺层面及节理处以发散形式出现。
- **RSC 组**地层由细至粗粒大块硅化白云石（一般厚 20 米）组成。该地层已被地表附近的碳酸盐浸析，具有多孔管状燧石外观。由于其抗腐蚀，因此构成了明显的山脊及山丘特点。RSC 常在相关 RSF 及上方 SDB 之间的接触面附近矿化。
- **SD 组**地层为细迭层白云石叶岩与附属的白云石及稀疏不连续的石墨叶岩条带。根据钻探横断面，其在 Kwatebala（当地主要矿床之一）厚约 90 米，但在该区域的厚度介于 30 至 130 米。底部 10 米（称为 SDB）由灰白至深蓝灰色绢云母与白云叶岩组成，沿层理、节理及其他断裂面含有铜及钴矿化。较低处单元包括具有经济开采意义的上层矿化层。在 SD 内，白云石黑矿矿化带（**BOMZ**）的特点是存在丰富的黑色氧化矿物，有关矿物主要包括氧化锰，且常含有氧化钴，但并非一定存在。
- **CMN 组**地层为白云岩，可分为两个单元，一个是底部的深色有机白云岩，一个是顶部与绿泥石及白云粉砂岩形成夹层的洁净白云岩。Kwatebala 的钻探并未持续标明有关单元。Kwatebala 直到 CMN 的钻探横断面表明，真实厚度约 90 至 110 米。该单元在 Tenke 未矿化。
- **Dipeta 组**地层为 Kwatebala 矿床中历史最短的单元。RGS 被部分作者用于注明 Dipeta 的下部。其包括下部的白云石与泥质白云石质粉砂岩，以及顶部的白云岩、石灰石、叶岩、砂岩及长石砂岩。Dipeta 地层构成 Kwatebala 山的中部，被富饶的矿山系列岩石推覆体下方的许多钻孔穿透。该角砾化的断层接触处发现有强大的铜-钴矿化。对此的最佳解释是，矿化横断面碎屑陷入角砾岩，但亦可能来自强大的浅生矿化。

图 5-1 区域地质图

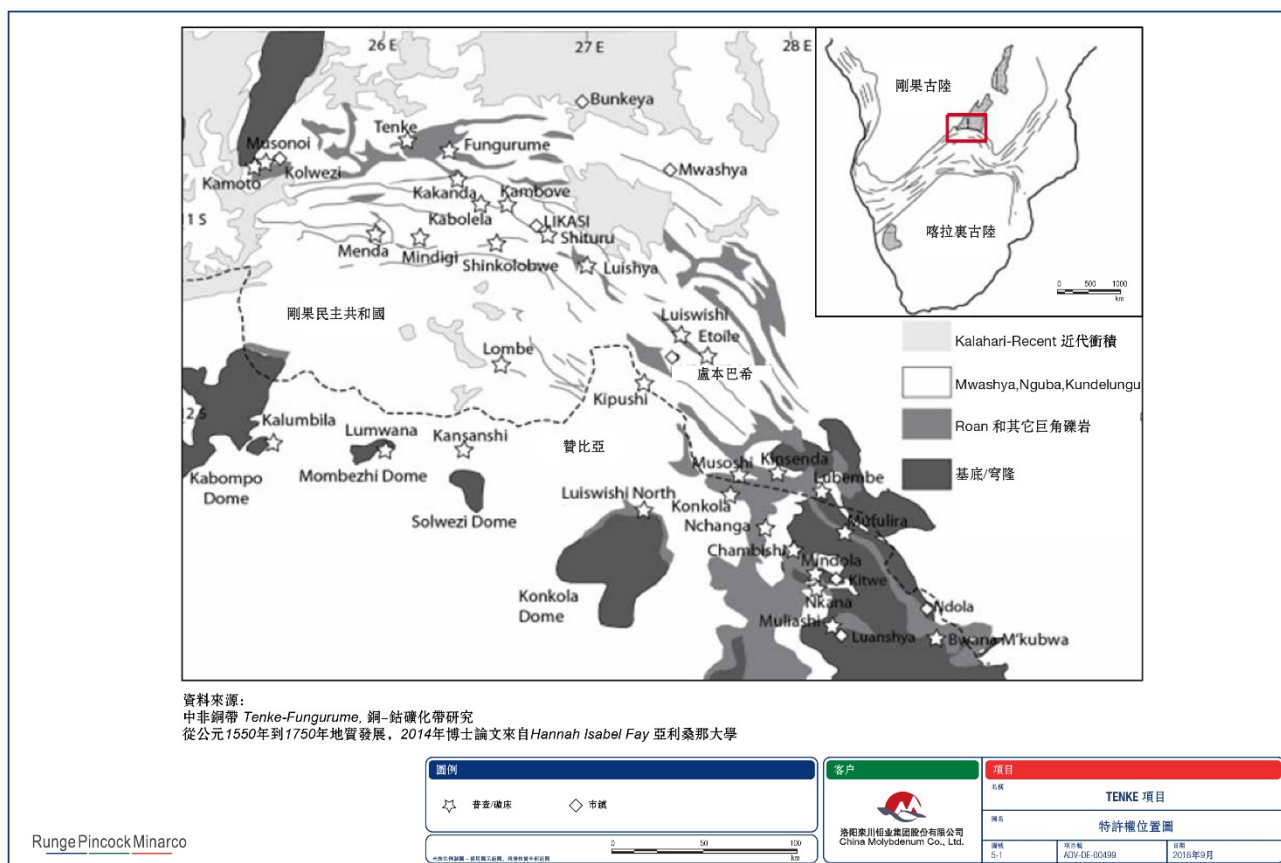
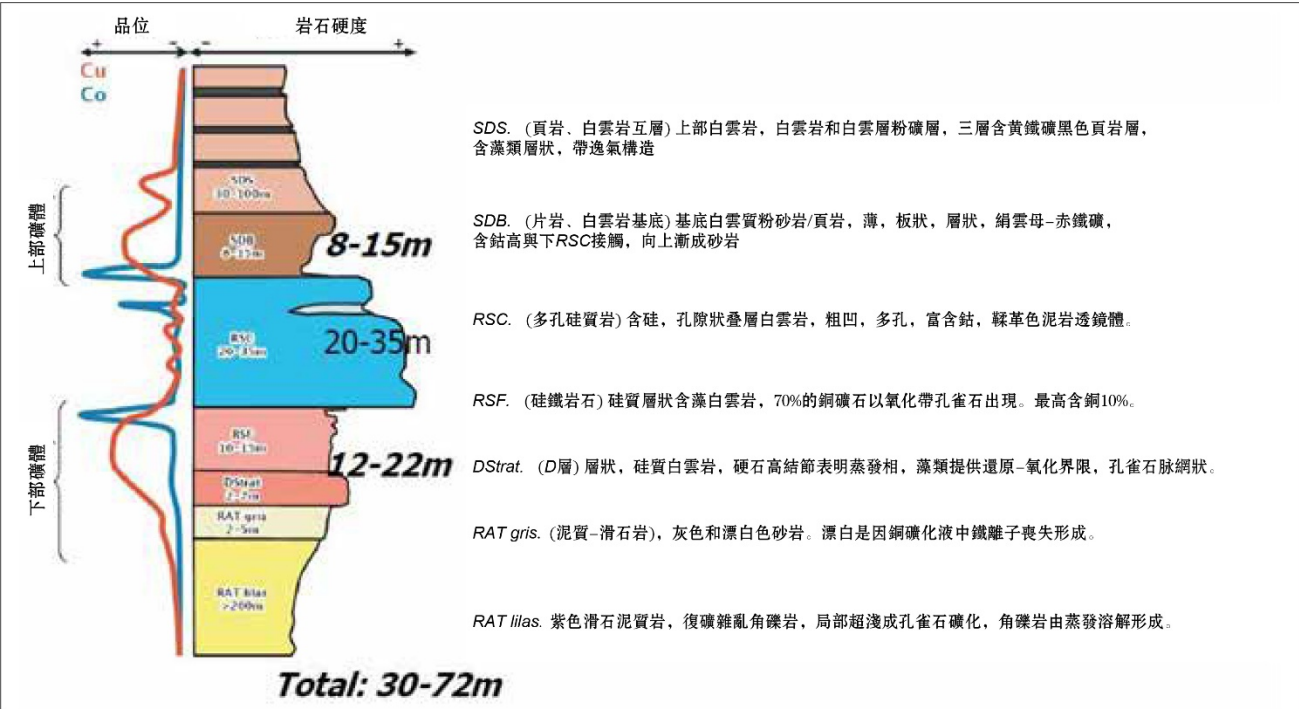


图 5-2 一般地层剖面



資料来源: Author - Sebastien Lavoie

5.1.2 构造地质

就区域而言，卢弗里安造山期间北-东北向的压缩变形被解释为令未变形的沉积转变成公里级的接近垂直且倒转的褶皱（现时界定卢弗里安弧）。持续变形被认为导致褶皱段沿北-东北向陡峭倾斜断层（横向对冲断层）及层理平行逆断层被切断。变形过程很可能受到下罗安群沿逆断层、剪切带及沿褶皱构造的蒸发岩侵入的辅助。该变形可解释下罗安群的沉积物如何被相关 RAT 的角砾岩围绕。

在当地，卢弗里安弧的岩石剧烈褶皱，已识别出三个独特但相关的构造单元。本报告说明矿床 Tenke Fungurume 群所在的外部单元（为最北边的单元）。该单元由罗安纪紧密褶皱的逆冲推覆体组成，已在历史较短的 Kundelungu 前陆朝北转变。

不同尺寸及方向的逆冲块将该项目内多个矿床分开。北部受到的扰乱较少，略向北倾斜，而南部有 Dipeta 向斜。向斜的最东边与一系列逆冲推覆体相连，构成矿床的 Fungurume 剖面。在西段，向斜的北翼被一个重要位移（令 Tenke 矿床向东北偏移）终止。

在东西向的 Dipeta 向斜内，北翼与南翼均可在下罗安岩石的延续山脊追踪到，韧性更强的硅质岩构成脊顶的突起，该等山脊平行连绵约 14 公里，未观察到明显偏移。向斜的深处构造未知，迄今为止进行的勘探有效。存在与层理平行的小型及中型褶皱及断层，加上 Tenke-Fungurume 矿床中的复杂性，表明构造不大可能简单。

一如 Kolwezi Nappe，矿化大碎片可能为一系列脱顶平面上已输送的大尺寸推覆体区块或相关构造。

Dipeta 向斜的北面与南面均有大量的下罗安岩石区块。有关岩石在向斜南部实现最大发展，一般形成方向随机的区块。相比之下，向斜北侧以北的逆冲推覆体更小且数量更少，一般与 Dipeta 向斜轴的走向接近平行，位于上罗安时期的 Dipeta 地层的低处(RGS)上。

5.1.3 蚀变及矿化

原生铜及钴矿物成分主要为辉铜矿、黄铜矿、斑铜矿及硫铜钴矿。氧化导致全面蚀变，产生孔雀石、假孔雀石、硅孔雀石（水化硅酸铜）及水钴矿。Tenke 及 Fungurume 的氧化基介于 75 至 125 米。两个矿化水平中的主要矿物组合同质，差异是由于浅生过程产生的影响所致。

部分区域有发展良好的淋滤带，淋滤带发展而成的铜品位一般为周边氧化物的三至四倍。黑色氧化物及氧化铁可能是该区域低铜及酸铜的原因。

白云石或白云石岩占主地层的大部分，白云石及石英是存在的主要脉石矿物。主岩风化一般与深度相关，深处的强度下降，以白云石（被浸析及去除，导致部分剩余富集带）产生水化氧化铁及硅石。

5.2 矿化样式

过去 50 年，中非铜带沉积物所蕴含的层状铜-钴矿化一般理解的时间已出现重大变化，从主岩沉积期间的共生，到最终沉积渗碳及压缩前的早期成岩，再到目前流行的多阶段成岩到后成就位，产生具经济效益的成矿带的观点（Sillitoe 等，二零一零年）。鉴于含硫细脉普遍存在，同一作者表示，起源于岩化期前的可能性不大。其他作者表示成因模型，如因浅水蒸发而富集，并在压力下再活化，因褶皱及逆段而产生。

不论导致该等矿床成形的是何机制，微观及宏观层面矿化的地层性质均表明，同沉积程序在最终矿化过程中发挥了重大作用。这导致大量侧向连续的矿体（常数千米），典型的例子为赞比亚 Nchanga 及刚果 Kolwezi 的主要矿床。

有机材料（推断来自藻类及迭层石）的存在，可能是 RSF 及 SDB 单元中具经济效益的成矿带集中的重要因素。蒸发岩的存在亦可能在矿化过程中发挥了一定作用。钴矿化一般出现在 RSF-RSC 与 SDB-RSC 的接触面，但亦在其他区域出现（但品位一般较低）。

尽管有关岩石经历的变形程度较高，但基本上仍未变质。

5.3 矿床地质

该项目地质与上文区域地质说明类似；但当地厚度、品位的差异以及当地断层及褶皱的结构特点界定了数个区域。矿业公司将该项目分为 19 个独立矿床，如 **图 5-3** 所示及下文所概述。

Tenke 复合岩体- Tenke 复合岩体包括由复合结构切割的多个矿床。最东北端的矿床为 Shimbidi，由一个向西北倾斜约 30 至 45 度的向斜的一翼组成。邻近 Shimbidi 的为另一个位于地面下的矿床。穿透该矿床的钻孔较少，因此，未呈报资源量，且对其起源或结构所知不多。但有可能存在浅向斜。由于 Shimbidi 下方缺少钻探，因此难以理解新发现的矿床延伸多远。

一个大型西北走向边界断层将 Shimbidi 与主要的 Tenke 矿床分开。该断层可能延伸至东南方最远至 Zikule (**图 5-3**)。该断层的垂直偏移未知，但 Shimbidi 及其邻近的矿床可能是 Kabwe 及 Goma 翼的延伸（见下文）。该断层的西南侧为 Kabwe 及 Goma 矿床。Goma 强烈断层，因两个较平的冲断层而偏移。逆冲方向为北-西北，该等断层沿线的偏移介于 50 至 100 米。Goma 西北的 Kabwe 翼并未显示逆冲相关断层的证据；但接近地表处有一个褶皱，表明 Goma 的偏移在 Kabwe 变成了隐蔽冲断层。因此，裂隙密度较高，令 RAT 内的盐可穿透类似堤坝的周边矿山系列。

Kabwe 在地面陡峭倾斜，但逐步变浅成为一个向斜，该向斜仅在 Goma 地面外露 100 米。钻探及旧有的法国地面制图表明，该处有三翼，矿山系列最东南处的外露是 Kabwe 向斜最东南的一翼。向斜向下刺入西南方，一个大型垂直边界断层将 Kabwe 单翼与 Goma 双翼分开。该断层已因逆冲而偏移。

在 Goma 的西南端，随着矿山系列现时向东南倾斜，西北翼开始消失。在褶皱及逆冲期间，随着岩石向北及垂直移动，Goma 的西北翼可能被剪下。两个冲断层中的较深者将位于上方者截断，后者在西侧消失。余下冲断层向西南倾斜，直到消失在模型的界限下。

Goma 的矿山系列在深处变浅，并向东南倾斜约 35 度，朝向矿床的西南端。山谷东南方约 1 公里处为 L3K，矿山系列在当地亦向东南倾斜，但约 50 度。Goma 及 L3K 均与山谷中的 Dipeta 整合接触，因此该两个矿床可能在深处形成向斜。然而，山谷中任何潜在向斜的深度未知。

最西南方的区域被一个大型逆冲相关的西北走向断层与 Kabwe 及 Goma 分开。该区域名为 Kakavilondo，由三个矿床组成，其中两个可能相关。最西南方的矿床较小，类似略微褶皱的向斜。该矿床的起源未知，不清楚其是否与东北方 Kakavilondo 另外两个矿床相关。构成 Kakavilondo 的其他两个矿床看似相关：大小相等，倾角方向相同，走向呈相同方向（以 RAT 矿山系列接触点的露头走向方向作为假定参考面）。但最北方的矿床倒转。结构考虑因素及 3D 建模方案表明，Kakavilondo 最东北的两个矿床可能曾形成一个单一的 RAT 核心背斜。

Tenke 矿床的结构以西面及背面不超过半公里处一个历史更短、更厚、看似更为稳定的岩序为界。北向出现逆冲，Tenke 与 Fwaulu 之间的东北-西南通道看似界定了一个紧挨西面历史较短岩石的构造坡，看似作为一个结构壁垒，断层因此无法向深处穿透。因此，该边界正东方较软的矿山系列必定朝西北旋转，导致褶皱收紧及倒转，并诱发走向滑距的横推断裂作用，以适应逐步逆冲。沿着 Tenke 复合岩体与历史较短岩石之间的边界（当地的旋转必定最大），Kakavilondo 矿床逆时针旋转超过 90 度。在矿山系列经过充分旋转，使其褶皱轴面与当地逆冲方向一致后，一个大型的左横向撕裂断层将沿背斜较弱的 RAT 核心铰链将两个 Kakavilondo 矿床分裂。沿该撕裂断层的横向偏移约 300 米。

Kakavilondo、Iko、Kabwe、Goma、Shimbidi、KM-485、Fwaulu 及 L3K 均位于历史较短、相对未变形的岩石所界定的结构支撑影响区域内。因此，除逆冲进行时朝北向旋转外，邻近韧性更强的岩石亦产生了多个北-西北走向的撕裂断层。在 KM-485 以东，其他矿床大致为东西走向，未出现明显的逆冲相关旋转迹象。逆冲相关构造紧邻历史较短岩石，可能已作为补给构造，加强了附近矿山系列中的铜及钴品位。

与 Kwatebala（为特许权中的主要矿床之一）的平均值相比，Tenke 的 RSF 的品位略低，SDB 较低。RSF 区块中含有的总铜平均为 3.39%，SDB 平均为 2.20%。相比之下，在 Kwatebala，RSF 的总铜平均为 3.84%，SDB 为 3.26%。

与 Kwatebala 相比，Tenke 的 RSF 钴平均品位较低（0.16%比 0.25%），SDB 相同（0.42%比 0.42%）。RSC 的矿化沿与 SDB 及 RSF 的上下部接触面及夹层叶岩单元内最优，品位最高达 2.87%。

Fungurume 包括含有大量断层及复杂的构造几何的十一个子矿床或「区块」（I、II、III、IV、VII、VIII、IX、X、XI、XII 及 XIII）。

区块 III 及 IV 位于矿床 Fungurume 群的中心，包括一个将 IV 与 XI 分开的 RAT 核心背斜。在深处，紧密褶皱为小型接近平行的冲断层所代替。区块 XI 及 IV 为一个露头向斜的南端及北端。一个主要撕裂断层将 IV 及 XI 与 VII 分开。VII 以东为 XIII，不存在任何矿化。区块 I 及 II 较小，向浅处倾斜，方向大致相反。区块 IX 及 X 为同一矿体的一部分，X 为主矿体的下盘部分。区块 VIII 为一个向下插入的向斜，被一个东西向边界断层与 IV 及 VII 分开。最后，区块 XII 位于模型区域的最西北角。其为一个较小矿床，边缘界定程度较低。XII 可能是一个至少三个独立但相关的边界断层为界的断层，如  图 5-4 横断面所示。

除 III 及 IV 外，Fungurume 矿山系列的倾角平均比 Tenke-Fungurume 区域大部分矿床浅。矿山系列的平均倾角（III 及 IV 除外）一般约为 30 度。然而，II 在各地的倾角基本为 0 度，且历史上曾分为 IIh（水平）及 IIv（垂直）。另一方面，III 及 IV 的倾角约为 70 至 90 度。Fungurume 另外唯一的陡峭倾斜部分为 VIII 的西北端。由西南至东南，平均倾角由大致 0 度逐步增加至 90 度。Fungurume 项目区域的地层厚度与该区域其他矿床（如 Kwatebala）相若。

与 Kwatebala 的平均值相比，Fungurume 的 RSF 的整体铜品位较低，但 SDB 中较高。

Fungurume 延伸包括形成一系列区块的大量断层及复杂的构造几何。VI、VI 延伸及 V 矿山系列区块的东南翼与 Kundulungu 群断层相接。Kundulungu 已进行有限钻探，但理解为断层向北-西北陡峭倾斜。与一般的 RAT-Dipeta 断层带类似，该断层带由上盘侧及下盘侧 Kundulungu 的角砾化 Dipeta 代表。角砾化 Dipeta 的厚度各异，从仅数米（Kundulungu 几乎切断下部矿山系列）到近 100 米。

在该区域的西南面，VI 延伸区被一个西北走向的走向滑距断层与 VI 分开，包括矿山系列的多个迭加剖面。沿分隔断层的偏移约 45 米，可能是该项目区域历史最短的构造。VI 的南翼含有三个紧密层迭的矿山系列（被不同数量的断层泥分开）。被分开的各翼已褶皱，并将 Kundulungu 截断。褶皱可能因应对紧邻的挤压力而形成。

VI 及 VI 延伸的西北翼被一个大型冲断层与南翼分开。该冲断层已去除在西北翼下盘与硅化 CMN 接触的大部分较软的 RAT。该区域一般有断层带，厚度介于 0 至 10 米。将西北与东南翼分开的可能是重新激活的正断层，但这一可能性较小。相关证据可见于两翼的风化程度。东南翼已经历较小的风化。实际上，并未发生铜浸析，高品位可见于 RSF 地面。另一方面，西北翼完全浸析，该浸析可能达到超过 100 米的深度。不幸的是，在 VI 延伸的西端及东端，大部分钻探并未足够深入至淋滤带下。该处淋滤带可能延伸至超过 100 米的深处并位于发展良好的表生带上方。如将西北与东南翼分开的主要断层为冲断层，则其历史应较长，两翼经历风化的时间应大致相同。然而，两翼之间的风化程度存在重大差别，可能表明西北翼暴露在地表的时间远远更长，显示主要分隔断层为历史较短的正断层。

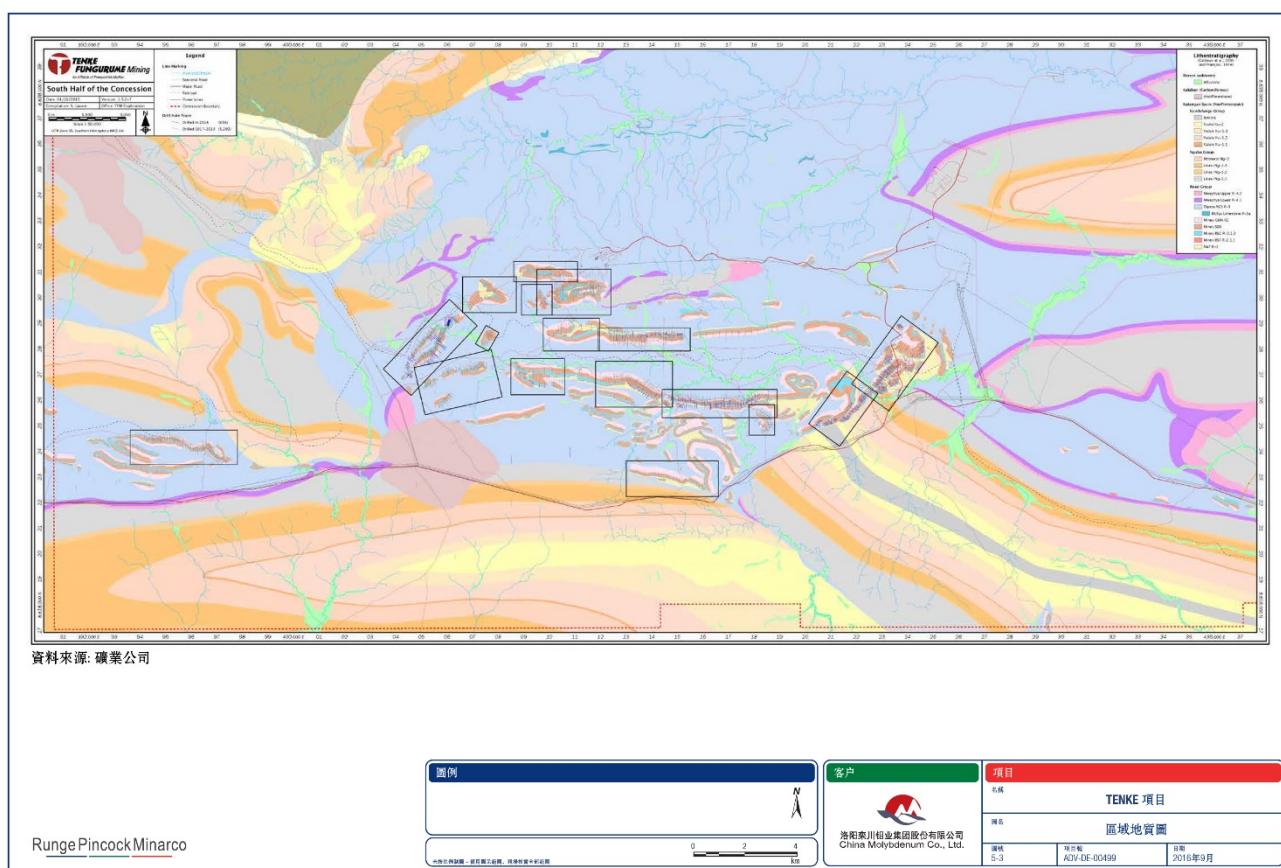
区块 V 远小于 VI 及 VI 延伸，V 的西南部分为紧密褶皱的 RAT 核心背斜。在地面，RAT 核心背斜已被侵蚀，这是该项目矿床的典型特征。

然而，紧密褶皱朝向东北方开始平缓，RAT 核心背斜下降至低于地面。在矿床的西北端，紧密褶皱被逐步褶皱所代替，截断一系列西北走向的走向滑距断层。

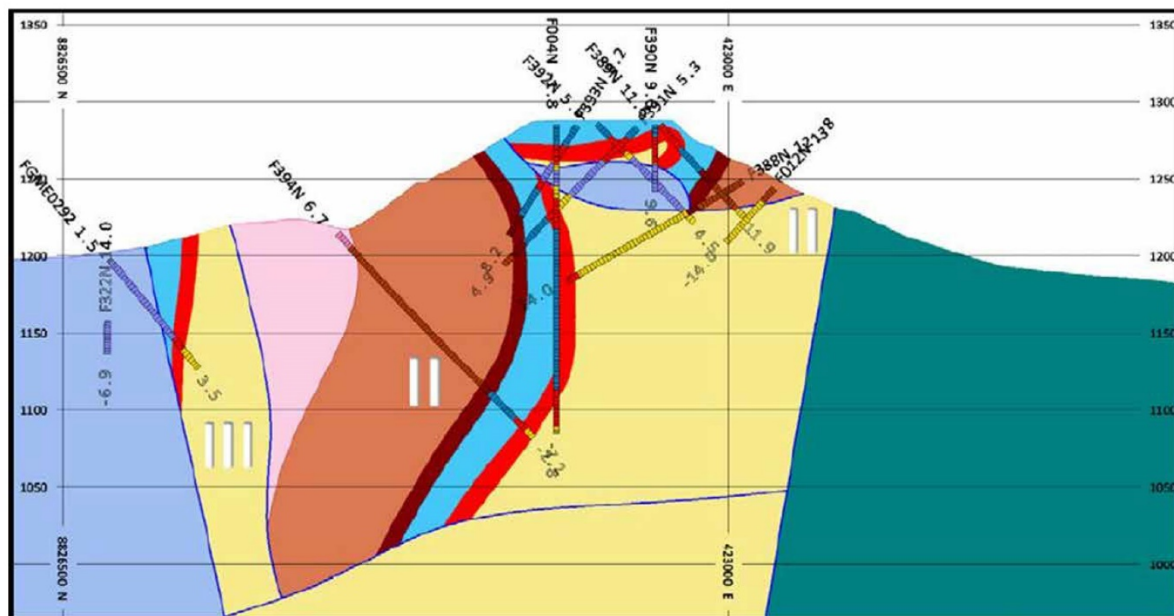
在地面，V 及 IV 被一个 200 米宽的角砾岩带（当中含有 V 的 RAT 核心背斜的剩余部分）分隔。未知沿着将 V 与 VI 分隔的主结构已出现多少偏移，但有多个西北走向的断层裂片将该区域切割，平均偏移约 35 米。早前在深处退出 V 的钻探主要影响 Dipeta。但 Dipeta 并未标明 VI 的真实端，而是在 V 下方 VI 的延伸中注明一个间断。矿山系列中的间断可见于该区域各地，如 L3K、Tenke 及 Mambilima。这似乎由于 RAT 核心背斜的一个或多个部分未能应对盐类构造向上褶皱。实际上，矿山系列中该间断可能小至 50 米宽（Tenke 翼），表明矿山系列较小的区块亦可能无法针对含盐材料的流化变动而褶皱。

就区块 VI 而言，矿山系列中看似有一个 450 米宽的间断。VI 的东部延伸朝该项目区域的东部范围提升。在此 VI 迅速截断西北走向断层。然而，如进行重建，VI 将与 III 完美并列。VI 很可能只是 III 的延伸，与 III 共同构成走向长度超过 3.5 公里的一翼。

图 5-3 区域地质图



Fungurume (上方)



- V-42 -

铜品位类似，但低于 Kwatebala 的平均值。RSF 区块中含有的总铜平均为 2.89%，SDB 平均为 1.39%。

与 Kwatebala 相比，RSF 的钴平均品位较高（0.33%比 0.25%），SDB 较低（0.19%比 0.42%）。钴矿化亦可见于 RSC，在上下部接触面最优，SDB 及 RSF 达 0.97%。

Kavifwafwaulu 含有大量断层及较复杂的构造几何。矿床西端是由紧密褶皱的 RGS 核心背斜组成，该背斜被一个大型的东北倾斜滑断层截断。背斜的东南部分断层由一个历史较短的正断层西南约 80 米的断层断开。正断层亦被一个较小的低角度冲断层造成偏移。沿该冲断层的偏移较小，位于矿床的西端，介于约 0 至 10 米。矿山系列亦呈现在 Fwaulu 西南的两个钻孔中（GCON0006 及 FWAL0231），但不清楚其与 Fwaulu 的关系。Shimbidi 位于 Fwaulu 西南数百米，该等周边孔中发现的矿山系列可能是 Shimbidi 的延伸。

与 Kwatebala 的平均值相比，Fwaulu 的 RSF 及 SDB 中的铜品位较低。RSF 区块中含有的总铜平均为 3.00%，SDB 平均为 1.01%。Fwaulu 的 RSF 钴平均品位较低（0.18%，Kwatebala 为 0.25%），于 SDB 亦较低（0.14%，Kwatebala 为 0.42%）。

Kazinyanga 矿床包括一个由 CMN 及 Dipeta 地层分隔的破碎倒转向斜。该矿床不寻常，在于其是一个明显「浮」在 RGS-Dipeta 地层中的倒转向斜。褶皱由高角度断层切成 5 大片。RAT 与 Dipeta 之间的接触面解释为冲断层，在多个地点呈现良好矿化。因此，矿化断层分为两个构造带，由构造带中的复合层系插入。Kazinyanga 项目区域的地层厚度与该区域其他矿床相若。Kazinyanga 的整体铜品位较低。

Kasanlawite-Kamalondo 矿床所含断层较少，构造几何较简单。该两个矿床构成 Dipeta 谷向斜中部的南侧。最东边的矿床 Kansalawile 由一个西北-东南走向的矿山系列的单翼组成。该矿山系列的 RAT 部分由 RAT-RGS 冲断层截断。盐类构造明显，RAT 较薄的侵入在褶皱顶部或附近穿过邻近的矿山系列。在褶皱方向朝向 RAT 的地方，裂隙密度最高，为 RAT 内的盐提供路径侵入邻近的矿山系列。然而，RAT 亦在形成褶皱核心的地方侵入邻近岩石。附近 Dipeta 中较大型的盐类活动可能导致了矿山系列在有关区域弯曲。

Kansalawile 与 Kamalondo 被一个基本呈南北走向的斜滑正断层分开。不清楚已产生了多少偏移或者哪个矿床朝对方移动。然而，该断层中所有岩石类型的铜品位类似，表明 Kansalawile 与 Kamalondo 曾作为一个矿床相连接。Kansalawile 西面为 Kamalondo。在地面，Kamalondo 倾斜约 25 度，然后变得接近垂直。地质较为简单，尚未发现任何结构。

Kamalondo 东侧与 Kansalawile 西侧所含的 RSC 厚度差别很大。RSC 厚度介于距离两个邻近钻孔 0 至 25 米。然而，并无迹象显示观察到的细化在结构上相关。相反，钻心及路堑证据表明，RSC 中出现地层细化。鉴于 RSC 为迭层岩，含有少量或不含 RSC 的区域可能与当地不存在藻丛有关。

与 Kwatebala 的平均值相比，Kansalawile-Kamalondo 的 RSF 的总体铜品位较低，SDB 远远更低。RSF 区块中含有的总铜平均为 2.60%，SDB 平均为 0.53%。相比之下，在 Kwatebala，RSF 的总铜平均为 3.84%，SDB 为 3.26%。

与 Kwatebala 相比，Kansalawile-Kamalondo 的 RSF（0.11%比 0.25%）及 SDB 钴平均品位较低（0.08%比 0.42%）。

L3K 包括含有大量断层及复杂的构造几何的四个矿床。最东部的矿床为 Katuto，由走向几乎正西的 RAT 核心背斜组成。背斜的北侧完全浸析，由一个超南倾斜的边界断层截断。背斜的南侧的浸析程度极低，朝模型底部不规则地延续。Dipeta 盐水楔侵入矿山系列，朝矿床西侧几乎将 Katuto 切成两半。

Katuto 西面为东西走向的 Kamakonka。Kamakonka 包括被边界断层朝 Dipeta 截断的仅陡峭倾斜的一翼。在接近地面处，数个钻孔与一个大致偏移 20 至 80 米的缓倾断层相交。该断层被理解为一个冲断层，上盘朝北部 Tenke 矿床移动。该冲断层可能与被发现截断 Tenke 矿床 Goma 翼的多套冲断层相关。

Kamakonka 西面为 Kakalalwe。Kakalalwe 由走向西南的 RAT 核心背斜组成。在接近矿床底部处，一个边界断层将薄片 Dipeta 与矿山系列分开。一个大型 Dipeta 盐水楔暴露在地面，可能与 Dipeta 下部地层的薄片相连。

Kakalalwe 的南面为 Leta。Leta 的走向与 Kakalalwe 相同，但只有一翼。该矿山系列陡峭倾斜近 90 度，被一个边界断层截断。数个西北走向的斜滑断层切割 Leta，其中一个令矿山系列偏移进 100 米。

L3K 的所有矿床均被西北走向的断层截断。西北走向断层的趋势与北面 Tenke 矿床内一致，可见于整个 Tenke-Fungurume 采矿区。由于在 Dipeta 钻探的教减钻孔中未遇到矿山系列，因此不清楚该等断层中有多少垂直偏移。

与 Kwatebala 的平均值相比，L3K 的 RSF 的总体铜品位较低，SDB 远远更低。RSF 区块中含有的总铜平均为 2.60%，SDB 平均为 0.96%。与 Kwatebala 平均值类似，L3K 的平均品位亦低于 Tenke。Tenke 的 RSF 平均品位为 4.14%，SDB 为 2.67%。

与 Kwatebala 相比，L3K 的 RSF 的钴平均品位较高，但 SDB 较低（分别为 0.35%比 0.25%与 0.38%比 0.42%）。

Kwatebala 矿床包括大型独立地层区块的复杂组合。Kwatebala 背斜的北翼为东西走向，倾角介于北 45 度至南约 80 度。该紧凑褶皱的背斜南翼亦呈东西走向，在地表附近陡峭倒转，但倾向整体朝南。背斜亦有令地层位移最多 15 米的较小断层，但小型褶皱及平缓弯曲更常见。东侧为一致地层的倒转序列，走向几乎为正北。与矿床余下部分相比，该区块所含铜及钴品位较低。

Kwatebala 的南部及西部区域所在的结构框架远更复杂。高品位、倒转背斜褶皱突出部分被大量断层切割，导致大量小型断块，其中部分直径低于 100 米。个别区块的方向不一，可能是正面朝上或倒转。经过该区域的褶皱及断层后，铜及钴可能已重新活化。

矿床中央由 RAT 与 Dipeta 之间的断层边界组成。接触面为凹形，外观上构成一个不规则圆顶。尽管钻探日志显示存在 Dipeta 核心，但部分矿井观察表明，该单元实际上可能是 RAT 序列中历史较久的部分。

Kwatebala 项目区域的地层厚度与该区域其他矿床相若。

Kwatebala 的铜品位低于 Tenke 矿床平均值。RSF 区块中含有的总铜平均为 3.95%，SDB 平均为 1.69%。相比之下，在 Tenke，RSF 的总铜平均为 4.30%，SDB 为 2.56%。

与 Tenke 相比，Kwatebala 的 RSF 总钴品位较高，但 SDB 较低。最高品位出现在 SDB 中，但大量矿化可见于 RSC 及 RSF。沿 SDB-RSC 与 RSC-RSF 的接触面的矿化最优。RSF、RSC 及 SDB 的钴品位平均值分别为 0.21%、0.23%及 0.32%。在 Tenke，相同单元含有 0.16%、0.22%及 0.53%的总钴。

Mambilime含有少数断层及较简单的构造几何。矿床东半部分由朝北倾向约60度的RAT核心背斜组成。然而，在约横断面416,350处，南翼被高角度北走向的断层截断。仅北翼贯穿至模型西端，且亦被高角度北走向的断层截断。

在持续北翼以南，接近模型西端处有两个小矿床。与东面 RAT 核心背斜受盐类构造驱动不同，北翼被一个高角度断层与两个略小的矿床分开。不清楚两个小矿床是否与北翼有任何关联。因此，沿分隔该等矿床的高角度构造的偏移及运动方向未知。横断面列示于图5-5。

与 Kwatebala 的平均值相比，Mambilima 的 RSF 及 SDB 中的整体铜品位较低。RSF 区块中含有的总铜平均为 2.87%，SDB 平均为 0.79%。

与 Kwatebala 相比，Mambilima 的 RSF 钴平均品位较低（0.14%比 0.25%），于 SDB 亦较低（0.13%比 0.42%）。钴矿化亦可见于 RSC，在上下部接触面最优，SDB 及 RSF 达 1.07%。

Mwadinkomba 矿床基本为东西走向单翼，冲断西端一个小型倒转翼。矿床倾向多变，介于陡峭倒转至倾向略朝南之间。

Mwadinkomba 项目区域的可变地层厚度导致矿床解释存在多种复杂性，尤其是对 RSC 的解释。RSC 为可变厚度，建模为在部分地点变薄。与 Tenke-Fungurume 区域的其他矿床相比，SDB 亦比正常值略厚。

RSC 厚度介乎不到 1 米至最厚达 20 米，但一般厚度不超过 15 米。RSF 更一致，背斜的上缘及下缘为 7.5 至 10 米。厚度变化被认为是沉积而成，而非构造性，但证据较不可靠。

Mwadinkomba 的 RSF 整体铜品位较高，但其他单元较低。RSF 矿块中含有的总铜平均为 3.03%，SDB 平均为 0.25%。相比之下，在附近的 Kwatebala，RSF 的总铜平均为 3.36%，SDB 为 1.77%。

Mwadinkomba 背斜含有少数断层及较简单的构造几何。沿模型西半部分的矿山系列被一个 RAT 核心背斜分开。矿山系列朝北倾斜约 30 度，大致为东西走向。然而，北翼在东部约 410800 突然转向朝北，然后被一个边界断层切割。另一方面，南翼继续在整个建模区域呈东西走向。一个小型矿床位于模型区域东北角，在北面及南面被东西走向的边界断层包围。

与 Kwatebala 的平均值相比，Mwadinkomba 背斜的 RSF 及 SDB 中的铜品位大幅偏低。RSF 矿块中含有的总铜平均为 0.90%，SDB 平均为 0.08%。

与 Kwatebala 相比，Mwadinkomba 背斜的 RSF（0.07%比 0.25%）及 SDB（0.02%比 0.42%）的钴平均品位大幅偏低。RSC 的钴矿化沿与 SDB 及 RSF 的上下部接触面及夹层叶岩单元内最优，品位最高达 0.84% Co。

Mudilandima 位于 Dipeta 向斜的南侧，接近构造的东端。地基一般呈东西走向，但在矿床西部及东南部呈西北-东南走向。

Mudilandima 矿床由一个中央向斜主导，向斜两侧均有一个东西向东倾轴面及紧密背斜，包括矿床西南侧的伏背斜。钻孔由下层矿山系列岩石通往所记录的岩石，经过该等褶皱岩石，历史较短的 RGS-Dipeta 表明，整个面积为一般北-南压缩扭曲的薄逆冲岩席。该面积随后被高角度断层分割，包括一系列早期西北-东南断层及晚期北-南及东北-西南断层。

铜矿化受到浅生程序的强大影响（包括原生铜-硫化矿矿化的浸析及氧化）。浸析可能非常深，看似受到位于矿床中部至西部的广泛向斜的 RSC 强大影响。钴矿化亦受到影响，但并非浸析，而是氧化至向斜的深层，位于 RSC 上方的 SDB 及 SDS 的材料受到的氧化较少。基于迄今为止进行的钻探，小型硫化矿仍然存在于矿床中。

Sefu 矿床由东西走向的紧密伏背斜主导，向北面倾斜，断层加剧了其复杂状况。该褶皱被高角度南北断层切割，断层将背斜分割成四个断块，下翼在最东边的地块断裂。

Sefu 项目区域的可变地层厚度导致矿床解释存在多种复杂性，尤其是对 RSC 的解释。Sefu 背斜上翼的 RSC 一般比下翼厚，而 RSF 上下翼的厚度一般相同。RSC 厚度介乎不到 5 米至最厚达 20 米，但一般厚度不超过 15 米。RSF 更一致，背斜的上缘及下缘为 7.5 至 10 米。厚度差别被认为因地层间剪切及后续的单位变薄而形成。曾试图对高角度断层之间的差异进行解释，但结果并不理想，大部分钻孔之间的高角度断层位于南北横断面。最终解释结果导致单元一定程度上变薄及膨胀，尤其是 RSC。

Sefu 的铜品位明显低于 Kwatebala 的平均值。RSF 矿块中含有的总铜平均为 1.20%，SDB 平均为 0.22%。RSF 中最高品位铜出现在下部东翼内。

Shinkusu 矿床包括小型地层矿块的复杂组合。大部分矿山系列为北至西北及东西走向。Shinkusu 包括矿山系列的多个断层片。Shinkusu 的主要断层将矿山系列与 Dipeta 全面分隔。Shinkusu 项目区域的地层厚度与该区域其他矿床相若。

Zikule 矿床为东部与西部 Dipeta 子群岩石的断层接触面中矿山系列岩石的西北-东南走向山脊。该矿块长约三公里，被近期详细制图划定界限的多个东北-西南断层破裂成子矿块。模型中亦包括一个位于主矿体以南约 200 米的矿山系列小组断块，但较少钻探，所有矿块均属推测可信度类别。

Zikule 项目区域的地层厚度与 Dipeta 向斜以南其他矿床相若，如 Mambilima、Kansalawile 及 Kazinyanga。RSF 一般厚约 7 至 10 米，RSC 为 20 米，SDB 为 5 至 7 米。

Zikule 的铜品位低于附近 Mambilima 及 Kansalawile 的矿化，但高于 Kazinyanga。钴品位一般较低。RSF 矿块中含有的总铜平均为 1.38%，SDB 平均为 1.46%。在某些地方，RSC 矿化程度良好，平均为 0.90% TCu。

Shadirandzoro 矿床主要为矿山系列岩石中一个东西走向、向南倾斜的单翼，位于假定历史较短的 RGS-Dipeta 岩石上方的上覆逆断层。

Shadirandzoro 项目区域的地层厚度相当一致。RSF 介于约 5 至 11 米，但一般介于 7.5 至 9 米，平均约 8 米。RSC 一般变薄及由约 11 米膨胀至最多 25 米，但一般介于 15 米至 20 米。SDB 厚度介于 7.5 至 15 米，但通常介于 9 至 10 米。

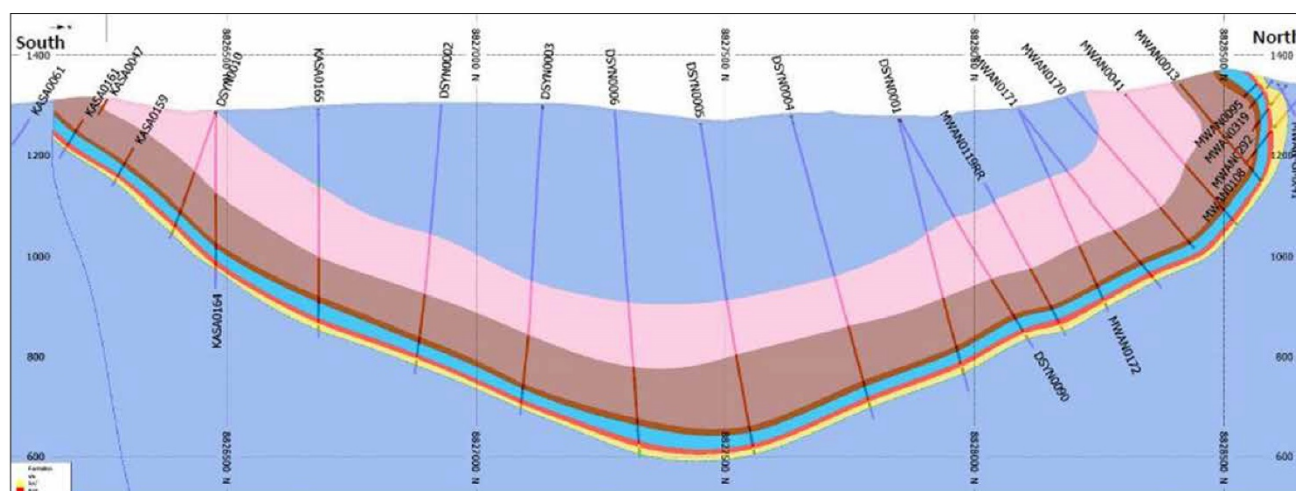
Shadirandzoro 的 RSF 铜品位较高，尤其是在矿床西半部分，但其他单元较低。RSF 矿块中含有的总铜平均为 2.25%，SDB 平均为 0.14%。RSF 中最高品位铜出现在矿床西半部分（417,625 东以西）。钴品位较低，矿床西半部分 RSF 中混合氧硫化矿材料的钴品位最高。因此，平均品位为 0.119% TCo。RSF 中的钴品位最高，但整个矿床的 RSF 平均品位仅 0.062。

Dipeta 向斜被西部与东部的主要断层包围，东北部有一个小型断层斜面。结果形成了 Dipeta 山谷下延伸近 3 公里的极大延续型矿块矿山系列及东北方一个小型的断层楔。这解释了两个重要的构造带，并共同构成一个内插区（模型中唯一估算品位的区域）。

Dipeta 向斜区域的可变地层厚度导致矿床解释存在多种次要复杂性，尤其是对 RSC 的解释。RSC 为可变厚度，建模为在部分地点变薄。与 Tenke-Fungurume 区域的其他矿床相比，SDB 亦比正常值略厚。RSC 厚度介乎不到 1 米至最厚达 25 米，但一般厚度不超过 20 米。RSF 更一致，为约 7.5 至约 12 米。厚度变化被认为是沉积而成，而非构造性，但证据较不可靠。图5-6 列示该区域的横断面。

Dipeta 向斜的 RSF 铜品位较高，但其他单元较低。RSF 所有矿块中含有的总铜平均为 3.27%，RSC 及 SDB 平均为 0.32%。RSF 氧化矿矿块的平均品位为 3.75% TCu，而硫化矿矿块平均品位为 3.21% TCu。RSC 矿块的氧化矿石平均品位为 0.46% TCu，硫化矿平均品位为 0.42% TCu，而 SDB 的氧化矿平均品位为 0.66% TCu，硫化矿平均品位为 0.29% TCu。RSF 矿块中的钴品位亦最高。RSF 所有矿块的平均品位为 0.23% TCo。

图 5-5 Dipeta 向斜横断面



資料來源：礦業公司

Pumpi 包括大量断层及复杂的构造几何形状。**Pumpi North** 西侧为 **Pumpi** 矿床最不复杂的部分。一个 RAT 核心背斜将走向朝东的矿山系列的两翼分开。一个走向朝东、向北倾斜的断层是该区域唯一主要结构。其将矿山系列与周边的 **Dipeta** 分开，由沿断层区的角砾岩标明。

Pumpi North 东侧的结构最复杂。由于一系列小型冲断层(?)堆迭在附近矿山系列顶上，矿山系列重复最多三次。混合及单片角砾岩区域与小型冲断层相关，可见于两个相邻矿山系列矿块中间的接触面。该区域含有浅生孔雀石及硅孔雀石形式的最高铜品位。该区域许多构造可能作为丰富浅生流体流动的通道。

一个大型断层带将 **Pumpi North** 与 **Pumpi East** 分开(图 1)。矿山系列在该区域重复最多四次，但只存在稀疏的钻探连接地质。因此，该区域无法进行可靠的解释。相反，该区域内所有岩石均被视为杂角砾岩。该区域的宽度超过 100 米。

Pumpi East 含有被一个 RAT 岩心背斜隔开的走向东南的矿山系列岩石。主要走向滑距断层附近有一个 **Dipeta** 角砾岩楔。该材料楔可能表现为一个小型盐丘，侵入附近的岩石。在 **Pumpi East** 遥远的东方，地质变得复杂许多。由于钻探有限，难以厘定所发生的事件。一种可能性是邻近的矿块与 **Pumpi East** 相撞。

Pumpi 倾角矿山系列平均比 **Tenke-Fungurume** 区域大部分矿床更为陡峭。**Pumpi North** 矿山系列的平均倾角约为 70-80 度。**Pumpi East** 倾角较平缓，约 45 度。**Pumpi** 项目区域的地层厚度与该区域其他矿床(如 **Kwatebala**)相若。

Pumpi 的 RSF 铜品位较高，但其他单元较低。RSF 所有矿块中含有的总铜平均为 1.74%，SDB 平均为 1.35%。所有单元中的钴品位亦较低。RSF 所有矿块的平均品位为 0.09% TCo。

6 数据核实

RPM 对客户提供的地质数字数据进行了审阅，以确保不会发现重大问题以及并无理由认为数据不准确及不能代表相关样本。RPM 于二零一六年四月实地视察该项目，结论是已依照行业最佳管理获取并核实足够数据。

6.1 钻探类型及岩心回收率

RPM 注意到，钻芯直径为 PQ（8.5 厘米直径）、HQ（6.4 厘米直径）或 NQ（4.8 厘米直径）的菱形钻孔（「菱形钻孔」）成为确定该项目内矿化的首选钻探方式，且钻探已用于支持资源量估算、地质及水文研究。亦从平峒及槽沟地点提取冶金测试工程样本。

钻孔一般以 PQ 钻芯开始，然后在需要时减少至 HQ 及 NQ。用于工程地质及水文地质研究的钻孔使用 HQ 直径钻孔。

所有菱形钻孔的岩心回收率一般介于 90%至 100%，RPM 认为此属合适；然而，亦注意到部分较低的回收率。RPM 进行的进一步审阅表明，回收率低的区域与剧烈断裂或断层的间隔及更剧烈风化的上层区域相关。有关低回收率被视为对现时估计的总矿产资源量影响不大。

6.2 地形及坐标位置

于二零零六年，矿业公司基于航空摄影建立一个数字地形模型。数字地形模型透过将 1 米等高线进行三角测量而定。该地形表面及矿山规划的年末地形用于资源量估算。RPM 认为地形适合加入矿产资源量估算。

最近，矿业公司基于光线、图像、监测及距离（LIDAR）测量该项目的新地形，已用于 RPM 估算。所有地面图采用 WGS 84 区段 35L 投影图以 UTM 坐标绘制。此外，主要及次要测地线当地网络和方位角点在 WGS 84 系统中均为地理参考标记。

自二零零六年起，矿业公司采用静态差分数据方式，利用高分辨率差分 GPS 设备对钻孔坐标位置进行勘测。RPM 注意到，就二零零六年前完成的钻探而言，虽可获得坐标资料，但用于定位该等坐标点的方法未知。因此，坐标无法确认，但可以 LIDAR 数字地形模型验证并在可能时由矿业公司交叉参照。有关钻孔只构成全体钻孔的一小部分，结果表明适合加入资源量估算，任何差别均可能对资源量估算具有重大影响。

尽管 RPM 知悉矿业公司由单独的操作人员对每 10 个坐标中的 1 个进行了内部重新测量，在实地视察期间，RPM 仍利用手持 GPS 对 Fungurume 钻孔 FGME-0379 及 FGME-0380 的坐标位置进行了核实，发现仅存在处于手持 GPS 误差极限内的微小差距（7 米）。

6.3 孔内调查

自二零零九年起，矿业公司使用反射 EZ 法测量所有非垂直钻孔的方位角及倾斜角偏差；但并未测量垂直控。首次测量在 6 米深处进行，然后在 50、100、150 米及钻孔底部测量。矿业公司已于二零零九年前在活动中进行酸瓶、Eastman 单次、Reflex Maxibor、Sperry Sun 及 Tropari 方法。

RPM 已审阅连续方位角及倾角测量的一致性，发现差别部分较低（<0.5%）超过倾斜钻孔的十度。RPM 认为与采矿行业常规相比，钻探及钻探资料具有高标准。RPM 同意测量程序及其控制，因此，自二零零六年起的钻探可作为矿产资源量估算的基础。此外，RPM 认为，任何小的测量差异均不相关，原因是钻孔深度一般低于 200 米。

RPM 注意到，尽管就于二零零六年前钻探提供的资料有限，但该数据仅占资源量的小部分，因此任何差别不会对总体估算造成重大不利影响。

6.4 地质、工程地质及地质力学编录

矿业公司已制定编录及取样程序，并不断进行完善及进行外部审核，审核确认了所实施的流程及方案，使结果具有较高可信度。矿业公司地质学家根据矿床的现有地层命名来记录岩心样本。助手在地质学家的指导下进行了照相及采取芯测定。

RPM 认为，所记录资料足以界定包括铜及钴矿化控制的地质模型。

于实地视察期间，RPM 已透过审阅 5 个钻孔（DSYN-0017、DSYN-0024、FGME-0145、FGME-0129、KWAT-0185）的日志，检查地质编录程序。地质人员已证明地质编录程序与模型表述相匹配。RPM 确认，铜-钴矿化密度与数据库分析相匹配，该等钻孔的日志属高质量。

日志记录主要为实体格式，已输入成数据格式。然而，RPM 建议以数字形式捕捉地质日志，以避免任何潜在的输入错误。收到的岩心照片、坐标坐标及孔内调查均为数字格式。

6.5 体积密度测定

RPM 审阅了体积密度测定程序，结论是有关程序已正确进行。自二零零六年起，矿业公司一直在使用包塑（为行业标准惯例）的 10 至 20 厘米未切割的 PQ、HQ 及 NQ 钻芯进行体积密度测量。尽管定期测量钻心密度，但可在矿块模型内对该项目进行插值的量度标准不足。

高程与风化剖面之间存在合理良好的相关性（如所包含的钙），因此密度与标高或钙含量有关。进一步资料于第 7 节提供。

6.6 取样、样本制备及分析

矿业公司认为，于二零零六年前进行的钻探为过往钻探，仅 UMHK 钻探（一九一九年至一九七零年）钻探的钻孔资料有关于样本制备协议及的资料，且只有少数样本或没有样本仍然存在。因此，该等钻孔并未列入资源量估算。就 SMTF 的钻探活动（一九七一年至一九七二年）而言，取样协议较为人熟知，但采用了部分不同的分析技术来厘定酸溶性或氧化矿分析。SMTF 的样本在赞比亚 Kitwe 的 Rhokana 实验室分析。Phelps Dodge 活动样本（二零零六年）及 Freeport-McMoRan 样本（二零零七年至二零零八年）被送往南非约翰内斯堡的 ALS Chemex 实验室。自二零零九年起，切割岩心及将半岩心放入样本袋连同所有样本制备及分析测定工作，均由 Fungurume 的内部实验室进行，但美国图森的 Skyline 实验室亦用于分析。作为矿业公司质量保证 / 质量控制程序（见第 6.7 节）的一部分，ALS 用作第二实验室。

RPM 已审阅现场取样及样本制备协议及程序，并认为其已适当执行，可尽量减少一般取样方法中的标准错误。半岩心在 105 摄氏度干燥 6 至 8 小时，然后粉碎、分裂及制粉，以取得 200 克#200 粒状粉。

分析协议如下：ALS 及矿业公司实验室提取 0.5 克样本，并使用三酸消化（盐酸、高氯酸及硝酸）分析总铜（TCu）及总钴（TCo），以原子吸收光谱法（AAS）结束。此外，矿业公司实验室与 Skyline 基于三酸消化分析了 TCu 及 TCo，并以 ICP-OES 结束。

酸溶性铜及钴的分析由所有实验室按照矿业公司的酸溶性钴及铜方法进行，需要添加硫酸、亚硫酸钠及硫酸亚铁、六小时搅拌消化，并以 AAS（矿业公司与 ALS）或 ICP（Skyline）完成。相同样本随后由 ICP 分析钙、镁、锰及其他元素。

RPM 认为，估算资源所使用数据的 90%来自二零零六年起以后进行的活动，符合标准行业取样程序及质量控制协议。由于二零零九年进行全面的实验室审计，已实施一份新的经改进的质量保证 / 质量控制守则，但早前进行的工作仍然存在一定问题。

6.7 质量保证质量控制

自二零零九年起，矿业公司已进行详细的质量保证 / 质量控制程序，以核实样本程序、样本制备及分析精确度与准确度。总对照样本插入率介乎总样本的 12%至 19%。每个对照样本的插入率不同，但均包括大量样本（表 6-1），包括以下各项：

- **野外副样：**对应岩心的 1/2 或 1/4，每 22 至 56 份样本加入一份。
- **粗副样或制备副样：**对应首次破碎后的半子样。每 45-90 份样本中加入 1 份。
- **粉末副样：**对应粉碎后的第二次封套，每 45-90 份样本中加入 1 份。
- **粗空白样本：**在高品位参考样本材料后，每 16-42 份样本中加入一份。
- **标准参考物质（SRM）样本：**每次活动中的 TCu 及 TCo 均已使用一套至少三份标准参考物质（低、中及高品位）。最近的活动包括标准参考物质 AMISO159、AMISO300、AMISO357、STD10、STD11 及 STD14。每 22-50 份样本中加入 1 份 STD19、STDFR1X 及 STDFR5X。
- **外部检查样本：**ALS-Chemex Johannesburg 为检查主实验室使用的实验室。二零一一年活动中，仅 0.1%的矿粉被送往检查，自二零一二年一起，送检比例为 1.1%至 6%。

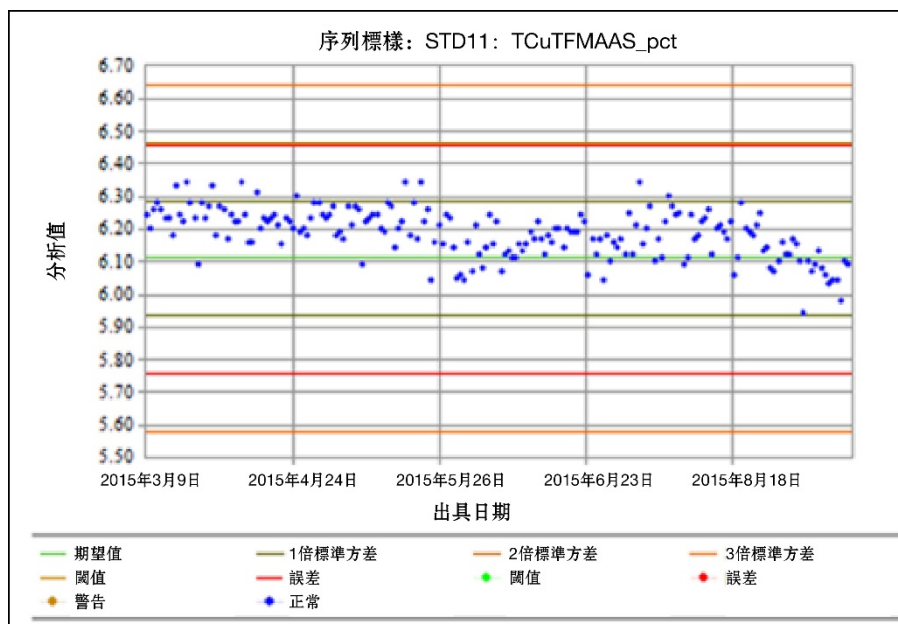
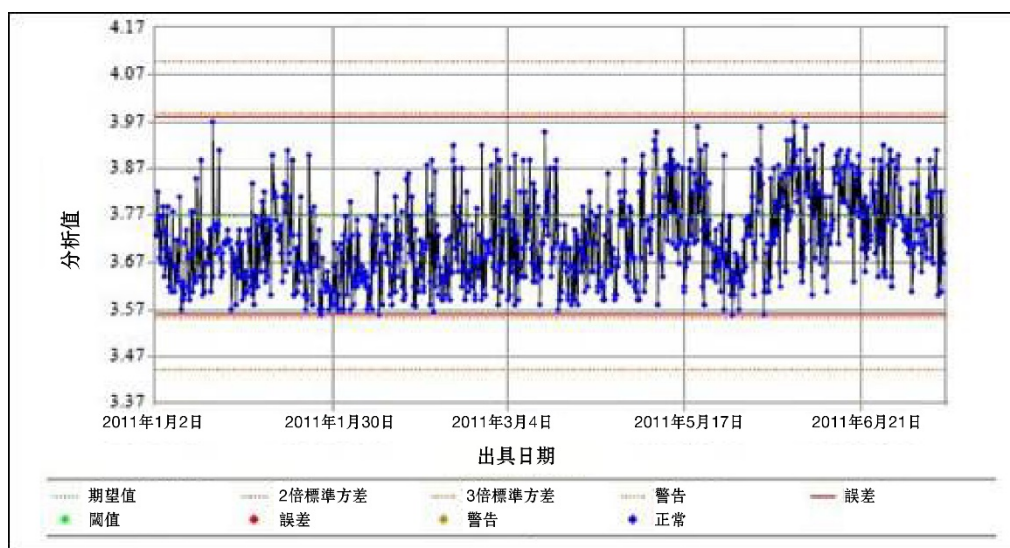
表 6-1 自二零一一年起的质量保证质量控制样本。

年份	#样品	实验室		标样	空白样	重复样			总计
		Skyline	TFM			现场	粗	精	
2011	73,900	27%	73%	5.8%	6.4%	2.4%	2.0%	2.0%	19%
2012	53,800	15%	85%	4.1%	2.4%	1.8%	1.8%	1.8%	12%
2013	50,200	21%	79%	5.8%	3.2%	4.5%	1.1%	1.1%	16%
2014	72,900	60%	40%	4.0%	2.4%	2.0%	2.0%	2.0%	12%
2015	40,000	15%	85%	4.5%	2.8%	2.2%	2.2%	2.2%	14%
Total	290,800	28%	72%	5%	3%	3%	2%	2%	15%

RPM 已审阅自二零零六年起的所有质量保证 / 质量控制数据，结论如下：

- **空白样本：**样本制备及分析中检测到极低程度的 Cu 及 Co 样本污染。空白样本结果低于元素检测限额的五倍。
- **内部副样：**与原始样本相比，分析准确度处于可接受范围内。精细副样中，逾 95%的样本对处于绝对相对差（ARD）10%内（ $R > 0.90$ ）。粗副样中，逾 95%的样本对处于绝对相对差 15%内（ $R > 0.85$ ）。然而，野外副样（1/4 岩心）中，不到 95%的样本对处于绝对相对差 20%内（ $R > 0.80$ ）。RPM 注意到，该类型副样及矿化样式中常见的行业接受标准为 90%可信度的绝对相对差 30%，有关数值被视为可接受。
- 有关结果亦在外部 ALS 检查样本中重复。副样结果显示 95%可行度的绝对相对差低于 20%。
- **标准参考物质：**已动用多种标准参考物质，两个例子列示于图 6-1。由于 95%的结果处于 $\pm 2SD$ 限额内 分析准确度被认为处于可接受范围内。然而，RPM 观察到，部分活动中存在定期偏差，如图 6-1 所示，但有关偏差对估算并不重要。

图 6-1 铜参考样本材料（上方 STD09，下方 STD11）



- **实验室检查：**实验室之间的可复制性良好，偏差介乎-0.03 至-0.006，绝对相对差极低。

对二零零九年后活动的所有数据而言，RPM 认为，平均 15%的插入率优于有关对照样本制备与实验室分析准确度及精确度的行业标准。此外，RPM 认为，对照样本的结果处于粗粉副样、参考样本及交叉实验室检查的容许范围内。

6.8 数据质量审阅

对钻探及取样程序的审阅表明，二零零六年后已采用国际标准惯例，RPM 并无发现任何重大问题。自二零零九年起的质量保证 / 质量控制样本均表明精度和准确度处于适当水平，可确保矿业公司及主要实验室采用的样本制备方法可靠。RPM 亦注意到，资源估算使用的 90% 以上样本来自二零零六年后的钻探，因此，RPM 认为，支持资源量估算的数据不存在重大样本偏差，可代表所取样的样本。此外，2206 前大部分已接近地表区域而完成，有关区域已采空，因此对未来生产并无重大影响。

RPM 进行的选择性原始数据审阅及实地视察观察，并未发现数据输入或数据资料存在任何重大问题。此外，RPM 相信，现场资料管理系统高于行业标准，可尽量降低「人手」数据输入错误，且保证不会出现系统性根本数据输入错误或数据转移错误；因此，RPM 认为数据资料库的真实性可靠。

另外，RPM 认为，已进行足够的地质编录及体积密度测定，可估算矿床的地质及品位延续性，准确度适合所采用的分类（见第 7-4 节）。

6.9 样本安全

所有钻探活动均由独立于客户的承包商进行。由于该项目内进行的钻探类型，客户人员仅进行岩心样本处理。

自二零零五年起，矿产资源量估算的样本主要来自地面金刚石钻进。独立钻探人员负责将岩心交付至岩心库，矿业公司人员负责切割岩心并将已切割的岩心放入袋子。制备实验室由矿业公司于 Kwatebala 管理。经过筹备，矿业公司人员将加入对照样本编号并分批对所有样本重新编号。DHL 运输公司用于将矿粉发送至 Skyline Tucson。除各批次以外，矿业公司亦向 Fungurume（现场）及 Skyline 实验室提供一份报告，说明样本的数量及编号及每份矿粉的样本条，并提供每项元素的样本标签。实验室人员或矿业公司员工始终进行连续保管，由现场至 Tucson 之间的时间除外。

RPM 注意到，尽管矿业公司人员负责在取样过程中处理岩心，但所有人员均受现场资深地质学家及工程地质技术人员监督。此外，取样前已对所有岩心盒拍照。岩心就取样进行清晰标记，可出示适当的取样档案，并提取副样，以确保不会出现样本处理问题。RPM 认为，有关程序符合行业标准，且本期间的样本安全及保管链充分。

RPM 认为，钻探、取样、样本制备及分析之间的样本安全性可接受。

6.10 数据核实声明

RPM 对钻探及取样程序的审阅表明，已采用国际标准惯例，RPM 在完成的检测中并无发现任何重大问题。质量保证 / 质量控制样本均表明精度和准确度处于适当水平，主要实验室结果可靠。RPM 亦注意到资源量估算中使用的大部分样本是于二零零六年以后钻探取得，这一点可以确认。RPM 认为，支持资源量估算的数据不存在重大样本偏差，可代表所取样的样本。

7 JORC 矿产资源量

矿产资源量乃由 RPM 根据 JORC 规则（二零一二年）的推荐指引独立呈报。

7.1 JORC 规则下的矿产资源量分类制度

JORC 规则将「矿产资源量」定义为「矿产资源量」是指富集或赋存于地壳中具有经济意义的固体物质，其形态、品位（或质量）及数量具有最终经济开采的合理预期。矿产资源量的位置、数量、品位（或质量）、连续性及其它地质特征根据取样等特定的地质依据和认识得以确信、估计或解释。矿产资源量按地质可靠程度的提高，可分为推测的、标示的和确定的三个级别。。」矿产资源量估算并非精确的计算，其依赖于对矿点的位置、形态、连续性等有限资料的解译以及所能获得的取样结果。

就呈报矿产资源量而言，须由合格人士考虑是否符合 JORC 规则建议指引项下的以下标准：

- 具有可最终进行经济开采的合理预期。
- 对地质、化验、体积密度及其他采样信息搜集方法及记录与成矿带类型相关，并已执行质量检查，以确保数据可信。
- 已完善地阐明了资源的地质解释及其连续性。
- 估算方法适用于矿床，且能够反映内部品位变化、样本间距及选择的采矿单元。
- 矿产资源量分类已考虑不同可信度水平和评价，以及是否已适当考虑所有相关因素，例如吨位 / 品位的相对可信度、计算、地质及品位连续性的可信度、数据的数量及分布，以及反映合格人士观点的结果。

7.2 资源量估算区域

已创建合共 18 个矿块模型，每个进行各种钻探及取样，如表 7-1 所概述及图 2-2 所示。RPM 并不知悉矿业公司自二零一六年三月三十一日起完成任何新钻孔，每个钻孔的钻探计划列示于图 7-4 至图 7-6。

除了露天矿和地下资源量范围外，大量的氧化矿堆位于现选厂相邻处，它也形成了所报告的矿产资源量的一部份。

表 7-1 资源量估算概要

区域	缩写	年	米	#使用孔数
Dipeta Syncline	DSYN	2015	72,910.4	344
Fungurume	FGME	2015	183,547.6	1,032
Fungurume Extension	FGVI	2015	62,964.4	321
Kavifwafwaulu	FWAL	2015	22,849.0	338
Kazinyanga	KANZ	2010	9,325.0	53
Kasanlawite - Kamalondo	KASA	2014	33,147.2	240
L3K	KATO	2014	32,117.0	216
Kwatebala	KWAT	2010	89,443.0	750
Mambilima	MAMB	2014	102,987.3	518
Mwadinkomba Anticline	MATI	2014	10,062.4	62
Mudilandima	MUDI	2012	14,319.5	91
Mwadinkomba	MWAN	2015	72,329.1	417
Pumpi	PUMP	2013	51,133.0	265
Sefu	SEFU	2013	10,642.5	105
Shinkusu	SHIK	2011	5,098.0	50
Tenke	TENK	2014	110,191.1	658
Zikule	ZIKU	2012	9,125.0	67
Shadirandzoro	ZORO	2015	10,005.9	60
Total			902,197	5,587

资料来源：矿业公司提供

7.3 JORC 矿产资源量报表

该项目独立矿产资源量估算的结果已列入下文表 7-2 至表 7-4 矿产资源量报表内，该表乃根据二零一二年 JORC 规则的规定及联交所上市规则第 18 章的申报准则呈报。因此，矿产资源量报表适合向公众呈报。表 7-2 所示及图 7-2 及图 7-3 所呈现的矿产资源量报表包括第 8 节所列报的矿石储量。RPM 注意到，表 7-2 至表 7-4 所示数量及品位包括表 8-2 所列示者，并未将其排除在外。

RPM 注意到与矿石储量有关的以下方面：

- TCu/TCu₀—指材料中包含的总铜 / 钴。这包括 AsCu/AsCo，并非额外金属量（见下文）。
- AsCu/AsCo—指可溶于酸的 Cu/Co 品位。这对氧化矿材料使用的浸析加工至关重要。AsCu 与 TCu 之间的差别未透过浸析收回。
- 除原地矿产资源量外，原矿料上有合共 46.2 百万吨的 1.3% TCu、1.2% AsCu、0.31% TCo 及 0.26% AsCo，并被定义为确定的资源量。材料基于测量控制、卡车数及品位控制数据进行。

表 7-2 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 露天矿产资源量报表

类型	分类	数量 (吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	酸可溶性铜 (%)	酸可溶性钴 (%)	全铜金属量 (磅)	全钴金属量 (磅)
堆浸覆盖层	确定的	0.8	0.8	0.54	0.5	0.47	15.0	9.8
	标示的	1.1	0.7	0.56	0.4	0.48	15.3	13.1
	推测的	0.7	0.4	0.49	0.3	0.42	6.3	7.8
	小计	2.6	0.6	0.53	0.4	0.46	36.6	30.8
氧化	确定的	115	3	0.31	2.7	0.24	7,615.6	785.6
	标示的	114.3	2.6	0.27	2.3	0.21	6,458.9	676.8
	推测的	31.1	2.9	0.19	1.9	0.16	1,503.8	131.7
	小计	260.4	2.7	0.28	2.4	0.22	15,578.3	1,594.2
混合	确定的	42.3	3.4	0.28	1.6	0.17	3,151.0	264.8
	标示的	69.8	2.9	0.25	1.4	0.15	4,512.8	383.5
	推测的	22	2.2	0.23	1.1	0.13	1,077.0	113.6
	小计	134.1	3	0.26	1.4	0.15	8,740.7	761.9
硫化物	确定的	13	4.3	0.28	0.7	0.11	1,239.8	80.8
	标示的	20.5	3.5	0.21	0.6	0.07	1,560.9	92.6
	推测的	10.5	2.8	0.15	0.3	0.03	653.9	34.9
	小计	43.9	3.6	0.22	0.6	0.07	3,454.7	208.4

表 7-3 截至二零一六年三月三十一日按矿产类型划分的 JORC 地下矿产资源量报表。

类型	分类	数量 (吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	酸可溶性铜 (%)	酸可溶性钴 (%)	全铜金属量 (百万磅)	全钴金属量 (百万磅)
氧化	确定的	3.7	3.0	0.34	2.64	0.25	240.1	27.2
	标示的	26.4	3.0	0.29	2.68	0.22	1,770.9	170.6
	推测的	13.2	3.2	0.28	2.78	0.19	917.0	79.9
	小计	43.3	3.1	0.29	2.71	0.22	2,928.0	277.8
混合	确定的	5.8	3.4	0.2	1.71	0.12	436.2	25.4
	标示的	59.3	3.2	0.26	1.52	0.15	4,175.8	340.1
	推测的	155.9	3.0	0.3	1.43	0.16	10,413.6	1,016.3
	小计	221	3.1	0.28	1.46	0.16	15,025.6	1,381.9
硫化物	确定的	1.0	3.2	0.31	0.6	0.06	67.7	6.4
	标示的	25.4	2.9	0.22	0.8	0.04	1,644.1	125.6
	推测的	91.8	3.0	0.25	0.8	0.05	6,081.6	506.5
	小计	118.2	3.0	0.25	0.8	0.05	7,793.5	638.5

附注：

1. JORC 矿产资源量报表表 7-2 及表 7-3 在 Esteban Acuña 先生的监督下编制而成，彼为 RPM 之全职雇员，并为智利采矿协会注册会员。Acuña 先生具有与相关矿化的样式及矿床类型以及其为符合 JORC 规则界定的合格人士资格所进行的活动有关的充足经验。
2. 上表列报的所有矿产资源量数字为零一六年三月三十一日之估算值。矿产资源量估算并非精确的计算，其依赖于对矿点的位置、形态、连续性等有限资料的诠释以及所能获得的取样结果。上表所载合计数字已经约整，以反映估算之相对不确定性。约整可能导致若干计算差异。
3. 矿产资源量乃根据澳大利亚勘探结果、矿产资源量及矿石储量之报告规则（联合矿石储量委员会规则—JORC 二零一二年版）列报。

由于酸消耗差别导致加工成本存在较大差别，每类资源量模型块的边界品位均基于每个独立矿块的利润进行计算。利润基于铜及钴品位、酸消耗、冶金回收率、采矿及加工成本，使用矿石储量估算中使用的参数及地下研究计算，价格除外（如下文所述）。利润超过或等于零的所有矿块如具有最终经济开采的合理前景，则被视为具有合理前景。

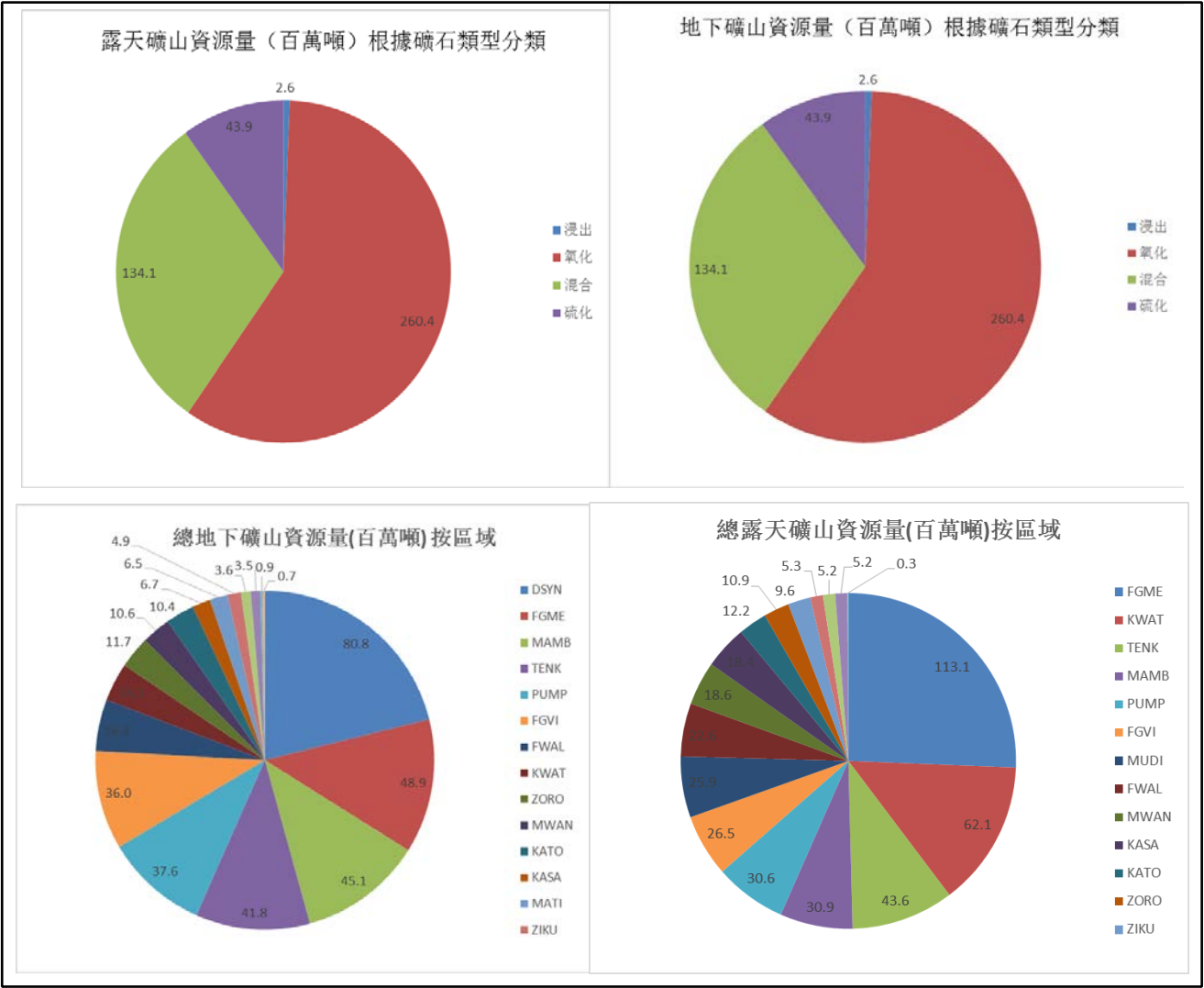
露天采矿区域矿产资源量报告受地形及矿坑约束，它的产生由确定的、标示的及推测的资源量并按铜价 3.25 美元 / 磅及钴价 11.76 美元 / 磅生成。对矿产储量价格不断上涨以假定这些价格（**第 8 节**），优化包括所有岩石类型加入矿产资源量，但当前的试验工作表明，现有选厂可以实现硫化矿的低回收率。RPM 强调矿业公司进行了测试工作以支持通过浮选及焙烧加选厂进行提取，回收率及成本概述于 **第 10 节**。RPM 对每一矿块的混合矿石和硫化矿石在利润分析中利用了这些成本和回收率。因此成本和回收率根据岩石类型和回收率而变化，利润分析表明所报告的资源量表明在将来经济开采是合理的。

在报告地下矿产资源量时，RPM 使用了类似的收入现金流量方法，所使用的采矿成本为 52 美元/吨矿石，选矿、运输和下游成本与露天矿分析相同。RPM 注意到对向斜的两翼地下概略研究已经完成，如 **第 10 节** 所述。

RPM 提示假定的成本仅是运营成本，这一分析并不包括第 10 节所概括的为处理硫化矿建设另外选厂的投资成本。如第 10 节所述，尽管投资成本很大，对所报告的地下资源量中的一小部份完成的概略研究表明地下采矿是经济可行的。基于这一研究、大的露天矿坑和地下矿化及宏观分析，目前界定的混合矿和硫化矿资源量表明具有合理的经济开采期望。但是，RPM 强调需要额外的进一步采矿研究，钻探和测试以及对比研究以证实这一可能性。

地质解释模型包括每个解释岩石类别的使用隐含建模产生的一系列三维实体，因此金属含量的估算考虑矿块总量。因此，该方法未将矿石损失或贫化计入矿块估算内。

图 7-1 矿产资源数量图示



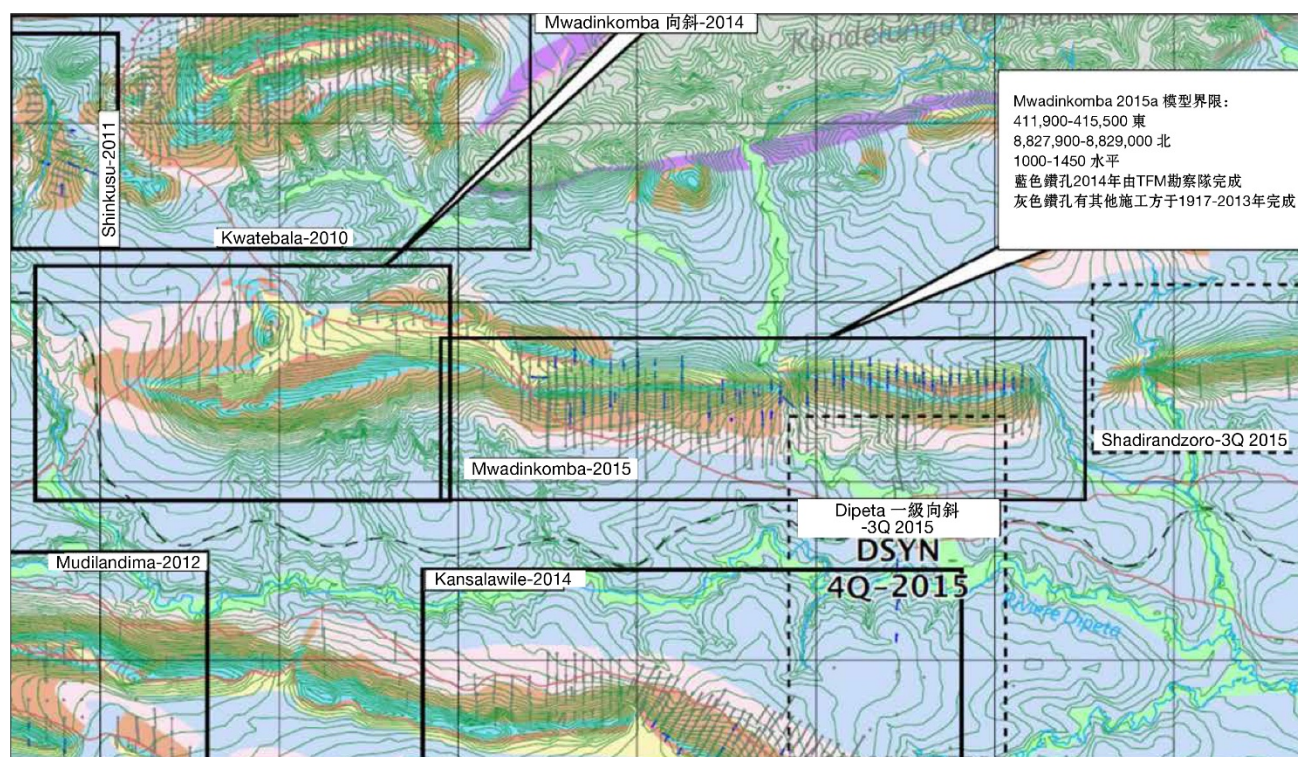
7.4 估算参数及方法

JORC 规则（二零一二年版）规定的表1已呈列于附录B内以供参考，下文提供资源量估算参数之概览。

- 由于样本程序的不确定性 & 质量保证 / 质量控制数据有限，于一九七一年后的钻探已计入估算，但 90% 的数据来自矿业公司于二零零六年后的钻探（具有优异品质）。计入估算的钻探一直主要透过地面金刚石核心按各种间隔进行。地面钻探一般按 50 米 x50 米的较大间距进行，较近的间隔用于界定可信用度高的资源，尤其是在构造更复杂的矿块，钻探会增加，直到解释达到一定程度的确定性为止。MineSight 的隐含建模用于建立对该项目资源量矿块模型进行编号的固体。图7-2 以图形方式列示 Mwadinkomba 矿床的钻探，而图7-3 及图7-4 分别列示 Tenke 及 Fungurume 延伸的钻孔位置。
- 体积密度基于一定高程及风化剖面范围内（Ca 估算）部分岩石类型的解释相关性而估计。如无法建立相关性，则使用岩石类型的平均值。表7-4 概述所有 19 个区域使用的密度函数，而表7-5 为 Fungurume 及 Mambilime 的例子。

- 由于该项目内所有矿床中风化与氧化剖面的基底并不一致，因此未单独建模。氧化剖面使用酸溶铜 / 总铜比率 (RATCu) 0.8 界定的氧化基底建模，混合区与介于 0.2 至 0.8 的 RATCu 一致。硫化矿矿化位于 RATCu 率极低的混合区下。风化基底利用地质编录解释，由于低钙区域与高钙区域存在独特的分界，钙品位亦用于界定风化的耗酸量基准。
- 一套相关图就表 7-6 中 Dipeta 向斜与 Mudilandima 概述的 18 项界定估计资源量建模。相关图就 TCu、TCo、RATCu、酸溶性 / 总钴(RATCo)及 Ca 进行解释。每个估算领域的井下变异函数用于推测金块效应。RPM 将品位延续性解释为沿着走向及下倾近似相同。两项球形函数用于配合实验相关图结果，地层面平均相关图范围介于 120 米（走向及下倾方向）。更重要的是，相关图首个构造（~60%岩床）的范围约 65 米。RPM 注意到，所有矿床已完成类似分析至表 7-6 所进行者。
- 由于矿化的褶皱性，TCu、TCo、RATCu、RATCo 及 Ca 品位乃在 MineSight (MSDU) 中使用动态消褶皱进行，部分区域以局部各向异性普通克里格法 (LAK) 进行。酸溶铜(AsCu)及 Co (AsCo)透过将估计的 RATCu 及 RATCo 分别乘以估计的 TCu 及 TCo 而间接取得。已使用共 3 个级次对矿块进行插值。表 7-7 概述克里格级次使用的样本配置。
- 在地层中，矿业公司对矿块位置中有关上盘-下盘的子层编号，以令该方向的铜及钴品位在矿床中按带状排列。MSDU 及 LAK 根据当地构造（褶皱）方向定位搜索椭圆体。在第一个级次中，最少 4 个及最多 12 个混合样本用于估算矿块。所有接触面均界定为实边界，由于矿床内未有异常值解释，因此样本或混合样本并无应用上限。

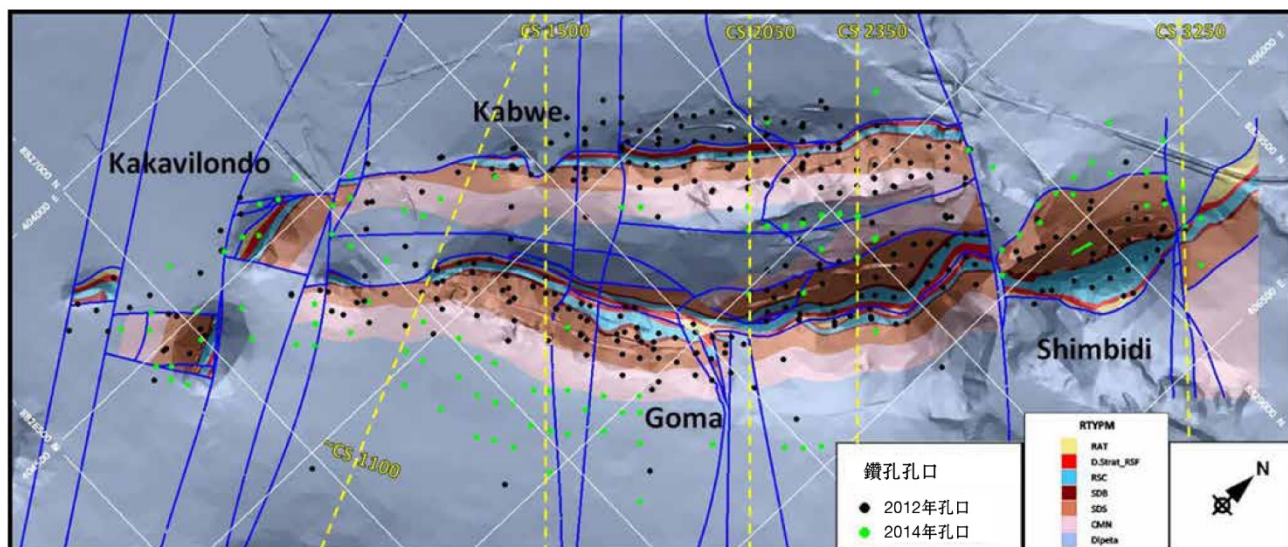
图 7-2 Mwadinkomba 钻探图



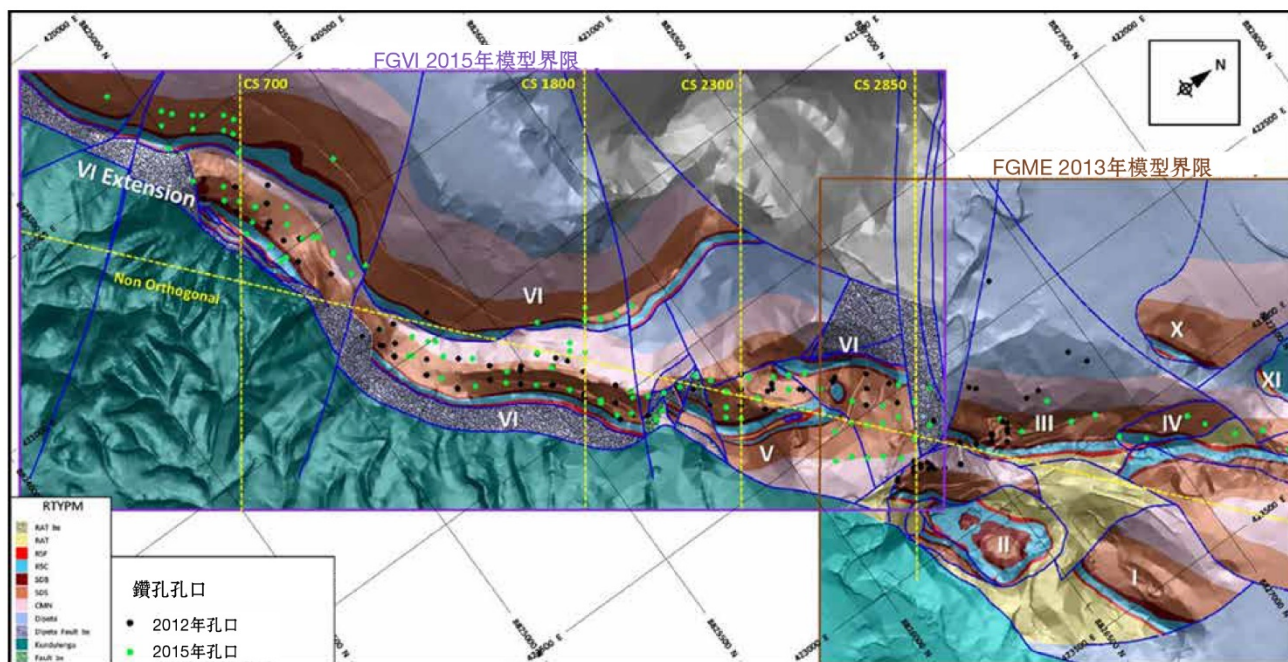
資料來源: 礦業公司

图 7-3.Tenke 及 Fungurume 延伸钻探图

Tenke 延伸鑽探圖



Fungurume 延伸鑽探圖



資料來源: 礦業公司

表 7-4 密度 计算方法

区域	体重函数
Dipeta	海拔
Fungurume	海拔
Fungurume Extension	海拔
Kavifwafwaulu	海拔
Kazinyanga	海拔
Kasanlawite - Kamalondo	钙
L3K	海拔
Kwatebala	海拔
Mambilima	钙
Mwadinkomba Anticline	海拔
Mudilandima	海拔
Mwadinkomba	海拔
Pumpi	海拔
Sefu	海拔
Shinkusu	海拔
Tenke	钙
Zikule	海拔
Shadirandzoro	海拔

表 7-5 Fungurume 及 Mambilima 密度估算 概要

Fungurume				Mambilima			
岩性单元	SG 覆盖	WE A	小体重	岩性单元	海拔	Wea	SG
RAT	-	1	2.23	RAT	-	-	-0.0003*ELEV + 2.7802
RAT	-	2	0.0199 *钙+ 2.3347	RSF	>1000	1	-0.002*ELEV + 4.5548
RAT	>2.65	2	2.65	RSF	<=1000	1	2.6
RSF	-	1	2.25	RSF	>1125	2	-0.0011*ELEV + 3.9184
RSF	-	2	0.0111 *钙+ 2.47	RSF	<=1125	2	2.65
RSF	>2.65	2	2.65	RSC	-	1	-0.0018*ELEV + 4.2758
RSC	-	1	2.22	RSC	-	2	-0.0001*ELEV + 2.6535
RSC	-	2	0.0277 *钙+ 2.2185	SDB	>1000	1	-0.0013*ELEV + 4.0322
RSC	>2.65	2	2.65	SDB	<=1000	2	2.58
SDB	-	1	2.33	SDB	-	2	-0.0002*ELEV + 2.8081
SDB	-	2	0.0137 *钙+ 2.5×10 5	SDS	>1000	1	-0.0018*ELEV + 4.3902
SDB	>2.65	2	2.65	SDS	<=1000	1	2.6
SDS	-	1	2.2	SDS	-	2	-0.00009*ELEV + 2.7334
SDS	-	2	0.0034 *钙+ 2.5573	CMN	-	所有	-0.0003*ELEV + 2.6975
SDS	>2.65	2	2.65	Dipeta	-	所有	-0.000008*ELEV + 2.6761
CMN	-	所有	2.6	未知岩石	-	所有	2.5
Dipeta	-	所有	2.6				

- 作为基于边界品位收入的利润分析的一部分，同时需要总耗酸量(TAC)及净耗酸量(NAC)。Ca 可根据下列氧化矿矿化间接评估 TAC 及 NAC：

$$TAC = 15.13*ACu + 16.6*ACo + 51.21*Ca + 20.28。$$

$$NAC = 7.22*ACu + 13.44*ACo + 39.9*Ca。$$

RPM 注意到，TAC 与 NAC 并不适用于混合及硫化矿区，有关区域使用第 10 节概述的不同加工参数。

表 7-6Dypeta 向斜及 Mudilandima 的相关图模型

区域	元素	岩性单元	块体	第一结构				第二结构			
				岩床	范围			岩床	范围		
					Z	X	Y		Z	X	Y
DSYN	全铜	RAT	0.23	0.69	11	11	11	0.08	12	245	245
		RSF	0.11	0.76	7	9	9	0.13	20	322	322
		RSC	0.26	0.65	11	15	15	0.1	77	201	201
		SDB	0.4	0.55	15	17	17	0.06	72	359	359
	全钴	RAT	0.24	0.66	7	7	7	0.1	74	277	278
		RSF	0.16	0.68	4	15	15	0.16	26	126	126
		RSC	0.26	0.6	4	24	24	0.14	26	65	65
		SDB	0.11	0.78	6	18	18	0.11	12	109	109
	钙	UnWEATH 风化 未风化	0.1	0.64	7	9	9	0.26	36	466	466
MUDI	全铜	RAT	0.12	0.58	27	5.2	5.2	0.3	6	374	374
		RSF	0.51	0.45	20	229	229	0.04	28	494	494
		RSC	0.11	0.77	16.4	17	17	0.12	39	429	429
		SDB	0.01	0.37	17	16	16	0.62	19	336	336
		SDS	0.17	0.71	15.6	60	60	0.13	506	156	156
	全钴	RAT	0.06	0.53	9.6	13	13	0.42	53	168	168
		RSF	0.09	0.88	11.3	20	20	0.03	27	194	194
		RSC	0.67	0.21	14.8	303	303	0.13	61	305	305
		SDB	0.02	0.23	6.8	8	8	0.74	12	398	398
		SDS	0.26	0.51	8	39	39	0.23	135	298	298
	钙	WEATH 风化	0.03	0.86	8.1	67	67	0.13	100	73	73

表 7-7 样本配置

	克里格法回次			分类	
	第一次	第二次	第三次	最小 钻孔数	最大平均距离（米）
搜索距离（m）	75	150	300	4	50
最小组合	4	3	1	3	100
最大组合	12	12	12	1	500

7.4.1 验证

为验证矿块模型，RPM 对估计及综合品位进行外观比较，发现两者之间存在高度一致性。RPM 亦进行了直方图分析（例子如 [图 7-4](#) 所示），并认为，矿块估算值与综合值之比较处于可接受范围内，估算对矿化类型有恰当的误差曲线。RPM 认为，样本配置估算适合矿化样式，混合样本（最邻近的估算）之结果无偏差，且已维持各地层序列之间的差别。RPM 建议，在未来估算时，平滑必须以独立的高斯图验证，并报告至少另外一项取样配置，以评估使用较多或较少混合样本的影响。

7.4.2 分类

为呈报矿产资源量及遵守 JORC「具有可最终进行经济开采的合理预期」的规定，RPM 通过地形及与确定的、标示的及推测的资源量并按每磅 3.25 美元的铜价估算的经济型矿井限制矿块估算。冶金回收率及成本乃按照 [第 8 节](#)（就氧化层而言）及 [第 10 节](#)（就露天及地下资源而言）所概述矿石储量报表确定。

详细的统计分析表明，混合样本间隔 50 米及最少来自四个钻孔的四份混合样本适合划分确定的矿产资源量，间隔 100 米及最少来自三个钻孔的三份混合样本适合划分标示的矿产资源量，这将符合标示的推荐指引。有关距离基于走向及下倾方向延续的变异函数范围，以及透过对矿化的外观观察而进行的地质及品位延续性解释。有

关距离指混合样本与估计矿块之间的平均距离。基于详细的统计分析，RPM 就估算使用的搜索方法适合划分确定的及标示的资源量，但 RPM 要求推测的矿产资源量须基于超过一个钻孔（如表 7-7 概述）。

7.5 勘探潜力

该项目具有悠久的系统性勘探历史，包括地质测绘、地球物理及地球化学测量，以及大量的地面金刚石钻探。有关工作在过去 100 年由无数代人进行。主要重点一直是大批露头的低酸耗高品位氧化矿矿床（可据此估算矿产资源量-矿石储量）。该等已界定氧化矿资源深处的硫化矿延伸已勘探并在大部分区域界定为资源，但该区域的勘探潜力被认为优异。

在对数据进行审阅后，RPM 认为，可能在特许开采区内发现其他具经济价值的矿体。RPM 认为，矿业公司持有的大量采矿权含有多个目标提供机会增加资源基础以及增加选厂的进料来源及矿山开采年限，包括：

- **推测材料：**在该项目现有最终矿井设计中，已报告合共约 10 百万吨「推测」材料。这在 Mudilandima 矿床中尤其普遍，该等储备井中有 3.4 百万吨推测的岩矿。按照 JORC 规则的规定，该岩矿未计入矿石储量估算，而本报告所呈列现有矿石储量时间表对该材料赋予废料开采成本，原因是所含金属未产生任何收入。RPM 认为，通过额外勘探钻进提升地质可信度的可能性较高，可使大部分该岩矿升级至标示类并计入矿石储量估算的一部分。RPM 强调，使用成本状况及修改矿山设计及生产时间表中使用的因素后，该等矿产资源量体现了「具有可最终进行经济开采的合理预期」。
- **氧化矿区域勘探目标：**矿业公司已在已知矿化带周边进行勘探。图 10 列示已在 Zikule 项目南翼的南侧界定的数个目标，即：Kamalondo South、Kansalawile South、Kafufya、Mukanzila、Kachimilambe、Kakapidi、Zakeo。但现时对该等区域的钻探显示铜品位较低。
- **Dipeta 向斜中的硫化矿：**RPM 意识到，Dipeta 向斜整个延伸中存在重大的硫化矿潜力，而该地质连续结构只有少部分已被评估 Dipeta 向斜的矿块模型涵盖整个结构 14 公里延伸中约 1.2 公里。向斜西半部分具有高品位的潜力较大，原因是各翼两端显示的品位均高于各翼东侧一端。
- **横向及垂直延伸：**矿床的地质延续性界限未知；因此，已就矿块模型限制提供资源延伸。RPM 注意到，数个矿化带或可垂直及按倾角方向延伸，超出矿块模型范围之外。除矿井设计及矿井下地下延伸中目前报告的资源以外，存在较大的资源潜力，该潜力将因最终经济开采的合理前景（而非地质限制）而受到限制。

图 7-4 Fungurume 条带图剖面

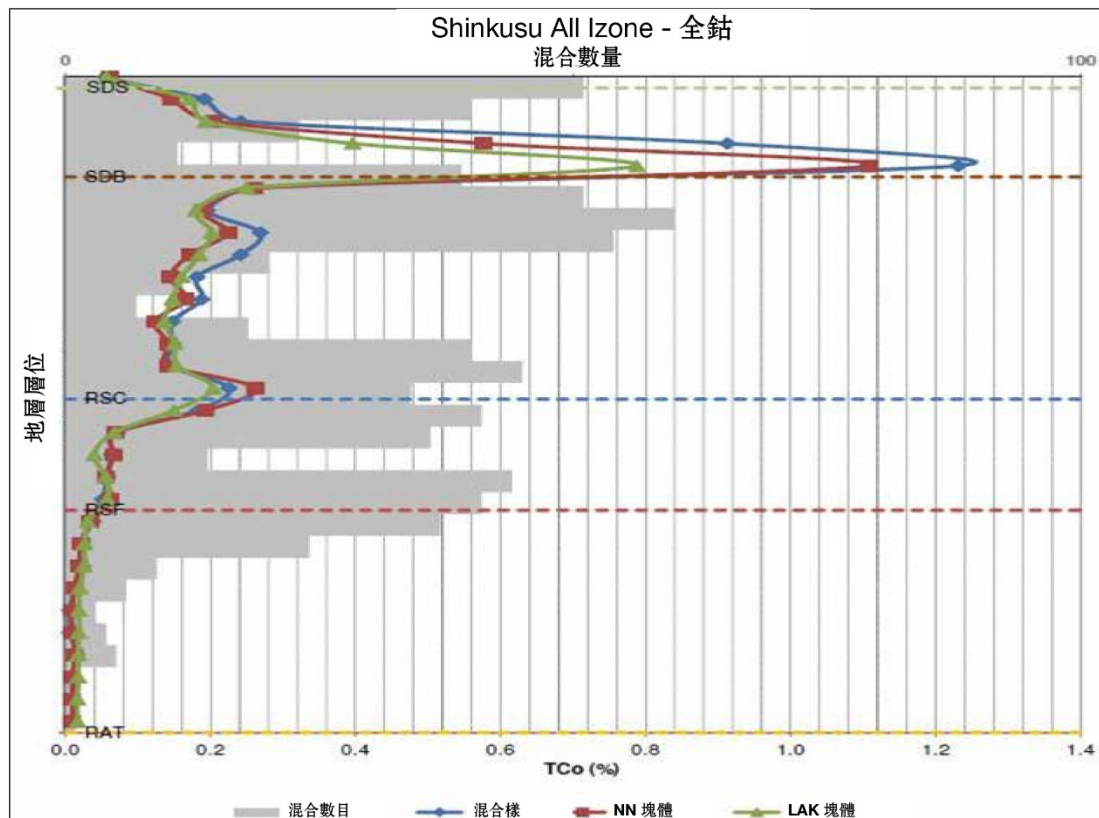
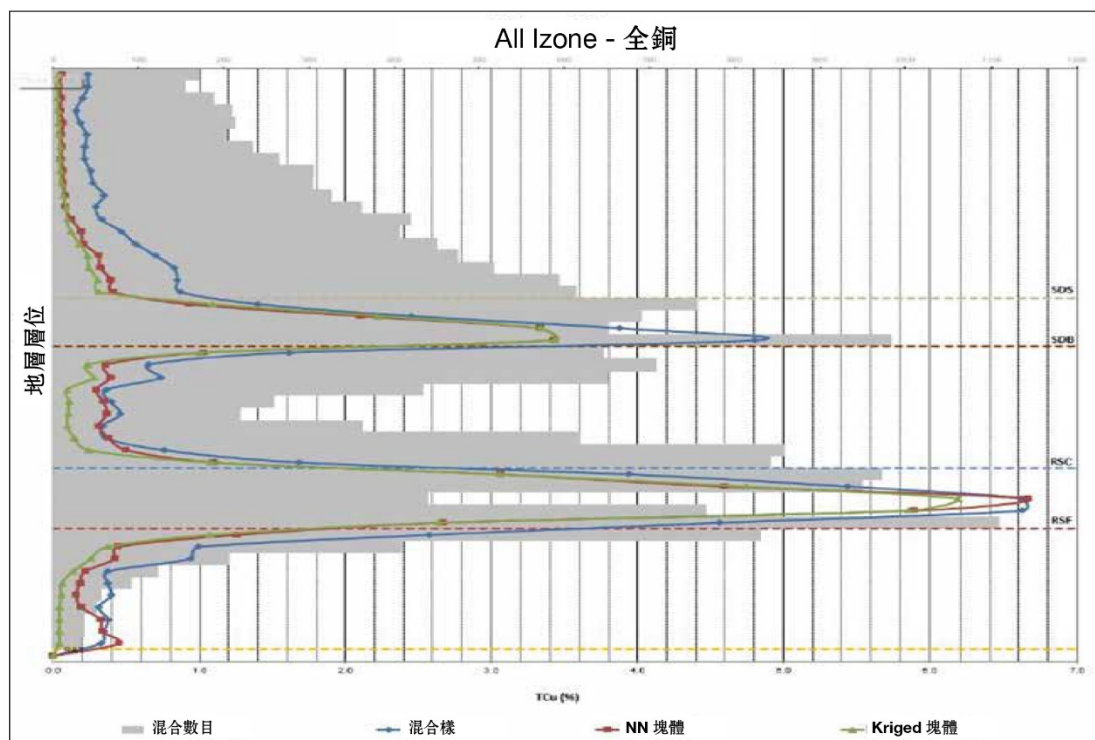
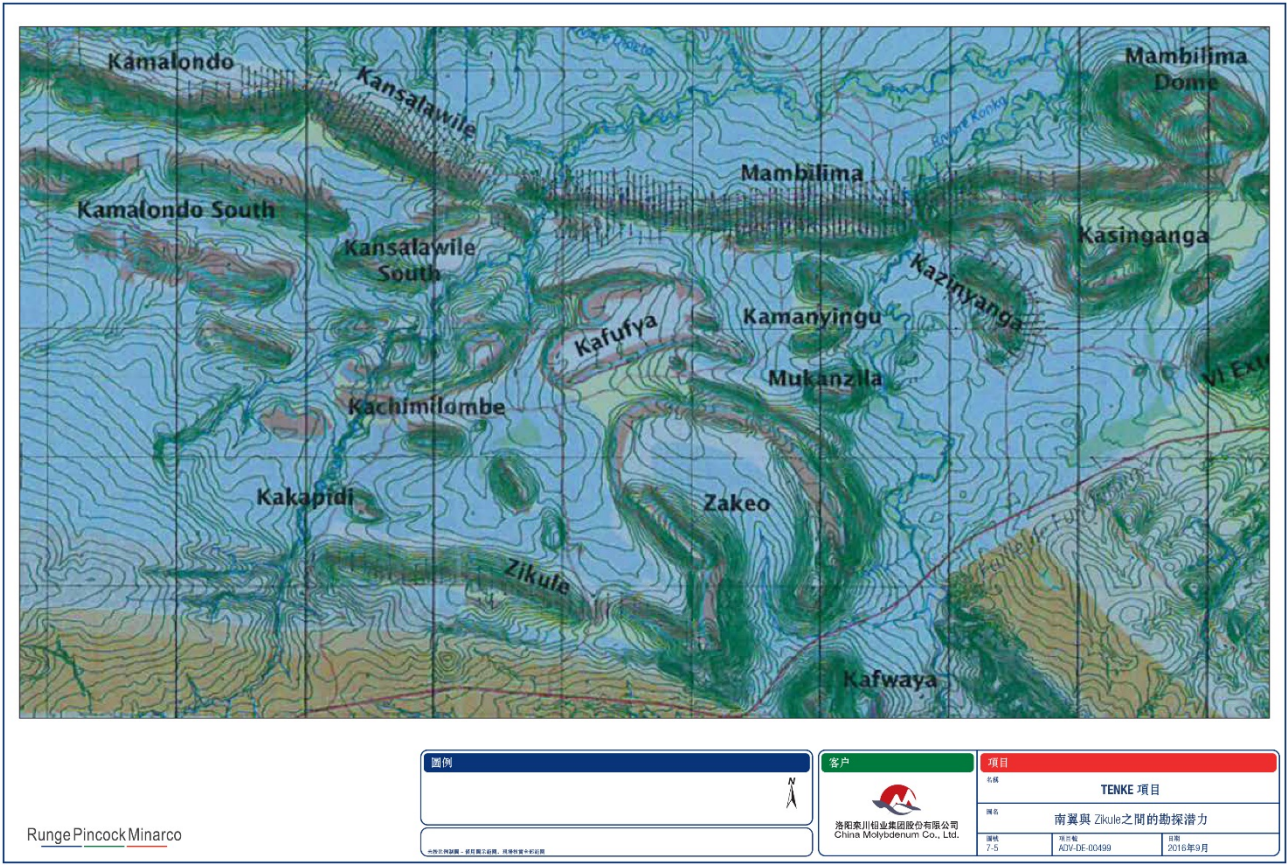


图 7-5 南翼与 Zikule 之间的勘探潜力



8 JORC 矿石储量

JORC 规则将「矿石储量」定义为确定及 / 或标示矿产资源量的经济可采部分，包括其开采过程中可能产生的矿石损失和贫化。已进行适当的评估及研究，并包括对合理假设的开采、冶金、经济、市场、法律、环境、社会和政府等诸多因素的考虑和就该等因素作出修正。该等评估证明，于报告发布时，可合理支持开采。根据可信度的增加，矿石储量可进一步分为可信矿石储量及证实矿石储量。（JORC 规则—第 28 条）。

8.1 矿石储量区域

矿石储量乃基于计划通过大型露天开采法开采的区域数目加上矿石在制品料堆估算得出：

表 8-1 矿石储量区域

区域	开采方法	数量
Katol	露天矿	7.4
Fungurume V	露天矿	16
Mambilima	露天矿	18.9
Mwandinkomba	露天矿	6.9
Tenke	露天矿	12.7
Zikule	露天矿	1.3
Fwaulu	露天矿	4.7
Fungurume	露天矿	15.4
Kanzinyang	露天矿	1.6
Kansalawile	露天矿	9
Kwatebala	露天矿	20.7
Mudilandima	露天矿	6.5
Shadiranzoro	露天矿	2
Shinkusu	露天矿	2
Pumpi	露天矿	13.5
矿堆	露天矿	46.2

8.2 JORC 矿石储量报表

该项目的证实及概略 JORC 矿石储量估算概述于表 8-1 及以图表形式列示于图 8-1，但附录 D 提供进一步详情，列示按矿井区域划分的明细。下文呈报的 JORC 矿石储量估算已计入第 7 节呈报的确定及标示矿产资源量。RPM 估算矿石储量约 **183.1 百万吨**，平均品位 2.6 % Cu 及 0.31% Co，包括 **125.8 百万吨**证实矿石储量及 **57.3 百万吨**概略矿石储量。

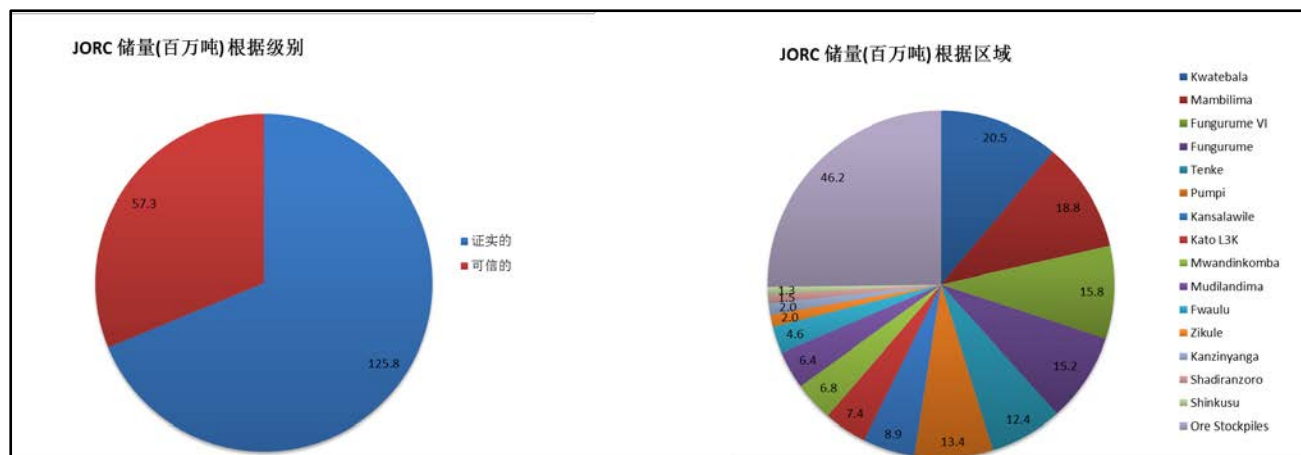
表 8-2 于二零一六年三月三十一日的 JORC 矿石储量估算报表

区域	数量 (吨)	全铜 (%)	酸可溶性铜 (%)	全钴 (%)	钴酸可溶性 (%)	全铜 (百万磅)	全钴 (百万磅)
露天矿							
「证实的」储量	79.7	3.20	2.84	0.32	0.25	5,616.0	567.1
「可信的」储量	57.3	2.74	2.44	0.30	0.24	3,457.3	372.5
小计	136.9	3.01	2.67	0.31	0.25	9,073.3	939.6
矿石堆							
「证实的」储量	46.2	1.3	1.2	0.31	0.26	1,328.2	314.9
「可信的」储量							
小计	46.2	1.3	1.2	0.31	0.26	1,328.2	314.9
整合							
「证实的」储量	125.8	2.5	2.2	0.32	0.26	6,944.2	882.0
「可信的」储量	57.3	2.7	2.4	0.30	0.24	3,457.3	372.5
累计	183.1	2.6	2.3	0.31	0.25	10,401.5	1,254.4

附注：

1. JORC 矿石储量报表在 Rondinelli Sousa 先生的监督下编制，彼为 RPM 的全职高级采矿工程师，并为美国采矿、冶金及勘探协会会员。Sousa 先生具有与相关矿化样式及矿床类型以及其为符合 JORC 规则界定的合格人士资格有关的充足经验。
2. 吨指公吨
3. 铜价：2.75 美元 / 磅，钴价：10.00 美元 / 磅
4. 矿石料堆包括于二零一六年三月底的在制品料堆余额
5. 所报告数字已取整，可能会导致细微的制表误差。矿石储量乃根据 JORC 规则二零一二年版估算。

图 8-1 最终矿井设计及矿石料堆中的 JORC 矿石储量估算图示



8.3 JORC 矿石储量估算程序

矿石储量乃使用一套专业的露天矿山规划软件（包括矿井优化程序「Whittle」、运输分析程序「HaulNet」以及生产时间表程序 XPAC Open Pit Metals Solution（「OPMS」））估算得出。RPM 选取的输入参数乃根据对矿业公司完成的采矿研究进行审阅，并与现场人员讨论及通过实地视察观察后得出。为能对 JORC 矿石储量进行估算，RPM 已采取以下措施：

- 审阅矿业公司矿山规划研究的方法、假设及结果（包括经营及资本成本预测）；
- 审阅当前的矿山表现资料（包括经营成本及加工回收率）；
- 核实 Whittle 优化结果，并选择合适的矿井边界；
- 审阅采矿方法及当前矿山开采年限设计；
- 审阅模型中用于估算矿石回收率参数的方法；
- 使用专业生产时间表程序「OPMS」对生产时间表进行独立模拟。对各矿床进行的模拟概述于第 9.5 节；并为确保项目时间表就经修订的矿石储量及矿井设计具有足够的混合。
- 核实适用于矿石储量估算的各种浮动总值；
- 生成矿山开采年限时间表经济模型（包括经营及资本成本及收入）（如第 13 节所详述及下文所概述）。RPM 在将经营及资本成本估计值用于经济模型前，已对其进行审阅。

8.4 JORC 矿石储量估算参数

经过与现场人员讨论、审阅可行性级文件、采矿计划的建议年限、采矿方法、尾矿坝容量及针对已估算确定和标示资源量的该项目区域预测加选厂回收率后，RPM 厘定矿石储量估算过程所使用的技术参数。推测矿产资源量不可用于矿石储量估算，且未计入矿石储量估算。

以下为矿石储量估算使用的参数：

- 各类矿石分别应用平均铜及钴的冶金回收率 92.15% 及 89.30%
- 经营及资本成本乃基于可行性文件。运营成本估算请参阅**第 13 节**；RPM 提示成本对每一矿坑随深度而增加，另外运输和酸消耗量各矿坑也有变化，特别是各矿块酸消耗量不同。所使用的单位成本是基于目前资料和矿山期间内期望量而平均的。
- 矿井优化及经济建模使用的长期一致预测金属价格为每磅铜 2.75 美元及每磅钴 10.00 美元。RPM 从价格预测专家得到价格，因此这些价格是基于第三方专家公司提供的银行一致认同的长期价格。
- 矿井优化输入参数列示于**表 8-2**。

RPM 强调**表 8-2**所列单位成本已经用于矿坑优化，采用了收入现金流以佐证所列矿石储量的经济可行性。**第 9 节**所列的预测时间表是分析的基础，而**第 13 节**更列出了详细单位成本，包括每一产品采矿、矿坑运输、选矿、下游和运输成本。**第 13 节**列示了这一模型结果的年成本以及开采矿山储量矿山服务年限内的投资成本。

表 82 RPM 用于矿石储量的矿井优化参数

描述	单位	数值
价格		
铜	美元/磅	2.75
钴	美元/磅	10
开采成本		
持续资本	美元/吨	\$1.31
矿石开采	美元/吨	3.15
废矿	美元/吨	2.8
选矿成本	美元/吨	41.42
运输成本	美元/吨	2.86
酸耗成本	美元/千克	0.19
下游铜 4	美元/磅	0.35
下游钴 4	美元/磅	6.11
贫化率和回收率		
矿山回收率	%	100
开采贫化率	%	5
平均冶金回收率		
平均回收铜	%	92.15
平均回收钴	%	89.3
预计内部边界品位		
铜 3	%	0.95
矿坑边坡		
总体倾斜角度	度	不同
深度增加成本		
每个工作台增量成本	美元/吨	不同
折现率		
台阶折扣率（5m）	%	0.67

资料来源：由矿业公司提供，并经 RPM 审阅。

附注：

1. 所有成本均以美元列示
2. 吨位为公吨
3. 平均铜边界品位

9 氧化矿露天矿开采

现有作业及矿石储量估算基于透过露天采矿法开采的氧化矿材料。现有项目年限时间表中并未计入硫化矿材料，但存在硫化矿作业的重大潜力，如第10节所示。

9.1 概要

采矿由承包商通过传统的卡车及铲装机式露天矿井采矿法进行，于矿山开采年限（「LOM」）内，计划从十五个独立的露天采矿区域采集矿石，已设计共 26 个分离井。在许多情况下，该采矿可被视为山顶脱离并极少剥土，但随着矿井越来越深，剥离要求将会提高。采矿以 12 码前端装载机、RH120 及 RH90 柴油液压挖掘机、CAT 777（90 吨）及 CAT 772（45 吨）运输卡车进行，Mercedes 路上 50 吨运能卡车用于将矿石由周边矿井从陆路运往加选厂原矿料堆。矿业公司计划拥有五个作业矿井（包括毗邻加选厂附近的矿井及距离相对远的其他矿井），以便灵活掌控业务的给料品位、矿石类型及成本架构。该选厂的处理量为 5.4 百万吨 / 年，当前设备的产能（全岩）最高为 52 百万吨 / 年。这导致形成大量料堆，将在二零三八年采矿结束时处理。

RPM 估算总矿石储量约 **183.1 百万吨**，平均品位 3.2 % Cu 及 0.33% Co，令项目可自二零一六年三月三十一日起运行 35 年。在 23 年采矿期中，整体矿井剥采比将平均约 7.59:1，或每开采 7.59 吨废料可获得 1.0 吨矿石。RPM 注意到，Fungurume、Fwaulu、Mwandinkomba 及 Tenke 矿山的钻探、爆破、装载及运输活动现时由一个矿主经营的车队进行。

矿山作业人员包括当地设备操作员、当地监督员及多名外聘雇员。维护由当地 Caterpillar 经销商使用来自非洲各处的雇员进行。在所有活跃采矿区域，非法开采钴极其盛行。采矿人员使用手工工具将钴矿石装入袋子，然后带离矿井，据称出售予周边社区的第三方。

9.2 采矿方法

矿石位于较薄的矿体中，在部分地点，位于大幅断层、褶皱及倒转的裂缝中。矿石通过传统钻探及爆破方法破碎。使用前端装载机装载运输卡车，然后将高品位矿石交付至邻近主要破碎厂的料堆，低品位矿石送往料堆，以在矿山开采年限后期进行加工。装载机用于从该等料堆中生产混矿，令供给至选厂的材料不会在酸耗及矿石品位方面出现重大短期差别。露天采矿法为首选的采矿方法，原因是：

- 矿化赋存于地表附近；
- 露天采矿法需要的初始采矿资本投资极低（原因是将委聘采矿承包商）；
- 有现成的露天采矿配套基础设施；
- 露天采矿的作业成本低于地下采矿。

典型露天采矿法的流程包括：

- 钻探爆孔布置图；
- 爆破岩石；
- 根据品位控制结果标出矿区；及
- 装载矿石及废石并拖运至最终目的地。

9.3 矿山设计及概念

所有采矿作业均由矿业公司使用传统的卡车及装载机露天矿井采矿法进行。矿井内的废料通过一系列运输道运送至各矿井的现场废料堆储存。来自矿井的矿石以卡车运输至矿井顶部，然后运输至加工设施的原矿料堆。视乎矿石类型，矿石分入五个料堆，包括：

- 高品位 Cu>3.50% Cu

- 高品位 $\text{Co} > 0.70\% \text{ Co}$
- 中级品位（中级） $\text{Cu} > 2.20\% \text{ Cu}$ 及 $\text{Cu} \leq 3.50\% \text{ Cu}$
- 低品位及高耗酸量

矿石只向一台粗碎机给料，并优先进给高品位、低耗酸量材料。由于开采速度远高于处理量，材料进行堆积，以在露天采矿完成后加工。

9.3.1 工程地质 - 边坡角

迄今为止尚未报告重大边坡问题，且鉴于迄今为止进行的采矿活动在矿石区顶部进行（在许多情况下相当于移除山顶），应不会出现相关问题。远程边坡角报告较为保守，为 35 度。尚未到达地下水面，且在抵达最终限额矿井底部前，预计不会到达地下水面。矿业公司已报告因滑石及石棉矿物区导致的部分较轻微问题，加上与冲断层区相关的一定复杂因素。

9.3.2 矿井优化

RPM 已对估算矿产资源量使用的矿块模型进行评估，以确认矿业公司编制的矿山开采年限研究中使用的矿井限制是否有效。RPM 在矿井优化中仅使用确定及标示物料。

该工程形成的矿井优化结果概述于表 9-1。对该等优化的审阅表明，RPM 可按 100% 的收入因子（按铜价 2.00 美元 / 磅）复制矿业公司的矿山开采年限矿井边界，差别极小，但 RPM 注意到，矿石储量包括按铜价 2.75 美元 / 磅进行的进一步优化。

表 9-1 矿井优化结果

描述	矿石 (千吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	全铜 (千磅)	全钴 (千磅)	剥采 比	废石 (千吨)	总计 (千吨)
Kato L3K								
RPM 矿坑边坡	6,922	1.91	0.6	291,024	91,260	5.59	38,671	45,593
FungurumeVI								
RPM 矿坑边坡	15,671	2.92	0.41	1,008,790	141,991	5.58	87,392	103,062
Mambilima								
RPM 矿坑边坡	18,463	3.34	0.16	1,358,712	66,348	8.02	148,050	166,514
Mwandinkomba								
RPM 矿坑边坡	7,237	3.69	0.14	588,447	22,817	8.34	60,335	67,573
Tanke								
RPM 矿坑边坡	12,549	3.48	0.5	962,780	137,224	7.13	89,507	102,056
Zikule								
RPM 矿坑边坡	1,376	2.59	0.11	78,671	3,184	12.47	17,152	18,528
Fwaulu								
RPM 矿坑边坡	4,829	3.32	0.24	353,333	25,124	5.77	27,864	32,692
Fungurume								
RPM 矿坑边坡	16,001	4.41	0.45	1,557,113	159,451	4.28	68,427	84,428
Kanzinyanga								
RPM 矿坑边坡	1,425	1.68	0.35	52,734	11,094	5.44	7,755	9,180
Kansalawile								
RPM 矿坑边坡	9,023	3.27	0.17	650,304	34,415	6.17	55,639	64,663
Kwatebala								
RPM 矿坑边坡	21,409	2.79	0.36	1,318,257	171,803	4.71	100,778	122,187
Mudilandima								
RPM 矿坑边坡	6,070	2.15	0.42	287,466	55,539	7.49	45,459	51,529
Shadiranzoro								
RPM 矿坑边坡	2,040	3.68	0.1	165,535	4,362	9.94	20,276	22,316
Shinkusu								
RPM 矿坑边坡	2,022	3.11	0.49	138,516	21,838	8.11	16,403	18,425
Pumpi								
RPM 矿坑边坡	13,788	3.12	0.17	948,696	52,891	5.11	70,425	84,213
矿床总计								
RPM 矿坑边坡	138,826	3.19	0.33	9,760,378	999,340	6.15	854,133	992,959

附注:

1. 吨指公吨
2. 铜价: 2.75 美元 / 磅, 钴价: 10.00 美元 / 磅
3. 所报告数字已取整, 可能会导致细微的制表误差。

9.3.3 边界品位分析

由于矿块根据其内在的收入及成本价值定义为矿石或废料, RPM 已使用现金流法进行矿井优化。在现金流法中, 矿石材料透过比较将特定矿块加工成矿石或作为废料开采将产生的现金流而界定。如加工矿块产生的现金流高于 0 美元, 则矿块报告为矿石, 否则作为废料处理。本分析中已包括运输成本。

在简单情况下 (即只存在一种加工方法, 且加工成本并非基于影响边界品位计算的数学式), 按现金流进行矿石选择产生的结果将与使用边界品位进行产生的结果相同。Tenke 项目的情况并非如此。

与 Tenke 项目相关的加工成本与矿块耗酸量存在极大关系, 而耗酸量乃基于铜、钴及钙的浓度依据数学表达式估算。此外, 尽管锰浓度并未用于估计耗酸量, 但其对选厂的氧化钙消耗具有影响。RPM 认为, 按该结果现金流法为界定优化矿井内可开采数量的最合适方法。

9.3.4 矿山设计参数

矿山阶段性及临时性矿井设计的矿山设计参数列于表9-2。

表 9-2 矿山设计参数

项目	数值
运输道路宽度	26 米
斜坡坡度	10%
台阶高度	7 至 15 米
台阶工作宽度	30 米
斜坡道间倾斜角	38°
总体倾斜角	16°至 42°

资料来源：由矿业公司提供，并经 RPM 审阅。

RPM 已审阅将在 23 年（Tenke 总计）内开采的矿井的现有开采计划，并认为矿井边界及阶段乃经详细考虑建议工程地质及采矿作业参数后设计而成。图 9-1 至图 9-18 呈列未来 5 年计划中包含的矿井的最终矿井设计及分期发展。

附录 C 呈列 RPM 生成的矿井边界与矿业公司提供的设计矿井比较分析。对该等结果进行审阅后发现，尽管两者之间存在差别，但整体矿井边界与矿业公司的最终矿井设计一致（尤其是关于矿石数量），因此，已使用该等最终矿井作为生产时间表的基准，并计算本报告所呈列的矿石储量。

由于矿业公司的阶段设计基于 2.00 美元 / 磅的铜价，该等阶段 100%处于 RPM 的最终矿井设计（基于 2.75 美元 / 磅的铜价）范围内。RPM 得出的矿石储量增加较表 9-3 呈报的矿业公司矿石储量增加 30%。

9.3.5 废料堆

RPM 已获提供各矿井的详细废料堆设计，以及余下矿山开采年限内的堆放策略，但获悉废料计划储存在邻近各矿井的独立废料堆中。RPM 获悉，有足够的低水平废料储存能力，支持矿石储量及上升期生产时间表所需的设计极少。

表 9-3 最终矿山设计中的矿石储量分布

描述	矿石 (千吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	全铜 (千磅)	全钴 (千磅)	剥采比	废石 (千吨)	总计 (千吨)
<u>Kato L3K</u>								
FMI 阶段 2	6,426	1.82	0.65	257,242	92,576	5.82	37,393	43,819
RPM 公司阶段 3	973	2.23	0.19	47,738	4,031	12.99	12,640	13,614
小计	7,399	1.87	0.59	304,980	96,607	6.76	50,033	57,433
<u>FungurumeVI</u>								
FMI 阶段 2	11,955	2.95	0.45	777,008	117,608	5.07	60,554	72,510
RPM 公司阶段 3	4,034	2.81	0.31	249,868	27,207	14.25	57,502	61,536
小计	15,989	2.91	0.41	1,026,877	144,815	7.38	118,056	134,045
<u>Mambilima</u>								
FMI 阶段 2	11,824	3.51	0.17	914,564	43,526	7.38	87,248	99,072
RPM 公司阶段 3	7,049	2.94	0.16	457,135	24,633	13.77	97,069	104,118
小计	18,873	3.3	0.16	1,371,700	68,159	9.77	184,317	203,191
<u>Mwandinkomba</u>								
FMI 阶段 2	4,880	3.83	0.15	411,823	16,490	6.96	33,961	38,841
RPM 公司阶段 3	1,980	3.28	0.12	143,362	5,233	19.07	37,768	39,748
小计	6,861	3.67	0.14	555,186	21,723	10.45	71,728	78,589
<u>Tanke</u>								
FMI 阶段 2	9,433	3.38	0.56	703,404	116,483	6.05	57,036	66,469
RPM 公司阶段 3	3,244	3.72	0.3	266,270	21,275	17.92	58,148	61,393
小计	12,677	3.47	0.49	969,674	137,758	9.09	115,185	127,862
<u>Zikule</u>								
FMI 阶段 2	94	4.6	0.27	9,562	556	19.5	1,840	1,935
RPM 公司阶段 3	1,209	2.43	0.09	64,830	2,416	13.44	16,240	17,449
小计	1,303	2.59	0.1	74,392	2,971	13.87	18,080	19,383
<u>Fwaulu</u>								
FMI 阶段 2	3,325	3.4	0.24	249,394	17,500	4.98	16,550	19,875
RPM 公司阶段 3	1,378	2.98	0.23	90,495	6,959	13.63	18,783	20,161
小计	4,704	3.28	0.24	339,888	24,459	7.51	35,332	40,036
<u>Fungurume</u>								
FMI 阶段 2	13,727	4.51	0.46	1,364,159	138,753	3.97	54,466	68,193
RPM 公司阶段 3	1,701	3.75	0.41	140,654	15,470	29.8	50,689	52,390
小计	15,428	4.42	0.45	1,504,813	154,223	6.82	105,155	120,583
<u>Kanzinyanga</u>								
FMI 阶段 2	1,209	1.69	0.37	44,968	9,867	6.01	7,263	8,472
RPM 公司阶段 3	351	1.55	0.29	12,001	2,216	13.19	4,632	4,983
小计	1,560	1.66	0.35	56,969	12,084	7.63	11,895	13,455
<u>Kansalawile</u>								
FMI 阶段 2	7,632	3.25	0.17	546,819	28,087	5.25	40,034	47,666
RPM 公司阶段 3	1,357	3.33	0.21	99,649	6,183	13.4	18,181	19,537
小计	8,989	3.26	0.17	646,468	34,270	6.48	58,215	67,204
<u>Kwatebala</u>								
FMI 阶段 2	17,212	2.73	0.39	1,035,548	146,288	4.28	73,740	90,952
RPM 公司阶段 3	3,474	3.14	0.26	240,374	20,118	7.28	25,280	28,754
小计	20,686	2.8	0.36	1,275,922	166,406	4.79	99,020	119,706

描述	矿石 (千吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	全铜 (千磅)	全钴 (千磅)	剥采比	废石 (千吨)	总计 (千吨)
<u>Mudilandima</u>								
FMI 阶段 2	5,876	2.1	0.42	272,248	53,947	7.7	45,252	51,127
RPM 公司阶段 3	635	2.07	0.32	28,917	4,525	22.82	14,480	15,114
小计	6,510	2.1	0.41	301,165	58,473	9.18	59,732	66,242
<u>Shadiranzoro</u>								
FMI 阶段 2	1,726	3.61	0.1	137,250	3,700	9.7	16,735	18,461
RPM 公司阶段 3	329	3.91	0.1	28,360	740	17.3	5,695	6,024
小计	2,055	3.66	0.1	165,611	4,440	10.91	22,430	24,485
<u>Shinkusu</u>								
FMI 阶段 2	1,420	2.99	0.6	93,572	18,929	9.3	13,200	14,620
RPM 公司阶段 3	582	3.39	0.23	43,503	2,946	6.54	3,806	4,388
小计	2,001	3.11	0.5	137,075	21,875	8.5	17,007	19,008
<u>Pumpi</u>								
FMI 阶段 2	10,024	3.35	0.18	740,589	39,392	3.64	36,447	46,472
RPM 公司阶段 3	3,481	2.44	0.16	187,248	12,395	10.03	34,902	38,383
小计	13,505	3.12	0.17	927,837	51,787	5.28	71,349	84,855
<u>矿床总计</u>								
FMI 阶段 2	106,764	3.21	0.36	7,558,153	843,702	5.45	581,720	688,484
RPM 公司阶段 3	31,778	3	0.22	2,100,404	156,348	14.34	455,815	487,593
小计	138,541	3.16	0.33	9,658,557	1,000,049	7.49	1,037,535	1,176,077

附注：

1. 吨指公吨
2. 由 FMI 提供的最终矿井设计
3. RPM 产生的最终矿井设计增加
4. 所报告数字已取整，可能会导致细微的制表误差。

9.3.6 设备方案

所有场地的采矿均采用小型设备，一般为 992 转载机及液压挖掘机，将矿石或废料放入 CAT 777 或 772 卡车，在部分情况下放入 50 吨 CAT Haulmax 卡车，以供长途运输至加选厂。所开采的 100% 材料进行钻探及爆破。

所有维护由当地 Caterpillar 经销商 Congo Equipment 进行。大部分部件改建由位于现场的 Caterpillar 重建设施完成。维护规划由矿业公司（而非 Caterpillar）使用 SAP 完成。

矿业公司的维护设施包括一台现代矿山恢复设施（能服务比现时采用者更大的卡车）、一个电弧焊接厂、一台设备清洗设施及一个部件重建设施。现代维护规划（包括 VIMMS 监察、震动监察、石油分析等）已全部进行。未来规划包括在现场建立石油分析设备。

设备检查显示，Cat 777 运输车整体状况良好，预计将服役至报废，但数台推土机的履带链轮磨损严重，需要在近期进行大量资金更换。使用过的石油已收集，现时储存在维护店外。矿业公司告知计划于二零一六年底前消耗或去除所有堆积的已使用油。使用的轮胎为普利司通轮胎，与全球供应商设施及全球供应协议一致。

表 9-4 现有矿山设备

类型	台数
DM65 钻机	3
DM45 钻机	6
HaulMax_3900	6
Cat 374 挖掘机	5
RH120 挖掘机	3
Cat 992 装载机	5
Cat 988 装载机	10
Cat 777 长途卡车	36
履带推土机卡特彼勒 D10N	12
履带推土机卡特彼勒 D8R	7
履带推土机 Cat D7R	5

9.4 矿山开采年限计划及矿井顺序

该项目在 15 个不同矿区（15 个矿块模型）拥有 26 个独立矿井，可在任意时间进行 5 个矿井的分期采矿作业。矿业公司根据经济因素（包括矿石品位、估计耗酸量、矿石运距以及剥采比）决定分期采矿顺序。矿业公司使用长期矿块模型对现场同时进行长期及短期规划，然而矿业公司计划开发出包括爆破孔取样且时间跨度更短的规划模型。矿业公司分别使用 Minemax 及 MineSight SSO 进行长期及短期排序。

由于采矿车队开采能力过剩，故目前已经且将来会继续生产大量低品位矿石堆。该等矿石可在现场储量在约 23 年内开采完后，用作加选厂矿石给料，其中部分堆选的材料将进行回收，以支持加选厂自第 15 年（二零二零年）后的处理量。

目前，矿业公司拥有 36 辆 Cat 777 卡车在服役中，然而，由于加工储存的废石材料，现有矿山生产目标被降低。因此，约 5 辆 777 Cat 卡车被暂时停用，且计划直至二零一七年恢复正常开采速度前不会使用。

表 9-5 矿石储量矿山开采年限矿井顺序

礦坑		單位	年												礦山服務 期限	
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026-2030	2031-2038		
KANZ	礦石	百萬噸											1.5		1.5	
	廢石	百萬噸											11.9		11.9	
FGME	礦石	百萬噸	2.3	2.5	2.8	2.3	1.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.0	1.8	1.6	15.2	
	廢石	百萬噸	5.7	9.0	9.8	11.4	4.9		0.8	1.3	0.6		11.0	50.7	105.1	
FWAL	礦石	百萬噸	0.6							<0.1			2.7	1.3	4.6	
	廢石	百萬噸	2.2										15.9	17.2	35.3	
ZIKU	礦石	百萬噸								<0.1			1.3		1.3	
	廢石	百萬噸											18.1		18.1	
TENK	礦石	百萬噸	2.0	2.5	1.5	0.2		0.1	0.2	<0.1		<0.1	2.7	3.2	12.4	
	廢石	百萬噸	12.6	16.4	8.5	0.7			1.6			0.5	16.6	58.1	115.1	
MWAN	礦石	百萬噸	0.8	1.6				0.0	0.0			1.1	1.4	1.9	6.8	
	廢石	百萬噸	8.4	9.3						0.0	0.1	7.9	8.9	37.9	72.5	
MAMB	礦石	百萬噸			0.5	0.8	1.9	2.4	6.1	0.0				7.0	18.8	
	廢石	百萬噸			5.8	11.2	11.1	23.6	36.0	0.1			1.3	98.1	187.1	
FGVI	礦石	百萬噸						0.0	0.1	1.1	7.9	0.4	4.3	2.1	15.8	
	廢石	百萬噸						0.0	0.6	6.6	39.1	1.5	48.3	22.0	118.0	
PUMP	礦石	百萬噸				1.9	1.6	6.0	0.5				0.1	3.3	13.4	
	廢石	百萬噸				10.0	5.2	20.7	0.5				3.9	31.0	71.3	
SHIK	礦石	百萬噸										<0.1	1.9		2.0	
	廢石	百萬噸											17.0		17.0	
ZORO	礦石	百萬噸						0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	1.5		2.0	
	廢石	百萬噸								0.9	0.3	4.3	17.0		22.4	
MUDI	礦石	百萬噸								0.4		2.8	3.3		6.4	
	廢石	百萬噸							0.2	5.2		28.7	25.5		59.7	
KWAT	礦石	百萬噸	0.1	1.0	1.2		1.8		0.4	9.1	0.6	1.5	1.3	3.4	20.5	
	廢石	百萬噸	0.9	4.0	7.0		9.8	0.2	6.9	29.1	5.5	4.9	5.6	25.2	99.0	
KASA	礦石	百萬噸			1.2	1.7	3.0	0.2	0.0				1.4	1.3	8.9	
	廢石	百萬噸			14.8	12.1	11.9	0.7	0.1				7.9	16.8	64.4	
KATO	礦石	百萬噸					0.9						5.2	1.2	7.4	
	廢石	百萬噸					3.6						31.9	15.2	50.7	
礦堆平衡量		礦石	百萬噸	48.2	50.7	52.7	54.7	59.9	63.9	66.2	72.0	75.4	76.5	81.3*	76.5*	

*年平均

9.4.1 监控系统

矿业公司使用模块化采矿调度系统追踪运输卡车及装载设备。矿业公司目前在五个不同区块使用 36 辆 777 运输卡车（如上文所述）。一间先进控制室被用于设备监控。矿业公司亦报告已在所有运输卡车上安装疲劳监测系统，可发现操作人员的问题，并向调度控制室操作人员汇报，以引起彼等注意。该等设备通常会在驾驶员闭眼超过数秒后，向驾驶员发出警报。

9.4.2 矿石储量时间表

RPM 编制的该项目生产计划乃仅基于已确定和标示的资源量，且列示于表 9-5 及表 9-6 以及图 9-1 及图 9-2。明确地说，所使用的设计矿井乃基于已确定的和标示的矿量，而设计矿井内推测的资源量乃属废石。

RPM 时间表的最初五年与矿业公司时间表的前五年相同。此乃通过所提供的用作指引的年底工作面位置得以体现。已考虑到若干目标而编制剩余年份的矿山规划。首要目标乃令于矿山开采年限早期供给至选厂的铜矿品位最高并储存较低品位的铜矿供后续处理。此乃通过从不同矿床及不同阶段交错引进采矿以最大化早期现金流量来完成。RPM 根据较高铜价假设而设计的阶段，优先次序较低且通常于时间表最后期开采。

矿山生产能力被限制在每年 52 百万吨总材料处理（矿石加废石），为矿业公司时间表前 5 年最大年产能的延续。

矿业公司已编制矿石给料时间表，按每日 14,800 吨的平均速率给料（约 5.4 百万吨 / 年），主要目标为在每日 2,225 吨的月耗酸量限制的前提下，优先供给品位最高的铜矿。

根据矿石储量估算、矿井开发顺序及矿井设计，预期项目矿山开采年限约为 23 年，自二零一六年三月三十一日起计。RPM 认为，建议的矿山开发次序年限及生产预测属合理，且基于目前的开采设备及设计能够实现。但

RPM 建议进行进一步优化及短期规划，以避免在向选厂交付矿石时的任何缺点。该项优化应关注开发顺序以及资本支出与短期品位变动，以实现该项目利润最大化。

RPM 注意到，尽管目前预期到二零三八年底矿井将开采完，矿石加工将在采矿完成后持续十二年直至二零五零年。于该期间，采矿时储存的低品位材料将进行回收利用，并成为选矿厂给料的全部来源。

图 9-1 总岩矿变化图示



合资格人士报告

表 9-6 矿山开采年限矿石储量产量预测

- V-82 -

9.6 评论及建议

RPM 认为，现时露天采矿法最适合该项目，是开采该项目矿化最有效的方式。

RPM 对矿山计划的审核发现存在与矿山计划及生产时间表相关的部分潜在机遇。首先，存在与长期共识铜价预测相关的矿石储量增加 30%。RPM 的最终矿井设计基于 2.75 美元 / 磅的铜价，而矿业公司最终阶段设计基于 2.00 美元 / 磅的铜价。矿业公司的最终阶段完全处于 RPM 最终矿井设计范围内。矿业公司编制的矿山计划有效，采用的价格假设更保守；另一方面，RPM 编制的矿山计划探索开采额外矿石的潜力，采用的长期共识价格预测铜价更高。

RPM 亦发现现有备用露天开采境界内存在与推测资源量相关的上升机会。考虑到经过进一步钻探及研究，有关材料可进一步升级至标示资源量类别，现有矿石储量可增加潜在数量约 10.5 百万吨，内部平均边界品位超过 0.95% Cu。

RPM 认为，这是现有生产计划内的机会，不仅可增加储量及资源量基础，亦可降低短期生产计划中矿石供给的风险。

10 氧化矿露天矿选矿及矿石加工

以下为现有业务的说明，是对本报告所述矿石储量的支持。RPM 注意到，作为未来业务的一部分，矿业公司已完成对硫化矿材料的审核及试验工作，并随之对兴建矿石浮选厂及精矿焙烧厂进行设计研究。该资料呈列于第 13 页硫化矿采矿潜力。

矿业公司已于现场修建单一加工设施，名义加工量为 5.4 百万吨 / 年原矿。从矿井采集到的矿石将根据品位特征堆放入 5 个原矿长条堆。其后根据品位及耗酸量要求，使用前端装载机从长条堆中取出并生成混合給料，供加工设施破碎工艺使用。矿石加工设施由搅拌浸出法、溶剂萃取电解法（「SXEW」）工艺组成，以生产阴极铜及氢氧化钴中间产品（「CHIP」）。所有设施的合计处理量为 14.8 千吨 / 日（千吨 / 日），氧化矿石内酸溶铜及钴的整体回收率为 97% 及 94%（94% 及 83% 总铜）。矿石首先经压碎、研磨、使用硫酸及二氧化硫浸于反应槽内并脱水。在使用空气 / 二氧化硫及石灰岩以及铜和石灰对铁铝锰沉淀物进行额外提纯后，阴极铜乃采用溶剂萃取电解法工艺生产，利用氧化镁调节 PH 值，从萃余液制出氢氧化钴中间产品。。

受矿化样式影响，耗酸量较大（每吨 100 千克或以上），预期随采矿深度加深及酸溶解度下降，耗酸量将继续增加。现场两间制酸厂通过燃烧进口硫磺每日最多可供应 2,225 吨硫酸用于浸析。

10.1 支持 Tenke 选厂设计的初步测试工作

二零零七年至二零零八年间，矿业公司对代表 Tenke 早期采矿作业的样本进行矿石冶金测试项目，测试中使用的材料来自顶部、中间及底部矿化区。该项工作始于进行实验室规模的开发与确认测试，最终以三项试点活动而告终。单独及混合矿化区样本均进行规模及确认试验。综合试验选厂活动一使用含 60% 底部矿化区材料及 40% 顶部矿化区材料的混合样本，证实了使用铜溶剂萃取(SX)、电解冶金法(EW)及氢氧化钴沉淀物的破碎过程。Tenke 后续的流程圖及流程设计标准均基于该试点测试项目。

活动一中处理的混合矿石约 1,100 千克。生成单一的 LME A 级阴极铜，重 38.2 千克。生成含钴 40% 至 45% 的氢氧化钴或中间基本硫酸钴产品。该产品中锰及铜含量分别介于 3% 至 5% 及 0.5% 至 1%。首个试点选厂活动分别产出超过 98% 及 90% 的铜钴浸析萃取物。

粉碎试验表明，测试的矿化区介于非常柔软至柔软间，尽管中间矿化区含有部分较为坚硬的硅轴承材料。

通过试验检验铜溶剂萃取(SX)及电解冶金法(EW)。将高及低品位浸出母液给进至经优化的串并联 SX 回路，并使用约 30% (vol/vol) Cognis LIX984N 萃取剂及 Chevron/Phillips SX-80 稀释剂。高及低品位浸出母液中析出的铜萃取物分别为 91% 及 95%。

溶剂萃取回路中呈报的低品位萃余液将在去除金属杂质及氢氧化钴沉淀物阶段进行进一步加工。使用两级除杂回路，首先去除铁、铝及锰，其次在第二阶段去除残留铜。在两级回路中加入氧化镁作为沉淀剂去除氢氧化钴沉淀。产生的钴产品含钴 40% 至 45%，镁及铜含量分别介于 3% 至 5% 及 0.5% 至 1%。

综合试验选厂产品及残余物会送至不同冶金及环境咨询公司及设备供应商，以开展辅助工作，以支持工业生产液流过滤、增稠、尾矿处置及确认工艺用水循环。该等结果记载于可行性研究文件流程测试工作及环境概述内。已提供质量平衡数据及产品化学，以与 MetSim®模型进行比较，以及向对获取未加工中间氢氧化矿感兴趣的潜在客户提供。

所有三个试验选厂的铜钴提取物与使用的原始设计值一同概述于表10-1内。可行性矿山计划、项目经济模型及加选厂设计乃基于整体选厂回收率95% Cu及83.3% Co（酸溶性含量）。矿山规划使用的现有参数假设铜钴的回收率分别为97.0%及94.0%（酸溶物含量），更符合实际选厂表现。对该区近地面氧化矿矿石进行进一步可行性测试，表明通过搅拌浸出的铜钴回收率变动较小。

表 10-1 试验选厂提取结果

项目	工作 1			工作 2			工作 3			试验厂平均	设计标准
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均		
钴开采	80.30%	96.30%	89.80%	95.00%	96.30%	95.50%	82.80%	93.70%	90.20%	90.70%	88.50%
铜开采	98.40%	99.40%	98.80%	98.60%	99.10%	98.80%	97.80%	98.80%	98.50%	98.70%	95.60%

10.2 工艺设计标准

Tenke 加选厂原先设计可加工 2.9 百万吨 / 年（8 千吨 / 日）氧化铜钴矿石及每年利用氧化钴中间产品生产 253 百万磅阴极铜及 20 百万磅钴（按平均给料品位计）。该选厂于二零零九年及二零一零年扩张至每日可加工 14,800 吨（5.4 百万吨 / 年）矿石，及每年最多可利用氧化钴中间产品生产 600 百万磅阴极铜及 37.5 百万磅钴。预计氧化矿矿石寿命年限平均金属回收率为 97%溶酸铜及 94%溶酸钴。RPM 注意到，该选厂的名义产能为 5.4 百万吨 / 年，然而由于酸产量限制（2,250 吨 / 日），现有时间表限制在 5.4 百万吨 / 年。该选厂需 85 千瓦电力，乃由国家电网供应（如第11节所述）。

仅氧化矿材料在现有选厂内加工（浸析及溶剂萃取电解法），氧化矿材料在任何特定时间内由五个矿井连续不断地供给。原矿矿石经现场一系列砾石运料路由矿井运输至五个原矿堆中的某一个（视乎矿石类型及 / 或品位而定）。矿石在送往半自磨选矿敞及进入浸出回路前，会先倒入单一颚式破碎机内。图 10-1 及图 10-3 列示简化操作流程，而相关设计标准及主要设备清单分别列示于表 10-2 及表 10-3 内。

表 10-2 Tenke 主要工艺设计标准

主要选矿设计标准		
选厂设计能力	540	万吨
	14,800	吨每日
可用性	92%	
回收率	87%	全铜，97%酸可溶性铜
	78%	全钴，94%酸可溶性钴
矿石邦德功指数*	10.4	千瓦时/吨
JKSimMet 参数 (AXB)	157	
耐磨指数	0.13	克
半自磨机 P80	200	微米
浸出给矿浓密机上升率	4.62	立方米/平方米/小时
浸出停留时间	7.5	小时
酸耗	81	千克/吨
SO ₂ 添加	12	千克/吨
浸出氧化还原潜力	350	毫伏
浸出排放浓密机上升速度	3.47	立方米/平方米/小时
CCD 上升速率	3.68	立方米/平方米/小时
铜生产率*	430	百万磅/年
钴生产率*	18,500	吨/年

表 10-3 Tenke 主要设备

项目	规格	功率 (kW)	数量
Lokotrack 200E 颚式破碎机	2 米 x1.5 米	1600	1
低速分级机	2.35mx 6.3mx1.1 米	275	1
半自磨机	24 米 (直径)	5500	1
浸出给矿浓密机	31 米		1
浸出槽	15.8mx18.5 米		6
浸出后浓密机	31 米		1
逆流倾析	31 米		5
强浸出母液池	55 米点 ⁻ x65 米		1
弱浸出母液池	115 米点 ⁻ x75 米		1
强萃取液池 (1)	100x75 米		1
强萃取液池 (2)	85 米点 ⁻ x55 米		1
弱浸出母液池	100 米×100 米		1
溶剂萃取			
2E 点 ⁻ x2S			1
2E 点 ⁻ x2E 点 ⁻ x2S			1
电积			
槽 (树脂)			560
整流器 (旧)	32KA		2
整流器 (新)	34KA		2
铁铝锰沉降槽	9.7 米点 ⁻ x13 米		5
铁铝锰浓密机	25M		1
铁铝锰压滤机 (板框式)	76 板@ 2 米 x2 米		2
铜沉淀槽	9.7mx13 米		4
铜浓密机	30 米		1
主要钴沉降槽	10.1 米 14.5 米		5
主要钴浓密机	25 米		
二次钴沉降槽	10.3mx12.0 米		3
二次钴浓密机	20 米		2
钴压滤机 (板框式)	84 板@ 1.5mx1.5 米		2
钴烘干机	18000 吨		2
制酸厂 1	825 吨每日		1
制酸厂 2	1400 吨每日		1

图 10-1 Tenke 铜选厂工艺流程图

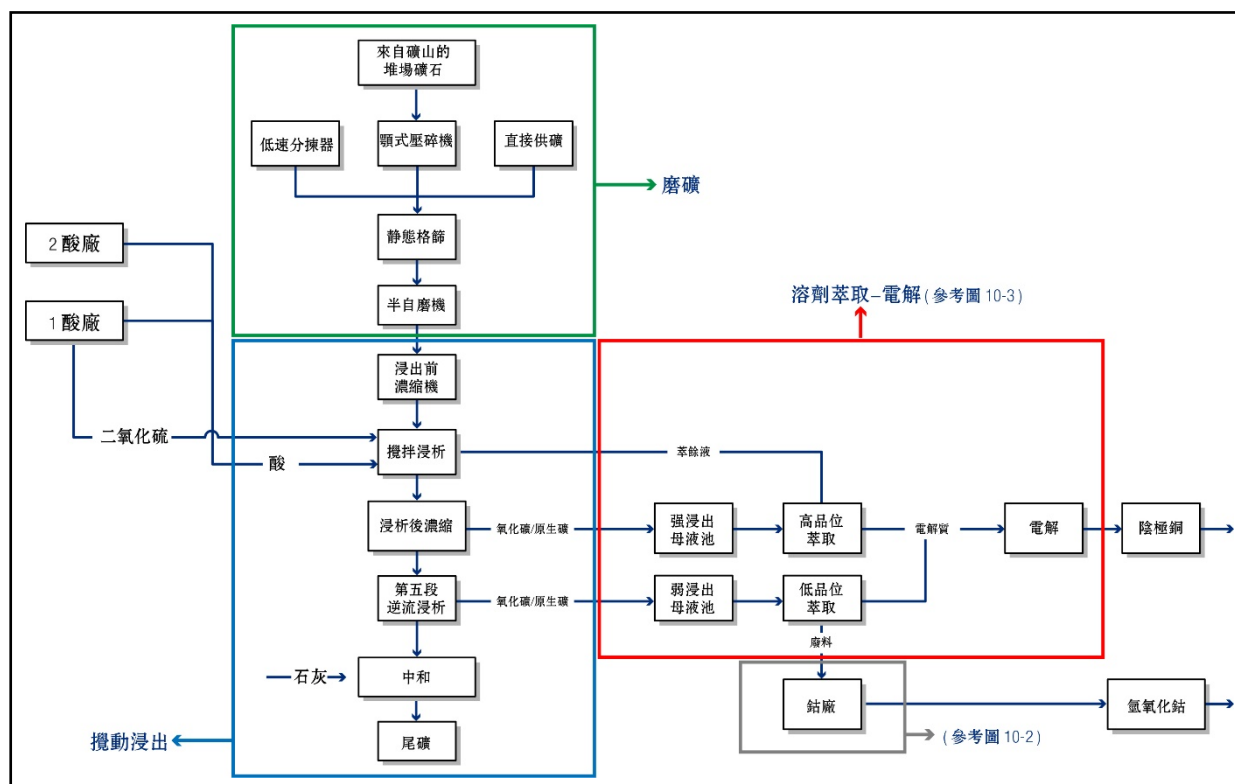


图 10-2 Tenke 钴选厂工艺流程图

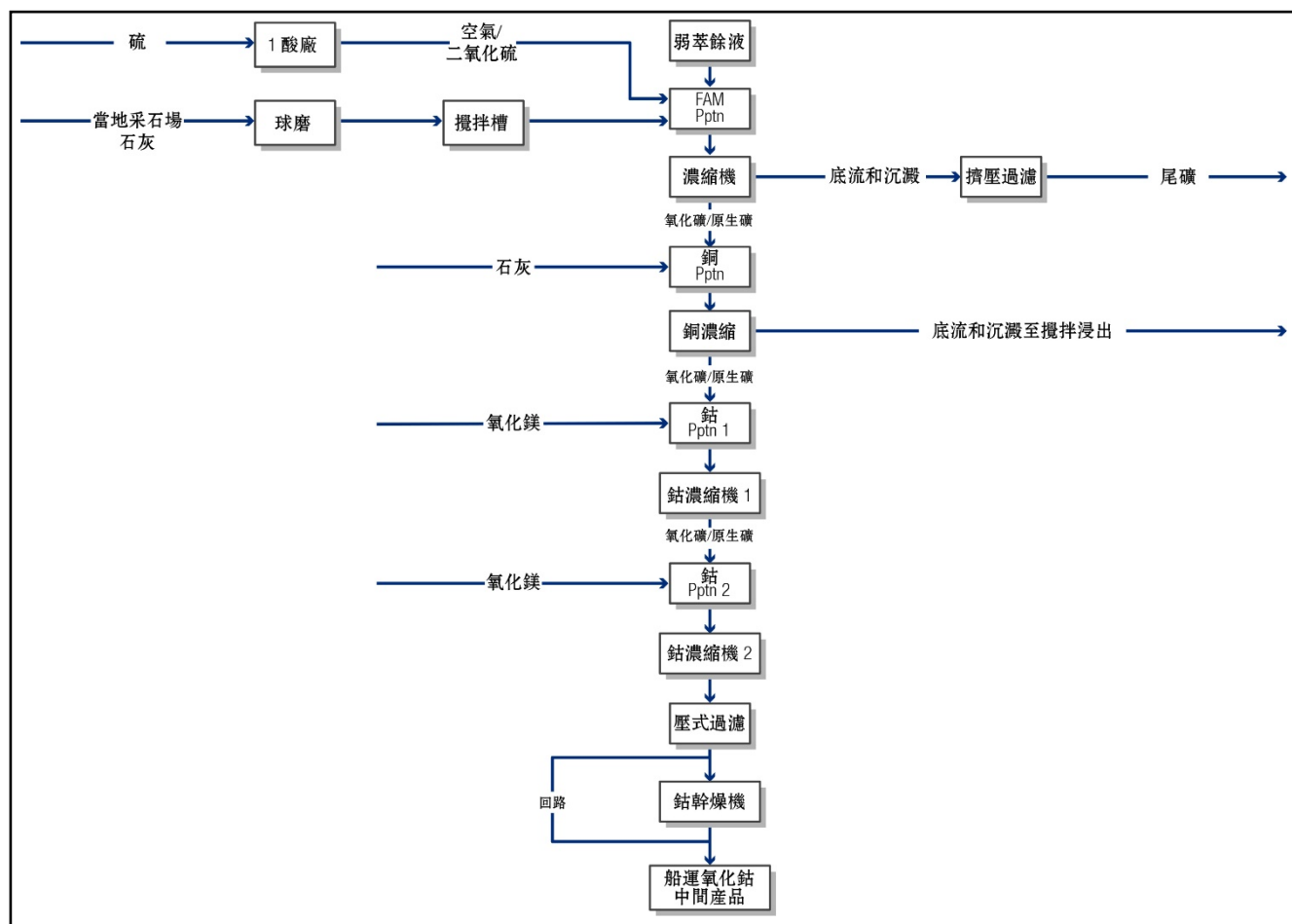
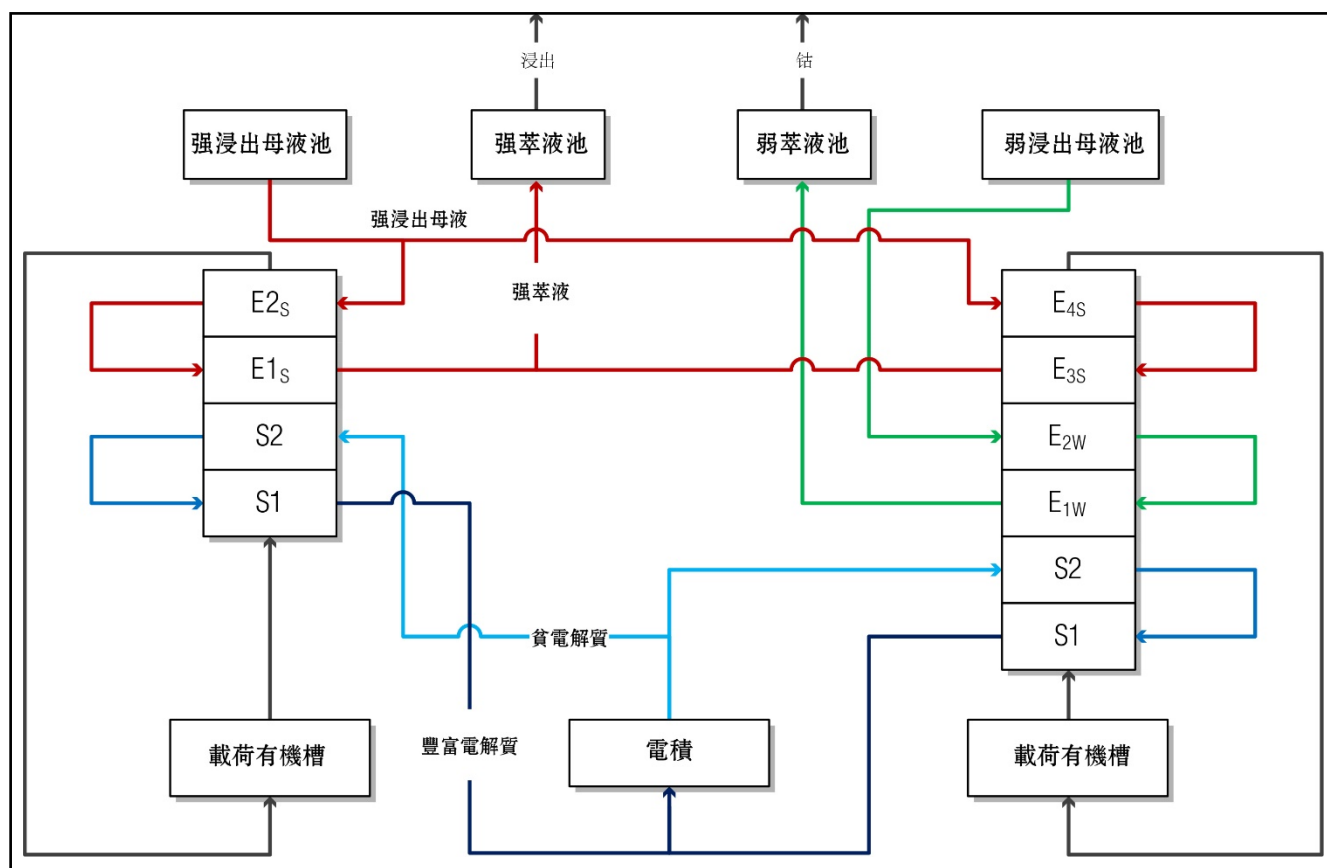


图 10-3 Tenke 溶剂萃取电解法 选厂工艺流程图



10.3 流程说明

以下加选厂说明乃基于 RPM 的实地视察以及矿业公司及客户提供的多份报告。RPM 发现，计划矿山开采年限内的工艺流程图及预期回收率属合理，适合支持第9节所述近地面氧化矿石生产时间表。

10.3.1 破碎

原矿氧化矿石经运输卡车由各矿井运输至矿石加工堆。矿石放置于以下五类矿堆中的一个：(1)高品位铜（> 3.5% TCu）、(2)高品位钴（> 0.7%）、(3)中间铜（介于 3.5%铜及 2.2%铜）、(4)高品位白云石 / 高耗酸量材料，及 (5)采矿场弃石。RPM 注意到，在不超过酸供应量的前提下，会不断向加选厂供给矿石，以实现铜产量最大化。

矿石采用以下三种方法之一供给：(1)低速 MMD 筛分器；(2) LokoTrack 200 颚式破碎机；或(3)直接供给至固定格筛上方的原矿天秤。使用前端装载机从矿堆中提取矿石，将所需矿石混合物（基于耗酸量及铜品位）供给至主要破碎系统。加选厂原先选择低速筛分器作为主要粗碎机，以直接向半自磨选矿厂给料，原因是考虑到矿石的高黏土含量，然而，Tenke 矿石并未遇到高黏土含量的情况，使得颚式破碎机成为首选的主要破碎法。

研磨系统选用的是长尺寸半自研磨回路，生产 1 磅产品尺寸 80%通过(P₈₀) 200 微米。旋流溢流产生的研磨系统产品在浸析前增稠器中使用底流泥浆增稠，送给至搅拌浸出流程。

10.3.2 搅拌浸出

增稠后的泥浆从浸析给料增稠器中泵送至搅拌浸出系统（图 10-2）。RPM 注意到，维修搅拌浸出系统时可绕过任何一个反应槽（共六个），因而不会导致整个选厂下线。往浸析槽内加入浓硫酸，以保持浸出母液游离酸浓度为 10 gpl（PH 值约 1.8）。通过加入硫燃烧装置中生成的二氧化硫推动还原浸出，从而浸出钴。泥浆流在重力作用下通过浸析系统。该系统通过高稳定性叶轮进行搅拌，推动酸浸出液、二氧化硫和固体物质进行三相混合；然而，搅拌无法去除最粗糙的固体悬浮物，该类物质将由除砂泵在连续作业下去除。总设计浸出停留时间为 6 小时，铜浸出基本能在 2 小时内完成，而余下所需停留时间乃用于钴回收。

浸出泥浆排放至浸出后增稠器内。该增稠器产生的溢流为「浓浸出母液」，被排放入「浓水塘」内。浸出后增稠器产生的底部溢流流经五级逆流浸析增稠系统，在该过程中，铜被从泥浆中清洗出。该步骤须将铜损失限制在尾矿内，并将可溶性铜回收至弱浸出母液。

五个逆流浸析增稠器均配备混合槽，在向各增稠器给料前，将泥浆与清洗液混合。往逆流浸析 5 内加入淡水，水逆流至固体物质并与其一同由逆流浸析 1 排出系统，排出物即为「弱浸出母液」。最终逆流浸析阶段产生的底流泥浆经中和至 pH 值 8.5 后泵送至尾矿。尾矿最初计划中和至 pH 值 10.5 后以与锰发生化学反应，然而，据矿业公司报告，由于 pH 值较低，未能改变循环水的化学性质。

10.3.3 铜溶剂萃取与电解冶金

母液流经两个溶剂萃取(SX)回路。首个回路为「分离高低」SX 回路，同时加工浓与弱浸出母液，而第二个回路仅加工浓浸出母液（图 10-3）。各系统拥有独立的有机回路。高低回路被设计用于将高酸度溶液与低酸度溶液分离，并将两种溶液用于析出金属价值。原先建造的 SX 回路有一条有机回路连接新鲜的浓浸出母液，该回路其后有序的与中间浓浸出母液、新鲜弱浸出母液及最后与中间弱浸出母液逆流接触。负荷有机溶液其后使用电解贫液 (2E_{HS} x 2E_{LS} x 2S_S)经两级剥离。

Tenke 亦有第二条溶剂萃取回路，被设计用于专门处理浓浸出母液。该回路由两级串级萃取及两级串级剥离组成 (2E x 2S)。强浸出母液产生的萃余液回流至搅拌浸出回路，弱萃余液产生的排出物被送至钴回收回路。铜在标准电解槽中使用不锈钢母板及铅钙锡阳极进行回收。Tenke 使用 Acorga 萃取剂及 ShellSol 稀释液。

10.3.4 钴回收

钴从弱萃余液产生的排出流中回收（ 11-2）。溶液首先进入「FAM」沉淀回路，此时铁、铝及锰被沉淀。该回路由两个电解槽组成，溶液的 pH 值变为 3.5，并与空气—二氧化硫(1%)接触。此时，锰氧化成不可溶解的二氧化锰，而铁与铝沉淀为氢氧化矿物。该泥浆经增稠，其后固体被过滤，重新制浆，并泵送至尾矿。石灰岩在当地采集，在球磨机中碾碎，在加入该流程中被存放在搅拌泥浆槽内。

FAM 产生的溶液其后被加入铜沉淀回路。该回路由搅拌槽组成，其中通过加入石灰将 pH 值提升至约 5.5。铜沉淀被增稠，底部泥浆被送回搅拌浸出回路以回收铜。

使用氧化镁从铜沉淀步骤溢出溶液中沉淀出钴。沉淀在 pH 值先后为 7.5 及 8.2 的两级搅拌槽中进行。氧化钴中间产品经增稠、过滤后，使用超大包装袋直接封装船运（水分 55%）或经烘干后使用超大包装袋封装船运（水分 7.5%）。RPM 注意到，现有烘干能力为每年 5,000 吨，但将于二零一九年提升至每年 20,000 吨，这使得所有氧化钴中间产品都可作为干成品运输。

10.3.5 其他服务

过程中使用的化学试剂均获提供试剂存储及混合系统。硫、氧化镁、石灰、稀释剂、萃取剂等试剂均获提供封闭式试剂仓库。

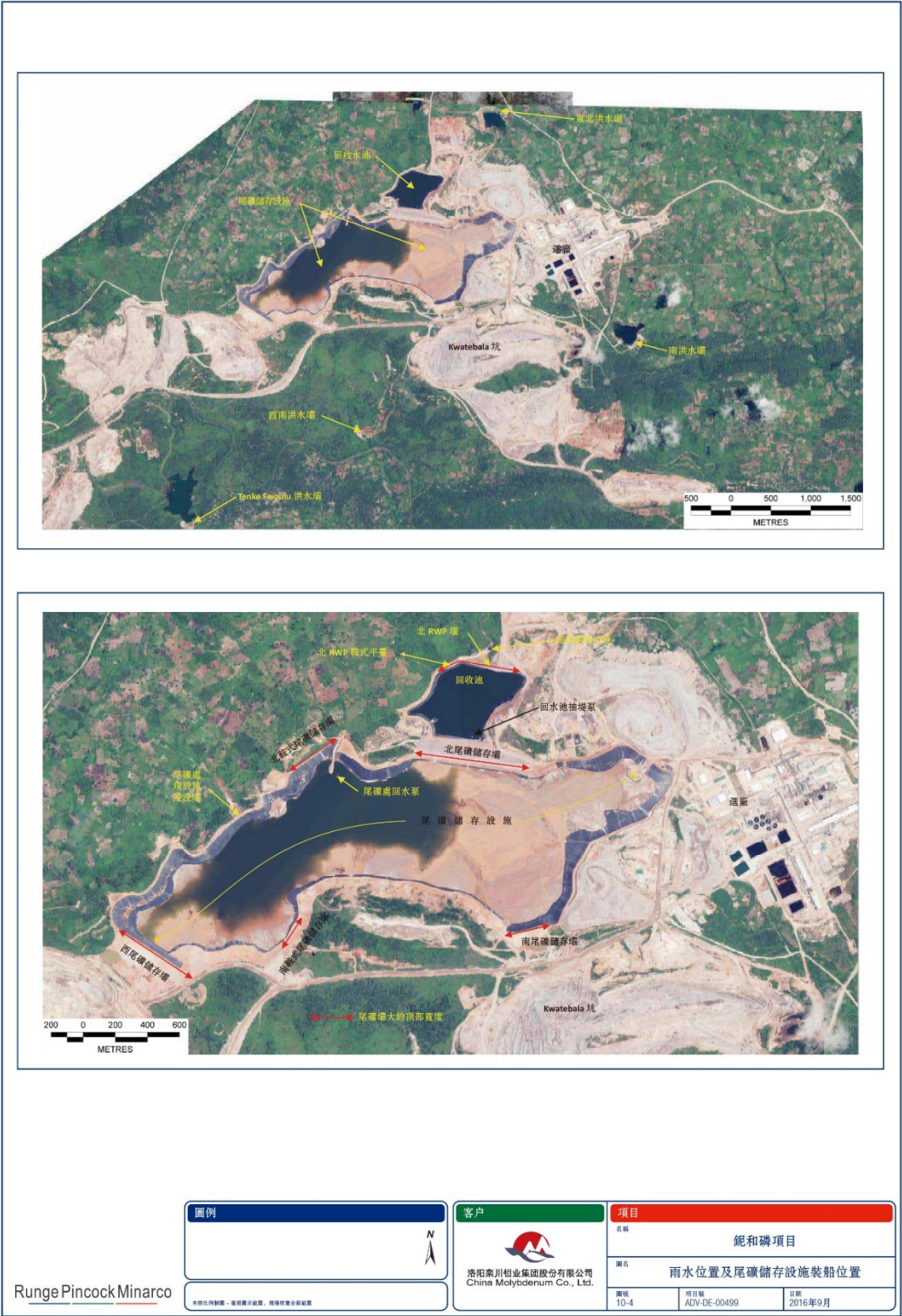
提供压缩空气、蒸汽发生器及配水系统等公用设施服务加工系统。

10.3.6 尾矿储存

该项目目前在建及运营中的尾矿储存设施仅有一个，即 Kwatebala 尾矿储存设施。矿山开采年限延长至二零五零年，并包括两个计划修建的尾矿储存设施，命名为西北及 Shamika 尾矿储存设施（ 11-4）。

加选厂产生的尾矿为研磨、浸出及逆流浸析等流程产生的废石。研磨厂当前的处理量为每日 14,904 吨，尾矿数量基本与研磨厂处理量持平。

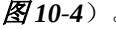
图 10-4 雨水位置及尾矿储存设施装船位置



10.3.7 Kwatebala 尾矿储存设施 ss

首次修建及以往加高

Kwatebala 尾矿储存设施被全部覆盖上厚度为 1.5 毫米高密度聚乙烯土工膜，分四期修建：

- 尾矿储存设施的原始设计图由 MWH 及 Golder Associates Africa 于二零零七年编制，仅包括一期与二期。一期及二期的设计容量为 15 百万立方米，考虑运营时间为六年，处理量为每日 8,832 吨，矿浆浓度 46% 固体，现场尾矿浓度为 1.25 吨 / 立方米。二期设计图其后被修改（如下文所讨论）。二零零九年，一期尾矿储存设施兴建完成时的密封堤坝坝顶高程为 1380 米，并包括一个相邻的回水池（10-4）。
- 一期及二期设计报告包括检查及监控项目、应急预案及概念性关闭计划。检查计划包括操作人员每日检查、尾矿储存设施负责人每月检查及尾矿储存设施设计师每半年检查。
- 二零零九年，Golder 编制了尾矿储存设施经修订的二期设计图。当时，发现实现的尾矿浆仅为 35%，降低了尾矿坝内的干密度，以及尾矿储存设施的寿命。二期建设于二零一零年八月完成，坝顶加高至 EL.1390 米，提供了三年储存容量，可用至二零一二年底。
- AMEC 于二零一二年七月提供三期加高设计图，三期加高于二零一三年十一月完工，坝顶加高至 1399 米。三期工程计划将选厂处理量提升至每日 14,000 吨，并将尾矿储存设施总容量提升至 30 百万立方米，以及将尾矿储存设施容量延长 34 个月至二零一五年十月。三期设计加入弦式渗压计，以监测北堤坝的水压。三期包括在尾矿储存设施东北面修建新回水池，替换原有的回水池，原回水池其后成为尾矿储存设施东部的延伸区。三期亦包括修建新尾矿增压抽水站，抽水站于二零一五年一月投入运行。
- 二零一四年，Golder 提供四期设计图，将坝顶高度加高至 EL.1410 米。四期加高工程于二零一四年七月动工，预计将于二零一六年七月完成。四期尾矿储存设施的总周长约为 9 公里，覆盖面积约 250 公顷。四期配置可提供总储存容量（尾矿+水）约 54 百万立方米，加高至 EL.1408.5 米，在坝顶高度 EL.1410 米以下留出 1.5 米设计出水高度。四期提供的尾矿储存容量可用至二零一九年，为 Kwatebala 尾矿储存设施的最终规划加高。

密封堤坝

尾矿储存设施周长上大部分围堤修建于自然高地。在六处进行筑堤以完成整个堤坝（如 10-4 所示，标示了堤坝坝顶范围）：

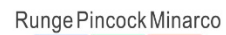
- 尾矿储存设施北堤坝将尾矿储存设施与 RWP 矿井区分隔开。该堤坝为封闭尾矿储存设施的最高堤坝，最大设计高度约 52 米，现有堤坝的坝顶长度约 700 米。其上游坡稍平于 2.5H:1V，每阶段加高的水平台阶为 5 米，下游坡为 2.5H:1V。
- 北马鞍尾矿储存设施堤坝位于尾矿储存设施北堤坝左坝肩以西约 600 米。其最大高度为 17 米，上游及下游边坡为 2.5H:1V。坝顶长约 500 米。
- 尾矿储存设施溢洪道堤坝修建于尾矿储存设施一期工程的开敞式溢洪道上。该堤坝最大高度约为 30 米，上游坡约为 2.7H:1V 下游坡为 2.5H:1V。坝顶长约 80 米。
- 尾矿储存设施西堤坝位于尾矿储存设施最西部，最大高度约为 20 米，坝顶长约 510 米。各级台阶之间的上游坡为 2.5H:1V，每级台阶的台阶高 5 米，使得上游坡整体坡度较为平缓。下游坡修建约 6%，以填充堤坝与西面露天矿井之间的低洼区。除控制更为严格及充分压实的下游坝体部分外，下游坝体大部分由松散填料组成按 3H:1V 的比例修建。
- 尾矿储存设施南堤坝的最大高度为 15 米，上游坡为 2.5H:1V，下游坡修建约 6%，以填充堤坝与南面露天矿井之间的低洼区，所采用方法与尾矿储存设施西堤坝下游坝体修建方法相似。大部分下游坝体由松散填料组成，在 3H:1V 边坡上修建控制、严格压实的填料，并用松散填料支撑。坝顶长约 380 米。
- 南马鞍尾矿储存设施堤坝位于 Sefu 山与尾矿储存设施西堤坝之间，最大高度约 10 米，上游及下游坡约为 2.5H:1V。坝顶长约 200 米。

所有堤坝均采用下游施工法加高，使用由精矿废石（用于修筑堤坝）及细粒残积土（腐泥土）（用于铺盖土工膜衬垫）组成的压实填料。**图10-5** 列示典型的密封堤坝横断面。

位于尾矿储存设施北堤坝下游的回水池构成尾矿储存设施不可分割的一部分。回水池南面、西面及东面、北面分别由尾矿储存设施北堤坝、高地及回水池北堤坝围住，西侧为小型马鞍状坡台延伸物（名为北回水池马鞍坡台）。回水池内部至堤坝坝顶高程 1369 米全部采用 1.5 毫米高密度聚乙烯土工膜作内衬。北回水池堤坝最大高度为 27 米，上游坡为 3H:1V，下游坡为 2.5H:1V。堤坝使用压实矿渣及细粒残积土（腐泥土）修建。堤坝底部修建有一条褥垫式排水沟。北回水池马鞍坡台的最大高度为 6 米，上游及下游边坡与北回水池堤坝相同。两个堤坝的坝顶长合计约为 400 米。

谷底修有一条底部排水沟，由尾矿储存设施北堤坝的尾矿储存设施上游底部延伸至回水池底部，将水排放至回水池北堤坝下游修建的集水坑内（北面）。集水坑内收集到的渗流被泵送至回水池内。

图 10-5 Kwatebala 尾矿储存设施四期横断面



矿山开采年限尾矿储存设施规划

如上文所述，Kwatebala 尾矿储存设施四期工程为该尾矿储存设施的最后一次加高，提供的尾矿储存量可用至约二零一九年。矿业公司计划在紧接 Kwatebala 尾矿储存设施西北面修建名为西北尾矿储存设施的新尾矿储存设施。Kwatebala 与西北尾矿储存设施将逐步合二为一。西北尾矿储存设施计划分三期完工，在矿山开采年限计划内命名为五期至七期工程。从下文讨论的矿山开采年限财务模型所列示的施工期可推断出，西北尾矿储存设施提供的储存量可用至约二零三一年。相关处理量并未标示出。假设现有处理量为每日 14,904 吨，表明可储存 85.8 百万吨尾矿。

二零三一年以后，矿山开采年限计划考虑将尾矿储存在 Shamika 尾矿储存设施。目前正评估尾矿储存设施的选址，以进行优化。假设现有处理量为每日 14,904 吨，矿山开采年限持续至二零四一年，则表明可储存 53.6 百万吨尾矿。

评论

以下为与该项目尾矿储存设施有关的备注：

- Kwatebala 尾矿储存设施四期工程的研究与设计被认为充分。稳定性分析表明拥有适当的安全系数。
- 并无发现有发生稳定性问题的迹象。已审核由 Freeport-McMoRan 备存的日期为二零一六年五月的尾矿管理计划详细检验报告。本报告发现存在若干运营及维护问题有待解决，然而，并未发现可能引致即时稳定性隐患的重大问题。尚无其他定期监察与检验报告可供审核。建议核实是否已充分执行定期监察与检验计划。
- 就目前估算的矿石储量 138 百万吨而言，纳入财务模型内的矿山开采年限可持续资本看似充分。
- 倘选厂处理量如所审核文件所建议增至每日 18,000 吨，则可持续资本的时间表将需提前。
- RPM 注意到，已发现重大矿产资源量，包括表面矿井产生的约 440 百万吨及地下采矿产生的 400 百万吨。倘该资源量的任何部分被转化为储量，在目前规划的尾矿储存设施容量将无法满。矿业公司需物色其他位置及投入额外资本。

10.4 选矿扩大机会

10.4.1 去瓶颈化研究

自二零一三年 Tenke 选矿厂完成扩建以来，Tenke SAG 选矿厂的名义产能为每日 14.8 千吨矿石，处理量在每日 14.7 至 14.9 千吨范围内小幅变动。在该给料速率上，采矿场所有给料中约 10% 被作为采矿场弃石被拒绝，该等弃石被前端装载机收集，并运送至矿堆进行脱水处理。该部分矿石其后被重新给料，并在供给至 SAG 采矿场前由承包商进行颚式破碎。尽管按日计算最高可达每日 17 千吨处理量，但无法持续按此速率运转，因而需打破瓶颈，以持续按该速率运转。Tenke 已制定以下方案以打破瓶颈：

- 初次破碎升级—包括一台颚式破碎机（配有两辆翻斗卡车），附带固定格筛的平衡料仓、碎石机、板式给料机、振动筛机、粗矿石堆（附带相关传输带）及萃取给料机（估计耗资 39 百万美元）。
- SAG 选矿厂排放矿石筛、旋流器组及进料泵升级—亦包括增稠机给料泵升级（估计 10 百万美元）。
- 安装碎石机—包括圆锥破碎机（可选择将破碎后产品送至旋流给料或 SAG 给料）、脱水筛、上游平衡料仓、金属探测器及磁铁（估计 26 百万美元）。

矿业公司估计打破瓶颈的成本介于 75 百万美元至 90 百万美元。该成本乃通过基于要素、范围水平估算（需开展额外工程以核实容量及成本）计算得出。RPM 认为，变动幅度超过 +/-50% 时，成本不应当被视为精确。Tenke 认为该打破瓶颈的净现值(i=10%)约为 40 百万美元。

11 基础设施及后勤

该项目所有基础设施、管理设施及要求基本上均已到位，并于二零零八年开始投入运行。基础设施的多个方面（例如城镇位置、供水、污水处理及建筑物）均令人满意，惟供电及公路仍存在问题，需采取下文所述的缓解措施。**表 11-1** 概述支持生产所需的主要基础设施及物流（于下文概述）。

表 11-1 基础设施

设施	描述
道路	
内部道路	无必要，整个特许权范围内均有合理的土路
国道	现有沥青柏油路通过卢本巴希将项目连接到赞比亚
供水	水从井场泵送并处理为饮用水标准
供电	电源从 DRC 电网得到的，但是不稳定。Tanke 先后投入巨资以现代化的国家电网。电源主要是从刚果（金）水电项目中产生。电源证明是磨矿厂扩建的瓶颈之一。
通讯	电话、手机、网络可用
污水处理	原地污水处理
炸药库	资产范围内部现有设施

11.1 运输设施

该项目直接与刚果民主共和国国道相连接，经由国道可向 / 从现场运输供应物资及产品。矿业公司为该国道在加丹加省 Fungurume 与 Likasi 城镇路段的大修作出了贡献（**图 3-1**）。因此，该项目区域附近的国道路况良好，然而，越靠近 Lubumbashi，路况越差。刚果民主共和国国道在 Lubumbashi 附近与赞比亚相连，其后与非洲高速路网余下部分相连，包括通往德班及 Dar es Salaam 等主要港口的线路。与港口之间距离较远，且船运成本占运营成本的绝大部分。RPM 注意到，矿业公司的铜钴产品经 Lubumbashi 运输至 Dar es Salaam，再船运至国际市场及精炼厂。

特许权采矿区内已铺设路段有限，作业区由施工匝道连接，匝道又与维护良好的双车道全天候泥路连接。矿业公司使用该等泥路运输现场人员及向加选厂运输矿石。RPM 注意到，采矿特许权区内修建额外道路的需求不大，原因是后续作业主要集中在该采矿特许权区内的维护工作，包括主要道路的防尘工作。

国家铁路亦穿过该项目区域。该轨道系统由 Belgium 在一九五零年代采用非标准窄轨铺设，未进行妥善维修。如需使用该铁路向 / 从采矿特许权区运输货物，需对该提留进行重大改造，改造计划目前未纳入矿山开采年限计划内。

矿业公司亦拥有一条商用飞机跑道，有定期航班（私人租机）飞往 Lubumbashi 乃至约翰内斯堡。

11.2 建筑物及住宿

现场拥有全套基础设施建筑物（包括办公室、控制室、仓库、实验室等），以支持现有业务。实验室拥有样本制备，矿石溶出，以及对铜钴等金属进行 AA 分析。为进行品位控制，实验室建筑内亦设有一间冶金测试工作实验室。由于该项目位于相对较远位置，现场员工住宿易于扩建，目前包括两块：即旧 Fungurume 营区及 Mikuba 营区。该等设施配有足球场、9 洞高尔夫球场、体育馆设施、网球场及社交俱乐部。矿业公司亦从当地社区及 Tenke 或 Fungurume 城镇居民中招募员工。

11.3 供水

现有业务的供水乃从位于采矿特许权区的水源地获得。首先从水井中将水泵送至高位槽内，其后用于向镇区及选厂供水。选厂现场及矿山产生的接触水及尾矿储存设施产生的流出水被用作工艺供水，作为水井水的补充，然而，输送至镇区的水经过滤、加氯消毒，被认为适合饮用。在对研究、供水要求进行高水平审核后，RPM 认为，现有供水符合现有矿山开采年限计划，然而，如开始硫化矿生产，则需投入额外资源。

11.4 雨水坝

鉴于该项目所在地气候状况（存在季风性降雨），矿业公司已修建一系列雨水坝，以蓄集对矿山造成影响的雨水（雨水坝位置见  11-4）。该等雨水坝均为均质填土坝，其大小乃根据概率性水量平衡模型确定，以确保平均每十年只启用一次溢洪道。溢洪道的大小乃根据 50 年 24 小时暴雨峰值排水量（0.3 米出水高度）及 100 年 24 小时暴雨峰值排水量（无出水高度）设计。大坝设计地震载荷为 975 年峰值地面加速度 0.12g。边坡侵蚀防护工程包括天然植被。该项目区域内共有四个雨水坝：

- 东北雨水坝—修建于二零一零年
- 南雨水坝—于二零一零年对初始施工进行改进
- 西南雨水坝—修建于二零一三年
- Tenke Fwaulu 雨水坝—修建于二零一三年

东北雨水坝位于回水池东北约 1 公里。其最大高度为 20 米，坝顶高程为 1,345 米，坝顶宽及长度分别为 5 米及 350 米，上下游边坡分别为 2.5H:1V 及 3H:1V。堤坝下游坝体中间位置修有一条采用土工复合材料制作的竖向衬褥式排水沟。大坝整体近似东西走向，位于蓄水池北部。大坝将 471,300 立方米雨水容纳于溢洪道坝顶高程 1343.8 米（大坝坝顶下方 1.2 米）内。溢洪道宽 10 米，贯穿右坝肩，由混凝土梁、混凝土护墙及导流堤控制。安装在大坝上的仪器包括两只竖管式测压计，一只安装在坝顶，一只安装在下游边坡。

南雨水坝位于加工设施西南偏南约 0.6 公里。其最大高度为 11 米，坝顶高程为 1,375 米，坝顶宽及长度分别为 5 米及 180 米，上下游边坡为 2.75H:1V。堤坝最初修建时采用陡坡，但二零一零年改造为上下游支墩，以及在下游支墩下方修有一条土工复合材料制成的竖向衬褥式排水沟。大坝整体近似东北-西南走向，大坝位于蓄水池东南部。大坝将 335,500 立方米雨水容纳于溢洪道坝顶高程 1373.7 米（大坝坝顶下方 1.3 米）内。溢洪道宽 20 米，贯穿左坝肩，由混凝土梁、混凝土护墙及导流堤控制。安装在大坝上的仪器包括一只竖管式测压计，位于坝顶附近。

西南雨水坝位于 Kwatebala 露天矿井西南约 1 公里。其最大高度为 13 米，坝顶高程为 1,350 米，坝顶宽及长度分别为 5.5 米及 180 米，上下游边坡分别为 2.6H:1V 及 3.2H:1V。堤坝下游边坡设有一条由土工材料覆盖的竖向衬褥式排水沟，及一条坝基排水沟（由两根 360 毫米穿孔高密度聚乙烯管道放置于土工材料覆盖的砾石排水沟内）。大坝整体近似东南-西北走向，大坝位于蓄水池西南部。大坝将 262,000 立方米雨水容纳于溢洪道坝顶高程 1348.5 米（大坝坝顶下方 1.5 米）内。溢洪道宽 12 米，贯穿右坝肩，在进水口由宽顶混凝土坝控制。安装在大坝上的仪器包括两只竖管式测压计，安装在下游坡。

Tenke Fwaulu 雨水坝位于 Tenke 及 Fwaulu 露天矿井以南约 2 公里。其最大高度为 12 米，坝顶高程为 1,362 米，坝顶宽及长度分别为 5.4 米及 120 米，上下游边坡分别为 3.3H:1V 及 3.4H:1V。堤坝下游边坡设有一条由土工材料覆盖的竖向衬褥式排水沟，及一条坝基排水沟（由一根 360 毫米穿孔高密度聚乙烯管道放置于土工材料覆盖的砾石排水沟内）。大坝整体近似东北-西南走向，大坝位于蓄水池东南部。大坝将 1,019,100 立方米雨水容纳于溢洪道坝顶高程 1,360 米（大坝坝顶下方 2 米）内。溢洪道宽 13 米，贯穿右坝肩，在进水口由宽顶混凝土坝控制。安装在大坝上的仪器包括两只竖管式测压计，安装在下游坡。

11.4.1 评论

RPM 认为，根据可审核的资料，雨水坝设计看似充分。然而，矿业公司并未提供详细设计文件及稳定性分析资料以供审核。

11.5 供电

刚果民主共和国其中一项最为紧迫的使命为，增加供电与发电量。截至二零一五年，刚果民主共和国仅有 10% 人口可获得稳定电力供应，尽管该国拥有巨大的水力发电潜力。刚果河发电潜力超过 100,000 兆瓦。新发电项目不仅能解决刚果民主共和国长期电力不足，为采矿业提供关键能源，而且能够为南非等电力需求大国输送电力。

刚果民主共和国的大部分电力乃由修建在 Inga 急流区沿岸的两座大坝供应，大坝位于 Kinshasa 西南约 225 公里。Inga 1 坝于一九七二年投入试运营，Inga 2 坝于一九八二年投入试运营，占刚果民主共和国装机容量近 80%。该等水力发电站首次修建时的合计容量合共超过 1,700 兆瓦；然而，由于设备老化及国营 Société Nationale d'Electricité (SNEL) 长期管理不善，其总容量已减少至不到一半。二零一五年十月，Inga 1 及 Inga 2 坝的总可用容量估计仅约 765 兆瓦。

除供电限制外，配电网络经常性故障亦限制了刚果民主共和国人民的用电。由于维修资金有限及监管不力，输电及配电系统亦深受其害。此外，电网存在超额购电及输电装置过载的情况，导致电压经常下跌及变压器出现故障。

位于刚果民主共和国铜矿带东南部省份的能源密集型矿物加工设施已使该国电力供应处于重压之下，而 Inga 水电站供电量减少进一步加剧了该国供电不足的现状。采矿业的发展加大了对电力的需求，目前大多数采矿业务倚赖内部发电机填补供电缺口。Katanga 采矿中心的能源缺口估计超过 700 兆瓦。

11.5.1 当前供电

该项目电力目前由国家电网系统供应，且获准从刚果电网消耗约 83 兆瓦电力，而消耗约 80 兆瓦电力，其中约 10 兆瓦由 Tenke 制酸厂通过内部发电供应。

撒哈拉以南非洲的电力供应不大可靠，加丹加全省实行定期限电及停电措施。尽管刚果民主共和国电网接入非洲南部联合电力系统覆盖的国家，例如赞比亚、津巴布韦、安哥拉、博茨瓦纳及南非，但连接较为有限，且能够从赞比亚进口的电量较少并受密切监管。Tenke 的大部分电力经直流输电线，由位于刚果河的 Inga 水电站（邻近首都 Kinshasa），但该发电站年久失修，仅能供应现有发电站发电潜力的一部分。刚果民主共和国已计划在 Inga 场地另外修建两座发电站，预计发电潜力超过 30 千兆瓦。RPM 认为，近期修建新发电站及对现有运转状况欠佳的 Inga 涡轮机进行维修的可能性不大。

由于电力供应不可靠，矿业公司已投资 215 百万美元修理区域性 N'Seke 水电站，包括安装两台变压器及更换并升级高压输电线与变电站。矿业公司最近已同意将功率比由 0.038 美元 / 千瓦时增至 0.057 美元 / 千瓦时。这样做可确保矿业公司获得稳定的电力供应。据现场报告，即使瞬间性断电导致发电站停运约 30 至 60 分钟，电力供应的可用性仍超过 98%。

11.6 通讯系统

通讯系统作为现有业务的常设辅助，包括电话、因特网及手机服务，然而，在刚果民主共和国国内普遍存在通讯基础设施不健全，固定网线服务欠佳的情况。移动电话（手机）行业的私有化已提高了通讯系统覆盖率。

11.7 污水处理

该项目设有在刚果民主共和国仅有的两个污水处理系统。

11.8 炸药库

现有作业包括一个炸药库，炸药库位于采矿特许权区中间。炸药库看似适用于支持露天矿井业务、爆破要求，并已取得所需许可证及安放于安全位置。

11.9 管理

矿业公司及高级管理层团队负责该项目运营的整体管控。该业务包括多名行政、地质、采矿及矿石加工雇员及承包商，据报告全职员工中有 3,086 名刚果民主共和国公民及 68 名外派雇员（如表 11-2 所概述）。加上合同工，员工总数约 8,200 人。此外，据矿业公司告知，有 60 名员工全职参与该项目，但在 Freeport-McMoRan 位于美国凤凰城的总部工作。

表 11-2 现场全职员工

区域	刚果本地人员	境外人员
矿山	963	17
选矿厂	509	5
实验室与技术服务	252	6
管理	1362	40
总计	3086	68

11.10 后勤

该项目正常运行所需的大部分零部件乃由非洲其他国家供应。例如：履带配件由南非供应，威尔泵由赞比亚供应。南非供应的大部分物品乃从约翰内斯堡采购，约翰内斯堡拥有大型仓库可从世界各地进口货物。

通常，本地采购代理从非洲或欧洲采购物品，而 Phoenix 采购代理则采购从美国或世界其他国家（或地区）采购的物品。主要供应物品包括：

- 30 天燃料供应储存在位于现场的六个油罐内，每月正常消耗约 35 百万升。燃料多由刚果民主共和国 Lubumbashi 的汽车运输公司运送。
- 矿业公司拥有一支供应卡车车队，该车队由当地员工操作，在现场与赞比亚之间往返运输产品及大量物资（石灰及硫磺）。每日约运输 500 吨硫磺及 120 吨石灰。
- 履带式拖拉机交易商负责从约翰内斯堡发送零部件，在经过多天运输后，约每日有一辆卡车从约翰内斯堡装运零部件抵达现场。

为缓解任何供应问题，矿业公司已修建仓库储存大部分零部件存货及待装运供应物及产品（当前仓库内货物价值为 275 百万美元）。

12 氧化矿露天矿资本及经营成本

下文概述的资本及经营成本反映矿石储量综合生产时间表（仅包括氧化矿露天矿材料）（概述于第9节）。因此，预期成本假设所有推测资源量为废石，并相应估算成本，并无硫化矿资本开支或经营开支。

12.1 资本成本

余下矿石储量矿山开采年限需合共 16.8 亿美元持续资本（如表 12-9 所概述）。如表 12-1 至表 12-4 所示成本中心明细概述，大部分资本用于加工及采矿，尾矿坝建设及维护是最大项目，远超其他项目。RPM 认为，预测属合理，可支持矿山的矿石储量寿命。

12.1.1 采矿资本开支

矿山经营的主要成本包括于矿山开采年限内为完成理想的设备组合而更换设备及采购设备。表 12-1 概述矿山开采年限的主要持续资本要求。卡车计划每 80,000 小时更换，员工认为无法实现更长的设备寿命，原因是改造设施较差，且将部件送出刚果民主共和国进行改造面临进出口物流困难。矿业公司于二零一六年并无矿山设备资本开支计划，而二零一七年的该开支极低。

表 12-1 矿山维持成本（百万美元）

成本中心	年份			
	2016 to 2020	2021 to 2031	2032 to 2041	Total
长途卡车（777 CAT）	0.0	51.0	4.4	55.4
推土机（D10CAT）	0.0	32.7	5.9	38.6
HaulMax（3900 CAT）	0.0	17.6	8.8	26.4
前端装载机（992 CAT）	0.0	23.0	4.6	27.6
钻孔	0.0	14.4	0.0	14.4
矿山开发	51.8	78.4	3.0	133.2
其它设备	118.6	72.7	15.9	207.2
咨询费	7.7	14.8	10.7	33.2
总计	178.1	304.6	53.3	536.0

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

12.1.2 加工资本开支

矿山开采年限选矿厂资本开支总额（涵盖选矿厂、SXEW、制酸厂、钴加工及尾矿）为 773.6 百万美元，大部分成本与尾矿坝建设相关，为 620 百万美元（表 12-3）。如表 12-2 所概述，加选厂矿山开采年限资本开支总额估计为 109.6 百万美元，其中 6.3 百万美元包括将于未来四年进行的 22 个小项目，15 百万美元用于各种升级，8.4 百万美元用于新设备，余下用作持续资本。钴选厂资本开支（36 百万美元）专门用于一台预计于二零一九年全面运作的新钴干燥机。

表 12-2 项目年限加工资本开支（百万美元）

区域	2016-2020	2021-2031	2032-2041	2041+	Total
选矿厂	29.6	27.5	25.0	27.5	109.6
浸出 - 溶剂萃取-电积	1.7	-	-		1.7
制酸厂	5.4	-	-		5.4
钴选厂	36.0	-	-		36.0
尾矿	122.3	310.6	188.0		620.8
总计	195.0	338.1	213.0	27.5	773.6

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

尾矿

尾矿资本分成不同项目，包括 NW 5 至 7 期与建设新的概念 Shanika 尾矿设施（将于二零二零年至二零三一年建成）。该等尾矿项目的资本见下文表 12-3。

表 12-3 Tenke 项目年限尾矿资本开支（百万美元）

区域	2016-2020	2021-2031	2032+	Total
西北第 4 阶段建设	2.8	1.8	-	4.6
西北尾矿设计	1.0	1.4	-	2.4
西北尾矿建设				-
第 5 阶段	118.5	0.2	-	118.7
第 6 阶段	-	86.0	-	86.0
第 7 阶段	-	120.0	-	120.0
Shanika 尾矿建筑/设计	-	101.2	188.0	289.2
总计	122.3	310.6	188.0	620.8

资料来源：成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

12.1.3 基础设施、管理及行政

项目年限内就管理及行政开支支出大量资金；然而，如下文表 12-4 所示，该资本开支中约 186.9 百万美元似乎未在基础设施（电、水及设施）中确定，而只是留作供未来项目使用。余下资本开支中，约 16.9 百万美元专用于基础设施项目，11.5 百万美元用于 Mikuba 营地发展及维护，5 百万美元用于购买车辆。

表 12-4 基础设施、管理及行政资本开支（百万美元）

区域	2016-2020	2021-2031	2032-2041	2041+	Total
未定义	26.9	55.0	50.0	55.0	186.9
Mikuba 现场	11.5				11.5
其它基础设施	16.9				16.9
汽车	5.0				5.0
环境	1.0				1.0
医疗设施	0.4				0.4
总计	61.7	55.0	50.0	55.0	221.7

资料来源：成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

12.1.4 资本建设

未列入上述讨论的其他重大工艺相关资本开支，包括第二个制酸厂扩张的两个大型资本建设项目（41.4 百万美元，于二零一六年建成）及于二零一七年至二零一九年安装一台新球磨机（25 百万美元）。

12.2 经营成本

该项目矿山开采年限估计经营成本概述于表 12-5，并于下文说明。生产成本（不包括 SX-EW 回路及将电解铜产品运输至市场）预计为矿山开采年限内生产的每磅可销售铜 1.66 美元/磅，SX-EW 及运输成本共额外每磅 0.33 美元/磅。RPM 注意到，总生产成本包括生产钴产品（氢氧化矿），将钴金属运输至市场上销售需要每磅 0.82 美元/磅的额外成本。

表 12-5 矿山开采年限经营成本估算

成本中心	矿山服务年限平均成本
生产成本	
矿业	2.70 美元/吨岩石
矿石运输成本	2.24 美元/吨岩石
废石运输成本	0.82 美元/吨岩石
储量再次处理	0.53 美元/吨岩石
*选矿	17.74 美元/吨矿石
酸成本	174.00 美元/吨 -- 酸
含矿山关闭成本	2.00 美元/吨矿石
综合管理	
2016 至 2022 年	27.50 美元/吨矿石
2023 至 2028 年	17.61 美元/吨矿石
2029 及以后	10.76 美元/吨矿石
总计	1.47 美元/磅阴极
下游生产成本	
铜	
溶剂萃取-电积	0.11 美元/磅
运输	0.10 美元/磅
销售	0.13 美元/磅
总铜	0.33 美元/磅阴极铜
钴	
费用	0.42 美元/磅
氢氧化钴运输	0.40 美元/磅
总钴	0.82 美元/磅有限公司

*包括浸析及钴加工，不包括 SX-EW

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

12.2.1 矿山开采年限采矿成本

预测经营成本列示于表 12-6。与北美或南美业务相比，该等成本较高，但反映在刚果民主共和国经营的成本较高。此外，RPM 已呈列每个矿井的运输成本，以供参考，如表 12-7 所概述。

表 12-6 平均经营成本

项目	单位成本（美元/吨开采）
穿孔爆破	0.53
装载	0.22
运输	0.73
支持	0.44
维修及其它	0.77
总计	2.7

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

表 12-7 每矿井单位运输成本

矿坑	矿石（美元/吨开采）	低品位（美元/吨开采）	废石（美元/吨开采）
FGME	2.86	3.58	0.80
FGVI	3.00	3.39	1.07
FWAL	0.96	2.12	0.85
KANZ	2.05	2.94	0.63
KASA	1.50	2.37	0.82
KATO	1.95	2.71	0.85
KMFE	1.26	2.02	0.58
KWAT	0.70	1.89	0.76
MAMB	1.81	3.23	0.84
MATI	0.93	1.97	0.77
MUDI	1.70	3.21	0.79
MWAN	1.13	2.12	0.88
PUMP	3.06	3.76	0.61
SEFU	0.71	1.89	0.77
SHIK	0.82	2.03	0.91
TENK	1.43	2.55	0.71
ZIKU	1.80	2.84	0.59
ZORO	1.01	2.35	1.17

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

12.2.2 加工成本

该项目于二零一六年的预测总工艺经营成本估计为 240 百万美元，等于每磅铜 0.44 美元，如表 12-8 所概述。Tenke 钴加工成本预算为 29 百万美元或氢氧化矿中每磅钴 0.77 美元。

表 12-8 按工艺区域划分的 TGM 加工资本开支

项目	美元 /吨研磨矿	美元/磅铜金属	美元/磅氢氧化钴
粉碎磨	4.58	0.06	
浸出 - 逆流倾析	1.78	0.02	
溶剂萃取-电积	6.51	0.08	
酸	16.76	0.21	
钴	4.88		0.77
总计	34.5	0.37	0.77

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

表 12-8 概述加工成本（主要为试剂）。试剂的进一步详情见表 12-9，显示制酸使用的硫（89.4 百万美元）及二零一六年的酸消费为每吨 87.6 千克。其他主要试剂包括主要用于尾矿 pH 值调整的石灰，以及该等作业常见的氢氧化钴沉淀使用的氧化镁(MgO)。

表 12-9 二零一六年试剂及消耗品预测

项目	项目	美元 /吨磨矿	美元/磅铜金属	美元/磅氢氧化钴
浸出 - 逆流倾析	试剂	0.58	0.007	
浸出 - 逆流倾析	氢氧化钠	0.49	0.006	
浸出 - 逆流倾析	水处理	0.06	0.001	
溶剂萃取-电积	萃取剂	0.93	0.011	
溶剂萃取-电积	稀释剂	0.5	0.006	
溶剂萃取-电积	试剂	0.15	0.002	
酸	硫	14.31	0.177	
钴	石灰/生石灰	0.2		0.031
钴	氧化镁	2.69		0.425
尾矿	生石灰	5.87	0.073	
尾矿	消耗品	-0.26	-0.003	
总计		25.52	0.28	0.456

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由 RPM 在矿石储量时间表中使用。

12.2.3 每年成本

表 12-10 每年成本

區 域		單 位		截止年底12月31日																																									
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	LOM								
運營成本																																													
採購	百萬美元	96.1	125.1	140.5	137.1	145.0	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	143.3	57.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,177.6							
礫石運輸費用	百萬美元	12.7	15.4	15.6	18.9	22.8	26.6	17.0	15.3	25.7	12.4	18.4	12.1	12.0	13.4	10.2	11.5	11.2	4.8	6.6	10.4	4.6	6.3	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	306.2							
廢石運輸費用	百萬美元	23.4	30.1	35.3	33.6	34.1	33.0	38.4	35.4	46.6	40.3	39.1	42.0	37.8	38.1	50.2	43.9	37.6	42.2	41.7	41.6	36.9	40.0	16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	857.6							
運礦*	百萬美元	72.2	95.8	95.5	95.8	96.1	95.8	95.8	95.8	96.1	95.8	95.8	95.8	96.1	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	96.1	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.1	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	95.8	11.8	3,248.2						
酸溶成本	百萬美元	92.0	118.8	106.1	100.1	98.2	64.1	58.5	136.2	95.4	77.6	110.3	72.1	120.2	60.9	34.3	124.5	97.3	85.8	95.7	80.5	85.5	112.0	61.3	26.6	26.7	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	3.3	11.8	2,383.1						
包含的開坑成本	百萬美元	8.2	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	10.8	10.8	10.8	10.9	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	1.3	366.9						
管理費用	百萬美元	111.9	148.6	148.0	148.6	149.0	148.6	148.6	95.1	95.4	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1	7.2	2,803.0						
總計	百萬美元	416.5	544.7	551.7	544.9	556.0	524.7	514.9	534.5	515.8	477.9	515.4	473.7	518.2	422.9	405.3	490.4	457.1	443.4	454.5	443.0	438.0	466.4	302.3	191.4	191.9	191.4	191.4	191.4	191.9	191.4	191.4	191.4	191.9	191.4	23.6	13,142.6								
下游運營成本																																													
銅																																													
溶劑萃取和電解	百萬美元	42.7	52.4	47.0	48.3	49.0	46.3	44.2	44.6	40.9	33.6	36.8	37.7	36.2	23.1	20.2	23.2	25.6	24.1	24.7	26.3	24.5	25.2	18.1	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	1.7	945.7								
運輸費用	百萬美元	40.4	49.6	44.5	45.8	46.4	43.9	41.9	42.2	38.8	31.8	34.8	35.7	34.3	21.9	19.2	22.0	24.2	22.9	23.4	24.9	23.2	23.9	17.1	12.8	12.9	12.8	12.8	12.8	12.9	12.8	12.8	12.8	12.9	12.8	1.6	895.7								
銷售費用	百萬美元	51.7	63.5	57.0	58.6	59.4	56.2	53.6	54.0	49.6	40.7	44.6	45.7	43.9	28.0	24.5	28.1	31.0	29.3	29.9	31.9	29.7	30.6	21.9	16.4	16.5	16.4	16.4	16.4	16.5	16.4	16.4	16.4	16.5	16.4	2.0	1,146.4								
銅合計	百萬美元	134.9	165.4	148.6	152.6	154.9	146.4	139.7	140.8	129.3	106.2	116.2	119.0	114.3	73.1	64.0	73.3	80.8	76.3	78.1	83.1	77.5	79.7	57.2	42.8	42.9	42.8	42.8	42.8	42.9	42.8	42.8	42.8	42.9	42.8	5.3	2,987.9								
鉛																																													
費用	百萬美元	10.3	12.8	14.7	10.0	9.0	7.3	5.4	9.1	19.6	15.7	18.4	14.8	18.7	14.2	12.0	12.2	9.6	9.2	9.8	8.7	11.1	9.9	11.7	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	1.4	399.3									
氫氧化鈣運費	百萬美元	9.6	12.0	13.8	9.4	8.4	6.8	5.1	8.5	18.4	14.7	17.3	13.9	17.6	13.3	11.3	11.4	9.0	8.7	9.2	8.2	10.4	9.3	11.0	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	1.3	375.1									
鉛合計	百萬美元	19.9	24.8	28.6	19.5	17.4	14.1	10.5	17.6	37.9	30.4	35.7	28.8	36.3	27.6	23.2	23.6	18.5	17.9	18.9	16.9	21.5	19.1	22.6	21.8	21.9	21.8	21.8	21.8	21.9	21.8	21.8	21.9	21.8	2.7	774.4									
資本成本																																													
採購	百萬美元	28.0	29.7	63.2	26.1	31.0	34.5	30.7	40.1	46.8	44.0	39.0	26.8	16.0	16.8	5.4	4.5	6.7	5.1	3.2	6.4	18.9	2.4	3.3	2.4	0.2	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	536.0									
浸出溶劑萃取和電解	百萬美元	4.6	10.6	23.4	19.2	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	147.7								
尾礦庫	百萬美元	3.3	2.2	56.0	35.0	25.8	8.1	0.0	46.0	40.0	0.5	0.0	65.0	56.0	1.0	47.0	47.0	0.0	47.0	47.0	0.0	47.0	47.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	620.8									
管理費用	百萬美元	1.5	7.3	6.4	4.6	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.8									
基礎設施 (水、電、其它設備)	百萬美元	6.5	8.6	18.2	0.7	1.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	185.1									
基本建設項目	百萬美元	41.4	9.2	15.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.4									
前一年資本化安裝費用	百萬美元	82.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.3									
總計	百萬美元	167.5	67.6	182.3	86.4	79.8	50.0	38.2	93.6	94.3	52.0	46.5	99.3	79.5	25.3	59.9	59.0	14.2	59.6	57.7	13.9	73.4	56.9	10.8	9.9	7.7	12.3	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	1,665.1								

资料来源：单位成本由矿业公司提供，并由RPM在矿石储量时间表中使用。

13 硫化矿开采潜力

RPM 提示，第 8 节及第 9 节呈列的现有矿石储量及生产时间表仅涉及氧化矿材料，明确不包括任何推测材料及硫化矿矿化。RPM 注意到，同时采用露天及地下采矿法开采混合及硫化矿矿化的可能性较大。

受矿化样式影响，无法使用现有搅拌浸析及溶剂萃取电解法回路加工混合及硫化矿矿化，且难以实现相同的矿石回收率。因此，矿业公司已就硫化矿加工、地下采矿及可能性露天采矿进行多项研究及试验工作。矿业公司或其代表完成的工作与 RPM 的进行的独立审核及研究概述如下。

13.1 硫化矿加工回顾

于二零一一年，在 AMEC 协助下，Tenke 进行高水平范围研究，评估加工该项目多个区域内的混合氧硫化矿石。该计划考虑透过破碎、SAG 选矿、硫化矿浮选、硫化矿浮尾矿硫化、氧化矿浮选、两种精矿脱水、硫酸化焙烧而加工矿石，并透过新的搅拌浸出选厂、溶剂萃取电解法及钴沉淀厂加工该等精矿。RPM 认为，浮选-焙烧流程图是 Tenke 采矿区高品位混合氧化矿-硫化矿、硫化矿及高耗酸的铜-钴矿石的最佳常规。设计标准列示于表 10-1。值得注意的是，其补充现有加选厂。

Tenke 已就该扩张制定综合成本估计为 26 亿美元。该估计考虑完全扩张，产生额外处理量及金属回收。完全氧化矿浸析回路、溶剂萃取电解法扩张等项目已加以考虑并计入成本估计。成本估计基于二零零八年 Tenke 氧化矿选厂刚建成时的最终成本，并考虑处理量变化等因素，然后提升至二零一一年。按照相同逻辑，RPM 已就浮选及焙烧选择生成一份新的数量级成本估计，假设现有的氧化矿浸析厂可浸析烘干产品，无需额外的 EW 或 CHIP 能力（即加工在氧化矿后（或连同）低品位料堆开始），而 AMEC 估计假设建设新选厂）。RPM 的数量级估计在扩张需要的多个领域存在差别，使用 0.6 的系数将有关领域纳入处理量，然后将二零零八年的成本提高至二零一六年。基于该估计方法的成本为 16 亿美元，详情如表 13-2 所示。

表 13-1 Tenke 硫化矿工艺设计标准

项目	数值	
选厂设计能力	3.65	百万吨每年
利用	75%	
矿石品位		
铜	3.50%	
钴	0.28%	
矿石邦德功指数	14.2	千瓦时/吨
磨损指数	0.3	克
浮选给矿粒度	100	微米
粗选块状精矿回收		
铜	85%	
钴	54%	
粗选品位		
铜	28.25%	
钴	1.50%	
最终产品回收率		
铜	75%	
钴	21%	
生产		
铜	106,000	每年吨
钴	3,550	每年吨

资料来源：由矿业公司提供，并经 RPM 审核。

表 13-2 Tenke 硫化矿工艺设计标准

项目	TFM 酸建厂成本 2008 年（百万美元）	AMEC 磨矿厂估算 2011 （百万美元）	RPM 估算 （百万美元）
直接成本			
常规	222	274	131
粉碎	33	70	38
浮选		48	48
焙烧炉		70	70
浸出	47	44	
逆流倾析	44	7	
尾矿	84	84	92
铜溶剂萃取-电积	127	190	
钴沉降	79	46	
制酸厂	118	13	
各项服务	76	76	39
供电	77	76	
建筑物	87	36	11
其它	59	58	12
直接成本小计	1,053	1,093	441
非直接成本			
采购承包建设管理 EPCM （直接成本的 19%）	193	208	84
税（直接成本的 10%）	107	109	44
非直接成本小计	300	317	128
D + I 小计	1,354	1,410	569
所有者的成本（D + I 的 39%）	516	550	222
总项目成本	1,869	1,960	790
升级		98	166
更新项目成本		2,058	956
意外应对储备（25%）		516	239

供电选择

在 Tenke 采矿区洗选硫化矿石可能可行；但存在致命缺陷，包括供电。目前设想的选矿厂极粗略地估计需要额外 50 兆瓦电力。该电力可透过以下任何一种选择供应，包括(1)直接接入南非电网（成本约 400 百万美元），(2)翻新 Congo 河上 Kinshasa 附近一个水电项目，(3)翻新刚果民主共和国 N'zilo 水电项目的一个涡轮，或(4)N'seke 河绿地发电。上述所有选择均存在无法按预算完成的风险，但 RPM 注意到，尚未作出确切的决定，亦未设定实施硫化矿加工选择的时间表。

13.2 露天采矿

尽管 RPM 知晓，矿业公司并无且未委托他人代其进行任何硫化矿露天采矿研究或计划，RPM 已完成初步矿井优化，以对该机遇进行量化分析。如第 7 节所述，矿井优化基于与储备井相同的参数，价格除外，采用的价格为铜 3.25 美元 / 磅及钴 11.93 美元 / 磅。矿井边界其后被用于呈报混合及硫化矿矿产资源量（合共 178 百万吨品位 3.2% 的 TCu 及品位 0.25% 的 TCo）。

根据矿床特点，目前设想使用相同型号设备采用类似采矿方法，以 3.75 百万吨 / 年的速率开采该矿化，并将矿石送给至浮选厂及焙烧厂（待兴建）。这将产生类似的矿石及废石清理及运输单位成本，但将出现钻探及爆破（因岩石厚度而）小幅增加，废石比矿石的剥采比可能随材料的深度而增加（硫化矿直接位于氧化矿材料下方）。

13.3 地下采矿研究

矿业公司此前曾委聘一名第三方对该项目 Dipeta 向斜区硫化矿地下部分进行过范围研究。RPM 已完成审核概述拟定开采曲线、经营及成本的相关报告。RPM 利用本报告，并完成进一步优化，以更好地界定该项目地下作业的经济可行性（RPM 范围研究）。如第 7 节所报告，RPM 提示，19 个资源区内所有地下潜在区域混合及硫化矿矿石共呈报 340 百万吨品位 3.0% TCu 及品位 0.26% TCo。下文概述的 RPM 范围研究仅关注 Dipeta 向斜，该部分共占总量 340 百万吨中的 77.8 百万吨。

已进行 RPM 范围研究，以优化地下采矿潜力。RPM 范围研究基于该项目早前的研究，并改变多个小项及厘定开采区块的经济效益的方法。该方法相比早前研究的变化主要包括：

- 各矿产资源矿块已厘定铜及钴详细的冶炼厂收益（「NSR」）；
- 由于 NSR 被认定能更准确地反映经济效益，因此并未使用铜当量；
- 采场优化基于一定的冶炼厂收益情形，而非铜当量；
- 与早前研究就整个矿区使用平均品位及密度不同，本研究利用矿产资源量矿块模型，确保吨位及品位差别能反映具体采矿区域，以及逐个矿块报告吨位及品位；
- 早前研究使用 3 个斜坡前往「建模区域」内单一翼。本次研究就北翼使用两个斜坡，就南翼使用一个斜坡。南翼的最高走向为 800 米，因此只需一个斜坡；及
- 早前研究仅使用向斜中一翼的顶部，推断向斜的两翼及轴部位将产生相同的物理及经济效果。该研究使用所提供的全部资源量，并注意到上述方法不能解释地质构造及断层中的重大变化。

13.3.1 工程地质

于二零一五年二月（Sandy，二零一五年）对 Dipeta 向斜的潜在地下采矿进行初步工程地质评估，概述于表 13-3。RPM 获悉，该分析基于对来自区块 414450 mE 选定钻孔的钻心及照片的有限审核。所有 Dipeta 向斜钻孔已编录详细的土工技术参数，以允许正式的岩体特性。已进行编录，从而可计算 Bieniawski 的岩体等级(RMR)及 NGI Q 系统。除表 13-3 中的概要外，未提供详细结果。

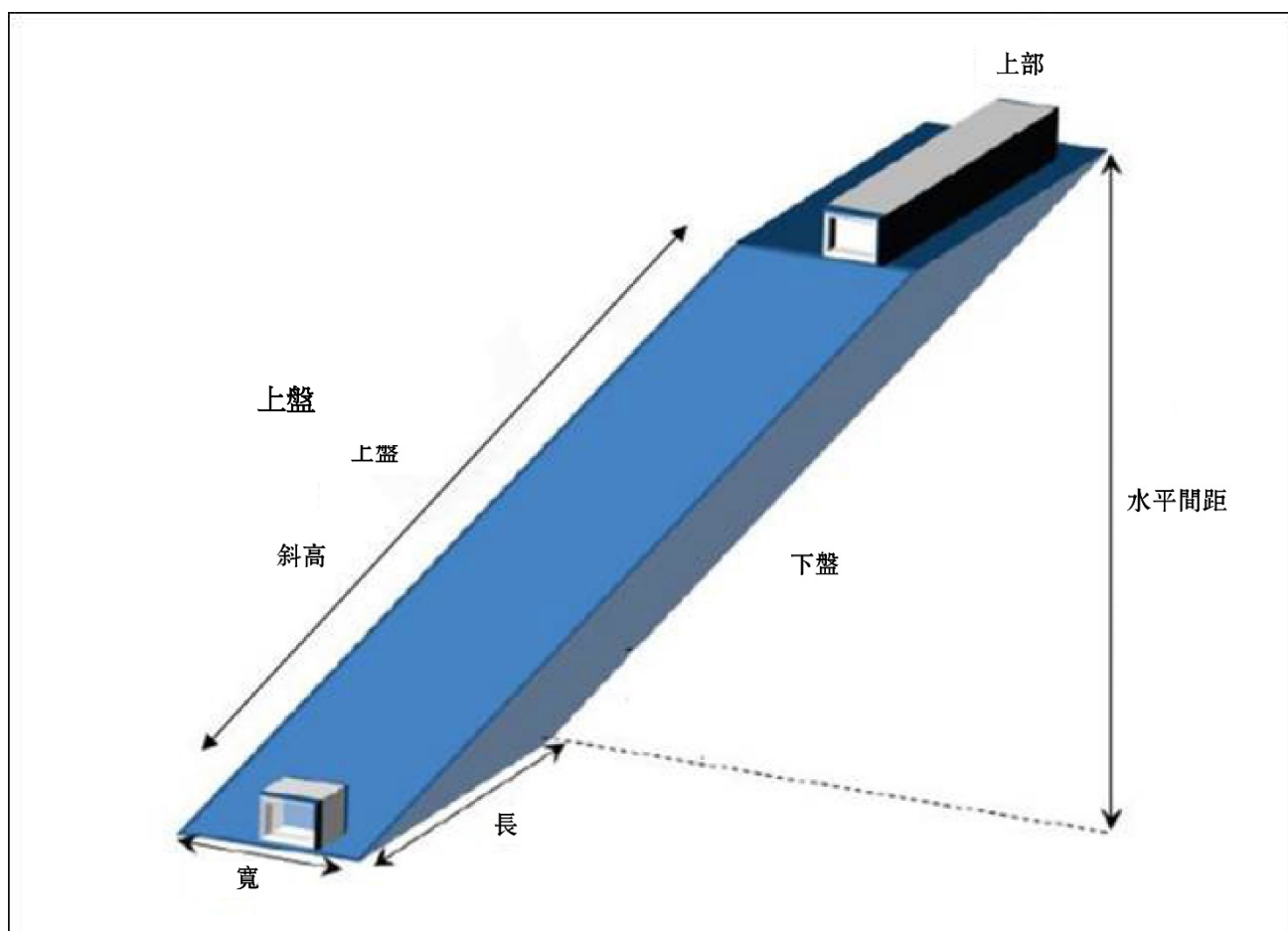
表 13-3 工程地质样本结果

岩性	单轴抗压强度 (MPa)			巴西抗拉强度 (MPa)			杨氏模量 (Tan50, GPa)			泊松比率平均标准偏差		
	n	平均	标准偏差	n	平均	标准偏差	n	平均	标准偏差	n	平均	标准偏差
CMN	5	193	82.4	5	8.5	2.2	5	69.7	33.8	5	0.41	0.04
SDS	5	153	41.7	5	10.6	1.9	5	51.5	19.8	5	0.37	0.05
SDB	4	180	36.3	5	12.3	3.6	4	43.4	10.7	4	0.37	0.06
RSC	5	170	75.8	5	10	5	5	73.3	10.3	5	0.32	0.06
RSF	2	223	39.8	2	8.3	3.7	2	70.8	10	2	0.29	0.03
RAT	5	65	26.5	5	5.1	2.2	5	20.2	7.5	5	0.36	0.09
RGS	4	50	16.5	3	60.8	0.2	4	35.6	21	4	0.37	0.09

资料来源：矿业公司提供。

初步工程地质审核表明，水力半径（HR）为 6.5 米。HR 为有关采场边壁面积与采场边壁周长的商数的工程地质参数。由于矿体主要倾角为 30 度，7.5 米水平间距将维持理想的采场长度 50 米及生产井长度低于 30 米。作为参照，RPM 将采场的术语列示于图 13-1。当未来工程地质研究完成后，在进一步研究中，水平间距可能存在差别，反映矿化倾角。

图 13-1 采场术语



13.3.2 水文

并未完成水文建模，但已假设 Dipeta 可能出现与当地类似的水流入率。地下排水包括开拓至需要脱水的区域，然后钻探排水孔（沿走向约每 100 米一个孔，垂直方向每 90 米一个孔）。在钻孔与蓄水层相交后，脱水率可使用与阀门匹配的接箍立管控制。已建立全面的排水设施，以捕捉水并抽至地面。排水发展及钻探活动一般在该层开始生产前两年进行，为水位下降至低于该水平留有时间。

考虑到该区域的断层，该项目存在水文风险，需要进行额外研究，以理解地下水对发展及成本的影响。

13.3.3 采矿方法

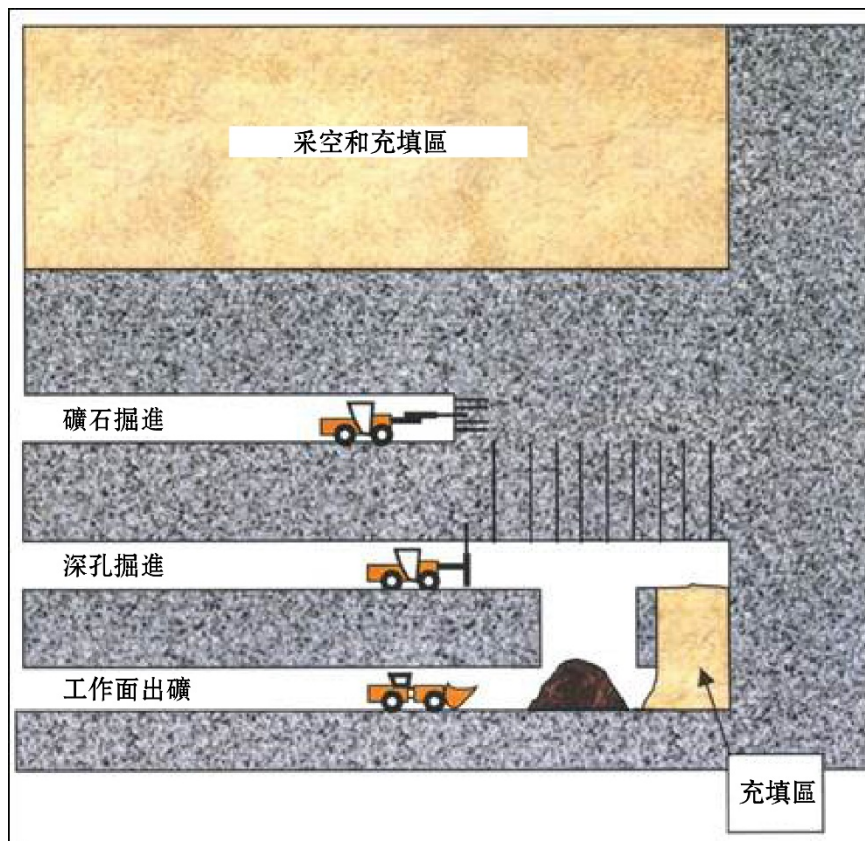
早前研究认为，空场深孔采矿法（「LHOS」）是最优的开采方法，RPM 认为属合理。本次范围研究将其作为基准选择，但推荐进行进一步研究，考虑对倾角朝向斜轴部位少于 20 度的矿化采用其他采矿方法。房柱开采法可能在有关区域更实际，但会导致冶金回收率及生产率较低。

LHOS 为传统地下采矿法，既灵活且具有选择性。该方法适合尺寸及形状多变的矿床与力量特点不一的岩石。该方法的批量开采性质降低了单位开采成本，原因是其机械化提取方法产生大量破碎岩石，生产资料成本较低。由于可提高回收率及减少贫化，该方法亦适合几何形状多变的矿体及 / 或薄围岩。

采场可从采场顶部及底部两个主开拓面进入（**图 13-2**），一般从斜坡通过巷道维修。采场从开拓传动装置一端开采至巷道起点的采区开采。随着每个采区被开采，会形成一个空位，然后回填（一般以岩石或浆料回填）或者作为空位，供升降梯放入。

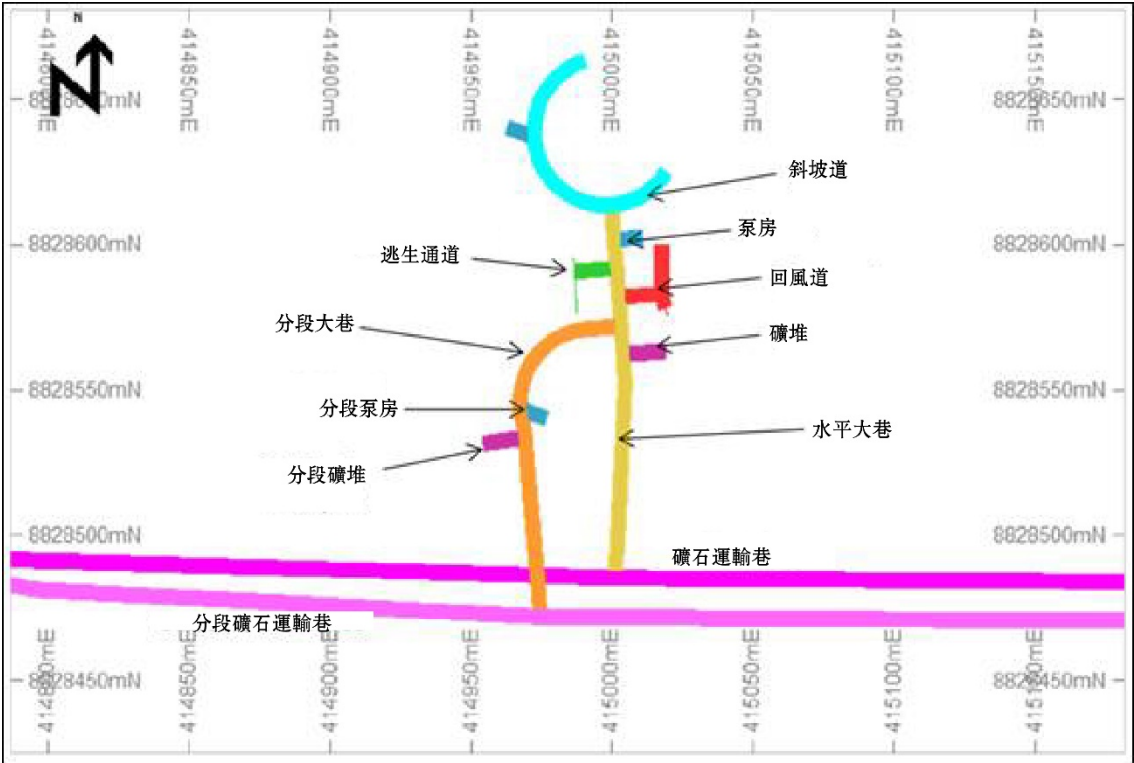
LHOS 前往并开采与矿化走向平行的矿化带。该方法适合较狭窄的矿脉，整个宽度均可开采，而不会产生不稳定的采场拱顶。因此，成功实施取决于理解矿化材料及围岩的土工条件，并监测及缓解所出现的土工灾害。这一般透过控制暴露在外采场大小及使用传统地面支持方法而实现。

图 13-2 LHOS 采矿方法全景图



两个坡度 1:7 的斜坡透过顶柱从地面进入至矿井下 50 米处。顶柱将地下工作区与露天空位隔开。斜坡然后以 15 米水平间距在矿体上盘侧按较矿化偏移 150 米而延续。进入通道从每个水平分裂，以 7.5 米分段接触矿石。矿石传动装置透过采场在上盘侧开拓，如 **图 13-3** 所示。

图 13-3 一般平面图，列示分段巷道 7.5 米入口平面图



13.3.4 边界品位分析

早前研究使用铜品位中的铜当量加上 4 乘以钴品位，但该研究已基于冶炼厂收益（NSR）的厘定而优化，冶炼厂收益可被视为所含金属的出厂价。冶炼厂收益综合考虑铜与钴的各种加工回收率、冶炼、运输及销售成本。
表 13-4 概述已计入资源量矿块模型中有有出厂价的每个开采矿块的冶炼厂收益假设。

表 13-4 NSR 假设

冶炼厂净收益因素	铜	钴
地下开采回收率（含夹石）	80%	80%
地下开采贫化率（不含夹石）	11%	11%
地下开采贫化品位	0.00%铜	0.00%钴
选矿回收率	90%	78%
金属价格	2.75 美元 / 磅	10 美元/磅
总销售成本	0.35 美元/磅	6.15 美元/磅
年金	0.01 美元/磅	0.02 美元/磅
溶剂萃取-电积生产成本	0.11 美元/磅	0.07 美元/磅
报酬费用	0.02 美元/磅	0.09 美元/磅
营销费用	0.03 美元/磅	0.09 美元/磅
出口税费	0.03 美元/磅	0.03 美元/磅
本地资金和外汇管制	0.01 美元/磅	0.03 美元/磅
特许权使用费	0.04 美元/磅	0.12 美元/磅
运费	0.10 美元/磅	0.40 美元/磅
氢氧化钴成本	0.00 美元/磅	0.88 美元/磅
氢氧化钴 kokkola 转换和客户运费	0.00 美元/磅	4.41 美元/磅
咨询费用	0.00 美元/磅	0.01 美元/磅

13.3.5 矿山设计基础

RPM 已使用 Vulcan 软件进行采场优化，采用的参数如下：

- 分段间距 7.5 米；
- 采场长度 50 米；
- NSR 范围边界品位介于 90 美元 / 吨至 130 美元 / 吨，以 10 美元为增量；
- 采场最低宽度 5 米；
- 3 个斜坡—两个从向斜北翼进入，一个从南翼进入；
- 斜坡较矿体偏移 150 米；
- 原矿及废石堆距离入口 1 公里；
- 地下采矿贫化率为 11%；
- 地下采矿回收率为 80%；及
- 将在早前研究中指定的所有区域进行工程填充。

在详细的工程研究确定浆料的单位成本后，或可发现 NSR 较低的额外采场。考虑到留下部分顶柱导致采矿回收率下降，这或许能提高未来研究中的潜在可开采数量。

图 13-4 至图 13-6 列示按不同的冶炼厂收益边界品位进行采场优化的结果。每个采场均以颜色编号，反映 NSR 值（颜色越红，数值越高）。RPM 注意到，红线为矿块模型限制，而矿块并未到模型的边缘。RPM 提示，南翼上的绿线为解释的断层构造，令矿化移动，而黑色虚线为向斜轴。

图 13-4 现场 90 美元 / 吨边界品位（左）、100 美元 / 吨（右）的采场优化结果

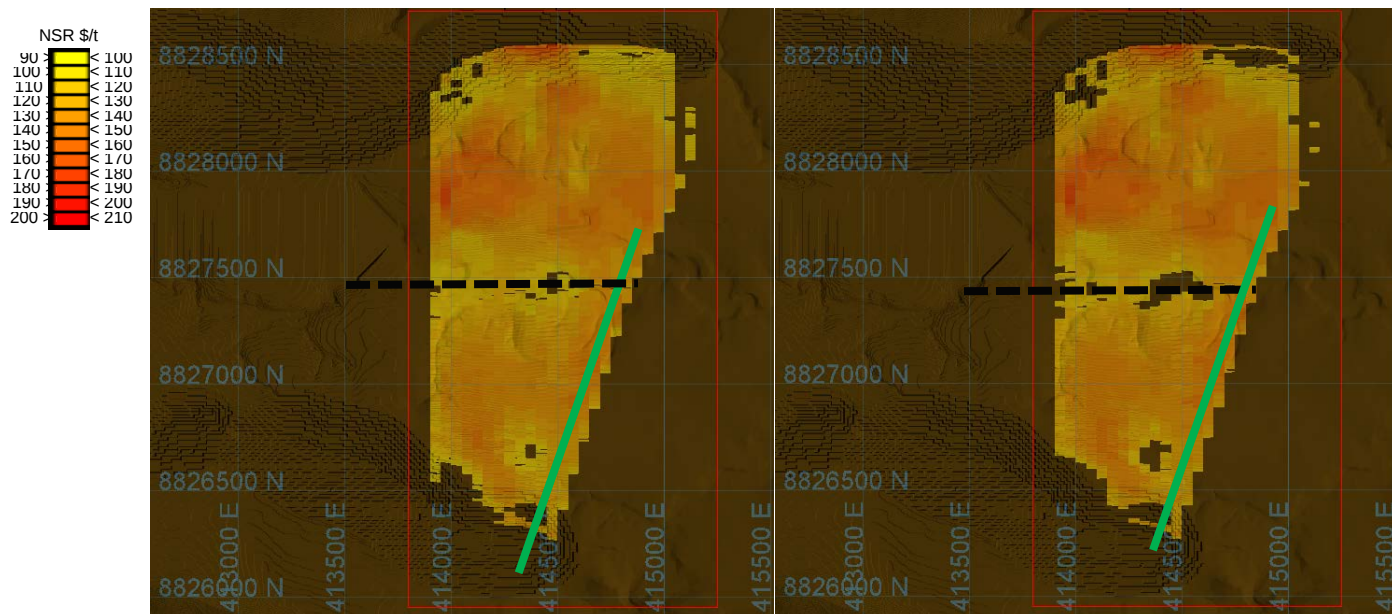


图 13-5 现场 110 美元 / 吨（左）、120 美元 / 吨（右）的采场优化结果

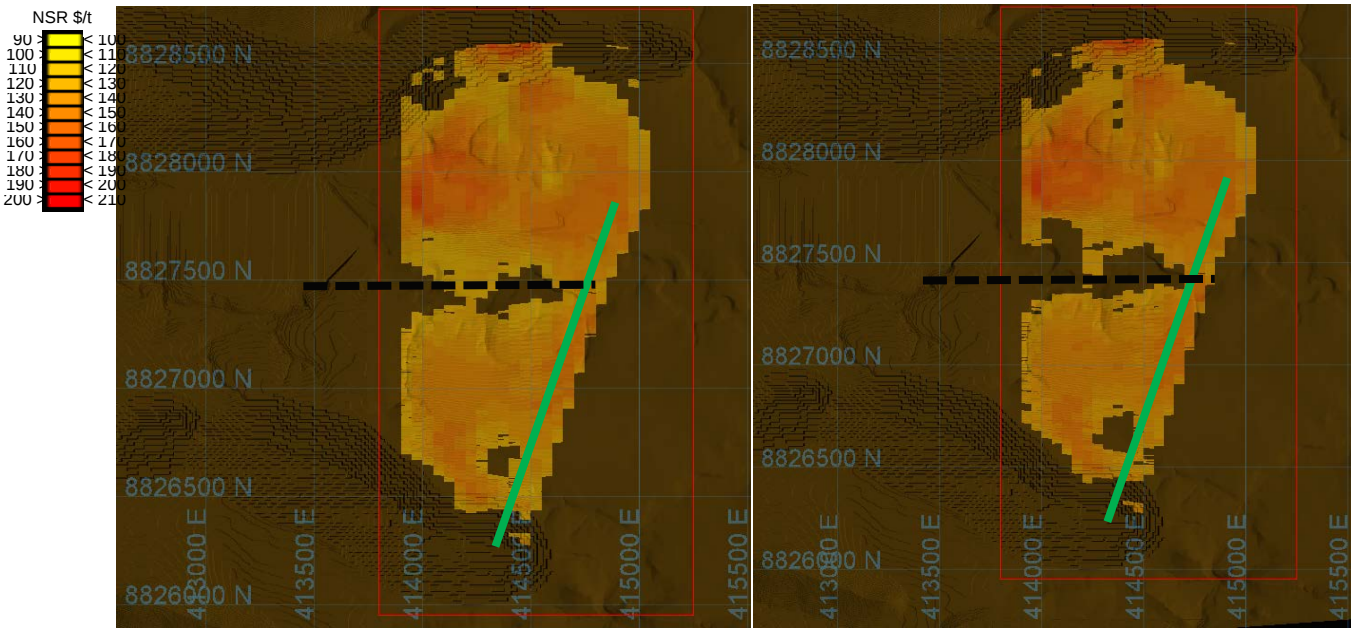
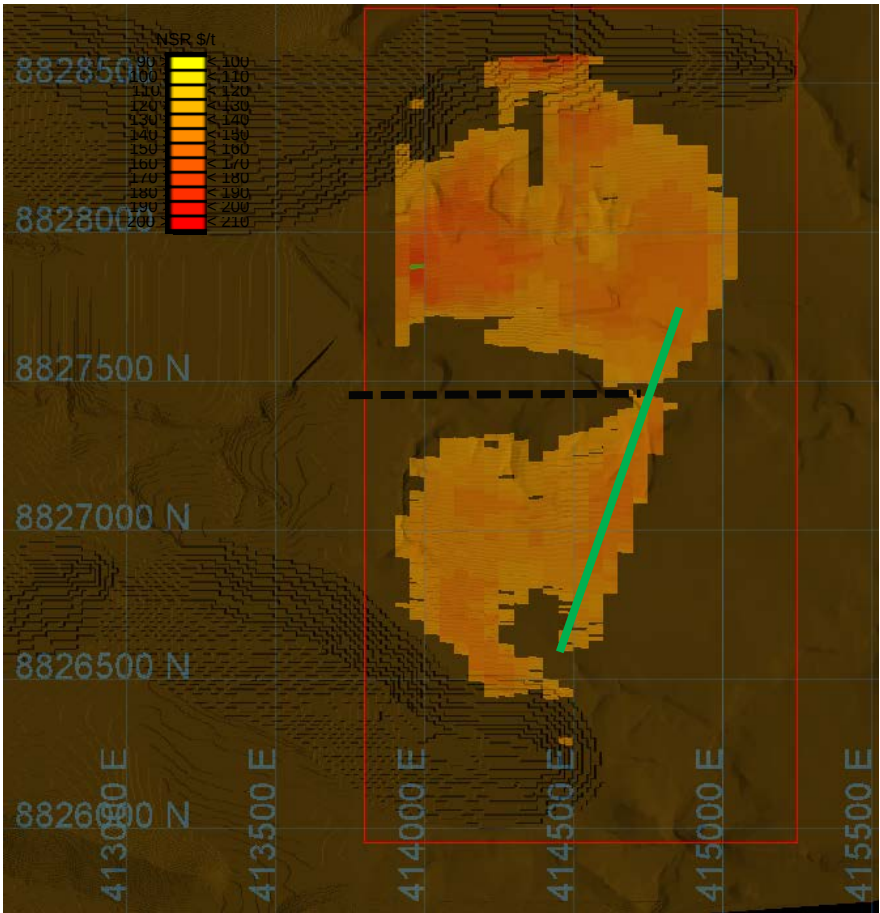


图 13-6 现场 130 美元 / 吨的采场优化结果



向斜的北翼含有的具经济效益的矿化可能超过南翼。向斜的轴部位的经济效益不如两翼。轴部位中有限界定的潜在具经济效益的矿化可能是由于横向伸展（及距离）所致，前往采场需要至少两个斜坡，但可能亦是由于矿化方向（更接近水平），因此每垂直米的铜数量较少。如上文所述，RPM 建议审核该采矿方法，以增加回收率。

13.3.6 采矿周期

开拓（水平）采矿周期包括以下项目：

- 开拓钻探；
- 装料；
- 爆破；
- 冲洗；
- 清理 / 沼泽土化；
- 机械 / 手工剥落；
- Fiber Crete 支持墙壁及顶部；
- 筛选及啮合支持墙壁及顶部（在需要时进行横切）；
- 测量及工作面制图；及
- 随后进行锚索支护横切。

生产及采场采矿周期包括以下项目：

- 在开拓后有需要时立即进行泥渣取洋；
- 在需要时进行锚索支护—在采场设计准备好后立即进行（需要泥渣取洋结果）；
- 在需要时进行额外的筛选及啮合；
- 生产钻探 / 爆破；
- 清理 / 沼泽土化材料至卡车及料堆上，或遥控清理至装载点；
- 建设浆料码头及形成浆料线网；
- 浆料填充及检查—分阶段进行；及
- 浆料硫化。

13.3.7 支户

并未发现支户方式，但假设的开拓包括 2.1 米分裂套或 2.4 米螺栓、125 毫米 x 125 毫米筛网，3.0 米弯曲水泥螺栓，分为当地确定的多个形式。横切及采场传动已使 6 至 15 米的锚索支护倾斜，固定间距为 2 米。作为未来土工研究的一部分，将需要确定多种支户方式。

13.3.8 采矿材料运输

以卡车运输预计是运输废石及矿石最具成本效益的方式，具有以下优点：

- 灵活性高，适合 Dipeta 的几何构造；及
- 前期资本成本低。

如矿山深入，可能适合竖井提升。与卡车运输相比，竖井提升将包括：

- 较高的初步资本成本；及
- 较低的经营成本。

竖井运输的一项主要考虑因素是将岩石从开拓及回采区域在地下横向转移至一个集中的竖井地点。由于矿石的横向范围大，且每单位区域的吨位较低，将需要一个广泛的地下运输网络。为减少运输距离，预计一个竖井将集中位于向斜内。该方法的缺点是 HW 单元内需要大量开拓，包括开拓经过潜在蓄水层。

RPM 建议，作为未来采矿研究的一部分，应评估使用竖井运输的可行性。

13.3.9 采矿基础设施及支持

地下作业在露天采矿已就非开采地面设施（包括矿山关闭、加选厂、浸析-溶剂萃取电解法、制酸厂、钴选厂及尾矿等）支付费用后考虑。因此，有关成本假定已减少。然而，作为开拓地下多个支持基础设施的一部分，需要进行建设。基础设施地下采矿的详细成本预算及名单包括：

- 车间 / 更衣室
- 多种地下相关地面基础设施，如燃料及装配间
- 铺设电缆并向地下作业供电
- 回填厂
- 排水
- 通风

13.3.10 矿山设计

图13-6 至图13-12 列示基于 NSR 110 美元 / 吨的概念矿山设计。

图 13-7 东部概念矿山设计

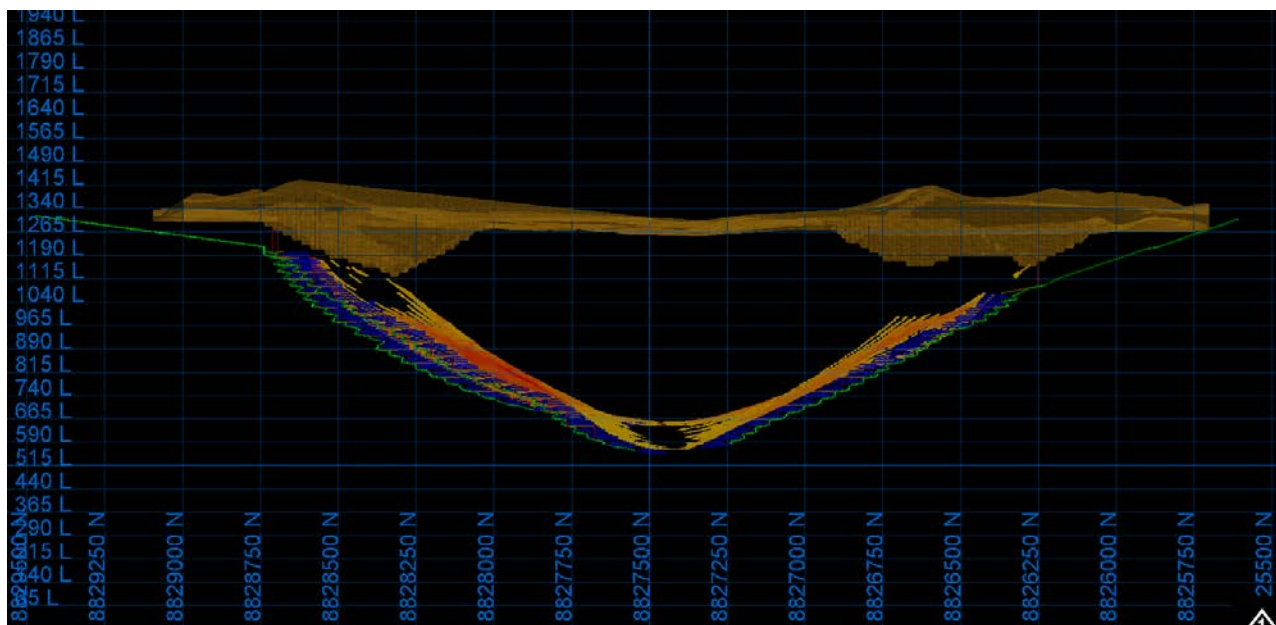


图 13-8 西部概念矿山设计

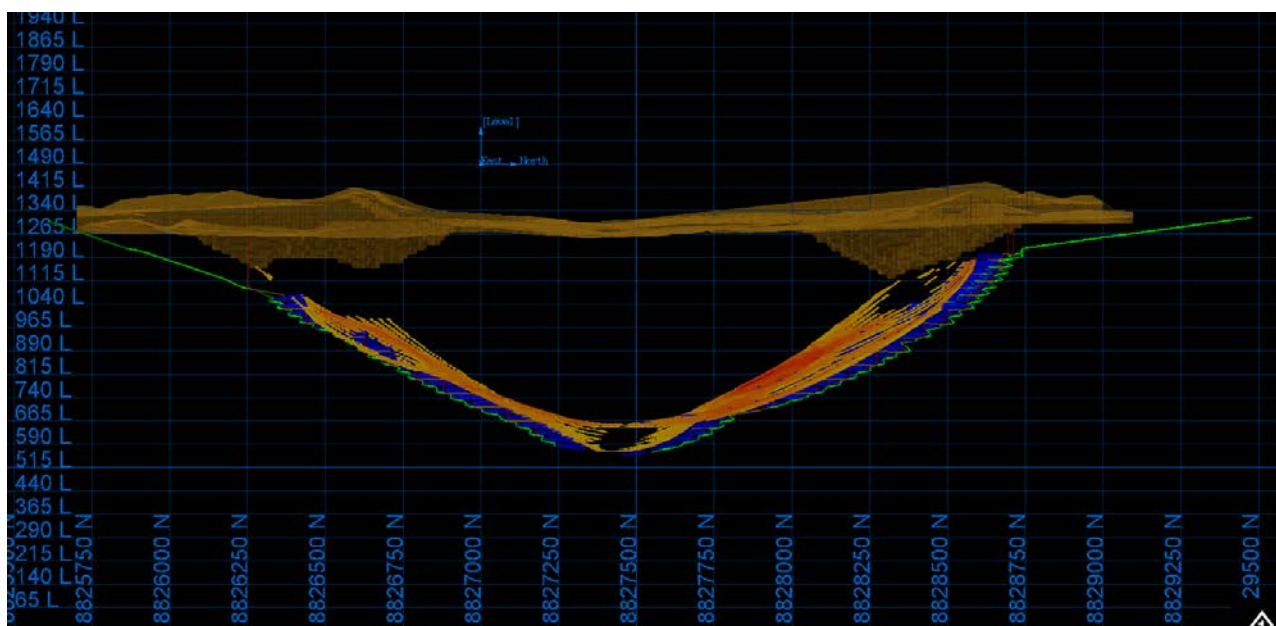


图 13-9 概念矿山设计平面图

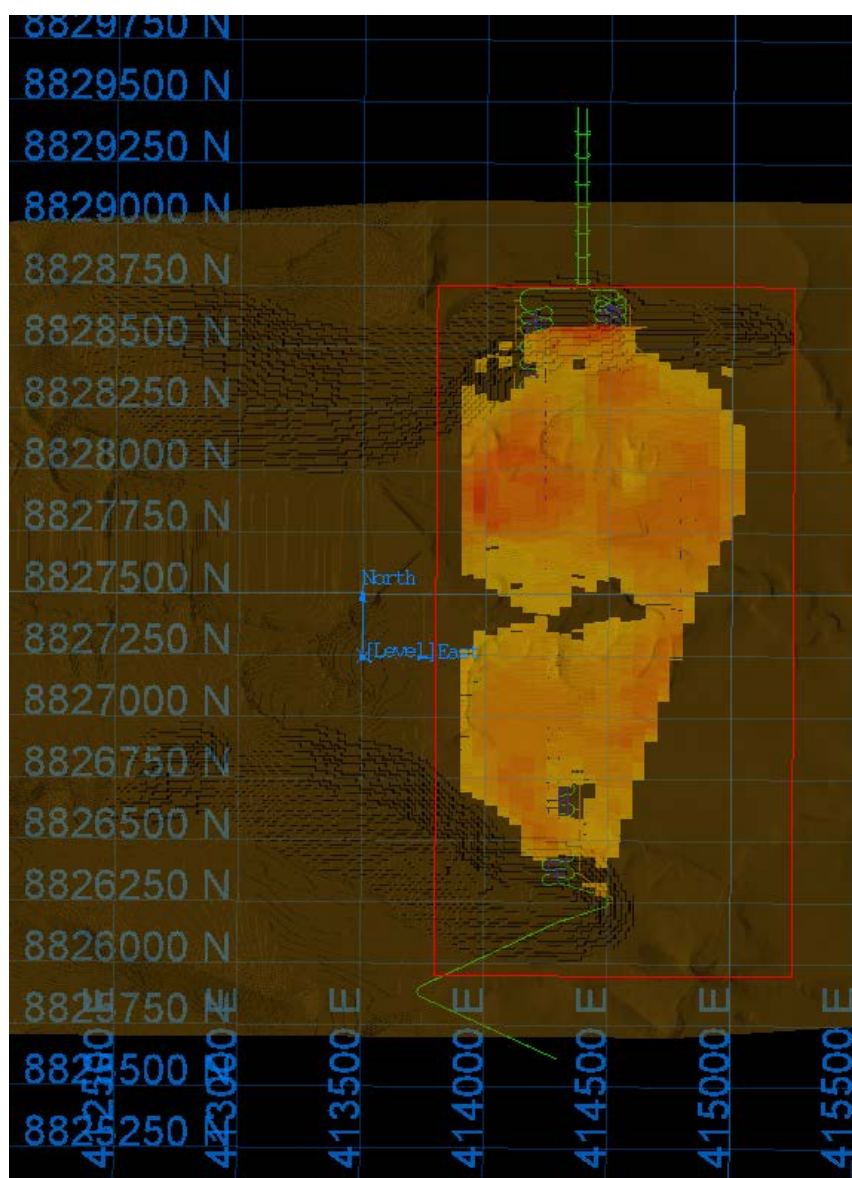


图 13-10 北部概念矿山设计

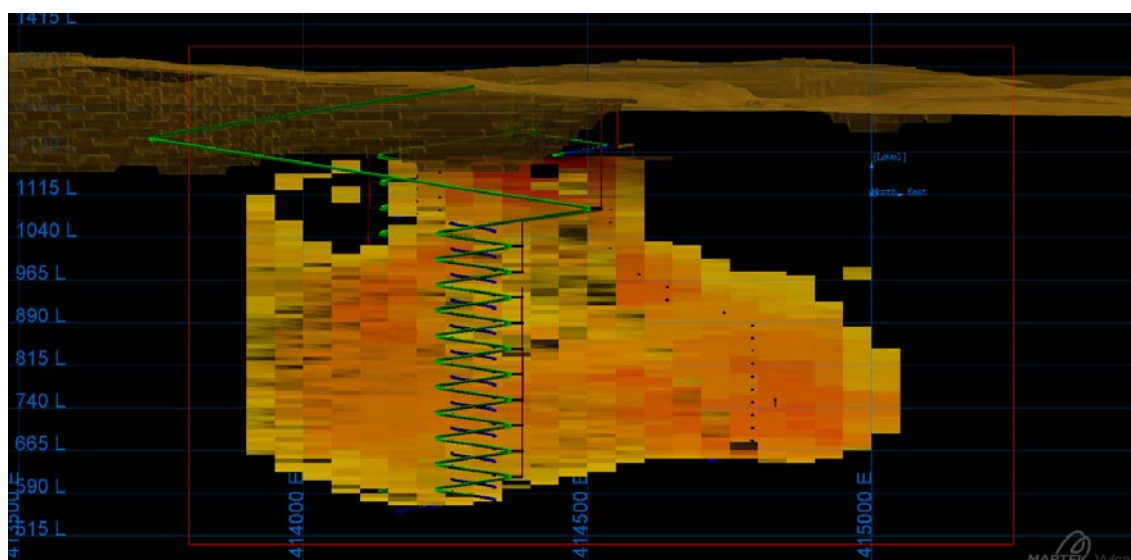


图 13-11 南部概念矿山设计

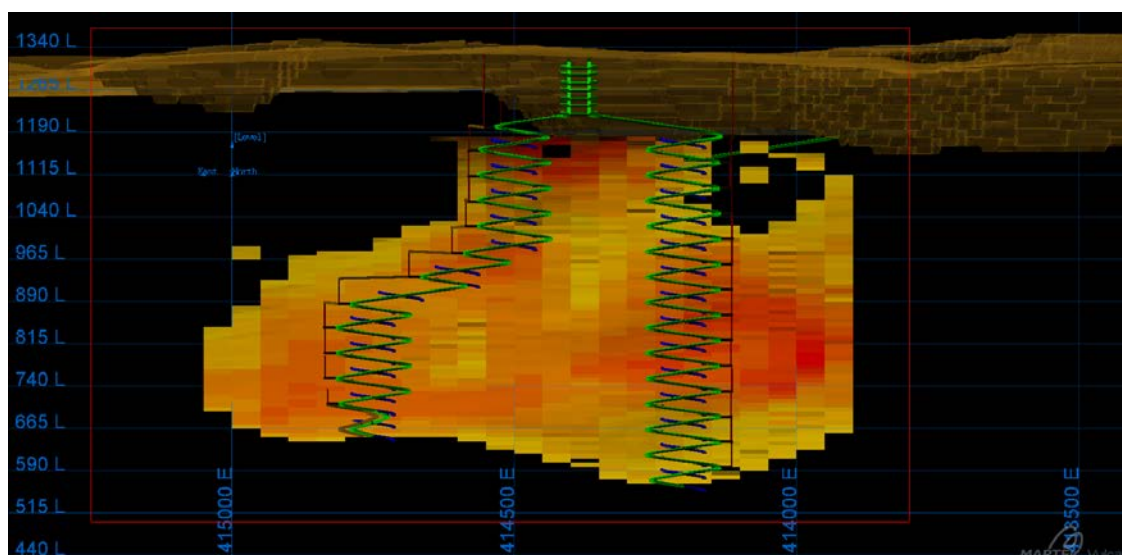


图 13-12 西南部概念矿山设计

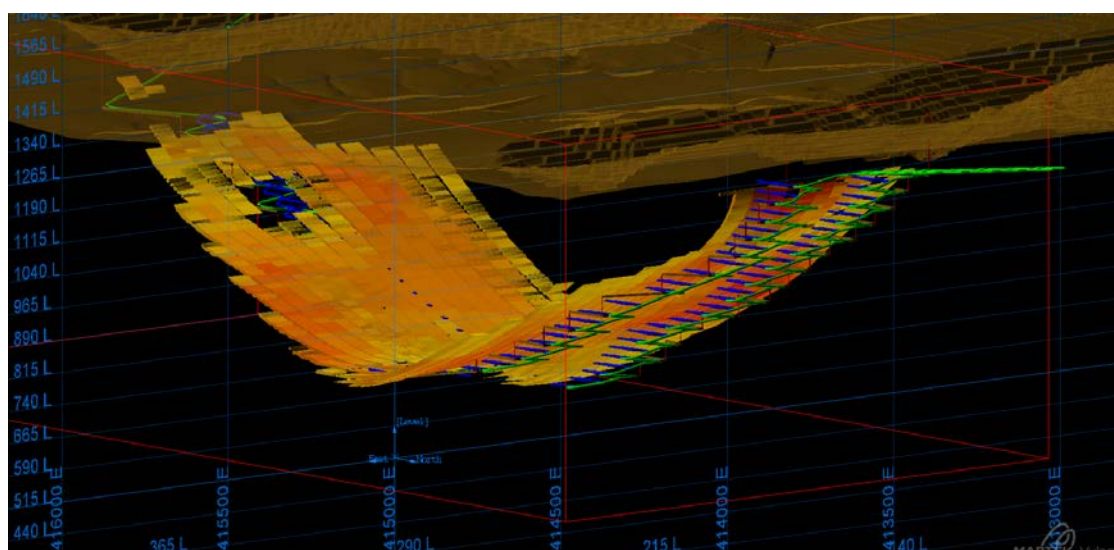
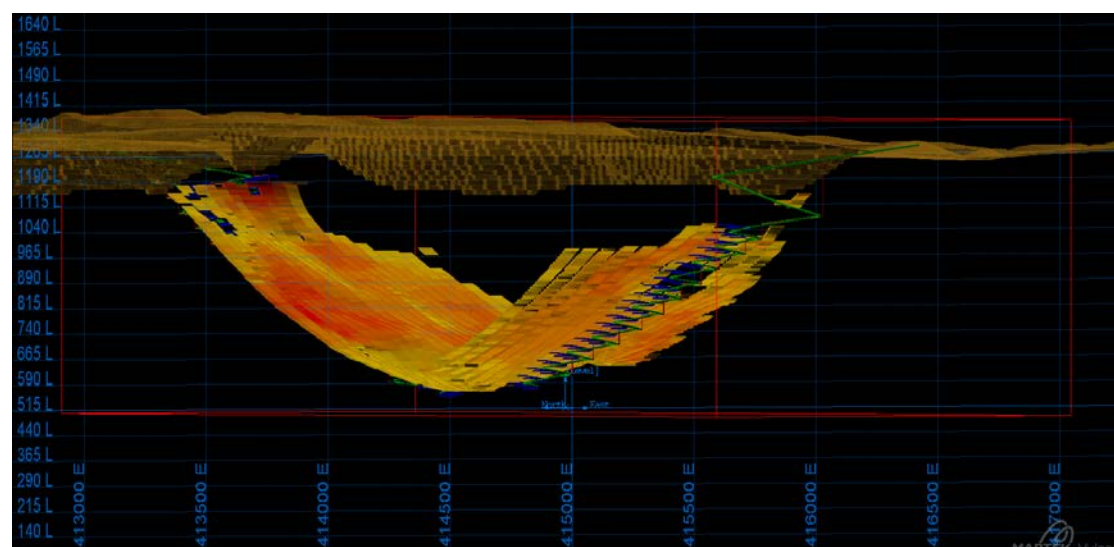


图 13-13 东北部概念矿山设计



13.4 地下资本及经营成本

13.4.1 矿承包商成本

采矿成本估计基于矿业公司提供的承包商成本，分为资本成本及经营成本，载列于表13-5。

表 13-5 采矿承包商成本

项目	单价 (美元/吨矿石)	单位成本 本拆分	资本成本 本拆分	运营成本 本拆分	资本支出 (美元/吨矿石)	运营成本 (美元/吨矿石)
承包商聘用/遣散	0.1	0%	100%	0%	0.1	0
设备	无	无	无	无	无	无
采购	无	无	无	无	无	无
租赁 - 业主 LV	0.1	0%	100%	0%	0.1	0
设备运行	0	0%	0%	100%	0	0
掘进	14	21%	33%	67%	4.6	9.4
采场装车	5.4	8%	0%	100%	0	5.4
运输	11.7	18%	25%	75%	3	8.7
人事 - 业主	1.4	2%	25%	75%	0.4	1
人事 - 外来承包商	0.4	1%	25%	75%	0.1	0.3
住宿						
柴油 - 包含在承包率	0	0%	25%	75%	0	0
电力	1.9	3%	25%	75%	0.5	1.4
开发进程所需的消耗品 — c/b 和 fibrecrete	0.7	1%	33%	67%	0.2	0.5
生产	0.5	1%	0%	100%	0	0.5
生产	10.8	16%	0%	100%	0	10.8
充填	12.1	18%	0%	100%	0	12.1
纵向掘进（资本）	0.9	1%	100%	0%	0.9	0
品位控制	0.7	1%	0%	100%	0	0.7
矿山服务	0.7	1%	25%	75%	0.2	0.5
矿山管理	0.6	1%	25%	75%	0.2	0.5
基础设施	3.8	6%	100%	0%	3.8	0
总计	66	100%			14	52

13.4.2 资本成本

估计采矿资本成本如下，基于早前研究，并载列于下文表 13-6。估计采矿成本假设一名采矿承包商，因此可变开采速度下有一个活动部分。可变采矿成本为 6,980 美元 / 米，包括表 13.5 所示的成本分布。

表 13-6 地下资本成本

资本成本			无 资本成本		
成本中心	单位	成本	成本中心	单位	成本
厂房/转换车间	百万美元	11.06	移动工厂	美元	采矿承包商
通讯	百万美元	2	班次	美元	无
公用线路	百万美元	0.38	输送机	美元	无
地面道路	百万美元	0.31	首次矿石回采的资本化运营成本	美元	无
生水	百万美元	2.96	斜坡道/道路掘进	美元	单位费率申请
压缩机	百万美元	1.5	矿山关闭	美元	生产支付
其它工具	百万美元	0.5	地表设施	美元	生产支付
帽灯和 PPE	百万美元	0.79	选矿厂	美元	生产支付
矿山救援设备	百万美元	0.5	浸出 - 溶剂萃取-电积	美元	生产支付
入口	百万美元	4	制酸厂	美元	生产支付
地下服务站	百万美元	1	钴选厂	美元	生产支付
地下燃料舱	百万美元	1	尾矿	美元	生产支付
地下炸药库	百万美元	1	其它	美元	生产支付
地下食堂	百万美元	0.3	意外储备	%	0%
避难室	百万美元	1.8	持续资本	%	5%
远程遥控室	百万美元	1.2	技术服务	百万美元	0
充填	百万美元	21.5	采购承包建设管理	百万美元	0
电气	百万美元	4.64			
脱水	百万美元	17.48			
通风	百万美元	11.34			

13.4.3 经营成本

估计采矿经营成本基于矿业公司提供的资料，经 RPM 审核，列示于表 13-7:

表 13-7 采矿经营成本

成本中心	运营成本（美元/吨矿石）
掘进	9.39
采场装车	5.4
运输	8.73
人事 - 业主	1.04
人事 - 承包商外籍 ACCOM	0.3
柴油 - 包含在承包商费率内	0
电气	1.42
掘进消耗品 - c/b and fibre Crete	0.47
生产	0.5
生产	10.8
充填	12.1
品位控制	0.7
矿山服务	0.52
矿山管理	0.45
意外储备	0%
总计	52

估计加工及行政经营成本概述于表 13-8。RPM 注意到，该等成本包括浮选及焙烧回路与浸析，但不包括溶剂萃取电解法厂生产产品（依据现有作业）并运至市场。

表 13-8 加工及行政经营成本

项目	单位	成本
选矿成本	美元/每吨矿石	18.09
尾矿存储设施成本	美元/每吨矿石	4.33
其它费用	美元/磅	0.34
现场管理成本	美元/每吨矿石	19
地表运输	美元/每吨矿石	1.13
意外储备	%	0

矿口以外的经营成本列示于表 13-9，包括溶剂萃取电解法、钴生产的产品成本以及运输与销售成本。

表 13-9 矿区外经营成本

项目	美元/磅金属
全铜场外总成本	0.35
年金	0.01
溶剂萃取-电积运营成本	0.11
报酬费	0.02
营销费用	0.03
出口税费	0.03
本地资金和外汇管制	0.01
特许权使用费	0.04
运费	0.1
氢氧化钴成本	0
氢氧化钴 kokkola 转换和客户运费	0
咨询费用	0
二氧化碳总场外成本	6.15
年金	0.02
溶剂萃取-电积生产成本	0.07
报酬费用	0.09
营销费用	0.09
出口税费	0.03
本地资金和外汇管制	0.03
特许权使用费	0.12
运费	0.4
氢氧化钴成本	0.88
氢氧化钴 kokkola 转换和客户运费	4.41
咨询费用	0.01

13.4.4 逐级分析

采场优化按 NSR 边界品位 90 美元、100 美元、110 美元、120 美元及 130 美元进行，每个级别均进行审核，以评估其在资本发展及提取顺序厘定后是否具有经济可行性（未贴现）。

该分析中的主要假设包括

- RPM 假设斜坡的入口从地面而非井内开始。RPM 作出该假设是为了在开拓于矿井完成前开始的情况下维持生产延续性；
- 货币为美元；
- 无公司税项；
- 无折旧；
- 无勘探成本

13.4.5 经济情境等级

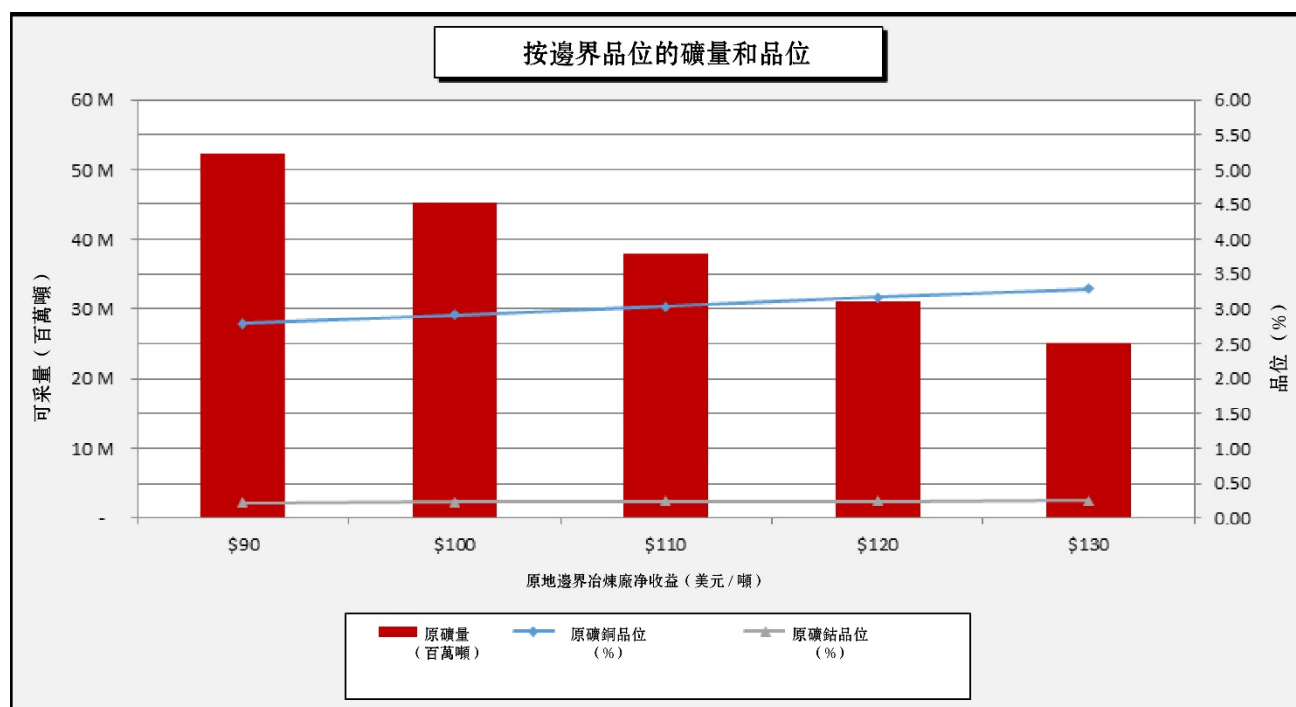
经济情境等级模型由 RPM 建立，以选择最优情境供在未来研究中按特定 NSR 使用。**表 13-10** 概述各采矿情境下使用的假设（假定贴现率为 12%）。

表 13-10 基准情况经济建模参数

NSR 因素	铜	钴
地下开采回收率（含 paste）	0.8	0.8
地下开采贫化率（不含 paste）	0.11	0.11
地下开采贫化品位	0	0
选矿回收率	0.9	0.78
金属价格	2.75 美元/磅	10 美元/磅
总销售成本	\$ 0.35 /磅	6.15 美元/磅
年金	\$ 0.01 /磅	\$ 0.02 /磅
溶剂萃取-电积生产成本	\$ 0.11 /磅	\$ 0.07 /磅
报酬费用	\$ 0.02 /磅	0.09 美元/磅
营销费用	\$ 0.03 /磅	0.09 美元/磅
出口税费	\$ 0.03 /磅	\$ 0.03 /磅
本地资金和外汇管制	\$ 0.01 /磅	\$ 0.03 /磅
特许权使用费	0.04 美元/磅	\$ 0.12 /磅
运费	\$ 0.10 /磅	\$ 0.40 /磅
氢氧化钴成本	\$ 0.00 /磅	\$ 0.88 /磅
氢氧化钴 kokkola 转换和客户运费	\$ 0.00 /磅	4.41 美元/磅
咨询费用	\$ 0.00 /磅	\$ 0.01 /磅

图 13-15 概述各优化情境下的吨位及品位。对本图的审核表明，正如预期，可开采数量及铜品位随 NSR 增加而按比例减少。钴品位相对具线性，不会随 NSR 变动而变化，这反映与资源量估算中的铜的变动相比，钴的品位较为一致。基于对数量、品位变化及各情境下经济性的审核，RPM 已选择最优情境为 110 美元的 NSR，可于 12 年矿山开采年限中的 4 年收回采矿资本。

图 13-14 各 NSR 情境吨位及品位



13.4.6 采矿时间表及可开采数量估算

在基于现有数量应用适当的修正因子后，可开采数量已界定并在报告中报告为确定、标示及推测矿产资源量中可能具有开采经济效益的可开采部分。其已考虑开采贫化与材料损失因素以及经济考虑因素。

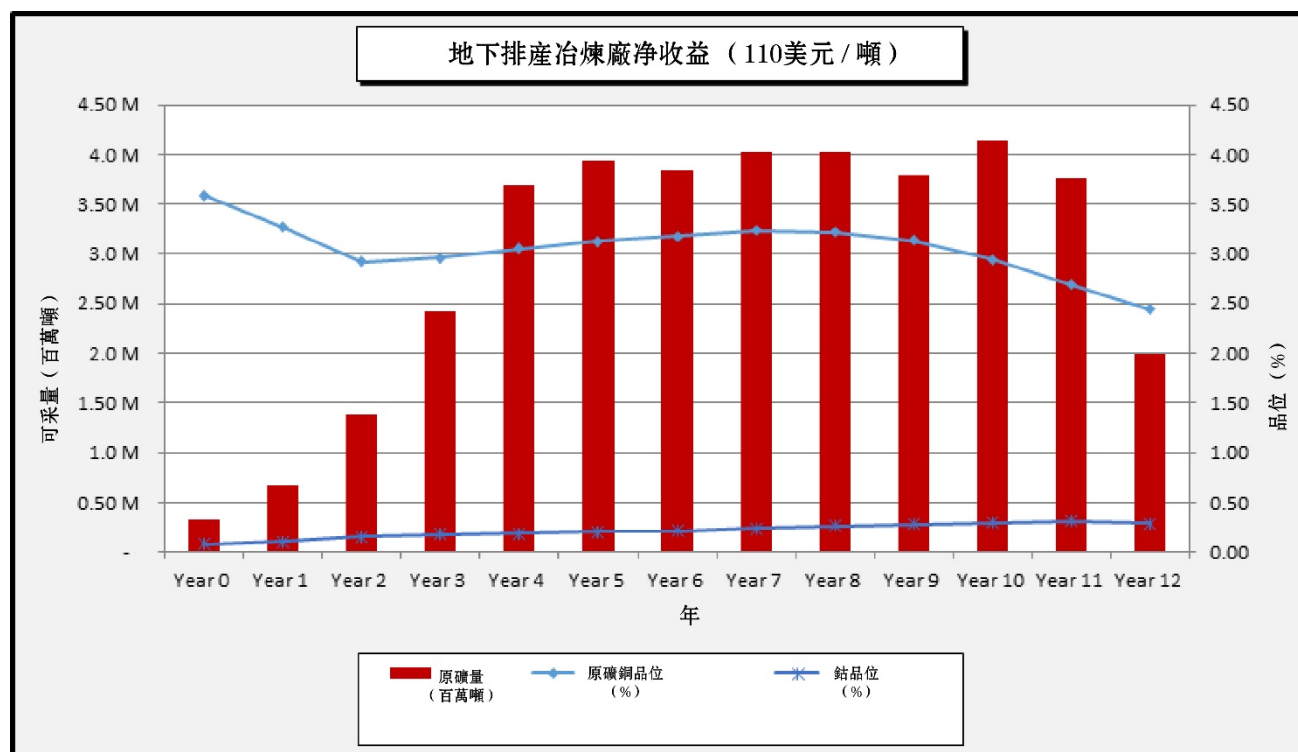
可开采数量并无具有预可行性研究准确度的研究支持，因此，数量估算并非 JORC 规则中的矿石储量。需要在若干领域进行进一步工作，包括土工、地下矿山规划，且需要更详细的成本估算，将准确度提升至预可行性研究的级别。本文件中提及「矿石」或「原矿」时，指超过上述边界品位的矿化岩石，而非 JORC 规则指定的矿石。

使用各情境下的逐级分析，并基于 110 美元 / 吨冶炼厂收益，得出年度 RL 采矿时间表。该时间表已进行优化，以实现以下目标：

- 矿石目标 3.75 百万吨 / 年；
- 前 4 年期间提升产能；及
- 采矿与加工之间并无延迟。

图 13-16 列示冶炼厂收益 110 美元 / 吨矿石时间表的结果。提供该例子，说明各 NSR 选择下完成的采矿时间表。

图 13-15 采矿时间表



RPM 估计总可开采数量为 **38.0 百万吨** 平均品位为 3.0% TCu 及 0.05% TCo，包括 **0.1 百万吨** 确定资源量及 **6.2 百万吨** 标示资源量及 **31.7 百万吨**。**表 13-11** 列示按矿产资源量估算分类划分的现场可开采数量。

表 13-11 截至二零一六年三月三十一日矿产资源量估算分类涉及的现场 NSR 110 美元／吨情境下的可开采数量

	数量 (吨)	铜金属 (百万吨)	铜品位 (%)	钴金属 (吨)	钴品位 (%)
确定的	0.1	<0.1	3.2	<0.1	0.1
标示的	6.2	0.2	3.19	<0.1	0.17
推测的	31.7	0.95	3	0.1	0.25
总计	38	1.15	3.04	0.1	0.24

附注：

吨指干公吨。

基于现场品位，可开采边界品位为 NSR 110 美元／吨。

所报告数字已取整，可能会导致细微的制表误差。

可开采数量并非 JORC 规则界定的矿石储量。

13.5 硫化矿发展选择

RPM 获悉露天或地下硫化矿项目均未制定开发方案或顺序，然而，RPM 注意到，有多个方案应当在日后研究中考虑，该等方案在时间上较为灵活，且能够缓解供电及加选厂资金需求方面的重大风险。

硫化矿生产的主要限制为需要建设选厂，以及采矿作业的时间。如**第 13.1 节**所概述，需要一个浮选回路，其次焙烧厂，然后为浸析及 SX-EW 回路给料。RPM 注意到，该选厂有两个选择：

- 仅建设一个浮选及焙烧厂，利用现有的浸析及 SX-EW 厂。该方法降低了资本要求，但在现有选厂具备剩余产能前，将无法开始硫化矿加工。在二零三八年加工高品位材料前，这一情形不大可能发生，而 LG 料堆正在加工（但需要将硫化矿精矿与 LG 料堆材料混合）。由于利用现有选厂，该选择具有降低整体电力要求的额外优势。
- 同时建设浮选及焙烧厂与一个新的浸析及 SX-EW 厂。尽管该方法需要额外资本、人员及电力，但在生产时间方面具有很大的灵活性，会提高电解铜产量，从而节省所生产产品的单位成本并更早释放硫化矿材料的价值。

两个选择中任何一个均符合矿井开拓的选择。硫化矿露天开采的开发时间受氧化矿矿井时间所限制，总体而言，需先完成氧化矿矿井，方可开采硫化矿，但接近硫化矿矿山开采年限时会有一定重迭空间。但是，在氧化矿开采结束后开始硫化矿开采，以便减少设备占用、资本及人员需要以及行政成本等的作法，合乎逻辑。因此，硫化矿开采可能规划于二零三八年开始。

地下采矿对硫化矿作业的开拓时间表而言最具弹性。如第 5.3 节所述，RPM 的范围研究假定地下采矿入口位于地面，因此开拓不受现有作业限制。然而，RPM 注意到，可透过利用露天矿降低开拓成本，实现节省高额成本。

考虑到上文所述，目前存在多种开发方案可供选择，需待日后进行后续工作时对该等方案进行研究及分析。为清晰起见，两种选择均呈列作为参考，并提供有关各自优缺点的备注。RPM 强调，尽管已完成初步露天开采优化，但尚未制定矿山时间表或完成经济建模，故难以确定按 3.75 百万吨 / 年的生产率开采硫化矿的可行性及潜在矿山开采年限。另外，地下作业（及范围研究）假设硫化矿厂已作为露天矿开拓的一部分而建设（或至少加入作为资本）。

选择 1

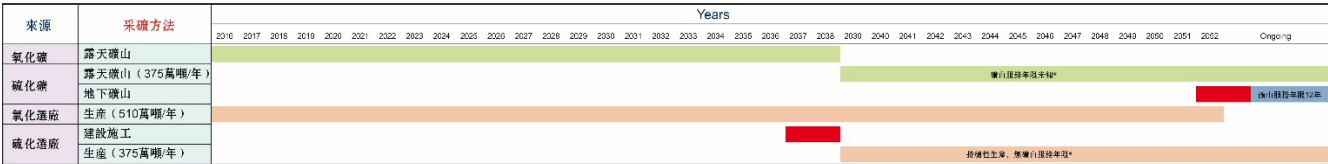
选择 1（如图 13-17 所呈列），包括在氧化矿开采结束时于二零三七年及二零三八年建设选厂，令所有设备及人员可开始硫化矿露天开采，并在接近硫化矿矿井的矿山开采年限（现时未知）结束时开始地下开采。该选择将包括使用现有选厂，只建设浮选及焙烧厂。因此，主要费用为硫化矿材料，余下为浸析厂来自 LG 氧化材料堆的给料。该选择有以下优势：

- 由于来自硫化矿材料的给料品位提高，阴极铜与钴产量自二零三八年（与现有矿石储量时间表相比）增加。
- 采矿及选厂使用相同设备可减少资本。
- 使用相同采矿方法（而非更早引入地下开拓），降低了作业复杂性。
- 电力消耗减少。
- 在地下采矿开始（将位于矿山开采年限的晚期）前，将采矿成本及物流状况维持在与当前相同的水平。

该选择的缺点包括：

- 在浸析厂中将硫化矿与氧化矿材料混合，增加了加工的技术复杂性。
- （二零一六年至二零三八年）实际维持相同的铜及钴开采曲线。
- 将价值推迟至现有矿山开采年限的晚期。

图 13-16 选择 1 硫化矿发展时间表



选择 2

选择 2（如图 13-18 所示）包括同时建设浮选及焙烧厂以及一个新的浸析及 SX-EW 厂。在本选择中，建设规划在氧化矿开采结束时进行，与 Dipeta 地下矿的 12 年矿山开采年限重合。在氧化矿开采结束后，硫化矿露天开采将开始，地下及露天总给料最多为 3.75 百万吨 / 年，氧化矿厂将继续运行，由 LG 料堆给料。该选择有以下优势：

- 早于二零三八年进行地下采矿，增加产量。包括较现有时间表增加产量。
- 专门的硫化矿厂及 SX-EW 回路能减少氧化矿与硫化矿混合的技术风险。
- 使用相同采矿方法（而非更早引入地下开拓），降低了作业复杂性。
- 在矿山开采年限的早期释放该项目的价值。
- 透过多种来源的给料、露天开采、料堆及地下开采，为经营提供更大的灵活性，并降低采矿风险。
- 凭借多个采矿来源，有能力透过多种选择提升铜产量（如加选厂产能易于增加或就硫化矿加工利用现有选厂，而非 LG 料堆）。

该选择的缺点包括：

- 发展项目需要的资本增加，地下采矿（矿山开采年限早期）及加选厂需要的资本均增加。
- 使用地下采矿方法（而非现有类似的露天采矿），增加了作业复杂性。
- 与利用现有浸析及 SX-EW 厂相比，耗电增加。
- 由于地下采矿成本更高，经营成本增加，但被铜产量增加所抵销。

图 13-17 选择 2 硫化矿发展时间表



13.6 备注

- 基于矿石几何构造及 LHOS 法的潜在生产率与相对其他潜在方法的成本，LHOS 采扩法被认为最适合向斜翼。然而，建议在未来研究中对向斜轴部位进行额外的审核及采用其他采矿方法。房柱法被视为是最适合向斜轴部位的方法。然而，为维持稳定的地面状况，有关深处（>600 mbs）的矿石回收率预期较低；
- RPM 地下范围研究假定入口将位于地面。另外，斜坡亦可从矿井内开始，从而降低初步开发资本。建议不要将入口设在矿井最底部，而距离底部至少需要有几个工作台，以允许排水。入口的理想位置在矿井发展计划中。现有入口位于 1,370RL。如斜坡位于矿井内，将位于大约 1,205RL，节省发展资本 30 百万美元。
- RPM 注意到，由于约 30%矿石来自矿石发展，矿石状况将随着更详细的规划而改善。矿山开采曲线主要受发展限制，恶劣的地质状况或进水将影响开发效率，并可能对开采曲线造成重大影响。未来的岩土工程及水文研究对于发现开采曲线的可能中断至关重要。

14 环境及社会

本节报告提供对该项目的环境及社会管理方面的详细审核。审核基于从实地视察、访谈、展示及文件审核中发现的该项目环境及社会方面重要组成部分的详细评估。尽管该项目的许多社会管理方面较为复杂且不太稳定，该项目从环境及社会方面而言仍然可行。该项目所有期次产生的潜在社会及环境影响似乎可予减轻。矿业公司及其承包商似乎在组织上有能力解决环境及社会问题以及健康与安全管理。

14.1 环境管理计划

该项目的环境管理计划（环境管理计划）乃依据环境和社会影响评估内提供的概念环境管理计划制定。环境管理计划将包括管理计划的四项总体因素：(1)规划：说明原则、履行计划及规划活动的责任界定；(2)执行：保护多个环境方面及 / 或管理环境风险的多项指引；(3)核实：透过监察及检查来控制活动的程序；及(4)缓解：根据环境指引在不同领域实施整改行动，并实施环境补救措施。

矿业公司获悉，EMS 为一个动态计划，需要作出修订，以适该项目期间内瞬息万变的状况。

该项目已获得并维持 ISO 14001 认证。该认证证明了良好的管理及对环境控制负责的态度。

14.1.1 环境管理团队实力

环境管理团队已组建，设有经理职位，领导该项目地点的环境活动。该经理对该项目具有深入了解，看似很有条理，确保履行所有与合规监察及报告相关的义务。环境小组看似管理有序，整体工作井井有条。管理团队由生物多样性、矿山废石管理、水资源、废物管理（包括危险废物管理）及场地关闭方面的专业人才组成。废物管理活动主要外包，并由管理团队监督。

14.1.2 环境管理体系

已就解决该项目区域的环境及社会管理活动制定管理计划。已就解决该项目的环境方面制定 15 份不同的管理计划。一系列行动计划（包括生物多样性行动计划）已于该项目初期完成，含有管理预计影响所需的缓解行动。尽管行动计划随着项目进展而修订，但初步行动计划提供了环境及社会管理的良好起点。

14.1.3 许可活动现状

在矿业公司获许可时，采矿法尚未要求编制环境和社会影响评估。然而，由于矿业公司承诺遵守世界银行及赤道原则的政策及指引（要求编制环境和社会影响评估），矿业公司已编制环境和社会影响评估。完成环境和社会影响评估看似提供了采矿法所述监管机构要求的资料。基于所提供的每月状况报告，许可活动似乎已遵循监管机构要求的适当时间线，不存在重大问题。

14.1.4 环境管理体系的重要部分

环境合规的履行

对现有文件的审核表明，矿业公司已遵守适用法规。现场稽核由项目及公司稽核员每日对经营的部分方面进行，更详细的审核每月及每年进行。潜在问题在发现后很快解决，采取的缓解行动看似能防止监管稽核员违规。所提供的文件中未发现导致合规问题的任何重大环境问题的证据。

已出现某些问题，即南部废石储存区域不稳定导致一个当地河流沉积，公路及废石堆产生的灰尘对邻近农田造成影响。废石问题将在下次旱季缓解，而灰尘问题将持续，但应更注重新努力控制社区周边的灰尘。

基线研究

基线评估的研究领域乃依据各项重要环境规定的预期影响领域选定。所评估的主要影响领域包括与空气质量、噪音及振动、矿井排水、侵蚀及沉积、废石与尾矿储存、储水及水管理（包括水处理及排放）相关的潜在影响。基线于二零零五年及二零零六年厘定，并持续监察地面水流与气候状况。所收集的数据似乎提供了与雨季及早季相关的资料。所收集的资料看似具有一定缺陷，并将在以下章节讨论（如适用）。

空气质量管理及温室气体排放

对空气质量的潜在影响主要与交通产生的灰尘、土地扰乱、风蚀及车辆尾气排放相关。加选厂、制酸厂及其他设施的排放（如二氧化硫及氮氧化矿）亦将影响空气质量。温室气体排放将继续加重全球变暖问题。

已制定空气质量行动计划，以减少矿业公司项目导致的气体排放。已制定空气质量监察计划，主要目标如下：(1) 证明遵守空气质量标准；(2) 提供资料供更新气流散布法；(3) 检测有关缓解表现的短期及长期趋势；及(4) 提供数据用于分析环境变化并设计适当的环境缓解行动。

就空气质量管理采用的缓解措施包括设计道路、交通及速度控制，使用水及其他物质抑尘、道路及车辆维护，逐步恢复植被措施，减少易受灰尘产生影响的区域，并使用加工设施中的集尘室及静电除尘器。路面设计为减少转移距离，并将覆盖上沥青等材料，以氯化镁或类似材料处理，控制灰尘的产生。

温室气体排放将透过使用水电支持该项目、减少运输路程及通道长度、限制车辆闲置时间及使用铁路而非公路运输而减少。

噪音及振动管理

噪音及振动水平将因车辆交通、爆破、矿石加工及运输废石与石灰石而增加。噪音及振动建模表明，（安置后）最近的社区不会经历高于适用指引的噪音及振动。看来实际如此，因为所审核的文件中并未发现与噪音及振动问题有关的投诉。

土壤管理

项目中发现的土壤为高度风化的氧化土及老成土。由于元素吸收能力低及透过剖面浸析营养成分，土壤的营养成分一般较低。温暖的土壤温度及高土壤水状况促进了生物活动，导致有机物质矿化，令土壤中有机物含量极低。

该项目区域的土壤（包括安置地点）已制图，已厘定含有可抢救供复垦土地的区域。土壤被抢救并堆积，以供于复垦及关闭活动。（如有）堆肥材料可能用作修正，以加强复垦期间的土壤生产力。

生物多样性管理及持续生物多样性研究

环境和社会影响评估指出多项与生物多样性及存在关键生境（主要涉及存在铜植被社区及湿地）有关的潜在问题。已就各种生境进行大量工作，并提及多种「可能关键生境」。评估提及，生物多样性行动计划将用于指导缓解对重要生境的影响所需采取的行动。生物多样性行动计划主要处理有关铜植被的行动，提供维持并重建该关键生境后项目的较好方法。走廊林缓解行动的详情较少，主要行动为因引导地面水流动而从生境抽水，以及因相关蓄水层排水及抽水而令泉水消失。生物多样性行动计划亦讨论该采矿特许权区内的现有生境。

生物多样性行动计划并未讨论为减轻该等重要的生物多样性问题而采取的的详细缓解措施。生物多样性似乎已成为监管机构重点关心的问题，目前监管机构正积极处理此前未解决的生物多样性问题。有关重要的生物多样性问题（包括海洋生境、铜植物运输问题、走廊林区域、未复垦区域、湿地及鱼类生境）领域的专家正进行额外研究。

铜植被社区现时正在受干扰区建立。走廊林区域（可能是重要生境）可能因地下水位降低导致泉水消失而受到影响。尽管尚未观察到采矿对泉水流动的影响，但该影响的潜力很明显，必须继续进行监察。

水资源管理

地面水管理

该项目区域的地面水流将因对项目区域周边的非接触水导流或捕捉使用而受到影响。受干扰区域的径流将会增加，直到关闭后期建重新建立植被为止。地下水位因排水而降低，将增加对受影响区域河流上游的地面水排放。

地面水流模型采用 Golder 建立，以预测该项目将对项目区域水源的潜在影响。雨季的影响预计很小，但在旱季将对紧邻该项目的区域造成较大影响。预计会因侵蚀及因此产生的沉积、处理废石及矿石、意外排放及泄露与将矿山排水井排放至当地地面水源而造成水质问题。最佳管理实践将用于尽量减少该等潜在问题。已采取水管理行动，包括建造引水渠及使用沉积蓄水池、渗流径及淤泥围栏。

应当注意的是，项目设计为无排放设施，排放的水很少，将符合水质标准。采取的缓解措施包括尾矿储存设施、回水坝及回收接触水供加选厂使用。

地下水管理

地下水从水井抽出，供应予加选厂、营运园区及其他采矿设施使用。其他水源包括：在项目区各个地点收集的雨水、在尾矿处理设施、废弃岩石处理设施、矿石储存区等区域收集的水，以及在矿井排水过程中收集的水。该等活动大多会令周边的地下水位下降，并会影响水向泉区及其他地面水的排放。地面水当前并无受到影响。然而，必须意识到的是，减少甚至断绝湿地及沿河林区等关键自然环境区的水流，将会造成重大生态影响，须采取措施避免。

此外，还须严密监控源自尾矿、废弃岩石及矿石储存设施的渗液所可能造成的地下水污染。尾矿设施铺设管道，惟废石及矿石储存设施所产生的液体则可能会渗入地下水。可对地下水造成潜在影响的，还有加工设施所用石油产品及化学品等有毒液体的溢出及排放。矿业公司制定了适当的管控计划，用以处理潜在问题。雇员清楚该等潜在问题，并在营运过程中采用适当方法降低事故发生的机率。

实地考察发现，若干地下储存设施出现了液体渗入地下水的情况。矿业公司已采取措施防止环境污染向外扩散。

采取措施缓解地下储罐渗透状况

近期发现地下储罐发生渗透，并已采取适当措施进行缓解。然而，为评估因潜在地下水污染造成的责任问题，还须继续对此进行监控。此外，还须记录所采取的缓解措施，包括废石处置管理，且须罗列所采取的监控措施。

废石管理

废石鉴定及利用

废石将会进行破碎处理，然后装车运至废石储存区。所进行的地球化学分析认为，废石主要成分为氧化矿物及硫化矿物。氧化矿物不含酸，惟可能含有铜、钴及锰等可溶性金属。所获提供的资料表明，滤出砷的可能性不大。然而，由于氧化还原作用会影响砷的可溶性，亦可能会滤出砷。因此，随着项目向营运阶段及关闭后阶段推进，通过监控水质，尽早作出检测至关重要。

在废石储存设施收集而来的水在项目区得到多次使用，而不是直接向外界排放。

废石在项目区亦得到多次使用，包括用作施工工程填充材料、在关闭期尾矿储存区填埋物以及用作大坝建设的地基材料。

南部废石储存

如何确保南部废石的稳定储存是矿业公司面临的一个问题。近期发生的大规模废石储存事故对水资源管理体系造成了破坏。矿业公司已采取缓解措施，整改水资源管理措施，以防止事故再次发生。然而，尚不确定有无开展详尽的地质工艺分析，亦不清楚有无采取分析报告所要求实施的适当缓解措施。须对所采取的缓解措施进行记录。

尾矿管理

尾矿储存设施用于储存尾矿及其他废石，包括污水处理厂所产生的淤泥以及加选厂所产生含铁、铝及锰金属的残留物。尾矿设施铺设有防漏筛管，以防液体渗入地下水。在尾矿设施收集而来的水会在加选厂循环利用。此外，还提高水的蒸发量，从而提高利用效率。在尾矿储存设施周边还挖设了多口地下水监控水井，以快速应对渗透事故。是次复核中并无发现明显问题。

废石管理

废石管理计划

废石管理计划主要包括：(1) 减少废石、废石循环利用、堆肥及废石处置；及(2) 安全储存废石，将废石对空气、水资源及土壤的影响降至最低。进行监控，并将在发现问题时采取缓解措施。有害废石目前储存在废石储存区铺设有管道的设施内。然而，现正安排将废石运至获许可的设施进行储存。

根据废石特性，固体废石分为可回收废石、可填埋废石、可用做堆肥的废石及有害废石，并分类储存。已分别建成无害及有害废石管理填埋场。该等两个填埋场铺设有双管道系统，在主管道上方设有滤液收集系统；在主管道与二级管道之间设有漏液收集系统。滤液会汇集到留置池，并转移至污水处理系统，或供加选厂循环利用。

产生自设施及园区的污水由处理厂处理，淤泥会运至尾矿储存设施或用作植被堆肥。经处理的水会供项目循环使用，或排放到外界。主园区产生的污水采用化粪池的方式进行处理。

废油加工系统及采取措施缓解之前受污染的场地

现行废油回收系统行之有效，场地所储存的大量废油已运离现场另作他用或用于燃烧。须了解该系统的运作原理，如对排放及废物管理进行讨论。

显而易见，废油储存场地发生了碳氢化合物污染。废油一旦回收，受污染的油将转运至有害废石储存设施储存或在现场进行焚烧处理。

环境监控计划

实施环境监控计划旨在尽早发现项目运营过程中出现的问题。如监控数据显示已产生有关影响，则会修改行动计划，采取措施化解问题。该计划确保保护环境及遵守监管要求。

矿业公司会监控所有重大环境问题，包括气候状况、空气质量、噪音、振动、地面水及地下水（水量及水质）以及植物群及动物群（包括水生动物及生物多样性）。监管内容及频率根据潜在问题及监管要求而定，会有所不同。

对于位于项目区域的设施（包括废石及矿石储存区、尾矿储存设施及废石管理设施），会进行严密监控，以尽早发现问题。此外，还会监控水质及空气质量，以确保项目各个设施的排放物不会对人体及周边环境造成不利影响。

在是次复核中，监控计划行之有效，并符合现行监管要求及国际指引。

14.2 社会管理

14.2.1 社区发展团队的才能

该项目组建的社会管理团队的成员具备技术专长，足以实现对公司承诺及监管要求有着重大意义的目标。社会管理小组由社会计划经理领导。会计划经理精通监管要求、社会问题及相关缓解措施。社会计划由三(3)个小组组成：社区发展、社区联络及安置。社会社区基金是一个独立于组织的非盈利机构。政府命令规定，矿业公司须将采矿溢利的一定百分比划拨用于支持社区发展。社会社区基金依据这一命令开展运作。

社会计划分部由来自第三方的项目主管支持实施。该第三方精通安置行动计划的实施。社区发展团队由各大领域的专家组成，包括社区联络/参与、农业发展、公共卫生、教育、经济发展及申诉机制。社区联络小组是矿业公司与社区之间的主要沟通桥梁。

自愿原则小组与社会活动小组紧密合作，而主要由安全经营小组管理。

14.2.2 社会 / 社区管理体系

矿业公司已制定管理计划，用以解决项目区域的社会管理事宜。矿业公司已制定行动计划，用以处理涉及项目发展的主要社会管理事宜，包括安置行动计划、管理关于安全及人权问题的自愿原则（包括妇女及弱势群体的权利）、建立申诉机制用以处理持份人关切、成立社区联络（参与）小组用以确保持份人知悉项目活动以及解决社区发展关切（包括农业发展、提高项目区域的公共卫生水平（主要涉及饮用水及卫生习惯）、增加教育机会、经济发展（小规模公司发展））的计划，以期支持该地区经济可持续发展。

14.2.3 社会管理计划的重要组成部分

社区联络

联络小组负责在 TFC 与特许开采区或项目影响范围内的多个社区之间创造良好关系。联络小组包括十二名成员，负责巡视村落，并与各个社区定期互动，每月至少一次。联络小组成员通过对社区所关切问题采取开明态度、就已存在问题提供解决方案、报告项目活动以及树立矿业公司为好邻居的形象，主要目标是确保矿业公司与各社区维系良好关系。该小组不断把握事态，争取在问题变得严重之前进行处理。参与社区活动时所收集的资料会记录及保存在设于 Phoenix 的公司数据库中。

当前看来，该等社区正取得该项目的所有权。与项目初期相比，紧张关系已大大缓解，且许多潜在问题（如破坏学校及矿业公司设施的行为）已由反对该等行为的社区所控制。随着不断参与，矿业公司与受影响社区之间的关系将会改善，从而降低重大安全风险。

安置行动

矿业公司开展的安置行动主要旨在确保道路畅通，以进行矿山建设及经营。矿业公司遵循国际金融公司绩效标准第 5 条的国际最佳行为准则开展安置计划。矿业公司现正开展一项综合安置计划，所有受影响家庭（已搬迁者及迁往外地谋生者）均已获悉该安置计划并参与协商过程。自项目开展以来，共有八(8)个安置计划已启动，其中：3 个安置计划已完成；4 个安置计划正在进行；1 个安置计划尚处初始阶段。该等安置行动影响 4,979 户家庭，其中 805 户家庭已搬迁。根据刚果民主共和国法律，房屋及受影响土地通常须提供实物补偿，而其他资产则按 150% 的重置价值以现金补偿。

矿业公司在公平、公正地开展安置计划时面临不少挑战。该项目吸引了千计的移民涌入，彼等认为该地区将会有就业机会、会有丰沃的土地可供农业生产以及其他商机。人们短暂性涌入该地区，使得形势变得难以把控，同时为界定合适补偿标准增加了难度。矿业公司已就此采取多项措施，如逐步收购土地，限制人们进入将予收购的区域开展活动，以规避有关投机行为。大多时候，移民会迁入矿山影响地区（已有居民在此安置），以寻求安置补偿。这会引起重大安全及卫生问题。该等民众并无被强制撤离，而仅被告知须搬离其所处的受限制区域。矿业公司已记录该等状况，用以作为矿业公司捍卫公平及处理其他责任问题的立场之佐证。

安置团队所经历的问题之一便是，处理针对迁往外地谋生的民众之力度须加强，且受影响家庭恢复生计的过程充满挑战。矿业公司正在开展一项综合安置计划，所有家庭（包括迁往外地谋生者）均已知悉该安置计划，并充分参与其中。复原生计计划已得到改进。矿业公司提供了丰富的农业支援，并加强技术援助。在农业复原协助方面，矿业公司在旱季收购重置土地，从而使农民在废弃土地前能取得收入。这同时能让农民在新土地上开展农业活动，从而在不损失一年生产活动的情况下实现搬迁过渡。此外，矿业公司正推出非农业生计复原支援，包括技术及基本技能培训。很显然，部分民众渴望寻求其他就业形式，如从事小生意，而非再次从事农业活动。

在 rePlan 的支援下，矿业公司制定的重置计划在最大程度上满足了特许开采区内受影响民众的需求。矿业公司还协助开展一项自助安置计划，根据该计划，迁往外地谋生的家庭可购买及维修其房屋。矿业公司与民众共同努力，确保有关房屋符合矿业公司标准且可采用合理办法进行维修。例如，房屋须留置一定数量的窗门及出入口。这一方法的积极之处在于，迁往外地谋生的家庭成员可获得款项用来维修改建房屋。该安置方法一经实施便取得成功，获安置居民对此感到十分满意。

申诉机制

矿业公司已建立申诉机制，这一申诉机制符合赤道原则及国际金融公司绩效标准。矿业公司制定有现场标准操作程序，用以确保在处理申诉问题时统一采用适当机制。矿业公司在 Tenke 及 Fungurume 设有社区联络小组办事处，负责支持履行申诉职能。联络小组融入社区，确保社区成员知悉申诉机制及其运作流程。申诉事宜会呈至独立复核委员会，以寻求解决方法。该委员会由 4 名社区持份人以及 3 名矿业公司股东组成。复核委员会负责处理 FCX 的申诉事宜。回顾二零一五年所收到的申诉，可了解到这一机制的运作流程。二零一五年共收到 357 宗申诉。于年底，已处理 472 宗申诉，另有 74 宗正在处理。与 RAP 有关的申诉占 79%，主要牵涉资产确认及补偿，而余下 21%牵涉人身损害及环境破坏。

于二零一五年亦收到有人权申诉。年内共收到 29 宗申诉。于年底，已处理其中 28 宗，另有 1 宗正在处理。

矿业公司妥善处理所收到的申诉。通过由经培训的矿业公司人员及社区持份人组成的复核委员会处理申诉事宜，是处理有关事宜的有效方法。在实际过程中，申诉提起方对复核委员会给予的解决方法感到满意。

农业计划

矿业公司已采取农业发展计划，旨在促进农业可持续发展及增加特许开采区农民收入。该计划最初旨在提高农民技能，以提高玉米（该地区的主要农作物）产量。该计划现已将覆盖范围扩展至豆类及山羊。农业计划包括检测农作物种类，以评定最适合采矿特许权区种植的农作物。通过轮种豆类与玉米这两大农作物来提高产量，亦是该计划的一个重要方面。该计划的另一个重要方面是，矿业公司购买满足居民口粮需求之外的农作物，用以支援该项目。该计划还涉及项目的一个重大关切：食品安全事宜。随着计划深入及农作物产量提高，矿业公司开始倡导 COOP 模式。

山羊养殖项目乃为当中一个成功案例。参与项目的每一位农民获发放 3 只山羊，并规定在羊群数量增加后将该 3 只山羊退还。获退还的山羊又将发放予其他农民进行养殖，从而将扩大计划覆盖范围。该计划目前管理的山羊数量达 1,500 只。山羊主要用做肉食，还可另作他用。为丰富所养植物种，近期还从其他地区引入新的牲畜品种。

该计划最初有 600 户家庭/个农场参与，彼等实现自给自足之前将会一直得到支援。某一农场实现自给自足后，矿业公司会认真对该农场作出评估，以确保其在脱离该计划提供的支援后仍能继续取得成功。在部分农场脱离该计划后，又会有其他农场补充加入。

农业发展计划中有趣的一点是，移民亦可纳入其中。当中的理念是，许多移民加入计划后可从事养殖活动谋生，而不会从事违法犯罪活动。这一举措将降低该项目所面临的风险。

健康-水及公共卫生

水及公共卫生问题是受矿业公司潜在影响的社区所面临的一个问题。这是该项目目前支持开展的规模及投资最大的计划。在该项目实施之前，该地区并无饮用水供应。矿业公司起初为社区挖掘了 124 口井，交由社区进行管理。随着计划覆盖范围扩大，目前在多个地区正在挖掘水井。居民须付费购买井水，所收费用用来支付水井维护开支。Tenke 及 Fungurume 设有管理委员会，并成立有合作社用来为居民提供饮用水。在此过程中亦存在一些问题，如规模较小的社区无法取得充足资金来管理及维护水井。目前的思路是，成立代理机构或公司，由之管理及维护小社区所需的大量水井，从中实现商业盈利。所采用的方法是使公司可持续发展。

饮用水所涉及的另外一个问题是，检测水质，确保水质达到生物学及元素方面的标准，从而符合健康要求。管理人员会定期检查水井，确保水源可供饮用。由于该项目附近并无符合资质的实验室，水质检测的问题有待解决。这一问题有望通过当地实验室得以解决。

疟疾及霍乱是该项目所在地区的两大公共卫生问题。开展清理河道垃圾及植物有关的活动，已减少该地区霍乱的爆发。此外，社会社区资金资助改造 Tenke 的饮用水网络，这将增加 Tenke 水系统的供水能力及覆盖范围。旨在改善卫生状况的垃圾管理及公共卫生宣传（包括洗手习惯），亦对居民健康问题产生影响。已成立快速响应组来应对霍乱病情。隔离受感染人群，防止病情扩散，这尤为关键。通过灭蚊来减轻疟疾问题的计划取得成效，疟疾爆发率已由约 80% 降至 30%。矿业公司还支持 HIV 病毒控制计划，为居民普及预防感染的知识，并提供有关工具设备。

矿业公司与社会社区基金在该地区共同建设及 / 或翻新了五(5)个健康中心，并为该等健康中心配备相关设备。此外，该基金还未健康中心的产科病房建造洗浴设施，并正安装太阳能板为主要医疗设备供电。

教育计划

矿业公司所支持的教育计划主要旨在提高该地区民众的受教育程度，所采用的方法有：兴建学校，提供书本等教学物资，以及安排教师参加必修研讨课来提高其教学水平。各所学校均设有图书馆。矿业公司还制定了一项计划向表现优异的学生提供奖学金，帮助彼等从六年级起入读寄宿学校。入读该学校的资格较难取得，然而，在取得入学资格的 107 名学生中，仍有 87 名学生在校就读。矿业公司还开展了一项实习计划。来自当地三所大学的学生可通过该计划学习采矿项目方面的技术知识。

教育小组现正筹办一所技术培训学校，开设柴油机机械学及其他课程，向民众提供业余培训，供彼等为从事采矿职位及把握其他商机做好知识储备。该计划对成人及儿童均适合。此外，矿业公司还面向成人制定有关计划，开设了识字及基础技能等课程，使民众掌握更多知识，藉以在不断发展的社区内能够谋生。

教育计划正朝积极方向推进实施。参与教育计划的民众对教育抱有积极态度，认为教育对家庭的发展日益重要。然而，在教育方面取得成效仍需假以时日，不断积累。

经济发展

经济发展计划主要旨在巩固现有公司及企业，使之完善管理，以及增加就业。该计划试图发展能够在矿业公司项目关闭后仍能促进该地区持续发展的项目。该计划侧重引导人才采用有效的资金管理办法创业，同时倡导规范的人权政策。小型企业会获邀参加研讨课（通常为 3 天），分享理念及增进合作。潜在的商机涉及农业领域（供应品）、采矿支持（材料及供应品等）及社区支援领域。新城镇安置社区的建设包括兴建一个工业中心。这是个不错的想法，惟并无引起潜在公司的兴趣，亦无获得兴建资金。只有各公司合作并付诸行动，类似工业中心的设施方能建成。矿业公司无法凭一己之力兴建该等设施。

非法采矿问题

特许开采区受到的社会管理条件复杂。该地区涌入超过 100,000 人的大量人口，许多为了寻找就业机会。许多人的就业机会有限，因此转而进行犯罪活动以维持生计。因此，在特许开采区进行非法采矿作业已经成为一项有利可图的业务，有千百计失业人员加入。矿业公司估计至少有一千名工人每日在特许开采区从事业务活动。

非法采矿领域包括看似结构完善的生产机制及交易模式。在矿产供应链的源头，数千名矿工在十分艰苦的工作环境下使用简单的工具及凭借人力开采矿石。当地中间商经磋商价格后在矿山购买矿产。须注意的是，上述磋商并非按相等的议价能力进行，乃由于中间商有时为新的手工采矿项目预先融资，控制采矿成本及价格。中间商将矿石运输至 Kolwezi、Lubumbashi 及 Likasi 附近的主要交易枢纽。到贸易商行后，矿石进行加工及出口至世界市场。

如前文所述，从特许开采区运输矿石至加工设施乃经过妥善安排。众所周知，已加工材料出售予中国及印度冶炼厂。须注意的是，尽管在特许开采区开采矿石属非法行为，出售所开采的矿石却并不违法。该业务为一项发展成熟的业务，为受影响社区带来大量金钱，并且在很多层面上可能受政府领导人支持。矿业公司认为非法采矿是影响该项目的首要安全及人权问题。

非法劳工由两群人组成。约 50% 劳工是寻求谋生的正派人，而另外一半劳工则可被看作是罪犯。非法矿工时常侵入露天矿井、矿石料堆及废石地区收集矿石。近几个月，犯罪行为变得有攻击性，且涉事人士通常持有武器，如金属镐、弹弓、木块及石块。200 至 300 人大批进入采矿区，分成 15 至 20 人一群在不同位置作业。这些人似乎在与负责矿山及其雇员安全的安全人员交涉方面做了充分准备。

矿业公司承诺处理非法采矿作业时坚持安全与人权自愿原则。因此，最后不得已才会使用防御武装力量。有关为控制非法采矿活动所采取的安全措施的更详细讨论载于报告的安全作业一节。

14.3 社会社区基金

于二零一零年，矿业公司成立社会社区基金投资基础设施建设、教育、保健及农业，以支持受特许开采区影响社区的可持续发展。成立社会社区基金乃为回应于矿业公司与刚果民主共和国政府制定的采矿公约第 21 条下的合约责任。

如上一段所述，社会社区基金获 GoDRC、Gecamines、Lundin Holdings Ltd. 及 Tenke Fungurume Mining S.A.R.L. 订立的经修订及重订采矿公约第 21 条授权。以下为第 21 条订定的声明：农业及社会投资并描述矿业公司的义务。「充分符合该项目所涉及农业及社会投资适用的任何法律后，T.F.M. 将承诺创立一个基金，由 T.F.M. 及相关地方机关联合管理，以协助受该项目影响的地方社区发展地方基础设施及相关服务（如与保健、教育及农业有关的服务）。该基金将由 T.F.M. 按生产销售收入净额（按矿山交货价计）的 0.3% 出资提供资金。」

社会社区基金登记为由 Caitlin Hamill（经理人 / 技术顾问）管理的刚果非营利组织。该组织目前有 7 名职员参与其运行，包括一个管理团队（2 人）、利益相关者团队（3 人）、行政 / 财务支持团队（2 人），以及领导农业及基础设施建设活动的 2 名个人。教育分部即将委聘一名项目经理。该基金由来自省级政府、社区（Tenke 及 Fungurume）、矿业公司的代表及来自 Gecamines 的观察员代表组成的董事会管理。社会社区基金活动经咨询主要代表在股东论坛提出其社区对基金的需求及优先权后推动。该委聘指引项目甄选及董事会批准。社会社区基金目前经营良好，并在建立相互尊重及独立性方面取得重大进步，同时满足社区需求。

支持的主要领域为保健、教育、基础设施建设及农业。二零零九年三月至二零一五年十二月期间的总预算分配为 23.6 百万美元，其中 13 百万美元已分配予多个项目。以下项目由该基金支持：

- 保健—为保健设施提供适当设备；关于母婴健康的计划；预防和紧急护理；维持已制定的计划。
- 教育—为学校发展提供资金，包括提升教师资格；启动奖学金项目，向前 15 名授予奖学金；及管理学校。
- 基础设施建设—道路建设项目，包括维修；建设卫生保健设施；在 Fungurume 建设水管理设施；在村庄钻井获得饮用水井 / 供应；透过能力建设计划促进业务发展；为道路及其他基础设施建设项目提供维修预算。
- 农业—建立一个实习农场，展示产量增加、农作物多样化及其他提升产量的技术；促进农业改进以实现 8 个新农村；提供技术及组织支持予三个养鱼场及农业合作社为特许开采区的多个村庄；为农场提供维修预算。

社会社区基金的主要目标是取得重大进步，成为一个以有效、公正及透明的方式解决特许开采区社区需求的公认及独立的发展机构。提升利益相关者活动是一项重要考虑事项。罗列不同实体之间的明细以确保适当考虑及批准最能实现社会社区基金目标的项目。作出重大努力鼓励社区及政府取得由社会社区基金支持的多个项目的所有权。项目透过社区及政府的支持实现长期维护，方为一项成功的项目。

社会社区基金是一个支持特许开采区内及附近的社区可持续发展的组织。该计划为支持该项目的社会关闭管理计划提供良好基础。

14.4 安全作业

14.4.1 安全管理团队能力

项目有一名具备专业技术的安全管理人员，以及实现矿业公司为项目提供安全管理而设立的重要目标所需的人员编制。矿业公司认为，安全与人权自愿原则（自愿原则）是人权及安全计划的一个重要奠基石，为业务营运提供指引及提供机制以在各劳工及政府及社区合伙人之间促进参与、了解及尊重人权。安全作业团队由一名充分了解安全规定、人权问题及相关缓解措施的经理人领导。

自愿原则团队与社会计划团队密切合作，但主要由安全作业团队管理。

14.4.2 安全管理及人权

矿业公司承诺坚持自愿原则。Freeport-McMoRan 自二零零零年成立以来一直为自愿原则的一名成员。倘归类为可予以诉讼的风险要求制定及实施行动计划，则人权及安全列入风险评估。行动计划的结果于项目寿命期内或直至风险已大为减弱为止受到密切监督。矿业公司于过程中加入以下行动计划：(1)负责预防非法现场采矿及减轻其影响；(2) 特许开采区内公共安全提供商的行为；及(3)矿业公司雇员及承包商雇员的安全。

矿业公司使用的安全团队，包括 328 名雇员、835 名私人安全承包商及 118 名矿山警察（属政府警察）。矿业公司及私人安全承包商不携带武器，而是使用被动式策略将非法矿工驱离特许开采区。倘局面无法控制，则求助矿山警察处理问题。大部分安全人员已接受人权培训。

须注意的是，特许开采区内驻扎一支由矿务部长及按刚果法律指派的警官控制的矿山警察（政府警察）分队。矿山警察携带枪支并自行安排在矿业公司的警力部署，仅提供行政协助。

特许开采区内非法矿工持续不断作业乃深深困扰项目业务营运的主要安全 / 人权问题。安全部门已采纳被动管理方案，避免与非法矿工直接冲突 / 对抗，利用围墙（铁丝网）、确保设备在安全场所及安全储存未使用机器，逐步建立出入管制。

非法矿工被迫 / 被劝使离开活跃矿井及料堆，及由于频繁的巡逻搜索及没收材料以及矿山警察局拘留离开特许开采区。采矿区闲置后，增加巡逻人员以监控及防止人员流入。该策略的目的是使特许开采区的非法采矿行为无法维持 / 受挫，并促使在特许开采区外进行采矿。

采取其他措施控制及阻扰参与运输非法矿石及偷窃设备项目离开特许开采区。这透过矿山警察依法获授权在整个特许开采区内及当地村庄进行搜寻及搜索予以实现，矿山警察按所在司法管辖区的规定行事，检查堆料仓库、私人物业、国家铁路运输并逮捕犯罪者。矿山警察亦透过在 Nguba 及 Pumpi 的国道上设立关卡监管交通流动情况。这些措施导致非法采矿组织内部受挫及不满，这可能是导致主要与设备损坏及盗窃有关的犯罪活动增加的直接原因。这一不懈努力慢慢压制现有问题及未来可能会减少发生非法采矿问题。

很明显，开采矿产是特许开采区内及附近许多社区的一个重要的收入来源。其亦在特许开采区内及附近的持续不安全因素方面发挥重大作用。非法矿产交易所收益为控制国家安全力量及受影响商人及政治利益相关者提供预算。于过去一年，矿业公司安全部门在经营流程上作出部分变动以有助于控制该等问题。许多人因同谋而遭免职，干扰了地方采购供应链及非法交易活动。矿业公司安全人员在特许开采区内各地点的部署发生改变，减少应对时间，因而能更加及时地阻扰非法矿工。该等改变起到威慑作用，令非法采矿交易所潜在收入减少。

矿业公司安全人员在特许开采区内与非法矿工交涉时经常受其骚扰。安全人员经常受到轮番的石块攻击，有时个人受攻击，常常导致人员受伤。重伤情况并不时常发生，但在不断增加，乃由于近期实施的安全措施导致非法矿工因安全措施增加更为受挫。

于二零一五年，矿业公司遭遇多宗与特许开采区非法采矿有关的事件。二零一五年矿业公司员工发现或获报告 8 宗事故，导致非法矿工 11 人死亡，包括隧道塌方导致的 10 人死亡及一名矿山警察的行动导致的 1 人死亡。亦知悉 3 名非法矿工因与矿山警察对抗而遭受非危及生命的伤害。半数事件发生在特许开采区内。于一个活跃矿山区域发生的一宗事件的影响扩散至 Tenke。其涉及一大群矿工，这些矿工扛着主体离开 Tenke 料堆，并肆意破坏该地区的固定式采矿设备。人群前往 Tenke 的中心，肆意破坏公司社区联络办公室。由于该事件，公司社区联络团队发起宣传活动，锁定超过 400 名社区领导人，旨在动员彼等支持努力保护公司为地方社区的利益进行的投资。这次行动带来社区的正面反应，非法矿工发起的类似肆意破坏事件被社区成员采取的行动阻止。

如前文所述，矿业公司雇员及承包商因意图偷盗设备及燃料或进入特许开采区进行非法采矿活动的入侵者攻击而受到人身伤害。于二零一五年，人身攻击导致合共 96 人受伤，受伤严重程度涵盖需轻微急救处理的伤害至需住院治疗的伤害。大部分伤害（66 人）乃不携带武器的安全员工及承包商在守护矿业公司人员及资产时受到的伤害。其他 30 人受伤乃正在工作的人员受到伤害。此外，据报告矿山警察在与非法矿工对抗时有 10 人受伤。攻击事件不断增加，引起矿业公司及公司管理团队重大关注。

特许开采区的非法采矿行为仍为矿山的重大安全风险。除矿业公司已制定的安全措施外，该问题已透过结合有关自愿原则的持续培训、参加地方社区安全委员会及投资经济开发计划以促进社区的长期增长及替代生计予以解决。二零一五年矿业公司继续与非营利组织 Search for Common Ground 合作，透过沟通及参与计划解决引发地方社区冲突的因素，包括非法采矿。在该合作中，利用参与戏剧促进非法采矿有关问题的对话，在整个特许开采区各村庄进行 20 场表演，目标锁定逾 5,000 名人士。该等演出有助于促进了解非法采矿对社区的负面影响（如增加暴力行为），并鼓励社区成员就相关问题（如年轻人的机会有限）制定解决方案。

14.4.3 人权管理

矿业公司实施计划以在特许开采区内坚持安全与人权自愿原则。该项目已制定计划密切监督组织内的活动，以确保坚持自愿原则所述各项目。各种问题偶尔发生，但已采用适当方法予以解决。人权培训为该计划的重要组成部分，乃由于几乎所有安全人员（包括矿山警察）接受该培训。

人权内容载入培训材料以供新雇员的入职培训。二零一五年，2,869 名矿业公司及承包商雇员接受该培训。作为刚果民主共和国的一间私人公司，矿业公司不得进行国家雇员或政府代表（包括政府安全人员）的正式培训。然而，根据搜索及人权讨论小组的讨论结果，联合国组织刚果民主共和国稳定特派团（MONUSCO）提出对项目特许开采区获指派的公共安全人员进行人权培训。MONUSCO 能够于二零一五年进行「培训师培训」课程，该课程有 24 名参与者出席。二零一五年该等参与者对矿山警察进行培训。未来 MONUSCO 将继续受邀参与计划。

矿业公司建立人权合规专员职位，以取得、记录及追踪任何正式或非正式的获报告侵犯人权指控，包括与公共及私人安全供应商的行为有关者。合规专员监督：(1) 自愿原则及矿业公司政策的合规情况；(2) 培训活动；(3) 与人权有关的申诉机制；及(4) 提高矿业公司、承包商及潜在受影响社区的意识。人权问题已成为公司社区申诉管理系统流程的一部分。如前文所述，年内共接到 29 宗申诉，于年底，已处理其中 28 宗，另有 1 宗正在处理。矿业公司仔细监督及按年报告人权的各个方面。

14.5 职业健康安全计划

职业健康安全计划描述保护项目所涉及雇员的健康及安全而采取的行动。该计划经过良好设计及实施。所提供的数据显示，世界上这个与许多缺乏经验的工人打交道的地区存在良好计划。

14.6 考古及文化资源

保护地区考古及文化资源倚赖于实施最佳实践以进行适当识别、保护及缓解，亦倚赖于咨询地方社区的意见以了解特定区域及资源的意义及重要性。

重要的文化及历史遗址为项目发展的首选缓解对象。项目区域记录的所有地址均可有效避开。位于项目西部边界缓冲带的考古地点将会避开。此外，所有登记的墓地已排除在预计干扰之外。矿业公司进行主要管理行动，以于发生干扰前进行详细的场地评估。矿业公司采用的该计划产生良好效果。

14.7 关闭及复垦计划

矿业公司的关闭计划旨在确保项目遵守国家及国际指引并在可持续发展框架内运行。设施将进行复垦，目的是在项目关闭后阶段建立生产性用途（倘现实可行）。项目基础设施，包括道路、施工及运营营地以及工业设施，（倘可行）将整合入关闭后土地使用计划。

14.7.1 环境关闭计划

该关闭措施于初步关闭计划确认，提供项目将如何关闭以恢复开采前的状况的整体概念。须注意的是，矿井将保留，因此将可能开发成矿井湖。采取保障措施以尽量减少对人畜的安全健康伤害。矿山废物（废石及尾矿）将关闭，目的是实现开采前的土地用途。设施将由可用的材料覆盖，重建植被以防止风蚀和水蚀。将采用最佳管理实践以令所有地点实现稳定状况。

须注意初步关闭计划整体概述了运营的主要部分的关闭将如何完成。由于该项目已运行数年，有必要制定详细的关闭计划，明确项目各部分的详细成本估计。必须就项目各部分的各预计影响考虑适当的缓解措施。

14.7.2 社会关闭计划

社会关闭计划并非作为一项关闭计划特别处理，而是根据社会管理讨论（包括可持续发展评估）充分覆盖。关闭影响的影响分析法乃基于尽量减少负面影响及优化利益的过程进行。该过程专注于项目生命周期各阶段产生的直接和间接影响。另外两个领域获考虑：(1)除矿山关闭外，发展项目支持行动重于可能令个人及环境获益的影响相关的缓解措施（社会及环境投资）；及(2)经预测正面影响的生态或社会后果预测。

矿业公司为鼓励正面、长期影响而可采取的行动乃透过利益相关者磋商及一系列研习会及讨论予以确认。确认行动及规定影响标准后，可评估行动对人、环境及可持续发展能力的整体影响。提出社会关闭行动的社会发展计划有三大要素：(1)旨在减轻项目的潜在负面社会及环境影响并将其转换为正面影响的投资；(2)旨在促进项目所在区域人口的社会发展及促进矿山寿命期内及之后的地区经济增长的投资；及(3)成立社会社区基金及创建管理基金，促进特许开采区内社区的社会发展及促进项目寿命期内及之后未来的地区增长。矿业公司实施的社会管理计划预期将成功促进关闭后期间及以后的长期经济发展。该项目预期将减少重大社会影响，乃由于采矿业务已停止。

14.8 潜在环境及社会问题概要

与矿业公司项目运行、关闭及关闭后阶段有关的潜在问题概述如下。对任何采矿项目而言，主要问题乃与对水量及水质的潜在影响、生物多样性问题及社会影响及主要涉及非自愿移民及非法采矿的缓解措施有关。因此，大部分潜在问题可透过实施适当的缓解行动予以解决。

- 存在的生物多样性问题主要与对铜植物植被群落的关键栖息地及走廊林栖息地的潜在影响有关。采矿过程中将移除铜植物植被群落，这须重新制定及可能实施其他休耕或保护计划。涉及影响走廊林栖息地（关键栖息地）的风险将要求实施缓解行动，主要为了预防因河流改道引水而导致水资源枯竭，及因地下水资源枯竭而导致泉水流量减少。
- 因矿山废石设施渗漏、矿产加工相关的有害溶液、石油产品、溶剂及有害废物泄漏而对水质的潜在影响。
- 侵蚀和沉降控制将成为矿业公司项目所面临的气候条件的一个问题。实施最佳管理实践将为预防日后发生问题的主要考虑事项。必须审慎规划跨河桥建设及管理涉及关键栖息地的沿河干扰。
- 废物管理主要与有害废物处理有关，须予以仔细监控。有害废物储存设施渗漏并流向外界可能导致须进行重大的长期缓解工程。
- 非自愿移民活动经妥善规划及实施。重要的是，继续进行参与行动，促进计划取得成功。
- 安全问题主要涉及非法采矿，这一问题将于项目寿命期一直存在。该问题预期将改进，乃由于社区居民更多地关注保护其利益。
- 须制定经更新关闭计划，其中包含详细的复垦区长期管理。重要的是制定一份详细的矿井湖计划，确保安全及环保的稳定关闭后环境。

15 矿山风险及机会评估

15.1 机会

RPM 认为，该项目带来多个机会。包括：

- **硫化矿：**对于露天和地下采矿方法硫化矿未被包含在目前的探明的矿石储量中，这些材料有可能极大延长矿山寿命和增加 Cu 和 Co 只基于目前氧化矿石的生产量机会。RPM 建议分析硫化矿石的开发选项，这些选项应当包括将优化氧化矿生产与硫化矿结合起来生产，这在 2037 年停止氧化矿生产特别有关，那时计划处理 LG 矿量，在此减少 Cu 生产。
- **现选厂的去瓶颈化：**尽管已实现日处理量 1.70 万吨/天（计划的是 1.48 万吨/天），但这不是可持续的，因此需去瓶颈化以实现年续地满足这一量。矿业公司计划审核升级首级压碎机、半球磨机、矿石筛和旋流器，以及安装砾石压碎机。RPM 提示如果达到处理产量，这会增加 Cu 和 Co 的生产，应采取进一步的短期和中期的矿山计划以保证所需的酸和不可超过日生产量。
- **氧化矿山优化：**在项目内预计采矿在 15 个地区发生，其中有 5 个始张处于运营中。另外基于品位和酸消耗，矿山计划排产要安排 5 种不同矿石和矿堆以保证正确在原矿垫上混矿。尽管这会导致实现实际排产计划的复杂性，但矿坑数量、需要的扩帮和矿石类型在生产呈现很大的灵活性，以达到所要求的处理量和酸消耗量。RPM 指出，本报告所提的排产受设备能力和最大耗酸量限制，但是每年会比现在的处理量多。RPM 认为排产计划既要实际又要可实现，应分析各种选项，包括减少采矿量以匹配矿石处理量，增加采矿量以允许在矿山寿命早期有更高品位的矿石，以及不同的选项去开发硫化矿开采。整个现在计划的所有选项和劣势都有不同的成本情形，这会实质影响项目价值和社会风险（如快采消除非法开采问题）

15.2 风险

与其他工业及商业业务相比，采矿是风险较高的业务。每个矿山有独有特点，在采矿及加工时有不同的反应，可能难以完全预测。RPM 对矿山的评估表明，矿山风险状况为刚果资源量、矿山规划及发展水平类似的大型矿山的典型风险。在进一步研究提供更大的确定性之前，RPM 提示，其在该项目发现的风险及机遇概述于表 15-2。

RPM 已尝试依据香港联合交易所有限公司发布的合约指引第 7 项对与矿山相关的风险分类。风险按等级划分为高、中或低，透过评估风险的后果及发生机会，使用下列释义厘定：

风险后果：

- **重大：**矿山有即时结束的风险，如未加以纠正，将对矿山的现金流及表现有重大影响（>15%至 20%），甚至可能令项目矿山；
- **中度：**如未加以纠正，可对矿山的现金流及表现有重大影响（10%至 15%或 20%），除非有补救措施减轻影响；及
- **轻度：**如未加以纠正，对矿山的现金流及表现将有轻微影响或全无影响（<10%）。

风险在七年内发生的机会可分为：

- **高可能性：**多数会发生；
- **有可能：**可能发生；及
- **低可能性：**多数不会发生。

风险的后果及其发生机会然后合并入表 15-1 所示的整体风险评估，以厘定整体风险等级。

表 15-1 风险评估等级

可能性	后果		
	轻微	中度	重大
高可能性	中	高	高
有可能	低	中	高
低可能性	低	低	中

RPM 注意到，在大部分情况下，透过审核矿山的经营、现有文件及额外技术研究而进行控制，许多常见的矿山风险可予缓解。

w 风险评级	风险描述及建议的进一步审核	潜在缓解措施	影响领域
矿石储量风险分析			
中	供电 电源往往是通过欠压和停电中断。但 RPM 注意到，最近供电情况已经改善至 98%，但是将来电费成本会更高，会存在变化。	获得政府和当地社区持续性支持以确保满足供应量	生产
中	社会经济社区关系 社会管理计划，包括移民安置行动计划和申诉程序的开发已经完成。投诉问题时有发生，主要与粉尘、泥沙淤积、以及有关在移民安置区低质量的庄稼地担忧。此外，还发生过蓄意破坏。	继续社会制度的进一步发展	生产
中	非法开采 非法采矿是由各个矿区众多团体进行。采出量对于生产并未造成很大的破坏；社会和生产的会影响在矿山逐渐成熟过程中得到提高。	加大已经建立良好的社会和社区互动	生产计划
低	运输物流 虽然公司对部分国道进行了维护，但其它道路处于破损状态，属撒哈拉以南地区普遍现象。	继续与政府协调	运输运营成本
低	矿山计划 短期矿山设计使用长期块段模型进行，而没有使用通过品位控制数据而制作的短期品位控制模型。	开发短期和中期品位规划控制数据和模型系统。RPM 指出，目前工作正在进行。	生产计划
低	2006 年之前的勘探资料 有限的取样流程和「质量保证及质量控制」已经提供了 2006 年以前的勘探工作。此数据无法进行 100% 验证。	剩余数据重新取样并完成空间分析	资源量估算
低	尾坝设计和许可批准 使用 2019 年的设计，尾水坝已在过去一年来支持生产并在初步设计指导下显著提升。同时，需要对 2031 年以后的尾矿存储设施的服务年限做进一步设计。RPM 指出，风险与成本相关，而非时间。	要求完成设计和许可申请	资本成本

增加硫化矿生产的风险分析			
中	采矿研究的准确性 硫化矿山开发仅做了概述性的矿坑优化和地下、硫化选厂的范围研究。未做同时含有露天和地下掘进的联合研究。	完成其它研究来证实可行性和开发方案抉择	开发方案，有效降低资本成本和时间。
中	供电 目前的氧化矿项目有合适供电渠道，但是硫化矿作将需要至少 50MW 附加电流的电源。	分析成本和各种不同方案	掘进方案和时间
中	地下工程地质及水电试验工作 工程地质工作中，对地下矿区仅有限的水电研究，这样的范围研究中使用的参数仅具有概述性，可能会影响到拟定采矿方法相应采矿回收率	完成测试工作	地下矿山生产规划
低	硫化选矿设计和试验工作 虽然硫化选厂的测试工作和设计已经按照范围研究的精确程度，但需要进一步的测试工作，从而确认回收率、流程和资本成本，以支持生产。RPM 指出，这并不影响任何形式的矿石储量规划；但对于项目升值潜力而言是一个风险。	完成测试工作和各项设计	针对硫化选厂的资本成本和选矿标准（而非矿石储量资本成本）
低	尾矿库设计 硫化选厂和生产运营相关的预概念层面设计和成本计算已经完成。	完成详细研究（在采矿研究报告完成基础上）	资本成本

A. 专家经验和资质



Jeremy Clark - 香港经理 — 地质学理科荣誉学士 — 地质统计学硕士资质 — 澳大利亚地质科学家学会成员

Jeremy 先生在矿业行业拥有 15 年以上经验。在此期间他曾负责设计、实施及监理众多勘探、露天及地下矿山生产任务、详细构造及地质填图、编录；并在资源量估算技术方面拥有丰富经验。Jeremy 先生曾在澳大利亚多种矿业运营和在南北美洲工作的丰富经历，为他在各种金属矿床资源估算以及按照 NI-43-101 报告标准进行资源报告等工作奠定了十分坚实的理论及实践基础。

由于丰富的相关经验涵盖各种矿业商品和矿床类型，Jeremy 先生已达到 NI-43-101 「资格人士」标准和 JORC 金属资源报告「资质人士」标准。同时，他还是澳大利亚地质科学家学会成员。

Philippe Baudry — 亚洲、俄罗斯及独联体区域总经理— 资深地质专家/ 地质统计学硕士、矿物勘探和采矿地质学士、地质学专业资质、澳大利亚地质科学家学会成员

Philippe 先生作为地质专家有超过 19 年的从业经验。Philippe 先生已作为地质顾问工作 8 年，起初与 Resource Evaluations 合作，从 2008 年 Runge 集团收购 ResEval 集团公司之后，又与 Runge 合作。在此期间，Philippe 先生主要在俄罗斯工作并对 2 个大型的铜斑岩专案进行开发，从勘探可行性阶段开始，也包括在俄罗斯进行金属矿专案的尽职调查研究。他在澳大利亚的工作包括为必和必拓公司 St Barbara 矿山进行资源量评估，并和许多其他客户在澳大利亚和海外进行各种方式的金属矿化类型调研及开采。2008 年，Philippe 先生取得了 Edith Cowan 大学地质学硕士学位，进一步完善了他在地质建模及地质统计学技能。同年，Philippe 先生开始常驻中国工作，通过私募或证券等各种管道主要为位于中国、俄罗斯、印尼及蒙古国等地的专案进行过大量尽职调查、独立技术审核（ITR）、采矿调研等。

在成为顾问之前，Philippe 先生于西澳大利亚金矿区不同职位工作过 7 年，包括担任某大型露天金矿地质师及地下开采矿山高级地质师。此前，Philippe 先生还担任澳大利亚中部及北部早期金矿及金属矿山勘探专案外聘专家。

在具备多种矿产品和矿山类型工作经验的情况下，Philippe 先生符合大多数冶金矿产资源 43-101 报告「资格人士」及 JORC 标准及香港交易所标准下的金属资源「资质人士」要求。同时，Philippe 先生是澳大利亚地质学家协会的会员。

John L. Uhrie 博士（专业工程师），首席选矿与环境工程师，密歇根理工大学-地质工程学士（1991 年），怀俄明州地质大学-地质学硕士（1993 年），密歇根理工大学冶金工程博士（1996 年），矿冶与探测协会会员，美国采矿与冶金协会合格人士

Uhrie 博士有 20 年以上大型矿业公司专家经验，包括 Phelps Dodge、Freeport McMoRan 和 Newmont 等。他曾在三个大洲参与过矿山运营，并在生产、运营管理、专案开发、工程和铜金矿专案启动方面经验均十分丰富。他作为高级选矿工程师和专案经理人，能够站在矿长的角度来看整个专案工作的方方面面，并拥有极为深入的专业见解。他的经验涵盖从预可行性研究至详细工程工作，同时，他在铜的硫化选矿、生物堆浸、压滤氧化和溶剂萃取-电积工艺方面，也是公认的技术专家。Uhrie 博士曾撰写十八部技术出版物和一本书、持有 2 美国专利。作为「注册的专业工程师」（采矿及选矿）；同时，还在在美国采矿及冶金学会中拥有「合格人士」资质。此外，Uhrie 博士能说流利的英语和西班牙语。

Terry H. Brown 博士，首席环境专家；爱达荷大学土壤和环境化学专业博士（1986 年）；华盛顿州立大学土壤化学/形态学硕士（1977 年）；华盛顿州立大学森林管理专业学士（1974 年）；美国化工协会会员；RCPAC 注册认证专业土壤科学家# 1742；美国地表采矿和复垦协会会员；美国土壤学会（农协会）会员

Brown 博士在美国和国际环境领域拥有 35 年以上专家经验，曾在美国联邦煤矿/环境监管机构、两家煤矿公司、一家国际研究机构和一家国际环境咨询公司任职并获得大量国际经验。他所专业从事过的土壤和水管理工作包括：「水资源管理」— 矿物及煤炭、金属溶解、尾矿库、废石管理、水处理、侵蚀和沉积控制、水和土壤化学相关的酸性岩排水开发潜力；「土壤管理」— 土壤化学、土壤形态/填图、土壤肥力、土壤微生物/生物修复等。

此外，他还在环境影响分析、影响降低措施开发、矿山建设和运营许可申请、复垦/矿山关闭规划、矿坑湖开发、环境监测、土壤制图、环保标准合规工作、环境责任确定和环境成本核算等方面拥有极为丰富的经验。

Tim J. Swendseid，美国弗吉尼亚州夏洛茨维尔 2010 年特许金融分析师协会会员；美国亚利桑那州（图森）亚利桑那大学，Eller 管理学研究生院 2006 年工商管理硕士；美国蒙大拿州（Butte）矿物科学与技术学院 1984 年采矿工程学士；美洲某咨询服务机构总裁；美国科罗拉多州特许金融分析师协会会员；美国亚利桑那州和爱达荷州专业工程师执照；矿冶与探测协会注册会员（SME）；智利矿业研究院专家

Swendseid 先生拥有 30 年以上专家经验，其中包括在美国、智利、墨西哥等地的生产矿山担任多种高级领导职位。Swendseid 先生曾参与过大量生产与施工审核、大量调查和内部开发项目以及独立资产和整个公司的收购评估工作。他的经验还包括露天矿山和窄脉地下矿山的开采。他对各种规模的项目均在技术、运营和财务等层面拥有极为专业的见解。此外，Swendseid 先生能讲流利的西班牙语。

Esteban Acuña - 高级地质师 - 智利康赛普斯翁大学地质学学士 - 智利矿业委员会注册会员

Acuña 先生在地质统计学、地质建模和 3D 建模领域拥有 19 年以上工作经验。包括取样控制、「品质保证和品质控制」、设计和勘探钻孔、钻孔和地表填图、控矿、给矿控制、选厂品位核实等。加入 RPM 之前，Acuña 女士曾在南美洲多家大型矿业公司担任资源地质师。在此期间，她所使用的矿业软体包包括 Vulcan、Medsystem、Minesight、Pcxplor、Geomodel、Dips、Surface、以及 Gslib。

Pedro Repetto（专业工程师）首席土木工程师；普渡大学土木工程硕士（1970 年）；秘鲁天主教大学土木工程学士（1965 年）；注册工程师（美国科罗拉多州、其他几个州、秘鲁）

Repetto 先生拥有 40 年以上土木工程、岩土工程、地震工程、矿山、固体废物和环境整治专案的经验。他的经验涵盖了超过 500 个专案，其中包括专案开发、实施执行、矿山关闭的全部阶段。矿业资格包括了超过百余个专案以及百余项民用和岩土工程。此外，他曾于近期在 McMoRan 资产的多个自由港，包括：Safford, Morenci, Chino, Cobre, Tyrone, Henderson, Cerro Verde, El Abra, Candelaria, 以及 Ojos del Salado 专案担任经理职务，负责为必和必拓公司 Coermotibo (Suriname) 尾矿坝存储池进行设计和施工监控工作。Repetto 先生作为独立的顾问经验包括尾矿坝、过滤垫、深（潜）地基、边坡稳定性、挡土墙、固体废物管理、矿山关闭、采矿设备回收以及环境整治专案等。

Rondinelli Sousa - 高级采矿工程师 - 巴西圣保罗大学 2006 年矿物工程学硕士 - 巴西 Campina Grande 联合大学 2002 年 - 矿冶与探测协会会员

Sousa 先生拥有强大的技术背景。专家经验包括矿山规划技术实施专案、矿体建模、品位评估、以及应用统计学。在加入 RPM 之前，Sousa 先生是 Datamine 集团采矿工程顾问，在美国、拉丁美洲、南美洲等地提供技术咨询和支持服务。Sousa 先生精通英语，葡萄牙语和西班牙语。

公司相关经验

RungePincokMinarco（RPM）是一家国际化的矿业资产和运营经济评估方面咨询和技术解决方案的，创新的市场领导企业。RPM 为矿业提供咨询服务历史超过 45 年，是世界上最大的公开上市开采技术专家独立集团。

RPM 曾在全球超过 118 个国家完成超过 11,000 个研究专案，涵盖全部主要商品和开采方法。

RPM 在世界上全部重点矿业区域提供专家服务，我们的团队了解当地语言、文化、地形和生产情况。RPM 的全球技术专家团队分布在世界各地 18 个办事处。通过他们的全球资源网路，RPM 能够为您的专案提供所需的专业技能。

RPM 作为咨询机构，能够在整个矿山服务年限内提供独立技术顾问，包括勘探和专案可行性、资源量和储量评估、采矿工程、矿山评估服务以及采矿和金融服务行业等等。

RPM 的值得信赖的顾问在行业各个领域专长包括：

- 地质
- 采矿工程
- 选矿
- 煤炭洗选及制备
- 基础设施和交通运输
- 环境管理
- 合同管理
- 矿山管理
- 财务和专案资金
- 商业谈判

RPM 成立于澳大利亚，因此对澳大利亚公司和顾问准则规定中的守则和要求都有十分专业的见解。

在过去的 45 年当中，RPM 已经通过相关全球行业规范合规工作，成长为持续为客户和各方机构值得依赖的企业，其中相关国际行业准则包括：

- 澳大利亚采矿与冶金研究院行业道德标准
- 澳大利亚勘探结果、矿产资源量和矿石储量报告准则
- 澳大利亚地球科学家研究院道德与实践守则
- 采矿、冶金及勘探学会行业道德准则
- 国家矿产专案披露 NI43-101 规则

RungePincokMinarco 过去六年为首次公开招股及集资执行众多采矿技术尽职调查程式和报告，参与矿业募集资金总额超过 440 亿美元的资金。部份此工作与其他工作的摘要列于表 A1。

RPM 利用其专业知识的力量，也提供最先进的矿业软体技术，透过全球寻找矿区调度、设备模拟和财务分析。RPM 软体深受采矿专业人士信赖，让他们了解如何构建自己的长期和短期业务，有效利用的最佳实务方法和解决方案。

表 A1 – 采矿相关首次公开招股以及集资尽职调查经验

2016 CGN Mining Company Limited; JORC 标准下的矿产资源量和矿石储量合格人士报告及独立技术审核，以加入香港证券交易所通函并支持一项重交易，从而收购 Fission 油矿公司加拿大 Pattersons 湖铀矿专案 19.9% 的股权。

2015 BHP Limited Demerger into South 32; 按照欧洲证券和市场管理局建议，就持续性贯彻「委员会条例」[809/2004 号]并执行前瞻性指令（「ESMA」建议）而编写独立技术审核和合格人士报告。《独立技术报告》为 Illawara 煤炭控股集团位于澳大利亚新南威尔士州的资产而编制。

2014 MMG Limited; JORC 标准独立技术审核下，为加入香港证券交易所通函的矿产资源量和矿石储量《合格人士报告》，用于支持秘鲁 Las Bambas 铜及金矿收购工作。

2014 Hidili International Development Company., Ltd; JORC 标准独立技术审核下，为加入香港证券交易所通函的煤炭资源量和煤炭储量《合格人士报告》，用于支持中国云南省多个煤矿专案撤资。

2013 China Molybdenum Company., Ltd; JORC 标准独立技术审核下，为加入香港证券交易所通函的矿产资源量和矿石储量《合格人士报告》，用于支持澳大利亚新南威尔士州 Northparkes 铜及金矿收购工作。

2012 ChinaGold Resources International., Ltd; 西藏甲玛铜金属矿阶段 II NI 43-101 HKEx 预可行性研究。中国

2012 China Precious Metal Resources Holdings Co., Ltd 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国云南省黄金作业的收购。

2012 Kinetic Mines and Energy., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的称职人员报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国内蒙古省地底煤矿资产的首次公开招股。

2012 China Daye Non-Ferrous Metals Mining., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国湖北省 4 个营运地底铜矿、铅矿、锌矿资产的收购。

2012 Huili Resources Group ., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国新疆省与哈密省多种地底镍矿、铅矿、铜矿与金矿资产的首次公开招股。

2011 China Polymetallic Limited Mining., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国云南省铅锌银多金属地底矿业资产的首次公开招股。

2011 China Precious Metal Resources Holdings Co., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国河南省多个地底金矿矿业资产的收购。

2011 HaoTian Resources Group Limited; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国新疆自治区地底煤矿的收购。

2011 King Stone Energy Group., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国山西省的 2 个地底煤矿的收购。

2010 China Precious Metals Holdings Co., Ltd; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国河南省多个地底金矿开采资产的收购。

2010 Century Sunshine Group Holdings Limited; 根据 JORC 与独立技术审核进行矿产资源量和矿石储量的合格人士报告，将包括在香港交易所公告中以支持的中国江苏省蛇纹岩矿业资产的收购。

2010 Doxen Energy Group Limited; 根据 JORC 进行矿产资源量的独立技术审核与估算，将包括在香港交易

所公告中以支持的中国新疆自治区煤矿资产的收购。

2010 KwongHing International Holdings (Bermuda) Limited; 独立技术审核，将包括在香港交易所公告中以支持的极为重大的收购事件。

2009 Metallurgical Corporation Of China Ltd (「MCC」); 独立技术审核，将包括在章程中以支持的一只在香港交易所上市的股票交易。

2009 Nubrand Group Holdings Limited, Guyi Coal Mine; 独立技术审核，将包括在证券交易所公告中以资援引的香港上市公司购买的矿业资产。

2008 China Blue Chemical Limited, Wangji and Dayukou Phosphate Mines; 独立技术审核，将包括在证券交易所公告中以资助列示的香港公司购买的矿业资产。

2008 Kenfair International (Holdings) Limited, Shengping Coal Mine; 独立技术审核，将包括在证券交易所公告中以支持的列示的香港上市公司购买的矿业资产。

2007 China Railway Company Limited, African Copper/Cobalt Assets; 在香港证券交易所集资，以收购矿业资产。准备用于香港交易所中规划的首次公开招股的合格人士报告。

2010 KwongHing International Holdings (Bermuda) Limited; 为加入香港证券交易所通函而支持某个极为重大收购专案所做独立技术审核。

2009 Metallurgical Corporation Of China Ltd (「MCC」); 为支持在香港联交所证券交易所上市而加入招股说明书的独立技术审核。

2009 Nubrand Group Holdings Limited, Guyi Coal Mine; 为支持某香港上市公司矿业资产收购并加入香港证券交易所通函所作独立技术审核。

2008 China Blue Chemical Limited, Wangji and Dayukou Phosphate Mines; 为支持某香港上市公司矿业资产收购并加入香港证券交易所通函所作独立技术审核。

2008 Kenfair International (Holdings) Limited, Shengping Coal Mine; 为支持某香港上市公司矿业资产收购并加入香港证券交易所通函所作独立技术审核。

2007 China Railway Company Limited, African Copper/Cobalt Assets; 在香港证券交易所矿业资产进行募资，并在香港证券交易所为计划的「首次公开发行」编写《合格人士报告》。

2007 China Railway Company Limited, African Copper/Cobalt Assets; 在香港证券交易所矿业资产进行募资，并在香港证券交易所为计划的「首次公开发行」编写《合格人士报告》。

2007 Gloucester Coal Limited – 为澳大利亚证券交易所计划而进行独立技术审核

2007 Gloucester Coal Limited – 澳洲证券交易所协议安排的独立技术审核。

B. 专业术语



▪ AA	原子吸收法（分析方法）
▪ Ai	耐磨指数
▪ ANFO	硝铵盐燃油（炸药）
▪ AsCo	酸可溶性钴
▪ AsCu	酸可溶性铜
▪ BWi	邦德功指数
▪ C	摄氏度
▪ CCD	逆流倾析法（矿石选矿方法）
▪ cm	厘米
▪ CO ₂	二氧化碳
▪ COG	边界品位
▪ CRM	具有资质证的参考标准物
▪ Cu	铜
▪ Cv	变异系数
▪ dBA	分贝（声强）
▪ DD	金刚石钻孔
▪ DDH	金刚石钻孔
▪ DH	金刚石钻孔
▪ DIA	环境影响陈述
▪ dia	直径
▪ EDA	勘探数据分析
▪ EHS	环境、健康与安全
▪ EIA	环境影响评价
▪ EP	赤道原则
▪ EPC	工程、采购和施工
▪ EPA	环境保护机构
▪ ESIA	环境和社会影响评估
▪ ESMS	环境与社会管理体系
▪ Fe	铁
▪ FPIC	自由、优先、知情的协商
▪ FS	可行性研究
▪ G&A	常规行政（费用）
▪ HDPE	高密度聚乙烯
▪ hr	小时

▪ ID2	反距离平方（储量估算方法）
▪ IDC	反距离立方（储量估算方法）
▪ IDW	反距离加权（插值法）
▪ IFC	国际金融公司
▪ IK	指示性克里格法（储量估算方法）
▪ KE	克里格效率
▪ kg	千克
▪ km	千米
▪ KSR	回归克里格斜率
▪ kV	千伏
▪ kW	千瓦
▪ kWh	千瓦时
▪ kWh/t	千瓦时/吨
▪ l and L	升
▪ lbs	磅（常衡）
▪ M	百万
▪ m	米
▪ m ³	立方米
▪ Ma	百万年
▪ masl	海拔米
▪ MC	（测试样品中的）主复合材料
▪ mil	密耳（千分之一寸）
▪ mm	毫米
▪ m/sec	米每秒
▪ MT	百万吨
▪ Mtpa	百万吨每年
▪ MW	兆瓦
▪ O ₂	氧气
▪ OK	普通克里格法（储量估算方法）
▪ PACK	概率分配限制克里格法（储量估算方法）
▪ PAF	潜在酸构成
▪ PAG	潜在酸生成
▪ PGE	地面峰值加速度
▪ pH	氢离子浓度的负对数（酸/碱性的量度）

▪ PMP	可能性最大降水量
▪ PVC	聚氯乙烯
▪ PS	性能标准（国际金融公司）
▪ QA/QC	品质保证/品质控制
▪ QKNA	量化克里格邻域分析
▪ QQ	分位数分位数（统计数据图表）
▪ RC	反回圈（钻孔）
▪ RPM	RungePincockMinarco 公司
▪ RPP	增强聚丙烯（类型的膜）
▪ RQD	岩石品质指标
▪ S	硫
▪ S2-	硫磺硫化
▪ SAG	半自动
▪ SE	搜索椭球体
▪ s.g.	比重
▪ SLS	固液分离
▪ SMC	半自磨机粉碎（矿石选矿测试流程）
▪ SPI	SAG 磨电力指数（矿石选矿测试程式）
▪ ss	不锈钢
▪ StdDev	标准偏差
▪ TCo	全钴
▪ TCu	全铜
▪ TDH	总动力压头（泵排量）
▪ TIN	不规则三角网
▪ tpa	吨每年
▪ tpd	吨每日
▪ TSF	尾矿储存设施
▪ USD	美国美元
▪ V	伏特
▪ VCS	Vulcan Chronos Scheduler 规划软体
▪ WHO	世界卫生组织
▪ WRSA	矸石存储区域
▪ XRD	X 射线衍射法（矿物学分析）
▪ XRF	X 射线萤光法（化学分析）

C. JORC 表 1



第1节 - 取样技术及数据

标准	JORC 规则诠释	说明
取样技术	- 取样的方式和质量(举例：刻槽、随机检块或适用于所调查矿产的行业专用标准测试工具，如伽马测井仪或手持式 X 荧光分析仪等)。「取样」方式不限于上述所列。包括采取措施借鉴的参考意见，确保样本有代表性及任何使用的测量工具或系统有合适标准。 - 说明为确保样品代表性及测试工具或测试系统的校准而采取的措施。 - 确定矿化的各个方面对公开报告具有实质性意义。若采用了「行业标准」工作，任务就相对简单(如「采用反循环钻进取得了 1 米进尺的样品，从中取 3 千克粉样，以制备 30 克火法试样」)。若为其他情况，可能需要更详细的解释，如粗粒金本身存在的取样问题。不常见的矿种或矿化类型(如海底结核)，可能需要披露详细信息。	2006 年之前的历史钻孔数据未能完好保存，然而 SMTF 的样品还是在尚比亚 Kitwe 的 Rhokana 实验室进行了化验。Phelps Dodge 样品（2006 年）以及 Freeport-McMoRan 样品(2007-2008 年)送至南非约翰尼斯堡的澳实 Chemex 实验室进行了化验。尽管同时也使用了美国图森的 Skyline 实验室，但 2009 年以来，半岩芯切割、放入样品袋、全部样品制备、化验确定功工作，均由内部的 Fungurume 实验室进行。作为公司的「品质保证及品质控制」流程的一部分，澳实实验室作为二级实验室进行使用。 - 用于进行项目资源量估算的全部钻孔数量为 5,587 个，总进尺为 902,197 米。 - 半岩芯在 105℃ 温度下经过 6-8 小时干燥，并依次粉碎、劈芯和制浆以得到 200g 的 #200 粒度矿粉。 - 化验协议如下：澳实实验室及公司内部实验室采取 0.5 克样本，并使用三酸消化（盐酸、高氯酸和硝酸）与原子吸收光谱法（AAS）进行全铜（TCU）和全钴（全钴）的检测。此外，基于三酸消解，公司实验室和 Skyline 实验室对全铜和全钴的检测通过感耦等离子体原子发射光谱分析方法（ICP-OES）完成。 - 全部实验室对酸可溶性铜、钴的测定均使用公司酸溶铜、钴的方法，因此（公司以及澳实实验室）或 ICP（Skyline），使用原子吸收光谱法，添加硫酸、亚硫酸钠和硫酸亚铁并进行 6 个小时搅拌、消化。其后，将同一组样品送至 ICP，对钙、镁、锰等其他元素进行测定。
钻探技术	钻探类型(如岩心钻、反循环钻、无护壁冲击钻、气动回转钻、螺旋钻、班加钻、声波钻等)及其详细信息(如 岩心直径、三重管或标准管、采用反循环钻等预开孔后施工的岩心钻探进尺、可取样钻头或其它钻头、岩心 是否定向，若是，采用什么方法，等等)。	- RPM 指出，主要金刚石钻孔钻芯 PQ（8.5 厘米直径）、HQ（6.4 厘米直径）或 NQ（4.8 厘米直径）已用于定义矿化。同时，钻孔还用于支持作为资源量估算、地质和水文地质研究基础，还从平硐和探槽位置采取了冶金测试样品。 - 钻孔通常从 PQ 岩芯型号开始，其后根据需要下降至 HQ 和 NQ。工程地质和水文地质研究中使用的钻孔位 HQ 直径孔。
钻探样品收集	- 记录和评价岩心/屑采取率的方法以及评价结果。 - 为最大限度提高样品采取率和保证样品代表性而采取的措施。 - 样品采取率和品位之间是否相关，是否由于颗粒粗细不同造成选择性	RPM 认为金刚石钻孔岩芯回收率通常在 90% 至 100% 之间较为合理，但发现回收率偏低。通过 RPM 进一步金刚石钻孔审核表明，低回收率区域与剧烈的断裂带或断层间隔相关联，并且上不区域风化也十分严重。但认为这些低回收率区域

标准	JORC 规则诠释	说明
	采样导致样品出现偏差。	不会对目前估算的「矿产资源量」总量造成重大影响。
编录	- 岩心/屑样品的地质和工程地质编录是否足够详细，以支持相应矿产资源量的估算、采矿研究和选冶研究。 - 编录是定量还是定性。岩心(或探井、刻槽等)照片。 - 总长度和已编录样段所占比例。	- 公司于 2006 之后的钻孔拥有较为先进的编录和取样流程，并且不断改进，提交到外部审核机构进行审核，并确定所使用的工作流程和标准能够得到可信度很高的结果。公司地质顾问按照现有矿床地层名称对样品进行了编录。由地质顾问监督，数名助理进行了拍照和回收工作。 - 现场考察期间，RPM 对 5 个钻孔的编录进行了审核，以此对地质编录流程进行核查。钻孔包括：DSYN-0017、DSYN-0024、FGME-0145、FGME-0129 和 KWAT-0185。经地质工作人员证实，编录工作流程与模型描述相匹配。RPM 认为铜钴矿化强度与资料库化验资料和钻孔编录均具有一致性，品质很高。 - 编录的数据大多数都为纸质，并且向电子版（Acquire）格式进行了输入。然而，RPM 建议以电子版格式收集地质记录，以避免任何潜在的输入错误。岩芯照片、孔口座标和在井下测量的电子版数据均以收到。
二次取样技术和样品制备	- 若为岩心，是切开还是锯开，取岩心的 1/4、1/2 还是全部。 - 若非岩心，是刻槽缩分取样、管式取样还是旋转缩分等取样，是取湿样还是干样。 - 对所有样品类型，样品制备方法的性质、质量和适用性。 - 为了最大限度确保样品代表性而在各个二次取样阶段采取的质量控制程序。 - 为保证样品能够代表所采集的原位物质而采取的措施，如现场重复/另一半取样的结果。 - 样品大小是否与所采样目标矿物的粒度相适应。	- 半岩芯均使用金刚石切芯锯进行切割，并在 105℃ 温度下经过 6-8 小时干燥，并依次粉碎、劈芯和制样以得到 200g 的 #200 粒度矿样。 - 所述样品制备方法适合相应的矿化类型。 - 样品的型号对于物料的粒度而言认为具有合理性。
化验数据的品质及实验室测试	- 所采用分析和实验室程序的性质、质量和适用性，以及采用简分析法或全分析法。 - 对地球物理工具、光谱分析仪、手持式 X 射线荧光分析仪等，用于判定分析的参数，包括仪器的品牌和型号、读取次数、所采用的校准参数及其依据等。 - 所采用的质量控制程序的性质(如标准样、空白样、副样、外部实验室检定)以及是否确定了准确度(即无偏差) - 及精度的合格标准。	- RPM 认为，用于资源量估算的数据有 90% 是从 2006 年开始的工作中积累的，并且按照行业标准取样流程和品质控制规定完成。2009 年大规模实验室审核后，作为工作成果，「品质保证及品质控制」标准使用新的、改进过的标准进行执行；但先前工作仍存留有疑问。 - 自 2009 年以来，公司已进行了详细的「品质保证及品质控制」项目，以对样品制备流程、分析精度和准确度进行验证。控制样品总插入率为总样品的 12% 至 19%。每次控制的插入率一直为变数。然而，却包含了大量样品，详见第 6

标准	JORC 规则诠释	说明
取样及化验的验证	- 独立人员或其它公司人员对重要样段完成的核实。 - 验证孔的使用 - 原始数据记录、数据录入流程、数据核对、数据存储(物理和电子形式)规则。 - 论述对分析数据的任何调整。	节。 - RPM 进行的钻孔和取样流程审核工作表明，工作符合国际操作标准。RPM 指出，在目前完成的核查项目中未发现重大问题。「品质保证及品质控制」样品均表现出合适的精度和准确度水准，以支持验证主要实验室的可信度水准。RPM 还注意到，大多数用于资源量估算的样品已确认均从 2006 年以后的钻孔获得。RPM 认为，支持资源量估算数据没有重大样品偏差，并对所采取的样品具有代表性。 - 化验数据未作调整。
数据点的位置	- 矿产资源量估算中所使用的钻孔(开孔和测斜)、探槽、矿山坑道和其他位置的准确性及质量。使用网格系统的规格。 - 所使用的坐标系统。 - 地形控制测量的质量和完备性。	- 自 2006 年以来，公司使用采取静态差分数据，用高解析度差分 GPS 设备进行钻孔位置孔口测量，此工作方法认为合理。RPM 指出，2006 年之前完成的钻孔，具有孔口信息，但孔口位置测定方式未知。因此，孔口座标无法确认，但公司在可行之处通过镭射雷达电子版地形模型和交叉对比进行了验证。这些钻孔只构成钻孔综述的一小部分，其结果表明适于加入「资源量估算」，而且发生的任何变化都不会对资源量估算结果造成重大影响。 - 坐标系为 UTM 座标，使用 WGS 84 区 35L 投影。此外，全部一级和二级局部测地线网路和方位点的地理参考均处在 WGS 84 系统中。 - RPM 知悉公司内部在不同矿区每 10 个孔口中进行 1 次重新测量，RPM 现场考察期间使用手持 GPS 独立核查了 Fungurume 钻孔 FGME-0379 和 FGME-0380 的孔口位置，发现仅有很小的差别（7 米），处于手动 GPS 的误差极限范围内。 - 地形地表通过 1 米等高线进行了定义，并足以支持进行「矿产资源量」定义。
数据间距及分布	- 勘查结果报告的数据密度。 - 若钻探方位与关键矿化构造方位之间的关系被视为引发了取样偏差，倘若这种偏差具有实质性影响，就应予以评估和报告。。 - 是否曾组合样品。	- 钻孔间距约为 50 米×50 米左右。 - 详细统计学分析表明，使用从至少 4 个钻孔中提取的、间距为 50 米的复合样以评估「确定的」矿产资源量分类，具有合理性；使用从至少 3 个钻孔中提取的、间距为 100 米的复合样以评估「标示的」矿产资源量分类，具有合理性。 - 原始数据组中没有使用复合样。
数据相对于地质结构的方位	- 结合矿床类型，对已知的可能的构造及其延伸，取样方位能否做到无偏取样。 - 若钻探方位与关键矿化构造方位之间的关系被视为引发了取样偏差，	- 钻孔设计为垂直走向打钻以揭露矿化。 - 钻孔方位和矿化结构方位之间的关系分析结果认为，没有明显的样品偏差。

标准	JORC 规则诠释	说明
	倘若这种偏差具有实质性影响，就应予以评估和报告。	
样品安全	为确保样品安全性所采取的措施。	在独立钻孔施工队将岩芯送至岩芯棚之后，公司专员将负责劈芯并装进岩芯袋内，准备发送至实验室。样品制备实验室由公司 Kwatebala 管理。样品制备之后，公司专员插入对照样品并将整个批次内全部样品重新编号。聘请 DHL 运输公司将矿浆样品发送到位于图森的 Skyline 实验室。连同向 Fungurume（矿山现场实验室）和 Skyline 实验室批量发送的样品，公司还编制了报告，含有样品的数量和编号、每个矿浆样的样品标签、以及每个元素所需的详细分析方法。实验室人员或公司专员对产销监管链进行即时保持，除在矿山现场和图森之间的时间之外。
审计或查核	取样方法和数据的审核或核查的结果。	RPM 为「矿产资源量」估算，对取样方法和数据内部审核和审查；全部审查表明，取样技术和数据具有合理性。

第2节 - 勘探结果报告

(前面章节所列标准同样适用于本节内容。)

标准	JORC 规则诠释	说明
矿权地及地权状况	- 类型、检索名称/号码、位置和所有权，包括同第三方达成的协议或重要事项，如合资、合作、开采权益、原住民产权、历史古迹、野生动物保护区或国家公园、环境背景等。 - 编制报告时的土地权益安全性以及取得该地区经营许可证的已知障碍。	- 项目为三家公司：Freeport-McMoRan (56%)、Lundin 矿业公司 (24%) 和半国有矿业公司 Gécamines (20%) 组成的合资公司。全部矿山均由民主刚果共和国最大的铜矿 Freeport-McMoRan 掌管。 - 此外，公司目前持有多项环境、建设和经营许可证。许可证包括：废弃物和尾矿库建设和经营许可证、水井打钻和抽水许可证、以及各种生产和环境许可证。RPM 已经完成了相关许可证审核，并认为在可预见的未来，具备良好的信誉以支持资产的持续生产运营。
第三方勘探	对其他方勘查的了解和评价。	由其他各方进行的勘探工作详见本报告第 4.1 节内的表 4-1。
地质	矿床类型、地质环境和矿化类型。	- 项目内的矿床均解释为铜钴矿床的沉积赋存系列，而形成中部非洲铜矿带的一部分。中非铜矿带跨越了多个国家，包括民主刚果共和国和尚比亚，位于名为「Lufilian 弧形带」的主要地质特征结构中；从刚果民主共和国南部至尚比亚的 Luanshya 有一条 500 公里长的褶皱带，这个弧形带赋存了世界上规模最大、品位最高的铜钴矿床。 - 中非铜矿化带主要矿化赋存于硅质碎屑岩、粘土质、白云岩相等多种物质当中，位于 Roan Super-组下层；尽管矿化延伸至前加丹加基层（pre-Katangan basement）中，同时也延伸至更高的地层 Nugba Super-组当中。矿化主要为层状，仅限于特定层面，沿走向普遍延长数公里。
钻孔信息	- 简要说明对了解勘查结果具有实质意义的所有信息，包括表列说明所有实质性钻孔的下列信息： - 钻孔开孔的东和北坐标 - 钻孔开孔的标高或海拔标高(以米为单位的海拔高度) - 钻孔倾角和方位角 - 见矿厚度和见矿深度 - 孔深。 - 若因为此类信息不具备实质性影	- 公司使用高解析度差分 GPS 设备，通过采取静态差分数据法，对钻孔孔口位置进行了测量，认为合理。 - 公司使用反射 EZ-拍摄仪器，对非垂直打钻的方位角和倾角偏差进行了测量，但没有测量垂直孔。 - RPM 指出，虽然已经提供了 2006 年以前的有限钻孔资讯，但

标准	JORC 规则诠释	说明
	响而将其排除在报告之外，且排除此类信息不会影响对报告的理解，则合格人士应当对前因后果做出明确解释。	此数据仅覆盖了很小的一部分资源量，并已排除在外；因此，发生的任何都不会对整个估算造成重大影响。
数据汇总方法	- 报告勘查结果时，加权平均方法、截除高和/或低品位法(如处理高品位)以及边际品位一般都具有实质性影响，应加以说明。 - 若汇总的样段是由长度小、品位高和长度大、品位低的样段组成，则应对这种汇总方法进行说明，并详细列举一些使用这种汇总方法的典型实例。 - 应明确说明用于报告金属当量值的假定条件。	由于报告中没有勘探结果，所以不适用。
矿化体真厚度和见矿度之间的关系	- 报告勘查结果时，这种关系尤为重要。 - 若已知矿化几何形态与钻孔之间的角度，则应报告其特征。 - 若真厚度未知，只报告见矿厚度，则应明确说明其影响(如「此处为见矿厚度，真厚度未知」)。	由于报告中没有勘探结果，所以不适用。
图表	报告一切重大的发现，都应包括与取样段适应的平面图和剖面图(附比例尺)及制表。包括但不限于钻孔开孔位置的平面图及相应剖面图。	由于报告中没有勘探结果，所以不适用。
均衡报告	若无法综合报告所有勘查结果，则应对低/高品位和/或厚度均予以代表性报告，避免对勘查结果做出误导性报告。	由于报告中没有勘探结果，所以不适用。
其他重要的勘探数据	其他勘查数据如有意义并具有实质性影响，则也应报告，包括(但不限于)：地质观测数据；地球物理调查结果；地质化学调查结果；大块样品——大小和处理方法；选冶试验结果；体积密度、地下水、地质工程和岩石特征；潜在有害或污染物质。	由于报告中没有勘探结果，所以不适用。
进一步工程	- 计划后续工作的性质和范围(例如对侧向延伸、垂向延深或大范围扩边钻探而进行的验证)。 - 在不具备商业敏感性的前提下，应明确图示潜在延伸区域，包括主要的地质解译和未来钻探区域等。	- RPM 除了常规品位控制钻孔之外，尚未获得未来勘探计划。 - RPM 指出，即如第 7 部分概述，项目区域记忆体在数个勘探靶区。

第3节 - 矿产资源量估算及报告

标准	JORC 规则诠释	说明
资料库完整性	- 为确保数据在原始采集和用于矿产资源量估算之间不会由于转录或输入之类的错误而被损坏，采取了何种措施。 - 所使用的数据验证程序。	- 钻孔数据由 RPM 进行了系统化审核；将原始钻孔记录与资料库里等效记录进行了比较，未发现错误。 - RPM 在资料库编制完成后进行了系统化的数据验证步骤。 - 使用 MineSight 采矿软件所作钻孔和化验数据的目视核查也已经完成。
现场考察	- 对合格人已完成的现场考察过程及所得结果的评述。 - 若未开展实地考察，应说明原因。	RPM 完成了 2 次现场考察，2016 年 4 月 4 日至 6 日；和 2016 年 6 月 6 日至 8 日，对项目的审核工作包括：采矿、选矿和「环境、健康、社会、安全」。
地质解释	- 对矿床地质解释的可靠程度(或反过来说，不确定性)。 - 所用数据类型和数据使用的假定条件。 - 若对矿产资源量估算若还有其它解释，其结果如何。 - 对影响和控制矿产资源量估算的地质因素的使用。 - 影响品位和地质连续性的因素。	- 基于视觉露头确认、钻孔矿化揭露、其他勘探工作以及品位连续性所作的地质解释的可信度较高。 - 地质编录用于支持岩性和矿化鉴定。大量化验采用适当方法，对数据中的全部铜、钴形式进行了定义。 - 有可能存在不同解释，但可能性很低。任何其他解释的影响将不会对矿产资源量估算造成严重影响。 - 矿化和围岩露头能够证实矿化的几何形状。 - 品位连续性受局部断层或褶皱、氧化、硫化和混合物区域深度的影响。
规模	矿产资源量分布范围和变化情况，以长度(沿走向或其它方向)、平面宽度，以及埋深和赋存标高来表示。	在每个矿床中类似的矿化类型总共已完成 19 个模型估算。所有矿床显示层状控铜-钴矿化，至今定义的走向达到 14 公里，深度达 400 米。全部矿床厚度变化在 5 至 10 米之间。
估算和建模方法	- 所采用估算方法的特点和适用性以及主要假定条件，包括特高品位值处理、矿化域确定、内插参数确定、采样数据点的最大外推距离确定等。若采用计算机辅助估算方法，应说明所使用的计算机软件和使用参数。 - 如果有核对估算、以往估算和/或矿山生产记录情况，是否在本次矿产资源量估算中适当考虑到这些数据。 - 副产品回收率的确定。	使用 MineSight 软体进行隐式建模，以建立用于进行项目资源块段模型编码的块体。样品进行三次过筛，样品最低为 4、3、1；最高为 12。过筛样品最大搜索半径分别为：75 米、150 米和 300 米。强大的半变差函数使用多个参数进行解释，其后应用到插值的全部对象。发现二维\椭球形模型，用于对实验性半变差函数模型进行合理建模，块体为 0.03-0.67；最大范围约 500 米。由于

标准	JORC 规则诠释	说明
	- 对有害元素或其它具有经济影响的非品位变量(如可造成矿山酸性排水的硫)的估计。 - 若采用块段模型内插法, 须说明矿块大小与取样工程平均距离之间的关系以及样品搜索方法和参数。 - 确定选择性开采单元建模时考虑的因素。 - 变量之间的相关性特征。 - 说明如何利用地质解释来控制资源量估算。 - 论述采用或不采用低品位或特高品位处理的依据。 - 所采用的验证、检查流程, 模型数据与钻孔数据之间的对比, 以及是否采用了调整数据(若有)。	矿化具有褶皱特征, 全铜、全钴、酸可溶性全铜、酸可溶性全钴、钙品位估算使用动态展开的 MineSight (MSDU) 进行; 部分区域使用「局部各向异性普通克里格法」制作。酸可溶性铜和酸可溶性钴数据是通过分别对全铜酸溶比例与全铜相乘、全钴酸溶比例与全钴相乘而得, 并非直接计算。 - 所做的核实工作认为达到了 10% 的精确度, 认为具有合理性。 - 由于除了铜、钴产品外没有副产品, 所以未做副产物回收率估算。 - 全铜、全钴, 酸可溶性全铜, 酸可溶性全钴、钙数据均已内插到块段模型中。 - 未进行采矿单元的选择假设。 - 风化情况(含钙)观察海拔高度合理的关联性, 因此, 小体重估算与海拔高度和含钙成分估算相关。 - 模型验证, 包括复合样品位和块段品位的详细对比: 目标对比、北向和东向对比、各个部分之间的块段品位视觉分析、内插法和复样样品位对比、矿化内插法等等。组合样品位和块段模型品位之间的验证对比图, 展示了很好的局部关联性。未收到核实性资料。
湿度	吨位估算是在干燥还是自然湿度条件下进行, 以及确定水分含量的方法。	原位干矿吨数和品位估算。
边际参数	所选边际品位或品质参数的依据。	矿产资源量根据第 7 节所述, 每个矿块的选矿成本和收益率使用现金流进行报告; 由于不同的酸消耗量, 而导致选矿成本不同, 因此选择使用目前的现金流方法。
采矿因素或假定	对可能的采矿方法、最小采矿范围和内部(或外部, 若适用)采矿贫化的假定。在判定最终经济开采合理预期的过程中, 始终需要考虑潜在的采矿方法, 但在估算矿产资源量时, 对采矿方法和参数所做的假定可能并非总是那么严谨。若属这种情况, 则在报告时应解释采矿假定的依据。	露天开采方法适合于现有氧化矿石开采, 平均冶金回收率: 酸可溶性铜 97%、酸可溶性钴 93%。矿坑优化使用铜 3.25 美元/磅、钴 11.50 美元/磅价格。露天矿山资源量在这些区域内报告, 下部矿化的报告则使用地下矿山成本, 概述于第 7 节。地下矿山开采方法假设未来潜在硫化矿贫化率为 11%、回收率为 80%。

标准	JORC 规则诠释	说明
选冶因素或假定	• 可选冶性假定或预测的依据。在判定最终经济开采合理预期的过程中，始终需要考虑潜在的选冶方法，但在报告矿产资源量时，对选冶处理工艺和参数所做的假定可能并非总是那么严谨。若属这种情况，则在报告时应解释选冶假定的依据。	• 用于现金流分析的可变选矿成本和酸消耗量，以对盈利矿块进行报告。基于酸可溶性铜当中的全铜成分分析，这些成本在一个块段内有所不同。
环境因数或假设	• 对潜在废弃物和工艺残留物处置方案的假定。在判定最终经济开采合理预期的过程中，始终需要考虑采矿和加工过程中产生的潜在环境影响。虽然在此阶段，对潜在环境影响(尤其是对新建项目而言)的判定可能不一定很深入，但对这些潜在环境影响的初步研究达到了什么程度，还是应当报告。若没有考虑这方面的因素，则在报告时应解释所做出的环境假定。	• 项目目前在产，已经获得了持续性经营所需全部许可证和执照。此外，RPM 已完成环境评价，作为本报告的一部分，但开采限制尚未获知。
体积密度	• 假定的还是测定的。若为假定的，要指出其依据。若为测定的，要指出所使用的方法、是含水还是干燥、测量频率、样品的性质、大小和代表性。 • 必须采用能够充分考虑空隙(晶洞、孔隙率等)、水分以及矿床内岩石与蚀变带之间差异性的方法来测量大块样的体积密度。 • 论述在估值过程中对不同矿岩体重值估算的假定条件。	• 小体重估算基于对一定海拔范围和风化程度(钙部分估算)的部分岩石类型关联性的分析而做出。在没有相关性可以建立的位置，则使用岩石类型平均值。
级别划分	• 将矿产资源量分级为不同可靠程度的依据。。 • 是否充分考虑到所有相关因素(即吨位/品位估算的相对可靠程度、输入数据的可靠性、地质连续性的可靠程度和金属价值、数据的质量、数量和分布)。 • 结果是否恰当地反映了合格人对矿床的认识。	• 详细统计分析表明，按照 JORC 标准要求，复合样间距 50 米，复合样最少 4 个，比较适于对「确定的矿产资源量」进行分类；复合样间距 100 米，复合样最少 3 个，比较适于对「标示的矿产资源量」进行分类。
审核或复核	• 矿产资源量估算的审核或复核结果。	• 仅为矿产资源量模型内部审核，确定无重大问题。
相对准确性/可靠程度的论述	• 适当情况下，采用合格人认为合适的手段或方法，就矿产资源量估算的相对准确性和可靠性做出声明。例如，使用统计或地质统计方法，在给定的可靠程度范围内，对资源的相对准确性进行定量分析；或者，倘若认为这种方法不适用，则对可能影响估算的相对准确性或可靠性的因素进行定性论述。 • 这类声明应具体阐明相对准确性	• RPM 验证程式之外，全部 18 个资源区域的矿产资源量估算的相对准确性和可信度水准使用地理空间分析决定。全球性和区域性品位验证程式以对资源模型进行核查、矿块模型品位不同类型和批次的取样品位输入数据对比、以往估算对比、与全球生产数据对比、采出总体积和吨数核查等，用于帮助在矿产资源量估算确定相对精确度和可信度。

标准	JORC 规则诠释	说明
	或可靠性与整体还是局部估算相关；若为局部估算，则应说明与技术和经济 评价相关的吨位。相关文件记录应包括所做的假定及所采用的方法。 若有生产数据，应将上述估算的相对准确性和可靠性的声明与生产数据加以比较。	上述陈述涉及通用估算。

第4节 - 矿石储量估算及报告

(第一节所列标准，或者与第二节、第三节相关标准，同样适用于本节内容。)

标准	JORC 规则诠释	说明
用于矿石储量转换的 矿产资源量估算	- 描述用作矿石储量转换依据的矿产资源量估算。 - 明确说明所报告的矿产资源量是在矿石储量之外的补充，还是把矿石储量包括在内。	- 通过 RPM 完成了支持用于矿石储量估算的独立矿产资源量估算（详见第 7 节）。 - JORC 标准「确定的」和「标示的」矿产资源量分类包括在「矿石储量」当中，而非独立于其外。
实地考察	- 对合格人已开展的实地考察过程及所得结果的评述。 - 若未开展实地考察，应说明原因。	RPM 团队进行了两次考察，尽管合格人十未进行现场考察，但团队由主任咨询师组成，主任咨询师代表和作为实际上的合格人进行了现场考察。
研究情况	- 为将矿产资源量转换成矿石储量而开展的研究类型和研究程度。 - 本规范规定，将矿产资源量转化成矿石储量时，至少应已开展预可行性研究级别的研究。此类研究应已开展，并已确定技术上可行、经济上合理的采矿计划，而且已考虑了实质性的转换因素。	- 矿石储量估算使用矿业特制的露天矿山规划软体包，其中包括坑优化方案、运输方案分析估算和生产进度计划（OPMS）。RPM 的输入参数是基于公司所做可行性研究水准工程地质、水文地质和采矿研究、现场人员的讨论及现场踏勘意见而选择。 - JORC 矿石储量估算基于可行性研究级别的可信度而准备。
边际参数	边际品位或品质参数的依据。	由于块段定义或矿石/废根据内蕴收入和成本价值的不同，RPM 矿坑优化使用现金流量法进行。矿石材料的定义通过现金流量法计算，包括既定矿块内矿石开采和废石开采的现金流来源所做对比。
采矿因数或假定	- 预可行性或可行性研究中所报告的用以将矿产资源量转化成矿石储量的方法和假定(即，是通过优化应用各种适当因素，还是通过初步或详细设计)。 - 选定的采矿方法和包括预先剥离、开拓工程等相关设计的选择依据、性质和适宜性。 - 就地质工程参数(如边坡角、采场大小等)、品位控制和预生产钻探所作的假定。 - 就露天境界和坑内采场优化(若适宜)所作的主要假定和所用的矿产资源量模型。 - 所使用的采矿贫化率。 - 所使用的采矿回收率。 - 所使用的最小采矿宽度。	- RPM 使用合理假设估算并基于可行性研究级别报告，对矿产资源估算使用的块段模型进行了评估，采用了坑优化软体包，在 4,620 万吨现有经济可采矿石基础上，额外获得约 1.37 亿吨原位矿量鉴定。 - 公司已完成可行性研究级别工程地质研究，并将其用于支持矿山设计和边坡角确定（第 9 节）。 - 考虑到建议的工程地质和采矿生产参数，矿坑限制和阶段设计适用于相应细节程度。 - 矿坑掘进期间，将计划进行数个阶段或回推。这些阶段的计划，以确保原矿生产的连续性和废石开采周期的最小化。

标准	JORC 规则诠释	说明
	- 采矿研究中使用推测矿产资源量的方式，以及研究结果对纳入推测矿产资源量的敏感性。 - 选定采矿方法的基础设施要求。	- 开采回收率和贫化率进行了修改，并考虑采用的详细程度合适的采矿方法。 - RPM 对公司对计划生产率和露天矿山内的运输情况，及所需的卡车和铲车数量进行审核，以保证效率可满足计划生产率。 - 全部设计参数和假设均在本报告第 9 节进行了概述。 「推测的」资源量分类假定为项目矿坑优化和矿山计划中的废料。 - 采矿方法要求在整个矿山服务年限内使用不同的采矿设备数量。目前开采设备详见第 9 节。
选冶因素或假定	- 所推荐的选冶工艺流程及其对矿化类型的适用性。 - 选冶工艺流程是经过验证的成熟方法，还是新方法。 - 所开展选冶试验工作的性质、数量和代表性，以及根据选冶工艺流程划分的矿石空间分布及其矿石回收性能特征。 - 对有害元素的假定或允许量。 - 是否已有大样试验或工业试验工作，且此类样品对整个矿体的代表性。 - 对于以规范定义的矿物，矿石储量估算是基于适当工艺矿物学分析来满足规范吗？	- 已建成一处理设施，常规能力 540 万吨原矿生产。根据品位特征和酸消耗，矿坑采出的矿石堆成 4 个原矿堆。 - 由于矿化类型酸消耗量很大（每吨大于 100 千克），并且将随着采矿深度加大、酸溶解度降低时，耗酸量继续增加。最高每天 2,225 吨硫酸消耗，由两个现场制酸厂通过燃烧硫磺而浸出。 - RPM 认为测试工作能够支持持续性生产和回收率的预测。
环境	采矿和加工过程对环境潜在影响的研究已开展到何种地步。应报告详细的废石特性信息，以及潜在场地的考虑，所考虑的设计方案；适当情况下，还应报告工艺残留物储存和废料场的审批状态。	项目为在产矿山，全部许可证和执照均在矿石储量规划的基础上通过了持续性生产的审批。RPM 已经知道，全部研究工作都已经完成，排土场和尾矿贮存设施或已设计、或以设计用于支持生产率预测。
基础设施	是否存在适当基础设施：厂房建设用地、电、水、交通运输(尤其是对于巨量矿产品)、劳动力、住宿场所等是否可用；或是否方便提供或获取此类基础设施。	全部基础设施、管理设施，和项目各项要求均已在 2008 年投产时到位。基础设施的许多方面发生是可以接受的，如：镇城用地、供水、污水处理、建筑，但电力供应和道路目前的问题需要采取措施处理。
成本	- 研究中预测的投资费用来源或所作假定。 - 用以估算经营成本的方法。 - 因有害元素准备的款项。 - 就主要矿物及副产品的金属或商品价格的计算方式或假设。 - 研究中使用的汇率的来源。	- 当前服务年限的剩余部分矿石储量要求总共 1.52 亿美元的资本开采。 - 公司提供投资成本的资讯包括：露天矿设备、选厂持续资本、尾矿坝建设施工和连续提升建设。 - 全部生产成本均由实际情况和已

标准	JORC 规则诠释	说明
	- 运输费用的计算方式。 - 对熔炼与精炼费用、未达到规格要求的罚款等的预测依据或来源。 - 应付给政府和私人权益金。	经到位的原矿采选吨数合同中获得。主要由三大部分组成，即采矿成本、选矿成本、管理及市场营销等与酸消耗成本等。这些实际值包括场外炼制、运输成本和相关费用。 - 未对耗酸之外的有害元素进行补偿，因为报告中表示这部分对选矿回收率的影响可以忽略。此外，根据实际值来看，有害元素认为在精矿中几乎不存在。 - 由于这种产品类型特征，有害元素一般都处于产品规格之外。 - RPM 将当地政府和私营部门的开户费资本化并纳入到了经济分析。
收入因数	- 与收入因素相关的来源或假定，包括精矿品位、金属或矿产品价格、汇率、运输和处理费用、罚款、净冶炼厂返还等。 - 主金属、矿物和副产品的金属或矿产品价格假定的来源。	- 全部采矿输入参数均基于矿石储量估算的矿山服务年限生产进度而定。 - RPM 根据银行一致性长期市场预期的金属价格认为，铜为 2.75 美元/磅、钴为及 10 美元/磅。
市场评估	- 特定矿产品的供需和库存情况、消费趋势和未来可能影响供需的因素。 - 客户和竞争对手分析，并识别产品的潜在市场窗口。 - 价格和产量预测，及预测依据。 - 对工业矿物而言，签订供货合同之前先了解客户在规格、试验和收货方面的要求。	- 拟定的大部分产品将向中国客户出售，但 RPM 注意到，钴产品销往 Freeports 有限公司精炼厂做进一步选矿。 - RPM 已基于长期银行普遍预测估算了金属价格。尽管合同没有到位，但 RPM 认为就产品类型、可能性中国客户、以及市场情况等，均不存在任何问题。RPM 也注意到，如通函所示，客户已经完成了市场调研。
经济	- 研究中用以计算净现值(NPV)的输入数据，以及这些经济数据的来源和可靠程度，包括预估的通胀率、贴现率等。 - NPV 的范围及其对重大假定和数据的变动的敏感性。	- RPM 用于做经济分析的输入数据是通过项目档、现场考察收集、与相关专员之间的讨论、或通过内部专家经验而获得。 - RPM 技术数据提供给具有相关资质的香港证券交易所估算机构对现金流折现的净现值进行了计算。
社会	与关键利益方签署的协议以及可导致取得社会经营许可事项的状态。	- 非自愿移民认为做了认真策划和实施，这对于继续促进计划的成功实施至关重要。 - 主要与非法采矿有关的安全问题将在整个项目服务年限内都构成严重问题。这个问题有望随着社区参与而改善，以保护他们自身的利益。
其他	若相关，下列各项对项目/或矿	所需的全部许可证和执照均已到

标准	JORC 规则诠释	说明
	石储量估算与分级的影响： - 任何已识别出的具有实质意义的自然风险。 - 实质性法律协议和市场营销安排的状态。 - 对项目生存具有关键影响的政府协议和审批的状态，如采矿租约的状态，以及政府和法定审批。必须有合理的依据可以预期，能够在预可行性或可行性研究提出的预期时限内取得所有必要的政府审批手续。强调并论述储量开采所需的、依赖于第三方才能解决的悬而未决的实质性事项。	位，并支持以预测生产率继续生产。 RPM 指出，过去曾由于供电问题而导致停产，现在公司已采取措施，确保正常供电。
级别划分	- 将矿石储量分级为不同可靠程度的依据。 - 结果是否恰当地反映了合格人对矿床的认识。 - 从确定的矿产资源量(若有)得出的可信的矿石储量的比例。	- RPM 已把全部「标示的」矿产资源量分类为「可信的」储量；「确定的」资源量分类为「证实的」储量。 - 资源储量分类与「合格人士」对于矿床的观点具有一致性。
审核或复核	矿石储量估算的审核或复核结果。	矿石储量估算的内部审核之后是 RPM 标准化的内部同行专家评审流程。
相对准确性/可靠性的论述	- 适当情况下，采用合格人认为合适的手段或方法，就矿石储量估算的相对准确性和/或可靠性做出声明。例如，在给定的可靠程度范围内，使用统计学或地质统计学方法，对储量的相对准确性进行定量分析；或者，倘若认为这种方法不适用，则对可能影响估算相对准确性或可靠性的因素进行定性论述。。 - 这类声明应具体阐明是与整体还是局部估算相关；若为局部估算，则应说明与技术 和经济评价相关的吨位。相关文件记录应包括所做的假定及所采用的方法。 - 对准确性和可靠程度的论述，应延伸至具体论述所采用的、可能对矿石储量盈利性产生实质性影响或在目前 研究阶段仍然存在不确定领域的转换因素。 - 并非在任何情况下都能做到或应该做到。若有生产数据，应将上述 估算相对准确性和可靠性的声明与生产数据加以比较。	- 全部可信程度相关工作均基于国际评估结果进行。 - 矿石储量的可信度分类根据 RPM 建立的经济模型，通过敏感性测试进行核实。在矿产资源量当中的经济可采储量通过矿坑优化定义，其后进行了矿山设计和规划。项目经济敏感性的主要元素认为包括：产品价格和运输成本（矿山现场至选厂）和酸消耗量。

D.

每个矿坑的「矿石储量」和 矿坑优化明细



区域	矿量 (千吨)	全铜 (%)	酸可溶铜 (%)	全钴 (%)	酸可溶 钴(%)	全铜 (百万磅)	全钴 (百万磅)
<u>Kato L3K</u>							
证实的	3.6	1.8	1.7	0.66	0.58	144.9	51.8
可信的	3.8	1.9	1.7	0.53	0.47	158.8	44.4
小计	7.4	1.9	1.7	0.59	0.52	303.7	96.2
<u>Fungurume VI</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	8.8	2.9	2.6	0.43	0.33	557.4	83.6
可信的	7.0	3.0	2.7	0.39	0.29	459.5	59.9
小计	15.8	2.9	2.6	0.41	0.32	1,016.9	143.5
<u>Mambilima</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	14.6	3.4	3.0	0.17	0.12	1,091.5	53.6
可信的	4.2	3.0	2.6	0.15	0.11	272.5	14.2
小计	18.8	3.3	2.9	0.16	0.12	1,364.0	67.8
<u>Mwandinkomba</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	4.3	3.6	3.3	0.13	0.11	343.1	12.7
可信的	2.5	3.7	3.3	0.16	0.13	203.8	8.7
小计	6.8	3.7	3.3	0.14	0.12	546.9	21.4
<u>Tenke</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	6.9	3.3	3.0	0.60	0.48	500.8	91.2
可信的	5.6	3.7	3.3	0.36	0.30	450.4	44.7
小计	12.4	3.5	3.1	0.50	0.40	951.1	135.9
<u>Zikule</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	1.3	2.6	2.2	0.10	0.08	72.9	2.9
小计	1.3	2.6	2.2	0.10	0.08	72.9	2.9
<u>Fwaulu</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	3.6	3.3	2.9	0.24	0.19	267.2	19.6
可信的	1.0	3.1	2.7	0.21	0.16	67.2	4.5
小计	4.6	3.3	2.9	0.24	0.18	334.4	24.1
Fungurume							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	11.9	4.9	4.2	0.46	0.30	1,270.4	120.1
可信的	3.3	3.0	2.6	0.44	0.32	218.7	31.9
小计	15.2	4.4	3.8	0.45	0.31	1,489.1	151.9
Kanzinyanga							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	0.1	2.0	1.7	0.46	0.35	3.0	0.7
可信的	1.5	1.6	1.4	0.35	0.27	53.4	11.3
小计	1.5	1.7	1.4	0.35	0.27	56.4	12.0
<u>Kansalawile</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	5.0	3.2	2.9	0.17	0.14	355.3	19.2
可信的	3.8	3.3	3.0	0.17	0.14	282.4	14.6
小计	8.9	3.3	2.9	0.17	0.14	637.7	33.8
<u>Kwatebala</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	14.4	2.8	2.5	0.37	0.31	904.2	116.9
可信的	6.0	2.7	2.4	0.36	0.30	358.5	47.8
小计	20.5	2.8	2.5	0.36	0.31	1,262.7	164.6
<u>Mudilandima</u>							
证实的	-	-	-	-	-	-	-
可信的	0.0	0.1	0.1	1.05	0.93	0.0	0.0
可信的	6.4	2.1	1.9	0.41	0.36	298.1	57.8
小计	6.4	2.1	1.9	0.41	0.36	298.1	57.9

区域	矿量 (千吨)	全铜 (%)	酸可溶铜 (%)	全钴 (%)	酸可溶 钴(%)	全铜 (百万磅)	全钴 (百万磅)
<u>Shadيرانzoro</u>	-	-	-	-	-	-	-
证实的	0.0	2.2	2.0	0.15	0.12	1.4	0.1
可信的	2.0	3.7	3.4	0.10	0.09	161.6	4.3
小计	2.0	3.7	3.4	0.10	0.09	163.0	4.4
<u>Shinkusu</u>	-	-	-	-	-	-	-
证实的	0.5	3.3	3.0	0.47	0.39	36.2	5.0
可信的	1.5	3.0	2.7	0.51	0.43	97.7	16.3
小计	2.0	3.1	2.8	0.50	0.42	133.9	21.3
Pumpi	-	-	-	-	-	-	-
证实的	6.0	3.3	2.9	0.17	0.15	436.4	22.4
可信的	7.3	3.0	2.6	0.18	0.15	483.8	28.9
小计	13.4	3.1	2.7	0.17	0.15	920.2	51.3
<u>矿堆</u>	-	-	-	-	-	-	-
证实的	46.2	1.3	-	0.31	-	1,328.2	314.9
可信的	-	-	-	-	-	-	-
小计	46.2	1.3	-	0.31	-	1,328.2	314.9
<u>全部区域</u>	-	-	-	-	-	-	-
证实的	125.8	2.6	1.9	0.33	0.17	7,239.8	911.8
可信的	57.3	2.9	2.6	0.31	0.25	3,639.3	392.1
总计	183.1	2.7	2.1	0.32	0.20	10,879.1	1,303.9

矿坑边坡及设计矿坑综述

描述	矿石 (千吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	全铜 (千磅)	全钴(千磅)	剥采比	废石 (总计)	总计 (千吨)
<u>Kato L3K</u>								
RPM 矿坑境界 ²	6,922	1.91	0.60	291,024	91,260	5.59	38,671	45,593
设计矿坑境界 ³	7,368	1.87	0.59	303,693	96,200	6.87	50,651	58,019
<u>比较</u>								
差别	446	-		12,669	4,940	-	11,980	12,426
百分比	6%	-		4%	5%	-	31%	27%
<u>Fungurume VI</u>								
RPM 矿坑境界 ²	15,671	2.92	0.41	1,008,790	141,991	5.58	87,392	103,062
设计矿坑境界 ³	15,835	2.91	0.41	1,017,002	143,423	7.45	118,017	133,852
<u>比较</u>								
差别	165	-		8,212	1,432	-	30,625	30,790
百分比	1%	-		1%	1%	-	35%	30%
<u>Mambilima</u>								
RPM 矿坑境界 ²	18,463	3.34	0.16	1,358,712	66,348	8.02	148,050	166,514
设计矿坑境界 ³	18,755	3.30	0.16	1,363,102	67,732	9.91	185,774	204,529
<u>比较</u>								
差别	292	-		4,390	1,384	-	37,723	38,015
百分比	2%	-		0%	2%	-	25%	23%
<u>Mwandinkomba</u>								
RPM 矿坑境界 ²	7,237	3.69	0.14	588,447	22,817	8.34	60,335	67,573
设计矿坑境界 ³	6,760	3.67	0.14	547,000	21,402	10.73	72,519	79,279
<u>比较</u>								
差别	(478)	-		(41,447)	(1,414)	-	12,184	11,706
百分比	-7%	-		-7%	-6%	-	20%	17%
<u>Tenke</u>								
RPM 矿坑境界 ²	12,549	3.48	0.50	962,780	137,224	7.13	89,507	102,056
设计矿坑境界 ³	12,448	3.47	0.49	952,092	135,260	9.25	115,105	127,553
<u>比较</u>								
差别	(102)	-		(10,688)	(1,963)	-	25,598	25,497
百分比	-1%	-		-1%	-1%	-	29%	25%
<u>Zikule</u>								
RPM 矿坑境界 ²	1,376	2.59	0.11	78,671	3,184	12.47	17,152	18,528
设计矿坑境界 ³	1,277	2.59	0.10	72,924	2,913	14.15	18,075	19,353
<u>比较</u>								
差别	(98)	-		(5,746)	(272)	-	923	825

附录五

合 资 格 人 士 报 告

描述	矿石 (千吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	全铜 (千磅)	全钴(千磅)	剥采比	废石 (总计)	总计 (千吨)
百分比	-7%	-		-7%	-9%	-	5%	4%
<u>Fwaulu</u>								
RPM 矿坑境界 ²	4,829	3.32	0.24	353,333	25,124	5.77	27,864	32,692
设计矿坑境界 ³	4,623	3.28	0.24	334,059	24,039	7.63	35,284	39,907
<u>比较</u>								
差别	(206)	-		(19,274)	(1,085)	-	7,420	7,214
百分比	-4%	-		-5%	-4%	-	27%	22%
<u>Fungurume</u>								
RPM 矿坑境界 ²	16,001	4.41	0.45	1,557,113	159,451	4.28	68,427	84,428
设计矿坑境界 ³	15,189	4.42	0.45	1,481,520	151,836	6.92	105,062	120,251
<u>比较</u>								
差别	(812)	-		(75,593)	(7,615)	-	36,635	35,823
百分比	-5%	-		-5%	-5%	-	54%	42%
<u>Kanzinyanga</u>								
RPM 矿坑境界 ²	1,425	1.68	0.35	52,734	11,094	5.44	7,755	9,180
设计矿坑境界 ³	1,544	1.66	0.35	56,404	11,964	7.70	11,888	13,433
<u>比较</u>								
差别	119	-		3,670	870	-	4,133	4,252
百分比	8%	-		7%	8%	-	53%	46%
<u>Kansalawile</u>								
RPM 矿坑境界 ²	9,023	3.27	0.17	650,304	34,415	6.17	55,639	64,663
设计矿坑境界 ³	8,871	3.26	0.17	637,953	33,819	6.56	58,161	67,032
<u>比较</u>								
差别	(153)	-		(12,350)	(596)	-	2,521	2,369
百分比	-2%	-		-2%	-2%	-	5%	4%
<u>Kwatebala</u>								
RPM 矿坑境界 ²	21,409	2.79	0.36	1,318,257	171,803	4.71	100,778	122,187
设计矿坑境界 ³	20,463	2.80	0.36	1,262,175	164,613	4.84	98,952	119,416
<u>比较</u>								
差别	(946)	-		(56,083)	(7,189)	-	(1,826)	(2,771)
百分比	-4%	-		-4%	-4%	-	-2%	-2%
<u>Mudilandima</u>								
RPM 矿坑境界 ²	6,070	2.15	0.42	287,466	55,539	7.49	45,459	51,529
设计矿坑境界 ³	6,443	2.10	0.41	298,058	57,869	9.27	59,714	66,157
<u>比较</u>								
差别	373	-		10,592	2,330	-	14,255	14,628
百分比	6%	-		4%	4%	-	31%	28%

描述	矿石 (千吨)	全铜 (%)	全钴 (%)	全铜 (千磅)	全钴(千磅)	剥采比	废石 (总计)	总计 (千吨)
<u>Shadيرانzoro</u>								
RPM 矿坑境界 ²	2,040	3.68	0.10	165,535	4,362	9.94	20,276	22,316
设计矿坑境界 ³	2,022	3.66	0.10	162,980	4,369	11.08	22,418	24,441
<u>比较</u>								
差别	(17)	-		(2,555)	7	-	2,142	2,125
百分比	-1%	-		-2%	0%	-	11%	10%
<u>Shinkusu</u>								
RPM 矿坑境界 ²	2,022	3.11	0.49	138,516	21,838	8.11	16,403	18,425
设计矿坑境界 ³	1,954	3.11	0.50	133,819	21,355	8.70	16,998	18,951
<u>比较</u>								
差别	(68)	-		(4,697)	(483)	-	594	527
百分比	-3%	-		-3%	-2%	-	4%	3%
<u>Pumpi</u>								
RPM 矿坑境界 ²	13,788	3.12	0.17	948,696	52,891	5.11	70,425	84,213
设计矿坑境界 ³	13,389	3.12	0.17	919,840	51,340	5.33	71,313	84,701
<u>比较</u>								
差别	(399)	-		(28,856)	(1,551)	-	887	488
百分比	-3%	-		-3%	-3%	-	1%	1%
<u>Total Deposits</u>								
RPM 矿坑境界 ²	138,826	3.19	0.33	9,760,378	999,340	6.15	854,133	992,959
设计矿坑境界 ³	136,941	3.16	0.33	9,542,622	988,135	7.59	1,039,931	1,176,872
<u>比较</u>								
差别	(1,884)	-		(217,756)	(11,206)	-	185,798	183,913
百分比	-1%	-		-2%	-1%	-	22%	19%

注:

吨数为「公吨」

RPM 矿坑边坡

最终矿坑设计由 FMI 提供

所报告的数据均经过四舍五入并有可能导致轻微制表误差。

E.

RPM 数据核实检查（权证及许可）



应从当地政府获得公司业务相关的许可证、执照、审批清单

随附每日生产所需主要许可证/授权清单如下。

请注意这些许可证/授权，或仅为单次下发（不续约）或可进行逐年续约，和没有正式的「客观」许可证。

许可证/授权的更新/获取是得到支付了相应的准财政税收而支持。

- 危险、不健康、不合适建筑物的开发利用许可。

- 无需申请，由矿业公约限制。

- 土方工程

- 土方工程（矿业公司取得）

由省级长官审批下发的许可证授权在矿权范围内开展采矿工作（1981年4月2日第81-013号法律条例第45款）。

10/0112/CAB/GP/KAT/2006 2006年元月28日 ¹ .	采矿期有效
---	-------

- 道路（矿业公司取得）

由省级长官审批下发的许可证授权在矿权范围内开展采矿工作，包括道路在内（1981年4月2日第81-013号法律条例第45款）。

10/0112/CAB/GP/KAT/2006 2006年元月28日 ¹ .	采矿期有效
---	-------

- 森林采伐

没有需要。其由1981年4月2日第81-013号法律条例第45款矿业公约和条例进行约束。

不适用	不适用
-----	-----

- 建筑/城市规划（建筑许可证）（矿业公司取得）

- 省级长官审批下发的许可证授权在采矿权范围内开展采矿工作，包括：专案相关的采矿设备安装、建筑建设、专案房屋等（1981年4月2日第81-013号法律条例第45款）。

10/0112/CAB/GP/KAT/2006 2006年元月28日 ² .	采矿期有效
---	-------

- 从城镇部获得建筑许可。

不适用	不适用
-----	-----

- 广告/宣传

- 不需要。TFM 未进行任何商业宣传/广告（因为不在本地进行产品销售）。

不适用	不适用
-----	-----

- 水（矿业公司取得）

¹ 这不是许可证号而是省长函件/授权的提及号码。

² 这不是许可证号而是省长函件/授权的提及号码。

省级长官审批下发的许可证授权开始在采矿权范围内开展采矿工作，包括：专案相关的采矿设备安装、建筑建设、专案房屋等（1981年4月2日第81-013号法律条例第45款）。

10/0112/CAB/GP/KAT/2006 2006年元月 28 日 ³	采矿期有效
---	-------

■ 运输

— 运输授权（车辆）（矿业公司取得）

全部使用国道的车辆均有义务获得相应授权，授权费用按年交付。授权以准财政税的支付为前提。

无许可证号	1 年(可续). 2017 年 3 月到期
-------	--------------------------

— 机场跑道许可证（每年可续）（矿业公司取得）

AAC/DG/DSA/SEC/031/2014 ⁴	1 年(可续). 2016 年 11 月 30 日到期
--------------------------------------	--------------------------------

— 直升机跑道许可证（每年续约）（矿业公司取得）

取得 2016 证照正在进行中	1 年(可续)
-----------------	---------

■ 进口/出口操作（矿业公司取得）

应获得进口/出口数量/授权，以支持进口/出口实际工作开展。数量/授权的更新是通过每年支付准财政税收而完成的。

MC/DIP/KAT/154/110/2011	1 年(可续) 2017 年 3 月到期
-------------------------	-------------------------

■ 税务及企业登记

— 税号（矿业公司取得）：要求从工作开始 15 天内获得

A0810758D	执行税务活动期间有效
-----------	------------

— 增值税登记（矿业公司取得）：要求对增值税视为责任

0998/DGI/DGE/DIG/MB/TVA/2011 2011 年 11 月 24 日.	执行税务活动期间有效
---	------------

— INSS（社会保障）标识（矿业公司取得）

0706000895C01	执行税务活动期间有效
---------------	------------

— INPP（培训基金）号码（矿业公司取得）

2927.80	执行税务活动期间有效
---------	------------

— 国家识别码（NIN）（矿业公司取得）：公司成立时应立即从经济部门获取

6-118-K30745D	执行商务/工业活动期间有效
---------------	---------------

— RCCM（贸易注册机构）注册编号（矿业公司取得）

CD/L'SHI/RCCM/14-B-1428 (NRC 7325)	法律实体期间有效(99 年,可续).
------------------------------------	--------------------

³这不是許可證號而是省長函件/授權的提及號碼。

⁴提供了上次續證（有效至 2015 年 11 月 30 日）。公司正等待著 2016 年的資格。

■ 矿山

- 采矿许可证（开采许可）（矿业公司已获得）：

Tenke 采矿权：旧 N°198 /新 N°123 / 现在分为采矿许可证 123, 9707 和 9708（83,850.58 公顷）	2020 年 9 月 20 日 55。
--	---------------------

Fungurume 采矿权：旧 N°199 /新 N°159 / 现在分为采矿许可证 159, 4728 和 4729（75,799.86 公顷）	2026 年 8 月 12 日 6
--	-------------------

- 地表区域收费

表面区域收费为采矿许可证有效条件之一，费用每年支付。

不适用	不适用
-----	-----

- 采出矿石样品的出口许可证（有限时间内、一定数量的矿石，即：许可更新（矿业公司已获得）。

014/20166	2016 年 3-6 月为出口所作，样品重量 6,540 千克有效
-----------	-----------------------------------

■ 燃油

- 石油产品存储（矿业公司已获得）：石油产品储存的授权是必需的，并且应逐年续期。许可的授权和更新由准财政税收的支付而完成。

无许可证	1 年(可续) 2017 年 3 月到期
------	-------------------------

报告结束