

执行摘要

RungePincockMinarco

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
+1 303 986 6950

二零一六年九月八日

关于:合资格人士报告

尊敬的先生:

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」) 并编制有关铌矿及磷矿项目 (「该项目」或「该矿区」) 的合资格人士报告 (「合资格人士报告」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)。项目位于巴西 (图 1-1), 目前由英美资源集团全资拥有并经营 (以下简称「公司」)。目前矿山视为世界一流的综合一体化的铁铌和磷产业, 即采矿、选矿及制造销售, 为国内和国际大量需求而生产铌铁和化肥产品。该项目已连续生产了 40 年, 已经建立了全方位的开采、精炼和制造一体化的基础设施, 同时, 还包括深水港口设施。

客户已同意通过有条件地购买专案间接持有公司的已发行股票收购专案。技术报告的过程和结论以合资格人士报告呈现, 合资格人士报告包含在按照上市第 18 章要求的与客户交易有关的通函中。

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估算 (定义见附录 B)。RPM 的技术专家团队由具有大量拉丁美洲矿业经验的国际合资格人士, 国际高级咨询师, 主任采矿工程师和高级地质师组成。RPM 的香港合资格人士负责编撰或监督报告的编写, 以及这里所报告并陈述的 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。

对项目运营的考察由熟悉项目特点的团队人员进行。专案考察是在 2016 年 3 月 14 日至 17 日。成员有 Tim Swendseid, Esteban Acuña, Richard Addison, Pedro Repetto 和 João Abud 先生。项目考察期间, 团队考察了矿山、选矿厂、尾矿储存设施、水供应系统、电力分配系统、化工制造中心和进行了专案区的总体考察。考察也获得了对专案状态的更好了解。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 矿产资源量和矿石储量所承担工作外, 独立专家技术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。独立专家技术报告提供的资讯截止于

二零一六年九月八日。客户或矿业公司对支援资料、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

- 该项目被视为一项世界级的铌和磷酸盐联合产业，开采、加工及制造可在市场上销售的铌铁及各种化肥产品。公司是目前三大全球及国内主要铌生产商之一，生产单一铌铁产品（65% Nb₂O₅）销往国际市场，而各种化肥产品能够基于国内市场情况定制，产量随之变化。
- 该项目包含一系列采矿及勘探权证，由多个大型铌和磷酸盐矿床组成。磷酸盐矿化出现在近地表附近，呈延深的板状水准，最厚达 80 米。铌矿化位于与磷酸盐矿化位置相同的地质背景，与水准磷酸盐带及垂直管状岩体相关，已确定界限为最深 600 米。
- 两个区域的采矿现时通过传统露天采矿法进行（Catalão 厂区 I 及 II），产生部品则由不同选厂进行。铌业务包括三个运营中的浮法选矿厂，现有给料来自两个来源，即距离三个 Catalão 选矿厂（Catalão 厂区 I）25 公里的 Boa Vista 露天矿（氧化矿及原生矿）及来自磷酸盐选矿厂的尾矿料。现有给料将来自邻近选矿厂的 Chapadão 矿井（Catalão 厂区 I）内 Mina I 及 Mina II 矿床的材料补充。三个选矿厂的总处理量为每年 3.1 百万干吨（「百万吨 / 年」）原矿（「原矿」），其精矿供应至邻近的一个浸析及高温冶金厂。该工厂每年生产约 13 千吨（「千吨 / 年」）铌铁产品，以卡车运输 750 公里至桑托斯港，供发送至包括欧洲和亚洲市场。
- 磷酸盐业务包括两个浮法选矿厂，处理量共 5.8 百万吨原矿 / 年。工厂给料为来自附近 Chapadão 矿井的氧化矿。选矿厂生产矿浆，通过一条 7 公里管道输送至 Catalão 化肥厂内的分选站。该站将矿浆中的细料与粗料分离，所有细料及 45% 的粗料直接输送至 Catalão 化肥厂，余下 55% 的粗料通过铁路运输 750 公里至 Cubatão 化肥厂。
- 该项目拥有充足的区域性及地方性配套基础设施，且拥有充足的容量可持续支援矿山服务年限内的计划作业。该项目位于 Catalão 及 Ouvidor 小镇及主要城市 Uberlândia（位于 Catalão 以南 115 公里）东北约 15 公里。该等城市为相关业务提供了适当的住宿及配套产业。以下为该项目主要基础设施要求的描述。RPM 认为，基础设施完善，状况良好，唯一的问题是淡水长期供应。确保长期供水的备选方案正在落实。

矿产资源量和储量估算

- RPM 对钻探及取样程式进行的审核表明，总体上已采用国际标准惯例，除潜在体积密度风险外，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准，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二零零八年以后钻探取得，或于二零零八年以后经重新分析，以符合质量保证 / 质量控制标准。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。
- 在目前的采矿证和探矿证内，截止为 2016 年 3 月 31 日的矿产资源量独立陈述用了不同的边界品位。RPM 通过地形约束并在经济矿坑内按每吨 320 美元的磷酸盐价格及每磅 40.93 美元的铌价格估算确定的、标示的及推测的资源量。冶金回收率及成本乃按照第 8 节和第 9 节所概述矿石储量报表确定。Boa Vista、Mina II 及 Area Leste 地下资源量受分段回采设计（基于每吨 33 美元的采矿成本、加工成本及露天矿井设计所用的冶金回收率）所限制。第 7 节概述了关于边界品位和品质报告等外加资讯。
- 表 1 和图 1 陈述铌和磷矿产资源量，矿产资源量包含而不是表 2 矿产储量的额外部份，且不考虑包含损失和贫化。

表 1 于二零一六年六月三十日各复合岩体按不同边界品位列报的矿产资源量报表。

区块	专案	物质类型	边界 (%)	分类	数量 (百万吨)	Nb2O5 (%)	P 2 O 5 (%)	Nb2O5 (千吨)	P2O5 (千吨)
Catalão I	Chapadão	氧化矿	6	确定的	75.3		13.2		10,000
				标示的	226.5		11.9		27,000
				推测的	65.1		9.9		6,500
				小计	366.8		11.8		43,400
	Mina I	氧化矿	0.5	确定的	7.9	0.97		76.6	
				标示的	5.5	0.92		50.6	
				推测的					
				小计	13.4	0.95		127.2	
	Mina II	原生矿 (露天)	0.5	确定的	0.1	1.19		1.1	
				标示的	3.2	1.19		37.7	
				推测的	2.6	1.06		27.8	
				小计	5.9	1.13		66.7	
		原生矿 (地下)	0.67	确定的					
				标示的	2.2	1.07		23.2	
				推测的					
				小计	2.2	1.07		23.2	
	全部		总计	8.1	1.12		89.9		
	Leste 区域	氧化矿	0.67	确定的					
				标示的	2.7	1.07		28.9	
				推测的					
				小计	2.7	1.07		28.9	
		新鲜岩石 (地下)		确定的				0	
				标示的	13	1.22		158	
				推测的					
小计				13	1.22		158		
全部		总计	15.7	1.19		186.9			
Catalão II	Boa Vista	氧化矿	0.5	确定的	0.3	0.86		2.4	
				标示的	0.1	0.74		1	
				推测的	1.3	0.83		10.8	
				小计	1.7	0.83		14.2	
		原生矿 (露天)	0.5	确定的				0	
				标示的	27.1	0.95		258	
				推测的	13.1	1.06		138.2	
				小计	40.2	0.99		396.1	
		原生矿 (地下)	0.58	确定的	0.2	0.89		1.5	
				标示的	6.3	1.24		78	
				推测的					
				小计	6.5	1.23		79.5	
全部		总计	48.4	1.01		489.9			
磷尾矿		不适用	不适用	确定的	30.8	30.8	0.7		215.6

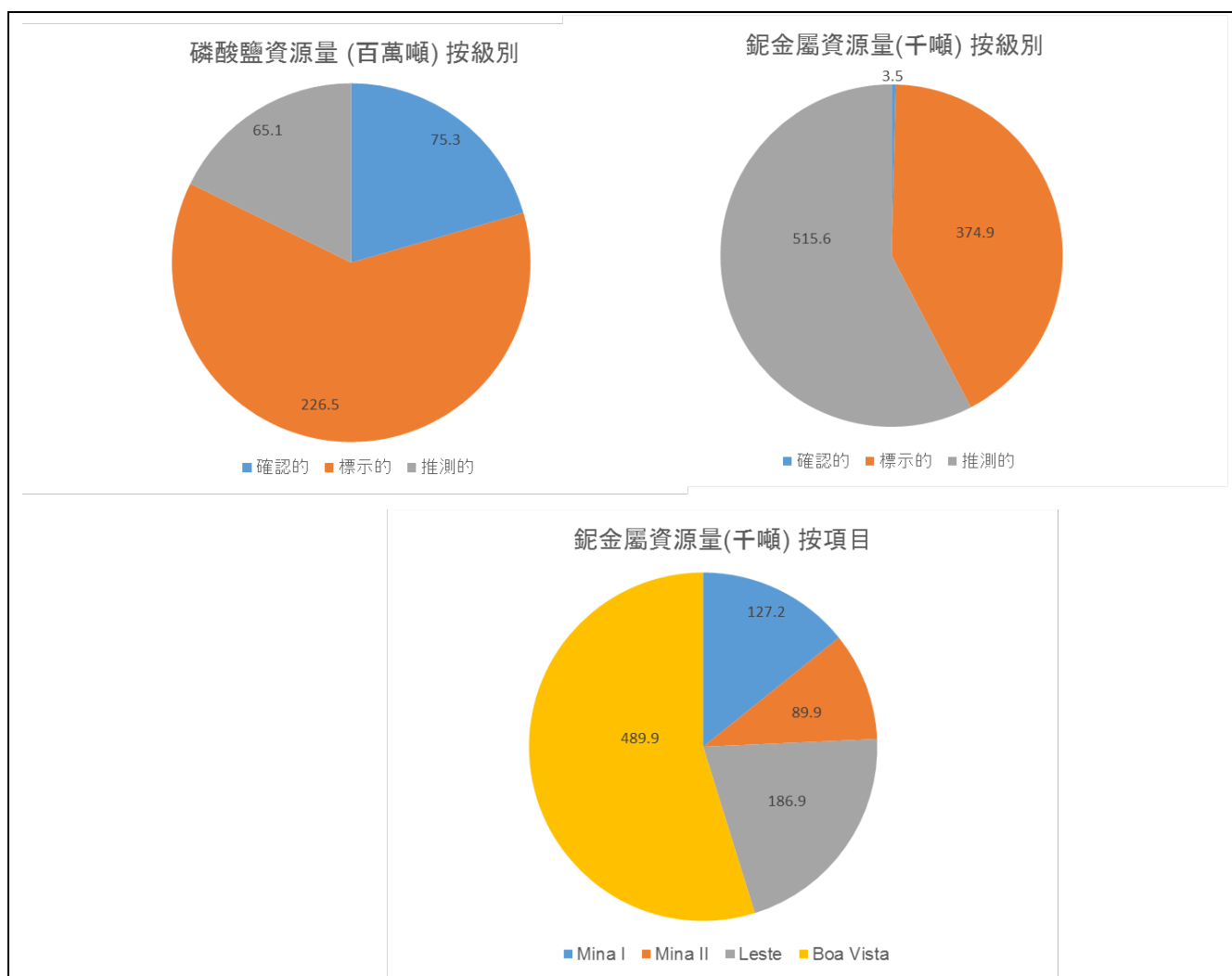
附注:

JORC 矿产资源量报表在 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分经验。

上表列报的所有矿产资源量数字为二零一六年六月三十日之估算值。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。

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。

图 1 JORC 估算资源量图示 (2016 年 6 月 31 日)



附注：图示不包括尾矿材料I

- 专案的独立矿石储量陈述由 RPM 按照 JORC 准则估算至 2016 年 6 月 30 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准所含的技术资讯用于储量估算。所考虑的进一步资讯包括矿山寿命期的矿山计画，采矿方法，预测的选矿厂回收率和尾矿储存设施能力。矿石储量是从专案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 2 及以图表形式列示于图 2。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 估算总铌矿石储量（不包括磷酸盐尾矿）约 35.1 百万吨，平均品位 0.92% Nb₂O₅，包括 502 千吨证实矿石储量及 34.5 百万吨可信矿石储量。另一个证实级别的 30.8 百万吨品位 0.7% 含在尾矿中。同样，RPM 亦估算总磷酸盐矿石储量约 208.9 百万吨，平均品位 12.33% P₂O₅，包括 56.2 百万吨证实矿石储量及 152.6 百万吨可信矿石储量。

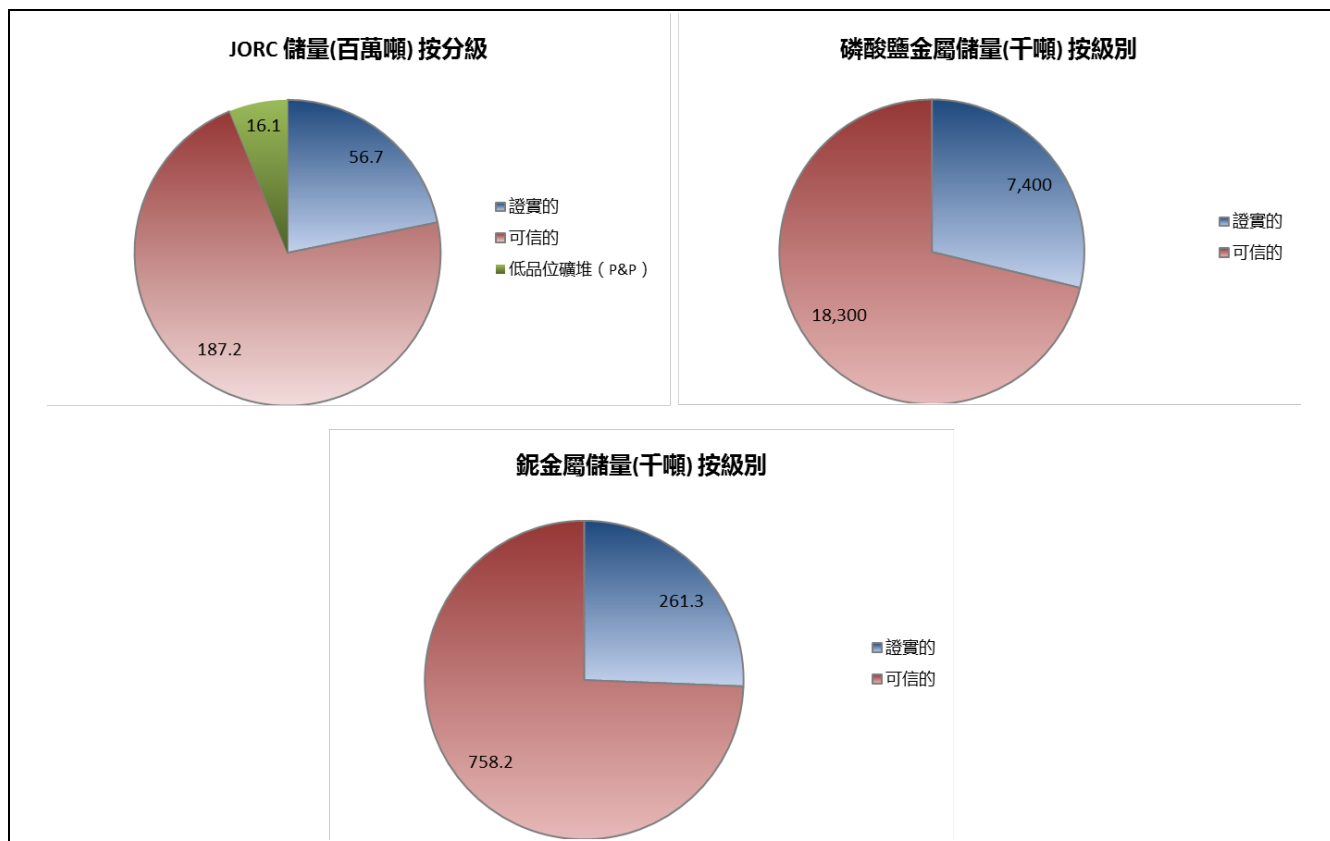
表 2 - 于二零一六年六月三十日的最终矿井设计内 JORC 矿石储量估算报表

描述	数量 (百万吨)	P2O5%	P2O5 (千吨)	Nb2O5%	Nb2O5 (金属 千吨)
铌矿					
证实的	0.5	-	-	0.90	6.12
可信的	34.5	-	-	0.92	327.8
小计	35.1	-	-	0.92	327.9
磷矿					
证实的	56.2	13.2	7,600		
可信的	152.6	12.0	18,300		
小计	208.9	12.3	26,000		
LG 矿堆 (证实的和可信的)					
铌矿	6.4	-	-	0.40	25.9
磷矿	9.7	10.2	1,000	0.23	22.7
小计	16.1	6.1	1,000	0.30	48.6

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. 磷酸盐矿石应用边界品位 16.49% P_2O_5 的质量回收率
4. 各类矿石应用边界品位 0.50% Nb_2O_5
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 2 JORC 最终境界和矿石堆场估算储量图示



附注：图示不包括尾矿材料I

- 除上述储量外，据估算 JORC 矿石储量中含 **30.8 百万吨**品位 0.7% Nb₂O₅。该铌资源为磷酸盐尾矿总量的 15%，并于铌尾矿选矿厂中加工（第 10 节）。该资料乃根据每年生产及加工的粉矿数量（1.1 百万吨）和根据历史生产记录得出的恒定品位 0.7%估算得出。

勘查潜力

RPM 认为在 Catalão I 和 II 特许权范围内，有进一步查明更多经济矿体的可能性。RPM 注意到，矿业公司已通过使用现代化系统性勘探有效地利用其持有的特许权，近期勘探重点集中在两大已确定的磷酸盐矿产资源量及四大已报告的铌矿产资源量，尽管其它区域亦有经济矿化赋存的鉴定。因此，RPM 认为，有多个潜力机遇提供机会会增加资源基础以及增加选厂的供料来源及矿山服务年限，包括：

- 推测的岩矿：**在现有最终矿井设计中，已报告合共 16.5 百万吨「推测的」磷酸盐资源量及 6.2 百万吨「推测的」铌矿产资源量。需要通过额外勘探将这一部份资源量提升至可信的级别。
- 区域性铌勘探目标：**该项目观察到的矿化类型通常形成聚集在局部侵入岩体及 / 或构造面沿线或附近区域的多个独立矿体。这与该项目中观察到的矿化一致。尽管近期勘探重点集中在主要矿化区，已确定其他优先靶区，这些靶区还没有充分的勘查以界定矿产资源量。

矿山和生产

- 所有采矿作业均由承包商通过传统的卡车及露天矿井铲装机式采矿法进行，于矿石储量矿山服务年限（「矿山服务年限」）内，计划从两个独立的露天矿井采集矿石。该项目的铌原矿石目前从 Boa Vista 矿井开采获得，并于矿山服务年限内按不同比率供给至位于 Boa Vista 矿床附近的粗碎机。尽管在前三年 Boa Vista 矿床将是唯一的矿石来源，在第四年，该项目将获来自 Mina I 及 Mina II 矿床的矿石补充生产，有关

矿石将供给至位于 Chapadão 矿床（Mina I 及 Mina II 矿床亦位于此处）附近的粗碎机。该项目的磷酸盐原矿石计划全部继续从 Chapadão 矿井开采获得，并供给至位于 Catalão 作业内矿井附近的粗碎机。

- 根据矿石储量估算、矿井开发顺序及矿井设计，Boa Vista 的预测矿山服务年限为二零一六年六月三十一日起约 13 年到 2029 年；而 Chapadão 为该日起 37 年。Mina I 及 Mina II 将直到二零三八年才会停止作业。基于目前的采矿设备和设计，RPM 认为拟议的矿山服务期的发展顺序和生产预测是合理的和可实现的。可是 RPM 建议通过优化原矿供给的混矿进一步优化和重新制定开发顺序以对专案利润最大化。优化应当集中在运营期间对采矿执行的协同效果以及保证对铌选厂的恒定供矿。

选矿

- 矿石加工设施包括两个磷酸盐选矿厂及三个铌选矿厂，均位于 Catalão 复合岩体 I 业务内。与选矿厂相关的配套工厂包括磷酸盐过滤及干燥设备、一个铌破碎及分选厂、一个铌浸析及高温冶金厂位于铌精炼厂附近。两个磷酸盐选矿厂的处理量共 5.8 百万吨 / 年（干），每年生产约 1.4 百万吨品位为 37% P₂O₅ 的精矿。磷酸盐精矿交付至位于附近 Catalão 城镇的化肥厂及位于桑托斯港附近巴西海岸的 Cubatão 城镇。

铌

- 两个铌选矿厂现时加工来自 Boa Vista 矿山的矿石，即 Boa Vista 原生矿石选矿厂（「BVFR」）及 Boa Vista（「BV」）选矿厂，而第三个选矿厂加工来自磷酸盐选矿厂的尾矿（「TA」）。BVFR 及 BV 选矿厂的处理量为 2 百万吨 / 年，每年生产形式为 55% Nb₂O₅ 精矿的约 11,000 吨纯 Nb₂O₅。TA 选矿厂的处理量为 1.1 百万吨 / 年，品位一般为 0.7% Nb₂O₅，每年生产形式为品位 44% Nb₂O₅ 精矿的约 2,300 吨纯 Nb₂O₅。回收率等详细资讯列于第 10.1 节。
- 来自三个铌选矿厂的精矿输送至浸析及高温冶金厂，期间，精矿先以酸及碱浸析，然后煅烧，再进行高温冶金加工，以生产铌铁合金。

磷

- 两个磷酸盐选矿厂的矿石由毗邻工厂的 Chapadão 矿山供应。选矿厂称为 47 号工厂，另一家称为 76 号工厂，47 号工厂于二零零三年试运行，76 号工厂于一九七九年试运行。鉴于矿床内矿化的类型较为一致，矿山服务年限内的生产参数预计维持合理稳定，所加工矿石的数量小幅增加，给料品位略微下跌，因此维持基本相同的精矿生产量。
- 磷酸盐选矿厂生产出的精矿其后经专有管道运输至位于 Catalão 城镇附近的过滤厂。正如先前所注意到的，精矿通常由 20% 的粉矿和 80% 的精矿组成。输浆管道中的精矿经过滤厂过滤后，被分离为细精矿及粗精矿。45% 的粗精矿（37%P₂O₅）供 Catalão 的化肥厂使用，余下粗精矿烘干后，经铁路运输至 Cubatão。细精矿（34%P₂O₅）全部在 Catalão 用于生产低浓度肥料。
- 两间化肥厂均有多种机型，可生产或被用于生产多种产品。化肥厂根据需求生产不同类型的产品。因此，在某一时间点，并非所有的模块均会投入生产。以下为两间化肥厂的描述。
- Catalão 工厂建于二零零二年，包括多个模块（如表 3 所概述）。该工厂共有 558 名雇员，其中在职人员 424 名，此外，亦额外聘用 416 名承包商。

表 3 - Catalão 化肥厂单位

选厂	能力	类型
过滤 厂房	4,000 吨/日 / 1,406 千吨/年	通过气旋、过滤、浓密流程进行分级
干燥设备	2,400 吨/日 / 768 千吨/年	闪蒸干燥机
硫酸厂	1,645 吨/日 / 542 千吨/年	双触双吸收
涡轮发电厂	10MW	
磷酸	480 吨/日 P2O5 在 51%，或 510 吨/日 P2O5 在 46%	二水法
酸化 (2)	1900 吨/日 / 608 千吨 SSP 和 TSP	
造粒 (3)	2500 吨/日 / 823 千吨	造粒机、烘干机、分级机、冷却
磷酸双钙 DCP	0-21-0, 3-17-20, GTSP, MAP 305 吨/日 / 110 千吨/年	批次选矿系统

资料来源：矿业公司提供

- Cubatão 工厂建于一九七五年前后，与 Catalão 工厂相似，由多个模块组成（如表 4 所概述）。该工厂拥有 347 名雇员（其中加工区 247 名），外加 263 名非采矿承包商。

表 4 - Cubatão 化学加工单位

选厂	能力	类型
DPG 硫酸厂	1,500 吨/日	双触双吸收
拜耳 SAP	500 吨/日 656 千吨	
涡轮发电机	无	
磷酸	450 吨/日 / 146 千吨	二水法
酸化 (1)	1,350 吨/日 / 392 千吨	SSP 和 TSP
造粒 (1)	1,000 吨/日 / 290 千吨 2-18-0 (+micros)、3-17-0、GTSP	造粒机、烘干机、分级机、冷却
磷酸双钙 DCP	230 吨/日 / 73 千吨	连续选矿系统

资料来源：矿业公司提供

- 由于各项业务运营年限较长，工厂及选矿厂等多个主要基础设施项目（最近兴建的 BVFR 除外），需进行多次维护。因此，矿业公司已制定并不断完善工厂维护制度，以及持续确保设备可用性。在过去 18 个月内，矿业公司的维修策略由修复性（故障）改为预防性。采用预防性检修策略后，Catalão 及 Cubatão 磷酸盐工厂（化肥厂）的净可用性有所提升，然而，在将来数年应计划解决该等资产限制停工时间（详见表 13-1）和提升效率。
- 在运营之间和各厂之间，预测的运营成本是不同的。表 5 概述了矿山服务年限间运作的平均运营成本。

表 5 - 矿石储量矿山服务年限每年经营成本

生产	单元	矿山服务年限 (总计)	每年平均				
			2015-2020	2021-2025	2026-2035	2036-2045	2045-2052
铌矿总计	百万美元	2,401.90	133.2	149.9	76.5	37.0*	
Ouvidor 总计	百万美元	2,255.40	49.2	64.5	69.5	99.2	43.4 [#]
石膏收入	百万美元	-78.9	-7.8	-1.6	-1.6	-2.7	-1.2 [#]
其他费用	百万美元	61.8	3.4	1.3	1.4	1.5	1.0 [#]

*根据 RPM 对矿石储量的估算，铌采矿预计于二零四一年停止，二零四二年及二零四三年仅产生关闭成本

[#]根据 RPM 对矿石储量的估算，磷酸盐采矿预计于二零五二年停止，二零五三年仅产生关闭成本

[^]磷酸盐成本包括为生产准备装运至化肥厂的经烘干产品而成本的所有成本。

资料来源：单位成本由矿业公司提供，惟经调整以反映 RPM 独立矿石储量时间表。矿业公司年化成本因单位成本变动及生产时间表变动而不同。

表 6 - 按类型划分的 Catalão 及 Cubatão 化肥厂二零一六年经营成本

化肥种类	2016 年成本 成本 (美元/吨产品)
Catalão	
高分析*	162.4
低分析	132.3
Cubatão	
低分析	123.4
高分析*	387.1
磷酸*	488.9
硫酸*	74.4

*包括磷酸双钙 DCP 产品，需注意 DCP 并非高浓度产品，但仍计入该汇总表内

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。

- 由于该项目是经营资产，故需产生有限的资本开发支出，预期资本开支与支持选厂铌矿石给料计划变动的现有基础设施改造有关。矿山服务年限余下储量开采的总资本开支预计为 14.92 百万美元，这部份主要是改造 Bia Vista 氧化矿选厂至处理来逢 Boa Vista 和 Mina II 矿的原生矿。尽管要求最低资本，余下矿山服务年限需合共 18.6 亿美元持续资本以支持基础设施维修和改造所需。各业务须持续及可持续维护，以确保选矿厂及工厂持续取得良好表现及回收率。因此，该项支出占持续资本的大部分，预期铌选厂需 331 百万美元，Catalão 及 Cubatão 磷酸盐选厂共需 14 亿美元，RPM 注意到该金额包括尾矿坝、设备更换及维护成本。维持资本的剩余部分形成包括资本化权利金成本在内的不同其他项目。
- 宏观审核环境、健康和安全表明专案有与类似特点和成熟度专案典型的风险特征。为批准和许可所要的环境影响研究已经完成，近期计画的生产权证正在取得中。可是 RPM 注意到所需将来尾矿坝和扩大废石场的批准。在现场考察期间，RPM 注意到，已有恰当的程式以管理和应对有关的风险，且公司正在遵守国家要求的规定。

项目审核中所发现的项目主要机会概述如下：

尽管存在各种增加专案价值机会，包括专案的大量勘查可能性，短期优化以及其他机会，鉴于较长的矿山寿命，RPM 呈现以下被认为是重要的机会以供参考。这些机会或能实质影响矿山寿命和/或项目价值。

- 推测的岩矿：**在现有最终矿井设计中，已报告合共 16.5 百万吨「推测的」磷酸盐资源量及 6.2 百万吨「推测的」铌矿产资源量。按照 JORC 规则的规定，该类矿产资源量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将废石开采成本分配至该材料，原因是所含金属未产生任何收入。RPM 认为，通过额外勘探或生产钻探可使大部分该材料升级至标示的资源量并计入在未来矿石储量的一部分，可是这部份取决于将来的勘查。
- Chapadão 矿坑扩张：**尽管 RPM 呈报的矿石储量乃基于矿业公司提供的最终矿井设计，RPM 亦在 Chapadão 矿井进行了一系列矿井优化，以根据 RPM 采用的经修订分类确定潜在增加数量。该优化表明在扩大后矿井内有可能增加 17.6 百万吨确定的和标示的岩矿。RPM 注意到，为令该岩矿计入矿石储量估算，应在制定时间表后进行最终矿井设计。RPM 认为，该任务需要优先处理，原因是这能够将矿山服务年限直接延长最多 4 年。

主要技术风险包括：

尽管查明出各种风险，鉴于较长的矿山寿命，RPM 提出以下被认为是可能影响公司能力去实现矿山寿命和/或项目目前矿石储量排产价值的风险。

- **工厂维修：**由于长期的生产历史和预测的较长矿山寿命，需要多个工厂大量维护以保证预测效果和通过系统的维护计划以保证恢复率。为应对这一风险，公司正在执行几个新制度以增加维护效能，同时减少维修积压。尽管 RPM 注意到这是一个渐进步骤，但需要更多的训练和预防的途径以减少工厂大修的可能性，进一步细节参见第 13 节。
- **铌价格波动：**铁铌市场由三大公司主导，此公司为第二大供应商。这三个公司具有重要的供给能力，公司生产的新的来源或变化将影响供需平衡。RPM 注意到公司有专门的市场营销和贸易部门以应对这一风险。

一些其他较低的见险参考见第 15 节。

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、钼和金市场基础进行竞争力评估。

有限责任

本报告由 RPM 为洛阳钼业就关于拟议的专案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协力厂商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。

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协力厂商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。

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 依赖的资讯，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、违反智慧财产权并遭受协力厂商索赔、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。

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。

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

本合格人士报告由 RPM 代表 RPM 签字者编写，他们的详细资格和经验列在附录 A 中，在合格人士报告中的专家均同意基于资料在形式上和内容上的表述。

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（香港合资格人士）

RungePincockMinarco

谨启

目录

执行摘要	1
简介	20
工作范畴	20
相关资产	20
审核方法	20
现场考察	21
资料来源	21
合格人士与责任	21
团队专家职责	21
矿产资源量	23
矿石储量	23
香港证券交易所合格人士	24
限制及排除	25
有限责任	25
本报告责任及内容	25
保障	25
采矿未知因素	26
能力及独立性	26
项目概览	26
项目地点及交通	26
现有业务	27
产品类型	29
市场概览	29
磷酸盐	29
铌	29
区域环境	30
地理	30
气候	32
工业 32	
区域及当地基础设施	32
权证及许可证	34
矿产特许权及地面权利	34
水权利	34
环境及经营许可证	35
土地权利	35
项目历史	35

勘探历史.....	35
地质.....	36
区域地质.....	36
区域蚀变.....	38
矿化.....	38
矿床地质.....	38
Catalão I 复合岩体	38
Catalão II 复合岩体	41
数据核实	44
钻探类型及岩心回收率	44
地形及孔口位置.....	44
孔内测量.....	44
地质、工程地质及地质力学编录.....	45
体积密度测定	45
取样及样本制备.....	46
质量保证质量控制	46
数据质量审核	47
样本安全.....	47
数据核实声明	47
JORC 矿产资源量	48
JORC 规则下的矿产资源量分类制度.....	48
资源量估算区域.....	48
JORC 矿产资源量报表.....	50
估算参数及方法.....	53
验证.....	54
分类.....	54
勘探潜力.....	59
矿石储量	61
矿石储量区域.....	61
JORC 矿石储量报表	61
JORC 矿石储量估算程式.....	64
JORC 矿石储量估算参数.....	64
矿石储量的经济性	66
评论 67	
采矿	68
概要 68	
采矿方法.....	68
矿山设计及概念.....	68
工程地质—边坡	69

矿井优化.....	70
边界品位分析	70
矿山设计参数	73
废石堆	73
设备方案.....	76
矿山服务年限计划及矿井顺序	79
矿石储量时间表.....	80
Boa Vista 生产时间表.....	80
Chapadão 生产时间表	80
加工及选矿厂	85
铌 85	
铌选矿厂.....	88
浸析及高温冶金厂	88
计画调整及升级.....	91
尾矿储存设施	91
Ouvidor 磷酸盐选矿厂.....	98
尾矿储存设施	101
磷酸盐化肥厂	104
Catalão 化肥厂	104
硫酸厂	106
Catalão 磷酸厂	106
Catalão 酸化厂	106
Catalão 粒化厂	106
DCP 工厂	107
Cubatao 工厂	107
硫酸厂	107
磷酸厂	107
酸化厂	108
粒化厂	108
DCP 工厂	108
基础设施	109
运输设施.....	109
建筑物及工场.....	109
供水 109	
供电 109	
外包服务.....	109
内部服务.....	109

人员	110
维护、资产管理及项目管理	111
维护	111
资产管理	111
工程及项目管理	111
主要项目	111
调查结果概要	112
工厂可用性	112
组织	112
技术	113
资本及经营成本	114
资本成本	114
资本开支	114
持续资本	114
经营成本	114
矿山服务年限采矿成本	115
化工厂	115
许可、环境影响与社会及社区影响概览	117
管理	117
磷酸盐 Catalão 及 Ouvidor	117
环境许可	117
监管合规	117
罚款及同意令	117
供水及用水	118
辐射保护	118
矿山关闭计划	118
磷酸盐 Cubatão	119
环境许可	119
监管合规	119
罚款及同意令	119
矿山关闭计划	119
铌	120
环境许可	120
监管合规	120
罚款及同意令	120
供水及用水	120
辐射保护	121

矿山关闭计划	121
矿山风险及机会评估	122
机会. 122	
风险 122	
附录 A - 专家经验和资质	125
附录 B - 专有名词辞汇表	131
附录 C – JORC 标准披露要求	135
第 1 節 - 取样技术及数据	135
第 2 節 勘探结果报告	138
第 3 节 矿产资源量估算及报告	141
第 4 节 矿石储量估算及报告	145
附录 D – RPM 数据验证核查（主要许可证和执照）	150

图目录

图 1 JORC 估算资源量图示（2016 年 6 月 31 日）	4
图 0-1 总体位置图.....	22
图 0-1 铌和磷运营流程图	28
图 0-2Catalão 布局图	31
图 0-3 Catalão 地区平均降雨量及气温	32
图 0-4Cubatão 工厂位置.....	33
图 0-1 区域地质图	37
图 0-2 Catalão I 当地地质图	40
图 0-3Catalão II 当地地质图	42
图 0-4Boa Vista 当地地质	43
图 0-1 资源量估算区域。（上方为 Catalão 复合岩体 I，下方为 Catalão 复合岩体 II）	49
图 0-2 按分类及矿床划分的现场矿产资源量吨数	52
图 0-3Boa Vista 钻探平面图.....	55
图 0-4 Chapadão 钻探平面图.....	56
图 0-5 Catalão II 土壤地球化学，示 Fazenda Mineração 及 Fazenda Marcos 靶区.....	60
图 0-1 最终矿井设计中的 JORC 现场矿石储量估算图示.....	63
图 0-1 铌和磷酸盐于矿山服务年限的矿井顺序	79
图 0-2Chapadão 矿山总体运动	84
图 0-1 简化铌流程图	87
图 0-2 铌尾矿储存设施全景图	92
图 0-3 – 铌尾矿储存设施 1A 及 1B 的典型横断面.....	94
图 0-4 尾矿储存设施 2A–典型断面	95
图 0-5 铌尾矿储存设施时间表	96
图 0-6 Macaúbas 水坝横断面.....	97
图 0-7 磷酸盐加工单位作业.....	99
图 0-8 Buraco 尾矿储存设施横断面	103
图 0-1 简化流程图.....	105

表目录

表 0-1 采矿及勘探权.....	34
表 0-1 矿床钻探概要.....	35
表 0-1 于二零一六年六月三十日各复合岩体按不同边界品位列报的矿产资源量报表。.....	50
表 0-2 铌方差图模型.....	53
表 0-3 磷酸盐相关图模型.....	54
表 0-4 铌和磷酸盐矿块模型使用的分类方法.....	57
表 0-5 计分卡分类参数.....	58
表 0-1 于二零一六年六月三十日的最终矿井设计内 JORC 矿石储量估算报表.....	62
表 0-2 按矿石类型划分的冶金回收率.....	65
表 0-3 RPM 用于矿石储量的矿井优化参数.....	66
表 0-1 于二零一六年三月三十一日的 Boa Vista 矿井优化结果-仅确定的及标示的资源量.....	71
表 0-2 于二零一六年三月三十一日的 Chapadão 矿井优化结果-仅确定的及标示的资源量.....	72
表 0-3 矿山设计参数.....	73
表 0-4 矿井境界及设计矿坑比较.....	74
表 0-5 Boa Vista 矿山设备的矿山服务年限设备要求.....	77
表 0-6 Chapadão 矿山 Mina I 及 Mina II（铌）设备于矿山服务年限的设备要求.....	78
表 0-7 Chapadão 矿山磷酸盐设备于矿山服务年限的设备要求.....	79
表 0-8 矿石储量铌生产计划.....	81
表 0-9 磷酸盐生产计划.....	82
表 0-10 二零一六年至二零二零年按产品划分的化肥平均产量.....	84
表 0-1 铌工厂主要参数.....	86
表 0-2 铌工厂的现有及预期回收率.....	86
表 0-3 铌加工设备清单.....	89
表 0-4 铌浸析及高温冶金设计标准.....	90
表 0-5 铌浸析及高温冶金工厂设备清单.....	90
表 0-6 磷酸盐选矿厂（Ouvidor 47 及 76）主要参数.....	98
表 0-7 Ouvidor 磷酸盐选矿厂设备清单.....	100
表 0-1 Catalão 化肥厂单位.....	104
表 0-2 Catalão 粒化厂.....	106
表 0-3 Cubatão 化学加工单位.....	107
表 0-1 工厂（铌和磷酸盐）净可用率.....	112
表 0-2 平均维护经营开支（二零一六年至二零二零年）.....	112
表 0-1 矿山服务年限资本开支成本估算.....	114
表 0-2 矿山服务年限持续资本成本估算（每年平均）.....	114
表 0-3 矿石储量矿山服务年限每年经营成本.....	115
表 0-4 按类型划分的 Catalão 及 Cubatão 化肥厂二零一六年经营成本.....	116
表 0-1 关闭成本-磷酸盐 Catalão 及 Ouvidor.....	118
表 0-2 关闭成本- Cubatão.....	119
表 0-3 关闭成本-铌 Catalão 及 Ouvidor.....	121
表 0-1 风险评估分级.....	123

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 RungePincokMinarco 品牌交易（简称「RPM」）进行独立技术审核工作（「独立技术审核」）并编制有关铌矿及磷矿项目（「该项目」或「该矿区」）的合资格人士报告（「合资格人士报告」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）。项目位于巴西（图 1-1），目前由英美资源集团拥有并经营（以下简称「公司」）。目前矿山视为世界一流的综合一体化的铌和磷产业，即采矿、选矿及制造销售，为国内和国际大量需求而生产铌铁和化肥产品。该项目已连续生产了 40 年，已经建立了开采、精炼和制造一体化的基础设施。

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、开采年限生产计划，以及营运及资本成本资料
- 审核资源量及储量，包括钻探数量及品质、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，并提出意见
- 审核该项目的短期与长期开发计划
- 宏观审核该项目的环境、健康和安全风险及管理计划
- 编撰一份合资格人士报告（定义见上市规则第 18 章）

相关资产

项目包括位于巴西 Catalão 及 Cubatão 城区附近，Catalão 矿块 1 号和 2 号区域，含磷矿床和铌矿床，同时，沿化肥厂区还建有磷、铌浓缩厂。此外，另有 Cubatão 化肥厂建于 Santos 港口附近，从而支援直接与大西洋岸的国际货运设施相通（**参考图 1-1**）。

审核方法

RPM 独立技术审核方法如下：

- 审核现有报告及资料
- 合资格人士现场考察
- 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
- 《合资格人士报告》编写并向项目人员提供《合资格人士报告》初稿，以确保事实准确并且假设具有合理性

合资格人士报告中的意见及预测，皆以查询及客户及公司项目人员提供的口头意见汇编而成的资料为准。本资料已尽可能与书面资料或一个以上的来源进行复核。针对资料或问题有冲突之处，RPM 即运用专业判断以评估有关问题。

现场考察

RPM 于 2016 年 3 月 14 日至 17 日期间对磷矿和铌矿山以及选矿设施资产进行了技术尽职调查。RPM 现场考察专家团队组成如下：

- Tim Swendseid 总裁 - 咨询服务 - 美洲
- Esteban Acuña 首席地质师
- Dick Addison 首席选矿工程师（负责铌和遴选矿厂）
- Marten Walters 首席化学工程师（负责磷矿化工厂）
- João Abud 环境和社会专家
- Pedro Repetto 首席土木工程师（负责尾矿/工程地质）
- RPM 指出，香港合资格人士（Jeremy Clark 先生，如第 1.6 节所述）不作为现场考察团队专家成员之一，但作为 JORC 标准合资格人士参与矿产资源量和矿石储量估算。作为香港合资格人士职责，Clark 先生依据进行现场考察的相关专家所提供的资讯，作为对所完成工作的确认。

资料来源

项目提供了相关地质报告、可行性研究报告、设计报告、矿山服务年限预算和规划以及近期生产数据等。

合资格人士与责任

根据上市规则第 18 章，矿产资源量和矿石储量陈述按照 JORC 标准要求进行报告，适用于加入《合资格人士报告》。可是本报告不适用于公开报告。

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 先生负责钻孔数据库审核和本报告的矿产资源量估算
- Richard Addison 先生 – Richard 先生负责基础设施、选矿、冶金等选矿流程图和参数审核任务
- Joao Abud 博士 – Joao 博士负责项目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、矿山排产计划和矿石储量估算
- Brendan Douglas 先生 – Brendan 先生负责矿山排产计划
- Pedro Repetto 先生 – Pedro 先生负责基础设施设计和成本审核
- Marten Walters 先生 – Martin 先生负责磷矿化工厂审核
- Jeremy Clark 先生 – Jeremy 负责监督各队成员、他们的工作和报告的编制并拟负责担任报告的“合资格人士”
- Philippe Baudry 先生 – 负责担任报告的内部同行评审

图 0-1 总体位置图



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。Acuña 先生为 RPM 全职员工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“合资格人士”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

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特点和矿床类型拥有相当丰富的经验，合乎 JORC 准则下的合格人士要求。



加入签名

Rondinelli Sousa

香港證券交易所合資格人士

Jeremy Clark 先生符合上市規則第 18 章所界定的合資格人士要求。該等要求包括：

- 五年以上礦床類型相關經驗
- 香港證券交易所和 JORC 標準下的認證專業機構：澳大利亞採礦及冶金學會會員、澳大利亞地質科學家學會會員
- 在所匯報的相關資產中概無任何（現有或潛在的）經濟或實益權益
- 其酬金並不取決於合資格人士報告的結果
- 並非客戶或其任何集團公司、控股公司或聯營公司的高級人員、僱員或擬聘任的高級人員；及
- 對合資格人士報告承擔整體責任



加入簽名

Jeremy Clark 先生（香港合資格人士）（澳大利亞採礦及冶金學會會員）

Jeremy 先生在礦業工作超過 15 年並通過在礦業價值鏈的各个方面的工作積累了豐富的經驗。他對礦化類型、開採方法和各種規模的採礦生產所需技術研究均有極為廣泛和專業的見解。過去 7 年來，Jeremy 先生除了作為澳大利亞採礦及冶金學會以及澳大利亞地質學家協會會員外，還擔任眾多採礦研究和獨立審核的領導人物，包括為大量的香港證券交易所交易編制《合資格人士報告》。Jeremy 先生憑借對投資者和金融機構需求以及 JORC 和 NI 43-101 等在內的國際標準合規性報告要求擁有詳細的了解，他已經在包括：香港、倫敦、澳大利亞、新加坡和多倫多等世界各大證券交易所，按照全部主要金融交易規則和條例提供專家服務。除了合規報告外，Jeremy 先生所做露天及地下礦山勘探專案，包括：南美洲（特別是在巴西和秘魯）、澳大利亞、非洲以及世界各地主要礦山省份各大金屬礦床均有審核和評估經驗。因此，除了熟知採礦生產技術層面之外，Jeremy 先生還在包括巴西和非洲在內的世界各地不同司法管轄區域，對礦業運作的商業和社會互動等方面擁有深刻的認識；同時，還包括公眾合規性報告、投資者可信度、透明度保證等後續要求方面擁有大量經驗。

在過去十幾年中，Jeremy 先生一直擔任 RungePincokMinarco 公司的國際顧問，在澳大利亞、北美、南美、非洲和亞洲等地擔任首席地質師和專案經理職務，目前職務為公司的香港經理。在 RPM 工作期間，Jeremy 先生曾常駐在公司各大國際辦事處，包括：珀斯、布里斯班、丹佛、北京、香港等地，從而在世界各地主要採礦中心，包括：巴西、非洲、中國、中亞、歐洲、北美洲和南美洲等區域，工作涉及大量礦床類型、開採類型和生產運營方式。Jeremy 先生於近期曾按照 JORC 標準（或其他同等級別國際標準）作為專案經理、首席專案審核專家及（或）“合資格人士”，參與了大量首次公開發行（IPO）、大型交易所交易或大型礦業研究專案工作。工作包括專案管理採礦研究，涵蓋對在南美洲、非洲、剛果民主共和國、中國、澳大利亞等地大規模生產資產，從範圍界定、預可行性研究至獨立技術審核的大量工作，其中包括眾多的採礦方法和產品類型。近期，作為合規性報告工作的一部分，Jeremy 先生擔任過“合資格人士”或專案經理負責人及評審專家，參與了大量香港證券交易所合規報告。RPM 公司擁有成功編制 JORC 標準和香港證券交易所合規《合資格人士報告》（[詳見附錄 A](#)）。

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”与世界其它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磷、铌市场基本面进行竞争力评估。

有限责任

本报告由 **RPM** 为中国铝业就拟议的收购专案按照上市规则而制备，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协力厂商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。

本报告责任及内容

本报告内容基于洛阳铝业提供的、或代表洛阳铝业提供、或公司提供的数据和资讯进行编写。**RPM** 不对洛阳铝业或公司或任何协力厂商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忠实编写，并应与作为香港交易所的的通函共同阅读。

如果 **RPM** 所取得的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** 认为洛阳铝业或代表洛阳铝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；相应数据或信息亦无不实陈述。

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）：

- 由洛阳铝业或公司提供给 **RPM** 依赖的资讯，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、违反智慧财产权并遭受协力厂商索赔、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资格人士）和 **RPM** 违反合同及赋有严格责任。

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。运营者或任何其它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。

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。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。

RPM 已被支付或已同意被支付本报告编写按照固定价格所需的专业费用。它的报酬不依赖于报告的发现或交易的结果。

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直接或间接权益或权利（现在或另外情形），包括：

- 专案、与专案有关的客户公司证券或与客户相关的各公司；或
- “相关资产”权利或期权；或
- 所建议交易产生的结果

本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。参与本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。

项目概览

该项目被视为一项世界级的铌和磷酸盐联合产业，开采、加工及制造可在市场上销售的铌铁及各种化肥产品。该项目包含一系列采矿及勘探权证（**图 2-2**），由多个世界级大型铌和磷酸盐矿床组成。磷酸盐矿化出现在近地表附近，呈延深的板状水准，最厚达 80 米。铌矿化位于与磷酸盐矿化位置相同的地质背景，与水准磷酸盐带及垂直管状岩体相关，已确定界限为最深 600 米。两个区域的采矿现时通过传统露天采矿法进行（Catalão 复合岩体 I 及 II）。此外，存在大量选矿及下游加工，可生产高价值产品直接在市场销售。铌业务生产销售至国际市场的单一铌铁产品（65% Nb₂O₅），磷酸盐业务生产各种可定制产品（**第 2.4 节**），数量视乎国内市场状况而不同。

项目地点及交通

该项目业务位于巴西两个地点，即 Catalão 及 Cubatão。Catalão 业务包括两个露天采矿区域（定义为复合岩体 I 及复合岩体 II）、5 个独立选矿厂（2 个磷酸盐选矿厂及 3 个铌选矿厂）、一个浸析及高温冶金铌工厂及一个磷酸盐化肥厂（**图 2-1**）。Cubatão 业务连接至一个全国性铁路及公路网络，包含一个磷酸盐化肥厂。

Catalão 业务位于区域城市 Catalão 及 Ouidor 东北约 15 公里（**图 2-2**）及主要省会城市 Uberlândia 以北 115 公里。可通过优质铺设公路从其他省区及 Goiânia（253 公里）与 Brasília（330 公里）顺利前往当地。现场有优质碎石路连接不同业务，有一条铁路从 Catalão 通往巴西东南沿海工业重地，并有一条直达线路通往 Cubatão 化肥厂，支援 Catalão 业务。

Cubatão 工厂位于圣保罗州 Cubatão 市，距离桑托斯海港（**图 2-4**）（拉丁美洲最大的港口）12 公里。

现有业务

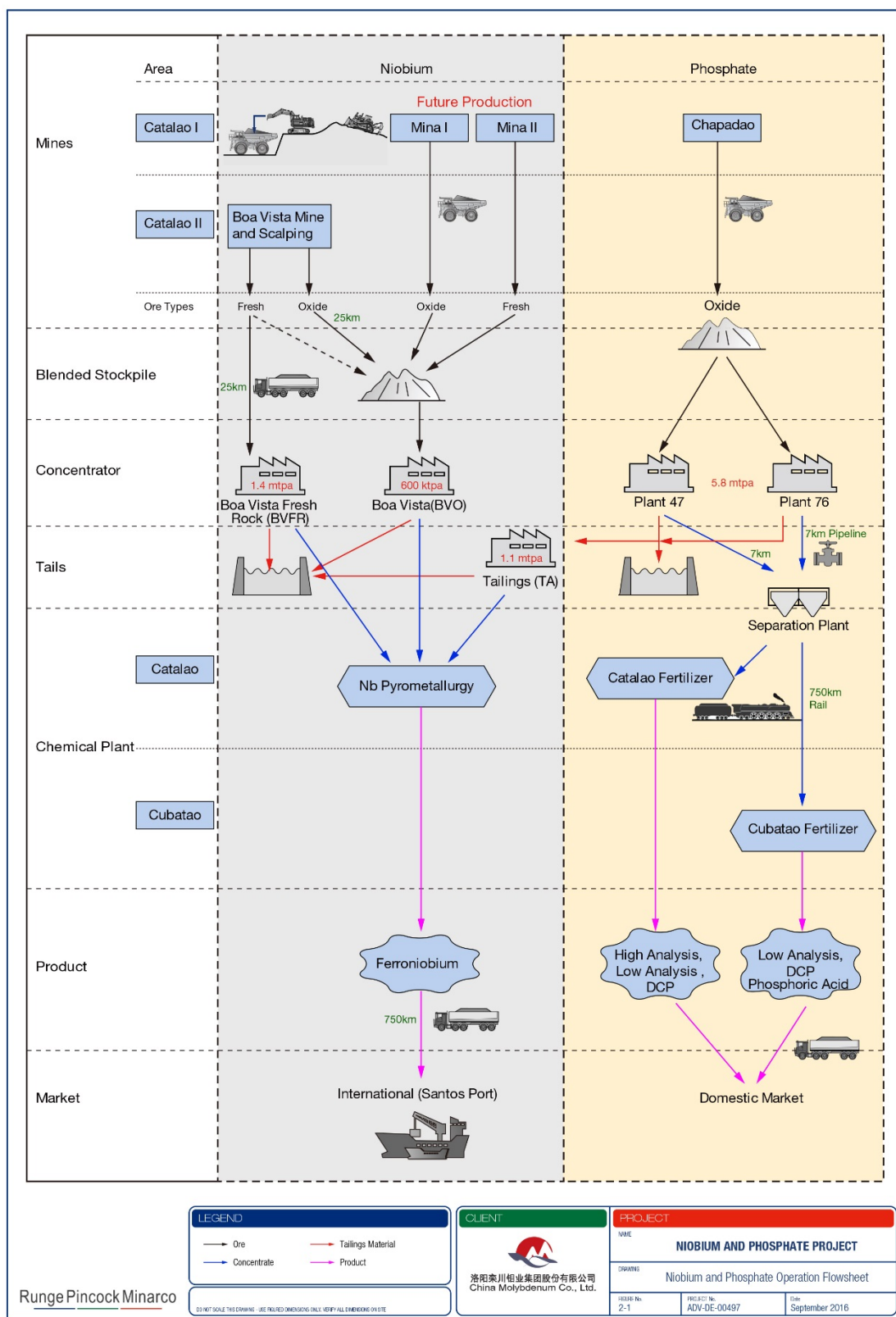
该项目采矿历史悠久，磷酸盐选矿厂、工厂及相关设施于一九七零年代开始建设。所有采矿通过传统露天采矿车及挖掘机进行，该项目自试运行起持续经营。矿业公司为全球及国内市场上现有两大铌和磷酸盐生产商之一，有能力直接向多个市场销售产品，其业务具有高度灵活性，可满足产品需求。

铌业务包括三个运营中的浮法选矿厂，现有给料来自两个来源，即距离 Catalão 选矿厂（Catalão 复合岩体 I）25 公里的 Boa Vista 露天矿（氧化矿及原生矿）及来自磷酸盐选矿厂的尾矿料。现有给料将以来自邻近选矿厂的 Chapadão 矿井（Catalão 复合岩体 I）内 Mina I 及 Mina II 矿床的材料补充。三个选矿厂的总处理量为每年 3.1 百万干吨（「百万吨 / 年」）原矿（「原矿」），其精矿供应至邻近的一个浸析及高温冶金厂。该工厂每年生产约 13 千吨（「千吨 / 年」）铌铁产品，以卡车运输 750 公里至桑托斯港，供发送至包括中国、韩国及日本在内的国际市场。

磷酸盐业务包括两个浮法选矿厂，处理量共 5.8 百万吨原矿 / 年。工厂给料为来自附近 Chapadão 矿井的氧化矿（图 2-1）。选矿厂生产矿浆，通过一条 7 公里管道输送至 Catalão 化肥厂内的分选站。该站将矿浆中的细料与粗料分离，所有细料及 55% 的粗料直接输送至 Catalão 化肥厂，余下 45% 的粗料通过铁路运输 750 公里至 Cubatão 化肥厂（图 2-1）。

RPM 估计，总铌矿石储量约为 **35.1 百万吨**，平均品位为 0.9%Nb₂O₅，来自现有 Boa Vista 矿井与 Chapadão 矿井内的 Mina I 及 Mina II 区域。在矿山服务年限 13 年中，Boa Vista 矿井的剥采比将平均为 3.78 吨废石比 1.0 吨矿石。同样，总磷酸盐矿石储量约为 **208.9 百万吨**，平均品位为 12.3%P₂O₅。在矿山服务年限 37 年中，Chapadão 矿井的剥采比将平均为 3.0 吨废石比 1.0 吨矿石。RPM 注意到，Chapadão 露天矿井的剥采比同时包括当中的铌（Mina I 及 Mina II）与磷酸盐矿石储量。Boa Vista 及 Chapadão 矿山的钻探、爆破、装载及运输活动均由承包商进行。

图 0-1 铌和磷运营流程图



产品类型

尽管生产单一铌产品，大量磷酸盐产品销售至国内市场（[图 2-1](#)）。值得注意的是，化肥一般按当中包含的化肥成分比例命名及分类，即 N（氮）、 P_2O_5 （磷酸盐）及 K_2O （钾）。因此，产品名称一般包括该三个字母，以便参考。矿业公司一般生产的产品包括：

- 硫酸–在硫酸厂生产（Catalão 及 Cubatão）
- 磷酸–磷酸厂（Catalão 及 Cubatão）中，Catalão 生产的酸含量一般为 46%至 51% P_2O_5 ，Cubatão 为 54%；
- 过磷酸钙（「SSP」）–酸化厂（Catalão 及 Cubatão）生产的细磷酸盐精矿（低品位）与稀释硫酸的结合；
- 三过磷酸钙（「TSP」）–酸化厂（仅 Catalão 工厂）生产的高品位精矿与磷酸的结合；
- 磷酸二钙（「DCP」）厂（Catalão 及 Cubatão）生产的 DCP；
- SSP 颗粒–Catalão 及 Cubatão 粒化厂生产的 00-21-00
- SSPAM 颗粒–Catalão 及 Cubatão 粒化厂生产的 03-17-00
- 化肥级磷酸一铵颗粒（「MAP」）(11-52-00)–透过结合 Catalão 粒化厂生产的氨与磷酸而生产
- TSP 颗粒–Catalão 粒化厂生产的 00-46-0
- SSP 颗粒–Cubatão 粒化厂生产的含微量元素 02-18-00

市场概览

RPM 认为，为了理解业务内存在的机会及复杂性，最重要的是理解矿业公司经营所在的市场，该类市场的简单概览呈列如下。

该资料主要由矿业公司或协力厂商报告提供，RPM 呈列该资料仅供参考，并建议读者咨询市场专家。

磷酸盐

矿业公司的矿山亦生产全球品质最高的磷酸盐精矿之一，实现 P_2O_5 浓度约 37%，令矿业公司可同时生产高含量及低含量化肥产品（ P_2O_5 含量分别超过 40%及低于 21%）。再加上国内的高磷含量化肥产品供应有限（二零一五年进口 40%），矿业公司作为中西部地区的主要市场参与者之一，其成本曲线具有竞争力，不仅可与国内其他生产商竞争，且鉴于其业务所在的地理位置，亦处于极其有利的地位，可与巴西国内市场的国际进口商竞争。RPM 提示，矿业公司现时并未出口任何化肥产品。

铌

下文所示资料主要来自 Roskill Consulting Group Limited 于二零一六年一月发布的铌行业展望。

铌市场由矿化烧绿石的生产占据主导地位（占全球产量超过 97%）。烧绿石产量由巴西 Araxá（CBMM）及 Catalão（Anglo American Brazil）矿山与加拿大 Magris Resources' Saint-Honoré 业务占据主导地位。非洲亦有部分小规模但间断的烧绿石生产。与其他主要供应商一样，矿业公司（Catalão）开采的烧绿石在销售前，由生产商使用铝热还原工艺转成铌铁（如第 9 节概述）。矿业公司生产的所有铌铁在国际上销售。在 CBMM，烧绿石转成铌铁，以及铝合金、铌金属及氧化物产品。因此，进入市场的大部分铌铁来自巴西或加拿大，而巴西在两个生产国中的产量远高于加拿大。

近期的铌铁消费增长受全球钢材产量增长支撑，尤其是增加使用部分含铌的增值钢材。在所有情况下，铌铁的添加量极少—按重量计仅占每吨钢材的极小部分。HSLA 级铌铁为铌的主要最终用途。HSLA 钢材过往的主要用途为用于天然气行业的管道。该用途仍为一项主要应用，但近年来已被结构用途及汽车超过。

矿业公司一大部分产品销往欧洲，但亦销售至全球大多数其他市场，包括亚洲。亚洲是最大的铌铁消耗地区，占全球总消耗的 47%，其中大部分需求来自中国、日本及韩国，有关需求占亚洲需求的大部分。

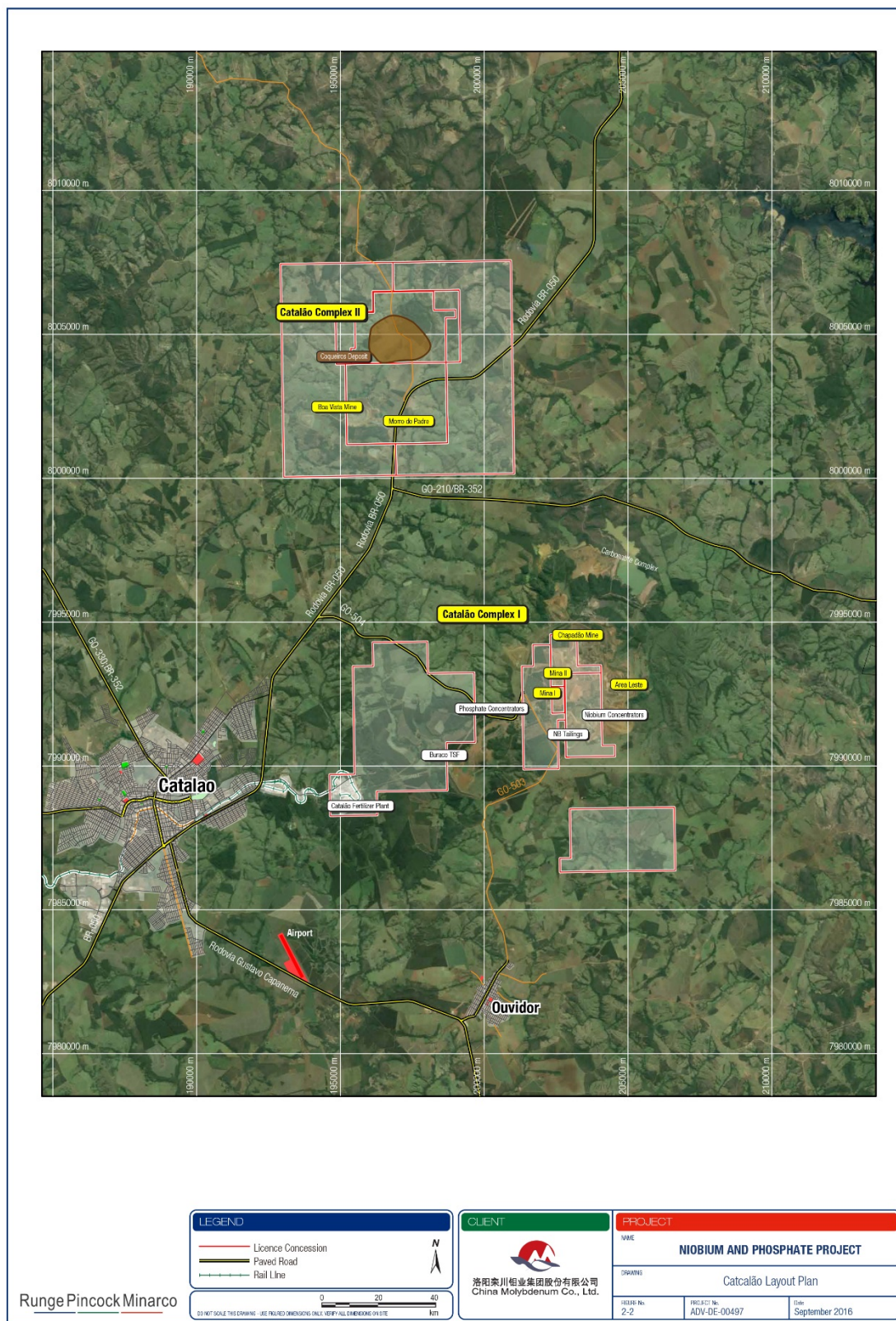
区域环境

地理

Catalão 地区位于巴西高原南部戈亚斯（Goiás）州东南地区（ 1-1）。西部地形主要为波状丘陵地，东部主要为高原，朝东北方向越来越平且越来越高。海拔介乎 650 米至 1,200 米，被地势起伏分隔，San Marcos 河与 Paranaíba 河的河谷中有洼地。该地区的大高原构成巴西三大河流体系之间的分界线，Paranaíba 河位于南面，São Francisco 河位于东面，Araguaia 及 Tocantins 河位于北面。

受耕作及工业化影响，只有小部分区域的残留 Atlantic 森林与稀树草原（在巴西称为间树草地遗址）仍然存在，但河流沿岸仍有热带雨林。

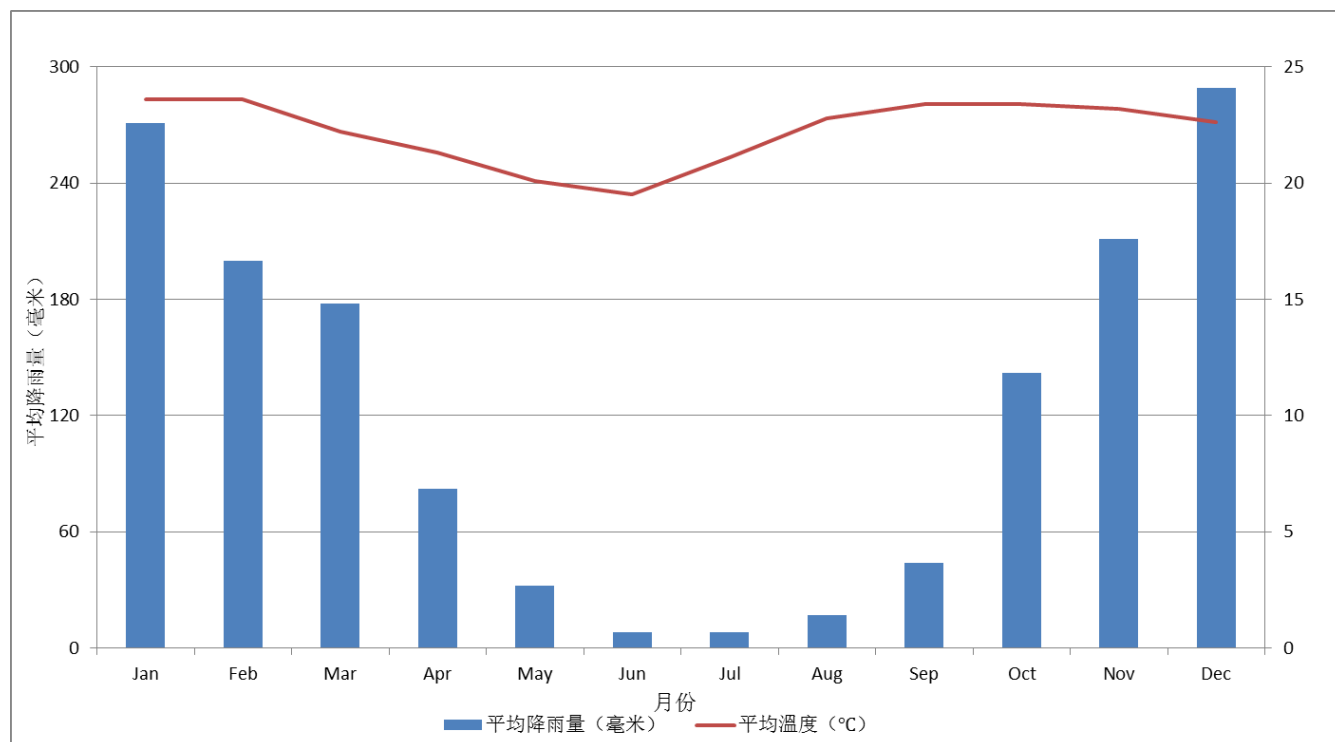
图 0-2Catalão 布局图



气候

Catalão 地区为热带湿及干 / 稀树草原气候，五月至八月为明显的旱季，十一月至二月为雨季。该季节性降雨亦每年不同，并已对采矿活动、供水及储水造成影响，详情载于**第9及11节**。每年平均气温为摄氏22度，每年平均降雨量为1,500毫米，如**图2-3**所概述。

图 0-3 Catalão 地区平均降雨量及气温



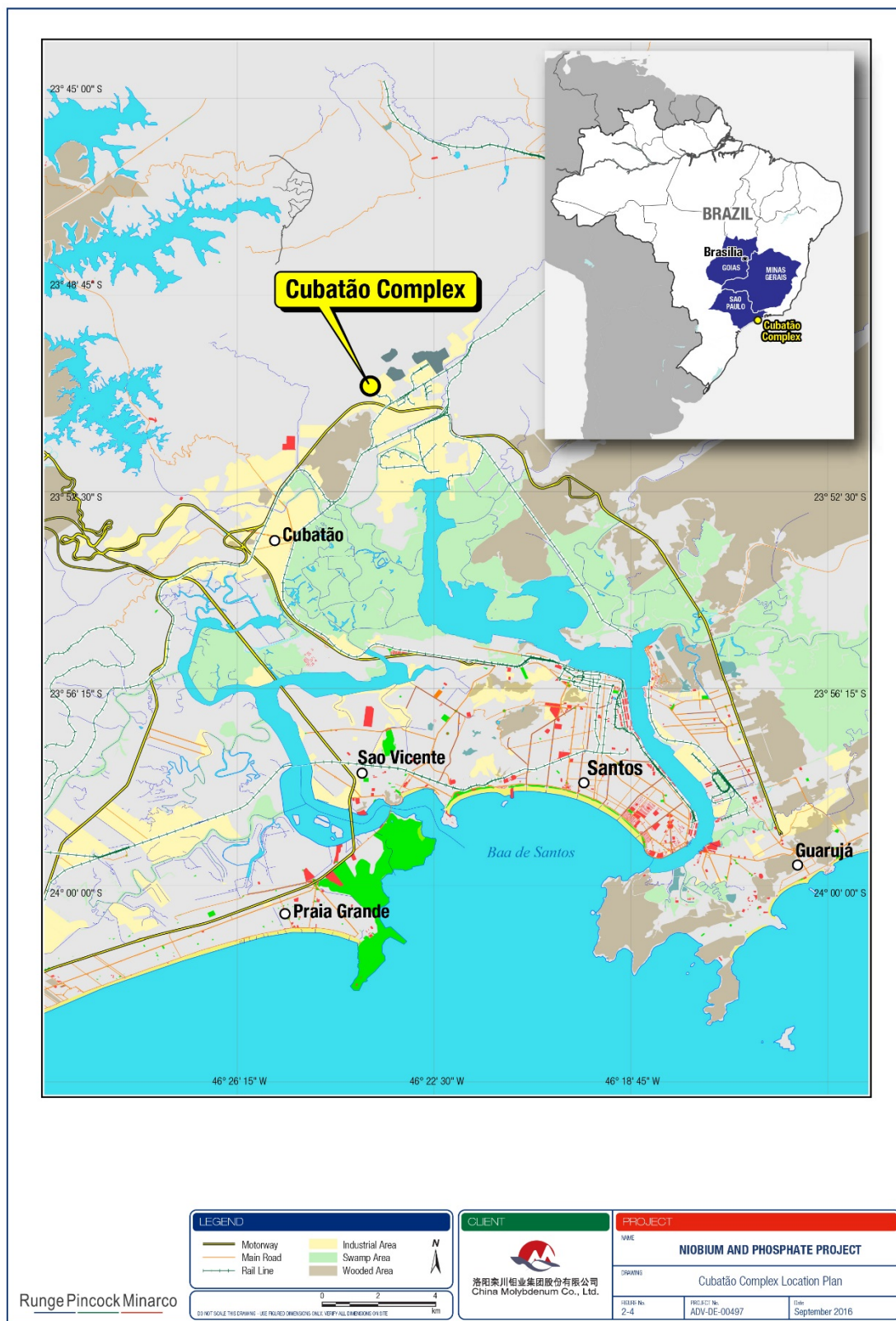
工业

除重工业采矿及制造外，当地传统行业为养牛。Catalão 地区仍为肉制品、乳制品及家禽的重要产地，以及玉米与大豆的大型产地。

区域及当地基础设施

除露天采矿及地面加工厂及办公基础设施外，亦有大量区域及当地技术设施为业务及预测生产需要提供支援。RPM 对区域及当地配套基础设施的审核显示，该地区具有合适的电力、水及运输物流，可将运营资产连接至下游加工，并具有当地及国际市场支援本报告中呈列的矿山服务年限（「矿山服务年限」）生产。该项目邻近成熟的优质公路及铁路基础设施（**图 2-2**）、水源及区域城镇，为采矿作业及人员提供住宿及支援服务。配套基础设施的进一步详情载列于**第12节**。

图 0-4Cubatão 工厂位置



权证及许可证

矿业公司现时持有大量采矿权，包括采矿及勘探权证（许可）、业务、环境及安全许可证。经营（包括采矿作业、主要地面设施及矿石处理、管理经营、电气基础设施、废石及尾矿储存设施地点以及勘探活动）根据有关权证及许可证进行。主要许可证概要如下：

RPM 提供本资料仅供参考，并建议由法律专家审核土地业权及所有权。

矿产特许权及地面权利

所有主要采矿权目前对持续运作资产以支持规划产量均是有效的。矿业公司持有的所有相关采矿及勘探权证与授权列示于表3-1，图示见图2-2。

RPM 注意到，根据巴西法规，勘探特许权的续期设有期限（RFPq）。RPM 获悉，根据向监管机构作出的标准申请，矿业公司拥有续期有关权证的优先权。如表3-1所示，多项特许权亦含有与已知矿床及采矿区域一致的多矿物权利。

表 0-1 采矿及勘探权

编号	标签	面积 (公顷)	状态	法律凭证	日期协议	延续最终期限	DNPM 申请	潜在商品
860.119 / 14	FFG-019	1,035.40	勘探	728	26/02/2015	24/02/2017	磷	铌、磷
861.103 / 13	FFG-008	1,704.22	勘探	7,113	3/09/2015	1/09/2017	磷	铌、磷
861.210 / 13	FFG-009	852.45	勘探	7153	3/09/2015	1/09/2017	磷	铌、磷
861.211 / 13	FFG-010	1,100.70	勘探	7154	3/09/2015	1/09/2017	磷	铌、磷
861.212 / 13	FFG-011	768.67	勘探	7,155	3/09/2015	1/09/2017	磷	铌、磷
861.379 / 13	FFG-015	1,950.53	勘探	7175	3/09/2015	1/09/2017	磷	铌、磷
861.380 / 13	FFG-016	1,000.85	勘探	7176	3/09/2015	1/09/2017	磷	铌、磷
801.560 / 68	FFG-001	166.76	矿权	85	27/01/1984		铌、磷、重晶石	铌、磷、重晶石
804.513 / 68	AREA-05	40.94	矿权	87	6/05/2004		铌、磷、重晶石	铌、磷、重晶石
860.402 / 01	FFG-004	455.91	矿权	6,370	6/09/2004		磷	铌、磷、重晶石
860.897 / 12	DGF-005	1,996.90	申请权利要求 - Ouction				铌、磷	铌、磷
860.898 / 12	DGF-004	1,958.31	申请权利要求 - Ouction				铌、磷	铌、磷
861.461 / 15	FFG-007 / B	1,964.07	申请陈述	20	21/01/2016	21/01/2019	磷	铌、磷
860.351 / 03	MCG-003	726.08	矿权申请	4,883	13/03/2007		铌	磷酸铌

资料来源：矿业公司提供的单位成本

水权利

经营需要的水通过多种方法获取，包括井、地面集水坑及径流。因此，该项目需要大量水权许可证。所有许可证现时有效，可支援现有生产，但矿业公司正进行检讨，以物色替代来源，包括需要许可的额外井。进一步资料于第14节提供。

环境及经营许可证

该项目现时持有多种环境、建设及经营许可证。**附录 D** 概述所持有的相关权证及许可证。许可证包括废石及尾矿坝设施建设与经营许可证、水井钻探及取水许可证以及多项经营及环境许可证。RPM 已概览有关许可证，并认为有关许可证有效，可支援资产在可预见的将来持续运营。但 RPM 注意到，根据巴西一般标准，长期运营的采矿及加工作业需要续新多项许可证及权证。RPM 注意到，需要续新的包括废石堆及尾矿坝设施扩张。RPM 并不知悉有任何理由导致在履行正确适当的申请程式后，有关许可证无法续新。

矿业公司持有的权利、批准及权证的进一步详情于**第 15 节**提供。

土地权利

矿业公司设有土地管理部，负责确定矿山服务年限的土地需要。亦使用 ELO 系统追踪土地所有权及土地收购要求。RPM 并无进行详细的土地权利审核。在参考通函内不同章节所述法律意见时，其注意到现有土地持有及许可证适合近期生产，但矿山服务年限内需要进行小型土地收购。

项目历史

勘探历史

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与反循环钻进。现有及过往业主的勘探历史从一九七零年代 CBMM 在 Boa Vista、Morro do Padre 及 Mineração Farm 探测到铌异常时开始。CBMM 亦使用冲刷系统以及金刚石与反循环钻进钻探 Catalão I。在 Catalão II 复合岩体中，CPRM 于一九七六年勘测的航空磁力图检测到两个区域（Coqueiros 及 Boa Vista）。但 Catalão I 及 II 的首次航空磁探由 DNPM 于一九七四年进行。

于一九八二年，Mineração Catalão the Goias (MCGL) 在 Catalão II 完成 4 个钻孔，截断多个铌矿点（钛铁磷灰岩）与磷酸盐及铜矿化带。在 Chapadão 的超肥沃区（现称 Area Leste Mine），MCGL 于一九八六年至一九八六年完成 52 个钻孔，并于一九九九年至二零零零年期间完成 70 个钻孔。

于二零零三年 Anglo American 收购有关资产前，勘探活动已停止。矿业公司于二零零三年至二零零八年进行多次航磁及地球物理勘探活动。自二零零三年起，矿业公司已钻探大量钻孔，以标明目标地点 Chapadão 的磷酸盐及铌、Boa Vista – Morro do Padre 的铌及 Coqueiros 的磷酸盐和铌资源的轮廓，并划定有关资源的界限（**表 4-1**）。

表 0-1 矿床钻探概要

专案	钻孔类型					
	金钢石钻孔		反回圈钻孔		混合	
	米	# 钻孔	米	# 钻孔	米	# 钻孔
Chapadão	127,494	13,116				
Coqueiros	13,646	119				
Boa Vista	63,358	548	87,644	4,747		
Morro do Padre	18,288	115				
Mina I	32,559	?				
Mina II	6,959	85	3,264	179		
Leste 区域					9,977	122
总计	255,346	13,898	87,644	4,747	9,977	122
						57,607 578

资料来源：矿业公司提供的单位成本

地质

RPM 已审核了审核戈亚斯（Goiás）州南部与米纳斯吉拉斯（Minas Gerais）州西部 Catalão I 及 II 的两个铌和磷酸盐复合岩体的区域及矿床地质，并认为，经过数代人的地质测绘、年代测定及侵入岩历史、地质剖面解释及三维模型，地质状况已得到良好的理解及深入。该项目主要地质特点概要如下。

RPM 注意到，以下概述主要依据矿业公司所提供的来自多份报告及来源的资料，但已审核并根据 RPM 的意见及实地视察发现编辑。

区域地质

该项目内的矿化与磁铁橄磷岩-碳酸岩复合岩体相关，这在地质记录中较为罕见，构成磷、铌、铜、稀土元素、钡、钽及其他有经济价值的矿床。在戈亚斯州与米纳斯吉拉斯州南部，大量上述侵入岩及相关熔岩流按早白垩世到始新世岩层排列，覆盖变形的元古代岩石及变形的外壳岩层序（称为巴西活动带），变形高峰时期为1.77至1.6 Ga。该地区（称为Alto Paranaíba火成岩区）（APIP）具有大量磷酸盐及 / 或铌采矿区，如：Tapira、Araxá、Salitre、Serra Negra及Catalão，包含矿业公司与CBMM的矿床。

Catalão I 及 II 区域均含有位于变形元古代基底中的碱-碳酸岩侵入岩（ 5-1）。Valeriono 于二零零八年将巴西活动带的构造演变概述如下：

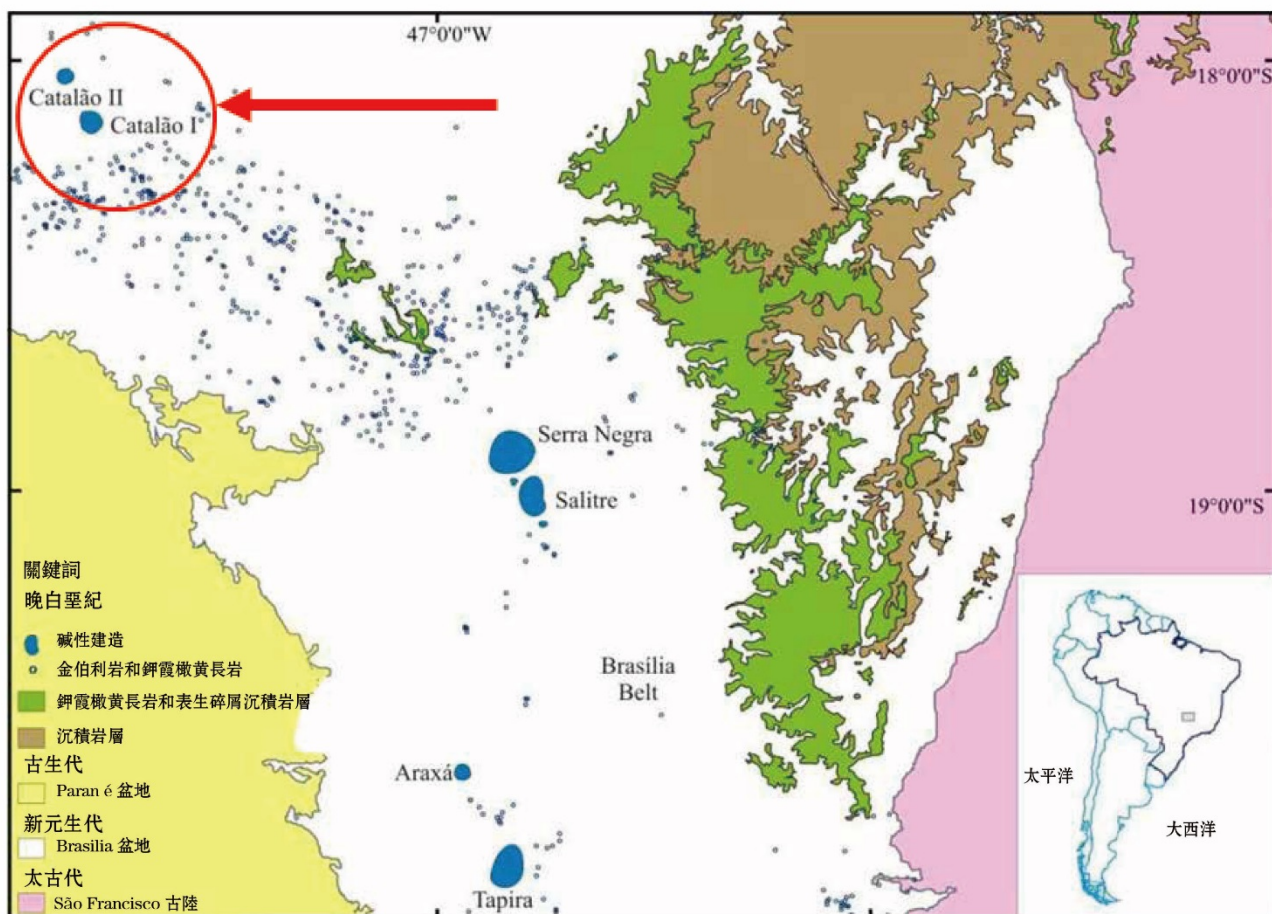
「巴西活动带包括因 0.64–0.61 Ga 期间 Parapanema 与 Goiás 区块及与 Goiás 岩浆弧朝 São Francisco–Congo 碰撞形成的造山幕中，在构造上朝 São Francisco–Congo 古大陆的西部被动陆缘移动移动的岩层及逆冲岩席。该活动带的构造带由东向西为：

- 海岬地区，太古代-始元古代花岗岩-绿岩基底被新元古代近变质酌沉积岩（Bambuí Group）覆盖；
- 邻近大陆架顺序的低变形等级逆冲褶皱带，主要为硅质碎屑，含有罕见的基底薄片；
- 绿色片岩上部的变形推复体至末端大陆架的变粒岩相，以及倾斜变质沉积物岩与附属拉班变玄武岩；
- Goiás 地块，可能为微大陆；
- Goiás 岩浆弧。

有关岩层朝 São Francisco–Congo 古大陆的西部边缘沉积，发生在冈瓦那超级大陆合并早期，创造了最早的西冈瓦那大陆，随后周边出现碰撞及沉积事件，如 Borborema–Trans-Saharan 地区（约 0.62–0.60 Ga）、Ribeira–Araçuaí 带（约 0.58 Ga）；沿 Araguaia 及 Paraguay 带（亚马孙古陆碰撞，约 0.54–0.52 Ga）；Ribeira 带的 Cabo Frio 岩层沉积（约 0.53–0.50 Ga）。」

巴西活动带基底被主要碱-碳酸岩复合岩体及小型碱性岩侵入，并部分被形成 Alto Paranaíba 火成岩区（APIP）的 Mata da Corda 地层的火山岩覆盖。APIP 与 Sao Francisco 克拉通及 Paraná 盆地之间的可能缝合带相对应（Van Decar 等，一九九五年）。APIP 的晚白垩世碱性岩包括钾霞橄黄长岩（钾含量高、二氧化硅不饱和的火成岩）火山及火山岩颈，以及附属的金伯利岩火山道与碱-天然焦火成复合岩体，其成因与遍布该地区的大量小型钾霞橄黄长岩火山管道及 Mata da Corda Group 的钾霞橄黄长岩熔岩及火成碎屑物相同。

图 0-1 区域地质图



注:礦業公司提供

碱-磷磁橄欖岩-天然焦复合岩体包括三种不同的成岩系列：云霞钛辉岩、磁铁橄磷岩及碳酸岩（Brod等，二零零四年），因结晶分离、液态不混合及脱气等相互作用而彼此密切相关。

区域蚀变

侵入体系中并未观察到重大的热液蚀变，但与碱-碳酸岩侵入相关的交代作用导致前寒武纪石英岩、千枚岩及闪岩的霓长岩化。霓长岩化密度不一，但一般维持原有的变质叶理。在火成岩中，橄欖石及辉石通过水热作用转变成金云母（四配铁金云母）。

矿化

该地区的天然焦矿床大部分限于稳定的大陆构造单元内，如地盾、克拉通、结晶区块，古地壳发展良好。在有关大型区域结构中，碳酸岩限制在陆内裂谷带及断层系控制的碱岩浆地区。主要经济矿物包括烧绿石（为铌的主要来源）及磷灰石（为磷的主要来源），矿床中亦含有铌-金红石及铌-钛铁矿。独居石、氟碳铈矿及氟碳钙铈矿为稀土元素的最重要来源。

矿床地质

Catalão I 复合岩体

磷磁橄欖岩-碳酸岩复合岩体Catalão I为直径约5千米的圆形结构。该复合岩体内，岩石呈同心分布，碳酸岩心占主导地位，被磷磁橄欖岩及硅石（如辉岩）围绕（5-2）。岩石类型与复合岩体中的矿化密切相关，铌矿化位于（磷磁橄欖岩-碳酸岩区）复合岩体的岩心，该岩心被高品位磷酸盐矿化（磷磁橄欖岩区）包围，其次是外围低品位磷酸盐矿化（辉岩区）。

因此，复合岩体I同时含有具有重大经济意义的铌和磷酸盐矿化，迄今为止的勘探已划定Chapadão磷酸盐矿床、Mina I、Mina II及Area Leste铌矿床的界限。

Chapadão-磷酸盐

风化过程产生了一层较厚的风化覆盖层，平均厚 150 米，一般含有大量的水平板状矿化带。在风化过程中，部分层由于地下水面变化而硅化，导致矿化带内出现硬质材料。矿化一般作为磷灰石出现，含量因风化剖面而不同，如5-2 所示并概述如下：

- 红色及黄色红土底部的磁铁矿含量丰富；因此富含 Fe_2O_3 （为土壤的主要成分）。该层并不包含矿化。
- 氧化物层的蚀变程度最高，其纹理从砂质到泥质不等，视乎磷灰石及磁铁矿的数量而定。
- 英石岩可见于金云母区与蛭石区之间或氧化物矿化与蛭石区之间的接触面。可见形式为垂直或水准矿床。其一般含有高品位 P_2O_5 ，但亦含有高品位 Fe_2O_3 ；
- 蛭石区可见于金云母区上方，体现为错层的矿物、韵律层金云母及蛭石，
- 金云母区：云母比之前的层更原生，
- 部分风化层主要包含碳酸盐；原生构造清晰可见，亦常出现巨砾。

铌

Catalão I 复合岩体同时含有原岩及余下（与风化相关的）铌矿化。原岩铌矿床由侵入碳酸岩及金云母的名称为 Mine II 及 Area Leste Area 的接近垂直的两个管状矿体组成。矿体由含有烧绿石、不含橄欖石的磁铁橄磷岩系列岩石（钛铁磷灰岩）岩脉群（可能富含磷灰石（P2 单位）或富含磁铁矿（P3 单位））组成。氟钠烧绿石及钙烧绿石为原岩矿床中最丰富的铌相。烧绿石超群化学显示，钙-钠占据主导地位的烧绿石朝原岩中富含钽的空烧绿石方向呈合成趋势，余下矿床中富含钽的空烧绿石占据主导地位。

侵入复合岩体中央部分的碳酸岩中已划定三个铌矿床（Mina I、Mina II 及 Area Leste）的界限，有关矿床出现在侵入体的风化部分。矿化厚度平均约 80 米，最高达 120 米。风化材料由红土覆盖层及相关腐泥土组成（与磷酸盐风化相同）。

红土区构成矿化的覆盖层，以含铁且剧烈风化的材料制成，无可识别的残余构造。其厚度不一，一般不超过 25 米。占主导地位的纤磷钙铝石族磷钡铝石（ $\text{BaAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$ ）是本区域呈现黄褐色的原因。针铁矿在 17 至 20 米深处占主导地位。烧绿石尽管始终存在，但一般为细粒，在大多数情况下被一层氢氧化铁薄膜染色。

腐泥土区含有 Mina I 的大部分经济氧化物铌矿化，由可识别的残余原生构造岩石组成，在腐泥土底部逐步过渡至相关原岩。该过渡的特点是一般位于原岩上方的蛭石地层。腐泥土富含磷灰石（磷酸盐矿化）及锐钛矿，但分布并不均衡。铌矿化的分布及品位在水准及垂直方向均有差别，反映烧绿石的分布（出现在未风化岩石中的岩脉及裂缝填充矿脉内）。腐泥土中存在大量的大块浅生英石岩，导致出现重大矿物变异，磁铁矿、重晶石、磷灰石及次生磷酸盐始终可见。复合岩体内发现的磷灰石、烧绿石、独居石、锐钛矿及蛭石的主浓度中，只有磷灰石及烧绿石（铌）被利用。

各矿床的一般说明如下。

Mina I

Mina I 矿床限于腐泥土层内，被许多碳酸岩岩脉横切，形成网格构造结构，呈现岩浆结构，如岩浆流或角砾化。有许多不同的岩石类型，一般为垂直岩脉形式。

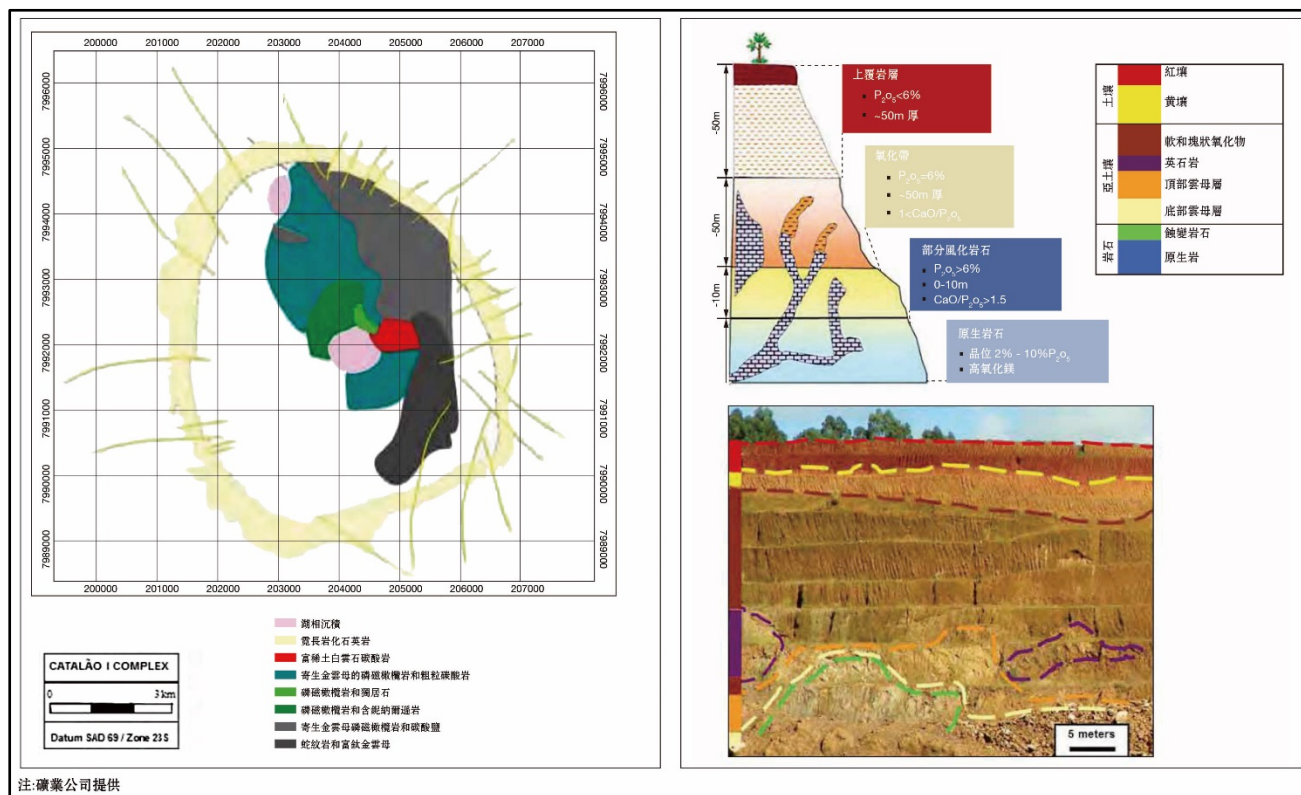
Mina II

Mina II 为一个接近垂直的管状矿体（7-7），厚度介乎20至80米不等，已界定最深600米。矿化同时出现在与三种主要岩性（钛铁磷灰岩、碳酸岩及金云母）相关的氧化物及原岩（已开采出氧化物）中。

Area Leste

Area Leste 矿床的方位及几何形状与 Mina II 矿床类似，作为接近垂直的管状体钛铁磷灰岩出现，含有碳酸盐、磁铁矿、金云母、辅助磷灰石及烧绿石等。钛铁磷灰岩侵入超镁铁质及碳酸岩，形成浅生剩余铌富集的主要状况。浅生剖面包括 60 至 120 米的红土及腐泥土（构成现有资源）。腐泥土基底的特点是含有蛭石、浓缩的磷灰石及地层，为该地区典型特点。红土覆盖层主要由针铁矿形成，细粒烧绿石被氧化铁环绕。

图 0-2 Catalão I 当地地质图



注:礦業公司提供

Catalão II 复合岩体

Catalão II 中的火成复合岩体演变被解释为多阶段演变的浅超钾仿射岩浆房，因结合结晶分离、液态不混合、岩浆分凝作用及脱气 / 交代作用演变而成，产生全面、错综复杂的接触点相关的岩性与矿化类型。

碱岩浆岩石部分裸露在外，是复合岩体北部最大的裸露区域，南部露头包括钛铁磷灰岩及碳酸岩群、附属金云母、苦橄岩及钙钛云辉岩（**图5-3**）。

Catalão II 作为一团矿脉及岩脉而出现，可分为两个相隔数公里的「管道」，与 Catalão I 的同心性质不同。如**图5-4**所示，与南部岩脉及侵入体群相比，北部的圆形图样存在很大差别。已呈列多项假设，但常见共识为差别是由于两个独立侵入体的位置导致。然而，南部侵入体位于深处，并未裸露在地表上。

与两个矿体的位置一致，独特矿化带状排列亦出现在复合岩体内，北部区域含有一连串圆形碱性岩（主要为辉岩及钙钛云辉岩）产生的磷酸盐矿床（Coqueiros）、磷磁橄榄岩、磷灰石及天然焦。南部含有侵入霓长岩化的千枚岩、石英岩及闪岩的钛铁磷灰岩与天然焦东西向岩脉中已确定界限的大部分铌矿化（Morro do Padre 及 Boa Vista）。

Catalão 复合岩体 I 已形成类似的风化剖面，红色多孔硅质壳介乎 30 米至 40 米，含有罕见的重晶石矿脉。剖面的磷灰石含量逐渐丰富，分散在黄褐色泥板中，原岩界限常出现在 50 米深处。

铌

铌矿化与钛铁磷灰岩矿脉相关，其厚度及方向不一，形成网状脉形矿床。含有磁铁矿-磷灰石-碳酸盐的合成具经济效益的成矿带仅与含矿烧绿石相关。钛铁磷灰岩脉位于各种现有岩性中，包括闪岩及长霓岩（一种据信原含有千枚岩的交代蚀变岩石）。金云母蚀变亦可能与碳酸岩矿脉相关，常作为环绕矿脉并套印在长霓岩上的晕圈出现。其次，金云母作为钛铁磷灰岩矿脉的边缘出现。

迄今为止已确定两个重大的铌矿床，并命名为 Boa Vista 及 Morro do Padre 矿床。该类矿床位于火成岩中，作为薄岩脉群出现，形成上层中横切矿脉的网状脉，与深处个别矿化的较厚矿脉不同（**图5-4**）。

已发现两类钛铁磷灰岩。N1 一般富含磷灰石，细粒，常呈现类似的粒状构造。N2 的含量一般比 N1 丰富。其为粗粒至伟晶岩相，富含磁铁矿及烧绿石，黄铜矿的含量各有不同。N2 类钛铁磷灰岩的硅、铁、钾、镁、钡、铌、硫及铜含量比 N1 类丰富。N1 与 N2 类之间的关系尚不清楚，但 N2 钛铁磷灰岩在上层占据主导地位，而 N1 在深处占据主导地位。当地 N2 岩脉看似横切 N1，表明 N2 岩脉处于岩浆演化的较晚阶段。同样，碳酸岩划分为早期钙碳酸岩（C1）及晚期镁质碳酸岩（C2）。C2 富含铁、钡、锰、铌、稀土元素、硫、钍及铜。**图5-4**列示复合岩体的当地地质图。

迄今为止的勘探表明，铌矿化因大量间断性矿化脉冲与多幕碳酸岩及钛铁磷灰岩侵位而形成。部分该类矿脉之间可在当地观察到横切关系。Boa Vista 矿井东侧红土剖面下原岩的有限裸露区域内，可最清楚地观察到钛铁磷灰岩脉道。主岩包括被多平面不连续性切割的蓝绿长霓岩，其被套印有金云母蚀变的网状碳酸岩与钛铁磷灰岩脉道切割。在岩心内观察到，存在大量钛铁磷灰岩的当地赋存，被解释为代表假定反映网状钛铁磷灰岩矿脉的主要供给的较厚钛铁磷灰岩岩脉。同样，部分钻孔内亦记录有大量碳酸岩见矿点；但该类赋存并未出现在现有地表下约 100 至 200 米内。

Boa Vista 及 Morro de Padre 矿床均作为管状矿体出现，由接近垂直的主通道结构（允许深层碳酸岩岩浆垂直通过至较浅的深处，然后岩脉分裂成复杂的网状脉及细脉）组成。网状脉区域约 270 米（南北向）x 350 米（东西向），被认为因岩浆脱气应对围压减少及扩张气体从上升的岩浆出溶形成多套张性断裂而产生。该模型的直接后果是，接近中央通道区的矿脉密度较高，而随着离通道区的距离增加，矿脉量逐步减少。铌矿化的垂直范围已确定为深约 600 米，但 Boa Vista 的钻探密度远高于此。

Coqueiros

该区域包括一组同轴心环带状岩石，从岩心向四周分布：金云母磷灰石、磁铁矿磷磁橄榄岩（及辉石磷磁橄榄岩）。部分后期形成的碳酸岩打破了早期的带状排列。附属早期碳酸岩及钛铁磷灰岩为辉石及正长岩的少量赋存。磷酸盐矿化与金云母磷灰石及横向磷磁橄榄岩有关。

图 0-3Catalão II 当地地质图

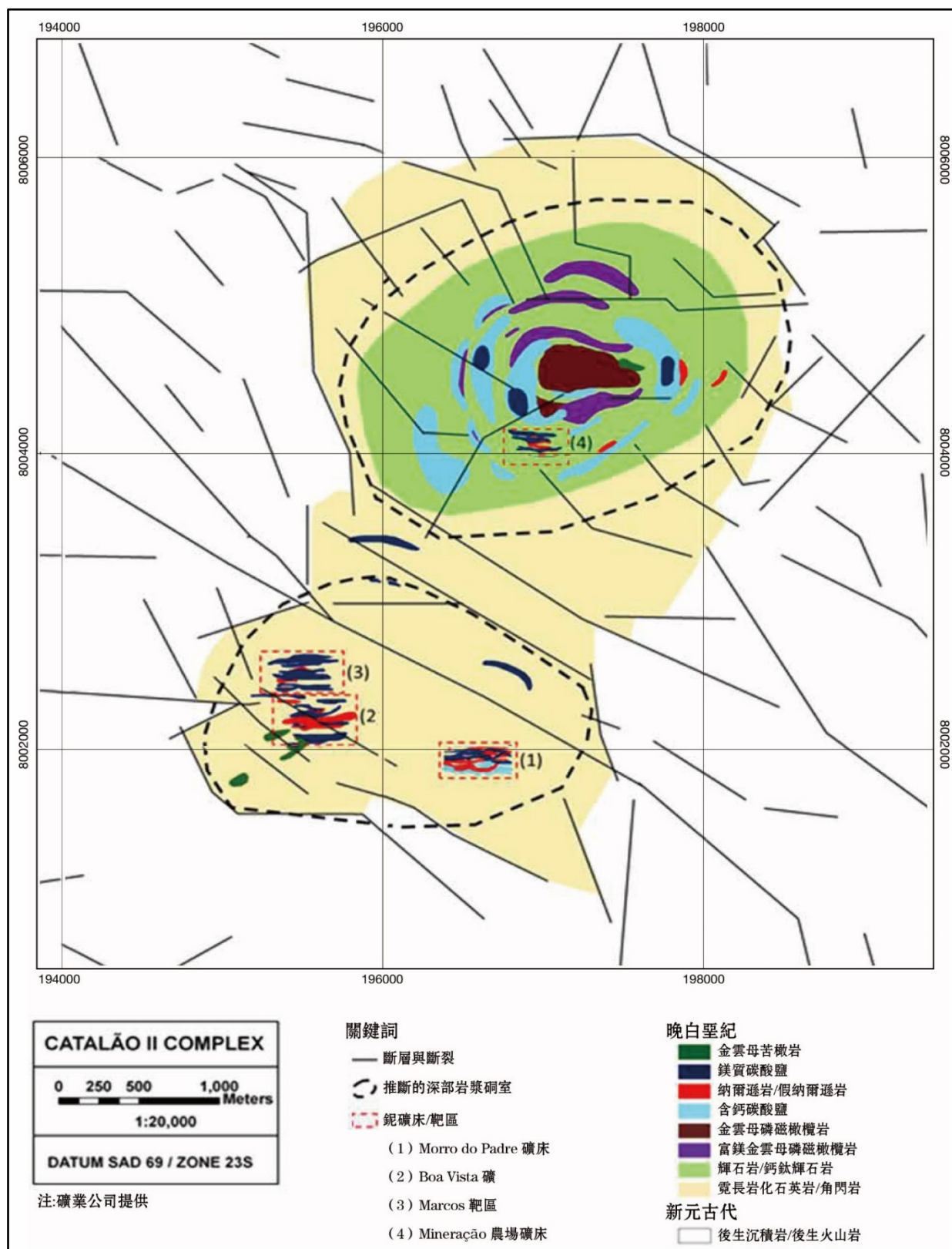
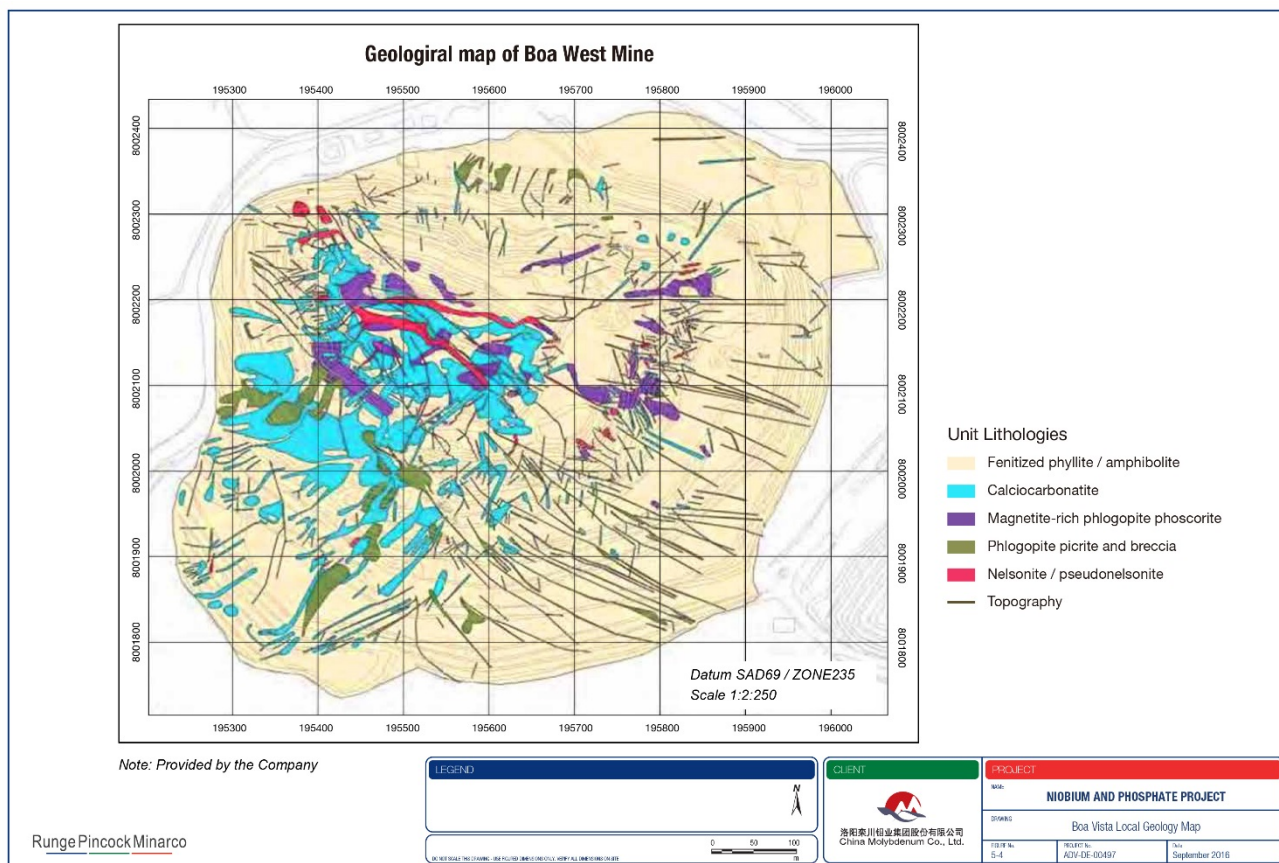


图 0-4Boa Vista 当地地质



数据核实

RPM 对客户提供的地质及数字数据进行了审核，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 于二零一六年三月考察了该项目，并查看了 Boa Vista 矿山、Chapadão 矿山、Area Leste 及 Mina II 的露头、钻孔位置以及岩心库。RPM 查看了所有磷酸盐和铌矿床的部分矿化钻孔见矿点、孔内测量及分析数据、实验室设施、取样，并审核了测量数据获取协议、分析程式、体积密度测定、编录程式及质量控制（QC）结果。RPM 认为，已依照行业最佳管理获取并核实足够数据。

钻探类型及岩心回收率

自二零零三年以来，钻心直径为 PQ（8.5 厘米直径）、HQ（6.3 厘米直径）或 NQ（4.8 厘米直径）的金钢石钻孔（「金钢石钻孔」）成为确定该项目内矿化的首选钻探方式。取自金钢石钻孔的资料及样本被用于支持本报告呈报的估计值所使用的资源量估算、地质冶金、工程地质及水文地质研究。在 Boa Vista，（在超过 151,002 米总钻探中）一项 87,644 米的大范围钻探活动使用反循环（「反循环」）钻探。该反循环钻探被用于协助分类，以及对 Boa Vista 矿山进行品位控制。

RPM 注意到，仅 HQ 及 NQ 直径的金钢石钻孔用作完成资源量估算的样本来源。PQ 尺寸的钻心仅用于获得冶金试验工作样本。用于工程地质及水文地质研究的钻孔使用 HQ 尺寸。

原岩的金钢石钻孔的岩心回收率一般较高（超过 90%），RPM 认为，此属合适；然而，氧化带的岩心回收率较低。RPM 进行的进一步审核表明，回收率低的区域与剧烈的风化间隔有关，被认为对本报告呈报的总矿产资源量影响不大。

地形及孔口位置

矿业公司根据机载镭射测绘（图像解析度 16 厘米）的结果对该项目地形进行了勘测。在 100 米网格上生成区域地表模型，后续以 2 米等高线诠释，但项目周边地区网格被缩减至 50 米。用于估算采空区量用解析度为 50 厘米的镭射扫描仪测得。地面图采用 WGS 84、PSAD 69 区块 23S 投影图以 UTM 坐标绘制。此外，主要及次要测地线网络和方位点均以 WGS 84 系统作为地理参考标记。RPM 认为，地形适合用于矿产资源量估算。

自二零零九年起，矿业公司采用静态差分数据方式，利用镭射扫描差分 GPS 设备对钻孔孔口位置进行勘测。RPM 认为，该类方法合适。RPM 注意到，就二零零九年以前完成的钻探而言，虽可获得孔口资料，但用于定位该类孔口点的方法未知，因此，无法确认孔口坐标。因此，正如第 7.4 节所述，该类钻孔对资源量分类的影响有限。

孔内测量

尽管 RPM 知悉矿业公司由单独的操作人员对每 10 个孔口中的 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 对钻孔 CQP-97 的孔口位置(197,272E, 8,004,648N)进行了核实，发现仅存在处于 GPS 误差极限内的微小差异。RPM 注意到，在 Chapadão、Mina I 及 II、Area Leste、Boa Vista 及 Morro do Padre 区域，由于进行采矿作业，大部分钻孔位置无法获得。

自二零零九年起，矿业公司使用 DeviFlex 法测量所有钻孔的方位角及倾角偏差。对于较深的钻孔，矿业公司每 3 米测量方位角及倾角偏差，然而由于大部分钻孔垂直深度不足 100 米，RPM 认为，以往未进行孔类孔类测量的影响不重大。验证结果被认为处于可接受范围内。

RPM 认为，自二零零九年起的调查程式、控制措施及钻探属合适。RPM 注意到，大部分深孔于二零零九年起完成。

地质、工程地质及地质力学编录

矿业公司已（于二零零九年）制定编录及取样程式，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。

在实地视察期间，RPM 审核了七个钻孔的地质编录，分别为 BV-527（Boa Vista）、MII-06（Chapadão 及 Mina II）、CB2 13-A 及 MII-044（Mina II）、CPQ-97（Coqueiros）、MP-10（Morro do Padre）及 CBL-10（Area Leste 矿山）。地质人员已演示编录程式，该程式与资源量数据库说明匹配。RPM 确认，该类钻孔的编录属高质量。

RPM 认为，所记录资料足以界定包括 Nb_2O_5 、 P_2O_5 矿化控制的地质模型，以及用于确定磷酸盐范围的有毒氧化钙。收到的编录为数字格式，已输入 GDMS 数据库内。RPM 认为，有关程式属于良好惯例。收到的岩心照片、孔口坐标、孔内测量及化验结果均为数字格式。

体积密度测定

RPM 审核了体积密度测定程式，认为对 Nb_2O_5 (Mina I, Area Leste 和 Boa Vista) 以往未充分执行该类程式，而 P_2O_5 的执行情况尚可接受；而近期的测定 (Boa Vista) 适用于 Nb_2O_5 。Chapadão 及 Boa Vista 已对氧化物材料进行地表密度测定，并利用岩心样本对 Boa Vista 及 Morro do Padre 进行密度测定。尽管铌体积密度就程式而言是不佳的，但 RPM 进一步审核表明总体或局部没有实质性的变化。而且，由公司工厂的采用抽查、月测和生产处理量和由 RPM 审核的近期核实表明合理的类似。因此，RPM 认为体积密度适合于所加的分类。详情如下以供参考。

RPM 注意到，Area Leste 及 Mina I 矿床进行的密度测定较为有限，在二零零四年停止开采以前，Mina I 和随后的核实使用的平均密度为 2.2 克 / 立方厘米，而 Area Leste 使用的密度为 Mina II 的平均值（表 6-1）。在 Leste 没有采矿，因此采用了推测的资源量。自二零零九年起，矿业公司一直在 Boa Vista 及 Morro do Padre 对 10 至 20 厘米未切割的 HQ 及 NQ 钻芯进行体积密度测定（每隔 2.5 米），形成大的资料库。密度通过测量岩心的长度及直径（ $\text{体积}=\pi \cdot R^2 \cdot h$ ）及在 OHAUS Explore 天秤上测量 10 至 20 厘米岩心的重量而测定。由于矿业公司假设原岩可忽略水分影响，在进行密度测定时未经历干燥阶段（并非行业标准惯例），因此，计算资源量使用的密度测定乃按湿重基准。RPM 认为，水分可能较低，但并非无关紧要，然而不形成实质性的差异。

就 Nb_2O_5 矿化系统上层 (Boa Vista 和 Mina I 的大部采空区，不适用于 Mina II)（矿化钛铁磷灰岩的细脉仅占岩石总体积的一小部分）而言，主要选用低废石品位岩石（霓长岩及天然焦）用于密度测定，这可能会导致总体积密度被低估。

在 Morro do Padre 矿床，使用 2.99 克 / 立方厘米的平均密度估算氧化物资源量，而在 Boa Vista 使用 1.87 克 / 立方厘米的平均密度估算氧化物资源量；在估算原岩资源量时使用距离平方反比法。在 Mina II，通过克里格插值法估算密度（表 6-1）。RPM 强调在 Boa Vista 只剩一小部份矿化，主要是推测的资源量。

在 Chapadão 矿床，通过在 Chapadão 矿山裸露表面开凿约 30 x 30 x 30 厘米钻孔测量密度。截至矿产资源量日期，合共记录 1,580 次密度测定。通过从 30 立方厘米钻孔开采的材料测定干重及湿重。在钻孔四壁覆盖塑胶后，通过往钻孔内注水，测量体积。矿区 Chapadão 矿块模型使用普通克里格法估算密度，但余下矿块赋予平均密度。

使用 Boa Vista 数据平均值作为 Coqueiros 矿床的密度（导致第 7.4 节使用较低的分类）。在风化带中，废石及矿化岩石的干密度界定为 1.8 克 / 立方厘米，而原岩则为 2.5 克 / 立方厘米。

表 6-1 密度结果概述。

矿山/专案	物质	确定型	块段模型	
			方法	数值 (克/立方厘米)
Mina I	氧化矿	-	平均法	2.2
Mina II	原生矿	核心	普通克里格法	-
Leste 区域	原生矿	-	Mina II 平均法	3.12
Boa Vista	氧化矿	地面	平均法	1.87
	原生矿	核心	ID2 法	-
Chapadão	氧化矿	地面	普通克里格法	-

资料来源：矿业公司提供的单位成本

取样及样本制备

对二零零九年前进行的钻探而言，并无有关钻探活动中样本制备协议的资料，但 RPM 已审核二零零九年后的取样及样本制备协议及程式，认为其已适当执行，可尽量减少标准错误。RPM 注意到，在切割岩心及将半岩心放入样本袋后，所有样本制备及分析测定工作均由 Catalão 设施的内部实验室进行。就 Nb₂O₅ 及 P₂O₅ 使用的分析协议于表 6-2 说明。

表 0-2 该项目使用的分析方法

元素确定	标准	描述
Nb ₂ O ₅ , P ₂ O ₅ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , MnO ₂ , SiO ₂ , Ta ₂ O ₅ , BaO, PbO, ThO ₂ , U ₃ O ₈ , Al ₂ O ₃ , CaO, and MgO	PNB.05.101.001.009	整体矿浆 (50-100 克) 20 分钟至 80°C 干燥。
	PNB.05.101.001.003 / PNB.05.101.001.002	3 克锂四硼酸盐和 10 克钼氧化物，加入到 0.5 克样品中，然后混合物熔融至 1100°C 生成片剂
	X 射线萤光法	通过 X 射线萤光法分析。

** XFR 分析的化合物：P₂O₅、Nb₂O₅、Fe₂O₃、TiO₂、MnO₂、SiO₂、Ta₂O₅、BaO、PbO、ThO₂、U₃O₈、Al₂O₃、CaO、MgO。

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 / 质量控制程式，以核实样本程式、样本制备及分析精确度与准确度。总样本中共 32% 为对照样本，包括以下各项：

- 原始粗副样：在第一个分离器中产生，加入 5%。
- 粗空白样本：每 20 份样本中加入 1 份。
- 二次粗副样：在第二个分离器中产生，每 20 份样本中加入 1 份。
- 粉末副样：在第三次批量还原中产生，每 20 份样本中加入 1 份。
- 粉末空白样本：在粗空白样本前加入。
- 标准参考物质 (SRM) 样本：每 20 份样本中加入 1 份。
- 内部检查样本：2.2% 的 Boa Vista 矿粉及 3.5% 的 Chapadão 矿粉已重新分析。

RPM 已审核自二零零九年起的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 P₂O₅ 样本污染。
- 副样：与原始样本相比，分析精确度处于可接受的范围内，即超过 90% 的样本处于就最高相对误差 10% 评估的误差极限内 (R>0.90)。

- **标准参考物质：**由于偏差值低于标准，分析准确度亦处于氧化物 P_2O_5 及 Nb_2O_5 的可接受范围内。其他氧化物观察到一定偏差，如 CPB-1 CaO 有较高的偏差，但仍处于可接受的范围内。并不知悉有关二零零九年前完成的活动中质量保证 / 质量控制程式的资料。

对二零零八年后活动的所有数据而言，RPM 认为，Chapadão 的 32% 及 Boa Vista 的 15% 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-粉末副样、参考样本及内部实验室检查的容许范围内。RPM 认为，质量控制协议中应加入外部检查。另外，RPM 发现参考样本中的正偏差较低，但所有结果仍然处于容许范围内。

鉴于二零零九年前的资料有限，作为质量保证质量控制程式的一部分，矿业公司已重新分析历史钻探的所有现有样本，包括 Chapadão 的 8,603 份样本中的 4,781 份与 Mina I 及 II 的 9,348 份样本中的 6,370 份，RPM 认为，有关样本适合支持资源量估算。RPM 注意到，Area Leste 包含历史钻探，应完成了重新分析，因此采用到了推测的资源量分类（见第 7.4.2 节）。所有 DHH 孔已用于资源量估算，但分类的权重因现有质量保证质量控制数据而各有不同（如第 7.4 节概述）。

数据质量审核

对钻探及取样程式的审核表明，二零零八年后已采用国际标准惯例，RPM 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准，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，资源估算使用的大部分样本来自二零零八年后的钻探或经重新分析的活动，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。RPM 提请注意，二零零九年前收集的样本估算所完全依据的矿床分类为推测的资源量（第 7.4.2 节）。

RPM 进行的选择性原始数据审核及实地视察观察，并未发现数据输入或数字数据存在任何重大问题。此外，RPM 相信，现场数据管理系统符合行业标准，可尽量降低「人为」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字转移错误；因此，RPM 认为，数字数据库的真实性可靠。

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（第 7.4.2 节）。

样本安全

所有钻探活动均由独立于客户的承包商进行。由于该项目进行的钻探类型，客户人员主要进行岩心样本处理。所采取的样本安全措施包括以下各项：

- 自二零零九年起，矿产资源量估算的样本均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，以供交付至制备实验室设施，该实验室同样受矿业公司地质部管理。除岩心以外，地质人员亦向实验室提供一份报告，说明样本的数量及编号，并提供每份岩心的样本标签。制备后，就每份样本获取两份矿粉，并在批次内样本重新编号前加入对照样本。各批次送往分析实验室，并附带一份报告，详细说明每项元素所需的分析方法。矿业公司人员一直有维持保管链。
- 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岩土技术人员监督。此外，取样前所有岩心盒已拍照。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。半岩心次品、岩心次品及矿粉在岩心库内适当储存，可供未来检查。

RPM 认为，有关程式符合行业标准，且二零零八年后程式具有充分的样本安全及保管链。

数据核实声明

RPM 对钻探及取样程式进行的审核表明，总体上已采用国际标准惯例，除潜在体积密度风险外，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准，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二零零八年以后钻探取得，或于二零零八年以后经重新分析，以符合质量保证 / 质量控制标准。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。

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。

JORC 规则下的矿产资源量分类制度

“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（或品质）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（或品质）、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诠释以及所能获得的取样结果。

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

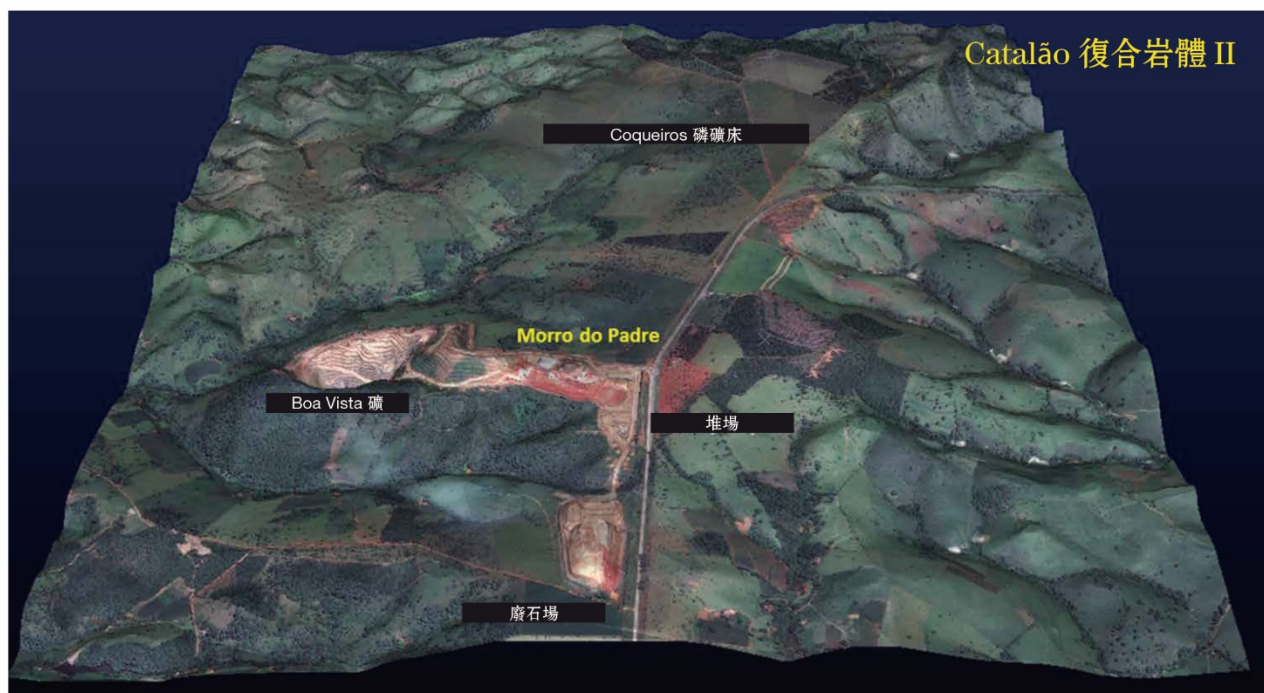
- 具有可最终进行经济开采的合理期望。
- 已针对地质、化验、体积密度及其他与矿化类型相关的取样资料执行数据收集方法及保存记录，并已执行品质检查，以确保数据可信。
- 已对资源量及其连续性作出完善的地质解释。
- 估算方法适合矿床，且能够反映内部品位变化、取样间距及选择的采矿单元。
- 矿产资源量分类已考虑不同置信水准和评价，以及是否已适当考虑所有相关因素，例如吨位 / 品位的相对可信度、计算、地质及品位连续性的可信度、数据的数量及分布，以及反映合资格人士观点的结果。

资源量估算区域

矿床（构成矿产资源量估算的一部分）位于巴西利亚南部约 260 公里及 Catalão 东北偏东约 20 公里。根据巴西采矿规则，该项目包括多项勘探及采矿权，其中矿业公司目前持有六项采矿特许权及两项勘探许可。该六项采矿特许权为：75.178 (MCG-01, 87（第五区）、85 (FFG-01) 801244 / 1968 (MCG-0011)、803343 / 1983 (MCG-002)、804513 / 1968（第五区），并以图形方式列示于 **图 3-1**。RPM 注意到，已呈报矿产资源量（**表 7-1**）包括以下区域：

- **Boa Vista 露天矿床**—该资源区位于 Catalão 复合岩体 II 内，由氧化矿及原岩 Nb₂O₅ 矿化组成，确定深度为 100 米，然而，深处发现大量矿化。
- **Boa Vista 地下矿床**—该资源区位于露天资源区正下方，确定深度约 600 米。
- **Chapadão 露天矿床**—该资源区位于 Catalão 复合岩体 I 内，由氧化矿 P₂O₅ 矿化组成，确定深度为 100 米。
- **Mina I 露天矿床**—该资源区位于 Catalão 复合岩体 I 内，由氧化矿 Nb₂O₅ 矿化组成。
- **Mina II 露天矿床**—该资源区位于 Catalão 复合岩体 I 内，由氧化矿（极少量）及原生 Nb₂O₅ 矿化组成。
- **Mina II 地下矿床**—该资源区位于露天资源区正下方，确定深度约 300 米（**图 7-4**）。
- **Area Leste 氧化物露天矿床**—该资源区位于 Catalão 复合岩体 I 内，由氧化矿 Nb₂O₅ 矿化组成。
- **Area Leste 地下矿床**—该资源区位于露天资源区正下方，确定深度约 300 米
- **含铌磷酸盐尾矿**—磷酸盐厂加工的回收铌团块中约 15% 乃于尾矿厂回收。

图 0-1 资源量估算区域。（上方为 Catalão 复合岩体 I，下方为 Catalão 复合岩体 II）



注:礦業公司提供

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 7-1** 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 7-1** 及**表 7-2** 所示及**图 7-2** 所呈现的矿产资源量报表包含**第 8 节**所列报的矿石储量。RPM 提请注意，**表 7-1** 所示数量及品位包括**表 7-2** 所列示者，并未将其排除在外。

表 0-1 于二零一六年六月三十日各复合岩体按不同边界品位列报的矿产资源量报表。

区块	专案	物质类型	边界 (%)	分类	数量 (百万吨)	Nb2O5 (%)	P 2 O 5 (%)	Nb2O5 (千吨)	P2O5 (千吨)
Catalão I	Chapadão	氧化矿	6	确定的	75.3		13.2		10,000
				标示的	226.5		11.9		27,000
				推测的	65.1		9.9		6,500
				小计	366.8		11.8		43,400
	Mina I	氧化矿	0.5	确定的	7.9	0.97		76.6	
				标示的	5.5	0.92		50.6	
				推测的					
				小计	13.4	0.95		127.2	
	Mina II	原生矿 (露天)	0.5	确定的	0.1	1.19		1.1	
				标示的	3.2	1.19		37.7	
				推测的	2.6	1.06		27.8	
				小计	5.9	1.13		66.7	
		原生矿 (地下)	0.67	确定的					
				标示的	2.2	1.07		23.2	
				推测的					
				小计	2.2	1.07		23.2	
		全部		总计	8.1	1.12		89.9	
	Leste 区域	氧化矿	0.67	确定的					
				标示的	2.7	1.07		28.9	
				推测的					
				小计	2.7	1.07		28.9	
		新鲜岩石 (地下)		确定的				0	
				标示的				0	
				推测的	13	1.22		158	
	全部		小计	13	1.22		158		
			总计	15.7	1.19		186.9		
Catalão II	Boa Vista	氧化矿	0.5	确定的	0.3	0.86		2.4	
				标示的	0.1	0.74		1	
				推测的	1.3	0.83		10.8	
				小计	1.7	0.83		14.2	
		原生矿 (露天)	0.5	确定的				0	
				标示的	27.1	0.95		258	
				推测的	13.1	1.06		138.2	
				小计	40.2	0.99		396.1	
		原生矿 (地下)	0.58	确定的					
				标示的	0.2	0.89		1.5	
				推测的	6.3	1.24		78	
				小计	6.5	1.23		79.5	
		全部		总计	48.4	1.01		489.9	
磷尾矿		不适用	不适用	确定的	30.8		0.7	215.6	

附注:

JORC 矿产资源量报表在 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 规则界定的合资格人士资格所进行的活动有关的充分经验。

上表列报的所有矿产资源量数字为零一六年六月三十日之估算值。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。

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。

矿产资源量报表亦受地形及产生确定的、标示的及推测的资源量矿坑的限制, 并按磷酸盐价格每吨 320.72 美元和铌价格每千克 40.93 美元计算。露天边界品位和价格基于第 9 节的矿石储量采矿研究。RPM 注意到对于铌和磷的边界品位受选厂的选矿回收率限制(第 9 节所述)而不是平衡点价格。

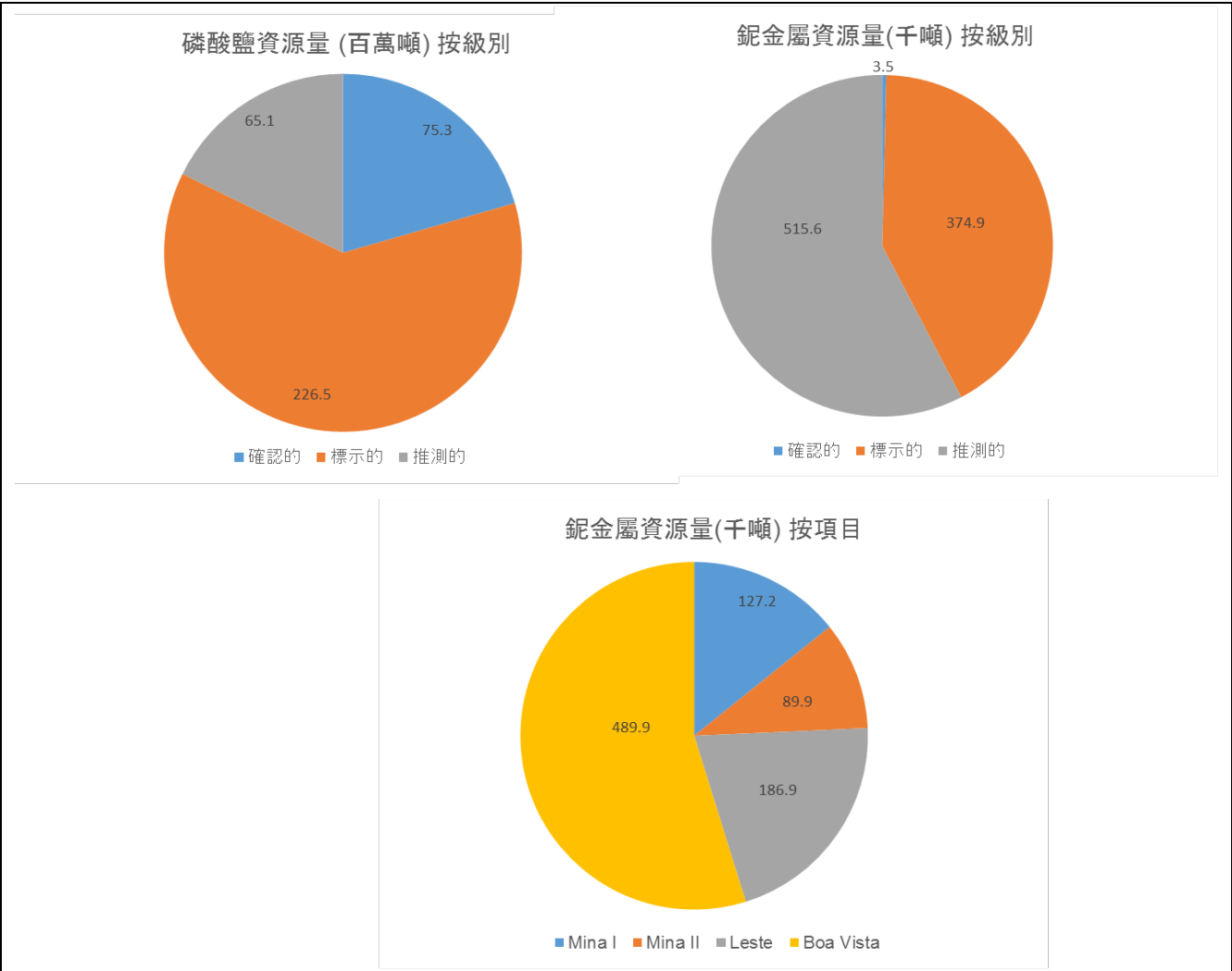
Boa Vista、Mina II 及 Area Leste 地下资源量受分段回采设计, 基于每吨 33 美元的采矿成本、加工成本及原生矿选厂的冶金回收率。运用于矿坑优化和设计的平均采矿成本取自于 RPM 的内部资料, 被认为是宏观成本, 而不是详细成本或只表明反映可能的运作。

尽管未进行详细的排产和选项分析以核实最佳的采矿方法, 鉴于矿化在地下资源量区呈单管状、垂向连续的特点, 分段空场法采矿可能是恰当的, 尚取决于选项分析。需要进行额外的采矿设计和更详细、更精确的成本估算采矿研究和测试以证实采矿的可行性。

RPM 提请注意完成的这些工作面设计报告所含的资源量表明最终经济可采的合理前景, 并强调这些设计不形成概略研究或详细采矿研究, 要证实详细的经济可行性, 需进行详细的采矿研究及补充勘探。需进一步指出, 在开发矿山过程中, 鉴于矿床所在位置(图 7-1), 目前选厂、地表基础设施, 包括运输、电力、和行政设施可以充分利用以减少起始资本投入。RPM 指出地下资本投入是需要的, 不包括在假定的采矿成本中。RPM 利用了运营成本 and 选矿回收率, 以及上面提及的铌矿价格以确定边界品位。鉴于上述分析, RPM 认为露天矿坑和地下资源量表明具有最终经济开采合理前景, 但强调需进行额外的研究和钻探以证实经济可行性。

磷尾矿(总磷尾矿的 15%)所含的铌(表 7-1)是在铌尾矿浓缩机中处理的(TA)(见第 10 节), 这些材料被认为是处理 Chapadão 磷矿石的副产品, 尾矿材料来自位于 Catalão I 的两个磷浓缩机中。RPM 提示, 鉴于磷矿化区内, 磷低品位的特性, 仅铌作为铌精矿是不经济的(只处理磷也是不经济的), 因此 RPM 以精矿尾矿分离的角度报告了此部份资源量。这部份量的估算是基于每年生产和处理的量(110 万吨)和基于以往生产记录 0.70% 的平均品位和第 10 节所述的期望连续回收率。在 2016 年第 2 季度, 尾矿厂处理了 32.3 千吨, 此比每年 110 万吨的量多(结合前面的月), 品位的略微降低是由于采矿地区含较低的铌品位, 与预测的生产一致。项目的矿山寿命期至 2041 年(对铌来说)品位有望增加至整体品位 0.70%。RPM 强调, Chapadão 矿有些区域有较低(和较高)的铌, 由于矿化特征, 预计有短期变化。所施加的平均品位是基于期望的和预测的矿山寿命期的平均品位, 和尾矿微细部分以往生产的回收。

图 0-2 按分类及矿床划分的现场矿产资源量吨数



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。

- 在矿产资源量估算中未利用当量。
- 地质解释模型包括每个解释岩石类别的一系列三维实体，金属含量的估算考虑每个矿块地质解释的比例。该方法将摊薄计入矿块估算内。采用不同的方法为不同矿床构建三维实体：
 - Boa Vista 的 0.35 及 0.5%Nb₂O₅采用隐性建模，
 - Morro do Padre、Mina I 及 Mina II 的 0.3-0.5%采用线框模型，
 - Chapadão 的 6% P₂O₅采用线框模型，及
 - Area Leste 临界值 0.7% Nb₂O₅采用概率极限（指示克里格法）。
- 地质界线被视作硬边界，因此估算金属含量时考虑各矿块地质解释的比例。根据品位的空间等级变化，RPM 认为，在各矿块（30x30x20 米）已考虑了贫化。
- 二零零八年以后进行的活动均已对不同间距采用地表金刚石岩心钻探，钻探结果计入估算内。地表钻探通常按较大的间距（100 米×100 米到 10 米×10 米的钻探间距）实施以确定 Nb₂O₅资源量，以及按 200 米×200 米到 35 米×35 米实施以圈定 P₂O₅资源量。**图7-3**以图形方式列示 Boa Vista 矿床的钻探，而**图7-4**及**图7-5**列示 Chapadão 的钻孔位置。
- 在各矿床内，采用方差图对空间品位变化进行建模。使用 GSLIB 及 Isatis 软件，根据氧化岩及原岩估算范围内 2.5 至 5 米混合样本及混合物 P₂O₅、Nb₂O₅、CaO、Fe₂O₃、SiO₂及 BaO，以及冶金变量，估算 Boa Vista 实验方差图、相关图及高斯方差图。
- 镍方差图模型概述于**表7-3**，而磷酸盐方差图模型于**表7-4**内提供。

表 0-2 铌方差图模型

矿床	区域	变差函数参数						
		C0	C1	范围 (米) Mj/Sm/Mn	C2	范围 (米) MJ/SM/Mn	C3	范围 (米) MJ/SM/Mn
Boa Vista	氧化矿	0.15	0.65	5/5/10	0.1	50/50/70	0.2	180/110/∞
	原生矿	0.35	0.32	10/6.8/10	0.11	80/22/15	0.21	70/145.7/150
Mina I	氧化矿	0.05	0.25	20/20/10	0.35	50/40/25	0.35	400/300/200
Mina II	氧化矿	0.2	0.35	10/10/8	0.35	20/20/23	0.1	50/50/60

表 0-3 磷酸盐相关图模型

矿床	区域	变差函数参数						
		C0	C1	范围 (米) MJ/SM/Mn	C2	范围 (米) MJ/SM/Mn	C3	范围 (米) MJ/SM/Mn
Chapadão	氧化	0.05	0.35	20/20/10	0.35	40/30/40	0.25	350/400/130

- Mina I、Mina II 及 Area Leste 矿床铌估算乃使用普通克里格品位插值法（「克里格插值法」），通过多步长进行，每步长使用不同的搜索半径及参数。首步长参数通过在搜索半径为 30 x 30 x 30 米的椭圆体内使用最少 5 份混合样本及最多 25 份混合样本确定。
- Boa Vista 氧化物 Nb₂O₅ 估算乃使用克里格插值法，通过多个步长进行，每步长使用不同的搜索半径及参数。就 Boa Vista 氧化物而言，首步长样本配置乃于搜索半径为 120 x 120 x 80 米的椭圆体内使用最少 3 份混合样本及最多 24 份混合样本确定。就 Boa Vista 的原岩而言，使用非线性法均匀条件法进行估算，该方法估算大型矿块（盘区）的品位分布（调整至其估算平均品位）。母矿块的尺寸为 30 x 30 x 20 米，选择这一尺寸乃为获得有条件的局部无偏差平均数，并使用 95 份混合样本的大范围搜索。除无偏差平均数及矿块品位分布外，通过采用 SMU 品位的线性估计值预估高品位、低品位及废石可能分布的位置，应用使用埃尔米特多项式系数的支持变化获取 SMU 区块大小的品位。该估算方法包括内部贫化。
- Chapadão 磷酸盐估算乃使用克里格插值法，通过多个步长进行，每步长使用不同的搜索半径及参数。首步长参数通过在搜索半径为 120 x 12 x 15 米的椭圆体内使用最少 10 份混合样本及最多 25 份混合样本确定。Chapadão 资源量矿块模型中未进行摊薄。
- 统计审核表明品位分布并无异常值，原因是并未使用高边界品位。RPM 认为，鉴于 Nb₂O₅ 及 P₂O₅ 的品位分布，这一影响不大，但建议在日后更新数据时对此进行审核。
- 在各矿床的所有范围内，通过扩大搜索半径及减少最低混合样本进行第二及第三步长以完成矿块估算。
- 使用 ID² 法根据 Boa Vista 矿床的数据估算体积密度，而 Mina I 及 Area Leste 矿床的密度乃使用表 6-1 所示材料类型进行赋值。Mina II 及 Chapadão 矿床的密度乃使用克里格插值法估算。表 7-7 概述密度估算及所赋予的平均值。

验证

为验证矿块模型，RPM 对估算及综合品位进行外观比较，发现两者之间存在高度一致性。此外，亦编制及审核 Boa Vista 氧化矿、Morro do Padre、Mina I 及 Mina II 内铌和磷酸盐条带图。RPM 认为，矿块估算值与综合值之比较处于可接受范围内，估算为矿化类型提供了适当的平滑度。RPM 认为，样本配置估算属合适，混合样本（最邻近）之结果无偏差，且已加入最低平滑度。

Chapadão 磷酸盐矿床分析采用条带图，表明估算已将误差减少到适当水准，因此 RPM 认为，估算适合所应用的分类。

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期望」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吨 320 美元的磷酸盐价格及每磅 40.93 美元的铌价格估算的经济型矿井限制区块估算。冶金回收率及成本乃按照第 8 节所述矿石储量报表确定。

标明下列因素（钻探间距、密度测定、冶金取样、回归分析、历史数据、勘探以及克里格步长数）分值的计分卡制度被用来对 Chapadão、Mina I 及 Mina II 内的资源量进行分类，而余下矿床则使用钻孔间距进行分类。

表 7-4 及表 7-5 概述用于厘定铌和磷酸盐项目潜在分类的参数。

图 0-3Boa Vista 钻探平面图

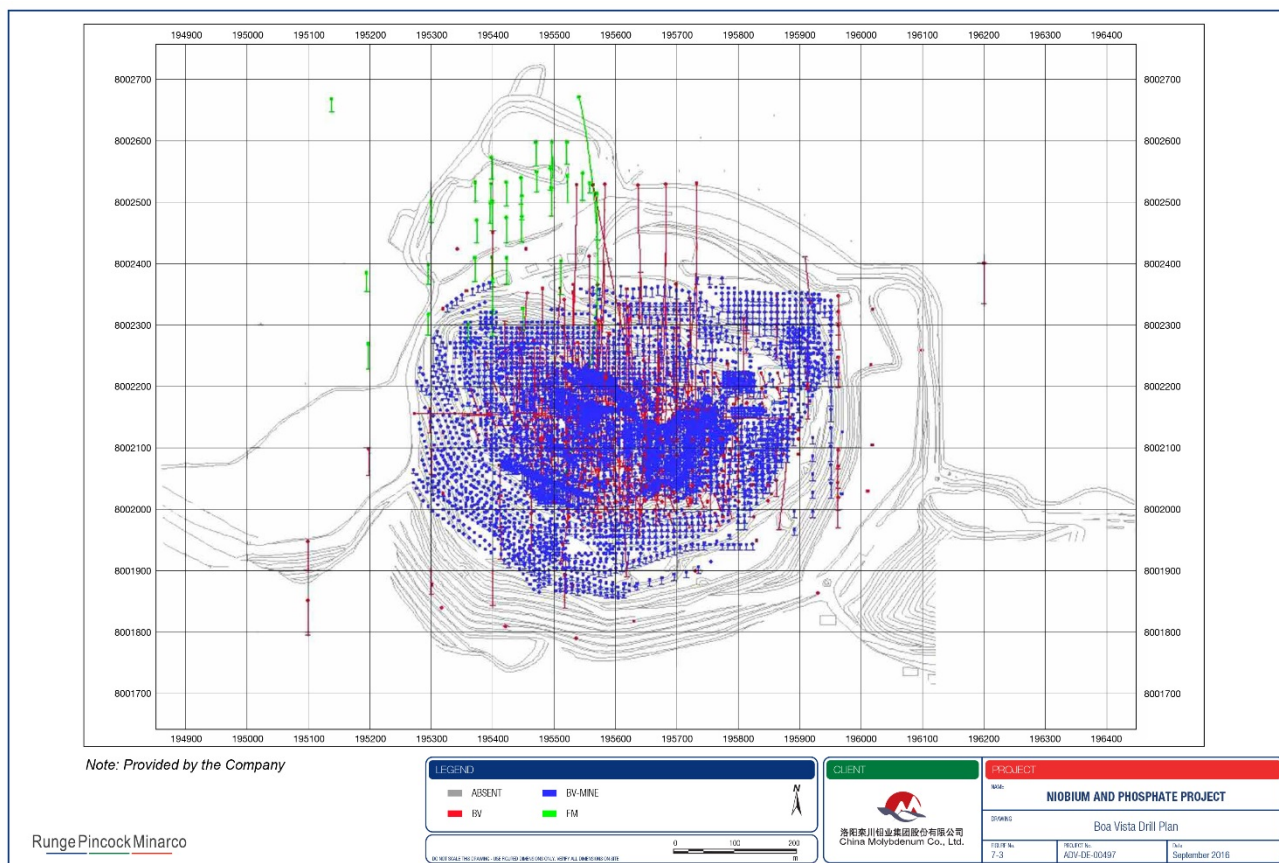


图 0-4 Chapadão 钻探平面图

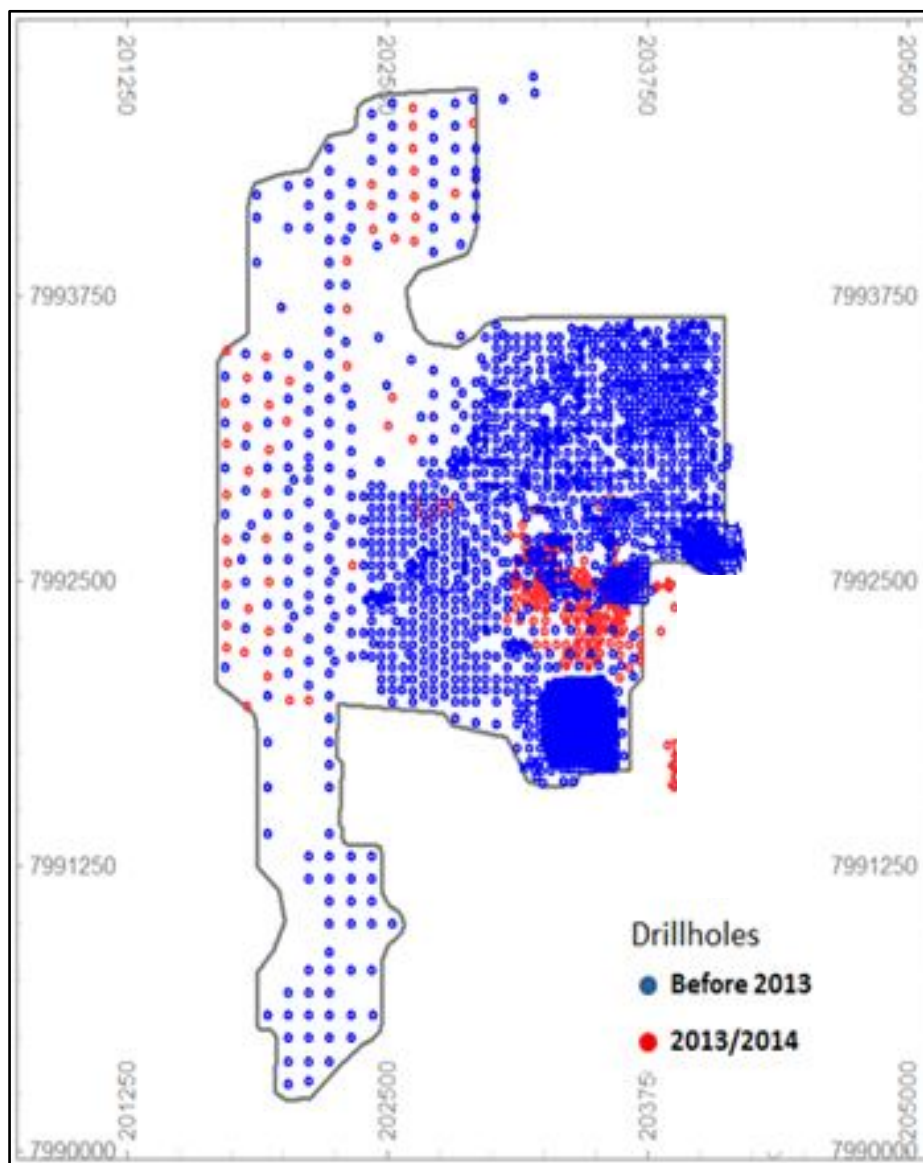


表 0-4 铌和磷酸盐矿块模型使用的分类方法

	方法	确定的	标示的	推测的
Chapadão	得点值	>350	230 - 350	<230
Boa Vista	钻孔间距	10×10	50×25	> 50×25
Mina I	得点值	>350	230 - 350	<230
Mina II	得点值	≥400	300 - 400	<300
Leste 区域	克里格法回次	第 1	第 2 - 第 3	

由于计分卡计入地质及品位连续性、数据质量及冶金参数，RPM 认为，计分卡法适合对确定的、标示的及推测的矿产资源量进行分类。RPM 另外认为，就所有混合物而言，该分类符合 JORC 规则（二零一二年）的建议指引。RPM 认为，就界定确定的、标示的及推测的资源量而言，Boa Vista 使用的钻探间距可接受。RPM 认为，Area Leste 的分类方法需要更新为计分卡法，但并不会因此产生重大变动。

RPM 注意到，本报告中用于呈报 Chapadão 资源量的计分卡权重与矿业公司使用者有区别。这导致标示及确定分类的数量增多。主要变动包括历史数据的权重被提高，以避免仅使用历史数据界定确定的及标示的资源量。

表 0-5 计分卡分类参数

专案	Chapadão			Mina I			Mina II					
	重量	等级		重量	等级		重量	等级				
		1	3	5	1	3	5	1	3	5		
钻孔网度 (m)	35	>100m		≤50	30	> 50		≤25	30	> 50	≤25	
体重	10	平均	OK 法 2、3 回次	OK 法 1 回次	25	平均	OK 法 2、3 回次	OK 法 1 回次	25	平均	OK 法 2、3 回次 OK 法 1 回次	
冶金样品 (%)	10	<70		≥90	15	≤30		≥90	-			
回归分析	20	<0.6		≥0.9	15	<0.6		≥0.9	20	<0.6		≥0.9
历史数据（钻孔）	25	≥30%		<10%	15	≥30%		<10%	15	≥ 10% 以往数据	> 50% 再次化 验	<10% 以往数据 & <50% 再次化验
测量数据					-				10	未做测 量的钻 孔	少数倾 斜钻孔	部分倾斜 钻孔

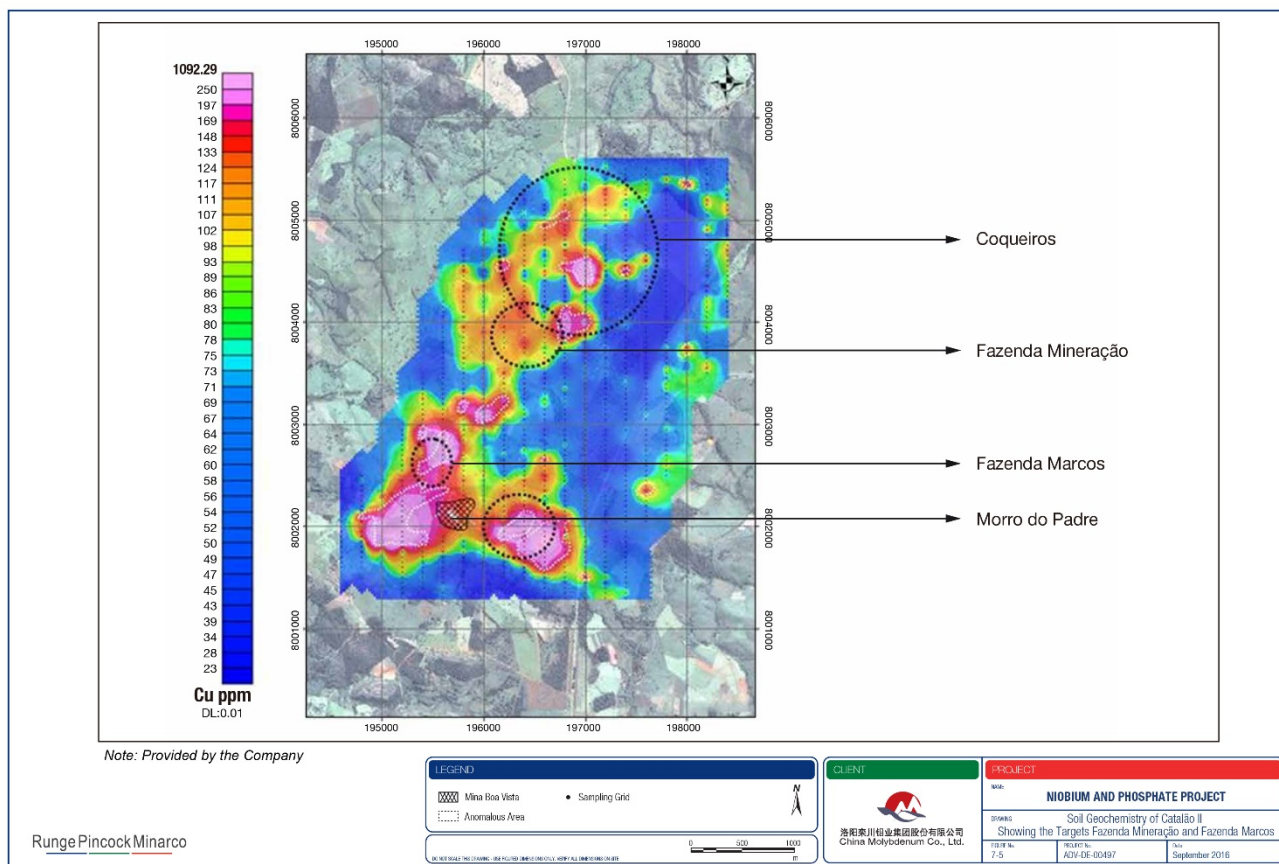
勘探潜力

过去数十年间数代人已对该区进行勘探，勘探重点集中在两大复合岩体（已对其矿产资源量进行估算）。尽管该区勘探历史悠久，RPM 认为，很可能在该项目区规划采矿基础设施附近及更广阔的勘探特许权范围内发现其他矿体。

在对数据进行审核后，RPM 认为，可能在 Catalão I 及 II 特许开采区内发现其他具经济价值的矿体。RPM 注意到，矿业公司已通过使用现代化系统性勘探有效地利用其持有的特许权，近期勘探重点集中在两大已确定的磷酸盐矿产资源量及五大已确定的铌矿产资源量。因此，RPM 认为，有多个目标提供机会增加资源基础以及增加选厂的供料来源及矿山服务年限，包括：

- **推测的岩矿：**在现有最终矿井设计中，已报告合共 16.5 百万吨「推测的」磷酸盐资源量及 6.2 百万吨「推测的」铌矿产资源量。按照 JORC 规则的规定，该类矿产资源量未计入矿石储量估算，而本报告所呈现现有矿石储量时间表将废石开采成本分配至该材料，原因是所含金属未产生任何收入。RPM 认为，通过额外勘探或生产钻探（可使大部分该材料升级至标示类并计入未来矿石储量的一部分），提升地质置信度的可能性较大。
- 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，该类矿产资源量体现「具有可最终进行经济开采的合理期望」。如可提供适当的尾矿储量，该岩矿提供了大幅降低剥采比的重要机会，从而可能提高该项目的经济价值。RPM 认为，如进行钻探能将现有界定为推测类的矿产资源量升级为标示的矿产资源量，则矿山服务年限可予延长。
- **区域性铌勘探目标：**该项目观察到的矿化类型通常形成聚集在局部侵入岩体及 / 或构造面沿线或附近区域的多个独立矿体。这与该项目中观察到的矿化一致。尽管近期勘探重点集中在主要矿化区，已确定其他优先目标。须进行进一步工作，而额外工作未必能确定具经济效益的成矿带。
- 经勘探，在 Mina II、Area Leste、Boa Vista 矿山氧化带下方原岩中及 Morro do Padre 矿床发现铌矿化。尽管需对该矿化进行进一步划定，以确定矿产资源量，RPM 认为，该类地区蕴藏大量矿化的可能性较大。
 - **Boa Vista 矿床**—经多个钻孔（位于现有资源量正下方）及深度钻孔钻探发现，位于已呈报资源量正下方的原生矿为现有矿床的延伸。该延伸成矿带需要采用地下采矿法开采。
 - **Mina II 矿床**—经多个钻孔（位于现有资源量正下方）及深度钻孔钻探发现，位于已呈报资源量正下方的原生矿为现有矿床的延伸，包括 142 米@ 0.8% Nb₂O₅（如  7-5 所示）。该延伸成矿带需要采用地下采矿法开采。
 - **Morro do Padre 矿床**—该勘探区位于 Catalão 复合岩体 II 内，由氧化矿（极少量）及原生 Nb₂O₅ 矿化组成；
 - **Area Leste** —新料位于已呈报资源量正下方，通过两个深度钻孔发现，为现有矿床的延伸，由约 150 米@ 0.9% Nb₂O₅ 组成。该延伸成矿带需要采用地下采矿法开采。
 - **Mineração Farm:** Mineração Farm 位于 Coqueiros 矿床以南（ 7-5），迄今为止仅完成少量勘探工作。地球物理调查及地质勘查表明，Mineração Farm 与已确定的主要铌矿化区具有相似的地质条件。钻六个钻孔后发现原岩中存在铌，钻 15 个钻孔后发现氧化带存在铌。该远景区适合采用露天开采法。
 - **Coqueiros:** RPM 注意到，迄今为止进行的勘查钻探工作已确定该区深处有连续的矿化带（ 7-5）。钻探包括主要近地表钻孔及为勘探近地表矿床下方而开凿的 4 个深钻孔。结果证实，深处存在连续的磷酸盐矿化，但缺乏充足的经核实数据，无法根据 JORC 规则估算资源量。
 - **Morro Preto Areas:** 矿业公司在戈亚斯州西南偏西地区的 Morro Preto areas（Arenópolis 市西北约 45 公里）制定了大范围勘探计划。已钻探发现两个含有氧化磷酸盐矿化的矿区。RPM 认为，尽管已发现的矿化带目前不符合 JORC 矿产资源量申报指引，但经过后续钻探及确认审核后，该类矿化区带可按照 JORC 规则轻易地报告。

图 0-5 Catalão II 土壤地球化学，示 Fazenda Mineração 及 Fazenda Marcos 靶区



矿石储量

JORC 规则将「矿石储量」定义为确定的及 / 或标示的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）。

矿石储量区域

矿石储量乃基于以下计划通过露天开采法开采的区域估算得出：

- Boa Vista 矿山—该矿山目前仅通过露天开采法开采铌，蕴藏 **26.2 百万吨**、品位为 0.95% Nb₂O₅ 的总矿石储量。
- Chapadão 矿山—该矿山目前通过露天开采法开采 P₂O₅，蕴藏 **210.4 百万吨**、品位为 12.34% P₂O₅ 的总矿石储量。
- Mina I 及 Mina II 矿床—该等铌矿床已呈报的矿石储量全部包含在 Chapadão 矿山内，且计划于二零二零年开始矿石生产，前几年曾进行少量生产。Mina I 及 Mina II 矿床分别蕴藏约 **6.5 百万吨** 及 **3.0 百万吨** 矿石储量。
- 含铌磷酸盐尾矿—磷酸盐工厂加工的回收铌团块中约 15% 乃于尾矿厂细精矿中回收。这对应约 **40.7 百万吨** 矿石储量。

JORC 矿石储量报表

该项目的证实及可信 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**。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 估算总铌矿石储量（不包括磷酸盐尾矿）约 **35.1 百万吨**，平均品位 0.92% Nb₂O₅，包括 **502 千吨** 证实矿石储量及 **34.5 百万吨** 可信矿石储量。同样，RPM 亦估算总磷酸盐矿石储量约 **208.9 百万吨**，平均品位 12.3% P₂O₅，包括 **56.2 百万吨** 证实矿石储量及 **152.7 百万吨** 可信矿石储量。

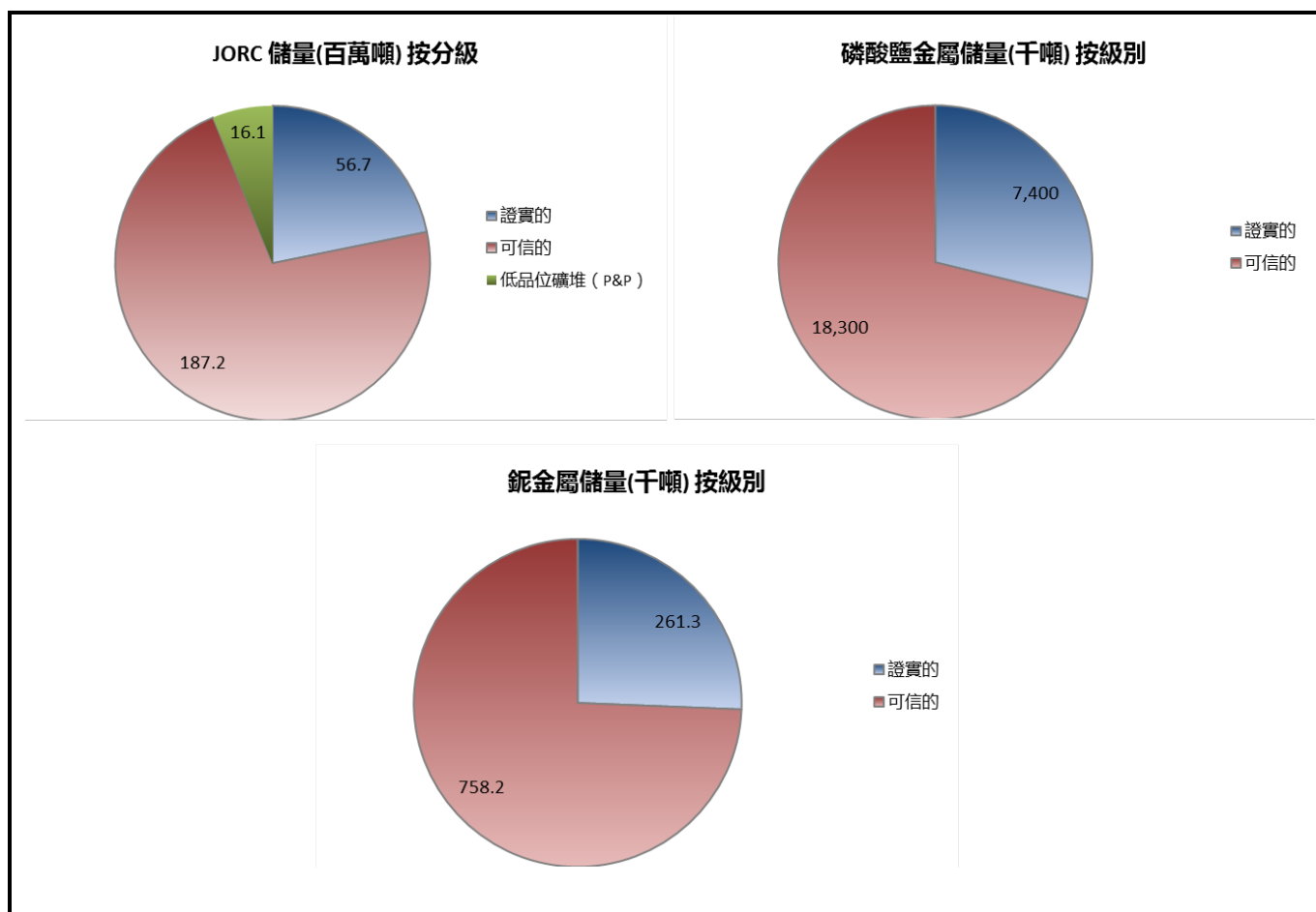
表 0-1 于二零一六年六月三十日的最终矿井设计内 JORC 矿石储量估算报表

描述	数量 (百万吨)	P2O5%	P2O5 (千吨)	Nb2O5%	Nb2O5 (金属 千吨)
铌矿					
证实的	0.5	-	-	0.90	6.1
可信的	34.5	-	-	0.92	327.8
小计	35.1	-	-	0.92	327.9
磷矿					
证实的	56.2	13.2	7,600		
可信的	152.6	12.0	18,300		
小计	208.9	12.3	26,000		
LG 矿堆 (证实的和可信的)					
铌矿	6.4	-	-	0.40	25.9
磷矿	9.7	10.2	1,000	0.23	22.7
小计	16.1	6.1	1,000	0.30	48.6

附注:

6. 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 规则界定的合资格人士资格有关的充足经验。
7. 吨指公吨
8. 磷酸盐矿石应用边界品位 16.49% P_2O_5 的质量回收率
9. 各类矿石应用边界品位 0.50% Nb_2O_5
10. 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 0-1 最终矿井设计中的 JORC 现场矿石储量估算图示



除上述储量外，据估算 JORC 矿石储量中含 **30.8 百万吨品位 0.7% Nb₂O₅**。该铌资源为磷酸盐尾矿总量的 15%，并于铌尾矿选矿厂中加工（**第10 节**）。该资料乃根据每年生产及加工的粉矿数量（1.1 百万吨）及根据截至二零四一年（停止开采后 2 年）的历史生产记录得出的恒定品位 0.7% 估算得出。然而，RPM 注意到，该数据可能因向选矿厂供应的矿石类型不同而每年出现变化。

RPM 注意到，**表 8-1** 引述的矿石储量与矿业公司所引述者不同。RPM 尤其注意到，矿业公司并无将 Mina I 及 Mina II 区域分类为矿石储量，而 RPM 认为相关研究具有充分的准确度，可实现 JORC 规定的预可行性研究准确度。

JORC 矿石储量估算程式

矿石储量乃使用一套专业的露天矿山规划软件（包括矿井优化程式「Whittle」、运输分析程式「HaulNet」以及矿山服务年限生产时间表程式 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核，并与现场人员讨论及通过实地视察观察后得出。为对 JORC 矿石储量进行估算，RPM 已采取以下措施：

- 审核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）；
- 审核当前的矿山业绩资料（包括经营成本及加工回收率）；
- RPM 将二零一六年三月底的地表情形作为铌和磷酸盐项目矿井优化的基础并进行生产时间表预测。已根据矿业公司每月生产报告及加工核对表对矿石储量及生产时间表作出调整，以反映二零一六年第二季度的岩矿变动。因此，本报告呈报的所有矿石储量及生产时间表反映于二零一六年六月三十日的现场吨数。
- 核实 Whittle 优化结果，并选择合适的矿井边界；
- 审核采矿方法及当前矿山服务年限设计；
- 审核模型中用于估算矿石回收率参数的方法；
- 使用专业的生产时间表程式「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；
- 核实适合用于矿石储量估算的边界品位；
- 生成矿山服务年限时间表折现经济模型（包括经营及资本成本及收入）（如**第 14 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，已对其进行审核。

JORC 矿石储量估算参数

RPM 在以下矿石储量估算中确定了适当的技术参数，包括成本、回收率；经过与现场人员讨论、审核可行性级档、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工厂回收率后，RPM 厘定矿石储量估算过程所使用的技术参数。RPM 提请注意所有本报告报告的矿石储量都提供了可行性研究级的资料，它们形成选定参数的基础。RPM 强调（概述在第 14 节），对于铌和磷，合同商进行所有的采矿运营，因此在矿坑优化中利用了这些采矿成本。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。

下列概述以供参考，对于参数的进一步资讯见**第9, 10 和 14 节**。以下为矿石储量估算使用的参数（**表 8-3**）：

- 矿石储量估算中没有使用当量值；
- 冶金回收率视选矿厂磨机给料（**表 8-2** 所示）类型的不同而不同，利用选厂见**表 8-2**。RPM 提请注意 BVO 和 Chapadão 回收率是基于 2015 年结果，而 BVF 是基于作为研究一部分所进行的测试。铌选矿厂磨机给料无论如何不得低于 0.5% Nb₂O₅。同样，磷酸盐矿石磨机给料无论如何不得低于 16.49% P₂O₅，质量回收率请参阅**第10 节**；
- 矿坑优化所使用的运营成本是基于可行性级档和对运作的预测表现。矿坑优化选矿单位成本值是接下来 5 年的平均预测成本，包括从原矿堆至市场的过程。这些成本是基于各种期望量，工厂维修以及选厂设计

2015 年的单位成本。所有的采矿是由合同商进行的，因此合同值被用作采用的成本。RPM 提请注意磷和铌的采矿合同指的是矿石和废石运输距离，而不是坑的深度，因此优化中没有运用深度值。鉴于采矿成本中含有运输成本，平均采矿成本是基于期望量下 5 年运作成本，RPM 也向读者在通函的其他章节提及近期成本和运营的财务业绩。

- RPM 提请注意支援的地质块体模型被认为是贫化了了的，因此在优化中没有运用矿石损失和贫化。在优化前，块体模型被再次分块至最小的采矿单位 $10\text{m} \times 10\text{m} \times 5\text{m}$ ，选择这一尺寸是基于目前使用的设备和矿山服务期的预测（第 9 节），且
- 矿井优化及经济建模使用的长期一致预测价格为每千克 Nb_2O_5 40.93 美元及每吨 P_2O_5 320.72 美元以支持报告的矿石储量，对于优化和报告储量的这些价格是在产品销售点的价格，矿业公司提供由协力厂商市场专家完成长期一致的预测，并经和公司人员讨论过，RPM 提请注意磷的价格是高品位和低品位磷产品的预测混合，总结在第 9.5 节。RPM 给通函中的商务章节和估值报告提交详细的市场和经济资讯。RPM 强调 RPM 不是矿产品预测专家，这里依赖于协力厂商的价格假定。根据 JORC 准则，报告要求要进行基于公认和内部价格资讯的独立审核，认为价格假定是合理的。

表 0-2 按矿石类型划分的冶金回收率

冶金单位	BVFR 厂 - 原生矿	BV 工厂 - 原生矿	BV 工厂 - 氧化矿
浓缩	56.00%	49.00%	57.90%
分选	90.70%	-	-
浸出	96.50%	96.50%	96.50%
冶金	92.50%	92.50%	92.50%
整体	45.30%	43.70%	51.70%

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

表 0-3 RPM 用于矿石储量的矿井优化参数

描述	单位	磷	铌 FR2	铌氧化物
价格				
磷	美元/吨	320.72	-	-
铌	美元/公斤	40.93	40.93	40.93
销售成本 ⁵				
磷		-	-	-
铌	美元/公斤	-	-	-
平均开采成本				
矿石开采	美元/吨	1.26	1.9	1.9
废石开采	美元/吨	0.92	1.8	1.8
矿石选矿成本				
总选矿	美元/吨	52.88	42.08	57.12
贫化和回收率				
采矿回收率	%	100	100	100
开采贫化率	%	-	-	-
平均冶金回收率				
磷回收率	%	24.4	-	-
铌回收率	%	-	32	36.11
预计边界品位				
磷回收率	%	13.66	-	-
回收率	%	-	0.32	0.39
矿坑边坡				
总体倾斜角度	度	坑内地点变化	坑内地点变化	坑内地点变化
运输成本 ⁶				
每个矿块成本	美元/吨			
折现率(深度增加 ⁴)				
基准贴现率	%	0.00%	0.00%	0.00%

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

附注：

1. 所有成本均以美元列示
2. 原生矿石材料
3. 吨位为公吨
4. 深度增加包含在运输成本中
5. 销售成本包括在选矿成本中
6. 包括在平均矿山服务年限的采矿成本中

矿石储量的经济性

作为 RPM 支持所报告矿石储量的经济性过程的一部分，基于下列资讯，进行了两个分离的现金流量分析。

- 矿山寿命期的所有变数单位成本，包括采矿、坑内和坑外的各种运输、选矿（包括产品生产和运输至市场）、管理费用和权利金。
- 第 9 节显示的是预测排产计画。
- 资本成本，如第 14 节概述，包括维持和闭坑成本。

- 如上所述，运用假定的长期一致的预测价格。第 2.4 节列示了市场概览摘要，由于各种市场因素影响供求，铌和磷市场中长期都易于波动。铌的供给特别引入注目，国内产品类型需求变化影响定价。鉴于市场因素和预测铌和磷量增加的各种因素，在折现现金流模型中，RPM 考虑了使用了长期的平均适用价格。
- 折现率 10%，其选择是基于量、采矿的长期历史和良好的社区关系，另
- 没有运用税

基于如上参数，两个模型在运用所有成本、资本投入和定价假设时均显示正向的现金流。对于建立折现现金流模型，用主要因素测试敏感性分析时，发现目前经济的敏感性主要因素是产品的价格以及选矿运营成本。但是，运用主要参数进行敏感性测试发现矿石储量有+/-20%的变动。因此 RPM 认为报告的量和品位经济上是稳健的，适于矿石储量报告。

对于每一运作专案，现金流模型年平均累积成本见第 14.2 节。

在 RPM 进行了独立的折现现金流分析以证明矿石储量时，RPM 也审核了在通函中提交给读者的价值评估报告。这一独立的价值评估报告是基于报告中的参数值和量，并呈示专案详细的现金流分析净现值结果以供参考。

评论

RPM 注意到与矿石储量有关的以下方面：

- 如第 9 节所述，RPM 注意到，矿石储量使用的边界品位受磷酸盐和铌工厂最低实际回收率所限制。尽管经济参数表明，磷酸盐和 Boa Vista 新料加工厂 13.29% 和 0.32% 的边界品位属合适，实现所需精矿回收率的最低品位分别为 16.49% 及 0.5%。因此，除上文所述证实和可信 JORC 矿石储量外，RPM 注意到，如果如果低于所呈报边界品位的岩矿可回收至合适的精矿以供下游加工使用，则潜在具经济效益的铌和磷酸盐可开采数量将增加 **6.4 百万吨** 及 **9.7 百万吨**。RPM 建议将该岩矿进行储存，以供日后加工，以及建议进行测试工作，以评估回收率的改善情况。
- 尽管 RPM 呈报的矿石储量乃基于矿业公司提供的最终矿井设计，RPM 亦在 Chapadão 矿井进行了一系列矿井优化，以根据 RPM 采用的经修订分类确定潜在增加数量。该优化表明在扩大后矿井内有可能增加 **17.6 百万吨** 确定的和标示的岩矿。RPM 注意到，为令该岩矿计入矿石储量估算，应在制定时间表后进行最终矿井设计。RPM 认为，该任务需要优先处理，原因是其能够将矿山服务年限直接延长最多 4 年。
- 根据 JORC 规则的申报规定，最终矿井内推测的岩矿被认为是废石，因而未计入已呈报矿石数量或时间表内。RPM 注意到，在最终矿井内，铌和磷酸盐矿井分别赋存 **6.2 百万吨** 和 **16.4 百万吨** 推测矿产资源量。如果后续勘探能成功划定该矿化范围，并成功将其升级至标示及 / 或确定资源量，则该岩矿可计入经更新的矿石储量估算。如果成功界定为具有经济价值，则该岩矿有潜力令各业务的矿山服务年限延长约 3 年。
- RPM 注意到，目前铌和磷酸盐业务优化为单个项目，并根据加工厂要求单独制定时间表。该项安排一般适用于及适合 Boa Vista 及 Chapadão 的主要露天矿井，RPM 认为可实现协同效应，从而节约成本。RPM 建议进行分析以确定潜在节约的成本，并主要关注以下方面：
- 在实现规定处理量前，须耗时数年清理大量废石。尽管 RPM 注意到所有采矿作业均采用承包制，因此由承包商负责提供所需设备，但该等额外成本计入矿业公司应付之费用内。优化项目综合规划以减少场地设备迁入及迁出（即承包商的成本）将能够降低承包商的成本，并因此降低矿业公司的成本（在重新磋商协议条款时）。
- Mina I 及 Mina II 矿石的生产需清除覆盖在矿石上方的废石及磷酸盐矿石。RPM 在独立审核过程中发现，需制定详细详细时间表，以确保按最大容量向 BV 加工厂给料。与上述选择相同，需要在时间表的不同时期增加额外设备（建议在所有采矿区进行优化）。
- RPM 强调 RPM 不是矿产品预测专家，这里依赖于协力厂商的价格假定。根据 JORC 准则，报告要求进行基于公认和内部价格资讯的独立审核，认为价格假定是合理的。
-

采矿

概要

所有采矿作业均由承包商通过传统的卡车及露天矿井铲装机式采矿法进行，于矿山服务年限（「矿山服务年限」）内，计划从两个独立的露天矿井采集矿石。该项目的铌原矿石目前从 Boa Vista 矿井开采获得，并于矿山服务年限内按不同比率供给至位于 Boa Vista 矿床附近的粗碎机。尽管在前四年 Boa Vista 矿床将是唯一的矿石来源，在第 4 年，该项目将获来自 Mina I 及 Mina II 矿床的矿石补充生产，有关矿石将供给至位于 Chapadão 矿床（Mina I 及 Mina II 矿床亦位于此处）附近的粗碎机。该项目的磷酸盐原矿石计划全部继续从 Chapadão 矿井开采获得，并供给至位于 Catalão 作业内矿井附近的粗碎机。

RPM 估计，总铌矿石储量约为 **35.1 百万吨**，平均品位为 0.9% Nb₂O₅，来自现有 Boa Vista 矿井与 Chapadão 矿井内的 Mina I 及 Mina II 区域。在矿山服务年限 13 年中，Boa Vista 矿井的剥采比将平均为 3.78 吨废石比 1.0 吨矿石。同样，总磷酸盐矿石储量约为 **208.9 百万吨**，平均品位为 12.3% P₂O₅。在矿山服务年限 37 年中，Chapadão 矿井的剥采比将平均为 3.0 吨废石比 1.0 吨矿石。RPM 注意到，Chapadão 露天矿井的剥采比同时包括当中的铌（Mina I 及 Mina II）与磷酸盐矿石储量。Boa Vista 及 Chapadão 矿山的钻探、爆破、装载及运输活动均由承包商进行。

Boa Vista 露天矿井内的废石及矿石开采均使用类似大小的设备，目前使用 33 辆 35 吨卡车、2 辆 Volvo EC480 挖掘机、2 辆 Volvo EC700 挖掘机，而 Chapadão 矿井使用 39 辆 35 吨卡车、2 辆 70 吨、2 辆 45 吨及 1 辆 35 吨挖掘机。该两项业务均由数台推土机、装载机、洒水车及爆破孔钻机支持。由于矿井至碎石机运距不同，Boa Vista 矿井的岩矿处理总能力约为 14 百万吨 / 年（2 百万吨矿石 / 年），而 Chapadão 矿井的处理能力则为 17 百万吨 / 年（5.8 百万吨矿石 / 年）。RPM 注意到，矿山服务年限内的该等处理能力及矿石处理量变动以及相应的设备要求变动概述于第 9.3.6 节。

采矿方法

由于该项目矿化的主要特征相似，Boa Vista 及 Chapadão 采用类似的采矿方法。两个矿床均为大型透镜状接近水准的矿体，侧向延伸较大。虽然 Boa Vista 仅含有经济型铌矿化，Chapadão 的磷酸盐矿化通常覆盖于铌矿化（Mina I 及 Mina II）上方，但铌矿化在磷酸盐矿化内赋存，并形成尾矿生产。典型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：

- 钻探炮孔布置图；
- 爆破岩石；
- 根据品位控制结果标出矿区；及
- 挖掘、装载矿石及废石并拖运至地面。

矿山设计及概念

所有采矿作业均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。矿井内的废石通过一系列运输道运送至各现有业务的现场废石堆储存。Boa Vista（仅 Nb₂O₅）及 Chapadão（P₂O₅ 及 Nb₂O₅）矿井内采集的矿石通过

卡车拖运，并直接倾倒入将安放在各矿井附近的两台粗碎机中的任意一台内。压碎后，矿石将通过一条 25 公里的运输道从 Boa Vista 运输至铌或磷酸盐选矿厂。

工程地质-边坡

该地区气候属典型高原热带气候，旱雨两季分明，旱季为五至九月，雨季为十月至四月。该地区年平均降雨量 1,518 毫米，月降雨量介于最低 8.5 毫米至最高 281 毫米。

现有档内未包括地震灾害研究。然而，该地区被分类为低地震活动区，地震灾害并非主要设计考虑因素。

Boa Vista

计划在矿山服务年限内从三个矿井（包括 Boa Vista、Mina I 及 Mina II）采集铌矿石。正如早前所观察，Mina I 及 Mina II 位于 Chapadão 最终矿井设计内（有关讨论见下文）。尽管此前的采矿作业主要集中于氧化岩，从二零一八年开始，Boa Vista 的所有给料将为原生岩石。

Boa Vista 矿井从二零零零年开始开采，于二零一四年开采得新料。氧化矿石区的整体边坡角为 25 至 30°，台阶坡面角（BFA）为 65°，台阶高 5 米。原生矿石的整体边坡角为 50 至 53°，台阶边坡角为 85°，台阶高 10 米。

尽管二零零九年曾发生滑坡事件，但 Boa Vista 矿井的现有边坡看似稳固。RPM 曾请求对该滑坡事件进行评价，但未获提供该资料。RPM 在实地视察过程中进行的简要审核表明，该滑坡事件不大可能对最终矿井设计产生重大影响。

Boa Vista 矿井已设立边坡稳定性监测系统，该系统由约 50 个棱镜、水准仪及地形测量组成。RPM 注意到，矿场人员每天会对边坡进行外观检查，相关检查情况记录于检查表内，并以纸质形式储存。

Boa Vista 矿井完成的工程地质研究被认为属充足，规划的边坡看似合理。

Chapadão

Chapadão 矿井的最终矿井设计为长 1.9 公里、宽 1.7 公里和深 90 米。迄今为止所有的采矿作业均发生在红土及腐泥土上方，旨在采集氧化矿石。在实地视察过程中，RPM 注意到，自 Chapadão 矿井投入运营以来，并未发生不稳定或边坡滑坡事件。RPM 注意到，矿场人员每天会对边坡进行外观检查，相关检查情况记录于检查表内，并以纸质形式储存。

Chapadão 矿井位于名为 Domo I（复合岩体 Catalão I）的碳酸盐复合岩体内，属于 Alto Paranaíba 火成岩区。该区主要的地貌特征由侵入体岩性风化形成，包括五种矿岩，即原生岩石、蚀变岩石、腐泥土（两类）及砖红壤性土壤盖层。

RPM 获提供的对 Chapadão 矿井进行边坡评估的最近期工程地质研究为 FEL3 级研究。该评估使用自二零一零年起编制的工程地质数据，五个工程地质钻孔及为 FEL3 研究进行的实验室试验。已对矿井的 17 个横断面进行边坡稳固性分析。其中两个横断面位于 Mina I 区附近。已对整体边坡角及 / 或台阶坡面角进行修正，直到所有分析横断面均实现最少安全系数 1.3。

Mina II 矿井的工程地质研究乃由 Pimenta de Avila 进行，并记录于日期为二零一四年三月的报告内。并无专门为 Mina I 编制工程地质报告，但 Mina I 包括在 Chapadão 矿井的研究范围内。Mina I 及 Mina II 氧化矿石的规划整体边坡角为 32°（低于磷酸盐最终矿井设计），台阶坡面角为 65°，台阶高 5 米。Mina I 及 Mina II 此前虽全部集中于采掘氧化岩矿，但目前的采掘作业并不活跃。计划设计与 Boa Vista 类似的监测系统，以便在 Mina I 及 Mina II 重新开始作业时使用。

当前裸露的边坡全部为覆盖岩层（红土）及氧化矿石，看似稳固，RPM 注意到，由于该区风化程度较高，加上氧化矿石蚀变（该岩矿产生黏聚力），从而提升了稳固性。因此，RPM 认为，Chapadão 矿井完成的工程地质研究属充足。

矿井优化

RPM 已使用 Whittle 软件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服务年限研究中使用的矿井限制是否有效。RPM 在 Whittle 优化中仅使用确定的及标示的岩矿量。露天矿采小的采矿单位尺寸为 $10\text{m} \times 10\text{m} \times 5\text{m}$ ，此是基于第 9.3.6 节设备类型。

Chapadão 矿井优化分两回合进行：第一回合考虑矿业公司的资源量分类，从而确定主矿井。第二回合使用 RPM 建议的磷酸盐氧化物资源量分类；第二回合产生矿井优化，确定位于 Chapadão 主矿井南面的附属矿井具有经济效益，并将其纳入所呈报结果。

Boa Vista 及 Chapadão 矿井优化结果的概要分别概述于表 9-1 及表 9-2。对该等优化结果进行的审核表明，RPM 可复制矿业公司结果。

边界品位分析

RPM 采用个别矿石类别边界计演算法进行 Whittle 分析，以评估与不同边界品位策略有关的矿井优化敏感度。对 Boa Vista 及 Chapadão 矿井进行的个别边界计算乃基于表 8-2 所列示的不同冶金回收率。

RPM 确认，矿业公司目前就所有铌矿床使用 0.5% Nb_2O_5 边界品位，而就磷酸盐矿石使用 16.49% P_2O_5 边界质量回收率。相关公司称该等边界品位高于其各自的内部经济边界品位，原因是回收低品位矿石的选矿厂能力有关的可信度较低。

相反，RPM 进行的边界品位分析表明，铌矿床原生矿石及氧化物的内部经济边界品位分别为 0.32% Nb_2O_5 及 0.39% Nb_2O_5 ，而磷酸盐矿床的内部边界品位为 13.66% P_2O_5 质量回收率（在磷酸盐矿石中加入铌材料时）。因此，RPM 将该等岩矿分类为低品位矿石，可先行储存，待日后冶金研究表明具有加工可行性后再行加工。如果冶金研究确认加工低品位矿石可行，将会对项目评估产生积极影响。表 8-1 列示最终矿井设计内低品位矿石的增产潜力。

附錄五

合資格人士報告

表 0-1 于二零一六年三月三十一日的 Boa Vista 矿井优化结果—仅确定的及标示的资源量

矿坑 边坡	储量 因数	铌价格 (美元/千克)	原生矿 Nb2O5 边 界品位%	氧化 Nb2O5 边界品位%	总计 (千吨)	矿石 (千 吨)	废石 (千吨)	剥采	最大 台阶	最小 台阶	Nb2O5 %	Nb2O5 (吨)
1	0.5	20.47	0.64	0.77	55,156	18,130	37,026	2.04	181	105	1.04	188,556
2	0.55	22.51	0.58	0.7	66,217	20,192	46,025	2.28	182	101	1.03	207,977
3	0.6	24.56	0.54	0.64	70,402	23,784	46,617	1.96	182	100	0.96	228,331
4	0.65	26.6	0.49	0.59	75,891	24,812	51,079	2.06	182	99	0.96	238,197
5	0.7	28.65	0.46	0.55	80,678	25,810	54,869	2.13	182	97	0.95	245,193
6	0.75	30.7	0.43	0.52	88,256	29,159	59,097	2.03	182	95	0.9	262,434
7	0.8	32.74	0.4	0.48	91,674	29,611	62,063	2.1	182	94	0.9	266,501
8	0.85	34.79	0.38	0.45	97,801	30,325	67,475	2.23	183	93	0.89	269,897
9	0.9	36.84	0.36	0.43	99,426	31,012	68,414	2.21	183	93	0.88	272,907
10	0.95	38.88	0.34	0.41	103,869	32,996	70,873	2.15	183	93	0.85	280,468
11	1	40.93	0.32	0.39	105,698	33,313	72,386	2.17	183	93	0.85	282,721
12	1.05	42.98	0.31	0.37	110,028	33,624	76,404	2.27	184	93	0.85	285,803
13	1.1	45.02	0.29	0.35	111,920	33,868	78,051	2.3	184	93	0.84	284,495
14	1.15	47.07	0.28	0.34	112,386	34,077	78,309	2.3	184	93	0.84	286,245
15	1.2	49.12	0.27	0.32	113,401	34,186	79,215	2.32	184	93	0.84	287,167
16	1.25	51.16	0.26	0.31	114,112	34,808	79,305	2.28	184	92	0.83	288,903
17	1.3	53.21	0.25	0.3	115,971	35,335	80,636	2.28	184	92	0.82	289,748
18	1.35	55.26	0.24	0.29	119,025	35,599	83,426	2.34	189	92	0.82	291,908
19	1.4	57.3	0.23	0.28	119,723	35,752	83,971	2.35	189	92	0.82	293,168
20	1.45	59.35	0.22	0.27	120,601	35,788	84,813	2.37	189	92	0.82	293,463
21	1.5	61.4	0.21	0.26	121,776	35,923	85,853	2.39	189	92	0.82	294,568

附注：

1. 吨位为公吨
2. RPM 使用 Whittle 生成的矿井边界
3. 所报告数字已取整，可能会导致细微的制表误差。

附錄五

合資格人士報告

表 0-2 于二零一六年三月三十一日的 Chapadão 矿井优化结果—仅确定的及标示的资源量

矿坑 边坡	储量 因数	P2O5 价 格 (美元/ t)	Nb2O5 价格 (美元/千克)	P2O5 混合 矿 边 界 3	原生 矿 边 界	氧化 边界 品位	总吨 数(千 吨)	矿石 (千 吨)	废石 (千 吨)	剥采	最大 台阶	最小 台阶	P2O5 %	P2O5 t	Nb2O5%	Nb2O5 t
1	0.5	160.36	20.47	31.33	0.64	0.77	25,707	4,678	21,029	4.49	130	82	9.74	455,678	0.83	38,831
2	0.55	176.4	22.51	28.12	0.58	0.7	50,403	13,696	36,707	2.68	130	78	12.27	1,680,554	0.64	87,657
3	0.6	192.43	24.56	25.44	0.54	0.64	127,101	34,530	92,570	2.68	135	77	13.69	4,727,198	0.51	176,105
4	0.65	208.47	26.6	23.18	0.49	0.59	196,760	59,488	137,272	2.31	136	67	13.57	8,072,550	0.49	291,492
5	0.7	224.5	28.65	21.24	0.46	0.55	367,384	101,850	265,534	2.61	138	67	13.39	13,637,778	0.44	448,142
6	0.75	240.54	30.7	19.55	0.43	0.52	489,726	137,294	352,432	2.57	152	67	12.89	17,697,153	0.41	562,904
7	0.8	256.58	32.74	18.08	0.4	0.48	650,028	169,891	480,137	2.83	152	67	12.51	21,253,341	0.38	645,585
8	0.85	272.61	34.79	16.78	0.38	0.45	771,204	193,955	577,249	2.98	152	67	12.26	23,778,883	0.36	698,238
9	0.9	288.65	36.84	15.63	0.36	0.43	832,355	207,002	625,353	3.02	152	67	12.16	25,171,391	0.35	724,505
10	0.95	304.68	38.88	14.59	0.34	0.41	864,188	215,731	648,457	3.01	152	67	12.09	26,081,825	0.34	733,484
11	1	320.72	40.93	13.66	0.32	0.39	797,138	238,272	558,866	2.35	152	66	12.05	28,711,757	0.34	810,124
12	1.05	336.76	42.98	12.82	0.31	0.37	904,949	226,557	678,392	2.99	152	65	12.02	27,232,102	0.33	747,637
13	1.1	352.79	45.02	12.06	0.29	0.35	919,349	228,821	690,528	3.02	152	65	12	27,458,553	0.33	755,110
14	1.15	368.83	47.07	11.36	0.28	0.34	928,002	229,947	698,055	3.04	152	65	12	27,593,605	0.33	758,824
15	1.2	384.86	49.12	10.72	0.27	0.32	930,839	230,458	700,381	3.04	152	64	11.99	27,631,856	0.33	760,510
16	1.25	400.9	51.16	10.13	0.26	0.31	935,368	230,883	704,486	3.05	152	64	11.99	27,682,838	0.33	761,913
17	1.3	416.94	53.21	9.58	0.25	0.3	941,602	231,280	710,322	3.07	152	64	11.98	27,707,347	0.33	763,224
18	1.35	432.97	55.26	9.08	0.24	0.29	945,200	231,453	713,747	3.08	152	64	11.98	27,728,116	0.33	763,796
19	1.4	449.01	57.3	8.61	0.23	0.28	947,856	231,547	716,309	3.09	152	64	11.98	27,739,388	0.33	764,107
20	1.45	465.04	59.35	8.18	0.22	0.27	951,031	231,666	719,365	3.11	152	64	11.98	27,753,630	0.33	764,499
21	1.5	481.08	61.4	7.77	0.21	0.26	954,691	231,720	722,971	3.12	152	64	11.98	27,760,004	0.33	764,675

附注:

1. 吨位为公吨
2. RPM 使用 Whittle 生成的矿井边界
3. 所呈报数字已取整，可能会导致细微的制表误差。。

矿山设计参数

Boa Vista 及 Chapadão 矿山阶段性及临时性矿井设计的矿山设计参数列于表 9-3。

表 0-3 矿山设计参数

专案	Boa Vista	Mina I	Mina II	Chapadão
运输道路宽度	13 米	16 米	16 米	16 米
中间斜坡坡度	10%	8%	8%	8%
最终极限斜坡坡度	10%	8%	8%	8%
台阶高度	5 到 10 米	5 米	5 米	5 米
平台宽度	6.5-9 米	6 米	6 米	5 米
总体倾斜角	25°-53°	32°	32°	34°
台阶面角度 (BFA)	65°-85°	65°	65°	65°

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

RPM 已审核将在 37 年（铌和磷酸盐总计）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。表 9-4 呈列 RPM 生成的 Whittle 矿井边界与矿业公司提供的设计矿井比较分析。对该等结果进行审核后发现，尽管两者之间存在差别，但 Whittle 矿井整体上与矿业公司的最终矿井设计一致，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。

废石堆

RPM 已获提供 Boa Vista 及 Chapadão 矿井的详细废石堆设计，以及余下矿山服务年限内的堆放策略。RPM 认为设计及策略属适当，能够支持矿石储量及上升生产时间表。

Boa Vista

Boa Vista 矿井合共规划有四个废石堆，其中两个废石堆正在使用，即西废石堆及东南废石堆（将扩建），将另外修建两个废石堆，分别命名为东北废石堆及长期废石堆。如日期为二零一五年十一月的报告记载，西废石堆及东南废石堆由协力厂商设计。Boa Vista 所有废石堆的坡面角为 34°，台阶高 10 米，平盘宽 10 米。RPM 认为，西废石堆及东南废石堆的设计属合适。

尽管并无有关矿山服务年限废石堆设计及位置的详细设计资料，但 RPM 假设其设计将采用类似标准。废石堆的所有土地及许可证均已取得，有效期持续至二零一九年，而收到的废物处理许可证的有效期直至二零二一年。

尽管未有二零二一年以后的详细设计，但 RPM 认为，储存及土地容量充足，可支援持续运营。RPM 获悉，矿业公司目前正在评估修建矿山服务年限废石堆的合适地点，且已完成测绘工作。

表 0-4 矿井境界及设计矿坑比较

描述	矿石					低品位矿					剥采比	废石 6 (千吨)
	数量 (千吨)	P2O5 边 界 4	Nb2O5 边界 5	P2O5 %	Nb2O5 %	数量 (千 吨)	P2O5 边 界	Nb2O5 边 界	P2O5 %	Nb2O5 %		
Boa Vista												
RPM 矿坑边坡 2	26,867	-	0.5	-	0.95	6,446	-	0.32	-	0.41	2.17	72,386
设计矿坑 3	26,176	-	0.5	-	0.95	6,362	-	0.32	-	0.41	3.06	99,562
对照												
区别	-691	-	-	-	-	-84	-	-	-	-	-	27,177
百分比	-3%	-	-	-	-	-1%	-	-	-	-	-	38%
Mina I												
RPM 矿坑边坡 2	6,889	-	0.5	-	0.66	27	-	0.39	-	0.44	-	-
设计矿坑 3	6,478	-	0.5	-	0.65	27	-	0.39	-	0.44	-	-
对照												
区别	-411	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
百分比	-6%	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	-
Mina II												
RPM 矿坑边坡 2	3,150	-	0.5	-	1.2	30	-	0.32	-	0.43	-	-
设计矿坑 3	3,058	-	0.5	-	1.19	30	-	0.32	-	0.43	-	-
对照												
区别	-92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
百分比	-3%	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	-
Chapadão												
RPM 矿坑边坡 2	218,874	16.49	0.5	12.31	0.33	9,302	13.66	0.32	10.24	0.25	2.45	558,866
设计矿坑 3	210,404	16.49	0.5	12.34	0.33	9,668	13.66	0.32	10.22	0.23	2.81	646,339
对照												
区别	-8,470	-	-	-	-	366	-	-	-	-	-	87,472
百分比	-4%	-	-	-	-	4%	-	-	-	-	-	16%

附錄五

合資格人士報告

描述	矿石					低品位矿					剥采比	废石 6 (千吨)
	数量 (千吨)	P2O5 边界 4	Nb2O5 边界 5	P2O5 %	Nb2O5 %	数量 (千吨)	P2O5 边界	Nb2O5 边界	P2O5 %	Nb2O5 %		
矿床总计												
RPM 矿坑边坡 2	255,780	16.49	0.5	12.31	0.92	15,805	13.66	0.32	10.24	0.41	2.32	631,252
设计矿坑 3	246,116	16.49	0.5	12.34	0.92	16,086	13.66	0.32	10.22	0.41	2.84	745,901
对照												
区别	-9,664	-	-	-	-	281	-	-	-	-	-	114,649
百分比	-4%	-	-	-	-	2%	-	-	-	-	-	18%

附注:

1. 吨位为公吨
2. RPM 使用 Whittle 生成的矿井边界
3. 由 Anglo American 提供的最终矿井设计
4. 磷酸盐应用边界品位 16.49% P2O5 的质量回收率
5. 各类矿石应用边界品位 0.50% Nb2O5
6. Mina I 及 Mina II 的废石数量纳入 Chapadão 矿井进行呈报
7. 所呈报数字已取整，可能会导致细微的制表误差。

Chapadão—磷酸盐

Chapadão 矿山目前使用的废石堆名为西北废石堆，为目前规划的唯一废石堆。该废石堆由协力厂商设计，并记载于日期为二零零七年五月的报告内，该废石堆共分四期，总容量 48.9 百万立方米，按现有生产率计算，其剩余废石储存容量可供使用至二零二一年。设计中考虑的台阶高为 10 米，平盘宽 6 米，台阶坡面角为 28°。西北废石堆一期及二期的详细设计图包括工程地质基础调查及边坡稳定性分析。截至二零一四年，一期已全部完工，二期正在实施。

西北废石堆位于露天场地，有利于其进行横向扩建。RPM 获悉，于二零一四年，矿业公司编制了「Chapadão 矿山废石堆总体规划」，当中考虑通过收购邻近物业而横向扩张西北废石堆。该总体规划将矿山服务年限纳入考虑范围，直至二零四一年，并估计在二零一六年至二零四一年期间产生 579.4 百万吨废石。应注意，矿山服务年限的现有财务模型持续至二零六一年，故需进行后续设计。

建议扩张考虑分六期进行。一期及二期扩张即为现有西北废石堆的三期及四期工程，已由协力厂商编制详细的设计图，容量可使用至二零二一年。余下几期尚处于概念阶段，需要详细的设计图。

RPM 注意到，矿业公司目前正在评估在 Mine I 及 Mine II 区域使用矿井内废石堆（边坡角 28°、台阶高 10 米、平盘宽 6 米）。

尽管需进行进一步评估，以确保矿山服务年限的废石能够妥为储存，RPM 认为有充足的时间及空间制定优化方案，不会产生重大妨碍。

设备方案

现有业务

Boa Vista 矿山现有车队有 39 辆 35 吨容量的卡车。用于废石剥采的相同设备亦用于开采矿石。装载活动使用小型反铲装载机，爆破由专业公司进行。

计算 Chapadão 矿山车队时，假设整个矿山服务年限内将使用相同大小的设备。界定车队规模时，乃假设采矿作业及矿井开拓将继续由承包商使用与现有作业界定的相同大小的设备进行。Chapadão 矿山作业现时有 34 辆 35 吨容量的卡车。与 Boa Vista 矿山作业类似，装载活动亦使用小型反铲装载机，爆破由专业公司进行。

由于铌和磷酸盐开采的性质不同，作业被分别考虑，因此，初步采矿协议中并未考虑协同效益。二零一六年现有协议续期时，将考虑协同效益并优先分享资源。

矿山服务年限业务

矿山服务年限生产时间表废石与矿山变动每年均不同。铌和磷酸盐的开采均由一名采矿承包商进行（两个矿山为同一名承包商），该承包商采用小型设备（35 吨卡车及小型反铲装载机）。表 9-5 至表 9-7 列示矿山服务年限的设备要求。

表 0-5 Boa Vista 矿山设备的矿山服务年限设备要求

Boa Vista 矿山	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026-2030	2031
主要设备												
卡车沃尔沃 8x4	32	34	34	34	34	21	20	22	21	18	14	4
挖掘机沃尔沃 EC 700	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2
钻机 Sandvick DX800	4	4	4	4	5	3	3	3	3	2	2	1
辅助设备												
推土机 CAT D6T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
推土机 CAT D8R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
洒水车 15 立方米	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
轮式装载机 962K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
支持设备												
平地机 CAT 140M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
反向铲车	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
燃油% Lub 卡车	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

表 0-6 Chapadão 矿山 Mina I 及 Mina II（铌）设备于矿山服务年限的设备要求

Mina II	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026-2029		
主要设备													
卡车沃尔沃 8x4			4	5	15	14	37	35	20	47	37		
挖掘机沃尔沃 EC 700			1	1	2	3	3	3	3	4	3		
钻机 Sandvick DX800			1	1	2	2	4	4	2	4	3		
辅助设备													
推土机 CAT D6T			2	2	2	2	2	2	2	2	2		
推土机 CAT D8R			0	0	0	0	0	0	0	0	0		
洒水车 15 立方米			1	1	1	1	2	2	2	2	2		
轮式装载机 962K			1	1	1	1	1	1	1	1	1		
支持设备													
平地机 CAT 140M			1	1	1	1	1	1	1	2	2		
反向铲车			1	1	1	1	1	1	1	1	1		
燃油% Lub 卡车			1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Mina I	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2029-2030	2031-2035	2036-2042
主要设备													
卡车沃尔沃 8x4											5	4	3
挖掘机沃尔沃 EC 700											1	1	1
钻机 Sandvick DX800											1	1	1
辅助设备													
推土机 CAT D6T											2	2	2
推土机 CAT D8R											0	0	0
洒水车 15 立方米											1	1	1
轮式装载机 962K											1	1	1
支持设备													
平地机 CAT 140M											1	1	1
反向铲车											1	1	1
燃油% Lub 卡车											1	1	1

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

表 0-7 Chapadão 矿山磷酸盐设备于矿山服务年限的设备要求

	2016	2017	2018	2019	2020	Average				
						2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2046-2060
主要设备										
8×4 卡车	39	32	42	37	29	52	58	76	72	58
挖掘机 70 吨	2	2	2	2	2	2	3	4	3	2
挖掘机 45 吨	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
挖掘机 35 吨	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
钻机 ROC D7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
辅助设备										
推土机 CAT D6T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
推土机 CAT D8R	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
水车 15 立方米	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
轮式装载机 966H	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
支持设备										
平地机 CAT 140M	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
反向铲车	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
燃油和 Lub 卡车	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

矿山服务年限计划及矿井顺序

开采预期继续按照现有作业进行，选矿厂给料由 Boa Vista 及 Chapadão 露天矿提供。两个矿井将使用多个阶段或回退式开采，预测 Boa Vista 有 3 个，Chapadão 有 11 个（[图9-2](#)）。Mina II 预计于二零一八年投产（[图9-2](#)），计划随着 Boa Vista 矿井氧化矿给料减少而进行，而 Mina I 预计于二零二三年投产。RPM 注意到，同时开采 Mina I 及 Mina II 可能存在一定加工问题，因此需要储存并单独分批处理矿石类型，以确保实现回收率。

图 0-1 铌和磷酸盐于矿山服务年限的矿井顺序

產品	區域	礦石類型	單位	年															礦山服務年限
				2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026-2030	2031-2035	2035-2040	2041-2045	2051-2052	
鉕	Boa Vista	氧化礦	百萬噸	0.3	0.1	0.01	0.05												0.5
		原生礦	百萬噸	1.9	2.4	1.9	2.3	2.2	2.1	2.1	2	2	2	4.6					25.7
	Mina I	氧化礦	百萬噸								1	0.1	0.1	2.4	1.6	1.3			6.5
	Mina II	原生礦	百萬噸			0.12	0.05	0.69	0.15	0.59	0	0	0.17	1.29					3.1
	磷酸鹽尾礦庫	尾礦	百萬噸	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	5.7	6.1	5.9	10	2	40.7
	精礦廠	精礦	千噸	23.7	25.9	21.2	24.6	27.4	29	29	24.8	25.2	29.8	87.3	50.6	35.6	47.7	9.5	491.5
磷酸鹽	冶煉廠	鐵鉕合金(65% Nb)	千噸	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	43.2	23.6	15.8	20.1	4	226.5
	Chapadao	氧化礦	百萬噸	4.6	5	5.1	5.7	5.5	5.9	5.7	5.8	5.8	5.8	28.1	29.1	29.1	58.2	11	210.4
	精礦廠	精礦 (37% P ₂ O ₅)	百萬噸	1.3	1.3	1.3	1.6	1.4	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	6.8	7.1	6.7	12.8	2.5	50.5

*平均年

矿石储量时间表

RPM 编制的该项目铌和磷酸盐生产计划仅基于确定和标示的资源量，列示于 **表9-8** 及 **表9-9** 以及 **图9-2** 及 **图9-3**。具体而言，所用的设计矿坑乃基于确定的和标示的矿产资源量，而属于设计矿坑范围的推测资源量乃计入废石类别。开采计划设计为于矿山服务年限初期提供高于平均水准的品位，并于矿山服务年限后期提供低于平均水准的品位。此乃通过对矿床进行交错开采实现，以最大限度地增加初期现金流量。

根据矿石储量估算、矿井开发顺序及矿井设计，Boa Vista 的预测矿山服务年限为二零一六年三月三十一日起约 13 年，而 Chapadão 为该日起 37 年。RPM 认为，建议的矿山开发顺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，以确保能发现在向工厂交付矿石时的任何缺点。该优化应集中在开发顺序连同资本支出以及短期品位可变性，以最大限度地提高该项目的盈利能力。

RPM 注意到，尽管 Boa Vista 矿井预计于二零二八年停止作业，Mina I 及 Mina II 将直到二零三八年才会停止作业，而尾矿厂将于磷酸盐生产的余下期间继续按每年约 1.1 百万吨获得细粒材料。**表9-8** 中的尾矿选矿厂生产仅包括到二零三九年的材料，但由于该选矿厂的给料来自磷酸盐选矿厂，生产将继续进行，直到二零三九年 Chapadão 矿山服务年限结束为止。因此，总吨位为 30.8 百万吨。

RPM 提示，生产时间表不同于矿业公司呈报的那样，主要原因是按照 JORC 规则规定从 RPM 矿石储量时间表中排除了推测的资源量。

Boa Vista 生产时间表

制定 Boa Vista 矿山服务年限时间表的目标是实现 2 百万吨 / 年的大约矿石生产量，同时将废石移动减少至维持矿石生产所需的最低水准。因此，该时间表显示矿山服务年限内初期每年的废石量较高（剥采比较高，该比率指废石与矿石吨位的比率），且随后每年逐步减少。该特征较为典型，原因是接触矿石所需进行的剥采量一般在露天矿上部较高，并随着矿井深入而减少。该时间表的另一特点是，随着矿井开发，矿石品位一般逐步上升。Boa Vista 时间表（RPM 认为该时间表属实际可行且能够实现）呈报于 **表9-8** 及 **图9-5**。

Chapadão 生产时间表

Chapadão 矿山服务年限计划时间表乃为实现多目标而制定。第一项目标是复制矿业公司矿山服务年限计划的前五年。此乃通过使用提供予 RPM 的年末位置工作面，确定前五年期间每年的开采区域而实现。在该时间点后，矿山服务年限时间表的目标是每年开采 5.8 百万吨矿石，矿石及废石的总开采能力最高为 30 百万吨 / 年。该上限数量包括从 Mina I 及 Mina II 开采的铌矿石及废石。由于 RPM 在规划时采用的方法，有必要将 Mina I 及 Mina II 矿井加入作为磷酸盐时间表的一部分。然而，RPM 注意到，经过进一步精炼，Mina I 及 Mina II 矿井可与磷酸盐矿井分开规划，以实现更优化的时间表。矿山服务年限计划时间表结果呈报于 **表9-8** 及 **图9-9**。

表 0-8 矿石储量铌生产计画

年	单位	矿山服务年限	2016	2017	2018	2019	2020	平均 2020 - 2025	平均 2025-2035	平均 2035-2041
Boa Vista 露天矿										
氧化矿	百万吨	0.3	0.1	0.1						
所含 Nb2O5	%	0.8	0.5	1.1	0.7	0.8	0.7			
新鲜岩矿	百万吨	25.2	1.5	2.4	1.9	2.3	2.2	2.1	1.5*	
所含 Nb2O5	%	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0*	
开采的废石	百万吨	96.4	4.9	11.6	12.9	11.4	12.3	8.0	1.2*	
总岩矿开采量	百万吨	126.4	10.9	14.1	14.8	13.8	14.5	10.0	2.7*	
剥采比		3.8	3.0	4.5	6.7	4.8	5.7	0.5	0.7*	
Mina I 露天矿										
氧化矿	百万吨	6.5	0.0					0.4	0.7	0.4 [#]
所含 Nb2O5	%	0.7	1.1					0.6	0.7	0.7 [#]
开采的废石	百万吨	9.5	0.1		0.2	0.0		1.0	0.7	0.9 [#]
总开采岩石	百万吨	15.7						1.4	1.3	1.3 [#]
剥采比		1.5						1.5	1.0	1.6 [#]
Mina II 露天矿										
新鲜岩矿	百万吨	3.1			0.1	0.0	0.7	0.3	0.6 [^]	
所含 Nb2O5	%	1.2			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2 [^]	
开采的废石	百万吨	21.0			0.2	0.7	3.0	1.6	5.3 [^]	
总开采岩石	百万吨	24.0			0.3	0.8	3.6	1.9	6.0 [^]	
精炼厂										
BVFR 精炼厂给矿	千吨	16.6	0.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.1	
BVFR 精炼厂给矿	%Nb2O5	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	
BVO 选厂给矿	千吨	11.9	0.5	0.5	0.2	0.4	0.6	0.6	0.5	0.4
BVO 选厂给矿	%Nb2O5	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.0	0.8	0.7
尾矿选厂给矿	千吨	34.5	0.5	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
铌铁生产	千吨	216.3	7.9	13.1	10.7	12.5	13.9	14.2	6.8	3.2
铌含量	千吨	140.6	5.1	8.5	6.9	8.1	9.0	9.2	4.4	2.1

*Boa Vista 于二零二八年停产

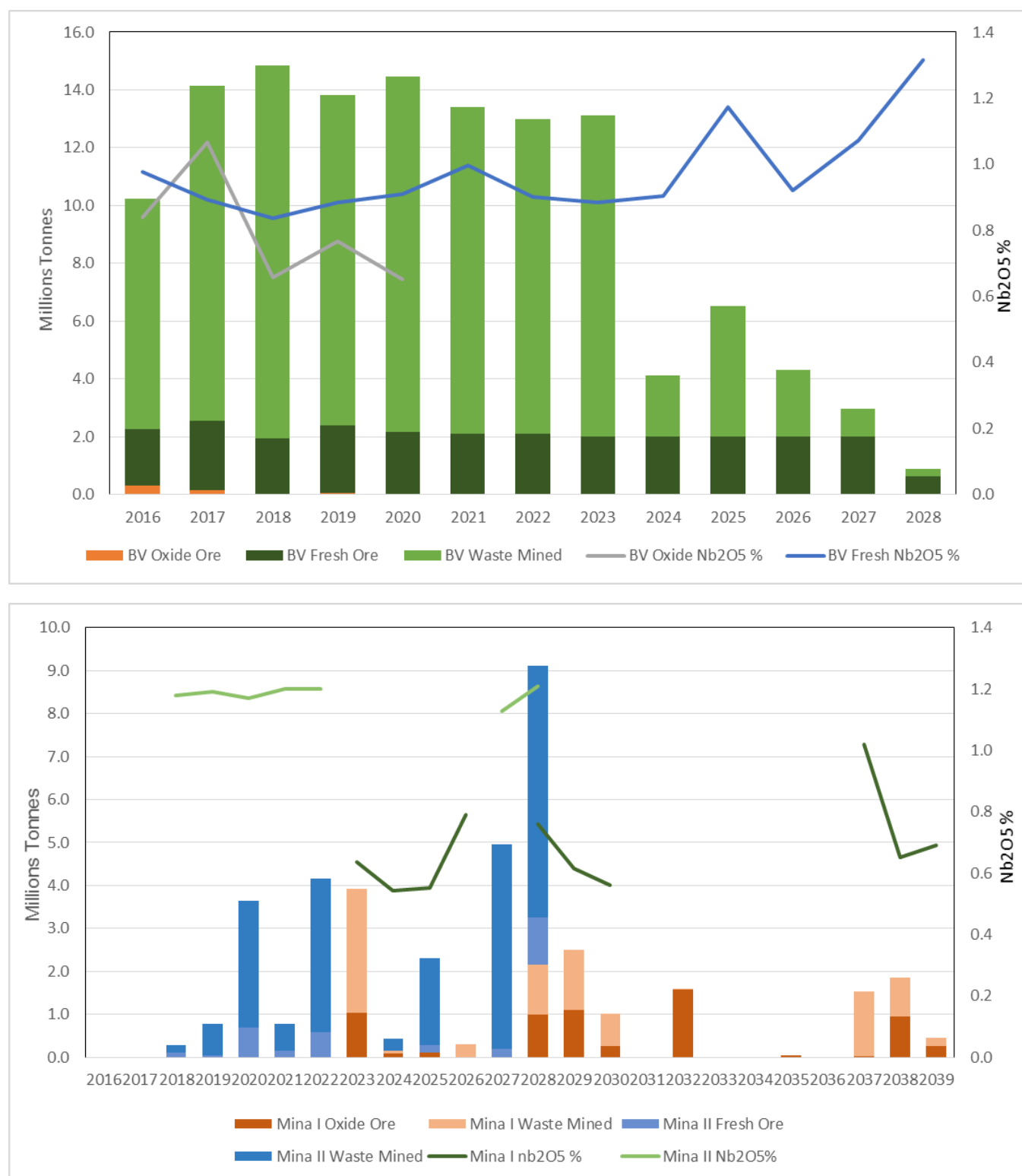
#Mina I 于二零三九年停产

^Mina II 于二零二八年停产

表 0-9 磷酸盐生产计划

年	单位	矿山 服务 年限	2016	2017	2018	2019	2020	平均 2021- 2025	平均 2026- 2035	平均 2036- 2045	平均 2046- 2052
Chapadão 采出矿石											
氧化矿石	百万 吨	208.9	3.2	5.0	5.1	5.3	5.2	5.7	5.8	5.8	5.8
P2O5	%	12.3	14.5	13.7	13.6	14.2	13.3	13.5	12.4	11.6	11.5
废石(包括“推测的”资源量)											
采出废石	百万 吨	621.6	6.3	11.1	12.7	13.0	13.0	21.6	22.1	22.5	1.8
总岩石开采量	百万 吨	830.6	9.5	16.1	17.8	18.3	18.2	27.2	27.8	28.3	7.6
剥采比		3.0	2.0	2.2	2.5	2.4	2.5	3.8	3.8	3.9	0.3
精炼厂											
选厂 47 (500 吨/小时)	%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
选厂 76 (360 吨/小时)	%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
精炼厂 (联合)											
综合	千吨	49,840	895	1,324	1,334	1,462	1,325	1,493	1393.7	1306.4	1290.5
P2O5 品位	%	37%	37%	37%	37%	37%	37%	37%	37%	37%	37%
P2O5 含量	千吨	18,441	331	490	494	541	490	552	515.7	483.4	477.5

图 0-5 矿山总体运动 – 上方为 Boa Vista, 下方为 Mina I 及 II



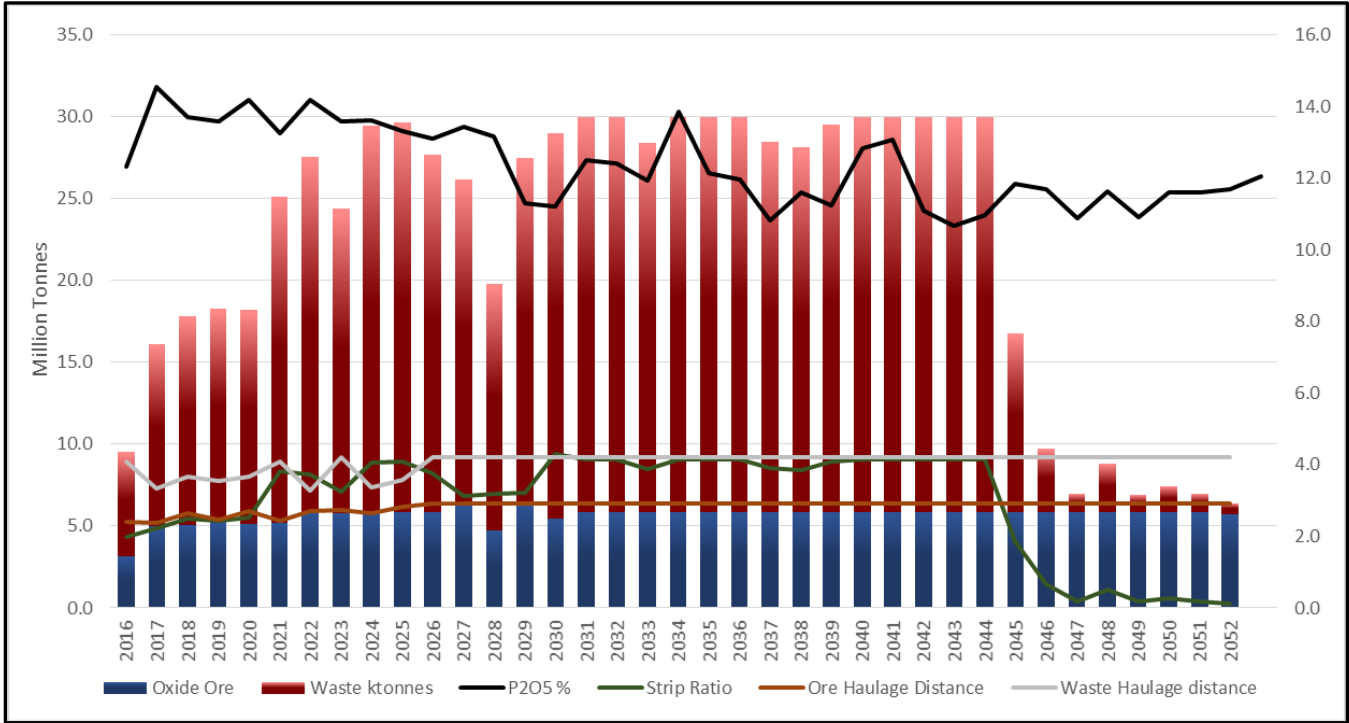
RPM 注意到，由于不同产品每年的需求不同，难以准确预测每年的化肥产量。因此，RPM 并未制定详细的矿山服务年限时间表，而是根据矿业公司提供的资料（如表9-9所呈报）平均计算各产品的前五年预测产量，由矿业公司的详细营销研究及预测支持。根据与现场人员的讨论及有关预测，RPM 认为，平均值可能反映该项目期限内不同产品的长期平均值（由矿石储量支持），但预计每年会因当地市场需求而有所变化。

表 0-10 二零一六年至二零二零年按产品划分的化肥平均产量

化肥种类		2016-2020 平均值 产量 (产品吨数)
<u>Catalão</u>	高分析	296,000
	低分析	620,000
<u>Cubatão</u>	低分析	541,000
	高分析	62,000
	磷酸盐*	102,000
	硫酸盐*	0

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

图 0-2Chapadão 矿山总体运动



加工及选矿厂

矿石加工设施包括两个磷酸盐选矿厂及三个铌选矿厂，均位于 Catalão 复合岩体 I 业务内。与选矿厂相关的配套工厂包括磷酸盐过滤及干燥设备、一个铌破碎及分选厂、一个铌浸析及高温冶金厂。两个磷酸盐选矿厂的处理量共 5.8 百万吨 / 年（干），每年生产约 1.4 百万吨品位为 37% P_2O_5 的精矿。磷酸盐精矿交付至位于附近 Catalão 城镇的化肥厂及位于桑托斯港附近巴西海岸的 Cubatão 城镇。

两个铌选矿厂现时加工来自 Boa Vista 矿山的矿石，即 Boa Vista 原生矿石选矿厂（「BVFR」）及 Boa Vista（「BV」）选矿厂，而第三个选矿厂加工来自磷酸盐选矿厂的尾矿（「TA」）。BVFR 及 BV 选矿厂的处理量为 2 百万吨 / 年，每年生产形式为 55% Nb_2O_5 精矿的约 11,000 吨纯 Nb_2O_5 。TA 选矿厂的处理量为 1.1 百万吨 / 年，品位一般为 0.7% Nb_2O_5 ，每年生产形式为品位约 44% Nb_2O_5 精矿的约 2,300 吨纯 Nb_2O_5 。

来自三个铌选矿厂的精矿输送至浸析及高温冶金厂，该工厂毗邻加工开采矿石的两个铌选矿厂。在浸析及高温冶金厂，精矿先以酸及碱浸析，然后煅烧，再进行高温冶金加工，以生产铌铁合金。到二零一八年，该工厂将每年生产约 8,500 吨纯铌。产品为含约 65% 铌的铌铁合金，因此，铌铁年产量将为约 13,000 吨。

铌

于一九九七年前，BV 选矿厂的给料来自 Mina II 矿床，而于一九九八年至二零零零年，BV 选矿厂的给料由 Mina I 矿床供应。自二零零零年起，BV 选矿厂的氧化矿石一直由位于铌工厂西北 25 公里的 Boa Vista 矿山供应。原生矿石矿厂（BVFR）于二零一四年底投产，仍然处于起步阶段，加工来自 Boa Vista 矿山的原生矿石。两个铌选矿厂加工所开采的矿石（BVFR 及 BV），全部给料来自 Boa Vista 岩矿，未来将获得来自 Mina I 及 Mina II 的额外给料。铌工厂的简化矿石加工流程图列示于 **图 10-1**，而所有铌工厂的主要参数列示于 **表 10-1**。RPM 注意到，精矿回收率现时低于 **表 10-1** 所示；但基于 **表 10-2** 所提供的配置，认为预测回收率属合理。

所有氧化矿作为原矿材料，以卡车从 Boa Vista 矿山运输至 BV 选矿厂，不事先进行破碎，但原生矿石通过 Boa Vista 矿山的清选厂进行加工。矿石随后以卡车运输至 Catalão I 厂房，在研磨前，放在堆料及回收系统中，但部分破碎的原生矿石与原矿风化 / 氧化的矿石料堆并排存放在独立料的堆中，提供 BV 选矿厂的部分给料。

BV 的氧化矿以颚式初碎机及锤式破碎机，并储存以备研磨。RPM 注意到，BV 选矿厂现时加工约 70% 的原矿氧化矿石及约 30% 的破碎原生矿石；但该比例将会变化，BV 将只会加工氧化矿及来自 Mina I 与 Mina II 的材料。

尾矿（TA）选矿厂的给料为来自磷酸盐选矿厂的磷酸盐浮选尾矿（经过分离后）的细粒部分，占有磷酸盐选矿厂尾矿约 15%。

表 0-1 铌工厂主要参数

铌精炼厂	单位	BV	BVFR	TA
矿石 选厂生产率	干吨/年	600,000	1,470,000	1,100,000
精矿产量				
回收率	百分比	50	56	30
精矿品位	Nb2O5%	55	55	44

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

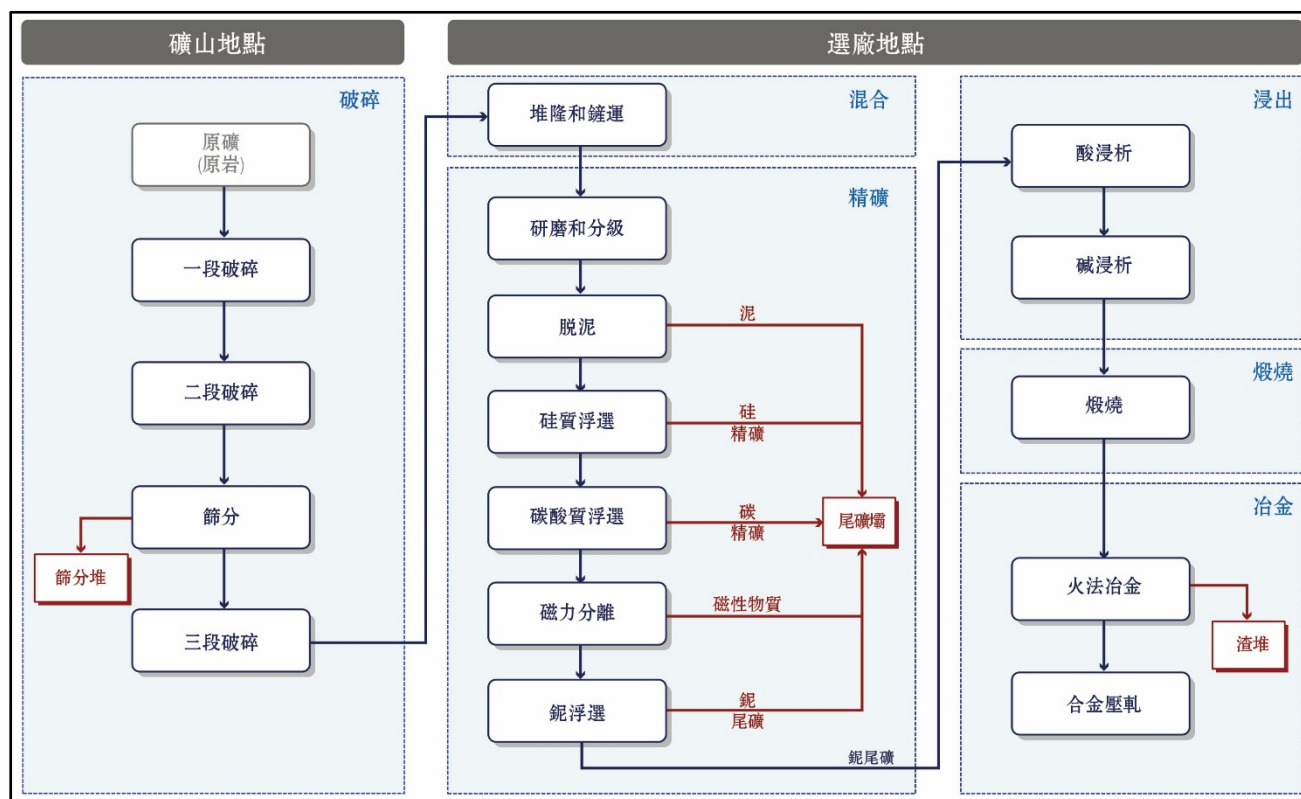
表 0-2 铌工厂的现有及预期回收率

精炼厂	回收率		预计回收率增长原因
	当前	预计	
BV	40%	50%	逐步增加原生矿供给比例将提高回收率
BVFR	48%*	56%	仍处于矿块专案投产阶段；调整混合将会提高的回收率；
TA	25%	30%	由于 Nb2O5 含量较低、回收率较低，因而铌酸盐含量降低，烧绿石具有高 Nb2O5 含量、回收率高，将提高磷选厂 Mina II 给矿比例

* 截至二零一六年六月

资料来源：由矿业公司提供，并由 RPM 审核。

图 0-1 简化铌流程图



铌选矿厂

BV 及 BV 原生矿选矿厂的（破碎后）矿石加工系统遵从铌加工的一般惯例，生产品位为 55% Nb₂O₅ 的精矿，而 TA 工厂生产品位为 44% 的精矿。选矿厂的主要设备清单列示于表 10-3。

浸析及高温冶金厂

三个铌选矿厂生产的精矿输送至邻近的浸析厂，以供进一步加工。由于化学属性不同，来自 BV、BVFR 及 TA 选矿厂的精矿分开浸析。精矿先以氢氯酸（HCl）浸析，随后以苛性苏打（NaOH）浸析。浸析主要用于减少最终产品中的磷酸盐杂质，此后已浸析的精矿汇合并过滤。过滤的固体然后在重油回转煅烧窑中煅烧，排出温度为摄氏 900 度。

浸析后，经煅烧的精矿转入高温冶金厂，使用坩埚分批进行高温冶金加工，以生产铌铁合金。使用铝热剂工艺将煅烧产物还原为金属（图 10-1）。在该工艺中，铝粉、赤铁矿、硝石（KNO₃）萤石及石灰与煅烧产物混合，然后将混合物点燃。在反应后，液态渣取出，坩埚冷却，铌铁铝合金珠连同其附着的部分高品位熔渣被移除，相关熔渣随后与合金珠分离。合金珠破碎、筛选、包装并以卡车运输 750 公里至桑托斯港，以销售至国际市场（图 2-1）。高品位熔渣在现场使用棒磨机加工，然后使用夹具与螺旋管进行重力选矿，并从熔渣中去除铌铁合金粒。回收的合金粒再循环至高温冶金厂，以进一步精炼及生产产品。浸析及高温冶金厂的设计标准及设备清单分别列示于表 10-4 及表 10-5。

浸析厂及高温冶金厂的废液及矿浆输送至 Unidade de Recuperação de Liga (URL)（铝回收单元）池水池进行储存（第 10.1.4 节）。

表 0-3 銻加工设备清单

专案	描述	数量
破碎和筛分		
振动筛		1
初级破碎	颚式破碎机	1
初次筛分	Banana, 2 板, 32 毫米和 127 毫米	1
二次破碎	锥形 30 毫米终端封闭设置	1
二次筛分	Banana, 2 板, 32 毫米和 127 毫米	1
三级破碎机	锥形 10 毫米终端封闭设置	1
磁选机	稀土鼓	2
BV 选矿厂		
初级破碎	颚式破碎机	1
筛分	1-平台	1
二次破碎	锤式粉碎机	1
净气器		1
磁选机	低强度	1
棒磨机		1
球磨机		2
脱泥旋流器回路	4-英寸 和 1.5 英寸气旋机	1
二氧化硅浮选回路	粗选机和精选机	1
碳酸盐浮选回路	粗选机和精选机	1
磁选机	低强度, 两台 36 英寸磁选鼓	1
铌浮选回路	粗选机和精选机	1
BVFR 精选		
主要球磨机	4.1 X 5.64 米的 1750 千瓦	1
二次球磨机	4.1 X 5.64 米的 1750 千瓦	1
脱泥旋流器回路	6-和 2 英寸气旋机	1
二氧化硅浮选回路	粗选机和精选机	1
碳酸盐浮选回路	粗选机和精选机	1
磁选机	低强度, 有两个 36 英寸磁选鼓	1
铌浮选回路	粗选机和精选机	1
硫化物浮选回路	粗选机和精选机	1
TA 精选		
脱泥旋流器回路		1
磁选机	低强度	1
筛分	高频振动平台, 100 目	3
筛分	高频振动平台, 150 目	2
主回路脱泥	1.5 寸旋流器	1
磁选机		1
二次脱泥回路	1.5 寸旋流器	1
二氧化硅浮选回路	粗选机和精选机	1
三脱泥回路	1.5 寸旋流器	1
四脱泥回路	1.5 寸旋流器	1
铌浮选回路	粗选机和精选机	1

附注：矿业公司提供。

表 0-4 铌浸析及高温冶金设计标准

选厂	产品	单位	BV	BVFR	TA
浸出	产品浸出	百分比	96.5	96.5	96.5
火法冶金	铌铁合金	百分比	92.5	92.5	92.5

附注：矿业公司提供。

表 0-5 铌浸析及高温冶金工厂设备清单

专案	描述	数量
选厂浸出		
(对于 BV, BVFR, 和 TA 三个并行系统精矿)		
给矿储存罐		3
给矿筛检程式	真空、旋流	3
酸浸出槽		3
酸浸出筛检程式	真空、旋流	3
碱浸槽		3
碱浸出筛检程式	真空、旋流	3
浸出浆液固/液分离		
过滤	水准板、压力	1
旋流器分离器		1
旋流器粉矿浓密机		2
粉矿旋流器筛检程式	垂直板、压力	1
煅烧窑	旋转、重燃油	1
火法冶金厂		
焙烧储料仓		1
焙烧/铝/熔融搅拌机	搅拌鼓	1
冶炼坩埚		5
合金粉碎回路		
初级破碎	颚式破碎机	1
筛分	双平台	1
二次破碎机	颚式破碎机	2
筛分	三平台	1
高品位废渣选矿回路		
棒磨机		1
旋流器集群		4
跳汰机		1
螺旋分级机		2

附注：矿业公司提供。

計畫調整及升級

RPM 注意到，銻工廠現時正在進行或未來規劃進行調整及升級，以提高工廠的處理量及回收率。工程主要包括 BV 工廠優化，以將工廠改造成到二零一九年可處理來自 Mina II 的硬岩石（包括 Mina II 基礎設施）。

尾礦儲存設施

附近四個現有尾礦儲存設施（「尾礦儲存設施」）：1A、1B、2A 及 2B（**圖 10-2**）支持銻生產，均為由周邊堤壩建成（部分以粘土建成）的環形水池。現時尾礦儲存設施 1A 及 1B 已滿且未使用，尾礦儲存設施 2A 剛加高並正在運作，尾礦儲存設施 2B 正在加高。其中部分尾礦儲存設施以獨立的協力廠商权证經營，但礦業公司就促成該用途訂有土地使用協議（**第 3 節**）。水現時正從工廠再循環至尾礦儲存設施 1B（**第 12 節**）。

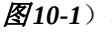
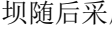
除現有尾礦儲存設施外，未來规划建设兩個尾礦儲存設施，名為 Macaúbas 尾礦儲存設施及礦山服務年限尾礦儲存設施，概述如下。RPM 提示，銻尾礦儲存設施容量要求的規劃認為，所有現有及未來的銻尾礦儲存設施均採用傳統尾礦漿沉淀（未濃縮）法，並將尾礦儲存設施上層水池內的廢水回收以供加工廠循環使用。尾礦需要一個由土工膜層及粘土層組成的綜合低滲漏層系統。在尾礦儲存設施 2A 的近期加高及尾礦儲存設施 2B 的規劃加高中，由於尾礦的密度，粘土層已被一個同等土工合成粘土層（GCL）取代。

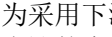
所審核檔包括將尾礦儲存設施 2A 及 2B 加高至 El.906 米的设计報告；監測系統的设计；加高至 El.906 米的穩定性分析；日期為二零一五年二月的季度檢查報告；及一份應急預案（應急預案）。據稱該等尾礦儲存設施遵照聯邦礦壩安全法每季度檢查，但並非所有檢查報告均可供審核，然而，這对本次審核而言並不重要。

图 0-2 铌尾矿储存设施全景图



尾矿储存设施历史

尾矿储存设施 1A 及 1B 原于一九八零年建设，顶点为 EL.881 米，2A 及 2B 随后在西部及西北部建设（图10-1）。地基土由剩余粉砂质粘土组成，周边堤坝以来自 Boa Vista 矿井的粘土建设，并以卡车填压。后续多次加高采用上游法完成，最高 EL.895 米，主要使用粘土，部分区域为粒状土。内部排水已列入该等加高的设计。EL.895 米处的最高堤坝高度为 27 米，尾矿储存设施 1A 及 1B 的两个典型横断面列示于 图10-3。1A 及 1B 周边堤坝随后采用上游法加高至现有的 EL.906 米，最高高度约 38 米。

尾矿储存设施 2A 及 2B 均采用下游法（图10-4）建设至现有 EL.895；2B 的周边堤坝（西侧）亦设计为采用下游法加高至 EL.906 米。该等堤坝的底部以砾石建成，靠近水池处及上部以粘土建成。堤坝的上游面及水池的底部内衬复合材质「全衬里」，包括覆盖在人造粘土上的 1.5 毫米厚高密度聚乙烯(HDPE)土工膜。该等加高包括一个内部排水系统。

按照巴西法规，尾矿储存设施 1A、1B、2A 及 2B 分类为 C 类，属于低风险类别，相关潜在损害较高。堤坝有四个监测站，每个监测站配备两个卡式测压计及一个振弦测压计。另外，安装有棱镜，以检测任何变动，并定期评估。

早前及规划的加高

为支持预测生产，将进行多个建设阶段，包括：

- 尾矿储存设施 2A 堤坝于二零一六年三月加高至 EL.906 米，容积为 1.92 百万立方米，尾矿储存容量可供使用至二零一七年中。在建设完成后，已编制环境控制报告（环境控制报告），并发出建设权证（Licença de Instalação - LI）。
- 尾矿储存设施 2B 堤坝计划于二零一七年四月加高至 EL.906 米，以供于二零一七年六月动用，提供容量 2.7 百万立方米，可存储至二零一九年四月。该加高的研究已提交予 SEMARH。
- 现有的 Macaúbas 水坝将改造成尾矿储存设施（见下文），将包括由现有坝顶 EL.817 米初步加高至 EL.823 米，并于随后加高至 EL.835 米，两次加高均按下游法设计。其最终高度将约 38 米。按最终的 EL.835 米计算，其容量将为 15 百万立方米，尾矿储存容量可供使用至二零三零年十二月。FEL-1 概念级研究已于二零一五年十二月完成，基本工程计划于二零一六年完成。首次加高的建设预期于二零一八年开始，并于二零一九年完成。
- 按本报告所呈列的估计生产时间表计算，基于二零一五年十二月完成的 FEL-1 概念分析，余下矿山服务年限将需要 13 百万立方米的容量。尽管建设计划于二零二九年开始，并于二零三零年试运行，与 Macaúbas 尾矿储存设施的关闭时间一致，但迄今为止尚未完成详细的设计。RPM 于实地视察期间注意到，有合适的土地可供为余下矿山服务年限建设一个额外的尾矿储存设施。尽管计划为现有矿山服务年限规划建设矿山服务年限尾矿储存设施，但 RPM 获悉，正在分析多项替代方案，最终决定尚未作出或需要数年时间才会作出。

加高尾矿储存设施 1A、1B、2A 及 2B 与发展 Macaúbas 及矿山服务年限尾矿储存设施的现有计划及时间表列示于 图10-5。

图 0-3 – 铌尾矿储存设施 1A 及 1B 的典型横断面

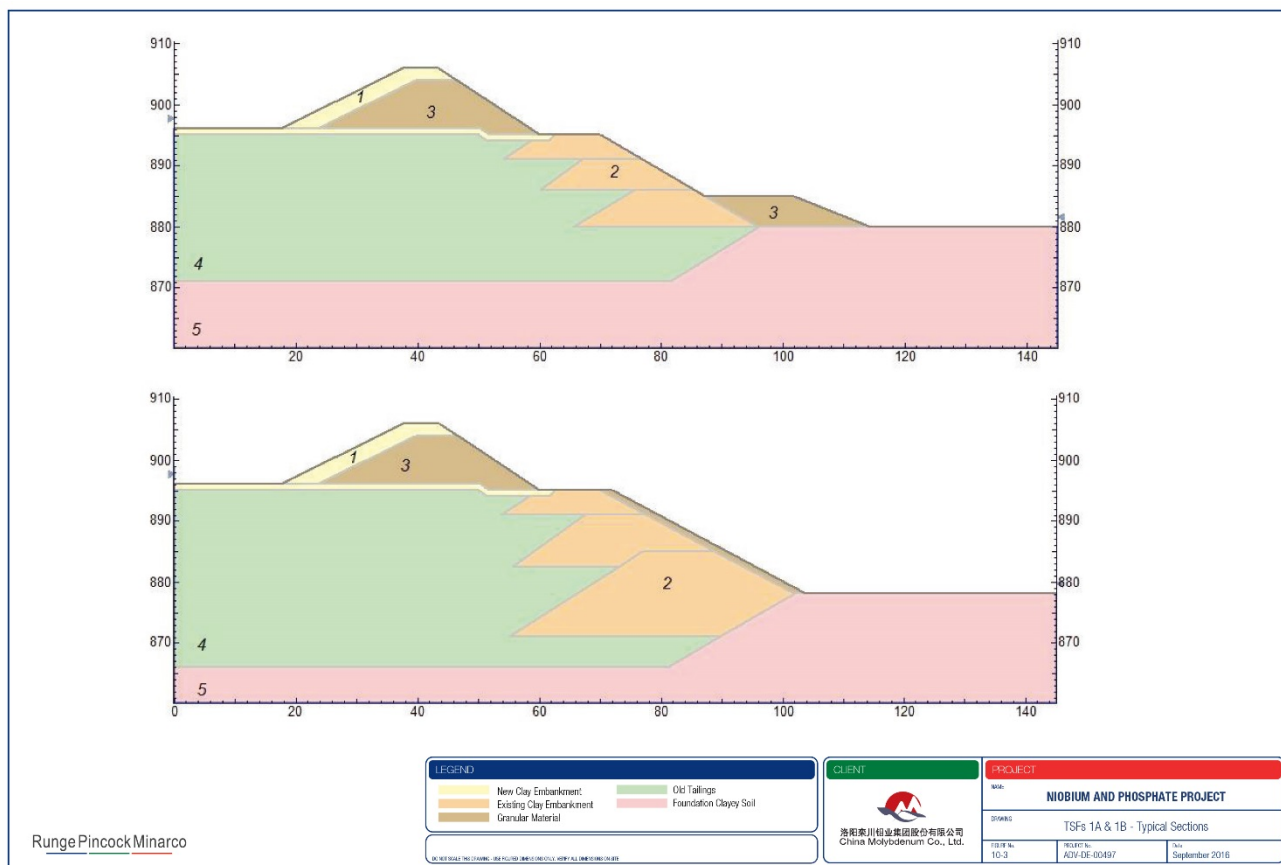


图 0-4 尾矿储存设施 2A-典型断面

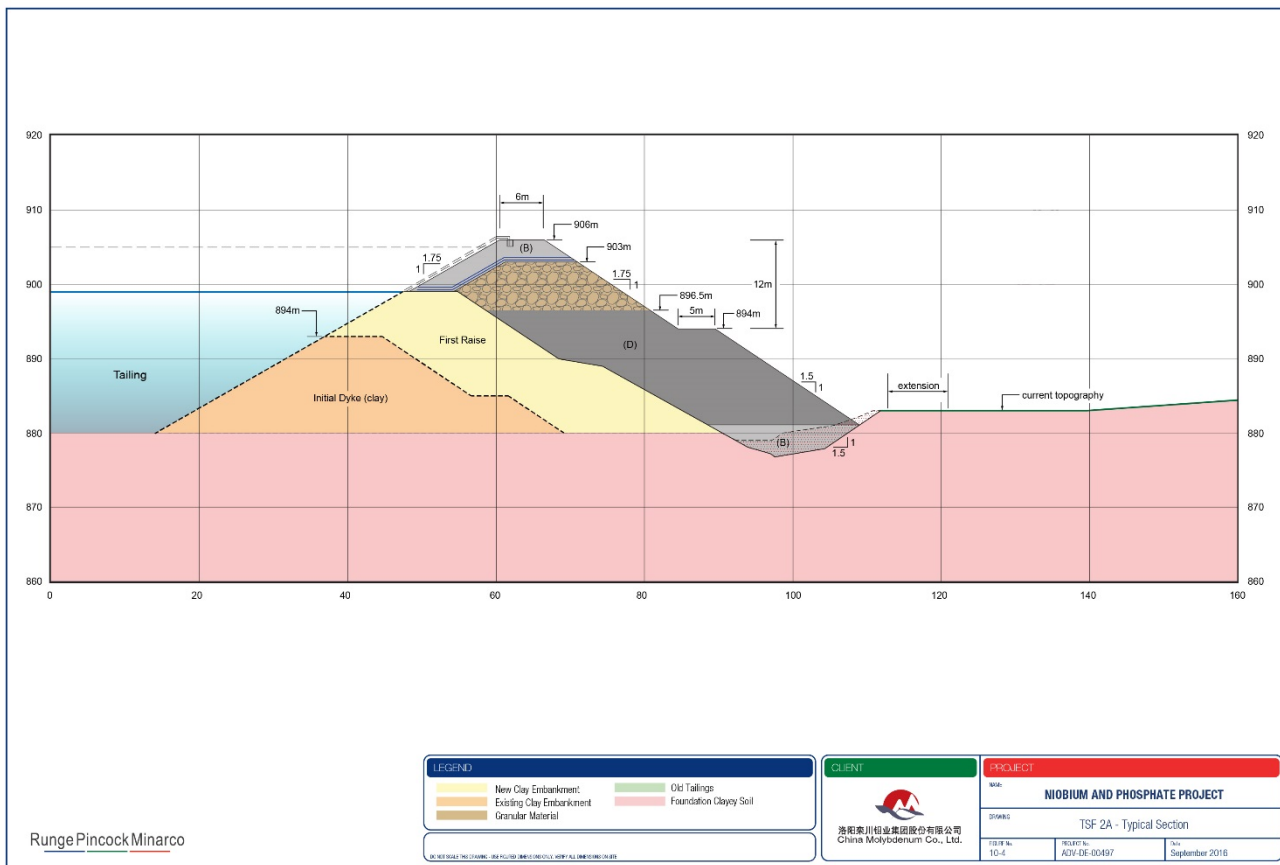
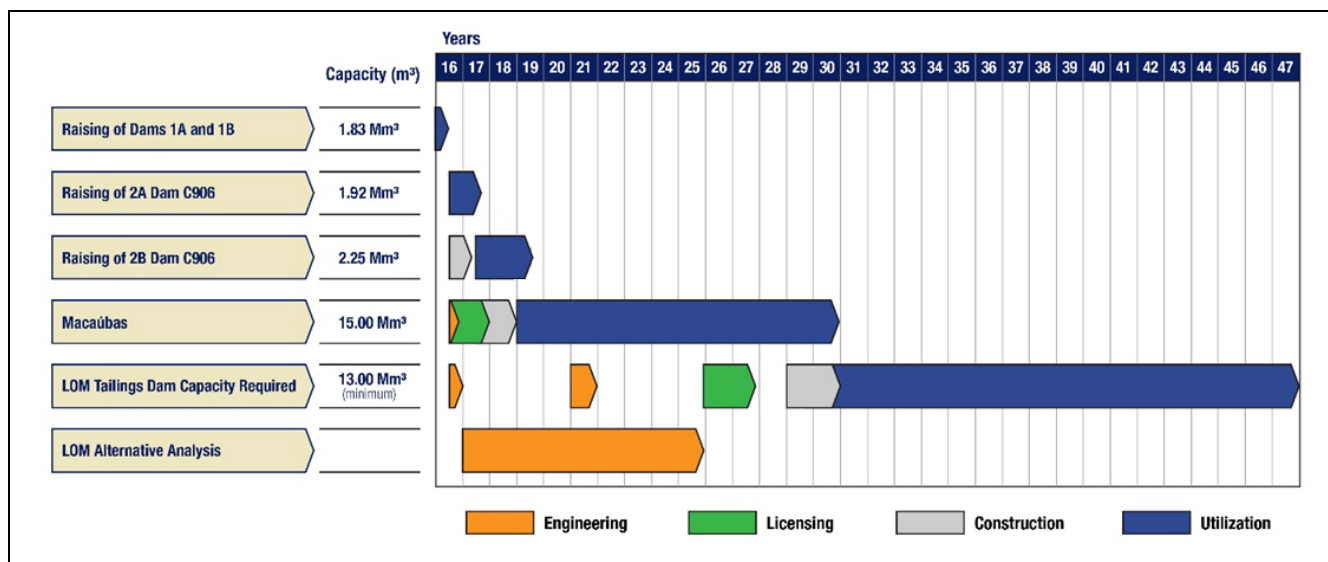


图 0-5 钨尾矿储存设施时间表



Macaúbas 水坝-现有

Macaúbas 水坝的现有高度约 22 米，采用在截水槽上方由压实黏土建筑的均质横断面，坝顶宽 10 米（[图10-6](#)）。Macaúbas 水坝现时用于为旱季（八月至十月）蓄水，并设有水泵及管道，可将水运输至磷酸盐工厂尾矿储存设施，容量约 2 百万立方米。根据水总体规划，该水坝计划于二零一八年及二零一九年改造成一个钨尾矿储存设施（两次加高至 EL.835），对磷酸盐工厂造成的供水损失将以 Chapadão 矿井内一个集水槽及额外井填补（[第 12.3 节](#)）。

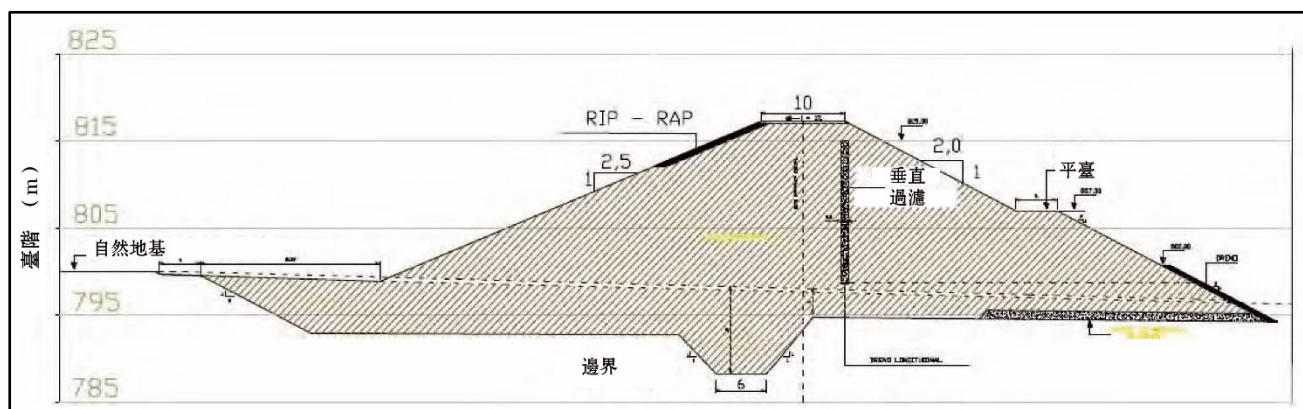
所审核档包括设计报告及施工说明书；监测系统的设计；二零一五年四月、六月及十月的季节性检查报告；及根据模拟溃坝及洪水研究编制的应急预案（应急预案）。RPM 注意到，Macaúbas 水坝每个季度均根据联邦矿坝安全法进行检查。

Macaúbas 水坝原设计两次加高至 EL.817 米及 835 米，但仅曾进行一次加高，且现时并无为供水进行加高的计划。现有横断面包括一个内部排水系统，该系统由一个垂直排水管、下游边坡下褥垫式排水、碎石趾及 26 个减压井组成。水坝监测设施由 11 个测压计、6 个水位（开管）指示仪、一个水位尺及一个测量内部排水系统流量的测量仪组成。

备注

- 1A、1B、2A 及 2B 与规划加高的研究及设计看似总体充足，稳定性分析表明安全系数足够。尽管 Macaúbas 及矿山服务年限尾矿储存设施处于概念级，但随着进一步工程规划完成，RPM 认为，设计切实可行，并可在建设及许可期限内完成。
- 水坝的下游边坡看似状况良好，未有裂缝、沉积或渗水现象。外观观察表明，混凝土溢水道看似状况良好。
- 并未报告或观察到稳定性问题的迹象，但未有施工报告，且明显未检查所使用粘土的分散性（2A 尾矿储存设施除外）。因此，建议维持现有的监测及检查计划，并对有关计划进行极其严格的独立协力厂商审核。

图 0-6 Macaúbas 水坝横断面



Ouvidor 磷酸盐选矿厂

两个磷酸盐选矿厂的矿石由毗邻工厂的 Chapadão 矿山供应。选矿厂称为 47 号工厂，另一家称为 76 号工厂，47 号工厂于二零零三年试运行，76 号工厂于一九七九年试运行。磷酸盐选矿厂的简化矿石加工流程图列示于图 10-7，而两个磷酸盐选矿厂的主要加工参数列示于表 10-6。鉴于矿床内矿化的类型较为一致，矿山服务年限内的生产参数预计维持合理稳定，所加工矿石的数量小幅增加，给料品位略微下跌，因此维持基本相同的精矿生产量。

表 0-6 磷酸盐选矿厂（Ouvidor 47 及 76）主要参数

参数	单位	数值
矿石		
选厂 47	干吨/小时	500
选厂 76	干吨/小时	360
联合选矿率	干吨/年	5,800,000
精矿		
品位	%P ₂ O ₅	37
回收率	百分比	72

附注：矿业公司提供。

两个选矿厂共用一个破碎及破碎矿石堆积与回收设施。两个选矿厂的矿石加工系统相同（如表 10-7 中的设备清单所示），包括两阶段研磨，使用棒磨机为第一个研磨阶段。棒磨后进行低密度磁选，将磁性部分的废石分离，并对非磁性部分进行球磨。球磨后进行脱泥、重晶石浮选、磷酸盐浮选，最后进行高密度磁选，将中磁性铁矿物从精矿中去除。来自两个磷酸盐选矿厂的尾矿大部分（尤其是磁性部分与矿泥部分）流入毗邻的 Buraco 尾矿坝。磁性部分在洗涤槽中直接流入尾矿坝；矿泥部分先浓缩，然后转入尾矿坝。一般来说，来自磷酸盐浮选的全部尾矿料的 15% 会输送至毗邻的锯尾矿（TA）选矿厂。

来自两个选矿厂的精矿合并，输送 7 公里至毗邻 Catalão 化肥厂的一个设施，精矿在该设施分离成粗粒及细粒部分，两种不同大小的部分分别过滤。所有细粒部分及部分粗粒部分直接供应至 Catalão 化肥厂。粗粒部分的余下一半进行干燥，装上轨道车，并运输 770 公里至邻近桑托斯港的 Cubatão 化肥厂。

两个工厂的重晶石浮选回路均于二零一四年安装，与磷酸盐加工流分开，允许生产重晶石产品。重晶石精矿过滤并放入有上盖的储存库。材料分批运输，主要运输至服务钻油业务的买家。当重晶石无市场（现时并非如此）时，重晶石精矿送至磷酸盐尾矿储存设施。

图 0-7 磷酸盐加工单位作业

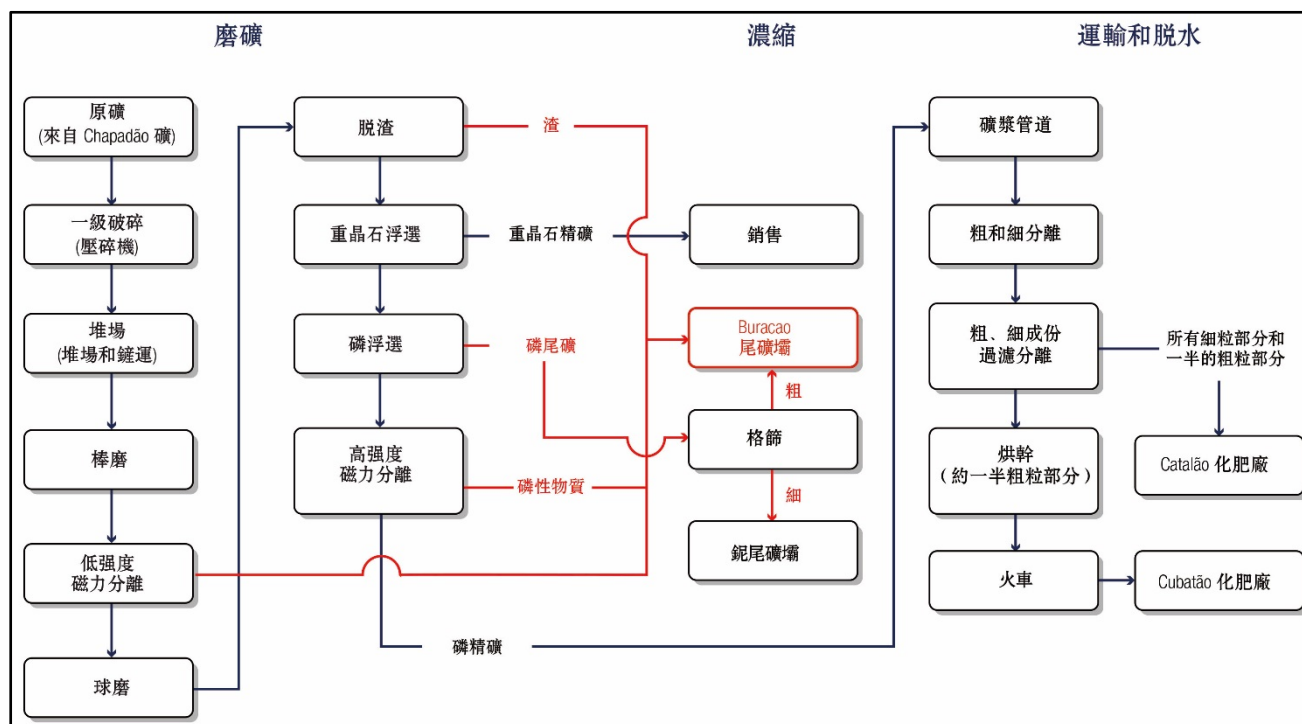


表 0-7 Ouvidor 磷酸盐选矿厂设备清单

专案	描述	数量
Ouvidor 破碎站 (为 47 和 76 选厂服务)		
筛子	3/4 英寸, 单平台	2
破碎机	冲击式破碎机	2
矿堆	混合堆/回收机	1
Ouvidor 47 选矿厂		
棒磨机	12- ×17 - 英尺	1
球磨机	15- × 16.5 - 英尺	1
磁选机	鼓、低强度	1
脱泥旋流器回路		1
矿泥浓密机		1
重晶石浮选回路	粗选机和精选机	1
重晶石筛检程式		1
重晶石矿堆		1
磷矿浮选回路	粗选、扫选机、精选机	1
磁选机	Jones 型、高强度	1
精矿浓密机		1
精矿管道	7 公里延伸至 Cubatão	1
Ouvidor 76 选矿厂		
棒磨机	10×17 英尺	1
球磨机	9×12 英尺	1
磁选机	鼓、低强度	1
脱泥旋流器回路		1
矿泥浓密机		1
重晶石浮选回路	粗选机和精选机	1
磷矿浮选回路	粗选、扫选机、精选机和	1
磁选机	Jones 型, 高强度	1
精矿浓密机		1

附注：矿业公司提供。

尾矿储存设施

磷酸盐 Catalão 业务目前仅有一个尾矿储存设施（「尾矿储存设施」）正在运作，即 Buraco 尾矿储存设施，然而此前使用的尾矿储存设施 Macaúbas 尾矿坝目前用于蓄水。Buraco 尾矿储存设施兴建于一九七八年，为无衬层设施。Buraco 尾矿储存设施的坝顶高度现为 EL.855 米；RPM 审核的现有为期 46 年（二零一六年至二零六一年）的矿山服务年限规划包括将坝顶高度加高至 EL.890 米。RPM 注意到，尽管坝顶加高已纳入规划，但尚未获得二零二一年以后的矿山服务年限许可。

RPM 获提供的档包括将坝顶高度加高至 EL.850 米及 EL.860 米的设计报告及施工说明书；监测系统的设计图；加高至 EL.870 米的稳定性分析；加高至 EL.850 米及 EL.860 米的施工报告；二零一五年三月、六月及十月的季度检查报告；及根据模拟溃坝及洪水研究编制的应急预案（应急预案）。应注意，Buraco 尾矿储存设施每个季度均根据联邦矿坝安全法进行检查。

Buraco 尾矿储存设施为河谷型尾矿储存设施，位于 Buraco 湾，其下游末端由采用压实黏土及压实粗尾矿修建成的密封矿坝封闭。该地年均降水量约 1,400 毫米，然而年均降水量会因降水产生重大变化，二零一五年约 1,200 毫米。密封矿坝由一个中央主矿坝及两个横向堤坝组成。按照巴西法规，Buraco 矿坝分类为 C 类，属于低风险类别，相关潜在损害较高。Buraco 尾矿储存设施使用传统尾矿浆沉淀（未浓缩）法，并将尾矿储存设施上层水池内的废水回收以供加工厂循环使用。

先前及现时计划的加高

Buraco 密封矿坝自最初建成以来已经历数次增高，加高至 EL.810 米，当前的坝顶高程为 855 米，相当于图 10-7 内所示当前横断面所示高度 65 米。历史及计划的加高概述如下：

- 首次筑堤采用由压实黏土建筑的均质横断面，加高至 EL.810 米，坝基 EL.794 米，坝趾 EL.790 米。
- 共使用下游法完成九次加高，至 EL.837.5 米。使用下游法加高时，经扩大密封矿坝修建于天然地面（图 10-8）上。每一次加高均使用压实黏土及压实粗尾矿进行修筑。黏土用于修筑上游低渗透性坝体，而压实粗尾矿则用于修筑下游边坡。所使用的粗尾矿为旋流尾矿砂。
- 于二零一二年前使用中心轴线法进行三次加高，从 EL.837.5 米加高至 EL.850 米（图 10-8）。使用中心轴线法加高时，约一半经扩大密封矿坝修建于天然地面，另一半修建于此前储存的尾矿上方。修筑下游边坡所使用的压实黏土芯墙和压实粗尾矿亦被用于每一次加高。所使用的粗尾矿为旋流尾矿砂。据报告，加高至 EL.850 米后的容量可供使用至二零一七年十二月。
- 于二零一三年完成了一次高 5 米的上游加高至当前的 EL.855 米，令容量增加 6 百万立方米，所提供的容量可供使用至二零一九年十二月。加高使用的压实粗尾矿乃挖掘自上游尾矿滩。预期从尾矿滩采掘的粗尾矿含有的细颗粒将多于此前加高使用的旋流尾矿砂。使用压实黏土加高横向堤坝。经营权证（Licença de operação - LO）由 SECIMA 颁发，有效期直至二零一九年五月三十日。
- 目前计划于二零一八年至二零一九年加高至 EL.860 米，令容量增加 8 百万立方米，所提供的容量可供使用至二零二一年底。本次加高使用的密封矿坝设计与前一次相似，即使用从上游尾矿滩采掘的粗尾矿进行上游加高。横向堤坝加高使用与本次加高相同的压实黏土进行设计。本次加高的施工许可已取得，土地收购已完成。
- 上游加高至 EL.870 米的 FEL3 研究计划于二零一九年至二零二零年完成。本次加高的容量为 28 百万立方米，所提供的容量可供使用至二零三二年。
- 考虑再进行一次名为「矿山服务年限加高」的上游加高，加高至 EL.890 米，容量 90 百万立方米，所提供的容量可供当前的矿山服务年限使用。此次加高后，最高坝堤高度将超过 100 米（从坝顶至坝趾）。
- RPM 获悉，尽管现有计划包括上游施工，但使用替代方法将 Buraco 矿坝加高至 EL.920 米的技术可行性乃由协力厂商评估。此次评估考虑的概念性横断面列示于图 10-8。应注意，该设计不同于现有矿山服务年限计划及 RPM 矿石储量现金流分析所使用的设计。如果该项设计被采纳，可能须投入额外资本，而第 14 节呈列的资本支出未将其纳入其中。RPM 获悉，矿业公司目前正在重新分析尾矿储存设施储存矿山服务年限计划（包括替代方法）及优化施工。RPM 认为此为合适的方法，有充足的时间评估认为最佳的替代方案。

密封矿坝

如上文所述，Buraco尾矿储存设施的密封矿坝由一个中央主矿坝及两个横向堤坝组成，当前坝顶高程为855米，相当于65米高。地下地质条件包括1至3米厚坡积粉质黏土层，含有破碎的砾石颗粒。在上方土壤下层为残积土层，厚度一般为6至10米，由硬质至坚硬淤泥和泥沙土组成。残积土逐渐过渡至风化基岩。

有关初期矿坝使用的黏土特性及加高至El.850米的档记录乃于施工报告中向RPM提供，其中包括所使用的黏土来自该区域存在的残积红土上层。该黏土的液限（LL）介于44至45，塑性指数介于8至9，其工程地质分类为ML类（低至中塑性粘质粉砂）。RPM注意到，应评估所使用黏土的分散性。

主矿坝及横向堤坝设有由立式过滤器、褥垫排水及坝趾排水层组成的内部排水系统。密封矿坝当前的总坝顶长度为2.8公里，其中1.7公里为主矿坝，坝顶宽10米。其横断面包括岩土芯墙内的内部过滤器/排水系统，由立式过滤器、坝趾排水层、中间排水层及填石坝趾组成。

尾矿储存设施包括穿透密封矿坝左坝肩的混凝土溢洪道（ 9-2），包括引水渠、正槽溢洪道及设计有消能台阶的泄水渠，将水排放至Buraco湾。运作出水高度为3米，包括2米可供蓄洪，1米可供波浪作用。由于当地地震活动性较低，因此并未就地震沉淀留出出水高度。应当注意，除尾矿水及径流外，Buraco尾矿储存设施亦接收来自附近的Vale尾矿储存设施的水。

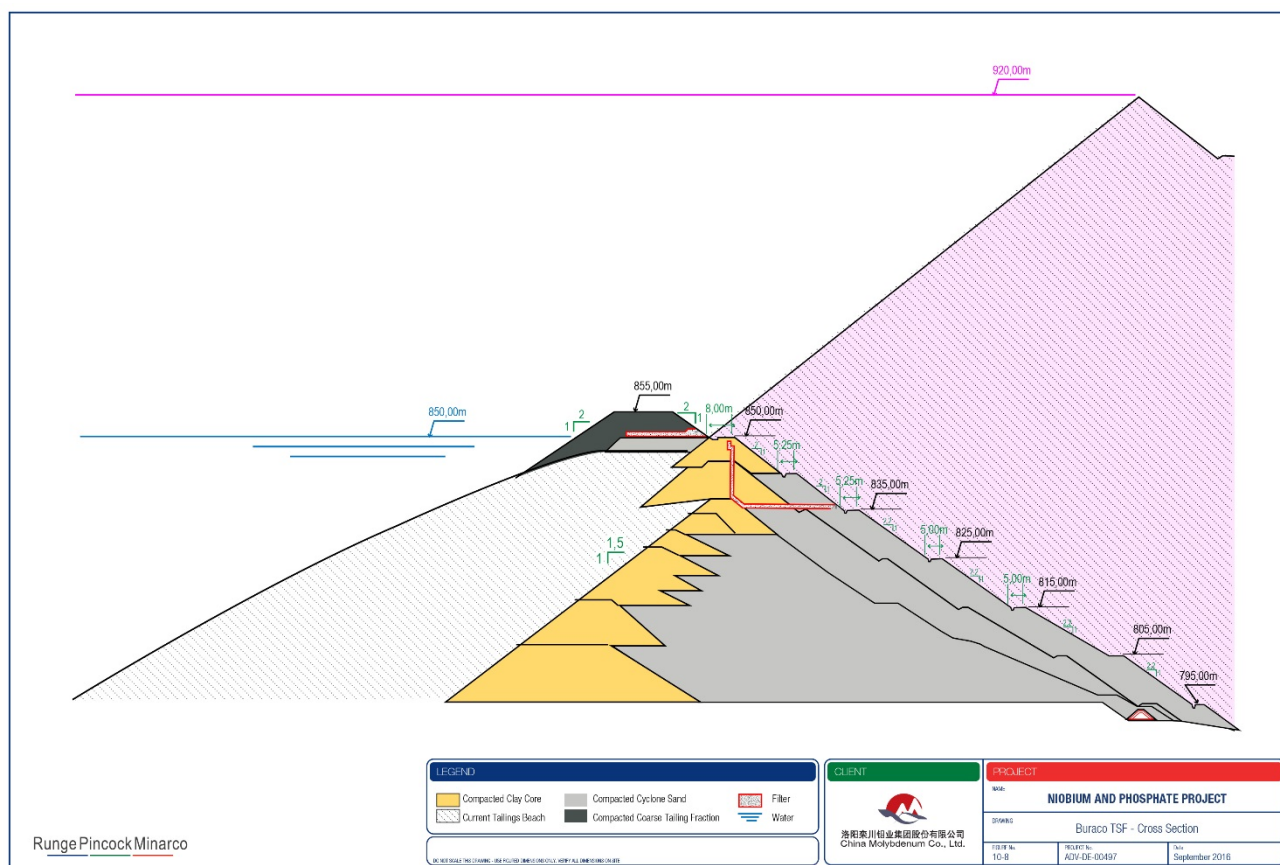
密封矿坝仪器由七个测压计及分布在十个监测点的28个水位（开管）指示仪组成，监测密封矿坝及其地基内的水位。在矿霸的下游，两个溢流堰用于测量内部过滤器/排水沟的流量。检查报告显示，排水中并未监测到浑浊度。有关仪器每15日测量。据称，矿山人员每日视察矿坝，而协力厂商人员每季度视察矿坝。二零一五年十月检查报告表明，一个测压计及溢流堰水位指示器需要更换。

评论

RPM注意到有关Buraco矿山服务年限尾矿储存设施计划的以下方面：

- 当前矿山服务年限规划的研究及设计看似总体充足，稳定性分析表明安全系数足够。RPM注意到，当前矿山服务年限规划（及因此资本开支）均规划有后续按上游法加高至超过El.855米。RPM认为，有关规划亦应使用KCB建议的下游设计进行评估。该方法（概述于KCB的概念级研究）被认为是实际可行的选择，但会导致建设密封矿坝墙使用的填石增加。RPM获悉，矿业公司正在进行研究，以优化并分析现有设计的多种替代方案。
- 尾矿储存设施经营的现有许可于二零二一年前有效，此后继续经营需要额外许可。但RPM注意到，此乃巴西业务典型做法，并属于采矿业务标准方法的一部分。RPM近期收到的通信表明，毗邻的米纳斯吉拉斯州计划对尾矿储存设施实施更严格的监管及限制。主要考虑因素可能是限制高度且不允许上游加高。如戈亚斯州实施类似法规，对该项目的主要影响是将Buraco尾矿储存设施的未來加高设计修改为下游加高，或开发新的尾矿储存设施（均为可行的经营选择）。由于按照国际及巴西标准，Buraco尾矿储存设施并非很高，因此高度限制不大可能影响该设施。
- RPM于实地视察期间进行的外观检查显示，矿坝的下游边坡及中间小径看似状况良好，未有裂缝、沉积或渗水现象。外观观察表明，混凝土溢水道看似状况良好。
- 并未报告或观察到稳定性问题的迹象，但建议：(i)维持现有的监测及检查计划，并对有关计划进行极其严格的独立协力厂商审核（现时由一名协力厂商完成）；及(ii)对规划将现有El.855米加高至最多矿山服务年限El.890米的分析及设计进行详细的审核。
- 建议对建设矿坝使用的粘土进行额外测试，以厘定其分散性潜力。如粘土被发现具有分散性，监测及检查计划应更加严格，增加检测点的数量及检查频率。

图 0-8 Buraco 尾矿储存设施横断面



磷酸盐化肥厂

该项目包括两间独立的磷酸盐化肥厂，其中一间距 Catalão 镇附近的 Ouvidor 矿场 7 公里，另一间距 Cubatão 海滨小镇及港口 750 公里，由铁路连接。于二零一五年，Catalão 所有工厂的开工率良好，而大部分 Cubatão 工厂由于年代久远，需时常维护，因此停工时间更长。

磷酸盐选矿厂生产出的精矿其后经专有管道运输至位于 Catalão 城镇附近的过滤厂。输浆管道中的精矿经过滤厂过滤后，被分离为细精矿及粗精矿。45%的粗精矿（37%P₂O₅）供 Catalão 的化肥厂使用，余下粗精矿烘干后，经铁路运输至 Cubatão。细精矿（34%P₂O₅）全部在 Catalão 用于生产低浓度肥料。

两间化肥厂均有多种机型，可生产或被用于生产多种产品。化肥厂根据需求生产不同类型的产品。因此，在某一时间点，并非所有的模块均会投入生产。以下为两间化肥厂的描述。

两间化肥厂均已采用日常管理控制协议(GRD)，此举已被证实能有效提高化肥厂生产效率及质量控制。该方案比摩洛哥、约旦及沙乌地阿拉伯等主要生产中心的磷酸盐工厂所采用者更为先进。

Catalão 化肥厂

Catalão 工厂建于二零零二年，包括多个模块（如表 11-1 所概述），相关简化流程图列示于图 11-1。该工厂共有 558 名雇员，其中在职人员 424 名，此外，亦额外聘用 416 名承包商。生产过程中需使用各种不同的化工原料，其获取途径如下：

- 磷酸盐精矿，由 Ouvidor 选矿厂以矿浆形式供应；
- 硫磺，船运至桑托斯并由铁路运输至 Catalão；
- 硫酸，由 Cubatão 以卡车运输供应；
- 氨气，由 Petrobras 以卡车运输供应；及
- 石灰，由当地供应商以卡车运输供应。

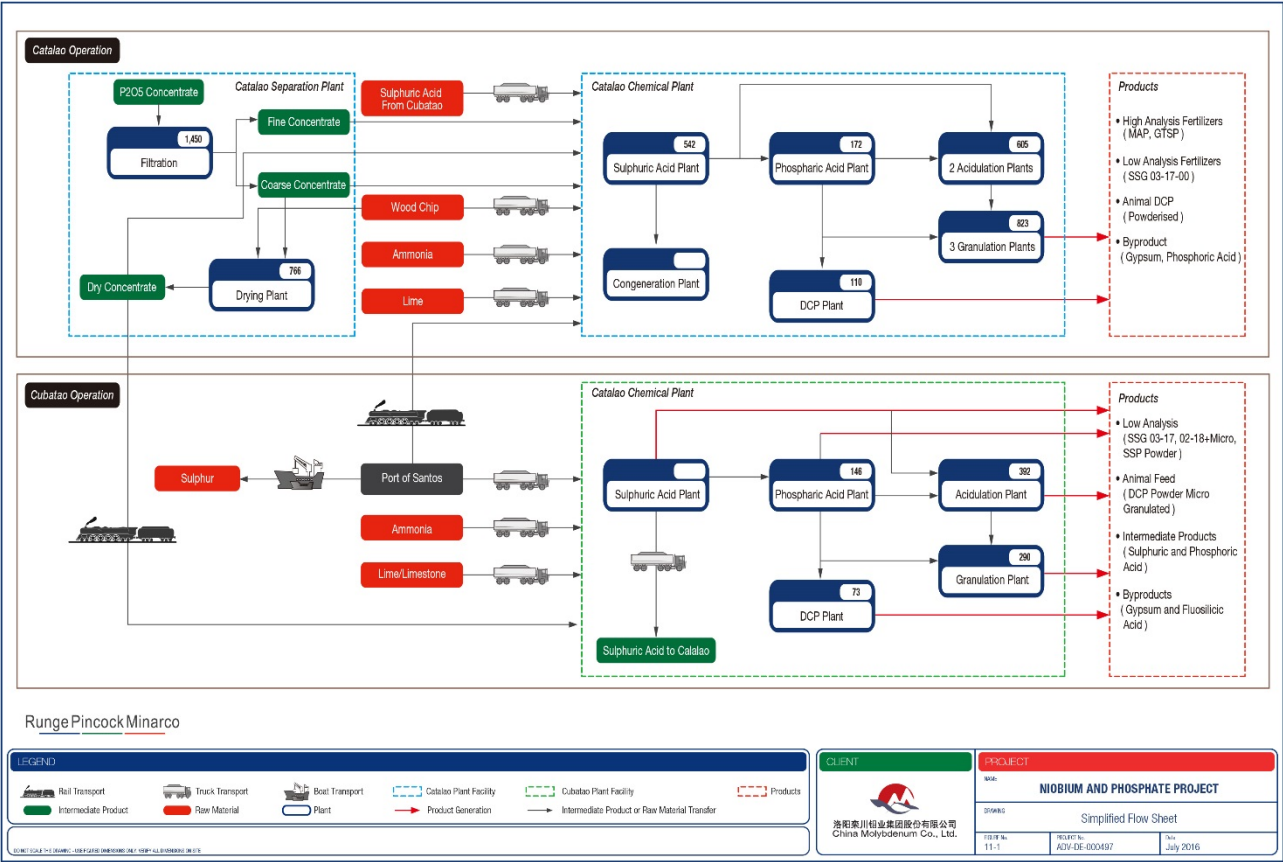
表 0-1 Catalão 化肥厂单位

选厂	能力	类型
过滤 厂房	4,000 吨/日 / 1,406 千吨/年	通过气旋、过滤、浓密流程进行分级
干燥设备	2,400 吨/日 / 768 千吨/年	闪蒸干燥机
硫酸厂	1,645 吨/日 / 542 千吨/年	双触双吸收
涡轮发电厂	10MW	
磷酸	480 吨/日 P ₂ O ₅ 在 51%，或 510 吨/日 P ₂ O ₅ 在 46%	二水法
酸化 (2)	1900 吨/日 / 608 千吨 SSP 和 TSP	
造粒 (3)	2500 吨/日 / 823 千吨	造粒机、烘干机、分级机、冷却
磷酸双钙 DCP	0-21-0, 3-17-20, GTSP, MAP 305 吨/日 / 110 千吨/年	批次选矿系统

资料来源：矿业公司提供

S

图 0-1 简化流程图



S

硫酸厂

硫酸厂(SAP)为以硫磺燃烧，采用双转双吸(DADC)工艺生产硫酸的工厂，每日可生产 1,645 吨硫酸。SAP 工厂生产的蒸汽被涡轮发电机用于发电，可满足硫酸厂所需 14 兆瓦中的 10 兆瓦。余下所需硫酸由 Cubatão 以卡车运输供应。

硫磺燃烧炉硫气出口处的二氧化硫浓度为 11.5%，对实现设计产能不构成限制。烟囱排放量限制在 440 ppm 二氧化硫，低于监管限制值，为世界通用标准。每吨硫酸耗硫 0.330 吨（包括硫磺处理损失），表明整体硫酸厂的效率为 99%。

Catalão 磷酸厂

磷酸(PA)厂采用传统二水法，每日可生产 480 吨 51% P_2O_5 （生产 DCP 所需）和 510 吨 46% P_2O_5 （生产 MAP 所需）。磷酸（「PA」）全部供 DCP、TSP 酸化及 MAP 粒化厂使用。该工厂采用 3 级反应系统、一台 UCEGO 单盘式过滤机、干石膏排放装置、两台浓缩装置及澄清器（去除淤泥）。

PA 受蒸发能力限制，蒸发能力可限制 DCP（需使用 51% P_2O_5 磷酸）的生产。RPM 获悉，矿业公司已于二零一六年制定计划，以解决该限制。此外，矿业公司计划安装一个新洗涤塔，这不仅仅能够实现日后排放标准。

使用 PAP 对干石膏废渣进行处理，以便日后销售。此外，亦产生氟硅酸（一种浓缩磷酸的副产品）可供出售。

Catalão 酸化厂

Catalão 有两间酸化厂（69 及 80 号线），名义日产量 2,000 吨。一间酸化厂通常生产 TSP 粉末(0-46-0)，另一间生产 SSP (0-21-0)粉末。TSP 酸化厂的主要给料为磷酸（来自 PAP）及粗精矿（37% P_2O_5 ）。TSP 使用的粗精矿给料在进行反应前会先研磨碎，而 SSP 酸化厂的主要给料为硫酸及细精矿。

两间工厂均使用搅拌机将原材料搅匀，以及一台 Kuhlman 输送机 / 反应器生产粉末状产品。两间工厂均采用多级洗涤系统吸收反应过程中产生的氟烟气。该类设备在磷酸生产过程中较为常见。

Catalão 粒化厂

Catalão 有三间粒化厂（67、68 及 80 号线），日产量 2,500 吨（如表 11-2 所示）。开工率处于该等类型的生产多个品位的产品的粒化业务正常范围内，。

表 0-2 Catalão 粒化厂

选厂流程线	产品
67	MAP (11-52-0), GTSP (0-46-0), GSSP (0-21-0 和 3-17-0 加锌)
68	GTSP、GSSP (0-21-0 和 3-17-0 加锌)
70	GTSP 和 GSSP

资料来源：矿业公司提供

由于酸化反应不完全，Catalão 粒化厂（用于生产 GSSP）的极限生产能力正在减弱。MAP 仅在 67 号线生产，其中使用管式反应器混合磷酸、氨气及回收的洗涤液。反应后的混合物其后被喷洒入转鼓式造粒机。经粒化处理后的材料被烘干、筛选、冷却及涂上一层抗尘剂后，被运往储存地储存。大块的材料经碾碎后与细粒一同被回收至造粒机中。通风系统包括旋风分离器、集尘器及洗涤塔，可收集粉尘及烟气。该设备在生产 MAP 中经常使用。

三条生产线均可使用蒸汽造粒工艺生产 GTSP 及 GSSP，无需管式反应器。生产过程中，往转鼓式造粒机中加入 SSP 或 TSP 粉末以及蒸汽及回收洗涤液。在该等条件下，SSP 或 TSP 粉末被转化为颗粒，经烘干、筛选、冷却及镀膜处理，制作工艺与 MAP.03-17 相似（可在 67 及 68 号线使用蒸汽造粒工艺制作），仅多一道工序。在该道工序中，使用安装在转鼓下方的进气喷管通入少量氨气。

DCP 工厂

Catalão DCP 工厂使用熟石灰及 51%P₂O₅ 浓缩磷酸生产 DCP 粉末，以每袋约 25 千克或 1 吨进行销售。DCP 系统包括搅拌机、间歇式反应器、转鼓式干燥器、转鼓式冷却机、筛具、碎石机及产品储存及包装。DCP 产品为高浓度产品，含磷 19.5%（17 至 20% 较为常见）。

Cubatão 工厂

Cubatão 工厂建于一九七五年前后，与 Catalão 工厂相似，由多个模块组成（如表 11-3 所概述），简化流程图列示于图 11-1。该工厂拥有 347 名雇员（其中加工区 247 名），外加 263 名非采矿承包商。生产过程中需使用各种不同的化工原料，其获取途径如下：

- 干固状精矿，由 Catalão 以铁路运输供应，
- 硫磺，船运至桑托斯并由货车运输至 Cubatão，
- 3-17-0 及 2-18-0 氨气使用卡车运输供应，及
- 生产 DCP 的石灰岩由当地供应商以卡车运输供应。

表 0-3 Cubatão 化学加工单位

选厂	能力	类型
DPG 硫酸厂	1,500 吨/日	双触双吸收
拜耳 SAP	500 吨/日	
656 千吨		
涡轮发电机	无	二水法 SSP 和 TSP
磷酸	450 吨/日 / 146 千吨	
酸化 (1)	1,350 吨/日 / 392 千吨	
造粒 (1)	1,000 吨/日 / 290 千吨	
2-18-0 (+micros)、3-17-0、GTSP		
磷酸双钙 DCP	230 吨/日 / 73 千吨	连续选矿系统

资料来源：矿业公司提供

硫酸厂

两间硫酸厂（DPG 及 BCP）为以硫磺燃烧，采用双转双吸工艺生产硫酸的工厂，名义上每日可分别生产 1,500 及 500 吨硫酸。DPG 建于一九七四年，而 BCP 则建于一九八零年。大部分硫酸供磷酸及 SSP 酸化厂使用，而部分硫酸被船运至 Catalão，余下部分被出售。

蒸汽产量合计每小时 96 吨，介于 350 至 400 PSI，大部分蒸汽被用于磷酸厂浓缩装置，其余被排放。并无涡轮发电机。

烟囱排放量限制在 600 ppm 二氧化硫，低于监管限制值，符合世界通用标准。每吨硫酸耗硫 0.330 吨（包括硫磺处理损失），表明整体硫酸厂的效率为 99%。

磷酸厂

磷酸厂(PAP)建于一九七四年，与 Catalão 的磷酸厂大小相仿，名义上每日可使用二水法以精矿石及硫酸生产 450 吨磷酸。部分磷酸供 DCP 工厂使用，部分用于出售。该工厂采用 4 级反应系统、一台 UCEGO 单盘式过滤器、干石膏排放装置、四台蒸发器（将磷酸浓缩至 54% P₂O₅）及澄清器（去除淤泥）。

与 Catalão 相同，由于使用高品位精矿石给料（37% P₂O₅）及 P₂O₅ 回收率较高（95.5%），精矿石及硫酸消耗量较低，每吨 P₂O₅ 分别使用 3.04 吨精矿石及 2.73 吨硫酸。PAP 受反应器冷却及浓缩能力限制。矿业公司已计划安装新冷却塔及增加一台热交换器，以解决该等限制。

干石膏废渣会被收集以便日后销售。此外，亦产生氟硅酸（一种浓缩磷酸的副产品）可供出售。

该工厂二零一五年的开工率仅为 77%（281 日），然而，RPM 认为应可实现 86%的开工率。大部分停工期乃由于 SA 工厂停工期及进行已呈报「设备恢复计划」所致。该工程完成后，工厂生产效率已有所提高。该工厂计划每 18 个月进行一次检修，RPM 认为此作法较佳。

酸化厂

Cubatão 有一间酸化厂，名义上每年可生产 392 千吨 SSP 粉末。SSP 酸化厂的主要给料为硫酸及粗精矿石（37% P_2O_5 ）。粗精矿给料在进行反应前被碾磨至 90%可通过 325 目筛。此为非常精细的研磨，因此使得该酸化厂转化率高于 Catalão 的酸化厂。

该工厂使用搅拌机将原材料搅匀，以及一台 Kuhlman 输送机 / 反应器生产粉末状产品。该工厂采用多级连续洗涤系统吸收反应过程中产生的氟烟气。SSP 在直接销售或供给至粒化厂前，需经过 7 日的固化处理。

粒化厂

Cubatão 有一间粒化厂，该工厂建于一九七五年，名义上每小时可生产 40 吨。可生产的产品包括：

- GSSP(0-21-0)–三种产品中产量最多的一种
- GSSP（含氨）或 SGAM(03-17-0)
- GSSP（含氨）(02-18-0)加微量元素（锌或硼）

上述三种产品均采用蒸汽造粒工艺生产，生产过程中，SSP 粉末与蒸汽及回收洗涤液被加入转鼓式造粒机。在该等条件下，SSP 粉末被转化为颗粒，并经烘干、筛选、冷却及镀膜处理。该设备在采用蒸汽造粒工艺生产该等产品时经常使用。

能够在 Cubatão 实现该产品规格（0-21-0、03-17-0 及 02-18-0）的原因是，使用高品位岩石并在转化前进行充分研磨。

DCP 工厂

Cubatão DCP 工厂使用熟石灰及浓硫酸作为原料，每小时可生产约 10 吨小颗粒 DCP，以小袋或大袋包装进行出售。该工厂包括一台卧式高剪切搅拌机 / 造粒机、转鼓式干燥器、转鼓式冷却机、筛具、碎石机及产品包装及储存。

产品规格较高（含磷 20%，市场一般为 18 至 20%）。

基础设施

该项目拥有充足的区域性及地方性配套基础设施，且拥有充足的容量可持续支援矿山服务年限内的计划作业。该项目位于 Catalão 及 Ovidor 小镇及主要城市 Uberlândia（位于 Catalão 以南 115 公里）东北约 15 公里）。该等城市为相关业务提供了适当的住宿及配套产业。以下为该项目主要基础设施要求的描述。RPM 认为，基础设施完善，状况良好，唯一的问题是淡水长期供应。确保长期供水的备选方案正在落实。

运输设施

该地有优质铺装公路连接该地区其他城市，并可通往其他区域性省市及市场以销售磷酸盐产品，以及有港口可运输铌产品。现场铺设的优质碎石路可通过该项目的所有地区。该项目铺设有一条 7 公里输浆管道，可将矿场开采的磷酸盐精矿输送至 Catalão 附近的终点站及 Catalão 化肥厂。有一条公共铁路通往巴西东南沿海重工业区、主要海港桑托斯、Cubatão 化肥厂以及销售市场。

建筑物及工场

该项目配备服务矿山及工厂所需的日常配套设施，包括停车场、警卫室、办公室、仓库、储存场、车间、废石场、实验室、更衣室、食堂、应急服务设施（医疗卫生室及消防设施）、餐饮设施等。

供水

铌业务每小时需约 600 立方米补给水，而磷酸盐业务每小时需 900 立方米。补给水获取自多个途径，包括：

- 当地水井，目前约每小时 750 立方米，供给铌工厂所需的全部补给水，部分供给至磷酸盐工厂业务。
- Chapadão 磷酸盐露天矿井水仓，出水量介于每小时 200 立方米（旱季）至每小时 1,000 立方米（雨季）。水仓供水仅用于磷酸盐工厂业务。
- Buraco 磷酸盐尾矿坝，平均每小时 360 立方米，然而，二零一四年轻仅为每小时 160 立方米。Buraco 仅向磷酸盐工厂业务供水。

Catalão 业务区降水存在明显季节性和不稳定性，因此，旱季水井供水量及流入矿井水仓及尾矿坝的地表径流量会大幅减少（如第 2 节所述）。Buraco 及 Macaúbas 尾矿坝目前均可蓄水。RPM 注意到，尽管 Macaúbas 水坝目前仅用于蓄水，矿业公司计划在日后运营时最终将其用于储存铌尾矿。

供电

该项目由当地电网供电，主要由巴西水电厂发电，此外，亦由硫酸厂废热发电供电。铌业务耗电量约为每年 90,000 兆瓦时，平均需求量约 11 兆瓦，占经营成本约 8%。

磷酸盐业务（包括 Catalão 化肥业务）耗电量约为每年 220,000 兆瓦时，平均需求量约 26 兆瓦。磷酸盐业务约 10 兆瓦电力由 Catalão 硫酸厂废热发电供应，余下由外部供应。

外包服务

该项目包括一般外包服务（包括所有采矿业务）。该等外包服务包括安保、通讯系统（电话、网络、无线电）、员工交通、餐饮服务、账目审核及垃圾清理。

内部服务

该项目提供的内部服务包括医疗、消防、采购、会计、人际关系、社区关系、环境安全健康(ESH)、法律及市场推广。

人員

该项目采用传统的管理组织，将大部分精力投入规划、提前解决可预见性问题及把握机遇。

所有业务的雇员及承包商总数约为 4,800 人，包括约 300 名公司员工。就磷酸盐业务而言，雇员总数约为 1,100 人，合同工约 1,800 人。就铌业务而言，雇员总数约为 600 人，合同工约 1,000 人。

维护、资产管理及项目管理

由于各项业务运营年限较长，工厂及选矿厂等多个主要基础设施项目（最近兴建的 BVFR 除外），需进行多次维护。因此，矿业公司已制定并不断完善工厂维护制度，以及持续确保设备可用性。以下概述各业务现行管理制度的主要内容。

矿业公司已将磷酸盐和铌业务的维护、资产管理及项目管理功能划分至以下部门：

- 维护
- 资产管理
- 工程及项目管理
- 主要项目

维护

维护职能包括规划及执行各项维护活动，维护资金来自经营开支预算而非资本开支。维护经理负责管理全部交易、规划人员及调度人员（通过前线管理团队），并向现场运营主管汇报。

资产管理

资产管理职能包括维护管理、可靠性、技术改进及性能验证功能。资产管理经理负责管理全体工程师、技师及技术人员（通过一线管理团队），并向现场运营主管汇报。

资产管理功能主要专注于磷酸盐业务（由于设备陈旧），然而，亦会向铌业务提供一定的支援。

工程及项目管理

工程及项目管理涵盖规划及执行中小型项目，其资金来自持续资本计划（持续经营、业务改进及安全健康环境与社区）。工程经理通过一线管理团队管理全部项目经理、项目工程师、施工监理及持续经营承包商。工程经理向现场运营主管汇报。工程及项目管理主要专注于磷酸盐业务，铌业务维护经理的职能亦包括该职能。

主要项目

主要项目团队负责规划及执行所有主要项目，其资金来自主要项目预算。主要项目经理负责管理全部项目经理、项目工程师、施工监理及承包商。主要项目经理向 CEO 汇报，并管理磷酸盐和铌业务。矿业公司计划将主要项目团队与工程及项目管理团队二合为一，并由合并后团队负责持续资本及主要资本项目。

调查结果概要

工厂可用性

在过去 18 个月内，矿业公司的维修策略由修复性（故障）改为预防性。采用预防性检修策略后，Catalão 及 Cubatão 磷酸盐工厂（化肥厂）的净可用性有所提升，然而，该等资产的表现仍存在明显差距（详情见**表 13-1**），矿业公司计划在未来几年内解决这一问题。铌工厂的净可用性变动极大（由极高至远低于行业平均水准）（详情见**表 13-1**）。

RPM 注意到，BVFR 碎石及剥离厂以及 BVFR 工厂处于试运行阶段。

表 0-1 工厂（铌和磷酸盐）净可用率

选厂	实际净利用率	推荐净利用率
BVFR 破碎站	77%	90%
铌尾矿选矿厂	96%	97%
铌选矿厂 (BVFR 厂)	99%	95%
铌选矿厂 (BV 氧化厂)	94%	97%
Catalão 铌冶金厂	80%	90%
Catalão 化肥厂	86%	95%
Cubatão 化肥厂	83%	95%
磷矿选矿厂	89%	95%

资料来源：矿业公司提供

维护成本

磷酸盐和铌业务二零一五年及二零一六年的年度维护预算均有所增加，主要是为解决资产表现及工厂可用性方面的明显差距。**表 13-2** 列示二零一六年至二零二零年的（实际及计划）平均维护支出。

表 0-2 平均维护经营开支（二零一六年至二零二零年）

生产	预算
铌生产 (新 BVFR 厂、老 BV 氧化厂、冶金厂和 BVFR 破碎站)	750 万美元
Catalão 化肥厂加 Ouvidor 选矿厂	1240 万美元
Cubatão 化肥厂	880 万美元

资料来源：矿业公司提供

尽管该等预算较往年有所增加，但 RPM 认为，为达致确保长期或矿山服务年限资产完整性及可用性的所需水准，未来几年该等预算很可能会增加。于实地视察过程中，RPM 注意到，所有工厂均面临大量维护工作积压的问题，这将对维护预算造成压力。存在增加维护支出（所有工厂平均增加 15%）的必要，然而，RPM 提示，该等增加对该项目整体而言并非重大。

组织

矿业公司雇员负责执行日常维护及故障维护工作。各业务普遍存在维护执行不力问题，磷酸盐业务尤为明显。过去 18 个月内，矿业公司已更换多名管理人员，并更换 Cubatão 工厂维护部门 80%的管理人员，以解决该等问题。

各业务在规划及执行大型维护工作时极其倚赖承包商，而矿业公司雇员需负责更多该等主要维护工作。矿业公司雇员需负责更多维护工作，以确保雇员掌握规划及执行该等大型维护工作的技能及专业知识。RPM 注意到，该问题在现场得到承认，并被作为各级维护部门的标准操作程式进行处理。

技术

组建资产管理团队促成了制定及执行维护策略及方案。尽管表现有所改进，但仍有极大提升空间以及系统性维护方法，包括：

- 多数设备（尤其是关键设备）并无制定及执行全面状态监测策略及方案的计划。
- 并无制定升级至预防性维护策略的计划。
- 并无制定及执行碳水化合物管理方案的计划。
- 矿业公司并无执行计算机化维护管理系统(CMMS)。目前，彼等使用电子数据表及电子邮件管理计划内及计划外维护工作。执行 CMMS 需投入大量资源，对矿业公司雇员的技能及专业知识要求尤其严格。
- 资产管理团队似乎尚未完成风险评估，以确定执行 CMMS 项目有关的风险及控制措施。执行及管理新 CMMS 十分依赖于外部知识及专长。

备注

审核过程中的多项主要备注包括：

- 矿业公司承认，基础设施（尤其是运营中的磷酸盐工厂）维护对持续取得成功至关重要，且矿业公司近期已执行及作出多项改变以解决主要问题。
- 工厂可用性在一定程度上得到改善，然而，所有磷酸盐工厂的运转情况均欠佳。
- 可对维护工作作出多项改进

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（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。

资本成本

资本开支

由于该项目是经营资产，故需产生有限的资本开发支出，预期资本开支与支持BV选厂矿石给料计划变动的现有基础设施改造有关。矿山服务年限余下储量开采的总资本开支预计为14.92百万美元（如表14-1所示）。

各经营区域均已制定闭坑计划，并已计入表14-2的矿山服务年限年化资本内。RPM提示，据估计Cubatão化肥厂闭坑后，凭借出售土地及金属清洗，预期可通过关闭录得收益22.1百万美元。

RPM认为该预测属合理，然而注意到表14-1所概述的总额为现时的。

表 0-1 矿山服务年限资本开支成本估算

成本中心	单元	矿山服务年限
Boa Vista 精矿升级	百万美元	14.92

资料来源：资本开支成本由矿业公司提供，并由RPM在矿石储量时间表中使用。

持续资本

余下矿山服务年限需合共18.6亿美元持续资本（如表14-2所概述）。如第13节所概述，各业务须持续及可持续维护，以确保选矿厂及工厂持续取得良好表现及回收率。因此，该项支出占持续资本的大部分，预期铌选厂需331百万美元，Catalão及Cubatão磷酸盐选厂共需14亿美元，RPM注意到该金额包括尾矿坝、设备更换及维护成本。RPM认为预测属合理，可支援矿石储量矿山服务年限。RPM注意到，下表包括第15节所述各业务的关闭成本。

表 0-2 矿山服务年限持续资本成本估算（每年平均）

生产	单元	矿山服务年限	每年平均				
			2015-2020	2021-2025	2026-2035	2036-2045	2045-2053
铌(合计)	百万美元	477.3	25.6	15.7	16.5	13.3*	
磷(总计)	百万美元	1383.5	33	45.8	35.1	34.1	42.5#
总计	百万美元	1860.9	58.6	61.5	51.6	47.4	42.5

*根据RPM对矿石储量的估算，铌采矿预计于二零四一年停止，二零四二年及二零四三年仅产生关闭成本

#根据RPM对矿石储量的估算，磷酸盐采矿预计于二零五二年停止，二零五三年仅产生关闭成本

资料来源：成本由矿业公司提供，惟经调整以反映RPM独立矿石储量时间表及矿山服务年限。

经营成本

该项目矿山服务年限估计年均经营成本概述于表14-3。RPM注意到，生产过程中的石膏副产品于年度成本中列为正数，而未计入下文呈列的矿山服务年限矿山经营单位成本。RPM提示，表14-3呈列的单位成本（使用矿业公司提供的资料）经适当调整，以反映RPM独立审核及本报告呈列的矿石储量时间表。

表 0-3 矿石储量矿山服务年限每年经营成本

生产	单元	矿山服务年限 (总计)	每年平均				
			2015-2020	2021-2025	2026-2035	2036-2045	2045-2052
铌矿总计	百万美元	2,401.90	133.2	149.9	76.5	37.0*	
Ouvidor 总计	百万美元	2,255.40	49.2	64.5	69.5	99.2	43.4 [#]
石膏收入	百万美元	-78.9	-7.8	-1.6	-1.6	-2.7	-1.2 [#]
其他费用	百万美元	61.8	3.4	1.3	1.4	1.5	1.0 [#]

*根据 RPM 对矿石储量的估算，铌采矿预计于二零四一年停止，二零四二年及二零四三年仅产生关闭成本

[#]根据 RPM 对矿石储量的估算，磷酸盐采矿预计于二零五二年停止，二零五三年仅产生关闭成本

[^]磷酸盐成本包括为生产准备装运至化肥厂的经烘干产品而成本的所有成本。

资料来源：单位成本由矿业公司提供，惟经调整以反映 RPM 独立矿石储量时间表。矿业公司年化成本因单位成本变动及生产时间表变动而不同。

矿山服务年限采矿成本

现场所有采矿作业及运输均由承包商进行，按单位价格及每吨矿石的矿山服务年限平均成本计算。矿山服务年限单位成本因废石剥离要求不同而各异。值得注意的是，开采 Mina I 及 Mina II 前需移除磷酸盐矿石覆盖层，否则将会导致成本增加。

化工厂

生产出的铌和磷酸盐精矿经后续加工后，用于出售。**表 14-4** 概述 Catalao 及 Cubatao 出售各种产品的销售成本。该等成本包括从选矿厂运往各工厂的运输成本，直接及间接固定成本及变动成本以及工厂内产生的成本（不包括精矿生产成本）。RPM 亦提示，该等成本包括磷酸盐采矿业务的一般及行政成本。

表 0-4 按类型划分的 Catalão 及 Cubatão 化肥厂二零一六年经营成本

化肥种类		2016 年成本 成本 (美元/吨产品)
<u>Catalão</u>	高分析*	162.4
	低分析	132.3
<u>Cubatão</u>	低分析	123.4
	高分析*	387.1
	磷酸*	488.9
	硫酸*	74.4

*包括 DCP 产品，需注意 DCP 并非高浓度产品，但仍计入该汇总表内

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。

许可、环境影响与社会及社区影响概览

管理

整体而言，从环境与社会角度的观点，矿业公司磷酸盐和铌业务可视为管理得当。所有生产场地均融合公司程式及标准、法律规定及国际认证（例如 ISO9001: 2008 质量管理体系、ISO14001:2004 环境管理体系及职业健康与安全顾问服务(OHSAS)18001:2007 职业安全健康管理体系。为管理适用许可，矿业公司已执行 *Escritório de Licença para Operar*（「ELO 体系」或经营许可证办事处），当中载列有关现有许可的资料、与各许可有关的技术要求及许可风险。

磷酸盐 Catalão 及 Ouvidor

环境许可

根据 ELO 体系，Catalão 及 Ouvidor 业务有 132 份许可证，包括就采矿及矿石加工业务（Ouvidor 市）、化肥生产（Catalão 市站点）、尾矿坝及从 Vale 尾矿坝进水获授予的 30 份环境许可（初步、安装及经营许可）与 60 份环境授权（取水、植被抑制等）。矿业公司已总体遵守现有技术要求，但存在部分重大不合规，如下文所述。矿业公司尚未取得多份许可证，但如下文所述，现有或近期规划的生产不会因此受到限制。有关环境许可证及授权包括：

- FFG04 区域的初步许可于二零一零年申请，但由于环境及社会影响评价的不足及监管机构延误，尚未颁发。值得注意的是，同期，矿业公司就尾矿坝 A4 申请另一份初步许可，该申请于二零一六年三月被撤销，当时 SECIMA（戈亚斯州环保局）获告知，矿业公司正在评估拟建尾矿坝的其他替代选择。RPM 提示，拟建 A4 尾矿坝不构成矿山服务年限计划的一部分，因此，就矿山服务年限预测产量及尾矿储存设施策略而言，该等许可证问题被认为是尚待解决的问题。
- 作为矿业公司矿山服务年限水策略一部分的 3 口新供水井已申请许可证，颁发期限依据戈亚斯州环保局的法定时间。矿业公司预期第一口井、第二口井及水仓将分别于二零一七年九月、二零二一年及二零二二年开始运营。

监管合规

矿业公司已总体遵守现有技术要求，但存在有关气体及粉尘排放、地下水水质及工人职业健康及安全方面的 EHS 标准及法规的部分重大不合规，如下文所述。RPM 提示，本次独立技术审核中发现的不合规对继续业务磋商而言均不重大，应不会影响所评估资产的未来运营。

罚款及同意令

Catalão 市环保局（SEMMAC）就氟化物排放产生的大气污染对矿业公司罚款 2.6 百万美元。于二零一五年七月，矿业公司对 Anglo American、Vale Fertilizantes S.A.(Vale)及 SECIMA 提出相关民事诉讼。于二零一五年十一月，法院颁布一项禁制令，据此，矿业公司与 Vale 被要求将氟化物排放维持在 42 微克 / 升以下（据法院称，该水准适合附近区域的人口生活）。

戈亚斯州公共事务办公室(PMO-GO)亦就 SECIMA 授权 Buraco 大坝对矿业公司及戈亚斯州提出申索。Buraco 大坝乃根据大坝设计及建造时已有的法律获授权及批准。然而，随后该法律出现变动，施加新的法定许可要求，而 PMO-GO 寻求追溯适用该法律，尽管有关规定在大坝已建成并运营后才生效。

申索为：(i)约 1.35 百万美元将用于两个环保基金；(ii)就矿业公司的废石堆及尾矿塘颁发正确的环境许可，要求矿业公司就自 Catalão 业务开始以来造成的环境损害采纳适当的缓解及补偿措施；及(iii)提供最低面积 40 公顷的两个保护区。矿业公司于二零一五年五月七日提交答辩书，但截至本报告编制时，尚未作出最终决定。

供水及用水

矿业公司的磷酸盐 Catalão 及 Ouvidor 业务现时基本遵守有关取水及用水的使用许可规定。

于二零一四年及二零一五年数次检讨时，矿业公司发现正在经营业务的供水存在风险。该风险涉及该地区出现的持续干旱，以及不确定能否获得新的水源。为解决潜在的未来供水问题，矿业公司已制定水策略，并正考虑四项替代长期策略，以令其可取得足够的水满足矿山服务年限需要。其中包括通过钻探另一口井而将 Mina I 排水，重新调整抽水系统的大小是首选方案，因此正在挖掘一口试验深井，以确认现有水量，并校准水文模型。截至本报告编制时，钻孔尚未完成。作为在供水短缺时增加水源的短期措施，矿业公司于二零一五年九月上旬与 Vale 订立一年期安排，使用柴油发电机从 Vale 的矿井水仓抽水。RPM 认为，该等短期及长期方法为适当的缓和措施，但建议确定额外水源，以「保障」任何未预见的情况。

RPM 获悉，矿业公司已收到当地社区的数次投诉，指称矿业公司从当地河流及自流井抽水，导致 Creek Fazenda Lagoa 的水流下降。矿业公司告知，其正与 PMO-GO 协作，而 PMO-GO 正在调查该事宜。针对有关投诉，矿业公司认为，从深井中提取的水位于深处承压含水层，不大可能影响促成当地水体底流的地下水资源及当地社区使用的其他浅地下水资源。

辐射保护

矿业公司生产磷酸时产生副产品磷石膏，可能含有浓度不一的铀-226 及铀-228。该材料储存在现场专门区域，以待（按要求）进一步测试，然后交付至市场。磷石膏销售作农业用途，以调整土壤特性。根据巴西国家核能协会(CNEN)的规定，「在若干条件下，允许拆除料堆以供分销或销售磷石膏，包括磷石膏的 226Ra 及 228Ra 平均浓度不超过每个放射性核素 1 贝克勒尔 / 克」，且需要每年取样及分析，并在监测前一个月通知 CNEN。

凭借巴西能源及核研究院(IPEN)的支持，矿业公司已在 30 个地点进行磷石膏取样及分析，以对照 CNEN 决议 179 (2014)号农业用途限制值评估放射性浓度。IPEN 分析显示，226Ra 及 228Ra 的平均浓度分别为 0.91 贝克勒尔 / 克及 0.31 贝克勒尔 / 克，处于 CNEN 就每个放射性核素设定的限额 1 贝克勒尔 / 克内。因此，根据磷石膏的放射性水准，该材料可销售作农业用途，如该产品存在需求，不需要在场地累积。

矿山关闭计划

矿业公司维持按照 Anglo American 矿山关闭指引、巴西环境法规（如适用）及因环境及区域许可产生的承诺而制定的内部关闭计划。现有关闭计划（二零一五年）基于二零一四年矿山服务年限计划，尽管已加入初步资料，但尚未完全更新，以反映本报告中呈列的现有矿山服务年限，然而预计不会出现重大变动。现有矿山服务年限假设采矿及加工活动将延续至二零五二年，直接关闭成本总额为 64.4 美元。额外关闭成本及收入（如土地出售及人员冗余拨备）可能令总关闭成本提高 97.1 百万美元，详情如表 15-1 所示。

表 0-1 关闭成本-磷酸盐 Catalão 及 Ouvidor

专案	成本 (美元)
矿山关闭总直接成本	64.4
人员裁减	52.9
土地出售	-5.8
拆除金属销售	-2.2
Catalão 石膏销售	-8.3
选厂关闭费用总计 (2015 年实质：未计入通货膨胀、未贴现)	97.1

资料来源：ERM – 关闭计划，二零一五年。

总关闭成本基于 ERM 的关闭计划，已在经修订财务模型中考虑，被认为适当及合理。RPM 注意到，由于兑美元的汇率小幅变化，有关成本将因第 15 章所用者而各有不同。

磷酸盐 Cubatão

环境许可

矿业公司的 Cubatão 业务有 58 份公开许可证及 258 份相关技术要求。根据矿业公司提供的资料及 RPM 的观察发现，Cubatão 场地总体遵守现有技术要求。现时并无要求已在 ELO 体系中标记为「待遵守」，下文详述的小项目除外。

监管合规

矿业公司的 Cubatão 业务现时未遵守与废水品质、地下水质与工人职业健康及安全有关的部分 EHS 标准及法规。

矿业公司 Cubatão 场地的加工废水中氟化物含量较高，以石灰进行化学处置，以去除氟化物及磷酸盐。经处理的废水送至澄清池(Lagoa Sul)，部分回收作为加工水，剩余部分排入 Piaçaguera 河。最新的废水监测报告表明，经处理的废水现时不符合州法律规定。该州法律（亦列入下文所述同意令的要求）规定，废水不能对接收水体中的水生生物造成毒性效应（「生态毒性」），并设定评估条件。更多详情呈列于第 15.3.3 节。

根据一份 TAC（行为调整条款-同意令），矿业公司被要求采取若干行动解决地下水影响，且必须向 CETESB（圣保罗州环保局）提交年度地下水质监测报告。报告显示，与石膏堆有关的氟化物及硫酸盐地下水流亦延伸至加工区域。亦有磷酸盐水流限于石膏堆地点。

根据报告，过去五年的污染水流并未发生重大变化。正在安装额外监测井，以更好地理解废水及过滤塘的地下水行为顺梯度。TAC 要求的限制场地中地下水流并阻止持续影响的行动正在实施中。更多详情呈列于下文第 15.3.3 节。

如上文所述，矿业公司亦未遵守巴西劳动与就业部有关 NR-10（电气安全）及 NR-12（机器安全）的职业健康及安全法规。矿业公司已编制并向巴西劳动与就业部提交一份行动计划，当中附有于二零二零年前实施所需改进的时间表。据矿业公司报告，为遵守 NR、结构完整性更新及计划维护，矿业公司将向 Cubatão 工厂投入约 9 百万美元，该金额已列入资本开支预测。

罚款及同意令

于二零一零年九月，矿业公司与 CETESB 签署 TAC，解决 Cubatão 场地的环境影响，并确定将实施的清理计划及补偿措施。TAC 要求矿业公司采取一系列整改行动，以消除现有污染，如违反协议，可能被处以每日罚款 55,000 美元。

矿业公司现正实施 TAC 要求的整改行动。其中部分行动已完成，其他正在进行。

矿山关闭计划

矿业公司 Cubatão 维持按照 Anglo American 矿山关闭指引、巴西环境法规（如适用）及因环境及区域许可产生的承诺而制定的内部关闭计划。现有关闭计划（二零一五年）基于二零一四年矿山服务年限计划，尽管已加入初步资料，但尚未完全更新，以反映本报告中呈列的现有矿山服务年限。二零一五年矿山服务年限假设采矿及加工活动将延续至二零五二年。Anglo 认为，直接关闭成本总额为 28.6 百万美元。经考虑额外关闭成本及收入（如土地出售及人员冗余拨备），矿业公司估计会因土地出售实现正余额 22.9 百万美元，详情如表 15-2 所示。RPM 注意到，由于兑美元的汇率小幅变化，有关成本将因第 15 章所用者而各有不同，并被视为合理。

表 0-2 关闭成本– Cubatão

专案	费用（百万美元）
矿山关闭总直接成本	28.6
人员裁减	30
土地出售	-81.1
折除金属销售	-1.3
选厂关闭费用总计 (2015 年实质：未计入通货膨胀、未贴现)	-22.9

资料来源：ERM – 关闭计划，二零一五年。

总关闭成本基于 ERM 的关闭计划，已在经修订财务模型中考虑。

铌

环境许可

矿业公司的铌业务有 199 份公开许可证，包括 42 份环境许可（初步、安装及经营许可）与 101 份环境授权（取水、植被抑制等），以及 921 项技术要求，涵盖采矿及矿石加工作业与尾矿坝。矿业公司已总体遵守现有技术要求，但存在部分重大不合规，如下文所述。短期而言，矿业公司需要以下各项的环境许可及授权：

- Mina II 的安装许可（已申请，预期于二零一七年颁发）；
- 就铌尾矿利用而改建尾矿坝（Macaúbas）的安装许可（尚未申请。安装许可预期于二零一七年第二季度颁发）；

监管合规

矿业公司现时未遵守与粉尘及噪音排放、地下水水质与工人职业健康及安全有关的部分 EHS 标准及法规，但有关不合规一般并不重大，而矿业公司总体合规。

粉尘排放已受到 Boa Vista 地点邻近居民的投诉。投诉后，戈亚斯州公共事务办公室开始民事调查，矿业公司因粉尘及噪音排放而被 SEMMAC 罚款。该具体事宜的更多详情呈列于 **第 15.4.3 节**。

经过紧实及土壤整备，已以高密度聚乙烯内衬层加高。迄今为止，并无地下水水质数据可评估尾矿储存设施较旧区域储存的尾矿的潜在环境影响。

矿业公司亦未遵守巴西劳动与就业部有关 NR-10（电气安全）及 NR-12（机器安全）的职业健康及安全法规（监管标准-NR）。据矿业公司报告，为遵守 NR、结构完整性更新及计划维护，矿业公司将向铌业务投入约 16.3 百万美元，该金额已列入资本开支预测。

罚款及同意令

如上文所报告，SEMMAC 因铌业务的粉尘及噪音排放对矿业公司罚款 2.1 百万美元，且 PMO-GO 开始民事调查。矿业公司已就禁制令申诉，并要求暂停罚款，直到法院更详细地审核有关事宜为止。

供水及用水

矿业公司铌业务的水资源包括地表进水及深水井。矿业公司持有 SECIMA 授予的取水授权，该授权确定最高取水量及每日抽水小时数。

于二零一四年七月，SECIMA 与矿业公司修订及更新编号为 PA-18、23、24、36、31 及 33 的水井的取水许可证，并增加有关水井每日可抽水的小时数。据称，Anglo American 的铌业务尚未申请 PA-27、28 及 29 的取水许可证评估。

矿业公司亦已收到当地社区的数次投诉，指称磷酸盐和铌业务从当地河流及自流井抽水，导致 Creek Fazenda Lagoa 的水流下降。如上文所述，矿业公司正与 PMO-GO 协作，而 PMO-GO 正在调查该事宜。针对有关投诉，矿业公司已证明，取水来自在深处承压含水层安装的水井，不大可能影响促成当地地面水体底流的地下水资源及当地社区使用的其他浅地下水资源。

另外值得注意的是，矿业公司的铌业务曾出现与影响 Catalão 及 Ovidor 地区者类似的干旱，且同样面临有关新水源供应的不确定性。在此方面，上述矿业公司的水策略亦适用于铌业务。

辐射保护

铌矿石中有 NORM（天然存在的放射性物质）。于二零一一年十月，CNEN 进行一次现场评估，以检查 NN-4.01 标准（采矿行业装置中的放射性安全及保护规定）的遵守情况，要求矿业公司制定辐射保护计划，包括：i) 风险评估；ii) 控制管理；iii) 培训、意识及沟通；及 iv) 监察及监督。在最终版本于二零一四年二月提交前，该计划已非正式呈交予 CNEN，但矿业公司尚未收到 CNEN 的最终批准。

矿业公司实施的现有风险防范计划（PGR 及 PCMSO）已考虑与辐射源相关的 OHS 风险（自二零一五年起评估）。就 BVFR 及尾矿而言，该风险尚未考虑，应在下次更新辐射保护计划时评估。

根据矿业公司提供的资料，照射剂量值介乎 0.10 至 4.58 mSv / 年，平均值为 1.92 mSv / 年，RPM 注意到，该数值低于 CNEN 制定的每年限额的 30%。

冶金作业产生的熔渣现时储存在封闭区域，由于其电离辐射水准，该区域现时限制进入。现有渣沉积位于矿业公司拥有的物业上，但所在的磷酸盐矿床计划由矿业公司于二零二零年开采。因此，渣沉积将须按成本 3.23 百万美元搬迁，矿业公司将须为渣沉积物色新的区域。

矿山关闭计划

矿业公司铌业务维持按照 Anglo American 矿山关闭指引、巴西环境法规（如适用）及因环境及区域许可产生的承诺而制定的内部关闭计划。现有关闭计划（二零一五年）基于二零一四年矿山服务年限计划，尽管已加入初步资料，但尚未完全更新，以反映现有矿山服务年限，并被视为合理。二零一五年矿山服务年限假设采矿及加工活动将延续至二零四一年。Anglo 认为，直接关闭成本总额为 50.4 百万美元。经考虑额外关闭成本及收入（如土地出售及人员冗余拨备），矿业公司估计总成本为 67.5 百万美元，详情如表 15-3 所示。RPM 注意到，由于兑美元的汇率小幅变化，有关成本将因第 15 章所用者而各有不同。

表 0-3 关闭成本—铌 Catalão 及 Ouvidor

专案	成本 (美元)
矿山关闭总直接成本	50.4
人员裁减	21.5
土地出售	-0.7
折除金属销售	-1
选厂关闭费用总计 (2015 年实质：未计入通货膨胀、未贴现)	67.5

资料来源：ERM – 关闭计划，二零一五年。

总关闭成本基于 ERM 的关闭计划，已在经修订财务模型中考虑。

矿山风险及机会评估

机会.

- **推测材料：**在现有最终矿井设计中，已报告合共 76.5 百万吨「推测」磷酸盐资源量及 4.3 百万吨「推测」铌矿产资源量。按照 JORC 规则的规定，该等矿产资源量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石开采成本，原因是所含金属未产生任何收入。RPM 认为，通过额外勘探或生产钻探（可使大部分该材料升级至标示类并计入未来矿石储量的一部分），提升地质置信度的可能性较高。
- **Chapadão 矿井扩张：**尽管 RPM 呈报的矿石储量乃基于矿业公司提供的最终矿井设计，RPM 亦在 Chapadão 矿井进行了一系列矿井优化，以根据 RPM 采用的经修订分类确定潜在增加数量。该优化表明在扩大后矿井内有可能增加 **17.6 百万吨**确定的和标示的岩矿。RPM 注意到，为令该岩矿计入矿石储量估算，应在制定时间表后进行最终矿井设计。RPM 认为，该任务需要优先处理，原因是这能够将矿山服务年限直接延长最多 4 年。

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，矿山风险状况为秘鲁资源量、矿山规划及发展水准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 16-2**。

RPM 已尝试依据香港联合交易所有限公司发布的协议指引第 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**，通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，将对矿山的现金流动及表现有重大影响（>15%至 20%），甚至可能令项目矿山结束；
- **中度：**如未加以纠正，可对矿山的现金流动及表现有重大影响（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，对矿山的现金流动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 16-1**所示的整体风险评估，以厘定整体风险等级。

表 0-1 风险评估分级

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，通过审核矿山的经营、现有档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。

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
中	工厂维护 Cubatão 选厂已生产 30 年，并在更高运转因素中反映出来，需要为更详尽的系统化规划，因此运营成本和可用性方面存在存在高风险。	公司正在实施新的制度以提高效率，以维护和降低积压。安排更多的培训和优先工作方法。	运营成本（OPEX）
中	铌矿商品价格波动 铌铁矿石市场由三家公司掌控，公司目前为第二大供应商。目前这些公司供应能力明显不充足，因此任何新供应均将会影响矿石价格。	公司已设立了专门行销和贸易部门。	专案经济性
低	Buraco 尾矿存储设施 - 粘土 尾矿坝建筑所使用的粘土应检查其分散度，因此增加了尾矿坝稳定性的不确定性。	定期和增加检查工作（包括相关档）	资本支出和专案服务年限
低	Buraco 尾矿存储设施 - 设计 目前矿山服务年限方案设计包括使用上游方法；下游和中心线方法应进行研究。	在许可申请同时提交替代性设计以及成本数据。	资金成本（CAPEX）
低	供水和许可申请 地表水供应收到多年干旱限制。需要替代性和永久性水源以保证供水。	替代水源已经找到，但许可证尚未得到批准。当研究完成之后（目前正在进行）将递交许可证申请。	运营成本（OPEX）
低	环境、安全、社会 - 粉矿 公司曾经由于杂讯污染（铌矿）和空气排放污染（全部矿山）超标而面临民事诉讼。	确保法规得到遵守，增加水力降尘配置。	资金成本（CAPEX）
低	数据品质 2009 年之前没有钻孔的“品质保证及品质控制”、取样、化验标准等资讯。	仅使用历史数据完成区域内验证孔打钻。	资源量估算
低	磷矿商品价格波动 由于评估报告中，净现值敏感性分析表明，专案对商品发生的变化不如成本变化的敏感性高，因此由于可能性的折现率，而需要较高的资金成本（CAPEX）。	包销协议或长期销售合同。	专案经济性

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
低	Boa Vista 矽石山 BV 矽石山许可证至 2021 年，但此日期之后没有许可。此外，未做详细设计。	完成设计和审核，以确定合适的地点，并开始与土地所有者和许可申请方展开讨论。	矿石产量
低	体重 数个矿床的体重确定方面存在偏差，由于区域内数据有限，而使用平均值。尤其值得注意的是，Chapadão 矿区之外的区域，数据有限而使用平均值，可能导致局部存在数据变化。	对体重测试进行核实，在局部范围内对比采空区以确定变化。	资源量估算的局部变化

附录 A - 专家经验和资质

Jeremy Clark –e 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。

Tim J. Swendseid，美国佛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专案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。他对各种规模的专案均在技术、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。

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、地质科学专业资质、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。

Richard Addison（专业工程师）首席选矿工程师；科罗拉多矿业学院 1968 年冶金工程硕士；坎伯恩矿业学院 1964 年（荣誉）学位；矿冶与探测协会注册会员；内华达州注册工程师；欧盟特许工程师

Addison 先生开采及冶炼领域拥有 45 年以上多元化的选矿工作经验。在他漫长的职业生涯当中，曾参与大量专案工作，特别是复杂矿石、基础金属和贵金属；并最终成为选矿加工领域知名权威人士。他曾参与评估选厂设施和国内外大量选矿厂，包括氧化矿石和复杂难治型矿石等。他的铜矿经验包括为南部秘鲁铜业公司的现有和拟建设施、生产和冶炼厂进行成本评估；为保加利亚 Ellatzite 铜矿进行可行性研究；为阿根廷 Alumbreira 铜/金矿编写合资格人士报告；为印尼 Batu Hijau 铜矿完成矿山成果检验；为智利 Candaleria 专案完成独立工程师工作；还为智利 Los Pelambres 铜矿完成了矿山成果检验。此外，Addison 先生还会讲非常流利的西班牙语。

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石排水开发潜力；“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。

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，她所使用的矿业软件包包括 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援服务。Sousa 先生精通英语，葡萄牙语和西班牙语。

公司相关经验

RungePincockMinarco (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

RungePincockMinarco 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件技术，透过全球寻找矿区调度、设备模拟和财务分析。RPM 软件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 –矿业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资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援一项重交易，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资格人士报告。《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《合资格人士报告》，用于支援秘鲁 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《合资格人士报告》，用于支持中国云南省多个煤矿项目撤资。

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《合资格人士报告》，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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资格人士报告，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列示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资格人士报告。

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《合资格人士报告》。

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《合资格人士报告》。

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

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。

附录 B - 专有名词辞汇表

<u>缩写</u>	<u>单位或术语</u>
▪ A	安培
▪ The Company	英美资源集团
▪ ARD	酸性岩排水
▪ BFA	台阶面角
▪ C1	净直接现金成本
▪ CAPEX	资本支出
▪ CETESB	圣保罗州环保局
▪ CFM	每分钟立方英尺
▪ CNEN	国家核能委员会
▪ COG	边界品位
▪ CONAMA	国家环境局
▪ COO	首席运营官
▪ CST	尾矿精选扫选
▪ CU	整体排水
▪ DADC	双吸收双接触
▪ DCP	磷酸氢钙
▪ DD	金刚石钻孔
▪ DGAAM	能源和矿业局 - 环境事务
▪ DTM	平均运输距离
▪ EAP	紧急行动计划
▪ EHS	环境、健康和安全
▪ EIA	环境影响评价
▪ ELO	经营许可证办公室
▪ EMP	环境管理计画
▪ EMS	环境管理体系
▪ EP	赤道原则
▪ EPC	工程设计、采购、施工
▪ EPCM	工程设计、采购、施工管理
▪ ESAP	环境和社会行动计划
▪ F&A	财务及行政
▪ FGA	食品酸度
▪ FoS	安全系数
▪ FS	可行性研究
▪ g	克

▪ g/t	克每噸
▪ GCL	人工合成粘土墊
▪ Geoengenharia	工程地质和咨询服务有限公司
▪ Geoestável	Geoestável 咨询专案有限公司
▪ GRD	工厂日常管理控制规范
▪ GSLIB	地质统计学软件库
▪ GSSP	粒状过磷酸钙
▪ GTSP	粒状重过磷酸钙
▪ H:V	水准:垂直
▪ HDPE	高密度聚乙烯
▪ hp	马力
▪ H ₂ SO ₄	硫酸
▪ Hz	赫兹
▪ IPEN	能源和核能研究所
▪ ISO	国际标准化组织
▪ JORC	联合矿石储量委员会
▪ k. lbs	千英镑
▪ km	公里
▪ km ²	平方公里
▪ k. oz	千盎司
▪ Kt	千吨
▪ ktpa	千吨每年
▪ kV	千伏
▪ kW	千瓦
▪ kWh	千瓦时
▪ l	升
▪ l/s	升每秒
▪ LAN	局域网（电脑通信系统）
▪ Lb	磅
▪ lbs	英镑
▪ LI	建筑许可（授权安装许可证）
▪ LL	液体限制
▪ LO	生产许可证（授权生产许可证）
▪ LOM	矿山服务年限
▪ LP	初步许可证
▪ m	米

▪ m3	立方米
▪ masl	海拔米
▪ M	百万
▪ MAP	磷酸单铵
▪ MGA	多聚磷酸
▪ MINAM	环境部
▪ M&I	“确定的”和“标示的”（资源量分类）
▪ Mm3	百万立方米
▪ Mo	钼
▪ Mt	百万吨
▪ MW	兆瓦
▪ MWh	兆瓦时
▪ Nb2O5	氧化铌、五氧化二铌
▪ NP products	含氮、磷肥料产品
▪ NPV	净现值
▪ NR	劳动部监管标准
▪ OK	普通克里格法
▪ OHSAS	职业健康与安全咨询服务
▪ OPEX	运营成本
▪ oz	金衡制盎司
▪ P2O5	磷含量表示为五氧化二磷
▪ PA	磷酸
▪ PAG	潜在产酸
▪ PC	主要承包商
▪ Pb	铅
▪ PCB	聚氯联苯
▪ PE	专业工程师
▪ PG	专业地质师
▪ PGR	风险管理计画
▪ Pimenta de Avila	Pimenta de Avila 咨询有限公司
▪ PMCSO	医疗监测与职业健康计画
▪ PMO-GO	Goiás 州公共事务部办公室
▪ PPE	个人防护设备
▪ ppm	百万分率
▪ psig	磅每平方英寸表压
▪ PPRA	职业风险预防计画

▪ QA/QC	品质保证/品质控制
▪ RC	反回圈钻孔
▪ Rec	回收率
▪ ROI	投资回报率（税后百分比）
▪ RPM	RungePincockMinarco
▪ S	硫
▪ \$	美元
▪ SA	硫酸
▪ SAP	硫酸厂
▪ SAG	半自磨
▪ SEAT	社会经济评估工具站
▪ SECIMA	Goiás 州环境局
▪ SD	标准偏差
▪ SEIA	社会和环境影晌评估
▪ SEIN	国家电网系统
▪ SEMARH	环境及水资源秘书处
▪ SEMMAC	Catalão 市环保局
▪ SESMT	专业职业健康和安全服务
▪ SGAM	加氨水的粒化过磷酸钙
▪ SIB	企业保留资本支出
▪ SO ₂	二氧化硫
▪ SSP	过磷酸钙
▪ t	公吨
▪ TAC	进行调整的协议 – 赞同订单
▪ tpd	吨/日
▪ TG	涡轮发电机
▪ TSF	尾矿贮存设施
▪ TSP	三元过磷酸钙
▪ Vale	南美洲淡水河谷化肥公司
▪ WAN	广域网（电脑通信系统）
▪ Wi	功指数（岩石的磨矿特性）
▪ WWTP	污水处理厂
▪ XRF	X 射线萤光
▪ Zn	锌

附录 C – JORC 标准披露要求

第1節 - 取样技术及数据

标准	JORC 规则诠释	说明
取样技术	- 取样的方式和品质(举例: 刻槽、随机捡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), 可能需要披露详细资讯。	- RPM 审核了 2009 年后的取样和样品制备的守则和程式, 认为已经得到了适当执行, 以使标准误差最小化。 - 资源量估算样品大多数来自于从 2008 年后钻孔或在再次化验工作中获得, 因此 RPM 认为支援资源量估算的样品不存在重大偏差, 并且对所取样品具有代表性。 - RPM 明确, 在岩芯切割以及将半岩芯装进样品袋中之后, 全部样品制备和分析测定工作均在 Catalão 内部实验室设施完成。
钻探技术	钻探类型(如岩心钻、反回圈钻、无护壁冲击钻、气动回转钻、螺旋钻、班加钻、声波钻等)及其详细资讯(如 岩心直径、三重管或标准管、采用反回圈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)。	- 自 2003 年以来, 金刚石钻孔岩芯直径 PQ (8.5 cm Ø)、HQ (6.3 cm Ø) 或 NQ (4.8 cm Ø) 为首选钻孔方法, 用于确定矿化范围。 - 在 Boa Vista, 其中一次大规模钻探进尺 87,644 m (总进尺 151,002 米中的一部分) 使用反回圈钻进。
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采样导致样品出现偏差。	- 通常岩芯回收率中原岩较高, 占到金刚石钻孔的 90% 以上, RPM 认为较为适合; 然而, 注意到氧化区域采取率较低。RPM 通过进一步审核认为, 低采取率与强风化中间层相关联, 但认为对本报告中矿产资源量总数影响并非十分严重。 - 全部钻探过程均由客户的独立承包商承担进行。由项目内所采用钻孔类型特点, 客户人员承担大部份岩芯样品的处理工作。 - 全部钻孔样品回收率和品位之间不存在任何关系。
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。	- 公司已于 2009 年进行编录和取样流程, 并不断改进以适用于外部审核, 从而确认工作执行的流程和标准, 以提供工作成果的高可信度。 - 经地质专员证实: 编录流程与资源资料库描述相符, RPM 认为钻孔编录品质很高。
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。	- 岩芯切割和半岩芯装袋、全部样品制备和分析化验工作均在 Catalão 内部实验室设施中完成。 - 所述样品制备方法适用于相应矿化类型。 - 所采取的样品安全措施包括: 独立钻孔人员负责将岩芯送到岩芯棚, 公司人员负责切割岩芯并放

标准	JORC 规则诠释	说明
	- 对所有样品类型，样品制备方法的性质、品质和适用性。 - 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品质控制程式。 - 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细微性相适应。	置进岩芯袋，以运输至由公司地质部门管理的样品制备实验室设施内。地质专员将包含样品数量和编号的报告，以及每个岩芯样品标签，连同岩芯一起提供给实验室。与此同时，全体专员均由高级现场地质师和工程地质专家进行监督。此外，取样前还对全部岩芯箱拍照。对取样岩芯进行明确标示，以对取样制作出合适的纸质标签，另外，还采取重复样，以确保避免出现样品处理相关问题。 样品尺寸认为适用于化验目的。
化验数据的品质及实验室测试	- 所采用分析和实验室程式的性质、品质和适用性，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、掌上型 X 射线萤光分析仪等，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。 - 所采用的品质控制程式的性质(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。	- 表 6-2 为 Nb₂O₅ 和 P₂O₅ 所使用的化验催步骤，化验技术认为较为全面。 - 自 2009 年以来，公司已进行了详细的“品质保证及品质控制”，以核实样品工作流程以及样品制备和分析精准度。其中，控制样品共占总样品的 32%，包括空白样、复样、标准样。全部“品质保证及品质控制”样品都表现出合理的精准度，以确保公司和主要实验室所采用的样品制备方法具有要求的可信度。
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 - 原始资料记录、资料录入流程、资料核对、资料存储(物理和电子形式)规则。 - 论述对分析资料的任何调整。	- RPM 专家现场考察期间通过岩芯揭露、钻孔编录和照片查看，部分重要见矿段得到了核实。 - 未进行验证孔的打钻。 - 收集了现场纸质编录数据。纸质数据已经录入了 Excel 电子表格，并已经由公司相关专员进行了验证。Excel 表格已经合并成了一个 RPM Access 资料库。 - 化验数据未做调整。
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、矿坑道和其他位置的准确性及品质。使用网格系统的规格。 - 所使用的坐标系统。 - 地形控制测量的品质和完备性。	- 自 2009 年以来，公司即通过静态差分数据方法，使用镭射扫描差分 GPS 设备进行钻孔孔口位置测量。RPM 认为所使用的方法具有合理性。2009 年之前的钻孔孔口测量均未得到证实。 - 坐标系统为 UTM 座标，使用 WGS 84, PSAD 69, 23S 区域投影。 - 地形地表通过 2 米等高线对矿产资源量进行了充分定义。RPM 认为地形图适用于支援矿产资源量估算。
数据间距及分布	- 勘查结果报告的资料密度。 - 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：Nb₂O₅ 资源量 10 m × 10 m 至 100 m × 100 m；P₂O₅ 资源量 35m × 35m 至 200m × 200m。 - 数据间距和分布足以明示地质情况和品位连续性，适用于支持进行矿产资源量分类。资源量分类基于勘探数据的数量和品质，使用钻孔间距、标记卡或克里格法进行。 - 样品组合用 2.5 - 5 米固定长度技术进行。

标准	JORC 规则诠释	说明
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，倘若这种偏差具有实质性影响，就应予以评估和报告。	以往钻孔设计目标在于揭露垂直于走向的矿化，同时，在露头中进行观察，也几乎垂直于倾角。
样品安全	为确保样品安全性所采取的措施。	- 独立钻孔人员负责将岩芯送到岩芯棚，公司人员负责切割岩芯并放置进岩芯袋，运输至由公司地质部门管理的样品制备实验室设施内。全体专员均由高级现场地质师和工程地质专家进行监督。 - 取样前还对全部岩芯箱拍照。对取样岩芯进行明确标示，以对取样制作出合适的纸质标签，另外，还采取副样，以确保避免出现样品处理相关问题。半岩芯弃样、岩芯弃样、粉末样均合理存储于岩芯棚内，以作进一步核查。
审计或查核	取样方法和数据的审核或核查的结果。	RPM 对取样流程的审核认为，总体而言，除了体重方面存在潜在风险之外，国际标准得到了很好的执行，未发现存在其他重大问题。

第2節 勘探结果报告

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，包括同协力厂商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。	- 全部主要井田矿权均处于有效期内，以持续生产，并支持达到计画生产量。全部相关采矿许可证、勘探许可证以及相关授权均由洛阳钼业所有，详见第3章的表3-1。 - 矿权范围情况良好，不存在已知障碍。
协力厂商勘探	对其他方勘查的了解和评价。	- 项目在系统化勘探方面历史悠久，包括：地质填图、地球物理测量、地球化学测量、以及大量地表金刚石和反回圈钻孔。以往至目前的勘探工作从1970年巴西矿冶公司在Boa Vista、Morro do Padre和Mineração农场发现铌异常开始。巴西矿冶公司通过勘探系统对Catalão I进行了打钻，此外，还使用了金刚石和反回圈钻孔。尽管1974年巴西矿业部对Catalão I和II号矿区进行了首次航磁勘探，但最终是1976年巴西矿产资源研究公司通过航空磁测填图，在Catalão II矿区内发现了2个区域（Coqueiros和Boa Vista）。 1982年，Mineração Catalão the Goias (MCGL) 矿业公司完成4个钻孔，并在Catalão II矿区揭露数个铌矿化赋存，以及磷、铜矿化带。上世纪80年代，MCGL在Chapadão区域完成52个钻孔；1999 - 2000年间在名为“超肥沃地带”完成70个钻孔，现在名为Leste矿区。 - 勘探工作间断，直到2003年英美资源公司收购资产。公司从2003年至2008年开展了数项航空磁测和现场地球物理勘探工作。自2003年以来，公司进行过大量钻孔工作以对Chapadão靶区磷和铌资源、Boa Vista – Morro does Padre靶区铌资源、以及Coqueiros靶区进行磷和铌的圈定和定义。
地质	矿床类型、地质环境和矿化类型。	- 项目范围内矿化与磷磁橄榄岩-碳酸岩矿体在地质记录中较为罕见，并形成了铌、铜、稀土、钽、钛等经济矿床。 - 区域内大部分炭质矿床集中于稳定的大陆构造单元内，如：地盾、克拉通、结晶块段，老地壳发达。 - Catalão I为磷磁橄榄岩-碳酸盐岩矿体，是一个约为5公里直径的圆形结构。矿体I赋存了大量具有经济性的铌、磷矿化，截至目前的勘探工作对Chapadão磷矿、Mina I、Mina II以及Leste铌矿区域的资产进行了圈定。 - Catalão II火成岩体演变相关地质解释为，多阶段演变的浅表超钾界定岩浆洞室，通过矿体组合（分级结晶、液体混溶、岩浆隔离和脱气/交

标准	JORC 规则诠释	说明
		代等)的变化而发展,产生了广泛多样性的复杂接触带,以及相关岩性和矿化类型。
钻孔信息	- 简要说明对了解勘查结果具有实质意义的所有资讯,包括表列说明所有实质性钻孔的下列资讯: - 钻孔开孔的东和北座标 - 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。 - 若因为此类资讯不具备实质性影响而将其排除在报告之外,且排除此类资讯不会影响对报告的理解,则合资格人应当对前因后果做出明确解释。	- 对勘探结果进行了报告。总进尺为 13,898m 的金刚石钻孔数据用于进行估算和报告。详细资讯包括全部钻孔的孔口位置、孔内测量、取样深度、最大长度。 - 估算未排除任何钻孔。 - 金刚石钻孔资料和样品用于作为资源量估算的基础(仅使用 HQ 和 NQ 进行估算;PQ 钻孔用于进行冶金测试);反回圈钻孔仅用于 Boa Vista 矿的分类目的和品位控制。
资料汇总方法	- 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。	- 样品未经加权平均;由于品位测试中不存在异常值,因此没有必要在每个区域内计算高品位边界。 - 未报告总体钻孔截距。 - 未使用金属当量值。
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”)。	仅报告了孔下长度。
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。	- 勘探工作在 Mina II、Leste 区域、Boa Vista 矿山、以及 Morro do Padre 矿床的氧化部分之下的新鲜岩石圈定了铌矿化。虽然此种矿化需要进一步进行圈定以对矿产资源量进行查明,但 RPM 认为这些区域具有高的矿化赋存潜力,RPM 据此进行了勘探靶区潜力评估。 - Boa Vista 区域、Chapadão 区域和 Coqueiros 区域设计钻孔孔口位置平面图详见图 7-3 和图 7-4。
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。	未报告勘探结果。全部相关钻孔结果均已进行矿产资源量估算。矿产资源量平均品位用于帮助确定勘探靶区品位。
其他重要的勘探数据	其他勘查资料如有意义并具实质性影响,则也应报告,包括(但不限于):地质观测资料;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。	除了地球物理探测数据外,其他勘探数据也作为矿产资源量报告的一部分进行了报告。

标准	JORC 规则诠释	说明
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勘探而进行的验证)。 - 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勘探区域等。	合资格人士建议, 应设计额外钻孔以作进一步勘探, 从而测试专案勘探潜力。项目重点为通过额外钻孔, 圈定资源潜力区域, 至合理的可信度水准(潜在“推测的”资源量分类)。计划打钻65个钻孔, 总进尺约为26,500 m, RPM勘探工作预算约为400万美元。勘探工作预算全部细节详见第7章第5节。

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	- 为确保资料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。 - 所使用的资料验证程式。	- RPM 对钻孔数据进行了系统化的审核，并将原始钻孔记录与资料库中的等效记录进行了比较。未发现重大问题。 - RPM 在编制资料库之后完成了系统化的数据验证步骤。由 RPM 完成的核查，旨在确保以下几点： - 域内全部数值均为正确数据类型，并在合理及预期范围内。 - 据报告的钻孔数据清单，审核的孔内测量未超过孔深度。 - 钻孔倾角在0°-90°范围内。 - 所述孔口资讯清单中的化验数值或岩性记录未超出钻孔深度。 - 为重复样记录目的，对化验和测量资料进行了核查。 同时，还使用Vulcan软体进行了钻孔和化验数据的目视核查。
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 于 2016 年 3 月 14 日至 17 日对磷、铌矿山和选厂设施进行了现场考察，作为技术尽职调查工作的一部分。RPM 专家考察团队包括：Tim Swendseid (咨询服务总裁- 美洲)、Esteban Acuña (首席地质顾问)、Dick Addison (首席选矿工程顾问)、Marten Walters (首席化学工程顾问)、João Abud (环境和社会专家)、Pedro Repetto (首席土木工程顾问)。
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)。 - 所用资料类型和资料使用的假定条件。 - 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。	- 基于视觉查看地表露头、钻孔矿化揭露、品位连续性的变异分析等，认为地质解释的可信度较高。 - 地质编录用于帮助岩性鉴定和矿化。 - 不同的解释存在可能性，但认为可能性很低。任何其他的解释对于矿产资源量估算而言均无关紧要。 - 通过地表填图和围岩来确认矿化的几何形状。 - 品位和连续性受到局部断层或褶皱、原岩或氧化岩石层的深度的存在所影响。
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。	形成矿产资源估算的组成部分的矿床位于 Brazilia 以南约260公里及Catalão东北方向约20公里处。项目按照巴西矿业规范，包括探矿权和采矿权范围，公目前持有两个勘探许可证和六个采矿特许权范围。六个采矿特许权为：75.178 (MCG-01, 87 (Area 5), 85 (FFG-01) 801244/1968 (MCG-0011), 803343/1983 (MCG-002), 804513/1968 (Area 5) 详见图 3-1所示。

标准	JORC 规则诠释	说明
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、采样资料点的最大外推距离确定等。若采用电脑辅助估算方法, 应说明所使用的电脑软件和使用参数。 - 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资料。 - 副产品回收率的确定。 - 对有害元素或其它具有经济影响的非品位变数(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。 - 变数之间的相关性特征。 - 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, 模型资料与钻孔资料之间的对比, 以及是否采用了调整资料(若有)。	- Catalão I、Mina I、Mina II 及 Leste 区域所进行的铌矿产资源量估算, 使用普通克里格品位插值法进行, 通过一系列步骤, 每个使用不同的搜索半径和参数。首次参数定义搜索椭球内使用最少5个、最多25个复合样, 半径为30×30×30米。 - Catalão II、Boa Vista 氧化矿和 Morro do Padre Nb₂O₅估算使用克里格法, 通过多个步骤使用不同搜索半径和参数进行。Morro do Padre 首次参数定义使用最少10个、最多40个复合样, 椭球搜索半径为70×40×230米。Boa Vista 首次参数定义使用最少3个、最多24个复合样, 椭球搜索半径为120×120×80米。 - Boa Vista 原岩估算使用非线性方法。一致情形下预测大型块段(盘区)品位分布, 设定进行平均品位估算。母矿块规模为30 x 30 x 20米, 选定用于估算局部限制下无偏差的平均值, 使用95个复合样进行较大规模搜索。通过使用无偏差平均值和块段品位分布, 使用埃尔米特多项式系数, 通过SMU线性品位估算, 得出SMU块段规模, 以预测高品位、低品位和废石的所在位置。此项估算方法包括内部贫化。 - Chapadão 磷矿估算通过一系列各具不同的搜索半径参数步骤, 使用普通克里格法进行。第一步参数用最少10个、最多25个复合样, 椭球搜索半径为120 x 12 x 15米。Chapadão资源块段模型未纳入贫化。 - 未提供先前估算与目前估算结果相比较。 - 由于没有副产品, 因此未作副产品回收率收益假设。 - 每个矿床内, 空间品位变化使用变差函数进行建模。氧化和原生矿石基于2.5-5m复合样估算主体和 P₂O₅、Nb₂O₅、CaO、Fe₂O₃、SiO₂和 BaO 复合体以及冶金变数, 估算使用GSLIB 和 Isatis 软体进行实验半方差、相关图和高斯变差函数估算(Boa Vista 矿山)。 - 地质解释模型包括对每个岩石类型进行了地质三维实体建模。 - 统计审核表明, 品位分布没有异常值, 因此未应用高品位排除。 - 模型验证包括通过北向和东向方法、块段品位各个部分目测评估、插值与复合样品品位对比、以及矿化解释, 对目标复合样品品位和块段品位详细对比。验证图显示了复合样品品位和块段模型品位之间良好的局部关联性。
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。	吨数和品级估算使用原位干燥矿量为基础。

标准	JORC 规则诠释	说明
边际参数	所选边际品位或品质参数的依据。	- 整个矿山不同矿石类型使用不同边界品位：五氧化二磷：Chapadão 6%、Coqueiros 氧化矿 7%、Coqueiros原生矿部分5%。Mina I 氧化矿、Mina II 原生矿，OP、Boa Vista 氧化矿和原生矿 Nb₂O₅为0.5%；Boa Vista 地下原生矿、Morro do Padre地下原生矿 Nb₂O₅为0.58%；Mina II 地下原生矿以及Leste区域Nb₂O₅为0.67%。 - RPM对初步财务模型进行了审核，认为参数值和成本具有合理性，在此类矿床范围内，通过使用所需的采矿和选矿方法可以合理预期。RPM通过对初步财务模型的分析，以及其他类似项目专家经验，均用于帮助确定每个范围内，用于进行矿产资源量报告所使用的边界品位。
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。若属于这种情况，则在报告时应解释采矿假定的依据。	- 资源量报告中对露天及地下采矿方法均进行了考虑。由于项目矿化相似性的关键特征，Boa Vista 和 Chapadão使用类似的露天采矿方法。 - 各不同矿床近地表矿化正下方的矿石，考虑了使用小至中高回采率地下开采方法。
选冶因素或假定	可选治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。若属于这种情况，则在报告时应解释选冶假定的依据。	- 选矿设施包括 2 个磷选矿厂和 3 个铌选厂，全部位于 Catalão I 号矿山。2 个磷选矿总生产能力为 580 万吨/年（干吨），生产 140 万吨/年精矿，P₂O₅品位为 37%。 - 目前，Boa Vista 矿山的 2 个铌选厂，即：Boa Vista 新鲜岩石部分精选厂（BVFR）以及 Boa Vista 精选厂；此外，另有第三个选厂从磷精选厂进行尾矿的选矿处理（TA）。BVFR 和 BV 选厂生产率为 200 万吨/年，每年生产约 11,000 吨纯 Nb₂O₅ 品位为 55% 的精矿。TA 精选厂生产率为 110 万吨/年，通常 Nb₂O₅ 品位为 0.7%，年产纯 Nb₂O₅ 为 2,300 吨，精矿形式 Nb₂O₅ 品位为 44%。
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。	按照 ELO 系统，Catalão 和 Ouvidor 矿山持有 132 个许可证，包括 30 个环境许可证（初步、安装和运行许可证）以及 60 个环境许可证（取水、植被移除许可等）下发用于对采矿和选矿生产提供相应许可（Ouvidor 市政），化肥生产（终端为 Catalão 市政），淡水河谷尾矿坝负责这里的尾矿坝和进水。
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	体重使用 ID2 方法，基于 Boa Vista 矿床内数据估算；而 Mina I 和 Leste 区域矿床体重由物质类型决定。Mina II 和 Chapadão 矿床体重使用普通克里格法估算。

标准	JORC 规则诠释	说明
	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。	
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、输入资料的可靠性、地质连续性的可靠程度 和金属价值、资料的品质、数量和分布)。 - 结果是否恰当地反映了合资格人对矿床的认识。	- 为了对“矿产资源量”进行报告，并使其符合 JORC 标准的要求的“最终经济开采合理前景”，RPM 通过地形和经济的矿坑，约束矿块，并使用磷价格320美元/吨以及铌40.93美元/磅的相应“确定的”、“标示的”、“推测的”矿产资源量估算。冶金回收率和费用按照“矿石储量”报告进行了设定。 - 使用记分卡系统对各种因素进行测量，包括：钻孔间距、密度测量、冶金取样、回归分析、历史数据，以及克里格法所使用的不同步骤测试，对Chapadão、Mina I 以及 Mina II 内的资源量进行级别划分；同时，钻孔间距对矿床其他部分进行使用。 - 全部相关因素都在行级别划分中纳入了考虑。 - 矿产资源量估算合理反应了“合资格人士”的专业意见。
审核或复核	矿产资源量估算的审核或复核结果。	RPM进行了内部审核，核实了技术资料、工作方法、参数和估算结果。
相对准确性/可靠程度的论述	- 适当情况下，采用合资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，则应说明与技术评价相关的吨位。相关档记录应包括所做的假定及所采用的方法。 - 若有生产资料，应将上述估算的相对准确性和可靠性的声明与生产资料加以比较。	- 矿脉的几何形状和连续性已得到了充分解释，以反映“标示的”和“推测的”矿产资源量分类。钻孔数据品质良好并由资深地质师做了详细编录。聘请了具有合理资质认证的实验室对化验相关“品质保证及品质控制”数据进行了分析，未发现重大问题。考虑应用地质统计学工作流程来量化不同资源部分的相对精确度，并对资源量分类所需的数据品质代表性进行评估。 - 矿产资源量陈述涉及通用的吨数和品位估算。

第 4 节 矿石储量估算及报告

(第 1 节及 (如相关) 第 2 节及第 3 节所列标准亦适用于本节。)

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。	- RPM 所作独立“矿产资源量”估算用于支持“矿石储量”估算。 - JORC 标准下“确定的”和“标示的”矿产资源量包含报告中的“矿石储量”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。	Tim J. Swendseid 2016 年 3 月 14 至 17 日 (代表合资格人士) 赴现场进行考察。考察成果是对工程项目的深入了解。
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。	- 矿石储量使用专用露天矿山规划系列软体包，其中包括坑优化软件方案、运输方案分析软件、以及生产进度计划软件 (即：OPMS)。RPM 所选择的输入参数值是基于公司所完成的可行性研究水准工程地质、水文地质和矿山研究的审核，以及与现场人员的讨论及现场考察的专家意见而确定的。 - JORC 矿石储量估算基于目前生产可行性水准的可信度研究和实际生产而做出。
边际参数	边际品位或品质参数的依据。	RPM 基于储量参数进行了边界品位分析，以评估不同的边界品位策略对相关矿山的优化敏感性。RPM 确认，目前公司采用的边界品位高于经济内部边界品位；然而，由于精矿选厂回收低品位矿石能力可信度差，因此相关，其，所以此种差异的存在具有合理性。
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。 - 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。	- 原矿计划内本项目有 2 个矿床计划通过目前所使用的露天开采方式开采。RPM 使用矿坑优化软体包，对用于支持“矿产资源量”估算的块段模型进行了评估，获得约 3,570 万吨铌和 210 万吨磷资源量。基于可行性研究程度和近期生产实际情况以支持成本和金属价格的合理假设，那些量被评估为目前可采。 - 公司所作可行性程度的工程地质研究已经完成，并用于推算矿山设计边坡角 (详见第 9 节)。 - 已考虑了工程地质和采矿生产参数，以适当详细程度设计了矿坑界限和各个阶段。

标准	JORC 规则诠释	说明
		- 在考虑了所推荐的工程地质和采矿运营参数后，以适当程度设计了矿坑境界和阶段。 - 矿坑计划分多个阶段开发或扩邦。相应工作阶段的计划用于确保持续性的原矿生产，并尽量使较长的废石开采耗时最小化。 - 采矿回收率和贫化率使用合适的详细程度进行了修改，考虑进了所使用的采矿方法以及近期开采运营（因此，至少处于可行性研究水准）。 - RPM 审核了露天矿山计划生产率和公司运输安排，以及支援工作所需的卡车和铲车的要求，以确保生产率能够达到计划安排。 - 全部设计参数和假设概述详见本报告第 9 节。 - 项目矿坑优化和规划中“推测的”矿产资源量假定为废石。 - 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；与目前所使用的相同，相关内容详见第 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？	- 铌矿生产包括三个浮选精炼厂。精矿给矿将送至邻近的一个浸出和火法冶金厂，生产铌铁产品。此流程研究程度很高，并适于支持矿石类型预测。 - 使用两个浮选精炼厂进行磷矿生产，并将精矿给矿送入两个化肥厂。 - 两个化肥厂包括多个模型，每个生产或作为一个生产环节，以生产不同的产品。各种不同产品的生产依赖于需求变化而定。因此，并非全部模组均能够在任何给定时间点进行生产。本报告第 15 节提供了选厂详细说明。 - 各种矿石类型均已进行了大量试验工作，目前选厂适合使用原矿石给矿。 - 矿石储量基于当前选厂对产生需要的产品规格提供的能力而估算。选厂已生产超过 30 年（在某些情况下），产品品质迄今为止不存在问题。矿石类型不会随矿山服务年限减少而产生变化，因此达到产品规格预期的生产不存在问题。
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资讯，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。	公司磷、铌矿生产认为管理良好，全部矿山现场均有公司程式和标准、法律规定和国际认证，如：ISO9001:2008 质量管理体系、ISO14001:2004 环境管理体系、以及职业安全健康管理体系规范：

标准	JORC 规则诠释	说明
		职业健康与安全咨询服务（OHSAS）18001:2007 等。为了对适用许可证进行管理，公司对 Escritório de Licença para Operar（“办公经营许可证体系”即，办公运营许可证）进行了执行，其中包含现有许可证的资料以及每个许可证相关技术要求和许可风险。
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。	专案目前在产，无需进行进一步的基础设施建设。
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。 - 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。	- 全部成本均基于本公司所作研究和近期实际的采矿、选矿和维修数据进行计算。 - RPM 指出，主要 CAPEX 是基于目前成本预测所得的原矿升级的维持性资本。 - 金属价格由根据独立协力厂商行销研究以及公司提供的资料得出。 - 全部成本均使用 3.59 巴西雷亚尔/美元汇率进行计算，所有汇率均由公司提供。 - 运输费用根据实际值计算。 - 公司生产的产品直接面向市场，因此无进一步精炼成本。 - 权利金基于根据未来实际和已知成本算出的年度成本计算。
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”估算的原矿生产规划确定。 - RPM 根据银行长期共识性预测（铌 40.93 美元/千克、磷 320.72 美元/千克）定价，详见上文内容。
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视窗。 - 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。	- 农业生产和化肥施用量之间存在很强的相关性，因此价格也并非仅受国际市场供应定价影响，同时也受到了农业相关的因素，如：气候条件、粮食产量和粮食价格影响。此外，化肥供需平衡、海运贸易、汇率和政府政策（资金、补贴和关税政策）等，也是在不同程度上影响当前和未来的市场价格的因素，像其他产品一样，均可具有季节性和（或）周期性的性质。 - 公司矿山同时还生产世界最高品质磷精矿，实现精矿 P₂O₅ 37% 以上，以及高、低含量化肥产品（化肥含量在 30% 上下）。此数据及国内高含量化肥产品的有限供应（70%为进口），作为主要市场份额保持者，公司与国内其他生产

标准	JORC 规则诠释	说明
		商竞争在成本竞争力曲线上处于优势地位，而且由于矿山地理位置极好，还能够与向巴西国内市场进口的国际商户进行竞争。RPM 强调了公司在目前阶段不做化肥产品出口。 • 铌矿市场主要产品矿种为烧绿石（占世界产量 97%以上）。烧绿石的生产主要来自 Araxá（巴西矿冶公司）和 Catalão（英美资源巴西公司）位于巴西的矿山，以及加拿大马格里斯资源公司（Magris Resources）的 Saint-Honoré 矿山。此外，非洲也有小型烧绿石矿山，但生产不具有连续性。公司（Catalão）开采的烧绿石与其他主要供应产品一起向海外销售，全部矿山产品均由生产商在销售前使用铝热还原流程转化为铁铌合金，详见第 9 节。巴西矿冶公司将产品转化为铌铁合金，以及与合金一同生产出来的铌金属和氧化产品。因此，不论是在巴西还是在加拿大，巴西都是迄今为止最大的生产厂商所在之处。
经济	• 研究中用以计算净现值(NPV)的输入资料，以及这些经济资料的来源和可靠程度，包括预估的通胀率、贴现率等。 • NPV 的范围及其对重大假定和资料的变动的敏感性。	• RPM 通过对专案资料的审核、现场考察期间对专案进行的评价、与相关人士的讨论、以及自己的经验，得出经济分析所需的数据。 • RPM 向某具有权证的香港证券交易所合规评估机构提供了技术数据以计算现金流折现的净现值。
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证事项的状态。	• 全部证照和许可证都已到位，用于支持对预测的生产量进行持续生产。
其他	• 若相关，下列各项对专案和/或矿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。 • 实质性法律协定和市场营销安排的状态。 • 对专案生存具有关键影响的政府协定和审批的状态，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。	• 公司与所有客户均为短期合同。此外，公司还拥有铌矿市场营销部门。 • 老化选厂维修养护工作至关重要，以支援选厂无停机时间而持续运转。RPM 确认，细节性、系统化的规划体系正在实施，以确保维护工作按照预定的时间和成本进行，从而支持持续生产。 • 铌铁市场由三家公司占领，其中，本公司为第二大供应商。这些公司的供应能力存在明显不足，因此任何新的供应来源均可能影响价格。
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资格人对矿床的认识。 • 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 将“标示的”资源量分级为“可信的”储量，“确定的”资源量分级为“证实的”储量。

标准	JORC 规则诠释	说明
		上述资源量分类与“合资格人士”对矿床的理解保持一致。
审核或复核	矿石储量估算的审核或复核结果。	“矿石储量”估算内部审核，按照 RPM 内部同行审核标准程式进行。
相对准确性/可靠性的论述	- 适当情况下，采用合资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。相关档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。若有生产资料，应将上述 估算相对准确性和可靠性的声明与生产资料加以比较。	- 全部资源可信度分类相关工作均按照整体估算结果进行。 - 通过矿坑优化以及后续的矿山设计和规划，圈定矿产资源量的经济可采部份，基于 RPM 制作的经济模型完成敏感性分析后，检测储量可信度水准。对项目的经济性具有敏感性的关键元素为：产品价格和生产成本。然而，在敏感性测试所使用的主要参数中，发现储量具有$\pm 20\%$的变化弹性。

附录 D – RPM 数据验证核查（主要许可证和执照）

矿种	矿山	档编码	描述	状态	进程编号	公共许可编号	生效日期	失效日期
磷	Ouvidor Mine	PH01	深井取水 - P01	有效	11021/2014	629/2015	1/06/2015	1/06/2027
磷	Ouvidor Mine	PH02	Ouvidor 矿山无矿部分矿床安装许可证更新	有效	574/2011	1206/2015	11/06/2015	11/06/2021
磷	Ouvidor 矿山	PH03	深井取水 P2 许可证	有效	11022/2014	483/2015 646/2015	30/06/2015	30/04/2027
磷	Ouvidor 矿山	PH04	Ouvidor 矿山磷矿常规生产许可证更新	有效	9593/2010	11/2015	14/01/2015	30/05/2018
磷	Ouvidor 矿山	PH05	Buraco 堤坝加高 (860 米) 安装许可证	有效 – 经环境部门分析	19007/2013	108/2014	17/01/2014	17/01/2016
磷	Ouvidor 矿山	PH06	Ouvidor 矿山燃气罐生产许可证更新	有效	17653/2009	22/2014	7/01/2014	7/01/2018
磷	Ouvidor 矿山	PH07	重晶石存储棚建设安装许可证	有效	17985/2013	770/2014	2/04/2014	2/04/2020
磷	Ouvidor 矿山	PH08	Taquara I 河水堤坝取水 (Rampelotti) 许可证	有效	12185/2013	3277/2013	5/12/2013	5/12/2025
磷	Ouvidor 矿山	PH09	淡水河谷尾矿坝取水许可证	有效	9972/2014	1816/2014	24/09/2014	24/09/2020
磷	Ouvidor 矿山	PH10	工业区域加油站扩建安装许可证更新	有效	18448/2014	2084/2015	30/09/2015	30/09/2021
磷	Ouvidor 矿山	PH11	São Marcos 河取水 (最高流量 2.000 m3/h) 许可证	有效	02501.001034/2011-67	596	29/08/2011	29/08/2021
磷	Ouvidor 矿山	PH12	Buraco 坝充水许可证	有效	21637466/2002	335/2007	3/05/2007	3/05/2019
磷	Ouvidor 矿山	PH13	从淡水河谷尾矿坝取水生产许可证	有效	9576/2014	2270/2015	29/10/2015	29/10/2021
磷	Ouvidor 矿山	PP00587	深水井打钻许可证	有效	20526/2012	111/2013	14/01/2013	14/01/2025
磷	Ouvidor 矿山	PP00588	矿坑水泵抽水 – 使用深层水许可证	有效	17003242/08	805/2008	23/09/2008	23/09/2020
磷	Ouvidor 矿山	PH14	Buraco 坝加高 (860 米) 安装许可证更新	分析研究中	11084/2015	无	18/09/2015	无
磷	Ouvidor 矿山	PP00613	Buraco 溪水取水-更新许可证	有效	20485/2012	1026/2015	24/08/2015	24/08/2021
磷	Ouvidor 矿山	PP00662	Buraco 坝加高 (870 米) 植被移除授权	分析研究中	11864/2015	无	无	无
磷	Ouvidor 矿山	PH16	许可证 - 深水井打钻	有效	20522/12-28928	109/2013	14/01/2013	14/01/2025
磷	Ouvidor 矿山	PH17	许可证 - 深水井打钻	有效	20524/12 - 28929	110/2013	14/01/2013	14/01/2025

矿种	矿山	档编码	描述	状态	进程编号	公共许可 编号	生效日期	失效日期
磷	Ouvidor 矿山	PH18	许可证 - 深水 井打钻	有效	20527/12 - 28932	112/2013	14/01/2013	14/01/2025
磷	Ouvidor 矿山	PH19	许可证 - 深水 井打钻	有效	17001594/06-10944	698/2006	25/09/2006	25/09/2018
磷	Ouvidor 矿山	PH45	A4 尾矿坝建设 扩建申请	有效	9446/2010,	11602/2015	15/12/2015	无
磷	Planta Catalão	PH20	Catalão 磷矿常 规生产许可证	有效	5301.01708/1999-1	274/2009	9/07/2009	19/10/2018
磷	Ouvidor 矿山	PP00930	Ouvidor - 2016 年 4 月 IBAMA's 联合技 术注册	有效	11053	11053	11/04/2016	11/07/2016
磷	Catalão 工厂	PH21	Catalão 矿山燃 料罐-生产许可 证更新	有效	17984/2013	908/2014	15/04/2014	15/04/2020
磷	Catalão 工厂	PH22	Taquara I 溪流 水坝取水 (Rampelotti) 许可证	有效	12187/2013-31752	3278/2013	5/12/2013	5/12/2019
磷	Catalão 工厂	PH23	许可证 - 从 Taquara II 溪流 取水	有效	22052500/2002 - 5681	333/2011	8/07/2011	8/07/2017
磷	Catalão 工厂	PP00579	Macaúbas' 溪流 水泵抽水许可 证	有效	9117/2013	885/2014	16/04/2014	16/04/2020
磷	Catalão 工厂	PP00612	Macaúbas' 溪流 积水 许可证	有效	22888160/03 - 6250	784/2005	01/12/2005	01/12/2017
磷	Catalão 工厂	PH24	深水井打钻 许可证	有效	20529/12 - 9195	24/2013	4/01/2013	4/01/2025
磷	Catalão 工厂	PH25	深水井打钻 许可证	有效	20532/12 - 28936	106/2013	15/01/2013	15/01/2025
磷	Catalão 工厂	PH26	深水井打钻 许可证	有效	20533-12 - 5225	2735/2012	20/12/2012	20/12/2024
磷	Catalão 工厂	PH27	深水井打钻 许可证	有效	17003213/08-14365	479/2011	22/08/2011	22/08/2023
磷	Catalão 工厂	PH28	深水井打钻 许可证	有效	20530/12 - 28934	955/2015 107/2013	15/01/2013	15/01/2025
磷	Catalão 工厂	PH29	深水井打钻 许可证	有效	21637288/02-5230	779/2007	15/08/2007	15/08/2019
磷	Catalão 工厂	PH30	深水井打钻 许可证	有效	20531/12 - 28935	105/2013	15/01/2013	15/01/2025
磷	Catalão 工厂	PH31	深水井打钻 许可证	有效	26780658/05 - 9167	496/2005	8/08/2005	8/08/2017
磷	Catalão 工厂	PP00929	Catalão - 2016 年 4 月 IBAMA's 联合技 术注册(CTF) -	有效	18236	18236	11/04/2016	11/07/2016
磷	Catalão 工厂	PP00845	安装许可证 for 5 大棚仓库	有效	8/2016	240/2016	16/02/2013	16/02/20122
磷	Catalão 工厂	PP00031	磷选厂生产扩 建-生产许可证	分析研究 中	25/00237/13	无	无	无
磷	Catalão 工厂	PH36	磷石膏运送规 模-生产许可证	有效	25/10092/14	25001031	29/06/2015	29/06/2017
磷	Catalão 工厂	PH37	填石区扩建-生 产许可证	有效	25/00249/13	25000979	8/09/2014	8/09/2016

矿种	矿山	档编码	描述	状态	进程编号	公共许可 编号	生效日期	失效日期
磷	Catalão 工厂	PH38	常规生产许可证更新- 2013	有效 - 经 环境部门 分析	25/00331/04	25000910	26/06/2013	26/06/2015
磷	Catalão 工厂	PH39	2 个规模为 100 吨生产能力初 步及安装许可证	有效	25/10174/14	25000226	18/09/2014	18/09/2017
磷	Catalão 工厂	PH40	取水及污水排 放-更新许可证	有效	99073748	2067/2014	4/09/2014	无
磷	Catalão 工厂	PH41	填石区扩建-初 步及安装许可证	有效	25/00249/13	25000209	20/02/2014	20/02/2017
磷	Catalão 工厂	PP00581	常规生产许可证更新- 2015	有效	25/00331/04	25001090	23/06/2016	23/06/2018
磷	Catalão 工厂	PP00674	2016 年 5 月 IBAMA's 联合技 术注册更新	有效	636878	636878	01/06/2016	01/09/2016
磷	Catalão 工厂	PH43	石膏工厂设施 初步及安装许可证	有效	25/10092/14	25000219	7/07/2014	7/07/2017
磷	Catalão 工厂	PH44	水脱盐装置-初 步及安装许可证	有效	25/10140/14	25000225	18/09/2014	18/09/2017
铌	Catalão 矿山	PH46	安装许可证 - 炸药库	有效	9213/2014	1210/2015	12/06/2015	12/06/2021
铌	Catalão 矿山	PH47	Boa Vista 矿山 废料临时仓库- 安装许可证	有效	20140000826-2	0005/2015	12/01/2015	11/01/2017
铌	Catalão 矿山	PH48	Boa Vista 矿坑扩建 安装许可证	有效	22506/2013	1773/2014	8/08/2014	8/08/2020
铌	Catalão 矿山	PH49	Boa Vista 矿山生产 许可证更新	有效	9377/2011	2755/2013	19/11/2013	19/11/2019
铌	Catalão 矿山	PH50	安装许可证 - 矿床 (Marcos 区 域)	有效	12665/2013	999/2014	5/05/2014	5/05/2020
铌	Catalão 矿山	PH51	安装和运营生 产许可证 需求 - 矿床 - Adelina 区域	有效	17972/2014	231/2016	15/02/2016	15/02/201622
铌	Catalão 矿山	PH52	Paulo e Chico 区域-无矿部分 矿床 - 安装许可证	有效 - 经 环境部门 分析	17909/2013	438/2014	25/02/2014	25/02/2016
铌	Catalão 矿山	PH53	Boa Vista 矿山- BVFR 项目 新破碎回路及 支持性设施 -生 产许可证	有效	5659/2014	2124/2014	24/09/2014	24/09/2020
铌	Catalão 矿山	PH54	筛分安装 许可证	有效	5659/2014	2250/2015	27/10/2015	27/10/2021
铌	Catalão 矿山	PH55	Capoeira 溪流取 水许可证	有效	9845/2009	917/2010	23/12/2010	23/12/2016
铌	Catalão 矿山	PH56	Boa Vista 矿坑 取水 许可证	有效	9856/2009	219/2011	20/05/2011	20/05/2017
铌	Catalão 矿山	PH57	深水井 PA 10 许可证	有效	382/2015	742/2015	29/06/2015	29/06/2027

矿种	矿山	档编码	描述	状态	进程编号	公共许可 编号	生效日期	失效日期
铌	Catalão 矿山	PP00444	RAC Coqueiros 授权矿产研究	分析研究 中	5159/2015	无	无	无
铌	Catalão 矿山	PP00663	(Wando 区域) 西部无矿部分 矿床扩建 安装许可证	分析研究 中	14337/2015	无	无	无
铌	Catalão 矿山	PP00664	西部无矿部分 扩建矿床植被 移除授权	分析研究 中	14041/2015	无	无	无
铌	Catalão 矿山	PH58	Paulo e Chico 无 矿部分矿床 许可证更新	分析研究 中	11817/2015	无	无	无
铌	Catalão 矿山	PP00818	Boa Vista 矿山 (Paulo 区域) 植被移除	分析研究 中	14954/2015	无	无	无
铌	Catalão 矿山	PP00852	生产许可证 - 炸药库 s	有效	449/2016	391/2016	03/03/2016	03/03/201620
铌	Ouvidor 矿山	PH59	Dome I (Mina II) 铌开采和支援 设施安装许可 证	分析研究 中	18986/2014	无	无	无
铌	Ouvidor 工厂	PH60	II A 尾矿坝 (906 米)加高安装许 可证	有效	16790/2014	2700/2014	10/12/2014	10/12/2020
铌	Ouvidor 工厂	PH61	BVFR 工厂 生产许可证	有效	9508/2014	2767/2014	17/12/2014	17/12/2020
铌	Ouvidor 工厂	PH62	铌铁冶金及 URL (下游) 优化许可证	有效	12392/2014	2247/2015	27/10/2015	27/10/2021
铌	Ouvidor 工厂	PH63	生产许可证更 新- 铌 选厂	有效	8662/2011	2446/2013	9/04/2014	17/10/2023
铌	Ouvidor 工厂	PH64	生产许可证更 新- 尾矿	有效	17364/2010	2707/2013	13/11/2013	13/11/2019
铌	Ouvidor 工厂	PP00355	许可证 - 深水 井- PA38	有效	100/2015	071/2015	22/06/2016	20/06/2022
铌	Ouvidor 工厂	PH68	许可证 - 深水 井- PA40	有效	99/2015-36532	017/2015 1128/2015	4/09/2015	无
铌	Ouvidor 工厂	PH69	许可证 - 取水 - 铌选厂	有效	10468/2012-27184	1363/2014	16/07/2014	16/07/2026
铌	Ouvidor 工厂	PH70	铌选厂取水许 可证	有效 - 经 环境部门 分析	10467/2012-27183	1349/2014	08/07/2014	08/07/2026
铌	Ouvidor 工厂	PH71	铌选厂取水许 可证	有效	11433/2014-35221	1850/2014	1/10/2014	1/10/2026
铌	Ouvidor 工厂	PH72	新气体洗涤 安装许可证	有效	9214/2014	1784/2014	12/08/2014	12/08/2020
铌	Ouvidor 工厂	PP00077	São Marcos 河 取水许可证	有效	02501.001090/2013- 63	955	05/08/2013	05/08/2033
铌	Ouvidor 工厂	PH73	BVFR 选厂扩 建安装许可证 更新	有效	17901/2013	1618/2014	17/07/2014	17/07/2020
铌	Ouvidor 工厂	PH74	PA 18 深水井许 可证	有效	18247/2010	386/2011 961/2014	25/07/2011 08/05/2014	无
铌	Ouvidor 工厂	PH75	PA 23 深水井许 可证	有效	18250/2010-19309	343/2011	13/07/2011	13/07/2023
铌	Ouvidor 工厂	PH76	PA 24 深水井许 可证	有效	18254/2010-19245	965/2014	8/05/2014	无

矿种	矿山	档编码	描述	状态	进程编号	公共许可 编号	生效日期	失效日期
铌	Ouvidor 工厂	PH77	PA 26 深水井许 可证	有效	18224/2010-19273	388/2011 937/2014	25/07/2011 07/05/2014	无
铌	Ouvidor 工厂	PH78	PA 27 深水井许 可证	有效 - 经 环境部门 分析	18246/2010	344/2011	13/07/2011	13/07/2023
铌	Ouvidor 工厂	PH79	PA 28 深水井许 可证	有效 - 经 环境部门 分析	18249/2010-19234	346/2011	13/07/2011	13/07/2023
铌	Ouvidor 工厂	PH80	PA 29 深水井许 可证	有效 - 经 环境部门 分析	18252/2010-19248	365/2011	25/07/2011	25/07/2023
铌	Ouvidor 工厂	PH81	PA31 深水井许 可证	有效	18255/2010-19307	347/2011 963/2014	13/07/2011 08/05/2014	无
铌	Ouvidor 工厂	PH82	PA 33 深水井许 可证	有效	7490/2012-26016	386/2011 962/2014	25/07/2011 09/07/2012 08/05/2014	9/07/2024
铌	Ouvidor 工厂	PP00468	2B 坝加高安装 许可证	有效	6820/2015	818/2016	11/05/2016	11/05/2022

报告结束