

PAH發現所有履行的巨集命令都予以紀錄並且語言得體、組織恰當。所有的巨集命令包括最初的文件和相關認證，對一些資料修改和部門授權進行的說明。

MBR認識到了模型文件和有限期的重要性，為此，其努力為形成一個高品質的系統的發展和生產而不懈奮鬥。PAH相信最初控制是十分關鍵的一個步驟，這些十分重要的特點將會保證通過對複雜的套裝軟體進行一系列的計算所得結果的品質。

3.3 樣本數據審核

對於所有論文和污染物中粒度分數的描述，MBR對其相關資料進行了十分詳細的報導和說明。這些報導對三種粒度分數的五種變量進行的說明。並且，本報導通過對樣本的復原和密度計算十分詳細地的介紹了MBR是如何使用積累和補償的。

3.3.1 積累

MBR通過等級積累來對大量粒度分數的不同之處進行研究說明。在建模期間，關於顆粒尺寸比例（總樣本的百分比）以及每種大小分數的積累價值進行了估計。為了編製這些數據，通過相關大小分數的比例說明對更多的文章進行的研究，以便獲得幾何方面的相關支持。

$Z_c(v) = Z(i) \times W(i)$ 當：

$Z_c(i)$ = 關於大小分數積累品位 i

$Z(i)$ = 關於大小分數的原材料品位 i

$W(i)$ = 大小分數 i (%)

PAH研究數據庫時注意到，儘管分析品位和大小分數並非高度相關，贗本不同的大小分數的檢測卻高度相關。然而，檢測 $Z(i)$ 和積累檢測 $Z_c(i)$ 的資料比較顯示差異較大。當PHA使用積累檢測和非積累檢測測試各種模型和插值塊，得出結果差異非常大。看來積累檢測的使用實現了統一幾何支持。MBR提高了積累變量中鐵含量的變化性，赤鐵礦中鐵含量最高為70%，當鐵補充值接近70%時完成鐵的積累：

$Z_c(i) = (70 - Z(i)) \times W(i)$ 此處：

$Z_c(i)$ = 與大小分數相關的積累互補品位 (i)

$Z(i)$ = 與大小分數相關的原始互補品位 (i)

$W(i)$ = 大小分數 (i) (%)

由於積累變量是其他兩個變量的計算結果，每一個變量改變都將影響累計結果的分佈。如果一個變量的變化係數比另一個的變化係數高很多，積累值頻率分佈將會與高變化性變量分佈相似。預計變量圖也是這樣變化。

積累建模是南部體系裏MBR和CVRD礦場的一個標準方法，考慮到報告資源按粒度分數測量組分類的要求，PAH認為積累建模程式是適合的程式。MBR在該程式中實施系統的、有組織的和紀錄妥善的方法。

3.3.2 回收率

所有鑽孔間隔的回收率保存在數據庫中。拒收間隔小於2.9米的的鑽孔。MBR假設勘探系統損耗細粒，這些細粒在液體和泥漿中將丟失。由於積累值是估計得出的，MBR把所有估計的未回收的物質分佈到小於6.3毫米的大小分數，並與這些組獲得的比例成百分比，來糾正可能的顆粒尺寸偏差。不改變大小分數品位，但需調整採樣的總品位（原礦物）以補償低回收率時可能的偏差。

考慮到粒度分數和其相關值建模的重要性，PAH認為該方法合理。這是實現模型粒度閉合的第一步，計算了所有組分，他們的加和為百分之百。MBR 陳述說大多數20世紀80年的鑽孔，岩芯浸取率都有問題。現在MBR利用較大直徑岩芯，浸取率通常高於90%。PAH假設產生任何偏差都會導致對粗料的低估。

3.3.3 密度

所有採樣岩石使用默認密度，只有赤鐵礦密度（P）（乾燥質）根據粒度分數W1計算得出（組分大於6.35毫米）。

$$p = 0.0151 \times W1 + 2.9489$$

濕基轉換考慮到了硬礦石的水含量差異。(HO) 和軟礦(MO, SO, VSO)：

$$(HO) = ((0.0151 \times W1) + 2.9489)/0.9670$$

$$(MO, SO, VSO) = ((0.0151 \times W1) + 2.9489)/0.9411$$

記錄了用於計算和轉換的係數，報告了係數測定方法。PAH認為這些係數適當。

3.4 幾何支架

3.4.1 複合

只有「同位素」或「平衡」樣本數據用於複合物，這些複合物中有所有粒度分數的數值。複合物長度為10米，這是所有MBR礦的開採台階高度。拒收長度小於2.9米的複合物。複合物指定為主要岩性的岩性「LITO」碼。

3.4.2 岩塊尺寸

MBR所有礦床模型統一使用10m尺寸的岩塊，僅Abóbora岩塊尺寸是平面20米，高度10米。MBR提供了對岩塊尺寸和估測誤差的研究，以支持該選擇。MBR表示可以對每個礦區符合選擇採礦單位的決議進行地質建模。

開採前，MBR最初使用加密勘探按100米-100米格子鑽探礦床以實現50米- 50米（或70米- 70米，據地質複雜程度）。隨著採礦進行，每個25米間隔採集樣本，PAH測試了不同地區一些礦床使用不同岩塊尺寸時的影響，並未發現估測資源的顯著差異。PAH認為岩塊尺寸不會對報告資源或儲量產生影響。

3.4.3 渠道樣本

MBR提供了廣泛研究，證實複合數據庫中渠道樣本的內含物質。MBR認識到了分析方法和樣本支持中的差異。MBR為每一個礦床提供2個樣本類型的相關矩陣和方差分析，這2個採樣類型是從相距15米距離開採的兩組樣本中取得的。MBR報告一般相關到低相關性、相似性變異和差異跡象。

PAH認為研究結果並未證明樣本類型的結合，然而，MBR指出了渠道樣本對短期開採計劃的重要性。MBR同樣指出了渠道樣本在變差法的用處，因此很好的獲得了其含有物短距離的水準結構。不管採樣類型結合是否有效，它有助於做出地質決定，這是非常有益的，PAH認為這不會對儲量造成較大影響。

3.5 地質統計分析

3.5.1 鐵品位和雜質

為每個大小分數、複合總值或整體分析（原礦物）的複合累積值創建了變量圖。通過合成謹慎維持粒度閉合（組分加和是100%）和相應分餾加權分析平均值的整體分析。取得克立格參數的目的是盡可能維護模型塊閉合。

複合過程中，僅使用「同位素」或平衡採樣（有所有組分值的採樣）。這樣做的目的同樣是維持岩塊平衡。所有變量變量的採樣數量是一致的。PAH注意到不同顆粒尺寸的變量圖是相似的。對於每一個變量，MBR對所有顆粒組模擬同樣的範圍、各向異性和結構數量。礦塊和底梁會改變，但是MBR正考慮採用一個方法，該方法中組分與原礦物存在差異關係，而底梁則與該差異關係成比例。鑒於模型要求準確地類比組分對應品位和雜質，並維持閉合和平衡，PAH認同MBR採取的方法。

雜質包括：鋁、矽、磷和錳。PAH與MBR同時開始工作並各自獨立模擬每一個礦場的雜質。

3.5.2 岩性指標

MBR 建立並類比岩性指標變量圖，為所有礦床資源信心分類的分配標準推到克立格參數。在Capitao do Mato, Tamanduá and Sapecado，它們同樣用做更複雜的含鐵岩石的指示克立格。分配複合物變量「INDI」，如果複合物是赤鐵礦（HO, MO, SO）或豐富或易碎鐵英岩，這裏的INDI=1，否則INDI=0。

PAH利用來自 Tamanduá 和 Capitao do Mato的資料構建了指標變量圖，該變量圖與MBR報告的變量圖非常相似。岩性分類提供了更多分析數據。因為目的是說明該範圍的「礦石」和「非礦石」岩性，PAH認為這似乎是一個適當的做法。

3.6 地質模型開發

地質模型建模方法和詳細程度不同。在Pico, Abóboras and Capáo Xavier橫截面建立絲框實體岩性模型，基於全岩塊基礎，模型岩塊位置分配「LITO」碼（無次單元）。Jangada應用了從平面到剖面的方法。在Capitao do Mato, Tamanduá 和 Sapecado，14種含鐵岩石指標包括在廢物岩性範圍內。

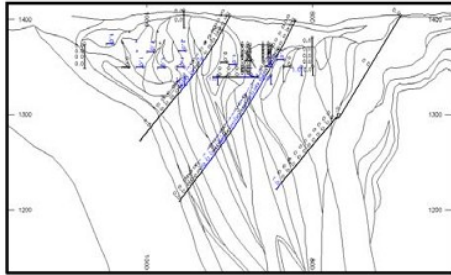
如圖3-1所示，MBR為每個解譯的地質斷面創建一個2維岩性塊模型，用「軟數據」增加複合物的「硬數據」。使用圍牆將岩塊限制為Y和Z形，僅一個岩塊形狀為X形。

利用綜合數據集，基於之前提到的克立格參數用克立格法得出岩性指標。一個岩塊的LITO值由最高場指示值確定。這個過程實施中重要岩性太複雜，因此不能從一個斷層聯繫另一個斷層並包括鑽孔、渠道和坑內測繪所有可獲得的資訊。創建的岩性模型按照鑽孔檢查斷面和平面，如有必要，進行調整。因為地質情況是確定礦石和廢物的主要因素，所以地質控制了品位建模時的品位和雜質分配。

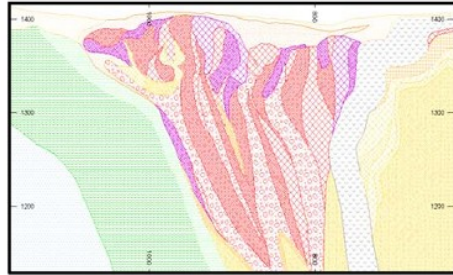
PAH詳細研究了該方法，並觀察了近幾年研發該方法的DEGL人員的操作。PAH認為該方法優於試圖說明岩性的線框形方法。岩性區線框經常產生意想不到的礦區數量和邊界變形。MBR使用相對簡單的指示方法說明了岩性數量和地點邊界部分，並與解譯斷面說明部分相同。

3.7 品位模型開發

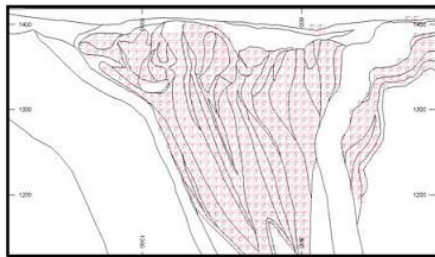
普通克立格用於分配品位和雜質，仿真採區位置。岩塊離散化在XYZ上分別是4,4,1。所有大小分數都使用了同樣的橢圓鄰域搜尋法。由於採樣格已經旋轉至礦化，因此沒有再使用旋轉。



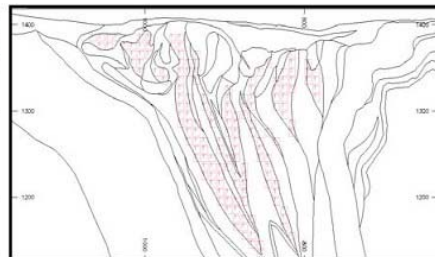
硬數據



解譯的地質斷面



軟數據及所有 LITO



軟數據 LITO=1

圖3-1 地質建模

樣本數量最少為4，最大為20。不使用八分儀搜索或限制同一個礦井採樣數量。第二階段插值放寬最少樣本數量至2個樣本。

普通克立格適合用於品位和顆粒粒度分數插值，PAH對此表示認同。估測所有分數時對閉合和平衡過分關注是適當的，並且最大化了模型中關閉採區必要的調整量。MBR正在考慮其他方法以應對雜質的更多不規律性，如條件模擬。PAH認同應對此進行調查，尤其是短期開採計劃。

3.7.1 粒度閉合

儘管使用了均衡和封閉複合、同樣的鄰域搜索和相似的克立格參數，通常不封閉採區。由於不同大小分數的變量圖礦塊和底梁不同，克立格權重不同。大小分數加和（Wi）不是百分之百，由微小加權值(Ali)加和而確定數值，不同於總複合原礦物值插補分配的值。

$$\sum_{i=1}^3 Wi^*(v)_{ko} \neq 100 \qquad \sum_{i=1}^3 ALi^*(v)_{ko} \neq ALT^*(v)_{ko} \times 100$$

為了校正這些差異並維持閉合和平衡，在大小分數中分配了獨立大小分數和其克立格值的一個調整，這樣他們就對應總品位和數量。

$$Wi^{**}(v)_{ko} = Wi^*(v)_{ko} \times 100 / \sum_{i=1}^3 Wi^*(v)_{ko}$$

$$Ali^{**}(v)_{ko} = Ali^*(v)_{ko} \times 100 \times ALT^*(v)_{ko} / \sum_{i=1}^3 ALi^*(v)_{ko}$$

這些調整必須考慮到儲量報告和最終模型的礦區規劃要求。如上所述，MBR試圖將其最小化，避免產生偏差。

3.8 資源可信度分類

資源根據「風險指數」分類，該風險指數由Ihm+rsib+sib指標（3.5.2節描述）的克立格值和該變量的克立格方差得出。1995年DEGL員工提出該方法，MBR對該方法進行了大量研究。

鐵品位不是確定石塊是礦石或廢料的主要參數。關鍵參數是，該石塊是否位於岩性定義的礦區內。礦石岩性內鐵品位是均勻和連續的。變量圖範圍很長。MBR採用的方法結合了（1 - IK）變量中的地質確定性，這通過減去指示劑克立格結果或減去礦區範圍記憶體在採區的概率而獲得。克立格方差是「風險指數」的另一個部分。常利用係數1.5將對變量標準化，以及把分類限制應用到「DIST」中，最終主觀確定每一個礦床。

MBR 基於風險指數通過測量、說明或推斷（例如在 Capitao do Mato）對石塊分別分類：‘DIST<0.9’，‘0.9<DIST<1.3’ 和 ‘DIST>1.3’。風險指數值是從點（1-IK, 方差 K/sill）到原點的距離。

PAH檢查了平面和剖面可信度分類並認為，它對除了Capão Xavier之外的所有模型似乎都是合理的，Capão Xavier模型缺少其他主要礦床的採樣密度。

3.9 模型驗證

PAH在視覺上對比了平面和剖面中採區原礦物（全鐵）品位和複合分佈值。品位預測與周圍數據一致，也進行了岩性目視檢查，PAH發現模型很好地匹配複合岩性。

MBR使用分格法為與克立格結果統計比較分簇合成測驗。MBR通過測量和說明對赤鐵礦岩塊和分簇資料進行比較，為Capitao do Mato 和Tamanduá提供了一個整體統計比較。MEDIA_DESAG是分簇赤鐵礦複合物的平均（算術並非密度加權），MEDIA是克立格岩塊的調整品位（閉合和平衡）的平均。MEDIA_DESAG和MEDIA對比相當。

PAH發現這些數值非常接近，足以說明沒有較大偏差。這些比較是重要的，特別是為模型閉合和平衡做出的調整。PAH建議對所有MBR礦山進行對比。

MBR還提供了對分簇複合物克立格原礦品位和粒度組的對比，包括豎直方向和沿片走向。PAH發現趨勢對比良好。正如預期，分簇複合物平均值更加分散。少量變量中存在漂移隨深度而變化，例如W1（顆粒粒度分數）和FET（全鐵）。為Capitao do Mato 和 Tamanduá 模型提供了整套的這種條帶檢查（X，Z），但僅為其他模型提供部分檢查。PAH認為這些檢查很重要，應該對所有模型實施該檢查。

MBR（2003年底，2004年初）為Capitao do Mato和the Tamanduá提供之前估計的比較，該比較顯示Capitao do Mato赤鐵礦資源增加7.8%，Tamanduá赤鐵礦資源減少3%。MBR對該差異解釋說，增加是由持續的開發計劃產生的，減少是由於對岩性進行重新分類造成的。沒有其餘模型的比較資料。既然已研發成功比較的基礎，PAH建議持續對比所有礦山。

3.10 調節：從模型到礦藏生產

MBR已開發了從模型到礦山生產的調節程序，目的是用於MBR所有的礦場。計算兩個地表之間的數量，這就是大約1個月的產量。結合這些模型，代表一年的產量。然後比較模型中數量和品位與MBR生產控制系統中的數量和品位。最全面的調節是對Tamanduá綜合礦場的調節，它由下列主要礦場和設備組成：

- Tamanduá 礦場 (TAM)
- Capita do Mato 礦場 (CMT)
- Vangem Grande 礦石加工廠 (ITM VGR)
- B1礦石加工廠 (ITM B1 位於 CMT)
- B2 礦石加工廠 (ITM B2 位於 CMT)
- A 礦石加工廠 (ITM A 位於 CMT)

有許多項目複雜化了生產數字報告，這包括：由於Capão Xavier礦石的延遲開採導致2004年1月到2004年6月Tamanduá綜合礦場為Mutuca加工廠提供礦石，其他複雜因素包括礦石儲存，Capita do Mato礦場的ROM與Tamanduá的礦石混合。儘管存在各種情況，MBR仍試圖量化調節結果。

概括地說，Tamanduá綜合礦場定量和定性調節結果表明，與生產線複雜性相關的最大差異下，調節誤差小於10%。考慮到物料流的複雜性，PAH認為該協調誤差是可以接受的。該協調誤差與世界其他物料流相對較簡單的礦場的調節誤差處於同一個數量級。

對於其餘綜合礦場，由於獲取單個顆粒粒度分數品質資訊困難，僅限於調節整體總原礦物。MBR打算在生產控制系統中實施更好採樣，以克服該困難。

為Capão Xavier礦場提供了調節結果，該礦場於2004年6月開始運營。考慮到採礦時間短，且不久將來MBR將對礦床重新建模，PAH認為調節結果並非決定性的。考慮到採樣密度的大量增加，PAH同意應對CPX進行重新建模。重新建模完成時，MBR應對模型資訊和採礦資訊進行調整。MBR也認識到應更加頻繁的對主要礦場的進行調節，而不是一年一次。PAH建議每個季度調節一次。

3.11 預計礦產資源

在上述討論和建模的基礎上，MBR為每一個礦山實施了礦產資源估算，如表3-2顯示。估算的礦產資源是確定礦物儲備的基礎。

表 3-2

Companhia Vale do Rio Doce

2004年12月 – 儲量審核

MBR 礦藏礦產資源量

礦藏	赤鐵礦					
	探明儲量		預測儲量		總礦產資源量	
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)
Tamanduá	185.9	67.3	35.7	66.7	221.6	67.2
Capitão do Mato	134.3	66.8	80.2	66.7	214.5	66.8
Abóboras	27.8	66.2	4.1	66.5	31.9	66.2
Pico/Sapicado	111.4	67.0	20.9	66.4	132.3	66.9
Capão Xavier	151.1	66.1	36.5	65.7	187.6	66.0
Jangada	45.3	66.7	29.8	66.9	75.1	66.8
總計	655.8	66.8	207.2	66.5	863.0	66.7

礦藏	鐵英岩					
	探明儲量		預測儲量		總礦產資源量	
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)
Tamanduá	47.4	50.1	50.0	48.5	97.4	49.3
Capitão do Mato	50.6	50.2	48.4	49.4	99.0	49.8
Abóboras	5.0	58.1	113.5	56.6	118.5	56.7
Pico/Sapicado	111.4	50.3	78.3	48.1	189.7	49.3
Capão Xavier	31.7	51.6	40.3	48.2	72.0	49.7
Jangada	10.4	49.9	10.8	49.2	21.2	49.5
總計	256.5	50.5	341.3	51.2	597.8	50.9

礦藏	總礦產資源量					
	探明儲量		預測儲量		總礦產資源量	
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)
Tamanduá	233.3	63.8	85.7	56.1	319.0	61.7
Capitão do Mato	184.9	62.3	128.6	60.2	313.5	61.4
Abóboras	32.8	65.0	117.6	56.9	150.4	58.7
Pico/Sapicado	222.8	58.6	99.2	51.9	322.0	56.6
Capão Xavier	182.8	63.6	76.8	56.5	259.6	61.5
Jangada	55.7	63.6	40.6	62.2	96.3	63.0
總計	912.3	62.2	548.5	57.0	1,460.8	60.2

備註：推斷儲量未包括在以上估測中。

4.0 採礦作業

4.1 概述

MBR的所有採礦作業均傳承精挑細選的傳統工藝，採用各種裝載機械，如液壓挖掘機，電力鏟等，進行露天開採。礦井通道設計為坡度8%的25 米寬雙車道運輸道。下梯段通道寬度減少為單車道，坡度為10%。礦坑排水和土工技術評估，包括連續監測等綜合方案正在編製。

2004年總開採量為12,000萬餘噸（550萬噸礦石和6,500萬噸廢石），剝採率為1.2:1（廢石比礦石）。2004年總開採量比2003年上升將近百分之二十。

MBR採礦規劃複雜，因為根據所需鐵礦產品和礦產品質要求的不同，需要將不同材料從不同礦坑運輸至不同的工藝設備，從而導致礦料流動過程複雜。雖然MBR中已有調和程式，但是，料流的複雜性使調和難以受到控制。

4.2 礦坑優化和設計

計算礦坑境界由MBR通過在採用Datamine's® NPV Scheduler®軟體中的LG圖論演算法，通過輸入不同參數從而計算出多種礦坑外形。根據優化NPV和最小化剝採率選擇礦坑外形，由此對可採礦坑包括斜坡道進行設計。PAH注意到，MBR開發出人工技術後，便生成了組織良好記錄詳實的腳本和巨集從而可以對電腦化LG過程進行控制，並使該過程能自動化運行。每個礦場均提供了報告、資料表和圖，對各項經濟和土木工程參數進行了規定。LG開發期間，相關責任人和責任部門需要進行審核並簽字。重要中間文件和最終文件需要歸檔。該系統方法確保了MBR每個礦場的可比性和優質性。

MBR的鐵礦床面積廣闊且具有極高的品位一致性。運行LG成本利潤分析之前，地質模型確定礦石和廢石的基數。在以前對MBR的開採進行審核時，錯誤地認為該公司未合理計算邊界品位，而事實上，邊界品位在鐵礦經濟學中是極為次要的因素，而地質礦石種類、礦物污染物和產品品質則是確定礦石廢石比的重要指標，遠比邊界品位重要。PAH對更為昂貴的產品進行了邊界品位計算，其最小邊界品位為42%，遠低於MBR所選的赤鐵礦和鐵英岩邊界品位，這兩種礦岩的邊界品位分別達到64%和58%（Pico綜合項目選礦的邊界品位為52%）。

礦塊淨值根據經濟參數計算得出，經濟參數則隨礦址、預期設備利用率和產品組合不同而變化。只有帖附有測定或表明礦源等級標籤的礦塊，才可認為是具有潛在收益的礦塊。而任何貼附的標籤為推定等級的礦塊則可認定為廢石。詳細的成本分析包括開採、加工、運輸（業務之間加上鐵路和港口費）、一般成本和管理成本、環境投資以及礦場服務年限內預期的未來投資，因此，礦塊的淨值需要打折12%。

對LG礦坑生成過程的限制包括土工技術礦坑斜坡限制、鄰近住宅區、國道和地方高速公路、礦田邊界和水文地質限制。以所選LG礦坑外形為基礎，將運料道路和斜坡設計到礦坑中，井壁根據土工技術指標進行平滑處理。MBR的土工技術團隊對設計礦坑進行審核，檢查礦坑邊坡指標，並確定是否有任何區域或產生破壞性事故。

圖4-1顯示的是典型的最終礦坑設計（CMT），包括了斜坡和礦坑邊坡限制。圖4-2顯示的是上述設計限制的CMT和TAM礦廠；特別說明瞭兩礦之間的住宅區。圖4-3（Pico 礦廠）顯示的是典型梯段設置、運料道路、設計限制和環境進展，例如環境再生。PAH已經對MBR採用和記錄的採礦計劃和礦坑設計程式進行了審核，認為MBR的程式要優於國際採礦業慣例中採用的標準。

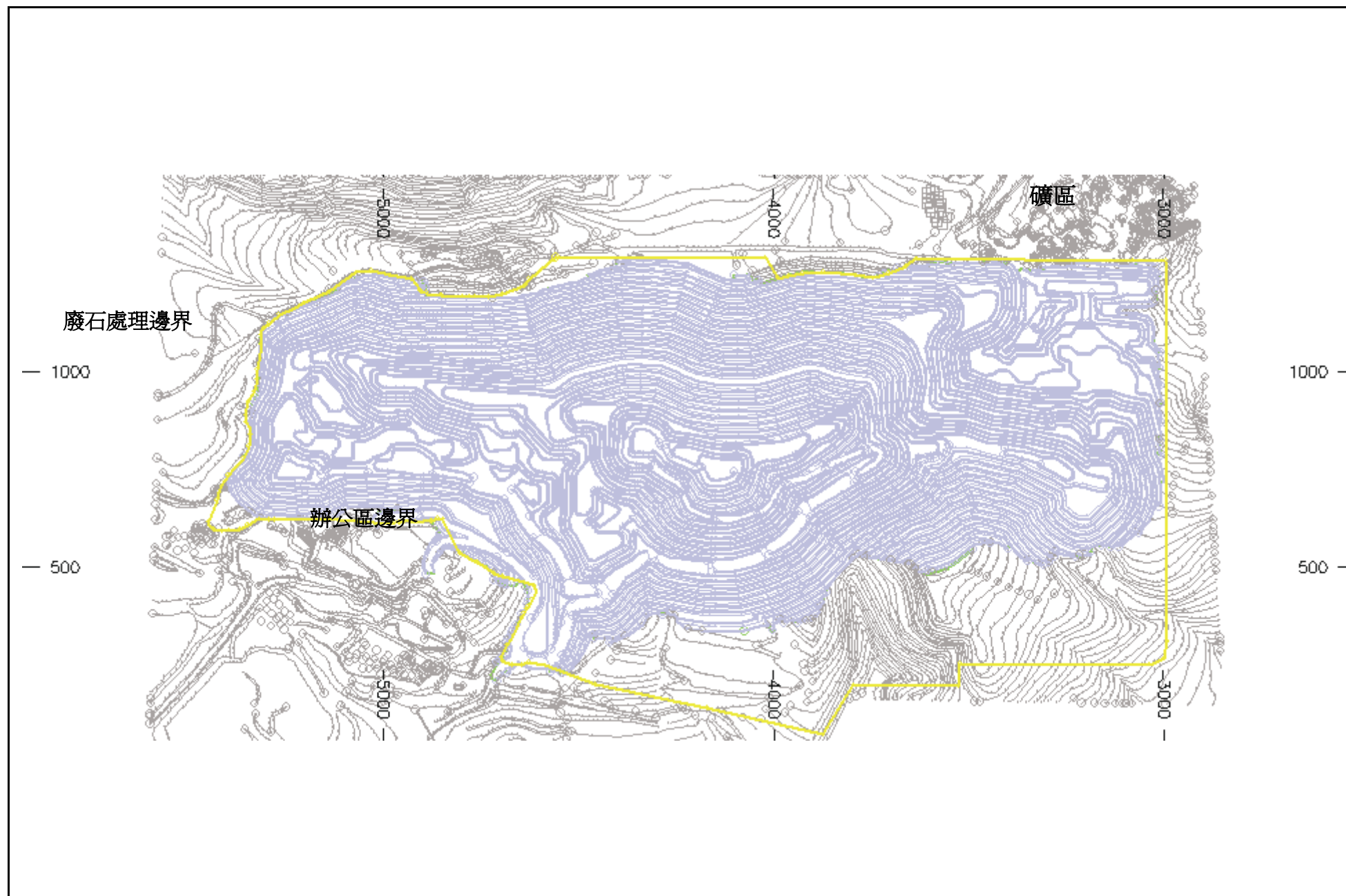
4.3 礦石儲量

根據預期產品要求，確定了最終礦坑。最終設計礦坑乃以該礦場的礦石儲量為基礎而規劃。表4-1顯示的是MBR2004年的礦場礦石儲量。

4.4 土工技術特性

MBR通過其內部人員和第三方顧問每年對每處礦場和尾礦堤進行審核，從而保證了土工技術監測的廣泛性和連續性。MBR始終堅持將土工技術資料與短長期採礦規劃團體相結合。

每處礦場內礦坑邊坡根據礦場和礦段的不同而有所不同，礦坑邊坡得到合理良好的維護。由於礦址靠近住宅區，且靠近具有歷史意義的國家保護遺跡（Pico礦場），因此對井壁進行了不間斷的監控。MBR非常重視對鄰近社區和國家保護遺跡的影響，並努力保持兩者間的利益均衡。



由PINCOCK, ALLEN & HOLT製備  地址：274 Union Boulevard, Suite 200 Lakewood, Colorado 80228電話號碼：電話號碼： (303) 986-6950 項目編號 9416.00	圖片提供／製備方為： Companhia Vale do Rio Doce 項目名稱 2004 年儲量審核 Reserve Audits	圖 4-1 MBR - CAPITAO DO MATO - 最終坑道	發佈日期 2005年4月 圖片名稱 圖4-1.cdr
--	--	---	---

Tamanduá 綜合項目



由PINCOCK, ALLEN & HOLT
製備
地址：274 Union Boulevard,
Suite 200
Lakewood, Colorado 80228
TEL: (303) 963-8800 FAX: (303) 963-8801

項目編號

9416.00

圖片提供／製備方為：

Companhia Vale do Rio Doce

項目名稱 2004 年儲量審核

圖 4-2
MBR - CMT & TAM 礦場

發佈日期

2005年4月

圖片名稱

圖4-2.cdr



由PINCOCK, ALLEN & HOLT
製備地址：274 Union
Boulevard, Suite 200 Lakewood,
Colorado 80228
電話號碼：(303) 986-6950

圖片提供／製備方為：**Companhia Vale do
Rio Doce**

項目名稱2004年儲量審核

圖 4-3
MBR - PICO 礦場

發佈日期2005年4
月

圖片名稱
圖4-3.cdr

項目編號：**9416.00**

表 4-1

Companhia Vale do Rio Doce 2004年12月- 儲量審核

MBR礦場石儲量

礦場	赤鐵礦					
	已證實儲量		可能儲量		總礦石量	
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)
Tamanduá	77.9	67.2	19.1	66.6	97.0	67.1
Capitão do Mato	99.3	66.9	47.7	66.8	147.0	66.9
Abóboras	13.8	66.8	16.4	66.3	30.2	66.5
Pico/Sapicado	30.6	66.6	4.2	66.2	34.8	66.6
Capão Xavier	130.8	66.1	32.5	65.7	163.3	66.0
Jangada	42.6	66.6	22.5	66.5	65.1	66.6
总计	505.0	66.6	142.4	66.4	647.4	66.6
鐵英岩	已證實儲量		可能儲量		總礦石量	
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)
Tamanduá	5.3	59.4	3.9	59.0	9.2	59.2
Capitão do Mato	8.9	59.5	5.3	59.3	14.2	59.4
Abóboras	1.4	59.7	1.2	59.4	2.6	59.6
Pico/Sapicado	19.1	58.4	6.3	58.2	25.4	58.4
Capão Xavier	2.6	59.4	0.9	59.4	3.4	59.4
Jangada	2.3	58.7	0.9	58.1	3.2	58.5
总计	39.6	58.9	18.5	58.8	58.0	58.9

礦場	總礦石儲量							
	已證實儲量		可能儲量		總礦石量		矸石	總量
	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Fe (%)	Mt	Mt
Tamanduá	83.2	66.7	23.0	65.3	106.2	66.4	150.3	256.5
Capitão do Mato	108.2	66.3	53.0	66.1	161.2	66.2	180.8	342.0
Abóboras	15.2	66.1	17.6	65.8	32.8	66.0	28.5	61.3
Pico/Sapicado	49.7	63.4	10.5	61.4	60.2	63.1	66.9	127.1
Capão Xavier	133.4	66.0	33.4	65.5	166.7	65.9	90.9	257.6
Jangada	44.9	66.2	23.4	66.2	68.3	66.2	96.3	164.6
总计	434.6	65.9	160.9	65.5	595.4	65.8	613.7	1,209.1

- 1) 赤鐵礦中Fe邊界品位為64%，鐵英岩中Fe邊界品位為58%，Pico除外，其Fe邊界品位為52%。
- 2) 噸為淨噸數。

4.5 採礦計劃

MBR將採礦計劃分為長期計劃和短期計劃。長期計劃針對礦場服務年限，確定了每年採礦計劃。每年都需要對礦場服務年限內礦坑開採計劃和生產進度進行編製，從而可以對行業現狀進行量化，並對必要的產品調整作出充分準備。這一計劃使計劃團隊能將關鍵項目，例如礦石貧化、工藝損失，現場經濟學指標和調和指標等與計劃過程相結合。

短期計劃為周計劃，該計劃最長期限為一年，且與長期計劃緊密結合。短期計劃採用的參數與長期計劃中的參數相同，並另外對設備可用性參數進行了分析。兩組團隊都採用了由長期計劃團隊開發的相同塊模型，該模型包括地質模型和品位模型。

PAH同意採用該方法，因為該方法的計劃過程更為堅實，且能更好地為適應不斷變化的市場需求提供預期產品。

4.6 採礦業務

礦場工況極好，運料道路得到很好的保護。採用了雙階梯開採，以減少接滾石平台數量，並使出礦量最大化。開採台階面角設計合理，且支撐牢固。PAH觀測到總體的坑道斜坡和階梯寬度合理。井壁有少許脫落，但問題不嚴重。總體上，在雨量充沛、當地地質條件多變的情況下，井壁外形屬保持良好。

也許有人會注意到所採用的開採方法，並質疑為什麼未採用大型採礦設備，但是，應記住鐵礦開採重要的是產品品質和規格，而不僅僅是金屬品位。礦石混合工藝採用精選採礦技術，從開採面開始進行，這就解釋了為什麼會採用更小巧卻具有更多功用的採礦設備。

採礦由巴西聯合礦業公司人員和採礦承包商分別採用各自備設備進行開採。過去兩年，MBR和採礦承包商的產量分成加權平均值分別為75%和25%。從歷史上來看，承包商都被用來開發新礦場，並對將近枯竭的礦場剩餘部分進行開採。無論MBR或承包商是否參與了開採作業，採礦監督人員均由MBR的人員組成，隨時對整個開採作業進行監督和指導。採礦進度表按每年52周，每週7天，每天四班，每班六小時為基礎編製。

MBR所有礦場的鑽探和爆破作業均由該公司人員實施，鑽探和爆破具有一定選擇性，因為並非所有礦區都需要爆破。在靠近住宅區或關鍵岩土工程區的礦坑區域進行鑽探和爆破作業時，特別採取了保護措施。

礦場裝載設備包括有鏟車（鏟土量為7- 18 m³）和液壓挖掘機（挖土量為2- 4 m³）。運料設備包括Scania 32噸礦石運輸車和主要用於廢石運輸的136噸拖運卡車。PAH注意到設備供應商數量眾多，MBR對此指出，由於礦場靠近巴西主要城市Horizonte市，因此可以不考慮採用部分或主要供應商的設備。礦石輸送系統與各主要設備結合。MBR正考慮將輸送系統也安裝到承包商的設備上，以提高開採效率。

PAH注意到採礦設備狀況極佳，並受到很好維護。裝載車裝載量合理，無超載現象。設備維修廠乾淨，組織良好，配備有現代化的維修設備。

在各礦場低窪地帶設置了地表水集水坑。採礦前，這些區域的積水均被抽空並進行了清理。PAH注意到，一旦運料道路或礦坑底因水份過多而變泥濘時，礦場便迅速調派平土機或推土機到現場進行清理。礦場工況極佳，無嚴重積水問題。

每月對礦坑掘進情況進行檢查，相關資訊與長短期採礦計劃相結合。同時，通過將該資訊與運輸車輛數量和設備重量資訊比較，對總礦料流動進行檢查。

4.7 建議

通過對現場進行的考察，以及與MBR各部門或業務的負責人員開展討論，PAH已經對MBR的採礦優化、設計程式和作業進行了審核。PAH認為MBR正進行的採礦計劃和採礦作業，符合國際通用的採礦標準，很多方面甚至超過了國際通用的採礦標準。

PAH對MBR採礦作業所提出的唯一建議是，該公司應注意Jangada市粗碎工廠的所在地區的交通。粗碎工廠所在地交通極為擁擠，難以控制。因此，如能拓寬入口通道，或另選出口，有助於改善這一情況。PAH認為這一問題優先級為第3級，不會對MBR的礦產儲量報表造成影響。

5.0 礦石加工

5.1 一般操作

MBR的礦石加工設施由十台加工設備構成，這些設備分別從Belo Horizonte市南部和西南部的六個礦場綜合項目調入。所開採並進入加工設備的礦石包括高品位軟硬質赤鐵礦和易碎富鐵鐵英岩。低品位易碎鐵英岩不進行加工，並從開採區清除，並與廢石岩石分開堆放。目前，這些鐵英岩不作爲儲礦石使用。

礦石加工設備生產四種基本礦石產品：塊礦、赤鐵礦塊礦、燒結料和團礦料粉。而這四種基本產品又根據不同品位／規格，分爲18個子類產品，以滿足國內和出口客戶的需要。

2004年產量爲4230萬噸。2005年預算產量爲4600萬噸。燒結料爲最大單一產品，年產量超過總礦產量的50%，其次爲塊礦，塊礦佔總產量的21%，再次爲團礦料粉，產量爲15%，以及赤鐵礦塊礦，產量爲12%。

5.2 歷史生產和流程圖開發

MBR於1960年代首次開始大規模鐵礦生產，主要生產塊礦和燒結料。這些產品當時採用的是簡單的乾燥粉碎和篩分設備生產，這些設備類似於現在生產工業石材產品及／或砂礫石的設備。後來，其他礦石產品也進入了產品列表。團礦料粉的生產需要增加濕法加工工藝，這一工藝需要採用重力、磁性、脫泥、浮選、濃縮和真空過濾設備操作，以達到規定的產品品質。因此，設備流程圖變得更加複雜，需要更爲複雜的設備工藝控制系統和對運至這些設備的礦料的更優良的上游混合控制。同時，還需要對尾礦進行處理和存放，以便處理多達三種的不同尾礦產品，以及封閉式循環水系統中的循環工藝。

從早期生產歷史可以看出當時的設備和工藝無法從礦石中回收大量高品位鐵礦顆粒。這些高品位礦料中大多含有60%至66%的鐵礦，但卻被處理到尾礦池中。MBR已經報告，該類高品位精礦料的儲備量有1200萬噸，且通過利用現代工藝流程、設備和技術可以經濟地對該礦料進行回收和處理。

表5-1所示爲過去15年四種主要產品的歷史生產情況。在此期間，Augus Claras的礦場和其礦廠已停止了生產，而Mutuca公司的礦場也已經廢棄，但Mutuca礦廠仍繼續從其他鄰近礦場接受原礦。同時，在此時期內，在Vargem Grande、Jangada和Aboboras地區已經出現新的礦廠。另外，Mutuca和Pico廠在這15年間經過升級，開始生產附加產品。

圖5-1至5-9所示為10所加工廠的工藝流程圖：

- 圖 5-1– Mutuca (MUT)
- 圖 5-2 – Capitaó do Mato (CMT) – 乾式處理
- 圖 5-3 – Tamandúa (TAM) – 乾式處理
- 圖 5-4 – Vargem Grande (VGR)包括上述CMT和TAM
- 圖 5-5 – Abóboras (ABO) – 乾式處理
- 圖 5-6 – Jangada (JGD)
- 圖 5-7 – Pico (PIC) – A1 and A2 礦廠
- 圖 5-8 – Pico (PIC) – B 礦廠
- 圖 5-9 – Pico (PIC) – D 礦廠

這些礦廠和工藝流程圖代表了正在進行的進化過程。2005年各工廠正進行擴建和改良，Miguelão研究實驗室和試驗工廠的技術發展人員正對未來的技術改進進行估算。目前，巴西聯合礦業公司MBR主要開採高品位赤鐵礦，計劃2008年將開採更多鐵英岩並進行造粉加工。而且，MBR已制訂了更強勁的計劃，確保鐵英岩的技術和工藝流程能不斷更新改進和發展，同時為了適應MBR業務的這一巨大變化，還將引進和培養更多的礦石加工和造粉技術人才。地質人員從礦物學角度對鐵英岩礦產資源進行了仔細研究和檢定，從而明確了鐵英岩礦石儲量，並創建了用於成功開採和加工業務的良好模型，以適應計劃中的新礦石加工和造粉設備的需要。

除柱式浮選機和強磁場分離設備以外，其餘加工設備為被世界各國認可，已在世界各地使用了數十年的傳統設備。種類、型號和尺寸等，本文恕不繁述，各設備有關詳情可參閱PAH文件。柱式浮選機和若干強磁場分離設備為新近開發設備，但在近15至20年已得到世界各國認可。

表 5-1

Companhia Vale do Rio Doce

MBR 礦石加工

歷史工藝生產（百萬公噸）

產品	選礦廠	年度														
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
LO	MAC	2.3	2.1	2.1	1.6	1.6	1.5	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7	0.9	0.6		
	MUT	1.9	1.7	1.6	2.1	1.8	1.9	2.0	2.1	2.4	2.0	2.2	1.8	1.2	2.0	1.1
	PIC	0.7	1.0	1.0	0.9	1.2	1.6	1.7	2.2	2.4	2.0	2.5	2.3	2.7	2.6	2.5
	TAM				0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2	
	CMT								0.1	0.0	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
	VGR												1.2	2.6	3.0	3.7
	JGD												1.1	1.0	1.2	1.2
	ABO															0.1
	總計	4.9	4.8	4.8	4.8	4.9	5.4	5.1	5.8	6.1	5.4	6.4	8.1	8.9	9.4	8.9
Hematitinha块 母	MAC												0.0	0.0		
	MUT	0.8	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.5	0.7	0.8
	PIC	0.4	0.6	0.7	0.6	0.7	1.3	1.3	0.9	1.0	1.1	1.3	1.1	0.9	0.9	1.0
	TAM				0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0			
	CMT								0.0	0.0	0.2	0.0				
	VGR												0.2	0.8	1.1	2.3
	JGD												0.7	0.5	0.7	0.8
	ABO															
	總計	1.2	1.3	1.5	1.5	1.4	2.2	2.1	1.5	1.7	1.9	2.2	3.0	2.7	3.4	4.9
SF	MAC	6.0	6.3	6.7	7.3	6.0	3.7	3.5	2.9	2.8	2.1	1.9	1.3	0.8		
	MUT	2.5	2.2	2.3	2.8	2.3	2.6	2.9	2.8	3.2	3.1	3.5	4.1	3.0	3.7	4.3
	PIC	0.5	1.1	1.4	1.4	2.7	4.4	4.6	4.4	4.6	5.2	5.2	5.2	5.3	6.2	6.6
	TAM				0.2	0.6	1.2	1.6	2.2	1.9	1.1	1.7	0.7		0.2	0.3
	CMT								0.0	0.2	0.6	1.0	0.6	0.7	1.3	0.6
	VGR												1.5	3.5	5.0	8.8
	JGD												1.0	0.9	1.1	1.5
	ABO															0.1
	總計	9.0	9.7	10.4	11.8	11.6	11.8	12.7	12.3	12.6	12.1	13.2	14.4	14.2	17.5	22.2
PFF	MAC	3.9	4.1	4.4	4.6	4.4	2.8	2.4	2.2	1.9	1.4	1.1	0.4			
	MUT	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	1.2	1.0	1.3	1.2	0.7	1.2	0.8
	PIC					0.2	1.6	2.4	2.8	3.1	3.1	3.1	2.9	2.8	2.9	3.0
	TAM															
	CMT															
	VGR												0.5	1.3	1.5	2.5
	JGD															
	ABO															
	TOTAL	4.6	4.8	5.1	5.5	5.4	5.3	5.9	5.9	6.2	5.5	5.5	4.9	4.8	5.6	6.3
總計	MAC	12.3	12.6	13.2	13.5	12.0	8.0	6.8	5.9	5.6	4.2	3.7	2.6	1.4		
	MUT	5.9	5.3	5.4	6.6	5.5	6.0	6.5	6.2	7.3	6.6	7.8	8.0	5.4	7.6	7.0
	PIC	1.6	2.6	3.2	2.9	4.8	8.9	10.0	10.3	11.1	11.4	12.0	11.6	11.7	12.6	13.1
	TAM				0.5	1.1	1.9	2.4	3.0	2.5	1.6	2.3	1.0	0.3	0.4	0.3
	CMT								0.1	0.3	1.2	1.5	1.0	1.1	1.7	0.9
	VGR												3.4	8.2	10.6	17.3
	JGD												2.8	2.5	3.0	3.5
	ABO															0.2
	總計	19.7	20.5	21.8	23.5	23.4	24.8	25.7	25.5	26.7	25.0	27.3	30.4	30.6	35.9	42.3

圖例:

MAC - Águas Claras	PIC - Pico	CMT - Capitão do Mato	JGD - Jangada
MUT - Mutuca	TAM - Tamanduá	VGR - Vargem Grande	ABO - Abóboras
LO - 塊礦			
SF- 燒渣粉礦			
PFF - 澄漿礦			

5.3 最近性能表現

表5-2所示為主要礦廠近期回收表現，表5-3所示為2004年礦廠生產情況，包括從礦場至礦廠的原礦石流量，以及礦廠產品。在礦石加工期間，產生的尾礦總量為1,253萬公噸。礦廠尾礦產品和處理系統將在本節末進行討論。雖然一些礦廠的採收率已經上升，但從當前礦廠尾礦中回收其他礦石仍有巨大的發展空間。根據MBR所提供的原始資料表明，2004年礦石的總回收量估計為74%到75%。

表 5-2

Companhia Vale do Rio Doce 2004年12月 — 儲量審核

歷史工藝回收率

選礦廠	年度				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mutuca	83, 5%	79, 1%	75, 2%	75, 8%	79, 0%
Pico D-Plant	83, 2%	81, 9%	81, 9%	80, 7%	82, 0%
Vargem Grande		83, 5%	81, 1%	80, 7%	79, 0%
Jangada		66, 4%	66, 4%	67, 4%	76, 8%

5.4 礦廠產品、混合和運輸

如圖5-4所示，每個礦廠都有特定的工藝流程，以從經開採和混合後的礦石中生產所需要的產品。礦廠最終產品儲存在礦廠內指定的混合堆場，以便隨後採用車輛運輸或傳送皮帶運輸的方式將產品運送到三個軌道車裝料站中的一個。Vargem Grande 和Pico 礦廠是最大的兩座礦廠，其2004年的總產量分別達到1,730萬公噸（40.8%）和1,310萬公噸（31.0%）。

表 5-4

Companhia Vale do Rio Doce 2004年12月 — 儲量審核

MBR礦廠產品

礦廠	塊礦	Hematitinha塊礦	燒結粉礦	造球粉礦
Mutuca	X	X	X	X
Vargem Grande *	X	X	X	X
Abóboras	X	-	X	-
Jangada	X	X	X	-
Pico A1	-	-	X	-
Pico A2	-	-	X	-
Pico B	X	X	X	-
Pico D	X	X	X	X

* ITMB1 (CMT)和ITMB2 (TAM)均為乾式加工廠，通過乾式工藝設備的粉碎和篩分，將原礦石從各礦場送料至VGR礦廠。各礦廠的礦石均進行了堆放，並由傳送皮帶回收，送至位於VGR礦廠的均質化堆料場。

表 5-3
MBR 礦場和礦廠
2004 年生產情況

TABLE 5.3 MPR MINES AND PLANTS 2004 PRODUCTION											
開採噸數 (1,000)	<u>CPX</u> 5 350		<u>TAM</u> 13 151		<u>CMT</u> 13 350	<u>APO</u> 220	<u>JCD</u> 4 453		<u>PICO</u> 15 216		<u>TOTAL</u> 54 750
開採公噸數 (1,000) TONNES MILLED (1 000)		<u>MUT</u> 5 036	<u>TAM</u> 205	<u>UCF</u> 21 501	<u>CMT</u> 555	<u>APO</u> 207	<u>JCD</u> 4 625	<u>PICO A</u> 4 153	<u>PICO P</u> 2 006	<u>PICO D</u> 11 514	<u>TOTAL</u> 54 575
開採公噸數 (1,000) TONNES PRODUCT (1 000)		7 062	205	17 302	555	103	3 550	2 114	1 255	0 (5)	42 345

中央控制室對產品混合品質進行了極為嚴密的監控。無論是存放在礦場／礦廠混料區的礦石，還是存放在軌道裝料站的礦石，所有堆料的所有類型礦石的數量和品質都受到不間斷的監控和檢查，並傳遞到中央控制室。裝船要求經過審查，從中央控制室到礦場以及軌道裝料站，均有詳細的裝運指示，以符合規定的貨運要求。雖然裝運貨物時也曾出現過問題，但與產品品質無關，只是在貨物中偶爾發現雜質，例如木屑和鐵屑等。

通過鐵路運輸的礦廠產品在三個軌道裝料站中的一個裝料站進行裝料。年代最久遠的裝料站是Olhos D'Agua裝料站，該站用於裝載來自位於Belo Horizonte市Mutuca礦廠的產品。而Jangada礦場的產品則在Sarzedo裝料站裝車。最大的裝料站是Andaime裝料站，該站裝載所有來自Tamanduá 和Pico綜合項目中南部區域礦場的所有鐵路運輸產品。Vargem Grande的產品可以直接用火車裝運，而Pico礦廠的產品首先需要進入混合堆場。裝載火車約有120至132節車廂，每節車廂裝運量為98公噸，火車往返Guiaba港裝料站需要2.5天時間。

5.5 尾礦和再生水系統

四座採用濕法處理的礦廠（Mutuca、Vargem Grande、Pico及Jangada）均有尾礦和再生／循環水處理系統。其他礦廠採用乾式處理，因此不需要對濕尾礦產品進行處理。Mutuca礦廠生產礦泥和磁選尾礦，這兩種產品均被排放到已於2003年4月廢棄的Mutuca礦坑中。此前，這些尾礦均放置在Mutuca5#號礦壩中。在將濃縮後的尾礦送到尾礦處理場之前，從高能濃縮機中將Mutuca工藝水回收再循環到礦廠。

Vargem Grande 礦廠生產三種尾礦產品。溜槽尾礦是一種粗礦料，經脫水處理，還原為乾產品。泥尾礦和浮選尾礦排放到Vargem Grande礦壩並沉澱到上游壩頂後面，形成平台，利用該平台為下一壩加高施工週期作準備。再生水由壩區泵站再循環回到礦廠。2005年年初，浮選尾礦已經回流並存放在當地廢棄的礦坑內。2007年後，當Vargem Grande礦壩存滿，所有尾礦將排放到Pico礦場區域儲存。

Pico A及B 礦廠的尾礦以及Pico D礦廠尾礦均通過混凝土渠道輸送到Maravilhas II礦壩。2015年後，所有Pico 和Vargem Grande礦廠的尾礦將被排放到廢棄的Pico礦坑。尾礦送至礦壩前，Pico礦廠的礦泥濃縮機將回收工藝水以便再循環。Jangada尾礦送入尾礦濃縮機，在此，淨化水被排回至礦廠，濃縮後的尾礦進入4#礦壩。

由於今後尾礦存放區數量有限且將更難獲得存放許可證，因此如何提高回收率並盡可能減少尾礦的產生，或如何採用更先進的方法在現有存放區內能存放更多尾礦這一問題就顯得至關重要。

5.6 取樣和工藝控制

礦廠在整個工藝流程中均配備有合適的機械採樣設備。幾乎不採用人工採樣。為保證精確度以及保證良好控制，採樣點和採樣頻率都經過仔細設計。在礦廠現場均就礦廠工藝控制樣品的水份、尺寸和X-射線化學分析進行了處理。用以確定礦廠生產能力和產品品質的礦料和產品樣品被送至Pico 礦場的化學實驗室進行工藝和化學分析。該實驗室通過嚴格的分析程式，採用X射線、ICP和滴定的方法對樣品進行了化學元素和無機化合物分析。同時也對這些礦廠樣品的水份和尺寸進行了分析。據了解，最終浮選尾礦（掃選機浮選）經過了取樣、分析和報告，以便對Pico和Vargem Grande礦廠進行工藝控制。但是在礦廠工藝流程／物料平衡示意圖上的物料平衡中未作報告。該實驗室還對MBR的地質鑽孔岩芯、渠道採樣和其他樣品進行了處理和分析。實驗室制定了一個強勁的設備校準計劃，並按常規採用標準樣品檢查各種分析方法的分析精確性。該實驗室還與其他知名國際實驗室一起進行了一系列試驗，並在分析精確性方面取得了較高的評級。

礦廠工藝控制系統為高精製最新設備。通過礦廠內的線上感測器可獲得控制資訊，並且從礦廠控制抽樣設備可獲得分析資訊，因此，礦廠業務更為穩定並能良好受控。唯一例外的是Vargem Grande礦廠，據報導該廠的浮選工藝因浮選循環礦料流過於細微且含有氧化鋁雜質而受到不良影響。這導致洩漏、低品位控制及更高浮選鐵損失。

5.7 觀察和意見

- MBR礦廠總體運行良好、設計合理、環境整潔，並得到良好維護。
- 採樣和工藝控制極佳。
- 原礦混合操作設計精巧，保證了對產品品質的有效控制。
- 在浮選和過濾工藝中，因多餘的細礦粉、礦泥和氧化鋁雜質，偶爾會對工藝造成影響。
- VGR礦廠的真空過濾能力勉強合格，而從以往記錄觀察，該工藝能力正日益下降。

- 在礦廠工藝流程的最後階段，對礦粉的處理中，出現較大喘振和失衡工況，由此導致工藝流程不暢。這表明工藝流程中這些工藝部分所採用的設備對於喘振造成的超載工況設計安全係數不足。

5.8 建議

- 1) 考慮增加VGR和Pico礦廠增加的浮選能力。機械浮選對於粗矽石粒的浮選具有一定優越性，可以解決柱式浮選工藝中的超載問題，從而可提高整體回收率和品位控制。
- 2) 考慮改進脫泥工藝，例如採用選擇性分散劑，以挑出更多的礦泥、氧化鋁雜質、磷酸等，或者考慮增加一台脫泥旋流器，以清除更多的不良成份。
- 3) 由於掃選機浮選最終尾礦流已經過採樣，因此在工藝流程物料衡算中應顯示出相關資訊。這樣有助於對性能進行監控。
- 4) 考慮在VGR礦廠採用更先進的過濾系統操作和維護程式。消除真空系統滲漏故障，維護過濾介質並考慮採用化學脫水劑和絮凝劑，以提高過濾速度並降低濾餅內水份。如果這些措施均無效，則必須增加額外的過濾設備。
- 5) 考慮在所有操作中，對過濾系統性能進行改進。過去三年以來，造球粉中的運輸微水含量持續增加。每年造球粉的運輸量接近700萬公噸，如果微水含量超過必要含量的1.5%至2.0%，則MBR將因多運水份（少運鐵礦石）而承擔更高額的成本，並且將因微水含量超過客戶規定要求，而面臨危機。
- 6) 制訂長期規劃，使巴MBR能適應即將面臨的生產變化，即加工更多鐵英岩和加工較少赤鐵礦的變化。這一規劃包括培養更多的具有設計、建造、啟動和操作選礦設備和造球設備能力的技術人員，同時包括完成必要的地質工作，以確定和檢定鐵英岩礦源，以明確儲量，從而制訂採礦規劃。
- 7) （如MBR未開展此事項）MBR應通過對所有設備的綜合進料和生產公噸數進行低矽生鐵分析，從而對所有生產的年度低矽生鐵回收率和乾物料回收率進行計算和報告。

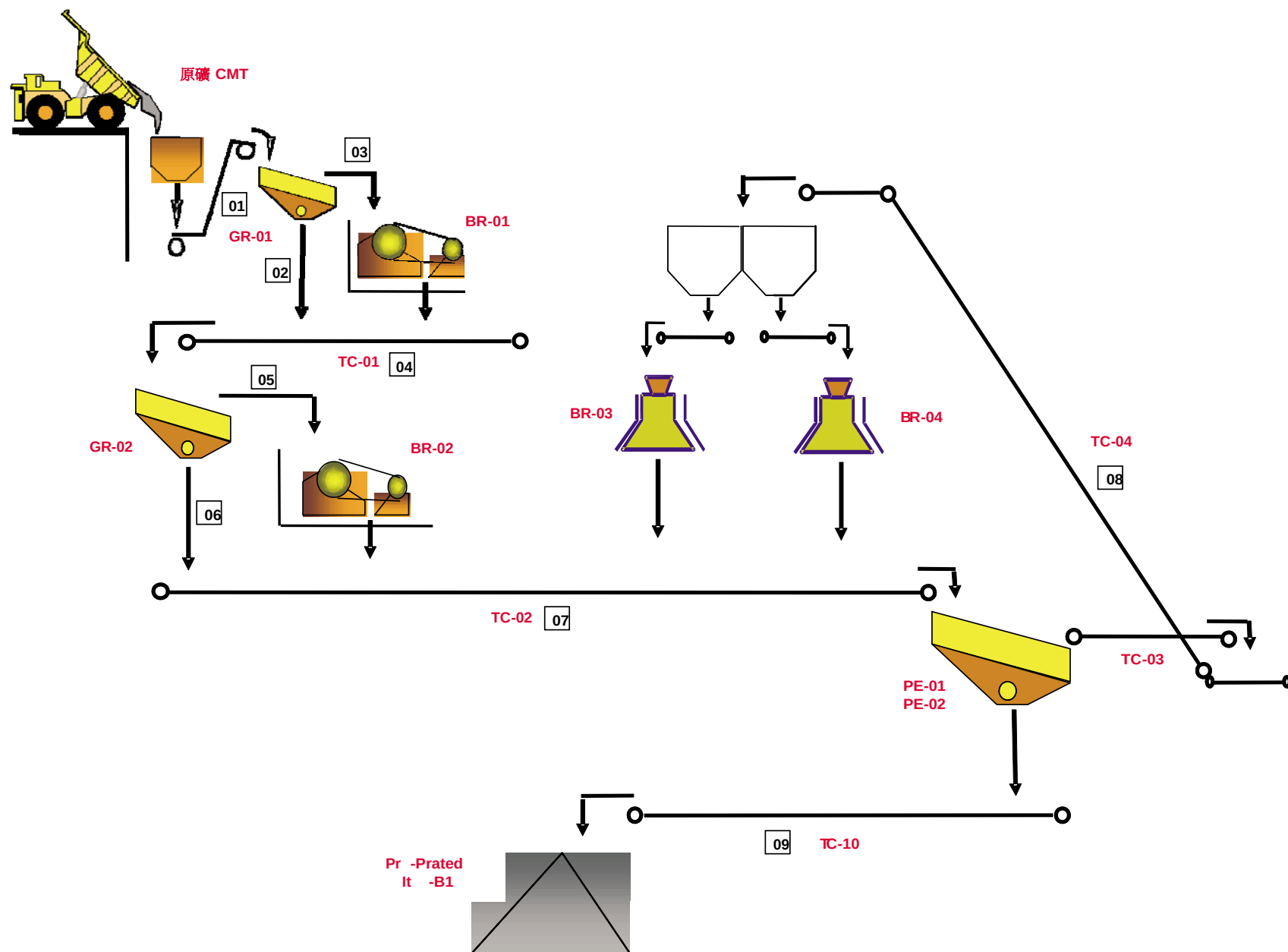


圖 5-2

MBR — 冶金設施工藝流程圖 (ITM B1)

製作科羅拉多80228萊克伍德
蘇威特200號聯合大道274
PINCOCK, ALLEN & HOLT
電話: (303) 986-6950

圖紙提供/圖紙製作

Companhia Vale do Rio Doce

項目名稱

2004年礦場儲量審核

發佈日期

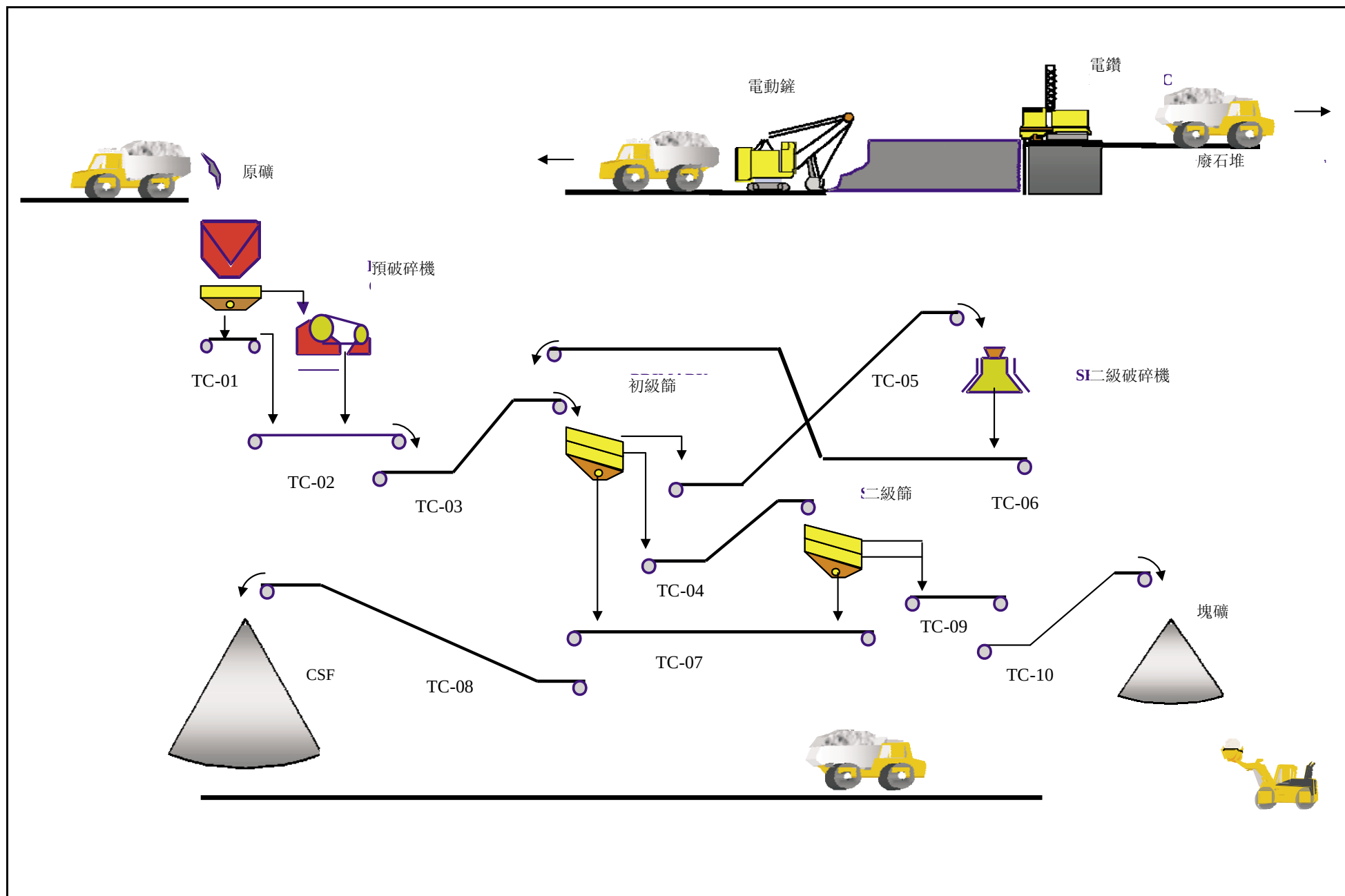
2005年4月

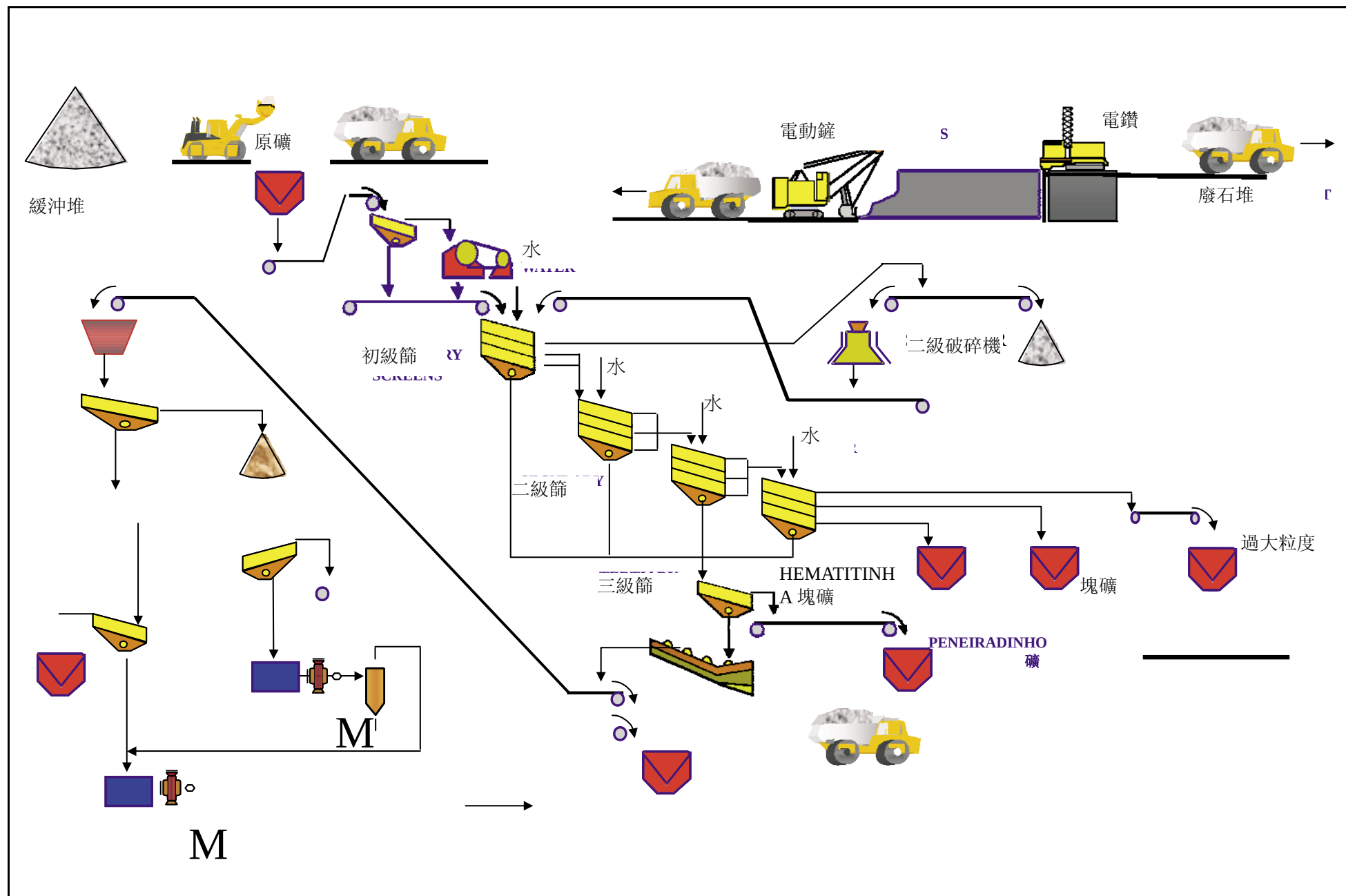
圖片名稱

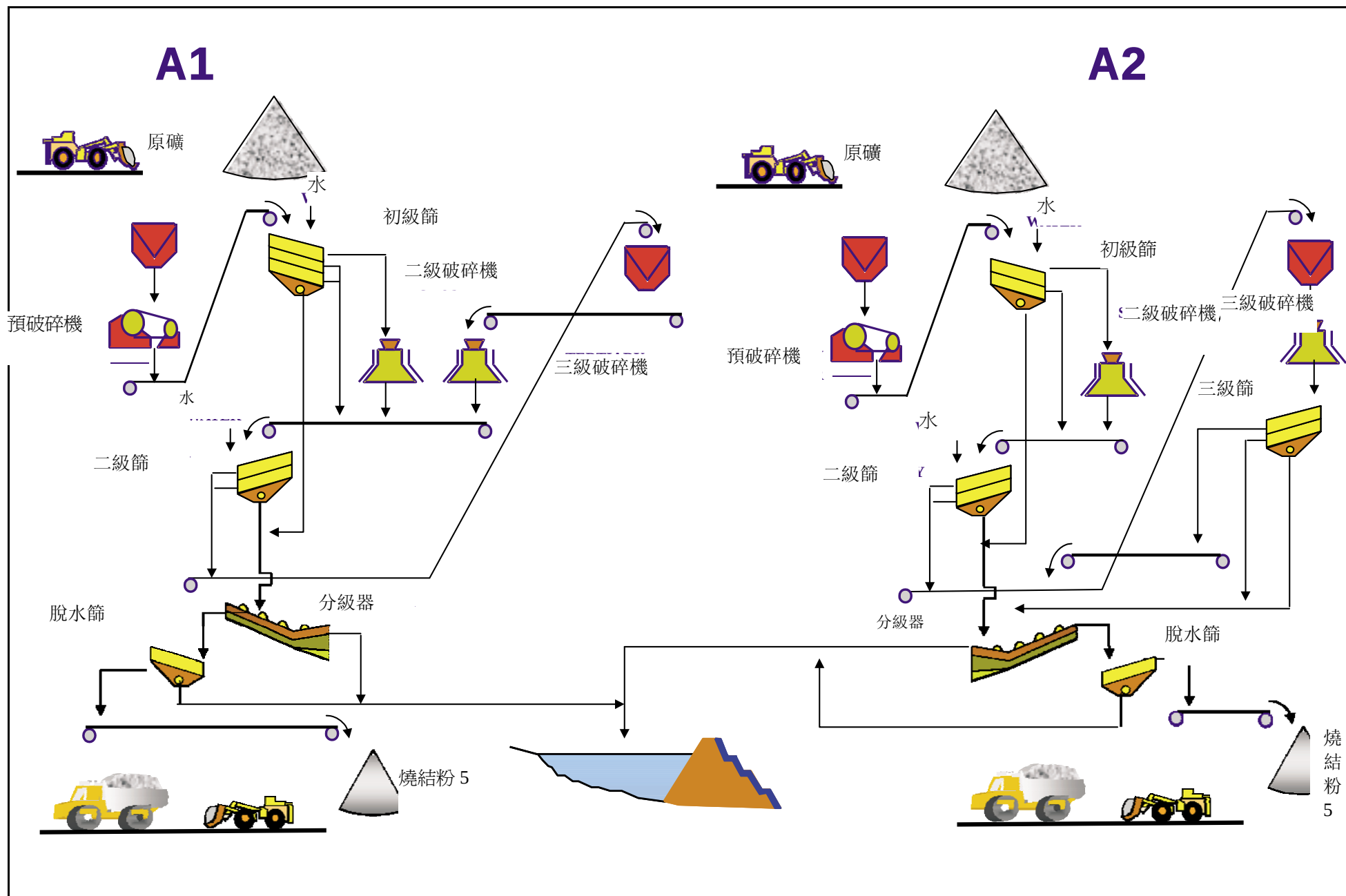
圖5-2.cdr

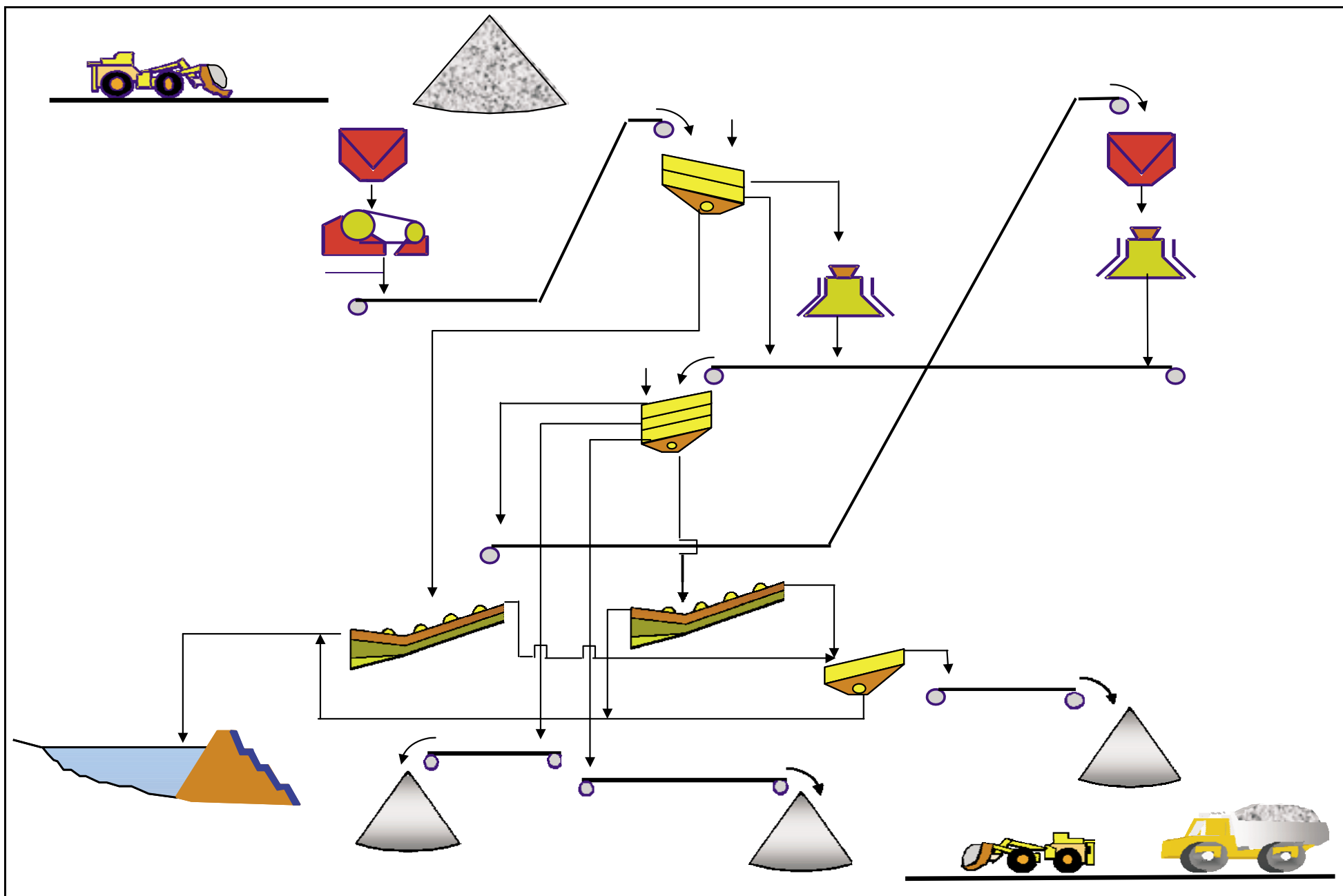
項目編號

9416.00









6.0 基礎設施

MBR擁有優良的基礎設施，為其在靠近貝洛奧里藏特市的礦場的採礦活動提供支持，相對於巴西境內其他大多數採礦公司的礦場來說，巴西聯合礦業公司MBR的礦場選址位置更佳。PAH認為貝洛奧里藏特市對MBR綜合礦場的經營成功有著極大的促進作用。

- 貝洛奧里藏特市是巴西主要的採礦中心，特別是鐵礦的開採。據報道，該市市區人口為4百萬。該市以及其他周邊較小的衛星城市為MBR提供了優良的人才資源。
- 該區域已經開發成為大型生產基地，能提供巴西境內其他地區無法提供的各種設備和服務。該區附近有著眾多生產和服務供應商。直接從當地供應商就能購得所需的設備備件。
- 該區配備了良好的交通設施，高速路、鐵路和航空設施俱全。
- 該區能提供許多專業性服務，例如工程、礦務顧問和建設等。
- 電力資源可靠，供電迅速。採礦活動用水資源豐富。
- 通訊系統優良可靠。包括陸線和移動電話服務，以及大量的電視和廣播站。
- 從多角度考慮，例如娛樂休閒、購物環境、氣候條件、安全和健康環境和良好社區服務等方面，該區是就業人員的理想居住地。
- 公共設施齊備，提供良好的道路交通、安全可靠的飲用水、良好的污水處理、醫療和健康服務，同時犯罪率較低。
- 該區配備有良好的初級和中級教育系統，可為採礦活動提供必要的商業和技術勞動力、技師、技工和操作人員。

表6-1所示為由MBR提供的人力資源花名冊。

表 6-1

Companhia Vale do Rio Doce 2004年12月 –儲量審核

MBR人力資源

部門	2004 – 實際				2005 – 預算				差 '05-'04
	MBR	臨時工	合同工	總數	MBR	臨時工	合同工	總數	
行政管理	3	1	0	4	3	0	0	3	-1
保衛	6	5	3	14	0	0	0	0	-14
安全	0	0	0	0	3	0	0	3	3
項目管理	8	0	0	8	9	0	0	9	1
地質和開採品質（Gen及	54	7	30	91	56	6	48	110	19
實驗室）維護（移動式）	152	6	0	158	154	22	0	176	18
	159	60	22	241	182	44	22	248	7
經營公司									
MUT	111	9	82	202	131	15	95	241	39
TAM	317	10	82	409	329	17	84	430	21
CMT	339	19	122	480	346	17	121	484	4
PIC	566	33	263	862	583	29	365	977	115
VGR	185	6	60	251	187	6	77	270	19
ABO	3	0	70	73	7	0	86	93	20
JGD	49	4	401	454	68	0	354	422	-32
CPX	33	2	210	245	56	2	284	342	97
總MG	1,985	162	1,345	3,492	2,114	158	1,536	3,808	316
TIG港	415	45	194	654	403	43	207	653	-1
總差	2,400	207	1,539	4,146	2,517	201	1,743	4,461	315

7.0 環境、健康和安全

7.1 簡介

儲量審核過程中的環境、安全和健康(EHS)部分，主要集中在MBR的Mutuca、Tamanduá、Capitão do Mato、Abóboras、Pico/Sapecado、Capão Xavier、Janagada 和 Aguas Claras綜合礦場相關礦場環境、設備安裝和操作方面。儲量審核中EHS部分的主要目的在於確定有哪些環境、健康和安全管理問題會對MBR的公告儲量開採能力造成影響，或者確定有哪些EHS方面的問題會對該公司的持續可行性造成重大責任及風險。礦藏審查中的EHS部分並未對所有EHS管理方面的相關的程式、活動和記錄進行詳細審核，而是重點關注如果採取合理措施，對EHS風險和影響進行確認、監控和解決。

EHS審查範圍涉及到所有與公告儲量開採相關的設施和活動，以及與廢棄設施（例如，Aguas Claras礦場的尾礦和廢石岩壩尾礦）相關的設施。

PAH的EHS審核方法主要集中在以下三個方面：

- 許可證：是否已經獲得所有主要法定和環境許可，允許MBR對已公告儲量進行開採。
- 管理：是否建立了EHS管理制度，如果有，是否有效運行。
- 監測和一致性：是否MBR對許可證所要求的環境參數進行了監測，並且是否能保持一致性。

進行審核時，PAH依靠由巴西聯合礦業公司MBR提供的資料和數據，並且對所有礦場和相關設施進行了實地視察。同時，PAH與巴西聯合礦業公司MBR負責EHS事務管理的代表們進行了會議討論。

7.2 法律和許可

7.2.1 礦產所有權、開採權和用水權

MBR向審核團隊提供了所有正在進行採礦作業礦產的礦產圖和地政局數位。根據這些資料，PAH得出結論，即，除有待下節討論的三個區域以外，MBR對其正在進行開採活動的所在地具有法定所有權。

根據申請授予礦產請求權證，礦產請求權證申請時，首先授予勘探許可證，其次，需完成可行性報告，證明採礦業務具有一定的存續性。以上許可證由國家礦物生產部(DNPM)管理。雖然礦產請求權證和礦產邊界不必一致，但是大多數的MBR的開採和加工活動，都是在MBR擁有礦產權的土地上進行，此三個實例說明，礦產請求權範圍超過了MBR的礦產邊界。審核團隊對MBR與各礦產業主簽訂的合同進行了檢查，合同標明以上業主允許MBR使用上述請求權，可越界在鄰近礦產區域活動。

要求取得任何地表水和地下水源的用水許可證，該許可證由Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IMGA)簽發。PAH對七個綜合礦場的用水許可證進行了審查，認為許可證有效。

PAH另外對以下經營許可證進行了審查：

- 巴西陸軍工程兵購買和存放硝酸銨許可證；
- 公司活動許可證；
- 爆破許可證；
- ANFO卡車許可證；以及
- 聯邦政策登記證書

總之，根據提供給我方的數據，並通過對MBR人員的面談，PAH認為所有的MBR綜合礦場均已取得了礦產權證、礦產申請權證，用水權證和許可。環境許可證下的礦場和礦廠實際經營許可證也已取得。

7.2.2 環境許可證

PAH對MBR的環境許可的審查，包括評估各採礦作業中的環境影響研究(EIS)以及審查環境經營和安裝許可。

在MBR的內部圖書館，PAH對Mutuca、Tamanduá、Capitão do Mato、Abóboras、Pico/Sapeçado、Capão Xavier及Janagada礦場的EIS研究進行了審查，並對現有環境條件相關的詳細程度和複雜性進行了檢測。以上研究經過了詳細核對，確保採用了適用的方法，進行環境影響分析，以便確定影響因素，以及推薦適合的緩衝方法。

就上述所有情況看來，PAH滿意於所有採礦設施的環境影響研究已根據相應的國家和國際標準進行了準備，並認為該研究較完備且較廣泛。

所有MBR綜合採礦場的所有設備安裝（從基礎建設，例如道路、輸送機、礦坑和加工廠至礦場和礦廠的加工設備）環境許可和操作環境許可均通過了審查。對各設備的許可類型、FEAM證書編號、期滿日期進行了盤點。基於該審查，PAH決定對目前儲量的開採作業已經取得了所有環境許可。

7.3 健康和環境管理體系

7.3.1 政策和架構

確定、管理和控制EHS風險的能力減小了工時損失事故的發生率，以及環境破壞或其他導致巴西聯合礦業公司MBR無法對公告礦藏進行開採作業的事故。PAH對巴西聯合礦業公司MBR的EHS風險管理程式進行了審核。

巴西聯合礦業公司MBR已經全面實施並整合了自2001年開始生效的ISO9000/14000/18000體系。對巴西聯合礦業公司MBR的EHS管理體系的審核證明，該管理體系中的重要元素已經到位，可以使用；特別是：

- 環境政策：高級管理層已簽署環境政策。
- 環境影響識別：在綜合影響評估研究中已經確定了環境影響識別，該研究經過了PAH審核。
- 目的：目標已經明確，並為設施許可證簽發「審批條件」的一個部分，並已由其他來源產生。
- 諮詢：已經為發展和實施EMS相關的巴西聯合礦業公司MBR各級人員制定了綜合性培訓和諮詢服務。
- 操作和應急操作程序：在353個環境、應急和安全方案中已經清楚地制定了3432個標準工作程序。
- 文件：所有與EMS相關的文件已經在企業內部網、基於網路的綜合管理系統內進行了處理和保存，所有負責上述制度實施的人員均可訪問。
- 責任和上報架構：所有程序和設施已清楚劃定。
- 培訓：已經實施了培訓計劃，並且經過PAH審查。

- 審核和符合性監督：實施了定期內部和外部審查（證明和維護），並已對相關記錄進行了檢查。
- 持續改進：PAH從2001年至2004年，透過實施內部和外部審查，對事故和不符合性報告進行了檢查。事故和不符合性事件發生率正在下降。有已經實施的整改措施記錄，且從2001年至2004年，每年都制定了改進和防治措施。發展趨勢良好。

PAH審查了認證證書（挪威船級社）以及審查歷史，包括初審、證書審查和三種維護審查。2005年後期將進行換證審查。

7.3.2 管理計劃

廢物管理計劃

廢物管理計劃由一系列工作程序和規約組成，明確了所有液態、固態有害廢物的管理和最終處理。在現場考察期間，PAH注意到現場使用了廢物分離和離析工藝。所有受考察區均未發現明顯的廢物管理問題。

化學藥品管理計劃

化學藥品的管理計劃也已經在SIM中詳細說明，包括了有害化學藥品的存放、使用、運輸和處理方面的內容。化學藥品滴漏應急反應方案也已制訂。對Capitão do Mato 和 Pico/Sapecado礦廠的化學藥品存放設施進行了檢查，操作符合要求，例如在化學藥品存放區設置了規定的標識，儲罐周圍設置了防護設施，有害化學藥品的運輸採用了保護性設備。

尾礦管理計劃

巴西聯合礦業公司MBR對其所有尾礦壩進行了不間斷監測，包括移動監測和壓力計監測。每年邀請外部工程顧問對尾礦壩進行年度檢查，檢查時，工程顧問進行現場考察並對檢測資料進行審查。每隔三年，邀請國際工程顧問人員對尾礦壩進行安全風險分析。作為該審查內容的一部分，PAH對最近期的風險評估報告和建議書進行了審查，確定現階段礦壩無潰壩風險，風險管理和監測程式足夠符合要求。所有礦壩檢查均根據SIM的標準工作程式進行。

閉礦和復墾計劃

要求巴西聯合礦業公司MBR每年向管理機構提交一份年度復墾計劃，說明來年進行的復墾活動的性質和成本費用。所有設施均採用漸進式復墾。對於無生產設施（例如，Aguas Claras），要求提供詳細的綜合報告。經檢查，該閉礦和復墾計劃符合或超過了國際閉礦計劃標準要求。閉礦和復墾成本作為礦廠經營長期成本的因數。

現場考察期間，對多個復墾區域進行了考察，發現這些區域具有極高的生產能力，無重大問題。

應急反應計劃

EHS管理制度中對應急反應程序進行了廣泛說明，包括事故性溢出、火災和爆炸，其他滲漏和故障。

環境影響監控計劃

與所有經營和安裝許可證相關的審批條件（COA）明確了環境影響監控計劃。所有審批條件均劃歸SIM子類，稱為Eco-Control，明確了審批條件COA的跟蹤和監測程式和責任。PAH對於操作環境效果十分滿意，操作處於巴西聯合礦業公司MBR的監督下。

7.4 監控和符合性

審查中一個重要內容是對巴西聯合礦業公司MBR提供的環境效果監測資料，以及審批和規範要求的符合性進行審查。審查發現以下環境問題：

1. 空氣品質和噪音。除了因乾燥季節灰塵的原因而造成的季節性超標外，無明顯或長期的符合性問題。審查過程包括對位於加拿大Jardin的高音量和噪音取樣站，以及巴西聯合礦業公司MBR環境實驗室進行現場考察，考察結果表明此兩地的噪音水準符合標準要求。噪音計附有有效調校證明。
2. 地表水質和供水。在所有巴西聯合礦業公司MBR的礦產地不同區域的地表供水和水質情況進行了監測。對從污水處理設備和油水分離器流出的水的水質進行了檢測。

在一些油水分離器上測出的水質超標程度較為明顯，油脂水準超過允許限度。這些設備都與設備維修和維護廠相關。由於流出物從以上設備流出後，排入較大的收集尾礦廢水或工藝廢水的蓄水池，從而該問題得以減輕，在蓄水池內，油脂性廢水經過了再次分解或稀釋。從該蓄水池排出的油中，未發現超標。

巴西聯合礦業公司MBR承認了這些問題，並已經在一些分離器（例如Capitão do Mato礦廠的分離器）中添加了化學藥品處理設備。由於進行了以上改進，這一問題大部分得到解決。PAH認為這個問題並不嚴重，不會影響巴西聯合礦業公司MBR的作業。

3. 礦壩。參見前述尾礦壩安全和風險評估討論。

4. 複壘。複壘規劃符合設施許可條件要求，無重大問題發生。

審查表明未發現影響巴西聯合礦業公司MBR開採礦藏的監測或符合性問題。如第3優先項所述，PAH建議巴西聯合礦業公司MBR尋找替代的油水份離技術。

7.5 **總結和建議**

礦藏審查中環境、健康和安全EHS審查的目的是為了明確影響巴西聯合礦業公司MBR開採礦藏的環境或健康和安全問題，以及發現會對公司的存續能力造成明顯危害的環境、健康和安全EHS問題。經過對巴西聯合礦業公司MBR的環境、健康和安全EHS許可以及管理計劃，符合性和監測資料進行檢查，包括綜合檔審查和現場檢查，PAH未發現有任何重大環境、健康和安全問題會妨礙巴西聯合礦業公司MBR的連續作業。根據PAH的意見，巴西聯合礦業公司MBR的環境、健康和安全方面的規劃和管理符合，或超過了國際上認可的採礦標準。

本次審查中提出的唯一建議是，巴西聯合礦業公司MBR應對維修廠的油液分離技術進行改進。PAH認為該問題的優先順序為3級。

8.0 市場行銷與經濟評估

8.1 市場行銷

PAH 的市場行銷評核中包括與那些雖然不直接參與市場行銷活動但明白客戶需求和品質需求的 MBR 員工商討相應主題。由於，CVRD 未批准對正式的合同檔進行審查。因此，PAH 的評論是基於 MBR 所提供的資料，PAH 深信這些資料完全真實、正確。

8.1.1 客戶

MBR 所服務的客戶包括國內客戶和出口市場。很多國內客戶是以貨車為運輸方式從 MBR 公司的產品貯存點運貨。出口客戶由接收那些從礦井貯存點轉發到三個鐵路裝貨站的產品。然後，產品被從 MRS 貨運鐵路發運至 Guaiba 島船運裝貨碼頭，該碼頭的存儲能力為 300 萬噸，有配貨和貨物裝載能力。

2004 年該碼頭共處理貨物 3470 萬噸，計劃 2005 年處理能力達到 3600 萬噸。為了進一步提供貨運能力，需要另外安裝一台裝船機。MBR 的 2005 年預算出口市場量為 3600 萬噸，國內市場量為 1000 萬噸。MBR 有 7 家國內客戶和 31 家出口客戶（位於 18 個國家）。出口市場客戶的分佈如下：

- 歐洲 (31.1%)
- 中國 (30.4%)
- 日本 (12.6%)
- 美國 (10.1%)
- 亞洲其他國家 (7.4%)
- 中東 (4.3%)
- 台灣 (4.1%)

國內市場客戶主要是使用 hematitinha 產品生產生鐵的廠家。這些廠家佔了國內銷售量的 50%。國內最大單家客戶的銷售數量佔國內總量的 39%，佔國內利潤總額的 43%。

8.1.2 產品和定價

MBR 預計在 2005 年面向各種市場出售 18 種品位的產品。其中有 9 種不同的產品面向國外出口市場，有 13 種產品面向國內市場。僅有 4 種產品同時面向國內和國外市場。3600 萬噸產品在出口市場的平均定價為 21.25 美元/噸（船上交貨價）。面向國內客戶市場的 1000 萬噸產品的平均定價為 15.26 美元/噸（卡車或火車交貨價）。尚無有關 2004 年的平均定價資料。

2005 年出口市場產品類型細目如下所示：

4 燒結用粉礦產品	61.3%
2 造球粉產品	19.3%
2 高爐塊礦產品	13.8%
1 塊礦直接還原產品	5.6%

2005 年國內市場產品類型細目如下所示：

3 hematitinha 產品	6.9%
5 燒結用粉礦產品	31.8%
4 塊礦產品	16.3%
1 球團用粉礦產品	5.0%

8.1.3 產品規格要求

有關礦井所開採產品或是通過將兩座或多座礦場所開採產品進行混合所產出產品的常見規格要求見表 8-1 中所示。此表列出了產品化學成份品質和尺寸結構的變化。為了控制化學成份品質，需要特別注意氧化鋁和磷的總含量。所採出的原礦石中細料的含量對於設備運行而言也至關重要。細料含量過高可影響設備運行品質並導致回收損失。對於塊礦，最大偏差量在於氧化鋁、磷和錳的百分含量及小於 6.35mm 顆粒級的百分比含量。對於 hematitinha 而言，生產此產品的四個礦井在化學成份和尺寸結構方面均不相同。燒結用粉礦品質在化學成份和尺寸方面也有明顯不同。造球粉在整體品質方面最為統一。MBR 可通過在開採過程中仔細地控制原礦混合、原礦和最終產品使用均質化料堆及通過在裝車或裝船時混合產品，最大程度地降低這些變化的影響。

8.1.4 總體說明

當前市場情況非常強勁，主要是受到中國內地鋼鐵廠需求的增長的驅動。此賣方市場的情況預期將在最近幾年內冷卻下來，不過同時，對於像 MBR 這種從事具有品質要求的鐵礦產品出口的輸出礦家而言，對其品質的要求可能較前幾年還要寬鬆。這使得供應商可以將之前市場條件下無法出售的各種鐵礦產品的老料堆及高品位的細尾礦清貨。這種超常的強勁需求還導致全球各輸出國內鐵礦生產能力的大力擴張。若市場發生顯著疲軟，像 MBR 這樣的生產商必須要做好準備，以能夠在鐵礦供給過多的買方市場內保持銷售額及競爭力。這已經成為鐵礦行業的週期性現象。

表 8-1：

巴西淡水河谷公司

2004 年 12 月－礦場儲量審核

產品規格 (MBR)

產品	化學成份分析					尺寸分析	
	Fe (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	P (%)	Mn (%)		
塊礦						+31.5mm (%)	-6.35mm (%)
LORD	68.00	1.15	0.80	0.038	0.050	4.0	2.5
NLORD	67.40	1.52	0.80	0.114	0.055	14.0	2.5
LOBF	67.40	1.00	1.20	0.046	0.060	5.0	6.5
NSLOBF	67.30	1.10	1.30	0.042	0.100	5.0	16.0
LOBF-CPX	65.50	0.70	3.00	0.030	0.270	5.0	17.5
LOBF-TFA	67.00	1.00	1.20	0.050	0.185	5.0	19.0
LOBF-JGD	67.20	1.70	0.85	0.100	0.060	14.0	4.0
Hematitinha						+19.0mm (%)	-6.35mm (%)
CPX	66.40	0.60	2.20	0.030	0.190	12.0	12.0
PIC	67.20	1.20	1.10	0.048	0.130	-	11.0
VGR	67.20	1.30	1.10	0.040	0.065	-	10.0
JGD	66.90	1.90	1.00	0.118	0.095	2.0	10.0
燒結用粉礦						+6.35mm (%)	-0.15mm (%)
SSF	67.30	1.50	0.90	0.042	0.100	9.0	23.0
SF3.5	65.80	3.50	0.88	0.048	0.180	8.5	25.0
SFF	67.45	1.45	0.85	0.038	0.100	5.0	46.0
CSF	66.50	1.60	1.30	0.045	0.180	13.0	27.0
SF5	64.80	5.00	0.85	0.042	0.200	9.0	24.0
SFTFA/JGD	67.00	1.80	1.00	0.043	0.110	6.5	22.0
SE SR7	66.90	1.90	0.80	0.070	0.115	8.0	18.0
球團用粉礦						+0.15mm (%)	-0.045mm (%)
PFF	67.50	1.45	0.75	0.035	0.150	3.0	62.0
PFF2.5	66.30	2.50	1.25	0.045	-	4.5	62.0

8.2. 經濟評估

PAH 透過編製現金流量表對 MBR 鐵礦經營的經濟可行性進行了審核。儘管由於各礦場通過多個廠區和碼頭運送物料，整個組成非常複雜，因此難以使用標準現金流量分析對各礦井進行經濟性評估，不過，PAH 還是對各項經營的單位成本進行了單位成本架構審核並發現該等成本合理。將單位軌道和港口費用適當地向各礦場綜合項目進行了收取。

PAH 根據 MBR 提供的資料編製了簡化的現金流量表。已售出產品僅基於當前 PAH 所審核的綜合項目，不包含將來礦井的預期產量。利潤額是基於 2004 年的定價（鐵礦產品平均價格為 19.88 美元/噸），而非 2005 年顯著上升的價格。PAH 和 MBR 雙方同意，最好是按照 2004 年更為合理的定價計劃表計算淨現值（NPV）。

成本包括採礦、加工、運輸（MRS）、港口設施費用、環境及一般成本和管理成本。已經包含了所有有關的銷售稅和費用。折舊費和攤銷費已包含，以在應用 34% 的稅率前降低應徵稅收入。除了運營壽命內將來預期資金開支的預測金額外，折舊和攤銷中還包含了歷史非現金額。

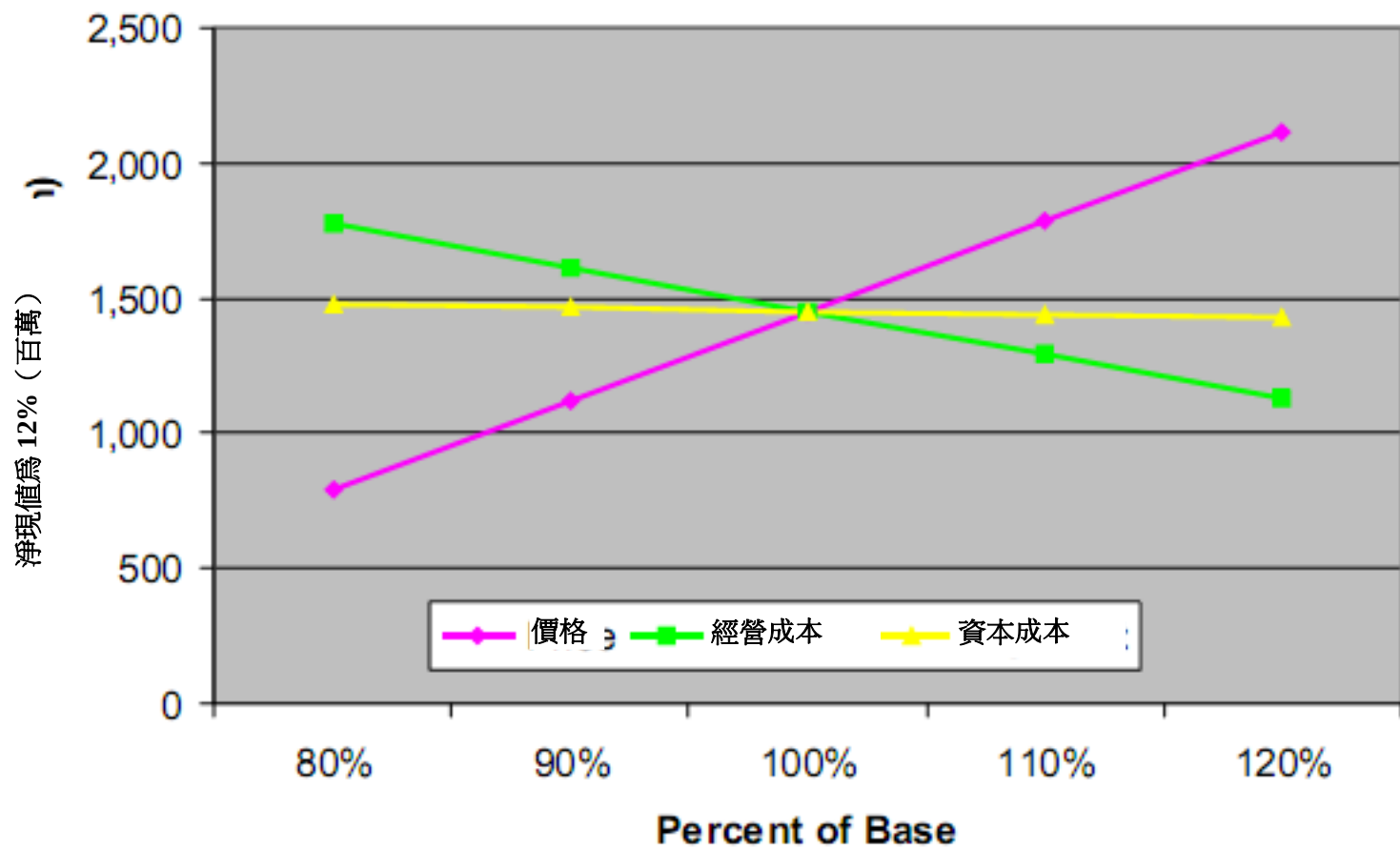
現金流量表見表 8-2 中所示。根據 CVRD 所提供資料中所示的 12% 的折扣率，MBR 經營中的淨現值為 15 億美元。此值為正值的 NPV 使得 PAH 可聲明 MBR 的儲備聲明。

針對價格、經營和資本成本計算了 NPV 的敏感度。圖 8-1 中圖示了此結果。與經營和資本成本的變化相比較，價格變化最為敏感。經營成本變化的敏感度約為價格變化的一半。資本成本根本不具敏感性，因為資本成本為支持性成本，而非通常應用於新項目的重大投資資本。

表 8-2

巴西淡水河谷公司
2004 年 12 月－礦場儲量審核
現金流（百萬美元）

[illegible]



基值百分比

圖 8-1

MBR — 現金流量對各關鍵參數的敏感性