

表 8-13  
Vale  
南部體系儲量審計  
Fábrica礦區年度成本和收入

| 單位成本 (美元／噸產品)             | 總計          | 2008實際   | 2009     | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 至2020      | 至2030      | 至2040      |
|---------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| 礦山                        |             | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77   | \$3.77     | \$3.77     | \$3.77     |
| 選廠 ITM HM                 |             | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01   | \$2.01     | \$2.01     | \$2.01     |
| 選廠 ITM ITAB.              |             | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20   | \$7.20     | \$7.20     | \$7.20     |
| 管理                        |             | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02   | \$2.02     | \$2.02     | \$2.02     |
| 鐵路運輸 MRS                  |             | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     |
| 鐵路運輸 EFVM                 |             | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54   | \$2.54     | \$2.54     | \$2.54     |
| 港口 CBPS                   |             | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41   | \$7.41     | \$7.41     | \$7.41     |
| 港口 Tubarão                |             | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88   | \$0.88     | \$0.88     | \$0.88     |
| 總成本 - FABRICA （百萬美元）      | \$ 6,709.0  | \$ 196.1 | \$ 193.6 | \$ 196.7 | \$ 207.7 | \$ 232.5 | \$ 327.2 | \$ 319.6 | \$ 316.0 | \$ 1,579.8 | \$ 1,740.6 | \$ 1,595.4 |
|                           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 銷售量 （百萬噸）                 |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 塊礦 - 外部市場                 | 17.5        | 1.9      | 1.9      | 1.9      | 2.0      | 2.3      | 0.8      | 0.8      | 0.9      | 4.7        | -          | -          |
| 燒結料 -外部市場                 | 64.5        | 5.7      | 5.6      | 5.7      | 6.0      | 6.7      | 3.9      | 3.6      | 3.6      | 18.0       | 3.8        | 1.9        |
| 球團料 -外部市場                 | 327.4       | 3.3      | 3.3      | 3.3      | 3.5      | 3.9      | 14.4     | 14.3     | 14.0     | 70.2       | 102.0      | 95.2       |
| 總計 - ME                   | 409.4       | 10.9     | 10.8     | 10.9     | 11.6     | 12.9     | 19.2     | 18.8     | 18.6     | 92.9       | 105.8      | 97.1       |
|                           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 價格 （美元／噸）                 |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 塊礦 -外部市場                  |             | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42    | \$86.42    | \$86.42    |
| 燒結料 -外部市場                 |             | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60    | \$53.60    | \$53.60    |
| 球團料 -外部市場                 |             | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85    | \$49.85    | \$49.85    |
| 銷售額 （美元 10 <sup>6</sup> ） | \$ 20,653.7 | \$ 636   | \$ 628   | \$ 637   | \$ 673   | \$ 754   | \$ 1,001 | \$ 980   | \$ 975   | \$ 4,873   | \$ 5,286   | \$ 4,847   |
|                           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 資本投入                      | \$1,921.6   | \$ 16.4  | \$ 33.5  | \$ 44.4  | \$ 259.2 | \$ 370.3 | \$ 287.7 | \$ 144.8 | \$ 52.2  | \$ 189.2   | \$ 269.7   | \$ 254.2   |
|                           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 資本支出 （百萬美元）               | \$961.9     | \$ -     | \$ 12.1  | \$ 24.0  | \$ 233.9 | \$ 333.8 | \$ 244.9 | \$ 104.9 | \$ 0.5   | \$ 0.9     | \$ 6.8     | \$ -       |
|                           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 礦山設備                      | \$69.9      | \$ -     | \$ 12.1  | \$ 6.7   | \$ 22.6  | \$ 11.1  | \$ 4.3   | \$ 4.9   | \$ 0.5   | \$ 0.9     | \$ 6.8     | \$ -       |
| 擴建Segredo露天礦 + 基礎設施遷移     | \$208.5     | \$ -     | \$ -     | \$ 12.6  | \$ 93.8  | \$ 52.1  | \$ 50.0  | \$ -     | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 鐵英岩選廠                     | \$627.0     | \$ -     | \$ -     | \$ 4.8   | \$ 106.9 | \$ 246.1 | \$ 169.3 | \$ 100.0 | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 尾礦壩                       | \$42.5      | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ 10.6  | \$ 10.6  | \$ 21.3  | \$ -     | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 地區收購                      | \$0.0       | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 排土場                       | \$14.0      | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ 14.0  | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
|                           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
| 持續資本                      | \$959.6     | \$ 16.4  | \$ 21.4  | \$ 20.3  | \$ 25.3  | \$ 36.4  | \$ 42.8  | \$ 39.9  | \$ 51.8  | \$ 188.2   | \$ 262.9   | \$ 254.2   |
| 礦山設備 (*)                  | \$345.5     | \$ -     | \$ 5.2   | \$ 3.9   | \$ 7.9   | \$ 17.0  | \$ 14.1  | \$ 11.7  | \$ 23.9  | \$ 48.9    | \$ 104.3   | \$ 108.6   |
| 選廠                        | \$614.1     | \$ 16.4  | \$ 16.2  | \$ 16.4  | \$ 17.3  | \$ 19.4  | \$ 28.7  | \$ 28.2  | \$ 27.9  | \$ 139.4   | \$ 158.6   | \$ 145.6   |

註：  
(\*) – 設備需求預測直到2030年。之後年份重複最後3年的設備需求（2028，2029，2030）。

表 8-14  
Vale  
南部體系儲量審計  
Fábrica礦區現金流

|                        | 2009-2040總計 | 2008       | 2009    | 2010    | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015    | 至2020    | 至2030    | 至2040    |
|------------------------|-------------|------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| 百萬美元                   |             |            |         |         |          |          |          |          |         |          |          |          |
| 運營總收入                  | \$ 21,289   | \$ 636     | \$ 628  | \$ 637  | \$ 673   | \$ 754   | \$ 1,001 | \$ 980   | \$ 975  | \$ 4,873 | \$ 5,286 | \$ 4,847 |
| 銷售稅費 (PIS／COFINS／ICMS) | \$ -        | \$ -       | \$ -    | \$ -    | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -    | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| 淨運營收入                  | \$ 21,289   | \$ 636     | \$ 628  | \$ 637  | \$ 673   | \$ 754   | \$ 1,001 | \$ 980   | \$ 975  | \$ 4,873 | \$ 5,286 | \$ 4,847 |
| 運營成本                   | \$ 6,905    | \$ 196     | \$ 194  | \$ 197  | \$ 208   | \$ 232   | \$ 327   | \$ 320   | \$ 316  | \$ 1,580 | \$ 1,741 | \$ 1,595 |
| CFEM (礦產稅)             | \$ -        | \$ -       | \$ -    | \$ -    | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -    | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| 總運營成本                  | \$ 6,905    | \$ 196     | \$ 194  | \$ 197  | \$ 208   | \$ 232   | \$ 327   | \$ 320   | \$ 316  | \$ 1,580 | \$ 1,741 | \$ 1,595 |
| 運營支出                   | \$ -        | \$ -       | \$ -    | \$ -    | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -    | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| EBITDA                 | \$ 14,384   | \$ 439     | \$ 434  | \$ 441  | \$ 466   | \$ 521   | \$ 674   | \$ 661   | \$ 659  | \$ 3,293 | \$ 3,546 | \$ 3,251 |
| EBITDA %               | 68%         | 69%        | 69%     | 69%     | 69%      | 69%      | 67%      | 67%      | 68%     | 68%      | 67%      | 67%      |
| 折舊                     | \$ 1,706    | \$ -       | \$ 1    | \$ 3    | \$ 6     | \$ 20    | \$ 40    | \$ 55    | \$ 63   | \$ 359   | \$ 755   | \$ 403   |
| 息稅前利潤                  | \$ 12,678   | \$ 439     | \$ 433  | \$ 437  | \$ 459   | \$ 501   | \$ 633   | \$ 605   | \$ 595  | \$ 2,934 | \$ 2,791 | \$ 2,849 |
| 所得稅／社會捐獻               | \$ 4,311    | \$ 149     | \$ 147  | \$ 149  | \$ 156   | \$ 170   | \$ 215   | \$ 206   | \$ 202  | \$ 998   | \$ 949   | \$ 969   |
| 運營利潤                   | \$ 8,367    | \$ 290     | \$ 286  | \$ 289  | \$ 303   | \$ 330   | \$ 418   | \$ 400   | \$ 393  | \$ 1,937 | \$ 1,842 | \$ 1,880 |
| 加回折舊                   | \$ 1,706    | \$ -       | \$ 1    | \$ 3    | \$ 6     | \$ 20    | \$ 40    | \$ 55    | \$ 63   | \$ 359   | \$ 755   | \$ 403   |
| 運營現金流                  | \$ 10,074   | \$ 290     | \$ 287  | \$ 292  | \$ 309   | \$ 351   | \$ 458   | \$ 455   | \$ 456  | \$ 2,296 | \$ 2,597 | \$ 2,283 |
| 投資                     | \$ (1,922)  | \$ (16)    | \$ (33) | \$ (44) | \$ (259) | \$ (370) | \$ (288) | \$ (145) | \$ (52) | \$ (189) | \$ (270) | \$ (254) |
| 運營資金波動                 | \$ (2,486)  | \$ (2,469) | \$ (1)  | \$ 1    | \$ 4     | \$ 10    | \$ 31    | \$ (3)   | \$ (1)  | \$ -     | \$ (56)  | \$ (4)   |
| 總投資                    | \$ 565      | \$ 2,453   | \$ (33) | \$ (46) | \$ (264) | \$ (380) | \$ (319) | \$ (142) | \$ (51) | \$ (189) | \$ (214) | \$ (251) |
| 稅後現金流淨值                | \$ 10,639   | \$ 2,743   | \$ 254  | \$ 246  | \$ 46    | \$ (29)  | \$ 139   | \$ 313   | \$ 405  | \$ 2,107 | \$ 2,383 | \$ 2,032 |

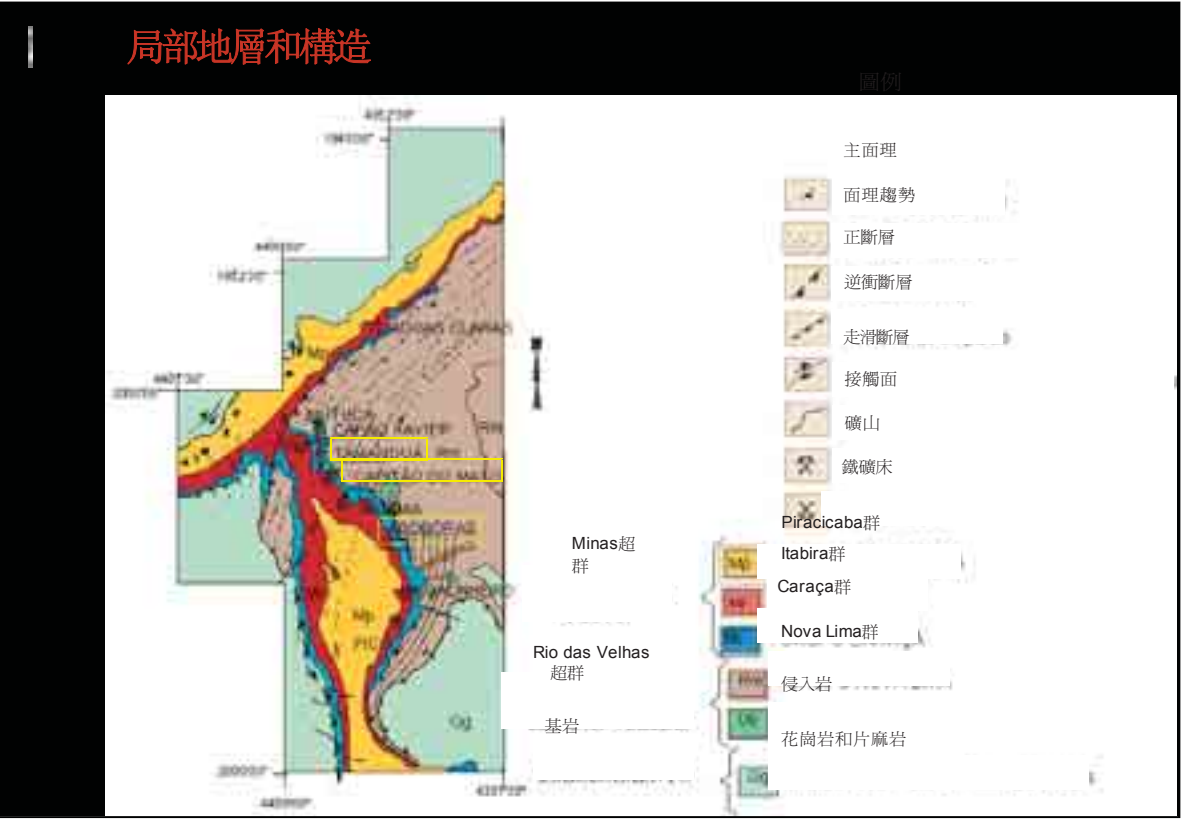
9.0 VARGEM GRANDE礦區

下面介紹了Vargem Grande礦區的詳細情況。Vargem Grande礦區包括Vale從MBR收購的Abóboras礦, Capitão do Mato礦和Tamanduá礦。

9.1 地質情況

Vargem Grande礦區位於南北向大向斜Moeda向斜的向東分枝上，該向斜位於聖弗朗西斯科克拉通的經線方向上。鐵礦床是由基岩地塊隆起所造成伸展作用引起的（Chemale Jr等人，1991）。其構造框架受Minas超群岩石之上的均斜所控制。向斜東枝延N20°W方向倒轉，隨走向向北略向西北西偏斜，傾向東北，傾角50-60度。該構造被一條東北-西南走向剪切帶切割，該剪切帶稱為Abóboras斷層。圖9-1為Vargem Grande礦區的總體地質圖。

圖 9-1  
Vargem Grande礦區地質圖



Tamanduá鐵礦床位於Moeda向斜的東枝。位於Cauê組的主礦體呈西北-東南走向透鏡狀，為向形疊加構造，與Moeda向斜東枝近似平行。該礦體3200米長，500米寬，最大深度達600米。

Capitão do Mato礦的礦體包括不規則折疊緻密赤鐵礦透鏡體，賦存與脆性赤鐵礦和含矽鐵英岩中。礦體大約2600米長，400米寬。礦山中有兩類主要礦體：稱為赤鐵礦的高品位鐵礦石（Fe>=62%），稱為高品位脆性鐵英岩的中品位鐵礦石（Fe = 58%-62%）。

赤鐵礦礦石分為三類：緻密赤鐵礦、中等強度赤鐵礦和脆性赤鐵礦。品位略低的鐵英岩礦石基本為脆性，常表現為低矽鐵英岩，中高稠度，呈不規則或透鏡狀礦體賦存於赤鐵礦中。常見賦存於脆性或緻密鐵英岩礦體之中的緻密赤鐵礦透鏡體。

Abóboras礦床的岩石地層單位屬Caraça群的Moeda組和Batatal組，以及Itabira群的Cauê組。大部分赤鐵礦呈緻密葉片狀赤鐵礦（與剪切帶有關）和硬多孔狀赤鐵礦。

Abóboras礦床的鐵英岩為含矽鐵英岩、低品位緻密鐵英岩、泥質鐵英岩和褐鐵礦狀鐵英岩。頂部的岩性單位鐵角礫岩，覆蓋了鐵建造區域的大部分。鐵角礫岩由不規則形赤鐵礦塊體、鐵英岩塊體和由細粒鐵氧化物和氫氧化物膠結的風化鐵角礫岩組成。構造鐵角礫岩含有鐵氧化物和氫氧化物，其特點是存在針鐵礦、褐鐵礦和粘土。這種岩石中保存了葉片狀、條帶狀和皺紋狀等原生構造。

9.2 資源評估

自Pincock對2004年12月儲量報表進行審計，AMEC對2005年儲量報表進行審計以來，Vale根據新信息（例如新鑽孔、擴大模型區域、赤鐵礦品位變化等），對原有舊資源模型進行了修改。本次審計根據截至2007年12月，設計Vargem Grande礦區資源模型的修改和更新。

- 對Vargem Grande礦區的三個礦山進行單獨的資源建模和評估：
- Abóboras礦床正在生產中。根據2006年4月模型進行的資源量評估進行了修改。一些鑽探工程正在進行之中。
- Capitão Do Mato礦正在生產中。資源評估根據2007年新模型，該模型包括了至2007年12月完成的鑽孔。

- **Tamanduá**礦正在生產中。資源評估根據2006年3月模型，該模型包括至2006年完成的鑽孔。

本報告第3節中介紹了制定**Vargem Grande**礦區資源模型的流程。**Vale**進行的地質建模工作包括導入外部數據庫文件，並通過解釋礦體邊界和三維面狀建模，建立地質剖面。地質模型所確定的地質邊界中的品位估計，採用**Datamine**軟件和相關地質統計學參數進行克里格法計算。用**Geovariances Isatis**軟件進行地質統計學研究。在建立地質塊體模型之後，驗證數據庫和地質模型。

**Tamanduá**礦床的地質模型中，生成了**52**個地質垂直剖面，間隔**50**米（除了**X = – 9900E** 至 **–10200E**的剖面，此處間隔**100**米），並進行解釋。建立了五個水平地質剖面（**1125, 1225, 1265, 1305, 1325** 米標高），對地表地質圖進行了解釋並用於生成壳模型。對一些中間剖面的廢石岩性進行了解釋，以採用**Datamine**軟件線框方法生成實體。

**Abóboras**礦床的地質（岩性）模型包括生成垂直地質剖面，根據垂直剖面通過每**10**米的擴展信息生成水平地質剖面。垂直地質剖面中採用了區域地形和相關的數據庫，包括鑽孔數據、規則探槽、探坑和地質技術鑽孔。採用地質技術信息和由台階填圖和鑽孔岩芯獲得的現場測量數據，確定岩性單位的走向和傾角。勘探地區中對**59**個垂直剖面進行了解釋，這些剖面在勘探區間隔**100**米，在開採區間隔**50**米。於各方向對這些剖面進行**10**米間隔擴展，以生成**10 x 10 x 10 m**尺寸塊體。根據延**Z**坐標軸方向的垂直剖面，生成塊體模型。採用樣本信息和**37**個水平剖面，生成地表岩性。和橫剖面模型一樣，水平塊體模型也以各方向**10**米間隔生成。將結合橫剖面模型和平面模型，生成最終地質模型。

根據以下方面，生成**Capitão do Mato**礦床地質模型：

- **Gama**礦床**100**米間隔的**20**個垂直剖面，以及**50**米間隔的兩個垂直剖面；
- **Capitão do Mato**礦**50**米間隔的**52**個垂直剖面；
- **Capitão do Mato**西南部**100**米間隔的**10**個垂直剖面；
- **Capitão do Mato**礦床和**Gama**礦床**50**米間隔的**13**個水平剖面（平面），以及**25**米間隔的**2**個水平剖面（平面）；

- Capitão do Mato西南部50米間隔的6個水平剖面（平面），和25米間隔的4個水平剖面（平面）；
- Capitão do Mato西南部200米間隔的4個東西向縱剖面4

自2004年11月，Vale加強了對Tamanduá礦床的勘探力度，另外完成了87個鑽孔（獲取13385.4米岩芯）。目前修改過的資源模型根據376個鑽孔樣本。Abóboras礦床資源模型包括了新完成的211個鑽孔（34637.05米）中獲取的信息。修改過的Capitão do Mato礦床資源模型包括從117個鑽孔獲得的新信息（1712個樣本）。

由於這些礦床彼此距離較近，屬於相同礦區，所以其岩性基本相同。Vale通過修改岩性單位的定義，以及採用新的鐵品位標準劃分鐵礦石類型，制定了新的岩性區域劃分標準。通過修改，將高品位赤鐵礦（鐵品位>65%）與含雜質礦石（鐵品位62-65%）區分開，並制定了更容易理解的岩石代碼命名法。因此，品位介於52-62%的鐵礦石將被劃分為高品位含矽鐵英岩礦石（IFSR=高品位含矽脆性鐵英岩），而高品位含矽鐵英岩礦石（鐵品位62-65%）將被劃分為含矽脆性赤鐵礦（HFS）。IFSR礦石之前稱為高品位軟鐵英岩（RSIB）。不含明顯雜質的特高品位礦石將被劃分為鐵品位高於65%的礦石。根據新的化學分析和粒度組分數據，以及修改過的岩性區域分類標準，制定資源模型。

Vale對不同粒度組分進行了空間變化性分析，以確定不同粒度組分之間的關係。通過線性同區域模型（LMC）技術（在本報告中第3節中介紹）完成這項工作，該項技術為同種化學變量的不同粒度組分的累計變量建立剖面變差模型，以獲得特定組合的協同克里格估計值。

Vale採用普通協同克里格法（OCK）進行品位估計，保持每種化學變量不同粒度組分之間原有的品位關係。因此，由於沒有數據或數據不足夠，一些塊體沒有賦值（沒有鑽探或採樣的地區，以及模型邊緣區）。這種情況下，Vale採用距離冪次反比法（IDS）和總體去集簇平均法，為剩餘的塊體賦值。一些採用OCK或IDS方法估計的塊體需要修改。有些情況下，粒度21的估計品位比粒度為2的品位更高。這種情況下，對粒度為21的品位採用線性回歸方法進行重新計算，結果品位與粒度為2的品位相符合。

將地質代碼和塊體代碼，實體體積與塊體體積，組合值與塊體統計值，以及估計塊體模型平均值和採用近鄰法去集簇組合統計值進行對比，驗證塊體模型。塊體模型平均值整體上一致性較好。數據偏離在3%範圍之內。所有三種方法沒顯示出在任何區域對雜質和全局鐵品位的任何過高估計或過低估計。Pincock還發現全局平均值很接近，評估流程能很好的表現局部品位變化。Pincock確信大部分元素的體積和品位與目標品位-體積關係的整體一致性。

表9-1中列出了經Pincock審查的Abóboros礦、Capitão do Mato礦和Tamandúá礦的估計總資源量。資源量包括估計的赤鐵礦和鐵英岩礦石，其中鐵英岩礦石需要建設Vale所計劃的新選廠。Pincock認為根據美國證券交易委員會標準，Vale作為儲量評估基礎的資源量估計值可以用於公開披露。

表 9-1  
Vale  
南部體系礦山儲量審計  
估計的測定和指示資源量(3) (4) (5)  
截至2007年12月31日

| 礦權區 <sup>(1)</sup>                                                                                                                 | 噸位<br>x1000 <sup>(2)(3)</sup><br>鐵礦石 | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>x1000 <sup>(2)(3)</sup><br>鐵礦石 | 品位<br>Fe (%) |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|-------|
| Vargem Grande礦區<br>Abóboras<br>測定資源量<br>指示資源量<br>小計<br>Capitão Do Mato<br>測定資源量<br>指示資源量<br>小計<br>Tamandúa<br>測定資源量<br>指示資源量<br>小計 | 赤鐵礦                                  |              | 鐵英岩                                  |              |       |
|                                                                                                                                    | 45,593                               | 64.89        | 293,928                              | 44.25        |       |
|                                                                                                                                    | 15,471                               | 63.49        | 250,326                              | 42.60        |       |
|                                                                                                                                    | 61,064                               | 64.54        | 544,254                              | 43.49        |       |
|                                                                                                                                    | 134,385                              | 66.01        | 137,795                              | 47.20        |       |
|                                                                                                                                    | 172,001                              | 65.18        | 575,906                              | 46.49        |       |
|                                                                                                                                    | 306,386                              | 65.54        | 713,701                              | 46.63        |       |
|                                                                                                                                    | 260,821                              | 66.53        | 279,122                              | 47.77        |       |
|                                                                                                                                    | 102,532                              | 65.48        | 309,749                              | 46.88        |       |
|                                                                                                                                    | 363,353                              | 66.23        | 588,871                              | 47.30        |       |
|                                                                                                                                    | 730,803                              | 65.80        | 1,846,826                            | 45.92        |       |
|                                                                                                                                    | 推斷資源量                                |              |                                      |              |       |
|                                                                                                                                    | Abóboras                             | 15,830       | 62.87                                | 538,096      | 41.21 |
|                                                                                                                                    | Capitão Do Mato                      | 59,154       | 64.83                                | 1,316,873    | 43.37 |
|                                                                                                                                    | Tamandúa                             | 203,975      | 66.20                                | 1,999,753    | 44.70 |
|                                                                                                                                    | 總推斷資源量                               | 278,959      | 65.72                                | 3,854,722    | 43.76 |

註：  
1) 除非有特別說明，Vale在以上礦山所佔股權為100%。  
2) 噸位以原礦濕公噸計。  
3) 估計資源量包括儲量。  
4) 截至2007年12月31日的估計資源量。  
5) 估計資源量由Vale完成，由PAH編製。

9.3 開採情況審查

9.3.1 總體情況

Vargem Grande礦區的礦山為大型露天礦。表9-2列出了2008年生產數據（百萬噸）。鐵礦床的地質情況影響開採方法，通過開採鐵建造的出露部分開採下部礦體。Tamanduá礦和Capitão do Mato礦的採場底部已經位於整體地形高度之下，因此需要貨車上坡運輸。

用大型及中型設備搬運礦物。表9-3列出了Vargem Grande礦區礦山所用的開採設備。採用較容量的電鏟和礦車進行較大規模的廢石剝離和一些鐵英岩台階的開採，採用挖掘機和較小的礦車開採尺寸較小的赤鐵礦台階。

表 9-2  
Vale  
南部體系礦山儲量審計  
2008年產量

| 礦山              | 2008原礦產量<br>(百萬噸) |
|-----------------|-------------------|
| Abóboras        | 6.8               |
| Capitão do Mato | 23.4              |
| Tamanduá        | 24.0              |
| Gama            | 1.2               |
| 總計              | 55.4              |

表 9-3  
Vale  
南部體系礦山儲量審計  
Vargem Grande礦區設備概覽

| 設備    | 規格／尺寸                   | 數量 |
|-------|-------------------------|----|
| 鑽機    | 4 5／16" to 6 1／2"       | 3  |
| 鑽機    | 10" to 11"              | 7  |
| 電鏟    | 17 - 24 yd <sup>3</sup> | 3  |
| 液壓挖掘機 | 30 yd <sup>3</sup>      | 1  |
| 輪式裝載機 | 15 - 22 yd <sup>3</sup> | 1  |
| 挖掘機   | 5 - 6 yd <sup>3</sup>   | 17 |
| 輪式挖掘機 | 5 - 8 yd <sup>3</sup>   | 7  |
| 礦車    | 140 - 150 t             | 18 |
| 礦車    | 40 t                    | 75 |
| 推土機   |                         | 10 |
| 平地機   |                         | 5  |

緻密赤鐵礦和緻密鐵英岩需要在運出礦坑之前讓原礦形成較小塊度，但是要對脆性礦石進行爆破以便於開採。由礦車將緻密赤鐵礦、脆性赤鐵礦和脆性鐵英岩運至破碎機，在未來Vargem Grande礦區將裝設一條15公里長的輸送機，將礦石從Tamanduá礦和Capitão do Mato礦運至位於Abóboras礦的乾選廠。圖9-2為礦山佈局。

由於目前缺乏選礦能力，緻密鐵英岩目前不被當做礦石進行選礦，而是被堆存直至2011年首座鐵英岩選廠投產。

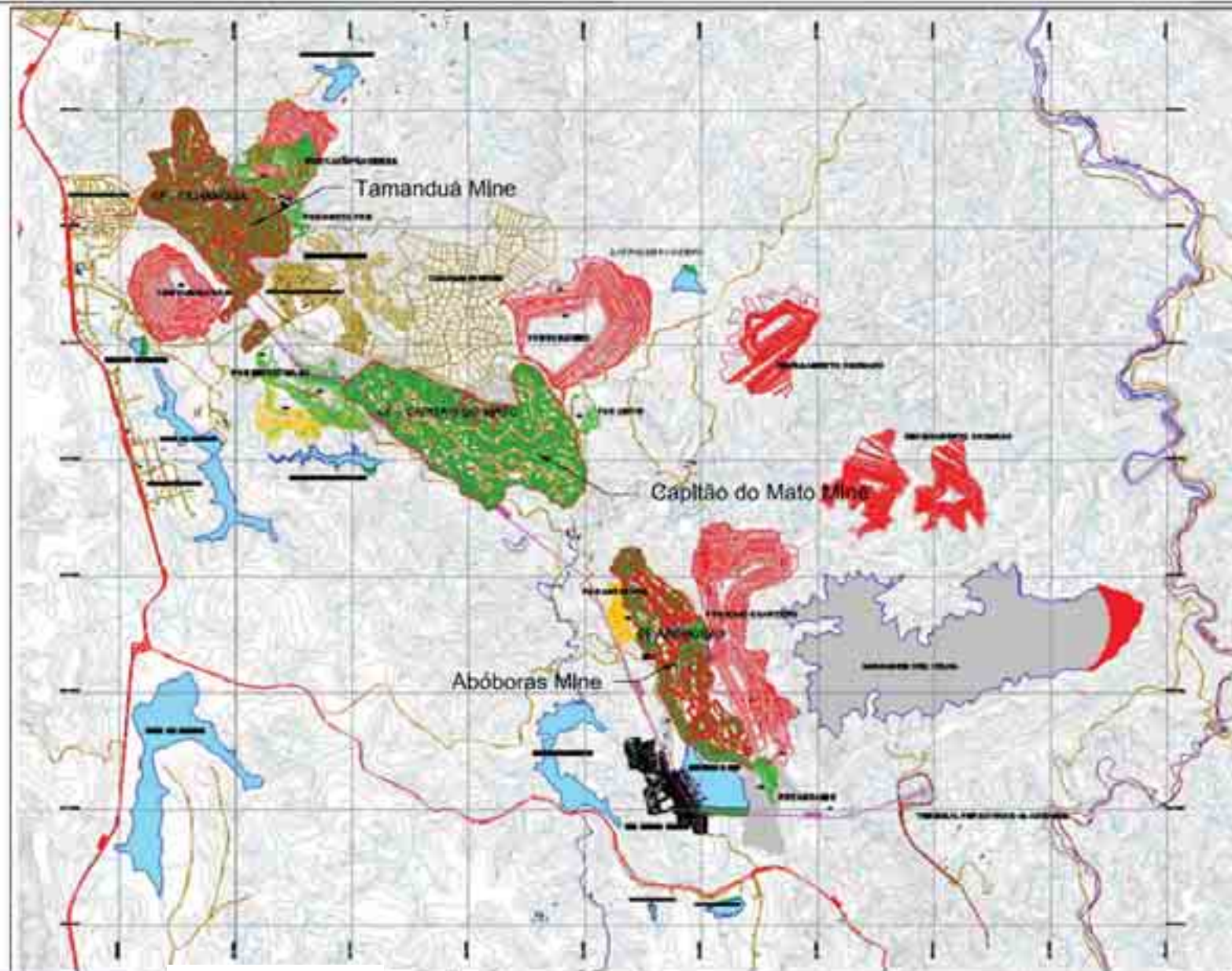
礦石被運至Vargem Grande礦區的三座選廠，位於Vargem Grande礦區中部的2600萬噸／年濕選廠，位於Abóboras礦的700萬噸／年乾選廠和位於Capitão do Mato礦（也稱Gama礦）的200萬噸／年選廠。

Pincock審查了Vargem Grande礦區設計工程師為南部體系所有礦山設計的運輸方法。運輸佈局根據年度露天坑設計，操作和運輸時間由現時的工作表現和設備生產記錄數據庫中計算得出。Pincock認為這項工作完成得很好，能準確用於制定設備調度計劃。根據特定機械或某組機械的工作小時，安排以適當時間間隔更換礦山中設備。在一些礦山中，設備並未及時更換，但相信該情況將於近期內改善。用於設備更換的預算計劃比較充裕。對於Vale所面臨的開採狀況、員工薪資、以及單位材料價格，其開採運營成本比較合理。

9.3.2 礦山設計

本報告第4節介紹了Vale所採用的礦山設計整體方法。Pincock審查並評估了Vale在Vargem Grande礦區所採用的露天坑開拓方法，以及給地質和開採塊體模型中所含礦物指定經濟性指標的方法，發現這些方法與工程／經濟方面的標準做法相一致。通過之前給礦體建立的資源模型，進行露天坑優化和邊界品位分析。目前識別的礦石類型包括：

- 1. 赤鐵礦，典型鐵品位高於64%
- 2. 高品位鐵英岩，鐵含量高於58%，對磷和錳含量上限有要求
- 3. 含雜質鐵英岩，鐵含量高於49%，磷含量較高
- 4. 脆性鐵英岩，鐵含量高於44%
- 5. 低品位鐵英岩，較堅硬且品位較低，鐵品位高於40%



Prepared By: **pincock, allen & holt**  
185 S. Union Boulevard, Suite 900  
Lakewood, Colorado 80226  
Phone (303) 386-6900

Project No. **9508 B**

圖片來源／使用者



項目名稱 南部體系

圖 9-2  
VARGEM GRANDE 綜合項目的礦區佈局

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fla.9-2dwa

Vargem Grande礦區的露天坑，設計將穿過赤鐵礦範圍，到達適合開採的鐵英岩直至所設計的最終開採境界。適合開採的鐵英岩目前被堆存，在2011年當第一座鐵英岩選廠投產後，將對其進行選礦。

目前模型所採用的運營成本摘自2008年的實際成本數據。其中直接運營成本還包括用於開採的設備更換資金，以及在未來維持現有開採規模（不擴大規模）所需的額外支出。

表9-4列出了各個礦山2008年下游成本和資金分派情況。由於採用美元表示，列出了平均匯率(R\$／US\$)供參考。成本和產品售價都較2007年有所增加，一般比匯率變化幅度更大。

Pincock認為Vale所採用的方法合理，且符合公認的工程規範。主要根據2007年底的價格結構以及實際運營成本，所有礦山都表現出較好的收益／成本比水平，因此將設計採場中的礦石進行分類符合經濟性測試的要求。

9.3.3 礦山法律權益

Vale必須擁有DNPM所授予的合法權利，才能開採報告中的可採儲量礦物。圖9-3中呈列了構成Vargem Grande礦區的DNPM開採權的範圍。

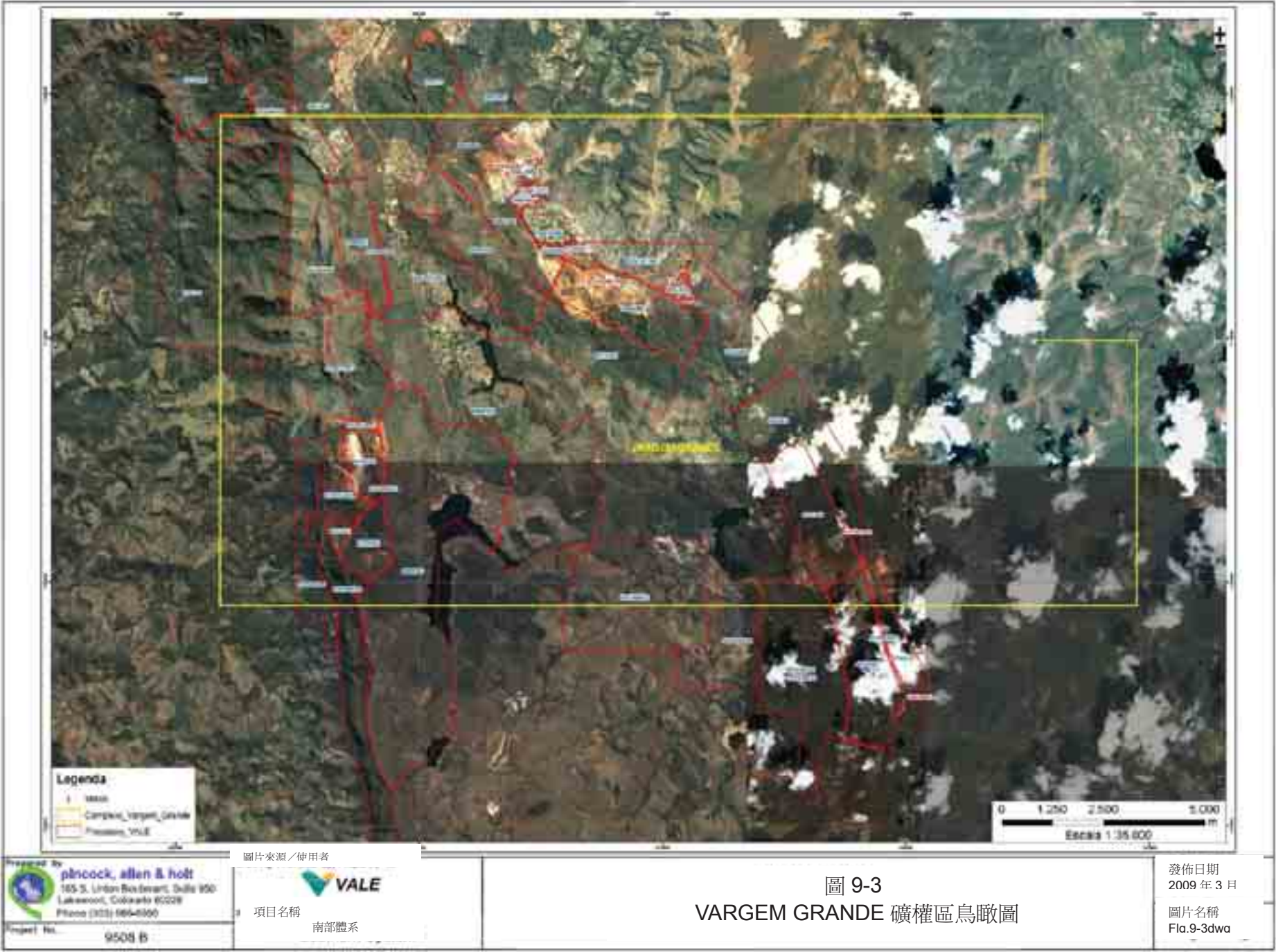
對Vale的礦山設計方案進行了評審，以確定圈定儲量範圍的採場最終境界位於授予開採權的區域範圍以內。根據Pincock的審查，Vale將儲量計算嚴格限制在開採權所限制的那部分可進行開採的礦體中。尾礦排放和廢石傾倒等會對地表造成影響的行為，可以在Vale擁有地表使用權的地區內進行；但是所有開採礦物的採礦工程，必須限制在開採權規定的範圍之內。

根據Vale公佈的信息，目前的DNPM開採權提供了開採Abóboras、Capitão do Mato和Tamanduá採場最終境界之內礦石的合法權利。Pincock對相關文件進行了審查，認為比較周全，但我們進行的審查並不構成證實涉及採礦法律權利所有方面的法律評審。

表 9-4  
Vale  
南部體系礦山儲量審計  
Vargem Grande礦區

2008單位運營成本和產品銷售價格 (美元／噸產品)

| 運營成本構成                  | 美元／噸產品        |
|-------------------------|---------------|
| <b>Abóboras礦</b>        |               |
| 礦山                      | \$1.19        |
| 選廠 ITM HM               | \$0.76        |
| 選廠 ITM ITAB.            | \$7.23        |
| 管理                      | \$1.07        |
| 鐵路運輸 (MRS)              | \$9.00        |
| 港口 (TIG)                | \$1.04        |
| <b>Capitão do Mato礦</b> |               |
| 礦山                      | \$2.82        |
| 選廠 ITM HM               | \$2.19        |
| 選廠 ITM ITAB.            | \$7.23        |
| 管理                      | \$1.11        |
| 鐵路運輸 (MRS)              | \$9.00        |
| 港口 (TIG)                | \$1.04        |
| <b>Tamanduá礦</b>        |               |
| 礦山                      | \$4.29        |
| 選廠 ITM HM               | \$2.24        |
| 選廠 ITM ITAB.            | \$7.23        |
| 管理                      | \$1.11        |
| 鐵路運輸 (MRS)              | \$9.00        |
| 港口 (TIG)                | \$1.04        |
| <b>Gama礦</b>            |               |
| 礦山                      | \$1.19        |
| 選廠 ITM HM               | \$0.76        |
| 選廠 ITM ITAB.            | \$7.23        |
| 管理                      | \$1.07        |
| 鐵路運輸 (MRS)              | \$9.00        |
| 港口 (TIG)                | \$1.04        |
|                         |               |
| <b>3年平均產品價格</b>         | <b>美元／噸產品</b> |
| 塊礦 – 外部市場               | \$86.42       |
| 燒結料 -外部市場               | \$53.60       |
| 球團料 -外部市場               | \$49.85       |



Prepared by  
**piercock, allen & hoit**  
185 S. Union Boulevard, Suite 950  
Lakewood, Colorado 80228  
Phone (303) 664-0500

Project No.  
9508 B

圖片來源/使用者  
VALE

項目名稱  
南部體系

圖 9-3  
VARGEM GRANDE 礦權區鳥瞰圖

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fla.9-3dwa

9.3.4 礦山壽命設計

表9-5總結了Vargem Grande礦區用於儲量經濟性測試的原礦和產量數據。圖9-4和9-6分別載列將進行表9-5中生產的Vargem Grande礦區三個礦山的最終開採境界。

達到最終開採境界的年度計劃，是根據設計到2015年的生產計劃，之後根據「數學」採場直至礦山壽命結束。PincocK公司認為Vale採用了合理的方法設計採場，因而採場開採壽命在未來將顯著延長。當然，取決於未來市場、額外的礦區鑽探工程以及公司可用資金情況，所有該等數據可能會相應產生變化。

此外，由於縮短運距的好處，以及缺乏礦山整個開採壽命中所需排土場土地，需要設計將一些廢石填入原有的採場。Fábrica礦區壽命設計中重要策略和關鍵步驟包括：

- 開採並堆存硬鐵英岩以供2011年投產的1號選廠和2015年投產的2號選廠進行處理。
- 將Abóboras採場用於排棄廢石。將於2020年開始。
- Abóboras赤鐵礦將於2025年開採完畢。
- 於目前計劃中，Capitão do Mato礦的環境許可證將於2013年到期並需要續期。已經完成審批，據報告只需正式的批准會議。
- 將於2015年建成15公里長輸送機和2號鐵英岩選廠。
- Tamanduá礦的採場目前跨過了將來輸送機所在的位置，設計工程師認識到這個問題，但仍未解決。

Vargem Grande礦區應當有足夠的彈性，以適應此類計劃變化。

9.3.5 儲量

表9-6總結出Vale所估計的截至2007年12月31日的Vargem Grande礦區儲量。這些儲量未包括2008年淨產量。在年終測量完成時，儲量數據將扣減掉2008年產量。

表 9-5  
Vale  
南部體系礦山儲量審計  
VGR礦區全壽命生產計劃

|                   | 2009-2050總計 | 2008 實際 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015  | 至2020 | 至2030   | 至2040 | 至2050 |
|-------------------|-------------|---------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 搬運量總結 (百萬噸)       |             |         |      |      |      |      |      |      |       |       |         |       |       |
| 廢石                | 1,898       | 37.5    | 27.0 | 26.8 | 28.2 | 38.3 | 38.3 | 35.0 | 45.2  | 328.7 | 580.3   | 471.4 | 240.9 |
| 原礦 – 赤鐵礦          | 535         | 39.9    | 36.2 | 34.6 | 33.9 | 32.8 | 32.8 | 29.5 | 29.5  | 148.2 | 74.5    | 33.3  | 10.2  |
| 原礦 - 鐵英岩          | 1,418       | 1.9     | 15.5 | 16.4 | 14.3 | 26.3 | 26.3 | 23.8 | 32.9  | 210.7 | 417.2   | 396.1 | 237.1 |
| 其他搬運量             | 39          | 0.8     | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 1.0  | 1.0  | 0.9  | 1.1   | 6.9   | 10.7    | 9.0   | 4.9   |
| 總計                | 3,890       | 80.2    | 79.4 | 78.5 | 77.1 | 98.4 | 98.4 | 89.1 | 108.7 | 694.5 | 1,082.7 | 909.8 | 493.1 |
| 礦山產量<br>(百萬噸)     |             |         |      |      |      |      |      |      |       |       |         |       |       |
| ABO - ITM 赤鐵礦     | 51          | 6.8     | 6.2  | 6.0  | 3.5  | 3.2  | 3.2  | 2.8  | 2.8   | 16.7  | 6.4     | 0.3   | -     |
| ABO - ITM 鐵英岩     | 195         | -       | -    | -    | 2.0  | 9.1  | 9.1  | 6.3  | 6.3   | 31.4  | 70.9    | 59.8  | -     |
| ABO - HM + ITAB.  | 246         | 6.8     | 6.2  | 6.0  | 5.5  | 12.3 | 12.3 | 9.1  | 9.1   | 48.1  | 77.3    | 60.1  | -     |
| CMT - ITM 赤鐵礦     | 212         | 14.7    | 12.5 | 11.7 | 12.2 | 12.3 | 12.3 | 12.2 | 12.2  | 64.1  | 45.0    | 9.1   | 8.6   |
| CMT - ITM鐵英岩      | 273         | -       | -    | -    | -    | 0.9  | 0.9  | 4.1  | 4.1   | 30.0  | 58.2    | 65.6  | 108.9 |
| CMT - HM + ITAB.  | 485         | 14.7    | 12.5 | 11.7 | 12.2 | 13.2 | 13.2 | 16.3 | 16.3  | 94.1  | 103.2   | 74.6  | 117.5 |
| TAM - ITM 赤鐵礦     | 151         | 12.2    | 10.8 | 10.6 | 10.7 | 10.5 | 10.5 | 10.3 | 10.3  | 46.6  | 12.3    | 18.8  | -     |
| TAM - ITM鐵英岩      | 182         | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 0.5  | 4.7   | 38.6  | 71.4    | 66.8  | -     |
| TAM - HM + ITAB.  | 333         | 12.2    | 10.8 | 10.6 | 10.7 | 10.5 | 10.5 | 10.8 | 15.0  | 85.2  | 83.7    | 85.6  | -     |
| GAMA - ITM 赤鐵礦    | 13          | 1.1     | 2.3  | 2.1  | 3.1  | 2.6  | 2.6  | -    | -     | -     | -       | -     | -     |
| GAMA - ITM鐵英岩     | -           | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -       | -     | -     |
| GAMA - HM + ITAB. | 13          | 1.1     | 2.3  | 2.1  | 3.1  | 2.6  | 2.6  | -    | -     | -     | -       | -     | -     |
| 總計 - ITM 赤鐵礦      | 427         | 34.9    | 31.8 | 30.4 | 29.5 | 28.5 | 28.5 | 25.3 | 25.3  | 127.4 | 63.7    | 28.1  | 8.6   |
| 總計 - ITM鐵英岩       | 650         | -       | -    | -    | 2.0  | 10.0 | 10.0 | 10.9 | 15.1  | 100.0 | 200.4   | 192.2 | 108.9 |
| 總計                | 1,077       | 34.9    | 31.8 | 30.4 | 31.6 | 38.5 | 38.5 | 36.2 | 40.4  | 227.4 | 264.2   | 220.3 | 117.5 |

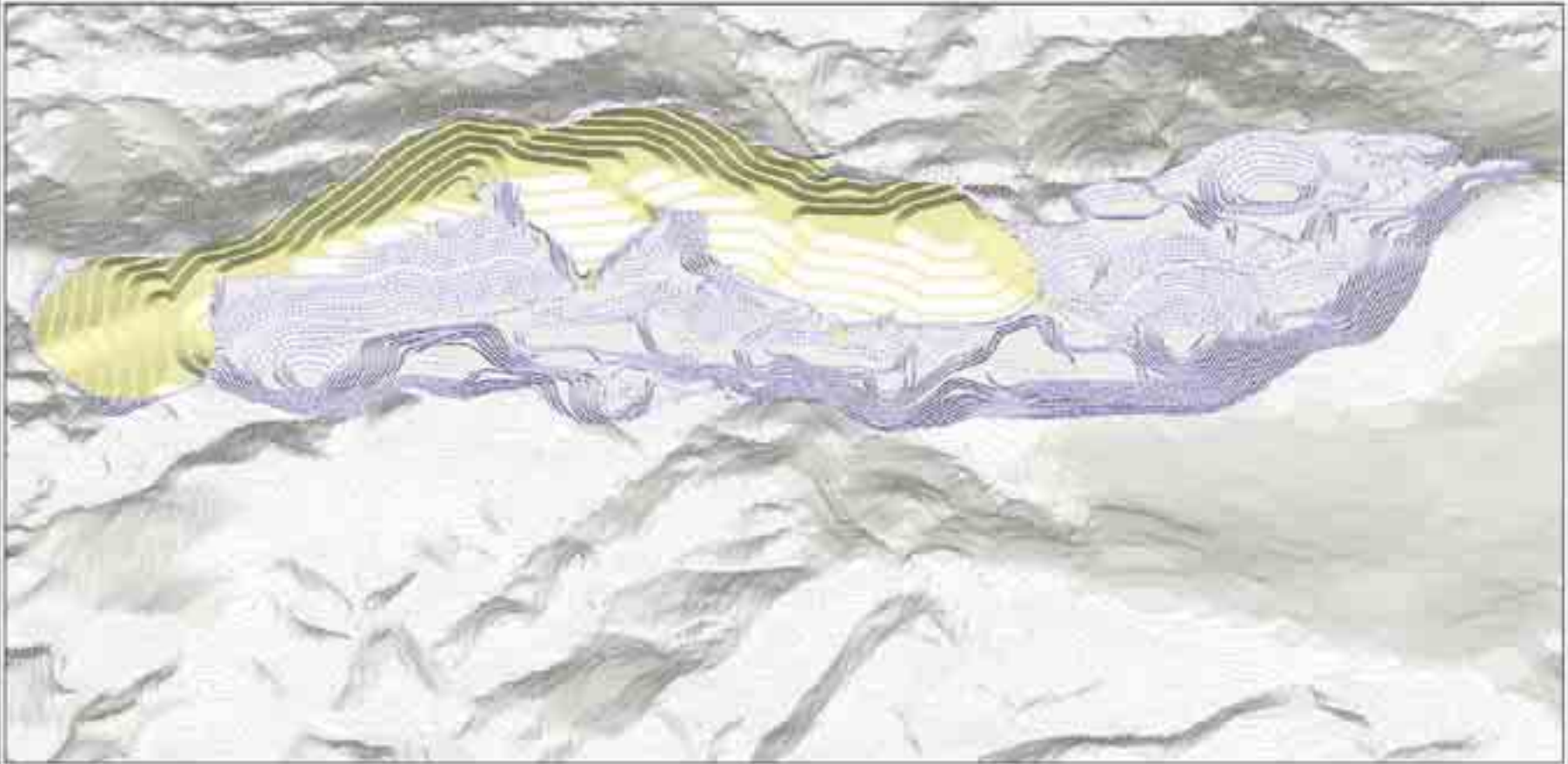
表 9-6

Vale

南部體系礦山儲量審計

Vargem Grande礦區儲量總結

| VARGEM GRANDE礦區儲量   | 證實儲量  |       | 可能儲量    |       | 總儲量     |       | 原礦質量  |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | Mt    | Fe%   | Mt      | Fe%   | Mt      | Fe%   | Si%   | Al%   | P%    | Mn%   | LOI%  |
| Aborobas            |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦 <sup>(a)</sup>  | 38.5  | 65.3% | 17.0    | 63.3% | 55.4    | 64.7% | 2.27% | 2.35% | 0.07% | 0.03% | 2.65% |
| 鐵英岩                 | 208.2 | 43.0% | 205.7   | 42.2% | 413.9   | 42.6% | 36.2% | 0.90% | 0.04% | 0.33% | 1.14% |
| 總礦石量                | 246.7 | 46.5% | 222.7   | 43.8% | 469.3   | 45.2% |       |       |       |       |       |
| 廢石                  |       |       |         |       | 460.7   |       |       |       |       |       |       |
| Aborobas礦區總搬運量      |       |       |         |       | 930.0   |       |       |       |       |       |       |
|                     |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| Tamandua            |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦 <sup>(a)</sup>  | 124.9 | 66.1% | 53.4    | 65.0% | 178.3   | 65.8% | 2.18% | 1.34% | 0.05% | 0.26% | 1.76% |
| 鐵英岩                 | 167.1 | 47.4% | 200.5   | 47.2% | 367.7   | 47.3% | 26.2% | 1.45% | 0.06% | 0.37% | 2.95% |
| 總礦石量                | 292.1 | 55.4% | 254.0   | 50.9% | 546.0   | 53.3% |       |       |       |       |       |
| 廢石                  |       |       |         |       | 604.1   |       |       |       |       |       |       |
| Tamandua礦區總搬運量      |       |       |         |       | 1,150.2 |       |       |       |       |       |       |
|                     |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| Capitao do Mato     |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦 <sup>(a)</sup>  | 118.1 | 65.9% | 144.7   | 65.0% | 262.8   | 65.4% | 2.77% | 1.66% | 0.05% | 0.04% | 1.72% |
| 鐵英岩                 | 116.7 | 47.1% | 459.6   | 45.9% | 576.3   | 46.1% | 29.8% | 1.57% | 0.05% | 0.28% | 2.03% |
| 總礦石量                | 234.8 | 56.6% | 604.3   | 50.4% | 839.1   | 52.2% |       |       |       |       |       |
| 廢石                  |       |       |         |       | 832.8   |       |       |       |       |       |       |
| Segredo礦區總搬運量       |       |       |         |       | 2,511.0 |       |       |       |       |       |       |
|                     |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| Vargem Grande礦區     |       |       |         |       |         |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦 <sup>(a)</sup>  | 281.5 | 65.9% | 215.1   | 64.8% | 496.5   | 65.4% | 2.50% | 1.62% | 0.05% | 0.12% | 1.84% |
| 鐵英岩                 | 492.0 | 45.5% | 865.9   | 45.3% | 1,357.9 | 45.4% | 30.7% | 1.33% | 0.05% | 0.32% | 2.01% |
| Vargem Grande礦區總礦石量 | 773.5 | 52.9% | 1,081.0 | 49.2% | 1,854.5 | 50.7% |       |       |       |       |       |
| 廢石                  |       |       |         |       | 1,897.7 |       |       |       |       |       |       |
| VGR礦區總搬運量           |       |       |         |       | 4,591.2 |       |       |       |       |       |       |



Prepared by  
**pincock, allen & holt**  
105 S. Union Boulevard, Suite 400  
Lakewood, Colorado 80028  
Phone (303) 586-6960

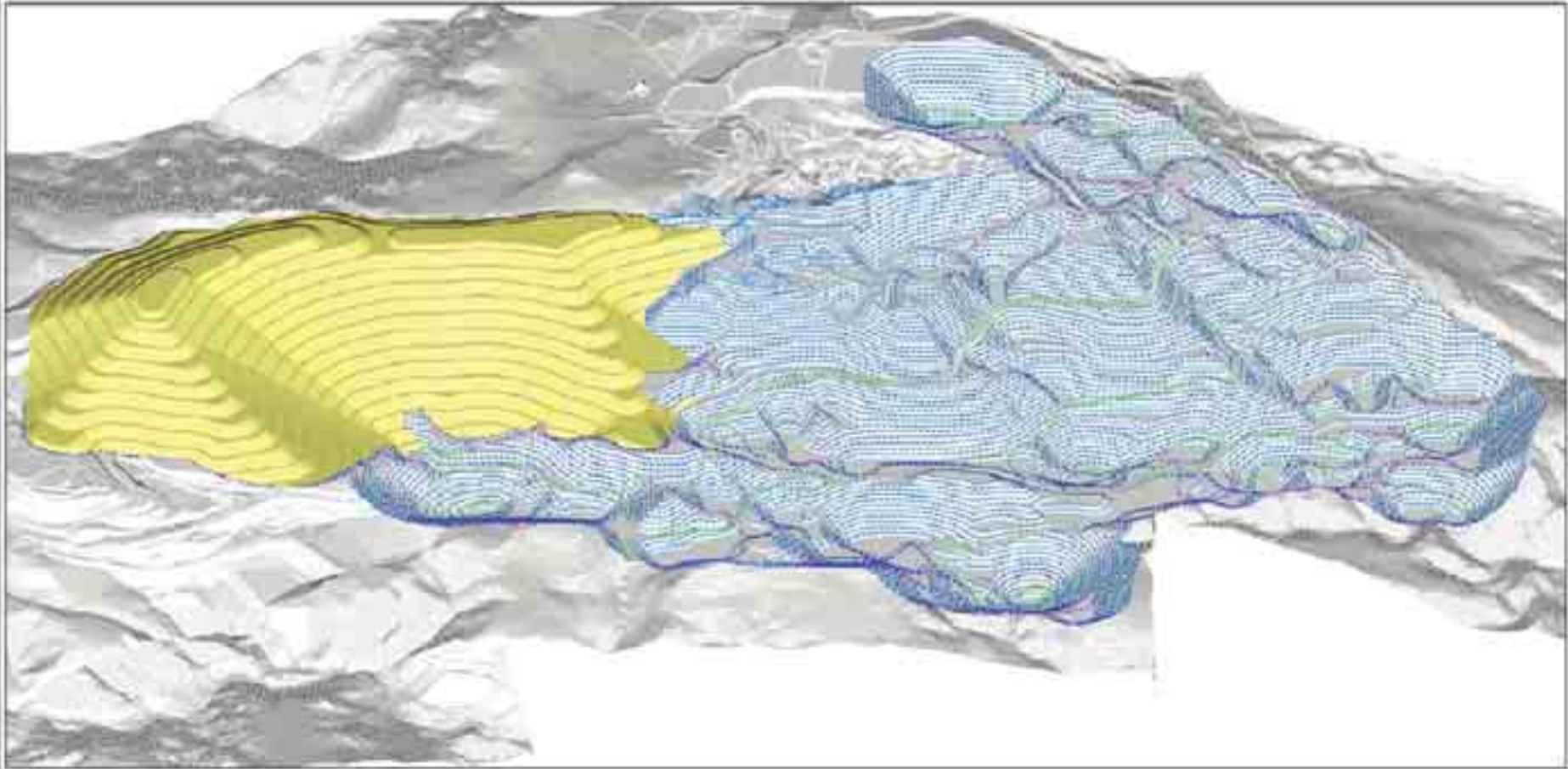
Project No.  
**9508 B**

圖片來源/使用者  
Drawing provided by/ prepared for  
**VALE**  
項目名稱  
南部體系  
SOUTHERN SYSTEMS

圖 9-4  
**ABOBORAS ULTIMATE PIT**

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fla.9-4dwa

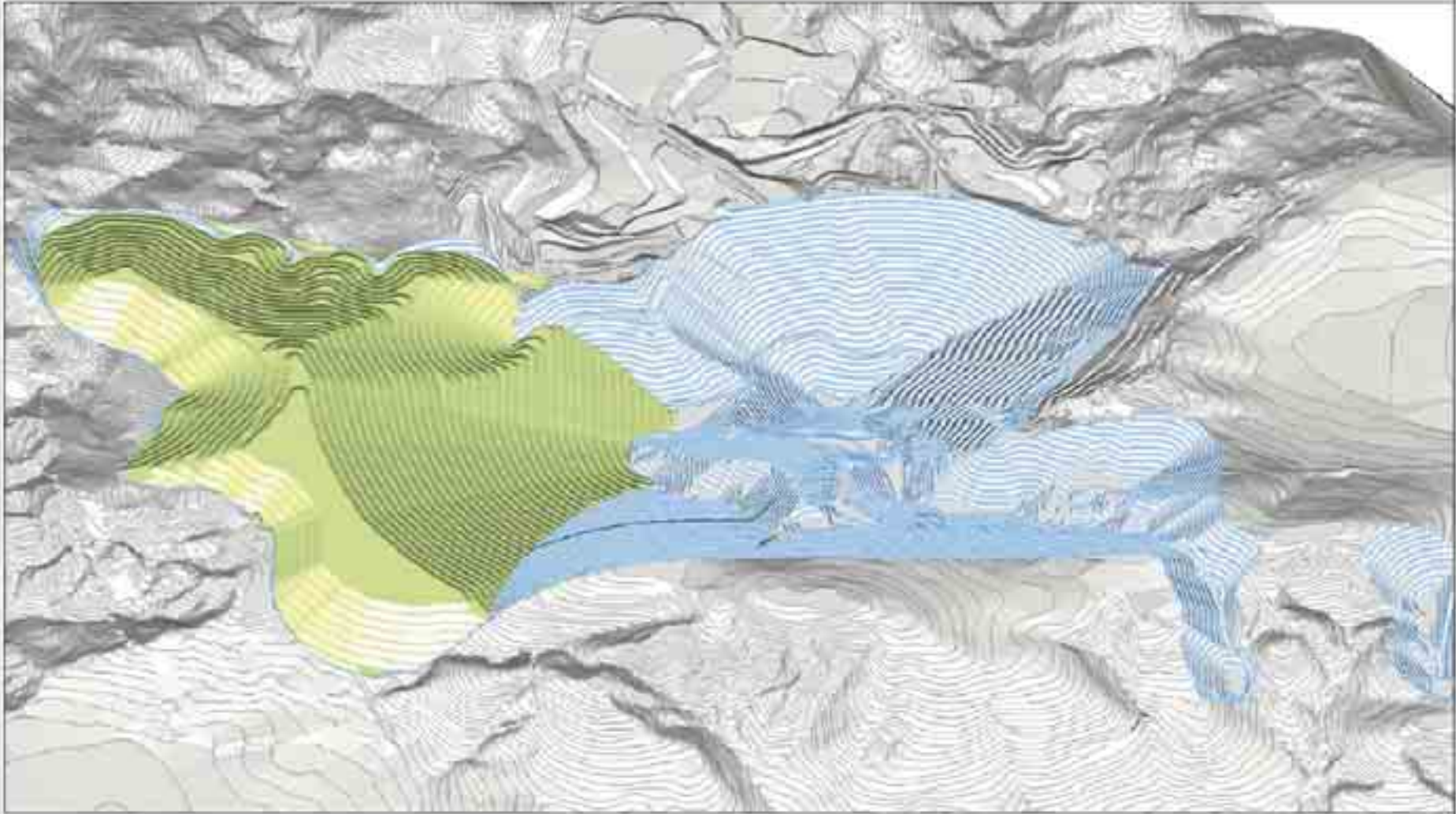


Prepared by  
**pincock, allen & holt**  
165 S. Union Boulevard, Suite 950  
Lakewood, Colorado 80228  
Phone (303) 986-0100  
Project No.  
**9508 B**

圖片來源/使用者  
VALE  
項目名稱  
南部體系

圖 9-5  
CAPITAO DO MATO ULTIMATE PIT

發佈日期  
2009 年 3 月  
圖片名稱  
Fla.9-5dwa



Prepared by  
**pincock, allen & holt**  
185 S. Union Boulevard, Suite 900  
Lakewood, Colorado 80226  
Phone (303) 886-8260  
Project No. 9508 B

圖片來源/使用者  
**VALE**  
項目名稱  
南部體系

圖 9-6  
**TAMANDUA ULTIMATE PIT**

發佈日期  
2009 年 3 月  
圖片名稱  
Fls9-6.dwg

如表9-7所示，從2007年至2008年Vargem Grande礦區的礦石儲量增加了16億噸。增加量的大部分是由於Vale計劃建設鐵英岩選廠，可處理之前大部分當作廢石處理的鐵英岩。

表 9-7  
Vale  
南部體系礦山儲量審計  
VGR礦區儲量增加 – 2007- 2008

| Vargem Grande礦區<br>證實儲量+可能儲量 | 2007年12月31日 |              |            |              |            |              |            |
|------------------------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|                              | 赤鐵礦         |              | 鐵英岩        |              | 總計         |              | 廢石         |
|                              | 噸位<br>(Mt)  | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) |
| Tamandua                     | 75          | 66.5         | 11         | 59.4         | 86         | 65.6         | 113        |
| Capitao do Mato              | 121         | 66.2         | 2          | 59.5         | 123        | 66.1         | 148        |
| Aboboras                     | 27          | 66.1         | 5          | 58.9         | 32         | 64.9         | 20         |
| Vargem Grande總計              | 223         | 66.3         | 18         | 59.3         | 241        | 65.8         | 280        |
|                              |             |              |            |              |            |              |            |
| Vargem Grande礦區<br>證實儲量+可能儲量 | 2008年12月31日 |              |            |              |            |              |            |
|                              | 赤鐵礦         |              | 鐵英岩        |              | 總計         |              | 廢石         |
|                              | 噸位<br>(Mt)  | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) |
| Tamandua                     | 178         | 65.8         | 368        | 47.3         | 546        | 53.3         | 604        |
| Capitao do Mato              | 263         | 65.4         | 576        | 45.2         | 839        | 51.5         | 833        |
| Aboboras                     | 55          | 64.7         | 414        | 42.6         | 469        | 45.2         | 414        |
| Vargem Grande總計              | 497         | 65.5         | 1,358      | 45.0         | 1,855      | 50.5         | 1898       |
|                              |             |              |            |              |            |              |            |
| Vargem Grande礦區<br>證實儲量+可能儲量 | 2008 - 2007 |              |            |              |            |              |            |
|                              | 赤鐵礦         |              | 鐵英岩        |              | 總計         |              | 廢石         |
|                              | 噸位<br>(Mt)  | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) | 品位<br>Fe (%) | 噸位<br>(Mt) |
| Tamandua                     | +103        | -0.7         | +357       | -12.2        | +460       | -12.3        | +491       |
| Capitao do Mato              | +141        | -0.8         | +574       | -14.3        | +716       | -14.5        | +685       |
| Aboboras                     | +29         | -1.4         | +409       | -16.3        | +438       | -19.7        | +394       |
| Vargem Grande總計              | +274        | -0.8         | +1340      | -14.3        | +1613      | -15.3        | +1617      |

9.4 選礦

9.4.1 總體情況

Vargem Grande礦區現有選廠的運營情況與Pincock於2005年3月實地調查對2004年儲量進行審計時的情況相同。選廠原料包括三個礦山生產的軟／硬高品位赤鐵礦和高品位脆性鐵英岩。選廠生產四種產品：塊礦、hematitinha塊礦、燒結料、球團料，每種產品可能細分為若干種類別，以滿足國內外客戶需要。

2007年，選廠生產了大約**2130萬噸**產品。燒結料比例最高，佔產品總量的**51%**。塊礦約佔**19%**，**hematitinha**塊礦和球團料分別約佔**15%**。2008年預計產量將達**2230萬噸**，產品比例基本相同，只是燒結料比例略高，球團料比例略低。與之前由**Pincock**和**AMEC**所做的審計相比，生產量有明顯增加（**2004年1730萬噸**，**2005年1870萬噸**）。開採出先不進行選礦的低品位鐵英岩從礦區運走，被單獨堆存，可能於未來進行處理。在最初這些鐵英岩礦物不被歸入儲量。

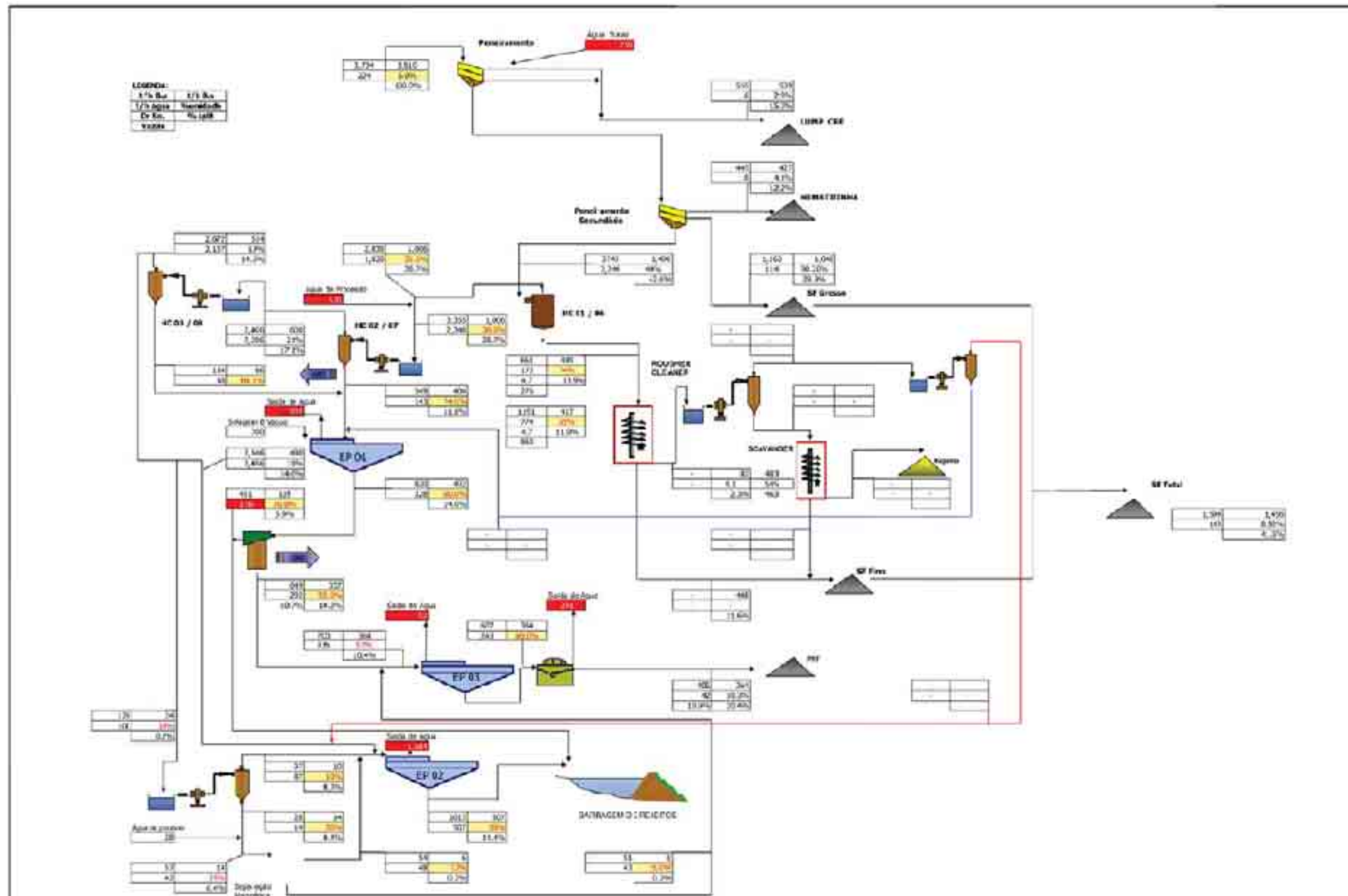
儲量中的高品位赤鐵礦數量持續減少。這意味著產品中塊礦的比例將減小，而處理鐵英岩所獲得的球團料比例很可能上升。所以產量增加量的大部分將為球團料和燒結料，塊礦產量增長很少或沒有增長。

**9.4.2 現有的選廠**

2008年進入選廠的原礦平均鐵品位約為**65%**。塊礦和**hematitinha**塊礦產品的平均鐵品位為**66.5-67%**。燒結料平均鐵品位約為**66.4%**，球團料平均鐵品位略低於**65%**。整體回收率為**83%**，從**Pincock**2004年儲量審計報告中的**79%**有一定提升，鐵回收率為**84.6%**。剩餘礦物為粒度小於**0.15mm**的細粒尾礦，平均品位約為**59%**，排入尾礦庫中。有大量這種細粒高品位尾礦可供處理，以回收部分鐵礦石。

在**Pincock**所做的2004年初儲量審計報告，和**AMEC**所做的2005年儲量審計報告中，已經對**Vargem Grande**礦區的選礦工作和選礦流程進行過詳細評審和討論。之前的審計中顯示，**Vargem Grande**礦區選礦和運營是根據合理可靠的技術和設備。**Pincock**本次審計實地調查所審查和觀察到的情況，與之前觀察到的情況相一致。所以，本次審計僅對**Vargem Grande**選廠和三座礦山的選礦工作進行以下簡要的檢查。

在每座礦山進行過三段乾磨和篩分後，來自三座礦山的原礦石送入**Vargem Grande**選廠。選廠不進行額外破碎，餘下的下游工序包括濕法選礦以獲得四種產品。通過三級簡單濕篩，塊礦、**hematitinha**塊礦和燒結料首先被分選出來。餘下的工序較為複雜，包括多道重力分選、細篩、水力旋流脫泥以及浮選工序，通過所有這些工序生產小部分燒結料和全部球團料。採用濃密和真空過濾等常規脫水工藝，將球團料脫水形成濾餅。泥漿尾礦也在濃密機中進行處理，經濃密的尾礦排入尾礦庫中。濃密機溢流為清水，作為選礦用水回收至選廠。圖**9-7**描繪了**Vargem Grande**選廠的基本濕法選礦流程。



如前面涉及Vargem Grande選廠的兩份儲量審計中所提到的，細粉、稀泥和鈰土仍然偶爾會造成浮選和真空過濾的故障。這些情況會對產品質量和回收率造成負面影響。此外還會導致礦漿溢出，需要更多人力清理，形成安全隱患。

2007年每噸產品的總累計生產現金成本為11.98雷亞爾／噸，2008年為13.62雷亞爾／噸。

Vargem Grande礦區選礦設施的選礦流程設計合理。設備維護和選廠使用情況很好。遵守合理的原礦配比規範，保證了最終產品質量。偶爾原礦中過量的細粉、稀泥或鋁土會影響浮選和過濾，導致大量礦漿溢出，並影響工序控制。會對產品質量和冶金特性造成負面影響。溢出還會造成安全問題，並產生額外清理費用。

該選廠年產量從2004年該選廠剛投產時的1700萬噸，增至2008年的2200餘萬噸。這說明該選廠管理水平和運營水平較高。

9.4.3 提議的鐵英岩選廠

爲了在餘下的赤鐵礦開採週期中提高球團料產量，並能繼續開採南部體系礦山的低品位鐵英岩，Vale計劃在2014年建設並投產一座年產量1,000萬噸的選廠，並在2016年投產第二座年產量1,000萬噸的選廠。該選廠和相應的選礦流程與已有選廠有所區別，將只處理低品位鐵英岩，生產單一球團料。新選廠不處理高品位赤鐵礦。

該選廠將位於已有選廠和球團廠附近。該項目處於早期設計階段，所以很多關於2011年前三年投產的新Vargem Grande礦鐵英岩選廠的詳細情況還不確定。但是PincocK認爲已經進行了充分的研究和設計工作，初步選定了廠址並進行了設計，所以認爲項目成本和經濟性比較可靠且比較準確。

PincocK知道Vale將改變生產計劃，減少卡拉加斯北部系統礦山的球團料產量，並增加南部體系礦山的球團料產量，以實現產量平衡。提議的Vargem Grande選廠和計劃建設的位於Fábrica礦區的另一座類似選廠，將滿足提高球團料生產的需要。Fábrica鐵英岩選廠設計理念根據鐵英岩獨特的礦物特性，與Vargem Grande礦區的新鐵英岩選廠有些類似。兩座選廠都採用新技術，也選用了其他鐵英岩選廠所用的標準設備。Vargem Grande鐵英岩選廠設計將於2011年投產，而Fábrica鐵英岩選廠一期工程將於2014年投產。

Vargem Grande選廠設計每年處理**2,180**萬噸原礦（來自上述三座礦山），生產**1,000**萬噸球團料。原礦鐵品位為**44%**，球團料產品鐵品位為**68.6%**，整體回收率為**45.93%**。鐵回收率為**71.6%**，尾礦鐵品位為**18.8%**。

新鐵英岩選廠的選礦流程分為三個階段。第一階段包括位於該三座礦山中每座礦山的一台單振動篩和初級破碎機。設備以開路迴路進行乾選，產物進入料堆進行一定混合，然後由輸送機送入新選廠。每座礦山的破碎和篩分處理能力為每年**1,000**萬噸（總共**3,000**萬噸），超出選廠所需要的**21.78**原礦。破碎產物最大粒度約為**150**毫米（小於**6**英寸）。

第二階段為Vargem Grande選廠進行的精磨。流程包括兩步閉路迴路乾磨篩分。第一步為次級／三級篩分研磨，有八台振動篩和六台圓錐破碎機。第二步為四級篩分研磨，有多台篩網（**14**台較小，**10**台較大）和八台圓錐破碎機。破碎產物的粒度從**150**毫米降至最高**12.5**毫米（**0.50**英寸），儲存在大型均勻料堆中，隨後被送進第三階段選礦。三座礦山和Vargem Grande選廠所採用的第一階段和第二階段破碎流程非常常規，所以不配圖說明。

圖9-8描述了第三階段選礦流程，下文將詳細介紹。

第三階段工序為全濕法選礦，該階段將鐵礦石與廢棄礦物分離。選廠有兩條相同的平行生產線。每條生產線都有一台**18 ft×29 ft**初級球磨機，以開路迴路運行，研磨產物由**16**台**26**英寸直徑水力旋流器進行分選。溢流進入三級水力旋流脫機步驟（**236**台不同尺寸的水力旋流器），獲得浮選原料和稀泥尾礦。初級球磨機分選水力旋流器底流浸入次級球磨機（與一級球磨機尺寸相同）。次級球磨機以閉路迴路運行，由兩級水力旋流器進行分選。兩級水力旋流的溢流和初級水力旋流溢流為脫泥原料。礦石粒度從**12.5**毫米降至約**0.25**毫米（**65**目），使鐵礦物與無用礦物分離。

脫泥水力旋流的底流為兩條浮選生產線其中一條的浮選原料。每條浮選生產線有兩台調節槽，和**22**台大型浮選機。浮選分為四步：粗選、掃選、精選和再精選，並回收中間產物。再精選精粉（底流）為最終精粉產品，次級掃選泡沫（溢流）為最終尾礦，和濃密稀泥尾礦一起排入尾礦庫中。



浮選精粉經20台細節篩分，然後進入40米直徑濃密機濃密。濃密機底流由8台真空碟型過濾機過濾，濃密溢流作為選礦用水回收。

浮選採用一些化學藥劑，加入浮選之前的調節槽中。加入苛性鈉(NaOH)控制pH並壓下含鐵礦物。浮選中還加入胺和澱粉。加入胺使含矽廢物浮起，加入澱粉進一步壓下含鐵礦物。該流程稱為逆浮選，能獲得非常高品位的純淨鐵礦石精粉，矽含量小於1.0%。

**9.4.4 資金成本和運營成本**

該項目預計將於2011年建成並投產，預計該選廠資金成本為11.82億美元。在Vale所有計劃選廠項目中，每噸年產量的資金成本最高（118美元／噸）。與其他項目比較，Apolo項目為96美元／噸，Serra Sul項目為55美元／噸，Carajas North現有每年3,000萬噸產量的選廠為42美元／噸。

Vale預計Vargem Grande鐵英岩選廠每噸球團料產品的純選礦運營成本為14.40雷亞爾／噸或8.00美元／噸。運營成本估算工作比較周密，且與其他類似選廠的成本接近。Vargem Grande鐵英岩礦石需要細磨、浮選和真空過濾才能獲得合格產品。選廠這三道工序在每噸礦石成本中分別佔2.29美元、2.23美元和0.58美元，總計5.10美元，佔總選礦成本的63.4%。此外，與其他整體回收率高於80%的選廠相比，由於原礦品位較低，只有45.9%的原礦被回收，獲得很高品位的產品。分別與Feijão選廠和Fábrica選廠9.01美元／噸和7.67美元／噸的運營成本相比，Pincock認為成本估算比較精確合理。

**9.4.5 討論**

Pincock認為Vargem Grande礦區用於處理低品位鐵英岩礦石的新選廠根據合理可靠的技術和設備設計。運營成本比較現實，與巴西其他選廠的運營成本有可比性。預計球團料產品質量很高，在球團料市場上會有比其他供應商更強的競爭力。

由於用低品位鐵英岩生產球團料需要比赤鐵礦更密集的選礦工作，用於處理鐵英岩生產球團料的選廠運營成本比用赤鐵礦生產球團料的選廠運營成本更高。增加的研磨和浮選成本，以及更低的整體回收率，導致鐵英岩的每噸運營成本大為增加。但是與世界其他低品位鐵礦石選廠相比其生產成本仍非常低。預計整體鐵回收率為**71.6%**，對於此類選礦較低。**Pincock**建議**Vale**應當對其他可能的步驟進行研究，以提高鐵回收率。**Pincock**認為**80%**的鐵回收率應當是一個可以實現的短期目標，長期目標將進一步提升鐵回收率。脫泥損失佔總損失的約**60%**，這是個值得進行研究改進的環節。

作為大型複雜工程，需要進行周密部署並認真進行設計、建設和投產。預計**2011**年的投產日期比較樂觀。該項目和**Vale**其他同時建設的新選廠建設項目，都需要具有豐富經驗的高水平團隊進行施工、投產，以保證選廠項目按時按預算完成並投產。**Pincock**懷疑**Vale**是否擁有足夠多的具有豐富經驗的人力資源對所有同時在建以及運營項目進行有效領導和管理。

**9.5           經濟可行性**

**Pincock**審閱了作為儲量經濟性試驗的**Vale**的**Vargem Grande**礦區從**2009**年至礦山壽命結束的經濟可行性報告。**2008**年儲量審計中，對儲量壽命的完整經濟性進行了分析。在過去，根據前一年的運營成本和收入評估該礦區儲量。**2008**年儲量中包括了資金構成和投資所導致的鐵英岩儲量的顯著增加，這與儲量經濟性的項目壽命相符合。

由**Vale**工程師和分析師對**Vargem Grande**礦區進行經濟性分析，由**Pincock**在實地調查時進行審查。**2008**年儲量經濟性分析最初將鐵英岩項目看作單獨的項目，未考慮赤鐵礦生產，兩個選廠現金流情況都較好。第二次分析擴展至包括所有**2009**年的材料，作為經濟性試驗。可以預計第二次分析通過用目前運營收入抵消資金投入，對儲量的經濟性優勢產生影響。

表**9-8**中列出每個礦區所編製的現金運營成本和和特定分派成本。**Vale**會計部門跟踪礦區中每個礦山的直接現金成本，並提供鐵路運輸、港口作業等下游活動的直接現金成本。此外，礦山管理支出和一般企業開支也與產量成正比，還包括預期未來為保持生產水平所需的設備更換費用。

**Vargem Grande**礦區**2008**年運營單位成本用於現金流分析，並在下表中以每噸產品數據列出。

鐵路和港口成本為這些活動的直接現金運營成本，而不是向外部客戶收取的交易價格。**Pincock**具有其他大型露天礦山資本成本部分的評估經驗，認為該礦區的資本成本在正常範圍內。其他投資費用包括在現金流分析的資本成本部分中。

表 9-8  
Vale  
南部體系儲量審計  
Vargem Grande礦區運營成本

| Abóboras礦        | 美元／噸 產 |
|------------------|--------|
| 礦山               | \$2.28 |
| 選廠 ITM HM        | \$0.76 |
| 選廠 ITM ITAB.     | \$7.23 |
| 管理               | \$1.07 |
| 鐵路運輸 (MRS)       | \$9.00 |
| 港口 (TIG)         | \$1.04 |
| Capitão do Mato礦 | 美元／噸 產 |
| 礦山               | \$2.82 |
| 選廠 ITM HM        | \$2.19 |
| 選廠 ITM ITAB.     | \$7.23 |
| 管理               | \$1.11 |
| 鐵路運輸 (MRS)       | \$9.00 |
| 港口 (TIG)         | \$1.04 |
| Tamanduá礦        | 美元／噸 產 |
| 礦山               | \$4.29 |
| 選廠 ITM HM        | \$2.24 |
| 選廠 ITM ITAB.     | \$7.23 |
| 管理               | \$1.11 |
| 鐵路運輸 (MRS)       | \$9.00 |
| 港口 (TIG)         | \$1.04 |
| Gama礦            | 美元／噸 產 |
| 礦山               | \$1.19 |
| 選廠 ITM HM        | \$0.76 |
| 選廠 ITM ITAB.     | \$7.23 |
| 管理               | \$1.07 |
| 鐵路運輸 (MRS)       | \$9.00 |
| 港口 (TIG)         | \$1.04 |

產品銷售的單位價格是根據鐵噸度價格，鐵噸度是指每公噸產品的鐵含量百分數。提供給Pincock的礦石儲量經濟學測試中採用了三年平均產品每噸單位價格。儘管這樣簡化了現金流，但採用這種價格假設是由於品位波動而導致不準確。倘經濟性較低，則該假設需進一步分析。儘管Pincock建議經濟學分析應當根據實際合同價格框架（鐵噸度價格）並採用預計礦石品位，但Vargem Grande礦區的經濟學分析足夠健全，所以認為採用每噸價格的方法足以滿足經濟學測試。Vargem Grande礦區在2006年、2007年和2008年出口銷售的產品平均實現價格為（以美元為單位）：

|     |           |
|-----|-----------|
| 塊礦  | 86.40 美元／ |
| 噸   |           |
| 燒結料 | 53.60 美元／ |
| 噸   |           |
| 球團礦 | 49.90 美元／ |
| 噸   |           |

Pincock獨立審查了Vale公佈的在Tubarão港記錄的2008年月度價格，這些月度價格與公司公佈的年度單位價格相吻合。Vale還在國內市場以較低價格銷售了一部分產品，這種情況下客戶不支付鐵路和港口費用，Vale保證了大部分利潤。

表9-9中總結了Vargem Grande礦區合理的礦山壽命信息（按每噸產品計算）

表 9-9  
Vale  
南部體系儲量審計  
Vargem Grande礦區儲量經濟性礦山壽命總結

|                            | 百萬美元   |
|----------------------------|--------|
| 毛收入                        | 60,400 |
| 運營成本                       | 22,220 |
| 稅前收入                       | 34,005 |
| 資本投入                       | 4,490  |
| 淨收入                        | 22,362 |
| 淨現值 @12% - Vargem Grande礦區 | 7.088  |

對Vargem Grande礦區現金流的審查發現淨現值（以Vale加權平均資本成本12%折現）比較可觀。由於項目第一年現金流就為正數，所以不能確定內部收益率。分析淨現值對運營成本和資本開支的敏感度，每一項變化最高為100%。所有情況下的淨現值都為正數，表示項目具有良好的經濟性，如表9-10所示。

此外，Vale還設計了另一項經濟性標杆作為風險指標，即項目淨現值與資本投入的淨現值之比。如果該值大於一，該項目風險則為適度。

根據對採用三年滾動平均實現價格的礦山壽命經濟性分析的審查，Pincock認為Vale Vargem Grande礦區2008年儲量經濟可行性比較可信。

表 9-10  
Vale  
南部體系儲量審計  
Vargem Grande 礦區成本敏感度分析

| 運營成本 | 淨現值   | 資本開支 | 淨現    |
|------|-------|------|-------|
| 0%   | 7,088 | 0%   | 7,088 |
| 10%  | 7,049 | 10%  | 6,889 |
| 20%  | 7,011 | 20%  | 6,690 |
| 50%  | 6,895 | 50%  | 6,094 |
| 100% | 6,703 | 100% | 5,099 |

註： 運營成本和資本開支單獨變化

表9-11和9-12列出了生產報表和現金流經濟性分析。

表 9-11  
Vale  
南部體系儲量審計  
VGR礦區全壽命生產報表

| 總結                         | 2009-2050總計 | 2008實際   | 2009     | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 至2020      | 至2030      | 至2040      | 至2050      |
|----------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|
| 搬運量（搬運量）                   |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 廢石                         | 1,898       | 37.5     | 27.0     | 26.8     | 28.2     | 38.3     | 38.3     | 35.0     | 45.2     | 328.7      | 580.3      | 471.4      | 240.9      |
| 原礦 – 赤鐵礦                   | 535         | 39.9     | 36.2     | 34.6     | 33.9     | 32.8     | 32.8     | 29.5     | 29.5     | 148.2      | 74.5       | 33.3       | 10.2       |
| 原礦 – 鐵英岩                   | 1,418       | 1.9      | 15.5     | 16.4     | 14.3     | 26.3     | 26.3     | 23.8     | 32.9     | 210.7      | 417.2      | 396.1      | 237.1      |
| 其他搬運量                      | 39          | 0.8      | 0.8      | 0.8      | 0.8      | 1.0      | 1.0      | 0.9      | 1.1      | 6.9        | 10.7       | 9.0        | 4.9        |
| 總計                         | 3,890       | 80.2     | 79.4     | 78.5     | 77.1     | 98.4     | 98.4     | 89.1     | 108.7    | 694.5      | 1,082.7    | 909.8      | 493.1      |
| 各礦產量                       |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| （百萬噸）                      |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| ABO - ITM赤鐵礦               | 51          | 6.8      | 6.2      | 6.0      | 3.5      | 3.2      | 3.2      | 2.8      | 2.8      | 16.7       | 6.4        | 0.3        | -          |
| ABO - ITM鐵英岩               | 195         | -        | -        | -        | 2.0      | 9.1      | 9.1      | 6.3      | 6.3      | 31.4       | 70.9       | 59.8       | -          |
| ABO - HM + ITAB.           | 246         | 6.8      | 6.2      | 6.0      | 5.5      | 12.3     | 12.3     | 9.1      | 9.1      | 48.1       | 77.3       | 60.1       | -          |
|                            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| CMT - ITM赤鐵礦               | 212         | 14.7     | 12.5     | 11.7     | 12.2     | 12.3     | 12.3     | 12.2     | 12.2     | 64.1       | 45.0       | 9.1        | 8.6        |
| CMT - ITM鐵英岩               | 273         | -        | -        | -        | -        | 0.9      | 0.9      | 4.1      | 4.1      | 30.0       | 58.2       | 65.6       | 108.9      |
| CMT - HM + ITAB.           | 485         | 14.7     | 12.5     | 11.7     | 12.2     | 13.2     | 13.2     | 16.3     | 16.3     | 94.1       | 103.2      | 74.6       | 117.5      |
|                            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| TAM - ITM赤鐵礦               | 151         | 12.2     | 10.8     | 10.6     | 10.7     | 10.5     | 10.5     | 10.3     | 10.3     | 46.6       | 12.3       | 18.8       | -          |
| TAM - ITM鐵英岩               | 182         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 0.5      | 4.7      | 38.6       | 71.4       | 66.8       | -          |
| TAM - HM + ITAB.           | 333         | 12.2     | 10.8     | 10.6     | 10.7     | 10.5     | 10.5     | 10.8     | 15.0     | 85.2       | 83.7       | 85.6       | -          |
|                            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| GAMA - ITM赤鐵礦              | 13          | 1.1      | 2.3      | 2.1      | 3.1      | 2.6      | 2.6      | -        | -        | -          | -          | -          | -          |
| GAMA - ITM鐵英岩              | -           | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -          | -          | -          | -          |
| GAMA - HM + ITAB.          | 13          | 1.1      | 2.3      | 2.1      | 3.1      | 2.6      | 2.6      | -        | -        | -          | -          | -          | -          |
|                            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 總量 - ITM赤鐵礦                | 427         | 34.9     | 31.8     | 30.4     | 29.5     | 28.5     | 28.5     | 25.3     | 25.3     | 127.4      | 63.7       | 28.1       | 8.6        |
| 總量 - ITM鐵英岩                | 650         | -        | -        | -        | 2.0      | 10.0     | 10.0     | 10.9     | 15.1     | 100.0      | 200.4      | 192.2      | 108.9      |
| 總計                         | 1,077       | 34.9     | 31.8     | 30.4     | 31.6     | 38.5     | 38.5     | 36.2     | 40.4     | 227.4      | 264.2      | 220.3      | 117.5      |
| Abóboras礦                  |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 單位成本（美元／噸 產品）              |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 礦山                         |             | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82     | \$2.82     | \$2.82     | \$2.82     |
| 選廠 ITM HM                  |             | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76     | \$0.76     | \$0.76     | \$0.76     |
| 選廠ITM ITAB.                |             | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     |
| 管理                         |             | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07     | \$1.07     | \$1.07     | \$1.07     |
| 鐵路運輸 (MRS)                 |             | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     |
| 港口 (TIG)                   |             | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     |
| 總成本 - ABO（百萬美元）            | \$ 4,934    | \$ 89.1  | \$ 80.5  | \$ 78.0  | \$ 85.0  | \$ 239.3 | \$ 239.3 | \$ 175.2 | \$ 175.2 | \$ 910.1   | \$ 1,593.0 | \$ 1,269.0 | \$ -       |
| Capitão do Mato礦           |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 單位成本（美元／噸 產品）              |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 礦山                         |             | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82   | \$2.82     | \$2.82     | \$2.82     | \$2.82     |
| 選廠 ITM HM                  |             | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19   | \$2.19     | \$2.19     | \$2.19     | \$2.19     |
| 選廠ITM ITAB.                |             | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     |
| 管理                         |             | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11     | \$1.11     | \$1.11     | \$1.11     |
| 鐵路運輸 (MRS)                 |             | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     |
| 港口 (TIG)                   |             | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     |
| 成本 - CMT（百萬美元）             | \$ 9,442    | \$ 237.1 | \$ 202.3 | \$ 189.3 | \$ 197.6 | \$ 218.1 | \$ 218.1 | \$ 283.0 | \$ 283.0 | \$ 1,670.6 | \$ 1,959.9 | \$ 1,535.5 | \$ 2,447.1 |
| Tamandua礦                  |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 單位成本（美元／噸 產品）              |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 礦山                         |             | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29   | \$4.29     | \$4.29     | \$4.29     | \$4.29     |
| 選廠 ITM HM                  |             | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24   | \$2.24     | \$2.24     | \$2.24     | \$2.24     |
| 選廠ITM ITAB.                |             | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     |
| 管理                         |             | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11   | \$1.11     | \$1.11     | \$1.11     | \$1.11     |
| 鐵路運輸 (MRS)                 |             | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     |
| 港口 (TIG)                   |             | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     |
| 成本 - TAM（百萬美元）             | \$ 7,015    | \$ 216.2 | \$ 190.8 | \$ 187.8 | \$ 189.7 | \$ 184.7 | \$ 184.7 | \$ 193.4 | \$ 287.8 | \$ 1,697.5 | \$ 1,835.7 | \$ 1,846.6 | \$ -       |
| Gama礦                      |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 單位成本（美元／噸 產品）              |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 礦山                         |             | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19   | \$1.19     | \$1.19     | \$1.19     | \$1.19     |
| 選廠 ITM HM                  |             | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76   | \$0.76     | \$0.76     | \$0.76     | \$0.76     |
| 選廠ITM ITAB.                |             | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23   | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     | \$7.23     |
| 管理                         |             | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07   | \$1.07     | \$1.07     | \$1.07     | \$1.07     |
| 鐵路運輸 (MRS)                 |             | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00   | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     | \$9.00     |
| 港口 (TIG)                   |             | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04   | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     | \$1.04     |
| 成本 - GAMA（百萬美元）            | \$ 180      | \$ 14.9  | \$ 30.1  | \$ 27.1  | \$ 40.3  | \$ 33.8  | \$ 33.8  | \$ -     | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 成本 – VGR礦區（百萬美元）           | \$ 21,570   | \$ 557   | \$ 504   | \$ 482   | \$ 513   | \$ 676   | \$ 676   | \$ 652   | \$ 746   | \$ 4,278   | \$ 5,389   | \$ 4,651   | \$ 2,447   |
| 銷售（百萬噸）                    |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 塊礦 – 外部市場                  | 111.9       | 12.8     | 11.1     | 10.7     | 10.3     | 10.1     | 10.1     | 9.9      | 9.9      | 9.9        | 9.9        | 9.9        | 9.9        |
| 燒結料 – 外部市場                 | 149.1       | 17.8     | 16.9     | 16.1     | 15.5     | 14.7     | 14.7     | 11.7     | 11.7     | 12.0       | 12.0       | 12.0       | 12.0       |
| 球團料 – 外部市場                 | 168.3       | 4.4      | 3.8      | 3.6      | 5.8      | 13.7     | 13.7     | 14.6     | 18.7     | 23.6       | 23.6       | 23.6       | 23.6       |
| 總銷售量 -外部市場                 | 429.3       | 34.9     | 31.8     | 30.4     | 31.6     | 38.5     | 38.5     | 36.2     | 40.4     | 45.5       | 45.5       | 45.5       | 45.5       |
| 售價（美元／噸）                   |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 塊礦 – 外部市場                  |             | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42  | \$86.42    | \$86.42    | \$86.42    | \$86.42    |
| 燒結料 – 外部市場                 |             | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60  | \$53.60    | \$53.60    | \$53.60    | \$53.60    |
| 球團料 – 外部市場                 |             | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85  | \$49.85    | \$49.85    | \$49.85    | \$49.85    |
| 銷售額（美元 10 <sup>6</sup> ）   | \$ 26,054   | \$ 2,272 | \$ 2,055 | \$ 1,966 | \$ 2,008 | \$ 2,348 | \$ 2,348 | \$ 2,211 | \$ 2,419 | \$ 2,675   | \$ 2,675   | \$ 2,675   | \$ 2,675   |
| 資本投入                       |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 資本支出（百萬美元）                 | \$4,488.8   | \$ 58.7  | \$ 126.3 | \$ 375.9 | \$ 495.1 | \$ 394.8 | \$ 331.9 | \$ 383.5 | \$ 385.8 | \$ 466.0   | \$ 688.4   | \$ 503.9   | \$ 337.1   |
|                            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |
| 礦山設備                       | \$299.3     | \$ -     | \$ 7.4   | \$ 8.0   | \$ 68.2  | \$ -     | \$ 19.3  | \$ 2.9   | \$ 122.3 | \$ 59.6    | \$ 11.7    | \$ -       | \$ -       |
| 1a e 2a ITM I VGR + 遷移 TFA | \$1,529.2   | \$ -     | \$ 44.6  | \$ 271.8 | \$ 273.1 | \$ 283.1 | \$ 236.1 | \$ 275.5 | \$ 145.0 | \$ -       | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 尾礦壩                        | \$166.7     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ 61.1  | \$ 27.4  | \$ -     | \$ 46.6  | \$ 31.6  | \$ -       | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 地區收購                       | \$7.9       | \$ -     | \$ 7.9   | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -       | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 排土場                        | \$57.0      | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ 42.5  | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ 14.5  | \$ -       | \$ -       | \$ -       | \$ -       |
| 持續資本                       | \$2,428.6   | \$ 58.7  | \$ 66.4  | \$ 96.1  | \$ 50.2  | \$ 84.3  | \$ 76.5  | \$ 58.6  | \$ 72.5  | \$ 406.4   | \$ 676.7   | \$ 503.9   | \$ 337.1   |
| 礦山設備 (*)                   | \$813.4     | \$ 6.4   | \$ 18.7  | \$ 50.5  | \$ 2.9   | \$ 26.4  | \$ 18.7  | \$ 4.3   | \$ 11.9  | \$ 65.3    | \$ 280.4   | \$ 173.4   | \$ 160.8   |
| 選廠                         | \$1,615.3   | \$ 52.3  | \$ 47.7  | \$ 45.6  | \$ 47.3  | \$ 57.8  | \$ 57.8  | \$ 54.3  | \$ 60.5  | \$ 341.1   | \$ 396.3   | \$ 330.5   | \$ 176.3   |

註：  
(\*) – 設備需求預測直到2030年，之後年份重複最後3年的設備需求（2028，2029，2030）。

表 9-12  
Vale  
南部體系儲量審計  
VGR礦區全壽命經濟性分析

| VGR礦區現金流               | 2009-2050總計 | 2008       | 2009     | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 至2020     | 至 2030    | 至 2040    | 至 2050   |
|------------------------|-------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 百萬美元                   |             |            |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |          |
| 運營總收入                  | \$ 60,379   | \$ 2,272   | \$ 2,055 | \$ 1,966 | \$ 2,008 | \$ 2,348 | \$ 2,348 | \$ 2,211 | \$ 2,419 | \$ 13,374 | \$ 14,199 | \$ 11,449 | \$ 6,002 |
| 銷售稅費 (PIS／COFINS／ICMS) | \$ -        | \$ -       | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -      | \$ -      | \$ -      | \$ -     |
| 淨運營收入                  | \$ 60,379   | \$ 2,272   | \$ 2,055 | \$ 1,966 | \$ 2,008 | \$ 2,348 | \$ 2,348 | \$ 2,211 | \$ 2,419 | \$ 13,374 | \$ 14,199 | \$ 11,449 | \$ 6,002 |
| 運營成本                   | \$ 21,013   | \$ 557     | \$ 504   | \$ 482   | \$ 513   | \$ 676   | \$ 676   | \$ 652   | \$ 746   | \$ 4,278  | \$ 5,389  | \$ 4,651  | \$ 2,447 |
| CFEM （礦產稅）             | \$ 1,208    | \$ 45      | \$ 41    | \$ 39    | \$ 40    | \$ 47    | \$ 47    | \$ 44    | \$ 48    | \$ 267    | \$ 284    | \$ 229    | \$ 120   |
| 總運營成本                  | \$ 22,221   | \$ 603     | \$ 545   | \$ 522   | \$ 553   | \$ 723   | \$ 723   | \$ 696   | \$ 794   | \$ 4,546  | \$ 5,673  | \$ 4,880  | \$ 2,567 |
| 運營支出                   | \$ -        | \$ -       | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -      | \$ -      | \$ -      | \$ -     |
| EBITDA                 | \$ 38,158   | \$ 1,669   | \$ 1,510 | \$ 1,445 | \$ 1,456 | \$ 1,625 | \$ 1,625 | \$ 1,515 | \$ 1,624 | \$ 8,829  | \$ 8,527  | \$ 6,569  | \$ 3,434 |
| EBITDA %               | 63%         | 73%        | 73%      | 73%      | 72%      | 69%      | 69%      | 69%      | 67%      | 66%       | 60%       | 57%       | 57%      |
| 折舊                     | \$ 4,153    | \$ -       | \$ 3     | \$ 9     | \$ 28    | \$ 56    | \$ 75    | \$ 93    | \$ 111   | \$ 721    | \$ 1,634  | \$ 906    | \$ 517   |
| EBIT                   | \$ 34,005   | \$ 1,669   | \$ 1,507 | \$ 1,436 | \$ 1,427 | \$ 1,569 | \$ 1,550 | \$ 1,423 | \$ 1,513 | \$ 8,107  | \$ 6,893  | \$ 5,663  | \$ 2,918 |
| 所得稅／社會捐獻               | \$ 11,562   | \$ 568     | \$ 512   | \$ 488   | \$ 485   | \$ 534   | \$ 527   | \$ 484   | \$ 514   | \$ 2,756  | \$ 2,344  | \$ 1,925  | \$ 992   |
| 運營利潤                   | \$ 22,443   | \$ 1,102   | \$ 995   | \$ 947   | \$ 942   | \$ 1,036 | \$ 1,023 | \$ 939   | \$ 999   | \$ 5,351  | \$ 4,549  | \$ 3,737  | \$ 1,926 |
| 加回折舊                   | \$ 4,153    | \$ -       | \$ 3     | \$ 9     | \$ 28    | \$ 56    | \$ 75    | \$ 93    | \$ 111   | \$ 721    | \$ 1,634  | \$ 906    | \$ 517   |
| 運營現金流                  | \$ 26,597   | \$ 1,102   | \$ 998   | \$ 957   | \$ 970   | \$ 1,091 | \$ 1,098 | \$ 1,032 | \$ 1,110 | \$ 6,072  | \$ 6,183  | \$ 4,644  | \$ 2,442 |
| 投資                     | \$ (4,489)  | \$ (59)    | \$ (126) | \$ (376) | \$ (495) | \$ (395) | \$ (332) | \$ (384) | \$ (386) | \$ (466)  | \$ (688)  | \$ (504)  | \$ (337) |
| 運營資金波動                 | \$ (254)    | \$ (7,226) | \$ (26)  | \$ (11)  | \$ 6     | \$ 44    | \$ -     | \$ (16)  | \$ 27    | \$ 33     | \$ (188)  | \$ 11     | \$ (134) |
| 總投資                    | \$ (4,235)  | \$ 7,167   | \$ (100) | \$ (365) | \$ (501) | \$ (439) | \$ (332) | \$ (367) | \$ (412) | \$ (499)  | \$ (501)  | \$ (515)  | \$ (203) |
| 淨現金流                   | \$ 22,362   | \$ 8,268   | \$ 897   | \$ 591   | \$ 469   | \$ 653   | \$ 766   | \$ 664   | \$ 698   | \$ 5,574  | \$ 5,682  | \$ 4,128  | \$ 2,239 |

10.0      **Apollo項目**

以下內容是關於Apollo項目特定問題的研討。該項目爲未開發地區的項目，將大大提高Vale南部體系的礦產量。

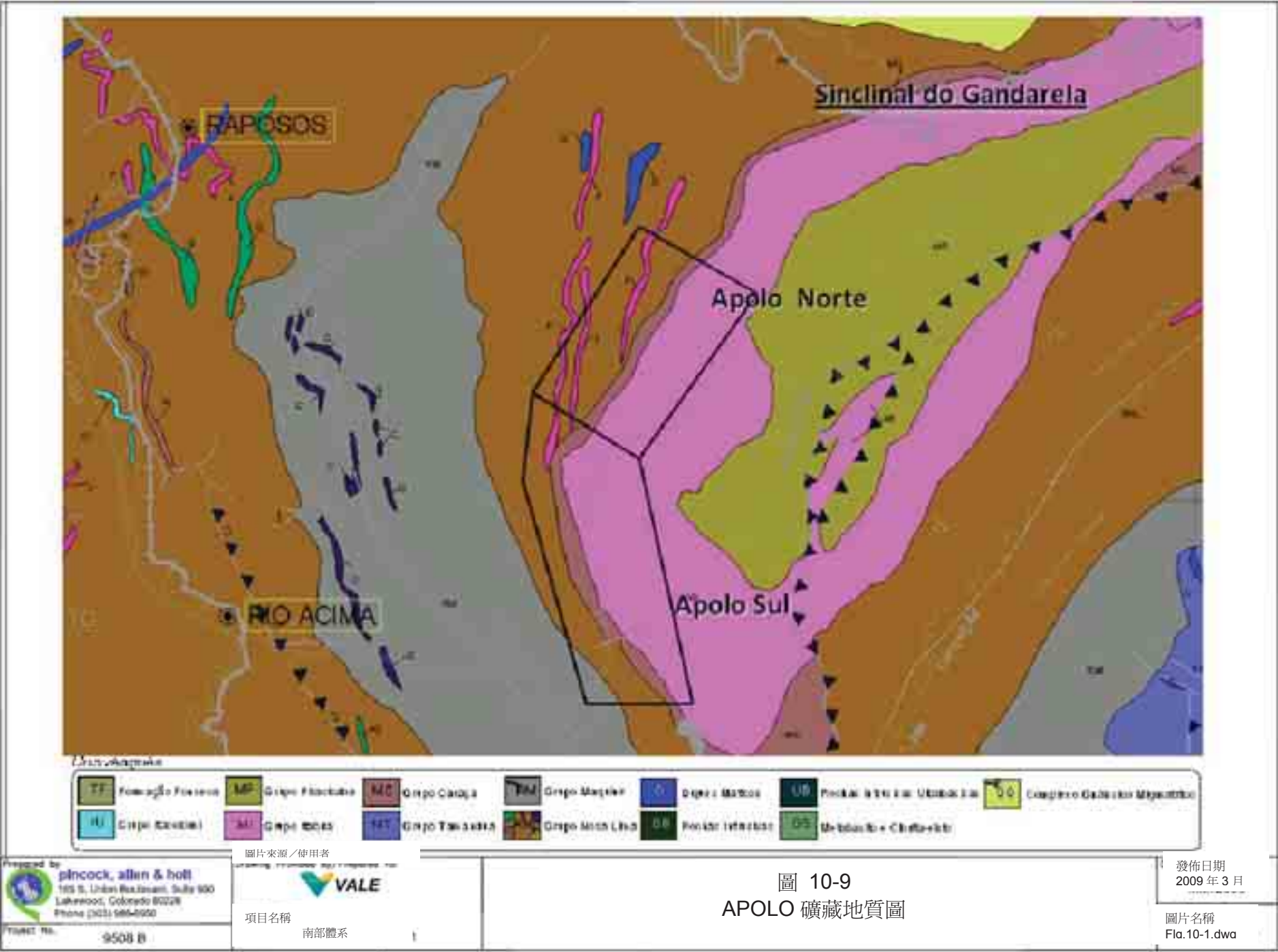
10.1      *地質狀況*

Apollo礦藏位於鐵四角地區中央區域Gandarela Syncline的西部。圖10-1是Apollo項目區域的總體地質圖。位於Caue構造基層的鐵英岩覆蓋在Caraca Group的千枚岩和石英岩上。在底部，Caraca Group和Nova Lima Group的片岩有邊界。在頂部，Caue構造和Gandarela構造有邊界。在該地區，Caue構造的厚度可達大約800米。Apollo地層剖面圖包含在表10-1中。

表10-1  
Vale  
南部體系儲量審計  
Apollo礦藏地層剖面圖

| 年代           | 超群                | 群          | 構造                | 岩石情況                                                    |
|--------------|-------------------|------------|-------------------|---------------------------------------------------------|
| 顯生代<br>(第四紀) |                   |            | 鐵角礫岩              | 表面風化的鐵角礫岩，<br>包括由赤鐵礦和鐵英岩組成的針鐵礦塊段                        |
|              |                   |            | 鋁土礦               | 屬於淺生礦藏的鐵礬土和鋁土礦                                          |
| 後原生代         |                   |            | 侵入岩               | 侵入性變質基底岩                                                |
| 原生代          | Minas             | Piracicaba | Indiviso          | 片岩, 含鐵石英岩                                               |
|              |                   | Itabira    | Gandarela<br>Cauê | 白雲石化鐵英岩，白雲石化千枚岩以及白雲石<br>含鐵岩層的氧化相，包括<br>針鐵礦鐵英岩，緊密、易碎的赤鐵礦 |
|              |                   | Caraça     | Batatal<br>Moeda  | 含亞氨酸鹽和絹雲母的千枚岩<br>含絹雲母的石英岩，石英片岩，礫狀<br>石英岩 (QT)           |
| 太古代          | Rio das<br>Velhas | Nova Lima  | Indiviso          | 含亞氨酸鹽的片岩，含絹雲母的片岩，條帶狀<br>含鐵構造（BIF）中的透鏡體，和變燧岩（XI）         |

Gandarela Syncline是Transamazonian變形初始階段形成的區域性結構，Transamazonian變形影響到了鐵四角區域。晚巴西斷層事件（至中世紀600年）轉變了Gandarela Syncline的結構，並在其東北方向構造了一個西南至東北走向的均斜層。該均斜層至東南方向大約下沉35°。



## 10.2 儲量估計

Apollo項目處於勘探至早期項目開發的階段，還沒有進行任何開採活動。多數鑽孔按照100米X100米的網狀方式進行。少數填充鑽探按照25米X25米的網狀方式進行。現有的儲量模型基於總計達197個鑽孔的資料設計。2004年Vale的資源預計儲量已由Pincock於2005年初進行了審核，目前，該資料又根據2007年的鑽孔結果進行了修正。

Apollo礦藏儲量估計中，使用了一些資源模型，例如，資料管理和處理，地質建模，地質統計分析，品級估計，資源分類等，這些模型都詳述於本報告第3部分。Vale使用了Vulcan®軟件，用來進行數據庫和建模工作。所有地質統計工作使用了Geovariance ISATIS®進行。

用來估計Apollo礦藏資源儲量的地質模型包括：

- 100米間隔上的58個橫斷面。50和25米間隔上的填充式橫斷面
- 15米間隔上的43個水準平面圖
- 邊界分析（所有顯示為硬邊界的岩石）
- 對岩石在螢幕上進行解釋
- 多邊形建構
- 平面圖上的多邊形擠出，造成了固體的產生
- 12.5 x 12.5 x 10米離散化塊段
- 這些塊段使用旗子進行了標示，並進行了容積對比。

Vale對Apollo礦藏的儲量估計過程簡述如下。

- 產生原始數據和複合數據的單變數統計結果，以及直方圖、箱線圖和地質體邊界分析。使用PAH對資料檔案和單變數統計資料進行了一些交叉檢驗，且沒有發現任何重大錯誤。
- 在密度計算中，使用了有刻度的填沙井法，並對密實材料使用水浸法，以及開口井法。使用PAH對所使用的密度計算方法和為計算儲量而收集的資料進行了校驗。
- 根據實際的採礦台高度，選用10米長度的複合資料。Vale對所有變數和兩個資源的顆粒度製作了一系列複合統計模型和圖形。Pincock公司對基於原始資料的複合資料進行了檢查。Pincock公司所產生的資料與Vale的複合資料相一致。有些複合資料不是10米長度。其原因是，Vale對原始資料的複合方法，正如早期所討論的情形。

- 方差圖（產生所有化學變數和顆粒度相關圖的方法）。對每種元素（鐵、矽、鋁、磷和錳）和所有四種顆粒度，Vale都使用相關圖的方法，製作了大量的方差圖。對來自所有礦域的複合數據採用變分法。這些相關圖是不同水平面和孔內方向上的相關圖。資源情況根據孔內（垂直方向）相關圖得出。對多個變數，PAH使用經驗數據檢查了部分相關圖是否符合3D模型的情況。總體來說，兩種模型顯示了非常好的一致性。
- 岩塊模型（58個剖面圖和43個平面圖）。PAH對所選的剖面圖和平面圖進行了隨機檢查，發現有些區域的深孔不足，無法進行地表下岩石的解釋工作。Vale根據PAH的建議，對剖面圖進行了修正。根據對勘察範圍內的新解釋，對儲量進行了調整。
- Vale使用屏幕方法，建立了地質模型。通過平面圖看出，固體物質是由於多邊形區域的擠出而產生的。對含礦岩石的岩石學解釋中，Vale使用LMC方法（該方法詳述於本報告的3.0節）對變數進行了估計。對任何未指定岩塊是否處於岩塊模型中，PAH進行了檢查。
- 採用地質域，根據普通克里格法（OK）進行品級內插。所研究的橢圓體位於地質走向上。對所有變數，Vale採用了沿長軸（方位角32°）250米勘察、沿半長軸（方位角58°）150米勘察和沿短軸50米（傾角）勘察的方法。Vale還使用ISD方法來填充空的區域。有關品級內插的岩塊模型的細節顯示於表10-2中。有關表10-2內岩石分析的岩石編碼記錄於本報告的第3部分中。

表10-2  
Vale  
南部體系儲量審計  
用來估計礦石品級的方法

|      |         | % 品級估計 |        |
|------|---------|--------|--------|
| 分析方法 | 總岩塊數量   | ISD法   | 協同克里格法 |
| CG   | 82,716  | 100%   | -      |
| HF   | 86,534  | -      | 100%   |
| IC   | 100     | 100%   | -      |
| IF   | 375,819 | 23%    | 77%    |
| IGO  | 91,460  | 25.5%  | 74.5%  |
| OC   | 182,582 | 18.4%  | 81.6%  |
| HC   | 165     | -      | 100%   |

- 通過最近鄰點方法，對比地質編碼和岩塊編碼，固體容積和岩塊容積，複合資料和岩塊統計資料，以及預估的岩塊模型均值和離散的複合資料統計值的方法，對岩塊模型進行驗證。

- 按照第3.0部分中描述的Vale「風險指數」方法，對資源進行分類。

按照最近鄰點法（NN），PAH對統計比較進行了有限的檢查。PAH還使用圖形分析法，驗證了資料，並對克里格塊段進行了平整度檢查。PAH還對岩塊模型估計值和分析複合值進行了極限基本統計比較檢查，並發現所檢查的數值是可以接受的。

岩塊模型的均值一般表現出良好的一致性。偏差範圍在百分之五以內。該模型對全球各地鐵礦石的評估並無出現任何明顯的高估和低估情況。PAH確認大部分元素的儲量和品級符合估計的品級—儲量水平。圖10-2是Apollo岩塊模型中一個典型的縱向剖面，並標示為「已測定儲量」、「已推定儲量」和「推測儲量」三個類別。

經Pincock公司審閱的Apollo項目總儲量報告於表10-3。該儲量包括預計的赤鐵礦和鐵英岩礦石，其中鐵英岩礦石的處理還需要新建礦物增效處理廠，而Vale正在計劃興建廠房，以作為整個Apollo項目開發的一部分。Pincock公司認為，Vale的資源評估符合公開披露標準，並根據美國證券交易委員會的標準可作為儲量評估的基準。

表10-3  
Vale  
南部體系儲量審計  
截至2007年12月31日，預計的已測定儲量和已推定儲量(3) (4) (5)

| 資源性質 <sup>(1)</sup>                                          | 噸數<br>x1000 <sup>(2)(3)</sup><br>鐵 | 品級<br>Fe (%) | 噸數<br>x1000 <sup>(2)(3)</sup><br>Iron | 品級<br>Fe (%) |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Minas Centrais礦區<br>Apollo (Maquiné)<br>已測定儲量<br>已推定儲量<br>小計 | 赤鐵礦                                |              | 鐵英岩                                   |              |
|                                                              | 157,894                            | 63.56        | 229,011                               | 50.20        |
|                                                              | 134,340                            | 63.29        | 433,137                               | 48.74        |
|                                                              | 292,234                            | 63.44        | 662,148                               | 49.24        |
|                                                              |                                    |              |                                       |              |
| 已測定儲量和已推定儲量合計                                                | 292,234                            | 63.44        | 662,148                               | 49.24        |
| 推測儲量                                                         | 132,048                            | 63.08        | 3,208,136                             | 43.41        |
| 推測儲量合計                                                       | 132,048                            | 63.08        | 3,208,136                             | 43.41        |

註：

1) 除另有註明者外，Vale持有礦山的100%股權。

2) 所顯示的噸數為礦山出廠礦石的公制濕噸數。

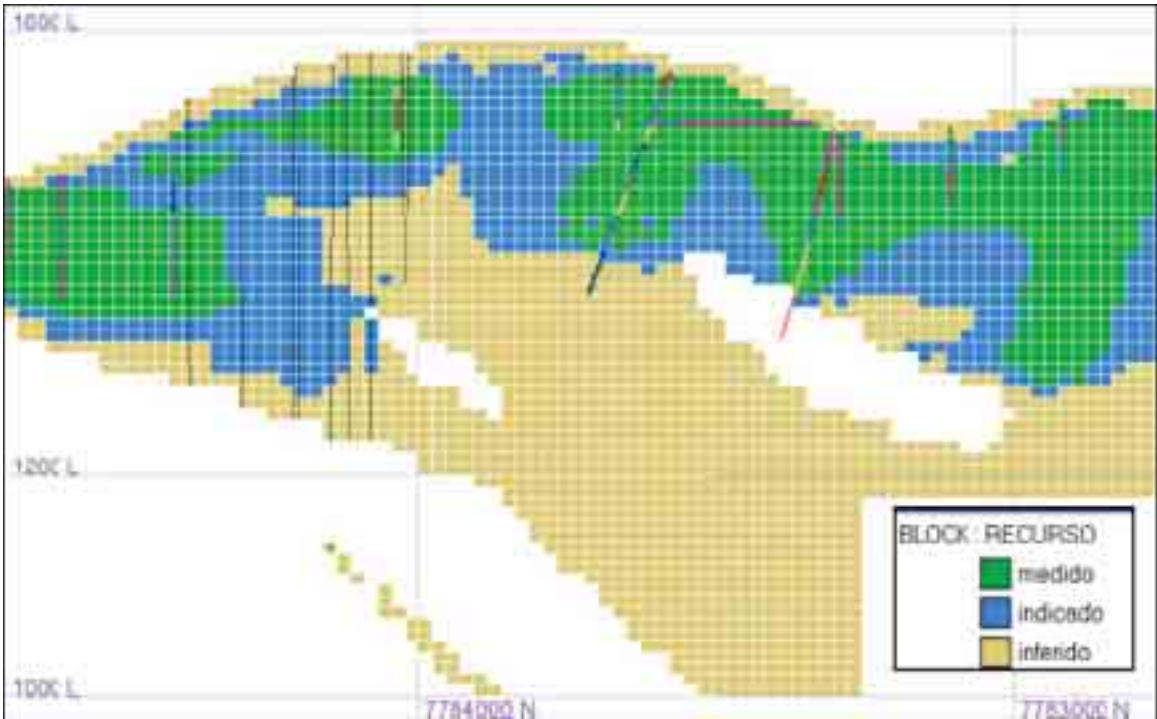
3) 資源的估計量為多個儲量的合計。

4) 為截至2007年12月31日的資源評估，並且考慮了2008年勘察的成果。

5) Vale的資源評估經過Pincock公司審核。

6) 包括位於獲巴西礦業部(DNPM)授權的採礦權區內的鐵礦石，如第10.3.3節所述，Vale正在進行協商。

圖10-2  
包含不同種類資源的、典型的Apollo岩塊模型的縱向剖面圖



10.3 開採情況審查

10.3.1 總體情況

Apollo項目預計於2010年開始生產，每年產量為6百萬噸，並計劃增加到每年2千萬噸的產量規模，大約佔南部體系礦6%的產量。Apollo項目計劃為一個大的露天礦井，在該礦井的不同位置挖深，形成多個非常小的礦井，非常類似於Fabrica礦和其他Vale礦井的最終情況。項目開發研究處於預可行性階段（FEL 2），但是，很多成本估計研究已經進入到可行性階段（FEL 3）。此外，Vale在該地區有豐富的運營經驗，包括最近在Brucutu礦進行的擴張，這給項目成本估計提供了非常有價值的資料。

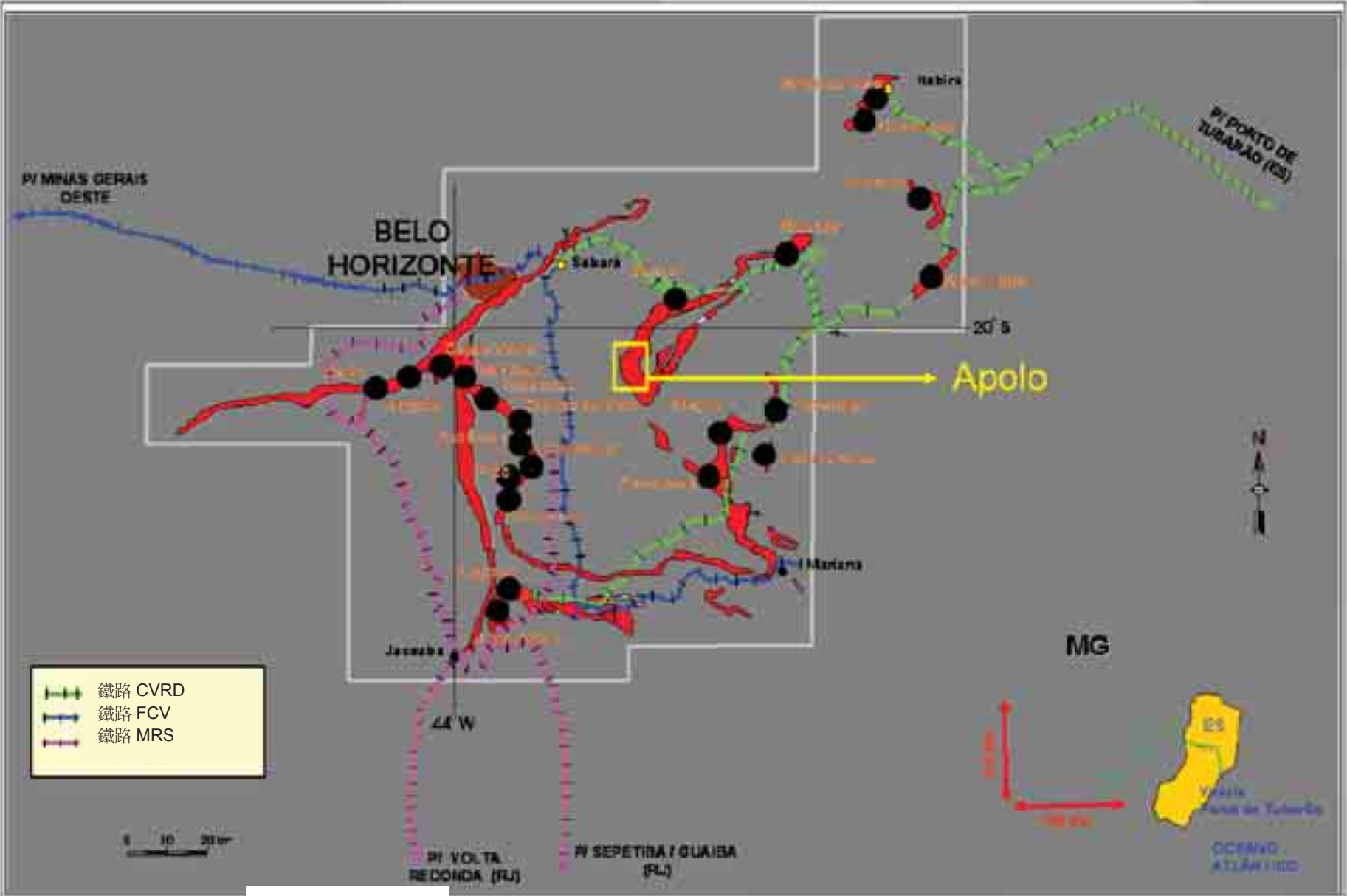
Apollo項目的位置和分佈顯示於圖10-3和圖10-4

Apollo礦藏的地質情況對採礦方式產生影響；首先通過在資源露頭的位置，開採暴露的鐵礦，進入資源內部，然後不斷向下開採，深入礦區，同時，還需要載重卡車進行坡度很大的拖運。

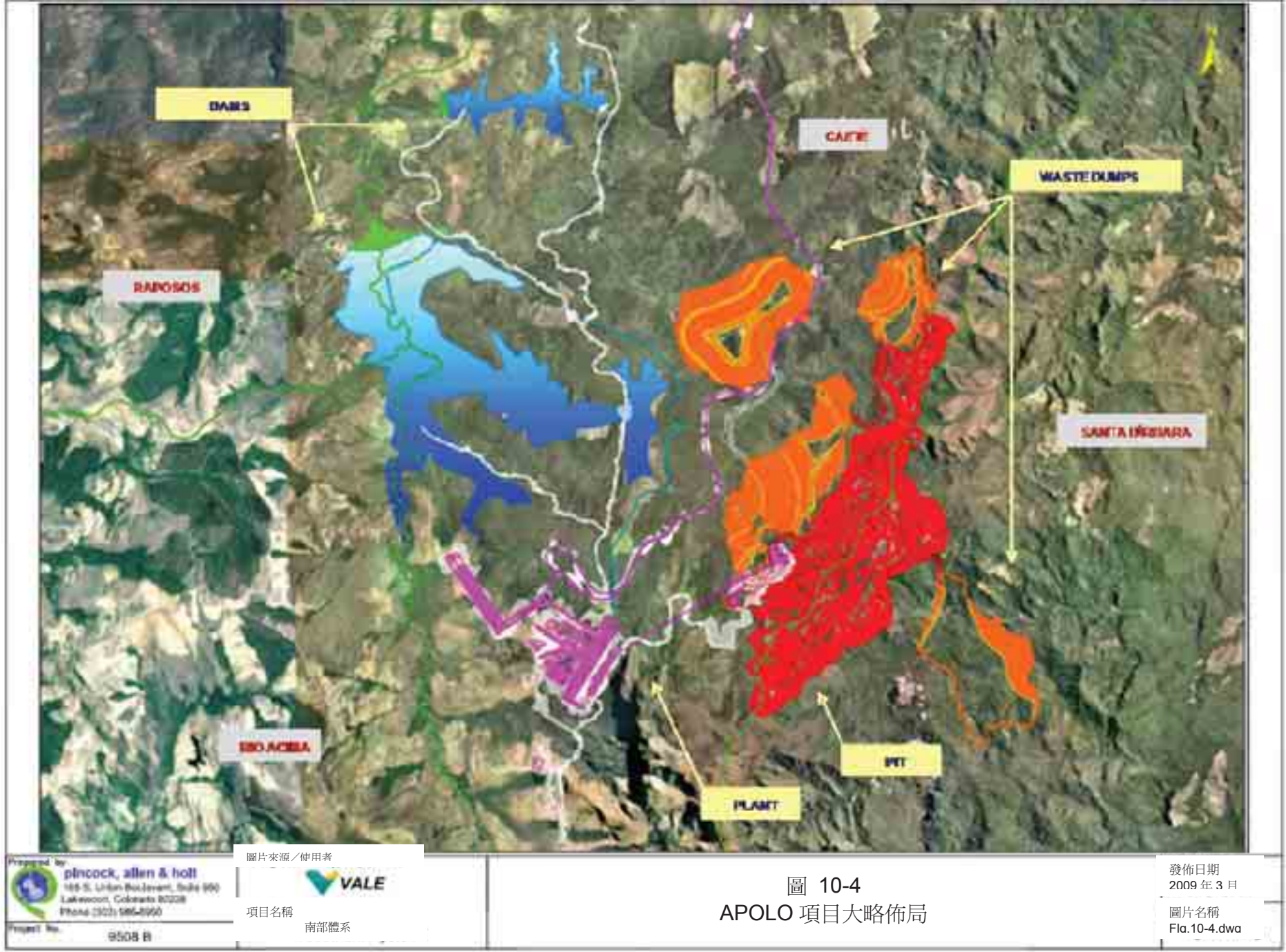
Apollo項目計劃採用大型機器進行物料的搬運，如表10-4所示。Apollo礦藏的開採和開採成本套用了經驗方式和現有業務的大型資料庫；開採設備和方法在開採計劃中不會造成任何風險。

表10-4  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apollo – 開採設備

| 設備          |                   | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 拖車          |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 25 t        | MBLK 2638         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 240 t       | CAT 793D          | 10   | 16   | 26   | 28   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   |
| 裝載機         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4 t ©       | CAT 962G          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 15 t ©      | CAT 988H          | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| 45 t ©      | LeTourneau L-1850 | 1    | 1    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 挖掘機         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5 t R       | CAT 345 CL        | 0    | 1    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 52 t        | O&K RH340         | 1    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| 牽引車         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 165 HP      | CAT D6 N          | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| 405 HP      | CAT D9 T          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 570 HP      | CAT D10 T         | 3    | 4    | 6    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| 450 HP      | CAT 834 G         | 1    | 1    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 平地機         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 275 HP      | CAT 16M           | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 500 HP      | CAT 24H           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 鑽機          |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4 a 6"      | ROC F9 CAB        | 1    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 10"         | DML               | 1    | 2    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 水車          |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 40.000 l    | CAT 777D／785      | 1    | 2    | 4    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| 破碎機         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.5 t Ro    | CAT 320-R         | 0    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| Cavalo      |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| CAV 02      | Cat 777／785       | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| Prancha     |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Prancha 120 | P120 Cat 777／785  | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| 合計          |                   | 24   | 39   | 63   | 73   | 80   | 81   | 81   | 81   | 81   |



|                                                                                                                                                                                      |                                                      |                                |                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>Prepared by<br/><b>pincock, allen &amp; holt</b><br/>165 S. Union Boulevard, Suite 900<br/>Lakewood, Colorado 80226<br/>Phone (303) 886-0100</p> <p>Project No. <b>9508 B</b></p> | <p>圖片來源/使用者<br/><b>VALE</b></p> <p>項目名稱<br/>南部體系</p> | <p>圖 10-3<br/>APOLO 項目大略位置</p> | <p>發佈日期<br/>2009 年 3 月</p> <p>圖片名稱<br/>Fla.10-3.dwa</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|



在Apollo項目中，需要每年拖運3300萬噸礦石。

Pincock、Allen & Holt檢查了Apollo規劃工程師所使用的運輸時點方法。這些時點的情況根據現有年度礦井運營計劃得出，運營情況和拖運次數根據設備目前性能和生產記錄資料庫計算得出。Pincock公司認為，這項工作做得很好，對設備規劃非常精確。礦山的設備按照合理的時間間隔進行輪換，並根據特定的機器或者機組的運轉時間來衡量。在一些礦井，過去的輪換並不及時，雖然據信這種情況將在最近發生改善。設備輪換的資金看來是充裕的。根據礦井、勞工和Vale的單位材料價格，礦山的運營成本是合理的。

10.3.2 開採計劃

Pincock公司檢查和評估了Vale用於開發礦井的方法，該方法也用來將經濟價值分配給各個地質模型和開採區域中資源，並且發現，該方法符合常規的工程和經濟實踐。對Vale開採工程和規劃的討論記錄於本報告第4部分中。礦井優化和剝離品級分析以資源模型為開始點，該模型已經針對該資源進行了更新。所發現的礦石類型包括：

- 赤鐵礦和鐵角礫岩，含鐵品級超過60%，
- 針鐵礦鐵英岩（富含鐵），鐵含量超過50%，
- 貧鐵英岩，硬度更高，品位更低，僅高於30%。

Apollo礦井的設計，是穿過未來最終邊界處的硬質鐵英岩，在赤鐵礦邊界以上進行開採。硬質鐵英岩現在堆放在一起，並計劃於2011年第一個鐵英岩工廠試車後投產。

工程部門估計拖運距離、卡車酬載量、卡車迴圈時間，以估計礦石和廢料拖運的成本，以及其他涉及到開採的費用，包括鑽孔和爆破、裝載、道路維護、一般收費和管理費用等。此外，所有下游費用合併入相應資源塊段的成本模型中；這些費用包括軌道裝載車、至港口的軌道運輸、港口處理和裝載貨物的費用，以及公司的一般費用和管理費用。

在當前模型中，運營費用根據現有項目運作的實際資料，以及Apollo項目研究中開發的模型得出。在FEL 2階段，成本被加上15%作為計算誤差，另外15%作為或有成本。Pincock公司認為，根據已知的項目運作情況，這種做法是一種對成本的合理保守的方法。對開採能力和未來維持（而不是擴大）現有運營水準的費用，使用了預計重置成本作為直接運營成本。

表10-5說明了2008年的下游費用和資本分配（按照資產列出）。由於資料以美元為單位，平均匯率（雷亞爾／美元）也列作比較。成本和產品價格自2007年起已有所增加，增加的幅度一般高於匯率提高的幅度。

表10-5  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apollo項目 – 運營成本

| 運營                 |        | 2013 - 2027 |
|--------------------|--------|-------------|
| 開採 — (剝離比 1.04:1)  | 美元／噸   | 2.45        |
| 礦物增效處理-固定費用- 富礦／ 針 | 百萬美元／年 | 16.88       |
| 礦物增效處理-可變費用- 富礦／ 針 | 美元／噸   | 3.06        |
| 礦物增效處理- 貧礦         | 美元／噸   | 8.02        |
| 已分攤成本              | 百萬美元／年 | 18.36       |
| 軌道運輸               | 美元／噸   | 2.67        |
| 港口                 | 美元／噸   | 0.93        |
| 合計                 | 美元／噸   | 12.8        |

Pincock公司認為，Vale在Apollo礦山開發中使用的方法是合理的，而且，根據公認的工程實踐，這個方法已經投入實用。Apollo項目中的正收益成本比，很大程度上基於2007年年底的價格結構和實際運營成本，因此，將Apollo可開採資源歸類為礦石，符合經濟測試的要求。

10.3.3 採礦的合法性

貴公司必須擁有合法的採礦權，方可開採呈報為獲DNPM授權的可開採儲量的礦物。根據預計的儲量，Apollo項目所設計的最終礦井包含了一個Vale還沒有取得巴西礦產部採礦許可的區域。Vale目前尚未獲得該區域兩個採礦權區的控制權。Mineração Nossa Sra. Do Sion持有DNPM第1362／1940號許可，Novelis持有DNPM第4099／1967號許可。DNPM的採礦權區列於表10-6，同時，圖10-5也列出了該等採礦權區。

Vale告知Pincock公司，和Mineração Nossa Sra. Do Sion的協商進展順利，同時，和Novelis公司的協商也已經開始。Pincock公司注意到，其他採礦權區的現有持有人開採該等礦區的能力亦受限於Vale的土地狀況。因此，爲了有效地開發礦山資源，各方必須進行合作。按照Pincock公司的意見，Vale將透過與DNPM採礦權的持有人進行協商，就開採Apollo礦區資源的能力達成決議。我們明白，如果未能達成這些協議，Vale還可以通過法律途徑尋求開採權。因此，考慮到開發這些未曾開發過的資源的進度，Pincock公司認為，以現在的情況估計，可合理預期Vale將能獲得開採這些資源的合法權利。



表10-6  
Vale  
南部體系儲量審計  
Apollo項目區內，獲得DNPM採礦許可的礦山

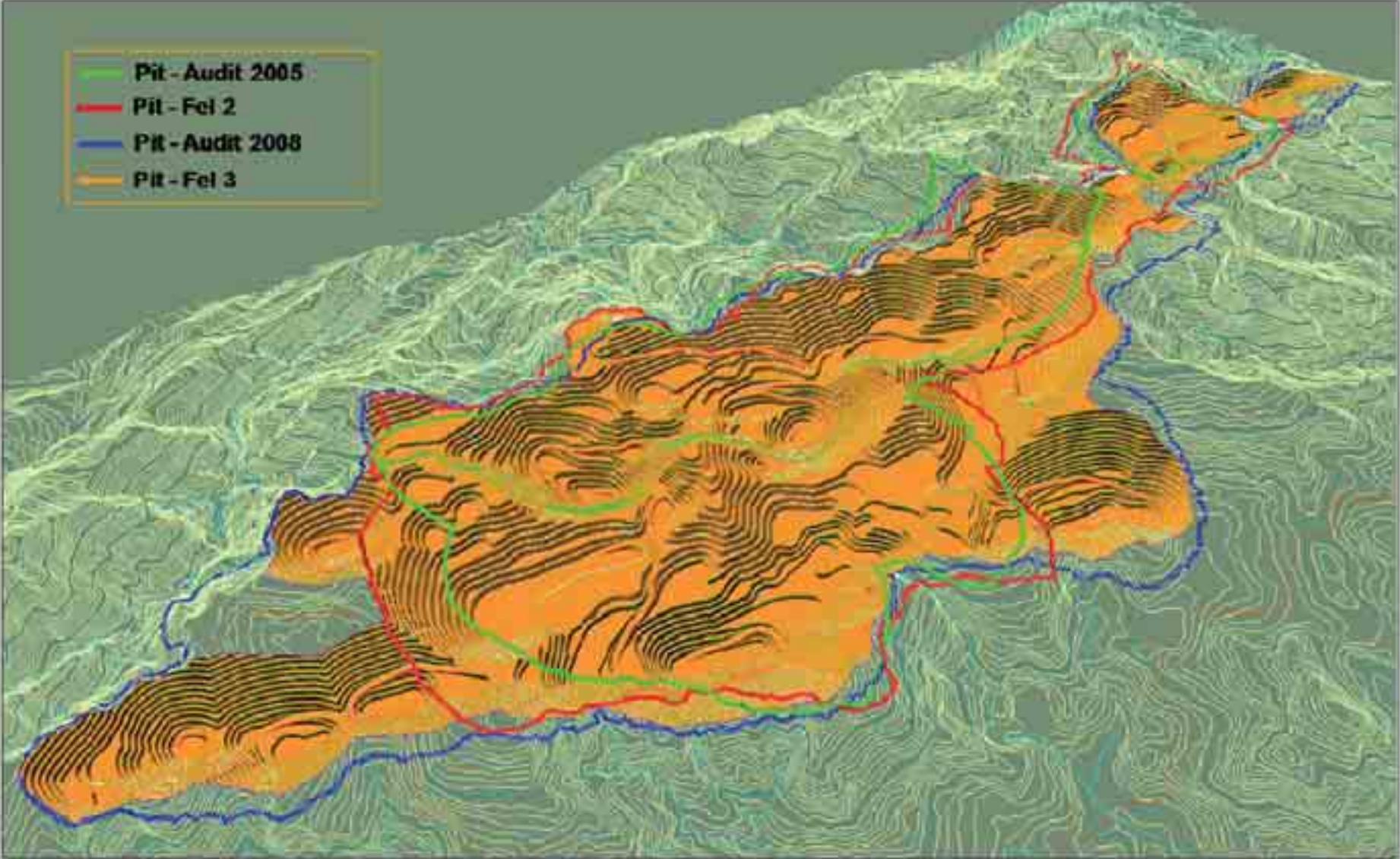
| DNPM許可證號    | 實際階段                    | 許可持有人                |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| 1362／       | Concessão de lavra      | Min. N. Sra. Do Sion |
| 3071／1962   | Concessão de lavra      | MBR                  |
| 4099／       | Concessão de lavra      | Novelis              |
| 7182／1960   | Concessão de lavra      | Estrela de Apolo     |
| 800299／1975 | Concessão de lavra      | CVRD                 |
| 830080／2003 | Autorização de Pesquisa | Iamgold Brasil       |
| 830134／1984 | Requerimento de Lavra   | CVRD                 |
| 830263／1983 | Requerimento de Lavra   | CVRD                 |
| 830291／1989 | Autorização de Pesquisa | Min. Belocal         |
| 830542／2000 | Autorização de Pesquisa | CVRD                 |
| 830584／2000 | Autorização de Pesquisa | BRAZMINCO            |
| 831176／2007 | Autorização de Pesquisa | CVRD                 |
| 832610／1983 | Requerimento de Lavra   | CVRD                 |

10.3.4 礦山壽命設計

Apolo 項目礦山壽命設計可通過項目開發研究展開，是典型的採礦作業。前期可行性水準的研究(FEL2) 已經完成，可行性（FEL 3）研究正在進行中。FEL 3 研究可看作兩個加工廠，以解決高品位和低品位礦石。這是煤礦計劃、成本估算及由此產生的儲量經濟學的基礎，在此基礎上可進行經濟可行性測試。FEL 的主要重點在於鐵英岩加工的可行性和成本。

眾所周知，在所有的FEL階段，對採礦進行了模型化，且現有的採礦作業具有巨大的生產力和成本資料庫。該煤礦的測序、距離、斜率和深度都在現有Vale礦井參數的範圍內。Pincock認為礦區設計、運營及經濟性並非該項目和儲量的風險。

Apolo 礦井的有效期如圖 10-6 所示。表 10-7 提供了一份原礦產量匯總表，可用於確定儲量的經濟可行性。在目前的礦山壽命設計中沒有計劃進行廢物置換。



Prepared by  
**pincock, allen & holt**  
105 S. Union Boulevard, Suite 400  
Lakewood, Colorado 80226  
Phone (303) 685-8350  
Project No. 9508 88

圖片來源／使用者  
**VALE**  
項目名稱  
南部體系

圖 10-6  
APOLO 最終礦坑—研究階段

發佈日期  
2009 年 3 月  
圖片名稱  
Fla10-6.dwg

表 10-7  
Vale  
南部體系儲量審計  
Apolo生產進度表

|          |     | 總量   | 2010 | 2011 | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026  |
|----------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| ROM 礦石   | 百萬噸 | 653  |      |      | 1.42  | 18.58 | 35.30 | 35.57 | 52.39  | 52.00  | 52.00  | 52.00  | 52.00  | 52.00  | 52.00  | 53.30  | 53.30  | 53.30  | 37.84 |
| ROM採礦廢物  | 百萬噸 | 677  |      |      | 17.86 | 25.95 | 40.11 | 39.64 | 54.03  | 49.26  | 49.26  | 49.26  | 49.26  | 49.26  | 49.26  | 51.04  | 51.04  | 51.04  | 51.04 |
| ROM總採礦量  | 百萬噸 | 1330 |      |      | 19.28 | 44.53 | 75.41 | 75.20 | 106.43 | 101.26 | 101.26 | 101.26 | 101.26 | 101.26 | 101.26 | 104.34 | 104.34 | 104.34 | 88.88 |
| 產量劈分     |     |      |      |      |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| 鐵礦燒結原料   | %   |      |      |      |       | 75.2% | 75.2% | 65.4% | 54.8%  | 55.4%  | 55.4%  | 55.4%  | 55.4%  | 55.4%  | 55.4%  | 53.9%  | 53.9%  | 53.9%  | 47.1% |
| 團礦料      | %   |      |      |      |       | 24.8% | 24.8% | 21.5% | 18.0%  | 18.2%  | 18.2%  | 18.2%  | 18.2%  | 18.2%  | 18.2%  | 17.8%  | 17.8%  | 17.8%  | 15.3% |
| 團礦料Pobre | %   |      |      |      |       | 0.0%  | 0.0%  | 13.1% | 27.2%  | 26.4%  | 26.4%  | 26.4%  | 26.4%  | 26.4%  | 26.4%  | 28.3%  | 28.3%  | 28.3%  | 37.6% |
| 產量       | 百萬噸 | 421  |      |      |       | 13.64 | 24.13 | 28.43 | 33.21  | 33.12  | 33.12  | 33.12  | 33.12  | 33.12  | 33.12  | 33.56  | 33.56  | 33.56  | 22.34 |
| 產品       |     |      |      |      |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| SF       | 百萬噸 | 240  |      |      |       | 10.26 | 18.15 | 18.59 | 18.19  | 18.34  | 18.34  | 18.34  | 18.34  | 18.34  | 18.34  | 18.10  | 18.10  | 18.10  | 10.52 |
| PFF      | 百萬噸 | 181  |      |      |       | 3.38  | 5.98  | 9.84  | 15.02  | 14.78  | 14.78  | 14.78  | 14.78  | 14.78  | 14.78  | 15.46  | 15.46  | 15.46  | 11.82 |

在礦山進度表中值得注意的策略和關鍵日期有：

- 破碎機區的脫料，於 2011 年開始
- 計劃開始年份或2012年的廢物預剝離。Apolo公司具有相對較低的預剝離投資。
- 加工廠於2013年2月投產，生產1,800萬噸的富礦，升至每年生產3300萬噸。
- 廢物移運總量約為 6.42 億噸，其中包括 6.01 億噸的低等級的材料，約有 270 萬噸運往加工廠建設區的材料，以及 3,790 萬噸的非礦矸石。

10.3.5 儲量

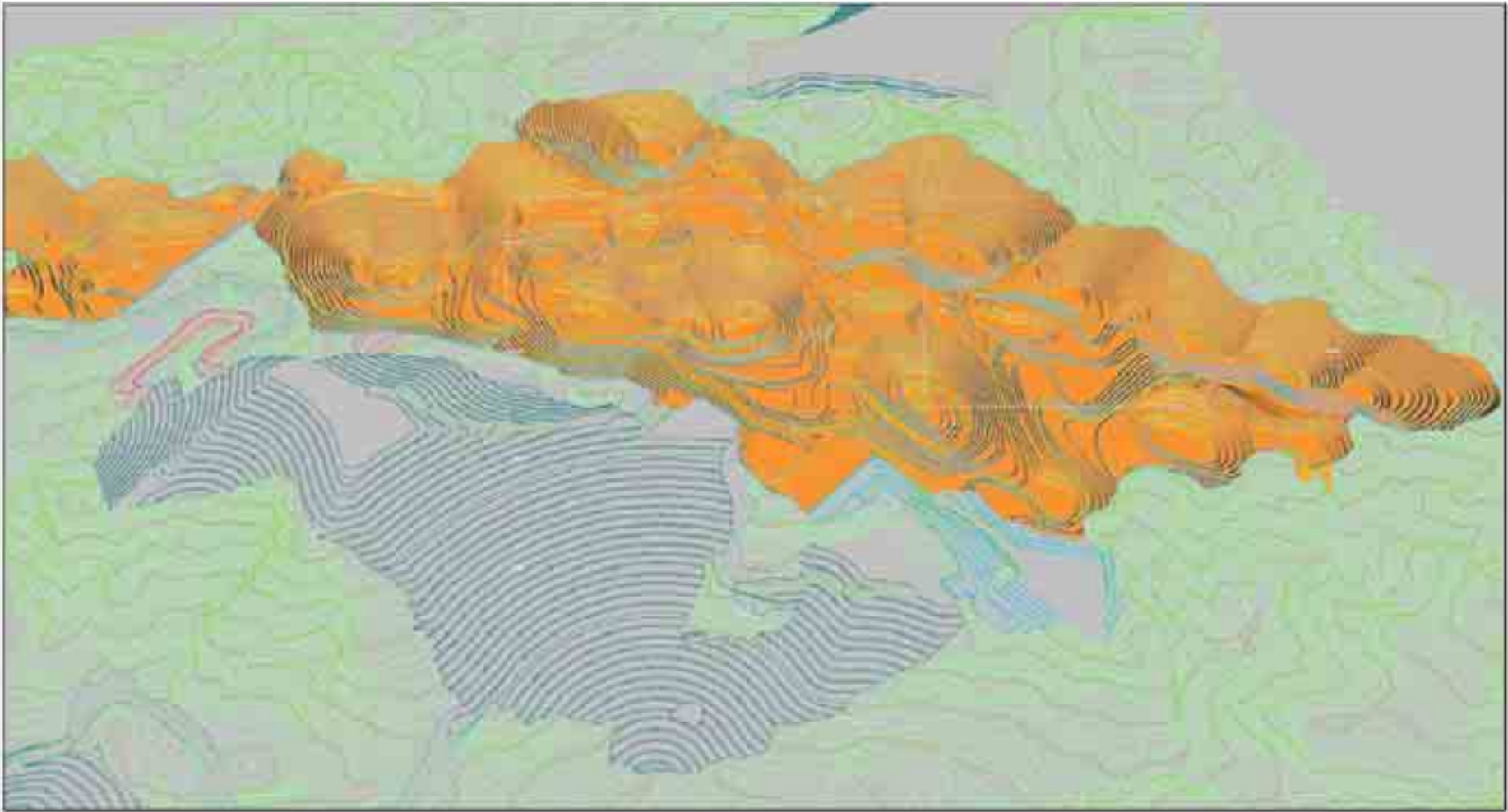
表 10-8 是 Apolo 項目 Vale 礦區的估計儲量匯總表。從 2004 至 2008 年，儲量增加了 3.74 億噸。雖然由於項目開發研究的進展，產量已經內在地提高，但自 2005 年以來沒有發現新的外部儲量。圖 10-7 顯示了儲量的演變。這大部分增量來自沿著 Apolo 區總走向和其他礦區的更多鑽孔，以及來自可行性研究階段到更先進階段的發展，包括現有操作的對比。

如第 10.3.4 節所述，表 10-8 所述的儲量包括該種假設，由其他公司擁有的 DNPM 礦區的 Apolo 最終礦井最終將為 Vale 所用。Vale 已評估了這兩個礦區對 Apolo 項目所述整體資源的影響，並向 Pincock 提供了列於表 10-9 中的數據，其中介紹了並非由 Vale 控制的這兩個礦區對資源和儲量的影響。

表 10-8  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo儲量匯總表

|                          | 勘探儲量  |       | 可能儲量  |      | 總儲量     |       |       |      |      |      |      |
|--------------------------|-------|-------|-------|------|---------|-------|-------|------|------|------|------|
|                          | 百萬噸   | Fe%   | 百萬噸   | Fe   | 百       | Fe%   | Si%   | Al%  | P%   | Mn%  | LOI% |
| Apolo                    |       |       |       |      |         |       |       |      |      |      |      |
| 赤鐵礦                      | 157.4 | 63.6% | 131.3 | 63.3 | 288.7   | 63.4% | 3.1%  | 1.9% | 0.1% | 0.3% | 3.4% |
| 鐵英岩                      | 142.2 | 50.5% | 222.0 | 50.1 | 364.2   | 50.3% | 21.4% | 1.7% | 0.1% | 0.2% | 3.9% |
| Apolo總礦石量 <sup>(a)</sup> | 299.6 | 57.4% | 353.3 | 55.0 | 652.9   | 56.1% |       |      |      |      |      |
| 廢礦石                      |       |       |       |      | 641.8   |       |       |      |      |      |      |
| APOLO 總運移量               |       |       |       |      | 1,294.7 |       |       |      |      |      |      |

(a) 包括第 10.3.3 節所述的由 Vale 正在談判的 DNPM 授予的採礦區的礦石。



Prepared by  
**pinecock, allen & holt**  
185 S. Union Boulevard, Suite 900  
Lakewood, Colorado 80228  
Phone (303) 685-8990

Project No. 9508 B

圖片來源/使用者  
**VALE**

項目名稱  
南部體系

圖 10-7  
APOLO 帶廢石坑的最終儲藏坑

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fla.10-7.dwg

表E 10-9  
VALE  
南部體系儲量審計  
受 DNPM 礦區影響的資源和儲量比較

|                         | 資源    |      |       |       |       |       | 儲量    |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 測定資源量 |      | 顯示資源量 |       | M&I   |       | 勘探儲量  |       | 可能儲量  |       | 總儲    |       |
|                         | 百萬噸   | Fe%  | Mt    | Fe%   | Mt    | Fe%   | Mt    | Fe%   | Mt    | Fe%   | Mt    | Fe%   |
| Apolo (僅Vale的礦區)        |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦                     | 153.2 | 63.6 | 125.6 | 63.3% | 278.7 | 63.5% | 150.8 | 63.6% | 119.4 | 63.3% | 270.2 | 63.4% |
| 鐵英岩                     | 207.1 | 50.2 | 394.2 | 48.8% | 601.4 | 49.3% | 130.7 | 50.5% | 199.7 | 50.1% | 330.4 | 50.3% |
| Apolo 總礦石量              |       |      |       |       | 880.1 | 53.8% | 281.6 | 57.5% | 319.0 | 55.1% | 600.6 | 56.2% |
| Apolo (所有礦區)            |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦                     | 157.9 | 63.6 | 134.3 | 63.3% | 292.2 | 63.4% | 157.4 | 63.6% | 131.3 | 63.3% | 288.7 | 63.4% |
| 鐵英岩                     | 229.1 | 50.2 | 433.1 | 48.7% | 662.2 | 49.2% | 142.2 | 50.5% | 222.0 | 50.1% | 364.2 | 50.3% |
| Apolo 總礦石量              |       |      |       |       | 954.5 | 53.6% | 299.6 | 57.4% | 353.3 | 55.0% | 652.9 | 56.1% |
| Apolo (兩個礦區的差)          |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 赤鐵礦                     | 4.7   | 63.6 | 8.8   | 63.3% | 13.5  | 63.4% | 6.6   | 63.6% | 11.9  | 63.3% | 18.5  | 63.4% |
| 鐵英岩                     | 22.0  | 50.5 | 38.9  | 50.1% | 60.9  | 50.3% | 11.5  | 50.5% | 22.4  | 50.1% | 33.8  | 50.3% |
| 目前不受Vale控制的Apolo總礦石量    | 26.7  | 52.8 | 47.7  | 52.6% | 74.4  | 52.7% | 18.0  | 55.2% | 34.3  | 54.7% | 52.3  | 54.9% |
| 目前不受Vale控制的Apolo總礦石白分含量 | 6.9%  |      | 8.4%  |       | 7.8%  |       | 6.0%  |       | 9.7%  |       | 8.0%  |       |

因此，該土地狀況問題反映 **Apolo** 項目的 **Vale** 礦區總資源和儲量減少 6 個百分點的風險。然而，如第 10.3.4 節所述，可以合理地預計 **Vale** 將能夠通過與目前的礦區持有人協商或通過 **DNPM** 的法律行動來解決該問題。由於 **DNPM** 有責任保證國家的礦產資源以能夠向巴西人民提供最佳價值的方式進行開發，在沒有開採最終礦坑井中所有材料的情況下開發 **Apolo** 項目將無法獲得這一授權。

## 10.4 處理方法

### 10.4.1 綜述

**Apollo** 鐵礦物的儲藏量已通過鑽孔和取樣進行了廣泛勘探和開發。對這些樣品已經進行了許多冶金測試和評估，以表徵其礦化情況，並確定可生產的可能產品。已經進行了實驗室和中試規模的測試，以開發出一個可靠的處理礦石的工藝，以及生產出適合市場銷售的高品質的產品。儲量內既含有高品位的赤鐵礦材料，也含有大噸量的低等級鐵英岩，因此需要更深入的礦石加工處理方法，才能生產出高品質，可銷售的產品。由於這兩種礦石類型的礦物差異大，有必要以兩種不同的工藝在獨立的加工廠中對礦石進行加工。因此，**Apollo** 項目將會有一個處理高品位赤鐵礦礦石的加工廠，和一個處理低等級鐵英岩材料的加工廠。

將要用於處理礦石的技術在巴西 **Vale** 礦山附近已被證實並進行了很好的開發，但並不代表該技術是一種開創性實驗。該工藝流程與其他加工廠的工藝並不完全相同，這是因為 **Apollo** 鐵礦藏獨特的礦物學特徵。但是，個別裝置的操作處理步驟和設備已被用於其他加工廠，**Vale** 已在試驗廠規模的測試中對這些裝置和設備進行了精心挑選和評估，以設計工藝，驗證工藝流程和確定工藝設備的大小。**Vale** 亦能借助其他運營加工廠的實際數據和營運成本，用於為新 **Apollo** 項目的礦石加工廠建立真實、可靠的表現和成本預測。此外，由於 **Vale** 最近正在建設其他新廠和擴大舊廠，他們有最新及可靠的資料用於為新的 **Apollo** 加工廠進行資本成本估算。上述各種條件可為所推薦的 **Apollo** 礦石加工項目提供良好的置信水準。

### 10.4.2 礦石及產品類型

在 **Apollo** 加工廠中存在兩種類型的礦石。第一種是高品位赤鐵礦，含鐵約 61%。每年約 3,200 萬噸的赤鐵礦將被處理，每年生產 1,610 萬噸燒結用粉礦，790 萬噸球團用粉礦。品質回收約為 75%。其餘 25%的赤鐵礦將被作為尾礦從去礦泥，浮選，磁力選礦中丟棄。鐵礦燒結原料含有 63.7%的鐵和 3.5%的矽，而鐵礦含有 67.8%的鐵和 1.0%的矽。三種尾礦產品加在一起約含有 49%的鐵，沉積在尾礦池中。

第二種類型的礦石是低品位的鐵英岩材料。含有約 **44%**的鐵，需要大量工序來生產單一的球團用粉礦產品。每年約有 **1,860** 萬噸的礦石將被處理，每年產生 **820** 萬噸的鐵礦。品質回收率約為 **44%**。其餘 **56%**的回收礦石材料或每年 **1,040** 萬噸材料成為尾礦，平均含有 **25.2%**的鐵，被輸送至尾礦池。絕大多數的尾礦（每年約 **780** 萬噸），產自浮選，含鐵約 **18.0%**。其餘每年 **260** 萬噸的尾礦為泥渣尾礦，來自脫泥水力旋流器，約含有 **47.1%**的鐵。最終的鐵礦產品中含有 **67.7%**的鐵和 **1.9%**的矽。

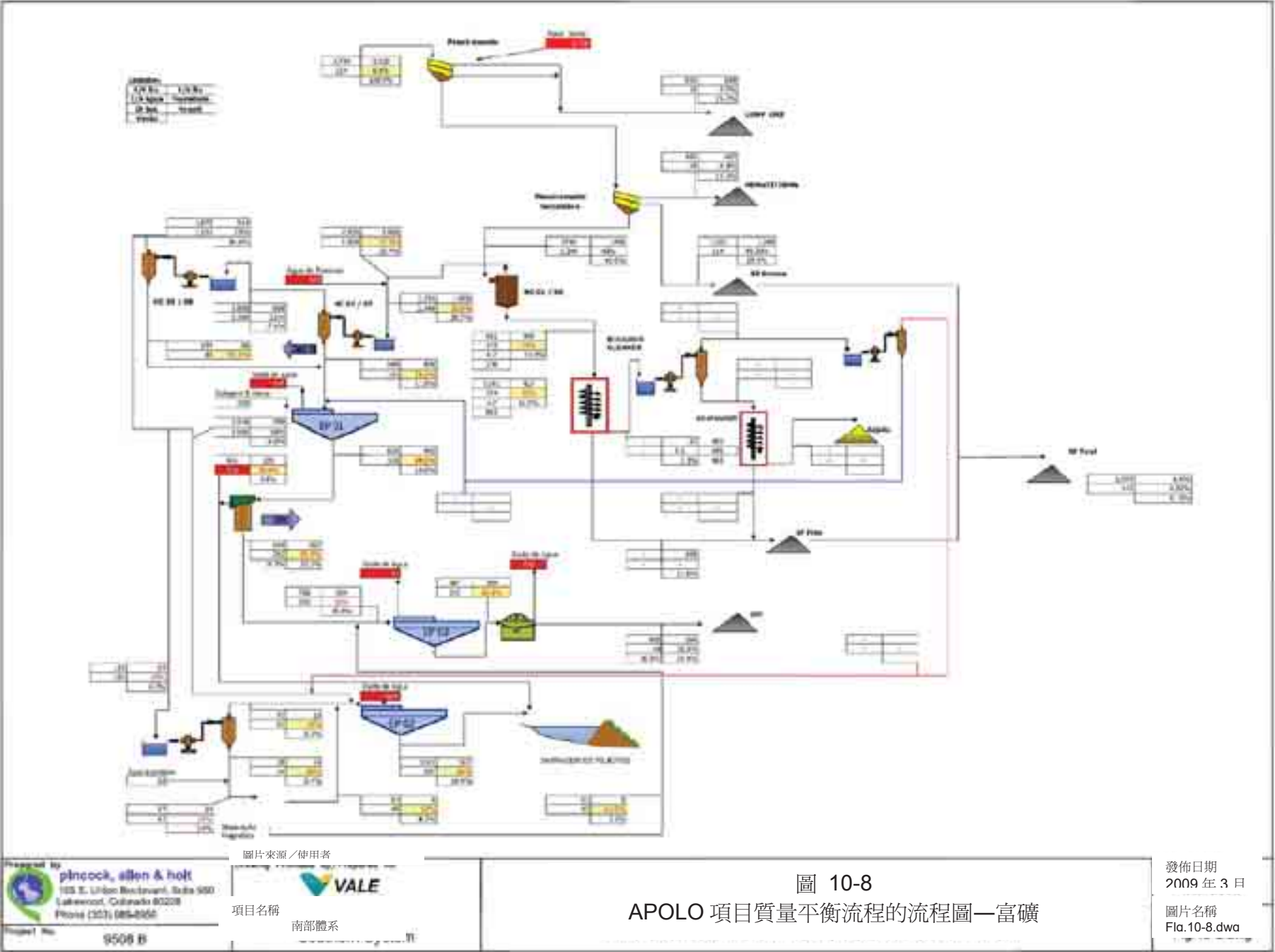
從這兩種加工廠中所得的燒結用粉礦和球團用粉礦產品使用篩檢程式脫水至含水量在**9%**和**11%**之間，並放入儲料堆用於混合和運輸。

### 10.4.3 加工廠和設備

處理赤鐵礦（富礦）的流程由破碎、篩分、強度高磁力選礦、脫泥、浮選、脫水和過濾等組成。所有的工藝步驟都利用完善的和可靠的設備和技術。主要的挑戰是擁有順序正確的工藝步驟和安裝正常大小的工作設備。**Vale** 能做好這兩項工作，這是因為他們有操作其他附近及相似加工廠的經驗，也因為他們具有廣泛的礦物加工及工藝流程開發工作的內部研究和開發能力。該工藝接受回收礦石材料，生成燒結用粉礦和球團用粉礦作為最終產品。該工藝包括兩個階段。第一階段包括乾燥粉碎，篩選並儲存在一個料堆中。第二階段是濕加工，進行其他破碎、篩分、均質分級、脫泥、磁選、浮選和脫水等操作。該工藝流程如圖 **10-8** 所示。

赤鐵礦選廠設計和設備規模根據以下方面確定：

1. 初級和次級破碎和配套的幹篩系統的設計和規模確定，是依據每年運行 **6000** 小時或總時間的 **68.5%**。
2. 有兩套初級和次級破碎設備。每條生產線有一部剔除篩、一台初級齶式破碎機、一台次級篩、一台次級圓錐破碎機，生產規模**5336**噸原礦石／小時（設計規模**7200**噸／小時），以開路循環運行。原礦石礦鐵品位為**61.2%**。
3. 兩條生產線的破碎產品混合倒入四個回收入料口之上的礦堆。礦石被回收，進入三級破碎破碎和篩分。
4. 回收的礦石被輸送到三級篩選設備，且特大型篩選物被傳遞給閉路運行的且帶有篩板的三級圓錐破碎機。有**12**個篩板和**6**台破碎機。產品使用堆垛機放置在一個同質堆中，並使用一台鬥輪取料機進行回收。加工廠的該部分可設計能以**4,300**噸每小時的進料量（但製造成**6,700**噸每小時的進料量）每年運行**7,446**小時（總時間的**85%**）。



圖片來源/使用者

項目名稱

南部體系

圖 10-8

APOLO 項目質量平衡流程的流程圖—富礦

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fla.10-8.dwa

- 5. 濕處理操作在篩選和破碎的第四級開始。礦石送入**16**，第一級雙層振動篩，開路運行，可把礦石分成三種大小：**+8毫米**，**-8毫米至1.0毫米**，和**-1.0毫米**。**+8毫米**的礦石進入七台第四級圓錐破碎機，閉路運行，帶有與第一級雙層振動篩相同的其他八個雙層振動篩。從該振動篩得到的**+8毫米**材料被回收和再粉碎，從該種振動篩和第一級振動篩得到的**-8毫米至1.0毫米**材料進入料堆作為最終燒結用粉礦產品。
- 6. 從第一級振動篩得到的**-1.0毫米**材料穿過**8**台水力旋流器和**8**台螺旋分級器，產生**-1.0毫米至0.15毫米**的產品，然後在**8**個單層篩上進行脫水。小尺寸的篩分物（**-0.15毫米**）進入磁力分離裝置，而大尺寸的篩分物加入到燒結用粉礦產品中。
- 7. 小尺寸的第二級篩分物通過兩台水力旋流器和兩個脫水篩，也產生**-1.0毫米至0.15毫米**的大尺寸篩分物，分入燒結用粉礦，**-0.15毫米**的小尺寸篩分物也進入到**16**台磁力分離器生產線。
- 8. 磁力分離工藝由三個步驟組成，生成燒結用粉礦和球團用粉礦。前兩個高強度稀土永磁階段可去除較粗的鐵，在七台水平帶式過濾機上進行脫水，把脫水產品加入到鐵礦燒結原料中。從前兩個階段得到的細尾礦經過第三級較高強度的電磁分離器回收鐵精礦，並用泵輸送至精礦濃縮機用作鐵礦。尾礦進入尾礦池。
- 9. 從前面提及的**10(8+2)**台水力旋流器得到的溢流產品收集並送入三級水力旋流器脫泥處理裝置。溢出物是一種黏稠尾礦，進入兩台直徑為**120**米的尾礦濃縮機。
- 10. 旋流器底流稠泥是一種浮選料。它們可被送到由所有機械浮選機組成的浮選回路中。有四個粗選機、六台清選機、六個一級選池和四個二級選池，可在中間產品閉路循環運行。清選機浮選可生產最終的精礦，在**16**個細篩上過篩，大尺寸的篩分物可回收到磁力選礦裝置。小尺寸的篩分物可在一台直徑為**40**米的濃縮機中進行濃縮，並在六台真空盤式過濾機中進行過濾。濾餅為球團用粉礦，應放入料堆。二級選池尾礦為最終的尾礦，可加入煤泥尾礦進入尾礦池。

處理鐵英岩的工藝流程需要更徹底的破碎和研磨，以釋放出細粒鐵礦物。鐵英岩加工廠的設計細則不如富礦裝置的先進，這是因為該工廠約在富礦加工場投產三年後才開始運行。然而，設計的工藝步驟非常常規和可靠，並都可在全球許多其他的鐵礦石加工廠使用。該工廠的第一部分有一條線，兩級乾燥破碎和篩分系統和碎礦料堆。該工廠的第二部分有五條完全相同的乾燥粉碎和篩選，濕式球磨機研磨，分級，脫泥，浮選，脫水和真空過濾生產線。該工藝流程如圖 **10-9** 所示。

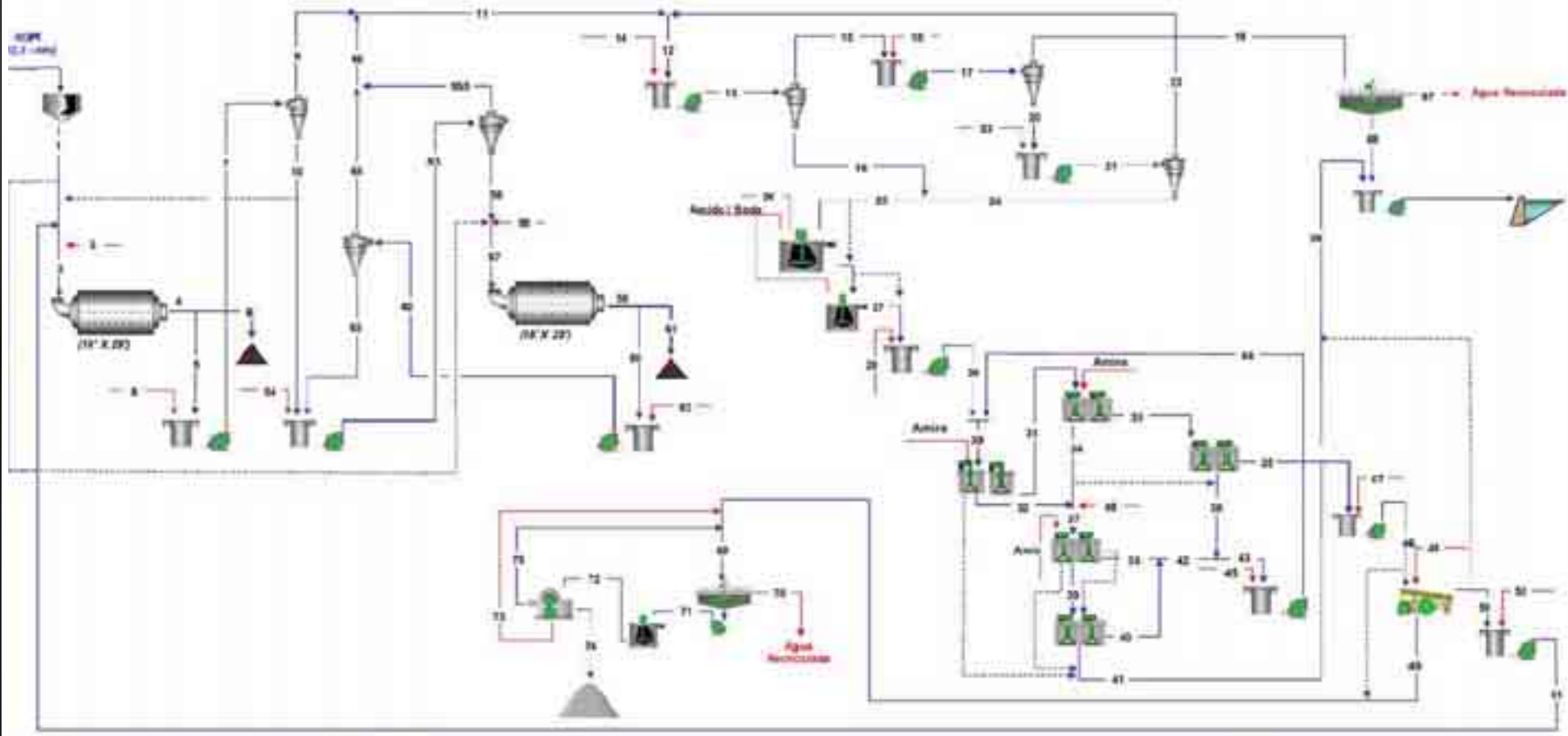
該工廠的設計細節尚未公佈；然而，可根據 **Vale** 所提供的 **Pincock** 公司審查的資料對工廠和設備做一些一般性的評論。

- 1. 乾破碎和篩分設備非常普遍和常規，且在巴西許多其他鐵英岩加工廠中廣泛使用。
- 2. 帶有乾燥篩的高壓細碎機閉路循環系統計劃用於第一級研磨加工工藝。這是一項較新的技術，而且已為 **Vale** 和其他研磨鐵礦石的公司接受和證實。它比傳統的棒磨機或初級球磨機更有效，運行成本更低。
- 3. 使用濕式球磨機和分級旋流器的二級磨礦分級系統是最常見的細磨回路。它既可靠又可預測，已在巴西廣泛使用。
- 4. 三級旋流器脫泥是在巴西的習慣作法，其表現可以預測。
- 5. 機械浮選機中的反向矽浮選技術是較為成熟的技術，其應用表現將令人滿意。
- 6. 尾礦的常規脫水和濃縮機內的濃縮是常見的做法。浮選精礦的精篩技術為大家所熟知，且細粒精礦的真空過濾技術已被廣泛使用。

**10.4.4 資本及經營成本**

建成兩台加工廠房的資本成本估計為**27.1**億美元，另外還需要投入**1.8**億美元用於尾礦及用水系統。最先建成的會是高品位礦石廠房，估計需要耗資**16.79**億美元，而建成低品位鐵英岩廠房則估計需花**10.31**億美元。**Pincock**公司相信，這些評估是合理的。**Vale**近期做了很多其他項目，其中可靠並具可比性的資訊已被用於本評估中。

加工廠房的經營成本估計為：高品位礦石廠房為**3.06**美元／噸，而鐵英岩廠房為**8.02**美元／噸。這些成本是根據**Vale**在其他廠房目前運行的經驗得出的。上述成本似乎很合理，而**Pincock**公司相信它們對於此種類型的加工來說是有現實意義的。



Prepared by  
**pincock, allen & holt**  
185 E. Union Boulevard, Suite 950  
Lakewood, Colorado 80228  
Phone (303) 986-0960  
Project No. **9506 B**

圖片來源／使用者  
**VALE**  
項目名稱  
南部體系

圖 10-9  
APOLO 項目流程基本數據和標準—鐵英岩

發佈日期  
2009 年 3 月  
圖片名稱  
Fla10-9.dwa

10.4.5 論述

Pincock公司認為，為Apolo項目所提議建設的加工廠房是在健全合理的技術和裝備的基礎上建成的。資本成本及經營成本似乎切實可行，且主要是根據Vale目前其他運營廠房的經驗得出的。本項目應該能夠有力地應對這些成本的某些變化。鐵英岩廠房的設計及開發不像赤鐵礦廠房那樣完善，但是廠房沒有嚴重的缺陷而且至今完成的工作還是可以接受的。

由這些廠房生產的燒結用粉礦和球團用粉礦產品將會按照化學及粒徑大小高品質地進行生產，並且應順利進出口市場。

這些是大型廠房項目，要求具備周密的計劃以及設計、建造及啟動的實施。Vale十分雄心勃勃地計劃通過許多同時進行的重大項目進行增產。這將導致對技術及操作員工的巨大需求。而現在要擔心的是，是否有充足的幹練的員工去運作這些項目實現預算成本及啟動日期。

10.5 經濟可行性

Pincock, Allen & Holt 把Vale的Apolo項目經濟可行性作為經濟測試的儲量聲明進行審閱。Apolo的經濟狀況被預計成為生活儲量，作為該項目發展研究的一部分。Apolo的經濟狀況由Vale的工程師和分析師執行，並且由Pincock公司視察場地期間進行審閱。2008年儲量的經濟分析類似於包含針對於赤鐵礦及鐵英岩礦石的採礦及加工預可行性（FEL 2）研究的材料。

現金經營成本及具體分配費用的匯編參考了其他南方系統運營情況的實際營運歷史，在Pincock公司視察期間這些資料被提供給Pincock。用於項目開發研究階段的Vale運營狀況的豐富的數據庫是計算資本及運營成本的資料來源。Vale的會計部門記錄礦區內每一筆資產的直接現金成本，並為鐵路交通和港口裝卸等下游活動提供直接現金成本。此外，現場管理以及一般的企業費用的行政撥款與運營狀況相當，並且適用於Apolo經濟情況測試。Pincock公司贊同此方法論以及用於該經濟情況測試的單位成本及相關成本的正確性。用於經濟評估的每噸產品的單位成本在表10-10中列明。

所有費用按以下美元兌換巴西雷亞爾的匯率來表示：

|           |      |
|-----------|------|
| 2008:     | 1.80 |
| 2009:     | 2.00 |
| 2010 及以後: | 1.72 |

表10-10  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo-運營成本

| 業務                   |       | 項目    | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 採礦 - Apolo項目         | 美元／噸  | 2.45  | 2.92  | 2.73  | 2.57  | 2.40  | 2.44  | 2.43  | 2.41  | 2.41  | 2.38  | 2.42  | 2.11  | 2.13  | 2.09  | 1.88  |      |
| 選礦 -Fixed- Rich／ Goe | 百萬美元／ | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | 16.88 | -    |
| 選礦- Var - Rich／總營運支出 | 美元／噸  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | 3.06  | -    |
| 選礦- POOR             | 美元／噸  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | 8.02  | -    |
| 已分配                  | 百萬美元／ | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | 18.36 | -    |
| 鐵路 EFVM              | 美元／噸  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | 2.67  | -    |
| 港口                   | 美元／噸  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | -    |
| 總計                   | 美元／噸  | 11.99 | 12.8  | 11.4  | 11.7  | 12.1  | 12.1  | 12.1  | 12.0  | 12.0  | 12.0  | 12.1  | 11.8  | 11.8  | 11.8  | 12.6  |      |

表10-11  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo-資本支出

|                            |      | 總計      | 2009  | 2010  | 2011    | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|----------------------------|------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 採礦                         | 百萬美元 | 409.2   | -     | -     | -       | 106.0 | 63.0  | 22.5  | 22.5  | 13.2 | -    | -    | 8.8  | 2.0  | 17.2 | 35.5 | 35.6 | 41.0 | 13.4 | 28.5 | -    |
| 採礦設備 ／ 採礦發展資本              |      | 227.1   | -     | -     | -       | 106.0 | 63.0  | 22.5  | 22.5  | 13.2 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 現有採礦設備                     |      | 182.1   | -     | -     | -       | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    | 8.8  | 2.0  | 17.2 | 35.5 | 35.6 | 41.0 | 13.4 | 28.5 | -    |
| 工業設施                       | 百萬美元 | 3,029.7 | 68.1  | 572.1 | 633.7   | 404.9 | 214.5 | 403.3 | 403.3 | 67.0 | 18.9 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | -    |
| 設施資本                       |      | 2,710.1 | 68.1  | 572.1 | 633.7   | 404.9 | 214.5 | 384.3 | 384.3 | 48.0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 現有設施                       |      | 319.6   | -     | -     | -       | -     | -     | 18.9  | 18.9  | 18.9 | 18.9 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | -    |
| 鐵路                         |      | 778.6   | 46.2  | 268.5 | 463.9   | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 車輛／ 鐵路線路資本                 | 百萬美元 | 778.6   | 46.2  | 268.5 | 463.9   | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 水壩                         |      | 225.9   | -     | -     | 49.0    | 73.4  | -     | 23.4  | 35.1  | -    | -    | -    | 18.0 | 27.0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Prata 水壩／ Olhos Dagua 水壩資本 | 百萬美元 | 180.9   | -     | -     | 49.0    | 73.4  | -     | 23.4  | 35.1  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 現有 Prata 水壩加高              |      | 45.0    | -     | -     | -       | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    | 18.0 | 27.0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 土地徵用                       |      | 12.3    | 5.7   | 6.6   | -       | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 土地徵用資本                     | 百萬美元 | 12.3    | 5.7   | 6.6   | -       | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 總計                         | 百萬美元 | 4,455.9 | 120.1 | 847.2 | 1,146.6 | 584.3 | 277.5 | 449.2 | 460.8 | 80.2 | 18.9 | 27.1 | 53.9 | 56.1 | 44.3 | 62.6 | 62.7 | 68.1 | 40.5 | 55.6 | -    |
| 資本                         |      | 3,909.1 |       |       |         |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 當前                         |      | 546.8   |       |       |         |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

鐵路及港口費用只表示這些活動的直接現金運營成本，而不是向外來客戶收取的交易價格。Pincock, Allen & Holt有根據礦山資本成本因素在其他地方進行大規模開發深坑業務的經驗，並且相信此費用在正常預期的範圍內。其他投資費用包括在該現金流量分析的資本部分當中。表10-11顯示了由Vale估計的Apolo資本成本。

在經濟情況分析的FEL 2階段中用於資本及運營的成本包括額外15%的不確定性，以及15%的意外事故。

已售產品的單價是根據單位鐵價來量度的，指的是一公噸產品中利用百分比進行計算的含鐵量。在提供給Pincock公司的Apolo礦石儲量經濟測試當中，根據所生產的平均品位及每噸產品三年單價的平均值為基礎來制定價格。Apolo經濟情況是假定外部市場佔67%，內部市場佔33%。Apolo已售產品的價格假定見表10-12。

表10-12  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo-價格假定

|                    |      |       |       |       | 美元 2008 | 美元 2009 | 美元 2010 |       |       |
|--------------------|------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Ano-Base           | Ano  | 2008  |       |       | 1.80    | 2.00    | 1.72    |       |       |
| WACC               | %    | 8.5%  |       |       |         |         |         |       |       |
| 三年平均價格             |      |       |       |       |         |         |         |       |       |
| 外部市場價格             |      | 2008  | 2009  | 2010  | 2011    | 2012    | 2013    | 2014  | 2015  |
| NPO                | 美元／噸 | -     | -     | -     | -       | -       | -       | -     | -     |
| FC                 | 美元／噸 | -     | -     | -     | -       | -       | -       | -     | -     |
| SF                 | 美元／噸 | 53.84 | 53.84 | 53.84 | 53.84   | 53.84   | 53.84   | 53.84 | 53.84 |
| PF                 | 美元／噸 | 53.80 | 53.80 | 53.80 | 53.80   | 53.80   | 53.80   | 53.80 | 53.80 |
| 內部市場價格             |      |       |       |       |         |         |         |       |       |
| NPO                | 美元／噸 | -     | -     | -     | -       | -       | -       | -     | -     |
| SF                 | 美元／噸 | 34.62 | 34.62 | 34.62 | 34.62   | 34.62   | 34.62   | 34.62 | 34.62 |
| PF                 | 美元／噸 | -     | -     | -     | -       | -       | -       | -     | -     |
| PF - Vitória       | 美元／噸 | -     | -     | -     | -       | -       | -       | -     | -     |
| PF - Brascos       | 美元／噸 | -     | -     | -     | -       | -       | -       | -     | -     |
| 德州                 |      |       |       |       |         |         |         |       |       |
| PIS                | %    | 0.00% |       |       |         |         |         |       |       |
| COFINS             | %    | 0.00% |       |       |         |         |         |       |       |
| ICMS (venda em MG) | %    | 0.00% |       |       |         |         |         |       |       |
| CFEM               | %    | 2.00% |       |       |         |         |         |       |       |
| IR / CSL           | %    | 34%   |       |       |         |         |         |       |       |

關於Apolo FEL 2 礦石有效期（653百萬噸當中的421百萬噸）的經濟分析概要見表10-13。

表10-13  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo-生活儲量經濟概要

|                    | 百萬美元   |
|--------------------|--------|
| 總收益                | 21,110 |
| 營運成本               | 5,050  |
| 息稅前利潤              | 12,375 |
| 資金投資               | 4,456  |
| 營業淨收益              | 7,079  |
| 現金收益淨值@12% - APOLO | 1,489  |
| 內部收益率              | 15.1%  |

對Apolo經濟狀況分析的審閱顯示出較大的淨現值（Vale的12%加權平均資本成本貼現）。自第一年起所進行的有著正向現金流的運營導致內部收益率不適用。對運營及資本支出的靈敏度可為每個變量增加多達50%（單獨地）。如表10-14中顯示，每種情況的正數淨現值表明Apolo項目可靠的經濟狀況。

表10-14  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo-成本敏感度

| 運營成本 | 淨現值 (NPV) | 資本成本 | 淨現值 (NPV) |
|------|-----------|------|-----------|
| 100% | 1,489     | 100% | 1,489     |
| 110% | 1,260     | 110% | 1,230     |
| 120% | 1,014     | 120% | 971       |
| 150% | 177       | 150% | 194       |
| 160% | -135      | 160% | -65       |

註：OP成本及資本支出分別作出相應變化

此外，Vale施加另一個作為風險指標的經濟障礙；也就是說，項目的淨現值相對於資本投資的淨現值的比率。如果比值大於1，該項目的風險被認為是適度的。

在使用三年滾動的平均實際價格進行礦山經濟狀況有效期審閱的基礎上，Pincock公司相信Vale的Apolo 2008年儲量的可行性對於儲量經濟狀況測試是可以接受的。

Apolo儲量的開採曲線及現金流量經濟狀況見表10-15。

表10-15  
VALE  
南部體系儲量審計  
Apolo-經濟分析

| 現金流量                 |        | 總計      | 2009    | 2010    | 2011      | 2012      | 2013      | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 原礦採礦                 | 百萬噸    | 653.0   |         |         |           | 1.42      | 18.58     | 35.30   | 35.57   | 52.39   | 52.00   | 52.00   | 52.00   | 52.00   | 52.00   | 52.00   | 53.30   | 53.30   | 53.30   | 37.84   |         |         |
| 原礦廢礦                 | 百萬噸    | 677.3   |         |         |           | 17.86     | 25.95     | 40.11   | 39.64   | 54.03   | 49.26   | 49.26   | 49.26   | 49.26   | 49.26   | 49.26   | 51.04   | 51.04   | 51.04   | 51.04   |         |         |
| 原礦總量                 | 百萬噸    | 1,330.3 |         |         |           | 19.28     | 44.53     | 75.41   | 75.20   | 106.43  | 101.26  | 101.26  | 101.26  | 101.26  | 101.26  | 101.26  | 104.34  | 104.34  | 104.34  | 88.88   |         |         |
| 生產                   | 百萬噸    | 421.1   |         |         |           |           | 13.64     | 24.13   | 28.43   | 33.21   | 33.12   | 33.12   | 33.12   | 33.12   | 33.12   | 33.12   | 33.56   | 33.56   | 33.56   | 22.34   |         |         |
| NPO                  | 百萬噸    | -       |         |         |           |           | 0.00      | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |         |         |
| FC                   | 百萬噸    | -       |         |         |           |           | 0.00      | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |         |         |
| SF                   | 百萬噸    | 240.0   |         |         |           |           | 10.26     | 18.15   | 18.59   | 18.19   | 18.34   | 18.34   | 18.34   | 18.34   | 18.34   | 18.34   | 18.10   | 18.10   | 18.10   | 10.52   |         |         |
| PFF                  | 百萬噸    | 79.0    |         |         |           |           | 3.38      | 5.98    | 6.12    | 5.99    | 6.04    | 6.04    | 6.04    | 6.04    | 6.04    | 6.04    | 5.96    | 5.96    | 5.96    | 3.43    |         |         |
| PFF Pobre            | 百萬噸    | 102.1   |         |         |           |           | 0.00      | 0.00    | 3.71    | 9.03    | 8.74    | 8.74    | 8.74    | 8.74    | 8.74    | 8.74    | 9.49    | 9.49    | 9.49    | 8.39    |         |         |
| 總運營收益                | 百萬美元   | 21,110  | -       | -       | -         | -         | 667.7     | 1,181.3 | 1,409.5 | 1,669.4 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,688.9 | 1,688.9 | 1,688.9 | 1,134.2 | -       | -       |
| 外部市場收益               | 百萬美元   | 18,306  | -       | -       | -         | -         | 547.8     | 969.2   | 1,192.3 | 1,456.9 | 1,449.3 | 1,449.3 | 1,449.3 | 1,449.3 | 1,449.3 | 1,449.3 | 1,477.4 | 1,477.4 | 1,477.4 | 1,011.2 | -       | -       |
| NPO                  | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| FC                   | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| SF - Rich / Goe      | 百萬美元   | 8,562   | -       | -       | -         | -         | 366.0     | 647.4   | 663.1   | 648.6   | 654.0   | 654.0   | 654.0   | 654.0   | 654.0   | 654.0   | 645.7   | 645.7   | 645.7   | 375.4   | -       | -       |
| PFF - Rich / Goe     | 百萬美元   | 4,253   | -       | -       | -         | -         | 181.9     | 321.7   | 329.5   | 322.3   | 325.0   | 325.0   | 325.0   | 325.0   | 325.0   | 325.0   | 320.9   | 320.9   | 320.9   | 184.4   | -       | -       |
| PFF - Poor           | 百萬美元   | 5,491   | -       | -       | -         | -         | -         | -       | 199.7   | 486.0   | 470.3   | 470.3   | 470.3   | 470.3   | 470.3   | 470.3   | 510.9   | 510.9   | 510.9   | 451.5   | -       | -       |
| 內部市場收益               | 百萬美元   | 2,804   |         |         |           |           | 119.9     | 212.1   | 217.2   | 212.4   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 211.5   | 211.5   | 211.5   | 122.9   | -       | -       |
| NPO                  | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| SF                   | 百萬美元   | 2,804   | -       | -       | -         | -         | 119.9     | 212.1   | 217.2   | 212.4   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 214.2   | 211.5   | 211.5   | 211.5   | 122.9   | -       | -       |
| PFF                  | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| PF - Vitória         | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| PF - Brascos         | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| Belgo Mineira        | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| 銷售折舊                 | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| PIS                  | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| COFINS               | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| 運營收入淨額               | 百萬美元   | 21,110  | -       | -       | -         | -         | 667.7     | 1,181.3 | 1,409.5 | 1,669.4 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,663.5 | 1,688.9 | 1,688.9 | 1,688.9 | 1,134.2 | -       | -       |
| 運營成本                 | 百萬美元   | (5,050) | -       | -       | -         | -         | (174.1)   | (276.2) | (333.2) | (400.7) | (399.8) | (399.4) | (398.9) | (398.7) | (398.0) | (399.1) | (396.8) | (397.4) | (396.3) | (281.0) | -       | -       |
| 礦山                   | 百萬美元   | (993)   | -       | -       | -         | -         | (39.8)    | (65.8)  | (73.2)  | (79.6)  | (80.8)  | (80.3)  | (79.9)  | (79.7)  | (79.0)  | (80.1)  | (70.8)  | (71.4)  | (70.3)  | (41.9)  | -       | -       |
| 選礦 - Rich / Goe      | 百萬美元   | (1,213) | -       | -       | -         | -         | (58.6)    | (90.7)  | (92.5)  | (90.9)  | (91.5)  | (91.5)  | (91.5)  | (91.5)  | (91.5)  | (91.5)  | (90.5)  | (90.5)  | (90.5)  | (59.6)  | -       | -       |
| 選礦 - Poor            | 百萬美元   | (819)   |         |         |           |           | -         | -       | (29.8)  | (72.4)  | (70.1)  | (70.1)  | (70.1)  | (70.1)  | (70.1)  | (70.1)  | (76.1)  | (76.1)  | (76.1)  | (67.3)  | -       | -       |
| 內部所得 (DIFS)          | 百萬美元   | (257)   | -       | -       | -         | -         | (18.4)    | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | (18.4)  | -       | -       |
| EFVM 鐵路              | 百萬美元   | (1,124) | -       | -       | -         | -         | (36.4)    | (64.4)  | (75.9)  | (88.7)  | (88.4)  | (88.4)  | (88.4)  | (88.4)  | (88.4)  | (88.4)  | (89.6)  | (89.6)  | (89.6)  | (59.7)  | -       | -       |
| 港口                   | 百萬美元   | (392)   | -       | -       | -         | -         | (12.7)    | (22.4)  | (26.4)  | (30.9)  | (30.8)  | (30.8)  | (30.8)  | (30.8)  | (30.8)  | (30.8)  | (31.2)  | (31.2)  | (31.2)  | (20.8)  | -       | -       |
| CEFEM (礦業稅-聯邦政府)     | 百萬美元   | (253)   | -       | -       | -         | -         | (8.2)     | (14.5)  | (17.1)  | (19.9)  | (19.9)  | (19.9)  | (19.9)  | (19.9)  | (19.9)  | (19.9)  | (20.1)  | (20.1)  | (20.1)  | (13.4)  | -       | -       |
| 運營費用                 | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| 租賃                   | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| 其他                   | 百萬美元   | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |         |         |         |
| 稅息折舊及攤銷前利潤           | 百萬美元   | 16,060  | -       | -       | -         | -         | 493.6     | 905.0   | 1,076.3 | 1,268.7 | 1,263.6 | 1,264.1 | 1,264.6 | 1,264.8 | 1,265.5 | 1,264.3 | 1,292.2 | 1,291.5 | 1,292.6 | 853.2   | -       | -       |
| %稅息折舊及攤銷前利潤          | %      |         | -       | -       | -         | -         | 0.7       | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     | -       | -       |
| 折舊                   | 百萬美元   | (3,325) | -       | -       | (42.0)    | (99.4)    | (135.1)   | (152.8) | (176.6) | (201.0) | (205.8) | (206.8) | (208.1) | (211.4) | (214.3) | (205.8) | (204.1) | (206.9) | (210.3) | (211.7) | (216.2) | (216.2) |
| 息稅前利潤 (營業收益)         | 百萬美元   | 12,735  | -       | -       | (42.0)    | (99.4)    | 358.6     | 752.2   | 899.7   | 1,067.6 | 1,057.8 | 1,057.3 | 1,056.4 | 1,053.4 | 1,051.2 | 1,058.5 | 1,088.1 | 1,084.6 | 1,082.3 | 641.5   | (216.2) | (216.2) |
| IR / CS (所得稅 / 社會貢獻) | 百萬美元   | (4,525) |         |         | -         | -         | (121.9)   | (255.8) | (305.9) | (363.0) | (359.7) | (359.5) | (359.2) | (358.2) | (357.4) | (359.9) | (369.9) | (368.8) | (368.0) | (218.1) | -       | -       |
| 營業收益                 | 百萬美元   | 8, 10   | -       | -       | (42. )    | (99. )    | 236.      | 496.    | 593.    | 704.    | 698.    | 697.    | 697.    | 695.    | 693.    | 698.    | 718.    | 715.    | 714.    | 423.    | (216. ) | (216.   |
| 折舊                   | 百萬美元   | 3,325   | -       | -       | 42.0      | 99.4      | 135.1     | 152.8   | 176.6   | 201.0   | 205.8   | 206.8   | 208.1   | 211.4   | 214.3   | 205.8   | 204.1   | 206.9   | 210.3   | 211.7   | 216.2   | 216.2   |
| 運營現金流量               | 百萬美元   | 11,535  |         |         | -         | -         | 371.7     | 649.3   | 770.4   | 905.7   | 904.0   | 904.6   | 905.4   | 906.6   | 908.1   | 904.4   | 922.2   | 922.8   | 924.7   | 635.1   | -       | -       |
| 資本支出                 | 百萬美元   | (4,456) | (120.1) | (847.2) | (1,146.6) | (584.3)   | (277.5)   | (449.2) | (460.8) | (80.2)  | (18.9)  | (27.1)  | (53.9)  | (56.1)  | (44.3)  | (62.6)  | (62.7)  | (68.1)  | (40.5)  | (55.6)  | -       | -       |
| 礦山                   | 百萬美元   | (409)   | -       | -       | -         | (106.0)   | (63.0)    | (22.5)  | (22.5)  | (13.2)  | -       | -       | (8.8)   | (2.0)   | (17.2)  | (35.5)  | -       | (35.6)  | (41.0)  | (13.4)  | (28.5)  | -       |
| - 工業設施               | - 百萬美元 | -       | (3,030) | (68.1)  | (572.1)   | (633.7)   | (404.9)   | (214.5) | (403.3) | (403.3) | (67.0)  | (18.9)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | (27.1)  | -       |
| - ( 27.1 )           | -      | -       | -鐵路     | (779)   | (46.2)    | ( 268.5 ) | ( 463.9 ) | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| -                    | -      | -       | -       | -       | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| 水壩                   | 百萬美元   | (226)   | -       | -       | (49.0)    | (73.4)    | -         | (23.4)  | (35.1)  | -       | -       | -       | (18.0)  | (27.0)  | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| 土地徵用                 | 百萬美元   | (12)    | (5.7)   | (6.6)   | -         | -         | -         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| 營運資本變動               | 百萬美元   | -       |         |         | -         | -         | (84.1)    | (63.0)  | (28.6)  | (32.7)  | 0.7     | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.0     | (0.1)   | (2.7)   | (0.0)   | 0.1     | 68.3    | 142.0   | -       |
| 淨現金流量                | 百万美元   | 7,079   | (120.1) | (847.2) | (1,146.6) | (584.3)   | 10.1      | 137.1   | 280.9   | 792.8   | 885.8   | 877.6   | 851.5   | 850.5   | 863.8   | 841.7   | 856.8   | 854.6   | 884.2   | 647.7   | 142.0   | -       |

## 附錄B

巴西北部體系礦場及物業的  
資源量及儲量估計  
審閱及審核

編製對象：



2009年8月14日

9508 B

## 附錄B

### 巴西北部體系礦場及物業的 資源量及儲量估計 審閱及審核

編製對象：



2009年8月14日

9508 B

編製者：

**Pincock, Allen & Holt**

**Jorge Amira  
Darrel L. Buffington, P.E.  
Bipin J. Bhatt, PhD  
Ronald O. Harma  
Leonel Lopez, C.P.G.  
Landy Stinnett, P.E.**

| 目錄                        | 頁次     |
|---------------------------|--------|
| <b>1.0 引言</b>             | B-1.1  |
| <b>1.1 項目說明</b>           | B-1.1  |
| <b>1.1.1 N4E及N4W礦場</b>    | B-1.2  |
| <b>1.1.2 Serra Sul項目</b>  | B-1.4  |
| <b>1.2.3 現場環境及氣候</b>      | B-1.4  |
| <b>1.2 審核歷史</b>           | B-1.6  |
| <b>1.3 工作範圍</b>           | B-1.6  |
| <b>1.4 工作計劃</b>           | B-1.8  |
| <b>1.5 人員</b>             | B-1.8  |
| <b>1.6 審核限制</b>           | B-1.9  |
| <b>1.7 單位和縮寫</b>          | B-1.10 |
| <b>2.0 地質</b>             | B-2.1  |
| <b>2.1 區域地質</b>           | B-2.1  |
| <b>2.1.1 Itacaiunas超群</b> | B-2.1  |
| <b>2.2 結構地質</b>           | B-2.4  |
| <b>2.3 礦化作用</b>           | B-2.6  |
| <b>2.4 勘探</b>             | B-2.6  |
| <b>2.4.1 鑽探</b>           | B-2.6  |
| <b>2.4.2 取樣</b>           | B-2.7  |
| <b>2.4.3 記錄</b>           | B-2.9  |
| <b>2.5 樣本分析</b>           | B-2.9  |
| <b>2.6 樣本量質保證／質量控制程序</b>  | B-2.12 |
| <b>2.7 密度測定</b>           | B-2.14 |
| <b>3.0 資源建模及地質統計學</b>     | B-3.1  |
| <b>3.1 建模方法</b>           | B-3.1  |
| <b>3.2 數據組織</b>           | B-3.1  |
| <b>3.3 岩石代碼</b>           | B-3.1  |
| <b>3.4 數據一致性檢查</b>        | B-3.3  |
| <b>3.5 基本統計</b>           | B-3.5  |
| <b>3.6 合成</b>             | B-3.5  |
| <b>3.7 地質建模</b>           | B-3.5  |
| <b>3.8 變分法</b>            | B-3.10 |
| <b>3.9 品位累積</b>           | B-3.12 |
| <b>3.10 品位累積及內插法</b>      | B-3.12 |
| <b>3.11 資源模型驗證</b>        | B-3.14 |

|      |                  |        |
|------|------------------|--------|
| 3.12 | 資源分類             | B-3.15 |
| 3.13 | 礦產資源評估           | B-3.17 |
| 3.14 | 資源聲明             | B-3.18 |
| 4.0  | 採礦審閱             | B-4.1  |
| 4.1  | 一般討論             | B-4.1  |
| 4.2  | 礦場設計             | B-4.1  |
| 4.3  | 礦坑、廢物場及尾礦的地質技術工程 | B-4.6  |
| 4.4  | 礦場規劃的年期          | B-4.7  |
| 4.5  | 儲量               | B-4.7  |
| 5.0  | 洗選               | B-5.1  |
| 6.0  | 基礎設施             | B-6.1  |
| 6.1  | 運輸               | B-6.1  |
| 6.2  | 房屋               | B-6.1  |
| 6.3  | 通訊               | B-6.1  |
| 6.4  | 供水及污水處理          | B-6.1  |
| 6.5  | 電力               | B-6.1  |
| 6.6  | 燃料               | B-6.2  |
| 6.7  | 礦場基礎設施           | B-6.2  |
| 7.0  | 環境因素             | B-7.1  |
| 7.1  | 管理背景、牌照狀態        | B-7.1  |
| 7.2  | 環境管理             | B-7.3  |
| 7.3  | 合法開礦權            | B-7.4  |
| 7.4  | 健康與安全            | B-7.4  |
| 7.5  | 新項目牌照            | B-7.4  |
| 7.6  | 總結及潛在的環境風險／關注    | B-7.5  |
| 8.0  | N4E 及 N4W 礦場     | B-8.1  |
| 8.1  | 地質               | B-8.1  |
| 8.2  | 資源模型             | B-8.1  |
| 8.3  | 資源聲明             | B-8.1  |

|       |                      |        |
|-------|----------------------|--------|
| 8.4   | 探礦審閱                 | B-8.2  |
| 8.4.1 | 一般討論                 | B-8.2  |
| 8.4.2 | 礦場規劃的年期              | B-8.4  |
| 8.5   | 儲量                   | B-8.4  |
| 8.6   | 選礦                   | B-8.10 |
| 8.6.1 | 現有卡拉加斯選礦設備           | B-8.10 |
| 8.6.2 | 建議卡拉加斯3,000萬公噸擴建工程   | B-8.17 |
| 8.7   | 申請批准卡拉加斯3,000萬公噸擴建工程 | B-8.20 |
| 9.0   | SERRA SUL項目          | B-9.1  |
| 9.1   | 地質                   | B-9.1  |
| 9.2   | 資源模型                 | B-9.1  |
| 9.3   | 資源聲明                 | B-9.2  |
| 9.4   | 開採回顧                 | B-9.3  |
| 9.4.1 | 一般資料                 | B-9.3  |
| 9.4.2 | 礦場規劃                 | B-9.3  |
| 9.4.3 | 礦場規劃壽命               | B-9.3  |
| 9.5   | 儲量                   | B-9.11 |
| 9.6   | Serra Sul選礦廠         | B-9.11 |
| 9.6.1 | 流程設計                 | B-9.11 |
| 9.6.2 | 選礦廠及設備               | B-9.12 |
| 9.6.3 | 資本及營運成本              | B-9.14 |
| 9.6.4 | 討論                   | B-9.14 |
| 9.7   | 申請批准Serra Sul項目      | B-9.15 |

## 表

|     |                           |        |
|-----|---------------------------|--------|
| 1-1 | 卡拉加斯的歷史產量                 | B-1.2  |
| 2-1 | 鑽探活動歷史                    | B-2.6  |
| 2-2 | 礦體C、D及S11目標的鑽探活動          | B-2.7  |
| 2-3 | 鐵產品粒度                     | B-2.12 |
| 2-4 | N4E地質模型使用的鑽孔岩心樣本摘要        | B-2.13 |
| 2-5 | N4W模型使用的鑽孔樣本摘要概要          | B-2.13 |
| 2-6 | C與D礦體的地質模型所用的鑽孔及樣本摘要      | B-2.13 |
| 2-7 | 建模採用的密度值 — N4E地質模型        | B-2.15 |
| 2-8 | 建模採用的密度值 — N4W地質模型        | B-2.16 |
| 2-9 | 建模採用的密度值 — Serra Sul 地質模型 | B-2.17 |

## 目錄（續）

## 頁次

|          |                                |        |
|----------|--------------------------------|--------|
| 3-1      | Vale的資源建模方法                    | B-3.2  |
| 3-2      | 驗證岩性代碼的具體標準                    | B-3.3  |
| 3-3      | 地質分類中採用的岩石代碼                   | B-3.4  |
| 3-4      | Apolo 礦藏的複合物單變量統計              | B-3.6  |
| 3-5      | Vale 資源分料- Fábrica             | B-3.15 |
| 3-6      | 評估後的探明及可能資源                    | B-3.18 |
| 4-1      | 礦場經濟分析的成本基礎                    | B-4.3  |
| 4-2      | 營運最低等級                         | B-4.4  |
| 4-3      | 礦場設計參數                         | B-4.5  |
| 4-4      | 礦坑斜坡設計參數                       | B-4.7  |
| 4-5      | 現有礦場設備機群                       | B-4.8  |
| 7-1      | 卡拉加斯鐵礦及運營牌照／許可證                | B-7.3  |
| 8-1      | N4E及N4W礦場預計探明及可能資源             | B-8.3  |
| 8-2      | 現有礦場設備機群                       | B-8.7  |
| 8-3      | 30百萬公噸／年擴充礦場設備機群               | B-8.8  |
| 8-4      | 北部體系鐵礦石礦場所示的儲量                 | B-8.9  |
| 8-5      | 年產量及化學質量概要                     | B-8.11 |
| 9-1      | Serra Sul 項目的探明及指示資源估算         | B-9.2  |
| 9-2      | Serra Sul 的物料變動                | B-9.7  |
| 9-3      | Serra Sul 礦場設備                 | B-9.9  |
| 9-4      | Serra Sul 的直接開採成本，按年           | B-9.10 |
| 9-5      | Serra Sul 項目的聲稱儲量              | B-9.11 |
| <b>圖</b> |                                |        |
| 1-1      | 北部鐵礦體系的物業位置圖                   | B-1.3  |
| 1-2      | SERRA SUL項目位置                  | B-1.5  |
| 2-1      | 卡拉加斯綜合項目的區域地質                  | B-2.2  |
| 2-2      | SERRA SUL礦床的本地地層斷面             | B-2.3  |
| 2-3      | SERRA SUL礦床的礦化岩性單元             | B-2.5  |
| 2-4      | SERRA SUL C、D礦體目標區域鑽探網格        | B-2.8  |
| 2-5      | 濕標準測試工藝流程表                     | B-2.10 |
| 2-6      | 乾標準測試工藝流程表                     | B-2.11 |
| 3-1      | Aboboras 礦藏的已計算及已分析的Fe 直方圖     | B-3.7  |
| 3-2      | N4W 礦藏中 Global Iron 的箱線圖       | B-3.8  |
| 3-3      | 向西南延伸的Capitão do Mato 礦藏岩性區塊模型 | B-3.9  |
| 3-4      | 卡拉加斯綜合項目Serra Sul 礦藏接觸         | B-3.11 |
| 3-5      | 有關整體鐵含量的半變差函數                  | B-3.13 |
| 3-6      | 風險指數(RI)圖顯示資源分類類別              | B-3.16 |
| 4-1      | 礦場設計方法概述                       | B-4.2  |
| 4-2      | 礦石及廢料區塊的應用成本                   | B-4.4  |

## 目錄（續）

## 頁次

|     |                                |        |
|-----|--------------------------------|--------|
| 4-3 | N4E 敏感度分析的結界                   | B-4.9  |
| 4-4 | N4W 礦場敏感度分析                    | B-4.10 |
| 4-5 | Serra Sul 項目敏感度分析              | B-4.11 |
| 8-1 | N4E 最終礦坑                       | B-8.5  |
| 8-2 | N4W 最終礦坑                       | B-8.6  |
| 8-3 | 現有卡拉加斯廠房簡明流程圖                  | B-8.13 |
| 8-4 | 30百萬公噸／年擴建部分的簡明流程圖             | B-8.18 |
| 9-1 | Serra Sul 最終礦井                 | B-9.4  |
| 9-2 | Serra Sul 礦井，於第1年年底（2011年）     | B-9.5  |
| 9-3 | Serra Sul 礦井，於第5年年底（2015年）     | B-9.5  |
| 9-4 | Serra Sul 礦井，於第10年年底（2020年）    | B-9.6  |
| 9-5 | Serra Sul 礦井，於第20年年底（2030年）    | B-9.6  |
| 9-6 | 卡車平均載重量預測（礦石及棄矸）               | B-9.8  |
| 9-7 | Serra Sul 開採成本（每公噸），按兩組不同設備作比較 | B-9.8  |
| 9-8 | 測試Serra Sul 乾法工序的流程圖           | B-9.13 |
| 9-9 | 擬建Serra Sul 選礦廠的簡明流程圖          | B-9.16 |

## 1.0 引言

應Companhia Vale do Rio Doce (Vale)要求，Runge Serviços de Consultoria do Brasil Ltda.旗下Pincock, Allen & Holt - Brasil (Pincock)的諮詢工程公司已完成審閱及審核巴西若干鐵礦石礦場及項目的儲量及支持資源量估計聲明。本報告呈列北方體系中以下物業的結果及發現：

- N4E礦場
- N4W礦場
- Serra Sul項目

作為前審核項目的一部分，Pincock亦審閱了Fábrica綜合項目、Vargem Grande綜合項目及Vale南方礦場體系中Apolo項目的儲量。此項工作的發現載於另一份獨立附錄。

此項審核以Vale所編製當前礦場規劃年期和對Pincock及其他顧問過往審核及其他工作的審閱（後文將予以討論）為基礎。礦場規劃年期以截至2007年12月底的地形表面及自上次儲量審核後已更新的資源模型為基礎。因此，本報告所述儲量乃截至2007年12月31日。編製本報告乃為支持Vale向美國證券交易委員會（證券交易委員會）提交存檔的20F年度報告。作為此項目的一部分，Pincock進行了實地考察、觀察了採礦業務並審閱了Vale的地質學家及採礦工程師用於計算儲量的方法。

### 1.1 項目說明

目前，Vale的北部礦場體系由五個營運中的大型露天礦場N4E、N4W、N5E及N5W組成。礦場有三台坑內破碎機，可將礦石運輸至中央加工廠。該等礦場的合併年產量從1990年代的3,000萬噸增至2008年的1億多噸。隨著現有加工廠的擴建及Serra Sul項目的開發，北部體系將進一步按年增產1.3億噸。

下文將對本報告所載北部體系三項物業進行說明。三項物業均位於巴西北部亞馬遜流域Floresta Nacional de Carajás（卡拉加斯國家森林）的礦場。目前卡拉加斯採礦業務（包括N4E及N4W礦場）位於卡拉加斯業務所在地Nucleo Urbano鎮15公里以內。Serra Sul項目位於目前Canaã de Carajás市卡拉加斯鐵礦石礦場以南約90公里處。

由於N4E及N4W礦場的規劃方法及冶金工藝流程相同，因此將作為同一項業務在下文進行討論。Serra Sul項目將單獨進行討論，原因是該項目將為獨立業務，配備專門的加工廠，但與當前卡拉加斯礦場協同營運，以便分享同一條鐵路及港口設施。

### 1.1.1 N4E及N4W礦場

N4E及N4W礦場是現有位於卡拉加斯及其附近鐵礦石開採綜合項目（位於巴西北部的Para州）的一部分。圖1-1提供了卡拉加斯業務（包括Pincock審核的兩處礦藏）的總體位置。所有卡拉加斯礦場均出產赤鐵礦石。全部礦石在中央加工廠加工，然後運至儲礦堆，以備火車裝運。通常，來自各礦場的礦石不會分開。鐵礦石產品透過卡車及Estrada de Ferro de Carajás (EFC)鐵路裝載並運輸給不同客戶。大部分鐵礦石經由Vale擁有的EFC鐵路從卡拉加斯運至約900公里外的Terminal Marítimo Ponta da Madiera (TMPM)。產品尾礦則運至加工廠以北兩個尾礦設施的其中一個。

卡拉加斯地區的歷史產量自1985年開始採礦以來不斷提升。表1-1列出開始營運以來的產量數據。從2004年至2007年間的產量提升乃透過改進現有加工廠的營運而得以實現，並未對加工設備作出重大修整或添置新的設備。

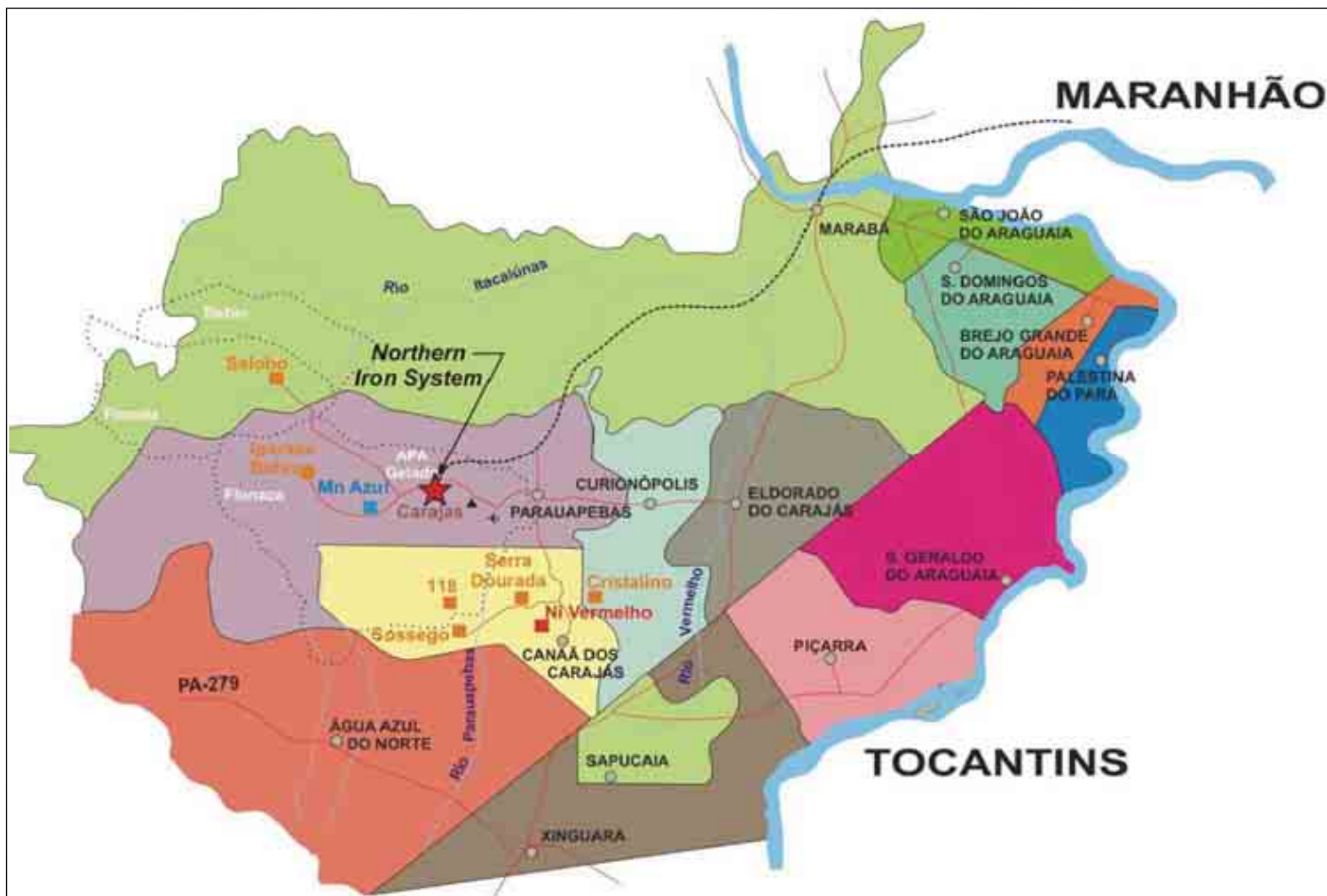
表1-1

Vale

北部體系儲量審核

卡拉加斯的歷史產量（1,000噸）

| 年份      | 原礦石     | 廢石      | MOV. INT.<br>總量 | MOV.<br>總量 | MOV. INT.<br>佔總量的<br>百分比 | 產品      | 剝採率  | 回收率   |
|---------|---------|---------|-----------------|------------|--------------------------|---------|------|-------|
| 截至1985年 | 2,002   | 12,483  | 0               | 14,485     | 0.0%                     | 964     | 6.23 | 48.1% |
| 1986年   | 18,524  | 12,096  | 536             | 31,156     | 1.7%                     | 13,506  | 0.65 | 72.9% |
| 1987年   | 29,884  | 12,101  | 1,964           | 43,948     | 4.5%                     | 23,520  | 0.40 | 78.7% |
| 1988年   | 36,589  | 11,530  | 2,320           | 50,440     | 4.6%                     | 29,823  | 0.32 | 81.5% |
| 1989年   | 40,090  | 11,748  | 3,115           | 54,952     | 5.7%                     | 31,849  | 0.29 | 79.4% |
| 1990年   | 42,686  | 17,030  | 5,302           | 65,018     | 8.2%                     | 32,849  | 0.40 | 77.0% |
| 1991年   | 42,835  | 26,822  | 4,181           | 73,838     | 5.7%                     | 32,572  | 0.63 | 76.0% |
| 1992年   | 41,642  | 26,446  | 3,894           | 71,982     | 5.4%                     | 32,817  | 0.64 | 78.8% |
| 1993年   | 42,870  | 26,827  | 4,636           | 74,332     | 6.2%                     | 35,190  | 0.63 | 82.1% |
| 1994年   | 48,819  | 29,060  | 4,474           | 82,353     | 5.4%                     | 39,291  | 0.60 | 80.5% |
| 1995年   | 52,818  | 36,725  | 7,154           | 96,697     | 7.4%                     | 43,232  | 0.70 | 81.9% |
| 1996年   | 51,173  | 45,494  | 9,324           | 105,990    | 8.8%                     | 40,816  | 0.89 | 79.8% |
| 1997年   | 54,246  | 38,050  | 12,296          | 104,592    | 11.8%                    | 43,818  | 0.70 | 80.8% |
| 1998年   | 55,936  | 31,936  | 6,354           | 94,227     | 6.7%                     | 45,813  | 0.57 | 81.9% |
| 1999年   | 52,532  | 22,102  | 2,982           | 77,616     | 3.8%                     | 43,987  | 0.42 | 83.7% |
| 2000年   | 56,132  | 32,624  | 4,612           | 93,367     | 4.9%                     | 47,673  | 0.58 | 84.9% |
| 2001年   | 61,330  | 37,235  | 12,131          | 110,696    | 11.0%                    | 52,433  | 0.61 | 85.5% |
| 2002年   | 62,394  | 44,462  | 12,059          | 118,915    | 10.1%                    | 53,905  | 0.71 | 86.4% |
| 2003年   | 68,340  | 56,684  | 19,570          | 144,594    | 13.5%                    | 58,929  | 0.83 | 86.2% |
| 2004年   | 80,685  | 67,953  | 25,229          | 173,868    | 14.5%                    | 69,376  | 0.84 | 86.0% |
| 2005年   | 88,764  | 72,500  | 30,800          | 192,064    | 16.0%                    | 72,500  | 0.82 | 81.7% |
| 2006年   | 96,600  | 115,900 | 42,400          | 254,900    | 16.6%                    | 81,800  | 1.20 | 84.7% |
| 2007年   | 109,200 | 140,700 | 43,800          | 293,700    | 14.9%                    | 91,700  | 1.29 | 84.0% |
| 合計      | 941,527 | 599,407 | 142,132         | 1,683,066  | 8.4%                     | 772,364 | 0.64 | 82.0% |



Vale正計劃透過在現有加工廠及儲料天井附近建設擴建廠房，將卡拉加斯業務的年產量增加3,000萬噸。

建設擬於2010年完工，可使卡拉加斯綜合項目的總產能達到每年近1.3億噸。除加工廠外，擴建項目將需購置更多移動採礦設備、一台新的坑內破碎機，擴建儲料井（包括堆積機和取料機系統）及更多用於鐵路運輸的機車及軌道車。3,000萬噸擴建項目的設計及許可目前正在進行中。Vale已向Pincock提供多種工程研究和報告，以及資金和經營成本估計，以顯示擬定擴建的技術和經濟可行性。擴建計劃產生的最終產品將主要是燒結料及團礦料。

### 1.1.2 Serra Sul項目

Serra Sul項目屬於未開發的礦產資源，位於Floresta Nacional de Carajás的南部邊界。項目可經從Vale的Sossego銅礦延伸約35公里的新路段進出。圖1-2所示為項目的總體位置。正如Sossego礦場及擬建的Vermelho鎳礦場，Serra Sul項目的支援和住房將於Canaã dos Carajás鎮提供。

初步可行性研究(FEL 2)已完成，此項審核之時可行性研究(FEL 3)正在進行。目前的開發計劃是建設一個年產1億噸的採礦業務及生產燒結料的加工廠。產品將藉助現有的EFC鐵路運至TMPM港。鐵路營運成本計入南部體系之外的經營部分，並確立計入南部體系礦場的每年裝運費。

Serra Sul項目將要求修建逾100公里的鐵路線延伸線以連接至EFC，及新建約79公里的230千伏電力傳輸線。除此之外，還包括開發新礦場及在亞馬遜未開發地區建設選礦及配套設施。

### 1.1.3 現場環境及氣候

現有的卡拉加斯採礦業務及Serra Sul項目位於巴西中北部的亞馬遜流域，為炎熱潮濕的熱帶氣候。卡拉加斯從大約11月至4月為雨季，從5月至10月為旱季。1968年至1998年的30年間，平均年降雨量為1930毫米。平均而言，最大降雨量一般在3月出現。溫度範圍介乎最低15°C至最高35°C。

Serra Sul項目和現有的卡拉加斯礦場以及大部分相關業務和活動位於Floresta Nacional de Carajás（卡拉加斯國家森林）內的聯邦土地上，Floresta Nacional de Carajás是在目前的卡拉加斯礦場採礦開展後於1998年建立。成立國家森林的聯邦法令指明該地區的多種土地使用。



由 Pincock, Allen & Holt 編製  
地址：165 S. Union Boulevard, Suite 950  
Lakewood, Colorado 80228  
電話號碼：(303) 986-6950

項目編號：

9508 E

圖片提供方／編製對象



項目名稱：

北部體系

圖 1-2

SERRA SUL 項目位置

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fig.1-2.dwg

地形包含起伏的丘陵，偶有近乎垂直的懸崖，由較易受侵蝕的含鐵岩層上較耐蝕的鐵角礫岩層形成。項目地區的地形起伏在海拔400至700米不等。卡拉加斯地區的主水系是卡拉加斯礦場以東的Parauapebas河，從南流向北，是Itacaiúnas河的支流，流入Marabá市附近的Tocantins河，再經此流入亞馬遜河。

卡拉加斯地區有兩大類植物生態系統。森林主要是相對茂密的樹林，下層遍佈灌木叢。第二類鐵角礫岩，傾向屬於草原類植被，特點是草地和生長於經開採含鐵岩層上硬質富鐵層的一些灌木。鐵角礫岩範圍有限，是鐵礦石礦藏上獨特的覆蓋層。

## 1.2 審核歷史

對Vale物業的已報告資源量於1997年開始作出審核，作為按Vale股票於紐約證券交易所首次上市及公開發售的規定向美國證券交易委員會（證券交易委員會）提交F-3表格存檔的支持。從1997年初次審核直至1999年完成儲量審核，外部審核師均為美國公司Mineral Resources Development, Inc. (MRDI)。MRDI於2000年5月被AMEC收購，隨後直至2002年底的審核以AMEC名義進行，但主要參與人員仍是之前MRDI工作的相同人員。Vale在2003年及2004年更換了審核師。所列截至2003年底的儲量審核由Golder Associates於2004年初完成。

Pincock於2005年初完成了2004年底儲量的審核。這項工作包括全面審閱冶金、加工廠及環境管理，而這些領域在過往審核中未獲完全處理。冶金和環境評估的主要焦點是確認並無存在會對所列可開採儲量的生產造成損害的重大問題。

2006年AMEC再次審核了2005年儲量，並未開展第三方審核，但儲量與Vale技術人員所作結果一致。2008年2月，Pincock完成了Vale截至2007年12月31日的所列儲量的儲量核對審閱。

Pincock指出，2004年底及2005年底的審核報告及2008年儲量核對報告已經審閱，因為此次當前審核的背景，相對於審核及審閱鑽探、取樣和分析實務；開發地質模型；解釋品位變化、驗證資源量及儲量計算、採礦和加工成本、監管許可及審批而言，被視為專業編製。

## 1.3 工作範圍

此次審核所完成的工作包括：

- 審閱2004年和2005年審核報告及2007年儲量核對報告
- 由整支的Pincock審核團隊乘坐直升機空中飛越新建Serra Sul項目以完成實地考察
- 審閱和獨立分析由Vale員工提供的數據
- 編製資源量審閱發現的中期報告
- 編製審核發現的最終報告

於實地考察期間，Vale向Pincock呈述口頭和書面報告，以充分詳細地令我們理解數據、地質模型、礦產加工及礦場設計，以確認所呈報的資源量及儲量是按照採礦行業的公認原則和慣例而估計的。

Pincock審閱儲量估計的輸入數據，以確認已採取適當措施將資源量正確分類為儲量。這包括有關技術上、經濟上和法律上開採儲量能力的資料。我們的團隊包括審閱地質及地質模型的地質學家、審查用於估計資源量的分析方法的地質統計學家、評估採礦方法和成本及為可開採儲量的定義提供支持的礦場規劃的採礦工程師、審閱洗選作業和成本的冶金學家，以及審閱環境管理及具備令人滿意的填海和復墾計劃的地質技術／環境工程師。

此次審核包括下列範圍：

- 審核地質和資源模型
  - 與熟悉有關項目的地質學家審閱勘探方法、取樣及試金程序的目前狀況，以及地質詮釋。
  - 審閱用於估計原來位置的資源量的統計和地質統計參數。
  - 審閱過往產量與預測模型資源量的核對情況，這涉及將採礦過程中基於坡面、溝槽及鑽洞取樣與長期資源量模型進行核對。
- 審核可開採儲量
  - 審閱直接經營成本、收回程度及其他用於決定最終礦井可開採儲量的經濟數據。
  - 審閱目前的礦場進度、規劃進度及最終礦井的配置。
  - 將預測的直接經營成本與目前在礦場呈報的成本進行比較。

- 審閱各項採礦作業的冶金測試工程和洗選設施。
- 審閱礦場地質技術，包括設計及監察礦井斜坡、礦場廢料處置區、尾礦蓄存壩及沉積物或其他蓄存結構。
- 審閱地表及礦產權、礦場許可證、關閉礦場計劃以及環境管理的情況。

審核工作側重於採礦業務，並不包括審閱鐵路系統或港口設施。鐵路作為獨立業務經營，其成本亦作為獨立業務記賬，運輸成本根據分配至南部體系的每噸運送物料計算。港口設施屬南部體系成本結構，包括成品混合系統及物料處理和裝船設施。

## 1.4 工作計劃

由Pincock的項目團隊執行的實地考察分兩階段進行。由地質學家及地質統計學家執行的實地考察於2008年9月12日至10月5日期間進行，而由採礦工程師、洗選工程師及環境工程師執行的實地考察於2008年12月3日至12月19日期間進行。同期，還對作為本次審核對象的其他Vale業務進行了考察。

項目審閱始於在卡拉加斯的Vale礦場規劃辦事處召開的會議，Vale業務及各特定礦場業務單位均在該處進行整體審閱。其後對業務進行實地考察，並對礦場及加工廠設施進行考察。實地考察期間，呈列了綜合項目內各採礦業務的背景資料及數據。

Vale的員工以專業及時的方式提供所有所需資料，Pincock根據證券交易委員會指引第7號「從事或將會從事重大採礦業務的發行人對物業的描述」及公認行業標準認為已完成的工作範圍及已獲得的數據就此次審核範圍而言屬足夠。

## 1.5 人員

高級多專業項目團隊由精通大型高噸數露天採礦業務及鐵礦石加工設施的專業人士組成。團隊包括Pincock Allen & Holt – Brasil的董事Darrel Buffington, P.E.（作為項目經理）、首席採礦工程師Jorge Amira、首席地質學家Leonel Lopez, C.P.G.、首席地質統計學家Bipin Bhatt及首席冶金工程師Ron Harma。

## 1.6 審核限制

PAH已獨立審閱由Companhia Vale do Rio Doce(Vale)及其聯屬公司和顧問所提供的資料及數據。儘管PAH在本報告中表達的意見倚賴所提供數據的準確性，PAH並無理由相信有任何重大事實已遭隱瞞。Vale的技術員工已公開及持續更新資料。PAH對所提供的資料的任何錯誤或遺漏並不承擔責任及不會對於因此達致的投資或其他財務決定或該行動承擔任何責任後果。

除「礦產資源量」、「探明礦產資源量」、「可能礦產資源量」及「推斷礦產資源量」是按照加拿大國家文書第43-101號(Canadian National Instrument 43-101)根據CIM標準所載指引的加拿大地質和採礦術語外，本報告內有關物業的所有披露內容符合美國證券交易委員會行業指引第7號「從事或將會從事重大採礦業務的發行人對物業的描述」。

在本報告中，對「加拿大國家文書第43-101號」的提述乃指對加拿大證券管理局國家文書第43-101號礦產項目披露標準的提述，而對「CIM標準」的提述乃指對Canadian Institute of Mining and Metallurgy and Petroleum（「CIM」）有關礦產資源量及礦產儲量標準的提述，有關標準於2000年8月20日經CIM Council採納並於2005年12月23日經礦產項目披露標準、表43-101F1及配套政策第43-101CP號修訂。

礦產資源量估計本身屬於前瞻性聲明及可能作出改動。儘管PAH於審閱所獲提供的資料時已進行盡職審查，但未能控制的因素或未能預見的事件可能對礦產資源量聲明造成重大的正面或負面影響。未能控制的因素或未能預見的事件包括與業務有關的風險，例如礦產行業的周期性質、行業的國際競爭情況、價格基於不同需求層面的波動以及國際或地方貨幣或政治政策的變動。任何一項或多項結合的因素可能對礦產資源量聲明產生重大影響。

本報告使用詞彙「探明礦產資源量」及「可能礦產資源量」。雖然根據加拿大規例，該等詞彙是受到認可和允許的，但我們提醒美國投資者，美國證券交易委員會並不認可該等詞彙。美國投資者應留意，不得假設該等類別中任何部分或全部的礦產資源量將有機會被轉化成礦產儲量。

本報告使用詞彙「推斷礦產資源量」。雖然根據加拿大規例，該等詞彙是受到認可和允許的，但我們提醒美國投資者，美國證券交易委員會並不認可該詞彙。「推斷礦產資源量」對其存在性有重大的不確定性，而其經濟和法律可行性亦有重大的不確定性。無法假設全部或任何部分的推斷礦產資源量將會被提升至較高類別。根據加拿大規則，推斷礦產資源量的估計不可構成可行性或其他經濟研究的基準。美國投資者應留意，不得假設存在任何部分或全部的推斷礦產資源量，或其於經濟上或法律上可予開採。

本報告所表述的結果和意見是基於PAH的觀察及Vale所提供的技術數據，並且是取決於技術數據截至本報告日期屬最新、準確和完整，以及並無資料已遭隱瞞而會影響到當中所作結論的理解。倘PAH於本報告日期後得悉額外資料，PAH保留權利但無義務修改本報告及當中所載的結論。PAH對Vale分發本報告的行動概不承擔責任。

## 1.7 單位和縮寫

Pincock已以公制編製所有計量，如有例外情況亦已加以指明，尤其是當同時列出英文和公制標準的時候。貨幣通常以2008年美元兌換巴西雷亞爾的匯率為準，即1美元兌換1.8雷亞爾。

除另有列明外，元即美元，而重量為1,000公斤（2,204.62磅）的公噸。本報告使用了下列縮寫：

### 縮寫 單位或詞彙

AA 原子吸收

BIF 條帶狀含鐵岩層

DCF 折現現金流量

G&A 一般及行政

FEL 前期的裝料項目評估研究

ft 英尺

ft<sup>3</sup> 立方英尺

IDS 反比距離平方

ICP 感應耦合等離子體

In 英寸

ISO 國際標準組織

JORC 澳洲勘探結果、礦產資源及可採儲量報告規則

k 千

Kg 公斤

km 公里

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| LI             | 安裝牌照                  |
| LMC            | 線性聯區化模型               |
| LO             | 營運牌照                  |
| LP             | 初步牌照                  |
| LOI            | 強熱失量                  |
| M              | 百萬                    |
| Mt或mt          | 百萬公噸                  |
| mm             | 毫米                    |
| m <sup>3</sup> | 立方米                   |
| mtpy           | 百萬公噸／年                |
| NI 43-101      | 加拿大國家文書第43-101號       |
| NPO            | 天然球團礦                 |
| NPV            | 淨現值                   |
| OCK            | 普通協同克立格法              |
| OK             | 普通克立格法                |
| oz             | 盎司                    |
| PAH            | Pincock, Allen & Holt |
| ROM            | 原礦                    |
| T或t            | 公噸（1,000公斤或2,204.6磅）  |
| TDA            | 總非聚簇平均                |
| TDS            | 溶解固體總量                |
| TSS            | 懸浮固體總量                |
| Tpa 或tpy       | 公噸／年                  |
| tpd            | 公噸／日                  |
| tph            | 公噸／小時                 |

UTM 通用橫軸墨卡托坐標系統

VGR Vargem Grande綜合項目

XRF X射線熒光

yd<sup>3</sup> 立方碼

\$ 美元

R\$ 巴西雷亞爾

% 重量百分比

### 常用化學符號

鋁 Al

鈣 Ca

氯 Cl

鈷 Co

銅 Cu

金 Au

鐵 Fe

鉛 Pb

鎂 Mg

錳 Mn

鉬 Mo

鎳 Ni

氧 O<sub>2</sub>

鉀 K

銀 Ag

硫 S

鈦 Ti

## 2.0 地質

### 2.1 區域地質

北部鐵礦體系的鐵礦藏主要見於Itacaiunas超群的前寒武紀岩石中。圖2-1顯示該區域的地質圖。該區域的基底由Pium綜合項目正交粒變岩及Xingu綜合項目片麻岩及混合岩構成。Pium及Xingu綜合項目掩體的年齡分別為30億年及28.6億年。基底上層佈滿Itacaiunas超群的火山岩及沉積物（年齡介於27.6億年至26億年），其上則是Águas Claras碎屑沉積物。花崗岩、輝長岩及似花崗岩侵入沉積層序中。

卡拉加斯礦石見於Itacaiunas超群的Grão Pará群組中，由變質玄武岩、變質沉積物、鐵礦石及變質流紋岩構成。礦石礦藏位於厚火山岩單位之間約300至400米厚的帶狀燧石赤鐵礦碧玉鐵質岩單位中。下層火山岩單位乃Parauapebas岩層（厚度介於4,000至6,000米之間），由雙峰火山岩（主要含有大塊多孔的斑岩狀岩流及變質玄武岩、變質玄武岩質的安山岩及變質粗安岩的成塊角礫岩）構成，下層(10% - 15%)是變質流紋岩質的凝灰岩及岩流。

卡拉加斯岩層見於含有鎂鐵質變質火山岩夾層的變形條帶狀含鐵岩層 (BIF)。Cigarra岩層（上層火山單位）類似於含有混合變質沉積物（細粒凝灰巖、凝灰巖質粉砂岩、千枚岩、燧石及硬砂岩）的Parauapebas岩層。火山岩層序一般會被風化成100至150米深。而礦石區條帶狀含鐵岩層(BIF)的火山岩層序則會被氧化成500米深。北部體系區域內Itacaiunas超群的當地地層序列如圖2-2所示分為以下部分：

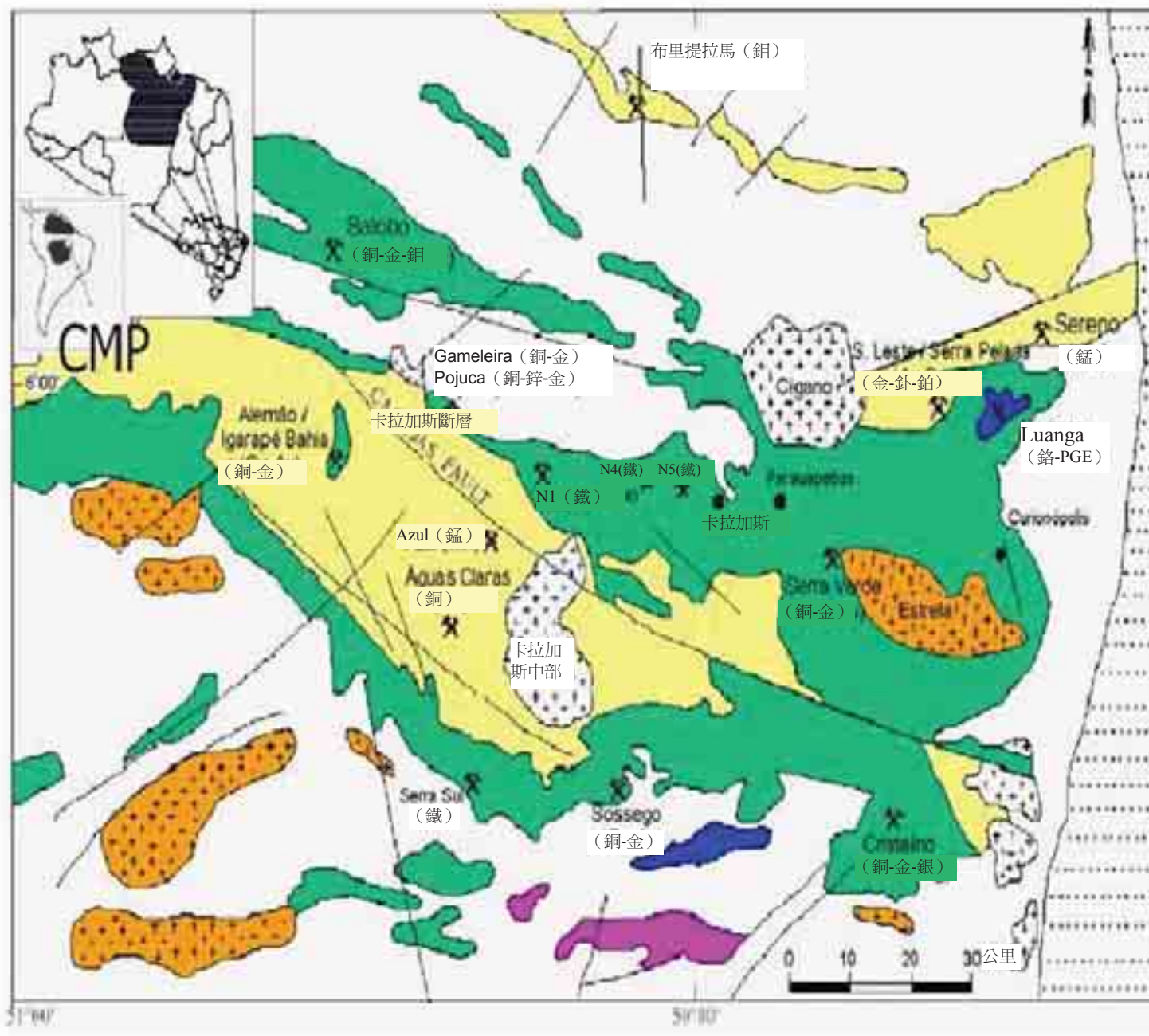
**上層群組：** Igarapé Bahia Aquiri群組 — 變質沉積岩及變質火山岩（包括Aguas Clara岩層中的錳礦床）

**中層組群：** Grão Pará組群 — 變質沉積岩及變質火山岩

**上層岩層：** Cigarra岩層 — 變質火山岩

**中層岩層：** 卡拉加斯岩層 — 含有少量鎂鐵質變質火山岩單位的典型條帶狀含鐵岩層。**下層岩層：** Parauapebas岩層 — 含有間斷條帶狀含鐵岩層夾層的雙峰變質火山岩及變質沉積岩

**下層群組：** Igarapé Pojuca群組、Igarapé Salobo群組、Rio Novo群組



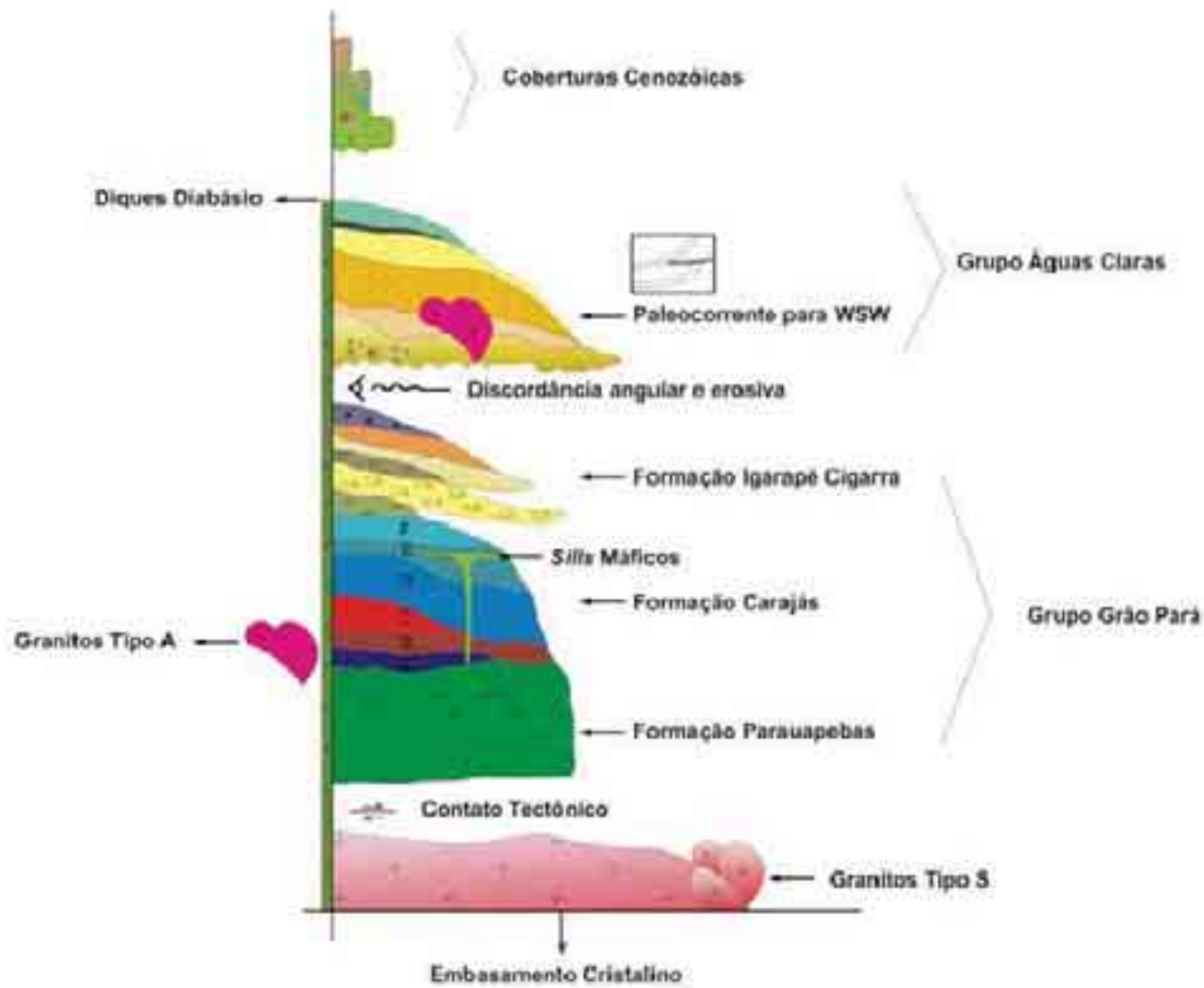


圖 2-2

SEERRA SUL 礦床及卡拉加斯綜合項目的本地地層斷面

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fig.2-2.dwg

由 Pincock, Allen & Holt 編製  
地址：165 S. Union Boulevard, Suite 950  
Lakewood, Colorado 80228  
電話號碼：(303) 986-6950

項目編號：

9508 B

圖片提供方／編製對象



項目名稱：

北部體系

## 2.2 結構地質

Serra dos Carajás盆地由東西及北偏西70°走向的區域線性構造切斷。該區域受眾多微小區域斷層（S形）的影響。從相關鐵礦石體構造可看出，最突出的是西北偏西走向的卡拉加斯斷層將盆地分為南北兩個區域。

- 結構最複雜的北部區域包含褶層、斷層及旋轉的鐵礦石體（N1至N9及Serra Leste）。數條南北導向的微小交感列橫控制著礦體構造。
- 南部區域包含向北傾斜的礦體（S1至S4）。該等礦體構成主要結構的南側部分，並未顯示明顯段塊運動或旋轉。

## 2.3 礦化作用

碧玉鐵質岩構成卡拉加斯地區礦藏的原始礦石，其鐵含量一般為 17.11%至43.40%（亦可能達57%），二氧化硅含量為35.10%至60.84%。碧玉鐵質岩以多波域光及暗色的微帶為特徵。淺色岩層一般為白色或淡紅色，並由潛晶質至微晶質石英構成，含有潛晶質赤鐵礦及較小的martitized磁鐵礦，偶爾亦含絹雲母。暗色岩層由細粒赤鐵礦及martitized磁鐵礦構成。

碧玉鐵質岩因受深度淋溶，已導致氧化硅不斷遷移，在下方深處形成硬赤鐵礦。由於風化作用，鄰近表層處已形成軟赤鐵礦。硬及軟赤鐵礦均構成濃縮鐵礦化，其中鐵含量一般為60%至68%。鄰近表面的風化作用已導致表面產生鐵磚紅壤層。

圖2-3中的照片顯示了北部體系的主要礦化岩性單元。

硬赤鐵礦：結實的藍灰色大塊赤鐵礦，帶有金屬光澤，密度高，孔隙度低。含鐵品位為65%至69%。其主要用於生產供出口的大塊礦石；主要來源為N4E礦藏。硬赤鐵礦一般為次要鐵產品。

軟赤鐵礦：大塊赤鐵礦，偶爾為礦粉，孔隙度高，非常脆弱，具有輕微磁性，平均含鐵品位為65%。其是基本的礦石礦產，一般非常易碎，無須爆炸即可挖掘。

鐵角礫岩：鐵角礫岩是最上面的單位，由下伏鐵礦化（結構鐵角礫岩）或鎂鐵質岩（化學鐵角礫岩）的表面風化產物磚紅腐泥物料構成。礦物鐵角礫岩由水合氧化鐵（針鐵礦及褐鐵礦）接合的岩塊構成。其一般厚度為15至20米。



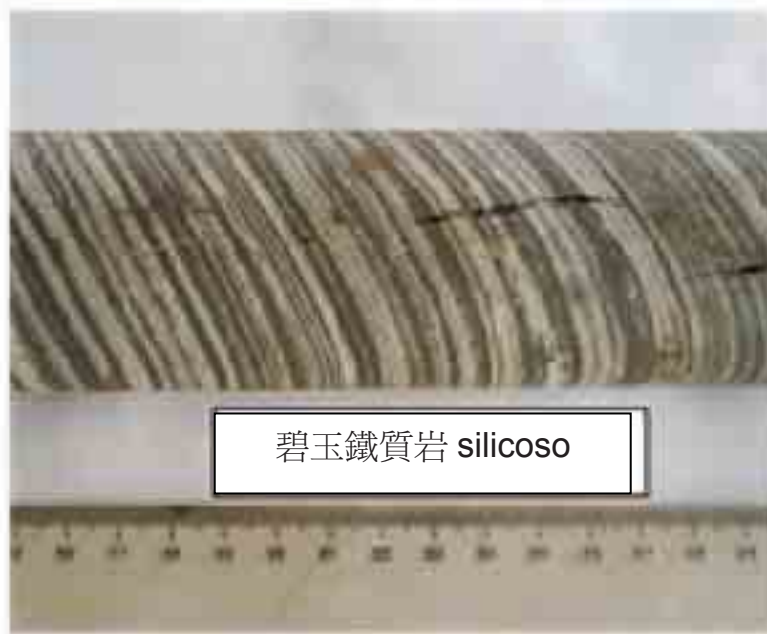
赤鐵礦 friável



緻密赤鐵礦



碧玉鐵質岩 carbonático



碧玉鐵質岩 silicoso

圖 2-3

卡拉加斯綜合項目 SERRA SUL 礦藏的礦化岩性單元

發佈日期  
2009 年 3 月

圖片名稱  
Fig.2-3.dwg

## 2.4 勘探

### 2.4.1 鑽探

#### N4E及N4W地區

N4E及N4W鐵礦藏的勘探始於20世紀70年代，重心是鐵礦石的開發。Vale在2003至2007年間進一步加強了該項工作的力度。Vale的勘探計劃設計為兩個勘探部分，即長期計劃與短期計劃。長期計劃注重於勘探新礦藏及就地質建模進行繪圖及鑽探以開發資源。短期計劃基於對礦場進行精密繪圖及取樣，以及適量的填充式鑽探。

N4E及N4W地質模型數據庫載列了自20世紀70年代至2007年末所獲取的所有鑽探數據。表2-1顯示了關於N4E及N4W物業的歷史鑽探數據。岩心鑽進由獨立承包商進行。Vale已就所有勘探鑽探計劃建立起完善的程序。

表2-1

Vale  
北部體系儲量審核  
鑽探活動歷史

| 活動   | N4E  |          | N4W  |           |
|------|------|----------|------|-----------|
|      | 鑽孔數量 | 米數       | 鑽孔數量 | 米數        |
| 1970 | 8    | 1295,86  | 21   | 2407,45   |
| 1971 | 40   | 7053,85  | 5    | 602,59    |
| 1972 | 28   | 3363,65  | 1    | 43,30     |
| 1973 | 11   | 919,15   | -    | -         |
| 1974 | 5    | 851,86   | -    | -         |
| 1975 | 6    | 290,00   | -    | -         |
| 1976 | 14   | 762,60   | -    | -         |
| 1979 | 27   | 2976,92  | -    | -         |
| 1991 | 10   | 1350,42  | 12   | 1675,25   |
| 1992 | 14   | 2647,15  | 37   | 5835,06   |
| 1993 | 10   | 2349,35  | 2    | 345,25    |
| 1994 | 25   | 2754,30  | 17   | 2345,26   |
| 1995 | 22   | 2804,98  | 18   | 2148,40   |
| 1996 | 19   | 2308,62  | 20   | 3804,91   |
| 1997 | 12   | 1697,20  | 16   | 1844,20   |
| 1998 | 13   | 2482,10  | 10   | 1423,95   |
| 2000 | 7    | 840,50   | 40   | 5919,05   |
| 2001 | 4    | 315,65   | 16   | 2396,50   |
| 2002 | 1    | 71,05    | 34   | 5659,45   |
| 2003 | 37   | 3451,90  | 4    | 1020,30   |
| 2004 | 31   | 4843,00  | -    | -         |
| 2005 | 2    | 222,50   | 21   | 3670,30   |
| 2006 | 22   | 2580,45  | 160  | 30443,20  |
| 2007 | 13   | 3157,70  | 225  | 43802,80  |
| 合計   | 381  | 51390,76 | 659  | 115387,22 |

## Serra Sul項目

Serra Sul鐵礦藏的勘探始於20世紀60年代末70年代初，為整個卡拉加斯礦物省評估的一部分，其中包括Serra Norte、Serra Sul、Serra Leste及São Felix do Xingu地區。Serra Sul礦藏包含45個勘探目標，即S1至S45。目前的Serra Sul項目注重於S11礦藏，細分為A至D區。目前已明確的資源量及儲量限於C及D礦體。

表2-2顯示了歷史鑽探數據。所有的岩心鑽進由獨立承包商進行。Vale已就鑽探及取樣建立起完善的程序。

表2-2

Vale

北部體系儲量審核

礦體C、D及S11目標的鑽探活動

| 活動        | C – 礦體 | D – 礦體 | 鑽孔數量 | 總米數<br>(米) |
|-----------|--------|--------|------|------------|
| 20世紀70年代  | 7      | 22     | 29   | 5.549,54   |
| 2003/2004 | -      | 153    | 153  | 37.014,30  |
| 2005      | 51     | 115    | 166  | 30.750,30  |
| 合計        | 58     | 290    | 348  | 73.314,14  |

圖2-4所示C與D礦體的鑽探網格模式為200米 x 200米，「Alvo Galeria」地區（D礦體）為100米 x 100米的填充式網格。

### 2.4.2 取樣

卡拉加斯綜合項目的取樣由Vale及／或承包商地質學家根據公司開發的標準程序進行。取樣標準以根據運作程序(PRO)所得的鑽探結果來裁定。

所有樣本在被送往實驗室之前，由Vale及／或承包商地質學家在現場進行辨識及記錄。記錄芯部材料的地質特徵，並識別樣本區間以作分析。礦化樣本的收集間距由地質概況決定，為額定的7.5米，探空區間距少於2米者納入樣本中，而探空區間距多於2米則另外取樣。一半岩心被用作分析，另一半保留作日後參考。硬赤鐵礦心以切石鋸分割，而軟赤鐵礦屬易破碎物料，用鏟斗從岩心箱取出一半樣本即可分割。剩餘岩心儲存於岩心儲藏室。為便於以電子格式保持對鑽機岩心的記錄，在取樣前應用數碼相機給岩心拍照，以便日後參考。



### 2.4.3 記錄

岩心記錄在自然光或泛光燈下進行。岩心箱置於腰部高度的金屬齒條上。記錄數據以正式記錄表記錄，基於顯示地質描述及岩心地質技術特性的岩性代碼。樣本間距在該過程中界定。

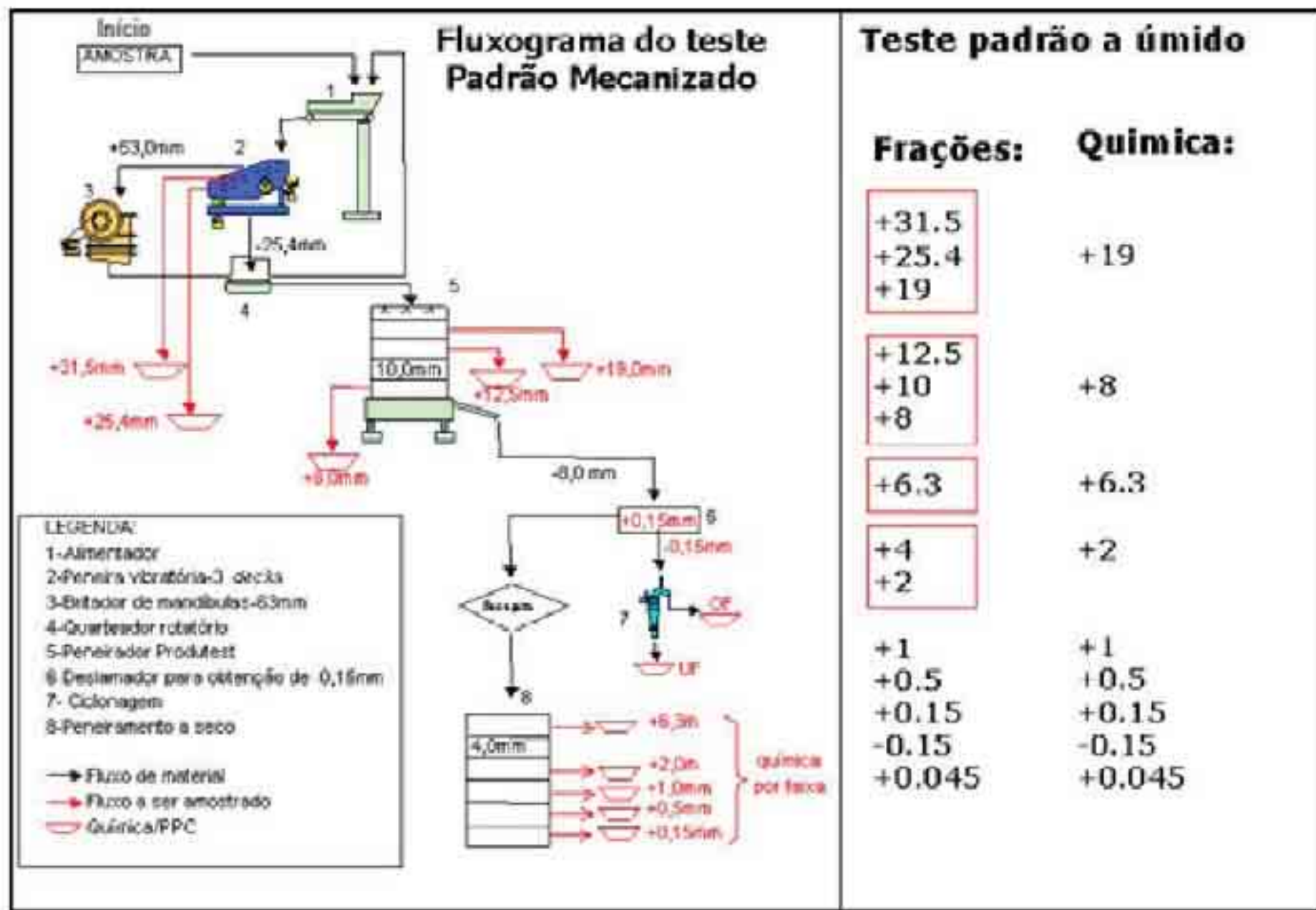
## 2.5 樣本分析

樣本在卡拉加斯化學分析實驗室(GADIN)製備並分析，CVRD實驗室位於礦場。該實驗室為CVRD所有，並由其營運，但由承包商進行樣本製備。最初僅對樣本作元素（包括鐵、氧化硅、磷、三氧化二鋁、錳及強熱失量）總含量分析。

自1996年11月起，由XRF進行樣本分析，透過鐵、二氧化硅、磷、三氧化二鋁、錳、二氧化鈦、氧化鈣、氧化鎂、氧化鈉、氧化鉀、及強熱失量的顆粒組對每個樣本進行粒度分析。用其他方法對硫進行分析。將粒度分數的代表部分組合而製備總樣本，以作獨立分析。實驗室透過對主要成份進行粒度分析來檢查全程值。如差異小於5%，則認為分析值可以接受。亦會進行化學閉合檢驗，且必須小於2%，方認為可以接受。這兩項程序將在下文樣本質量保證／質量控制中探討。

樣本分析使用乾或濕標準測試方法進行。濕標準測試程序如圖2-5的圖表所示。用水進行樣本篩選，並分為14個粒度分數。+31.5毫米、+25.4毫米、+19毫米、+12.5毫米、+10毫米、+8毫米、+6.3毫米、+4毫米、+2毫米、+1毫米、+0.5mm毫米、+0.15mm毫米、-0.15毫米、+0.045毫米。前兩個分數為單獨而不含水（乾）。僅確定9個粒度分數的總回收率及化學作用，累積為+19毫米、+8毫米、+6.3毫米、+2毫米、+1毫米、+0.5毫米、+0.15毫米、-0.15毫米、+0.045毫米。

乾標準測試程序如圖2-6的圖表所示。該程序的樣本篩選在實驗室所接收的天然含水量下進行。樣本分為16個粒度分數：+50毫米、+37.5毫米、+25毫米、+19毫米、+12.5毫米、+10毫米、+8毫米、+6.3毫米、+4毫米、+2毫米、+1毫米、+0.5毫米、+0.25毫米、+0.15毫米、-0.15毫米、+0.038毫米。透過乾測試所分析的樣本用作評計七種產品。表2-3顯示了各產品的粒度分佈。



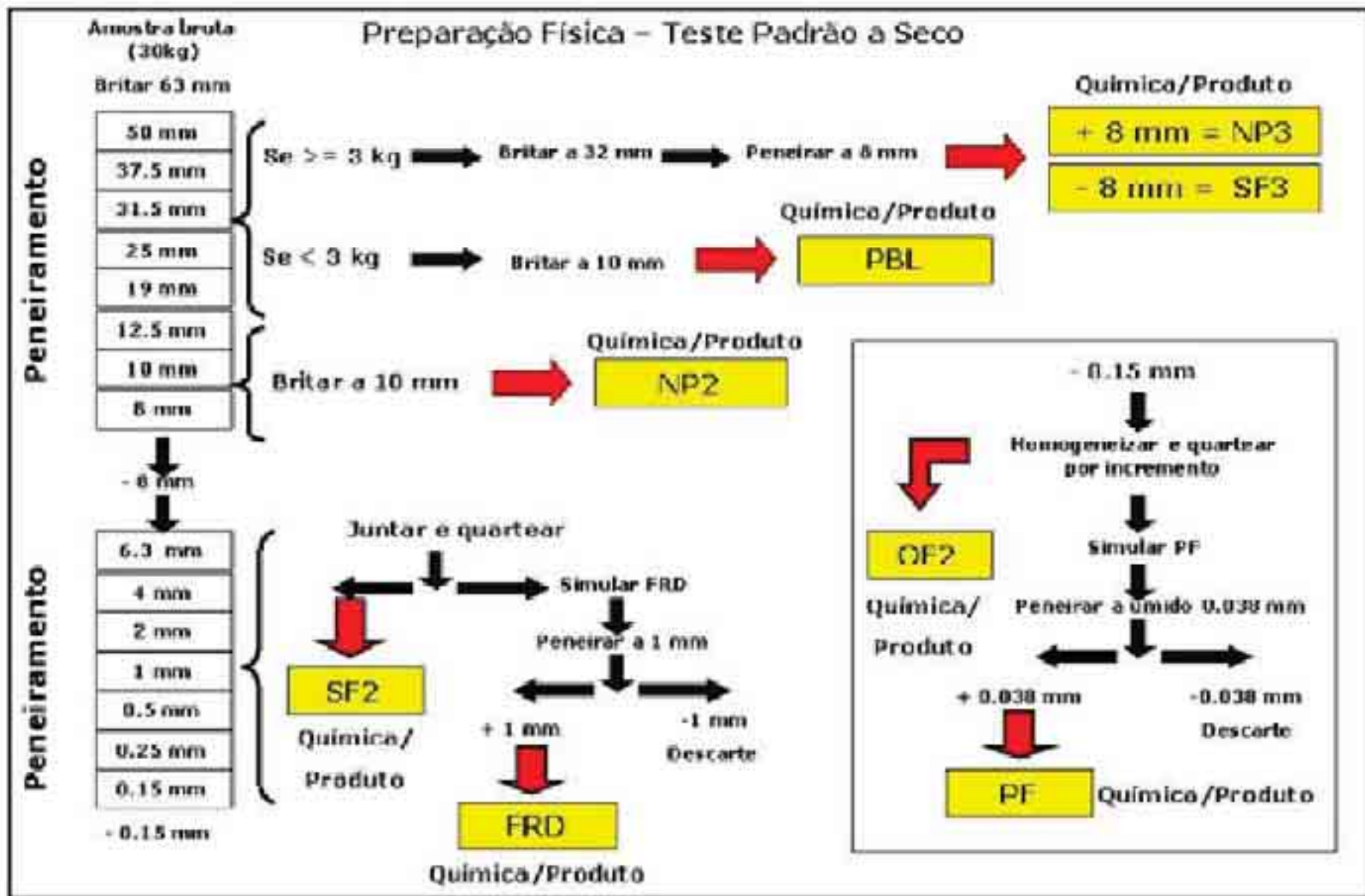


表2-3

Vale

北部體系儲量審核

鐵產品粒度

| 材料       | Vale命名法 | 粒度範圍         |
|----------|---------|--------------|
| 大塊礦石     | PBL     | -19毫米        |
| 天然團礦料2   | NP2     | -19毫米至+8毫米   |
| 天然團礦料3   | NP3     | -32毫米至+8毫米   |
| 燒結料2     | SF2     | -8毫米至+0.15毫米 |
| 燒結料3     | SF3     | -8毫米         |
| 旋風分離器溢流物 | OF2     | -0.15毫米      |
| 團礦料      | PF      | -0.038毫米     |

2003年／2004年及2005年鑽探活動的化學分析由卡拉加斯鐵礦石礦場實驗室GADIN/Vale進行。採用的分析方法是：

- 鐵%：ROTINA GADIN，根據差異決定，用濕法及X射線熒光(XRF)檢查；
- 二氧化硅%、磷%、三氧化鋁%、錳%、氧化鎂%、二氧化鈦%、氧化鈣%、氧化鎂%、氧化鉀%、銅%，以壓縮料片及XRF形式，最終熔解並在XRF上讀數；
- 強熱失量%：重量分析法。

樣本分析單一數據庫乃為使用乾標準測試方法來進行分析的N4E樣本而建立。就N4W礦藏樣本而言，已為乾標準測試樣本及濕標準測試樣本各建立一個數據庫。其後建立第三個數據庫，鞏固了乾及濕測試方法結果。兩種方法均有用作分析三個鑽孔(N4W-1272, N4W-1274及N4W-1278)以找出其相關性。

表2-4及2-5顯示了用作形成N4E及N4W礦藏地質模型的鑽孔岩心樣本摘要。

表2-6顯示了Serra Sul模型礦體C與D地質模型所用的鑽孔及樣本摘要。

## 2.6 樣本質量保證／質量控制程序

實驗室質量保證／質量控制計劃由常規金屬鐵平衡及對每個樣本間距的化學閉合檢驗構成。定期執行標準，且定期開展內部GADIN AA檢查。實驗室人員定期對分離機、篩子、破碎機、天平、乾燥板溫度、碗式粉機金屬損失進行校準，並定期檢驗95%超過尺寸的碎磨度。

表2-4

Vale

北部體系儲量審核

N4E地質模型使用的鑽孔岩心樣本摘要

| 礦藏模型 | 鑽孔數量 | 已鑽總米數<br>(m) | 總（全岩）分析<br>樣本數量 | 未經驗證的樣本 | 粒度分數 |            |
|------|------|--------------|-----------------|---------|------|------------|
|      |      |              |                 |         | 乾    | 所用方法 — 濕分析 |
| N4E  | 381  | 51,390.76    | 7,019           | 303     |      | 1,345      |

表2-5

Vale

北部體系儲量審核

N4W模型使用的鑽孔樣本摘要

| 礦藏模型     | 鑽孔數量 | 已鑽總米數      | 總（全岩）分析<br>樣本數量 | 複合物數量 |        | 未經驗證的<br>樣本 | 粒度分數 |       |
|----------|------|------------|-----------------|-------|--------|-------------|------|-------|
|          |      |            |                 | NR/NS | 合計     |             | 乾    | 濕分析   |
| N4W（乾）   | 423  | 65,843.22  | 7,116           | 1,379 | 8,549  | 54          | 3423 | -     |
| N4W（濕）   | 233  | 48,843.00  | 3,437           | 989   | 4,430  | 4           | -    | 2,289 |
| N4W（乾／濕） | 3    | 701.00     | 160             | 18    | 178    | 0           | 53   | 54    |
| N4W – 合計 | 659  | 11,5387.22 | 10,713          | 2,386 | 13,157 | 58          | 3476 | 2,343 |

表2-6

Vale

北部體系儲量審核

礦體C與D地質模型所用的鑽孔及樣本摘要

| 模型  | 鑽孔數量 | 化學檢驗分析所<br>進行的總分析<br>樣本總數量 | 粒度大小分數分析（乾<br>法）樣本數量 | 粒度大小分數分析<br>（濕法）樣本數量 |
|-----|------|----------------------------|----------------------|----------------------|
|     |      |                            |                      |                      |
| C礦體 | 58   | 894                        |                      | 322                  |
| D礦體 | 290  | 6,774                      | 2,988                | 764                  |
| 合計  | 348  | 7,668                      | 2,988                | 1,086                |

實驗室內部質量保證／質量控制計劃可滿足目前程序；然而，目前僅有有限的內部及外部檢驗分析計劃。地質質量保證／質量控制計劃亦需加強數據處理及驗證工作。當進行建模程序及報告時，Pincock未發現任何關於以下方面的詳細資料：

- 整體分析結果與計算結果的對比研究
- 複製樣本的對比研究
- 內部與外部實驗測試結果的對比研究
- 化學等級的變量及累積以及驗證研究鑽探回收和粒度大小 — 化學偏差研究

在進行下一步建模之前，此資料對處理、理解及驗證數據庫絕對有需要並起關鍵作用。應注意，Vale正計劃在2009年對所有鐵礦石礦場實施質量保證／質量控制(QA/QC)規程及地質資料管理系統(GDMS)。質量保證／質量控制程序將可解決上述問題。根據質量保證／質量控制規程，將就驗證所得數據制定統一程序。

於2007年，DIPM（Vale勘探研究部門）就Serra Sul項目對原始檢驗分析及再分析的檢驗分析（副本）進行對比研究，重點考察鐵、硅、磷、鋁、錳、強熱失量的整體化學成份及粒度分數。研究結果詳見DIPM報告「Projeto Serra Sul – Volume I – Geologia, QA/QC e Modelamento – Junho de 2007」。此報告評估了2003年／2004年（乾標準測試）及2005年（濕標準測試）之間的差異，因為這兩種方法使用不同的篩選方式。

對於實際的地質建模，並無實施評估地質資料質量保證／質量控制，因為並無進行額外的成對鑽孔。

## 2.7 密度測定

根據擬測量的材料類型採用三種主要方法進行密度測定。由Vale人員或承包商進行該等密度測定。所採用的方法為：

- 砂箱法(FA)
- 排出體積法(DV)，亦稱為水浸法
- 豎井開拓或挖溝法(AP)

表2-7至2-9分別概述N4E、N4W和Serra Sul礦藏的資源量和儲量建模中採用的密度測定結果。

Pincock與現場適合的Vale技術人員討論密度測定程序及結果，並相信Vale不應未來建模而採用其他業務的密度數據，因為就地質意義而言每種礦床乃獨一無二。Pincock注意到Vale未曾對所有岩性進行密度研究。

該等礦藏普遍含有碧玉鐵質岩，Vale卻未曾進行任何密度測試。對廢石岩性進行了有限的密度測試。Pincock接受目前的密度數據庫就資源量及儲量估計而屬可接受，該等岩性的密度數據對採礦核對流程極為重要。當地密度數據亦為估計品位分塊模型的必要條件。

表2-7

Vale

北部體系儲量審核

建模使用的密度值 — N4E地質模型

| 岩性                        | 使用的樣本編號 | 自然密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 使用的方法* |
|---------------------------|---------|------------------------------|--------|
| 緻密赤鐵礦 — HC                | 11      | 3.59                         | DV     |
| 易碎赤鐵礦 — HF <sup>*1</sup>  | 0       | 3.42                         |        |
| 含錳赤鐵礦 — HMN               | 2       | 3.09                         | DV     |
| 碧玉鐵質岩 — JP <sup>*1</sup>  | 0       | 3.29                         |        |
| 風化鎂鐵質岩                    | 33      | 1.54                         | DV     |
| 半風化鎂鐵質岩 — MSD             | 5       | 2.30                         | DV     |
| 風化鎂鐵質岩 — MD <sup>*2</sup> | 0       | 2.04                         |        |
| 新鎂鐵質岩 — MS                | 11      | 2.55                         | DV     |
| 化學鐵角礫岩 — CQ               | 4       | 2.50                         | DV     |
| 結構鐵角礫岩 — CE               | 3       | 2.97                         | DV     |
| 土壤 — SO <sup>*3</sup>     | 0       | 2.00                         | DV     |
| 錳鐵 — FM <sup>*4</sup>     | 0       | 2.53                         | DV     |
| 含鐵岩層 — FF <sup>*5</sup>   | 0       | 3.29                         | DV     |

\*1 — 採用2005年的審核值。

\*2 — Máfica Decomposta和Máfica Sã的加權平均值 (65%)。

\*3 — 採用值。

\*4 — 從接近於鐵和錳品位的含錳鐵英岩（來自於Itabira礦場）所採用的數值。

\*5 — 採用碧玉鐵質岩數值。

表2-8

Vale

北部體系儲量審核

建模使用的密度值 — N4W地質模型

| 岩性                       | 使用的樣本編號 | 自然密度 <sup>3</sup><br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 使用的方法* |
|--------------------------|---------|-------------------------------------------|--------|
| 緻密赤鐵礦 — HC               | 0       | 3.37                                      |        |
| 易碎赤鐵礦 — HF <sup>*1</sup> | 74      | 3.16                                      | FA     |
| 碧玉鐵質岩 — JP <sup>*1</sup> | 0       | 3.22                                      |        |
| 風化鎂鐵質岩 <sup>*2</sup>     | 0       | 1.88                                      |        |
| 半風化鎂鐵質岩 — MSD            | 0       | 2.215                                     |        |
| 新鎂鐵質岩 — MS               | 0       | 2.55                                      |        |
| 化學鐵角礫岩 — CQ              | 0       | 2.62                                      |        |
| 結構鐵角礫岩 — CE              | 0       | 2.97                                      |        |
| 土壤 — SO <sup>*3</sup>    | 0       | 2.00                                      |        |
| 錳鐵 — FM <sup>*4</sup>    | 0       | 2.53                                      |        |

\*1 — 採用2005年的審核值。

\*2 — Máfica Decomposta和Máfica Sã的加權平均值 (65%)。

\*3 — 採用值。

\*4 — 從接近於鐵和錳品位的含錳鐵英岩（來自於Itabira礦場）所採用的數值。

表2-9

Vale

北部體系儲量審核

建模採用的密度值 — Serra Sul 地質模型

| 岩性                | 代碼    | 樣本編號 | 自然密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 乾密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 濕度<br>(%) | 分析方法*   |
|-------------------|-------|------|------------------------------|-----------------------------|-----------|---------|
| 緻密赤鐵礦 — HC        | HC    | 29   | 3.81                         |                             |           | DV      |
| 易碎赤鐵礦 — HF        | HF    | 56   | 2.98                         | 4,59                        | 2.93      | FA / PV |
| 含錳赤鐵礦 — HMN       | HMN   | *1   | 2.98                         |                             |           |         |
| 結構鐵角礫岩 — CE       | CE    | 168  | 3.30                         |                             |           | DV      |
| 化學鐵角礫岩 — CQ       | CQ    | 3    | 2.79                         |                             |           | DV      |
| 輝綠岩岩脈             | DB    | 14   | 2.24                         |                             |           | DV      |
| 碧玉鐵質岩 — JP        | JP/JR | 1199 | 3.36                         |                             |           | DV      |
| 新鎂鐵質岩 — MS        | MS    | 481  | 2.80                         |                             |           | DV      |
| 風化鎂鐵質岩            | MD    | 123  | 2.00                         |                             |           | DV      |
| Igarapé Cigarra岩層 | FIC   | *2   | 2.80                         |                             |           |         |
| Parauapebas岩層     | FP    | *2   | 2.80                         |                             |           |         |
| Águas Claras群組    | GAC   | *3   | 2.30                         |                             |           |         |
| 晶體基底              | EC    | *3   | 2,30                         |                             |           |         |

\*1 — 採用易碎赤鐵礦數值。

\*2 — 採用鎂鐵質岩數值。

\*3 — 歷史數值。

### 3.0 資源建模及地質統計學

Vale資源建模小組對南部體系和北部體系所採用的地質統計學和資源建模方法已基本標準化。以下部分討論已標準化的相關方法。就本報告提及就N4E、N4W和Serra Sul礦藏已完成特定資源量估計的討論分別載於第8部分和第9部分。

#### 3.1 建模方法

Vale資源建模小組制定的地質建模和資源量估計程序被視為頗足以支持Vale已報告資源量和儲量聲明的發展。

就長期計劃的Vale資源建模小組位於Belo Horizonte中心地區。該小組負責為所有Vale鐵礦石採礦業務的儲量估計建立地質模型、資源分塊模型以及長期的礦場規劃。隨著地質工作集中開展，所有鐵礦石礦場採用的基本程序基本相同。估計通常是對鐵、二氧化硅、三氧化二鋁、磷、錳和強熱失量以及對粒度分數的整體分析，但根據礦產特性因應不同礦場而有所不同。Vale的地質建模和資源量估計方法包括表3-1所概述的國際採礦行業所認可的所有基本步驟。Pincock在審核過程中審閱了Vale的程序。

#### 3.2 數據組織

資源量估計流程的第一步包括將所有數據儲存進主要數據庫電腦(PDB)，然後將數據輸出導入VULCAN<sup>®</sup> 進行資源建模。地質統計工作在Geovariance的ISATIS<sup>®</sup> 軟件中進行。若干中間工作在GEMMS<sup>®</sup> 中完成。Datamine<sup>®</sup> 軟件亦在若干情況下應用。

#### 3.3 岩石代碼

數據庫中的岩性單位從現場岩心紀錄中確定。Vales在獲得粒度和化學分析結果後，採用名為BDIN的驗證程序對岩性分類進行若干額外檢查。在該程序中，舉例而言，如鑽孔岩心的岩性被描述為軟鐵英岩，而驗證程序（根據粒度和化學分析進行分類）確定岩石為硬赤鐵礦，則負責的地質學家將酌情判斷其正確的岩性類別以確定岩石代碼。表3-2中列出卡拉加斯綜合項目的N4W和N4E礦藏重新界定岩性單位所採用化學和粒度標準的典型例子。

表3-1  
Vale  
北部體系儲量審核  
Vale的資源建模方法

|            |                                          |
|------------|------------------------------------------|
| 數據組織       | 主要數據儲存於Vale公司辦公室的PDB數據庫系統                |
|            | 以Excel®及／或Access®檔案收集原始數據                |
|            | 建模數據儲存於Vulcan®和ISATIS®檔案                 |
| 數據管理       | 鑽孔數據、取樣數據、調查數據、岩心紀錄表等                    |
|            | 台階、台階繪圖等渠道取樣數據                           |
| 一致性檢查      | 重新調查舊鑽孔井口                                |
|            | 目視檢查運用地形測量學確定的鑽孔位置                       |
|            | 檢查檢驗分析和數碼數據輸入                            |
|            | 目視檢查數字數據輸入                               |
|            | 透過實驗室自動檢驗分析數據輸入（以避免絲毫差錯）                 |
| 統計數據       | 重新檢驗分析舊鑽孔岩心樣本                            |
|            | 基本 — 整體數值和粒度分數的單變量和多變量統計                 |
|            | 生成柱狀圖、機率圖、散點圖、箱形圖、接觸分析等                  |
|            | 採用ISATIS®軟件完成所有統計數據研究                    |
| 密度測量       | 對暴露礦石進行校準填砂法                             |
|            | 對原狀岩心進行水浸法                               |
|            | 露明梯井法                                    |
|            | 箱形岩心法                                    |
| 化學分析數據處理   | 粒度分析                                     |
|            | 整體分析值與計算值的對比研究                           |
|            | 複製樣本的對比研究                                |
|            | 實驗室之間的交叉檢查和比較研究                          |
|            | 質量保證／質量控制檢查                              |
|            | 鑽孔回收和粒度化學偏差及重新計算                         |
| 地質建模       | Vale採用篩檢法或單元模型法或兩者合併採用。                  |
|            | 生成橫截面和平面圖                                |
|            | 篩檢解釋並透過擠壓平面圖多邊形和線框等生成固體                  |
|            | 亦運用樣本數據採用岩性單位的指示克立格法                     |
|            | 採用建模的化學數據重新評估和識別岩性                       |
| 變異圖分析      | 採用ISATIS ®建模                             |
|            | Vale對所有化學變量採用同線性聯區化模型(LMC)               |
|            | 元素分隔或組合的相關圖                              |
|            | 所有粒度分數的平均相關模型                            |
|            | 井底相關圖上的金塊常量                              |
| 品位更改（克立格法） | 採用地質區域透過普通協同克立格法(OCK)進行組塊估計              |
|            | 透過ISD和分散平均法填充週邊和空分塊                      |
|            | 以辛烷為基礎的橢圓搜尋法（上限為兩個辛烷）                    |
|            | 完成對母電解池大小的估算                             |
|            | 組合長度加權的克立格法流程                            |
|            | 基於LMC變異圖分析的搜索範圍                          |
| 資源分類       | Vale對Segredo和Joao Pereira礦床採用「膨脹和侵蝕」法    |
|            | 基於Ribeiro和Amorim（Vale的地質統計學家）提出的「風險指數」分析 |
| 資源模型驗證     | 數據比較檢查包括：                                |
|            | 整體偏差                                     |
|            | 相比於複合物幅度的品位插入幅度                          |
|            | 平均值和分佈                                   |
|            | 近鄰法包括：                                   |
|            | 整體偏差                                     |
|            | 依據台階的當地偏差                                |
|            | 依據截面的當地偏差                                |
|            | 趨勢                                       |
|            | 隨機選出若干截面                                 |
| 篩檢檢測       | 視覺比較複合物及插值品位                             |

表3-2列出在實驗室將樣本破碎至最大50毫米的粒度後的分類標準，當中Fe為鐵含量，而G1為材料長於6.3毫米的百分比。除進行基於粒度化學分析和地質解釋的驗證程序外，亦對每個岩性單位氧化物的化學平衡採用測試進行驗證後，方可制定最終的岩石代碼類別。

表3-2

Vale

北部體系儲量審核

驗證岩性代碼的具體標準

| 岩性     | 最終代碼 | 採用的標準                                  |
|--------|------|----------------------------------------|
| 易碎赤鐵礦  | HF   | $Fe \geq 60\% \text{ e } G1 < 50\%$    |
| 緻密赤鐵礦  | HC   | $Fe \geq 60\% \text{ e } G1 \geq 50\%$ |
| 含錳赤鐵礦  | HMN  | $Fe \geq 55\% \text{ e } Mn \geq 2\%$  |
| 結構鐵角礫岩 | CE   | $Fe \geq 55\%$                         |
| 化學鐵角礫岩 | CQ   | $Fe < 55\%$                            |
| 鐵錳齊    | FM   | $Fe < 55\% \text{ e } Mn \geq 2\%$     |

Vale認為該等檢查對確定現場的岩性分類而乃屬必需。表3-3概述Vale目前建模所採用含礦石岩的岩石代碼。

在審核過程中，Pincock發現結果的數據集載有看來僅為微小礦物學差異的大量岩石代碼。由於在地質估算中大部分地質接觸點獲清楚識別並應視為「硬接觸點」，Vale認為有必要對採礦分塊進行更詳盡的估算。然而，Pincock建議進行審閱以進一步簡化資源量估計地質模型所採用的大量岩石代碼。

### 3.4 數據一致性檢查

Vale 採用以下四個不同步驟檢查地質建模流程中數據的一致性：

1. 重新調查舊鑽孔井口
2. 對運用地形測量學確定的鑽孔位置進行檢查
3. 重新檢驗分析舊鑽孔岩心樣本
4. 對檢驗分析和數碼數據庫輸入進行目視檢查

Pincock已對檢驗分析、數碼數據庫以及運用地形測量學確定的鑽孔位置進行若干目視檢查，並發現其數值並無差錯。Vale呈列的數據集被視為狀況十分良好。