

表3-3

Vale

北部體系儲量審核

地質分類中採用的岩石代碼

| 岩石類型 | 代碼 | Vargem Grande綜合項目 | | | Fabrica綜合項目 | | | 卡拉加斯綜合項目 | | |
|-----------|-----|-------------------|----------|-----------------|-------------|--------------|-------|----------|-----|-----------|
| | | Tamanduã | Aboboras | Capitão do Mato | Segredo | João Pereira | Apolo | N4E | N4W | Serra Sul |
| 緻密赤鐵礦 | HC | HC | HC | HC | HC | HC | HC | HC | HC | HC |
| 易碎赤鐵礦 | HF | HF | HF | HF | HF | HF | HF | HF | HF | HF |
| 中度赤鐵礦 | HM | | | HM | | | | | | |
| 易碎受污染的赤鐵礦 | HFC | | | HFC | | | | | | |
| 受污染的赤鐵礦 | HMC | HMC | HMC | HMC | | | | | | |
| 鐵泥赤鐵礦 | HAR | | | | HAR | HAR | | | | |
| 硅質赤鐵礦 | HCS | HCS | HCS | | | | | | | |
| 含錳赤鐵礦 | HMN | | | | HMN | | | HMN | HMN | HMN |
| 易碎硅質鐵英岩 | IFS | IFS | IFS | IFS | | | | | | |
| 受污染的鐵英岩 | IFC | IFC | IFC | IFC | | | | | | |
| 含錳鐵英岩 | IMN | IMN | IMN | | IMN | IMN | | | | |
| 緻密鐵英岩 | IC | IC | IC | | IC | IC | IC | | | |
| 緻密硅質鐵英岩 | ICS | | | ICS | | | | | | |
| 中度硅質鐵英岩 | IMS | IMS | IMS | IMS | | | | | | |
| 高品位軟鐵英岩 | IFR | | | | IFR | IFR | | | | |
| 白雲質鐵英岩 | IDO | | | | IDO | IDO | | | | |
| 軟鐵英岩 | IF | | | | IF | IF | IF | | | |
| 針鐵礦質鐵英岩 | IGO | | | | | | IGO | | | |
| 鐵泥鐵英岩 | IAR | | | | IAR | IAR | | | | |
| 赭石 | OC | | | | | | OC | | | |
| 鐵角礫岩 — 化學 | CQ | | | | | | | CQ | CQ | CQ |
| 鐵角礫岩 — 結構 | CE | | | | | | | CE | CE | CE |
| 鐵角礫岩 | CG | CG | CG | CG | CG | CG | CG | | | |
| 碎屑礦石 | RO | | | | RO | RO | | | | |
| 碧玉鐵質岩 | JP | | | | | | | JP | JP | JP |
| 高品位碧玉鐵質岩 | JR | | | | | | | | | JR |
| 鐵錳齊 | FM | | | | | | | FM | FM | |

3.5 基本統計

就此次審核，Vale對所有由Pincock審閱的礦場進行了全面的統計研究。該研究包括對岩性領域及相關粒度分數建模所使用的化學變量進行單變量統計。Vale就Pincock的審閱概述了基本統計數據比較，當中包括其原始樣本（原始數據）、複合物及分塊模型的評估。在資源和儲量審核的範疇內，Pincock對比較研究進行了有限度的檢測，並發現數據均在可接受的限制範圍內，而未有發現重大差異。

Vale 亦就原始數據、複合物及區塊評估製作了大量直方圖和箱線圖。Pincock已審閱數據，並複製Segredo、Apollo、及 Serra Sul 礦場的直方圖及箱線圖，結果發現圖表妥當。表 3-4 顯示出由 Vale 進行有關 Apollo 礦藏的統計研究。

圖 3-1 和 3-2 的例子顯示有關 Vargem Grande 綜合項目中 Abóboras 礦藏內鐵(Fe)變量 (赤鐵礦) 的直方圖，以及卡拉加斯綜合項目中 N4W 礦藏內 Fe_{gl} 變量 (赤鐵礦) 的箱線圖。

3.6 合成

鑽孔複合物是根據可變井下長度製造。根據各礦藏的鑽孔記錄資料，於地質邊界細分複合物。雖然經分析的鑽探岩芯樣本長度變化差幅是 0.5 米至 15 米以上，然而在地質統計學的意義上，複合物的樣本長度需符合規範，以切合實際採礦台階高度及分塊模型的垂直高度。就此次審核中經審閱的礦藏而言，除 N4E 及 N4W 礦藏外，複合物的長度保持一致。N4E 及 N4W 礦藏並非由 Vale 完成，因考慮到其厚度多變性及岩性接觸單位的性質。Vale 進行統計分析，以評定（在這情況下）甚麼複合物層段適合於品位評估程序。該項研究顯示，長度差幅為 0.5 米至 15 米的複合物可用作 N4E 及 N4W 礦藏的品位累積，因為長度少於 15 米的樣本不足以影響結果。Vale 假設所有長度大於 3 米的複合物均具有相同的代表性。

Pincock於審核期間對複合物進行檢測，發現有關複合物的計算正確。

3.7 地質建模

Vale 採用兩種獨立方法來建立地質模型：

- 作初步詮釋的篩檢法
- 作最終詮釋的單元模型法

表 3-4
VALE
北部體系儲量審核
Apolo礦藏的複合物單變量統計

| 岩性 | 岩性代碼 | 可變量 | 樣本數量 | 最小值 | 最大值 | 平均數 | 中位數 | 標準差 | 變量 | 系數變量 | 第一季 | 第三季 |
|----------|------|------|------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|
| 鐵角礫岩 | CG | FEGL | 158 | 42.576 | 67.438 | 58.201 | 58.830 | 5.033 | 25.336 | 0.086 | 54.943 | 62.084 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | FEGL | 31 | 61.225 | 68.180 | 64.562 | 65.135 | 1.624 | 2.638 | 0.025 | 63.552 | 65.513 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | FEGL | 631 | 59.493 | 68.054 | 63.598 | 63.732 | 1.915 | 3.666 | 0.030 | 62.033 | 65.049 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | FEGL | 254 | 27.434 | 53.951 | 39.836 | 39.712 | 4.160 | 17.308 | 0.104 | 37.319 | 42.506 |
| 易碎鐵英岩 | IF | FEGL | 339 | 12.913 | 60.235 | 48.181 | 48.565 | 7.673 | 58.882 | 0.159 | 42.364 | 54.827 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | FEGL | 313 | 10.900 | 62.158 | 51.812 | 54.304 | 8.331 | 69.402 | 0.161 | 48.743 | 57.585 |
| 赭石 | OC | FEGL | 304 | 18.459 | 63.751 | 53.774 | 56.330 | 7.996 | 63.931 | 0.149 | 52.078 | 58.819 |
| 鐵角礫岩 | CG | SIGL | 158 | 0.580 | 10.475 | 2.430 | 1.717 | 2.028 | 4.111 | 0.834 | 1.261 | 2.561 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | SIGL | 31 | 0.646 | 5.644 | 1.739 | 0.972 | 1.321 | 1.746 | 0.760 | 0.802 | 2.612 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | SIGL | 631 | 0.460 | 12.042 | 2.849 | 2.188 | 2.002 | 4.006 | 0.703 | 1.418 | 3.664 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | SIGL | 254 | 16.292 | 55.390 | 39.281 | 39.960 | 5.940 | 35.279 | 0.151 | 36.630 | 42.681 |
| 易碎鐵英岩 | IF | SIGL | 339 | 1.239 | 78.117 | 26.422 | 26.571 | 11.703 | 136.955 | 0.443 | 16.508 | 35.057 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | SIGL | 313 | 0.897 | 73.122 | 15.815 | 12.447 | 13.474 | 181.537 | 0.852 | 5.135 | 22.491 |
| 赭石 | OC | SIGL | 304 | 0.799 | 68.621 | 9.254 | 3.570 | 12.656 | 160.170 | 1.368 | 2.359 | 9.759 |
| 鐵角礫岩 | CG | PGL | 158 | 0.025 | 0.340 | 0.109 | 0.095 | 0.058 | 0.003 | 0.532 | 0.067 | 0.140 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | PGL | 31 | 0.031 | 0.249 | 0.116 | 0.098 | 0.061 | 0.004 | 0.529 | 0.079 | 0.158 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | PGL | 631 | 0.007 | 0.266 | 0.073 | 0.065 | 0.038 | 0.001 | 0.515 | 0.044 | 0.094 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | PGL | 254 | 0.010 | 0.339 | 0.052 | 0.049 | 0.023 | 0.001 | 0.437 | 0.036 | 0.063 |
| 易碎鐵英岩 | IF | PGL | 339 | 0.013 | 0.154 | 0.046 | 0.045 | 0.016 | 0.000 | 0.355 | 0.034 | 0.059 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | PGL | 313 | 0.020 | 0.343 | 0.115 | 0.103 | 0.057 | 0.003 | 0.501 | 0.079 | 0.138 |
| 赭石 | OC | PGL | 304 | 0.009 | 0.357 | 0.103 | 0.090 | 0.064 | 0.004 | 0.617 | 0.060 | 0.120 |
| 鐵角礫岩 | CG | ALGL | 158 | 0.896 | 16.205 | 5.583 | 5.101 | 3.483 | 12.128 | 0.624 | 2.491 | 7.563 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | ALGL | 31 | 0.242 | 3.332 | 1.415 | 1.050 | 0.934 | 0.872 | 0.660 | 0.709 | 2.002 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | ALGL | 631 | 0.010 | 6.302 | 2.006 | 1.768 | 1.066 | 1.137 | 0.531 | 1.194 | 2.611 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | ALGL | 254 | 0.053 | 22.553 | 0.577 | 0.380 | 1.275 | 1.626 | 2.210 | 0.261 | 0.631 |
| 易碎鐵英岩 | IF | ALGL | 339 | 0.200 | 8.634 | 1.301 | 1.121 | 0.918 | 0.843 | 0.706 | 0.676 | 1.590 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | ALGL | 313 | 0.294 | 7.681 | 2.213 | 1.654 | 1.648 | 2.716 | 0.745 | 1.019 | 3.012 |
| 赭石 | OC | ALGL | 304 | 0.315 | 14.896 | 2.893 | 2.378 | 2.152 | 4.631 | 0.744 | 1.514 | 3.704 |
| 鐵角礫岩 | CG | MNGL | 158 | 0.010 | 4.260 | 0.167 | 0.073 | 0.425 | 0.181 | 2.546 | 0.055 | 0.112 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | MNGL | 31 | 0.019 | 2.973 | 0.351 | 0.161 | 0.550 | 0.303 | 1.568 | 0.100 | 0.368 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | MNGL | 631 | 0.009 | 7.640 | 0.280 | 0.134 | 0.427 | 0.182 | 1.523 | 0.068 | 0.337 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | MNGL | 254 | 0.001 | 2.029 | 0.096 | 0.048 | 0.182 | 0.033 | 1.900 | 0.019 | 0.103 |
| 易碎鐵英岩 | IF | MNGL | 339 | 0.001 | 2.707 | 0.152 | 0.066 | 0.284 | 0.081 | 1.870 | 0.025 | 0.149 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | MNGL | 313 | 0.011 | 11.733 | 0.515 | 0.157 | 1.152 | 1.326 | 2.236 | 0.081 | 0.505 |
| 赭石 | OC | MNGL | 304 | 0.003 | 3.540 | 0.303 | 0.172 | 0.413 | 0.171 | 1.362 | 0.088 | 0.368 |
| 鐵角礫岩 | CG | PFGL | 158 | 1.448 | 14.236 | 7.571 | 7.078 | 3.178 | 10.097 | 0.420 | 4.908 | 9.617 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | PFGL | 31 | 1.381 | 6.409 | 3.774 | 4.006 | 1.137 | 1.292 | 0.301 | 2.907 | 4.471 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | PFGL | 631 | 0.716 | 9.862 | 3.433 | 3.071 | 1.726 | 2.978 | 0.503 | 2.228 | 4.251 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | PFGL | 254 | 0.317 | 10.227 | 2.826 | 2.751 | 1.599 | 2.557 | 0.566 | 1.487 | 3.775 |
| 易碎鐵英岩 | IF | PFGL | 339 | 0.131 | 10.188 | 2.507 | 2.064 | 1.512 | 2.285 | 0.603 | 1.512 | 3.155 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | PFGL | 313 | 1.348 | 13.556 | 6.358 | 5.895 | 2.804 | 7.861 | 0.441 | 4.158 | 8.311 |
| 赭石 | OC | PFGL | 304 | 3.092 | 16.062 | 9.784 | 9.804 | 2.368 | 5.608 | 0.242 | 8.113 | 11.695 |
| 鐵角礫岩 | CG | G1 | 158 | 7.085 | 100.000 | 39.455 | 38.178 | 15.948 | 254.346 | 0.404 | 28.073 | 48.953 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | G1 | 31 | 51.323 | 100.000 | 81.801 | 83.543 | 12.701 | 161.303 | 0.155 | 69.512 | 90.330 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | G1 | 631 | 4.516 | 93.232 | 33.232 | 31.124 | 15.094 | 227.821 | 0.454 | 23.200 | 40.864 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | G1 | 254 | 37.640 | 100.000 | 81.754 | 83.914 | 13.619 | 185.483 | 0.167 | 69.834 | 93.783 |
| 易碎鐵英岩 | IF | G1 | 339 | 5.945 | 70.382 | 31.967 | 31.596 | 14.056 | 197.580 | 0.440 | 19.630 | 43.182 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | G1 | 313 | 6.377 | 94.419 | 40.909 | 39.293 | 17.438 | 304.072 | 0.426 | 27.643 | 50.150 |
| 赭石 | OC | G1 | 304 | 1.169 | 93.003 | 31.422 | 28.669 | 16.036 | 257.147 | 0.510 | 21.722 | 37.869 |
| 鐵角礫岩 | CG | G2 | 158 | 0.000 | 56.310 | 21.574 | 20.161 | 8.591 | 73.803 | 0.398 | 16.664 | 24.557 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | G2 | 31 | 0.000 | 23.102 | 9.385 | 7.987 | 6.567 | 43.127 | 0.700 | 4.720 | 13.493 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | G2 | 631 | 3.093 | 50.167 | 22.868 | 21.494 | 7.142 | 51.007 | 0.312 | 17.744 | 27.285 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | G2 | 254 | 0.000 | 25.751 | 8.217 | 7.210 | 6.085 | 37.023 | 0.741 | 3.092 | 13.061 |
| 易碎鐵英岩 | IF | G2 | 339 | 5.988 | 42.773 | 19.367 | 18.674 | 5.799 | 33.634 | 0.299 | 15.553 | 21.820 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | G2 | 313 | 3.602 | 46.299 | 22.993 | 21.734 | 8.439 | 71.210 | 0.367 | 17.413 | 28.100 |
| 赭石 | OC | G2 | 304 | 3.825 | 65.818 | 27.953 | 28.516 | 11.557 | 133.575 | 0.413 | 17.579 | 37.339 |
| 鐵角礫岩 | CG | G3 | 158 | 0.000 | 29.415 | 11.542 | 11.379 | 3.943 | 15.543 | 0.342 | 9.287 | 13.833 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | G3 | 31 | 0.000 | 9.614 | 3.698 | 3.976 | 2.614 | 6.835 | 0.707 | 1.348 | 5.489 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | G3 | 631 | 1.752 | 31.479 | 13.626 | 12.493 | 4.902 | 24.032 | 0.360 | 10.191 | 16.266 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | G3 | 254 | 0.000 | 13.069 | 3.545 | 2.249 | 3.194 | 10.205 | 0.901 | 0.961 | 6.222 |
| 易碎鐵英岩 | IF | G3 | 339 | 3.392 | 24.346 | 11.638 | 10.783 | 4.075 | 16.604 | 0.350 | 8.846 | 13.829 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | G3 | 313 | 0.796 | 32.918 | 12.603 | 11.948 | 5.236 | 27.413 | 0.415 | 9.287 | 15.658 |
| 赭石 | OC | G3 | 304 | 1.530 | 34.384 | 14.720 | 13.758 | 6.526 | 42.586 | 0.443 | 9.320 | 20.166 |
| 鐵角礫岩 | CG | G4 | 158 | 0.000 | 71.542 | 27.429 | 26.085 | 15.069 | 227.082 | 0.549 | 17.345 | 37.193 |
| 緻密赤鐵礦 | HC | G4 | 31 | 0.000 | 26.319 | 5.116 | 4.514 | 4.830 | 23.328 | 0.944 | 2.160 | 7.296 |
| 軟(易碎)赤鐵礦 | HF | G4 | 631 | 1.229 | 62.577 | 30.272 | 29.855 | 11.840 | 140.180 | 0.391 | 22.368 | 38.686 |
| 緻密狀鐵英岩 | IC | G4 | 254 | 0.000 | 26.706 | 6.483 | 5.320 | 5.768 | 33.265 | 0.890 | 1.705 | 9.626 |
| 易碎鐵英岩 | IF | G4 | 339 | 9.857 | 71.173 | 37.028 | 37.145 | 12.840 | 164.854 | 0.347 | 27.303 | 46.426 |
| 泥狀鐵英岩 | IGO | G4 | 313 | 0.498 | 63.441 | 23.495 | 21.934 | 12.527 | 156.917 | 0.533 | 13.896 | 30.984 |
| 赭石 | OC | G4 | 304 | 1.000 | 80.106 | 25.904 | 18.764 | 19.196 | 368.492 | 0.741 | 10.957 | 39.731 |

圖 3-1

Vale

北部體系儲量審核

關於Vargem Grande 綜合項目中 Aboboras 礦藏的已計算及已分析的 Fe 直方圖

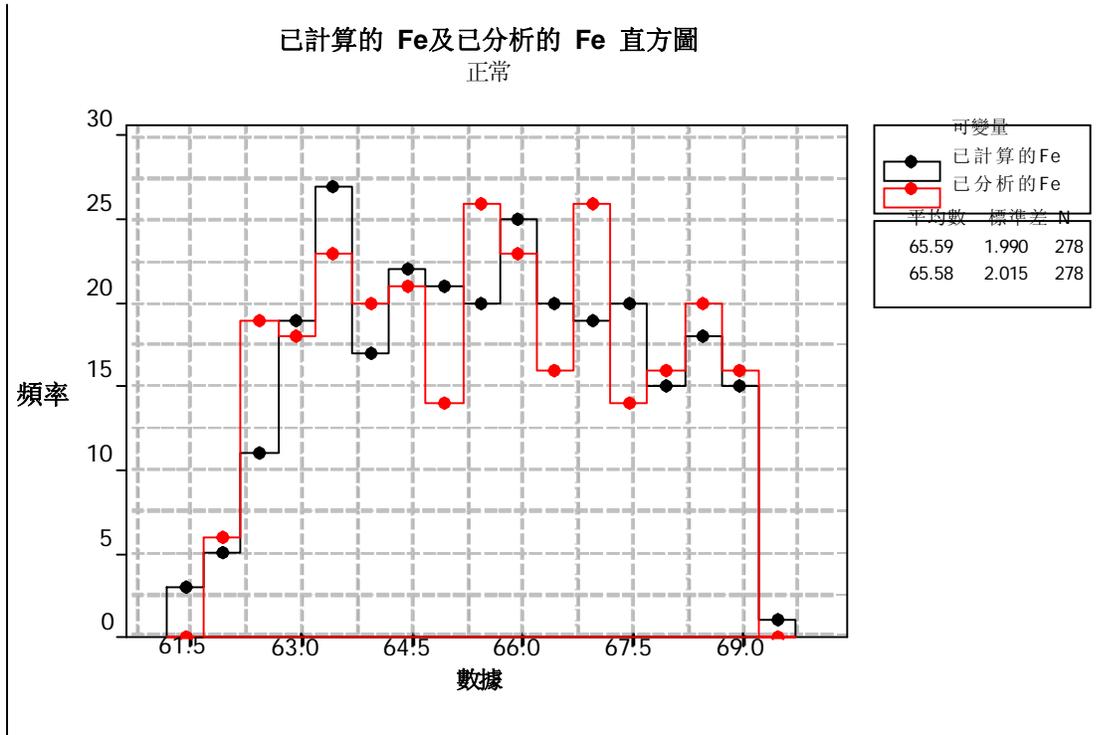
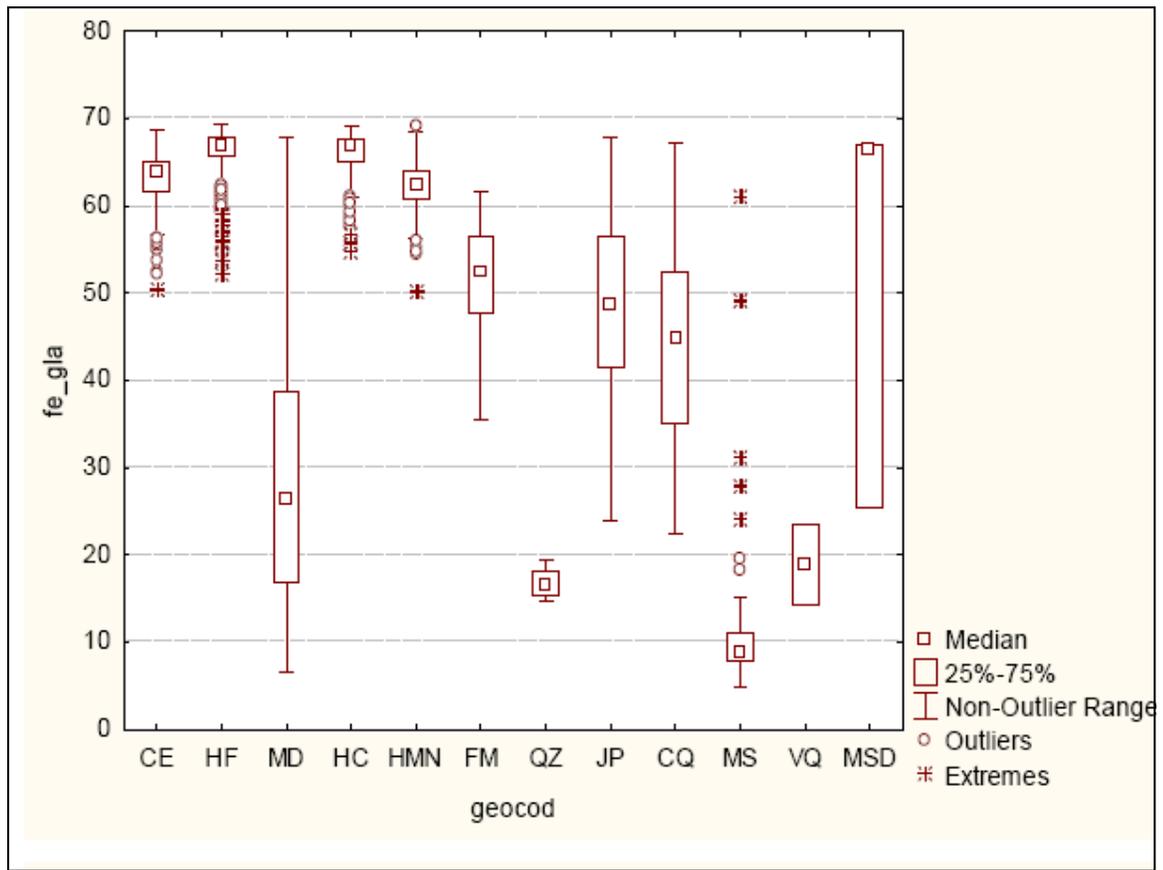


圖 3-2

Vale

北部體系儲量審核

N4W 礦藏中 Global Iron (Fe_gla) 的箱線圖



篩檢法是由 Vale 研究人員採用的涉及兩個步驟的方法，程序包括製作篩檢法的橫切面圖，以及製作平面視圖以詮釋篩檢法地質學數據。地質模型主要根據橫切面圖中鑽孔與鑽孔之間的地質接觸的詮釋而建構。從橫切面圖所得的已詮釋岩性接觸接著會被傳移到平面視圖。在作地質學詮釋後，固態物的產生是透過擠壓各岩性單位以形成平面多邊形，以定義其領域。

經修訂的新方法稱為單元模型，目前被廣泛應用以更新舊模型。這種方法的橫切面圖是按預先定義的統一網格及已修訂的岩性代碼所製成。橫切面內滿佈用以創製單元模型的區塊。接著運用線框架製造三維固態物，按廢料和礦石兩種代碼分開進行這個程序。然後運用樣本數據，以指示克里格法 (IK)把分塊模型插入，指標是平均區塊的中間點。這些區點的形成是透過從平面視圖及橫切面圖分割多邊形。此程序於所有平面視圖及橫切面圖進行，並運用岩性學及取樣數據檔案。變分法（指示變差函數）運用預先定義的岩性指標（岩性類組合）進行。各指標分別以相同的搜索參數插值。橢圓球軸未必會旋轉。主要的搜索按震源走向進行，用意在於符合條帶狀含鐵岩層的地質連續性。

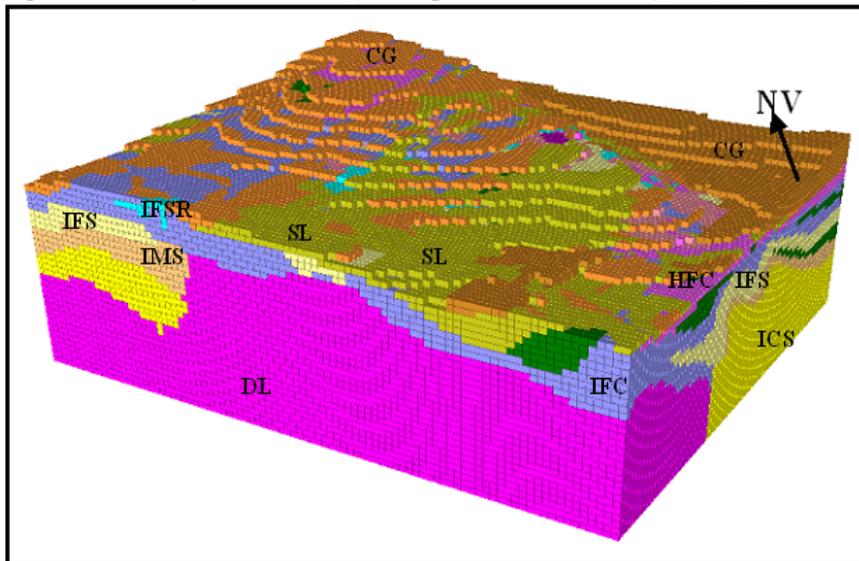
單元模型是三種不同模型的結合：礦石平面視圖、礦石橫切面圖、及廢石模型。圖 3-3 顯示了 Capitão Do Mato 礦藏的岩性分塊模型，Vargem Grande 綜合項目為典型例子。

圖 3-3

Vale

北部體系儲量審核

Vargem Grande 綜合項目向西南延伸的Capitão Do Mato礦藏岩性區塊模型



Pincock認為這種由 Vale 開發的單元模型概念複雜，並相信對於這種礦藏而言，單元模型並非必需。Pincock已檢驗過幾種不同礦藏的已詮釋橫切面圖。儘管 Pincock通常吻合地質詮釋，然而在某些橫切面圖中，深度較淺的鑽孔並不完全符合礦石體連續性的地質詮釋。Pincock並沒有找出任何縱向切面，而我們認為製造縱向切面有助篩檢法的詮釋。

對於地質統計學研究，Vale 把各岩性單位視為獨立的領域。此獨立分類的原因是考慮到粒狀碎塊在不同的地質環境下擁有不同的特點。這差異直接影響其礦石加工特質，包括總質量回收率及最終產品的類型和品位。因此，接觸分析是建模過程的重要一環，這需要根據分離距離配對複合物，以及透過分離距離作平均值繪圖。接著，取決於岩性接觸應視為硬性接觸還是軟性接觸，來運用繪圖決定選擇甚麼複合物。

接觸被定義為硬性接觸，特質在於其差異十分明顯，而軟性接觸的特質在於其差異屬漸進性。Pincock檢驗過這些特質，並審閱過 Vale 的接觸分析數據及繪圖，發現無論軟性接觸來自哪一方面，平均品位均無顯著差異。在這情況下，從各方面接觸獲得的複合物可以用作對這些領域的插值，而無須考慮其距離。

在這硬性接觸的情況下，Pincock發現無論接觸來自哪一方面，平均品位數值均有顯著差異。在這情況下，岩性學指定運用複合物以對這些領域作插值，而所用的複合物有限，並且取決於岩性學。圖 3-4 顯示兩種接觸例子，來自卡拉加斯綜合項目的 Serra Sul 礦藏。

Pincock作出總結，指出在兩類地質學領域當中，均發現粒狀碎塊有顯著的變化，並符合 Vale 對個別地質領域及空間領域的處理手法。

3.8 變分法

Vale 研究人員已就各礦藏進行詳細及全面的變分法。對於各粒度分數的化學變量（鐵、鋁、硅、磷、錳及強熱失量），Vale 運用了線性聯區化模型 (LCM)。LCM 技術確保從協同克立格法中獲得的評估數據為正值或零值變量。為確保這一點，每種基礎結構的岩床矩陣必需為正定值。Pincock認為此方法較符合邏輯及適當，因為這對於按每種尺度建構空間相關特性的多元數據更為有效，而且能以區域尺度提取隱藏的空間相關特性。

LCM 的基礎為整體等級變差函數模型或交叉變差函數模型，並運用Isatis®的自動岩床嵌入選項。LCM 涉及兩項程序：

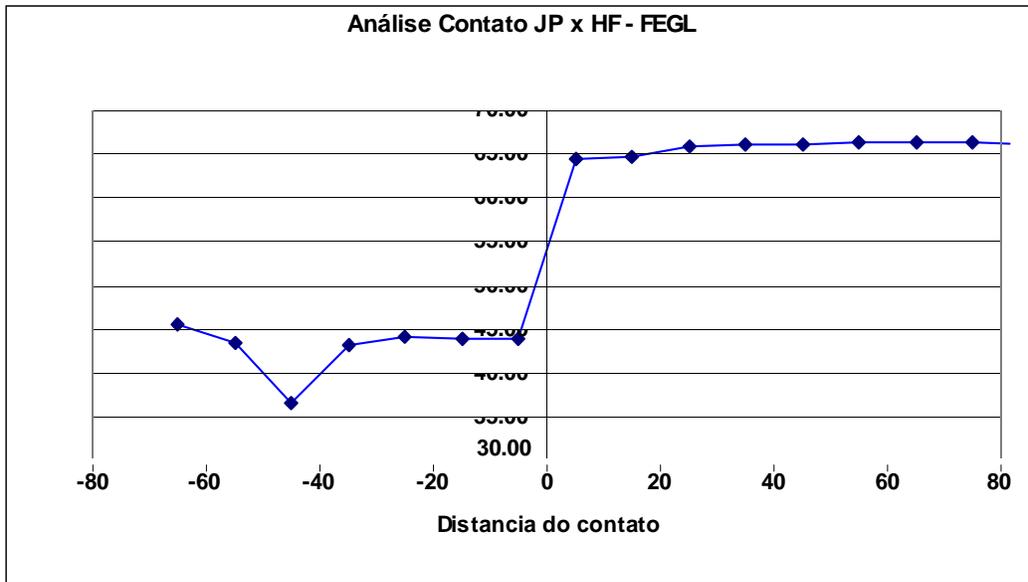
1. 首先兩個直接半變差函數被建模為所選基礎結構的線性組合，及

圖 3-4

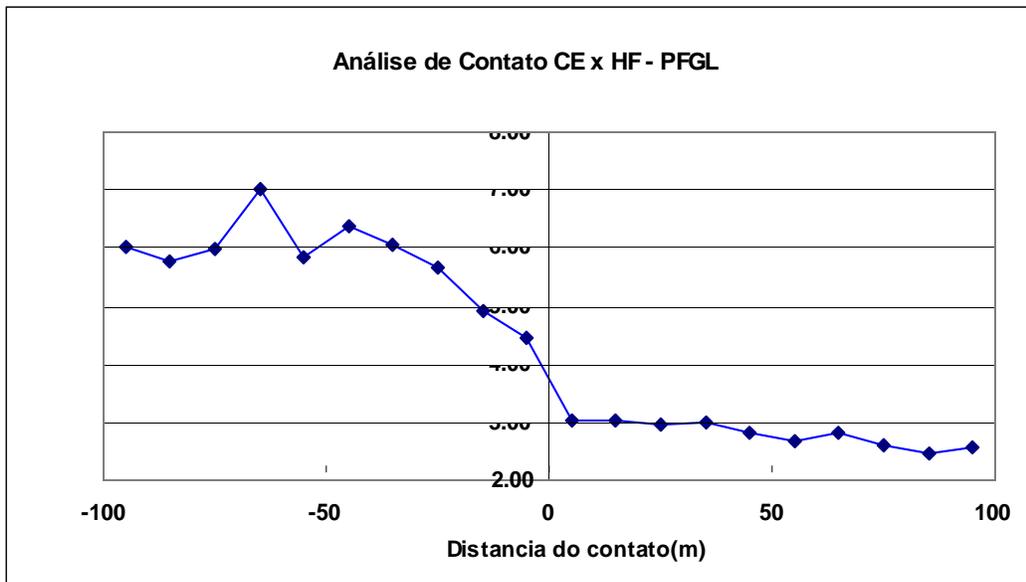
Vale

北部體系儲量審核

圖表顯示卡拉加斯綜合項目 Serra Sul 項目岩性單位之間的硬性及軟性接觸



硬性接觸



軟性接觸

2. 同樣的基礎結構接著會嵌入交叉半變差函數模型，而岩床矩陣必須為正定值。

半變差函數或交叉變差函數的計算是運用 2 至 4 種粒度分數的化學變量，以定義每種變量之間的關係。該實驗以及半變差函數模型及／或交叉變差函數模型於井下及不同的橫向層當中進行。圖 3-5 顯示卡拉加斯綜合項目中北方 N4E 及南方 N4E 礦藏的相關圖模型。

Pincock觀察了大部分 Vale 變差函數模型各向異性（等級變化），並認為這與地下地質環境（表生富集）有直接關係。Pincock檢驗了幾個相關圖，以符合若干變量實驗數據的三維模型。兩種模型均呈現非常理想的完整性。

3.9 品位累積

於樣本合成前，Vale 採用名為「特別差異性分析」的品位累積程序作品位評估。此程序需要岩石碎塊比率（所有樣本在壓碎及篩分至小於31毫米尺寸的百分比）及各岩石碎塊的累積檢驗分析值。某岩石碎塊的品位累積檢驗分析值的計算是將該岩石碎塊百分比乘以同一尺寸碎塊的檢驗分析值。例如 $A_{FeG1} = G1 (+6.3 \text{ 毫米碎塊的百分比}) \times FeG1 (+6.3 \text{ 毫米碎塊內鐵含量百分比})$ 。此程序旨在確保在區塊估算中所有複合物均獲適當（重量量度）。此程序是所有鐵礦石礦場的標準，基於各尺寸碎塊的個別檢驗分析只能代表該尺寸碎塊的體積這個事實。因此，樣本需以其相關尺寸碎塊作重量量度。

除以上程序外，Vale 亦運用流動單元分佈方法以界定整體重量平均等級。在此方法中，每種樣本均獲分配與具預先定義尺寸的單元（或區塊）所含樣本數量成反比的重量。此程序加強優先樣本結集的效果。

3.10 品位累積及內插法

Vale 的品位評估方法所涉及的程序如下：

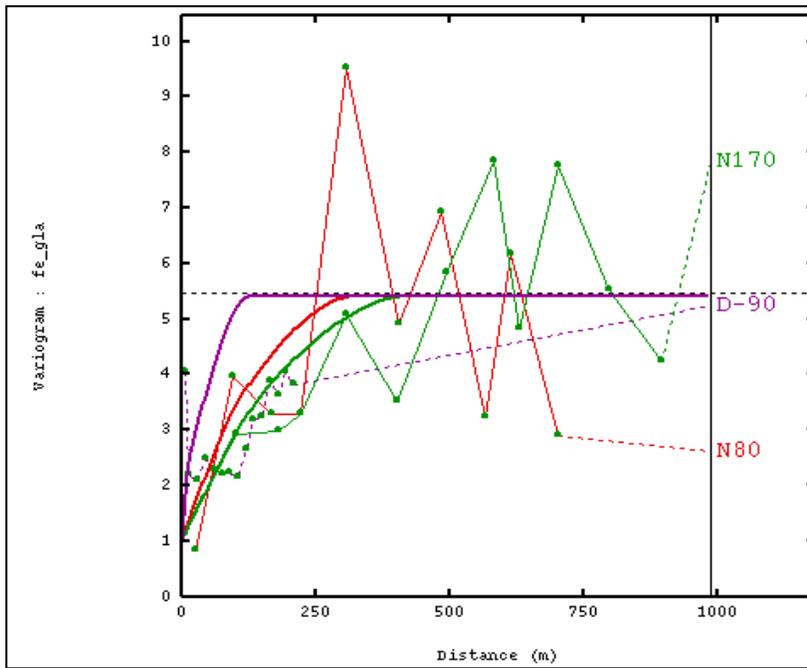
1. 區塊根據所有地質領域以普通協同克立格法(OCK)方法評估。對於某些分塊模型周邊區域數據缺乏的範圍，替代的反比距離平方(IDS)及／或總非聚簇平均(TDA) 方法會被用作評估區塊數值。部分區塊品位評估需作修改，這會配合運用線性逆行分析法。計量檢查會按標準的數學程序進行。

圖 3-5

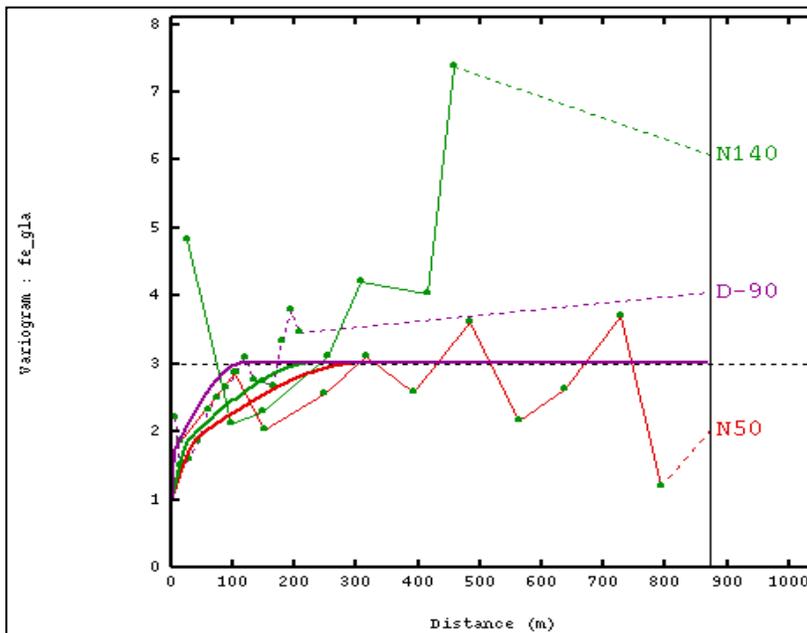
Vale

北部體系儲量審核

有關整體鐵含量的實驗及理論性（已建模）半變差函數



N4E 北部



N4E 南部

2. 產生以辛烷為基礎的橢圓搜尋法（上限為兩個辛烷）
3. 完成母單元的尺寸評估
4. 進行以複合物長度量度重量的內插程序

運用橢圓法作取樣搜尋，並根據主要的變分法方向為導向。隨著主軸、半主軸及次軸（垂直），運用任何一種通行搜尋或多種通行搜尋方法進行搜尋。搜尋幅度取決於每種礦藏的建模變差函數（相關圖）或交叉變差函數（由 **LMC** 定義）。

由 Vale 定義的內插參數充分和合理。

3.11 資源模型驗證

Vale 進行的資源模型驗證關於：

1. 統計比較檢查：

- 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

2. 近鄰模型：

- 整體偏差
- 依據台階的當地偏差
- 依據截面的當地偏差
- 趨勢

3. 節檢檢測

- 隨機選出若干截面；
- 視覺比較複合物及插值品位

Vale 就本次審核所審閱的所有礦藏提供一連串的分塊模型橫切面圖及插值評估的台階繪圖。Pincock 對這些台階繪圖及橫切面圖進行視覺檢測。比較複合物的近鄰模型及按不同領域分租的插值模型評估數據，分塊模型平均值大致上非常符合評估數據。Pincock亦觀察到兩者的整體平均值相當接近，而評估程序亦對當地品位變量有相當的代表性。

3.12 資源分類

Pincock確定大部分元素的體積及品位都符合目標品位與體積關係。Pincock亦注意到高估及低估了某些地區的部分污染物及整體鐵含量。Pincock把這不符歸因於這些地區鑽探空間寬闊、缺乏鑽探或鑽探深度過淺。爲了對「探明」、「可能」及「推斷」類別作符合資源分類要求的定義，Vale 已採取由 Vale 地質統計學家建議的「危機分析」程序。此程序符合 2002 年 9 月由DNPB頒布的「巴西資源及儲量分類標準」。Vale 已制定「風險指數」(IR (u))，定義資源類別及消除任何在插值過程中涉及的誤差（例如取樣空間、地質複雜性、無規律的品位分佈等）。Pincock 認爲風險指數就資源分類的方法屬可接受，但對於作最終決定探明及推斷物料而言，這可能是稍爲保守的方法。

有關化學變量的典型地質統計技巧並不考慮關於礦石體的地質理論。在這情況下，資源分類準則取決於插值變量，而不會考慮於鐵礦藏任何地質學風險或地球化學變異。爲了消除任何評估程序的「風險」，Vale 亦採用指示克里格法以根據樣本分佈以及礦藏的地質特性來制定「風險指數」。

根據已建立的方法，指標中礦物價值爲 1 (一)，而廢料樣本的價值爲 0 (零)。制定方向性指示變差函數，並進行指標內插。各區塊的指示克里格法以根據結果會成爲樣本的加權平均值，按定義而言，假設只有 0 (零) 或 1 (一) 值。這樣，除了少量負值的內插重量，1 (一) 會是可能結果的最大值而 0 (零) 則是最小值。內插值爲 1 的區塊最大可能出現礦塊，而內插值爲 0 的區塊則最大可能爲廢料區塊。介乎 0 -1 的數值顯示礦石及廢料岩性同時出現的可能性。假如內插法結果顯示了最大可能的岩性，內插值會顯示此推測的可信程度。因此，兩個參數均需於最終分析中計及。在這情況下，各區塊均會被分類爲某類別，而這些數值被稱爲「風險指數」。表 3-5 顯示詳細解說，表內列明資源信心類別的風險指數。

接下來的程序涉及繪製圖表，插值 [1- 插值結果] 對插值變量/直角雙維空間內的岩床

表 3-5
Vale
北部體系儲量審核
Vale 資源分料 - Fábrica

| 資源分料 | 風險指數範圍 (RI) |
|------|--------------|
| 探明 | < 0.6 |
| 可能 | 介乎 0.6 - 0.9 |
| 推斷 | > 0.9 |

最終的風險將會與自起點計起的「距離」成正比，「風險指標」的數值可以以下公式計算：

$$IR(u) = \frac{[1 - \frac{(u)}{I_K}]^2}{\sigma_{IK}^2} (u)^2$$

simplificado

當中

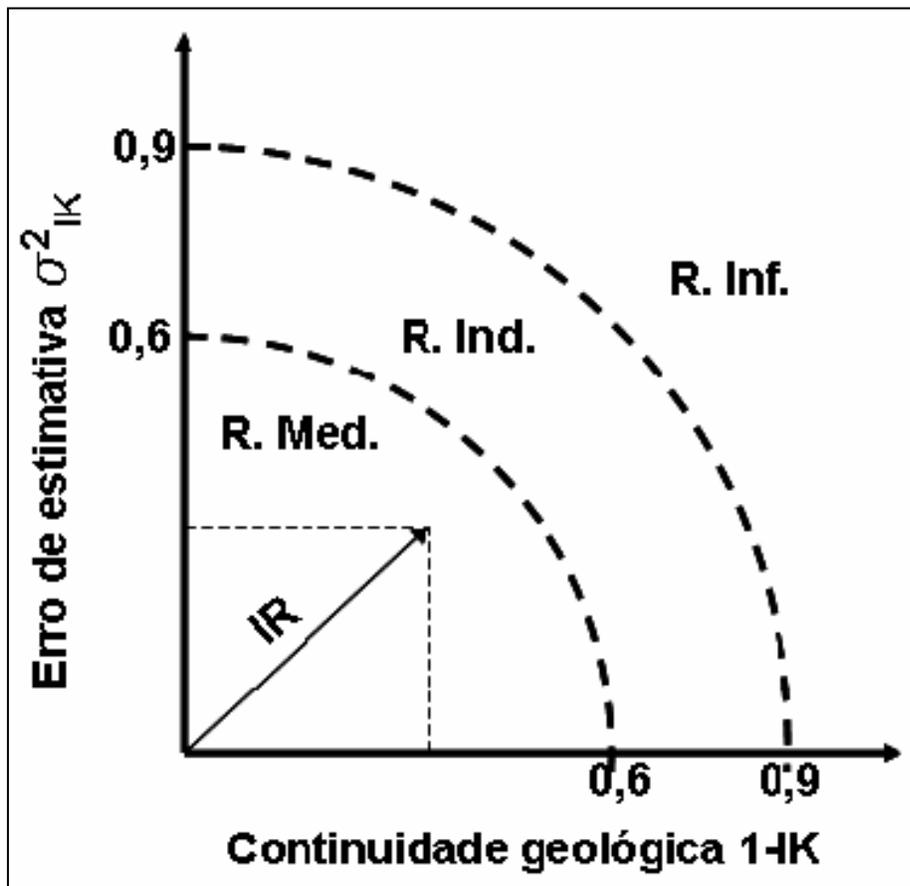
$I_K^*(u)$ = 區域 u 內區塊以指示克立格法的評估值；

2

$\sigma_{IK}(u)$ = 區域 u 內區塊以指示的評估值；

圖 3-6 代表 $RI = 0.6$ 及 $RI = 0.9$ 的曲線，分別定義探明、可能及推斷資源類邊之間的界線。

圖 3-6
Vale
北部體系儲量審核
風險指數 (RI) 圖顯示資源分類類別 (Vale)



根據 Pincock的意見，此由 Vale 制定的分類方法可以接受，而且能符合 NI-43-101 的要求。

Vale 仍然於 Fábrica 綜合項目 Segredo 及 João Pereira 礦藏採用名為「擴張與侵蝕」的舊有方法分類已插值的區塊，以報告資源。此方法已由 Pincock於 2005 年 5 月在 Vale 南方體系資源和儲量審核報告中詳細討論。Pincock已審閱 Vale 的新舊方法，並認為該方法用作訂立資源分類屬可接受。

3.13 礦產資源評估

由 Vale's Gerência de Modelamento Geológico (GAMGF) 創建，並對各模型均採用類似及程序及軟件。Vale 已確認模型文件和驗證的重要性，並已付出很大努力，以發展及建立高質素的集成系統。Pincock相信這些特質非常重要，因為這關乎主要操控以確保採用複雜的軟件套件所計算出的一連串結果的準確性。位於巴西鐵四角地區的鐵礦藏以其幾公里內的品位一致性見稱。

所有模型的主要基礎為由鑽探及表面填圖中獲取的地質資料。Vale 已建立程序及工具作較複雜的岩性建模及資源分類。Pincock 相信由 Vale 建構的模型屬合理，並就不同的礦藏岩性、品位及基本污染物提供準確的量度。所有資源評估均由 GAMGF 位於 Savassi – Belo Horizonte-MG 的中央辦事處所進行。

Vale 為 Pincock提供有關電腦輔助地質及資源建模內部程序的指南。這些指南詳細列明有關資源計算的數據搜集、質量保證／質量控制、數據庫管理、評估程序及核對方法。Pincock亦發現地質部並未列明質量保證／質量控制程序。現時實施的程序對地質及檢驗分析數據缺乏妥善的處理。

指南亦列明礦藏一般位置、通道、基建、區域及礦藏的地質資料、以及採礦權和勘探歷史。有關數據獲取、累積、整理及地質支援的詳細資料亦記錄在內，但妥善的處理。指南列出發展地質建模、密度測定、地質統計分析的必要程序，以及資源評估及模型驗證的程序。

Vale 的報告解釋了評估方法背後的原因，並選取了部分結果放於附錄內。報告、地圖及圖表的制作成為每日資源評估工作的一部分。

3.14 資源聲明

表 3-6 顯示有關 N4E 及 N4W 礦場及 Serra Sul 項目的整體資源評估。資源代表截至 2007 年 12 月底評估的物料，當中並沒有把現時計劃的礦坑限制考慮在內。所有噸計重量均以濕式為量度基礎。

表 3-6

Vale

北部體系儲量審核

截至2007年12月31日評估後的探明及可能資源 (3) (4) (5)

| 礦業權 ⁽¹⁾ | 千噸 ⁽²⁾⁽³⁾ 鐵 | 品位 鐵 (%) |
|-------------------------------|---------------------------|--------------|
| 赤鐵礦 | | |
| 北方體系 | | |
| Serra Norte - N4E | | |
| 探明資源 | 531,601 | 65.88 |
| 可能資源 | 282,088 | 65.04 |
| 小計 | 813,689 | 65.59 |
| Serra Norte - N4W | | |
| 探明的資源 | 1,526,636 | 66.34 |
| 可能資源 | 402,280 | 65.89 |
| 小計 | 1,928,916 | 66.25 |
| Serra Sul "C" 及 "D" 礦藏 | | |
| 探明的資源 | 3,835,700 | 66.35 |
| 可能資源 | 1,730,235 | 66.20 |
| 小計 | 5,565,935 | 66.30 |
| 總探明及可能資源 | 8,308,540 | 66.22 |
| 推斷資源 | | |
| N4E | 41,620 | 65.21 |
| N4W | 185,364 | 65.80 |
| Serra Sul "C" 及 "D" | 827,575 | 66.07 |
| 總推斷資源 | 1,054,559 | 65.99 |

註釋:

- 1) 除非另有說明，否則Vale於礦場的股本權益為100%。
- 2) 噸位是濕式原礦公噸計算。
- 3) 資源估計包括儲量。
- 4) 資源估計根據2007年12月31日的地形情況。
- 5) 資源由Vale估計，並經Pincock審核。

4.0 採礦審閱

4.1 一般討論

於2008年12月，Pincock工程師到訪N4E及N4W營運礦場，並完成乘坐直升機飛越Vale北方綜合礦場項目的Serra Sul項目。本節提供有關採礦規劃及就營運礦場儲量計算的一般性討論，以及有關Serra Sul項目的計劃業務。有關N4E及N4W礦場及Serra Sul項目的具體詳情分別載於第8及第9節。

現有N4E及N4W的採礦業務及Serra Sul礦場的計劃業務為一般大型卡車挖掘採礦業務，使用230至250公噸卡車及17至38立方米液壓及電動鏟子。大型輪式裝載機（17立方米）亦用於卡車裝載。大多數易碎赤鐵礦可自由挖坑，估計約50%需要鑽探及爆破。至於其他礦石類別，100%為硬赤鐵礦及碧玉鐵質岩，需要鑽探及爆破。只有部分分解的鎂鐵質岩需要爆破。鑽探是透過一組輪替的炮眼鑽進行，為橡膠履帶。鑽探模式是基於岩石類型及裝載設備（機鏟與輪式裝載）可予變動。使用硝酸銨及燃料油(ANFO)及乳劑，作為主要炸藥，並根據水質情況混合使用。預裂在最後一行使用。

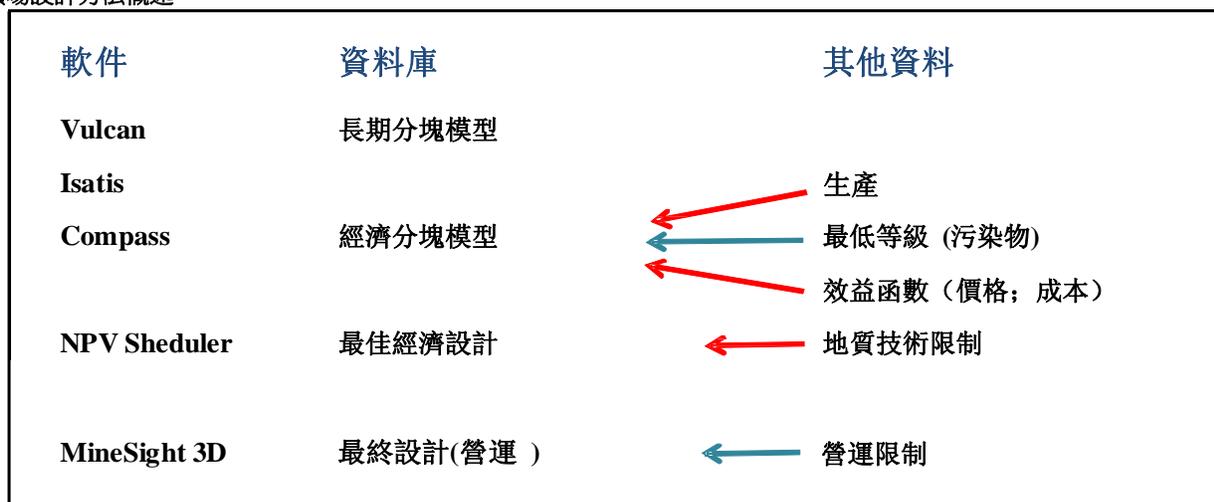
由N4E及N4W礦坑生產的礦石拖到坑式破碎機，然後被輸送到中央洗選廠。

Serra Sul項目已經制定類似的材料運輸計劃。大型卡車將原礦礦石運送到坑式破碎機，以進料輸送機運輸礦石到中央洗選廠。隨著礦場C及D礦體的採礦方向由東向西移，礦場設計考慮坑式廢石及次級礦石處置。初步開採將需要在礦坑以外處理廢料。

4.2 礦場設計

Pincock審閱及評估於Vale使用的方法，以發展 N4E，N4W及Serra Sul最終礦坑，以及按地質及採礦分塊模型對區塊內包含物質分配經濟價值，並發現該方法遵循公認工程／經濟慣例。就礦場設計所用的整體方法、資料輸入及軟件概述於圖 4-1。

圖 4-1
Vale
北部體系儲量審核
礦場設計方法概述



礦坑優化及最低等級的分析在資源模型開始，其過往用於開發礦藏。使用Vulcan軟件開發第二分塊模型，以用於礦場規劃，當中包括的經濟資料如下：

- 某區塊可生產的不同產品的價格，
- 採礦成本，其中包括按材料類型、裝卸及運輸的鑽探及爆破。
- 洗選廠成本及收回因素，
- 就二氧化矽、三氧化二鋁、氧化錳及磷的最低等級，及
- 按各區塊計算的效益函數。

根據岩性（岩石類別）、原位鐵含量及其他質量因素，預計可銷售的產品在資源模型每個區塊預計。產品回收亦於這時在礦場規劃過程中預計，每個產品類型的鐵含量亦是如此處理。三個產品種類粒狀、燒結用粉礦及球團用粉礦產自北部體系。計算儲量所用價格是根據2008年的實際價格，2009年預計價格及長期合約價格。

分配區塊亦影響採礦成本，最顯著是影響提供運輸原礦礦石至其各自的傾倒點的拖運費。工程部門估計運輸距離、卡車有效載荷量、卡車週期時間，以及為礦石及廢料拖運達到營運成本估計及估計其他相關採礦成本，包括鑽探及爆破、裝載、道路維修、一般及行政費用等。此外，所有下游支出計入區塊的成本模型，這些包括將產品裝載有軌車輛、鐵路運輸到港口、港口裝卸及船舶裝載成本，以及企業一般及行政費用的部分。

當前模型的營運成本是按2008年實際成本數據計算。就直接營運成本，計入採礦職能及未來預計的其他支出的重置資本估計，其為所需要維持（而非擴大）目前的營運水平。表4-1提供2008年按物業分類的礦場經營成本估計、洗選成本及下游費用資本分配的基準。

表 4-1

Vale

北部體系儲量審核

礦場經濟分析的成本基礎

| 鑽探及爆破成本 | | | | | | | | |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 岩石類型 | N4E及N4W礦場 | | | | Serra Sul項目 | | | |
| | 鑽探 (美元 / 公噸) | 爆破 (美元 / 公噸) | 總計 (美元 / 公噸) | 佔岩石% (1) | 鑽探 (美元 / 公噸) | 爆破 (美元 / 公噸) | 總計 (美元 / 公噸) | 佔岩石% (1) |
| 赤鐵礦 - 緻密 | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% |
| 鐵角礫岩 | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% |
| 鐵鎂質- 綜合 | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% |
| 碧玉鐵質岩 | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% | 0.13 | 0.13 | 0.26 | 100% |
| 赤鐵礦 - 易碎 | 0.07 | 0.07 | 0.13 | 51% | 0.07 | 0.07 | 0.15 | 57% |
| 矽鐵質 - 分層 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 15% | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 15% |

(1) 鑽探及爆破岩石百分比

| 裝載及拖運成本 | | | | |
|---------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 物料 | N4E及N4W礦場 | | Serra Sul項目 | |
| | 裝載 (美元 / 公噸) | 拖運 (美元 / 公噸-公里) | 裝載 (美元 / 公噸) | 拖運 (美元 / 公噸-公里) |
| 礦石 | 0.24 | 0.31 | 0.29 | 0.24 |
| 廢料 | 0.32 | 0.27 | 0.29 | 0.17 |

| 一般礦場成本 | | | | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 成本區 | N4E及N4W礦場 | | Serra Sul項目 | |
| | 礦石 (美元 / 公噸) | 廢料 (美元 / 公噸) | 礦石 (美元 / 公噸) | 廢料 (美元 / 公噸) |
| 基建 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 |
| 廢料場 | | 0.12 | | 0.12 |
| 應佔成本 | 0.22 | 0.22 | 0.15 | 0.15 |
| 資本重置成本 | 0.45 | 0.45 | 0.73 | 0.73 |
| 礦場關閉成本 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.09 |

| 工廠及物流 | | |
|--------|---------|-----------|
| 工廠成本 | N4E及N4W | Serra Sul |
| | 美元 / 公噸 | 美元 / 公噸 |
| 工廠營運 | 2.33 | 1.21 |
| 應佔工廠成本 | 0.38 | 0.25 |
| 工廠資本重置 | 0.54 | 0.94 |
| 應佔工廠投資 | | 0.13 |
| 特許權使用費 | 0.79 | 1.33 |
| 總工廠成本 | 4.03 | 3.86 |
| 鐵路營運 | 3.56 | 2.84 |
| 鐵路投資 | 1.45 | 1.43 |
| 港口營運 | 1.37 | 0.82 |
| 港口投資 | 0.52 | 0.44 |
| 總物流成本 | 6.90 | 5.52 |

圖 4-2顯示有關礦石及廢石區塊的應用成本，以整體生產成本。誠如下文所討論，效益計算計及各區塊成本及區塊所含各產品確定由此產生的收入及各產品的收入。

根據鐵品位一般計算及應用最低等級並非Vale為北部體系鐵礦場進行。然而，最低等級是考慮配套礦產，包括氧化硅，氧化鋁，錳及磷。表4-2載有用作考慮N4E及N4W與 Serra Sul礦場設計參數的限值或最低等級。鐵品位超過55%的物料，但是存有一個或多個超過表4-2所示限值的參數，則分類為廢料。

圖 4-2
Vale
北部體系儲量審核
礦石及廢料區塊的應用成本

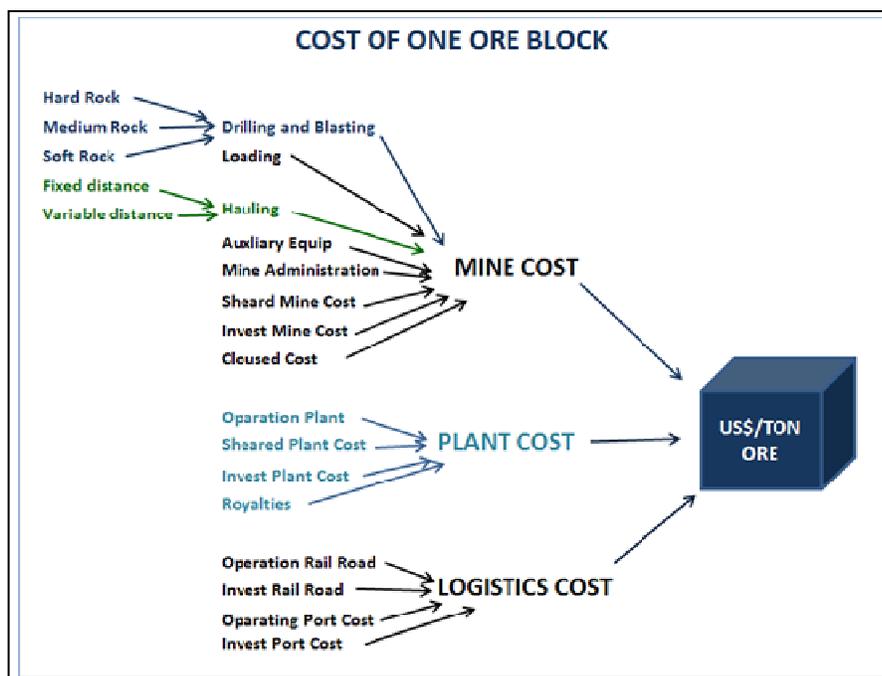


表 4-2
Vale
北部體系儲量審核
營運最低等級

| 元素 | N4E及N4W | Serra Sul |
|----------|---------|-----------|
| 二氧化硅 (%) | 2. | 3.5 |
| 三氧化鋁 (%) | 5 | - |
| 錳 (%) | 1. | - |
| 磷 (%) | 8 | - |

就資源模型各區塊進行效益計算，其計入區塊噸位、所含鐵量（按各產品計算）的預計收入、將收回產品數額，以及所得不同產品的美元 / 鐵單位價格。從收入減去上述所有費用，以達致各礦石區塊的淨值。最終礦坑的優化是以Lerchs-Grossmann算法運算，其使用嵌套坑及檢查以確定礦坑範圍內推斷資源是否高比例，是否增量剝採比率過高，是否實物邊界限值，如DNPM減讓範圍的限值或其他現有的基礎設施得到落實。使用NPV Scheduler軟件的日常優化礦坑獲採用，如開採區塊，其包含淨現值概念，所以，提取的序列被確定，以最大限度地提高營運現金流量。產生一系列礦坑，並選擇最佳經濟效益的礦坑，以代表礦場的地質技術定義參數。這是被稱為數學礦坑。

開發最終設計的礦坑，並編制礦場進度表，其詳載全年所有重大變動，並提供總產品交付的預測。價格及相關成本按固定美元基準分配，適用的所得稅率為34%。稅後淨現金流量的標準貼現是以Vale加權平均資本成本的12%計算。內部收益率亦在此時計算，因此，各業務的經濟參數可隨時檢討及比較。

一旦決定最終的礦場，就較近的年期（一般為8至10年）開發營運礦坑，以及就所有岩性類型編製原礦生產進度表。這些進度表然後由相關程序工程師審閱及在有需要時重述。表4-3概述營運礦坑發展的設計參數。

表 4-3
Vale
北部體系儲量審核
礦場設計參數

| | |
|------|--------------------|
| 台階高度 | 15米 |
| 面角 | |
| 軟岩 | 50° |
| 硬岩 | 70° |
| 礦石 | 60° |
| 斜坡斜率 | 10% |
| 斜道寬度 | |
| 主斜坡 | 40米 |
| 礦坑底部 | 25米 |
| 開始台階 | 50米 |
| 廢棄場 | |
| 面角 | 2 度水平至1度垂直 (26.4°) |
| 台階高度 | 15 / 20米 |

儲量是根據營運礦坑內所含物料及於資源估計過程分配的資源分類（探明、可能、或推斷）計算。

探明及可能資源界定為探明及可能礦石。推斷礦石及非礦化材料界定為廢料。

4.3 礦坑、廢物場及尾礦的地質技術工程

在2008年12月的審核，Pincocock審閱地質技術評估程序及用於卡拉加斯綜合礦場項目（包括Serra Sul）的斜坡設計。

自2001年以來，Vale已經設有由地質技術工程師、工程地質學家及水利學家組成的內部地質技術人員，負責調查、設計及監察所有礦場斜坡、礦場廢料場，尾礦堵塞堤、水及礦床堵塞堤。北部體系設有地質技術人員，負責日常監察及評估綜合項目的具體方面。此外，Vale就檢討所有水壩、廢物場及礦坑斜坡，聘用外部顧問完成項目及進行第三方技術審閱。

有關礦坑斜坡的地質技術工程方案併入地質勘探工作。所有鑽探核心按照國際岩石力學學會(ISRM)及巴西環境與工程地質協會(ABGE)建立的程序回收，以地質特徵記錄。記錄及分類系統已被修訂，以增加一個類別，代表常見於鐵礦石岩層的普遍低強度岩石。設計分析主要集中在輪替及平面斜坡破壞模型。

礦坑斜坡設計是以分階段方式完成，以長期開採工作人員投入，按地質技術穩定性及開採實用性的立場，發展最佳礦坑設計。就主要岩性及價值，建立礦坑斜坡設計參數，各區塊獲分配用於淨現值調度分析的價值。表4-4載有以N4E、N4W及Serra Sul項目按材料類型劃分的礦坑斜坡參數。於營運礦坑開發時，作出地質技術檢討，以確認最終礦坑的設計及定義領域。就營運礦坑的礦坑斜坡的任何修改在這個時候作出。

Pincocock採用 Gemcom軟件核實最終礦坑，是否通過地質技術設計標準。

地下水是礦坑斜坡穩定性的關鍵因素。已實施的脫水措施包括橫向排水溝、深礦降水井及污水礦坑。礦坑的監察系統包括壓力計及測量稜鏡指示，以測量斜坡活動。在關鍵地區或顯示有較高運動的地區安裝傾角計。

Vale人員聯同外部顧問設計新的尾礦及堵塞堤。如有需要，Vale可提升現有堵塞堤。有關程序是根據圍護結構的公認工程慣例實施。

表 4-4
Vale
北部體系儲量審核
礦坑斜坡設計參數

| 岩性 | 代碼 | 斜坡 (度) |
|-----------|-----|-----------|
| 廢渣 | PE | 30 |
| 鐵角礫岩 - 結構 | CE | 30 |
| 鐵角礫岩 - 化學 | CQ | 30 |
| 錳鐵 | FM | 30 |
| 鎂鐵質 - 半分解 | MSD | 30 |
| 鎂鐵質 - 分解 | MD | 30 |
| 土壤 | SO | 30 |
| 碧玉鐵質岩 | JP | 50 |
| 鐵鎂質- 綜合 | MS | 50 |
| 赤鐵礦 - 易碎 | HF | 30 |
| 赤鐵礦 - 緻密 | HC | 30 |
| 赤鐵礦 - 錳 | HMN | 30 |

4.4 礦場規劃的年期

年度礦場生產計劃是要將最終礦坑達到一般營運年期約10年的設計目標，其後通過「數學」礦坑完成營運年期。Pincok認為，Vale正採取合理的方式設計礦坑以大幅延長營運年期。所有這些生產數字可能會改變，當然，這取決於未來市場、附加產業鑽探，以及可動用的企業資本。

4.5 儲量

表4-5概述北部體系已審核三項物業所列的儲備。所示儲備乃截至2007年12月31日，而無計入2008年投入的生產。

在年終調查完成時，2007年12月的儲備將會因2008年生產而被耗盡。

為確認經濟分塊模型，Vale已透過Microsoft EXCEL複製分塊模型選定地區的效益計算。Pincok測試特定選擇的部分區塊，並印證測試區塊取得相同結果。為執行這程序，所有經濟分塊模型被複製到Gemcom，還可以看到各區塊按地區劃分的效益價值。

總儲量代表設計礦坑的估計材料，這是按照儲量計算礦場設計所表現探明或可能礦產資源的經濟上可採礦部分。

Pincok認為，Vale報告的儲量遵守JORC規定，並符合美國證券交易委員會（證券交易委員會）界定的儲備規定。

表 4-5

Vale

北部體系儲量審核

北部體系鐵礦石礦場所示的儲量

| N4E及N4W儲量概要 | 探明 | | 可能 | | 總計 | | 其他參數 | | | | |
|----------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 公噸 | 鐵% | 公噸 | 鐵% | 公噸 | 鐵% | 硅% | 鋁% | 磷% | 錳% | 強熱失量% |
| N4E | | | | | | | | | | | |
| 赤鐵礦 | 342.5 | 66.5% | 99.9 | 66.0% | 442.4 | 66.4% | 1.52% | 1.03% | 0.022% | 0.40% | 1.73% |
| 鐵英岩 | | | | | | | | | | | |
| 礦石總計 | 342.5 | 66.5% | 99.9 | 66.0% | 442.4 | 66.4% | | | | | |
| 廢料 | | | | | 554.2 | | | | | | |
| 總活動 | | | | | 996.6 | | | | | | |
| N4W | | | | | | | | | | | |
| 赤鐵礦 | 1,324.8 | 66.5% | 288.3 | 66.1% | 1,613.0 | 66.5% | 1.14% | 0.76% | 0.027% | 0.39% | 2.41% |
| 鐵英岩 | | | | | | | | | | | |
| 礦石總計 | 1,324.8 | 66.5% | 288.3 | 66.1% | 1,613.0 | 66.5% | | | | | |
| 廢料 | | | | | 1,588.6 | | | | | | |
| 總活動 | | | | | 3,201.6 | | | | | | |
| N4E及 N4W 總計 | | | | | | | | | | | |
| 赤鐵礦 | 1,667.3 | 66.5% | 388.2 | 66.1% | 2,055.4 | 66.5% | 1.22% | 0.82% | 0.026% | 0.39% | 2.26% |
| 鐵英岩 | | | | | | | | | | | |
| 礦石總計 | 1,667.3 | 66.5% | 388.2 | 66.1% | 2,055.4 | 66.5% | | | | | |
| 廢料 | | | | | 2,142.8 | | | | | | |
| 總活動 | | | | | 4,198.2 | | | | | | |
| Serra Sul儲量概要 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 赤鐵礦 | 3,045.8 | 66.8% | 1,193.7 | 66.7% | 4,239.6 | 66.8% | 1.391% | 0.590% | 0.033% | 0.131% | 2.257% |
| 鐵英岩 | | | | | | | | | | | |
| 礦石總計 | 3,045.8 | 66.8% | 1,193.7 | 66.7% | 4,239.6 | 66.8% | | | | | |
| 廢料 | | | | | 2,190.2 | | | | | | |
| 總活動 | | | | | 6,429.8 | | | | | | |

Vale向Pincock提供有關北部體系3個礦藏的敏感度分析。成本不一，由基準情況至高於基準情況250%，收入亦不一，幅度高達基準情況的25%。

圖4-3至4-5載有收入下跌及成本增加對儲量估計基準情況的影響。誠如數字所述，該三個礦場相對較活躍，其中以N4E最為敏感。但是，如果收入減半或成本增加一倍，由此產生的儲量減幅估計只是5%。由於生產成本及銷售價格兩者有很大差距，該項目就界定儲量而言，具有較強的經濟活力。

圖 4-3
 Vale
 北部體系儲量審核
 N4E 敏感度分析的結果

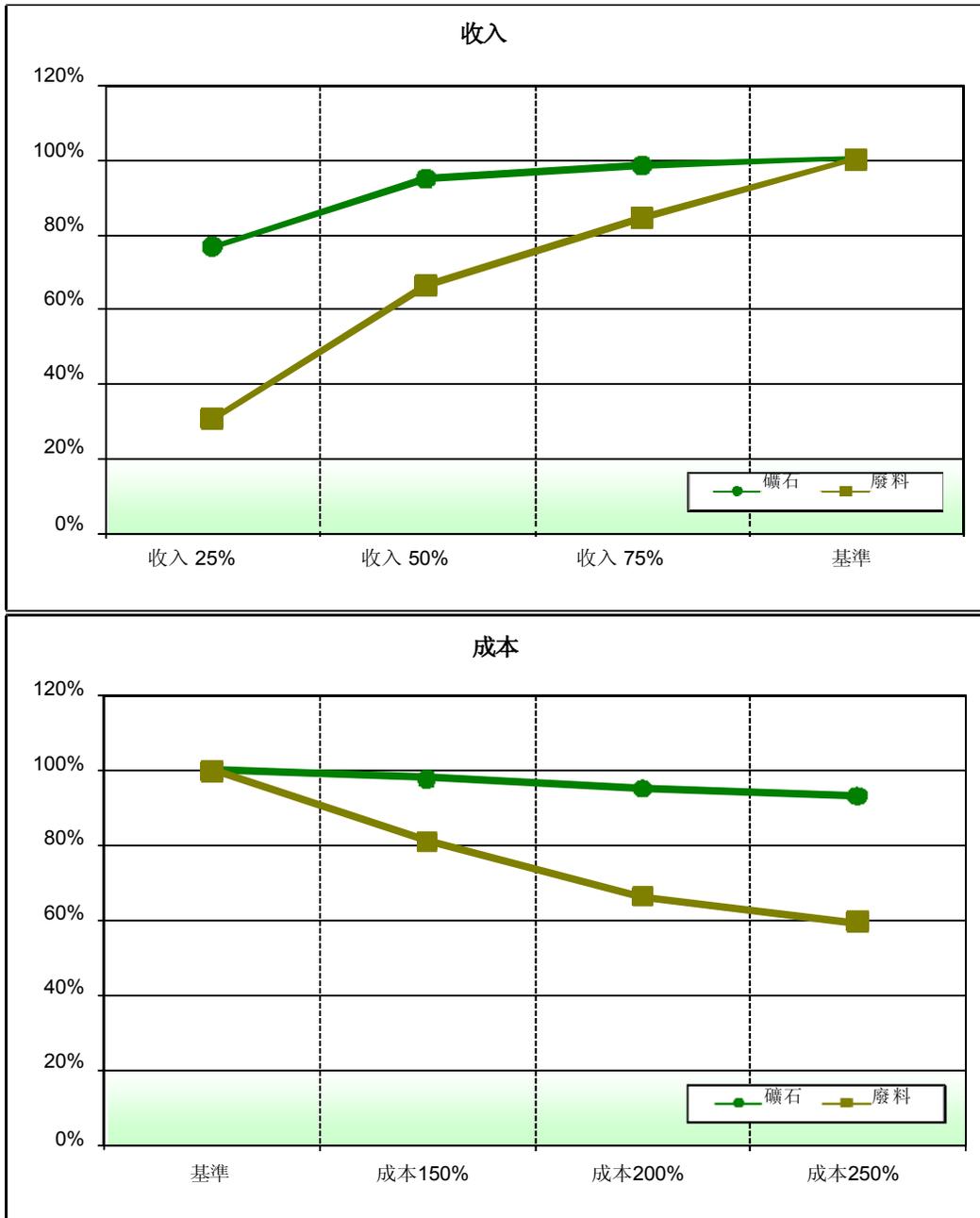


圖 4-4
 Vale
 北部體系儲量審核
 N4W礦場敏感度分析

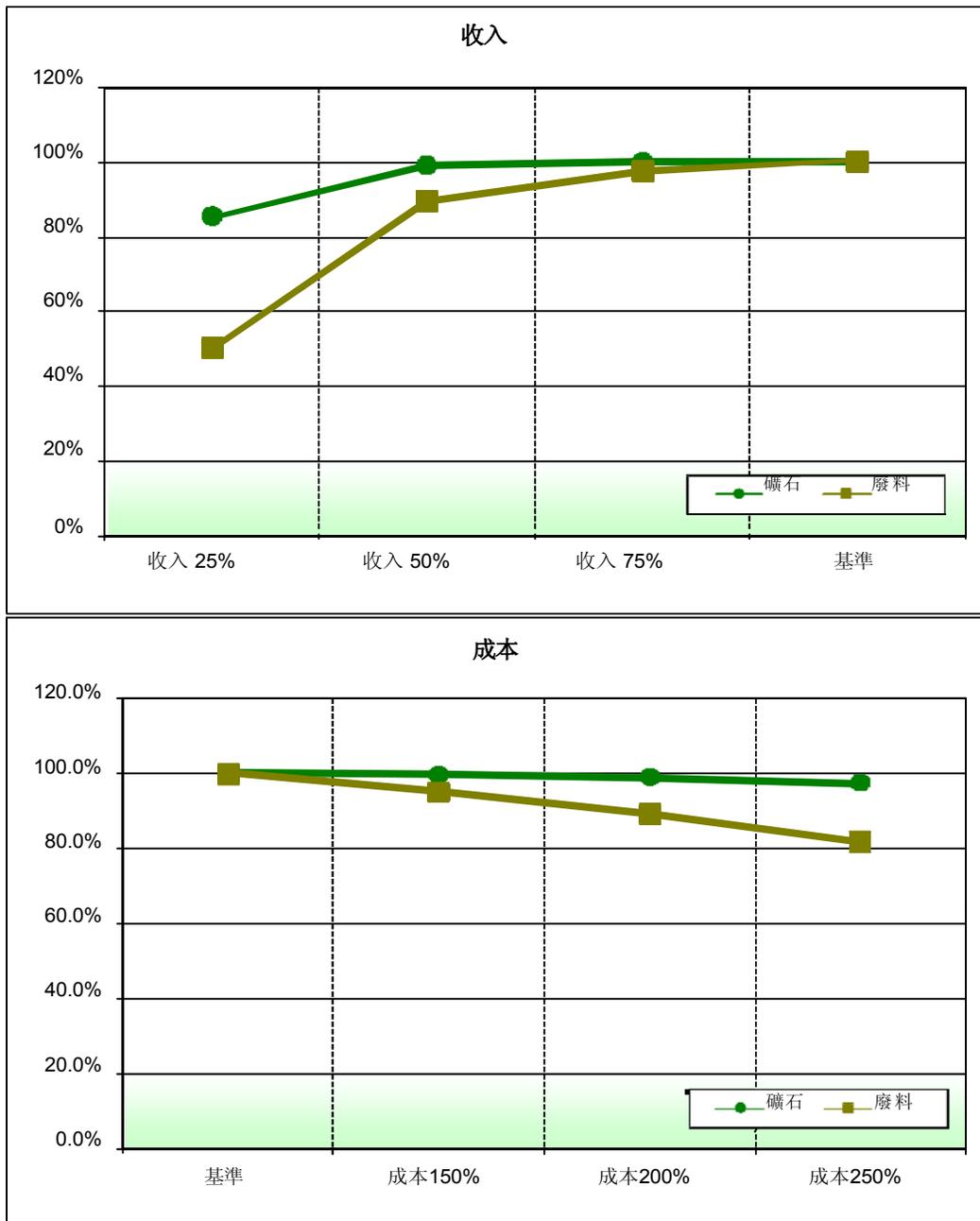
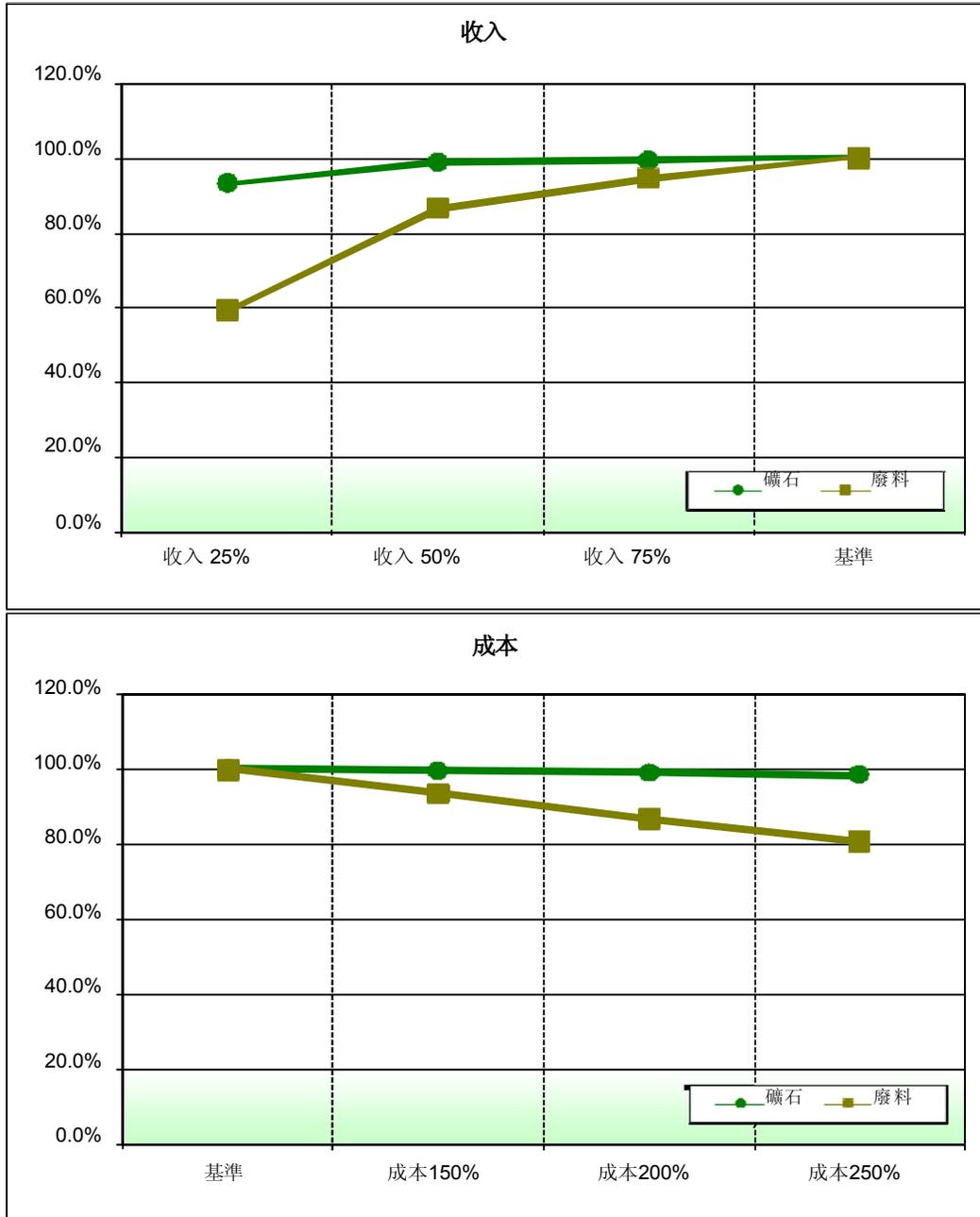


圖 4-5
 Vale
 北部體系儲量審核
 Serra Sul項目敏感度分析



5.0 洗選

從卡拉加斯綜合礦場項目開採的礦石，在中央處理工廠進行洗選，主要是透過壓碎、篩檢、分級、脫泥、脫水過程處理赤鐵礦，產生三種類型的產品，即塊礦、燒結用粉礦及球團用粉礦。該工廠的生產能力透過不同的資本改善項目及在高比率的情況下經營某些設備，已由2006年的每年約80百萬公噸，增加至2008年預算的每年100百萬公噸。Vale計劃透過在毗鄰現有工廠之處造新的選礦廠，增加生產力每年30百萬公噸。

Serra Sul項目亦計劃建立專門的洗選廠。洗選廠將營運乾燥系統，並只產生一個單一的燒結用粉礦產品。該礦藏已被全面金剛石鑽探，並在建議的400米礦體上進行橫坑勘探（寬2米、高3米），以收集大量礦樣。已鑽探核心樣本進行更多的測試及分析，以確定礦化特徵及釐定礦場及工廠可生產的潛在化學及物理質量。橫坑生產4,000公噸大量樣本，代表不同的礦石類型，可用於試驗工廠測試，以建立可靠的進程產生令人滿意的燒結用粉礦產品。

本報告以下各節討論現有的卡拉加斯洗選廠、每年30百萬公噸產能的擴張計劃及Serra Sul洗選廠。

就現有卡拉加斯業務，具體討論洗選廠的業務，以及每年30百萬公噸產能的擴張計劃於第8.6節詳述，並在第9.6節詳述Serra Sul項目。

6.0 基礎設施

自80年代中期項目開始營運以來，支持北部鐵礦場的基礎設施已經建立。Vale設立Urban Nucleo市鎮，用作職工住房。此後，最接近Parauapebas的社區已發展到能為北部體系員工及承包商提供額外住房及服務。Serra Sul項目接近Canaã dos Carajás社區，而該社區目前向Vale的Sossego銅礦提供支持，並會支持新的Serra Sul項目及計劃中的Vermelho Nickel項目。Vale正提供社區規劃支持，發展區內適當的住房項目。

6.1 運輸

該地區具有良好的公路及鐵路接駁，連接城鎮及城市。在離卡拉加斯180公里(公路)的Marabá定期安排航空服務，並有更多定期航至卡拉加斯機場，位於該小鎮以東約10公里的地點。Vale每日有包機由Belo Horizonte 飛往卡拉加斯，以及定期安排商務航班。大多數航班是連接巴西利亞首都。

6.2 房屋

Vale在卡拉加斯 (Urban Nucleo)的員工獲提供房屋。卡拉加斯有約5,000名居民。大部分在礦場工作的承辦商均來自Parauapebas。當地有足夠的學校、醫療服務及小企業。支持Serra Sul項目員工隊伍的住房是於Canaã dos Carajas開發，以擴大提供予Sossego礦場員工隊伍的現有房屋。

6.3 通訊

電話通訊可透過固網及通過流動電話連接。互聯網通訊可在礦場地點進行。

6.4 供水及污水處理

供水服務一般是由市鎮提供，並由Vale營運。經處理的供水主要來自地面水源，當中不少水源是來自尾礦堵塞堤的回收水。

Serra Sul項目的供水將從地面水資源提供。

6.5 電力

電力是來自 Tucuruí的一台3,800兆瓦的發電站，位於Marabá以北200公里的Tocantins河。

6.6 燃料

燃料是用卡車運到礦區，而燃料在礦區儲存。

6.7 礦場基礎設施

北部鐵礦石體系設有大型、管理完善的基礎設施，以支持眾多的採礦及洗選業務。類似的基礎設施亦計劃用於獨立的Serra Sul項目。

北部鐵礦石體系的主要設施包括：

- 配電及變電站
- 中央混凝土廠
- 維修店
 - 潤滑
 - 輪胎店
 - 卡車維修（電氣及機械）
 - 設備維修（電氣及機械）
 - 輕型汽車維修
 - 卡車清洗
 - 營地維修
 - 電機實驗室
 - 汽車
- 倉庫
- 餐廳
- 可燃儲存區
- 辦事處
 - 行政
 - 礦場基建
 - 運輸系統
 - 醫療辦事處及救護

- 水質地理
- 物理及化學實驗室
- 通道閘門
- 污水處理廠
- 爆炸物倉庫區

7.0 環境因素

本節提供關於卡拉加斯鐵礦的環境概要，其中包括：管理背景、牌照狀態、環境管理、回收計畫及成本、法定開採權利、工作健康和 safety，以及潛在的環境風險。

卡拉加斯屬熱帶氣候，雨季為十一月到次年四月，旱季五月開始，十月結束。從 1968 至 1998 年的 30 年間，年平均降雨量為 1930 毫米。平均而言，降雨量最多的月份一般在三月。溫度範圍最低 15 攝氏度，最高 35 攝氏度。

卡拉加斯地區有兩種主要的植被生態系統類型。森林主要是由相對茂密的樹林及樹林下的灌木組成。第二種植被生態系統 *canga* 更是一種熱帶草原型植被，以草原及灌木為特點。此植被在此地區獨一無二，據說與該地區的鐵礦石礦藏有關。採礦區及廢料場的填埋過程包括第一年種植豆科植物，幫助改善土壤（成分如固氮）；然後種植植被及引入本地物種。來自礦山的有機廢物也用於幫助增強土質。

7.1 管理背景、牌照狀態

鐵礦的北部開礦綜合項目及最為相關的運營和活動都位於 Floresta Nacional de Cajarás (卡拉加斯國家森林) 的聯邦內土。它是在卡拉加斯採礦工程運行之後，根據聯邦法律於 1998 年成立的。卡拉加斯加工廠的兩個尾礦池 (Gelado 和 Geladinho) 現位於 Gelado 環境保護區 (APA)，該區毗鄰國家森林公園的一處聯邦保護區北部。兩處地區均受到 the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 監管。(IBAMA：巴西環境和可再生自然資源研究所)。

IBAMA 負責監管這些聯邦土地，並在 Vale 的幫助下制定了一套管理計劃，指定在七種不同的活動區域內允許從事的活動 (如採礦、森林生產、保護等)。IBAMA 亦為 Vale 的運營頒發了各種環境許可證，如採礦、建築、廢料場、尾礦池和砍伐樹木。就新項目而言，對於卡拉加斯年產能 3000 萬公噸的擴建工程，IBAMA 分別頒發了項目安裝、建設和經營許可證。

在發牌過程中，環境影響分析是必需的。分析的詳細級別由潛在影響的大小而定。對於如 Serra Sul 項目這樣的重大項目，全面的環境影響評估是必需的，其中包括機構間審閱和協商、公佈可用的審閱檔、以及需支付的某些稅項或費用。環境影響分析結果分成兩份文件提交，一份是環境影響分析報告 (EIA)，另一份是環境影響報告書 (RIMA)。EIA 包含對項目區範圍內的物理環境基線、水文條件、生態環境和社會經

濟條件的評估及特點描述。RIMA 介紹項目的及必要性，包括減少不可避免的影響的緩解措施、提出監測方案並加以實施，以評估緩解措施的有效性。

IBAMA 亦設立了各種法規，對與環境有關的活動進行管理，例如各類污水的水質最高排放限量。

其他負責監督卡拉加斯鐵礦石開採業務的政府機構如下：

- Departamento Nacional de Producao Mineral (DNPM：國家礦物生產部)：負責授權礦物開採權。亦受理採礦年度報告。
- Ministerio do Exercicio (軍隊部)：負責為購買炸藥成分及使用炸藥發牌。
- Instituto do Patrimonio Historico e Artistico Nacional (IPHAN：國家歷史和藝術財產研究院)：負責保護巴西的歷史、文化、考古及藝術資產。
- Agencia Nacional de Transportes Terrestres (ANTT：國家地面運輸局)：負責巴西境內危險產品的地面運輸（如公路，鐵路）。
- Agencia Nacional do Aguas (ANA：國家水務局)：負責水的使用。
- Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA：國家衛生局)：監督海外公共健康，如飲用水的供應。
- Comissao Nacional de Energia Nuclear (CNEN：全國核能委員會)：負責核裝置的發牌（如光密度計）。
- Secretaria Executiva de Ciencia, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM：科學、技術和環境執行秘書處)：國家準資源機構，例如負責授權地下水的的使用。

表 7-1 列明 Vale 持有的許可證及其地位。

表 7-1

Vale

北方體系保護區審核

卡拉加斯鐵礦及運營牌照/許可證

| 機構 | 項目 # | 描述 | 狀態 (開始) | 失效期 |
|-----------|--------------------------------------|---|----------|----------|
| IBAMA (1) | 267/2002 | 所有礦山經營範疇 (如經營、選礦等) 除下方註明的其他牌照外。允許年開採量為8,500萬公噸 | 7/7/04 | 7/7/06 |
| IBAMA | 272/2004 | 設置 Pera 尾礦庫牌照 | 20/8/04 | 20/8/06 |
| IBAMA | 276/2004 | 設置東二區廢料場牌照 | 6/9/04 | 6/9/06 |
| IBAMA | 277/2004 | 設置西北二區廢料場牌照 | 6/9/04 | 6/9/06 |
| IBAMA | 278/2004 | 設置南三區廢料場牌照 | 6/9/04 | 6/9/06 |
| IBAMA (2) | 285/2004 | 在已有倉庫內設置聚氨酯廠牌照 | 27/10/04 | 27/4/05 |
| IBAMA (3) | 326/2003 | 砂礦山經營牌照 | 17/7/03 | 17/7/04 |
| IBAMA (3) | 327/2003 | 花崗石礦山經營牌照 | 17/7/03 | 17/7/04 |
| ANA | 決議 001 - 2005 年1月13日 | 允許興建 Pera 尾礦庫 (需 ANA 的獨立決議案方可運營) | 13/1/05 | 13/1/40 |
| CNEN | 1495/2002 | 於工廠使用核光密度計的牌照 | 17/6/02 | 5/30/05 |
| DNPN | 813.682/69, 813.683/69, 及 813.692/69 | 礦產開採權原本授予亞馬遜礦業公司, 其中 51% 為 Vale 擁有, 49% 為美國鋼鐵公司所有。美國鋼鐵後來將其股份轉賣給 Vale。 | 9/6/74 | 無 |
| 國防部 | | 購買、儲存及使用炸藥製作材料牌照 | 9/4/03 | 31/12/05 |

(1) 牌照續期之時, Vale 計劃申請在可允許的範圍內將年產能增加到 1 億公噸, 並且將 Pera 尾礦運營牌照、東二礦、西北二礦及南三礦廢料場併入此牌照之內。

(2) 因聚氨酯工廠將於 2005 年 9 月竣工, 計劃於 4 月份取得另一牌照。

根據 Vale 的資料, 公司已申請牌照續簽, 但仍未收到續簽牌照。IBAMA 表示牌照已獲批, 且會盡快把牌照寄給 Vale。

7.2 環境管理

卡拉加斯綜合項目的環境管理團隊有 16 人在現場管理, 4 人負責牌照申請事宜。120 名合約制員工提供額外支援, 包括取樣、廢料收集和回收工作。

卡拉加斯鐵礦於1998年獲得 ISO 14001 認證, 並將於 2009 年再度獲得認證。外部審核已經在 Pincock的訪問之前提前一個月內完成。合共收到九項違反協議事件報告, 其中大部分屬行政性質, 例如由醫療中心產生的廢料缺乏適當登記、申請取水牌照但未獲批准、材料安全數據表 (MSDS) 並非適用於所有化學品的現場, 以及醫療中心醫生未經區域醫療機構註冊。整改措施正在落實。

卡拉加斯鐵礦的內部審核每半年進行一次。Vale 的審核按照公司環境指標（廢料、水質、污染及許可證／牌照）進行。這些審核的結果會影響支付環境工作人員的獎金數額。

由第三方顧問公司進行的外部審核按照 ISO 14000 環境管理系統執行。

IBAMA每年至少進行兩次實地考察。

7.3 合法開礦權

1974 年 9 月，亞馬遜公司收到巴西政府 (DNPM 現在監督礦產開採權) 寄來的卡拉加斯礦產開採權。Vale 擁有 51% 股份，而美國鋼鐵公司擁有 49% 股份。隨後，美國鋼鐵公司出售其部分股份給 Vale。開採權並無失效期。

7.4 健康與安全

卡拉加斯擁有穩健的衛生和安全計劃，並得到健康及安全部及持續的培訓支援。每個新員工都會接受為期三天的健康、安全、環境和 Vale 政策的培訓。特定工作流程或於特定區域工作的員工亦會接受額外培訓。標準操作規程 (SOP) 中也包括了各種手續。對於某一特定任務，如果沒有可適用的 SOP，則需完成一份任務分析報告。這一分析考慮到任務本身的潛在風險、明確列明如何執行任務以減輕風險。卡拉加斯亦設有緊急通訊員，他們都接受過緊急通訊訓練，能夠應對各種工作場景、並根據情況召喚救護車或消防車等以施展救援。

7.5 新項目牌照

現時，卡拉加斯 3000 萬公噸的鐵礦場的擴張工程及 Serra Sul 綠地項目申請牌照的事宜正在進行中。關於牌照申請過程及問題的詳細討論請見 8.7 和 9.7。

3000 萬公噸擴建工程目前正在通過 IBAMA 的審核，該工程將作為擴展現有的北部綜合項目的一部分；然而，營運牌照將單獨發放。為推動這次牌照的申請，Vale 準備了環境控制報告 (RCA) 與環境控制計劃 (PCA)，提供措施控制、檢測、緩解及補償與此工程提議的修改有關的環境影響。RCA/PCA 檔由 Vale 準備，國際環境顧問公司 Golder Associates 提供支援。有關文件於 2007 年 5 月份提交，目前正處於審核階段。Vale 預計最終審核將於 2009 年中期完成，屆時將會發出安裝牌照。

Serra Sul 項目因在 Floresta Nacional de Carajás 有些許變動，而需要 IBAMA 重新進行審核。IBAMA 將會是項目在國家森林內部和外部的領導機構，當中唯一只有電力線將會交由帕拉州環保機構審閱。Vale 與Golder Associates 聯手已為該項目準備好了 EIA/RIMA 系列研究，並且已經舉行公開會議談論當地民眾的關注，是次討論會也是 EIA/RIMA 文件發佈的一部分。預計 EIA/RIMA 將於 2009 年初提交，並且需要兩年時間獲得 Serra Sul 項目的安裝牌照。

儘管 3000 萬公噸的擴建工程及 Serra Sul 項目有可能獲得批准，但環境牌照的缺失亦使這些項目的開發面臨風險，儘管風險是合理的，且是處在此開發階段的項目面臨的典型風險。

7.6 總結及潛在的環境風險／關注

在經過實地考察、員工訪談和文件審閱之後，卡拉加斯鐵礦開採項目似乎有適當的法律權利及開礦的牌照／許可證。總的來說，卡拉加斯應擁有強大的 ISO 14001 環保認證計劃，並獲得 Vale 穩健的公司環境結構支撐。然而，卡拉加斯面臨有關遵循現有的法規及牌照條件，以及獲取新牌照方面的挑戰。

8.0 N4E及N4W礦場

下文載有N4E及N4W礦場具體方面的討論，N4E及N4W礦場為目前北部體系的一部分，還包括N5E、N5W及N5S礦場。

8.1 地質

該N4E礦藏為其中一個較大的鐵礦藏。該礦藏形狀與「J」相若，南北方向的周邊約3,500米，東西方向的周邊約1,500米，厚度約200米。該礦藏偏西至西北40至50度，分為兩個主區：北部和南部。北部主區主要包括軟赤鐵礦，當中小部分為硬赤鐵礦鏡及若干不規則的碧玉鐵質岩。礦藏礦化情況於本報告第2.4節作更詳細討論。南部主區包括軟赤鐵礦，當中小部分為硬赤鐵礦，以及不規則的碧玉鐵質岩鏡與含錳赤鐵礦。礦藏品位按碧玉鐵質岩深度下調。

該N4W礦藏是由N4E起，以南北斷層分隔。該礦藏以東北至西南方向，長度約3,500米，以西北至東南方向，寬度為1,000米，厚度約225米。該礦藏稍為傾向西，幾乎完全是軟赤鐵礦，當地包括部分含錳赤鐵礦鏡。幾乎完全不含硬赤鐵礦。礦藏品位按碧玉鐵質岩深度下調。

8.2 資源模型

資源建模的整體方法是由Vale完成，詳情討論載於本報告第3.13節。就N4E礦藏及N4W礦藏開發地質模型，作為整體資源建模工作之一部分。就開發本次審核三個礦藏各自的地質模型所採用的方法討論載列如下。

N4E及N4W礦藏地質模型根據以下項目產生：

- N4E模型：43個橫截面，以100米分隔。填充截面以50及25米分隔。
- N4E模型：48個平面圖。
- N4W模型：96個橫截面
- 接觸帶分析。
- 就N4W，使用3米複合物，就N4E，使用8米複合物

- 使用CLI分類篩選岩性解釋。
- 建立多邊形。
- 透過平面多邊形擠壓產生的固體。
- 採用線性聯區化模型根據重新評估岩性主區創造細胞或殼層模型。
- 25 × 25 × 15米區塊離散化。
- 區塊獲標記及數量進行比較。

建模程序由Vale執行，包括透過解釋礦體邊界及建立三維模型導入外部數據庫文件及創建地質剖面。品位評估是由Vulcan®以克立格法進行，並採用地質統計學參數。地質統計學研究以Geovariances Isatis®軟件進行。於創建地質分塊模型之後，進行數據庫及模型驗證。該方法在Pincock呈示作估值之用的Vale報告詳載。

8.3 資源聲明

N4E及N4W礦藏的總資源審閱載於表8-1。資源指估計赤鐵礦，而不考慮目前計劃的最終礦坑限制(截至2007年12月)。Pincock認為，Vale的資源估計是可以接受的公開披露，並作為符合美國證券交易委員會標準估計儲量的基礎。

8.4 採礦審閱

8.4.1 一般討論

Pincock工程師於2008年12月考察Vale北部體系的礦場及洗選設施，重點是N4E及N4W的業務，作為現行審核的一部分。

現有N4E及N4W的採礦業務為一般大型卡車挖掘採礦業務，使用230至250公噸卡車及17至38立方米液壓及電動鏟子。大型輪式裝載機（17立方米）亦用於卡車裝載。大多數易碎赤鐵礦可自由挖坑，估計約50%需要鑽探及爆破。至於其他礦石類別，100%為硬赤鐵礦及碧玉鐵質岩，需要鑽探及爆破。只有15%的分解鎂鐵質岩體需要爆破。鑽探是透過一組輪替的炮眼鑽進行，為橡膠履帶。鑽探直徑為251毫米至311毫米，大部分鑽探直徑為254毫米。鑽孔深度為16至17米(15米鑽床，加1-2米分部鑽井)。根據岩石類型及裝載工具變動形態。輪式裝載機比鏟子要求更緊迫的鑽孔間距。就輪式裝載機，鐵鎂質的間距可短至為3米乘6米，就鏟

子，軟赤鐵礦的間距可短至7米乘15米。

表 8-1

Vale

北部體系資源回顧

N4E及N4W礦場預計探明及可能資源

截至2007年12月31日

| 礦物性質 ⁽¹⁾ | 噸位 x1000 ⁽²⁾ (公噸) | 品位 鐵 (%) |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| | 赤鐵礦 | |
| 北部體系 | | |
| N4E | | |
| 探明資源 | 531,601 | 65.88 |
| 可能資源 | 282,088 | 65.04 |
| 小計 | 813,689 | 65.59 |
| N4W | | |
| 探明資源 | 1,526,636 | 66.34 |
| 可能資源 | 402,280 | 65.89 |
| 小計 | 1,928,916 | 66.25 |
| 總探明及可能資源 ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ | 2,742,605 | 66.05 |
| 推斷資源 | | |
| N4E | 41,620 | 65.21 |
| N4W | 185,364 | 65.80 |
| 總推斷資源 | 226,984 | 65.69 |

附註：

- 1) 除非另有說明，否則Vale於礦場的股本權益為100%。
- 2) 噸位是濕式原礦公噸計算。
- 3) 資源估計包括儲量。
- 4) 資源估計是根據2007年12月31日的地形情況。
- 5) 資源由Vale估計，並經Pincock審核。

使用硝酸銨及燃料油(ANFO)及乳劑，作為主要炸藥，並根據水質情況混合使用。粉末因素平均為每公噸 130克。預裂在最後一行使用。坑面一般都在良好條件下，重大失敗的情況大分罕見。研究已經完成，以確定邊坡穩定性，並建議每個礦坑各部門使用的角度，系統監測礦坑表現及礦坑脫水效果為開採業務的常規行動。

由N4E及N4W礦坑生產的礦石拖到坑式破碎機，然後被輸送到中央洗選廠。Pincock審閱Vale規劃工程師使用運輸方法概要。概要按年度礦坑計劃產生，經營及運輸時間乃按現行表現數據庫及設備生產紀錄計算。Pincock認為，有關工作獲妥善完成，並準確地開發設備機群時間表。礦場更換設備在合理時間內進行，經特定機器或機群的營運時間計量。於部分礦坑，沒有及時重置，雖然仍相信這種情況將在不久的將來改善。重置資本推算是足夠的。就開採條件、勞動力價格及Vale涉及的原材料單位價格，開採的營業成本屬合理。

8.4.2 礦場規劃的年期

N4E及N4W礦場的礦場規劃的年期已按本報告第4節討論的以下程序編制。每年計劃達到最終礦坑是通過設計礦坑進行，直至2015年，其後通過「數學」礦坑完成營運年期。礦場位置及佈局載於圖8-1及8-2，其指示報告儲量的最終礦坑。

Pincock認為，Vale正採取合理的方式設計礦坑以顯著延長營運年期。所有這些生產數字可能會改變，當然，這取決於未來市場、附加產業鑽探，以及可動用的企業資本。

表8-2概述目前卡拉加斯業務的設備機群，其在2007年運輸2.937億公噸材料，預計將在2008年運輸2.625億公噸。每年增加3,000萬公噸的計劃將需要提升設備機群以應付擴大生產。表8-3載有用於擴建項目所增加的設備。

根據Pincock的審閱，我們認為擬開採機群應足以應付擬的生產水平。

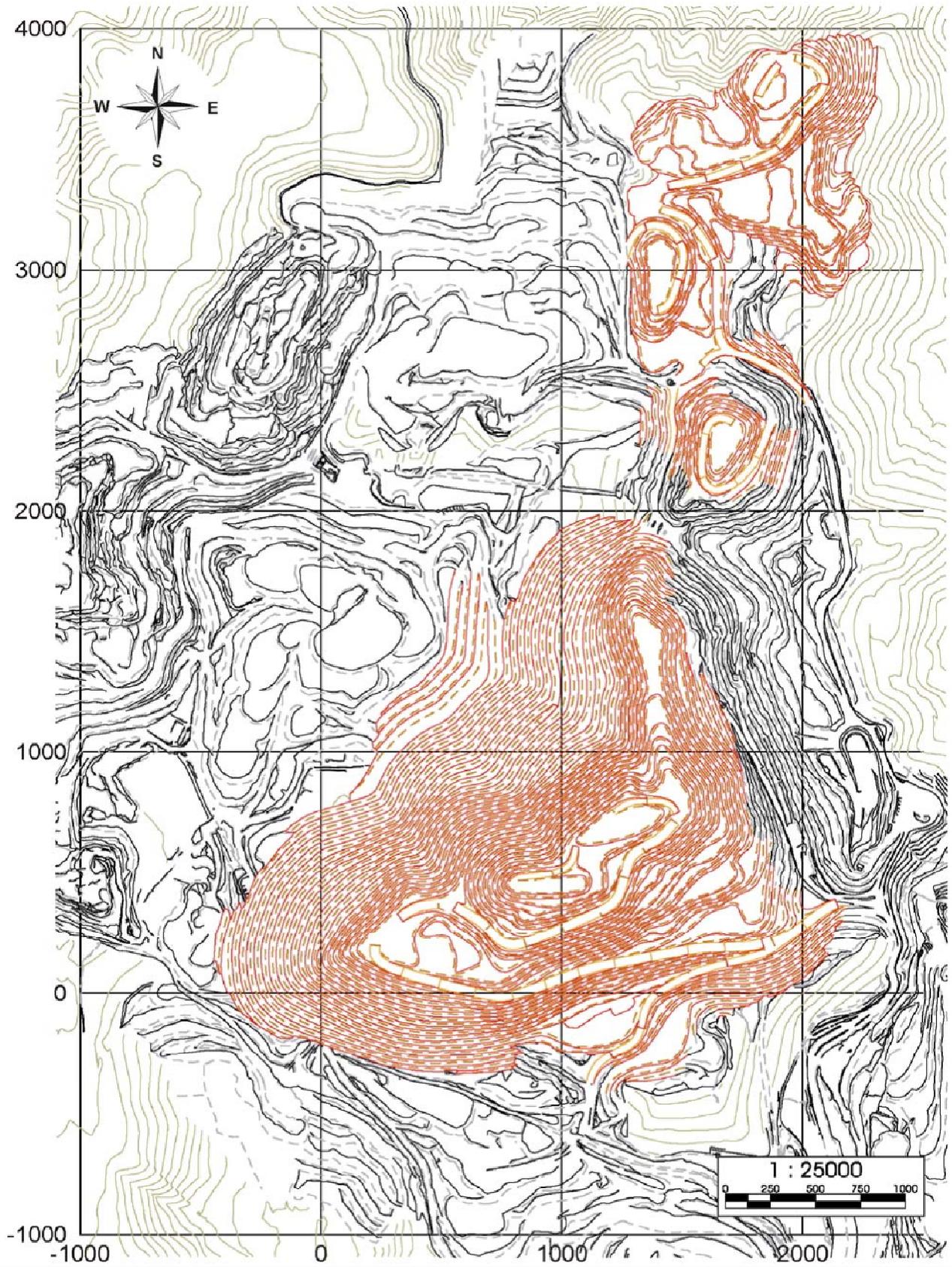
8.5 儲量

表8-4概述Vale就N4E及N4W礦場估計的儲量。所示儲量仍截至2007年12月，而無計入2008年投入的生產。總儲量代表設計礦坑的估計材料，這是按照儲量計算礦場設計所表現探明或可能礦產資源的具有經濟效益的可採礦部分。

在年終調查完成時，2007年12月的儲備將會因2008年生產而被耗盡。

誠如第4.4節中討論所述，Vale完成一系列敏感度分析，以評估所示儲量的經濟穩健性。成本不一，由基準情況至高於基準情況250%，收入亦不一，低至基準情況的25%。

根據產品價格及生產成本所顯示的敏感性，Pincock認為，Vale報告的儲量遵守JORC要求，並符合美國證券交易委員會（SEC）界定的儲備要求。



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: **VALE**
 項目名稱: **北部體系**

圖 8-1
N4E 最終礦坑

發佈日期: 2009 年 3 月
 圖片名稱: **Fig.8-1.dwg**