

1.0 執行摘要

受巴西淡水河谷公司 (vale)邀請，Runge 旗下子公司 Pincock，Allen& Holt-Brasil (Pincock)工程諮詢公司完成了對位於巴西帕拉州 Carajás 綜合區的 N5 鐵礦石儲量和評估報告的審查和審計工作。

1.1 工作範圍

此審查報告的目的在於對 Vase 的公司技術人員代表本公司所做出的儲量評估進行確認。Pincock 知道本報告的結果和發現可能由 vale 公司和證券交易委員會在公開提交文件中引用，包括 vale 在美國證券交易委員會（證交會）20F 年度報告文件和新近在香港聯合交易所有限公司上市的企業所引用。因此，茲參考應證券上市規則第 18 章節的具體要求。

報告使用“測量的礦產資源”，“標明的礦產資源”和“推斷的礦產資源”等術語。我們要告訴投資者的是，儘管根據加拿大相關規定，加拿大政府認可這些術語，也允許使用這些術語。但美國證券交易委員會卻不認可這些術語。根據美國證券交易委員會的規定和其“產業指南 7”的相關要求，本報告或其附件中的任何礦產資源參考文件，淨現值(NPV)，成本和價格等祇用作確認儲量的證明，不能讓文件規定以外的任何投資人、分析員、或公司和個人等使用。

本審計報告通過綜合審查 Vale 公司提交的當前的 N5 礦床計畫和下文將提及的之前審計報告的基礎上形成的。Vale 提供的儲量報告自 2009 年 12 月 31 日開始執行到 2010 年 6 月 30 日結束，具體情況將會在獨立文件中說明。

作為專案的一部份，Pincock 會進行現場考察，觀察礦井運行情況，檢驗 Vale 的公司地質學家和採礦工程師計算儲量時所使用的方法。實地考察於 2010 年 7 月進行。長期生產和費用預測方法是礦業評估其經濟運行的基礎，Pincock 使用這一方法來計算其儲量。對比礦業歷史資料和預測資料，我們發現，預測資料更為合理。Pincock 公司對經濟分析進行審查或分析，以支持其對礦石儲量的評估。同時該公司還對這些儲量的合法開採權進行了審查，對是否滿足環境要求進行了審查，並對最好的管理方法進行了評估。

1.2 工程描述

Carajás 礦位於巴西中北部的亞馬遜地區，距 Carajás 礦 Núcleo Urbano town 的採礦點不到 15 公里。大部份的採礦點位於 Carajás 國家森林區域之內。國家森林公園建立於 1998 年，之前曾進行過採礦活動。聯邦政府規定誰建立了國家森林便可以進行多方面土地利用。

地形包括起伏的群山，有時周圍有陡直的懸崖。懸崖由不易腐蝕的鐵角礫岩和被覆蓋的易於腐蝕的鐵層組成。工程區域地形起伏多變，海拔從 400 米到 700 米不等。Carajás 地區主要的排水通道就是帕勞阿佩巴斯河。帕勞阿佩巴斯河位於 Carajás 礦東部，流向自南向北，是 Itacaiúnas River 的支流。Itacaiúnas Rive 流入 Marabá City 附近的托坎廷斯河，並從此注入亞馬遜河。

採礦活動一般是在炎熱潮濕的熱帶氣候下進行的。每年的 11 月到第二年的四月是 Carajás 的雨季，五月到十月為旱季。1968 年到 1998 年 30 年間，Carajás 的年平均降雨量達 1930 毫米。通常，全年五月份降雨量最多。溫度在 15°C 到 35°C 之間。

目前 Vale 的 Carajás 綜合區包括 N4 和 N5 區域的大型露天礦。N5 礦區目前有三個運營開採礦，N5W、N5EN 和 N5E，這三個礦均位於綜合區北部。隨著 N5S, Morro 1 and Morro 2 區域的開發，未來採礦活動將向北部擴展。N5 礦區的開採於 1998 年隨著 N5W 的開始而開始，而後於 1999 年擴展到 N5E，2003 年擴展到 N5EN。目前 N5 礦區 ROM 產量已占到 Vale 的 Carajás 綜合區的 50%，而且這一數字在 2010 年將達到 65%。

N5 礦區鐵礦既可以提供給半移動坑內壓碎機，再通過壓碎機傳送到主要中央處理廠，也可以直接運往兩個年產量在 1000 萬噸的乾式篩分廠中的任何一個進行處理。北部體系礦區年產量已由 20 世紀 90 年代的 3000 萬噸達到 2010 年的 1 億噸以上。隨著位於 Carajás 綜合區其他處理廠的建成以及 serra sul 項目的發展來解決 N4 區域的生產問題，北部體系礦區年產量有望每年增加 3000 萬噸，預計 2012 年產量達 1.5 億噸。

Carajás 所有的礦廠都生產赤鐵礦砂。所有經過中央處理廠處理或兩個年產量在 1000 萬噸的乾式篩分廠處理的礦石將被運往中心堆棧場裝車。不同礦石間一般無隔離礦石。鐵礦石裝車後將通過大卡車和 Estrada de Ferro de Carajás (EFC) 鐵路運給客戶。大部份的鐵礦石將通過 Estrada de Ferro de Carajás (EFC) 鐵路從 Carajás 被運至 Terminal Marítimo Ponta da Madeira (TMPM)900 公里外的地方。產品尾礦將被送往位於中央處理設備北部的兩台尾礦處理設備進行處理。

N5 位於 DNPM 採礦法令規定的範圍內 813.683/69 和 813.692/69。1974 年，為了組建 DNPM 74.507/74 礦業集團(“Agrupamento Mineiro”)，將這些規定與 DNPM 法令 813.682/69 進行了組合。

自 1985 年開始開採活動以來，Carajás 地區的產量歷史性地從 1986 年的 1850 萬噸的 ROM 猛增至 2008 年的最高水準 1.202 億噸。其中 2004 年至 2009 年的產量增加是由於現存的處理廠經營改善而取得的，並沒有做出重大修改或增加處理設備數量。

Vale 計畫將通過在現存處理廠附近修建兩個新處理廠和材料儲存井，將 Carajás 地區的生產量每年提高 300 萬噸。其中一個新廠即將啓用，另一個廠也正在建設當中，屆時可使 Carajás 綜合區的年生產總能力接近 1.3 億噸。

除了處理廠外，擴展專案需要增加其他移動採礦設備，一個井內破碎機，包括堆取料機系統的擴建的儲藏室和其他運輸機車和軌道運輸車。目前 3000 萬噸的擴展專案設計和獲批程序正在進行。Vale 給 Pincock 提供各種各樣的工程研究和報告以及資本和運行成本評估，來說明其提交的擴張專案的技術和經濟可行性。擴展計畫的最終產品是燒結料和球團原料。

1.3 審計歷史

對於 Vale 財產資源的審計報導始於 1997 年，爲了滿足美國證券交易委員會對於首次上市和公開在紐約證券交易所發售 Vale 股份的要求。從 1997 年審計開始到 1999 年儲量金審計結束，外聘審計員是總部在美國的礦產資源開發有限公司 (MRDI)。MRDI 於 2000 年 5 月被 AMEC 收購，此後一直到 2002 年底的審計工作都是由 AMEC 進行的，但是主要人員還是來自以前的(MRDI)公司。2003 年和 2004 年 Vale 改換了審計員。儲量金的審計自 2003 年底到 2004 年初由高達集團進行。

2005 年初 Pincock 完成了 2004 年全年的審計工作。AMEC 又開始審計 2005 年的儲量金。2006 年沒有進行第三方的審計工作，但是 Vale 的技術人員重新對儲量金進行了調整。2008 年 2 月，Pincock 完成了自 2007 年 12 月 31 日的儲量金調整報告。同時也於 2008 年底到 2009 年審計了 2007 年儲量金報告。結合 N5 礦報告，Pincock 完成了 Vale 的巴西鐵礦石採礦損耗報告，既包括北部，南部也包括東南部體系。該報告考涉及 2010 年 6 月 30 日以前的實際生產儲量金審查評估以來最近的損耗。

1.4 地質情況

北部鐵礦石體系礦石沉積物主要存在於亞馬遜雷氏鯨超級組前寒武紀地層中。該地區的地基包括阿片鄰位粒變岩 和興河谷片麻岩和混合岩體。亞馬遜雷氏鯨超級組火山岩和沉澱物覆蓋在底層上而又被 Águas Claras clastic 沉澱物覆蓋。花崗岩石、輝長岩和花崗岩類會侵入沉積層序列。Carajás 礦寄存於亞馬遜雷氏鯨超級組的 Grão Pará Group，由金屬玄武岩、鐵礦石、金屬流紋岩組成。礦體藏於 300 到 400 米厚的帶狀黑矽石、赤鐵礦、碧玉鐵質岩組成的單元中，該單元發生在較厚的火山單元當中。

Serra dos Carajas 盆地被東西走向和西北七十度方向的線型構造切斷。本區域受眾多小區域斷層的（s 形）影響。最爲明顯的斷層是 WNW 走向的 Carajás 盆地斷層，它將盆地分爲南北兩部份，而 N5 礦就位於地形結構更爲複雜的南方區域。

碧玉鐵質岩具有典型的 Carajás 地區礦物特徵，特別是鐵含量在 15%到 45%之間（最高可達 57%），二氧化矽含量在 35%到 65%之間。深層碧玉鐵質岩的溶濾作用導致矽土不斷移動，從而在深層形成堅硬的赤鐵礦。靠近表面的部份由於風化作用而形成柔軟的赤鐵礦。不管是堅硬的赤鐵礦還是柔軟的赤鐵礦都帶有豐富的鐵礦物質，其鐵含量在 60%到 68%間。靠近表面的地方，由於風化作用在表面形成鐵鋁紅土層。

N5 鐵礦的勘探開始於 20 實際 70 年代，特別是加大對鐵礦的開發。從 2003 年到 2004 年 vale 公司加大了開發力度。共計 843 個鑽孔總長達 137,222 米的鑽探工作已經在 N5 展開。所有樣本在送往實驗室之前都由 vale 公司和/或承包商地質學家在現場進行鑑別和記錄。岩芯材料都要進行地質記錄，抽樣間隔都要進行確認用於分析。一半的岩芯材料用於分析，剩下的一半留待以後使用。留下的岩芯材料被儲存在磁心記憶體設備中。取樣前用數碼相機對岩芯材料拍照以便以後參考。

備好的樣本將在 Carajás 化學分析實驗室進行分析（GADIN），Vale 公司實驗室位於礦區。分析參數確定鐵、二氧化矽、磷、氧化鋁、錳、氧化鎂、二氧化鈦、氧化鈣、氧化鉀、氧化銅和極限氧指數的百分數。採用行業標準程式，要有正式的品質保證或品質控制程式。

對岩芯樣本進行密度測定，使用礦區現場密度測定程式對礦藏、壕溝和坑探中露出地面的岩層和裸露的岩層進行測量。2010 年 Vale 公司進行了一項新的密度抽樣活動，旨在提高 N5 礦層密度測定的準確性。大約進行了 189 項新測定，特別是岩性特徵，而這在 2009 年根本沒有樣本。並進行了 16 份複樣檢查以評估密度測定結果的重複性。

1.5 資源評估

對南北兩體系而言，地質統計學分析方法和資源模型是 Vale 資源模型集團內基本的標準。Vale 資源模型集團開發的地質建模和資源評估程式被 Pincock 認為是支援資源和儲量報導聲明發展的很好的方式。

Vale 資源模型長期計畫集團（致力於長期計畫）位於貝洛哈里桑塔中心。這個集團負責創建地質模型和資源塊模型，為所有 Vale 鐵礦石採礦工作儲量評估提供長期採礦計畫支援。以地質工作為中心，所有鐵礦石礦井採用的基本程序本質上是相同的。通常採用整體分析，分析鐵、二氧化矽、氧化鋁、磷、錳和極限氧指數（燃燒損失）含量和顆粒分數，但是根據礦物質的特徵，方法各不相同。

Pincock 對 N5 礦層的資源模型進行審計檢查。Vale 的 Gerencia de Modelamento Gelologico (GAMGF) 建立了地質和等級模型。Vale 認識到模型文檔和對模型的檢驗的重要性，並投入了大量人力物力開發和生產高品質的綜合系統。Pincock 認為這些特點非常重要，因為他們對於確保通過複雜的套裝軟體裏一系列計算獲得的結果品質起到基本的控制作用。

N5 模型是基於鑽探和地表測繪而獲得的地質資訊構建的。Vale 已開發出了能夠建立更為複雜的岩石學模型和資源分類的程式和工具。Pincock 認為 Vale 建立的這些模型很合理，能夠準確地提供不同礦產的岩石學特徵、等級和主要污染物等。

N5 礦總資源評估參見表 1-1。這種資源代表了地形面評估材料的特徵（tp_orig_n5_311209.00t）自 2009 年 12 月。報導的所有噸位都以濕重計。

1.6 採礦和儲量評估

Pincock 對 Vale 使用的制定採礦計畫的和在地質和採礦分塊模型中對包含其中的材料快分配經濟值的方法進行審查和評估。發現此方法採取了已獲公認的工程或經濟做法。最終邊坑定義和優化分析以資源模型開始，而資源模型已開發出來並用於採礦。如前面所講，Vale 為 N5 礦建立了單個資源模型。Vale 使用 Vulcan[®] 和 ISATIS[®] 軟體進行級別評估，建立資源塊。

表 1-1

VASE

N5 儲量審計

N5 礦評估測定指示資源，自 2009 年 12 月 31 日

礦物特性 (1)	Vale 評估		Pincock 評估		差異	
	噸位 百 萬 公 噸 (2)	等級 鐵 (%)	噸位 百 萬 公 噸 (2)	等級 鐵 (%)	噸位 百 萬 公 噸 (2)	等級 鐵 (%)
測定資源	965	66.78	1001	66.69	35.52	-0.08
指示資源	469	66.53	484	66.44	14.85	-0.08
總測定資源	1435	66.70	1485	66.61	50.36	-0.08
指示資源	210	66.20	214	66.13	4.03	-0.08

說明：

- 1) 除非另有說明，Vale 的礦產股權為 100%。
- 2) 噸位為要求的原礦含水公噸。

- 3) 資源評估包括儲量
- 4) 資源評估以 2009 年 12 月 31 日的地形情況為準
- 5) Vale 負責資源評估，Pincock 進行審計
- 6) PHA 用於地形面下的整個塊模，2009 年 12 月 31 日，品位下限等級 FeGL

除了礦山設計模型外，模型塊應導出三維實體模型軟體。礦山計畫過程包括：

- 確定模組已測定或標註，滿足經濟邊界品位，在 Vale 特徵範圍內。
- 根基 lerchs-grossman 演算法，使用 whittle software 軟體完成礦坑優化分析，考慮經濟參數和地質技術坡度設計參數。
- 優化的或“數學計算的”礦坑應光滑，井臺、斜坡精心設計滿足露天採礦的要求。
- 使用三維實體模型軟體礦山日程表軟體制定生產時間表。

根據礦坑運行情況計算儲量，一般是將測定資源轉化成探明儲量，指示資源轉化為可能儲藏量。然而對於 N5 礦區南部，同聯邦規定保護自然形成洞穴，而這會導致某種不確定因素影響對儲藏礦物進行開採。如報告第七部份所述，N5 礦區南部的開採權限正在獲取中，有望 2010 年完成。目前 N5 礦區南部，Morro1 和 Morro12 的開採權限獲准程式尚未開始，但環境研究已經正在進行。

目前 N5 礦區南部的開採權限的獲取面臨的主要問題是礦層中出現空洞，而這在聯邦規定中尤為重要。目前正在進行研究，評估空洞出現對採礦的影響、文化和環境意義。Vale 無法詳細評估哪個空洞需要特別考慮或者哪些區域不能採礦。同時，Vale 已在確定的空洞周圍設立了緩衝區，這一區域內的礦藏被認為是可能儲量，而地質學家將其歸為探明儲量。這反映了礦山所有權的不確定性，這種不確定性將一直存在，一直到空洞研究結束後和需要做出特殊保護的評估時才會得以確定。表 1-2 列出了 vale 的團隊進行的儲量評估。

1.7 冶金和加工

Carajás 礦區的鐵礦石的處理在附近的中心選礦廠進行。該廠於 1986 年投產，目前已發展成擁有多項基本建設專案，年產量近 1 億噸鐵礦石產品的企業。該廠通過壓碎、篩選、分類、脫泥和脫水等工序處理氧化鐵礦石，主要是赤鐵礦。以前生產過三樣產品包括塊礦、燒結料和球團礦。

表 1-2
VASE
N5 儲量審計
儲量表

礦區	儲量分類	百萬公噸	鐵 (%)	二氧化矽 (%)	磷 (%)	氧化鋁 (%)	錳 (%)	極限氧指數 (%)
N5 總量	探明的可能儲量	393.3	66.81	1.31	0.027	0.89	0.431	1.50
		753.1	67.22	1.34	0.029	0.78	0.245	1.23
	總量	1143.4	67.1	1.33	0.028	0.81	0.31	1.33

(a) 儲量截止 2009 年 12 月 31 日

(b) 噸位為要求的原礦含水公噸,鐵等級以乾料為準。

近幾年來，塊礦和球團原料產量不斷下滑而燒結料產量不斷上昇。塊礦通過乾加工製成包括壓碎和篩選，而之前這兩種礦都是通過濕加工生產的。

近來，專有的乾式篩分法被用來生產燒結料。Vale 已經將中心加工廠的一些濕加工生產線轉換成乾式篩分加工，用於生產燒結料。目前 17 條生產線中的 10 條已經轉換，10 條中還有 8 條在繼續生產。

而且，乾式篩分廠附近的兩個年產量達 1000 萬噸的生產線將補充燒結料生產。第一個年產量達 1000 萬噸的生產線乾式篩分廠將於 2010 年 4 月全面投產，第二條於 2010 年初開始生產，兩廠計畫於 2011 年進行全面生產。未來採用濕加工方法生產燒結料將越來越少，最終被乾式篩分所取代。

萬噸球團原料滿足國內需求。Carajás 礦區也並不打算出口球團原料。Vale 地區所有球團原料出口計畫都來自南方體系礦。

Vale 計畫在現在的中心的選礦廠旁邊擴建一個年產量在 3000 萬噸的選礦廠。該廠預計 2012 年啓用，將採用乾式篩分法祇生產燒結料。

1.8 基礎設施

本項目自 20 世紀 80 年代中期開始運營，目前已經建立了支援北部系統 Carajás（Carajás 礦業公司）礦山的基礎設施。巴西淡水河谷公司 (Vale) 將 Urban Núcleo 鎮設為員工居住地。此後，鄰近的 Parauapebas 社區也不斷地為員工提供住所，並為北部系統承包商提供服務。

該地區有設置齊全的連接鄉鎮和城市的鐵路和高速公路。Carajás 距 Marabá 鎮約 180 公里，之間有定期航班，Vale 的 Carajás 機場位於 Marabá 鎮東邊 10 公里處，兩地間有頻繁的高速列車服務。

密集的電話線和各處分佈的電話塔可進行電話通信。礦點也可上網。

供水通常由城鎮站點提供，由 Vale 管理。工業用水主要來自地表水及尾礦池的回收水。

電力主要由 Marabá 北 200 公里的托坎廷斯河上的 3,800 兆瓦的圖庫魯伊發電廠供應。

北方系統完善的基礎設施可為大量開採、加工業務提供支援。Carajás（Carajás 礦業公司）設施包含所有支持大型採礦作業的必要礦點的基礎設施，包括電力配電系統、維修設施、倉庫、自助餐廳、燃料貯存區、辦公室、實驗室、炸藥儲存區。

1.9 開採環境及合法權利

環境審查的目的是鑑定環境或衛生安全問題，這些問題可能影響巴西淡水河谷公司 (Vale) 開採已公佈的礦石儲量的能力的問題，或是會對 Carajás（Carajás 礦業公司）持續採礦工作帶來重大風險的問題。

在進行本審計時，Pincok 依據巴西淡水河谷公司 (Vale) 提供的資訊和資料，這些資料資訊通過我們

對礦區和配套設備的實地考察得到補充。該項工作的範圍不包括提供詳細的環境審計或遵守監管機構的批准。

從 Pincock 對於環境管理系統的總體結構和在 Alegria（阿蘭希亞礦業公司）實施觀察的評估中，我們認為環境問題得到了積極有效的管理。巴西淡水河谷公司（Vale）的環境管理方案代表了採礦業中最好的環境管理措施。

1.10 經濟可行性

巴西淡水河谷（Vale）提供的經濟敏感性分析支援了總儲量（包括探明儲量和可能儲量）的經濟可行性，並為剛剛證實的儲量提供了經濟敏感性分析。礦山服務年限的現金流轉進行的敏感性分析考慮了合理的經濟參數，包括歷史商品價格和生產成本。敏感度研究考慮了生產費用和產品售價範圍內該專案的實際淨現值，因此符合儲量分類的經濟可行性試驗。

Pincock 進行的礦山評估有助於探明儲量和可能儲量的估算。經濟模型基於流動成本和生產規劃。總現金流動是積極的，證實了證交會探明儲量和可能儲量的利潤試驗。經濟評估分析了 2007 年、2008 年和 2009 年三年的平均銷售價。

1.11 結論

Pincock 評估了巴西淡水河谷公司（Vale）N5 礦層鐵礦石開採工作。根據 2010 年 7 月對巴西淡水河谷 2009 年 12 月 31 日以前儲量的調查的評估，Pincock 贊同 N5 礦層的儲量評估。Pincock 認為這一儲量滿足美國證券交易委員會的要求。然而，需要注意，允許對 N5 礦層的南部區域包括 N5S 礦山和 Morro1 和 Morro2 地區根據儲量情況制定開採計畫的情況，將在此進行討論。

1.12 審計的局限性

Pincock 單獨地評估了巴西淡水河谷公司（Vale）和其子公司及其諮詢公司提供的資訊和資料。雖然本報告中提出的 Pincock 觀點以提供的資料資料的準確性為準，但是 Pincock 並不確定報告中包括所有重要的事實。巴西淡水河谷公司（Vale）技術人員將不斷提供更多的資訊資料。Pincock 對於提供資訊中出現的任何錯誤或疏忽不承擔任何責任，並對於投資或其他財務決策引起的或其造成的結果不承擔任何間接責任。

對於報告屬性的所有披露符合美國證券交易委員會工業指南 7 規定的披露標準，和從事或將從事於重大採礦工作者頒佈的產業名稱，而非“礦物資源”、“測量的礦物資源”、“指出的礦物資源”和“推測的礦物資源”資訊的披露，這些為加拿大的地質學和採礦術語，按照 CIM 標準內指導方針規定的加拿大 43-101 國家法規來定義。

礦產資源評價本身為前景預測報告，因此可能會隨時更改。雖然 Pincock 在審核中提供的資訊中已經克盡職責，但是不可控制的因素或未預見的事件對於礦物資源報表還會有很大正面的或負面的影響。不可控因素或未預見的事件包括與商業有關的風險，如礦產業的週期性情況、該行業的國際競爭、不同需求層次的物價波動和國際或局部貨幣政策或政策方針的變化。任何一個或幾個因素都可能對礦物資源報告有很大的影響。對於本報告中的礦物資源、淨現值（NPV），費用和價格及報告附錄內的任何參考祇用於按照證交會標準規則和其‘工業指南 7’進行的儲量認證驗證，不作為任何投資者、分析者或任何公司或個人的依據。

本報告中使用了“測量的礦物資源”和“指出的礦物資源”術語。美國投資者需要注意，此類術語在加拿大規範內認可並允許，但美國證券交易委員會不認可。因此美國投資者要注意，不要認為這些分類裏的所有礦物資源都是礦物儲量。

本報告中使用術語“推測的礦物資源”。美國投資者需要注意，此類術語在加拿大規範內認可並允許，但美國證券交易委員會不認可。“推測礦物資源”有其存在的大量不確定性，及其經濟和法律可行性的大量不確定性。因此不能認為所有的或部份的推測礦物資源將提昇到更高級別範疇內。按照加拿大條例，推測的礦產資源的評估可能不會構成可行性的基礎或其他經濟研究。美國投資者注意，不要認為任何全部或部份的推測礦產資源是存在的，或經濟和法律上是可開採的。

本報告中的結論和觀點，以巴西淡水河谷公司（Vale）提供的技術資料和 Pincock 的觀察結果為基礎，依據本報告日期內提供的最新的、準確的和完整的技術資料，並解釋了沒有任何資訊是絕對的，可能影響在此制定的結論。Pincock 保留權利，但如果 Pincock 得知的其他附加資訊在本報告日期之後，則沒有義務去修訂該報告以及包含在內的結論。Pincock 不承擔巴西淡水河谷公司（Vale）分配該報告的責任。

2.0 概述

應 Pincock 的諮詢工程機構巴西淡水河谷公司(Vale)的要求,Allen & Holt - Brasil(Pincock)公司 (Runge Serviços de Consultoria do Brasil Ltda 的一個分公司) 完成了對位於巴西 Pará 州卡拉加斯 (Carajás) 礦區的 N5 鐵礦山的聲明儲量的審閱和審計並且對保障資源的估計。該報告提出了關於該物業的調查結果。

該審計依據的是 Vale 編制的礦山規劃當前壽命、先前所有審計的審核結果、Pincock 的其他工作以及隨後即將討論的諮詢結果。礦山規劃的壽命依據截至 2009 年 12 月的地形面確定，同時配有一個更新的資源模型。因此，以下所述儲量為截至 2009 年 12 月 31 日的儲量。該報告的編制是爲了支援已經在美國證券交易委員會（證交會）進行備案和已經潛在列入上市文件並且提交給香港證券交易所的 Vale 的 20F 年度報告。因此，請參閱交易上市規則的第十八章的要求。

本報告使用詞語“探明礦產資源”、“控制礦產資源”和“推斷的礦產資源”。雖然根據加拿大條例，這幾個詞語已經得到承認和允許，但是我們提醒投資者，美國證券交易委員會（證交會）不認可這些詞語。本報告內及其附件中提出的任何礦產資源、淨現值（淨現值）、成本和價格僅供按照美國證券交易委員會規則和其“工業指引第 7 號用作驗證儲量核證，投資者、分析員或者任何公司或個人不應再含義以外對其加以考慮。

作爲這個項目的一部份，Pincock 進行了實地考察、觀察了採礦作業，並審核了來自 vale 公司的地質學家和採礦工程師在計算儲量時使用的方法。

2.1 項目介紹

巴西 Vale Carajás 礦區目前主要由 N4 和 N5 兩個礦場區域組成，均爲大型露天礦山。在 N5 礦場區域，目前有三個運營中礦山，分別是 N5W、N5EN 和 N5E 礦山，三個礦山位於礦場的北部。隨著 N5S、Morro 1 and Morro 2 區域的開採，未來採礦活動將延伸到礦場的南部。N5 礦場的生產在 1998 年開始於 N5W 礦山，然後在 1999 年擴大到 N5EN 礦山並且在 2003 年擴大到 N5E 礦山。目前，N5 區域的原礦生產量占整個 Carajás 礦區原礦生產量的 50%並且在 2010 年將增加到 65%。

北部體系礦場的總的年產量從二十世紀九十年代的 3000 萬公噸預計在 2010 年增加到略微超過 1 億公噸。隨著對現有處理廠的擴建以及 Serra Sul 工程的展開，北部體系礦場計畫在 2010 年再次將每年產量提高 3000 萬公噸，並且預期在 2012 年實現每年總產量達到 1.55 億公噸（mtpy）。

以下將對 N5 礦場進行描述，N5 礦場位於巴西北部亞馬遜地區 Carajás 國家森林保護區。目前在 Carajás 礦區的 N5 礦場的採礦作業均在 Núcleo Urbano 十五公里範圍內。

2.1.1 N5 礦場

在 N5 礦場區域，目前有三個正在經營的礦山，分別是 N5W、N5EN 和 N5E 礦山，三個礦山位於礦

場的北部。隨著 N5S、Morro 1 和 Morro 2 區域的開採，未來採礦活動將延伸到礦場的南部。

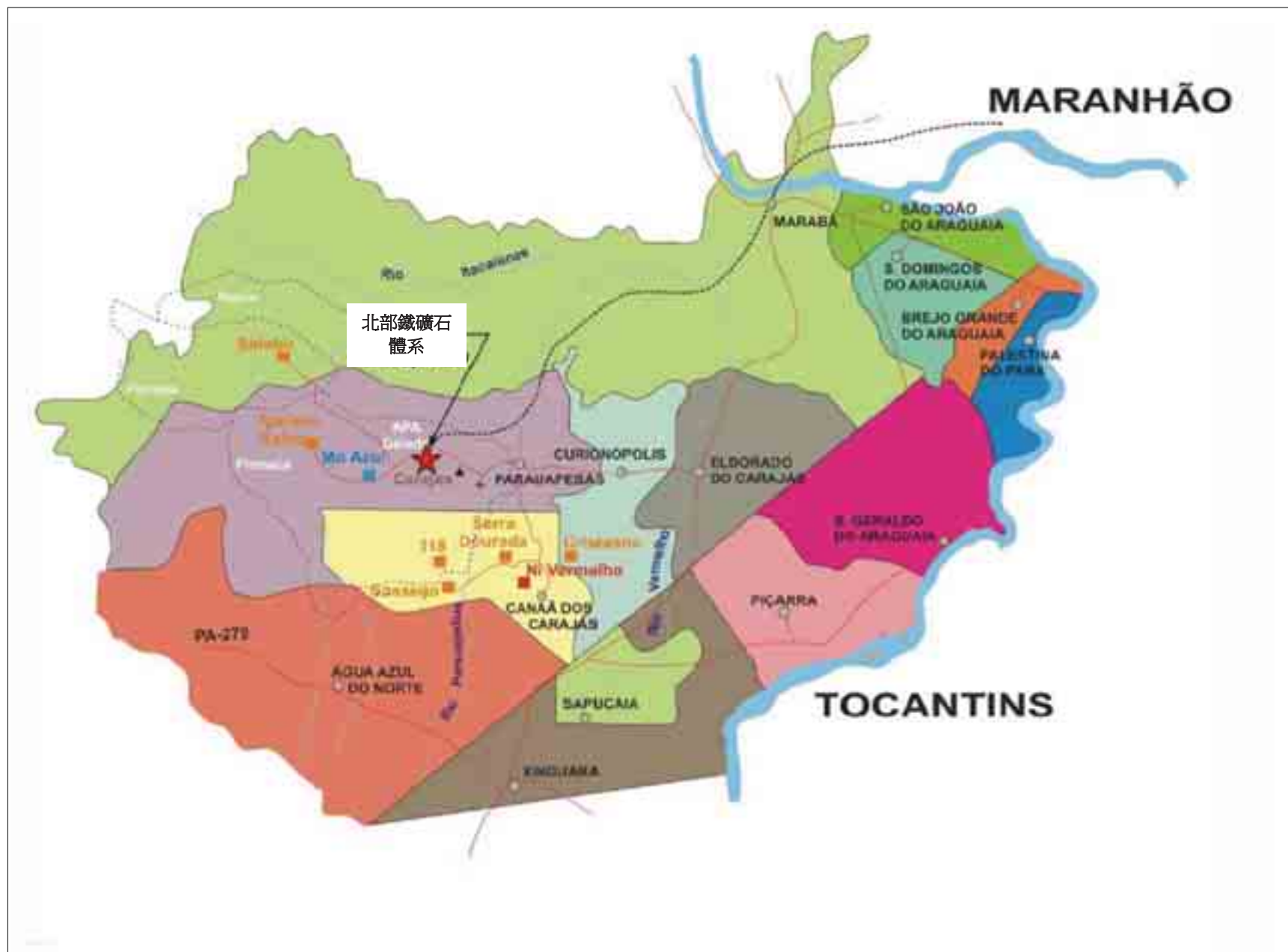
來自 N5 礦場的礦石要麼裝進半移動式坑式破碎機裏輸送到主中央處理廠，要麼就是直接運送到兩個年處理能力為 1000 萬公噸的乾燥篩石廠中的一個。圖 2-1 提供了 Carajás 礦區採礦作業的大致位置，其中包括由 Pincock 審計過的 N5 礦場。N5 礦場的生產在 1998 年開始於 N5W 礦山，然後在 1999 年擴大到 N5E 礦山並且在 2003 年擴大到 N5EN 礦山。目前，N5 區域的原礦給料生產量占整個 Carajás 地區礦山原礦給料生產量的 50%並且在 2010 年將增加到 65%。

N5 礦場位於 DNPM 採礦法令 813.683/69 和 813.692/69 之內。1974 年，這些法令被歸類在 DNPM 法令 813.682/69 裏從而來創建 DNPM 74.507/74 礦業集團（“Agrupamento Mineiro” 公司），如圖 2-2 所示。

Carajás 礦區的礦場生產赤鐵礦。該礦石首先在一個中央處理廠進行處理，然後輸送到儲量庫並裝運到鐵路上。一般在中央處理廠，不對來自各礦場的礦石進行分離。鐵礦石產品均通過卡車和 EFC 鐵路進行裝載並且運送到不同的客戶手中。大部份的鐵礦石從 Carajás 礦區運送到約 900 公里外終端的 TPM。產品尾礦被送到位於處置廠北部的一個擁有兩座尾礦庫的加工廠。

來自 Carajás 礦區的歷史礦石生產產量自 1985 年開始開採以來一直保持增長。圖 2-3 給出了自經營開始以來的礦石生產產量資料。在 2004 年和 2009 年之間，礦石生產產量增長目標通過對現有處理廠的經營改善而且在沒有進行重大的修改或者增加處理設備條件下均已經實現。

Vale 正計畫在現有處理廠和材料儲存露臺附近新建一座新的乾燥處理廠將 Carajás 礦區的礦石生產量每年增加 3000 萬公噸，這樣 Carajás 礦區的每年礦石生產總量將達到 1.3 億公噸。這種生產總量的擴產將不會影響 N5 礦場，因為所有礦石要麼運送到兩個年處理能力為 1000 萬公噸的乾燥篩石廠，要麼直接就運送到向中央處理廠。



編制方
項目編號

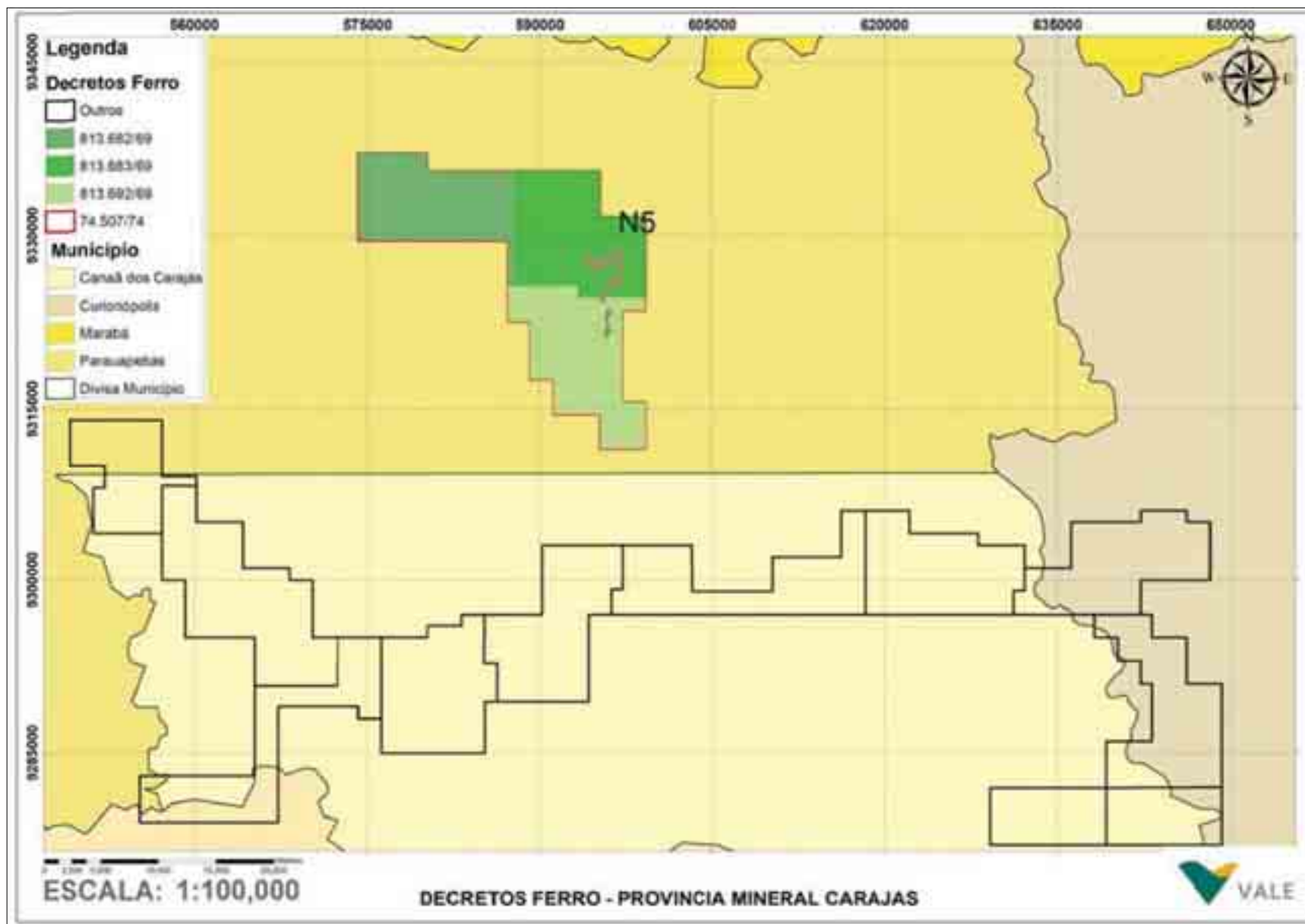
Allen & Holt-Brasil(Pincock)公司
100 St. Urbain Boulevard, Suite 300
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象
項目名稱

VALE
N5
儲量審計

圖 2-1
物業方位地圖
北部鐵礦石體系

出版日期
2010 年 8 月
圖紙名稱
Fig.2-1.dwg



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

180 S. Union Boulevard, Suite 900

Calverton, California 90738

電話: (303)986-6950

編制對象

項目名稱

BH-00015



N5
儲量審計

圖 2-2
採礦法令
DNPM 74.507/74 礦業集團

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

圖.2-2 dwg

2.1.2 現場的選定和氣候

Carajás 礦區採礦作業位於巴西中部北部的亞馬遜地區，該地區屬於炎熱潮濕的熱帶氣候。Carajás 地區的雨季分佈在每年的四月至十一月，旱季為五月到十月。每年平均降雨量為 1930 毫米。平均而言，最大的降雨量一般在三月。溫度範圍從最低 15°C 到最高 35°C。

Carajás 礦區的相關的採礦作業和活動大部份都位於 Carajás 國家森林保護區的聯邦土陸地上，它成立於 1998 年，並且是在目前 Carajás 礦區採礦開始後成立。聯邦法令（成立了國家森林保護區）宣佈了該區域土地的多種用途。

地形主要由波狀丘陵地組成，同時在附近在更易受侵蝕的含鐵底層上有由堅固的鐵角礫岩形成的垂直峭壁。在工程區域，地形從海拔 400 米到 700 米起伏變化。Carajás 地區的主要排水從 Carajás 礦區的東部流向 Parauapebas 河，從南向北流，同時作為 Itacaiúnas 河一個支流，它流進靠近馬拉巴市的托坎廷斯河，並從那裏流入亞馬遜河。

Carajás 地區有兩個主要類型的植物生態系統。森林裏到處是特別茂密的樹木。第二類就是 Canga，是熱帶草原型植被，典型特徵就是發育在凝成富鐵刷帽上的草原和一些刷狀物。圖 2-3 給出了自採礦作業開始覆蓋已經開採的鐵礦底層以來的生產資料。

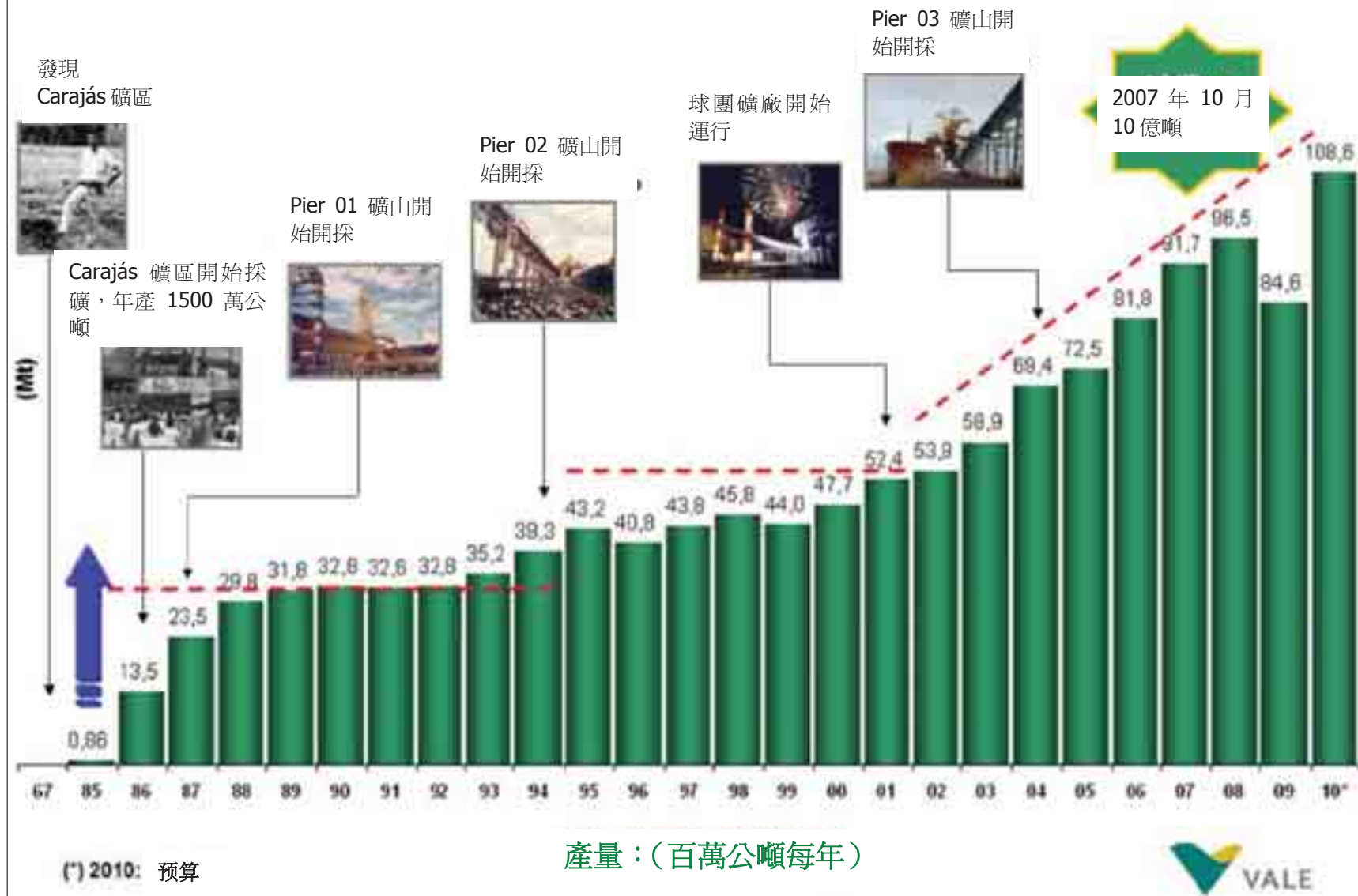
2.2 審計歷史

Vale 於巴西的鐵礦石物業的已呈報資源量於 1997 年起開始進行審計，以支援向美國證券交易委員會（證交會）呈交 F-3 表格，作為 Vale 股份於紐約證券交易所首次上市及公開發售的規定。就此，審計的目標是支援美國證券交易委員會的存檔，審閱和審計工作側重於確認 Vale 遵照美國證券交易委員會的行業指引第 7 號“由從事或將從事重大採礦業務的發行人對產業的描述”所估計的儲量。

自 1997 年首次完成審計至完成 1999 年儲量的審計，外聘審計師為 Mineral Resources Development, Inc. (MRDI)。MRDI 於 2000 年 5 月被 AMEC 收購，隨後至 2002 年年底的審計是以 AMEC 的身份完成，但所涉及的工作人員與之前 MRDI 所作工作的人員大致相同。Vale 截至 2003 年及 2004 年底的儲量聲明變更了審計師。截至 2003 年底所聲明的儲量審計是 Golder 聯營有限公司於 2004 年初完成的。

Pincock 於 2005 年 3 月完成了截至 2004 年底儲量的審計。此項工作包括一次對冶金、洗選廠及環境管理的完整審閱，理由是這些區域的在以前的審計中未完全處理。冶金及環境評估的首要重點為了確定無重大事情會損害所聲明的礦產儲量的生產。這次審閱處理了南部體系 Fábrica Nova 礦場，而該礦場已包含在本報告所討論的儲量聲明之中。

歷史和鐵礦石產量



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

180 S. Union Boulevard, Suite 900
Jacksonville, Colorado 80175
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 2-3

歷史和鐵礦石產量

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.2-3 dwg

AMEC 在 2005 年再次審計儲量。就 2006 年而言，並未進行第三方審計，但是儲量自 Vale 的技術人員進行上次審計之日以來已因為實際生產而減少。在 2008 年 2 月，Pincock 完成對 Vale 已聲明的截至 2007 年 12 月 31 日儲量的核對和審閱。這次工作根據上一次的儲量審計的有效假設，確認了截至 2007 年底的儲量聲明，但並不包括 AMEC 就 2005 年底儲量審計的獨立審閱。

Pincock 完成了截至 2007 年 12 月 31 日 Vale 其中六項鐵礦石物業儲量的審閱和審計，有關工作於 2008 年 9 月開始進行。有關物業包括礦場南部體系的 Fábrica 綜合專案、Vargem Grande 綜合項目及 Apolo 項目以及北部體系的 N4E 及 N4W 和 Serra Sul 項目。

就北部體系的 N5 礦場而言，Pincock 剛完成了截至 2009 年 12 月 31 日估計儲量的審閱和審計。

就截至 2010 年 6 月 30 日的儲量估計而言，Pincock 完成了審閱 Vale 所有位於巴西的鐵礦石物業（有呈報儲量）的減少程式，這包括了 Pincock 已完成最近期儲量審閱和審計的兩項物業（本報告所討論的物業）及由其他實體完成最近期第三方審閱的物業。

2.3 工作範圍

完成該審計的工作包括：

- 審閱先前的審計報告，包括關於 N4E 和 N4W 的礦床的 2008 年審計報告；
- 由 Pincock 審計團隊完成對運營中礦場的實地考察；
- 審閱並且獨立分析由 Vale 員工提供的資料；
- 編制審計發現的最終報告

Vale 已經在實地考察期間向 Pincock 呈報了口頭和書面報告，以充分詳細地讓我們理解資料、地質模型、礦產加工及礦場設計，從而來確認所呈報的資源量和儲量是按照採礦行業的公認原則和管理估計的。

Pincock 審閱儲量估計的輸入資料，從而來確認已採取適當的步驟來合適地將資源量分類為儲量。這包括有關技術上、經濟上和法律上開採儲量能力的資料。我們的審計團隊包括審閱地質和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的採礦工程師以及為可開採儲量的定義提供支援的礦場規則、審閱洗選作業和成本的冶金學家，以及審閱地質技術性的礦場設計的地質技術/環境、許可狀況及環境管理及具備令人滿意的填海和復墾計畫的工程師。

本次審計包含以下範疇：

- 審計地質及資源模型：
 - 與熟悉有關項目的地質學家審閱勘探方法、抽樣及試金程式的目前狀況，以及地質註釋。

- 審閱用於估計原來位置的資源量的統計和地質統計參數。
- 審閱運營中礦場以前產量同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、溝槽及鑽洞抽樣同長期資源量模型進行核對。

■ 審計可開採儲量

- 審閱直接經營成本、回收程度及其它用於決定最終礦井可開採儲量的經濟資料；
- 審閱目前的礦場進度、計畫進度以及最終礦井的配置；
- 將預測的直接經營成本同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選礦設施；
- 審閱礦場地質技術，包括涉及及檢查礦井斜坡、礦場廢料處置區、殘渣堵塞堤及沉積物或其他堵塞構築物；
- 審閱地表及礦產權、礦場許可證、開關礦場計畫以及環境管理的情況。

審計工作側重於採礦及礦產洗選作業，一般不包括審閱鐵路系統或港口設施。鐵路運作和成本的核算與分配上，作為每個材料每噸運輸成本北方系統獨立運作的基礎上提出。港口設施內的北系統的成本結構，包括最終產品的混合系統，以及材料處理和外運設施的負荷。

2.4 工作計畫

專案評審以在 Carajás 礦區的 Vale 礦山規劃辦公室會議開始，在此處，提供了對 Vale 的採礦作業和每一個具體的礦山經營單位的全面審查。然後，在 2010 年 7 月 14 日至 16 日期間進行了實地考察。在實地考察期間，提供並呈報了背景資料和資料，具體到每一個綜合專案裏的採礦作業。

Vale 的工作人員專業和及時地提供了所要求的資料並且 Pincock 考慮已完成的工作範圍和接收的資料足以滿足遵照美國證券交易委員會的行業指引第 7 號“由從事或將從事重大採礦業務的發行人對產業的描述”進行審計的範圍，以及公認的行業標準。

2.5 人員

高級別、多學科項目團隊是由熟悉大型和高噸位露天鐵礦採礦和鐵礦加工設施的專家組成。該團隊包括主任 Darrel Buffington, 專業工程師、專案經理及環境工程師 Pincock Allen & Holt – Brasil；首席採礦工程師 Jorge Amira、首席採礦工程師、Barton Stone、C.P.G.、Chief Geologist；Cauê Araujo、項目地質學家；Abani Samal、C.P.G.、地質統計師；和首席冶金工程師 Ron Harma。

2.6 審計限制因素

Pincock 已經獨立地審閱由 Vale 及其附屬公司和顧問所提供的資料和資料。儘管如此，Pincock 在本報告中表達的意見依賴所提供資料的準確性，Pincock 並沒有理由相信有任何重大事實已遭隱瞞。Vale 的技術員已公開及持續更新資料。Pincock 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導致的投資或其他財務決定或行動承擔任何責任後果。

除“礦產資源量”、“探明礦產資源量”、“控制礦產資源量”及“推斷礦產資源量”是按照加拿大國家文書 43-101，根據 CIM 標準所載指導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“由從事或將從事重大採礦業務的發行人對產業的描述”。

在本報告中提及的“Canadian National Instrument 43-101”就是讓參考加拿大國家文書 43-101，加拿大證券管理機構關於加拿大的礦產專案披露準則；提及到的“CIM Standards”就是讓參考加拿大採礦、冶金與石油協會（CIM）於 2000 年 8 月 20 日通過的加拿大礦產資源量和儲量標準，該標準於 2005 年 12 月 23 日在加拿大的礦產專案披露準則中 Form 43-101F1 和相配政策 43-101CP 中進行了修訂。

礦產資源估計本身屬於前沿性聲明及可能做出改動。儘管 Pincock 在審閱所提供的資料時已行使盡職調查，但未能控制的因素或為能預見的事件可能對礦產資源聲明造成重大的正面或負面影響。未能控制的因素或未能遇見的事件包括與業務有關的風險，例如礦產行業的週期性質、行業的國際競爭力、價格基於不同需要層面的波動及國際或當地貨幣或政治政策的變動等等。任何一項或多項結合的因素可能對礦產資源聲明產生重大影響。

本報告中使用詞語“探明礦產資源量”及“控制礦產資源量”。雖然根據加拿大規定，該詞語是得到認可和允許的，但我們提醒美國投資者，美國證券交易委員會並不認可這些詞語。美國投資者應留意，不得假設該等類別中任何部份或者全部的礦產資源量將有機會被轉化成礦產儲量。

本報告中使用術語“推斷的礦產資源量”。雖然根據加拿大規定，該詞語是得到認可和允許的，但我們提醒美國投資者，美國證券交易委員會並不認可這些術語。“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也有重大的不確定性。無法假設全部或者任何部份的推斷礦產資源量將會被提昇至較高類別。根據加拿大規定，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份或全部的推斷礦產資源量，或其在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 Pincock 的觀察及 Vale 所提供的技術資料，並且是取決於截至本報告日期為最新、準確和完整的技術資料，並據了解，無數據遭隱瞞，而會影響到當中所作結論。如果 Pincock 於本報告日期後獲得額外資料，Pincock 保留權利但並沒有義務修改本報告及當中所載結論。Pincock 對 Vale 分發本報告的行為概不承擔責任。

2.7 單位與縮寫

Pincock 已以公制編制所有計量，如有例外情況應加以指明，尤其是當同時列出英文和公制標準的時候。貨幣大體上依據 2009 年美元兌換率，兌換比例是：1 美元：1.8 巴西雷亞爾。

除非其他地方另有說明，元即美元，而重量為 1000 千克（2,204.62 磅）的公噸。本報告使用了以下縮寫：

<u>縮寫：</u>	<u>單位或術語</u>
AA	原子吸收
BIF	條帶狀含鐵建造
DCF	折現現金流量
G&A	一般及行政
FEL	前期的裝料專案評估研究
Ft	英尺
ft ³	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、礦產資源量及可探儲量報告規則
K	千
Kg	千克
Km	千米
LI	安裝牌照
LMC	線性區域化模型
LO	經營牌照
LP	初步牌照
LOI	強熱失量
M	百萬
Mt or mt	百萬公噸
毫米	毫米
m ³	立方米
mtpy	百萬公噸/年
NI 43-101	加拿大國家文書 43-101
NPO	天然球團
NPV	淨現值
OCK	普通協同克里津法
OK	普通克里津法
oz	盎司
Pincock	Pincock Allen & Holt (Pincock) 公司
ROM	原礦
T or t	公噸(1000 千克或 2,204.6 磅)
TDA	總非聚簇平均

TDS	溶解固體總量
TSS	懸浮固體物總量
Tpa or tpy	公噸/年
tpd	公噸/天
tph	公噸/小時
UTM	通用橫軸墨卡托投影坐標系統
VGR	大瓦爾任選礦綜合專案
XRF	X-射線 Fluorescence
yd ³	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	Ca
鈷	Co
銅	Cu
金	Au
鐵	Fe
鉛	Pb
鎂	Mg
錳	Mn
鉬	Mo
鎳	Ni
氧	O ₂
鉀	K
銀	Ag
硫	S
鈦	Ti

3.0 地質情況

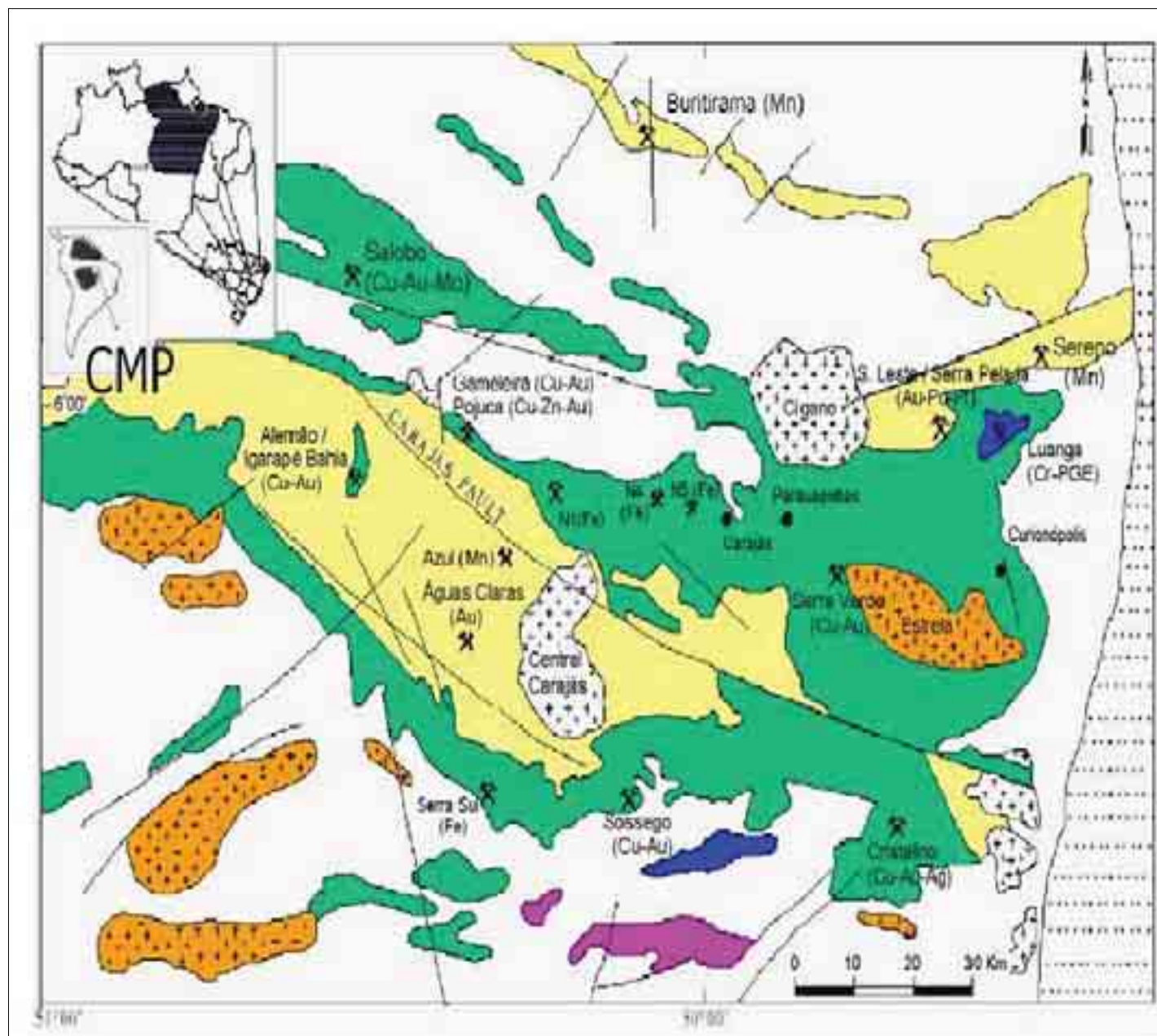
3.1 區域地質情況

北部鐵礦系統的鐵礦床主要位於 Itacaiúnas 超群的前寒武紀岩中。圖 3-1 描述該區域的地質圖。該區域的基底由 Pium 礦區正變質麻粒岩、Xingu 礦區片麻岩與混合岩構成。Pium 與 Xingu 礦區年齡分別為 3 Ga 和 2.86 Ga。Itacaiúnas 超群 (2.76 Ga 至 2.6 Ga) 的火山岩和沉積物覆蓋基底，轉而由 Águas Claras 的碎屑沉積物覆蓋。花崗岩、輝長岩和花崗岩類侵入沉積序列。

Carajás 礦主要位於 Itacaiúnas 超群的 Grão Pará 群，由變玄武岩、變沉積物、鐵岩和變流紋岩構成。礦床位於厚火山岩單元之間生成的大約 300 到 400 米厚的帶狀燧石-赤鐵礦碧玉鐵質岩單元中。下層火山岩單元為 Parauapebas 地層(4,000 至 6,000 米厚)，由雙峰式火山岩構成（絕對塊狀、多孔、斑狀岩流和集塊角粒岩質變玄武岩、變玄武安山岩和變粗面安山岩），並附有(10%至 15%)變流紋凝灰岩和岩流。

Carajás 地層擁有變形帶狀鐵礦層（簡稱“BIFs”）以及一些夾層鎂鐵質變火山岩。Cigarra 地層(上層火山岩單元)與 Parauapebas 地層類似，體現在混合變沉積層（細顆粒凝灰岩、凝灰質粉砂岩、千枚岩、燧石和硬砂岩）。火山岩序列普遍被風化至 100 到 150 米的深度。在礦帶的帶狀鐵礦層（簡稱“BIFs”）觀察到 500 米深度的氧化現象。如圖 3-2 所示，位於北部系統區域的 Itacaiúnas 超群，其地區地層序列如下：

- 上群：Igarapé Bahia Aquiri 組 – 變沉積層與變火山岩(包括 Águas Claras 地層的鎂礦床)
- 中間群：Grão Pará 群 – 變沉積層與變火山岩
 - 上層：Cigarra地層 – 變火山岩
 - 中間層：Carajás地層 – 主要為帶狀鐵礦層以及少量變火山岩單元。
 - 下層：Parauapebas地層 – 雙峰式火山岩和變沉降層岩石以及夾層非連續帶狀鐵礦層。
- 下群：Igarapé Pojuca 群、Igarapé Salobo 群和 Rio Novo 群。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司
100 S. Union Boulevard, Suite 900
Lakeview, Colorado 80128
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 3-1

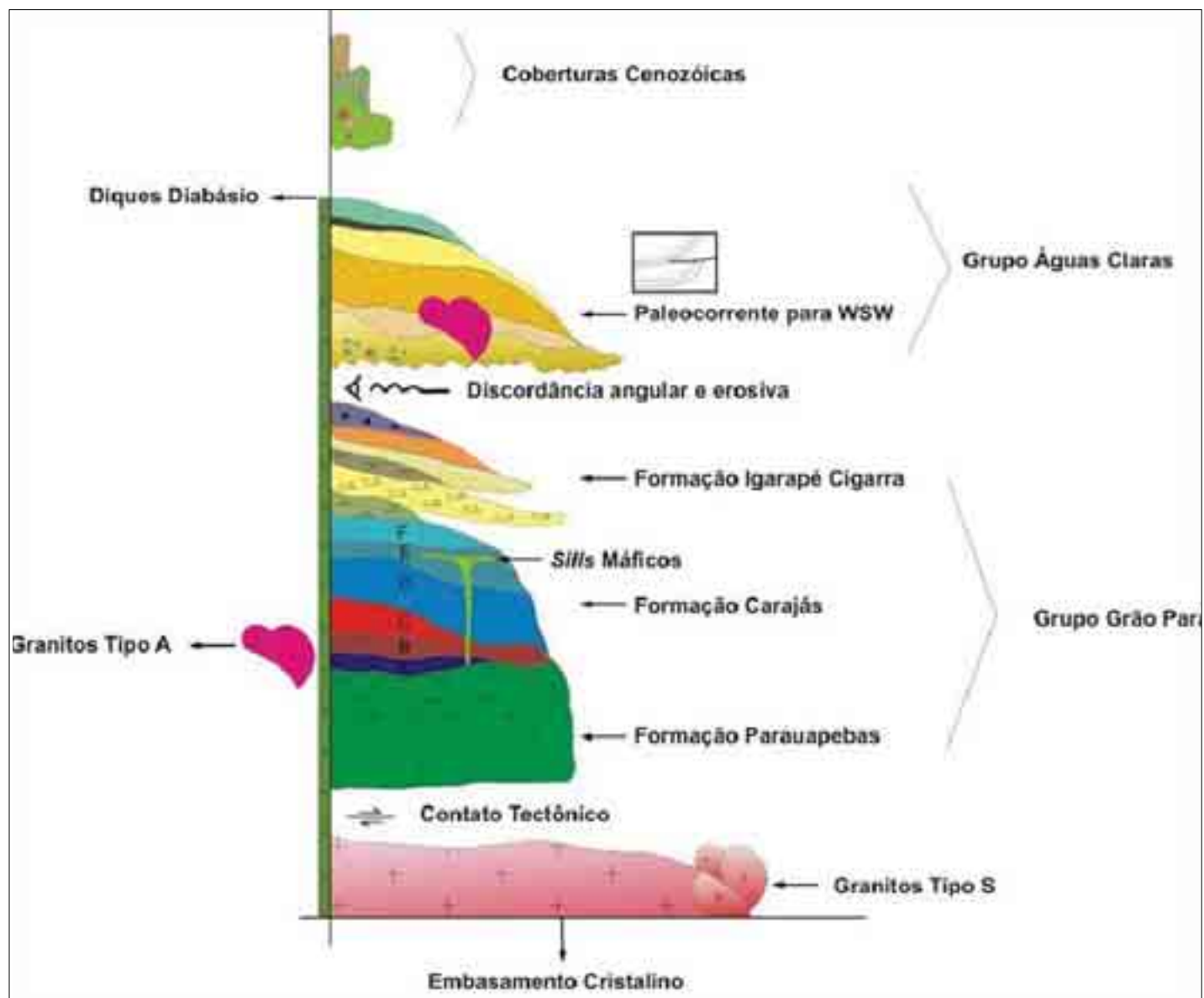
Carajas 礦區區域地質情況圖

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.3-1.dwg



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

HSE, Union Boulevard, Suite 900

Albuquerque, Colorado 81106

電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 3-2

Carajas 礦區 N5 礦床
地區地層剖面圖

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.3-2.dwg

3.2 構造地質情況

Serra dos Carajás 盆地由主東西與北 70°西向區域構造線切分。該區域受許多小斷層帶（S 型）影響。最明顯的不連續性體現在西北西向 Carajás 斷層，它將盆地切分為兩部份-北部和南部，如相關鐵礦礦體形態所證實。

- 結構上最複雜的北部包括褶皺、斷層和旋轉鐵礦體（N1 至 N9 和 Serra Leste）。幾個北南向小斷裂帶決定了礦體形態。
- 南部包括侵入北部（S1 至 S4）的礦體。這些礦體屬於主要構造的南側部份，其表現為無明顯的地塊運動或旋轉。

3.3 礦化情況

碧玉鐵質岩為 Carajás 區域礦床的主礦，通常含有 15%至 45%的鐵（但是也可以達到 57%的範圍），以及 35%至 65%的 SiO₂。碧玉鐵質礦特徵為交替的明色和暗色微波波段。明色層一般為白色至淺紅色，由隱晶至微晶石英構成，包括隱晶赤鐵礦和更少量的磁鐵礦以及偶然出現的絹雲母。暗色層由細顆粒赤鐵礦和磁鐵礦構成。

碧玉鐵質岩經過深度淋濾，導致產生矽的漸進遷移，形成深度的硬赤鐵礦。在表面附近，風化作用產生了軟赤鐵礦層。

硬質和軟赤鐵礦體現了豐富的鐵礦化情況，鐵的含量通常為 60%至 68%。表面附近的風化作用令表面生成了鐵質紅土層。

關於 N5 礦床的主要礦化情況岩性單元，詳見圖 3-3 照片。

硬赤鐵礦：緊密藍灰色塊狀赤鐵礦，具有金屬光澤、高密度，且低孔隙度。含鐵品位從 65%至 69%。主要用於生產出口用塊礦。硬赤鐵礦是淡水河谷在 Carajás 運營中日益罕見的礦種。

軟赤鐵礦：塊狀赤鐵礦，偶爾是粉末狀、高孔隙度，很稀薄，具有微磁性，平均含鐵品位大約為 65%。它是主要礦種，通常非常易碎便於挖掘，無需爆破。是燒結料和球團原料的主要來源。

鐵角礫岩：鐵角礫岩是最上層單元，由磚紅壤性-腐泥材料構成，由下層鐵礦化（結構型鐵角礫岩）或貧瘠鎂鐵質岩（化學型鐵角礫岩）經過風化作用生成。塊狀赤鐵礦與含水鐵氧化物（針鐵礦和褐鐵礦）粘結構成鐵角礫岩礦。通常為 15 至 20 米厚。



易碎赤鐵礦(HF)



碧玉鐵質岩(JP)

易碎赤鐵礦
(HF)



緊密赤鐵礦(HC)

編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

100 S. Union Boulevard, Suite 600
Littleton, Colorado 80120
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 3-3

Carajas 礦區 Serra Sul 礦床的
礦化作用岩性單元

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.3-3.dwg

3.4 勘探

3.4.1 鑽探

N5 鐵礦床的勘探始於 20 世紀 70 年代，重點在於開發鐵礦。淡水河谷於 2003 年至 2008 年加強力度。淡水河谷的勘探專案設計為兩個勘探步驟，即長期和短期計畫。長期計畫重點在於根據地質建模繪製地圖和鑽探，從而勘探新的礦床並開發資源。短期計畫基於礦區詳細繪製地圖和取樣，以及一些加密鑽探，並著重於年度採礦運營要求。

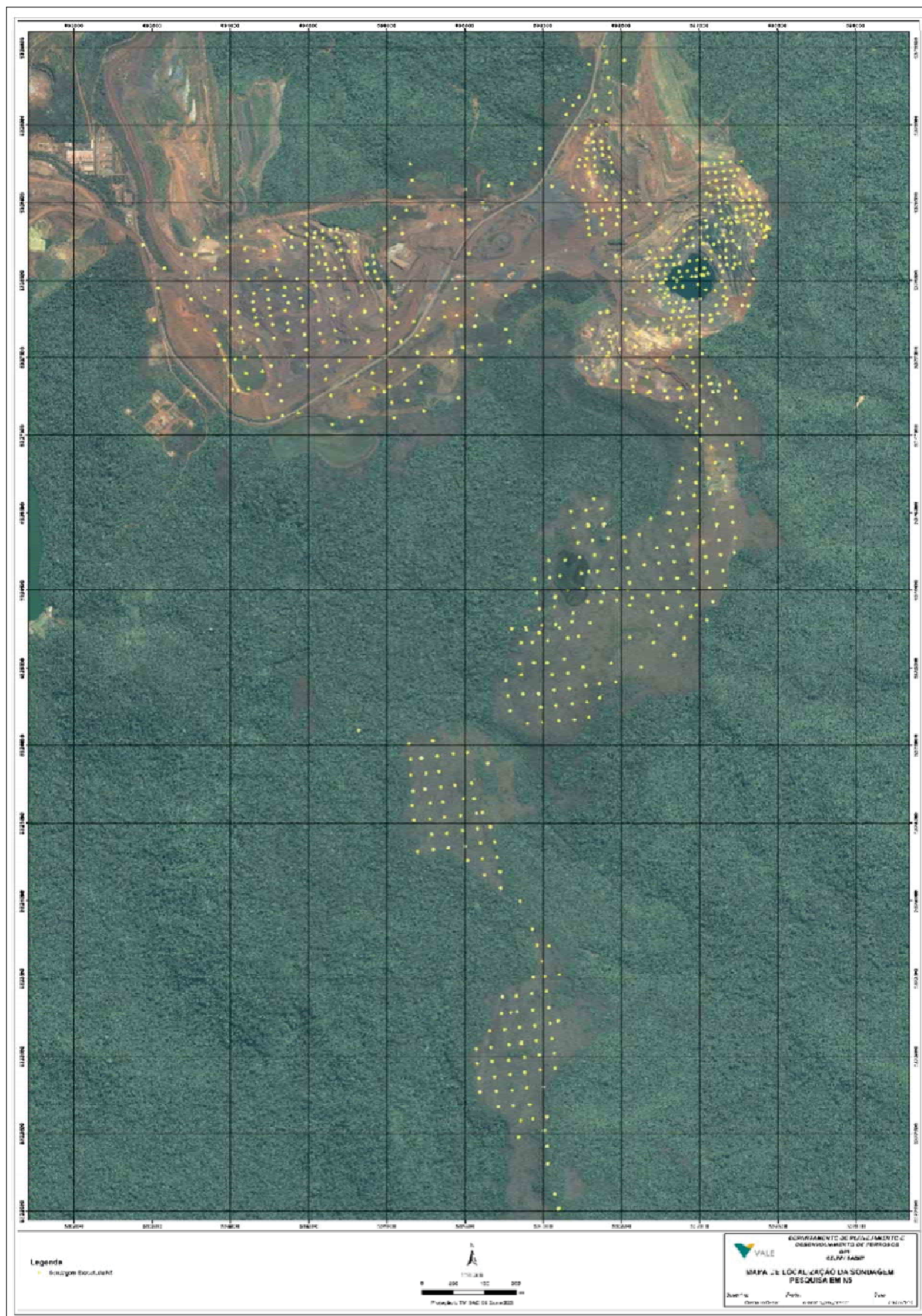
N5 地質模型資料庫包含自 20 世紀 70 年代至 2008 年底所需要的所有鑽探資料。鑽芯直徑主要為 95.7 毫米 (HQ),但是當發生操作困難時可能會減至 75.3 毫米 (NQ)。表 3-1 顯示 N5 礦區的歷史鑽探資料，表 3-2 總結新的鑽探資訊內容。由獨立的承辦商開展鑽探。針對所有的勘探鑽探項目，淡水河谷擁有完備的程序。圖 3-4 顯示在 Carajás 的鑽探分佈網。

表 3-1
VALE
N5 儲量審計
鑽探活動歷史

Serra Norte - N5		
活動	鑽孔數	鑽進時間
1970s	20	2483.89
1990s	185	19852.42
2000	56	5614.13
2001	108	17368.85
2002	83	16137.2
2003	122	21308.5
2004	89	16585.8
2005	97	20786.35
2006	42	7316.55
2008	41	9768.65
合計	843	137222.34

表 3-2
VALE
N5 儲量審計
鑽探資訊比較- 2006 & 2009 塊段模型

模型	鑽孔			鑽進時間		
	合計	不包括	增加	合計	不包括	增加
N5_102006	892			139058.02		
N5_072009	843	136	53	137222.34	14314.33	11627.3



編制方



Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

100 G. Wilson Boulevard, Suite 100
 Lees Summit, Missouri 64081
 電話: (303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
 儲量審計

圖 3-4
 N5 鑽探分佈網

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.3-4.dwg

項目編號

BH-00015

3.4.2 取樣

淡水河谷和/或承包商的地質工程師根據本公司開發的標準流程對 Carajás 進行取樣。根據操作規程 (PRO)，基於鑽探結果，制定取樣規範。

在運送至實驗室之前，淡水河谷和/或承包商的地質工程師對所有的樣品進行現場鑑別和記錄。鑽芯材料從地質角度進行記錄，並確定取樣間距以便化驗分析。前一次鑽探活動的大部份礦化樣品，按照地質情況控制，額定間距 7.5 米，樣品中廢棄間距應小於 1.5 米，廢棄間距大於 1.5 米的樣品應單獨取樣。在最近一次的鑽探活動中，取樣間距改為 15 米。一半的鑽芯用於化驗，而另一半保留以備將來參照。硬赤鐵礦鑽芯採用岩鋸切開；而軟赤鐵礦是用鏟子從鑽芯箱中取出一半樣品而分離，因為該料非常柔軟且已破碎。餘下的岩芯存儲在岩芯存儲設施中。為便於將岩芯以電子形式記錄以備將來參照，在取樣之前，用數碼相機對岩芯拍照。

3.4.3 鑽芯記錄

鑽芯記錄應在自然光或泛光燈下進行。鑽芯箱應放置在齊腰高度的金屬架上。記錄資料應，根據標示鑽芯地質描述和岩土工程特徵的岩性規範，保存在正式的記錄表上。淡水河谷的地質工程師採用 Logmate 軟體，將地質資料以電子形式錄入電子錶單中。該軟體於 GEOLog 系統的資料獲取器對應，可以進行完整的地質記錄，並以 txt 和 xls(Excel)格式輸出資料，從而提供記錄表單備份。

3.5 樣品化驗

在 Carajás(GADIN)的化學分析實驗室，即淡水河谷位於礦區現場的實驗室，製備樣品並化驗。該實驗室由淡水河谷擁有和運營，但是樣品製備是由承包商進行的。樣品起初僅化驗總元素成分，包括 Fe、SiO₂、P、Al₂O₃、Mn 和 LOI。

自 1996 年 11 月開始，樣品採用 X 射線螢光光譜儀進行化驗分析，按照 Fe、SiO₂、P、Al₂O₃、Mn、TiO₂、CaO、MgO、NaO、K₂O 和 LOI 對每個樣品進行粒度測定分析。採用其他方法對硫(S)進行化驗分析。將粒度測定樣品中有代表性的部份進行混合，製備球狀樣品進行單獨化驗。化驗室對主要成分進行粒度測定分析以檢驗球形值。若差值小於 5%，則化驗值視為可以接受。也進行化學計量封閉檢驗，差值必須小於 2%方可視為可以接受。在下列樣品品質保證/品質控制中對這些程式進行討論。

採用乾式或濕式標準檢測方法對樣品進行化驗。圖 3-5 為濕式標準檢測流程的示意圖。用水對樣品進行篩選，分離出 14 中粒度測定部份：+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、+0.5 毫米、+0.15 毫米、-0.15 毫米、+0.045 毫米。對前兩部份進行分離而不用水(乾式)。祇對 9 種粒度測定部份確定回質和化學性質，根據+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 毫米和+0.045 毫米尺寸累積計算。

圖 3-6 為乾式標準檢測流程的示意圖。在該流程中，根據實驗室自然濕度對樣品進行篩選。樣品分歷程 16 種粒度測定部份：+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。通過乾式檢測法對樣品進行化驗，從而對七種產品進行評估。表 3-3 列出這些產品的尺寸分佈。

表 3-3

VALE

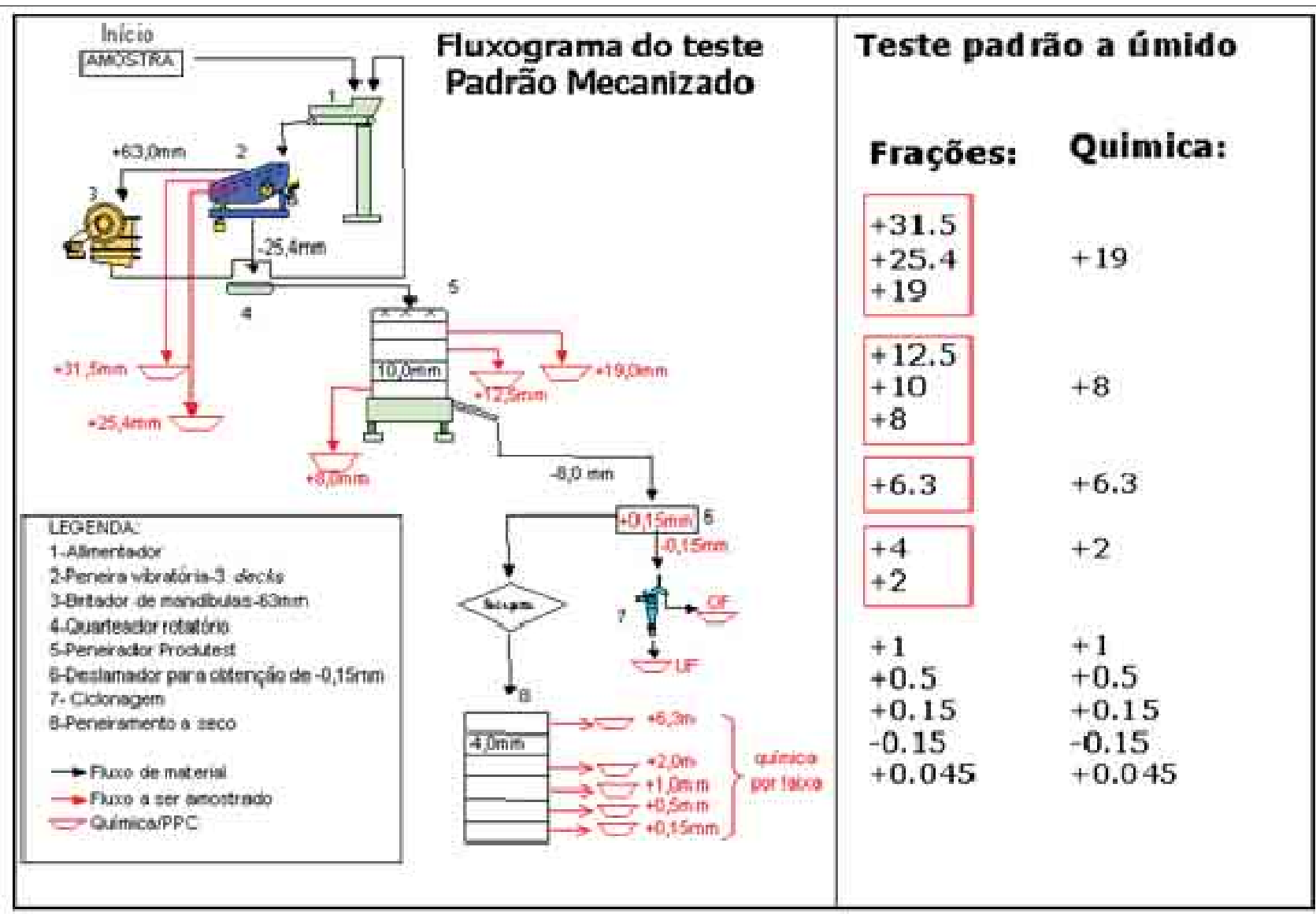
N5 儲量審計

鐵產品顆粒尺寸

材料	淡水河谷命名系統	顆粒尺寸範圍
塊礦	PBL	-19毫米
天然球團原料 2	NP2	-19毫米 to +8毫
天然球團原料3	NP3	-32毫米 to +8毫
燒結料 2	SF2	-8毫米 to +0.15毫
燒結料 3	SF3	-8毫米
旋流器溢流	OF2	-0.15毫米
球團原料	PF	-0.038毫米

Carajás 鐵礦實驗室 GADIN/淡水河谷對 2003/2004、2005、2006 和 2008 年度鑽探活動進行了化學分析。所採用的分析方法為：

- Fe 含量：ROTINA GADIN，確定差值，採用濕式方法和 X 射線螢光光譜儀(XRF)進行化驗；
- SiO₂ 含量、P 含量、Al₂O₃ 含量、Mn 含量、MgO 含量、TiO₂ 含量、CaO 含量、MgO 含量、K₂O 含量、Cu 含量採用壓片機和 X 射線螢光光譜儀進行分析，最終在 X 射線螢光光譜儀上融合讀數；
- LOI 含量：粒度測定。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

100 S. Union Boulevard, Suite 300
 Indianapolis, Indiana 46201
 電話: (303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
 儲量審計

圖 3-5
 濕式標準檢測

出版日期
 2010 年 8 月
 圖紙名稱
 Flg.3-5.dwg

3.6 樣品品質保證/品質控制流程

實驗室品質保證/品質控制程式由針對每個樣品間距的常規金屬鐵平衡和化學計量學封閉檢測構成。定期按照標準執行，週期性進行內部 GADIN AA 檢查。實驗室員工定期校對劈裂機、篩子、破碎機、秤、乾燥盤溫度、粉碎機料斗金屬損失，並根據 95%的通過尺寸定期檢查破碎尺寸。

就目前流程而言，實驗室內部品質保證/品質控制專案是令人滿意的；然而，目前內部和外部檢測分析的程序有限。地質品質保證/品質控制程式需要在資料處理和資料有效性驗證方面進行改進。在瀏覽建模流程和報告的過程中，Pincock 未發現下列任何細節：

- 對於總體分析結果和總體計算結果的比較性研究
- 對於複製樣品進行比較性研究 (祇用於稠密樣品)
- 對內部和外部實驗室檢測結果進行比較性研究
- 化學品級變數和累積以及資料有效性研究
- 鑽探回收及顆粒尺寸-化學偏差研究

在進行下一步建模之前，該資訊對於處理、理解和生效資料庫絕對有必要且至關重要。應注意，淡水河谷計畫在 2010 年為所有鐵礦實施品質保證/品質控制(簡稱 QA/QC) 協定，以及地質資料管理系統 (簡稱 GDMS)。QA/QC 流程將強調上述事項。根據 QA/QC 協定，將會實施統一流程，用於對所獲取的資料進行有效性檢驗。

對於實際地質建模，不存在用於評估地質資料的 QA/QC，因為沒有進行額外的成雙鑽孔。

3.7 密度確定

根據待檢測材料類型，採用三種主要方法進行密度確定。由淡水河谷的工作人員或承包商實行。所採用的方法如下：

- 靜液壓稱重計法(BH)
- 體積置換法(DV), 也稱為水浸法
- 開軸或或溝槽法(PV)

靜液壓稱重計法(BH)和體積置換法所提供的結果，在計算密度值時不考慮岩石斷裂。此類方法所取得的結果扣除 5%的經驗值，以便於考慮斷裂效果。表 3-4 歸納了 N5 資源和儲量評估所採用的密度確定結果。

表 3-4
淡水河谷
N5 儲量審計
用於建模的密度值

岩性	所用樣品數	自然密度 (g/cm ³)	乾密度 (g/cm ³)	水分 (%)	採用方法*
緊密赤鐵礦 – HC	86	3.48	3.47	0.1	DV
易碎赤鐵礦– HF	0	3.16			
含錳赤鐵礦 – HMN	0	3.16			
碧玉鐵質岩– JP	21	3.16	3.16	0.1	DV
降解鎂鐵質岩	31	2.06	1.66	19.52	PV / DV
半降解鎂鐵質岩 – MSD	4	2.26			DV
新鮮鎂鐵質岩 – MS	49	2.56	2.56	0.1	DV
土壤 – SO	0	2			
化學型鐵角礫岩– CQ	2	2.66			DV
結構型鐵角礫岩– CE	20	2.96			DV
錳鐵礦 – FM	0	3.16			

體積置換法 (DV) 和溝槽法 (PV)

2010 年，淡水河谷實施芯的密度取樣方法以提高 N5 礦床密度檢驗的準確度。2009 年針對無樣品的岩性實施了大約 189 項新檢測，如 HF, HMN and SO，其密度值根據附近礦床密度研究推算。共取 16 個複製樣品，用於評估密度檢驗結果的複驗性。採用靜液壓稱重計法時，則實行體積置換法檢驗複製結果。然而，對於採用溝槽法所得到的密度結果，也採用同樣的方法取得複製結果。以上兩種方法所取得的結果均為滿意。

Pincock 建議應將最新的密度結果用於後續資源和儲量計算。

Pincock 指出，對比用於檢驗密度的體積置換法、靜液壓稱計法和灌沙/溝槽法，應互相參照校準，根據所採用的方法確定權重因數或補償因數/校正因數。對於任何此類比較研究，Pincock 未列舉但是強烈推薦應完成。

4.0 資源建模和地質統計

地質統計分析和資源建模基本由淡水河谷資源建模部門中對南部系統和北部系統進行規範化。下列各章討論 N5 礦床已經完成的資源評估。

4.1 建模方法

對於淡水河谷資源建模部門所開展的地質建模和資源評估流程，Pincock 認為非常適用於支持淡水河谷所報告的資源和儲量聲明。

淡水河谷的長期計畫資源建模部門位於貝洛奧里藏特市中心。該部門負責生成地質模型、資源塊模型，並為淡水河谷的鐵礦運營在儲量評估方面制定長期礦業計畫。隨著地質工作集中化，鐵礦場所採用的基本流程本質上統一。評估一般包括對於 Fe, SiO₂, Al₂O₃, P, Mn, 和 LOI(燒失重) 以及粒度成分的總體分析，但是因礦場而異，應基於礦物特徵。淡水河谷地質建模和資源評估方法包括國際礦業所接受的所有基本步驟。Pincock 在審計過程中審核了淡水河谷的流程。

4.2 資料組織

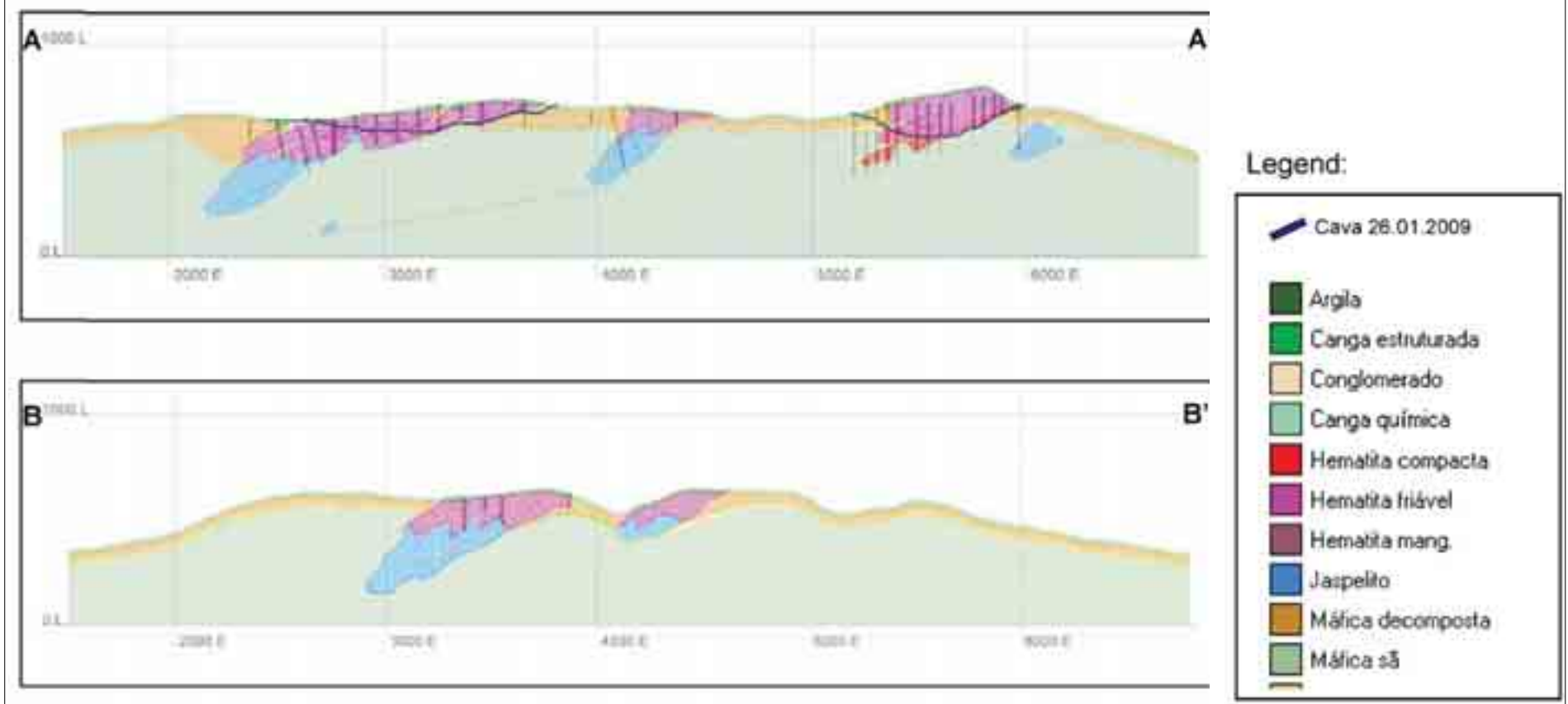
資源評估流程的起始步驟包括將所有的資料存儲在資料庫電腦（PDB）的主資料庫中，然後最終輸出至 VULCAN® 用於資源建模。地質統計工作是在 Geovariance 的 ISATIS® 軟體中進行的。一些中間工作審核是 GEMS®在中完成的。在某些應用中也採用 Datamine® 軟體。

4.3 岩性代碼

資料庫中的岩性單元通過現場岩芯編錄表識別。表 4-1 列舉了一例，即採用化學和顆粒尺寸標準重新定義岩性單元。

表 4-1 列出分離標準。G1 是在實驗室中尺寸大於 8 毫米材料的成分。在根據顆粒尺寸化學分析和地質判讀而進行的驗證流程之外，在對每個岩性單元氧化物進行化學計量平衡檢測後，進行最終岩性代碼分配。

淡水河谷相信這些檢驗是有必要的，以確定現場岩性分級。下一步是剖面地質判讀，如圖 4-1 所示。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

1005 St. Union Boulevard, Suite 900
Lakewood, Colorado 80120
電話: (303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 4-1

地質剖面

剖面 2000S A-A' 和剖面 5000S B-B'

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.4-1.dwg

表 4-1

淡水河谷

N5 儲量審計

用於驗證岩性代碼的典型標準

鐵角礫岩				
岩性類型	條件 01	條件 02	條件 03	條件 04
CE – 結構型鐵角礫岩	Fe>55%	P≥0.100%	深度 <60m	CLV
CQ – 化學型鐵角礫岩	Fe<55%		深度 <40m	CLV
礦				
岩性類型	條件 01	條件 02	條件 03	條件 04
HF – 易碎型赤鐵礦	Fe≥60%	Mn<2%	G1<50%	CLV
HC – 緊密型赤鐵礦	Fe≥60%	Mn<2%	G1>50%	CLV
HMN – 含錳赤鐵礦	Fe≥55%	Mn≥2%		CLV
廢料				
岩性類型	條件 01	條件 02	條件 03	條件 04
JP – 碧玉鐵質岩	Fe<60%	Si>10%	CLV	
FMN – 鐵錳礦	Fe≥55%	Mn≥2%	CLV	
MD – 降解鎂鐵質岩	CLV			
MSD – 半降解鎂鐵質岩	CLV			
MS – 新鮮鎂鐵質岩	CLV			

CLV = 肉眼分級

4.4 資料一致性檢查

淡水河谷採用下列 4 種不同的步驟用於檢查地質建模過程中資料的一致性：

1. 再次勘察舊的鑽孔口。
2. 通過地形測量，檢查鑽孔位置。
3. 再次分析舊的鑽孔芯樣品。
4. 對於分析和電子版資料庫錄入進行肉眼檢查。

Pincock 對分析和資料庫進行肉眼檢查，並對鑽井位置進行地形測量，發現數值無誤。淡水河谷所提交的資料集經認定為狀態極好。

4.5 基礎統計

統計研究包括單變數統計方法，針對在岩性領域和相關粒度測量部份所使用的一切化學變數。對於原始樣品（原始資料）、混合樣品以及塊段模型評估的基本資料比較，淡水河谷已經進行歸納總結以供 Pincock 審核。在資源和儲量審計的範圍內，Pincock 進行了比較研究的有限檢查，發現資料均在可以接受的範圍內。沒有認定任何重大差異。

Pincock 也檢查了北南向礦帶測繪的 FeGL (%), SiGL (%), AlGL (%)和 PGL (%)。礦帶測繪如圖 4-2 所示。本圖建議，從地質化學角度上說，N5 南部礦化作用與北部礦化作用總體上性質相似。

4.6 混合

採用不同的孔底長度取得鑽孔混合物。根據各個礦床的鑽孔記錄資訊，混合物在地質邊界打碎。儘管鑽芯分析樣品長度從 0.15 至 30 米不等，對於資源評估而言，混合物的樣品長度進行規範化，從而與實際鑽井標準高度和 15 米的塊段模型垂直單位高度匹配。

Pincock 指出大部份(>80%)分析樣品的長度在 5 米至 9 米的範圍內。在分析長度方面，分析資料沒有偏差。

4.7 地質建模

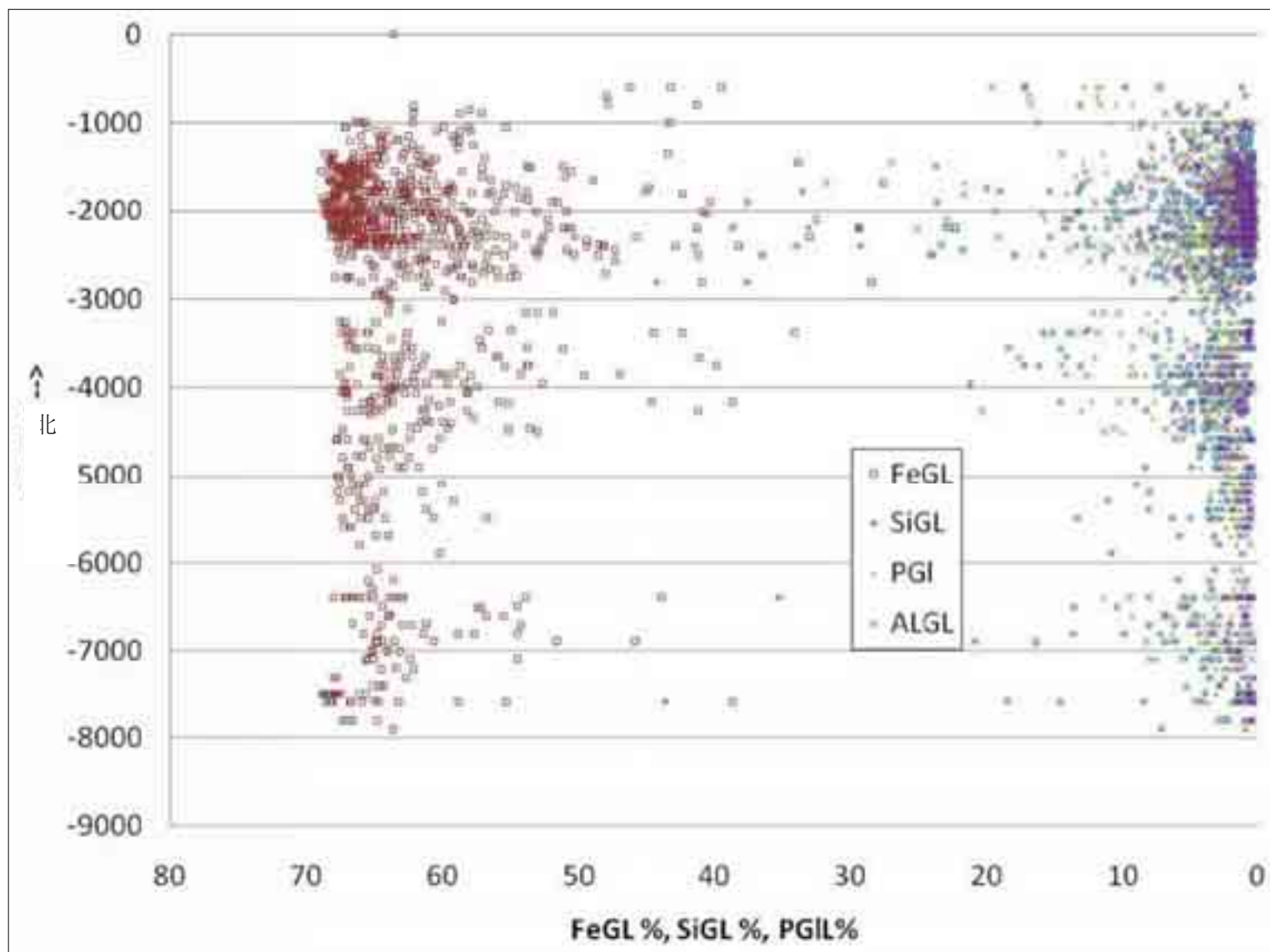
淡水河谷採用在屏方法進行初步判讀以及指示克里格建造地質模型。

在屏方法時由淡水河谷工作人員所採用的兩步在屏方法，設計在屏生成剖面和平面圖，並隨之以在屏地質數據判讀。地質模型主要基於剖面幾個鑽孔之間地質接觸的判讀。

Pincock 檢查了幾個已經判讀過的不同礦床的剖面。雖然 Pincock 通常同意地質判讀，但是在某些剖面，淺鑽孔未完全支持礦體連續性的地質判讀。Pincock 未發現任何縱向剖面。Pincock 認為生成縱向剖面將更有助於改善在屏判讀。

對於地質統計學研究，淡水河谷將每個岩性單元作為一個單獨的部份。這種進行分離的原因在於，粒度尺寸部份在不同的地質環境中特徵不同。這種差異直接影響他們的礦物工藝特徵，包括總回質以及最終產品的類型和品級。從而，接觸分析是建模流程不可缺少的部份。這需要根據分離距離將混合物配對以及根據分離距離將測繪平均值配對。根據岩性接觸是否應作為硬接觸或軟接觸處理，從而使用測繪決定混合物的選擇。

在差異劇變之處，接觸定義為硬接觸；在差異漸變之處，接觸定義為軟接觸。Pincock 檢查了這些特徵，審核了淡水河谷的接觸分析資料和測繪，發現平均品級值無重大差異，因為各側均為軟接觸。在此情況下，混合物各側均可用於這些部份的克里格法處理，而不需要考慮其距離。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

100 S. Union Boulevard, Suite 900
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 4-2

北南向礦帶測繪

關於 FeGL (%), SiGL (%), ALGL (%) 和 PGL (%)

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg-4-2.dwg

在硬接觸的情況下，Pincock 發現平均值存在重大差異，因為各側均有接觸。在這種情況下，採用混合物用於對這些部份進行克里格法處理受制於岩性。所使用的混合物有限，且應根據岩性。Pincock 推斷不同地質部份的任何側不存在粒度測定尺寸部份的劇變差異，並同意淡水河谷將單個地質域作為空間域進行處理。

4.8 變分法分析

淡水河谷的工作人員已經對各個礦床進行詳細深入的變分法分析。所有直接和交叉的變差圖均有內在聯繫。他們標示不同規模情況下，同樣的基台值比例和同樣的結構。在這種情況下，克里格處理方法為均等協同克里格系統，一個方差圖模型有可能涉及所有化學和粒度測量變數而祇有一個基台值。方差參數列舉如下：

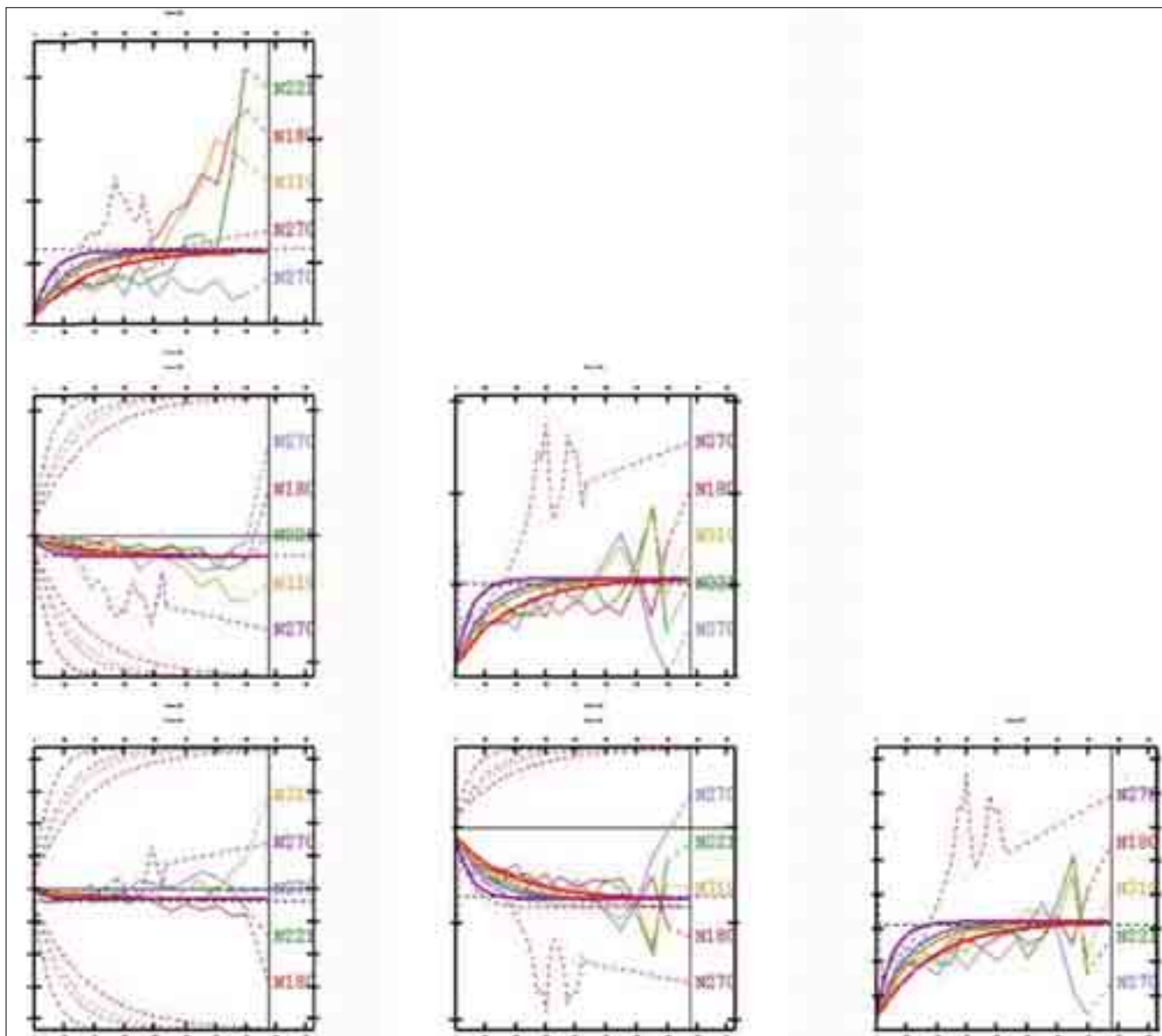
- Az=180, Pl=0, Dip=-30;
- 1 個指數式架構加上塊金效應 (C0=0.107, C1=0.893);
- 範圍異形: X1=550, Y1=180, Z1=150 m.

Pincock 觀察到淡水河谷的方差模型中存在各向異性(品級變化)，並相信這與地下地質環境直接相關。方差圖示例見圖 4-3。

4.9 品級累積

在混合樣品之前，淡水河谷採用一種稱為‘特殊可變分析’的品級累積流程，用於品級評估。該流程需要尺寸部份成分（擊碎並篩選至負 31 毫米尺寸的總樣品含量）以及各個尺寸部份的累積分析值。對於所提供部份的品級累積分析值，通過將提供尺寸部份的含量乘以同尺寸部份的分析值。例如， $A_{FeG1} = G1 (\% \text{ 的 } +6.3 \text{ 毫米部份}) \times FeG1$ (其中 Fe 的% +6.3 毫米部份)。執行本流程以確保所有的混合物在塊段評估過程中合理（稱重）。基於各種尺寸部份的單獨分析僅代表該尺寸部份的體積這一事實，本流程標準適用於所有鐵礦場。從而，要求根據相關尺寸部份，對樣品進行稱重。

除了上述流程以外，淡水河谷也採用移動倉資料非聚簇方法定義整體稱重的平均品級。採用這種方法，各個樣品均分配一個與預定尺寸的倉（或塊）中樣品數量成反比的重量。這個流程減弱了偏好型樣品聚簇而引起的效應。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司
100-S. Union Boulevard, Suite 900
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 4-3
品級方差圖

出版日期
2010 年 8 月
圖紙名稱
Flg.4-3.dwg

4.10 品級評估和克里格方案

淡水河谷的品級評估方法基於下列步驟：

1. 採用所有的地質域，對段塊使用普通克里格(簡稱 OK)方法進行評估。有些段塊品級評估需要改正。通過標準數學流程實施化學計量學檢查。
2. 生成了一個基於八分圓的搜索橢圓體（通過八分圓最多 2 個）。
3. 對常規段塊進行評估。
4. 實施克里格流程，根據混合物長度稱重。

橢圓體用於樣品搜索，根據主要變分方向定位。沿著主軸、半主軸和小（縱）軸採用單通道搜索或者多通道搜索。搜索範圍基於各個礦床建模的方差圖。

Pincock 發現淡水河谷所定義的克里格參數合適且合理。

4.11 資源模型驗證

淡水河谷所開展的資源模型驗證方法如下：

1. 統計比較檢查：
 - 總體偏差
 - 與混合範圍相比，品級差值範圍
 - 平均與分佈
2. 最接近的相鄰模型
 - 總體偏差
 - 基準局部偏差
 - 區域局部偏差
 - 趨勢
3. 在螢幕審核：
 - 隨機選擇一些區域
 - 對混合物和克里格品級進行肉眼比較

Pincock 對標準測繪和剖面圖進行肉眼檢查。將最接近的相鄰複合物模型資料與各種域的克里格模型評估進行比較，段塊模型平均值普遍與評估值相符合。Pincock 也觀察到總體平均值非常接近，局部品級差異在評估的過程中得到良好的展現。Pincock 比較了從北到南 FeGL (%) 的平均評估值（段塊模型）以檢查局部差異。總體來說，段塊模型與混合物資料進行了良好的比較。

Pincock 確認大部份成分的體積和品級與目標品級-體積關係一致。Pincock 也注意到在某些區域，對污染物和總體鐵含量存在高估或低估。Pincock 將這種缺陷歸因於這些區域存在大間距鑽探、鑽探不足、或鑽探過淺。

4.12 資源分級

為定義‘已測量’、‘已標示’和‘已推斷’類目從而滿足資源分類要求，淡水河谷採用了淡水河谷地質統計師所建議的一種名為‘風險分析’的流程。本流程滿足巴西礦業部 2—2 年 9 月所頒佈的‘巴西資源與儲量分級標準’。淡水河谷開發‘風險評估’ (IR (u)) 以定義資源類目和消除克里格流程中所產生的任何的錯誤（如樣品空間、地質複雜性、無序品級分佈等）。Pincock 認為資源分級的風險指標方法可以接受。

應用於化學變數的經典地質統計學技術不考慮礦體的幾何性。在這種情況下，基於克里格變數的資源分級標準不考慮鐵礦床中任何地質和地質化學變動的風險。為了消除評估流程中的任何‘風險’，淡水河谷根據樣品縫補以及礦床的幾何特徵採用指數克里格方法開發‘風險指數’。

根據已經建立的方法，生成指數，將值 1（一）分配給礦，將值 0（零）分配給廢棄樣品。生成方向性指數方差圖，並執行指數克里格方案。各個段塊的指數克里格結果將為樣品的稱重平均值，通過定義，祇假定值 0(零)或 1（一）。從而，1（一）將為最大可能結果，而 0（零）將為最低，除非有幾個負克里格重量。克里格值為 1 的段塊有最高的生礦可能性，而顯示值 0 的段塊則有最小的生礦可能性。零和一之間的中間值，標示礦和廢棄岩性可能兼存。如果克里格結果指示最類似的岩性，克里格變數將指示這種假設的可信程度。所以，這兩個參數在最終分析時均必須考慮。在這種情況下，各個段塊將歸屬於某種類目，其相關值定義為‘風險指數’。其解釋見表 4-2，標明根據資源可信類目的風險指數。

表 4-2
淡水河谷
N5 儲量審計
淡水河谷資源分級 – N5

資源分級	風險指數範圍 (RI)
已測量	< 0.5
已標示	0.5 - 0.75 之間
已推斷	> 0.75

下一步涉及笛卡爾二維空間中克里格值點圖[1-指數克里格結果]對比克里格變數/基台值，如圖 4-4 所示。

最終風險將和距離原始值的‘距離’成正比，從而所謂的‘風險指數’可以通過下列公式計算：

$$IR(u)_{expected} = \sqrt{[1 - I_k^*(u)]^2 + [\sigma_{IR}^2(u)]}$$

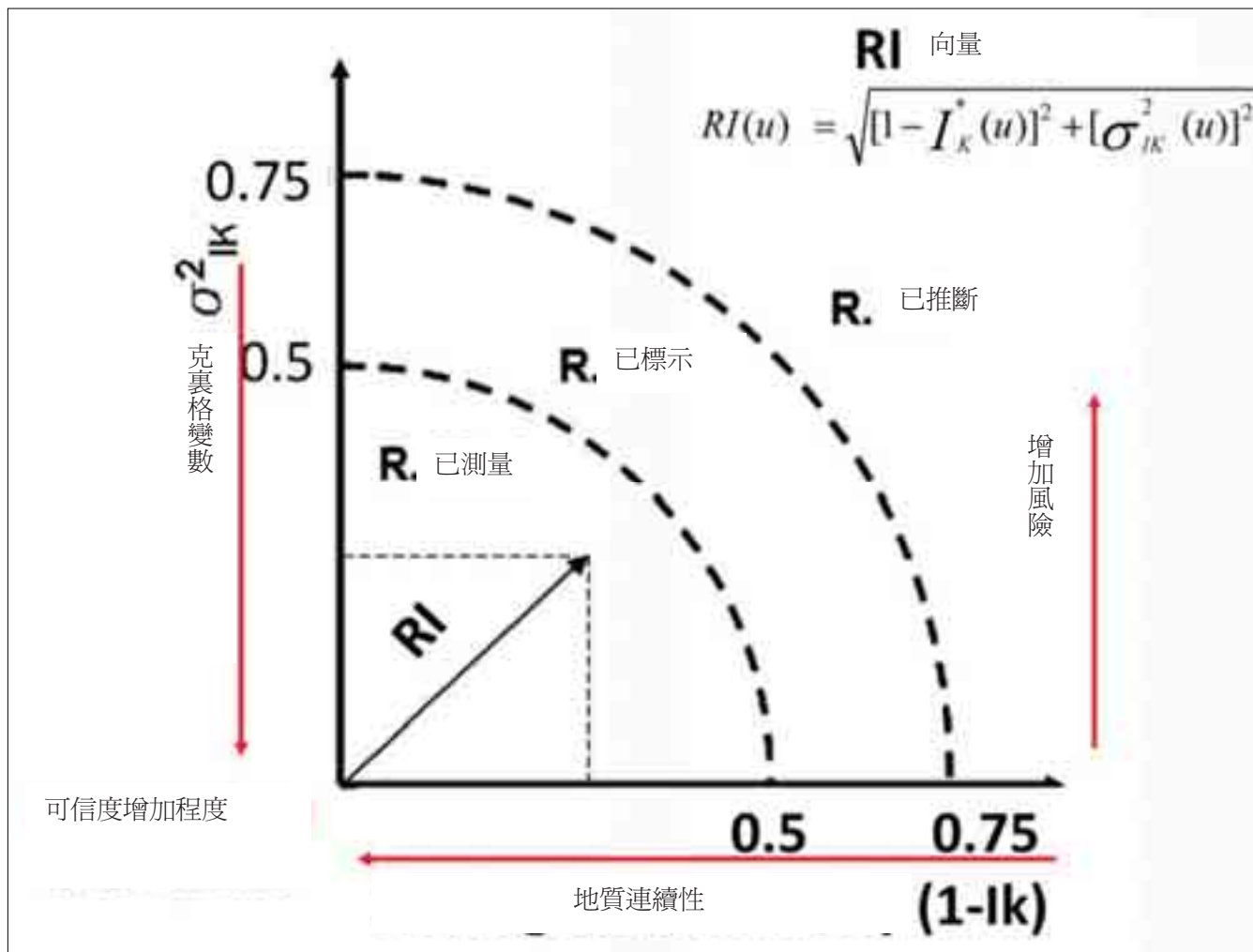
其中

- $I_k^*(u)$ = 為估算值，通過指數克里格方法，與位於 u 位置的段塊相關；
- $\sigma_{IR}^2(u)$ = 為指數克里格變數，與位於 u 位置的段塊相關。

尚不清楚淡水河谷如何確定用於資源分級的 RI 截止值 0.5 和 0.75（表 3-5）。表 4-4 列出 N5 所用的 RI。PAH 註明，在之前 2009 年 3 月 N4 礦床的審計報告中，RI 截止值為 0.6 和 0.9。

Pincock 發現，局部看來，有一些已推斷的段塊臨近已測量的段塊或，已隔離的已推斷類目的段塊由已測量的/已指示類別的段塊（或，反之亦然）。這種現象見圖 4-5。這種類型的分類可能會引起礦業規劃和計畫的實質性問題。Pincock 認為，淡水河谷所開發的這種分類方法（祇用於風險指數），應作為最終資源分級的一種指導（而不用於最終結果）。另外應避免隔離的段塊。比如說，一個隔離的已推斷的段塊由已測量的段塊環繞，可能被重新歸類於已指示的段塊，從而在共同考慮已測量的和已指示的段塊時，之前已推斷的已歸類的隔離段塊也包含在內。類似地，位於礦床邊緣的一個隔離的已指示類目的段塊，由已推斷的段塊環繞，應被重新歸類為已推斷的段塊。

為滿足 JORC 和 NI 43-101 的要求，Pincock 建議改善資源分級。Pincock 並未將所建議的改善資源分級在總資源評估方面量化。然而，Pincock 不期望在資源評估方面出現任何實質性變動。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

100-5, Union Boulevard, Suite 900
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

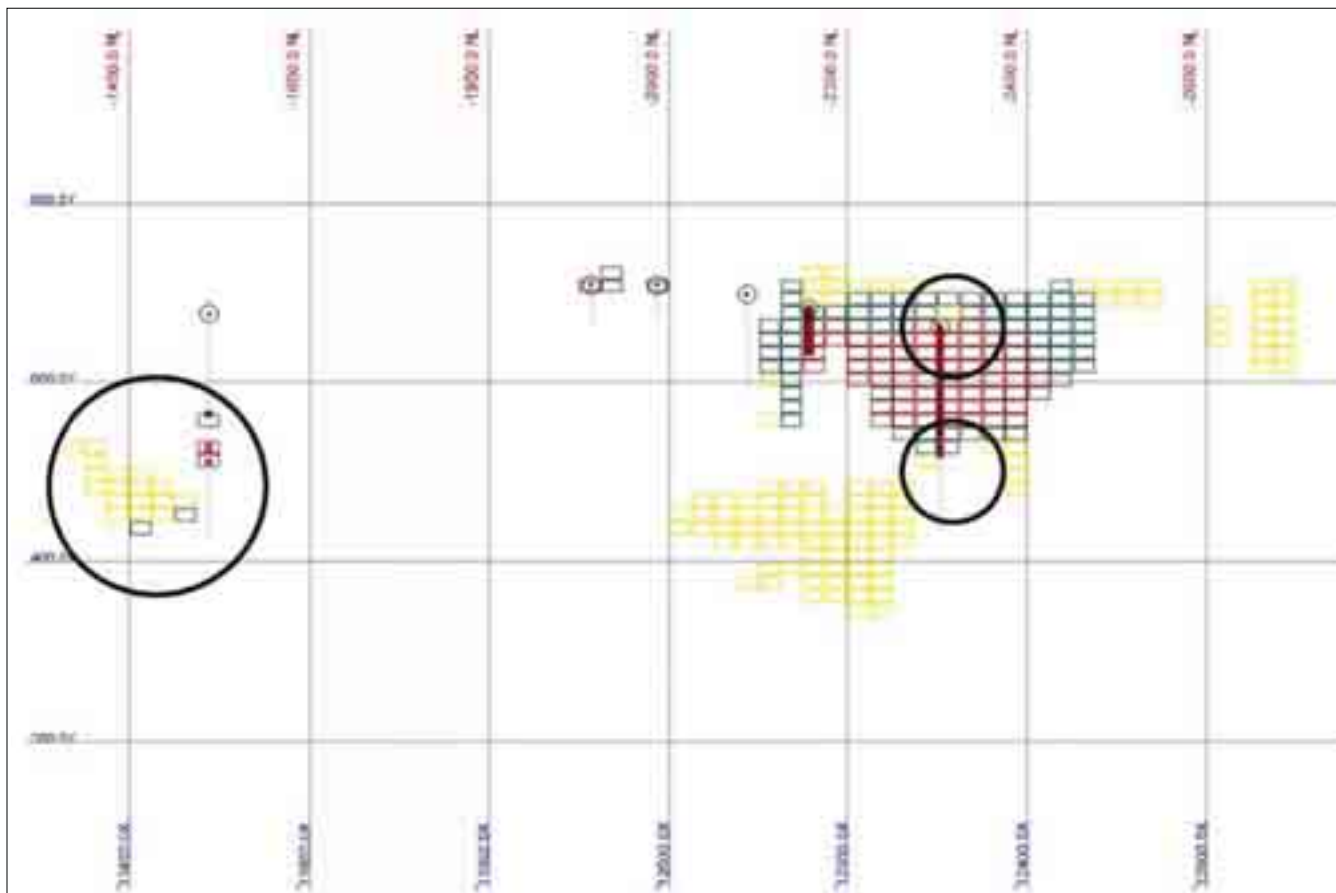
圖 4-4
資源分級
風險指數

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.4-4.dwg



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司
100-5, Union Boulevard, Suite 900
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 4-5
資源分級事項

出版日期
2010 年 8 月
圖紙名稱
Flg.4-5.dwg

4.13 礦產資源評估

對於針對 N5 礦床而開發的資源模型，Pincock 開展了審計檢驗。地質和品級模型由淡水河谷的 GAMGF 建立。淡水河谷已經認識到模型文件和檢驗的重要性，並投入巨大的努力用於開發和生成高品質綜合系統。Pincock 相信這些舉措具有非常重要的意義，因為它們是主要控制手段，以確保用複雜軟體組合進行系列計算而得出結果的品質。

N5 模型的主要基礎由來自鑽探和地面繪圖所搜集的地質資訊。淡水河谷已經開發出為更複雜的岩性建模和資源分級的流程和工具。Pincock 相信淡水河谷所建造的模型合理，準確地標明了各個礦床的岩性、品級和主要污染物。資源評估由 GAMGF 開展，其綜合辦公室位於米納斯吉拉斯省貝洛奧里藏特市薩瓦斯區

淡水河谷為 Pincock 提供電腦輔助地質和資源建模方面的文件化機構內部流程相關手冊。這些手冊詳細描述了用於資源計算的資料收集、品質保證/品質管制、資料庫管理、評估流程以及核對方法。Pincock 也發現地質部門的品質保證/品質控制流程沒有很好的進行文件化或解釋。當前在用的流程缺乏合適的地質與分析資料處理。

手冊也描述了礦床的一般位置、通道、基礎設施、區域和礦床地質情況以及採礦權和勘探歷史。關於資料獲取、累積、混合和幾何支持進行了文件化，但是缺乏恰當的處理。手冊描述了開發地質模型、密度檢測、地質統計學分析的必要步驟，以及資源評估和模型檢驗的流程。

淡水河谷的報告解釋了評估方法背後的基本原理，並在附錄中有選擇地歸納。淡水河谷努力準備報告、繪圖和製錶，將其作為每天資源評估工作的一部份。

4.14 資源表

N5 礦區總資源評估見表 4-3。這些資源代表 2009 年 12 月底在該地形(tp_orig_n5_311209.00t)表面下所估測存在的材料。所有的噸重均按濕量計算。

表 4-3

淡水河谷

N5 儲量審計

N5 礦區估測已測量與已標示的資源，於 2009 年 12 月 31 日

礦業資產 ⁽¹⁾	淡水河谷估測		Pincock 估測 (6)		差額	
	噸 Mt ⁽²⁾	品級 Fe (%)	噸 Mt ⁽²⁾	品級 Fe (%)	噸 Mt ⁽²⁾	品級 Fe (%)
已測量的資源	965	66.78	1,001	66.69	35.52	-0.08
已標示的資源	469	66.53	484	66.44	14.85	-0.08
已測量與已標示的資源合計 ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1,435	66.70	1,485	66.61	50.36	-0.08
已推斷的資源合計	210	66.20	214	66.13	4.03	-0.06

註:

- 1) 除非另有說明，淡水河谷的股權為 100% .
- 2) 所列噸數為濕基公稱原礦噸數
- 3) 資源估測包括儲量
- 4) 資源估測基於 2009 年 12 月 31 日地形
- 5) 資源由淡水河谷估測，由 Pincock 審計
- 6) PAH 採用 2009 年 12 月 31 日地形下全塊段模型以及 20% FeGL 的截止品級

5.0 開採審議

Pincock 工程師 2010 年 7 月期間訪問 Vale 的 N5 礦山運營。同一項目小組完成了對同一個礦區中 N4E 和 N4W 開採的 2008 年審計中的儲量部份。本節提供了採礦規劃以及為礦山開採所做的儲量計算工作，並提出了 N5 礦山儲量評價。

5.1 礦山開採

目前正在對 N5 的 6 個主礦區 N5W、N5E-N、N5E、N5S 以及 Morro 1 和 Morro 2 進行開發。N5W 開採始於 1998 年，N5E 始於 1999，N5E-N 始於 2003 年。N5S 定於 2015 年後開始開採，Morro 1 和 Morro 2 於 2020 年後開始開採。N5 的綜合採礦量 2008 和 2009 年占 Carajás 綜合採礦量的 50%，而從 2010 到 2028 年將達到 60%甚至 65%。

現有 N5 的採礦業務採用典型的大型鏟車操作，使用 230 到 250 公噸重的卡車和 17 – 38m³ 的液壓電動鏟。大型輪式裝載機（17m³）也用於卡車裝載。約 65%易碎赤鐵礦估計需要鑽探和爆破。至於其他礦石類型，100%的硬赤鐵礦和碧玉鐵礦岩需要鑽眼爆破。祇有 20%分解鎂鐵質岩體需要爆破。鑽井需要帶旋轉鑽炮眼的車隊來完成，該車需要橡膠輪胎和履帶。鑽井需要到 251 至 311 毫米位，其中大多數是 254 毫米位。孔鑽至 16 至 17m（15m 台加上 1-2m 副鑽臺）。基於岩石類型和裝載，工具模型是可以調整的。根據混合水分條件選用硝酸銨和燃料油（銨油炸藥），以及用乳化炸藥。輪式裝載機的要求比鏟子更小的孔間距。鎂礦區間距可以到 3m x 6m，鏟式裝載機裝載軟赤鐵礦，間距則可以達到 7m x 15m。

表 5-1 介紹了目前採礦設備車隊。由 Vale 的工作人員制定計劃的有效期內可以考慮改變規模以滿足不斷增長的生產需求，以及實現 400 噸運輸卡車轉型時的經濟規模。表 5-2 給出了 2011 年至 2020 年的計畫車隊。資本置換計畫要考慮採礦車隊的變化。

N5 坑礦生產的礦石拖到半移動的地坑式破碎機，然後傳送到中央處理廠或直接拖到一到兩個 10 mtpy 乾燥篩廠（無壓榨能力），本報告第 6 節將對此詳細討論。經過兩個 100 mtpy 乾燥篩廠處理的產品，直接送達列車荷載設施處，而特大型材料需要拖到粉碎機粉碎，然後通過中央處理廠與其他 ROM 一起處理。需要注意的是，這兩個 10 mtpy 工廠將主要處理低氧化鋁和低錳礦，因此，這些處理廠需要選擇其他 ROM 產品，尤其是在雨季。

表 5-1

VALE

N5 礦儲審計

現有採礦設備隊

Carajás 採礦隊 - 2010年6月		型號	容量	數量
車隊匯總 - 鑽頭				18
PF-05	Atlas Copco Crawler Tamrock	ROC D7	2-1/2-4"	2
PF-06	Diesel Crawler Ingersoll Rand	CHA700	3,4" a 4"	1
PF-07	Diesel Crawler	DML	10"	2
PF-08	Atlas Copco	DML-LP	10"	2
PF-24	Ingersoll Rand Diesel Rubber tired	T4BH	10"	8
PF-67	Atlas Copco Diesel Crawler	PIT VIPER	10"	2
PF-68	Atlas Copco Diesel Crawler	DM30	6"	1
車隊匯總 - 鏟				19
ES 09	Bucyrus Erie Cable	495 HR	57 yd ³	2
ES 10	Bucyrus Erie Cable	395 HR	40 yd ³	2
ES-13	P&H Electric	2800 XPB	40 yd ³	2
ES-14	Bucyrus Erie Electric	295 BII	22 yd ³	2
ES-20	Komatsu Hydraulic	PC8000	50 yd ³	6
ES-21	Bucyrus Erie Electric	395 BII	36 yd ³	3
ES-90	O&K Hydraulic	RH340	31 yd ³	2
車隊匯總 - 前載				18
PC-77	LeTourneau	L1850	22 yd ³	6
PC-79	LeTourneau	L1800	22 yd ³	1
PC-80	Komatsu	WA1200	19 yd ³	8
PC-L2350	LeTourneau	L2350	47 yd ³	3
車隊匯總 - 托運車				104
CM-40	Caterpillar - 2286 HP	793C	278 st / 252 t	66
CM-43	Komatsu - 2500 HP	830E	268 st / 243 t	19
CM-53	Komatsu - 2500 HP	830E A/C	268 st / 243 t	10
CM-54	Liebherr	T282B	400 st / 363 t	9
車隊匯總 - 推土機				48
TE-29	Caterpillar	D11R	850 HP	24
TE-32	Caterpillar	D9R	405 HP	13
TE-39	Komatsu	D475A5	860 HP	11
車隊匯總 - 橡膠輪推土機				15
TP-33	Caterpillar	854 G	880 HP	13
TP-51	Komatsu	WA900	880 HP	2
車隊匯總 - 電機平地機				18
MT-30	Caterpillar	16H	275 HP	4
MT-31	Caterpillar	24H	500 HP	14

2010 年末計畫的設備機隊

表 5-2

VALE

N5礦儲審計

計畫中採礦機隊 - 2011 到 2020

車隊總計 - 鏟	型號	容量	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
			24	24	24	23	23	23	22	21	21	22
O&K Hydraulic	RH200	20 yd ³	1	1	1	1	1	1	1	1		
Bucyrus Erie Cable	495 HR	57 yd ³	4	4	5	5	5	6	7	9	12	13
Bucyrus Erie Cable	395 HR	40 yd ³	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P&H Electric	2800 XPB	40 yd ³	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Bucyrus Erie Electric	295 BII	22 yd ³	2	2	1							
Komatsu Hydraulic	PC8000	50 yd ³	8	8	8	8	8	7	6	5	5	5
Bucyrus Erie Electric	395 BII	36 yd ³	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
O&K Hydraulic	RH340	31 yd ³	2	2	2	2	2	2	2	1		
車隊總計 - 前裝載機			21	19	17	17	10	10	10	10	8	8
LeTourneau	L1850	22 yd ³	6	4	1							
LeTourneau	L1800	22 yd ³	1									
Komatsu	WA1200	19 yd ³	8	8	8	7						
LeTourneau	L2350	47 yd ³	6	7	8	10	10	10	10	10	8	8
車隊總計 - 拖運車			130	130	130	128	103	90	81	68	66	62
Caterpillar - 2286 HP	793C	278 st / 252 t	91	88	87	87	84	71	63	16	4	
Komatsu - 2500 HP	830E	268 st / 243 t	29	29	29	27	1	1				
Komatsu - 2500 HP	830E A/C	268 st / 243 t										
Liebherr	T282B	400 st / 363 t	10	13	14	14	18	18	18	52	62	62

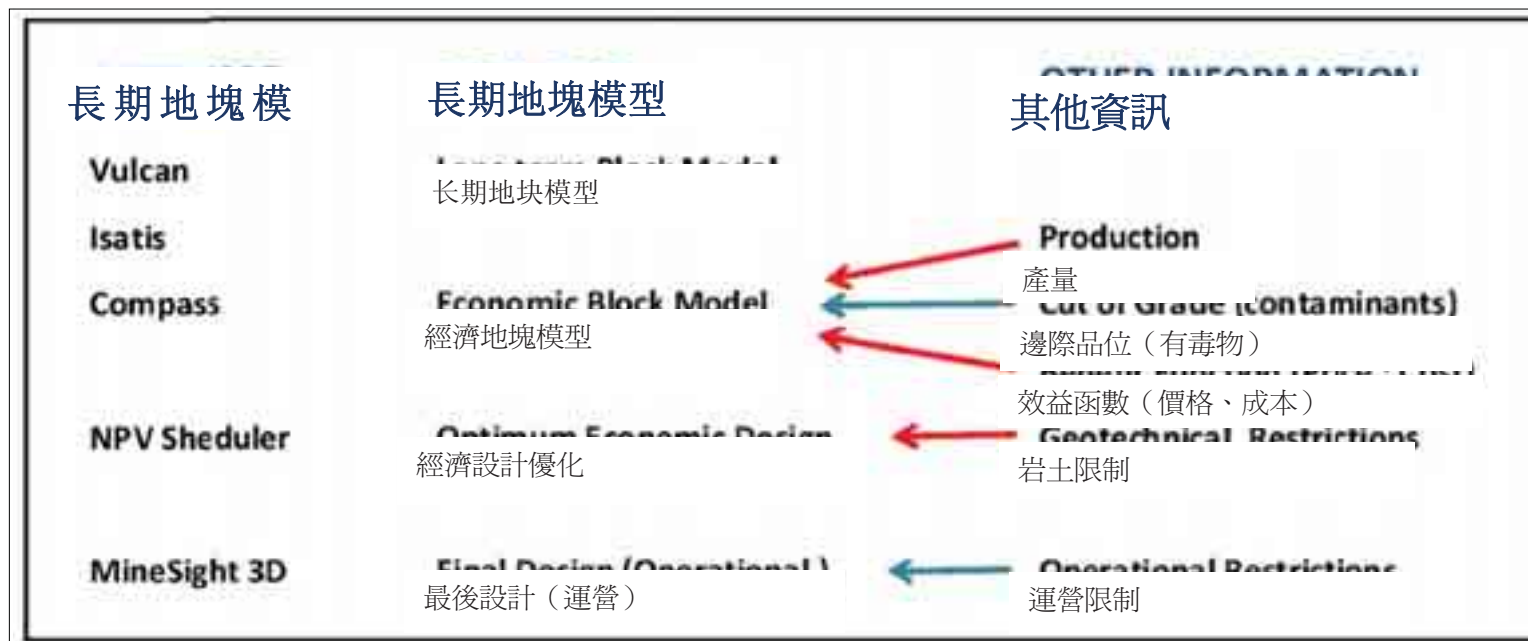
需要優化篩選過程。ROM 的選擇將在短期規劃中確定；長期計畫並沒有在特定地區的對 ROM 目標地和產品的品質進行區分。

5.2 礦井設計

Pincock 審查和評估了 N5 坑的開採方法和地質中含有的物質以及採礦塊模型的經濟價值，發現該方法遵循公認的工程/經濟實踐。這種方法在 Carajás 已經標準化而且基本上同 2008 年 Pincock 審計 N4E 和 N4W 坑儲量的方法是一致的。總的方法、輸入資訊和適用的軟體將在圖 5-1 中說明。

從資源模型開始礦坑優化和邊界品位分析，資源模型已經在估計儲量時形成。第二個地塊模型利用 Vulcan 軟體發展並用於礦山開發規劃，包括經濟資訊，例如：一個給定地塊中不同產品的價格，

- 包括根據不同材料類型進行的鑽探和和爆破的開採成本、裝卸和運輸，
- 加工廠成本和回收因素，
- 二氧化矽、氧化鋁、氧化錳、磷的邊界品位；及
- 計算每個地塊的效益函數。



根據岩性、原位鐵含量等品質因素，用資源型塊預測每個地塊可銷售的產品。產品回收也包括在這個規劃過程中，因為每一種產品都含有鐵。三種類型的產品粒狀、球團原料和顆粒料歷來產於北方系統。如前所述，顆粒和球團原料的產量將減少，將來重點是顆粒料。儲量計算中的價格依據 2007 年、2008 年和 2009 年的實際價格。

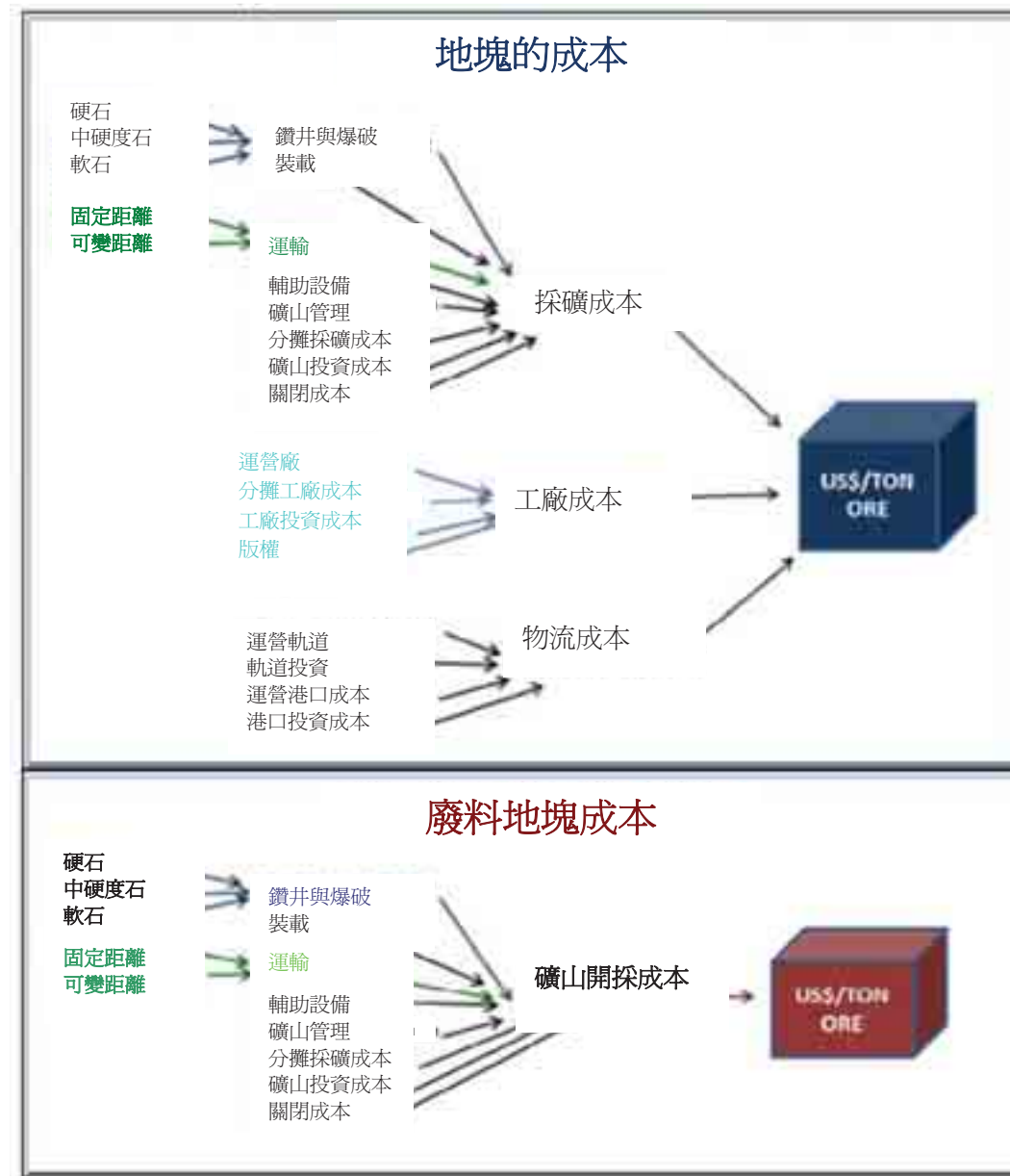
地塊分配也會影響開採成本，最明顯的拖運成本是將廢礦運到各自的礦石傾倒點。工程處估計，將運輸距離、有效載荷卡車、卡車運輸週期計算在內，按每小時卡車礦石及廢礦運輸量的成本以及按每車的運輸時間成本計算總成本。成本預算同時考慮了其他相關的採礦成本包括鑽孔、爆破、裝載、道路維修、一般行政事業性收費等，此外，所有下遊的收費納入該地塊的成本模型，包括產品裝載軌道車，到港口的軌道交通，港口裝卸和船舶裝載成本，以及企業一般及行政事業性收費的組成部份。

2007 年至 2009 年均採用當前運作成本的模式做完實際成本資料。有人指出，由於 2009 年生產總量相對固定經營成本減少，2009 年產品運輸的噸位或生產的噸位運營成本比 07 年和 08 年要高。採礦設備資本置換和預期未來所需要的其他支出的估算將維持（但不擴大）目前水準，這些已被添加到直接運營成本當中。表 5-3 提供了 2005 年至 2009 年度單位成本和礦山經營成本估計的依據、加工成本、下遊收費及為 2010 年儲量計算所進行的 N5 礦井設計的效益函數中使用的資本分配。

Pincock 會注意到，礦井設計的成本也估計在內，並符合歷史成本。然而，成本資訊是置於其他採礦業務的典型細節水準上的。例如，每個車隊每小時的費用資訊不可用，祇有每小時整體運輸成本。隨著拖運卡車隊的大小變化，更好地界定單位運行卡車和裝載機車隊的成本將提高實際經營成本的預測。

圖 5-2 顯示了以礦石和廢棄地塊的成本應用來確定整體生產成本。如隨後所述，效益計算要考慮每個地塊的成本和該地塊每個產品決定的生產收入以及每個產品的收入。

如隨後更加詳細的討論，Vale 不使用典型的邊界品位計算，北方系統鐵礦山也不採用基於鐵品位的應用。2010 年氧化矽、氧化鋁、錳以及磷輔助礦物質將考慮使用邊界品位。目前的採礦計畫和生產計畫證實，採掘被劃分為礦石的材料（55%以上的鐵品位材料）沒有考慮附屬材料會產生



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

10th St. Union Boulevard, Suite 800
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 5-2

礦石地塊和廢料地塊的成本適用

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.5-2 dwg

表 5-3

VALE

N5 礦儲審計

歷史成本、銷售价以及效益預估

運營成本	單位	實際成本					效益函數預估
		2005	2006	2007	2008	2009	
礦產開採總計	US\$/tonne moved		2.58	2.01	2.38	3.24	2.54
爆破	US\$/tonne	無	0.24	0.21	0.24	0.24	0.23
爆破材料百分比	%		62%	66%	50%	58%	58%
裝載	US\$/tonne moved	0.42	0.31	0.27	0.33	0.56	0.39
拖運	US\$/hour	254.78	204.85	240.59	324.43	379.51	314.84
一般費用	US\$/tonne moved	0.39	1.05	0.68	0.75	2.05	1.16
基礎設施	US\$/tonne moved	0.15	0.54	0.28	0.31	0.45	0.34
G&A	US\$/tonne moved	0.12	0.16	0.18	0.24	0.05	0.16
礦產開採計畫	US\$/tonne moved	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01
持續投資	US\$/tonne moved	無	0.23	0.14	0.11	0.43	0.23
礦山關閉	US\$/tonne ROM	0.09	0.09	0.09	0.09	1.09	0.42
處理廠總計	US\$/tonne ROM		1.86	2.11	2.11	2.24	2.16
處理廠運行	US\$/tonne ROM	1.32	1.60	1.91	1.94	2.06	1.97
持續投資	US\$/tonne ROM	無	0.27	0.20	0.18	0.18	0.19
分擔	US\$/tonne ROM		1.27	1.60	1.65	1.40	1.55
成本分擔	US\$/tonne ROM	0.32	0.46	0.79	0.90	0.80	0.83
投資分擔	US\$/tonne ROM	無	0.80	0.80	0.75	0.59	0.72
版權費	US\$/tonne product	0.33	0.42	0.48	0.75	0.81	0.93
物流	US\$/tonne product		4.57	5.39	7.54	7.24	6.73
鐵路運行	US\$/tonne product	2.28	2.64	3.11	3.81	3.24	3.39
鐵路持續投資	US\$/tonne product	無	0.59	0.69	1.93	2.25	1.63
港口運行	US\$/tonne product	0.62	0.69	1.04	1.38	1.54	1.32
港口持續投資	US\$/tonne product	無	0.65	0.54	0.42	0.20	0.39
產品銷售价							
產品	單位	2006	2007	2008	2009	2010(a)	平均
燒結料							
價格	US\$/tonne	41.54	47.14	74.31	77.28	72.70	66.24
鐵品位	%	66.00	66.00	66.00	66.00	65.91	66.00
金屬價格(b)	US\$/tonne metal	62.94	71.42	112.59	117.10	110.29	100.37
顆粒料							
價格	US\$/tonne	37.83	40.93	65.15	69.65	68.14	58.58
鐵品位	%	65.30	65.30	65.30	65.30	65.67	65.30
金屬價格(b)	US\$/tonne metal	57.94	62.67	99.77	106.66	103.76	89.70

(a) 2010 年 6 月制定的初步 2010 年價格

(b) 價格 US\$/tonne Fe，基於自然密度(濕度)

符合品質總體規劃中載燒結料品質參數的 ROM。

每一個地塊都運用資源模型進行了效益計算，包括地塊噸位，鐵的預計收入（每個產品），產品回收數量，以及按美元計算的不同的產品獲得的鐵的單位價格。從收入中減去如上所述所有費用得出每個地塊的淨值。用 Lerchs-Grossmann 嵌套坑演算法進行最後的礦坑優化，並檢驗無論增量剝採比是否過高，推斷坑邊界內的資源比例是否很高，以及像侵犯 DNPM 特許或其他現有的基礎設施的物理邊界限制是否被允許。使用 NPV Scheduler 軟體進行礦坑優化，並且結合淨現值的概念，從而確定提取的順序，以最大限度地提高經營性現金流量。遵循為礦山定義的岩土設計參數，先產生幾個

礦坑並選擇最佳的經濟坑。本文稱之為數學坑。

開發最終設計的礦坑，執行具備按年度進行開礦細節的開採進度，並提供總產品交付預測。在固定的美元匯率基礎上分配價格及相關成本，2016 年之前適用 15.25%的聯邦所得稅率，之後適用 34% 的聯邦所得稅率，反映出巴西欠發達地區為礦山的發展提供的稅收激勵將終止。標準稅後淨現金流量貼現採用 Vale 的 20%的資本加權平均成本。這個時候內部回報率也計算在內，因此，每步運營的經濟參數可以很容易地核對總和比較。

一旦確定最終的礦井將在近幾年進行開發，通常為 8 至 10 年，另外還要制定所有類型岩性的 ROM 生產進度。這些日程表由相應的工藝工程師檢查以及作出必要的迭代。表 5-4 顯示礦坑開發中使用的參數。

表 5-4
VALE
N5 礦儲審計
礦產開採設計參數

台位高	15m
總體坡度	
軟石	30°
硬石	43°
礦石	36°
面錐角	
軟石	60°
硬石	80°
礦石	70°
匝道邊坡	10%
匝道寬	
主要匝道	40m
底部的基坑	25m
起始台	50m
廢料堆	
面錐角	26.4°
起始台高	15 / 20 m

Pincock 審查了 Vale 規劃工程師使用的運輸方法簡況。簡況包括根據現時生產和設備的記錄資料計算出的礦坑年度經營計畫、開採時間和運輸時間。Pincock 認為這項工作做得很好，對設備組發展的時間表來說也很確切。在合理時間週期內更換礦山設備，該週期按特定機器或車隊的運行時間來衡量。用於更換的資金似乎是足夠的。採礦經營成本對 Vale 面臨的開採條件、勞動力價格、原材料價格也比較合理。

在資源估價過程中基於礦坑內所含物質分類（測量、顯示或推斷）以及資源分類進行儲量計算。測量和顯示的資源通常決定了探明和可能的礦石。挑選餘下的礦石和非礦化材料被指定為廢料。

如圖 5-3 所示 N5 的礦山廢棄物將置於以下三個垃圾場的一個：北一號、南部或東南部垃圾場。Vale 將 N4E、N4W 和 N5 的礦山經驗看作具有 30%挖掘容量膨脹係數，同時也是大約 12%的垃圾場壓實係數，從而造成膨脹係數與垃圾係數為 15%。這三個聯合垃圾場轉儲容量約為 761,150,000m³，或

大於現在的廢物量約 2.4 倍，並考慮 15%的膨脹率。

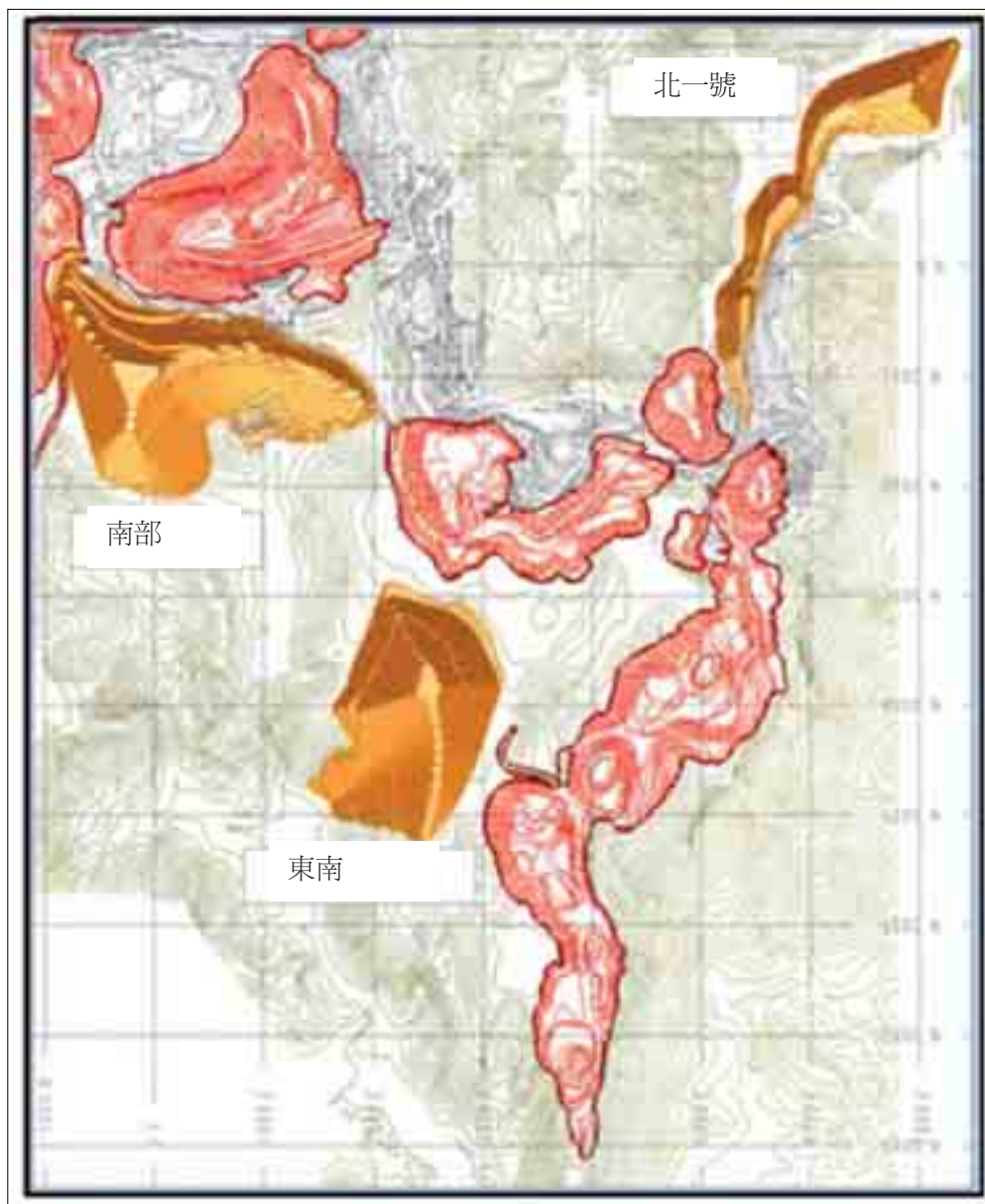
5.3 礦坑、垃圾場和尾礦的岩土工程

2008 年 12 月，Pincock 審計了岩土工程環境評價過程以及 Carajás 綜合礦的邊坡設計過程。

自 2001 年以來，Vale 派出一個精通岩土估計、工程地質學和水文學的岩土工程師設計和監測所有礦井斜坡、礦山廢棄物堆放場、尾礦圍塘、水和泥沙岩土圍塘。北方系統有專門的岩土工程人員參與對該礦山具體方面的日常監測和評估。此外，Vale 同時使用外部顧問完成項目，以及每年第三方對所有水壩、垃圾堆放場和礦坑的斜坡進行技術審查。

將礦坑的斜坡岩土工程方案整合到地質勘探工作中。發現的鑽井核心在國際岩石力學學會（科研管理資訊系統）和巴西環境與工程地質協會（ABGE）既定程式基礎上按岩土工程特性進行歸納記錄。記錄和分類系統已被修改，增加了一個類別，即代表鐵礦石形成中常見的流行的低強度岩石。設計分析主要集中在平面旋轉和邊坡破壞模式。

礦井邊坡設計工作是分階段進行的，並從長遠採礦工作人員的投入，岩土穩定性和實用性的角度對礦井進行了優化。礦井邊坡設計參數用於主要岩性，而參數值分配給每個地塊用於分析 NPV 調度。表 5-5 列出了 N5 按材料類型進行的礦井設計基坑邊坡參數。礦坑開發時，會對岩土進行檢驗，以確認最終坑的設計和範圍定義。對礦坑斜坡的任何修改都是現在進行的。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司
100 S. Union Boulevard, Suite 900
Lawrenceville, Georgia 30046
電話：(303)986-6950

BH-00015

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 5-3
廢料堆地點

出版日期
2010 年 8 月
圖紙名稱
Flg.5-3 dwg

表 5-5
VALE
N5 礦儲審計
礦坑設計參數

岩性	編碼	總坡度 (度)
廢料堆	PE	30
Canga – 結構	CE	26
Canga – 化學	CQ	26
錳鐵	FM	26
Mafic – 半分解	MSD	26
Mafic- 分解	MD	26
土壤	SO	26
Jaspelito	JP	43
Mafic – 耐藥性	MS	43
赤鐵礦 – 易碎性	HF	36
赤鐵礦 – 壓縮性	HC HMN	36
赤鐵礦 – 錳		36

坑是在這個時候。圖 5-4 顯示岩土工程組礦坑整體穩定性的分析。在所有情況下安全係數超過 1.3，通常情況下大於 1.5。

Pincock Gemcom 軟體證實最終礦坑符合岩土工程設計標準。

地下水是基坑邊坡穩定的關鍵因素。已經執行的脫水措施包括水準排水渠、深降水井與礦坑內圍塘。礦坑中的監測系統包括水壓表和檢測稜鏡裝置以測量邊坡運動。傾角計安裝在關鍵領域或流動率高的地區。

新尾礦和泥沙圍塘的設計，是 Vale 的工作人員與外部顧問一起進行的。Vale 根據需要建造並改進了現有圍塘。實施過程遵循公認結構維護的工程做法。

5.4 採礦計畫的週期

整個礦產開採週期中每年的礦井生產計畫首先基於設計礦坑 10 年左右的運營，再基於“數學”坑。Pincock 認為 Vale 在盡量延長礦井壽命上以一種合理的方法做了一些坑設計。所有這些生產數字要根據未來市場、其他鑽和可用的公司資本變化而變化。

使用 MineSight 計畫優化軟體制定開採計畫中的生產計畫。表 5-6 列出經濟分析中使用的生產計畫以說明經濟可行性。



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

188 S. Union Boulevard, Suite 650
Tulsa, Oklahoma 74103
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 5-4
地質穩定性分析部份

出版日期
2010 年 8 月
圖紙名稱
Flg.5-4 dwg

5.5 礦儲

表 5-7 列出 Carajás N5 綜合礦山的儲量。這些儲量說明 2009 年 12 月 31 日前的儲量，以及到目前為止 2010 年的非淨值儲量。在另一份報告中說明了 2010 年 6 月 30 前儲量的消耗。2010 儲量估計相比 2006 年的儲量估計增加了 28070 萬噸或約相當於 2006 年儲量的 33%。這主要由於 N5S 擴展了 Morror 1 和 Morror 2 的儲量造成的。

表 5-7
VALE
N5 礦儲審計
礦儲概要

礦產開採	礦儲分類	(Mt)	Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Mn (%)	LOI (%)
N5 總計	證明可開採的	390.3	66.81	1.31	0.027	0.89	0.431	1.50
	Probable	753.1	67.22	1.34	0.029	0.78	0.245	1.23
	總計	1,143.4	67.1	1.33	0.028	0.81	0.31	1.33

(a) 2009 年 12 月 31 日礦儲

(b) 基於濕噸位的礦儲以及基於乾燥的鐵礦石品位

審議表 5-7 時，應注意到基於鐵品位的典型邊界品位計算及應用不是由 Vale 北系統鐵礦山執行的。到 2010 年前，輔礦物包括矽、鋁、錳和磷並考慮了邊界品位。表 5-8 顯示以前的 N5 儲量考慮的物質限定或邊界品位。表 5-8 顯示，鐵品位在 55 % 以上但有一種或多種參數超過標準的材料被分為廢物。

表 5-8
VALE
N5 礦儲審計
2010 前有毒物質限定標準

有毒物質	限定 (%)
SiO ₂	2.50
P	0.20
Al ₂ O ₃	2.00
MnO	2.00

2010 年的儲量估計中，Vale 預計了含有可接受的鐵品位但一種或多種參數超標的"邊際"礦的數量和品質，如表 5-8 中所示。

表 5-9 顯示了如果全部材料被列為赤鐵礦並基於鐵品位的礦石儲量和品質。Vale 得出以下結論，"邊際"礦不能充分稀釋而限制滿足燒結料所需的產品品質。

表 5-9
VALE
N5 礦儲審計
邊際礦石礦儲的品質

	量 (百萬噸)	ROM比例	Fe(%)	SiO ₂ (%)	P(%)	Al ₂ O ₃ (%)	Mn (%)	LOI (%)
礦石	1043.55	91.3%	67.29	1.18	0.028	0.78	0.24	1.29
邊際礦石	99.86	8.7%	64.88	2.89	0.025	1.14	1.00	1.67
所有礦石	1143.41	100.0%	67.08	1.33	0.028	0.81	0.31	1.32
燒結料品質 (a)			66.00	1.40	0.035	1.30	0.65	1.90

(a) 2009-2012 品質控制計畫

對於影響儲量定義的評估，Pincock 用最終的礦坑來定義 2006 的儲量但用當前資源地塊模型估計鐵品位，以及將它與 2006 年儲量相比較。圖 5-5 顯示 2010 年塊模型和 2006 年模型的鐵品位直方圖。應當指出的是，同一區域中 2006 年模型中的地塊是 2010 年模型的四倍，因為 2006 年地塊尺寸是 12.5 x 12.5 x 15 m, 而 2010 年模型地塊採用 25 x 25 x 15 m。2010 年模型沒有考慮最小鐵品位，因此比較直方圖顯示 2006 年模型中礦井沒有鐵品位小於 50.78%的地塊。如果不設定邊界，同一幾何形狀則含有自含鐵 29.54%以上的品位。最小鐵品位 52%的礦石的界定將減少低鐵品位的地塊，從而維持燒結料中的最小鐵品位。5-6 中所示，50 至 70%的鐵分佈的形狀與 65 至 69 %之間密切相關。

Pincock 基於 GWMCOM 軟體獨立證實了的所述儲量，並核實可接受範圍內的 Vale 礦物及廢物的運輸。

如該報告第 7 節所討論，N5S 礦北部正在申請許可證，預計將在 2010 年完成。N5S 礦以及 Morror 1 和 Morror 2 的南部地區尚未開始申請許可證，但環境研究已經在進行。一個關鍵問題及該地區洞室產生過程中根據聯邦法規定鐵構成有特殊的狀況。現正進行研究，以評估洞穴的存在、文化及環境意義。Vale 不便對該洞穴群（如果有）作出這些資訊的評估，這些洞室群需要特別考慮，有可能會在某些地區禁止開採。因此，Vale 圍繞每個已知的洞室群建立緩衝地帶，即使地質學上分類礦石為可開採，也界定了可以開採的礦儲區域。這反映出直到該洞室群的表徵研究以及任何特殊的保護需求的評估完成後，礦石開採的法律不確定性會一直存在。

Pincock 的意見是 Vale 關於資源的報告要符合 JORC 的要求，並且礦物生產要滿足美國證券交易委員會（證交會）的規定。

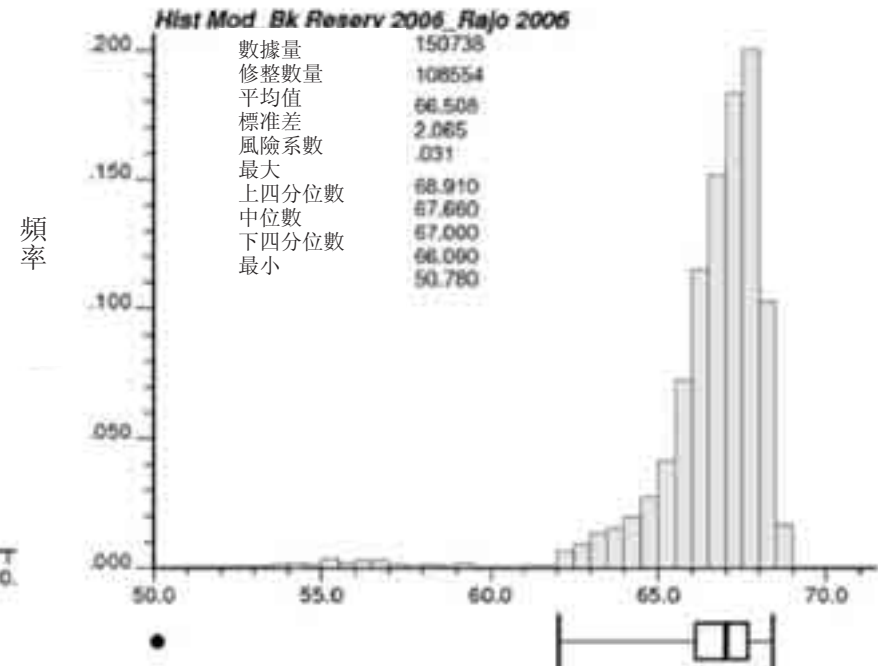
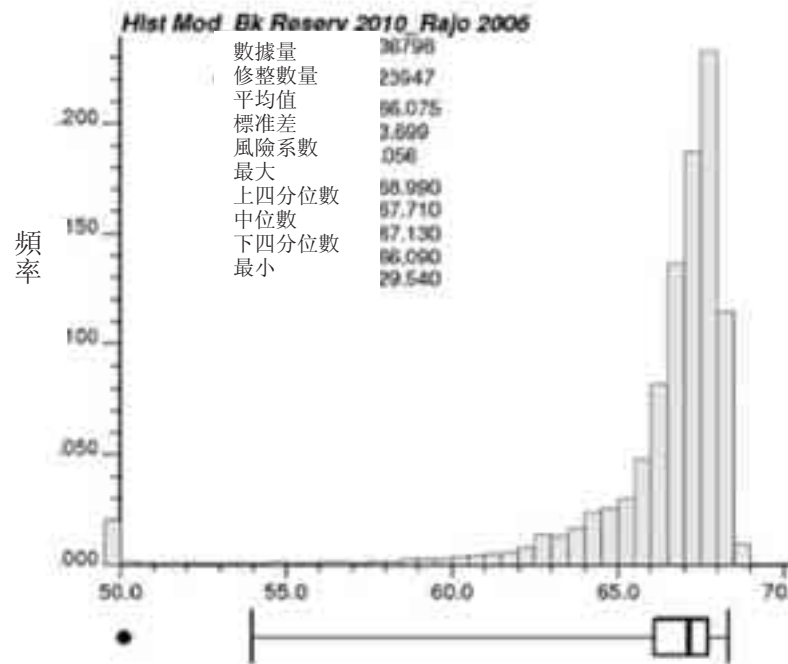
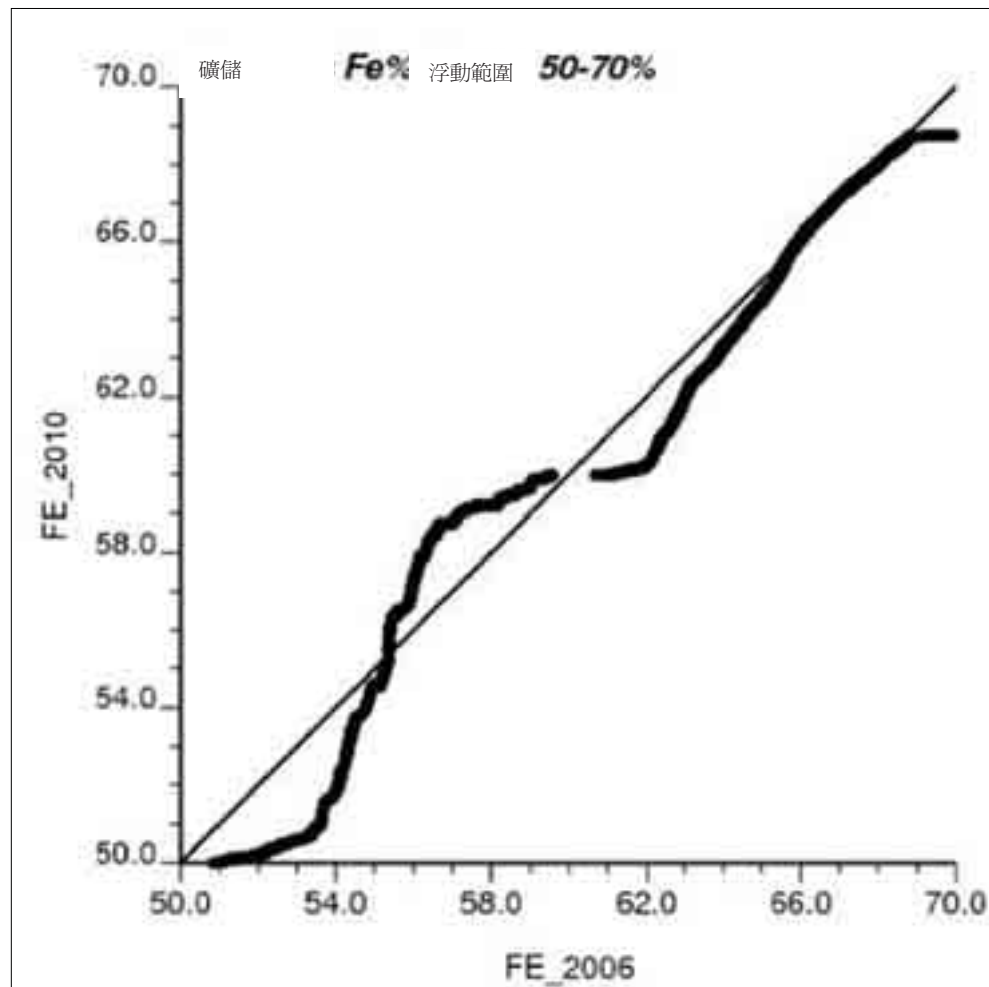


FIGURE 5-5
Fe Grade Distribution Comparison
Between 2006 and 2010 Models



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

1005 S. Union Boulevard, Suite 1001
Littleton, Colorado 80120
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 5-6

2006-2010 地塊模型的鐵比例品位比較

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.5-6 dwg

6.0 加工審查

6.1 *Serra Norte* 加工概覽

Vale 卡拉加斯採礦綜合項目的礦石加工在就近中央選礦廠完成。該廠 1986 年建成投產，經過多次融資擴容達到目前生產能力，每年可加工 1 億噸鐵礦石產品。該廠主要通過破碎、篩分、分級脫泥和脫水來處理氧化鐵礦砂和赤鐵礦。過去加工過大塊礦石、燒結料和球團原料三類產品。近年來塊礦和球團原料噸位一直下滑，而燒結料生產有較大比例提昇。塊礦通過乾法生產，過程包括粉碎和篩選；燒結料和球團原料傳統上採用濕法生產。

近年來燒結料使用專利乾篩選法進行生產。Vale 在生產燒結料時已經把部份濕加工改為乾篩加工。該轉換在 2008 年年底 N4E 和 N4W 礦審查前就開始了。當時，中央選礦廠的 17 條濕篩生產線中的 6 條已改造為乾篩生產線並投入使用。目前 17 條生產線中的 10 條已經完成改造。現在這 10 條生產線中的 8 條已持續使用。

此外，附近的兩個年產 1 千萬公噸的遠端乾篩廠會輔助燒結料生產。第一個年產 1 千萬公噸的乾篩廠於 2010 年 4 月開始滿負荷運轉，第二個工廠也在 2010 年上半年開始投產。預計兩個工廠會在 2011 年全面投入生產。燒結料濕加工方法將會減至最低並由乾篩法取代。

目前，Vale 的塊礦每年生產計畫很少，位於 San Lius 港附近的團礦廠每年生產的 1 千 2 百萬噸球團原料也主要是滿足 Vale 內部使用。Vale 沒有從卡拉加斯出口球團原料的打算。Vale 所有出口的球團原料產品都計畫從南部體系礦山開採。

對於北部體系礦，Vale 計畫在現有的中央選礦廠附近擴建一座年產 3 千萬噸的選礦廠。新建廠預計在 2012 年試車，將使用乾篩法生產燒結料。另一個稱為 S11D 或 Serra Sul 的大型項目計畫再建一個專用處理廠。本報告將不涉及這兩個新專案，因為 N5 礦計畫由兩個年產 1 千萬噸的乾篩廠和現有加工廠加工。

以前在 2008 年底做的儲藏審查主要考慮在現有年產 1 億噸濕法加工廠加工 N4 鐵礦石。當前 2010 年儲量審查主要考慮在現有工廠和兩個新的年產 1 千萬噸乾篩廠加工 N5 礦鐵礦石。這次審查還考慮到一個事實，即在現有工廠的 17 條濕法篩分燒結料生產線中有 10 條可以進行乾篩燒結料生產。

本節剩餘部份將包含以下內容：

- 目前卡拉加斯礦石加工和產品
 - 歷史生產和未來項目。
 - 加工設施說明和流程圖。
-

- 每個加工步驟的說明。
- 從濕法到乾法改造論證。
- 預計 N5 礦儲量的冶煉和品質。
- 討論、評價、建議和結論。

6.2 卡拉加斯礦石加工

赤鐵礦的三個主要產品類型為塊礦、燒結料和球團原料。它們的化學成分基本相同，祇是原礦碎片大小有差異而已。每種產品又有子類。子類的生產可以滿足市場需求或滿足客戶偏好。一般來說，任何產品類型的產品品質差異都是由於顆粒測定或化學分析中的細微改變導致。

塊礦是生產過程中產生的第一種產品。塊礦最為粗糙，由單體碎石組成，大小從 11 毫米到 25 毫米不等，通過乾篩生產。塊礦大多用作國內市場高爐的給礦。Vale 的未來計畫祇在卡拉加斯少量生產塊礦。

次級粗糙的產品是燒結料，單體礦粒大小在 0.5 毫米至 16 毫米之間。燒結料既可以通過濕法加工也可以通過乾篩加工。Vale 的未來計畫是增加卡拉加斯燒結料產量，提高乾篩加工燒結料的生產比例。燒結飼料不能直接作為高爐的給礦，因為燒結料顆粒太小會堵塞高爐。因此，客戶必須在冶金爐裏對燒結料進行高溫處理，使礦粒熔合（或燒結）在一起，達到高爐給料適合的規格。

加工生產的第三個產品是球團原料，由單顆礦粒組成，大小從 20 微米到 0.15 毫米不等。球團原料祇能由濕法加工生產。由於這些細顆粒太小，無法直接用作高爐給料，祇有加工成球團礦後才可用。如有必要，球團原料需要通過額外的研磨使粒度分佈達到加工球團料的要求。在造粒過程中，精細研磨的礦砂由添加劑粘合在一起形成小球（直徑在 6 毫米至 18 毫米之間），然後在 1300 攝氏度的冶金爐內過火硬化成球形高爐鐵礦給料。

這三種產品化學品質基本相同，因為在卡拉加斯的鐵礦石加工不包括任何可以改變礦石化學成分的重大步驟。礦石脫泥後根據顆粒大小簡單分為不同類型產品。表 6-1 顯示 Vale 的主品質計畫並包括 2009 至 2012 年立項的燒結料、球團原料和高爐球團礦的物理化學品質。塊礦不包括在內，因其生產量非常小且沒有出口計畫。

表 6-1
VALE
N5 儲量審核
產品品質參數

品質參數（百分數）									
燒結料	Fe	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	LOI	+6.3 毫米	+1 毫米	-0.15 毫米
	66	0.035	1.4	1.3	0.65	1.9	20	55	18
球團原料	Fe	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	LOI	+0.15 毫米	-0.45 毫米	
	65.3	0.04	1.4	1.7	0.65	2.2	5	65	
高爐球團礦	Fe	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	S	8-18 毫米	RD	
	65.3	0.03	2	1.25	0.6	0.003	90	65	

註：所有資料均用於裝貨港

Vale 提供了 2006 年至今的一些歷史生產資料，同時也提供了 2011 年預計生產資料。表 6-2 中生產資料包含的預計化學品質資料與主品質計畫略有不同。差別雖然不大，但與提供的資料確有一些不一致的地方。

表 6-2

VALE

N5 儲量審核

加工廠生產資料

	2006	2007	2008	2009	2010 (估計)	2011(預計)
原礦 (百萬公噸/年)	90.7	106.8	118.1	91.3	120.4	129.0
產品 (百萬公噸/年)	81.8	91.7	96.5	84.6	111.6	119.5
塊礦	11.4	11.1	7.7	1.5	2.5	4.7
燒結料	60.5	67.5	76.9	74.8	96.9	100.5
球團原料	9.9	13.1	12	8.4	12.2	14.4
尾礦 (百萬公噸/年)	8.9	15.1	21.6	6.7	8.8	9.5
產量 (%)	%	%	%	%	%	%
原礦	100	100	100	100	100	100
產量	90.2	85.8	81.7	92.7	92.7	92.7
塊礦	12.6	10.4	6.5	1.6	2.1	3.6
燒結料	74.0	73.6	79.6	88.4	86.8	84.1
球團原料	12.1	14.3	12.4	9.9	12.4	12.4
尾礦	8.9	15.1	21.6	6.7	8.8	9.5
鐵含量(%Fe)	% Fe	% Fe	% Fe	% Fe	% Fe	% Fe
產量						
塊礦--		65.14	64.12	63.17	63.08	62.95
燒結料--		66.20	66.24	65.72	65.73	65.66
球團原料--		65.65	65.43	65.04	65.19	65.00

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

BH-00015B 2010 年 9 月 13 日

6.3 加工工廠

以前在 2008 年做的儲藏審查報告提到產量有顯著提高，從 2006 年約八千二百萬噸昇至 2007 年的九千二百萬噸，預計 2010 年可達一億零八百萬噸。表 6-2 顯示，由於全球經濟下滑，2009 年的產量下降至八千五百萬噸左右，但預計 2010 年會達到一億一千二百萬噸。據預測，到 2011 年可增加至一億兩千萬噸。最新的增長將來自於兩個陸續投產的乾篩工廠。在生產資料中一個重要的統計資料是尾礦損失的減少。從 2006 年開始，回質持續下降，到 2008 年時達到了 82% 的低點。至於 2011 年，預計可達到 93%。回質的顯著改善可歸功於乾篩的改造和增加（和取消一些濕法加工），使燒結料產量從 2006 年的六千萬噸增加到 2011 年的一億零一百萬噸。與此同時塊礦的產量從每年一千一百萬噸下降到少於每年四百七十萬噸。球團原料生產已相當穩定，一般在一千萬噸至一千四百萬噸之間徘徊。

先前近兩千二百萬噸的高尾礦流失包含非常精細和高品位的鐵礦石；這些尾礦在其他礦區可能將被視為高品質礦石。多年來，卡拉加斯生產的大量高品質尾礦被儲存在尾礦保存池。利用現有的技術，有一些儲存尾礦可以重新開發，加工成球團原料。對於多年來積累的尾礦確切數量已無從所知，但可能會高達二百億噸。如果僅有 35% 的球團原料砂可以回收，那麼它可供 Sao Luis 球團礦廠加工 10 年，如作補充給料，則可供其使用 20 至 30 年或更長時間。大多數所需設備最終可能會得到滿足，因為當前的選礦工廠正在把燒結料的生產從濕法改造為乾法生產，球團原料的生產保持在最小量。

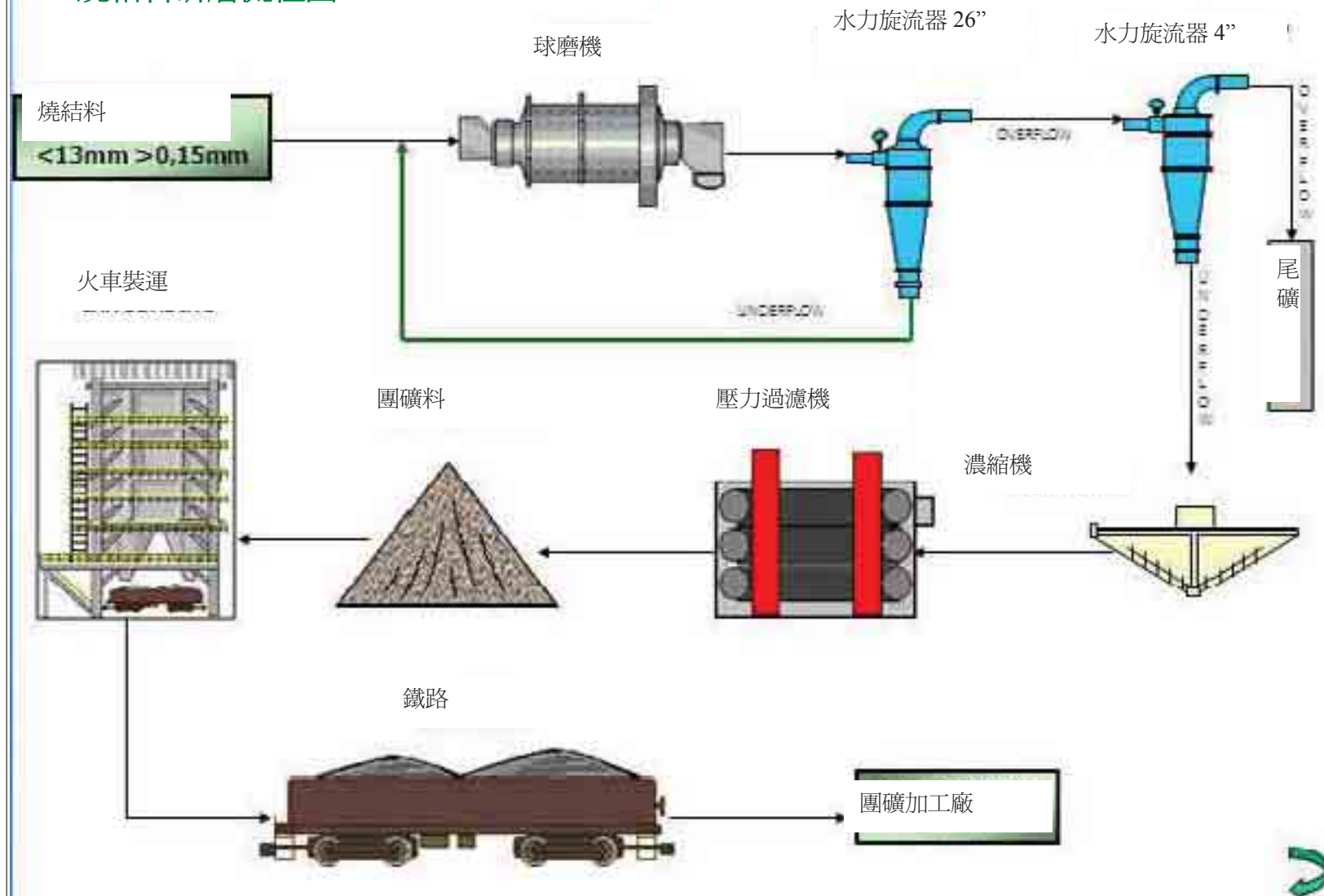
卡拉加斯生產的三種規格不同的產品所使用的工藝是由眾所周知、成熟的縮小尺寸和分級法組成。整個加工系統包括以下六個步驟：

- 二次破碎和乾濕篩選。
- 三次粉碎和濕法篩選。
- 水力旋流脫泥。
- 球磨機研磨。
- 脫水和過濾。
- 產品儲存、混合和運輸。

卡拉加斯加工廠三個簡化加工流程圖見圖 6-1，6-2 和 6-3。第一幅圖是塊礦、燒結料和天然球團原料生產流程圖。第二幅是對燒結料原料進行額外濕磨和濕加工生產球團原料的流程圖。第三幅是乾篩選過程流程圖。

[illegible]

燒結料研磨流程圖



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

1005 St. Union Boulevard, Suite 900
Lafayette, Louisiana 70501
電話: (303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5

儲量審計

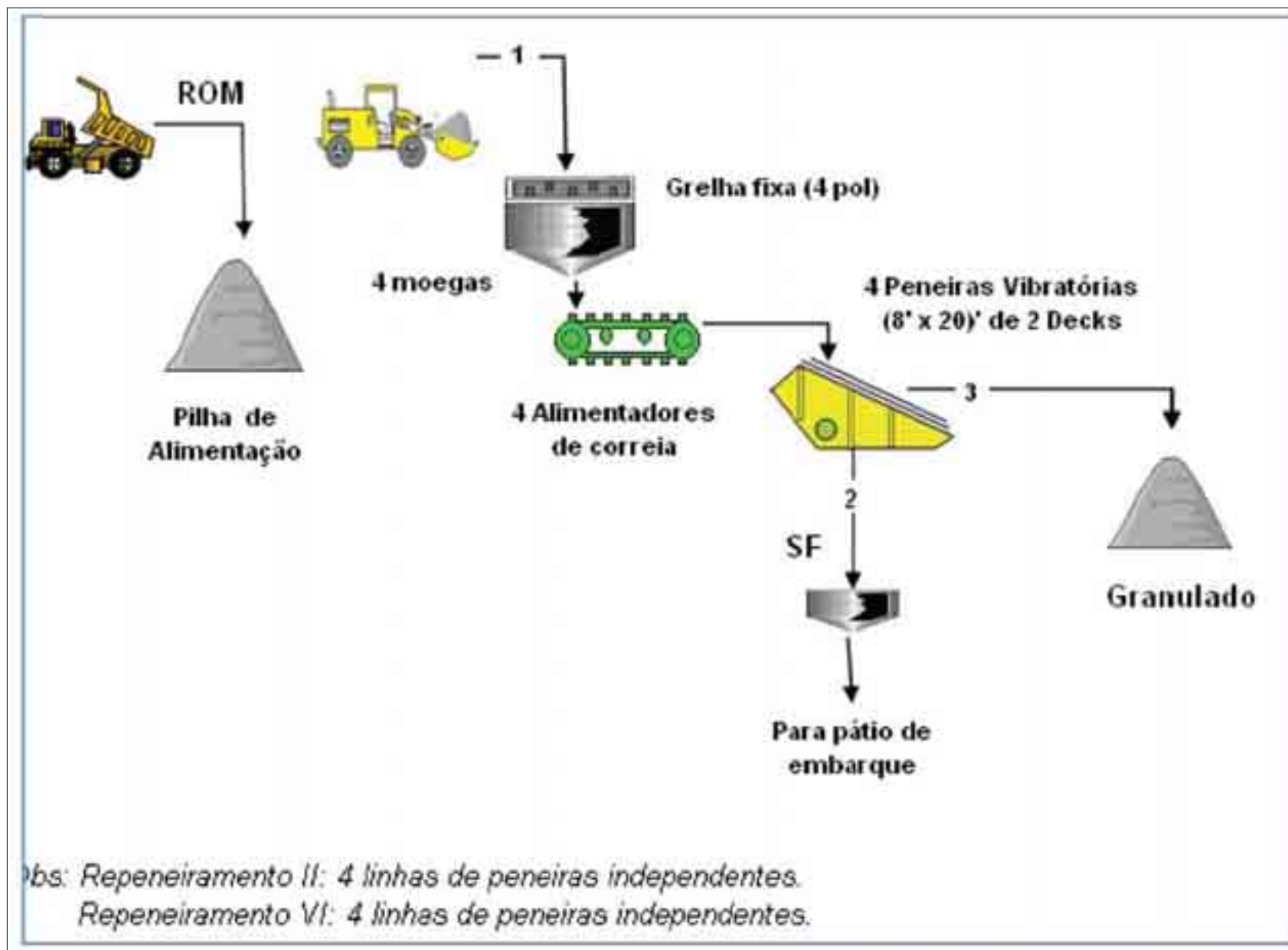
圖 6-2
燒結料研磨流程圖

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Fig.6-2 dwg



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

165 S. Union Boulevard, Suite 950

Industrially Park, Rio de Janeiro 20130-000

電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5

儲量審計

圖 6-3

年產一千萬噸乾篩工廠加工流程單

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.6-3 dwg

BH-00015

6.3.1 破碎和乾濕篩選

原礦礦石在固定或半移動式破碎站壓碎後由皮帶輸送機轉移到筒式倉等待二次粉碎加工。在二次破碎中，礦石經過 75 毫米乾篩，篩上產品通過閉路由篩子傳到圓錐破碎機加工。篩下產品則傳到筒式倉等待二次篩選。在大多數情況下礦石祇需少量破碎，因此篩上產品篩分和破碎給料量都很低。

二次篩選是卡拉加斯礦石加工系統的主要組成部份。第一個成品開始在這裏產生，並為下遊濕法或乾篩加工提供中間產品。這被認為是卡拉加斯選礦業務的核心。該廠有 17 條並行二次篩選線，對 75 毫米以下礦石給料進行乾濕篩選。17 條篩選線中的 10 條可以進行乾篩，其中的 8 條最近一直處於連續運轉狀態。此外，兩個位置較遠、年加工能力一千萬噸的乾篩廠將投入運營，祇生產燒結料。兩個較遠處乾篩廠的篩上產品（粒狀礦砂）會被堆放起來，作為現有選礦廠的給料。據稱，10% 的原礦乾篩給礦變成篩上顆粒產品。其餘的 90% 成為燒結料，沒有額外加工損失產生。

現有工廠的篩子是雙層篩網，上層篩網開口為 20 毫米，下層篩網開口為 13 毫米。上層篩上產品（大於 20 毫米小於 75 毫米）在三次破碎機中破碎，下層篩上產品（大於 13 毫米小於 20 毫米）作為塊礦產品存儲或作為給料送到三次破碎機雙層篩選。篩下產品則送到另一組單層篩網生產大於 2 毫米的燒結料產品。燒結料可以通過乾法或濕法生產。因為乾篩是專利產品，無詳情可供參考。單層篩下產品在螺旋分級機內加工，分離小於 2 毫米的產品，並把小於 2 毫米大於 0.15 毫米的產品輸送到開口為 0.5 毫米的脫水篩。脫水篩的篩上產品形成了燒結料產品的第二部份，小於 0.5 毫米的篩下產品在螺旋分級機內部回收。螺旋分級機溢流為下遊水力旋流脫泥工序提供給料。

6.3.2 三次破碎和濕法篩選

三次破碎和篩選祇是簡單地對礦石進行破碎、篩選和脫水。圓錐破碎機和雙層篩在閉路中使用，生產小於 50 毫米大於 20 毫米的塊礦和大於 13 毫米底層篩上產品，這些篩上產品可以直接分為塊礦或燒結料。小於 13 毫米的篩下產品經過 2.0 毫米脫水篩。篩上產品混入燒結料，小於 2.0 毫米的篩下產品通過螺旋分級機和一個 0.5 毫米脫水篩為燒結料提供額外給料。小於 0.5 毫米的脫水篩篩下產品重新回收到螺旋分級機，分級機溢流流向尾礦沉澱池。

6.3.3 水力旋流脫泥

來自二次篩分廠的螺旋分級機溢流礦泥經過直徑 10 英寸和 4 英寸的水力旋流器的三個脫泥過程完成脫泥。最終溢流為尾礦礦泥。尾礦礦泥經過尾礦濃縮機最後達到尾礦池。脫泥水力旋流器底流產生的一種球團原料叫做天然球團原料。球團原料在濃縮機和圓盤真空過濾機中脫水。這種到目前為止一直出口的球團原料產品將會慢慢取消，因為更多的二次篩選正從濕篩改造為乾篩。Vale 位於 Sao Luis 的球團礦廠也會由卡拉加斯供應球團原料。該球團原料來自由球磨機研磨的燒結料，這種球團原料也被廣泛稱作加工球團原料。

6.3.4 球磨機研磨

加工過程需要額外的球團原料。生產人造或加工球團原料的球磨機研磨小於 13 毫米大於 0.15 毫米的燒結料可以生產不同規格的球團原料。球磨機通過閉路與分級水力旋流器協同操作。分級水力旋流器的溢流被輸入到一個濃縮水力旋流器，水力旋流器產出球團原料的底流產品和溢流尾礦礦泥產品。濃縮水力旋流器底流流到沉澱濃縮機；濃縮機處理後送到過濾機。溢流進入尾礦濃縮機，然後被抽到尾礦蓄礦池。尾礦濃縮機溢流回收至工廠用作生產用水。

6.3.5 脫水和過濾

各種加工產品脫水是為使生產用水能夠在廠內回收利用，從球團原料中除去大量水分也方便礦石的貯存、運輸和搬運。二次篩選廠產生的礦泥尾礦在兩個尾礦濃縮機內進行處理。底流被抽到 Gelado 尾礦池和溢流被抽回工廠用作生產用水。球磨機研磨和脫泥產生的礦泥尾礦在一個專用尾礦濃縮機內處理。同樣，底流和溢流分別被抽到 Gelado 尾礦池和工廠水回用系統。

球團原料產品必須經過濃縮和過濾才能搬運和運輸。天然球團原料在脫水水力旋流器內濃縮然後經過圓盤真空過濾機過濾，使濾餅濕度減至 10.5%至 12%之間。加工後的球團原料在傳統濃縮機內濃縮，然後在壓濾機內過濾使濕度達到 9.5%左右。

6.3.6 產品儲存、混合和運輸

所有卡拉加斯採礦綜合專案的礦石產品都要堆在儲礦堆等待混合和鐵路裝車。堆場應劃分不同區域用來堆放不同品質的產品。設備應包括輸送帶堆垛機、多輛鬥輪取料機和一輛堆取料機。礦產品裝載到 100 噸的車皮後由運貨量為 33,000 噸的火車行駛 892 公里運送到位於 Sao Luis 的 Ponta da Madeira 的海運碼頭。

6.4 從濕法到乾篩法改造

從濕法到乾篩法改造經過各種要素論證證明可行，這些要素包括但不限於以下內容：低生產成本、高品質、更高設備可用性和改善對環境的影響。燒結料的產量預計從 2006 年的六千萬噸將增加至 2011 年的一億噸左右。這一產量的顯著增加得益於對現有濕篩工廠的乾篩改造和增建了兩個年產一千萬噸的遠距離乾篩工廠。據報導濕篩生產總成本是每噸成品 R\$3.8，而乾篩每噸成品生產總成本為 R\$2.5。另據 Vale 報導，這兩個遠端乾篩廠的生產成本為每噸 R\$2.2。這些成本在 Pincock 看來是比較合理的。乾篩的回質率接近 100%，這也使總回質率從 80% 上昇到 90% 的水準。乾篩設備的操作可用性從 87% 提昇到 93%，利用率從 93 昇至 95%。乾篩設備操作和維護投入更少，從而提昇了設備的可用性和利用率。

現有工廠可以生產更多的燒結料不僅是由於更多生產線進行了乾篩改造，也得益於 2008 年 N4E 和 N4W 礦的乾篩性能改進。這些改進包括更換高品質篩面或篩布、材料（改良材料和更大開放空間）、優化篩面給料分佈和改進篩面操作條件（頻率、幅度和角度）。因此，10 條改造的乾篩生產線（2008 年 6 六條）和改善後的乾篩性能共同使燒結料產量每年增加了二千萬噸，即從年產六千萬噸增加到八千萬噸。另外二千萬噸的增長將來自兩座新建遠端乾篩廠。

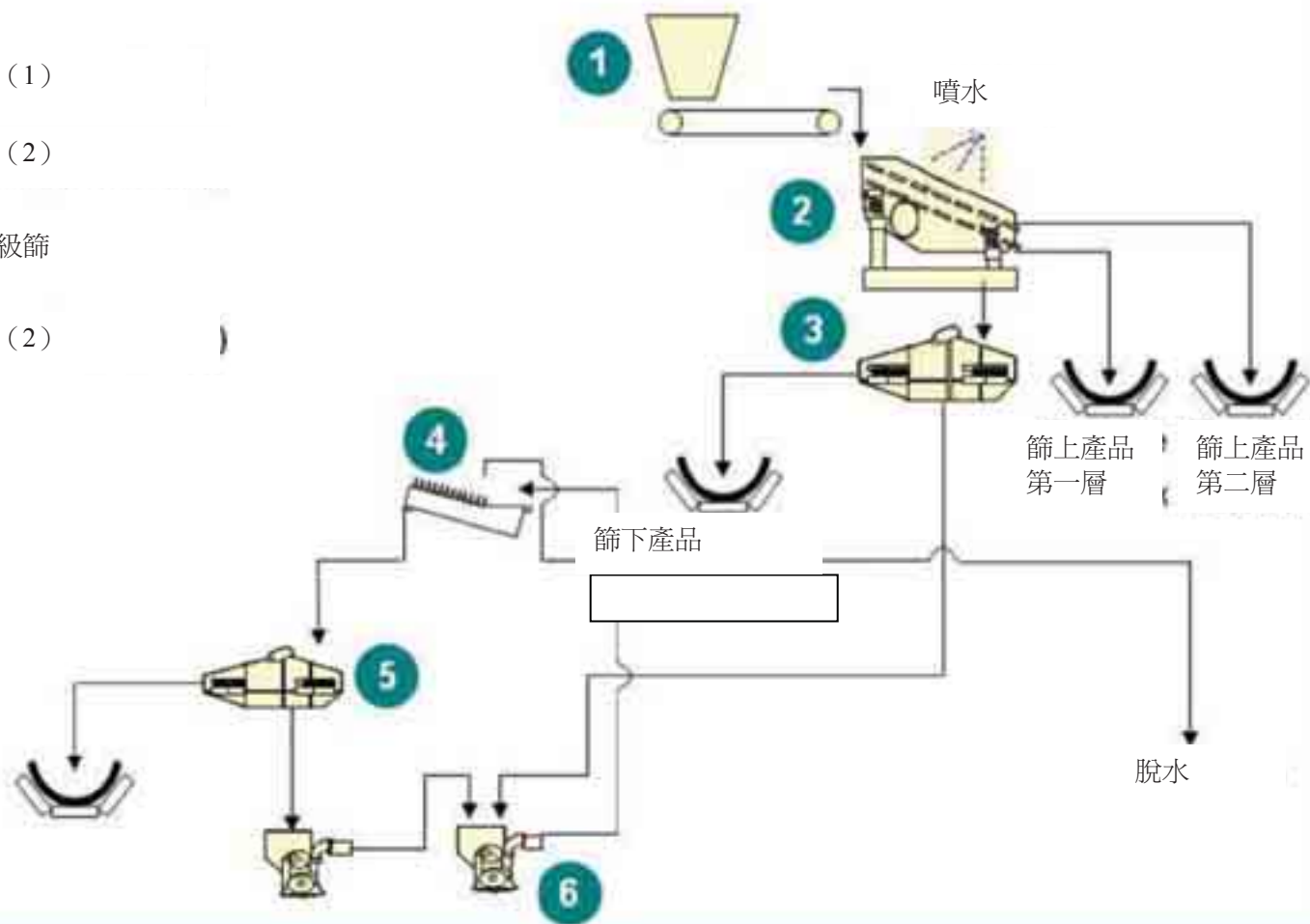
由乾篩生產的燒結料產品的化學成分基本與濕法生產的產品成分相同。在顆粒測定上乾篩產品有一些微小的差別，主要體現在小於 0.15 毫米的礦砂上。乾篩系統在成本、運營和環境方面有明顯優勢，可減少用水量、無尾礦處理和更少的設備操作（螺旋分級機、礦泥泵和水泵）。圖 6-4 和 6-5 分別顯示了濕篩設備和乾篩設備的流程圖。

乾篩加工的季節性能在旱季和雨季表現有所不同。在雨季，礦石變得更加潮濕和粘稠，不易在乾篩網上分級。篩網的進料率降到旱季正常值的 60%。因為選礦廠可以選擇使用濕篩或乾篩數量。所以降雨後礦石濕度增大時可以增加乾篩生產線的數量，在乾旱期間則可改回使用濕篩。

6.5 討論

過去 5 年加工的原生礦石來自 N4W、N5E 和 N5W 礦區。Pincock 認為，這些礦區在卡拉加斯的傳統濕篩和乾篩加工基於可靠的技術和設備，並取得成功。

- 1 給料機
- 2 分級篩 (1)
- 3 脫水篩 (2)
- 4 螺旋分級篩
- 5 脫水篩 (2)
- 6 水泵



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

180 S. Union Boulevard, Suite 900
Lakeview, Colorado 80128
電話: (303) 986-6950

編制對象

項目名稱

BH-00015



N5
儲量審計

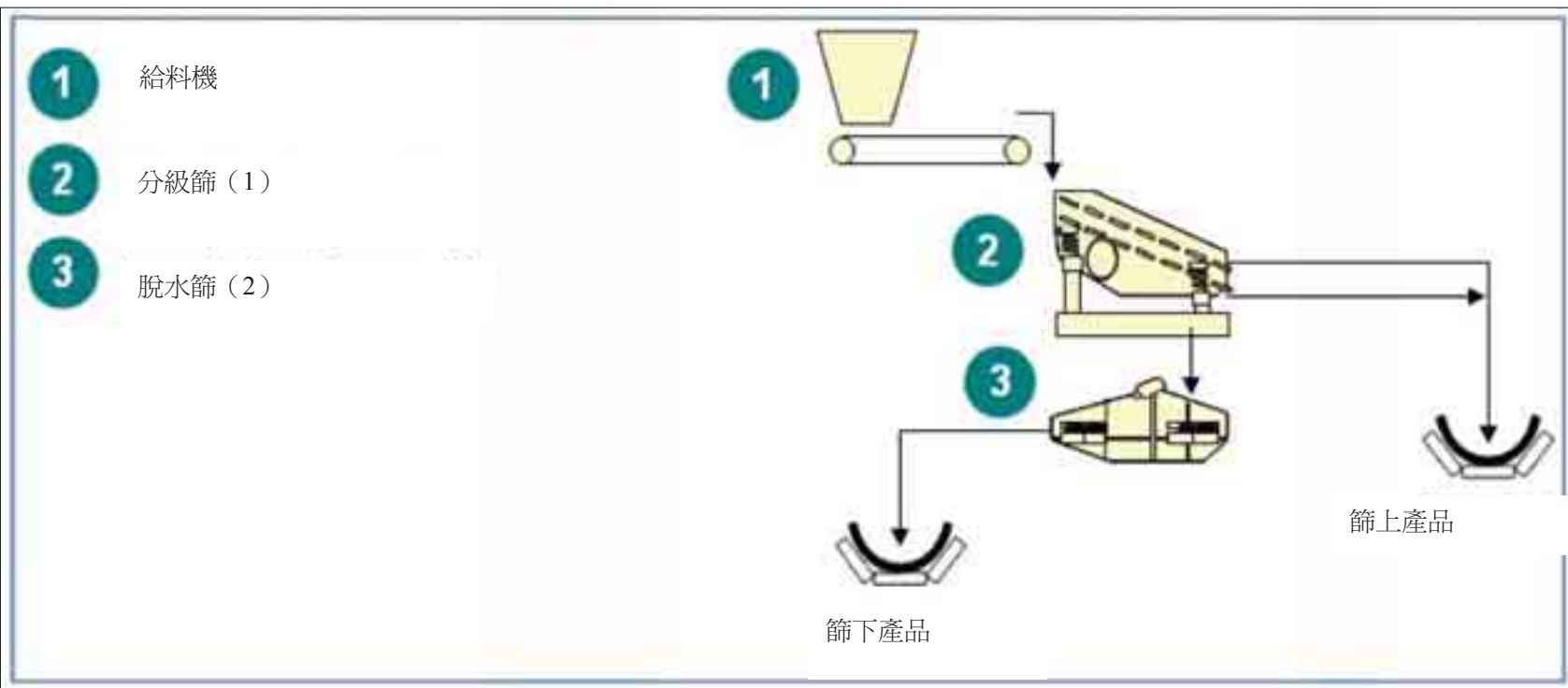
圖 6-4
濕篩設備

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Fig.6-4 dwg



編制方



項目編號

Allen & Holt-Brasil (Pincock) 公司

100-5, Union Boulevard, Suite 900
Lakewood, Colorado 80226
電話：(303)986-6950

編制對象

項目名稱



N5
儲量審計

圖 6-5
乾篩設備

出版日期

2010 年 8 月

圖紙名稱

Flg.6-5 dwg

但是，未來的 N5S、Morro 1 和 Morro 2 的礦石對現有工藝如何反應依然是個未知數。因為 N5 礦體的南端將成為今後幾年原礦的主要來源，所以有必要確認這些礦石對現有工藝的反應。N5 的開採將擴展到新的地區和原礦的特性可能會有所不同。Pincok 通過散點取樣分析 N5 礦體從北到南的化學變化（鐵、鋁、矽或磷），對 Vale 資料快速統計分析顯示，與預測原礦化學品質祇有微小差異。然而，Vale 還沒有提供資料或測試資料驗證公司是如何確定預測性能的。這值得關注。

另一個值得關注的問題是 Vale 至今對如何選擇性地為兩個遠距離乾篩工廠提供粘性小、含水量低的原礦石給予任何答復。這種礦石通常含有較少的鋁、粘土和錳。雖然兩個遠端乾篩給料噸位祇占原礦很小一部份，但問題是這種選擇性開採可能會對剩餘儲礦的品質產生影響以及是否考慮到礦山長期開採規劃。

以前的營運成本相當低且似乎比較實際。即使為加工更多的 N5 礦石使未來的營運成本高於預期。但這對整體經濟運營來說依然利好。對出現的任何趨勢都應該監測。燒結料產品將成為最大的單一產品並主要用於出口。這種推薦的燒結料具有良好的產品化學品質、顆粒性能和較低的生產成本，在出口市場上應該具有良好的競爭力。塊礦和球團原料將會成為副營產品，主要滿足內部需求和國內市場，預計對業務和盈利能力的影響最小。

尾礦池中的高品質大噸位鐵礦砂應該由 Vale 充分利用，用作球團原料的補充來源。現有技術可能祇會使這些材料得到少量回收。此外，濕篩的減少可能會騰出一些設備用於將來的回收加工。這種大噸位、高含鐵量的礦泥在世界其他地區被視為可採儲礦。

7.0 環境

本節將介紹 Carajás 綜合專案的環境審核總述及有關 N5 號礦井的特定考慮要素，其中包括：法律背景和許可狀態、環境管理、複墾計畫及成本、合法的開礦權、健康和安全及潛在的環境風險。

Carajás 屬於熱帶氣候，雨季為每年的 11 月至 4 月，每年 5 月至 10 月屬於旱季。在 1968 年至 1998 年的 30 年期間，平均降雨量為 1930 毫米。平均最大降雨月份為三月。溫度範圍為 15°C 至 35°C。

在 Carajás，有兩種主要的植物生態系統。森林內主要是較為濃密的樹木，下層有大量的灌木層。第二種為“鐵角礫岩”，主要是大草原作業類型，大部份是草地及一些灌木叢。這是此區域的特有現象，且鐵礦礦藏有關。礦山區和廢棄礦坑的複墾涉及在第一年種植豆科植物以幫助土壤調節（如氮固化），然後重新栽培原有物種。將採礦產生的有機垃圾進行堆肥，並用於幫助土壤增加。

7.1 法律背景和許可狀態

礦區北部綜合項目及大部份的相關運營和活動均位於 Carajás 國家森林內的聯邦所有土地中，該國家森林於 1998 年按照聯邦法律建立，是在 Carajás 採礦綜合專案運營後建立的。Carajás 現有加工廠的兩種尾礦池（Gelado 和 Geladinho）均位於環境保護區（APA）的 Gelado 區，該區是緊鄰國家森林北側的一個聯邦保護區。這兩個區均由巴西環境和可再生自然資源局（IBAMA）管理。

雖然 IBAMA 對 Vale 在國家森林內的採礦經營具有最高的管理權，不過，2007 年聯邦政府在環保局內部成立了 Chico Mendes 生態多樣性保護協會（ICMBio）。ICMBio 的主要職責是在國家保護小組系統。ICMBio 負責管理、制訂法規和政策，執行相應的研究，以提高 Carajás 等聯邦保護區的可持續社會環境使用性。此職責包括促進傳統社區對保護區的可持續性使用。對於 Vale 在 Carajás 的經營，ICMBio 是 IBAMA 的審核和評論機構。有關 Carajás 經營的所有開發計畫必須要在通過 ICMBio 的批准後，IBAMA 才會簽發所需的法定授權書。

作為這些聯邦用地的監管機構，IBAMA 在 Vale 的幫助下，制訂了一份管理方案，規定了七種不同的用途區中的許可活動（如開礦、森林開採、保護等）。IBAMA 還為 Vale 簽發了有關開礦、建築、垃圾場、尾礦池和樹木砍伐的多種許可證。許可證按照如下三個步驟簽發：

- 初級許可證（LP），該許可證是在提交了所提議專案的基本資訊且認為提供了充分的保證措施，可確保該項目可滿足 IBAMA 的技術條款和準則後簽發。
- 安裝許可證，安裝許可證是在設施詳細設計完成且判定其符合 LP 中所規定的專案目標時簽發。
- 經營許可證（LO），經營許可證是在項目施工和調試結束且判定該設施符合規定的條款和標準後簽發。經營許可證的最短期限是四年，若認為專案對環境影響可能更小，可簽發期限為 8 年的經營許可證。在經營許可證資格重審或換證時，需要提交有關環境控制有效性的資料，若在換證時確定專案的經營情況不符合要求，還需要提交一份整改計畫。

對於 Carajás 的經營，標準步驟為在特定設施完工且投入運營後，要對整個經營單位的經營許可證進行調整，以包含所有已簽發的安裝許可證。這樣，通過為整個綜合專案僅辦理一張經營許可證，可以更好地管理有關許可證簽發和合規性的整個流程。

作為許可證簽發流程的組成部份，需要進行環境影響分析。該分析的詳細程度是由潛在影響的顯著性確定的。對於像 N5 號礦井擴建這樣的重大專案，需要進行完整的環境影響評估，包括機構內審核和顧問、審核所需資料可用性的公佈及需要支付的特定稅費和費用。環境影響分析結果通過兩份文件提交，即環境影響分析報告（EIA）和環境影響報告（RIMA）。環境影響分析報告（EIA）中包含了對專案所在地區內物理環境、衛生條件、生態環境及社會經濟的評估及基線描述。環境影響報告中描述了專案的目的和需求，提供了專案對環境影響的分析；提供了為了減少影響所考慮的替代方案；提供了用於降低不可避免影響的影響程度的緩解措施；提供了要實施的用於評估緩解措施有效性的監管計畫。

IBAMA 還制訂了用於管理與環境相關的各種活動的管理法規，如有關各種排出水的最高水質極限值。

對 Carajás 鐵礦採礦經營活動具有管理權的其他政府機構包括：

- 國家礦業生產部（DNPM）：此機構負責礦物開採特許權的授權。每年需要向該部門提供開採報告。
- 武裝部：負責炸藥成分和使用的許可授權。
- 國家歷史和文化遺址管理局（IPHAN）：負責保護巴西境內的歷史、文化、建築和藝術遺產。
- 國家地面交通管理局（ANTT）：負責巴西境內危險物質的地面交通（如公路、鐵路）。
- 國家水利局（ANA）：負責管理水的使用。
- 國家衛生局（ANVISA）：負責公共衛生事宜，如飲用水的供應。
- 國家核能委員會（CNEN）：負責簽發核能設備使用許可證（如密度計）。
- 科學、技術和環境執行秘書處（SECTAM）：帕拉州資源局，授權地下水的應用等。

表 7-1 列出了 Vale 針對 Carajás 經營已申辦的各主要許可證和授權證及其相應的狀態。

7.2 環境管理

Carajás 綜合專案是按照完善的環境管理體系進行經營，Pincok 認為該體系滿足國際採礦公司的標準經營方法。Carajás 鐵礦於 1998 年通過了 ISO 14001 認證，並於 2009 年通過了該標準的再次認證。2010 年 3 月份，該礦通過了由獨立顧問機構 Bureau Veritas 執行的外部審核。在該次審核中，共報告了十六項不達標問題，主要是管理方面的問題。不存在任何可能影響已報告儲量開採的問題。糾正措施已在實施中。

Carajás 鐵礦每六個月執行一次內部審核。Vale 按照公司環境指標（垃圾、水、污染和許可證/授權證）對其進行審核。

外部審核是由第三方顧問機構按照 ISO 14000 環境管理體系對其進行審核。

IBAMA 每年至少執行兩次現場檢查。

表 7-1
VALE
N5 號礦井儲量審核
Carajás 鐵礦開採和經營許可證/授權證

機構	序號#	描述	狀態 (有效日期)	有效期至
DNPM	74.507/74	DNPM 授權或處理號 813.683/69、813.692/69，在該授權中確定了 N5 號礦井的位置；813.692/69 為採礦集團 (Agrupamento Mineró) 1974 年所申請的 74.507/74 授權證的組成部份	1974 年 6 月 9 日	無
IBAMA	經營許可證號 267/2002	此為 Carajás 礦區的總經營許可證 (LO)，覆蓋了除下面許可證所包含專案以外的有關礦區經營的所有專案 (開採、設備、垃圾及尾礦處理等)。此經營許可證允許每年開採量為 11.05 億噸每年。	2008 年 9 月 15 日	2011 年 9 月 14 日
IBAMA	安裝許可證號 524/2008	BSM IV (半移動式破碎機 IV) 安裝許可證。此專案已經完工，且已於 2010 年 1 月請求將本許可證包含於 267/2002 號經營許可證中。	2008 年 7 月 9 日	2010 年 7 月 8 日
IBAMA	安裝許可證號 648/2009	新加工設備安裝許可證 (+30Mtpy)	2009 年 11 月 13 日	2013 年 11 月 12 日
IBAMA	安裝許可證號 278/2004	南側三號垃圾場設置許可證。2009 年 8 月份申辦了該安裝許可證的 24 小時延長期。	2007 年 12 月 28 日	2009 年 12 月 27 日
IBAMA	經營許可證號 267/2002	除下面所示許可證所涉及專案外，有關礦井運營各事宜的許可證。此經營許可證允許每年開採量為 11.05 億噸每年。	2008 年 9 月 15 日	2011 年 9 月 14 日
IBAMA	經營許可證號 326/2003	砂礦開採經營許可證	2008 年 3 月 10 日	2012 年 3 月 9 日
IBAMA	經營許可證號 327/2003	花崗岩礦開採經營許可證	2009 年 1 月 10 日	2013 年 1 月 19 日
ANA	001 號決議 – 2005 年 1 月 13 日	Pera 尾礦池施工許可證 (此項經營需要經過 ANA 的單獨審批)	2005 年 1 月 13 日	2040 年 1 月 12 日

7.3 合法開採權

1974 年 9 月，亞馬遜礦業公司獲得巴西政府（現在由國家礦業開採局管理礦業）簽發的 Carajás 特許採礦或加工權。Vale 擁有該公司 51 % 的股份，美國鋼鐵公司控股 49%。後來，美國鋼鐵公司將其對該公司的控股權出售給出 Vale 公司。此特許開採權無過期日期。Serra Norte 採礦綜合專案（N4 號礦井和 N5 號礦井）包含於 DNPM 採礦特許證 813.683/69、813.692/69 和 813.682/69 中。1974 年這三份採礦特許證被合成一個，以形成礦業集團（Agrupamento Mineiro）74.507/74。本報告 2.0 節中的圖 2-3 顯示了有關 DNPM 授權中所包含的 N5 號礦井的位置。

7.4 健康和安全

Carajás 似乎具有有力的健康和安全計畫，這些計畫由規劃、健康和安全部門提供支援，並提供有全面的培訓。每名新員工都要經過有關安全、健康、環境及 Vale 政策的為期三天的培訓。另外，還提供了有關特定加工或特定區域的其他培訓。Carajás 已經針對各程序制訂有相應的標準作業規程（SOP）。若某一特定任務沒有標準作業規程（SOP），將對其執行“任務審核分析”。此分析將考慮該任務相關的潛在危險，並規定如何執行此任務，以緩解已經發現的風險。Carajás 設有調度員，這些調度員接收各工作區發送的緊急通信，並根據需要執行救援、急救車或消防車調度。

今年 7 月份的現場檢查報告中所提交的資料顯示，這些計畫已經起到了積極的作用，將事故率從 2006 年的每百萬作業小時 2.4 起降低至 2009 年的每百萬作業小時 1.1 起。

7.5 N5S 號採礦區的許可證

N5 號礦儲區的北面部份（N5W、N5EN 和 N5E 號礦坑）有活動採礦區，這些採礦區均包含於現有的經營許可證中。N5S 號礦區的指定面積為 338 公頃，其中 Morro 1 和 Morro 2 位於已有經營用地的南側，需要通過 IBAMA 的批准。由於考慮到該區域的最南部有多處大洞穴，Vale 已經選擇分兩步申請該區域的開採許可證。這些大洞穴是在鐵礦構造層中由於礦物的溶解和移動造成的，與石灰岩中的喀斯特地貌的形成相似。

聯邦環保法規的最近更改已經提高了鐵礦地貌中洞穴的關注程度，要求進行更加詳細的繪圖和分析，以評估採礦影響區域內各大洞穴所具有的文化和生態重要性。法規中制訂了相應的洞穴重要性分類體系，有助於定義所需的保護程度或緩解措施。那些重要性較高的洞穴可能需要保護，禁止在這些區域內採礦。

Vale 正在辦理位於已有開採經營區附近的約 128 公頃礦區的開採許可證，且正對餘下區域內各洞穴進行勘測，以確定各洞穴的位置並對其進行分類。Vale 已於 2009 年 12 月編制並提交了有關 N5S 號礦區第一部份的環境影響分析報告（EIA）和環境影響報告（RIMA），並於 2010 年 4 月舉辦了公共會議。根據該專案中包含的公共利益性有限，Vale 已經請求免除將來的公共會議並由 IBAMA 負

責環境影響分析報告和環境影響報告的審核事宜。 Vale 預計很快即可辦理好 N5S 號探礦區第一部份的開採許可證。

對於位於 N5 區最南部份的 Morro 1 和 Morro 2 區，已經執行了相關研究，以在定義 N5 號礦區的報告儲量時，對最終坑區內洞穴的數目及重要性進行評估和考慮。 這些研究正在進行中，預計最早要到 2011 年 5 月前才能完成。

在該區域可能存在那些會影響到 N5 號礦區南部區域內最終坑區開採的重要洞穴的風險，Vale 已經考慮到了已探明洞穴的面積，並在各洞穴附近設置了 250 米的緩衝區，然後計算了受這些洞穴影響區域以外的儲量，以定義探明儲量。 最終坑區內及緩衝區域內的儲量被劃分為可能儲量。

Pincock 認為這種方法能夠合理地解決洞穴對 N5 號礦區內當前指定礦坑影響的不確定性問題。 根據當前對 N5 號礦區北面部份（正在辦理許可證的部份）所執行的洞穴勘測，該區域有大量洞穴被認定足夠重要，因而禁止開採的可能性似乎極小，儘管當然會需要一些緩解措施。

7.6 結論及潛在的環境風險/問題

根據現場觀察、員工面談和文件審核，Carajás 鐵礦開採公司似乎具有合適的合法開採權和許可證/授權證。總起來說，Carajás 似乎具有強大的經過 ISO 14001 認證的環境計畫，且該計畫由 Vale 公司堅實的環保結構提供支援。 不過，Carajás 仍面臨著保持遵守已有法規及許可證規定及獲取擴展經營所需的新許可證的挑戰。

8.0 基礎設施

自上世紀八十年代項目開始經營以來，就已經建立了基礎設施以支持北部體系內 Carajás 綜合項目。Vale 公司建立了 Urban Núcleo 鎮區，為員工提供住宿點。從那以來，Vale 又建立了最近的 Parauapebas 社區，用於為北部體系內的員工和承包商提供更多的住房和服務。

8.1 交通運輸

該地區有完善的連接各鎮和城市的鐵路和公路體系。按正常計畫 Marabá 將建造機場，從 Carajás 通過公路距離 Marabá 約 180 公里，該機場將定期運行飛行 Carajás 機場的航班，Carajás 機場位於礦區鎮區東部 10 公里處。除了正常計畫的商務航班外，Vale 每日還有從 Belo Horizonte 飛 Carajás 的包機。大部份的航班通往首都巴西利亞，儘管 2010 年 7 月份現場檢查時該機場剛剛啟動了到達 Belo Horizonte 的直飛航班。

8.2 住房

Vale 在 Carajás 鎮區 (Urban Núcleo) 為員工提供有住房。Carajás 共約有 5000 名居民。在礦井工作的承包商大部份是來自 Parauapebas。這裏有設施齊全的學校、醫療設施及小型企業。

8.3 通信

有通過陸上線路和移動通信塔提供電話通信。礦區內設有內部通信設施。

8.4 供水和廢水處理

供水服務一般由 Vale 所管理的鎮區提供。過程水主要由地表水提供，這些水大部份是來自尾礦池的回收水。

8.5 電力

由位於托坎廷斯河上的 Tucuruí 3800MW 發電站提供電力，該發電站位於 Marabá 北部 200 公里處。

8.6 燃油

燃油通過貨車運送到礦區。礦區儲存有燃油。

8.7 礦區基礎設施

北部體系設有組織完好的大型基礎設施，以支持各種開採和碎料活動。 北部鐵礦體系內的主要設施包括：

- 電力輸送系統和變電站
- 中央混凝土設備
- 維護車間
 - 潤滑
 - 輪胎間
 - 卡車維護（機電）
 - 設備維護（機電）
 - 輕型車維護
 - 卡車清洗
 - 鎮區維護
 - 電力實驗室
 - 電機
- 倉庫
- 咖啡廳
- 易燃特別存放區
- 辦公室
 - 管理區
 - 主要基礎設施
 - 運輸系統
 - 醫療室和急救車
 - 水文研究室
- 物理和化學實驗室

-
- 門禁
 - 水處理設備
 - 爆炸物品存儲區

9.0 經濟可行性

Pincock 對 Vale 針對 N5 號礦區 2010 年至儲量壽命結束期所做的經濟性分析進行了審核，以進行儲量經濟性測試。對 N5 號礦區的產量淨現值及粒量、燒結料和造球料的預計產量和銷售量進行了敏感性分析。此分析基於以下基本前提：

- 原礦生產量是基於按照儲量分析所制訂的生產進度表而制訂的長期計畫。
- 折扣率為 12%。
- 產品銷售價（美元/噸）為最近三年的平均價格。
- 加工設備的平均回質率為 90%，以反應乾式處理的變化。
- 運營成本是按照 2008 年的實際成本預測得到的。之所以採用 2008 年的資料是因為 2009 年由於降低生產率對固定資產的影響造成單位成本（不依賴生產水準的成本）較高，使得該年的價格不具代表性。
- 包含了適用的聯邦稅費和稅額。
- 資本開支依據了 2010 年的戰略規劃預算。
- 持續性資本：每噸產品 1 美元。
- 折舊率為每年 5%，按 20 年計。
- 現金流數據：2010 年 1 月 1 日。
- 2008 年匯率（R\$/US\$）按 US\$1 = R\$1.84；2009 年匯率按 US\$1 = R\$2.25；2010 年匯率按 2010 US\$1 = R\$2.00。
- N5 號礦區的所有儲量按照設有兩台 1000 萬噸生產能力的選礦設備及中央處理設備的單個礦井的開採能力評估。

然後通過在 +/-60% 的範圍內更改基本情況下的產品銷售價及運營成本，執行了敏感性分析。針對已探明儲量及已探明和可能儲量分別進行了單獨的分析。根據成本和產品價格變化執行的淨現值分析的分析結果見圖 9-1 和 9-2 中所示。

10.0 結論和建議

Pincock 對 Carajás 綜合專案的 N5 號鐵礦開採經營進行了審核，審核了 Vale 公司技術員工所制訂的資源和儲量估算報告。根據此次有關 2009 年 12 月 31 日礦物儲量的審核（此次審核於 2010 年 7 月和 8 月執行），如本報告第 5 節中所述，Pincock 認為 Vale 公司的儲量估算合理。Pincock 認為這些儲量滿足美國證券交易委員會的要求。

不過，我們需要指出的是第 5 節和第 7 節中所述的合法採礦權的問題，N5 號礦藏的南面部份（N5S、Morro 1 和 Morro 2）尚未辦理環境許可證。如本報告中所述，Pincock 認為 Vale 公司對於那些受聯邦管制的洞穴影響區域，其所採用的儲量劃分方法是合理的。儘管位於整個洞穴區內的礦區會被禁止開採的可能性很小，不過，存在部份洞穴需要保護的可能。最可能的情況是實施緩解或資源恢復計畫，在受到較小限制的情況下繼續執行開採。