



VALE INCO LIMITED

礦產儲量外部審核

第 2 卷，第 6 節

ONÇA PUMA 項目

提交：

Vale Inco Limited
2060 Flavelle Blvd, Sheridan Park
Mississauga, Ontario
Canada L5K 1Z9

項目編號： 10-1117-0032 Phase 6000

分發：

1 份副本： Vale Inco Limited

1 份副本： Golder Associates S.A.

REPORT



A world of
capabilities
delivered locally





概要

2010 年 7 月 1 日至 6 日，Golder Associates S.A. 的代表 Honorio Lima 先生、Frederico Carmo 博士和 Jani Kalla 先生對項目現場進行了實地考察，對 VALE 估算的 Onça Puma 項目的礦產資源及礦產儲量進行獨立審核。

在實地考察中，他們視察了開採業務、與相關人士接洽會談，並收集了必要的資料，以評估礦物資源及礦產儲量估算數據及方法的適當性。為執行研究所接洽的人員名單包括：

- Onça Puma 運營總經理 Fernando Marino
- 首席地質學家/地質和礦場規劃部經理 David Chiron
- 品質管制部經理 Arnaldo Moreira Borges
- 礦場高級工程師 Roberto Lima
- 工程師 Wander Pinho Reggiani
- 工程師 Edgard Rocha
- 地質學家 Valter T. Oliveira

本研究包括審查從 Vale 獲取的技術報告、備忘錄及配套技術資料。Vale 亦向 Golder 提供了內外部技術技術審查及審核報告。

向 Golder 提供的礦產儲量估算採用 CIM (2004) 指定術語，當符合證券交易委員會的行業指引 7 及加拿大國家文書 (NI) 43-101 的規定，且未發現任何不符合規定的例外情況。

計劃於 2010 年 6 月 30 日為 Vale 所作的礦產儲量報表已經 Golder 審核。Golder 審核的礦產儲量乃以礦產資源模型為基礎，使用成本、最優化、採礦設計及適當的製表方式進行編製。Golder 接受將礦產資源轉換為礦產儲備的程序。所列數字就公共報告而言乃屬適當，因為其可提供可接受的礦產儲量預測。噸數及品位乃基於文件記錄的成本及價格按適當的經濟邊界品位列報。

下表中的礦產儲量數據按公共報告的適當精確水平載列。



截至 2010 年 6 月 30 日 Onça Puma 項目的估算礦產儲量

	百萬公噸	鎳%	鈷%	鐵%	二 氧 化 矽 %	氧化鎂%
探明	55.1	1.79	0.044	13.4	39.30	24.29
可能	27.6	1.62	0.043	13.7	38.96	24.14
總計	82.7	1.73	0.044	13.5	39.19	24.24

重要意見

Golder 認為，礦床已就準確地估計礦產資源量而進行了足夠的鑽探，鑽孔的間距、深度、定位和位置均是恰當的。

鑽探及記錄程序符合行業標準，而 *Golder* 認為它們就鎳鐵礬土礦床而言是恰當的。*Golder* 審閱了抽樣程序及認為該等程序就地質建模和礦產資源估算而言是恰當的。

考慮到所需的生產目標及採礦選擇性，設備機群的規模似乎是適當的。現已安裝調度系統，該系統將產生有用的數據庫，能用作規劃和控制生產。定期產生報告是重要的，而且除了過往資料處，還要指示出主控變數的演變趨勢。此舉將有助於及早做出決定，以對可能損害達至生產目標的品位趨勢做出回應。

在同時使用成本和定價假設的情況（*Vale* 及三年移動平均）中，正面的項目經濟情況支持將礦產資源轉化為礦產儲量。根據敏感度分析，在所有測試的個案中，淨現值均是正數，顯示項目的經濟情況卻相當雄厚。

測試採礦計劃的結果確認用於估計礦產儲量的經營採礦參數的有效性。*MOP*(*Mineração Onça Puma*)所設計的核對系統將有助改善對於採礦選擇性和設備表現的了解，而這會是控制採礦回收效率的關鍵因素。



目錄

6.0	ONÇA PUMA 業務	1
6.1	位置	1
6.2	所有權	2
6.3	土地年期和開採權	2
6.4	基礎設施	3
6.5	生產過程及產品	4
6.6	金屬回收	5
6.7	市場	1
6.8	過往生產	1
6.9	地質及礦藏	1
6.10	勘探與開發鑽井	6
6.11	礦床抽樣法和資料管理	11
6.12	礦產資源估算	31
6.13	礦產儲量估算	40
6.14	報告礦產儲量	68
6.15	調整與儲量審核	69
6.16	環境	69
6.17	社區與政府事務	70
6.18	經營成本	71
6.19	資本成本	73
6.20	稅項	74
6.21	礦產儲量的經濟評估	75
6.22	礦產開採年限	77



表

表 6-1: 採礦特許權.....	3
表 6-2: Onça 和 Puma 鑽井匯總.....	7
表 6-3: Onça Puma QAQC 樣本插入率.....	15
表 6-4: 對 LGS 實驗室標準樣本的分析結果.....	17
表 6-5: Onça Puma 空白樣本的容許極限.....	19
表 6-6: Onça Puma 初級實驗室副樣分析匯總.....	21
表 6-7: 資源估算平均容積密度.....	27
表 6-8: 地質層編碼	34
表 6-9: Raposa 岩芯鑽探數據中各化學元素的相關係數表.....	36
表 6-10: 礦場生產時間表.....	43
表 6-11: Onça Puma 鎳項目 — 儲礦堆.....	45
表 6-12: Onça Puma 鎳項目 — 庫存的褐鐵礦.....	46
表 6-13: Onça Puma 鎳項目 — 總生產計劃	47
表 6-14: Onça 和 Puma LOM 採礦車	49
表 6-15: 工廠給料參數	57
表 6-16: 加工廠設備 — 主要參數	57
表 6-17: Onça Puma 工廠給料	59
表 6-18: 工廠給料與金屬回收情況	61
表 6-19: 2010 年 6 月 30 日, Onça Puma 鐵鎳已探明儲量和可能儲量	62
表 6-20: 單位平均經營成本.....	65
表 6-21: Onça Puma 鎳項目 –LOM 運營成本總額.....	66
表 6-22: 資本開支 – 採礦.....	67
表 6-23: 資本成本總額	68
表 6-24: 開採年限中的總產量.....	71



圖

圖 6-1: Onça Puma 項目位置	1
圖 6-2: Ourilândia do Norte 和 Carajás 地區	2
圖 6-3: Onça Puma 鎳礦項目電力供應(MOP: Mineração Onça Puma)	3
圖 6-4: Onça Puma 鎳礦項目 –主變電站	4
圖 6-5: Onça Puma 鎳礦項目-整體平面圖	5
圖 6-6:本地區地質簡況 (資料來源：Vale 技術資料 2010)	2
圖 6-7: Onça 礦床地質狀況 (資料來源：Vale 技術資料 2010)	2
圖 6-8: Puma 礦床地質狀況 (資料來源：Vale 技術資料 2010)	3
圖 6-9: Onça Puma 礦床 礬土岩性示意圖	4
圖 6-10: Onça 礦床鑽井 (座標採用 UTM 坐標系統，未進行刪減)	7
圖 6-11: Puma 礦床鑽井 (座標採用 UTM 坐標系統，未進行刪減)	8
圖 6-12 Onça Puma 數位岩芯照片示例 (資料來源：MOP 規程 2002-2005)	9
圖 6-13: Onça Puma 抽樣準備和分析程序詳細流程圖	13
圖 6-14：Onça Puma 的鑽心存儲設備	14
圖 6 15：Onça Puma 標準推薦值和可接受範圍	16
圖 6-16：Onça Puma 對 JASP - 2 鎳的標準分析	18
圖 6-17: Onça Puma Lakefield Geosol 實驗室的鎳空白樣本 QAQC 分析	20
圖 6-18：鎳的粗糙副樣 QAQC 分析(Lakefield Geosol)	21
圖 6-19：Lakefield Geosol Co 粗粒副樣分析 (左 = 所有資料，右= 鎳礦資料 ≥ 0.05 或低於分析檢測五倍範圍)	22
圖 6-20: Onça Puma 鎳礦檢查抽樣 QAQC 分析(LGS vs. ALS)	23
圖 6-21 Onça 和 Puma 殘餘土區的化學計量總計	24
圖 6-22：總測點地形測量 (棕色)與 LIDAR 地形測量 (綠色)之對比	26
圖 6-23：Onça Puma 密度測量設備圖示	27
圖 6-24：Onça D1D2 資源區域鑽探覆蓋率 (同時顯示資源模型的範圍)	28
圖 6-25：Puma Jatoba 資源區域鑽探覆蓋率(同時顯示資源模型的範圍)	29
圖 6-26：Onça D1D2 分塊模型以及樣本代碼和地表線框視覺化比較(DTMs)	29
圖 6-27：Puma Jatoba 分塊模型以及樣本代碼和地表線框視覺化比較(DTMs)	30
圖 6-28：Onça 物業中的單獨型線木模	31
圖 6-29：Puma 物業中的單獨型線木模	32
圖 6-30：Raposa 鑽探分佈	33



圖 6-31：SAP 層底部低品位礦料含量示意圖(%鎳 <0.7)	35
圖 6-32：Raposa 展開式普通克立格法模型目測驗證示例圖	38
圖 6-33：兩個不同的區域的體積差異評估圖	39
圖 6-34：Onça 礦場中部地區與儲礦堆	41
圖 6-35：Onça 礦場西部地區與儲礦堆	41
圖 6-36：Onça 礦場東部地區與儲礦堆	42
圖 6-37：Puma 礦場與儲礦堆	42
圖 6-38：生產計劃：採礦材料總量 — Onça-Puma 項目	44
圖 6-39：礦石總產量 — Onça-Puma 項目	44
圖 6-40：礦石產量與廢石移除量 — Onça-Puma 項目	48
圖 6-41：挖掘機和貨車—採礦	50
圖 6-42：裝載機和卡車 — 從儲礦堆到加工廠	50
圖 6-43：Onça 礦場 — 典型剖面圖	51
圖 6-44：Onça 礦場 — 採礦經營	51
圖 6-45：Onça 礦場 — CAT 365C 挖掘機挖掘礦石	52
圖 6-46：Onça 礦場 — CAT 740 鉸接車運輸礦石	52
圖 6-47：Onça 礦場 — Atlas Copco 鑽井機（爆破式）	52
圖 6-48：Onça 礦場 — 帶碎石機的 CAT 320D 挖掘機	53
圖 6-49：Onça 礦場 — 灑水車	53
圖 6-50：Onça 礦場 — 工程機械運輸車（燃料運輸）	53
圖 6-51：Onça 礦場 — 礦石儲礦堆	54
圖 6-52：Onça 礦場 — 斯卡尼亞貨車（容量：30 公噸）	54
圖 6-53：生產圖 — Diglines	55
圖 6-54：採礦規劃與控制系統	55
圖 6-55：Onça Puma 冶金工廠	56
圖 6-56：Onça Puma 冶金工廠 — 礦渣處置區	56
圖 6-57：Onça Puma 冶金工廠 — 簡要工藝流程圖	58
圖 6-58：儲礦堆輸出	60
圖 6-59：儲礦堆輸出— 鎳品位與邊界品位	60
圖 6-60：Onça Puma 鎳項目 —環境許可證申請狀態	64
圖 6-61：MOP 敏感性分析	70



6.0 ONÇA PUMA 業務

6.1 位置

Onça Puma 鎳礦項目位於巴西北部帕拉省。最近的城市是 Ourilândia do Norte，然後經公路通往 Parauapebas (160 公里)和 Marabá (390 公里)。兩地都可以經 Vale 運營的 Carajás 鐵路(Estrada de Ferro de Carajás – EFC)將 Carajás 鐵礦廠的鐵礦石和 Sossego 礦廠的銅精礦運往 Maranhão 省 São Luis 市的 da Ponta da Madeira 碼頭 (TPM)和 Itaqui 港口。

運送沉重材料（設備、配件、材料和鎳鐵產品等）的主要通道就是從 São Luiz 港口至 Maraba 或 Parauapebas 的鐵路，然後再經全年開放的墊鋪公路到達礦廠。從 Maraba 至 Ourilândia do Norte 有定期航班，飛機為小型飛機。

6-1 和 6-2 為項目位置。



圖 6-1: Onça Puma 項目位置



圖 6-2: Ourilândia do Norte 和 Carajás 地區

6.2 所有權

Onça Puma 鎳礦項目現由 Vale S.A. 全部擁有。該礦項目最初由 Inco 有限公司擁有，Inco 有限公司於 1973 年開始進行地質勘探。該鎳礦後來由 Canico 擁有，Vale S.A 於 2005 年將其收購。

6.3 土地年期和開採權

該鎳礦由兩個獨立的鎳鐵礬土礦床組成，包括五處 DNPM（巴西採礦規劃局）批准的區域，見下表表 6-1。814.621/1973 和 814.622/1973 位於 Xikrin 本地儲礦，仍有待 DNPM 決定。其他幾處都已獲得 PAE（經濟評估計劃）批准，現都具有採礦特許權。

目前，Vale 已購買了一大塊土地，以獲取採礦和基礎設施安裝的地表權。根據巴西法律，地表和地下的所有權是分開的。礦業公司即使沒有地表權也可以進行採礦。此時，礦業公司就需要向地表所有者支付使用費用。使用費按礦業公司向政府支付的 CFEM 費用（礦產資源經濟開採補償）的 50% 進行支付。



ONÇA PUMA 審核

表 6-1:採礦特許權

DNPM 編號	許可類型	面積 (公頃)
811.051/1973	採礦特許權	6,250.00
811.016/1973	採礦特許權	5,250.00
814.621/1973	採礦申請	6,647.20
814.622/1973	採礦申請	10,000.00
850.650/2006	採礦特許權	3,286.80

6.4 基礎設施

供電

至礦場現場的電力由一條從 Carajas (位於 Parauapebas) 變電站引出的 230 千伏高壓線輸送，Carajas 變電站為廠區的主要變電站饋電。Carajas 變電站由一條從 Maraba 變電站引出的 230 千伏高壓線饋電，Maraba 變電站與 Tucuruí 水電廠相連。

廠區的主變電站各裝有 3 座 160MVA 的變壓器。內部分電為 34.5 千伏。6-3 為 Carajas 變電站至礦場現場的供電系統。6-34 為 Mineração Onça Puma (MOP) 廠區的主變電站。



圖 6-3: Onça Puma 鎳礦項目電力供應 (MOP: Mineração Onça Puma)



圖 6-4: Onça Puma 鎳礦項目 –主變電站

數據傳輸

礦場與國內、國際通訊（聲音和數據）系統完全連通。礦場能過安裝在高壓線電塔上的光纖與 Parauapebas 火車轉運站相聯，然後再透過安裝於鐵路旁的光纖系統連至 São Luiz 港。Ourilândia do Norte 還能與各種固定、移動電話系統聯通。礦場現場已覆蓋移動電話系統。

6.5 生產過程及產品

Onça Puma 鎳礦處理的礦石主要來自兩個露天採礦場：Onça 和 Puma 礦床。由於需要進行選擇性採礦，因此兩個礦場主要採用小型設備開採。處理廠位於 Onça 礦場附近。圖 6-5 為兩個採礦場和處理場的整體平面圖。

Onça Puma 冶金廠利用 RKEF 技術建造，位於 Onça 山脈的盡東邊。兩條獨立生產線（烘乾、煅燒、熔煉和精煉），安裝生產能力預計每年生產 52,000 噸鎳（含於 25%品位的鎳鐵之中）。冶金廠將對 Onça 和 Puma 礦場生產的紅土礦石進行加工處理，礦石由載重 40 噸的卡車運往冶金廠。

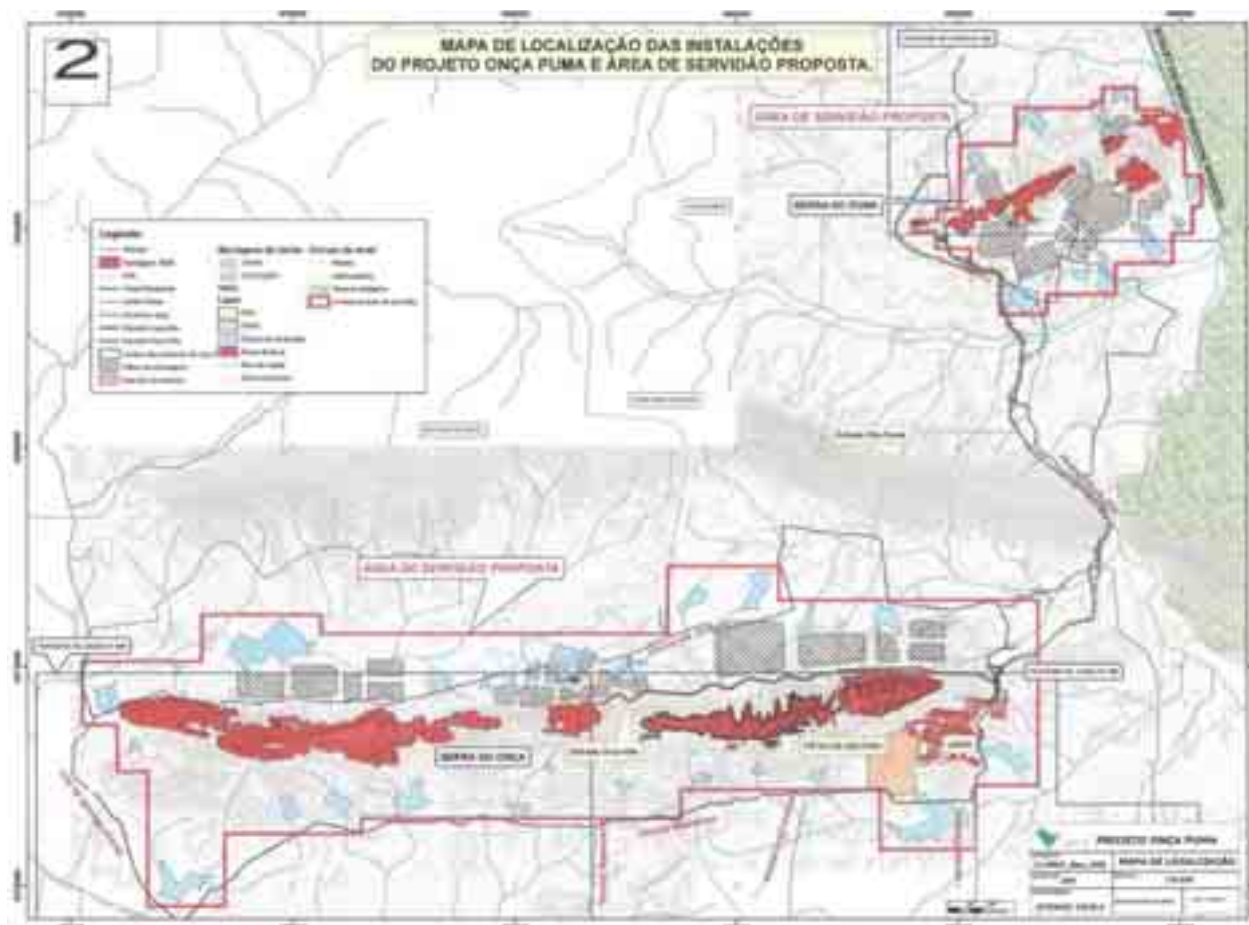


圖 6-5: Onça Puma 鎳礦項目-整體平面圖

6.6 金屬回收

挪威的 Elkem 進行了大規模電爐熔煉測試。測試工作的三週期間，每週都對不同的礦石進行熔煉，代表冶煉的初、中、長期中的各個組成部分。總得說來，測試工作表明 Onça Puma 礦石在常規商業採礦中表現一般。燒窯成功煨燒至 950°C，超過加工所需的溫度 900°C。礦石中的鎳品位提升不會引起電爐任何問題，可成功敲壓成金屬或礦渣。測試工作還為以後的熱能測量提供了礦渣樣本。

測試電爐廢棄礦渣中的鎳可用於估計擬建礦廠的鎳損失比例；測量礦渣鎳含量與現有加工廠相比一樣低或稍低。但是，從接收礦石到最後成品的整個加工過程中都可能損失鎳（如：精煉礦渣損失、灰塵、材料退回處理不當等）。Onça Puma 預測，隨著採礦運營逐步穩定，計劃回收情況如下：礦石準備- 99.0%，煨燒 - 97.0%，熔煉 - 96.0%，精煉 - 98.0%，整體礦廠生產回收達到 90.3%。



6.7 市場

Onça Puma 項目目前計劃生產鐵鎳產品，約含 25% 的鎳，其餘大部分為鐵。鎳含量和雜質根據時間、礦石分佈和與礦床的聯繫、加工技術和其他因素的不同而有所不同。最終產品為鐵鎳團礦料，2 級初級鎳，可用於生產不銹鋼。

6.8 過往生產

Onça Puma 項目主要從事鎳礦方面業務（採礦和加工），建於巴西 Pará 州的鎳鐵紅土礦床之上。標定產量預計達到每年 52,000 噸鎳（含於鐵鎳之中）。預計 2010 年下半年開始試運行，於 2011 年正式商業生產。截至目前為止，尚未進行商業生產。

6.9 地質及礦藏

本地區地質狀況

以下資訊根據 Hatch (2005) 可行性研究報告、AMEC (2005) 地質審核報告、Onça Puma 資源評估報告草案 (Vale, 2008) 和內部 Vale Inco 技術材料整理而成。

Onça Puma 礦床上的高濃度鎳礦位於巴西前寒武紀地殼之中 Itacaiúnas Shear Belt 綿延的超鐵鎂岩山脊綜合礦，處於太古代片麻岩和混合岩之上。這些超鐵鎂綜合礦僅限於永久構造帶範圍，決定著周圍變質基底岩的位置。層狀綜合礦包括可變蛇紋純橄欖岩，還有相關輝石岩、斜長岩和輝長岩。這些岩石一般由東向西，通常向南傾斜 40-45°。

礬土鎳礦礦床主要為原生代 Cateté 侵入帶的鐵鎂-超鐵鎂質岩，侵入到 Onça Puma 地區的古代興穀河花崗片麻岩和花崗板岩。Onça 和 Puma 山脈相隔約 16 千米，這一地區還含有元沉積物質，包括 Serra Arqueada 上很大的一塊條帶狀含鐵區（BIF），也由 Vale 持有。本地區地質簡況請參見圖 6-6。

當地地質狀況

Onça 山脊綜合項目為一向南傾斜的平坦地帶，約 23 千米長。西端約 3.6 千米寬，由於當地斷層，越向東越窄。礦床基本為東西走向，向南傾斜 45°。鎳礦的主要岩石為超鐵鎂質岩，以蛇紋純橄欖岩和橄欖岩為主，向山脈縱深綿延 19 千米，最寬為 1200 米 (Hatch 2005)。圖 6-7: Onça 礦床地質狀況 (資料來源：)。

Puma 鐵鎂-超鐵鎂綜合礦約 23 千米長，3 千米寬。主要為 Itacaiúnas 剪切帶，剪切帶區內為 N80°E (北 80° 東) 走向，向南傾斜 45°。為 Puma 礦床地質狀況。



ONÇA PUMA 審核

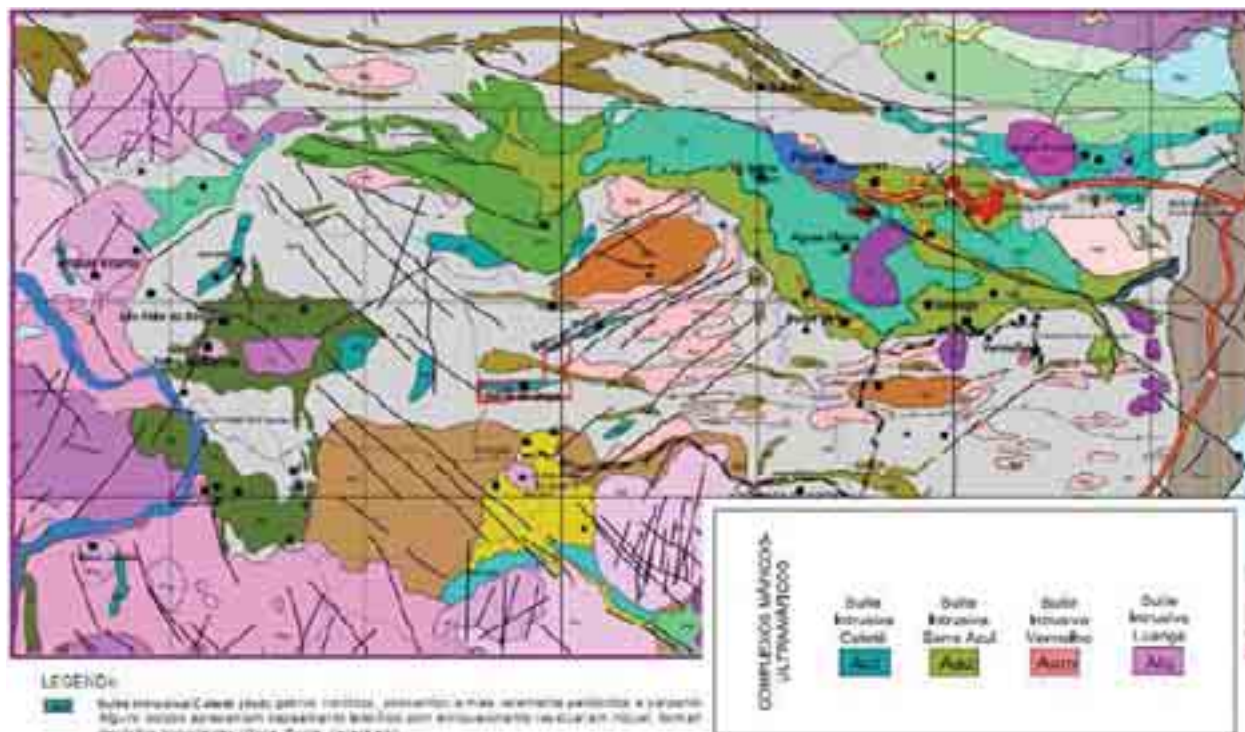


圖 6-6: 本地區地質簡況 (資料來源：Vale 技術資料 2010)

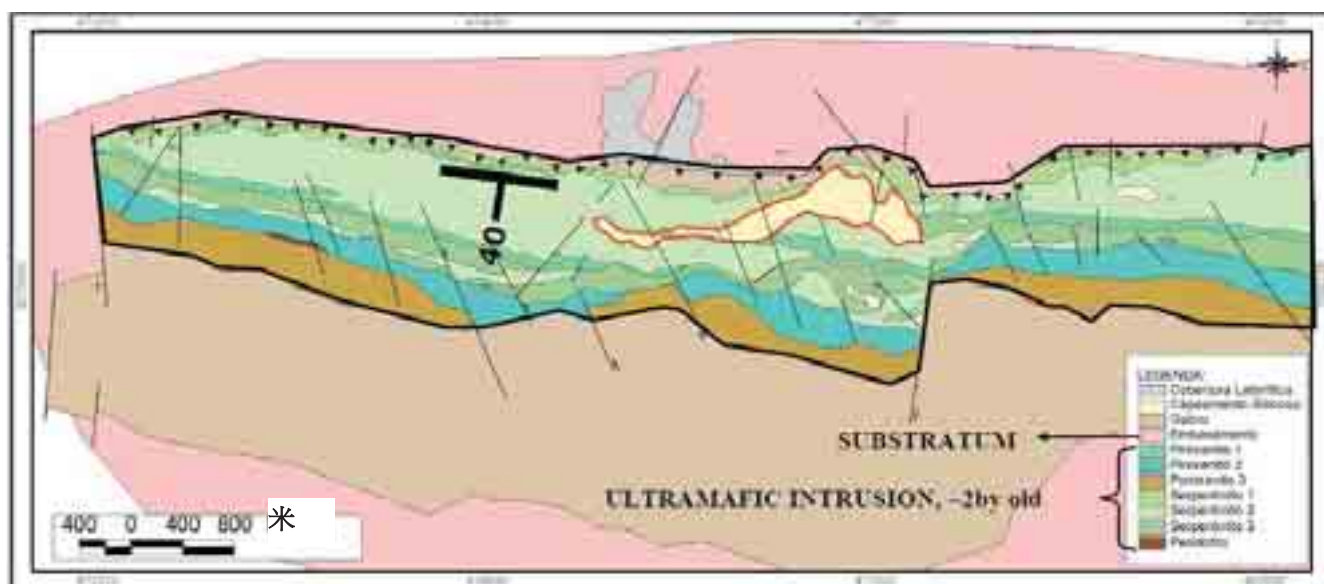


圖 6-7: Onça 礦床地質狀況 (資料來源：Vale 技術資料 2010)

Puma 綜合礦主要由蛇紋純橄欖岩和橄欖岩、輝長岩以及當地輝石岩和異剝橄欖岩組成。岩石主要為片麻岩，其中有些為花崗閃長岩至花崗岩，有些為淡至暗灰色英雲閃長岩，有些為薄至粗顯晶岩。大量的精至中粗輝長岩帶侵入同一斷層帶的北部，Puma 綜合礦就位於其中(Hatch 2005)。



圖 6-8: Puma 礦床地質狀況 (資料來源：Vale 技術資料 2010)

岩性

Onça 和 Puma 礦床綜合岩石狀況見圖 6-9。

Onça 礦床已識別的主要岩性由下及上依次為(Hatch 2005)：

- 蛇紋岩 1 包括蛇紋岩或沉積橄欖岩。此部分不是重要的含鎳層。
- 蛇紋岩 2 以蛇紋純橄欖岩為主，沿 Onça 綜合礦延伸近 19 千米，位於蛇紋岩 1 之上或僅處於興谷綜合礦片麻岩綜合礦之上。蛇紋岩 1 和蛇紋岩 2 為 Onça 鎳礦床原岩的主要來源。地形適宜區厚紅土剖面發達。
- 粗輝綠岩 1 位於蛇紋岩 2 之上，薄但較長。不是重要的鎳鐵礬土原岩層。
- 以蛇紋純橄欖岩為主的蛇紋岩 3 大致位於輝綠岩 1 的南面上方。
- 輝綠岩 2 位於蛇紋岩 3 之上。與輝綠岩 1 相似，沒有什麼經濟價值。
- 輝綠岩 3 僅位於輝綠岩 2 之上。平均寬度為 230 米，由於到處斷層，4200-5600 帶間寬度達 460 米。
- 礦場其他已識別和標明的岩石包括鐵鎂岩帶（很可能為輝綠岩）以及各種各樣的層狀侵入岩，如橄欖岩、斜方輝橄岩和輝長岩等。



ONÇA PUMA 審核

在 Puma 礦床，鎳礦原岩主要為蛇紋純橄欖岩和橄欖岩。Puma 地區鎳礦集中主要是由於礦床地區的地質構造過程、水熱蝕變和蛇紋純橄欖岩和橄欖岩風化的結果。這些岩層穿過整個綜合礦。寬度從 600-1200 米不等。與 Onça 相比，Puma 的蛇紋岩大多強烈變形，Puma 數據庫不能確定未風化的蛇紋岩組成。



圖 6-9: Onça Puma 礦床 礬土岩性示意圖



Puma 礦床已確定的主要岩性類型如下(Hatch 2005)：

- 蛇紋岩 1 幾乎沿超基性岩層北緣上的凹陷帶南側不斷向外露出。
- 蛇紋岩 2 沿著綜合礦的基礎部分和 Puma 山脈北部和南部向外露出。此處蛇紋岩呈深栗色-綠色，為精礦-中粗礦類。隨著不斷風化，岩石變得斑斑駁駁，顏色呈赭色和綠色；二氧化矽逐漸成為主要組成部分。
- 蛇紋岩 3 是 Puma 山脈露出的主要蛇紋岩。顏色一般為綠栗色、黃栗色，強烈斷層和／或剝離（剪切）。
- Puma 綜合礦的輝長岩層一般會從山脈南側露出，就象豆狀褐栗色土壤和生出的鐵結礫岩那樣的大塊岩石。
- 輝長岩輝綠岩帶一般出現在山脈北側的低窪區域，在三個地區出現最多，一般都是沿西北向大片大片地狹窄、急傾岩帶，很好區分。

礦化作用

全球鐵鎳礫土剖面一般由三種或四種分明的岩層組成，由土壤水份不斷從地下原岩浸出形成。由下及上，岩層依次為：

- 殘餘土帶主要由發生變化的原岩礦物質的混合物組成，原岩礦物質主要為蛇紋岩以及新生成的礦物質，如矽鎂鎳礦、石英、鈦土和褐鐵礦等；
- 可選的過渡地帶，其中綠土層如綠脫石或石英已取代原岩礦物；
- 褐鐵礦區；
- 針鐵礦±赤鐵礦等鐵結礫頂板岩石

鎳通過分解或蛇紋石、綠脫石、錳氧化物和針鐵礦重新結晶進行溶解，向下滲透，然後在殘餘土帶或過渡帶再次沉澱為次生富集帶或在更深的褐鐵礦區沉積。

礦化作用一般發生在淺生鎳礦生成的兩道山脊，從蛇紋岩鎳品位異常開始。鎳汰選的主要過程是第三紀和第四紀期間的紅土化。

Onça 和 Puma 礦床的剖面(用於地質測圖和岩心記錄)主要由以下岩層組成(資料來源：內部 Vale 技術資料 2008)：

玉髓和褐鐵礦交融（岩層 C）

MOP 地質剖面的具體特點是地質剖面中的游離二氧化矽（玉髓）高量。游離二氧化矽主要位於褐岩性剖面的上部。

與大規模玉髓相似，已完全重新結晶的區域已經出現。褐鐵礦可在二氧化矽點與塊之間觀察到。二氧化矽和褐鐵礦混合物組成的岩層通常位於超鐵鎂質岩之上；有時可在形成內部岩層的褐鐵礦層中發現。此岩層中的鎳礦含量在 0.2%-0.9% 間不等，低鈦、氧化鎂、低鐵已被二氧化矽取代。通常稱為矽岩，厚度為 5 米至 80 米。

褐鐵礦（岩層 L）

部分紅色褐鐵礦覆於礦床之上，成為地表一層摻有鐵豆岩的表土層。此層岩層含鎳 0.50-1.50%，氧化鎂含量較低和鐵含量較高。Onça 褐鐵礦礦層一般厚 2.4 米，厚度為 0-49 米，Puma 褐鐵礦礦層一般厚 2.3 米，厚度為 0-42 米。

黃色褐鐵礦的第二層可能出現在基層的上部，一般針鐵礦、錳礦比較豐富，還含有很高的氧化物（鈦含量較高）。鎳含量一般在 1-2% 之間不等，鈦含量較高，為 0.15-0.30%，氧化鎂含量較低，含鐵量較高。



紅色和黃色的褐鐵礦已被歸為岩層 L，一般位於岩層 C 下面；但是，如果它在水準方面延伸，還可在 C 層或殘餘土層形成內部岩層 L1、L2 和 L3。

軟腐岩（岩層 S）

Onça 內軟腐岩一般為 4.8 米厚，厚度為 0-57 米不等。Puma 內軟腐岩一般為 5.7 米厚，厚度為 0-51 米不等。

軟腐岩一般為一層高度風化的蛇紋岩石（等級為 4 級），通常出現在褐鐵礦區域下面。典型特徵為“泥土質”，一般出現在褐鐵礦層與未風化的堅硬殘餘土層之間。與上層岩層的關係一般都是漸進且難概述。鎳含量為 1.5 - 4% 不等，鐵含量較低，氧化鎂含量較高。軟腐岩層可能包含殘餘的未風化殘餘土塊。

硬腐岩（岩層 H）

軟腐岩層下面一般是風化程度較低（等級為 5-6 級）的蛇紋岩石。與上層軟腐岩的關係不太固定，根據基層岩石的結構特點，可能關係很緊。此層岩石主要由“硬腐岩”組成，鎳含量為 0.5 - 4%，含鐵量較低，氧化鎂含量較高。Onça 內的硬腐岩一般為 4 米厚，厚度為 0-71 米不等。Puma 的硬腐岩厚度尚未確定。

基岩（岩層 B）

基底岩（“基岩”）主要由各種岩性的新鮮、未風化的岩石（風化程度 7 級）組成，如橄欖岩（純橄欖岩、斜方輝橄欖岩、二輝橄欖岩和異剝橄欖岩）、蛇紋岩、輝石岩等，基岩一般位於基礎地層。這些岩石可能是鎳礦礦化的原始來源，一般鎳含量等級為 0.30-0.50%，氧化鎂含量較高，含鐵量較低。

輝長岩和輝長岩岩石

輝長岩和輝長岩岩石一般集中在超鐵鎂質岩綜合礦，岩層富含氧化鋁（ Al_2O_3 ）。輝長岩岩石在褐鐵礦層中氧化鋁（ Al_2O_3 ）含量最高可達 6%，殘餘土層中氧化鋁（ Al_2O_3 ）含量最高可達 15%。鎳礦品位在 0.5 - 3% 間不等。

構成

Onça PUMA 項目結構研究報告是應 MOP 之請由裏奧格蘭德聯邦大學地質學院、地質研究所進行的。結構研究報告詳情請參閱項目資料包中提供給 Golder 的 *1.1 GeologiaRegional_Estrutural MOP.pdf* 文件。

此項研究的目的是確定本地區岩石的主要結構特徵以及對 Onça 和 Puma 礦床幾何結構的影響。此項研究主要對 Onça 和 Puma 山脈的小規模區域（長度不足 10 千米）的輪廓結構進行分析，對項目區域中的中型或大型區域的輪廓結構未做確定。

此項研究最後得出結論：Onça 和 Puma 礦床隨著斷裂、節理、斷層和礦脈的形成很容易變形，表明主要岩性的變形條件。

Onça Puma 山脈的主要特點為斷層眾多，主要結構與項目區域北方的左向平移斷層帶有關。在 Puma 山脈，此斷層帶為北 62° 東（N62°E）方向，而在 Onça 山脈則主要顯示為東西向（資料來源：內部 Vale 技術報告 2008）。

6.10 勘探與開發鑽井

Onça Puma 鑽井

Canico 在 Onça Puma 的初步鑽探始於 2002 年，2005 年完成（Vale 技術資料，2010 年）。表 6-2 為可用鑽井資料匯總。Onça 和 Puma 礦床的鑽孔口位置分別列於圖 6-10 和圖 6-11。Onça 和 Puma 資源量模型根據 7,296 座金鋼石鑽孔的化驗資料得出的。礦產資源量模型中的所有鑽孔為金鋼石鑽頭（DD）鑽孔。鑽孔採用 HQ 直徑鑽井系統進行



ONÇA PUMA 審核

的鑽孔。鑽孔間距主要為 100 米 X100 米至 25 米 X25 米；但是，一些地區鑽孔間距太小，減至 12.5 米 X12.5 米至 6 米 X6 米。Onça Puma 所有鑽井都為垂直方向鑽井。

在 Golder 實地考察期間，未在 Onça Puma 進行金鋼石鑽井。因此，在與首席地質學家 David Chiron 的談話中以及技術文件、操作規程手冊、由 AMEC (2005)進行的地質審核報告和 Hatch 可行性報告（2005）中對鑽井和鑽井取樣規程進行了審核。與首席地質學家的談話確定，MOP PRO 2002-2005_V2.pdf 文件中詳細列明的操作規程基本保持不變。

表 6-2: Onça 和 Puma 鑽井匯總

	鑽孔數量	深度 (m)			
		最小	最大	平均	總和
總計	7,296	1.55	111.3	23.5	171,193.4

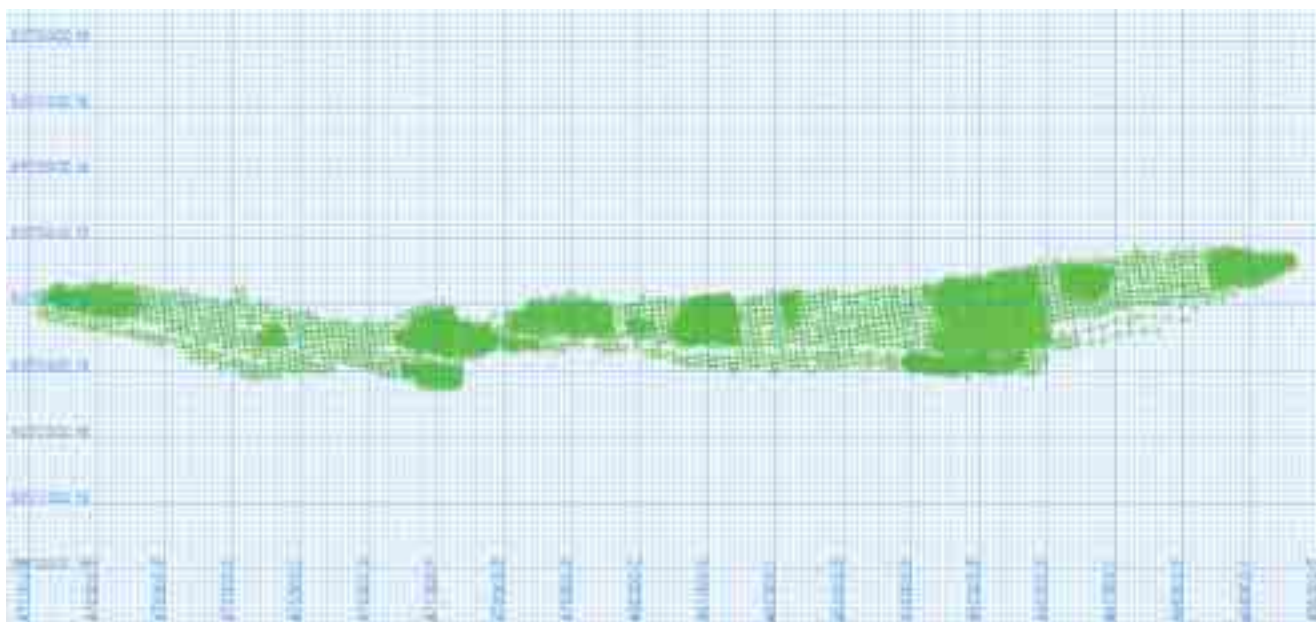


圖 6-10: Onça 礦床鑽井 (座標採用 UTM 坐標系統，未進行刪減)

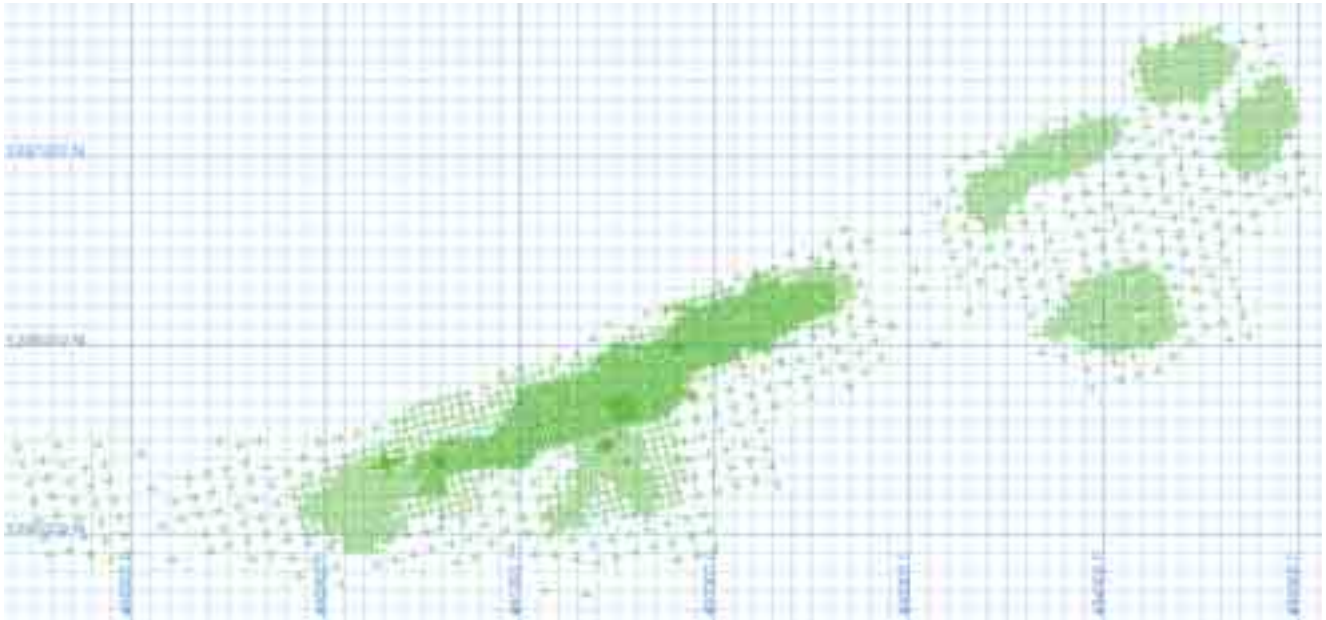


圖 6-11: Puma 礦床鑽井 (座標採用 UTM 坐標系統，未進行刪減)

Golder 認為，Onça Puma 礦床已就準確地估計礦產資源量以及礦產儲量而進行了足夠的鑽探，鑽洞的洞穴間距、深度、定位和位置均是恰當的。

MOP 鑽了一些 RC 預生產洞，預生產洞一般用於對短期生產模式和礦山規劃的評估。RC 鑽孔資料目前尚未納入礦產資源量的長期模式，所以不由 Golder 評估，因為其超出了本次審核的範圍。

鑽孔口和測量網格

用於鑽井的資料座標涉及到 SAD69 UTM, 22M 區網格系統。用於建模和評估的鑽孔資料採用平截 UTM 座標，坐標系中的 XCOLLAR = UTM_E - 400,000 和 YCOLLAR = UTM_N - 9,200,000 以及鑽孔口的 RL 保持不變。

鑽孔口測量程序全部保存在 PRO-0041-GAPMQ Cadastro de Furos_R1.doc 文件中。鑽孔口由經過培訓的 Canico 測量人員採用總站測量設備進行測量。測量的 UTM 孔口座標可下載至電腦，處理後由工作人員定期裝入 DatamineDHLogger 項目現場數據庫中(AMEC 2005)。

Golder 認為孔口測量設備及程序符合行業標準。

岩芯照相

鑽心拍攝是在抽樣前保存岩芯記錄的好方法，因為任何抽樣都可能刪除一半或全部岩芯記錄。對鑽心拍攝的照片進行審核後，發現大部分圖片品質基本都可接受。

Onça Puma 礦床的岩芯拍攝程序全部保存在 MOP PRO 2002-2005_V2.pdf 之中。圖 6-12 為根據岩芯拍攝程序拍攝的 Onça Puma 礦床岩芯照片。圖 6-12 不如真實照片的清晰度高，因為這只是一張照片複製品。

Golde 認為數位化岩芯照片符合行業標準。



圖 6-12 Onça Puma 數位岩芯照片示例（資料來源：MOP 規程 2002-2005）

鑽孔日誌

鑽孔記錄程序全部保存在 PRO PROCEDIMENTOS OPERCIONAIS 2002 – 2005 文件中。該文件詳細介紹了地質學家運用代碼記錄 Quechua 地區採礦的詳細過程。文件中有圖表、文字說明和彩色照片，這些對於保持地質學家詳細記錄的岩性、風化、礦化和結構從而與所有地質學家的層壓領域指南和參考文檔的一致性很有用。所有的地質學家都經過首席地質學家或其他適格高級地質學家的培訓，以確保記錄的一致性。Onça Puma 項目中工作人員保有率很高，據報導在 5 年中很少有人員調動，這就保證了較高的資料一致性和可靠性。

包括岩石類型文字說明、表列描述和照片的參考文件是非常有用的工具，能幫助地質學家在記錄時保持一致性。

鑽井項目的樣本由經驗豐富的地質學家和技術人員組成的團隊來收集、記錄和監測。岩芯在標準情況下以一米為間隔採樣，並由不同材料的代碼或重要地質斷裂（角礫岩帶，矽膠帽等）具體而定；在接觸時，採集一米以內的樣本。岩芯手工記錄到紙上，記錄開始深度（從）、最終深度（到）、回收長度、樣本數、螢幕分數、濕重、乾重、水份含量、材料代號、岩石類型代碼、晶粒尺寸、蛇紋岩品位、風化程度、硬度、顏色、質地、結構、礦物代碼和說明。



手寫日誌記錄和地質資料編碼輸入 Datamine「DH Logger」數據庫，檢查後添加到隨後電子接收化驗結果的項目數據庫；定期檢查日誌的計算機化過程。

以下主要資料由研究 Onça Puma 礦的地質學家記錄：

- 原始材料代碼(9):
 - SOL：土壤
 - LIM：褐鐵礦區
 - PIS：豆石
 - CAP：二氧化矽頂板岩
 - CAN：鐵角礫岩（鐵結礫岩）
 - TRN：過渡區
 - SAP：殘餘土
 - BLD：礫石區
 - BRK：基岩
- 岩石類型（例如純橄岩、橄欖岩、輝長岩、輝石岩、蛇紋岩等）
- 風化和蛇紋岩石化程度、硬度、顏色
- 殘餘土區大石塊>15 厘米的分別取樣
- 二氧化矽和角礫岩帶，其他結構
- 視覺化程度高、低鎳區（矽鎳礦）
- 錳或錳土區
- 在岩芯礦區周圍的殘留結構和其他視覺變化。

收到化驗結果後，我們在地質判讀和建模的兩個礦床找到了以下岩區：

- BLD (礫石)
- BRK (基岩)
- GAB (輝長岩)
- GRN (花崗岩)
- LIM (褐鐵礦)
- SCT (矽結礫岩)
- SAP 殘餘土
- SLM (矽質褐鐵礦)



- SSP (矽質殘餘土).

Onça 區域編號還包括橄欖岩和輝石岩區。

Golder 對 Ourilândia 岩芯帶的四個鑽孔進行了檢查，Onça 兩個，Puma 兩個(OD3381, OD5949, PD2928 和 PD14292)，並把這些鑽孔與鑽孔日誌做了對比。礦場向 Golder 提供了 10 個規定鑽孔的文件副本影本的地質記錄。

鑽孔和日誌之間不存在重大差異。

鑽井和記錄程序符合行業標準，而 Golder 認為它們就鎳鐵礬土礦床而言是恰當的。

6.11 礦床抽樣法和資料管理

Onça Puma 的抽樣方法和樣本製備程序在內部文件 *PRO PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS 2002 – 2005* 中有詳細介紹。

樣本製備和分析

記錄完成後，立即用塑膠袋把全岩芯樣本袋裝和密封，防止在記錄站點水份流失。在記錄之前對所有的岩芯進行拍攝。每十孔一組進行含量測定，剩下的放在岩芯盒裏留作參考和以後鑑定。然後將所有樣本從日誌記錄現場送到 Ourilândia 的 Canico 樣本製備廠（過去由 Lakefield Geosol 操作，現在由 SGS Geosol 操作）。圖 6-13 為工藝流程圖，詳細說明樣本製備和分析程序。

製備過程包括以下幾步：

- 經過粗細兩個階段的碾壓，碾至 2 毫米（10 篩目）大小，然後再粉碎成 300 克的小樣本運送到 Belo Horizonte 的 Lakefield Geosol 實驗室，在實驗室碾磨至 95%能通過 150 篩目的合格品，然後進行 X 射線螢光光譜（XRF）分析。
- 在處理樣本後所有的機器用壓縮空氣清洗，並定期使用粉碎石英清理。
- 將合成尾礦裝袋並密封保存在樣本製備車間的密封箱中。

自 2002 年至 2005 年年間，曾利用 4 個實驗室進行化學分析（化驗）。

大部分樣本在巴西 Belo Horizonte 的 Lakefield Geosol (LGS)實驗室進行分析。鎳、鈷、鐵、銅和（二氧化矽，氧化鎂，氧化鉻，氧化鈣，氧化鋁，二氧化鈦，五氧化二磷，和氧化錳）等主要氧化物進行 X 射線螢光光譜分析時在 1,000°C 高溫下，使用焦硼酸鋰溶液對 0.2 克樣本持續 30 至 40 分鐘的熔解（LGS 代碼 ITRX - 4.9 - 009 硼酸熔融制樣/ X 射線螢光光譜）。燒失量分別通過在 1,000°C 下持續焙燒一克樣本一小時進行分析。所有分析的最低檢測限為 0.01%，鎂氧化物除外，其最低檢測限為 0.10%。這是該實驗室的報告中的通行做法，某些元素，包括鈷，檢測限精確到千分之一。



在 LGS 初級實驗室內檢測過度積壓時，澳大利亞 Brisbane 的 ALS Chemex (ALS)，加拿大 Lakefield 的 Lakefield Research (LRC)和加拿大 Don Mills 的 SGS Mineral Services (XRAL)作為次級實驗室，協助作岩芯化驗。ALS 運用的分析方法是 ICP-OES，在鉑金坩堝中使用硼酸鋰熔合。與 LGS 相比，ALS 報告中對一些元素降低了探測限度(Co – 0.005% 對比 0.010% 和 MgO – 0.01%對比 0.10%)。在 XRAL 完成的 XRF 分析利用焦硼酸鋰熔合 XRF 分析方法，把所有元素的最低探測限度降到 0.01%。LRC 實驗室也用 XRF 熔合分析法（50%的焦硼酸鋰，50%的偏硼酸鋰），然而卻指出比 LGS 更低的探測限度，Co (0.05%) 和 MgO (0.02%)。

四個實驗室對鎳最低探測限度均為 0.01%。

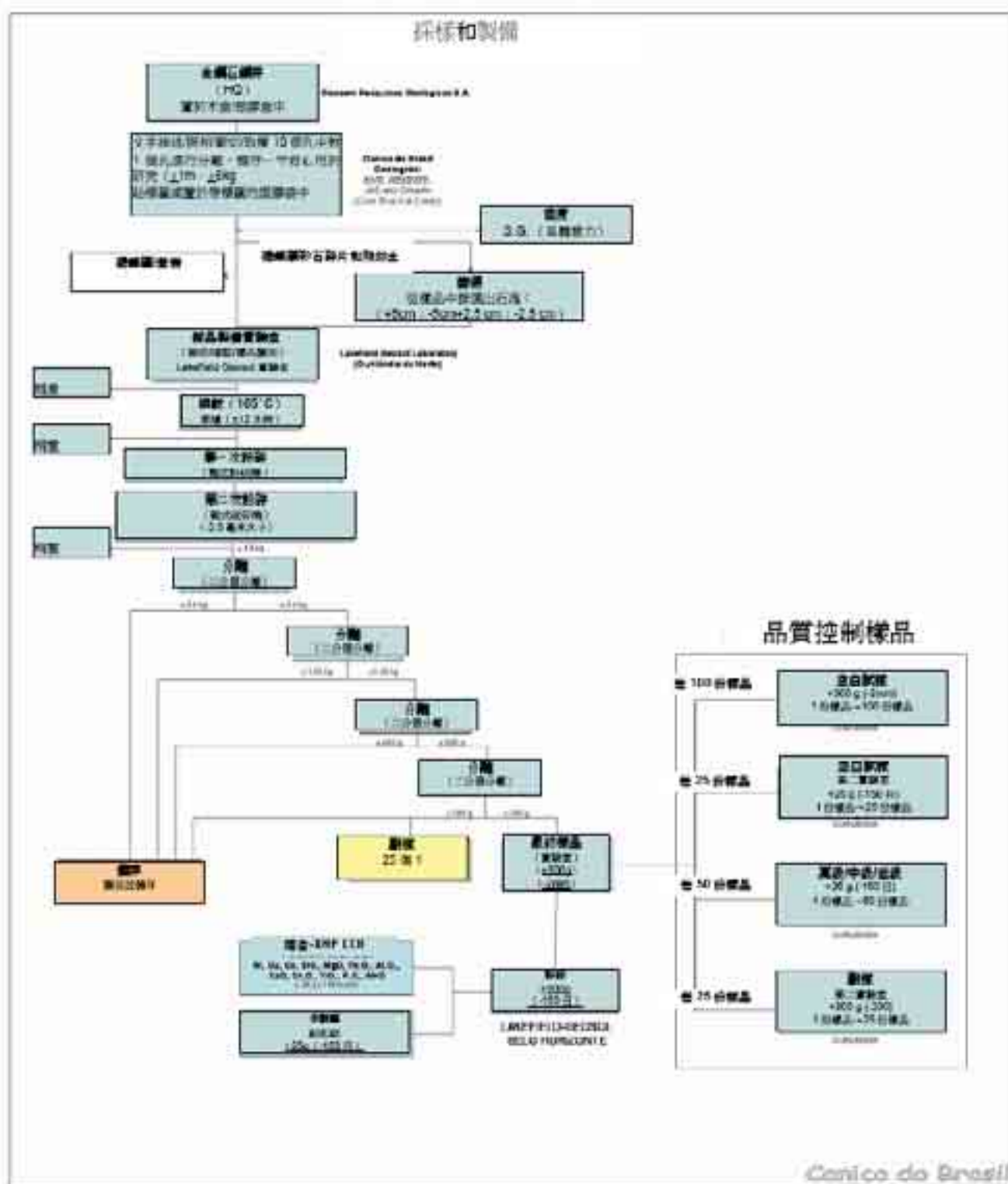
QAQC 結果強調指出，LGS 的鈷分析一致偏低。接下來 Hatch 在可行性研究(2005)中，修正了運算式：

■ $\text{Co 修正} = \text{LGS Co} * 1.1295 + 0.0023$

應 MOP 請求，Hatch 於 2004 年開展了一項調查研究，目的是評估項目收集到的 10%岩芯中½岩芯的化驗是不是準確，最後確定，沒有產生偏差。

鑒於樣本製備設備和化學分析設備已經拆除，Golder 未對其進行審查。自 2005 年，Onça Puma 的鑽探停止後，Belo Horizonte 的SGS Geosol 已經開始試運行一套新的實驗室和樣本製備設備。根據AMEC(2005)報告，Onça Puma 使用的初級實驗室和樣本製備設備符合行業標準，可進行礦產資源量估計中的化學分析。

Golder 審閱了抽樣程序，並認為該程序對地質建模和礦產資源估算是適當的。





樣本儲存

Golder 在實地考察時參觀了樣本儲存區。所有保留一半的鑽心、粗粒尾礦和副本都被儲存在一個專門建造的倉庫中（圖 6-14）。每個樣本的合成尾礦都被裝袋，並儲存於樣本製備設施的密封箱中。



圖 6-14：Onça Puma 的鑽心存儲設備

Golder 檢查了鑽心和樣本倉庫，認為都符合行業標準。

品質保證品質控制（QAQC）

品質保證（QA）是用於確保獲取準確度較高的採樣和分析測試結果的系統程序。品質控制（QC）是用來證明樣本製備和化學分析結果為充足的數據。這些還包括向送到實驗室的每一批樣本中插入標準樣本、一模一樣的粗粒複製品、礦漿複製品，以及優質的粗坯樣本。

該 QAQC 程序被記錄在內部程序 PRO PROCEDIMENTOS OPERCIONAIS 2002 – 2005 中。該文檔詳細記錄了樣本類型和插入的頻率。

樣本插入程序是合格的，記錄合理且符合行業標準。

表 6-3 詳述了 Onça Puma QAQC 樣本的插入率。MOP 已使用了一組 6 個標準樣本，本組樣本來自項目區，並經外部實驗室認證。



表 6-3: Onça Puma QAQC 樣本插入率

QAQC 樣本類型	插入頻率	數據庫數目
JASP-2 標準	25 個樣本/1 個	1,021 個樣本 Ni
JASP-22 標準		316 個樣本 Ni
JASP-3 標準		1,028 個樣本 Ni
JASP-33 標準		309 個樣本 Ni
JASP-4 標準		428 個樣本 Ni
JASP-5 標準		426 個樣本 Ni
粗坯	50 個樣本/1 個	1,029 個樣本 Ni、Co 和 MgO
粗粒和礦漿複製品	25 個樣本/1 個	7,263 個樣本
外部實驗室檢查	25 個樣本/1 個	2,023 個樣本

圖 6-15 匯總了 MOP 就 Onça Puma QAQC 使用的標準樣本，及推薦的樣本數值及可接受的範圍。

該 QAQC 程序、QAQC 樣本的插入頻率和選定的標準/CRM 是恰當的，符合行業標準。

MOP 地質學家監測了運往 Lakefield Geosol 的每一批樣本的標準、粗坯和複製品，平均比例為 5%、10%和 15%。任何檢查超過 10%的嫌疑檢測需重新檢測。後來這一限制收緊到三個標準偏差（約 5%，相對平均的基礎上）需做出重新運行的決定。

作為審計程序的一部分，Golder 審查了 Onça Puma 鑽探活動的所有 QAQC 分析。圖 6 -16、6-17、6 -18、6 -19、6-20 和 6 -21 為 Golder 的 QAQC 分析實例。



SRM	統計	Ni %	Co %	Fe %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	MgO %
JASP-2	平均	2.117	0.327	38.95	55.69	22.41	3.84
	差異	0.00040	0.00033	0.26	0.537	0.14	0.00
	標準偏差	0.0200	0.018	0.51	0.73	0.37	0.06
	平均-5%	2.011	0.31	37.00	52.91	21.29	3.65
	平均+5%	2.223	0.34	40.90	58.48	23.53	4.04
JASP-22	平均	2.091	0.121	26.45	37.82	32.52	12.19
	差異	0.00111	0.00001	0.09	0.184	0.27	0.03
	標準偏差	0.0332	0.004	0.30	0.43	0.52	0.18
	平均-5%	1.986	0.12	25.13	35.93	30.89	11.58
	平均+5%	2.195	0.13	27.77	39.71	34.14	12.79
JASP-3	平均	2.644	0.077	28.84	41.23	26.87	13.74
	差異	0.00106	0.00004	0.25	0.508	0.27	0.08
	標準偏差	0.0325	0.006	0.50	0.71	0.52	0.27
	平均-5%	2.512	0.07	27.40	39.17	25.62	13.05
	平均+5%	2.777	0.08	30.28	43.30	28.21	14.43
JASP-33	平均	2.351	0.191	26.52	37.92	25.73	8.81
	差異	0.00165	0.00002	0.15	0.312	0.13	0.03
	標準偏差	0.0407	0.005	0.39	0.56	0.37	0.16
	平均-5%	2.233	0.18	25.19	36.02	24.44	8.37
	平均+5%	2.468	0.20	27.84	39.81	27.02	9.25
JASP-4	平均	1.678	0.068	39.00	56.91	21.19	3.79
	差異	0.00098	0.00003	0.08	0.167	0.13	0.01
	標準偏差	0.0314	0.006	0.29	0.41	0.36	0.08
	平均-5%	1.594	0.06	37.81	54.06	20.13	3.61
	平均+5%	1.762	0.07	41.79	59.76	22.25	3.98
JASP-5	平均	2.792	0.031	19.02	27.19	30.67	19.31
	差異	0.00180	0.00001	0.26	0.535	0.11	0.19
	標準偏差	0.0424	0.003	0.51	0.73	0.34	0.43
	平均-5%	2.652	0.03	18.07	25.83	29.04	18.34
	平均+5%	2.931	0.03	19.97	28.55	32.10	20.27

圖 6-15 : Onça Puma 標準推薦值和可接受範圍



標準

標準樣本由品位「已知」的材料組成，在以批次提交樣本到實驗室進行分析化驗時用來驗證實驗結果。標準樣本也被稱為鑑定參考物質（CRMs）或標準參考物質（SRMs）。

Golder 對 Onça Puma 標準的分析，考慮到了 MOP 設定的可接受的上下限，概列於圖 6-15 中。Golder 對標準樣本數據的分析結果概列於表 6-4 中並以下各段中詳細說明。

表 6-4：對 LGS 實驗室標準樣本的分析結果

元素	標準	半相對差%	半絕對相對差%	樣本數量	評價
鎳	JASP 2	-0.61	1.84	857	精確度很高，非常準確
	JASP 22	0.80	1.28	115	精確度很高，非常準確
	JASP 3	-1.02	2.16	871	精確度很高，非常準確
	JASP 33	0.55	1.43	120	精確度很高，非常準確
	JASP 4	0.03	1.15	352	精確度很高，非常準確
	JASP 5	0.26	1.69	347	精確度很高，非常準確
鉛	JASP 2	-6.48	7.51	857	精確度可以接受，略有偏差
	JASP 22	-2.54	7.74	115	精確度很高，略有偏差
	JASP 3	-3.17	7.32	871	精確度可以接受，略有偏差
	JASP 33	-4.44	4.56	120	精確度可以接受，略有偏差
	JASP 4	7.48	9.04	352	精確度可以接受，略有偏差
	JASP 5	13.25	13.47	347	最低精確度，正偏差
氧化鐵	JASP 2	-0.79	1.06	739	精確度很高，非常準確
	JASP 22	0.55	1.62	114	精確度很高，非常準確
	JASP 3	-0.01	1.30	749	精確度很高，非常準確
	JASP 33	-0.45	0.97	120	精確度很高，非常準確
	JASP 4	-1.05	1.60	352	精確度很高，非常準確
	JASP 5	2.06	2.49	347	精確度很高，非常準確
二氧化矽	JASP 2	-0.36	1.27	857	精確度很高，非常準確
	JASP 22	-0.92	1.69	115	精確度很高，非常準確
	JASP 3	-0.99	1.52	871	精確度很高，非常準確
	JASP 33	0.18	0.85	120	精確度很高，非常準確
	JASP 4	-0.37	1.47	352	精確度很高，非常準確
	JASP 5	-1.19	1.36	347	精確度很高，非常準確
氧化鎂	JASP 2	1.19	2.64	857	精確度很高，非常準確
	JASP 22	-4.19	4.27	115	精確度很高，非常準確
	JASP 3	-1.44	2.30	871	精確度很高，非常準確
	JASP 33	-0.87	1.63	120	精確度很高，非常準確
	JASP 4	2.20	2.77	352	精確度很高，非常準確
	JASP 5	0.02	3.40	347	精確度很高，非常準確



ONÇA PUMA 審核

對標準樣本的分析（不包含鈷），一般顯示出很高的精度（-4.19-2.2%的 HRD）和（0.85-4.27%的 HARD）。大部分樣本屬於 Vale 界定的可接受範圍。理想情況下，90%的樣本應該有一個半絕對相對差或 HARD（Shaw，1997 年）低於 10%。在 Onça Puma，所有標準中（除鈷的結果）有超過九成的樣本報告 HARD 在 10%以下。

一些初級實驗室一致報告鈷的負偏差。MOP 在鑽井期間發現了鈷的這種負偏差，並創造出了一個修正回歸方程式計算鈷的品位。鈷的品位修正方程式為： $\text{Co}_{\text{修正}} = \text{Co} * 1.1295 + 0.0023$ 。鈷不視為 Onça Puma 項目的主要要素，因此鈷檢測校正分析在 Onça Puma 礦產資源估算方面不是主要關切點。

Golder 指出，一些不成功的標準分析很可能是由於採樣配置不當（即 JASP - 2 被當做 JASP - 22 記錄在數據庫中）。MOP 審查了所有 QAQC 結果，且每一批不合格的樣本被再次進行分析。。

MOP 標準經認可的外部實驗室認證並符合行業品質要求。

圖 6-16 為 Golder 的 Onça Puma 標準分析實例。

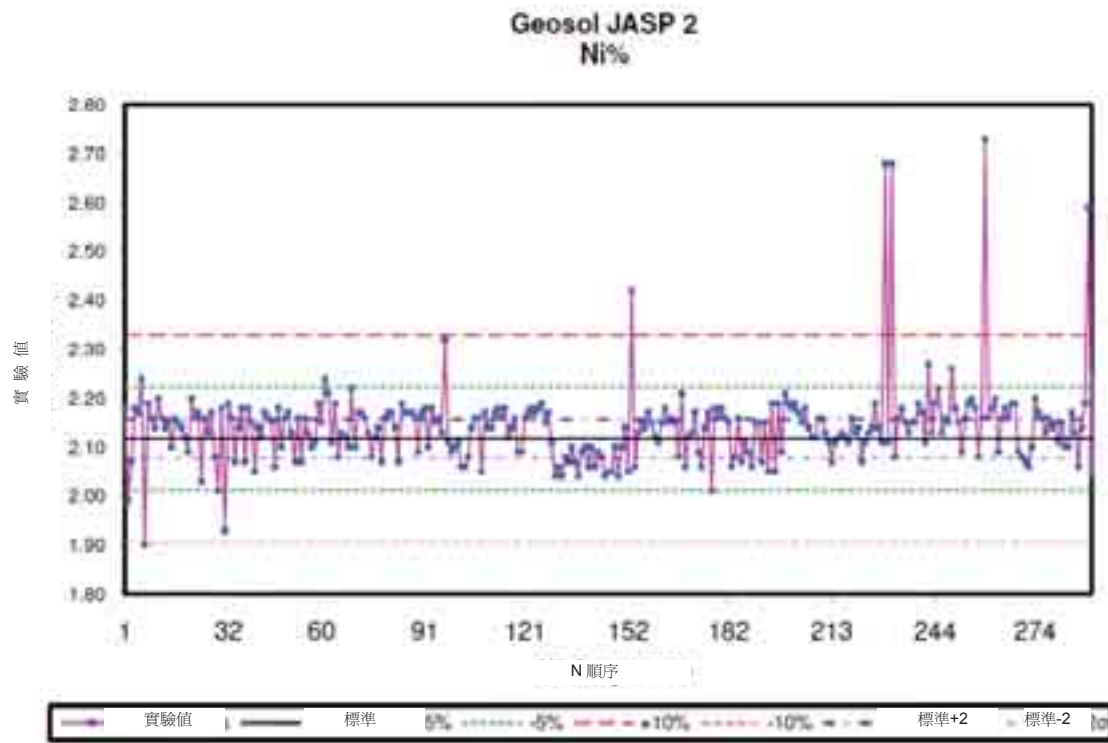


圖 6-16：Onça Puma 對 JASP - 2 鎳的標準分析



Golder 認為對 Onça Puma 鑽井的 QAQC 標準分析結果準確無誤，並且認為用於地質模型和礦產資源估算的數據具有充分品質。

空白樣本

空白樣本或貧瘠樣本是指預計品位為 0 的材料。提交樣本時要確保在樣本製備或化驗過程中樣本之間沒有任何污染。如果帶有高品位樣本的空白樣本品位提高，那麼就會出現問題。探測限度 (LOD) 可定義為化驗的低限，其中化驗精度接近±100%。

MOP 為 Golder 提供了粗粒空白樣本分析數值。表 6-5 詳細列明空白樣本中鎳、鈷、氧化鐵、二氧化矽和氧化鎂的 MOP 容許極限。MOP 將空白樣本插在-10 篩目（粗碎機）平台上，這些空白樣本是用來監督防止樣本製備過程中出現污染的。圖 6-17 為 Lakefield Geosol 實驗室關於鎳的空白樣本分析的示例。

表 6-5： Onça Puma 空白樣本的容許極限

實驗室	元素	下限 (%)	上限 (%)
Lakefield Geosol	鎳	0	0.03
	鈷	0	0.03
	氧化鎂	0	0.3
Lakefield 研究所	鎳	0	0.03
	鈷	0	0.03
	氧化鎂	0	0.3
XRAL 多倫多	鎳	0	0.03
	鈷	0	0.03
	氧化鎂	0	0.3

從 Golder 的分析可以看出，一些樣本已經超出了 MOP 容許極限。大多數不符合要求的樣本根據情況被分成幾批樣本，這樣樣本製備或實驗室清理都不會出現相同的問題。MOP 通知 Golder，這些結果都是在鑽井過程中定期進行監督的，且所有不符合要求的結果都會在報告時進行調查，而且對 Onça Puma 數據庫進行了必要的修正更改。



ONCA PUMA LGS 空白樣本分析_1-鎳含量%

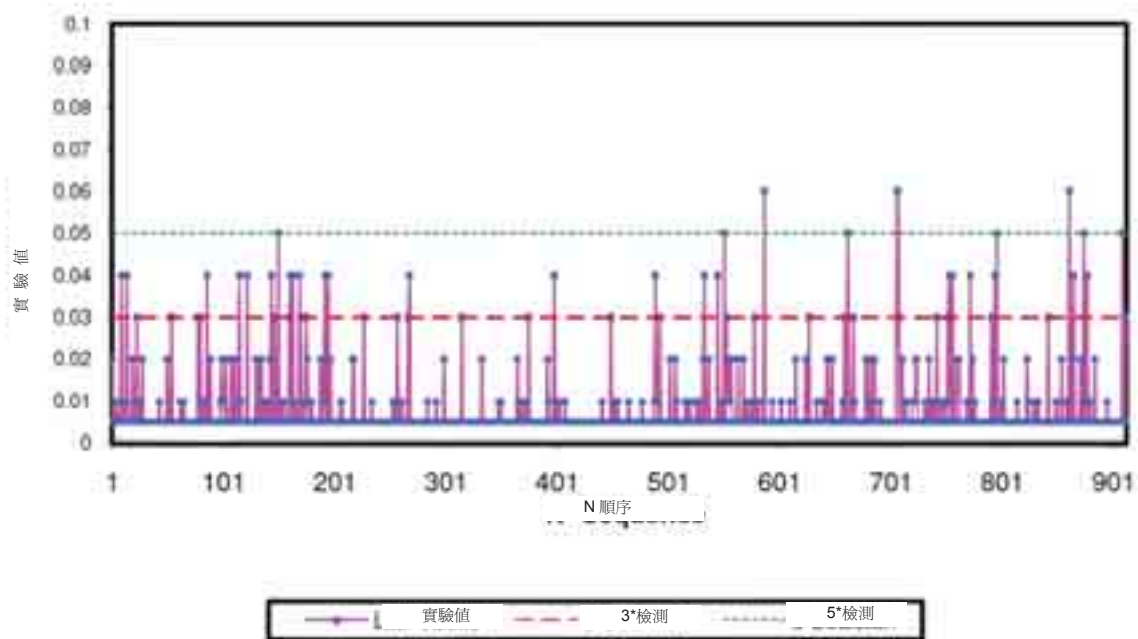


圖 6-17: Onça Pum Lakefield Geosol 實驗室的鎳空白樣本 QAQC 分析

空白樣本中的頂點顯示出設備或樣本可能受到了污染或者有可能出現樣本不匹配。

副本

MOP 為 QAQC 採集了 2 個不同的副本來控制和評估鎳、鈷、鐵、鎂和二氧化矽的測試精度。這兩個樣本分別是：

- 實驗室副本相當於粗粒副本，這裏的粗粒副本指的是在進行第一次碾壓和分裂後，立刻對樣本進行拆分，並且由同一個實驗室對同一個樣本進行試驗。
- 漿類副本是對已經製備好的樣本進行第二次拆分或再次提交，這些製備好的樣本由初級實驗室進行日常分析，並且樣本編號不同的樣本會再次提交到同一個實驗室。

總之，正如初級分析實驗室在表 6-6 中所概列，除鈷之外，這些副本都顯示出很高的精確度，沒有明顯的偏差。



ONÇA PUMA 審核

表 6-6: Onça Puma 初級實驗室副本分析概要

元素	半相對差%	半絕對相對差%	樣本數量	評價
Onça				
鎳	0.11	2.03	3,476	精確度很高，非常準確
鈷	-0.21	5.65	3,476	精確度可以接受，略有偏差
氧化鐵	-0.18	0.95	372	精確度很高，非常準確
二氧化矽	0.06	1.18	3,476	精確度很高，非常準確
氧化鎂	0.49	2.17	1,651	精確度很高，非常準確
Puma				
鎳	-0.02	1.95	1,985	精確度很高，非常準確
鈷	-0.62	8.10	1,985	精確度可以接受，略有偏差
氧化鐵	0.03	0.69	320	精確度很高，非常準確
二氧化矽	0.12	0.94	1,985	精確度很高，非常準確
氧化鎂	0.26	1.46	1,985	精確度很高，非常準確

圖 6-18 為 Onça Puma 副本 QAQC 分析示例。

Geosol Lakefield:Onca 副本

鎳副本對比鎳

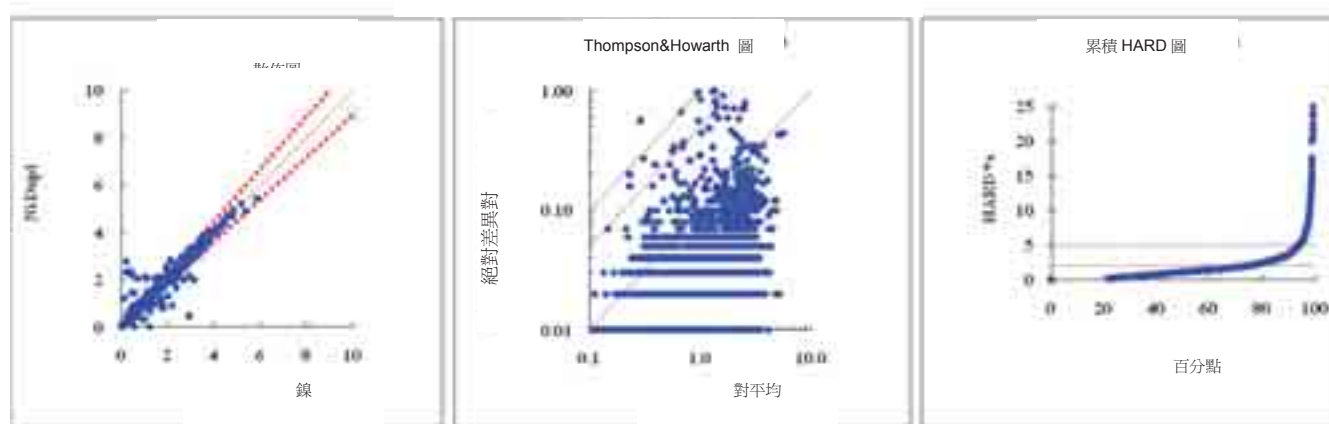


圖 6-18：鎳的粗糙副本 QAQC 分析(Lakefield Geosol)

Golder 指出，總的來說，除鈷之外的其他所選元素的 LGS 測試精度是合格的。超過 90%的副本組出現了不到 10% 的半絕對相對差量。Golder 將這個標準作為同一個實驗室在分析同一批次的粗略副本時衡量容許精度的一個測量方法。



ONÇA PUMA 審核

由於大量的鈷數據低於分析方法的探測限度，所以 Onça Puma 中的鈷副本組顯示的精度低。當兩種副本組的分析結果均高於鈷的 0.05%時（為低於探測限度的五倍），副本組產量達到容許精度（圖 6-19）。

Lakefield Geosol :Onca 副本
鈷副本對比鈷

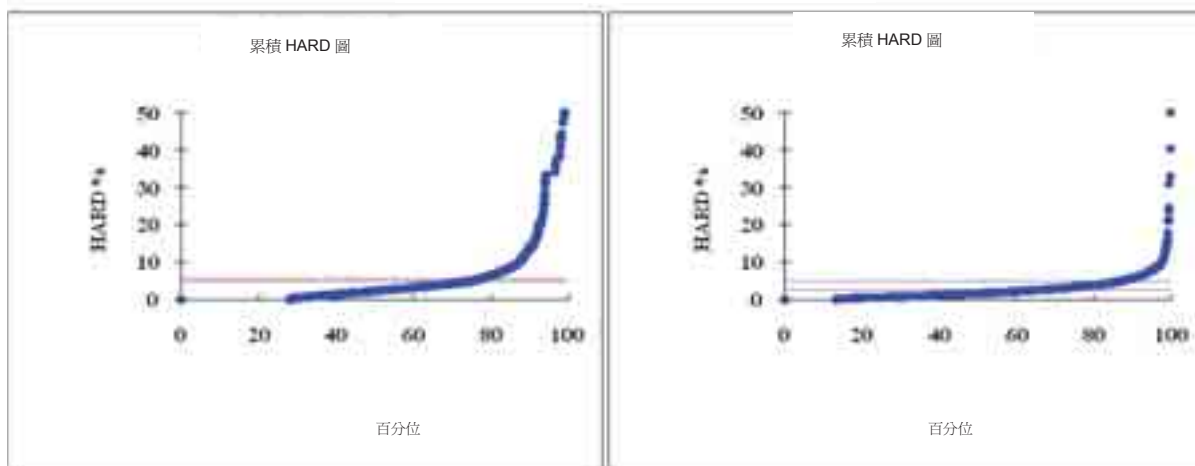


圖 6-19 : Lakefield Geosol 鈷粗糙副本分析
(左 = 所有數據, 右= 鈷 $\geq$ 0.05 或低於分析探測限度五倍範圍的整理數據)

檢驗樣本

在進行分析的所有批次的漿類樣本中，4%的漿類樣本送到一個外部具有檢驗資格的實驗室，進行檢驗測試。先由 LGS 進行分析的樣本會被送到 ALS Chemex 進行檢驗測試，而先由 ALS Chemex 進行分析的樣本會被送到加拿大的 Lakefield 研究所 (LRC)進行檢驗測試。檢驗樣本是隨機抽選出來的，這些檢驗樣本經挑選後組成一個新的批次，新批次樣本繼續使用原樣本的編號方式。

圖 6-20 為 Golder 在 LGS 和 ALS 實驗室對鎳進行檢驗樣本分析的一個示例。

Golder 發現，和 ALS Chemex 鎳檢驗相比，LGS 鎳檢驗沒有太大的偏差，並且相對於 LRC 鎳，ALS Chemex 檢驗幾乎沒有偏差。但是和 LGS 對比 ALS 以及 LRC 對比 ALS 相比，鈷的檢驗測試結果顯示出一個負偏差。這種差異很可能是由於 ALS 實驗室對鈷的分析探測限度均低於 LGS 和 LRC 實驗室的分析探測限度造成的。



Onca Puma 檢驗樣本分析 ALS 鎳對比 LGS 鎳

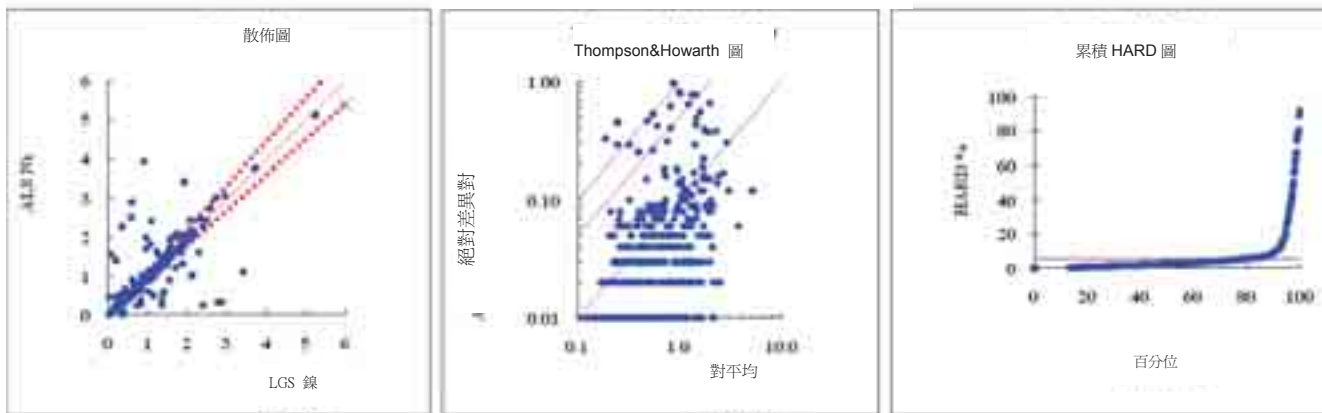


圖 6-20: Onça Puma 鎳檢驗樣本 QA/QC 分析 (LGS 對比 ALS)

封閉式化學檢驗

對測試全面分析準確性的標準檢驗是爲了增加氧化物測試來得到一個幾乎接近於 100%的總量，因爲氧化物測試應該說明岩石中的所有成份。這個檢驗測試就是指封閉式化學檢驗。由於允許分析錯誤的存在以及一些氧化物有可能化驗不出來，所以在本行業中，總數在 97% 到 102%之間都是可以接受的。當測試報告是關於元素的，而不是關於氧化物時，試驗就需要乘以一個轉換因數來得到氧化物的等量值。當檢驗一個可能不規則的分析值時，化學總量應由 Onça Puma 項目的原始試驗資料計算得來。

MOP 將 95%和 105%分別作爲容許結果的限度。如果結果超出該等限度，那麼現場地質學家就會要求對這些結果做出合理的解釋，如果找不到合理的解釋，這些測試就會被重新分析。

圖 6-21 爲 Onça and Puma 腐泥土區域的化學總量。

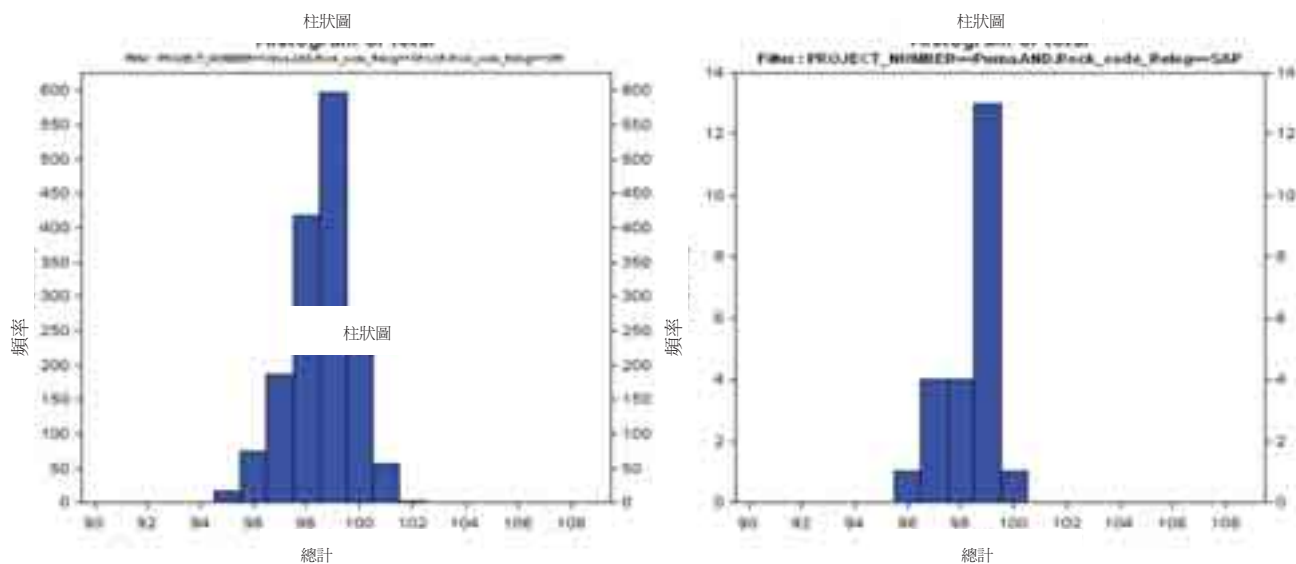


圖 6-21 Onça 和 Puma 殘餘土區的化學計量總計

Golder 認為，對 Onça Puma 鑽井進行的 QAQC 標準分析得出的結果是準確的，並對數據品質進行了適當檢查。

數據庫我們通過電子資料室向 Golder 提供了完整的電子版 Onça Puma 鑽孔數據庫(1.6 DB Onça Puma.csv)。數據庫為 Microsoft Excel CSV 格式的檔，檔中包含了孔口、測試、地質、鑽孔方向和密度等相關資料。為了評估鑽井數據庫的數據品質，Golder 創建了獨立的孔口、調查、測試、地質和密度的 csv 檔。調查的 csv 檔也是運用了開鑽方位和深挖創建的，並且這從始至終都被用於鑽井挖掘中。

Onça Puma 數據庫的詳細資料保存在 PRO PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS 2002 – 2005 文件中。MOP 最近聘請了幾位元數據庫管理員對數據庫資料進行管理。只有高級 CMQ 地質員工或數據庫管理員在被授權修改數據庫時，才能修改數據庫。數據庫定期備份到一個外部的硬碟驅動之中。

Golder 認為數據庫和相關程式符合行業標準。



數據庫驗證

數據庫的整合和數據集深度分析都是由 Golder 專有軟體完成的，Golder 專有軟體要先裝到建模軟體中。分析包括以下幾點：

- 交叉進行表間檢查（開鑽鑽井而非測試鑽井）；
- 對比開鑽深度，最後測試以及記錄的地形深度；
- 測試中和地質表中搭接區間或搭接間隙；
- 複式鑽井名稱和座標；
- 0 座標值；
- 整數座標值（可以顯示不完整的研究數據）；以及
- 連續的鑽井研究記錄中鑽井方位或深挖中的極變值($\geq 10^\circ$)。

Onça Puma 數據庫在註有相同位址的表中沒有明顯的錯誤或問題。

Golder 發現，Onça Puma 鑽井數據無任何錯誤，並且認為該數據符合相關標準，適於進行地質建模和礦產資源估算。

數據庫審核索引

為確保登記表上的所有資料都準確地轉移到了數據庫中；Golder 隨意抽選了 10 個鑽孔，其中 Onça 5 個，Puma 5 個，並且用硬拷貝報告中的資料檢查了電子數據的一致性。檢查的數據庫表包括：開鑽、測試和岩性表。一般情況下，Golder 會審查至少 5% 的硬拷貝和電子拷貝，但是因為實地考察中需審查的鑽井數量多、時間短，審查 5% 的硬拷貝和電子拷貝不太可能了。AMEC (2005) 審查了 Onça 和 Puma 中 5% 的鑽井，並報告說沒有發現系統性錯誤。Golder 審查了鑽井 OD3721、OD4175、OD4245、OD4539、OD4995、PD1235、PD1397、PD2266、PD2354 和 PD2401 的數據，數據庫中未發現錯誤。

所有鑽井的硬拷貝數據都被存儲在一個上鎖的儲物間的檔夾裏，這個儲物間位於 Onça Puma 作業區的一個主規劃區內。礦場人員可以找到所有選好鑽井的地點。對資料庫的記錄表審查表明沒有任何出入。鑽井檔夾的儲存是系統化、有組織的，將來我們也可用同樣的方法保存和管理檔。

Golder 將硬拷貝資料和數據庫資料做了比較，發現數據庫和硬拷貝數據是相匹配的。

地形

Onça Puma 項目都做了兩種形式的地形研究。最初的地形研究由 Onça Puma 工作人員使用總測試點研究設備進行的。研究步驟嚴格按照 PRO-0039-GAPMQ Levantamento Topográfico com Estação Total_R1.doc 文件執行。地形研究主要包括鑽孔口調查，因而，有時地形研究結果並不能準確地描述地理特徵，比如說峽谷或有小鑽井的區域。現在更詳細的 LIDAR 地形研究就是 Onça 和 Puma 礦床研究了。圖 6-22 為總測試點地形測量與 LIDAR 地形測量的比較。

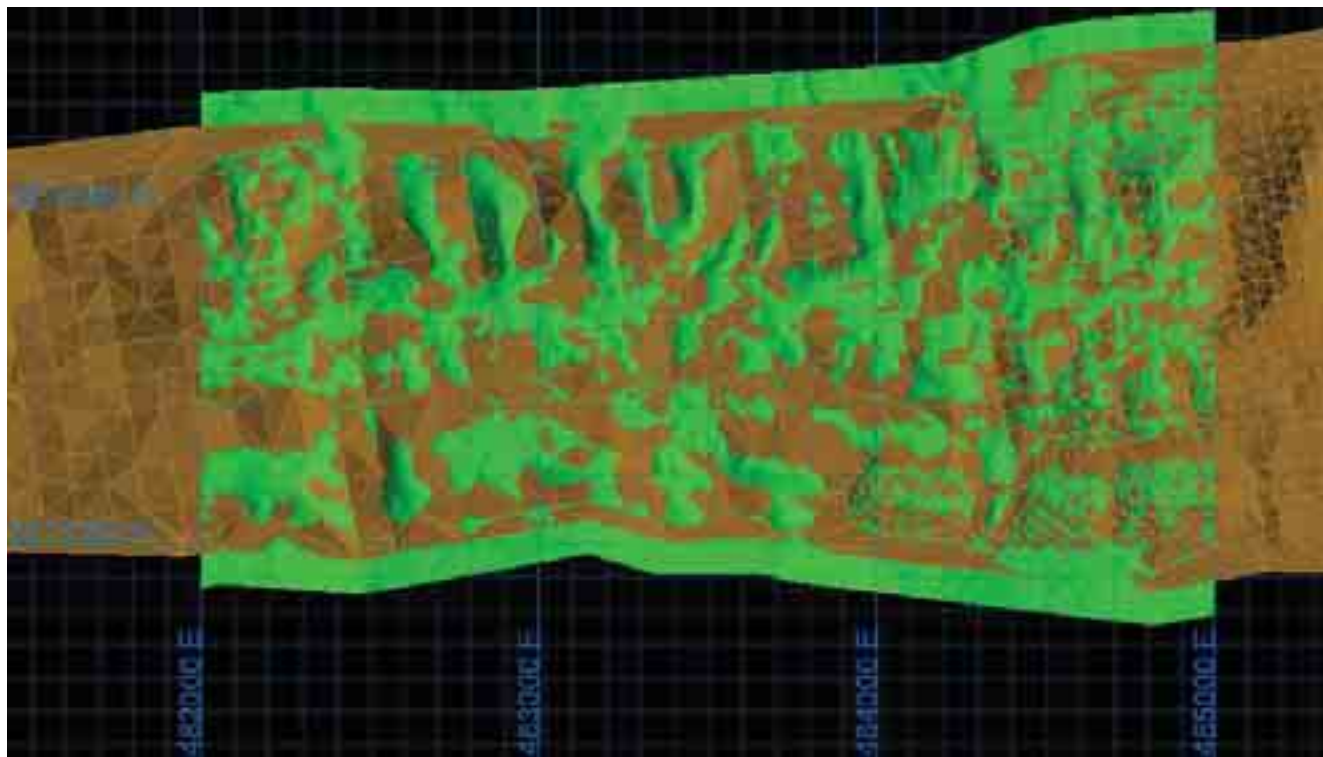


圖 6-22：總測點地形測量（棕色）與 LIDAR 地形測量（綠色）之對比

Golder 認為 LIDAR 地形研究符合相關標準，可用於地質建模型和礦產資源估算的一個容許標準。LIDAR 研究很詳細並會提供一個更為準確的評估標準。

密度

MOP 為改變鑽井岩芯的岩性，使用浸入法（水中的重量— 空氣中的重量）或體積法計算密度。MOP 密度測量程式在檔 PRO PROCEDIMENTOS OPERCIONAIS 2002 – 2005 中有詳細說明。

在浸入法中，密度測量從 HQ 長度的 20 厘米到 30 厘米，此方法以前從未有人使用過。在鑽井現場，技術工人挑選測量樣本並且將測量樣本用塑膠包裝起來然後將其放到岩芯箱的相應位置。記錄樣本時，樣本要先在空氣中稱重，然後再將樣本浸入水中稱重，這樣就可以得到樣本的濕重。測量樣本在水中的重量，需要一個秤，和類似於圖 6-23 中顯示的水浴系統。然後把包好的東西放到樣本製備實驗室，此時的樣本是乾的，這樣乾樣本密度就計算出來了。然後再將岩芯放到試樣袋中，進行樣本製備。

體積法是通過岩芯的長度和直徑以及樣本的濕重和乾重來計算岩芯的體積。



MOP 使用體積法計算密度，用於礦產資源估算。

Golder 認為，密度測量程式和測量設備對確定用於礦產資源估算的密度是適當的。

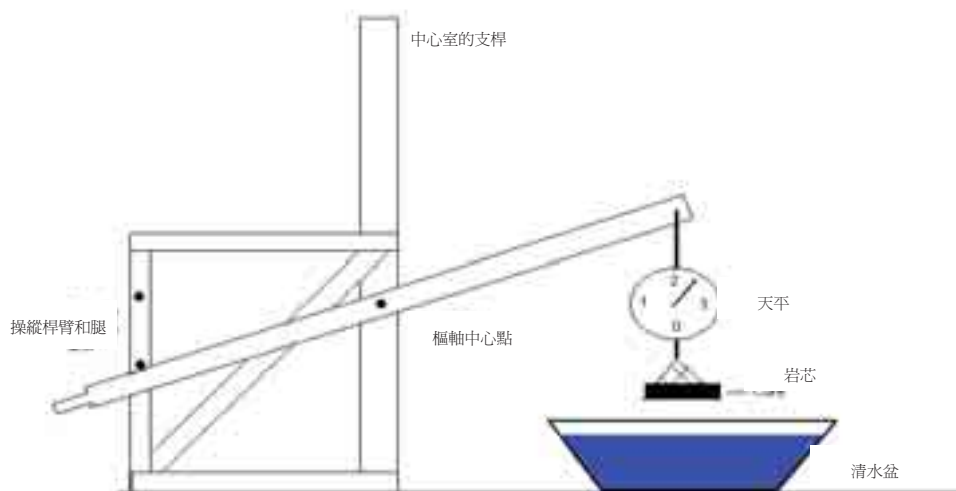


圖 6-23：Onça Puma 密度測量設備圖示

表 6-7 為 Onça Puma 中用於礦產資源估算的平均容積密度。密度值在最後資源模型中顯示。

表 6-7：資源估算平均容積密度

岩性	乾容積密度	
	Onça	Puma
基岩	1.74	1.83
褐鐵礦	1.18	1.20
輝岩	1.69	1.55
矽結礫岩	1.28	1.28
殘餘土	1.22	1.10
矽酸褐鐵礦	1.24	1.21
矽酸殘餘土	1.21	1.15



由於滲透性很強，利用目前技術，礦床高度風化可能影響密度計算/結果，因此，不同岩性樣品的空隙也不同。

地質建模

分塊建模採用 Datamine 內部開發的巨集系列，在每個鑽孔中，它於不同層段的接觸面處產生一系列的點。這些點輸入數字地形模型（DTM）生成地質模型。如果正確使用，不會發生 DTMs 的重疊現象。已經對本資源中所用數字地形模型（DTMs）進行檢測，沒有發現重疊現象。

Golder 主要致力於檢測 DTM 生成的地質模型外觀、編碼分塊模型和合成檔，而非實際的三角構建機制。Golder 使用 Vulcan 和 Datamine 軟體，一部分一部分地檢測模型外觀，以評估模型在鑽孔資料中的執行情況，並檢驗地質情況是否一致。而且，利用地質模型互相進行評估，以檢查是否一致。此外，還將分塊模型的地質編碼與線框實體進行了比較。

Golder 對 DTMs 進行了檢測，以確保三角形頂點被對齊到相應的鑽孔樣品終點。在 Onça，檢測了 D1D2 礦產資源區域；在 Puma，也檢測了 Jatoba 區域。圖 6-24 和圖 6-25 分別為 D1D2 和 Jatoba 區域的鑽探範圍。這兩個區域顯示出所有的三角頂點都被正確地對齊到相應的鑽孔間隔，三角形圖示沒有任何重疊。



圖 6-24：Onça D1D2 資源區域鑽探覆蓋率 (同時顯示資源模型的範圍)

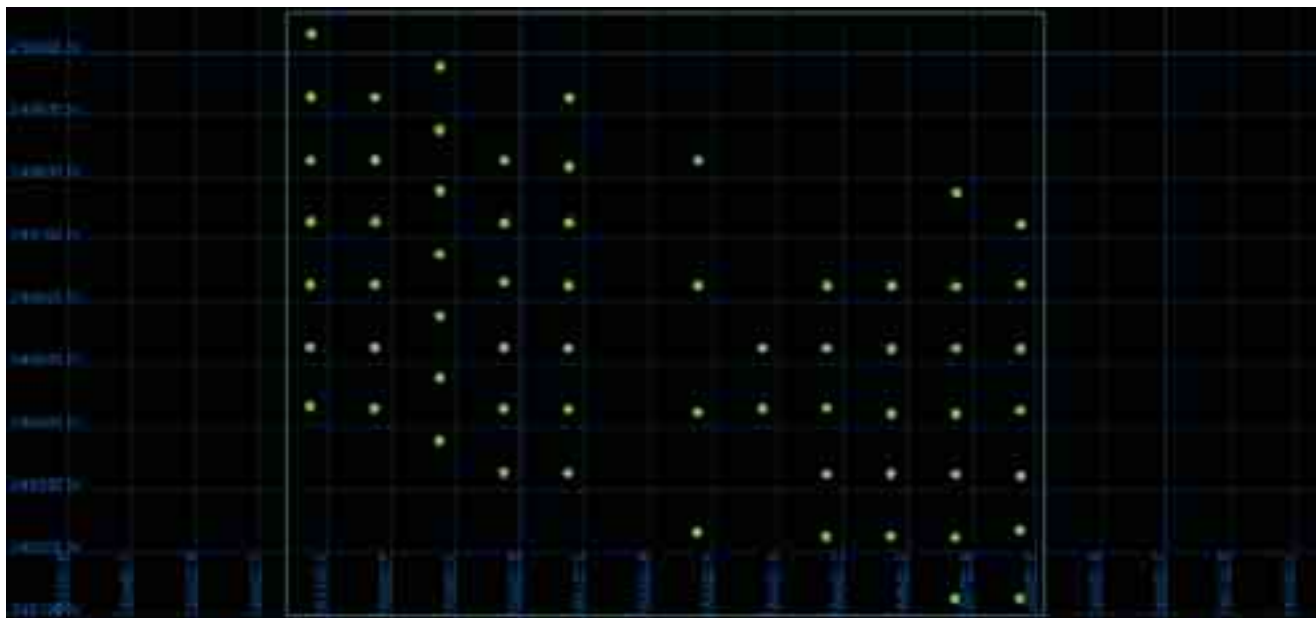


圖 6-25 : Puma Jatoba 資源區域鑽探覆蓋率(s 同時顯示資源模型的範圍)

圖 6-26 和圖 6-27 分別為 Onça 的 D1D2 區域和 Puma 的 Jatoba 區域分塊模型和樣本編碼與地表線框域的橫斷面對比。

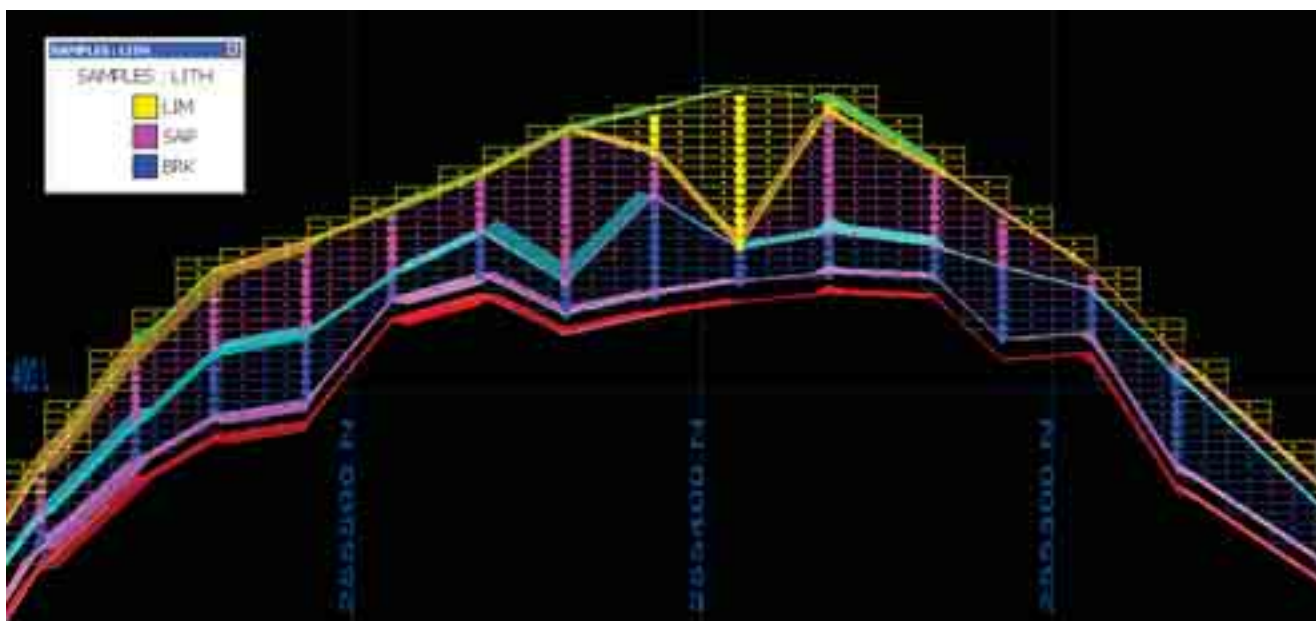


圖 6-26 : Onça D1D2 分塊模型以及樣本代碼和地表線框視覺化比較(DTMs)

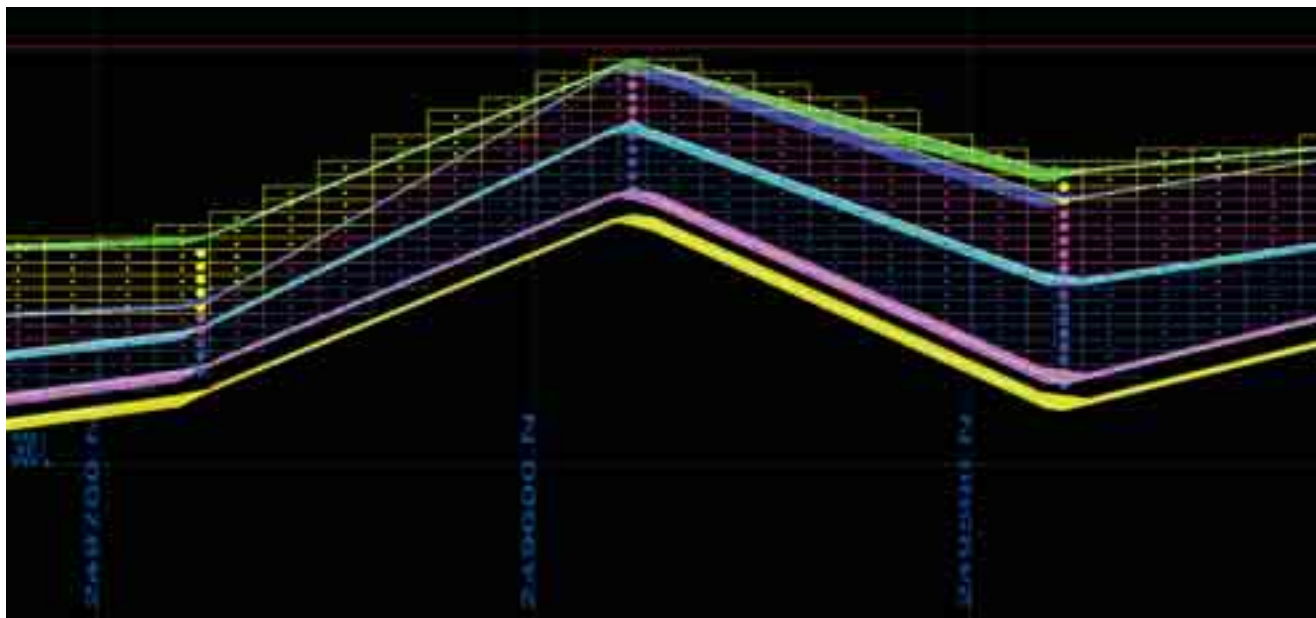


圖 6-27：Puma Jatoba 分塊模型以及樣本代碼和地表線框視覺化比較(DTMs)

對 Onça Puma 進行視覺檢測，未發現明顯異常，而且所表現出的資訊與鎳礬土礦床的概念模型相符。

Golder 認為，岩性模型一般比較準確，品質足可以用於礦產資源估計。



6.12 礦產資源估算

2009 年 12 月 31 日的 Onça Puma MRMR 聲明根據為 Onça Puma 物業建立的 18 個獨立的分塊模型（參見圖 6-28 和圖 6-29）做出的。該模型建於 2007 年，由加拿大 Vale 礦產儲量礦物資源集團（MRMR）使用分塊建模技術建成，該項技術最初應用於 PT Inco 和 VINC(Goro)礦床的探測，後來用於 Onça Puma 獨特的礦床探測。該模型同樣被用來支援 2008 年 Onça Puma MRMR 聲明，並且從此未變。

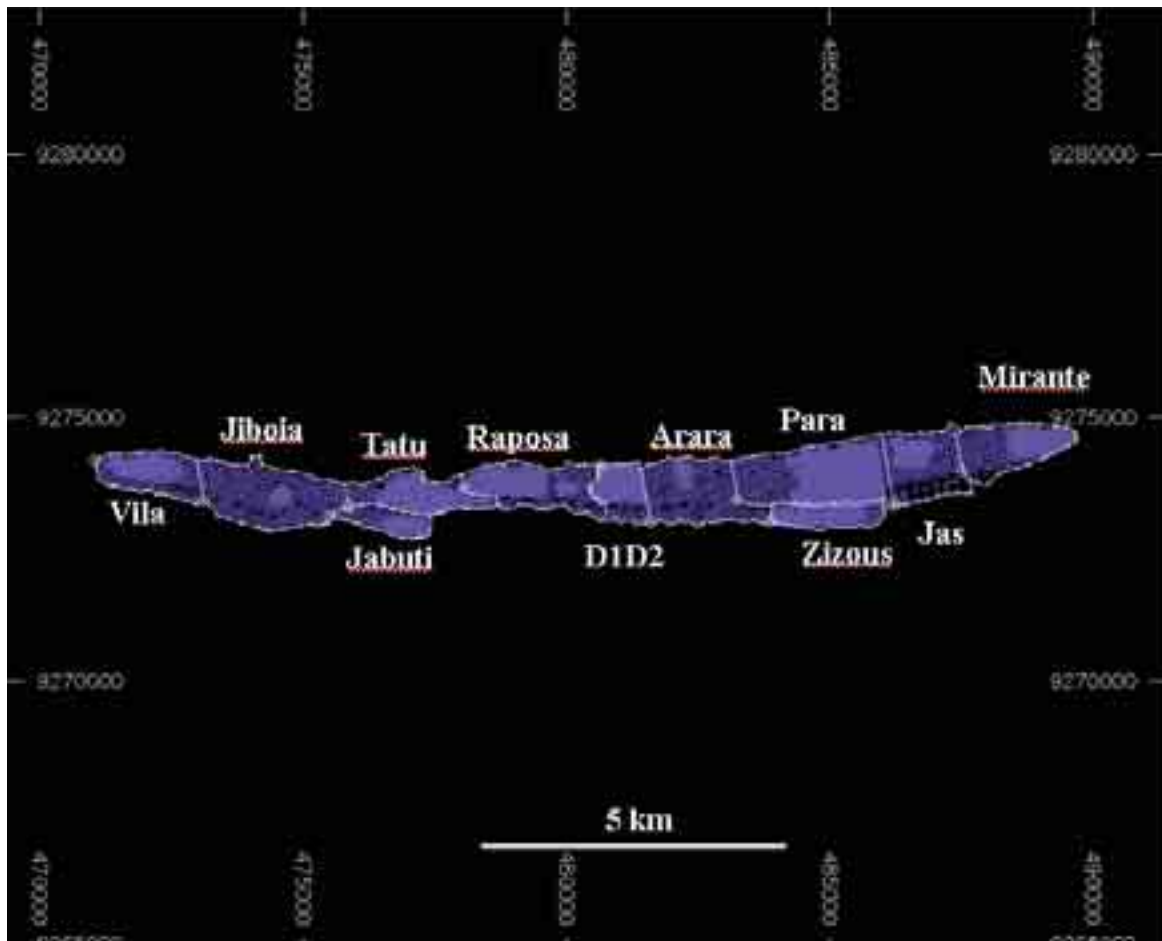


圖 6-28：Onça 物業中的獨立的分塊模型

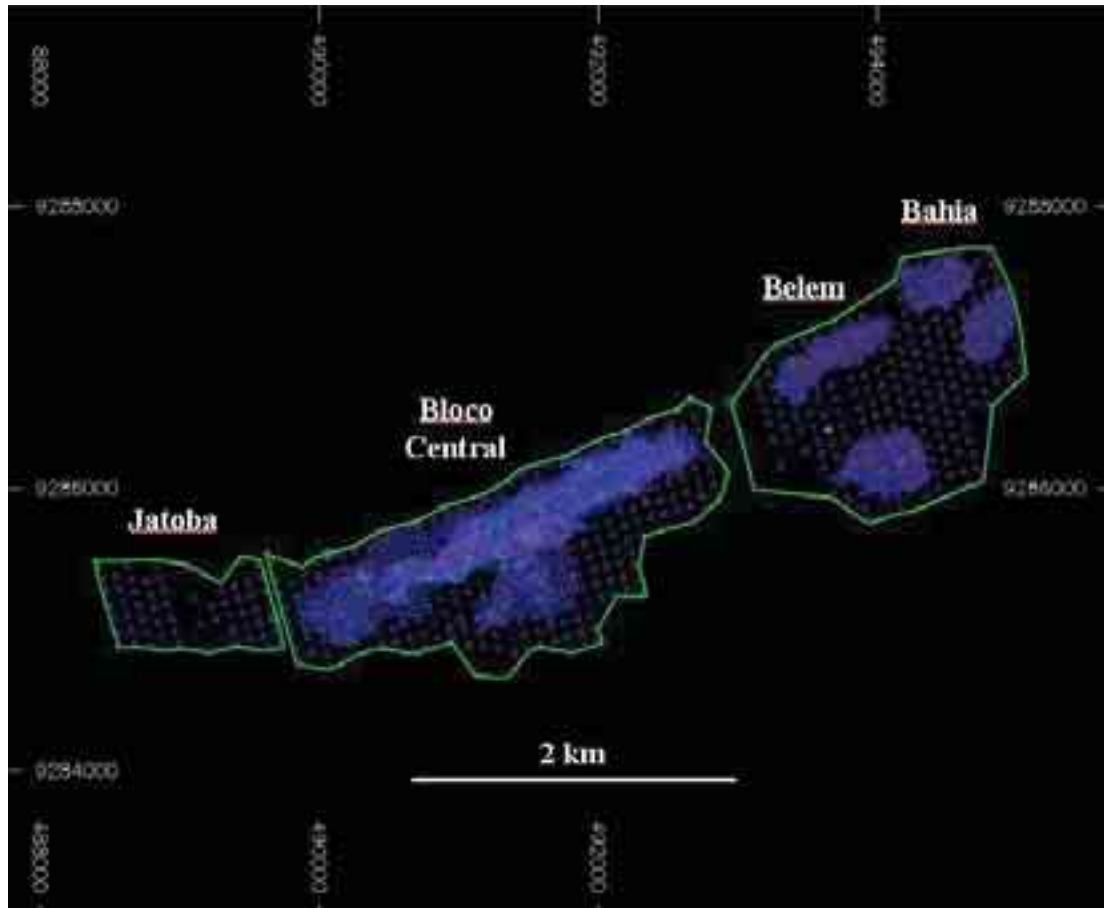


圖 6-29：Puma 物業中的獨立的分塊模型

採用 Datamine 巨集和加拿大 Vale 礦產儲量礦產資源集團（MRMR）內部開發的腳本對 Onça Puma 礦產資源進行估算。系統檔夾結構和標明內容的系統檔用於存儲巨集、檔及各個型線木模的報告。Golder 以 OnçaRaposa 礦床為例來驗證這些巨集和地下礦產資源估算程序。

Golder 認為，為標準化、重現性和審核目的使用巨集對於礦產資源估算是適當的行業慣例。

礦產資源估算過程的步驟如下。

鑽孔數據庫

Onça 礦床的 UTM 座標變化：東距線減去 40 萬，北距線減去 900 萬，並順時針旋轉 10 度。在此改變的坐標系中，Raposa 鑽井的覆蓋範圍向東從 124,422 米延長到 127,023 米，向北從 255,238 米延長到 256,252 米，標高從 247 米上升到 428 米。



在 Raposa 礦床實施的岩芯鑽探項目由 389 個高品位（6.11 厘米直徑芯）金剛石鑽孔組成，累計長度為 4,725 米。鑽探間距從 50 米× 50 米到 100 米× 100 米之間不等（圖 5.30）。通過將 100 米緩衝區用於 Raposa 礦床資源模型的邊緣，選擇出了這些鑽孔。

所有鑽孔都為垂直鑽孔，大多數是交叉的褐鐵礦或礦化殘餘土。除了垂直分層的風化剖面，即褐鐵礦、殘餘土、基岩（硬腐岩），在構建礦產資源分塊模型中沒有使用其他特定地帶或區域。一般來說，每一層鎳的品位和化學分佈是同質的，但在層厚度上有很大不同。

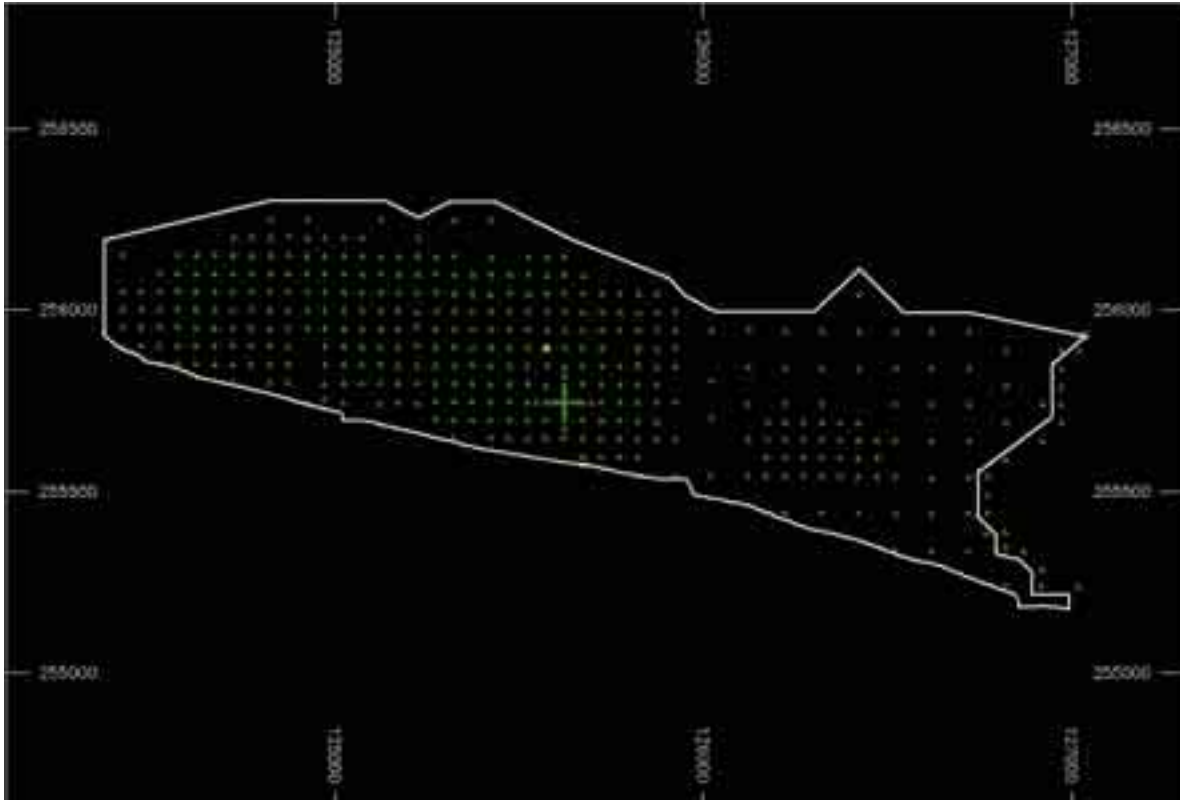


圖 6-30：Raposa 鑽探分佈

地質層的定義

簡化的地質編碼用於給礬土層定義。由 MOP 提供的岩性場被用於創建一個新層岩性場，其中，岩性按表 5.8 進行了分組。LIM 代表褐鐵礦材料（矽質和非矽質），SAP 代表軟腐，BRK 代表硬腐和岩床樣本。地質編碼在鑽孔數據庫中會被驗證，以保證各層的一致性和垂直連續性。該代碼還用於所有礦床。



表 6-8：地質層編碼

岩性	岩層
B	BRK
C	LIM
C1	LIM
C2	LIM
C3	LIM
GB	BRK
GC	BRK
GH	BRK
GL	LIM
GL1	LIM
GS	SAP
GS1	SAP
H	BRK
H1	SAP
H2	SAP
HC	LIM
HS	SAP
HS1	SAP
L	LIM
L1	LIM
L2	LIM
L3	LIM
S	SAP
S1	SAP
S2	SAP

通過對岩層編碼進行系統目測檢查，發現大量特低品位礦化存於 SAP 層中（圖 6-31）。這種物質大多位於 SAP 層的底部，這將導致 SAP 層的「稀釋」。為了彌補可能出現的偏差，對礦床底部未進行採礦貧化。

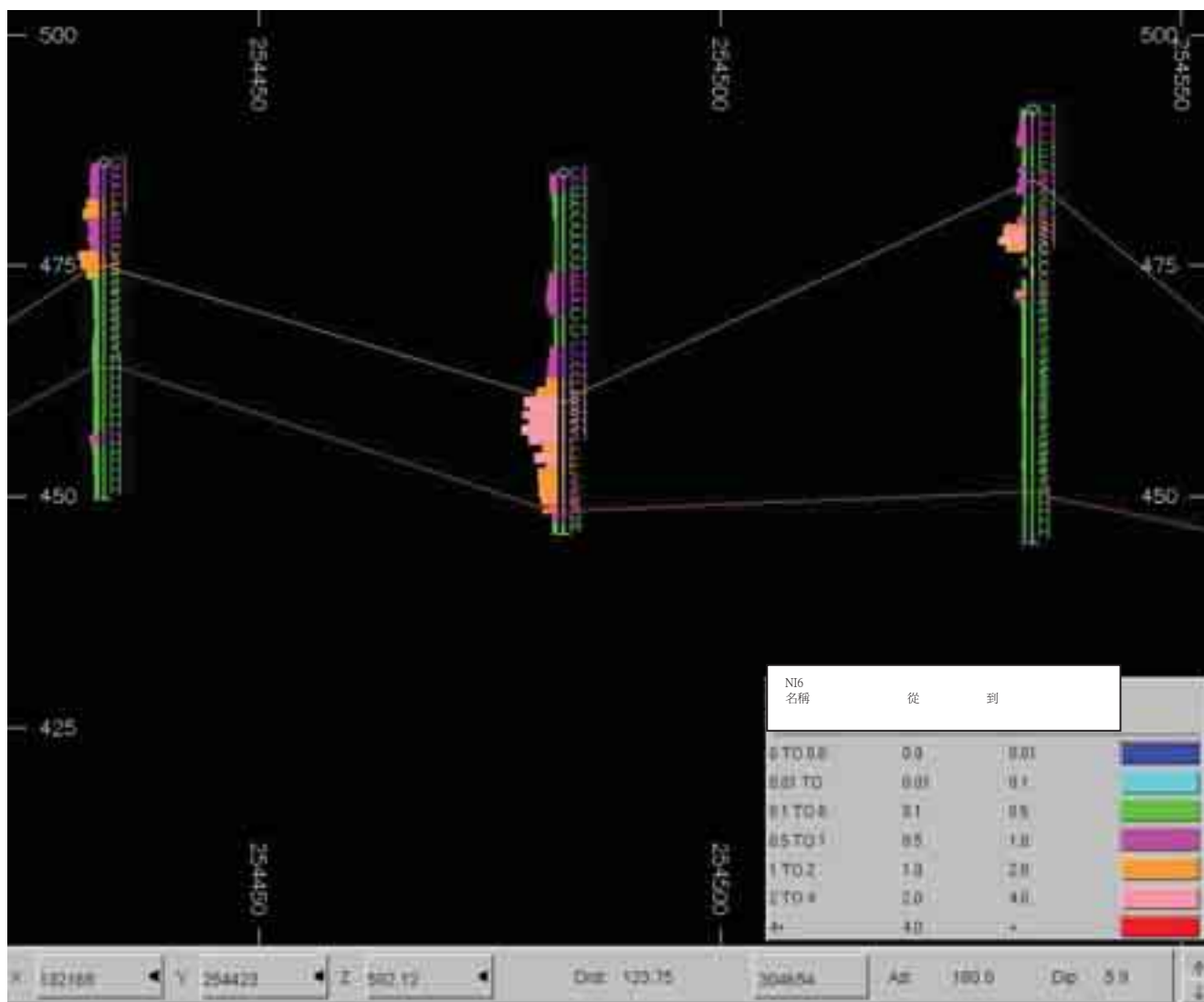


圖 6-31 : SAP 層底部低品位礦料含量示意圖 (%鎳 < 0.7)

按照 Datamine 數據庫中的編碼地層定義，為 LIM 頂層、SAP 底層和 LIM/SAP 連接層編製數字地形模型（DTM）。如果任何鑽探地點的某個地層並不存在，該地層底部標高將重設為頂層標高（即，厚度為零）。進行目測驗證以確認各地層之間不存在重疊。



化學變量與合成

模型中的變量包括%鎳、%鈷、%鐵， %二氧化矽、 %氧化鎂 和 %氧化鋁，我們假設在烘乾之後材料中將出現這些化學成份。該材料是送往鐵鎳廠的原礦代表，是鐵鎳礦石原料和礦藏儲量報告的基準。

未化驗樣本值作為丟失岩芯記錄並處理。

在數據分析之前，將各地層中的樣本製成 1 米間隔的合成物。由於腐泥層乾燥後的重量存在不確定性和測量誤差，這些重量值將不用作合成過程中的加權係數（即樣本只按照長度加權）。長度小於 0.2 米的地層底部樣本包括在先前的合成物中（因此，其長度可能達到 1.2 米）。地層總體統計資料未說明合成前後的樣本平均值和公差之間存在重大差異。

探索性數據分析

對每個地層進行探索性數據分析。繪製各變數的柱狀圖並編製統計資料。在 Raposa 礦床的 LIM 地層中，除了鐵元素呈近似正態柱狀分佈以外，其他各種元素均出現正偏態分佈。在 SAP 地層中，二氧化矽呈近似正態柱狀分佈，有一小部分矽化腐泥土（二氧化矽>55%），同時鐵、鈷和氧化鋁呈正偏態分佈。鎳柱狀圖呈雙峰分佈，很可能表明 SAP 地層底部存在低鎳／高氧化鎂材料。

不同元素的散點圖表明在 LIM 和 SAP 地層的三維解析圖中存在因矽化區和氧化鋁含量較高的地區而造成的不同礦體共生區。表 6-9 中的線性相關係數因礦體混合的存在而有偏差。例如，在正態「紅土型剖面」預測中，鐵和氧化鎂的相關係數為負，而二氧化矽和氧化鎂的相關係數為正，但受到矽化區的影響而發生了變化。實際上，它們的關係很典型，據預測，鎳紅土礦床的特性會受到矽化作用和輝長岩脈存在的影響。

表 6-9： Raposa 岩芯鑽孔數據中各化學元素的相關矩陣

	LIM							SAP					
	鎳	鐵	鈷	二氧化矽	氧化鎂	氧化鋁		鎳	鐵	鈷	二氧化矽	氧化鎂	氧化鋁
鎳	1.00	-	-	-	-	-	鎳	1.00	-	-	-	-	-
鐵	0.63	1.00	-	-	-	-	鐵	0.36	1.00	-	-	-	-
鈷	0.40	0.52	1.00	-	-	-	鈷	0.43	0.56	1.00	-	-	-
二氧化矽	-0.66	-0.87	-0.41	1.00	-	-	二氧化矽	-0.48	-0.65	-0.28	1.00	-	-
氧化鎂	0.55	0.03	-0.10	-0.25	1.00	-	氧化鎂	0.11	-0.44	-0.26	-0.28	1.00	-
氧化鋁	-0.31	-0.35	-0.31	-0.07	-0.11	1.00	氧化鋁	-0.42	-0.03	-0.13	0.47	-0.80	1.00

LIM 和 SAP 地層中的輝長岩中氧化鋁含量較高的區域和 SAP 地層中的矽化區域的存在已經在其較小側面範圍內得到了證實。LIM 地層中的某些矽化區域可獨立建模。



展開分析

Onça Puma 紅土礦床是在風化侵蝕和地下水的作用下形成的，和其他鎳紅土礦床一樣，這些地層的分析結果無法真實反映出礦藏資訊的全貌。因此，在常規笛卡爾坐標系中的預測無法完全反映紅土層中的天然化學成份的地理分佈情況。Datamine 的「展開分析」處理旨在展開的坐標系中進行變差計算和空間品位插值。

展開的坐標系能更好的反映出建模相關的地層中各合成樣本的相關位置。轉換後的樣本將經過全貌的品質控制檢測，其中包括展開後的鑽孔尺寸目測分析。對 Raposa 礦床而言，SAP 和 LIM 地層中的各個樣本均可成功地進行展開分析。

Golder 認為使用展開分析符合基於紅土型剖面中觀察到的地質層次的相關行業標準。

品位變異圖分析

Raposa 礦床的品位變異圖分析是按照附近 D1D2 區域模型使用的密集型岩芯鑽孔密度進行分析的。按照展開坐標系，進行變異圖計算。成對相對變異圖是按照礦塊形狀與球形結構的線性組合建立的模型。帶狀各向異性確認了垂直方向的若干元素，但與模型得出的結果不符，我們認為這對礦產資源估算沒有影響。

Golder 認為採用的變異圖分析和通過該方法得到的文件符合行業標準。

品位估算

為每個地層分別建立獨立的礦產資源分塊模型。然後，將 LIM 和 SAP 層合併到同一個資源模型中。各分塊分別對應一個按照質心位置分配的地層（即分塊屬於 LIM 層或 SAP 層，不包括不同地層的部分組成）。Raposa 礦床使用的分塊大小為 12.5 米 x 12.5 米 x 1 米（X/Y/Z 或東/北/標高），在鑽孔密度（25 米至 100 米）和資源及儲量報告要求之間取合理平衡點（即，每隔 12 米 x 12 米 x 1 米的間距進行選擇性採礦業務）。

在最臨近區域進行普通克里格法分析，在笛卡爾坐標系和展開坐標系中估計%鎳、%鈷、%鐵、%二氧化矽、%氧化鎂和%氧化鋁的品位。對各地層採用不同的搜索策略（嵌套式搜索，抽樣最小值/最大值分析，八分之一圓周界限和各鑽孔最大抽樣量分析）進行分析。

通過礦藏資源模型，在普通克里格法展開演算法的基礎上進行採礦規劃並編製礦藏資源報告，並通過其他插值法進行確認。

普通克里格法比其他傳統的經驗插值（掩蓋效應、分散法及誤差變化最小化）更具優勢。普通克里格法能夠生成負克里格加權值，該數值是正態估計值。我們對負加權值產生的輸入數據範圍以外的值進行研究。由於負加權值存在，無須對 Raposa 礦床進行任何糾正處理。

Golder 認為採用的品位估算法，相關方法的文件和對估算的不同材料和元素採用的具體控制方法均符合行業標準。



分塊模型驗證

對分塊模型採用三種方法進行驗證。第一種方法是通過目測驗證分塊模型和鑽孔資訊是否一致。對各個橫截面系統地進行驗證分析。確定展開法的實用性和優點（參見圖 6-32）。

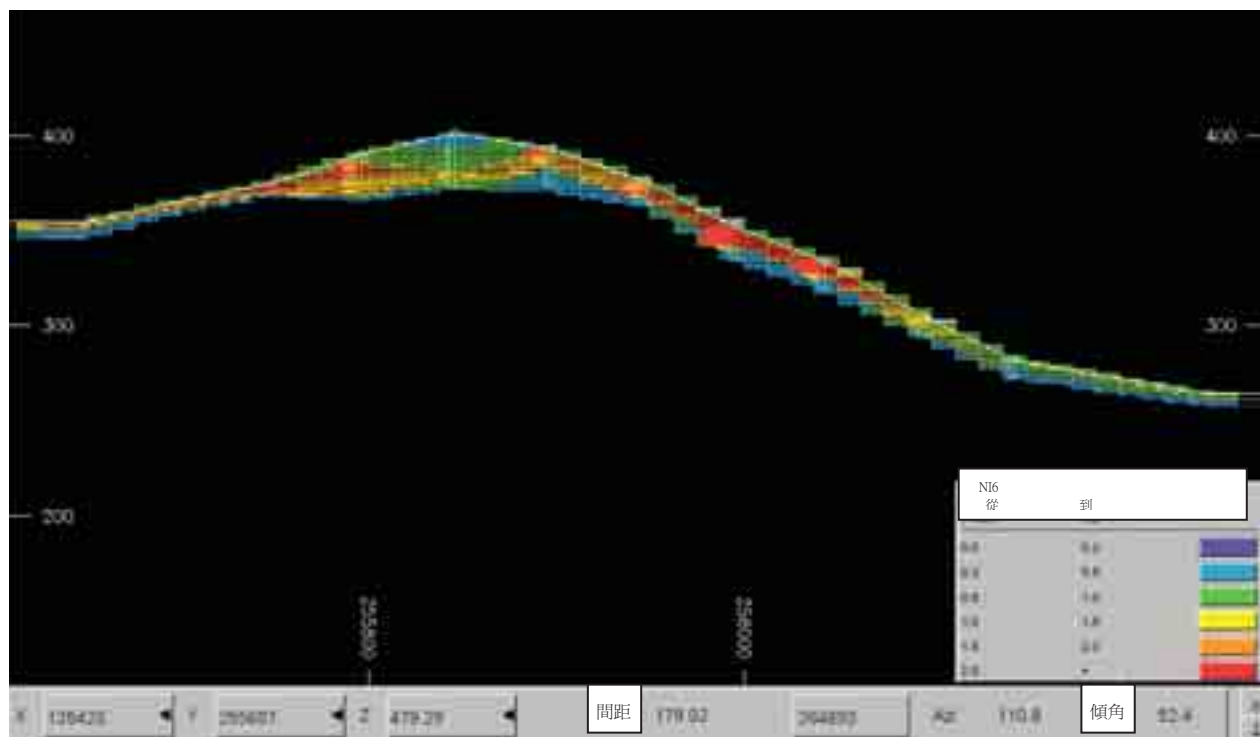


圖 6-32：Raposa 展開式普通克立格法模型目測驗證示例圖

第二種驗證方法是全面或系統的局部偏差檢測。對各鑽孔合成和在笛卡爾和展開坐標系中通過臨近地區普通克立格法分析建立的分塊模型之間的總體和分層統計資料進行比較。樣本和相鄰模型統計資料的比較顯示與表明兩個坐標系中的相鄰模型分散合成相比，模型中存在明顯的差異（SAP 中的品位較低）。普通克立格法和相鄰區域統計資料比較顯示出的差異較小。克立格法估算平均值在相鄰區域估算平均值和合成平均值之間。這在預期之內，表明塊金效應在克立格法估算分散中發揮了積極的作用。



第三種驗證方法是通過鍳插值變差圖，按照克立格公式（Journel 和 Huijbregts，1978 年）將在克立格模型中獲得的分塊與變數理論計算值進行比較。對 12.5 米 x12.5 米 x1 米的選擇性採礦單位進行評估，並對不同鑽孔密度和不同統計特性的區域分別進行評估。

對 Raposa 礦床鑽孔密度較高的岩芯區內外進行產量差異評估，也得出了%鍳數值較高的結論（圖 6-33）。

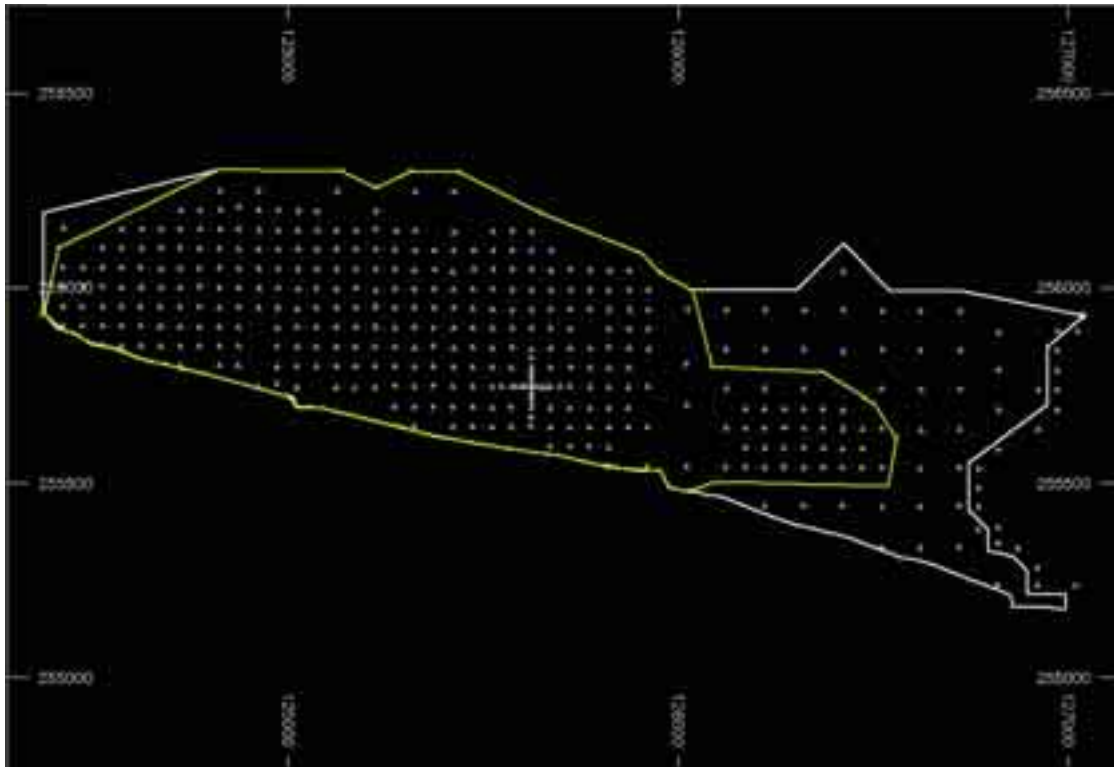


圖 6-33：兩個不同區域的產量差異評估圖

僅有必要對鑽孔密度較高的 Raposa 礦床的 LIM 地層鍳品位進行產量差異糾正。通過間接對數糾正進行調整，但不會對 SAP 地層中的鐵鍳礦產資源報告內容造成任何影響。

Golder 認為採用的品位分塊驗證法和通過該方法得出的文件符合行業標準。



6.13 礦產儲量估算

通過 MineSight 軟件得出的礦坑優化主要參數包括：

- 金屬價格： 鎳：5.44 美元/磅
- 銷售成本： 鎳：0.15 美元/磅
- 採礦成本： 4.09 美元/噸採礦材料
- 設備成本： 61.13 美元/噸礦石
- 總坡度： 30°
- 冶金回收率： $0.783 + (0.1238 \times \text{鎳}) - (0.0199 \times \text{鎳}^2)$ ，回收率最大值為 92%

礦坑設計

開採設計的運營礦坑參數為：

- 戛堤： 5 米
- 台階： 3 米
- 迎面角： 90°
- 總坡度： 30°

優化礦坑和設計礦坑的調節

與設計礦坑相比，運營礦坑的區別在於：

- 品質高 7%
- 鎳品位高 1%
- 褐鐵礦（噸）含量高 2%
- 殘餘土（廢石）高 353%
- 硬石含量高 16%
- 廢石:礦石比率含量高 10%

採礦次序

採礦業務將分階段在 Onça 和 Puma 礦坑交替進行。廢石將堆積在礦場附近。可將褐鐵礦廢石逐漸進行高壓酸浸處理(HPAL)並與普通廢石分開儲存。礦物性泥土材料是鎳鐵加工原料，將臨時儲存在開挖礦坑周圍。然後從此地用卡車將礦物性泥土運往加工工廠。Onça 山分為中、西及東三個部分。2010 年，採礦業務將集中在 Onça 山的中部地區。



ONÇA PUMA 審核

下列圖紙（圖 6-34 至 6-37）列出了 Onça Puma 最終礦坑和儲礦堆的配置。表 6-10 至 6-13 列出了礦石生產和廢石移除的時間安排。圖 6-38 至 6-40 為生產圖表。

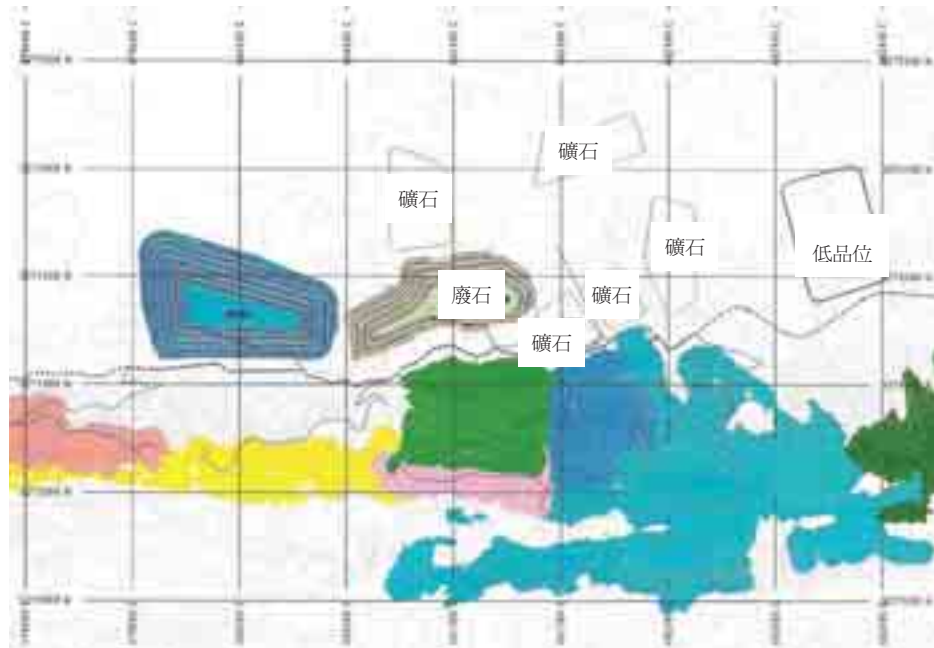


圖 6-34：Onça 礦場中部地區與儲礦堆

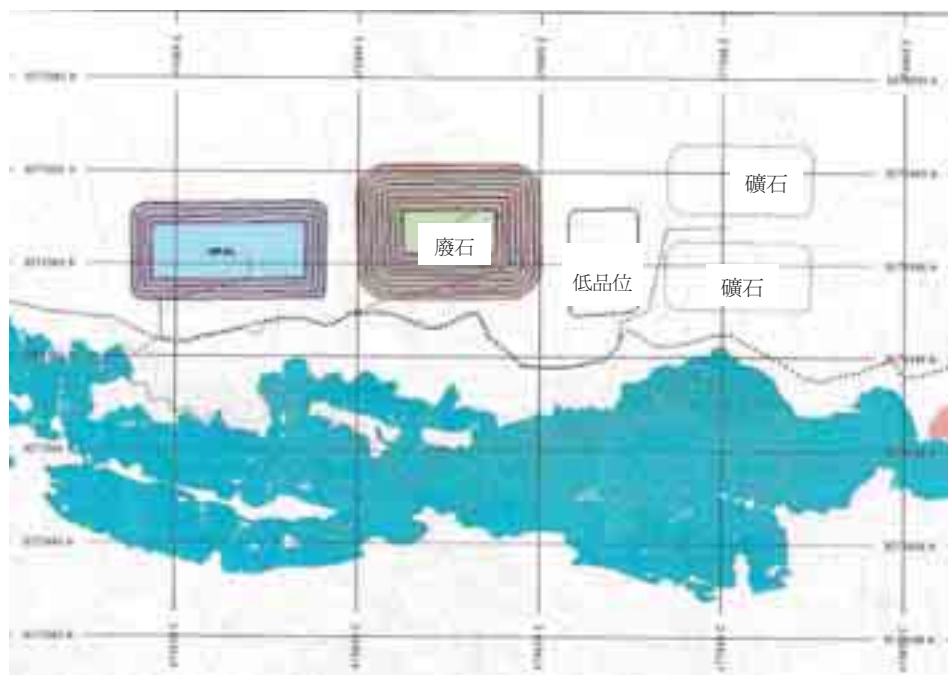


圖 6-35：Onça 礦場西部地區與儲礦堆

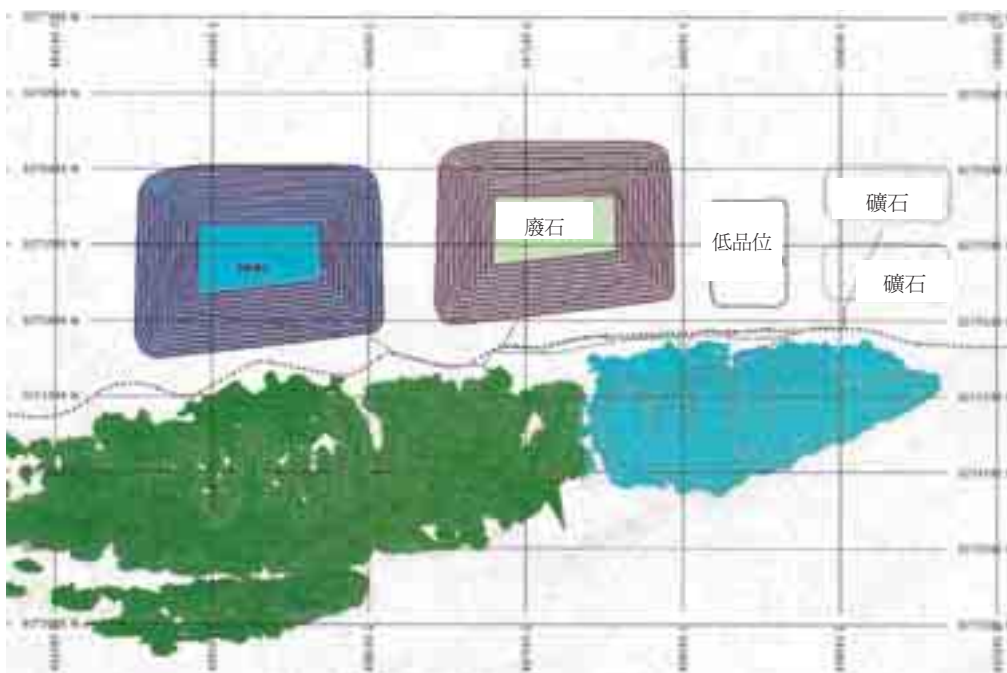
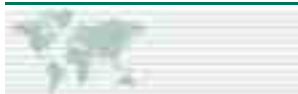


圖 6-36：Onça 礦場東部地區與儲礦堆

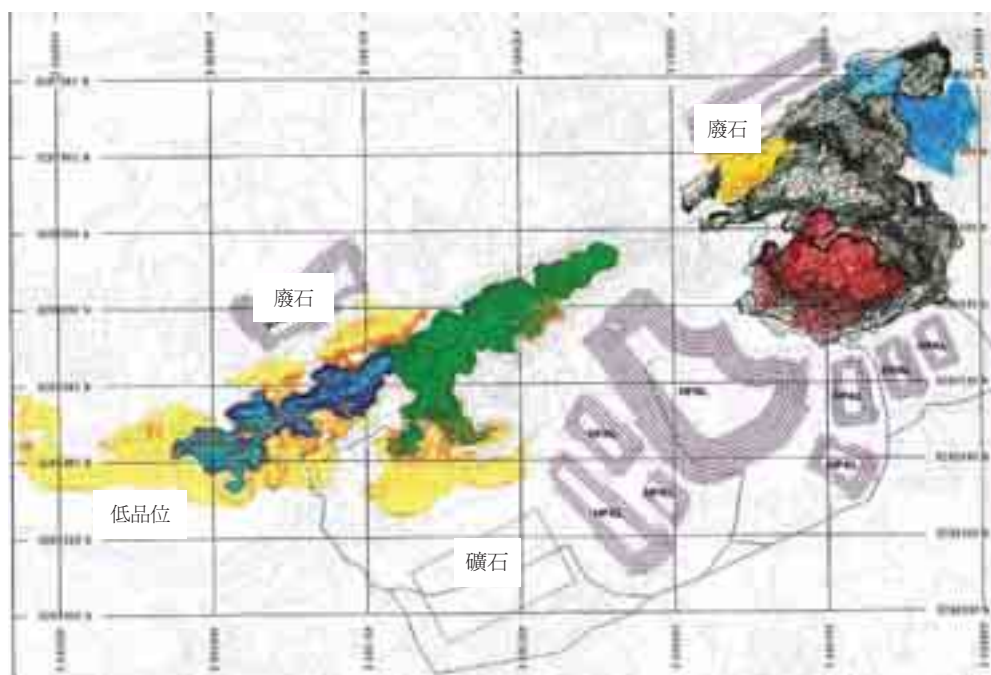
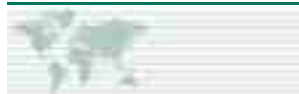


圖 6-37：Puma 礦場與儲礦堆



ONÇA PUMA 審核

表 6-10：礦場生產時間表

Onça 和 Puma 估算礦場產量

年度	採礦材料總量 (噸)			礦石 (噸)		
	Onça	Puma	總量	Onça	Puma	總量
2010	4,638,793	0	4,638,793	2,418,184	0	2,418,184
2011	6,460,979	1,020,208	7,481,188	3,156,148	498,365	3,654,514
2012	0	8,554,455	8,554,455	0	6,403,866	6,403,866
2013	0	9,551,770	9,551,770	0	5,034,735	5,034,735
2014	1,457,214	7,982,183	9,439,397	560,632	3,070,975	3,631,607
2015	9,327,022	0	9,327,022	1,045,623	0	1,045,623
2016	15,600,000	0	15,600,000	39,609	0	39,609
2017	15,600,000	0	15,600,000	289,007	0	289,007
2018	15,600,000	0	15,600,000	938,070	0	938,070
2019	15,600,000	0	15,600,000	2,483,669	0	2,483,669
2020	15,600,000	0	15,600,000	3,730,680	0	3,730,680
2021	15,600,000	0	15,600,000	3,684,375	0	3,684,375
2022	15,600,000	0	15,600,000	6,228,369	0	6,228,369
2023	15,600,000	0	15,600,000	7,058,976	0	7,058,976
2024	15,600,000	0	15,600,000	5,041,051	0	5,041,051
2025	15,600,000	0	15,600,000	111,759	0	111,759
2026	15,600,000	0	15,600,000	764,423	0	764,423
2027	15,600,000	0	15,600,000	1,415,982	0	1,415,982
2028	15,600,000	0	15,600,000	2,190,045	0	2,190,045
2029	15,600,000	0	15,600,000	2,161,272	0	2,161,272
2030	15,600,000	0	15,600,000	2,382,004	0	2,382,004
2031	15,600,000	0	15,600,000	2,413,123	0	2,413,123
2032	15,600,000	0	15,600,000	3,824,319	0	3,824,319
2033	15,600,000	0	15,600,000	4,589,783	0	4,589,783
2034	14,884,195	715,805	15,600,000	5,874,883	282,533	6,157,416
2035	0	15,600,000	15,600,000	0	2,214,969	2,214,969
2036	0	15,600,000	15,600,000	0	4,803,920	4,803,920
2037	5,929,605	9,670,395	15,600,000	2,397,452	3,909,925	6,307,377
2038	15,600,000	0	15,600,000	1,039,948	0	1,039,948
2039	14,554,243	1,045,757	15,600,000	4,015,676	288,536	4,304,212
2040	0	10,643,372	10,643,372	0	4,835,524	4,835,524
總量	353,652,051	80,383,946	434,035,997	69,855,062	31,343,348	101,198,409



ONÇA PUMA 審核

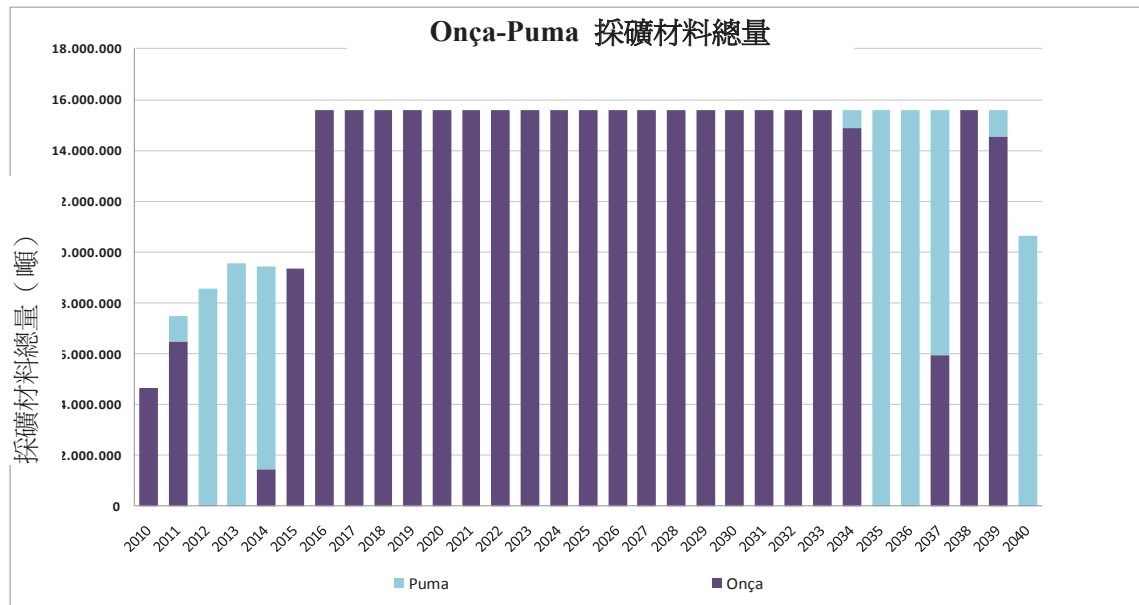


圖 6-38：生產計劃：採礦材料總量— Onça-Puma 項目

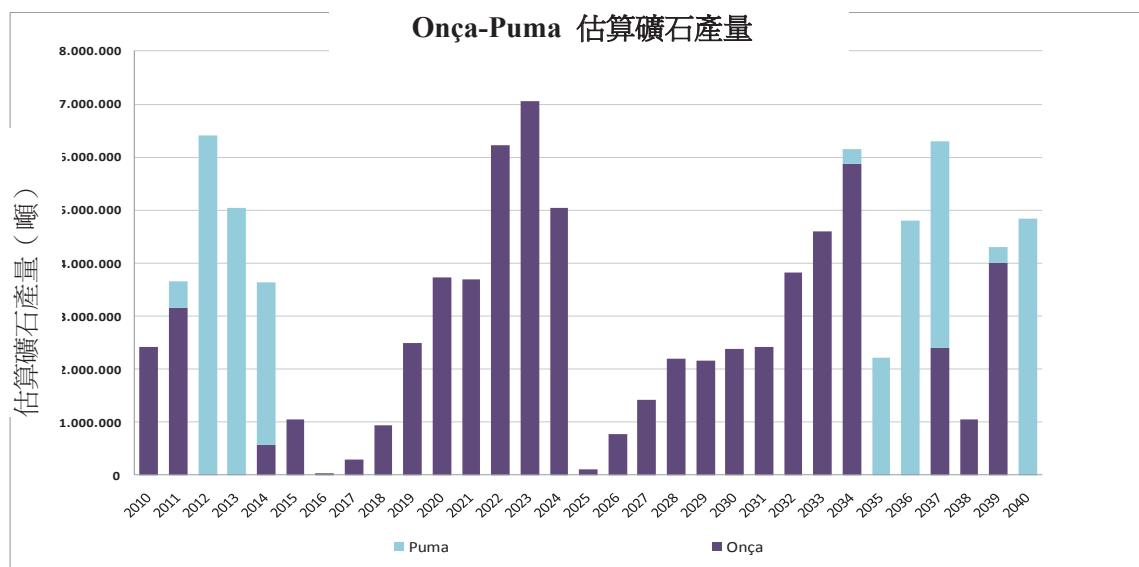
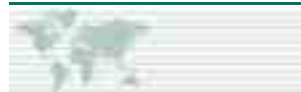


圖 6-39：礦石總產量 — Onça-Puma 項目

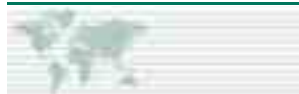


ONÇA PUMA 審核

表 6-11： Onça Puma 鎳項目一 儲礦堆

儲礦堆

年 度	儲礦堆(噸)	鎳 (%)	鈷 (%)	二氧化 矽(%)	氧化 鎂 (%)	氧化 鋁 (%)	鐵 (%)	二氧化矽: 氧化鎂	鎳:鈷	鐵:鎳
2010	1,960,844	2.17	0.07	38.86	24.91	1.41	12.56	2	31.61	5.79
2011	4,502,837	2.02	0.06	39.58	23.98	1.61	13.07	1.65	31.18	6.48
2012	8,647,353	2.09	0.04	38.72	23.58	1.56	14.24	1.64	49.89	6.82
2013	11,128,088	2.03	0.04	39.10	23.44	1.60	14.21	1.67	53.31	7.01
2014	12,198,698	1.95	0.04	38.63	22.94	1.71	14.93	1.68	48.22	7.66
2015	10,690,321	1.87	0.04	38.75	22.52	1.75	15.14	1.72	43.55	8.11
2016	8,175,929	1.80	0.05	38.82	21.93	1.84	15.53	1.77	37.84	8.64
2017	5,910,936	1.76	0.06	38.92	20.24	2.08	16.60	1.92	31.15	9.44
2018	4,288,008	1.75	0.07	39.27	16.78	2.54	18.69	2.34	24.31	10.65
2019	4,217,677	1.74	0.08	40.95	13.65	2.78	19.82	3.00	20.95	11.40
2020	5,394,357	1.71	0.08	40.82	14.13	2.81	19.48	2.89	20.72	11.37
2021	6,524,732	1.68	0.08	41.37	14.76	2.59	18.81	2.80	20.27	11.21
2022	10,192,103	1.63	0.07	40.19	17.90	2.29	17.33	2.25	22.33	10.63
2023	14,697,079	1.60	0.06	38.76	20.40	2.16	16.36	1.90	25.19	10.23
2024	17,184,129	1.56	0.06	37.97	21.31	2.24	16.11	1.78	27.04	10.32
2025	14,741,888	1.57	0.06	38.32	20.88	2.22	16.25	1.84	26.23	10.35
2026	12,945,313	1.56	0.06	39.06	19.71	2.32	16.63	1.98	24.67	10.64
2027	11,807,295	1.56	0.07	39.65	18.05	2.46	17.44	2.20	22.74	11.16
2028	11,443,340	1.56	0.07	40.27	16.67	2.52	18.06	2.42	21.12	11.56
2029	11,050,611	1.57	0.08	40.69	15.33	2.58	18.78	2.66	19.72	11.94
2030	10,871,618	1.58	0.09	41.17	13.92	2.65	19.50	2.96	18.42	12.34
2031	10,730,740	1.58	0.09	41.83	12.26	2.77	20.22	3.41	17.01	12.77
2032	12,511,175	1.56	0.09	42.11	12.96	2.71	19.56	3.25	17.27	12.52
2033	14,546,957	1.59	0.09	41.80	14.26	2.57	18.81	2.93	18.38	11.85
2034	18,143,376	1.59	0.08	40.76	16.25	2.65	17.84	2.51	20.22	11.25
2035	17,804,345	1.58	0.08	41.14	15.63	2.70	18.11	2.63	19.73	11.49
2036	20,054,265	1.55	0.08	40.72	16.10	2.61	18.22	2.53	20.11	11.72
2037	23,807,641	1.51	0.07	40.04	16.94	2.71	18.08	2.36	21.37	11.96
2038	22,286,591	1.52	0.07	40.27	16.19	2.81	18.38	2.49	20.42	12.12
2039	24,036,803	1.51	0.07	40.44	16.21	2.96	18.06	2.49	20.53	11.94
2040	26,318,326	1.48	0.07	39.84	16.43	2.93	18.40	2.42	21.76	12.42
2041	23,764,326	1.49	0.07	40.09	15.46	3.03	18.87	2.59	20.54	12.68
2042	21,203,329	1.50	0.08	40.31	14.26	3.21	19.47	2.83	19.18	12.95
2043	18,649,328	1.53	0.09	40.58	12.21	3.50	20.59	3.32	17.87	13.46
2044	18,485,607	1.53	0.09	40.60	12.05	3.52	20.68	3.37	17.80	13.49

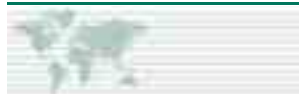


ONÇA PUMA 審核

表 6-12： Onça Puma 鎳項目 — 庫存的褐鐵礦

庫存的褐鐵礦

年度	褐鐵礦 (噸)	鎳 (%)	鈷 (%)	二氧化矽 (%)	氧化鎂 (%)	氧化鋁 (%)	鐵 (%)
2010	1,811,813	1.02	0.16	43.73	2.84	2.93	26.32
2011	2,398,277	1.05	0.18	45.14	3.27	2.85	25.88
2012	1,375,013	1.69	0.11	28.67	4.66	3.67	34.21
2013	3,732,119	1.11	0.12	47.93	3.04	2.79	25.05
2014	3,927,891	1.07	0.14	40.00	2.42	2.94	30.35
2015	2,943,570	0.83	0.10	48.30	1.66	3.29	23.99
2016	3,631,737	0.74	0.06	54.36	1.23	2.35	22.57
2017	6,832,724	0.75	0.08	60.42	1.32	1.86	19.28
2018	7,149,700	0.81	0.10	59.08	1.46	1.91	19.71
2019	8,105,503	0.86	0.13	56.48	1.59	1.82	21.24
2020	6,974,717	0.97	0.12	48.64	2.40	2.36	24.73
2021	6,989,187	0.97	0.14	41.44	2.91	3.01	28.11
2022	4,817,334	0.99	0.13	39.18	3.06	3.28	29.04
2023	3,006,280	1.10	0.12	31.74	4.12	4.23	31.59
2024	3,706,052	0.98	0.09	24.99	3.30	6.10	34.95
2025	7,582,993	0.84	0.08	46.35	1.65	2.06	27.29
2026	9,409,122	0.90	0.10	46.81	2.13	2.23	26.23
2027	7,525,559	0.87	0.10	49.22	2.10	2.23	24.82
2028	7,700,418	0.90	0.12	49.61	2.17	2.30	24.28
2029	6,996,131	0.90	0.13	49.96	2.23	2.28	23.92
2030	8,775,851	0.86	0.12	51.15	2.20	2.20	23.36
2031	8,289,859	0.94	0.13	50.41	2.42	2.06	23.66
2032	8,112,523	0.90	0.13	52.71	2.27	1.92	22.68
2033	6,695,087	0.89	0.12	52.56	1.98	1.99	23.02
2034	5,226,354	0.94	0.11	42.41	2.52	4.28	26.57
2035	10,641,965	0.87	0.14	40.41	1.67	2.75	31.62
2036	7,320,190	0.98	0.13	44.04	2.28	2.57	28.79
2037	3,326,475	0.91	0.10	38.62	2.29	3.76	31.04
2038	7,625,428	0.88	0.12	44.79	1.51	2.22	28.09
2039	4,199,319	0.88	0.13	46.19	2.18	3.38	25.06
2040	3,254,471	1.27	0.06	20.84	4.35	6.02	38.22
總量	180,083,661	0.92	0.12	46.91	2.22	2.63	25.92



ONÇA PUMA 審核

表 6-13： Onça Puma 鎳項目－ 總生產計劃

礦化腐泥土+廢石 + 褐鐵礦生產計劃

年度	礦化腐泥土（噸）	廢石 + 褐鐵礦			廢石:礦化腐泥土（噸: 噸）
		廢石（噸）	褐鐵礦（噸）	總量（噸）	
2010	2,418,184	408,796	1,811,813	2,220,609	0.92
2011	3,654,514	1,428,397	2,398,277	3,826,674	1.05
2012	6,403,866	775,576	1,375,013	2,150,589	0.34
2013	5,034,735	784,915	3,732,119	4,517,035	0.90
2014	3,631,607	1,879,899	3,927,891	5,807,790	1.60
2015	1,045,623	5,337,829	2,943,570	8,281,399	7.92
2016	39,609	11,928,654	3,631,737	15,560,391	392.85
2017	289,007	8,478,269	6,832,724	15,310,993	52.98
2018	938,070	7,512,230	7,149,700	14,661,930	15.63
2019	2,483,669	5,010,828	8,105,503	13,116,331	5.28
2020	3,730,680	4,894,603	6,974,717	11,869,320	3.18
2021	3,684,375	4,926,437	6,989,187	11,915,625	3.23
2022	6,228,369	4,554,298	4,817,334	9,371,631	1.50
2023	7,058,976	5,534,745	3,006,280	8,541,024	1.21
2024	5,041,051	6,852,897	3,706,052	10,558,949	2.09
2025	111,759	7,905,248	7,582,993	15,488,241	138.59
2026	764,423	5,426,456	9,409,122	14,835,577	19.41
2027	1,415,982	6,658,460	7,525,559	14,184,018	10.02
2028	2,190,045	5,709,536	7,700,418	13,409,955	6.12
2029	2,161,272	6,442,597	6,996,131	13,438,728	6.22
2030	2,382,004	4,442,145	8,775,851	13,217,996	5.55
2031	2,413,123	4,897,019	8,289,859	13,186,877	5.46
2032	3,824,319	3,663,157	8,112,523	11,775,681	3.08
2033	4,589,783	4,315,129	6,695,087	11,010,217	2.40
2034	6,157,416	4,216,230	5,226,354	9,442,584	1.53
2035	2,214,969	2,743,065	10,641,965	13,385,031	6.04
2036	4,803,920	3,475,890	7,320,190	10,796,080	2.25
2037	6,307,377	5,966,148	3,326,475	9,292,623	1.47
2038	1,039,948	6,934,624	7,625,428	14,560,052	14.00
2039	4,304,212	7,096,469	4,199,319	11,295,788	2.62
2040	4,835,524	2,553,377	3,254,471	5,807,849	1.20
總量	101,198,409	152,753,927	180,083,661	332,837,588	3.29

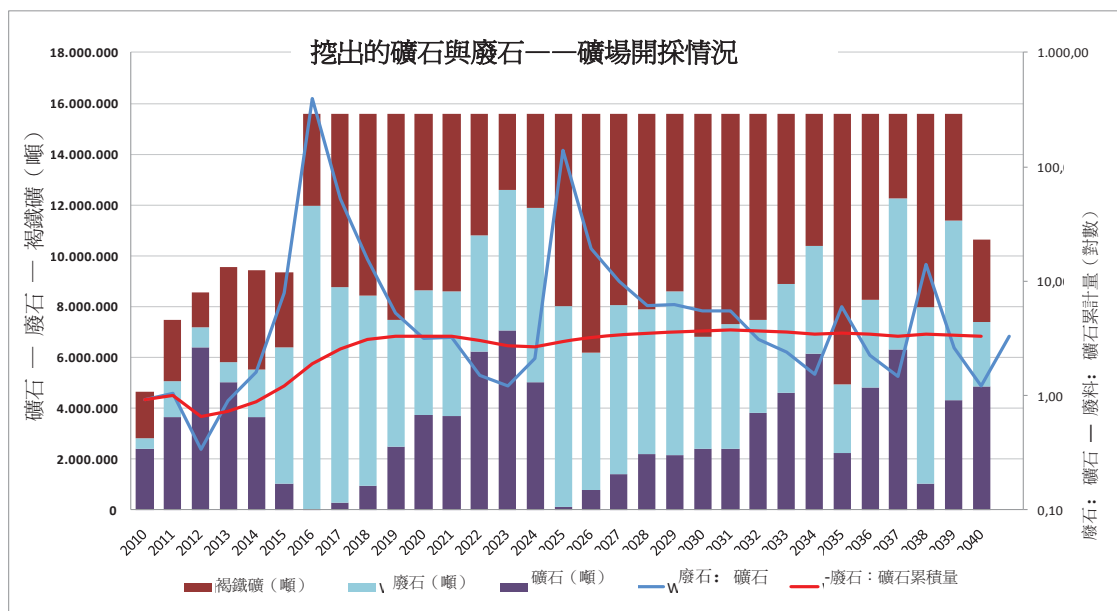


圖 6-40：礦石產量與廢石移除量 — Onça-Puma 項目

礦用車輛

採礦車 Onça 和 Puma 礦場將有所有者根據選擇性需求，使用小型設備進行經營。主要設備和輔助設備包括：

- 反鏟挖掘機（5.2 立方米） CAT 365 CL：在開採過程中載入石料
- 鉸接車（40 噸） CAT 740：礦場到中間儲礦堆的運輸
- 前裝式裝載機（6 立方米） CAT 988H：在中間儲礦堆載貨到加工廠進行再次處理
- 斯堪尼亞單車非鉸接貨車（8x4 – 30 噸）：從中間儲礦堆運往加工廠
- 鑽井機：爆破鑽井
- 帶碎石機的 CAT320CL 履帶式挖掘機：大面積挖掘
- CAT 12H 平土機：道路維護
- Dozer Cat D9 鏟土運輸機：輔助施工
- Dozer Cat D6 鏟土運輸機：輔助施工
- 灑水車：途經道路灑水
- 工程機械運輸車：「加油站」

鉸接車經營週期較長（速度比單車貨車要低）經營成本較高。這種貨車適用於嚴酷作業條件。在雨季，貨車可在礦場內經營但所有道路和通道路面情況都會有一定程度的惡化，其他車輛不能通行。這為其他團隊進出礦坑（勘探，品位控制等）造成了嚴重不便。有鑒於此，有必要在旱季建造通道並為常規車輛交通提供適當的維護。



ONÇA PUMA 審核

下表 6-4 和圖 6-41 和 6-42 為 MRMR2009 估算的 LOM 設備車輛使用情況。

表 6-4：Onça 和 Puma LOM 採礦車

預計採礦車使用情況

年份	鑽井樣 本設備	鑽井爆破 設備	CAT 365CL 挖 掘機	CAT 988H 裝 載機	CAT 740 鉸接卡車	斯堪尼亞 單車非鉸 接貨車	CAT 12H 平土 機	CAT 938G 挖 掘機	CAT D6R 推土機	CAT D8T 推土機	CAT D9T 推土機	工程機械 運輸車	灑水車	CAT 320CL CAC 挖 掘機	CAT 320CL 碎石挖掘 機
2008	1	1	4	3	16	15	5	1	2	1	6	5	5	1	1
2009	1	1	6	4	25	22	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2010	1	1	6	4	25	21	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2011	1	1	6	4	25	19	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2012	1	1	6	4	25	19	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2013	1	1	6	4	25	9	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2014	1	2	10	4	44	8	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2015	1	2	10	4	45	8	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2016	1	2	10	4	46	8	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2017	1	2	10	4	47	8	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2018	1	2	10	4	47	14	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2019	1	2	11	4	48	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2020	1	2	10	4	44	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2021	1	2	10	4	45	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2022	1	2	10	4	46	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2023	1	2	10	4	47	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2024	1	2	10	4	47	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2025	1	2	11	4	48	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2026	1	2	10	4	44	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2027	1	2	10	4	45	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2028	1	2	10	4	46	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2029	1	2	10	4	47	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2030	1	2	10	4	47	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2031	1	2	11	4	48	6	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2032	1	2	10	4	44	18	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2033	1	2	10	4	45	18	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2034	1	2	10	4	46	18	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2035	1	2	10	4	47	19	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2036	1	2	10	4	47	13	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2037	1	2	11	4	48	17	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2038	1	2	7	3	30	18	9	1	2	1	10	6	5	1	1
2039	0	0	0	3	0	18	4	1	1	0	3	3	2	1	1
2040	0	0	0	3	0	18	4	1	1	0	3	3	2	1	1
2041	0	0	0	3	0	19	4	1	1	0	3	3	2	1	1

鑒於要求的生產目標和採礦選擇，設備配置數量基本合理。



ONÇA PUMA 審核

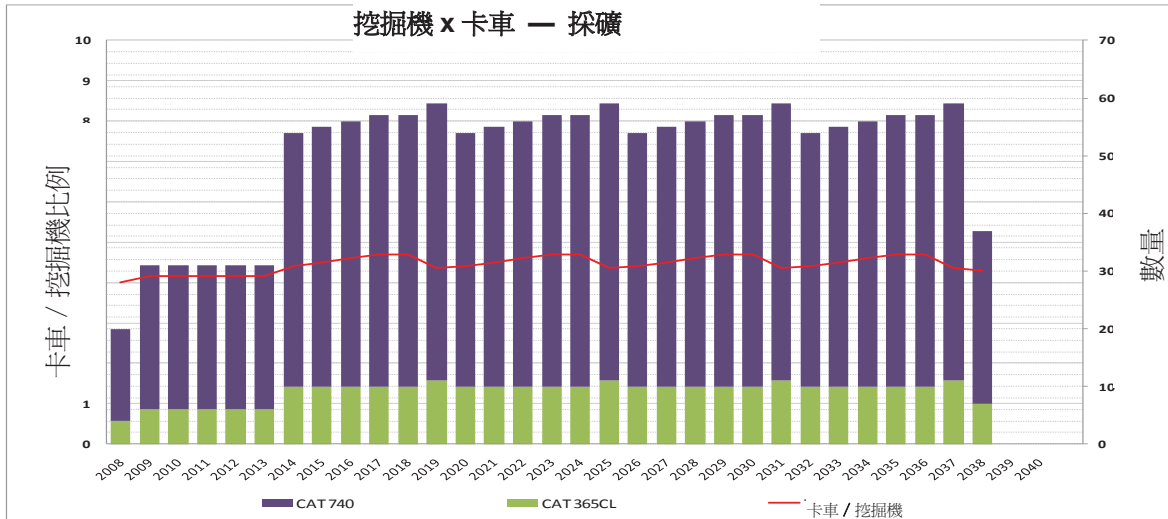


圖 6-41：挖掘機和貨車 — 採礦

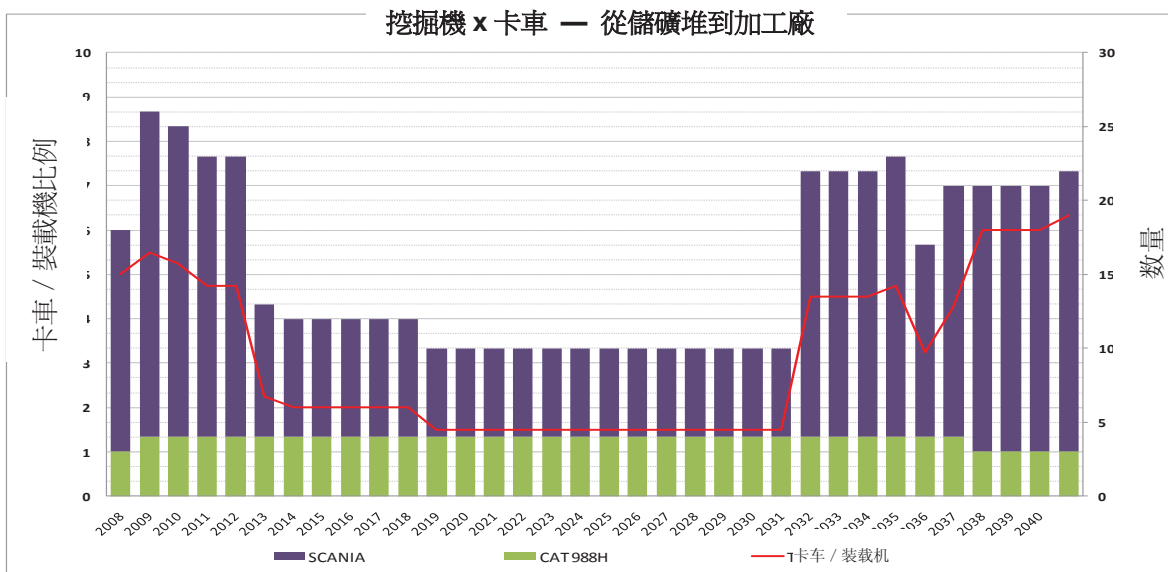


圖 6-42：裝載機和卡車 — 從儲礦堆到加工廠

下列圖 6-至圖 6-為 Onça 礦場和當地採用的主要設備。



圖 6-43：Onça 礦場 — 典型剖面圖



圖 6-44：Onça 礦場 — 採礦經營

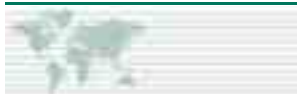


圖 6-45：Onça 礦場 — CAT 365C 挖掘機挖掘礦石



圖 6-46：Onça 礦場 — CAT 740 鉸接車運輸礦石



圖 6-47：Onça 礦場 — Atlas Copco 鑽井機（爆破式）



圖 6-48：Onça 礦場 — 帶碎石機的CAT 320D 挖掘機



圖 6-49：Onça 礦場 — 灑水車



圖 6-50：Onça 礦場 — 工程機械運輸車（燃料運輸）



圖 6-51：Onça 礦場 — 礦石儲礦堆



圖 6-52：Onça 礦場 — 斯卡尼亞貨車（容量：30 噸）

短期採礦計劃

以小型採礦單位(SMU)為基礎通過生產圖(diglines)對採礦經營進行規劃，在分塊模型的相同方向上進行體積為 6.25x6.25x3.00 米的分塊採礦。按照鑽探資料，地質詮釋和三維模型及估算，對規劃圖進行處理。圖 6-為生產圖示例。

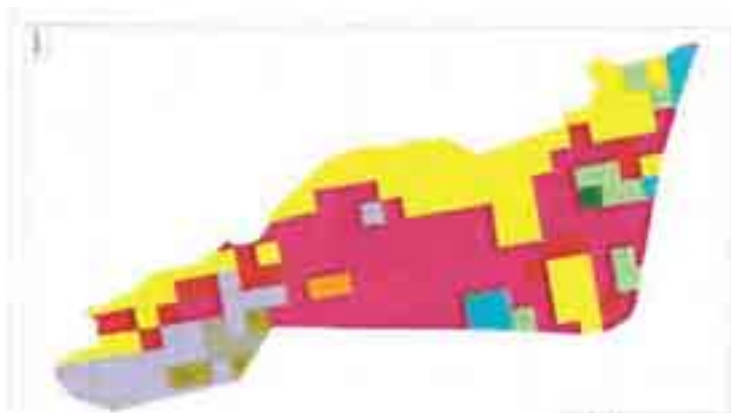


圖 6-53：生產圖 — Diglines

採礦控制

Diglines 生產圖為 SmartMine 調度系統（座標，品位和噸數）的專業工具。採礦設備配有高精度 GPS 裝置，與調度控制系統相連接。現場地質學家提供的最終修正保證了設計礦井材料的正確分配。下圖 6- 為 Onça 礦場使用的採礦規劃與控制系統。



圖 6-54：採礦規劃與控制系統

調度系統目前已安裝，將生產實用的數據庫以便進行規劃和生產控制。重要的是定期報告的編製不但要考慮到歷史資料，還要針對主要控制變量的演變趨勢。這樣才能對可能做出具有前瞻性的舉措，對妨礙生產目標實現的品位趨勢採取措施。



加工廠

Onça Puma 火法冶金工廠採用 RKEF 技術，工廠位於 Onça 山脊東端。工廠裝機容量每年可生產 52,000 噸鎳，鎳鐵品位為 25%，工廠配有兩條獨立的生產線（烘乾、煅燒、熔煉和精煉）。該工廠將對從 Onça 和 Puma 山運到這裏的腐泥礦化材料進行處理，每輛貨車的容量為 40 噸。圖 6-為加工廠概況。



圖 6-55：Onça Puma 冶金工廠

礦渣將由貨車從冶金工廠運輸到處置區（圖 6-）。



圖 6-56：Onça Puma 冶金工廠 — 礦渣處置區



工廠給料參數

工廠給料規格和主要工藝流程參數見表 6-和表 6-。

表 6-15：工廠給料參數

礦場可開採年限中的計劃給料規格範圍			
參數	最佳值	最小值	最大值
鐵 (%)		10.00	20.00
鐵 / 鎳		5.00	10.00
二氧化矽 / 氧化鎂		1.40	1.90
鎳 /	>30.00	25.00	
氧化鋁(%)	<4.00		
三氧化二鉻 (%)	<3.00		

表 6-16：加工廠設備 — 主要參數

設備	尺寸	額定產量	特性
乾燥爐	直徑：6.0 米 長度：45 米	255 濕噸 / 小時 濕度：25%	燒煤
燒窯	直徑（外殼）：6.0 米 長度：135 米	乾燥產品：160 乾噸 / 小時 凝聚灰塵：+ 41 乾噸 / 小時	燒煤、三次風、鏟煤機、升降機、護欄
鍋爐	長方形鍋爐 33.5 x 11.4 米	鐵鎳：12 噸 / 小時 礦渣：138 噸 / 小時	6 電極、散熱及板式冷卻器、3x40 MVA 變壓器、6 個礦渣孔和 2 個金屬材料孔
精煉設備		每 180 分鐘加熱 65 噸	3 個石墨電極、7 個存儲罐、去礦渣過濾欄、1 金屬粒化槽
灰塵處理設備	3 條生產線	85.5 乾噸 / 小時	燒窯灰塵冷卻器、泥料混合器、真空吸塵器（65 噸 / 小時）

工藝流程圖

下圖 6-為簡要的 Onça Puma 冶金工廠工藝流程圖（一條工藝生產線）。

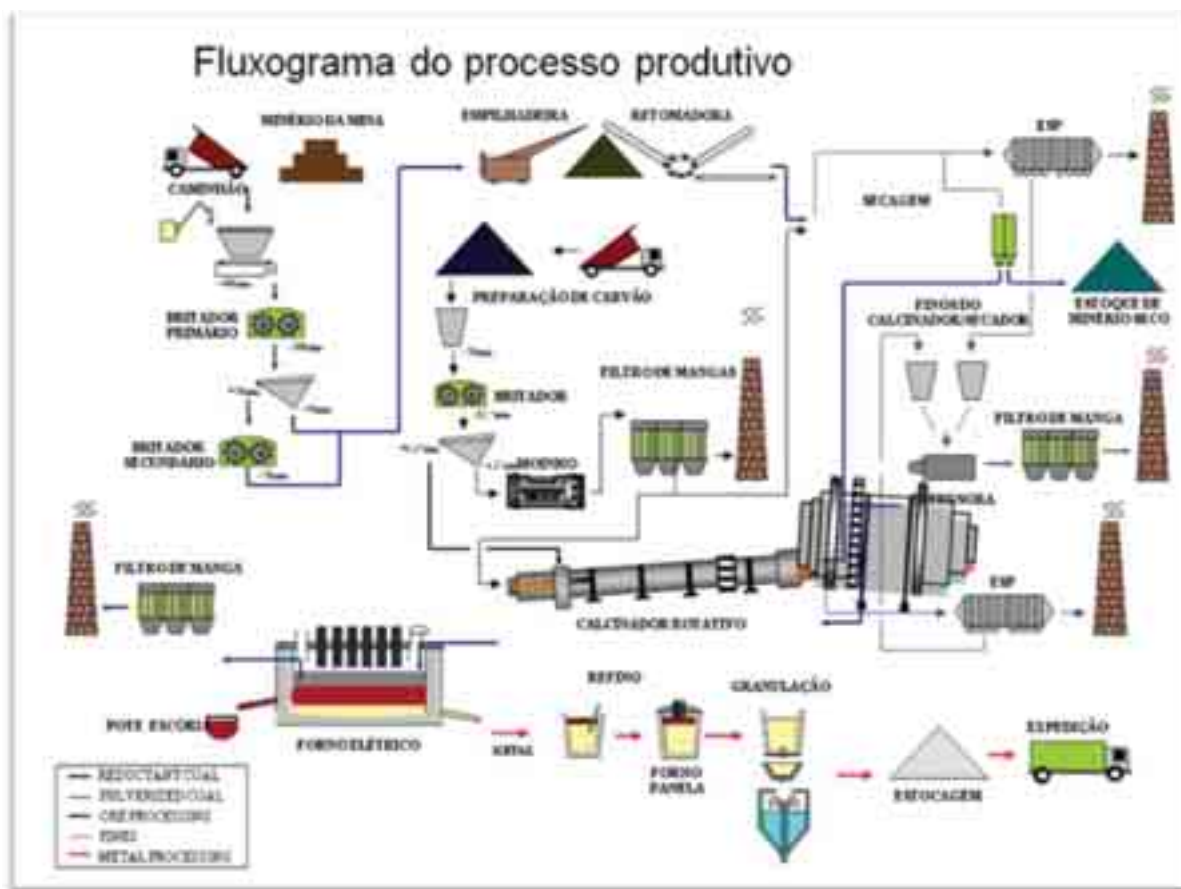
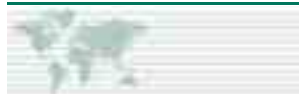


圖 6-57：Onça Puma 冶金工廠 — 簡要工藝流程圖



ONÇA PUMA 審核

工廠給料計劃

表 6-，和圖 6-和圖 6-為計劃的工廠礦石給料情況。

表 6-17： Onça Puma 工廠給料

工廠給料											
年份	礦石 (噸)	鎳 (%)	鈷 (%)	二氧化矽 (%)	氧化鎂 (%)	氧化鋁 (%)	鐵 (%)	二氧化矽:氧化鎂	鎳:鈷	鐵:鎳	鎳產量 (噸)
2010	457.340	2,54	0,09	38,44	23,11	1,45	13,70	1,66	28,68	5,40	11.594
2011	1.112.520	2,21	0,08	38,56	22,75	1,94	14,00	1,70	28,51	6,34	24.553
2012	2.259.350	2,42	0,06	39,21	23,19	1,43	13,96	1,69	43,27	5,77	54.674
2013	2.554.000	2,49	0,04	39,75	23,00	1,57	13,96	1,73	64,25	5,61	63.552
2014	2.560.998	2,40	0,04	38,17	24,44	1,50	13,89	1,56	54,66	5,79	61.446
2015	2.554.000	2,21	0,05	37,63	24,59	1,58	14,01	1,53	48,83	6,35	56.360
2016	2.554.000	2,09	0,03	38,73	24,33	1,47	13,86	1,59	74,05	6,64	53.312
2017	2.554.000	1,85	0,03	39,67	25,40	1,29	12,64	1,56	70,22	6,85	47.137
2018	2.560.998	1,71	0,03	40,74	25,82	1,66	11,29	1,58	57,11	6,59	43.853
2019	2.554.000	1,65	0,04	42,76	24,42	1,61	11,17	1,75	43,85	6,78	42.086
2020	2.554.000	1,79	0,05	39,73	23,64	1,78	13,49	1,68	34,37	7,56	45.592
2021	2.554.000	1,74	0,06	40,24	24,28	1,26	13,16	1,66	29,08	7,57	44.391
2022	2.560.998	1,86	0,06	40,11	22,80	1,45	14,01	1,76	31,15	7,53	47.670
2023	2.554.000	1,82	0,06	38,43	23,72	1,83	14,09	1,62	32,08	7,76	46.383
2024	2.554.000	1,53	0,05	34,69	22,60	3,01	16,51	1,53	32,14	10,80	39.041
2025	2.554.000	1,52	0,05	36,33	23,55	2,30	15,34	1,54	33,00	10,09	38.836
2026	2.560.998	1,60	0,04	37,42	25,36	1,38	13,89	1,48	36,39	8,66	41.067
2027	2.554.000	1,58	0,04	40,74	26,23	1,06	11,54	1,55	41,04	7,30	40.384
2028	2.554.000	1,52	0,05	41,62	24,56	1,13	12,25	1,69	32,95	8,07	38.776
2029	2.554.000	1,48	0,05	41,34	24,17	1,11	12,74	1,71	28,02	8,58	37.898
2030	2.560.998	1,44	0,05	40,95	24,55	1,10	12,67	1,67	29,68	8,81	36.841
2031	2.554.000	1,51	0,04	40,52	25,50	1,19	12,04	1,59	35,49	7,99	38.471
2032	2.043.885	1,73	0,06	42,69	22,01	1,53	13,00	1,94	30,76	7,50	35.411
2033	2.554.000	1,80	0,06	40,47	23,38	1,52	13,15	1,73	32,17	7,32	45.892
2034	2.560.998	1,85	0,05	36,59	24,09	2,30	14,05	1,52	36,45	7,58	47.475
2035	2.554.000	1,57	0,04	39,70	22,27	3,02	13,92	1,78	37,25	8,84	40.215
2036	2.554.000	1,72	0,04	38,96	22,99	2,63	14,25	1,69	40,09	8,27	44.015
2037	2.554.000	1,65	0,04	37,37	24,17	2,10	14,76	1,55	37,79	8,96	42.074
2038	2.560.998	1,48	0,04	38,55	23,74	2,47	14,25	1,62	37,52	9,65	37.801
2039	2.554.000	1,57	0,05	39,43	22,64	2,54	13,94	1,74	33,16	8,87	40.151
2040	2.554.000	1,55	0,04	38,46	24,04	2,27	13,99	1,60	43,19	9,04	39.542
2041	2.554.000	1,42	0,03	37,51	25,48	1,95	14,06	1,47	51,43	9,92	36.192
2042	2.560.998	1,37	0,02	38,26	25,40	1,56	13,92	1,51	58,28	10,19	34.993
2043	2.554.000	1,31	0,03	38,36	29,19	1,08	11,29	1,31	50,95	8,62	33.452
2044	163.721	1,15	0,02	38,24	30,66	0,72	10,22	1,25	48,80	8,89	1.882
總量	82.712.802	1,73	0,04	39,19	24,24	1,74	13,47	1,62	39,36	7,78	1.433.011



ONÇA PUMA 審核

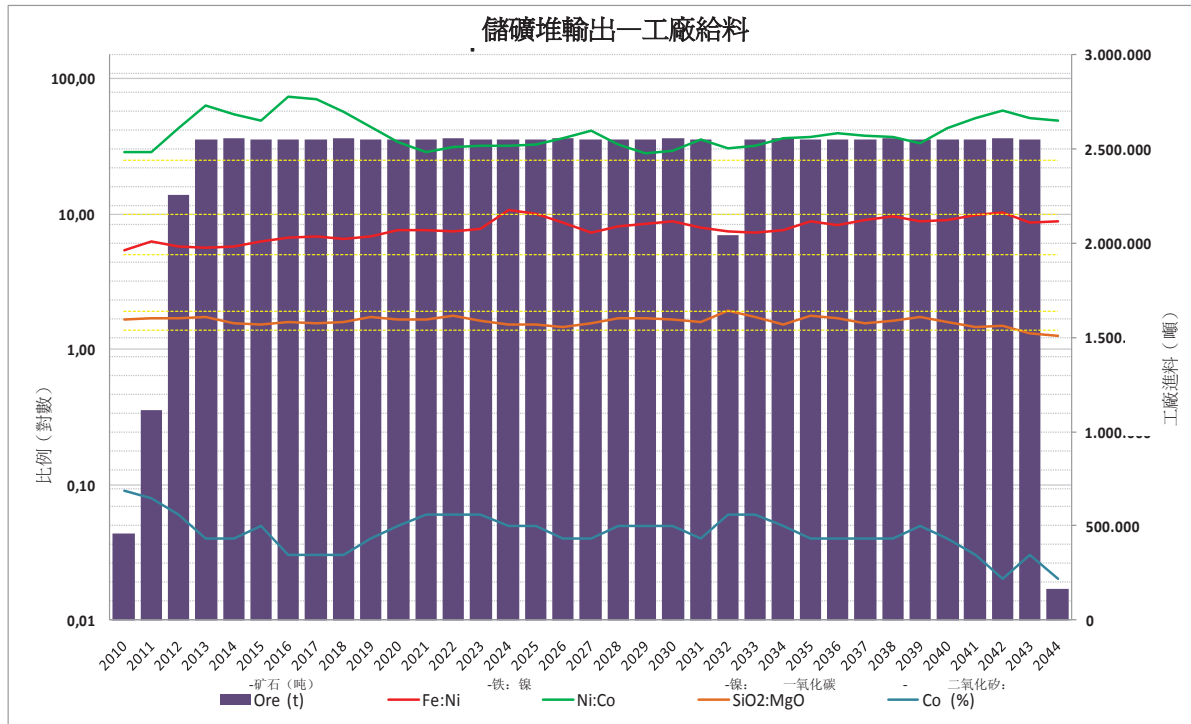


圖 6-58：儲礦堆輸出

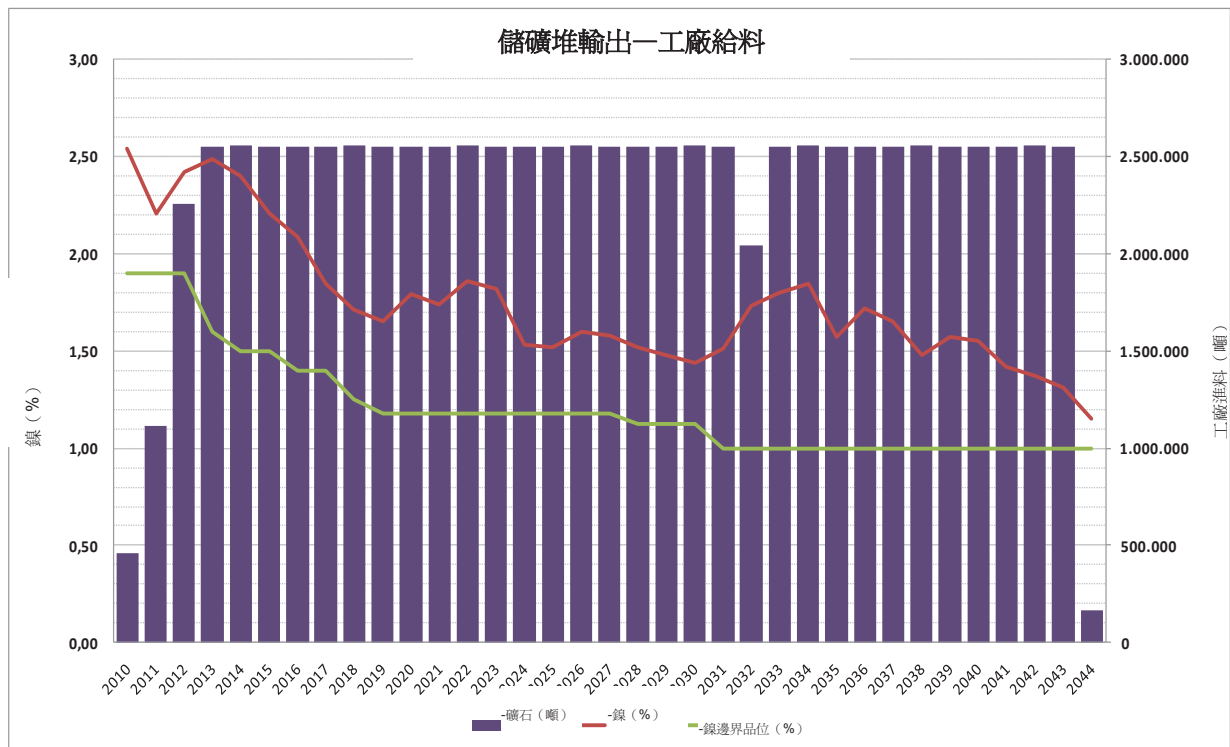


圖 6-59：儲礦堆輸出—鎳品位與邊界品位



金屬回收

下表 6-為工廠給料計劃和預期的冶金回收情況。

表 6-18：工廠給料與金屬回收情況

工廠給料				金屬回收	
年度	工廠給料（噸）	鎳（%）	鎳產量（噸）	%	鎳（噸）
2010	457,340	2.54	11,594	92.00	10,666
2011	1,112,520	2.21	24,553	92.00	22,588
2012	2,259,350	2.42	54,674	92.00	50,300
2013	2,554,000	2.49	63,552	92.00	58,468
2014	2,560,998	2.40	61,446	92.00	56,531
2015	2,554,000	2.21	56,360	92.00	51,851
2016	2,554,000	2.09	53,312	92.00	49,047
2017	2,554,000	1.85	47,137	92.00	43,366
2018	2,560,998	1.71	43,853	92.00	40,344
2019	2,554,000	1.65	42,086	92.00	38,719
2020	2,554,000	1.79	45,592	92.00	41,944
2021	2,554,000	1.74	44,391	92.00	40,839
2022	2,560,998	1.86	47,670	92.00	43,856
2023	2,554,000	1.82	46,383	92.00	42,672
2024	2,554,000	1.53	39,041	92.00	35,918
2025	2,554,000	1.52	38,836	92.00	35,729
2026	2,560,998	1.60	41,067	92.00	37,781
2027	2,554,000	1.58	40,384	92.00	37,154
2028	2,554,000	1.52	38,776	92.00	35,674
2029	2,554,000	1.48	37,898	92.00	34,866
2030	2,560,998	1.44	36,841	92.00	33,893
2031	2,554,000	1.51	38,471	92.00	35,393
2032	2,043,885	1.73	35,411	92.00	32,578
2033	2,554,000	1.80	45,892	92.00	42,221
2034	2,560,998	1.85	47,475	92.00	43,677
2035	2,554,000	1.57	40,215	92.00	36,998
2036	2,554,000	1.72	44,015	92.00	40,494
2037	2,554,000	1.65	42,074	92.00	38,708
2038	2,560,998	1.48	37,801	92.00	34,777
2039	2,554,000	1.57	40,151	92.00	36,939
2040	2,554,000	1.55	39,542	92.00	36,378
2041	2,554,000	1.42	36,192	92.00	33,297



工廠給料				金屬回收	
年度	工廠給料 (噸)	鎳 (%)	鎳產量 (噸)	%	鎳 (噸)
2042	2,560,998	1.37	34,993	92.00	32,193
2043	2,554,000	1.31	33,452	92.00	30,776
2044	163,721	1.15	1,882	92.00	1,732
總量	82,712,802	1.73	1,433,011		1,318,370

鎳鐵產品將通過貨車運往 Parauapebas (鐵路船運中轉站) 並從此地經火車運往 São Luiz 港 (Ferro de Carajás 站—EFC)。

6.14 報告礦產儲量

預計礦產儲量 (見表 6-19) 表明可行性研究僅按照預計和探明礦產資源, 對部分礦產和 Xikrin 土著保留地進行了分析 (包括開採計劃, 時間安排和經濟分析)。這些估計考慮到了採礦回收率和採礦稀釋率。

所有內容及礦產儲量均按照鐵鎳加工工廠計劃儲量的原料噸數和品位確定。Onça Puma 已指出不需要對原料進行篩礦。這些估計值是從乾燥爐中產出並送往熔煉加工環節的產品總量。估計礦產儲量不包括因熔煉損失的鎳。

表 6-19：2010 年 6 月 30 日，Onça Puma 鐵鎳已探明儲量和可能儲量

	百萬噸	鎳 %	鈷 %	鐵 %	二氧化矽 %	氧化鎂 %
已探明儲量	55.1	1.79	0.044	13.4	39.30	24.29
可能儲量	27.6	1.62	0.043	13.7	38.96	24.14
總量	82.7	1.73	0.044	13.5	39.19	24.24

礦產生產計劃持續 35 年, 將在 2044 年結束, 其中包括儲礦堆復壘。在此期間, 將一直保持工廠最高產量, 並符合工廠金屬冶煉給料的化學要求。



6.15 調整與儲量審核

最近一次的礦產資源和礦產儲量審核/審查是由 AMEC 在 2005 年進行的。Golder 對礦產資源資料，程序和模型進行審核，上述內容自上次 AMEC 審核開始並未發生重大變化。但是，Vale 自上次審核以來一直繼續進行 RC 生產前處理和品位控制鑽井。RC 鑽井資料未納入目前審核的模型中，Golder 在此次審核過程中未使用這些資料。

AMEC 對 MOP 進行的全球實驗性開採計劃進行審查，內容包括

- 試驗礦調整噸數和品位確認，F1，F2 和 F3
- Onça Puma 長期儲量確認
- 短期礦產計劃方法確認：生產鑽井，6.25 米網格步長設定，地質建模，短期資源估算，區塊模型中的礦石標記方法，挖掘流程生產圖和採礦工作線的品位控制。
- 試驗礦產資料的 QAQC，樣本準備說明書和生產樣本抽樣方法確認。
- 採礦方法，採礦台階/礦井參數和設備車輛的確認。

在對根據礦石控制模型預測的各個礦石類型的 AMEC 調整噸數和品位進行審查的過程中，我們根據貨車數量、調查礦井、貨車和碎石機樣本對開採噸數和品位進行評估。調整的目的是為了評估礦石控制模型在編製生產預測方面的精確度。

試驗採礦計劃的結果肯定了用於估計礦產儲量的運用採礦參數的有效性。MOP 設計的調整系統將有助於改善我們對開採選擇和設備性能的了解，這對於控制和有效進行採礦回收是非常重要的因素。

6.16 環境

在 Onça Puma 鎳項目經營過程中的主要環境控制主要是現場區域的沉積控制，應避免直接排放到自然排水系統中。大部分敏感位置都在流經 Xicrin 土著保留地的 Catete 河沿岸，比較靠近 Puma 礦區。計劃修建河堤系統，將從開採經營區排除的污水聚集在此並過濾固體物質，以便按照法律規定排放到排水渠中。

Mineração Onça Puma (MOP) 目前已獲得經營礦產和加工廠的環保執照，如圖 6-60 所示。加工廠和採礦獲得的經營許可證 (LO) 將分別在 2011 年和 2014 年進行更新。為了辦理執照，環保局 (SEMA/PA) 仍在審批修建通往 Puma 現場的通路和集水池及排水系統的執照。



6.18 經營成本

表 6-20 為 MRMR2009 列出的 LOM 單位平均經營成本。

表 6-20：單位平均經營成本

單位平均經營成本

	原料 (廢石+礦石)	礦石	鎳	
	(美元/噸)	(美元/噸)	(美元/噸)	(美元/磅)
1. 採礦	6.63	28.42	2,181.46	0.99
1.1.採礦	5.02	21.52	1,652.22	0.75
1.1.1 短期計劃	0.17	0.72	55.05	0.02
1.1.2 鑽井和爆破	0.07	0.30	22.73	0.01
1.1.3 裝載	0.64	2.74	210.65	0.10
1.1.4 運輸	1.82	7.81	599.49	0.27
1.1.5 輔助與支持活動	1.61	6.90	529.94	0.24
1.1.6 碎石/混合	0.71	3.05	234.36	0.11
1.2 採礦維護	1.41	6.04	463.97	0.21
1.3 採礦管理與支援	0.20	0.85	65.27	0.03
2. 冶金		83.49	6,408.76	2.91
2.1 烘乾		7.19	551.69	0.25
2.2 煨燒		24.69	1,895.25	0.86
2.3 熔煉		37.34	2,866.32	1.30
2.4 礦渣處置		0.61	46.79	0.02
2.5 精煉		8.40	644.87	0.29
2.6 金屬粒化		0.12	9.13	0.00
2.7 基建設施		2.20	168.90	0.08
2.8 採礦維護		2.41	185.12	0.08
2.9 採礦管理與支援		0.53	40.71	0.02
3. 物流			485.82	0.22
3.1 Ourilândia-Parauapebas 公路運輸			148.65	0.07
3.2 Parauapebas 處理與裝運			30.99	0.01
3.3 Parauapebas-São Luís 火車運輸			77.20	0.04
3.4 São Luís 處理與裝運			160.94	0.07
3.5 Ourilândia->SE 地區公路運輸			61.89	0.03
3.6 物流支持			6.14	0.00
4. 基本行政管理			714.54	0.32



ONÇA PUMA 審核

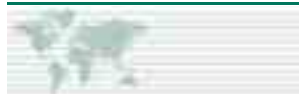
4.1 基本經營管理			8.33	0.00
4.2 生產計劃與控制			74.78	0.03
4.3 長期地質計劃			11.63	0.01
4.4 健康、安全與環境管理			66.25	0.03
4.5 經營支援			49.61	0.02
4.6 行政管理支持			70.26	0.03
4.7 行政管理服務			294.55	0.13
4.8 其他基本成本			139.14	0.06
單位經營成本總合	29.74	127.55	9,790.58	4.44

表 6-21 為 LOM 經營成本總額。

表 6-21：Onça Puma 鎳項目 –LOM 經營成本總額

LOM 經營成本 (‘000 美元)

1. 採礦	2,875,969
1.1.採礦	2,178,232
1.1.1 短期計劃	72,582
1.1.2 鑽井和爆破	29,961
1.1.3 裝載	277,720
1.1.4 運輸	790,348
1.1.5 輔助與支持活動	698,652
1.1.6 碎石/混合	308,968
1.2 採礦維護	611,687
1.3 採礦管理與支援	86,050
2. 冶金	8,449,122
2.1 烘乾	727,331
2.2 煨燒	2,498,641
2.3 熔煉	3,778,864
2.4 礦渣處置	61,680
2.5 精煉	850,175
2.6 金屬粒化	12,033
2.7 基建設施	222,678
2.8 採礦維護	244,051
2.9 採礦管理與支援	53,670
3. 物流	640,487
3.1 Ourilândia-Parauapebas 公路運輸	195,971



3.2 Parauapebas 處理與裝運	40,862
3.3 Parauapebas-São Luís 火車運輸	101,782
3.4 São Luís 處理與裝運	212,174
3.5 Ourilândia->SE 地區公路運輸	81,597
3.6 物流支持	8,101
4. 基本行政管理	942,030
4.1 基本經營管理	10,978
4.2 生產計劃與控制	98,582
4.3 長期地質計劃	15,333
4.4 健康、安全與環境管理	87,339
4.5 經營支援	65,403
4.6 行政管理支持	92,633
4.7 行政管理服務	388,330
4.8 其他基本成本	183,432
經營成本總合	12,907,609

6.19 資本成本

表 6- 為按照 Vale 制定的礦用設備使用和重新配置情況制定的 LOM 資本成本。Golder 將從 2011 年到開採年限終止的支出列為開採持續性資本成本。

表 6-22：資本開支 – 採礦

年度	鑽井抽樣設備	鑽井設備	CAT 365C L 挖掘機	CAT 988H 裝載機	CAT 740 鉸接卡車	斯堪尼亞 單車非鉸接貨車	CAT 12H 平地機	CAT 938G 挖掘機	CAT D6R 推土機	CAT D8T 推土機	CAT D9T 推土機	工程機械運輸車	灑水車	CAT 320C L CAC 工程設備	CAT 320C L ROM P 工程設備	道路修建	總合
2007	1.522	265	1.793	1.618	7.075	2.483	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301	8.003	31.052
2008			896	539	3.979	1.159	1.203				2.400	100				6.174	16.452
2009																	0
2010																	0
2011																	0
2012			1.793	1.618	7.075	2.483	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301		21.263
2013	1.522	530	2.689	539	12.381	1.159	1.203				2.400	100					22.523
2014					442												442
2015					442												442
2016					442												442
2017			1.793	1.618	7.075	3.477	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301		22.256
2018			3.137	539	12.823	1.159	1.203				2.400	100					21.361
2019	1.522	530			442												2.494
2020					884												884
2021					884												884
2022			1.793	1.618	7.517	3.477	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301		22.698



ONÇA PUMA 審核

年度	鑽井抽樣設備	鑽井設備	CAT 365C L 挖掘機	CAT 988H 裝載機	CAT 740 鉸接卡車	斯堪尼亞 單車非校接貨車	CAT 12H 平地機	CAT 938G 挖掘機	CAT D6R 推土機	CAT D8T 推土機	CAT D9T 推土機	工程機械運輸車	灑水車	CAT 320C L CAC 工程設備	CAT 320C L ROM P 工程設備	道路修建	總合
2023			3.137	539	12.823	1.159	1.203				2.400	100					21.361
2024			448		884												1.333
2025	1.522	530			884												2.936
2026					1.326												1.326
2027			1.793	1.618	7.959	3.477	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301		23.140
2028			3.137	539	13.265	1.159	1.203				2.400	100					21.804
2029			448		884												1.333
2030			448		1.326												1.775
2031	1.522	530			1.326	1.987											5.365
2032			1.793	1.618	8.401	3.477	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301		23.582
2033			3.137	539	13.707	1.159	1.203				2.400	100					22.246
2034			448		1.326	166											1.940
2035			448		1.326												1.775
2036			448		1.769	2.649											4.866
2037	1.522	530	1.793	1.618	8.401	3.642	1.504	235	853	500	3.600	500	500	301	301		25.800
2038				539		1.159	1.203				2.400	100					5.402
2039																	
2040																	
2041																	
總量	9.130	2.915	31.372	15.099	137.071	35.430	18.950	1.644	5.968	3.500	42.003	4.200	3.500	2.108	2.108	14.177	329.177

表 6-23 為 MRMR2009 採用的資本成本總額。Golder 未獲得加工廠和基建設施投資資本估算的明細資訊。

表 6-23：資本成本總額

初步開採+加工廠 + 基建設施（美元）	2,524,495,914
開採的持續性資本成本（美元）	281,673,051
資本成本總額（美元）	2,806,168,965

按照 Vale 為自 2011 年起的整個 LOM 制定的礦用設備使用和重新配置得出持續性開採資本成本。

6.20 稅項

巴西國家政府、省政府或市政府共徵收七項不同的稅收、關稅和特許經營權收費。法定現金流稅收為 CFEM（公司所得稅）和 CSLL（公司收益社會納稅），後者也是所得稅的一種。各種礦產產品的 CGEM 各不相同，鎳為總收入的 2%（低於運輸成本）。此外，將根據產品用於國內或國外市場銷售徵收不同的稅項。Onça Puma 項目假設將 90% 的鎳產品銷往國外市場，其餘產品在國內市場銷售。

按照總收益計算所得稅（收入減經營成本和折舊減值），固定徵稅比例為 25%。CSLL 固定徵稅比例為 9%。國內銷售產品的各項稅款比例總合約為 15%，出口產品在 15%至 20%之間。



6.21 礦產儲量的經濟評估

Golder 未獲得 MOP 的貼現現金流（DCF）資料表模型，但是，Golder 有權在設有安全保護的 Vale 電腦上審查並審核 DCF 模型，以便了解該模型，對主要輸入變量的正確性和項目對這些變量的敏感性進行評估。

主要假設

Onça Puma 經濟分析使用的主要參數詳見合併報表，主要假設第一卷介紹。

現金流評估

根據 Onça Puma 礦床的更新已開採礦產儲量估算值制定現金流預測。Vale 和三年定價假設的 MOP 現金流總量仍為正，這表明我們能夠從項目經濟情況下方面證實礦產儲量聲明。

按照於 2010 年 6 月 3 日更新的 2009 MRMR 經濟模型，制定現金流預測，其中包括今年迄今為止的礦產儲量已開採數量，預測反映了以下假設：

- 按照稅後貼現率進行財務計算。
- 對本報告 6.20 小結中提到的各稅收進行計算。稅收機關假期、遞延稅項和退稅均納入經濟模型中。
- 各項成本和價格均為未降值的「實際」美元金額。
- 經營成本包括按照截止至 2009 年 5 月底的 2009 年實際成本中的採礦計劃和加工與交貨變化現金成本確定的固定和變化現金採礦成本。
- 按照 2009 年預算，確定 MOP 常規支出，加工和公司本分配的固定現金成本，並作為常規項目列賬，按照礦藏開採年限計劃中礦產儲量與鎳產量總量的鎳年度加工比例定期調整。
- 期末現金成本包括現場開採期限終止時的一次性支出。
- 按照 2009 年計劃的確定金屬產量（未經 Golder 審查）制定單位成本假設。
- 今後的單位成本假設的金屬產量相似。
- 產量僅限於 Onça Puma 礦產儲量；本經濟分析不涉及任何外來給料或精礦。
- 按照加工模型，並參照 2009 年生產計劃更新的係數，確定鎳加工回收率。
- 在 SEC 報告要求（三年浮動平均價格）的基礎上，根據可回收金屬總量和金屬價格與匯率的長期預測計算收入。按照金屬產量，採礦係數和長期金屬價格與匯率預測，將一處銅精礦的銷售收入納入其中。模型中也包括了陽極銅的銷售。



敏感性分析

Golder 有權在 Vale 設有安全保護的電腦上進行 DCF 模型審查和審核，以便了解該模型並對主要輸入變量的準確性和對試驗項目的這些變量的敏感度進行評估。

觀察表明，模型包括建設成本，礦產回收和關閉成本，詳細的聯邦政府與省政府稅收表，持續性資本補貼和 2009MRMR 報告提供的正確時間表（已更新）。基本個案成本和價格假設已於 2009MRMR 發佈時更新，變化已體現在本模型中。

通過三年浮動平均價格假設情景，對每年的基本個案現金流進行觀察。通過 DCF 資料表，對價格和成本假設做出重大改變以測試項目經濟的穩健性。由於 Golder 未獲得模型，無法進行詳細地敏感性分析，但測試個案變化率在 $\pm 20\%$ 之間時，鎳價格，資本支出，經營成本和外匯匯率上升了 5%。此外，Golder 還對 6% 到 10% 的折舊率變化影響進行了測試，各項數值增長了 0.5 個百分點。

結果見圖 6-。

在各種情況下，NPV 均為正值，這說明項目的在經濟方面保持穩健。

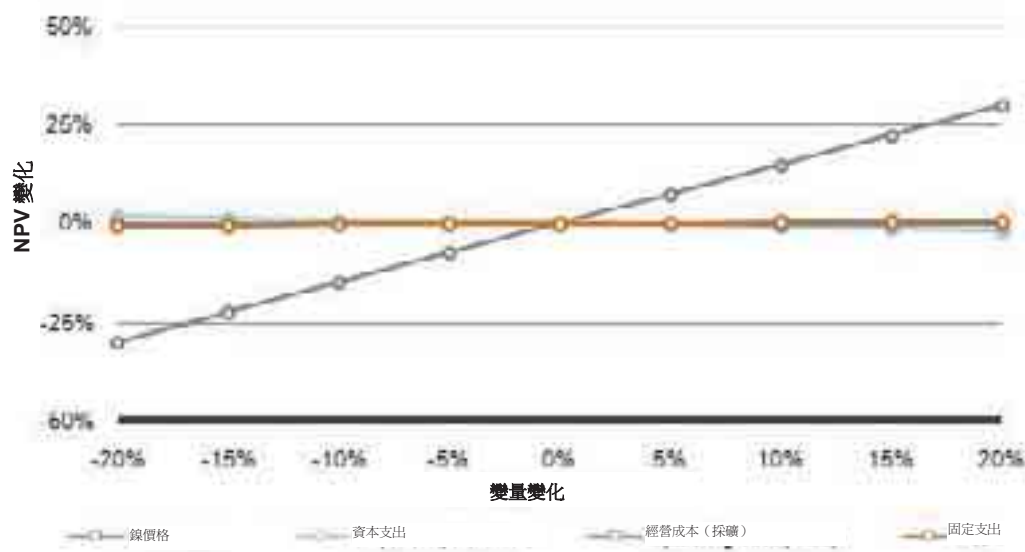
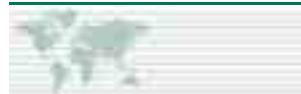


圖 6-61：MOP 敏感性分析

NPV 對鎳價格變動非常敏感，其他變量對 NPV 的影響幾乎可忽略不計。鎳價格是主要的價值驅動因素。採礦經營成本完全不會影響 NPV。

結論與建議

使用的成本和定價假設情景（Vale 和三年浮動平均值）均表明項目經濟情況為從礦產資源到礦產儲量的轉化提供了積極支持。在敏感性分析中，NPV 在各個測試案例中均為正值，說明項目經濟情況穩定。



6.22 礦產開採年限

表 6- 為按照 MRMR2009 制定的 LOM 採礦生產計劃。但是，該工廠將經營至 2044 年，而隨著礦產的品位逐漸降低，在 2040 年至 2044 年可能無法滿足工廠給料規格的要求。

表 6-24：開採年限中的總產量

年度	礦石（噸）	鎳（%）	鈷（%）	二氧化矽（%）	氧化鎂（%）	氧化鋁（%）	鐵（%）	二氧化矽：氧化鎂	鎳：鈷	鐵：鎳
2010	2,418,184	2.24	0.07	38.78	24.57	1.42	12.78	1.58	30.93	5.71
2011	3,654,514	2.00	0.07	39.65	23.10	1.81	13.63	1.72	30.00	6.83
2012	6,403,866	2.25	0.03	38.29	23.16	1.48	14.96	1.65	73.37	6.64
2013	5,034,735	2.16	0.03	40.09	22.98	1.66	14.03	1.74	67.76	6.50
2014	3,631,607	2.02	0.05	36.85	22.49	1.91	16.41	1.64	40.36	8.11
2015	1,045,623	1.75	0.08	37.49	22.62	1.81	14.84	1.66	22.64	8.48
2016	39,609	1.49	0.05	50.31	18.12	1.26	11.66	2.78	32.82	7.84
2017	289,007	1.44	0.04	48.42	17.99	1.97	12.00	2.69	33.26	8.31
2018	938,070	1.62	0.06	45.53	19.67	3.03	11.64	2.31	28.78	7.20
2019	2,483,669	1.62	0.05	45.70	19.32	1.99	12.89	2.37	29.44	7.96
2020	3,730,680	1.73	0.06	39.93	21.18	2.14	14.99	1.89	28.28	8.65
2021	3,684,375	1.67	0.07	41.39	22.29	1.35	13.91	1.86	24.91	8.34
2022	6,228,369	1.67	0.06	38.92	23.19	1.64	14.42	1.68	29.22	8.61
2023	7,058,976	1.63	0.05	36.58	25.22	1.86	14.14	1.45	34.54	8.66
2024	5,041,051	1.43	0.04	34.00	24.61	2.85	15.58	1.38	40.08	10.88
2025	111,759	1.76	0.07	46.73	15.18	1.06	16.39	3.08	25.34	9.32
2026	764,423	1.59	0.07	47.94	16.09	1.13	14.80	2.98	23.74	9.32
2027	1,415,982	1.59	0.06	46.97	17.66	1.16	14.19	2.66	25.13	8.94
2028	2,190,045	1.51	0.07	45.20	18.45	1.22	14.65	2.45	21.64	9.69
2029	2,161,272	1.52	0.08	43.68	18.64	1.21	15.43	2.34	19.36	10.15
2030	2,382,004	1.46	0.07	43.13	18.81	1.26	15.50	2.29	19.82	10.61
2031	2,413,123	1.52	0.07	43.43	18.80	1.68	14.80	2.31	20.97	9.75
2032	3,824,319	1.60	0.06	43.20	19.77	1.91	14.20	2.19	24.58	8.90
2033	4,589,783	1.77	0.06	40.21	22.89	1.60	13.63	1.76	30.43	7.68
2034	6,157,416	1.69	0.05	36.58	24.21	2.68	13.98	1.51	35.18	8.26
2035	2,214,969	1.50	0.05	42.57	18.15	3.53	15.43	2.35	30.76	10.31
2036	4,803,920	1.57	0.05	38.23	21.50	2.27	16.53	1.78	31.58	10.56
2037	6,307,377	1.43	0.04	36.79	22.55	2.79	16.29	1.63	36.85	11.42
2038	1,039,948	1.54	0.07	41.42	17.67	4.26	15.14	2.34	22.19	9.80
2039	4,304,212	1.53	0.05	40.72	20.12	3.48	13.96	2.02	27.80	9.14
2040	4,835,524	1.36	0.02	36.13	21.55	2.40	17.76	1.68	58.38	13.06
總量	101,198,409	1.70	0.05	39.44	22.01	2.07	14.79	1.79	32.80	8.72



參考資料

Spreadsheets

L&M_Onça-Puma_EFM_PFSRev18 (unlocked).xls

L&M_Onça-Puma_OPEX_PFSRev18 (unlocked).xls

Appendix F-2009 Assumptions-2009 Mineral Res Calc-3-yr avg Metal Prices-May 2010 (2).xls

Planning Assumptions 2010-2014 - April 30 2010 v2.0.xls



報告簽字頁

GOLDER 聯營有限公司

Honorio Lima
高級礦產工程師

Jani Kalla
高級資源地質學家

HL/JK/GG/GW/MG/lsc

c : \golder\projects\10-1117-0032_vale_global_audit\reports\filings\posted\update\vale_reserve_audit_v2_s6_onca_puma_filing_2010_09_20.docx

在 Golder Associates，我們致力於成為最受敬仰的全球集團公司，專門提供地面工程及環境服務。自 1960 年成立至今，我們一直擁有穩固的員工隊伍，我們創造了一種以員工身份為榮的獨特文化，使我們的組織得以長期穩定。Golder 專業人員長久以來努力在其經營中建立對客戶需求和特殊環境的認識。我們將繼續與非洲、亞洲、澳洲、歐洲、北美及南美各現經營辦事處員工一起，拓展自身技術實力並打造穩步發展。

非洲
亞洲
澳洲
歐洲
北美
南美

+ 27 11 254 4800
+ 852 2582 3658
+ 61 3 8802 3500
+ 356 21 42 30 20
+ 1 800 275 3281
+ 55 21 3095 9500

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates S.A.
Av.11 de Septiembre 2353 - Piso 2
Providencia
Santiago
Chile
電話： +56 (2) 594 2000