



生效期: 2010 年 6 月 30 日



VALE INCO 有限公司

礦產儲量外部審計

第 2 卷, 第 3 部分

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司

提交至:

Vale Inco 有限公司
2060 Flavelle Blvd., Sheridan Park
Mississauga, Ontario
Canada L5K 1Z9,

REPORT



報告編號: 10-1117-0032Phase 3000

發佈:

1 份電子副本: Vale Inco 有限公司

1 份電子副本: Golder Associates 有限公司





經營綜合報告

Golder Associates 有限公司(Golder)的合資格人士——主任工程師 Jean-Pierre Nicoud 和 主任地質師 Kevin Palmer 自 2010 年 7 月 5 日至 8 日調查了 Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司(VINL) 沃伊斯灣 (Voisey's Bay Project) 項目並驗證了其部分礦產資源量，該資源量為後續對 2010 年 6 月 30 日沃伊斯灣項目礦產儲量評估的基礎。

在實地調查期間，這些合資格人士檢查了採礦作業、與工作人員面談並收集了評估資料適宜性所需的資訊以及常用於評估資源量與儲量的方法。本項研究相關聯繫人列表包括如下：

- Michael Anderson: 礦長
- Robert Wheeler: 高級地質師
- Kurt Headrick: 主任化學師
- Vanessa Lee: 高級化學師
- Roderick Smith: 項目地質師

本項研究包括審查技術報告、備忘錄以及從 Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 獲得的補充技術資訊。以往內部和外部技術審查與審計報告亦呈交給 Golder Associates 有限公司(例如，AMEC 在 2009 年開展的獨立審計)。

提供給 Golder Associates 有限公司的礦產儲量評估報告，預期將符合證券交易委員會第 7 號行業指導和加拿大國家標準(NI) 43-101 關於採用 CIM (2004)專門術語的要求。這些規定中沒發現任何例外情況。

Golder Associates 有限公司就 Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 的 2010 年 6 月 30 日礦產儲量報表進行了審計。由 Golder Associates 有限公司審計的礦產儲量以礦產資源量模型為基礎，並通過利用合理的成本、優化方案、礦山設計及合適的進度安排實踐而制定。Golder Associates 有限公司認可將礦產資源量變成礦產儲量所採用的流程。由於對有效礦物儲量進行了合理預測，這些流程對於公開披露的目的而言是合理的。報告的噸位和品位，採用根據文件中的成本和價格制定的合理經濟邊界品位。

下表中包括符合公開披露準確度水平的礦產儲量數據。



2010 年 6 月 30 日 Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 礦石儲量

礦山	類別	噸數(百萬)	% 鎳	% 銅	% 鈷
Ovoid 礦床	證明儲量	21.40	3.00	1.75	0.15
	可能儲量	3.20	0.66	0.38	0.03
	證明儲量+ 可能儲量	24.60	2.70	1.57	0.13

主要意見

- 現有露天開採方法適合於沃伊斯灣項目。
- 由岩土工程顧問定期進行審計。
- 由於 Vale 公司和紐芬蘭與拉布拉多省之間開發協議的限制，2013 年限制生產。
- 根據開發協定規定的限制，其開採速度適宜，且達不到預計產能的風險較低。
- 採礦進度設計所考慮的時間內，覆土、乾淨岩石、酸性岩石和尾礦的儲存能力充足。Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司定期進行水深測量。
- Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司對主要礦體和 Mini Ovoid 礦體相關地質情況研究程度較高。按照行業標準開展採樣，且相關數據可以被礦產資源量數據庫採用。該數據庫設計合理，且未發現任何錯誤。用於對鑽孔編碼和體積計算的線框模型合理。
- 礦產資源評估所採用的方法和流程是合理的，且礦產資源模型滿足礦產儲量評估所要求的標準。
- 安全統計證實了自從 2008 年以來，誤工傷害事故頻率和可記錄的總傷害事故概率呈改善趨勢。為降低這些事故率持續努力，是可持續發展的一個主要組成部分。
- Golder Associates 有限公司回顧了 2009 MRMR 開採進度表和相關假設條件。該方法符合開發協議的限制規定。
- 由於仍有冗餘產能，所以達到礦山和選廠的生產目標目前沒有明顯困難。短期可能需要利用冗餘產能。
- 鎳／銅混和限制因素明顯限制了選廠運營，且影響採礦工作高效進行。
-



目錄

3.0	沃伊斯灣.....	3
3.1	位置.....	3
3.2	所有權.....	4
3.3	土地使用權和採礦權.....	4
3.4	基礎設施.....	4
3.5	生產流程和產品.....	6
3.6	金屬回收率.....	15
3.7	市場.....	15
3.8	歷史生產.....	16
3.9	地質和礦床情況.....	16
3.10	勘探與開發鑽探.....	27
3.11	礦床採樣方法和數據管理.....	27
3.12	礦產資源量評估.....	31
3.13	礦產儲量評估.....	36
3.14	報告的礦產儲量.....	36
3.15	校正及儲量審計.....	36
3.16	環境.....	37
3.17	社區與政府事務.....	37
3.18	營運成本.....	38
3.19	資本成本.....	38
3.20	稅務.....	38
3.21	礦產儲量的經濟評價.....	39
3.22	礦山年限.....	41



表格

表 3-1: 採礦許可證有效期截止日期 (假定延期).....	4
表 3-2: 沃伊斯灣礦設備一覽表	11
表 3-3: 沃伊斯灣生產計劃 (Anderson 和 Wheeler, 2009)	12
表 3-4 : 2007 年至 2010 年 7 月 1 日的歷史產量 (每年數據截止於 12 月 31 日)	16
表 3-5 : 近鄰的模型與 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司普通克里格模型的比較	35
表 3-6 : 預計礦產儲量 (以百萬噸)	39
表 3-7 : VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司現金運營成本摘要	41

圖

圖 3-1:沃伊斯灣鎳礦項目位置圖	3
圖 3-2: 基礎設施位置圖.....	5
圖 3-3:沃伊斯灣礦露天採場設計和邊坡區域 (Anderson 和 Wheeler, 2009)	7
圖 3-4: 沃伊斯灣礦露天採場分期規劃 (Anderson 和 Wheeler, 2009)	8
圖 3-5:最終開採境界平面圖 (2009 MRMR 設計文檔, 2009 年 11 月)	10
圖 3-6 : 最終開採境界剖面圖 (2009 MRMR 設計文檔, 2009 年 11 月)	10
圖 3-7: 沃伊斯灣生產計劃 (Anderson 和 Wheeler 2009)	12
圖 3-8 : 主區段地質圖 (來源: Anderson 和 Wheeler, 2007)	17
圖 3-9 : 礦床平面圖 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)	18
圖 3-10 : 縱剖面圖 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007, 朝向東北)	18
圖 3-11 : Ovoid 礦體典型剖面 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)	21
圖 3-12 : Mini-Ovoid 礦體典型剖面 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)	22
圖 3--13 : 東南延伸帶剖面 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)	23
圖 3-14 : 東部深部礦床地質剖面示意圖 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)	25
圖 3-15 : Reid Brook 礦床地質剖面示意圖 (根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)	26
圖 3-16 : 浸染狀礦化線框 (綠色) 包含了大部分鎳品位高於 0.5%的礦化。注意未取樣的鑽孔數目。	31
圖 3-17 : Ovoid 塊狀硫化物礦床中鎳品位和銅品位的直方圖	33
圖 3-20 : VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司經營敏感度分析.....	40

Effective Date: June 30, 2010 年 6 月 30 日

報告編號: 10-1117-0032/3000



3.0 沃伊斯灣

3.1 位置

沃伊斯灣礦位於拉布拉多東北部海岸的半島上，北部是 Anaktalak 灣，南部是沃伊斯灣。最近的社區為東北約 35 千米處的 Nain，和東南約 80 千米處的 Natuashish。沃伊斯灣礦大約位於北緯 56°10'，西經 62°00'，範圍從 555150E 延伸至 556200E，以及從 6242550N 延伸至 6243450N (UTM NAD83 座標)。礦權區位於拉布拉多中南部的幸福谷-大雁灣以北約 330 千米，省會聖約翰市北北西方向約 900 千米(圖 3-1)。



圖 3-1: 沃伊斯灣錄項目位置圖

氣候

該地氣候屬於亞極地氣候，夏季較短，冬季較長。最冷的月份為一月和二月，其平均日溫度為-20°C 至-23°C。最熱的月份為七月和八月，其平均日溫度範圍為+8°C 至 +14°C。極端溫度範圍為-40°C 至 +32°C。沿海溫度受洋流影響比較溫和，不像內陸高原氣候一樣極端。冰雪至春季和夏季才融化。朝北的山坡於大半年間會殘留積雪，在土壤深度和熱量條件適宜的情況下常見間歇凍土。



3.2 所有權

Vale 公司通過其全資子公司 Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司，持有沃伊斯灣項目的 100% 股份權益。

3.3 土地使用權和採礦權

爲了能夠聲明礦產資源量和礦產儲量，Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司必須擁有相應租約的權益，從而能夠對礦山進行勘探與開採。

必須持有由安大略省頒發的採礦許可證才能對特定地塊進行勘探。該省已向 Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司頒發了 9 個採礦許可證，由總共 1,978 個礦權區組成 (49,450 公頃)。如圖 3-8 所示，這些許可證包含沃伊斯灣項目的主要礦權區段（「主區段」）。頒發的採礦許可證有效期爲 5 年，且可擴展至額外三個 5 年的延續期，總共爲 20 年。

假定採礦許可證已成功延期，則採礦許可證編號和有效期截止日期詳見如下 (表 3-1)：

表 3-1: 採礦許可證有效期截止日期
(假定延期)

許可證	有效期截止日期
6866M	2014 年 3 月 21 日
6867M	2014 年 3 月 21 日
6870M	2014 年 11 月 7 日
9143M	2014 年 3 月 21 日
9528M	2014 年 3 月 21 日
9534M	2014 年 3 月 21 日
9538M	2014 年 3 月 21 日
9582M	2014 年 3 月 21 日
9584M	2014 年 3 月 21 日

到目前爲止，已完成的評估工作足以能維持採礦許可證直到 2010 年（許可證延期費用支付至 2010 年）。需要開展額外評估工作從而持有採礦許可證，直至達到有效期截止日期爲止。Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司在維持沃伊斯灣場地所需採礦許可證當中，沒有預見任何問題。該採礦許可證並未經法律調查。這些許可證的位置以地理座標限定。



3.4 基礎設施

在礦區已建造了服務礦山的永久性港口設施。一條永久性飛機跑道是沃伊斯灣礦山／選礦廠的支持設施，可運輸貨物和人員進出礦區。

沃伊斯灣礦山／選礦廠位置偏遠。最初，該區域內沒有任何基礎設施，例如公路或電力。為開發和運營沃伊斯灣礦區建設了大量基礎設施工程。Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司目前擁有並在運營下列設施 (見圖 3-2):

- 大量進出道路;
- 一個 1,600 米長的礫石表面飛機跑道，並具有邊緣照明和輔助設備；
- 住宿區有大約 300 間單人間臥室、餐廳及娛樂設施；
- 服務區包括設備維護車間和倉庫，男／女礦山更衣間以及行政辦公室；
- 安裝有容量為 23.5 兆瓦的柴油火力發電廠，以通過架線配電系統向礦區供應電力；
- 通信系統；
- 礦山和選廠的飲用水供應系統；
- 通過泵站設施和選礦廠周圍的消防管道從 Camp 蓄水池供應淡水／消防用水；
- 利用回收泵駁從尾礦庫回收選礦用水；
- 礦區廢水的處理與排放系統，包括水處理廠、與通往港口的道路平行的排水管道以及排放擴散器。



圖 3-2: 基礎設施位置圖

礦區沿 Anaktalak 灣的東南海岸線延伸，包括如下設施：

- 精礦接收站、一條皮帶運輸系統、175,000 噸的精礦儲存庫和回收運輸機；
- 裝船機，冬季和夏季裝船效率都能達到 1,500 噸／小時；
- 板樁格籠碼頭；
- 集裝箱和散貨接收與儲藏區；
- 柴油燃料卸貨、儲藏槽區域和卡車裝貨設施；及
- 暴雨徑流收集系統和沉降池。

沃伊斯灣礦山／選礦廠港口設施位於 Anaktalak 灣東南海岸，距位於 Edward 海灣的選礦廠區約 11 千米，用於把鎳和銅精礦裝上遠洋船舶，以及裝卸一般貨物和消費品。港口設施在夏季和冬季均可使用，且這些系統和設備適於在寒冷季節操作使用。

運營人員乘坐飛機進出礦區。需要少量空運運輸易腐貨物和緊急零配件。

大多數運入礦區的貨物 and 所有運出貨物都通過定期海運航線進行。鎳精礦全年運輸，除了大約六週的兩段時間沒有航線。銅精粉和燃料只在無冰期進行運輸。



3.5 生產流程和產品

採礦

採礦模型

計劃採礦方法的適當性

目前，採用傳統的穿孔爆破、鏟裝運輸的露天開採方法來開採 Ovoid、Mini-Ovoid 和東南延伸礦體。開採礦物分為四類：

- 表土；
- 乾淨廢石（不產生酸的礦物）；
- PAG 廢料（低於邊界品位可能產生酸的礦物，需要盡快存儲在水下以防止氧化）；
- 礦石（目前在計劃中，未將高品位銅區域分出來）。

分別將表土和乾淨廢石單獨堆存在露天採場附近，其中表層土將用於環境恢復。PAG 廢料被運至上游源頭水池中，最終傾倒入水中。

露天開採方法被認為適用於目前的沃伊斯灣礦床（Ovoid 礦體、mini-Ovoid 礦體和東南延伸礦體）：

- 在該深度下普遍採用露天開採方法（地表以下 150 米以上）；
- 2009 MRMR 較低的剝採比（0.90 噸廢石／噸礦石）；
- 較高的礦產資源回收率；
- 地面基礎設施已經到位（堆場、排水設施）；
- 已購買的設備；及
- 滿足目前和未來選廠原料配礦生產需要的靈活性。
- 目前，廢棄採礦的首選方案是在開採結束時讓採場充水。

目前採用的露天開採礦開採方法適合沃伊斯灣。

礦山設計的地質技術參數

露天坑設計

圖 3-3 呈現了最終的露天坑設計。



圖 3-3: 沃伊斯灣礦山設計和邊坡分區 (Anderson 和 Wheeler, 2009)

露天坑設計是基於 Datamine 的淨現值調度軟件生成的殼模型，其中應用了以下設計參數：

- 來自 Call & Nicholas 公司的邊坡參數 (CMI, 2003)；
- 露天礦台階高度為 7.5 米，雙階段高度為 15 米；
- 坡道寬度為 25 米，斜度為 8%；
- 一、二和三階段底部的 22.5 米採用 15 米坡道寬度，斜度為 10%；及
- 四階段底部的 37.5 米採用 15 米斜坡寬度，斜度為 10%。

圖 3-4 描述了這些開採階段。

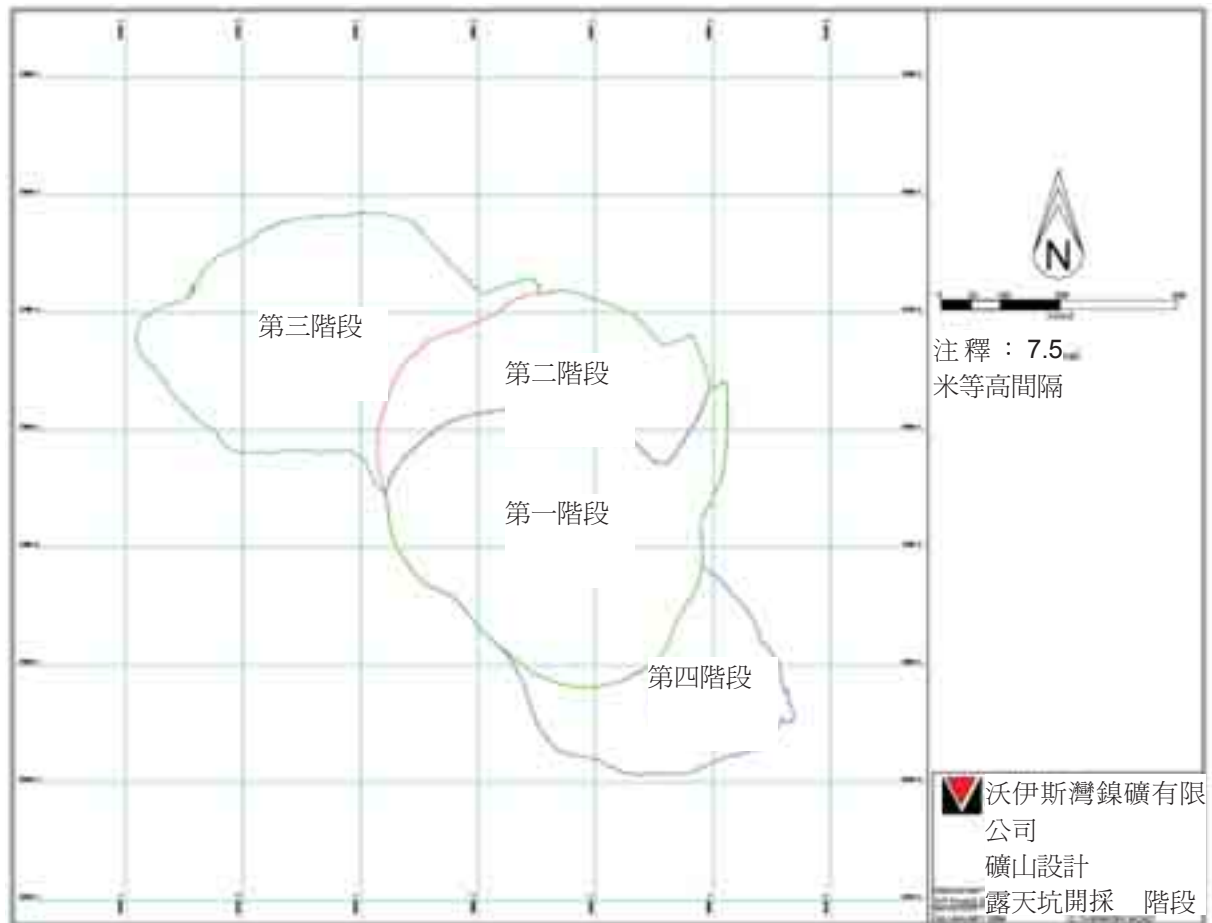


圖 3-4: 沃伊斯灣露天坑的開採階段 (Anderson 和 Wheeler, 2009)

Piteau Associates 有限公司 (PA, 2008) 於 2008 年開展了第三方地質技術調查。當時他們基本同意 CNI 2003 的建議，但是建議採用雙台階開採，以便獲得足夠寬的安全平盤。現已實施該方案，且已獲得一定意義上的成功。

Golder 被選中於 2010 年開展第三方地質技術調查；目前尚未進行實地考察。

儘管 Golder 於 2010 年 7 月 5 日至 8 日進行實地考察期間獲得的目測觀察結果未發現邊坡存在明顯破壞，但是在未來需要注意在 mini-ovoid 露天坑內的一處區域（見圖 3-1），沿節理的脫落影響安全平盤。

多處存在滲水（見圖 3-2）可能導致冰凍／融雪週期的岩石崩落。Golder 被告知有一套應對方案且目前正在實施，目的在於攔截來自於通往 GPS 採石場道路上的水。

自開始運營以來，Vale 未報告出現明顯破壞。在最終邊坡上進行了預剪切。儘管目視監測是最主要的控制手段，但是已設立測量點並每天進行監測。



圖 3-1 : Mini-Ovoid 礦體露天坑邊坡剝落 (2010 年 7 月 5 日)

2022 年將達到 2009 MRMR 的最終露天坑設計，如圖 3-5 和圖 3-6 所示。

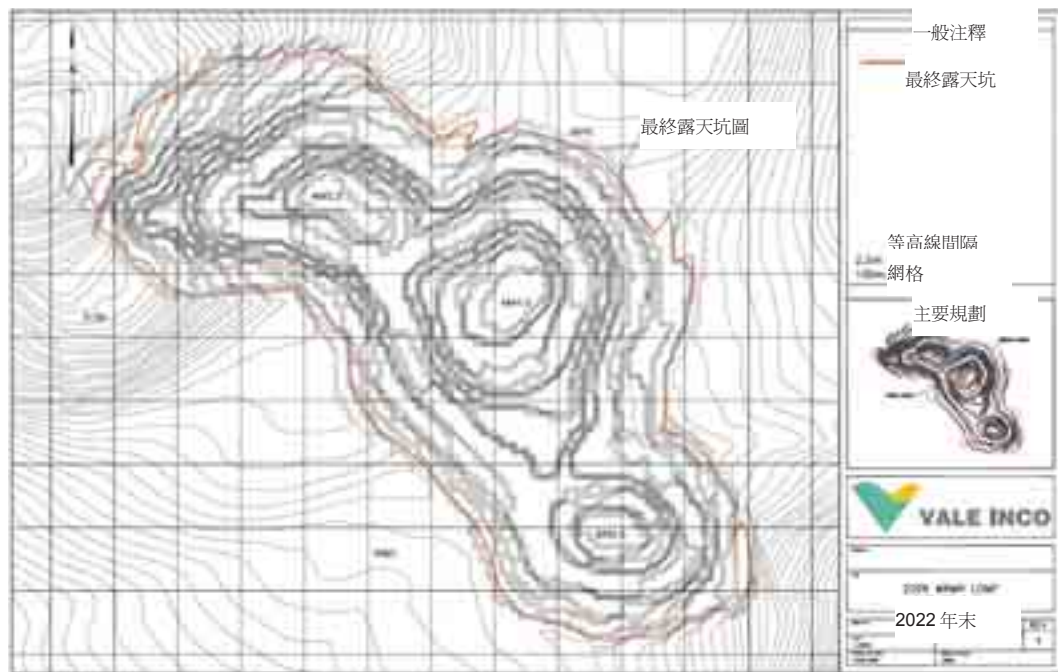


圖 3-5:最終露天坑設計平面圖 (2009 MRMR 設計文檔, 2009 年 11 月)

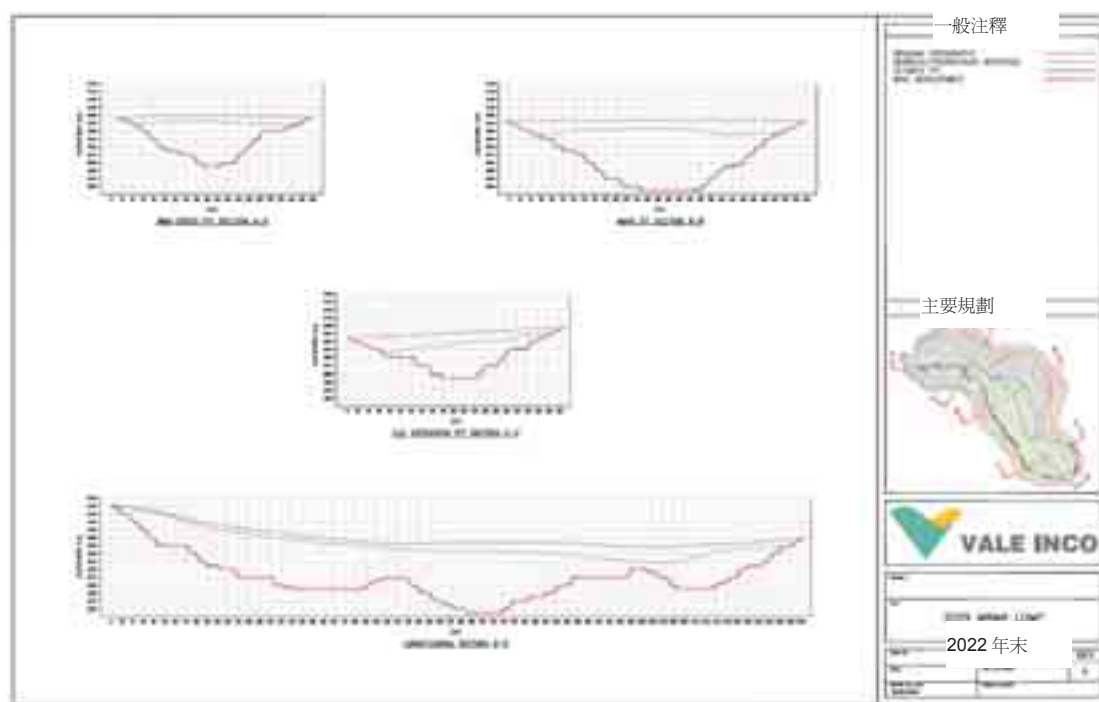


圖 3-6 : 最終露天坑設計剖面 (2009 MRMR 設計文檔, 2009 年 11 月)



定期請地質技術顧問到現場進行調查以便審計。2010 年的審計將由 **Golder** 進行。

廢石排土場

表土堆

紐芬蘭地質科學有限公司於 2004 年完成設計，以及對表土和乾淨岩石堆的地質技術評估，於 2005 年完成對表土堆設計的重新評估。在實地考察期間未發現明顯的剝落。

乾淨廢石堆

目前乾淨廢石堆中未包含太多礦物，約為設計容積的 20%。

PAG 廢石堆

PAG 廢料暫時堆存在露天坑輪廓線以內，隨後將搬至上游源頭池中，以便最終傾倒進水下，從而避免氧化。將在同一個池中排放 PAG 和來自選礦廠的尾礦。

定期請地質技術顧問到現場進行調查以便審計。2010 年的審計將由 **Golder** 進行。

採礦設備

表 3-2 列出了主要設備。

表 3-2: 沃伊斯灣露天坑設備一覽表

項目	數量	型號
鏟裝機械		
11 立方米	1	EX 1900 前裝電鏟（日立）
9 立方米	1	992 裝載機（Caterpillar）
	1	385BL 挖掘機（Caterpillar）
	1	345B 挖掘機（Caterpillar）
礦車		
90 噸	4	777D（Caterpillar）
鑽機		
165 毫米	2	SKF9 生產鑽機（Reeddrill）
89 毫米	1	SD250 液壓鑽機（Reeddrill）
輔助設備		
	1	775 灑水車（Caterpillar）
	3	D9R 履帶推土機（Caterpillar）
	1	824G 輪式推土機（Caterpillar）
	1	16H 平地機（Caterpillar）



在類似的（深度、運距和生產量）情況下，世界各地廣泛使用這種卡車和電鏟／轉載機的設備組合。CAT 777D 和 CAT992/EX 1900 適用於設計台階高度，能滿足尺寸需要。輪式裝載機由於便於在不同的工作面之間移動，所以與電鏟配合使生產更加靈活。

設備數量較少，但是對於該礦有限的生產量來說是合適的。所選擇的設備適合於台階高度、生產情況和生產需要。設備運行小時分析表明存在冗餘產能。這使實現生產計劃比較有把握。

生產速度

2009 MRMR 生產計劃是建立在 Vale 和 Vale Inco 紐芬蘭拉布拉多有限公司（VINL）之間的開發協議中的約束條件的基礎之上。這些約束條件影響了鎳精礦的產量和開採速度。前十年的運營中，選廠原礦平均開採速度不得超過 2200000 公噸／年（6000 噸／天），之後的平均開採速度不得超過 5500000 公噸／年（15000 噸／天）。

生產計劃



表 3-3 和圖 3-7 中表現了 2009 MRMR 的生產計劃。

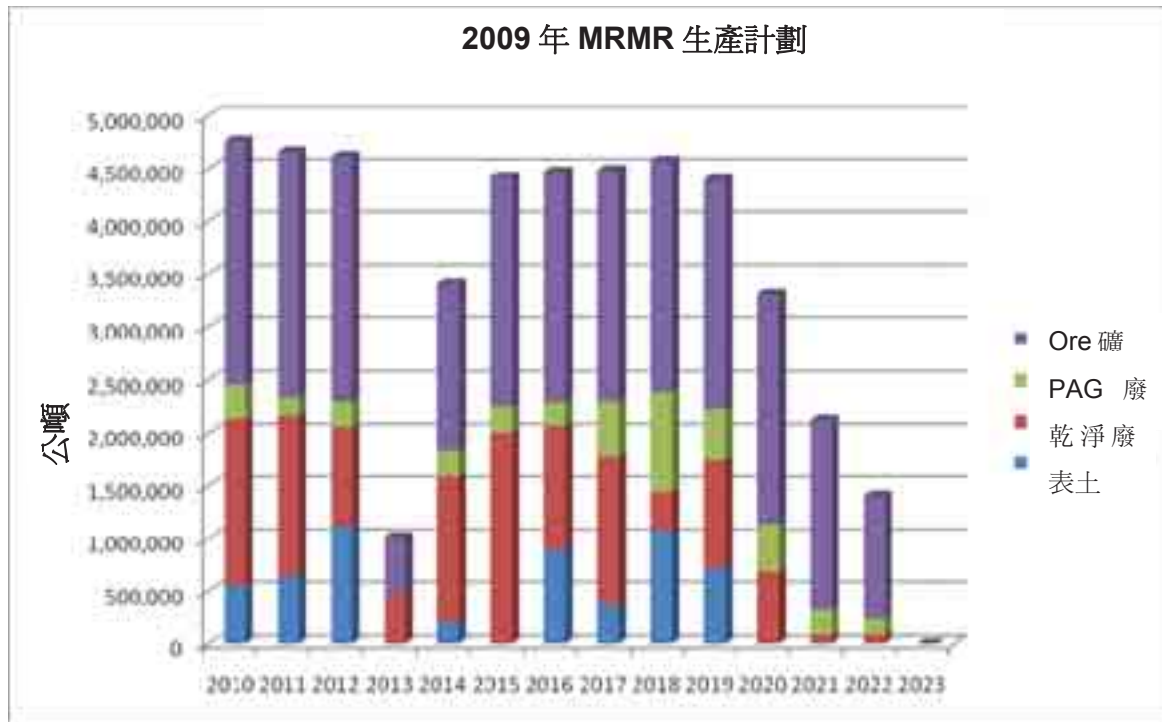


圖 3-7: 沃伊斯灣 生產計劃 (Anderson 和 Wheeler 2009)



VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司審計報告

表 3-3: 沃伊斯灣生產計劃 (Anderson 和 Wheeler, 2009)

月份	表土 (公噸)	乾淨廢石 (公噸)	PAG 廢石 (公噸)	礫石 (公噸)	總計 (公噸)	選廠進料品位			
						Ni%	Cu%	Co%	S%
一月	0	181,684	0	204,811	386,495	3.15	1.95	0.143	27.7
二月	0	177,843	0	200,795	378,639	3.01	2.29	0.142	27.4
三月	32,676	172,917	0	209,876	415,469	3.12	2.04	0.138	26.9
四月	38,928	189,962	0	146,361	375,252	3.27	1.7	0.156	29.6
五月	99,892	66,259	0	199,154	365,305	3.27	2.48	0.144	28.3
六月	95,396	71,400	64,650	193,508	424,953	3.25	2.26	0.141	28.5
七月	154,261	14,700	64,650	211,356	444,967	3.09	2.34	0.145	29.3
八月	0	204,056	64,650	189,824	458,530	3.15	2.03	0.152	28.4
九月	0	147,000	64,650	193,401	405,051	3.19	2.05	0.151	29.7
十月	35,466	116,740	64,650	203,413	420,268	3.09	1.84	0.148	28.4
十一月	58,210	113,400	0	157,408	329,019	3.04	1.65	0.139	26.7
十二月	42,682	121,800	0	196,318	360,800	3.12	1.69	0.145	27.6
總計	557,511	1,577,762	323,250	2,306,226	4,764,748	3.14	2.04	0.145	28.2
Q1 2011	0	580,684	0	605,160	1,185,844	3.14	1.62	0.157	28.9
Q2 2011	263,621	277,593	35,831	555,386	1,132,431	3.1	1.66	0.153	28.4
Q3 2011	368,715	190,260	107,493	599,749	1,266,217	3.08	1.88	0.152	28.4
Q4 2011	7,573	478,850	35,831	549,896	1,072,150	3.09	1.71	0.152	28.3
Total 2011	639,909	1,527,386	179,155	2,310,192	4,656,642	3.1	1.72	0.15	28.53
Q1 2012	0	529,537	0	600,041	1,129,578	2.96	2.12	0.141	28.2
Q2 2012	344,395	152,047	49,260	536,888	1,082,591	2.94	2.05	0.137	26.2
Q3 2012	317,400	219,828	147,781	601,622	1,286,631	3.24	1.99	0.157	29.6
Q4 2012	459,183	37,800	49,260	568,055	1,114,299	3.2	1.97	0.142	26.9
Total 2012	1,120,979	939,212	246,302	2,306,607	4,613,099	3.09	2.03	0.14	27.8
Q1 2013	0	475,300	0	537,760	1,013,060	3.08	2.03	0.145	27.1
Q2 2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3 2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total 2013	0	475,300	0	537,760	1,013,060	3.08	2.03	0.14	27.1
Q1 2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q2 2014	207,567	334,534	49,228	543,682	1,135,011	2.8	1.63	0.132	24.6
Q3 2014	0	520,538	147,687	559,625	1,227,850	2.73	1.54	0.138	25.4
Q4 2014	0	529,200	49,229	463,464	1,041,893	2.78	1.53	0.142	25.4
Total 2014	207,567	1,384,272	246,144	1,566,770	3,404,754	2.77	1.57	0.14	25.14
2015	0	2,011,800	240,721	2,168,045	4,420,566	2.8	1.62	0.135	24.2
2016	902,138	1,169,960	226,695	2,171,227	4,470,020	2.77	1.59	0.141	25.4
2017	371,163	1,408,114	527,744	2,176,330	4,483,352	2.71	1.63	0.135	24.6
2018	1,072,645	375,278	945,561	2,175,275	4,568,759	2.69	1.52	0.133	23.3
2019	726,931	1,022,638	479,891	2,167,452	4,396,912	2.79	1.55	0.141	24.3
2020	0	684,503	447,639	2,177,992	3,310,133	2.65	1.41	0.137	23.5
2021	0	97,179	230,874	1,798,039	2,126,092	2.08	1.03	0.107	18.5
2022	0	98,759	145,782	1,163,092	1,407,632	0.7	0.43	0.036	5.7
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009 MRMR	5,598,843	12,772,163	4,239,756	25,025,006	47,635,769	2.71	1.58	0.13	24.17

Effective Date: June 30, 2010 年 6 月 30 日

報告編號: 10-1117-0032/3000



2013 年產量有限的原因在於附加在現有開發協議中的約束條件。

對於開發協議施加的約束條件，開採率比較合理；從採礦的角度來看，未能實現產量目標的風險較低。在第 3.22 節中將進一步討論該問題。

礦山服務

Golder 審查了由 AMEC 於 2009 年 7 月 2 日準備的沃伊斯灣審計最終草案的第 4.5 節，並同意其內容、結論和建議。通過實地考察以及與現場工作人員的交流，證實了所發現的情況。Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 希望通過使堆場和現有地形之間更好的吻合，優化乾淨廢石的排棄方案。

由 AMEC 制定的礦物平衡方案中總結該礦的設計容積合理。Golder 認為該觀點正確。

在礦區內的排水管理與 2004 年 9 月 Golder 制定的「沃伊斯灣項目排水管理計劃報告」中的設計一致。地表徑流是礦區主要的水源，因此通過露天坑周圍的溝渠來截水是關鍵工作。必須保持該系統的有效運行。在採礦期間，邊坡觀察到了滲水（見圖 3-2），這需要改善。



圖 3-2：Ovoid 露天坑滲水（2010 年 7 月 5 日）

考慮到 Ovoid 露天坑目前的進水量，認為利用露天坑內的集水坑來排水的做法比較合理。這會改善某些地區的滲水情況，以節約運營成本，並降低地面穩定性風險。

採礦進度設計所考慮的時間內，覆土、乾淨岩石、酸性岩石和尾礦的儲存能力充足。上游源頭水池用來存儲尾礦和 PAG 廢石。

Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 定期開展水深測量，以確保有足夠的存儲能力，應持續進行這項工作。



品位控制

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 根據砲孔樣本，將礦物進行混合和分離。當混合物中含銅量大於 3% 時，選礦機將出現問題。根據與現場工作人員的交談，我們發現這種方法似乎是成功的。此外，還採用品位控制界定礦石／廢石，並將乾淨岩石與 PAG 區分開來。

爆破孔採樣尤其困難，只有當理解了爆破孔隆起且無視覺接觸時，從每個鑽孔獲得的品位數據才有意義。在實地考察階段觀察到的岩屑似乎比普通的更細，這表明碎屑停留在了鑽孔的底部，直至其被研磨成壓縮空氣可提升的尺寸；這可能導致鑽孔內的明顯混合。椎體的矩形狀表明，顆粒與邊緣之間產生了碰撞，因而導致進一步的混合。此外，樣本礦物包含了來自二次鑽探中的礦物。將此類材料包含在內導致的「錯誤」可能相當大，這取決於樣本的切割方式。

3.6 金屬回收率

■ 銅和鎳的選廠回收率是基於研磨模型，其中更新了一些參數，以便與 2009 年的生產計劃相匹配。鈷和貴金屬的回收率是基於為 2009 年生產計劃制定的參數。若計算的選廠回收率超過了正常的運營參數，那麼將對上限進行調整，以達到合理的回收率。熔煉和精煉回收率也是基於 2009 年生產計劃中的參數。根據該模型中分離出的銅精粉品位 45%。

3.7 市場

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 在每個生產階段將生產出不同的產品。在第一階段，將生產出兩種鎳精礦和一種銅精礦。鎳精礦中也將含有鈷。在第二階段，將採用 Vale 設計的 Hydromet 流程，從沃伊斯灣中生產出電解鎳。在此階段將繼續生產銅和鎳精礦。

鎳精礦

在沃伊斯灣生產了鎳精礦，以便運輸至 Vale 現有的工廠。在位於省內 Long Harbour 完成新的處理設備安裝之後，將把這些精礦運輸至此地，進一步加工。此產品將適合在世界範圍內許多鎳精煉廠中使用。

目前，鎳精礦運輸至 Vale 現有工廠，直接由 Vale 工廠或通過 Vale 在韓國和台灣的合資企業，製成廣泛用於各領域的電解鎳球，或製成用於不銹鋼的燒結氧化鎳。

電解鎳

在第二階段生產的電解鎳是應用極為廣泛的一等鎳產品，考慮到位於 Long Harbour 的加工廠的位置，通過 Vale 的行銷網路，可將這些鎳產品銷往加拿大、美國、歐洲和亞洲。

銅精礦

銅精礦市場已相當成熟，在世界範圍內已有大量客戶冶煉廠。沃伊斯灣的銅精礦被運往加拿大、美國、歐洲和亞洲的精煉廠。



3.8 歷史生產

表 3-4 顯示了 2007-2009 年（年終）三年期間沃伊斯灣礦的礦山產量和平均品位。圖中也顯示了 2010 年上半年的產量，以便進行比較。

表 3-4：2007 年至 2010 年 7 月 1 日的歷史產量（一年結束於 12 月 31 日）

統計	單位	2007	2008	2009	2010 上半年
VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司（VINL）的產量（Ovoid 礦體）					
噸位	('000t 乾噸)	2,147	2,385	990	372
鎳品位	(%)	3.74	3.50	3.20	3.48
銅品位	(%)	2.47	2.38	2.57	2.42

2009 年 8 月，由於拒絕一項三年集體漲薪協議，沃伊斯灣礦開始罷工，使 2009 年產量和 2010 上半年產量顯著降低。在 2010 年第一季度期間，Vale 沃伊斯灣 Ovoid 礦和選廠（向 Vale 在湯普森、馬尼托巴省、薩德伯裏和安大略省的工廠供應鎳精礦，向歐洲客戶供應銅精礦）重新啟動生產。

3.9 地質和礦床情況

本部分的基本資訊選自 2009 年 7 月 2 日 AMEC「沃伊斯灣審計報告」。可能進行了較小的修改，並酌情添加了說明。

區域地質情況

沃伊斯灣鎳-銅-鈷硫化物礦床與侵入太古代和元古代片麻岩的鎂鐵質侵入體有關。包圍礦床的鎂鐵質侵入體源於約 13-14 億年前。鎂鐵質侵入體表現為與侵入岩脈相連的礦房。

礦床出現在三種構造情況：1）在礦源侵入岩脈的交匯處的岩漿礦房底部的浸染狀和塊狀硫化物礦化；2）礦源侵入岩脈中的塊狀和浸染狀硫化物；3）侵入岩脈圍岩中的塊狀硫化物脈和透鏡體。

平均而言，塊狀硫化物中包含約 10-15%的鎳黃鐵礦、5-15%的黃銅礦和 70-85%的磁黃鐵礦。一些礦床內包含大量的隕硫鐵和方黃銅礦。

局部地質情況

主區段基岩以太古代 Nain 省和早元古代 Churchill 省的變質岩為代表。Nain 省的岩石包括中等至強混合岩化、等斜褶皺的石英-長石質片麻岩、少量變質沉積岩質、角閃岩質及斜長岩質礦物。接近礦床的 Churchill 片麻岩包括相同比例的石英-長石質副片麻岩和石榴石，局部含石墨質和硫化副片麻岩，兩者構成較大的岩性單元-Tasiuyak 片麻岩（圖 3-8）。

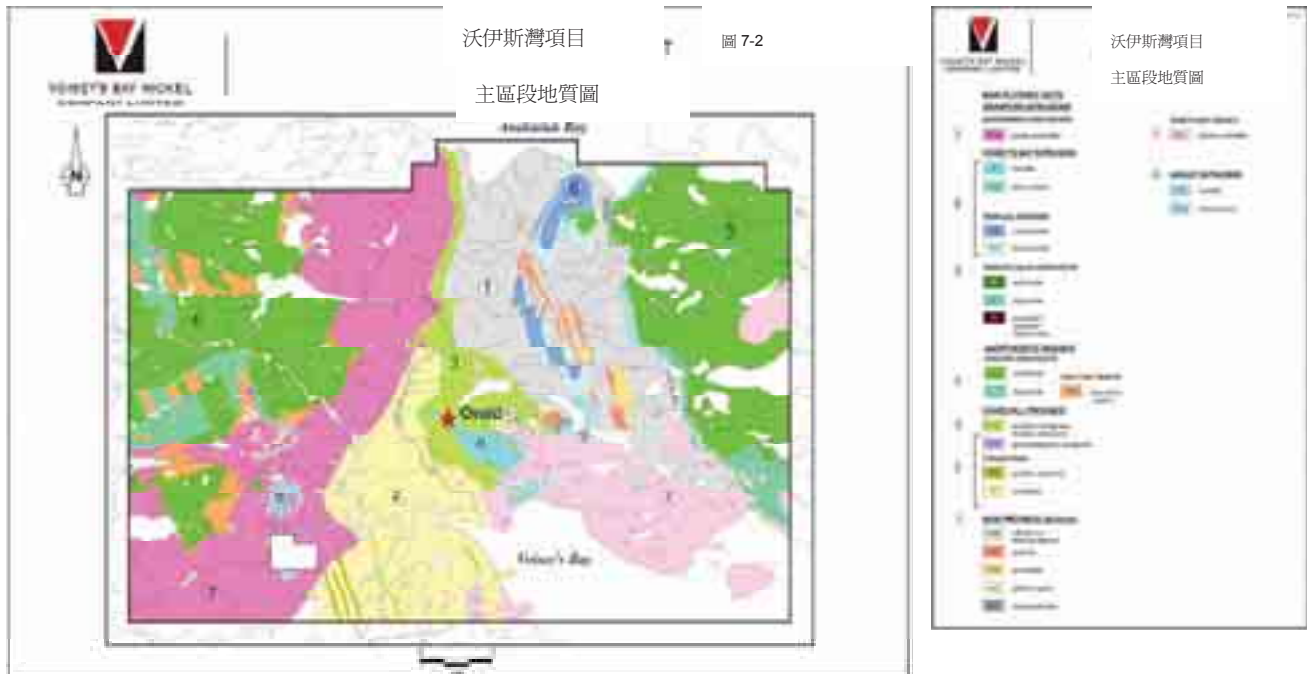


圖 3-8：主區段地質圖（來源：Anderson 和 Wheeler，2007）

Tasiuyak 片麻岩被中元古代 NPS 岩石和早元古代正片麻岩侵入，其中後者形成了含正輝石的英雲閃長岩，賦存於礦床區域內碰撞縫合線附近。鐵鎂質沃伊斯灣侵入體(VBI)、Ashley 侵入體和 NPS 的 Mushuau 侵入體主要含有橄欖輝長岩和橄長岩，以及數量不等的淺色橄長岩、暗色橄長岩、橄欖蘇長岩、輝長蘇長岩和鐵閃長岩。早元古代正片麻岩包圍了將由露天採場進行開採的礦床。NPS 侵入體形成了基本為平伏狀、相對未變形的岩板，分為四種不同的岩性：鈣長石、鐵閃長岩、橄長岩和花崗岩。

VBI 侵入體

1338 Ma VBI 為沃伊斯灣礦床的圍岩，呈三個主要侵入體：東部深部，大型的東向傾狀橄長岩礦房；橄長岩侵入岩脈，也被稱為礦源岩脈；西部深部橄長岩礦房（圖 3-9 和圖 3-10）。供礦岩脈連接著兩個礦房。

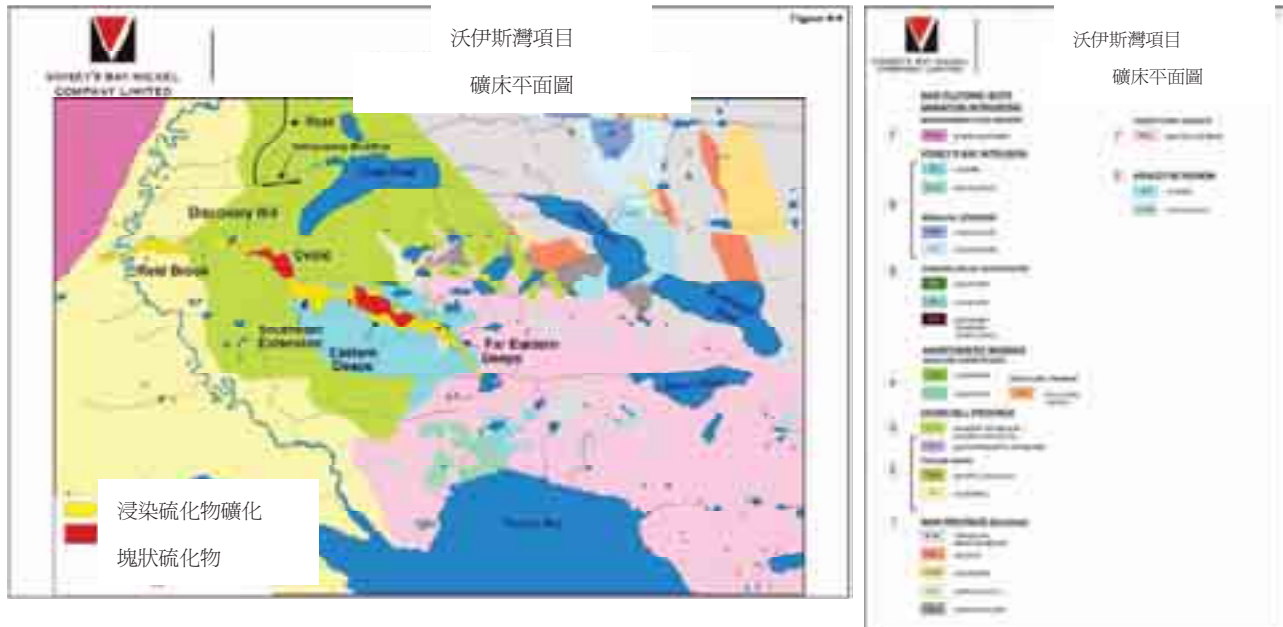


圖 3-9：礦床平面圖（根據 Anderson 和 Wheeler，2007）

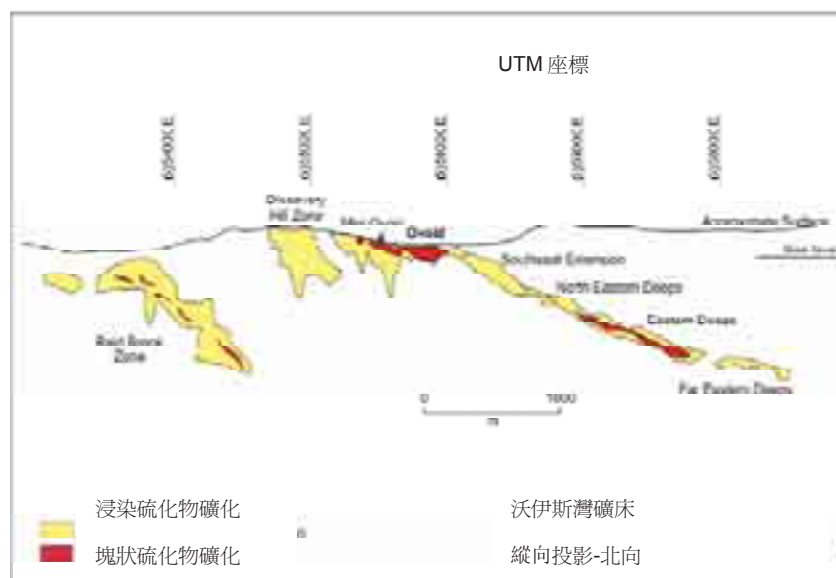


圖 3-10：縱向剖面（根據 Anderson 和 Wheeler，2007，朝向東北）

供礦岩脈作為薄平伏體向北延伸至東部深部礦房，隨後向西逐漸變為傾向向北，傾角逐漸變大，最終倒轉至傾向向南的急傾斜狀。Ovoid 礦床、Mini-Ovoid 礦床和 Discovery Hill 礦床賦存於傾向向北急傾斜的部分，而 Reid Brook 礦床賦存於傾向向南的部分。最終通到西部深部礦房的「導管」位於 Reid Brook 礦床之下約 1000 米深處。



VBI 橄長岩堆積岩的主要特徵是積雲晶橄欖石和斜長石比例的變化情況、積雲晶間礦物（如斜輝石、角閃石和黑雲母）的數量以及硫化物和外來捕獲體的存在情況。由斜長石±橄欖石堆積岩構成的橄欖輝長岩賦存於供礦岩脈內，有時候作為 **VBI** 和圍岩之間的接觸面上的邊緣相而出現。細粒的鐵閃長岩或者鐵輝長岩也賦存於供礦環境中。

沃伊斯灣礦化體主要被普通橄長岩之下的不同結構的橄長岩包圍。這些岩石含有至多 **25%** 的片麻岩包體和數量不等的細粒浸染狀至斑點狀偉晶岩硫化物。不同結構的橄長岩賦存於東部深部礦房的底部和供礦岩脈較寬的部分中。

以含包體的橄長岩為代表的底部（或供礦）角礫岩賦存於東部深部礦房的底部、供礦岩脈的交匯處、供礦岩脈中以及 **VBI** 和圍岩之間的接觸面上。

硫化物類型

沃伊斯灣內的主要硫化物礦化有四種類型：塊狀、豹紋結構、基底角礫岩和各種橄長岩內的浸染狀。後三種類型為互層狀，在地質模型中統一歸類為浸染狀硫化物。塊狀和浸染硫化物範圍接觸分明，互層情況很少。

Ovoid 和 **Mini-Ovoid** 礦床內的塊狀硫化物累計含有超過 **75%** 的硫化物，其中包含了磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦、黃銅礦、方黃銅礦和磁鐵礦。此外，還出現了微量的方鉛礦、閃鋅礦、銀-鎳黃鐵礦和四方硫鐵礦。方黃銅礦呈分散的顆粒和黃銅礦內的出溶紋。粗粒（**1-2 釐米**）的鎳黃鐵礦普遍存在於 **Ovoid** 和 **Mini-Ovoid** 礦床內，通常作為較大磁黃鐵礦晶體周圍部分或完整的輪圈或「環」而出現，或者呈黃銅礦內侵蝕狀顆粒，或者呈磁黃鐵礦內的小「眼睛」和出溶紋。

磁鐵礦也出現在 **Ovoid** 礦床中部大部分區域內，含量 **10-15%**，但在下盤接觸面附近此含量顯著下降至 **3%-10%**。磁鐵礦形成了直徑為 **1-5 毫米** 的半形至似變形蟲形的晶體。據報告，含量為 **20-40%** 的不規則粗粒磁鐵礦孤立富集體主要在 **Ovoid** 礦床的中部。

豹紋結構（或網狀結構）硫化物指所有強礦化網狀結構硫化物礦化體，其中磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦基質賦存於主要積雲晶矽酸鹽、斜長石和橄欖石的間隙內。硫化物的比例介於 **20% -50%** 之間。豹紋結構硫化物的礦物學特性與相鄰的塊狀硫化物類似。

與前面兩種類型相比，基底角礫岩礦化更加多變，它包括較小的透鏡體或者塊狀硫化物脈體、豹紋結構硫化物脈體和硫化物斑點，以不同比例賦存於片麻岩、橄長岩、暗色橄長岩和超鎂鐵質岩石的間隙內。基底角礫岩內硫化物的礦化與相鄰塊狀硫化物的礦物學特性類似。

第三種浸染狀結構對應於不同結構橄長岩內的浸染狀硫化物。在這種結構類型中，不同結構橄長岩層序下部硫化物的比例高達約 **25%**，但是上部硫化物的比例通常會逐漸下降。硫化物以兩種形式出現，最常見的是不規則斑點狀硫化物，與粗粒矽酸鹽互生，直徑為 **10-30 釐米**；另一種是不同中等粒度橄長岩內浸染硫化物的不規則斑塊。

礦化形成後的侵入和構造

所有基岩單元都被 **NPS** 年輕的花崗岩入侵（**Makhavinekh** 和沃伊斯灣花崗岩），含有中至粗粒二長岩、石英二長岩、正長岩和花崗岩所組成的板狀岩體。前者為環斑結構，含有豐富的卵形長石，後者為半自形結構，含局部發育的環斑結構。主區段東半部分常見的可能與延伸構造有關的東西走向的斷層和節理，是主區段地質的主要特徵。儘管在礦化帶內未記錄有較大斷錯，其中一些構造顯示出了明顯左旋位移。



礦山地質

Ovoid、Mini-Ovoid 和東南延伸礦床

Ovoid (圖 3-11) 和 Mini-Ovoid 礦床沿著西北軸線在形成了 800 米長的狹長的蝌蚪狀特徵，最大寬度為 350 米，西北端的寬度降至不到 50 米。Ovoid 礦床的最大垂直深度接近 120 米。供礦岩脈形成了不完整的邊緣表層，厚度從 0-20 米不等，為網狀至豹紋狀含浸染的硫化物的礦化橄長岩和基質角礫岩，包圍在塊狀硫化物核心周圍，直徑大約為 350 米，厚度達 120 米。

隨該礦床向西延伸其形狀會變得更加狹長或者呈槽形，過渡至岩脈狀的 Discovery Hill 礦床，在此它被稱為 Mini-Ovoid 礦床 (圖 3-9)。橄長岩侵入體和硫化物礦床的特徵為具有更完整的剖面。在侵入的上層或者北部邊緣發現了未礦化的輝長岩至橄長岩礦物，位於與上覆片麻岩的冷凝接觸帶內，或是作為侵入體角礫岩和片麻岩碎屑。

越向下硫化物的含量越高，直至網狀和豹紋狀橄長岩為主的區域，主要包括細粒、網狀和豹紋狀硫化物。一個大型塊狀硫化物透鏡體佔據了 Mini-Ovoid 礦床的中央部分。Mini-Ovoid 礦床的底部聚合成為供礦岩脈，此處傾向向北傾角約為 70 度。

東南延伸 (圖 3-10) 是介於 Ovoid 礦床和東部深部礦床之間厚度為 50-100 米的變化礦化帶 (圖 3-11)，在 Ovoid 礦床東南端出現隱伏出露，向西傾伏至 450 米的深度。Ovoid/Mini-Ovoid 和東南延伸帶礦床被厚度為 15 米至 20 米的鬆散冰川和海洋沉積層所覆蓋。

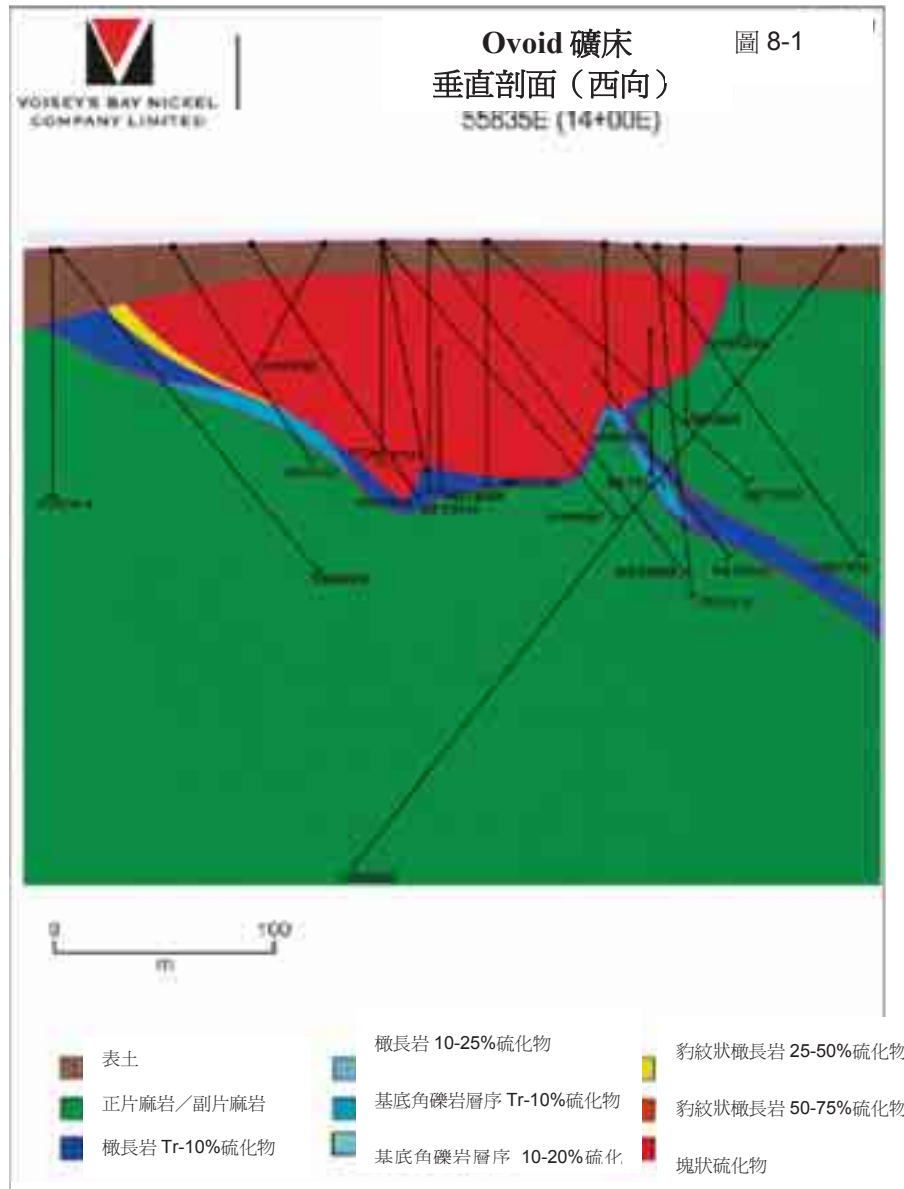


圖 3-11 : Ovoid 礦床典型橫剖面 (根據 Anderson 和 Wheeler , 2007)

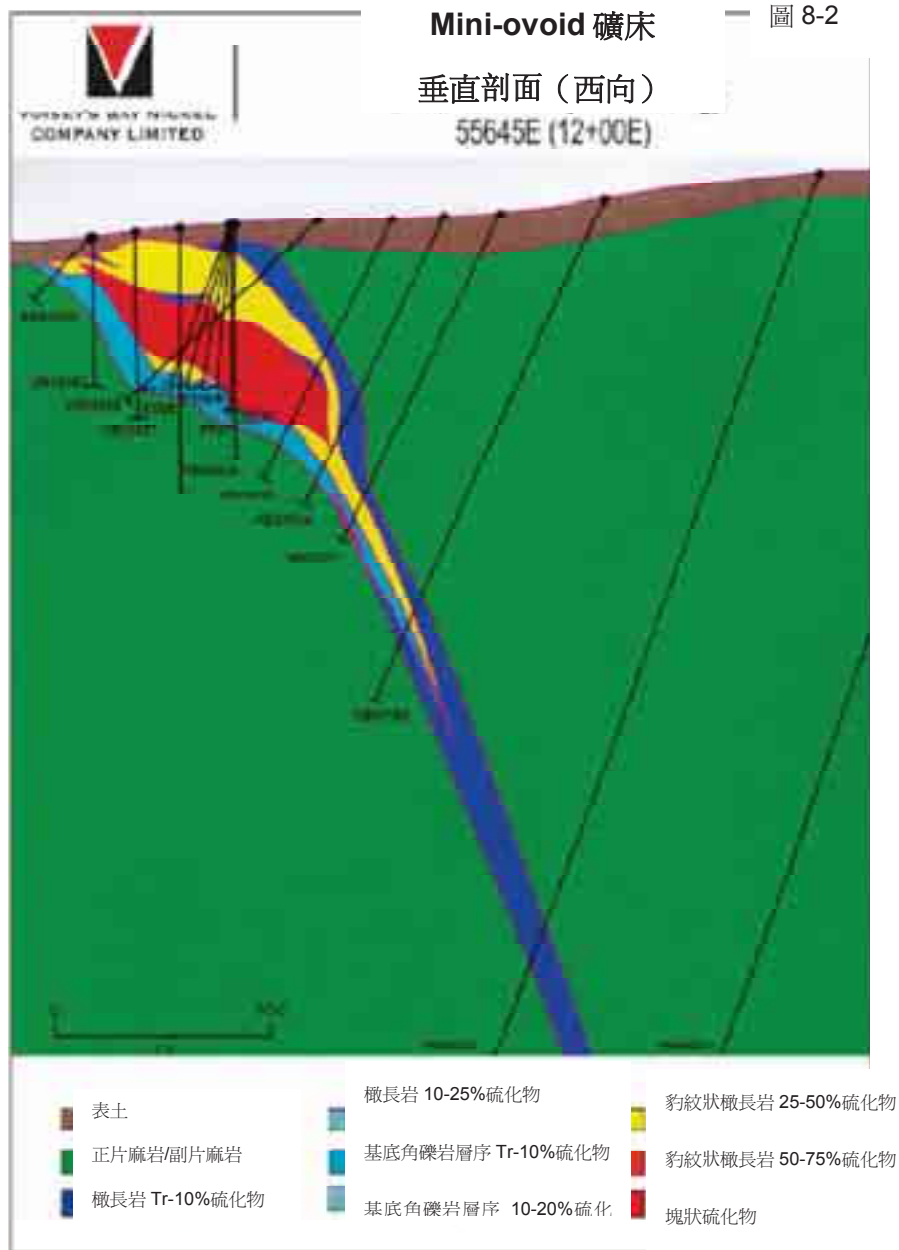


圖 3-12 : Mini-Ovoid 礦床典型橫剖面（根據 Anderson 和 Wheeler , 2007）



塊狀硫化物中鎳和鈷的分佈一致，但是銅的品位有所變化，在 Ovoid 礦床西南和中央部分發現了最高品位，在西部、北部和東部發現了最低品位。Ovoid 礦床內較高品位的銅帶（「銅島」）解釋為代表塊狀硫化物帶中最後的硫化物液體結晶的位置。幾乎所有的鈷都賦存於鎳黃鐵礦中。

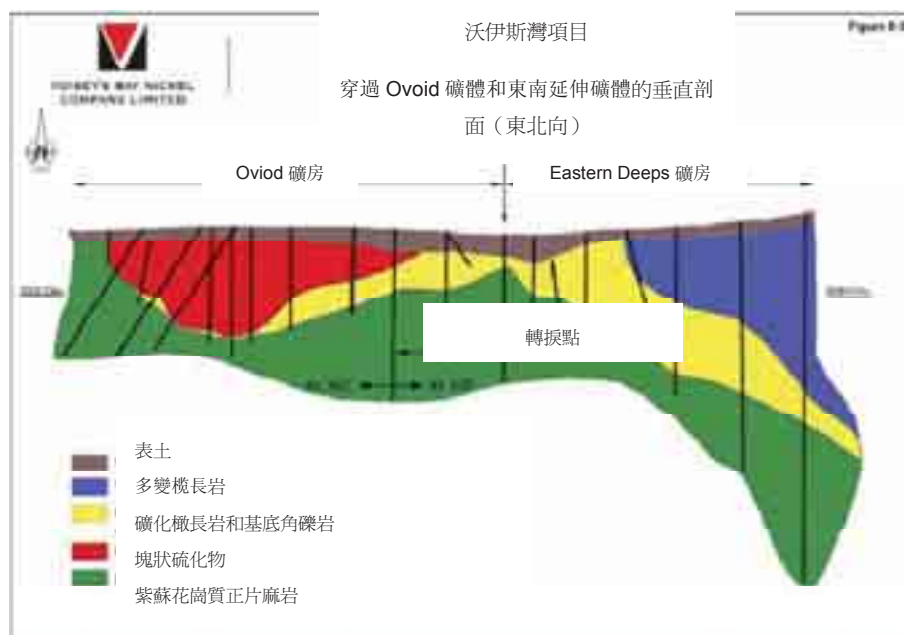


圖 錯誤! 使用[常用] 索引標籤將 Heading 1 套用到您想要在此處顯示的文字。-13：東南延伸礦體的橫剖面（根據 Anderson 和 Wheeler，2007）

塊狀硫化物平均成分為約 75% 的磁黃鐵礦／隕硫鐵、12% 的鎳黃鐵礦、8% 的黃銅礦／方黃銅礦和 5% 的磁鐵礦。磁黃鐵礦平均含鎳 0.29%。方黃銅礦作為與黃銅礦的伴生礦物賦存、呈出溶紋狀，在極少的情況下會作為黃銅礦內的粒狀聚集物出現。黃銅礦-方黃銅礦的平均比例約為 90:10，但是局部有高度富集的方黃銅礦在。

Discovery Hill

Discovery Hill 岩脈型礦床由賦存於 Ovoid 岩脈垂直／近垂直部分中的無礦至弱礦化的橄欖輝長岩構成，其中含有礦化的橄長岩夾層（圖 3-9 和圖 3-10）。岩脈包含在南北走向和接近垂直傾斜的富含石英-長石的紫蘇花崗正片麻岩中。儘管這些岩石不是主要礦化，但是在沿延伸斷裂上局部包含了少量的再活化黃銅礦。斷裂的寬度一般小於 5 釐米，橫向延伸較弱（不到 3 米）。

Discovery Hill 岩脈有著中等至良好保存程度的冷凝邊緣，包括橄欖輝長岩至橄長岩。岩脈的中心主要為以夾有豹紋橄長岩和塊狀硫化物礦脈的橄長角礫岩。豹紋狀橄長岩呈解剖脈狀在軟弱部分雜亂地侵入橄長角礫岩。

Discovery Hill 地帶內大量的礦化在岩脈中央區域內優先形成了寬 10 釐米至 100 釐米的脈體。半塊狀至塊狀的硫化物以及豹紋橄長岩沿脆性超鎂鐵質礦物和角礫岩的邊緣侵入。塊狀硫化物脈體也侵入了較厚的層序或者豹紋狀橄長岩脈體。



塊狀硫化物包含 85%-100% 的硫化物，主要包括磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。豹紋橄長岩內的硫化物佔 15%-40%，呈細粒浸染狀磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。角礫岩內的礦化包括 5% - 25%的粗粒浸染硫化物，包含磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。

在 Discovery Hill 的地質和資源建模中採用了兩個區域，分別是硫化物含量<25% 的礦化，和硫化物含量≥25%的礦化。第一個區域內包含冷凝橄長岩和橄長角礫岩。第二個區域表示的是鎳含量>0.5%的礦化外殼，其中包括橄長角礫岩、豹紋橄長岩和塊狀硫化物脈體的夾層層序。最高的品位出現在中央區域內，最低的品位出現在礦化外殼的邊緣。

東部深部

東部深部礦床位於 Ovoid 礦床以東，鄰近東南延伸礦床，且在稱為東部深部礦房的大型楔形岩漿礦房（圖 3-14）底部處傾伏（圖 3-9 和圖 3-10）。該礦床略地向東南東方向傾伏約 20°，從西至東逐漸變深，其深度從 600 米增加至 900 米。東部深部礦房包含了橄欖輝長岩和橄長岩，硫化物含量從微量到不到 7%。北部有著清晰、近垂直的接觸，而南部接觸面以東西走向的垂直走滑斷層（Red Dog 斷層）為特徵。

含礦石序列位於東部深部礦房底部的岩漿導管內（即基底至岩脈狀構造）。塊狀和半塊狀硫化物為夾有不同的橄長岩、角礫岩、基底角礫岩和豹紋橄長岩的岩脈，其厚度不盡相同，從不到 1 米至 20 米以上。

東部深部礦化包含了硫化物、塊狀和半塊狀硫化物，主要以磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦為代表。塊狀和半塊狀硫化物侵入了所有其他的礦化層序，形成了聚合圓柱狀礦化體。

塊狀硫化物厚層序與浸染狀礦石之間的接觸十分清晰且規則，但是當較薄的（小於 1 米）塊狀硫化物脈體侵入浸染礦石時，兩者之間的接觸變成了交錯且不規則。浸染礦化包括豹紋橄長岩，其中含 15%-40%的細粒浸染硫化物、含 5%-25%中-粗粒浸染狀硫化物的基底角礫岩以及包含分散浸染狀硫化物的變化橄長岩（即 5%-10%）。周圍變化橄長岩內夾有高位位的礦化。發現角礫岩夾有豹紋橄長岩和塊狀硫化物脈體。

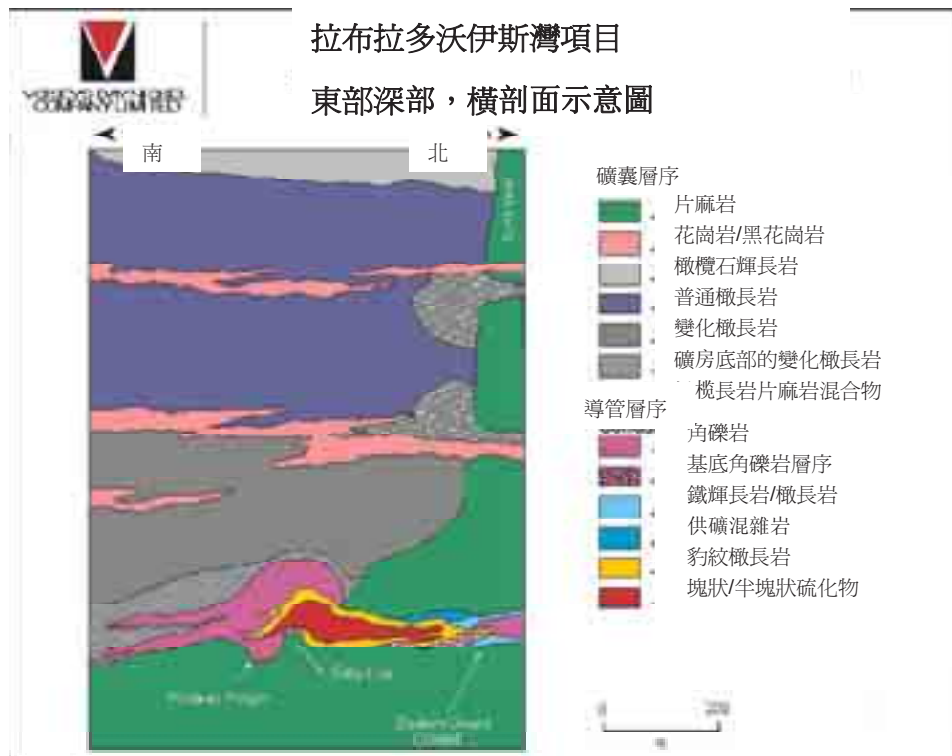


圖 3-14：穿過東部深部礦床的地質橫剖面示意圖
(根據 Anderson 和 Wheeler, 2007)

Reid Brook

Reid Brook 礦床位於 Ovoid 岩脈最西部向南傾斜的部分 (圖 3-9 和 圖 3-10)。該岩脈包含在從屬於 Churchill 構造省的 Tassuiyak 含石榴石副片麻岩內。在 Reid Brook 礦床以下約 500 米, Ovoid 岩脈緊接著西部深部礦房的南部錐形壁。在早期, 區域規模的預侵位構造在侵位期間控制了岩脈的主要幾何參數, 而這些結構後來的再活化控制了硫化物的分佈。早已存在的南北向構造內的晚期事件造成了向西北方向中度傾斜的易碎-韌性斷裂, 其中含有在 Reid Brook 礦床內觀察到的最高品位和最厚的礦物夾層 (圖 3-15)。當岩脈與易碎-韌性斷裂交叉時, 岩脈將變薄且橫向偏移 (達 25 米)。

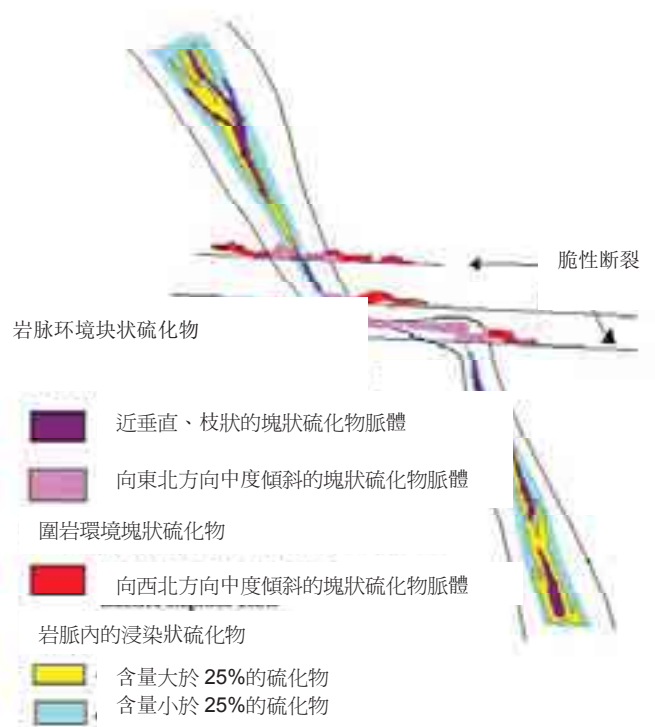


圖 3-15：穿過 Reid Brook 礦床的地質橫截面示意圖（根據 Anderson 和 Wheeler，2007）

Reid Brook 塊狀硫化物賦存於 Tassuiyak 副片麻岩和岩脈內。前者包含了主要位於向西北方向中度傾斜的脆性-韌性斷裂內含量>85% 的磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。它與圍岩的接觸面清晰且規則。後者呈晚期較薄、近垂直、枝狀脈體，以中度傾斜的厚脈體侵入了所有其他礦化和非礦化的岩脈層序。

枝狀塊狀硫化物脈體一般含硫化物含量>75%，包括磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。厚脈體中所含的硫化物大於 85%。脈體接觸面從規則清晰變化到不規則交錯狀。岩脈內的豹紋橄長岩中包含 15% -40% 細粒的浸染狀磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。橄長角礫岩中包含了 5%-25% 粗粒、斑點狀浸染硫化物，包含磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦。

地質和資源模型中採用了兩個區域，分別是：包攬圍岩塊狀硫化物脈體，和中度傾斜的岩脈圍岩塊狀硫化物脈體的塊狀硫化物區域；以及包括豹紋狀橄長岩、橄長角礫岩、岩脈圍岩近垂直塊狀岩脈的浸染狀硫化物區域。



3.10 勘探與開發鑽探

1994 年年末至 2003 年期間對露天開採礦床進行了密集鑽探。所有鑽探都採用線提金剛石鑽孔，岩心尺寸從勘探、露天坑圈定和地質工程測量所採用的 NQ（個別為 BQ）到大塊採樣工作（旨在為冶金試驗提供材料）中所採用的 HQ 和 PQ。所有鑽孔內岩心獲取率接近 100%。

2009 年，啟動了包括 84 個鑽孔和 5667 米鑽探長度的加密鑽探工程，目的是執行 AMEC 2008/2009 年審計報告中的建議，建議採用 25 米的勘探鑽孔間隔，以發現所有含高品位銅硫化物的區域。目前還未發現新的高銅品位區域。

在主區和 Mini-Ovoid 區域內的 367 個鑽孔中，鑽進的總長度為 43624 米。另外，在東南延伸礦床區有 54 個鑽孔，鑽探長度為 10703 米；在 Discovery Hill 鑽進了 141 個鑽孔，鑽探長度為 68002 米；在東部深部鑽進了 223 個鑽孔，鑽探長度為 176155 米；在 Reid Brook 鑽進了 297 個鑽孔，鑽探長度為 132164 米。

GPS 系統已對所有鑽孔孔口和高程進行了核實，精確到±1 釐米。確定的高程為高於平均海平面的高度（米）。此外，採用 GPS 系統檢驗了孔口的方位角。

首先採用了“酸性試驗”來調查鑽孔的傾角，之後這種方法被 Tropari 儀器和 PhotoGyro 定向工具所替代。採用 PhotoGyro 儀器測量鑽孔，發現與設計軌跡的偏差很小。由露天開採礦床的尺寸和近地面的位置，偏差很小可以忽略不計。

在鑽探現場，將金剛石鑽孔岩心安全地裝箱，通過直升飛機將其運輸至勘探營地，由訓練有素的地質師對其進行記錄和採樣。對所有岩心拍照，以用作將來的參考。記錄的資料包括岩性、結構、構造、硫化物比例和硫化物的礦物學特性。地質師對將要進行採樣和分析的岩心段做上標記。

系統收集地質技術資料始於 1995 年 7 月。在各種時期記錄的資料包括岩心獲取率、RQD、斷裂頻率、特徵和屬性、點載荷數據、磁化率和電阻率。該資料被存儲在地質技術記錄中，與主地質數據庫和化驗數據庫分開。

3.11 礦床採樣方法和數據管理

鑽探採樣

在實地考察期間未進行採樣。

除用於冶金試驗的岩心之外，所有礦化岩心都被劈成兩半並儲存。考慮地質接觸面因素，在大部分 Ovoid 鑽探工作中，最大的採樣長度為 1 米。將所有鋸開岩心樣本裝袋，並通過空運方式將其運輸至當時雇傭的相關樣本製備工廠中。

將選定的塊狀硫化物和浸染硫化物樣本送交鑑定硫化物礦物學特性。採用電子探針估計硫化物礦物的化學組分。

目前，將所有樣本送至 Eastern Analytical 公司製備樣本。來自 Ovoid 礦床勘探項目中的礦漿樣本在英屬哥倫比亞溫哥華 ALS Chemex 實驗室公司(以下簡稱「ALS Chemex」)製備，或在本省 Goose Bay 和 Springdale 的 Eastern Analytical 實驗室（簡稱「Eastern Analytical」）的樣本製備工廠進行製備。ALS Chemex 經 ISO 9001:2000 和 ISO 17025:2005 標準認證。

在 Eastern Analytical 實驗室內，整份樣本被破碎至 70% 小於 10 目。之後，採用格條來提取壓碎樣本中的代表分樣，用環形粉磨機破碎至 80% 小於 200 目。將剩下的破碎礦物和礦漿的第二部分儲存起來。地質師要求樣本製備實驗室在樣品中插入適當的 Vale 標準。



礦漿的分樣送至溫哥華 ALS Chemex，進行過氧化鈉分析、鹽酸溶解分析以及感應耦合等離子體分析，確定鎳、銅、鈷、鐵和砷含量。採用 Leco 灼燒法來確定硫含量。採用鉛析火法化驗／感應耦合等離子體來確定化驗（29.2 克）樣品中的金、鉑和鈾；採用王水溶解／原子吸收光譜法（AAS）來分析 2 克等份的成品的銀。Golder 目前還未實地考察 Eastern Analytical 和溫哥華 ALS Chemex。

起初由溫哥華 ALS Chemex 對組合化驗礦漿（其配比由現場工作人員確定）進行比重測定，確定來自 Ovoid 礦床勘探岩心樣本的比重數據。不恰當的樣本組合將導致數值不準確。這種數值被修正，而且新方法代替了這種方法，即通過採用基於化學成分和 350 份校準樣本比重數據的回歸方程來估計比重（Mackowiak, 1997）。

VITSL 於 1995 年開展了一項包括現場複樣採集和化學分析在內的有限工作，將來自鋸開的 1/2 NQ 岩心（原樣）的結果與來自同一段的鋸開 1/4 NQ 岩心（剩餘樣本的一半）結果進行比較。儘管結果有所波動（即高金塊效應），但是在分析結果中未發現任何偏差。2003 年，對一組成對的 NQ 和 PQ 鑽孔（在同一段內採樣）開展的類似項目也表明，NQ 和 PQ 岩心之間的樣品化驗結果中不存在任何偏差。

爆破孔樣本

在編寫 2009 MRMR 報告的過程中採用了 24883 個爆破孔。

應採用螺旋鑽採樣方法，而不是小金屬手鏟來進行爆破孔採樣。爆破孔採樣包括收集自每個爆破孔堆四個角的樣品，並將其裝入標有鑽孔編號的袋子中。通過 GPS 測量獲取爆破孔的位置。將樣本送至現場實驗室，製備樣品並化驗。AMEC（2009）認為爆破孔樣本不具有代表性，目前採用的是較大的（5-10 千克）樣本。

很難獲得準確的爆破孔樣本；然而，提高採樣的頻率似乎可降低單獨爆破孔採樣不佳的風險。VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司（VINL）應制定整體品位控制政策，確定其想要通過爆破孔採樣達到的目標。Golder 建議，採用爆破孔來生成生產模型，該模型可用作短期規劃，以及確定勘探鑽孔的間隔是否足以滿足測定資源量的分類標準。由於爆破孔採樣過程中產生的種種問題，不建議將其用作中長期規劃的一部分。

爆破孔樣本是在礦區實驗室內製備的，但是由於礦區實驗室內缺乏吸塵裝置，部分操作（格條分樣）只能在冶金實驗室內進行。

Golder 在 2010 年 7 月進行實地考察期間，未發現任何製備好的樣本，但是在考察現場實驗室時發現，AMEC（2009）中提到的鐘斯分樣器已被新的鐘斯分樣器（間隔相等）所取代。

爆破孔勘探、鑽孔校正

2006 年進行的一項工作，驗證評估選廠原礦品位所採用的爆破孔採樣化驗方法，與勘探鑽探、採樣和化驗相比較不存在偏差。還通過檢查爆破孔鑽孔期間採集的複樣對採樣，驗證採樣質量。此次工作的結果表明，不存在採樣偏差、製備偏差和化驗偏差（實驗室和化驗方法都沒產生偏差）（Anderson, 2006）。在 2008 年 11 月 MRMR 進行審計期間，AMEC 對爆破孔樣本的審查發現，VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司（VINL）實驗室沒採取應有的外部 QA/QC 控制措施。2009 年 6 月提交的報告中提出了建議，但是目前尚未實施。

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司（VINL）（Anderson, 2009）和 MRMR 集團（Krstic, 2009）分別對爆破孔和金剛石鑽孔化驗結果進行了比較。爆破孔樣本孤立於「銅島」區域表明，存在與採樣中樣本間隔有關的整體偏差。良好的關係可反映出採樣地帶內礦化具有一致性。



分析 QA/QC

品質保證 (QA) 指的是用來確保採樣和化驗結果的高品質的一套程式和體系。品質控制 (QC) 指的是用來證明樣品製備和化學分析結果相符的數據。

Golder 收到了關於 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 對品質控制和 XRF 流程的實驗室協定的文件材料，以及記錄了 2008 年勘探項目的品質控制的報告。VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 實驗室提供了三個品質控制方案。

流程

Golder 認為，有適當的文檔確定採樣和分析的協議，目前已例行應用這些協議。AMEC 於 2009 年對樣本的製備和分析進行了獨立的外部審計。

勘探鑽孔的品質保證／品質控制流程包括，插入標準樣本、岩心複樣、空白樣本、粗粒廢料和岩漿複樣。分別以 1:20、1:40 和 1:100 比例插入標準樣本、岩心複樣、空白樣本，以約 1:50 的比例插入粗粒廢料和岩漿複樣。在 SGS Lakefield 對岩漿複樣進行了分析。外部顧問對分析資料執行了品質保證流程，在將分析併入 DHLogger 數據庫之前對其進行了審查。提供的報告未顯示出任何岩漿副本樣本的證據。關於勘探鑽孔的 QA/QC 流程似乎未包含在 AMEC (2009) 的報告中。

關於爆破孔的 QA/QC 流程包括插入儀器、品質控制樣本、現場採集副本樣本、格條分樣的副本樣本、Herzog 分樣複樣和化驗複樣（由實驗室採集自礦石或乾淨廢石）。地質部門在實驗室內進行的唯一外部檢查是現場複樣。此外，定期對顆粒尺寸進行了檢查 (Headrick, 2009)。

關於品質保證／品質控制分析的結論

AMEC (2009) 對品質控制項目進行了全面審查，且 Golder 贊同其大部分建議。應進一步調查重 5-10 千克的爆破孔樣本的需要，VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 也應考慮在反循環鑽探或者傳統的岩心鑽探之前，採用反循環 (RC) 爆破孔鑽機和樣本收集器，或者在準備進行反循環鑽探或傳統岩心鑽探的台階。儘管地質部門必須向實驗室送交外部標準樣本、空白樣本和複製樣本，但是也很難確保 CRM 標準樣本和空白樣本能真正達到設想的作用。

用來評估噸位的幹體積密度

本部分的基本資訊選自 2009 年 7 月 2 日 AMEC 「沃伊斯灣審計」的報告。可能進行了較小的修改，在適當情況下添加了評論。

根據 Mackoviak (1997)，在項目初期階段採樣了兩種不同的方法來生成比重值。就最初的 200 個鑽孔而言，ALS Chemex 採用比重計方法，測量了 5 米的組合粉末樣本的比重值。從第 201 個鑽孔開始，直至 1997 年 5 月初，在現場採用排水法，用保存於 A-Bay 檔案的剩下的半岩心，直接測量每個樣本的比重值 (Lloyd 和 Mackoviak, 2003)。

自 1997 年 5 月以來，制定了三個方程，根據從粉碎樣本的 XRF 化驗和比重計測量中觀察到的一致性，預測從 XRF 中獲得的鐵、硫、鎳和銅化驗中的比重。化驗數據庫中的原始比重值被所有樣本的計算比重值所取代。至今仍在沿用的方程如下：

Effective Date: June 30, 2010 年 6 月 30 日

報告編號：10-1117-0032/3000



若 $Fe < 20\%$ ，那麼 比重 (SG) = $2.6079 + 0.0373 * Fe(\%) - 0.011 * S(\%)$

若 $Fe \geq 20\%$ 且 $Fe < 51\%$ ，那麼 比重 (SG) = $2.493 + 0.0125 * Cu(\%) + 0.0340 * Fe(\%)$

若 $Fe \geq 51\%$ ，那麼 比重 (SG) = $3.0282 + 0.009 * Cu + 0.0332 * Ni + 0.0286 * Fe - 0.0037 * S$

MRDI 對沃伊斯灣資源評估進行了審計，結論是計算的比重不太可能偏高 (François-Bongarçon, 1999 摘自 Lloyd 和 Mackowiak, 2003)。

在重礦物代表樣本構成一大部分的礦床內，根據化學構成、採樣經驗公式來預測比重值是常見的做法。然而，對於物理上未受干擾的礦物（即岩心或岩石碎片）應對公式進行調整，因為從資源評估的角度出發，比重應反映出原材料的主要結構，包括在破碎過程中損失的天然孔隙度。在破碎材料中的比重值測定獲得的是顆粒比重，而不是岩石比重的數據 (Lipton, 2001)。

Mackowiak (1997) 將計算的比重值與根據岩心來確定的對應值進行了比較，發現根據岩漿確定的比重值與計算比重值比較時出現了極大地分散。根據解釋，這種分散是源於人為誤差或與岩心採樣有關的干擾（一半進行化驗和岩漿測定比重，另一半用岩石排水法測定比重）。AMEC 認為，較大的分散很可能與破碎礦物的物理均質性和不存在內部孔隙度有關，這與天然岩心的狀況不同。

儘管存在較大的分散，但沒出現明顯的偏差，但是 AMEC 建議，應不時根據新的實驗室測定值來調整公式。其中，新的實驗室測定是對固體、物理上未受干擾的材料採用傳統的方法，對採用蠟塗層樣本或者岩心柱體採用測徑器方法。由於比重很大程度上取決於樣本的礦物構成，因此在任何觀察到礦物構成產生了重大變化的情況下，應進行重新校準測試。Golder 贊同此建議。

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 目前採用未塗蠟的樣本和阿基米德法，從每 15-20 個樣本中收集了一個 SG 樣本。Golder 認為，應根據公式定期繪製資料，並將其作為品質保證／品質控制記錄的一部分來呈現。

數據庫系統

本部分的基本資訊選自 2009 年 7 月 2 日 AMEC 「沃伊斯灣審計」的報告。可能進行了較小的修改，在適當情況下添加了評論。

在 1996 年 9 月之前，地質資料被記錄在紙張上，隨後才將其轉移至電子數據庫中。在此之後，將鑽孔記錄直接輸入至 VITSL 開發的 BORIS™ 礦區鑽孔數據庫系統中。該數據庫系統與項目分析數據庫相結合，製成鑽孔記錄，並為其他各種外來項目提供相同格式資料。所有較古老的記錄也被轉移至該系統中。2004 年，引入了世紀系統公司提供的新的鑽孔激勵和數據庫 DHLogger。所有來自於 BORIS™ 的已有資料都被轉移至新系統中，並對其進行審查，找出轉移產生的錯誤。

採用世紀系統科技有限公司的 DHLogger 軟體將記錄資料進行數位化錄入。DHLogger 軟體中包含即時確認日期、項目編號、重疊和無序間隔等的慣例。完成每日記錄之後，將把鑽孔記錄檔的副本遞交給位於 St. John 的主要服務商。

完成樣本分析之後，實驗室應向位於 St. John 的系統管理員遞交.csv 格式的分析資料文檔。這些資料將併入鑽孔資料中，歸 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 鑽孔數據庫所有。合併過程應伴隨著各種確認程式，以確保資料的完整性和一致性（樣本與鑽孔的一致性，樣本編號可能存在的重複性等）。

VITSL 於 2002 年對 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL) 鑽孔數據庫進行了審計 (Lloyd、Mackowiak 和 Evans-Lamswood, 2002)。除此次審計之外，VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 (VINL)



還目測檢查了鑽孔，看 **Datamine Studio** 是否存在不恰當的方向和位置。對鎳、銅、鈷、鐵和硫的最大值和最小值進行了檢查，對鑽孔進行了檢查，以便準確地界定將表土與岩石區分開來的地質代碼。此外，也注意到了在生成線框過程中遇到的不尋常的地質代碼。如果需要將更正了關於數據庫有效性的任何問題。

作為礦產儲量的一部分，**Golder** 將一份審查礦物儲量區域內（OV09020）鑽孔記錄的手寫鑽孔記錄（VB-95-166）和一份 pdf 化驗證明（SD09072610）與用於 2009 年礦物儲量評估的數據庫進行了比較。未發現任何錯誤。

3.12 礦產資源量評估

本節中的礦產資源量評估僅指 **Ovoid** 區，這是由於這一區域是 **VALE INCO** 紐芬蘭和拉布拉多有限公司唯一包含礦產儲量的區域。礦產資源模型結合採用了鑽孔和爆破孔樣品。使用爆破孔樣品主要因為被勘探區的密度不足以確定局部高品位的銅區域。

地質建模

從鑽孔和爆破孔所獲得的所有數據被用來生成 **Ovoid** 區（微型和主要 **Ovoid** 區）的模型。礦產資源評估所使用的鑽孔資料不包括 2009 年完成的加密鑽井。此模型所採用的數據不同於 2009 年 11 月的模型，其中採用了額外的爆破孔數據。檢查礦化模型以確保一致性和約束性。只包括位於適當地形以下的塊體。總共使用了 555090E 和 556260E 之間的 354 個鑽孔。對浸染狀硫化物建模的目的是要包括大部鎳品位在 0.5% 以上的部分。對線框進行驗證。**Golder Associates** 有限公司檢查了地質解釋，並認為該解釋採用了行業標準（圖 3-16）。

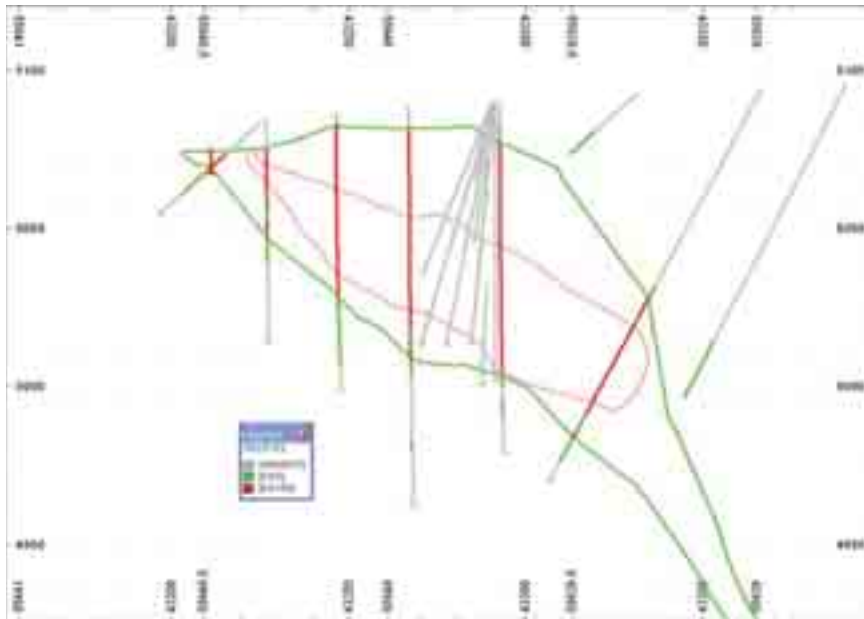


圖 3-16：浸染狀礦化線框（綠色）包含了大部分礦化超過 0.5% 的鎳。注意未取樣的鑽孔數目。

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司對與主礦體和 **Mini Ovoid** 礦體相關的地質有很好的理解。按一個行業標準進行了取樣，且相關的資料適合在礦產資源數據庫中使用。該數據庫組織良好，沒有發生任何錯誤。用於鑽孔編碼和計算數量的線框是適當的。**Golder Associates** 有限公司 **QPs** 認為適當的系統為一個較高的標準，足夠支援披露礦產儲量。



數據準備和統計分析

品位

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司插入一項服務變量，是鎳，銅，鈷，鐵和硫品位和密度的乘積。它們被命名為 QNi、QCu、QCO、QFE 和 QS。

為了將這些服務變量轉換成報告用的品位，使用如下回歸公式估計每個塊體的密度。

$$\text{密度} = (-0.01466) * Qil + (0.008749) * QCu + (0.005767) * QFE + (0.00326) * QS + 2.77906$$

AMEC (2009) 驗證了回歸計算。

樣品長度

鎳品位大於 0.1% 樣品平均長度是 1.05 米

組合

鑽孔組合長度採用 1 米和 7.5 米。使用由 1 米樣本組合算出的變差圖，但用 7.5 米複合鑽孔和 24883 個爆破孔樣品提供插值。每個爆破孔的長度設定為 7.5 米，其中不包括超鑽。本信息被用來估計一個近鄰 (NN) 模型。

區域限定

劃分塊狀硫化物、浸染狀硫化物和橄長岩區域線框，被用來將樣本限定在其邊界內。不同的區域，包括 Mini Ovoid 及 Ovoid 主礦體區，都根據岩性和地理坐標分開。基於 2003 年 AMEC 的建議，在浸染狀硫化物岩塊 5 米範圍內的橄長岩樣品，被用來估算彌散區的礦石品位。

統計分析

目前似乎沒有對 2009 年 12 月礦產資源統計報表進行審查。對爆破孔和鑽孔資料的聯合審查，包括 2009 年的加密鑽井，表明了在外露層存在大量值大於 6.75% 鎳 (圖 3-17) 的硫化物。銅總數出現雙峰，這被認為是由於「銅島」(圖 3-17) 效應所導致的。鈷也顯示了在外露層存在 0.255% 以上的鈷。

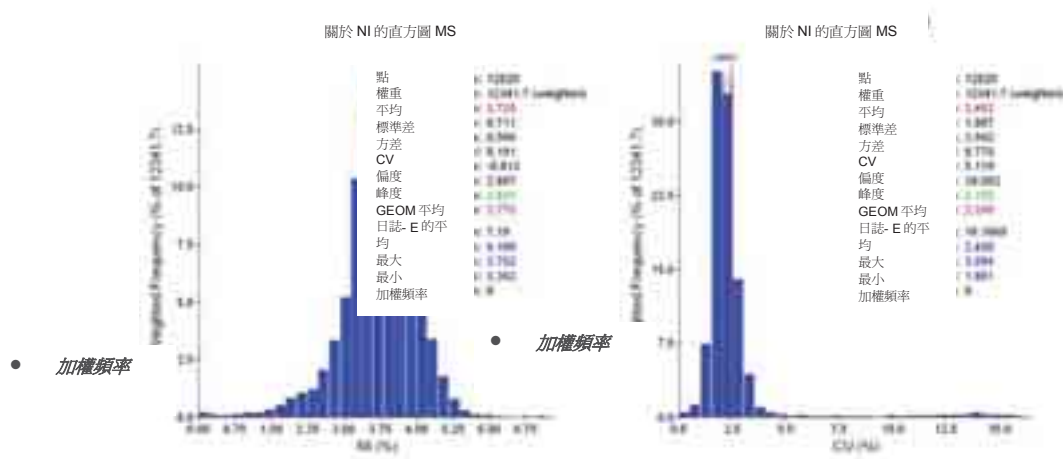


圖 3-17：卵圓形塊中的狀硫化物鎳和銅直方圖



變差

使用金塊和兩個球面函數，分別為 QNi, QCu, QFE 和 qs 建立了個別傳統變差圖，用於模擬塊狀硫化物，礦化橄長岩和橄長岩區域中包含的鑽孔資料。方差圖在平面視圖，短或相等的垂直範圍內呈圓形分佈。所有服務變量的塊金值在 0.100 和 0.275 之間變化。

AMEC (2009) 認為變差圖可以接受但「不夠」，並建議使用 Sage, Visor, SGEMS 或 GSLB 執行方差圖。由於相信，方差圖不太可能對 Mini Ovoid 及 Ovoid 主礦體的長遠規劃有顯著效果，僅能對 Ovoid 塊狀硫化物礦床中鎳，銅和鈷與有關鑽孔數量進行初步審查，其中包括 2009 年的加密鑽井資料。這一評估表明，它應該能夠確定這些元素的各向異性變差圖。

編制資料和將其插入成塊模型內的方法和所用的程式是合理的。

方法

在地質建模和品位的基礎上執行了資源估算所用的品位插值。品位被賦予 10 米× 10 米× 7.5 米的塊體。該估計是基於插入這些岩塊的 7.5 米組合數據。

鑽探網格名義上是 25 米× 25 米，爆破孔一般在 4 米× 4 米的網格上鑽取。岩塊大小與取樣間距相當。

品位評估計劃

構建了一個 NN 模型用於 Ovoid 區，使用 7.5 米複合帶作為對普通克里格 (OK) 模型潛在的偏差檢查。OK 被用來估計 QNi、QCu、QCo、QFe 和 QS。通過一個卦限搜索和兩次遍歷執行該 OK 模型。用 NN 模型得到的品位為在第二次遍歷未賦值的塊體賦值。

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 採區模型驗證

- 由 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司進行下列檢查：
- 比較 NN 模型與 OK 模型，以確定在平均數上沒有變化；
- 用 Datamine 可視化檢驗搜索範圍；及
- 塊狀浸染狀硫化物的平滑比率低於 2，表明沒有必要使用平滑修正。橄長岩的平滑比率表明平滑度稍差，但由於品位低，不使用校正。

Swath 圖檢查

AMEC (2009) 根據礦藏生成 swath 圖，利用這些比較 NN 和 2008 年 11 月的資源模型以及比較 2008 年 11 月模型與前面的 2008 年 1 月模型。

AMEC 的結論是：

- VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司進行的驗證不充分，不能評估「銅島」局部效應。
- 在現場進行的補充驗證表明該模型局部顯示了去集簇組合分佈，除了在「銅島」地區，其中相對於近鄰模型，2008 年 11 月模型在銅的方面低於實際數量。



- 2008 年 1 月模型平滑度低於 2008 年 11 月模型。2008 年 1 月模型估計「銅島」地區的品位比 2008 年 11 月模型更高。
- 2008 年 1 月份和 11 月份模型所確定的塊狀硫化物區域之間只有少量差異。兩種模式之間解釋為浸染狀硫化物的區域略有不同。

Golder Associates 有限公司同意 Swath 圖應作為常規模型驗證過程的一部分。與「銅島」相關的品位控制問題目前正在管理。

Golder Associates 有限公司模型驗證

Golder Associates 有限公司審定通過創建一個鎳，銅，鈷和密度的 NN 模型驗證 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司塊體模型。使用線框模型，csv 文檔用於出口、調查、測定以及用於鑽孔資料的岩性編碼和爆破孔文件調查。鑽孔資料處理過程中沒有發現錯誤。Golder Associates 有限公司的 NN 模型與 OK VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司模型的對比見表 3-5。



表 3-5：近鄰模型與 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司普通克里格模型的比較

		Golder 最近區域			
		噸	%NI	%CU	%CO
塊狀硫化物	mini ovoid				
	main ovoid	2,815,693	3.35	1.96	0.175
	總計	20,518,125	3.74	2.29	0.176
彌散性硫化物	mini ovoid	23,333,818	3.70	2.25	0.176
	main ovoid	6,000,264	0.76	0.51	0.043
	總計	4,268,528	0.92	0.57	0.049
		10,268,792	0.82	0.53	0.045
		VINL 2009 年礦產資源			
		噸	%NI	%CU	%CO
塊狀硫化物	mini ovoid	2,804,542	3.33	1.94	0.176
	main ovoid	20,296,549	3.77	2.28	0.177
	總計	23,101,091	3.71	2.24	0.177
浸染性硫化物	mini ovoid	6,017,390	0.81	0.54	0.045
	main ovoid	4,350,435	0.96	0.59	0.050
	總計	10,367,824	0.87	0.57	0.047
		%差異			
		噸	%NI	%CU	%CO
塊狀硫化物	mini ovoid	0.4%	0.6%	0.8%	-0.5%
	main ovoid	1.1%	-0.7%	0.3%	-0.5%
	總計	1.0%	-0.4%	0.3%	-0.5%
浸染性硫化物	mini ovoid	-0.3%	-6.5%	-5.3%	-5.5%
	main ovoid	-1.9%	-4.5%	-3.6%	-3.1%
	總計	-1.0%	-6.7%	-7.0%	-5.1%

比較表明，兩個模型之間的總體數值相關性非常好，在建模過程中不太可能與存在致命的缺陷。這一比較表明，沒有必要對變量的數量建模，只需對變量本身建模。

Golder Associates 有限公司未核實或無法核實會對礦產資源造成影響的地形和鑽孔口的位置。Golder Associates 有限公司沒有任何理由假設這些是不正確的。

資源分類

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司報告的礦產資源量不包括礦產儲量。在 main ovoid 和 mini ovoid 區的礦產資源量已全部轉化為礦產儲量。Golder Associates 有限公司認為，如果要報告這些礦產資源量，他們將被歸類為指示資源量或測定資源量。

Golder 認為礦產資源估算所用的方法和流程是合理的，且生成的資源模型為符合用於礦產儲量估算標準要求的模型。



3.13 礦產儲量評估

礦產儲量估計報導僅限於 Ovoid 露天開採礦床。VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司中的礦產資源儲量估計是以詳細的露天採場規劃為基礎的，有可行性研究的支持。

如 3.5 節中所詳細介紹的，礦物儲量評估是以合理的假設為基礎的，這些假設得到多年來運營中岩土工程、水文地質、可選性、生產率和成本等方面數據的支持。

生產計劃的噸位將作為礦產儲量報告。

3.14 報告的礦產儲量

正如在 2009 年公司礦產資源儲量聲明中所說的那樣，估計 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司的礦產資源儲量根據開採回收率影響的貧化和損失因素，對數據進行了調整。沒有對選礦的金屬損失進行調整（見表 3-6）。

表 3-6：估計礦產儲量（以百萬噸計）

礦	儲量	2007	2008	2009	2010
Ovoid 礦床	證實儲量	25.50	23.00	21.80	21.40
	Ni%	3.04	3.03	3.01	3.00
	Cu%	1.75	1.78	1.76	1.75
	Co%	0.15	0.15	0.15	0.15
	可能儲量	3.40	3.00	3.20	3.20
	Ni%	0.66	0.68	0.66	0.66
	Cu%	0.37	0.38	0.38	0.38
	Co%	0.03	0.03	0.03	0.03
	總計	28.90	26.00	25.00	24.60
	Ni%	2.76	2.76	2.71	2.70
	Cu%	1.59	1.61	1.58	1.57
	Co%	0.14	0.14	0.13	0.13

3.15 校正及儲備審核

以往審計

AMEC 公司先前已在 2008 年年中審核了礦產資源量和礦產儲量。2009 年 12 月礦產資源模型基本上與上次審計保持不變。然而，自上次審計以來，VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司繼續加入加密鑽探和爆破孔數據。這些數據由 Golder Associates 有限公司用於這次審計，以進一步驗證和檢查對當前資源的置信度。



3.16 環境

對 2009 年紐芬蘭和拉布拉多綜合營業 MRMR 環境技術報告摘要進行了審查，檢查有無致命缺陷。Golder Associates 有限公司要求對每個露天坑進行審查以下內容：

- 環境許可證／牌照／批准清單，包括發行日，工序或操作許可及到期日期（如有）；
- 當前礦山設計；
- 證實已提交關閉計劃，簽發日期和更新的關閉成本。

在向我們提供的資訊中，沃伊斯灣操作需要有一個典型的開採／選礦項目所必需的環境許可證。該工地目前有一個由紐芬蘭環境及自然保護署發出的批准證書，通常包括礦山和選礦廠的空氣和水的排放。事實上，該工地是紐芬蘭環境及自然保護署網站強調的四個礦區之一。

對一個站點的抽樣程式，頻率和／或樣品分析進行詳細審查，以確定它們是否會進行符合上述批准的所有要求，不在本次審查的範圍內。

在該工地的 2009 MRMR 技術報告中所列總關閉費用與關閉計劃資料相一致，這是我們收到的關於工地的資料並作為這項研究的一部分。

3.17 社區與政府事務

根據 Vale 的 OIC 租賃契約和礦產租賃契約，原住民可能對部分土地有土著權利。原住民的權利可能受到政府行為影響時，官方有責任徵詢他們的意見。官方可能需要執行這項義務，這與本公司的土地開關有關，並可能影響這些權利。當前沒有可能對礦產資源儲量的估計產生重大影響的諮詢義務，但是，可能需要在包含礦產資源的地區可開發之前執行協商的義務。



3.18 營運成本

表 3-7 總結了 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司項目的現金運營成本。

表 3-7：VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司現金操作費用匯總表

現金費用匯總表	美元 '000
拉布拉多礦山	434,566
選廠	688,206
服務	480,575
管理	305,024
材料	189,647
礦山勘探	106,600
(聖約翰 SG & A) 企業管理費	148,058
國際鎳公司大西洋銷售 SG & A	1,247
貨運	384,850
關閉	64,639
市場行銷	24,697
罷工和停產	1,302
濕法治煉	3,285,428
礦產稅	892,587
所得稅	1,715,205
總運營成本	8,722,629

2009 年 MRMR 報告表示的該礦經營成本的表 15.7 顯示，從 2009 年第一季+第二季到 2010 年的費用預算（12.26 美元／噸的礦石到 18.09 美元／噸的礦石）增加 50%。因為採礦設備的大修，部分增長是有道理的，但預算仍然低於實際數量的。

3.19 資本成本

該礦的持續資本約佔每年運營成本的 10%。

3.20 稅務

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司須繳納所得稅法（加拿大）（以下簡稱「所得稅法」）和 2000 年所得稅法（紐芬蘭省和拉布拉多）（「N 和 L 所得稅法」）規定的綜合企業所得稅，和 2002 年採礦和礦業權稅法，（紐芬蘭省和拉布拉多）（以下簡稱「採礦稅法」）規定的採礦稅。所得稅法規定下目前適用於應納稅所得額的法定稅率為 19%，根據紐芬蘭及拉布拉多根據所得稅法為 14%。

礦業所得稅法規定對從省煤礦進行採礦活動所得利潤徵收 16% 的雙累進稅。



按照原則聲明和與省簽訂的最終徵稅協定，紐芬蘭省和拉布拉多政府將規定，本省企業所得稅率將不會超過各省的平均稅率。

3.21 礦產資源儲量的經濟評價

Golder Associates 有限公司顧問沒有提供該 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司貼現現金流（DCF）試算表模型的副本，但 Golder Associates 有限公司獲准審查和審計有關安全的 Vale 電腦的 DCF 模型，以理解該模型，評估其正確性和測試項目項目關鍵參數的敏感性。

主要假設

對用於 VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司運營經濟分析的關鍵參數總結見礦產資源儲量外部審計，第 1 卷，綜合報告，主要假設。

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司現金流量評估

現金流量預測以沃伊斯灣 Ovoid 礦床最新的和作廢的礦產資料估計為基礎。VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司總現金流同時用於河谷和三年定價假設，預測結果較樂觀，表明項目經濟型支持礦產儲量聲明。

現金流量預測基於 2010 年 6 月更新的 2009 年 MRMR 經濟性模型，包括年初至今儲量耗減，這反映了如下假設：

- 金融計算以稅後貼現率為基礎。
- 在本報告第 2.20 節介紹了稅收計算。
- 所有成本和價格以未上調的「真」美元計算。
- DCF 包含了 Hydromet 廠所有的經營和資本成本。DCF 分析還包括在礦山生產最後兩年將精礦出口到紐芬蘭省之外，還包括 2013 年和 2014 年的減產。替代原料來源尚未確定。
- 經營成本包括以礦山計劃為基礎的固定成本和可變現金開採成本，以及截至 2009 年 5 月底的 2009 年實際成本為基礎的選礦，冶煉，精煉和交付變現金成本。
- VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司的固定現金成本，選廠，冶煉廠和精煉廠以及公司成本分攤以 2009 年預算為基礎，作為單項產品，不時調整，以礦產儲量中加工的鎳與整個開採期限內的鎳生產總量之間的比率為基礎。
- 封閉現金成本在一個礦山使用期限結束後計入一筆款項，隨後完成採礦計劃。
- 單位成本假設以 2009 年計劃（不由 Golder 審查）中確定的金屬生產量為基礎。
- 未來的單位成本假設採用類似的金屬產量。
- 資本成本包括對礦山，選廠、冶煉廠、精煉廠和其他部門的預計開支。
- 生產僅基於沃伊斯灣礦的礦產儲量；在這個經濟分析中沒有考慮外部原礦或精礦。



- 銅和鎳磨礦回收率以研磨模型為基礎，更新其他因素，以符合 2009 年的生產計劃。對鈷和貴金屬的回收是基於對 2009 年生產計劃制定的因素。如果計算的研磨回收率超過正常運行參數，調整至頂部邊界以滿足可能的回收率。冶煉和精煉回收率也是以 2009 年生產計劃的因素為基礎。工廠的銅精礦分離機包括在模型中，礦石中銅含量為 45%。
- 收入是根據可回收金屬和對金屬價格和匯率的長期預報計算出來的，以 SEC 報告要求（三年移動平均價格）為基礎。從銅精礦銷售得來的收入計算在內，以所含金屬、經營責任因素和對金屬價格和匯率的長期預測為基礎。陽極銅的銷售包括在模型中。

敏感度分析

Golder Associates 有限公司獲准審查和審計安全 Vale 電腦的 DCF 模型來獲得對模型的理解，並評估其正確性和測試項目對關鍵輸入變數的敏感性。

據觀察，該模型包含建設成本，復墾及關閉成本，詳細的聯邦及省稅表，持續資本免稅額，和來自 2009 MRMR 報告的正確日程表（更新）。自發行 2009 MRMR 以來，已經了更新基本成本和價格情況的假設，且這些變化是在模型中反映出來。

用三年滾動平均價格假設情況觀察個別年份的基本現金流量。利用 DCF 試算表，價格和成本假設進行了重大改變，以測試項目的經濟穩健性。因為模型並沒有提供給 Golder Associates 有限公司，詳細的敏感性分析是不可能的，但是，這些測試情況涉及製造+/-20%的變化，以五個百分點遞增，到鎳價，資本開支，經營成本和外匯。此外，Golder Associates 有限公司測試 6%至 10%折扣率變動的影響，以半個百分點遞增。

結果列於圖 3-20。

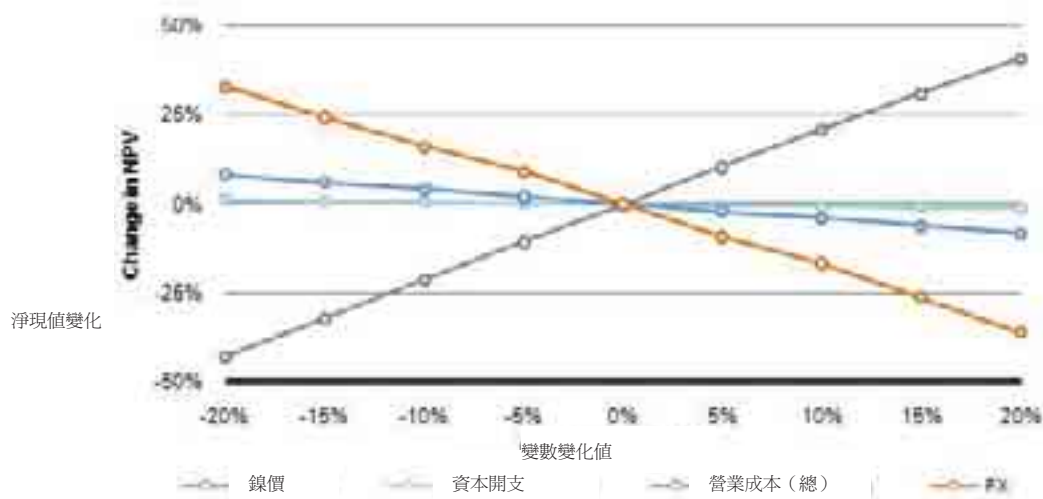


圖 3-20：VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司的運營敏感度分析



淨現值對鎳的價格度敏感最高，美元／加元匯率對淨現值的影響個較但仍然顯著。鎳價和外匯被認為是非常重要的價值驅動因素。淨現值對礦山資本成本最不敏感。

結論與建議

在使用的成本和定價假設情景中（Vale 和三年移動平均），樂觀的項目經濟性能支持礦產資源轉化為礦產儲量。根據敏感性分析，在所有測試的情況下，淨現值指標都較好，表明項目經濟性很好。

3.22 礦山年限

採礦計劃年限

在採礦計劃（LOMP）年限內，監管批准部門已到位。預定 Long Harbour 選廠在 2013 年第一季度完成設備安裝。項目建設正在進行，以期實現在 2010 年底完成外圍的目標。

Golder Associates 有限公司獲得了「2009 年 MRMR 長期規劃」，文件日期為 2009 年 11 月。

本節的目的是驗證用於支援 LOMP 的假設。

選礦假設條件

Golder Associates 有限公司並沒有檢查他們的假設，但與由 AMEC 審計的 2008 年 MRMR 報告沒有顯著不同。

採礦假設條件

- 採礦速度將匹配選礦速度率。

這在邏輯上是指礦石庫存要保持在 15,000 噸，以減小氧化和減少自燃的危險。

- 經營前 10 年的採礦速度按照開發協議規定將不超過每年 220 萬噸礦石。

這是由開發協議施加的限制。

- 前 10 年以後採礦速度根據開發協議規定的將不會超過每年 550 萬噸礦石。

這是由開發協議施加的限制。

- 礦石被定義為「冶煉廠淨回報」計算，即石離開愛德華灣（即包括諸如運輸，煉油，冶煉，特許權使用費，市場行銷等所有下游成本，以及下游的回收率）的價值。使用這種計算方法，地面材料可與工地成本比較，以確定處理它是否會產生利潤。為了被考慮作為礦石，必須滿足每噸 27.19 美元（即 2010 年的預算成本）的最低 NSR 價值。

冶煉廠淨回報對礦石的定義是一種常見的做法且保留的價值與 2010 年預算相一致。

- NSR 值在 27.19 美元每噸與 80.37 美元每噸之間的礦石被認為是增量礦石。這種礦石不符合開採，加工和工地一般管理和服務的的全部成本，但它卻能選礦成本。由於必須通過將材料加工成精礦而將該材料集中



到礦坑，採礦，現場管理費用和成本能夠回收。在這種情況下假設與正在處理的總體數量相比，增量礦石的總量不大，那麼不能取代超過了全部費用的大量礦石。

這種邏輯常用於其他大宗商品。

- 每班工作時間將被假定為 10.5 小時，85% 的設備可工作（設備包括；4 輛卡車中的 3 輛，2 台裝載設備中的 1 台）和 90% 的利用率。
- 由於天氣的干擾，每年 15 天將被假定為丟失。

這與用於準備 2008 年 MRMR 的假設相同，這導致了 5623 H 可供開採的年度目標。Golder Associates 有限公司審查 4.4 節 AMEC 在 2009 年（2009 年 7 月 2 日沃伊斯灣審計的最後草案）作出的評價，以及列入 2009 年 11 月報告「2009 年長期規劃 MRMR」中的 Datamine® 計劃和意見。Golder Associates 有限公司同意 AMEC 得出的結論：開採速度適合開發協議作出的限制，無法實現生產目標的風險較低。

關於採礦隊，Golder Associates 有限公司建議，一些維持資本放在一邊，以按更換採礦隊。約經營成本 10 % 的工地維持資本已建立了靈活性，能適應採礦隊更換。

Golder Associates 有限公司回顧了 2009 年 MRMR 生產進度和有關的假設。該方法與發展協議的約束是一致的。

因為存在額外的容量，為了達到煤礦和工廠的生產目標，平均應該不存在重大的挑戰。額外的容量可能要在短期內使用。

鎳／銅混合約束提出了一個非常重要的工廠操作的約束，不允許高效開採作業。



參考文獻

Anderson, M., 2009. MRMR 長期規劃，2009 年 11 月，2009 年 MRMR - 規劃文件.pdf。

AMEC 公司 - 沃伊斯灣審計的最後草案 2009 年 07 月 02 日.pdf

淡水河谷國際鎳業公司 2009 年礦產儲量表，2009 年礦產儲量表_jan31_批准 Feb5only.pdf

Anderson, M., Wheeler, R. VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司礦產儲量表, MRMR - VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司_2009_審計 2010.pdf.

VALE INCO 紐芬蘭和拉布拉多有限公司 EIS 摘要，[http://Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司.valeinco.com/eis/roll/v2eng.htm#s24](http://Vale%20Inco%20紐芬蘭和拉布拉多有限公司.valeinco.com/eis/roll/v2eng.htm#s24).

試算表

NL-A_2009_3yr_rev1 (1 月 12 日更新).xls

NL-A_2009_3yr_rev1.xls

NL-BASE_A_June2010.xls

NL-BASE_A_June2010_3year.xls

附錄 F-2009 假設-2009 礦產 Res Calc-3 年平均金屬價格 2010 年 5 月 (2) .xls

2010-2014 年假設規劃 - 2010 年 4 月 30 日 v2.0.xls



VALE INCO NEWFOUNDLAND AND LABRADOR AUDIT

報告 簽名 頁

GOLDER ASSOCIATES 有限公司

Jean-Pierre Nicoud, P.Eng.
高級採礦工程師

Kevin Palmer, P.Geo.
副高級資源地質學家

Golder , Golder Associates 有限公司及 GA 全球設計是 Golder Associates 集團的商標。

c:\documents and settings\lbrunet\local settings\temporary internet
files\content.outlook\3320yudi\vale_reserve_audit_v2_s3_Vale Inco 紐芬蘭和拉布拉多有限公司
_draft_2010_08_13.docx

Golder 聯營公司全體員工致力於成為地面工程和環境服務領域最領先的全球公司集團。公司自 1960 年成立時起開始擁有雇員，我們已創造了獨一無二的所有權文化，並借此形成了長期的組織穩定性。**Golder** 聯營公司的專家們不斷努力瞭解客戶需求和公司業務所處的特殊環境。我們持續擴展我們的技術能力，員工數量不斷增加，而且，我們的辦事處遍及非洲、亞洲、澳大利西亞、歐洲、北美和南美洲。

非洲

亞洲

澳大利西亞

歐洲

北美洲

南美洲

+ 27 11 254 4000
+ 852 2562 3658
+ 61 3 8862 3500
+ 356 21 42 30 23
+ 1 800 275 3281
+ 55 21 3095 9500

solutions@golder.com
www.golder.com

加拿大 P3C 4R9,

安大略，薩德伯裏，1010 洛恩街，

Golder Associates 有限公司聯合有
限公司