



生效日期：2010年6月30日

CELEBRATING  
**50**  
YEARS  
in 2010

## VALE INCO LIMITED

### 礦產儲量的外部審核

#### 第2卷，第1節

### 安大略省業務

提交予：  
Vale Inco Limited  
2060 Flavelle Blvd., Sheridan Park  
Mississauga, Ontario  
Canada L5K 1Z9

REPORT

項目編號： 10-1117-0032 Phase 1000

分發：

1份電子副本：Vale Inco Limited

1份電子副本：Golder Associates Ltd.

  
A world of  
capabilities  
delivered locally





## 行政概要

Golder Associates Ltd.'s (Golder) 的合資格人士 Greg Greenough (P.Geo.) 及 Kevin Beauchamp (P.Eng.) 已於 2010 年 7 月 5 日至 9 日考察 Vale 安大略省業務項目，並核實部分礦產資源為以下安大略省業務於 2010 年 6 月 30 日的礦產儲量估計的基準。

於實地考察期間，他們已視察採礦業務、採訪有關人士及收集所需資料，從而評估估計資源及儲量所用資料及方法的合適程度。就此次研究聯絡的人員名單包括：

- Steve Lowen – MRMR 首席地質工程師
- Lee Weitzel – 經理 – 業務規劃
- Chris Davis – 經理 – 礦山地質
- Trevor Courchesne – 首席工程師 – 業務規劃 Coleman、Creighton 及 Totten 礦場及 Tom Corkal – 首席工程師 – 業務規劃 North, Stobie 及 Garson 礦場
- Richard Jundis – 高級採礦工程師
- Scott Jeffrey – 首席地質學家 – 設計及評估

此次研究包括審閱技術報告、備忘錄及從 Vale 獲得的配套技術資料。過去的內部及外部技術審核報告亦可供 Golder 查閱（例如，SRK Consulting 於 2009 年 8 月對 Garson Deep 進行的獨立審核）。

向 Golder 提供的礦產儲量估計預期符合證券交易委員會行業指引第 7 號的規定及 Canadian National Instrument (NI) 43-101 運用 CIM(2004) 的專業術語。並無發現違該等規定的情況。

Vale 於 2010 年 6 月 30 日的礦產儲量報表已交由 Golder 審核。Golder 審核的礦產儲量乃根據礦產資源模型作出以及運用適當的成本、優化、礦山設計及實務進度編製。Golder 認同將礦產資源轉換為礦產儲量所採用的程序。有關數字就公開報告而言屬適當，他們已對礦產儲量作出令人滿意的預測。噸位及品位乃根據記錄的成本及價格按適當的經濟切斷品位呈報。

下表的礦產儲量數據乃按照公開報告的適當精確水平提供。



## 安大略省業務審核

2010年6月30日安大略省業務礦產儲量

經營礦山	類型	噸位	%銅	%鎳	%鈷	鉑 (克/噸)	鈮 (克/噸)	金 (克/噸)
C.C. North	探明	10,940,921	1.07	1.03	0.04	0.7	0.7	0.3
	可能	15,209,383	1.06	0.89	0.03	0.9	0.9	0.4
	總計	26,150,304	1.06	0.95	0.03	0.8	0.8	0.4
C.C. South	探明	4,955,348	1.36	1.11	0.03	1.1	1.0	0.4
	可能	8,199,547	1.50	1.34	0.04	1.2	1.6	0.5
	總計	13,154,895	1.45	1.25	0.04	1.2	1.4	0.5
Creighton #9	探明	6,408,941	2.36	2.27	0.05	0.7	0.7	0.2
	可能	4,402,491	1.66	1.91	0.04	0.6	0.7	0.2
	總計	10,811,432	2.06	2.10	0.04	0.7	0.7	0.2
Stobie/Frood	探明	24,850,044	0.65	0.69	0.03	0.3	0.3	0.1
	可能	8,201,578	0.70	0.72	0.03	0.3	0.3	0.1
	總計	33,051,622	0.66	0.70	0.03	0.3	0.3	0.1
Garson	探明	6,156,020	1.26	1.71	0.06	0.6	0.7	0.3
	可能	523,572	0.82	1.17	0.05	0.4	0.3	0.2
	總計	6,679,592	1.22	1.67	0.06	0.6	0.7	0.2
Coleman	探明	15,805,749	2.87	1.62	0.04	1.0	1.7	0.5
	可能	2,579,037	5.34	1.10	0.01	4.3	6.4	1.4
	總計	18,384,786	3.18	1.53	0.04	1.5	2.4	0.7
Totten	探明							
	可能	7,896,820	2.07	1.47	0.04	2.1	2.1	0.8
	總計	7,896,820	2.07	1.47	0.04	2.1	2.1	0.8
Ellen	探明	400,975	0.45	1.00	0.03	0.1	0.1	0.0
	可能							
	總計	400,975	0.45	1.00	0.03	0.1	0.1	0.0
安大略省業務	探明	<b>69,517,998</b>	<b>1.48</b>	<b>1.22</b>	<b>0.04</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.3</b>
	可能	<b>47,012,428</b>	<b>1.53</b>	<b>1.15</b>	<b>0.03</b>	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0.5</b>
	總計	<b>116,530,426</b>	<b>1.50</b>	<b>1.19</b>	<b>0.04</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>0.4</b>



## 重要意見

- **潛在勞資糾紛後問題：***Steelworkers Local 6,500* 員工的聘任和生產力可能由於長期及富爭議性的勞資糾紛而受到影響。倘勞資關係持續下去，可能導致基線業務的表現較預期遜色。
- **安大略省業務就採礦回收及稀釋所採用的礦產資源量區塊塑建方法及因素已按照獲接受的行業標準而完成及適宜用作呈報礦產儲量。**
- **安大略省業務應會繼續存在地質技術問題。**此外，深度較大的礦體出現採礦回收、生產力及採礦成本問題的機會有所增加。然而，有資格人士認為安大略省業務的地面控制計劃對於處理該等地質技術問題往績良好。
- **安大略省業務須符合政府所建議的二氧化硫減排規例。**減排的經濟和技術可行方案將要避免導致關閉熔爐和精煉廠或大幅縮減廠房規模。



## 目錄

1.0 安大略省業務 .....	1-1
1.1 位置 .....	1-1
1.2 所有權 .....	1-1
1.3 土地租期及採礦權 .....	1-1
1.4 基礎設施 .....	1-2
1.5 生產工藝及產品 .....	1-3
1.6 金屬回收 .....	1-4
1.7 市場 .....	1-6
1.8 歷史生產情況 .....	1-6
1.9 地質及礦藏 .....	1-8
1.10 勘探與開發鑽孔 .....	1-10
1.11 礦藏取樣方法和數據管理 .....	1-11
1.12 礦產資源估計 .....	1-13
1.13 礦產儲量估計 .....	1-15
1.14 報告礦產儲量 .....	1-19
1.15 對賬和儲量審核 .....	1-22
1.16 環境 .....	1-23
1.17 社區及政府事務 .....	1-23
1.18 經營成本 .....	1-24
1.19 資本成本 .....	1-25
1.20 稅務 .....	1-26
1.21 礦產儲量經濟評估 .....	1-27
1.22 礦山壽命 .....	1-30



### 附表

表 1-1：安大略省業務的銷售產品.....	1-4
表 1-2：平均金屬回收率 (%) (%) <sup>1</sup> .....	1-5
表 1-3：研磨回收率核對.....	1-6
表 1-4：2007 年至 2010 年 6 月 30 日的歷史礦山生產情況.....	1-7
表 1-5：截至 2009 年 10 月 31 日金剛石鑽孔（米）摘要.....	1-10
表 1-6：安大略安大略省業務開採率摘要（2010 年 LOMP，實際至 6 月 30 日）.....	1-16
表 1-7：截至 2010 年 6 月 30 日的安大略省業務礦產儲量.....	1-19
表 1-8：探明及可能儲量分類的平均鑽孔空空間.....	1-20
表 1-9：2008 年至 2009 年礦產儲量變動.....	1-21
表 1-10：礦產儲量與實際已分配產量的比較.....	1-21
表 1-11：現金經營成本概要.....	1-24
表 1-12：現金成本（固定及可變）.....	1-24
表 1-13：總資本成本概要 <sup>1</sup> .....	1-26
表 1-16：安大略省業務五年礦場生產量（LOMP 2009 濕噸開採）.....	1-30
表 1-17：安大略安大略省業務五年期鎳產量（LBS LOMP 2009 礦石中的鎳）.....	1-30

### 附圖

圖 1-1：安大略省業務 2009 年礦業的位置.....	1-1
圖 1-2：安大略省業務敏感度分析.....	1-29



## 1.0 安大略省業務

### 1.1 位置

Vale Limited (Vale)安大略省業務的營運礦山、未營運礦山及未發展礦業位於安大略省的 Sudbury 盆地 (圖 1-1-1)。

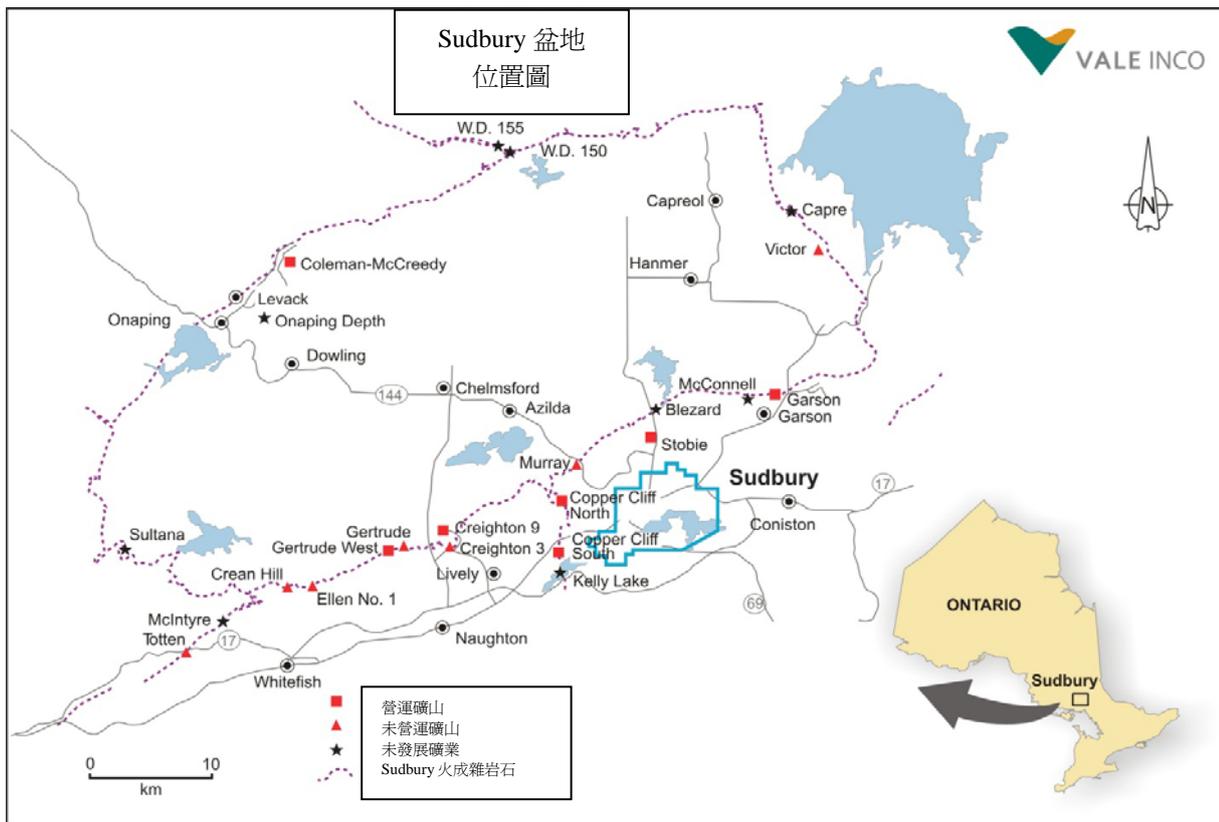


圖 1-1：安大略省業務 2009 年礦業的位置。

### 1.2 所有權

Vale 完全擁有安大略省業務。

### 1.3 土地租期及採礦權

在安大略省 Sudbury，Vale 持有安大略省授出的採礦權、地面使用權、佔地的採礦許可證及無專利權的採礦權。以下為各項該等權利的描述。



### 有專利權的採礦及地面使用權

Vale 擁有約 82,085 公頃的有專利權的採礦權及約 60,002 公頃的有專利權的地面使用權，包括與其他人士共同擁有的合共約 1,198 公頃的採礦及地面使用權。採礦權為在地表或地下勘探及挖掘礦產的權利，而地面使用權為使用土地表面的權利。只要 Vale 擁有該等權利適用的土地，該等權利就會有效。

### 租賃予 Vale 的土地的採礦及地面使用權

Vale 持有從安大略省租賃的約 14,116 公頃土地。該等租賃土地（包括連同採礦及地面使用權）的租期為 10 年或 21 年。每年向該省支付租金每公頃 3.00 加元（總年度租金 42,348 加元）以保持租約完好。根據 Golder 在續訂類似租約方面的經驗，預計取得租約（包括上述任何土地）的續訂不會出現問題，原因是續訂的唯一要求是支付名義續訂費。2010 年四份租約有待續訂。該等租約包括由位於過去生產 Whistle 礦的 Norman Township 西部的 1 至 7 個單位組成的岩區。該等四份租約並不包含目前的礦產儲量或礦產資源。

### 佔地的採礦許可證

Vale 在安大略省持有涵蓋約 2,939 公頃的佔地的許可證，當中約 17 公頃為與其他人士共同持有。該等佔地的採礦許可證准許 Vale 以各許可證指定的方式使用土地，包括挖掘、開採或運走地表及地下的礦石及礦產。該等許可證可由安大略省提前 30 日發出通知予以撤銷。每年向該省支付租金每公頃 5.00 加元（總年度租金 14,695 加元）以保持該等佔地的採礦許可證完好。

### 無專利權的採礦權

Vale 在安大略省持有涵蓋約 8,455 公頃的無專利權的採礦權，當中約 6,596 公頃為與其他人士共同持有。無專利權的採礦權乃由該省為開發礦產潛力而發出，並要求進行評估工作以繼續持有採礦權。

本文件中報告的估計礦產儲量及礦產資源包含於 Vale 所擁有有專利權的採礦權中。

## 1.4 基礎設施

在 Sudbury 的加工設施包括選礦廠、綜合鎳銅冶煉廠、磨砂加工設施、羰基鎳精煉廠、陽極銅鑄造廠、硫酸廠及二氧化硫液化廠。銅精煉廠已於 2006 年關閉。



安大略省業務輔助基礎設施包括尾礦蓄水區、一個礦渣處理區及一個氧氣廠。部分產品乃運至威爾士 Clydach 的一個羰基鎳精煉廠。一個電鍍精煉及貴金屬加工廠位於安大略省的 Colborne 港，而一個鉑組金屬精煉廠則位於英國的 Acton。

### 1.5 生產工藝及產品

於 2009 年，鎳、銅及貴金屬產自五個地下礦場，包括 Garson、Creighton、Copper Cliff、Coleman 及 Stobie 地下礦場。Gertrude West 及 Ellen 露天礦於 2009 年進入維修保養狀態。Totten 礦於 2009 年繼續生產前的開發工程，進行井改造、橫向和縱向開發工程及金剛石鑽探。預計於 2010 年於 Totten 開始礦石生產前開發工程。

地下採礦法包括分層洞穴、爆破孔、後柱、分層填充及窄幅礦脈開掘和填充。

礦石從安大略省業務及第三方礦石供應商經鐵路及／貨車運至 Clarabelle Mill，而礦石在此地被摻合在一起。礦石會被粉碎和磨粉，同時通過磁選提取大部分磁黃鐵礦，然後送往 Copper Cliff 尾礦蓄水區的指定廢物儲存區。餘下礦石則進行浮選以生產混合鎳銅精礦，品位為 14% 的鎳等同物和約 8.5% 的銅和 11% 的鎳。精礦先脫水，再混合加入自定濃縮給料及高品位矽石溶劑，輸送至冶煉廠。岩石尾礦用作礦井回填、在尾礦區修築大壩，或在 Copper Cliff 尾礦蓄水區處理。

於 2006 年 10 月，銅分離工藝在 Clarabelle Mill 投入運作。浮選工藝生產的精礦用於通過壓縮鎳黃鐵礦，從而讓銅懸浮來生成高銅精礦。精礦再經過濾生產濾餅，含大約品位 33% 的銅及 0.4% 的鎳。該工藝目前每天產出大約 500 噸的最終銷售銅精礦產品，並減少了運往冶煉廠的銅單位。該工藝亦讓 Clarabelle Mill 將高濃度銅納入礦山的含鎳礦石。

於 Copper Cliff 冶煉廠，鎳銅混合精礦經由兩個閃速爐和五六個轉爐進行烘乾及加工。冶煉廠生產混合冰銅、二氧化硫及爐渣。閃速爐產出的二氧化硫在酸性液態二氧化硫工廠進行加工，並作為硫酸和液態二氧化硫出售，而轉爐產生的低強度氣流則排向煙囪。爐渣為一種廢品。

轉爐冰銅緩慢冷卻，形成粗晶體結構，再被粉碎、磨粉和通過在冰銅分離廠的磁選工藝分離為金屬物、鎳硫化物及銅硫化物。

所有貴金屬性質的金屬物及部分氧化鎳被運往 Copper Cliff 鎳精煉廠。餘下鎳硫化物在流化床焙燒爐中進行烘焙。所產生的氧化鎳於 Copper Cliff 鎳精煉廠或 Clydach 鎳精煉廠進行加工，而一部分則直接作為氧化鎳燒結 75 售賣。從 2007 年開始，流化床焙燒爐產生的所有硫排放物被納入作為減排計劃的一部分。



冰銅分離產生的硫化銅在反應器中處理，同時產生二氧化硫及金屬熔液。二氧化硫被加工為硫酸。其他雜質在結束轉爐運行時從金屬熔液中移除，生產粗銅及氧化鎳殘渣。在結束轉爐運行時產出的少量二氧化硫會被排向煙囪。粗銅熔液則轉移至陽極爐，並附在陽極，再向他人出售或由他人加工。

安大略省業務的銷售產品（按來源劃分）概述於表 1-1。

表 1-1：安大略省業務的銷售產品

來源	產品
研磨（銅分離）	銅精礦
冶煉廠	硫酸、發煙硫酸、液態二氧化硫、陽極銅、混合中間體
冰銅加工	氧化鎳燒結 75
鎳精煉廠	鎳粉、鎳顆粒、鎳鐵顆粒、混合中間體
Colborne 港精煉廠	鉑組金屬精礦、金沙、銀沙、電解鈷
Acton 精煉廠	鉑組金屬

安大略省政府的批文規定須出口來自加拿大境外安大略省業務礦業的中間體產品。Vale 的做法是在各項規定出口許可證屆滿前與政府官員會談，以討論出口程序的有關方面。於 2005 年 12 月，安大略省政府同意 Vale 出口氧化鎳燒結、硫酸鎳渣、硫酸鎳冰銅、副產品、殘渣及類似工藝衍生品，為期 10 年，於 2015 年 12 月屆滿。同時，安大略省政府亦同意 Vale 在相同期限內向其 Acton 精煉廠出口其半精煉鉑組金屬精礦。於 2007 年 6 月，安大略省政府同意 Vale 出口加拿大境外的陽極銅、銅精礦及 MK 輝銅礦銅精礦進行深加工。該批准的期限亦於 2015 年 12 月屆滿。

## 1.6 金屬回收

目前，在研磨廠的預期金屬回收乃按照「Malcolm Bell」研磨工序模式進行，該模式是由 Vale 內部人士開發的。該模式拒收按相同金屬品位（每年視乎計劃調整）送往研磨廠的所有礦石中相同百分比的磁黃鐵礦。同樣，所有礦石的岩石尾礦按相同金屬品位（每年視乎計劃調整）亦會被拒收。該模式包含有關基於品位和磁黃鐵礦的一般礦石的特性假設。為可能超過已知預期回收率的礦石設定最大允許值。

鎳研磨回收率乃根據鎳給礦品位及磁黃鐵礦的數量估計。鈷研磨回收率按 1% 減鎳回收率估計。銅回收率根據銅給礦品位估計。在 Clarabelle Mill 執行新的銅分離工序之後，研磨回收率未曾改變。



鉑、鈀、金和銀研磨回收率乃根據與給料品位比較的歷史回收率估計。銻、釘和鈹的價值按照以歷史生產為基準確定，以供制定財務模型。

冶煉及精煉回收系數乃從年度金屬計劃模型中確定，納入冶煉及精煉業務的當前冶金係數、加工及未入賬損失。

根據估計礦產儲量的平均品位，金屬回收率列示於

表 1-2。未來貴金屬回收率假設與過往

年度的假設一致。

表 1-2：平均金屬回收率 (%)<sup>1</sup>

金屬	混合精礦的 研磨回收率 %	鎳精礦的冶煉及精煉回收率 %
鎳	82.9	94.2
銅	95.7	94.4
鈷	81.8	28.0
鉑	81.6	92.7
鈀	81.8	92.5
金	79.3	90.1
銻	54.0	87.3
釘	35.0	51.3
鈹	35.0	71.7
銀	77.6	87.0

附註：<sup>1</sup> 資料來自 2009 年 MRMR 財務模型中的 2010 年生產計劃選礦模型（僅作儲備）。

通過財務模型式研磨預測金屬回收率對過往 5 年 Clarabelle Mill 實際銅及鎳回收率的核對已完成，並概述於表 1-3。財務模型預測的銅回收率一般高出每年實際回收率 0.5-0.8%，而預測鎳回收率則高出每年實際回收率 0.1-0.8%。基於這種差異，該模型能成功準確預測 Clarabelle Mill 每年實際銅及鎳研磨回收率的數值。



表 1-3：研磨回收率核對

年度	狀態	Clarabelle Mill 實際數據					模型預測		實際-預測	
		給料品位			% 銅回 收率	% 鎳 回 收 率	% 銅 回 收 率	% 鎳回 收 率	% 銅回 收 率	% 鎳回 收 率
		%銅	%鎳	%硫						
2004	實際	1.38	1.34	10.1	94.8	81.5	95.3	81.6	-0.5	-0.1
2005	實際	1.33	1.28	9.7	95.4	81.5	95.2	82.1	0.1	-0.6
2006	實際	1.30	1.23	9.0	95.6	82.3	95.1	82.5	0.5	-0.2
2007	實際	1.33	1.22	9.1	94.6	81.0	95.2	81.8	-0.6	-0.8
2008	實際	1.40	1.21	9.1	94.6	80.9	95.4	81.6	-0.8	-0.7
2009	估計	1.45	1.23	9.0	95.0	82.0	95.5	82.5	-0.5	-0.5

## 1.7 市場

### 鎳產品

安大略省業務生產多種鎳產品，包括鎳電鍍產品、鎳熔融產品及各種特製品（如粉末和氧化物）。

鎳熔融、電鍍及特製品一般均按較倫敦金屬交易所現金價的溢價出售。溢價將視乎產品形式、包裝、市況及其他因素而定。氧化鎳（燒結 75，含 75%的鎳）乃按倫敦金屬交易所價格折現出售，供進一步加工為一般銷往亞洲不鏽鋼市場的精煉鎳。

生產所有該等產品的成本計入估計礦產儲量的評估。價格溢價乃根據未來數年計劃的產品組合制定。

### 銅產品

銅以下列三種形式之一出售：作為研磨廠銅分離電路產出的精礦、作為鑄造陽極、或電積產品（來自 Copper Cliff 鎳精煉廠）。精礦及陽極以根據倫敦金屬交易所銅價為基準制定的商業價格出售。電積銅按照倫敦金屬交易所銅價出售。

### 鈷產品

鈷主要通過簽訂年度合約作為高純度鈷金屬出售，並用於特製品行業。

### 貴金屬產品

貴金屬（銀除外）被運往科爾本港精煉廠進行深加工。科爾本港產出的金沙會被運往加拿大皇家鑄幣廠進行加工。鉑組金屬在英國的 Acton 精煉廠進一步精煉，並按現行市場價格作為純金屬出售。鉑組金屬包括：鉑、鈀、銻、鈦和銻。銀主要在銅陽極連同銅精礦中出售，及作為科爾本港精煉廠產出的銀沙出售。

## 1.8 歷史生產情況

表 1-4 列示安大略業務於 2007 年 1 月 1 日至 2010 年 6 月 30 日（年終）期間的礦山生產情況及平均品位。2010 年上半年的生產情況亦列出進行比較。



表 1-4：2007 年至 2010 年 6 月 30 日的歷史礦山生產情況

統計	單位	2007 年	2008 年	2009 年	2010 上半年
<b>Copper Cliff North 生產情況</b>					
噸位	(乾式千噸)	1,078	1,165	524	
鎳品位	(%)	0.84	1.01	1.06	
銅品位	(%)	0.92	1.01	0.96	
<b>Copper Cliff South 生產情況<sup>(1)</sup></b>					
噸位	(乾式千噸)	883	771	78	
鎳品位	(%)	1.46	1.48	1.40	
銅品位	(%)	1.71	1.67	1.45	
<b>Creighton 生產情況</b>					
噸位	(乾式千噸)	963	1,001	395	94
鎳品位	(%)	2.08	2.14	1.82	3.84
銅品位	(%)	1.62	1.56	1.57	3.41
<b>Stobie 生產情況</b>					
噸位	(乾式千噸)	2,850	2,892	1,198	73
鎳品位	(%)	0.72	0.72	0.72	0.69
銅品位	(%)	0.68	0.65	0.64	0.60
<b>Garson 生產情況</b>					
噸位	(乾式千噸)	692	840	328	22
鎳品位	(%)	1.59	1.69	1.45	0.84
銅品位	(%)	1.58	1.72	1.93	3.15
<b>Coleman 生產情況</b>					
噸位	(乾式千噸)	1,408	1,425	624	200
鎳品位	(%)	1.74	1.62	1.64	1.62
銅品位	(%)	2.75	2.66	3.28	2.91
<b>Gertrude 生產情況<sup>(2)</sup></b>					
噸位	(乾式千噸)	12	124		
鎳品位	(%)	0.66	0.72		
銅品位	(%)	0.25	0.29		

附註：(1) 該礦已自 2009 年 1 月起無限期關閉

(2) 於 2009 年進行維護

於 2009 年 7 月，在拒絕接受新的三年期勞資協議的解決方案後，Sudbury 業務的工會員工展開罷工，導致 2009 年及 2010 年上半年大幅減產。於 2009 年第三季度，Vale 於 Garson 及 Coleman 的礦山恢復部分生產，主要出產銅（Vale 經營兩個高含銅採礦區及 Clarabelle Mill 生產銅精礦）。於 2010 年第一季度，重點轉為生產鎳，並恢復 Creighton 及 Stobie 礦山和 Copper Cliff 冶煉廠的部分業務。



## 1.9 地質及礦藏

### 地質

Sudbury 的岩漿銅鎳硫化物礦藏為古元古代 Sudbury 結構的一部分，包括 Sudbury 火成雜岩；Whitewater Group 的角礫岩、泥岩粉砂岩及玄武岩（位於 Sudbury 盆地中心）；以及圍繞著 Sudbury 火成雜岩的角礫岩及衝擊岩的太古代及古元古代的下盤岩。所有界定為 Sudbury 結構的下盤岩根據 Sudbury 角礫岩層的出現而劃分。這種角礫岩一般為綿延數公里的小礦脈、形狀不規則、呈橫向分佈粗板狀體。Sudbury 火成雜岩（時間為 18.5 億年）分佈於東北向長軸 60 公里及短軸 27 公里的一個橢圓或豆形圈內。

Sudbury 結構岩石（特別是 Sudbury 火成雜岩及 Whitewater Group 岩石）會受一些斷層及該等斷層有關的韌性和脆性變形的影響。Sudbury 結構由多個區域及地方基性岩牆群劃分。北部太古代下盤岩由約 24.54 億年 Matachewan 群的南北向岩牆橫向切開。

Sudbury 群的西北向橄欖拉斑玄武岩牆（時間為 12.38 億年）將 Sudbury 火成雜岩橫向切開，所有岩石均位於 Sudbury 結構內部或周圍。

Sudbury 鎳銅鉑金礦藏與位於 Sudbury 火成雜岩及下盤岩連接處或同心偏移岩石脈的碎小富礦有關。該等礦藏存在於四種主要地質環境。"

### 礦藏

#### 北部接觸礦藏

北部接觸鎳銅礦藏可見於連同含有蘇長岩及輝長岩的接觸面（稱為分層）的 Sudbury 火成雜岩底層中，及分層以下的變質下盤角礫岩/花崗岩角礫內，呈彎狀。該等礦藏包括 Coleman 礦（原稱 McCreedy East）、中部、西部和東部礦體。

分層由下盤、鎂鐵質至超鎂鐵質岩組成，Sudbury 火成雜岩底層連接層的形狀及形態控制分層容量分佈。分層硫化物礦化可呈散佈或集中狀，情況一般由大量存在於下盤岩到硫化礦向上盤岩方向散佈不等。接觸礦藏的鉑族元素及金含量不一，但都較低。

有價值的北部鎳銅存在於花崗岩角礫。該下盤角礫岩由圍岩、外來超鎂鐵質夾雜物及罕見的分層等碎片和變質石英長石質矩陣中的鎂鐵質蘇長岩捕虜岩所組成。礦化因硫化物、岩脈和細脈的圓形浸染移動以及大量硫化物堆積於下盤角礫岩而形成。下盤角礫岩和非角礫岩下盤岩之間存在過渡層，當中的下盤角礫岩底層存在大量硫化物。

#### 北部下盤礦藏

兩類下盤礦藏已確定位於北部，該兩類礦藏具有大量網狀脈類硫化銅／鉑類元素／金礦藏（Coleman 礦山 153 號和 170 號礦體）並低硫化物高鉑類元素／金分佈區及礦藏（Coleman 148 區及 153 號礦體鏡頭）。下盤礦化遠較接觸礦化分散，且位於及鄰近熱變質 Sudbury 角礫岩。連接硫化物及下盤硫化物的物理連接經常不受保存或認可，惟 Quadra FNX Mining Ltd 的 McCreedy West 礦及 Xstrata Nickel Strathcona 礦除外。

#### 南部接觸礦藏

南部接觸類鎳銅礦藏與北部類似。該等礦藏存在於 Sudbury 火成雜岩石底部的分層內，包括 Creighton 礦和 Stobie 礦礦體、Murray 礦主礦體和 Blezard 主礦體。南部下盤角礫岩位於分層之下，由暗色岩和變質岩石變質產生。銅鎳礦化於分層中呈分散至塊狀。該等礦藏一般以塊狀礦石形式存在於下盤岩，以至以散佈型硫化礦形式出現於上盤岩。接觸礦藏的鉑類元素及金含量一般較低。與北部接觸礦藏類似，鎳銅礦化作用存在於帶有少量石英閃長岩的下盤角礫岩內。塊狀硫化物銅／鉑類元素／金下盤礦化作用亦存在於南部礦藏，但含量不高（Creighton 礦）。



### 偏移沈積脈

高價值鎳／銅／鉑類元素／金礦化作用存在於 Copper Cliff 礦偏移礦體及 Totten 礦礦體的石英閃長岩偏移岩脈，可以延伸入 Sudbury 結構圍岩內數公里，並可輻射或集中於 Sudbury 火成雜岩的連觸面，接口清晰。石英閃長岩是南部偏移帶的主要組成部分，及為北部偏移帶的遠端部分（距離 Sudbury 火成雜岩連觸面三公里以上）。下盤角礫岩亦以片狀或扁平狀層層集中於 Sudbury 火成雜岩的下層，為若干偏移岩脈的重要組成部分。

礦化作用區由氣泡擴散帶和塊狀硫化鎳／銅／鉑類元素／金構成，與大量石英閃長岩及當地的岩脈構造層於同一空間出現。鎳／銅／鉑類元素／金礦藏有較長的傾角長度和走向長度，包含至少 5% 的硫化物。礦體間區域由貧瘠石英閃長岩或弱礦化石英閃長岩組成。"

### 構造控制礦藏

結構性控制的鎳／銅／鉑類元素／金礦藏存在於 Sudbury 結構的南部，包括 #1、#4 及 #5 剪切 Garson 礦，360 號和 600 號礦體。鎳銅礦化作用通常會移動至剪切帶及相關構造圈圍。該等礦藏存在於 Sudbury 火成雜岩和 Huronian 超群變質及變質火山岩接觸處的斷層帶。礦化作用以再結晶硫化物矩陣周圍存在著當下盤變質沉積物的變形碎屑、上盤蘇長岩和石英脈的材料的形式發生。該礦石的特點為下盤岩石矽化、礦化強烈變形及晚橫切石英碳酸鹽與閃鋅礦、白鐵礦及方鉛礦合併以及為後期熱液活動的反映。

### 地質及礦藏審查

雖然停工導致困難重重，但已與來自各項業務的部分主要地質學家和礦山地質學家就安大略業務的地質和礦藏進行談判。

為評估和增強地質詮釋和礦產資源評估的信心，主要數據收集方法是由礦山地質員工指揮的金剛石鑽孔法。各個礦山的鑽孔密度不同，是礦化類別的一個函數及資源分類的一個級別。

一旦儲量被開採，通常會以圓形套圓形基準在礦山上完成地質測繪，並整合至 Datamine 地質模型。此外，從生產鑽孔得到的探測數據會用於主體礦區，以界定規劃採礦區域的礦化接觸帶，從而盡量減少稀釋，並確定金剛石鑽孔法尚未發現的有價物質。經調查的已完成主體採場數目與探測數據相結合，可產生強大的模型用於調整並支持儲量可採性和稀釋估計。

通過由主力進行測井和取樣的地質學家在三個常見部位鑽孔岩芯，並使用共用自定義鑽孔軟件直接鏈接到鑽孔數據庫，可使收集和儲存的數據保持一致。

**Golder 認為，憑藉一百多年具有良好記錄的知識，Vale 對安大略業務的地質和礦藏種類擁有卓越的知識和了解，並且這種知識已傳承至員工。所收集地質數據的級別已完成編制，以符合公認行業準則，對於礦產儲量報告屬洽當。Golder 就地質和礦藏種類編制的審查級別並未發現任何致命缺陷。**

## 1.10 勘探與開發鑽孔

2009 年在 Sudbury 鑽探和記錄的金剛石鑽孔總長度截至 10 月 31 日為 98,687 米（2008 年為 303,086 米）。截至 2009 年 10 月 31 日的鑽孔概要載列於表 1-5。

地下勘探和界定鑽孔因安大略業務的工會停工而受嚴重影響。



表 1-5：截至 2009 年 10 月 31 日金剛石鑽孔（米）概要

地點	勘探	界定	合計
Copper Cliff 礦山	17,170	11,486	28,656
Coleman	3,069	6,842	9,911
Creighton	9,506	5,153	14,659
Garson	14,136	8,118	22,254
Stobie/Frood	0	2,590	2,590
Totten	0	3,944	3,944
其他	16,673	0	16,673
安大略業務總計	60,554	38,133	98,687

對所有礦藏的礦產存貨的全面檢討，包括可快速獲取的低品位、近地表礦藏或露天開採礦藏，仍然由安大略業務進行評估和評級，並定出優先順序方便未來的探索和推進。2009 年，所有礦井的地質資料已進行編製和審查，勘探目標亦因此優先定在使未來勘探決策更加清晰，令其與安大略業務的礦井年期計劃(LOMP)一致。

在一般情況下，Garson 和 Creighton 礦山的鑽孔側重於支持礦井擴建，而 Copper Cliff 礦的焦點則集中於現有基建上方的未經檢驗區域。除主礦體外，Coleman 礦山勘探和劃定鑽孔集中於下盤礦藏，而 QP 認為 Vale 於 Coleman 的大部分勘探潛力確實存在，因為大多數接觸礦藏下傾潛力存在於 Xstrata Nickel 礦產（大部分已採空）。

### 1.11 礦藏取樣方法和數據管理

典型的岩芯直徑大小是 BQ，部分則為 AQTW 和 NQ。岩芯位於安大略業務的四個設施：Coleman 礦山、Copper Cliff North 礦山、Creighton 礦山及 Copper Cliff South 礦山附近的 VITSL 廢棄地勘探核心設施。地質學家和技術員（由地質學家監督）就 MEBS 數據庫系統的所有鑽孔進行測井和取樣。勘探和開發岩芯的與取樣程序相同，區別在於勘探岩芯被鋸一半，其餘一半留在 Vale 的安大略業務岩芯存儲場地。開發鑽孔岩心樣本已全部取樣。

#### 樣本數據驗證和質量保證／質量控制

Vale 已制定一項全面的質量保證／質量控制程序，目前正由 Chris Davis 在安大略業務實施，並獲得 Sasa Krstic Corporate 位於 Sheridan Park 的質量保證／質量控制人員的支持。此外，LIMS 樣本追蹤系統（LIMS STS）於 2008 年 9 月開始實施。實施該系統旨在提供一個跟踪系統，跟踪包括岩芯記錄、取樣、運輸及樣本結果。作為質量保證／質量控制協議的一部分，質量保證／質量控制地質學家(Atulya Verma)編製每月數據驗證報告，概述已完成的內部質素控制。同樣，質量保證／質量控制地質學家還需編製年度報告。該等報告包括出現故障的跡象（重量、等級估計、硫化物估計、取樣和錄像錯誤、質量保證／質量控制樣本錯誤、與化驗證書的差異）及 Vale 就該等故障的解決方案。



ALS Chemex 的所有化驗樣本使用 LIMS STS 直接錄入 MEBS 數據庫。該系統允許從 ALS Chemex 直接將數據傳輸至數據庫，並且毋須額外數據處理。LIMS STS 也就已提交 ALS Chemex 進行的化驗每兩星期提出一次複本化驗要求。

### 測井和化驗質素指標

所有鑽孔和樣本數據由地質學家輸入到 MEBS 數據庫，數據庫內置對下列主要質素指標進行檢查：

- 樣本重量檢查是根據估計硫化物百分比和已計算的主體密度 (SG) × 岩芯大小 × 長度；
- 樣本硫化物百分比檢查是根據估計的硫化物百分比對比已計算的硫化物百分比 (根據硫的化驗結果)；
- 化驗樣本檢查，即比較估計等級 (%銅 + %鎳) 和檢測值 (%銅 + %鎳)；及
- 估計檢查，亦即將 %銅 + %鎳和估計硫化物百分比進行對比。

### 質量保證／質量控制樣本

安大略業務的質量保證／質量控制方案包括監測 ALS Chemex 的內部質素控制樣本，監測 Vale 的內部標準結果，並隨機選取樣本在第三方實驗室(SGS Lakefield)進行檢驗分析，包括 Vale 控制實驗室。

有資格人士已完成對 Vale 的質量保證／質量控制程序的審查，其中包括審查每月內部質量保證／質量控制報告 (JuneJuly\_09\_MonthlyQC report.pdf)、審查 2009 年檢查 (Verma, 2010 年) 及 2009 年安大略業務 MRMR 報表。質量保證／質量控制樣本程序和結果的摘要如下：

- 由取樣地質學家和技術人員以 2% 和 1% 的插入率提交內部標準和空白結果。這個過程於 2008 年開始在安大略業務的所有礦井實施。安大略業務和 VITSL 廢棄地勘探集團從 2005 年起已在其提交的樣本批量中納入一份質量保證／質量控制方案。
- 監測內部標準和空白測試的結果，並對失效採取措施 (按月)。
- 對比原始 ALS Chemex 數據和 MEBS 數據庫中的數據 (如測井和化驗質素指標)。
- 就測井和化驗質素指標檢查撰寫摘要。
- 隨機審查經篩選粗糙選礦殘渣複本檢查 (樣本的 3%)。
- 隨機審查經篩選紙漿複本 (樣本的 2%)。



- 對 ALS Chemex 在 Sudbury 的樣本準備和位於溫哥華的分析實驗室進行了完整的審核覆核。審核覆核大概一年完成一次。
- 監視納入 Vale 樣本批次的 ALS Chemex 內部質量保證／質量控制樣本。ALS Chemex 內部質量保證／質量控制系統包括標準、空白和複本。

對 2009 年安大略業務檢查(Verma, 2010)的審查表示 ALS Chemex 樣本化驗概無重大偏頗。紙漿和拒收粗糙選礦殘渣複本的考驗顯示優良精確度，已高於與 Vale 的約定精確度容忍度。2009 年顯示調換或混亂檢查的失效數字已經下降 1.6%。與 ALS Chemex 的持續溝通及實施 LIMIT STS 已促使紙漿和粗糙選礦殘渣複本失蹤的問題持續減少。在試圖減少準備程序的樣本誤差中，ALS Chemex 於 2010 年 2 月通過採用 Boyd 破碎機和旋轉式樣本分離機安裝了一套新的樣本準備協議。

作為審核的一部分，Greg Greenough（地質學教授）參觀了安大略業務的礦山地質部於 Copper Cliff 礦山的中央岩芯測井設施。在參觀期間，其和 Vale 的地質員工觀察和討論了岩芯測井、輸入數據庫、質量保證／質量控制樣本插入、數碼攝影及樣本連鎖保管程序。

**有資格人士認為，在安大略業務岩芯測井設施採用的岩芯測井和取樣收集方法受到 Vale 控制，並符合公認行業準則，對於礦產儲量報告屬恰當。有資格人士完成的對金剛石鑽孔取樣方法的審查級別並未發現任何致命缺陷。**

### 1.12 礦產資源估計

安大略業務的礦山地質部包括一個有規模的中央設計與評估小組，成員是合資格地質學家，其已完成對所有礦山地質詮釋、區塊塑建及資源估計的全面審核和同行審核。礦井年期計劃也經過審核，以確保納入所有資源和儲量。設計和評估小組正在採用新的礦產資源管理方案取代現有礦產儲量庫存數據庫應用程式。在審核中對新系統的觀察表明，其將改善安大略業務對企業管治的合規，增加數據匯總和報告的靈活性及穩定性，並確保支持 MRMR 估計和礦區規劃的所有文件都集中存放和保存。

安大略業務礦產資源的主體估算是採用區塊塑建和地質統計方法，並運用審核、批准和標準化程序。目前區塊塑建被用於約 90% 的礦產資源和礦產儲量估計，餘下估計（主要是舊的剩餘區域）則基於採用平面圖和橫截面的多邊形估計。



### 塊體建模方法

通常情況下，Vale 首席礦產地質學家會對礦產資源估計負責並擔任負責人(RP)，並依靠受適當培訓的人士來產生資源模型。設計和評估小組的合資格地質學家會完成對該項工作的同業或高級人員審查，並會負責製作文本、簽署以及作出建議等工作。

標準技術、工藝和驗證程序是用於礦產地域定義（有線連接框）、樣本選擇、空間變異性分析、品位插值、方差修正，以及申報可收回噸位和品位。所有資源和儲量塊體建模均使用 Datamine Studio 第二版。程序的標準化和一致性得到有效控制，方法是利用 Datamine 應用程序的系統自定程式碼。

塊體模型地域限制是基於潛在經濟礦產化的限制和控制地質特徵，如結構和岩性。潛在經濟礦產化限制是倚賴品位分佈的自然打破多於經計算的經濟停產。由於大多數礦藏擁有多個元素可促進經濟重要性，基於儲量價值公式的鎳等同物／價值屬性將添加至鑽孔數據。這確保所有潛在經濟區域得到檢測。礦藏形狀、礦產化類型及鑽孔密度等特徵也會影響礦藏模型。

經礦產化膜捕捉的樣本會以密度計算重量，並複合成同等長度，以正確顯示樣本相對於整個樣本數量的金屬成分比例。複合長度是根據每個礦體最常見的樣本間隙進行選擇。

除非礦藏幾何非常簡單（即外觀和傾角一致），Datamine 程序「展開」用於將複合樣本數據轉換為一個分層地質單元（插值坐標系統）用於品位連續性分析和插值。Golder 有資格人士認為，該功能大大增強安大略省業務的資源塊體模型的穩健。

由於安大略省業務礦藏的品位和密度擁有直接關聯，所有程序（變異函數分析，插值）使用密度加權元素。

每個插值元素的品位（密度加權）雙差法是用於在插值坐標系統內建立搜索橢圓尺寸和方向。變異函數分析輪廓是用於幫助建立優良的連續性方向。對於指標 Kriged 估計，已開始對每個指標類別（各個元素）進行變異函數分析建模。變異函數分析計算參數作為自定程式碼系統的一部分已完全文件化。

普通的 kriging 主要是用於估計品位，而當礦藏含有獨立和獨特的礦產化類型或高度可變（高度傾斜）礦產化時，將使用一系列額外指標。指標的使用還提供一種手段可以減少或消除在富含該等金屬的礦藏中對頂級切割高「金塊」元素的需求，如銅、鎳、鉑、鈹及金。在指標使用中仍在進行審查其他元素，但對該等方案的控制得到仔細和寬鬆地管制。

選擇塊體尺寸模型是基於金剛石鑽孔密度和礦藏的最小開採單元(SMU)的結合。SMU 通常代表著最小的爆炸規模，這是任何特定礦體所使用採礦方法和採礦設備尺寸的一個函數。

所有塊體模型已創造最臨近插值，以報告分散的全球統計資料，並確定 Kriging 之前蔓延的低品位區域。根據「一個樣本」作出的全球估計外加（各個整體鑽孔的複合品位被應用到每個原始複合長度）最臨近模型也被用作檢查基準，以顯示可能影響資源估計的條件偏好。

幾乎所有品位插值均使用密度加權 Kriging 法，無論是普通或指標，並且如上所述，大部分是在展開的坐標系統進行。程式系統對估計中所使用的全部估算和使用以及適用的統計數據製作文本。已審查一批該等文件，發現在遵循行業最佳做法以提供品位平滑的適當數目外，還使用了合理的參數。

最終資源模型的驗證包括在缺乏全局和局部偏好的情況下進行視覺檢查和系統核查。此外，進行平滑和體積變量評估是採用標準行業慣例，並在必要時採用平滑修正。



Vale 內部經過塊體建模培訓的人員驗證塊體模型，而外部顧問審計其方法。已對探空區域（例如 McCreeedy 東 153 礦體、Garson #1 Shear 礦體、Creighton 400 礦體及 Stobie A 分部）進行研究，以檢查於礦產資源和礦產儲量估計中使用統計學方法的結果，並確保該程序有效和正確。

**有資格人士認為安大略省業務就所採用的礦產資源塊體建模方法已符合行業準則且適宜用作呈報礦產儲量。有資格人士對資源建模程序的審查水平並未出現任何致命缺陷。**

### 多邊形方法

多邊形估計方法一直被用來釐定安大略省業務的估計儲量／資源。採用這種技術估計的資源比例正在減少。

目前，多邊形方法被用於 Coleman 礦山 153 礦體、6166 和 7386 下盤區（僅資源）及舊的採礦區域，其支柱回收是生產的主要來源。

鑽孔上的礦產交叉面於橫截面劃分，並採用標準化品位和詮釋程序規劃。確定採礦方法和設立切斷品位是基於當前平衡的切斷品位政策。符合使用採礦法最小採礦寬度的切斷品位的鑽孔交叉面須在鑽孔上標明。礦產資源是根據計劃和橫截經人手進行詮釋和相互關聯。

支持 4945 級別以上的現有 153 礦體儲量的一個經修改的「多邊形」計算乃使用基於過往生產的「線性」插值。採礦切口之間使用相關噸位和品位的噸位和品位的線性插值準確預測了每個未開採切口的噸位和品位。當插值到門檻切口，前 3 個切口（包括門檻切口）將平均至可更準確地反映門檻切口噸位和品位。這已考慮對可能已納入輕微經濟礦脈的生產的任何「農業」品位。通常情況下，門檻切口由於該因素而具有較高噸位，但是由於岩體的角礫岩狀結構，在任何海拔可以發現其他礦脈。

**審查者認為，鑒於 153 礦體特徵和豐富的生產數據，該方法提供了穩健的礦產儲量估計，最適合礦山規劃和 LOMP。**

### 1.13 礦產儲量估計

每個工作場所的儲量噸位取決於具有相應的資本要求、經營和企業成本及經濟可行性評估的礦山和業務生產計劃。所有計劃開採的可開採單位或「工作場所」已納入安大略省業務生產計劃中將測試的儲量。

採礦計劃和 FEL2（前端裝載 2）或 FEL3 研究可用於所有報告的安大略省業務礦產儲量。工程詳情的級別對於不同礦山而稍有不同，但至少符合 FEL2（預計可行性）狀況的公認標準。

### 採礦方法評估

安大略省業務使用的採礦方法包括開挖和填充開採(CAF)、機械化開挖和填充開採(MCAF)、抽底開挖和填充開採(UCAF)、後柱 CAF(PPCAF)、分段窟(SLC)、炮孔回採(BS)、垂直後退式採礦(VRM)及上層後退式採礦(URM)。地下採礦包括在舊開採礦體和新礦區進行殘柱回採。

地下採礦方法的決擇主要是根據礦藏幾何，亦取決於部分其他因素，包括現有基礎設施、岩土限制及採礦經驗。Coleman 礦山所使用主要採礦方法是在塊狀接觸帶礦體使用 PPCAF，在狹窄的礦脈下盤礦體使用 MCAF。在 Coleman 主要礦體(MOB)和 150 礦體開採底柱使用 BS 及／或 UCAF 方法。Copper Cliff 礦使用 VRM、BS（槽斜線變量）作為生產主體。底柱使用 URM 回收。Copper Cliff 礦山 LOMP 亦提供有限使用 MCAF。Creighton 礦採用



BS（槽斜線變量）、URM 及 MCAF 開採方法。Coleman 礦山所使用主要採礦方法是在塊狀接觸帶礦體使用 PPCAF，在狹窄的礦脈下盤礦體使用 MCAF。Creighton 礦採用 BS（槽斜線變量）、URM 及 MCAF 開採方法。Totten 礦山計劃使用的採礦方法包括 VRM、URM、BS 及 MCAF。

*有資格人士認為，安大略省業務使用的採礦方法對礦藏適合，並未發現致命缺陷。*

### 岩土工程勘察

安大略省業務的礦山歷來面臨地面控制問題，包括地震活動和塌方。所有礦山均擁有非常先進的地面控制方案，並已進行勘察和研究，以評估各項經營的地面控制要求。近期研究示例包括：

Frood 和 Stobie 礦山：

- 「Frood-Stobie 現場考察報告」，Pakalnis（2009 年 1 月）
- 「Stobie 礦井下盤穩定性二期分析」，Harding（2009 年 1 月）

Coleman 礦山：

- 「170 OB – 岩土工程研究」，Golder（2007 年 6 月）
- 「153 OB – 冠柱穩定性」，內部人士（2009 年 5 月）

Copper Cliff 礦山：

- 「2008 年 9 月 11 日地震事件外部審查」，多位人士（2009 年 1 月）
- 「3500 級別至 3710 級別降低 3550 附屬級別柱式開採」，Harding（2009 年 4 月）

Creighton 礦山：

- 「Map3D FW Option 461 建模」，Yao（2006 年 5 月）
- 「7840 連接 461 礦體當前選項初步研究」，Yao（2006 年 5 月）

Garson 礦山：

- 「Garson 地質力學研究」，Golder（2009 年）
- 「Garson 深部 FEL II 地質力學研究」，Itasca（2009 年）

*岩土工程問題可能會持續至安大略省業務的礦山。此外，深度更大的礦體面臨採礦回收、生產率及開採成本相關問題的可能性變大。然而，有資格人士認為安大略省業務的地面控制方案在處理該等岩土工程問題上擁有亮麗的往績記錄。有資格人士完成的審查級別並未出現任何致命缺陷。*



### 採礦設備

安大略省業務主要採用機械化柴油動力採礦設備。每個礦山均備有鏟車、機械化分離器、噴射混凝土設備、運輸卡車、大型鑽孔機、客車、生產鑽機、道路養護設備、剪式升降機、負載牽引轉儲車輛（LHD）及多功能車。每個礦山均存有一份試算表，列明現場所使用的設備。該試算表包括設備說明、購買日期、設備是否租用或自行擁有，以及設備更換日期。試算表內存有一份礦山未來四年所需設備的計劃表，並據此編制預算和設備購置規劃。

Creighton 礦山的試算表包括下列設備清單：

- 鏟車：10 台 Kubotas 和 1 台 Manitou
- 機械化分離器：2 台 Macleans，1 台 Atlas Copcos，2 台 Boltecs 及 1 台動臂分離器
- 噴射混凝土設備：3 台 Kubotas
- 運輸卡車：3 台 Tamrocks、1 台 Caterpillar 及 1 台 Kiruna
- 大型鑽孔機：3 台 Atlas Copcos
- 客車：1 台 Minemaster、2 台 John Deeres、1 台 Kubota、5 台 Minecats、1 台吉普車和 3 條內河船
- 生產鑽機：1 台 Boart、3 台 Cubex 及 1 台 Orion
- 道路養護設備：1 台平地機、1 台 Marcotte 及 1 台掃地機
- 剪式升降機：2 台 Marcottes 及 2 台 Teledynes
- 負載牽引轉儲車輛：9 台 Caterpillars、1 台 Elphinstone 及 1 台 Wagner
- 多功能車：1 台磁石機、2 台 Anfo 裝載機、1 台 Bobcat、1 台動臂卡車、1 台吊車、1 台壓路機、1 台高空作業車、1 台平板車及 1 台加油車

安大略省業務通常使用的礦山設備對於所使用採礦方法及計劃生產屬適當。安大略省業務與大部分現代礦井性質相似，均依賴柴油動力運輸設備。

### 開採率

表 1-6 已列出 2010 年（至 6 月 30 日）安大略省業務各個礦山的預算和實際開採率。

表 1-6：安大略省業務開採率摘要（2010 年 LOMP，實際至 6 月 30 日）

礦山	2009 年實際 開採率，噸／日	2010 年預算 開採率，噸／日*
Copper Cliff	3,037	2,806
Coleman	1,461	4,602
Creighton	833	3,252



礦山	2009 年實際 開採率, 噸/日	2010 年預算 開採率, 噸/日*
Garson	520	2,766
Frood-Stobie	2,570	8,970
Totten	599	153

\* 每日濕噸

Vale 和 United Steelworkers 當地涉及 6,500 名員工的停工經已影響自 2009 年 7 月以來的生產。

*有資格人士認為安大略省業務的礦山的 LOMP 計劃開採率預算為合適。市場意識到 2009 年和 2010 年的生產受到 Vale 和 United Steelworkers 當地涉及 6,500 名員工的停工的不利影響。Vale 將會面臨的潛在挑戰是如何將生產恢復至停工前水平。經由有資格人士完成的開採率審查級別並未出現任何致命缺陷。*

### 礦山服務

為安大略省業務的採礦設施提供的礦山服務包括礦石和岩石處理（包括有軌和無軌）、通風、供水處理（即脫水）、壓縮空氣、水、電、自動化、建築基礎設施（如水壩和隔框）及礦井基礎設施。採礦技術服務指引已就安大略省業務為該等服務的標準和規範立下良好定義。該等服務對於現代機械化礦井十分典型，礦井服務並未出現任何重大問題。

*安大略省業務使用的礦井服務對於支持現有採礦作業為適當和充分。*

### 品位控制

在大型爆炸洞主體採礦區，管理品位控制是對硫化物存在的數量使用鑽孔探測和目測。一旦鑽探回採塊體用於準備生產爆破，一個鑽孔導體或磁化探針將插入到每個鑽孔，以估計採場塊體的品位。該等結果用於劃分儲量塊體模型，而礦山規劃者可擬定一項開採計劃，以最大限度回收。在某些情況下，有可能分開爆破和移除廢料區。當爆破礦石和廢料出現混合，有時可以在礦口以視覺區分廢料。這通常是通過視覺評估硫化物材料的數量實現，如果確定是廢料，則該物質將處理至一個廢物通道/儲存處或傾倒回填。

在機械化開挖及填充採礦區（包括狹窄的礦脈下盤礦藏），地質學家已繪製每個工作面，用於經濟可行性評估。任何潛在分離廢料，或者通過選擇性鑽孔、爆破或淤泥清除，亦由地質學家管理。

*品位控制在短期內通過電導探測和人工視覺技術（似乎已足夠）相結合得到良好管理。*

### 礦產回收和稀釋

內部和規劃稀釋已納入估計資源（定義見工程師的採場設計）。外部或無規劃稀釋（廢物超挖和回填）以及採礦回收已納入估計儲量品位和噸位，並基於過往可開採和稀釋數據。雖然行業準則建議資源應不包括稀釋，但納入規劃稀釋並未影響安大略省業務的儲量。然而，對礦產資源和儲量報告制度的任何變動應該納入分別識別規劃內和規劃外稀釋的能力。



所有已開採炮孔探場（倘可能安全）乃使用 Cavity 監測系統（激光掃描儀）檢查，並結合鑽孔探測品位數據根據安大略省業務的指引計算噸位和品位、採礦回收及稀釋。噸位和品位與申報的礦車互相協調，並編制回收及稀釋因素。該等回收率和計劃外稀釋因素是用來幫助回收和稀釋在儲量中的應用。

*安大略省業務的採礦回收和稀釋的定義和因素為合理，並獲得歷史數據和經驗的支持。然而，隨著採礦向更深推進，尤其是 Creighton 和 Garson 礦山，持續加大的岩土工程挑戰有可能對回收和稀釋因素產生不利影響。*

### 礦產資源轉換為礦產儲量

儲量引述自塊體模型，並基於已制定的開採方案以及採用該採礦方法的工作場所工程佈局。已設立開採和稀釋造成的礦石損失有關因素，並由實際回收及稀釋數據指引。

將採礦（現金）成本（包括直接成本、間接成本及經營費用）與 NPR 塊體值（計入回收率、稀釋等因素後）進行比較，以根據平衡儲量切斷值設立工作場所限制。當設立工作場所限制時，亦應考慮品位平滑和鑽孔間距的影響。切斷值對於估計探明和可能礦石儲量均相同。短期經營切斷值可能不同於礦產儲量估計所使用的切斷值，原因是金屬價格的短期變化、工廠吞吐量或礦山吞吐能力的短期變化。

### 1.14 報告礦產儲量

在轉換為礦產儲量之前，礦產資源是根據企業對噸位、品位及所含金屬的指引 $\pm 15\%$ 分類，探明資源採用季度生產基準、可能資源採用年度基準，推斷資源採用全球基準。探明資源轉換為探明儲量，而可能資源轉換為可能儲量。2009 的報告的安大略省業務探明和可能礦產儲量列於表 1-7。該等估計是基於其本地物料，並經採礦稀釋和挖掘回收調整。該等估計並未就由於加工（選礦、冶煉及精煉）所造成金屬損失而作出調整。所有儲量引述於 2010 年 6 月 30 日。2010 年並無新的儲量被納入。2010 年期間安大略省業務的生產因罷工而被暫停，從 Coleman、Garson、Stobie 及 Creighton 礦山僅開採和加工約 40 萬噸物料。

總探明儲量為 69.5 百萬噸，品位為 1.48% 的銅、1.22% 的鎳和 1.8 克／噸的總貴金屬(TPM)。總可能儲量為 47.0 百萬噸，品位為 1.53% 的銅、1.15% 的鎳及 3.1 克／噸的 TPM。從 2006 年至 2010 年 6 月，儲量一直減少（從 160 百萬噸降至 117 百萬噸），主要原因是開採枯竭和礦產儲量降級為礦產資源，因為現有採礦計劃已經過時，無法支持礦產儲量估計。本報告所納入的儲量是基於一個事實，即酸減排(AER)項目將於 2015 年完成，而採礦在該日期之後將繼續實行。應當指出，目前 AER 項目假設是基於 FEL1 研究。



安大略省業務審核

表 1-7：截至 2010 年 6 月 30 日的安大略省業務礦產儲量

經營礦山	級別	噸位	%銅	%鎳	%鈷	鉑 (克/噸)	鈮 (克/噸)	金 (克/噸)
C.C. 北部	探明	10,940,921	1.07	1.03	0.04	0.7	0.7	0.3
	可能	15,209,383	1.06	0.89	0.03	0.9	0.9	0.4
	合計	26,150,304	1.06	0.95	0.03	0.8	0.8	0.4
C.C. 南部	探明	4,955,348	1.36	1.11	0.03	1.1	1.0	0.4
	可能	8,199,547	1.50	1.34	0.04	1.2	1.6	0.5
	合計	13,154,895	1.45	1.25	0.04	1.2	1.4	0.5
Creighton #9	探明	6,408,941	2.36	2.27	0.05	0.7	0.7	0.2
	可能	4,402,491	1.66	1.91	0.04	0.6	0.7	0.2
	合計	10,811,432	2.06	2.10	0.04	0.7	0.7	0.2
Stobie/Frood	探明	24,850,044	0.65	0.69	0.03	0.3	0.3	0.1
	可能	8,201,578	0.70	0.72	0.03	0.3	0.3	0.1
	合計	33,051,622	0.66	0.70	0.03	0.3	0.3	0.1
Garson	探明	6,156,020	1.26	1.71	0.06	0.6	0.7	0.3
	可能	523,572	0.82	1.17	0.05	0.4	0.3	0.2
	合計	6,679,592	1.22	1.67	0.06	0.6	0.7	0.2
Coleman	探明	15,805,749	2.87	1.62	0.04	1.0	1.7	0.5
	可能	2,579,037	5.34	1.10	0.01	4.3	6.4	1.4
	合計	18,384,786	3.18	1.53	0.04	1.5	2.4	0.7
Totten	探明							
	可能	7,896,820	2.07	1.47	0.04	2.1	2.1	0.8
	合計	7,896,820	2.07	1.47	0.04	2.1	2.1	0.8
Ellen	探明	400,975	0.45	1.00	0.03	0.1	0.1	0.0
	可能							
	合計	400,975	0.45	1.00	0.03	0.1	0.1	0.0
安大略省業務	探明	<b>69,517,998</b>	<b>1.48</b>	<b>1.22</b>	<b>0.04</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.3</b>
	可能	<b>47,012,428</b>	<b>1.53</b>	<b>1.15</b>	<b>0.03</b>	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0.5</b>
	合計	<b>116,530,426</b>	<b>1.50</b>	<b>1.19</b>	<b>0.04</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>0.4</b>



## 礦產儲量分類

各個礦場的平均金剛石鑽孔空間不盡相同，主要是由於礦床特徵、礦化方式、採礦方法、開採鑽孔地點的選擇及鑽孔地點的可信度不同。各礦體支持該等資源分類標準所需的鑽探空間可能各自不同。表 1-8 列出的鑽孔空間為探明及可能礦產儲量的各生產及非生產的一般整體空間。

表 1-8：探明及可能儲量分類的平均鑽孔空間

經營礦場	分類	平均鑽探空間 (米x米)
C.C. North	探明	15 x 25
	可能	45 x 60
C.C. South	探明	15 x 25
	可能	45 x 60
Creighton #9	探明	15 x 25
	可能	45 x 90
Stobie / Froid	探明	15 x 45
	可能	60 x 90
Garson	探明	12 x 25
	可能	35 x 60
Coleman	探明	20x 30
	可能	60 x 90
<b>非經營礦場</b>		
Totten	探明	—
	可能	45 x 75
Ellen	探明	15 x 25
	可能	25 x 90

## 礦產儲量變動：2008 年至 2009 年

表 1-9 概述 2008 年至 2009 年礦產儲量變動。變動一般是由於採礦減產引起，減產是由於礦產儲量遭降級至礦產資源引起，變動是由於估值及規劃引起，增加是由於礦產資源被轉換成礦產儲量以及鑽探引起的增加。



表 1-9：2008 年至 2009 年礦產儲量變動

	噸 (百萬)	%銅	%鎳
2009 年礦產儲量	116.9	1.5	1.2
減：已開採	0.4	2.58	1.90
減：轉為資源的儲量	0	0	0
減：評估／規劃變動	0	0	0
加：轉為儲量的資源	0	0	0
加：由於鑽探增加的儲量	0.00	0	0
評估／規劃變動	0	0	0
儲量淨增加	0	0	0
2010 年 6 月 30 日礦產儲量	116.5	1.50	1.19

由於礦場枯竭，安大略省業務儲量總噸數已自 2009 年 12 月 31 日至 2010 年 6 月 30 日下降 0.4 百萬公噸。由於目前安大略省業務的罷工仍未結束，截至審核日期，礦產儲量並無其他變動。

## 1.15 對賬和儲量審核

### 礦產儲量模型估計數字與研磨產量的比較

表 1-10 顯示研磨產量與從安大略省業務礦場移除的原料估計噸位及品位的整體對賬。移除原料估計噸數和品位源自基於詳細鑽探和品位控制計劃的估計數字。於 2007 年至 2009 年三年期間，2007 年的變化最大。主要原因是安大略省業務於 2007 年應用「經營」切斷品位政策。對短期礦場規劃應用短期的 5 年平均鎳價 8.03 美元（對比礦產資源／礦產儲量 4.47 美元），導致開採礦物品位較低，未能分類為礦產儲量。

表 1-10：礦產儲量與實際已分配產量的比較

礦場		儲量			已分配研磨			研磨與儲量		
		噸	%銅	%鎳	噸	%銅	%鎳	噸	%銅	%鎳
安大略省 業務總計	2009 年	4,290,000	1.58	1.30	5,669,000	1.39	1.45	132%	88%	109%
	2008 年	6,898,000	1.56	1.46	7,267,000	1.52	1.44	105%	97%	99%
	2007 年	6,968,000	1.52	1.40	7,887,461	1.39	1.25	113%	91%	89%
	3 年	18,156,000	1.55	1.41	19,964,461	1.46	1.32	110%	94%	94%



### 外部審核和對賬研究

於 2005 年，安大略省業務委託外部顧問(J. Spiteri)審核礦場稀釋率和礦石回收率（可開採性），並提出改進空間。總體而言，審核發現礦場採用有力的品位控制措施，且與行業競爭對手相比，經計量的可開採性及稀釋率為合理。2006 年和 2008 年礦場地質部進行的可開採性及稀釋內部審核確認類似結果。

於 2004 年，AMEC E&C Services Inc. (AMEC) 對 Creighton 礦場的礦產資源及儲量估計數字進行外部審核。總體而言，2004 年 MRMR 估計所使用的方法是適當的且遵從適用的法規要求。此外，AMEC 核實了由 Vale Inco Technical Services (VITSL) 為界定工程的 FEL2（預先可行性）級別而制定的指引符合最低要求且足以支持並無進行活躍採礦活動的範圍內的礦產儲量估計數字（AMEC，Creighton 礦場外部審核報告，2005 年 1 月 24 日）。AMEC 於 2006 年進行了全面外部審核，審閱 McCreedy East 2005 年礦產儲量和資源估計數字，重點集中於下盤銅和貴金屬礦床。該報告已於 2007 年 7 月發出（AMEC，153 礦床及 170 礦床的技術審核，McCreedy East Mine, Sudbury ON，2007 年 7 月）。

Quantitative Group（QGI）對 2007 年 Stobie Division A 礦產資源及礦產儲量進行外部審核。審核工作涉及 2008 年 9 月的十日實地考察，並向在場人員呈列初步結果。審核範圍是審查地質與資源估計數字；採礦及儲量；經濟分析和機會。總體而言，發現 MRMR 估計所用方法為適當，且符合適用法定要求（QGI，Stobie 綜合項目，外部資源及儲量審核，Stobie Report\_final .pdf，2008 年 12 月）。

於 2004 年在 Garson 礦場展開一項正式對賬研究（B. Thomas，2004 年）。該研究乃基於傳導性探明與洞穴監測調查，涉及塊體模型與實際已開採噸位及品位的比較。該等結果用於釐定當前可開採性和稀釋比率。已實施一項金屬平敷措施，以確保不會重複申報礦產儲量。

於 2005 年，亦在 Coleman 礦場及 Creighton #9 礦場展開非正式對賬研究。總體而言，估計噸數及品位與實際產量相符。

VITSL 於 2006 年展開 800 及 810 礦體的正式對賬研究（Lloyd, T. 及 Zhang, L.，2007 年），並於 2007 年發出報告。該研究支持用以抵銷礦床的現有礦產資源和礦產儲量估計技術，並支持歷史可開採性及稀釋率。

於 2008 年 9 月，QGI 在 Stobie 礦場對分區 A 的次級洞穴礦產儲量及礦產資源展開獨立審核。並無觀察到致命缺陷，且發出審核結果和建議，說明分區 A 的次級洞穴礦產儲量及礦產資源估計數字的不足之處。

於 2009 年 6 月，SRK Consulting (Canada) Inc. (SRK)完成對礦產資源和礦產儲量的審核，從 5100 至 5600 英尺級別為 Garson Deep 提供支持。按照 Vale 概述的工作範圍，SRK 基於 FEL2 研究所含資料及支持文件及文檔對 Garson MRMR 5100 至 45600 英尺級別進行審核。審核表明，雖然 FEL2 研究總體符合報告要求，但項目的若干方面並無正確的文件記錄。



## 1.16 環境

安大略省七項業務（Coleman 礦場、Copper Cliff North and South 礦場、Creighton 礦場、Frood/Stobie 礦場、Garson 礦場、Totten 礦場及 Ellen 礦坑）各自的 2009 年 MRMR 技術報告及 2009 年安大略省業務綜合 MRMR 技術報告的環境概要已按致命缺陷審查形式審查。為進行審查，Golder 已索閱各礦場的下列相關文件：

- 一份環境許可證／牌照／審批清單，包括簽發日期、許可工序或業務及到期日期（如有）；
- 目前礦場規劃；及
- 已提交關閉計劃的確認書、簽發日期和最新的關閉成本。

與 Vale 的 Glen Watson 及 Carolyn Hunt 通訊以提供其他信息及進一步澄清的跟進工作亦已完成。

在提供給 Golder 的資料中，發現七個安大略省業務礦場均有一般採礦作業的必要環境許可證。所有礦場均有有效的空氣與水排放批准證明書。大多數礦場擁有為降低礦場地下水位而排水的有效許可證，但不包括幾個被認為是「原始」的舊礦。Vale 表示，正在爭取在未來數年後取得該等礦場的許可證，原因是「原始」待遇將失效。

對每個礦場的抽樣程序、頻率和／或樣品分析，以釐定它們是否符合上述許可及批准的所有要求的詳細審查不在該審查範圍內。

各礦場的 2009 年 MRMR 技術報告列明總關閉成本（反映 Vale 於 2007／2008 年完成的最新關閉成本計算，更能反映實際關閉成本），高於當前遞交與北部開發、礦業及林業廳的成本。

應當指出的是《氣候變化／溫室氣體及有毒物質減排法》（The Climate Change/Greenhouse Gases and Toxics Reduction Act）於 2009 年年底獲得通過，因此 MRMR 中論述該法案和條例的各節將需更新，以反映此問題以及與該等條例有關的 Vale 的要求（見 O.Reg. 452/09—《環保法》的溫室氣體排放報告及 O.Reg. 455/09—2009 年《有毒物質減排法》的一般要求）。

## 1.17 社區及政府事務

當前概無嚴重影響礦產儲量估計數字的已知社區或政府事務問題。



## 1.18 經營成本

就本文件而言，經營成本是根據所編製的 LOMP 計算的結果，僅為開採礦產儲量提供經濟理據。與策略 LOMP 不同，當地策略乃利用礦產資源和潛在礦床及其相關的估計成本釐定。該等數字乃摘錄自 2009 年企業 MRMR，Golder 並無獨立進行核實。表 1-11 及表 1-12 呈列現金經營成本概要。

表 1-11：現金經營成本概要

現金成本概要	千美元
企業銷售額、一般及行政	187,387
原生金屬銷售額、一般及行政	307,200
遺留人工和退休金	1,280,099
企業效益成本(EBC)	1,038,949
關閉設施	230,060
土地開墾和停運	195,030
分區研發	172,166
總計	3,410,890

表 1-12：現金成本（固定及可變）

現金成本（固定／可變）	千美元
礦場	5,252,899
研磨	663,798
熔煉	819,874
精煉	967,266
付運	412,542
可變總額	8,116,380
礦場作業	3,212,161
加工作業	3,186,300
部門經常費用	2,356,787
企業經常費用	3,410,890
工程策略研究（SSS）	162,598
勘探	199,485
關閉	1,335,959
固定總額	13,864,181



### 採礦成本

現金採礦成本包括直接經營成本、礦場經營開支和運輸到研磨廠的費用。這些費用不包括勞工「遺留」成本（與固定退休金負債等相關），經營經常費用和任何地面處理的成本。C.C. North 礦場及 C.C. South 礦場已被合併成一個單一的 Copper Cliff 礦場項目。2009 年大多數作業礦場的每噸現金採礦成本與過往年度相比有所下降，原因是 2008 年年底市況低迷，直接逼使礦場辭退部分員工。

### 加工成本

2009 年大多數加工成本下降，主要是由於在 2009 年年初被迫辭退部分員工。相比 2008 年，2009 年可變的研磨成本大幅上升(68%)，是由於會計處理方法發生變動，固定／可變成本分開，但由於裁員，同期的研磨總單位成本（固定和可變成本）實際下降 24%（11.93 美元／噸至 9.01 美元／噸）。

### 固定成本

固定現金成本乃根據 2009 年實際經營成本和預算計算得出。其中包括研磨、熔煉及精煉的固定現金成本以及所有安大略省業務經常現金費用。在 MRMR 經濟評估中，該等成本將根據 LOMP 鎳產量中從礦物儲量提煉鎳產品的比率隨時調整。

### 企業成本

企業固定現金成本由企業辦公室每年更新，並以 2009 年計劃為基準。在 MRMR 經濟評估中，該等成本將根據 LOMP 鎳產量中從礦物儲量提煉鎳產品的比率隨時調整。

安大略省業務大約 117 百萬公噸的礦物儲量的總營運現金成本估計為 233 億加元。此計算得出的已開採礦物資源的平均總經營現金成本為 199.00 加元／噸，較 2008 年年底報告的數字增加 7.6%。平均成本增加的原因是大部分礦石從 2008 年 MRMR 儲量轉至 2009 年 MRMR 資源分類（28.7 百萬公噸），其中 18.7 百萬公噸來自 Creighton #3 礦井（成本（60.86 美元／噸總經營成本）及獲分配的品位（0.55%銅及 0.87%鎳）較低）。

## 1.19 資本成本

MRMR 經濟模型所用資本成本估計於表 1-13 概述。與 2008 年相比，2009 年總資本成本下降的主要原因是 2009 年經營策略發生變化，從增長型轉為持續型，且於開始數年限制資本開支。該策略變化是 2008 年年底世界經濟市場低迷及後來預期中短期鎳需求疲軟直接造成的。

當前正在制定資本需求較低的新計劃，維持（而非增加）目前的產量。例如，支持 Copper Cliff Deep 礦產資源的目前採礦計劃並不利用 Copper Cliff Deep 項目礦井，而是「立足」於現有 C.C. North 及 C.C. South 礦場的基礎設施。



資本開支金額充足，且適用於執行本報告所述的 LOMP。

表 1-13：總資本成本概要<sup>1</sup>

範疇	2008 年 DCF 百萬 美元	2009 年 DCF 百萬 美元	Delta 百萬 美元
礦場開發及建設	3,800.6	2,317.9	(417.6)
礦場設備	900.5	728.8	(171.7)
礦場開支	133.9	7.9	(126.0)
<b>礦場小計</b>	<b>4,835.1</b>	<b>3,054.7</b>	<b>(1,780.4)</b>
研磨 <sup>2</sup>	350.2	418.9	68.6
加工 <sup>3</sup>	1,515.0	1,969.3	454.3
大氣減排(AER)項目	1,079.6	1,116.2	36.5
其他 <sup>4</sup>	187.8	156.1	(31.7)
<b>安大略省總經營資本</b>	<b>7,967.7</b>	<b>6,715.1</b>	<b>(1,252.6)</b>

附註：

<sup>1</sup> 僅就安大略省業務有效期的礦產儲量而言

<sup>2</sup> 不包括 CORE 項目

<sup>3</sup> 包括 Acton 和 Clydach 工廠

<sup>4</sup> 包括多個安大略省業務部門，如電力、交通、中心實驗室、部門商店

## 1.20 稅務

安大略省經營業務所產生的應稅收入須根據《所得稅法》（加拿大）（以下簡稱「所得稅法」）和《企業所得稅法》（安大略省）（下稱「企業所得稅法」）繳納全面企業所得稅，並繳納《礦業稅法》（安大略省）的礦業稅。就安大略省礦業所得稅而言，2010年安大略省應稅收入適用的所得稅法和稅務法的當前適用法定稅率分別為18.0%（19.0% — 2009年）和12.0%（12.0% — 2009年）。2009年安大略省統一了企業所得稅稅基和聯邦所得稅稅基，但不包括資源補貼，即對於實現資源利潤的公司而言，安大略省將仍享有資源補貼的稅收優惠，故適用於安大略省的法定稅率可予降低。

礦業稅收法（安大略省）規定對在該省進行礦業活動的公司徵收10.0%的礦業利潤稅。

MRMR經濟模型下的現金稅與按制定的合併法定稅率徵收現金稅相若。該等稅率目前預定從32.5%（2010年）下降至29.6%（2012年及以後），包括估計省級礦產加工補貼。同時也採納概約26.0%的資本成本補貼稅率的資本成本補貼稅盾。在適用的範圍內，MRMR經濟模型採納新的礦產稅優惠措施，包括新礦場開發的加速折舊，可降低整體實際所得稅率。



## 1.21 礦產儲量經濟評估

Golder 顧問並沒有取得安大略省業務折現的現金流量(DCF)試算表模型；然而，Golder 獲准使用安全的 Vale 電腦審閱和審核 DCF 模型，以了解該模型、評估其正確性及利用主要的輸入變數以測試項目的敏感度。

### 主要假設

安大略省業務經濟分析的關鍵參數摘要呈報於《礦產儲量外部審核》第 1 卷—綜合報告—主要假設。

99

### 安大略省業務的現金流量評估

現金流量預測乃根據安大略省業務礦床最新的礦產儲量枯竭估計計算得出。Vale 及三年定價假設的安大略省業務現金流量總額仍為正數，說明項目的經濟情況支持礦產儲量的申報。

現金流量預測乃基於 2010 年 6 月更新的 2009 年 MRMR 經濟模型而得出，包括年初至今的儲量枯竭，反映了如下假設：

- 財務計算是以稅後貼現率為基礎。
- 按遞減結餘基準計算，扣除資本成本補貼 26% 後的應稅收入應徵稅率約為 30%（從 2010 年 32.5% 下降至 2012 年及以後的 29.6%）。
- 所有成本和價格至以不會升幅的「真」美元計算。
- 以礦場計劃計算的經營成本包括固定及可變現金採礦成本；及以截至 2009 年 5 月底止 2009 年實際成本計算的碾磨、冶煉、精煉和交付可變現金成本。
- 安大略省業務的營運費用、製造廠、熔爐、精煉廠等固定現金成本和企業成本分派乃基於 2009 年預算，並列作為單列項目，該些項目基於 LOMP 的礦產儲量經處理的鎳與鎳總產量的年度比率作不時調整。
- 在完成 LOMP 後，停業現金成本於礦場地壽命完結時列作一次過款項。
- 單位成本假設乃基於 2009 年計劃的清晰的金屬生產量而計算（Golder 並無審閱）。
- 未來的單位成本假設相若的金屬生產量。
- 資本成本包括礦場、製造廠、熔爐、精煉廠和其他部門的預算開支。



- 生產量僅根據安大略省業務的礦產儲量計算得出；該經濟分析並無包括外部進料或精礦精煤。
- 銅和鎳的回收量乃按製造廠模型而得出，以配合 2009 年生產計劃。鈷和貴金屬的回收量乃取決於 2009 年生產計劃的數量。倘經計算的回收量超過正常經營範圍，則有關數量將作頂切調整以配合可能回收量。冶煉和精煉回收量亦按 2009 年生產計劃的數量而得出。於製造廠的銅精礦分離按礦石中 45% 的銅含量納入模型計算。
- 收入是以收入按可回收金屬和根據美國證券交易委員會的申報規定（三年移動平均價格）的金屬價格和匯率的長期預測計算得出。基於包含的金屬，問責因素和金屬價格和匯率的長期預測計算，銷售銅精礦所得收入已包括在內。陽極銅的銷售亦包含於模型中。

### 敏感度分析

Golder 獲准使用安全的 Vale 電腦審閱和審核 DCF 模型，以了解該模型、評估其正確性及利用主要的輸入變數以測試項目的敏感度。

我們注意到該模型包含建設成本、開拓及停業成本、詳細的聯邦及省級稅表、持續的資本補貼、2009 年 MRMR 報告（經更新）的準確日程表。自 2009 年 MRMR 公佈起，該基礎案例成本和價格假設一直更新，有關變化亦反映於模型內。

通過三年移動平均價格假設方案可發現基礎個案現金流量在個別年度出現。以 DCF 計算表大幅變動價格和成本假設以測試項目經濟情況的穩健程度。詳細的敏感度分析是不可能做到，但經測試的個案包含對鎳價格、資本開支、經營成本和外匯進行測試作出 +/-20% 變動（按五個百分點遞增）。此外，Golder 測試了折現率（6% 至 10%）的變動影響（按半個百分點遞增）。

圖 1-2 呈列出結果

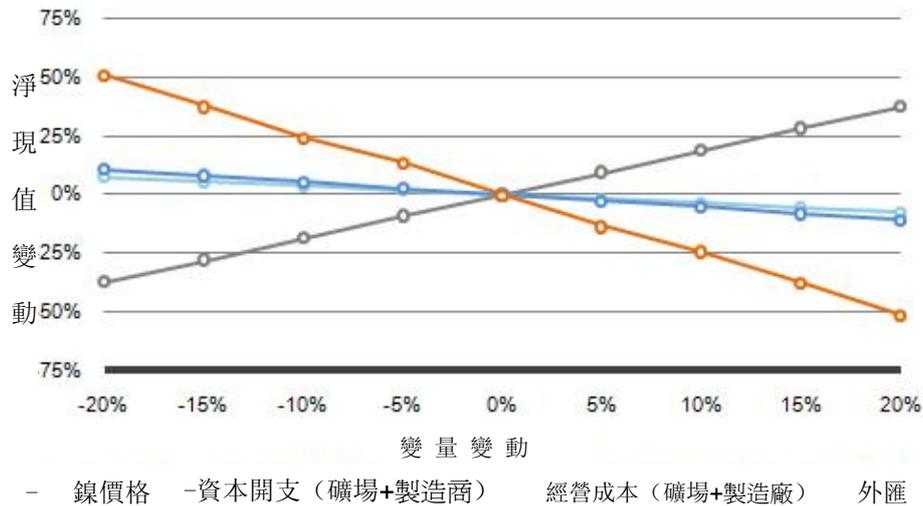


圖 1-2: 安大略省業務敏感度分析

淨現值對美元／加元匯率的度敏感最高，鎳價格次之，但仍對淨現值有重大影響。兩個因素被認為非常重要的價值貢獻因素。淨現值對礦產成本影響最不敏感。

### 結論與建議

在同時使用成本和定價假設的境況 (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量轉化為礦產儲量。根據敏感度分析，在所有測試的個案中，淨現值仍然維持正數，顯示項目的經濟情況相當強勁。

用於 MRMR 報告的財務模型採用了年末折現慣例。該模型為折現未來現金流量的常用方法。

財務模型大且繁重，原因是礦山壽命長，數據中的以前的利益相關者眾多。除了難以追蹤的公式蹤跡外，亦產生一定的複雜性，且眾多輸入表格單元中引用的公式眾多。遺留的模型難以審核，經常包含許多無用資料。

眾所周知，該財務模型反映 Sudbury 的罷工活動，2010 年上半年僅完成預算生產量的 5%。然而，LOMP 的餘下生產量並未變動，為反映這一點，2010 年下半年佔 2010 年預算生產量的 95%。



## 1.22 礦山壽命

安大略省業務制定一個年度 LOMP，當中包括所有的儲量、資源和潛在資源。最新的 LOMP 於 2009 年末制定和每個礦場的年期自 2010 年起計，至少至 2025 年。每個礦場的 5 年計劃（2010 至 2014 年）為僅由全部礦產儲量組成。

表 1-14 呈列安大略省業務礦場的五年期礦場生產率。

表 1-16：安大略省業務五年期礦場生產量（LOMP 2009 濕噸開採）

礦場	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
Copper Cliff	996,010	1,188,780	926,590	1,888,760	2,365,037
Coleman	1,633,844	1,656,875	1,706,735	1,642,699	1,748,078
Creighton	1,154,508	1,378,727	1,333,664	1,288,046	1,049,466
Garson	981,910	840,857	852,393	872,436	833,000
Frood-Stobie	3,184,396	3,148,584	3,251,565	3,238,368	3,234,336
Totten	54,288	308,676	654,936	765,600	765,600

表 1-15 呈列安大略省業務礦石中的鎳總生產量的五年計劃。

表 1-17：安大略省業務五年期鎳產量（Lbs LOMP 2009 礦石中的鎳）

礦場	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
Copper Cliff	23,499,361	28,019,134	19,761,312	37,868,108	47,547,116
Coleman	51,710,874	52,214,174	54,154,388	52,319,501	54,163,967
Creighton	44,241,033	52,340,407	48,356,001	46,376,945	39,459,260
Garson	26,860,689	27,566,594	29,190,569	29,493,053	29,821,400
Frood-Stobie	45,808,183	41,167,761	42,788,102	44,332,381	46,474,084
Totten	2,258,381	9,630,691	20,826,965	25,111,680	25,264,800

安大略省業務的詳細 LOMP 乃基於個別礦場及各礦場生產範圍而制定。該計劃有歷史資料及因素的支持，實際礦場計劃及 FEL2 研究(視乎地區範圍情況而定)。合資格人士在完成對礦場壽命的審查過程中並無發現任何致命的缺陷。



## 參考資料

### 報告

Drilling Procedures and Parameters.doc, Coleman Mine

Mineral Resource Estimation.doc, Coleman Mine

Production Reconciliation.doc, Coleman Mine

Resource Classification.doc, Coleman Mine

Upper Coleman Final report.doc

### 結算表

2009 MRMR Dec 9 CC Mine v1 (Nov 30)b.xls

2009 MRMR Dec 9 Coleman v1 (Nov 11)b.xls

2009 MRMR Dec 9 Creighton v1 (Nov 18)b.xls

2009 MRMR Dec 9 Ellen v1 (Nov 11)b.xls

2009 MRMR Dec 9 Garson v1 (Nov 30)b.xls

2009 MRMR Dec 9 Stobie v1 (Nov 30)b.xls

2009 MRMR Dec 9 Totten v1 (Dec 14)b.xls

2009 EQUIP REQUIREMENT 2009-2013 SHEET Pivot table.xls

17-Creighton 2010 LOMP v7\_Nov 12 09 (2009 MRMR).xls

Creighton Asset Integrity Projects Feb 19 2010 v3.xls

Garson Working Mine Plans.xls

MRMR 2008A-2009A Groupings OPEX Costs.xls

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

Price Deck (Sept 16<sup>th</sup> 2009) v2.xls

R1Q1 Forecast Feb 11\_08\_LOM\_2007 Creighton Aug\_22\_07NEW.xls

LOM3b (MRMR Dec 9 2009)(3yearrunning avg metal price).xls

LOM3b (MRMR Dec 9 2009)(3yearrunning avg metal price)b.xls

LOM3b (MRMR July 1 2010)(3yearrunning avg metal price).xls



LOM3b (MRMR July 1 2010)(April 30 metal prices).xls

LOM3b (MRMR July 1 2010)(April 30 metal prices).xls

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

### 簡報

2009 Planning – Jan MC pres.ppt

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

2009 LOBP 3.ppt

MRMR Presentation East Mines.ppt

MRMR Presentation West Mines.ppt

Stope design.ppt

### 圖表

Diagram of Annual Planning Cycle (LOMP MRMR).pdf



## 報告簽名頁

### **GOLDER ASSOCIATES LTD.**

Kevin Beauchamp, P.Eng.  
委託人、高級礦場工程師

Greg Greenough, P.Geo.  
高級資源地質學家

KB/GG/KP/GW/lb

Golder、Golder Associates 及GA 全球設計是Golder Associates Corporation 的商標。

c:\golder\projects\10-1117-0032\_vale\_global\_audit\reports\phase\_2000\_manitoba\working\vale\_reserve\_audit\_v2\_s2\_manitoba\_draft\_2010\_08\_13.docx

Golder Associates 致力於成為全球專門提供地面工程及環境服務的集團公司的佼佼者。我們自 1960 年成立以來，一直為員工所有。我們創造出獨特的企業文化，員工身為公司擁有者而深感榮耀與自豪，組織結構長期穩定。Golder 的專業人士花費時間深入瞭解客戶需求及客戶經營所在的特殊環境。我們持續提升自身的技術能力，並已取得穩定增長，目前於非洲、亞洲、澳洲、歐洲、北美洲及南美洲均設有辦事處。

非洲+27 11 254 4800  
亞洲+852 2562 3658  
澳洲+61 3 8862 3500  
歐洲+356 21 42 30 20  
北美洲+1 800 275 3281  
南美洲+55 21 3095 9500

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

Golder Associates Ltd.  
1010 Lorne Street  
Sudbury, Ontario, P3C 4R9  
Canada  
T: +1 (705) 524 6861

