

第十四節：獨立技術報告

E分節：MUTANDA報告

(此 乃 白 頁 特 此 留 空)



2011 年 5 月 4 日

GLENCORE INTERNATIONAL PLC

礦產專家報告：Mutanda

謹呈：

Glencore 國際公司
Baarerstrasse 3
P.O.Box 777
CH-6341 Baar
Switzerland

特約作者	公司名稱	資質
Frank Wimberley	Golder Associates 非洲有限公司	土木工程理學學士、工商管理碩士
Peter Onley	Golder Associates Perth	工商管理碩士、（榮譽）學士、澳大利亞採礦和冶金學會成員
Willem van der Schyff	Golder Associates 非洲有限公司	註冊自然科學家、榮譽理學學士（地質學）、GDE（採礦工程）、GSSA
Eddie Cunningham	Golder Associates 非洲有限公司	建築技術文憑
Spencer Eckstein	Golder Associates 非洲有限公司	法學學士、工商管理碩士
Jaco Lotheringen	Ukwazi Mining Solutions	註冊採礦工程師
Spencer Anderson	SNC Lavalin	
Kerron Johnstone	Golder Associates 非洲有限公司	工程理學學士、GDE、工商管理碩士

報告編號：12971-10171-3

發行：

Glencore 國際公司 -1 份

GAA 項目檔案部 -1 份

GAA 圖書館 -1 份

加
鼎



A world of
capabilities
delivered locally



2011 年 5 月 4 日

12971_Lett_009

董事會

Glencore International plc
Queensway House
Hilgrove Street,
St Helier, Jersey, JE1 1ES

抄送：

花旗環球金融有限公司
Citigroup Centre
Canada Square
London E14 5LB

瑞士信貸證券（歐洲）有限公司
One Cabot Square
London E14 4QJ

摩根士丹利國際股份有限公司
25 Cabot Square
London E14 4QA

礦產專家報告：MUTANDA MINING SPRL

敬啟者，

報告目的

Golder Associates 非洲有限公司（以下簡稱「GAA」）受 Glencore 國際股份有限公司（以下簡稱「Glencore」，代表 Glencore International plc（以下簡稱「公司」，為集團的最終母公司））委託，就 Mutanda sprl（Glencore 為該公司控股股東）擁有並運營的礦業資產（以下簡稱「有形資產」）編制一份礦產專家報告（以下簡稱「MER」）。

Glencore 擁有 Mutanda Mining Sprl 公司 40% 的股本權益，本 MER 審核的對象即是 Mutanda Mining Sprl 公司的有形資產。

該有形資產包括以下各項：

- 東部、中部及西北中部 3 個露天礦；
- 水冶設施；
- 制酸廠及液化SO₂廠；及
- 重介質選礦設施。

本 MER 編寫團隊由數位合資格人士組成，彼等均擁有相關技術及專業資質。

本報告總結了 GAA 審核結果，符合英國金融服務局的招股章程規則（以下簡稱「招股章程規則」）中載列的要求，且其編制以一貫執行由「歐洲證券監管委員會」（現為歐洲證券市場管理局，簡稱 ESMA）頒佈的「歐洲委員會關於招股章程第 890/2004 號規定」（歐洲證券市場管理局(ESMA)建議，根據歐洲證券監管委員會

2010 年 4 月發佈的關於礦產公司與招股章程內容有關的諮詢檔案，於 2011 年 3 月 23 日更新）以及《香港上市規則》第 18 章規定為宗旨。

GAA 清楚，本 MER 將載列於待公佈的招股章程（以下簡稱「招股章程」）中；招股章程之目的是在全球發行股份、以及公司普通股獲准進入英國金融服務局官方名冊，及該等股份獲准進入倫敦證券交易所證券市場與香港證券交易所主板進行交易（合稱「上市」）。

本 MER 涉及對礦產資源評估、資源和儲量（在適用範圍內）分類以及有形資產估值的審計。

GAA 採用的實踐和評估方法符合由澳大利亞採礦冶金學會、澳大利亞地質家協會和澳大利亞礦物委員會組成的聯合可採儲量委員會（「JORC」，2004 年）頒佈的「澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範」（「JORC 規範」）中有關儲量與資源種類的標準。

此外，GAA 認為該等實踐和評估方法亦符合招股章程規則中所載有關 ESMA 建議（包括其建議修訂案）的要求。在本報告中，所有的儲量以及資源量評估最初由 Mutanda 根據 JORC 規範編制，且 GAA 已通過實地考察、採訪面談、自身資料收集、分析以及建模等途徑取得相關證據。報告編制時亦適當倚賴其他專家的工作成果。報告僅對證實的和概略儲量進行了估值，這符合招股章程規則中有關 ESMA 建議的要求。Glencore 的其他資產（包括大量資源）未涵蓋在本次估值中。

能力與獨立性

GAA 擁有 50 年採礦和工程專業經驗，業務遍及 6 大洲。GAA 作為獨立技術諮詢公司，向客戶提供資源評估、採礦工程以及礦藏估值服務。就編制本報告而言，GAA 已收取且將會收取顧問費。但是，無論 GAA 或是其參與報告編制的董事、員工或其分包顧問概未於以下各項擁有權益：

- 公司、Glencore、Mutanda 或任何其子公司；或
- 受審核的有形資產。

我們已向 Glencore 以及 Mutanda 提供本報告草案，但目的僅在於確認報告中事實資料的準確性以及本報告所依據假設的合理性。

根據招股章程規則 5.5.3R(2)，GAA 對作為招股章程一部分的此報告負責，並且宣佈自身已採取所有合理的審慎措施，盡他們全部所知確保此報告中包含的資訊與事實一致，並且沒有任何可能影響其意義的遺漏。根據招股章程指導規定附錄 I 的 1.2 項與附錄 III 的 1.2 項，此聲明同時包含在招股章程中。

本 MER 乃基於 GAA 約翰尼斯堡辦事處的顧問及其顧問助理組成的團隊進行的技術和經濟審核編制。MER 中亦載列了報告編制人員的資質以及經驗詳情。

研究方法

本報告編制方法包括：

- GAA 代表於 2010 年 10 月到 12 月之間進行了實地考察，檢查了礦區（露天礦）、工廠和處理設施、廢料堆和尾礦設施，以對過往為 Glencore 及代表 Glencore 編制的技術報告及從事的研究中有關技術內容，以及 GAA 人員評估當前要求合規性以及將來發展時需要參考的事宜進行審核；
- 與各 Mutanda 高級經理進行面談；
- GAA 自行進行數據分析、工程、金融、資源、採礦以及資源模擬；以及
- 倚賴之前的技術研究和專家報告。

除非另有說明，報告中的資訊均為 2011 年 1 月 1 日生效的最新資訊。GAA 評估結果請參見本 MER。

本報告中所述全部意見、調查結果以及結論為 GAA 及其分包顧問的意見、調查結果以及結論。

聲明

GAA 將根據一般顧問實踐就編制本 MER 收取一定費用。無論上市結果如何，都不會影響該費用的收取，而 GAA 不會就編制本報告獲得任何其他利益。據合理考量，在 GAA 方面，不存在任何金錢利益或其他利益可能影響其就礦產資源、礦藏以及有形資產評估提供公正意見。

GAA 於本報告編制日期及過往均未於公司、Glencore 或 Mutanda 擁有任何股權，或任何其他關係，因此，可認為 GAA 獨立於公司、Glencore 和 Mutanda。

本報告總結了技術和經濟審核結果。

詞彙表

本 MER 附錄 A 載列本報告所用定義術語和技術詞彙。

顧問資質

下表載列參與本 MER 編制的人士，按 JORC 規範、招股章程規則、ESMA 建議以及《香港上市規則》第 18 章中定義，彼等均為合資格人士/具有資格的人員，在採礦業方面擁有廣泛經驗，且均為相關專業機構中具有良好聲譽的成員。

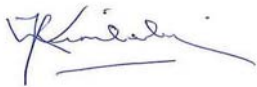
姓名	公司	資質
Peter Onley	GAA	工商管理碩士、（榮譽）學士、澳大利亞採礦和冶金學會成員 Peter Onley 在採礦業方面擁有超過 40 年經驗，具有地質、岩土工程和業務從業資格。 Peter Onley 曾任職兩個澳大利亞上市公司，先後擔任過勘探地質學家、採礦地質學家、勘探經理、礦業顧問、業務經理和董事等多個職務，他擔任礦業顧問超過 25 年。Peter 曾擔任 Golder Associates Pty Ltd 董事，該公司在澳大利亞擁有超過 800 名員工。 入行以來，Peter 曾就多種礦產品提供諮詢，包括鑽石、金、鈾、鐵礦石、鋁礬土、基本金屬和硫化物和紅土鎳礦，以及一些稀有礦種（如鉬和鎢）。 他曾擔任地質勘察聯絡委員會 (Geological Survey Liaison Committee) 成員數年，該委員會負責審核西澳地質調查局 (Geological Survey of Western Australia) 未來的工程項目並就此提供建議；他也是澳大利亞採礦和冶金學會 (AusIMM) 地球科學委員會 (Geoscience Committee) 的成員。

Willem van der Schyff	GAA	榮譽理科學士（地質學），GDE（採礦工程師）。 Willem 是 Golder Associates 公司合夥人，擔任採礦服務業務部業務主管；同時，他也是一名地質學家，專業為資源建模和估值。 他在鐵礦石、煤、重礦砂、基本金屬、金、鋁礬土和工業礦物等多種礦產品諮詢方面擁有 20 年經驗，足跡遍及五大洲，曾承擔地質勘探、採礦地質學以及資源建模和估值等領域工作。Willem 是南非自然科學專業委員會(South African Council for Natural Scientific Professions)的註冊專業地質學家，也是南非地理學會(Geological Society of South Africa)的成員。
Jaco Lotheringen	Ukwazi	採礦工程學士（專升本），持有採礦經理資格證。 Jaco目前擔任Ukwazi Mining董事及高級採礦工程師。其在採礦方面擁有12年經驗，在過去6年中曾參與Kumba、BHP Billiton以及Anglo Platinum等重要採礦公司的資源評估、礦山可行性研究以及礦山設計研究。 Jaco擁有專業資格包括： 南非工程委員會(Engineering Council of South Africa)註冊專業工程師（編號：20030022）； 南非採礦與冶金學會（South African Institute of Mining and Metallurgy，簡稱SAIMM）註冊成員（701237）。 南非董事學會成員。 Jaco 擁有貴金屬（金、鉑）、基本金屬（鐵和銅）以及礦物質（例如煤）等礦種開採經驗。
Anthony James Nieuwenhuys	SNC Lavlin	工程理學學士，MDP Anthony James Nieuwenhuys 是 SNC-Lavalin South Africa 的常務董事，於採礦、冶金以及飲料等領域管理跨國跨專業項目方面，具有超過 30 年的廣泛經驗。 他同時負責重大項目的技術和財務工作。Nieuwenhuys 先生在管理方面擁有出色表現，長於為項目尋找及安排融資、具有一流組織及人際交往技能、領導能力以及主動創新精神；他在管理跨專業工程公司方面經驗頗豐，且能適應在多樣業務環境中工作。 在技術方面，James 曾涉獵大多數冶金設施的設計、建造以及操作工作，經驗廣泛，此外，他還具有金、鎳、鑽石以及鈷等特定礦種的採礦經驗。

本報告由 GAA 編制，旨在支持招股章程中的礦物儲量和資源資料。MER 的項目經理為 Spencer Eckstein，項目主管為 Frank Wimberley。

此致

GOLDER ASSOCIATES 非洲有限公司



Frank Wimberley
項目經理



Willem van der Schyff
合資格人士

Golder Associates 非洲有限公司

PO Box 6001, Halfway House, 1685, South Africa, Thandanani Park, Matuka Close, Halfway Gardens, Midrand

電話：[+27] (11) 254 4800 傳真：[+27] (11) 315 0317 www.golder.com

Golder Associates: Operations in Africa, Asia, Australasia, Europe, North America and South America

註冊號：2002/007104/07 董事：FR Sutherland、AM van Niekerk、SAP Brown、L Greyling

Golder、Golder Associates 以及 GA 的環球標誌是 Golder Associates Corporation 的商標。



1.0 執行概要

1.1 介紹

Golder Associates 非洲有限公司（以下簡稱「GAA」）於 2010 年 11 月，受 Glencore 國際公司（以下簡稱「Glencore」）委託，代表 Glencore International plc（以下簡稱「公司」，為集團的最終母公司），就 Mutanda Mining Sprl 公司擁有並運營的礦業資產（如下文所述）編制一份礦產專家報告（以下簡稱「MER」）。

Glencore 擁有 Mutanda 礦業有限公司 40% 的股本權益，本報告審核的對象即是 Mutanda 礦業有限公司的有形資產。

該有形資產包括以下各項：

- 東部、中部及西北中部 3 個露天礦；
- 水冶設施；
- 制酸廠及液化SO₂廠；及
- 重介質選礦設施。

有關有形資產的更多詳細資訊請參見下列各段。

本 MER 旨在就 Mutanda 擁有的有形資產性質和價值評估提供技術報告，以支持公司在倫敦和香港證券交易市場上市。

MER 也亦涵蓋 GAA 於 2010 年 12 月進行實地審查後得出的觀察結果和評論；實地審查的目的在於確定礦山是否符合赤道原則中有關環境的規定，以及評估閉礦費用。

本 MER 在編制時參考了澳洲大洋洲採礦冶金學會、澳大利亞地質家協會和澳大利亞礦物委員會組成的聯合可採儲量委員會發佈的「澳洲大洋洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範」（JORC 規範，2004 年）。估值方面的內容則根據由澳洲大洋洲礦業及冶金學會、澳洲地質學家學會及礦業顧問協會所組成的聯合委員會（VALMIN 委員會）編制的《對礦產和石油資產及證券進行技術評估與估值的獨立專家報告規範》（2005 年版）中的原則編制。

本報告編制方法包括：

- GAA 代表於 2010 年 10 月到 12 月之間進行了實地考察，檢查了礦區、工廠和處理設施、廢料堆和尾礦設施，以對過往為 Mutanda 及代表 Mutanda 編制的技術報告及從事的研究中有關技術內容，以及 GAA 人員評估當前要求合規性以及將來發展時需要參考的事宜進行審核；
- 與各 Mutanda 高級經理進行面談；
- GAA 自行分析數據、工程、金融、資源、採礦和資源模擬；以及
- 倚賴之前的技術研究和專家報告。

除非另有說明，報告中的資訊均為 2011 年 1 月 1 日生效的最新資訊。GAA 評估結果請見下文。

1.2 項目描述

Mutanda 為一家新發展起來的高品位銅、鈷礦開採商，其主營業務位於剛果共和國內的 Katanga 省。Mutanda 發展態勢良好，預計截至 2012 年，氫氧化銅和氫氧化鈷的產能將分別達到 110ktpa 和 23ktpa。基於當前的氧化礦儲量和資源，礦生命期（LOM）有望達到甚至超過 20 年。



礦產專家報告：MUTANDA

具有長遠開採潛力的 Mutanda 的特許礦區位於東部礦體的南部，其鑽孔位於礦體深處。地下硫化礦的潛在儲量巨大，並實際上佔據了 Mutanda 的特許礦區內礦產資源的很大部分。可從地下進一步開採氧化礦，增加氧化礦的加工壽命。

Mutanda 特許礦區位於 Katanga 省西部 Kolwezi 約 40km 處。從 Mutanda 特許礦區到國家公路及 Kolwezi-Zambia 鐵路交通便捷，並且特許礦區南部邊界距離 Kando 河僅 2.5km 左右，所以工廠加工用水水源充足。區內新配備了 120kV 電力線，供電能力達 120MW，已連接至距礦區及現場電站 20km 處的 SNEL 電網，電力沿 22kV 電網輸送至工廠。電網出現故障時，備用發電裝置（裝機容量 13.5MW）將自動啟動。

截至 2010 年 12 月 31 日，Mutanda 員工已有 929 人。

1.3 所有權

Glencore 持有沙特美孚煉油有限公司剛果私營有限責任公司（Samref Congo）50%的股份，而 Samref Congo 持有 Mutanda 公司 80%的股份。Rowny Assets Limited（Dan Gertler 的關聯實體）最近從剛果民主共和國（DRC）國有採礦公司—剛果（金）國家礦業公司（「Gecamines」）處購得 Mutanda 公司餘下 20%的股份。

1.4 土地使用權

依據 DRC 採礦規範，根據採礦規範授出的採礦許可證到期後可續期 15 年。

採礦許可證授予其持有人在獲授礦產上進行探礦和開採工作的專有權利。該權利亦涵蓋根據相關法律規定為採礦修建必要設施，使用水資源和木材資源，以及將產品自由商品化以便於銷售。

資產	採礦許可證書號	授予的權利	有效期至
Mutanda	PE 662	銅、鈷、金、鎳和相關礦物	2022 年 5 月 26 日（可續期）
Ki-kolwezi	PE 4959	銅、鈷和相關礦物	2024 年 4 月 3 日（可續期）

1.5 資源

地質

Mutanda 銅鈷礦床位於新元古代 Katanga 沉積演替層下部，該演替層始於尚比亞並貫穿剛果民主共和國（DRC）的 Katanga 省，綿延超過 700km，最大寬度 150km。該礦床屬於沖斷—褶皺帶（即盧非力弧）的一部分，並因其層狀形態以及與碳酸鹽或高碳酸岩性相關，而具有銅帶省大多數礦床的共同點（Cailteux 等人，2005 年）。

Katanga 銅鈷成礦區北部以一個主要斷層帶為界，而南部以不整合形態覆於前 Katanga 基底。由於盧非力弧北部不斷瓦解，在 DRC 境內尚未發現基底與沉積物間的不整合情況，並且與基底的所有接觸均屬構造接觸。

礦化作用

主要氧化銅礦物為孔雀石和假孔雀石，主要鈷礦物為水鈷礦。在所有樣品中，脈石成分均以石英和綠泥石為主。

目前尚未針對硫化礦物進行實驗室礦物分析。



礦產專家報告：MUTANDA

礦產資源

截至 2010 年 12 月 31 日，Mutanda 各區域綜合礦產資源情況總結如下：

截至 2010 年 12 月 31 日 Mutanda 礦山綜合資源說明

	種類	Mt	%總銅	%總鈷
中部礦體	探明資源量	7.8	1.62	0.81
	控制資源量	5.3	1.16	0.67
	推斷資源量	7.6	0.95	0.91
	合計	20.7	1.28	0.81
東部礦體	種類	Mt	%總銅	%總鈷
	探明資源量	29.0	2.67	1.13
	控制資源量	18.4	1.65	0.87
	推斷資源量	164.6	1.03	0.45
	合計	212.0	1.34	0.60
西北中部礦體	種類	Mt	%總銅	%總鈷
	探明資源量	66.8	2.10	0.55
	控制資源量	0.02	0.17	0.05
	推斷資源量			
	合計	66.8	2.10	0.55
Mutanda 資源合計	種類	Mt	%總銅	%總鈷
	探明資源量	103.7	2.22	0.73
	控制資源量	23.8	1.54	0.82
	推斷資源量	172.1	1.03	0.47
	合計	299.5	1.48	0.59

1.6 儲量

Mutanda 礦包括兩個作業礦坑，一個是處於臨時停產狀態的小型礦坑，另一個是即將開發的潛在礦坑。開採計劃從年產回收銅目標不超過 11 萬噸開始，到 2013 年達到穩定水平。到 2015 年礦坑將實現平均礦山生命期（LOM）的工廠給料品位為 3.4%銅，平均原礦（ROM）工廠給料品位 4.13%銅。

自 2009 年以來建立了各種 ROM 堆場，其中「R5」高品位堆場已列入開採計劃。兩個高品位銅堆場以及兩個低品位堆浸堆場雖已通過 GAA 的容量認證但未納入 LOM 計劃。若將其納入開採計劃，則當前這些堆場預計將在 2013 年初枯竭，從而降低開採量上升的風險。通過品位調查和重新模擬，評估堆場水平。但由於尚未掌握密度檢驗所需資料，因此目前無法將上述高品位和低品位銅堆場的容量納入採礦計劃和儲量說明。相應地，這些堆場也未納入財務評估。

與 Mutanda 有關的某些潛在風險包括：

- Mutanda 原經營規模較小，實施選擇性開採且產量較低。按照本 LOM 計劃，作業必須調整至較高產量，允許有合理損失和貧化。
- 中部礦坑以南處於臨時停產狀態的礦坑包括一些無法完全在地圖上表示出的有限地下巷道。這會對該區域的開採量產生負面影響，儘管不會影響到東部和西北中部（CNW）礦坑的任何開採作業。



- Kansuki項目區域需要開闢 4km²的額外空間傾倒廢料。由於回填量有限，因此這可能對項目構成潛在的高風險。不過，通過加工現有堆場可減輕這一風險。
- 目前的 LOM 計劃共包含 560 萬噸硫化礦。需要設立專門的堆場區域。由於空間有限，如果要求連續進行再處理，會增加開採成本。
- 目前的 LOM 計劃共包含 1,190 萬噸低品位礦石。需要設立專門的堆場和堆浸區域。由於空間有限，如果要求連續進行再處理，會增加開採成本，儘管所有原礦低品位材料在開採出後將會先放在料堆上。「廢」礦石的再處理和現有堆場的可能利用將需要一筆再處理費用。
- 在 Kansuki 項目區域，需考慮廢料剝離的要求。本 LOM 計劃假設可達成一份適當協定，其中可能將 Glencore 作為普通股股東。Kansuki 區域出產的任何礦石均未納入本評估。

Mutanda 存在各種機會，包括但不僅限於下列情況：

- 過渡區域包含的硫化物在礦山生命期內進行開採和堆放。此類硫化物的數量達 560 萬噸，且品位在作業邊界品位之上。
- 隨著當前氧化物開採完畢，硫化礦體將顯露出來。在當前作業生命期末期可能會存在較大上調潛力，但前提是在當前氧化銅礦坑完成大部分預開採工作之時具備硫化銅處理能力。
- 除了 R5 高品位堆場外，存在尚未納入 LOM 計劃的各種高品位和低品位堆場。在將其納入將來的 LOM 計劃前，需開展額外工作，重新建立鬆散密度模型。
- CNW 區域內氧化物資源的地下開採潛力。

2009 年兩個礦坑共產出 150 萬噸原礦，2010 年計劃達到 170 萬噸。到 2030 年，礦坑及現有堆場可提供 6,050 萬噸工廠給料原礦品位為 3.4%銅的礦石。預計從混合礦石中有選擇地開採 30%的硫化銅，並堆放至專用硫化物堆場。使用 3.4%銅和 1.0%鈷的品位為標準時，礦物的證實和概略儲量預計為 5,590 噸。

表 1：儲量估算總結

開採作業	證實儲量			概略儲量			合計		
	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷
Mutanda 礦坑	47,176	3.4	0.9	6,570	3.1	1.2	53,746	3.4	0.9
ROM 高品位堆場	2,227	3.4	2.3				2,227	3.4	2.3
合計	49,403	3.4	1.0	6,570	3.1	1.2	55,973	3.4	1.0

1.7 廠房和設備

Mutanda 目前處於一個 3 階段擴建項目的第 1 調試階段。該階段完成後，將形成最高年產 110,000t 銅和 23,000t 鈷（氫氧化物鹽形式）的加工產能。

目前，第 2 階段建設進展順利，計劃在 2011 年 8 月 31 日機械竣工。一個短工期項目正在進行中，計劃在 2010 年 4 月初實現 SX-EW #2 和 SX-EW#3 的投產--兩者產能均為 20,000t，SX-EW #2 利用第 1 階段的銅回路但提高了給料品位，SX-EW#3 則新建了堆浸設施。該堆浸設施屬於擴建的第 3 階段，目前正快速推進，目標是使 2011 年起銅產量得到大幅提高。第 2 階段的工廠投產後，該階段的 SXEW 產量將達到或接近其銘牌額定值。



第 3 階段為 40,000t 銅的短工期擴建部分，包括升級電解室的變壓器容量，並將銅產量從 20,000t 提高至 25,000t。此外，將安裝第 4 個額定產能為 35,000t 的電解室，確保電解室總產能達到每年 1.1 萬噸銅。第 3 階段中對第 2 階段 SX 工廠的額外投資將使第 2 階段年產量達 80,000t，其中的 20,000t 來自第 1 階段。額外增加的產量（最高 10,000t）預計來自西北部堆浸設施。第 3 階段計劃於 2012 年第 1 季度完成。

SX-EW 工廠包括下列加工流程：破碎、篩分、研磨、浸出、淨化和 SX-EW。

截至 12 月 31 日，Mutanda 已超額完成 2010 年所有預算內銅相關目標。

待第 3 階段工廠完全投產後，堆浸設施將用於處理低品位 Mutanda 礦石（0.5-0.85%銅）並將 Mutanda 加工設備的輸出能力提升為 110,000tpa 電解銅。

1.8 關閉

關閉成本預計為 810 萬美元。應注意的是，本報告僅闡述了氧化物資源，但同時存在大量硫化物資源可供開採，關閉責任也將因此延後數年。

1.9 環境、健康和 safety

本報告介紹了環境和社會審計結果，該審計由 GAA 於 2010 年 12 月 9 日在 Mutanda 礦區實施。

主要審計結果

在所需授權方面，在審計過程中已證明以下內容：

- Mutanda 根據《剛果民主共和國採礦規範》的第 64 條（法律編號 007/2002，2002 年 7 月 11 日）規定，持有經核准的特許經營執照（PE662）。
- Mutanda 根據《剛果民主共和國採礦規範》的第 64 條（法律編號 007/2002，2002 年 7 月 11 日）規定，持有經核准的特許經營執照（PE4959）。
- 已針對《可行性計劃》提交了《環境影響報告書》（EIS）和《環境管理計劃》（EMP）並獲批准。根據 DRC 法律規定，每年更新了 EIS 並相應更新了 EMP。
- 表 17 報告在主體中歸納了 Mutanda 環境和社會管理與赤道原則和國際金融公司（IFC）執行標準的符合程度。
- 潛在風險在當前及未來對現場環境的影響包括：
 - 重介質選礦（DMS）設備的溢出風險（設備將產品甩至附近礦區）較低。每日監控沉澱池，隨時清理任何溢出水。
 - 採用根據行業規範和標準建造並合法操作的設備處理危險廢物。
 - Mutanda 產生的礦山地質物料及廢物的地化性狀不確定性，目前通過取樣測試來確定地化性狀和排酸可能性。
 - 從施工項目向 SHEQ 部門內作業設備轉移責任時，可能發生與此相關的風險；將聘用一名專職環境經理對此進行監控。
- 採礦的社會影響有限。
- 與 Mutanda 礦相關的企業社會責任（CSR）項目對當地的社會經濟狀況影響較大。

Mutanda 目前針對 CSR 採用了結構化方法，即由一個小部門關注與政府倡議相關的項目。



1.10 經濟評價

Glencore 在 Mutanda 的經濟利益使用折現現金流的方法進行評價。估算了整個礦山生命期內的收入、資本支出和運營成本，並將其折現以給出 Mutanda 的期望值。

收入、資本和運營成本估算

Mutanda 的煉銅和採鈷水平基於不同作業開採計劃和各處理廠的預期回採率。採出礦物的價格通過 LME 的期貨價格計算而來。運營成本估算基於合同成本、目前成本及預算成本。

當前第 1、第 2 以及新增第 3 階段計劃（每年銅產量達到 110 ktpa）的完成，以及相關支持性基礎設施的建造均需要資本支出。每年需要 3,500 萬美元用作持續性資本。礦山生命期內，Mutanda 將來的資本需求見下表：

Mutanda 資本支出

千美元	2011	2012	2013	2014	2015	2016 2030	LOM 合計
資本支出	382,596	51,000	59,000	43,000	85,000	492,000	1,112,596

估值

估值折現率為 10%，基準日為 2011 年 1 月 1 日。Mutanda 的淨現值（「NPV」）為 30.89 億美元。Glencore 對 Mutanda 投資的淨現值（「NPV」）為 13.18 億美元。



1.11 Mutanda MER 摘錄表

*產量指截至年底—12月31日的年度產量

		2011E	2012E	2013E	2014E	2015E
成品金屬產量	單位					
銅	t	60,000	110,000	110,000	110,000	110,000
鈷	t	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
實際/預測產量						
銅礦石	t	17,133				
電解銅	t	24,068	81,251	103,531	103,214	103,477
鈷	t	12,548	23,000	23,000	23,000	23,000
現金成本（不包括礦區土地使用費、變現費用， 未計副產品稅前收入）	US\$m	163	346	386	396	398
副產品收入	US\$m	384	590	557	517	511
土地使用費（占淨收入的比例）	%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
折舊及攤銷	US\$m	284	117	63	53	47
法定稅率	%	30%	30%	30%	30%	30%
資本支出						
持續性支出	US\$m	31	25	35	35	35
擴張性支出	US\$m	352	26	24	8	50



目錄

1.0 執行概要	1
1.1 介紹	1
1.2 項目描述	1
1.3 所有權	2
1.5 資源	2
1.6 儲量	3
1.7 廠房和設備	4
1.8 關閉	5
1.9 環境、健康和安全	5
1.10 經濟評價	6
1.11 Mutanda MER 摘錄表	7
2.0 資源描述	17
2.1 地質概況	17
2.1.1 區域結構	18
2.1.2 區域地層	18
2.1.3 本地地質情況	20
2.1.3.1 Mines 亞群礦床	20
2.1.3.2 Mwashya 亞群礦床	20
2.1.3.3 礦產地質	20
2.1.3.4 地層和岩性	21
2.1.3.5 構造	21
2.1.4 礦化作用	22
2.1.4.1 氧化物	22
2.1.4.2 硫化物	26
2.1.4.3 礦體	26
2.2 礦產資源評估方法	32
2.2.1 勘探和數據	32
2.2.1.1 歷史	32
2.2.1.2 手工採礦	32
2.2.1.3 土壤地球化學	32



2.2.1.4	鑽探	32
2.2.1.5	判定性鑽探及其他鑽探	36
2.2.2	地球物理測量	36
2.2.2.1	地磁測量	36
2.2.2.2	激發極化	38
2.2.2.3	數碼化評估模型	40
2.2.2.4	資料收集	40
2.3	品質保證和品質控制（「QA/QC」）實踐	42
2.3.1	變異分析	46
2.3.1.1	變異分析結果	46
2.3.2	估算參數	47
2.3.2.1	估算計劃	47
2.4	礦產資源分類	47
2.5	礦產資源說明	47
2.5.1	長期展望	49
3.0	儲量及開採	49
3.1	地面開採	49
3.1.1	礦生命期（「LOM」）規劃流程	49
3.1.1.1	SMU 模型/採礦模型	49
3.1.1.2	礦坑優化	51
3.1.1.3	礦坑設計	52
3.1.1.4	規劃單元	52
3.1.1.5	生產計劃的制定	53
3.1.2	堆場	53
3.1.2.1	高品位堆場	53
3.1.2.2	高品位銅堆場	55
3.1.2.3	低品位堆浸堆場	55
3.1.3	礦坑開發	56
3.1.3.1	修正係數	57
3.1.3.2	礦坑優化	60
3.1.3.3	礦坑設計	61
3.1.4	生產計劃的制定	63
3.1.4.1	加工廠	63



3.1.4.2	堆浸	68
3.2	儲量估計	69
3.3	機會	69
3.4	風險	70
4.0	廠房和設備	70
4.1	一般過程述評	70
4.2	工廠估價	75
4.3	產能為 20,000 tpa 的加工廠	75
4.4	破碎和研磨	77
4.5	浸取前濃縮	79
4.6	浸礦	79
4.7	封流傾池（「CCD」）回路	80
4.8	溶液儲存	81
4.9	溶劑萃取（「SX」）	81
4.10	電解沉積	82
4.11	鈷回路	85
4.11.1	鐵和錳的去除	85
4.11.2	氫氧化鈷的回收	86
4.12	試劑及消耗品	86
4.12.1	焦亞硫酸鈉	86
4.12.2	氧化鎂	86
4.12.3	凝集劑	86
4.12.4	稀釋劑和萃取劑	86
4.12.5	研磨介質	86
4.13	供氣和供水服務	86
4.13.1	供氣服務	86
4.13.2	供水服務	86
4.14	其他礦物加工活動	87
4.14.1	制酸廠	87
4.15	擴建計劃	89
4.16	風險	91
4.17	小結	91
5.0	尾礦和廢料	91



5.1	背景	91
5.2	現有環境報告複查	93
5.3	法規合規性評估	93
5.4	識別存在環境風險及影響績效的主要領域	94
5.5	復原規定及責任的審核	94
5.6	健康安全管理計劃評估概要	94
5.7	受傷及死亡情況統計說明	94
6.0	關閉	95
6.1	關閉成本審核方法及局限性	95
6.1.1	方法	95
6.1.2	局限性	95
6.2	現有資訊	95
6.3	界區	95
6.3.1	現有資訊	96
6.3.2	GAA 新加的考慮因素	97
6.4	假設及條件	97
6.4.1	概述	97
6.4.2	特定場區	97
6.4.3	其他撥備	98
6.5	關閉成本比較	98
6.5.1	基礎設施區域	100
6.5.2	採礦區域	100
6.5.3	地面總體恢復	101
6.5.4	水資源管理	101
6.5.5	關閉後諸項事宜	101
6.5.6	其他撥備	102
6.6	結論	103
7.0	環境、健康和 safety	103
7.1	採礦基礎設施	103
7.2	礦物加工基礎設施	103
7.2.1	第 1 階段（20,000 tpa 加工廠）	103
7.2.2	小規模現場加工設施	104
7.2.3	第 2 階段（40,000 tpa 加工廠）	104



7.2.4	尾礦存儲設施（TSF）	104
7.2.5	礦堆和礦山殘留礦床	104
7.2.6	其他現場基礎設施	105
7.3	受審核的資訊來源	105
7.3.1	現場文檔	105
7.3.2	和現場人員的會談	106
7.3.3	現場區域考察	106
7.4	審計的局限性	106
7.5	審計結果	106
7.5.1	許可和授權	106
7.5.1.1	營業執照	106
7.5.1.2	《環境影響報告書》及《環境管理計劃》	106
7.5.2	對赤道原則的遵守情況	107
7.5.3	Mutanda 主要環境因素及風險	112
7.5.4	Mutanda 主要社會因素及風險	112
7.6	結語	112
7.7	參考文獻	112
8.0	市場	113
8.1	銅	112
8.2	鈷	113
9.0	技術及經濟假設	115
9.1	收入假設	115
9.2	資本成本估算	115
9.3	運營成本估算	115
9.4	稅收、特許使用費和其他業務參數	116
10.0	經濟分析	116
10.1	估值方法	117
10.2	估價假設	117
10.3	對 Glencore 於 Mutanda 公司所佔權益的估值	117
10.4	Mutanda MER 摘錄表	118
11.0	風險分析	121
11.1	採礦風險	121
11.2	加工風險	121



礦產專家報告：MUTANDA

11.3	資本風險	122
11.4	運營風險	122
11.5	主權風險	123
11.6	經濟及市場風險.....	123
11.7	環境及社會風險.....	123

表

表 1：Katanga 銅帶的地層岩石組成.....	23
表 2：截至 2007 年 12 月的鑽孔總結	35
表 3：成對 RC 鑽孔和 DD 鑽孔的比較.....	35
表 4：每個項目區的鑽孔數量	36
表 5：估算期間所用的估算參數.....	46
表 6：截至 2010 年 10 月 31 日的 Mutanda 合併資源報表.....	48
表 7：所選 SMU 的尺寸.....	50
表 8：選礦採收率	52
表 9：Mutanda 優化參數	60
表 10：Mutanda 礦坑設計標準	63
表 11：Mutanda 開採進度標準	63
表 12：Mutanda 礦坑開採（LOM）生產計劃（含高品位堆場）	64
表 13：Mutanda 堆浸礦坑開採（LOM）生產概況（含低品位堆場）	68
表 14：Mutanda 綜合儲量表	69
表 15：綜合成本比較.....	98
表 16：關閉措施和相關成本的詳細比較	99
表 17：Mutanda 運營與赤道原則及 IFC 執行標準要求的符合情況	107
表 18：全球精煉銅市場供需表（來源：USGS）	112
表 19：預測銅價.....	113
表 20：全球精煉鈷市場供需情況表	114
表 21：預測鈷價.....	114
表 22：資本支出.....	115
表 23：主要運營支出.....	116
表 24：特許使用費、稅收和進口稅假設	116
表 25：LOM 項目現金流.....	119
表 26：淨現值對折現率和金屬價格變化的敏感性.....	120



礦產專家報告：MUTANDA

表 27：淨現值對折現率和運營成本變化的敏感性.....	120
表 28：淨現值對折現率和資本支出變化的敏感性.....	120

圖

圖 1：Mutanda 位置圖.....	17
圖 2：Katanga 銅帶的構造背景.....	18
圖 3：尚比亞 Katanga 銅帶地質圖.....	19
圖 4：Kolwezi 區域地質圖.....	24
圖 5：Mutanda 特許區域地質圖.....	25
圖 6：Mutanda 礦體地質圖.....	27
圖 7：Mutanda 東部礦體截面.....	28
圖 8：Mutanda 中部礦體截面.....	29
圖 9：Mutanda 中部和東部礦體的垂直長距離投影.....	30
圖 10：Mutanda 西北中部礦體垂直截面.....	31
圖 11：土壤地球化學等值線.....	32
圖 12：反迴圈鑽探圖.....	33
圖 13：取芯鑽探圖.....	34
圖 14：判定性鑽探圖.....	34
圖 15：Mutanda 特許礦區的鑽孔分佈.....	36
圖 16：磁場整體彩色等高線.....	37
圖 17：磁極降級顏色（隨斷層漸變）.....	38
圖 18：Mutanda 東部礦帶的實際剖面極化率.....	39
圖 19：Mutanda 東部礦帶實際電導率剖面圖.....	39
圖 20：圖示 55 個鑽井的測量總偏差與深度關係圖.....	40
圖 21：SGS 與 Groupe Bazano 的銅散點圖.....	43
圖 22：SGS 與 Alfred Knight 的銅散點圖.....	45
圖 23：SGS 與 Alfred Knight 的鈷散點圖.....	45
圖 24：Mutanda 長期展望.....	49
圖 25：最佳狀況、指定狀況和最差狀況示意圖.....	51
圖 26：典型塊段和斜坡設計.....	53
圖 27：高品位堆場.....	54
圖 28：高品位堆場柱狀圖.....	54
圖 29：低品位堆浸堆場.....	55
圖 30：低品位堆場柱狀圖.....	56



礦產專家報告：MUTANDA

圖 31：當前設計的地面基礎設施的區域平面圖	56
圖 32：Mutanda 噸數和品位曲線圖（不考慮硫化物）	57
圖 33：Mutanda 噸數和品位曲線圖（考慮硫化物）	58
圖 34：Mutanda 貧化和損失曲線（不考慮硫化物）	58
圖 35：Mutanda 貧化和損失曲線（考慮硫化物）	59
圖 36：品位控制分界線	60
圖 37：中部礦坑照片	61
圖 38：東部礦坑照片	61
圖 39：Mutanda 當前礦坑勘察圖	62
圖 40：Mutanda 礦坑設計	62
圖 41：Mutanda 生產計劃（含高品位堆場）	65
圖 42：Mutanda 工廠給料噸數	65
圖 43：Mutanda 作業礦石類型曲線圖	66
圖 44：Mutanda 作業回收銅曲線圖	66
圖 45：Mutanda 作業回收鈷曲線圖	67
圖 46：Mutanda 儲量曲線圖	68
圖 47：Mutanda 堆浸回收銅生產計劃	69
圖 48：3D 模型--20,000 tpa 銅加工設備	72
圖 49：綜合的第 1 階段和第 2 階段設備佈置示意圖	73
圖 50：正在建造的電解沉積建築，背景是第 2 階段建築	74
圖 51：20,000 tpa 銅流程圖	76
圖 52：初碎機	77
圖 53：給料準備	78
圖 54：研磨區域	78
圖 55：浸取槽	80
圖 56：封流傾池（CCD）容器，背景是母液溶液（PLS）池	81
圖 57：溶劑萃取（SX）廠	82
圖 58：電解車間外觀	82
圖 59：建造中的電解車間內部	83
圖 60：建造期間將鉛陽極安裝到電解沉積池	84
圖 61：2010 年 9 月以堆浸作業產出的電解銅	85
圖 62：鈷 DMS 廠	87
圖 63：篩選廠	88



礦產專家報告：MUTANDA

圖 64：40,000 tpa 組合式電解沉積池已經就位	89
圖 65：40,000 tpa 產能建設項目方塊流程圖	90
圖 66：Mutanda 尾礦存儲設施（「TSF」）佈局圖	92
圖 67：從堤岸西側看到的 Mutanda 尾礦壩盆地	91
圖 68：襯裡裝設期間的 Mutanda 尾礦壩	92
圖 69：GAA 審核成本用假設界區	95
圖 70：倫敦金屬交易所銅價（2006 年 1 月至今）（來源：LME）	113
圖 71：2006 年 1 月至今的鈷價（來源：南非 Inet Bridge）	114
圖 72：基本情況淨現值對金屬價格、運營成本（Opex）和資本支出（Capex）的變化的敏感性	121

附錄

附錄 A

縮寫列表及技術詞彙表



2.0 資源描述

Paradigm Project Management (「PPM」) 在 2008 年 11 月編制了全面的可行性研究報告。該研究報告詳細說明部分 Mutanda 礦床資源估算情況，並包含了一份 SRK 於 2008 年 3 月發佈的「Mutanda 礦產地質與勘探報告 (Report on the Geology and Exploration of Mutanda Property)」。

Riaan Herman 諮詢公司 (「RHC」) 受聘詳細查看東部和中部凸起的模型、統計資料和地質統計資料，並估算礦山可用資源。「有關 Mutanda 礦床中部和東部凸起的資源報告--2008 年 11 月 (Resource Report on the Central and Eastern Lobes found on the Mutanda Deposit)」由 RHC 編制。GAA 審查了這些參數並對結果予以認可。



圖1：Mutanda 位置圖

2.1 地質概況

Mutanda 銅鈷礦床位於新元古代 Katanga 沉積演替層下部，該演替層始於尚比亞並貫穿剛果民主共和國 (DRC) 的 Katanga 省，綿延超過 700km，最大寬度 150km。該礦床屬於沖斷--褶皺帶 (即盧非力弧) (圖 2) 的一部分，並因其層狀形態以及與碳酸鹽或高碳岩性相關，而具有銅帶省大多數礦床的共同點 (Cailteux 等人，2005 年)。

Katanga 銅鈷成礦區北部以一個主要斷層帶為界，而南部以不整合形態覆於前 Katanga 基底(圖 3)。由於盧非力弧北部不斷瓦解，在 DRC 境內尚未發現基底與沉積物間的不整合情況，並且與基底的所有接觸均屬構造接觸。

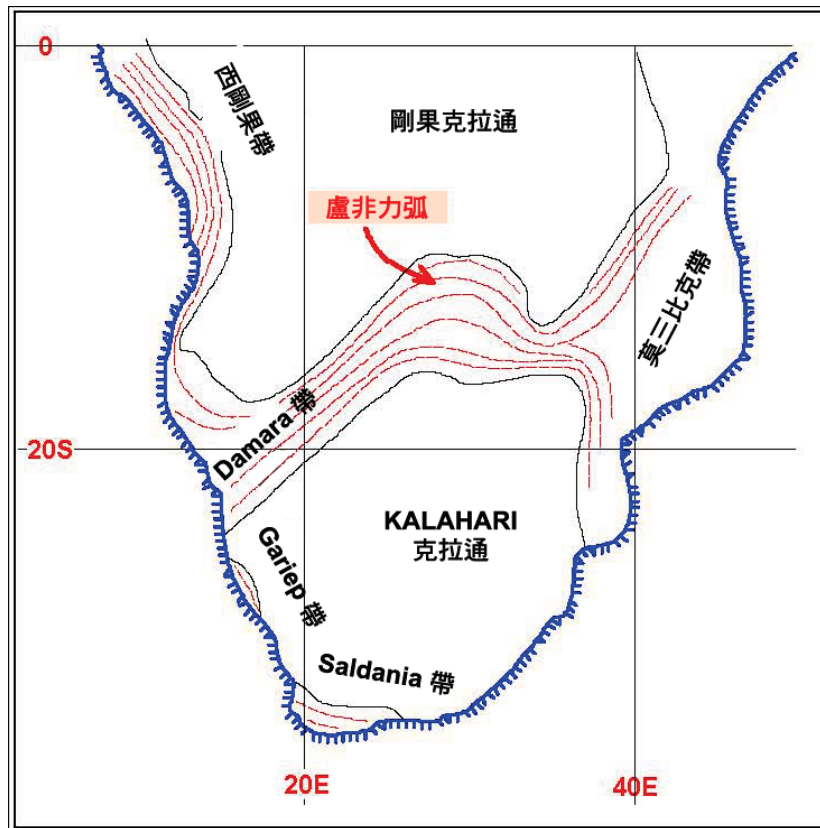


圖2：Katanga 銅帶的構造背景

2.1.1 區域結構

盧非力弧（Lufilian Arc）是因為目前由 Katanga 沉積物所占的盆地在關閉期間地殼大規模縮短所致。占主導地位的地殼運動感來自南部和形成向北傾斜的伏臥褶皺的早期韌性變形。這些在隨後脆性變形時受到了破壞，脆性變形的形式是逆沖斷層，產生了大量移位岩塊。這些往往與不尋常的角礫岩有關，有人提議，這些角礫岩是因為形成孤殘層之下潤滑油的蒸發岩層分解而成。其中最大的是 Kolwezi 孤殘層，被這種類型的角礫岩所包圍。儘管有時成層狀，很多此類角礫岩還形成了與沉積層斜交的岩脈。

2.1.2 區域地層

Katanga 的上地殼演替層為 5 至 10km 厚，被細分為三個主要地層單元：Roan 群、Nguba 群和 Kundelungu 群(表 2)，每個地層單元又包含很多子單元，通過一個字母首碼（表示群名）和亞群及地層數進行標明。

Roan 群包含起源於河流/湖泊/海洋的砂質碎屑和碳酸鹽沉積岩，帶有分佈於大陸裂谷中的較小的鎂鐵質火成岩。Nguba 組合也包含砂質碎屑和碳酸鹽沉積岩，帶有分佈於類似紅海的原始大洋裂谷中的火成岩。最上層 Kundelungu 演替層代表同步-後造山型礦床。Kundelungu 有兩種相。片狀 Kundelungu 是陸相磨拉石層序，褶皺部分受到盧非力造山期盆地關閉衰退階段的影響，導致了主要向北傾斜的褶皺、沖斷層和推覆體的發育。Katanga 暴露的所有 Roan 群（基底礫岩除外）、Nguba 群和褶皺 Kundelungu 群（平坦部分除外）均為外來構造岩席。Roan 頂部的 Mwashya 亞群（R4）整合於 Dipeta 亞群（R3）之上，整合於「大礫岩」之下(表 2)，儘管地層接觸面能被同構造角礫岩（也被解釋為沉積礫岩）占滿。

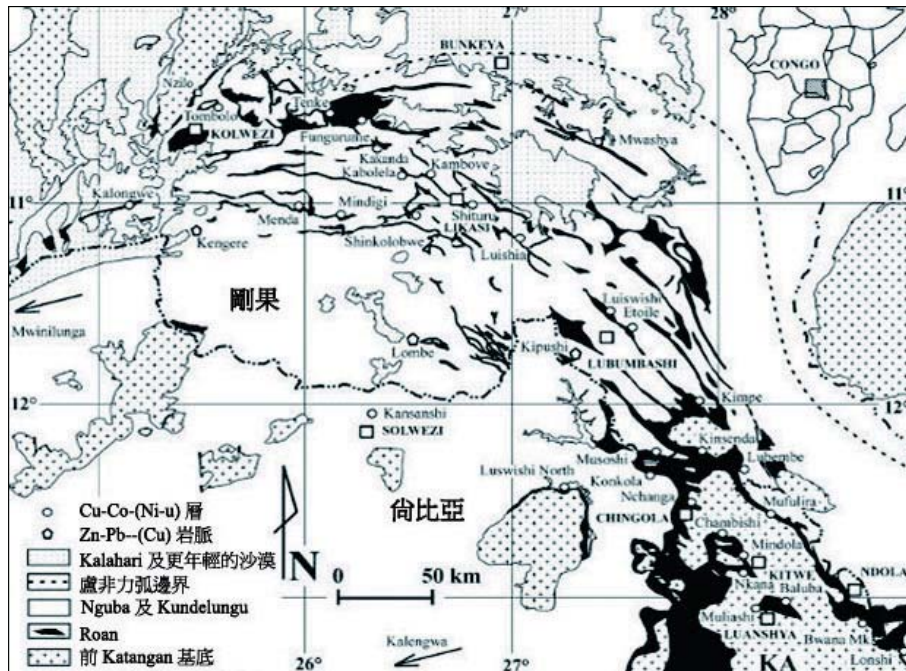


圖3：尚比亞Katanga銅帶地質圖

DRC 層狀銅-鈷礦體均分佈於 Roan 群（表 3）的 Mines（R2）亞群與 Mwashya（R4）亞群，並且 Roan 群在尚比亞型層序和剛果型層序之間表現出區域性相變。在尚比亞和剛果東南部，礦床主要賦存於靠近基底的准原地岩中，並在卡弗背斜兩端形成兩個平行走向（圖 3）。在這兩個走向之外的礦床（例如尚比亞的西部省）被認為經濟意義較小，但這可能與這些地區勘探較少有關。

最底層 Roan 岩石以不整合方式覆於尚比亞的前 Katanga 基底；但在 DRC 境內，銅-鈷礦床與盧非力造山期形成的逆沖岩席、推覆體和孤殘層相關。

最底層 RAT（Roches Argilo-Talqueuse-DRC）和 Mindola（尚比亞）亞群（R1）的主要岩性為白雲岩和白雲質葉岩。它們均在氧化環境中沉積於尚比亞境內。基部巨礫岩上覆有風成石英、未完全發育的瓣狀河道/沖積礦床、長石砂岩以及向上變細的砂岩。DRC 境內 RAT 亞群基部情況尚不得而知，但 Kibaran 基底上部很可能是巨礫岩相關物質。DRC 境內的 RAT 相關物包括富含綠泥石的紅色白雲岩以及數量不定的細粒砂和粉砂。

Musoshi（尚比亞）和 Mines（剛果）亞群（R2）表現為沉積在一個蒸發遞減環境中的海侵層序。它們包括卡弗背斜北部尚比亞境內裸露的砂岩、粉土至砂質泥岩和葉岩層序，以及在卡弗背斜南部 DRC 境內的白雲質葉岩和白雲岩。該等礦化層序在 DRC 與尚比亞境內頂部均為碳酸鹽單元，構成指示層。銅-鈷大規模礦化出現在這些亞群下部，並在盧非力變形期前沉積於 DRC 和尚比亞境內。

相關 Kirilambwe（尚比亞）和 Dipeta（剛果）亞群（R3）具有很強的相似性，二者的層序岩性均包括長石砂岩、礫岩、粉砂岩、白雲質葉岩和白雲岩。

Mwashya 亞群（R4）的特點表現為從臺地碳酸鹽（下部 Mwashya）向更加開闊的海相白雲質葉岩、黑色葉岩或砂岩（上部 Mwashya）過渡。

侵入 Dipeta 亞群（但未侵入 Mwashya）的輝長岩以及下部 Mwashya 中的鎂鐵質熔岩和火山屑岩均源於下部 Mwashya 的單一同步火成活動（ $760 \pm 5\text{Ma}$ ）。



上部 Mwashya 覆有冰川混積岩（即 Grand Conglomérat），後者為 Nguba 群（之前的下部 Kundulungu）的基礎，而繼 Nguba 群之後是 Kundulungu 群，二者由另一層混積岩（即 Petit Conglomérat）分隔。這兩個地層單元主要為矽質陸源碎屑碳酸鹽岩和白雲岩，且缺乏礦化作用。

2.1.3 本地地質情況

2.1.3.1 Mines 亞群礦床

主要銅-鈷礦床的大部分均受地層控制，並分佈於 Mines 亞群（R2）（DRC）的 Kamoto 白雲岩（R2.1）和白雲質葉岩地層（R2.2）以及尚比亞相關地層（即位於 Musoshi 亞群基部的礦石葉岩層）。礦體在這些岩性地層單元內順其走向延伸，長度從幾百米至數公里不等，但常常被盧非力造山運動的相關斷層阻斷。礦化層內的硫化物通常存在橫向差異，從富銅區、貧銅區最終至硫化鐵礦的貧瘠區逐漸變化。主要銅-鈷硫化物的礦化作用也發生在 DRC 境內下部 Mwashya 亞群（R4）的白雲岩中；眾多礦床蘊藏於緊靠 Kansuki 斷層（一個主要的東西走向斷層）（見圖 4）的小型構造岩片中，Mutanda 礦床便是其中之一。

Mines 亞群層狀礦床從西部 Kolwezi 開始，沿盧非力弧一直延伸至東南部的 Kimpe（圖 4）。其包括兩個礦體，累積厚度為 15m 至 55m（平均為 20m 至 25m）。礦化發生於在平靜的淺水環境中沉積的海侵潮上至潮下沉積層。主岩含有氣泡、礦瘤並在硬石膏和石膏後形成白雲岩-石英假晶透鏡狀層理，其富含鎂、鋁、鋇、鋇、鋇、鋇、鋇和溴可能與海水蒸發條件下的沉積有關。

下部礦體主岩包括大量綠泥石-白雲質粉砂岩（即 Grey RAT）、細粒層狀白雲岩（DStrat. - Dolomie Stratifié）以及片狀、疊層矽化白雲岩（RSF - Roches Siliceuses Feuilletés）。上部礦體主岩包括基底白雲質葉岩（SDB - Shales Dolomitiques de Base）和間斷性上覆粗粒不純白雲岩（BOMZ，黑礦成礦帶），二者之間夾有通常較貧瘠的疊層白雲岩（RSC - Roches Siliceuses Cellulaires）。RSC 在接觸下部和上部礦體的某些區域呈現礦化。

在某些礦床中，主要礦化作用延伸進入上覆礦質白雲岩中。這些岩石的有機質含量不穩定且通常較低，但局部區域足以形成黑色葉岩和白雲岩。DRC 礦化層序沿走向具有顯著的規律性，在 Kolwezi 至 Lubembe 之間超過 350km 的距離內呈現相同的岩性層序（見圖 3）。

2.1.3.2 Mwashya 亞群礦床

Mwashya 亞群（R4）沿 Kolwezi 與 Kimpe 之間的盧非力主沖斷帶（見圖 2）暴露數百公里。沿該走向在下部 Mwashya 存在多個銅礦床，但目前僅開採了靠近 Likasi 的 Shituru 礦床。該礦床分佈在一個沿褶皺軸面斷裂的背斜南側。礦化產生於兩個層狀體，並且表生區的品位高，較深層的品位低。大部分礦石位於層狀白雲岩和白雲質葉岩（岩性類似於 Mines 亞群的 RSF/DStrat 岩石）內，並與低品位大塊疊層白雲岩互層分佈。火山岩與下部 Mwashya 的互層分佈似乎與該礦化作用無直接聯繫。Mutanda 礦床似乎與 Shituru 十分類似。

2.1.3.3 礦產地質

Mutanda 礦床位於一個緊靠 Kansuki 斷層的小型逆沖推覆體。Kansuki 斷層是一個始於 Kolwezi 並跨越 Kalumbwe Myunga 礦床的主斷層帶，全長 75km。多個 Roan 孤殘層沿該斷層分佈，目前已知 Kolwezi 區塊規模最大。Tilwezembé 和 Deziwa 礦床位於 Mutanda 西部，而 Kalumbwe Myungwa 礦床位於東部（圖 4）。

Mutanda 的地層單元包括 Roan 群的 Dipeta R3 和 Mwashya R4 以及 Nguba 群的 Ng 1.1 和 Ng 1.3。與 Shituru 礦床一樣，Mutanda 地層傾覆，礦產下面的三個主要地層單元之間的接觸面起因於地殼運動，處於被礫岩占滿的位置。礦產上面的暴露部分通常十分缺少 Roan 群岩石，地形高區被 Nguba 群 Ng 1.1 亞群碎屑沉積岩覆蓋。大部分礦體覆蓋有紅壤（terre rouge）和鐵礬土（sol laterite），局部區域包含水鈷礦結核。

特許礦區已經根據地理位置細分為數個礦帶，其中礦區北部三分之一區域分別劃為西部、中部和東部礦帶，而南部礦帶缺乏礦化作用--至少靠近地表時如此。

在描述礦產地質情況時，術語「上」和「下」指的是地層層位，其位置與空間位置的「上」和「下」正好相反。因此，Nguba 群 Ng 1.3 亞群是最深的地層單位也是最年輕的。



2.1.3.4 地層和岩性

Dipeta R3 由厚層泥岩構成，已高度風化且斷面和節理面具有獨特的滑石感。許多暴露部分呈塊狀，外觀為紅色到紫色、赭黃色或灰色以及較為少見的白色。在某些地區，該種岩石呈角礫狀，且岩石內眾多隨機節理處顯現黑色氧化錳或紅色/黃色（鐵）痕跡。這種情況可能與構造無關，而是由於存在膨脹性粘土所致。

第二常見岩性為帶狀岩石，可能為凝灰岩；暴露不久的岩石呈綠色，高度風化後變為粉紅色。該岩性的共同特點是存在多色調的蝕變點，通常為大小不等的圓形，最大直徑為 30mm。中尺度條帶較分散，顏色從墨綠色至淡黃/綠色。該岩石具有細粒火山屑岩外觀，但根據 Cailteux 等人（2005 年）的研究，R3 地區無火山岩。正在進行的岩石學研究將確認該岩性的來源。R3 的風化深度通常大於其他單元，並且任何岩芯鑽孔均未發現新鮮岩石，部分原因是所有這些岩石在通過本單元後在 R4 成礦。

R3 接觸 Nguba 1.1、Nguba 1.3（在深度上）和 R4，並且這些介面通常存在經矽石和鐵/鎂氧化物滲透並膠結的角礫岩。在與 R4 接觸的區域，角礫岩局部含有水鉍礦。

下部 Mwashya R4 因接近地面而高度風化，並且銅和鈷氧化物礦化現象十分明顯。孔雀石和水鉍礦通常並存，但比例差異很大，透鏡帶富含其中一種礦物，另一種含量則少得多。包括在含易碎的矽化富鐵氧化物（以及一些氧化鎂）的區域，以及含孔雀石和水鉍礦的其他區域有強烈蝕變。中心區西礦坑的某一部分似乎為新近塌陷角礫岩並填有鐵蝕變岩。

R4 的新鮮岩心構造則有很大不同，它主要由再結晶疊層白雲岩構成，其中含有輝銅礦和硫銅鈷礦以及較少見的斑銅礦的細脈和礦染。該白雲岩下部為白雲質厚層泥岩，該泥岩呈現良好的層狀結構並沿層理具有銅和鈷硫化物的細礦染和細脈，且處處分佈著這些礦物的粗礦染（尤其是自形硫銅鈷礦）。該單元的上部存在兩個獨特且一致的指示層。連續鏡面赤鐵礦層通常臨近一薄層碧玉鐵質岩以及一個較發散的鮞粒白雲岩帶。

白雲岩之上為黑色葉岩層，截至目前僅有五個鑽孔與該葉岩層相交。該單元局部高度礦化。

R4 的上方為混雜角礫岩，推測是由於熱液流體移除的原蒸發岩的塌陷殘餘物。

Mutanda 的 Nguba Ng 1.1（大礫岩）為混積岩，新鮮的混積岩呈綠色，接近地面部分經蝕變後呈粉紅色、淺黃色或灰白色。碎屑岩在該單元內趨於廣佈，某些區域無碎屑岩。該等碎屑岩呈現不同成分和尺寸，但很多屬於晶質岩--據推測從基底至 Katanga 均是如此。本單元僅限北部礦產的中部、南部和西部區域出現。它構成了中部區域西部 R4 礦化帶的下盤，但在東面終止於斷層。Ng 1.1 接觸 R4 的區域通常發生礦化，接近地面時沿節理面出現孔雀石細脈，但其中鈷含量很少。從地面反迴圈鑽探至 60m 深時同樣發現了礦化現象。

在南部地區發現的其他岩石包括一系列反覆向上變細的沉積層，其中不連續雜基支撐礫岩薄層位於連續性較強的粗砂、砂岩、粉砂岩和葉岩層下方。此外，近期挖掘中發現了一個帶狀結構良好的厚層泥岩，雖已嚴重風化，但仍表現出冰川生成特點。暫定 Ng 1.1 具有以上岩性。

Mutanda 無 Ng 1.2，並且 Nguba Ng 1.3 通常接觸 Ng 1.1 以及 Roan 岩性。本單元中廣泛存在的岩性為十分獨特的泥質粉砂岩，它構成了 Mutanda 的礦化「基底」。

2.1.3.5 構造

主斷層表現為受制於逆沖斷層並緊靠 Kansuki 斷層。Mutanda 區塊屬移置結構，地層傾覆，因此假設這些沖斷層已侵入早期密閉性伏臥褶皺的軸面，其下邊緣移至盧非力弧的某些未知部位以及礦產邊界之外。斷層似乎分出一個唯一沖斷層，其北向陡峭，並構成地層單元的分介面。每個斷層通常沿介面具有構造角礫岩。在東部邊界，R4 北面終止於一個平移斷層。

Roan 群頂部還存在一個塌陷角礫岩，被認為是蒸發岩層的殘餘部分。這些可能形成於早期變形階段，並在變形過程中充當潤滑層。



2.1.4 礦化作用

2.1.4.1 氧化物

現有主要的銅氧化礦為孔雀石 ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) 和假孔雀石 (銅的一種含水磷酸鹽-- $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$)；水鈷礦 ($\text{CoO} \cdot \text{OH}$) 是主要的鈷礦物。所有樣本的脈石成份均以石英和綠泥石為主，某些樣本含有伊利石，一個樣本 (SO_3) 中含有少量滑石。已確認的其他脈石礦物包括氫氧化鐵 (赤鐵礦和針鐵礦)、氫氧化物鋁 (水鋁礦) 和高嶺石。但氧化物中無明顯的鈾成份 (硫化物尚待檢驗)。

雖然個體樣本在礦物組成上存在差異，但大部分含有數量不等的孔雀石、假孔雀石和水鈷礦以及相關石英、石英和綠泥石、石英和伊利石斷片，或部分或全部該等礦物的共生體。孔雀石通常以下列形式存在：

- 附在石英上的碎屑；
- 獨立存在的碎屑；
- 附在石英-綠泥石良好共生體上以及包含其中的碎屑；以及
- 與氫氧化鐵緊密共生，也可能與氫氧化鐵形成葡萄狀硬殼；

水鈷礦存在形式如下：

- 石英和綠泥石良好共生體中的碎屑；
- 具有海綿狀紋理的大塊獨立碎屑；
- 附在石英上且孔隙較少的碎屑；以及
- 與氫氧化鐵緊密共生。

孔雀石和假孔雀石是主要的銅礦物，在不同樣本中其相對數量也不同。二者均為翠綠色，很難在手標本中加以區分。總體而言，孔雀石數量更豐富，並且雖然二者的溶解性略有差別，但均適合酸性浸取。孔雀石中夾雜極少量的殘餘輝銅礦 (Cu_2S)。僅在石英中發現以閉蓄態顆粒形式存在的微量黃銅礦，因其屬於獨立的非反應性顆粒，可予以忽略。

水鈷礦 (或更準確地稱之為基於礦物錳含量的鋰硬錳礦 $[(\text{Co}, \text{Mn})\text{O}(\text{OH})]$) 是主要的鈷礦物。

脈石成份以石英為主，並伴有少量綠泥石、雲母 (伊利石) 和氫氧化鐵 (主要為針鐵礦)。存在數量不等的粘土礦物高嶺石、水鋁礦和滑石，但通常僅為微量。孔雀石和假孔雀石通常與石英、綠泥石和針鐵礦共生。



礦產專家報告：MUTANDA

表 1：Katanga 銅帶的地層岩石組成

群	亞群	組	岩性
+ 500 Ma	Kundelungu，原上部 Kundelungu	Plateaux Ku 3	長石砂岩、礫岩、砂岩和葉岩
		Kiubo Ku 2	砂岩、碳質粉砂岩或葉岩、石灰岩
		Kalule Ku 1	Ku 1.3 碳質粉砂岩和葉岩、位於基底的灰色至粉紅色的鱗狀石灰岩（「Calcaire Rose Oolitique」）
			Ku 1.2 碳質粉砂岩和葉岩、位於基底的粉紅至灰色的白雲岩（「Calcaire Rose」）
+ 620 Ma	Nguba，原下部 Kundelungu		Ku 1.1「小礫岩」：冰川混積岩
		Mongwezi Ng 2	白雲質砂岩、粉砂岩或葉岩
			Ng 1.3 碳質粉砂岩和葉岩
		Likasi Ng 1	Ng 1.2 白雲質石灰岩、白雲質葉岩和粉砂岩
+ 750 Ma	Roan		Ng 1.1「大礫岩」：冰川混積岩
		Mwashya 群 R-4	葉岩、碳質葉岩或砂岩
			上部 R-4.2
			下部 R-4.1
			R-3.4
		Dipeta 群 R-3：	R-3.3
			R-3.2
			R-3.1
		Mines 群 R-2	白雲質粉砂岩
			Kambove R-2.3
			白雲質葉岩 R-2.2
			白雲質葉岩、砂質白雲岩位於頂部；層狀銅-鈾礦化（上部礦體）
<900Ma	R.A.T. 基底次序未知 基底礫岩		R-2.1.3「Roches Siliçueuses Cellulaire」：層狀白雲岩及粉砂岩夾層；銅-鈾礦化發生於頂部和基部。
			R-2.1.2 白雲岩與粉砂岩互層；底部為粉砂質白雲岩；銅-鈾礦化（下部礦體）
		Kamoto	R-2.1.1「R.A.T. grises」：白雲質粉砂岩；銅-鈾位於頂部
			粉紅色-淡紫色，赤鐵礦化和綠泥石化白雲岩，塊狀粉砂岩
		RAT R-1	粉紅色-紫色-灰色，赤鐵礦化和綠泥石化粉砂岩；砂岩位於底部；疊層白雲岩位於頂部
			紫色-紅色，赤鐵礦化，輕微白雲石化層狀粉砂岩



礦產專家報告：MUTANDA

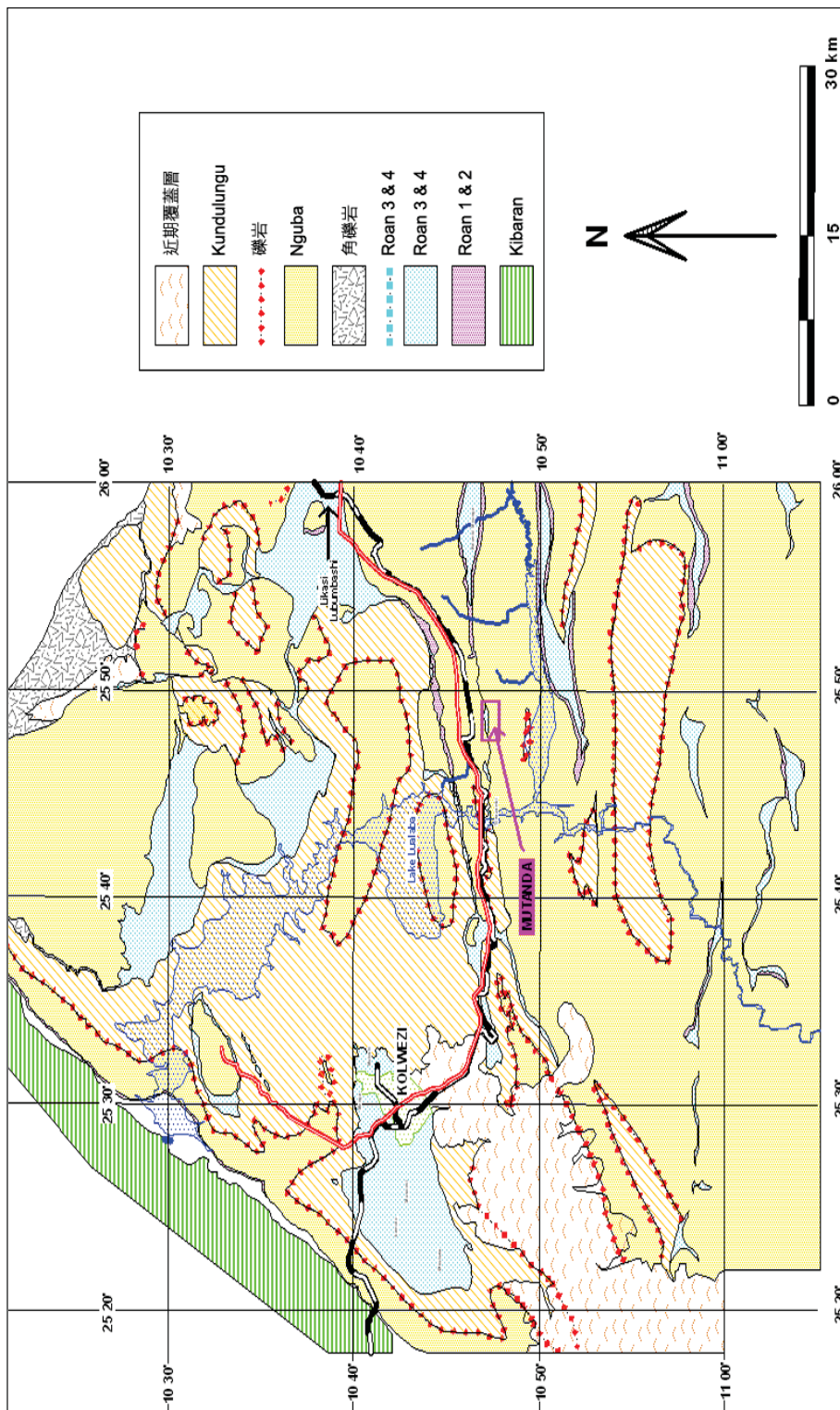


圖 4：Kolewezi 區域地質圖



礦產專家報告：MUTANDA

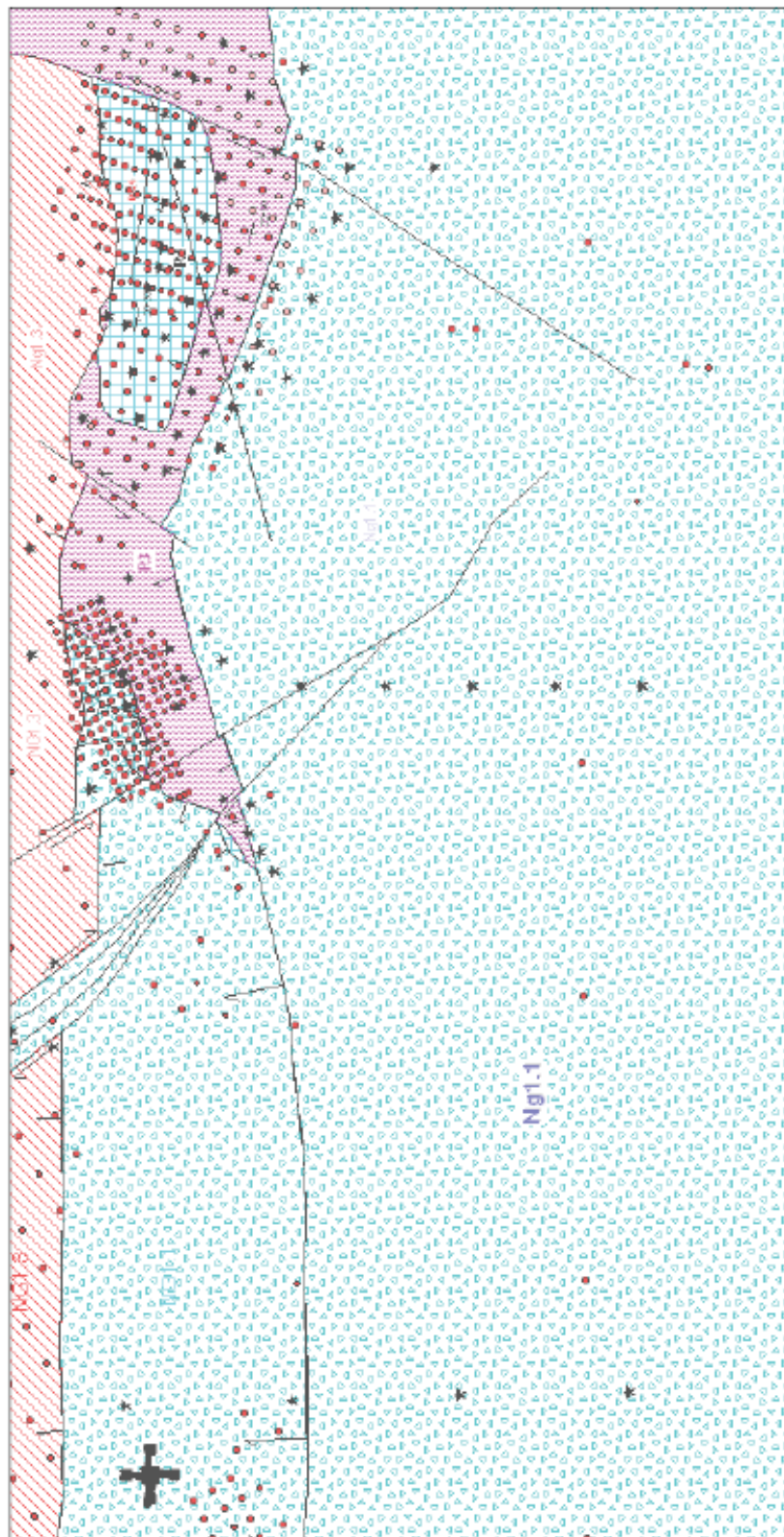


圖 5：Mutanda 特許區域地質圖



通常，銅含量高和鈷含量高的樣本可被分類為氧化物類型的礦石，二次硫化物較少。

2.1.4.2 硫化物

尚未對硫化物礦物進行實驗室礦物學分析，但已按礦物富集遞減順序，依次對輝銅礦、斑銅礦、以及黃銅礦等主要銅礦礦物進行了分析。未遇到硫鐵礦，唯一的其他硫化物是硫銅鈷礦。硫化銅沿著白雲質泥岩的層理面有呈細粒狀散佈的趨勢，在白雲岩中為較粗粒狀。它們還出現在與層理斜交的窄（1mm）細脈。硫銅鈷礦具有類似性質，難以從細粒狀銅礦中區分。但半自形-自形硫銅鈷礦在白雲岩和更多泥質的岩石中確實為較大粒狀分佈的結晶體（達 3mm）。在有些鮞粒白雲岩中，硫化物優先取代鮞粒岩。

還有一種較少出現的硫化礦形態：當粗石英碎屑與粗黃銅礦碎屑伴生時，粗石英角礫岩中會出現硫化物。

除硫化物外，還零星分佈有自然銅。

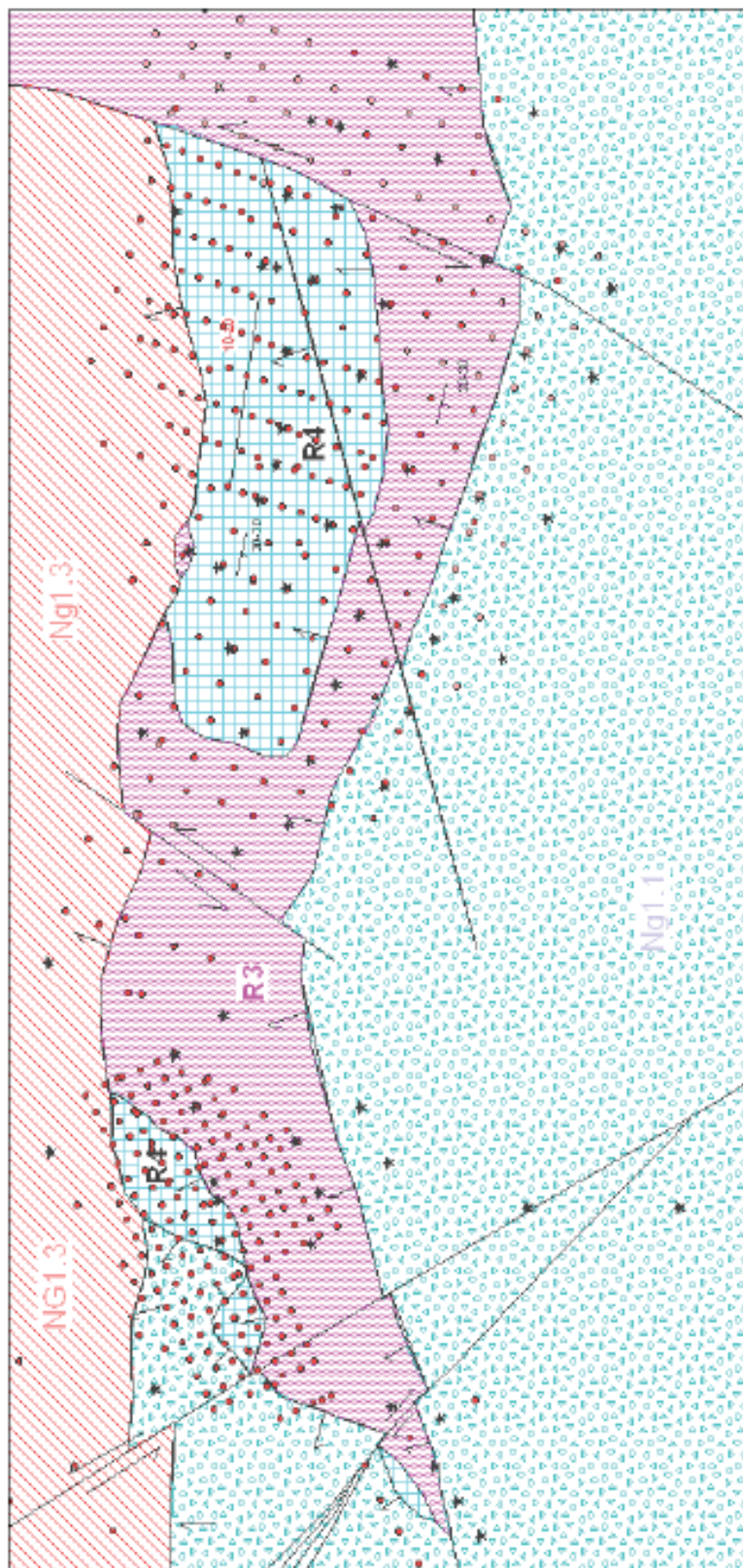
2.1.4.3 礦體

Mutanda 已經發現四個礦化體。最大一個位於東部地區，沿東西走向延伸 900m，深度為 500m。該礦體存在於 R4 白雲岩和白雲質葉岩中，接近地面處的最大厚度為 50m。該礦體南向下傾 35°，並向東南方延伸。儘管已在較深處發現硫化物，但屬分散鑽探，尚未開展詳細調查。尚未對該礦體的下向延伸情況進行鑽探。

該礦化帶整體按 25mx 25m 的網格予以鑽探，並以 1m 為間隔取樣。中部地區也按 25m 網格鑽探，但東部地區僅有一部分按此標準，大部分均按 50m 網格鑽探。雖然小部分包含硫化物，但大部分礦體已被氧化。

碳酸鹽岩中的另一礦化帶處於主要礦化帶的上地層（位於主要礦化帶垂直大約 60m 以下），並僅在七次鑽孔中發現了該礦帶。其礦化厚度與密度似乎不同，但銅和鈷的品位似乎高於碳酸鹽層的硫化物帶。

西北中部礦體已按 50m x 50m 標準鑽探。大部分礦體已被氧化。





礦產專家報告：MUTANDA

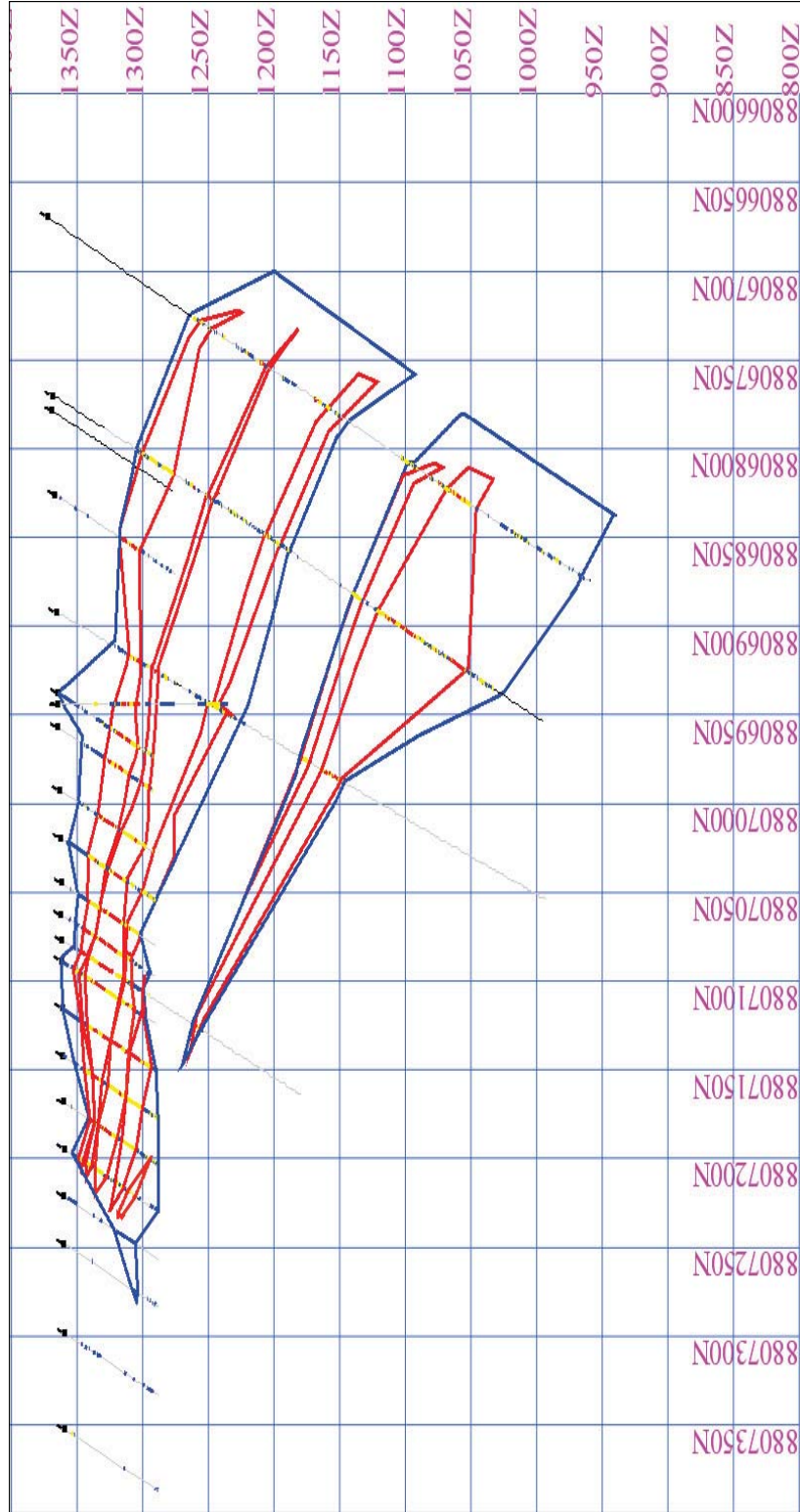


圖 7：Mutanda 東部礦體截面

注：下部藍色介面表示 0.4% 銅，紅色介面表示 1% 銅，格線間隔為 50m。

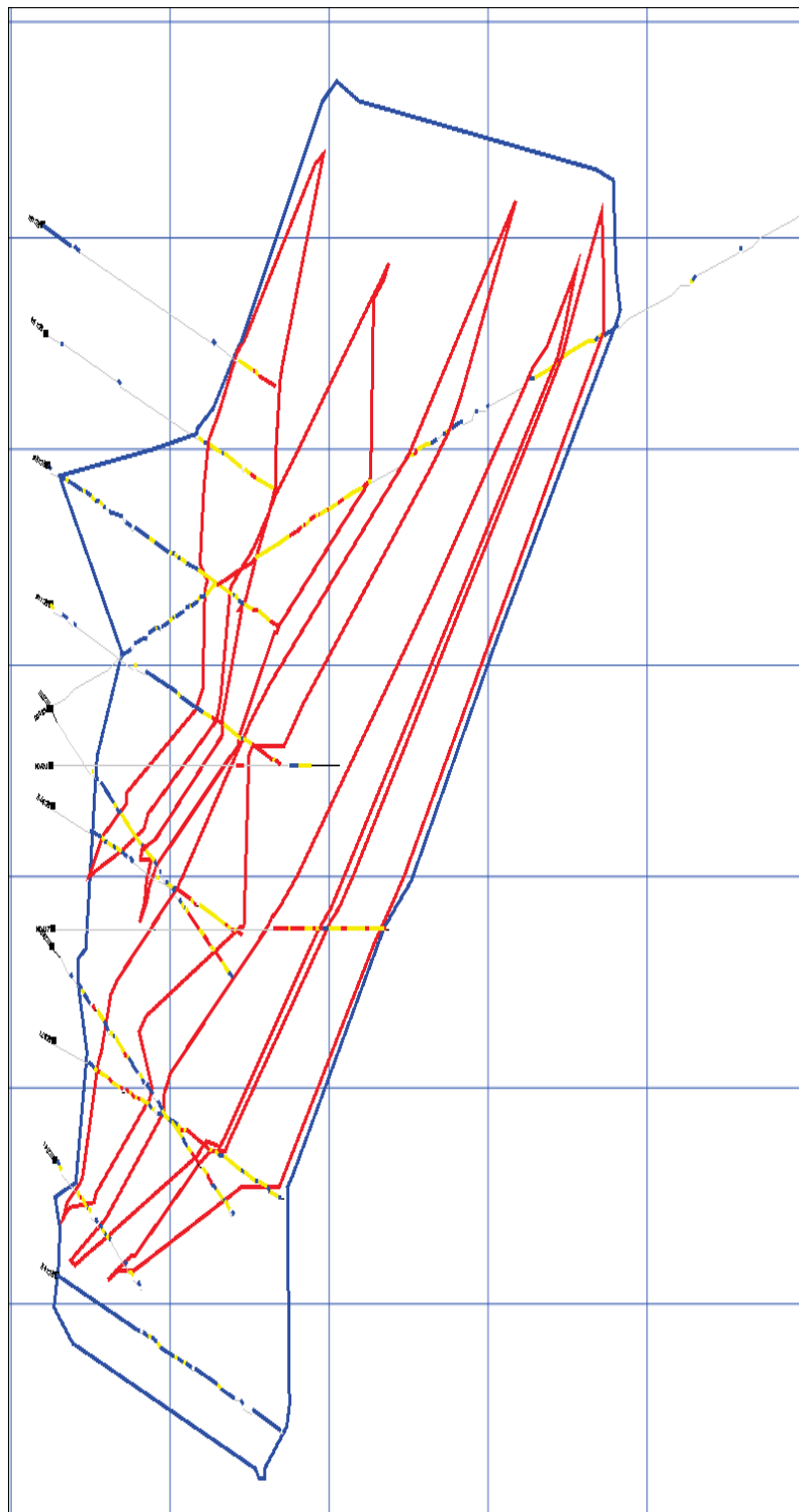


圖 8: Mutanda 中部礦體截面

注：下部藍色介面表示0.4%銅，紅色介面表示1%銅，格線間隔為50m。



礦產專家報告：MUTANDA

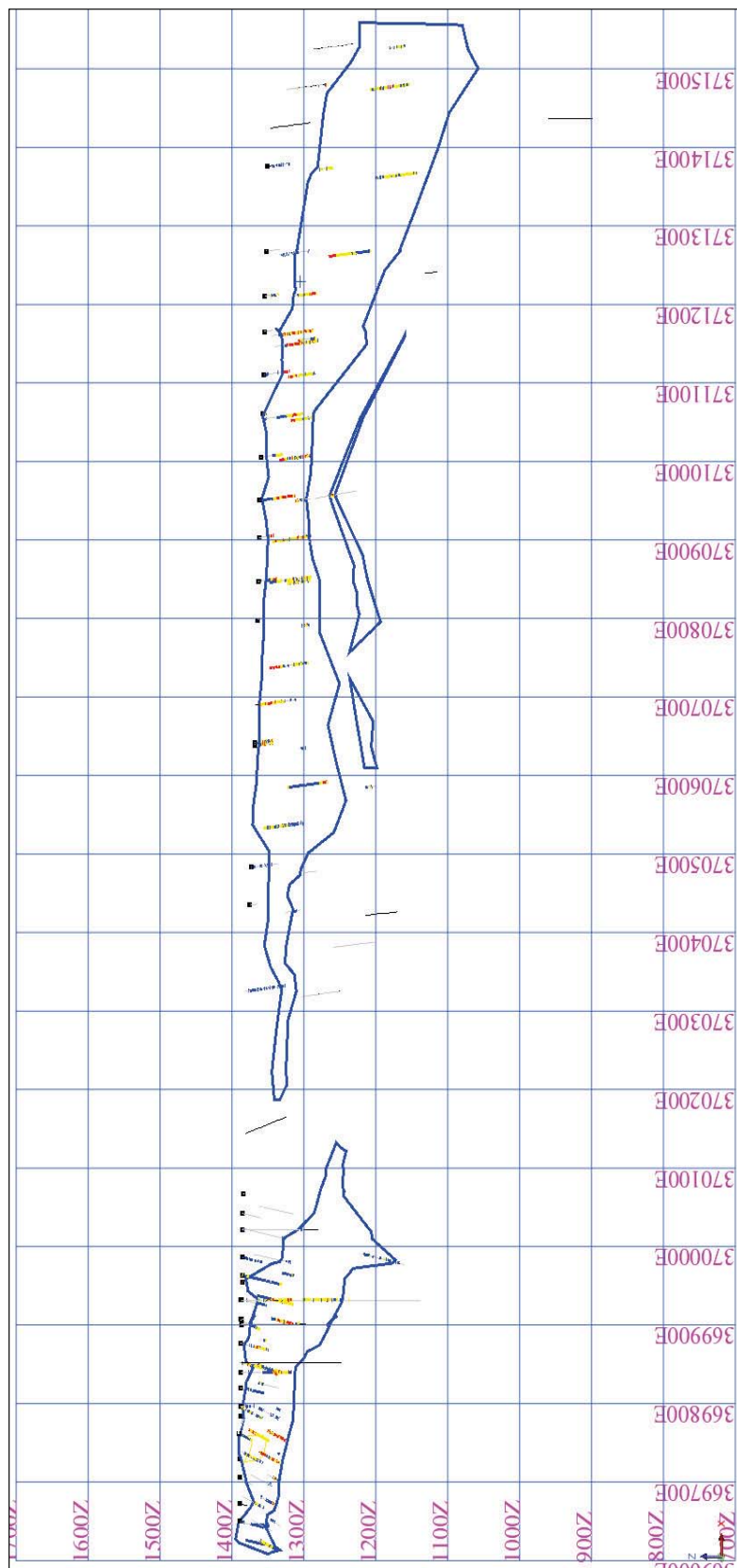


圖 9：Mutanda 中部和東部礦體的垂直長距離投影

注：下方藍色接觸面表示 0.4% 銅，格線間隔為 100m。



礦產專家報告：MUTANDA

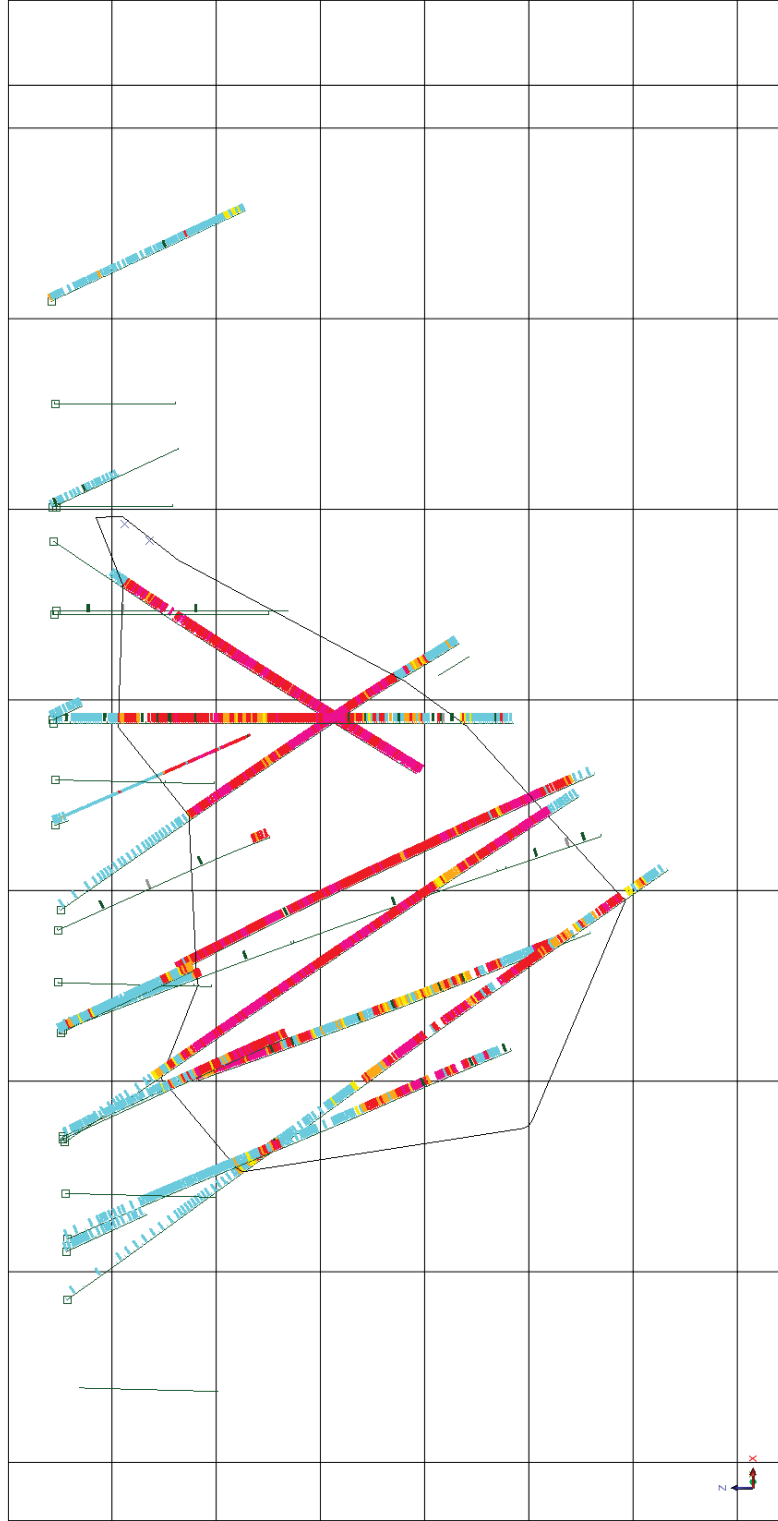


圖 10：Mutanda 西北中部礦體垂直截面



2.2 礦產資源評估方法

2.2.1 勘探和數據

2.2.1.1 歷史

Mutanda 特許礦區在上個世紀 80 年代先由 Gecamines 開採，他們採掘了一系列礦坑，並據此繪製了地層情況，確認存在 Roan 4 地層層段並且其中含有礦物。2004 年實施了一項取芯鑽探（「DD」）計劃，並隨後進行了反迴圈鑽探（「RC」），開展土壤採樣和地球物理學研究工作。由此所有接近地面（100m）的重大礦化層都得以確認。

2.2.1.2 手工採礦

Groupe Bazano 在獲得特許權後，從 Mutanda Hill 北側手工開採了一個礦化帶，該巷道後來作為地下回採平臺。據瞭解，此巷道以 70°角超出礦坑底部約 70m，最終，此巷道被認定不具安全性，相關開採於 2005 年停工。

2.2.1.3 土壤地球化學

土壤採樣計劃已於 2006 年 6 月完成，結果顯示，占特許礦區三分之一面積的北部已知礦化區域存在顯著異常。此外，在臨近山體南側斷裂的兩個礦脈存在一個貫穿整個區域走向的奇特異常。之後的四次鑽孔均未獲得有效結果，因此該異常原因尚不得而知。

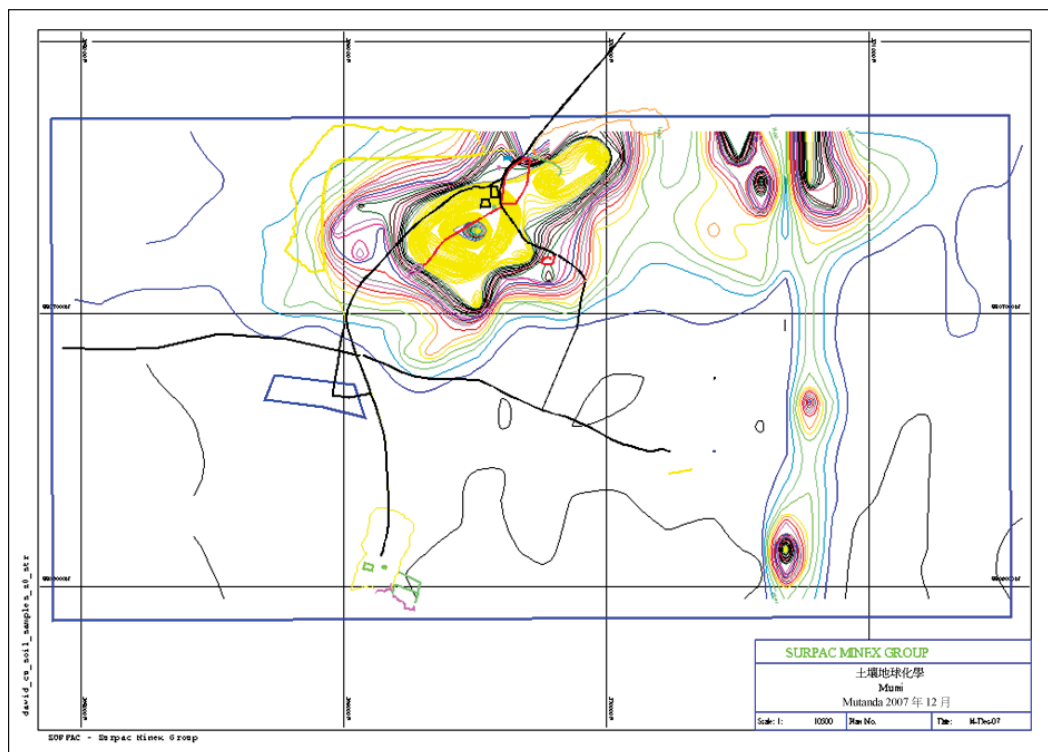


圖 11：土壤地球化學等值線

2.2.1.4 鑽探

2005 年，Mutanda Mining 與 Gecamines 簽署合同讓其在手工採礦坑四周及東部著手實施鑽探計劃，共計鑽探了 33 個 DD（金剛石鑽進）鑽孔（1,780m）。此計劃的部分目標是手工採礦坑下傾區及靠近東部老勘探坑



礦產專家報告：MUTANDA

的區域。這些鑽孔貫穿礦石品位礦化帶，即現在已劃定的「中部礦帶」及「東部礦帶」，其中東部礦帶上的四個鑽孔給出非常好的結果。只有一個鑽孔表明手工采礦坑礦化出現了延伸，似乎這個礦帶終止於離礦坑底部不遠處。Gecamines 鑽探的鑽孔中有 28 個被證明在規劃隨後的反迴圈（RC）及金剛石鑽進（DD）開採活動時非常有用。

考慮到從 Gecamines 勘探中測得的礦化帶較為分散，Groupe Bazano 於 2005 年 11 月開始實施更為系統的反迴圈鑽進計劃，四個星期內鑽探了 47 個孔，平均傾斜深度為 80m。2006 年 9 月，中部礦帶的工作基本完成，反迴圈鑽探設備移往東部礦帶，開始在 Gecamines 曾取得不錯結果的四個鑽孔周圍工作。2007 年 6 月更加入金剛石鑽探設備進行勘探，目前，中部和東部礦帶的上傾部分作業已經完成。

在中部礦帶上規定的鑽探網格為 25m × 25m。東部礦帶最初五條格線也採用了類似的形式，沿著走向上的礦化範圍曾擴大到 100m 的格線間距，隨後回填至 50m。取芯鑽探時最初鑽進成對的 RC 孔，一方面是為獲取冶金測試用的樣本，另一方面是為了達到最佳的穿透深度，從 2006 年到 2007 年在主要鑽探設備可用的情況下，穿透深度曾達到了 80m。鑽探的其他孔是為了獲得水文及岩土工程資料。大部分鑽孔向南傾斜了 65°，朝著區域向下傾斜的方向。

除了這項工作之外，判定性鑽探和其他反迴圈鑽進探查了特許礦區各個部分。在 2007 年底前的所有鑽孔中，RC 鑽孔如圖 12 及圖 13 所示，判定性鑽孔如圖 14 所示。

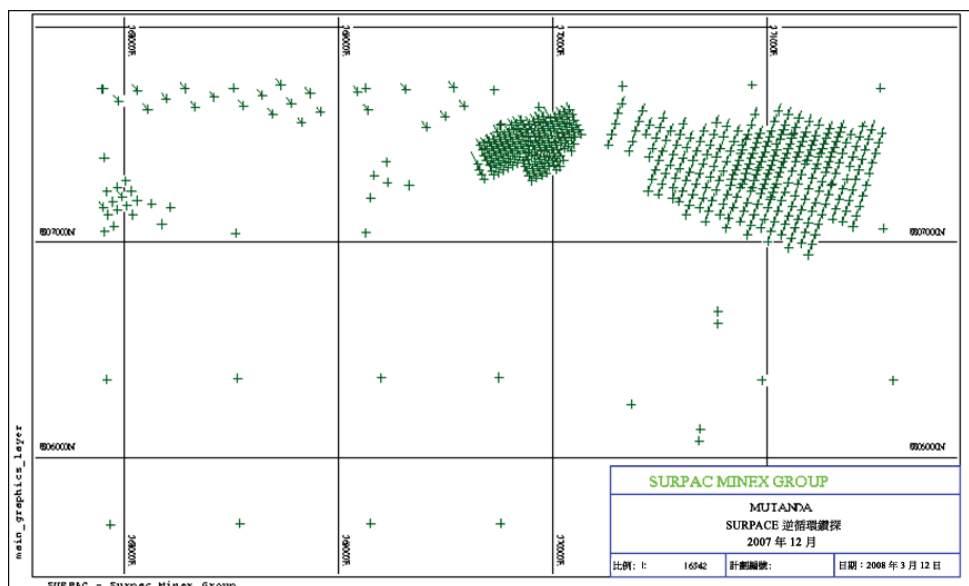


圖 12：反迴圈鑽探圖



礦產專家報告：MUTANDA

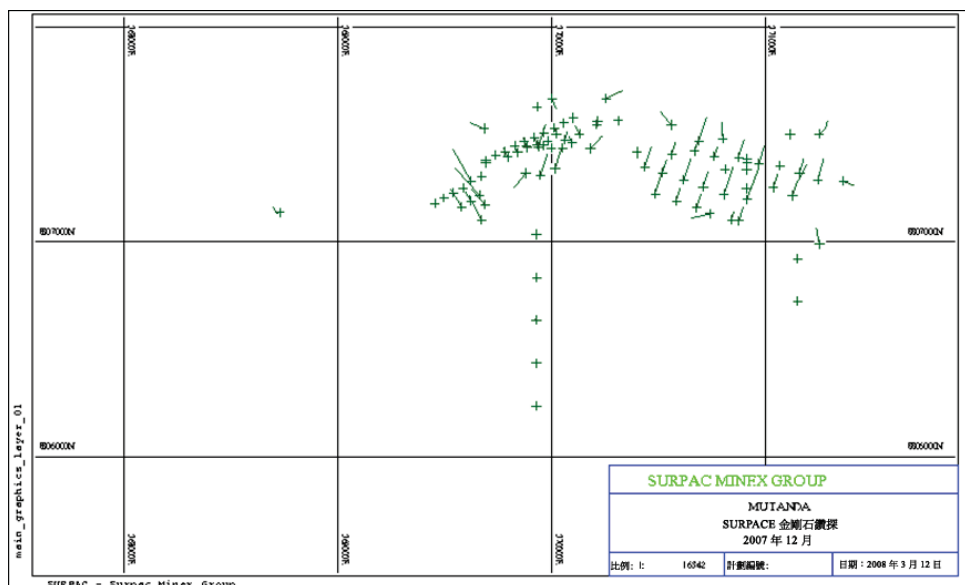


圖 13：取芯鑽探圖

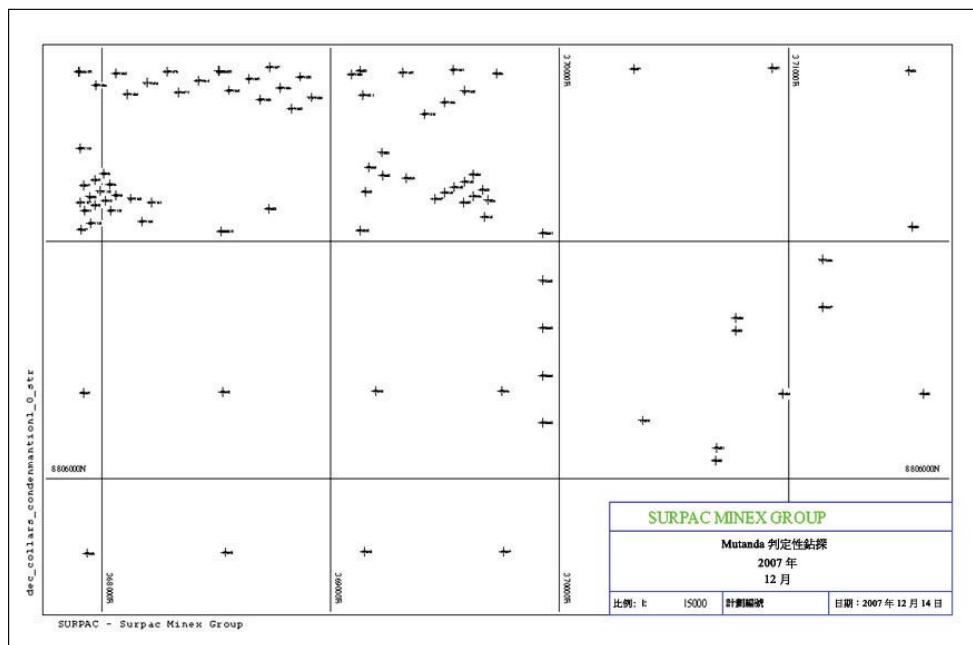


圖 14：判定性鑽探圖

截至 2007 年 12 月底，共鑽探 610 個 RC 鑽孔和 66 個 DD 鑽孔，總深度達 68,818m。詳細內容參見表 2。



表 2：截至 2007 年 12 月的鑽孔總結

區域	DD	米	RC	米
南部地區	-	-	4	320
水文	-	-	6	1,200
冶金	6	621	-	-
岩土	12	1,908	-	-
西部礦帶	-	-	88	7,040
判定性鉆探	14	3,662	38	3,214
中部礦帶	13	3,007	186	13,950
東部礦帶	21	5,097	288	28,800
合計	66	14,294	610	54,524

在距離 RC 鑽孔 5m 範圍內，環繞 RC 鑽孔平行鑽進八個 DD 鑽孔，以對自 RC 鉆屑獲得的地質和礦化資訊加以確認（表 3）。大多數鑽孔的相關性對於確定礦化層段與品位非常有用，且證實了 RC 鉆屑錄井資訊。鑒於已知高品位薄礦脈區域的氧化礦物具有短程變異性，兩個區域（DD008/RC201 和 DD016/RC268）的品位差異並不影響這兩個鑽孔確認同一礦化層段，且二者同為相對較低品位。

表 3：成對 RC 鑽孔和 DD 鑽孔的比較

鑽孔直徑	起點	終點	層段	平均總銅	平均總鈷
	m	m	m	%	%
DD001	71.9	79.6	7.7	1.32	0.68
RC253	72.0	80.0	8.0	1.41	1.70
DD003	54.3	80.5	26.3	8.42	1.22
RC248	54.0	80.0	26.0	5.99	0.86
DD008	0.0	18.0	18.0	1.75	1.27
RC201	0.0	18.0	18.0	0.29	0.94
DD008	33.8	65.4	31.5	5.65	1.87
RC201	34.0	65.0	31.0	4.91	1.56
DD009	0.0	80.0	80.0	2.47	1.43
RC234	0.0	80.0	80.0	3.20	1.65
DD010	10.1	80.0	69.9	3.48	1.56
RC230	10.0	80.0	70.0	4.84	1.64
DD012	0.0	12.9	12.9	8.02	5.58
RC256	0.0	13.0	13.0	7.83	3.33
DD012	54.0	80.0	26.0	0.58	0.08
RC256	54.0	80.0	26.0	0.67	0.73
DD016	19.0	58.0	39.0	0.86	1.39
RC268	19.0	58.0	39.0	1.61	2.00
平均 DD 鑽孔				3.32	1.51
平均 RC 鑽孔				3.54	1.57



礦產專家報告：MUTANDA

具有針對性的第 2 階段勘探計劃從 2008 年開始實施，旨在擴展中部和東部礦帶的資源基礎。除圍繞原手工採礦區進行鑽探外，還發現了第三個主要礦帶。西北中部（CNW）礦床鑽探計劃於 2010 年 11 月完成，總鑽探深度增至 104,664m。這包括 800 個 RC 鑽孔和 184 個 DD 鑽孔。CNW 礦床按 25m x 50m 的間隔鑽探，為 Mutanda 特許礦區發現了新的重要資源。

表 4：每個項目區的鑽孔數量

區域	總鑽進深度（m）	數量
中部	26,414	292
西北中部	20,931	126
東部	42,122	411
南部	7,348	68
西部	7,850	87
總計	104,664	984

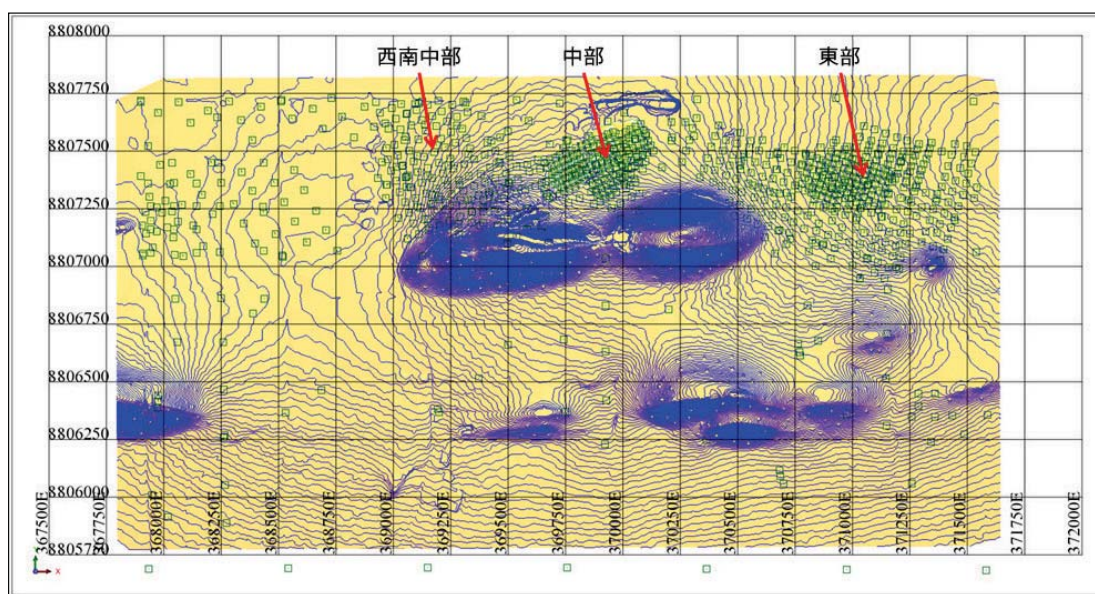


圖 15：Mutanda 特許礦區的鑽孔分佈

2.2.1.5 判定性鑽探及其他鑽探

整個礦產的判定性鑽探是以 650m 間距的網格為基礎進行的，而在廠區內已完成近間距鑽探。判定性鑽孔的平均鑽探深度為 200m。

2.2.2 地球物理測量

2.2.2.1 地磁測量

2007 年 8 月 25 日至 9 月 16 日在 Mutanda 礦進行了地磁測量。本次測量旨在繪製地質單元圖，同時揭示出任何可能與礦化作用相關或控制礦化過程的結構特徵。



礦產專家報告：MUTANDA

該測量涵蓋了縱貫特許礦區西部南北方向、東部東北至西南方向的 35 條線路。此外，還測量了六條東西走向的連結線路，其中有一條沿著礦坑的斜面向下。通過 GPS 在地面上對測量線路進行定位，每隔 10m 讀數一次，共測量了 93km 的線路。

測量設備包括兩個由加拿大 Scintrex 公司製造的 Envimag 磁力儀。其中一台磁力儀設在基站，用於監測測量每一日的變化；另一台則用於現場監測。現場測量值乃參照基站數據就日變化差進行了修正，並將三天內收集的數據精簡至一天的資料量。

利用 Geosoft 軟件對數據進行處理，並以 35m 網格單元大小插入數據。將 15m 長的小型向上延拓濾波應用到數據中，以抑制近表面雜訊，如巨礫聲。處理後的磁力數據呈現為以下圖像：

測量顯示礦化區南部的磁力明顯較高，而測量結果中卻未突出任何礦化異常，但在磁力像中可見若干條磁力輪廓線，這被解釋為結構突變。

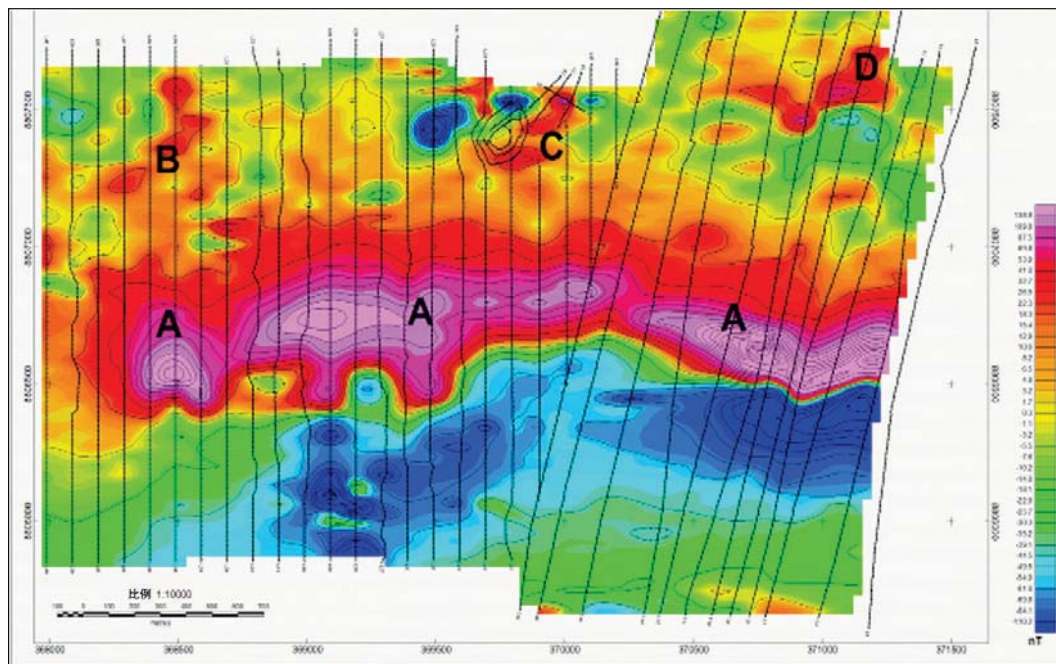


圖 16：磁場整體彩色等高線

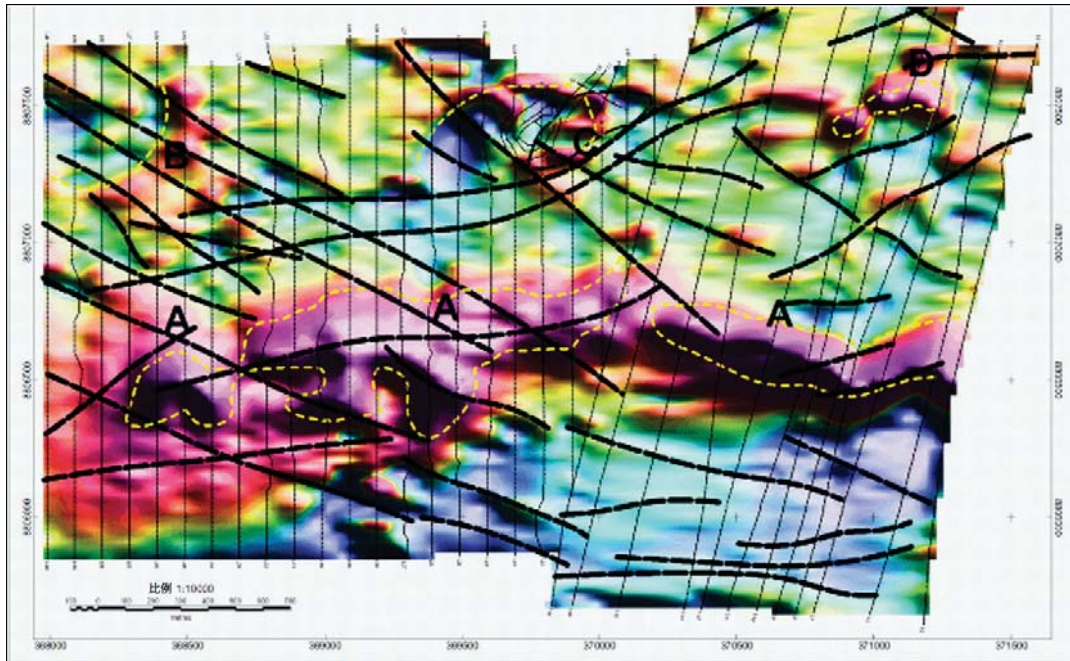


圖 17：磁極降級顏色（隨斷層漸變）

磁場整體彩色圖像（圖 18）以 20nT（或伽馬）間隔用等高線表示。磁極降級顏色漸變圖像（圖 19）呈現出非常接近的礦體之間的較高解析度，地磁異常直接對應激勵體。該圖像中還突出了線性特徵，如斷層、剪切礦帶、岩脈和接觸面。磁極降級顏色漸變圖像（圖 19）上重迭顯示各種結構特徵。

磁場整體彩色圖像（圖 18）顯示有東西橫跨整個網格的寬闊的高磁異常（A）。其他地磁高區（B、C 和 D）位於網格的北部和東北部。這些異常的地質源尚未得到確認，但異常 A 顯示出磁鐵礦含量高的岩性單元。

圖 19 顯示的地磁異常代表存在廣泛斷層，但解析度不足以確定沿著這些輪廓線的位移。兩個主要斷層方向很明顯：西北-東南走向；東北-西南走向。按網格顯示，前者主要出現在特許礦區西部和南部，而後者主要出現在東部和北部。

2.2.2.2 激發極化

地磁測量之後，進行了初步的激發極化（「IP」）測量，旨在探測出一定深度處可能的硫化礦物帶。初步測量於 2007 年 11 月份結束並取得了令人鼓舞的成果，但由於雨季來臨，後續工作被推遲到了 2008 年 3、4 月份。正式的斷面測量在不同的電極間距處進行了測試，目的在於對 50m 至 500m 的穿透深度分別加以研究，測量中還採用了 25m 和 50m 的偶極間距。

對先前鑽探過的一塊區域進行分析，得到的初步結果顯示，硫化礦物帶呈現出中等（約 10mV/V）的極化異常，而碳質葉岩帶則十分異常（20mV/V）。

將各站的讀數向堆疊中平均放入十次，以確保得到高品質的讀數，然後利用其生成擬斷面圖。

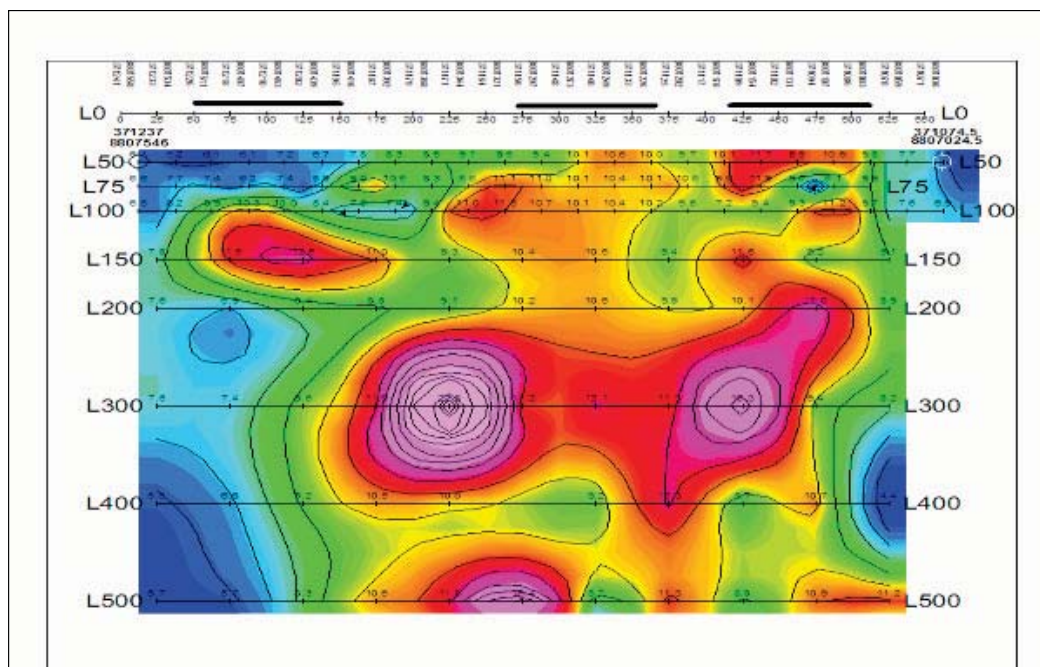


圖 18：Mutanda 東部礦帶的實際剖面極化率

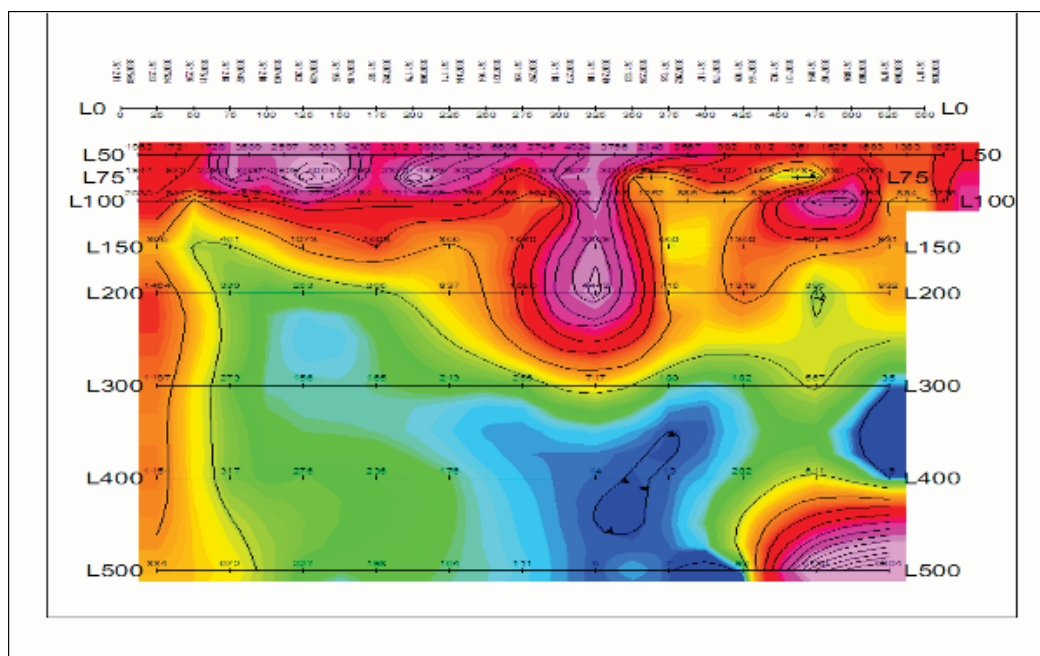


圖 19：Mutanda 東部礦帶實際電導率剖面圖

對已鑽區的初步 IP 測試表明，該方法可能有助於繪製硫化礦物區和葉岩區（兩者皆含有礦化作用）圖。



2.2.2.3 數碼化評估模型

南方測繪儀器有限公司(Southern Mapping)於 2007 年 4 月進行了一次機載鐳射雷達測量，以將特許礦區的平面圖以 0.5m 等高線精確地呈現出來。測量中將數碼化評估模型（「DTM」）導入 MapInfo™和 Surpac™軟件，其已成為資源評估數據庫的一部分。該 DTM 的 RMS 精度為 0.3m，此外，該公司還提供整個區域的正射糾正照片。DTM 導入 Surpac 旨在確定資源模型的上限，此外，DTM 也導入了 MapInfo。

2.2.2.4 資料收集

測量資料

關於礦區的數碼化測量資料已被轉換至 UTM WGS84（南緯 35°）坐標系統。南方測繪儀器有限公司於 2007 年 4 月採用鐳射雷達測量法進行了一次航空測量，旨在獲取數碼化評估模型（DTM）。經處理，本次測量成果的解析度為 0.5m。礦坑內的測量採用了地面測量技術，包括挑選階地的波峰與坡腳位置以及礦坑地面的高程點位置。

使用地面測量法對鑽孔進行了測量，測量結果被標記至地圖座標上。地形測量與鑽孔圈密切相關。

鑽探方法

在特許礦區共鑽探了 984 個孔，其中，800 個是 RC 鑽孔，145 個是 DD 鑽孔，38 個是 RC 和 DD 組合鑽孔。所有這些鑽孔都已記錄到數據庫中。數據庫會定期進行更新與現場維護。

井下測量

在 94 個 DD 鑽孔中，僅有垂直 MDA 與 DDMET 序列沒有進行井下測量（39 個鑽孔）。在井下測量中，有 29 個鑽孔的測量結果因方位角變化較大而被認為是不正確的。這些差異可能是由於井下的磁偏轉導致的，計算中已不再使用。大部分樣本取自 DD001-DD004 鑽孔，所以這也有可能是校準誤差引起的。共對 55 個鑽孔進行了 475 次井下測量。

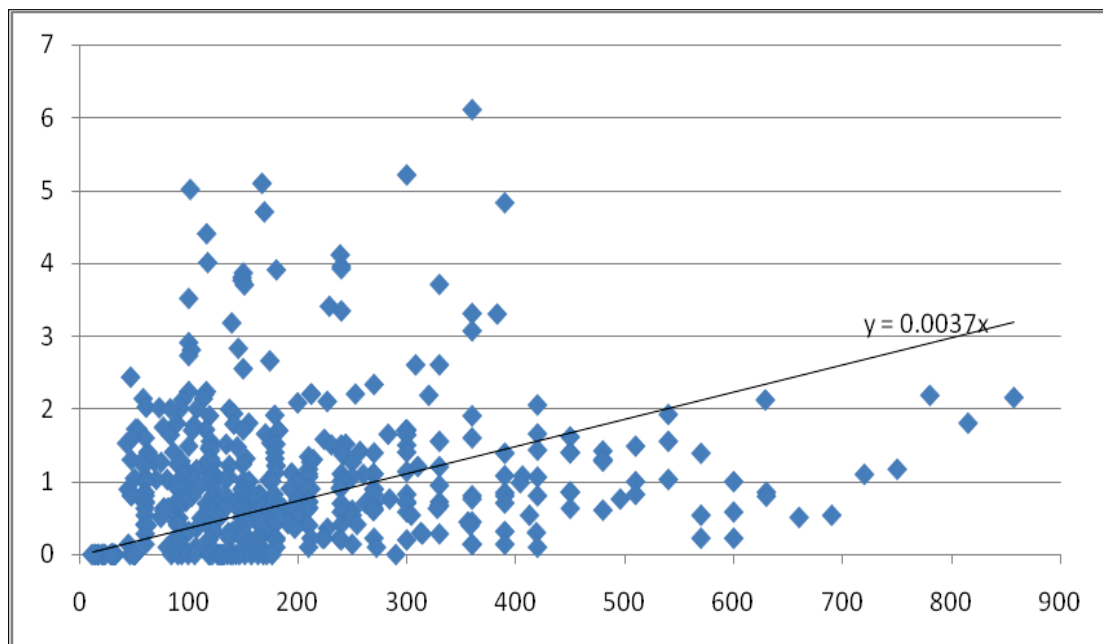


圖 20：圖示 55 個鑽井的測量總偏差與深度關係圖

我們認為存在這些偏差並不超標，900m 深處的總偏差預計不會超過 5m。



鑽探程序

使用 Mapinfo 或 Surpac 軟件在 WGS 84、UTM 格式的座標中對 RC 鑽孔的外圈進行標繪，再通過多種測量工具，如可攜式 GPS、經緯儀或配有測距杆的卷尺等，進行現場標界。完成鑽探施工後，將由一名資深測量員使用全站儀對最終的外圈座標進行測定，並將其導入數據庫中。

鑽井人員利用多擊式電子儀器每隔 30m 對取心鑽孔進行一次井下測量，並由現場技術人員跟隨檢查，然後將測量資料登錄數據庫與 Surpac 中。極少數 RC 鑽孔井深會超過 80m，這類鑽孔通常不予測量。

樣本收集

每隔一米對 RC 鑽孔取樣一次，同時將鑽井與通風軟管吹乾淨，吹時用錘子擊打旋風分離器，儘量減少樣本之間的污染。

在對 RC 鑽孔進行鑽探時，地質技術人員一直留在現場，確保樣本收集按照標準步驟進行，並將各個鑽孔的編號標在 50 升的採樣袋上，同時記錄在標準表單中。

鑽井取樣結束後，用卡車將樣本運至 Mutanda 的中央樣本製備/測井設施中。

錄井程序

使用鑽屑盤中洗乾淨的鑽屑對 RC 鑽孔進行錄井。錄井過程中，將鑽屑分配至指定的地層單元，或分配到可能錄到的標誌層，如赤鐵礦層或探質葉岩層。氧化礦、硫化礦與混合帶也進行了錄井工作。使用 Geolog，或新近研發的 Sable 軟件，將所有的錄井記錄都存儲在中央數據庫中。完井後，以適當的間距（以米為單位），將識別標籤貼到與錄井數據（已存儲並導入至 Sable 軟件中）相對應的鑽屑盤上。

使用標準岩性代碼與地層代碼，將岩芯錄井記錄在標準記錄表中，內容包括構造、蝕變、礦化以及對鑽探間隔區的抽樣分配等。此外，將岩芯回收率與 RQD 指數單獨記錄在一張表上。將這些記錄製成 Excel 表格，以導入 Sable 軟件存檔。

取樣與樣本存儲程序

在錄井/樣本製備設施處，對收到的 RC 樣本進行登記，同時記錄各個樣本袋的質量。

在這裡，樣本被分割成若干個 300g 與 5kg 的樣本，前者被送去化驗；較大的參考分離樣本，部分留存在 Kolwezi 的貯藏場，部分留在現場。包裹分離樣本用的袋子上都標有編號，對於送往實驗室的樣本袋，除應內附一份編號紙，包面也應訂上已編號的商用記錄簿。這些編號都記錄在標準表單中，該表單上還應記錄鑽孔編號、鑽探間距以及樣本編號等。對每個樣本的某個部分進行沖洗，將鑽屑貯藏在已編號的塑膠鑽屑盤中，以供錄井用。

從鑽探現場採集岩芯，然後用卡車運至取樣器處進行記錄和拍照。

按照岩芯上地質人員做的標記，用金剛石鋸片將岩芯切成兩半。在其中一半岩芯上貼上標籤，用袋子裝好，運送至南非的 Mintek 實驗室進行分析，剩下的一半則送回岩芯盒儲存。

岩芯樣本通常以米為單位按一定的間距進行採集，但地質情況限定間距較窄的情況除外；通常不可在地質接觸面採集樣本。

保留下來的分割岩芯裝入岩芯箱中送入堆房中儲存，且岩芯箱上應明確標注鑽孔編號、岩芯箱編號以及岩芯塊上的單位（米）標記。岩芯盒放置在備品架上。

作為 SRK QA/QC 檢查的一部分，從數據庫中隨機選擇的樣本編號，追溯對應的樣本記錄簿與化驗結果。在最近幾批送至尚比亞的樣本中檢測出了一些差異，隨之進行了糾正。送至 Bazano 實驗室的樣本未發現任何差錯。



化驗程序

將 300g 樣本貼上標籤並用袋子裝好，送往 Kolwezi Bazano 的實驗室，在實驗室先對其進行乾燥和破碎，然後取 2g 重的等分樣本，溶解後利用原子吸收光譜儀對其進行分析。

密度

通過排水法，使用商用密度天平，對從Mutanda新近採集來的 399 份實心岩芯樣本進行密度測量。結果顯示，有三份樣本的密度異常高，須將其從數據庫中移除。剩下的樣本平均密度為 2.75t/m^3 ，標準差為 0.23。有 47 個樣本的密度在 3.0t/m^3 以上，但是經檢查發現，所有這些樣本都充分經受過來自孔雀石或水鈦礦或兩者的礦化作用，因此這個結果被認為比較符合實際。然而，它僅適用於礦帶的新生地區。

一些密度測量作為正在進行的冶金試驗的一部分由約翰尼斯堡的Mintek實驗室完成；還有一些作為岩土評估的一部分由普利托里亞的CSIR實驗室完成。這兩個實驗室記錄的結果差異較大，在此取兩方錄得密度平均值中較低者，即 2.5t/m^3 （CSIR實驗室錄得）用於估算資源平均質量。

事實證明，考慮到近地表物質的易碎特性以及實心岩芯的低回收率，要確定其密度相當困難。此外，絕大多數樣本是通過RC鑽機採集的。為彌補數據庫中的這一缺陷，從現有礦坑的底部開鑽鑽孔，將所有礦物移至樣本袋中，然後對其中的回收礦物進行乾燥並稱重。計算體積時，先將一層薄塑膠膜襯在鑽孔內部，然後用裝有水的刻度瓶向其中注入水來進行測量。這樣計算出的 65 個樣本的平均密度為 1.43t/m^3 ，密度範圍在 1.83t/m^3 至 1.00t/m^3 之間。此結果與AusIMM在「野外地質學家手冊 (Field Geologists Manual)」中規定的鬆散泥沙的基準密度十分相近，因此，該結果似乎偏低。大多數樣本是從未礦化的R3 地層單元中採集的，而對於含有較高水鈦礦與孔雀石成分的樣本，其密度會更高，可能會在 1.6t/m^3 至 1.7t/m^3 左右。由於硬岩與軟岩的比例未知，所以確定精確密度比較複雜。

因此，對於未礦化的軟岩和硬岩，SRK分別指定了介於 1.43t/m^3 與 2.75t/m^3 之間的加權平均密度。所以，與剛果民主共和國境內的其他礦床相比較， 2.25t/m^3 的平均密度被認為是可以接受的。

記錄數據

除測量讀數外，所有的現場資料都記錄在紙上，並通過電腦轉換成試算表。其中包括所有鑽孔的起終點間距、岩性與地層鑽探記錄，以及依樣本編號記錄的取樣間距。在收到結果後，將空白和重複的結果提取至另一個文檔中單獨進行評估，所得數據就相當於電子分析數據，樣本結果也獨立保存、預備導入到 Surpac 軟件中。

在計劃進行初期，實驗結果是以硬拷貝的形式接收並手動輸入電腦的。最開始是使用 Geolog 軟件存儲主要數據庫，最近才開始使用 Sable 資料包軟件。後一個軟件是近幾年（2008 年 1 月）才授權使用的，該軟件目前正在進行改進，以使其能將 QA/QC 資料提取至易存取的文檔中，並能執行常規 QA/QC 檢查，而這項工作先前是通過電子表格完成的。

2.3 品質保證和品質控制（「QA/QC」）實踐

從開始實施 RC（反迴圈）鑽井計劃時就啟動了 QA/QC 計劃，Mutanda 鑽探的所有 DD 鑽孔均在 QA/QC 計劃之列。QA/QC 計劃主要針對分析結果進行，但同時也創建了系統記錄現場數據的正常檢查，如稱量各抽樣井段的 RC 鑽碎屑、記錄岩芯損失以及在岩芯盒中標記井段。

RC 樣本和 DD 岩芯損失重量變化較大。Mutanda 的一般地表情況合理，但礦化帶深處通常高度風化，此外還有破碎和礫化部分，使得樣本回收更難進行。尤其是在一些高鈦礦帶，其中水鈦礦為含鈦鈦礦，RC 鑽井時回樣率極低，而在取芯鑽探期間則會被排出鑽井。對於 RC 鑽井，鑽至 80m 深度時所有鑽井的平均回樣率為 68.6%，DD 鑽井為 63.5%。對於表 3 所示的雙子井，鑽至 40m 井段時 RC 的平均回樣率為 41%，DD 鑽井為 57%；對於 40-80m 井段，回樣率分別為 68%（RC）和 70%（DD）。因此某些地區的樣本完整性較差，但鑒於地表條件，這種情況是無法避免的。

為了儘量減少 RC 樣本之間的污染，將鑽孔完全吹穿，用錘子擊打旋風分離器以去除任何結塊物質。將所有樣本轉移至一個分體堆屋，通過適當尺寸的分離槽條把樣本切割成約 3kg 的試樣，送去做分析。用每個切割樣本間的漆刷清掃分離槽條。



大部分樣本均已經在 Kolwezi 的 Bazano 實驗室進行了分析，不過該實驗室並非經過認可的機構。但是，在樣本流中每 7 個樣本之後均插入一份空白樣本，每 20 個樣本之後均插入了一份鑽屑複樣。

要找到合適的空白材料並不容易：最初使用的河沙被發現受到了污染，從判定性鑽孔中獲得的貧瘠鑽屑也包含隨機非零值。幾乎所有高空白值均出現在較低品位的樣本後，這表明該等問題並非由污染造成，最初的分析是準確的。最後插入不含礦物的水泥，當此材料呈現出不可接受的高值時，懷疑實驗室提供的是假結果。

同樣，對於複樣，兩組數值之間最初具有非常好的相關性：銅相似係數為 98%，鈷為 99%，半絕對相對差（「HARD」）值 0.1%，平均值為 1.6%，銅的可接受偏差 98% 和鈷的零偏差，在回歸線附近有分佈緊密的數值（皮爾森相似係數：銅 97%、鈷 98%）。在很大程度上，這些複樣視為衡量分離樣本的品質及樣本的同質性的標準。隨著計劃的進展，複樣之間的相關性稍有惡化，雖然兩個樣本集之間的平均值是可以接受的，但空白樣本的問題依然存在。部分原因是由於實驗室的樣本超載，但除此之外，原子吸收光譜儀（「AAS」）使樣本產生了緩慢漂移，實驗室的內部品質控制系統並未檢測到這一點，而是由項目地質人員報告的。

2007 年 3 月，從 Bazano 實驗室磨漿廢品中抽取了 132 件樣本，作為一組樣本被送至約翰尼斯堡市 SGS Lakefield 進行仲裁分析。這些 RC 樣本是在 2006 年 12 月抽取的。其中有 12 件樣本出入較大，這被認為是由於樣本數量不准所致。本數據庫已移除了這些不一致的地方。剩下 120 件樣本的散點圖顯示，銅含量偏差為 5%，鈷偏差為 14%。對於這兩種偏差，Bazano 實驗室報告的結果更高。

然後又將第二組 421 件樣本送至約翰尼斯堡市 SGS Lakefield，該組樣本顯示偏差為 5% 和 11%，但 SGS 還是報告了更高的結果。樣本平均值幾乎相同（對於銅，Bazano 的結果為 2.97%，SGS 的結果為 3.01%；對於鈷，Bazano 的結果為 1.14%，SGS 的結果為 1.22%），銅和鈷的相關係數分別為 99% 和 100%。

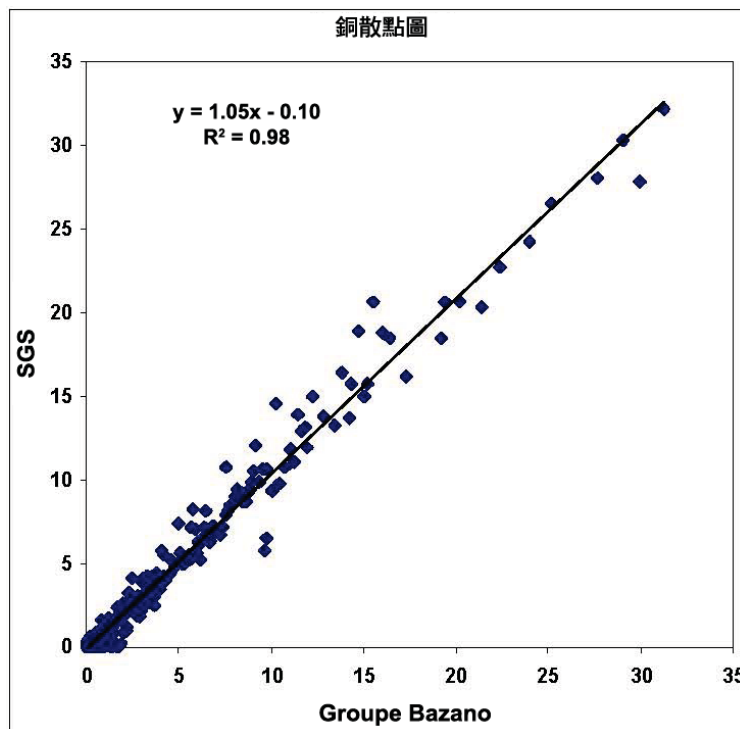


圖 21：SGS 與 Groupe Bazano 的銅散點圖

這些仲裁樣本涵蓋了中部礦帶進行的所有鑽探以及在東部礦帶進行的絕大部分鑽探。



兩套樣本產生的結果差異較大，共有 4% 樣本出現差異，這表明樣本編號有調換情況，現在這些結果都已從比較數據庫中移除。在項目執行整個過程中都出現過類似問題，但在穩定的礦化層段內，當空白樣本的報告值非常高，而臨近樣本的值近乎為零時，就可以檢測出這些問題。在別的情況下這種問題很難被檢測到，但在一個礦化層段內的樣本的調換將不會影響平均品位。這些問題對樣本對於礦化帶邊緣採集的樣本可能有影響。由於所分析的樣本多達 40,000 多份，這種誤差無可避免。

在 2007 年下半年，Bazano 實驗室進行獨立審核時，曾強調了一些與實驗室、尤其是 AAS 故障相關的問題，尤其是 AAS 故障導致儀器在一段時期內失去了靈敏度。實驗精度受到了影響，尤其在較低濃度下，這也成為最有可能導致空白樣本回樣率低，以及 2007 年下半年重複樣本的相關性較分散的原因。

2008 年 1 月利用尚比亞 Kalalushi SGS 實驗室展開核查化驗結果的活動，涉及 4,500 份化驗結果。核查結果表明，在較低的品位上（小於 1%），Bazano 實驗室的報告值通常會較高，而在較高的品位上（超過 1%），其報告值反而較低。兩個實驗室中所有值的平均值幾乎都相同，SGS 實驗室報告 1.85% 銅，Bazano 實驗室報告 1.81% 銅。有關鈷的結果則呈現出更大的差異，SGS 與 Bazano 分別為 0.63% 與 0.91%。在上述兩種情況下，散點圖的回歸斜率與皮爾森相關係數（R2）都較低，分別為 0.49 左右與 0.43，這表明所有的值都廣泛分佈在回歸線周圍。觀察這些分佈圖會發現，沿 SGS 的軸線延伸分佈過多值，而 SGS 結果中較高的值只有極少量 Bazano 結果與之匹配。沿 Bazano 軸線也分佈有少量的比較值。在這些不確實的結果之間，有一個明顯可辨別出的趨勢，即與少之又少的偏差相比，大部分的值還是比較合理的。造成這些差異的原因有很多，且毫無疑問發生過樣本編號的調換，也有與 AAS 儀器相關的原因。所提交的空白樣本的平均值較高也明確顯示實驗室表現不佳。正是因為這些原因，大量的樣本被送至尚比亞的 SGS 仲裁實驗室。

在送至尚比亞 SGS 實驗室的 4,500 份樣本中，精選了 320 份研磨成漿狀的複樣送往尚比亞 Alfred Knight 實驗室進行重新化驗。這些仲裁複樣呈現了較高的精度，平均比較值也非常合理，其中 Alfred Knight 報告銅品位為 8.15%，SGS 的為 7.95%；回歸斜率為 1.00，皮爾森 R2 值稍低為 0.93。對鈷進行化驗，得到了相似的結果，Alfred Knight 與 SGS 的鈷品位分別為 1.30% 與 1.31%。兩組結果之間的偏差為 0.97，較銅的偏低，儘管其 R2 值較高為 0.97，但仍然十分合理。

2008 年開始的第 2 階段鑽探，決定將所有的樣本送往 Kalalushi（尚比亞）的 SGS 實驗室進行化驗。2010 年 11 月下旬，這些樣本中的最後一批被收回，迄今未收到任何較顯著的、來自探礦項目的化驗成果。校驗樣本被送往尚比亞的 Alfred Knight 實驗室。

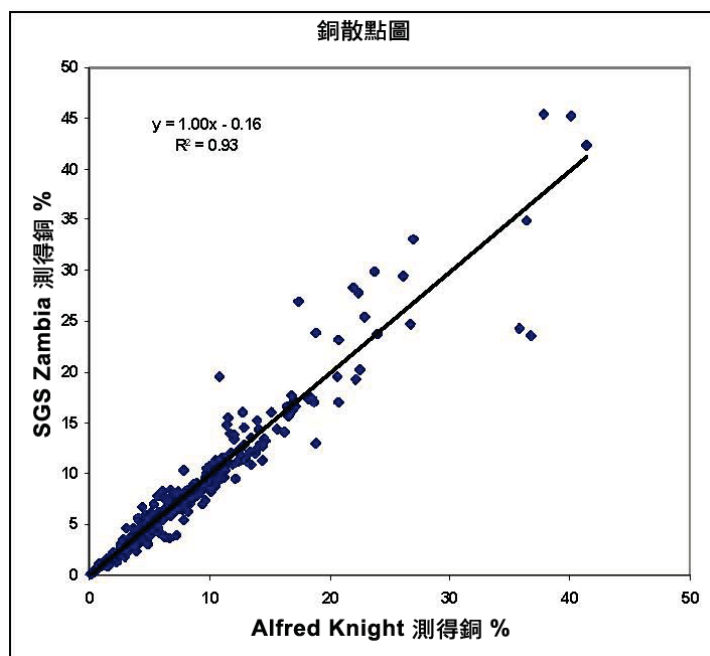


圖 22：SGS 與 Alfred Knight 的銅散點圖

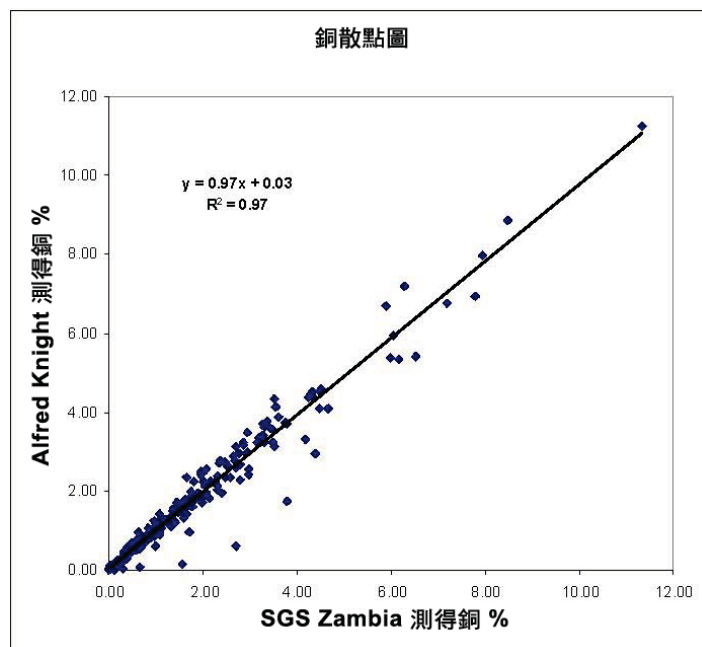


圖 23：SGS 與 Alfred Knight 的鈷散點圖

將分析結果導入資源庫時，優先考慮了 SGS 實驗室，該數據庫中不包含 Groupe Bazano 實驗室的結果。



對表示地層單元的橫截面以及樣本品位進行檢查，會發現少許差異，礦化帶輪廓線的完整性卻顯得十分完好。

儘管 Bazano 分析結果不夠完美，但其品質卻足以支持本項研究中的資源評估，同時，SRK 也不懷疑資源的整體完整性。該結論可由 Bazano RC 與 Mintek DD 結果之間良好的相關性進一步得到證實。GAA 贊成 SRK 所採用的一整套方法。

2.3.1 變異分析

2.3.1.1 變異分析結果

評估中使用的變異分析結果見表 5。這些結果皆來源於已完成的統計與地質統計研究。

表 5：估算期間所用的估算參數

區域	ME				MC				CNW	
邊界品位	0.4%的邊界品位		1.0%的邊界品位		0.4%的邊界品位		1.0%的邊界品位		0.5%的邊界品位	
變量	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷
探索類型	橢球形									
區塊評估中的最小樣本	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
區塊評估中的最大樣本	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
區塊評估 XYZ 的最大探索距離	91.727	114.693	77.559	48.842	158.236	108.051	67.265	169.552	66	66
主軸支承力	0	0	25	25	0	0	330	330	160	160
主軸傾角	0	0	20	20	0	0	20	20	0	0
主軸傾角	0	0	25	25	0	0	0	0	60	60
各向異性：半長軸/主軸	1	1	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5
各向異性：半長軸/主軸	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3
每個鑽孔的最多樣本數目	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
插值法	普通克立格法									
離散化：Y	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
離散化：X	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
離散化：Z	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4
構造物數目	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
鈷塊金	0.20536	0.17102	2.073121	0.22782	0.100827	0.227825	3.073465	0.75592	4.2	1.1
岩床 C1	0.215551	0.240437	14.01513	1.154885	0.144164	0.421375	9.489304	1.331542	13	1.27
範圍 R1	10.75	48.571	18.519	9.111	6.318	60.041	11.671	34.869	25	18
主軸：結構 1	0	0	25	25	25	0	330	330	160	160
傾角：結構 1	0	0	20	20	20	0	20	20	0	0
傾角：結構 1	0	0	-25	-25	-25	0	0	0	60	60
各向異性：半長軸/主軸 1	1	1	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5
各向異性：半長軸/主軸 1	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3
岩床 C2	0.229818	0.226342	4.167792	1.450856	0.1029	0.241535	2.110826	1.742701	2.3	1.95
範圍 R2	91.727	114.693	77.559	48.842	158.236	108.051	67.265	169.552	100	85
傾角：結構 2	0	0	20	20	20	0	20	20	0	0
傾角：結構 2	0	0	-25	-25	-25	0	0	0	60	60
各向異性：半長軸/主軸 2	1	1	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5



區域	ME				MC				CNW	
邊界品位	0.4%的邊界品位		1.0%的邊界品位		0.4%的邊界品位		1.0%的邊界品位		0.5%的邊界品位	
變量	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷
各向異性：半長軸/主軸 2	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3
通路 2：因數	91.727	114.693	77.559	48.842	158.236	108.051	67.265	169.552	100	85
通路 3：因數	137.5905	172.0395	116.3385	73.263	237.354	162.0765	100.8975	254.328	200	150
通路 4：因數	183.454	229.386	155.118	97.684	316.472	216.102	134.53	339.104	300	200
通路 5：因數	229.3175	286.7325	193.8975	122.105	395.59	270.1275	168.1625	423.88	500	500

2.3.2 估算參數

2.3.2.1 估算計劃

對於建模模擬的三種礦體：模擬東部（「ME」）、模擬中部（「MC」）和西北中部（「CNW」），進行資源估算採用的方法為普通克立格法。進行估算所用的估算參數，如表 5 所示，均來自所完成的統計和地質統計研究。在所有情況下，塊段建模所用的塊段尺寸為：

- 父級塊段在 X、Y 和 Z 方向上分別為 40m x 40m x 10m；及
- 子級塊段為 5m x 5m x 2.5m

2.4 礦產資源分類

礦產資源分類使用了《澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範》，即，通常所稱的 JORC 規範。JORC 規範對礦產資源的描述如下：

「礦產資源是指賦存於地殼上或地殼內的具有內蘊經濟意義的礦點或礦產富集物，其賦存狀態、品質和數量存在最終可實現經濟開採的合理前景。礦產資源的賦存位置、數量、品位、地質特徵和連續性根據特有的地質證據和知識得到瞭解、估計或解釋。按照可信度的遞增，礦產資源可分類為推斷的（Inferred）、控制的（Indicated）和探明的（Measured）」

對推斷的、控制的和探明的資源進一步描述如下：

「推斷的礦產資源是指礦產資源中，對礦石總量、品位和礦物含量等方面的估算具有合理可信度的那部分資源。它是根據地質證據及尚未獲得驗證的假設的地質和（或）品位連續性推斷出來的。它是基於以適當的技術手段從露頭、探槽、採坑、巷道、鑽孔等位置獲得的資訊，這些資訊是有限的或者品質和可靠性不確定。」

「控制的礦產資源是指礦產資源中，對噸位、密度、形狀、物理特徵、品位及礦物含量等方面的估算具有合理可信度的那部分資源。控制資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的勘探、採樣和測試資料為依據，而這些資料的取得需要借助適當的技術。對確認地質和礦物品位的連續性來說，這些資料採集地點過於分散，或者說空間設置不夠合理，但對連續性假設來說這卻是足夠近的距離。」

「探明的礦產資源是指礦產資源中，對噸位、密度、形狀、物理特徵、品位及礦物含量等方面的估算具有較高可信度的那部分資源。探明資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的詳盡可靠的勘探、採樣和測試資料為依據，這些資料的取得需要借助適當的技術。資料來源地點之間的距離應較近，足以確認地質和品位的連續性。」

2.5 礦產資源說明

與 JORC 規範一致的資源估算的結果總結如表 6 所示。對於東部（「ME」）和中部（「MC」）這兩個運營中的礦坑，依照 2010 年 10 月 31 日從 Mutanda 接收的礦坑佈局完成的測量編制計劃被用於開採這些區域的資源直至枯竭。



礦產專家報告：MUTANDA

表 6：截至 2010 年 10 月 31 日的 Mutanda 合併資源報表

截至 2010 年 12 月 31 日 Mutanda 礦山綜合資源說明

	種類	Mt	%總銅	%總鈷
中部礦體	探明資源量	7.8	1.62	0.81
	控制資源量	5.3	1.16	0.67
	推斷資源量	7.6	0.95	0.91
	合計	20.7	1.28	0.81
東部礦體	種類	Mt	%總銅	%總鈷
	探明資源量	29.0	2.67	1.13
	控制資源量	18.4	1.65	0.87
	推斷資源量	164.6	1.03	0.45
	合計	212.0	1.34	0.60
西北中部礦體	種類	Mt	%總銅	%總鈷
	探明資源量	66.8	2.10	0.55
	控制資源量	0.02	0.17	0.05
	推斷資源量			
	合計	66.8	2.10	0.55
MUMI 合計	種類	Mt	%總銅	%總鈷
	探明資源量	103.7	2.22	0.73
	控制資源量	23.8	1.54	0.82
	推斷資源量	172.1	1.03	0.47
	合計	299.5	1.48	0.59

- 1) 此礦產資源報告依據 2004 版《澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範》（JORC 規範）的分類標準製作完成。
- 2) 礦產資源包括礦藏量。
- 3) 礦產資源並非礦石儲量，不能顯示出經濟可行性。

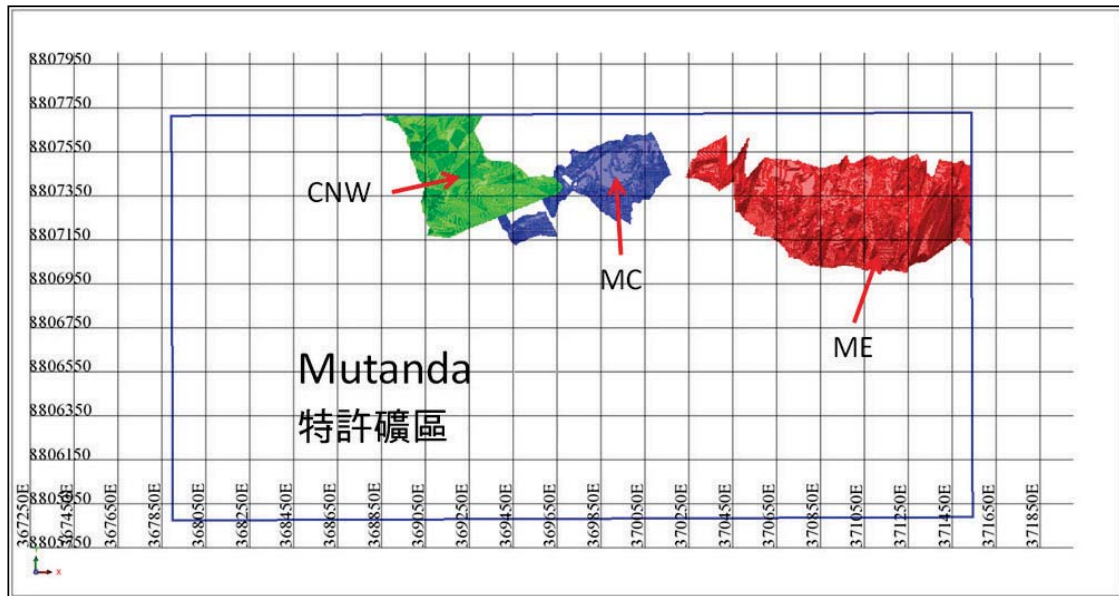


圖 24：Mutanda 長期展望

2.5.1 長期展望

具有長遠開採潛力的 Mutanda 的特許礦區位於東部礦體的南部，其鑽孔位於礦體深處。地下硫化礦的潛在儲量巨大，並實際上佔據了 Mutanda 的特許礦區內礦產資源的很大部分。

3.0 儲量及開採

3.1 地面開採

3.1.1 礦生命期（「LOM」）規劃流程

地面開採作業的 LOM 規劃流程可概括為如下步驟：

- 選擇性開採單元（「SMU」）的選擇；
- 礦坑優化；
- 礦坑設計；
- 規劃單元的選擇與設計；及
- 生產規劃。

LOM 計劃考慮的礦坑包括 Mutanda 東部、Mutanda 中部及西北中部，後者目前處於停產狀態。

3.1.1.1 SMU 模型採礦模型

SMU 定義為可作為完整單元進行開採的最小開採單位。設立選擇性開採單元（SMU）選擇的目的是確定適當的 SMU，以便在建模策略上作出明智決策，從而能夠實現對實際作業的最準確預估，而且適當的 SMU 還能降低整體採礦風險。

在確定可行 SMU 時應考慮以下因素：



- 採礦設備；
- 礦體的構造複雜度，包括傾角、厚度和結構連續性等方面；
- 礦體塊段的連續性和建模方式；
- 開採速度；
- 邊界品位以上的品位連續程度；以及
- 包括配礦（坑內配礦與堆場配礦）和體積要求在內的開採策略。

這一過程通常包括對大量 **SMU** 單元進行資源塊段模型的重組。需要注意的是，根據所規定的 **SMU** 驅動因素的不同，單次作業中每個礦坑的 **SMU** 都可能存在差異。雖然 **SMU** 的目的並非是為確定貧化和損失數據，但它確實可根據礦體的傾角和構造特徵來為貧化和損失的建模模擬工作提供支持。通過 **SMU** 選擇流程應當可以實現以下內容：

- **SMU** 模型和邊界品位方案；
- 對採礦損失和貧化的初步預測；以及
- 規劃和配礦方法。

下表為不同資源塊段模型中採用的 **SMU**：

表 7：所選 **SMU** 的尺寸

開採作業	單位	SMU
Mutanda 礦	m	10 x 10 x 5

貧化

貧化指的是在開採過程中有意加入廢料。特定地點的貧化物質被加入到礦產資源內，得到一個實際可開採單元。可採用以下方法確定貧化：

- 在礦石界面上（該處的資源塊段由一定數量的礦石原料和一定數量的廢棄原料組成），儲量塊段的噸數和品位被定義為原始資源塊段中的原料的加權平均噸數和品位。
- 如資源塊段整體均為礦石，則可將相應的儲量塊段定義為 100% 的 **ROM** 塊段，且其品位特性與塊段品位特性相同。

開採損失

開採損失是指在規劃塊段報告內未被定義為可採儲量類塊段的那部分礦產資源，換句話說，按照生產計劃，這些塊段將被送往廢料堆放區。

可採用以下方法確定採礦損失：

- 在貧化礦石原料中設置銅邊界品位，以此來解決採礦損失問題；以及
- 在正常情況下，原本含有大量礦石的礦石塊段的品位將降低至邊界品位以上接近邊界品位，而礦石含量原本就較低的礦石塊段的品位會降至邊界品位以下。

本報告還為每個礦坑繪製了基於貧化 **SMU** 邊界品位的貧化和採礦損失曲線，將在後文中詳細講解。



3.1.1.2 礦坑優化

礦坑優化流程的一個目的是確定最終的礦坑邊界的位置和範圍。可使用 GEMCOM Whittle 礦坑優化軟件實現這一目的。為簡便起見，我們稱此軟件為「Whittle」。

Whittle 使用 Lerchs-Grossmann 算法確定露天礦坑的最佳三維形狀。本方法被應用於礦體的一個塊段模型中，它能夠逐步生成應開採或不應開採的相關塊段的列表。最終列表界定了總相對值最高的礦坑輪廓，但會受到所需的礦坑邊坡角的限制。這一輪廓包含所有在將廢料剝離計入在內時能「增加值」的塊段，但不包括所有會「損壞值」的塊段。還會考慮到所有收益和費用成本，以及採礦和加工參數。

雖然本報告不會對 Whittle 演算法進行詳細介紹，但下文仍對其進行了概要說明。優化流程由兩部分組成：

- 製作一系列尺寸逐漸增大的嵌套礦坑邊界。這可通過改變產品價格並在每個價格點生成一個礦坑邊界來實現；
- 選擇最優的礦坑邊界。這可通過為每個礦坑邊界制定多個生產計劃，並計算每個計劃的淨現值來實現。通過這一流程可生成一系列「礦坑與數值對比」曲線。

可生成三條「礦坑與數值對比」曲線：

- 最佳狀況：對應的是最少剝離，其中，採礦作業遵循嵌套礦坑邊界的順序。儘管這種方法會帶來最高的淨現值，但不實用。其目的是提供礦坑尺寸的上限。
- 最差狀況：廢料被逐層去除，對應的是最大剝離的情況，因此，相對值最低。其目的是提供礦坑尺寸的下限。
- 指定狀況：介於最佳狀況和最差狀況之間，類比預剝離對價值曲線的影響。

當指定狀況最大化時，識別最優化的指定 Whittle 邊界。下圖為對各條定義的簡化圖解。

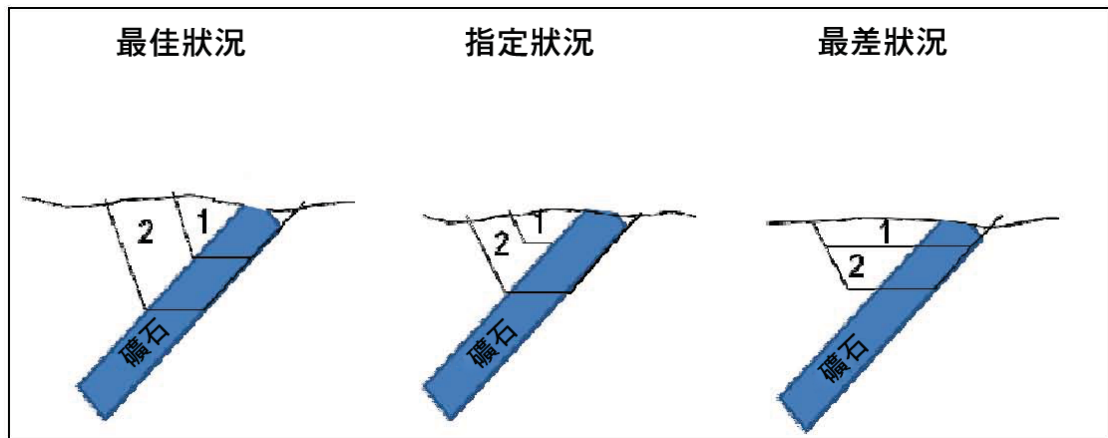


圖 25：最佳狀況、指定狀況和最差狀況示意圖

下表為用於確定優化過程中所要求收入的選礦採收率。這些數據以當前正在分階段建設的加工廠的設計和規劃採收率為依據。



表 8：選礦採收率

選礦採收率	銅	鈷
氧化物	90%	80%
混合物（含 70%氧化物的部分）	90%	80%
混合物（含 30%硫化物的部分）	未加工處理	未加工處理
硫化物	未加工處理	未加工處理

3.1.1.3 礦坑設計

採用的開採方法為常規的露天礦坑開採法。這一方法由鑽孔、爆破、裝載和拖拽搬運幾個部分組成。所有歷史採礦作業均由一家採礦承包商實施。所有未來採礦作業預計依據承包商採礦狀況來確定。

在選擇了最優的礦坑邊界後即可開始設計礦坑。礦坑設計流程所涉及的内容包括：

- 安全作業；
- 進入各個塊段及工作階地的連續通道；
- 設備單位和移動要求；
- 土工建議；
- 水處理；
- 回填時機；以及
- 作業及預剝採的階段劃分。

設計工作使用了 GEMCOM Surpac 採礦規劃軟件。所選的最優礦坑邊界被用作設計限制條件。所有輸入參數經綜合處理後均被用於生成三維礦坑設計圖。礦坑設計圖可用於評估不同類型礦石的噸數和品位。

礦坑設計是基於當前的採礦方法生成的，其中的某些開採法用於在 5 米或 10 米階地處採礦。在設計斜坡和礦坑入口時考慮了所能預期的最大拖運卡車的大小和規格，以確保能夠安全地、切實可行地進行作業。礦坑設計依據最優礦坑邊界進行。所有礦坑設計均符合當前的岩土設計要求。

3.1.1.4 規劃單元

塊段的設計基於典型的爆破塊段或實際階地及生產塊段的尺寸。各個斜坡的設計和規劃以適當的速度分別實施。塊段的設計模擬了規劃單元的設計。每個塊段中都可包含多個類型的原料，可將它們選擇性地裝載至不同位置（原礦庫存、各種庫存或廢料堆等處）。下圖表現的是典型塊段設計，斜坡以藍色標示。

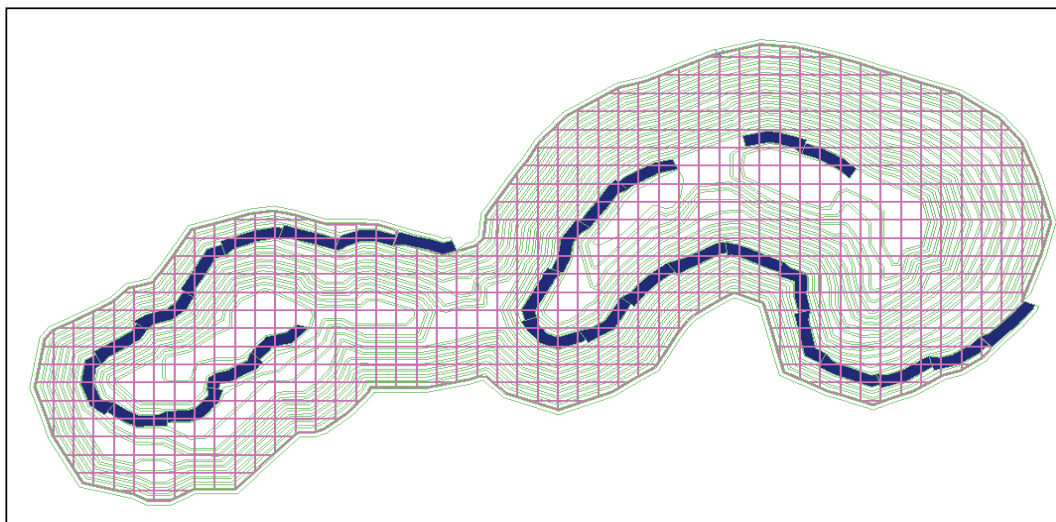


圖 26：典型塊段和斜坡設計

3.1.1.5 生產計劃的制定

制定生產計劃時使用了 RUNGE Xpac 軟件。維持並增加每個礦坑的作業傾角，從而到達最終礦坑。此類計劃考慮了礦坑的可用空間、所需挖掘機的數量和大小以及每個礦坑的實際約束條件。

3.1.2 堆場

從 2009 年 1 月至 2010 年 12 月，已建成了一系列的堆場，為加工廠試運行做準備。對這些堆場進行如下分類：平均銅品位低於 1% 的低品位堆場；品位在邊界品位以上的高品位堆場；Mutanda 採取嚴厲的礦坑內品位控制所得到的高品位銅堆場。

3.1.2.1 高品位堆場

「R5」高品位堆場已被納入 LOM 計劃和儲量說明。通過所提供的測量數碼地形模型（「DTM」）對體積進行了測定。把測量 DTM 與最新的當地航空勘測情況進行了核實，以確定其位置。堆場的鑽探方案由 Mutanda 執行，以確認平均品位。取樣間距為 2.5m，直至該點的最終堆場高度。相對於測量 DTM，從空間位置上對鑽孔開口的高程進行檢查以求合理匹配。下圖顯示的是相對於航空測量 DTM 的「R5」高品位堆場（紫色）的鑽孔開口匹配。

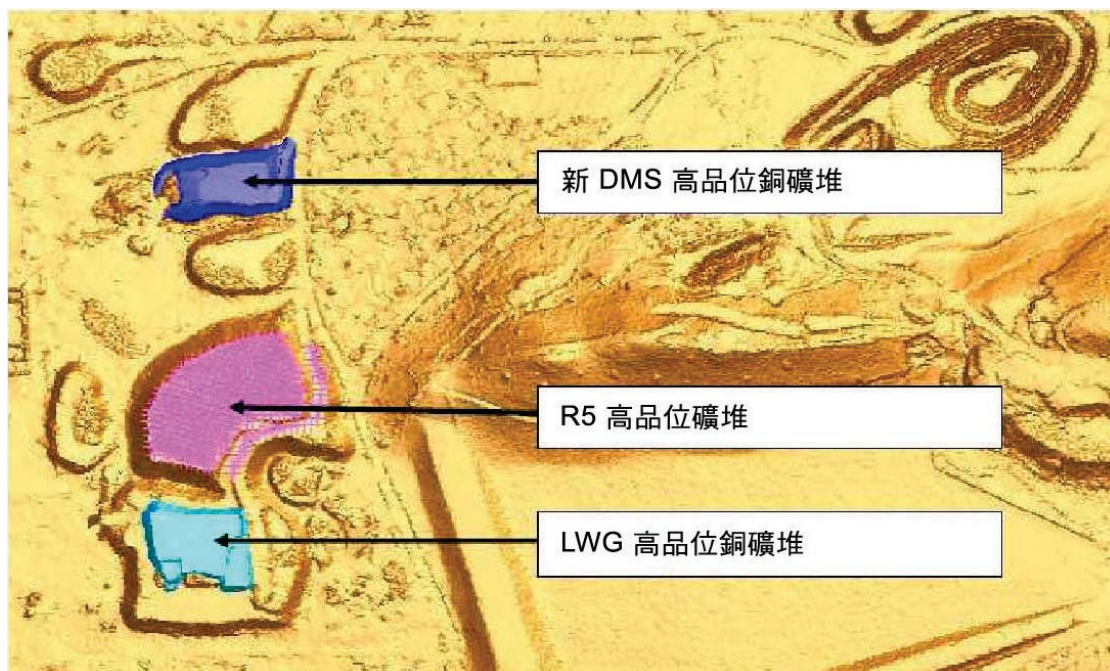


圖 27：高品位堆場

對堆場分析情況進行加權平均品位計算，結果是，對於 131 萬立方米的勘測量，平均品位為 3.37%銅和 2.31% 鈷。採用了 1.3 的膨脹係數，以保持和「R5」高品位堆場的 Mutanda 密度測試一致。下圖為基於銅和鈷樣本品位的樣本分佈柱狀圖。

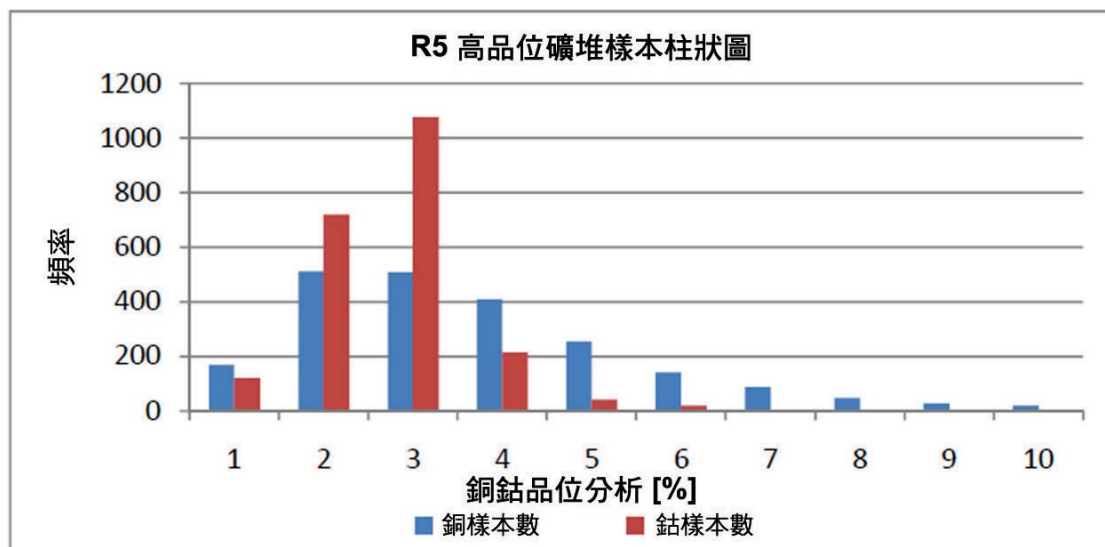


圖 28：高品位堆場柱狀圖



3.1.2.2 高品位銅堆場

體積通過測量DTM進行了估算，並和最新的航空勘測情況進行了核實。兩者實現了合理匹配。所涉及的兩個堆場包括：北部的DMS堆場（ $160,500\text{m}^3$ ），在上面的圖中以深藍色顯示；LWG高品位銅堆場（ $109,100\text{m}^3$ ），以淺藍色顯示。雖然體積能進行核實，但並沒有足夠資訊來核實鬆散密度，因此，這無法納入生產計劃或儲量模型以便進行財務評估。

沒有可以用來估算平均品位的堆場鑽探資訊。為核實品位，所開採的物質追蹤到了2009年和2010年的中部礦坑及2010年的東部礦坑。對品位控制和短期塊段模型進行了評價，以估算在確定的時間期限內礦坑存在的全部高品位物質。假設在開採過程中推行品位控制做法，可以發現，Mutanda估算的9.7%銅和3.0%鈷（包括5%的貧化率）是合理的。

3.1.2.3 低品位堆浸堆場

通過所提供的測量數碼地形模型（「DTM」）對體積進行了測定。把測量DTM與最新的當地航空勘測情況進行了核實，以確定其位置。堆場的鑽探方案由Mutanda執行，以確認平均品位。在每個10m間距網格點進行了採樣和分析。相對於測量DTM，從空間位置上對鑽孔開口的高程進行檢查以求合理匹配。下圖顯示的是相對於航空測量DTM、總體積小於1百萬立方米的兩個低品位堆場的鑽孔開口匹配。雖然體積能進行核實，但並沒有足夠資訊來核實鬆散密度，因此，這無法納入生產計劃或儲量模型以便進行財務評估。



圖29：低品位堆浸堆場

對堆場分析情況進行加權平均品位計算，估算了平均堆場品位。結果是，平均品位為0.7%銅。這種物質被規劃為堆浸礦石，整體銅採收率為70%。下圖為基於銅和鈷樣本品位的樣本分佈柱狀圖。

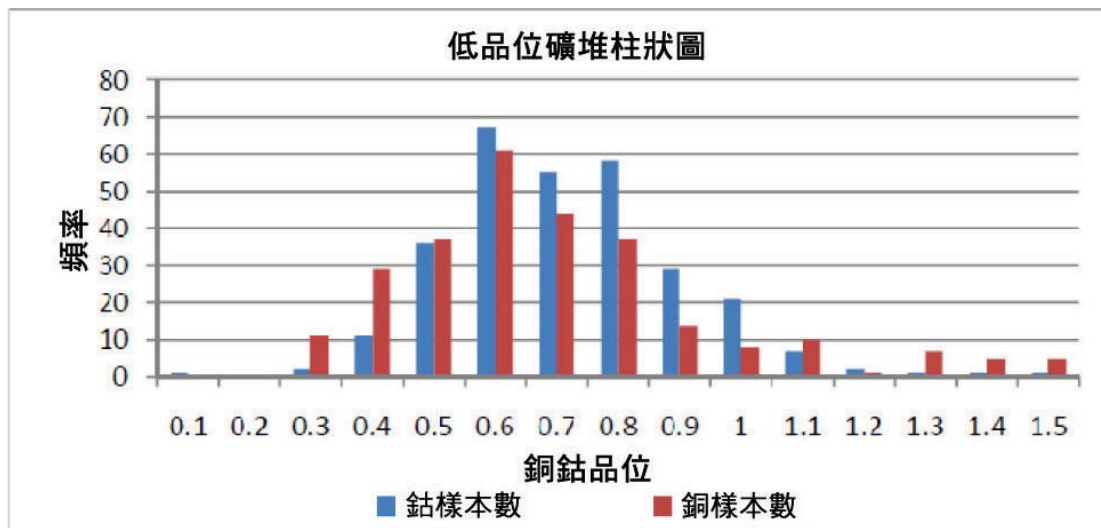


圖30：低品位堆場柱狀圖

3.1.3 礦坑開發

下圖是 Mutanda 作業的不同生產區域。堆場和地面基礎設施的可用區域有限，需仔細考慮。應該對規劃巷道和尾礦壩相鄰壩牆潛在高穩定性的影響做進一步研究。

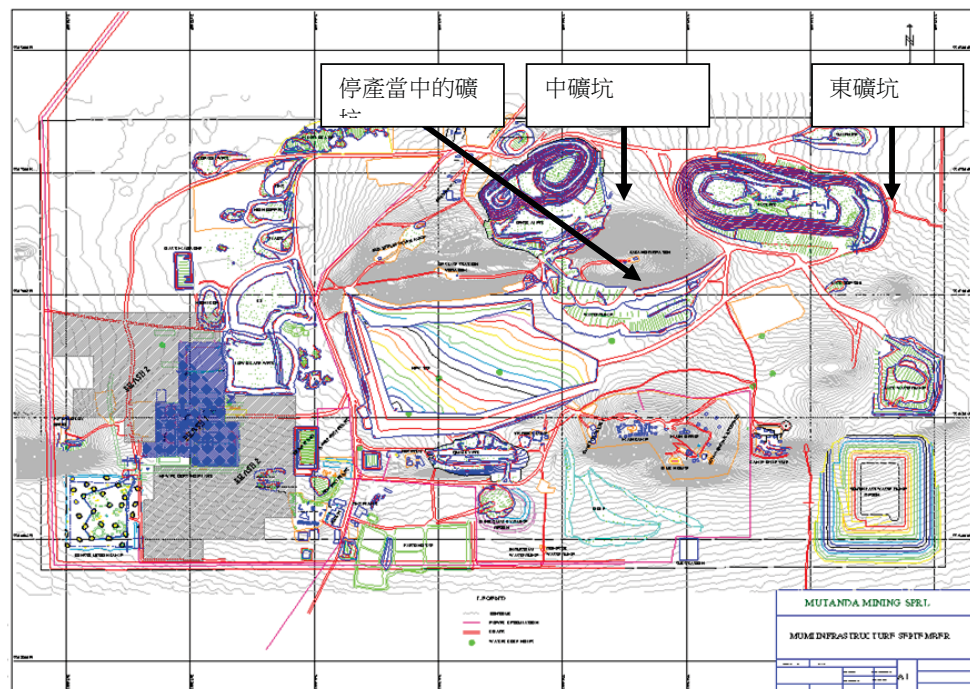


圖31：當前設計的地面基礎設施的區域平面圖



3.1.3.1 修正係數

採用的總地質損失比例為 5%。這意味著，由於結構性資源損失，因而在模擬為礦石的材料中有 5%是作為廢料開採出來的。這一損失量不會對 ROM 原礦品位造成影響。

貧化和損失百分比均是基於選擇性開採單元（SMU）選取的。考慮到較高的產量要求及所規劃的裝載和搬運裝置的大小（還考慮了其他因素），研究人員選取了一個 10m x 10 m x 5 m 的 SMU 開採單元。本項目有其特殊性，因為不存在任何硫化物加工能力。這意味著，所有硫化物要被貯存起來，將來再處理。假設混合區礦石包括 70%的氧化物礦石，剩餘的為硫化物礦石。這表明，一旦安裝好硫化物加工設施，產量會大幅增長。

研究人員繪製了噸數和品位曲線圖，以說明在設定邊界品位以下的物質的影響、貧化物質的影響以及硫化物內含物的影響。這些噸數和品位曲線圖是在無限制條件的基礎上針對完整礦體而繪製。

下圖為在無限制條件下針對全部可用資源繪製的噸數和品位曲線圖，在 Mutanda 礦體一個累積區域剖面上對未貧化資源部分（綠色）和貧化資源部分（棕色）進行了對比說明：在第一幅圖中僅考慮了氧化物和全部 100%的混合物質，在第二幅圖中則又加入了硫化物。貧化原礦銅品位（黑色）原礦品位線曲線圖與未貧化資源品位線曲線圖（綠色）之間的差異反映了貧化的影響。

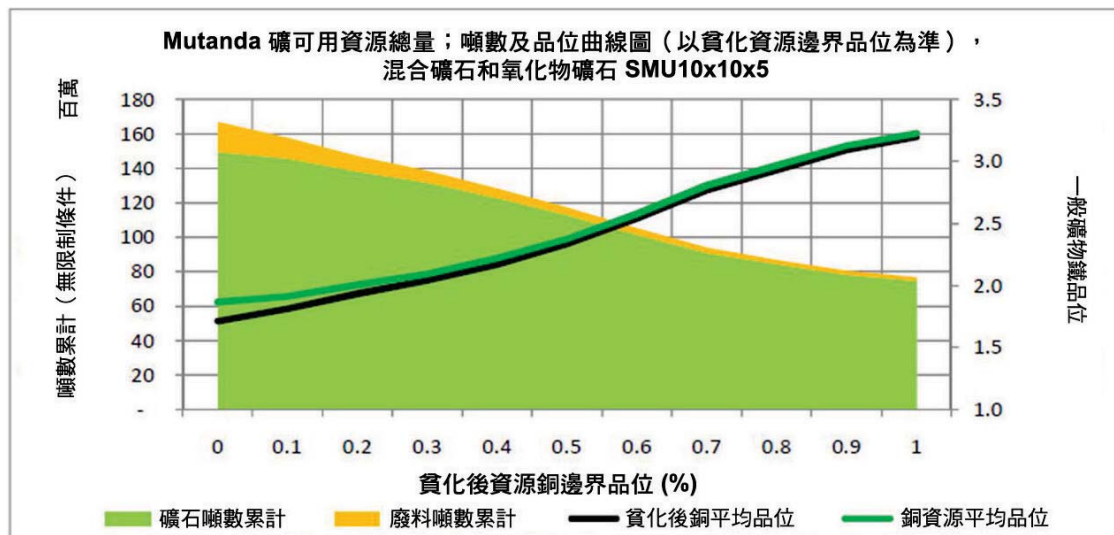


圖 32：Mutanda 噸數和品位曲線圖（不考慮硫化物）

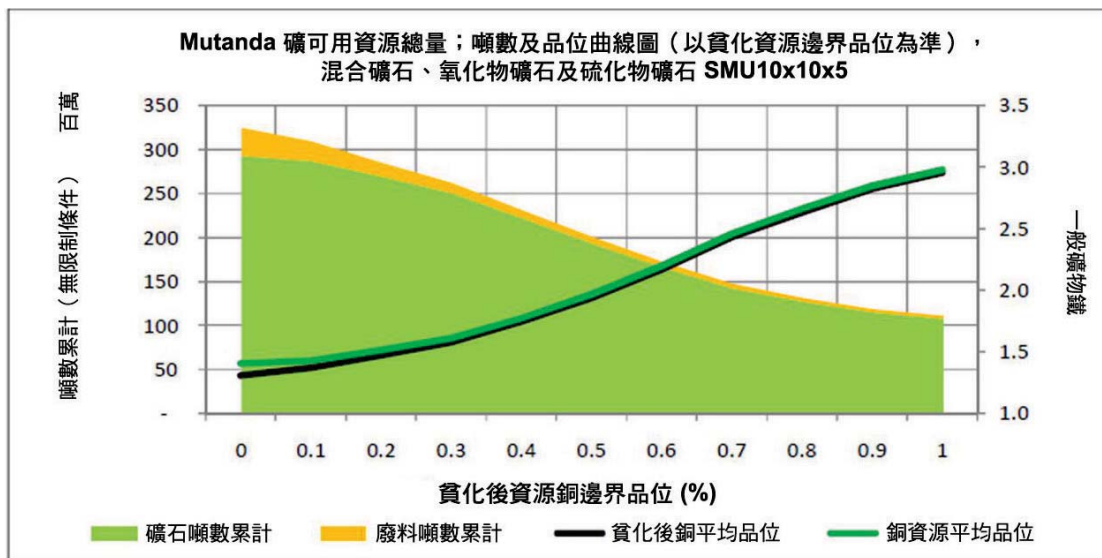


圖 33：Mutanda 噸數和品位曲線圖（考慮硫化物）

Mutanda 礦採用的銅邊界品位為 0.85%。邊界品位計算的最終目的是確定基於銷售、加工和礦區土地使用費的收支平衡成本。確定邊界品位時需要考慮來自銅和鈷的收入，同時考慮適當的選礦採收率。

低於 SMU 邊界品位的資源原料總損失率經估算為 46%，而在規劃時（不考慮硫化物）預計採礦貧化率為 3%。第一幅圖包括氧化物和混合物質，而第二幅圖則又考慮了硫化物。

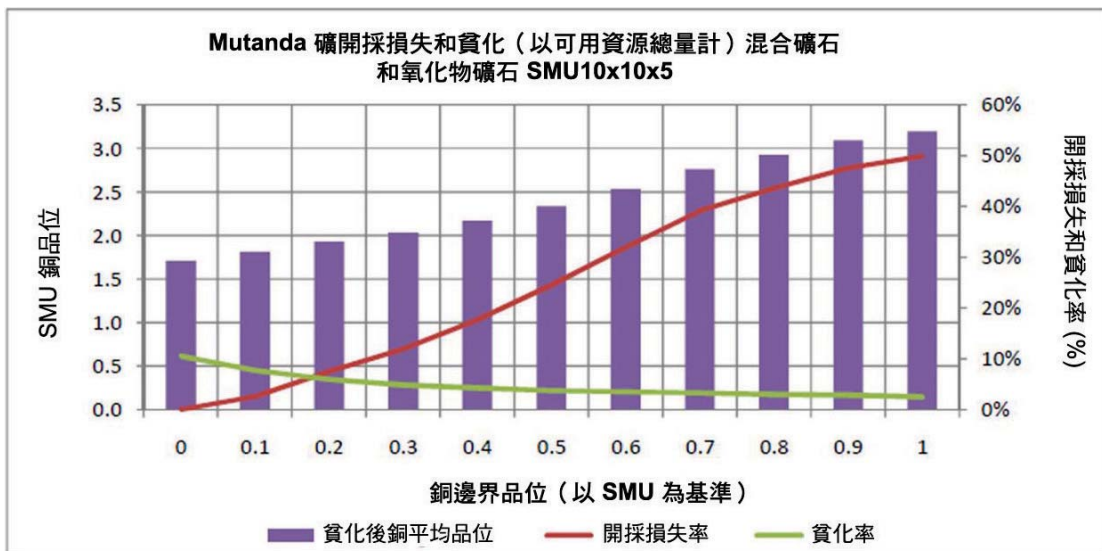


圖 34：Mutanda 貧化和損失曲線（不考慮硫化物）

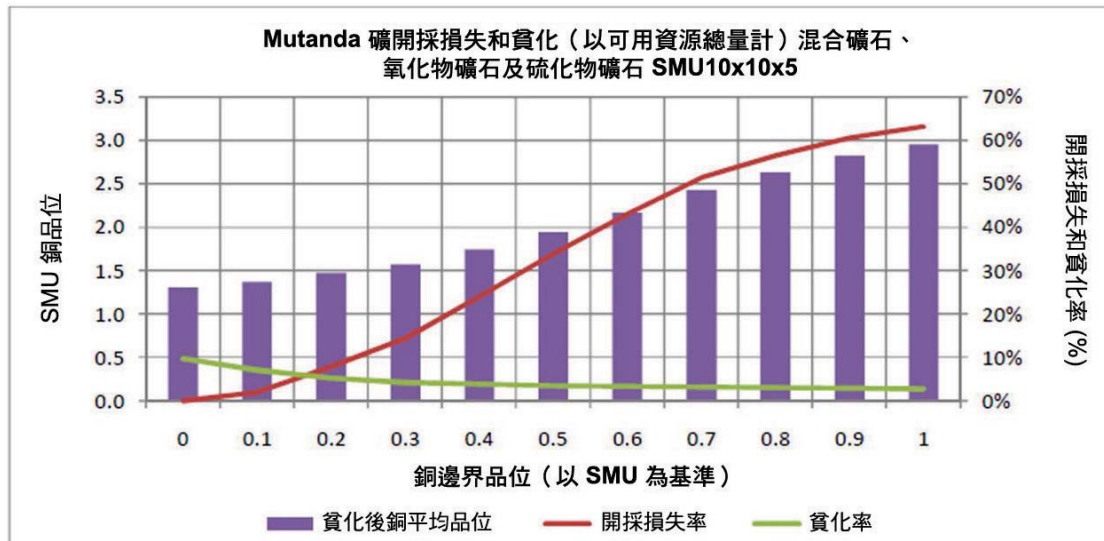


圖 35：Mutanda 貧化和損失曲線（考慮硫化物）

可以看出，如果在當前氧化礦開採生命期結束時能具備硫化物加工能力，可以得到較大的產量上調潛力並增加儲量估算。應該指出的是，由於硫化物中的平均銅品位較低，即使貧化率保持不變，也會造成設定邊界品位以下的更多資源損失。

連續的品位控制對實現或改善所假設的損失及貧化率很重要，能最大限度地增加開採作業的價值。品位控制由採礦人員執行。不同品位分界線通過在生產塊段上釘樁表明具體開採礦物的邊界及目的地。



下圖為正在開掘中的階地的品位控制分界線。



圖 36：品位控制分界線

3.1.3.2 礦坑優化

Mutanda 技術團隊提供了一個 Whittle 礦坑優化計劃，對三類資源進行建模。使用的資源組合受當前採礦區域限制，並考慮探明的、控制的和推斷的資源分類方法。

Whittle 軟件用在評審過程中於開展露天礦坑優化。

下表為 Mutanda 的礦坑優化參數假設。

表 9：Mutanda 優化參數

優化參數	單位	Mutanda 參數
參考開採成本	US\$/t	3.93
加工成本	US\$/t	89
銷售成本 - 銅 (Cu)	US\$/t Cu	1 487
銷售成本 - 鈷 (Co)	US\$/t Co	7 054
折現率	%	10
銅回收率	%	90
鈷回收率	%	80
銅價	US\$/t	5 500
鈷價	US\$/t	24 250



3.1.3.3 礦坑設計

中部礦坑所在區域包含以前業主所用巷道留下的小邊坡崩塌區。所選最優 Whittle 邊界被用於設計最終礦坑。物料主要通過自由挖掘挖出，階地受到良好維護。下圖為從南部方向拍攝的中部礦坑照片。



圖 37：中部礦坑照片

下圖為從東部方向拍攝的東部礦坑照片。此礦坑的占地面積比中部礦坑大。所有礦坑均設有雙斜坡通道，以確保安全並降低小邊坡崩塌可能帶來的生產損失風險。



圖 38：東部礦坑照片



下圖顯示了東部和中部礦坑的當前開採面位置。

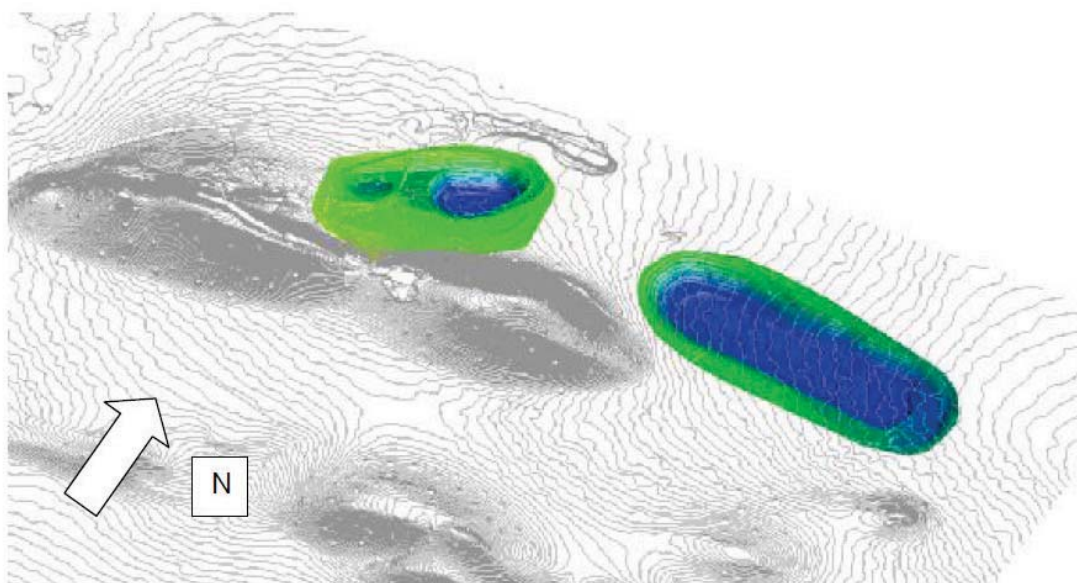


圖 39：Mutanda 當前礦坑勘察圖

下圖顯示了當前地貌下的最終礦坑設計方案。本設計基於最優 Whittle 礦坑邊界採用的礦坑設計標準。應該指出的是，本礦坑設計僅包括開採氧化物儲量之後開採的硫化物礦石。礦坑另有大量的硫化物資源存在，它們也納入了資源模型。

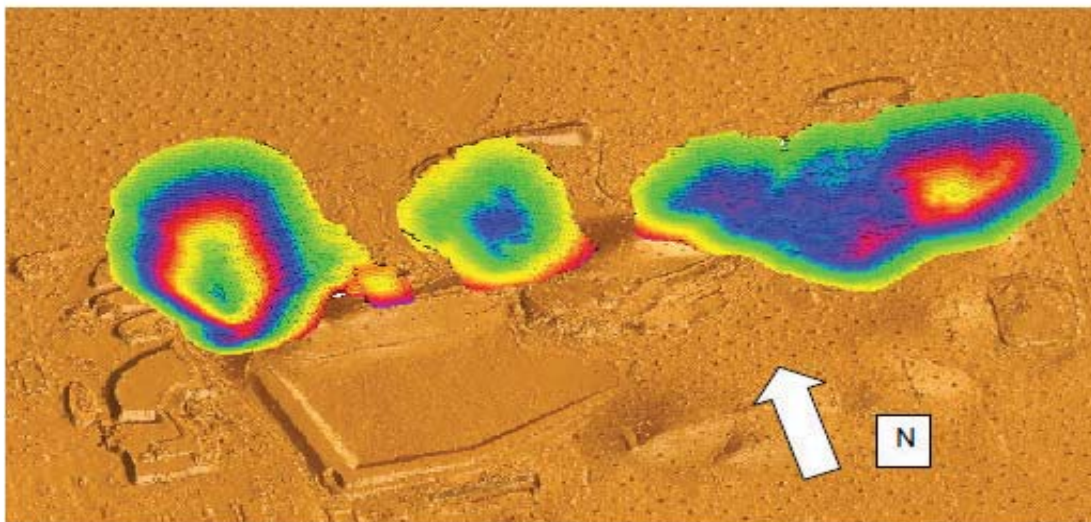


圖 40：Mutanda 礦坑設計

礦坑設計標準基於當前的礦坑設計實踐，主要指標見下表。



表 10：Mutanda 礦坑設計標準

礦坑設計標準	單位	Mutanda
階地高度	米	5.0
圍擴帶寬度	米	4.0
傾斜角度	度	65.0
斜坡寬度	米	20.0
斜坡梯度	度	5.2（11 分之 1）

3.1.4 生產計劃的制定

3.1.4.1 加工廠

Mutanda 礦坑的產能計劃為回收銅達 11 萬噸，回收鈷的加工能力上限為 2.3 萬噸。共計已產出 5,990 萬噸的礦石，2022 年的預計礦石產量最高達 4.2mtpa。銅產量在 2011 年和 2012 年可通過現有堆場實現。總共有 220 萬噸的礦石從高品位堆場加工而得。在鬆散堆積密度資訊獲得核實並完成體積到噸的換算前，高品位銅和低品位堆場（分別參見第 3.1.2.2 節和第 3.1.2.3 節）被排除在生產計劃（以及整個儲量估算和財務模型）之外。這表示存在較大上調潛力，因為在當前計劃中不包括額外 269,600m³ 的 9.7% 銅和 3% 鈷及大約 1,000,000m³ 的 0.7% 銅。這實際上會使得在早幾年的廢料剝離要求有所降低，因為有更多的工廠給料可以直接用來滿足加工廠的需求。採礦規劃標準列表如下。

表 11：Mutanda 開採進度標準

開採進度標準	單位	Mutanda
產量（回收銅上限，不包括堆浸回收的銅）	ktpa	100
產量（回收鈷上限）	ktpa	23
進度開始日期		2011



礦產專家報告：MUTANDA

下表為 LOM 工廠給料生產計劃（含堆場）。

表 12：Mutanda 礦坑開採（LOM）生產計劃（含高品位堆場）

Mutanda	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
礦石 (t)	*000t	706	2 247	2 389	2 751	2 774	3 241	3 208	3 622	3 173	3 507
回收銅	*000t	24	80	100	100	100	100	100	100	100	100
回收鈷	*000t	13	23	23	23	23	23	23	16	15	19
廢料 (t)	*000t	6 952	12 484	14 286	13 903	13 880	13 389	13 423	12 988	13 460	13 108
銅品位	%	3.78	3.96	4.65	4.04	4.01	3.43	3.46	3.07	3.50	3.17
鈷品位	%	2.22	2.03	1.45	1.18	1.40	1.22	1.29	0.56	0.59	0.66
銅含量	*000t	27	89	111	111	111	111	111	111	111	111
鈷含量	*000t	16	46	35	33	39	40	41	20	19	23

Mutanda	單位	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
礦石 (t)	*000t	3 906	4 185	3 756	3 211	3 465	3 850	3 265	2 794	3 302	278
回收銅	*000t	100	100	100	100	100	100	100	100	100	8
回收鈷	*000t	23	23	21	14	11	23	23	21	23	3
廢料 (t)	*000t	12 688	8 985	1 908	1 899	4 243	5 503	5 237	1 799	2 291	65
銅品位	%	2.84	2.66	2.96	3.46	3.21	2.89	3.06	3.98	3.36	3.35
鈷品位	%	0.86	1.00	0.69	0.55	0.41	1.11	1.23	0.95	1.13	1.35
銅含量	*000t	111	111	111	111	111	111	111	111	111	9
鈷含量	*000t	34	42	26	18	14	43	45	26	37	4

下圖顯示了 R5 高品位堆場、礦坑輸出的氧化礦石以及混合礦石中 70%氧化物的工廠給料噸數。在第一個 5 年作業期內工廠給料平均品位為 4.14% 銅。按照剝離暴露足夠的氧化物和留出足夠礦坑空間進行較大範圍作業的要求，到 2021 年，每年的廢料產量需達到 1,300 萬噸。

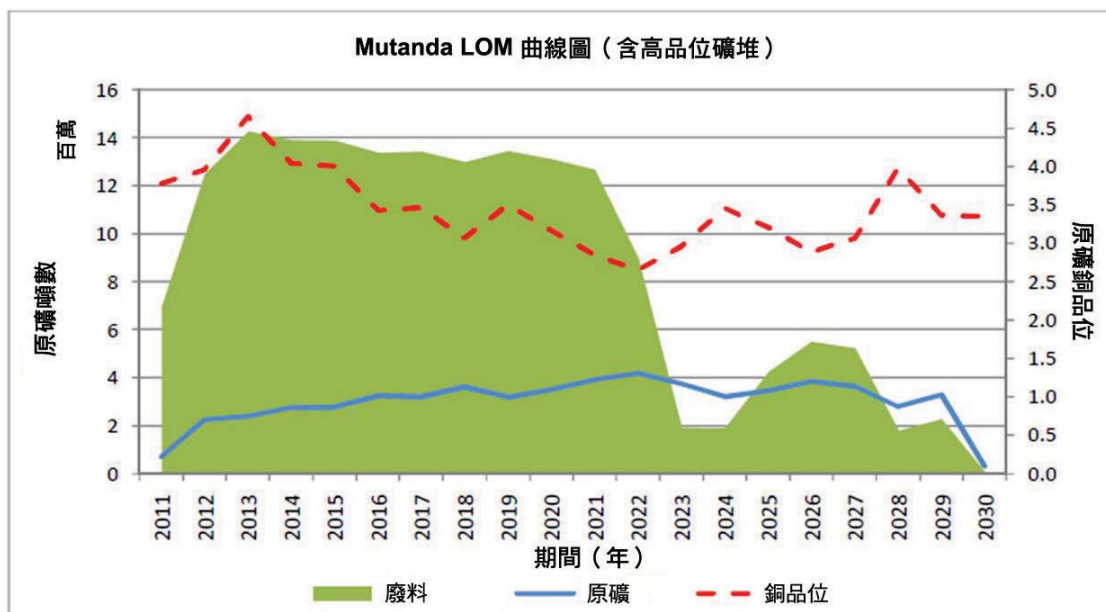


圖 41：Mutanda 生產計劃（含高品位堆場）

2013 年起從礦坑內全面開採礦石，開始的前兩年，設備給料大部分來自現有堆場。

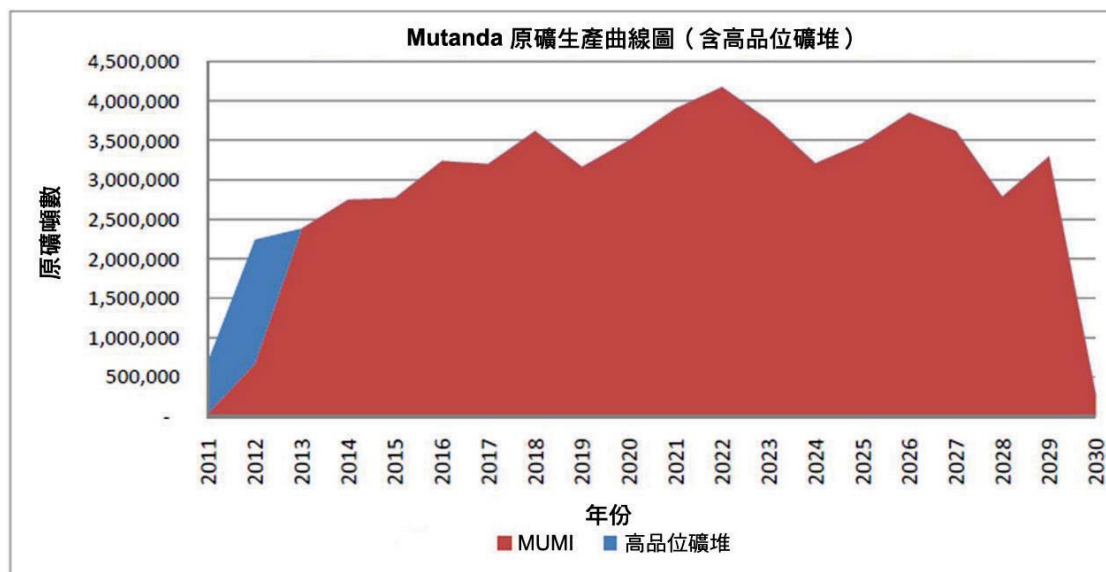


圖 42：Mutanda 工廠給料噸數

採礦作業產生的硫化物來自優化礦坑邊界和礦坑設計的硫化物礦石及含 30%硫化物的混合礦石。對於混合礦石需進行選擇性開採，即有選擇性地對 30%的硫化物進行裝載和運送。正在使用現有硫化礦堆場並對其進行擴建。



礦產專家報告：MUTANDA

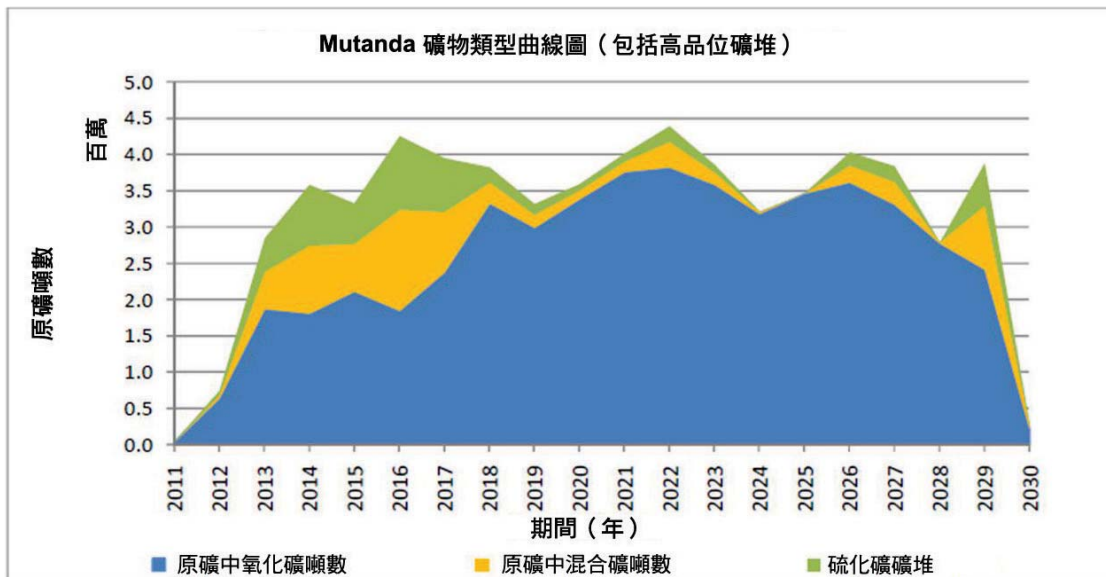


圖 43：Mutanda 作業礦石類型曲線圖

根據 Mutanda 的開採計劃，回收銅加工上限為每年 10 萬噸，不包括堆浸回收的銅。全部開採要等到 2013 年實現。

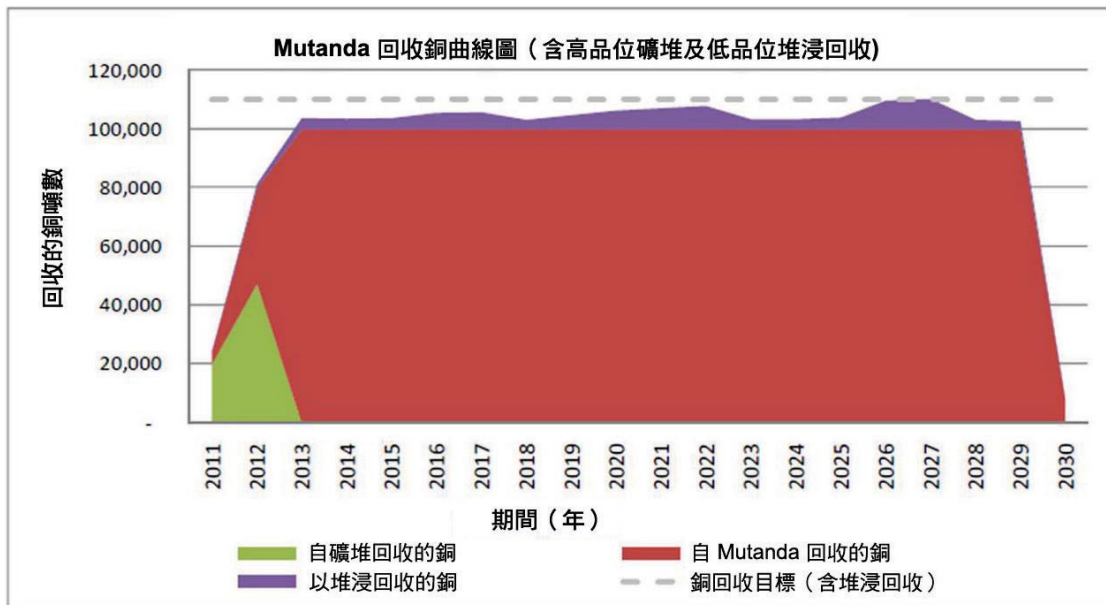


圖 44：Mutanda 作業回收銅曲線圖

LOM 計劃中開採進度的驅動因素是銅。鈷的回收依據的是已確定的開採順序，維持在每年 10 萬噸的產量，不包括堆浸回收的銅。可以看出，銅和鈷的比例隨深度增加而下降，受此比例影響，回收的鈷的產量低於加工目標。要解決這一問題，有很多辦法可供選擇，其中包括：



礦產專家報告：MUTANDA

- 利用低品位堆場材料；
- 利用堆浸回收銅後廢棄的礦石；及
- 把不符合銅的邊界品位但其中鈷值被認為適合作為工廠給料的礦石單獨堆放。

需要做進一步調查和建模來優化生產計劃，因此，這並未包含在本 MER 內。

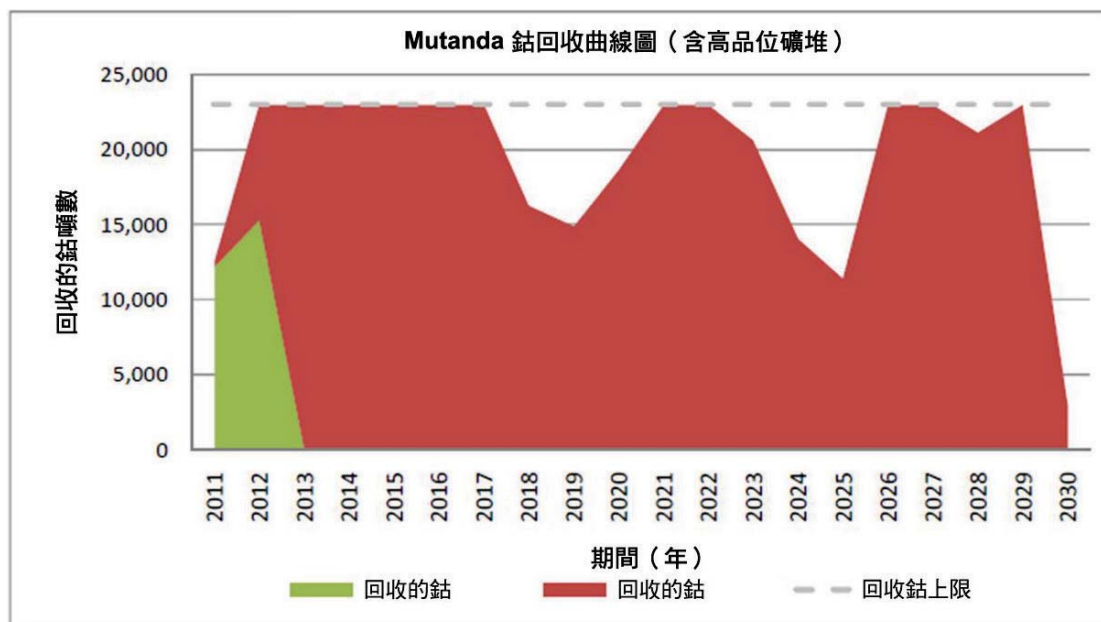


圖 45：Mutanda 作業回收鈷曲線圖



儲量的預測依據的是堆場和原礦（ROM）開採情況。很顯然，「推斷資源量」類別的材料具有非常低的開採量。

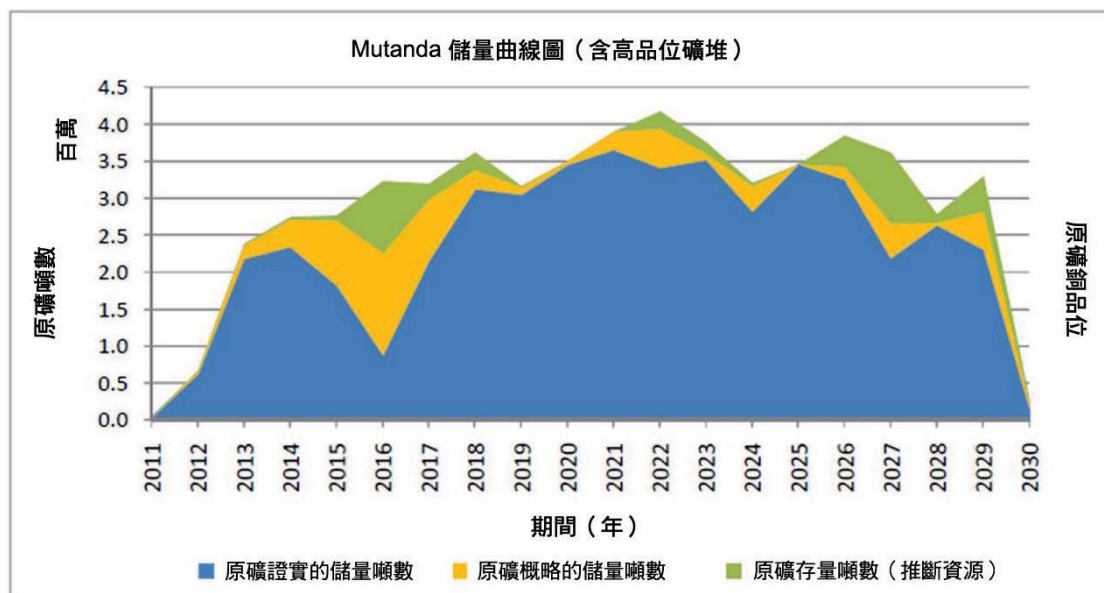


圖 46：Mutanda 儲量曲線圖

3.1.4.2 堆浸

下表為計劃堆浸加工處理的輸出和低品位堆場。

表 13：Mutanda 堆浸礦坑開採（LOM）生產概況（含低品位堆場）

堆浸堆場	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
低品位礦石	*000t	20	314	880	765	852	1265	1300	670	1075	1399
堆浸銅%	%	0.49	0.57	0.57	0.60	0.58	0.58	0.59	0.61	0.58	0.59
以堆浸回收的銅	t	68	1 255	3 537	3 217	3 481	5 111	5 351	2 867	4 373	5 807
以堆浸回收銅的目標噸數	t	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000

堆浸堆場	單位	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
低品位礦石	*000t	1517	1717	708	722	896	2187	2164	700	610	21
堆浸銅%	%	0.63	0.60	0.63	0.62	0.58	0.58	0.63	0.60	0.61	0.65
以堆浸回收的銅	t	6 679	7 254	3 105	3 136	3 646	8 955	9 504	2 937	2 608	98
以堆浸回收銅的目標噸數	t	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000

可以看出，堆浸作業回收的銅噸數平均為每年 5,000 噸。

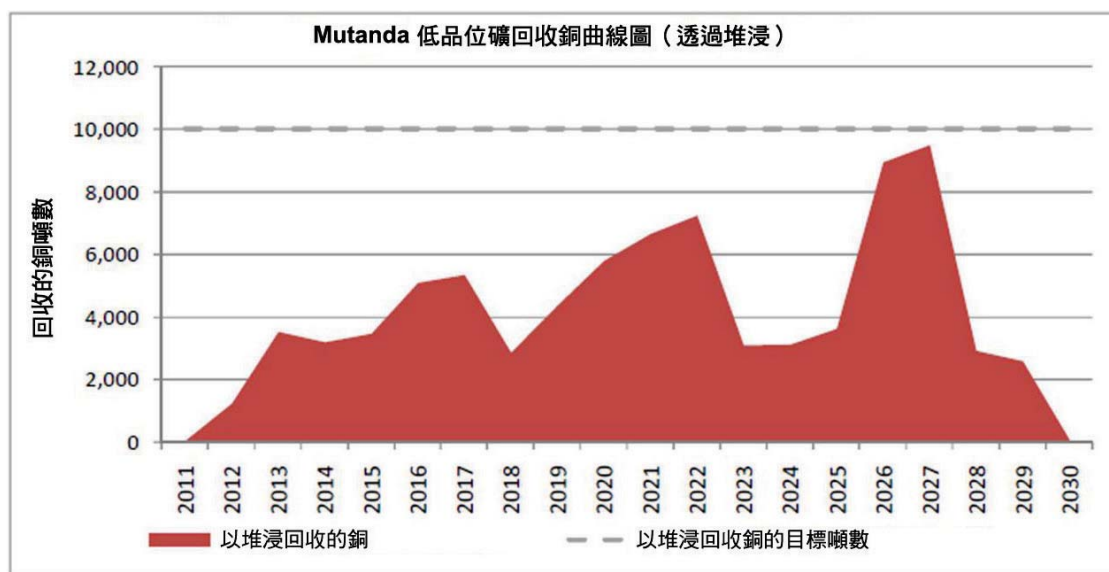


圖 47：Mutanda 堆浸回收銅生產計劃

3.2 儲量估計

對 Mutanda 進行儲量估算依據的是以 2010 年 12 月 31 日為基準日期生成的礦坑優化方案、礦坑設計方案和生產計劃。下表為估算的礦物儲量。

表 14：Mutanda 綜合儲量表

開採作業	證實儲量			概略儲量			合計		
	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷
Mutanda 礦坑	47,176	3.4	0.9	6,570	3.1	1.2	53,746	3.4	0.9
ROM 高品位堆場	2,227	3.4	2.3				2,227	3.4	2.3
合計	49,403	3.4	1.0	6,570	3.1	1.2	55,973	3.4	1.0

3.3 機會

有多個有利的機會顯示存在上調的潛力，這些機會包括：

- 過渡區域包含的硫化物在礦山生命期內進行開採和堆放。此類硫化物的數量達 560 萬噸，且品位在作業邊界品位之上。
- 隨著當前氧化物開採完畢，硫化礦體將顯露出來。在當前作業生命期末期可能會存在較大上調潛力，但前提是在當前氧化銅礦坑完成大部分預開採工作之時具備硫化銅處理能力。
- 除了 R5 高品位堆場外，存在尚未納入 LOM 計劃的各種高品位和低品位堆場。在將其納入的 LOM 計劃前，需開展額外工作，重新建立鬆散密度模型。
- CNW 區域內氧化物資源的地下開採潛力。



3.4 風險

與 Mutanda 有關的潛在風險包括：

- Mutanda 原經營規模較小，實施選擇性開採且產量較低。按照本 LOM 計劃，作業必須調整至較高產量，允許有合理損失和貧化。
- 中部礦坑以南處於臨時停產狀態的礦坑包括一些無法完全在地圖上表示出的有限地下巷道。這會對該區域的開採量產生負面影響，儘管不會影響到東部和西北中部（CNW）礦坑的任何開採作業。
- Kansuki 項目區域需要開闢 4km² 的額外空間傾倒廢料。由於回填量有限，因此這可能對項目構成潛在的高風險。不過，通過加工現有堆場可減輕這一風險。
- 目前的 LOM 計劃共包含 560 萬噸硫化礦。需要設立專門的堆場區域。由於空間有限，如果要求連續進行再處理，會增加開採成本。
- 目前的 LOM 計劃共包含 1,190 萬噸低品位礦石。需要設立專門的堆場和堆浸區域。由於空間有限，如果要求連續進行再處理，會增加開採成本，儘管所有原礦低品位材料在開採出後將會先放在料堆上。「廢」礦石的再處理和現有堆場的可能利用將需要一筆再處理費用。
- 在 Kansuki 項目區域，需考慮廢料剝離的要求。本 LOM 計劃假設會達成合適的協定。Kansuki 區域出產的任何礦石均未納入本評估。

4.0 廠房和設備

4.1 一般過程述評

Mutanda 礦床似乎對於迄今為止發現的表層沉積物中貴重銅和鈷成分的開採和回採存在相當大的上漲潛力；氧化物資源的地下開採也仍然有相當大的潛力。

我們考察時，初步加工設施已進入建造階段，該銅設施銅金屬加工產能為 20,000 噸/年（「tpa」），計劃於 2010 年 11 月全面投產。這似乎是一個可實現的目標，但仍取決於材料的可用性及承包商在現場施工的表現。截至 2011 年 1 月 1 日，該廠按照試運行計劃提升了產量，2010 年回採銅目標已超額完成，2010 年生產的電解銅共計 1,851mt。

加工廠將生產商品品質的電解銅板和品位為 40% 的氫氧化物形式的鈷鹽。

我們考察時，溶劑萃取（「SX」）和電解沉積（「EW」）廠正處於試運行階段，該廠使用自小規模堆浸作業產生的母液溶液（「PLS」）以實現預算的銅產量目標，第一批電解銅正按預算生產。

該工廠建設在 Mutanda 特許礦區內一塊礦化情況未知的未開發土地上，該土地可自由進出。

從 2009 年 5 月最初創辦，工廠將只花 18 個月就能完成建造並投入運行。

Mutanda 目前在一個 3 階段擴建項目中處於第 1 階段：調試運行。該階段完成後，將形成最高年產 110,000t 銅和 23,000t 鈷（氫氧化物鹽形式）的加工產能。

目前，第 2 階段建設進展順利，計劃在 2011 年 8 月 31 日機械竣工。一個短工期項目正在進行中，計劃在 2010 年 4 月初實現 SX-EW #2 的投產，以及於 2011 年 7 月前實現 SX-EW#3 的投產--兩者產能均為 20,000t，SX-EW #2 利用第 1 階段的銅回路但提高了給料品位，SX-EW#3 則新建了堆浸設施。該堆浸設施屬於擴建的第 3 階段，目前正快速推進，目標是使 2011 年起銅產量得到大幅提高。第 2 階段的工廠投產後，該階段的 SXEW 產量將達到或接近其銘牌額定值。



第 3 階段為 40,000t 銅的短工期擴建部分，包括升級電解室的變壓器容量，將 EW#1、EW#2 和 EW#3 的銅產量從 20,000t 提升至 25,000t。此外，將安裝第 4 個額定產能為 35,000t 的電解室，確保電解室總產能達到每年 110,000t 銅。第 3 階段中對第 2 階段 SX 工廠的額外投資將使第 2 階段年產量達 80,000t，其中的 20,000t 來自第 1 階段。額外增加的產量（10,000t）預計來自西北部堆浸設施。第 3 階段計劃於 2012 年第 1 季度完成。

截至 2011 年 1 月 1 日，Mutanda 已超額完成 2010 年所有預算內銅相關目標。

待第 3 階段工廠完全投產後，堆浸設施將用於處理低品位 Mutanda 礦石（0.5-0.85%銅）並可將 Mutanda 加工設備的輸出能力提升為 110,000tpa 電解銅。

第 1 階段鈷回路預計到 2011 年 1 月底機械竣工，2 月開始調試運行。

產能為 390tpd 的制酸廠，和產能為 73tpd 的液體 SO₂ 廠正在建造中，預計於 2011 年 8 月 31 日完工。建成之後，不但 Mutanda 可保持超過 30 天的酸庫存量，且尚比亞的供應穩定時，Mutanda 的酸/SO₂ 生產成本也將降低，並帶動營運成本大幅降低。

所有工廠的工程設計都以三維模型中模擬，下文載示產能 20K 的工廠的詳細情形。圖 48 為綜合的第 1 階段和第 2 階段工廠的示意圖。



礦產專家報告：MUTANDA



圖 48：3D 模型--20,000 tpa 銅加工設備

2011 年 5 月 4 日
報告編號 12971-10171-3



礦產專家報告：MUTANDA

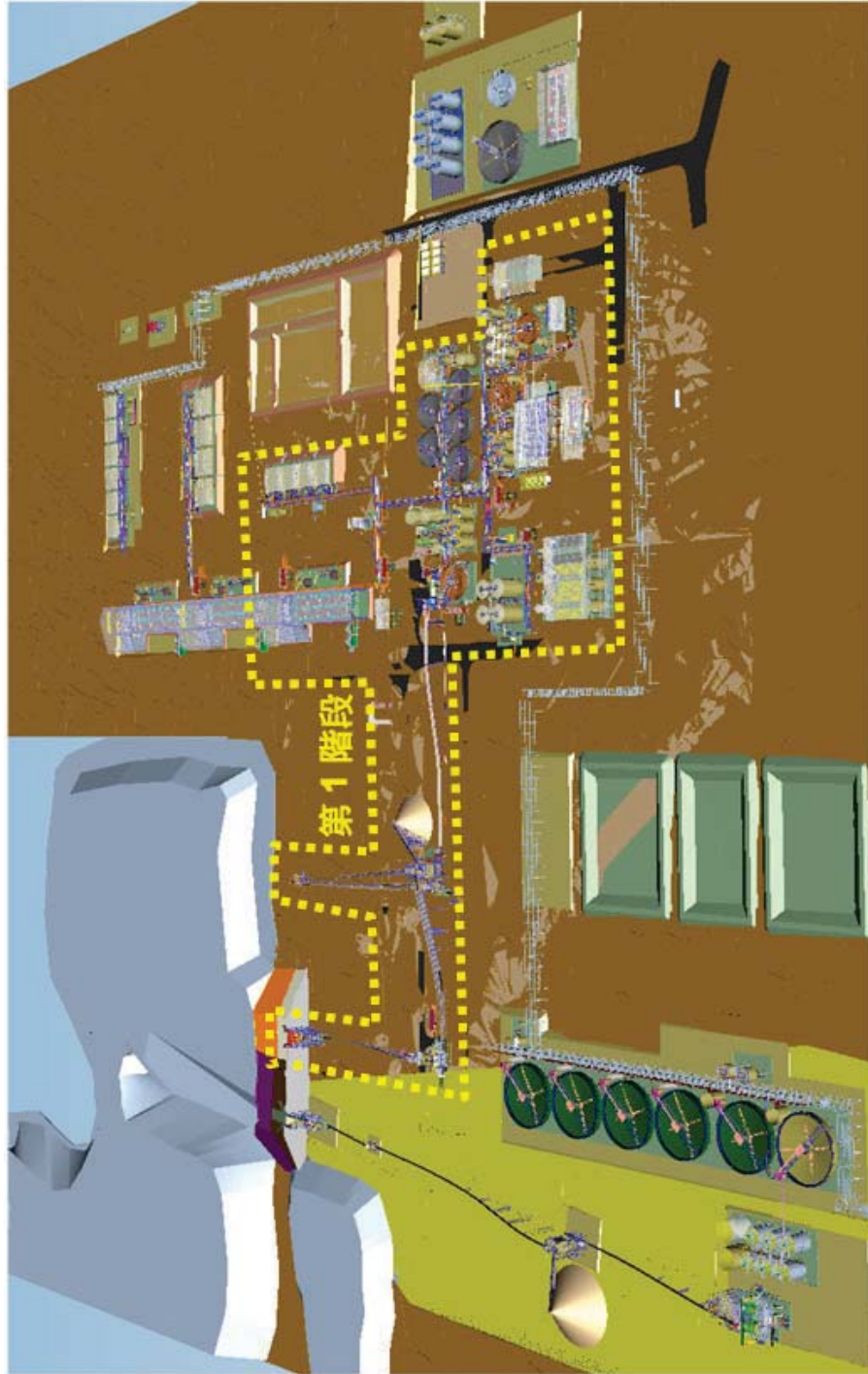


圖 49：綜合的第1階段和第2階段設備佈置示意圖



礦產專家報告：MUTANDA



圖 50：正在建造的電解沉積建築，背景是第 2 階段建築



4.2 工廠估價

由於加工廠尚未投產，當前的成本必須被視作資產負債表上的負債，直到輸出產量抵消資本支出（Capex）和正在發生的運營成本（Opex）。然而，該工廠實際存在，供開採礦床之用，這應該被視為估值項目的正向收入項。

此項目已分成了資本成本預算和運營成本預算。資本成本預算包括工程採購、施工和管理（EPCM）項目的所有組成部分，包括業主成本及第一次裝填的備用品和第一次裝填的試劑。由於工廠位置偏遠，決定第一次裝填至少夠用 30 天的試劑。已經提交了 2010 年和 2011 年的運營成本預算，該預算依據的是基於測試工作和行業消費量標準而編制的工廠工藝設計標準。

已經根據第 10.0 節所述，在經濟評估中，已經考慮到工廠和設備的價值。

4.3 產能為 20,000 tpa 的加工廠

我們考察時，最初的 20,000 tpa 銅生產廠正在建設中，預計於 2010 年 11 月啟用。預計建設很有可能在擬啓用時間前完工。

我們已對擬議工廠進行調研，假設其在 4%銅和 2%鈷的設計原礦品位下處理 560,000 tpa 原礦（「ROM」）礦石。此工廠的銅年產量預計為約 20,000 tpa 商品品質的電解銅和 11,000tpa 鈷（氫氧化物鹽形式）。

擬定的加工設施包括如下區段：

- 破碎和清洗；
- 研磨和分類；
- 浸取前濃縮；
- 浸取；
- 封流傾池（CCD）和母液（PLS）澄清；
- 溶液儲存；
- 尾礦處置；
- 銅溶劑萃取（「SX」）；
- 銅電解沉積（「EW」）；
- 鐵/錳沉澱、濃縮及過濾；
- 鈷沉澱、濃縮及過濾；
- 氫氧化鈷濾餅乾燥及包裝；
- 試劑服務；及
- 供氣和供水服務。

20,000 tpa 銅生產流程圖如次頁所示。

方塊圖

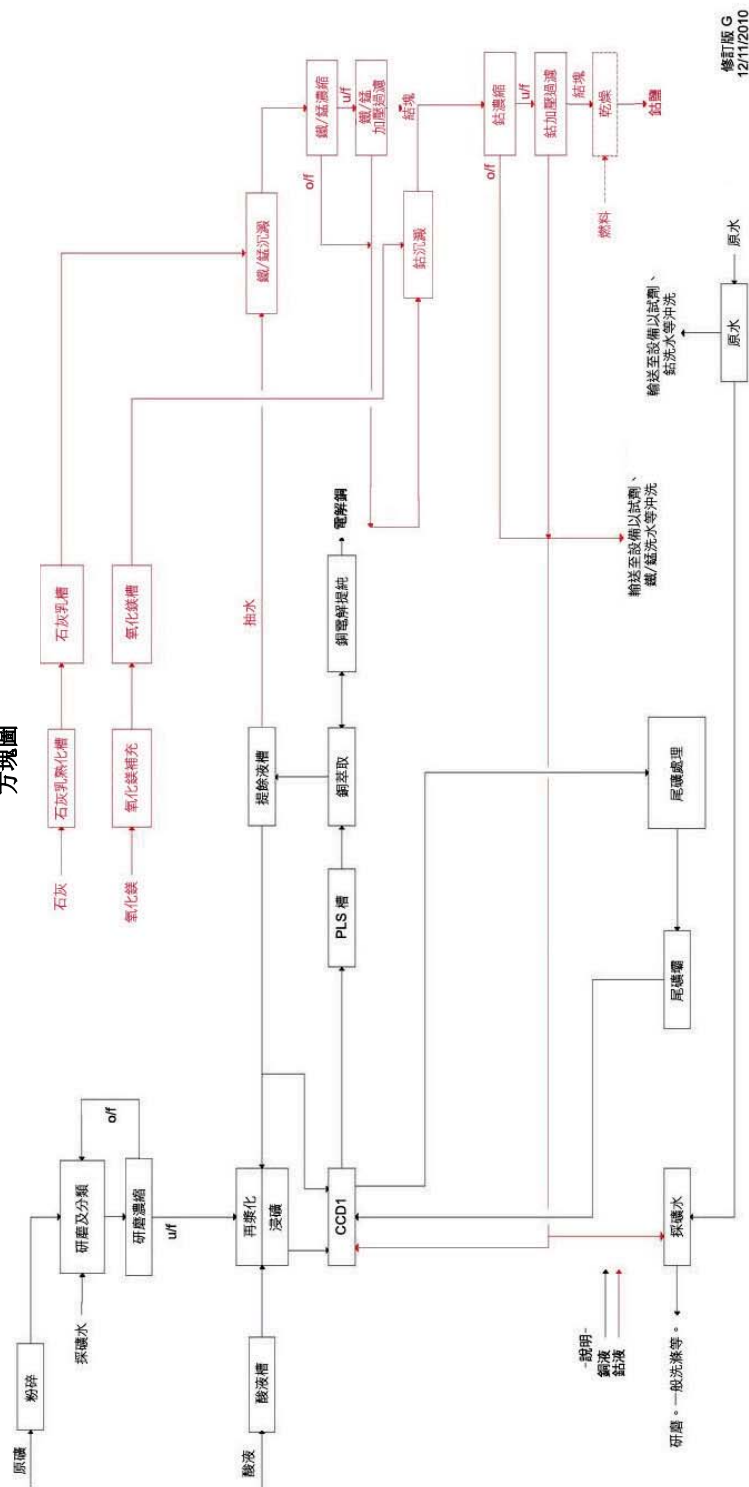


圖 51: 20,000 tpa 銅流程圖



4.4 破碎和研磨

原礦礦石將被倒入配有固定格篩的原礦傾卸倉，固定格篩可確保過大礦物不會被運送到初碎機（過大礦物會堵塞破碎機）。使用變速板式給料機將礦石從原礦傾卸倉收回再送至初碎機前面的振動格篩給料機（以分離細小礦石）。按照粗碎的要求，選擇尺寸合適的單肘板顎式破碎機。

從初碎機出來的礦石在進行二次破碎和三次破碎之前要先進行清洗，除去伴隨礦石的粘土。洗滌器將配有礦石篩，通過篩子篩出的過大礦物將使用開路二次衝擊式破碎機進行破碎，礦石篩底料將在雙層篩上進行濕法篩分。這次濕篩後的過大礦物將使用三次衝擊式破碎機進行破碎，中間產物將被運送到磨機給料倉，篩底料漿將被泵送到磨機排放坑。二次破碎機和三次破碎機的產物均將在單層篩上進行篩分，過大礦物會被再迴圈到三次破碎機進一步破碎，篩底料則被運送到磨機給料倉。在每台衝擊式破碎機前面都將安裝給料倉，確保向破碎機提供一致的給料。

破碎區域在設計時將包含抑塵系統。將使用噴水系統來控制加工粉塵和揚塵的排放。

設計粉碎流程時，以礦石的粉碎特點為基礎。設計輸送裝置時要使其能運送與預計整體密度下額定乾燥給料容量相當的濕當量。



圖 52：初碎機



圖 53：給料準備



圖 54：研磨區域

在研磨回路前將安裝有六小時儲量的料倉，以存儲經破碎的物料。在料倉上方將安放一個雙向分流器，在料倉填滿期間將已破碎的產物導向料堆。通過使用前端裝載機，能把物料從該料堆回收至研磨設施。



已破碎礦石的研磨和分類將通過閉路運轉的溢流卸料型濕式球磨機及水力旋流器組進行。已破碎礦石將使用變速帶式給料機和磨機給料輸送帶送往球磨機。初篩底料將被泵送至磨機排放坑，與球磨機卸料混在一起。磨機卸料和初篩底料將一起被泵送至水力旋流器組。自水力旋流器組流出的溢流料即是回路的產物，下沉後進行浸取前濃縮，而水力旋流器組的底流下沉至球磨機進一步減少尺寸。

研磨區域的設計將包括一個升降機，它將被用來壓碎進入球磨機的介質添加料。

設計研磨和分類流程時，以礦石的粉碎特點為基礎。

4.5 浸取前濃縮

水力旋流器組溢流料將在重力作用下下沉進入濃縮設施。由於在濃縮前需要對進入濃縮機內的旋流器組溢流料進行稀釋以確保固體實現最佳沉澱，設計內將包括帶有自動給料稀釋功能的高效濃縮機。濃縮機溢流料將在重力作用下下沉至工藝水箱。此水將被重新用作工藝水，減少工廠所用的淡水量。濃縮機的底流將被泵送至浸取回路。

浸取前濃縮回路的設計，將利用工作平台濃縮和流變學測試工作的結果。

4.6 浸礦

浸取前濃縮機的底流將在機械攪拌混合槽內與通過溶劑萃取而得的酸化殘液進行混合，以便將物料稀釋至所要求百分比的固體濃度實現最佳的浸取效果，並利用殘液中的游離酸。使用酸化殘液也將會減少工廠所用的淡水量。

使用酸化殘液和/或硫酸進行的浸取將在大氣條件下，在使用系列溢流級聯式配置運轉的四個機械攪拌槽內進行。同時還將向浸取槽中添加 25% W/w 焦亞硫酸鈉溶液，通過把 Co^{3+} 離子降至 Co^{2+} ，以方便 Co^{3+} 離子的浸取。

對 Mutanda Mining 提供的相似礦石進行浸取測試工作的結果和從相似作業裝置獲得的資訊均被用作浸取設計的基礎。



圖 55：浸取槽



4.7 封流傾池（「CCD」）回路

自最後一個浸取槽獲得的礦漿將被清洗，且鈷污水溶液中會加滿回壩溶液，隨後在一系列五個封流傾池（CCD）濃縮機中進行濃縮。洗水將按以下優先順序選用：工藝水、原水或殘液。

第一個 CCD 濃縮機的溢流料將在澄清池裡進行處理，減少母液溶液（「PLS」）中懸浮固體的含量。澄清池的溢流料將在重力作用下沉至 PLS 池，最後一個 CCD 濃縮機的底流將被泵送至尾礦處置槽。澄清池的底流將被泵回至 CCD 回路或澄清池給料槽。由於在濃縮前需要在 CCD 濃縮機內對最後的浸取槽的排放物進行稀釋以確保固體實現最佳沉澱，設計時將包括帶有自動給料稀釋功能的高效濃縮機。



圖 56：封流傾池（CCD）容器，背景是母液溶液（PLS）池

4.8 溶液儲存

澄清池的溢流料將被儲存在襯砌池內，並泵送進行溶劑萃取（SX）。溶劑萃取而得的殘液將被儲存在另一個襯砌池內，並泵送進行浸取。部分殘液也將排出至鈷回路。

在設計時考慮建造一個應急溶液池，收納 PLS 池和殘液池的溢流料，從而防止排放到環境。應急池將包括一種專用裝置，一旦溶劑萃取中發生火災，可接收儲存溶劑萃取的溶液。設計中還包括一個工廠集水池。

溶液存儲池的設計是以在浸取和溶劑萃取步驟之間保持充足存儲量，確保溶劑萃取和鈷回路每天 24 小時運轉為標準。因此，母液溶液池和殘液池分別採用 24 小時和 30 小時的停留時間。

4.9 溶劑萃取（「SX」）

母液溶液（PLS，水相）將會被泵送至兩個萃取混合沉澱器，和包含萃取劑及稀釋劑的有機溶劑溶液（有機相）進行混合。溶劑溶液將 PLS 中的銅提取出來，產生載銅有機溶液（負荷有機溶液）和不含銅的水溶液（殘液）。

負荷有機溶液將在兩個剝離混合沉澱器中與電解沉積溶液（廢電解液）混合，並被剝離銅，產生初步電解液。此初步電解液將使用雙介質篩檢程序進行過濾，除去夾帶的有機溶液，防止在沉積銅上發生「有機燃燒」。



隨後，將使用換熱器對初步電解液進行加熱，再對其進行電解沉積。萃取過的溶劑溶液（萃取過的有機物）將被返回至萃取混合沉澱器。

污物將在三相臥螺離心機（Tricanter）中進行處理。有機相和水相將被返回至回路。固相將被丟棄。溶劑萃取到應急池的線路上將設計兩座攔火設施。

從以前的項目和類似作業裝置獲得的資訊均被用作溶劑萃取設計的基礎。



圖 57：溶劑萃取（SX）廠



4.10 電解沉積



圖 58：電解車間外觀



圖 59：建造中的電解車間內部

在將初步電解液泵送至 66 個商用電解池之前，將先泵入 16 個拋光電解池。每個電解池均將有 48 個陰極和 49 個陽極。通過電鍍工藝，將銅電鍍在陰極板上。電解池使用不銹鋼種板作陰極和鉛板為陽極。電解沉積槽的廢電解液將被泵送回溶劑萃取工序中的萃取區段。電鍍週期過後，將陰極從電解沉積池中移出並在熱水箱



中清洗，使用半自動剝離機把沉積銅從陰極上剝離，並將種板陰極送回電解池。從陰極剝離的銅即為成品銅產品。

為實現鹼銅及年底生產目標，共動用十八(18)座電解沉積池，與堆浸及溶劑萃取設施配合作業。這樣在創收同時，也提升了整流設施和電解車間作業速度。



圖 60：建造期間將鉛陽極安裝到電解沉積池



圖 61：2010 年 9 月以堆浸作業產出的電解銅

4.11 鈷回路

鈷回路將包括兩個區段，即，鐵-錳的去除和氫氧化鈷的回收。這兩個區段都將在高溫下處理溶液。

4.11.1 鐵和錳的去除

存儲池的一部分提餘液將被再迴圈浸取，剩餘部分將在由一組四個機械攪拌槽中與石灰漿和焦亞硫酸鈉溶液接觸（pH 值：3.5）。在攪拌槽內直接加入蒸汽，把溶液加熱至約 40°C。使用低壓風機，在攪拌槽內再加入低壓空氣。在這些氧化條件下，鐵、錳、部分鋁和少量銅將會沉澱。自最後一個攪拌槽出來的礦漿將被濃縮和過濾，所產生的溶液將被泵送至鈷沉澱區域，剩餘部分則被丟棄處置。濃縮機的部分底流將被再迴圈至第一個鐵-錳沉澱槽，作為再補充料促進沉澱期間的晶體成長。

測試工作的結果和從以前的項目及作業設施獲得的資訊均被用作鐵和錳去除回路設計的基礎。



4.11.2 氫氧化鈷的回收

鐵-錳回路中濃縮機溢流料及濾液的混合料將在一組五個機械攪拌槽中與 20% m/m 氧化鎂漿料接觸（ pH 值：8.2）。在攪拌槽內直接加入蒸汽，把溶液加熱至約 50°C。在鹼性條件下，溶液中的鈷和剩餘銅將會沉澱。自最後一個攪拌槽出來的礦漿將被濃縮，並在壓濾機中過濾。濃縮機的部分底流將被再迴圈至第一個鈷沉澱槽。所產生的污水溶液將被泵送至一個襯砌儲存池，供工廠分配利用。所產生的氫氧化鈷濾餅將在帶式乾燥機中進行乾燥，並作為成品鈷產品用集裝袋包裝。

測試工作的結果和從以前的項目及作業設施獲得的資訊均被用作鐵和氫氧化鈷回收回路設計的基礎。

4.12 試劑及消耗品

設計中已納入對試劑及消耗品進行包裝、儲存和分配的設施。這些試劑及消耗品將包括濃硫酸、熟石灰、焦亞硫酸鈉、氧化鎂、凝集劑、萃取劑、稀釋劑、破碎機襯板、研磨介質和磨機襯板。測試工作期間獲得的試劑消耗情況和從以前的項目獲得的資訊均被用於估算與大部分試劑混合、儲存和分配有關的設備的尺寸。

4.12.1 焦亞硫酸鈉

設計中包含分隔槽，以滿足混合及儲存焦亞硫酸鈉的要求。包裝儲存設施的設計以每天三次包裝和保持約 10 個小時儲存及定量給料為準。

4.12.2 氧化鎂

包裝儲存設施的設計以每天 673 次包裝和保持約 4 分鐘儲存及定量給料為準。

4.12.3 凝集劑

為滿足混合及儲存凝集劑的要求，設計中除包含較大的凝集劑槽外，還考慮了分隔槽。

在經過鐵錳沉澱的工序後，可從排出的少量液流中分離獲得硫酸鈷溶液。儲存槽的容量將為一天的量。

4.12.4 稀釋劑和萃取劑

稀釋劑將被存儲在一個單獨的儲存槽中，該儲存槽將容納溶劑萃取回路約 40% 的有機剩餘液。稀釋劑將被定期加入溶劑萃取回路。

萃取劑則就存儲在運送萃取劑的 ISO 集裝箱內，通過一台泵定期直接從集裝箱中抽取，加入溶劑萃取回路。

4.12.5 研磨介質

球磨機研磨介質消耗量採用 Bond（邦德）估算法，以從粉碎測試工作獲得的磨損指數結果為基準計算。

球磨機襯板消耗量一直採用 Bond（邦德）估算法為基礎，以從粉碎測試工作獲得的磨損指數結果為基準計算。

4.13 供氣和供水服務

4.13.1 供氣服務

一般來說，工廠將使用高壓空氣，此外，鐵和錳濃縮及過濾、鈷濃縮及過濾、以及儀表氣源使用的也是高壓空氣，高壓空氣將通過四台螺杆式壓縮機（運行三台，備用一台）提供。

鐵/錳沉澱過程則必須使用低壓空氣，將通過四台低壓壓縮機提供。如果其中一台低壓空氣壓縮機在運轉時出了故障，將需要採購一台裸軸低壓空氣壓縮機安裝使用。

4.13.2 供水服務

整套工藝需要用到以下類型的水，各類型水對運水管規格要求不同。所需水種類包括：

- 工藝水；



- 原水（原水和消防水）；
- 飲用水；
- 密封水；及
- 安全噴淋集水箱。

4.14 其他礦物加工活動

一家產能為 50 tph 的重介質選礦「DMS」廠已經運營了三年半，生產低品位的鈷/銅精礦。工廠產出的精礦以 1t 的噸袋運出。該工廠為項目貢獻可觀現金流，保障了濕法冶金廠投入使用之前礦區基礎設施的建設。

按計劃 2011 財政年度該 50tph 選礦廠將繼續運營，預計將利用 25%品位的氧化銅精礦生產 17,133mt 銅（運至尚比亞），補充提升電解銅的生產能力。

4.14.1 制酸廠

一座 390 tpd 硫酸廠和一座 73 tpd 液體 SO₂ 廠正在建造中，預計於 2011 年 8 月完工。建成後將無需自公路用卡車運送硫酸，運送制酸廠試劑所需的卡車數量也將減少。液體 SO₂ 廠所產出的 SO₂ 將替代金屬鈉亞硫酸氫鹽用於鈷的析出。按照目前進口這些試劑的成本計算，工廠建成後每年將節省約 3,000 萬美元的開支。



圖 62：鈷 DMS 廠



圖 63：篩選廠



4.15 擴建計劃

下一階段生產設施建設正在進行，計劃將額外提供 40,000 tpa 銅產能及 12,000 tpa 的鈷產能（第 2 階段），目前土木工程和機械安裝進展順利。預計到 2011 年 8 月完工。



圖 64：40,000 tpa 組合式電解沉積池已經就位

此工廠的建築設計和 20,000 t 工廠類似，但在設計時更考慮了堅固性和靈活性，便於大規模擴大生產，按計劃第 2 階段建設完成後工廠銅產能將最終達到 80 ktpa，且該廠也將納入第 3 階段擴建工程。

第 3 階段工廠設計仍在考慮階段，擬利用第 2 階段工廠擴建靈活性的優勢，將銅產能進一步提升至 110 ktpa，但預計不會擴大鈷的產能。第 3 階段預計花費為 1.03 億美元，在 2012 年第一季度完工。第 3 階段和第 2 階段將同時建設。

從次頁的方塊流程圖可以看出，第 1 階段和第 2 階段的工廠形成一個整體，只要有可能，就使用「複製粘貼」方式，精確複製設計，以儘量減少工程設計成本，縮短建設工期。





4.16 風險

原材料運輸到該國的物流構成與運營相關的一項重大風險。Mutanda 對於進出口物流均積累了寶貴經驗，其中進口物流主要涉及基建材料的採購，出口則主要與精礦出口相關。Mutanda 每月透過其合作夥伴從剛果民主共和國派出約 400 - 500 輛卡車，另有 300 - 400 輛卡車運輸消耗品和資本項目入境。公路運輸還存在其他潛在風險，Mutanda 已採取措施盡量減輕該等風險。此外，每月有 3,000 - 4,000 t 對外出口的貨物通過鐵路運往 Ndola，然後再通過公路轉運到南非。

在供電方面，盡管已就相關問題與相關方協商且達成一致意見，但實際的電力輸送仍存在一定程度的相關風險，項目團隊已積極採取措施減輕該等風險。

至於社會風險，按第一世界發達國家的標準，剛果民主共和國社會並不穩定，可能會出現不同程度的勞資糾紛。但應該指出，截至目前為止，Mutanda 的礦區並未出現任何勞資糾紛，且 Mutanda 一直致力於從當地村莊雇用工人，以提升週邊區域的生活品質。Mutanda 參與了包括醫療保健、農業、水工程和基礎設施建設等方面多項社會項目，切實履行其對社會責任的承諾。

4.17 小結

我們考察當時，Mutanda 第一個階段 20,000 tpa 銅和 11,000 tpa 鈷產能的設施建設接近完工。同時，40,000 tpa 銅和 12,000 tpa 鈷產能的擴建設施也在進行中，預計到 2011 年 8 月可啟用。該等設施還將進一步擴建，計劃到 2012 年第一季度銅產能最終能達到 100,000 tpa。

工廠設計運用現代技術，並選擇和安裝業界認可的設備。

一旦銅和鈷生產開始，所創造的收入不僅能覆蓋正在發生的運營成本（Opex），更能開始收回資本支出（Capex）。

5.0 尾礦和廢料

5.1 背景

Mutanda Mine 的尾礦存儲設施（「TSF」）占地面積約為 65 公頃。尾礦壩正在建造中，預計到 2010 年 12 月，第 1 階段將會完工。堤岸正在分階段建造，初期建造高度將為平均海拔（mamsl）1392 m。建成後將可儲存 2 年的尾礦量，即約 100 萬幹噸。其後還會將堤岸高度再提高 10.6m，使尾礦存儲設施的壽命延長至 10 年。10 年後，預計尾礦存儲設施將儲存約 500 萬幹噸銅尾礦。以此計算，預計每年存放尾礦為 500,000 t。將採用下游式分階段尾礦築壩法增高堤岸。堤岸從西側一直延伸到東南角（見圖 66）。尾礦壩的北側部分為天然山巒，高於初期壩牆。考慮到尾礦存一些酸性性質，尾礦存儲設施內襯複合材質「全襯裡」，包括 1.5mm HDPE（高密度聚乙烯）土工膜（見圖 67 和圖 68），覆蓋在 300mm 厚的壓實粘土層上。襯裡以下的一系列壩趾排水層可進行滲漏檢測，位於堤岸上游壩趾。這些排水層將水排向堤岸東南部的一個水坑。

主要輸送管道將是 NB 160 碳鋼管。將使用一個水龍頭系統把來自初期壩堤岸上游邊緣的礦漿沉積貯存入大壩。尾礦壩沉積的增加速度要限制在每年 1.8m 至 2.0m。將裝設一個泵駁，把尾礦存儲設施上層清水泵送流入位於 TSF 西南角的回水池（「RWP」）（見圖 66）。上層清水將被輸送回工廠進行重新使用。考慮到水的酸性性質，在回水池內也要採用相同的複合「襯裡」系統。TSF 內攔截排水和滲水的深溝在堤岸南部形成了一個水坑。水坑裡的水隨後會被泵送至回水池。

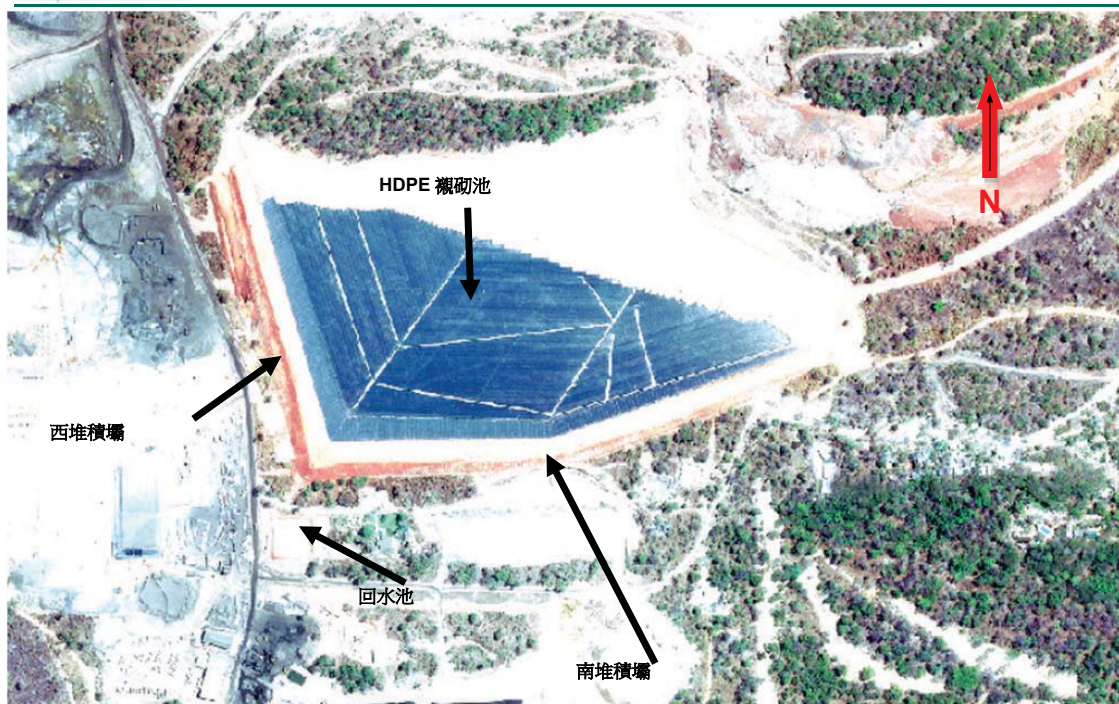


圖 66：Mutanda 尾礦存儲設施（「TSF」）佈局圖



圖 67：從堤岸西側看到的 Mutanda 尾礦壩盆地



圖 68：襯裡裝設期間的 Mutanda 尾礦壩

5.2 現有環境報告複查

下列報告用於對 Mutanda 尾礦存儲設施（「TSF」）的運營、維護和關閉情況的審核：

- 《Mutanda 尾礦存儲設施：設計和初始運營要求》(Mutanda Tailings Storage Facility: Design and Initial Operation Requirements)，報告編號：01 Final（終審），2009 年 12 月，Metago Environmental Engineers 公司（Metago 公司，2009 年）。
- 《Mutanda Ya Mukonkoto 公司項目環境評估計劃》(Mutanda Ya Mukonkoto Project Environmental Adjustment Plan)，報告編號：MUTANDA/CG/LM/002/07，2007 年，MUTANDA SPRL 公司。

5.3 法規合規性評估

根據《剛果民主共和國採礦規範》的第 64 條規定，要擁有和經營尾礦設施，礦山只需持有營業執照或「採礦許可證」，據此獲授建造尾礦存儲設施的特許權。為獲得該許可證，必須參考礦山向礦業部（CAMI）提交的《可行性報告》或《環境影響報告書》（EIS）中的尾礦控制或污水排放方法。Mutanda 提交了一份《環境評估計劃》（「EAP」），這也是可以接受的。Mutanda 持有 PE662 特許營業執照，Mutanda 尾礦存儲設施就是依據該特許權建造的。因此，根據第 64 條規定，Mutanda 事實上有權擁有及經營 Mutanda 尾礦存儲設施，因此 Mutanda 可以開採資源和開發/建造必要的配套基礎設施（如尾礦設施）。

由於事實上尾礦壩仍在建造中，對尾礦壩的評估只能依據設計報告（Metago 公司，2009 年）以及尾礦壩投產運營後將要採取的措施進行。

根據設計報告，常規作業程序包括：

- 修補堤岸外的任何侵蝕損壞；



- 每隔三四年旋轉和反轉尾礦輸送管道；
- 恢復所有標記；
- 除去所有受損或堵塞的閥門、管子和水龍頭並進行恢復；
- 確保防火帶維護良好（必要時）；及
- 移動高密度聚乙烯（HDPE）管。

上述作業程序應由 Mutanda 負責完成。

5.4 識別存在環境風險及影響績效的主要領域

與設施運營有關的環境風險主要存在於以下領域。下文同時列出計劃採用的用於緩解風險的措施（載於尾礦壩設計報告）。

- **灰塵：**一旦尾礦存儲設施投入運營，在其週邊區域應執行灰塵監測。
- **地下水：**如設計報告所述，已按規劃安裝監測井眼，用於監測尾礦存儲設施週邊區域的地下水水質。
- **滲流/洩漏：**已在堤岸上游壩趾處 HDPE 管下方安裝了滲漏檢測排水層。對出口流向這些排水層的流量，每週進行測量。
- **地表水：**在北部和東部通道的上游側將建造暴雨水溝，攔截所有暴雨水，確保潔淨水和污水分開。
- **出水高度：**在尾礦壩生命期內，要把尾礦庫和堆積壩外坡坡頂最高點之間的最小出水高度維持在 900mm。將裝設一個泵駁，把尾礦壩的上層清水泵送流入回水池（「RWP」），維持規定的出水高度。
- **穩定性：**在尾礦壩西南角要安裝壓力計，並將隨著堆積壩高度的增加延伸。這些壓力計將會每週測量壓力。
- **關閉：**必須小心注意堆積壩的下游斜坡。只要出現形成沖溝的跡象，必須立即修補，直到植被開始生長，有利於堆積壩長期復原。由於堆積壩西南角是最高的一部分，因此非常重要。還應考慮種植短期植被，防止斜坡受到侵蝕。

5.5 復原規定及責任的審核

尾礦存儲設施設計報告（Metago 公司，2009 年）中已納入 Mutanda 尾礦壩的關閉和復原目標。關閉計劃尚未編制完成，但對於尚未投入使用的尾礦存儲設施而言，編制該等關閉計劃乃屬於標準實踐。因此還需要編制詳細的尾礦存儲設施關閉計劃，並進行成本估算。此計劃隨後就可以納入礦山的整體關閉計劃，後者已編制完成並作為 EAP 的一部分提交，但目前尚未包括尾礦存儲設施。

5.6 健康安全計劃評估概要

作為 EAP 的一部分，已擬訂了一份礦山健康安全管理計劃，其中涉及 Mutanda 尾礦存儲設施。計劃中列出了負責確保現場人員及基礎設施安全的負責人。將編制一份應急預案並把它納入使用及維護手冊。

5.7 受傷及死亡情況統計說明

由於尾礦壩仍在建造中，所以還沒有相關的受傷及死亡情況統計資料。



6.0 關閉

6.1 關閉成本審核方法及局限性

6.1.1 方法

審核所提交關閉成本時，是以根據現有資訊編制的參考關閉成本估算為基礎。採用方法歸納如下：

- 主要根據 Google Earth 以及有限的、獲提供的計劃確認相關礦區及配套基礎設施，並標出範圍；
- 按相似狀態，分類區分上述採礦作業區內的基礎設施和土地使用子範疇，例如，輕型、中型或重型基礎設施區、廢礦和廢品堆場，以及地面中度或嚴重受擾動區域等；
- 根據圈定區域的現有資訊以及測量資料，使用 AutoCAD 工具說明設施的類型、性質和規模；
- 參考 GAA 最近獲得的投標、非洲近期開展的類似工作以及諮詢拆遷人員，確定工廠拆除、拆遷以及相關恢復工程的單位費率；
- 將上述單位費率及相關資料填入分類試算表，以說明各項關閉成本，便於成本審核；
- 按 GAA 在本次審核中採用的方法，客觀釐定參考關閉成本，並將成本核算結果與其他顧問公司估算的關閉成本進行比較；
- 編制報告，說明 GAA 確定關閉成本和進行成本比較所採用的方法。報告同時還應列出為確保今後關閉成本能得以降低並更切合實際需注意的事項。

6.1.2 局限性

- 本次現有關閉成本的審核為前期評估，因此，GAA提供的關閉成本估算僅供參考，作為比較各現有成本和進行適當性評估（以金額為基準）的基礎。為對整個審核項目尋求支持資料，及解決與關閉成本有關各項問題，GAA對礦山進行了為期一天的實地考察。這麼短的實地考察時間不足以全面瞭解與關閉相關的各種現場情況；
- 本次審核時，尚未有地圖能描繪處於礦山控制範圍和/或成本估算條款必須涵蓋的確切區域。因此，必須做出假設，反映 GAA 對關閉成本相關礦山界區和相關地點的「最好」理解。

6.2 現有資訊

用於估算關閉成本的資訊來源如下：

- 《關閉工程量成本明細表》(closure Cost Schedule of Quantities.xls)，Knight Piesold Consulting 公司；及
- 《Mutanda Mining 2010 年 Mutanda 銅鈷礦關閉成本評估》(Mutanda Copper and Cobalt Mine, 2010 Closure Cost Assessment for Mutanda Mining)，Knight Piesold Consulting 公司。報告編號：301-00293/02。

上述 Knight Piesold 報告主要涉及為計算之目的對各分區和/或關閉成本構成進行的分類和界定，而與關閉成本測定有關的步驟和方法的相關資訊有限。

6.3 界區

上述報告及相關資訊未明確劃定適用於關閉成本的界區。界區乃根據現有資訊及 Google Earth 圖像假設而得。

這些分界線可參見下文描述，見圖 69。基於現有資訊獲取的基礎設施描述，與根據圖像推斷出的資訊分開列出。



礦產專家報告：MUTANDA

根據圖像識別的主要表面區域可歸納如下：

- 已開發和臨時受影響的區域：266 公頃；
- 主要基礎設施區域和相關區域：7 公頃；
- 尾礦存儲設施的整體劃定區域：53.2 公頃；及
- 已被尾礦填滿的尾礦存儲設施：0 公頃（正在建造中）。



圖 69：GAA 審核成本用假設界區

6.3.1 現有資訊

下文載列根據現有關閉成本獲得的基礎設施清單以及相關描述：

- 行政辦公及住宿區；
- 露天礦坑開採作業區；
- 20K 工廠；
- 40K 工廠；
- 尾礦存儲設施（TSF）（正在建造中）；
- 儲存區域；
- 重介質選礦（DMS）廠；
- 堆浸礦堆；
- 一般區域；及
- 變電站。



6.3.2 GAA 新加的考慮因素

GAA 在確定其參考關閉成本估算時，也考慮了下列關閉成本組成部分及相關活動：

- 拆遷廢物的處理和處置；
- 受影響地區的恢復，包括受污染土壤的收集、處理和處置，以及臨時性混凝土的拆除和處置等；
- 額外撥備，包括初期及一般性費用（P&G）和或有費用。
- 雖然有可能需要對因礦山恢復工作而額外產生的礦井污水進行持續管理，包括收集、處理、和安全處置經過處理的礦井水，但無法確定到底是否有此需要，亦無法確定此類工作性質，因此估算關閉成本時未計入此等費用。如有需要，可將其單獨列為一項費用。

6.4 假設及條件

與關閉成本估算有關的假設及條件如下。

6.4.1 概述

- 工廠關閉成本包括多個成本類別。本報告僅涉及停運和恢復/復原費用，即外部（第三方廠商）承包商現場搭建設施、以及進行停運和相關恢復工作的費用。其他費用，如工廠停運後的人員安置、為工作人員提供基礎設施及配套服務（例如電力供應等），以及諸如遣散費、再培訓/新技能培訓等與勞工相關的開支，不在本報告範圍之內；
- 根據上述情況，必須委託專門的承包商進行拆遷以及在礦場及相關區域開展作業。因此，成本估算中必須計入與承包商進行拆遷及恢復相關的建設費用，以及因此產生的 P&G 撥備。此外，GAA 亦就第三方承包商和顧問進行關閉後的維護和維修工作以及監測遵從情況作出撥備；
- 可以預見，由拆遷產生的大部份廢料（如混凝土和建築廢墟）都是惰性廢物，需要領取許可證建造專門的廢物加工設施，以便處置拆遷廢物。恢復和關閉廢物處置場所同樣也有規定。工廠拆遷後，有殘餘價值的鋼材及相關材料將保留在現場，其後會出售給第三方；
- 儘管現有工廠和相關地面基礎設施在關閉時會有殘餘價值或轉售價值，按慣例未考慮因潛在殘值而產生的成本沖銷，因此只報告總關閉成本；
- 混凝土底座和基層將被拆除，最高不得超過最終地面以下 1,000mm；
- 關閉時，所有可用原材料和/或可出售材料已經過處理並全部搬離現場，因此需要回收；
- 現有村莊不會拆除，但將移交給第三方。村莊相關基服務如，供水和污水處理等同樣如此。

6.4.2 特定場區

據假設，在礦山關閉時，礦場和相關受干擾區將被恢復，按預定的最終土地利用方式，實現可持續性利用。這將不僅需要拆除物質基礎設施，注意被恢復礦場的美觀，還要注意消除相關作業對接受環境的殘餘影響。因此，GAA 關閉成本估算亦盡可能考慮了合理的潛在影響和殘餘影響。據此成本估算也包含了下列與特定場區關閉措施相關的因素：

- 對蒸發塘/污染控制池的恢復將包括：
 - 清理沉積物，埋入地下 400mm 深度；
 - 清理人造墊料；
 - 清除墊料已滲漏區域可能已受到污染的土壤；及



- 收集、運輸和處置污染的沉積物和土壤。
- 根據受干擾區域所受干擾性質、範圍和嚴重程度，使用不同的整型、平整和植被恢復方法。我們假設受干擾區域可分為以下幾種類型：
 - 一般干擾區，特徵是植被結構變化或部分缺失，土壤受侵蝕或有限污染；
 - 基礎設施拆除區，特徵是地貌嚴重改變、土壤污染嚴重、存留有害物質；及
 - 嚴重受干擾區，特徵是土壤受過度侵蝕，土地覆被已完全改變；
- 根據不同類別，整型、平整和植被恢復等費用亦各有不同。
- 作為露天礦山總體恢復工作的一部分，需要將受污染的土壤從受干擾區清除，這將涉及約 2% 的基礎設施佔地；
- 已就少量臨時性混凝土的拆除和處置象徵式作出撥備；及
- 已就維護和保養及地表水和地下水水質監測作出撥備，上述工作至少需開展 5 年，以確保所執行的恢復和關閉措施取得成功並就此作出評估。

6.4.3 其他撥備

- 初期及一般性費用（P&G）及或然費用分別按 12% 及 10% 的固定比率撥備；

6.5 關閉成本比較

下文採用常用關閉成本釐定表格，按以下幾類呈列成本，以提供成本比較：

- 基礎設施區域；
- 採礦區域；
- 地面總體恢復；
- 水資源管理；
- 關閉後諸項事宜；及
- 其他撥備。

表 15 和表 16 分別呈列 Knight Piesold Consulting 和 GAA 釐定的關閉成本。表 15 為成本比較的概要總結，表 16 則比較各項關閉措施和相關成本。根據 GAA 提供的參考成本，Knight Piesold 公司釐定的成本明顯過低。主要原因可能包括：

- 整體而言，雙方在各自進行關閉成本估算時採用的界區不同；
- Knight Piesold 公司過度強調地面基礎設施的拆遷，但很少關注受影響區域的恢復；
- GAA 考慮了拆遷廢物的安全處置，及為此而開闢專用場地和最後恢復所做的工作；及
- 對受污染土壤和短時污染的清除和安全處置。



礦產專家報告：MUTANDA

表 15：綜合成本比較

關閉項目	Knight Piesold Consulting 公司，2010 年 (NPC 2010)	GAA 2010
1. 基礎設施區域	\$1,283,515.58	\$1,700,869.38
2. 採礦區域	\$1,559,985.22	\$1,545,574.44
3. 地面總體恢復	\$683,176.95	\$3,045,152.00
4. 水資源管理	\$0.00	\$93,100.00
小計 1 (基礎設施及相關方面)		\$6,384,695.82
5. 關閉後諸項事宜	\$0.00	\$313,320.00
小計 2 (關閉後諸項事宜)		\$313,320.00
6. 其他撥備	\$352,667.78	\$1,404,633.08
小計 3 (其他撥備)		\$1,404,633.08
總計	\$4,302,546.86	\$8,102,648.89



礦產專家報告：MUTANDA

表 16：關閉措施和相關成本的詳細比較

細分類別	評估
6.5.1 基礎設施區域	
■ 加工廠及相關結構的拆除 ■ 鋼結構建築物和構築物的拆除； ■ 鋼筋混凝土建築物和構築物的拆除； ■ 進出道路、鐵路和電力線路的改造； ■ 辦公室、車間及住宅樓的拆除； ■ 圍牆的拆除； ■ 構建圍牆；及 ■ 拆遷廢料的處置。	■ 雙方採用的地面基礎設施界區似乎不同。由於 Knight Piesold 估算成本時並未附有地圖，這一點無法確定； ■ Knight Piesold 公司對加工廠拆除的成本估算比 GAA 成本更詳細具體。不過，Knight Piesold 公司似乎將與各界區地面總體恢復相關的成本均列入了基礎設施領域。因此，很難比較基礎設施領域成本。GAA 採取根據類似採礦工業綜合設施已核定成本進行推斷，或採納該等成本方式估算成本； ■ GAA 的估算成本時假定不存在其他合適垃圾處理場，因此計入專門垃圾處理場的建設、運營並最終關閉予以拆除和復原的成本；及 ■ GAA 對基礎設施區域的成本估算高於 Knight Piesold 公司的成本估算，主要是因為 GAA 成本中包含對廢料的收集、處理和處置。
6.5.2 採礦區域	
■ 對包括最終採空區和坡道在內的露天開採區的恢復； ■ 掘開； ■ 豎井、平峒和斜坡的封閉； ■ 原料堆、廢礦堆和剝離岩土堆的改造； ■ 原料堆、廢礦堆和剝離岩土堆的植被恢復； ■ 加工廢物堆放場和蒸發塘的改造；及 ■ 塌陷區的改造。	■ Knight Piesold 公司在成本估算時似乎已計入剝離岩土及廢石的恢復成本。但是這些成本分散混合計入了不同界區，因而難以和 GAA 成本進行比較。 ■ Knight Piesold 公司在成本估算時考慮了基礎設施的恢復、尾礦壩和尚未建造的高爾夫球場，而 GAA 的成本估算未考慮這些因素。 ■ Knight Piesold 公司在成本估算時考慮了堆浸場地（Google 圖像上不明顯）的恢復； ■ GAA 成本中考慮了對所有一般受影響區域的恢復及對這些區域可能存在的污染的清除；及 ■ 由於 GAA 更重視地面復原，所以 GAA 成本估算較高



礦產專家報告：MUTANDA

細分類別	評估
6.5.3 地面總體恢復	
■ 受干擾區的改造；及 ■ 受干擾區的植被恢復。	■ Knight Piesold 公司進行成本估算時，以單個界區統一費用的方式釐定地面總體恢復費用；而 GAA 成本考慮了在航拍圖像上標示和劃定的 266 公頃受影響區域的（改造和植被）恢復； ■ GAA 成本中按 20%以上基礎設施區域土壤受污染計算清除成本，此成本似乎並未包括在 Knight Piesold 公司的成本估算中； ■ 此外，GAA 成本考慮了對 500m³臨時性混凝土的拆除和處置；及 ■ GAA 成本更便宜，這可能是由於對恢復情況的假設不同所致。
6.5.4 水資源管理	
■ 排水線的復原；及 ■ 河流的改造。	■ 因為沒有排水管線，所以本成本類別下的成本無法比較。
6.5.5 關閉後諸項事宜	
■ 地表水水質監測； ■ 地下水水質監測； ■ 對改造的監測； ■ 維護和保養； ■ 正在進行的水處理工作。	■ GAA 成本涵蓋對地表水、地下水和改造的監測，及對 266 公頃區域至少 5 年的維護和保養； ■ GAA 未對正在進行的水處理工作作出撥備，但基於污染的性質和範圍，這項費用可能是必要的。這可能對關閉成本的計算產生顯著影響。 ■ 由於 Knight Piesold 公司的成本估算似乎未考慮關閉後諸項事宜，所以無法比較該項成本。

 礦產專家報告：MUTANDA	
細分類別	評估
6.5.6 其他撥備	
■ 初期及一般性費用 ■ 或然費用	Knight Piesold 公司和 GAA 的成本中均包含 12%的初期及一般性費用及 10%的或然費用。



6.6 結論

本報告結論主要參考各個場地在「Google Earth」上的圖像進行推斷，礦山提供的支持資訊有限。此外，在無法獲取所需資訊的情況下，GAA 乃根據經驗進行估計。審核中使用的單位費率取自 GAA 現有資料庫及/或諮詢拆遷從業者獲得。如有需要，對它們進行調整，以反映特定場地的具體情況。

有關這方面現有工廠關閉成本和建議的審查，已經從規避風險的角度完成，主要是要謹慎，避免出錯。適當資訊可用時，這種方法可允許對成本加以細化，以避免造成可能導致賠償責任的低估和違反相關規定。

本次審核結論為，雖然大部分場地正在建造中，但 Knight Piesold Consulting 公司的估算關閉成本（430 萬美元）很可能不足以滿足所設想的停運及復原要求。GAA 認為，公平合理的關閉成本估算約為 810 萬美元。

7.0 環境、健康和 safety

本次審核旨在確定與 Mutanda Mine 業務有關的重大環境問題或社會影響，以及利益攸關方關心的問題，如結果不理想，可能會嚴重阻礙 Glencore International plc 在倫敦證交所和香港交易所上市的計劃。

具體來說，這涉及到對以下項目的評估：

- 《環境與社會影響評估》（「ESIA」）和 EMP 的適用範圍及內容；
- 環境相關各項授權的狀況；
- 對許可證和法定條款的遵守情況；
- 對赤道原則的遵守情況（如有足夠的現場資訊可用於評估）；
- 重大環境及社會風險和責任，特別是在礦山關閉方面；

本次審核的地理範圍限於 Mutanda Mine 特許礦區與採礦相關的設施及活動，具體參見本報告第 3.0 節。

7.1 採礦基礎設施

與 Mutanda Mine 相關的礦業資產包括：

- 東部礦坑，目前正在地面以下約 40m 的深度進行開採；
- 中部礦坑，目前正在地面以下約 60m 的深度進行開採；
- 西北中部（「CNW」）礦坑，將在 2011 年開採；及
- Clinic Quarry 礦坑，開採混凝土。

預估的礦生命期（「LOM」）已暫時定為 20 年。

7.2 礦物加工基礎設施

Mutanda 正在建造一個處理廠，用於自露天礦獲得的給料中回採銅和鈷。Mutanda 的加工廠將生產電解銅板和鈷鹽。當前和擬定的礦物加工設施參見下面各小節的描述。

7.2.1 第 1 階段（20,000 tpa 加工廠）

第一部分為產能 20,000 tpa 的工廠，其中銅加工廠已從 2010 年 9 月開始運營，而鈷加工廠預計會於 2011 年 2 月投入運營。第 1 階段的規劃給料品位是銅 4%，鈷 2%，銅回採率為 90%。

20,000 tpa 加工廠的工藝流程包括：破碎和研磨；使用硫酸和回收殘液浸取；逆流傾析（「CCD」）；溶劑萃取（「SX」）和電解沉積（「EW」）。



7.2.2 小規模現場加工設施

本次審計時，如下小規模礦物加工設施正在現場運行：

- 重介質選礦（「DMS」）廠，通過提升鈷含量生產鈷精礦。本次審計時，由於 DMS 產量廠大大超過預算目標，整個場地堆滿了袋裝精礦。DMS 設施在成立合資公司之前就在運營，將於 2011 年底停運（引用私人通信觀點，A van der Merwe）。
- 在工廠投入運行前已建立堆浸作業設施，為電解沉積回路提供富銅。Mutanda 打算在特許礦區西北角建設第二座堆浸設施，為第三座電解車間（審計時正在建造中）提供給料。只要有合適的礦石，這兩座堆浸設施均將長期運營。（引用私人通信觀點，A van der Merwe）。

7.2.3 第 2 階段（40,000 tpa 加工廠）

審計時，第 2 階段擴建設施（銅產量為 40,000 tpa）正在建造中，預計到 2011 年第 3 季度末投入運營。40,000tpa 加工廠的流程圖類似於 20,000tpa 加工廠，只是針對產能增大，在前期增加了半自磨（SAG）設施。

第 3 階段 40,000t 銅擴建部分正和第 2 階段同時建造，計劃在 2012 年第 1 季度機械竣工，將電解銅產量提升至 110,000t，鈷產量（氫氧化鈷形式）提升至 23,000t。

7.2.4 尾礦存儲設施（TSF）

Mutanda 場地有如下尾礦存儲設施：

- 處理 DMS 設施尾礦的老尾礦存儲設施；及
- 面積為 65 公頃的新尾礦存儲設施，為項目加工廠而建（Mutanda 尾礦存儲設施）。

DMS 尾礦設施將改造成為新的加工廠，因此，下文所有相關討論均指 Mutanda 尾礦存儲設施。

尾礦存儲設施的當前設計壽命為 10 年，在這 10 年中預計總共可以儲存約 500 萬噸幹銅尾礦。初期壩牆從西側一直延伸到東南角。尾礦壩的北側部分為天然山巒，高於初期壩牆。尾礦存儲設施目前正在增高，比審計時高出了約 10m，與此山的高度持平。

沉積通過水龍頭系統完成，主要輸送管道位於尾礦存儲設施較高的北側。以後將裝設一個泵駁，把水泵送流入全襯裡的回水壩（RWD）。尾礦存儲設施內攔截滲水的深溝在堆積壩南部形成了一個水坑，這部分水也會被泵送流入回水壩。回水壩的水將被回收至加工廠。尾礦存儲設施全部內襯有一層 1.5mm HDPE 膜，覆蓋在 300mm 厚的壓實天然粘土層上，防止可能出現的酸滲流。

根據《剛果民主共和國採礦規範》第 64 條規定，擁有和經營尾礦存儲設施設施無需獲得特別許可，但必須符合下列條件：

- 已獲得由剛果民主共和國礦業部（「CAMI」）頒發的，授權使用尾礦設施或廢水排放設施所在地點的營業執照或「採礦許可證」；及
- 尾礦控制或廢水排放方法與《可行性研究報告》或《環境影響報告書》（「EIS」）（已送交 CAMI）中所載方式相符。

7.2.5 礦堆和礦山殘留礦床

在 Mutanda 特許礦區出現了許多礦堆和礦山殘留礦床，包括：

- 兩個表層土堆，分別位於特許礦區東部和西部；
- 硫化物料堆，位於東部礦坑的東北部；
- 東部和西部露天礦的三個廢礦堆（「WRD」）和 Clinic Quarry 礦坑的一個廢礦堆；



- 下列礦堆：低品位礦堆（西部和中部）；混合品位的礦堆；新 DMS 礦堆；高品位銅礦堆；浮選礦堆；老 DMS 礦堆和高品位鐵礦堆。

7.2.6 其他現場基礎設施

對採礦和加工活動起支持作用的現場基礎設施包括：

- 下列營地：主營地、單身宿舍、管理人員住所、Camp Bellevue 大道、訪客營地、老勘探營和施工營地；
- 如下辦公建築群：主辦公樓、主門衛室和稱量台、Groupe Bazano 新老辦公室、礦山技術辦公室和冶金辦公室；
- 礦山俱樂部會所；
- 變電站；
- 礦山高爾夫球場；
- 礦山商店、倉庫堆場和岩芯棚屋；
- Groupe Bazano 調度區；
- 礦山醫院（包括停屍房）、垃圾焚燒爐和廢料坑；
- 火藥庫；及
- 工業垃圾堆和生活垃圾堆（生活垃圾倒入坑內焚燒）。

7.3 受審核的資訊來源

本次審核依據的資訊來源包括：

- 提供給 GAA 的現場文檔；
- GAA 在 2010 年 12 月 9 日和現場人員進行的少數幾次會談；及
- GAA 在 2010 年 12 月 9 日實地考察中觀察到的事實。

這些來源將在下文逐一論述。

7.3.1 現場文檔

Mutanda Mine 審計提供採用以下現場文檔作為背景資料：

- 《Mutanda ya Mukonkoto 項目（PE 662）臨時可行性研究報告》(Interim Feasibility Study Report for Mutanda ya Mukonkoto Project PE 662)，包括：
 - 《環境影響報告書》（「EIS」）；
 - 《環境管理計劃》（「EMP」）；
 - 《環境評估計劃》（「EAP」）；
 - 《環評意見》（Environmental Opinion，編號：403/CPE/2007），由剛果民主共和國礦業部常設評審委員會發佈，發佈日期：2007 年 1 月 20 日；及
 - 2007 年 1 月 22 日的審批決議（編號：404/CPE）：剛果民主共和國礦業部常設評審委員會對 Mutanda Sprls 公司 PE662 項目 EAP 的審批意見，發佈日期：2007 年 1 月 22 日。



- SiVEST 編制的 EMP，此 EMP 已納入 2008 年 3 月《Mutanda Mining 可行性研究報告》(Mutanda Mining Feasibility Study)一部分（參見第 12 節）。
- 對 Mutanda Mine 的社會需求評估，由 Paradigm Project Management 編制，已納入 2008 年 3 月《Mutanda Mining 可行性研究報告》的一部分。
- Mutanda 礦產地質與勘探技術報告，由 SRK 於 2008 年 3 月編制。
- Mutanda Mining SPRL 技術設計圖：「2010 年 11 月 Mutanda 基礎設施」，2010 年 11 月 1 日繪製（修訂版：A1）。
- Mutanda 2010 年事故/事件報告電子表格（2010 年 12 月 2 日更新）。2010 年無環境事件報告。

7.3.2 和現場人員的會談

如下現場人員參加了審計會談和實地考察：

- Danny Callow 先生：Mutanda 項目經理；
- André van der Merwe 先生：Mutanda 採礦經理；
- Dawid Myburgh 先生：首席地質師；及
- Kasia Murawiecka 女士：社區發展及聯絡官。

7.3.3 現場區域考察

2010 年 12 月 9 日對 Mutanda Mine 特許礦區進行了實地考察，重點是考察特許礦區內的特定區域和設施，在現場文檔和/或現場會談中，這些考察目標被確定具有相當大的環境風險，可能引起環境責任。

7.4 審計的局限性

本報告是由 GAA 員工依據對 Mutanda 礦山運營情況的高度概括編制。這次審核包括為期一天的礦場實地考察，主要活動包括往返、對現有文檔進行鑒定和審查、與主要工作人員交談、簡單走訪現場最需關注的區域。因此，審核只關注重大的環境和社會問題，以識別可能造成巨大責任的風險。審核盡可能採納現有文檔作為得出結論的基礎。

7.5 審計結果

對 Mutanda 運營和活動的環境審計結果參見下文各小節。

7.5.1 許可和授權

7.5.1.1 營業執照

根據《剛果民主共和國採礦規範》（第 007/2002 號法律，2002 年 7 月 11 日）第 64 條規定，礦山需持有剛果民主共和國礦業部（礦產土地管理局 CAMI）頒發的營業執照或「採礦許可證」才能開採礦業資源或建設必要的配套基礎設施。

Mutanda 持有已核准的特許礦區（PE662 和 PE4959）營業執照。按照這些營業執照，Mutanda 可開採礦石資源，並建設必要的配套基礎設施（如尾礦存儲設施和廢礦堆），惟其尾礦控制或廢水排放方法須與《可行性研究報告》或《環境影響報告書》（EIS）（已送交礦業部）中所載方式相符。

7.5.1.2 《環境影響報告書》及《環境管理計劃》

按照《剛果民主共和國採礦規範》和《剛果民主共和國採礦守則》（第 038/2003 號法律，2003 年 3 月）的規定，採礦許可證申請者需向採礦環境保護局（「DPEM」）提交《環境影響報告書》（EIS）及《環境管理計劃》（EMP）。



諮詢公司 Des Aménageurs de la DRC (「GAC SPRL」) 編寫了《Mutanda ya Mukonkoto 項目 (PE 662) 臨時可行性研究報告》(2007 年 2 月) 中的 EIS、EMP 和《環境評估計劃》(「EAP」) 三部分。該等文檔已由剛果民主共和國礦業部常設評審委員會審批決議第 404/CPE 號獲得批准。

其後於 2008 年 3 月發佈的《項目可行性研究報告》包含由 SiVEST 編制的修訂版 EMP。由於可行性研究階段對項目所知水平有限，EMP 中列出的管理行動較為籠統，現可能需要進行修訂，納入在詳細設計時進行的後續變動。

7.5.2 對赤道原則的遵守情況

表 17 (見下) 列出了 Mutanda 在環境和社會管理方面對赤道原則及國際金融公司 (「IFC」) 執行標準要求的合規程度。



礦產專家報告：MUTANDA

表 17：Mutanda 運營與赤道原則及 IFC 執行標準要求的符合情況

赤道原則	要求	合規程度	違規/合規原因
原則 1：審查及分類	項目應根據潛在影響及風險的等級進行分類	合規	在進行可行性研究及編制《環境影響報告書》時，該項目被恰當地確定為 A 類項目，該類項目是 IFC 認證的 3 類項目中最嚴格的一類。 已為臨時可行性報告編制《環境影響報告書》、《環境管理計劃》(EMP) 和《環境評估計劃》(EAP) (GAC SPRL, 2007)，以及為可行性報告編制《環境管理計劃》(Sivest, 2008)。但存在以下局限性： ■ 在編制 EMP 的過程中，Sivest (2008) 發現 EIS 有許多明顯的缺陷及錯誤。自 2009 年開始，EIS 每年更新，經批准後將相應更新 EMP； ■ 可行性研究階段 EMP 乃依據前期資訊編制，這些資訊隨著時間的推移已經有所變化 (EMP 中承認該等變化「可能發生」)。2011 年更新的 EMP 已編制完成 (同一時間水冶設施剛好開始運行)，與其他文件一併提交予礦山環境諮詢局 (Bureau d'Assistance et d'Expertise Environnementale Minière)； ■ 雖然 Mutanda 已制定了一套完整的環境政策及程序，但尚未形成正式的 EMS 來建設現有環境管理及監督結構。 有關現場環境影響及風險的評估、管理及緩解方面，有以下幾點值得注意： ■ 剛果民主共和國 (DRC) 目前尚沒有有害廢物處置場，但依據法律，Mutanda 可合法經營廢物處置場，惟該等處置場須按行業規範和標準建造。 ■ 用水及廢物管理已納入 Mutanda 礦場及當前擴張項目開發的一部份，透過綜合考慮原水、飲用水和生產用水需求，實現用水平衡。 ■ 礦山地質物質及廢料 (來自尾礦存儲設施、廢礦堆場、硫化物堆和礦堆、可能在將來開採的更深處的硫化礦石等) 污染水資源的可能性尚未充分量化。雖然主岩具有巨大的中和潛力，但仍需進行測試與監督，以判定這些物料的地化性狀，特別是確定其產酸潛力。 ■ 目前，重介質選礦 (DMS) 場污水排放至專用尾礦設施。雨季時節 (11 月至來年 4 月)，分離設備的溢出力將經陸路排放至位於 Mutanda 特許礦區的一個小型淤泥沉澱設備。如發生溢流流入非 Mutanda 擁有特許礦區的情況，將立即進行清理。目前，尚未有證據顯示這種污水 (由細粒礦石和微量的矽鐵組成，矽鐵用作分離過程中的試劑) 流入 Kando 河。但此等安排對 Mutanda 而言構成中等風險。 ■ 雖然每週都對飲用水源進行取樣，並分析其中的細菌、硫化物、硝酸鹽及重金屬等含
原則 2：社會和環境評估	須針對與建設、運營及關閉相關的影響及風險，進行社會及環境評估。在適宜及可執行的情況下，須採取措施緩解該等影響及風險	部分符合	



礦產專家報告：MUTANDA

原則 3：適用的社會和環境標準			量，但提交給 GAA 審核的環境監測資料僅為實地考察期間的資料。過去，由於缺乏現場環境監測方案不夠完善且實施不力，曾為 Mutanda 帶來巨大的風險。採礦環境保護局（DPEM）之前曾在其 EAP（環評意見 403/CPE/2007 號 2007 年 1 月 20 日）中對 Mutanda 環境監測/報告方案措施不力的情況表示憂慮。自 2009 年年初，Mutanda 採取了更系統的環境監測方法。 ■ 似乎沒有建立正式系統的計劃，逐步重建尾礦存儲設施（TSF）。應該指出的是，目前正在建的第 2 階段工程中包括將尾礦西牆和南牆垂直增高 10.6m 的計劃，但落塵影響仍給 Mutanda 運營帶來了風險。該擴展項目應 2012 年前完成，然後將開始重建項目。
			■ SHEQ 部門於 2007 年 11 月成立，當前擁有 15 名員工。 ■ 企業社會責任部門負責協助 SHEQ 部門工作，企業社會責任部門現有 4 名成員。 ■ 由於 Mutanda 礦場當前正在進行擴建，且正在添加額外的基礎設施，所以 SHEQ 部門提出的建造要求由現場的工程、採購、施工和管理（EPCM）承包商負責管理實施。在工廠完工交付後，Mutanda SHEQ 部門將承擔責任，屆時將需要進行擴充人手，並相應提升其人員能力。 ■ SHEQ 部門負責實施環境管理體系（EMS）。 ■ 雖然公司的企業社會責任計劃是不久前剛剛建立，但公司實際已響應政府關鍵戰略激勵政策，實施了諸多重大項目。其他 CSR 工作包括，由一位積極的志願者帶領 Mumi 員工向一項信託基金捐款。 ■ 目前尚未建立任何報告系統，系統地記錄與社區的互動、社區提出的問題、要求及不滿以及公司採取的措施等，這些問題總是通過定期與當地村長（代表社區）舉行會議來解決。村長與 Mutanda 之間的往來信件作為互動記錄予以保存。
	IFC PS 1：社會和環境管理體系	合規	■ 所有員工僱傭合同符合所有法律要求，工資高於剛果民主共和國（DRC）法定最低工資，合同經區域勞工督察批准並簽字。同樣地，全職僱傭合同內亦包括有剛果民主共和國（DRC）法律要求的所有福利（以及由 Mutanda 提供的其它福利）。 ■ 值得注意的是，施工初期公司即採用積極方式來管理與手工採礦者相關的問題，即僱傭手工採礦者並提供培訓，而不是去別的地方招聘員工。大約有 200 名這樣的礦工目前受僱於開採產能不一的礦山。由於時間限制，並未審核或未要求提供這方面的詳細資料。
	IFC PS 2：勞動和工作條件	合規	
	IFC PS 3：一般要求	不適用	
	IFC PS 4：社區健康、安全和安保---社區健康和安	合規	■ 自 2009 年起，Mutanda 已成立了兩家社區診所，並每週都開設母嬰診所，大大降低了當地的嬰兒死亡率。此外，這兩家診所還在衛生部進行了登記，有權管理兒童重要疾病



礦產專家報告：MUTANDA

			疫苗。在 2009 年，Mutanda 還新建了一所小學，可容納 200 名來自當地鄉村的學生，而其大部分員工都來自該鄉村。 ■ Mutanda 還在當地鑽探井眼，為村民提供飲用水，並對村民進行愛滋病教育，教授他們養殖技術。Mutanda 還有一塊 10 公頃的耕地專門用於教授村民耕作技術。 ■ Mutanda 目前正在建造一個漁場，該漁場將惠及 3,000 村民，減輕村民對 Kando 河作為唯一的食物來源的依賴，這將促進 Kando 河魚類種群的繁殖。 ■ 由於採取了隔離措施，且作業規模相對較小，所以礦山附近社區內的健康與安全影響有限。雖然礦山對附近村莊的負面影響較小，但由於礦山使用了大量的重型車輛運輸物料和產品，主要進出道路上的交通仍可能帶來巨大的安全風險。據瞭解，在公司編制的事務報告中，該類問題與礦上事故分開報告。如發現國道上發生事故，Mutanda 將出於社會責任，把傷者送往 Mutanda 醫院進行救治。 ■ 在司機能力及表現方面，與承運人簽署的合同中並未強制實施特定的安全規範及標準，也無法監督司機行為或審核其是否遵守執行標準。
	IFC PS 4：社區健康、安全和安保--安保	部分合規	■ 公司會審查員工是否有犯罪記錄，但僅憑此不可能判定其是否涉及侵犯人權的行為。
	IFC PS 5：土地徵用和非自願遷移--一般要求	不適用	■ 迄今為止，開採活動不需要進行任何拆遷。採礦區周圍都設有圍欄，因此除主要進出道路外，採礦活動與社區之間無直接關聯。
	IFC PS 7：原住居民的保護	不適用	■ 本地居民不受採礦活動影響。
	IFC PS 8：文化遺產--項目設計與實施中對文化遺產的保護	不適用	■ 在項目設計或當前採礦作業的實施過程中，不存在任何文化遺產問題。
	IFC PS 8：文化遺產--項目對文化遺產的利用	合規	■ 該礦不利用文化遺產資源。
原則 4：行動計劃和管理體系	環境和社會行動計劃	合規	■ 需要依據 EMP 制定更詳細的執行情況管理程序（即行動計劃）。建議對現有（可行性研究階段）的 EMP 進行修正，並編入 2011 財政年度的預算，以配合加工廠的啟動。
原則 5：意見徵詢和資訊披露	正在有組織、適當地徵詢受影響社區的意見	合規	■ 雖然每月正式與當地村長舉行會議，但沒有保存系統的社區互動會議記錄。在當地村莊承包的所有項目均得到了當地村長的同意與批准。
原則 6：投訴機制	管理體系中必須具有正規投訴機制	合規	■ 目前尚未制定正式的社區不滿處理制度，也沒有記錄不滿或投訴及解決這些問題所採取措施的登記簿，但這些不滿都會在與當地村長定期舉行的會議上以書面形式提出，要求 Mumi 採取措施予以解決。



礦產專家報告：MUTANDA

原則 7：獨立審核	由與借款人無直接關係的獨立社會或環境專家審查該評估、徵詢過程和對赤道原則的遵循情況	不適用	不適用
原則 8：契約	融資文檔中應包括以下契約： 借款人應： ■ 遵守東道國的一切社會和環境法律、法規和許可制度； ■ 建設運營期間，在所有重大方面遵守行動計劃； ■ （每年至少一次）提供其遵守法律、法規和許可制度的書面證明報告；及 ■ 根據約定的停運計劃停運相關設施	不適用	不適用
原則 9：獨立監測和報告	一個獨立的、經驗豐富的外部專家定期審核監測資料	合規	■ 剛果民主共和國（DRC）註冊公司每年都會對環保實踐進行審核，以確保 Mutanda 作業符合所有剛果民主共和國（DRC）法律的要求。



7.5.3 Mutanda 主要環境因素及風險

針對 Mutanda 當前的環境管理現狀，有以下幾點值得注意：

- 環境問題目前由安全、健康、環保與品質部（SHEQ）經理進行管理。應即將投產的水冶設施的需要，將設立全職環保經理職位，該成本已編入已編入 2011 年預算。但在招聘到環保經理之前，Mutanda 仍面臨環保風險，特別是當現場作業不斷擴大時。
- 在可行性研究階段編制的 EIS 和 EMP 需要進行修訂，以涵蓋當前作業或基礎設施在之後的變化。DPEM 提交和審批的這些文件將有助於 Mutanda 管理環境問題，以符合剛果民主共和國（DRC）法規要求、赤道原則及 IFC 執行標準的要求。剛果民主共和國（DRC）的一家註冊公司 BAEEM 將按要求修改並提交 EIS 及年度環境報告。
- 2011 預算中包括若干針對 EMS 現場實施的支援措施，旨在推動 EMP 的實施。
- 雖然本階段尚未制定灰塵及噪音排放監測程序，但已有完整的環境監測程序用於有害化學品、廢物處置及用水監測。
- 目前，大部分現場環境影響似乎給 Mutanda 運營帶來的風險相對較小，但這主要是由於加工設施仍處於建造及調試階段。

潛在重大風險在當前及未來對現場環境的影響包括：

- 按設計，目前從重介質選礦（DMS）場流出的污水均排放至尾礦壩。分離設備圍區流出的溢流通過位於 Mutanda 特許礦區的溝渠及沉澱池系統進行排放；沉澱池每天都會有人進行監督，一旦發生溢流，將會立即清理乾淨。
- 現場有害廢物的裝卸及處置給 Mutanda 帶來較低的環境及安全風險，但這些設施的運作符合法律及行業標準要求。
- 應對礦山地質物料及廢物（包括可能在將來開採的更深處的硫化礦石等）進行取樣與測試，以確定其地化性狀及排酸潛力。

7.5.4 Mutanda 主要社會因素及風險

根據表 17，Mutanda 相關的負面社會影響似乎有限。相反，在礦山一位外籍雇員伴侶的努力及帶領之下，公司開展多項活動為 CSR 項目集資，收到眾多積極的影響。因此，公司與這些村莊的關係非常友好。

7.6 結語

為了降低營運的環境及社會風險，保證遵守法規要求及赤道原則，Mutanda 將需要投入資源進行現場環境管理，積極推動和支援環境管理方案。工廠建設完工後，責任將轉移至 Mutanda，所以 Mutanda 需要提升其能力。考慮到現場作業當前正在且日後仍將繼續擴大規模，建議儘快開始採取措施，以避免引發環境及社會責任，導致與關閉相關的財政撥款增加。

7.7 參考文獻

- DPEM（2007 年 1 月 20 日），針對《環境評估計劃》（EAP，收入《Mutanda ya Mukonkoto 項目（PE 662）臨時可行性研究報告》（Interim Feasibility Study Report for Mutanda ya Mukonkoto Project (PE 662)）的 403/CPE/2007 號環評意見（Environmental Opinion No. 403/CPE/2007），編制：剛果民主共和國礦業部（DPEM）：常設評審委員會：2007 年 1 月 20 日。
- DPEM（2007 年 1 月 22 日），關於 Mutanda 公司環境評估計劃（PE662）的第 404/CPE 號審批決議（2007 年 1 月 22 日）。編制：剛果民主共和國礦業部（DPEM）：常設評審委員會：2007 年 1 月 22 日。



- GAC SPRL (2007)，《環境影響報告書》(EIS)、《環境管理計劃》(EMP)和《環境調整計劃》(EAP)，(收入《Mutanda ya Mukonkoto 項目 (PE 662) 臨時可行性研究報告》(Compiled for the Interim Feasibility Study Report for Mutanda ya Mukonkoto Project PE 662))。
- Mutanda Mining SPRL 公司 (2010)。技術設計圖：「2010 年 11 月 Mutanda 基礎設施」，2010 年 11 月 1 日繪製 (修訂版：A1)。
- Mutanda Mining SPRL 公司 (2010)。2010 年事故/事件報告電子工作表 (2010 年 12 月 2 日更新)。
- Paradigm Project Management (2008)，Mutanda Mine 社會需求評估(Social needs assessment for Mutanda Mine)，(收入 2008 年 3 月編制的 Mutanda Mining 採礦可行性研究報告(Mutanda Mining Feasibility Study))。
- SiVEST (2008)，Mutanda Mining 項目環境管理計劃 (EMP)，(2008 年 3 月項目可行性研究報告第 12 節)。
- SRK (2008)。Mutanda 礦產地質與勘探報告(Geology and exploration of the Mutanda Property)。

8.0 市場

8.1 銅

銅是一種主要的工業金屬 (按消費量計算排名第三，僅次於鐵和鋁)，其傳導性高 (導電和導熱)，延展性高，有韌性，且耐腐蝕。銅的電氣應用包括輸電和發電、建築佈線、電動機、變壓器、電信、電子器件和電子產品；以及可再生能源生產系統。銅和黃銅 (一種銅合金) 是水暖管道、水龍頭、閥門和配件所用的主要金屬。銅的其他應用包括裝飾、屋頂、海洋應用、換熱器、合金用作齒輪、軸承和渦輪葉片的材料。

2009 年，全球銅礦產量為 15.7Mt，其中，智利產量為 5.4Mt (約 35%)，到目前為止是最大的生產國。尚比亞和剛果民主共和國的銅產量分別為 0.6Mt (3.8%) 和 0.3Mt (1.9%)。2009 年，全球精煉銅產量為 18.4Mt，其中，2.9Mt 為二次精煉銅產量。全球銅消費量較精煉銅產量略低，為 18.2 Mt。國際銅研究小組 (ICSG) (2010 年 10 月 1 日) 預測，2011 年全球銅礦產量將達 17Mt，全球銅消費量將達 19.7Mt。表 18 載列過往和預測 2011 年全球精煉銅市場供需情況。

表 18：全球精煉銅市場供需表 (來源：USGS)

千噸	2006	2007	2008	2009	2010 一月至 九月	2010 預測	2011 預測
全球銅礦產量	14 991	15 474	15 528	15 754	11 853	16 235	17 076
一次精煉銅產量	14 678	15 191	15 399	15 466	11 729		
二次精煉銅產量	2 613	2 743	2 823	2 911	2 513		
全球精煉銅總產量	17 291	17 934	18 222	18 377	14 242	19 278	20 498
消費量	17 058	18 239	18 056	18 198	14 678	18 882	19 729
LME 銅價 (USD/t, 均價)	6 727	7 126	6 952	5 164	7 175	7 543	

過去 5 年，銅價出現了大幅波動，圖 70 所示。2006 年 1 月 1 日，銅價為 USD4,585/t，接近歷史最高點。隨後價格迅速攀升，2006 年 5 月達到 USD8,800/t 的高點。2007 年 2 月，銅價下降到 USD5,302/t。儘管房地產泡沫破滅讓全球陷入了金融危機，但銅的價格仍然上漲，2008 年 7 月達到了 USD8,900/t 的新高。此後，隨著金融危機對全球經濟產生了更大的影響，2008 年 12 月價格下降到 USD2,810/t，為近 5 年來最低水平。從那時起，價格一直呈上升態勢，2011 年 1 月 12 日達到 USD9,695/t 的最高新紀錄。

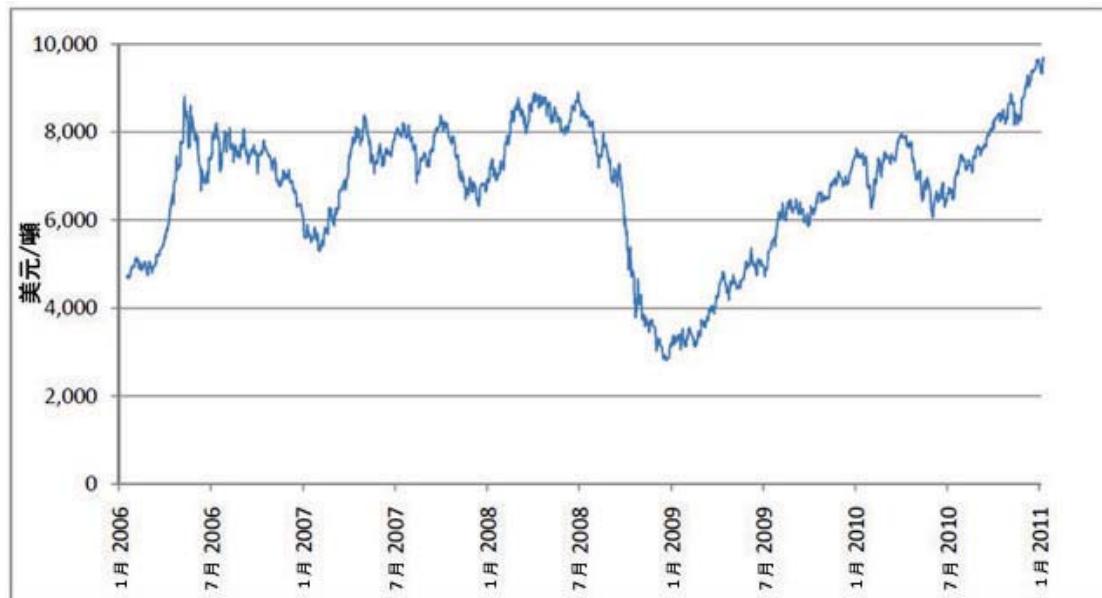


圖 70：倫敦金屬交易所銅價（2006 年 1 月至今）（來源：LME）

本項目作經濟評價時所用的預測銅價如表 19。這種預測依據的是倫敦金屬交易所（LME）發佈的每月期貨價格，每年 6 月份作為合同年起止時間，這一依據一直持續至 2019 年。這些公開使用的價格均以名義價值計算。經濟評價所用的金融模型是按實際價值計算（2011 年，USD），實際銅價預測值引用依據美國 CPI（美國消費者物價指數）計算得出的名義價格（見表 19）。2011 年的預測名義價格平均為 USD9,600/t，在 2019 年下降至 USD6,800/t。

表 19：預測銅價

銅價 (USD/t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	長期
名義	9 600	9 300	9 000	8 600	8 200	7 800	7 500	7 100	6 800	6 861
實際	9 600	9 208	8 822	8 347	7 880	7 240	6 859	6 397	6 036	6 000
美國的通貨膨脹率	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	

8.2 鈷

鈷在商業、工業和軍事上均有很多用途。鈷最重要的應用是用於可再充電電池的電極。鈷基超耐熱合金具有溫度穩定性、耐熱且耐腐蝕，適合用於噴射渦輪發動機和燃氣渦輪發動機的渦輪葉片。鈷的其他用途包括汽車安全氣囊；石油和化學工業的催化劑；硬質合金和金剛石切割及研磨工具；油漆、清漆、油墨的乾燥劑；染料和顏料；搪瓷底釉；高速鋼；磁記錄介質；磁鐵；及半鋼子午線輪胎。

鈷的產量遠不如銅：2009 年全球鈷產量為 62,000 t，其中，剛果民主共和國是最大的生產國，產量為 25,000 t（約 40%）。澳大利亞、中國和俄羅斯各國的產量均約為 6,200 t（各佔總量 10%）。2008 年，全球精煉鈷產量為 57,600 t，全球消費量略高，為 60,654 t。表 20 為過往全球精煉鈷市場供需情況表。礦產業資訊研究組織羅斯基爾資訊服務公司（Roskill Information Services）預測 2011 年的鈷需求為 72,500 t（2010 年 10 月）。



表 20：全球精煉鈷市場供需情況表

噸 (Mt)	2004	2005	2006	2007	2008	2009
全球鈷礦產量	60 300	66 200	69 800	72 600	75 900	62 000
全球精煉鈷總產量	48 500	54 100	53 800	53 300	57 600	無公開數據
消費量	51 400	54 685	54 685	56 250	60 654	59 000
鈷價 (USD/t, 均價)	22.77	14.56	15.35	28.31	36.16	15.89

來源：鈷發展協會 (Cobalt Development Institute) 發佈的《鈷新聞》(Cobalt News, 2005 年 10 月 - 2011 年 1 月)

2008 年 3 月，鈷價達到 USD48.63/lb 的新紀錄，隨後和其他商品一樣價格出現下降，2008 年 12 月跌至 5 年來的最低水準 USD11/lb。此後，鈷價已恢復，自從 2010 年 5 月鈷開始在倫敦金屬交易所 (LME) 交易以來，價格平均為 USD17.55/lb，最高價為 USD19.64/lb，最低價為 USD15.94/lb。



圖 71：2006 年 1 月至今的鈷價 (來源：南非 Inet Bridge)

本項目作經濟評價時所用的預測鈷價如表 21。預測鈷價引用英國《金屬導報》(Metal Bulletin) 公佈的次日交割的 99.8%品位鈷價 (名義價格，單位：USD/lb)。預計未來三年內該遠期價格曲線會逐步走低，直到跌至其長期價值。經濟評價所用的金融模型是按實際價值計算 (2011 年，USD)，實際鈷價預測值引用依據美國 CPI (美國消費者物價指數) 計算得出的名義價格 (見表 21)。2011 年的預測平均價格為 USD17.24/lb，2019 年下降至 USD13.00/lb。

表 21：預測鈷價

鈷價 (USD/lb)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	長期
名義	17.24	16.78	16.00	15.00	15.00	15.00	13.00	13.00	13.00	13.00
實際	17.24	16.62	15.68	14.56	14.41	13.92	11.89	11.71	11.54	11.00
美國通貨膨脹率	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	



9.0 技術及經濟假設

9.1 收入假設

Glencore 已簽署承購協議，據此，Glencore 將購買 Mutanda 礦山生命期內生產的全部銅和鈷。

9.2 資本成本估算

表 22 概述按主要成本項目分的資本成本。資本支出項目如下：

- **第 1 階段工廠建設：** 在產能為 20 ktpa 的工廠內完成鈷回路建設還需要的資本支出；
- **第 2 階段工廠建設：** 建成產能為 40 ktpa 的工廠所需的資本支出；
- **第 3 階段工廠建設：** 擴建第 1 階段和第 2 階段聯合工廠以將其產能增至 110 ktpa 所需的資本支出。2015 年對工廠的額外投資將用於彌補 2016 年銅進料品位下降帶來的損失；
- **制酸廠：** 該項資本支出用於產能為 390tpd 的硫酸廠和產能為 73tpd 的液態二氧化硫廠的建造；
- **總發電廠：** 資本支出是為了建立和整修供電基礎設施，如 9.2 節所述；
- **運作：** 資本支出用於維持 Mutanda 運營所需的一般性質的未分配基礎設施。

表 22：資本支出

千美元	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2030	合計
加工							
第 1 階段	16,425	-	-	-	-	-	16,425
第 2 階段	174,532	-	-	-	-	-	174,532
第 3 階段	103,763	-	-	-	50,000	-	153,763
制酸廠	31,293	-	-	-	-	-	31,293
電廠	26,000	26,000	24,000	8,000	-	-	84,000
加工小計	352,018	26,000	24,000	8,000	50,000	-	460,018
其他成本項目							
經營	30,578	25,000	35,000	35,000	35,000	492,000	652,578
其他小計	30,578	25,000	35,000	35,000	35,000	492,000	652,578
總資本支出	382,596	51,000	59,000	43,000	85,000	492,000	1,112,596

9.3 運營成本估算

主要運營成本如下：

- **開採：** 開採成本以採礦承包商 Groupe Bazano 按合同約定收取的採礦承包商費率計算，該費率中包括礦石開採和牽引費用 USD8.5/bcm；
- **第 1 階段工廠建設：** 礦山生命期內成品銅加權平均成本為 USD1.29/lb。礦山生命期內平均成本中與成品鈷生產成本直接相關達 USD2.93/lb。這包括工廠在試劑、消耗品及電力方面的成本。



- **第2階段和第3階段工廠建設：** 礦山生命期內成品銅加權平均成本為USD1.06/lb。礦山生命期內平均成本中與成品鈷生產成本直接相關達USD1.17/lb。在第2和第3階段鈷生產成本降低主要是因為，與第1階段不同，這兩個階段未再使用焦亞硫酸鈉（Sodium Metabisulphite），而是使用由Mutanda制酸廠生產的二氧化硫（SO₂）作為鈷的浸出劑。與成品鈷生產成本直接相關的成本包括工廠在試劑、消耗品及電力方面的成本；
- **堆浸廠：** 礦山生命期內成品銅加權平均成本 USD1.67/lb。這包括工廠在試劑、消耗品及電力方面的成本；以及
- **其他：** 包括運輸、清關、取樣及化驗等成本及出口稅。

年度主要運營項目詳見表 23。

表 23：主要運營支出

千美元	2011	2012	2013	2014	2015	2016-2030
運營成本						
開採	36,788	67,005	84,204	84,110	84,105	820,047
第1階段工廠	92,106	89,996	86,577	89,114	89,394	1,320,376
第2階段和第3階段工廠	33,132	183,834	201,655	210,701	211,137	3,235,460
堆浸	594	4,951	13,516	11,852	13,117	261,223
其他	44,102	102,190	115,001	114,818	114,970	1,528,731
總運營成本	206,721	447,976	500,953	510,595	512,723	7,165,837

9.4 稅收、特許使用費和其他業務參數

適用於本項目的特許使用費、資本免稅額和進口稅的主要決定性參數如表 24 所示。

表 24：特許使用費、稅收和進口稅假設

名稱	應用	費率
DRC 特許使用費	佔收入與銷售費用之差的比率	2.0%
Rowny 特許使用費	佔收入的比率	2.5%
DRC 公司稅		30%
DRC 資本免稅額：		
第1年		60%
第2至第10年	餘額遞減	12%至1%
進口稅	針對某些進口項目收取	3%至5%

根據剛果民主共和國的法規，資本可抵稅費且可遞延。所有資本支出在第1年均享受剛果民主共和國60%的資本免稅額，此後每年按照餘額遞減法降低。

10.0 經濟分析

本節介紹了對 Glencore 在 Mutanda 公司的權益的估值。Glencore 通過多項合資協議擁有 Mutanda 公司40%的股份。Rowny Assets Limited（接替 Gecamines 的公司）有權在採礦項目生命期內向 Mutanda 收取特許使用費、股息和租賃費。估值針對 Glencore 在 Mutanda 公司擁有的權益進行，該等權益包括40%的股權和股東貸款。



10.1 估值方法

Mutanda 是一家運營採礦業務的公司。其資源和儲量均明確，可以提供其當前和規劃運營的綜合性技術資訊。憑藉這種資訊，可以規劃整個礦山生命期 Mutanda 未來的現金流。這與折現現金流（「DCF」）方法一致，該方法乃透過計算某資產使用年限內未來現金流的淨現值（「NPV」）來確定該資產的價值。

DCF 估值法可提供「持續運營」價值，該價值體現公司未來經濟能力。使用這種方法，計算價值時可將某確定時間段的預計現金流（包括收入和支出）的現值加上該預測期結束時的殘值或終值的現值求和而得。在使用 DCF 方法時，必須確保如下四個關鍵方面的準確性和適當性：

- 進行現金流預測所依據的假設；
- 預測期的長度，此處指礦山生命期；以及
- 貼現率，通常是本項目具有風險調整的加權平均資本成本（「WACC」）。

這種估值建立在 Glencore 提供的財務模型的基礎上。GAA 核實了該模型的完整性和結構，以確保計算能正確進行，且該模型內容詳盡，可全面考慮本項目的所有現金流。同時，也核查了該模型的輸入假設，核查內容包括合同及編制本報告的合格人士的研究結果，以確保假設合理。雖然有過往估值結果可用，但由於經營範圍發生了變化，過往資料與預測資料不具有可比性，所以該次估值中沒有採用過往結果。在該模型中還加入了其他分析，得到本報告列出的一些結果、圖像和表格。

10.2 估價假設

估價模型中使用了以下假設：

- 估價日期為 2011 年 1 月 1 日；
- 按實質計算的貼現率設定在 10%，這是 Glencore 對其資產組合使用的折現率。估價模型按季度編制。
- 採礦和加工生產速度、原礦品位和回收率如第 3.0 節和第 4.0 節所示；
- 商品價格如第 8.0 節所述；
- 資本支出如第 9.2 節所述；
- 運營支出如第 9.3 節所述；
- 特許使用費、稅收、資本免稅額和匯率如第 9.4 節所述；
- Glencore 持有 Mutanda 公司 40% 股權；以及
- 計算 Glencore 應佔 Mutanda 經濟權益時，已計入 Mutanda 以自由現金流支付的貸款，以及 Glencore 應佔 Mutanda 自由現金流比例。

10.3 對 Glencore 於 Mutanda 公司所佔權益的估值

DCF 模型的結果如表 25 所示，列出了歸屬於 Mutanda 的自由現金流。現金流預測的依據包括本項目生命週期內的預期未來採礦費用、生產費用、金屬銷售費用、資本支出、運營成本和其他費用。



10.4 Mutanda MER 摘錄表

*產量指截至年底—12月31日的年度產量

	單位	2011E	2012E	2013E	2014E	2015E
成品金屬產量						
銅	t	60,000	110,000	110,000	110,000	110,000
鈷	t	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
實際/預測產量						
銅礦石	t	17,133				
電解銅	t	24,068	81,251	103,531	103,214	103,477
鈷	t	12,548	23,000	23,000	23,000	23,000
現金成本（不包括礦區土地使用費、變現費用， 未計副產品稅前收入）	US\$m	163	346	386	396	398
副產品收入	US\$m	384	590	557	517	511
土地使用費（占淨收入的比例）	%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
折舊及攤銷	US\$m	284	117	63	53	47
法定稅率	%	30%	30%	30%	30%	30%
資本支出						
持續性支出	US\$m	31	25	35	35	35
擴張性支出	US\$m	352	26	24	8	50



礦產專家報告：MUTANDA

表 25：LOM 項目現金流

現金流分析	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
收入	KUSD	616,501	1,341,922	1,473,677	1,383,329	1,330,029	1,258,362	1,148,554	956,103	900,157	954,958
運輸、保險和銷售費用	KUSD	(44,102)	(102,190)	(115,001)	(114,818)	(114,970)	(115,910)	(116,046)	(98,430)	(95,970)	(105,769)
特許使用費	KUSD	(26,860)	(58,343)	(64,015)	(59,953)	(57,552)	(54,308)	(49,364)	(41,056)	(38,588)	(40,858)
淨收入	KUSD	545,539	1,181,389	1,294,661	1,208,558	1,157,507	1,088,144	983,144	816,617	765,599	808,331
運營成本	KUSD	(162,619)	(345,786)	(385,952)	(395,777)	(397,753)	(418,761)	(418,330)	(421,073)	(412,768)	(428,767)
營運資金的變動	KUSD	51,059	(45,792)	(10,042)	(2,456)	(494)	(5,252)	108	(686)	2,076	(4,000)
總費用	KUSD	(111,560)	(391,578)	(395,994)	(398,233)	(398,247)	(424,013)	(418,222)	(421,759)	(410,692)	(432,767)
稅費	KUSD	0	(15,253)	(187,902)	(243,250)	(227,161)	(213,586)	(185,416)	(155,985)	(105,266)	(93,550)
資本支出	KUSD	(382,596)	(51,000)	(59,000)	(43,000)	(85,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)
淨自由現金流	KUSD	51,382	723,558	651,765	524,074	447,099	415,546	344,505	203,873	214,642	247,014
現金流分析	單位	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
收入	KUSD	1,034,384	1,037,847	973,019	861,164	819,056	1,048,104	1,051,448	980,089	1,009,802	102,162
運輸、保險和銷售費用	KUSD	(116,808)	(117,138)	(109,099)	(93,200)	(87,074)	(118,115)	(118,434)	(110,151)	(114,467)	(12,120)
特許使用費	KUSD	(44,211)	(44,360)	(41,604)	(36,888)	(35,116)	(44,802)	(44,946)	(41,901)	(43,1520)	(4,355)
淨收入	KUSD	873,365	876,349	822,316	731,075	696,866	885,187	888,068	828,037	852,183	85,687
運營成本	KUSD	(443,941)	(438,950)	(372,904)	(352,176)	(375,209)	(416,598)	(407,018)	(336,790)	(356,800)	(45,123)
營運資金的變動	KUSD	(3,793)	1,248	16,512	5,182	(5,758)	(10,347)	2,395	17,557	(5,003)	79,945
總費用	KUSD	(447,734)	(437,702)	(356,392)	(346,994)	(380,967)	(426,945)	(404,622)	(319,233)	(361,803)	34,822
稅費	KUSD	(99,989)	(115,227)	(119,328)	(127,688)	(103,294)	(82,982)	(125,814)	(133,491)	(276,972)	(27,323)
資本支出	KUSD	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(35,000)	(2,000)
淨自由現金流	KUSD	290,642	288,419	311,596	221,393	177,605	340,259	322,631	340,314	178,409	91,185



基本情況下的 DCF 模型使用如第 3.0 節所述的輸入參數的數值。Mutanda 公司總體估值為 3,089 美元。基本情況下 Glencore 佔 Mutanda 公司權益的估值為 13.18 億美元，上限 14.83 億美元（折現率為 8%，反映市場前景良好下的情況），下限為 10.67 億美元（折現率為 14%，反映市場前景不景气下的情況）。

表 26 至表 28 反映淨現值對於所用折現率和收入、資本支出和運營成本變化的敏感性。

表 26：淨現值對折現率和金屬價格變化的敏感性

NPV (百萬美元)		金屬價格的變化				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
折現率	8.0%	929	1,197	1,483	1,771	2,059
	10.0%	829	1,064	1,318	1,572	1,826
	12.0%	746	954	1,181	1,408	1,635
	14.0%	676	862	1,067	1,272	1,476

表 27：淨現值對折現率和運營成本變化的敏感性

NPV (百萬美元)		運營成本的變化				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
折現率	8.0%	1,691	1,587	1,483	1,380	1,276
	10.0%	1,499	1,408	1,318	1,227	1,137
	12.0%	1,341	1,261	1,181	1,101	1,021
	14.0%	1,209	1,138	1,067	996	925

表 28：淨現值對折現率和資本支出變化的敏感性

NPV (百萬美元)		資本支出的變化				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
折現率	8.0%	1,541	1,512	1,483	1,454	1,434
	10.0%	1,372	1,345	1,318	1,290	1,272
	12.0%	1,233	1,207	1,181	1,155	1,139
	14.0%	1,116	1,091	1,067	1,042	1,027

基本情況估值對於所有上述三種因素的敏感性如圖 72 所示。

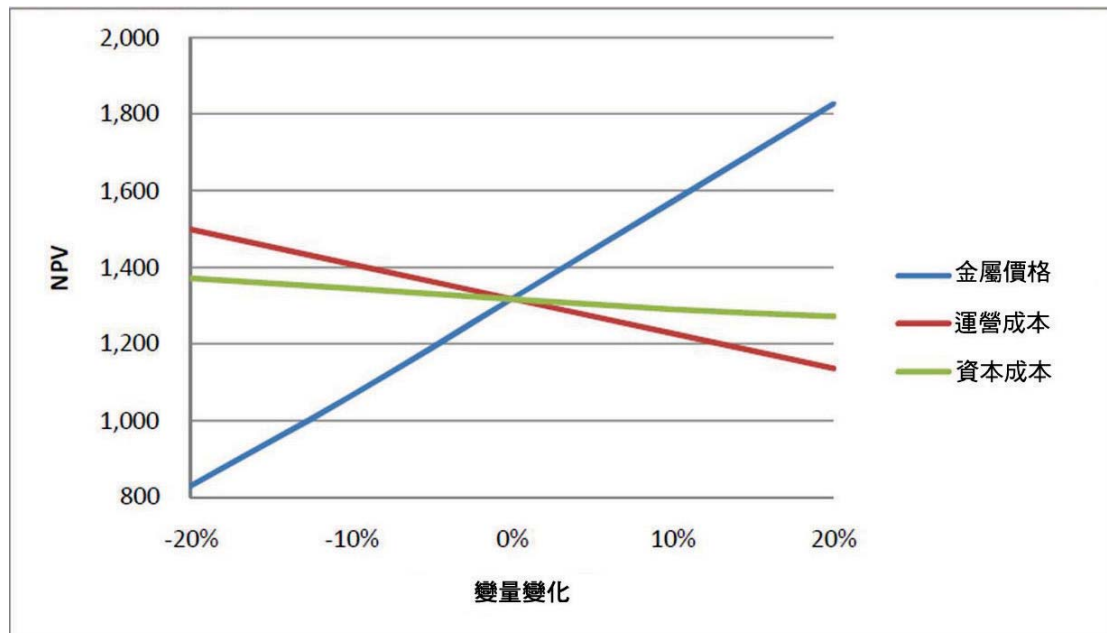


圖 72：基本情況淨現值對金屬價格、運營成本（Opex）和資本支出（Capex）的變化的敏感性

本項目對金屬價格最敏感--金屬價格上漲/下降 1%會造成淨現值增加/下降 2,500 萬美元。運營成本上漲/下降 1%會造成淨現值增加/下降 900 萬美元。本項目對資本支出的變化最不敏感--資本支出上漲/下降 1%會造成淨現值增加/下降 300 萬美元。

11.0 風險分析

向參與本項目技術分析的合格人士作簡要介紹，識別並記錄在其工作過程中的項目風險。

11.1 採礦風險

可能對生產計劃產生負面影響的主要風險包括：

- 通道和邊坡塌落；
- 礦坑可用空間，
- 廢料堆的可用空間，以及
- 開採所有礦區（軟回收除外）並每月與資源模型協調一致時，品位控制風險較小。

11.2 加工風險

冶金加工主要試劑的供應和品質

關鍵工序試劑（如石灰）可能存在所需數量或品質不足的風險，從而使銅和鈷的產量減少。這種風險的危險性較高，但能通過詳細的供應管理計劃進行管理。

電力供應波動：

生產計劃的電力要求約為 80-100MW，存在以下風險：電力可能無法通過國家電網提供，可能導致電力中斷或供應波動。Mutanda 已經和剛果國家電力公司（「SNEL」）簽署協議，整修 Kinshasa 和 Kolwezi SCK / RO



電站之間的直流輸電線路，將 2011 年的電力供應最少增加至 60MW。Mutanda 還和 SNEL 進一步進行了協商，希望其提供資金整修剛果民主共和國內的其他電力基礎設施，到 2015 年把從 Inga 水力發電站輸送至 Katanga 省的可用電力增加至 450MW。

11.3 資本風險

成本遞增：

近年來，由於各種宏觀和微觀不確定經濟因素的影響，全世界採礦行業項目均經歷意外的資本成本超支。資本成本超支意味著資金投入更多，而項目回報更少。這種風險的危險性較高，但正在通過管理手段加以緩解，具體做法是由 Mutanda 項目團隊及其委任的獨立工程師，借助經認證的項目管理軟體和一個涵蓋採礦諸多因素的最新資本成本資料庫，對資本成本估算進行定期審查。

11.4 運營風險

鐵路線路狀況不佳：

鐵路線路狀況不佳可能妨礙生產效率，無法確保成品高效準時交貨，或無法準時供應關鍵的材料補給，導致銅和鈷減產，增加物流成本。這種風險的危險性較高。可能的風險管理措施包括：

- 重新安排生產計劃，與鐵路的運輸能力保持一致；
- 與政府和鐵路運營商協商；
- 與鐵路的其他潛在用戶協商；及
- 物流轉為公路運輸（成本較高），儘管公路費用已包括在財務模型中。

機車車輛的可用性：

隨著成品和關鍵材料補給按計劃增加，運輸機車和貨車可能無法及時到位，這也可能導致銅和鈷減產，物流成本增加。這種風險的危險性較高。要減輕這種風險，可以確定所需運能，並與 SNCC（鐵路運營商）及其他鐵路相關各方協商來確保足夠運能。

來往礦場的物流是一個需要全面仔細規劃的問題，如果得不到較好解決，將使 Mutanda 擁有比正常關鍵存貨更大的存貨量，不過這已經包括在財務模型中。

應該指出的是，任何項目中，進場物流都不計劃採用鐵路運輸，鈷精礦和銅精礦出場也計劃儘量少用鐵路。鐵路網及運輸車輛的任何改進都將大大降低進出場物流成本。

國內制度性基礎設施及機構能力欠缺：

剛果民主共和國的國家和地方政府及其機構可能沒有能力滿足本項目的基礎設施需求，從而降低項目可行性或造成延誤。這種風險的危險性較高，可以通過發展與其他利益相關者、政府和機構的關係以及支持能力建設活動等措施進行緩解。

高級管理和技術專業人員：

招聘和留住高級管理人員及運營所需的關鍵技術人員來管理及運營礦山和加工廠是風險較高的一個問題。它有可能影響本項目順暢運行和遵守法規的能力。風險管理措施包括審查公司的就業策略、人才招聘和挽留計劃；提高政府和其他服務提供者的承包商服務水平。Glencore 已在其管理層中任命了相當大比例的外籍雇員。

手工採礦者：

雖然 Mutanda 附近沒有任何手工採礦者，但在 Mutanda 方圓 10km 範圍內有許多。因此，Mutanda（或承包商）車輛途經這些手工採礦者所在區域附近時，可能會導致手工採礦者受傷或失去性命。



11.5 主權風險

剛果民主共和國過去一直政治和社會動亂不斷。雖然這樣的動盪在歷史上發生在這個國家的部分地區，遠離剛果民主共和國 Katanga 省科盧韋齊區的 Mutanda 作業區，但剛果民主共和國（作為一個整體）未來仍繼續存在受不同程度的政治和經濟不穩定性影響的風險，這並非 Mutanda 所能控制，可能會對 Mutanda 在這一地區的經營產生不利的影響。此外，剛果民主共和國正在發展的法律制度可能使 Mutanda 在這一地區的經營受到法律法規新變化的影響，這可能會導致運營成本和/或合規成本增加。

11.6 經濟及市場風險

商品價格：

銅和鈷的市場價格是影響 Mutanda 的盈利能力和 Glencore 在 Mutanda 的權益價值的重要因素。因商品需求受全球經濟狀況和前景制約、原材料供應源不一、以及受貨幣匯率和利率的變化以及投機活動等因素影響，這些價格的波動較大，不受公司的控制。商品價格持續低於生產成本可能會導致經營收縮或暫停。通過套期保值可以適當管理市場風險，但是這可能會導致在商品價格走高期間因價格上漲而損失利潤。

運營成本：

項目運營成本也會影響 Glencore 的盈利能力和 Mutanda 項目的價值。這些均受各種壓力的影響，例如：能源價格、油價、化工產品價格、勞動力成本和通貨膨脹。

貨幣風險：

項目收入以美元為單位，但投入成本可能採用其他貨幣，例如：南非蘭特。貨幣匯率變化會影響生產成本，影響項目的盈利能力。

11.7 環境及社會風險

GAA 於 2010 年 12 月 8 日在 Mutanda 進行的環境和社會審計中標出了這些風險，並納入了第 7.0 節。

GOLDER ASSOCIATES 非洲有限公司

Frank Wimberley
項目經理

Willem van der Schyff
合資格人士

SE/WvdS/kf

註冊編號：2002/007104/07

董事：FR Sutherland、AM van Niekerk、SAP Brown、L Greyling

Golder、Golder Associates 以及 GA 的環球標誌是 Golder Associates Corporation 的商標。

g:\projects\12971-mineral expert report and waste mngmt compliance\4_reports\final_mutanda\12971_rep_temp_mumi_26-04-2011.docx



附錄 A

縮寫列表及技術詞彙表



縮寫列表

縮寫

3D	三維
AAS	原子吸收光譜測試法
ASCu	溶於酸的銅
BAEEM	礦山環境諮詢局 (Bureau d'Assistance et d'Expertise Environnementale Minière)
CAMI	剛果民主共和國 (剛果金) 礦業部
CCD	封流傾池法
CNW	西北中部
CSR	企業社會責任
CV	變動系數
DCF	折現現金流
DD	金剛石鑽井
DDMET	金剛石鑽井冶金鑽孔
DMS	重介質選礦
DPEM	採礦環境保護局
DRC	剛果民主共和國
DTM	數碼化評估模型
EAP	環境評估計劃
EIS	環境影響報告書
EMP	環境管理計劃
EPCM	工程採購、施工和管理
ESIA	環境與社會影響評估 (Environmental and Social Impact Assessment)
GAA	Golder Associates 非洲有限公司
HARD	半絕對相對差
HDPE	高密度聚乙烯



礦產專家報告：MUTANDA

HG	高品位
IFC	國際金融公司
IP	激發極化
JORC	《澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範》（2004 年版）
JVA	合資協議
LG	低品位
LOM	礦山生命期
MC	模擬中部
ME	模擬東部
MER	礦產專家報告
MW	百萬瓦特
NPV	淨現值
P&Gs	初期及一般性費用
PE	採礦許可
PLS	母液溶液
PPM	Paradigm Project Management公司
QA/QC	品質保證和品質控制
QC	品質控制
R 1	RAT Lilas 組
R 2	RAT Grises
R 3	由淺灰到暗紅或棕色的分層葉岩和雲母片岩
R 4	為具有鱗狀層位及數個帶狀淺黃色滑石片岩夾層的灰色矽質分層白雲質岩。常見赤鐵礦結核。
RC	反循環
RHC	Riaan Herman諮詢公司
ROM	原礦
RWP	回水池
SG	比重



礦產專家報告：MUTANDA

SHEQ	安全、健康、環境和質量
SI	國際單位制
SRK	SRK（南非）諮詢有限公司
SX-EW	溶劑萃取 - 電解沉積法
TSF	尾礦儲存設施
WACC	加權平均資本成本
WRD	廢礦堆

單位

%	百分比
%ASCu	酸溶銅百分比
%CaO	氧化鈣百分比
%Cu	銅百分比
%CuO	氧化銅百分比
%總鈷	總鈷百分比
%總銅	總銅百分比
±	正負
°	度
ha	公頃
ha/yr	公頃/年
kg	千克
kg/t	千克/噸
km	公里
km/h	公里/小時
km ²	平方公里
kt	千噸
m	米
m ³	立方米



礦產專家報告：MUTANDA

Ma	距今百萬年
mg/l	毫克/升
mm	毫米
Mm ³	百萬立方米
Mt	百萬噸
Mt	百萬噸
Mtpa	百萬噸/年
sec	秒
sq. km	平方公里
T	噸 (1,000 千克)
t/m ³	噸/立方米
tpa	噸/年
tph	噸/小時
USD	美元

化學元素

(Co,Cu) ₂ S ₄	硫銅鈷礦的化學成分
(Co,Cu,Mn,Fe)O(OH)	水鈷礦的化學成分
(Cu,Co) ₂ (CO ₃)(OH) ₂	鈷孔雀石的化學分子式
(Fe,Co)O(OH)	針鐵礦的化學成分
(Mg,Fe) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈	綠泥石的化學成分
As	砷元素的化學符號
Ca,Mg(CO ₃) ₂	白雲岩的化學成分
CaCO ₃	石灰岩的化學成分
CuO	氧化銅的化學分子式
CaO	石灰的化學成分
鈷	鈷元素的化學符號
Co(OH) ₂	氫氧化鈷的化學分子式



礦產專家報告：MUTANDA

Cr	鉻元素的化學符號
銅	銅元素的化學符號
$\text{Cu}_2(\text{OH})\text{PO}_4$	磷銅礦的化學成分
$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	孔雀石礦的化學成分
Cu_2O	赤銅礦的化學成分
Cu_2S	輝銅礦的化學成分
$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)(\text{OH})_3$	藍磷銅礦的化學成分
$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	假孔雀石礦的化學成分
Cu_5FeS_4	斑銅礦的化學成分
CuS	銅藍的化學成分
Fe	鐵元素的化學符號
Fe_2O_3	赤鐵礦的化學成分
H_2S	硫化氫的化學分子式
H_2SO_4	硫酸的化學分子式
K-Al-Mg-Fe矽酸鹽粘土	粘土的化學組成
$\text{KMg}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	雲母的化學分子式
MgO	氧化鎂的化學分子式
Mn	錳的化學符號
NaHS	鈉硫化氫的化學分子式
Ni	鎳的化學符號
NO_2	二氧化氮的化學分子式
Pb	鉛的化學符號
Se	硒的化學符號
SiO_2	二氧化矽/石英的化學分子式
SO_2	二氧化硫的化學分子式



技術詞彙表及定義

泥質岩	一個用來描述模態顆粒屬於粉土級的沉積岩的術語
化驗分析	為確定礦物中的金屬含量而對礦物樣本進行的化學分析
化驗分析	為確定礦物中的金屬含量而對礦物樣本進行的化學分析
基底礫岩	地層單元中最早形成的礫岩
資本支出	未分類至營運成本的其他一切支出
精礦	在重力選礦或浮游選礦等選礦流程中形成的一種富含金屬的產物，該選礦流程可將所需的礦物與礦石中的廢料分離開來
破碎	減小礦石顆粒粒徑的第一道工序，此道工序的目的在於使礦石更易於接受進一步加工處理
傾角	某一地質構造/岩石與水平面之間形成的傾斜角度
白雲岩	一種碳酸鹽沉積岩和一種礦物的名稱，兩者的成分均為碳酸鈣鎂
鑽孔採樣	一種提取地下岩石樣本的方法
D Strat（層狀白雲岩）	一種高度成層的泥質白雲岩，構成GCM所謂的「低等級礦石帶」的基礎
生效日期	技術報告的生效日期
斷層	裂縫的斷裂面，兩側岩體沿這一斷裂面發生位移
過濾	將固體物從某種液體中分離出來的過程
地質年代法	利用地質年代表度量時段的方法
Gecamines	剛果（金）國家礦業公司（La Generale des Carrieres et des Mines）
品位	一個用來衡量礦化岩石中銅或鈷含量的指標
上盤	礦體或斜坡的上覆層
牽引	一種水平地下挖掘方法，用來運輸開採的礦石，或是指把開採的礦石從露天採礦場運送到處理廠的運輸過程
水文學	關於地下水及地表水相關地質領域的一門學科
控制的礦產資源量	指礦產資源中，對噸位、密度、形狀、物理特徵、品位及礦物含量等方面的估算具有合理可信度的那部分資源。控制資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的勘探、採樣和測試資料為依據，而這些資料的取得需要借助適當的技術。對確認地質和礦物品位的連續性來說，這些資料採集地點過於分散，或者說空間設置不夠合理，但對連續性假設來說這却是足夠近的距離
侵入體	沿著某一固定構造或通過破壞性侵入或橫切圍岩的方式侵入到業已存在的岩石之上的火成岩岩體
岩性 / 岩性的	有關不同岩石類型的地質概念
LoM計劃	礦井生命期計劃
有形資產	多項資產的總稱，包括東部、中部和西北中部礦井、濕法冶金裝置、酸洗廠及液態二氧化硫廠以及重介選礦廠
探明的礦產資源量	指礦產資源中，對噸位、密度、形狀、物理特徵、品位及礦物含量等方面



礦產專家報告：MUTANDA

	的估算具有較高可信度的那部分資源。 探明資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的詳盡可靠的勘探、採樣和測試資料為依據，這些資料的取得需要借助適當的技術。 資料來源地點之間的距離應較近，足以確認地質和品位的連續性
變質沉積岩	變質沉積岩
雲母	是一種三層層狀晶格礦物，可分為雙八面體的白雲母和三八面體的金雲母兩大類
研磨選礦	把礦石粉碎、研磨並進行物理或化學處理，來將含有有價值金屬的礦石製成精礦或製成品的過程
礦物儲量	是指探明的或控制的礦產資源中經濟可採的部分。 它包括開採過程中發生的貧化和損失。 該儲量得到了適當的評價，包括可行性研究。在評價過程中充分考慮了各種影響因素，包括根據客觀實際假定的開採、冶煉、經濟、營銷、法律、環境、社會和政府等因素，並參考這些因素對評價進行了修正。 儲量評價顯示在制定儲量報告之時，該儲量是可以開採的。礦物儲量依可信度遞增的順序可細分為概略的礦物儲量和證實的礦物儲量兩類
礦產資源	指積聚或存在於地殼內或地表，具內在經濟價值的物質，其形態、質量及數量足以令人相信存在最終可實現經濟開採的合理前景。 礦產資源的位置、數量、品位、連續性及其他地質特徵可依據具體的地質證據及知識得知和估算，或根據具有良好約束條件、模擬細緻的模型進行詮釋。 礦產資源按從低至高的地質可信度分為推斷資源、控制資源及探明資源三類。
採礦規範	剛果民主共和國第007/2002號法律，生效日期為2002年7月11日
Mwashya或R4	具有鱗狀層位及數個淺黃色滑石片岩帶的淺灰色矽質蝕變分層白雲質岩
造山運動	造山運動是指山脈的形成過程，它導致了高度變形帶的形成，而高度變形帶構成了山脈
概略的礦物儲量	是指探明的或控制的礦產資源中經濟可採的部分。 對其進行估算的可信度低於證實的礦物儲量的可信度。 它包括開採過程中發生的貧化和損失。 該儲量得到了適當的評價，可能包括可行性研究。在評價過程中充分考慮了各種影響因素，包括根據客觀實際假定的開採、冶煉、經濟、營銷、法律、環境、社會和政府等因素，並參考這些因素對評價進行了修正。 儲量評價顯示在制定儲量報告之時，該儲量是可以開採的
元古代	指介於2.5x10 ⁹ 到570x10 ⁶ 年前之間一個地質時期
證實的礦物儲量	探明的礦產資源中經濟可採的部分。 對其估算的可信度較高。 它包括開採過程中發生的貧化和損失。 該儲量得到了適當的評價，可能包括可行性研究。在評價過程中充分考慮了各種影響因素，包括根據客觀實際假定的開採、冶煉、經濟、營銷、法律、環境、社會和政府等因素，並參考這些因素對評價進行了修正。 儲量評價顯示在制定儲量報告之時，該儲量是可以開採的
Roches Argilleuses Talceuse (RAT) 群	RAT群被認為是R2和R1單元的邊界，由RAT Grises (R2) 上群和RAT Lilas (R1) 下群所組成
葉片狀(成層)矽化岩(RSF)	一種淺灰到淺棕色呈薄層狀、成層的、高度矽化的白雲岩
帶有孔洞的矽質岩(RSC)	一種多孔的、孔隙受到充填的塊狀疊層矽質白雲岩
SAMREC 規範	南非的礦產資源和礦產儲量報告規範
Samref Congo	Samref Congo Sprl
片岩	一種區域變質岩，其特徵為大多數礦物成分呈平行排列



礦產專家報告：MUTANDA

基底片岩（SDB）	一種紅褐色到灰色的泥質結節狀白雲岩到粉砂岩
沉積岩	因沉積物的堆積以及受其他岩石侵蝕而形成的岩石
上部白雲質葉岩（SDS）	淺黃色、奶油色到紅色成層、片狀白雲石質粉砂岩和細粒砂岩
地層學	有關成層岩的時間空間研究的一門學科
基底片岩（SDB）	一種紅褐色到灰色的泥質結節狀白雲岩到粉砂岩
沉積岩	因沉積物的堆積以及受其他岩石侵蝕而形成的岩石
尾礦	是指細磨礦粉在提取出貴重礦物或金屬後剩下來的廢礦渣
火山岩	岩石的三種類型之一。火山岩組合包括所有噴出岩和有關的侵入岩
火山碎屑岩	岩石的三種類型之一。火山岩組合包括所有噴出岩和有關的侵入岩

(此 乃 白 頁 特 此 留 空)

Golder Associates 致力成為最具號召力的全球性岩土工程和環境服務專業公司。自 1960 年成立起，Golder Associates 一直堅持員工所有制結構。我們創立了獨一無二的企業文化，員工均以作為企業主人為榮，也保證了長期以來組織結構的一貫穩定。

Golder 的專業人士重視瞭解客戶需求以及客戶的特定運營環境。我們堅持拓展技術能力，與我們在亞洲、非洲、澳洲、大洋洲、歐洲、北美和南美的員工一同穩步成長。

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

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates 非洲有限公司
Thandanani Park
Matuka Close
Midrand
South Africa
電話： [+27] (11) 254 4800

