第十四節：獨立技術報告

D分節：MOPANI報告

（此乃白頁　特此留空）

2011 年 5 月 4 日

GLENCORE INTERNATIONAL PLC

Mopani Copper Mines Plc

謹呈：
Glencore 國際公司
Baarermattstrasse 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	土木工程理科碩士，工商管理碩士
Peter Onley	Golder Associates Perth	工商管理碩士，理科碩士，理科學士（榮譽）澳大拉西亞礦冶學會會員，合格人員
Willem van der Schyff	Golder Associates 非洲有限公司	註冊自然科學家，榮譽理科學士（地質學），GDE（採礦工程師），GSSA
Eddie Cunningham	Golder Associates 非洲有限公司	技術學院建築學學位
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
Niel Adendorff	SNC Lavalin	
Kerron Johnstone	Golder Associates 非洲有限公司	工程理科學士，GDE，工商管理碩士

報告

報告編號： 12971-10168-1
發行：
Glencore 國際公司 -1 份
GAA 項目檔案部-1 份
GAA 圖書館-1 份

A world of capabilities delivered locally

Golder Associates

2011 年 5 月 4 日 12971_Lett_009

董事會
Glencore International plc（以下簡稱「公司」）
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

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

礦物專家報告：MOPANI COPPER MINES Plc

敬啓者，

報告目的

Golder Associates 非洲有限公司 (以下簡稱「GAA」) 受 Glencore 國際公司 (以下簡稱「Glencore」) 委託, 就 Mopani Copper Mines Plc（以下簡稱「MCM」，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 International plc 預計成為集團的最終母公司。

MCM 的有形資產包括以下方面：

- 採礦資產：
  - Nkana 地下礦山：中央礦井、南礦體、Mindola 輔助垂直和 Mindola 北部礦井；以及
  - Nkana 露天礦山（區域 A、區域 D 和區域 J）（以下統稱「Nkana 礦山」）；
  - Mufulira 地下礦山；以及
  - Mufulira 東部和西部礦口（以下統稱「Mufulira 礦山」）。
- 加工資產：
  - 位於 Nkana 的硫銅鈷濃縮機（以下簡稱「Nkana 濃縮機」）；

- 位於 Nkana 的氧化銅攪拌過濾溶劑萃取廠（以下簡稱「Nkana 過濾廠」）；
- 集成一個銅溶劑萃取儲存罐室和一個電解提煉（以下簡稱「EW」）儲存罐室的鈷工廠（以下簡稱「鈷工廠」）；
- 位於 Mufulira 的硫銅濃縮機（以下簡稱「Mufulira 濃縮機」）；
- 位於 Mufulira 的氧化銅攪拌過濾溶劑萃取廠（以下簡稱「Mufulira 過濾廠」）；
- 位於 Mufulira 的 IsaSmelt 熔爐和精煉廠。

本 MER 編寫團隊由數位合資格人士「CPs」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 Glencore International plc 股份、以及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英國金融服務局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 MCM 根據 JORC 規範編制，且 GAA 已通過實地考察、採訪面談、自身數據收集、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結果。

能力和獨立性

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、MCM 或任何其子公司；或
- 受審核的有形資產。

我們已向公司以及 MCM 提供本報告草案，但目的僅在於確認報告中事實數據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)(f)，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（露天礦和地下作業）、工廠和加工設施、廢料堆和尾礦設施，以對過往為 MCM 及代表 MCM 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 MCM 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 MCM 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 MCM。

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、英國金融服務局招股章程規則、歐洲委員會關於招股章程第 890/2004 號規定以及《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，理科碩士，理科學士（榮譽），澳大拉西亞礦冶學會會員，合格人員。 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。

姓名	公司	資質
		入行以來，Peter 曾就多種礦產品提供諮詢，包括鑽石、金、鉑、鐵礦石、鋁土礦、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、鋁土礦和工業礦物等 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	工程理科學士，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

姓名	公司	資質
		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。技術報告的項目經理為 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

1.0 執行摘要

1.1 簡介

2010 年 11 月 Golder Associates 非洲有限公司 (「GAA」) 受 Glencore 國際公司 (「Glencore」) 委託對其子公司 Mopani Copper Mines Plc (「MCM」) 擁有和經營的礦業資產編製一份礦物專家報告 (「MER」)。Glencore 持有 Mopani 73.1% 的股份，其餘股份由 First Quantum Minerals Ltd. (16.9%) 和 ZCCM Investments Holdings Plc (ZCCM-IH) (10.0%) 持有。預計 Glencore International plc 將成爲集團的最終母公司。

MER 的目的是向 Glencore 提供一份技術報告（評估其所持有礦業資產的性質和價值），協助其使 Glencore International plc 在 LSE 和香港聯交所上市。

本 MER 根據聯合礦石儲量委員會（澳大拉西亞礦冶學會、澳大利亞地質學會及澳大利亞礦物理事會）公佈的澳大拉西亞礦物資源和礦石儲量勘探結果報告規範 (2004) 進行編製。

整理本報告的方法包括以下：

- 2010 年 10 月至 2011 年 1 月期間，GAA 多名代表對四個礦山進行考察，檢查礦山（露天礦坑和地下開採）、工廠和加工設施、廢石堆及尾礦設施；
- 採訪來自 Nkana 和 Mufulira 的多位 MCM 高級經理；
- GAA 的自有數據分析、工程、財務、資源量、採礦和資源建模；
- 根據於以前的技術研究和專業報告。

除非另有說明，本報告含有的資訊爲最新資訊，自 2011 年 1 月 1 日生效。GAA 評估結果如下所述。

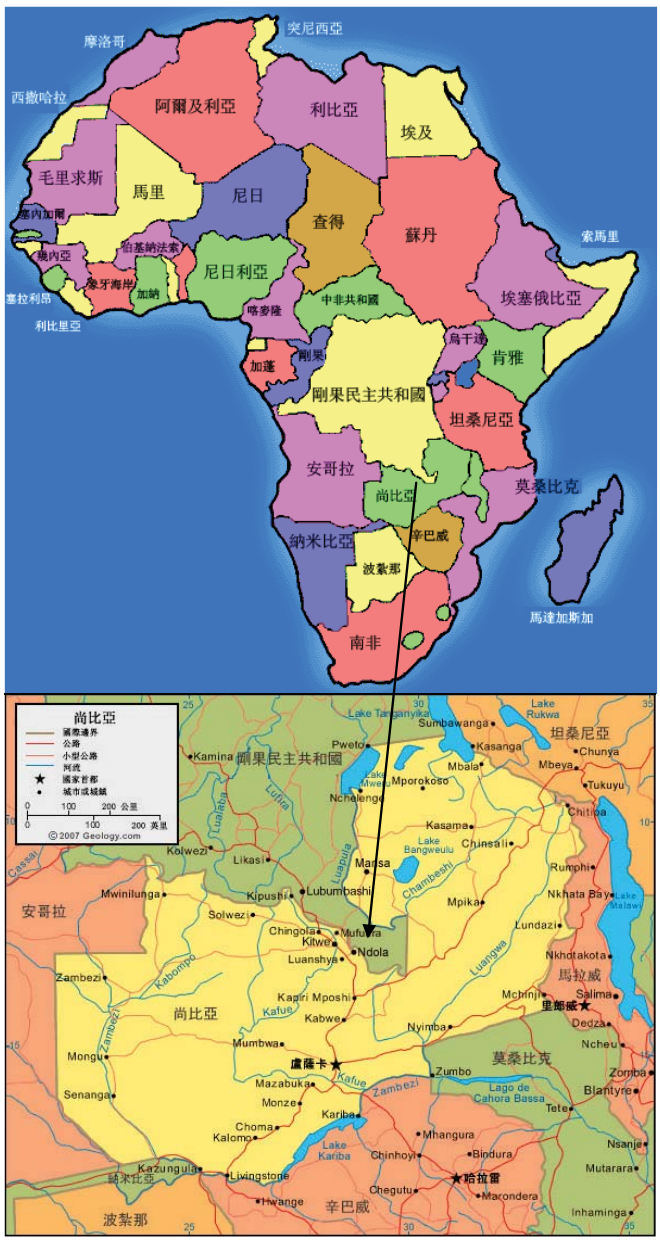
物業描述和地點

本礦物專家報告涵蓋 Mopani 位於尚比亞 Copperbelt 省的經營、項目和相關基礎設施，以下「有形資產」，如下所列：

- 採礦資產：
  - Nkana 地下礦山：中央礦井、南礦體、Mindola 輔助垂直和 Mindola 北部礦井；以及
  - Nkana 露天礦山（區域 A、區域 D 和區域 J）（以下統稱「Nkana 礦山」）；
  - Mufulira 地下礦山；以及
  - Mufulira 東部和西部礦口（以下統稱「Mufulira 礦山」）。
- 加工資產：
  - 位於 Nkana 的硫銅鈷濃縮機（以下簡稱「Nkana 濃縮機」）；
  - 位於 Nkana 的氧化銅攪拌過濾溶劑萃取廠（以下簡稱「Nkana 過濾廠」）；
  - 集成一個銅溶劑萃取儲存罐室和一個電解提煉（以下簡稱「EW」）儲存罐室的鈷工廠（以下簡稱「鈷工廠」）；
  - 位於 Mufulira 的硫銅濃縮機（以下簡稱「Mufulira 濃縮機」）；
  - 位於 Mufulira 的氧化銅攪拌過濾溶劑萃取廠（以下簡稱「Mufulira 過濾廠」）；
  - 位於 Mufulira 的 IsaSmelt 熔爐和精煉廠。

■ 用於生產可銷售金屬的相關基礎設施。

礦場的地理位置如下所示。



1.2 擁有權

Glencore 持有 Mopani 73.1% 的股份，其餘股份由 First Quantum Minerals Ltd. (16.9%) 和 ZCCM Investments Holdings Plc (ZCCM-IH) (10.0%) 持有。

1.3 歷史

Nkana 從 1931 年開始經營，Mufulira 從 1933 年開始經營。Nkana 礦場位於尚比亞 Copperbelt 省 Kitwe 鎮附近。Mufulira 距 Kitwe 以北 50km。

2000 年，Mopani 收購了 ZCCM 在 Mufulira 的資產（包括一個地下礦場、選礦廠、冶煉廠和精煉廠）和在 Nkana 的資產（包括地下礦場、選礦廠和及尚比亞共和國政府 (「GRZ」) 的鈷工廠）。

產品

Nkana 礦山生產來自四個來源的銅礦石和鈷礦石：北部礦井、Mindola 輔助垂直礦井、中央礦井和南部礦體 (「SOB」)。此外，Nkana 還生產來自露天礦坑即 A 區、D 區和 J 區的銅礦。在 Mufulira，銅礦來源是 Mufulira 礦井、Mufulira 東區和 Mufulira 西區，開採工作主要是兩種不同的採礦方式；第一種是原始爆鑽地下採礦法，第二種是新採用的方法，即浸出法。

1.4 法定任期

Mopani 目前擁有兩個大型採礦許可證，因此能夠按照尚比亞採礦法運營這兩個礦山及其相關基礎設施。

姓名	許可證編號	簽發日期	到期日期	狀態
Nkana	7625 HQ – LML	2000 年 3 月 31 日	2025 年 3 月 31 日	生效
Mufulira	7073 HQ – LML	2000 年 3 月 31 日	2025 年 3 月 31 日	生效

1.5 資源模型

地質概況

尚比亞銅帶省位於 800km 長 Lufilian 褶皺帶的東南端。它由主要呈西北走向的後構造結構地貌 Kafue 背斜邊緣周圍形成的前寒武紀晚期 Katanga 系統變形岩構成。基底複合物的各種元素暴露於該背斜的核心。由於 Lufilian 山嶽的原因，Katanga 岩石已被拋入一系列狹長的雁列褶皺，及後構造半球形洞和盆地狀結構。Chambishi-Nkana 盆地大約位於 Kafue 背斜南部邊緣的中部，沿西北方向延伸。

Nkana 開採區覆蓋西北突出的 Nkana 向斜，形成 Chambishi-Nkana 盆地的東南向延伸部分。Nkana 開採區的岩石變形幾乎完全與影響 Katanga 前部和 Katanga 岩石的 Lufilian 山嶽相關。關於開採區之內基底複合物的 Lufilian 前構造歷史尚不清楚，因此，下列描述僅限於對 Lufilian 結構的總結。

開採區的主要宏觀結構是西北突出的 Nkana 向斜。該結構不對稱，彎曲的軸平面急劇朝著向斜溝槽西北傾斜，但是與更高結構水平的西向下沉垂直。複合物佔據了向斜的軸向區域，但是該褶皺在其兩側消失。由於 Nkana 向斜西北傾伏的原因，目前的地面代表了通過向斜從東南向西北漸進式更高結構水平的水平部分。

Mufulira 盆地的岩石褶皺不對稱，在西南側面緩緩下沉，在東北分支近垂直，在剛果民主共和國 (DRC) 邊界的 Mokambo 露頭。Mufulira 向斜層的 Roan 沉積物位於礦山向東北大約 45º 傾斜的位置附近。該礦山區域存在小型褶皺和小型斷層。Lower Roan 沙質石英岩和雜砂岩爲銅礦物的主要岩石。

礦化

在 Nkana 採礦區內，有四種地下礦場和四個露天礦坑。全部位於 Nkana 向斜區。向斜的前端和西南分支存在其他含銅區域。礦體呈層狀，主要限制於該礦山系列 Lower Roan 組之內 Katangan 斷層基底附近出現的可識別礦石形式。

地下礦內巷道中的主要銅礦石爲黃銅礦和斑銅礦，下有輝銅礦。這些礦物的地理分佈有一個分區。鈷作爲硫銅鈷礦和含鈷黃鐵礦的形式出現。主要礦石爲孔雀石、僞微閃長岩、矽孔雀石、自然銅、赤銅礦和磷銅礦。在露天礦坑內，孔雀石和矽孔雀石爲更接近地表的氧化區域的主要礦石。但是，在一些地區，蛭石、孔雀石、僞微閃長岩和附屬填充物更重要。在較深層面主要有黃銅礦、斑銅礦和輝銅礦。

在 Mufulira 採礦區，基底雜岩地形似乎在變形過程中產生了重要的結構控制力。所有三個礦體內的礦石分佈在地層學方面受到主要作爲散佈、氣泡和不規則物質形式出現的控制。主要銅礦物爲黃銅礦 (60%)、斑銅礦 (40%)和輕微/微量輝銅礦。氧化礦物受限制於近地面和淺生礦床豐富區域。一般來說，沉積物結構簡單，特徵是有三個主要褶皺，部分傾伏顛覆，向東北傾斜大約 10º。該盆地開闊，深度未進行測試。

礦產資源量和礦石儲量

從 2011 年 1 月 1 日起，Mopani 總共擁有 218 噸礦石的探明礦產資源和控制礦產資源，品位分為總銅(TCu) 2.02%，酸溶銅(ASCu) 0.23%，及總鈷(TCo) 0.11%，如下表所示：

Mopani 截止 2010 年 12 月 31 日的礦產資源量

	Nkana				Mufulira				總計			
	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	總鈷 (%)	酸溶銅 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	總鈷 (%)	酸溶銅 (%)	百萬噸(Mt)	總銅 (%)	總鈷 (%)	酸溶銅 (%)
探明	145.8	2.00	0.10	0.25	28.2	2.18	-	0.28	173.9	2.01	0.10	0.25
控制	34.5	1.80	0.14	0.07	9.9	2.62	-	0.31	44.3	1.93	0.14	0.11
探明和控制	180.3	1.96	0.11	0.21	38.1	2.30	-	0.28	218.2	2.02	0.11	0.23
推斷	35.4	1.65	0.14	0.06	37.6	2.62	-	0.11	73.0	2.12	0.14	0.09

1) 已經根據 JORC 規範的分類標準報告礦產資源。

2) 引述的礦產資源包括礦物儲量。

3) 礦產資源不是礦物儲量，沒有已經展示的經濟能力。

1.6 估計儲量

以下內容為描述 Nkana 和 Mufulira 的估計儲量。

Nkana

Mopani Copper Mines Plc（以下簡稱「MCM」）的地下開採操作由四個目前運作的地下礦場組成。地下採礦運作按礦井進行評估，即中央、Mindola 附屬垂直 (「SV」) ，SOB 及 Mindola 北部礦井 (「MNS」)。地下開採運作始於 1931 年，最早的運作礦井爲中央礦井。所使用的採礦方法包括大直徑深孔採礦法 (「VCR」)、中段平坑陷落採礦法 (「SLC」) 及縱向房柱式採礦法 (「RAP」)。過去五年平均地下生產量為每年 340 萬噸 (「Mtpa」) 含 1.94% 銅和 0.12% 鈷的礦石。

A 區礦坑是 Mindola 露天礦坑南面的擴展區。該礦坑預計於 2011 年 6 月之前耗竭，每月生產 40 000 噸礦石和 120 000 噸廢棄物。D 區是 Mindola 附屬垂直礦井地下巷道上方的氧化物頂層。該礦坑的計劃生產爲每個月 40 000 噸礦石和 220 000 噸廢棄物。該礦坑預計於 2011 年 2 月前耗竭。J 區於 2010 年開始剝除廢棄物，目前從上梯段中生產低品位 (「LG」) 礦石。規劃礦坑底部之下的氧化物計劃採用地下方法和礦坑通道進行開採。

所有地下開採區適用 1% 總銅 的歷史品位下限，薄礦體使用 10 米% 限制的實際厚度。採礦相對修正因子和效率依採礦方法和礦體而定。採礦恢復率介於 Mindola 北部礦井 54% 與中央礦井 95% 之間。稀釋率介於南部向斜的 5% 至南部礦體上段的 20%。Nkana 的開採率介於 70% 至 100%之間。

2009 年所有作業中生產出總共 290 萬噸原礦 (「ROM」)，含有 1.85% 銅。到 2035 年，總體硫化礦露天礦坑和地下作業時間表將開採出 1.081 億噸 ROM 礦石，其中含有 1.83% 銅的 ROM 頭等品位礦石。露天礦坑作業生產計劃到 2012 年結束。2018 年至 2026 年地下作業的高峰生產率為每年 510 萬噸礦石，2014 生產率為每年 120 萬噸廢棄物。

氧化礦石礦產儲量估計為 260 萬噸探明和概略礦物儲量，含 3.66% 銅和 0.13% 鈷。硫化礦礦物儲量估計為 1.081 億噸探明和概算礦物儲量，含 1.83% 銅和 0.12% 鈷。資源量按照礦區平面圖以大於 1% 銅的稀釋等級進行轉換。

	探明儲量				概略儲量			
礦石類型	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)
氧化物礦石	1.8	4.02	2.89	0.14	0.8	2.84	2.10	0.10
硫化礦石	92.3	1.84		0.10	15.9	1.80		0.23

Mufulira

Mufulira 礦山採用機械連續回採法 (「MCR」)中的各種不同的採礦方法。分別爲 Mufulira 西部和 Mufulira 中央礦山採用的機械連續回採 1（以下簡稱「MCR1」）和機械連續回採 2（以下簡稱「MCR2」）。Mufulira 東部礦山使用 RAP 開採。Mufulira 礦體的採礦分為三個區域：

- Mufulira 東部；
- Mufulira 中部；及
- Mufulira 西部。

Mufulira 中部根據高度進一步分為上層、中層和深層區域。

在應用與開採相關的修改因素之前，Mufulira 應用 4m 實際厚度和 2% 総銅 的歷史品位下限。品位低於 1% 的內部礦塊包括在儲量內，進行內部回採稀釋。採礦效率 和採礦相關修正因子包括稀釋、採礦恢復和採礦開採。平均採礦恢復率為 83%，而開採率介於 82% 至 94% 之間，依採礦方法和礦體類型而定。稀釋率介於 18% 至 30% 之間。

2009 年地下作業總共生產出 160 萬噸 ROM，含 2.0% 銅。根據地下作業表，到 2022 年將開採出總共 1230 萬噸 ROM，含 2.7% 銅的 ROM 頭等品位礦石。大部分 LOM 生產礦石是從 Mufulira 中部深層礦區生產的，從 2015 年至 2022 年每年生產 100 萬噸 ROM 礦石。

礦產儲量估計為 1060 萬頓探明和概略儲量，含 2.6% 銅和 1.0% 酸溶銅。

探明儲量			概算儲量		
百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)
8.1	2.51	0.96	2.5	2.96	-

1.7 工廠和設備

在 Nkana，Mopani 經營一家選礦廠、鈷工廠和浸出工廠。選礦廠採用傳統方法，即破碎、研磨、浮選和脫水。銅和鈷精礦是通過離析法從大量精礦中生產出來的。在 Nkana，選礦廠以傳統方式運作，產量為每天 12 000 噸。礦石初級破碎階段是在地下完成的，而二級和三級破碎是在選礦廠完成的。利用球磨機對破碎的礦石進行研磨，然後進行浮選，以生產出品位為大約 30% 的銅精礦。

在 Mufulira，MCM有一整套冶金設施。Mufulira 精礦品位為大約 41%。在 此，選礦廠按傳統方式運作，產量為每日 8 350 噸。輸送到 Isasmelt 熔爐的銅精礦是來自 Nkana 、Mufulira 以及第三方抽取的精礦的混合體。這個流程會生產出冰銅和廢渣，輸送到冰銅沉澱爐 (「MSEF」) 進行沉澱，分離出冰銅和廢渣的單獨狀態。形成的冰銅輸送到轉爐，吹風機通過風口將風送往轉爐內，以清除硫和鐵。接著生產出來的產物 － 粗銅在陽極熔爐進行火法精煉。

Mufulira 銅陽極在 Mufulira 電解質精煉廠進行處理，生產出高質量陰極銅（「MCM」 LME 品牌）進行銷售。精煉廠的三個溶劑萃取工廠處理從大缸浸出和浸出作業中生產出的母液溶液，以便在新建儲存罐室的電解提煉部分生產陰極銅。

關於下面列出的經濟估值，包括了工廠和設備的價值。

Nkana 的選礦廠恢復率為大約 92.5%。Mufulira 的選礦廠恢復率為大約 94%。

1.8 關閉

對 Nkana 和 Mufulira 進行了一次關閉評估。評估是根據礦山基礎設施覆蓋區域和相關界區而進行的。關閉成本也考慮了礦山財產、運作、廢棄物設施及其他相關土地使用方面所需的復原。Nkana 和 Mufulira 的指示性關閉成本如下表所列。

關閉評估	評估的關閉成本
Nkana	24.56 億美元
Mufulira	27.05 億美元
Mopani 總計	51.60 億美元

評估參考了以往的專家報告、技術研究和關閉成本估計，主要參考為 Scott Wilson 的研究。鑒於 Scott Wilson 與 GAA 在方法和成本估計上出現差異，建議 Mopani 的公平合理財務準備金為大約 5100 萬美元。

1.9 環境評審

Nkana

環境評審僅聚焦於關鍵的環境和社會問題，以識別可能產生重大責任的風險。

審核的主要結果

儘管本次審核有一定的局限，但是在 Nkana 礦山的環境和社會管理方面得出了以下的結論：

- Nkana 礦山的環境績效符合其環保許可證和環境管理計劃 (「EMP」) 條件。
- 在符合法規要求和赤道原則[1]方面，總體上超越許可證條件並對 Nkana 礦山運作產生風險的環境影響包括：
  - 排放到環境的廢料，特別是從酸廠和鈷廠排放的廢料，高濃縮銅和鈷排放到 North Uchi 溪，這條溪流到 Kafue 河。通過確保尾礦濃縮機溢出物 pH 值至少達到 8.5，鈷工廠的精礦在製成泥漿和進行烘烤之前加蓋儲存可管理很大部分的風險；為了減小風險，對 Nkana 浸出工廠安裝了一個專門的石灰工廠，以確保對選礦廠尾礦濃縮機 (「TT」) 處置的浸出剩餘物進行有效中和。.設想這樣將確保進入 North Uchi 溪的 TT 溢出廢水符合關於溶解銅、鈷和錳的規定。此外在 Mindola 附屬垂直礦井方面，Nkana 計劃在地下安裝一個壓濾機，過濾水中的懸浮固體，再泵送到地面。濾餅或與礦石混合，或如無價值則與廢石混合進行處置（安排在 2011 年）。
  - 尾礦管道、增壓泵站及/或尾礦泄放閥的尾礦溢出物均流向附近兩條溪流。為減小風險，溢出的尾礦在運行中的尾礦堆 (TD15A) 裏進行清洗和沉積；及
  - 將鈷廠的煙氣直接排放到大氣，而不是通過酸廠排放，這樣會導致持續排放二氧化硫 （SO_2），從而超出 1000 mg/Nm^3 的長期限值。為減小風險，正在考慮採取多種方法來解決 SO_2 的排放問題，包括滌氣過程以去除 SO_2，然後中和酸性水再進行處置。
  - 展望到 2015 年當複向斜項目運作之時，礦石及鈷精礦中的硫將有所改善，以便於酸廠的運作。
- 作爲私營公司，Mopani 正在遵循合理預期的限制管理社會問題和促進可持續發展的承諾。
- 傳承問題推動的社區期望管理是影響礦山和社區之間長期關係的一個關鍵因素。

Mufulira

環境評審僅聚焦於關鍵的環境和社會問題，以識別可能產生重大責任的風險。已經盡可能使用現有文件作爲得出結論的依據。

審核的主要結果

儘管本次審核有一定的局限，但是在 Mufulira 礦山的環境和社會管理方面得出了以下的結論：

- Mufulira 礦山的環境績效符合 EMP 及許可證條件；
- 從礦山邊界排放出來的綜合外排流質量符合標準；
- 在符合法規要求和赤道原則方面，總體上超越許可證條件和對 Mufulira 礦山運作產生風險的環境影響包括：
  - 由於對殘液泄放的中和不完全，導致尾礦壩排放質量有時不符合標準，殘液流到尾礦濃縮機中與尾礦一起處理。為減小風險，主要任務是在 TD11 堆區域種植植被，該 TD11 堆未來將不會與尾礦一起沉澱，例如南面路堤。自最近兩個雨季以來，正在加強年度種植的比例和範圍。
- 作爲私營公司，Mopani 正在遵循合理預期的限制管理社會問題和促進可持續發展的承諾。

[1] 赤道原則 (EP) 是一套國際金融行業採納用於確定、評估和管理項目融資中社會和環境風險的自願性標準（請看：ww.equator-principles.com)

- 傳承問題推動的社區期望管理是影響礦山和社區之間長期關係的一個關鍵因素。

1.10 經濟評估

經濟評估陳述 MCM 的估值。Glencore 持有 73.1% MCM 的股份。在此提供的估值爲 Glencore 在 MCM 中的利益估值，是在 MCM 中的 73.1% 權益價值以及向 MCM 提供的股東貸款的總額。

收入，資本及營運成本估計

Mopani 的銅和鈷生產水平是根據不同作業的礦山平面圖及加工工廠的歷史回收率來計算的。金屬價格由 Glencore 提供。運營成本是根據合同成本、當前成本和預算成本來估算的。

為了保持現有和未來採礦作業及相關基礎設施需要資本支出，包括一系列特殊專案：

特殊專案：跨越開採、工廠和服務的許多專案的資本開支包括：

- 主要大修，例如改造精煉廠儲存罐室、每兩年重建 ISA 以及每四年重建 MSEF。
- 新運營資產，例如 ISA 精煉廠、MSEF、酸廠、陽極熔爐和鑄造輪、轉爐、Kafue 的熔爐水管道。
- 擴建專案，例如複向斜礦井及相關基礎設施、J 區露天礦坑剝離、浸出礦山和加工工廠。

Mopani 資本支出

百萬美元	2010 年實際值	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2035	總計 (2011 – 2035)
資本支出總額	129.6	182.6	178.0	151.1	157.2	74.6	733.3	1,476.8

1.11 估值

估值是根據 2011 年 1 月 1 日基準日的 10% 貼現率來計算的。根據其擁有 MCM 73.1% 股份及未償還的股東貸款，Glencore 在 MCM 的經濟利益為 19.22 億美元。

1.12 Mopani 的 MER 萃取表

集團層面	2008A[2]	2009A	2010A	2011E	2012E	2013E	2014E	2015E
成品金屬生產產量（噸） – 實際值/預測值								
銅	285,000	285,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
鈷	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
成品金屬生產（噸）– 實際值/預測值								
MCM 金屬（自有來源）								
銅	110,261	98,319	94,439	110,630	103,504	100,530	107,515	103,611
鈷	1,458	1,271	789	1,331	1,303	1,218	1,215	1,327
MCM 金屬（採購）								
銅	8,952	2,105	7,941	23,784	7,836	7,835	7,836	7,836
鈷	0	0	303	858	858	858	858	858
徵稅處理								
銅	46,205	84,248	95,056	101,581	99,151	133,588	116,984	130,716
鈷	0	0	0	0	0	0	0	0
運營成本[3]	**652,090**	**434,281**	**513,581**	**546,899**	**477,008**	**477,821**	**476,254**	**469,001**
副產品收入（百萬美元）	**64,555**	**60,417**	**60,802**	**77,811**	**91,907**	**119,097**	**105,669**	**143,472**
特許權使用費（市場價格的 %）								
銅	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
鈷	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
貶值和 攤銷（百萬美元）	**110,769**	**139,437**	**150,050**	**107,916**	**110,934**	**107,480**	**93,359**	**86,395**
法定稅率 %	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**
資本支出（百萬美元）								
維持	75,679	33,042	91,032	86,002	75,321	59,218	37,215	51,219
擴建	61,266	24,512	38,572	96,501	102,727	91,851	120,013	23,358
資本支出總額	**136,945**	**57,554**	**129,604**	**182,503**	**178,048**	**151,069**	**157,228**	**74,577**

[2] A 是指實際金額，E 是指估計金額

[3] 不包括貶值, 開採權及副產品收入（百萬美元）

1.13 Mopani 的職工總數

Mopani 員工統計如下表所示。

2010 年 12 月 Mopani 的職工總數	
開採	3,495
工程	747
加工	2,228
一般行政和管理	632
機構	420
總計	**7,522**
MCM 的合約員工	488
總數	**8,010**

目前現場有 6,413 位承辦商。

目錄

1.0 執行摘要 1

1.1 簡介 1

1.2 擁有權 3

1.3 歷史 3

1.4 法定任期 3

1.5 資源模型 3

1.6 估計儲量 4

1.7 工廠和設備 6

1.8 關閉 6

1.9 環境評審 7

1.10 經濟評估 8

1.11 估值 8

1.12 Mopani 的 MER 萃取表 9

1.13 Mopani 的職工總數 10

2.0 簡介 23

3.0 資源描述 23

3.1 一般地質概況 23

3.1.1 Nkana 運作 23

3.1.2 Mufulira 運作 23

3.2 當地地質概況 24

3.2.1 Nkana 運作 24

3.2.1.1 Mindola 和北部礦井 24

3.2.1.2 中央礦井 24

3.2.1.3 南礦體礦井 24

3.2.1.4 西部分支 25

3.2.1.5 變質 25

3.2.2 Mufulira 運作 27

3.3 礦產資源估計方法 28

3.3.1 開採和資料 28

3.3.1.1 Nkana 28

3.3.1.2 Mufulira 29
3.4 品質保證/品質控制 30
3.4.1 Nkana 30
3.4.2 Mufulira 31
3.5 地質建模 31
3.6 變異分析 35
3.6.1 結塊推論 37
3.6.2 變異分析結果 37
3.6.2.1 Nkana 37
3.6.2.2 Mufulira 39
3.7 估值參數 39
3.7.1 礦塊模型 39
3.7.1.1 Nkana 41
3.7.1.2 Mufulira 41
3.7.2 估值計劃 41
3.7.3 密度分配 41
3.7.3.1 Nkana 41
3.7.3.2 Mufulira 41
3.7.4 礦塊模型驗證 42
3.7.5 Nkana 品位分佈 43
3.7.5.1 Mindola 北部 43
3.7.5.2 區域 A 44
3.7.5.3 Mindola 45
3.7.5.4 區域 D 46
3.7.5.5 中央北 47
3.7.5.6 SOB 和中央 48
3.7.5.7 南部向斜 49
3.7.5.8 ZJ 分支 50
3.7.5.9 區域 J 51
3.7.5.10 C 向斜 52
3.7.5.11 D 背斜 53
3.7.5.12 F 向斜 54
3.7.5.13 區域 K 55

3.7.6 Mufulira 品位分佈 56
3.7.6.1 Luansobe 56
3.7.6.2 Mufulira 西部 57
3.7.6.3 14 豎井 B 礦體 57
3.7.6.4 14 豎井 C 礦體 57
3.7.6.5 Mufulira 中央 A 礦體 58
3.7.6.6 Mufulira 中央 B 礦體 58
3.7.6.7 Mufulira 中央 C 礦體 59
3.7.6.8 Mufulira 中央 C 46_51 礦體 59
3.7.6.9 Mufulira 東 B 礦體 60
3.7.6.10 Mufulira 東 C 礦體 61
3.7.6.11 安全柱 B 和 C 61
3.7.6.12 C 礦體 660 62
3.8 礦產資源分類 62
3.8.1 分類標準 62
3.9 礦產資源陳述 63
3.10 長期前景 67
3.11 參考 68
4.0 儲量描述 68
4.1 Nkana 68
4.1.1 開採方法 68
4.1.1.1 地下開採 68
4.1.1.2 地面採礦 69
4.1.2 修改因素 70
4.1.2.1 地下開採 70
4.1.2.2 地面採礦 71
4.1.3 開採計劃 74
4.1.4 儲量估計 76
4.1.5 建議 77
4.2 Mufulira 78
4.2.1 開採方法 78
4.2.2 修改因素 78
4.2.2.1 土工技術 78

4.2.2.2 經濟 78
4.2.2.3 開採效率 78
4.2.3 開採計劃 79
4.2.4 礦物儲量 80
4.2.5 建議 81
5.0 工廠和設備 82
5.1 Mopani 礦山一般進度評述 82
5.1.1 工廠估值 83
5.2 Nkana 83
5.2.1 簡介 83
5.2.2 加工工廠 84
5.2.2.1 礦石接收和壓碎 84
5.2.2.2 研磨選礦 84
5.2.2.3 浮選 84
5.2.2.4 分離銅和鈷 84
5.2.2.5 其他加工能力 85
5.2.3 電解提煉 88
5.2.3.1 銅 88
5.2.3.2 鈷 88
5.2.4 銅鈷金屬運輸 88
5.2.5 維護 89
5.2.6 風險 89
5.2.7 流量表和航拍照片 89
5.2.8 總結 92
5.3 Mufulira 92
5.3.1 簡介 92
5.3.2 進度描述 92
5.3.3 礦石接收和壓碎 92
5.3.4 研磨選礦 93
5.3.5 火法提煉部分 97
5.3.5.1 熔煉、轉爐和陽極鑄造 97
5.3.6 電精煉部分 102
5.3.6.1 陰極啓動表準備 102

5.3.7 電精煉 102
5.3.8 儲存罐室概述 103
5.3.9 其他加工 104
5.3.10 溶劑萃取 (SX) 107
5.3.11 圖形和附錄 107
5.3.12 總結 109
6.0 尾礦和廢石 109
6.1 階段 2 – 環境、健康和安全 – 礦渣儲存合規 109
6.1.1 Mufulira TD11 – 礦渣儲存壩 109
6.1.2 Mufulira TD11 提供環境報告的桌面評審 110
6.1.3 法規要求合規性評估 110
6.1.4 識別環境風險和成效的主要區域 110
6.1.5 復原規定和責任評審 110
6.1.6 健康和安全管理計劃總結和評估 111
6.1.7 受傷和死亡統計資料詳細資訊 111
6.2 Nkana TD15a – 殘渣儲存壩 112
6.2.1 Nkana TD15a 提供環境報告的桌面評審 112
6.2.2 法規要求合規性評估 112
6.2.3 識別環境風險和成效的主要區域 113
6.2.4 復原規定和責任評審 113
6.2.5 健康和安全管理計劃總結和評估 113
6.2.6 受傷和死亡統計資料詳細資訊 113
7.0 關閉 114
7.1 Nkana 114
7.1.1 途徑和關閉成本限制評審 114
7.1.1.1 途徑 114
7.1.1.2 限制 114
7.1.2 提供資訊 114
7.1.3 界區 115
7.1.3.1 提供資訊 116
7.1.3.2 GAA 添加 117
7.1.4 假設條件和資質 119
7.1.4.1 概述 119

7.1.4.2 場地特定資訊 119
7.1.4.3 額外津貼 120
7.1.5 關閉成本比較 120
7.1.5.1 基礎設施區域 123
7.1.5.2 開採區 123
7.1.5.3 整體表面改造 124
7.1.5.4 水管理 124
7.1.5.5 關閉之後問題 124
7.1.5.6 額外津貼 125
7.1.6 要求進一步關注的事務 126
7.1.7 結論 126
7.2 Mufulira 126
7.2.1 途徑和關閉成本限制評審 126
7.2.1.1 途徑 126
7.2.1.2 限制 127
7.2.2 提供資訊 127
7.2.3 界區 127
7.2.3.1 提供資訊 128
7.2.3.2 GAA 添加 129
7.2.4 假設條件和資質 131
7.2.4.1 概述 131
7.2.4.2 場地特定資訊 131
7.2.5 關閉成本比較 132
7.2.5.1 基礎設施區域 135
7.2.5.2 開採區 135
7.2.5.3 整體表面改造 136
7.2.5.4 水管理 136
7.2.5.5 關閉之後問題 137
7.2.5.6 額外津貼 137
7.2.6 要求進一步關注的事務 138
7.2.7 結論 138
8.0 環境、健康和安全 138
8.1 Nkana 138

8.1.1 參考條款 138
8.1.2 Nkana 擁有採礦權區域 139
8.1.2.1 開採基礎設施 139
8.1.2.2 廢礦堆 139
8.1.2.3 礦渣儲存設施 140
8.1.2.4 加工設施 140
8.1.2.5 額外場地基礎設施 140
8.1.3 評審的資訊來源 141
8.1.3.1 場地文件 141
8.1.3.2 會見場地人員 142
8.1.3.3 參觀的場地區域 142
8.1.4 審核限制 142
8.1.5 審核結果 142
8.1.5.1 法定條件的合規性 142
8.1.5.2 污水排放對河水質量的影響 143
8.1.5.3 礦渣管道溢出物 143
8.1.5.4 鈷廠的 SO_2 排放影響 143
8.1.6 Nkana 的主要社會問題和風險 147
8.1.7 健康和安全 148
8.1.8 工業關係 148
8.1.9 總結陳述 148
8.1.10 參考 149
8.2 Mufulira 149
8.2.1 參考條款 149
8.2.2 Mufulira 礦山設施 150
8.2.3 評審的資訊來源 151
8.2.3.1 場地文件 151
8.2.3.2 會見場地人員 151
8.2.3.3 參觀的場地區域 151
8.2.4 審核限制 152
8.2.5 審核結果 152
8.2.5.1 許可條件的合規性 152
8.2.5.2 Mufulira 的主要環境問題和風險 153

8.2.5.3 Mufulira 的主要社會問題和風險 158
8.2.6 健康和安全 159
8.2.7 工業關係 160
8.2.8 總結陳述 160
8.2.9 參考 160
9.0 市場概覽 161
9.1 銅 161
9.2 鈷 163
10.0 技術和經濟條件假設 164
10.1 營業收入假設條件 164
10.2 資本成本估計 164
10.3 運營成本估計 167
11.0 稅收 168
12.0 經濟分析 168
12.1 簡介 168
12.2 估值方法 168
12.3 估值假設條件 168
12.4 Glencore 在 MCM 中的利益估值 169
12.4.1 基本情況估值 171
13.0 風險分析 172
13.1 資源風險 172
13.2 開採風險 172
13.3 加工風險 173
13.4 資本風險 173
13.5 政治風險 173
13.6 經濟和市場風險 173
13.7 環境和社會風險 173

表格

表 1：Nkana 日常職責表中提供的資料總結 29
表 2：Mopani 礦山使用的標準統計資料 30
表 3：用於鑽井變異函數生成的參數 35
表 4：Nkana 的變異函數參數類型 36

表 5：Mufulira 的變異函數參數類型 36
表 6：Nkana 的所有全方位變異函數參數變異分析結果 37
表 7：Nkana 的所有方向變異函數參數變異分析結果 38
表 8：提供 Mufulira 估計中使用的變異分析的球形模型變異函數參數 39
表 9：Nkana 的固體體積與礦塊體積對比總結 40
表 10：Mufulira 的固體體積與礦塊體積對比總結 40
表 11：分配用於噸位計算的 Mufulira 密度數值 42
表 12：2010 年 12 月 31 日 Nkana 礦山的礦產資源總結 64
表 13：2010 年 12 月 31 日 Mufulira 礦山的礦產資源總結 66
表 14：2010 年 12 月 31 日 Nkana 的利好潛力 67
表 15：2010 年 12 月 31 日 Mufulira 的利好潛力 68
表 16：Nkana 的地下開採效率 71
表 17：Nkana 的土工技術參數 71
表 18：Nkana 的設計礦坑斜坡角度 71
表 19：Nkana 的露天礦坑效率因素 72
表 20：礦坑優化參數 73
表 21：礦坑優化結果 74
表 22：Nkana 的儲量估計 77
表 23：Nkana 的儲量估計總結 77
表 24：Mufulira 的開採效率 79
表 25：Mufulira 的礦物儲量估計 81
表 26：2010 年 12 月 31 日 Mopani 的員工總數 111
表 27：Nkana 的整體成本比較 122
表 28：關閉措施和相關成本的詳細比較 123
表 29：Mufulira 的整體成本比較 134
表 30：關閉措施和相關成本的詳細比較 135
表 31：Nkana 礦山的地表水排放總結 143
表 32：Nkana 礦山運作與赤道原則和 IFC 要求的合規性 144
表 33：Nkana 的受傷趨勢：2008 – 2010 148
表 34：Mufulira 礦山運作與赤道原則和 IFC 要求的合規性 155
表 35：Mufulira 的受傷趨勢：2008 - 2010 159
表 36：全球精煉銅市場平衡（資料來源：USGS）： 161
表 37：銅價格預測 163

表 38：全球精煉鈷市場平衡 163
表 39：鈷價格預測 164
表 40：資本開支 166
表 41：運營開支 167
表 42：版稅和稅費假設條件 168
表 43：LOM 的現金流 170
表 44：Glencore 在 MCM 中的利益對於貼現率和金屬價格變化的靈敏度 171
表 45：Glencore 在 MCM 中的利益對於貼現率和運營成本變化的靈敏度 171
表 46：Glencore 在 MCM 中的利益對於貼現率和資本開支變化的靈敏度 171

圖

圖 1：Nkana 礦山的一般地層柱 26
圖 2：Mufulira 的地層柱 27
圖 3：空白試驗樣本結果 31
圖 4：礦物化區域的線框 – Nkana 32
圖 5：相對於 Luansobe 固體的 Mufulira 固體 33
圖 6：Mufulira 礦物化區域的固體 34
圖 7：Mindola 北部的 % 總銅和 % 總鈷品位分佈 43
圖 8：區域 A 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈 44
圖 9：Mindola 的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 45
圖 10：區域 D 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈 46
圖 11：中央北部的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 47
圖 12：SOB 的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 48
圖 13：南部向斜的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 49
圖 14：ZJ 分支的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 50
圖 15：區域 J 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈 51
圖 16：C 向斜的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 52
圖 17：D 背斜的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈 53
圖 18：F 向斜的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈 54
圖 19：區域 K 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈 55
圖 20：Luansobe 的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈 56
圖 21：Mufulira 西部的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈 57
圖 22：14 礦井 B 礦體的總銅(%)品位分佈 57
圖 23：14 礦井 C 礦體的總銅(%)品位分佈 58
圖 24：Mufulira 中央 A 礦體的總銅(%)品位分佈 58

圖 25：Mufulira 中央 B 礦體的總銅(%)品位分佈 58
圖 26：Mafulira 中央 C 礦體的總銅(%)品位分佈 59
圖 27：Mufulira 中央 C46_51 礦體的總銅(%)品位分佈 59
圖 28：Mufulira 東部 B 礦體的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈 60
圖 29：Mufulira 東部 C 礦體的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈 61
圖 30：安全柱 B 和 C 的的總銅(%)品位分佈 61
圖 31：C 礦體 660 的總銅(%) 品位分佈 62
圖 32：Nkana 的 LOM 計劃 74
圖 33：Nkana 的地下開發計劃 75
圖 34：Nkana 的恢復銅概況 75
圖 35：Nkana 的恢復鈷概況 76
圖 36：Mufulira 的 LOM 噸位概況 79
圖 37：Mufulira 的廢棄物開發概況 80
圖 38：Mufulira 的恢復銅概況 80
圖 39：Nkana 的磨坊建築物 84
圖 40：Nkana 鈷工廠的以前和新型烘烤器 85
圖 41：Nkana 過濾廠的新標準壓碎機 86
圖 42：「氧化物」工廠磨坊安裝 86
圖 43：氧化物工廠的 CCD 回路 87
圖 44：溶劑萃取 (SX) 建築物 87
圖 45：Nkana 的銅儲存罐室 88
圖 46：Nkana 的過濾和殘餘物浮選 90
圖 47：Nkana 工廠的鈷恢復流程表 91
圖 48：SHD 虹吸式新型壓碎機 93
圖 49：二級和三級壓碎機建筑物 93
圖 50：研磨送料箱 94
圖 51：較粗軋和清潔浮選（圖片 1） 95
圖 52：濃縮稠化器 95
圖 53：Mufulira 的濃縮機流程圖 96
圖 54：Mufulira 的冶煉廠 98
圖 55：正倒入轉爐內的熔化金屬「冰銅」 99
圖 56：正在運行的以前的轉爐 100
圖 57：新陽極爐 － 每個 400 噸容量 101

圖 58：新型雙陽極鑄造輪（80 噸/小時產量） 101
圖 59：鑄銅陽極 102
圖 60：儲存罐室 103
圖 61：儲存罐室封閉式模組 2 104
圖 62：Mufulira 的過濾設施 105
圖 63：圖形顯示氧化物「酸可溶」銅恢復的 SX 回路 106
圖 64：儲存罐室內的電解提煉室 107
圖 65：Mufulira 的過濾廠流程表 108
圖 66：Mufulira 的礦渣儲存壩 109
圖 67：Nkana 的礦渣壩 112
圖 68：GAA 成本評審假設的界區 115
圖 69：Nkana 礦批准區域 118
圖 70：GAA 成本評審假設的界區 128
圖 71：地面和採礦權 － Mufulira 130
圖 72：離開廠區的廢水固體沉澱池塘 153
圖 73：2006 年 1 月至今的倫敦金屬交易所銅價（資料來源：LME） 162
圖 74：2006 年 1 月至今的鈷價（資料來源：Inet Bridge） 164
圖 75：Glencore 在 MCM 中的利益對於金屬價格、運營開支和資本開支變化的靈敏度 172
圖 76：Nkana 的航拍地圖（照片 1） 183
圖 77：Nkana 的航拍地圖（照片 2） 183
圖 78：Nkana 的航拍地圖（照片 3） 184
圖 79：Nkana 的航拍地圖（照片 4） 184

附錄

附錄 A
詞彙表及縮寫

附錄 B
工廠和加工航拍圖

2.0 簡介

2010 年 11 月 Golder Associates 非洲有限公司 (「GAA」) 受 Glencore 國際公司 (「Glencore」) 委託，編製一份關於其子公司 Mopani Copper Mines Plc (「MCM」) 擁有和經營的礦業資產的礦物專家報告 (「MER」)。Glencore 持有 Mopani 73.1% 的股份，其餘部分由 First Quantum Minerals Ltd. (16.9%) 和 ZCCM Investments Holdings Plc (ZCCM-IH) (10.0%) 持有。預計 Glencore International plc 將成爲集團的最終母公司。

MER 的目的是向 Glencore 提供一份技術報告（評估其礦業資產的性質和價值），以便使 Glencore International plc 在 LSE 和香港聯交所上市。

3.0 資源描述

3.1 一般地質概況

3.1.1 Nkana 運作

在文件「Mopani Copper Mines Ltd Nkana 地質指南」提供了 Mopani 礦山的地質概況並在下文提供詳述。

尚比亞銅帶省位於 800km 長 Lufilian 褶皺帶的東南端。它由主要呈西北走向的後構造結構地貌 Kafue 背斜邊緣周圍形成的前寒武紀晚期 Katanga 系統變形岩構成。基底複合物的各種元素暴露於該背斜的核心。由於 Lufilian 山嶽的原因，Katanga 岩石已被拋入一系列狹長的雁列褶皺，及後構造半球形洞和盆地狀結構。Chambishi-Nkana 盆地大約位於 Kafue 背斜南部邊緣的中部，沿西北方向延伸。Nkana 開採區覆蓋西北突出的 Nkana 向斜，形成 Chambishi-Nkana 盆地的東南向延伸部分。

在採礦區內，有四個地下礦山和四個露天礦坑。全部位於 Nkana 向斜區的東北分支。向斜的前端和西南分支存在其他含銅區域。礦體呈層狀，主要限制於該礦山系列 Lower Roan 組之內 Katangan 斷層基底附近出現的可識別礦石形式。

地下礦內巷道中的主要銅礦石爲黃銅礦和斑銅礦，下有輝銅礦。這些礦物的地理分佈有一個分區。鈷作爲硫銅鈷礦和含鈷黃鐵礦的形式出現。主要礦石爲孔雀石、僞微閃長岩、矽孔雀石、自然銅、赤銅礦和磷銅礦。在露天礦坑內，孔雀石和矽孔雀石爲更接近地表的氧化區域的主要礦石。但是，在一些地區，蛭石、孔雀石、僞微閃長岩和附屬填充物更爲重要。在礦山深層中，主要銅礦石為黃銅礦、斑銅礦和輝銅礦。

3.1.2 Mufulira 運作

Mufulira 盆地的岩石褶皺不對稱，在西南側面緩緩下沉，在東北分支近垂直，在剛果民主共和國(DRC)邊界的 Mokambo 露頭。Mufulira 向斜區的 Roan 沉積物位於礦山向東北方向傾斜大約 45º 的位置。該礦山區域存在小型褶皺和小型斷層。Lower Roan 沙質石英岩和雜砂岩爲銅礦物的主要岩石。

Mufulira 沉積層包括三個複雜重疊層狀礦體，分別為 A，B 和 C。C 礦體最低和最廣泛，沿走向的尺寸接近 5.5km，在地面之下超過 2km。，看來基底地形在變形過程中施加了強大的結構控制力。在地層學方面，所有三個礦體內的礦石分佈受到主要作爲散佈、氣泡和不規則物質形式出現的控制。主要銅礦物爲黃銅礦(60%)、斑銅礦 (40%) 和輕微/微量輝銅礦。氧化礦物受限制於近地面和淺生礦床豐富區域。一般來說，沉積物 結構簡單，特徵是有三個主要褶皺，部分傾伏顛覆，向東北傾斜大約 10º。該盆地開闊，深度未進行測試。

沉積層採用機械連接回採方法進行開採。這種方法是在兩個中段平坑，用三四個風扇搖曳以雁行狀向前推進。上層採礦層承載一個巷道礦柱，下層是開採層，通常在設計佈局中沒有任何間柱。在單層上使用回採工作面指定的 MCR1 進行採礦，而那些指定的 MCR2 除了在開採層之外還有鑽孔層。

在 Mufulira 東部和 Mufulira 西部，地質狀況與上述類似。這些沉積層並不深，而由於風化的原因，表面影響導致氧化物比例較高，而適當的土地較少。Mufulira 西部的氧化物含量並不如 Mufulira 東部那麼多，而且礦化的位置也不同。在前者，礦化發生在 D 礦體水平面，而後者在 A，B 和 C 礦體，特點是存在獨特的孔雀石和少量的矽孔雀石和藍銅礦。

3.2 當地地質概況

3.2.1 Nkana 運作

Nkana 開採區的岩石變形幾乎完全與影響 Katanga 前部和 Katanga 岩石的 Lufilian 山嶽相關。關於開採區之內基底複合物的 Lufilian 前構造歷史尚不清楚，因此，下列描述僅限於對 Lufilian 結構的總結。Nkana 採礦區的一般性地層柱狀圖如圖 1 所示。

開採區的主要宏觀結構是西北突出的 Nkana 向斜。該結構不對稱，彎曲的軸平面急劇朝著向斜溝槽西北傾斜，但是與更高結構水平的西向下沉垂直。複合物佔據了向斜的軸向區域，但是該褶皺在其兩側消失。由於 Nkana 向斜西北傾伏的原因，目前的地面代表了通過向斜從東南向西北漸進式更高結構水平的水平部分。同樣地，南礦體礦井的當前地下採礦作業位於折疊軸區的東北邊緣，而在中部、Mindola 和北部礦井，這些作業主要是在 Nkana 向斜區微傾東北側面的相對未變形陡坡上。

在作業區外，地下和地面的表面測繪和金剛石鑽井為結構解釋提供了基本資料。即使這樣，向斜區較深層次（特別是從 Kitwe Barren Gap 起）的結構尚不清楚。

在 Nkana 向斜區的軸區內，剪裂褶皺的特點是 Lufilian 造山運動的變形樣式，移位的層面變小，成為剪裂的褶皺分支，並正在形成軸膨脹和 V 形結構。這種結構表明擠壓呈東北方向，在基底/下層 Roan 和底壁地層/礦石地層邊界上存在滑脫構造。此外，下層 Roan 蓋附近的基底雜岩被與 Katanga 岩石褶皺軸平面平行的重葉理所剪裂。在變形初期階段，形成了開放對稱褶皺，例如南礦體礦井的 C 背斜層和中央礦井的零背斜層。隨著剪裂應力的增加，這些初期結構出現了變化；在某些情況下是實質性變化。剪裂後的影響，例如傾伏褶皺的逆轉，橫推運動，斷層作用和扭結區可能涉及到 Kafue 背斜層在晚構造期的上穹作用，因為 Katanga 覆蓋岩自身適應了下層基底與雜岩內不同性質的石塊之間基本上垂直的運動。在某些地方，例如在 4800S（南礦體），有證據表明後構造期垂直運動使前 Katanga 古地形變得突出，而該古地形本身通過花崗岩片麻岩古代山脈形成的支撐效應產生了變形作用。

以下關於 Mindola 和北部礦井及中央和南部礦體礦井結構的簡要描述展示了 Nkana 向斜層的側面和軸區上截然不同的變形樣式。

3.2.1.1 Mindola 和北部礦井

在北部礦井區，即 1550N 與 3700N 之間，礦體在 1380L 上以平均 30° 向西傾斜，只有少許起伏狀干擾了平坦地形。在 1380L 以下，傾斜角達到大約 45° 並共同向南提升至 1300N 的岩脈，隨著深度的增加，其自身也達到了大約 70°。在岩脈的南面，傾斜角變得陡峭翻轉起來，在 5660S 最大反轉度為 75°。在 2330S 和 5000S 之間的區域中的脫水和勘探鑽孔表明上盤壁床的褶皺。這種褶皺和 Mindola 最南部的傾斜角反轉可能關係到 Kitwe Barren Gap 的支撐效應以及軸區的變形，使其傾伏於中央礦井區的空白地段。

3.2.1.2 中央礦井

在中央礦井，向斜層東北側面的褶皺下部在過去和當前的採礦作業暴露出來。在東北側面，有三個主要的褶皺。從東到西，有北褶皺、零褶皺和 J 褶皺。在西北方，傾伏度介於 20° 與 45° 之間不等。零褶皺包括一個開放垂直對稱背斜（最大幅度為 350m）和一個朝著東方的非對稱補充性向斜。在零背斜的頂峰發生了軸平面剪裂，特別影響了礦石岩層和上盤壁床。零背斜向上傾伏，成為類似於位於其側面的北背斜和 J 背斜的緊湊非對稱結構。這些褶皺是剪裂褶皺，軸平面的頂部向西南陡峭傾斜，但是在褶皺基層翻轉到西北。一般而言，背斜擁有較短面向東北的分支和較長面向西南的分支，這表明剪裂應力為東北朝向。

3.2.1.3 南礦體礦井

Nkana 向斜的複雜褶皺軸區在南部礦體礦井最為著名，過往和當前採礦開發（包括在地下和地面的上盤脫水鑽孔和勘探鑽孔）都是在主向斜的這個部分進行的。

Nkana 從東到西至少有六個主要的雜岩褶皺。褶皺以雁行狀排列，而傾伏在不規則方式上下起伏。空白地段區域有一片非常平坦的的傾伏，這個區域與基底「高地」有關，並且在空白地段的側面以外的傾伏具有相應的平坦度。褶皺受到緊密壓縮，並發生了分支變小、層理面變皺、軸平面分裂及軸平面剪裂。在主要結構的分支上通常形成了小型剪裂褶皺，而其軸區通常由於軸平面剪裂而逐漸減小。這些剪裂特徵在不同性質的結構並列出

現的情況中尤為明顯，例如底壁岩層和近水沉積層和位於任何一側的白雲石泥質岩序列。C 背斜（最大幅度為 250m）便很好體現了一種早期更加開放、垂直對稱的褶皺，在隨後的軸平面剪裂作用下發生變化。

3.2.1.4 西部分支

Nkana 向斜層西部分支的情況並未完全掌握，地質證據是從金剛石鑽井和地面測繪獲得的。但是，很明顯西部分支的褶皺方式與主向斜層的軸區類似。7800N 以北（中央礦井），西部分支的褶皺逐漸消失，而 Nkana 向斜層逐漸擴展進入 Chambishi-Nkana 盆地。前端區域與 7800N（中央礦井）之間西部分支的主要結構是 Luanshimba 背斜。此背斜有一個很淺的起伏不定的傾伏，其分支由於雁行狀剪裂褶皺雜岩而變形，曲線形軸平面從 Luanshimba 背斜向外展開。

3.2.1.5 變質

廣義而言，這個適用於 Katanga 岩石的岩石專業詞彙是有誤導性的，因為它暗示較低等級的變質，而實際上並非如此。所有的沉積物都經歷了一定程度的變質再結晶，儘管在石英岩中，這還不足以摧毀沉積性顯微體及微紋理。最常見的變質礦物質是黑雲母、綠泥石、透閃石、滑石、絹雲母和鈉長石。這種集合情況表明在綠色片岩相中的變質等級。高度變形區域中的石英 – 鈉長石 – 綠簾石 – 黑雲母子相與低度變形岩石中的石英 – 鈉長石 – 白雲母 – 綠泥石子相在變質等級上有些差別。

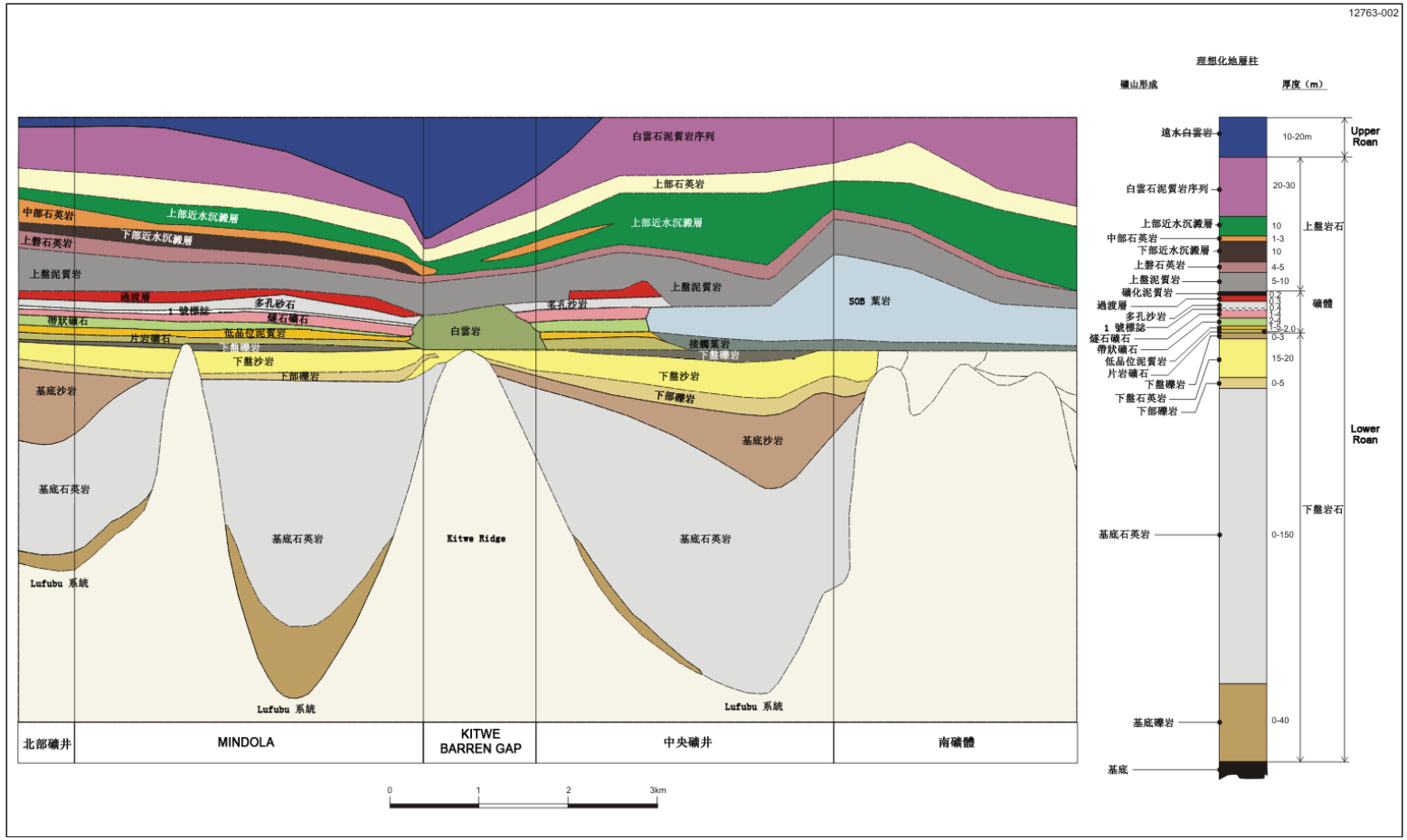


圖 1：Nkana 礦山的一般地層柱

3.2.2 Mufulira 運作

Mufulira 礦體結構的複雜度明顯較低。Lower Roan 內部包含三層重疊的層狀礦體，局部命名為 A、B 和 C 礦體。C 礦體最低和最廣泛，沿走向的尺寸接近 5.5km，在地面之下超過 2km。基底和複雜的地形似乎對礦化的分佈產生了重要影響。在地層學方面，所有三個礦體內的礦石分佈受到主要作爲散佈、氣泡和不規則物質形式出現的控制。主要銅礦物爲斑銅礦、黃銅礦和輝銅礦。氧化礦物受限制於近地面和淺生礦床豐富區域，有時位於基底和複雜的高地。一般來說，沉積物結構簡單，特徵是有三個主要褶皺，部分傾伏顛覆，向東北傾斜大約 10º。

地層柱如下圖所示：

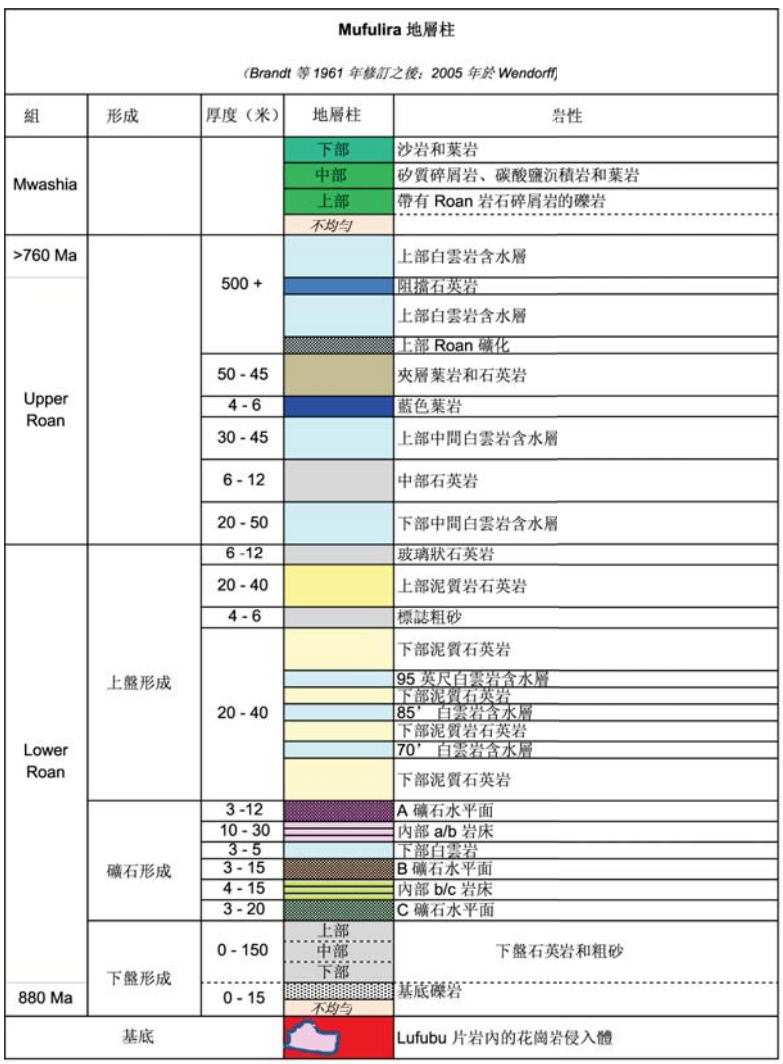


圖 2：Mufulira 的地層柱

3.3 礦產資源估計方法

3.3.1 開採和資料

3.3.1.1 Nkana

資源區所使用的資料採自三個取樣區，分別爲：

- 地下評估孔的鑽孔深度為 120m 至 300m 網格大小，隨後降低為 60m，鑽孔開口使用 NQ 鑽孔大小，當遇到問題時，降低為 BQ 鑽孔大小。這些鑽孔構成了地質建模和估計所使用資訊的基礎。
- 每隔 60m 有一個脫水孔，呈扇形展開，以覆蓋待脫水的所有殼層。在某地區進行開採之前，需要花費大約 5 年的時間進行鑽孔。脫水孔開口周圍的大小為 HQ 並縮減為 NQ 大小。
- 在暴露區域北部壁，按照 30m 間隔完成地下溝道取樣，以確定實際暴露礦石的品位。

Mopani 的目前金剛石鑽井工程（位於 Nkana 和 Mufulira）由 Reldrilza Zambia Ltd 執行並由相關礦井的 Mopani 地質學家監督。使用小型氣動機鑽評估孔，鑽孔深度可達 200m。大型電動液壓機用於鑽探勘探孔和脫水孔，大小在 200m 和 500m 之間。

Reldrilza 和 Mopani 之間的合同義務包括總體 90% 的岩芯回收率以及必須獲取 95% 的礦體。如果未滿足該標準，Reldrilza 必須重新鑽孔並自行承擔費用。這些鑽孔裝配有鋼纜設備，從而進行有效的岩芯回收。回收的岩芯放置到金屬岩芯托盤中，鑽孔方會認真標記回收的岩芯。每天上午，岩芯運輸到岩芯庫中，由鑽孔方提交每日鑽孔報告，列出鑽孔深度和確認所遇到的問題。

對於超過 100m 的井眼，需要由承辦商進行孔內攝像機測量。

取樣長度取決於地質邊界，並且在四分之一米和一米之間變化；但是，在可能的情況下，優先選擇一米的取樣長度。岩芯樣品平均分成兩份進行分析。地質學家在記錄表上手寫記錄，並據此描述岩芯狀況、岩芯回收率（來自鑽孔方）、岩芯角度、構造、礦產（第一、第二和第三）、目測礦化作用百分比，以及岩芯的描述，包括：顏色、粒徑、形狀、蝕變、結構和其他備註。此外，記錄表允許記錄銅和鈷化驗分析結果。之前詳細列出的規範曾用於記錄；但是，這些規範已經被廢除，以便更好地適應岩芯的描述。地質學家將資料輸入到 Excel 表格中或直接輸入到臨時的 Access 資料庫中。臨時資料庫經過整理和驗證後，將資料整合到每個礦井的「獨立資料庫」中，然後再次經過驗證。當完成最終驗證時，「獨立資料庫」更新到主伺服器上的 SQL 資料庫。主伺服器每兩周自動備份一次，以遵守當前的 Mopani 資料庫管理規範。

該階段未取樣測量比重 (「SG」)，整個礦體比重 指定為 2.56 t/m^3。

表 1：Nkana 日常職責表中提供的資料總結

資料庫	編號的鑽孔數量	井眼	岩屑
中央 SOB	1,317	1,008	309
Mindola	918	683	235
Mindola 北部	2,005	1,061	944
區域 A	82	82	-
區域 D	27	27	-
區域 J	51	51	-
區域 K	113	113	-
C 向斜	40	29	11
D 背斜	155	97	58
F 向斜	68	68	-
中上水平	86	82	4
總計	**4,862**	**3,301**	**1,561**

3.3.1.2 Mufulira

鑽井岩芯、岩屑取樣和鑽屑取樣是品位和噸位估算中使用的主要取樣形式。

地質樣品：沿著通常與走向垂直的地下石門拓展壁獲取岩芯。取樣長度從 0.5m 到 1.0m。在執行取樣前，清潔表面，繪製岩石類型、結構和礦化以及岩性接觸面。沿著暴露長度每隔一米在品味標高（大約高於地面 1.5m）上獲取岩屑樣品，每份樣品的重量大約為 2kg。不是從岩性接觸面上獲取樣品。

鑽屑取樣：鑽屑位於品味標高，開口在 0º 和 +10º 之間。使用桶於鑽孔底下每隔 1.5m（對應鑽杆的長度）收集樣品。記錄樣品的顏色、粒徑、岩性和礦化。通過對樣品間隔之間的鑽孔持久沖刷/沖洗，可能減少貧化。

鑽井岩芯樣品：完成鑽孔後獲取鑽井樣品，並記錄岩芯。樣品間隔在 0.4m 到 1.0m 之間，並且不會跨過岩性或礦化邊界。將岩芯平均分成兩份，其中一份保留以備日後使用。

生產樣品：從生產回採工作面進行手工取樣，作為品位控制和和解程序的一部份。在回採工作面上可以看到九點格，從每個點手工取樣構成回採工作面樣品。通常，在每次輪班的開始和結束時獲取樣品（第一個和最後一個裝載機桶），然後每隔 15 桶（大約每隔 100-200 噸）獲取樣品。每個樣品重量大約為 2kg。

撞擊岩屑：Mufulira 的地表勘探項目包括 DTH 撞擊鑽孔獲得岩屑樣品。按照鑽杆上的刻度，每隔一米從鑽孔開口附近積累的粉塵堆中獲取樣品。

金剛石取岩芯用於劃定地下礦體。鑽孔間距會發生變化，取決於鑽孔目標、主要發展地區的位置和鑽孔的要求。勘探孔通過常見技術通常達到 NQ 大小以及 BQ/BX 大小，這要取決於所使用的鑽井機。日常取樣鑽孔通常達到 AXT 和 BQ 大小。日常礦體劃定孔的間距大約為 20 – 30m，同時更深的勘探孔間距可達 100m 或更長。相遇點主要沿著走向，下傾目標被地質下盤的鑽孔開口位置限制。

記錄所有鑽孔的岩性和結構特性（主要為傾角和礦化）。採收率測量是記錄流程的一部份。當記錄完成時，在平面圖和剖面圖上繪製所有鑽孔。與剖面傾斜的鑽孔可以通過垂線或走向/傾角到最近剖面的投影繪製。拍攝所有勘探鑽孔的岩芯。

通過手動進料金剛石鑽將勘探鑽孔的岩芯分成兩份。一份岩芯提交分析。另一份岩芯與其他鑽孔物質保存到一起，并保存到 Mufulira 礦山地質岩芯庫中。

如果岩芯未分割（即，日常鑽孔取樣），整個礦化截取物提交分析。當收到化驗分析結果並對照原始記錄核對後，丟棄這些鑽孔中的剩餘岩芯。

所有樣品被粉碎，分割採樣，然後研磨成 250 克 80 微米以下的樣品。保留品質低的次品，直至結果與原始記錄核對。

完全混合濕材料後，手工獲取來自鑽屑孔的岩屑。每次鑽井時獲取大約 2kg 的樣品提交分析，烘乾樣品後將其研磨成粉末並化驗分析。丟棄來自撞擊孔的其餘物質。

所有樣品按照順序編號，包括已確定的重複和空白樣品。在第 10 個樣品後插入空白樣品，由包含 0.1% 總銅的 Mufulira 灰色花崗岩組成。在關於取樣程序的文件中，「鑽孔岩芯記錄、取樣和資料錄入地質資料庫的程序」，未提到包含重複樣品。但是，與 GAA 的個人通訊表明，通過四等分勘探鑽孔的岩芯，大約每隔 10 個樣品有重複。未提交標準樣品。然後，將樣品放入塑料袋中，貼上兩個帶有樣品編號的標籤，放入袋中。

地質部將樣品編號和待分析的變數記錄到取樣工作簿中，然後將樣品運送到當地實驗室，負責樣品製備的人員檢查樣品並簽名。至此，樣品保管工作已經交給實驗室。

通過測量定位所有鑽孔鑽孔開口、方位、傾角和標高。在 1:200 的平面圖和剖面圖中，使用已知的標高通過剖面取樣機定位岩屑取樣和鑽屑鑽孔開口、方位、傾角和標高，經過地質學家檢查後錄入地質資料庫。

在 Access 中，使用篩選鍵搜索必要表（鑽孔開口和測量）中的缺失資料，驗證鑽孔資料庫。在鑽孔開口表中，檢查 X、Y、Z 和最終深度是否為空或零。在測量表中，檢查深度、方位角和傾角是否為空，以及檢查缺失資料是否為開口和化驗分析資料。所接收的資料庫完整，未找到重大錯誤。

3.4 品質保證/品質控制

Mopani 銅礦擁有兩個實驗室，一個位於 Nkana，另一個位於 Mufulira。兩個實驗室都經過 ISO 認證，通過 ISO9001:2008 品質管理體系。該證書在 2013 年 1 月失效。每隔三個月在 Mufulira 礦山實驗室，執行實驗室間的分析。樣品的仲裁實驗室為 Kitwe 的 Alfred H Knight 實驗室，該實驗室經過 SANAS 認證 (T0141)。

3.4.1 Nkana

GAA 完成了已破碎的重複樣品的品質保證/品質控制 (QA/QC) 重複樣品分析。當時，從 SOB 中央資料庫提供了 20 對重複樣品。下面更詳細地描述分析。

分析結果表明，對於 95% 的樣品，% 総銅 重複樣品的平均精確度為 74.8%，% 総鈷 重複樣品的平均精確度為 48.4%。對於 % 総銅 和 % 総鈷 重複樣品，精確度未在可接受的限度內。這可能歸因於岩芯兩部份礦化差異。

GAA 分析了地質學概況和實驗室提供的標準樣品的結果。表 2 總結了標準樣品的統計信息。

表 2：Mopani 礦山使用的標準統計資料

部門	標準	總銅(%)				總鈷(%)			
		最低	最高	平均	1 標準偏差	最低	最高	平均	1 標準偏差
地質概況	SWA 1	1.03	1.11	1.06	0.020	0.049	0.055	0.052	0.002
	SWA 2	2.04	2.04	2.11	0.039	0.074	0.080	0.077	0.002
實驗室	Nk51	2.08	2.48	2.28	0.200	0.137	0.177	0.157	0.020
	Nk52	1.64	2.04	1.84	0.200	0.069	0.109	0.089	0.020
	Nk53	1.65	2.05	1.85	0.200	0.088	0.128	0.108	0.020
	Nk54	1.50	1.90	1.70	0.200	0.069	0.109	0.089	0.020

該資訊用於繪製地質樣品和實驗室樣品的分析數值和標準數值的圖表。

平均值標準偏差的+/-2 倍是解釋標準樣品的可接受的失敗標準。從圖表中可以看到地質中的大部份樣品的曲綫位於 2 倍標準偏差以外。建議重新分析這些樣品所屬的批次，然後完全接受這些樣品的 QA/QC。對於實驗室，僅提供了容差，這些被認為是與平均值的標準偏差。這些標準的結果位於可接受的限值內。

3.4.2 Mufulira

GAA 完成了重複樣品的 QA/QC 重複樣品分析。資料庫提供了 139 對重複樣品。下面更詳細地描述分析。

分析結果顯示，對於 95% 的樣品，% 総銅 的平均精確度為 34.1%。該資料集的 HARD 為 14.08%。

從 2007 年 8 月，42 份灰色 Mufulira 花崗岩的空白樣品的預期結果為 0.1%総銅。空白試驗樣本結果在圖 3 中顯示圖表結果。該圖表表明有時會發生污染。

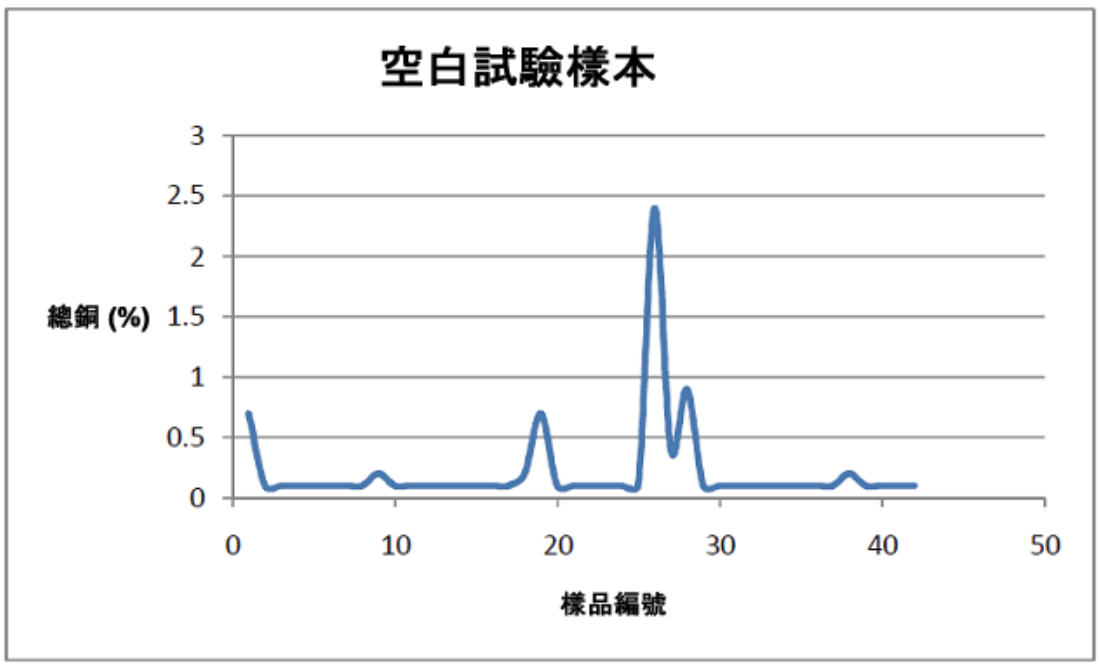


圖 3：空白試驗樣本結果

3.5 地質建模

用於估計 Nkana 和 Mufulira 作業的地質固體分別顯示在圖 4；圖 5 和圖 6 中。

由 Mopani 進行地質解釋，在 Surpac 地質建模軟體中進行數位化。但是，由於複雜的地質狀況，SOB 和中央礦井的剖面均由人手進行並通過數位轉換器平板計算機導入 Surpac。

1% 総銅 下限用於解釋礦物化區域。

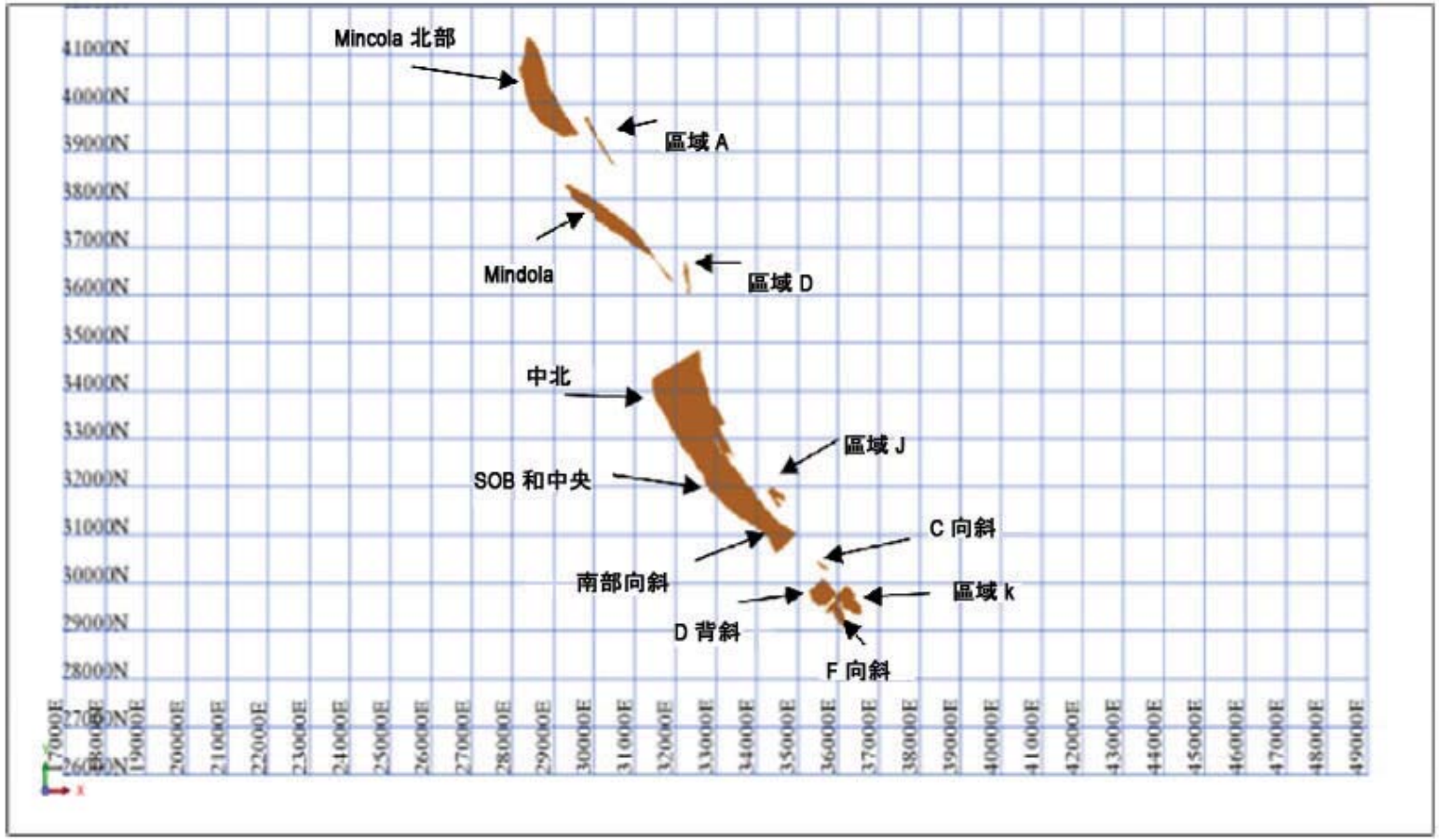


圖 4：礦物化區域的線框 – Nkana

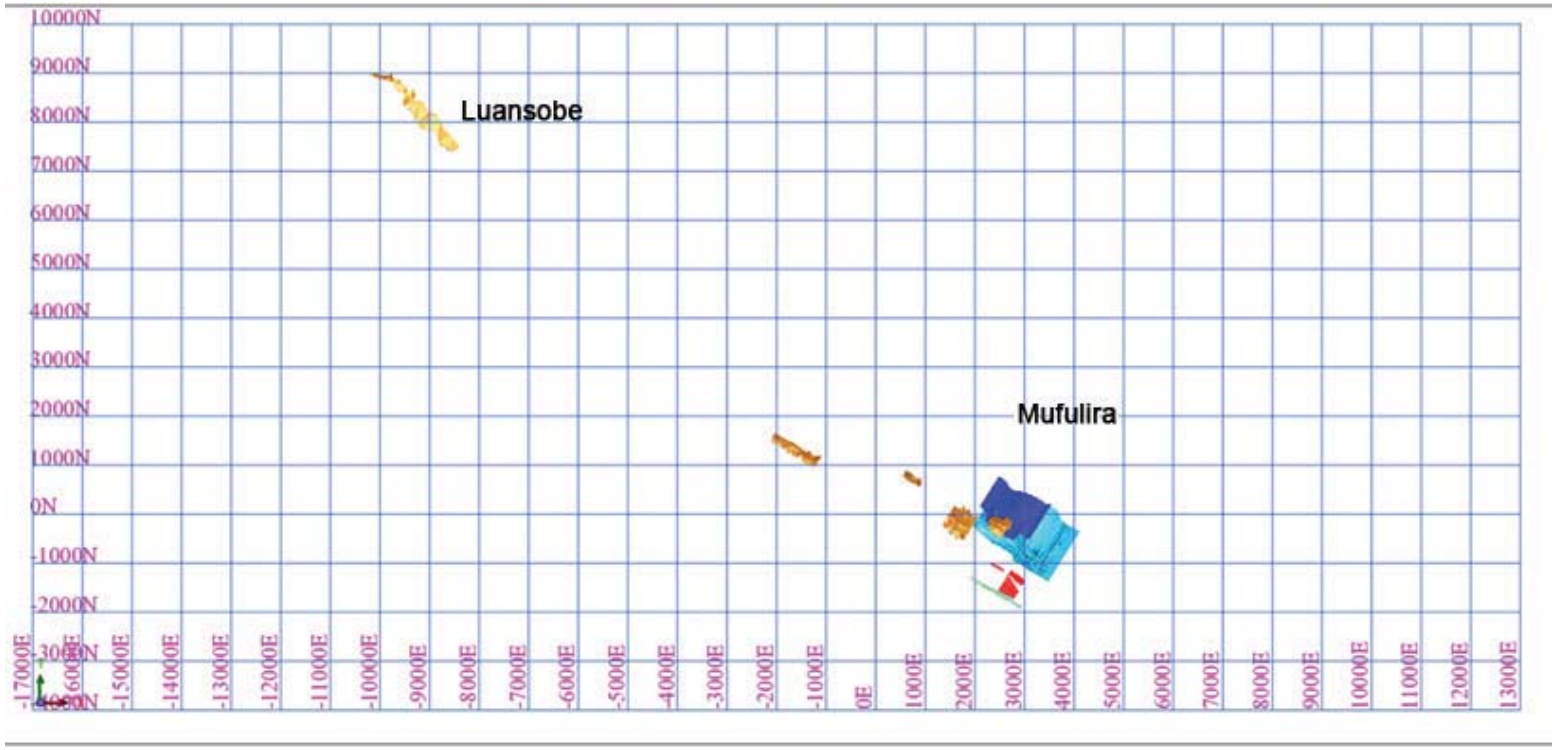


圖 5：相對於 Luansobe 固體的 Mufulira 固體

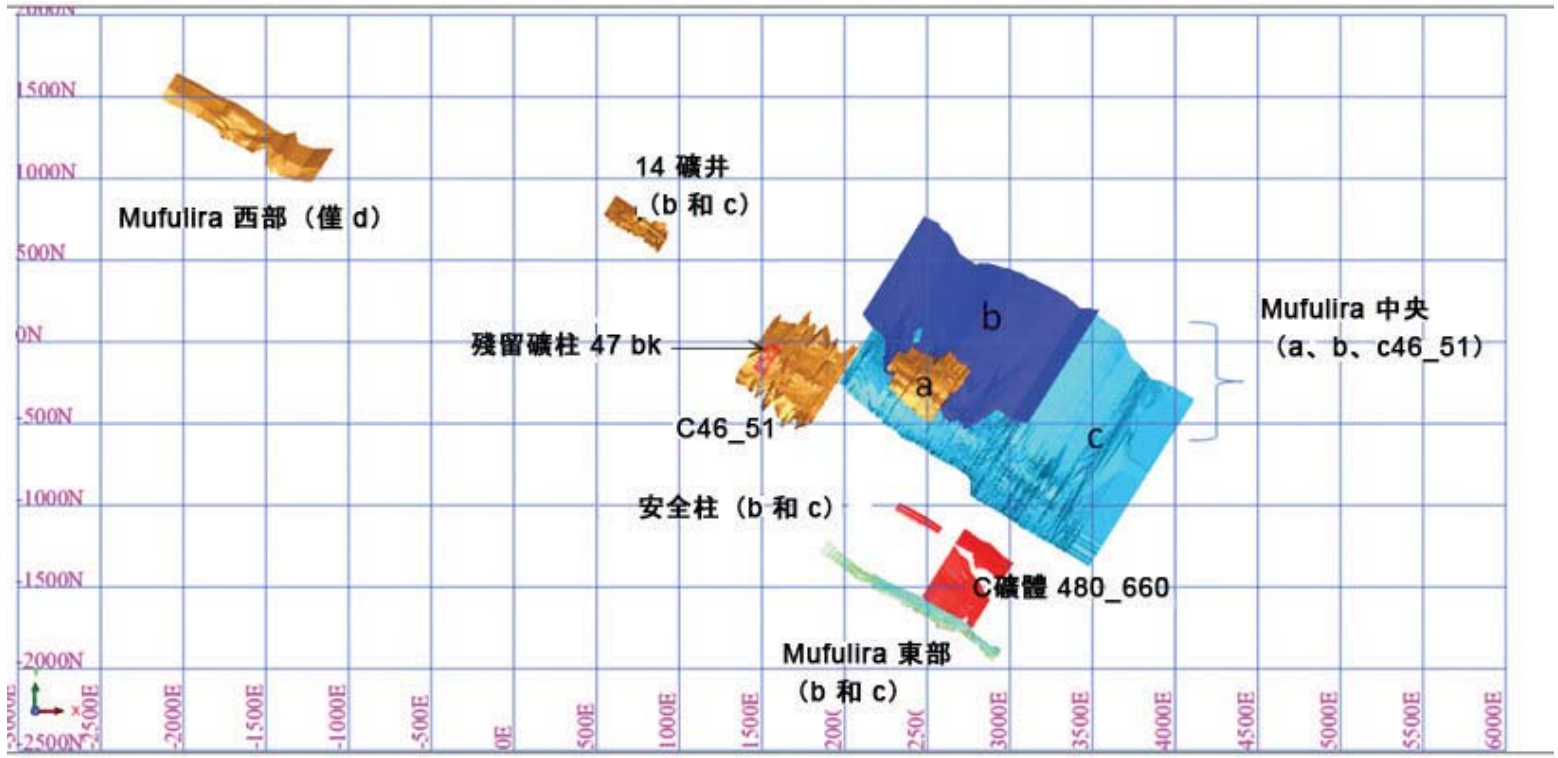


圖 6：Mufulira 礦物化區域的固體

3.6 變異分析

對於複合資料進行統計分析，以便瞭解每個項目區域的基本分佈，以及瞭解不同樣品支援類型的品位差別。在項目區域發現了兩種不同的鑽井類型， 包括金剛石鑽井和岩屑樣品。取樣類型的不同表明樣品支援類型的不同，不同類型的取樣決定不同的置信度。金剛石鑽井的置信度明顯更高，因為岩屑取樣有時會選擇為更軟的岩性，通常為礦石區，導致資料的模糊。因此，必須瞭解不同鑽井類型的基本分佈，並瞭解是否能夠整合這些資料集。

金剛石鑽井樣品用於估計。

在 Surpac 中執行變數的變異分析。該球形模型用於從實驗室變數圖推斷所有變數圖參數。

根據每個項目區域的典型鑽孔間距，使用延遲模型生成球形模型變數圖。

根據 1m 的直接複合層，從實驗井下變數圖建立結塊差異模型。井下變數圖為變數圖模型提供了結塊。

表 3：用於鑽井變異函數生成的參數

參數	數值
方位角	0
下降	0
範圍	90
延遲	0.5
最大距離	50

表 4 和表 5 中顯示為每個項目區域產生的變異函數參數類型。

表 4：Nkana 的變異函數參數類型

專案區域	變數圖類型
Mindola 北部	全方向
區域 A	方向
Mindola	全方向
區域 D	方向
中央北	全方向
中央和 SOB	全方向
南部向斜	全方向
ZJ 分支	全方向
區域 J	方向
C 向斜	全方向
D 背斜	全方向
	全方向
F 向斜	全方向
區域 K	方向

表 5：Mufulira 的變異函數參數類型

專案區域	變數圖類型
Luansobe	ID^2
Mufulira 西部	全方向
14 礦井 B 礦體	全方向
14 礦井 C 礦體	全方向
Mufulira 的中央 A 礦體	全方向
Mufulira 的中央 B 礦體	全方向
Mufulira 的中央礦體	全方向
Mufulira 的中央 C46_51 礦體	全方向
Mufulira 東部的 B 礦體	全方向
Mufulira 東部的 C 礦體	全方向
殘留礦柱 47	全方向
安全柱 B	全方向
安全柱 C	全方向
安全柱 – 中部	全方向
C 礦體 480_660	全方向

3.6.1 結塊推論

由於大多數樣品間距為 1m，使用 1m 的延遲計算井下變異函數參數，建立變異函數參數結塊差異模型。

3.6.2 變異分析結果

3.6.2.1 Nkana

在表 6 和表 7 中提供了估計中使用的變異分析的球形模型變異函數參數。

表 6：Nkana 的所有全方位變異函數參數變異分析結果

區域	領域	變數	結塊	岩床 1	範圍 1	岩床 2	範圍 2
Mindola 北部	金剛石	總銅(%)	0.020	1.022	66	0.537	108
		總鈷(%)	0.001	0.017	10	0.003	101
Mindola 北部	岩屑	總銅(%)	0.035	0.824	18	0.348	263
		總鈷(%)	0.002	0.007	20	0.001	67
Mindola		總鈷(%)	0.083	1.341	8	0.368	150
		總鈷(%)	0.001	0.020	16	0.003	240
中央北		總銅(%)	0.057	1.065	11	0.123	159
		總鈷(%)	0.002	0.02	7	0.018	44
SOB 和中央	東部	總銅(%)	0.115	1.020	12	0.327	215
		總鈷(%)	0.001	0.008	23	0.002	119
	中部	總銅(%)	0.283	1.048	15	0.531	96
		總鈷(%)	0.001	0.008	19	0.001	119
	西部	總銅(%)	0.099	1.766	17	0.445	37
		總鈷(%)	0.000	0.004	20	0.005	64
南部向斜		總銅(%)	0.052	0.835	18	0.713	96
		總鈷(%)	0.000	0.007	12	0.002	70
ZJ_分支		總銅(%)	0.019	0.392	42	0.181	83
		總鈷(%)	0.000	0.006	112	-	-
C_向斜		總銅(%)	0.027	0.520	11	0.177	74
		總鈷(%)	0.000	0.001	47	0.001	80
D_背斜	領域 1	總銅(%)	0.022	0.712	7	0.181	51
		總鈷(%)	0.000	0.004	7	0.009	121
	領域 2	總銅(%)	0.013	0.750	8	0.148	61
		總鈷(%)	0.000	0.003	10	0.002	61
F 向斜		總銅(%)	0.037	0.629	26	0.123	91
		總鈷(%)	0.000	0.003	4	0.002	41
		酸溶銅(%)	0.000	0.007	16	0.02	68

表 7：Nkana 的所有方向變異函數參數變異分析結果

區域	變數	結塊	主要					半主要			次要		
			岩床 1	範圍 1	岩床 2	範圍 2	主要方向	範圍 1	範圍 2	半主要方向	範圍 1	範圍 2	次要方向
區域 A	總銅(%)	0.250	2.55	30	0.770	200	130	15	125	40	9	30	90
	總鈷(%)	0.002	0.013	50	0.003	200	120	25	100	30	5	20	90
	酸溶銅(%)	0.190	2.60	75	0.480	200	150	25	75	60	5	22	90
	酸溶鈷(%)	未估計											
區域 D	總銅(%)	0.150	1.55	20	0.360	220	110	15	125	20	9	30	90
	總鈷(%)	0.002	0.013	50	0.003	200	120	25	100	30	5	20	90
	酸溶銅(%)	0.320	3.33	75	1.40	200	160	25	75	70	5	22	90
	酸溶鈷(%)	未估計											
區域 J	總銅(%)	2.20	6.26	35	0.200	200	130	30	200	40	7	30	90
	總鈷(%)	0.003	0.040	45	0.006	250	120	35	100	30	6	19	90
	酸溶銅(%)	2	4.70	30	0.900	225	120	30	90	30	8	30	90
	酸溶鈷(%)	未估計											
區域 K	總銅(%)	0.260	2.05	55	0.030	250	160	40	173	70	3	20	90
	總鈷(%)	0.002	0.009	55	0.004	250	160	50	200	70	7	30	90
	酸溶銅(%)	0.120	0.640	100	0.220	200	160	50	150	70	3	17	90
	酸溶鈷(%)	未估計											

3.6.2.2 *Mufulira* 在表 8 中提供估計中使用的變異分析的球形模型變異函數參數。

表 8：Mufulira 的所有全方位變異函數參數變異分析結果

區域	領域	變數	結塊	岩床 1	範圍 1	岩床 2	範圍 2
Luansobe		總銅(%)	ID^2 估計				60.000
		酸溶銅(%)	ID^2 估計				60.000
Mufulira 西部		總銅(%)	0.018	0.760	13.230	0.230	52.000
		酸溶銅(%)	0.006	0.430	3.960	0.270	55.000
14 礦井	B	總銅(%)	0.057	0.120	2.080	0.290	34.000
	C	總銅(%)	0.004	0.380	13.810	0.380	127.300
Mufulira 中央	A	總銅(%)	0.032	6.100	3.710	0.560	69.700
	B	總銅(%)	0.070	1.430	17.260	0.600	203.360
	C	總銅(%)	0.130	1.360	14.930	1.100	271.990
	C46_51	總銅(%)	0.008	1.160	9.500	0.360	184.360
Mufulira 東部	B	總銅(%)	0.000	12.170	62.670	-	-
		酸溶銅(%)	0.013	0.660	7.300	0.220	48.700
	C	總銅(%)	0.145	2.560	7.840	1.250	52.040
		酸活銅(%)	0.008	1.850	7.940	0.795	33.160
安全柱	B	總銅(%)	0.000	8.210	53.550	-	-
	C	總銅(%)	0.001	0.860	4.700	0.150	36.700
	中部	總銅(%)	0.002	0.190	3.160	0.220	19.700
C 礦體 660		總銅(%)	0.006	1.400	5.940	0.320	38.200

3.7 估值參數

3.7.1 礦塊模型

在某些項目區域改變支援，以確定最優的礦塊。通過對比 表 9 和表 10 中顯示的固體體積和礦塊模型體積，驗證地質礦塊模型。未見有重大差異。

表 9：Nkana 的固體體積與礦塊體積對比總結

區域	線框體積（cm^3）	礦塊模型體積（cm^3）	% 差異
Mindola 北部	9,201,694	9,201,310	-0.00
區域 A	452,758	452,750	-0.00
Mindola	23,201,325	23,208,246	0.03
區域 D	283,232	282,200	-0.37
中央北	45,018,732	44,693,300	-0.73
中央、SOB 和南部向斜	94,852,825	94,856,732	0.00
ZJ 分支	1,717,471	1,686,850	-1.82
區域 J	1,756,689	1,753,475	-0.18
C 向斜	658,668	659,094	0.06
D 背斜	3,109,318	3,109,419	0.00
F 向斜	1,749,760	1,750,475	0.04
區域 K	2,391,118	2,392,875	0.07

表 10：Mufulira 的固體體積與礦塊體積對比總結

區域	線框體積（cm^3）	礦塊模型體積（cm^3）	% 差異
Luansobe	4,072,755	4,074,175	0.035
Mufulira 西部	7,210,405	7,210,313	0.00
14 礦井 B 礦體	1,808,936	1,808,936	0.00
14 礦井 C 礦體	2,725,472	2,677,875	-1.78
Mufulira 的中央 A 礦體	1,556,499	1,555,694	-0.052
Mufulira 的中央 B 礦體	9,939,852	9,914,913	-0.252
Mufulira 的中央 C 礦體	26,175,715	26,060,706	-0.441
Mufulira 的中央 C46_51 礦體	4,151,052	4,151,681	0.015
Mufulira 東部的 B 礦體	238,441	238,188	-0.11
Mufulira 東部的 C 礦體	783,042	783,325	0.04
安全柱 B	96,618	96,631	0.01
安全柱 C	145,069	145,419	0.24
安全柱 – 中部	110,696	110,600	-0.09
C 礦體 480_660	467,053	467,063	0.00

3.7.1.1 Nkana

所有區域確定使用礦塊體積 20x20x4，以便在稍後階段中實現礦塊模型的整合。所使用的次級礦塊體積為 5m x 5m x1m 以便進行報告。

3.7.1.2 Mufulira

所有區域確定使用礦塊體積 10x10x4，以便在稍後階段中實現礦塊模型的整合。所使用的次級礦塊體積為 2.5m x 2.5m x1m 以便進行報告。

3.7.2 估值計劃

採用了普通的克裡格法 (「OK」)，這是一種能滿足目標結果要求，可確保本地估計中克裡格法權重總和為 1 的特定算法。在 Surpac 中執行品位插值。

使用四個通道估計計劃用來估計礦塊模型的整個體積。隨著通道的增加，估計通道的品質和可靠性降低。這些通道基於以下內容：

- 通道 1：2/3 變異函數參數範圍；
- 通道 2：變異函數參數範圍；
- 通道 3：1.5 倍的變異函數參數範圍；
- 通道 4：全局平均值。

在每個通道中，使用最少 4 和最多 25 個樣品，並且僅改變範圍。

3.7.3 密度分配

3.7.3.1 Nkana

早在 1945 年，已經開始在 Nkana 礦山測定比重。在這些年中進行了 358 次測定，加權平均整體密度達到了 2.79 t/m^3。該數值比目前資源計算中使用的 2.56 t/m^{3}高出 9%。

GAA 認為該密度值可能比較保守，認為 2.56 t/m^{3}可以接受。

3.7.3.2 Mufulira

在 Mufulira 礦山中收到的「2010 年 1 月 1 日礦產資源和礦產儲量報告書」文件中，將模型中的體積轉換為噸位，對於大多數地區使用比重 2.65 t/m^3，Mufulira 西部除外，此處根據歷史資訊使用 2.5 t/m^3。

在表 11 中顯示每個項目中體積到噸換算中使用的密度值。

表 11：分配用於噸位計算的 Mufulira 密度數值

專案區域	密度t/m^3
Luansobe	2.50
Mufulira 西部	2.50
14 礦井 B 礦體	2.65
14 礦井 C 礦體	2.65
Mufulira 的中央 A 礦體	2.65
Mufulira 的中央 B 礦體	2.65
Mufulira 的中央 C 礦體	2.65
Mufulira 的中央 C46_51 礦體	2.65
Mufulira 東部的 B 礦體	2.50
Mufulira 東部的 C 礦體	2.50
安全柱 B	2.65
安全柱 C	2.65
C 礦體 660	2.65

3.7.4 礦塊模型驗證

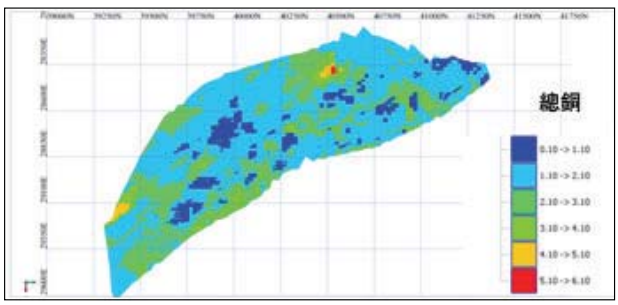
平均品位的一致性是整個區域的全局代表。在整個礦床中逐漸評估平均品位一致性時，使用 Swath 圖。在這些圖中，求東部、北部和 RL 區域的資料和模型估計值的平均值，並在特定方向上，評估每個區域的品位一致性。

在整個項目區域中，在低估高品位樣品和高估低品位樣品後產生平滑的估計，因此 Swath 圖中的平均品位一致性可接受。當使用 OK 方法進行插值時，可預計到該結果。

3.7.5 Nkana 品位分佈

3.7.5.1 Mindola 北部

圖 7 顯示了 Mindola 北部的總銅(%) 和總鈷(%)的品位分佈。



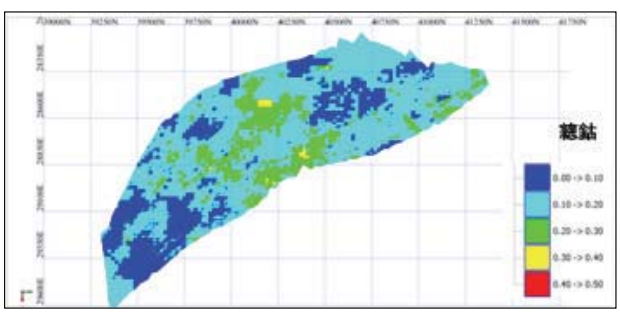
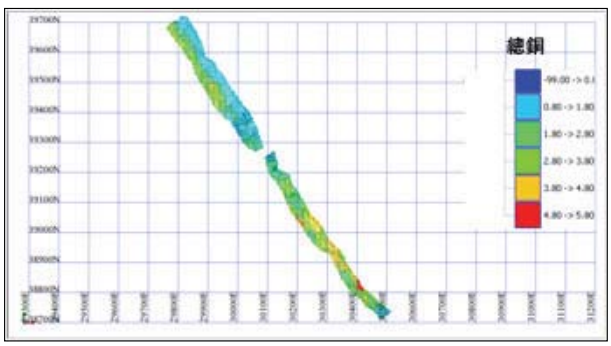
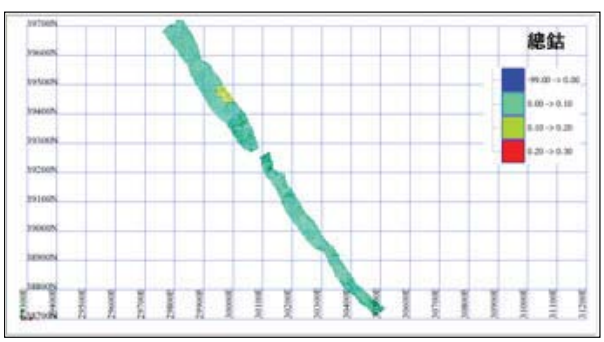


圖 7：Mindola 北部的 % 總銅和 % 總鈷品位分佈

3.7.5.2 區域 A

圖 8 顯示了區域 A 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)的品位分佈。





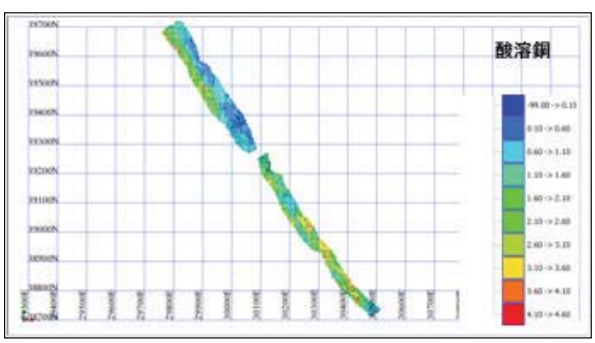
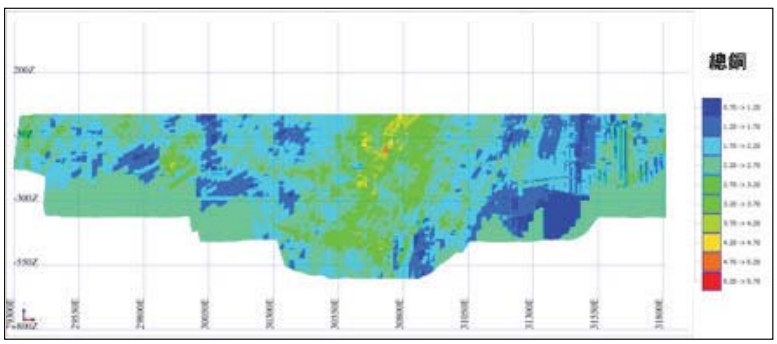


圖 8：區域 A 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.5.3 Mindola

圖 9 顯示了 Mindola 的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。



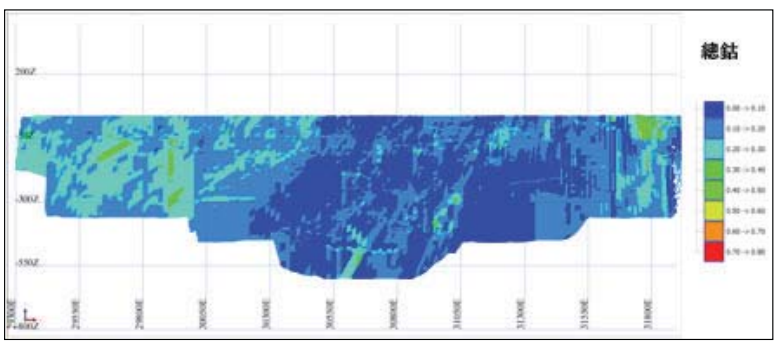
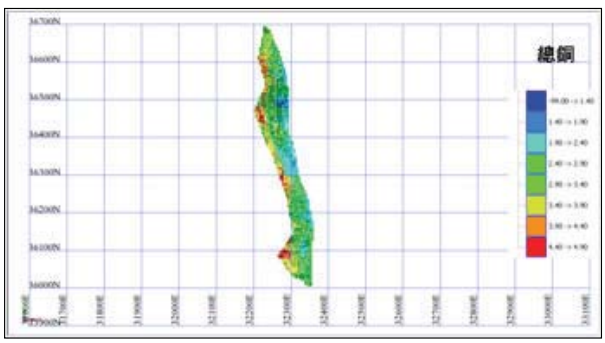
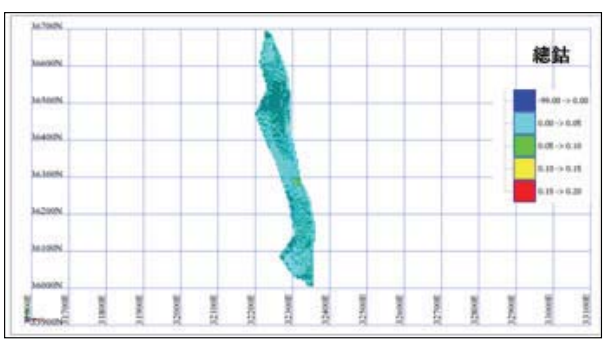


圖 9：Mindola 的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.4 區域 D

圖 10 顯示了區域 D 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)的品位分佈。





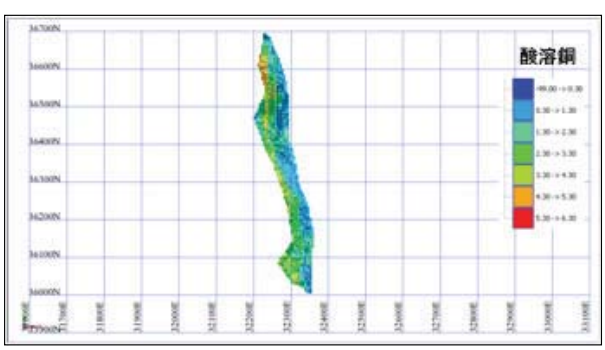
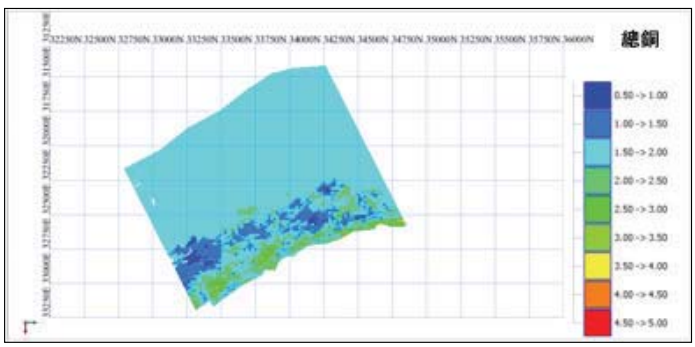


圖 10：區域 D 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.5.5 中央北

圖 11 顯示了中央北部的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。



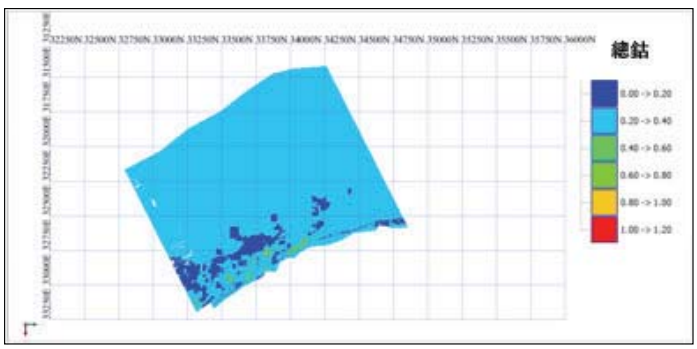
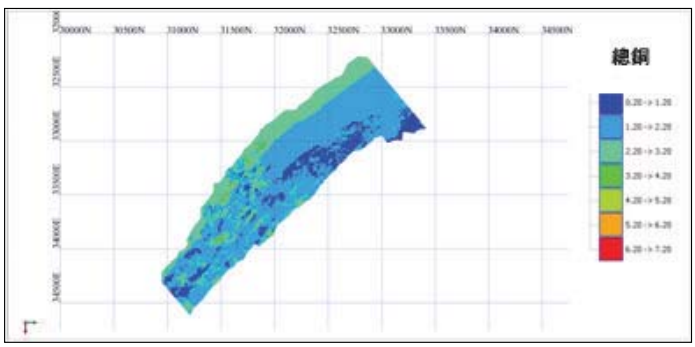


圖 11：中央北部的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.6 SOB 和中央

圖 12 顯示了 SOB 的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。



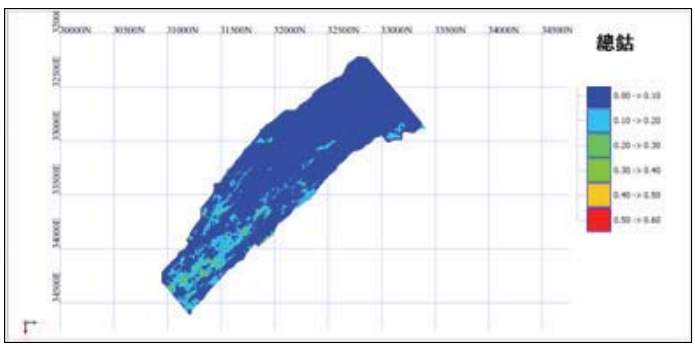
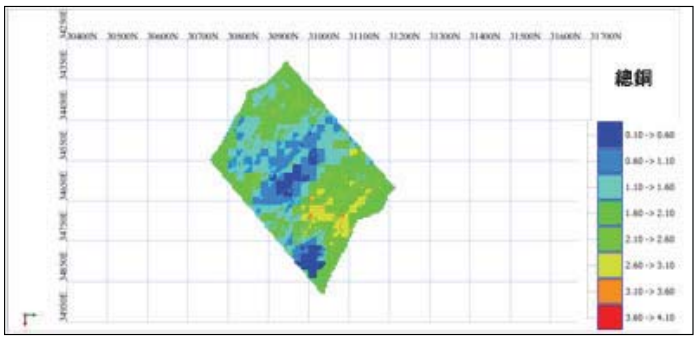


圖 12：SOB 的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.7 南部向斜

圖 13 顯示了南部向斜的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。



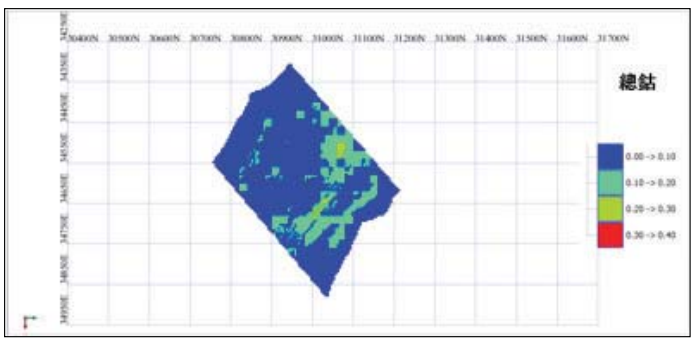
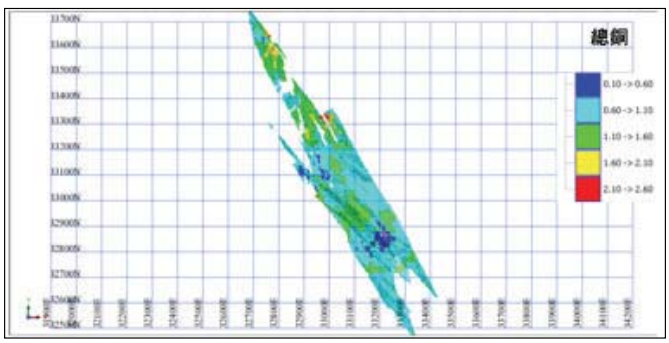


圖 13：南部向斜的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.8 ZJ 分支

圖 14 顯示了 ZJ 分支的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。



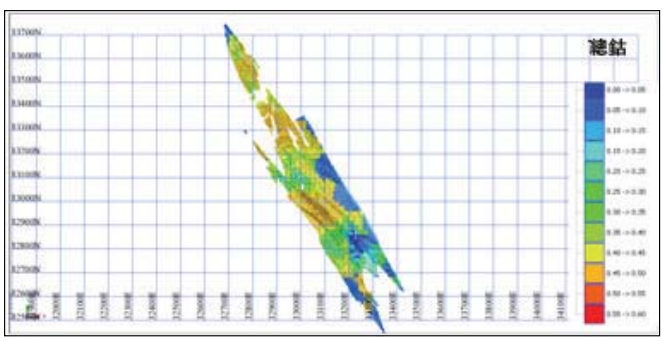
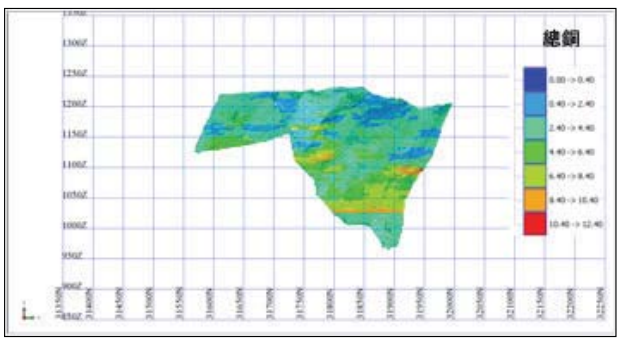
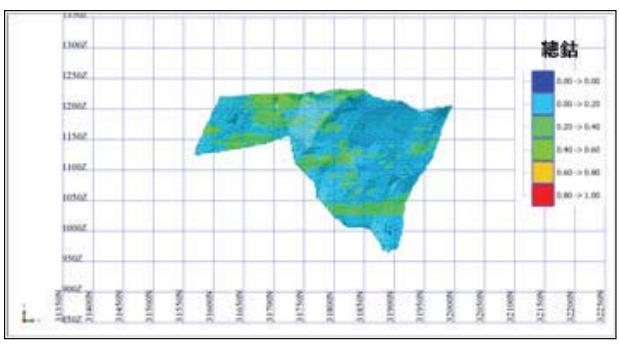


圖 14：ZJ 分支的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.9 區域 J

圖 15 顯示了區域 J 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)的品位分佈。





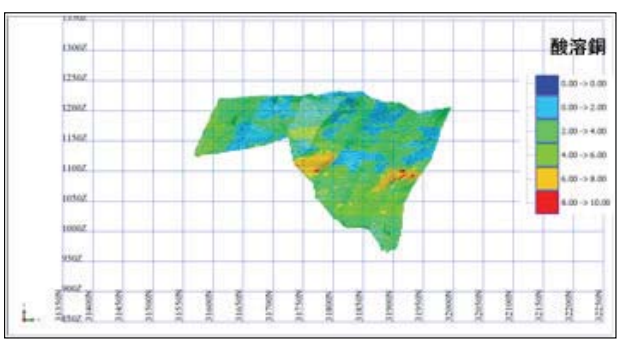
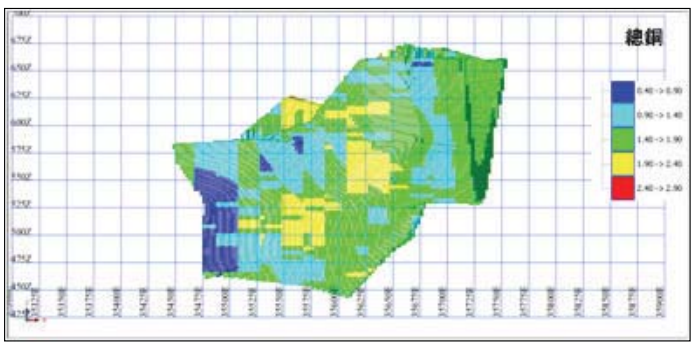


圖 15：區域 J 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.5.10 C 向斜

圖 16 顯示了 C 向斜的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。



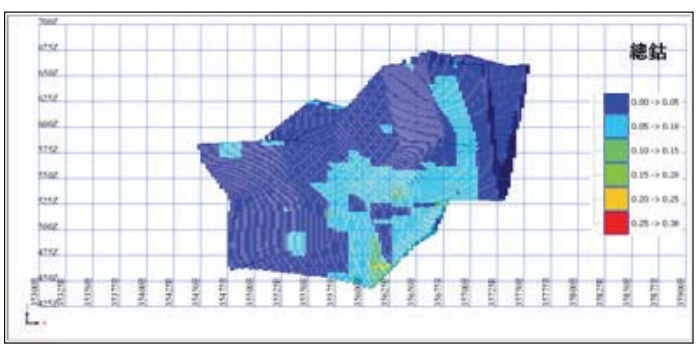


圖 16：C 向斜的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.11 D 背斜

圖 17 顯示了 D 背斜的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。

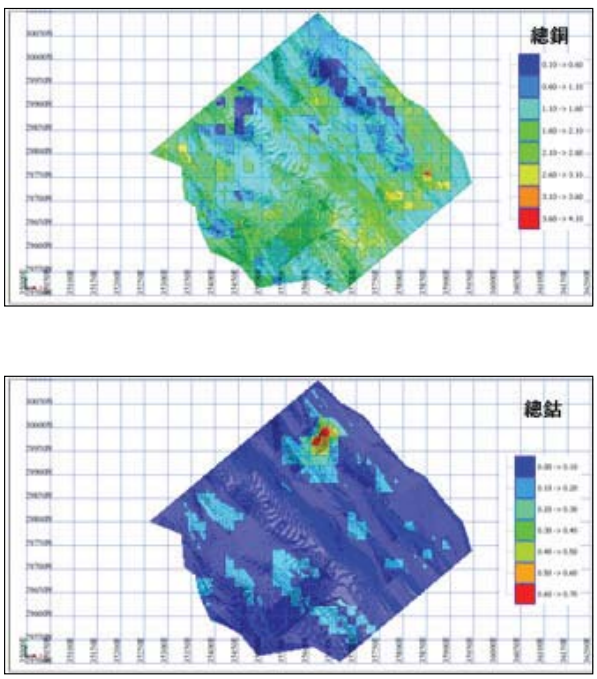
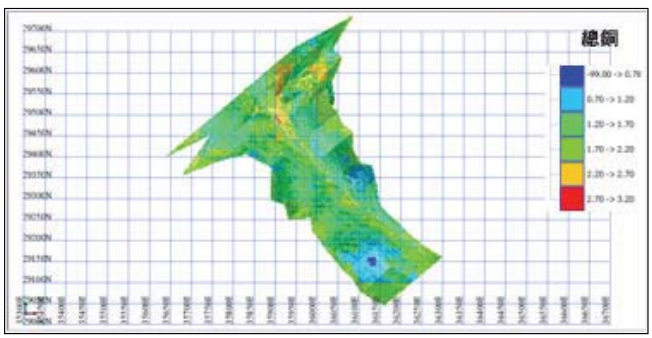
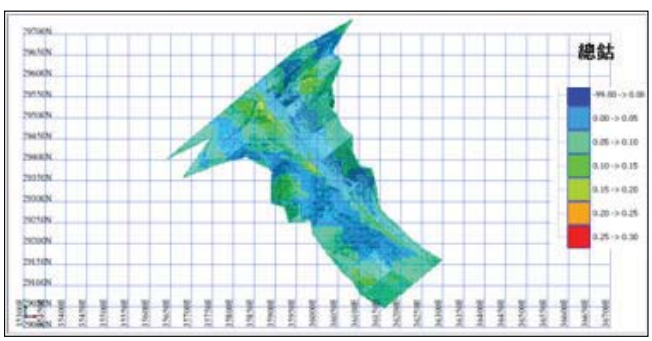


圖 17：D 背斜的總銅(%)和總鈷(%)品位分佈

3.7.5.12 F 向斜

圖 18 顯示了 F 向斜的總銅(%)和總鈷(%)的品位分佈。





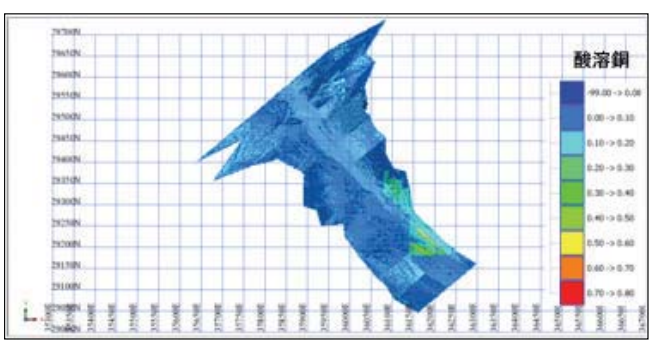
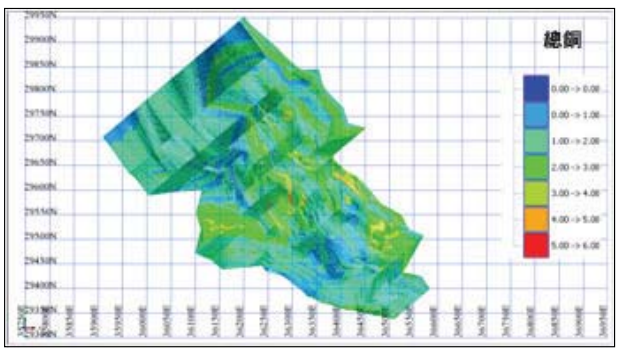
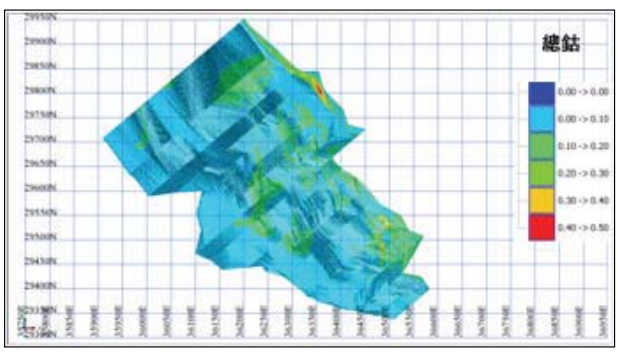


圖 18：F 向斜的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.5.13 區域 K

圖 19 顯示了區域 K 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)的品位分佈。





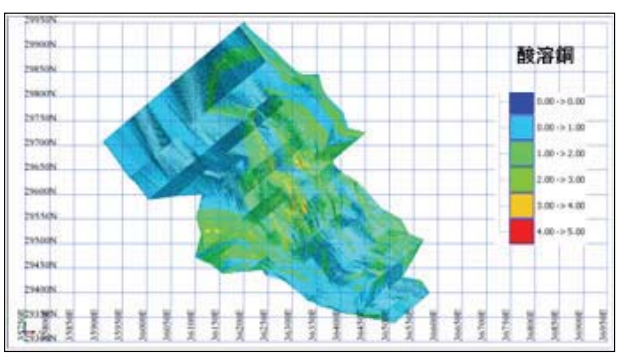
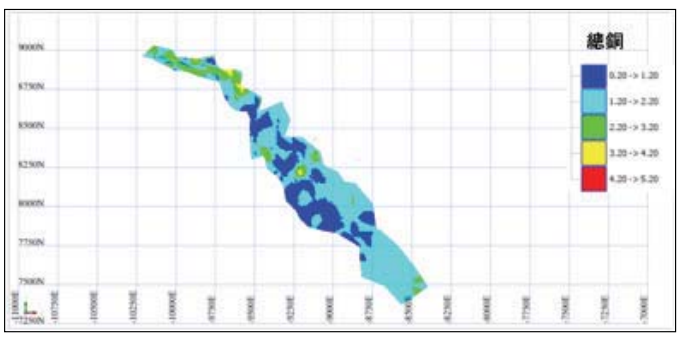


圖 19：區域 K 的總銅(%)、總鈷(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.6 Mufulira 品位分佈

3.7.6.1 Luansobe

圖 20 顯示了 Luansobe 的總銅(%)和酸溶銅(%)的品位分佈。



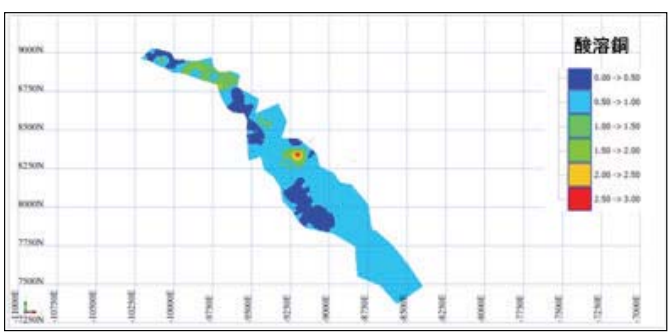
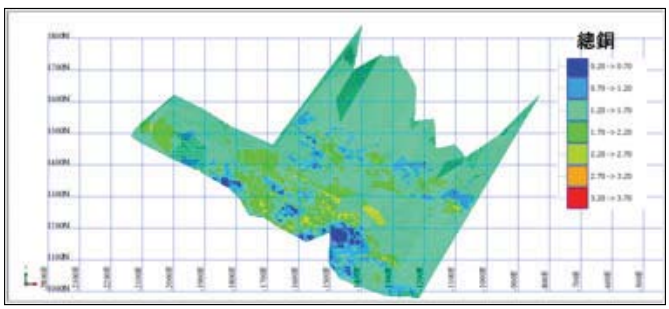


圖 20：Luansobe 的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.6.2 Mufulira 西部

圖 21 顯示了 Mufulira 西部的總銅(%)和酸溶銅(%)的品位分佈。



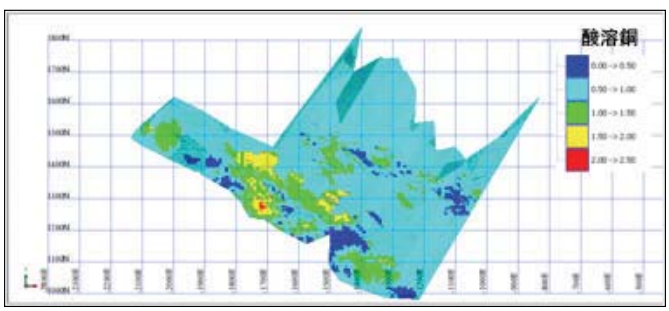


圖 21：Mufulira 西部的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.6.3 14 豎井 B 礦體

圖 22 顯示了 14 豎井 B 礦體的 %TCu 品位分佈。

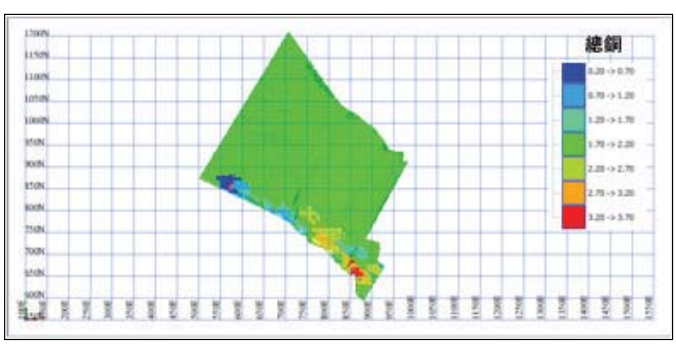


圖 22：14 礦井 B 礦體的總銅(%)品位分佈

3.7.6.4 14 豎井 C 礦體

圖 23 顯示了 14 豎井 C 礦體的總銅(%)品位分佈。

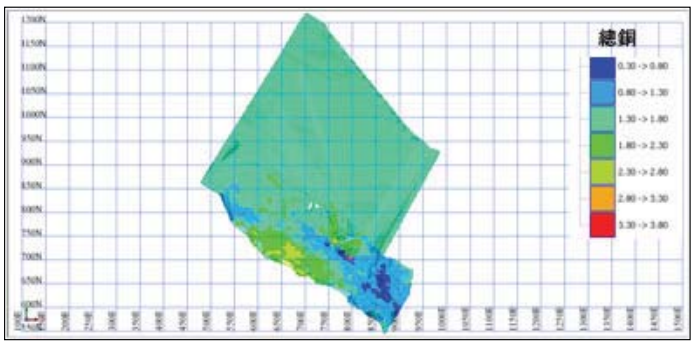


圖 23：14 礦井 C 礦體的總銅(%)品位分佈

3.7.6.5 Mufulira 中央 A 礦體

圖 24 顯示了 Mufulira 中央 A 礦體的總銅(%)品位分佈。

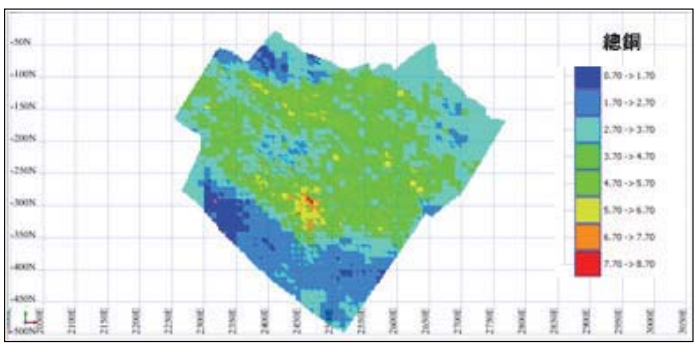


圖 24：Mufulira 中央 A 礦體的總銅(%)品位分佈

3.7.6.6 Mufulira 中央 B 礦體

圖 25 顯示了 Mufulira 中央 B 礦體的總銅(%)品位分佈。

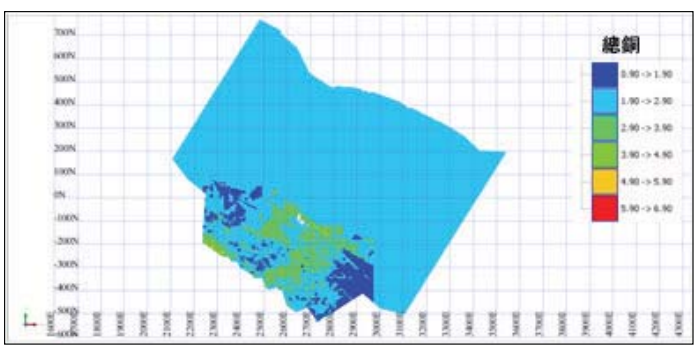


圖 25：Mufulira 中央 B 礦體的總銅(%)品位分佈

3.7.6.7 Mufulira 中央 C 礦體

圖 26 顯示了 Mufulira 中央 C 礦體的總銅(%)品位分佈。

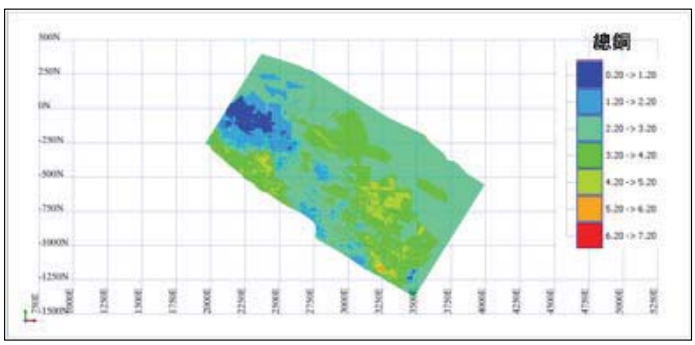


圖 26：Mafulira 中央 C 礦體的總銅(%)品位分佈

3.7.6.8 Mufulira 中央 C 46_51 礦體

圖 27 顯示了 Mufulira 中央 C46_51 礦體的總銅(%)品位分佈。

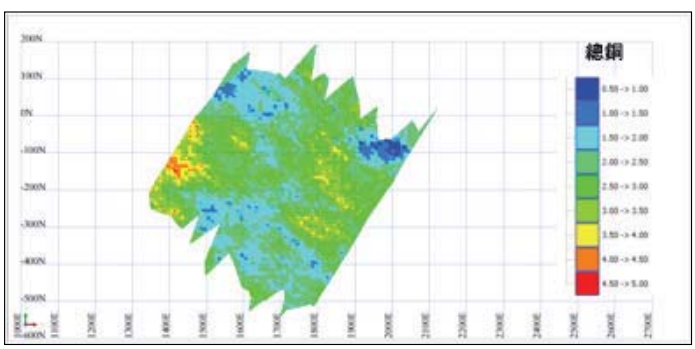
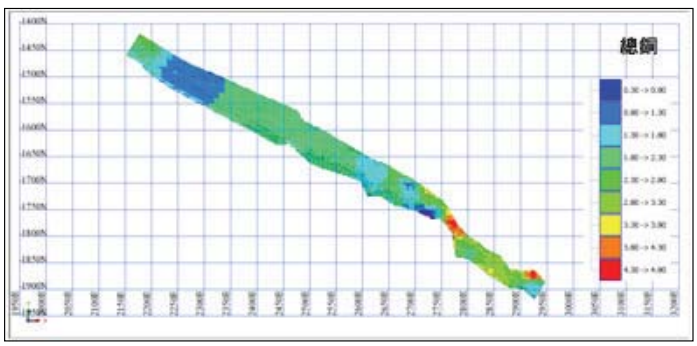


圖 27：Mufulira 中央 C46_51 礦體的總銅(%)品位分佈

3.7.6.9 Mufulira 東 B 礦體

圖 28 顯示了 Mufulira 東部 B 礦體的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈。



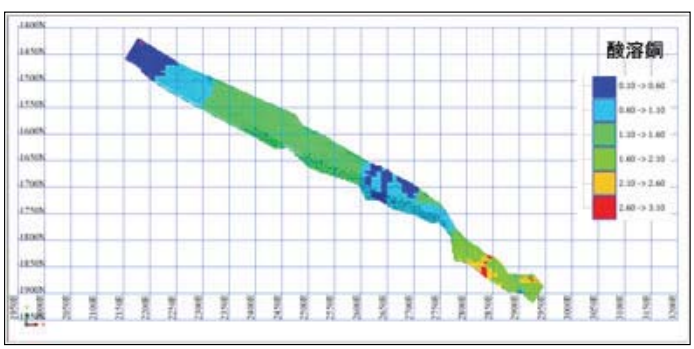
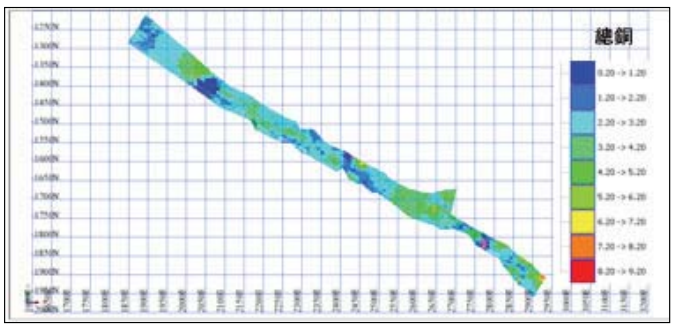


圖 28：Mufulira 東部 B 礦體的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.6.10 Mufulira 東 C 礦體

圖 29 顯示了 Mufulira 東部 C 礦體的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈。



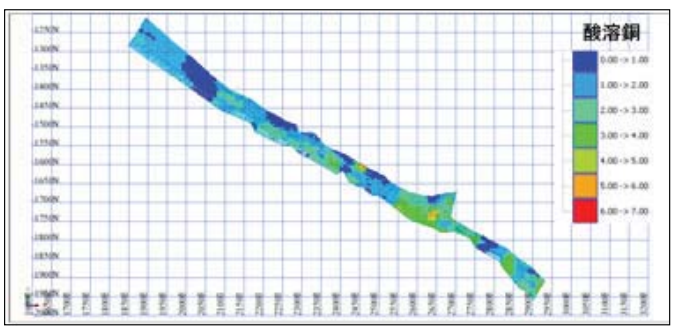


圖 29：Mufulira 東部 C 礦體的總銅(%)和酸溶銅(%)品位分佈

3.7.6.11 安全柱 B 和 C

圖 30 顯示了安全柱 B 和 C 的總銅(%)品位分佈。

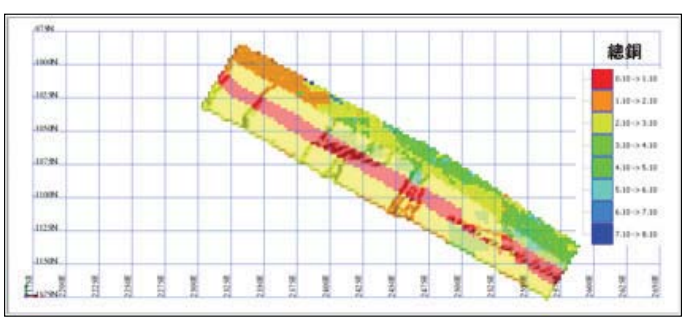


圖 30：安全柱 B 和 C 的的總銅(%)品位分佈

3.7.6.12 C 礦體 660

圖 31 顯示了 C 礦體 660 的總銅(%)品位分佈。

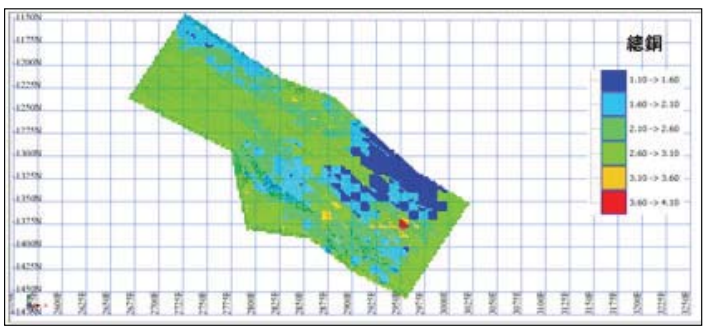


圖 31：C 礦體 660 的總銅(%) 品位分佈

3.8 礦產資源分類

3.8.1 分類標準

用於報告勘探結果、礦產資源和可採儲量的澳大利亞規範，通常被稱為「JORC 規範」，用於礦產資源的分類。該規範對礦產資源的描述如下：

「礦產資源是指在地殼上出現的具有內在經濟價值的物質的濃縮物或蘊藏，其質素與蘊藏量具合乎經濟效益的開採前景。礦產儲量的位置、數量、品位、地理特性和連續性都已知，並根據具體地質證據和知識進行估計或解釋。按照置信度增加的順序，將礦產資源分成推斷、控制或探明這三個類別。」

該規範進一步描述推斷、指示和測量的資源如下：

「推斷的礦產資源是指對部份礦產資源的噸位、品位和含礦成分僅進行低置信度的估量。根據其地質證據進行推斷，但未能証實其地質和/或等級連續性。它是根據適當技巧由不同地方（如露頭、溝渠、礦坑、礦內巷道和鑽孔）所收集的測試資料進行估量的，它們可能在質素和可靠性方面存在局限或不確定性。」

「控制的礦產資源是指對部份礦產資源的噸位、密度、形狀、物理特性、品位和含礦成分進行具有合理置信度的估量。它是根據開採、取樣和通過適當技巧由不同地方所收集的測試資料，如露頭、溝渠、礦坑、礦內巷道和鑽孔。這些地方相隔太遠或不適當未能確定其地質或等級的連續性，但卻有足夠近的空間以假定其連續性。」

「探明的礦產資源是指對部份礦產資源的噸位、密度、形狀、物理特性、品位和含礦成分進行高置信度的估量。它是根據詳細的可靠開採、取樣和通過適當技巧由不同地方所收集的測試資料，如露頭、溝渠、礦坑、礦內巷道和鑽孔。這些地方足夠近，以致能確定其地質和等級連續性。」

在礦產資源區域分類過程中，考慮 JORC 規範的以下元素：

- 估計的途徑；
- 估計中使用的樣品數量；
- 非均質距離；
- 平均距離；
- 克立格法方差。

以下部份描述了每個區域的礦產資源，這些描述基於固體中組成成份資料。可以預計當固體經過審查並包含更多的分析資料後，每個區域的估計可靠性將得到提高。

3.9 礦產資源陳述

對於 Mopani 的 Nkana 和 Mufulira 經營，表 12和 表 13分別顯示了未添加邊界的已估計礦產資源的總結。

表 12：2010 年 12 月 31 日 Nkana 礦山的礦產資源總結

地下專案區域	結構	探明				控制				推斷				總計			
		百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)
Mindola 北部		1.70	1.75		0.13	2.50	2.27		0.13	0.50	1.78		0.14	4.60	2.03		0.13
Mindola		18.20	2.18		0.13	6.80	2.00		0.14	6.80	1.79		0.15	31.70	2.06		0.14
中央	中央和中北	23.20	1.72		0.14	7.10	1.66		0.23	8.70	1.71		0.23	39.00	1.71		0.18
複向斜	Sob、中央和南部向斜	89.30	1.97		0.09	11.10	1.82		0.07	14.90	1.64		0.08	115.50	1.91		0.09
中上水平	ZJ – 分支					1.70	1.00		0.39	1.90	1.03		0.28	3.60	1.02		0.33
SOB 上部	D – 背斜	1.30	1.21		0.12	3.60	1.65		0.08	1.60	1.57		0.06	6.50	1.54		0.08
	C – 向斜	0.30	1.67		0.04	0.60	1.66		0.05	0.50	1.29		0.04	1.50	1.54		0.04
F – 向斜	1107m 以下	2.50	1.81		0.07	0.80	1.58		0.06	0.40	1.53		0.05	3.70	1.73		0.07
	前端區域（1107m 以上 F 向斜）	0.05	1.47	0.14	0.05	0.08	1.53	0.05	0.16	0.008	1.48	0.06	0.13	0.14	1.51	0.08	0.12
小計		**136.60**	**1.94**	**0.14**	**0.10**	**34.30**	**1.79**	**0.05**	**0.14**	**35.30**	**1.65**	**0.06**	**0.14**	**206.20**	**1.86**	**0.08**	**0.12**

氧化物礦層	探明				控制				推斷				總計			
	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)
區域 A	0.90	2.59	1.71	0.04	0.02	2.68	1.96	0.03	0.002	2.64	2.06	0.03	0.90	2.59	1.72	0.04
區域 D	0.40	3.32	2.47	0.02									0.40	3.32	2.47	0.02
區域 J	4.20	3.81	2.76	0.15	0.12	5.68	4.22	0.22	0.02	7.41	4.67	0.28	4.30	3.88	2.81	0.15
區域 K	2.90	1.74	1.06	0.09	0.07	1.80	0.99	0.10	0.06	1.94	1.06	0.10	3.10	1.75	1.06	0.09
小計	**8.40**	**2.93**	**2.04**	**0.11**	**0.21**	**4.12**	**2.95**	**0.16**	**0.08**	**3.31**	**1.97**	**0.14**	**8.70**	**2.96**	**2.06**	**0.11**

殘餘物/礦柱	結構	探明				控制				推斷				總計			
		百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)
Mindola 北部	柱	0.80	2.09		0.11									0.80	2.09		0.11
小計		**0.80**	**2.09**		**0.11**									**0.80**	**2.09**		**0.11**
總數		**145.80**	**2.00**	**0.25**	**0.10**	**34.50**	**1.80**	**0.07**	**0.14**	**35.4**	**1.65**	**0.06**	**0.14**	**215.70**	**1.91**	**0.16**	**0.12**

1) 已經根據 JORC 規範的分類標準報告礦產資源。
2) 引述的礦產資源包括礦物儲量。
3) 礦產資源不是礦物儲量，沒有已經展示的經濟能力。

表 13：2010 年 12 月 31 日 Mufulira 礦山的礦產資源總結

專案區域	礦體	探明			控制			推斷			總計		
		百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)
Luansobe		4.50	1.65	0.78	0.60	1.29	0.66	0.40	1.22	0.76	5.60	1.58	0.76
Mufulira 西部	D	2.20	1.39	0.91	1.60	1.71	1.26	2.80	1.64	1.04	6.60	1.57	1.05
14 礦井	B	0.30	2.02	-	0.20	1.88	-	0.30	1.90	-	0.80	1.94	-
	C	1.30	1.22	-	0.30	1.57	-	0.30	1.50	-	1.90	1.32	-
Mufulira 中央	A	0.50	3.73	-	0.20	3.40	-	0.20	3.38	-	0.80	3.58	-
	B	2.50	2.56	-	1.00	2.45	-	9.50	2.54	-	13.00	2.54	-
	C	12.40	2.42	-	4.80	3.22	-	23.10	2.84	-	40.30	2.76	-
	C46_51	1.90	2.03	-	0.30	2.43	-	-	-	-	2.30	2.09	-
Mufulira 東部	B	0.20	2.47	1.43	0.03	1.69	0.80	0.40	1.75	0.93	0.60	1.96	1.07
	C	1.00	2.95	1.99	0.50	2.98	1.33	0.30	2.50	1.63	1.80	2.88	1.76
小計		**26.80**	**2.17**	**0.29**	**9.50**	**2.65**	**0.32**	**37.30**	**2.63**	**0.11**	**73.70**	**2.46**	**0.20**
歷史礦塊													
殘餘物 47	C46_51	0.30	2.77	-	-	-	-	-	-	-	0.30	2.77	-
殘餘物 50_51	C46_51	0.10	3.10	-	-	-	-	-	-	-	0.10	3.10	-
安全柱	B	0.20	3.41	-	0.03	2.30	-	0.05	1.58	-	0.30	2.89	-
	C	0.30	2.31	-	0.05	2.19	-	0.07	2.15	-	0.40	2.27	-
	中部	0.20	0.69	-	0.03	0.63	-	0.04	0.61	-	0.30	0.67	-
C 礦體 480_660		0.20	2.27	-	0.20	187.00	-	0.20	2.23	-	0.60	2.11	-
小計		**1.30**	**2.37**	**-**	**0.30**	**1.86**	**-**	**0.37**	**2.19**	**-**	**2.00**	**2.21**	**-**
總數		**28.20**	**2.18**	**0.29**	**9.90**	**2.62**	**0.31**	**37.6**	**2.62**	**0.11**	**75.70**	**2.46**	**0.20**

1) 已經根據 JORC 規範的分類標準報告礦產資源。
2) 引述的礦產資源包括礦物儲量。
3) 礦產資源不是礦物儲量，沒有已經展示的經濟能力。

3.10 長期前景

Nkana 和 Mufulira 礦山具有優良的長期運營前景。作爲資源評估的一部分，GAA 評估了兩個礦山的長期運營前景。

Nkana 礦山的利好潛力參見 表 14。大部分利好潛力從複向斜延伸至中北地區以及 Mindola 北部，要求開展進一步鑽探，以更新礦產資源的儲量。中期開採計劃測試這一延伸區域並包含在相關提交預算之內。該區域內 5 年期的臨時預計開支 500 萬美元。

表 14：2010 年 12 月 31 日 Nkana 的利好潛力

專案區域	結構	利好潛力			
		百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	總鈷 (%)
Mindola 北部	Mindola 北部（單礦體）	0.40	1.91		0.13
Mindola	Mindola（單礦體）	7.40	2.23		0.18
中央	中央和中北	52.6	1.86		0.23
複向斜	Sob、中央和南部向斜	87.5	2.16		0.08
中上水平	ZJ – 分支	0.40	1.07		0.25
SOB 上部	D – 背斜	1.00	1.61		0.07
	C – 向斜	0.20	1.67		0.04
F – 向斜	1107m 以下	0.60	1.72		0.06
	前端區域（1107m 以上 F 向斜）	0.10	1.75	0.10	0.06
總數		**150.10**	**2.05**	**0.10**	**0.14**

Mufulira 礦山的利好潛力參見表 15。Mufulira 中央的儲量未在深處測試，特別是 C 礦體，預測確信現有礦石儲量基底下面大約 300m 處存在推斷礦產資源。更長期的開採工程計劃測試這一延伸區域並已包括在相關提交預算之內。該區域內 5 年期的開支臨時預計為 500 萬美元。

表 15：2010 年 12 月 31 日 Mufulira 的利好潛力

專案區域	結構	利好潛力		
		百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)
Luansobe	單礦體	0.30	1.55	0.77
14 礦井	B	3.30	1.98	-
	C	3.50	1.42	-
Mufulira 中央	A	0.10	3.32	-
	B	10.40	2.55	-
	C	13.90	2.97	-
小計		**31.50**	**2.54**	**0.77**
歷史礦塊				
C 礦體 480_660	單礦體	0.06	2.69	-
小計		**0.06**	**2.69**	**-**
總數		**31.50**	**2.54**	**0.77**

3.11 參考

Garlick, W.G. 1961 Geology of the Northern Rhodesian Copperbelt.In Chambishi, Mendelsohn, F (ed).Macdonald, London, pp 3 – 10.

4.0 儲量描述

下面描述 Nkana 和 Mufulira 的估計儲量。注意，估計儲量於 2010 年 12 月完成，爲 2011 年 1 月 1 日的預測儲量。

4.1 Nkana

Nkana 礦山位於尚比亞的銅帶省。該礦位於世界著名的尚比亞和剛果民主共和國（「DRC」）銅帶的銅鈷成礦省。Nkana 礦體的走向延伸 16km，沿著 Nkana 向西北伸到 Nkana 複向斜和 Nkana-Chambeshi 盆地的東部分支。該礦的物業位於尚比亞首都 Lusaka 北部大約 400km，2010 年 10 月開採小組曾訪問過該礦。

位於尚比亞 Kitwe 的非洲礦山諮詢公司（「AMC」）開展了露天礦坑和地下開採的媒礦生命期（「LOM」）計劃和最終儲量估計。本文件基於並含有 AMC 報告的各種摘錄資訊。

4.1.1 開採方法

4.1.1.1 地下開採

Mopani Copper Mines Plc（「MCM」）的地下開採操作由四個活動地下礦場組成。通過礦井開展地下開採操作，這些礦井是：

- 中央；
- Mindola 的輔助垂直（以下簡稱「SV」）；以及
- 南部礦體（「SOB」）；以及
- Mindola 北部。

地下開採運作始於 1931 年，最早的運作礦井爲中央礦井。採用各種開採方法，取決於現有礦體的特徵和地下條件。

大直徑深孔採礦法 (「VCR」)、中段平坑陷落採礦法 (「SLC」) 及縱向房柱式採礦法 (「RAP」) 包含於各種礦井採用的地下開採方法之列。對於 RAP、VCR 和 SLC，LOM 計劃中各種開採方法的相關產出噸位百分比分別是 13%、40% 和 46%。過去五年產出的 1.94% 銅 和 0.12% 鈷 礦石平均地下開採量爲每年 340 萬噸。

Mindola SV 於 1934 年開設。它有三口礦井，分別是 Mindola 第 1 號礦井、Mindola 第 2 號礦井以及輔助垂直礦井。Mindola 第 1 號礦井的實際年生產能力爲 130 萬噸，Mindola 第 2 號礦井爲 200 萬噸，輔助垂直礦井爲 200 萬噸。開採操作已經延伸到 1 500 多米深。目前有六個活動生產區域。最近五年的年平均產量爲 110 萬噸礦石。

中央於 1931 年開設。它有三口礦井，分別是中央礦井、B 礦井和輔助垂直礦井。中央礦井的實際年生產能力爲 140 萬噸，輔助垂直礦井爲 90 萬噸，B 礦井爲 30 萬噸。B 礦井主要用於吊起廢料。開採操作已經延伸到 1km 以下。目前有五個活動生產區域。過去五年平均年開採量爲 50 萬噸的礦石內含 1.62% 銅和 0.13% 鈷。

SOB 礦井於 1952 年開設。實際年起重能力爲 170 萬噸。開採操作已經延伸到 1000m 深。目前有六個活動生產區域。最近五年的年平均產量爲 120 萬噸礦石。

4.1.1.2 地面採礦

Nkana 有四個活動露天礦坑，分別是 Mindola 露天礦坑 (「MOP」)、區域 A、區域 D 和區域 J。

MOP 最初於 1965 年開採 Mindola 北部地下礦內巷道上面的氧化物頂層。該礦坑和地下開口被一根 25m 的垂直冠狀礦柱隔離。由於剩餘的 LOM 較短，未考慮將剩餘的礦坑資源轉換爲儲量。

區域 A 礦坑是 Mindola 礦坑向南部的延伸。澳大利亞採礦諮詢公司 (「AusMC」) 於 2007 年開展了該區域的土工技術分析。但是，AMC 建議可以將冠狀礦柱從 18m 降到 12m，暗示可以提供另外 6m 的梯段。預計到 2011 年 6 月該礦坑將耗竭，每月預計產生 40 000 噸礦石和 120 000 噸廢棄物。

區域 D 爲 Mindola 第 1 號礦井地下礦內巷道上面的一個氧化物頂層。計劃的最終礦坑深度是 45m。18m 冠狀礦柱和所有其他礦坑設計參數是基於 AusMC 在區域 A 開展的研究。自 2010 年 10 月開始，開採已經接觸到需要進行爆破的合格岩石。由於區域 D 靠近公路，因此使用推土機開挖新岩石。該礦坑的計劃生產爲每個月 40 000 噸礦石和 220 000 噸廢棄物。預計到 2011 年 2 月該礦坑將耗竭。

區域 J 於 2010 年開始剝離廢棄物，現在正在從上梯段生產一些低品位礦石。區域 J 露天礦坑靠近 SOB 礦井，目前 AMC 正在開展土工技術研究，以評估礦坑的最終限制、附近洞穴區域的影響以及礦坑的設計參數。目前的設計和計劃基於區域 A 的設計參數和修改因素。基於土工技術的調查結果，目前設計的最深爲 74m。計劃使用地下方法從礦坑操作開採計劃礦坑底部以下的氧化物。

4.1.2 修改因素

4.1.2.1 地下開採

土工技術

礦場設計基於 MCM 土工技術人員和外來顧問的建議。部份顧問公司爲 SRK 諮詢有限公司 (「SRK」)、AusMC、AMC 和 Itasca。

經濟

所有地下開採區適用 1% 總銅 的歷史品位下限，薄礦體使用 10m% 限制的實際厚度。

開採效率

Nkana 定義和使用的恢復因素使用三個階段定義和使用：

- 萃取：用於計算裝載和運輸階段由於採礦設備和開採方法效率不高而造成的爆破礦石淨損失的一種因素。
- 稀釋：此因素關乎爆破對礦石的破壞和外在及內在稀釋以及經濟限制。
- 恢復：用於計算由於選擇開採方法和相關礦山佈局而造成的礦石損失的一種折扣因素。該因素考慮排除極端計劃開採操作下不可恢復礦柱和其他邊緣或限制損失。

適用於地下開採區域的與開採相關的修改因素見下表。將密切監控的礦場平均值用作與設計參數相對的恢復和貧化因素。將這些因素與環球水平逐級相對，而不只是礦場與礦場相比。

表 16：Nkana 的地下開採效率

採礦操作	結構	開採方法	恢復	稀釋	萃取
複向斜	SOB	SLC	95%	15%	100%
	中央	VCR	85%	15%	95%
	南部向斜	SLOS	85%	5%	95%
SOB 上部	F – 向斜	SLOS	85%	20%	80%
	D – 背斜	SLC	95%	20%	90%
	C – 向斜	VCR	80%	15%	90%
中央	中央和中北	SLC	95%	15%	100%
Mindola	4370 以上	VCR-DD	80%	11%	85%
	4440	SLC	82%	12%	93%
	4440 以下	VCR-UD	80%	15%	83%
Mindola 北部	柱	礦室和礦柱	54%	9%	70%

4.1.2.2 地面採礦

土工技術

AusMC 於 2007 年開展了關於區域 A 露天礦坑的評審。該報告的結果被用作設計區域 D 露天礦坑和區域 J 的一些初步設計工作的依據。土工技術參數和最終斜坡角度參見下表。

表 17：Nkana 的土工技術參數

材料	參數	單位	上盤	下盤
風化材料	狹道	m	3.0	3.0
	斜坡角度	度數	65.0	65.0
	斜坡高度	m	6.0	6.0
新鮮岩石	狹道	m	4.0	-
	斜坡角度	度數	70.0	28-45
	斜坡高度	m	4.5	22.5
	整體角度	度數	50.4	最高 45

表 18：Nkana 的設計礦坑斜坡角度

	新鮮	風化	新鮮	風化	新鮮	風化	新鮮
F/W	30	35	30	35	29	35	48
H/W	50	35	50	35	50	35	50

開採效率

下列修改因素已被應用於各種露天礦坑開採區域。

表 19：Nkana 的露天礦坑效率因素

採礦操作	開採方法	恢復	稀釋	萃取
區域 A	露天礦坑	100%	5%	100%
區域 D	露天礦坑	100%	5%	100%
區域 J	露天礦坑	100%	5%	100%

經濟

開展了 GEMCOM Whittle (「Whittle」) 礦坑優化確定露天礦坑的經濟和最佳範圍。優化過程中使用的參數參見下表。

表 20：礦坑優化參數

參數	詳細資訊	單位	區域 A	區域 D	區域 J
恢復	稀釋	%	10%	10%	10%
	全廠	%	85%	85%	85%
	採礦損失	%	5%	5%	5%
資本	工廠	美元	-	-	-
	基礎設施	美元	-	-	-
	預剝除	美元	-	-	-
	維持（1,000,000 美元）	美元	95,144	112,856	792,000
	折扣率	%	12%	12%	12%
限制	開採（每年 3,600,000）	噸/年	-	-	-
	工廠（每年 870,000）	噸/年	-	-	-
開採成本	**非固定成本**				
	鑽探、爆破、拖運（承辦商）	美元/噸	3.94	3.94	3.94
	牽引成本		2.56	1.53	1.63
			6.50	**5.47**	**5.57**
	固定/計時成本				
	監理	美元/礦石	0.35	0.35	0.35
加工成本	**ROM**				
	破碎和磨碎	美元/噸	5	5	5
	浸出、SE/EW	美元/噸（銷售）	953	953	953
實現成本	市場、運輸和保險	美元/噸（銷售）	330	330	330
	適用於銷售點	美元/噸（銷售）	**1,283**	**1,283**	**1,283**
售價（銅）	2011	美元/噸	7,865	7,865	7,865
	2012	美元/噸	7,613	7,613	7,613
	2013	美元/噸	7,328	7,328	7,328
	2014	美元/噸	7,036	7,036	7,036
	2015	美元/噸	6,776	6,776	6,776

優化過程的結果參見下表。

表 21：礦坑優化結果

參數	數值		
	區域 A	區域 D	區域 J
最適宜的礦坑外殼	30	35	32
礦石噸位	164,124	218,430	1.455Mt
採剝比	1.12:1	4.26:1	5.74:1
酸溶銅(%)（貧化）	0.83	2.23	1.96
礦山壽命期：	<1 年	<1 年	2.86 年

礦坑未進行重新設計，以符合最適宜的 Whittle 外殼。AMC 認爲目前的礦坑設計對於區域 A 和區域 D 已經足夠，考慮了冠狀礦柱和現有的附近地面基礎設施，例如公路和建築物。但是，在目前 AMC 開展的土工技術研究之後，應評審區域 J 的礦坑設計。

4.1.3 開採計劃

制定了 LOM 生產計劃，考慮了計劃複向斜礦井的礦井生產限制以及實施。提出每個礦井的多個活動生產區域，使混合礦石可行。

2009 年從露天礦坑和地下操作中生產總計 1.85% 銅 290 萬噸 ROM。到 2035 年，露天礦坑和地下組合計劃將提供 ROM 頭等品位 1.83% 銅總計 1.081 億噸 ROM 硫化礦石， 及品位爲 3.94% 銅總計 260 萬噸的 ROM 氧化物礦石。露天礦坑操作的生產已經計劃到 2012 年。2018 年至 2026 年，地下操作的高峰生產速率爲每年 510 萬噸礦石，2014 年每年產生 120 萬噸廢棄物。

Nkana 各種操作的 ROM 生產概況和累積硫化銅品位參見下圖。含有探明資源量和控制資源量的設計包含於 LOM 計劃之內。LOM 計劃的噸數乃來自複向斜礦井。

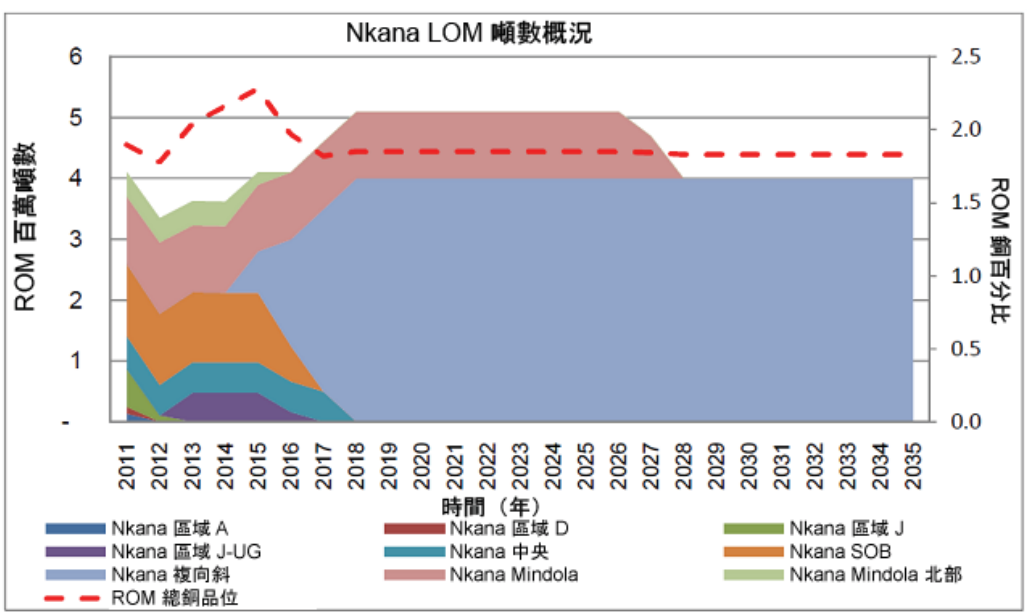


圖 32：Nkana 的 LOM 計劃

目前 Nkana 的硫化礦工廠進料能力爲每年 430 萬噸，增加至每年 510 萬噸的額外開支已被批准。要求的 LOM 廢棄物噸位概況參見下圖。

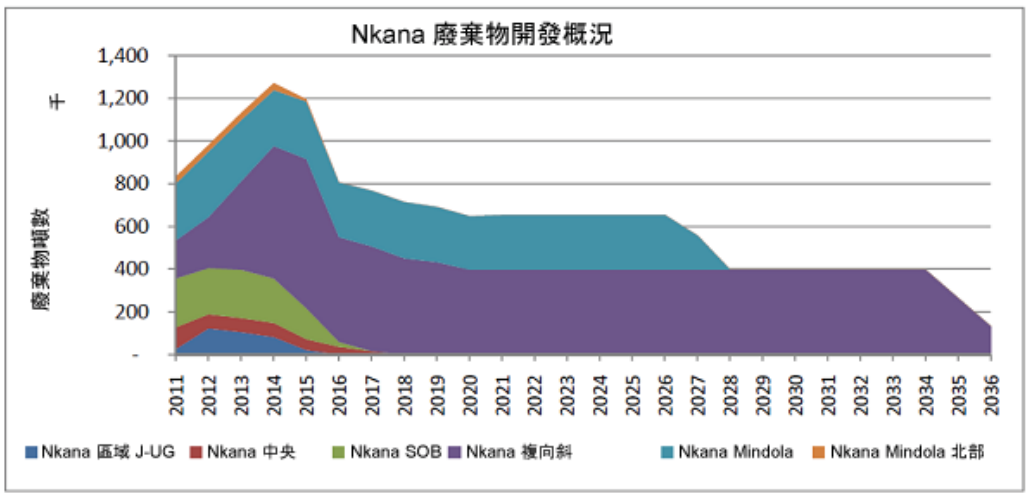


圖 33：Nkana 的地下開發計劃

基於平均恢復 88% 的銅和 38% 的鈷，最終恢復的銅概況如下。

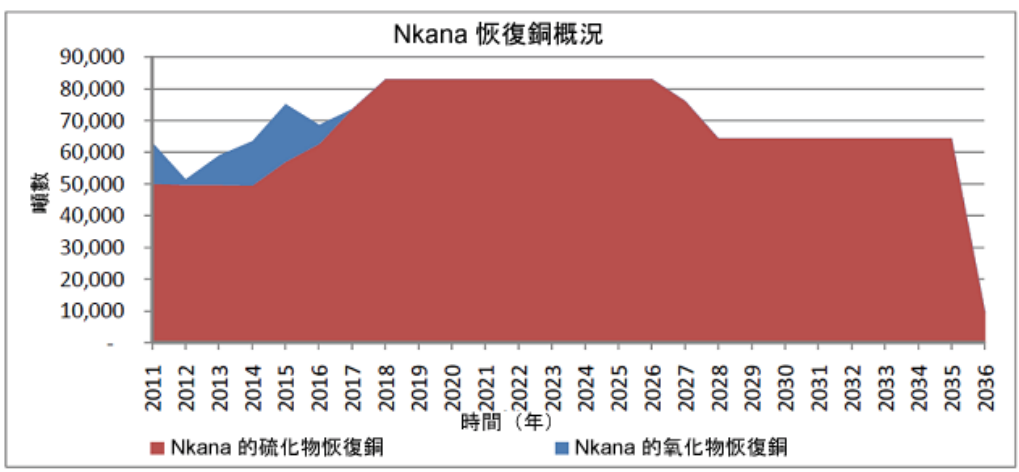


圖 34：Nkana 的恢復銅概況

恢復的鈷概況參見下圖。2018 年至 2026 年可以恢復的最多 1 700 噸鈷。

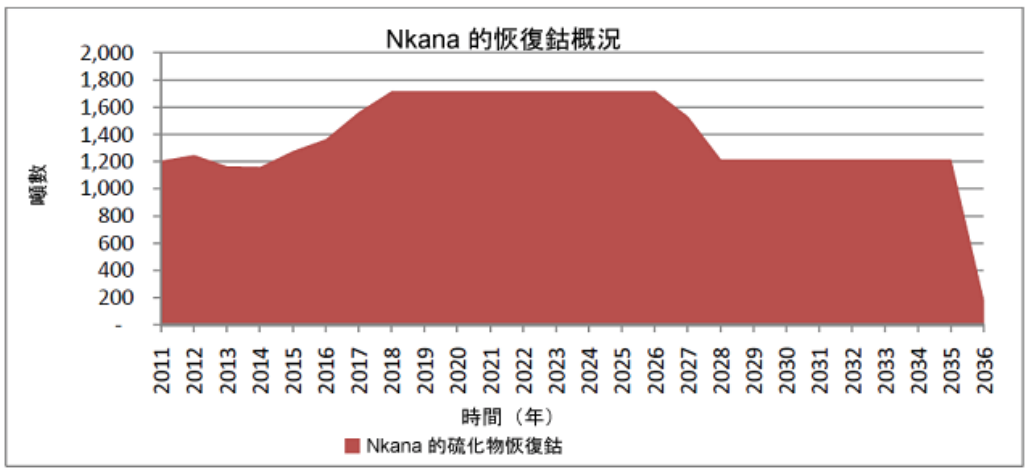


圖 35：Nkana 的恢復鈷概況

4.1.4 儲量估計

估計的礦物儲量爲 1.107 億噸，包含探明礦物儲量和概略礦物儲量。礦物儲量由品位爲總銅 1.83% 的 1.081 億噸硫化礦石及品位爲酸溶銅 2.85% 的 250 萬噸氧化物礦石組成。如果存在開採計劃且貧化品位高於 1% 的銅，則換算資源。儲量估計參見下表。

表 22：Nkana 的儲量估計

採礦操作	結構	探明				概略			
		百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	總鈷(%)	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	總鈷(%)
區域 A（露天礦坑）		0.10	1.40	0.69	0.04	-	-	-	-
區域 D（露天礦坑）		0.10	2.91	2.30	0.03	-	-	-	-
區域 J（露天礦坑）		-	-	-	-	0.70	2.54	1.91	0.09
區域 J（地下）		1.50	4.33	3.12	0.16	0.10	6.57	4.52	0.24
複向斜	SOB	41.70	1.71	-	0.08	4.20	1.85	-	0.07
	中央	15.00	1.86	-	0.09	1.10	1.85	-	0.07
	南部向斜	13.20	2.25	-	0.07	2.70	1.88	-	0.06
SOB 上部	F — 向斜	2.10	1.51	-	0.06	0.70	1.32	-	0.05
	D — 背斜	0.50	1.44	-	0.06	1.50	1.48	-	0.05
	C — 向斜	0.30	1.43	-	0.04	0.40	1.43	-	0.04
中央	中央和中北	4.80	1.65	-	0.12	-	-	-	-
Mindola		2.50	1.86	-	0.16	0.50	2.07	-	0.16
		1.00	1.72	-	0.14	0.30	1.88	-	0.18
		10.30	1.99	-	0.10	3.80	1.79	-	0.12
Mindola 北部		1.00	1.71	-	0.11	0.80	1.83	-	0.12
總數		**94.10**	**1.88**	**2.89**	**0.10**	**16.6**	**1.83**	**2.21**	**0.22**

表 23：Nkana 的儲量估計總結

	證實儲量				概略儲量			
礦石類型	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	總鈷(%)	百萬噸(Mt)	總銅(%)	酸溶銅(%)	總鈷(%)
氧化物礦石	1.80	4.02	2.89	0.14	0.80	2.84	2.10	0.10
硫化礦石	92.30	1.84	-	0.10	15.90	1.80	-	0.23
總數	**94.10**	**1.88**	**2.89**	**0.10**	**16.60**	**1.86**	**2.10**	**0.23**

4.1.5 建議

- 2012 年區域 J 的地下開採計劃爲產量 373 000 噸 ROM。區域 J 的礦坑將開採至 2012 年第二季度，而 2011 年第三季度即開始地下開發。這暗示著同時開展露天礦坑和地下操作。可以考慮從現有地下礦內巷道進入區域 J 的地下礦體。必須基於更新的地質和土工技術資訊開展詳細研究，以制定實施設計和日程表。必須處理各種安全因素和開展綜合風險評估，以定義和減緩風險。地下開發概況的任何延遲將對 ROM 生產概況產生負面影響。

- 在作出土工技術研究的結論時，應重新優化區域 J 的露天礦坑和重新設計礦坑；

- 應在整體礦山計劃 (「GMP」) 軟件中創建三維開採區和開發設計及計劃。應基於 GMP 計劃的結果每年聲明儲量。目前報告基於礦塊基礎的一般水平。GMP 設計採礦場（在此情況下位於 Surpac）將爲現有長期和短期生產計劃增加價值。

4.2 Mufulira

Mufulira 礦山位於 Kafue 背斜的東北側，海拔高度約爲 1250m，距離剛果民主共和國邊界南部 10km。1923 年發現該礦層，1933 年開始礦山生產。

4.2.1 開採方法

Mufulira 礦山採用的開採方法爲機械連續回採法 (「MCR」) 的變形，基本上是分段露天回採開採方法。各種開採方法爲 Mufulira 西部和 Mufulira 中央礦山採用的機械連續回採 1 (「MCR1」) 和機械連續回採 2 (「MCR2」)。 Mufulira 東部礦山使用 RAP 開採。

Mufulira 礦體的開採分爲三個區域，即 Mufulira 東部、Mufulira 中央和 Mufulira 西部。Mufulira 中央進一步分爲三個區域，即基於高度的上部、中央和深入部份。目前 Mufulira 使用的開採方法爲 MCR 的變化形式。這種開採方法主要是分段露天回採法。這種開採方法涉及沿著礦體的走向建立縱向礦場區塊。

在 MCR1 開採方法中，在每個分段開展鑽探和萃取操作；沿著下盤巷道的長度以 25m 間隔形成礦體橫向切口。在 MCR2 開採方法中，使用第一分段作爲鑽探巷道，該段沒有萃取礦石。每兩個分段用作萃取分段。在鑽探分段每隔 50m 形成礦體橫向切口， 萃取分段則為每隔 25m。

目前，Mufulira 的開發鑽探由傳統和電動液壓鑽台完成。電動液壓鑽台組由 Atlas Copco Ltd 和 Sandvik mining and construction Ltd 等主要設備供應商提供的各種地面鑽台構成。採用 LHD 操作開發端部的爆破岩石。LHD 隊主要由桶容量爲 4.6m³的裝載機組成。更小型的裝載機也在操作範圍中。

使用開採巷道中的長孔電動液壓鑽台開展生產鑽探。採用扇形鑽孔，方向朝上。一般來說，環形地層爲 1.8m，底部地層爲 2.1m。將孔鑽到冠狀礦柱底部。建立槽形切口啓動回採。該切口從槽形升起位置穿越礦體寬度。使用槽孔作爲破碎表面操作位於橫向切口的環形。該槽形切口形成長孔爆破的破碎表面。使用大體積乳狀炸藥填充爆破孔。回採方向總是位於回採位置之內。每隔 50m 形成槽孔可以確保維持開採梯形。使用 LHD 通過橫向切口從礦場萃取礦石。取決於礦石吊井的臨近性而定，LHD 將礦石拖運到礦石吊井或者裝載入卡車。

4.2.2 修改因素

4.2.2.1 土工技術

礦體數量巨大，一般來說在所有區域相當堅實，平均單軸壓縮強度 (「UCS」) 爲 200 兆帕。大多數情況下，礦體緩和連接兩個主要連接點。礦體下盤的特徵是地面堅實，平均 UCS 爲 250 兆帕，較脆弱的地面平均 UCS 爲 140 兆帕。礦體的上盤相當結實，平均 UCS 爲 180 兆帕。使用 MCM Rock Mechanics Engineers 的更新穩定性圖形完成礦場設計的土工技術研究。

4.2.2.2 經濟

在應用與開採相關的修改因素之前，Mufulira 應用 4m 實際厚度和總銅 2% 的歷史品位下限。低於 1% 品位的內部區塊作爲內部礦場貧化，包括在儲量之內。

4.2.2.3 開採效率

使用三個階段定義和應用 Mufulira 的開採效率因素。

- 萃取：用於計算由於選擇開採方法和相關礦山佈置而造成的礦石損失的折扣因素。該因素考慮排除極端開採操作計劃下不可恢復礦柱和其他邊緣或限制損失；
- 稀釋： 此因素關乎爆破對礦石的破壞和外在及內在稀釋以及經濟限制；

- 恢復：用於計算裝載和運輸階段由於採礦設備和開採方法效率不高而造成的爆破礦淨損失的一種因素。

注：開採效率爲在用的歷史術語，由礦山定義，未必反映業界接受的解釋。這些因素在 Mufulira 和 Nkana 礦山也具有不同的解釋。但綜合這些效率因素確實反映了實際的假設修訂。

由於所有安排的操作區域都在運作，因此，MCM 和 AMC 均同意大部份所使用的因素都是基於歷史上的礦場效率。適用於地下開採區域的與開採相關的修改因素見下表。

表 24：Mufulira 的開採效率

專案區域	礦體	開採方法	恢復	稀釋	萃取
Mufulira 西部	D	MCR2	83%	18%	92%
Mufulira 中央	A	MCR1	83%	35%	82%
	B	MCR1	83%	13%	82%
	C	MCR2	83%	30%	92%
Mufulira 東部	C	R&P	83%	19%	94%

4.2.3 開採計劃

2009 年從地下操作生產總計 2.0% 銅 160 萬噸 ROM。到 2022 年，地下計劃將提供 ROM 頭等品位 2.7% 銅總計 1230 萬噸 ROM 礦石。2015 年至 2022 年，大量 LOM 生產噸位從 Mufulira 中部深處生產，每年產量爲 100 萬噸 ROM 礦石。2015 年，Mufulira 中央深處的高峰廢棄物產量爲 30 萬噸。

Mufulira 的各種操作的 ROM 生產概況和頭等品位累積銅參見下圖。一些推斷的礦產資源包括在 Mufulira 中央深處的 LOM 計劃之內。Mufulira 中央深處的大量 LOM 噸位也在計劃之內。

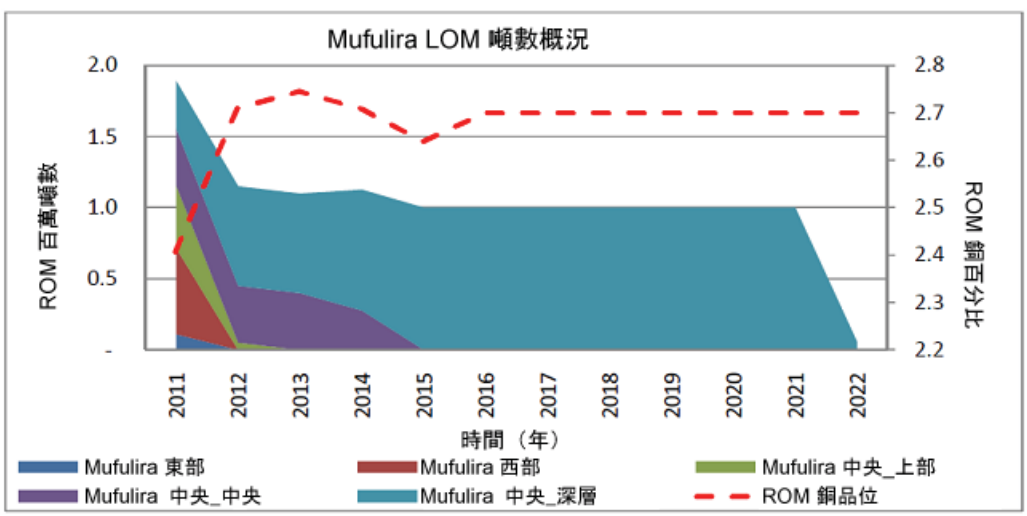


圖 36：Mufulira 的 LOM 噸位概況

2013 年達到 2.7% 銅 的 ROM 頭等品位，LOM 維持在這一平均水平。Mufulira 的目前工廠進料能力是 295 萬噸。從 LOM 的概況顯然可以看出，只有低於 50% 的工廠進料能力達標。LOM 廢棄物噸位概況參見圖 37。

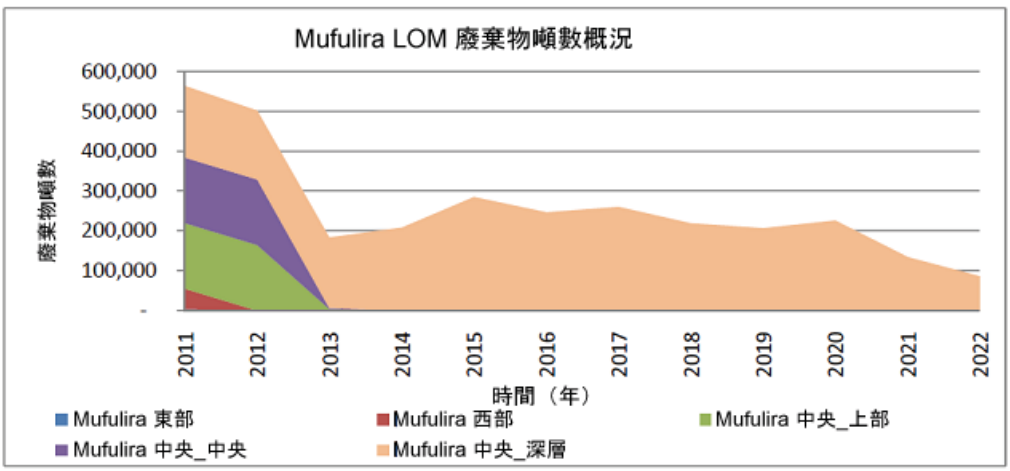


圖 37：Mufulira 的廢棄物開發概況

基於平均恢復 90% 的銅，最終恢復的銅概況如下。

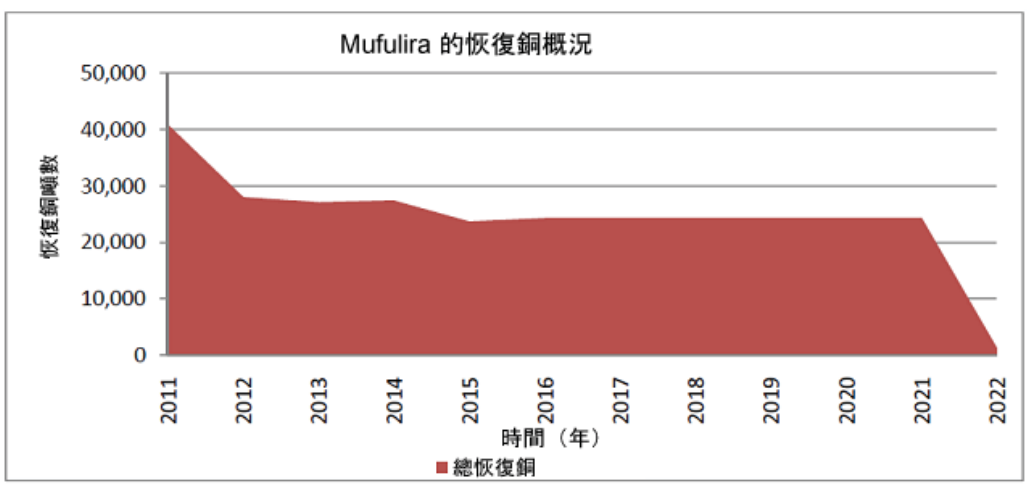


圖 38：Mufulira 的恢復銅概況

4.2.4 礦物儲量

AMC 估計了 MCM-Mufulira 礦山在 2010 年 12 月 31 日的礦物儲量。基於實用開採方法、目前的效率因素及與開採相關的修改因素之上，將礦產資源的估計換算爲礦物儲量。由於實用開採佈置的原因，170 萬噸總銅 2.86% 的推斷礦產資源已經包括在 LOM 計劃之內。

礦產資源估計爲 1060 萬噸探明的礦物儲量及 2.6% 的銅和 1.0% 的酸溶銅概略儲量。儲量表如下。

表 25：Mufulira 的礦物儲量估計

專案區域	礦體	開採方法	探明			概略		
			百萬噸(Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)	百萬噸 (Mt)	總銅 (%)	酸溶銅 (%)
Mufulira 西部	D	MCR2	0.60	1.17	0.77	-	-	-
Mufulira 中央	A	MCR1	0.40	2.83	-	0.20	2.84	-
	B	MCR1	1.20	2.72	-	0.30	2.86	-
	C	MCR2	5.70	2.57	-	2.00	2.99	-
Mufulira 東部	C	R&P	0.10	3.01	2.03	-	-	-
總計			**8.10**	**2.51**	**0.96**	**2.50**	**2.96**	-

4.2.5 建議

- 採用 GMP 軟件創建三維礦場和開發設計及計劃。應基於 GMP 計劃的結果每年聲明儲量。目前報告基於礦塊基礎的一般水平。GMP 設計採礦場（在此情況下位於 Surpac）將爲現有長期和短期生產計劃增加價值。
- 應調查貧化資源，因爲目前的因素相對較高。

5.0 工廠和設備

5.1 Mopani 礦山一般進度評述

Mopani 銅礦的資產位於 Nkana 和 Mufulira 場地。這些場地的距離大約 50km。

整個礦產專家報告 (「MER」)，充分聲明了 Nkana 和 Mufulira 場地均存在運行加工設施，在可接受的設備利用率及礦產恢復水平上，其生產力遠超於只處理目前兩個場地的開採生產操作。還訪問了每個場地，並根據這初步描述編制了每個加工設施的詳細報告。

Mopani 銅礦位於尚比亞，Nkana 靠近 Kitwe，Mufulira 位於城東北方大約 50km。

Nkana 擁有一個礦山和一個加工工廠並生產富含硫化礦的精礦，然後運輸到 Mufulira 進行進一步處理。注意，Nkana 依賴 Mufulira 的設施實現其硫化礦回路的銅金屬生產。

另外，它還生產電解沈積陰極銅作爲其酸溶氧化物礦石處理工廠的最終產品。

Mufulira 場地有一個礦山、一個加工工廠以及所有熔爐、轉爐和設備的火法精煉工藝生產電解精煉工藝的銅陽極；在此，採用四條九 99.99% 的銅優先順序電鍍銅，生產出純銅陰極，以獲取最終的銅產品。

Nkana 的加工工廠設備容量爲 430 萬噸/年 (「tpa」)，但是，目前該區域的產出是 330 萬 tpa，與 150 萬 tpa 的實際產出相比，Mufulira 的設備容量是 295 萬 tpa；重要的是，加工工廠不限制產出也不限制銅的生產。

採用密封容器運輸所有的銅和鈷產品並通過南非的德班港出口；在場地訪問期間，我們得到對於選擇該線路的解釋是出於安全考慮以及降低偷竊的可能。

Nkana 和 Mufulira 這兩個場地最初於 30 年代建造和運作，自此以後，兩個場地均持續運營。兩個場地已經增加了必須的容量，以及因設備磨損或過時、技術改進或新市場的興起，而對生產力進行改良；其中一個例子是 Nkana 增加的鈷回路，是因為其成爲一種「受注目」的商品並成爲一種有經濟效益的生產產品時增加的。注意，儘管使用年資相對較長，兩種裝置仍然可以在運作八十多年後執行金屬恢復銅，設備維持良好，同樣十分重要。亦要中肯地指出在我們參觀時，兩個場地周圍制定了明顯的優良護理標準。

在 Nkana，鈷與銅一起浮選，然後使用改變 pH 值的石灰和氰化鈉以不同的浮選法分離；這種工藝不精確，因此一些銅仍然位於工藝中再迴圈的鈷液流之內並在後期恢復。

自 2000 年以來，兩個場地引進溶劑萃取 (「SX」) 技術和集成混合沈澱器，這樣可以更精確地分離銅和鈷，因此，在 Nkana 的相關電解沈積 (「EW」) 部分，銅和鈷可以作爲金屬鍍出，但在 Mufulira，SX 能夠恢復氧化物可溶銅。

兩個場地的特點是具有額外的加工能力，Nkana 有一個氧化物工廠通過浸出、封流傾池法 (「CCD」) 和 SX 恢復酸溶銅，而 Mufulira 則有一個氧化物類礦石地下浸出廠，也通過 SX 恢復酸溶銅，而開採硫化銅礦石並輸送到加工工廠通過主要加工回路、熔爐和電精煉部分進行恢復。

如果在目前發現該礦體，理想地應會預期有一個明顯不同的工廠，但 Nkana 和 Mufulira 擁有現成自己的加工工廠並且正在充分發揮其作用。

正如前面所述，Nkana 的浮選回路已經更新，在儲存罐室和柱形室上增加了浮選回路，保存了現有室並仍然用於其他任務，而 Mufulira 的加工工廠已經增加新的「向量」磨坊，從而更新了磨坊部分。

在兩個礦山壽命期的這一階段，似乎不可能大規模更換加工工廠設備，但在某程度上卻是由地質狀況和仍然可開採的礦床規模而決定。

總之，Nkana 和 Mufulira 場地具有充分的加工能力處理開採操作生產的所有材料，並且兩個場地都在達到可以接受的金屬恢復水平。

5.1.1 工廠估值

很難對 Nkana 和 Mufulira 場地的加工工廠賦予價值，因爲它們已經建成大約 80 年並且隨著時間而進行改良和增加。

如果現時建造這些加工工廠，則採用更爲流程化和現代化的工藝，佔地面積將更小。毫無疑問，工廠已經從營業收入中長期獲得回報，當然任何一個場地都不欠債。合理的選擇是替換成本和折扣價值。

實際上工廠的價值在於其處理來自上述任何一個地面露天礦坑操作及地下操作生產的所有材料的能力。

第 12.0 節所述的經濟估值之中已經考慮工廠和設備的價值。

5.2 Nkana

5.2.1 簡介

2010 年 10 月 16 日開展了 Nkana 的 Mopani 銅礦「選礦機」的工廠場地訪問。選礦機工廠的主要進料是來自地下的銅/鈷礦石，露天礦坑偶爾補充進料礦石。

露天礦坑材料主要是氧化物類型材料，而來自地下的進料主要是天然硫化礦，因而決定了建立用於處理礦石的工廠的類型。注意， Nkana 場地已於 30 年代早期開始運作，並持續運行至今，但如果是在今天發現礦體，則工廠可能不會建成現在的樣子，加工工廠仍然能夠滿足要求，因爲可以充裕處理所有向其提供的材料，得到充分的銅和鈷恢復效率以及運用工廠。

再者，30 年代還沒有識別出鈷的用途，因此這是流程中的一項較近期的增加。

訪問場地時，所有設備的使用狀況良好，顯然在工廠周圍走動時可以看出，場地高度重視保護，溢漏和一般垃圾很少，物品整潔有序。另外，我們得悉工廠在早班期間定期關閉，以執行例行計劃的維護。

5.2.2 加工工廠

5.2.2.1 礦石接收和壓碎

從 Mindola、SOB 和中央礦井的地下接收礦石。Mindola 和 SOB 位於工廠區域外部，採用鐵路將礦石運輸到選礦機，但是來自中央的礦石被運送到礦石接收倉內。除了來自中央礦井的礦石通過選礦機內的專用初級破碎機之外，開採的礦石在輸送到地面之前最初通過地下初級破碎機。工廠在我們訪問時沒有運行，因此不能確認實際材料的大小。

在送入次級破碎機之前，採用傳送器將材料傳輸入料倉之內，次級破碎機是一種 7 英尺的標準 Symons 錐形破碎機，間隙設置爲平均 30 毫米；這些機器將礦料排入小尺寸篩子之上傳送到磨坊進料倉，排放到大尺寸篩子上傳送到 18 毫米平均設置間隙的 7 英尺短頭破碎機，採用帶有篩分篩子的封閉回路，將大尺寸礦料再迴圈入破碎機，小尺寸礦料加入磨坊料倉內的小尺寸礦料。

5.2.2.2 研磨選礦

圖 39：Nkana 的磨坊建築物

磨坊單元由與球磨機一起工作的棒磨機組成，來自料倉的饋送礦料進入棒磨機，排放礦料通過旋風分離器，在此溢流報告浮選回路，而旋風分離器的小尺寸礦料報告球磨機進料，球磨機排入相同的棒磨機排料槽，由其再次泵送到旋風分離器，這樣確保只有正確尺寸的材料傳送到浮選部分。該礦山在當地採購棒、球體和襯套。

5.2.2.3 浮選

磨坊部分的旋風分離器溢流被饋送入添加黃藥和發泡劑的四個“儲存罐室”。儲存罐室尾礦進入工廠的以前浮選部分，在 Wemco 式浮選室內開展進一步浮選；這些浮選室根據任務進行劃分，首先幾個浮選室傳送其精礦和儲存罐室精礦，後面的浮選室精礦報告返回的中等流量，由其報告回磨坊槽孔。

Wemco 浮選室尾礦通過尾礦選礦機作爲最終的加工工廠步驟。

組合式儲存罐室和 Wemco 精礦通過初級礦柱室執行更清潔的浮選，初級礦柱尾礦通過次級礦柱執行進一步浮選，在此精礦組合初級礦柱精礦並移動到工藝的下一步驟，次級礦柱尾礦被再迴圈到磨坊料槽。

5.2.2.4 分離銅和鈷

在工藝的浮選條件下，已經生成含有銅和鈷的精礦。現在需要將兩種材料分離爲獨立的液流；加入石灰和氰化鈉將 pH 值提高到 12，可以實現這種操作，可以在專用的礦柱室內浮選一種富含銅的精礦，在後面留下大多數鈷。但是，這種方法的分離並不徹底，目的是獲得一種只有銅的精礦，將一些銅留在鈷液流中。存在額外的浮選生產力用於更粗糙、更清潔的清道任務，將精礦加入銅精礦之中。銅精礦平均爲 30% 銅 和 0.4% 鈷，但是鈷液流平均爲 10% 銅 和 1.8% 鈷。

生產的銅精礦在精礦選礦機中濃縮，然後通過盤式陶瓷篩檢程式形成濾餅，傳送到儲存棚之內，再採用卡車運輸到 Mufulira 的火法精煉工廠將銅恢復爲金屬。

鈷液流的一部分被泵送入鈷工廠恢復鈷，其餘物質被送入回轉桶篩檢程式工廠生產濾餅，然後也被運送到鈷工廠萃取銅和鈷。Nkana 加工工廠以前擁有自己的專用熔爐，但在礦山出售時，Mopani 沒有收購火法精煉綜合建築物，因此現在依賴 Mufulira 實現其大量的收入流。

通過煆烤 – 浸出 – SX/EW 路線處理鈷精礦。2006 年，安裝了一台新煆烤爐，以替代過時的煆烤爐。

圖 40：Nkana 鈷工廠的以前和新型烘烤器

5.2.2.5 其他加工能力

另外，在 Nkana 設施 80 年壽命的相對最近時間已經增加了一個氧化銅恢復工廠，採用更現代和更傳統的銅恢復方法，但規模比正在磨碎、浸出、開展 CCD 回路、SX/EW 以提供銅產品的硫化礦工廠小。該設施處理來自露天礦坑的氧化物礦石並使用磨碎和浸出以清除溶液中的金屬。

回路中已經安裝新型標準破碎機，以將壓碎的礦石尺寸提高到 25 毫米，從而有效饋送到 SAG 磨坊（參見圖 41）

圖 41：Nkana 過濾廠的新標準壓碎機

圖 42：「氧化物」工廠磨坊安裝

然後是封流傾池法 (「CCD」) 部分。

圖 43：氧化物工廠的 CCD 回路

這樣將形成相對透明的溶液，然後傳送到溶劑萃取 (「SX」) CCD 進一步增強溶液中浸出固體的銅恢復。

圖 44：溶劑萃取 (SX) 建築物

這是溶劑萃取工藝中溶液內的金屬進入有機相，然後在二次反應中回到用過的電解液，現在處於金屬可以在電解沈積 (「EW」) 部分鍍出的形式。

5.2.3 電解提煉

Nkana 擁有銅和鈷儲存罐室，各種金屬從溶液中被電鍍不銹鋼陰極板上。

儲存罐室爲 Nkana 氧化物浸出/SX 和銅鈷煆烤-浸出-溶劑萃取工廠的最後工藝，在此獲取金屬產品，EW 工藝有效擔當儲存罐室，將液流通過儲存罐室從鉛陽極通過負載溶液傳送到不銹鋼陰極板，正電荷金屬微粒採用銅金屬的形式電鍍到陰極板上。

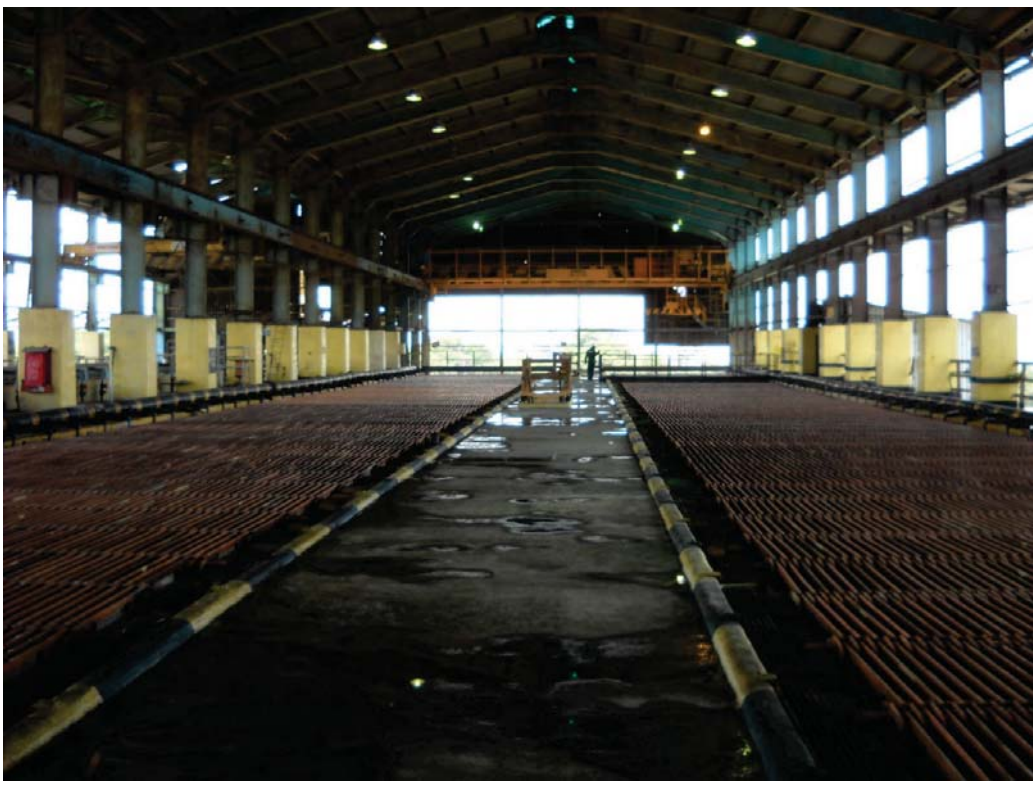


圖 45：Nkana 的銅儲存罐室

儲存罐室含有選礦機中的最後工藝；在此獲取金屬產品，EW 工藝有效擔當儲存罐室，將液流通過儲存罐室從陽極通過負載溶液傳送到陰極，正電荷金屬微粒（陰離子）採用銅金屬的形式電鍍到陰極上。

5.2.3.1 銅

對於銅來說，電極在達到充足厚度時從剝離機的不銹鋼陰極上剝除下來，在出口之前以 40 塊銅板一捆的形式捆紮和稱重。

5.2.3.2 鈷

對於鈷來說，EW 工藝採用與銅 EW 相同的方式將金屬電鍍到不銹鋼陰極上。剝除的鈷金屬板被壓碎成金屬碎片。壓碎的碎片被放入排氣爐內並加熱到 800 攝氏度溫度，以除去金屬矩陣中的氫氣。然後在磨坊中翻滾金屬，以恢復金屬片「光澤」，然後裝桶和運輸。 產出的鈷金屬純度至少為 99.65%，用其製成的鈷帶於倫敦金屬交易所（LME）買賣。

5.2.4 銅鈷金屬運輸

將成捆的銅陰極裝入集裝箱/鐵路車廂內並通過達累 Dar-Es Salaam（坦桑尼亞）/Durban（南非） 運輸。將桶裝鈷產品裝入集裝箱內並採用卡車通過南非的 Durban 運離大陸。對於鈷來說，這種方法比通過 Dar-Es Salaam 的更直接路線為佳，因爲保安風險較低。

5.2.5 維護

定期開展所述維護並在早班按計劃實施，意味著大家都需在要求時在場。注意，Mopani 已經認識到維持計劃維護操作的全面好處並確保設備運行十分重要。

5.2.6 風險

特此中肯地突出可能對 Mopani 的運營產生重大影響的風險，這些風險如下：

- 長期停電時，Nkana 工廠沒有重大的應急發電能力，如果長期停電而不提前通知，後果將會十分嚴重；
- 礦山若有大量水流經過將明顯停止礦石的萃取工藝；以及
- 銅價大幅下降將明顯影響加工利潤。

5.2.7 流量表和航拍照片

下列方塊流程圖顯示 Nkana 工廠的實際工藝步驟，高空拍攝照片嘗試向讀者提供 Nkana 裝置規模的整體感覺。

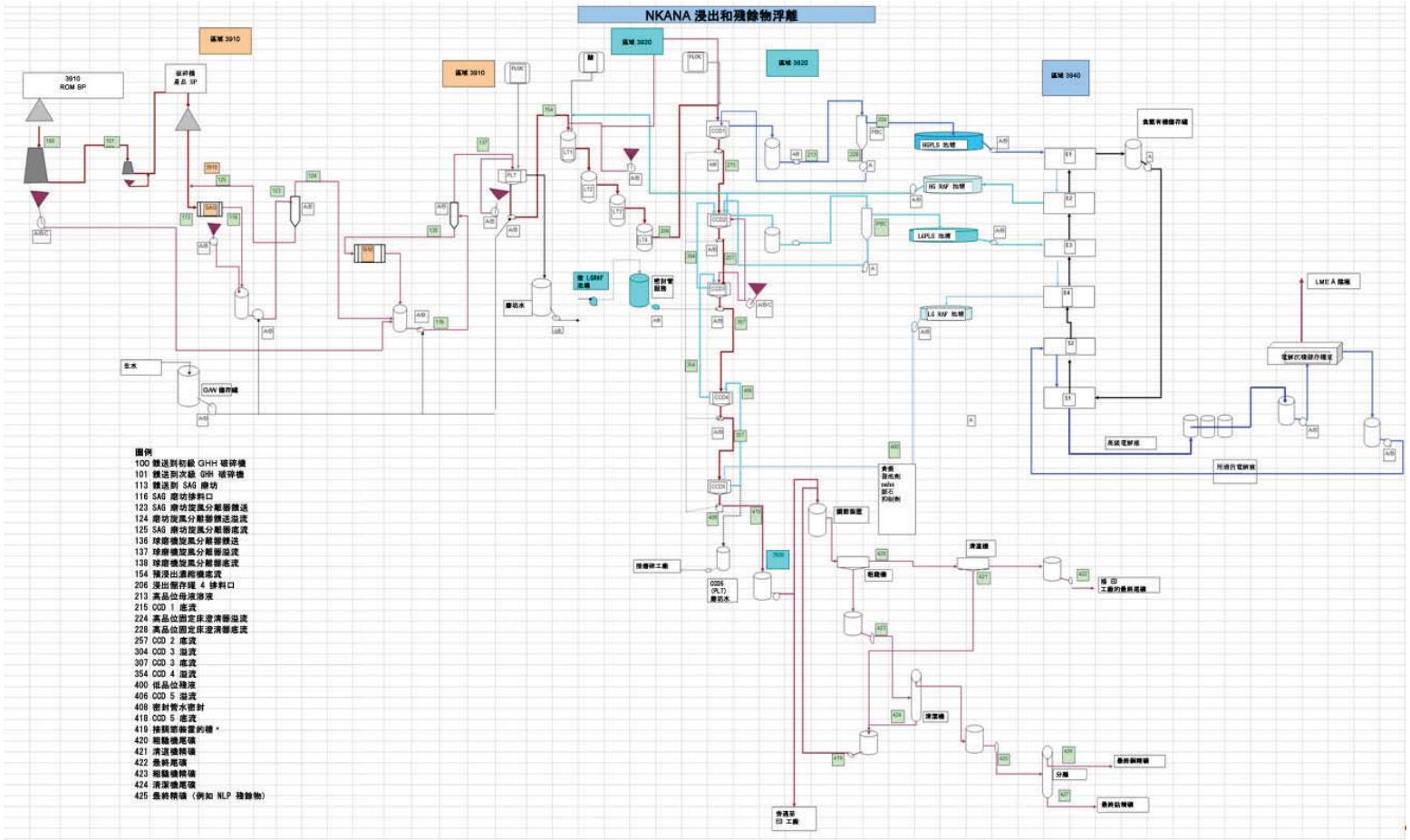


圖 46：Nkana 的過濾和殘餘物浮選

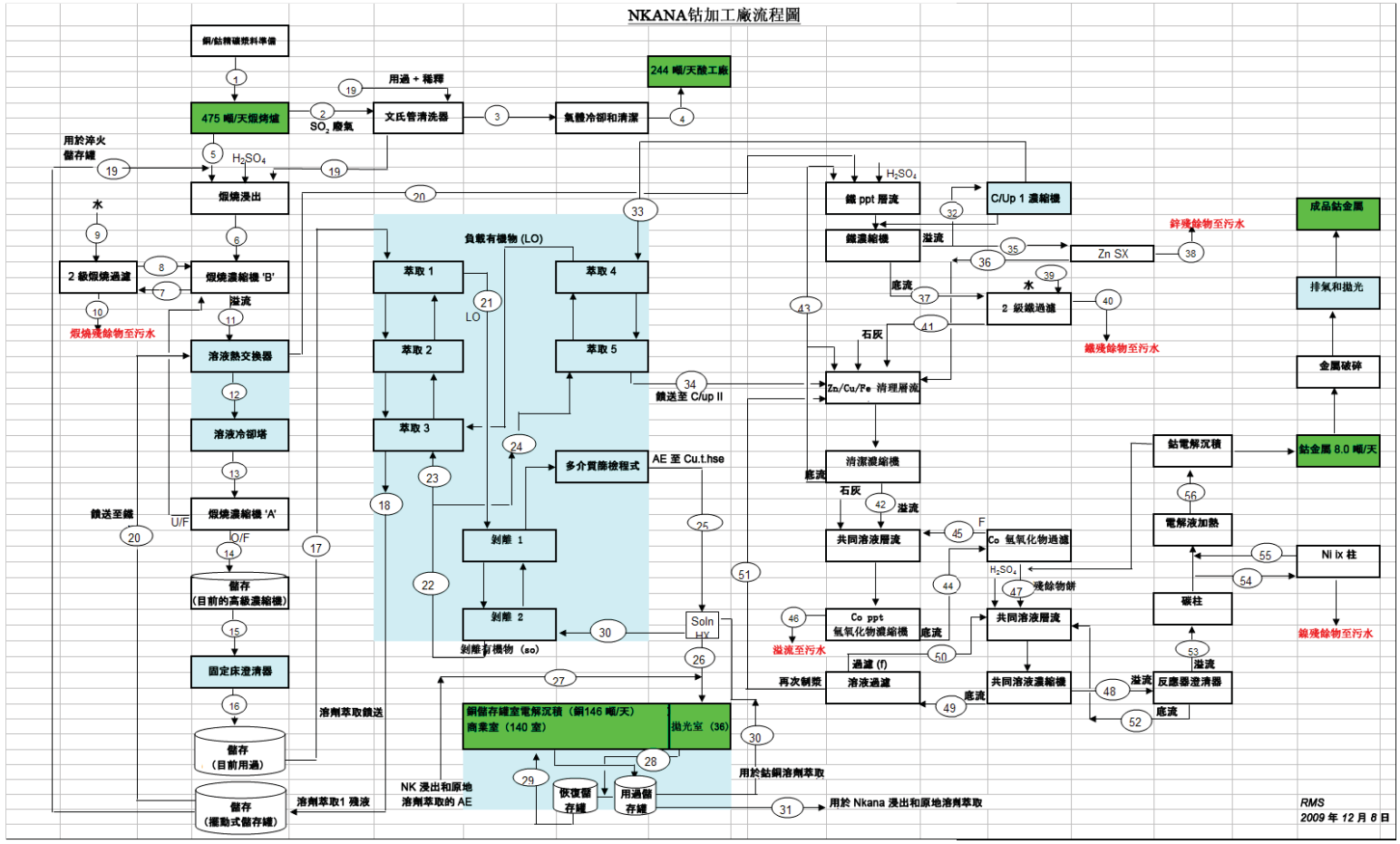


圖 47：Nkana 工廠的鈷恢復流程表

5.2.8 總結

Nkana 礦廠設備陳舊，技術上亦已更新，現今不會建造這樣的工廠。

然而，該工廠增加了新的設備進行改良，例如浮選罐和柱狀電解槽，將回收的銅送入更現代化的設施內，請參考下表。

與 100km 半徑內其他回收同樣材料的礦場相比，Nkana 的條件較好，較乾淨而且 Nkana 管理層和員工看似更重視礦場整潔。該工廠陳舊，但仍能滿足目前運營要求。通過引入氧化物過濾工廠，從加工角度來看保證了未來的運作。

5.3 Mufulira

5.3.1 簡介

2010 年 10 月 17 日對 Mopani Copper Mines 在 Mufulira 的設施進行了一次實地考察。接待此次考察的東道主是 Mufulira 首席加工官 Narain Goyal。

SNC/GAA 小組進行了分組，以便讓地質學家和採礦工程師有時間考察露天礦坑，而小組其餘人員則考察加工和熔煉設施。

與 Nkana 相同，Mufulira 也是從 30 年代開始運作；稍遲於 Nkana，並且自那時起一直運作。儘管 Mufulira 礦山的生產量比 Nkana 低，但是 Mufulira 是 Mopani 業務的重要部分，不僅擁有自己的礦物加工和精選工廠，而且重要的是擁有火法提煉熔煉、轉化和鑄造設施以及 Nkana 缺乏的電解精煉能力，能夠將從硫化礦石加工設施中獲得的精礦轉化成最終金屬產品。

最大的區別在於 Mufulira 的鈷含量很低，因此沒有鈷回路。

儘管 Mufulira 的加工工廠陳舊，但是經過了多次升級改良，例如破損設備被更新取代，或者流程工藝得到改善，並在生命週期中將這些改善添加到流程圖中，例子如地下和地面堆浸工廠中回收酸可溶銅的 Vecor 研磨工廠和柱狀電解槽。

5.3.2 進度描述

以下的敘述試圖描述加工回路的材料流程，所附的圖片顯示了設備項目和一般條件。

5.3.3 礦石接收和壓碎

壓碎的礦石來自於 5 號、7 號和 14 號礦井並用地下箕斗通過傳送帶輸送到二級和三級壓碎回路中，三級壓碎機在閉合回路中，以確保沒有超大礦石流入研磨回路中。

2004 年安裝了兩台 SHD 虹吸式壓碎機，2005 年安裝了一台。而且 2005 年在壓碎單元安裝了一台 STD 壓碎機，2006 年又安裝了一台以取代過時的二級和三級壓碎機。（參看 圖 48）

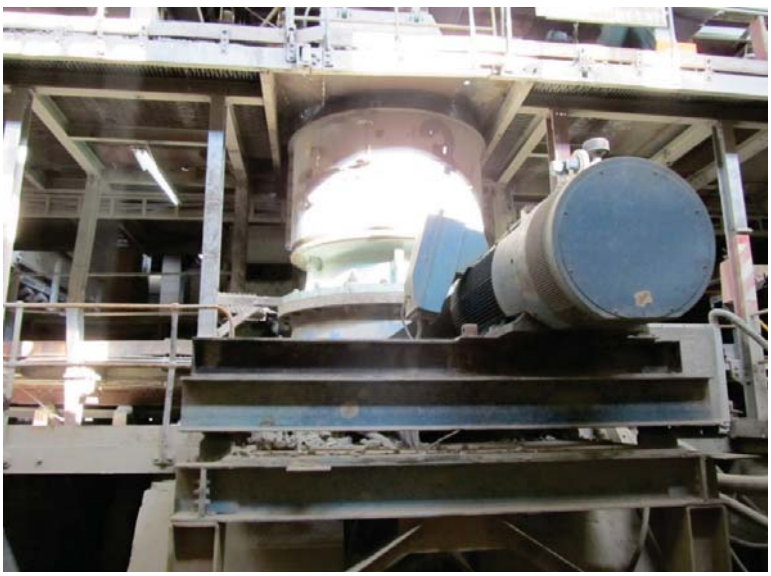


圖 48：SHD 虹吸式新型壓碎機

圖 49：二級和三級壓碎機建筑物

5.3.4 研磨選礦

材料按要求取自細礦箱並送入每台「Hardinge」球磨機（共八台）和兩台「Vecor」研磨機。細礦箱大約保有研磨機送料 12 至 15 小時的緩沖容量，依當時運行的研磨機數量而定。

當八台 Hardinge 研磨機與一台 Vecor 研磨機運行時，每天使用率達到 95%，研磨容量達到 6,749 公噸或 281 t/h。這相當於下游工廠產量。

圖 50：研磨送料箱

最初安裝了 28 台 Hardinge 研磨機，每台生產量為 27 t/h，之後為了維護降低成本，安裝了 Vector 研磨機。在產量上，每台 Vecor 研磨機取代三台 Hardinge 研磨機。這些 Vector 研磨機的額定產量為每台 80 t/h，之後優化到每台 90 t/h。Vector 研磨機位於研磨建築物任何一側與 Hardinge 研磨機成 90º。

還有再研磨設施，但是考察期間未運行，其中一台研磨機襯裏已被移除，正在等待重新安裝襯裏，另一台研磨機正在安裝球磨機；箕斗方估計這些工作完成之後將恢復運作。

浮選廠

研磨的礦石送入浮選回路，進行一系列的粗浮選和淨浮選，得到最終尾礦和精礦以及不同的水流，進行內部循環返回再研磨回路，進一步浮選以提高回收率。淨浮選在柱狀電解槽中進行。

柱狀浮選精礦輸送到精礦濃縮機中，濃縮機下溢流入盤濾機，盤濾機生產出水分含量為 ±10% 的濾餅。之後濾餅送入傳送帶中，傳送到存儲區等待火法提煉部分的處理。

圖 51：較粗軋和清潔浮選（圖片 1）

圖 52：濃縮稠化器

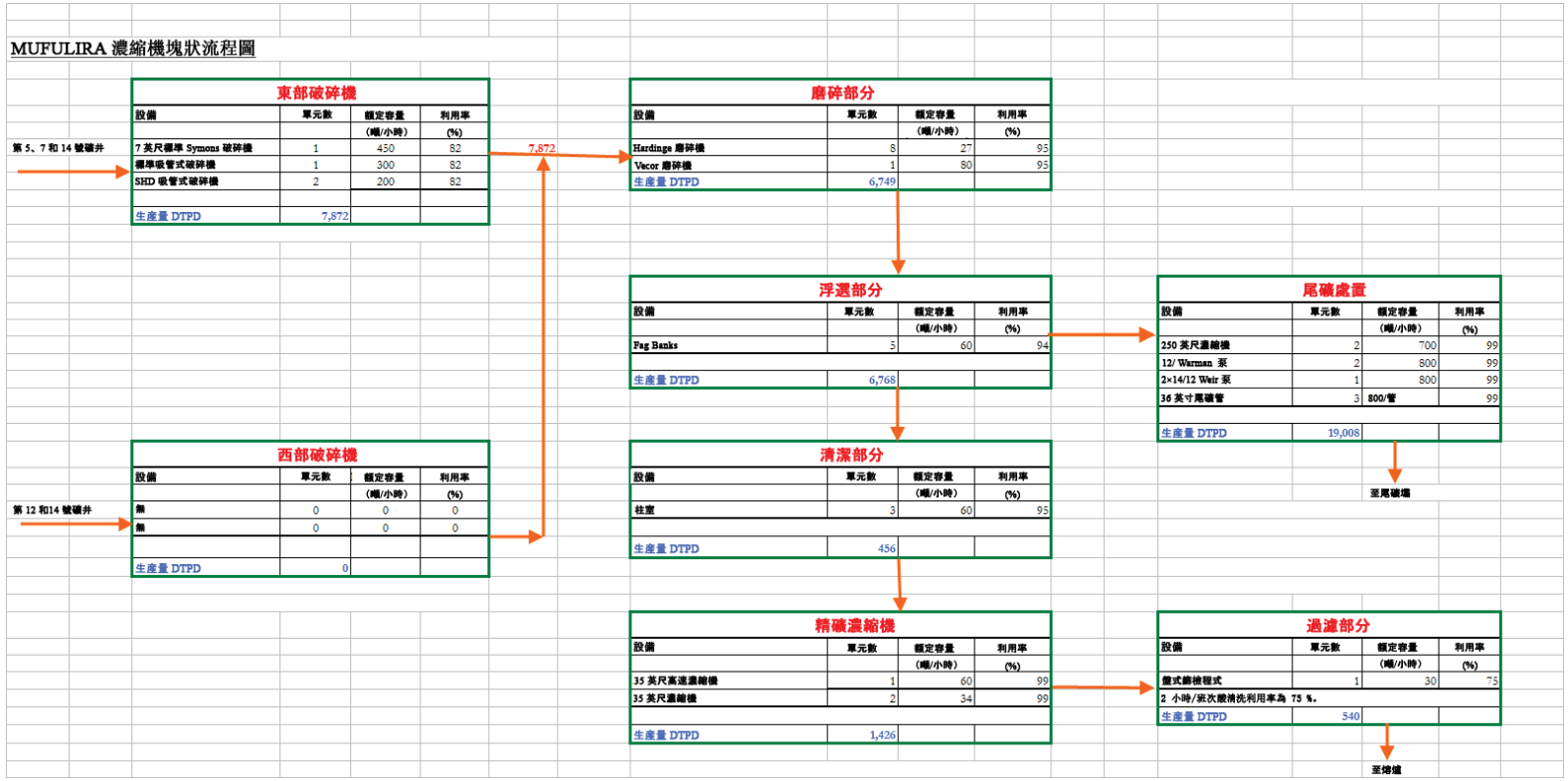


圖 53：Mufulira 的濃縮機流程圖

5.3.5 火法提煉部分

這是一項重要的加工操作，處理 Nkana 和 Mufulira 硫化物。

5.3.5.1 熔煉、轉爐和陽極鑄造

初始金屬生產是在 Isa 熔煉爐內進行的。精礦與煤碳形式的助溶劑和還原劑混合，然後送入 Isa 熔煉爐。冰銅和廢渣的混合物會不時輸入冰銅沈澱電熔爐 (「MSEF」) 內進行分離。

Isa 熔煉爐使用反應熱進行熔煉，而電力在 MSEF 中提供熱源。捕獲 SO_2 並在酸廠中使用以製造硫酸 (H_2SO_4)。

MSEF 生產的產物是冰銅和廢渣。冰銅輸入澆斗，然後用主通道高架起重機輸送到轉爐內。用高壓噴水器去除廢渣並形成顆粒狀。顆粒狀廢渣通過機械抓斗回收，然後輸入箱內。自動傾卸卡車將廢渣輸送到廢渣堆。

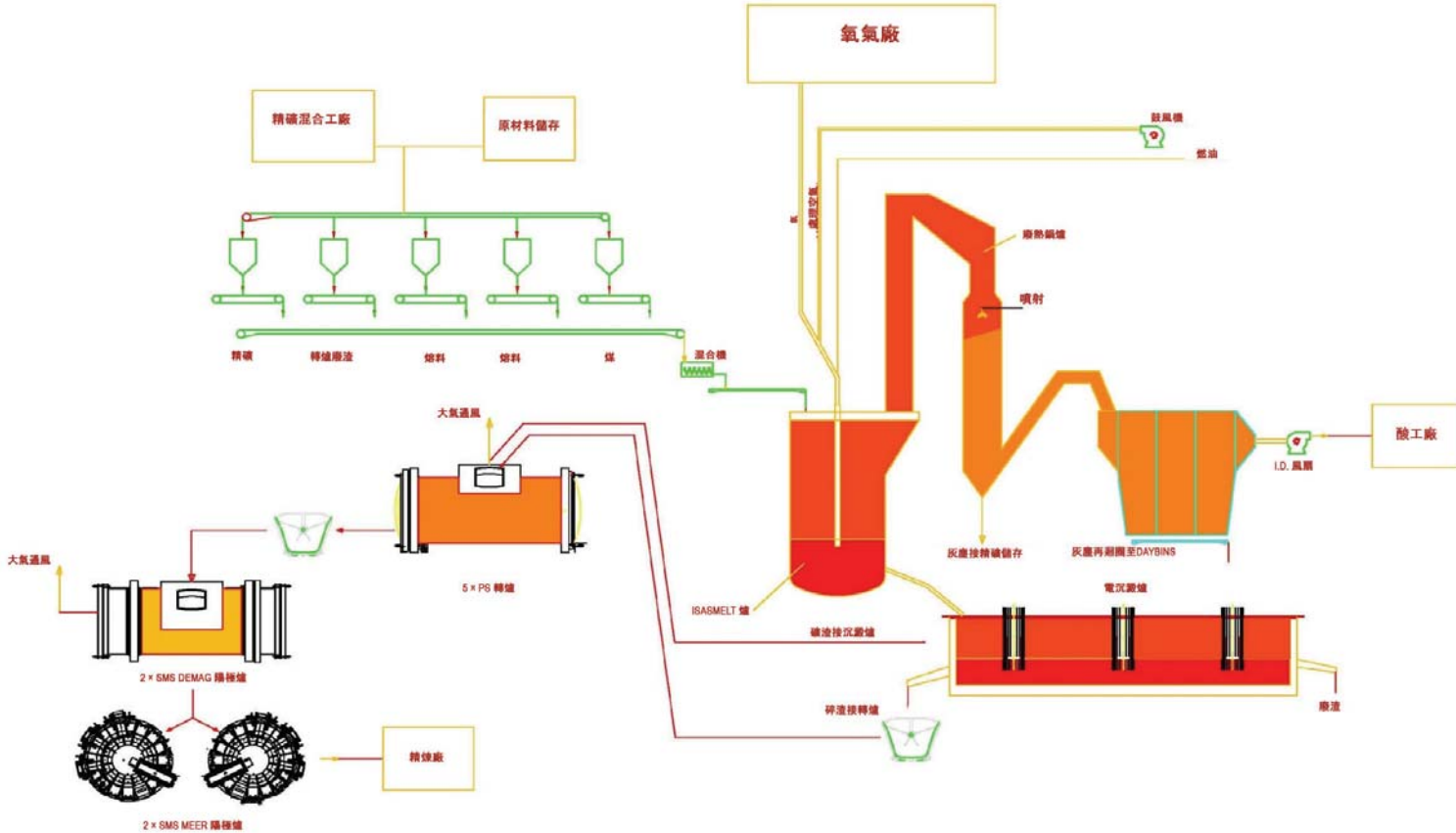


圖 54：Mufulira 的冶煉廠

圖 55：正倒入轉爐內的熔化金屬「冰銅」

通過在轉爐中去除鐵和硫，將冰銅昇級為粗銅。濃縮金屬稱為粗銅，轉移到兩個陽極爐中的其中一個爐內。目前，轉爐廢氣排放到大氣中，不過正在實行一個專案，用更大的 35 x 15 英尺的轉爐（具備氣體處理設施）取代現有 30 x 13 英尺轉爐。將會有兩個此類轉爐，其中一個將於 2011 年 12 月投入使用，第二個將於 2012 年 12 月投入運行。除了這兩個較大轉爐之外，其中一個現有轉爐將進行整修，並在全部三個轉爐上安裝一個新的水冷卻罩（具備廢氣處理設施）。捕獲氣體不僅可以降低環境排放量，而且可以捕獲含有大量 SO_2 的廢氣並送往硫酸廠生產酸。

粗銅進一步在陽極爐進行精煉，以去除硫和氧氣，再鑄成陽極。熔煉設施中安裝了兩個新陽極爐（每個產量 400 噸）及一個雙陽極澆鑄輪（產量為每小時 80 噸），以取代過時和效率低下的陽極爐和澆鑄輪。陽極通過軌車送到精煉廠進行電解精煉。

我們沒能目睹正在進行操作的陽極爐，但有很多證據證明這些陽極爐生產出新鑄的陽極。

圖 56：正在運行的以前的轉爐

圖 57：新陽極爐 – 每個 400 噸容量

圖 58：新型雙陽極鑄造輪（80 噸/小時產量）

5.3.6 電精煉部分

流程的下一個步驟是精煉金屬，以提高純度，使其成為可銷售的產品。

5.3.6.1 陰極啓動表準備

與上述的電解提煉過程相似，一些陽極銅放入帶有鈦坯料的電解槽作為陰極。電流穿過電解槽核心，鈦坯料電鍍上純銅。過了相對短的時間（24 小時）之後，即剝離了 0.5 至 0.8 毫米厚銅皮沉積物後，抽出鈦坯料。然後用這些銅皮當作電解精煉流程的啟動銅皮。新的啟動銅皮準備機器於 2005 年安裝。

電解精煉與電解提煉不同，金屬是從陽極上生成到陰極銅上，而在電解提煉中銅是從電解液中產生並沉澱到陰極上。電解精煉最終獲得陰極銅成品，銅純度為 99.99%，而在電解提煉中銅純度為大約 99.95%。在電解精煉中，每 24 小時陽極循環後，陰極銅需替換。

5.3.7 電精煉

在電解精煉的商業部分，鑄造的陽極銅放入帶有啟動銅皮的電解槽中。

圖 59：鑄銅陽極

圖 60：儲存罐室

通過利用電解析流程，將銅從陽極中分離出來進入電解液，然後進入啟動銅皮。雜質留在電解槽中成為鑽泥（硒、金、銀、鉑金、鈀及其它），部分進入電解液（鐵、鎳、鉍及其它）。因此產生的陰極擁有純度為 99.99% 的銅。陽極在電解精煉過程的消耗下，隨著時間不斷減小，並且銅轉移到陰極上。消耗的陰極然後再循環，在熔煉爐的轉爐/陽極爐中熔煉。

5.3.8 儲存罐室概述

Mufulira 精煉廠最初配備四個儲存罐室（T/H 1，2，3 和 4）。1 號、3 號和 4 號儲存罐室和剝離器部分進行了大修和升級，此外 5 號儲存罐室於 2006 年投入使用。2 號儲存罐室在 2009 年經濟衰退之時開始進行整修，當時銅價大幅下跌，改造專案暫時擱置。目前，1 號、3 號、4 號和 5 號儲存罐室擁有充足的電解精煉能力來精煉生產出來的銅。從這點來看，目前並不需要 2 號儲存罐室。如果產量上升的話，該儲存罐室可以在大修之後恢復運作。

Mufulira 儲存罐室是自給自足的，能夠自己生產啟動銅皮並接收熔煉爐持續供應的陽極。

圖 61：儲存罐室封閉式模組 2

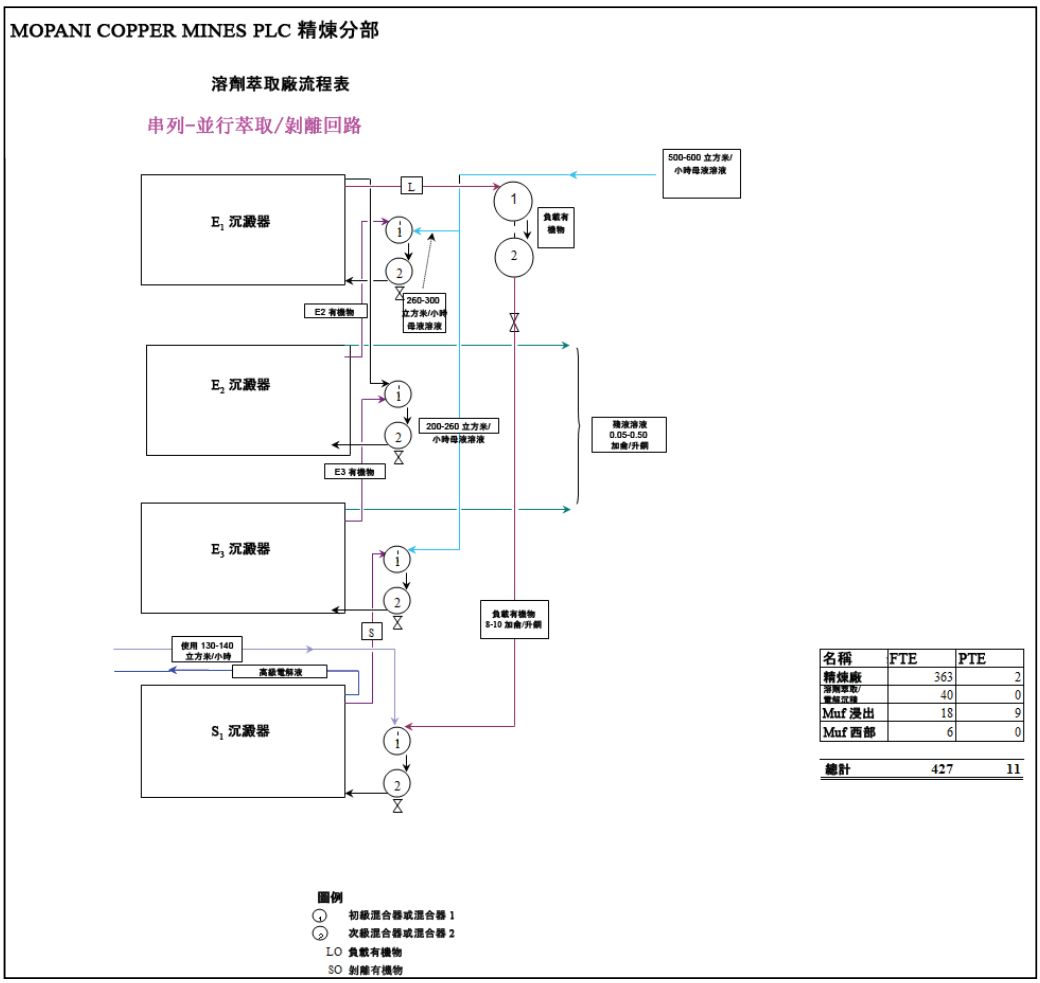
5.3.9 其他加工

Mufulira 還有一個地下過濾設施，氧化礦石或酸可溶銅通過溶液中的硫酸接觸而過濾。這種過濾的溶液然後送往 SX 工廠，通過有機相將銅從母液過濾溶液 (「PLS」) 中萃取然後剝離到消耗的電解液中。這時此溶液成為「高級電解液」。高級電解液送往電解提煉工廠，以與 Nkana 銅電解提煉工廠類似的方式回收銅。

在 Mufulira 還有一個過濾設施，氧化礦石中的酸可溶銅在空氣攪動中從酸中過濾。PLS 送往 SX 工廠，並將銅回收到高級電解液中之後，電解提煉過程生產出銅。

5 號儲存罐室的一部分用於電解提煉，儲存罐室的大部分正用於鑄造陽極的電解精煉。

圖 62：Mufulira 的過濾設施



名稱	FTE	PTE
精煉廠	363	2
溶劑萃取/電解沉積	40	0
Muf 浸出	18	9
Muf 西部	6	0
總計	427	11

圖 63：圖形顯示氧化物「酸可溶」銅恢復的 SX 回路

5 號儲存罐室的一部分用於氧化礦石或酸可溶銅的電解提煉，儲存罐室的大部分用於鑄造陽極的電解精煉。

圖 64：儲存罐室內的電解提煉室

5.3.10 溶劑萃取 (SX)

安裝了三個 SX 工廠以幫助生產更乾淨的銅富集溶液，使其更適合電解提煉回路。在這個回路中，過濾及 Mufulira 西部堆浸設施中獲得的 PLS 與有機相接觸。

萃取的銅載入有機物中，此有機物與電解提煉工廠的消耗電解液相接觸。在此過程中，由於電解液中的酸含量高，銅重新溶解到電解液中。這就成爲「高級」電解液，用於電解提煉。

5.3.11 圖形和附錄

MOPANI COPPER MINES PLC
精煉廠分部

Mufulira 浸出工廠流程表

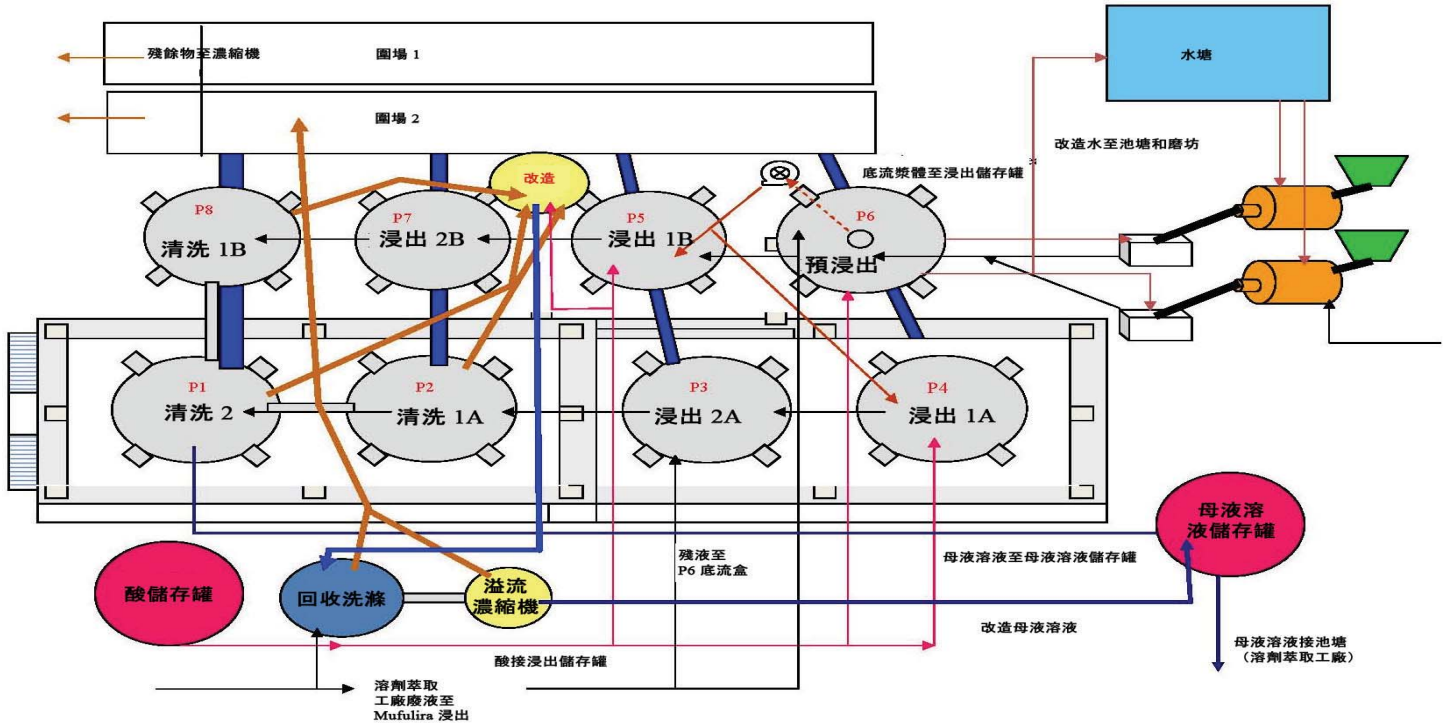


圖 65：Mufulira 的過濾廠流程表

5.3.12 總結

與 Nkana 相似，Mufulira 也是一個舊工廠；但是它是 Mopani 業務的重要部分，因為 Nkana 沒有任何熔煉設施。

儘管是舊工廠而且如果現今建造的話會被更新更現代化的流程所取代，因其採礦運作毫無壓力，該工廠可以輕鬆完成運作。

在我們考察期間，該工廠給我們的印象是一家運行和維護良好的工廠，管理層和工人都很有才幹，更重要的是非常積極主動。與其中一個鄰居 – KCM 相比，該工廠在各個方面都大大超過 KCM。

6.0 尾礦和廢石

6.1 階段 2 – 環境、健康和安全 – 礦渣儲存合規

6.1.1 Mufulira TD11 – 礦渣儲存壩

圖 66：Mufulira 的礦渣儲存壩

Mufulira 尾礦壩於 1978 年投入使用。最初的預沉澱工程包括各位於北部和南部邊界的兩個啟動路堤，請看 圖 66。此設施的年沉澱率為 1.3 噸，設計終生產量為 9000 萬公噸。該設施預計於 2030 年達到最大產能。場地的自然斜坡是從北向南傾斜。有一條淡水河支流沿著西部路堤向南流動。該設施作爲一個旋風式堤壩操作，向盆地區域傳送微粒，而更粗糙的礦渣用作建築物外壁材料。最初，使用傳統水閘塔重力系統可將浮在表面的水滗去。由於原系統喪失作用，如今在設施使用壽命的剩餘時間內使用了一個溝渠/溢洪道滗析系統。該設施目前并且一直由礦山管理團隊來運作。該設施最初由英格蘭 Scott Wilson Piesold Consulting Engineers 設計。該公司尚比亞分支機構是礦山技術支持和審核方面的首選顧問機構。

6.1.2 Mufulira TD11 提供環境報告的桌面評審

下列報告能供應作查閱：

- 2003 年 Mufulira 礦山環境管理計劃 (Steffen, Robertson and Kirsten South Africa (Ltd)。
- 2010 年 TD11 斜坡穩定性分析報告 (Scott Wilson Piesold Zambia Ltd.)
- 2006 年應急準備和回應計劃 (Scott Wilson Piesold Zambia Ltd.)
- 廢物處置場所有/經營許可證 (ECZ/ND/WM4/103/9)
- 廢水排放許可證 (ECZ/ND/WP3/030/9)

6.1.3 法規要求合規性評估

2010 年 1 月至 6 月，根據 Mopani 礦山提交給尚比亞環境委員會 (「ECZ」) 和礦山安全部 (「MSD」) 半年一次的報告經過評審審計的。已經獲得 2010 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日期間的相關許可證批准。上述許可證具有約束合規和監控協定的條件。凡與這些許可證所列條件不符的情況都可能導致上述許可證被撤銷。

6.1.4 識別環境風險和成效的主要區域

環境風險的主要區域如下：

- **灰塵**：由於盆地區域存在大量粉末，因此此設施的灰塵抑制是一項重大挑戰。要特別注意讓設施南面廣大乾燥沙灘區域保持濕潤。可以引入噴淋系統緩解這一風險和鼓勵種植植被。
- **關閉**：從複原角度來看，南面下游隄岸區域已被忽略，因此目前礦山管理層正在加速進行這一流程。風蝕和沖溝的形成可能對外隄岸造成穩定性問題。不過到目前為止尚未形成任何此類沖溝。
- **地下水**：監控鑽孔，在最新的半年度報告中列出所有資料。
- **地面水**：水池管理和排水質量根據許可證合規規定得到良好管理並進行報告。
- **滲漏**：在排水出口點以及多餘水閘塔管道的滲流監控排水流量和水質量。
- **離地間隙**：依照所列穩定性分析報告所述，設計工程師將垂直目標高度設定和保持在 2m。已經通过最低工作投入操作達成。
- **穩定性**：穩定性分析報告到目前為止在 Zambia Ltd (「Scott Wilson」) 的所有分析報告中報告了大於 1.3 FOS 的情況。

6.1.5 復原規定和責任評審

2008 年中監管機構的要求下進行了一次第三方審計，設置了為期五年的計算定期供款，以作為政府關閉信託基金，總額達到 1,039,987 美元，這是 Mufulira 礦場的整合成本。雖然該資金在礦山關閉之後可退還，但也被視爲覆蓋礦山未處理的任何環境侵權的一種保險政策。未提供與礦渣壩關閉和長期關閉之後與維護相關的成本進行的評審。

作為 EMP 合規的一部分，安裝了監控井眼對排水質量進行測量。在半年度報告中記錄滲漏和污水排放點。在此設施中，灰塵始終是一個環境問題，需要安裝各類自動灑水系統，對乾燥沙灘保持濕潤。儘管證據證明實施了監控系統和管理措施，但是在設施日常運行中仍有更多降低風險的需求有待滿足。

6.1.6 健康和安全管理計劃總結和評估

- EIS 報告中提供了合適線性結構的綜合健康和安全組織架構及管理計劃。礦山周邊的健康、安全和環境政策亦有提供。
- 2006 年由「Scott Wilson」開發和提供了應急準備和回應計劃。

6.1.7 受傷和死亡統計資料詳細資訊

該礦山擁有由股東和公司管理架構批准和聲明的關於受傷或死亡的政策。該政策覆蓋所有礦山財產和礦山員工執行的活動。目前，在操作礦渣設施時還沒有受傷或死亡情況。

表 26：2010 年 12 月 31 日 Mopani 的員工總數

2010 年 12 月 Mopani 的職工總數	
開採	3,495
工程	747
加工	2,228
一般行政和管理	632
機構	420
總計	**7,522**
MCM 的合約員工	488
總數	**8,010**

目前現場有 6,413 位承辦商。

6.2 Nkana TD15a — 殘渣儲存壩

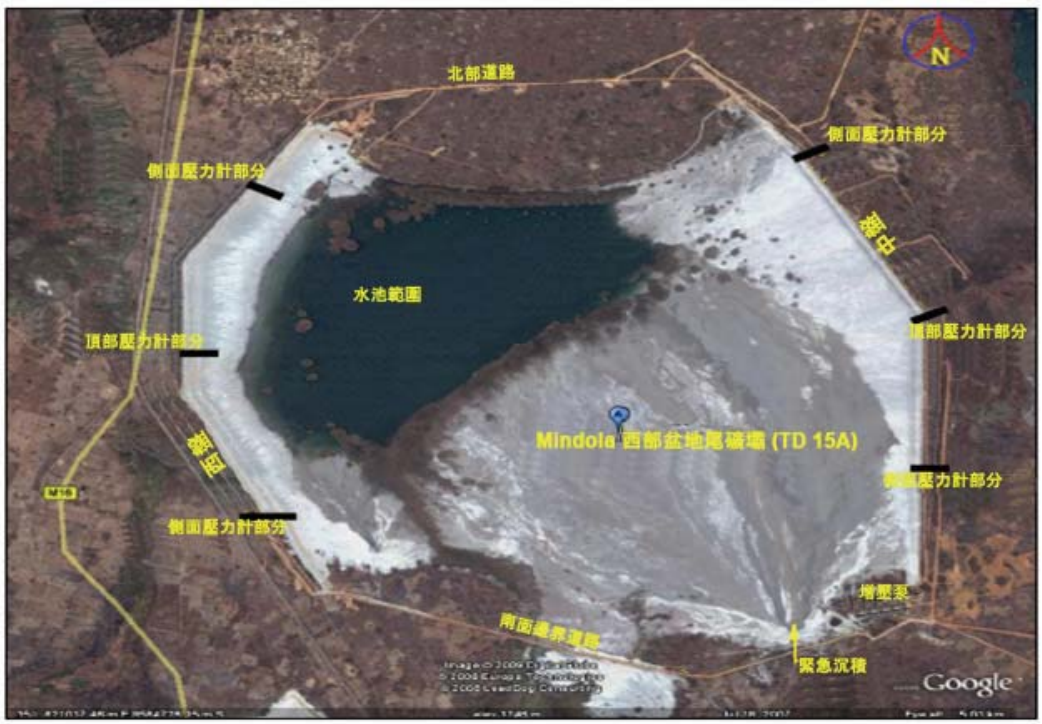


圖 67：Nkana 的礦渣壩

Nkana 尾礦壩於 1978 年投入使用。最初的預沉澱工程包括西部和中央啓動隄岸，請看 圖 67。該設施的年沉澱率爲 3.5 噸，設計終身產量爲 181 噸。該設施預計於 2030 年達到最高產能。場地的自然斜坡是自西向東方。在設施東面有一條淡水壩。該設施作爲一個旋風式堤壩操作，向盆地區域傳送微粒，而更粗糙的礦渣用作建築物外壁材料。採用傳統水閘塔重力系統將表層清水滗去。此滗析係統在高峰流量期間，通過打開和密封滗析管道上的多個入口點來進行管理。大壩由礦山管理團隊運作。最初由 Scott Wilson Piesold Consulting Engineers England 設計。該公司的尚比亞分支機構是礦山技術支持和審計工作的首選顧問機構。

6.2.1 Nkana TD15a 提供環境報告的桌面評審

下列報告能供應作查閱：

- 2003 年 Nkana 礦山環境管理計劃 (Steffen, Robertson and Kirsten, South Africa (Ltd)。
- 2008 年 TD15a 斜坡穩定性分析報告 (Scott Wilson Piesold Zambia Ltd.)。
- 2006 年應急準備和回應計劃 (Scott Wilson Piesold Zambia Ltd.)。
- 擁有/營運廢料棄置場所許可證 (ECZ/ND/WM4/084/9)。
- 廢水排放許可證 (ECZ/ND/WP3/020/9)。

6.2.2 法規要求合規性評估

Mopani 礦山提交給尚比亞環境委員會 (「ECZ」) 和礦山安全部 (「MSD」) 的 2010 年 1 月至 6 月一年兩次的審計報告經過了評審。因此已獲得 2010 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日期間的相關許可證

批准。上述許可證具有約束合規和監控協定的條件。凡是不符合這些許可證所列條件的情況可能會導致上述許可證被撤銷。

6.2.3 識別環境風險和成效的主要區域

環境風險的主要區域如下：

- **灰塵**：此設施的灰塵抑制似乎可以受到控制並且由於盆地和乾燥沙灘區域內存在天然植被，因此只需要少許的保持濕潤工作。這部分是由於盆地區域存在大量較為粗糙的尾礦。要特別注意外斜坡，外斜坡上有運營團隊種植的茂盛植被。在旱季可以引入自動灑水系統降低任何可能風險。
- **地下水**：監控鑽孔，在最新的半年度報告中列出所有資料。
- **地面水**：水池通過多入口水閘重力排放系統進行澮析，並且水排放質量依照許可證合規規定得到良好管理並進行報告。
- **滲漏**：在通往暴雨渠道係統的排水出口點監控排水流量和水質量。
- **離地間隙**：離地間隙遠遠超出設計工程師設定和保持的 2m 最小垂直目標距離，並在所列穩定性分析報告中報告。已經通過最低工作投入操作達成。
- **穩定性**：到目前為止穩定性分析報告已經在 Scott Wilson 的所有分析報告中報告了大於 1.3 安全係數的情況。
- **關閉**：在此設施的所有下游兩側正在進行逐步的關閉複原。粗糙材料和略平的幾何結構以及茂盛的植對於達到預期關閉效果證明是可以持續的。

6.2.4 復原規定和責任評審

2008 年在監管機構的要求進行了一次第三方審計，制定了為期五年的計算定期供款，以作為政府關閉信託基金的一部分，總額達到 880,068 美元，這是 Nkana 礦場的整合總成本。雖然該資金在礦山關閉之後可退還，但也被視爲覆蓋礦山未處理的任何環境侵權的一種保險政策。未提供與礦渣壩關閉和長期關閉之後維護相關的成本進行的評審。

作為 EMP 合規的一部分，安裝了監控井眼對排水質量進行測量。在半年度報告中記錄滲漏和污水排放點。在此設施中，灰塵始終是一個環境問題。.需要安裝各類自動灑水系統，對乾燥沙灘保持濕潤。儘管證據證明實施了監控系統和管理措施，但是在設施日常運行中仍有更多降低風險的需求有待滿足。

6.2.5 健康和安全管理計劃總結和評估

- EIS 報告中提供了合適線性結構的綜合健康和安全組織架構及管理計劃。礦山周邊的健康、安全和環境政策亦有提供。
- 2006 年由「Scott Wilson」開發和提供了應急準備和回應計劃。

6.2.6 受傷和死亡統計資料詳細資訊

該礦山擁有由股東和公司管理架構批准和聲明的關於受傷或死亡的政策。該政策覆蓋所有礦山財產和礦山員工執行的活動。目前，在操作礦渣設施時還沒有受傷或死亡情況。

7.0 關閉

7.1 Nkana

7.1.1 途徑和關閉成本限制評審

7.1.1.1 途徑

基於現有資訊作出的指示性關閉成本估計，以作爲提供礦山關閉成本評審的依據。該估計還允許評述關於提供關閉成本和要求的額外金融規定的可能缺點。

遵循途徑總結如下：

- 主要通過 Google Earth 圖片和 Mopani 提供的平面圖，對相關採礦區域和相關基礎設施進行識別和劃分；
- 上述開採運營區域之內具有相似狀況特徵的基礎設施和土地使用分類別的識別，例如輕型、中型或重型基礎設施區域、廢棄岩石和廢料堆以及中等或嚴重干擾的地面狀況；
- AutoCAD 描述區域提供資訊和量度的結構類型、性質和規模解釋；
- 根據最近在非洲開展相似工作的 GAA 最近投標商以及拆除從業者諮詢的確定/確認工廠分解和拆除以及相關改造的單位費率；
- 將上述單位費率和相關數量應用於排入分類別的表單，以展示相關的關閉成本組成部分進行成本評審；
- 針對本次評審，根據 GAA 採納的方法和標準，客觀確定指示性關閉成本，并將此成本計算的結果與 Scott Wilson 顧問得出的現有關閉成本進行比較；及
- 編制 GAA 用於反映關閉成本的決定以及執行成本比較的途徑。此報告中包括要求進行關注以確保改進未來關閉成本的事務。

7.1.1.2 限制

- 基於現有資訊和時間限制進行關閉成本的桌面評審。因此，GAA 提供的關閉成本估算僅作說明之用，可作為比較可用成本及評估這些成本是否適當（數量級）的基礎；
- 2010 年 12 月對礦山進行了一次現場考察，以支持整個專案；及
- 當時在現場考察中獲得的資訊和文件數量無法與礦山工作人員進行證實，但是 2011 年 1 月與 Mopani 管理層代表舉行了一次會議，證實了與界區及某些尚比亞處理關閉方法相關的事務。

7.1.2 提供資訊

用於關閉成本估計的資訊來源如下：

- Scott Wilson 的數量電子表格 Nkanav3.xls；
- 尚比亞 Nkana 礦山環境保護基金審計。Scott Wilson 的 2010 年 7 月最終報告（報告編號 D131704_NKA）；
- 日期為 2000 年 9 月 11 日及標題為《Nkana 工廠區域及週邊地區》的標記地圖 (DRG. No. E/A/637/4)；
- 日期為 2010 年 10 月及標題為《Nkana 場地 – Nkana 採礦許可證區域》（圖 2）的地圖；及
- 2000 年 8 月 25 日更新，標題為《修訂版 11 採礦許可證》的 Nkana 礦山標記地圖。

上述 Scott Wilson 報告主要聚焦於審核礦山和相關區域的環境狀況，含有關於用於確定關閉成本的途徑和方法的資訊。成本主要根據礦山和礦物發展部於 1997 年發佈的尚比亞指南第 29 號法定文件。Scott Wilson 的估計關閉成本基於 SRK 2003 中所述的要求拆除的體積和要求復原的面積的數量單，以及 MCM 已經提供的用於新設施數量的額外數量單。

7.1.3 界區

上述報告和相關資訊的確規定了所記錄關閉成本適用的界區。然而，2011 年 1 月 20 日與 Mopani 舉行了會議之後，根據可用資訊和用作解釋的 Google Earth 圖像明確了界區範圍。

下面的 （圖 68） 描述和反映了這些界區範圍。從可用資訊獲得的基礎設施描述與從圖像中推斷出來的方面是分開列明的。

從圖像中獲得並經過 Mopani 確認的主要表面區域總結如下：

- 整個礦場和基礎設施建築群，包括短暫損害區：101.5 公頃。此面積不包括尾礦儲存設施和材料堆或堆料；
- 主要工廠基礎設施建築群和相關區域：69.3 公頃；
- 需要改造和恢復的河邊區域：5.3 公頃；
- 尾礦儲存設施和「已安裝」的佔地面積：653.5 公頃；及
- 已經填滿尾礦的尾礦儲存設施：522.8 公頃（覆蓋率達到 80%）；

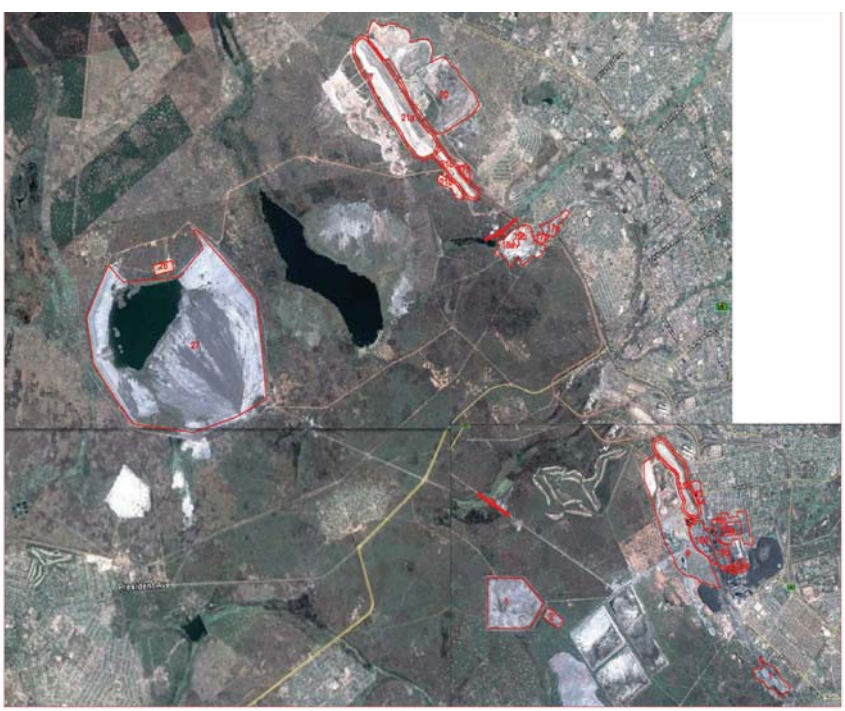


圖 68：GAA 成本評審假設的界區

7.1.3.1 提供資訊

從現有關閉成本文件獲取的基礎設施目錄和描述如下：

Nkana 礦山運作的四個具備相關井架的垂直礦井（圖 2）；

- 南部礦體 (「SOB」)，
- 中央礦井，
- Mindola 的輔助垂直礦井；以及
- Mindola 北部礦井。

下列露天礦坑目前仍在運營並向 Nkana 過濾廠供應礦石：

- Mindola 北部礦井 － 一個現有礦井，位於採礦區中心，向北部延伸；
- 區域 A－ 深度延長大約 30m 的淺礦坑，位於 Mindola 北部的南方。礦坑正向現有北部礦坑延伸；及
- 區域 E － 以前礦坑端部正在開展的延伸工作。

Mopani 所負責的礦山許可證區域內的主要加工設施由以下組成：

- 選礦廠；
- Nkana 鈷工廠；及
- Nkana 浸出工廠。

目前在 Nkana 礦山有四個尾礦儲存設施 (「TSF」)，即 TSF 15A；TSF 15；TSF 52 和 TSF 68，在四個尾礦儲存設施中，只有一個設施投入使用，其它三個都已退役。

主要的輔助和配套設施包括以下：

- 工程工作坊；
- 分析實驗室；
- 供電和供水系統；
- 支援礦山運營的機車；
- 礦山醫院；
- 衛星診所；以及
- 小學。

7.1.3.2 GAA 添加

GAA 在決定指示性關閉成本估計時還考慮下列關閉成本組成部分和相關活動：

- 收集、搬運和處置拆除廢棄物；
- 受影響河流和排水管線的改造和恢複；及
- 損害區域的改造，包括收集、處理和處置受污染土壤以及清除和處置暫時性混凝土。

不包括的區域

在國有 ZCCM 的私有化情況下，國家通過 ZCCM-IH 保留了整個 Nkana 礦山多個資產的責任。這些區域和活動從 Scott Wilson 2010 年工作中排除，因此也不納入 GAA 審核之中。這些方面包括以下：

- 屬於其它經營者而非 Mopani 的熔煉建築群和精煉廠；
- 屬於其它經營者的廢渣堆，即 KCM 和 Chambishi Metals；
- 剝離岩土的礦堆（OB53 和 OB54）。OB53 已經確認並從 GAA 成本中排除，但是從平面圖和高空拍攝圖來看 OB54 並不明顯；
- South Downs 尾礦建築群（TD 33c，35，36，37，38，39，40 和 41）；
- Nkana 東部尾礦壩（TD 25，26 和 27）。這些尾礦壩在所提供的平面圖上均不可見，但是未包括在 GAA 成本中；
- 位於 TD 36 西面的有毒物質填埋場；

除了以上之外，礦山關閉後仍有用處的所有重要地面基礎設施和相關服務也被 GAA 排除。這些方面一般包括醫院、學校和診所等等。

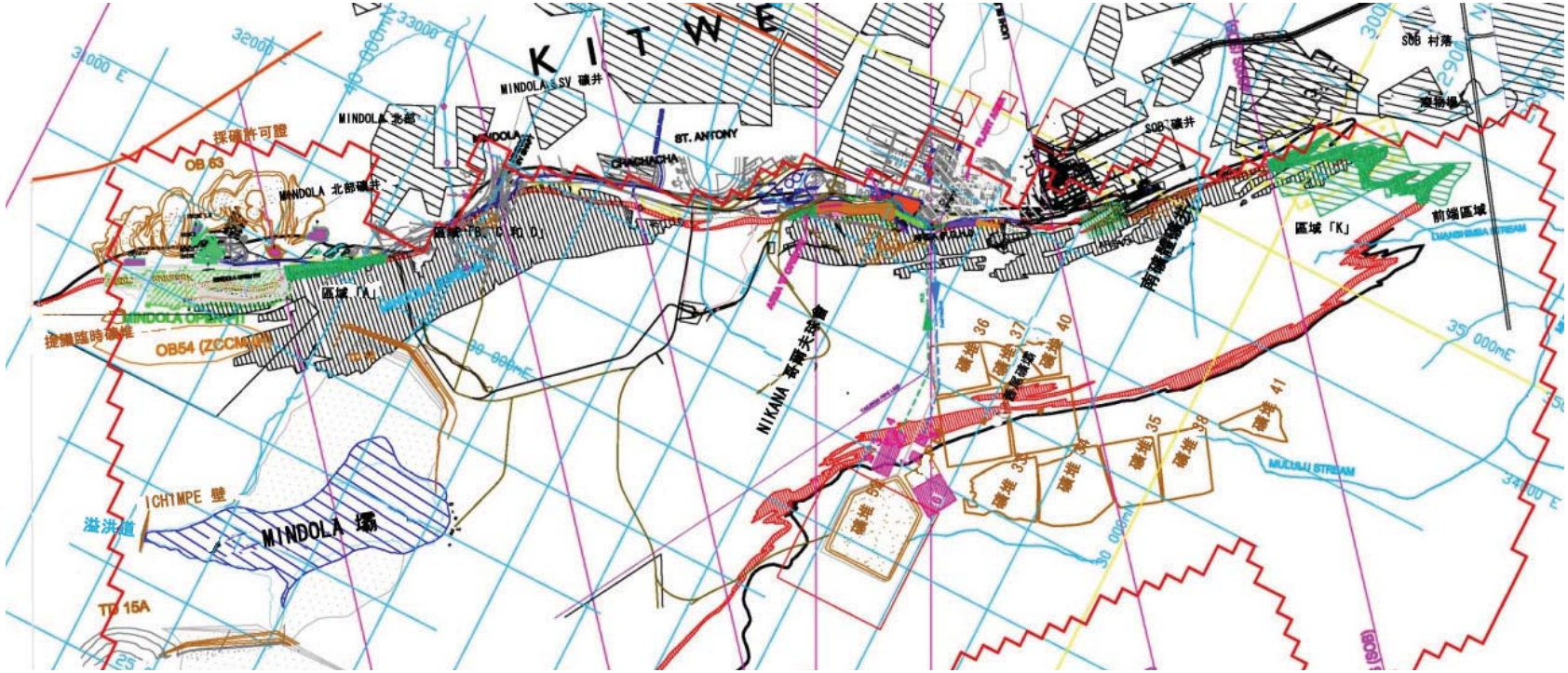


圖 69：Nkana 礦批准區域

7.1.4 假設條件和資質

已經制定了關於礦山關閉成本估計的下列假設和條件。

7.1.4.1 概述

- 工廠場地的關閉成本由許多成本部份構成。本報告僅針對撤退和改造/恢復成本，等同於外部（第三方）承辦商現場建立和開展與撤退及改造相關的工作。退役後工廠人員配置、員工的基礎設施和支持服務（例如供電等等）等其它部分以及員工事務（例如離職計划和再培訓/再就業技術培訓）都不在本報告的範圍之內；

- 將基於上述情況委託專業承辦商開展採礦場地和相關區域的拆除工作。除了其他之外，這還要求在成本估算中確定拆除和改造承辦商的成本以及初期及一般性 (「P&Gs」) 費用。同時制定了第三方承辦商和諮詢人員的津貼，以開展關閉之後的護理和維護工作以及監控；

- 預計拆除廢物（例如混凝土和建築物碎石）基本上是惰性的，此類廢物的處置應當在礦山許可區域（之後將被複原）內的其中一個現有礦坑中進行。原則上，根據尚比亞法規這樣做是允許的，MCM 可以根據當前的廢物處置許可證合法處置此類廢物。具有剩餘價值的鋼材和相關材料將保留在場地銷售給第三方；將在合適的許可設施處置所有有害廢棄物；

- 雖然現有工廠和相關地面基礎設施在關閉時可能具有剩餘價值或再銷售價值，但沒有根據通常做法考慮可能殘餘價值產生的成本攤銷，因此僅報告整體關閉成本；

- 混凝土地基將拆除到最終地面地形以下最多 1000 毫米位置；及

- 關閉時已經加工和從現場清除所有可用材料堆或原材料和/或可銷售材料，場地不會保留所有這些材料，因而要求改造。

7.1.4.2 場地特定資訊

已經假設礦山關閉時，將礦山現場和相關分佈區域改造到可持續的預定最終土地用途。不僅要求拆除實質基礎設施和處理改造礦山場地對美觀產生的影響，而且還要處理運作對環境造成的殘餘影響。因此，GAA 關閉成本估計盡可能合理處理可能的潛在和殘餘影響。爲此，在成本估計之內還包括下列場地特定關閉措施：

- 目前的最佳做法涉及採用 900mm 厚植被泥土層覆蓋礦渣儲存設施，以限制雨水侵入礦渣，從而可能導致污染 TSF 覆蓋區域的網狀過濾（廢棄物負載）。但是，Mopani 已經表示，由於該區域雨水極爲豐富，尚比亞不使用這種蒸發覆蓋方法，礦山關閉時礦渣通常保持原樣，因爲礦渣本身生長自然植被頗為常見。因此，GAA 未包括採用生長介質或蒸發覆蓋 TSF 的任何成本；但制定了人工建立草地植被的津貼。

- 蒸發/污染控制池塘的復原將包括下列內容：
  - 清除深度達 400mm 的沉積物；
  - 清除合成襯墊；
  - 清除襯墊泄漏位置可能已經出現污染的泥土；以及
  - 收集、運輸和處置污染沉積物和泥土。

- 最終採礦形成的空洞或剩餘的露天礦坑將不會填滿，隨着時間形成露天湖泊並有規定的進出控制，這些湖泊將重新填入水（洪水），唯一例外是工廠基礎設施關閉之後其中一個礦坑用於處置拆除廢物。為了限制出入，應修建一個至少 3m 高的透水岩石隄岸，其內部岸腳距礦坑/空洞的長期回切綫 20m。該隄岸還具有以下目的：

- 安全措施，將礦坑與人員和動物分隔，限製通往礦坑和空洞的通道；
- 視覺屏障；及
- 轉移礦坑及其周圍的地表水逕流，防止礦坑或空洞邊緣的腐蝕。

- 所有礦井都是垂直礦井，具有相關井架和相關基礎設施，例如繞線屋；
- 據瞭解，現有廢石堆和剝離岩土的礦堆現在很穩定，但是要進行改造和景觀美化，以便更好融入周圍景觀；
- 損害區域適用於不同的造形、平整和重新植被，依損害的性質、程度和嚴重度而定。已經假設下列類別：
  - 一般損害區域的特點是植被的改變或部分缺失，存在少量腐蝕或土壤污染；
  - 已經拆除基礎設施的區域，特點是地貌嚴重變化以及存在重大泥土污染和有害材料；以及
  - 嚴重影響區域，特點是過度侵蝕以及土地覆層完全變化。

  成形、平整和改造的專用費率已經應用於上述類別。
- 要求從分佈區域清除污染泥土，以作爲一般地面改造的一部分，大約佔 20% 的改造基礎設施覆蓋面積；
- 已經制定將要清除和處置暫用混凝土的象徵金額的津貼；
- 已經考慮了中河流上 20m 寬地帶的潛在污染河床和河岸特定區域進行挖除淤泥和恢複。已經包括整體清理暫時污染的額外津貼。已經根據要求制定清除深度大約爲 400 毫米的污染沉積物的津貼；以及
- 已經考慮了在至少 3 年內進行維護和地表水和地下水質量監控，以確保和評估實施的改造和關閉措施的成效。

7.1.4.3 額外津貼

已經應用了 P&G (6%) 和應急成本 (10%) 的固定比例；

7.1.5 關閉成本比較

爲了提供成本比較結構，針對下列類別採用關閉成本決定例行使用的格式顯示成本：

- 基礎設施區域；
- 開採區域；
- 一般地面改造；
- 水管理；
- 關閉後之事務；以及
- 額外津貼。

Scott Wilson 報告主要聚焦於審核礦山和相關區域的環境狀況，含有關於用於確定關閉成本的途徑和方法的資訊。成本主要根據礦山和礦物發展部於 1997 年發佈的尚比亞指南第 29 號法定文件。Scott Wilson 的估計關閉成本基於 SRK 2003 中所述的要求拆除的體積和要求復原的面積的數量賬單，以及 MCM 已經提供的用於新設施數量的額外賬單。

Scott Wilson 和 GAA 確定的關閉成本反映在 表 28，表 28 提供了關閉措施和相關成本的比較。成本的變化可能由於以下方面導致：

- Scott Wilson 和 GAA 使用的方法出現明顯差異。Scott Wilson 考慮了垂直礦井的密封，傾斜度達到 7200m³，儘管測量了全部四個礦井，只有 Mindola 主礦井似乎已經包括在成本計算中。在 GAA 成本中，考慮了四個垂直礦井（假設直徑爲 5.5m）；
- 針對上一條進一步描述，在相關關閉成本估算中，界區的差異度仍然非常明顯；
- 將損害的河邊環境恢複到可以保持可以接受的水生生物健康的水平；
- 安全處置拆除廢物，并為此目的建造和最終改造其中一個現有露天礦坑；及
- 污染泥土和暫時污染的清理和安全處置。

表 27：Nkana 的整體成本比較

關閉組成部份	2010 年 Scott Wilson（百萬美元）	2010 年 GAA（百萬美元）
1. 基礎設施區域	4.96	18.21
2. 開採區	6.37	7.85
3. 整體表面改造	2.20	1.56
4. 水管理	0.00	0.11
小計 1（基礎設施和相關方面）	**13.53**	**27.73**
5. 關閉之後問題	0.48	0.73
小計 2（關閉之後事務）	**0.48**	**0.73**
6. 額外津貼	2.24	4.40
小計 3（額外津貼）	**2.24**	**4.40**
總數	**16.25**	**32.86**

表 28：關閉措施和相關成本的詳細比較

類別和分類	評估
7.1.5.1 基礎設施區域	
■ 加工工廠和相關結構分解； ■ 鋼建築物和結構拆除； ■ 鋼筋混凝土建築物和結構拆除； ■ 道路、鐵路和輸電線改造； ■ 辦公室、工作坊和住宅建築物拆除； ■ 圍欄；以及 ■ 拆除廢棄物的處置。	■ 地面基礎設施的各自界區很可能與 Scott Wilson 評估稍微有些差異； ■ GAA 成本基於識別從 Google 高空拍攝圖片完成的基礎設施的不同區域，稱爲輕型、中型和重型基礎設施，可能影響基礎設施分解的整體成本規定； ■ 最初，Scott Wilson 的加工工廠分解成本似乎比 GAA 的成本更為詳細。而且，各自的數量似乎都取自 SRK 編制的 2003 年環境影響陳述。不能確認本文件內的數量。GAA 成本基於相似開採/工業複合物的推斷/代入以確認成本； ■ GAA 成本包括在其中一個露天礦中處置惰性拆除廢棄物，並準備相關復原； ■ GAA 的基礎設施區域成本比 Scott Wilson 成本昂貴，主要是由於 GAA 成本之中已經包括廢棄物的收集、搬運和處置。
7.1.5.2 開採區	
■ 包括最終空洞和坡道的露天礦改造； ■ 開挖； ■ 礦井、入口和斜面的密封； ■ 原料堆、廢棄岩石和剝離岩土的礦堆； ■ 原料堆、廢棄岩石和剝離岩土礦堆的植被種植； ■ 加工廢棄沉積物和蒸發池塘的改造；以及 ■ 下沉區域的改造。	■ Scott Wilson 成本費用可改造 79 公頃剝離岩土和廢料，折算後為 9193 美元/公頃； ■ GAA 成本允許用於原料堆覆蓋區域的成形和植被種植，即假設在退役之前原料堆材料已被加工； ■ GAA 成本費用可實現三個垂直礦井和一個子礦井的密封以及相關挖掘物的填充。Scott Wilson 的成本將這一方面標稱為象徵津貼。 ■ Scott Wilson 成本費用不包括尾礦儲存設施的改造，而 GAA 成本包括在所有 TSF 上建立草地植被的費用； ■ GAA 成本費用可實現普通損害區的改造以及這些地區可能污染的清理； ■ 主要由於包含尾礦儲存設施的改造以及礦井的密封，GAA 成本費用會稍高。

類別和分類	評估
7.1.5.3 整體表面改造	
■ 分佈區域的成形；以及 ■ 分佈區域的植被。	■ Scott Wilson 成本費用可實現 302.5 公頃的整體表面改造，折算後為 7282 美元/公頃，而 GAA 成本費用可實現 107.3 公頃的改造（成形和植被）；雖然該區域不包括 TSF 的植被再生； ■ GAA 成本允許清理 20% 以上基礎設施面積的污染泥土，Scott Wilson 成本之中似乎並不包括； ■ 此外，GAA 成本費用可實現 500m³的暫用混凝土的清除和處置； ■ GAA 成本花費更高，可能歸因於改造假設條件的不同。
7.1.5.4 水管理	
■ 污水管道的復原；以及 ■ 河流改造。	■ Scott Wilson 成本費用不包括排水系統的恢復或污染河流的改造； ■ GAA 可實現大約 5.3 公頃河堤的改造； ■ GAA 成本允許恢復全部改造區域的污水管道；因此 ■ 該類別下的成本無法比較，因為 Scott Wilson 成本中似乎省略了該類別。
7.1.5.5 關閉之後問題	
■ 地面水質監控； ■ 地下水質量監控；	■ Scott Wilson 成本費用可實現 700 公頃區域 2 至 3 年的維護和恢復護理，換算為 969.15 美元/公頃；GAA 成本費用可實現地表、地下水和改造的監控，以及 760.8 公頃區域至少 3 年的護理和維護；

類別和分類	評估
■ 改造監控； ■ 護理和維護；以及 ■ 持續水處理。	■ 儘管方法不同，該類別的整體成本非常相似； ■ Nkana 沒有酸性礦排水。
7.1.5.6 額外津貼	
■ 初步和一般情況；以及 ■ 應急措施。	Scott Wilson 和 GAA 成本費用的 6% 為初期和整體費用，10% 為應急費用。

7.1.6 要求進一步關注的事務

已經識別未來關閉成本更新中潛在要求關注的下列問題：

- 可能需要持續管理由於採礦作業導致的受污染的過量礦坑水，涉及礦坑水的收集、運輸、處理和安全排放。如果需要該措施，則可能顯著增加額外成本；
- 編寫相關之基礎設施和開採活動的詳細蓄電量目錄並取得礦山之確認；
- 關閉成本的蓄電量確認和存檔並提供所包括和不包括相關區域的動機/原因；
- 現場量化和量度這些關閉成本組成部份，並處理於指示性關閉成本中沒有充分提及的其他關於關閉的不確定性；
- 採礦產生的溢出物可能對當地河流系統產生嚴重影響，需要具備資格的專家在可能受影響的區域現場評估和確認。如果出現污染並且可以安全清除污染而不會對河床造成過渡污染，則至少需要為受污染河床和河堤的清淤和復原提供津貼。也可能要求採取其他措施，以盡可能恢復自然水中生態系統。這樣可能產生顯著的成本，而該成本估計中並不包括，主要是由於這種環境責任存在不確定性以及高空拍攝圖片可能檢測不到此類區域。

7.1.7 結論

該報告中調查結果主要基於 Google Earth 圖像的解釋以及 Nkana 礦山地區的一系列地圖和由礦山提供的關閉相關資訊。在 2011 年 1 月 20 日，Mopani 管理層評審會議上澄清一系列問題。如果無法提供必要的資訊，則根據經驗進行估計。從 GAA 現有資料庫和/或拆除專業人員獲得用於評審的單價。如有需要，專案將採用於其他地方，以反映場地的特定狀況。

現有關閉成本的評審以及建議已從逆向風險角度及主要的慎重錯誤中完成。這途徑允許精確制定成本，因爲可以提供合適的資訊，相反，可能的低估和相關規定可能導致失責。

該評審決定 Scott Wilson 提供的關閉成本過低。建議至少提供 **2400 萬美元**公平合理的財務撥款。

7.2 Mufulira

7.2.1 途徑和關閉成本限制評審

7.2.1.1 途徑

基於現有資訊作出的指示性關閉成本估計，以作爲提供關閉成本評審的依據。該估計還允許評述關於提供關閉成本和要求的額外金融規定的可能缺點。遵循途徑總結如下：

- 相關採礦區域和基礎設施的確認和描述主要來自 Google Earth 圖像和可用的計劃；
- 上述開採運營區域之內具有相似狀況特徵的基礎設施和土地使用分類別識別，例如輕型、中型或重型基礎設施區域、廢棄岩石和廢料堆以及中等或嚴重干擾的地面狀況；
- AutoCAD 描述區域提供資訊和量度的結構類型、性質和規模解釋；
- 根據最近在非洲開展相似工作的 GAA 最近投標商以及拆除從業者諮詢的確定/確認工廠分解和拆除以及相關改造的單位費率；
- 將上述單位費率和相關數量應用於排入分類別的表單，以展示相關的關閉成本組成部分進行成本評審；
- 根據 GAA 採用的方法和標準，客觀地確定所指示的關閉成本，將該成本的調查結果與 Scott Wilson 進行的現有關閉成本相對比；

- 編制 GAA 用於反映關閉成本的決定以及執行成本比較的途徑。此報告中包括要求進行關注以確保改進未來關閉成本的事務。

7.2.1.2 限制

- 基於現有資訊和時間限制進行關閉成本的桌面評審。結果，GAA 提供的關閉成本估算僅供參考，用作可用成本對比的基礎，評估這些是否為合適的數量級。
- 在 2010 年 12 月進行了礦山的場地參觀，以支持整體項目，同時解決關閉的成本問題；

在起草原報告時，場地參觀獲得的資訊和文件的數量無法與礦山工作人員確認。但是，在 2011 年 1 月舉行的會議驗證了與界區相關的事項，以及某些尚比亞方法的關閉，並對報告進行相應地修改。

2011 年 1 月在 Mopani 舉行的評審會議可提供描述礦山控制下的準確區域的地圖，以告知 GAA 估計。

7.2.2 提供資訊

用於關閉成本估計的資訊來源如下：

- Scott Wilson 提供電子表格 Mufulirav4 FINAL.xls；
- Mufulira 礦山的環境保護基金審計，Scott Wilson 在 2010 年 7 月提供的尚比亞最終報告；
- 以 Mufulira 為標題的標記計劃。東部廠區，日期 2011 年 1 月 18 日；
- 以採礦許可和地面使用權為標題的地圖，日期 2009 年 6 月 26 日；

上述 Scott Wilson 報告主要聚焦於審核礦山和相關區域的環境狀況，含有關於用於確定關閉成本的途徑和方法的資訊。成本主要根據礦山和礦物發展部於 1997 年發佈的尚比亞指南第 29 號法定文件。

7.2.3 界區

以上報告、現場地圖和相關資訊規定了記錄的關閉成本適用的界區。下面和（圖 68）描述和反映了這些限制。從可用資訊獲得的基礎設施描述與從圖像獲得的描述分別列出。

從圖像和現場計劃中確定的主要地表區域概括如下：

- 整體礦山和相關冶煉廠建築群，包括暫時受害區：1341.38 公頃；
- 主要冶煉廠建築群和相關區域：76.88 公頃；
- 需要改造和恢復的河邊區域：9.5 公頃；
- 尾礦儲存設施整體描述：711.4 公頃（包括尾礦壩 10 和 8）；

已經由尾礦填充的尾礦儲存設施：569.12 公頃（假設 80% 覆蓋範圍）；

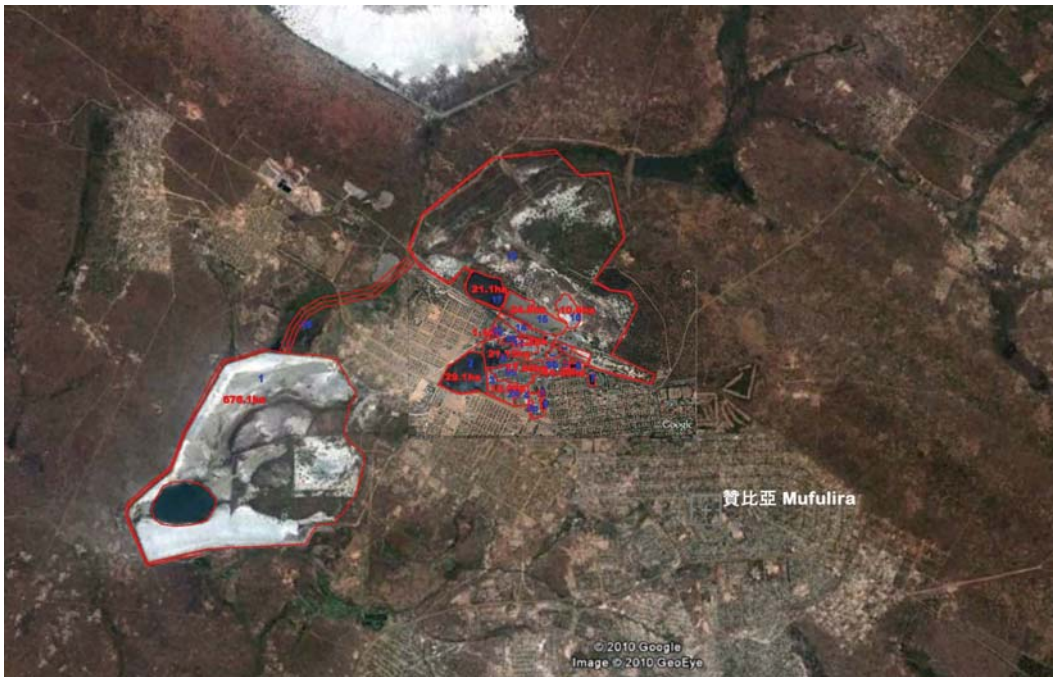


圖 70：GAA 成本評審假設的界區

7.2.3.1 提供資訊

從現有關閉成本文件獲取的基礎設施目錄和描述如下：

- 中央傳統地下礦；
- Mufulira 東礦（地下，一個礦井）；
- 浸出採礦（在舊礦內巷道的上層中執行）
- Mufulira 東部堆浸以及 Mufulira 西部堆浸；
- Mufulira 西部礦山以及 11 和 12 號豎井；
- 濃縮機；
- 熔爐；
- 精煉廠；
- 溶劑萃取廠；
- 過濾廠；
- 配套設施，包括工程車間、分析實驗室、供應鏈基礎設施、醫院和學校；
- 堆渣場；
- TSF 的第 3、4、5 和 11 號，而 6 和 7 屬於 TSF 11 建築群；

- 廢礦堆；
- 地表水管理基礎設施；
- 由於採礦相關的活動已經造成的受害和退化地區。

圖 69 表示 2009 年 Mufulira 礦山的地面使用權和採礦權。

7.2.3.2 GAA 添加

GAA 在決定指示性關閉成本估計時還考慮下列關閉成本組成部分和相關活動：

- 收集、搬運和處置拆除廢棄物；
- 受影響河流和排水系統的改造和恢復；
- 受害區的恢復，包括受污染土壤的收集、運輸和處理以及暫用混凝土的清除和處置；
- 其他津貼，包括初期及一般性 (「P&G」) 和應急。

礦內巷道產生的廢水的持續管理。

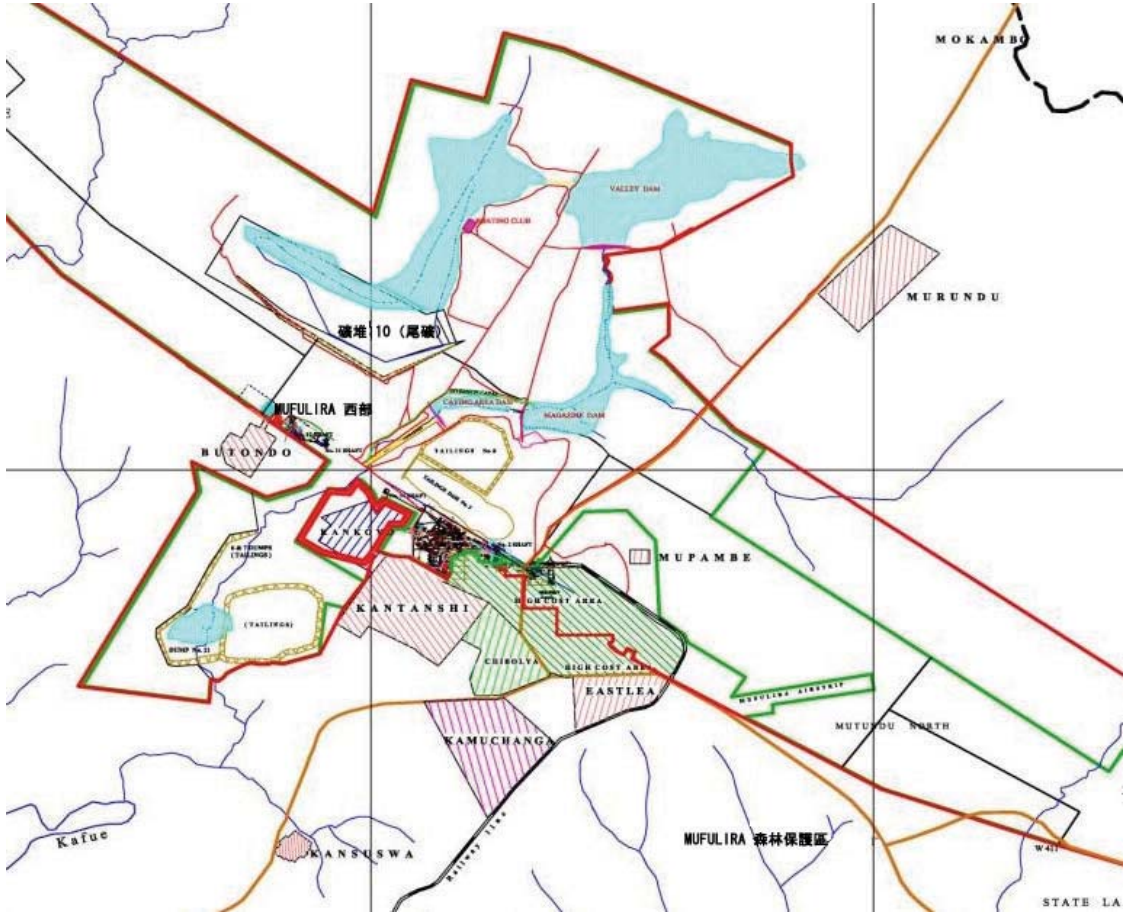


圖 71：地面和採礦權 – Mufulira

7.2.4 假設條件和資質

已經制定了關於礦山關閉成本估計的下列假設和條件。

7.2.4.1 概述

- 工廠場地的關閉成本由許多成本部份構成。本報告僅針對撤退和改造/恢復成本，等同於外部（第三方）承辦商現場建立和開展與撤退及改造相關的工作。其他部份，例如工廠退休員工的安置，員工的基礎設施和配套服務（例如，供電等）以及勞動力事務（例如，分離包裝、再培訓等）不屬於該報告的內容；

- 將基於上述情況委託專業承辦商開展採礦場地和相關區域的拆除工作。這尤其需要為拆除和改造承辦商提供建立成本，以及成本概算中的初期及一般性費用。同時制定了第三方承辦商和諮詢人員的津貼，以開展關閉之後的護理和維護工作以及監控；

- 預計拆除廢棄物，例如混凝土和建築碎石，大部份為惰性，將這些廢棄物（或部份）填充到採礦許可區域的一個或多個通風井中，然後密封、覆蓋並種植植物。在寫作本文件時，GAA 無法確認尚比亞法律是否允許該做法，雖然 Mopani 敘述這種做法不常見。具有剩餘價值的鋼材和相關材料將保留在場地銷售給第三方；將在合適的許可設施處置所有有害廢棄物；

- 雖然現有工廠和相關地面基礎設施在關閉時可能具有剩餘價值或再銷售價值，但沒有根據通常做法考慮可能殘餘價值產生的成本攤銷，因此僅報告整體關閉成本；

- 混凝土地腳和基礎將被拆除至最終地面下 1000mm；

- 關閉時已經加工和從現場清除所有可用材料堆或原材料和/或可銷售材料，場地不會保留所有這些材料，因而要求改造。

7.2.4.2 場地特定資訊

已經假設礦山關閉時，將礦山現場和相關分佈區域改造到可持續的預定最終土地用途。不僅要求拆除實質基礎設施和處理改造礦山場地對美觀產生的影響，而且還要處理最終環境運作的殘餘影響。因此，GAA 關閉成本估計盡可能合理處理可能的潛在和殘餘影響。爲此，在成本估計之內還包括下列場地特定關閉措施：

- 目前的最佳做法涉及採用 900mm 厚植被泥土層覆蓋礦渣儲存設施，以限制雨水侵入礦渣，從而可能導致污染 TSF 覆蓋區域的網狀過濾（廢棄物負載）。但是，Mopani 已經表示，由於該區域雨水極爲豐富，尚比亞不使用這種蒸發覆蓋方法，關閉時礦渣通常保持原樣，因爲礦渣本身生長自然植被頗為常見。因此，GAA 未包括採用生長介質或蒸發覆蓋 TSF 的任何成本；但制定了人工建立草地植被的津貼。如果需要生長培養基和/或專用覆蓋，關閉則需要顯著的額外成本，目前尚未體現。

- 歷史上，Mufulira 無堆浸堆。Mopani 指出由於 Mufulira 進行的高溫熔化過程，生產的爐渣為惰性，不會造成金屬的流動，例如，可能對環境造成嚴重後果的銅。Mopani 進一步指出監控結果證明了這一敘述。根據以上資訊，GAA 省略了用於堆渣場的專用危險廢棄物覆蓋的成本，這些成本僅適用於存在金屬污染物的情況。僅提供了廢礦場關閉時的景觀美化的津貼，以改善外貌和減少視覺衝擊。

- 蒸發/污染控制池塘的復原將包括下列內容：
  - 清除深度達 400mm 的沉積物；
  - 清除合成襯墊；
  - 清除襯墊泄漏位置可能已經出現污染的泥土；以及
  - 收集、運輸和處置污染沉積物和泥土。
- 根據損害的性質、範圍和嚴重程度，對受害區採用不同的成形、平整和植被化方法。已經假設下列類別：
  - 普通受害區，特點是植被的改變或部份缺失，帶有有限的腐蝕或土壤污染；
  - 已經拆除基礎設施的區域，特點是地貌嚴重變化以及存在重大泥土污染和有害材料；以及
  - 嚴重影響區域，特點是過度侵蝕以及土地覆層完全變化。

  成形、平整和改造的專用費率已經應用於上述類別。
- 要求從分佈區域清除污染泥土，以作爲一般地面改造的一部分，大約佔 20% 的改造基礎設施覆蓋面積；
- 已經制定將要清除和處置暫用混凝土的象徵金額的津貼；
- 已經為 20m 寬的可能受污染的河床和河堤的特定區域清淤和恢復提供津貼。已經包括整體清理暫時污染的額外津貼。已經根據要求制定清除深度大約爲 400mm 的污染沉積物的津貼；以及
- 已經為護理和維護以及地面和地下水品質監控提供津貼，至少執行 3 年以確保和評估所實施的改造和關閉措施的成功。

已經採用 P&G (6%) 和應急費用 (10%) 的固定比例。

7.2.5 關閉成本比較

爲了提供成本比較結構，針對下列類別採用關閉成本決定例行使用的格式顯示成本：

- 基礎設施區域；
- 開採區域；
- 一般地面改造；
- 水管理；
- 關閉後之事務；以及
- 額外津貼。

Scott Wilson 報告主要聚焦於審核礦山和相關區域的環境狀況，含有關於用於確定關閉成本的途徑和方法的資訊。成本主要根據礦山和礦物發展部於 1997 年發佈的尚比亞指南第 29 號法定文件。Scott Wilson 的估計關閉成本基於 SRK 2003 中所述的要求拆除的體積和要求復原的面積的數量賬單以及 MCM 已經提供用於新設施的數量的額外賬單。

表 30 反應了 Scott Wilson 和 GAA 確定的關閉成本。表 30 提供了關閉措施和相關成本的對比。導致這些差異的原因如下：

- GAA 成本費用中包含第 3、6 和 7 號 TSF 的植被化費用，Scott Wilson 成本中好像省略了這些費用，儘管 Scott Wilson 已經為提供了 244 公頃的生產廢棄沉積物的復原；
- 對於上述內容，各自的關閉成本估計採用不同的界區；
- 現有廢渣堆的成形和有限景觀美化，有利於改善外貌，而 Scott Wilson 成本中未考慮這一點；
- 將受損害的河邊環境地區恢復至可以維持可接受的水生生物健康的程度；
- 將拆除廢棄物安全放置到一個或多個通風井中，最終改造受影響的區域；
- 污染泥土和暫時污染的清理和安全處置。

表 29：Mufulira 的整體成本比較

關閉組成部份	2010 年 Scott Wilson（百萬美元）	2010 年 GAA（百萬美元）
1. 基礎設施區域	10.05	19.53
2. 開採區	4.97	3.32
3. 整體表面改造	0.87	5.37
4. 水管理	0.00	0.73
小計 1（基礎設施和相關方面）	**15.89**	**28.95**
5. 關閉之後問題	0.68	1.03
小計 2（關閉之後事務）	**0.68**	**1.03**
6. 額外津貼	2.65	4.80
小計 3（額外津貼）	**2.65**	**4.80**
總數	**19.22**	**34.87**

表 30：關閉措施和相關成本的詳細比較

類別和分類	評估
7.2.5.1 基礎設施區域	
■ 加工工廠和相關結構分解； ■ 鋼建築物和結構拆除； ■ 鋼筋混凝土建築物和結構拆除； ■ 道路、鐵路和輸電線改造； ■ 辦公室、工作坊和住宅建築物拆除； ■ 溪流改道； ■ 圍欄；以及 ■ 拆除廢棄物的處置。	■ 地面基礎設施的各自界區似乎與 Scott Wilson 評估的界區有所不同。； ■ GAA 成本基於識別從 Google 高空拍攝圖片完成的基礎設施的不同區域，稱爲輕型、中型和重型基礎設施，可能影響基礎設施分解的整體成本規定； ■ 最初，Scott Wilson 的加工工廠分解成本似乎比 GAA 的成本更為詳細。但是，好像各自的數據均取自 SRK 編制的 2003 年環境影響陳述。不能確認本文件內的數量。GAA 成本基於相似開採/工業複合物的推斷/代入以確認成本； ■ GAA 成本包括在採礦授權區域的一個或多個通風井中處置惰性拆除廢棄物，並準備相關復原； ■ GAA 的基礎設施區域成本比 Scott Wilson 成本昂貴，主要是由於 GAA 成本之中已經包括廢棄物的收集、搬運和處置。
7.2.5.2 開採區	
■ 包括最終空洞和坡道的露天礦改造； ■ 開挖； ■ 礦井、入口和斜面的密封； ■ 原料堆、廢棄岩石和過度傾倒堆的成形； ■ 原料堆、廢棄岩石和過度傾倒堆的植被種植；	■ Scott Wilson 成本費用可改造 194 公頃剝離岩土和廢料，折算後為 9193 美元/公頃。由於該地區沒有露天礦，這些數量和相關成本不清楚； ■ GAA 成本允許用於原料堆覆蓋區域的成形和植被種植，即假設在退役之前原料堆材料已被加工； ■ GAA 成本費用可實現所有傾斜礦井的密封以及相關挖掘物的填充。Scott Wilson 的成本將這一方面標稱為象徵津貼。 ■ GAA 成本包括廢渣堆的改造，即是提供廢物場的有限仿形和景觀美化，使其外

類別和分類	評估
■ 加工廢棄沉積物和蒸發池塘的改造；以及 ■ 下沉區域的改造。	觀更自然。在 2011 年 1 月 20 日舉行的會議中，Scott Wilson 指出他們的成本不包括該方面； ■ Scott Wilson 成本費用可改造 50 公頃下沉區域，折算后為 7697 美元/公頃。 ■ GAA 成本費用可實現全部普通損害區的改造以及這些地區可能污染的清理； ■ GAA 成本稍微較低，可能由於成本其他部份的其他方面以及改造方法的不同。
7.2.5.3 整體表面改造	
■ 分佈區域的成形；以及 ■ 分佈區域的植被。	■ Scott Wilson 成本費用可實現 120 公頃的整體表面改造，折算後為 7282 美元/公頃，而 GAA 成本費用可實現 630 公頃的改造（成形和植被），排除 TSF； ■ GAA 成本允許清理 20% 以上基礎設施面積的污染泥土，Scott Wilson 成本之中似乎並不包括； ■ 此外，GAA 成本費用可實現 500m³的暫用混凝土的清除和處置； ■ GAA 成本更高，可能歸因於恢復和可能的改造差異包括的普通損害區域的面積較大。
7.2.5.4 水管理	
■ 污水管道的復原；以及 ■ 河流改造。	■ Scott Wilson 成本費用似乎未包括排水系統的恢復或污染河流的改造； ■ GAA 可實現大約 9.5 公頃河堤的改造； ■ GAA 成本允許恢復全部改造區域的污水管道；因此 ■ 由於 Scott Wilson 成本缺少該類別，因此無法比較該項。

類別和分類	評估
7.2.5.5 關閉之後問題	
■ 地面水質監控； ■ 地下水質量監控； ■ 改造監控； ■ 護理和維護；以及 ■ 持續水處理。	■ Scott Wilson 成本可實現 700 公頃 2 至 3 年的維護和恢復護理，換算為 969.15 美元/公頃； ■ GAA 成本可實現地表水、地下水和改造監控，以及 1341.38 公頃地區至少 3 年的護理和維護； ■ 儘管方法不同，該類別的整體成本比較相似； ■ GAA 沒有為持續水處理提供津貼。（Mufulira 無礦排水）
7.2.5.6 額外津貼	
■ 初步和一般情況；以及 ■ 應急措施。	Scott Wilson 和 GAA 成本費用的 6% 為初期和整體費用，10% 為應急費用。

7.2.6 要求進一步關注的事務

已經識別未來關閉成本更新中潛在要求關注的下列問題：

- 礦內巷道的廢水管理可能時常需要關注。
- 編寫相關之基礎設施和開採活動的詳細蓄電量目錄並取得礦山之確認；
- 關閉成本的蓄電量確認和存檔並提供所包括和不包括相關區域的動機/原因；
- 現場量化和量度這些關閉成本組成部份，並處理於指示性關閉成本中沒有充分提及的其他關於關閉的不確定性；
- 採礦產生的溢出物可能對當地河流系統產生嚴重影響，需要具備資格的專家在可能受影響的區域現場評估和確認。如果出現污染並且可以安全清除污染而不會對河床造成過渡污染，則至少需要為受污染河床和河堤的清淤和復原提供津貼。也可能要求採取其他措施，以盡可能恢復自然水中生態系統。這樣可能產生顯著的成本，而該成本估計中並不包括，主要是由於這種環境責任存在不確定性以及高空拍攝圖片可能檢測不到此類區域。

7.2.7 結論

該報告中調查結果主要基於 Google Earth 影像的解釋以及各自礦山地區的一系列地圖。在 2011 年 1 月 20 日，Mopani 評審會議上澄清一系列問題。如果無法提供必要的信息，則根據經驗進行估計。從 GAA 現有資料庫和/或拆除專業人員獲得用於評審的單價。如有需要，專案將採用於其他地方，以反映場地的特定狀況。

現有關閉成本的評審以及建議已從逆向風險角度及主要的慎重錯誤中完成。這途徑允許精確制定成本，因爲可以提供合適的資訊，相反，可能的低估和相關規定可能導致失責。

該評審決定 Scott Wilson 提供的關閉成本費用過低，即使是處理最有限的退役和恢復要求。建議至少提供 **2600 萬美元**公平合理的財務撥款。

8.0 環境、健康和安全

8.1 Nkana

8.1.1 參考條款

該審計的主要目標是確定與 Nkana 礦山運營相關的主要環境影響或社會影響以及利益相關者關心的問題。

這方面特別涉及評估下列項目：

- 環境與社會影響評估 (「ESIA」) 和環境管理方案 (「EMP」) 的範圍和內容。
- 環境授權狀態。
- 許可證和法定條件的合規性。
- 提供充足場地資訊時赤道原則的合規性。
- 重大環境和社會風險及責任，特定是與礦山關閉方面相關。

審計的地理範圍限於 Nkana 採礦權區域的採礦相關的設施和活動。

8.1.2 Nkana 擁有採礦權區域

8.1.2.1 開採基礎設施

Nkana 礦山經營四個礦井，為濃縮機提供礦石，包括：

- SOB，
- 中央，
- Mindola 的輔助垂直；以及
- Mindola 北部。

下列露天礦坑目前仍在運營並向 Nkana 過濾廠供應礦石：

- Mindola 北部 — 中部現有運營的露天礦石以及向北延伸的礦石；
- 區域 A— 深度延長大約 30m 的淺礦坑，位於 Mindola 北部的南方。在側面，礦坑延伸至現有的 Mindola 北部礦坑。
- 區域 E — 以前礦坑端部正在開展的延伸工作。
- 區域 D 露天礦坑，目前正在採礦。
- 區域 J 正在開發露天礦坑，在年底之前開始開採礦石。

對區域 K 和頭部地區建議的露天礦坑運營進行審查。

在中央礦井的上部執行浸出作業，進出溶液運送到地表的溶劑萃取廠。該運營目前正在進行護理和維護，原因是全球市場銅價格下跌。計劃在年底前恢復運營。

礦排水產生的水輸送到中央礦井和 Mindola 輔助豎井的表面，每天分別運輸 37 000m³和 45 000m³。中央礦井的大部份水都用作冶金廠（鈷廠、濃縮機和 Nkana 浸取廠）的生產用水。在獲得允許的情況下，多餘的水以及工廠廢水排放到 Uchi 河。在獲得允許的情況下，Mindola 輔助豎井的水排放到 Mindola 河。

8.1.2.2 廢礦堆

在 Nkana 礦山目前有三個廢石堆 (「WRD」) 以及三個剝離岩土堆，分別是：

- WRD 14 — 這是 Mindola SV 和 Mindola 北部礦井的廢石存儲處。目前通過濃縮機回收部份礦化廢石；
- WRD 28 — 用於中央礦井的廢石，大部份都可以回收用作建築骨料；
- WRD 42 — 用於 SOB 礦井的廢石，大部份都可以回收用作建築骨料；
- 剝離岩土堆 63 — 用於 Mindola 露天礦坑的剝離岩土材料；
- 剝離岩土堆 70 — 用於區域 D 露天礦坑的剝離岩土材料；
- 剝離岩土堆 53C — 存儲區域 E 露天礦坑擴展區的剝離岩土材料。

區域 A 礦坑的剝離岩土堆材料傾倒至 Mindola 露天礦坑的已採完部份，作為回填。區域 A、D 和 J 的頂層土壤堆放到臨時廢物堆，用於各個礦坑區域關閉後恢復使用。

8.1.2.3 礦渣儲存設施

Nkana 礦山目前有四個 TSF，分別為：

- TSF 15A – 濃縮機的尾礦與浸取作業的浸取殘留物結合到一起，並通過三個配送系統運送至 TD15A，用於回收建設大壩壁或堆放到大壩灘上。自從 2010 年 11 月開始的 128,730,519 噸，TD15A 不斷累積尾礦物質。
- TSF 15 – 大壩已退役，並且自 1978 年開始無礦床。大壩要求安全人員持續監控，以避免非法清除大壩東側 Mindola 河的防洪堤碎石。碎石挖掘機違規作業留下的礦坑的回填，並定期執行一些路線的關閉。大壩的總噸位大約為 33,930,000 噸。
- TSF 52 – 大壩已退役，並且自 2002 年開始無礦床。在 2002 年，該廢料堆最後一次用作緊急存儲處。該大壩被認為是銅的來源。廢料堆的總噸位大約為 6,604,000 噸。正在實施處理尾礦的項目。
- TSF 68 – 大壩已退役，並且自 1986 年開始無礦床。該大壩被認為是鈷的來源，因為其大部份材料源於 Nkana 礦山上一個業主的熔爐渣的加工。廢料堆的總噸位大約為 549,000 噸。

8.1.2.4 加工設施

Mopani 經營 Nkana 的以下三個冶金加工設施：

- 濃縮機處理地下礦石以生產銅和鈷精礦。銅精礦運送到 Mufulira 冶煉廠，鈷精礦運送到鈷廠進行加工。
- Nkana 鈷廠通過焙燒鋁、浸取和 Electrowin 冶金流程生產鈷金屬。運送到工廠的鈷硫化物原料的鈷/銅比例為 4:1。爲了生產鈷金屬，首先通過 EW 剝離鈷承載加工溶液中的副產品銅。爲了提高銅和鈷的回收效率，2007 年為鈷廠建立了一個溶劑萃取廠。這將能夠生產出口級別的鈷和銅，以前工廠銅礦的生產品質低，不得不運送到 Mufulira 冶金廠進行冶煉和精煉。
- Nkana 浸取廠加工露天礦坑的氧化銅礦石，浸取溶液運送到鈷廠與鈷廠的自身的銅/鈷溶液以及中央礦井的浸取溶液共同加工。

鈷廠和 Nkana 浸取廠的浸取殘留物泵送至濃縮機以運送到 TSF15A，與濃縮機尾礦共同處理。在排放前，冶金廠的廢水主要進行回收。但是，在獲得許可的情況下，一些聯合加工廢水通過濃縮尾礦濃縮機設施排放到 North Uchi 河排水管中，或在可行的情況下，部份泵送到 TSF15A。

8.1.2.5 額外場地基礎設施

主要輔助和配套設施包括：

- 工程工作坊；
- 分析實驗室；
- 供電和供水系統；
- 支援礦山運營的機車；
- 用於廠房的飲用水生產的水加工廠；
- 礦山醫院；
- 衛星診所；以及
- 小學和中學。

8.1.3 評審的資訊來源

審核基於的資訊來源包括：

- 向 GAA 提供的場地文件；
- 在 2010 年 12 月 6 日，GAA 與現場人員的訪談；
- 在 2010 年 12 月 6 日 GAA 現場參觀時的觀察結果。

將在下面進一步討論這些來源。

8.1.3.1 場地文件

為 Nkana 礦山提供背景的現場文件包括：

- 在 2008 年 1 月 – 6 月到 2010 年 1 月 – 6 月由 Mopani SHE 部門編寫的 Nkana 礦山半年一次的環境報告。
- 各種利益相關者投訴報告，包括礦山回覆。
- ECZ 向 Nkana 礦山頒發的許可（總共 94 個）
- Scott Wilson Piésold Zambia Limited Ltd 編寫的 Nkana 礦山應急準備和響應計劃（2006 年 1 月）。
- Scott Wilson Ltd 編寫的 Nkana 礦山更新的全球環境管理計劃（2009 年 6 月）。
- SRK（2003 年 7 月）編制的 Nkana 礦山環境影響陳述，包括：
  - 第 1 卷：影響評估；以及
  - 第 2 卷：環境管理計劃
- Nkana 礦山的以下監控資料和報告：
  - 銅和鈷綜合利用車間、浸取廠和中央礦井浸取的酸性監控資料；
  - 2010 年 8 月 6 日為 Mindola SV 中央主礦頂部收集的比重測定（降塵）資料；
  - 2010 年 11 月 Mopani SHE 部編寫的區域「K 和頂部」露天礦坑開採的噪音調查報告。
  - 2010 年每天水品質監控報告（每月核對）。
- 2009 年 12 月 9 日的 ECZ 環境審核跟進報告和信函（2007 年開展的 Nkana 礦山 ECZ 環境審核記錄的跟進違規）。
- Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的有害物質管理程序：2005 年 1 月 18 日的 MCM 程式 PRO012 – 版本 1。
- Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的廢棄物管理程序：2005 年 4 月 18 日的 MCM 程式 PRO016 – 版本 1。

8.1.3.2 會見場地人員

下列場地人員參加了審核會面和場地參觀：

- 礦山技術經理；
- 環境監管員（Nkana 和 Mufulira 礦山）；
- 安全經理；
- 企業事務經理；
- 安全、健康和環境經理。

8.1.3.3 參觀的場地區域

Nkana 礦山許可在 2010 年 12 月 6 日實施。重點放到參觀許可的特定區域以及設施，當提出可能嚴重的環境責任時，在現場和/或現場訪談中發現。

8.1.4 審核限制

該報告基於有經驗的 GAA 員工對 Nkana 礦山運營的整體概述。該審查涉及旅途中對礦山的一日參觀，可用文件的鑒定和審查，與主要員工的討論以及最關心區域的參觀。因此，評審僅聚焦於關鍵的環境和社會問題，以識別可能產生重大責任的風險。已經盡可能使用現有文件作爲得出結論的依據。

8.1.5 審核結果

在隨後的內容中提供 Nkana 運營和活動的環境審計結果。

8.1.5.1 法定條件的合規性

ECZ 執行礦山的定期許可檢查。一般這些事務每年進行一次。2009 年檢查包括 Mopani 處理 2007 年和 2008 年檢查的重大發現問題而採取的糾正措施評審。在現場參觀時，2010 年未進行檢查。隨後，我們得到通知，ECZ 在 2010 年 12 月下旬進行現場參觀，該結果用於評估 2011 年許可申請。12 月執行的 ECZ 每年檢查報告已經收到（報告日期 2011 年 2 月 7 日，參考編號 ECZ/FAC/103/12/M/5）。沒有重大不利評論。2011 年 2 月 3 日的 ECZ 信函確認 Mopani 已經頒發了所申請的 2011 年許可。

Nkana 礦山的環境許可條件比較廣泛，包括八個具體要求：

- 化學物品的進口、運輸和儲存；
- 採礦廢物管理（尾礦、廢棄岩石和剝離岩土）；
- 生活/工業廢棄物的管理（產生、儲存和運輸）；
- 礦渣運輸；
- 有害廢棄物（廢舊機油、廢舊熒光燈管、廢舊電池和廢舊機油篩檢程式）的管理；
- 衛生廢棄物的管理；
- 空氣排放；以及
- 污水排放

2009 年 ECZ 檢查報告顯示了最近處理的大部份調查結果。根據 EMP 承諾和 ECZ 批准條件，Scott Wilson Ltd（2010 年 7 月）執行了 Nkana 礦山的環境保護基金的審計。審查報告顯示該礦山遵守了其大部份承諾。不符合 Scott Wilson Ltd 審計的區域可能對 Nkana 運營以及滿足赤道原則和 IFC 造成風險，包括；

- 有時，在六個許可排放口中的兩個的一些參數超出了允許的排放限制。
- 由於酸工廠關閉，鈷廠焙燒鋁的 SO_2 排放超出限值。

8.1.5.2 污水排放對河水質量的影響

雖然從 Kafue 河抽水滿足硬度敏感的加工要求，但主要通過中央礦井的地下水排水滿足 Nkana 礦山的工業用水要求。中央礦井的多餘水和 Mindola SV 礦井的水分別排放到 Uchi 和 Mindolo 河。

表 31（在 Scott Wilson 後，2010 年）表明地面水從 Nkana 礦山排放到當地河流，並指示污水品質監控資料是否符合水污染控制條例的表三中規定的管理限制（污水和廢水）（1993 年的 S172）。

- 污水從酸廠和鈷廠排放到 North Uchi 河，對 Nkana 礦山造成危險，即可能污染 North Uchi 河和排入的 Kafue 河。通過確保尾礦濃縮機溢出 pH 值至少為 8.5，在紙漿和焙燒之前將鈷廠濃縮物存放到蓋下，即可顯著消除該風險。
- 作為緩解措施，為 Nkana 浸取工廠建設了一個專用石灰廠以確保有效中和尾礦濃縮機 (「TT」) 浸取殘留物。視爲這樣將確保進入 North Uchi 的 TT 溢出廢水符合關於溶解銅、鈷和錳的規定。
- 作為緩解措施，在尾礦堆中清潔和儲存溢出的尾礦 (TD15A)。

表 31：Nkana 礦山的地表水排放總結

主要水源	排入水源	監控結果
北部露天礦坑、北部礦井、Mindola SV 礦井	Mindola 河	一般條件規範
中央礦井，濃縮機	Frikers 湖排放到 Luanshimba 河	條件規範
酸廠，鈷廠	Harrison 街排水口/North Uchi 河流入 Kafue 河	在多數情況下，不遵守。主要超出物提高了銅和鈷濃度
過濾廠	Kitwe 河	一般條件規範
TD15	Ichimpe 河	條件規範
TD15A	Fikondo 河	條件規範

8.1.5.3 礦渣管道溢出物

時間限制使 GAA 無法確認 15km 尾礦管道、加壓泵站和/或尾礦排出點的尾礦溢出區域。但是，這些溢出區域以前被 ECZ 確認為危險區域，在兩個相鄰的河流聚集處。在 TSF 西北部觀察到尾礦上層清水排入 Fikondo 和淤泥較小。

8.1.5.4 鈷廠的 SO_2 排放影響

由於進入焙燒爐的原料硫含量較低，鈷廠排放的廢氣直接進入大氣，而非經過酸廠，導致 SO_2 排放持續超出長期限值 1000 mg/Nm^3。這將對 Nkana 礦山運營產生顯著風險，特別是 ECZ 提出的解決該問題的截止日期已經過去。

表 32：Nkana 礦山運作與赤道原則和 IFC 要求的合規性

赤道原則	要求	合規等級	合規/違規原因
原則 1：評審和分類	項目是按潛在影響和風險的量級進行分類的。	合規	Nkana 是一座正在運作的礦山。礦山的環境許可證和許可條件基於 SRK 編制的 EIA（2003 年）。對於本 EIA，礦山被正確分類爲類別 A 專案，並相應準備了評估。
原則 2：社會和環境評估	要求處理施工、運作和關閉影響及風險的社會和環境評估程序。需要恰當和可行的緩解措施。	合規	2009 年 Scott Wilson 完成類別 A 的 EIA 和各種 EMP，包括最近更新的全球 EMP。2007 年 Copperbelt 大學的城市和地區研究系編制了社會管理計劃，提供詳細的管理框架作爲促進可持續發展和減緩貧困的依據。更新的 EMP 和 SMP 提供了合適的基礎，讓公司與社區互動及承諾於可持續發展的實踐。
原則 3：相關社會和環境標準	IFC PS 1：社會和環境管理系統	違規	EMS 有進度但是不完整和未實施。 公司具有足夠的實力進行社會影響管理，具體由企業事務經理負責。
	IFC PS 2：勞動和工人狀況	-	環境、退休和節約行動計劃中處理勞動規範。計劃會處理： ■ 裁員的好處和輔導（在裁員前的輔導要求） ■ 多種技能和培訓（培訓的目的在於幫助被裁和/或退休的人員維持謀生能力）。 ■ 當地雇用（當地雇用戰略，包括「僑胞更換戰略」和確保發展自己的勞動力以及承包商勞動的計劃）。 設置特定績效標準，以監控計劃的效率。其中包括 Mufulira 雇用的許多人員，不同類別雇用的許多人員，尚比亞勞工取代的許多僑胞，以及實施人力資源發展計劃。
	IFC PS3：一般要求	不適用	不適用
	IFC PS 4：社區健康、安全和保護 – 社區健康和安全	合規	Nkana SMP 中包括健康和福利行動計劃。該計劃可以使公司在工人和周邊社區之間參加抗擊 HIV/AIDS。制定了確認公司雇用的承包商遵循其 HIV/AIDS 政策的規定。 Scott Wilson（2009 年）的 EMP 中制定了其他社區健康管理承諾。主要與瘧疾介入相關。
	IFC PS 4：社區健康、安全和保護 – 保護	合規	具備出入管理。
	IFC PS 5：土地收購和自願定居 – 一般要求	合規	Nkana SMP 中包括土地使用和定居行動計劃。該計劃由若干組成部分構成： ■ 礦山表面與社區的邊界的界定和聯係以及後續聯係，以允許安全使用 MSA 中指定供社區使用的區域 ■ 對礦山週邊非正式定居發展的限制

			■ 防止採礦對社區的危害（包括標誌、出入控制、教育、認知、巡邏等） ■ 通過批準程序在 MSA 內進行季節性種植管理 ■ MSA 基於社區的自然資源管理（以下簡稱「CBNRM」）定居和目前土地使用者支援保護林地。協作政府的林業研究分部開展該計劃，包括提高意識、聯網和巡邏 ■ MSA 水體的使用管理，包括使用監控以及警告人們在潛在污染區域捕魚存在危險的標記（例如：尾礦壩） ■ MSA 中的出入道路維護和分界 ■ 可持續土地使用管理。包括與 DACO 和 FRD 關於培訓和待製定待認知項目的聯網 製定監控方案，其中包括對大量績效指標的跟蹤
	IFC PS 7：本土人員保護	不適用	■ 當地人員不會受到採礦活動的影響
	IFC PS 8：文化傳統 – 專案設計和執行中保護文化傳統	合規	■ 對擬新開發的地點（如 Far West 尾礦壩）尚未進行文化遺產評估
	IFC PS 8：文化傳統 – 專案的文化傳統使用	合規	■ 礦山不使用文化遺產資源
原則 4：行動計劃和管理系統	環境和社會行動計劃	合規	礦山的 SMP 包括一系列行動計劃，規定了要求的社會管理活動的細節以及職責和責任、時間框架及監控和評估計劃。行動計劃如下： ■ 就業（病退、退休和裁員）行動計劃 ■ 本地業務開發計劃 ■ 健康和福利計劃 ■ 物理架構計劃 ■ 土地使用和定居計劃 ■ 社區管理支持計劃

			■ 信息披露和諮詢計劃
原則 5：諮詢和披露	通過一種完整和恰當的方式，與受影響社區進行磋商。	合規	■ Nkana SMP 包括披露和諮詢行動計劃。計劃的目標是發展 Nkana 礦山和公衆之間的良好關係，以確保礦山和相關利益者之間的透明度。
原則 6：投訴機制	管理系統中需要有正式的投訴機制	合規	■ 具有正式的投訴程序
原則 7：獨立評審	與借方沒有直接關係的獨立社會和環境專家檢查評估、諮詢過程和赤道原則合規	合規	■ 開展獨立評審/審核。最近審核包括：JA Consultants (2008)；MCM (2009) Scott Wilson (2010)；
原則 8：契約	財務文件內將包括下列契約： 借方將： • 遵循所有東道國的社會和環境法律、法規和許可證； • 施工和運作期間在所有重大方面遵循行動計劃； • 提供報告（至少每年一次）以記錄遵循法律、法規和許可證；以及 • 設施根據約定退役計劃撤退	潛在規範	如果完全實施環境管理計劃和社會管理計劃，則專案似乎能夠滿足赤道原則要求。 有環保批文，尚比亞環境部已於 2004 年 4 月發放了批準文件。所有其它環境和社會批文均已具備，且都詳細附在 Nkana 最新 EMP (Scott Wilson, 2009) 中的表 3-3 內。 EMP 還規定了所有環境要求，是尚比亞環境委員會批准的條件，以及滿足各種條件以及是否一次完成或持續需要有管理行動。 EMP 的更新工作已完成。
原則 9：獨立監控和報告	由經驗豐富的獨立外部專家定期核對監控信息	合規	■ 第三方 EMP 審核由經過批準的獨立審核部門（2009 年為 African Mining Consultants，2010 年為 Scott Wilson）進行。可通過 EMS 的實施提高合規水平。

8.1.6 Nkana 的主要社會問題和風險

參照計劃中所符合的社會因素內容，如表 32 中所述，根據與 Nkana 人員的討論以及 Scott Wilson (2009) 近期的審核情況，茲給出以下意見：

- **社會評估（赤道原則 2）**：社會管理計劃未經審核，雖然該計劃的一些組成部分包括在更新的 EMP 之內，但是，沒有特定的監控要求。在下一年度的新方案中，需要將 SMP 包括在未來的審核範圍內，或完全結合到 EMP 中。

- **社會/環境許可（赤道原則 2）**：Mopani 似乎完全符合審批要求，具有全套和最新的批文清單以供審查（在最近的 Scott Wilson 2010 審核中，列出了 67 份批文）。

- **社區健康安全和保護（赤道原則 3 — IFC PS 4）**：Mopani 之前的礦山鎮區設有一所醫院和三家診所，以及四個廠區診所，每年的成本在 800 萬美元左右。免費向員工及其家人的所有成員和五歲以下兒童提供診所服務，向周邊社區的其他成員提供收費服務。

  公司支援持續的瘧疾控制計劃，不單對其員工並包括周邊社區。它涉及帶菌者綜合管理（以下簡稱「IVM」），是一種針對蚊子壽命周期每個階段的綜合性瘧疾計劃。公司就治療瘧疾的項目與政府部門和非政府組織進行了協調。公司政策是驗血確認所有瘧疾投訴，並開展瘧疾監控和報告。每年，公司的瘧疾控制承諾花費平均大約 100 萬美元。2010 年，在公司醫院和診所醫治的患者中，瘧疾的發病人數在 1000 人中約為 30 例左右（尚比亞國內的平均水平 1000 人中為 250 例）。資料來自位於 Mopani 處理 60 000 人流域內患者的診所（Kitwe）。

  公司還實施綜合性 HIV AIDS 管理計劃。這樣會涉及從預防到治療、護理和支援的各種活動。已經向政府提交 HIV AIDS 政策。已經實施廣泛培訓計劃培訓工作場所和社區的培訓人員、同等教育者、緩解護理提供者和社會必理諮詢者。工作包括與 Catholic Relief Services 以及 Comprehensive HIV AIDS Management Programme (「CHAMP」) 等在這方面有經驗的非政府組織合作。

  對於社區安全方面，周邊社區沒有因爲採礦以及與採礦相關的活動而直接造成人員死亡。自私有化以來，曾發生過一次嚴重的事故，因一台泵出現故障而導致酸洩漏，致使公司對社區的供水受到污染。這樣導致了許多人員住院和治療。儘管沒有人在這次事故中受到嚴重傷害，但要重新獲得社區的信任，我們還有大量的工作要做。

  制定了公司程式，以管理專業風險評估支援的緊急情況。

- **重新安置（赤道原則 3、IFC PS 5）**：自 Mopani 開始運營以來，就沒有重新安置的必要。未來的任何再安置都必須根據國際標準，在專家的協助下進行規划和實施。在現有安置的管理方面，SMP 中規定了大量的合規要求，此外還有具體的監控績效標準。在 SRK（2007 年）審核或最近的 Scott Wilson（2010 年）審核中都沒有詳細描述這些資訊，沒有向評審人員提供資訊以表明是否正在系統實施。

- **企業社會責任（赤道原則 3 和 4）**：已經建立了企業事務經理領導下的組織架構並配備了相關人員負責礦山的影響管理。公司參加鼓勵和方便當地企業發展的許多計劃。

- **諮詢和披露（赤道原則 5）**：公司已經採用了一套綜合性的後續流程。每個礦區的社區聯絡官已經任命，由其負責與鎮區聯系並向企業事務經理提供來自社區的反饋、要求和投訴。在各種方便位置向相關利益者提供反映表格，以提供公司評述。定期收集這些表格並輸入中央資料庫。

- **社區投訴（赤道原則 6）**：針對因礦山私有化所產生的社會問題，已經實施了 EMP 和 SMP。私有化導致了之前由 ZCCM 所提供的服務不再提供，或者在本地社區成員未繳納費用或未被礦山僱傭的情況下不予提供。公司事務經理清楚存在與一些政府服務私有化相關的遺留問題，例如衛生、住房和教育。社區可能預期未來礦山將提供這些服務。需要合適管理社區期望。

- **全面合規（社會）**：過去 5 年幾次審核符合 EMP。最近，Scott Wilson（2010 年）審核包括評審以前審核發現的問題以及後續符合 EMP 的最近獨立觀點。可以看出，Mopani 的績效評價較高，公司在所有列示的社會專案中達到 100% 的合規等級。

  上面的證據提供了 Mopani 正在遵循其管理社會問題以及促進私營公司合理預期極限之內可持續發展承諾的保證。上面所指的傳承問題推動的社區期望管理是影響礦山和社區之間長期關係的一個關鍵因素。企業事務經理的觀點是，通過社會投資項目，可以逐步改善與本地社區間的關係。

8.1.7 健康和安全

Mopani 的組織架構是，由行政總監（以下簡稱「CEO」）承擔整個安全、健康和環境（以下簡稱「SHE」）事務的管理職責。

根據情況而定，運作責任由相關首席官員及其相關直接經理、部門主管負責。其中的主導政策是 SHE 政策 (Pol 002)。

該政策的運作由 SHE 經理領導的 SHE 部門協調。

SHE 部門的主要職能可以總結包括下列內容；

- 給各部門提供關於安全、職業衛生和環保實踐方面適用或適當的專家建議和指導；
- 確保符合相關的 SHE 法規要求，而在沒有這方面的法規時，則以國際最佳實踐作為標準；
- 確保新項目的開發符合法律規定或國際最佳實踐；
- 在新員工上崗之前，為其提供必要的與 Mopani 運營有關的 SHE 規章方面的內部培訓；並且
- 推進 SHE 事務的持續改進程序，如 ISO14001 和 OHSAS18001 標準方面的內容；

  Nkana 的健康和安全統計見下表，表中結果顯示，2008 - 2010 間的誤工傷害 (「LTI」) 和死亡數字呈下降態勢。

表 33：Nkana 的受傷趨勢：2008 – 2010

	2008	2009	2010
LTI	175	106	97
NLTI	119	75	65
死亡人數	1	3	4

8.1.8 工業關係

自 2008 年以來，沒有出現包括罷工和怠工在內的勞動糾紛。礦區成立了兩個得到認可的工會組織：尚比亞工人聯盟（以下簡稱「MUZ」）以及國家礦山和工人聯合會（以下簡稱「NUMAW」）。總體來說，年薪和勞動條件談判進展順利，沒有發生意外。

8.1.9 總結陳述

在審查現場文件、與現場人員進行簡短交流以及查看了已知可能會造成環境影響的地點之後，對 Nkana 礦山的環境和社會管理審核得出了以下結論：

- Nkana 礦山的環保表現完全符合環保許可證和 EMP 條件的要求；
- 在符合法規要求和赤道原則方面一般超越許可條件和對 Nkana 礦山運作產生風險的環境影響包括：

- 排放到外部環境的廢水，尤其是由鈷礦廠（pH<8.5，銅和鈷濃度高）排放到 North Uchi 溪流並最終流入 Kafue 河的廢水。該風險的主要組成部分似乎可以通過一定手段消除，即保證尾礦的溢出增稠劑的 pH 值不低於 8.5，並在攪拌和烘乾前將鈷礦廠的濃縮物封存；
- 從尾礦管道、增壓泵站和/或尾礦溢漏點溢出的尾礦進入附近的兩條溪流；以及
- 鈷礦廠排出的廢氣被直接排放的大氣中而沒有經過酸洗處理。這使得 SO_2 的排放一直高於 1 000 mg/Nm^3 的長期上限。

- Mopani 正在遵循私營公司可以合理預期的限制之內其管理社會問題和促進可持續發展的承諾。
- 社區期望管理是影響礦山和社區之間長期關係的一個關鍵因素。

8.1.10 參考

- ECZ (2009)。2009 年 12 月 9 日的 ECZ 環境審核跟進報告和信函（2007 年開展的 Nkana 礦山 ECZ 環境審核中所記錄的違規情況跟進）。
- Mopani 銅礦 (2005a)。Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的有害物質管理程序：2005 年 1 月 18 日的 MCM 程式 PRO012 – 版本 1。
- Mopani 銅礦 (2005b)。Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的廢棄物管理程序：2005 年 4 月 18 日的 MCM 程式 PRO016 – 版本 1。
- Mopani SHE 部門 (2008 – 2010)。2008 年 1 – 6 月至 2010 年 1 – 6 月間輯錄的 Nkana 礦山環境問題半年報。
- Scott Wilson Piésold Zambia Limited Ltd.（2006 年 1 月）。Nkana 礦山應急準備和回應計劃。
- Scott Wilson Ltd（2009 年 6 月）。Nkana 礦山最新的全球環境管理計劃。
- SRK（2003 年 7 月）。Nkana 礦山環境影響陳述。
- SRK 提交的基線研究（2001 年）也用於確定哪些礦山資產被轉移到 Mopani 以及哪些礦山仍爲承擔歷史責任的以前所有人持有。
- 由 Scott Wilson Piesold Zambia Limited 出版的《TD15a 山坡穩定性分析報告》。
- 由 Scott Wilson Piesold Zambia Limited 出版的 《TD15a 2006 年應急準備和回應計劃》。
- 由 Scott Wilson Piesold Zambia Limited 出版的 《TD15a 2006 年操作和維護手冊》。
- 2007、2008、2009 和 2010 年第三方審核報告。

8.2 Mufulira

8.2.1 參考條款

該審核的主要目的在於確定 Mufulira 礦山運營有關的環境和社會影響以及相關方的關注問題。

這方面特別涉及評估下列項目：

- ESIA 和 EMP 的範圍和內容。
- 環境授權狀態。
- 許可證和法定條件的合規性。

- 提供充足場地資訊時赤道原則的合規性。
- 重大環境和社會風險及責任，特定是與礦山關閉方面相關。

審核的地理範圍限於 Mufulira 礦山授權經營區內的採礦設施和活動。

8.2.2 Mufulira 礦山設施

Mufulira 礦山授權區域內度採礦架構由以下組成：

- 中心礦區；
- Mufulira 東側礦區；
- Mufulira 西側礦區；以及
- 浸取採礦。

Mufulira 礦山授權區域內的加工設施包括：

- Mufulira 選礦機；
- Mufulira 煉製廠；
- Mufulira 精煉廠；
- 三個 SX 廠；
- 過濾廠；
- Mufulira 東側堆浸廠（已廢棄）；以及
- Mufulira 西側堆浸廠。

Mufulira 礦山授權區域內的殘留礦石包括：

- WRD 11；
- WRD 13（可作為 Mufulira 西側堆浸廠的礦石資源）；
- WRD 14（由一家私營承辦商經過再加工後作為建築材料）；
- WRD 17（目前常規地下作業所產生的廢石塊的主要處理地點）；
- 礦渣傾倒點 1（幾近飽和，僅供緊急傾倒）；
- 礦渣傾倒點 2（目前正在使用）；
- 尾礦傾倒點 3 (TD 3)（目前未堆積）；
- TD 4 及 TD 5（目前尚未使用）；
- TD 11（是 Mufulira 目前唯一活動的尾礦）；

與 Mufulira 採礦和加工作業有關的支持架構包括：

- 車間；
- 中央堆場；
- 實驗室；
- 修理場，以及
- 位於廠區和當地鎮區內的醫院和衛星診所。

8.2.3 評審的資訊來源

審核基於的資訊來源包括：

- 向 GAA 提供的場地文件；
- 2010 年 12 月 7 日與現場人員的交談，以及
- 2010 年 12 月 7 日到訪現場期間的 GAA 觀察。

將在下面進一步討論這些來源。

8.2.3.1 場地文件

提供 Mufulira 礦山背景的現場文件包括：

- SRK（2003 年 7 月）編制的 Mufulira 礦山環境影響陳述，包括：
  - 第 1 卷：影響評估；以及
  - 第 2 卷：環境管理計劃。
- 由 Scott Wilson Ltd 出版的《Mufulira 礦山現場最新全球環境管理計劃》（2009 年 6 月）。
- ECZ 發放給 Mufulira 礦山的批文和許可證。

8.2.3.2 會見場地人員

下列場地人員參加了審核會面和場地參觀：

- 礦山技術經理；
- 環境監管員（Nkana 和 Mufulira 礦山）；
- 首席加工負責人；
- 安全、健康和環境事務經理
- 安全經理；以及
- 企業事務經理。

8.2.3.3 參觀的場地區域

對 Mufulira 礦山授權經營區的現場訪問是於 2010 年 12 月 7 日進行的，其重點在於現場文件和/或現場交流中所提到的、具有潛在重大環境責任關切的具體授權經營區域和設施。

8.2.4 審核限制

本報告是以 GAA Associates 人員對 Mufulira 礦山經營活動的綜合性觀點為依據的。檢查內容包括對礦區一天的訪問，這一天的時間分為旅程、查驗現有文件、與主要人員交談以及查看最受關切的現場情況。因此，評審僅聚焦於關鍵的環境和社會問題，以識別可能產生重大責任的風險。已經盡可能使用現有文件作爲得出結論的依據。

8.2.5 審核結果

對 Mufulira 經營活動的環境審核結果詳見下文：

8.2.5.1 許可條件的合規性

尚比亞環保局負責對礦山的許可項目進行定期檢查。一般這些事務每年進行一次。2010 的檢查目前正在進行中（2010 年 12 月），所發現的問題將用於 2011 年許可證的發放。2009 年檢查包括 Mopani 處理 2007 年和 2008 年檢查的重大發現問題而採取的糾正措施評審。

Mufulira 礦山的許可條件相當廣泛，共包括八項具體要求：

- 化學物品的進口、運輸和儲存；
- 採礦廢棄物的管理（尾礦、廢石塊和礦渣（超量））。
- 生活/工業廢棄物的管理（產生、儲存和運輸）；
- 礦渣運輸；
- 有害廢棄物（廢舊機油、廢舊熒光燈管、廢舊電池和廢舊機油篩檢程式）的管理；
- 衛生廢棄物的管理；
- 空氣排放；以及
- 污水排放

兩處地點的風險區域主要和廢水排放有關，兩個礦區排出廢水的某些參數以及 SO_2 排放有時會超標。Nkana 的 SO_2 排放主要是因為烘乾設備的劣質排放氣體所致，這些氣體無法在現有的酸洗廠進行處理。Mufulira 的 SO_2 回收水平目前為 51%（2010 年平均水平），目標值為 50%，在煉製廠升級項目三期工程於 2015 年完工後，預計回收水平將提高至 97%。該項目中將包括興建第二座酸洗廠。

- SO_2 超過長期法定上限；
- 排放廢水的水質超標，尤其是 TD 11 排放中的 Mn 含量。從礦區界限處流出的混合水流的水質符合要求；且
- 已經安裝了一個中和池，用以將水的 pH 值提高至 9 以上，以便將更多的 Mn 離子沉澱，從而減少其在排放廢水中的濃度。目前該中和池已投入使用。

Scott Wilson Ltd（於 2010 年 7 月）對照 EMP 承諾和 ECZ 批準條件，對 Mufulira 礦山的表現進行了一次環保基金審核。該礦符合絕大多數規定的要求。

Scott Wilson Ltd 在審核中發現的不符項中，對 Mufulira 礦山的運營以及遵守赤道原則和 IFC 要求有風險的方面包括：

- 在某些情況下，礦區所排放的廢水水質超過了礦區的允許值，儘管最終的排放（在礦區界限處）是符合要求的。Scott Wilson（2010 年 7 月）的報告說，該要求/承諾的合規率達 80%；

- 中和廠所產生的大量殘液造成了某些低 pH 值 (pH<8.5) 的液體溢漏，並提高了排入到尾礦溪流中的 Mn 含量（合規率為 80%），從而造成尾礦壩的排放物合規率低 (80%)；並且
- 如上所述，新增加的中和池可以改善 pH 值，並降低排水中的 Mn 含量。我們應當能夠達到 80% 以上的合規率；
- 煉製廠的 SO_2 排放超過率所規定的長期排放水平（合規率為 60%）。Mufulira 已經開始了一項徹底的煉製廠升級項目，目標是把 SO_2 和粉塵排放降低到可接受的水平。煉製廠升級項目 三 期工程的實施可以解決煉製廠轉化裝置以外的 SO_2 和粉塵排放問題。該項目將於 2015 年竣工。

影響和風險方面的問題將在下文中進一步討論。

8.2.5.2 Mufulira 的主要環境問題和風險

污水排放對河水質量的影響

Mufulira 生產的大部分用水都是地下水，儘管也可以從位於 Mufulira 溪流上的三個攔水壩抽水。這些攔水壩可以將水蓄在敏感礦洞位置的上游。部分越過礦洞位置抽取的水主要用作採礦作業的用水，或經 Mulonga Water and Sewerage Company（以下簡稱「MWSC」）處理後供當地飲用。

廠礦的地表水通過露天水泥管網導流，流入 Kankoyo 和 Norries 下水道，然後匯合形成礦區的主下水道。礦區主下水道先通過一連串的石籠沉澱結構，然後再排入 Mufulira 溪流，即礦洞位置繞流系統的下游。Mufulira 溪流向南流入 Kafue 河。以上每個出口每天都會受到監控，超標情況每半年都會向 ECZ 和 MSD 報告。

圖 72：離開廠區的廢水固體沉澱池塘

根據 Scott Wilson Ltd（2010 年 7 月）的觀察和我們在本次審核時間內的有限觀察，Mufulira 的廢水管理看起來還是相對不錯的。高濃度液體是加蓋的，從而減少了濺出，而且傾斜重物的高度都相對較低。

Scott Wilson Ltd 在審核前檢查了過去 12 個月的地表水監測結果，並確認從礦區排出的最終水質符合第三張表中的尚比亞《水污染（污水及廢水）控制法規》（1993 版 SI 72）。不過，需要注意的是，礦區邊界線的個別監測位置顯示總計懸浮固體物（以下簡稱「TSS」）、Fe、Cu 和 Mn 有超標情況。這些超標情況應予以調查，因為它會給 Mufulira 礦山帶來風險。

為降低向河流中排放方面的風險，Mulonga 水處理廠所提供的方法是用泵將目前排入工廠下水道並流入濃縮尾礦增稠裝置的回流水抽取至於 2011 年 2 月竣工的 TD11 進行處理，預計這將會改善從工廠排放到 Mufulira 溪流中的廢水的水質。

尾礦和殘液影響管理

唯一處於工作狀態的尾礦壩 TD11 包括中若干較小、較舊的壩。這裏排出的廢水要經過西南角的流道。

對廢水排放對監控結果（Scott Wilson Ltd，2010 年 7 月）顯示，水質基本上符合許可證所規定的排放上限，只有 Mn 含量超標。

Mn 含量高是因為有大量的殘液被排放到 TD11，而且中和廠缺乏足夠的池容量來確保尾礦固體物中的金屬沉澱。GAA 瞭解到，礦方已開始採取補救行動來消除這一影響。

增加的中和池應當有助於廢水中的 Mn 含量。

為消除這些風險，Mufulira 採取了以下行動：

- 著手安裝自動化 pH 控制係統監測殘液，以提高中和的有效性（2011 年完成）；並且
- 著手在 TD11 攔水壩周圍將來不會堆放尾礦的地方種植植被，如南岸。自最近兩個雨季以來，正在加強年度種植的比例和範圍。

Mufulira 煉製廠 SO_2 和粉塵排放的影響

Mufulira 煉製廠是升級項目的一個主要環節，它既能夠消除加工瓶頸，又能夠將空氣排放質量降到一個可接受的水平。ECZ 於 2007 年作出的正式決定允許 Mufulira 修訂在煉製廠升級項目中的 SO_2 回收下限，從最初核准的 55% - 59% 的目標值降低到 50%。這個修訂期（或穩定期）到 2015 年結束。提供給審核方的監測數據顯示，SO_2 回收率平均來看是符合要求的。

Mufulira 煉製廠第 1 和第 2 期升級項目已經開始實施。升級包括安裝一套新的 Isasmelt 熔煉爐、靜電沉澱裝置（以下簡稱「ESP」）、濃縮庫改造、氧氣廠、冰銅沉澱電爐、酸洗廠（單接觸單吸收）、陽極爐和鑄造區升級，以及廠區服務升級。Isasmelt 熔煉爐已於 2006 年安裝調試完成。

三期項目包括轉換裝置的升級（新的轉換裝置將於 2011 年 12 月安裝，並在 2012 年 12 月前安裝第二套新轉換裝置）以及興建第二座（雙接觸式）酸洗廠。新轉換裝置中的氣體清潔艙將用於蒐集逃逸氣體，然後將其送入廢氣系統進行清潔和冷卻。

尚比亞空氣污染管理法（1996 年版 SI 141 中的表 1）規定，大氣環境中 SO_2 的規定上限為 125 微克/m^3/ 24 小時，該規定也適用於 Mufulira 礦區工廠的週邊區域。平時的空氣環境是由設在廠區邊界線外部的四個長期地點（診所）進行監測的。在這四個診所中，有三個偶爾會發現超標的情況，但月度平均值在限定值以下。

消除這些環境風險的措施有：

- 在礦區主下水道對固體沉澱池的入口處正在修建一套煉製廠絮凝劑系統，該系統將於 2011 年 4 月底竣工。預計它將能改善排入到 Mufulira 溪流中的廢水水質；
- 在 TD11 傾倒場附近區域種植植被的工作已經啓動，意味著這裏將來不會再有尾礦，如南岸區域。自最近兩個雨季以來，一直在加強年度種植的比例和範圍。製定了傾倒場的操作和維護手冊，用以指導傾倒場的選礦機管理。此外還與外部的廢棄物傾倒顧問定期會商 ；以及
- Mopani 符合經 ECZ 批准的 EMP 中所規定的排放要求。2011 年所有的 ECZ 許可已由 ECZ 發放，而且正在 ECZ 的辦理過程中。

總之，Mopani 已經採取了一種主動的方式來應對 Mufulira 煉製廠所產生的 SO_2 和粉塵的嚴重威脅。採用新的轉換裝置以及興建第二座酸洗廠應當能夠大大降低排放水平，並使礦山能夠符合長期的排放限定值。

表 34：Mufulira 礦山運作與赤道原則和 IFC 要求的合規性

	要求	合規等級	合規/違規原因
原則 1：評審和分類	項目是根據潛在影響和風險的量度進行分類	合規	Mufulira 是一座正在運作的礦山。礦山的環境許可證和許可條件基於 SRK 編制的 EIA（2003 年）。對於本 EIA，礦山被正確分類爲類別 A 專案，並相應準備了評估。
原則 2：社會和環境評估	要求處理施工、運作和關閉影響及風險的社會和環境評估程序。需要有恰當和可行的緩解措施。	合規	2009 年 Scott Wilson 完成類別 A 的 EIA 和各種 EMP，包括最近更新的全球 EMP。2007 年 Copperbelt 大學的城市和地區研究系編制了社會管理計劃，提供詳細的管理框架作爲促進可持續發展和減緩貧困的依據。更新的 EMP 和 SMP 提供了合適的基礎，讓公司與社區互動及承諾於可持續發展的實踐。
原則 3：相關社會和環境標準	IFC PS 1：社會和環境管理系統	違規	EMS 有進度但是不完整和實施。 公司具有足夠的實力進行社會影響管理，具體由企業事務經理負責。
	IFC PS 2：勞動和工人狀況	-	環境、退休和節約行動計劃中處理勞動規範。計劃會處理： 辭退和/或退休人員的福利和輔導（辭退前的輔導要求）。 多種技能和培訓（培訓的目的在於幫助被裁和/或退休的人員維持謀生能力）。 當地雇用（當地雇用戰略，包括「僑胞更換戰略」和確保發展自己的勞動力以及承包商勞動的計劃）。 設置特定績效標準，以監控計劃的效率。其中包括 Mufulira 雇用的許多人員，不同類別雇用的許多人員，尚比亞勞工取代的許多僑胞，以及實施人力資源發展計劃。
	IFC PS3：一般要求	不適用	不適用
	IFC PS 4：社區健康、安全和保護 – 社區健康和安全	合規	Mufulira SMP 中包括健康和福利行動計劃。該計劃可以使公司在工人和周邊社區之間參加抗擊 HIV/AIDS。制定了確認公司雇用的承包商遵循其 HIV/AIDS 政策的規定。 Scott Wilson（2009 年）的 EMP 中制定了其他社區健康管理承諾。主要與瘧疾介入相關。
	IFC PS 4：社區健康、安全和保護 – 保護	不適用	未評估。
	IFC PS 5：土地收購和自願定居 – 一般要求	合規	Mufulira SMP 中包括土地使用和定居行動計劃。該計劃由若干組成部分構成： 礦山表面與社區的邊界的界定和聯係以及後續聯系，以允許安全使用 MSA 中指定供社區使用的區域。 對礦山周圍非正式定居發展的限製； 防止採礦對社區的危害（包括標誌、出入控制、教育、認知、巡邏等）；

			通過批準程序在 MSA 內進行季節性種植管理； MSA 基於社區的自然資源管理（以下簡稱「CBNRM」）定居和目前土地使用者支援保護林地。協作政府的林業研究分部開展該計劃，包括提高意識、聯網和巡邏。 MSA 水體的使用管理，包括使用監控以及警告人們在潛在污染區域捕魚存在危險的標記（例如：尾礦壩）。 MSA 中的出入道路維護和分界。 可持續土地使用管理。包括與 DACO 和 FRD 關於培訓和待製定待認知項目的聯網 製定監控方案，其中包括對大量績效指標的跟蹤。
	IFC PS 7：本土人員保護	不適用	當地人員不會受到採礦活動的影響。
	IFC PS 8：文化傳統 – 專案設計和執行中保護文化傳統	合規	沒有文化遺產受到影響。
	IFC PS 8：文化傳統 – 專案的文化傳統使用	合規	礦山沒有使用文化遺產資源。
原則 4：行動計劃和管理系統	環境和社會行動計劃	合規	礦山的 SMP 包括一系列行動計劃，規定了要求的社會管理活動的細節以及職責和責任、時間框架及監控和評估計劃。行動計劃如下： 就業（病退、退休和裁員）行動計劃 本地商業發展計劃； 健康和福利計劃； 物理架構計劃； 土地使用和定居計劃； 社區管理支持計劃； 披露和諮詢計劃。
原則 5：諮詢和披露	通過一種完整和恰當的方式，與受影響社區進行磋商	合規	Mufulira SMP 包括披露和諮詢行動計劃。計劃的目標是發展 Nkana 礦山和公衆之間的良好關係，以確保礦山和相關利益者之間的透明度。
原則 6：投訴機制	管理係統中需要有正式的投訴機制	合規	有正式的投訴程序。
原則 7：獨立評審	與借方沒有直接關係的獨立社會和環境專家檢查評估、諮詢過程和赤道原則合規	合規	開展獨立評審/審核。最近審核包括：JA Consultants (2008)；MCM (2009) Scott Wilson (2010)；

原則 8：契約	財務內將包括下列契約： 借方將： 遵循所有東道國的社會和環境法律、法規和許可證； 施工和運作期間在所有重大方面遵循行動計劃； 提供報告（至少每年一次）以記錄遵循法律、法規和許可證；以及 設施根據約定退役計劃撤退	潛在規範	如果完全實施環境管理計劃和社會管理計劃，則專案似乎能夠滿足赤道原則要求。 有環保批準，尚比亞環境部已於 2004 年 4 月發放了批準文件。所有其它環境和社會批文均以具備，且都詳細附在 Mufulira 最新 EMP (Scott Wilson, 2009) 中的表 3-3 內。 EMP 還規定了所有環境要求，是尚比亞環境委員會批准的條件，以及滿足各種條件以及是否一次完成或持續需要有管理行動。 需要每年對 EMP 進行更新，2010 的更新工作正在進行中。
原則 9：獨立監控和報告	由經驗豐富的獨立外部專家定期核對監控信息	部分合規	獨立審核涵蓋基本合規項，但並非完全包含。需要通過 EMS 的實施來解決。第三方 EMP 審核由經過批準的獨立審核部門（2009 年為 AMC，2010 年為 Scott Wilson）進行。

8.2.5.3 Mufulira 的主要社會問題和風險

Mufulira 礦山的社會影響管理依據兩份主要文件：

- 由 Scott Wilson（2009 年）準備的最新全球環境管理計劃，其中包括了之前 EMP 的所有相關承諾；
- 由 Copperbelt 大學城市和區域規劃系譔寫的礦區生活社會管理計劃（2007 年）。

參照計劃中所符合的社會因素內容，如表 1 中所述，根據與 Mufulira 人員的討論以及 Scott Wilson (2009) 近期的審核情況，茲給出以下意見：

- **社會評估（赤道原則 2）**：社會管理計劃未經審核，雖然該計劃的一些組成部分包括在更新的 EMP 之內，但是，沒有特定的監控要求。在下一年度的新方案中，需要將 SMP 包括在未來的審核範圍內，或完全結合到 EMP 中。
- **社會/環境許可（赤道原則 2）**：Mufulira 似乎完全符合審批要求，具有全套和最新的批文清單以供審查（在最近的 Scott Wilson 2010 審核中，列出了 67 份批文）。
- **社區健康安全和保護（赤道原則 3 - IFC PS 4）**：Mufulira 之前的礦山鎮區設有一所醫院和三家診所，以及四個廠區診所，每年的成本在 800 萬美元左右。免費向員工及其家人的所有成員和五歲以下兒童提供診所服務，向周邊社區的其他成員提供收費服務。

  公司支援持續的瘧疾控制計劃，不單對其員工並包括周邊社區。它涉及帶菌者綜合管理（以下簡稱「IVM」），是一種針對蚊子壽命周期每個階段的綜合性瘧疾計劃。公司將自己的瘧疾治療項目與政府和非政府部門的活動進行了協調。公司政策是驗血確認所有瘧疾投訴，並開展瘧疾監控和報告。每年，公司的瘧疾控制承諾花費平均大約 100 萬美元。2010 年，在公司醫院和診所醫治的患者中，瘧疾的發病率從 2001 年的 90 例/1000 人下降到了 30 例/1000 人左右（尚比亞全國瘧疾發病率為 250 例/1000 人）。資料來自位於 Mopani 處理 60,000 人流域內患者的診所取得（Kitwe）。

  公司還實施綜合性 HIV AIDS 管理計劃。這樣會涉及從預防到治療、護理和支援的各種活動。已經向政府提交 HIV AIDS 政策。已經實施廣泛培訓計劃培訓工作場所和社區的培訓人員、同等教育者、緩解護理提供者和社會必理諮詢者。工作包括與 Catholic Relief Services 等在這方面有經驗的非政府組織合作。

  對於社區安全方面，周邊社區沒有因爲採礦以及與採礦相關活動而直接造成的人員死亡。自私有化以來，曾發生過一次嚴重的事故，因一台泵出現故障而導致酸洩漏，致使公司對社區的供水受到污染。這樣導致了許多人員住院和治療。儘管沒有人在這次事故中受到嚴重傷害，但要重新獲得社區的信任，我們還有大量的工作要做。

  制定了公司程式，以管理專業風險評估支援的緊急情況。
- **重新安置（赤道原則 3、IFC PS 5）**：自 Mufulira 開始運營以來，就沒有重新安置的必要。未來的任何再安置都必須根據國際標準，在專家的協助下進行規劃和實施。在現有安置的管理方面，SMP 中規定了大量的合規要求，此外還有具體的監控績效標準。在 SRK（2007 年）審核或最近的 Scott Wilson（2010 年）審核中都沒有詳細描述這些資訊，沒有向評審人員提供資訊以表明是否正在系統實施。
- **企業社會責任（赤道原則 3 和 4）**：已經建立了企業事務經理領導下的組織架構並配備了相關人員負責礦山的影響管理。公司參加鼓勵和方便當地企業發展的許多計劃。這包括一系列項目，其中有 SMP 中《僱傭、退休和辭退行動計劃》項下所推行的基礎設施（如供水）和農業項目。這些項目中有各種活動，包括對退休務農的人員的有效培訓、財務培訓以及對物資和基礎設施的資助。Makumbi 農場就是一個很好的例子。
- **諮詢和披露（赤道原則 5）**：公司已經採用了一套綜合性的後續流程。每個鎮區的社區聯絡官已經任命，由其負責與村民聯系並向企業事務經理提供來自社區的反饋、要求和投訴。在各種方便位置向相關利益者提供反映表格，以提供公司評述。定期收集這些表格並輸入中央資料庫。

- **社區投訴（赤道原則 6）**：針對因礦山私有化所產生的社會問題，已經實施了 EMP 和 SMP。私有化導致不再提供之前由 ZCCM 所提供的服務，或者在本地社區成員未繳納費用或未被礦山僱傭的情況下不予提供。公司事務經理清楚存在與一些政府服務私有化相關的遺留問題，例如衛生、住房和教育。社區可能預期未來礦山將提供這些服務。需要合適管理社區期望。

- **全面合規（社會）**：過去 5 年幾次審核符合 EMP。最近，Scott Wilson（2010 年）審核包括評審以前審核發現的問題以及後續符合 EMP 的最近獨立觀點。可以看出，Mopani 的績效評價較高，公司在所有列示的社會專案中達到 100% 的合規等級。不過，根據現有的文件，尚不清楚公司是否完全符合 SMP 中對管理社會影響所作對所有承諾。這一點在 EMP 的年度更新中需要修正。

  上面的證據提供了 Mopani 正在遵循其管理社會問題以及促進私營公司合理預期極限之內可持續發展承諾的保證。上面所指的傳承問題推動的社區期望管理是影響礦山和社區之間長期關係的一個關鍵因素。企業事務經理的觀點是，通過社會投資項目，礦區可以逐步改善與本地社區間的關係。這似乎是一種較為現實的看法，儘管沒有證據能夠向檢查人員證明，這種看法能夠確定普遍存在的對礦山私有化的悲觀程度，以及這些情緒到底有多大影響。無論如何，通過公司的社區反系統，比如社區會議，各種各樣的抱怨已得到了反映。迄今還沒有這方面的一致性內部行動的案例，說明居民的不滿還沒有達到迫使礦山停業或因希望從礦山得到的好處沒有兌現而引發憤怒的程度。

8.2.6 健康和安全

Mopani 的組織架構是，由 CEO 承擔 SHE 事務的管理職責。

根據情況而定，運作責任由相關首席官員及其相關直接經理、部門主管負責。其中的主導政策是 SHE 政策 (Pol 002)。

該政策的運作由 SHE 經理領導的 SHE 部門協調。

SHE 部門的主要職能可以總結包括下列內容；

- 給各部門提供關於安全、職業衛生和環保實踐方面的適用或適當的專家建議和指導。
- 確保符合相關的 SHE 法規要求，且在沒有這方面的法規時，採用國際最佳實踐作為標準。
- 確保新項目的開發符合法律規定或國際最佳實踐。
- 在新員工上崗之前，為其提供必要的與 Mopani 運營有關的 SHE 規章方面的內部培訓。
- 推進 SHE 事務的持續改進程序，如 ISO14001 和 OHSAS18001 標準方面的內容；
- Mufulira 的健康和安全統計結果顯示，2008 - 2010 間的誤工傷害（以下簡稱「LTI」）和死亡數字大大降低（LTI：2008 年 151 例，2010 年 82 例；死亡：2008 年 5 例，2010 年 3 例）。

表 35：Mufulira 的受傷趨勢：2008 - 2010

	2008	2009	2010
LTI	151	73	82
NLTI	152	74	96
死亡人數	5	1	3

8.2.7 工業關係

自 2008 年至今，企業一直保持着良好的勞資關係，只是在 2003 和 2007 年的談判過程中，在 Nkana 礦址分別發生了一次與加班工資有關的非法勞工行動。Mopani 礦區有兩個得到認可的工會組織：尚比亞工人聯盟（以下簡稱「MUZ」）以及國家礦山和工人聯合會（以下簡稱「NUMAW」）。上一次有記錄的不合程序的勞資糾紛發生在 2007 年針對工資問題的談判過程中。

8.2.8 總結陳述

在審查現場文件、與現場人員進行簡短交流以及查看了可能已知可能會造成環境影響的地點之後，對 Mufulira 礦區的環境和社會管理審核得出了以下結論：

- Mufulira 礦山的環保表現大部分均符合 EMP 和環保許可證條件的要求；
- 在符合法規要求和赤道原則方面一般超越許可條件和對 Mufulira 礦山運作產生風險的環境影響包括：
  - 礦區邊界線內部數條排水渠的水質有時會超過礦區的允許值，儘管最終的排放（礦區邊界線處）是符合要求的；
  - 尾礦設施影響水質的原因在於，尾礦的殘液中和 pH 值低於臨界值 (pH 8.5)；以及
  - 煉製廠 SO_2 和（程度稍輕的）微粒排放。
- Mopani 正在遵循私營公司可以合理預期的限制之內其管理社會問題和促進可持續發展的承諾。
- 遺留（歷史責任）問題推動的社區期望管理是影響礦山和社區之間長期關係的一個關鍵因素。

8.2.9 參考

- Mopani 銅礦 (2005a)。Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的有害物質管理程序：2005 年 1 月 18 日的 MCM 程式 PRO012 – 版本 1。
- Mopani 銅礦 (2005b)。Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的廢棄物管理程序：2005 年 4 月 18 日的 MCM 程式 PRO016 – 版本 1。
- Scott Wilson Ltd（2009 年 6 月）。Mufulira 礦山最新的全球環境管理計劃。
- SRK（2003 年 7 月）。Mufulira 礦山環境影響陳述。
- 由 Scott Wilson Piesold Zambia Limited 出版的《TD11 山坡穩定性分析報告》。
- 由 Scott Wilson Piesold Zambia Limited 出具的 《2006 年應急準備和回應計劃》。
- 由 Scott Wilson Piesold Zambia Limited 出版的 《TD11 2008 年操作和維護手冊》。
- 2007、2008、2009 和 2010 年第三方審核報告。
- Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的有害物質管理程序：2005 年 1 月 18 日的 MCM 程式 PRO012 – 版本 1。
- Mopani 銅礦（Nkana 和 Mufulira）的廢棄物管理程序：2005 年 4 月 18 日的 MCM 程式 PRO016 – 版本 1。
- SRK（2003 年 7 月）編制的 Mufulira 礦山環境影響陳述，包括：
  - 第 1 卷：影響評估；以及

- 第 2 卷：環境管理計劃。

SRK 提交的基線研究（2001 年）也用於確定哪些礦山資產被轉移到 Mopani 以及哪些礦山仍爲承擔歷史責任的以前所有人持有。

9.0 市場概覽

9.1 銅

銅是一種重要的工業金屬（消費量在鐵和鋁之後，列第三位），因為其導電、導熱及延展性好，易於加工，且耐腐蝕。銅在電器方面的應用包括發電和輸變電、建築物導線、電機、變壓器、電子通訊、電子產品以及可再生能源生產系統等。銅和黃銅（銅合金的一種）是下水管、龍頭、閥門和管件的主要金屬材料。銅在其它方面的應用還包括裝修、屋頂施工、海洋應用、熱交換器，以及齒輪、軸承和渦輪機葉片的合金等等。

2009 年全球的銅礦產量為 1570 萬噸，其中智利的產量為 540 萬噸（佔 35%），是當仁不讓的最大產地。尚比亞和 DRC 的產量分別為 60 萬噸 (3.8%) 和 30 萬噸 (1.9%)。2009 年全球精煉廠生產量為 1840 萬噸，其中包括 290 萬噸的二級精煉產量。全球的年度消費則略低於 1820 萬噸。國際銅研究集團（2010 年 10 月 1 日）預計，2011 年全球的銅礦產量為 1700 萬噸，全球消費量為 1970 萬噸。表 36 列出了全球精煉銅市場平衡表的歷史數據和 2011 年預測。

表 36：全球精煉銅市場平衡（資料來源：USGS）：

千噸	2006	2007	2008	2009	*2010 1-9 月*	2010 預測	2011 預測
全球礦山生產	14,991	15,474	15,528	15,754	11,853	16,235	17,076
一級精煉產量	14,678	15,191	15,399	15,466	11,729	-	-
二級精煉產量	2,613	2,743	2,823	2,911	2,513	-	-
全球精細生產	17,291	17,934	18,222	18,377	14,242	19,278	20,498
消耗	17,058	18,239	18,056	18,198	14,678	18,882	19,729
LME 銅價（平均）	6,727	7,126	6,952	5,164	7,175	7,543	-

圖 73 顯示，過去 5 年中，銅價的波動幅度很大。2006 年 1 月 1 日的價格為 4,585 美元/噸，當時是一個接近歷史高點的價位。之後價格快速上漲，到 2006 年 5 月升到了 8,800 美元/噸。到 2007 年 2 月，又降到 5,302 美元/噸。銅的價格一般和商品同步漲跌，到 2008 年 7 月又升到了 8,900 美元/噸的新高度。此後，金融危機影響全球經濟，銅價到 2008 年 12 月又跌到 2,810 美元/噸，幾乎是 5 年來的最低位。自此之後，價格一直呈上漲態勢，到 2011 年 1 月 12 日，創下了 9,695 美元/噸的歷史新高。

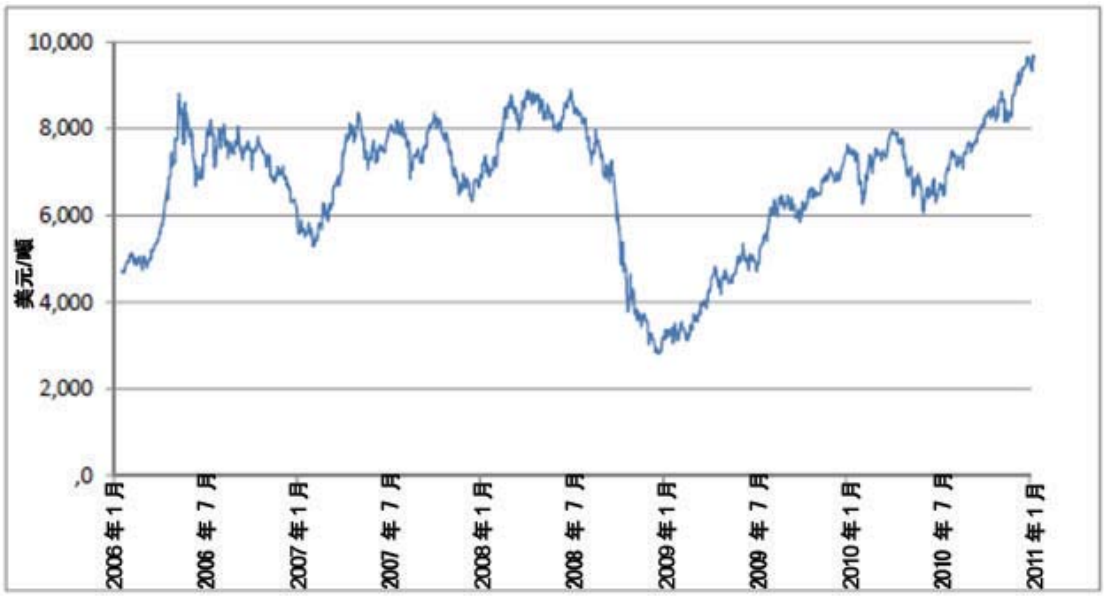


圖 73：2006 年 1 月至今的倫敦金屬交易所銅價（資料來源：LME）

項目經濟評估中的銅價預測見表 37。該預測是在倫敦金屬交易所 (LME) 公布的月度期貨價格的基礎上，以 6 月合約作為各年度的基準价，直至 2019 年。公布價格為名義價。用於經濟評估的財務模型使用的是含（2011 美元）通脹率的實際價，而實際的銅價預測是用表 37 中的美國 CPI 預測值以名義價計算得出的。2011 年的預測名義平均價為 9600 美元/噸，到 2019 年則降至 6800 美元/噸。

表 37：銅價格預測

銅價（美元/噸）	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	長期
標稱	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 CPI	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%

9.2 鈷

鈷在商業、工業和軍事方面有很多用途。鈷的主要用途是在可充電電池的電極中。鈷合金具有較好的溫度穩定性、耐熱和防腐性能，從而適於製造噴氣渦輪機和燃氣渦輪發動機的渦輪葉片。鈷的其它用途包括汽車的氣囊、石油和化工行業的催化劑、硬質合金及鑽石切割和打磨工具、油漆乾燥劑、清漆、墨水、顏料和色素、陶瓷底釉、高速鋼、磁記錄介質、磁鐵和鋼帶子午線輪胎。

鈷的產量遠低於銅。2009 年全球鈷礦產量為 62,000 噸，DRC 是最大產地，產量為 25,000 噸 (40%)。澳大利亞、中國和俄羅斯噸產量各有 6,200 噸左右 (10%)。2008 年全球精煉產量為 57,600 噸，而全球年度消費量略高於 60,654 噸。表 38 為全球精煉鈷市場歷史平衡表。礦業信息研究集團 Roskill Information Services（2010 年 10 月）預測，2011 年的鈷需求量為 72,500 噸。

表 38：全球精煉鈷市場平衡

公噸	2004	2005	2006	2007	2008	2009
全球礦山生產	60,300	66,200	69,800	72,600	75,900	62,000
全球精細生產	48,500	54,100	53,800	53,300	57,600	無數據
消耗	51,400	54,685	54,685	56,250	60,654	59,000
鈷價（平均）	2,277	1,456	1,535	2,831	*3,616*	1,589

鈷價在 2008 年 3 月達到了 48.63 美元/磅，到 2008 年 12 月則與其它商品一起跌至 11.00 美元/磅的 5 年低位。而從 LME 于 2010 年 5 月開始鈷期貨交易后，價格開始回升，平均價格為 17.55 美元/磅，最高為 19.64 美元/磅，最低為 15.94 美元/磅。參見圖 74

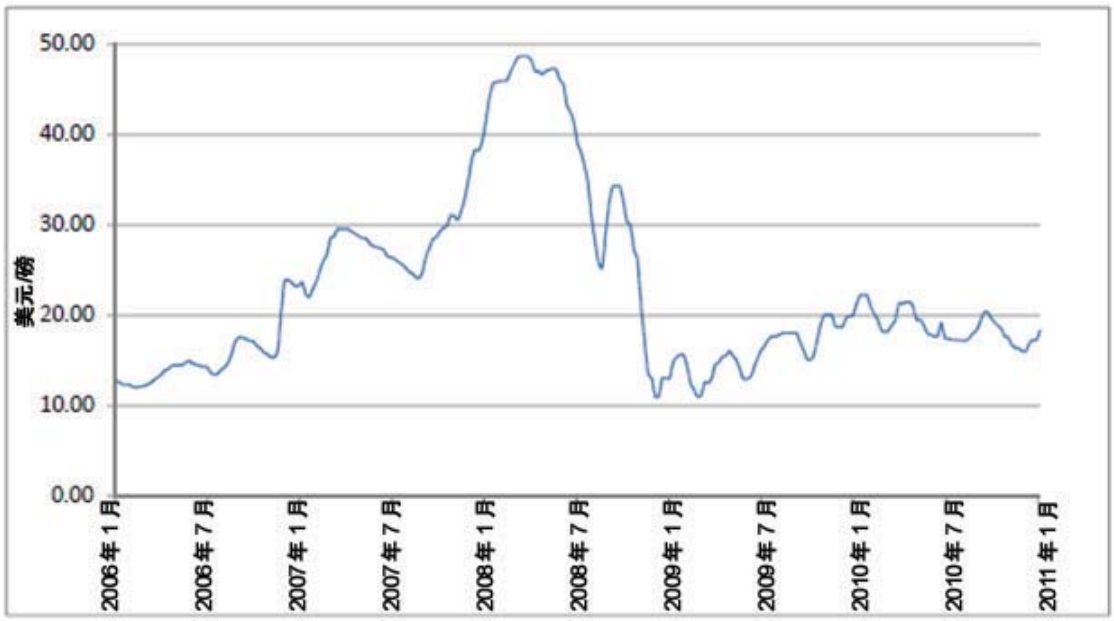


圖 74：2006 年 1 月至今的鈷價（資料來源：Inet Bridge）

項目經濟評估中用到的鈷價預測如表 39 所示。該預測是以《金屬導報》最近現貨交割月的 99.8% Co 美元/磅價格（名義價）為基礎的。今後三年，遠期價格曲線預計將逐漸下降，直至降至長期合理價位。用於經濟評估的財務模型使用的是含（2011 美元）通脹率的實際价，而實際的鈷價預測是用表 39 中的美國 CPI 預測值以名義價計算得出的。2011 年的平均價為 17.24 美元/磅，2019 年則降至 13.00 美元/磅。

表 39：鈷價格預測

鈷價（美元/磅）	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	長期
標稱	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 CPI	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%

10.0 技術和經濟條件假設

10.1 營業收入假設條件

MCM 已經和 Glencore 簽訂了包銷協議，根據該協議，Glencore 將採購礦山整個開採週期內由 MCM 生產的所有銅和鈷。該包銷協議是基於各自獨立利益，按標準市場條款商定的。

10.2 資本成本估計

按主要成本項目預計的資金成本綜述見下文表 40。資本支出項目有：

- **初期開發：**資本支出是為了建設通達礦體的通道。在 2008/09 年的經濟危機中，由於銅價大幅下跌，MCM 降低了初期開發的水平。而後，隨著銅價的回升，MCM 要求對礦山進行較大規模對初期開發，主要集中在 2010 和 2011 年，以達到可持續生產的水平。初期開發包括修建開採通道的牽引運輸準備、打通通道排風口，以及重新恢復原來的牽引運輸；

- **開採**：資本支出項包括維持當前作業和作業車輛的支出；
- **加工**：資本支出的大部分是維持當前加工廠的開支；
- **工程**：第一，不直接和礦區或加工廠掛鉤的基礎設施供應以及礦區的基本服務，如供水、供氣、供電和普通車間。第二，提供給礦區和加工廠的工程服務；
- **服務**：環保、醫療和公司社會投資項目方面的資本支出；
- **機構**：IT 和安全項目的資本支出；
- **特殊專案**：跨越開採、工廠和服務的許多專案的資本開支包括：
  - 主要大修，例如改造精煉廠儲存罐室、每兩年重建 ISA 以及每四年重建 MSEF。
  - 新運營資產，例如 ISA 精煉廠、MSEF、酸廠、陽極熔爐和鑄造輪、轉爐、Kafue 的熔爐水管道。
  - 擴建項目，如復響斜杆和相關基礎設施、J 區露天坑挖掘、浸析礦和加工廠。

表 40：資本開支

（百萬美元）	2010 年實際值	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2035	總計 2011 – 2035
初期開發（「PD」）								
Mufulira	0.5	6.2	2.9	3.4	1.1	1.4	6.0	21.0
Nkana	8.8	13.3	11.4	11.0	5.1	19.2	81.7	141.7
PD 小計	**9.3**	**19.5**	**14.3**	**14.4**	**6.2**	**20.6**	**87.7**	**162.7**
開採								
Mufulira	8.4	8.2	14.5	7.2	6.1	6.6	30.1	72.7
Nkana	24.6	12.7	18.4	18.2	10.9	10.1	228.1	298.4
技術	1.0	4.9	2.9	1.2	1.1	1.0	5.4	16.5
開採小計	**34.0**	**25.8**	**35.8**	**26.6**	**18.1**	**17.7**	**263.6**	**387.6**
加工								
Mufulira	0.2	1.2	0.8	0.8	0.8	0.5	4.8	8.9
Mkana	1.5	3.6	2.4	1.1	1.2	0.8	26.2	35.3
熔爐	21.9	4.1	1.7	1.3	0.5	0.3	20.9	28.8
精煉廠	7.1	5.7	1.4	0.7	0.4	0.6	23.1	31.9
鈷廠	2.5	4.3	2.8	2.4	1.8	2.0	47.1	60.4
其他	2.6	0.6	0.4	0.6	0.3	0.2	3.9	6.0
加工小計	**35.8**	**19.5**	**9.5**	**6.9**	**5.0**	**4.4**	**126.0**	**171.3**
其它成本中心								
工程	9.7	19.6	13.7	10.1	6.9	7.6	112.5	170.4
服務	0.6	0.6	1.4	0.7	0.5	0.4	7.3	10.9
機構	1.7	1.1	0.6	0.5	0.5	0.5	6.8	10.0
其它小計	**12.0**	**21.3**	**15.7**	**11.3**	**7.9**	**8.5**	**126.6**	**191.3**
特殊專案								
複向斜	8.2	45.7	70.3	61.2	87.5	22.0	49.5	336.2
熔爐	1.8	28.4	31.0	28.1	30.0	0.0	65.5	183.0
其他	28.5	22.4	1.4	2.6	2.5	1.4	14.4	44.7
專案小計	**38.5**	**96.5**	**102.7**	**91.9**	**120.0**	**23.4**	**129.4**	**563.9**
資本支出總計	**129.6**	**182.5**	**178.0**	**151.1**	**157.2**	**74.6**	**733.3**	**1,476.8**

10.3 運營成本估計

總體來看，MCM 的運營成本的 70% 為固定成本，30% 為可變成本。由於二級開發的減少，採礦成本從 2012 年將下降，預計此後將趨於穩定。與之相似，由於開採計劃中某些礦源的加工減少，以及加工廠升級後生產效率的提高，自 2012 年起，加工成本將會下降。運營成本如下：

- **露天和地下開採**：這方面的成本包括：
  - **Mufulira 礦**：成本以當前和預算成本為基礎。應用於 LOM 的加權平均成本包括是 67.55 美元開採每噸礦石；
  - **Nkana 礦**：成本以當前和預算成本為基礎，屬礦主運營方面。應用於 LOM 的加權平均成本包括是 28.71 美元開採每噸礦石；
- 加工
  - **Mufulira 選礦機**：應用於 LOM 的加權平均成本包括固定成本是 13.12 美元處理每噸礦石；
  - **Nkana 選礦機**：應用於 LOM 的加權平均成本包括固定成本是 6.95 美元處理每噸礦石；
  - **熔爐**：應用於 LOM 的加權平均成本包括固定成本是 87.33 美元處理每噸礦石；
  - **精煉廠**：應用於 LOM 的加權平均成本包括固定成本是 76.62 美元每噸銅；
  - **鈷廠**：應用於 LOM 的加權平均成本包括固定成本是 11,015 美元處理每噸鈷；

主要運行項目以年度計，詳見下文表 41。

表 41：運營開支

百萬美元	2010 年實際值	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2035	總計 (2011 – 2035)
運營成本								
開採	259	267	215	214	213	212	2,899	4,020
加工	172	190	174	175	175	171	2,987	3,871
工程	16	17	17	17	17	16	307	390
機構	31	34	33	33	33	32	642	807
行政	19	7	6	6	6	6	103	135
其他	17	32	32	32	32	32	528	688
運營成本總計	514	547	477	478	476	469	7,465	9,912

11.0 稅收

適用於項目的主要稅收參數如表 42 所示。

表 42：版稅和稅費假設條件

描述	應用	稅率
銅稅和鈷稅	營業收入	3.0%
尚比亞企業所得稅	收入	30%

12.0 經濟分析

12.1 簡介

本部分將介紹 MCM 的估值。Glencore 擁有 73.1% 的 MCM。在此提供的估值爲 Glencore 在 MCM 中的利益估值，是在 MCM 中的 73.1% 權益價值以及向 MCM 提供的股東貸款的總額。

12.2 估值方法

MCM 是一家經營性礦業公司，有多個正在開採的礦區和加工廠。該公司的資源和儲備均定義明確，並具有關於當前和計劃經營活動的綜合性技術和財務信息體系。通過對該信息的分析，可以預測 MCM 礦區未來整個經營期間的現金流。它可以和現金流貼現法 (DCF) 相容，這種方法是通過計算資產有效生命期期間所產生的未來現金流的當前淨值，來確定資產的價值。

DCF 估值法能夠提供一種「持續經營」估值，即反映公司未來經濟實力的價值。採用這種技術，就可以通過對包括收入和支出在內的現有預計現金流的加總，計算出預計期限內的價值。採用 DCF 技術時，必須解決下列四個方面的準確性和恰當性問題：

- 預測現金流的假設條件；
- 預計期限的長短。本例中為礦區開採壽命；以及
- 貼現率，本例中為項目的風險調節加權平均資本成本 (「WACC」)。

該模型的輸入假設條件已由合格方按歷史表現、合同和研究結果進行了檢查，並出版了報告，以確保假設條件的合理性。對模型的結果輸出進行了其它分析，並得出了報告中所示的部分結果、圖片和表格。

12.3 估值假設條件

在該估值模型中，用到了以下假設條件：

- 估值日期為 2011 年 1 月 1 日；
- 貼現率按實際价設為 10%，這也是 Glencore 的資產組合中所使用的貼現率；
- 財務模型計算了 20 年 (2011 – 2030) 的現金流，而 LOM 預測則做到 2035 年；
- 採礦和加工生產率、礦石品位和回收如 4.1.4 和 4.2.4 所述。
- 商品價格如 9.1 和 9.2 所述；
- 資本支出如 10.2 所述；
- 運營支出如 0 所述；

- 稅收如 0 所述；
- Glencore 所持有的 MCM 股權為 73.1%；以及
- Glencore 在 MCM 中的經濟權益包括 MCM 的股權價值以及股東提供給 MCM 的貸款。

12.4 Glencore 在 MCM 中的利益估值

DCF 模型的計算結果如表 43 中所示，代表屬於 MCM 的自由現金流。現金流預測是以對礦山開採壽命期內未來的開採、生產、金屬銷售、資本支出、運營成本和其它費用預測為基礎的。

表 43：LOM 的現金流

	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
營業收入	百萬美元	1,449	1,195	1,145	1,133	1,089	995	968	942	928	921
實現成本	百萬美元	(35)	(27)	(26)	(28)	(27)	(27)	(27)	(30)	(30)	(31)
購入銅	百萬美元	(207)	(62)	(59)	(55)	(51)	(46)	(43)	(40)	(37)	(36)
淨營業收入	***百萬美元***	***1,207***	***1,106***	***1,061***	***1,050***	***1,011***	***922***	***897***	***873***	***861***	***854***
運營成本	百萬美元	(547)	(477)	(478)	(476)	(469)	(467)	(469)	(443)	(446)	(444)
EBITDA	***百萬美元***	***660***	***629***	***583***	***574***	***542***	***454***	***428***	***430***	***415***	***410***
稅費	百萬美元	(6)	(120)	(115)	(111)	(127)	(104)	(103)	(107)	(101)	(98)
資本開支	百萬美元	(183)	(178)	(151)	(157)	(75)	(68)	(54)	(46)	(54)	(58)
版稅	百萬美元	(33)	(30)	(28)	(28)	(26)	(24)	(23)	(23)	(22)	(22)
淨活動現金	**百萬美元**	**439**	**301**	**289**	**277**	**315**	**258**	**250**	**254**	**239**	**232**
	單位	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
營業收入	百萬美元	923	813	797	787	805	795	711	684	698	684
實現成本	百萬美元	(39)	(33)	(32)	(32)	(32)	(32)	(27)	(26)	(26)	(26)
購入銅	百萬美元	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
淨營業收入	***百萬美元***	***847***	***743***	***729***	***719***	***737***	***727***	***648***	***621***	***635***	***621***
運營成本	百萬美元	(444)	(371)	(368)	(366)	(368)	(365)	(343)	(321)	(323)	(321)
EBITDA	***百萬美元***	***403***	***372***	***361***	***353***	***368***	***361***	***305***	***300***	***313***	***300***
稅費	百萬美元	(102)	(95)	(91)	(86)	(95)	(92)	(79)	(75)	(82)	(77)
資本開支	百萬美元	(39)	(35)	(36)	(46)	(32)	(33)	(24)	(32)	(21)	(26)
版稅	百萬美元	(22)	(19)	(18)	(18)	(18)	(18)	(15)	(15)	(15)	(15)
淨活動現金	**百萬美元**	**240**	**224**	**216**	**203**	**224**	**218**	**187**	**178**	**195**	**183**

12.4.1 基本情況估值

2011 年 1 月 1 日對 Glencore 在 MCM 中的基本權益估值為 19.22 億美元。Glencore 的權益估值是 Glencore 所持有的 MCM 股權價值以及股東提供給 MCM 的貸款價值。估值的上限為 22.61 億美元（貼現率為 7.5%），下限為 16.71 億美元（貼現率為 12.5%）。

表 44 至表 46 顯示了 Glencore 的權益對於金屬價格、資本支出和運營成本的各個適用貼現率變化的敏感性。

表 44：Glencore 在 MCM 中的利益對於貼現率和金屬價格變化的靈敏度

Glencore 的收益（百萬美元）		*金屬價格的變動*				
		-20%	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
貼現率	**7.5%**	1,306	1,784	2,261	2,737	3,212
	10.0%	1,114	1,519	1,922	2,324	2,725
	12.5%	972	1,322	1,671	2,017	2,363

表 45：Glencore 在 MCM 中的利益對於貼現率和運營成本變化的靈敏度

Glencore 的收益（百萬美元）		*經營成本的變動*				
		-20%	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
貼現率	**7.5%**	2,752	2,507	2,261	2,015	1,769
	10.0%	2,331	2,127	1,922	1,717	1,512
	12.5%	2,018	1,844	1,671	1,496	1,321

表 46：Glencore 在 MCM 中的利益對於貼現率和資本開支變化的靈敏度

Glencore 的收益（百萬美元）		*資本支出的變動*				
		-20%	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
貼現率	**7.5%**	2,354	2,308	2,261	2,215	2,168
	10.0%	2,005	1,964	1,922	1,881	1,840
	12.5%	1,745	1,708	1,671	1,634	1,596

基本估價對上述 3 個方面的敏感性圖示見圖 75。

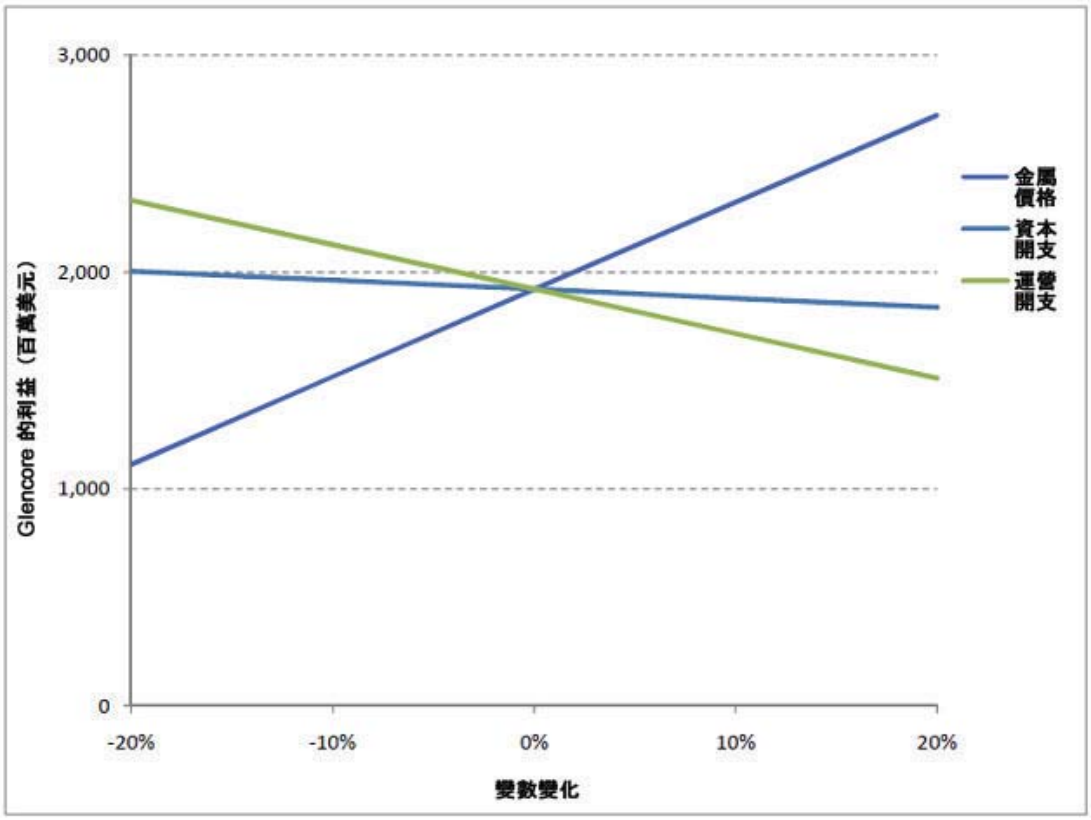


圖 75：Glencore 在 MCM 中的利益對於金屬價格、運營開支和資本開支變化的靈敏度

Glencore 在 MCM 中的權益對金屬價格最為敏感 – 金屬價格漲跌 1% 會造成 4000 萬美元的權益變動。運營成本漲跌 1% 會造成 2000 萬美元的權益變動。該項目對於資本支出的變化敏感性最低 – 1% 的漲跌所引起的權益變動為 400 萬美元。

13.0 風險分析

參與項目技術分析的合格方在工作過程中，對項目對風險進行了簡要認定和記錄。項目風險綜述詳見本節。

13.1 資源風險

探察：

Mopani 的大部分探明資源都已轉化為儲備。需要開展探察項目來發現更多資源，並將理論資源轉變為探明資源。不過，地下鑽探的成本是很高的。

13.2 開採風險

J 區地下作業：

要儘快實現 J 區的生產作業，需要在 J 區露天開採進行的同時，開展地下作業。其風險是需要採用其它技術，比正常時間提前開挖至地下入口位置的坑道。在地下作業點附近用爆破方式開洞也存在地質技術風險。此外，如果開採作業管理不當，還存在露天作業牽引車和地下 LHD 碰撞的安全風險。該風險應予明確界定和管理，並為露天作業牽引車和地下 LHD 安排不同的通道。

新鑽桿：

進入 Mufulira 和 Nkana 的新作業區，需要由新的垂直鑽桿和基礎設施。未來的批量生產都來自於這些區域，如果鑽桿未能下鑽，那麼生產便無法進行。較深的開採區會使開採、升降和通風的成本上升。

最後，Mopani 的大部分開採使用的都是單根復響斜杆，採掘率為 4 Mtpa，屬於很高的單杆產量。儘管鑽桿的設計容量充足，但鑽桿容量的混亂會打亂整個礦區的生產。

13.3 加工風險

備用供電：

Nkana 加工廠沒有足夠的應急發電能力，如果停電時間長且事先沒有通知，礦區的生產和收工秩序會受到嚴重影響。不過 Luano 配有供中央鑽機使用的備用發電機。2011 年，將會在 Mindola 的選礦廠安裝另一台備用發電機。

13.4 資本風險

成本上升：

由於對各種宏觀和微觀經濟因素無法進行可靠的預測，全球採礦行業的項目近期都遭遇到資本成本偏差無法預測的情況。資本成本超出預計就需要更多的融資，並會降低項目投資回報。這方面的風險是很高的，但可以由 MCM 項目團隊通過對資本成本預測的定期檢查來進行管理。

13.5 政治風險

尚比亞共和國可能會發生造成經濟或政治方面不穩定的個別或多種情況。這種情況是不受 MCM 控制的，而且可能對 MCM 在這一地區對經營產生不利影響。

13.6 經濟和市場風險

商品價格：

銅和鈷對市場價格對 MCM 的盈利能力和估值有重大影響。這些價格會因各種因素而發生大幅波動，而這些因素是不受公司控制的，如由全球經濟現狀和前景所引起的商品需求、各種來源的供應、匯率和利率的變化、投機活動等等。商品價格始終低於生產成本可能會造成運營萎縮或停業。通過套保手段可以管理一部分市場風險，但在商品價格上漲期間，可能會造成損失擴大。

運營成本：

項目運營成本也會影響 MCM 的盈利能力和 Mopani 項目的價值。這方面所面臨的壓力有很多，如能源價格、燃油價格、化工產品價格、勞務成本和通貨膨脹。

13.7 環境和社會風險

停產后的水處理：

礦區停產後，可能需要對因開採工作所造成對礦區水質污染進行後續管理。這項工作會涉及到開採用水的蒐集、運輸、處理和安全處置。目前不能對此進行量化，未包括在關閉成本之內，但是可能需要重大開支。

採礦廢水溢流：

採礦廢水溢流可能會對當地的山泉和河流造成嚴重影響。這方面可能需要對受污染的河床和河岸進行清淤和複原，並採取其它措施儘量恢複自然水生態系統。目前不能對此進行量化，未包括在關閉成本之內，但是可能需要重大開支。

廢水排放：

排入 North Uchi 河、最後流入 Kafue 河的 Nkana 鈷廠的廢水超過了允許值。該風險可以通過管理尾礦增稠溢流的 pH 值並建立足夠大的鈷廠蓄水池來消除。Mufulira 礦區邊界內的幾處廢水有時會超過礦區的允許值，雖然最終的礦區排放（在礦區邊界處）是符合要求的。

SO_2 排放：

Nkana 鈷廠的尾氣是直接排放到大氣中到，這使得 SO_2 排放一直高於 1 000 mg/Nm3 的長期上限。ECZ 要求解決該問題的最後期限已過。在 Mufulira，煉製廠的 SO_2 和微粒排放都超出了允許值，但在採用了新的轉換裝置和興建了第二座酸洗廠之後，排放水平會進一步降低，並使礦區達到長期的排放限值要求。

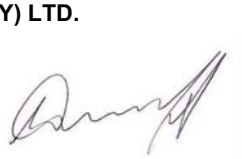
尾礦：

在 Nkana，從尾礦管道、增壓泵站和/或尾礦溢漏點溢出的尾礦被排入附近的兩條溪流。在 Mufulira，殘液中和不充分導致水質受到影響。

灰塵：

Mufulira TD11 TSF 盆地地區的高額罰款造成了粉塵排放較高。可以引入噴淋系統緩解這一風險和鼓勵種植植被。

GOLDER ASSOCIATES AFRICA (PTY) LTD.



Frank Wimberley
項目經理

Willem van der Schyff
合資格人士

SE/PO/kf

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。

g:\projects\12971-mineral expert report and waste mngment compliance\4_reports\final_mopani\12971_10168_1_mer_mopani_26-04-2011.docx

附錄 A

詞彙表及縮寫

縮寫列表

縮寫

3D	三維
AAS	原子吸收光譜測試法
AGES	非洲地質環境服務處
ASCu	溶於酸的銅
DIMA	Dikuluwe-Mashamba
ESIA	環境與社會影響評估
ESMP	環境和社會行動計劃
EW	電解提取
FOB	船上交貨價
GEC	環球實業有限公司
GECL	環球實業有限公司
HG	高品位
HSSE	健康、安全、社會和環境
HV	高壓
IRR	內部報酬率
LG	低品位
LME	倫敦金屬交易所
LOM	煤礦生命期
NPV	淨現值
QA/QC	品質保證和品質控制
QC	品質控制
SAG	半自磨
SAMREC	南非礦產資源委員會
SG	比重
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
TAP	泛非洲專案
UG	地下
USD	美元

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
%TCo	總鈷百分比
%TCu	總銅百分比
°	度

±	正負
bcm	立方米土方
bn	10 億
c/lb	美分/磅
dBA	分貝
GPa	千兆帕
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
kPa	千帕
kt	千噸
ktpa	千噸/年
ktpm	千噸/月
kV	千伏特
kV AC	千伏交流電
kWh	千瓦時
l	升
l/hr	升/小時
l/sec	升/秒
lb	磅
m	米
m/d	米/天
m/s	米/秒
m^2	平方米
m^2/day	平方米/天
m^3	立方米
m^3/d	立方米/天
m^3/ha/d	立方米/公頃/天
m^3/hr	立方米/小時
m^3/s	立方米/秒
mamsl	平均海平面以上米數
mbgl	地面以下米數
mg/l	毫克/升
mm	毫米
mm/year	毫米/年
Mm^3	百萬立方米
MPa	兆帕
Mt	百萬噸

Mtpa	百萬噸/年
MVA	兆伏安培
MW	百萬瓦特
MWh	百萬瓦特/時
pH	衡量溶液酸鹼度的指標
sec	秒
sq. km	平方公里
T	噸（1000千克）
t/m^3	噸/立方米
tpa	噸/年
tpd	噸/日
tphr	噸/小時
tpvm	噸/垂直米
USD/bcm	美元/立方米土方
USD/h	美元/小時
USD/t	美元/噸
USD/t/km	美元/噸/千米
USDm	百萬美元
vmpa	垂直米/年

化學元素

$(Co,Cu)_2S_4$	硫銅鈷礦的化學成分
(Co,Cu,Mn,Fe)O(OH)	水鈷礦的化學成分
$(Cu,Co)_2(CO_3)(OH)_2$	鈷孔雀石的化學成分
(Fe,Co)O(OH)	針鐵礦的化學成分
$(Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	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
Co	鈷元素的化學符號
$Co(OH)_2$	氫氧化鈷的化學分子式
Cr	鉻元素的化學符號
Cu	銅元素的化學符號
$Cu_2(OH)PO_4$	磷銅礦的化學成分
$Cu_2CO_3(OH)_2$	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
$Cu_3(PO_4)(OH)_3$	藍磷銅礦的化學成分

$Cu_5(PO_4)_2(OH)_4.H_2O$	假孔雀石礦的化學成分
Cu_5FeS_4	斑銅礦的化學成分
CuS	靛銅礦的化學成分
Fe	鐵元素的化學符號
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
$KMg_3Si_3AlO_{10}(F,OH)_2$	雲母的化學分子式
MgO	氧化鎂的化學分子式
Mn	錳元素的化學符號
NaHS	鈉硫化氫的化學分子式
Ni	鎳元素的化學符號
NO_2	二氧化氮的化學分子式
Pb	鉛元素的化學符號
Se	硒元素的化學符號
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	形容沉泥成分帶有微粒的沉積岩
化驗分析	以化學分析來鑒定礦物樣本中的金屬成份
化驗分析	以化學分析來鑒定礦物樣本中的金屬成份
基底礫岩	在最早期地層形成的礫岩
貝特曼或貝特曼工程	貝特曼項目有限公司
資本支出	所有其他不列入經營成本的開支
精礦	由重力選礦或浮式離心等礦產濃縮過程而產生的富金屬產品，大部分有價值的礦物已經從礦石中提取出來了
破碎	把礦粒壓碎至更易於處理的早期工序
傾角	地質學上，石塊由水平線傾斜的角度
白雲岩	一種碳酸鹽沉積岩及一種礦物的名稱，由碳酸鈣鎂組成
鑽進孔	非外露岩石抽取樣本的方法
生效日期	技術報告的有效日期
斷層	斷裂並伴隨發生移動的表層
浮選	一種提煉的方式，使欲提取礦物粒的表面發生化學改變，以致它傾向依附在氣泡上，並在一個特別設計的儀器中浮到礦漿的表面。脈石或無用的礦物在化學上受壓並且不會漂浮，以致有價值的礦物可以濃縮並與無用礦物分離。
品位	量度在礦石中的銅或鈷的濃度
上盤	岩礦或斜坡的上覆蓋面
牽引	水平地下挖掘系統，用於將開採出來的礦物由露天礦坑送到處理廠
控制的礦產資源	可根據礦產資源的部分對其噸位、密度、形狀、物理特性、等級和含礦成分進行具有合理置信度的估量。它是根據開採、取樣和適當技巧由不同地方所收集的測試資料，如露頭、溝渠、礦坑、礦內巷道和鑽孔這些地方相隔太遠或不適當未能確定其地質或等級的連續性，但卻有足夠近的空間以假定其連續性
推斷的礦產資源	可根據礦產資源的部分對其噸位、密度、形狀、物理特性、等級和含礦成分進行低置信度的估量。根據其地質證據進行推斷，但未能証實其地質和/或等級連續性。它是根據適當技巧由不同地方（如露頭、溝渠、礦坑、礦內巷道和鑽孔）所收集的測試資料進行估量的，它們可能在質素和可靠性方面存在局限或不確定性
侵入體	將自身嵌入先前所形成岩石中的火成岩，出現在一些特定的構造、或侵蝕、或橫切的侵入岩石上
岩性	對於不同岩石種類的地質性描述
LoM計劃	礦場期限計劃
探明的礦產資源量	可根據礦產資源的部分對其噸位、密度、形狀、物理特性、等級和含礦成分進行高置信度的估量。它是根據詳細的可靠開採、取樣和適當技巧由不同地方所收集的測試資料，如露頭、溝渠、礦坑、礦內巷道和鑽孔這些地方足夠近，以致能確定其地質和等級連續性。
雲母	它是三層的層晶格，可以分成二八面體白雲母類和三八面體金雲母類
研磨選礦	用以形容礦石壓碎和磨碎的步驟，經過物理和化學處理提取當中的貴價金屬，使之成為濃縮物或產品

礦物儲量	已量度的礦產資源和/或指示礦產資源得出的經濟可開採材料。其中包括稀釋材料，允許開採材料時可能出現的損失。包括可行性研判在內的適當評估已經進行，當中包含對實際出現的採礦、冶金、經濟、市場、法律、環境、社會和政治因素所作出的考慮和修改。這些評估表明報告時合理判斷萃取。礦產資源儲量也按可信程度的遞增細分為潛在的礦產資源儲量和經證實的礦產資源儲量
礦產資源	在地殼上出現有經濟價值的物質的蘊藏，其質素與蘊藏量具合乎經濟效益的開採前景。礦產資源的地點、總量、等級、連續性和其他地質特性已確知，通過特定的地質證據和知識，或由嚴謹和描繪清晰的地質模型所估量出來。礦產資源可根據地球科學證據，按可信程度的遞增細分為推斷的礦產資源、指示性礦產資源和測定的礦產資源等類別
造山運動	造山運動是一個造山的時期，由強烈的變形帶構成山脈
概略礦物儲量	已量度的礦產資源和/或指示礦產資源得出的經濟可開採材料。它的確據性小於經證實的礦產資源儲量。其中包括稀釋材料，允許開採材料時可能出現的損失。包括可行性研判在內的適當評估已經進行，當中包含對實際出現的採礦、冶金、經濟、市場、法律、環境、社會和政治因素所作出的考慮和修改。這些評估表明報告時合理判斷萃取
探明礦物儲量	由測定的礦產資源推斷出的具經濟效益的可開採物質。它具有很高的確據性。其中包括稀釋材料，允許開採材料時可能出現的損失。包括可行性研判在內的適當評估已經進行，當中包含對實際出現的採礦、冶金、經濟、市場、法律、環境、社會和政治因素所作出的考慮和修改。這些評估顯示在報告時開採是合理的
Roches Argilleuses Talceuse (RAT) 群	RAT 被認為是 R2 和 R1 單位之間的界限，它包括一個上 RAT 灰 (R2) 和一個下 RAT 紫 (R1)
帶有孔洞的矽質岩 (RSC)	疊層岩矽化白雲石的多孔填充塊狀
片岩	區域性質變岩石，由平行排列的礦物成分所組成
沉積岩	由沉澱物積累所形成的岩石，或因其他岩石的侵蝕所形成。
尾礦	具價值的礦物或金屬提煉後，磨成細未的廢石
火山岩	三類岩石之其中一類。火山性組件包括所有擠出岩和相關侵入岩
火山碎屑岩	三類岩石之其中一類。火山性組件包括所有擠出岩和相關侵入岩

附錄 B

工廠和加工航拍圖

Nkana 高空拍攝地圖的 Met 工廠

圖 76：Nkana 的航拍地圖（照片 1)

氧化銅浸出、溶劑萃取工廠和原地溶劑萃取高空拍攝地圖

圖 77：Nkana 的航拍地圖（照片 2)

鈷、銅煆烤爐、浸出溶劑萃取和電解沉積工廠高空拍攝地圖

圖 78：Nkana 的航拍地圖（照片 3)

銅、硫化鈷濃縮機高空拍攝地圖

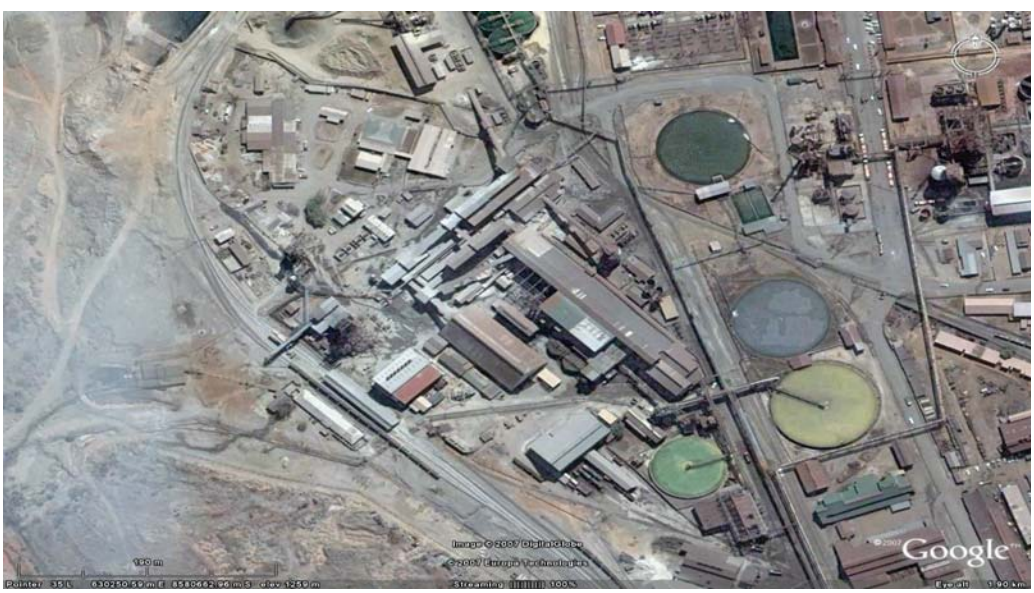


圖 79：Nkana 的航拍地圖（照片 4)

（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，與我們在非洲、亞洲、大洋洲、歐洲、北美洲和南美洲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