第十四節：獨立技術報告

C分節：KATANGA報告

（此乃白頁　特此留空）

2011 年 5 月 4 日

GLENCORE INTERNATIONAL PLC

礦產專家報告：Kamoto 銅礦公司(KCC)

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	土木工程理科學士，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
James Nieuwenhuys	SNC Lavalin	
Kerron Johnstone	Golder Associate 非洲有限公司	工程理科學士，GDE，工商管理碩士

報告編號： 12971-10169-2
發行：
Glencore 國際公司 -1 份
GAA 項目檔案部-1 份
GAA 圖書館-1 份

報告

A world of capabilities delivered locally

Golder Associates

2011 年 5 月 4 日 12971_Lett_009

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

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

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

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

礦產專家報告： KATANGA 礦業有限公司

敬啟者，

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」，代表 Glencore International plc（以下簡稱「公司」，Glencore International plc 為集團的最終母公司））委託，就 Katanga 礦業有限公司（以下簡稱「KML」，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」）。

KML 擁有 Kamoto 銅礦公司（以下簡稱「KCC」）75%的股本權益，本 MER 審核的對象即是 Kamoto 的有形資產。

該有形資產包括以下各項：

- Kamoto 地下礦（以下簡稱「KTO」）；
- T17 露天礦；
- KOV 露天礦；
- 東 Mashamba 露天礦；
- Tilwezembe 露天礦；
- Kananga 礦；
- Kananga 礦延伸部分；

- Kamoto 選礦廠（以下簡稱「KTC」）；以及
- Luilu 冶金廠（「Luilu 精煉廠」）。

本 MER 編寫團隊由數位合資格人士組成，彼等均擁有相關技術及專業資質。

本報告總結了 GAA 審核結果，符合英國金融服務局的招股章程規則（以下簡稱「招股章程規則」）中載列的要求，且其編制以一貫執行由「歐洲證券監管委員會」（現為歐洲證券市場管理局，簡稱 ESMA）頒佈的「歐洲委員會關於招股章程第 890/2004 號規定」（歐洲證券市場管理局(ESMA)建議，根據歐洲證券監管委員會 2010 年 4 月發佈的關於礦產公司與招股章程內容有關的諮詢檔案，於 2011 年 3 月 23 日更新）以及《香港上市規則》第 18 章規定為宗旨。

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

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

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

此外，GAA 認為該等實踐和評估方法亦符合招股章程規則中所載有關 ESMA 建議的要求。 在本報告中，所有的儲量以及資源量評估最初由 KCC 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，特別是 SRK 諮詢公司為確保符合國家規範文檔第 43-101 號：礦業公司披露標準（National Instrument 43-101: Standards of Disclosure for Mineral Companies ，簡稱「NI 43-101」）而編制的「有關 KML 有形資產報告的獨立技術報告（2009 年 3 月）」。 報告僅對證實的和概略儲量進行了估值，這符合招股章程規則中有關 ESMA 建議的要求。 KML 的其他資產（包括大量資源）未涵蓋在本次估值中。

能力與獨立性

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

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

我們已向 Glencore、KML 以及 KCC 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 KML 及代表 KML 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 KCC 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、KML 或 KCC 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、KML 和 KCC。

本報告總結了技術和經濟審核結果。

詞彙表

本 MER 附錄 A 載列本報告所用定義術語和技術詞彙。

顧問資質

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

姓名	公司	資質
Peter Onley	GAA	工商管理碩士，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。 入行以來，Peter 曾就多種礦產品提供諮詢，包括鑽石、金、鈾、鐵礦石、鋁土礦、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

姓名	公司	資質
		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

姓名	公司	資質
		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

SE/WvdS/kf

1.0 執行概要

1.1 介紹

Golder Associates 非洲有限公司（以下簡稱「GAA」）於 2010 年 11 月，受 Glencore 國際公司（以下簡稱「Glencore」，代表 Glencore International Plc（以下簡稱「公司」，Glencore International Plc 為集團的最終母公司））委託，就 Katanga 礦業有限公司（以下簡稱「KML」，Glencore 為該公司控股股東）擁有並運營的有形資產（見下）編制一份礦產專家報告（以下簡稱「MER」）。

KML 擁有 Kamoto 銅礦公司（以下簡稱「KCC」）75%的股本權益，本報告審核的對象即是 Kamoto 的有形資產。

該有形資產包括以下各項：

- Kamoto 地下礦（以下簡稱「KTO」）
- T-17 露天礦
- KOV 露天礦
- 東 Mashamba 露天礦
- Tilwezembe 露天礦
- Kananga 礦
- Kananga 礦延伸部分
- Kamoto 選礦廠（以下簡稱「KTC」）
- Luilu 冶金廠（「Luilu 精煉廠」）

有關有形資產的更多詳細資訊請參見下列各段。

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

MER 乃基於 SRK（南非）諮詢有限公司於 2009 年 3 月 17 日編制的 KML 技術報告編制；該報告已作更新，確認了有關當前資源量和儲量聲明，並納入對採礦計劃及項目發展活動的修訂。 MER 也亦涵蓋 GAA 於 2010 年 12 月進行實地審查後得出的觀察結果和評論；實地審查的目的在於確定礦山是否符合赤道原則中有關環境的規定，以及評估閉礦費用。

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

本報告編制方法包括：

- GAA 代表於 2010 年 10 月到 12 月之間進行了實地考察，檢查了礦區（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 KML 及代表 KML 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 KCC 高級經理進行面談；

- GAA 自行分析數據、工程、金融、資源、採礦和資源模擬；以及
- 倚賴之前的技術研究和專家報告。

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

1.2 所有權

KML 是一家在加拿大多倫多證券交易所（TSX:KAT）上市的實體，與剛果（金）國家礦業公司（位於剛果民主共和國（DRC）的國有採礦公司）成立合資公司 KCC，並於其中持有 75%的股份。

1.3 歷史

KML 和 Nikanor PLC（「Nikanor」）在 2008 年 1 月合併後，KML 透過持有 KCC 75%股權，以及持有剛果民主共和國銅鈷項目責任有限公司（「DCP」）75%股權持有有形資產。 KCC 和 DCP 中餘下股權由 GCM 持有。

2007 年 4 月（在 KML 和 Nikanor 合併前），剛果民主共和國政府成立調查委員會，審核剛果政府半國有公司簽訂的約六十（60）份採礦協定。 KCC 合資協議和 DCP 合資協議均在受審核採礦協議之列。

該委員會在 2007 年 11 月公開發表一份報告，公佈調查結論。

繼 2007 年 11 月上述報告公佈之後，KCC 及 DCP 於 2008 年 2 月 11 日收到剛果民主共和國（剛果金）礦業部通知，其中進一步表明對兩公司與 GCM 合作夥伴關係的反對意見及要求。

2008 年 7 月，GCM 與 Katanga 金融有限公司（簡稱「KFL」，KML 旗下全資子公司）簽訂諒解備忘錄，根據該備忘錄，雙方同意修訂合資協議中部份條款，並同意 KCC 和 DCP 合併。

2008 年 8 月，剛果民主共和國（剛果金）礦業部發佈其就調查 KCC 與 DCP 重新磋商及/或終止採礦協議的權責範圍。

經 2008 年第四季度及 2009 年第一季度召開一系列會議後，GCM、KFL 和 Global Enterprises Corporate 有限公司（簡稱「GEC」）在 KCC、DCP、SIMCO、Katanga 礦業控股有限公司、Katanga Mining Finance Limited 以及 KML (BVI) Holdco Ltd.的見證下，於 2009 年 7 月 25 日簽訂一份協議，即「經修訂的合資協議」，該協議當日生效，同時原 KCC 合資協議和原 DCP 合資協議亦告終止。 2010 年 4 月 27 日 DRC 政府頒佈總統令，批准 KCC 和 DCP 合併。

根據經修訂的合資協議，KCC 採礦權和設備裝置將按以下處置：

- PE525 下全部礦區（包括 13 礦床）及 PE4958 下部分礦區（即下述新 PE11602，包括涵蓋 T17 礦藏的兩個礦場）轉讓給 KCC。 KCC 獨家佔有 Kamoto、東 Mashamba 及 T17 礦床，以及這些礦床在 PE525 涉及礦區範圍及在 PE4958 下已轉讓的兩個礦場週界範圍內任何延伸部分的權益。 該等轉讓已根據於 2009 年 7 月 27 日訂立的轉讓契據完成，有剛果民主共和國（剛果金）礦業部（以下簡稱「CAMI」）2009 年 11 月 27 日發出的第 CAMI/CE/5621/2009 號採礦許可證為證。

- KCC 與 DCP 合併後，DCP 採礦許可證轉讓給 KCC。 此外，GCM 將向 KCC 轉讓 PE 7044 下一礦場（即新 PE11601，為 Kananga 礦床的延伸），轉讓應於 PE652 所有人從其尾礦場讓出該幅待轉讓礦場後立即執行；或者，倘 KCC 同意授予 PE652 持有人該幅礦場地役權，則在更早時間執行。 該等轉讓已根據於 2009 年 7 月 27 日訂立的轉讓契據完成，有剛果民主共和國（剛果金）礦業部（以下簡稱「CAMI」）2009 年 11 月 27 日發出的第 CAMI/CE/5622/2009 號採礦許可證為證。

- 合併後 KCC/DCP 特許權區的週界將包括經修訂的合資協議中所規定的必要地面。

根據經修訂的合資協議，必要地面會自 GCM 所持有的 PE8841 下礦區內，以及 T17 礦床附近的一礦場中選定。 KCC 已獲授地役權，可為 KOV 露天礦廢料清理輸送帶系統建設並維護所需作業設施。 KCC 應出資聘請獨立承包商來確認劃定的潛在必要地面是否存在任何礦物儲量。 倘若未發現任何礦藏，則相關地面採礦權將轉變

為多樣採礦許可（如有必要），並應租予 KCC。倘在指定地面發現存在礦藏，則該等礦藏將據經修訂的合資協議條款作為替代礦藏（定義見下文）轉讓予 KCC。

此外，根據經修訂的合資協議，KCC 獲授權在需要時可選擇將必要地面擴大至涵蓋 PE8841 下待出租的五個礦場，該選擇權在其與 DCP 合併後三年內有效。 三年期之後，倘 GCM 有意向協力廠商轉讓該等礦場或開放該等礦場中任何部分供協力廠商使用，KCC 對上述五個礦場擁有優先購買權。

必要地面（包含在 3 年內可透過行使選擇權租賃的其他五個礦場）的租金為 600,000 美元/年。 此外，合併後的 KCC 除須向 GCM 支付礦區土地使用費之外，還須另外支付一筆租金稅（稅率為 22%）。

作為經修訂的合資協議的一部分，訂約各方亦協定在 KCC 清算或清償後，KCC 擁有採礦權和所有權將毫無疑問地返還給 GCM。

根據經修訂的合資協議，GCM 和 KCC 已就 GCM 向 KCC 租出設備和裝置（「設備和裝置」）事宜簽訂協議（設備和裝置詳情載於經修訂的合資協議附錄）。 KCC 每年應付 GCM 設備和裝置租金 1,200,000 美元，該等租金已計入 KCC 應付 GCM 的礦區土地使用費。 但除礦區土地使用費之外，KCC 仍須另外支付一筆租金稅（稅率為 22%）。

在經修訂的合資協議依法終止後或最終到期後，KCC 應免費向 GCM 交還設備和裝置。

作為經修訂的合資協議的一部分，訂約各方亦協定，GCM 授予 KCC 或同意 KCC 擁有下列權利，但 KCC 須支付合理維護費用： （i）道路、鐵路、軌道、水路等使用權；（ii）可主張道路通行權、地役權和水路使用權等；以及（iii）一切有助於 KCC 進入或使用 GCM 在 KCC 項目週界之外擁有的相關土地及土地上設施的補充權利（倘進入或使用該等土地或土地上設施對於以「最經濟之方式」開展項目是必須且必要的）。

1.4 土地使用權

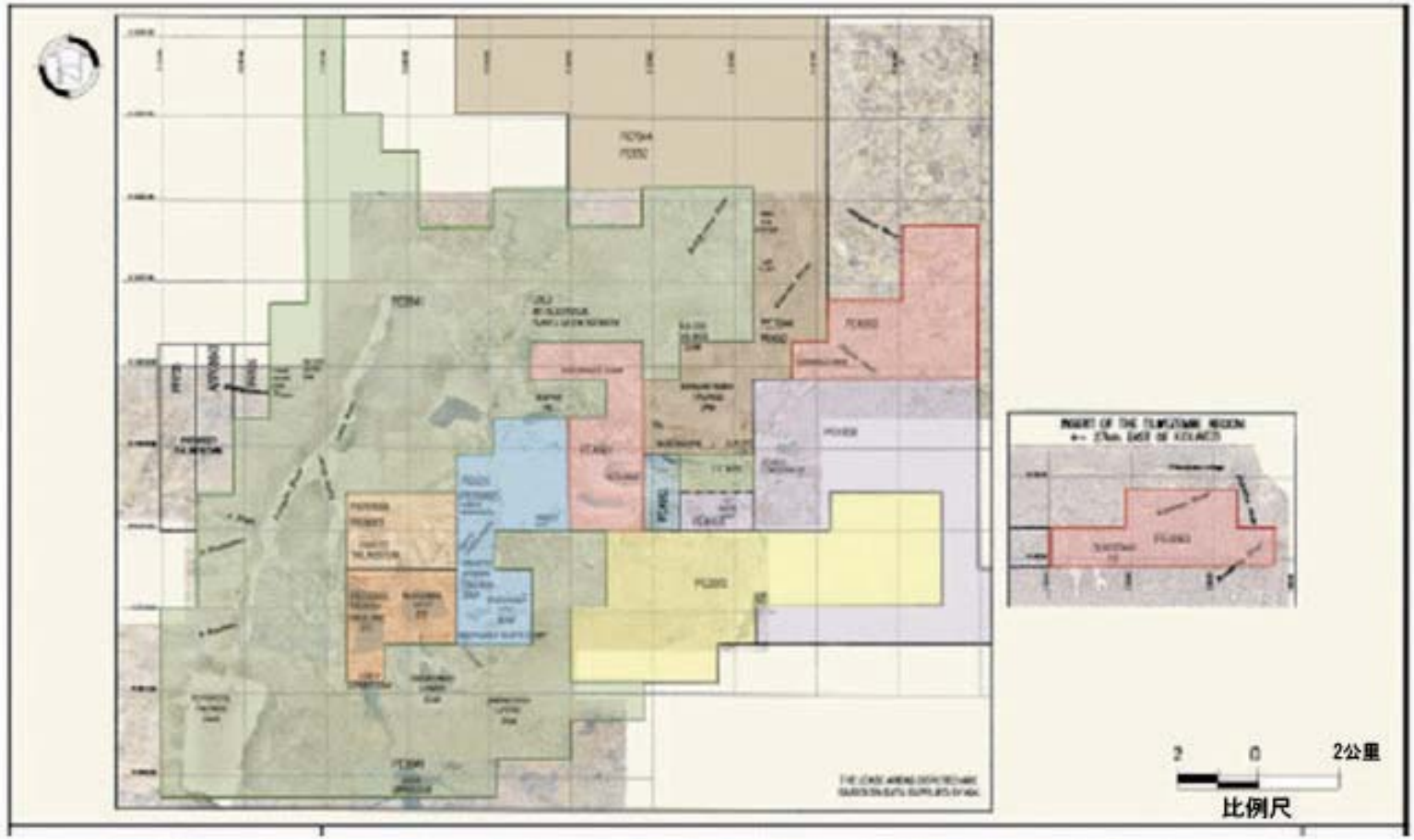
在經修訂的合資協議獲批之後，KCC 持有下表中所列的許可證。

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

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

資產	採礦許可證書號	授予的權利	位置	持有者	所有權面積	有效期至
Kamoto 地下礦場以及東 Mashamba 露天礦	PE525	銅、鈷和相關礦物	10°43'S 25°24'E	KCC	13 區塊，11,04km^2	03/04/2024 可續期
T17 露天礦	PE11602	銅、鈷、鎳和金		KCC	2 區塊，1,698km^2	03/04/2024 可續期
Kananga 延伸部分	PE11601	銅、鈷、鎳和金		KCC	1 區塊，0,849km^2	07/05/2022 可續期
KOV 露天礦	PE4961	銅、鈷和相關礦物 +地面使用	10°42'S 25°25'E	KCC	10 區塊，8,49km^2	03/04/2024 可續期
Tilwezembe 露天礦	PE4963	銅、鈷和相關礦物 +地面使用	10°47'S 25°42'E	KCC	9 區塊，7,64km^2	03/04/2024 可續期
Kananga 礦	PE4960	銅、鈷和相關礦物 +地面使用	10°40'S 25°28'E	KCC	13 區塊，11,04km^2	03/04/2024 可續期

KCC 採礦許可證涉及礦產邊界如下圖所示。 本圖也標明了必要地面。


2
0
2公里
比例尺

上述邊界圖來源 CAMI 就 KCC 採礦許可證邊界編制的地圖。 KML 尚未曾單獨勘測該區域。 在 GCM 當前所持有的土地之外尚有一些限制區域，KCC 需要申請許可證在該等區域內運營基礎設施和尾礦。

有形資產狀態

本 MER 包含的，KCC 於剛果民主共和國（「DRC」）Katanga 省 Kolwezi 區運營的礦場、項目和相關基礎設施（本文件中將之統稱為「有形資產」）如下表所示。

資產	持有人	類型	狀態	許可證		備註
				到期日期	區域	
KTO 礦 東 Mashamba 露天礦	KCC	Ug OP	運營中 開發	2024 年 4 月 3 日	11,04 km^2	礦場運營 開發項目，2013 年開始排水
T17 露天礦	KCC	OP	運營中	2024 年 4 月 3 日	1,698 km^2	礦場運營
KOV 露天礦	KCC	OP	運營中	2024 年 4 月 3 日	8,49 km^2	礦場運營
Tilwezembe 露天礦	KCC	OP	未運營	2024 年 4 月 3 日	7,64 km^2	由於銅/鈷價格較低，2008 年 11 月停止運營
Kananga 礦	KCC	OP	未運營	2024 年 4 月 3 日	11,04 km^2	由於軌道線路將要重新佈置，已停止運營
Kananga 延伸部分	KCC	OP	未運營	2022 年 5 月 7 日	0,849 km^2	由於軌道線路將要重新佈置，已停止運營

OP=露天礦

Ug=地下礦

礦物加工資產匯總表：

資產	持有人	狀態
Kamoto 選礦廠	KCC	運營中
Luilu 冶金廠	KCC	運營中

替代礦藏

根據經修訂的合資協議，用於替代根據出讓協議已讓與 GCM 的 Dikuluwe 和西 Mashamba 礦床（「出讓礦床」）的礦藏儲量應為 3,992,185 噸銅和 205,629 噸鈷。

該等礦藏乃作為對出讓礦床的補償轉讓予 KCC（「替代礦藏」），因此 KCC 無需就此次轉讓向 GCM 支付任何「門檻費」。

根據經修訂的合資協議的規定，GCM 和 KCC 須聯合審視、實施和管理探礦項目（「探礦項目」），以便在不遲於 2015 年 7 月 1 日之前探明充足的替代礦藏，並將這些替代礦藏轉讓給 KCC。探礦項目可在下列週界內實施： （i）KCC 採礦許可證許可範圍（不包括 Kamoto、東 Mashamba、Tilwezembe、Kananga、T17 和 KOV 露天礦，以及這些礦床的任何延伸部分）；（ii）必要地面；或（iii）屬於 GCM 的其他週界內。

探礦項目所需費用自 KCC 向 GCM 提供的貸款支付，GCM 以抵銷 KCC 應付的礦區土地使用費和紅利方式還款（不計利息）。

倘 GCM 透過探礦項目或其他方式確定任何替代礦藏，則應根據澳洲大洋洲採礦冶金學會、澳大利亞地質家協會和澳大利亞礦物委員會組成的聯合可採儲量委員會頒佈的「澳洲大洋洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範」（「JORC」，經修訂）要求對這些替代礦藏進行評定和認證。

一旦 KCC 確信 GCM 對這些替代礦藏擁有完全合法的所有權，且這些替代礦藏屬於有效採礦許可證許可範圍，則 KCC 將就獲轉讓給或租給（租賃）替代礦藏簽訂轉讓契據或租賃協議。

若 GCM 在 2015 年 7 月 1 日前未能找到礦藏替代出讓礦床，則 GCM 必須支付 285,000,000 美元作為經濟補償。 KFL、GEC 和 GCM 均同意經濟補償應在 2015 年 7 月 1 日前支付，若在 2015 年 7 月 1 日後兩個月內未支付經濟補償，則利率將升高。在緊接兩個月寬限期後頭 12 個月，未支付的經濟補償金額的適用利率將限於倫敦銀行同業拆放利率（「Libor」）（6 月期），12 個月過後則將適用倫敦銀行同業拆放利率（6 月期）+300 基點的利率。

GCM 同意在經濟補償完全付訖前，KCC 可扣留應付 GCM 的任何未來收入（即礦區土地使用費和紅利，不包括門檻費）。

1.5 資源模型

地質

Katanga 銅帶省是世界主要成礦區域之一，礦化帶位於 Katanga 銅帶省的西端，其中蘊藏了一些世界上最豐富的銅、鈷和鈾礦床。

這些礦床主要岩石為晚期元古代 Katanga 系變質沉積岩，沉積物演替層厚 7km，依次為小火山岩層、火山碎屑岩層和侵入體層。 地質年代學數據表明 Katanga 沉積物的沉積時間約為 8.8 億年前，在不到 6.5 億年前的 Katanga 造山運動期間發生地質變形。 這種變形導致 NS-SE 向盧非力弧（Lufilian Arc）的產生，從非洲西海岸上的納米比亞國一直延伸到尚比亞，接近剛果民主共和國（DRC）的南部。 在剛果民主共和國境內，變形帶延伸 300 多公里，從西北部的科盧韋齊市延伸至東南部的盧本巴希市。

從地層上看，在尚比亞和剛果民主共和國發現的豐富的銅和鈷礦床具有 Roan 群（以下簡稱「Roan」）的特點。 Roan 出現在 Katanga 演替層的基礎上，不均勻地覆蓋於 Kibaran 時期（中元古代）的基底岩石上。 Roan 與 Kundelungu 和 Nguba 群的覆蓋岩石被一塊礫岩（即大礫岩）隔開。 Nguba（原稱為「Lower Kundelungu」）由砂岩和帶有基底礫岩的葉岩組成，而 Kundelungu 主要由沉積物組成，由一塊礫岩（法語為「petit conglomerat」）與 Nguba 隔開。

在盧非力弧(Lufilian Arc)之內，是大規模東-西走向至北西-南東走向褶皺，波長延伸數千米。 褶皺沿背斜波峰斷裂，通過背斜，Roan 岩石底辟褶皺已貫入斷裂帶，擠入斷層面和沖斷層，以覆蓋於新的 Kundelungu 岩石上。 沖斷層 Roan 岩性為表層碎屑或「片區」。 這些片區是完整的單元，每個單元均保留其原始的地質演替層。 斷層面內的一個片區可能有數百米長。

在 Katanga 銅帶，銅和鈷的開採在這些露頭至子露頭片區中進行。

礦化作用

在下 Roan 範圍內硫化物形式的主要礦化作用與 OBI 的 D Strat 和 RSF 以及 OBS 的 SDB 和 SDS 相關，並被認為起源於同步沉積。 典型的主要銅硫化礦是斑銅礦、黃銅礦，有時是原生銅礦，而鈷硫化礦則是硫銅鈷礦。礦化作用發生形式為礦染，或者與碳酸鹽岩熱液蝕變和矽化作用相關。

表生礦化通常與次表面的氧化水平相關，該次表面往往在表層以下 100m 處。 銅和鈷最常見的二次表生礦物是孔雀石和水鈷礦。 在當前 KOV 露天礦範圍內開採的主要礦物是孔雀石。

RSC 是一個在地層上介於上部和下部礦體主岩之間的岩性單元，包含相對較少的銅成礦。 RSC 在上層 SDB 組和下層 RSF 組的接觸點附近包含可探測到的銅成礦。 GCM 認為「貧瘠」的 RSC 中間部分通常含有較少銅成礦，往往不在該部分進行取樣。 RSC 的礦產潛力不如其他地層組的礦產潛力知名。

已觀察到 RSC 表生氫氧化鈷和水鈷礦礦藏豐富，尤其是在地表附近，其以晶壁岩穴空隙填料的形式出現。

Tilwezembe 礦藏的礦化作用主要發生在 Mwashya 或 R4 組，這並不典型。 礦化作用一般發生形式為與角礫岩化相關的裂隙和開放性裂縫的空隙填料。 典型的富含礦物主要包括銅礦物（黃銅礦、孔雀石和假孔雀石）、鈷礦物（水鈷礦、硫銅鈷礦和球泡酸鈷礦）以及錳礦物（硬錳礦和水錳礦）。

礦產資源

截至 2010 年 12 月 31 日，KCC 各個區域的綜合礦產資源歸納如下表。 結合 2010 年的最後兩個月份的預測噸數，使用截至 2010 年 10 月 31 日已實際開採的區域。

KCC： 綜合礦產資源（截至 2010 年 12 月 31 日）

分類	項目區域	Mt	%總銅	%總鈷
探明資源量	KTO 礦	30.7	4.54	0.54
	小計	30.7	4.54	0.54
控制資源量	KTO 礦	35.7	4.69	0.6
	東 Mashamba 露天礦	75.0	1.80	0.38
	T17 露天礦	8.5	2.75	0.87
	KOV 露天礦	123.9	5.37	0.4
	Kananga 礦	4.1	1.61	0.79
	Tilwezembe 露天礦	9.5	1.89	0.6
	小計	256.7	3.95	0.45
探明和控制資源量合計	KTO 礦	66.4	4.62	0.57
	東 Mashamba 露天礦	75.0	1.80	0.38
	T17 露天礦	8.5	2.75	0.87
	KOV 露天礦	123.9	5.37	0.4
	Kananga 礦	4.1	1.61	0.79
	Tilwezembe 露天礦	9.5	1.89	0.6
	合計	287.4	4.02	0.46
推斷資源量	KTO 礦	10.6	5.11	0.59
	東 Mashamba 露天礦	65.3	0.76	0.1
	T17 露天礦	15.3	1.91	0.61
	KOV 露天礦	71.2	3.56	0.32
	Kananga 礦	4.0	2.00	0.98
	Tilwezembe 露天礦	13.8	1.75	0.60
	合計	180.2	2.32	0.32

1) 已根據《澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範》（2004 年版）（「JORC 規範」）的分類標準對礦產資源進行報告。

2) 礦產資源包括礦石儲量。

3) 礦產資源並非礦石儲量，不能顯示出經濟可行性。

1.6 儲量估計

Ukwazi 集團公司於 2010 年 10 月參觀 KCC 的有形資產，並收到地質和礦物學數據，以評估和優化為礦山生命期而制定的開採計劃（「LOM」）。 KCC 現行作業可分為地下作業（即 KTO 礦）以及表層開採作業（即 T-17 露天礦和 KOV 露天礦）。

目前的 KTO 計劃是每年開採達 220 萬噸硫化物礦石，以配合第 4 期處理廠擴建工程完工。 所應用的貧化和超挖比例在 4%至 13%之間，採礦（包括地質損失）在 90%至 50%之間，這取決於所用的採礦方法。 原礦（「ROM」）品位仍然相對穩定，在 3,780 萬噸原礦的壽命時間，ROM 品位平均為 3.9%銅。

對於兩個地下礦山，計劃自 2018 年起提升產能，以更換和/或補充露天礦作業的產量。 T-17 地下工程和 Kamoto 東部地下工程有關的概念性工作已經完成。 總計 1,370 和 2,050 萬噸 ROM 分別用於這些項目，稀釋品位分別為 2.6% 銅和 4.4% 銅。

T-17 露天礦已接近枯竭，且在 2012 年期間，表層開採將在當前露天礦經濟邊界範圍內結束。開採計劃目的在於，2011 年和 2012 年實現總 ROM 氧化礦 150 萬噸，平均原礦品位為 2.7% 銅。預計到 2012 年的開採量可轉換為概略的礦物儲量。

KOV 露天礦交付總計 8,320 萬噸 ROM 礦石，ROM 原礦品位為 4.14% 銅，直至 2030 年。來自 KOV 露天礦的礦石礦產量主要是平均 78%的氧化物礦物。 礦物儲量估計為 5,570 萬噸，銅含量為 4.7%，該儲量被劃分為概略礦物儲量。 根據當前 LOM 的計劃，KOV 露天礦是主要的銅開採來源。

對於東 Mashamba 露天礦，共 1,280 萬噸的 ROM 開採量，品位為 2.8% 銅，計劃開採速度高達每年 200 萬噸。該採場僅生產氧化礦，預計概略的礦物儲量為 590 萬噸，品位為 3.0% 銅。

目前，KCC 有一個開採計劃，到 2030 年，開採總計 1.69 億噸銅礦石，平均品位為 3.9%銅。該儲量估計為 0.97 億噸，平均品位為 4.2% 銅。

KCC： 綜合礦物儲量（截至 2010 年 12 月 31 日）

證實儲量			概略儲量			合計		
千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷
14 589	3.47	0.51	82 450	4.33	0.46	97 039	4.20	0.47

1.7 廠房和設備

Kamoto 選礦廠（「KTC」）和 Luilu 精煉廠構成 KCC 處理廠，KTC 距離 Kolwezi 約 4km，Luilu 精煉廠距離 KTC 為 6km。

Kamoto 選礦廠

原 Kamoto 選礦廠由 Kamoto 1 分部和 Kamoto 2 分部組成，Kamoto 1 分部和 Kamoto 2 分部分別建於 1968 年和 1972 年。DIMA 1 和 DIMA 2 分部分別建於 1981 年和 1982 年。

Kamoto 1 處理混合礦石和氧化物礦石。 該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行自體研磨作業；
- 硫化礦浮選，包括粗加工、清洗和中礦再磨，以生產硫化礦精礦；
- 氧化物礦物的硫化；以及
- 氧化礦浮選，包括粗加工和清潔，以生產氧化精礦。

Kamoto 2 主要處理從 KTO 礦藏採出的硫化礦。 該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行自體研磨作業；以及
- 硫化礦浮選，包括粗加工、清洗和中礦再磨。

DIMA 1 回路主要處理氧化物和混合氧化物/硫化物礦料。 該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行一次自體研磨和二次球磨碾磨作業；
- 硫化礦浮選，包括粗加工、清洗、再清洗和中礦再磨，以生產硫化礦精礦；

- 氧化物礦物的硫化；以及
- 氧化礦浮選，包括粗加工和清潔，以生產氧化精礦。

DIMA 2 回路處理氧化礦。該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行一次自體研磨和二次球磨碾磨作業；
- 氧化物礦物的硫化；以及
- 氧化礦浮選，包括粗加工和清潔，以生產氧化精礦。

Luilu 精煉廠

位於 KTC 以北約 6km 處的 Luilu 精煉廠於 1960 年開始生產。所採用的工藝流程是煅燒浸取--電解沉積，是其他當代剛果民主共和國和尚比亞銅帶作業的典型工藝流程。 該回路包括以下工藝程序：

- 硫化礦和氧化精礦的接收、脫水和儲存；
- 硫化礦精礦煅燒；
- 煅燒爐煅燒產物和氧化精礦的硫酸銅浸取（氧化浸取，輔以空氣噴射）；
- 採用高酸耗（白雲石）精礦進行二次浸取；
- 逆流傾析和澄清；
- 浸取尾礦過濾和殘留硫化礦浮選；
- 尾礦的中和作用和處理；
- 通過含有銅顆粒的升流反應器除硒；
- 銅電解沉積至始極片上（即轉化為不銹鋼種板）；
- 鈷外滲液除鍍銅-二階段電解沉積；
- 鈷外滲液淨化，包括以下步驟；
- 通過使用石灰乳控制 pH 值沉澱進行除鐵；
- 通過使用石灰乳二階段控制 pH 值沉澱進行除銅；
- 通過使用硫氫化鈉（「NaHS」）和鈷晶片控制 pH 值沉澱進行除鎳；
- 通過添加硫化氫（「H_2S」）和使用碳酸鈉溶液進行中和來除鋅；
- 使用石灰乳使受控 pH 值的鈷沉澱；
- 在控制 pH 的情況下，使用廢電解液和硫酸進行鈷重新浸取；
- 鈷電解沉積；以及
- 鈷真空脫氣和打磨。

Luilu 精煉廠設計用於處理硫化物和氧化物精礦，初始處理能力為 80 ktpa 電解銅。 在 20 世紀 70 年代，處理能力擴大到 175 ktpa 電解銅和 8 ktpa 電解鈷。 在電解沉積第一階段產生的電解銅的品位從未達到倫敦金屬交易所有限公司（「LME」）甲級品質，而在電解沉積第二階段產生的大部分電解銅和海綿銅並不具有商品品質，並被回收至 Likasi 的 Shituru 冶煉廠。 整個冶煉廠的鈷採收率小於 65%，大部分鈷損失發生在一些硫化鎳和硫化鋅的沉澱過程中，也有部分鈷損失發生在除鐵和鈷沉澱的過程中。

該冶煉廠在 2004 年被接管時的條件極差，幾乎完全停止運行。 然後，設計了一份先進的重建方案，以滿足日益增加的輸送量。 迄今為止，分階段重建已取得很大進展。 第 1 階段於 2007 年 12 月完工，第 2 階段於 2009 年 12 月完工。新煅燒爐於 2009 年開始運作。

第 3 階段將主要完成 KTC 和 Luilu 精煉廠的重建。為此，SNC-Lavalin（南非）正在開展工程服務和採購服務。制定的過程類比模型結果表明，KTC 和 Luilu 精煉廠的第 3 階段將生產銅 150 ktpa 和鈷 8 ktpa。 第 3 階段將於 2011 年 7 月完工。

產量進一步增加，銅產量 150 ktpa 以上，鈷產量 8 ktpa 以上，這已通過 2010 年 7 月完成的範圍研究進行了評估。這項研究比較了將銅產量增加至 270 ktpa 或 310 ktpa 的備選方案。

目前，前端工程和項目前期工作正在進行當中。 設計輸出為銅 270 ktpa 或 310 ktpa 和鈷金屬 8,000 ktpa，額外的鈷作為氫氧化鈷出售。 為實現 310 ktpa 銅的生產能力而需進行的最重要的建設工程包括：

- 將 DIMA 碾碎機從自體應用轉換至半自體應用；
- 附加研磨和浮選設施；
- 新添精礦過濾設施；
- 新添煅燒設施；
- 中性浸取回路；
- 銅溶劑萃取（「SX」）廠；
- 將現有但未使用的電精煉廠轉為電解提取設施，用於基底負荷銅生產；
- 現有銅電解設施翻新和再使用，作為可變補充容量。
- 升級鈷淨化設施；以及
- 氫氧化鈷裝袋設施。

目前，預計改裝和建造工程將於 2013 年完成，這將允許 2014 年銅產量增加至 250 ktpa。現有銅電解裝置的翻新將於 2014 年完成，以便 2015 年銅產量可增加至 310 ktpa。

1.8 關閉

對礦山基礎設施和覆蓋區進行了關閉評估。 關閉評估的主要結論基於各個場地的 Google Earth 圖像的說明。此外，在無法獲取所需資訊的情況下，GAA 乃根據經驗進行估計。 審核中使用的單位費率取自 GAA 現有數據庫及/或諮詢拆遷從業者獲得。 如有需要，對它們進行調整，以反映特定場地的具體情況。

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

由於礦區環境會遭到嚴重擾亂並可能受污染，即使很小的界區差異都可能對關閉成本的計算有顯著影響。 儘管無法確定，但依據 GAA 釐定的 1.11 億美元參考關閉成本，SRK 於 2008 年釐定的成本費用似乎比較恰當，因此，其可用作恢復和復原相關的財政撥款依據。

要得到明確的最終關閉成本，需進行更多的工作，同時兼顧本報告強調的那些方面。

1.9 環境、健康和安全

這份報告介紹了環境和社會審計的結果，該環境和社會審計由 GAA 於 2010 年 12 月 8 日在 KCC 進行。

審計結果： 許可證

在所需授權方面，在審計過程中已證明以下內容：

- KCC 持有其所有特許權的已核准營業執照（PE525、PE4960、PE4961、PE4963、PE11601 以及 PE11602），符合《剛果民主共和國採礦規範》的第 64 條（法律編號 007/2002，2002 年 7 月 11 日）。
- SRK 已於 2010 年 3 月為 KCC 項目編制了《環境影響報告書（草案）》（「EIS」）和《環境管理計劃》（「EMP」）。根據《剛果民主共和國採礦規範》和《剛果民主共和國採礦守則》（法令編號 038/2003，2003 年 3 月），KCC 已於 2011 年 1 月將這份文件提交至採礦環境保護局（「DPEM」），供其批准。該報告主體包括一張表格，該表歸納了 KCC 的環境和社會管理與赤道原則和國際金融公司（「IFC」）執行標準的符合程度。 這項評估主要基於上次審計（Metago，2009 年）的結果，隨後根據 EIS 和 EMP（SRK，2010 年）以及我們本次審計的結果對該評估進行了更新。

審計結果： 環境影響

對 KCC 的運作可能造成危險或導致與赤道原則不符的環境影響包括：

- 排至 Luilu 河的尾礦和工廠廢水，包括但不限於以下來源：
  - 來源於 Luilu 精煉廠的工藝廢水和殘渣，進入地表下層，流至精煉廠南部，然後溢入 Luilu 河。 自 Luilu 精煉廠建廠以來，這項活動一直進行，成為歷史遺留問題。 然而，KCC 已經認識到它帶來的潛在環境風險，並正在通過工程研究解決這個問題。工程研究已經由 SNC-Lavalin 完成，目前計劃於 2011 年執行。
  - 從 Kamoto 臨時尾礦壩（「KITD」）小批量釋放的不受控制尾礦，通過壓力管道和溢洪道進入下游冗餘尾礦設施，並最終進入 Luilu 河。由於其溶解性固體（「TDS」）總量高，pH 值可變，懸浮固體總量（「TSS」）高（>500 mg/l）且銅（「Cu」）含量不符合規定，因此，對於 KCC 來說，這是一個重大的環境風險。 這些釋放問題在 2010 年開始受到控制，KITD 設施進行了擴建，並計劃在 LOM 尾礦設施完工前的 2011 年完成 KITD 相關工作，為 2012 年長期尾礦管理做準備。
- 排放至 Musonoi 河的 KOV 露天採場廢水，造成風險相對較低的殘渣堆積以及銅、鈷（「Co」）和錳（「Mn」）污染。 KOV 露天礦對其向 Musonoi 河排放的排放物每日進行監察，迄今為止，98%以上的排放在剛果民主共和國 TSS 及其他參考金屬的排放限值之內。
- 因 KCC 爆破、廢礦堆場（「WRD」）、尾礦貯存設施（「TSF」）、運料路和其他活動而對周圍村莊產生的落塵和振動影響（尤其是 Luilu 和 Musonoi）。 這些影響表現為滋擾因素、潛在的健康/安全風險，

以及社區投訴及索償的潛在根源。 KCC 已注意到這個問題，並提供資金，以監測和解決這些顧慮。 應該指出的是，因為還存在手工採礦者活動以及 GCM 作業的歷史 WRD 和尾礦設施，所以降塵不能僅僅歸因於 KCC 作業。

- 與各礦石儲存區、TSF、WRD 和加工廠相關的放射性影響。 對於 KCC 來說，最重大的風險是手工採礦者可能會暴露於放射性廢礦（放射性廢礦與非放射性廢礦分開存儲）。 然而，KOV 露天礦附近的放射性廢礦堆是 GCM 進行的歷史採礦活動導致的後果，應由 GCM 負責。
- 急傾斜 WRD 的復原首先需要進行地形修整。 這屬於 KCC 的恢復和關閉成本責任。
- KCC 特許經營權範圍內的歷史遺留土壤污染問題，特別是那些與 Luilu 精煉廠和 KTC 的銅污水、鈷污水排放相關的土壤污染。 如前所述，2004 年之前就已經發生土壤污染的地方改造和恢復由 GCM 負責。
- 將來開採更深處的硫化礦石而產生酸性岩排水的風險。 地質和廢料的地球化學測試將有助於這種風險的定性和量化。

關於 KCC 環境問題的整體管理，提出了以下意見：

- 環境管理體系（「EMS」）的起草工作結束後，需要專門的人力資源和財力資源，使其生效。

審計結果： 社區關係

關於 KCC 社會問題的管理，提出了以下意見：

- 組織結構、人員編制、預算及對企業社會投資項目的資金分配得到很好地管理。 2010 年，約 800 萬美元用於社區建設項目，包括： 社區基礎設施（學校、供水路線、醫院等）建設；保健（瘧疾和愛滋病毒控制）以及農業項目。 社區建設經理為 2011 年制定了約 1,000 萬美元的預算。
- KCC 和受 KCC 作業直接影響的社區之間關係良好。
- 2006 年/2007 年實施了移民安置計劃，結果：（1）KCC 約 25 戶家庭在 Kolwezi 鎮擁有了土地；（2）約 80 人安置到了遠西尾礦壩，擁有土地，且可按季節進行農耕作業。 所有移民安置均須按照赤道原則，並考慮當地社區領導的意見。
- 通過社區建設部制定的溝通與申訴制度，2010 年社區問題和關注點看起來都已得到了妥善處理。 發現的主要申訴問題是由於 T17 露天礦和 KOV 露天礦爆破和廢礦處理影響了附近的 Musonoi 社區。
- EIS 草案成為將來礦區社會與環境管理合格性評價的基礎。
- EIS 和 EMP 全面實施後，可以對需要符合世界標準（包括赤道原則和 IFC 執行標準）的措施提供指導。

在我們看來，要想使 KCC 符合赤道原則的要求，並全面履行其關鍵環境和社會責任，必須實施現場 EMP（已報 DPEM 並獲批）和 EMS。

1.10 經濟評價

使用貼現現金流方法對 KML 在 KCC 的股權進行了經濟評價。 估算了整個礦山生命期內的收入、資本支出和運營成本，並將其貼現以給出 KCC 的期望值。

收入、資本和運營成本估算

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

將來開採作業、當前第 3 階段及第 4 階段計劃（每年銅產量達到 310 ktpa）的完成、以及相應支持基礎設施的建造都需要資本支出。 每年需要有 2,500 萬美元用作持續性資本。 礦山生命期內，KCC 將來的資本需求見下表：

KCC 資本支出

美元（單位：百萬）	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2035	LOM 合計
資本支出	320	353	370	132	120	1 352	2 649

估值

估值貼現率為 10%，基準日為 2011 年 1 月 1 日。KML 對 KCC 的投資淨現值（NPV）為 60.08 億美元。

1.11 Katanga MER 摘錄表

* 產量指截至年底--12 月 31 日的年度產量

* 冶煉廠的整體銅採收率為 85%，鈷採收率為 65%

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
成品金屬產量	單位								
銅	t	40 800	70 000	130 000	150 000	150 000	200 000	250 000	310 000
鈷	t	2 050	3 240	5 500	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000
氫氧化鈷	t						22 000	22 000	22 000
成品金屬實際/預測產量									
銅	t	22 122	41 964	52 179	110 414	150 000	174 546	246 669	308 194
鈷	t	749	2 534	3 437	5 017	6 995	6 807	8 000	8 000
氫氧化鈷	t						2 821	9 574	6 869
供銷售的含銅精礦	t	-	1 773	6 054	21 881	-	-	-	-
供銷售的精礦含鈷	t	1 776	-	-	-	-	-	-	-
現金成本（不包括礦區土地使用費、變現費用，未計副產品收入）	US$m	276	286	291	388	483	485	529	637
副產品收入	US$m	164	77	155	343	251	294	451	391
土地使用費（占淨收入的比例）	%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
折舊及攤銷	US$m	364	287	200	310	371	323	214	179
法定稅率	%	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
資本支出									
持續性支出	US$m	119	18	56	60	87	86	95	83
擴張性支出	US$m	319	100	165	260	266	285	38	38

產量--採礦

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
KTO	單位								
礦石	t	551 333	1 094 088	1 309 735	1 308 520	1 708 720	1 822 924	1 846 355	2 258 118
銅品位	%	3.93	3.85	3.82	3.80	3.88	3.94	3.89	3.67
鈷品位	%	0.43	0.49	0.56	0.49	0.57	0.58	0.57	0.57
KOV									
礦石	t	-	-	722 324	1 517 348	2 364 753	3 336 993	5 164 689	6 176 646
銅品位	%	-	-	4.43	4.81	5.02	5.11	4.21	3.81
鈷品位	%	-	-	0.30	0.38	0.39	0.35	0.22	0.15
T-17									
礦石	t	479 543	1 687 978	1 944 742	1 100 000	100 000	-	-	-
銅品位	%	1.72	1.30	2.55	2.57	2.93	-	-	-
鈷品位	%	0.89	0.85	0.95	0.46	0.44	-	-	-
Tilwezembe									
礦石	t	609 792	-	-	-	-	-	-	-
銅品位	%	1.39	-	-	-	-	-	-	-
鈷品位	%	1.17	-	-	-	-	-	-	-
東 Mashamba									
礦石	t	-	-	-	-	-	-	-	994 510
銅品位	%	-	-	-	-	-	-	-	4.14
鈷品位	%	-	-	-	-	-	-	-	0.10

產量—KTC

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
硫化礦回路	單位								
產量*	t	840 000	1 680 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000
實際研磨 KTO 礦石	t	562 833	1 099 902	1 324 782	1 308 520	1 708 720	1 822 924	1 846 355	2 292 418
銅品位	%	3.80	3.70	3.703	3.80	3.88	3.94	3.89	3.67
鈷品位	%	0.40	0.47	0.54	0.49	0.57	0.58	0.57	0.57
所產硫化礦精礦	t	48 909	92 477	113 678	113 122	134 175	145 767	145 892	170 383
銅品位	%	40.80	40.70	39.56	40.00	42.00	42.00	42.00	42.00
鈷品位	%	4.40	5.00	5.66	3.70	4.70	4.70	4.70	4.90
氧化物和混合回路									
產量*	t	840 000	1 440 000	3 000 000	5 160 000	5 160 000	5 160 000	7 680 000	7 680 000
實際研磨 T-17 礦石	t	437 754	885 318	1 236 354	2 195 060	827 389	-	-	-
銅品位	%	2.70	2.34	2.45	1.99	2.30	-	-	-
鈷品位	%	0.70	0.76	0.95	0.70	0.70	-	-	-
實際研磨 KOV 礦石	t	-	-	364 455	1 561 348	2 364 753	3 336 993	5 164 689	6 176 646
銅品位	%	-	-	4.43	4.81	5.02	5.11	4.21	3.81
鈷品位	%	-	-	0.30	0.38	0.39	0.35	0.22	0.15
實際研磨東 Mashamba 礦石	t	-	-	-	-	-	-	-	994 510
銅品位	%	-	-	-	-	-	-	-	4.14
鈷品位	%	-	-	-	-	-	-	-	0.10
實際研磨礦石總量	t	437 754	885 318	1 600 809	3 756 408	3 192 142	3 336 993	5 164 689	7 171 156
銅品位	%	2.72	2.34	2.78	3.16	4.32	5.11	4.21	3.86
鈷品位	%	0.74	0.76	0.63	0.57	0.47	0.35	0.22	0.14
所產氧化礦精礦	t	55 323	974 495	189 386	447 576	426 574	347 384	452 004	687 917
銅品位	%	16.87	16.95	18.20	22.50	24.00	24.00	24.00	24.00
鈷品位	%	3.30	3.76	2.83	2.40	1.70	1.70	1.70	0.70
所產硫化礦精礦	t					38 619	154 580	183 127	170 318
銅品位	%					42.00	42.00	42.00	42.00
鈷品位	%					2.30	2.10	1.60	1.10

產量--Kolwezi 選礦廠（KZC）（不再是 KCC 的資產--歸還給 Gecamines）

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
產量	**單位**								
實際研磨 Tilwezembe 礦石	t	555 753	-	-	-	-	-	-	-
銅品位	%	1.84	-	-	-	-	-	-	-
鈷品位	%	0.83	-	-	-	-	-	-	-
所產精礦	t	36 573	-	-	-	-	-	-	-
銅品位	%	12.31	-	-	-	-	-	-	-
鈷品位	%	4.87	-	-	-	-	-	-	-

員工數目（截至 2010 年 12 月 31 日）	
開採	831
冶金	1 335
工程技術	431
管理	397
綜合管理與財務	153
KCC 全部員工	**3 147**
承包商	2 354
項目承包商	959
全部承包商	**3 313**
SA 辦事處	22
總部	6
合計	**6 488**

目錄

1.0 執行概要 1

1.1 介紹 1

1.2 所有權 2

1.3 歷史 2

1.4 土地使用權 3

1.5 資源模型 7

1.6 儲量估計 9

1.7 廠房和設備 10

1.8 關閉 13

1.9 環境、健康和安全 13

1.10 經濟評價 14

1.11 Katanga MER 摘錄表 16

2.0 介紹 30

2.1 項目描述與位置 30

2.1.1 項目描述 30

2.1.2 位置 30

2.2 所有權 31

2.2.1 歷史 31

2.2.2 土地使用權 32

2.2.3 有形資產狀態 34

2.2.4 替代礦藏 35

3.0 資源描述 35

3.1 地質背景 35

3.1.1 地質概況 35

3.1.1.1 地層概況 38

3.1.2 本地地質情況及地質模型 39

3.1.2.1 KTO 礦 39

3.1.2.2 T17 露天礦 40

3.1.2.3 KOV 露天礦 41

3.1.2.4 東 Mashamba 露天礦 42

3.1.2.5 Kananga 礦 43
3.1.2.6 Tilwezembe 露天礦 43
3.1.3 礦床類型 44
3.1.4 礦化作用 44
3.2 礦產資源評估方法 45
3.2.1 勘探和數據 45
3.2.1.1 鑽探 45
3.2.1.2 取樣方法和途徑 48
3.2.1.3 數據品質和數量 49
3.2.1.4 取樣製備和分析 50
3.2.2 數據驗證 51
3.2.2.1 品質控制和品質保證（「QA/QC」） 51
3.2.2.2 QA/QC 程式 51
3.2.3 勘探數據分析 52
3.2.3.1 KTO 礦 52
3.2.3.2 T17 露天礦 53
3.2.3.3 KOV 露天礦 53
3.2.3.4 東 Mashamba 露天礦 55
3.2.3.5 Kananga 礦 56
3.2.3.6 Tilwezembe 露天礦 57
3.2.4 變異分析 57
3.2.5 估算參數 62
3.2.5.1 估算計劃 62
3.2.5.2 密度的分配和測定 62
3.2.6 礦產資源分類 66
3.2.7 礦產資源說明 67
4.0 礦藏說明 68
4.1 開採作業綜述 68
4.2 地下開採作業和項目 71
4.2.1 KTO 礦 72
4.2.1.1 適用於 KTO 的設計約束 73
4.2.1.2 RAP 採礦法 74
4.2.1.3 CAF 採礦法，包括刀柱充填法（「PPCF」） 74

4.2.1.4 分段崩落採礦法 75
4.2.1.5 回填 75
4.2.1.6 生產計劃的制定 76
4.2.2 T-17 地下礦 78
4.2.3 東 Kamoto 地下礦（「KTE」） 79
4.2.4 地下開採礦物儲量估算 81
4.3 地面開採作業和項目 81
4.3.1 LOM 規劃流程 81
4.3.1.1 SMU 模型/採礦模型 82
4.3.1.2 礦坑優化 83
4.3.1.3 礦坑設計 83
4.3.1.4 規劃單元 84
4.3.1.5 生產計劃的制定 84
4.3.2 T-17 露天礦 84
4.3.2.1 修正係數 84
4.3.2.2 礦坑優化 85
4.3.2.3 礦坑設計 86
4.3.2.4 生產計劃的制定 87
4.3.3 KOV 露天礦 87
4.3.3.1 修正係數 88
4.3.3.2 礦坑設計 89
4.3.3.3 生產計劃的制定 91
4.3.4 東 Mashamba 露天礦 91
4.3.4.1 修正係數 92
4.3.4.2 礦坑設計 93
4.3.4.3 生產計劃的制定 94
4.3.5 儲量聲明 95
4.4 採礦風險 95
4.4.1 KTO 礦 95
4.4.2 T-17 地下礦和 KTE 礦 95
4.4.3 表層作業 95
5.0 廠房和設備 96
5.1 一般過程述評 96

5.2 加工設施 96
5.2.1 Kamoto 選礦廠 96
5.2.2 Luilu 精煉廠 97
5.3 Kamoto 選礦廠 98
5.3.1 礦石接收和破碎 98
5.3.2 研磨選礦 98
5.3.2.1 氧化礦研磨 98
5.3.2.2 硫化礦研磨 98
5.3.3 浮力選礦 100
5.3.3.1 氧化礦浮選 100
5.3.3.2 硫化礦浮選 100
5.3.4 KTC 項目開發 101
5.4 Luilu 精煉廠 101
5.4.1 接收精礦 101
5.4.2 煉銅 103
5.4.2.1 硫化礦精礦 103
5.4.2.2 氧化礦精礦 104
5.4.3 浸取回路 104
5.4.4 鈷回路 105
5.5 風險 107
6.0 尾礦和廢料 107
6.1 現有環境報告複查 109
6.2 法規合規性評估 110
6.3 復原規定及責任的審核 110
7.0 關閉 110
7.1 關閉成本審核方法及局限性 110
7.1.1 方法 110
7.1.2 局限性 110
7.2 現有資訊 111
7.3 界區 111
7.3.1 現有資訊 111
7.3.2 GAA 新加的考慮因素 112
7.4 假設及條件 113

7.4.1 概述 113
7.4.2 特定場區 114
7.4.3 其他撥備 115
7.5 關閉成本比較 115
7.6 基礎設施區域 118
7.7 採礦區域 118
7.8 地面總體恢復 119
7.9 水資源管理 119
7.10 關閉後諸項事宜 120
7.11 其他撥備 120
7.12 需要進一步注意的事項 121
7.13 結論 121
8.0 環境、健康和安全 121
8.1 權責範圍 121
8.2 KCC 特許礦區 122
8.3 受審核的資訊來源 122
8.3.1 現場文檔 122
8.3.2 和現場人員的會談 123
8.3.3 現場區域考察 123
8.4 審計的局限性 123
8.5 審計結果 124
8.5.1 許可和授權 124
8.5.1.1 營業執照 124
8.5.1.2 《環境影響報告書》及《環境管理計劃》 124
8.5.2 對赤道原則的遵守情況 124
8.6 KCC 作業項目的主要環境風險 129
8.6.1 尾礦貯存設施和工廠廢水排放對水系的影響 129
8.6.2 KOV 露天礦排水對 Musonoi 河及 Luilu 河水質的影響 129
8.6.3 灰塵對社區的影響 129
8.6.4 爆破和振動對社區的影響 131
8.6.5 放射性影響 131
8.6.6 廢礦堆的復原 133
8.6.7 有害和無害廢棄物的處理 134

8.6.8 土壤曾受到污染的區域 134
8.6.9 未來硫化物礦石開採可能引起的酸性岩排水危害 134
8.7 KCC 作業項目的主要社會影響因素及風險 134
8.8 通過審查發現的主要結論摘要 135
8.9 參考文獻 136
9.0 市場 136
9.1 銅 136
9.2 鈷 138
10.0 技術及經濟假設 140
10.1 收入假設 140
10.2 資本成本估算 140
10.3 運營成本估算 141
10.4 稅收、特許使用費和其他業務參數 142
11.0 經濟分析 143
11.1 估值方法 143
11.2 估價假設 143
11.3 KML 在 KCC 的利益的估值 143
12.0 風險分析 150
12.1 採礦風險 150
12.2 加工風險 151
12.3 資本風險 151
12.4 運營風險 151
12.5 主權風險 152
12.6 經濟及市場風險 152
12.7 環境及社會風險 152

表格

表 1： KCC 許可證 33
表 2： 礦業資產 34
表 3： 礦物加工資產 35
表 4： Katanga 系的地層概況 38
表 5： T-17 露天礦 2010 年鑽探數據總結 46
表 6： 東 Kamoto 礦體 2010 年鑽探數據總結 47

表 7： Virgule 礦體 2010 年鑽探數據總結 48
表 8： 每個區域的歷史岩芯採收率 50
表 9： Kamoto 主體統計分析 52
表 10： 南 Etang 統計分析 52
表 11： 北 Etang 統計分析 53
表 12： T17 露天礦統計分析 53
表 13： KOV 露天礦、Virgule 的統計分析 54
表 14： KOV 露天礦、Oliveira 的統計分析 54
表 15： KOV 露天礦、FNSR 的統計分析 55
表 16： KOV 露天礦、東 Kamoto 的統計分析 55
表 17： 東 Mashamba 露天礦統計分析 56
表 18： Kananga 礦統計分析 56
表 19： Tilwezembe 露天礦統計分析 57
表 20： KTO 礦： 全向變異函數參數 58
表 21： T17 露天礦： 全向變異函數參數 59
表 22： KOV 露天礦： Virgule 全向變異函數參數 59
表 23： KOV 露天礦： Oliveira 全向變異函數參數 60
表 24： 東 Mashamba 露天礦： 全向變異函數參數 60
表 25： Tilwezembe 露天礦： 含錳白雲岩的變異函數參數 60
表 26： Tilwezembe 露天礦： 角礫岩的變異函數參數 61
表 27： Tilwezembe 露天礦： 冰碛岩和厚層泥岩的變異函數參數 61
表 28： Kananga 礦： 上部礦體的變異函數參數 61
表 29： Kananga 礦： 內部/中間區域的變異函數參數 61
表 30： GCM 密度值分配標準 62
表 31： KTO 礦： 各種岩性的密度測定 63
表 32： T17 露天礦： 各種岩性的密度測定 63
表 33： 東 Mashamba 露天礦： 各種岩性的密度測定 64
表 34： Kananga 礦： 各種岩性的密度測定 65
表 35： Tilwezembe 露天礦： 各種岩性的密度測定 65
表 36： Kananga 礦： 各種岩性的密度測定 66
表 37： KCC： 綜合礦產資源（截至 2010 年 12 月 31 日） 67
表 38： 估算的礦物儲量 71
表 39： 擬定的採礦方法匯總 73

表 40： 礦坑開採回填作業要求 76
表 41： KTO LOM 開採計劃 77
表 42： T-17 地下礦 LOM 開採計劃 79
表 43： KTE LOM 開採計劃 80
表 44： 地下開採礦物儲量估算（截至 2010 年 12 月 31 日） 81
表 45： 每個露天礦坑所選的 SMU 的大小 82
表 46： T-17 露天礦坑設計標準 87
表 47： T-17 露天礦的礦石和廢料噸數 87
表 48： T-17 露天礦 LOM 開採計劃（不包括東部延伸部分） 87
表 49： KOV 露天礦礦坑設計標準 90
表 50： KOV 露天礦的礦石和廢料噸數 91
表 51： KOV 露天礦 LOM 開採計劃 91
表 52： 東 Mashamba 露天礦設計標準 94
表 53： 東 Mashamba 露天礦的礦石和廢料噸數 94
表 54： 東 Mashamba 露天礦礦坑 LOM 開採計劃 94
表 55： 地面開採礦物儲量估算（截至 2010 年 12 月 31 日） 95
表 56： 綜合成本比較 117
表 57： 關閉措施和相關成本的詳細比較 118
表 58： Metago 公司（2009 年）盡職調查報告中主要環境及社會因素調查結果對照表 125
表 59： 全球精煉銅市場供需情況表（來源：USGS） 137
表 60： 預測銅價 138
表 61： 全球精煉鈷市場供需情況表 138
表 62： 預測鈷價 140
表 63： 資本支出 141
表 64： 主要運營支出 142
表 65： 特許使用費、稅收和進口稅假設 142
表 66： LOM 項目現金流 148
表 67： 淨現值對貼現率和金屬價格變化的敏感性 149
表 68： 淨現值對貼現率和運營成本變化的敏感性 149
表 69： 淨現值對貼現率和資本支出變化的敏感性 149

圖

圖 1： 有形資產地理位置圖 30
圖 2： 特許礦區界線 34

圖 3： 區域地質概況 37
圖 4： KTO 礦資源模型平面圖 40
圖 5： KTO 礦資源模型斜視圖 40
圖 6： T17 露天礦資源模型斜視圖 41
圖 7： KOV 露天礦資源模型斜視圖 42
圖 8： 東 Mashamba 資源模型和礦坑佈局斜視圖 42
圖 9： 卡南加資源模型的斜視圖 43
圖 10： Tilwezembe 礦資源模型和礦坑佈局斜視圖 44
圖 11： KCC 礦業資產的相對位置圖 68
圖 12： KCC 原礦開採計劃 70
圖 13： KCC 銅採收開採計劃 71
圖 14： KTO 採礦區總體佈局 72
圖 15： T-17 地下礦坑概念設計 78
圖 16： KTE 開發概念佈局圖 81
圖 17： T-17 露天礦貧化資源噸數與品位曲線圖 85
圖 18： T-17 露天礦坑內損失與貧化曲線圖 85
圖 19： T-17 露天礦 86
圖 20： T-17 露天礦最終設計示意圖 86
圖 21： KOV 露天礦貧化資源噸數與品位曲線圖 88
圖 22： KOV 露天礦坑內損失與貧化 89
圖 23： KOV 露天礦 89
圖 24： KOV 露天礦礦坑設計（1 號、2 號開採區） 90
圖 25： 東 Mashamba 露天礦貧化資源噸數與品位曲線圖 92
圖 26： 東 Mashamba 露天礦坑內損失與貧化曲線圖 92
圖 27： 東 Mashamba 露天礦礦坑設計 93
圖 28： KTC 選礦廠方塊流程圖（當前工序） 99
圖 29： 32’ DIMA 磨石機 100
圖 30： 浮選池 101
圖 31： Luilu 精煉廠方塊流程圖（當前工序） 103
圖 32： Luilu 精煉廠的硫化礦煅燒爐 104
圖 33： 成品銅製品 105
圖 34： 成品鈷製品 106
圖 35： Kamoto 臨時尾礦壩佈局圖 108

圖 36： KITD 初期壩牆西側（朝南） 109
圖 37： 該壩東側的水龍頭系統部署圖 109
圖 38： JVACR----KCC 協議週邊基礎設施圖 113
圖 39： KCC 作業設施內不同監測地點的落塵情況（毫克/平方米/天） 130
圖 40： 從 T17 廢礦堆拍攝的 Musonoi 村照片 131
圖 41： 在 KCC 許可區和周邊區域的相對放射等級 133
圖 42： 倫敦金屬交易所銅價（2006 年 1 月至今）（來源：LME） 137
圖 43： 2006 年 1 月至今的鈷價（來源：南非 Inet Bridge） 139
圖 44： 基本情況淨現值對金屬價格、運營成本（Opex）和資本支出（Capex）的變化的敏感性 150

2.0 介紹

2.1 項目描述與位置

2.1.1 項目描述

SRK 於 2008 年對項目有形資產進行了可行性研究。 該研究與實地考察期間收到的其他文件用作該 MER 中匯報礦產資源的基礎。 GAA 審查了 KCC 提交的 KOV 露天礦、KTO 和 T17 露天礦的資源模型，以及 SRK 提交的 Kananga 礦、Tilwezembe 露天礦和東 Mashamba 露天礦的資源模型。 KCC 由幾塊獨立的土地組成，特許權區總占地面積達 15,235 公頃。 物理設施包括 Kamoto 選礦廠和 Luilu 精煉廠、相關車間、倉庫、鐵路和電力線等。

2.1.2 位置

項目場地地理位置如下圖所示。

圖 1： 有形資產地理位置圖

2.2 所有權

KML 是一家在加拿大多倫多證券交易所（TSX:KAT）上市的實體，與剛果（金）國家礦業公司（位於剛果民主共和國（DRC）的國有採礦公司）成立合資公司 Kamoto 銅礦公司（「KCC」），並於其中持有 75%的股份。

2.2.1 歷史

KML 和 Nikanor PLC（「Nikanor」）在 2008 年 1 月合併後，KML 透過持有 KCC 75%股權，以及持有剛果民主共和國銅鈷項目責任有限公司（「DCP」）75%股權持有有形資產。 KCC 和 DCP 中餘下股權由 GCM 持有。

2007 年 4 月（在 KML 和 Nikanor 合併前），剛果民主共和國政府成立調查委員會，審核剛果政府半國有公司簽訂的約六十（60）份採礦協定。 KCC 合資協議和 DCP 合資協議均在受審核採礦協議之列。

該委員會在 2007 年 11 月公開發表一份報告，公佈調查結論。

繼 2007 年 11 月上述報告公佈之後，KCC 及 DCP 於 2008 年 2 月 11 日收到剛果民主共和國（剛果金）礦業部通知，其中進一步表明對兩公司與 GCM 合作夥伴關係的反對意見及要求。

2008 年 7 月，GCM 與 Katanga 金融有限公司（簡稱「KFL」，KML 旗下全資子公司）簽訂諒解備忘錄，根據該備忘錄，雙方同意修訂合資協議中部份條款，並同意 KCC 和 DCP 合併。

2008 年 8 月，剛果民主共和國（剛果金）礦業部發佈其就調查 KCC 與 DCP 重新磋商及/或終止採礦協議的權責範圍。

經 2008 年第四季度及 2009 年第一季度召開一系列會議後，GCM、KFL 和 Global Enterprises Corporate 有限公司（簡稱「GEC」）在 KCC、DCP、SIMCO、Katanga 礦業控股有限公司、Katanga Mining Finance Limited 以及 KML (BVI) Holdco Ltd.的見證下，於 2009 年 7 月 25 日簽訂一份協議，即「經修訂的合資協議」，該協議當日生效，同時原 KCC 合資協議和原 DCP 合資協議亦告終止。

2010 年 4 月 27 日 DRC 政府頒佈總統令，批准 KCC 和 DCP 合併。

根據經修訂的合資協議，KCC 採礦權和設備裝置將按以下處置：

- PE525 下全部礦區（包括 13 礦床）及 PE4958 下部分礦區（即下述新 PE11602，包括涵蓋 T17 礦藏的兩個礦場）轉讓給 KCC。 KCC 獨家佔有 Kamoto、東 Mashamba 及 T17 礦床，以及這些礦床在 PE525 涉及礦區範圍及在 PE4958 下已轉讓的兩個礦場週界範圍內任何延伸部分的權益。 該等轉讓已根據於 2009 年 7 月 27 日訂立的轉讓契據完成，有剛果民主共和國（剛果金）礦業部（以下簡稱「CAMI」）2009 年 11 月 27 日發出的第 CAMI/CE/5621/2009 號採礦許可證為證。

- KCC 與 DCP 合併後，DCP 採礦許可證轉讓給 KCC。 此外，GCM 將向 KCC 轉讓 PE 7044 下一礦場（即新 PE11601，為 Kananga 礦床的延伸），轉讓應於 PE652 所有人從其尾礦場讓出該幅待轉讓礦場後立即執行；或者，倘 KCC 同意授予 PE652 持有人該幅礦場地役權，則在更早時間執行。 該等轉讓已根據於 2009 年 7 月 27 日訂立的轉讓契據完成，有剛果民主共和國（剛果金）礦業部（以下簡稱「CAMI」）2009 年 11 月 27 日發出的第 CAMI/CE/5622/2009 號採礦許可證為證。

- 合併後 KCC/DCP 特許權區的週界將包括經修訂的合資協議中所規定的必要地面。

根據經修訂的合資協議，必要地面會自 GCM 所持有的 PE8841 下礦區內，以及 T17 礦床附近的一礦場中選定。KCC 已獲授地役權，可為 KOV 露天礦廢料清理輸送帶系統建設並維護所需作業設施。 KCC 應出資聘請獨立承包商來確認劃定的潛在必要地面是否存在任何礦物儲量。 倘若未發現任何礦藏，則相關地面採礦權將轉變為多樣採礦許可（如有必要），並應租予 KCC。倘在指定地面發現存在礦藏，則該等礦藏將據經修訂的合資協議條款作為替代礦藏（定義見下文）轉讓予 KCC。

此外，根據經修訂的合資協議，KCC 獲授權在需要時可選擇將必要地面擴大至涵蓋 PE8841 下待出租的五個礦場，該選擇權在其與 DCP 合併後三年內有效。 三年期之後，倘 GCM 有意向協力廠商轉讓該等礦場或開放該等礦場中任何部分供協力廠商使用，KCC 對上述五個礦場擁有優先購買權。

必要地面（包含在 3 年內可透過行使選擇權租賃的其他五個礦場）的租金為 600,000 美元/年。 此外，合併後的 KCC 除須向 GCM 支付礦區土地使用費之外，還須另外支付一筆租金稅（稅率為 22%）。

作為經修訂的合資協議的一部分，訂約各方亦協定在 KCC 清算或清償後，KCC 擁有採礦權和所有權將毫無疑問地返還給 GCM。

根據經修訂的合資協議，GCM 和 KCC 已就 GCM 向 KCC 租出設備和裝置（「設備和裝置」）事宜簽訂協議（設備和裝置詳情載於經修訂的合資協議附錄 A）。 KCC 每年應付 GCM 設備和裝置租金 1,200,000 美元，該等租金已計入 KCC 應付 GCM 的礦區土地使用費。 但除礦區土地使用費之外，KCC 仍須另外支付一筆租金稅（稅率為 22%）。

在經修訂的合資協議依法終止後或最終到期後，KCC 應免費向 GCM 交還設備和裝置。

作為經修訂的合資協議的一部分，訂約各方亦協定，GCM 授予 KCC 或同意 KCC 擁有下列權利，但 KCC 須支付合理維護費用： （i）道路、鐵路、軌道、水路等使用權；（ii）可主張道路通行權、地役權和水路使用權等；以及（iii）一切有助於 KCC 進入或使用 GCM 在 KCC 項目週界之外擁有的相關土地及土地上設施的補充權利（倘進入或使用該等土地或土地上設施對於以「最經濟之方式」開展項目是必須且必要的）。

2.2.2 土地使用權

在經修訂的合資協議獲批之後，KCC 持有下表中所列的許可證。

表 1： KCC 許可證

資產	採礦許可證書號	授予的權利	位置	持有者	所有權面積	有效期至
Kamoto 地下礦場以及東 Mashamba 露天礦	PE525	銅、鈷和相關礦物	10°43'S 25°24'E	KCC	13 區塊，11,04km^2	03/04/2024 可續期
T17 露天礦	PE11602	銅、鈷、鎳和金		KCC	2 區塊，1,698km^2	03/04/2024 可續期
Kananga 延伸部分	PE11601	銅、鈷、鎳和金		KCC	1 區塊，0,849km^2	07/05/2022 可續期
KOV 露天礦	PE4961	銅、鈷和相關礦物+地面使用	10°42'S 25°25'E	KCC	10 區塊，8,49km^2	03/04/2024 可續期
Tilwezembe 露天礦	PE4963	銅、鈷和相關礦物+地面使用	10°47'S 25°42'E	KCC	9 區塊，7,64km^2	03/04/2024 可續期
Kananga 礦	PE4960	銅、鈷和相關礦物+地面使用	10°40'S 25°28'E	KCC	13 區塊，11,04km^2	03/04/2024 可續期

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

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

KCC 採礦許可證涉及礦產邊界如下圖所示。 本圖也標明了必要地面。

上述邊界圖來源 CAMI 就 KCC 採礦許可證邊界編制的地圖。 KML 尚未曾單獨勘測該區域。 在 GCM 當前所持有的土地之外尚有一些限制區域，KCC 需要申請許可證在該等區域內運營基礎設施和尾礦。

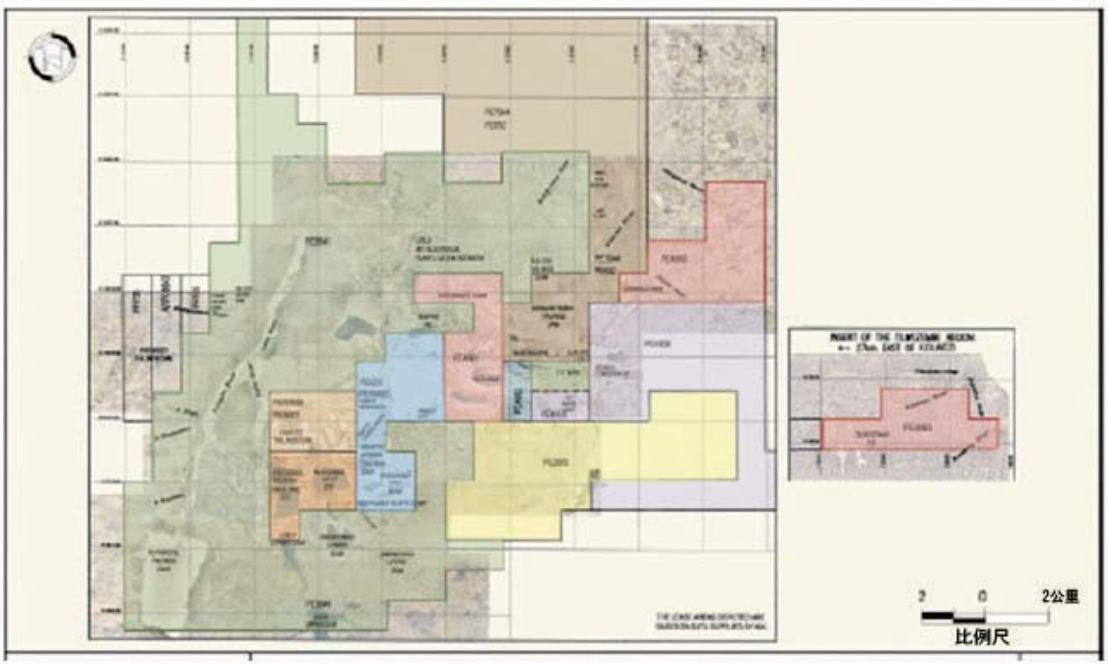


圖 2： 特許礦區界線

2.2.3 有形資產狀態

本 MER 包含的，KCC 於剛果民主共和國（「DRC」）Katanga 省 Kolwezi 區運營的礦場、項目和相關基礎設施（本文件中將之統稱為「有形資產」）如下表所示。

表 2： 礦業資產

資產	持有人	類型	狀態	許可證		備註
				到期日期	區域	
KTO 礦和東 Mashamba 露天礦	KCC	Ug OP	運營中 開發	2024 年 4 月 3 日	11,04 km^2	礦場運營 開發項目，2014 年開始排水
T17 露天礦	KCC	OP	運營中	2024 年 4 月 3 日	1,698 km^2	礦場運營
KOV 露天礦	KCC	OP	運營中	2024 年 4 月 3 日	8,49 km^2	礦場運營
Tilwezembe 露天礦	KCC	OP	未運營	2024 年 4 月 3 日	7,64 km^2	由於銅/鈷價格較低，2008 年 11 月停止運營
Kananga 礦	KCC	OP	未運營	2024 年 4 月 3 日	11,04 km^2	由於軌道線路將要重新佈置，已停止運營
Kananga 延伸部分	KCC	OP	未運營	2022 年 5 月 7 日	0,849 km^2	如上

表 3： 礦物加工資產

資產	持有人	狀態
Kamoto 選礦廠	KCC	運營中
Luilu 冶金廠	KCC	運營中

2.2.4 替代礦藏

根據經修訂的合資協議，用於替代根據出讓協議已讓與 GCM 的 Dikuluwe 和西 Mashamba 礦床（「出讓礦床」）的礦藏儲量應為 3,992,185 噸銅和 205,629 噸鈷。

該等礦藏乃作為對出讓礦床的補償轉讓予 KCC（「替代礦藏」），因此 KCC 無需就此次轉讓向 GCM 支付任何「門檻費」。

根據經修訂的合資協議的規定，GCM 和 KCC 須聯合審視、實施和管理探礦項目（「探礦項目」），以便在不遲於 2015 年 7 月 1 日之前探明充足的替代礦藏，並將這些替代礦藏轉讓給 KCC。探礦項目可在下列週界內實施： （i）KCC 採礦許可證許可範圍（不包括 Kamoto、東 Mashamba、Tilwezembe、Kananga、T17 和 KOV 露天礦，以及這些礦床的任何延伸部分）；（ii）必要地面；或（iii）屬於 GCM 的其他週界內。

探礦項目所需費用自 KCC 向 GCM 提供的貸款支付，GCM 以抵銷 KCC 應付的礦區土地使用費和紅利方式還款（不計利息）。

倘 GCM 透過探礦項目或其他方式確定任何替代礦藏，則應根據澳洲大洋洲採礦冶金學會、澳大利亞地質家協會和澳大利亞礦物委員會組成的聯合可採儲量委員會頒佈的「澳洲大洋洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範」（「JORC」，經修訂）要求對這些替代礦藏進行評定和認證。

一旦 KCC 確信 GCM 對這些替代礦藏擁有完全合法的所有權，且這些替代礦藏屬於有效採礦許可證許可範圍，則 KCC 將就獲轉讓給或租給（租賃）替代礦藏簽訂轉讓契據或租賃協議。

若 GCM 在 2015 年 7 月 1 日前未能找到礦藏替代出讓礦床，則 GCM 必須支付 285,000,000 美元作為經濟補償。 KFL、GEC 和 GCM 均同意經濟補償應在 2015 年 7 月 1 日前支付，若在 2015 年 7 月 1 日後兩個月內未支付經濟補償，則利率將升高。在緊接兩個月寬限期後頭 12 個月，未支付的經濟補償金額的適用利率將限於倫敦銀行同業拆放利率（「Libor」）（6 月期），12 個月過後則將適用倫敦銀行同業拆放利率（6 月期）+300 基點的利率。

GCM 同意在經濟補償完全付訖前，KCC 可扣留應付 GCM 的任何未來收入（即礦區土地使用費和紅利，不包括門檻費）。

3.0 資源描述

3.1 地質背景

3.1.1 地質概況

Katanga 銅帶省是世界主要成礦區域之一，礦化帶位於 Katanga 銅帶省的西端，其中蘊藏了一些世界上最豐富的銅、鈷和鈾礦床。

這些礦床主要岩石為晚期元古代 Katanga 系變質沉積岩，沉積物演替層厚 7km，依次為小火山岩層、火山碎屑岩層和侵入體層。 地質年代學數據表明 Katanga 沉積物的沉積時間約為 8.8 億年前，在不到 6.5 億年前的 Katanga 造山運動期間發生地質變形。 這種變形導致 NS-SE 向盧非力弧（Lufilian Arc）的產生，從非洲西海

岸上的納米比亞國一直延伸到尚比亞，接近剛果民主共和國（DRC）的南部。 在剛果民主共和國境內，變形帶延伸 300 多公里，從西北部的科盧韋齊市延伸至東南部的盧本巴希市。

從地層上看，在尚比亞和剛果民主共和國發現的豐富的銅和鈷礦床具有 Roan 群（以下簡稱「Roan」）的特點。 Roan 出現在 Katanga 演替層的基礎上，不均勻地覆蓋於 Kibaran 時期（中元古代）的基底岩石上。 Roan 與 Kundelungu 和 Nguba 群的覆蓋岩石被一塊礫岩（即大礫岩）隔開。 Nguba（原稱為「Lower Kundelungu」）由砂岩和帶有基底礫岩的葉岩組成，而 Kundelungu 主要由沉積物組成，由一塊礫岩（法語為「petit conglomerat」）與 Nguba 隔開。

在盧非力弧（Lufilian Arc）之內，是大規模東-西走向至北西-南東走向的褶皺，波長延伸數千米。 褶皺沿背斜波峰斷裂，通過背斜，Roan 岩石底辟褶皺已貫入斷裂帶，擠入斷層面和沖斷層，以覆蓋於新的 Kundelungu 岩石上。 沖斷層 Roan 岩性為表層碎屑或「片區」。 這些片區是完整的單元，每個單元均保留其原始的地質演替層。 斷層面內的一個片區可能有數百米長。

在 Katanga 銅帶，銅和鈷的開採在這些露頭至子露頭片區中進行。

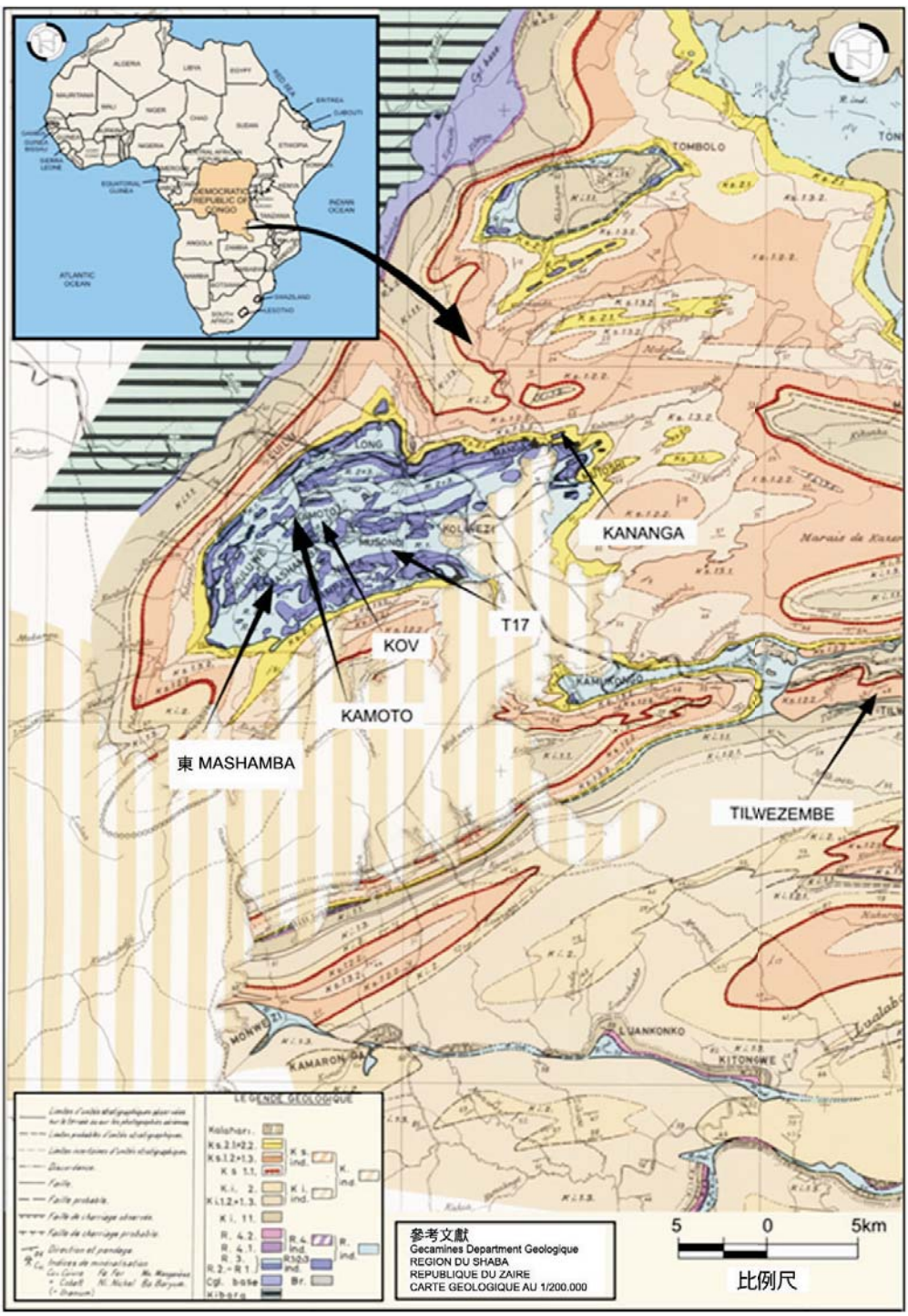

TOMBOLO
KANANGA
T17
KOV
KAMOTO
東 MASHAMBA
TILWEZEMBE
KAMARONDA
LUANKONKO
KITONGWE
參考文獻
Gecamines Department Geologique
REGION DU SHABA
REPUBLIQUE DU ZAIRE
CARTE GEOLOGIQUE AU 1/200.000
5 0 5km
比例尺

圖 3： 區域地質概況

3.1.1.1 地層概況

Katanga 系的綜合地層如表 4 所示。 Roan 橫穿 Katanga 銅帶，將銅帶分為四個組或群，即，R1--R4。 每個 R 岩性段之間的分界線通常有不整合的特點。

表 4： Katanga 系的地層概況

加丹加系				地層圖			
系	統	組	本地名			說明	厚度（米）
	上 KUNDELUNGU					沉積層	30-50
	下 KUNDELUNGU					沉積層、砂岩及葉岩	200-500
KATANGA	ROAN	R4-1 及 2	MWASHYA			葉岩、泥沙層、砂岩至白雲岩	50-100
		R3-2	DIPETA			葉岩及砂質片岩	1000
		R3-1	RGS			Roches Greseuse Superieur	100-200
		R2-3	CMN			Calcaire a Minerais Noirs	130
		R2-2	SDS			Schistes Dolomitic Superieur	50-80
		R2-1	SDB	LOB	組合礦體	Schistes Dolomitic Superieur	10-15
			RSC	LOB		Schistes De Base	12-25
			RSF	LOB		Roches Silicieuses Cellulaire	5
			D STRAT			Roches Silicieuses Feuilletees	3
			RAT Grises			Dolomie Stratifiee, argilitic dolomite	2-5
			RAT 2			Roches Argilleuses Talceuse	190
		R1	RAT 1			Roches Argilleuses Talceuse	40
			POUDINGUE			未知組，海進礫岩	?

主要礦體岩性在 R2 組，但 R3 組和 R4 組也已知含有礦物。 在每個 R 岩性段內有區分不同岩性單位的細分部分。 屬於 Roan 群的岩石按照從最古老到最年輕的順序簡要描述如下：

- 異質角礫岩（「BH」）： 這種角礫岩由所有不同類型的 Roan 岩石的角狀碎片、有時是滾圓的碎片組成。碎片大小不等，直徑從幾毫米到幾十毫米，而基質由和碎片材料相同的較細砂質顆粒構成。
- 角礫 RAT 岩（「B RAT」）： 為含方解石和石英細脈的粉紅色角礫岩，有時和鏡鐵礦進行很好的礦化，形成細礦脈。

- Roches Argilleuses Talceuse（「RAT」）群: RAT 被認為是 R2 單位和 R1 單位之間的分界線，由上部 RAT Grises（「R2」）和下部 RAT Lilas（「R1」）組成。 兩者均為塊狀但在相應位置均有剪切的粉質或砂質白雲岩。 上部 RAT 以孔雀石和黑色氧化物的形式出現礦化。
- 層狀白雲岩（「D Strat」）： 這是一種良好分層到迭層的泥質白雲岩，構成了 GCM 通常稱為「下部礦帶」的基礎。 礦化過程包括銅和氧化鈷。
- 葉片狀（迭層）矽化岩（「RSF」）： 這些是灰色到淺棕色薄層狀、迭層和高度矽化的白雲岩。 該岩性單位通常與銅及氧化鈷進行很好的礦化。 RSF 連同 D Strat 構成「劣等礦體」（OBI）。
- 帶有孔洞的矽質岩（「RSC」）： 為多孔和填實的塊狀到疊層矽化的白雲岩。 這些岩石中幾乎不存在銅礦化作用，因此被視為貧礦。 不過，填充物中富含錳土（錳氧化物）和水鈷礦（氧化鈷），RSC 是手工採礦的對象。
- 基底片岩（「SDB」）： 為紅棕色到灰色的粉質和結核狀白雲岩到粉砂岩。 該岩性單位和不等量的銅及鈷進行很好的礦化，形成礦體上部（「OBS」）。
- 上部白雲質葉岩 (「SDS」)： 為黃色、奶油色-紅色層狀、迭層白雲石質粉砂岩和細粒砂岩。 該岩石與孔雀石稀疏礦化。
- 黑色石灰岩礦（「CMN」）： 為輕微帶狀和迭層的淺灰色到灰色矽化白雲岩，與黑色的鐵、錳和鈷的氧化物有礦化作用。 該岩性單位與 RSC 有一些相似之處。
- Dipeta 群（「R3」）： 為淺灰色到暗紅色或棕色的分層葉岩和雲母片岩。
- Mwashya 群（「R4」）： 為具有鱷狀層位及數個帶狀淺黃色滑石片岩夾層的灰色矽質分層白雲質岩。 常見赤鐵礦結核。

3.1.2 本地地質情況及地質模型

除 Tilwezembe 露天礦外，KCC 的所有礦產物業均位於 Kolwezi 推覆體，Kolwezi 推覆體是一個東北走向的向斜盆地，長軸和短軸分別約為 20km 和 10km。 Tilwezembe 露天礦位於 Kolwezi 以東約 12km 處。

在 Kolwezi 推覆體內，T17 露天礦、KTO 礦、KOV 露天礦、Kananga 礦和東 Mashamba 露天礦等每個項目區域均包含帶有完整演替層的 Series Des Mines 岩性（銅和鈷的礦化）片區。 片區通常結構複雜，褶皺緊閉，顯示變化不定的走向和傾角，走向和傾角均在單個斷裂上且位於相鄰斷裂之間。

3.1.2.1 KTO 礦

KTO 作業從 Kamoto Principal 片區中提取礦化的銅礦石，與東 Kamoto 不同，Kamoto 主體在 KOV 露天礦開採，但含有相同的岩性。 礦體的形態為在中間部分呈扁平狀微微傾斜，向側面越來越陡。 中間部分的傾角在 0°-20°之間不等，到側面部分時增加到約 45°。 側面區域的傾角在 45°-85°之間。 礦體可細分為如下三個區域，參見地質模型圖 4：

- 主要中間區域，常被稱為 Principal（主體）；
- 南 Etang；以及
- 北 Etang。

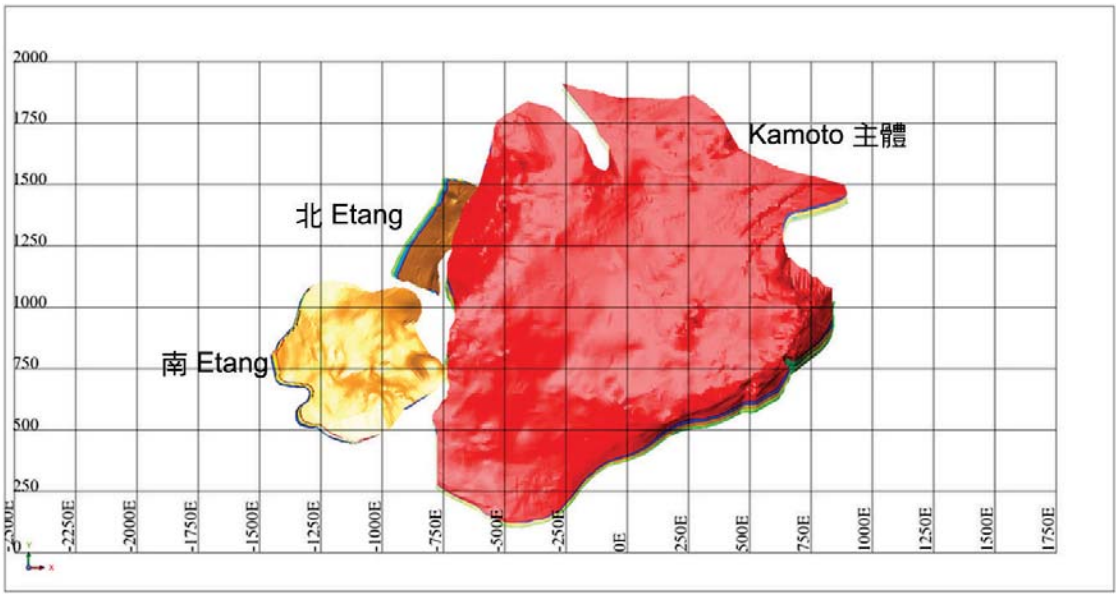


圖 4： KTO 礦資源模型平面圖

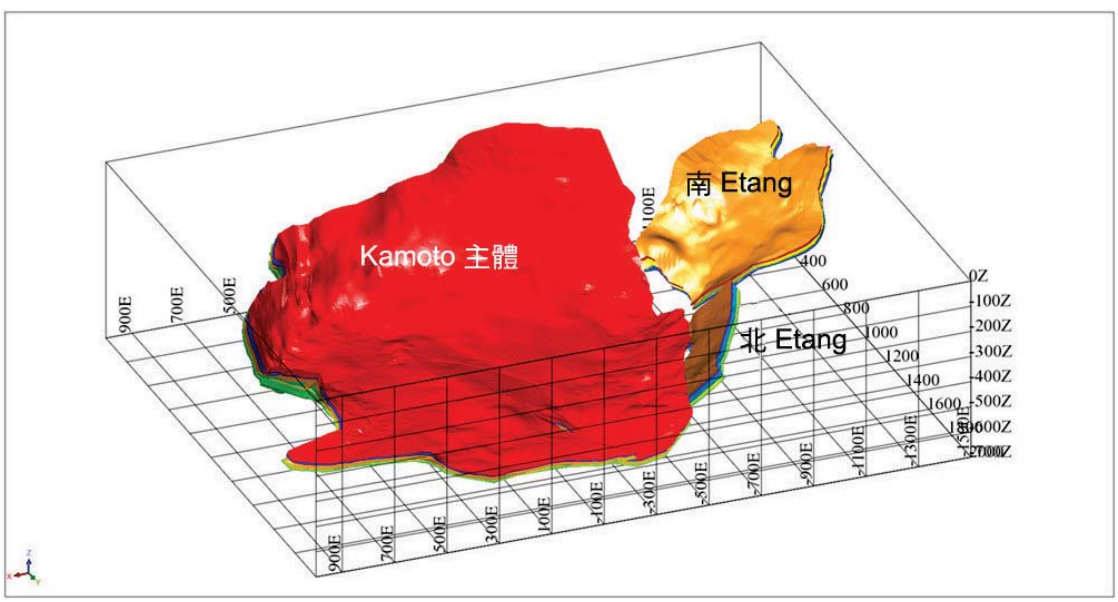


圖 5： KTO 礦資源模型斜視圖

3.1.2.2 T17 露天礦

T17 露天礦結構複雜，可分為幾個部分，位於一個向斜褶皺的南側，該向斜褶皺延伸約 2.6km，向北傾覆。在礦床的變形和解體過程中，斷層作用被假定成了主要因素。 地質模型參見圖 6。

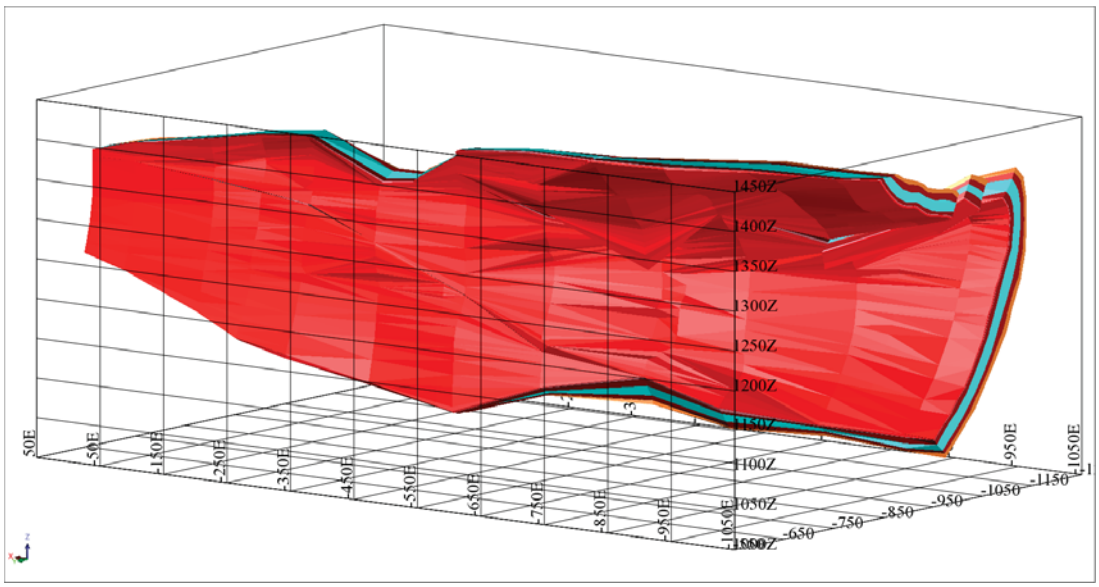


圖 6： T17 露天礦資源模型斜視圖

3.1.2.3 KOV 露天礦

在 KOV 露天礦區域內，有三個主要的獨特「片區」，均含礦化的下 Roan 岩性。 它們是東 Kamoto、Oliveira 和 Virgule，KOV 這一名稱便是取該三個片區名稱的首字母而得來。 第四個較小的片區叫 FNSR，是在 KOV 露天礦以東開採的西 Musonoi 片區的遺址。 FNSR 位於下方，與 Virgule 礦體近似平行。

該區域中的其他片區還有 OEUF 和 Variante。 OEUF 主要包括出現在 Virgule 片區上方的上盤岩性；Variante 在 Virgule 片區和 Oliveira 片區的下方，但露頭面向西 Musonoi 區域東部。 Variante 已經確定含下 Roan 岩性，但調查顯示，這些岩性內的銅和鈷礦化作用不佳。 在每個礦化片區內，岩性的演替層完整，但在 FNSR 片區內的下 Roan 岩性出現了倒轉。

構成 KOV 露天礦礦體的片區出現在東西走向的向斜構造中，該向斜構造包括一個陡傾南翼和一個淺傾北翼，分別被稱為東 Kamoto 礦體和 Virgule 礦體；而 Oliveira 片區是傾角更小的礦體，在 Virgule 礦體下方與其層錯接觸。

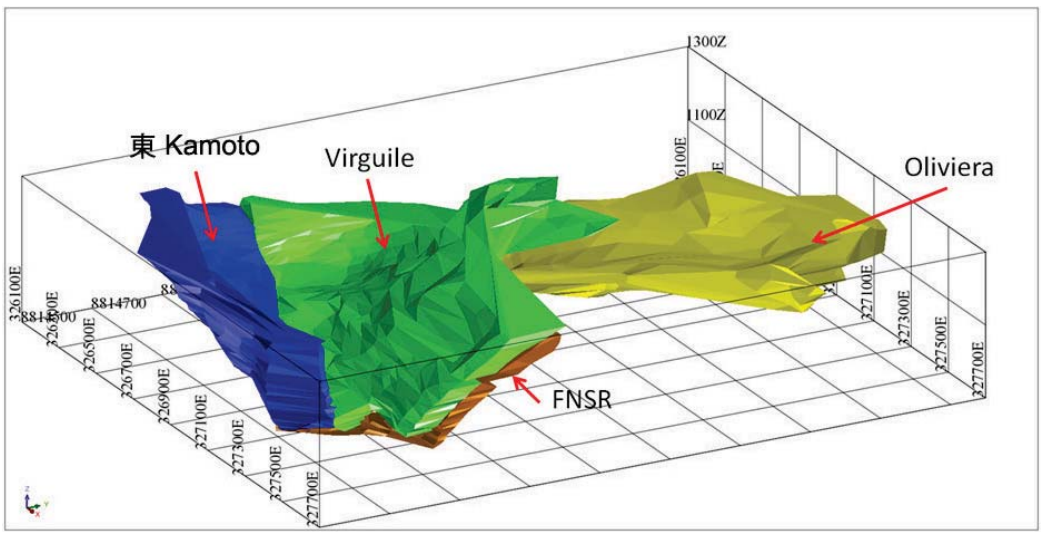


圖 7： KOV 露天礦資源模型斜視圖

3.1.2.4 東 Mashamba 露天礦

東 Mashamba 露天礦從 1985 年到 1988 年運營，該露天礦總共採出 9.8 Mt 礦石，銅品位平均為 4.96%，鈷品位平均為 0.35%。 截至到 1998 年，由於資金缺乏且成本日益增加，該露天礦任由洪水淹沒。

從結構上說，東 Mashamba 礦體的岩性為北東走向、在西部微微向北傾斜，盤繞後幾乎完全呈北南走向、在地塊東部向東傾斜。 礦體包括四個單位，即，RSF、SDB、BOMZ 和 RSC。

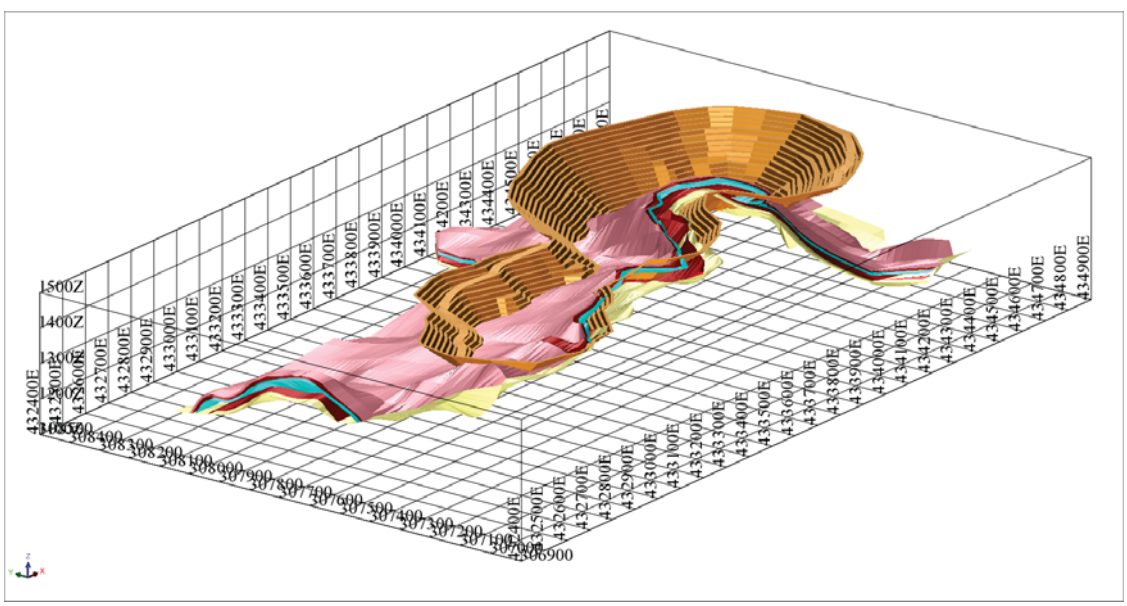


圖 8： 東 Mashamba 資源模型和礦坑佈局斜視圖

3.1.2.5 Kananga 礦

Kananga 礦體露頭，在北-北東走向上形成脊狀。 該背脊向南迅速下降，被分割形成主鐵路線的部分路基，主鐵路線的方向與該背脊平行，與大部分走向長度的礦體相距 10m 至 20m。 GCM 判讀顯示，Kananga 是向南陡降的 Kananga-Dilala 向斜的北翼。 地質模型參見圖 9。

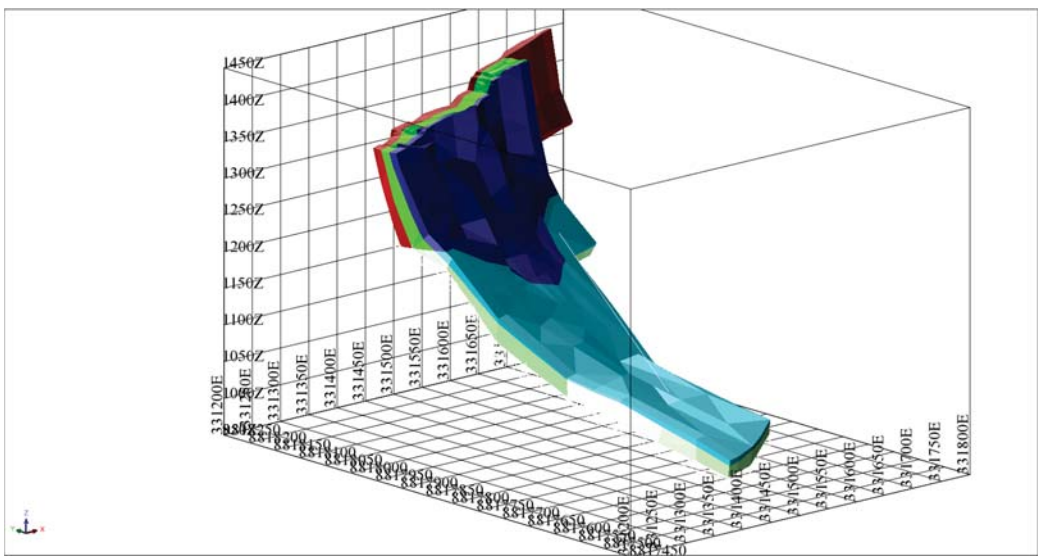


圖 9： 卡南加資源模型的斜視圖

3.1.2.6 Tilwezembe 露天礦

Tilwezembe 礦化帶位於北東至南西背斜區域構造線上，該構造線向東繼續延伸至已知的銅礦和鈷礦（Kisanfu、Myunga、Kalumbwe 和 Deziwa）。 Mwashya 組（或 R4）以強角礫狀矽質白雲岩和葉岩為主，中間含帶狀的赤鐵礦和鮞粒岩。 地層幾乎完全為東西走向，向南傾斜約 45°。 地質模型參見圖 10。

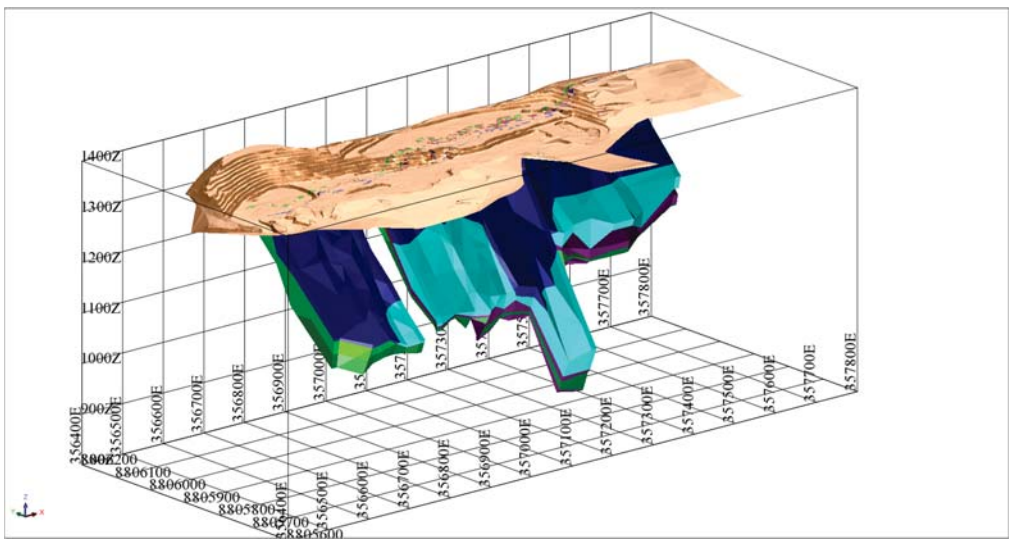


圖 10： Tilwezembe 礦資源模型和礦坑佈局斜視圖

3.1.3 礦床類型

礦床為層狀，在上表面層淺生富集。

層狀礦床是熱液礦床，但礦石礦物始終局限在特定的地層，按照和沉積岩中的顆粒類似的方式分佈。 因為層狀礦床極為類似沉積岩，圍繞其起源仍存在爭議。 在有些情況下，如針對美國密西根州的白松（White Pine）銅礦、德國和波蘭的Kupferschiefer銅葉岩型礦床、尚比亞和剛果民主共和國（DRC）的重要銅礦的研究證明：礦床起源類似於密西西比河谷型（「MVT」）----即，熱液穿過一套沉積地層底部的孔隙含水層移動，在有些位置會把礦石礦物沉澱在上覆葉岩中。 層狀礦床和 MVT礦床的主要區別在於，對於 層狀礦床，主岩通常是葉岩（細粒、碎屑沉積岩），其中含有相當多的有機物和細粒硫鐵礦。

在礦床地質上，表生過程或富集在離表面相對較近的地方出現。 表生過程包括以大氣水循環為主，伴有氧化和化學風化。 大氣降水氧化原生的（深成）硫化礦石礦物，重新分佈金屬成礦元素。 表生富集出現在礦床氧化部分的底部。 從氧化礦石浸取出的金屬通過地下水滲透向下運送，並在表生和深成的邊界和深成硫化物進行反應。 反應後生成次生硫化物，其金屬含量高於原生礦石。這一現象對銅礦床尤為顯著，因為輝銅礦、銅藍、藍輝銅礦和久輝銅礦等硫化銅礦物通過下降的地表水而沉澱。

位於剛果民主共和國（DRC）的銅礦床是知名的世界級礦床。

3.1.4 礦化作用

在下 Roan 範圍內硫化物形式的主要礦化作用與 OBI 的 D Strat 和 RSF 以及 OBS 的 SDB 和 SDS 相關，並被認為起源於同步沉積。 典型的主要銅硫化礦是斑銅礦、黃銅礦，有時是原生銅礦，而鈷硫化礦則是硫銅鈷礦。礦化作用發生形式為礦染，或者與碳酸鹽岩熱液蝕變和矽化作用相關。

表生礦化通常與次表面的氧化水平相關，該次表面往往在表層以下 100m 處。 銅和鈷最常見的二次表生礦物是孔雀石和水鈷礦。 在當前 KOV 露天礦範圍內開採的主要礦物是孔雀石。

RSC 是一個在地層上介於上部和下部礦體主岩之間的岩性單元，包含相對較少的銅成礦。 RSC 在上層 SDB 組和下層 RSF 組的接觸點附近包含可探測到的銅成礦。 GCM 認為「貧瘠」的 RSC 中間部分通常含有較少銅成礦，往往不在該部分進行取樣。 RSC 的礦產潛力不如其他地層組的礦產潛力知名。

已觀察到 RSC 表生氫氧化鈷和水鈷礦礦藏豐富，尤其是在地表附近，其以晶壁岩洞空隙填料的形式出現。

Tilwezembe 露天礦的礦化作用主要發生在 Mwashya 或 R4 組，這並不典型。 礦化作用一般發生形式為與角礫岩化相關的裂隙和開放性裂縫的空隙填料。 典型的富含礦物主要包括銅礦物（黃銅礦、孔雀石和假孔雀石）、鈷礦物（水鈷礦、硫銅鈷礦和球泡酸鈷礦）以及錳礦物（硬錳礦和水錳礦）。

3.2 礦產資源評估方法

本報告中所引用的礦產資源均源自如下獨立顧問提供的礦產資源模型：

- KTO 礦 CCIC
- T17 露天礦 SRK
- KOV 露天礦 SRK
- 東 Mashamba 露天礦 SRK
- Kananga 礦 Snowden
- Tilwezembe 露天礦 Snowden

GAA 全面負責對礦產資源和儲量報告進行簽字確認，作為該過程的一部分，審核了在各個顧問提供的礦產資源模型生成期間所採用的方法和結果。 GAA 對方法的審核顯示，在不同顧問採用的方法之間具有相似之處，審核結果總結如下：

- 比較以平面圖和剖面圖形式提交的所有 GCM 地質資料和紙稿格式的鑽孔採樣記錄；
- 對平面圖和剖面圖進行數碼化以生成線框岩性模型，記錄鑽孔採樣數據；
- 確定包絡線，畫出項目各部分內礦化帶的邊界。 通常，這是一種岩性截至界限（或 0% 總銅截至界限），OBI 礦化帶定義在 Rat Grises（「RATGR」，泥質白雲岩）、DTSRAT 和 RSF，OBS 礦化帶定義在 SDB、黑礦石礦區（「BOMZ」）且在較小程度上出現於葉岩白雲岩（「SD1a」，SDB 的泥質部分）。 介於 OBI 和 OBS 之間的 RSC 進行了單獨定義，分為頂部、中間和底部 RSC。 例外情況是 Snowden 公司在 Kananga 和 Tilwezembe 開展的工作中，使用的是 0.5% 總銅截至界限；
- 對在礦化既定包絡線以內的樣本數據進行統計分析和地質統計分析，獲得變異函數參數；
- 使用克立格法（kriging technique）和附帶的地質分析參數估算礦化帶的品位，搜索鄰近區域，輸入複合數據；及
- 根據聯合礦石儲量委員會規範（JORC 規範），把礦產資源分為不同類別。

3.2.1 勘探和數據

項目區域主要包含以往業主 GCM 使用金剛石鑽進獲得的歷史資料。 2009 年以來，KCC 已經在三個主產區（KOV 露天礦、KTO 和 T17 露天礦）開展了加密鑽探，這些鑽探活動的結果參見下文描述，但儘管資源模型由 KCC 人員在不斷更，新該等數據不包含於礦產資源或礦物儲量聲明中。

3.2.1.1 鑽探

KTO 礦

GCM 進行了廣泛的地面和地下鑽井來圈定 KTO 礦體。 在 1952 年至 1991 年鑽探的地面鑽孔中，共識別出了 83 個。通常，地下孔為專門從採空區域鑽探的呈扇形的三個或多個孔。 在 1972 年至 2002 年鑽探的孔中，共

識別出了 569 個。Etang 礦體的上部----高於水平線 400----僅被地面鑽井所覆蓋。 鑽孔採樣測量似乎已針對地面鑽孔定期開展，但偏差很少超過幾度。 從歷史數據來看，地下鑽頭定位孔未經測量。

作為地下礦產資源核查工作的一部分，且為了確認開發要求和開採進度，KCC 於 2009 年至 2010 年在 Kamoto 主體和北 Etang 礦體鑽探了 10,106m。 鑽探數據確認了以往的 GCM 鑽探數據，此前曾被 CCIC 使用、由 SRK 在 2009 年技術報告中提出。

T17 露天礦

T17 礦體一直是 GCM 兩個金剛鑽鑽探計劃的對象，於 1938 年至 1954 年間鑽探了 3,287m，於 1986 年至 1988 年 1 月鑽探了 8,011m。鑽孔通常為公稱的 100m× 100m 網格，有些區域是 50m× 50m 網格。

KCC 於 2009 年和 2010 年在目前礦坑周邊鑽探了 20 個孔，以確認深處資源的連續性。 鑽探深度共計 4,286m，這次鑽探的結果表明，礦化作用繼續向下傾斜至當前礦坑設計層面以下超過 180m 的深度。 這些橫斷面的品位較高，大部分橫斷樣本的化驗值超過 2% 總銅。 目前正在對這一鑽探數據做進一步評價，以對這一資源進行分類，並考慮把概念性的開採規劃編寫至可信水平。

除了上述鑽探，KCC 最近還在當前 T-17 露天礦周邊以東共鑽探了 10 個孔，以確認礦體沿著走向的延伸。 這一鑽探活動的取芯分析表明存在大量橫斷面，如表 5 所示。 這樣可以圈定其他礦產資源以及在目前礦坑壽命週期內後階段的增長。

表 5： T-17 露天礦 2010 年鑽探數據總結

	鑽孔採樣編號	深度	OBS	RSC	OBI	%銅	%Co
T17 東	T17001	113.4	34.9-53.5	91-108.6	53.5-91.0	3.25	0.31
	T17002	136.8	45.7-70.7	110.2-129.55	70.7-110.2	3.1	0.11
	T17003	94.8	16.1-32	71.3-93	32.0-71.3	2.09	0.25
	T17004	88.9	1.2-14.3	56.1-77.4	14.3-56.1	2.27	0.57
	T17005	116	34.3-50	50-116		3.08	0.31
	T17006	200.7	4.8-108	172.6-194.7	108-172.6	3.79	0.38
	T17007	125.3	無初期數據	無初期數據	無初期數據	-	-
	T17008	68.7	無初期數據	44.7-64.5	12-44.7	2.43	0.48
	T17009	89.5	3-32.6	32.6-71.2	71.2-78.5	2.55	0.29
	T17010	151.7	23.1-38.1	38.1-56.6	56.6-83.5	3.2	0.54

KOV 露天礦

鑽孔採樣記錄表明，東 Kamoto 礦體上的勘探鑽井在 20 世紀 40 年代初開始，最初鑽孔的名稱首碼為 KTO。雖然目標是東 Kamoto 礦體，但隨後有相當數量的 KTO 孔鑽探進入了如今的 KOV 露天礦。

20 世紀 80 年代，另一項鑽探活動興起，目標是界定 KOV 露天礦的礦化帶，這項活動持續至 90 年代初。 鑽探沿著間距約為 100m 的剖面線進行。 在可行的情況下，鑽孔沿著這些剖面線相距約 100m。 鑽孔名的首碼為 KOV 露天礦。

KOV 露天礦鑽孔採樣數據庫共包括平均間距約為 100m 的 214 個鑽孔。Virgule 片區有 100 個橫斷面，Oliveira 有 75 個，東 Kamoto 有 33 個，FNSR 有 19 個。 Virgule 和東 Kamoto 之間的分界線依據的是從 GCM 斷面獲取的邊界線檔。 但是，對於建模和品位估算，有些鑽孔重疊進入 Virgule 和東 Kamoto，因而要計算兩次。 同樣，有些和 Virgule 交叉的鑽孔也會和 FNSR 交叉，這些鑽孔也要計算兩次。

Virgule 和 Oliveira 有足夠的鑽孔覆蓋面，而 FNSR 和東 Kamoto 橫斷面則有限（下文記錄的東 Kamoto 最新鑽孔除外）。 由於 FNSR 是在 KOV 露天礦以東開採的 Musonoi 礦坑片區的殘址，範圍有限，因此數據分佈

相對充足。 與東 Kamoto 片區的範圍和數量相比較，數據分佈不充足，特別是考慮到大批量數據在目前坑底之上分佈且在這一陡傾翼的鑽探橫斷面數量有限。

東 Kamoto 和 KOV 露天礦區域內的大部分歷史鑽孔為垂直鑽探，只有少數鑽孔是傾斜的。 由於地層傾角陡峭，東 Kamoto 鑽探尚有疑問。 結果表明，大部分鑽孔與東 Kamoto 礦體的近地表顯示出現相交，僅有傾斜鑽孔在深處出現橫斷面。

通常，東 Kamoto 大部分歷史鑽孔橫斷面均在隨後被採空的區域內，有極少數礦體橫斷面在目前坑底以下。

2010 年，KCC 在東 Kamoto 礦體共計鑽探 10 個孔（3,461m）。 這些鑽孔中有大部分與礦體交叉，位置在 SRK 於 2009 年技術報告中提到的 GCM 初始鑽探區域或以下；位置和品位方面，這次鑽探活動的數據在 GCM 資源模型+/- 5%範圍內。

表 6： 東 Kamoto 礦體 2010 年鑽探數據總結

	鑽孔編號	深度	OBS	RSC	OBI	%銅	%鈷
東 KAMOTO	KOV0601	319.9	208.4-225.80	225.8-243.60	243.6-247.6	4.49	0.32
	KOV0602	250.5	無初期數據	無初期數據	無初期數據	-	-
	KOV0603	317.1	221.9-236.8	236.8-252.8	252.8-263.1	6.61	0.31
	KOV0604	325	216.13-236.48	236.48-252	252-274.14	4.22	0.22
	KOV0617	430.9	353-429.1	無初期數據	無初期數據	2.29	1.77
	KOV0618	442.8	394.2-422	422-440.25	440.25-441.8	5.23	0.78
	KOV0619	500	413.6-455	455-472.5	472.5-478.1	3.87	0.71
	KOV0620	241	無初期數據	無初期數據	無初期數據	-	-
	KOV0621	402.3	無初期數據	無初期數據	無初期數據	-	-
	KOV0622	231.9	389.9-419.4	419.4-431.9	無初期數據	4.42	0.32
		3461.4			平均值	4.47	0.63

KCC 最近在 KOV 露天礦西北斷面、Virgule 礦體（預定開採規劃的開採區 1a 和開採區 2）中鑽探了 11 個孔（1,577m），確認了基於 GCM 數據的資源模型的位置和品位。 在這次鑽探活動後執行了開採規劃，到目前為止，品位控制化驗和資源模型之間一直保持著良好的平衡關係。

表 7： Virgule 礦體 2010 年鑽探數據總結

	鑽孔編號	深度	OBS	RSC	OBI	%銅	%鈷
Virgule	KOV0605	140	92.8-101.2	101.2-117.85	117.85-135.1	5.17	0.22
	KOV0606	312.6	無初期數據	無初期數據	無初期數據	-	-
	KOV0607	65	無初期數據	無初期數據	無初期數據	-	-
	KOV0608	100.5	已浸取	已浸取	55.1-82.4	1.45	0.07
	KOV0609	99	已浸取	已浸取	80.9-91.4	3.55	0.06
	KOV0610	80.7	已浸取	已浸取	55.2-71	3.91	0.23
	KOV0611	122.5	已浸取	82.4-101.9	101.9-119.8	3.42	0.34
	KOV0612	160.5	106.5-125.8	125.8-144.8	144.8-158.7	5.97	0.14
	KOV0614	90.2	34.6-40.1	40.1-58.9	58.9-84.9	2.62	0.07
	KOV0615	100.5	已浸取	46.8-64.9	76.5-100.2	5.86	0.12
	KOV0616	306	273.3-248.4	248.4-264.6	264.6-281.7	3.38	0.48
		1577.5			平均值	3.727	0.161

東 Mashamba 露天礦

對於東 Mashamba 露天礦，在地面上與礦化帶走向平行的局部坐標系上以 100m x 100m 間距網格進行了鑽探。鑽孔總數為 122 個，總鑽探深度為 20,466.4m，其中 1,788m 與銅礦化帶（大於 1% 總銅）相交。

Kananga 礦

Kananga 的歷史鑽探僅限於由 GCM 鑽探的約 8 個孔。 鑽孔的鑽探、樣本收集和樣本分析的相關詳情並未提供。

目前，數據庫中記錄著在 Kananga 鑽探的 52 個孔。

Tilwezembe 露天礦

歷史鑽探由 GCM 進行，相關數據作為由 SRK 勘探 Tilwezembe 露天礦進行第一輪礦產資源評估的依據。 鑽探數據包括正在運轉的 Tilwezembe 露天礦內 25m 間距和東 Tilwezembe 上 100m x 50m 間距的鑽孔。 在 Tilwezembe 共計已經鑽探了 157 個孔。

3.2.1.2 取樣方法和途徑

歷史取樣

在每個項目區域內缺乏歷史取樣活動的詳細資料，依靠的是與每個項目區域各位顧問的個人溝通。 目前，已經根據樣本數據庫的觀察結果做出了推斷。

對礦體橫斷面的岩芯進行了取樣，開展了化學分析。 取樣岩芯的長度各有不同，據瞭解，這是每一輪均回收樣本的結果。 在 GCM 記錄表中，有一欄是「採收百分率」，輸入 1%至 100%不等的數值來描述在樣本長度中採收的岩芯量。 岩芯採收率只記錄那些取樣的岩芯。

取樣岩性是上部礦體主岩（下部 SDS 和 SDB）和下部礦體岩石（RSF、DSTRAT 和 RATGR）以及認為被礦化的部分 RSC。 SRK 認為，岩芯中銅礦化的可見度被用作了岩芯取樣的標準。 被認為不含銅的岩芯部分不會進行取樣，在樣本記錄中會錄入該層段並注明「貧瘠」或「缺失」。 在 SRK 看來，未取樣的岩芯可能也含有微細浸染型銅礦，只是肉眼不可見。 還有其他的可能性，特別是在 RSC，「貧瘠」區可能包含鈷礦化。 在鑽孔 KOV 426 和 KOV 427 中，整個 RSC 被礦化，在中間 RSC 內出現良好的銅礦化（2%-3%）。 在鑽孔

KOV 428 中，對中間部分的 RSC 進行了取樣。 局部或選擇性抽樣，儘管在 RSC 常見，在其他 Roan 岩性中也很明顯。

分析數據庫描述的樣本涉及其長度、與橫斷面的距離（深度）及在該樣本長度採收的岩芯量。 樣本數據庫包含如下相關的分析數據：

- %總銅: 樣本的總銅百分比；
- %氧化銅: 以氧化物形式存在的銅的百分比。 在模型中，數據記錄為%酸溶銅。 不到一半的樣本分析了酸溶銅含量（%）；
- 孔雀石%銅： 以孔雀石形式存在的銅的百分比。 在這一欄中，只有少數樣本需填此值；
- %總鈷: 樣本的總鈷百分比；及
- 水溶性 CaO 含量（%）： 水溶性氧化鈣在樣本中的相對比例。 總數據庫中不到 30%的樣本分析了氧化鈣含量。

當前取樣

對取樣區的選擇依據的是對岩性接觸的目視觀測。 地質師在考慮與芯軸相關的層理或葉理後，還在岩芯上標出了進行切割應遵循的方向。 鑽探長度和採收率被記錄在取樣筆記本上。

取樣在最大為 1m 的鑽探長度層段進行，不同的地層單位要分別進行取樣。 岩芯樣本被用鋸切割成兩半。 把其中一半分成小塊裝袋分析，把另一半進行存放備查。

對特定批次的岩芯袋進行預先標注，並按從第一份樣本到最後一份樣本的順序排列整齊。 在系上袋口前，把帶有標識或樣本號的標籤放入樣本袋。

分割岩芯取樣從鑽芯上完成。 在取樣前，地質師檢查岩芯，並用記號筆沿著岩芯畫一條線劃分出要取樣的層段。 當選擇好層段後，用金剛石鋸片或岩芯切割機把岩芯切成兩半。 一旦切割完岩芯，選擇個別樣本長度，注意記錄地層和岩性界線。 完整的礦化寬度和至少 1m 明顯貧瘠或低品位上盤和下盤的材料長度要包括在內。

數據在記錄表中標記為「初級」，然後轉移至記入 Lakefield 樣本跟蹤系統的地質數據庫（「GDMS」）並存放到架子上。 樣本分割塊和礦漿目前存放在 SGS Lakefield，檢查樣本礦漿存放在「設置點」。

用於測定總銅含量和總鈷含量的分析方法是 X 射線分餾。 酸溶性銅和鈷通過酸性消解（硫酸）及通過原子吸收光譜法（AAS）進行溶液分析來測定。

方法描述如下：

- 分析氧化銅時，對每份樣本進行稱重並和一等分試樣量富含二氧化硫的稀硫酸混合。 把這份混合物在室溫下攪動一定的時間，將樣本殘渣從溶液中濾除。 取足量的溶液，按照原子吸收光譜法分析銅和鈷。 然後產生酸溶性結果。
- 分析硫化銅時，把硫化銅配製品的殘渣放在燒杯內和多種酸混合，殘渣在混合酸中消解。 取足量的溶液，按照原子吸收光譜法分析銅和鈷。 產生的分析結果中包括以硫化物形式存在的不溶於酸的銅（「AICu」）和不溶於酸的鈷（「AICo」）。

3.2.1.3 數據品質和數量

從歷史上看，在所有不同項目區域，岩芯採收率一般較低。 這主要是因為礦石的斷裂性質和所用的鑽探技術。

表 8： 每個區域的歷史岩芯採收率

區域	平均岩芯採收率（%）
Kamoto	65
T17	63
KOV	42
東 Mashamba	71
Tilwezembe	80
Kananga	86

項目區域的大部分數據都是歷史數據，不過，前述報告中有最新的鑽探數據，證實了以往的 GCM 數據。 .

顯然，現代鑽探技術提高了岩芯採收率。

最近在 T17 和 KOV 露天礦及 KTO 開展的鑽探活動是很好的例證，在平均岩芯採收率上，T17 露天礦提高到了 82%，KOV 露天礦提高到了 79%，KTO 提高到了 91%。 這明顯表明，當前的鑽探技術更為關注樣本採收率。

使用資源模型中的歷史低岩芯採收率，有兩種選擇可以減少岩芯損失：

- 調整分析品位解決岩芯損失，把調整後得到的數據用作代表值；及
- 假定採收的岩芯的分析品位代表樣本長度，但在根據評估所用數據的品質進行分類時考慮岩芯損失。

對於最近取得的鑽孔資料，品位調整被認為更可取。 由於項目區域大批量鑽探資料都是歷史資料，SRK 考慮在分類時中計算岩芯損失。 GAA 同意這種評估方法。

3.2.1.4 取樣製備和分析

歷史上的樣本製備和分析

50 多年來，所有歷史取樣、樣本製備、分析和安全均由 GCM 承擔。 可以預料的是，對這類工作的品質發表意見比較困難。

歷史岩芯樣本沿著縱軸切割，其中一半送往實驗室分析，另一半則保存在箱子裡。 正如數據庫中樣本長度各有不同，對樣本長度還沒有系統的處理方法。 所選取的樣本長度最小為 0.5m，最大為 2.5m。 樣本長度不同也是每一輪均回收樣本的結果。

歷史岩芯樣本被送往實驗室做進一步的樣本製備和分析，由 GCM 內部完成。

最近的樣本製備和分析

所有最近的鑽探可行性研究均根據 JORC 標準完成。

Kananga 和 Tilwezembe 的樣本被送往兩處實驗室進行製備和分析，分別是：尚比亞基特韋的 Alfred H. Knight（Alfred Knight）和尚比亞恩多拉的 SGS。 樣本製備使用如下方法：

- 樣本乾燥；
- 對樣本進行初次夾爪和滾軋破碎；
- 用分割採樣器切割 250g 次級樣本；及
- 把次級樣本粉碎至 75 μm 並使其成為均勻分佈的微粒。

對製備的樣本做如下變量分析，即分析總銅、總鈷、錳、酸溶銅和 ASCo 的含量百分比（%）。

Alfred Knight 和 SGS 均通過使用多酸（氫氟酸、硝酸和高氯酸）消解、鹽酸溶解和 AAS 法確定總銅、總鈷和錳的含量百分比（%）。

對於酸溶銅和 ASCo 的含量百分比（%），兩處實驗室均使用 5%硫酸進行冷浸測定。 只是在使用 AAS 法前，Alfred Knight 通入二氧化硫至飽和，而 SGS 通入亞硫酸鉀至飽和。 實驗室也可能採用不同的溫度和消解時間。

當前的樣本製備和分析

所有當前的取樣均由 KCC 人員完成。 KCC 在 Luilu 實驗室（計劃向 ISO 提請鑒定和認證）進行樣本製備。

每一半岩芯樣本均要壓碎至± 20mm，然後再次壓碎至± 5mm。 必要時，對壓碎的樣本進行切割，分成約 250g 重的小塊。 然後再把切割塊粉碎至 50 μ 裝袋貼標。 隨後，提交樣本至實驗室分別進行分析。

測定總銅含量、總鈷含量和氧化銅使用的分析方法是原子吸收光譜法（「AAS」）。

酸溶性銅和鈷通過硝酸和鹽酸的混合物進行酸性消解而測定。 對溶液的分析採用 AAS 法。

對於總銅含量和總鈷含量，對每份樣本進行稱重，並在容量瓶內和一等分試樣量的混合硝酸和鹽酸進行混合。 將樣本殘渣從溶液中濾除，取足量的溶液，按照 AAS 法分析銅和鈷。

分析氧化銅時，對每份樣本進行稱重，並和乙醇、水合氯化錫及氫氟酸一起混合。 把這份混合物在室溫下攪動一定的時間，將樣本殘渣從溶液中濾除。 取足量的溶液，按照 AAS 法分析氧化銅。

3.2.2 數據驗證

數據驗證是 KCC 的例行工作，包括核查紙稿的列印數據，進行三維電腦驗證，並應用 Datamine 軟件和 Surpac 軟件進行篩分檢查。 此外，通過把處理的數據繪入剖面圖和畫在平面圖上，完成對開孔和測量的物理檢查。

KCC 使用的數據庫系統是地質數據庫（GDMS），具有內置的數據安全系統。 這能防止數據重疊、重複和遺漏等問題的出現。

3.2.2.1 品質控制和品質保證（「QA/QC」）

通過採用品質保證和品質控制方法，能對可信水平進行測定並維持以便分析。

QA/QC 計劃的主要目標是：

- 最大限度地減少取樣和化驗偏差；
- 確保化驗的準確性和精確度；及
- 測定並證明數據的完整性和有效性，便於資源評估和品位控制。

3.2.2.2 QA/QC 程式

QA/QC 程式包括在預先確定的連續間隔插入空白材料、複樣和標準參考物質。 每個第 10 份樣品為空白材料，每個第 20 份樣品為複樣，每個第 30 份樣品為標準參考物質，具有已知的平均值和標準方差。 這種週期循環反復直至孔底。

KCC 使用三種類型的標準參考物質：低、中、高品位的材料。 這能確保銅和鈷的全部品位類別均包含在內。

參考物質化驗提供了一種方法，可對分析準確度進行監測和量化。 在報告分析準確度時，有兩個相關的參數：

- 與參考物質預期值的相對分析偏差；及

- 隨時間推移產生的平均偏差。

參考物質的分析偏差被測量並表示為相對標準方差，從而有可能直接對參考物質和不同標準方差進行比較。可接受的限度是 95%的樣本在提交時具有±2 的標準方差。

如果無法達到參考物質的可接受限度，則採取如下措施：

- 交互核對 KCC 參考物質分析結果和實驗室提交的相同階段和/或批次的參考物質分析結果；
- 如出現偏差，確定參考物質屬於同一類型還是多種類型；及
- 在和實驗室商討後，可能要做一次試驗來確定出現偏差的原因。

3.2.3 勘探數據分析

3.2.3.1 KTO 礦

表 9 – 表 11 列出了 Kamoto 主體、北 Etang 和南 Etang 的統計情況。

表 9： Kamoto 主體統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
Dstrat	%總銅	427	0.11	9.56	4.08	1.4
RSF		404	0.14	22	4.79	1.66
RSC_B		241	0.1	27.4	7.59	3.87
RSC_T		165	0.24	18.3	5.97	3.53
SD1A		326	0.4	22.4	5.87	2.19
Dstrat	%總鈷	393	0.01	8.24	0.36	0.44
RSF		378	0.01	3.15	0.3	0.26
RSC_B		224	0.03	5.99	0.51	0.68
RSC_T		159	0.01	4.39	0.73	0.65
SD1A		307	0.01	6.4	0.63	0.51

表 10： 南 Etang 統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
Dstrat	%總銅	89	0.3	7.62	2.89	1.33
RSF		103	0.2	16.16	3.44	1.44
RSC_B		50	0.18	12.05	2.98	2.35
RSC_T		39	0.25	12	2.46	1.87
SD1A		155	0.15	13.2	5.92	2.97
Dstrat	%總鈷	91	0.08	17.61	0.75	1.84
RSF		104	0.1	2.55	0.6	0.42
RSC_B		49	0.22	5.94	1.22	1.06
RSC_T		40	0.17	2.96	0.96	0.61
SD1A		154	0.07	3.96	1.04	0.74

表 11： 北 Etang 統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
Dstrat	%總銅	28	0.5	3.37	2.03	0.67
RSF		23	0.59	5.15	3.02	1.15
RSC_B		16	0.88	12	3.58	2.8
RSC_T		9	0.67	7.3	3.54	2.54
SD1A		45	0.22	8.07	3.36	1.47
Dstrat	%總鈷	23	0.12	0.84	0.42	0.17
RSF		17	0.09	0.99	0.42	0.26
RSC_B		12	0.31	2.32	1.14	0.65
RSC_T		7	0.58	2.52	1.24	0.59
SD1A		31	0.32	2.39	0.82	0.54

3.2.3.2 T17 露天礦

岩性線框被用來提取樣本數據，複合數據達 2.5m 長。 複合檔案的統計情況參見表 12。 GAA 可以複製本表格。

表 12： T17 露天礦統計分析

岩性	變量	樣本數	最小值	最大值	平均值	標準方差	CoV
BOMZ	%總銅	386	0,10	15.87	**4.18**	3.36	0.80
SDB		202	0,10	15.87	**5.14**	4.04	0.79
RSC		202	0,00	19.20	**1.65**	2.84	1.72
RSF		135	0,15	10.72	**2.94**	2.47	0.84
DSTRAT		101	0,27	9.85	**3.93**	2.60	0.66
BOMZ	%總鈷	386	0,00	7.40	**0.51**	0.87	1.73
SDB		202	0,00	7.40	**0.78**	1.07	1.38
RSC		202	0,00	4.70	**0.44**	0.81	1.84
RSF		135	0,08	7.60	**0.99**	1.18	1.20
DSTRAT		101	0,07	4.06	**0.39**	0.48	1.24

3.2.3.3 KOV 露天礦

每種岩性的分析數據均使用岩性線框從數據庫提取。 隨後，岩性樣本數據按照 2.5m 的間距分別進行複合。 RSC 數據在整個岩性單位進行複合，統計情況反映了樣本間距。

四種片區各自的岩性複合資料統計情況參見表 13 – 表 16。

表 13： KOV 露天礦、Virgule 的統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
BOMZ	%總銅	77	0.10	12.00	3.54	3.10
	%總鈷	112	0.00	3.62	0.46	0.67
SDB	%總銅	296	0.02	12.92	5.97	3.60
	%總鈷	371	0.00	11.50	0.46	0.84
RSC	%總銅	384	0.08	23.14	4.39	3.47
	%總鈷	587	0.00	5.00	0.21	0.40
RSF	%總銅	171	0.14	12.00	6.20	3.03
	%總鈷	244	0.00	2.25	0.19	0.32
DSTRAT	%總銅	103	0.50	12.00	6.43	2.41
	%總鈷	128	0.00	1.52	0.22	0.31
RATGR	%總銅	49	0.80	14.35	6.36	3.42
	%總鈷	103	0.00	0.99	0.09	0.16

表 14： KOV 露天礦、Oliveira 的統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
BOMZ	%總銅	72	0.15	7.88	2.05	1.99
	%總鈷	80	0.00	2.25	0.41	0.42
SDB	%總銅	250	0.10	13.68	5.59	2.48
	%總鈷	239	0.00	3.66	0.93	0.70
RSC	%總銅	266	0.10	16.59	4.72	3.71
	%總鈷	512	0.00	4.58	0.29	0.55
RSF	%總銅	120	0.40	14.99	5.40	3.16
	%總鈷	111	0.00	2.90	0.38	0.48
DSTRAT	%總銅	73	0.91	12.00	4.92	2.31
	%總鈷	71	0.00	1.61	0.32	0.33
RATGR	%總銅	43	0.60	16.41	4.80	2.78
	%總鈷	60	0.00	1.24	0.23	0.33

表 15： KOV 露天礦、FNSR 的統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
BOMZ	%總銅	9	0.53	12.00	5.24	3.41
	%總鈷	11	0.00	2.85	0.67	0.89
SDB	%總銅	71	1.11	12.00	7.93	3.16
	%總鈷	79	0.00	6.15	0.42	0.88
RSC	%總銅	69	0.15	12.00	5.27	4.28
	%總鈷	110	0.00	1.96	0.18	0.29
RSF	%總銅	25	1.66	12.47	5.76	2.40
	%總鈷	25	0.02	0.47	0.18	0.13
DSTRAT	%總銅	7	4.30	8.98	7.17	1.48
	%總鈷	9	0.00	0.16	0.04	0.05
RATGR	%總銅	2	4.06	8.02	6.04	1.98
	%總鈷	2	0.02	0.07	0.04	0.02

表 16： KOV 露天礦、東 Kamoto 的統計分析

岩性	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差
BOMZ	%總銅	27	0.17	13.22	6.16	3.31
	%總鈷	43	0.00	4.96	0.71	0.97
SDB	%總銅	133	0.08	14.38	6.32	3.34
	%總鈷	173	0.00	4.63	0.41	0.59
RSC	%總銅	206	0.11	16.07	4.20	3.72
	%總鈷	288	0.00	2.52	0.22	0.29
RSF	%總銅	76	0.21	10.84	5.09	3.11
	%總銅	96	0.00	1.50	0.26	0.30
DSTRAT	%總鈷	43	0.21	11.55	5.53	2.89
	%總銅	70	0.00	1.40	0.21	0.28
RATGR	%總鈷	15	3.02	9.02	6.37	1.71
	%總銅	25	0.00	0.86	0.13	0.19

3.2.3.4 東 Mashamba 露天礦

岩性線框被用來提取樣本數據，複合數據達 2.5m 長。 複合檔案的統計情況參見表 17。

表 17： 東 Mashamba 露天礦統計分析

岩性	地帶	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	標準方差	CV
BOMZ	西	%總銅	125	0.01	10.60	0.48	1.40	2.94
		%總鈷	125	0.01	0.44	0.09	0.11	1.20
	東	%總銅	66	0.01	12.00	0.70	1.78	2.53
		%總鈷	66	0.01	1.08	0.14	0.23	1.65
SDB	西	%總銅	237	0.01	19.26	1.19	2.46	2.06
		%總鈷	237	0.01	4.14	0.36	0.61	1.69
	東	%總銅	64	0.01	9.15	1.82	2.51	1.38
		%總鈷	64	0.01	2.63	0.33	0.48	1.42
RSC	西	%總銅	248	0.01	12.00	0.60	2.00	3.34
		%總鈷	248	0.00	2.01	0.07	0.23	3.24
	東	%總銅	112	0.01	12.00	0.69	2.06	2.98
		%總鈷	112	0.01	0.66	0.04	0.08	2.31
RSF	西	%總銅	440	0.01	12.00	2.28	2.85	1.25
		%總鈷	440	0.00	2.80	0.37	0.54	1.46
	東	%總銅	119	0.01	11.37	3.83	2.96	0.77
		%總鈷	119	0.00	1.28	0.14	0.22	1.56

3.2.3.5 Kananga 礦

不同岩石類型的破簇的 1m 複合數據的統計概要參見表 18。 複合數據的破簇採用的是 25 mE × 25 mN × 1 mRL 的區塊尺寸，該尺寸接近緊密分隔區域的鑽孔間距。

表 18： Kananga 礦統計分析

範圍	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	CV
UOB_OX	%總銅	250	0.08	10.05	1.13	1.1
MID_OX		528	0.02	0.64	0.16	0.6
LOB_OX		297	0.03	9.28	1.93	0.8
UOB_SL		122	0.01	6.1	1.83	0.6
MID_SL		269	0.02	1	0.26	0.6
LOB_SL		234	0.13	6.75	2.18	0.6
UOB_OX	%酸溶銅	250	0.02	9.05	0.85	1.2
MID_OX		528	0.01	0.62	0.12	0.8
LOB_OX		297	0.01	9.26	1.26	1.1
UOB_SL		122	0.01	1.61	0.15	1.2
MID_SL		269	0.01	0.39	0.07	1
LOB_SL		234	0.01	2.99	0.22	1.6
UOB_OX	%總鈷	250	0.06	4.51	0.64	1.2
MID_OX		528	0.02	2.73	0.27	0.8

範圍	變量	無樣本	最小值	最大值	平均值	CV
LOB_OX		297	0.02	3.37	0.7	0.8
UOB_SL		122	0.01	4.79	0.94	1.1
MID_SL		269	0.06	2.03	0.53	0.6
LOB_SL		234	0.02	3.49	1.05	0.7

3.2.3.6 Tilwezembe 露天礦

不同岩石類型的破簇的 1m 複合數據的統計概要參見表 19。 複合數據的破簇採用的是 25 mE × 25 mN × 1 mRL 的區塊尺寸，該尺寸接近緊密分隔區域的鑽孔間距。

表 19： Tilwezembe 露天礦統計分析

範圍	變量	樣本	最小值	最大值	平均值	CV
OX_MNDOL	%總銅	1054	0.01	26.5	1.27	1.91
OX_BREC		485	0.1	19.84	3.78	0.89
OX_TILAR		674	0.05	4.92	0.56	1.05
SL_MNDOL		511	0.03	37	1.19	2.42
SL_BREC		339	0.02	21.38	3.29	0.97
SL_TILAR		406	0.01	6.27	0.53	1.28
OX_MNDOL	%酸溶銅	1054	0.01	14.12	0.91	1.85
OX_BREC		485	0.05	14.28	3.16	0.96
OX_TILAR		674	0.01	4.9	0.44	1.17
SL_MNDOL		511	0.01	6.88	0.24	2.97
SL_BREC		339	0.01	3.52	0.33	1.19
SL_TILAR		406	0.01	1.09	0.13	1.21
OX_MNDOL	%總鈷	1054	0.01	11.15	0.5	1.47
OX_BREC		485	0.01	13.47	0.96	1.58
OX_TILAR		674	0.01	3.61	0.29	1.02
SL_MNDOL		511	0.01	7.94	0.38	1.52
SL_BREC		339	0.03	4.98	1.19	1.01
SL_TILAR		406	0.02	4	0.34	1.15

3.2.4 變異分析

變異分析的目標是確定連續性的主要方向，提供地質統計品位插值所需的變異函數參數。 實驗半變異函數（通常指變異函數）是地質統計學的基本診斷工具。 它是一種數學函數，可用於量化樣本品位在礦床不同方向的空間變化和空間相關。 變異函數的計算類似於方差，是簡單的算術： 相隔特定距離的成對樣本值之差進行平方。 對於均質區內的所有樣本，隨著距離不斷增加，重複上述演算法。 變異函數值是差值的平方和除以兩倍的數對總數所得到的值。

在估算過程中，實驗變異函數能合併礦床的幾個重要地質特徵。 為了在實際應用中使用實驗變異函數，它所傳遞的資訊必須通過把一條平滑曲線（被稱為模型變異函數）套合到實驗變異函數的數據點進行量化。 模型變異函數建立在數值方程的基礎上，數字參數被用於控制地質統計品位插值的各種因素。 使用的標準模型有很多。

由於實驗變異函數建立在方差函數的基礎上，方差必須為正數，所用模型必須確保根據模型計算出的所有數值為正值。 有多種不同模型已被證實能代表礦床存在的空間變化，根據經驗，最好採用其中一種。 球形方案模型使用最為廣泛；其他模型包括指數模型、高斯模型等。

由 SRK 報告、GAA 複製的變異函數參數按區域可參見表 20 － 表 29。

表 20： KTO 礦： 全向變異函數參數

岩性	DSTRAT		RSF		RSC		SDB		BOMZ	
變量	%總銅	%總鈷	%總銅	%總鈷	% 總銅	% 總鈷	%總銅	%總鈷	%總銅	% 總鈷
C0 塊金方差	0.01	0	0.031	0.003	0.043	0.004	0.124	0.005	0.042	0.021
C1 方差	1.26	0.07	1.97	0.12	2.29	0.11	3.26	0.17	1.83	0.18
範圍 1 X 向	9.96	11.87	3.92	3.05	7.83	7.52	6.98	10.96	7.93	56.65
範圍 1 Y 向	9.96	11.87	3.92	3.05	7.83	7.52	6.98	23.97	7.93	170
範圍 1 Z 向	5.4	8.4	3.92	8.5	6.7	7.2	6.98	4.96	7.8	11.68
C2 方差	1.83	0.03	2.82	0.12	5.08	0.11	5.31	0.27	1.39	
範圍 2 X 向	30.98	147.85	30.17	184.05	52.19	70.59	74.36	31.98	272.1	
範圍 2 Y 向	30.98	147.85	30.17	184.05	52.19	70.59	74.36	324.92	272.1	
範圍 2 Z 向	24.1	18.2	8.5	15.3	27.4	7.2	8.3	11.3	20.3	
C3 方差	1.44		1.82				2.43			
範圍 3 X 向	324.96		296.61				189.72			
範圍 3 Y 向	324.96		296.61				189.72			
範圍 3 Z 向	24.1		20.3				27.4			

表 21： T17 露天礦： 全向變異函數參數

區帶	變量	C0 塊金方差	C1 方差	範圍	C2 方差	範圍 2
DSTRAT	%總銅	0.5135	1.775	232.79		
	%總鈷	0.03565	0.04481	397.72		
RSF	%總銅	1.589	2.356	126.01	3.421	565.56
	%總鈷	0.08955	0.1464	321.98		
RSC	%總銅	0.1042	1.87	178.33		
	%總鈷	0.006679	0.2475	180.73		
SDB	%總銅	0.3691	0.8281	256.58		
	%總鈷	0.01728	0.05536	194.02		
BOMZ	%總銅	1.984	3.257	283.48		
	%總鈷	0.03098	0.02172	283.32		

表 22： KOV 露天礦： Virgule 全向變異函數參數

岩性	變量	C0 塊金方差	C1 方差	範圍
BOMZ	%總銅	1.65	3.38	309.38
	%總鈷	0.03	0.07	204.17
SDB	%總銅	8.74	3.78	380.12
	%總鈷	0.05	0.13	204.08
RSC	%總銅	8.59	3.44	209.69
	%總鈷	0.08	0.07	266.89
RSF	%總銅	2.44	0.68	245.78
	%總鈷	0.00	0.01	217.35
DSTRAT	%總銅	3.06	2.51	243.89
	%總鈷	0.01	0.01	317.03

表 23： KOV 露天礦： Oliveira 全向變異函數參數

岩性	變量	C0 塊金方差	C1 方差	範圍
BOMZ	%總銅		2.68	289.22
	%總鈷	0.04	0.06	284.57
SDB	%總銅	3.15	1.17	303.40
	%總鈷	0.01	0.03	192.65
RSC	%總銅	3.19	1.56	261.88
	%總鈷	0.03	0.01	221.57
RSF	%總銅	1.01	2.90	265.60
	%總鈷	0.00	0.02	178.66
DSTRAT	%總銅	0.28	1.12	350.92
	%總鈷	0.02	0.09	253.91

表 24： 東 Mashamba 露天礦： 全向變異函數參數

岩性	變量	C0 塊金方差	C1 方差	範圍
RSF	%總銅	1.943	1.425	157.67
	%總鈷	0.04157	0.08539	332.59
RSC	%總銅	1.006	0.6158	210.88
	%總鈷	0.07737	0.03845	256.14
SDB	%總銅	1.235	1.564	216.8
	%總鈷	0.05093	0.1141	291.64
BOMZ	%總銅	0.1709	2.731	353.88
	%總鈷	0.02193	0.03127	467.49

表 25： Tilwezembe 露天礦： 含錳白雲岩的變異函數參數

變量（%）	C0 塊金方差	結構 1				結構 2				方向（主軸方向、半主軸方向、副軸方向）
		C1 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	C2 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	
%總銅	0.05	0.52	40	20	7	0.43	160	60	14	70,160,-40
%總鈷	0.04	0.59	40	15	12	0.37	130	70	12	70,160,-40
%総錳	0.05	0.63	30	10	8	0.32	160	70	12	70,160,-40

表 26： Tilwezembe 露天礦： 角礫岩的變異函數參數

變量（%）	C0 塊金方差	結構 1				結構 2				方向（主軸方向、半主軸方向、副軸方向）
		C1 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	C2 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	
%總銅	0.12	0.13	20	70	10	0.75	160	70	10	70,160,-60
%總鈷	0.11	0.22	40	10	3	0.19	40	100	12	70,160,-60
%総錳	0.22	0.48	30	50	7	0.3	180	50	7	70,160,-60

表 27： Tilwezembe 露天礦： 冰碛岩和厚層泥岩的變異函數參數

變量（%）	C0 塊金方差	結構 1				結構 2				方向（主軸方向、半主軸方向、副軸方向）
		C1 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	C2 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	
%總銅	0.15	0.4	110	80	15	0.44	125	110	15	80,170,-45
%總鈷	0.09	0.18	180	50	2	0.73	180	50	20	80,170,-45
%総錳	0.12	0.53	35	90	12	0.36	160	90	12	80,170,-45

表 28： Kananga 礦： 上部礦體的變異函數參數

變量（%）	C0 塊金方差	結構 1				結構 2				方向（主軸方向、半主軸方向、副軸方向）
		C1 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	C2 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	
%總銅	0.1	0.62	60	90	11	0.36	300	90	11	65,155,-40
%總鈷	0.06	0.61	50	20	9	0.33	300	70	9	55,145,-35
%総錳	0.23	0.29	60	10	9	0.49	180	140	9	55,145,-35

表 29： Kananga 礦： 內部/中間區域的變異函數參數

變量（%）	C0 塊金方差	結構 1				結構 2				方向（主軸方向、半主軸方向、副軸方向）
		C1 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	C2 方差	距離方向 1（m）	距離方向 2（m）	距離方向 3（m）	
%總銅	0.12	0.41	50	20	10	0.47	460	230	25	65,155,-40
%總鈷	0.02	0.47	70	50	11	0.51	340	290	27	55,145,-35
%総錳	0.05	0.53	50	130	13	0.41	360	130	13	55,145,-35

3.2.5 估算參數

3.2.5.1 估算計劃

估算品位有許多種方法。 這些方法有的基於變異函數，有的則不需要。 對於那些相距太遠或不能生成變異函數的數據，反距離插值法可能較合適。

Kriging 法是另一種可行方法。 克立格法根據位於待估算點或塊段的樣本與圍繞品位估算點或塊段的取樣點之間的不同距離進行權值分配。 通過對樣本加權，可最大程度地減少估計誤差，確保對該塊段的估算盡可能準確。 估算造成的誤差稱為克立格方差。

該項目採用了普通克立格法（「OK」）。它是一種特定算法，通過使局部估算的克立格權重總和為 1，能滿足無偏估算。對每一項目區域的估算都利用了變異法分析的結果。

3.2.5.2 密度的分配和測定

過去，GCM 公司根據對礦石類型的劃分----白雲岩質或非白雲岩質（矽質）----和對銅品位的劃分，以及在 Katanga 銅礦帶的全部作業所獲得的詳盡數據集進行密度值的分配。 當樣本中的總銅百分比除以氧化鈣百分比小於或等於 15 時，樣本為白雲岩質。如果大於 15，就是非白雲岩質（矽質）。GCM 對經驗標準進行了總結，定義了三個主要的密度類別，如下表所示。

表 30： GCM 密度值分配標準

定義與標準	密度，t/m^3
矽質=（%總銅/%CaO）＞= 15	
1%＜總銅＜2%	2.0
總銅＞2.0%且亞硫酸鹽含銅量<0.5%	2.2
1%＜總銅＜2%且總鈷含量>1%	2.2
總銅>2.0%且亞硫酸鹽含銅量>0.5%	2.4
白雲岩質=（%總銅/%CaO）<15	
1%＜總銅＜2%	2.4
總銅>2.0%且亞硫酸鹽含銅量<0.5%	2.4
總銅>2.0%且亞硫酸鹽含銅量>0.5%，銅氧化物>=0.5%	2.4
總銅>2.0%且亞硫酸鹽含銅量>0.5%，銅氧化物<=0.5%	2.6

根據GCM的標準，如果廢礦石是矽質的，廢礦石密度通常為 2.0 t/m^3，而如果是白雲岩質的，通常為 2.4 t/m^3。

在 2008 年可行性研究過程中，SRK 檢查了過去所有應用這些標準的項目化驗數據集，發現對這些標準所做的氧化鈣百分比化驗少於總銅百分比化驗。 但是，SRK 把這些值作為確定各個礦化帶內可能的密度範圍的指導性指標。

KTO 礦

Caracle Creek 國際諮詢有限公司（CCIC）承擔了各類地層單元的有限密度測定工作，以核實 GCM 的經驗密度值。 密度的測定在選定的岩性岩芯上進行，運用阿基米德原理，用 Clover 天平，先在空氣中稱量樣本，然後再在水中稱量。 接著把稱得的質量套入一個簡單的公式，計算密度。 下表以地層單元為單位列出了 CCIC 為 KTO 礦進行的有限密度測定的結果。

表 31： KTO 礦： 各種岩性的密度測定

地層單元	樣本數	最小值 t/m^3	最大值 t/m^3	平均值 t/m^3	地層單元
SD1a	9	2.69	2.90	2.80	SD1a
BOMZ	8	2.74	2.92	2.86	BOMZ
RSC	8	2.51	2.96	2.69	RSC
RSF	6	2.57	3.03	2.81	RSF
DSTRAT	5	2.66	3.02	2.81	DSTRAT
灰 RAT 群	3	2.64	2.77	2.70	灰 RAT 群
紅 RAT 群	3	2.63	2.75	2.67	紅 RAT 群

在有限密度測定的基礎上，CCIC 推斷 GCM 的方法比較保守，在計算資源量方面存在上調的潛力，但建議在將較高的密度值應用於資源模型前，進行容積密度測定。

針對KTO礦模型，CCIC利用GCM表中的 2.7 t/m^{3}的平均密度值把體積換算成噸。

T17 露天礦

CCIC 承擔了各類地層單元的有限密度測定工作，以核實 GCM 的經驗密度值。 密度的測定在選定的岩性岩芯上進行，運用阿基米德原理， 用 Clover 天平，先在空氣中稱量樣本，然後再在水中稱量。 接著把稱得的質量套入一個簡單的公式，計算密度。 下表以地層單元為單位列出了 CCIC 為 T17 露天礦進行的有限密度測定的結果。

表 32： T17 露天礦： 各種岩性的密度測定

地層單元	樣本數	最小值 t/m^3	最大值 t/m^3	平均值 t/m^3
SDB	7	2.10	2.76	2.38
BOMZ	1	2.09	2.09	2.09
SDB	7	2.10	2.76	2.38
RSC	5	2.21	2.63	2.34
RSF	6	2.06	2.51	2.32
DSTRAT	5	1.88	2.40	2.13

為進行交叉校驗，作為第二種方法，CCIC還向Set Point Laboratories實驗室提交了樣本，進行密度校驗。该實驗室通過使用多體積氣體比重計 1305 進行 氦 置換從而完成密度測定。

還有兩個樣本在約翰內斯堡的 Mintek 實驗室進行了檢測，結果顯示 Musonoie-T17 西區的矽質材料密度為 2.84，而同一資源區的白雲岩質材料密度為 2.74。 CCIC 報告中沒有詳細說明在 Mintek 進行密度測定所採用的方法。

在有限密度測定的基礎上，CCIC 推斷 GCM 的方法比較保守，在計算資源量方面存在上調的潛力。 但 CCIC 建議在將較高的密度值應用於資源模型中前，先進行體積密度測定。

在為T17 露天礦模型進行體積到噸的轉換時，CCIC應用了 2.2t/m^{3}和 2.4 t/m^{3}的密度值，與GCM的氧化物和混合礦石分類相一致。

KOV 露天礦

在生成KOV露天礦模型時，SRK採用了 2.2 t/m^{3}的推測密度。 該密度的推測是基於對岩芯礦化的外觀檢驗和實地觀察做出的，其中主要的銅礦是孔雀石。

KOV 露天礦鑽探中發現的礦化帶斷面證實主要的礦化物為被視為氧化物的孔雀石，另外深層有較少的硫化物。對選定的最近鑽取的岩芯進行了有限的密度測定。 雖然從統計數據上來看，它不足以代表樣本數據集，但這些測定表明採用的密度是合適的。

東 Mashamba 露天礦

CCIC 承擔了各類地層單元的有限密度測定工作，以核實東 Mashamba 露天礦的經驗密度值。 這一方法在上面介紹 Kamoto 礦的部分曾有提及。 下表以地層單元為單位列出了 CCIC 為東 Mashamba 露天礦進行的有限密度測定的結果。

表 33： 東 Mashamba 露天礦： 各種岩性的密度測定

地層單元	樣本數	最小值 t/m^3	最大值 t/m^3	平均值 t/m^3
SDB	17	2.34	2.76	2.52
RSC	10	2.40	2.61	2.51
RSF	5	2.28	2.50	2.39

CCIC採用GCM表中 2.2 t/m^{3}和 2.4 t/m^{3}的平均密度值，分別為東Mashamba模型的矽質和白雲岩質礦化帶進行了體積到噸的換算。

Kananga 礦

Kananga 密度測定所採用的程序與 Tilwezembe 的一樣，密度值如下表所列。

表 34： Kananga 礦： 各種岩性的密度測定

範圍	分散平均值
上部礦體氧化物（UOB_OX）	1.8
中部低品位氧化物（MID_OX）	1.8
下部礦體氧化物（LOB_OX）	2
上部礦體硫化物（UOB_SL）	2.1
中部低品位硫化物（MID_SL）	2
下部礦體硫化物（LOB_SL）	2.1

Tilwezembe 露天礦

Snowden 運用阿基米德原理對選定的礦芯樣本進行了密度測定。 把大約 100 毫米到 200 毫米長的樣本礦芯包裹在保鮮膜裏以阻止氧化，先在空氣中稱重，然後又浸入水中稱重。 重量之差是置換的水的重量。

未曾進行確定樣本的游離水分含量的工作。 因此，在估算中採用了濕容積密度。

Snowden 指出品位與密度之間不存在關係，因此，每一個地質單元的容積密度因素是在把异常值從數據集中去掉後，用比重測量的方法確定的。 該步驟使用了分散平均值，從數據集中最多去掉 5%的複合數據。 複合數據用 25mE×25mN×1 mRL 的單元尺寸分散開來，這個尺寸接近鑽孔間距。 容積密度如下表所示。

表 35： Tilwezembe 露天礦： 各種岩性的密度測定

範圍	底部開採區	頂部開採區	開採百分比	分散平均值（開採之前）	分散平均值（開採之後）
Ox_MnDol	1.1	3	5	2.04	1.96
Ox_Brec	-	2.7	4	1.9	1.81
Ox_TillArg	-	3	5	2.09	1.98
Sl_MnDol	-	2.6	3	2.28	2.26
Sl_Brec	1.5	2.7	3	2.23	2.24
Sl_TillArg	1.8	2.5	3	2.18	2.18

小結

下表是在各項目區域內從體積換算到噸所使用的密度。

表 36： Kananga 礦： 各種岩性的密度測定

項目區域	礦化帶	密度，t/m^3
T17 露天礦	氧化物礦化帶	2.2
	硫化物礦化帶	2.4
Tilwezembe 露天礦	Ox_MnDol	1.96
	Ox_Brec	1.81
	Ox_TillArg	1.98
	SI_MnDol	2.26
	SI_Brec	2.24
	SI_TillArg	2.18
KTO 礦	全部	2.7
Kananga 礦	上部礦體氧化物（UOB_OX）	1.8
	中部低品位氧化物（MID_OX）	1.8
	下部礦體氧化物（LOB_OX）	2
	上部礦體硫化物（UOB_SL）	2.1
	中部低品位硫化物（MID_SL）	2.0
	下部礦體硫化物（LOB_SL）	2.1
KOV 露天礦	全部	2.2
東 Mashamba 露天礦	氧化物礦化帶	2.2
	混合礦化帶	2.4

3.2.6 礦產資源分類

作為礦產專家報告的一部分,GAA (Golder Associates 非洲有限公司)對 SRK (南非) 諮詢有限公司和其他獨立諮詢公司的礦產資源估算方法和估算結果進行了審查。

所有礦場的礦產資源均依據 JORC 規範估算。 在進行礦產資源分類時，考慮了以下因素：

- 生成礦產資源所使用的數據的數量、質量及年代；
- 由於是基於可見的銅礦化帶進行有選擇性地取樣，因此要考慮對應部分化驗樣本的可取得性；
- 與歷史數據中總銅百分比數據相比較，針對溶於酸的銅的百分比和氧化鈣的百分比所做的化驗不夠完全；
- 對各種岩性進行的有限密度測定；
- 礦產資源估算中數據出現偏差的風險；
- 地質模型的可靠性；
- 歷史上的開採活動以及數量和品位之間關係的調整；以及
- 品位估算出現偏差的風險。

這一資源分類結果被認為比較保守，原因在於在 2008 年可行性研究的資源估算過程中，研究人員不得不使用了大量的歷史數據。 在利用現代鑽探和取樣技術及控制裝置取得新數據時，資源估算的可信度會增加，因此資源分類可能會得到更新。

3.2.7 礦產資源說明

表 37 是 KCC 各礦區截至 2010 年 12 月 31 日的礦產資源量的合併統計報表。計算時綜合利用了截至 2010 年 10 月 31 日的實際採光區數據以及該年最後兩個月的預測噸數。

表 37： KCC： 綜合礦產資源（截至 2010 年 12 月 31 日）

分類	項目區域	Mt	%總銅	%總鈷
探明資源量	KTO 礦	30.7	4.54	0.54
	小計	30.7	4.54	0.54
控制資源量	KTO 礦	35.7	4.69	0.6
	東 Mashamba 露天礦	75.0	1.80	0.38
	T17 露天礦	8.5	2.75	0.87
	KOV 露天礦	123.9	5.37	0.4
	Kananga 礦	4.1	1.61	0.79
	Tilwezembe 露天礦	9.5	1.89	0.6
	小計	256.7	3.95	0.45
探明和控制資源量合計	KTO 礦	66.4	4.62	0.57
	東 Mashamba 露天礦	75.0	1.80	0.38
	T17 露天礦	8.5	2.75	0.87
	KOV 露天礦	123.9	5.37	0.4
	Kananga 礦	4.1	1.61	0.79
	Tilwezembe 露天礦	9.5	1.89	0.6
	合計	287.4	4.02	0.46
推斷資源量	KTO 礦	10.6	5.11	0.59
	東 Mashamba 露天礦	65.3	0.76	0.1
	T17 露天礦	15.3	1.91	0.61
	KOV 露天礦	71.2	3.56	0.32
	Kananga 礦	4.0	2.00	0.98
	Tilwezembe 露天礦	13.8	1.75	0.60
	合計	180.2	2.32	0.32

1) 此礦產資源報告依據 2004 版《澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範》（JORC 規範）的分類標準製作完成。

2) 礦產資源包括礦石儲量。

3) 礦產資源並非礦石儲量，不能顯示出經濟可行性。

4.0 礦藏說明

4.1 開採作業綜述

Ukwazi 集團於 2010 年 10 月考察了 KCC 的有形資產，並拿到了有關的地質和礦物學數據用來對礦坑開採計劃進行評估和優化。 KCC 目前正在實施的作業可分為地下作業（即 Kamoto 地下礦（「KTO」））和地上開採作業（即 T-17 露天礦和 KOV 露天礦）兩部分。

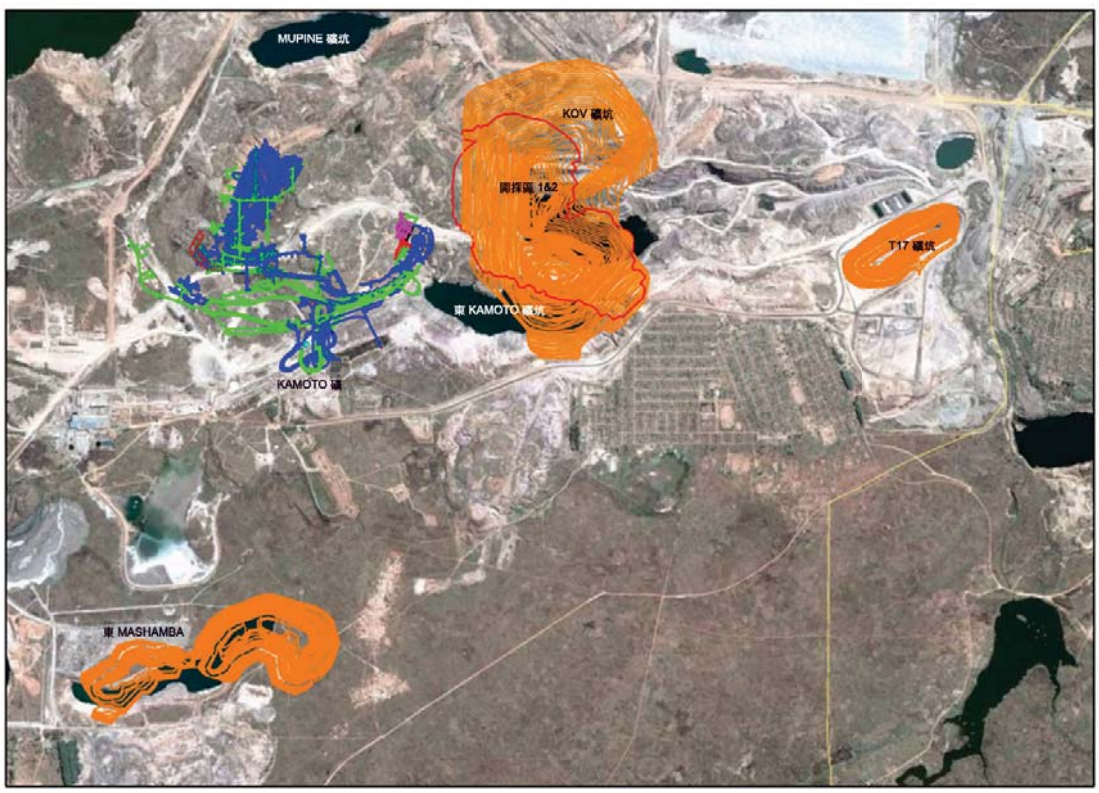


圖 11： KCC 礦業資產的相對位置圖

目前的 LOM 計劃所包含的地下作業項目包括在產的 KTO 礦和東 Kamoto 地下礦（「KTE」）及 T-17 地下礦兩個未來將要建設的項目。

KTO 是一個運營中的礦坑，2008 年硫化物原礦產量達到 50 萬噸，2009 年硫化物原礦產量為 110 萬噸，含銅 3.9%，而 2010 年硫化物原礦產量為 130 萬噸，銅含量為 3.8%。該採礦計劃將硫化物礦石的年產量提高到 220 萬噸，與 4 期處理廠擴建項目配套。 此報告中的 KTO 礦坑生命期(LOM)開採計劃和對儲量的預測是基於 SRK 諮詢公司 2008 年完成的可行性研究做出的，而儲量預測考慮了每年的貧化影響。 原礦品位在 LOM 開採期間（總產量為 3,700 萬噸）保持相對穩定，銅的平均品位為 3.85%。

KTO 礦坑採用並計劃採用多種採礦方法，包括房柱式開採法（「RAP」）、充填開採法（「CAF」）以及分段崩落採礦法（「SLC」）。 採礦的修正係數是根據採礦方法在過去的實際應用結果而確定。 採用的貧化和超挖比例數據從 4%到 13%不等，而採礦（包括地質損失）的百分比數據從 90%到 50%不等，視所用的採礦方法而定。 根據所用的不同採礦方法，各開採區分別實施了廢礦和膠結回填。

KTO 礦坑開採計劃是基於證實的和概算礦物儲量做出的，其開採計劃中僅包含 10%的推斷資源量。 提高產量所需的高水平開採方案是實現這一目標的一個制約因素。 開採方案出現的任何延誤都將導致 KTO 產量提升的延誤。

對於兩個地下礦山，計劃自 2018 年起提升產能，以更換或補充露天礦作業的產量。 T-17 地下礦坑和 KTE 地下礦坑項目的概念設計工作均已完成。

KTE 地下礦坑的生產計劃是基於只開採東 Kamoto 縱向資源的一部分做出的，不包含在 KOV 露天礦的優化計劃中。 在 KOV 露天礦和地下礦巷道之間允許搭建最小寬度為 30m 的支柱。 採礦修正係數是根據 SLC 採礦法以往在 KTO 中應用時所獲得的貧化、開採及損失數據制定的。 計劃的總 ROM 產量為 2,050 萬噸，銅含量為 4.4%，而從 2027 年開始 ROM 年產量將達到 240 萬噸的峰值。井下巷道的入口位於現有井下基礎設施處，該處新建了一個斜道，用來粉碎和運送礦石。

根據當前的預計，KTE 在整個礦坑開採計劃期間所需要的開發和作業資本成本為 3.6 億美元，不包括意外開支。這一預算包括從 2017 年開始的排水設備、採礦設備、初期進場道路開挖、通風以及地下工程設施安裝直至 2019 年礦坑投產所需的各種費用。在 KTE 的產量可被折算成儲量之前還需要開展其他一些技術工作。

T-17 地下礦坑計劃的 ROM 總產量為 1,370 萬噸，原礦銅含量為 2.6%。T-17 地下礦坑開採計劃基於當前的 T-17 露天礦的地下資源量制定，埋藏深度為地下 1,270m。 需要設置頂柱（寬度最小為 30m）以防地表出現沉降。 採礦修正係數根據 KTO 目前所採用的橫向和縱向採礦法所獲得的貧化、開採及損失數據制定。 計劃的峰值產量為年開採 140 萬噸 ROM。地下巷道的入口為一個下降斜坡系統，開採的礦石通過若干絞車輸送至地面。

根據當前的預計，T-17 地下礦坑在整個礦坑開採計劃期間所需要的開發和作業資本成本為 2.31 億美元，不包括意外開支。 這一預算包括從 2015 年開始的排水設備、採礦設備、初期進場道路開挖、通風以及地下工程設施安裝直至 2018 年礦坑投產所需的各種費用。在 T-17 地下礦坑的產量可被折算成儲量之前還需要開展其他一些技術工作。

礦坑開採（LOM）計劃包括三個地面作業項目，即 T-17 露天礦、KOV 露天礦及東 Mashamba 露天礦項目。不包括 Tilwezembe 露天礦和 Kanaga 礦在內，對於這兩座礦坑需要開展進一步的技術研究。 露天作業項目的開採計劃及後續的儲量估算工作均由第一性原理決定。 作業流程包括：建立採礦模型，對礦坑進行優化以確定有經濟意義的礦坑範圍以及後續的設計和進度計劃的制定等。 所有開採作業均由一家採礦承包商來實施，KCC 將負責技術控制和提供管理支持。

T-17 露天礦已接近枯竭，地面開採作業將在 2012 年結束，作業範圍為當前露天礦坑的經濟邊界內。2010 年（日曆年），該礦共開採了 200 萬噸原礦，銅品位為 2.53%。 銅的邊界品位定為 0.6%，低於這一邊界品位的礦物的採礦損失達 30%。 計劃的採礦貧化率為 10%，而容許的地質損失為 5%以下。 生產計劃的目標是在 2011 年至 2012 年間共開採 140 萬噸的氧化礦 ROM，原礦平均銅含量為 2.6%。2012 年前的計劃產量將被折算為概略礦物儲量。

KOV 露天礦最近臨時停產，目前正處於排水作業的最後階段，正處在產量提升期。 2010 年 KOV 露天礦共生產了 70 萬噸的原礦，銅含量為 4.21%。作業計劃分兩期進行，即開採區 1 和 2 以及其後的開採區 3 和 4。採礦修正係數包括因低於 0.6%銅邊界品位而引起的 1%的採礦損失，9%的採礦貧化率以及採用的 5%的地質損失。 KOV 露天礦的原礦銅含量為 4.1%，到 2030 年將累計開採 8,310 萬噸原礦。KOV 露天礦所開採的礦石主要為氧化礦，氧化物平均含量為 78%。 礦物儲量估計為 5,570 萬噸，銅含量為 4.7%，該儲量被劃分為概略礦物儲量。

東 Mashamba 露天礦目前處於臨時停產中，需要進行排水作業。 該礦預計總 ROM 產量可達 1,280 萬噸，銅含量為 2.8%，年產量為 180 萬噸。 採用的採礦修正係數包括 9%的貧化率和 5%的地質損失。 該礦的低品位礦石比例較大，0.6%銅邊界品位以下的礦石採礦損失佔礦內總資源量的比例高達 39%。 東 Mashamba 露天礦僅生產氧化礦，其估算的概略礦物儲量為 590 萬噸，銅含量為 3.0%。

可能對地面開採作業的計劃產量造成不利影響的主要因素是排水作業、通道和邊坡崩塌、礦坑可用空間、可用的廢物傾倒空間以及品位控制等。 這些風險可通過良好的作業管理得到降低，這一點對 KOV 露天礦來說尤為重要，因為該礦所要求實現的產量較大。

KCC 作業項目在 LOM 開採期內的累計產量將提升至每年超過 1,000 萬噸的峰值水平。 假定礦石處理廠的銅採收率保持在規定的水平上不變，4 期擴建項目年採收 31 萬噸銅的生產目標要到 2027 年才能夠實現。三個露天礦作業項目的最大廢料剝採量合計達每年 5,000 萬噸。

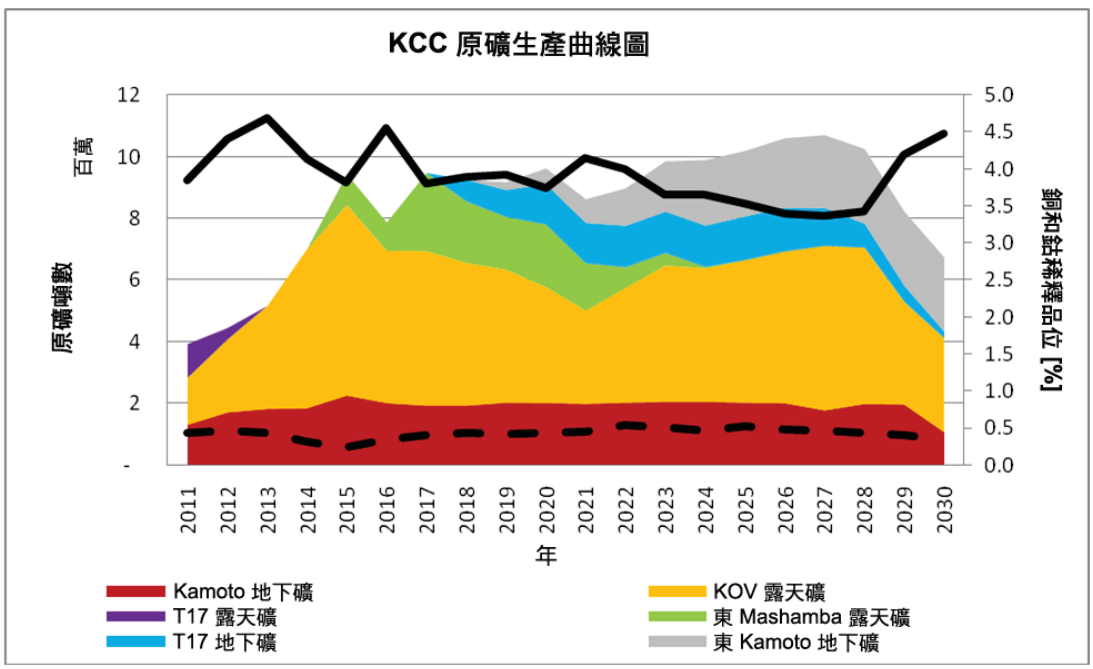


圖 12： KCC 原礦開採計劃

下圖顯示了 KCC 各作業項目的銅採收率情況。 從圖中可以看出，在基於目前的礦坑開採計劃的整個項目期內，大多數採收的銅是由 KOV 露天礦開採完成的。

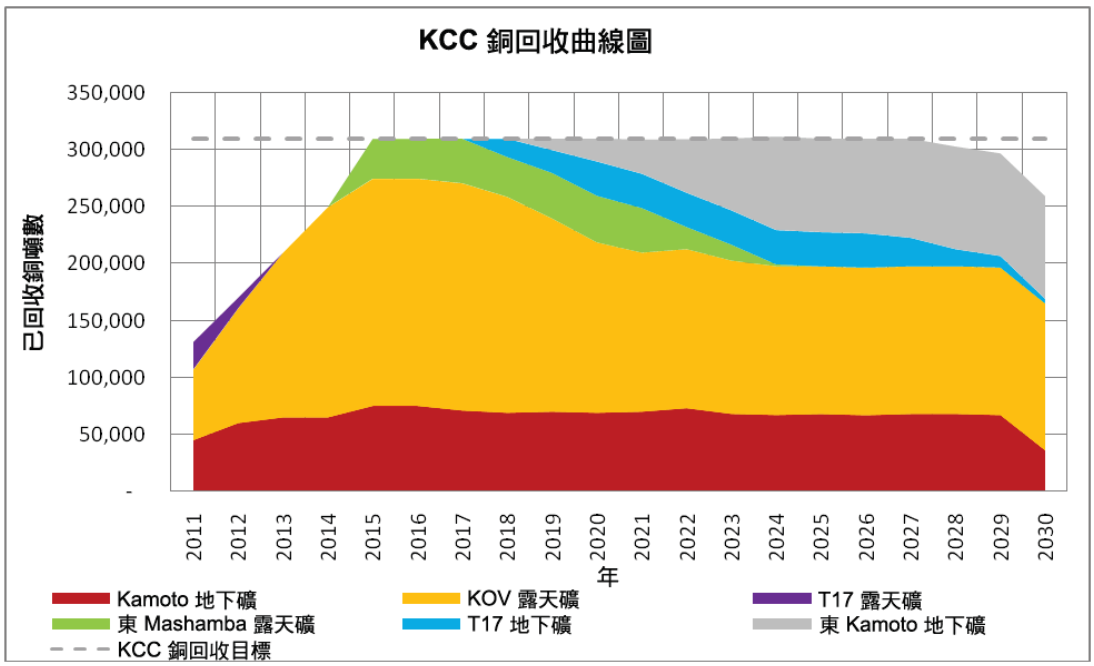


圖 13： KCC 銅採收開採計劃

KCC 的總礦物估算儲量為 9,700 萬噸，銅含量為 4.2%，其中 1,460 萬噸屬於探明礦物儲量。

表 38： 估算的礦物儲量

開採作業	證實儲量			概略儲量			合計		
	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷	千噸	%總銅	%總鈷
KTO	14 589	3.47	0.51	19 400	3.70	0.53	33 989	3.60	0.52
T-17 露天礦				1 470	2.61	0.46	1 470	2.61	0.46
東 Mashamba 露天礦				5 914	3.00	0.37	5 914	3.00	0.37
KOV 露天礦				55 666	4.73	0.45	55 666	4.73	0.45
合計	**14 589**	**3.47**	**0.51**	**82 450**	**4.33**	**0.46**	**97 039**	**4.20**	**0.47**

上表與 2009 年 12 月 31 日儲量聲明中的數據之間存在一定差異，導致存在這一差異的原因是採礦消耗以及根據最新的技術、邊界品位和經濟指標對 KOV 露天礦和東 Mashamba 露天礦作業所做的優化。 隨著對 KOV 露天礦作業的優化，作業方對採礦策略進行了調整，將東 Kamoto 礦產資源的大部分劃作未來地下礦坑開發的一部分內容，地下礦坑入口位於現有 KTO 礦的基礎設施處。 基於以上原因，正處於最後制定階段的 KTE 礦坑開採計劃的儲量聲明已將東 Kamoto 礦產資源排除在外。

4.2 地下開採作業和項目

針對 KTO 過去曾經開展過的設計和工程研究包括：由 Read、Swatman & Voigt (Pty)有限公司（「RSV」）於 2006 年開展的可行性研究，由 RSV 於 2007 年進行的詳細設計以及由 SRK 諮詢公司（「SRK」）於 2008

年開展的可行性研究。本報告所簡要介紹的礦坑開採計劃和儲量估算是在 SRK 於 2008 年開展的可行性研究基礎之上完成。下文概要地介紹了針對 KTO 所做的可行性研究情況。

4.2.1 KTO 礦

圖 14 是 KTO 礦的總體平面圖，顯示了各個採礦區的位置。 此圖介紹了上一節曾討論的各設計區的位置。

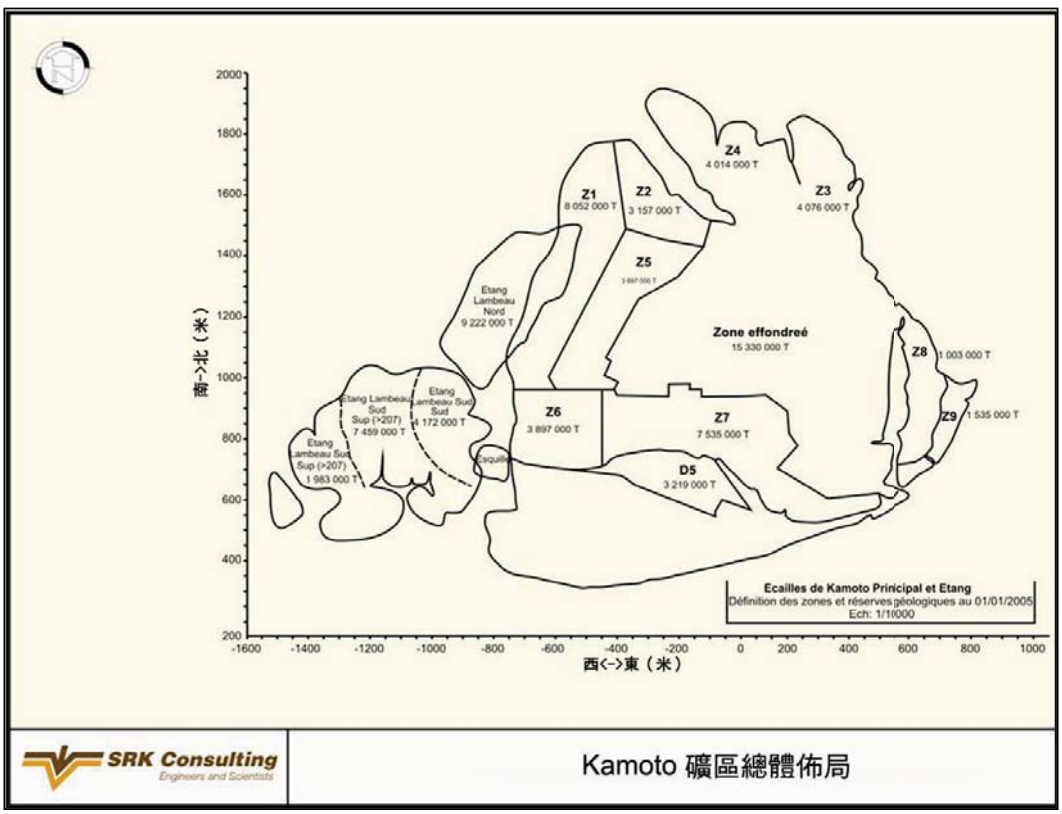


圖 14： KTO 採礦區總體佈局

區帶幾何構造和 SRK 在 2008 年曾考慮的開採方法的詳細資料以及對現有礦石數量的說明使各個待確定區帶的相對重要性變得突出起來，見下表。

表 39： 擬定的採礦方法匯總

區帶	幾何構造	SRK 2008 年可行性研究
Z1 底部及頂部 OBS 及 OBI	水平和陡傾段	CAF
Z2 OBS 和 OBI	水平和陡傾段	CAF
Z3 和 Z4 OBS	水平段	RAP
Z3 和 Z4 OBI	水平段	RAP
Z5 OBS	水平段	RAP
Z5 OBI	水平段	RAP
Z6 OBI	水平和陡傾段	PPCF 和 CAF
Z7 OBI	超陡傾段	SLC
Z8 OBS	水平段	RAP
Z8 OBI	水平段	RAP
Z9 OBS	超陡傾段	SLC
Z9 OBI	超陡傾段	SLC
Etang OBS 和 OBI	陡傾段	PPCF 和 CAF
北 Etang OBS 和 OBI	陡傾段	PPCF 和 CAF
Etang 中部和底部 OBS 和 OBI	陡傾段	PPCF 和 CAF

4.2.1.1 適用於 KTO 的設計約束

會對開採作業實踐和岩土狀況造成影響的 Kamoto 礦體的獨特特徵包括：

- 在礦體的中央「Plateure」部分存在一個塌陷帶，可能影響到作用於鄰近地區的應力分佈；
- 採礦及後續的回填以及直接在地下巷道之上的 Kamoto 北露天礦內傾倒廢棄物，這些因素可能會影響到地下的應力分佈；
- 地下開採將和位於東側的 KOV 露天礦的開發同時進行，這可能會影響應力分佈；
- 位於第 9 號區帶以東的上覆開採區及處於臨時停產狀態的東 Kamoto 露天礦的淹沒區目前是可能引起水侵入的一個隱患區域。 如果第 9 號區帶在排水之前便開始開採，那麼應建立監控體系來對此類水侵提供早期預警；

- 除了 Etang 開採區和第 3 號和第 4 號區帶外，礦體基本上都進行了大規模的開採，新的作業必須與老的工作區聯繫起來；
- 礦體的傾角變化較大，從水平到接近垂直。 為方便對採礦方法進行分類，傾角介於 0 度到 12 度之間時視為水平，傾角介於 13 度到 55 度之間時視為陡傾，而傾角大於 56 度時則視為超陡傾。 當礦體傾角小於 45 度時，爆破下來的礦石不易彙集到集礦點。
- 在礦體內所採用的採礦法要求能盡可能提高礦石的採收率；
- 直接上覆於 OBS 之上的上盤地層據報道比較脆弱，這將會限制開採的跨度；
- 存在兩個寬度較大的礦體（介於 8m 至 16m 之間），這兩個礦體由一夾層分隔開來，夾層厚度從 5m 到 15m 不等。
- 由於礦體寬度較大，開採策略必須要考慮回填的問題，以提高整體採收率並防止工作面出現不可控的坍塌；
- 廢料開發流程產生的可用作回填料的岩石數量有限，需要其他的回填材料。

4.2.1.2 RAP 採礦法

KTO 的 OBS 和 OBI 層段所進行的 RAP 開採作業分三個階段實施：

- 開闢 6m 寬x5m 高的巷道，中央區寬 25m，用來建設 19m 寬、5m 高的方柱；
- 拆除巷道，騰出 12.5m 的寬度，用於建設 112.5m 寬、5m 高的方柱；
- 從巷道開始階梯式開挖，挖掘至礦體高度，以建設寬 12.5m、高度最高達 15m 的方柱。

階梯式開採作業在上盤以下進行，該上盤在開採的前兩個階段配有支撐。 在階梯式開採作業之後，回採工作面應利用廢礦或（和）水力填土進行填充，填充高度應至少達到支柱高度的三分之二，為支柱提供支撐。

不同開採層段的支柱應重疊設置，以避免應力過於集中於平巷之上。 支柱在最開始時的寬度高度比會較大，安全系數較高，礦坑結構非常穩定。 在拆除巷道之後，支柱的寬高比和安全系數將大幅下降，可能會出現不穩定因素。 階梯式開採作業將使安全系數降至大大低於結構整體的水平，可能出現不穩定因素。 因此，巷道拆除和階梯式開採作業應在支柱性能開始下降之前迅速進行。 必須進行填充作業來為支柱提供側向支撐，同時預防礦壁剝落，保持礦坑強度。

4.2.1.3 CAF 採礦法，包括刀柱充填法（「PPCF」）

KTO 計劃採用的 CAF 採礦法包括常規的配有刀柱的回退式上傾開採法，用於開採上盤跨度或回採工作面跨度超過 15m 的區域。

當傾角在 12 度和 55 度之間時，最好採取以下方法開採：將礦體視為一系列高度為 5m 的開採區，向上掘進，待開採結束後馬上回填，填料為廢礦、來自旋風分離器的尾礦、尾砂膠結材料或廢礦和尾礦填料的混合物。

由於兩個礦體的水平寬度和裸露的上盤跨度可能較大（尤其在傾角較小處），考慮採用兩種開採方法：

- PPCF；以及
- 縱向充填法（「CAF」）。

任一區域開採方法的選擇均將取決於礦體水平寬度的大小。 作業方詳細分析了將上述方法應用於 KTO 以下三個開採區的可行性：

- 北 Etang；
- 南 Etang；以及
- 1 號區帶上。

4.2.1.4 分段崩落採礦法

為了在不進行回填的情況下盡可能多地採出礦石，作業方針對第 9 號區帶提出了另一個開採方法。

一般考慮事項如下：

- 分段崩落採礦法的應用比較成熟。 如果合適的開採實踐得到應用，那麼該方法將適用於 OBS 及 OBI 等回採工作面；
- 制定開採計劃時預計不會出現岩體力學約束因素；
- 此方法的潛在優點是：它可提供回填料，從而促進第 8 號區帶的開採作業。

4.2.1.5 回填

回填是開採作業策略的重要組成部分，KTO 礦必須實施回填作業，這是因為回填將：

- 能夠為 CAF 採礦系統提供一個工作平台；
- 能夠為 RAP 和 PPCF 作業中的支柱井壁提供支撐；
- 能夠減小 RAP 和 PPCF 開採作業中使用的支柱的尺寸；以及
- 可使作業人員在平伏區域充分實施 RAP 作業。

大規模的回填還可為礦坑提供區域性的支撐，從而減少作用於採礦區域的應力，提高生產的安全性和效率。SRK 認為，考慮到與 1990 年發生的「Plateure」坍塌事故有關的一些不確定性因素，回填對 KTO 礦來說是非常重要的。

回填對通風的益處不在此報告的討論之列。 回填材料可就地在地下獲得，也可採用地表的廢礦或來自旋風分離器的尾礦或尾砂膠結材料。 下表是大致的回填作業要求。

表 40： 礦坑開採回填作業要求

區帶	回填百分比	回填因子	回填固體物（kt）
Z1 底部 OBI 及 OBS CAF	90	0.6	1 169
Z1 頂部 OBI 及 OBS、CAF	90	0.6	1 358
Z2 CAF	90	0.6	1 022
Z3 及 Z4 OBS RAP	90	0.5	648
Z3 及 Z4 OBI LHRS	90	0.6	1 169
Z5 OBS RAP	90	0.5	201
Z5 OBI RAP	90	0.5	680
Z6 OBI CAF	90	0.6	53
Z7 SLC	90	0	0
Z8 OBI RAP	90	0.5	195
Z8 OBS RAP	90	0.5	119
Z9 OBS SLC	90	0	0
Z9 OBI SLC	90	0	0
ETANG CAF	90	0.6	83

4.2.1.6 生產計劃的制定

礦坑設計和生產計劃制定所採用的軟件名為「Mine 2-4D」，它能夠為不同的開發區域和回採工作區分配優先級，從而實現對任一指定的設計方案的優化，同時它還能對開採次序變化的相對效果進行評估。

下表顯示的是每年的資本開發情況。 此處，所有的主通道（包括斜面、斜坡及聯絡巷道等）和通風設施（通風巷道和通風井）均算作資本開發投入，而其餘部分（下盤通道、橫巷以及層間通風孔）則均算作作業費用投入。

表 41： KTO LOM 開採計劃

KTO	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
礦石	kt	1 309	1 709	1 823	1 846	2 258	2 011	1 928	1 930	2 026	2 015
銅品位	%	3.80	3.88	3.94	3.89	3.67	4.12	4.07	3.95	3.82	3.78
鈷品位	%	0.49	0.57	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.59	0.54	0.52
廢料開發	km	5.9	5.5	4.7	3.7	3.7	3.2	3.2	3.0	3.0	2.8
銅含量	kt	50	66	72	72	83	83	78	76	77	76
鈷含量	kt	6	10	11	11	13	11	11	11	11	11

KTO	單位	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	合計
礦石	kt	1 990	2 022	2 050	2 056	2 021	2 008	1 775	1 983	1 966	1 069	**37 795**
銅品位	%	3.89	3.99	3.67	3.61	3.71	3.68	4.19	3.80	3.77	3.72	**3.85**
鈷品位	%	0.51	0.55	0.57	0.55	0.62	0.53	0.49	0.46	0.50	0.49	**0.54**
廢料開發	km	2.8	2.9	2.7	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0	1.5	0.8	**61**
銅含量	kt	77	81	75	74	75	74	74	75	74	40	**1 454**
鈷含量	kt	10	11	12	11	13	11	9	9	10	5	**206**

KTO 擴建計劃考慮了將年產量提高到 200 萬噸以上並在 20 年的礦坑開採期內一直維持該產量水平所需的開發規模。 原礦品位在整個作業期內（總產量為 3,780 萬噸）能夠保持相對穩定，銅的平均原礦品位為 3.85%。

4.2.2 T-17 地下礦

T-17 露天礦是一處工作露天礦坑，目前礦坑設計為高出平均海平面（amsl）1,300m，最深處達 130m。 T-17 存在被開發為地下礦坑的可能性，可通過由露天礦掘進的傾斜巷道開採原計劃礦坑設計層下方蘊藏的資源。已知的資源接近縱向分佈，大致埋藏於原計劃礦坑設計層下方將近 200m 處。

現有的礦坑設計和工程建設就細節來說仍屬於概念層面。 在能夠將 T-17 剩餘的資源轉變為儲量之前，還需要開展進一步的工作來確立項目的技術、實際及經濟可行性。

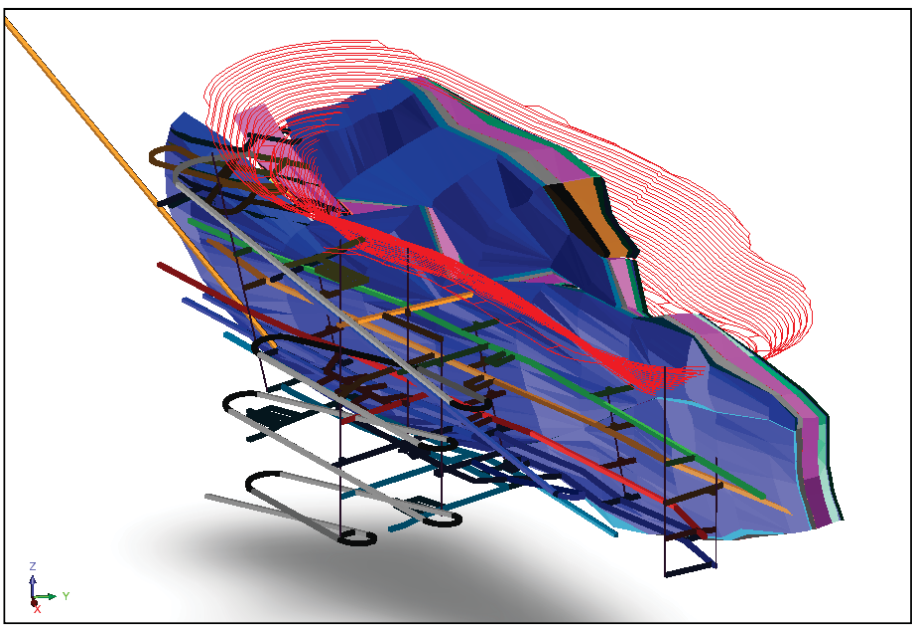


圖 15： T-17 地下礦坑概念設計

T-17 地下礦坑將採用橫向和縱向的充填開採方法。 橫向充填開採法由縱向掘進至礦體的主通行巷道構成。 以主通行巷道為起點，採場巷道與主通行巷道垂直開掘。 採場巷道寬度隨後擴大以建成採場，在相鄰的採場之間保留支柱。

至於縱向充填開採方法，採場巷道縱向設置在礦體中心並通向頂層和底層的上盤和下盤接點。 當頂層和底層被打通後，利用平行的長鑽孔來開採頂層和底層之間的礦石。 這種開採方式比橫向充填開採方法的開採率要高。

基於採礦概念設計的開發計劃見下表。

表 42： T-17 地下礦 LOM 開採計劃

T-17 地下礦	單位	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
礦石	kt				697	872	1 307	1 307	1 337	1 337
礦石開發	km				1.3	1.6	2.4	2.4	2.5	2.5
廢料開發	km	1.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	1.5
銅品位	%				2.7	2.7	2.7	2.7	2.64	2.64
鈷品位	%				0.53	0.53	0.53	0.53	0.62	0.62
銅含量	kt				19	24	35	35	35	35
鈷含量	kt				4	5	7	7	8	8

T-17 地下礦	單位	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	合計
礦石	kt	1 337	1 412	1 412	1 220	774	516	206	**13 734**
礦石開發	km	2.5	2.6	2.6	2.3	1.4	1.0	0.4	**25.5**
廢料開發	km	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.3	**23.8**
銅品位	%	2.64	2.5	2.5	2.41	2.28	2.28	2.28	**2.57**
鈷品位	%	0.62	0.75	0.75	0.86	1.03	1.03	1.03	**0.69**
銅含量	kt	35	35	35	29	18	12	5	**353**
鈷含量	kt	8	11	11	11	8	5	2	**94**

礦坑整個生命期內的平均銅 ROM 品位為 2.6%。

要將 T-17 地下礦坑的資源轉化為儲量，還需要開展額外的技術工作。 通道概念設計原則上合理，並且開採方式與現存的 KTO 礦的開採方式相類似。 與開採相關的修正係數根據 KTO 礦曾經採用的實際開採方法效率而確定。

4.2.3 東 Kamoto 地下礦（「KTE」）

計劃在東 Kamoto 地下礦採用的開採方法為分段崩落採礦法，因為這種採礦法十分適合於開採東 Kamoto 地下礦目標礦體的急傾斜礦體部分。 分段崩落採礦法的主要優勢在於它有大量的裝載點，這樣不需要高強度的支撐，同時礦體的開採率較高，因而可迅速提高產量。

在 KOV 露天礦和東 Kamoto 地下礦之間保留了一個 30m 寬的頂柱。 規劃的地下作業從 2019 年到 2030 年間將開採總計 2,050 萬噸的 ROM 礦石，銅 ROM 原礦品位為 4.44%。2028 年至 2030 年，地下作業的峰值礦石產量將達到每年 240 萬噸。

基於採礦概念設計的開發計劃見下表。

表 43： KTE LOM 開採計劃

KTE	單位	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
礦石	kt				257	515	772	1 218	1 636
礦石開發	km				0.9	1.5	2.3	2.9	3.8
廢料開發	km	0.6	3.0	4.0	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0
銅品位	%				4.57	4.57	4.57	4.54	4.53
鈷品位	%				0.28	0.27	0.27	0.25	0.24
銅含量	kt				12	24	35	55	74
鈷含量	kt				1	1	2	3	4

KTE	單位	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	合計
礦石	kt	2 130	2 130	2 260	2 369	2 429	2 406	2 406	**20 528**
礦石開發	km	4.8	4.8	4.2	4.4	3.6	3.6	1.4	**38**
廢料開發	km	4.0	3.0	2.6	1.5	1.0	0.5	0.2	**44**
銅品位	%	4.53	4.53	4.32	4.32	4.36	4.40	4.40	**4.44**
鈷品位	%	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.21	0.24	**0.24**
銅含量	kt	97	97	98	102	106	106	106	**912**
鈷含量	kt	5	5	5	6	6	5	6	**49**

LOM 內的平均銅 ROM 原礦品位為 4.4%。

KTE 地下礦通道開發情況見下圖所示。

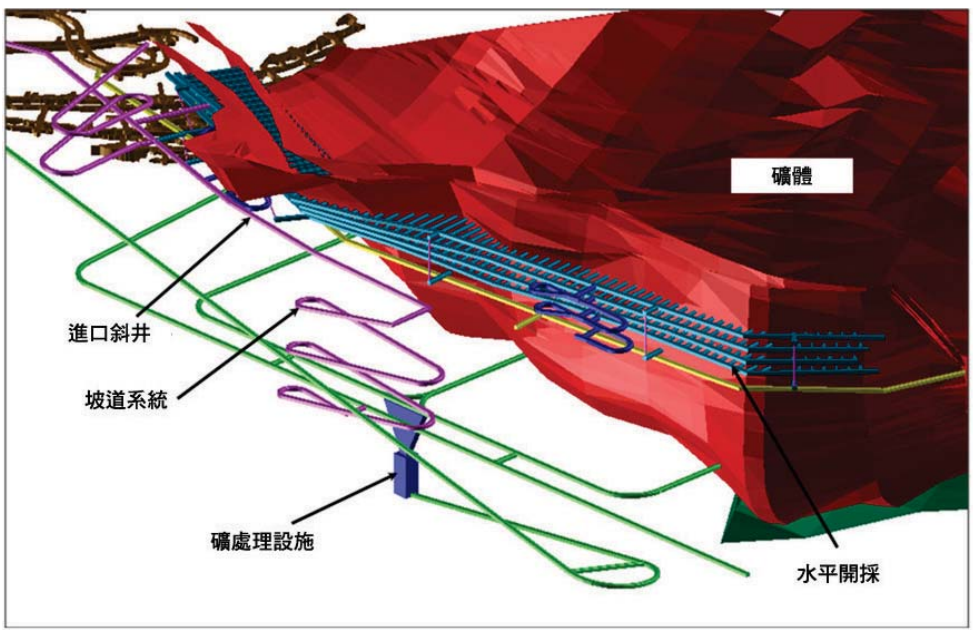


圖 16： KTE 開發概念佈局圖

4.2.4 地下開採礦物儲量估算

最新的礦物儲量估算是基於上文所描述的開採方法做出的，並且符合 JORC 規範的有關規定。 整個資源區按區細分為更小的部分，從而有利於礦坑設計和開發計劃的制定。 從資源到儲量的轉變基礎是將探明資源量轉化為證實儲量，將控制資源量轉化為概略儲量。

儲量估算乃基於 2008 年的 SRK (南非) 諮詢有限公司可行性研究結果開展，並基於 2008 年、2009 年和 2010 年的實際生產情況進行了更新。

表 44： 地下開採礦物儲量估算（截至 2010 年 12 月 31 日）

開採作業	證實儲量			概略儲量		
	千噸	% T Cu	% T Co	千噸	% T Cu	% T Co
KTO	14 589	3.47	0.51	19 400	3.70	0.53

4.3 地面開採作業和項目

礦產專家報告（MER）中地面礦產的儲量估算依據是基於第一性原理制定的 LOM 計劃。 下文第一部分概述了採用的流程。

4.3.1 LOM 規劃流程

地面開採作業 LOM 規劃所涉及的流程可概括為以下幾點：

- 選擇性開採單元（「SMU」）的選擇；
- 礦坑優化；

- 礦坑設計；
- 安排單元選擇與設計；
- 生產規劃。

對每一步驟的簡述請見下文。 在本 MER 中，LOM 計劃和儲量估算流程所涉及的露天礦坑為 T-17 露天礦、KOV 露天礦和東 Mashamba 露天礦。

4.3.1.1 SMU 模型/採礦模型

SMU 定義為可作為完整單元進行開採的最小體積單位。 設立 SMU 選擇流程的目的是確定適當的 SMU，以便在建模策略上作出明智決策，從而能夠實現對實際作業的最準確預估，而且適當的 SMU 還能降低整體採礦風險。 以下幾點需要注意：

- 選擇 SMU 時需要考慮的不僅僅是選定的設備；且
- 邊界品位的應用應基於 SMU，而非地質塊段模型或爆破塊段模型。

在確定可行 SMU 時應考慮以下因素：

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

這一過程通常是一個迭代重複的過程，其中包括對大量不同的 SMU 進行資源塊段模型的重組。需要注意的是，根據所規定的 SMU 驅動因素的不同，單次作業中每個礦坑的 SMU 都可能存在差異。 雖然 SMU 的目的並非是為確定貧化和損失數據，但它確實可根據礦體的傾角和構造特徵來為貧化和損失的建模模擬工作提供支持。通過 SMU 選擇流程應當可以實現以下內容：

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

下表為 KCC 地面開採作業在不同資源塊段模型中採用的 SMU：

表 45： 每個露天礦坑所選的 SMU 的大小

開採作業	單位	SMU
T-17 露天礦	米	5 x 5 x 5
東 Mashamba 露天礦	米	10 x 10 x 5
KOV 露天礦	米	10 x 10 x 5

貧化

貧化即在採礦塊段建模時，為增加礦產資源的可採性而有意加入特定礦產資源內的廢棄原料。 可採用以下方法確定貧化：

在礦石界面上（該處的資源塊段由一定數量的礦石原料和一定數量的廢棄原料組成），儲量塊段的噸數和品位被定義為原始資源塊段中的原料的加權平均噸數和品位。

如資源塊段整體均為礦石，則可將相應的儲量塊段定義為 100%的 ROM 塊段，且其品位特性與塊段品位特性相同。

開採損失

開採損失是指 SMU 內包含在未被定義為礦物儲量類塊段的那部分報告礦產資源。

可採用以下方法確定採礦損失：

在貧化礦石原料中設置銅邊界品位，以此來解決採礦損失問題。

在正常情況下，原本含有大量礦石的礦石塊段的品位將降低至邊界品位以上接近邊界品位，而礦石含量原本就較低的礦石塊段的品位會降至邊界品位以下。

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

4.3.1.2 礦坑優化

礦坑優化流程的一個目的是確定最終的礦坑邊界的位置和範圍。 可使用 GEMCOM Whittle 礦坑優化軟件（以下簡稱為「Whittle」）實現這一目的。

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

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

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

4.3.1.3 礦坑設計

採用的開採方法為常規的露天礦坑開採法。這一方法由鑽孔、爆破、裝載和拖拽搬運幾個部分組成。

在選擇了最優的礦坑邊界後即可開始設計礦坑。 礦坑設計流程所涉及的內容包括：

- 安全作業；
- 進入各個塊段及工作階地的連續通道；
- 設備單位和移動要求；
- 土工建議；
- 水處理；

- 回填時機；以及
- 作業及預剝採的階段劃分。

設計工作使用了 GEMCOM Surpac 採礦規劃軟件（以下簡稱為「Surpac」）。 所選的最優礦坑邊界被用作 KOV 露天礦和東 Mashamba 露天礦的設計限制條件，而所有輸入參數經綜合處理後均被用於生成三維礦坑設計圖。 礦坑設計圖可用於評估不同類型礦石的噸數和品位。

礦坑設計是基於當前的採礦方法生成的，其中的某些開採法用於在 5m 或 10m 階地處採礦。 在設計斜坡和礦坑入口時考慮了所能預期的最大拖運卡車的大小和規格，以確保能夠安全地、切實可行地進行作業。

4.3.1.4 規劃單元

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

4.3.1.5 生產計劃的制定

制定生產計劃時使用了 RUNGE Xpac 軟件，此類計劃考慮了礦坑的可用空間、所需挖掘機的數量和大小以及每個礦坑的實際約束條件。

4.3.2 T-17 露天礦

T-17 露天礦已接近枯竭，地面開採作業將在 2012 年結束，作業範圍為當前露天礦坑的經濟邊界內。2010 年（日曆年），該礦共開採了 200 萬噸原礦，銅品位為 2.53%。 銅的邊界品位定為 0.6%，採礦貧化損失為 10%，由此引起的採礦損失達 30%。 生產計劃的目標是在 2011 年至 2012 年間共開採 150 萬噸的氧化礦原礦，原礦平均銅品位為 2.7%。

本報告的此部分僅涉及礦坑設計經批准的那部分 T-17 露天礦。

4.3.2.1 修正係數

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

貧化和損失百分比均是基於選擇性開採單元（SMU）選取的。 由於 T-17 露天礦的產量要求不高，同時其採用的裝載和牽引裝置體積較小，研究人員選取了一個 5mx5mx5m 的 SMU 開採單元。 下圖是一幅噸數與品位曲線圖，它在一個累積區域剖面上對未貧化資源部分（綠色）和貧化資源部分（棕色）進行了對比說明。 貧化原礦銅品位（黑色）原礦品位線曲線圖與未貧化資源品位線曲線圖（綠色）之間的差異反映了貧化的影響。

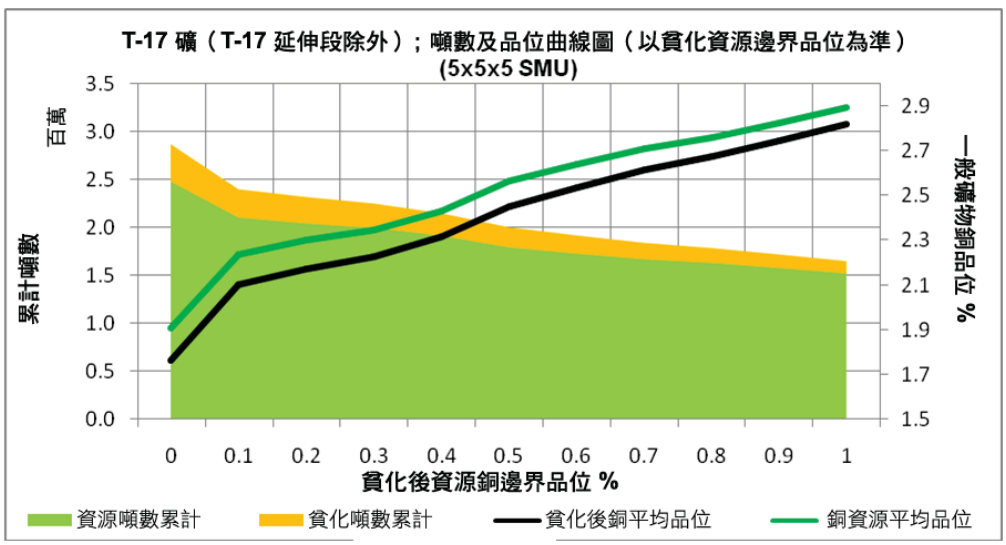


圖 17： T-17 露天礦貧化資源噸數與品位曲線圖

當銅邊界品位為 0.6%時，SMU 邊界品位以下的原料損失預計為 30%，而從下圖可以看出平均允許的採礦貧化率為 10%。

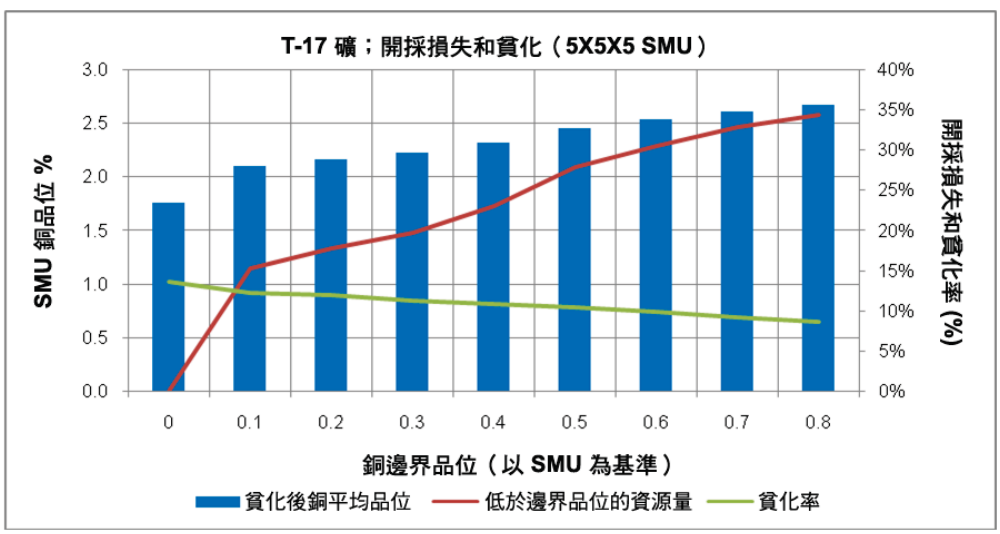


圖 18： T-17 露天礦坑內損失與貧化曲線圖

4.3.2.2 礦坑優化

由於目前的採礦工作面的設計接近最終的礦坑設計方案，因此未對 T-17 露天礦的礦坑實施優化。

4.3.2.3 礦坑設計

T-17 露天礦的作業管理非常成功，該礦目前已接近採完。 下圖是在該礦東側遠處拍攝的該礦的圖片。 在該礦坑的最後開採階段，需要將礦體界面上的 10m 階地挖掘至 5m，並將該礦整體挖深而無需實施回退開採作業。

圖 19： T-17 露天礦

下圖是目前的礦坑設計示意圖，它是制定礦坑開採（LOM）計劃和進行儲量估算的依據。 礦坑的最終深度為距地面 130m，海拔高度為平均海平面以上 1,300m。

圖 20： T-17 露天礦最終設計示意圖

礦坑設計標準基於當前的礦坑設計實踐，主要指標見下表。

表 46： T-17 露天礦坑設計標準

礦坑設計標準	單位	T-17 露天礦
階地高度	米	5.0
圍擋帶寬度	米	4.3
傾斜角度	度	78.0
斜坡寬度	米	16.0
斜坡梯度	度	5.0（12 分之 1）

下表顯示的是礦坑設計中基於噸數的各原料的總噸數及剝採率。

表 47： T-17 露天礦的礦石和廢料噸數

參數	單位	T-17 露天礦
礦石	kt	1 474
廢料	kt	2 555
合計	kt	4 025
剝採率	t/t	1.7
開採區邊界品位	%Cu	0.6

4.3.2.4 生產計劃的制定

T-17 露天礦 2011 年的計劃年產量為 110 萬噸，而由於資源已逐漸枯竭，其 2012 年的產量將有所下降。 下表是該礦的 LOM 開採計劃。

表 48： T-17 露天礦 LOM 開採計劃（不包括東部延伸部分）

年度	單位	2011	2012	合計
礦石	kt	1 100	370	**1 470**
廢料	kt	2 261	295	**2 555**
銅品位	%	2.57	2.93	**2.66**
鈷品位	%	0.46	0.44	**0.45**
銅含量	kt	28	11	**39**
鈷含量	kt	5	1.7	**6**

從 T-17 露天礦採出的礦石均為氧化礦，並被折算為概略礦物儲量。

4.3.3 KOV 露天礦

KOV 露天礦最近臨時停產，目前正處於排水作業的最後階段，正處在產量提升期。 KOV 露天礦 2010 年生產了 70 萬噸原礦，銅品位為 4.21%。與採礦相關的修正係數包括因低於 0.6%的銅邊界品位而引起的 1%的採礦損失以及 9%的採礦貧化率。 KOV 露天礦的 ROM 原礦銅品位為 4.14%，到 2030 年將累計開採 8,320 萬噸原礦。KOV 露天礦所開採的礦石主要為氧化礦，氧化物平均含量為 78%。

4.3.3.1 修正係數

與 T-17 露天礦相同，總地質損失率被定為 5%。

貧化和損失百分比均是基於選擇性開採單元（SMU）選取的。 由於 KOV 露天礦的產量要求較高，同時其採用的裝載和牽引裝置體積較大，研究人員選取了一個 10mx10mx5m 的 SMU 開採單元。 下圖是一幅噸數與品位曲線圖，它在一個累積區域剖面上對未貧化資源部分（綠色）和貧化資源部分（棕色）進行了對比說明。 貧化原礦銅品位（黑色）原礦品位線曲線圖與未貧化資源品位線曲線圖（綠色）之間的差異反映了貧化的影響。

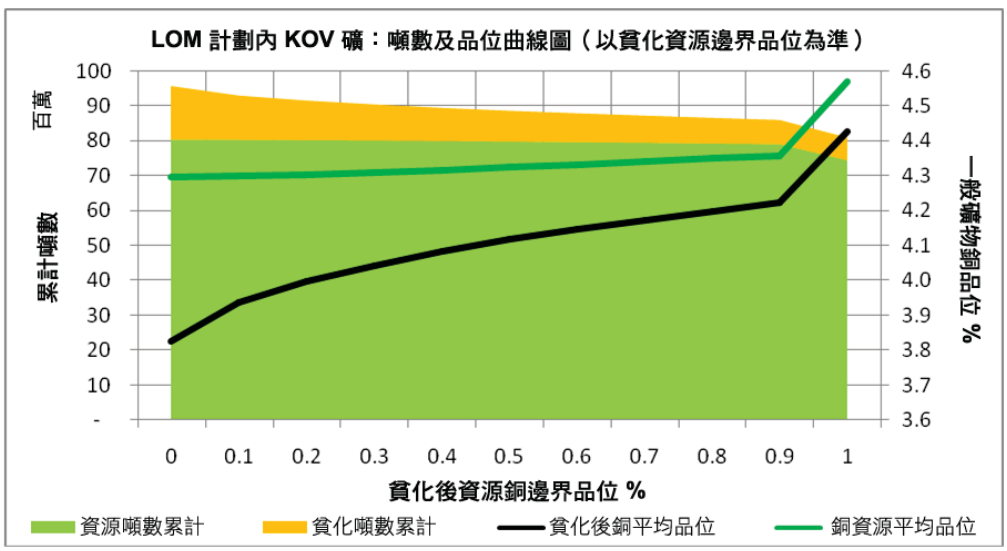


圖 21： KOV 露天礦貧化資源噸數與品位曲線圖

KOV 露天礦採用的銅邊界品位為 0.6%。 邊界品位計算的最終目的是確定基於銷售、加工和礦區土地使用費的收支平衡成本。 確定邊界品位時需要考慮來自銅和鈷的收入，同時考慮適當的選礦採收率。 低於 SMU 邊界品位的資源原料總損失率預計為 1%，而平均採礦貧化率為 9%。

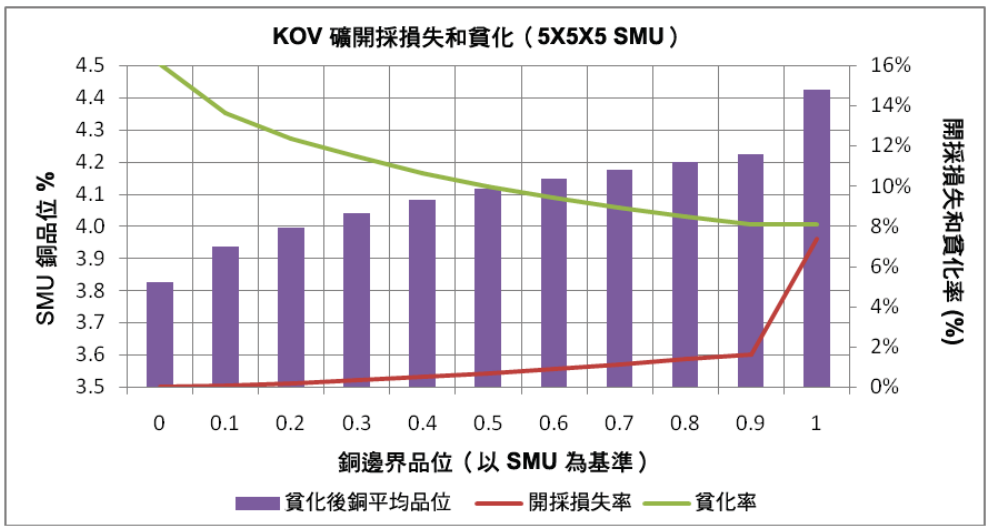


圖 22： KOV 露天礦坑內損失與貧化

4.3.3.2 礦坑設計

目前礦坑正處於生產狀態，在進行最後的排水作業。 總的說來，生產計劃中允許的作業面角度應能確保進入多個產層，並盡可能降低大規模邊坡崩塌的風險。 礦坑設計流程最終採用的坡度角在礦坑的北側角度較低。下圖是在該礦北側遠處拍攝的礦場圖片。

圖 23： KOV 露天礦

當前的露天礦 1 號和 2 號開採區設計（針對 2020 年前的生產而設計）為 KOV 露天礦的未來開發打下了基礎，未來將基於為礦坑開採（LOM）計劃優化了的礦坑邊界新增 3 號和 4 號兩個開採區。 下圖顯示了當前地貌下的最終礦坑設計方案，藍色部分為當前的 1 號和 2 號開採區礦坑設計。

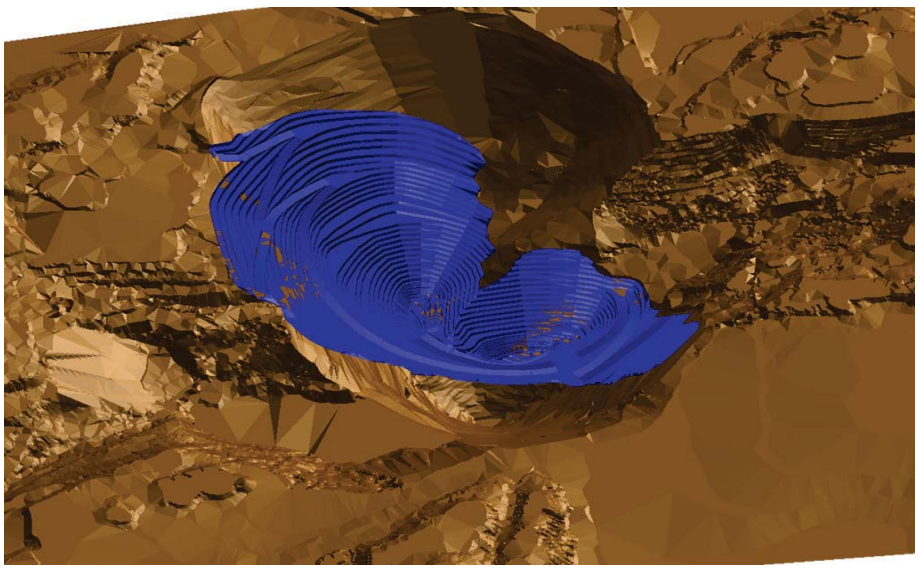


圖 24： KOV 露天礦礦坑設計（1 號、2 號開採區）

礦坑設計標準基於當前的礦坑設計實踐，主要指標見下表。

表 49： KOV 露天礦礦坑設計標準

礦坑設計標準	單位	KOV 露天礦
階地高度（<深度：335 米）	米	10.0
階地高度（>深度：335 米）	米	5.0
圍擴帶寬度（10 米階地）	米	13.5
圍擴帶寬度（5 米階地）	米	4.0
傾斜角度（10 米階地）	度	75.0
傾斜角度（5 米階地）	度	66.0
斜坡寬度	米	35.0
斜坡梯度	度	5.7（10 分之 1）

KOV 露天礦礦坑設計標準

下表顯示的是礦坑設計中基於噸數的各原料的總噸數及剝採率。

表 50： KOV 露天礦的礦石和廢料噸數

參數	單位	KOV 露天礦
礦石	kt	83 114
廢料	kt	463 350
合計	kt	546 464
剝採率	t/t	5.6
銅邊界品位	%Cu	0.6

KOV 露天礦的礦石和廢料噸數

4.3.3.3 生產計劃的制定

KOV 露天礦基於現有採礦空間所計劃的最大礦石產量為 610 萬噸/年，其目標是將 KCC 的總體銅採收量保持在 31 萬噸/年。

表 51： KOV 露天礦 LOM 開採計劃

KOV 露天礦	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
礦石	kt	1 517	2 365	3 337	5 165	6 177	4 948	5 020	4 633	4 322	3 764
廢料	kt	22 483	42 635	41 663	39 835	34 362	37 052	36 980	30 367	28 918	31 236
銅品位	%	4.81	5.02	5.11	4.21	3.81	4.76	4.69	4.82	4.63	4.69
鈷品位	%	0.38	0.39	0.35	0.22	0.15	0.30	0.40	0.34	0.36	0.45
銅含量	kt	73	119	171	218	235	235	235	224	200	176
鈷含量	kt	6	9	12	11	9	15	20	16	16	17

KOV 露天礦	單位	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	合計
礦石	kt	3 031	3 736	4 433	4 334	4 633	4 926	5 339	5 073	3 335	3 062	**83 151**
廢料	kt	31 969	31 264	25 567	17221	5 070	2 208	1 366	627	482	509	**461 813**
銅品位	%	5.43	4.41	3.58	3.56	3.30	3.10	2.86	3.01	4.59	4.97	**4.14**
鈷品位	%	0.45	0.63	0.56	0.50	0.56	0.51	0.46	0.43	0.37	0.32	**0.40**
銅含量	kt	165	165	159	154	153	153	153	153	153	152	**3 445**
鈷含量	kt	14	24	25	22	26	25	24	22	12	10	**333**

在整個礦坑開採計劃期內生產的原礦產量很大一部分來自於推斷資源量，因此不能折算為儲量。

4.3.4 東 Mashamba 露天礦

東 Mashamba 露天礦目前處於臨時停產中，需要進行排水作業。 將該礦納入 LOM 計劃的目的是彌補 KOV 露天礦 2018 年以後開始下降的銅產量。 該礦預計總原礦產量可達 1,280 萬噸，銅品位為 2.8%，最大年產量可達 250 萬噸。 與採礦相關的修正係數包括 9%的貧化率。 該礦的低品位原料比例較大，0.6%銅邊界品位以下的礦石採礦損失佔礦內總資源量的比例高達 39%。 東 Mashamba 露天礦僅生產氧化礦。

4.3.4.1 修正係數

與 T-17 和 KOV 露天礦相同，總地質損失率被定為 5%。

貧化和損失百分比均是基於選擇性開採單元（SMU）選取的。 由於東 Mashamba 露天礦的產量要求較高，同時其採用的裝載和牽引裝置體積較大，研究人員選取了一個 10mx10mx5m 的 SMU 開採單元。 下圖是一幅噸數與品位曲線圖，它在一個累積區域剖面上對未貧化資源部分（綠色）和貧化資源部分（棕色）進行了對比說明。 貧化原礦銅品位（黑色）原礦品位線曲線圖與未貧化資源品位線曲線圖（綠色）之間的差異反映了貧化的影響。

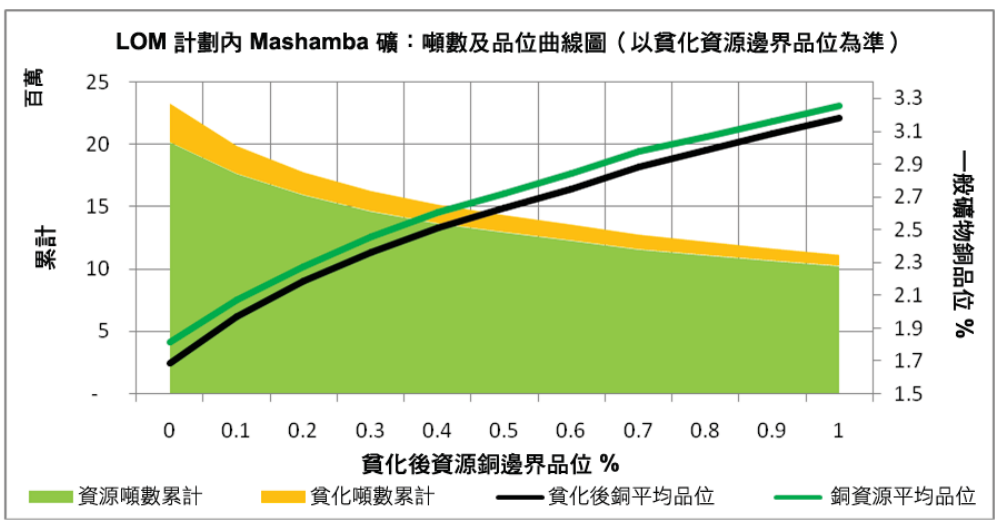


圖 25： 東 Mashamba 露天礦貧化資源噸數與品位曲線圖

如前文所述，東 Mashamba 露天礦採用的銅邊界品位為 0.6%。 由於銅品位低的原料敏感度較高，低於 SMU 邊界品位的資源原料的總損失率預計為 39%。 從下圖可以看出，算作貧化的礦石噸數平均增加了 9%。

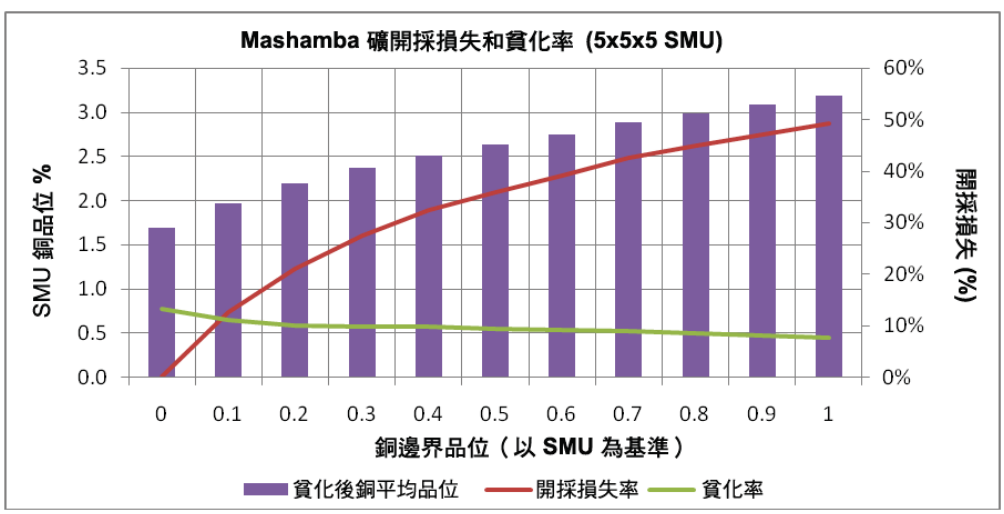


圖 26： 東 Mashamba 露天礦坑內損失與貧化曲線圖

4.3.4.2 礦坑設計

此臨時停產作業項目當前的礦坑地質資料和經優化的礦坑邊界構成了此礦坑設計的基礎。 下圖顯示了當前地貌下的最終礦坑設計方案。

圖 27： 東 Mashamba 露天礦礦坑設計

東 Mashamba 露天礦設計標準見下表。

表 52： 東 Mashamba 露天礦設計標準

礦坑設計標準	單位	東 Mashamba
階地高度	m	10.0
圍擋帶寬度	m	8.0
傾斜角度	度	65.0
斜坡寬度	m	25.0
斜坡梯度	度	5.2（11 分之 1）

下表顯示的是礦坑設計中基於噸數的各原料的總噸數及剝採率。

表 53： 東 Mashamba 露天礦的礦石和廢料噸數

參數	單位	東 Mashamba 露天礦
礦石	kt	12 797
廢料	kt	89 378
合計	kt	102,175
剝採率	t/t	7.0
銅邊界品位	%	0.6

4.3.4.3 生產計劃的制定

東 Mashamba 露天礦的最大計劃年產量為 250 萬噸。 下表是該礦的 LOM 開採計劃。

表 54： 東 Mashamba 露天礦礦坑 LOM 開採計劃

東 Mashamba 露天礦	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
礦石	kt	-	-	-	-	995	916	2 524	1 991	1 704	2 027
廢料	kt	-	-	-	-	14 005	14 084	12 476	13 009	13 296	12 973
銅品位	%	-	-	-	-	4.14	4.50	1.82	2.07	2.76	2.38
鈷品位	%	-	-	-	-	0.10	0.19	0.29	0.49	0.43	0.30

東 Mashamba 露天礦	單位	2021	2022	2023	2024	合計
礦石	kt	1 528	670	402	42	**12 797**
廢料	kt	4 472	4 907	144	11	**89 378**
銅品位	%	3.02	3.42	4.10	4.62	**2.75**
鈷品位	%	0.41	0.36	0.37	0.29	**0.34**

在整個礦坑開採計劃期內生產的原礦產量很大一部分來自於推斷資源量，因此不能折算為儲量。

4.3.5 儲量聲明

對地面開採作業儲量的估算在以 2010 年 12 月 31 日為基準日期生成的礦坑優化方案、礦坑設計方案和生產計劃基礎上做出。

表 55： 地面開採礦物儲量估算（截至 2010 年 12 月 31 日）

地面開採作業	證實儲量			概略儲量		
	千噸	% T Cu	% T Co	千噸	% T Cu	% T Co
T-17 露天礦				1 470	2.61	0.46
東 Mashamba 露天礦				5 914	3.00	0.37
KOV 露天礦				55 666	4.73	0.45
合計				**63 050**	**4.52**	**0.44**

截至 2009 年 12 月 31 日，對 KOV 露天礦儲量的估算量為 9,000 萬噸，銅品位為 4.9%。這與此礦產專家報告（MER）的數據之間存在差異，原因在於作業人員利用不同的技術和經濟數據對礦坑設計實施了更新優化，在不損失任何資源的前提下減小了礦坑尺寸，優化了礦坑結構。

4.4 採礦風險

4.4.1 KTO 礦

要增加產能，需要進行高深度開發，這可能影響礦生命期(LOM)開採計劃的實現。 而任何開發要求未能及時實現，都會導致 KTO 段的產能提升計劃延遲。

4.4.2 T-17 地下礦和 KTE 礦

雖然 T-17 地下礦和 KTE 礦都已被列入 LOM 計劃中，但是要將原礦資源量（以噸計）確認為儲量，仍需要進行額外工作。 目前，針對該兩個地下礦項目的 LOM 計劃都是根據為 KTO 礦制定且在該礦施行的通道建設及採礦策略訂立的，且採礦相關修正因素也是基於 KTO 礦的實際效率訂立的。 此風險可透過綜合性工程和設計研究降低。

4.4.3 表層作業

- 排水： KOV 露天礦和東 Mashamba 露天礦必需進行初期排水和連續排水。 近期曾根據前述露天礦設計及歷史水文地質資料對當前排水策略進行修訂，而歷史水文地質數據的準確性難以考究。 因此，當前排水策略實際可能無法達到維持旱坡狀況的設計效果。 這可能會導致出現與露天礦經濟性、穩定性和開採生產進度相關的風險。 當前正通過進行進一步研究，加深對水文地質的瞭解，確定正確的排水策略，盡可能經濟、高效、安全地開採來逐步降低此風險。

- 通道入口和邊坡塌落： KOV 露天礦將發展成為大規模開採作業，開採深度可達 400m。 計劃每年從露天礦採出的礦物高達 0.5 億噸。 小邊坡塌落會對通往開採工作臺的通道產生不利影響。 因此需要制定戰略，開闢一條開採區域的備用通道入口坡道。 KCC 已意識到此風險，並派人員在現場持續對此進行監督。 建設雙通道通往工作區，可以降低這項可能帶來生產損失的風險。

- 可用露天礦空間： 高開採速度要求有足夠的工作區域或工作面長度。 所以，應在 KOV 露天礦南段擴大並保持額外的工作面長度。

- 廢料堆的可用空間： 至 2030 年，KOV 露天礦將產生 4.62 億噸廢料，所以 KOV 露天礦附近可供傾倒廢料的空間遠遠不夠。 然而，KCC 已經取得位於當前 KOV 露天礦礦區北部其他土地地面的使用權，詳見「經修訂的合資協議」。 為了提高成本效益，KCC 還在制定一個詳細的技術計劃，旨在將採礦廢料回填

至廢棄礦坑中。 相應技術研究完成後，根據 KOV 露天礦正常開採順序，T-17 露天礦應自 2013 年起可以開始回填廢料，屆時或可回填 1.5 億噸廢料。

- 品位控制： 採礦模型採用 0.6% 銅的邊界品位。 應制定針對大批量作業的品位控制方法。 低效的品位控制系統可能導致資源損失，或礦石開採不符合經濟性開採原則，進而造成計劃收入難於彌補加工和銷售成本。

5.0 廠房和設備

5.1 一般過程述評

Kamoto 選礦廠（「KTC」）和 Luilu 精煉廠構成 KCC 處理廠，KTC 距離 Kolwezi 約 4km，Luilu 精煉廠距離 KTC 為 6km。

KCC 處理廠使用從 KOV 露天礦、T-17 露天礦和 KTO 礦採收的礦石生產電解銅金屬、鈷金屬和銅精礦。 未來的生產可能取材於東 Mashamba 露天礦，或 T-17 地下礦和 KTE 礦。 如第 3.0 節所述，露天礦所產礦石主要是氧化礦，而氧化礦被浸染，在礦坑內某些地點和深度最多或有 35%礦化為硫化物，因此輸往 KTC 的可能是混合礦石。 從 KTO 礦採出的礦石幾乎完全屬於硫化礦。

冶金處理分別在兩個區域進行，即：在 KTC 進行破碎、研磨和浮選，在 Luilu 精煉廠通過浸取和電解沉積工藝對銅和鈷進行採收。

如第 10.0 節所述，在經濟評估時已經考慮到工廠和設備的價值。

5.2 加工設施

5.2.1 Kamoto 選礦廠

原 Kamoto 選礦廠由 Kamoto 1 分部和 Kamoto 2 分部組成，Kamoto 1 分部和 Kamoto 2 分部分別建於 1968 年和 1972 年。DIMA 1 和 DIMA 2 分部分別建於 1981 年和 1982 年。

Kamoto 1 處理混合礦石和氧化物礦石。 該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行自體研磨作業；
- 硫化礦浮選，包括粗加工、清洗和中礦再磨，以生產硫化礦精礦；
- 氧化物礦物的硫化；以及
- 氧化礦浮選，包括粗加工和清潔，以生產氧化精礦。

Kamoto 2 主要處理從 KTO 礦藏採出的硫化礦。 該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行自體研磨作業；以及
- 硫化礦浮選，包括粗加工、清洗和中礦再磨。

DIMA 1 回路主要處理氧化物和混合氧化物/硫化物礦料。 該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行一次自體研磨和二次球磨碾磨作業；
- 硫化礦浮選，包括粗加工、清洗、再清洗和中礦再磨，以生產硫化礦精礦；
- 氧化物礦物的硫化；以及

- 氧化礦浮選，包括粗加工和清潔，以生產氧化精礦。

DIMA 2 回路處理氧化礦。該回路包括以下工藝程序：

- 在帶有水力旋風分離器的閉路中進行一次自體研磨和二次球磨碾磨作業；
- 氧化物礦物的硫化；以及
- 氧化礦浮選，包括粗加工和清潔，以生產氧化精礦。

5.2.2 Luilu 精煉廠

位於 KTC 以北約 6km 處的 Luilu 精煉廠於 1960 年開始生產。所採用的工藝流程是煅燒浸取----電解沉積，是其他當代剛果民主共和國和尚比亞銅帶作業的典型工藝流程。 該回路包括以下工藝程序：

- 硫化礦和氧化精礦的接收、脫水和儲存；
- 硫化礦精礦煅燒；
- 煅燒爐煅燒產物和氧化精礦的硫酸銅浸取（氧化浸取，輔以空氣噴射）；
- 採用高酸耗（白雲石）精礦進行二次浸取；
- 逆流傾析和澄清；
- 浸取尾礦過濾和殘留硫化礦浮選；
- 尾礦的中和作用和處理；
- 通過含有銅顆粒的升流反應器除硒；
- 銅電解沉積至始極片上（即轉化為不銹鋼種板）；
- 鈷外滲液除鍍銅-二階段電解沉積；
- 鈷外滲液淨化，包括以下步驟；
- 通過使用石灰乳控制 pH 值沉澱進行除鐵；
- 通過使用石灰乳二階段控制 pH 值沉澱進行除銅；
- 通過使用硫氫化鈉（NaHS）和鈷晶片控制 pH 值沉澱進行除鎳；
- 通過添加硫化氫（「H_2S」）和使用碳酸鈉溶液進行中和來除鋅；
- 使用石灰乳使受控 pH 值的鈷沉澱；
- 在控制 pH 的情況下，使用廢電解液和硫酸進行鈷重新浸取；
- 鈷電解沉積；以及
- 鈷真空脫氣和打磨。

Luilu 精煉廠設計用於處理硫化物和氧化物精礦，初始處理能力為 80 ktpa 電解銅。 在 20 世紀 70 年代，處理能力擴大到 175 ktpa 電解銅和 8 ktpa 電解鈷。 在電解沉積第一階段產生的電解銅的品位從未達到倫敦金屬交

易所有限公司（LME）甲級品質，而在電解沉積第二階段產生的大部分電解銅和海綿銅並不具有商品品質，其被採收至 Likasi 的 Shituru 冶煉廠。 整個冶煉廠的鈷採收率小於 65%，大部分鈷損失發生在一些硫化鎳和硫化鋅的沉澱過程中，也有部分鈷損失發生在除鐵和鈷沉澱的過程中。

該冶煉廠在 2004 年被接管時的條件極差，幾乎完全停止運行。 然後，設計了一份先進的重建方案，以滿足日益增加的輸送量。 迄今為止，分階段重建已取得很大進展。 第 1 階段於 2007 年 12 月完工，第 2 階段於 2009 年 12 月完工。新煅燒爐於 2009 年開始運作。

第 3 階段將主要完成 KTC 和 Luilu 精煉廠的重建。為此，SNC-Lavalin（南非）正在開展工程服務和採購服務。已經制定過程類比模型，這表明，KTC 和 Luilu 精煉廠的第 3 階段將生產銅 150 ktpa 和鈷 8 ktpa。

產量進一步增加，銅產量 150 ktpa 以上，鈷產量 8 ktpa 以上，這已通過 2010 年 7 月完成的範圍研究進行了評估。這項研究比較了將銅產量增加至 270 ktpa 或 310 ktpa 的備選方案。

目前，前端工程和項目前期工作正在進行當中。 設計輸出為銅 270 ktpa 或 310 ktpa 和鈷金屬 8,000 ktpa，額外的鈷作為氫氧化鈷出售。

5.3 Kamoto 選礦廠

目前的 KTC 作業方框流程圖如圖 28 所示。

5.3.1 礦石接收和破碎

給礦來自三個主要來源：KTO 礦、T-17 露天礦以及 KOV 露天礦。

5.3.2 研磨選礦

5.3.2.1 氧化礦研磨

來自 KOV 露天礦以及 T-17 露天礦的氧化礦通過卡車運輸，並堆放在 KTC 的 B3 顎式破碎機附近。 B3 顎式破碎機銘牌上標記額定值為 500 tph。 將氧化礦混合，破碎至小於 400mm，並運輸至礦堆。 礦物使用兩台 28’ 梯落式輥磨機（其銘牌標記額定值為 150 tph）以及一台 32’ 梯落式輥磨機（其銘牌標記額定值為 350 tph）研磨（均使用帶有旋風分離器的閉路）。 旋風分離器底流礦物則轉至球磨機中研磨。 理論上 70 至 75%的最終研磨產品小於 75 μm。

5.3.2.2 硫化礦研磨

KTO 所產硫化礦先在地下以旋回破碎機進行破碎至小於 400mm，方會提升至地面。 而後礦物將運至 KTC 前的礦堆， 以兩台 28’ 梯落式輥磨機（其銘牌標記額定值為 150 tph）研磨（均使用帶有旋風分離器的閉路）至 90%礦石小於 75 μm。

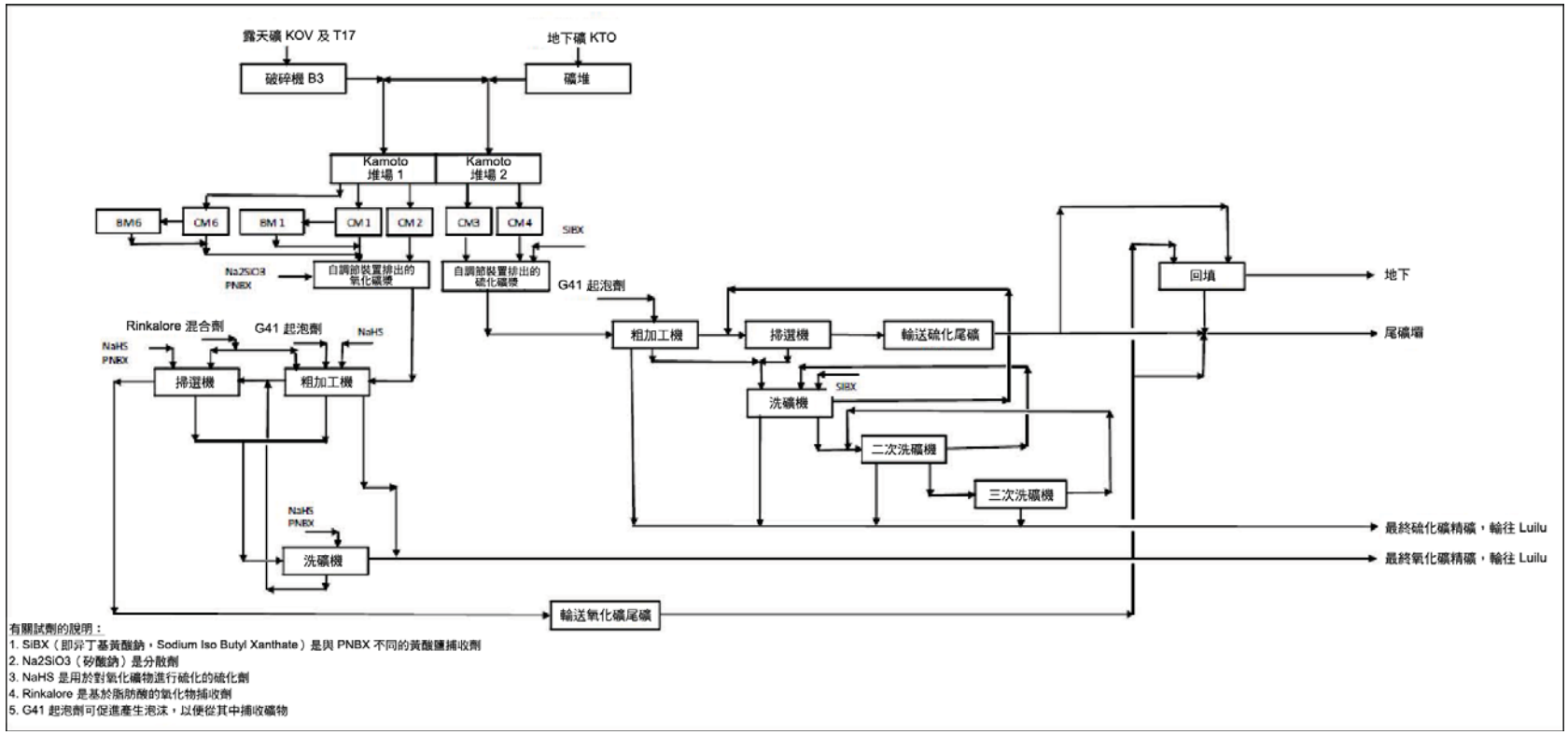


圖 28： KTC 選礦廠方塊流程圖（當前工序）

注： 在地下會使用初碎機，本流程圖中未顯示。

535

圖 29： 32’ DIMA 磨石機

5.3.3 浮力選礦

5.3.3.1 氧化礦浮選

對研磨後氧化礦進行第三階段浮選，即粗加工、掃選和清洗。 氧化礦浮選階段添加的試劑比硫化礦浮選階段添加的試劑要複雜很多，要包括捕收劑（正丁基黃原酸鉀（PNBX））、分散劑（Na_2SiO_3----水玻璃）、硫化劑（NaHS）、起泡劑（G41）和脂肪酸捕收劑（Rinkalore）混合物。 在氧化過程中，銅採收標準與工業標準保持一致。 最終氧化精礦通過管線泵至Luilu精煉廠。 至於尾礦，將通過一組旋風分離器對進行分類，並泵至尾礦壩或地下用於回填。

5.3.3.2 硫化礦浮選

對研磨後氧化礦進行五個階段的浮選過程，即粗加工、掃選、清洗、二次清洗和最終清洗。 最終硫化精礦通過管線泵至 Luilu 精煉廠。 在硫化礦浮選階段，僅使用起泡劑（G41）和捕收劑（異丁基黃原鈉（SIBX））。尾礦經旋風分離器將分離，並泵至尾礦壩或地下用於回填。

圖 30： 浮選池

5.3.4 KTC 項目開發

作為第 3 階段重建計劃的一部份，KTC 正在整修，計劃於 2011 年 7 月之前將初始安裝研磨能力提升至 7.6 Mtpa，按標準流程效率和資源模型品位計算，相當於 230 ktpa 的成品銅產量。

除整修磨石機外，KCC 亦在現場按其原始設計建造浮選池，以期增強浮選能力，最終提升整個程序的銅採收量。 浮選池整修完成後，DIMA 磨石機 CM6 將能夠研磨氧化礦石或混合礦石，且不會損害整個過程的效率。

作為範圍研究的一部分，對現有 DIMA 磨石機的審核表明，或可將 DIMA 磨石機從自體操作模式返回至半自體操作模式。 這樣，總安裝研磨能力便可能從 7.6 Mtpa 增加至約 9 Mtpa，相當於 270 ktpa 的成品銅產量。

前端工程和項目前期工作證明，KTC 總產量可達 270 ktpa 銅產量。 要將銅產量增加至 310 ktpa，則必須增加破碎、研磨和浮選能力。

請注意，CM2 主要處理氧化礦，但根據所給原料和精礦需求，其也可以處理硫化礦。

超出 Luilu 精煉廠第 3 階段處理能力的氧化精礦將被運送至 KTC 目前在建的過濾、裝袋和儲存場。 工廠以氧化精礦作為最終出口產品，其設計產能達 10 ktpm 精礦（品位大於 22% 銅）。

5.4 Luilu 精煉廠

Luilu 精煉廠處理氧化礦和硫化礦兩種精礦流，以採收其中的銅和鈷。 氧化礦流和硫化礦流分開存放，因為氧化銅可溶於酸，而硫化物精礦需在煅燒爐進行其他處理後，方可溶於酸。 當前 Luilu 精煉廠作業方塊流程圖如圖 31 所示。

5.4.1 接收精礦

Luilu 精煉廠在硫化礦煅燒和氧化礦浸取之前先進行精礦濃縮和過濾程序，主要是為了儘量節省精煉廠用於貯存的空間。 除此之外，該等程序亦可去除精礦中的水分，減少後續浸取回路中的試劑消耗。

在將自 KTC 接收而來的精礦在泵送至 4 個鼓式過濾機之前，會先使用兩個氧化礦和兩個硫化礦濃縮機對它們進行脫水處理。 第 3 階段安裝了一個氧化礦濃縮機和一個鼓式過濾機。

過濾後的氧化礦和硫化礦精礦透過各自的回路輸送至倉庫。 取出後分別進行煅燒和浸取。

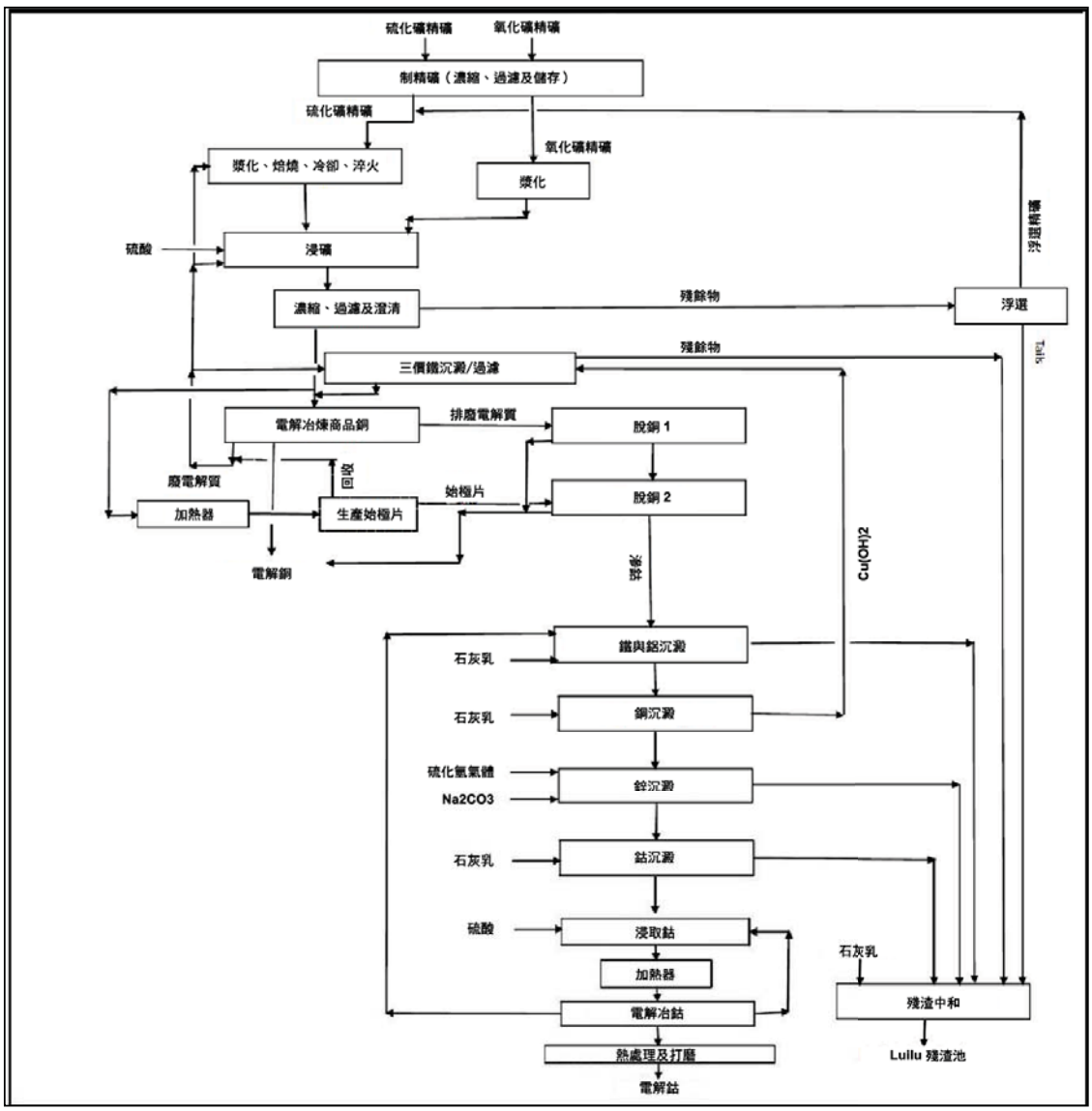


圖 31： Luilu 精煉廠方塊流程圖（當前工序）

5.4.2 煉銅

處理硫化礦和氧化礦精礦，採收所含金屬。

5.4.2.1 硫化礦精礦

自倉庫隔間收回硫化礦精礦，輸送至再漿化設施進行漿化，調成高密度礦漿。 將礦漿注入其中 2 或 3 個煅燒爐中（共 3 個，其中 1 個銘牌標定額定值為 450 tpd，其他 2 個銘牌標定額定值為 150 tpd）。 煅燒爐工作溫度為 650°C。注入礦漿時，會隨之注入多餘的流態化空氣。 硫化礦精礦將被煅燒成焙砂，成分為含銅和鈷的

酸溶性化合物。 將熱焙砂冷卻至 300°C 以下，用自銅電解室中排出的廢電解液猝熄。 熱氣先經旋風分離器去除當中灰塵，再以廢電解液冷卻，最後排入排煙管清洗和排放。 焙砂/廢電解液漿將泵至浸取段。

圖 32： Luilu 精煉廠的硫化礦煅燒爐

5.4.2.2 氧化礦精礦

自倉庫隔間收回硫化礦精礦，然後用廢電解液進行再漿化處理。

5.4.3 浸取回路

在氣壓浸取段，經再漿化處理過的氧化礦漿與來自煅燒爐的焙砂/廢電解液漿以及硫酸相結合。 為了改善鈷的溶解性，將向浸取回路增加定量的亞硫酸鈉（$Na_2S_2O_5$）。

浸取後，礦漿濃縮，而溢流得以澄清。 底流則將進行封流傾池和殘渣過濾程序，將液體和固體殘渣分離開。固體殘渣中含有進入回路的大部分硫化礦，以及繞過硫酸化煅燒，仍不可溶於酸的氧化礦精礦。

經過浮選可採收固體殘渣中大部分剩餘硫化礦，該等硫化礦將被泵送至硫化礦濃縮機採收有價值的金屬。 浮選尾礦殘渣在用石灰進行中和後泵送至尾礦池。

澄清後的溢流被泵送至銅電解室，透過鉛銻陽極板和不銹鋼陰極板的電池槽電解冶煉商品銅。 一小股澄清的溢流將流至始極片段，制成的始極片後用供除銅段使用。 一股廢電解液排出液將添入經鈷廠除銅步驟形成的氫氧化銅，進行氧化作用並調節 PH 值，以此去除鐵元素。 沉澱的氫氧化鐵經過濃縮、過濾，最後泵送至尾

礦殘渣。 還有一股廢電解液會分兩階段進行二次銅電解沉積，去除其中的大部分銅後泵送至鈷廠。 大部分廢電解液則都被泵送至浸取段進行浸取，並冷卻煅燒爐中的尾氣和焙砂。

圖 33： 成品銅製品

5.4.4 鈷回路

鈷採收回路進料為來自銅電解室的排出流。

鈷廠淨化環節，通過沉澱、濃縮和過濾去除雜質，具體步驟如下：

- 通過空氣氧化，及用石灰乳調節 pH 值方式去除鐵和鋁；
- 通過用石灰乳調節 pH 值沉澱銅（回收濾餅以沉澱鐵）；
- 用氣態H_2S與回收的鈷顆粒作用，去除其中的鎳，並用硫酸調節pH值（由於鎳含量非常低，所以目前尚未進行此操作）；
- 用氣態H_2S去除鋅和用碳酸鈉調節pH值。

去除鋅後，用石灰乳將溶液 pH 值調節至 7.8 到 8.4，鈷得以沉澱並過濾出來。 然後，將清洗後的氫氧化鈷用廢電解液和硫酸溶解，再經過濃縮、澄清和精過濾處理，最後將所得的初步電解液泵送至鈷電解室。

在鈷電解室，電解液被加熱至 70°C，並透過鉛銻陽極板和不銹鋼陰極板的電池槽電解冶鈷。 剝離後，陰極鈷片經過熱處理和拋光處理後，最終形成成品。

剝離出的電極返回電解沉積回路重複該過程。

圖 34： 成品鈷製品

第 3 階段建設施工包括以下主要作業範圍：

- 新建精礦濃縮和過濾設施；
- 重建精礦存儲區域；
- 重建原有 2 台煅燒爐；
- 重建氧化礦再漿化區域；
- 重建封流傾池區域；
- 新添殘渣帶式過濾機；
- 重建銅電解沉積設施；
- 重建鈷淨化設施；
- 新建汙水處理廠；
- 重建石灰廠；以及
- 重建若干公用設施。

根據前端工程和前期項目，預示第 4 階段將發展以下主要項目：

- 新添精礦過濾設施；
- 新添煅燒設施；
- 中性浸取回路；
- 銅溶劑萃取（「SX」）廠；
- 將現有但未使用的電精煉廠轉為電解提取設施，用於基底負荷銅生產；
- 使用現有銅電解設施，提供額外生產能力。
- 升級鈷淨化設施；以及

- 氫氧化鈷裝袋設施。

上述建設完成後，透過新轉換來的電解提取設施將可生產~200 ktpa LME 甲級銅，而現有電解沉積設施能夠生產~70 ktpa。 此外，現有電解沉積設施的產量有可能增加至~110 ktpa，即總產量可達~310 ktpa。 最後，亦已撥款用於在晚些時候還將新安裝一個 SX 設施，這樣， Luilu 設施生產的銅將都是 LME 甲級銅。

5.5 風險

該項目存在多項風險，例如：

- 受全球經濟形勢影響，市場及商品價格或有變動；
- 斷電和電網的不穩定性對生產有不利影響，而 KCC 儘管已與國家電力公司 SNEL 達成協議，提升 Inga 水電設施與 Katanga 省之間直流傳輸線的容量至其裝機容量，但其目前無法避免這些問題；
- 電力供應波動對電解沉積環節的性能造成不利影響；
- 進出現場的物流存在問題，需要仔細反復規劃，將導致 KCC 持有比往常更多的關鍵備件庫存；以及
- 尋找和維繫場地技術人員的問題。

6.0 尾礦和廢料

Kamoto臨時尾礦壩(KITD)是在KCC作業現場唯一尾礦壩。 該尾礦壩於 2008 年開始試運行，用於對KTC的銅尾礦進行安全的處理，KTC位於該尾礦壩西北 500m處。 該壩的設計壽命最初預計為 11 個月，但由於尾礦產量的增加，已更改了設計，旨在將其壽命增加 2 年。 該壩占地面積約 61 公頃，設計儲藏量為 1.3Mm^3。

該壩為邊山蓄水，初期壩牆面圍繞西部、南部和東部三邊。 主要輸送管道為 350NB 襯橡膠鋼制承插管，環繞整個初期壩牆面鋪設，在西北角設有一個閥門。 目前，該壩正使用水龍頭系統圍繞該壩堆積尾礦。 該壩有 4 個壓力管道進水口結構，其中主壓力管道結構位於該壩北部，其餘 3 個中間進水口結構位於南向的同一出口管上，高度呈遞減趨勢。 上層清水從該壩排出，通過壓力管道流至排水口海溝，該海溝位於西部堤岸的西南方，最後排至更西部的 Luilu 河。 與壓力管道出口一樣，沿主堤岸內址建造的壩址排水層也將水排至同一位置的排水口海溝。

截至 2010 年 10 月，該壩總共約有 2.2Mt 的尾礦正在蓄積，且每月平均堆積尾礦 90,000t。

圖 35： Kamoto 臨時尾礦壩佈局圖

圖 36： KITD 初期壩牆西側（朝南）

圖 37： 該壩東側的水龍頭系統部署圖

6.1 現有環境報告複查

下列報告和文件適用於 KITD 的使用、維護和可持續發展：

- 《KITD 使用及維護手冊》（草稿）(Operating and Maintenance Manual for the KITD (DRAFT COPY))，報告編號：380266/1，2008 年 9 月，SRK 諮詢公司（SRK 2008）。
- 《KITD 技術評估》(KITD Technical Evaluation)，報告編號：410528/1，2010 年 1 月，SRK 諮詢公司（SRK 2010a）。

- 初期壩牆穩定性分析文件，2010 年 11 月，Swanepoel Laboratories Kolwezi 公司（Swanepoel 2010）。
- 《KCC 環境影響報告書客戶終審報告》，報告編號：411167/1，2010 年 3 月，SRK 諮詢公司（SRK 2010b）。

6.2 法規合規性評估

根據 DRC 採礦規範(Mining Code of the DRC)第 64 條規定，要擁有和經營尾礦設施，礦山只需持有經營執照，或稱「採礦許可證」（PE），據此獲授在土地上建造尾礦或污水排放設施的特許權。 為獲得該許可證，必須參考礦山向 DPEM 提交的《可行性報告》或《環境影響報告書》（EIS）中的尾礦控制或污水排放方法。 KCC 持有 PE525 特許經營許可證，KITD 就是依據該特許權建造的。 因此，根據第 64 條規定，KCC 事實上有權擁有及經營 KITD，因此 KCC 可以開採資源和開發/建造必要的配套基礎設施（如尾礦設施）。

6.3 復原規定及責任的審核

尾礦壩關閉計劃見 SRK 2010b 報告。 該計劃重點說明了設施的長期維護程序， 但未對關閉計劃的成本估算或任何其他財政影響做任何說明。

7.0 關閉

7.1 關閉成本審核方法及局限性

7.1.1 方法

審核所提交關閉成本時，是以根據現有資訊編制的參考關閉成本估算為基礎。 透過此估算，也可對與所提交關閉成本的潛在缺陷並所需額外財政撥款進行評估。 採用方法歸納如下：

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

7.1.2 局限性

- 本次現有關閉成本審核乃基於有限資訊的前期評估，且有時限。 因此，GAA提供的關閉成本估算旨在作為比較各現有成本方案，評估其適當性（以金額為基準）的基礎，<u>僅供參考</u>。 鑒於上述局限性，GAA確定的關閉成本不應視為最終資料；
- 為對整個審核項目尋求支持資料，及解決與關閉成本有關各項問題，GAA 對礦山進行了為期一天的實地考察。 這麼短的實地考察時間不足以全面瞭解與關閉相關的各種現場情況；

7.2 現有資訊

用於估算關閉成本的資訊來源如下：

- 《Kamoto 銅礦公司環境影響報告書及環境管理計劃》(Environmental Impact Study and Environmental Management Plan for Kamoto Copper Company)， 2010 年 3 月，報告編號：411167/1，SRK 諮詢公司。
- Tilwezembe 特許礦區圖(PE 4963 DCP)(Map of the Tilwezembe Concession PE 4963 DCP)， JVACR 協議週邊基礎設施， 2009 年 7 月，KCC----Kolwezi DRC。

上述 SRK 報告中包括一份《環境影響報告書》（Environmental Impact Study，簡稱「EIS」），以及一份《環境管理計劃》(Environmental Management Plan)，內容有關 KCC 擬整合加工設施和分階段翻新作業。 EIS 中規定了用於環境復原的財務保證金額。 SRK 於 2010 年為釐定財務保證金額而進行的停運及復原成本評估具有以下局限性：

- 成本核算假設關閉作業未進行善後工作，僅計入評估當時的財務責任。 如作業有較大變化，則有必要更新財務責任評估；
- 財務責任未包括作業期間進行環境管理可能產生的任何運作或資本成本；
- 雖然評估時計入一項與冶金廠相關的財務責任，但據 KCC 與 GCM 訂立的《經修訂的合資協議》，該等冶金廠應在 KCC 用完後歸還 GCM。 目前 KCC 按《經修訂的合資協議》規定的條款向 GCM 租用上述設施，租期至 2024 年，可續租兩次，每次 10 年；
- 責任評估未包括位於 KCC 特許礦區內、但 KCC 尚未使用的基礎設施。 例如（包括但不僅限於）： Poto Poto 尾礦壩、Kamoto 尾礦壩及 KOV 露天礦任何廢料堆、東 Mashamba 露天礦、或任何其他 2004 年以前就存在的，或因 GCM 在 KCC 特許礦區範圍內開展相關活動而於最近修建但未投入使用的露天礦等；
- 評估未包括 KCC 以前使用的、現已轉移至特許礦區外的基礎設施，如 Kolwezi 選礦廠。

7.3 界區

上述報告及相關資訊未明確劃定適用於關閉成本的界區。 界區乃根據現有資訊及 Google Earth 圖像進行推測和假設得出。

基於現有資訊的基礎設施描述與根據圖像推斷出的資訊和/或 GAA 補充的資訊單獨列出。

7.3.1 現有資訊

根據 SRK 報告以及本次工作所用地圖推斷出的界區如下：

- 整個礦場和工廠建築物，包括臨時受影響地區（但不包括由 GCM 負責的區域）：2323ha
- Luilu 精煉廠及相關區域： 51.6ha
- KTC 及相關區域： 36.4ha
- 重型車輛車間（SKM）及相關區域： 5.4ha
- KTO 礦及相關區域： 25ha
- KOV 露天礦及相關區域： 50ha
- T17 露天礦： 及相關區域： 35.7ha

- 需要恢復和復原的近河區： 4ha

雖然航拍圖像顯示有多個尾礦貯存設施，但沒有一個設施位於 GAA 假設的所有界區內。 GAA 和 SRK 都未包括 Kamoto 尾礦貯存設施、Poto Poto 尾礦貯存設施、Kingamyambe 尾礦貯存設施及硫化礦尾礦貯存設施。 但礦山運營中尾礦貯存設施必不可少，因此 GAA 的成本評估中計入了 Luilu 精煉廠南部一座無名尾礦貯存設施的成本。 需要指出的是，後者的完全復原成本未納入 GAA 成本評估，因為這座尾礦貯存設施在 2004 年以前就已存在，其關閉成本必須由 KCC 和 GCM 共同確認。

7.3.2 GAA 新加的考慮因素

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

- 拆遷廢物的收集、處理和處置；
- 受影響河流及排水線的恢復和恢復；
- 受影響地區的恢復，包括受污染土壤的收集、處理和處置，以及臨時性混凝土的拆除和處置等；
- 額外撥備，包括初期及一般性費用（P&G）和或有費用。

雖然有可能需要對因礦山恢復工作而額外產生的礦井污水進行持續管理，包括收集、處理、和安全處置經過處理的礦井水，但無法確定到底是否有此需要，亦無法確定此類工作性質，因此估算關閉成本時未計入此等費用。如有需要，可將其單獨列為一項費用。

圖 38 上以紅色虛線表示的界區是假設區域，納入考慮範圍。 上述區域包括 PE525 和 PE4961 特許礦區， 以及包括 Luilu 精煉廠及 PE11602（包括 T17 露天礦和週邊基礎設施）的 2 號區域。 上述 Luilu 精煉廠南部的尾礦貯存設施也包含在界區中。

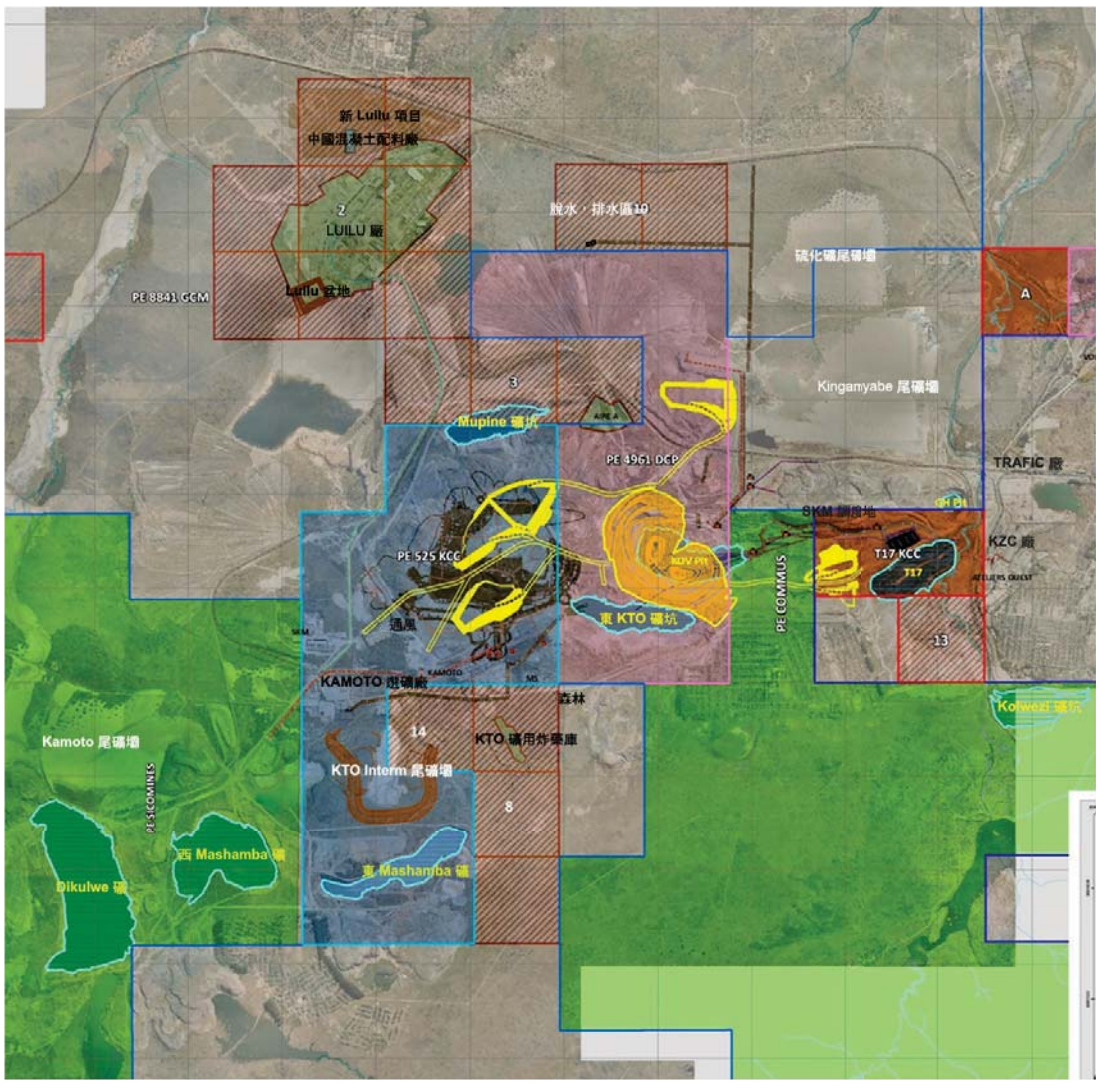


圖 38： JVACR----KCC 協議週邊基礎設施圖

7.4 假設及條件

與關閉成本估算有關的假設及條件如下。

7.4.1 概述

- 工廠關閉成本包括多個成本類別。 本報告僅涉及停運和恢復/復原費用，即外部（第三方廠商）承包商現場搭建設施、以及進行停運和相關恢復工作的費用。 其他費用，如工廠停運後的人員安置、為工作人員提供基礎設施及配套服務（例如電力供應等），以及諸如遺散費、再培訓/新技能培訓等與勞工相關的開支，不在本報告範圍之內；

- 根據上述情況，必須委託專門的承包商進行拆遷以及在礦場及相關區域開展作業。 因此，成本估算中*尤其*必須計入與承包商進行拆遷及恢復相關的建設費用，以及因此產生的 P&G 撥備。 此外，GAA 亦就第三方承包商和顧問進行關閉後的維護和維修工作以及監測遵從情況作出撥備；
- 可以預見，由拆遷產生的大部份廢料（如混凝土和建築廢墟）都是惰性廢物，需要領取許可證建造專門的廢物加工設施，以便處置拆遷廢物。 恢復和關閉廢物處置場所同樣也有規定。 工廠拆遷後，有殘餘價值的鋼材及相關材料將保留在現場，其後會出售給第三方，拆遷廢料的殘值歸 GCM 所有。
- 由於殘值不歸 KCC 所有，按慣例未考慮因殘值導致的成本沖銷，因此只報告總關閉成本；
- 混凝土底座和基層將被拆除，最高不得超過最終地面以下 1,000mm；
- 關閉時，所有可用原材料和/或可出售材料已經過處理並全部搬離現場，因此需要回收；
- 現有村莊不會拆除，但將移交給第三方。 村莊相關服務如，供水和污水處理等同樣如此。

7.4.2 特定場區

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

- 透過對相關尾礦貯存設施（TSF）覆蓋 900mm 厚的植被，限制雨水侵入尾礦，防止在 TSF 所佔區域造成受污染水流回灌（污水排入）；此外，關閉後還要在尾礦貯存設施上地面復原至少一塊牧地；
- 對蒸發塘/污染控制池的恢復將包括：
  - 清理沉積物，埋入地下 400mm 深度；
  - 清理人造墊料；
  - 清除墊料已滲漏區域可能已受到污染的土壤；及
  - 收集、運輸和處置污染的沉積物和土壤。
- 餘下的廢礦堆和/或剝離岩土堆將進行恢復，種上植被；
- 根據受干擾區域所受干擾性質、範圍和嚴重程度，使用不同的整型、平整和植被恢復方法。 我們假設受干擾區域可分為以下幾種類型：
  - 一般干擾區，特徵是植被結構變化或部分缺失，土壤受侵蝕或有限污染；
  - 基礎設施拆除區，特徵是地貌嚴重改變、土壤污染嚴重、存留有害物質；及
  - 嚴重受干擾區，特徵是土壤受過度侵蝕，土地覆被已完全改變；

  根據不同類別，整型、平整和植被恢復等費用亦各有不同。
- 假設通過一口斜井及入口可到達 KTO 礦坑；
- 除上述地下採礦外，其餘採礦作業在地面上三個露天礦進行；
- 採礦最終結束後遺留下的露天礦區域空地將不會填實，而將透過注水使其形成開口湖，在此期間將採取必要的禁入控制措施。 為限制進入，將使用透水岩石環繞礦區修築高度至少為 3m 的堤岸，其內部坡腳離開露天礦坑/採空區的長期禁入線 20m。 該堤岸也可用於：

- 搭建阻隔屏障阻止人或動物進入露天礦和採空區，確保安全；
- 作為景觀屏障；及
- 將礦場及附近的地表水徑流改道，防止侵蝕露天礦或採空區邊緣。

■ 作為露天礦山總體恢復工作的一部分，需要將受污染的土壤從受干擾區清除，這將涉及約 20%的基礎設施佔地；

■ 已就少量臨時性混凝土的拆除和處置象徵式作出撥備；

■ 已就維護和保養及地表水和地下水水質監測作出撥備，上述工作至少需開展 5 年，以確保所執行的恢復和關閉措施取得成功並就此作出評估。

7.4.3 其他撥備

■ P&G 及或然費用分別按 6%及 10%的固定比率撥備。

7.5 關閉成本比較

下文採用常用關閉成本釐定表格，按以下幾類呈列成本，以提供成本比較：

■ 基礎設施區域；

■ 採礦區域；

■ 地面總體恢復；

■ 水資源管理；

■ 關閉後諸項事宜；及

■ 其他撥備。

表 56 和表 57 分別呈列 SRK 和 GAA 釐定的關閉成本。表 56 為成本比較的概要總結，表 57 則比較各項關閉措施和相關成本。 按 SRK 呈列的成本方式，其所呈列成本或無法完全劃分到上述類別，但為進行成本比較，我們還是嘗試進行了歸類。

由於礦區環境會遭到嚴重擾亂並可能受污染，即使很小的界區差異都可能對關閉成本的計算有顯著影響。 儘管無法確定，但根據 GAA 釐定的參考關閉成本，SRK 釐定的成本似乎是適當的。 SRK 和 GAA 釐定的兩組成本存在差異極有可能是因為在處理方面時存在差異：

■ 整體而言，雙方在各自進行關閉成本估算時採用的界區不同；

■ SRK 成本估算的基準日期在 2008 年。如果按照兩年時間因通貨膨脹導致成本增加了 10%計算，調整後的 SRK 成本總額約為 **1.11 億美元**；

■ 對露天礦恢復的方法有差異；

■ 受影響河流及排水線的恢復和復原（雖然有限）；

■ 受影響地區的恢復，包括受污染土壤的收集、處理和處置，以及臨時性混凝土的拆除和處置等；

■ 拆遷廢物的安全處置，及為此而開闢場地和最後恢復所做的工作；

■ 對受污染土壤和短時污染的清除和安全處置；及

- P&G 和或然成本撥備。

表 56： 綜合成本比較

類別	SRK（2008 年）	GAA（2010 年）
1. 基礎設施區域	$14,748,760.00	$37,488,097.50
2. 採礦區域	$83,675,436.00	$8,804,457.05
3. 地面總體恢復	$0	$45,186,054.10
4. 水資源管理	$0	
小計 1（基礎設施及相關方面）	**$98 424 196.00**	$94,100,578.65
5. 關閉後諸項事宜	$2,714,787.00	$1,757,960.00
小計 2（關閉後諸項事宜）	**$2,714,787.00**	$1,757,960.00
6. 其他撥備	不清楚 SRK 成本計算是否計入此類因素	$15,056,092.58
小計 3（其他撥備）	**$0**	$15,056,092.58
總計	**$101,890,223.00**	**$110,914,631.23**

表 57： 關閉措施和相關成本的詳細比較

細分類別	評估
7.6 基礎設施區域	
■ 加工廠及相關結構的拆除 ■ 鋼結構建築物和構築物的拆除； ■ 鋼筋混凝土建築物和構築物的拆除； ■ 進出道路、鐵路和電力線路的改造； ■ 辦公室、車間及住宅樓的拆除； ■ 圍牆的拆除；及 ■ 拆遷廢料的處置。	■ 雙方採用的地面基礎設施界區似乎不同。 由於 SRK 估算成本時並未附有地圖，這一點無法確定； ■ SRK 文檔中載列的相關數量和地區無法得到證實。 GAA 採取根據類似採礦/工業綜合設施已核定成本進行推斷，或採納該等成本方式估算成本； ■ GAA 的估算成本時假定不存在其他合適垃圾處理場，因此計入專門垃圾處理場的建設、運營並最終關閉予以拆除和復原的成本；及 ■ 就 Luilu 精煉廠、KTC 和 KTO 礦基礎設施區域相關成本而言，GAA 釐定的成本與 SRK 相當。 ■ 不過，需指出的是，如果 KCC 終止在其特許礦區採礦後，GCM 決定保留礦山關閉狀態下的資產，與基礎設施建設區域相關的關閉成本可能不會很多。 SRK 估算成本時可能已經考慮到了這一點，但 GAA 在審核時未予以考慮。
7.7 採礦區域	
■ 對包括最終採空區和坡道在內的露天開採區的恢復； ■ 掘開； ■ 豎井、平峒和斜坡的封閉； ■ 原料堆、廢礦堆和剝離岩土堆的改造； ■ 原料堆、廢礦堆和剝離岩土堆的植被恢復； ■ 加工廢物堆放場和蒸發塘的改造；及 ■ 塌陷區的改造。	■ SRK 估算成本計入 Luilu 精煉廠、KTC、SKM、KTO 礦、KOV 露天礦、T17 露天礦和東 Mashamba 露天礦的停運和復原成本。 我們認為，其就上述各項估算的合計成本$83,675,437.00 中，已包括露天礦場的總體恢復。 如果不是如此，預計 SRK 成本過高； ■ 不清楚 SRK 對露天礦的復原有何設想。 GAA 估算成本時考慮讓露天礦保持原樣，要修築高度至少為 3m 的透水岩石環繞堤岸，其內部坡腳應距離露天礦/採空區的長期禁入線 20m。 ■ SRK 和 GAA 在各自的成本估算中均未考慮 Poto Poto 尾礦壩和 Kamoto 尾礦壩。 不清楚 SRK 成本中是否就任何其他尾礦貯存設施計提款項。 GAA 所釐定的成本中包含為 Luilu 精煉廠南部的尾礦貯存設施（TSF）計提款項，相當於為尾礦貯存設施設施配備 900mm 厚的蒸發蓋層。 ■ GAA 估算成本時假設將在停運前先行對堆存的材料進行處理，計入原料堆所佔區

細分類別	評估
	域的改造和植被恢復成本； ■ GAA 估算成本時計入封閉一口斜井，並填實 KTO 礦的相關坡道入口的成本； 但未就地下巷道的填充作出計提。 不清楚 SRK 成本中是否包含此項； ■ SRK 和 GAA 在各自的成本估算中均未考慮 Poto Poto 尾礦壩和 Kamoto 尾礦壩。 不清楚 SRK 成本中是否就任何其他尾礦貯存設施計提款項。 GAA 在評估中並未考慮尾礦貯存設施； ■ GAA 成本中考慮了對所有一般受干擾區的恢復及對這些區域可能存在的污染的清除，但 SRK 成本中似乎只涉及到對預定管理區域的恢復；及 ■ GAA 估算成本較為便宜，這可能是因為復原方法及界區劃定的差異造成。
7.8 地面總體恢復	
■ 受干擾區的改造；及 ■ 受干擾區的植被恢復。	■ 儘管可以假定 SRK 成本包含設施所佔區域的地面恢復成本，但不清楚其是否包括受干擾區域地面總體的恢復； ■ 此外，GAA 成本考慮了對 500m³臨時性混凝土的拆除和處置。 ■ 因為 SRK 成本似乎不包括這類成本，所以無法進行比較。
7.9 水資源管理	
■ 排水線的復原；及 ■ 河流的改造。	■ SRK 成本中不包含排水線的復原和受污染河水溪流的改造，而 GAA 成本中考慮了受影響河流的改造和全部被改造區域排水線的復原； ■ 因為 SRK 成本不包括這類成本，所以無法進行比較。
成本比較（按每公噸費率計）	

細分類別	評估
7.10 關閉後諸項事宜	
■ 地表水水質監測； ■ 地下水水質監測； ■ 對改造的監測； ■ 維護和保養；及 ■ 正在進行的水處理工作。	■ 儘管 SRK 成本中包括對每個管理區域監測和維護的成本，但未提供清晰明細； ■ GAA 成本涵蓋對地表水、地下水和改造的監測，及對 2,080 公頃區域至少 5 年的維護和保養； ■ GAA 未對正在進行的水處理工作作出撥備，但基於污染的性質和範圍，這項費用可能是必要的。 這可能對關閉成本的計算產生顯著影響。
7.11 其他撥備	
■ 初期及一般性費用 ■ 或然費用。	不清楚 SRK 成本中是否作出其他撥備。 GAA 成本分別按 6%及 10%的比例為 P&G 費用及或然費用進行撥備。

7.12 需要進一步注意的事項

在最終確定關閉成本估算前，還需要注意下列事項：

- 可能需要考慮持續進行的水處理工作，以確保注水礦坑和地下巷道可能排出的污染物質不會對地表水水質和相關水環境構成長期威脅；
- 需要確認關閉成本估算所涉及的界區範圍，及取得相關界定文檔，以說明包含或排除特定區域的動機/理由；
- 針對各界區編制正確的基礎設施和採礦活動清單，並由礦方簽字確認；
- 針對關閉成本中與必需措施相關、但尚不確定，及/或未在參考關閉成本中充分說明的成本類別進行現場量化和測定；

採礦產生的溢漏可能會對當地溪流/河流系統產生相當大的影響，需要通過有資質的專家現場評估，對可能受影響的區域進行確認。如果確定污染能夠安全清除，且不會對河床造成過多的損害，則必須就此作出撥備，且此項撥備至少應涵蓋受污染河床和河岸的清淤及復原工作。 其後可能還需要採取其他措施，使天然水生生態系統儘早恢復。 該等工作可能產生較大成本，但成本估算未將其計入，這主要是因為環境責任的歸屬尚存在不確定性，且涉及區域無法通過空中成像偵測。

7.13 結論

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

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

由於礦區環境會遭到嚴重擾亂並可能受污染，即使很小的界區差異都可能對關閉成本的計算有顯著影響。 儘管無法確定，但依據 GAA 釐定的 1.11 億美元參考關閉成本，SRK 於 2008 年釐定的成本費用似乎比較恰當，因此，其可用作恢復和復原相關的財政撥款依據。

要得到明確的最終關閉成本，需進行更多的工作，同時兼顧本報告強調的那些方面。

8.0 環境、健康和安全

8.1 權責範圍

本次審核旨在確定與 KCC 業務有關的重大環境問題或社會影響，以及利益攸關方關心的問題，如結果不理想，可能會嚴重阻礙 Glencore International plc（或其他相關集團公司）在倫敦證交所和香港交易所上市的計劃。具體來說，這涉及到對以下項目的評估：

- 《環境影響報告書》（EIS）及《環境管理計劃》（EMP）的範圍和內容；
- 環境相關各項授權的狀況；
- 對許可證和法定條款的遵守情況；
- 對赤道原則的遵守情況（如有足夠的現場資訊可用於評估）；
- 重大環境及社會風險和責任，特別是在礦山關閉方面；

本次審核的地理範圍限於 KCC 特許礦區與採礦相關的設施及活動，具體參見本報告相關章節。

8.2 KCC 特許礦區

KCC 特許礦區內的礦業資產包括：

- T-17 露天礦，在運營的露天礦；
- KTO 礦，在運營的地下礦場；
- KOV 露天礦，在運營的露天礦，目前產能正在上升，已接近全規模生產；
- 東 Mashamba 露天礦，開發項目；
- Tilwezembe 露天礦，最近關閉的露天礦；及
- Kananga 礦，當前未運營的露天礦。

KCC 特許礦區內的加工資產包括：

- Kamoto 選礦廠（KTC）；
- Luilu 精煉廠，一家冶煉廠。

KCC 特許礦區內的其他資產及/或設施包括：

- 廢礦堆場（WRD）和尾礦貯存設施（尾礦貯存設施），分別與採礦和加工作業有關；及
- 輔助 KCC 採礦和加工活動的配套基礎設施，如道路、管道、分析和冶金實驗室、礦場商店/倉庫、診所等。

8.3 受審核的資訊來源

本次審核依據的資訊來源包括：

- 提供給 GAA 的現場文檔，包括《環境影響報告書》（EIS）；
- GAA 在 2010 年 12 月 8 日和現場人員進行的會談；及
- GAA 在 2010 年 12 月 8 日實地考察中觀察到的事實。

這些來源將在下文逐一論述。

8.3.1 現場文檔

提供 KCC 審計背景的重要現場文檔包括：

- 2009 年 2 月由 Metago Consulting Engineers 公司（Metago 公司，2009 年）編制的，針對 KML 的環境和礦山廢料盡職調查評估報告。
- 2010年 3月由SRK國際礦業諮詢顧問公司（SRK公司，2010年）針對Kamoto項目編制的《環境影響報告書》（EIS）及《環境管理計劃》（EMP）。

Metago 公司（2009 年）和 SRK 公司（2010 年）的調查報告涉及內容廣泛，包括： KCC 當前執行的環境和社會管理實踐；在遵守赤道原則及 IFC 執行標準方面存在的顯著差距；以及日後確保合規發展的必要措施。本次審計在很大程度上依賴於這些報告，同時也就狀況變化或礦場在採用該等研究報告成果的建議後取得的進展作出批注。

在本次審核期間受審核資訊的其他來源包括：

- 年度現場環境事件登記（KCC，2009 年 10 月；KCC，2010 年 10 月）
- 在如下時間不同的 KCC 監測位置收集的水質資料：
  - 2009 年 5 月至 2010 年 3 月（KCC Luilu 冶金實驗室）；
  - 2010 年 5 月 27 日（Talbot & Talbot 公司，2010 年 6 月 24 日）；
  - 2010 年 7 月 14 日至 20 日（Talbot & Talbot 公司，2010 年 8 月 16 日）；及
  - 2010 年 9 月 1 日和 2 日（Talbot & Talbot 公司，2010 年 9 月 16 日）。
- 2010 年 1 月至 9 月，每月收集的現場降塵監測資料。
- 關於 KML 有形資產的獨立技術報告（SRK 公司，2009 年）。

8.3.2 和現場人員的會談

如下現場人員參加了審計會談和實地考察：

- Louis Kasuyi 先生： 秘書長；
- Luck Mumba 先生： 社區發展與公共關係部經理；及
- Patrick Mbaya 先生： 環境協調員。

8.3.3 現場區域考察

2010 年 12 月 8 日對特許礦區內特定區域進行短期考察，在現場文檔和現場會談中，這些區域被確定具有相當大的環境和社會風險，可能引起環境責任。

具體來說，這些區域包括：

- Haute（高）Kalemba 和 Basse（低）Kalemba 尾礦貯存設施，該兩處地方涉及圍牆牆面完整性和作業出水離地高度問題，存在尾礦排水及帶有表層漂浮物的污水滲漏及溢出流入 Luilu 河系的風險；
- 加工廠廢水面向 Luilu 河的排放點；
- Kamoto 臨時尾礦壩（KITD），包括 Luilu 精煉廠廢水排放設施和臨時性基礎設施；及
- 廢礦堆場（T-17 露天礦）及露天礦設施，可能給附近的 Musonoi 村莊帶來負面影響（如粉塵、噪音、振動和結構損傷）。

8.4 審計的局限性

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

由於審核涉及事項繁多，因此未能完全核實礦場員工作出的陳述。 報告中所涉及此類陳述已加以注明，並已說明資訊來源。

8.5 審計結果

對 KCC 運營和活動的環境審計結果參見下文各小結。

8.5.1 許可和授權

8.5.1.1 營業執照

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

在所有特許礦區，KCC 均持有已核准的營業執照，詳情參見本《礦產專家報告》（MER）執行概要中「法定使用期限」一節。 按照這些營業執照，KCC 可開採礦業資源並建設必要的配套基礎設施（如尾礦貯存設施和廢礦堆場），惟其尾礦控制或廢水排放方法須與《可行性研究報告》或《環境影響報告書》（EIS）（已送交予採礦環境保護局（DPEM））中所載方式相符。

8.5.1.2 《環境影響報告書》及《環境管理計劃》

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

SRK 公司（2010 年）已為 KCC 編制了 EIS 和 EMP 草稿，一經 DPEM 批准，將替代 DCP 和 KCC 合併之前獲批的 EIS 和 EMP 報告。 這些文檔涉及 KCC 通過《經修訂的合資協議》獲得的所有資產及運營的相關影響，包括基礎設施（如 Luilu 精煉廠）的升級。

KCC 兩份報告 EIS 和 EMP 均按照剛果民主共和國的法規要求（尤其是剛果民主共和國採礦規範及採礦守則）編寫。 EIS 和 EMP 文件已於 2011 年 1 月提交給 DPEM。

8.5.2 對赤道原則的遵守情況

表 58（見下文）載列對照表，列出了對 KCC 遵守赤道原則和 IFC 執行標準情況審核的主要結果，其中對照 SRK 於 2010 年 3 月編制的 EIS，指出與 KCC 運營有關的環境和社會風險。

該表格乃參考及基於 Metago 公司 2009 年的調查結果創建，並考慮了後來所取得的進展及已經發生變化的現場條件。

表 58： Metago 公司（2009 年）盡職調查報告中主要環境及社會因素調查結果對照表
紅色字體的項目指可能/一定會導致違背赤道原則的物理影響/風險。

赤道原則	要求	合規程度	違規/合規原因
原則 1： 審查及分類	項目應根據潛在影響及風險的等級進行分類	合規	■ 根據潛在影響的性質和規模，KCC 項目被適當劃分為 A 類項目
原則 2： 社會和環境評估	須針對與建設、運營及關閉相關的影響及風險，進行社會及環境評估。 在適宜及可執行的情況下，須採取措施緩解該等影響及風險	合規	■ 由 SRK 公司於 2010 年編制完成的 EIS 和 EMP 足夠詳細，包括環境/社會評估的所有相關因素。 在就此等報告完成公眾諮詢，且提交 EIS 獲得批准後即可視為合規。 ■ 根據 DRC 採礦規範(Mining Code of the DRC)第 64 條規定，要擁有和經營尾礦設施，礦山只需持有經營執照，或稱「採礦許可證」，據此獲授在土地上建造尾礦或污水排放設施的特許權。 KCC 目前開採氧化銅礦。 ■ 未來可能開採深層硫化礦，此舉或會造成酸性岩排水（「ARD」）流入外露礦山巷道、廢礦和尾礦的風險。 該區域內的圍岩含白雲石，產生的任何酸都可能會被就地中和，不過這還沒有得到證實。
原則 3： 適用的社會和環境標準	IFC PS 1： 社會和環境管理體系	部分合規	■ 以 KCC 當前組織管理能力尚難以實施 EMP 及現場策略。 現正招募合適的環境管理人員以解決此問題。 ■ 需要更大力度推行環境管理實踐，這亦是所有員工的職責。 ■ 需對員工進行具體工作環境的培訓 ■ 考慮到環境因素，應縮減規模 ■ 預計在實行環境管理體系(EMS)後會解決上述大部分問題，目前該體系仍為草案，正接受審核，有望在 2011 年實施。
	IFC PS 2： 勞動和工作條件----工作條件和工人關係管理	合規	■ KCC 勞動政策和做法遵循剛果民主共和國法律。 具備正規裁員程序，根據該程序，裁撤當地工人將與工會、社區領導和其他相關方諮詢。
	IFC PS 2： 勞動和工作條件----保護勞動力	合規	■ KCC 不會雇佣童工或強迫勞動

	IFC PS 2： 勞動和工作條件----職業健康及安全	合規	■ 可依照《工作場所職業健康與安全計劃》，但執行起來有局限性 ■ 已進行了現場風險評估。 目前已組建應急小組（「ERT」）且已按照國際公認標準進行了培訓 ■ 作為資本投資計劃的一部分，已建造職業健康與安全中心，該計劃包括建造一家醫院，旨在服務所有員工和承包商及他們的直系家屬。 該醫院於 2010 年投入使用，完全符合剛果民主共和國的要求。
	IFC PS 2： 勞動和工作條件----工人組織	合規	■ KCC 有代表工人的組織（工會） ■ 礦山聘用承包商均為信譽良好的合法企業
	IFC PS 2： 勞動和工作條件----非雇員工人和供應鏈	部分合規	■ 按照 KCC 與承包商簽署的標準合同條款，承包商有義務證明他們依照剛果民主共和國法規的要求在剛果民主共和國有關當局進行了登記 ■ 目前未發現與監測承包商在環境方面表現的工作 ■ 儘管在招標過程中並未對承包商和供應商逐一開展童工或強迫用工等情況的檢查，但所有獲聘用到礦區工作承包商必須參與廣泛的入職培訓計劃，該計劃詳細說明健康、安全與環保要求，由此杜絕招收童工。
	IFC PS 3： 一般要求	部分合規	■ 已經制定水和廢棄物綜合管理計劃（「IWWMP」），但 KCC 仍需進一步落實（已開始進行廢棄物分類） ■ 特許礦區內有數個生活垃圾填埋場和危險廢物填埋場。 由於 EIS 中有授權建設生活垃圾填埋場或危險廢物填埋場，建設/運營該等設施無需取得特別許可。 在建造危險廢物填埋場時，KCC 有義務把具體的完成情況告知採礦環境保護局。 ■ 礦井污水排放、地下排水和受污染的暴雨水已經對流經特許礦區的河流造成了不利影響。 但這不僅僅是由於 KCC 的採礦活動造成的。 KCC 特許礦區附近的小型採礦活動對河流水質和流量有重大不利影響，此外，還應考慮 GCM 過往和當前的採礦活動以及相關責任。 ■ 尚未利用污染物運移模型對尾礦貯存設施污染地下水的可能程度充分量化 ■ KTC 尚無分離潔淨水和髒水的系統，排出的暴雨水不會流入污水貯存

			池，而是直接流入周圍環境 ■ 尾礦貯存設施、廢礦堆場和沒有鋪砌的道路在旱季期間產生的灰塵可能影響員工和社區成員的健康，並可能降低可見度（存在安全隱患）。 為減輕這類影響，KCC 廣泛使用了移動抑塵設備（KCC 和承包商均有配備），以盡可能減少灰塵的產生。
	IFC PS 4： 社區健康、安全和安保----社區健康和安全	合規	■ KCC 社區健康和安全政策及社區健康和安全計劃均考慮了執行標準 PS 4 和世界銀行制定的相關的標準。 該計劃中納入各種疾病及相關干預措施（包括瘧疾和愛滋病），也考慮到礦井關閉後員工社會保險損失的可能
	IFC PS 4： 社區健康、安全和安保----安保	部分合規	■ 編制的安保計劃符合執行標準 PS 4 和世界銀行制定的標準，但仍需進一步落實
	IFC PS 5： 土地徵用和非自願遷移----一般要求	合規	■ 尚無重新安置周圍社區的計劃，在可見之將來，亦未看到有此運營要求。
	IFC PS 5： 土地徵用和非自願遷移----私營部門在政府管理的遷移中的責任	不適用	■ -不適用
	IFC PS 7： 原住居民的保護	不適用	■ -不適用
	IFC PS 8： 文化遺產----項目設計與實施中對文化遺產的保護	合規	■ 尚未確定是否需要對 Far West 尾礦壩等擬新開採區未進行文化遺產評估，因此未就該等新開發項目進行文化遺產評估。
	IFC PS 8： 文化遺產----項目對文化遺產的利用	合規	■ 該礦不利用文化遺產資源
原則 4： 行動計劃和管理體系	環境和社會行動計劃	部分合規	■ 要求執行環境管理體系，目前該體系尚為草案，有望在 2011 年實施。
原則 5： 意見徵詢和資訊披露	正在有組織、適當地徵詢受影響社區的意見	合規	■ SRK 公司編制 EIS 和 EMP 時，已適當公開徵詢意見
原則 6： 投訴機制	管理體系中必須具有正規投訴機制	合規	■ 預備運行的環境管理體系中包含投訴機制
原則 7： 獨立審核	由與借款人無直接關係的獨立社會或環境	不適用	- 不適用

	專家審查該評估、徵詢過程和對赤道原則的遵循情況		
原則 8： 契約	融資文檔中應包括以下契約： 借款人應： ■ 遵守東道國的一切社會和環境法律、法規和許可制度； ■ 建設運營期間，在所有重大方面遵守行動計劃； ■ （每年至少一次）提供其遵守法律、法規和許可制度的書面證明報告；及 ■ 根據約定的停運計劃停運相關設施	潛在一致	■ 建議 KCC 融資方在融資文檔中併入該等契約 ■ 如果執行環境管理計劃和環境管理體系，KCC 運營似乎能符合赤道原則的要求。
原則 9： 獨立監測和報告	聘請獨立且經驗豐富的專家來核實項目監測資訊	不合規	■ 未始終如一地嚴格執行

注：「IFC」指國際金融公司。「PS」指「執行標準」。

8.6 KCC 作業項目的主要環境風險

8.6.1 尾礦貯存設施和工廠廢水排放對水系的影響

KCC 開採許可區內的尾礦堆放和廢水排放可能會對水系造成影響，存在的主要危險包括：

- 從 Luilu 精煉廠排放的有害和無害廢水目前在工廠南面的地表窪地處理，然後溢入 Luilu 河。 這主要是由於沒有足夠的設施對過濾殘餘廢水進行中和處理，以及擔心酸性廢水會腐蝕將尾礦輸送到 Kamoto 臨時尾礦壩（KITD）的管道。 自 Luilu 精煉廠建廠以來，這項活動一直進行，成為歷史遺留問題。 然而，KCC 已經認識到它帶來的潛在環境風險，並正在通過工程研究解決這個問題。工程研究已經由 SNC-Lavalin 完成，目前計劃於 2011 年執行。

- 從 KITD 小批量釋放的不受控制尾礦，通過壓力管道和溢洪道進入下游冗餘尾礦設施，並最終進入 Luilu 河。由於其溶解性固體（「TDS」）總量高，pH 值非固定，懸浮固體總量（「TSS」）高（>500 mg/l）且銅（「Cu」）含量不符合規定，因此，對於 KCC 來說，這是一個重大的環境風險。 這些釋放問題在 2010 年開始受到控制，KITD 設施進行了擴建，並計劃在 LOM 尾礦設施完工前的 2011 年完成 KITD 相關工作，為 2012 年長期尾礦管理做準備。

- 過去及目前排入 Luilu 河的尾礦材料對 KCC 來說構成了嚴重的環境風險。 在對 Basse Kalemba 和 Haute Kalemba 尾礦貯存設施的實地考察過程中，發現牆面的完整性和工作出水高度不足以阻止尾礦和表層漂浮物滲漏、溢流進入 Luilu 河。 該地區的航空照片顯示 Luilu 河有大量的尾礦材料淤積。 但是，Basse Kalemba 和 Haute Kalemba 的尾礦貯存設施由 GCM 設計和建設，在 KCC 開始在該地區作業之前已經處於運行當中。 Luilu 河流域的沉積物主要由 Poto-Poto 尾礦設施的坍塌引起，而該設施並不屬於 KCC 開採許可區的一部分。

由 KCC 引起的、影響 Musonoi 河水質的唯一因素是 KOV 露天礦向該河排出廢水。 雖然開採區的上游和下游 Musonoi 河段都受到了高度的污染，但是 KOV 露天礦排水對它的影響相對較小，下文將就此進行討論。

8.6.2 KOV 露天礦排水對 Musonoi 河及 Luilu 河水質的影響

SRK 諮詢有限公司（2010）指出，KOV 露天礦積水池的排水速度為 5,000 到 6,000 立方米/小時。 KCC 搜集到的日常淤積監測數據顯示，礦井水很少（大約每年 10 次，通常是在大雨過後）超過剛果民主共和國 100 毫克/升的溶解固體總量排放限制，因此這種水直接排放到了 Musonoi 河裡。

KOV 露天礦的水位接近礦井底部時，由於泵吸引起的攪動，預計累積的鑽屑會懸浮在水面，從而導致排放超過剛果民主共和國溶解固體總量的排放限制。 預計 KCC 在把水排放進 Musonoi 河之前，會利用兩個現有的沉澱池來控制淤泥含量。 累積的沉澱物會定期用機械設備搬運到鄰近的廢礦堆裡。

在缺少對排放水的詳細化學分析的情況下，SRK 諮詢有限公司（2010）預計除非銅、鈷及錳的濃度升高，礦井水構成的風險相對較小。 應該通過定期監測確證這一點。

除了礦井積水池排水，項目還需要制定地層排水計劃。地下水從礦井周圍的井眼中抽出來後匯集到Koppies水壩裡。 目前計劃的短期抽水速度是 1,200 m^3/hour，但是隨著KOV露天礦的擴大，這一速度會增加到 2,500 m^3/hour，而最終將達到 4,000 m^3/hour。

Koppies 水壩裡所有沒用作飲用水（在 Luilu 或 UZK 村莊）或生產用水（在 Luilu 精煉廠）的多餘水都排放到了 Luilu 河裡。

總之，KOV 露天礦排水對 Luilu 河的影響主要體現在淤泥攜帶（風險相對較小）和銅、鈷、錳的污染（風險程度未知），應該通過監測來確證。

8.6.3 灰塵對社區的影響

為KCC所做的《環境影響報告書》和《環境管理計劃》草案（SRK諮詢有限公司，2010 年）指出，很多地方（主要在開採許可區內）模擬的PM10 基線濃度值均超過了剛果民主共和國的規定標準(500 $\mu g/m^3$)。

而比較起來，在 KCC 開採區邊界內及沿著主要公路的很多地方，總基線落塵量都超過了南非「行動線」（1200 至 2400 毫克/平方米/天）和「警戒線」（< 2400 毫克/平方米/天）的指導標準。

圖 39 顯示的是 2007 年 7 月至 2008 年 9 月（SRK 諮詢有限公司，2010 年）以及 2010 年 1 月至 2010 年 9 月（從 KCC 獲得的資料）這段時期的落塵監測結果。 2010 年期間每一監測點的落塵都屢次超過南非「警戒線」指導標準，包括 Luilu、Tshamundende、Kapata 及 Musonoi 村莊內的監測點。 監測點工作人員指出，與前些年相比，2010 年相對較高的落塵率很可能與 KCC 對監測落塵方法的改進有關。

KCC 年度環境事件登記薄（KCC，2009 年 10 月；KCC，2010 年 10 月）記錄了社區對落塵的投訴情況，尤其是坐落在距 T-17 露天礦廢礦堆的廢礦處理點大約 500m 處的 Musonoi 村莊（參見圖 40）。

應該指出的是，由過去的剛果（金）國家礦業公司（GCM）廢礦設施引起的落塵在全部落塵中佔據很大的比例。 總體落塵量也受該地區其他作業者，尤其受 GCM 開採區內手工採礦者活動的影響。

雖然大部分的灰塵（導致排放超過南非的「警戒線」指導標準）可以歸因於 GCM 廢礦設施，但為了儘量減少 KCC 自己產生的灰塵量，KCC 已經在使用移動除塵設備方面進行了大量的投入（既有來自 KCC 的也有來自承包商的投入）。

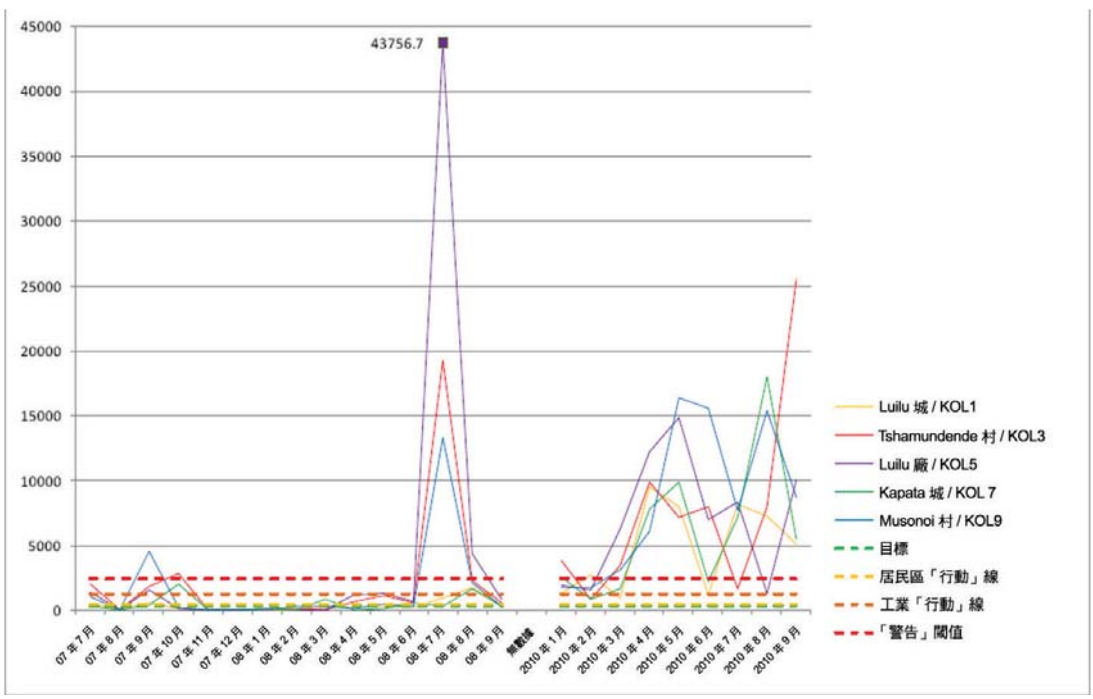


圖 39： KCC 作業設施內不同監測地點的落塵情況（毫克/平方米/天）

圖 40： 從 T17 廢礦堆拍攝的 Musonoi 村照片

8.6.4 爆破和振動對社區的影響

在 SRK 諮詢有限公司 2010 年的報告中提供有露天礦（KOV 露天礦和 T-17 露天礦）和 KTO 礦爆破的振幅曲線。

振幅曲線定義如下：

- 0.5 mm/s ----人類可以明顯感覺到振動；
- 5.0 mm/s ----很可能對人類造成干擾並引起投訴；
- 15 mm/s ----建築表面損傷概率為 5%；
- 150 mm/s ----損壞路面、堤壁、礦泥壩以及導致牆與混凝土結構的輕微破裂；
- 600 mm/s ----鋼結構應該用混凝土基礎加固，以確保結構不會發生屈曲。

KCC 不會在 Musonoi 村附近進行振幅超過 5mm/s 的爆破作業。

當在 200m 外、朝向 Musonoi 和 Kolwezi 進行爆破時（KOV 露天礦和 T-17 露天礦爆破），《環境影響報告書》草案（SRK 諮詢有限公司，2010 年）要求礦井制定一個爆炸氣流和振動測量監測方案。 《環境影響報告書》和《環境管理計劃》草案經過採礦環境保護局批准後將使這一要求具有法律約束力。

8.6.5 放射性影響

在 KCC 許可區和鄰近房屋中開展的伽馬放射調查顯示：

- 放射等級大幅升高的區域有：
  - 位於 Kingamyambe 尾礦貯存設施以南的鈾礦石存儲地區；

- 位於 KOV 露天礦以北的鈾存儲地區；
- 位於 Luilu 精煉廠以南的 Luilu 尾礦區；
- Kolwezi 選礦廠；以及
- 過去的 KOV 露天礦廢礦堆（WRD）的東部邊緣區域。

- 放射等級中度上升的區域有：
  - Kingamyambe 尾礦貯存設施；
  - 硫化物尾礦區域；
  - 過去的 KOV 露天礦廢礦堆；
  - 目前處於臨時停產當中的 Musonoi (「GT」)露天礦礦內及周邊區域；以及
  - Luilu 精煉廠。
- 據地表水站點顯示，以下區域的放射等級有所上升：
  - Nana 村附近的 Luilu 河段；
  - Luilu 精煉廠以南地區；
  - KOV 露天礦；
  - 綠色蓄積池向 Kingamyambe 尾礦貯存設施南側排放的設施；以及
  - 西 Mashamba 露天礦。

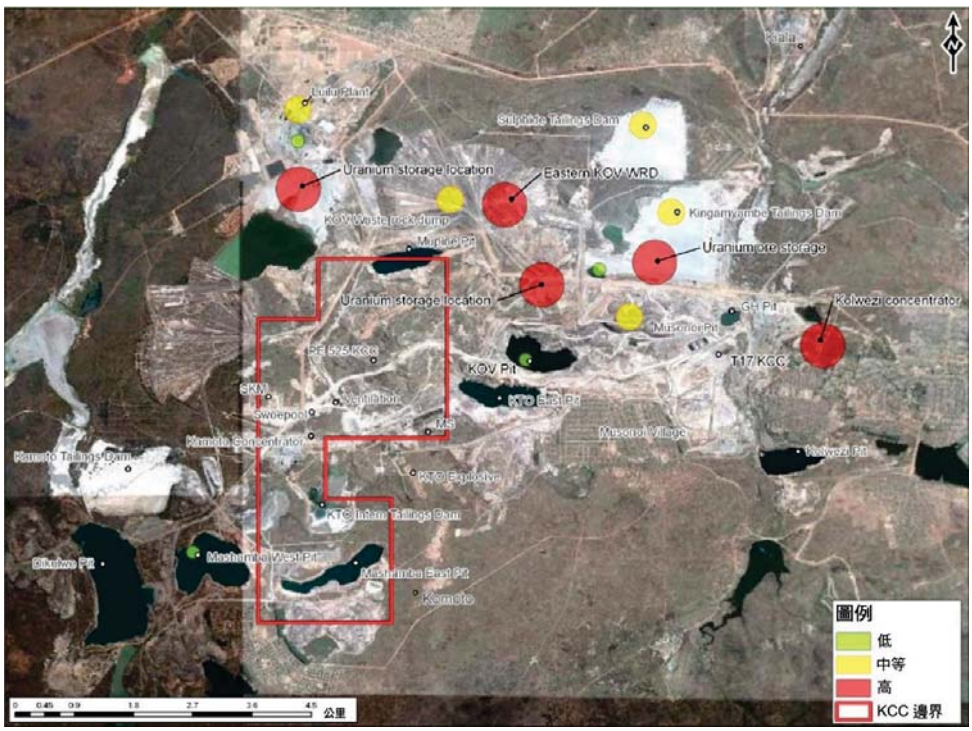


圖 41： 在 KCC 許可區和周邊區域的相對放射等級

現場人員在 KCC 進行審查時發現，T17 露天礦中的放射性廢礦石與非放射性廢礦石是分開進行處理和存放的。KCC 已按照國際通用標準，使用非放射性廢礦石覆蓋了放射性廢礦堆。

雖然上述儲鈾區域均已張貼放射警告標記，但有意或無意進入這片區域的大部分手工採礦者均未注意這些標記。鈾等級有所上升的廢料堆均為舊廢料堆，屬於 GCM 的責任範圍。 KCC 曾試圖轉移和覆蓋這些廢料堆，以降低其對手工採礦者造成的威脅，但被 GCM 所阻止。

手工採礦者在 GCM 的許可區內也會接觸到廢礦堆。雖然這並不在 KCC 的職責範圍內，但如果人們認為由此產生的健康危害與 KCC 的作業有關，那麼它也會影響到 KCC 的聲譽。

8.6.6 廢礦堆的復原

為 KCC 制定的環境管理計劃（EMP）草案（SRK，2009 年）中包含以下與廢礦堆（WRD）的復原和封閉相關的職責：

- 當 WRD 坡度超過 24°時，KCC 應（如有可能）將坡度減緩。 如無法降低坡度，則必須採取錨栓固定、加蓋石籠及種植植被等水土流失控制措施。
- KCC 應恢復 WRD 頂端和側面斜坡處出現水土流失的區域；
- 應將未剝採的風化表土作為廢礦堆的覆蓋層，以構建植被的生長環境；
- 在重新種植植被時必須採用當地品種。 應施用土壤改良劑（如肥料和護蓋層）直至土壤內的有機物富集下來；
- 如廢料堆仍可能引起水土流失，則應設立一系列的圍土裝置，以降低沉積物對接收環境的影響；並且

- 雖然 WRD 瀝出物可能不會對地下水產生嚴重污染，但仍需在作業過程中持續進行觀察。

KCC 作業區內當前的 WRD 斜坡坡度較陡，會嚴重干擾復原工作，因而需要進行地形修整。尤其對於上文提及的受對塵埃影響的 Musonoi 村，更需要關注對 T-17 露天礦的地形修整作業。

8.6.7 有害和無害廢棄物的處理

- 已按需在 KCC 作業區域建立了當地填埋區。 按照 DRC 法規的規定，填埋區無需經過認證，但必須遵照現行慣例建造。

- KCC 開採許可區（主要包括 KTC 和 Luilu 精煉廠區域）所認定的有害廢棄物包括： 廢油；螢光燈管；電池；廢舊化學物質及其容器；廢棄正極板及催化劑。 對這些廢棄物的處理即代表了 KCC 承擔的環境和安全職責。 相關主管當局將在 2011 年前往 KCC 參觀，以對 KCC 有關有害廢棄物處理區域的選址、設計及佈局的計劃書進行評估，並批准其施工。

8.6.8 土壤曾受到污染的區域

在本作業區中存在多處土壤曾遭受污染的區域，例如 Luilu 精煉廠污水中的銅和鈷對土壤造成的污染。 建議對土壤污染區域進行評估，以確定 KCC 許可區中土壤污染的範圍和嚴重性， 並制定相應的工作計劃，使這些土壤恢復原貌。

8.6.9 未來硫化物礦石開採可能引起的酸性岩排水危害

KCC 作業區目前正在開採氧化銅礦石。 未來也可能會開採下層的硫化物礦石，而這可能導致酸性岩排水（「ARD」）進入鄰近的採礦作業區、廢礦堆和尾礦區域。 該區域內的圍岩含白雲石，產生的任何酸都可能會被就地中和，不過這還沒有得到證實。 因此建議對開採和廢棄原料進行地球化學測試，以確定 ARD 影響的可能性和嚴重性。

8.7 KCC 作業項目的主要社會影響因素及風險

關於《環境影響報告書》（EIS）和《環境管理計劃》（EMP）（SRK 諮詢有限公司，2010 年）以及與 KCC 人員現場討論的結果，特就表 58 中提出的主要社會問題說明如下。

- **社會評估（赤道原則 2）：** KCC 於 2011 年 1 月將 SRK EIS 提交給了 DPEM。完成這一步驟將意味著公司通過了有關影響評估和環境許可的要求。

- **社會/環境許可證（赤道原則 2）：** 所有的環境許可手續均已辦理完成。

- **企業社會責任（赤道原則 3 和 4）：** 由社區建設經理負責，針對礦井的社會影響管理確立了完善的組織結構和人事配備。 該部門負責管理社區事務，內容包括： 社區與礦井的日常交流；投訴的匯報；以及公司的企業社會責任計劃的貫徹實施。

  該部門由 17 位員工所組成，成員包括部門負責人、監理以及為直接受 KCC 作業影響的每一社區配備的社區聯絡官（「CLO」）。 另外，各社區均確定了負責與 KCC 工作組進行溝通的代表，他們所從事的工作是有償工作。 CLO 每天都需要向社區建設經理匯報工作，並制定月度工作報告。

  2010 年，社區發展項目共投入將近 800 萬美元。 這些項目包括： 社區基礎設施（學校、供水路線、醫院等）建設；保健（瘧疾和愛滋病毒控制）以及農業項目。 在目前沒有關於選擇項目的基本原則的綜合文件可供參閱的前提下，預算由社區建設部管理。他們似乎制定有適當的、結構化的項目分配決策方法，決策中有利益相關方的參與。 社區建設經理為 2011 年制定了約 1,000 萬美元的預算。

- **事故（赤道原則 3 - IFC PS 4 社區健康、安全與安全）：** 在 2009 年的事故登記中記錄了六次重大硫酸溢出事故，而 2010 年記錄了兩次嚴重程度稍低的溢出事故。未有社區人員受傷或出現健康衛生事件的記錄，但有幾次溢出的後果並未記錄在案。 在審查期間接受查詢的員工表示，KCC 近日進行了一項物料運輸隱患分析。 另外顯然還制定有一些旨在降低和控制未來可能出現硫酸溢出風險的程序，例如： 就最低

的安全和運輸作業標準對供貨商進行考核；配備兩名司機輪流工作；以及配備一輛應急車輛以備不時之需。 在審查期間，未曾見到隱患分析和防溢程序文件。

- **移民安置（赤道原則 3，IFC PS 5）：** 未制定有附近社區的移民安置計劃，在可預見的未來也沒有進行移民安置的需要。
- **社區申訴（赤道原則 6）：** 通過社區建設部制定的溝通與申訴制度，2010 年社區問題和關注點看起來都已得到了妥善處理。 發現的主要申訴問題是由於 T-17 露天礦和 KOV 露天礦爆破和廢礦處理影響了附近的 Musonoi 社區。 許多住戶反映爆破使他們的房屋出現了裂紋，而在乾旱季節，灰塵也是個問題。 評估和解決這一問題的措施包括定期對建築受到的結構性損傷進行測繪，在需要時對損毀情況給予賠償以及採取以下作業程序來減少上述影響。
- 全面遵守有關標準、規定（社會層面）： GAA 公司贊同 Metago 的如下結論，即 EIS 草案構成了將來礦區社會與環境管理合格性評價的基礎。 EIS 和 EMP 全面實施後，可以對需要符合世界標準（包括赤道原則和 IFC 執行標準）的措施提供指導。
- 目前已劃撥了足夠的財政和人力資源用於確保 EMS 一經最後制定完成後便能夠得到有效的實施。
- 關於社會責任，KCC 社區建設部完全有能力，同時其也具備合適的機構設置來妥善處理社會事務。該部門已顯示出了執行 KCC 企業責任計劃的出色能力。
- 目前該部門所面臨的一項重大挑戰是在周邊社區在儘量減少不切實際的預期，同時發展關係和商譽。
- 到目前為止，周邊社區似乎沒有嚴重到可能威脅採礦作業的不滿情緒。

8.8 通過審查發現的主要結論摘要

此次審查活動存在一定的局限性，但仍可得到以下結論：

- KCC 擁有在其開採許可區內作業所必須具備的作業許可證。
- 確定了一系列（現實的及潛在的）環境影響因素，這些因素可能對 KCC 的作業以及是否符合赤道原則構成不利影響。
- 這些影響因素主要與以下內容有關：
  - 當前以及過去對 Luilu 河的尾礦和生產廢水排放，這對 KCC 來說是一個重大的風險。 然而，該風險涉及 KCC 與 GCM 之間的責任劃分，這一問題在經修訂的合資協議中有詳細的描述。
  - KOV 露天礦對 Musonoi 河的廢水排放，這一問題要視目前正在開展的補救行動的效果而定。
  - 對村落造成的干擾影響，主要涉及塵降和爆破振動，這一問題同樣要視目前正在開展的補救行動的效果而定。
  - 社區可能受到放射影響（尤其是手工採礦者）。 這是與 GCM 有關的歷史遺留問題，與 KCC 責任無關。
  - 設施、場地（包括廢礦堆和過去受到污染的地方）恢復和關閉的費用責任。
  - 缺乏適當的設施來安全地處理來自 Luilu 精煉廠和 KTC 的有害廢物----這些廢物目前得到了妥善的處理，並不違反任何法令法規的規定。
  - 將來開採更深處的硫化礦石而產生酸性岩排水的風險未得到量化。
- 關於 KCC 的環境問題和社會問題管理：

- 環境部正加大實施 EMS 的力度。
- 社區建設部的組織結構、人員配備、預算及工作實踐均處於上佳狀態。 與當地社區的溝通交流似乎比較順暢，項目的重點明顯落在了滿足社區需求之上。

8.9 參考文獻

1) Metago（2009）。《Katanga 礦業有限公司盡職調查環境和礦井廢物審查報告》。 報告編號 C001-02-01，2009 年 2 月。

2) SRK（2010）。「Kamoto 項目： 項目環境影響報告書和環境管理計劃」。 SRK 報告 411167/1，2010 年 3 月。

3) C.G.E.A./A.P.KAT（2010）。 信件： Evaluation de la Radioactivité et Programme de Radioprotection dans les Installations Minières et Radiologiques de KAMOTO COOPER COMPANY。 République Démocratique du Congo, Commissariat Général à l' Energie Atomique / Antenne Provinciale du Katanga (C.G.E.A./A.P.KAT), 20 Mai 2010。

4) KCC（2009 年 10 月）。 現場環境事故登記： 2008 年 11 月至 2009 年 10 月。

5) KCC（2010 年 10 月）。 現場環境事故登記： 2009 年 11 月至 2010 年 10 月。

6) KCC Luilu 冶金實驗室 Excel 電子數據表：「截至 2010 年 3 月份的水質分析結果」（2009 年 5 月至 2010 年 3 月間來自各地點的實驗室水樣質量數據）。

7) KCC Luilu 冶金實驗室 Excel 電子數據表：「2010 年塵土樣本」（2010 年 1 月至 9 月間 KCC 塵降月度監測數據）。

8) SRK（2009）。《剛果民主共和國（DRC）Katanga 省 Katanga 礦業有限公司有形資產獨立技術報告》。 SRK 項目： 389772，2009 年 3 月 17 日。

9) 標注以下日期的 Talbot 及 Talbot 實驗室水質分析數據報告：

   a) 報告： Katanga8636/10 R1，標注日期：2010 年 6 月 24 日（樣本於 2010 年 5 月 27 日採集）；

   b) 報告： Katanga11806/10，標注日期：2010 年 8 月 16 日（樣本於 2010 年 7 月 14 日至 20 日採集）；以及

   c) 報告： Katanga13881/10，標注日期：2010 年 9 月 16 日（樣本於 2010 年 9 月 1 日至 2 日採集）；

9.0 市場

9.1 銅

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

2009 年，全球銅礦產量為 15.7Mt，其中，智利產量為 5.4Mt（約 35%），到目前為止是最大的生產國。 尚比亞和剛果民主共和國的銅產量分別為 0.6Mt（3.8%）和 0.3Mt（1.9%）。 2009 年，全球精煉銅產量為 18.4Mt，其中，2.9Mt 為二次精煉銅產量。 全球銅消費量略低，為 18.2 Mt。國際銅研究小組（ICSG）（2010 年 10 月 1 日）預測 2011 年全球銅礦產量將達 17Mt，全球銅消費量將達 19.7Mt。表 59 為歷史和 2011 年預測的全球精煉銅市場供需情況表。

表 59： 全球精煉銅市場供需情況表（來源：USGS）

千噸	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	*2010 年 1 月-9 月*	2010 年預測	2011 年預測
全球鈷礦產量	14 991	15 474	15 528	15 754	*11 853*	16 235	17 076
一次精煉銅產量	14 678	15 191	15 399	15 466	*11 729*		
二次精煉銅產量	2 613	2 743	2 823	2 911	*2 513*		
全球精煉鈷總產量	17 291	17 934	18 222	18 377	*14 242*	19 278	20 498
消費量	17 058	18 239	18 056	18 198	*14 678*	18 882	19 729
LME 銅價（USD/t 均價）	6 727	7 126	6 952	5 164	*7 175*	7 543	

過去 5 年，銅價出現了大幅波動，如圖 42 所示。 2006 年 1 月 1 日，銅價為 USD4,585/t，接近歷史最高點。隨後價格迅速攀升，2006 年 5 月達到 USD8,800/t 的高點。2007 年 2 月，銅價下降到 USD5,302/t。 儘管房地產泡沫破滅讓全球陷入了金融危機，但銅的價格仍然上漲，2008 年 7 月達到了 USD8,900/t 的新高。此後，隨著金融危機對全球經濟產生了更大的影響，2008 年 12 月價格下降到 USD2,810/t，為近 5 年來最低水平。從那時起，價格普遍呈上升態勢，2011 年 1 月 12 日達到 USD9,695/t 的最高新紀錄。

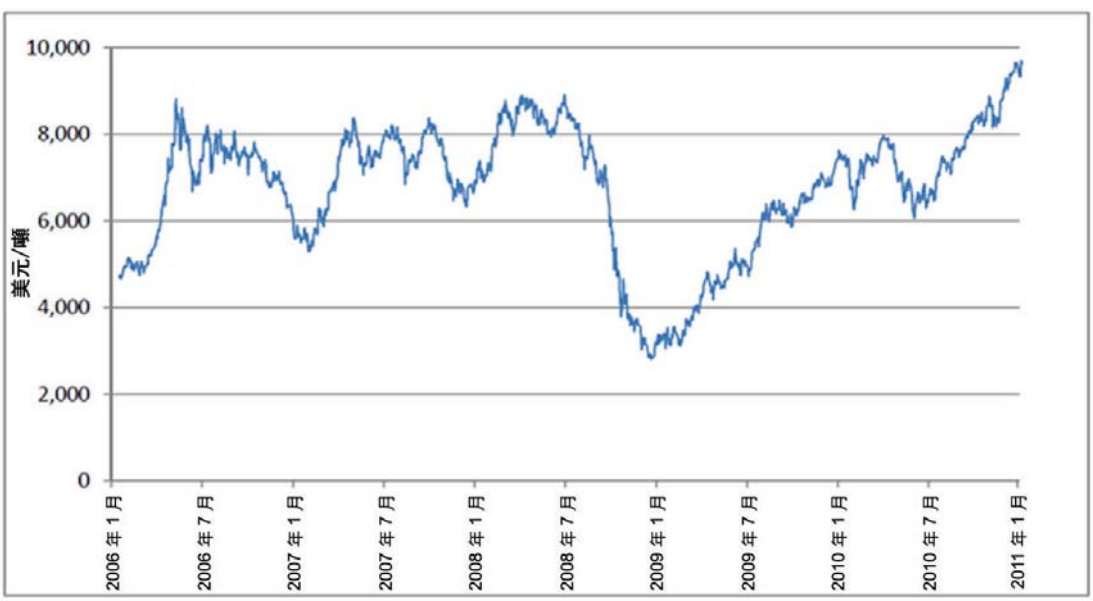


圖 42： 倫敦金屬交易所銅價（2006 年 1 月至今）（來源：LME）

本項目經濟評價所用的預測銅價如表 60 所示。 這種預測依據的是倫敦金屬交易所（LME）發佈的每月期貨價格，把每年 6 月份作為合同年起止時間的依據直至 2019 年。這些公開使用的價格均以名義價值計算。 經濟評價所用的金融模型按實質計算（2011 年，USD），實質銅價預測值來源於使用表 60 中美國 CPI（美國消費者物價指數）估價的名義價格。 2011 年的預測名義價格平均為 USD9,600/t，在 2019 年下降至 USD6,800/t。

表 60： 預測銅價

銅價（USD/t）	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	長期
名義	9,600	9,300	9,300	8,600	8,200	7,800	7,500	7,100	6,800	6,861
實質	9,600	9,208	8,822	8,347	7,880	7,240	6,859	6,397	6,036	6,000
美國 CPI 指數	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	

9.2 鈷

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

鈷的產量遠不如銅： 2009 年全球鈷產量為 62,000 t，其中，剛果民主共和國是最大的生產國，產量為 25,000 t（約 40%）。澳大利亞、中國和俄羅斯各國的產量均約為 6,200 t（各佔總量 10%）。 2008 年，全球精煉鈷產量為 57,600 t，全球消費量略高，為 60,654 t。表 61 為歷史的全球精煉鈷市場供需情況表。 礦產業資訊研究組織羅斯基爾資訊服務公司（Roskill Information Services）預測 2011 年的鈷需求量為 72,500 t（2010 年 10 月）。

表 61： 全球精煉鈷市場供需情況表

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

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

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

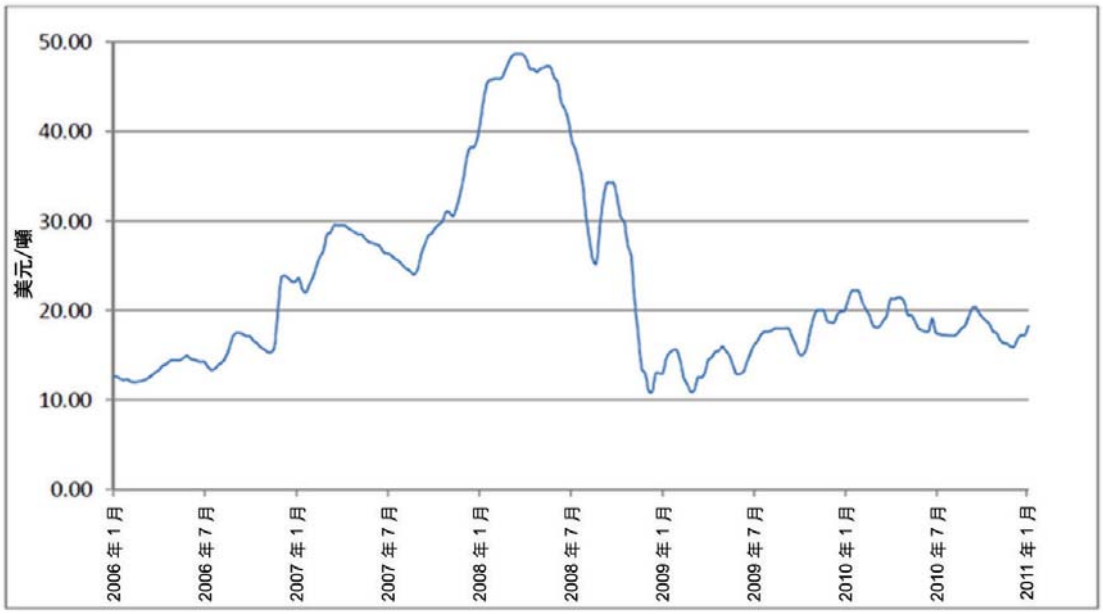


圖 43： 2006 年 1 月至今的鈷價（來源：南非 Inet Bridge）

本項目經濟評價所用的預測鈷價如表 62 所示。預測鈷價引用英國《金屬導報》（Metal Bulletin）公佈的次日交割的 99.8%品位鈷價（名義價格，單位：USD/lb）。。預計未來三年內該遠期價格曲線會逐步走低，直到跌至其長期價值。 經濟評價所用的金融模型按實質計算（2011 年，USD），實質鈷價預測值來源於使用表 62 中美國 CPI（美國消費者物價指數）估價的名義價格。 2011 年的預測平均價格為 USD17.24/lb，到 2019 年下降至 USD13.00/lb。

表 62： 預測鈷價

鈷價（USD/lb）	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	長期
名義	17.24	16.78	16.00	15.00	15.00	15.00	13.00	13.00	13.00	13.00
實質	17.24	16.62	15.68	14.56	14.41	13.92	11.89	11.71	11.54	11.00
美國 CPI 指數	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	

10.0 技術及經濟假設

10.1 收入假設

KML 已經和 Glencore 國際公司簽署了承購協議，規定 Glencore 將購買 KCC 公司在其礦山生命期內生產的全部銅和鈷。 該承購協定按公平獨立交易原則在標準的市場條件下進行磋商。

10.2 資本成本估算

按主要成本項目劃分的資本成本估算的總結如表 63 所示。 資本支出項目如下：

- **KTO 礦：** 資本支出包括購買地下採礦設備以滿足 LOM 計劃的要求，還包括採礦區通路和通風設施的開發成本；
- **KOV 露天礦：** 資本支出包括剝離廢物使礦體露出；
- **東 Kamoto 地下礦：** 初始資本是為了開拓從 KTO 礦前往新礦的通路。 此後，資本支出包括購買滿足 LOM 計劃的要求所需的採礦設備，還包括採礦區通路和通風設施的開發成本；
- **T-17 地下礦：** 初始資本用於從地面上開拓一個入口。 此後，資本支出包括購買滿足 LOM 計劃的要求所需的採礦設備，還包括採礦區通路和通風設施的開發成本；
- **東 Mashamba 礦：** 資本支出包括購買滿足 LOM 計劃的要求所需的採礦設備；
- **加工廠：** 資本支出用於建設加工廠，參見第 5.0 節的描述；
- **廢水池和尾礦：** 資本支出用於建設廢水池和尾礦設施，參見第 6.0 節的描述；
- **供電成本：** 資本支出用於建設和整修供電基礎設施，參見第 12.2 節的描述；
- **環境及社會成本：** 支出涉及很多方面，包括 Far West 尾礦壩利益相關者參與、就業和經濟機會、用瀝青鋪路（以減少粉塵和道路安全隱患）、粉塵監測設備、二氧化硫減排/監測設備、地表水管理（貯存管理）、一般及危險廢物管理（溝渠和建築物）設備、地下水專門設備；懸浮固體輻射監測和調查設備等水加工設施、應急設備和車輛；及
- **一般成本：** 資本支出用於維持 KCC 運營所需的一般性質的未分配基礎設施。

表 63： 資本支出

美元（單位：百萬）	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2035	合計
開採							
KTO	30.9	30.9	30.9	23.8	11.8	91.0	**219.2**
KOV 露天礦移動式採礦設備銷售收益	-28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**-28.0**
KOV 露天礦預剝離廢物、排水及其他	13.5	5.0	5.0	20.8	16.8	0.0	**61.0**
東 Mashamba	0.0	8.0	12.4	21.5	31.2	8.7	**81.8**
東 Kamoto 地下礦	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	343.8	**343.8**
T-17 地下礦	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	220.9	**227.2**
開採小計	**16.4**	**43.9**	**48.2**	**66.1**	**66.1**	**664.3**	**905.0**
加工							
第 3 階段	103.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**103.0**
第 4 階段	107.4	204.9	224.9	0.0	0.0	0.0	**537.2**
加工小計	**210.4**	**204.9**	**224.9**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**640.2**
其他成本項目							
尾礦	5.1	15.01	15.01	15.0	12.7	113.5	**176.4**
環境及社會成本	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	147.5	**197.5**
供電成本	50.0	53.2	47.6	16.4	6.4	58.1	**231.7**
一般性資本支出	28.5	26.4	25.0	25.0	25.0	368.8	**498.6**
其他小計	**93.6**	**104.6**	**97.7**	**66.4**	**54.1**	**687.8**	**1 104.2**
總資本支出	**320.4**	**353.4**	**370.8**	**132.5**	**120.2**	**1 352.0**	**2 649.4**

10.3 運營成本估算

主要運營成本如下：

- **露天礦和地下採礦：** 這些成本包括：
  - **KTO 礦：** 成本依據的是作為業主經營時的當前和預算成本。 LOM 的加權平均成本為礦石開採 USD 29.46/t；
  - **KOV 露天礦：** 成本依據的是一家採礦承包商 Enterprise Generale Malta Forrest 收取的合同約定的採礦承包商費用，包括採礦 USD 6.23/bcm，礦石運費 USD 2.27/t；
  - **T-17 露天礦：** 成本依據的是 Enterprise Generale Malta Forrest 收取的合同約定的採礦承包商費用，包括採礦 USD 7.70/bcm，礦石運費 USD 2.70/t；
  - **東 Kamoto 地下礦：** 成本依據的是作為業主經營時的估算成本。 LOM 的加權平均成本為礦石開採 USD 26.50/t；
  - **T-17 地下礦：** 成本依據的是作為業主經營時的估算成本。 LOM 的加權平均成本為礦石開採 USD 28.47/t；

- **東 Mashamba 露天礦：** 成本依據的是開展工作的承包商。 LOM 的加權平均成本為礦石開採 USD 29.30/t；

- **Kamoto 選礦廠：** 這包括工廠在試劑、消耗品及電力方面的成本，依據的是每年 USD 1,300 萬的固定成本，以及硫化物回路礦石 USD 1.91/t 和氧化物回路礦石 USD 11.65/t 的可變成本；
- **Luilu 精煉廠：** 這包括成品銅 USD 0.19/lb，成品鈷 USD 0.11/lb，而酸和石灰的成本未計入；
- **一般及行政費用：** 這包括總部和其他集中型成本；及
- **運輸、保險和銷售：** 這是基於將所有成品（銅和鈷）通過南非德班（FOB 點）運往歐洲或遠東地區的預期成本。

每年的主要運營項目詳見表 64。

表 64： 主要運營支出

美元（單位：百萬）	2011	2012	2013	2014	2015	2016 - 2035
運營成本						
露天礦和地下採礦	139.3	209.9	203.4	202.1	248.4	3 213.2
Luilu 精煉廠	108.9	142.4	120.5	62.3	107.3	1 868.9
Kamoto 選礦廠成本	59.3	53.5	55.4	76.7	100.9	1 538.6
第 4 階段精煉	0.0	0.0	29.6	117.0	113.4	1 820.8
尾礦	0.7	0.7	0.9	1.2	1.7	247.8
總運營成本	**308.3**	**406.4**	**409.8**	**459.3**	**571.7**	**8 689.3**
一般及行政成本	**81.5**	**78.5**	**76.9**	**71.4**	**66.8**	**1 348.8**

10.4 稅收、特許使用費和其他業務參數

適用於本項目的特許使用費、稅收資本免稅額和進口稅的主要決定性參數如表 65 所示。

表 65： 特許使用費、稅收和進口稅假設

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

根據剛果民主共和國的法規，資本可抵稅費且可遞延。 所有資本支出在第 1 年均享受剛果民主共和國 60%的資本免稅額，此後每年按照餘額遞減法降低。 需向 Gecamines 支付租賃費，8,550 萬美元已經編入 2016 年的預算。

11.0 經濟分析

本節內容是對 Katanga 礦業有限公司（KML）在 KCC 的利益的估值。 KML 通過不同的子公司擁有 KCC 75% 的股權，而 GCM 占 25%。 GCM 有權在採礦項目生命期內從 KCC 收取特許使用費、股息和租賃費。本處估價指的是 KML 所屬的 KCC 價值。KML 在 KCC 的利益包括 75%的股權和股東貸款。

11.1 估值方法

KCC 是一家運營性採礦公司，有幾處正在開掘中的礦山。其資源和儲量均明確，可以提供其當前和規劃運營的綜合性技術及財務資訊。憑藉這種資訊，可以規劃整個礦山生命期 KCC 未來的現金流。這與貼現現金流（「DCF」）方法一致，這種方法可通過計算某資產使用年限內未來現金流的淨現值（「NPV」）來確定該資產的價值。

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

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

這種估價建立在 KML 提供的財務模型的基礎上。 GAA 核實了該模型的完整性和結構，以確保計算能正確進行，且該模型內容詳盡，可全面考慮本項目的所有現金流。 對該模型的輸入假設進行了核查，核查內容包括歷史動態、合同及編制本報告的合資格人士的研究結果，以確保假設合理。 在該模型中還加入了其他分析，得到本報告列出的一些結果、圖像和表格。

11.2 估價假設

在估價模型中使用了以下假設：

- 估價日期為 2011 年 1 月 1 日；
- 按實質計算的貼現率設定在 10%，這是 Glencore 對其資產組合使用的貼現率。 估價模型按季度編制。
- 採礦和加工生產速度、原礦品位和採收率如 4.0 和 5.0 所示；
- 商品價格如第 9.0 節所述；
- 資本支出如第 10.2 節所述；
- 運營支出如第 10.3 節所述；
- 特許使用費、稅收、資本免稅額和匯率如第 10.4 節所述；
- KML 在 KCC 中的股權比例為 75%；及
- KCC 歸屬於 KML 的經濟利益通過在 KCC 的自由現金流中減除歸屬於 GCM 的現金流而得出。

11.3 KML 在 KCC 的利益的估值

DCF 模型的結果如表 66 所示，列出了歸屬於 KML 的自由現金流。 現金流預測的依據包括本項目生命週期內的預期未來採礦費用、生產費用、金屬銷售費用、資本支出、運營成本和其他費用。

Katanga MER 摘錄表

*產量指截至年底--12 月 31 日的年度產量

*冶煉廠的整體銅採收率為 85%，鈷採收率為 65%

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
成品金屬產量	單位								
銅	t	40 800	70 000	130 000	150 000	150 000	200 000	250 000	0150 000
鈷	t	2 050	3 240	5 500	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000
氫氧化鈷	t						22000	22000	22000
成品金屬實際/預測產量									
銅	t	22 122	41 964	52 179	110 414	150 000	174 546	246 669	308 194
鈷	t	749	2 534	3 437	5 017	6 995	6 807	8 000	8 000
氫氧化鈷	t						2 821	9 574	6 869
供銷售的含銅精礦	t	-	1 773	6 054	21 881	-	-	-	-
供銷售的精礦含鈷	t	1 776	-	-	-	-	-	-	-
現金成本（不包括礦區土地使用費、變現費用，未計副產品收入）	US$m	276	286	291	388	483	485	529	637
副產品收入	US$m	164	77	155	343	251	294	451	391
土地使用費（占淨收入的比例）	%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
折舊及攤銷	US$m	364	287	200	310	371	323	214	179
法定稅率	%	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
資本支出									
持續性支出	US$m	119	18	56	60	87	86	95	83
擴張性支出	US$m	319	100	165	260	266	285	38	38

產量--採礦

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
KTO	單位								
礦石	t	551 333	1 094 088	1 309 735	1 308 520	1 708 720	1 822 924	1 846 355	2 258 118
銅品位	%	3.93	3.85	3.82	3.80	3.88	3.94	3.89	3.67
鈷品位	%	0.43	0.49	0.56	0.49	0.57	0.58	0.57	0.57
KOV									
礦石	t	-	-	722 324	1 517 348	2 364 753	3 336 993	5 164 689	6 176 646
銅品位	%	-	-	4.43	4.81	5.02	5.11	4.21	3.81
鈷品位	%	-	-	0.30	0.38	0.39	0.35	0.22	0.15
T-17									
礦石	t	479 543	1 687 978	1 944 742	1 100 000	370 000	-	-	-
銅品位	%	1.72	1.30	2.55	2.57	2.93	-	-	-
鈷品位	%	0.89	0.85	0.95	0.46	0.44	-	-	-
Tilwezembe									
礦石	t	609 792	-	-	-	-	-	-	-
銅品位	%	1.39	-	-	-	-	-	-	-
鈷品位	%	1.17	-	-	-	-	-	-	-
東 Mashamba									
礦石	t	-	-	-	-	-	-	-	994 510
銅品位	%	-	-	-	-	-	-	-	4.14
鈷品位	%	-	-	-	-	-	-	-	0.10

產量--KTC

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
硫化礦回路	單位								
產量*	t	840 000	1 680 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000	2 520 000
實際研磨 KTO 礦石	t	562 833	1 099 902	1 324 782	1 308 520	1 708 720	1 822 924	1 846 355	2 258 118
銅品位	%	3.80	3.70	3.73	3.80	3.88	3.94	3.89	3.67
鈷品位	%	0.40	0.47	0.54	0.49	0.57	0.58	0.57	0.57
所產硫化礦精礦	t	48 909	92 477	113 678	113 122	134 175	145 767	145 892	170 383
銅品位	%	40.80	40.70	39.56	40.00	42.00	42.00	42.00	42.00
鈷品位	%	4.40	5.00	5.66	3.70	4.70	4.70	4.70	4.90
氧化物和混合回路									
產量*	t	840 000	1 440 000	3 000 000	5 160 000	5 160 000	5 160 000	7 680 000	7 680 000
實際研磨 T-17 礦石	t	437 754	885 318	1 236 354	2 195 060	827 389	-	-	-
銅品位	%	2.70	2.34	2.45	1.99	2.30	-	-	-
鈷品位	%	0.70	0.76	0.95	0.70	0.70	-	-	-
實際研磨 KOV 礦石	t	-	-	364 455	1 561 348	2 364 753	3 336 993	5 164 689	6 176 646
銅品位	%	-	-	4.43	4.81	5.02	5.11	4.21	3.81
鈷品位	%	-	-	0.30	0.38	0.39	0.35	0.22	0.15
實際研磨東 Mashamba 礦石	t	-	-	-	-	-	-	-	994 510
銅品位	%	-	-	-	-	-	-	-	4.14
鈷品位	%	-	-	-	-	-	-	-	0.10
實際研磨礦石總量	t	437 754	885 318	1 600 809	3 756 408	3 192 142	3 336 993	5 164 689	7 171 156
銅品位	%	2.72	2.34	2.78	3.16	4.32	5.11	4.21	3.86
鈷品位	%	0.74	0.76	0.63	0.57	0.47	0.35	0.22	0.14
所產氧化礦精礦	t	55 323	974 495	189 386	447 576	426 574	347 384	452 004	687 917
銅品位	%	16.87	16.95	18.20	22.50	24.00	24.00	24.00	24.00
鈷品位	%	3.30	3.76	2.83	2.40	1.70	1.70	1.70	0.70
所產硫化礦精礦	t					38619	154 580	183 127	170 318
銅品位	%					42.00	42.00	42.00	42.00
鈷品位	%					2.30	2.10	1.60	1.10

產量--Kolwezi 選礦廠（KZC）（不再是 KCC 的資產--歸還給 Gecamines）

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
產量	單位								
實際研磨 Tilwezembe 礦石	t	555 753	-	-	-	-	-	-	-
銅品位	%	1.84	-	-	-	-	-	-	-
鈷品位	%	0.83	-	-	-	-	-	-	-
所產精礦	t	36 573	-	-	-	-	-	-	-
銅品位	%	12.31	-	-	-	-	-	-	-
鈷品位	%	4.87	-	-	-	-	-	-	-

表 66： LOM 項目現金流

現金流分析	單位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
收入	**MUSD**	**1,365**	**1,583**	**1,795**	**2,497**	**2,789**	**2,637**	**2,609**	**2,455**	**2,324**	**2,320**	**2,318**
運輸、保險和銷售費用	MUSD	(151)	(123)	(145)	(208)	(243)	(247)	(263)	(261)	(262)	(262)	(262)
特許使用費		(55)	(66)	(74)	(103)	(83)	(78)	(106)	(99)	(93)	(93)	(93)
淨收入	**MUSD**	**1,160**	**1,394**	**1,575**	**2,185**	**2,464**	**2,313**	**2,240**	**2,095**	**1,973**	**1,966**	**1,964**
運營成本	MUSD	(388)	(483)	(485)	(529)	(637)	(606)	(648)	(651)	(656)	(696)	(676)
其他費用	MUSD	(47)	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(2)	(2)	(2)	(1)	(1)
運營資金的變動淨額	MUSD	24	(28)	(84)	10	(36)	15	(3)	119	8	(7)	8
總費用	**MUSD**	**(411)**	**(528)**	**(586)**	**(536)**	**(690)**	**(608)**	**(652)**	**(642)**	**(650)**	**(704)**	**(669)**
稅費	MUSD	(1)	(2)	(2)	(284)	(653)	(544)	(452)	(414)	(359)	(330)	(335)
資本支出	MUSD	(320)	(353)	(371)	(133)	(120)	(89)	(105)	(110)	(97)	(110)	(103)
Gécamines 股息	MUSD	(11)	(21)	(205)	(74)	(91)	(158)	(260)	(236)	(218)	(205)	(209)
淨自由現金流	**MUSD**	**416**	**490**	**601**	**1,159**	**910**	**915**	**771**	**683**	**649**	**617**	**647**

現金流分析	單位	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
收入	**MUSD**	**2,354**	**2,362**	**2,369**	**2,363**	**2,332**	**2,273**	**2,258**	**2,167**	**1,843**	**–**	**–**
運輸、保險和銷售費用	MUSD	(266)	(267)	(268)	(267)	(264)	(257)	(255)	(243)	(204)	–	–
特許使用費		(94)	(94)	(95)	(94)	(93)	(91)	(90)	(87)	(74)	–	–
淨收入	**MUSD**	**1,993**	**2,000**	**2,007**	**2,002**	**1,975**	**1,925**	**1,913**	**1,837**	**1,565**	**–**	**–**
運營成本	MUSD	(702)	(734)	(734)	(734)	(698)	(680)	(670)	(577)	(480)	–	–
其他費用	MUSD	(2)	(1)	(1)	(2)	(1)	(1)	(2)	(1)	(1)	(57)	(56)
運營資金的變動淨額	MUSD	(7)	(1)	4	4	3	9	(0)	35	24	192	–
總費用	**MUSD**	**(711)**	**(736)**	**(722)**	**(701)**	**(697)**	**(673)**	**(672)**	**(543)**	**(457)**	**135**	**(56)**
稅費	MUSD	(356)	(355)	(346)	(362)	(369)	(354)	(342)	(348)	(358)	(263)	–
資本支出	MUSD	(103)	(94)	(87)	(56)	(77)	(75)	(83)	(77)	(56)	–	–
Gécamines 股息	MUSD	(206)	(204)	(211)	(213)	(209)	(207)	(202)	(218)	(176)	(72)	–
淨自由現金流	**MUSD**	**618**	**611**	**641**	**650**	**622**	**616**	**615**	**652**	**517**	**(200)**	**(56)**

基本情況下的 DCF 模型使用如第 4.0 節所述的輸入參數的數值。 KML 在 KCC 的利益的基本情況估價為 USD 60.08 億，上限為 USD 68.60 億（貼現率為 8%，反映的是高展望），下限為 USD 47.44 億（貼現率為 14%，反映的是低展望）。

表 67 – 表 69 列出了淨現值分別對所用貼現率和收入、資本支出和運營成本變化的敏感性。

表 67： 淨現值對貼現率和金屬價格變化的敏感性

NPV（百萬美元）		*金屬價格的變化*				
		-20%	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
貼現率	8.0%	4,582	5,717	6,860	7,935	8,987
	10.0%	4,012	5,008	6,008	6,946	7,859
	12.0%	3,547	4,431	5,315	6,142	6,944
	14.0%	3,162	3,954	4,744	5,481	6,193

表 68： 淨現值對貼現率和運營成本變化的敏感性

NPV（百萬美元）		*運營成本的變化*				
		-20%	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
貼現率	8.0%	7,513	7,155	6,860	6,511	6,210
	10.0%	6,525	6,265	6,008	5,704	5,442
	12.0%	5,769	5,541	5,315	5,047	4,816
	14.0%	5,147	4,945	4,744	4,505	4,299

表 69： 淨現值對貼現率和資本支出變化的敏感性

NPV（百萬美元）		*資本支出的變化*				
		-20%	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
貼現率	8.0%	6,986	6,967	6,860	6,752	6,641
	10.0%	6,128	6,108	6,008	5,908	5,805
	12.0%	5,429	5,409	5,315	5,220	5,124
	14.0%	4,854	4,833	4,744	4,654	4,564

所有上述三種因素的基本情況估價的敏感性如圖 44 所示。

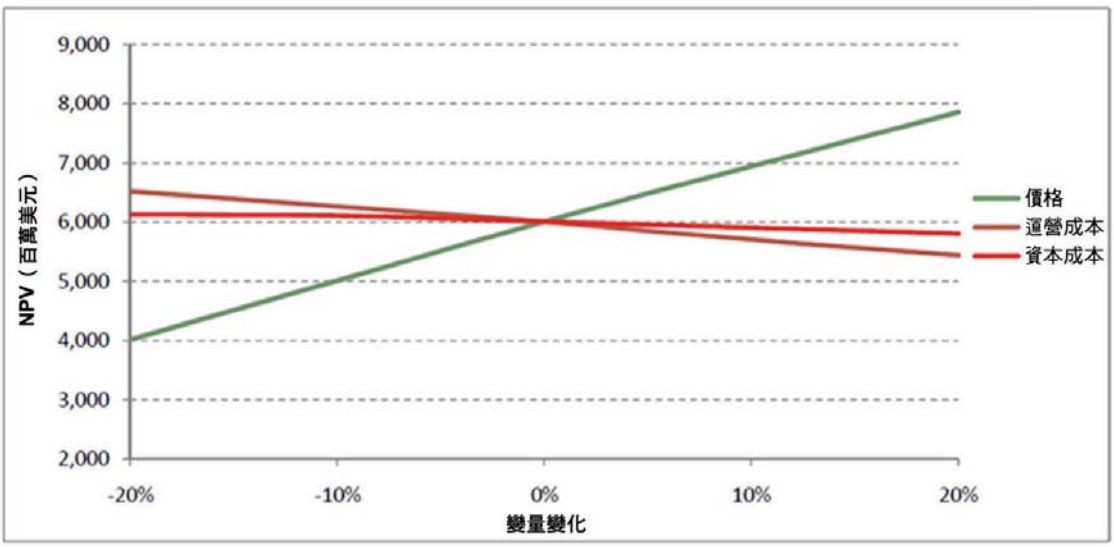


圖 44： 基本情況淨現值對金屬價格、運營成本（Opex）和資本支出（Capex）的變化的敏感性

本項目對金屬價格最敏感----金屬價格上漲/下降 1%會造成淨現值 USD 1.03 億的增加/下降。 運營成本上漲/下降 1%會造成淨現值 USD 3,000 萬的增加/下降。 本項目對資本支出的變化最不敏感----資本支出上漲/下降 1%會造成淨現值 USD 1,000 萬的增加/下降。

12.0 風險分析

本報告中的風險分析有兩個來源。

- 對參與本項目技術分析的合資格人士作簡短指示，識別並記錄在其工作過程中的項目風險；及
- 對於以前由 SRK 諮詢有限公司在 2009 年 3 月對 KCC 所做的獨立技術分析中確定的風險，如果進行審查後認為其仍然合理，則包括在本次風險分析中。

12.1 採礦風險

可能對生產計劃產生負面影響的主要風險包括：

- 排水： KOV 露天礦和東 Mashamba 露天礦必需進行初期排水和連續排水。 近期曾根據前述露天礦設計及歷史水文地質數據對當前排水策略進行修訂，而歷史水文地質數據的準確性難以考究。 因此，目前的排水策略可能無法達到維持旱坡條件的設計效果。 這可能會導致出現與露天礦經濟性、穩定性和開採生產進度相關的風險。 當前正通過進行進一步研究，加深對水文地質的瞭解，確定正確的排水策略，盡可能經濟、高效、安全地開採來逐步降低此風險。
- 通道入口和邊坡塌落： KOV 露天礦將發展成為大規模開採作業，開採深度可達 400m。 計劃每年從露天礦採出的礦物高達 0.45 億噸。 小邊坡塌落會對通往開採工作臺的通道產生不利影響。 因此需要制定戰略，開闢一條開採區域的備用通道入口坡道。
- 可用露天礦空間： 高開採速度要求有足夠的工作區域或工作面長度。 所以，應在 KOV 露天礦南段擴大並保持額外的工作面長度。
- 廢料堆的可用空間： 至 2030 年，KOV 露天礦將產生 4.62 億噸廢料，所以 KOV 露天礦附近可供傾倒廢料的空間遠遠不夠，儘管已經取得位於當前 KOV 露天礦礦區北部其他土地地面的使用權，詳見「經修訂的合資協議」。 不過，為了提高成本效益，應編制詳細的技術方案把採礦廢料回填至枯竭礦坑。 相應技

術研究完成後，根據 KOV 露天礦正常開採順序，T-17 露天礦應自 2013 年起可以開始回填廢料，屆時或可回填 1.5 億噸廢料。

- 品位控制： 採礦模型採用 0.6% 銅的邊界品位。 應制定針對大批量作業的品位控制方法。 低效的品位控制系統可能導致資源損失，或礦石開採不符合經濟性開採原則，進而造成計劃收入難於彌補加工和銷售成本。

12.2 加工風險

冶金加工主要試劑的供應和品質

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

電力供應波動：

生產計劃的電力要求約為 230-250MW，存在以下風險：這種電力可能無法通過國家電網提供，並可能導致電力中斷或供應波動。 KCC 已經和剛果國家電力公司（「SNEL」）簽署協議，整修金夏沙和科盧韋齊 SCK / RO 電站之間的直流輸電線路，保障 2011 年的電力供應最少達到 160MW。KCC 還和 SNEL 進一步協商提供資金，整修剛果民主共和國內的其他電力基礎設施，到 2015 年把從因加（Inga）水力發電站送往 Katanga 省的可用電力增加至 450MW。

12.3 資本風險

成本遞增：

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

12.4 運營風險

鐵路線路狀況不佳：

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

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

機車車輛的可用性：

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

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

國內制度性基礎設施及機構能力欠缺：

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

高級管理和技術專業人員：

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

手工採礦者：

在鄰近的尾礦壩和廢礦堆場上有大量的手工採礦者在採礦。 這可能會由於礦場周圍道路擁堵帶來生命危險和人身傷害。 如果手工採礦者抗議 KCC 活動或國家法規妨礙了他們的活動，就可能會因為社會動盪出現生產損失。

12.5 主權風險

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

12.6 經濟及市場風險

商品價格：

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

運營成本：

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

貨幣風險：

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

12.7 環境及社會風險

GAA 於 2010 年 12 月 8 日對 KCC 進行的環境及社會審計期間指出了這些風險。

KOV 礦排水：

KOV露天礦礦坑液體以 5,000 – 6,000 m^3/h的速度排出，這些水排入Musonoi河。 排放物中存在懸浮固體（TSS）濃度可能升高，%銅、%鈷和%錳含量可能增加的風險，但每日均在排放點進行監測。迄今為止，根據剛果民主共和國的法定要求，濃度和含量達標率超過 98%。

散落在社區的粉塵：

在附近村莊的落塵超過了可接受的限值，環境事件登記記錄了社區對落塵的投訴。 應該指出的是，過去用過的 GCM 廢礦設施產生的落塵在總的落塵中占了很大部分，落塵還受到該區域其他作業者----特別是 GCM 特許權區內的手工採礦者----的採礦活動的影響。 KCC 通過適當的抑塵措施管理其作業期間產生的落塵。

酸性岩排水：

由於目前 KCC 正在開採氧化銅礦，未來可能會開採深層硫化礦石，從而出現酸性岩排水（「ARD」）的風險。該區域內的圍岩含白雲石，產生的任何酸可能會被就地中和，不過這還沒有得到證實。 通過對採礦及廢料進行地球化學試驗來確定酸性岩排水（「ARD」）影響的可能性和重要性，可以減輕這種風險。

不符合《剛果民主共和國採礦規範》：

最近提交的《環境與社會影響評估》（ESIA）詳細描述了項目開是否完全符合《剛果民主共和國採礦規範》的環境要求，如果本項目無法滿足 ESIA 的承諾，採礦許可證（PE）可能會被撤銷。《環境影響報告書》（「EIS」）及《環境管理計劃》（「EMP」）取代了 GCM 於 2006 年為 KCC 特許權區提交並獲批准的現有 ESIA。這兩份報告由 SRK 按照《剛果民主共和國採礦規範》和《剛果民主共和國採礦守則》為 KCC 項目編制，並在 2011 年 1 月提交至採礦環境保護局（「DPEM」）審批。 《環境管理計劃》（「EMP」）一旦獲得批准，只需遵守 EMP 即可減輕這種風險。

遺留的環境問題：

按照與 GCM 的協議，對於 2004 年 2 月 4 日生效的採礦許可證移轉之前的歷史環境問題，KML 不承擔責任，且這些問題**不被視為風險**。 不過，遺留的環境問題存在於項目現場，由於不符合赤道原則，使本項目存在風險，因此必須進行管理。 這些問題包括尾礦和加工廢水向 Luilu 河的排放，社區和手工採礦者可能暴露於輻射中，以及歷史污染地點的復原。

GOLDER ASSOCIATES 非洲有限公司

Frank Wimberley
項目經理

Willem van der Schyf
合資格人士

SE/WvdS/kf

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

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

g:\projects\12971-mineral expert report and waste mngment compliance\4_reports\final_kcc\12971_10169_2_mer_kcc_26-04-2011.docx

附錄 A

縮寫及詞彙表

縮寫列表

縮寫

3D	三維
AAS	原子吸收光譜測試法
AHK	Alfred H. Knight 實驗室
AICo	不溶於酸的鈷
AICu	不溶於酸的銅
AJVA	經修訂的合資協議
ARD	酸性岩排水
ASCu	溶於酸的銅
B RAT	角礫 RAT 岩
BH	異質角礫岩
BOMZ	黑礦石礦區
CAF	充填
CAMI	剛果民主共和國（剛果金）礦業部
CCIC	Caracle Creek 國際諮詢有限公司 (CCIC) - 南非
CLO	社區聯絡官員
CMN	黑色石灰岩礦
公司	Glencore International PLC
CV	變動系數
D Strat	層狀白雲岩
DCF	貼現現金流
DCP	剛果民主共和國銅鈷項目責任有限公司
DPEM	採礦環境保護局
DRC	剛果民主共和國
EIS	環境影響報告書
EMP	環境管理計劃
EMS	環境管理體系
ERT	緊急應變隊伍

ESIA	環境與社會影響評估（Environmental and Social Impact Assessment）
EW	電解沉積
GAA	Golder Associates 非洲有限公司
GCM	剛果（金）國家礦業公司（La Generale des Carrieres et des Mines）
GEC	Global Enterprises Corporate 有限公司
Glencore	Glencore 國際公司
HG	高品位
IFC	國際金融公司
ITR	獨立技術報告
IWWMP	水和廢棄物綜合管理計劃
JORC	《澳洲礦產資源及礦藏鑒定報告規範》（2004 年版）
KCC	Kamoto銅礦公司
KFL	Katanga)金融有限公司
KITD	Kamoto 臨時尾礦壩
KML	Katanga礦業有限公司
KOV	Kamoto Oliveira 及 Virgule 地區
KTC	Kamoto選礦廠
KTE	Kamoto東部地下礦
KTO	Kamoto地下礦
LG	低品位
Libor	倫敦銀行同業拆放利率
LME	倫敦金屬交易所
LOM	礦山生命期
Luilu精煉廠	Luilu 冶金廠
MAX	最大值
MER	礦產專家報告
MIN	最小值

MVT	密西西比河谷型
Niknor	Niknor 股份有限公司
NPV	淨現值
OBI	低等級礦體或劣等礦體
OBS	上部礦體
OK	普通克立格法
P&G	初期及一般性費用
PE	採礦許可
PPCF	刀柱式充填
QA/QC	品質保證和品質控制
QC	品質控制
R 1	RAT Lilas 組
R 2	RAT Grises
R 3	由淺灰到暗紅或棕色的分層葉岩和雲母片岩
R 4	為具有鱷狀層位及數個帶狀淺黃色滑石片岩夾層的灰色矽質分層白雲質岩。 常見赤鐵礦結核。
RAP	房柱式
RAT	Roches Argilleuses Talceuse 群
RATGR	Rat Grises 組中的礦化作用
ROAN	Katanga系中的 Roan 統
ROM	原礦
RSC	帶有孔洞的矽質岩
RSF	葉片狀（成層）矽化岩
RSV	Read, Swatman & Voigt (Pty) 有限公司
SDB	基底片岩
SDS	上部白雲質葉岩
SG	比重
SGS	SGS 諮詢有限公司
SKM	重型車輛車間

SLC	分段崩落採礦法
SMU	選擇性開採單元
SNEL	國家電力公司
SNOWDEN	Snowden 礦業服務公司
SRK	SRK（南非）諮詢有限公司
Surpac	GECOM Surpac 採礦作業規劃軟件
SX	溶劑萃取
TDS	溶解固體總量
TSF	尾礦儲存設施
TSS	懸浮固體總量
UG	地下
WACC	加權平均資本成本
Whittle	GEMCOM Whittle 礦井優化軟件
WRD	廢礦堆

單位

%	百分比
%ASCu	酸溶銅百分比
%CaO	氧化鈣百分比
%Cu	銅百分比
%CuO	氧化銅百分比
%TCo	總鈷百分比
%TCu	總銅百分比
±	正負
°	度
kg	千克
km	公里
km^2	平方公里
kt	千噸
米	米
Mt	百萬噸
Mtpa	百萬噸/年
tpa	噸/年
tpd	噸/日
tph	噸/小時

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
$(Cu,Co)_2(CO_3)(OH)_2$	鈷孔雀石的化學分子式
(Fe,Co)O(OH)	針鐵礦的化學成分
Co	鈷元素的化學符號

$Co(OH)_2$	氫氧化鈷的化學分子式
Cu	銅元素的化學符號
$Cu_2CO_3(OH)_2$	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
CuO	氧化銅的化學分子式
CuS	銅藍的化學成分
H_2S	硫化氫的化學分子式
Mn	錳的化學符號
$Na_2S_2O_5$	亞硫酸鈉的化學分子式
NaHS	硫氫化鈉的化學分子式

技術詞彙表及定義

2008 年可行性研究	由 SRK 諮詢（南非）有限公司編制的《Kamoto 營運有限公司可行性研究》，文件標注日期為 2008 年 11 月
2009 年技術報告	《SRK 諮詢（南非）有限公司技術報告》，文件標注日期為 2009 年 3 月 17 日
2010 年技術報告	由 Katanga 礦業有限公司編制的一份技術報告，報告名稱為《剛果民主共和國 Katanga 省 Katanga 礦業有限公司有形資產技術報告書》，文件標注日期為 2010 年 3 月 31 日
泥質岩	一個用來描述模態顆粒屬於粉土級的沉積岩的術語
長石砂岩	一種基質材料比例不到 15%，石英和長石比值至少為 25%的砂岩
化驗分析	為確定礦物中的金屬含量而對礦物樣本進行的化學分析
基底礫岩	地層單元中最早形成的礫岩
傾角	某一地質構造/岩石與水平面之間形成的傾斜角度
白雲岩	一種碳酸鹽沉積岩和一種礦物的名稱，兩者的成分均為碳酸鈣鎂
混積岩	一種沉積岩，粒徑從黏土級到巨礫級不等
鑽孔採樣	一種提取地下岩石樣本的方法
D Strat（層狀白雲岩）	一種高度成層的泥質白雲岩，構成GCM所謂的「低等級礦石帶」的基礎
生效日期	技術報告的生效日期
自形	一個用於描述一種具有充分發育的晶形礦物的術語
相	某一特定沉積岩的全部岩性特徵，通過這些特徵可推斷出沉積環境
扇礫岩	在沖積扇中沉積下來的一種碎屑岩
斷層	裂縫的斷裂面，兩側岩體沿這一斷裂面發生位移
Gecamines	剛果民主共和國的一家國有礦業公司，全稱為「剛果（金）國家礦業公司」（La Generale des Carrieres et des Mines），主要在Katanga省從事銅礦開採
品位	一個用來衡量礦化岩石中銅或鈷含量的指標
控制的礦產資源量	指礦產資源中，對噸位、密度、形狀、物理特徵、品位及礦物含量等方面的估算具有合理可信度的那部分資源。 控制資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的勘探、採樣和測試資料為依據，而這些資料的取得需要借助適當的技術。 對確認地質和礦物品位的連續性來說，這些資料採集地點過於分散，或者說空間設置不夠合理，但對連續性假設來說這卻是足夠近的距離
推斷的礦產資源量	礦產資源中，對噸位、品位及礦物含量等方面的估算具有較低可信度的那部分資源。 它是根據地質證據及尚未獲得驗證的假設的地質和（或）品位連續性推斷出來的。 推斷資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的資料為依據，這些資料的取得需要借助適當的技術，但其所提供的信息可能較為有限或者其質量和可靠

	性可能無法得到保證
KOV露天礦	KOV露天礦是一個正在營運當中的露天礦山
岩性 / 岩性的	有關不同岩石類型的地質概念
東Mashamba露天礦	東Mashamba露天礦是一家目前處於停產當中的露天礦山
有形資產	多項資產的總稱，包括KTO礦、T17露天礦、KOV露天礦、東Mashamba露天礦、Tilwezembe露天礦、卡南加礦、Kamoto選礦廠、Luilu冶金廠以及生產可供銷售的金屬所必需的基礎設施
探明的礦產資源量	指礦產資源中，對噸位、密度、形狀、物理特徵、品位及礦物含量等方面的估算具有較高可信度的那部分資源。 探明資源量的確定要以來自露頭、溝壑、礦井、礦山巷道及鑽孔等處的詳盡可靠的勘探、採樣和測試資料為依據，這些資料的取得需要借助適當的技術。 資料來源地點之間的距離應較近，足以確認地質和品位的連續性
變質沉積岩	變質沉積岩
礦產資源	指積聚或存在於地殼內或地表，具內在經濟價值的物質，其形態、質量及數量足以令人相信存在最終可實現經濟開採的合理前景。 礦產資源的位置、數量、品位、連續性及其他地質特徵可依據具體的地質證據及知識得知和估算，或根據具有良好約束條件、模擬細緻的模型進行詮釋。 礦產資源按從低至高的地質可信度分為推斷資源、控制資源及探明資源三類
Mwashya或R4	具有鱷狀層位及數個淺黃色滑石片岩帶的淺灰色矽質蝕變分層白雲質岩
推覆體	受重大構造遷移影響而發育於造山帶上的高度褶皺岩體
造山運動	造山運動是指山脈的形成過程，它導致了高度變形帶的形成，而高度變形帶構成了山脈。
元古代	指介於$2.5x10_9$到$570x10_6$年前之間一個地質時期
假晶	替代了另一種礦物但保留了該礦物外形的次生礦物
Roches Argilleuses Talceuse（RAT）群	RAT群被認為是R2和R1單元的邊界，由RAT Grises（R2）上群和RAT Lilas（R1）下群所組成
葉片狀（成層）矽化岩（RSF）	一種淺灰到淺棕色呈薄層狀、成層的、高度矽化的白雲岩
帶有孔洞的矽質岩（RSC）	一種多孔的、孔隙受到充填的塊狀疊層矽質白雲岩
砂岩	一種沙屑含量超過25%的碎屑沉積岩
片岩	一種區域變質岩，其特徵為大多數礦物成分呈平行排列
基底片岩（SDB）	一種紅褐色到灰色的泥質結節狀白雲岩到粉砂岩
沉積岩	因沉積物的堆積以及受其他岩石侵蝕而形成的岩石
上部白雲質葉岩（SDS）	淺黃色、奶油色到紅色成層、片狀白雲石質粉砂岩和細粒砂岩

標準方差	方差的平方根
地層學	有關成層岩的時間空間研究的一門學科
沉積岩	因沉積物的堆積以及受其他岩石侵蝕而形成的岩石
矽質碎屑岩	內部的碎屑大多為矽酸鹽礦物的碎屑岩
葉岩	一種泥質岩，具有層次分明、貼合緊密的層狀結構
和，同	和，同，一起
構造	與主要的地球構造及其形變有關的
T17露天礦	T17 Musonoi露天礦
Tilwezembe露天礦	Tilwezembe露天礦是一個最近剛剛關閉的露天礦場
海侵	海洋向陸上區域或淺海區域的侵入
差異	樣本值和平均標度之間的差異
火山岩	岩石的三種類型之一。 火山岩組合包括所有噴出岩和有關的侵入岩
火山碎屑岩	岩石的三種類型之一。 火山岩組合包括所有噴出岩和有關的侵入岩

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

Golder Associates