

7. 冶金與選礦評估

7.1 冶金設施概述

過去20年來，錦豐的耐火黃金資源，一向在中國、澳洲、南非及美國的化驗所接受冶金測試。這些測試確認了粉狀硫化物所含金礦的極純性質，其中主要存在於黃鐵礦和砷黃鐵礦內，也有少數存於石英、粘土、碳酸鹽和碳質物料內，情況與內華達州的卡林式礦床有很多相似之處。

礦石內的硫化物水平較低，介乎1.5%至2.5%。礦產含有輝銻礦、雄黃礦、雌黃礦和辰砂，但缺乏基底金屬硫化物，因此無法在採用傳統氰化法回收黃金之前，先採用精礦或整體焙礦技術，作為一種符合經濟效益的處理進路。測試已確認，採用自焙法是輕而易舉的，而SGS Lakefield的浮選測試也已確認，可達到18%的硫磺精礦。

在建中選礦廠的設計，以一份冶金流程圖為基礎，旨在優化黃金回收和降低生產成本。流程圖所包含的單位作業，全部已證明可行，並曾在其他成功的作業的配置方案中採用。所選取的進路包括初始壓碎、半自磨、球磨混合浮選、濃縮、生物瀝濾和中和，炭濾法黃金分解、英美研究所洗脫與尾礦解毒等。

浮選與瀝濾所得尾礦，將會分隔存放在不同的儲存設施，防止生物殺滅劑返回選礦水迴路中。

在可能的情況下，設備均在中國境內採購，這樣做通常是為了節約成本。然而，所有設備均曾投入使用，具備相關記錄，沒有任何設備按類型及／或體積屬首次採用。

錦豐廠設計的首要準則是年產能要達到1,200,000噸預礦，給料硫磺品位1.7%，最高品位2.25%。

磨礦設計可用能力定為91.3%可算保守，但處於現代礦廠的正常水平內。BIOX®、逆流傾析、液體中和、炭濾法和解毒迴路等的設計可用能力定為95%，乃遵照Goldfields的建議而定。

主要工藝流程通過Citect平台，實施可編程邏輯控制器自動化監控，支持礦廠運作，並提供管理數據。

7.1.1 礦廠

繼編製項目可行性研究之後，又完成優化階段報告，對冶金數據、設計準則和若干工程實踐問題進行審議，原有的流程圖也略作修改。

工藝進路將單一階段壓碎前的礦石回收和混拌歸納為單一儲礦堆，礦井回收和運輸則歸納為單一低向度比率半自動磨礦。經排放的泥漿按旋流分類，底流被吸往初始球磨機，形成閉端迴路。

旋流溢流 P_{80} 75微米，流向預浮階段，進行石墨／焦瀝青控制。

預浮尾礦經過條件作用處理後，轉往初始浮選，初始精礦泵往精礦濃縮機或清洗迴路。經初始浮選的尾礦泵往二次磨碎，成 P_{80} 38微米後送回，進行兩階段的二次浮選。經二次浮選的尾礦泵往尾礦濃縮機，二次精礦泵往分三個階段進行的清洗迴路。

精礦初始清洗階段泵往精礦濃縮機。第二及第三階段精礦泵往之前的階段。清洗器的尾礦回送二次磨碎。濃縮後的精礦轉往兩個生物氧化緩衝槽的其中之一。這兩個生物氧化緩衝槽各向一個獨立的瀝濾套間給料，瀝濾套間包括4個平衡配置的初始瀝濾槽，其後有4個按序排列的二次瀝濾槽。

按泥漿密度20% w/w及酸鹼度介乎1.2至1.8，泥漿溫度定於攝氏43度，預測瀝濾時間為4.5天。

礦廠的生物氧化間，由Goldfields／Gencor另行設計，採用專利BIOX®工藝。約翰奈斯堡的SGS Lakefield化驗所曾進行測試計劃，利用其120公升小型廠房，進行持續先導測試。在中國進行的一個浮選計劃中所生產的超過1,000公斤的浮選精礦，經轉送到Lakefield，在若干計劃內進行選礦，為錦豐項目形成設計與工程數據。

經生物瀝濾槽氧化的泥漿，泵往一個三階段持續逆流傾析濃縮機迴路，將固體和液體分隔。逆流傾析濃縮機的溢流，在6個按序排列的攪動槽內與濃縮浮選尾礦中和，利用內含碳酸鹽將酸鹼度調節至3.5，利用石灰將酸鹼度調節至7，然後排放至浮選尾礦濃縮機。可溶砷將會凝結成為穩定的砷酸鐵。逆流傾析濃縮機底流泵往酸鹼度調節槽，然後進一步泵至六階段炭濾法迴路，停放24小時。

從已裝載炭中洗脫黃金，乃通過英美研究所系統的10噸容量洗脫塔進行。洗脫機通過兩種方式清除留在炭上的汞：

- 在炭再生區進行煙霧採掘／洗擦
- 對電積篩孔污泥及已載陰極進行煅燒，使蒸餾器／煅燒機所收集的汞蒸汽凝結。

炭濾法迴路的尾礦，以INCO CuSO_4 及air／ SO_2 法解毒（採用焦亞硫酸鈉）。

7.1.2 測試採用的方法

礦物及／或冶金測試工作的年誌載於表7-1。

表7-1：錦豐礦物及／或冶金測試工作年誌

	日期與公司或研究所	
中國	一九八九年三月長春黃金研究所	
	一九九零年四月貴州省冶金設計研究院	
	一九九一年長春黃金研究所	
其他	一九九二、一九九三年 Hazen Research Denver Colorado For Davy International	
	一九九五年 BHP	
	一九九五年 Newmont	
	一九九六年 Gencor	
	二零零二年 Roger Townend and Associates	
	二零零二年 Terry Leach	
	二零零三年 Pontifex and Associates	
	澳華	二零零一至二零零三年長春、Ammtec、Lakefield、AMDEL及北京礦冶研究總院刻槽採樣
		二零零三年核心採樣供可變測試 Pontifex、AMDEL、北京礦冶研究總院及 Lakefield 測試 BIOX® 兼容性

二零零三年曾採用刻槽採樣技術，收集大量樣本。該樣本提供了最少一噸精礦，供焙燒或生物瀝濾的先導測試。精礦於北京礦冶研究總院準備。

曾在收集一批塊狀樣本，應用Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre (JKMRC) 的滴測法和礦磨篩選模型先進媒體能力測試法，在Amdel化驗所進行碎磨測試。

據各項測試計劃顯示，對錦豐礦石採取吸力法和直接氰化均不成功。整體礦石焙燒、整體礦石生物氧化及整體礦石壓力氧化則全部在冶金方面取得成功，但由於礦石或逸出氣體的成分、如何吸收這些成分、高酸度、試劑等問題，所費成本不菲。此外，鹼性壓力氧化也不成功。

通過浮選提取精礦，消除礦石天然的高碳酸鹽水平，然後進行精礦選礦，是最可行的黃金經濟回收方式。

錦豐精礦的生物瀝濾，曾由南非的Gencor示範進行，氧化法及炭濾法黃金回收率分別達到93%和94%。

碎磨測試工作已經完成，並已收集數據進行礦磨篩選。

主體工作已大致完成，示範了硫化物浮選如何對錦豐礦石精礦產生效用。兩階段的磨碎及浮選，初始磨碎成 P_{80} 75微米，其後進行粗選，對粗選尾礦進行再磨碎至 P_{80} 45

微米，然後示範兩階段的掃選。另外示範如何在初始精礦工藝中，通過二次球磨迴路，對精選尾礦進行再循環，以提供貫徹的成果，而這方法也在錦豐場採納。

鑒於礦石含有石墨／焦瀝青，特加入預浮工藝，將該等物料大部分移除。

7.1.3 選礦工程設計準則

廠房各段的選礦設計準則，是經過廣泛的測試工作然後釐定的，並且在有需要的情況下，已完成選礦試產。建議的錦豐礦石碎磨迴路，以刻槽採樣所得測試樣本數據為根據。

廠房所選用的初始顎式壓碎機半自動磨礦機、初始及二次球磨機、以及石灰平磨，均為國產製品，擁有成功的運行記錄。

浮選迴路及試劑套間是通過全球各地若干化驗所的工作而建立的。迴路曾進行試產，準備精礦進行生物瀝濾測試。遵照一般慣例，化驗所停留時間系數定為200%。所選用的浮選設備是國產製品，曾在其他運作順利的廠房成功應用。

瀝濾迴路設計由化驗所開發，包括生物瀝濾、逆流傾析迴路及中和準則等，試產則在Goldfields／Gencor／Lakefield BIOX®的常設試產廠房進行。工程設計數據由Goldfields提供，以該公司過去在全球各地涉及同類廠房的經驗為根據。其他曾經或正在使用BIOX®技術的礦場的數據，載於表7-2。

表7-2：使用BIOX®技術的地點

項目名稱	地點	調試日期	精礦處理比率 (噸／日)	硫化物氧化
Harbour Lights	西澳	1991年	40	92%
Ashanti	加納奧布阿西	1995年	960	85%至90%
Wiluna	西澳	1996年	158	94%
São Bento	巴西	1998年	120	69%
Tamboraque	祕魯聖馬特奧	1998年	60	80%
Fairview	南非 Baberton	1999年	55	98%
Olympias	希臘	2005年	772	85%
Fosterville	澳洲			
	維多利亞省	2005年	202	98%
Suzdal	哈薩克斯坦	2005年	192	不適用
Amantaytau	烏茲別克	2006年	1,100	95%
Bogoso	加納	2006年	822	不適用
Kokpatas	烏茲別克	2007年	1,069	不適用
錦豐	中國	2007年	790	94%

炭濾法及黃金房選礦設計是典型的澳洲式設計，附加汞回收選礦。尾礦解毒及液體中和所採用的工藝，都是曾經實際應用、行之有效的工藝。

7.1.4 尾礦壩與水網

選礦廠尾礦分為兩部分：

1. 浮選尾礦：包括廠房作業所產生固體殘餘的主要部分，將會存放在獨立設施，通過位於壩內的傾析系統，回收浮面液體，送回廠房選礦用水系統。浮選尾礦將包含在精礦生物瀝濾後凝結的砷酸鐵。浮選尾礦本質屬於鹼性，而原硫化物只有5%仍然留存，因此浮選尾礦將保持鹼性，使砷的儲存得以穩定。
2. 廠房的精礦選礦段殘餘，通過Inco SO₂/CuSO₄/空氣工藝進行解毒，毀滅所含的氰後，將儲存在獨立的設施，浮面液體不會輪回廠房使用。

7.2 選礦說明

7.2.1 破碎

來自露天礦和井礦的礦石，將會送往原礦堆場，按類型以指定類別的長條形狀存放。此後，前端裝載機會將礦石從原礦堆場的長條堆送進初始破碎機給料漏斗。漏斗裝置固定500毫米滾軸篩，防止篩上礦石進入壓碎機，並裝置塵埃抑制噴霧。礦石將按指定速度，通過一個傾斜的1,200 x 3,000毫米振蕩滾軸篩給料器，撤離初始壓碎機給料漏斗，直接進入初始顎式壓碎機。

滾軸篩細末及已壓碎礦石經壓碎機下面的傳輸帶收集，送往已壓碎礦石堆傳輸帶。

7.2.2 磨礦

通過一個中央平板給料器和兩個線內振蕩給料器的結合使用，礦石按指定速度（名義為每小時150乾噸）持續撤離已壓碎礦石堆，而上述給料器各有可變速度驅動器。礦石將通過給料器輸往半自動磨碎機給料傳輸帶，再輸往低向比半自動磨碎機。

該磨碎機直徑5.03米，實際磨碎長度6.49米，中間以14毫米內部格子相隔。磨碎機由2.3百萬瓦可變速度驅動器驅動。半自動磨礦機排出物被吸往初始旋流給料沉澱池，經選礦水貧化後，泵往初始旋流，分類列為75微米。

旋流底流泥漿將會送進初始球磨機，按該初始球磨機的體積分級設計，將微粒體積由中型P₈₀ 367微米縮減至P₈₀ 75微米。球磨機體積與半自動磨礦機相若，直徑為5.03米，有效磨礦長度6.79米，驅動器2.3百萬瓦。初始球磨機的排除物，經循環再造輸往初始旋流。

來自初始旋流的溢流，經採樣後送往振蕩廢料篩，藉以消除岩屑，溢流之後被吸往預浮選分段。

7.2.3 選礦機

溢流從初始旋流流向預浮選迴路。泥漿將會是20%固體w/w，在兩個50立方米浮選槽內浮動，以MIBC 作為唯一的起泡劑。測試工作顯示，約55%的石墨／焦瀝青可在此階段移除。預選精礦將會直接泵往最終浮選精礦工藝，從而降低浮選試劑被有機炭大量吸收的機會。

預選尾礦將加入浮選試劑CuSO₄、PAX及MIBC作為調節，然後在4個40立方米的浮選槽內，進行為時共18分鐘的初始浮選。首兩個浮選槽內的精礦泵往精礦濃縮機，其餘兩個浮選槽的精礦轉往最終製成品或再磨機迴路。

初始浮選尾礦將會泵往二次旋流，切割成38微米。旋流底流的泥漿將會被吸往二次球磨機。在該磨機內，體積由F₈₀ 103微米縮減至P₈₀ 38 微米。二次球磨機直徑3.8米，有效磨碎長度6.2米，備有25百萬瓦驅動器。二次球磨機的排放物將轉到二次旋流循環再造。

二次旋流的溢流將被吸往二次浮選低槽和6個各100立方米的浮選槽。經過三次浮選後，通過一個低槽加入氫硫化鈉，推進浮選。二次浮選所得尾礦，被吸往二次掃選機低槽，然後在3個100立方米浮選槽內，進行二次掃選機浮選。經過二次浮選後，通過一個低槽加入氫硫化鈉及戊基鉀黃藥，推進浮選。

上述浮選時間較長，是澳洲冶金及礦物測試顧問測試所釐定的集束化驗所浮選時間的兩倍，但對於提高黃金回收率，實有其必要。所有二次浮選精礦經收集後，皆泵往精選迴路。

最終掃選機浮選階段的尾礦，將導引至尾礦濃縮機，進行水分回收，然後轉往浮選尾礦壩。掃選機精礦及一部分較粗糙的精礦，將會泵往低槽，然後經6個40立方米精選機及精選掃選機浮選槽。浮選槽配置靈活，方便不同的精選機及精選掃選機組合。

精選精礦、預浮精礦及局部粗選精礦，收集後將會輸入濃縮機，以清除水分。

精選尾礦將會再循環至二次礦磨迴路旋流。

7.2.4 細菌瀝濾

濃縮後的浮選精礦將分別泵往兩個800米儲存槽，進行48小時的緩衝。各儲存槽向4個相連的初始瀝濾槽及4個按序排列的瀝濾槽給料。所儲存的精礦將會由緩衝槽泵往初始 BIOX® 反應器之上的給料分離機，貧化水將會注入泵排放線，以控制進入初始 BIOX® 反應器的精礦泥漿的密度。貧化水將由來自洛凡河的清水平混合循環再造的 BIOX® 工藝用水而成。

分離機包括一個計時分離器，可均勻地將經貧化的精礦泥漿，配送往4個平衡的1,000立方米初始 BIOX[®] 反應器。給料分離機加入養分溶劑，以在 BIOX[®] 反應器內維持正確水平的氮、鉀及磷，允許優化細菌活動。

初始 BIOX[®] 反應器將會溢流至清洗槽，經過局部氧化的精礦，送往4個按序排列的1,000立方米二次 BIOX[®] 反應器的第一個。由於設置了分流清洗槽，任何一個反應器均可暫停作業進行維修。若有需要，第一個二次反應器可用作初始反應器。

BIOX[®] 養殖將通過對泥漿狀態的控制，在反應器內保持活性，尤其是對溫度、氧氣水平及酸鹼度，應控制在指定範程內。氧化反應將會釋出熱力，因此必須經常對泥漿進行冷卻。每一個反應器都會設有冷卻網絲隔板，冷卻水通過隔板流通，將各反應器內的泥漿溫度控制在攝氏42度。冷卻水收集熱量後，流往冷卻塔進行冷卻，消除熱量。硫化物進行氧化需要大量氧氣，中壓空氣將通過裝在攪動葉輪片下面的噴圈，注入各個反應器。圈裝主系統向各個反應器輸入消石灰泥漿，將泥漿的酸鹼度控制在1.0至1.6之間。

經氧化的產品從最終二次 BIOX[®] 反應器輸出後，將通過清洗器被吸往一個採用濃縮機的三階段逆流傾析固液體分隔迴路。

瀝濾段的溢出物及喉管滴水，將會控制於該段的封鎖範圍之內。

逆流傾析洗滌迴路

在浮選精礦的生物氧化過程中，鐵、硫磺和砷均會溶解化。氧化殘餘中的可溶成分，在三台直徑15米的逆流傾析濃縮機中洗掉。然後，氧化殘餘被吸往第一台逆流傾析濃縮機的給料器，藉吸力與第二台逆流傾析濃縮機的溢流混合。

所有濃縮機的給料器都會加入架凝劑，使泥漿進入第一台逆流傾析濃縮機的給料井之前，先經過架凝，以保持較清晰的溢流。來自第一台逆流傾析濃縮機釋出的溢流溶液，將被吸往中和迴路。來自第一台逆流傾析濃縮機的底流，轉往第二台逆流傾析濃縮機之前，將會泵往給料槽，從第二台逆流傾析濃縮機轉往第三台逆流傾析濃縮機，也經過相同步驟。第三台濃縮機的溢流，將被吸往第二台濃縮機給料器。

瀝濾選礦用水將會在逆流傾析迴路中用作清洗水，在進入第三台逆流傾析濃縮機之前，加入給料槽。

前一台逆流傾析濃縮機的底流，由濃縮機的底流泵，泵往酸鹼度調整槽，然後送往炭濾法迴路。

鐵、硫磺和砷在生物氧化過程中溶解為 Fe^{3+} （硫酸鐵）、 SO_4^{2-} （硫酸）及 AsO_4^{3-} （砷酸）。酸性溶液將會從第一台逆流傾析濃縮機溢流，泵往第一及第二台中和槽之上的配送器。

中和迴路包括6個按序排列的充氣攪動300立方米槽，溶液將通過溢流清洗槽，從一個槽流往另一個槽。

逆流傾析液體將會分兩個階段中和。在第一階段裡，浮選尾礦泥漿將會與進入第一個槽的酸性溶劑混合，利用礦石的天然鹽基度，將溶劑的酸鹼度提高至3以上，使尾礦的天然鹽基度也能加以利用，取代石灰的作用，從而降低成本。在第二步驟中，餘下一個槽將利用石灰泥漿，將酸鹼度提升至6至8之間。

鑒於加入石灰產生石膏凝結的緣故，預期中和槽將出現片落情況，並將按需要暫停運作，以便進行清洗整修。經中和的流出物，將泵至浮選尾礦濃縮機。

7.2.5 炭濾法

來自上一台逆流傾析濃縮機的經濃縮的底流泥漿，將會泵往酸鹼度調節槽。殘餘酸和其他殘餘可熔解砷將會被石灰中和，凝結成石膏和砷酸鐵，然後泵往炭濾法迴路。泥漿將會加入足夠有餘的石灰，以將其酸鹼度提高至10.5。酸鹼度調節槽的體積設計，可在逆流傾析與炭濾法迴路之間提供緩衝容量和充分的停留時間，確保氰化物進入炭濾法迴路之前，有足夠的緩衝時間。

名義密度為30至35% w/w 的泥漿，將會泵往一個配送器，位於6個按序排列的430米吸收槽的第1個。按傳統安排與清洗槽互相連接，允許泥漿通過該槽被吸往其他地點，而該等吸收槽也可以按需要略過，以便進行篩和攪動器的整修。各槽均設有雙重機械攪動器及一個機械掃、織網槽間炭保留篩，並設有移動起重提升機，方便移除篩作維修及例行清理。

不含礦物的炭將會進入最終槽的迴路，利用凹型葉輪片、垂直軸離心泵等，逆流泵送往泥漿流。這逆流工藝將重複進行，直至達到第一個吸收槽為止。載炭及泥漿將利用凹型葉輪片從第一個槽回收至載炭回收篩。載炭篩的篩上物將被吸往酸清洗塔，篩底流泥漿將送回炭濾法槽。

來自最終炭濾法槽的瀝濾尾礦泥漿，將被吸往振蕩炭安全篩，以回收炭槽的篩上炭。炭安全篩的篩下泥漿將被吸往尾礦解毒迴路。氰化鈉溶劑將計量排入第一、第二及第三槽。

炭濾法迴路將按高炭濃度運作，抵消於預浮後存在泥漿中的石墨／焦瀝青的「劫金」效應。

送回的不含礦物炭及其他替代補充物，將在振蕩篩上處理，消除粉炭，然後才進入迴路。

7.2.6 洗脫與電積

洗脫迴路是典型的英美研究所迴路，採用10噸洗脫塔。計劃礦場每星期運作5天，每天進行一次剝採。設置一個獨立汞洗脫循環和汞凝結迴路。

載炭回收篩所回收的載炭，被吸往酸性清洗塔，經人手控制注入酸性清洗塔。酸性清洗和泵送次序將會自動化處理。

在酸性清洗過程中，含鹽酸3% w/w 的貧化溶劑，將會通過清洗塔向上流通，以清除載炭中的污染物（主要是碳酸鹽）。這程序有助於改善洗脫效率，防止碳酸鹽於再生後使炭活性降低。

完成酸流通後，以清水洗滌炭層。相當於4層容量的低鹽分清水，通過清洗塔泵進，將炭體上的任何殘餘的酸沖走。貧化酸和洗滌水將直接在尾礦漏斗沖走。

經沖洗酸性的炭，將會由酸清洗槽轉往洗脫塔。經過低溫氰化物的汞洗後，苛性氰化鈉貧化溶劑將會通過洗脫塔泵送，將金、銀從炭體洗脫。

溶劑在熱交換機中加熱，並初步通過復原熱交換機加熱，以保持剝採溶劑溫度於約攝氏125度。

完成洗脫的流轉時間，應在1小時之內已經足夠。其後以泵進洗脫塔底部的加熱清水沖洗該塔。復原熱交換機對流入的溶劑進行預先加熱，從而使清洗物及清水冷卻。洗出液用泵傳送，通過電積從溶劑中提取金、銀。這工序在三個平衡電積浮選槽中進行。每個電積浮選槽有12個陰極。

電積循環將會重複進行，直至電積浮選槽內的溶劑的金、銀值完全剝離為止。完成洗脫工藝後，不含礦物的炭將於清除水分後轉出洗脫塔，送進臥式炭再生爐。炭按攝氏650至750度加熱後可再生。

再生炭離開再生爐後，先作水淬處理，然後進行篩選，移除粉炭。篩上炭送返炭濾法迴路，篩下炭將會棄置。

通過載炭進入迴路而未遭洗脫的汞，將會在再生爐中揮發。將設置提取洗擦器，捕取再生爐和周邊地區的揮發物。浮選機陰極將採用不銹鋼絨。已載陰極和篩孔污泥將會在熔解前加以回收和煅燒。

煅燒焙爐將通過揮發過程消除和捕取汞。其後，煅燒殘餘物將會加入助溶劑，在柴油爐中直接熔解，製出多爾錠。

來自最終炭濾法槽的尾礦，將會通過安全篩網，以便捕取已傳送的粗炭。炭安全篩網底流將被吸往給料配送器，然後輸往2個按序排列、互相連接的攪動充氣槽。

給料配送器內加入焦亞硫酸鈉及硫酸銅，消除流動的可分解弱酸氰化物。此外也加入石灰，以保護尾礦的鹼性，同時將酸鹼度保持為10。處理後所得流出物將會泵往炭濾法殘餘物儲存設施，可分解弱酸氰化物總量低於0.5克／立方米。為控制重金屬硫化物，將加入硫氫化鈉以凝結硫化物。

7.2.7 廠房服務

水

廠房用水將由鄰近礦場的洛凡河泵往原水槽，然後配送往選礦水、消防水、村水處理等。在可能的情況下，將於用水在廠房末端流出之前，實行廠內回收用水。浮選尾礦的浮面水，將通過傾析回收，送回選礦水系統。由於 BIOX® 廠房存在氯化氰等殺生劑，因此炭濾法尾礦開水區的水，不會在廠房循環再用。

壓縮空氣

廠房及工具用壓縮空氣的氣壓為 700 千牛噸。工具氣體通過冷凍空氣乾燥器乾燥。廠房及工具用壓縮空氣以網狀發送。離心吹風機將供應中等氣壓 120 千牛噸，以網狀方式在瀝濾中和、炭濾法及尾礦解毒迴路工藝中發送，每一個槽均設有排氣口。

電能

礦場電能建議由一個連接電網的變壓站(1 x 20MVA 110/6.3 千伏特)供應。澳華表示，尚有添置第二座變電站的空間。BIOX® 廠的 6.3 千伏特變壓站將安裝後備緊急柴油發電機(1 x 1200 千瓦)。後備電力將可維持最少一個初始反應器的可行養殖。

選礦監控原則

監控的整體原則是確保提供充足的自動化工具，幫助操作員監控廠房，提高產量和生產效率。建議的系統功能，通過一個金字塔式的三層網絡實行。

最低一層包括廠區設備、開關接觸器等。第二層包括可配置軟件和可編程硬件(可編寫邏輯控制器)，可實施時序邏輯程式、比例 — 積分 — 微分演算等。

頂層是最高控制系統，採用 SCADA 型 Citect 系統。這些系統及其配件都很扎實，行之有效，目前廣為黃金產業採用，提供可靠的中級自動化。

建議採用的傳感器均為可靠、行之有效的工具。操作員界面終端的數目也與同類廠房的數目相若。

7.3 預測冶金績效

7.3.1 生產能力

錦豐廠的設計生產能力是每年1.2百萬噸礦石，其中磨碎廠每年運行3,285小時，礦磨迴路每年運行8,000小時，可用率91.3%，BIOX[®]、逆流傾析、液體中和、炭濾法及解毒迴路每年運行8,320小時，可用率95%。

生物瀝濾段的產能力為每日氧化74噸硫磺，預計每日硫磺處理量中位數65.8噸，即每日生產790噸精礦，硫磺品位8.32%。

7.3.2 精礦品位

該廠的黃金精礦品位預計為含金量5.9克／噸，含金量範程為5.5至6.3克／噸。該廠的浮選設計硫磺精礦品位為1.57%。

7.3.3 尾礦品位

預計黃金尾礦品位將介乎0.4至0.7克／噸，視乎該廠的精礦品位而定。硫磺尾礦品位同樣介乎0.1至0.2%。

7.3.4 精礦品位及硫磺品位

浮選精礦的黃金值預計介乎25至35克／噸，明顯地將視乎精礦的整體拉力 (mass pull) 而定，整體拉力的設計值定為22.8%，範程定為14至23%。同樣地，硫磺的設計值為10%，範程定為8.3至12.5%。

以生物瀝濾段可容納的精礦質量來計算，若硫磺品位為8.3%則每日產量為790噸，硫磺品位為12.5%則每日產量為526噸。

7.3.5 精礦中的有害物質

硫化礦物輝銻礦、雄黃礦、雌黃礦和辰砂，加上錦豐礦石中原有的砷，表示在浮選段進行精選後來，這些礦物可能會溶入生物瀝濾過程。

表7-3的汞值乃根據化驗所測試工作預測，或基於技術文獻的預測。

表7-3：汞在選礦中的表現

礦石品位	133克／噸
精礦回收率	94%
溶於 BIOX [®]	2%
溶於炭濾法	2-4%
被炭吸收	95%
從載炭洗脫	80%
煅燒爐中回收	99.9%
熔爐中揮發	99%
再生爐中揮發	100%
解毒中凝結	99%

砷黃鐵礦、雄黃、雌黃等砷，將會回收至浮選精礦，而砷則在生物氧化過程中溶解。

瀝濾廢石液體中和所形成的砷凝結物，其穩定性將取決於鐵砷比。若精礦中的鐵砷磨碎比大於3，則可確保形成穩定的砷酸鐵。錦豐的精礦鐵砷比預期為大於8，預計將產生就環保而言可接受的流出物。

錦豐精礦含銻量相對較低，預計不會因銻而產生毒性效應。

鉛硫化礦物在生物氧化過程中，形成不可溶解的 $PbSO_4$ ，但在錦豐礦石中的水平很低，不至於造成選礦問題。Goldfields建議，應不時監察溶劑中的鉛濃度，若對細菌活性造成威脅則及早提出警告。

7.3.6 冶金回收

設計廠房回收如下：

- 浮選 — 硫磺回收 — 95%進入精礦
- 炭濾法 — 金回收 — 93.1%來自精礦
- 炭濾法 — 銀回收 — 80%來自精礦

7.3.7 廠房整修原則與程序

該廠的設計運作能力，與全球各地同類廠房的正常可用率相若。該廠的佈局設計以整修為前提，允許大型設備懸臂通過。重要的設備如泵等，均設備用設施。

所有工藝槽均設有清洗槽和連接系統，方便個別設備分隔維修，不會干擾整體選礦的進行。

同樣地，若遇電力中斷，也有足夠的電力維持選礦中有足夠物料，直至全面恢復供電，給料恢復正常為止。

7.3.8 廠房管理

廠房通道及分段按一般「西式」設計，溢出物回收沖洗區設有迴路。

7.4 預測試劑耗用量

錦豐浮選廠的預測試劑耗用量載於表7-4；生物瀝濾廠預測試劑耗用量載於表7-5；炭濾法廠預測試劑耗用量載於表7-6。

表7-4：預測試劑耗用量 — 錦豐浮選廠

試劑	試劑耗用量 (按已加工礦石公斤/ 噸計算)
硫酸銅	0.80
硫氫化鈉	0.65
戊基黃原酸鉀	0.72
起泡劑 (MIBC)	0.28
NaHS	0.04
炭收集器	0.03
架凝劑	0.03

表7-5：預測試劑耗用量 — 錦豐生物瀝濾廠

試劑	試劑耗用量 (按已加工礦石公斤/ 噸計算)
石灰添加	67公斤／噸
酸添加	15公斤／噸
氮	1.00公斤／噸
磷	0.20公斤／噸
鉀	0.50公斤／噸
逆流傾析架凝劑	0.13公斤／噸
逆流傾析石灰中和	82公斤／噸

表7-6：預測試劑耗用量 — 錦豐炭濾法廠

試劑	試劑耗用量 (按產出精礦公斤/ 噸計算)
NaCN	12公斤／噸
活性炭	20克／公升
HCl	批
NaOH	批
NaHS	0.05公斤／噸
石灰	10公斤／噸

7.5 現場驗金化驗所標準

現場驗金化驗所將按世界標準建設和運作，現場冶金化驗所將配置齊全設備，可作例行冶金測試，包括浮選。

7.6 冶金採樣與會計

規劃中的採樣制度符合世界標準，有利於對所採礦石作出全面的冶金會計。

7.7 擴能潛力

在設計階段和優化研究中，工程師曾考慮廠房擴能50%的可能性。目前的壓碎能力已足夠擴能所需。磨碎能力則需要增加，添置第二台初始球磨機，甚至是第二台二次球磨機。擴能所需的廠房空間，目前已經備有。浮選能力也需要增加，而廠房佈局則已為此預留地方。精礦及尾礦濃縮機的設計已計入重大的安全系數，應可容納50%擴能。然而，目前廠房空間足以容納額外的裝置。BIOX[®] 產能以硫磺氧化能力為根據。廠區可容納第三列機器。基於對廠房運作的認識，若浮選精礦質量作出變更，則現有兩個瀝濾機段可應付50%擴能。逆流傾析濃縮機與其他裝置一樣，已計算安全系數，可允許擴充選礦能力。現有廠房空間可允許安裝第二列機器。中和能力也需要增加，而目前廠房藍圖已可容納。

按停留時間設計的炭濾法迴路，已有擴能50%的容量；洗脫系統以每星期進行5次剝採為基礎，如要擴能，這數字也可以提高。尾礦處置將需改善，以配合擴能50%。試劑混和方面可充分應付擴能需要。

動力、電力服務、空氣系統及水冷等公用服務，都需要加以擴充，才能配合廠房擴建。

7.8 施工狀況

SRK 於二零零六年十月進行實地視察時，澳華預測，二零零七年第一季可開始硫化礦石選礦，二零零七年三月可全面投產。

8. 主要合同

8.1 錦豐 BIOX[®]許可協議及選礦保證

澳華與 Minsaco BIOX[®] Pty Limited (「Minsaco」) 於二零零四年六月二十三日訂立一份協議。Minsaco 為一間於約翰奈斯堡證券交易所上市的公司 Gold Fields Limited 的全資附屬公司。根據該協議，澳華已同意委聘 Minsaco 向澳華提供許可證，於錦豐選礦廠使用 BIOX[®] 選礦技術、選礦設計包裝、顧問服務、設計證書、接種物、持續及更新信息、BIOX[®] 選礦技術的改進及發展、調試選礦廠及培訓。

與 Minsaco 訂立的協議規定，給料質量精礦的94%錦豐礦料中「保證」剔除最低百分比的黃鐵礦硫。此舉乃按照廠房95%產能以及每日65.8噸硫化硫磺的產量計算。該協議確定 Minsaco 所保證的礦料之化學物質將會進行加工並界定微量元素的可接受水平之上限。

Gold Fields Limited 就錦豐 BIOX[®] 協議向澳華提供一份支持函件，據此，Gold Fields 承諾向 Minsaco 提供足夠的技術及人力資源支援，「確保 Minsaco 根據許可協議履行其責任並償還其負債」。

8.2 採礦合同

澳華已就錦豐的露天開採與中鐵十九局集團有限公司訂立一份合同。承包商已獲付運一組全新 Komatsu 設備，包括三台 PC1250 挖掘機、二十輛 HD605 65噸裝卸車、一台推土機、供水車以及平路機。

鑽探及爆破：澳華已委任貴州建築公司擔任錦豐的鑽探承包商。承包商將利用三台全新 Atlas Copco L8 鑽機，完成全部就採礦而進行的鑽探工作。

承包商將按照合同提供炸藥，而澳華僱員則負責將炸藥放置於鑽孔。SRK批署此方法，可使澳華監控採礦過程一個關鍵步驟。

8.3 供應協議

8.3.1 水電供應

澳華與該縣域協定一份合併基建交易。就電力供應而言，該條連接省份電網的110千伏特電纜已由貞豐縣伸延42公里。錦豐礦場預計的電力需求約22百萬瓦。礦場備有一台3百萬瓦柴油機，在連接電網受阻時提供後備電力。澳華就錦豐礦場的電費預計為每千瓦小時0.05美元。

用水需求則預計每日7,200立方米，水源從洛凡河經過一條3公里的管道泵至選礦廠。

8.3.2 柴油供應

缸車乃錦豐礦場柴油供應的工具，柴油供應屬露天採礦合同的一部分。由於井礦設備由柴油機所發動，故澳華將按露天採礦合同就任何井礦設備所需採購柴油。

8.3.3 炸藥供應

澳華與重慶葛州壩炸藥化工有限公司(重慶葛州壩公司)訂立的炸藥供應合同，重慶葛州壩公司於三峽工程累積相當經驗。重慶葛州壩公司於礦場已興建一座生產廠房。重慶葛州壩公司將供應砂酸銨燃油炸藥(燃油炸藥)以及乳化炸藥。此外，澳華亦就獲取 Orica 引爆劑及其他爆破配件作出安排。

9. 組織圖及員工人數

9.1 組織圖

誠如圖9-1描述的組織圖所示，澳華的組織架構較為精簡。總經理轄下共有十名部門經理，而每個部門則分工負責礦場職能的指定部分。

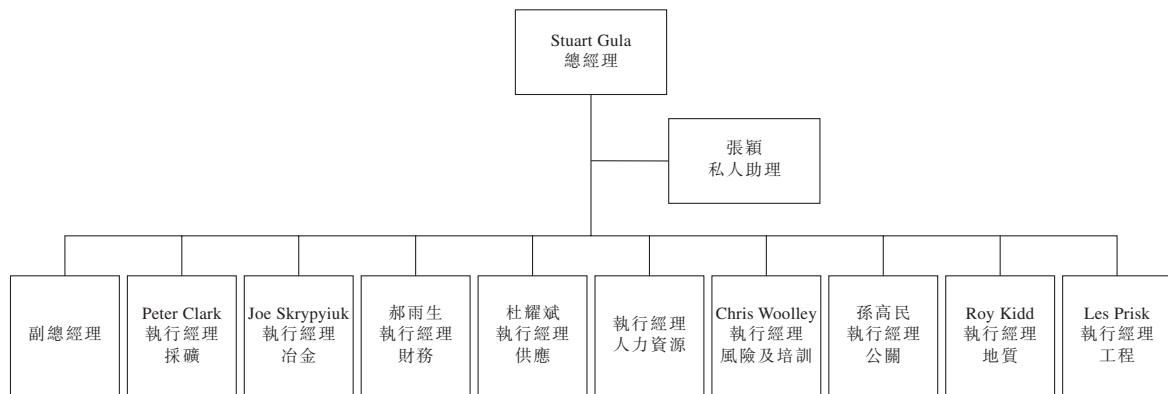


圖9-1：澳華於二零零六年十一月的組織圖

9.2 計劃僱員總數

表9-1列示二零零七年全年的預測員工人數。

表9-1：預測員工人數

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
摘要 (僅列出錦豐僱員)												
總經理	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
供應	36	36	40	42	43	43	43	43	43	43	43	43
膳食	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
安全	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
診所社區關係 — 礦場	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
培訓	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22
財務	11	11	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13
人力資源	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
公關 — 貴陽	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
環境	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
保安	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
採礦	37	37	39	39	39	40	40	40	40	40	40	40
礦場地質	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
選礦	87	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
工程	91	101	118	114	118	123	131	139	141	151	153	153
總計	389	414	438	436	442	448	457	465	467	477	479	479
海外／本地員工												
海外員工	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10
本地員工	378	403	427	426	432	438	447	455	457	467	469	469
總計	389	414	438	436	442	448	457	465	467	477	479	479

SRK 注意到海外員工的百分比不足3%，意味著97%的員工均屬華人。澳華計劃於當地聘用半數僱員，來自貴州省的工人可獲優先聘用。

9.3 評核當地勞動力

中國奠下穩固的採礦承包商技能基礎。錦豐的採礦承包商具備各種土木工程及挖土項目的經驗並為中國數一數二的建築公司旗下的附屬公司。井礦工主要沿用澳華過往於煎茶嶺礦場的經驗井礦工。選礦廠操作員則聘自一批累積合理豐富經驗的員工，其中不乏具備化學工程及冶金的資格。雖然國內擁有 BIOX® 經驗的操作員寥寥可數，但海外員工首先將有關技能傳授予華籍僱員。而國內本身已具備維護、行政及會計技能。

10. 安全

10.1 過往安全記錄

澳華已建立了穩固的安全文化，強調於勘探及建設期間維持工地安全。下表顯示了工傷缺勤工時與工傷鐵勤工時顏率均維持極低水平。經考慮工時的數日後，就醫工傷頻率及嚴重事故頻率亦屬低水平。因此，可證明澳華僱員及工程、採購及施工經理承包商的僱員均非常注重安全，值得表揚。

表10-1：錦豐安全表現統計數據

	項目總計	工程採購施工 管理項目
工時	3,923,865	1,652,697
工傷缺勤工時	4	1
工傷缺勤工時頻率	1.0	0.6
就醫工傷頻率	5.9	不適用
嚴重事故頻率	4.9	不適用

10.2 安全程序及監控措施

礦場一般備有職健保護設備及衣物，而所有澳華僱員一律必須配帶及穿著該等設備及衣物。地表廠房會實行各項安全措施，如清楚劃分危險區域、妥善看管機動部件、所有起重龍門架一律安裝護軌。礦場就礦場訪客及新聘僱員設有安全簡介系統，亦有經培訓的緊急救援隊伍駐守礦場。

營運時會實施工作許可機制，此機制有助於進行若干較高風險活動、欠缺既定工作程序的工程或使用非常用且具危險性設備時，可控制健康、安全及環境的危險及風險。許可機制亦將確保相關人士得悉潛在的危險。

在其他措施未能充份控制各項風險時，該項目須提供高效的個人防護裝備以供使用。各區域及工程會予以審核，識別出個人防護裝備的要求及機制，以便批准所有個人防護裝備並確保所採購的個人防護裝備均獲認可。有關個人防護裝備要求的告示將於各區域張貼以提醒有關人士。

澳華一直致力設立健康、安全及環境監控計劃，以符合法律要求及採樣方法。該計劃涵蓋了以下範圍：

- 環境監控：
 - 氣體排放、排氣管及排氣口
 - 氣體排放、環境空氣
 - 水質抽樣、地表
 - 水質抽樣、飲用水

- 水質抽樣、礦井
- 水質抽樣、尾礦壩(炭濾法及浮選)
- 排水、炭濾法尾礦壩及沉積壩
- 選液
- 噪音、設施邊界
- 職業衛生監控：
 - 氣體排放、礦井及產生塵沙、炮煙及塵霧的地表
 - 噪音、職業風險
 - 噪音、特定的機械及設備
- 健康監控：
 - 職前體檢
 - 血壓、心、肺、血、腹、肝的健康檢查
 - 血中汞及砷的含量
 - 肺功能
 - 聽力

11. 經營及資金成本

11.1 經營成本 — 預測

澳華預測，按黃金平均產量計算，礦場開採年限的平均經營成本約為每生產一盎司黃金需要220美元。預期在較短時期內的經營成本可能有所不同，理由是經營成本及黃金產量於該期間內可能出現變動。

11.2 資金成本 — 預測

於二零零五年八月，澳華發出資本成本預測，預計錦豐項目生產首批黃金前將需要70百萬美元的資本成本。由於設備變動及施工延期完成，澳華於二零零六年十月預測，資本成本預期將介乎90百萬美元至95百萬美元。

澳華預測，為於二零零八年首季前進行首批礦井礦石生產，錦豐井礦的產前資本成本為20百萬美元。澳華亦已就井礦的總資本成本作出估算，詳情載列於下表。

表11-1：澳華就錦豐井礦預測的資金成本

資金項目	百萬美元
斜井及井口	3.7
水平發展	0.9
豎井	3.8
礦井通訊及變電站	2.3
採礦服務	0.3
流動設備	13.7
通風系統	1.0
礦山主要變電站	0.3
回填廠房及礦井充填管道	1.9
礦井採礦行政開支撥充資本	1.9
礦井工程採購施工管理	0.7
礦井緊急事故	2.8
採購煎茶嶺設備	0.9
井礦總資本	34.1

誠如本報告環境一節所述，SRK 認為就礦場的持續修復及最終關閉而言，將可能需要18百萬美元至20百萬美元的資本成本。

12. 基建

12.1 道路連接

錦豐礦山連接省級公路系統。目前正興建一條已鋪砌的四車道高速公路，由貴州省省會貴陽連接雲南省會昆明。於二零零六年十月，該高速公路已完成至黃果樹段，目前正興建一條大型吊橋跨越陝谷。該吊橋完成後，將大為縮短開車至錦豐所須的車程與時間。由貞豐縣城(珉谷)起，連接錦豐的道路轉為43公里長穿過山區的沙土路。澳華已興建達中國第4級標準的12公里長已鋪砌的路線，由 Wei Li 連接礦場入口。該縣最近已同意鋪砌餘下長43公里的一段路線。

12.2 住宿

於錦豐礦場，澳華已為經理及高級員工建設住屋單位，並為大部分礦工興建宿舍單位。澳華的目標是50%的礦工為當地人，每日由彼等的鄉村或城鎮乘搭公車往返礦場。二零零六年十月，錦豐營地包括來自負責管理選礦廠興建工程的澳洲公司 Ausenco Limited 的僱員。該營地擁有廚房及用膳室，提供中西式餐點。該營地名義上可容納250人，但由於建築工程浩大，於二零零六年十月曾接待340名工人於該營地住宿。新住所及廚房設施於二零零六年第四季落成後預期將紓緩住所短缺的問題，以及為營運礦工提供設施。

12.3 電力

連接省級電網的110千伏特電線已由貞豐縣伸延42公里。錦豐礦場的預測需求約為22百萬瓦特。倘電網連接中斷，礦場可提供1.2百萬瓦特電力的後備柴油機組提供電力。澳華預計錦豐礦場的電費為每千瓦小時0.05美元。澳華表示，某程度上擔心日後倘數個其他用家連結電線後，當地電力機關未能應付該地區的全部電力需求。經在供電予興仁的供電線第一段增加額外饋電線（目前在興建中）以減少接近發電廠房的饋電線遠端過載帶來的衝擊，該問題已獲部分解決。長線而言，澳華提議由冊亨開始興建額外饋電線。該項目包括興建約22公里長的電線，加上在冊亨興建一個斷電器及其他開關設備，資本成本估計為人民幣6百萬元（80萬美元）。電線設計已完成，興建時間估計為三個月。澳華已於二零零七年資本預算就此項開支作出或有撥備。

12.4 用水供應及網狀管道

用水要求估計為每日7,200立方米，從洛凡河抽取，經過3公里長的管道泵至選礦廠。

大田水力發電計劃一般從洛凡上游抽水，再將水排入北盤江，繞過錦豐的原水抽取點。大田計劃有規定要求控制抽水數量，以保持洛凡河的最低餘下流量為每秒1,300升，該流量輕易超過錦豐的所須的抽水量。大田計劃可能無視法規，抽取過多河水以供發電，導致錦豐欠缺充足用水流量。儘管此機會實屬微細，澳華已研究數個其他方案，包括1)癩子山石灰岩穹隆下蘊藏龐大的含水層，經淺鑽後即可抽取及2)北盤江離錦豐約6公里，可以提供部分用水。北盤江的流量為洛凡河的20至50倍。SRK 相信澳華已作出充份準備，確保該項目有可靠兼充份的用水。

12.5 柴油

柴油將以陸路油槽車供應予錦豐礦場，油槽車將把柴油泵進礦場的儲油缸。

12.6 炸藥處理及儲存

離礦場數公里遠的地方已興建了一個炸藥安全儲藏庫。儲藏庫位置遠離礦場活動，並可經公路到達尾礦儲存設施。

12.7 車間設施

維修採礦設備的車間經已興建，目前用於組裝採礦設備群。車間目前位於興建中的選礦廠附近的臨時設施內。

12.8 運輸

錦豐具備充足公路交通設施以完成礦場建設工程及供應礦場營運的需求。該縣最近同意鋪砌連接公路餘下長72公里的一段。

13 環境評估

13.1 致力保護環境

澳華承諾遵守或已超逾下列各項所規定的健康安全及環境表現標準：

- 中國法律及標準
- 國際標準及採礦業界守則，以及國際金融公司適用政策及指引所示的標準
- 澳華的公司政策

為確保符合國際金融公司的規定，已委託獨立第三方審閱澳華項目建議及對該建議進行環境及社會影響評估(Golder，二零零六年)。環境及社會影響評估提供建議項目的詳情，並確定可能對社會及環境帶來的影響。

初步第三方評估已確認多項問題，澳華因而同意額外作出多項額外承諾，改善環境管理及監察項目。該等額外承諾包括完成：

- 環境行動計劃
- 酸岩脫水管理計劃
- 有害物質管理計劃
- 用水管理計劃
- 緊急事故管理計劃
- 專家小組檢討尾礦壩

澳華亦同意每年對遵例、健康、安全及環境管理系統進行兩年審核，而該等審核將由具有合適資格的獨立核數師負責。

炭濾法尾礦儲水管理已確認為重大遵例事項，而有關設施未經控制及處理的排放物可能會對洛凡河的水質帶來重大影響。就此方面而言，澳華表示，任何排放物排放前，水質將會測試，以符合有關可分解弱酸氰化物及有毒金屬的法規。倘水質不符合排放物準則，環保經

理將向廠房經理申報任何超額情況，而廠房經理將負責決定應採取的行動，例如終止炭漿物排放。SGJM 亦已承諾於錦豐興建水質處理廠，倘正確地設計、興建、營運、服務及管理，應可大幅度減低超出許可證規定營運條件的可能性。

一般而言，根據第三方審核人員表示，澳華已完滿處理全部已確認事宜，以符合國際金融公司的要求。然而，第三方審核人員注意到，尚未就該計劃準備土壤平衡。但澳華已展示保護環境的決心，並承諾執行環保管理及監察策略，預期將可達成澳華承諾的目標及標準。

然而，SRK 已指出多項可能有關營運及關閉風險的事宜及關注。該等事宜及關注在環境風險項下討論。

13.2 發牌及遵例條件

SRK 已查閱礦場全部區域必要的施工證書，而該等證書均屬有效。經營及環境許可將於廠房投入營運三個月後並證明該項目的營運所造成的影響未有超出在環境影響評估呈列所預期的範疇時發出。

吾等知悉澳華已就炭濾法尾礦儲存設施排放入洛凡河的排放物採納以下酸鹼度及濃度限額。

- 酸鹼度6至9
- 每公升0.1毫克游離氰化物(世界銀行)
- 每公升0.5毫克可分解弱酸氧化物(世界銀行)
- 每公升0.5毫克總氰化物(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升0.5毫克總砷量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升0.1毫克總鎘量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升0.05毫克總汞量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978—1996)
- 每公升0.5毫克總銅量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升1毫克總鉛量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升2毫克總鋅量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升2毫克總錳量(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)
- 每公升2毫克總鐵量(世界銀行)
- 每公升15毫克氨氮(應用於錦豐項目的中國標準 GB8978-1996)

吾等得知澳華承諾遵守中國三級集水標準，採用地表水環境質量標準(GB3838-2002)有關飲用水質量標準對硫酸鹽、硝酸鹽、鐵、鉍及錳的濃度限制標準，同時亦採用生活飲用水衛生標準(GB5749-85)對大腸桿菌、溶解固體總量及總硬度濃度的限制。

根據洛凡河現時稀釋率，預計倘若符合排放標準，將可達到集水水質目標。

中國空氣質素標準(GB3095-1996二級標準及TJ36-79有關住宅區的含砷量標準)亦適用於礦場。根據建議舒緩措施，預期將可達到此等標準。

尤為重要者，澳華致力執行零排放物政策。儘管於營運初期此舉不可能達到，澳華期望發展用水處理工藝，從而全面循環廠房用。引入該等工藝的預期目標為一至兩年內。

13.3 環境風險

SRK 已指出其認為具有潛在環境風險或影響澳華順利營運選礦廠的能力之事宜及關注事項，其中包括：

- 炭濾法尾礦設施用水管理
- 廢石分類、金屬瀝濾性及用水管理策略
- 浮選尾礦的選礦處理固體的共同處置
- 土壤平衡及關閉

以下分節簡要概述該等事宜。

13.3.1 炭濾法尾礦用水管理

誠如前文所述，倘達到建議的流出標準，則經處理的炭濾法排放物產生的影響很可能屬於可以接受程度。吾等注意到，澳華於煎茶嶺其他金礦營運除氰廠已持續八年達致0.3-0.5百萬分率。然而，至今的測試顯示，BIOX® 炭濾法尾礦反應可能與傳統炭濾法尾礦有所不同，而建議磨光處理策略亦未能展示效能。

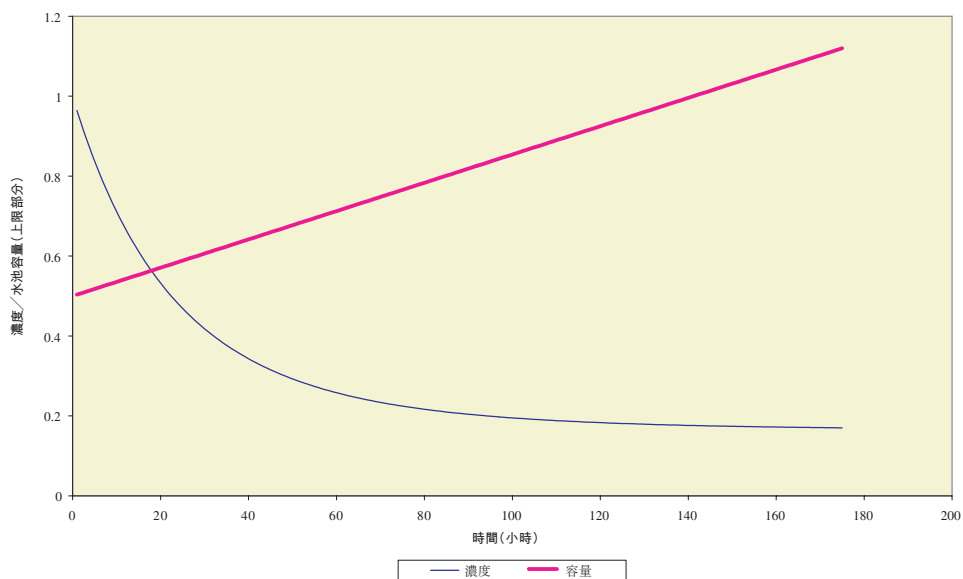
儘管建議磨光處理工藝(即以銅催化劑進行過氧化處理、氧化鐵共沉澱及中和)並未對炭濾法尾礦水充份證明合用，吾等認為，將部分處理工場合併營運將可能使污水排放的濃度合乎有關限度。然而，炭濾池循環用水的建議處理策略具有高風險。

首先，吾等注意到建議處理工藝並不包括清除將形成沉澱物的工場營運；反而假設來自溶液的固體將在池內沉澱。基於循環內產生的懸浮固體和排入水池的經處理炭濾法排放物所含的懸浮固體的合併效果，吾等認為不大可能有充足滯留時間進行有效沉澱，

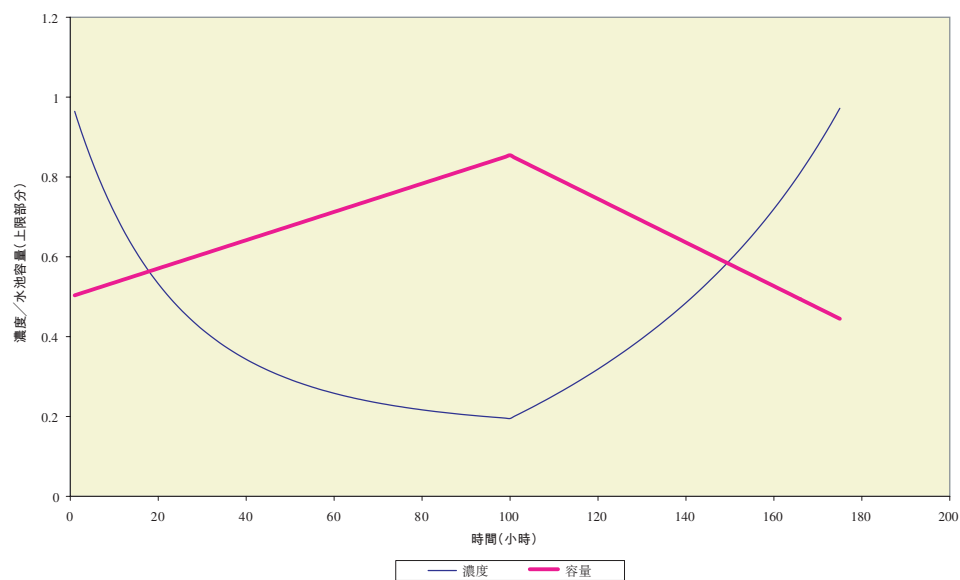
尤其是當排水入洛凡河導致水池縮小時。因此釋出大量懸浮固體的風險頗高。懸浮固體將主要為浮游金屬微粒，而浮游金屬微粒可能超出排放物限度，並為接收環境帶來風險。

次之，吾等相信，以建議100公升／秒循環比率所達致的水池水流及濃度稀釋率實屬低估。為闡釋此一點，吾等已完成一連串以簡化假設（即早季時按單位濃度計算的平均淨流入）進行的計算。吾等進一步假設，水池載有10,000立方米（即最大容量的50%）表層浮游物時開始處理，而處理亦按單位濃度進行。循環水流假設為1001公升／每秒，亦假設處理步驟清除全部污染物（即經處理循環水流的濃度為零）。誠如圖13-1所示的第一個圖表(a)展示，水池濃度將隨著水池注水時減少。水池於約140小時或約5.8日後達到最高容量後（即倘超過濃度上限可能中斷炭濾法時），濃度將僅約為初步濃度約20%。即使初始水池濃度為零，水池濃度將隨時間逐漸接近按18%的進流水濃度增加。由此可見，（例如）為達致總氰化物0.5毫克／每公升的排放物限額，進流中的總氰化物最高濃度不可過於約2.9。

圖13-1的下一張圖(b)表展示，倘開始排放（按建議的4,000立方米／每日）及處理於100小時（四日）後水池達最高容量的85%時中止及水池的濃度減至初始濃度的20%，對水池容量與污染物濃度的影響。由於炭濾法尾礦持續流入水池，即時影響為濃度增加，而水池的水平下跌。由於水池縮小，濃度增加得更快。水池減至50%容量時，水池的濃度約為進流水濃度的約80%。建議策略導致超越流出限額的風險實屬頗高，基於澳華目前的承諾，很可能導致操作停頓，亦很可能將需要持續處理，並非間斷處理，而建議的排放頻率或屬不可能。此外，將必須要修訂建議的監察頻率以配合實際情況。



(a) 處理循環每秒100升；完全清除污染物；水池容量按上限部分展示



(b) 按每日4000立方米循環100小時後開始排放

圖13-1(a)/(b)：建議炭濾法水池處理策略的水流對水池容量和濃度的影響

吾等亦注意到，炭濾法尾礦設施的礦尾沉澱物的建議操作策略不大可能達致處理排放物濃度限額，原因如下：

- 沉澱前的建議炭濾法尾礦處理策略包括用硫氫化鈉 (NaHS) 將部分金屬凝結為硫化鐵。該等次級金屬硫化物將形成佔大幅表面面積的細小微粒，預期接觸氧氣後(於沙灘上)將導致急速氧化，結果令水池的已溶解金屬載量增加。(吾等注意到該等尾礦的風化測試尚未完成。)
- 尾礦已顯示會產生淨酸。儘管 Gold Fields 已保證 BIOX® 工藝超過94%氧化，炭濾法尾礦預期將有約0.5至1%的殘餘硫化物(估計潛在產酸量為15至30公斤 H₂SO₄/噸)，由於經過酸性瀝濾，不再具有中和緩衝能力。按沙灘堆積策略所建議，尾礦長期露天可導致尾礦氧化、酸化及增加釋入水池的金屬。

在兩個情況下，適當的舒緩措施為水下處置，然而，此舉可能限制尾礦的密封，而形成的越大，將影響建議處理策略的表現。很可能需要發展操作平衡以盡量擴大水池容量以限制尾礦的氧化。

13.3.2 廢石

現有廢石管理計劃僅依賴按硫磺含量進行分隔，以確認產生淨酸的可能性。然而，並無考慮金屬瀝濾性。可取得的地球化學評估乃以有限數目的樣本為基準，未必足以指出廢石的可變性。吾等進一步注意到，土柱瀝濾測試獲得的滲水濃度與水質標準直接比較，並無嘗試將瀝濾比率調至排土場實地情況。尤其，小規模廢石土柱測試顯示有滲漏砷的傾向。調整至全面規模，累積的砷釋出比率可能屬重大，且在營運及關閉後均產生重大環境問題。

根據沉積壩後積聚的水質所含的化學成份樣本，沉積池所載的水的用水管理計劃旨在循環用水，並在旱季時將池水用作選礦用水。此舉將可在所有參數(包括砷)達致符合第一級排放標準及第三級水體標準。樣本進一步顯示，排放僅於雨季進行。

技術支持文件 (Kingett and Mitchell) 載列的水質樣本乃根據項目開採年限廢石的滲漏量將約為每日20立方米的假設為基準。然而，排土場將隨時間增至約65公頃上限。排土場的所佔面積將於項目初期(初期剝採比率高；山谷前端狹窄)急速增加，而於項目後期減緩。假設項目開採年限的時間加權平均面積約為45公頃，假設滲漏比率每日20立方米，相當於每年滲透16毫米，或每年約1%的沉澱。其他地方的經驗顯示，露天排土場滲

透率介乎每年雨量約40%至50%。因此假設滲漏比率屬低估，而淨金屬含量(尤其是砷)可能大幅度被低估。

目前亦不清楚是否已考慮含砷溶液對(例如) BIOX® 工藝的潛在影響。在較高的滲漏比率及金屬含量的情況下，建議策略可能並不切實可行，以及緊急處理廠或須遵守環境規例。

吾等亦注意到，廢石底部大部分可能被水力發電水庫淹浸。此舉將導致短時間內釋出大量難以捕獲的可溶解物質。

13.3.3 浮選尾礦及經處理固體共同處置

BIOX® 工藝產生大量含高濃度金屬(包括鐵、砷及若干基底金屬)酸性溶液。酸性水將由逆流傾析系統收回，加入石灰處理，將已溶解金屬凝結為金屬氫氧化物及羥基氧化物及／或吸收或混合凝結為一些已溶解種類。並無進行測試以評估將於浮選尾礦儲水沉積的固體的長期穩定性。

石灰處理產生的凝結物一般均於氧化情況下產生。一旦與浮選尾礦共沉澱，經處理固體將於浮選尾礦的孔隙內被浸泡，隔除氧氣，氧化還原電位將改變。此舉將令一些金屬再溶解為亞穩相位重組，預期孔隙水中的砷及鐵濃度將會增加(Robins，一九九零年)。此舉將影響地下水體系，滲漏長期而言可能影響地面水的質素。

13.3.4 土壤藏量及管理

誠如較後一節所述，修復及關閉策略仍然僅屬概念性質。預剝離及儲存土壤的藏量及管理策略將對建議概念策略成功與否及達致關閉後的土地使用目標至為重要。此外，透過土壤藏量評估展示有充足土壤以完成建議關閉策略。另外，亦需要物色隨時可取並具成本效益的合適借土源頭。儘管澳華表示，將可從洛凡河排土場下較低谷區的取得泥土，但尚未就取得泥土開始磋商。然而，該片土地將於龍灘水力發電計劃的水壩儲水階段被適用的中國政府代理強制收購，意味著澳華應可取得泥土。此方面須由澳華核實。吾等亦尚未清楚，運輸距離及高度差是否已作為其一個因素而計入下一節討論的關閉成本。

13.4 土地復墾及關閉成本

13.4.1 主要土地復墾及關閉事宜

目前已就礦山關閉後的炭濾法尾礦區建議一個概念性的覆蓋物。吾等注意到，炭濾法尾礦將會產生淨酸，而由於累積經處理的固體，倘尾礦繼續氧化，炭濾法尾礦將有頗大機會瀝濾金屬。儘管並無就炭濾法尾礦完成風化測試，預期關閉後來自炭濾法的滲液所含的金屬含量將對水體的質素帶來重大影響。並無進行模型測試以評估將導致的滲透率或估計因氧氣在覆蓋層散佈而導致的氧化率。根據吾等的經驗，建議的覆蓋物未必足以有效減少所產生的酸，將需要一個經改良的覆蓋系統。

誠如上文所述，金屬瀝濾性並無根據排土場的實際大小及成份的比例調節。因此，儘管目前欠奉有關排土場建議覆蓋系統及用水管理策略的詳情，但低估現有修復計劃及關閉排土場的撥備的風險可能重大。

同樣地，並無就可能在最終隙縫裡的水質作出估計。視乎地下工程及露天礦的水位，可能積聚在最終隙縫裡的水質或許屬差劣，對地下水及地面水的水質可能帶來影響。貴公司亦並無提供關於最終隙縫的建議關閉策略的詳情。

13.4.2 預算及預期成本

儘管關閉規劃仍屬於概念性質，澳華已表示將於二零零七年準備初步關閉計劃，其中包括承諾歸還排土場的已復墾土地予當地村莊，以在可行情況下盡快分派用作農耕或其他用途。澳華已表示，名義復墾準備目前按每月60,000美元撥備，礦場開採年限的估計開支約為850萬美元。

儘管已就將進行的工作提供說明，但臨時撥備可能不包括在預剝離及尾礦設施興建期間處理土壤及儲存的準備。

至於利用礦場特定裝拖成本方面，吾等估計為所有尾礦及廢石區（僅根據受影響地區）加上1米長的覆蓋，將約為1,200萬美元。此數額並不包括預剝離及儲存土層備作重新處理的任何準備。此外，此數額亦不包括最後關閉礦場的工程及／或水利管理結構。假設將儲存土層約30%作復墾用途（即重新處理），包括工程及15%緊急事故的準備，估計復墾礦場「可開採年限」及最後關閉礦場的資金成本可介乎1,800萬美元至2,000萬美元。

14. 社會評估

14.1 社會及社區互動

澳華報告其與當地社區一直維持著良好的關係，而當地社區對錦豐礦山及相關設施持支持的態度。澳華所進行的建設，改善了當地的道路交通及電力基建，造福了當地社區，其中覆蓋了四個村落(白泥田、石柱、廷上及尼羅)以及一個鎮(沙坪)。澳華於毗鄰錦豐礦場入口處的地方建設了一座會議廳，以供澳華與當地社區就社區事宜進行會談及討論。澳華已設立社區關係部門，將於整段錦豐礦場開採年限由澳華僱員駐守。

14.2 與地方政府的關係

地方政府的架構分為數級，分別以村長、鎮長、縣長、市長及省(州)長為首。澳華報告其與地方政府各級的關係良好。

15. 澳華勘探項目

澳華在中國三個主要礦產省份擁有礦產資產並積極進行勘探活動，該等省份都是歷史上著名的黃金生產中心或擁有潛在大量黃金礦床地區。澳華中國業務發展(「中國業務發展」)部門在各礦產省份的業務單位進行勘探，以北京為基地並由執行董事為首，亦對合適收購目標進行監察，並在全中國物色合適收購目標。

作為該等活動的基礎，澳華設有超逾10,000個礦產礦床的地理資訊系統(GIS)數據庫(「China Review」)。

三個主要礦產省份業務單位為：

- **華北** — 包括白山(位於吉林省的成熟黃金礦床)、三間房及北山
- **山東** — 包括魯地中外合作經營企業、正元中外合作經營企業及河西中外合作經營企業
- **金三角** — 覆蓋貴州及廣西省，錦豐金礦一帶，以及包括金洛、金都、廣西及大地中外合作經營企業

SRK 熟悉白山勘探項目，包括該礦床礦化物的地質及結構控制的詳細工作。此外，作為本審查一部份，曾就金三角主要成礦遠景區作實地考察及審視。金洛中外合作經營企業(納西、板年、版納)及金都中外合作經營企業的坡稿成礦遠景區已作考察。其他項目及成礦遠景區處於早期勘探階段，實地考察的工作較少。因此，本報告所述其他成礦遠景區及中外合作經營企業項目乃透過澳華與中外合作經營企業勘探地質師的商討，以及透過文獻或出版資料進行審查。

於二零零六年十一月二十二日，澳華公布合資成立新策略聯盟，以便於中國進行勘探，Gold Fields 的中國中外合作經營企業勘探區塊及澳華的中外合作經營企業勘探區塊將包括在聯盟的勘探範圍內，但不包括澳華中外合作經營企業圍繞癩子山穹隆地區及白山項目的勘

探區塊。此項策略是勘探斑岩、硫化物含量高的低溫熱液金礦及沉積岩容礦浸染的脈型金礦。此等礦床目前並非澳華的中國勘探計劃重心，此項策略將發掘最少擁有5百萬盎司資源的礦床，而可開採的金礦產量每年約為50萬盎司。此項策略有別於現有中外合作經營企業項目所依據的澳華過往策略的礦化物類型及規模。

15.1 金三角業務單位

金三角業務單位於二零零五年底組成，從事勘探錦豐項目一帶的金三角地區。金三角是中國重要礦產帶，橫跨貴州省(包括錦豐資源)、廣西省及雲南省部份地方。該地區為廣闊右江盆地部份地方，由志留紀至三疊紀沉積物於海洋環境沉澱形成，其後於三疊紀末葉及侏羅紀期間轉化(褶曲及上移)。

金三角業務單位包括下列礦產資產(圖15-1)：

- 錦豐勘探區塊與JF42合併(3塊勘探區塊在錦豐發展及採礦用地周圍佔地42平方公里)
- 金洛中外合作經營企業(1塊勘探區塊，佔地97平方公里)
- 金都中外合作經營企業(19塊勘探區塊，佔地400平方公里)
- 與廣西研究院合組的廣西中外合作經營企業(14塊勘探區塊，佔地200平方公里)
- 大地項目中外合作經營企業(7塊勘探區塊，佔地115平方公里)

此外，業務發展焦點為獲取及審查額外地區數據，目的是識別金三角的新目標。

金三角業務單位旨在透過現存及新中外合作經營企業的主動參與，於未來三至五年內，增加3百萬至5百萬盎司新黃金資源。鑒於錦豐項目位於金三角，與錦豐勘探區域礦化物類型相似，有機會開採出新發現資源，資源和錦豐項目貨車運輸距離合理，該地區應有能力處理額外礦石，因此該地區擁有策略重要性。

金三角內，衛星對地區至區域比例的詮釋、地形圖及航空電磁法數據顯示，金三角卡林式(替代)黃金存象與基底斷層的重新活化有很密切的關係(SRK，二零零四年)。該等詮釋為發展目標及進入藏礦地區提供框架。

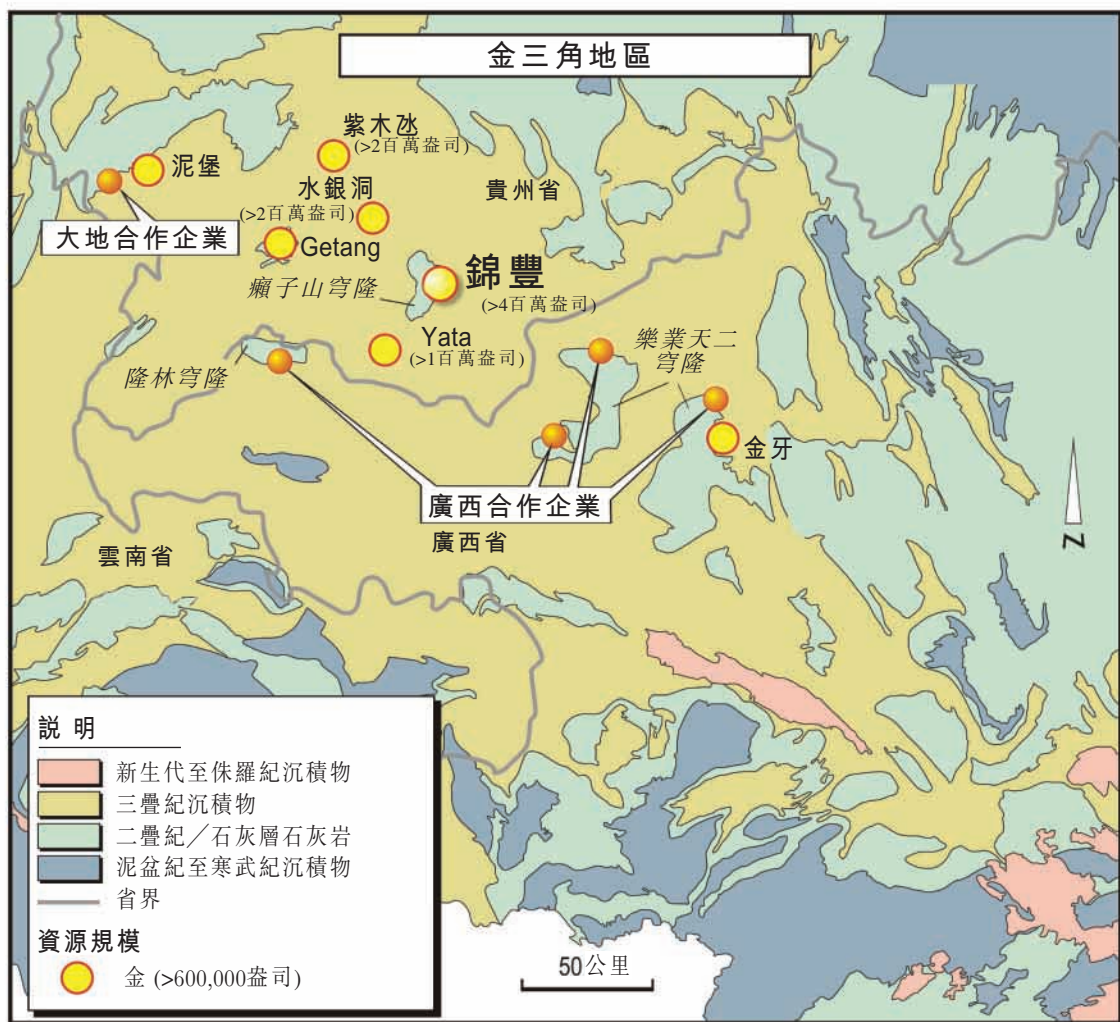


圖15-1：金三角業務單位勘探地區的地區地質及地點

15.1.1 勘探方法

地表地球化學

對不同水系沉積物部份進行定向測量及分析後，於-80+20#採集水系沉積物地球化學樣本。樣本密度為每平方公里排水面積取一個樣本。

採集近地表(B-地平線及C-地平線)土壤樣本，以跟進較少顯露的水系沉積物的異常或高度異常岩石屑地球化學。金三角業務單位慣常以每40米樣本間隔採集土壤樣本。

槽探

進行地表槽探用作揭露地質，並提供一個地方，作地表岩石持續地球化學採樣。風化作用相對輕微且覆蓋沉積層序薄弱，岩石才有可能露出。地表挖溝通常挖至垂直深度上限2米，各溝直徑一般為1米。

地球物探

地表電子地球物理誘導極化常用在勘探工作，以支持地表繪圖及槽探，以及識別次地表分散硫(硫精礦、砷黃鐵礦)礦化物。採用數種不同偶極距離及發電機容量，而以50米偶極距離及30千瓦發電機容量就金三角面積而言，效果最為理想。誘導極化旨在測試次地表深約500米的地方。

雖然地區磁力數據可供輔助區塊比例的地質詮釋及定位，但是個別成礦遠景區地表磁力測量則較少採用。

SRK 認為，澳華正採用可靠勘探技術，適合該等重要地理地區及中國黃金探勘。SRK 認為，該等技術基於可靠定向測量，旨在將技術及所獲結果的精確度提升至最高。

鑽探

鑽探測試常以人力可運輸的鑽井架通過金剛石鑽頭鑽取岩忠進行，該等鑽井架能探鑽達300米之深。澳華金剛石鑽孔一般角度，是能採集陡峭傾角結構樣本的角度，但不少較舊鑽孔是垂直的。

樣本從探鑽地盤採集，運回勘探車間，以編錄及計算回收率及密度。

15.1.2 礦山勘探區塊附近的錦豐(JF42)

三塊錦豐JF42中外合作經營企業勘探區塊已合併為一間中外合作經營企業，作為錦豐項目的一部份，環繞採礦用地，由澳華持有82%(圖15-2及15-3)。自二零零四年起，澳華就與錦豐類似的卡林式替代黃金礦化物，勘探中外合作經營企業勘探區塊。

JF42區塊的探勘工作旨在識別可增至目前錦豐項目或可獨立營運的額外資源。勘探工作至今無法大幅增加錦豐採礦用地的現有資源。

二零零五年，下列已完成的勘探工作包括：

- 為取得更深入的高品位挖溝結果而進行老屋基成礦遠景區的三個金剛石鑽孔(共475米)，然而鑽探計劃並無取得重大成果

- 為取得更深入的高品位挖溝結果而鑽探林壇成礦遠景區。三個較舊鑽孔由地質礦產資源局鑽探，一個由澳華鑽成，並無發現重大交匯點
- 姚家田的挖溝發現一個含金量及含砷量較高的地帶。溝道最佳結果為8米深，含金量为每噸1.7克
- 誘導極化測量在錦豐西北方的安堡及高爐成礦遠景區完成

二零零六年，下列已完成的勘探工作包括：

- 高爐成礦遠景區，三個鑽孔的第一階段工程在該處進行，目標為深入F7斷層西北方延伸部份毗鄰的母岩
- 採礦用地外F3斷層東南方延伸部份
- 位於尾西的F7斷層，探鑽交匯於該斷層1米(含金量每噸2.2克)及2米(含金量每噸2.7克)(鑽孔JFW020)。
- 冗半北區，由採礦用地冗半礦床走向西北方，從該地區地表溝道樣本所知，有低品位黃金及高砷值

目前勘探計劃將延至二零零七年，並集中對更深目標進行繪圖及識別。目前，地表鑽探計劃已經完成，並未能增加資源，更深目標可能仍有礦井採礦潛力。更深目標的礦化物的類型可能與錦豐有所不同。結構模型跟西北走向斷層與東北走向斷層之交匯點相同，仍為主要目標。進一步工作將集中於：

- 主要錦豐資源傾角深處的F7斷層，但遠離採礦用地
- 採礦用地東南方的F3斷層
- 林壇的F14，被認為與位於錦豐的F3斷層類似
- 姚家田的F70斷層
- 老屋基成礦遠景區的F8斷層

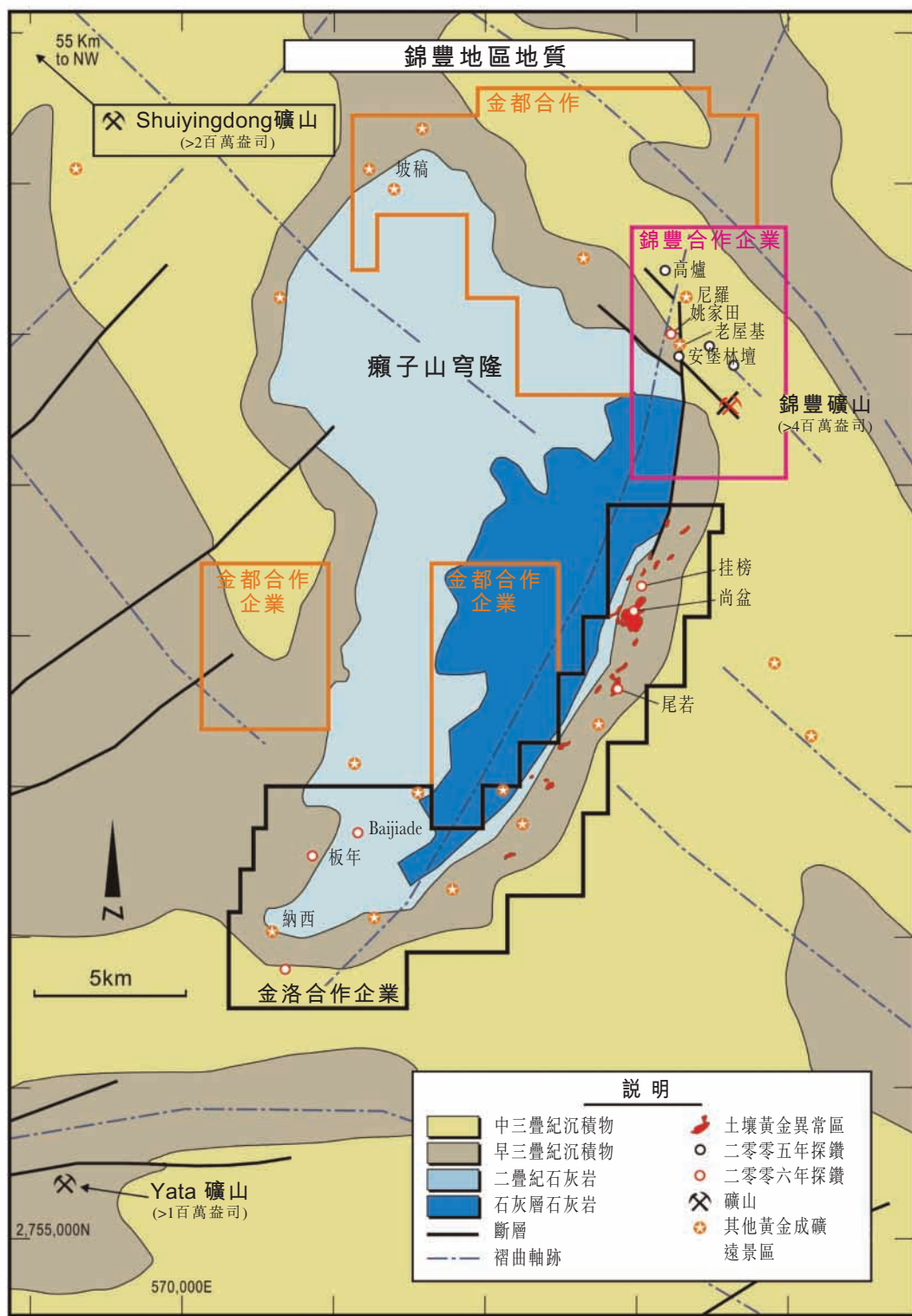


圖15-2：錦豐中外合作經營企業的位置

(JF42，即環繞錦豐採礦用地、金洛中外合作經營企業區塊位置及有關癩子山穹隆的金洛中外合作經營企業區塊位置佔地42平方公里的勘探區塊) (資料來源：澳華二零零六年六月季度報告)