

礦務部指引 編號 GN 9

分層爆破使用指引



土木工程拓展署 土力工程處
礦務部

1. 適用範圍

1.1 本指引指在對露天和地底爆破使用分層爆破方法提供基本的指引和建議良好的做法，亦就申請爆破准許方面，為使用分層爆破方法所需提交的文件制定最低的要求，並為礦務部其他的實務守則和指引作出補充。本指引乃引用本地經驗，並投入本地和海外業界爆破專家的專業知識而編纂。隨着經驗的累積，礦務部會在適當時候對本指引作出檢討及更新。

2. 背景

2.1 分層是指在一個炮孔（或多個炮孔）內，以惰性填料¹將炮孔炸藥分隔成多層。分層爆破是用不同的延遲時段，將分層炸藥續一引爆。

2.2 分層爆破在許多國家的採礦業和土木工程建設中，是一種常用爆破的方法。自 1991 年起，分層爆破(主要是雙層)已在香港露天爆破和近年的隧道爆破工程採用。至於在豎井爆破使用多層爆破這方面，本地以至世界各地均鮮有這類經驗。在本港人煙稠密的地區進行岩石爆破，為確保因爆破時所產生的振動，能低於附近易受影響的設施的允許水平，爆破往往需要採取一個低水平的最高每段延時炸藥量限制(MIC)。透過適當的設計，分層爆破是一個有效的對策，它既可以符合低水平的 MIC，亦可提高生產（挖掘）率。

3. 分層爆破的安全顧慮和風險

3.1 本港絕大多數在露天和隧道裡所進行的分層爆破，皆安全完成而沒有產生事故。然而，所有的爆破工程務必謹慎行事。使用多層爆破時是可以衍生更多和更嚴重的問題。從本地所獲得的經驗，在豎井中利用電子起爆系統（即電子雷管）進行爆破時，需要額外小心，尤其是現場有水的情況下。以往，在現場有水的情況下，曾發生過雷管因漏電而發生拒爆的事故。這些事故導致難以重新引爆的問題，又或在無法重新引爆情況下，難以安全拆卸回收炸藥等嚴重問題。另外，在使用雙延時(非電)雷管進行隧道爆破時，曾出現多次拒爆事故；事故原因多涉及操作技巧，而非涉及引爆系統的內在問題。

3.2 在發出爆破准之前，分層爆破所帶來的安全顧慮/風險必須在爆破風險

¹ 本地沒有以”空氣分隔”作為炸藥分隔層的經驗，除非其使用已被證明適合本地使用，本指引暫不推薦使用”空氣分隔”分層爆破。

評估中詳細列出及分析，相關的緩解措施亦須納入爆破設計和施工方法綱領中。

3.3 處理影響引爆的拒爆或其他事故通常是非常危險的。在不影響安全情況下，必須預早計劃一個有效、穩妥又可隨時執行以應付任何事故的應變措施。

3.4 使用分層爆破(與單層爆破比較)時，所衍生更嚴重的問題、顧慮和風險包括：

- (a) 聘用缺乏經驗及訓練不足的員工，或聘用不熟悉複雜爆破設計、填裝和接駁方法以及相關的測試儀器和測試協議的監管人員。
- (b) 由於雷管、雷管腳線、配線、導爆管和連接頭(由於使用大量雷管繼而增多連接頭)損壞的風險，尤其當爆破需在豎井的狹窄空間進行，以及填裝炸藥需在爆破團隊脚下進行。
- (c) 過於急進的填裝進度規劃，導致在炮孔填裝炸藥和加上填料、雷管的接駁以至雷管與爆破線路測試方面，均未能提供足夠的監管。
- (d) 爆破設計差劣會引致炸藥被鈍化(壓鈍)、雷管損壞、或殉爆。
- (e) 設計細節疏漏，譬如採用與雷管不兼容的爆炸品配件，如雷管套和炮孔塞，而導致雷管在裝藥過程中損壞。
- (f) 拒爆處理²，尤其在檢查線路時，需要將拒爆地方上的碎石移除，或需要放置新起爆藥時要將填塞料從炮孔清除，又或在不能再進行起爆的情況下，如何將爆炸品安全拆卸回收。

4. 建議的良好做法

4.1 以下建議的良好做法，可幫助減低分層爆破所帶來的風險：

- (a) 確保爆破程序中有足夠時間進行填裝炸藥、線路檢查和炸藥引

² 《香港法例第 295 章危險品(管制)規例》第 70 條已列出處理拒爆的要求。在露天和隧道爆破中，通常拒爆可透過從新連接未爆的線路作處理；但在豎井中，因為拒爆的線絡會被壓在碎石下，所以處理拒爆的爆炸品是非常困難。

爆，包括安全處理可能發生的拒爆，在不影響安全情況下，程序還需要充分考慮到工地的限制，充足的器械及設備，以及爆破人員的經驗和數量等。

- (b) 確保填料有足夠深度和炮孔與炮孔之間有足夠距離，以防止炸藥被鈍化或發生殉爆。建議填料深度和孔距最少為孔徑的 10~20 倍；但如考慮炮孔情況、炸藥種類、雷管種類和爆破設計等因素，可改變建議的倍值，惟改變必須證明該倍值更為適合，且對爆破無不良影響或損害安全。
- (c) 檢查並適當考慮不良的地質情況，如裂縫、斷層和空隙等，這些情況都可能會將炮孔相互連接，導致炸藥溜走或積累，提前起爆或雷管損壞，尤其在露天爆破中，更會因負荷不足而導致飛石。
- (d) 在每層分層應採用相同的炸藥量，並確保要有足夠的負荷和/或間距，以減低飛石的風險，但不要過大，以避免造成過大的震幅。
- (e) 按經驗法則，為防止衝擊波重疊而導致大幅度的地面震動，炮孔同層的炸藥，以及同炮孔內層與層間的炸藥，其起爆延時應相隔至少 8 至 25 毫秒。對於非電力起爆系統中，由於雷管本身延時的精準度有限，因此，必須參考製造商建議的延時上下限。電子雷管的延時一般都是非常精準，在適當情況下，炸藥相互間的起爆時差，因此可採用較小的延時。
- (f) 當使用非電起爆系統，爆破設計需確保所有孔外表面連接雷管的起爆先於孔內的任何一個雷管；否則會引發導爆管被截斷的風險。至於使用雙延時雷管時，設計尤其要確保雷管之間有適當長度的導爆管；過長的導爆管必須適當地盤繞起來，以免阻礙線路和扣接檢查。倘若導爆管太短，連接時會變得太緊，以致連接雷管和導爆管不能成直角對準。此外，為免引發拒爆，檢查須確保表面連接雷管之間留有最低的導爆管“運行”距離（參考製造商的建議），以便導爆管能獲得穩定的爆轟速度。
- (g) 當使用電子起爆系統時：
 - (i) 確保配接線和連接插頭有足夠的強度，以免在填裝炸藥時受到損壞，

- (ii) 按製造商的要求替所有設備(例如地面起爆箱、編碼輸入器等)進行定期保養和維修，並確保其軟件為最新版本(保養和維修記錄必須存放在工地，以供查核)，
 - (iii) 於配裝前，檢查每個雷管，以找出有問題的雷管，
 - (iv) 檢查以確保連接器在非使用的任何時候都是關閉，
 - (v) 在整個裝藥過程中，必須進行漏電測試和監控，及
 - (vi) 確保工地內有足夠備用設備，例如：已完全充電的地面起爆箱及編碼輸入器，以便取代任何有問題的設備。
- (h) 除非有特殊需要和所使用的雷管套和炮孔塞與起爆系統完全兼容，否則不應使用雷管套和炮孔塞。
- (i) 填裝炸藥前，應檢查工具及設備狀況及是否充足，例如為炮孔填裝散裝乳化炸藥時，不可使用帶有凸刺或已損壞的炮棍填裝炸藥，或使用已損壞的炮喉。
- (j) 只聘用受過適當訓練的人員，並充分監督其工作。所有參與裝藥的人員必須經過訓練，以確保他們充分了解自己的角色和責任，以及所須執行的特定工序，包括認識容易損壞的組件、線絡檢查要求和有關的測試協議。良好的操作技巧對填裝炸藥和扣接雷管至為重要。合資格爆破督導員（獨立監管），爆破工程師（承建商的監管）和註冊引爆手均須對爆破行動進行充分監督，其他重要事項亦須列明，以確保爆破按照爆破方法綱領所詳述的程序和核准的爆破設計正確地進行。合資格爆破督導員亦須對爆破工作的各類事項進行積極監管。
- (k) 必須格外小心處理所有拒爆情況。

5. 申請爆破准許所需的文件要求

5.1 爆破評估報告必須包括一個全面而詳細的風險評估、擬議預防和緩解措施，以及就拒爆或其他爆破事故而制訂的應變計劃。倘若適合，制訂應變計劃可考慮第4節所建議的良好做法。承建商的爆破方法綱領是爆破准許條件的一部分，必須包括已核准的爆破評估報告內所有相

關要求，以確保爆破工作會按既定的爆破設計(包括重點事項和監管安排)妥善進行。

- 5.2 風險評估必須找出在爆破工作期間所產生的安全顧慮和危害，涵蓋在爆破前、爆破時及爆破後會可能遇到的所有問題，尤其是漏電、拒爆和涉及未引爆的爆炸品的事故。各種類因素互動影響的風險，例如設計，經驗，時間，操作技巧和監督，均須加以處理。爆破承建商必須就有關風險進行覆檢，並在需要時予以評估，惟須得到合資格爆破督導員的同意。
- 5.3 必須制訂穩妥的保護和風險緩解措施，以應對裝藥時出現問題及拒爆情況或其他事故。爆破設計亦須考慮現有情況與設計細節和填裝安排。擬議分層爆破的方法和爆破次序必須全面詳盡，並輔以清晰的工作程序。
- 5.4 資源要求，特別是在訓練和工地監督方面的要求，以及各爆破人員的權責必須清楚釐定。
- 5.5 必須制訂一個穩妥和有效的應變計劃，以應付因爆破所引起的種種情況，如拒爆或涉及未被引爆的爆炸品事故等，藉此可安全和迅速地恢復原狀。應變計劃必須涵蓋所有可能出現的情況，連同計劃和程序以糾正問題，例如移除碎石將爆炸品安全拆卸回收。
- 5.6 至於異常/新式或高風險/有嚴重後果的爆破工作，在爆破工程開展前，工程項目倡議人必須獲悉該爆破有關的風險，並在工作程序上簽名，表示接受有關風險。此外，若有需要，礦務處處長會在發出爆破准許前，要求對該爆破的方法和工作程序進行獨立的評估。

礦務部

二零二二年十一月

本文提供一般指引。礦務部可以根據實際條件和特點加強具體要求。如對本文件有任何意見或查詢，可聯絡土木工程拓展署土力工程處礦務部總土力工程師。

電話：(852) 3842 7210 傳真：(852) 2714 0193 電郵：mines@cedd.gov.hk
CELIMS 热線：(852) 3842 7210 CELIMS 網頁：www.celims.cedd.gov.hk