

在喀斯特地区鑽進的經驗

謝 恭 儉

一、地質情况

我隊在四川南川南平工区的五个井田中，有三个井田位于龍骨溪大背斜西北翼的倒轉部分，上部为棲霞和茅口兩層石灰岩，并已裸露地表，一般厚度达400—500公尺，岩層傾角一般由60—70°；下部为85.605—140公尺厚的乐平煤系，以見長兴灰岩而終孔。由于石灰岩質地較純，遭受嚴重風化，溶蝕后侵蝕基準面深达300余公尺，同时地質構造复雜，岩石極端破碎。据現有資料証明，僅硯石台一个井田斷層就有18个，喀斯特溶洞裂隙極為發達，而且有些地方互相連通出現了地下陰河，溶洞和陰河多为松散泥沙和礫石所充填，易使鑽孔歪斜和斲斷鑽具，打撈時摸不着头緒，給鑽探工作帶來了極大的困难。硯石結核有时成層分布，岩石硬度为7—10級，由于傾角較大，絕大多數鑽孔不得不以斜孔鑽進，由于溶洞裂隙关系使冲洗液大量漏失，甚至孔底无水，鑽進27个鑽孔就有22个鑽孔遇到溶洞或流砂，溶洞大小由几公分到十余公尺；如馬家坡10号孔鑽進120公尺，溶洞即达14个；猪槽灣25号孔鑽進130公尺，岩心采取率僅23%；在毛鄉台6号孔最大溶洞达55公尺。鑽進时所使用的鋼粒随冲洗液漏失，而合金又易折断，同时流砂掉塊嚴重，因而威脅着鑽探工作的順利進行。下部乐平煤系大多是頁岩和粘土質頁岩，这些岩石見水后，極易膨脹，而且分裂成細小的薄片狀坍塌于井中，兼之

因地層压力关系，塌陷顯得更加嚴重，同时亦有較大的黃鉄礦掉塊，常下鑽几公尺或十数公尺不到底，因而極易造成事故。

在喀斯特地帶鑽進，当冲洗液大量漏失时，采取堵漏的办法是很困难的，即或堵住，但鑽進一二公尺后又漏失起來，由于突然漏失，原掉入裂縫的鋼粒会随泥漿面下降而掉入井內以致卡鑽，并且由于泥漿供应不上，不得不停鑽攪泥漿和下泥球，因而浪費很多時間，且不易堵住，甚至不能堵住，同时由于井內粘泥过多，还会造成泥皮將鑽具拖住。另一方面，在漏失帶岩粉会随冲洗液流入裂縫內，有时岩層的孔隙还会被岩粉堵塞住。由于考慮在坚固穩定的岩層中用清水鑽進是可能的，所以根据苏联專家那依江諾夫在西南局的建議，先在田灣18号孔試驗，由于井內正常，獲得初步成效。以后迅速推广，并在寒心灣3号孔一方面采用清水不翻水鑽進，另一方面改進技術操作，創造了在石灰岩中鑽進的平均台月進尺200.8公尺的最高記錄，同时眞厂2号孔也在該地層中創造了班進尺20.2公尺的最高記錄。

二、在喀斯特地区鑽進的技術措施和經驗教訓

(一) 采用清水不翻水鑽進：

1. 采用清水不翻水鑽進的优越性

(1) 節省時間，降低成本，减少了对漏水的处理。在陽新石灰岩中，猪槽灣26号孔使用泥漿，僅处

1. 样品中含磷品位愈高者其誤差愈小。

2. 野外快速定磷其結果皆略高于局化驗室的化驗結果。

上述两个結論对于我們在野外使用野外快速定磷方法具有決定性的意义。第一个結論說明了样品中含磷品位愈高者准确性愈大，第二个結論說明样品經野外化驗其結果略高于局化驗室之化驗結果，因而野外的化驗就不可能漏掉磷礦。

我們在初采用磷鉍酸鉍沉淀法时，方法中主要的

送样号	野外化驗結果	局化驗結果
P 1	4 %	1.74%
" 2	10%	7.81%
" 3	9.0%	8.50%
" 4	3 %	0.66%
" 5	3 %	2.66%
" 6	微	0.12%

送样号	野外化驗結果	局化驗結果
P 7	微	0.07%
" 8	2.0%	0.62%
" 9	4 %	0.57%
" 10	0.5%	0.05%
R 1	(標) 36%	37.75%
" 2	9 %	7.55%

問題還未能完全掌握，最初在定磷的溶液中產生一種白色的沉淀与黃色的磷鉍酸鉍沉淀混在一起，这样給我們的化驗結果帶來了一定的誤差。这主要是由于溫度过高或有还原物質存在，使鉍酸鉍析出鉍的沉淀所

理漏水即占去 545.25 小时，而寒心灣 3 号孔使用清水，僅开孔用泥球堵过漏水花了 34 小时外，以后一直是不翻水鑽進，縮短了对漏水处理時間 93.77 %，同时还節省了泥漿及有关的費用，減輕了鑽場工人的劳动。使用泥漿时由于泥漿陈旧或受地下水的影响，就得用化学处理或停鑽換泥漿，如張家坝 82 号孔換一次泥漿就耽誤 48 小时。

(2) 提高了鑽進效率。由于泥漿的比重和粘度比水大，粘土的顆粒妨碍了鑽头的切削具直接切到岩石中，而且岩粉不易清除，使用泥漿后增高了泵压，減低了对井底的冲洗力，所以对影响效率起着决定性作用。猪槽灣 26 号孔使用泥漿平均單位小时進尺 0.3901 公尺，后在井深 351.401 公尺处改用清水，平均單位小时進尺提高到 0.562 公尺，比原來提高 44%。寒心灣 3 号孔由于使用清水，加强了对井底的清洗，并由于水滲入岩石裂縫降低了岩石的硬度，平均單位小时進尺达 0.636 公尺，比猪槽灣用泥漿时提高了 63%。

在采用清水不翻水鑽進中，由于節省了時間，提高了單位小时進尺，所以超額完成了台月效率。如下表：

冲洗液种类	孔 号	地 址	平均完成台月效率	备 注
泥 漿	13	田 河	77.6 公尺	
泥 漿	26	猪槽灣	96.9 公尺	
清 水	27	紅 岩	116.2 公尺	
清 水	3	寒心灣	200.8 公尺	

(3) 鑽進安全。以前認為使用清水而發生岩粉卡鑽事故是不可避免的，可是当鑽孔所通过的岩層穩定时，不会發生坍塌，是可以安全鑽進的。同时因改進了操作，注意了泵的排量和岩粉的撈取，所以在寒心灣 3 号孔和紅岩 37 号孔用清水不翻水鑽進 500 多公尺，从未發生过因岩粉沉淀而引起的卡鑽事故。

从以上几点可以看出：采用了清水不翻水鑽進的

經驗以后，打破了旧的記錄，在安全的基础上提高了效率，降低了成本，减少了事故（对漏失的处理），从而提前和超額完成了國家任务。

2. 使用清水不翻水鑽進的条件和技術措施

(1) 56 年初，我隊曾強調非水文鑽孔和非抽水岩層一律使用泥漿，忽視了岩層的情况和使用清水的优越性，实际上应視井壁岩石的穩定程度和水泵的冲洗能力而定。如果岩層是穩定的石灰岩、泥質灰岩、砂岩和部分堅固不易溶解和冲毀的頁岩，完全可以采用清水或不翻水鑽進。但清水鑽進也不能机械地搬用，如果岩石不穩定，像煤系頁岩和粘土質頁岩或流砂掉塊嚴重的地区，必須使用泥漿，否則将会造成嚴重的卡鑽事故。

(2) 在采用清水或不翻水鑽進中，很重要的一点是掌握水泵排量，应开大水量冲起岩粉和保持井底的清潔，否則將影响鑽進的速度和安全。我們在 130 公厘及 110 公厘井徑中使用合金时，所采用的水泵排量为 40—100 公升/分，鋼粒鑽進时采用的排量为 80—65 公升/分，在不翻水鑽進中，水量供給的大小，可根据水源箱中水量消耗的大小而調整水泵閘門。

(3) 为了清除鑽孔中的岩粉，鋼粒粉和流砂，因此每次鑽進时均須帶上取粉管，并有一定冲孔時間，根据井底岩粉多少進行清洗。若岩粉过多，应專門用 0.5—2 公尺長的短岩心管和 1.5—2 公尺多長的取粉管撈取岩粉，一面扫一面冲。在卸粒換合金时，应注意鋼粒粉的撈取，合金換鋼粒时应注意适当的水泵排量，以免卡鑽。为了避免停止循环时岩粉的沉淀，在加鑽杆或下河砂取岩心时，应事前將人員分工好，快速下河砂，防止因流砂及岩粉沉淀而發生埋鑽事故。修理机器时也不能停止循环，非停止循环不可时，应立即將鑽具压起或提高井底数公尺。起鑽前应充分排出岩粉，下鑽时应探清岩粉沉淀程度，不能將鑽具直下到底，应在快到底时开泵循环，慢下轉动到

送样号	野外化驗結果	局内光谱結果
1	1%以下	1.15%~0.45%
5	1%以下	1.15%~0.45%
8	1%以下	1.15%~0.45%
群	1%以下	1.15%~0.45%

致。現在我們按沉淀的不超过 60°C 的原則，这种現象就不常發生了。其他方面造成磷的誤差也是有的，如所用

到化驗資料，作为勘探的根据。

四、結 語

我們采用鉬酸鉍沉淀 定量法每日可处理 70—100 个样品，假使能使用 60°C 起溫水箱，可同时加热处理大批样品，这样效率还可以提高。

苏联科学院于 52 年曾召开一次沉积岩石学會議，在會議的決議中曾有一項說到野外快速定磷方法应迅速的普及到各个野外隊中去，但不知苏联是采用什么方法，我們只根据一年來的工作經驗提出磷鉬酸鉍沉淀定量法，進普行查找磷是比較合适的。

的水、天秤、試剂、試管，以及操作上的誤差等，也是不可避免的。总而言之，这个方法所得之結果沒有在仪器和设备 完备的情况下 所作出的 結果精确，但主要的优点是能够在野外仪器及设备 不甚完备的情况下迅速的測定出磷的大概含量，使地質工作及时得

底，以免淤鑽。若使用清水翻水鑽進時，應注意循環系統岩粉的清除，而且清水比重超過1.06時應立即更換，不得使用。

(4) 必須充分考慮供水設備及水源。由於鑽進中水的大量漏失，僅紅岩37號孔一個小班就大約消耗13.5立方公尺，因此事先應找好水源，修好供水站，筑池或利用天然地形修填蓄水，以保證鑽探工作的順利進行。在紅岩37號孔因事前蓄水工作做的不好，以致等水占去168小時，同時也浪費了鑽進時間。在鑽進過程中還須注意經常向水源箱中加水，以免因無水鑽進而發生事故。

(5) 由於陽新石灰岩底部即進入煤系，煤系中的粘土頁岩和頁岩，見水後會膨脹坍塌，鉄質結核也隨之掉入，所以不能使用清水鑽進。在進入煤系前10公尺時，應準備好套管和泥漿，待進入煤系則立即下套管用泥漿鑽進。寒心灣3號孔因進入煤系後仍使用清水，結果造成嚴重坍塌，就誤七天才用泥漿處理好。田灣因坍塌下入套管，至今尚有190公尺套管未拔出棄于井內。

(二) 採用大口徑開孔，下套管鑽進：在地質構造特殊和複雜的地區，必須充分考慮和正確設計鑽孔的構造，否則不能保證終孔的井徑，甚至會斷送鑽孔的命運而報廢。因為在遇溶洞陰河時，其中多卵石和流砂湧出，有時雖用高粘度泥漿及固体堵塞物，但再多的堵塞物也不能將這些互相連通的溶洞堵住。如田灣17號孔用340公升水泥漿封閉75公厘井徑40公尺，而結果泥漿一滴未存。豬槽灣25號孔封閉75公厘井徑段距7公尺，送入粘土心200公尺，結果全部掉入溶洞，因此說明用高粘度液体或用可塑性物質去處理流砂和堵塞漏洞都是徒勞無益的。因而最有效的辦法是下入套管，既能解決問題，又能縮短處理複雜事故的時間（但要注意應尽量少下套管，以節省費用和減少起拔時的困難）。根據以上情況，應適當地加大開孔直徑，增加孔徑級數，方能保證鑽孔的順利終孔，同時應根據情況防止過早地下入套管或使用了備用井徑。當所通過的岩層其石灰岩厚度在400公尺時，開孔井徑可採用190公厘，厚度在300—200公尺上下時，開孔井徑應為170公厘，只有厚度在100公尺左右才以150—130公厘直徑開孔為宜。鑽進煤系頂部時下入套管，以泥漿鑽進煤系，用91公厘井徑終孔。由於在喀斯特地層中鑽進開孔井徑大，加之地層情況複雜，因此相應增加了動力的消耗，500公尺鑽機最好配備45—60 HP的柴油機或電動機。

(三) 採用粘土開孔，泥球鑽進：在開孔後淺部喀斯特最為發達，而溶洞裂隙內充滿了流砂，岩石破

碎亦有掉塊，在鑽進中有時差30多公尺不到底，甚至填滿了整個鑽孔，因此在這一段鑽進中可用粘土開孔，開孔後用泥漿，在鑽進中不斷往井內投入3公分大的泥球，或下泥球止漏水和流砂，同時用大水量鑽進沖出流砂，見硬盤後可下入井口管，若下不去時，先打小眼或邊扫邊跟將套管下入。往下鑽進時若流砂掉塊亦非常嚴重，可先用取粉管將流砂撈出，如撈不盡，則用泥球、水泥泥球、石膏或注入水泥漿止漏水，用失水小、粘度大的泥漿鑽進，同時增大排量到100公升以上。鑽過複雜帶以後，可下入第二層套管，有困難時仍可採用打小眼，邊扫邊沖邊跟的辦法將套管下入。如豬槽灣26號孔開孔使用泥漿，井內流砂完全沖出沉淀，下入第二層套管後，即採用了清水不翻水鑽進，鑽進中較安全。若井內流砂不嚴重者，下入井口管後，即可採用不翻水鑽進。但套管應根據鑽井斜度、深度、口徑、上層套管起拔的影響，擴孔的安全等決定套管的下入，如對這些問題估計不足，將導致套管難以起拔和順利鑽進。

(四) 採用合金鑽進：在喀斯特地帶鑽進時，由於裂縫溶洞易使鋼粒漏失，影響鑽進速度和水面下降時造成事故，同時打斜孔時易增加鑽孔斜度，因此應盡量改用合金鑽進。在田灣18號孔鋼粒鑽進小時效率為0.678公尺，在同類岩層中合金鑽進小時效率提高到1.535公尺，合金為鋼粒效率的226%。使用合金鑽進時合金鑲焊斜角一般在25—30°，而且鑲成順刀，以免因裂縫阻力而斷合金，同時應採用適當合金粒數，以避免單位合金因承受迴轉阻力和軸心壓力過大而使合金折斷，所以在31—110公厘的鑽頭可鑲9粒（外、中、里各3粒）。出刃一般採用內出刃1—1.5公厘，外出刃1.5公厘，底出刃1.5—2公厘為宜。支援我隊的151隊由於採用了以上的鑲焊辦法，小時進尺效率已提高2—3倍，平均小時進尺3—4公尺，同時減少了合金及鑽頭的消耗達2倍左右，以及增加了鑽頭的耐磨性，減少起下鑽次數。

在喀斯特地帶鑽進中，經常遇到溶洞或陰河，不但容易發生事故，而且極易將鑽孔整斜，由於特殊地質條件的要求，打斜孔更易使斜度增加或減少（以垂綫為0則一般都增大），所以為了保證斜孔（或直孔）的斜度，應大力使用合金，在鑽進燧石層非用鋼粒不可時才用。在壓力方面應均勻可靠，在岩層軟硬變化較大或換層時應切實的減低軸心壓力，一般壓力為800—1000公斤，同時使用油壓平衡器解決了斜孔中磨擦係數難於掌握的壓力計算困難問題，一般鑽進時岩管長度均在5公尺以上，變換井徑時用合金低壓慢速鑽進，並將原岩管作導向，鑽進5公尺後始將

其去掉。开孔前鑽机应安裝穩固，斜度精确，天車、立軸、井口三者嚴格對准中心而后开孔，并嚴格測量井口管斜度，每日測立軸角度一次，隨時進行糾正，每25公尺即用包良柯夫測斜儀進行測斜，從而保證井斜。

三、几点意見

(一) 在喀斯特地帶鑽進應正確掌握沖洗液選擇原則，否則將導致嚴重事故的發生。

(二) 为提高效率，减少事故，保证孔斜，应尽量使用合金鑽進，并加强对合金鑽焊方法的改進。

(三) 用大水量鑽進，必要时可开动双泵，并对排出岩粉所需沖洗液的返回速度進行科学的計算。

(四) 重点研究对漏失的处理办法，縮短在複雜情況下恢復循環的時間。同时着手試驗灰質泥漿，在清水中加入水玻璃、煤碱液等活性剂溶液，在井內自造漿而成，保持岩粉呈懸浮状态，以避免泥餅、流砂所造成的卡鑽事故。

(上接第40頁)

流的时候，还能攜帶一些含在水里的氧气、二氧化碳气等進入氧化帶中，促使在这一帶中的礦物起氧化、碳酸化或其他的化学反应而分解，加速了化学風化的進行。所以水对于残余礦床的形成，意义特別重大。从这一点就可以了解，在干燥地区化学風化作用是較难發生的。不过話說回來，如果雨量太多了，也有不利的影响，因为雨量多就会增强地表水的剝蝕能力，使風化下來的残余物質很快的被运走，不能集聚到一定的數量而成礦；另一方面，地表水多了，也就会加快地下水的流动速度，并冲淡水中溶解物質的濃度，因而使氧化帶中的礦物不能完成它的化学变化。而且地下水量如果增多了，地下水面就得升高，相对的会縮小氧化帶的範圍，減小了化学風化作用的規模。这也是一个不利的因素。

此外像地形的条件，地壳运动的性質以及地質構造情况等，对于化学風化作用的進行和残余礦床的形成，也都有影响。發生影响的情形和前節所講的大致相仿，在这里就不重述了。

(B) 残余礦床举例

残余粘土类礦床：由于水的电离，在水中就含有氢离子，因而能增强水对矽酸鹽礦物的分解作用，矽酸鹽分解后一部分元素溶解于水而被流失，如K, Na, Ca, Mg, 等，另一些不易溶解的元素則形成氧化物如 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 等而被遺留下來，在这些遺留下來物質中，因为彼此帶有正負不同的电荷，能够互相引起一系列的化学反应而生成粘土类礦物的沉淀，因而形成残余粘土类礦床，此种礦床也可能由于石灰岩的分解而造成。所有这些变化都需要在气候比較溫和的条件下才進行得快而徹底，属于这种类型的礦床为江西、安徽一帶的部分残余高嶺石礦床及在南方石灰岩地区所广泛分布的各种粘土等。

“紅土礦床”：由上述作用所形成的高嶺石或粘

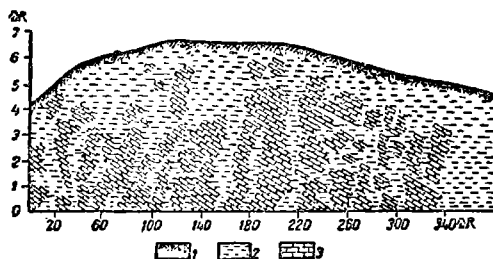
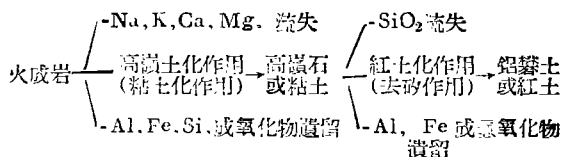


圖3. 風化時石灰岩為粘土所交替 (根據博洛達諾維)

土礦物，在地表的通常条件下，是相当穩定的，但如在气候炎熱及潮濕的環境中，並且是在雨季和干燥季節互相遞變的情況時，高嶺石就可以發生再分解的作用，使其中的氧化鋁和氧化矽分離， SiO_2 成膠狀溶液被水帶走，因而 Al_2O_3 的含量又可相對的增高，并經水解作用生成鋁土礦 $[Al(OH)_3]$ 。至于原已遺留下來的水氧化鐵，可以轉變為含水赤鐵礦，所以就使土壤顯示紅色。這種作用又可叫做紅土化作用。由此可知紅土化作用就是已經分解而遺留下來矽酸鹽礦物在特殊条件下再一次分解，因而使矽的含量減少，鋁的含量再度增加，成為可以利用的鋁礦，其變化概況如下：



福建漳浦的三水型鋁土礦可能是屬於這種成因的。

此外，還有所謂“帽型礦床”，那是任何成因的礦床，經過風化作用以後，往往會產生的一種特殊的礦床。根據遺留在地表的，也就是形成“帽子”的有用礦物的不同，又可以分為鐵帽、石膏帽、明礬帽等等。其中要以鐵帽為最重要，這點在下一講還要比較詳細地討論它，這裡就不再介紹了。