

一九五六年全國鐵道科學工作會議

論文報告叢刊

(44)

西北地區鐵路供水 深井設計的研究

人民鐵道出版社

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容，包括铁路业务的各个方面，基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师们几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值，对铁路新技术的采用和发展方向，有启示作用。为此，刊印丛刊，广泛流传，保存这一阶段内的科技文献，以推动科学研究的进一步开展。

会议以后，我们对全部文件进行一次整编工作，然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京、唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌，选择其中对目前铁路业务有广泛交流意义，或是介绍铁路新技术方向和系统的经验总结，将性质相近的文件合订一册，单独发行。为了避免浪费，凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件，除特殊必要外，一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后，排定丛刊号码，交付印刷，並無主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经做过九次学术报告，我们已将文字整理，编入了丛刊。

文件中的论点，只代表作者意见，引用或采用时，还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试，我们缺少经验，希望读者提供意见，逐步地改进。

铁道部技术局

1957年2月

西北地区铁路供水深井設計的研究

铁道部設計总局第一設計院

(一) 深井設計的研究

我国建設社会主义社会正在蓬蓬勃勃的高潮中，为了發展国民經济，各地都在建設着矿山、工厂、铁路、城市，尤其西北地区更是开发的重点，这是一场激烈的斗争，也正是与大自然作着艰巨而复杂的斗争，科学工作者在响应党对科学进军的号召，就必须站在建設的最前线来从事中国从来所未有的和很少有的科学技术工作，来适应社会发展的要求，以便在十二年内赶上世界的科学技术水平，是完全必要的。

西北地区多黄土高原及沙漠地区，气候干旱少雨，地势较高，因而在工业建設中尤其是铁路修筑中常常遇到缺水地区，所以对人生和工业所必须的水源探寻和取水方法就成为科学工作者所当前研究的重要项目。

西北地区是不是没有水呢？根据自然条件气候干旱少雨，地质情况东部地区下部为甘肃系红层，上为较厚的黄土层复盖，河流较少，这是缺乏地表水的主要原因。但是西北地区终年积雪的大山脉还是有的，山坡堆积和黄土层以下的冲积层也是有的，岩层的裂隙也是可以找到的。所以科学工作者们就根据地形地貌和地质构造的种种条件能够找到丰富的地下水源。铁路沿线通过水源勘探的结果，如久称干旱的陇西、夏官营，找到了距地面下20~30公尺处每天可出几千吨的地下水；在东乐、马莲井，距地面60~70公尺处找到了丰富的地下水；在五华山烟墩距地面几十公尺找到了适量的承压水，自流到地面。在高台许三湾，距地面百余公尺也找到了丰富的地下水。由此可见，西北地区的地下水还是很多的，只是找寻的技术问题上还需要进一步的研究。利用科学仪器如电探，及其他物理地球勘探仪和鑽探方法，以及地质年代与构造，水文地质分析，有把握的进行水源勘探工作，以达到既经济又合用的丰富水源。

按以上水源勘探工作的经验，西北地区一般是地下水较深，随之而来的问题就是地下水提取问题，其主要结构是深井。

深井在中国汉代已有鑿井深达1,200公尺的记录，完全利用人力木槌冲击的方法进行。明朝徐光启研究和发明了探测泉源所在的方法和鑿井的方法以及辨别水质好坏的方法也有所成就。

近代随科学的进展，外国对鑿井事业有着进步，中国在封建统治时期对兴建农田水利漠不关心，以致古老创造没有向前推进。国民党统治时期以鑿深井称为打洋井，可见中国技术落后已达极点，而古老的创举也就埋没了，鑿深井是中国古老的发明也就是认为是舶来品。

后来中国深井工程陆续发展，其重点多在大的城市。根据已有深井的地质情况，在小

範圍內進行，只是增加城市的水源，而不是開展干旱地區的新水源。

解放以後，鐵路礦山大力興建，由於蘇聯對我國的無私援助，將蘇聯幾十年來的積累經驗介紹給中國。於1950年已有專人進行研究這項工作，在蘇聯水文地質專門水文地質、鑽探工程等書籍的翻譯本的幫助下，給我們研究此項工作的工程技術人員以很大的幫助，以致在礦山勘探，水源的找尋和鑿井工程有了很大的進步與成就。

(二) 深井設計依據

在作深井設計之前須準備足夠的水文地質資料，鑽孔柱狀圖，水源湧水試驗資料，岩層鑑定與顆粒分析資料，水質化學分析資料與給水站設計資料。根據以上資料進行分析與研究以作深井設計的決定。茲將各項資料利用與研究過程分述於后：

1. 水文地質資料，分為水文地質平面圖，斷面圖，及大區域示意圖。根據以上資料研究地下水補給範圍與來源及地質水文體系，以作深井位置及可能遇到的問題的研究。

2. 鑽孔柱狀圖，分為鑽孔結構圖，水位（初見水位及穩定水位）岩層描述，鑽孔深度與含水層分層情況與深度。根據以上資料決定深井深度，採取含水層位置與深度，及施工方法的參考。

3. 湧水試驗資料，分為 $Q=f(T)$ 、 $s=f(T)$ 。根據以上資料分析湧水量是否正確，第一、二、三程抽水時間，在抽水時沉沙情況，抽出的水內含沙情況。如沉沙情況嚴重需作出顆粒分析以作設計沉沙管的參考，單位湧水量作深井落程計算的依據。

4. 岩層鑑定與含水層顆粒分析資料，由岩層標本的鑑定和含水層或不含水層的判斷，以作濾水網位置與深度的決定，顆粒分析應將顆粒百分比（顆粒徑應按標準詳細劃分）點出顆粒曲綫。平均顆粒直徑及顆粒度等詳細資料，以作濾水網型式及間隙的決定。

5. 水質化驗資料，在鑽孔含水層有二層或二層以上者須分層作出水質分析，以選擇較好的水質及防止不良水質滲入的措施，水質化學性質對採用濾水網材料質量的研究。

6. 給水站設計資料，日最大用水量，取水措施管道布置與距離，根據日最大用水量決定工作水位及機械安裝深度。

以上資料了解分析研究後進行設計深井的工作。深井設計分成以下幾個步驟來進行，茲分述於后。

(三) 深井設計步驟

1. 深度的決定。將勘探柱狀圖岩層分布情況繪於深井設計圖的一側，並將岩層名稱、分層厚度及符號詳細列出，以作施工過程中的機具準備與核對原柱狀圖的正確性，並根據勘探孔施鑽過程決定套管組的分布。

2. 落程計算。根據湧水試驗的抽水量與落程的關係曲綫與單位湧水量計算工作水位深度，在抽水試驗時其抽水量應不小於日最大用水量的60%，而深井鑽孔的湧水量以落程在含水層厚度時，其湧水量最大，按照以上情況則抽水試驗之落程與湧水量的關係曲綫，可以找出我們所需用水量與單位湧水量的關係，在預計落程不大時，可利用單位湧水量除所需的水量，則可以得出所需落程，如落程很大而所抽出之水量不能得到最大用水量的60%時，則需用 $S=aQ+bQ^2$ 的公式計算落程。在計算落程得出後，應根據調查資料的正確與可能性的推測，適當考慮機械安裝深度以保證其湧水量。

3. 深井結構。深井結構分为井管、濾水器和沉沙管三部分組成，茲分述於后：

(1) 井管：

为了防止鑽孔井壁塌陷及与濾水器的連結和施鑽过程中的順利进行，需於深井上部作井管。井管材料多为鋼管，在水位以上部分应視深井全部深度分組設計井管之結構，在下沉时其本身重量由井管管袖部分的絲扣承受。因我們目前鋼管缺乏，較大口徑的还是进口貨，故应檢算絲扣所承受的拉力，在鑄鐵管絲扣部分所能担負的条件下可以大量使用鑄鐵管。其井管直徑应不小於濾水器的直徑，在承压水的深井其計算落程部分应不小於所用深井水泵所規定的井管尺寸，以保証机械的安裝工程順利进行。井管管組即变换管徑的段落，視岩層情况决定之，一般松散地層最好不大於10~50公尺。如不需採用上層水，則須於井管外部与鑽孔內壁严密封閉，其封閉材料用紅粘土，洋灰，瀝青等，其封閉深度应不小於3~5公尺。

(2) 濾水器：

甲、濾水器的長度应根据鑽探資料，即勘探孔湧水試驗时之鑽孔結構之濾水管进度与含水層之厚度适当决定之。在抽水試驗时落程不大，而抽水量以接近最大用水量，則深井濾水器应不小於勘探孔濾水管之深度，如計算落程很大而含水層很深，則应在計算落程以下适当考虑加深，以保証其湧水量。

乙、湧水器之孔徑，应不小於下列公式計算出之直徑：

$$d = \frac{Q}{\pi M V L} \dots\dots\dots \text{專門水文地質(299)}$$

式中：d——過濾器的直徑（公分）；

Q——鑽孔的計算湧水量（公分³/秒）；

M——0.20孔隙度的級；

V——水向鑽孔进入的速度（公分/秒）；

L——過濾器工作部分的長度（公分）；

計算水向鑽孔进入的速度有很大意义，過濾器的選擇使速度V不超过临界值，达到此值时土壤的顆粒开始被帶上。在細粒砂中水进入鑽孔的速度应小於在粗粒砂中的速度，否則細沙和水一起將被帶到过滤器上此沙很快的充滿沉沙管和过滤器工作部分，这样即減少或完全中止水向孔中进入。

为計算水进入鑽孔的可能速度，应知道土壤的顆粒組成，將其闡明於后，V值可按下表决定之：

土粒組（公厘）	土粒組含量（%）	水进入鑽孔的可能速度（公分/秒）
小於1	60	2
小於0.5	40	1
小於0.25	40	0.5

以上公式只是核对我们採用过滤器直徑是否符合上列条件，而我們設計的过滤器直徑主要应当根据深井水泵規定井管尺寸，並在深度較大的深井应大於深井水泵規定井管直徑50公厘，防止井管及过滤器下入井孔时可能發生的偏斜差，如系承压水計算落程在过滤器以上时，則可符合上列公式計算决定之。

丙、過濾器的孔隙。过滤器分为骨架与濾水網兩部分組成过滤器骨架为帶孔的井管，

其孔徑与孔隙度应符合下列标准，根据專門水文地質一書中过滤器骨架之孔隙度一般都为20%。在須設濾水網的骨架，按标准应制成其直徑或寬（根据蓄水層的顆粒度而定）介於15~20公厘之間。

圓孔按等边三角形的頂成棋盤狀排列，三角形次边叫間距，間距的大小根据孔的直徑和孔隙度变化范围介於30~40公厘之間。

丁、过滤器的網，較常用的为下列几种：

1. 細粒土壤 平織或穿織的網其孔的面积較小；
2. 中 沙 斜紋織網，有一些大面积的孔；
3. 粗沙及礫石 方格、或卷線式；
4. 卵石土壤 視顆粒徑可以决定是否需要濾水網。

網孔尺寸的採用須使地層顆粒的下列百分数能通过網：如果蓄水層是很粗沙粒沉积成为20~30%，如蓄水層为中粒沙礫則为30~40%，如是沙沉积成則为40~60%，如此条件下在揚水过程中網的外部即形成了被網阻住的中粒和較粗沙粒的天然过滤器，細顆粒的沙也可經過網。

当用过窄孔的網时，其直徑小於顆粒的平均值，網眼則被細顆粒所堵塞，过滤器則中止工作。当用直徑超过土壤顆粒的平均值的大孔的網时，很难在網的外表面形成天然过滤器，因为在網外只剩下粗的顆粒。

沙礫过滤器，由細粒沙向外揚水时，这些沙很容易穿过網孔，並会引起在鑽孔中形成堵塞。因此使用沙礫过滤器，它們的按置方法：向被套管加固了的鑽孔中下降沒有網而穿孔的管子，而后在套管和穿孔的管子內的圓形間隙中开始填充一些沙礫，在每次填充后需將套管少許提起，此工作繼續到填充的水平高於蓄水層的頂板为止，这样管子穿孔部分便被沙礫圓層代替網而盖住，从而形成天然过滤器。

戊、过滤器及網的材料。过滤器的材料，在深度不大的井中採用鑄鉄管，因为濾水網上有相当困难，在鑄鉄管絲扣部分只能承受本身重量的拉力就可以放入井中，所以在濾水管長30~40公尺都可以使用鑄鉄材料制作。可以节省鋼管材料，並根据鋼管与鑄鉄管的使用年限可延長寿命由30年到50年。

濾水網的材料都由耐水浸蝕作用的材料制作，如銅、青銅或其他，也有使用鍍鋅鉄絲者，主要是根据物理和化学方面的情況考虑選擇之。如選擇的不适当將會很快的失去作用以致影响深井寿命。物理方面是選擇網格或卷綫的形式，由於透水層的微小顆粒积聚在濾網表面的結果；化学方面是由於地下水含有腐蝕性物質，对金屬的直接影响。取用的地下水中，含有鉄塩、鈣塩等沉淀在濾網表面的結果。

电化作用也是这种濾水網的一大缺点，是由於化学作用和电化作用所引起腐蝕往往是很快的使濾水管的骨架和濾網损坏，因为網式濾水管是一种典型的导电体系，由於电解过程的电化作用而引起腐蝕。

根据以上情况对濾水網材料的選擇应特加注意。在物理方面的影响应採用銅、青銅或鍍鋅鋼絲（不得使用鋼絲），其型式採用梯形或三角形，銅絲是主要扩大內部的透水面防止微細沙粒堵塞了透水間隙；化学及电化作用应用防腐措施，对使用塑性材料代替可以防止上列缺点，为今后努力研究的重点。

己、沉沙管。为防积存沙粒进入濾水管后影响濾水管的工作面，故於濾水管下端作無

孔沉沙管聚积之。在不完整井其含水層为沙礫層者，須在沉沙管底加封其沉沙管深度。按照苏联「ГОСТ—1872—42」国定标准，应不小於下列数值。

井深在15公尺以内	1.5~3公尺
井深在16公尺~30公尺	不小於3公尺
井深在31公尺~90公尺	不小於5公尺
井深大於90公尺	10公尺

沉沙管之直徑应与濾水管同徑，以便連接下入井內。

(四) 施工情况

第一設計院对採用深井水源的給水站很多，在水文地質調查与勘探过程中已摸索一些經驗，尤其是有苏联专家的亲身指导，收到了一定的效果。深井設計在水文地質与勘探資料较为齐全的供給下也能着手进行。

已經作出的深井文件計八、九个給水站，但現已施工的只有东乐一个，原因是由于机具和套管的准备不及时。

东乐深井施工是用泥漿护壁冲击鑿进含水層部分取岩心，在起初是利用泥漿泵將岩粉帶出，未下套管，后来才使用掏泥筒。

在进行中所取出之岩層样品与原勘探柱狀圖頗有出入，原勘探柱狀圖为卵石土壤，施工中發現有粗沙並有約6公尺的粘沙土層，原深井設計为帶孔濾水管，而施工中因与原地質資料相差悬殊，为了保証深井效率，故增設卷綫式濾水網於濾水管上，並根据顆粒分析計算採用梯形黃銅綫間隙为3公厘。

井管是帶有焊接法蘭的鋼管，並有弯曲現象，濾水網原設計为梯形銅絲焊接於濾管骨架上，施工中因梯形銅絲不易制作，以元形銅絲代替，又因元形銅絲沒有焊接面，以致發生焊接的困难。

於將达設計深度时掏泥筒墜入井中，缺乏打撈工具，不能撈起，想打入井下而又碰不下，又恐井下塌方（因無套管），以致不得不放棄掏泥筒縮短沉沙管。

其他深井尚未施工。

(五) 經驗教訓

1. 在水文地質調查及抽水試驗过程中：

根据水文地質調查資料，可以了解到水源補給範圍，对水源的可靠性，有了足够的依据，这种調查工作，已能普遍进行，所以克服了盲目打鑽孔而造成浪費的現象。在抽水試驗过程中，其抽水試驗時間每落程不小於72小时，对井的湧水能力可以得到正确的結果。

根据地質粒狀圖可以了解含水層厚度与水位高度，取出岩心标本作顆粒分析來決定濾水器，則深井寿命可以得到保証。

根据較長時間的抽水找出稳定水位的出水量，有了三个落程的記錄找出單位湧水量，則根据日用水量計算的落程是可靠的。

2. 在深井設計过程中：

深井設計主要是依据以上資料，而上項資料的正确性是值得在深井設計中加以研究的。可是由於資料的正确性不够一致，在施工过程中也就發生一些問題，如包蘭石洞寺在

原鑽孔地点施工發現含水層与原勘測柱狀圖不符，原勘探資料含水層为49公尺，而实际为25公尺。东乐深井原为河卵石土壤，施工中發現为粗沙和並有三層，共約5~6公尺的泥土層。如上情况在水量較大的鑽孔影响較小而計算达到極限的情况，則將造成严重損失。

對於抽水試驗，有的鑽孔因为抽水机具和其他的原因，抽水時間过短，失掉了正确性。

顆粒分析資料不完整，以致在選擇濾水網时發生困难，尤其百分比的範圍过大，对有效直徑及平均直徑計算就不够准确，使有关深井寿命的濾水網不能达到正确選擇。

当然在今天我們的机具設備与技术水平不够，發現了这些不应有的情况是所难免的，對於今后的工作中应当引为教訓。应当大力克服和应当加以研究改进，使今后工作能够順利进行，提高設計資料的正确性，更細心的研究資料的可靠性，結合勘探施工中的現有能力与条件进行合理的設計，使施工过程中少發生和避免發生問題，延長深井的使用寿命。

(六) 存在問題

1. 含水層用泥漿护壁鑿进，在施工过程中对提拔套管和使用套管鑿进感觉有困难，其主要原因是套管缺料多系进口貨价格較昂，另外是怕起提套管不易怕發生事故，如用泥漿則可不下套管也就不須上拔套管。如上情况在施工后的工序也就增加了麻煩或是有更严重的危害，所以泥漿鑿进是用泥漿將透水層孔隙閉塞，防止含水層的坍塌。这种办法對於地質鑽探推行很广，而對於水源勘探及鑿井工程頗屬值得加以研究。我們知道深井是为了取水，水是由含水層透入井管再行取出，而含水層一般是松散，如果使松散的含水層不坍塌而能繼續下鑿且深度較大，則泥漿濃度一定很大。井孔鑽完后再下入濾水網，則濾水網周圍勢必被泥漿圍繞，要想使井孔周圍的泥漿清出，則必須大量抽水使泥漿通過濾水網进入井內再行抽出。含水層透水性較大的情况，同时抽水机能力較大，在很長的時間內可能將水源廓清。在含水層透水性不大而抽水机因为水的深度过深抽水机或空气壓縮机受到限制的情况，虽經很長的時間也难达到不用泥漿前含水層透水的本来情况，因而影响了水量，尤其是濾水網如須用間隙較小的縫隙或用網格濾水網，則勢必被泥漿所阻塞，而減少或完全失去透水作用，致使深井作廢或縮短了深井的使用寿命。苏联專家高布魯克夫曾在深井施工方法的介紹中講过在水源勘探含水層部分不能使用泥漿的建議，依同理可以說深井工程也不应使用泥漿，应当引起施工中的注意。另外在已用濃的泥漿封住含水層而利用抽水办法將泥漿清出的工作在消費上也值得研究。在廓清水源所使用的抽水机以目前沒有潛水泵的情况下則只能使用拉桿水泵或空气壓縮机。拉桿水泵的效率很低抽水量不大，在井的深度較大的情况每时揚水量仅10~20吨。要想將几十公尺含水層在井管周圍的泥漿全部廓清，至少需要一兩個月的長期抽水，頗不經濟，如用空气壓縮机抽水則費用更大，如不用泥漿則能保證原有含水層的透水性，且可縮短廓清水源的抽水時間。使用套管鑿进的套管必須准备可以多次使用，只計折旧費还是比較經濟的。

2. 提拔套管問題:

使用套管鑿进，其變換直徑的長度需要根据地質情况和岩層分層情况来决定，一般是每組套管在40~50公尺之內形成望遠鏡形，最后的一組套管即含水層的一組套管其直徑根据計算過濾器之直徑加大一号，以便在套管內下入過濾器。以上几組套管可根据最后一組套管向上逐步加大，其加大尺寸应按鋼管的号数遞增。含水層以上的套管即作井管用，不再起拔。含水層部分的套管，在過濾器下入井管后，需要拔出。在井的深度不大或只有一

个含水層的情况也可能一組套管下至設計深度，过滤器下入后将含水層部分的套管拔起至含水層頂上部即留作井管用不再拔出，高出地面部分按深井机械安裝設計圖配合割除之。

由於这样的施工过程随之而来的就有套管上拔是否能拔的起，是否能將套管拉断，拔起套管用什么机械等問題。

套管材料应为加强鋼管，品質是优良的，最后一組套管（即准备上拔的套管）在下入前必須經過細密的檢查，应檢查管件有無裂紋、变曲及磨耗，主要是螺絲扣部分，是否有損坏及松弛情况，尤其套管上部更为重要。由於套管分組下入，則含水層上部，均系空隙，除鋼管本身重量外並無其他阻力，而含水層中之套管由於土壤挤压需要計算，但含水層因有水而起滑潤作用，对土壤摩擦力也就減低了很多。在拔管前須經過檢算螺絲扣的承受拉力是否能胜任，如不能担負，則应採用另行焊接起拔裝置或採用其他措施。

起重机械应根据需要能力用橫担的办法利用起重器（即双絲傾千斤頂）向上起拔。

套管螺絲扣部分应力檢算：根据套管重量与土壤的摩擦力檢算之，其計算公式根据苏联庫里奇辛与沃茲德維仁斯基合著鑽探工程一書（中譯本燃料工業出版社出版）上册第四章套管及其附件內的計算办法檢算之。

套管螺絲扣部分及接箍制造必須合於标准規格，並需根据套管鋼号作試驗不小於允許的破坏力，其破坏力之标准見鑽探工程上册75頁第六表。

因为我們国产加强鋼管还不多，大口徑的还没有，有的进口貨鋼管螺絲扣部分須自己車制螺絲扣。在車制螺絲扣及配制管接箍时应当特加注意否則对下井管或起拔套管会受到破坏而造成大的事故。故特別提出以供参考。

本文所述仅就目前在这項深井設計的工作中体会与实际工作中的問題加以說明。当然是非常不詳細而不全面的。並且有的地方可能是不正确的，仅作拋磚引玉，携同共進。希望从事这项工作的同志們予以指示和批評，以便在这項工作中加以提高，使深井工作順利进行，赶上国家建設的需要。及使国家的投資大量节省，尤其對於深井施工过程中的經驗是設計中的科学根据，对使用过程中正是設計質量与施工質量的評價，我們是很盼望随时予以帮助的。



一九五六年全國鐵道科學工作會議

論文報告叢刊

(44)

西北地區鐵路供水深井設計的研究

一九五六年全國鐵道科學工作會議論文編審委員會編

人民鐵道出版社出版

(北京市觀公府17號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

(北京市建國門外七聖廟)

書號842 開本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 $\frac{1}{16}$ 字

印數600冊

統一書號: 15043·400 定價(9)0.