

水文地質工程地質工作方法叢書

抽水試驗



中華人民共和國地質部水文地質工程地質局
中華人民共和國地質部水文地質工程地質研究所 編

地質出版社出版

中国水利水电工程地质工程力学丛书

抽水试验



本书是根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287-99)和《水利水电工程地质勘察规程》(SL 62-94)的有关规定编制的。本书可作为水利水电工程地质勘察、设计、施工、科研、教学及工程管理等工作的参考。

中国水利水电出版社

水文地質工程地質工作方法叢書

抽水試驗

中華人民共和國地質部水文地質工程地質局

中華人民共和國地質部水文地質工程地質研究所

編

地質出版社

1958·北京

本書系總結了地質部水文地質工程地質局各野外隊抽水試驗的工作經驗，并參照各種有關文獻資料寫成。全書共分五章，第一章為緒論，說明抽水試驗的目的、理論根據和分類，第二章為抽水試驗的要求，第三章敘述了抽水試驗時所用的設備，第四章敘述了現場的工作內容，第五章敘述如何整理野外資料。書末并附有在抽水試驗中所用的各種圖表。

本書主要由地質部水文地質工程地質局高敬亮同志編寫，并經閻錫昀、李宝兴等同志校閱。本書可供從事各種水文地質、工程地質勘測的工作人員及有關教學人員應用和參考。

水文地質工程地質工作方法叢書

抽 水 試 驗

編 者 地質部水文地質工程地質局
地質部水文地質工程地質研究所

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號
北京市書刊出版業營業許可證出字第009號

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 印 刷 廠

北京安定門外和平里

印數(京) 1—4,300 冊 1958年9月北京第1版

開本 $31'' \times 43''/32$ 1958年9月第1次印刷

字數 73,000 印張 $3\frac{5}{16}$ 插頁 1

定價(10) 0.46 元

目 录

第一章 緒論	(6)
一、抽水試驗的目的	(6)
二、抽水試驗的理論根据	(7)
三、抽水試驗类型	(8)
第二章 抽水試驗要求	(13)
一、鑽孔布置	(13)
二、对抽水試驗操作的要求	(19)
三、抽水試驗時間的延續	(26)
四、落程	(23)
五、观测記錄工作	(29)
六、排水要求	(30)
第三章 抽水試驗設備	(30)
一、抽水設備	(30)
二、過濾器	(53)
三、測量仪器和工具	(62)
第四章 現場工作	(77)
一、過濾器的安裝	(77)
二、抽水試驗准备工作及注意事項	(81)
三、观测記錄工作	(82)
四、編制現場資料图	(86)
五、采取水样	(89)
第五章 資料整理	(91)
一、檢查野外記錄簿	(91)

二、編制綜合資料图表.....	(92)
三、編写文字說明或报告.....	(98)

主要参考文献

附 錄

一、鑽孔抽水試驗值班記錄表.....	(99)
二、鑽孔抽水試驗觀測記錄表.....	(100)
(一) 基本情况部分	(100)
(二) 試驗进行觀測部分	(101)
(三) 恢复水位觀測部分	(102)
三、鑽孔抽水試驗成果綜合一覽表.....	(104)
四、鑽孔綜合成果一覽表.....	(104)
五、鑽孔水文地質綜合資料图 (示意图)	(104)
六、鑽孔抽水試驗常見事故及消除方法表.....	(105)

第一章 緒 論

一、 抽水試驗的目的

水文地質勘查工作在发展国民經济及人民生活活动中起着十分重要的作用，为了正确地了 解岩石透水性及含水情况，在勘查工作中必須进行抽水試驗，以提供工业用水、生活用水、农田灌溉、矿产开采、工程建筑及其他排水工程設計等方面所需要的水文地質資料。

通过抽水試驗应根据勘查目的及試驗方法分別闡明下列問題：

一、岩石滲透系数——即水力坡度等于 1 时地下水的滲透流速（相当于水力坡度等于 1 时在單位時間內滲过單位断面的地下水流量）；

二、鑽孔湧水量，其中包括实际湧水量、計算湧水量及單位湧水量（即水位下降 1 公尺时的湧水量）；

三、水位下降与湧水量的变化关系及水力特性（自由水或承压水）；

四、多孔抽水試驗时的下降漏斗，影响半徑。

另外在地表水体附近或地表水体下岩石中进行抽水試驗时，应查明地表水与地下水的关系；在具有多排观测孔的多孔抽水試驗工作中，应分別确定出各方向岩石透水性的不均匀情况；在区域下降漏斗試驗（在許多鑽孔中同时抽水）中，应确定出地下水开采資源与区域水位下降的关系；如果岩石孔隙度及水力坡度已測出，可以选择一定断面根据滲透系数求出地下水的实际流速。

抽水試驗是各种水文地質工程地質工作中不可缺少的一个項目，所得成果之正确与否，对各种工农业建設如城市供水、农田灌溉、矿坑及各种工程排水設計等关系很大，稍一疏忽即可造成設計上的錯誤，施工时將遭到很大困难。过去在我国的工程建設中，因缺乏試驗資料或因資料不正确而使工程不得不推迟和返工的例子很多，此种現象年来已引起有关方面的重視，各个勘测設計部門在这項工作上，都取得了很多經驗，但一般多未进行系統的整理和总结，一九五六年三月地質部召开第一届全国水文地質工程地質工作會議时，曾进行过有关抽水試驗方面的总结报告。为了供給从事水文地質工程地質工作同志們的参考，我們在上述总结报告的基础上編写了这本抽水試驗的小冊子，主要是想簡明而系統的說明抽水試驗工作的要求和方法及必要的装备等。由于篇幅所限，書中沒有过多的列举各种計算公式，因此在参考本書时，应同时參閱有关水文地質計算方面的書籍。

本書主要系由我局高敬亮同志編写而成，并經閻錫嶼、李宝兴等同志校閱修正，虽然如此，但由于我們水平的限制，可能还有很多不够和錯誤的地方，因此也誠懇的希望同志們提出宝貴意見，加以指正。

對本書的意見請寄北京三里河中华人民共和国地質部水文地質工程地質局。

二、 抽水試驗的理論根據

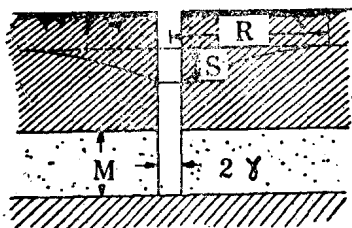
繼 1852 年达尔西导出了关于多孔隙岩层中地下水渗透的基本定律以后, 1857 年法国另一水力学者鳩布依又导出了地下水向水井中流动的基本公式, 他的公式表明:

自流井 (图 1) 的湧水量与含水层的厚度、渗透系数及水位下降值成正比, 而与影响半径与水井半径的比值的对数值成反比, 即:

$$Q = \frac{2\pi KSM}{\ln \frac{R}{r}} \dots\dots\dots (1)$$

式中: Q ——水井 (鑽孔) 湧水量;

K ——岩石渗透系数,



S ——水井中水位下降值;

R ——影响半径;

r ——水井半径;

M ——含水层厚度。

自由水井 (图 2) 的湧水量与岩石渗透系数成正比, 与含水层厚度成正比,

而水量的增加程度小于水位下降值的增加程度, 即:

$$Q = \frac{\pi K(2H - S)S}{\ln \frac{R}{r}} \text{ 或 } q = 1.366 \frac{K(2H - 1)}{\lg \frac{R}{r}} \dots\dots\dots (2)$$

式中: H ——水井中水柱高度;

q ——水井單位湧水量;

其他符号与公式 (1) 同。

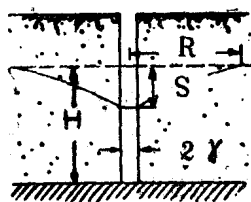


图 2. 自由水井結構示意图

鳩布依公式导出已有百年之久，虽然許多学者証明公式中仍有不合实际之处（例如水井半徑与湧水量的关系方面及計算最大湧水量方面），但到目前为止仍得到廣泛的应用。

鳩布依公式奠定了抽水試驗工作的理論基础。数十年来苏联学者在这方面的努力使抽水試驗計算公式不断充实与完善，大大地便利了水文地質勘探及科学研究工作之进展。

三、 抽水試驗类型

1. 完整孔抽水試驗与不完整孔抽水試驗

完整孔抽水試驗时过滤器長度（或試段長度）等于含水层的厚度；不完整孔抽水試驗时过滤器長度小于含水层厚度。根据苏联帕尔克（Паркер）的意見：不完整孔抽水时鑽孔有效帶（即抽水时的干扰范围）等于鑽孔中过滤器工作部分長度的四分之三，即：

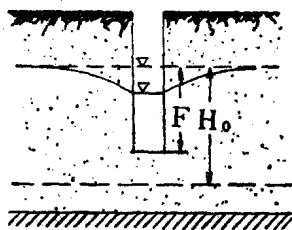


图 3

$$H_0 = \frac{4}{3}F \approx 1.3F \dots (1)$$

式中 H_0 ——鑽孔中有效帶深度；

F ——由靜止水位算起的試段長度(图 3)。

因此，当过滤器長度等于或大于含水层厚度的四分之三时即可看作完整孔。实际工作中一般規定过滤器長度应大于含水层厚度的三分之二。

实际上有效帶的范围除受过滤器長度的影响而外，与抽

水时水位降低值 S 亦有很大的关系，即水位下降愈大，有效帶也随之增大（表 1）；上述有效帶理論仅可作为实际工作中的近似計算方法。

表 1

S	0.2F	0.3F	0.5F	0.8F	表中符号与公式 (1) 同
H_0	1.3F	1.5F	1.7F	1.8F	

（根据苏联 E.A. 查馬林）

現在苏联列宁格勒水电設計院編制的抽水試驗內业整理规范上規定過濾器的長度大于含水层厚度的 90% 时才可按完整孔整理抽水試驗資料。

上述計算方法适用于自由水及受压水含水层，但在受压含水层中公式(1)中之 F 系指过滤器工作部分長度或試段長度。

透水层与不透水层是相对的名詞，实际上岩石都是透水的，不过有些岩石透水性极弱，可以看作不透水层。抽水試驗工作中計算含水层厚度时应注意这一点：如果在强透水性岩层（如卵石层，喀斯特化的岩层等）中作抽水試驗时，其下部的弱透水性岩层（如粉砂、粘砂土或裂隙不发育的頁岩等）可以看作不透水层，此时只根据上部强透水性岩层的厚度与过滤器工作部分長度間的关系确定完整孔与不完整孔，如果將强透水性岩层与弱透水性岩层按有效帶的理論合併計算，势必使求出的滲透系数偏小，这对为解决排水問題或預測水庫岩层滲漏的可能性而进行的水文地質勘察工作来講是很不利的。

完整孔抽水試驗可以測定整个含水层的滲透系数或几个

不均匀含水层的平均渗透系数；不完整孔仅可测定部分岩层的渗透系数，故抽水試驗一般按完整孔进行。只有在下列情况下才按不完整孔进行抽水試驗：

- 1) 含水层不均匀，按工程要求需分別测定岩层渗透系数者；
- 2) 因鑽孔口徑或孔內情况关系进行完整孔抽水試驗时在技术上有很大困难者；
- 3) 含水层厚度很大，鑽孔沒有必要加深，按勘查目的只需了解上部岩层透水性者；
- 4) 含水层均匀，勘查要求不高，可以根据部分岩层試驗結果推断整个岩层透水性者。

2. 單孔抽水試驗与多孔抽水試驗

單孔抽水試驗仅在一个試驗孔中抽水，沒有观测孔，而多孔抽水試驗除了抽水孔（主孔）而外尚布置一个或許多个观测孔，后者又称为渗透地段抽水試驗。

多孔抽水試驗較單孔抽水試驗有許多优点：

- (1) 不必按推想的影响半徑計算岩石渗透系数，这种推想往往帶有很大的假設性；
- (2) 当水流运动呈稳定状态时，可以由观测孔中准确地测定开始稳定的時間；
- (3) 根据抽水孔附近（例如相距 0.5 公尺左右）的观测孔計算主孔落程，无需考虑過濾器的反抗压力；
- (4) 如果在鑽孔周圍破裂岩层中发生紊流，而在較远处仍为层流时，可以在观测孔中观察出；
- (5) 当具有几排观测孔时可以根据不同方向观测孔內的水位下降情况，推断岩石透水性的不均匀程度或地質構造

的发育方向；

(6) 可以利用观测孔进行地下水实际流速試驗。

多孔抽水試驗虽然具有許多优点，但因成本較高，如果不需測定岩石影响半徑或从不同方向測定岩石滲透系数，可以不进行多孔抽水試驗，因为影响半徑在計算岩石滲透系数方面作用不大，而且有些公式（如应用較廣的巴布斯金公式及吉林斯基公式等）根本不考虑影响半徑問題，而根据單孔抽水試驗結果求得的岩石滲透系数，与实际情况不会相差太大。

在供水水文地質勘查工作中，常在許多鑽孔中同时抽水观测区域水位下降与总湧水量的关系，我們可以將此种抽水試驗称为“群孔抽水”或“区域下降漏斗試驗”以区别于上述多孔抽水試驗。

3. 試驗抽水与正式抽水試驗

試驗抽水与正式抽水試驗方法相同，不过抽水目的与延續時間有所差別。

在正式抽水試驗前应进行試驗抽水，其目的是：

(1) 清洗鑽孔；

(2) 檢查抽水試驗設備及安裝情况是否合乎要求；

(3) 初步了解水位下降值及鑽孔湧水量的大小，以作为正式抽水时决定每个落程的依据。

試驗抽水一般在抽出之水完全变清并取得初步資料时即可停止試驗，通常只进行一次下降，如果要了解各个落程水位調整是否容易或确定正式抽水时落程調整方法，亦可进行数次下降，但抽水時間是比較短的。

正式抽水試驗一般进行三次水位下降，每次水位下降时

間延續較久（參看第二章，二、抽水試驗時間的延續），如果要求不高（例如小比例尺水文地質普查時），只需進行 1—2 次水位下降的簡單抽水，抽水時間亦可縮短。

4. 滿盈與不滿盈過濾器之抽水試驗

在自由水含水層中抽水時，如下降水位（振動水位）低於過濾器工作部分頂端，則稱為不滿盈過濾器抽水試驗（圖 4）；下降水位高於過濾器頂端時稱為滿盈過濾器抽水試驗（圖 5）。滿盈與不滿盈過濾器抽水試驗應採用不同公式進行資料整理。

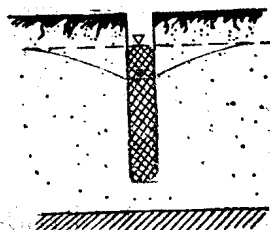


圖 4

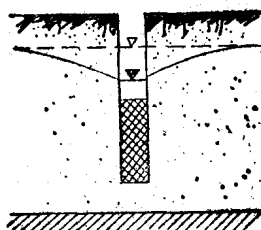


圖 5

5. 混合抽水試驗與分層抽水試驗

將兩個以上含水層不加隔離，在同一鑽孔中同時進行抽水時稱為混合抽水試驗；將鑽孔中所揭穿的數個含水層加以隔離，逐層單獨抽水時稱為分層抽水試驗。

由於各含水層靜止水位可能不同，混合抽水時如果動水位高於低水位含水層的靜止水位，則高水位含水層中地下水向低水位含水層中滲透，或一個含水層中水位下降較大而另一個含水層水位下降較小，結果使抽水試驗發生錯誤。在前一種情況下混合抽水求出之鑽孔單位流量或滲透系數反而會較某一含水層單獨抽水時的為小，試驗結果無法利用；後者

則岩石滲透系数亦不能正确地計算。

只有在下列情況下才允許混合抽水試驗：

(1) 对含水层的性質及相互关系已基本上弄清，抽水目的只是为了解生产孔的出水量；

(2) 勘探要求不高，而且数个含水层靜止水位相差不超过 1 公尺。

在第二种情況下，抽水时水位下降愈大愈好，水位下降較小时 (S 小于数个含水层靜止水位之差) 仍然抽不出低水位含水层中的水。

分层抽水試驗可以由上而下或由下而上分层进行。由下而上分层抽水試驗时，在鑽进过程中必須每打穿一个含水层便进行止水工作，鑽探結束后，先在下部含水层中抽水，然后回填該含水层，起拔上部含水层止水套管，再进行上部含水层抽水試驗。由上而下分层抽水时，必須每打穿一个含水层即进行抽水試驗，然后封閉已抽过水的含水层并繼續鑽进，采用此法时鑽探工作需中途停工，耗費較大，如鑽孔不需保留时可不采用此法，有时采用在主孔附近另打副孔进行各含水层分层抽水試驗的方法代替由上而下分层抽水試驗。

第二章 抽水試驗要求

一、鑽孔布置

1. 总則

抽水試驗鑽孔位置根据勘查工作目的与当地水文地質情况来确定，确定孔位前，对已有資料的分析研究是十分重要的，孔位确定后应編制勘探試驗工作設計，其中应包括下列

項目：

- a. 試驗孔与試驗地段的位置及高程；
- b. 鑽孔預想剖面、鑽探次序与要求；
- c. 含水层的隔离方法；
- d. 過濾器的类型及規格；
- e. 抽水試驗設備(抽水机、动力、仪器及其他工具)；
- f. 运输工具；
- g. 照明設備；
- h. 抽水时的排水方法与設備；
- i. 抽水試驗与水質分析要求；
- j. 人員組織及任务分配。

抽水孔附近有水井、旧鑽孔、湖泊、河流等时，应在布置抽水孔的同时，选择其中一部分做为观测点。在进行較長時間的抽水試驗时，应在抽水孔影响範圍外水文地質条件相同地段布置天然水位观测孔，以观测抽水过程中抽水孔中可能发生的天然水位的变化，从而校正抽水試驗孔中之落程值，因为在較長時間的抽水試驗过程中天然水位往往发生变化，在正在抽水的鑽孔中不易发觉，如无天然水位观测孔时，則

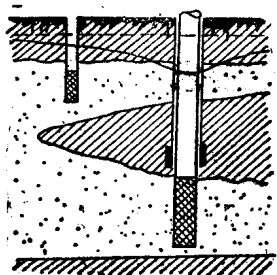


图 6

落程值的变化不能用較正确的方法校正(參看图88)。如某一地区含水层变化复杂，根据鑽探及簡易水文地質观测資料尚不能确定各含水层的划分問題时，应在主孔影响半徑以內与主孔試驗地段不同层位中布置观测孔。如图

6 在主孔中发现两个含水层，当在下部含水层中进行抽水时，位于上部含水层的观测孔中水

位隨之下降，由此即可証實主孔所揭穿的實際上為一個含水層，其中夾有凸鏡狀隔水層。

抽水試驗目的如果是為了防止地下水可能引起的禍害或防止地下水的滲漏，則在布置抽水孔時應照顧到工程地區強烈滲透地段；抽水試驗以解決供水問題為目的時，抽水試驗孔應布置在足以查明供水地區水文地質條件及儲量分布規律的地段。

2. 根據不同勘查目的對布置抽水孔的要求

礦區水文地質勘查中抽水孔應布置在下列地段：

- a. 高級儲量地段；
- b. 表流或貯水池附近；
- c. 喀斯特強烈發育地段；
- d. 含水層分布較多、厚度較大及含水較豐富的地段；
- e. 沖溝或山谷水流與礦床充水有關的地段；
- f. 礦床頂板或底板含水較豐富的地段；
- g. 開掘生產礦井地段；
- h. 可以代表礦區水文地質條件的其他地段。

工程地質勘查中，抽水試驗孔常由工程地質鑽孔中選擇，有時亦布置專門的抽水試驗孔，抽水試驗孔應布置在破裂構造發育、地下水強烈滲透地段及其他對工程地質有強烈影響的地段，例如與水庫運河滲漏有關的地段，隧道及其他地下建築物可能充水地段，巨型工程所在地段等。

供水水文地質勘查中抽水試驗鑽孔根據地下水流向，地貌條件及含水層分布規律等因素來決定，勘探結果應能得出標準的水文地質剖面，查明含水層的数量、分布範圍及地下水的補給條件等，例如在河流沖積層中抽水孔一般垂直河流流向分布；在山前平原或沖積扇中常垂直及平行於地下水流