水利水电工程钻孔抽水试验规程（试行）

DLJ203—81 SLJ1—81

中华人民共和国电力工业部
水 利 部

关于颁发试行《水利水电工程钻孔抽水试验规程》、《水利水电工程岩石试验规程》和《水利水电钻探规程》的通知

（81）电水字第9号 （81）水规字第15号

为加强技术管理，提高地勘工作质量，于一九七五年组织长江流域规划办公室进行了抽水试验规程的修订，一九七六年组织水利电力部第四工程局勘测设计研究院、长江流域规划办公室科学研究院、黄河水利委员会科学研究所、云南省电力局设计院科研所进行了岩石试验规程的修订，一九七八年组织东北、成都、西北勘测设计院进行了钻探规程的修订。在修订过程中进行了深入调查研究，比较试验和征求意见。现批准《水利水电工程钻孔抽水试验规程》DLJ203—81 SLJ1—81、《水利水电工程岩石试验规程》DLJ204—81 SLJ2—81、《水利水电钻探规程》DLJ205—81 SLJ3—81颁发试行。它们与一九七八年颁发试行的地质测绘规程、压水试验规程、天然建筑材料勘探规程、施工地质规程、地质勘察资料内业整理规程和即将颁发的电法勘探规程、地震勘探规程、测井规程均属于水利水电工程地质勘察规范的一套规程范围之内。

请你们加强经验总结和科学研究工作，在试行过程中，如发现有不妥和需要补充之处，请函告电力工业部水力发电建设总局和水利部规划设计管理局。

1981年2月19日

第一章 总 则

第1条 水利水电工程钻孔抽水试验的主要任务是测定含水层的渗透系数，为计算基坑涌水量和坝(闸)基、库区、渠道渗漏量提供依据。

第2条 抽水试验前，应根据试验地段的地质和水文地质条件做好设计，其内容主要包括：试验目的；抽水孔和观测孔的布置；造孔要求和钻孔结构；抽水设备的规格及数量；试验设备的安装和试验的技术要求；计算公式的初步选择和对成果图件的要求等。

第3条 本规程适用于水利水电工程地质勘察中进行的单孔和多孔抽水试验。

第二章 基本规定与要求

第一节 单孔试验与多孔试验

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第4条 为了解含水层的渗透性能及其变化规律，应进行单孔抽水试验，但在初步设计二期及以后阶段的重要建筑物地段或水文地质条件复杂的地段，为比较准确地测定含水层的渗透系数，还应进行一定数量的多孔抽水试验。

第5条 多孔抽水试验一般布置1～2条观测线。一条观测线时，应垂直地下水流向布置；两条观测线时，应分别垂直地下水流向和平行地下水流向布置。

对岩性变化大的松散地层和基岩地区，宜布置两条观测线，一条沿岩性变化大的方向或透水性强的方向布置，另一条与前一条垂直。

第6条 每条观测线上的观测孔一般不少于3个，水文地质条件复杂或有特殊要求时，可视需要适当增加。

第7条 观测孔至抽水孔距离 当抽水孔为完整孔时，第一个观测孔宜控制在2～3m，第二个观测孔宜为含水层厚度的1～1.5倍，第三个观测孔宜为含水层厚度的2～3倍；抽水孔为非完整孔时，应根据所选计算公式的要求确定。

第二节 抽水试验孔类型与结构

第8条 抽水试验孔分完整孔和非完整孔两种，主要根据含水层厚度、透水性强弱以及岩性在铅直方向上的变化情况进行选择。

1.均质含水层厚度小于15m时，宜采用完整孔；大于15m时，宜采用非完整孔。

2.非均质层状含水层，单层厚度大于6m时，可采用非完整孔进行分段抽水，过滤器置于单层的中部，其长度不大于单层厚度的1／3，但不小于2m；单层厚度为3～6m时，可视具体情况选择孔型及确定措施；单层厚度小于3m时，不宜分段抽水。

3.基岩地区对于透水性强的构造破碎带、裂隙密集带和岩溶发育带等，应视其厚度、埋藏情况和均一性等，决定抽水试验孔的类型。当强透水带全部被揭穿时，视为完整孔，否则为非完整孔。计算时以孔内强透水带作为含水层厚度。

第9条 在河床中做抽水试验时，一般采用非完整孔，过滤器顶端至河底的距离不应小于2m。套管不得全部拔起，管靴应与过滤器顶端等齐或略高。

第10条 进行完整孔抽水试验时，过滤器长度不应小于含水层厚度的0.9倍；非完整孔抽水试验时，过滤器长度和位置应根据所选计算公式的适用条件确定。

第11条 在松散含水层中做抽水试验时，应在抽水孔过滤器外壁设置测压管，其有眼部分的长度应与抽水孔过滤器等齐。

观测孔过滤器的长度应与抽水孔过滤器相当，并应放置在同一高程上。

第三节 抽水试验降深与稳定延续时间

第12条 抽水试验应进行三次降深。降深值以在测压管内测得的为准。各次降深的差值应尽量相等。

第13条 单孔抽水试验的最小降深值不应小于0.5m；多孔抽水试验应保证最远观测孔的降深不小于0.1m，或相邻观测孔的降深差不小于0.2m。

第14条 抽水孔最大降深，潜水的，不宜大于含水层厚度的0.3倍；承压水的，不宜降到含水层顶板以

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

下。

第15条 抽水试验降深顺序，基岩的，宜从大到小；松散层的，宜从小到大，循序渐进。

第16条 涌水量稳定标准应满足下列要求：

$$\frac{Q_{最大}-Q_{最小}}{Q_{常见}}\times 100\% \le 5\%$$

式中 $Q_{最大}$——最大涌水量；

$Q_{最小}$——最小涌水量；

$Q_{常见}$——常见涌水量。

2.涌水量无连续增大或变小的情况。

第17条 动水稳定标准 用离心泵抽水时，抽水孔的水位波动值不大于3cm，观测孔的水位波动值不大于1cm；用空压机抽水时，抽水孔的水位波动值不大于10cm。

第18条 单孔抽水试验和多孔抽水试验的各次降深稳定延续时间，均不应小于4～8h，其中多孔抽水试验应以最远观测孔为准。

第19条 抽水试验过程中，每次降深一般不宜间断，因故中断时，应适当延长稳定时间。

各次降深的转换应尽量连续进行。

第三章 设 备

第一节 过 滤 器

第20条 抽水试验常用的有管架过滤器、包网过滤器、缠丝过滤器和砾石过滤器等，一般根据孔壁稳定情况和颗粒级配选用。

1.在半坚硬不稳定岩层、构造破碎带、裂隙密集带和含砂量很少的卵砾石层中，宜采用管架过滤器。

2.在砂砾石和中粗砂层中，宜采用包网或缠丝过滤器。

3.在细砂层和粉细砂层中，宜采用砾石过滤器。

第21条 包网、缠丝和砾石过滤器骨架的孔隙率不宜小于30％。为了保证水流畅通，过滤管上应设垫筋，而后包网、缠丝。

第22条 滤网孔眼大小和缠丝间距参照下列原则确定：

1.砂砾石含水层的，应等于或略大于砂粒成分(砾石除外)的d_{60}～d_{70}。

2.中粗砂含水层的，应等于或略大于中粗砂的d_{60}～d_{70}。

3.细砂含水层的，如果必须使用包网过滤器，其孔眼直径应略大于细砂的粒径。

第23条 砾石过滤器的砾石直径应相当于含水层组成材料的d_{50}～d_{60}的4～10倍。填入厚度不应小于50mm。

第二节 水 泵

第24条 抽水试验用的水泵应根据地下水位深度、过滤器直径和可能最大涌水量选择。当过滤器直径影响

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

抽水量增大时，可以选用大于进水管口径的水泵，但不得大于二级。

地下水位较浅时，应选用离心式水泵；较深时，可选用深井泵或空压机。当基岩中涌水量较小时，可选用拉杆式水泵。

第三节 测试工具

第25条 观测水位一般使用电测水位计。地下水位较浅时，可采用浮标水位计；有条件的，应采用自记水位计。

第26条 涌水量的测试用具应根据水量大小选定。涌水量小于2L／s时，采用量桶；2～30L／s时，采用三角堰；大于30L／s时，采用矩形堰。

使用孔板流量计时，孔板选择应使水柱高度控制在0.2～1.0m之间。

第27条 测量气温，采用普通温度计；测量水温，采用缓变温度计。

第四章 现场工作

第一节 钻 探

第28条 抽水孔和观测孔的孔位应由地质、钻探、测量人员共同在现场确定。施工完毕后应测量各孔(管)口高程。孔内所有测深和过滤器的安装等，均应从一个固定基点算起。

第29条 多孔抽水试验应先打抽水孔，后打观测孔。

第30条 抽水孔和观测孔在正常情况下均不应采用泥浆钻进，注意保持孔壁铅直，取好岩心，详细记录钻进情况，并做好简易水文地质观测。

第31条 抽水试验段的孔径，松散层中，不小于168mm；基岩中，不小于108mm。过滤器直径不小于108mm。采用砾石过滤器时，试验段孔径根据实际情况确定。

观测孔的观测管内径不应小于25mm。

第二节 设备安装

第32条 下过滤器前，应用清水将孔内泥质冲洗干净(包括观测孔)。过滤器安装应严格按照设计书的要求进行，详细记录过滤器各部分的规格、长度(其中沉淀管长度不应小于2m)和实际下入深度，并及时绘制安装结构图。

第33条 抽水孔的测压管应固定在过滤器上，一同下入孔内。过滤器与孔壁之间要分批投入冲洗干净的砾石以保护孔壁，砾石粒径应略大于网眼直径。起拔套管时，应防止带起过滤器和测压管。

第34条 砾石过滤器的砾石必须冲洗干净，分批填入，每次填入的高度不宜大于0.8m，套管靴内保留的高度不宜小于0.2m，填充的最终高度应高出过滤器工作部分的顶端0.5～1.0m。

第35条 空压机抽水时，沉没比控制在0.4～0.6较为适宜，但风管在动水位以下的深度不宜小于10m。

第36条 潜水含水层抽水时，应将抽出的水排至影响范围以外。

第37条 量水堰应放置在稳固的基础上，保持水平，试验前，应准确测定起始读数。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第三节 洗孔、试验抽水和观测静止水位

第38条 正式试验前，抽水孔和观测孔均需反复清洗，要求达到水清砂净无沉淀。因特殊情况采用泥浆钻进的孔，应用活塞洗孔或空压机洗孔，并适当延长洗孔时间。

第39条 试验抽水可与洗孔同时进行。在松散层中的降深宜逐渐增大，达到最大降深后的延续时间不应少于2h。

第40条 通过试验抽水检查水泵、动力、测试工具的运转情况和工作效果，并实测可能达到的最大降深，发现问题应及时解决。

试验抽水过程中应观测、记录水位和流量。

第41条 试验抽水后应测量孔深，沉淀太多时，应予清除。静止水位每10～20min观测一次，两小时内变幅不大于1cm，且无连续上升或下降时，即可视为稳定。

第四节 抽水试验

第42条 试验过程中，吸水龙头或风管在各次降深中均应放在同一深度。用水泵抽水时，吸水龙头在承压含水层中，宜放在含水层顶板处；在潜水含水层中，宜放在最大降深动水位以下0.5～1.0m处。

第43条 试验过程中必须定时观测动水位和涌水量，开始观测时，每隔5～10min观测一次，出现稳定趋势后，可改为20min观测一次，直至结束。

第44条 多孔抽水试验的观测孔和抽水孔的动水位应同时观测。

第45条 为校核静止水位，在抽水影响范围以外应设置天然水位观测点，定时进行观测。

与抽水孔可能有水力联系的坑孔和地表水体，试验过程中均应观测其水位变化。

天然水位变化幅度较大，降深校正有困难时，可暂停试验工作。

第46条 对水温和气温，抽水前观测一次，抽水时每次降深观测一次。

第47条 分析用的水样宜在抽水前和抽水将要结束时各取一次。

第48条 试验过程中，应详细记载所发生的有关情况，随时检查各种观测记录，并现场绘制Q～S或Q～Δh^2曲线和S～t与Q～t曲线。当Q～S曲线反常时，应分析原因，必要时重做。

注：Q为涌水量；S为降深；t为观测时间；$\Delta h^2=H^2-h^2_0$，H为静止水位至含水层底的水柱高度；h_0为动水位至含水层底的水柱高度。

第49条 抽水结束后应立即观测恢复水位，观测时间为1、2、3、5、7、10、15、20、30、40、60、80、100min，以后每隔30～60min观测一次，直至稳定。

第50条 试验结束后应测量孔深和复测各孔(管)口高程。必要时取沉淀样品进行颗粒分析。

第五章 资料整理

第一节 计算渗透系数

第51条 计算渗透系数前，必须对所有原始观测记录进行整理、校核，发现问题应及时研究解决。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第52条 计算渗透系数的公式应根据试验地段的地质、水文地质条件和钻孔结构进行选择（附录一）。计算时有效数值一律取三位。

第53条 单孔抽水试验的影响半径可参照附录二的公式并结合具体情况确定。

第54条 单孔抽水试验的$Q\sim S$或$Q\sim\Delta h^2$曲线是抛物线型时，可绘制$\frac{S}{Q}\sim Q$曲线，或$\frac{\Delta h^2}{Q}\sim Q$曲线，若三次下降的$\frac{S}{Q}\sim Q$成直线关系时，可根据直线在纵轴上的截距$a$值（图1）计算渗透系数，即将计算公式中的$\frac{Q}{S}$（或$\frac{Q}{H^2-h_0^2}$）换成$\frac{1}{a}$。

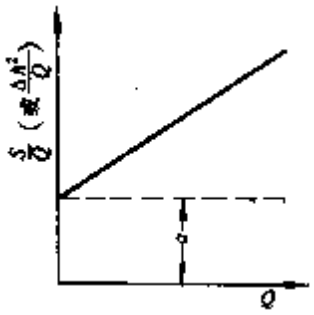


图1

第二节 编制抽水试验成果

第55条 抽水试验成果包括：

一、文字说明

1.试验地段的地质和水文地质文件。

2.试验情况和问题。

3.计算公式的选择。

4.成果质量的评价和确定推荐值的论据。

5.对下一孔（组）试验的建议。

二、图表

1.试验场地平面图。

2.抽水孔和观测孔施工技术剖面图。

3.$Q\sim S$或$Q\sim\Delta h^2$曲线和$S\sim t$与$Q\sim t$曲线图。

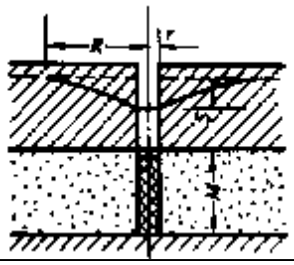
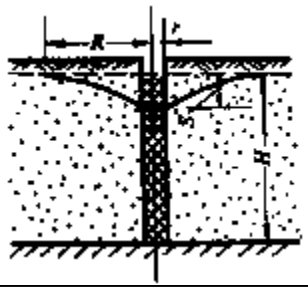
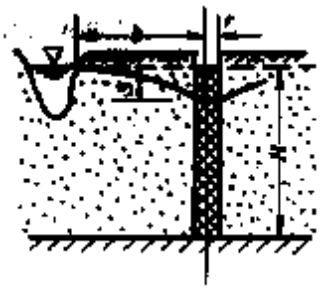
4.基本数据和计算成果表。

附录

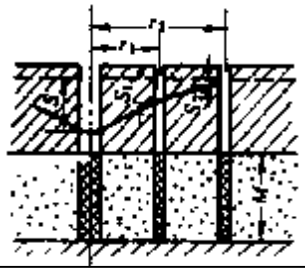
附录一 渗透系数计算公式表

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

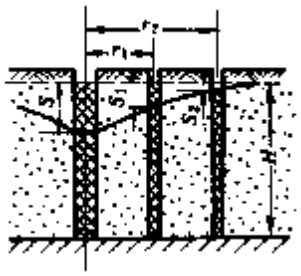
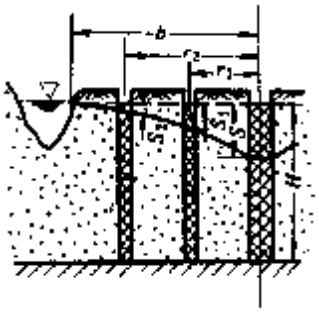
一、完整孔单孔抽水

示 意 图	计 算 公 式	适 用 条 件	公式提出者
	$K=\frac{0.366Q}{MS}\lg\frac{R}{r}$	承 压 水	裘 布 衣
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S)S}\lg\frac{R}{r}$	潜 水	裘 布 衣
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S)S}\lg\frac{2b}{r}$	1.潜水 2.靠近河流 3.b＜2～3H	弗尔格伊米尔

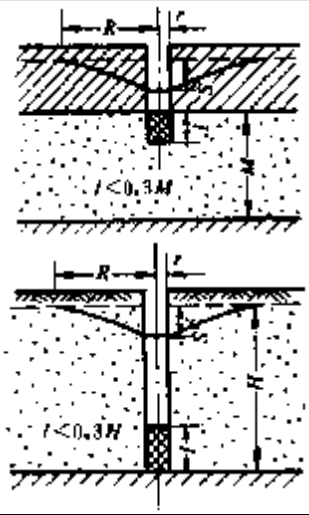
二、完整孔多孔抽水

示 意 图	计 算 公 式	适 用 条 件	公式提出者
	$K=\frac{0.366Q}{M(S_1-S_2)}\lg\frac{r_2}{r_1}$	承 压 水	裘 布 衣
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S_1-S_2)(S_1-S_2)}\lg\frac{r_2}{r_1}$	潜 水	裘布衣
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S_1)S_1}\lg\sqrt{\frac{4b^2+r_1^2}{r_1^2}}$	1.潜水； 2.靠近河流； 3.观测线平行岸边；	裘布衣 弗尔格伊米尔

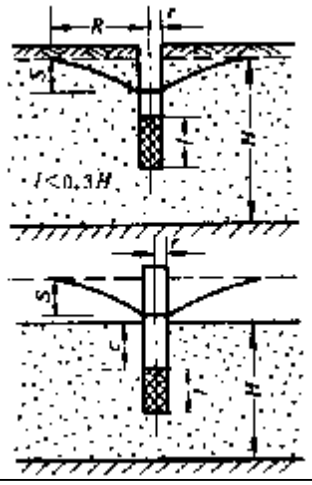
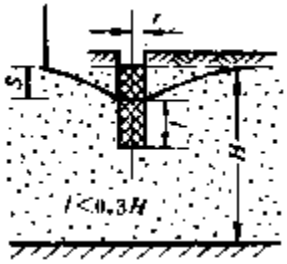
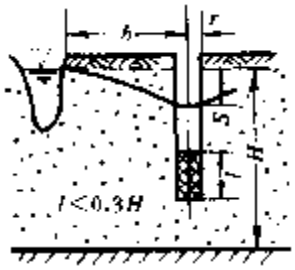
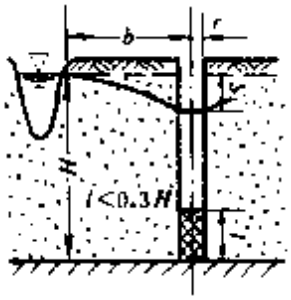
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

		4.一个观测孔	
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S_1-S_2)(S_1-S_2)}\times\left[\frac{1}{2}\lg\frac{4b^2+r_1^2}{4b^2+r_2^2}+\lg\frac{r_2}{r_1}\right]$	1.潜水； 2.靠近河流； 3.观测线平行岸边； 4.两个观测孔	裘布衣 弗尔格 伊米尔
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S_1)S_1}\lg\frac{2b-r_1}{r_1}$	1.潜水； 2.靠近河流； 3.观回线垂直于岸边、观测孔位于近河一边； 4.一个观测孔	裘布衣 弗尔格 伊米尔
	$K=\frac{0.732Q}{(2H-S_1-S_2)(S_1-S_2)}\times\lg\frac{r_2(2b-r_1)}{r_1(2b-r_2)}$	1.潜水； 2.靠近河流； 3.观测线垂直于岸边、观测孔位于近河一边； 4.两个观测孔	裘布衣 弗尔格 伊米尔

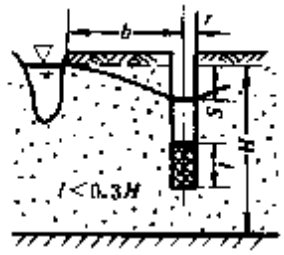
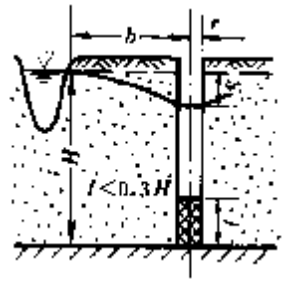
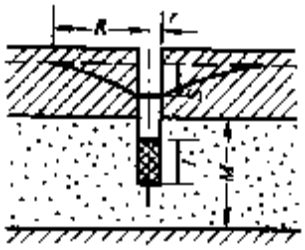
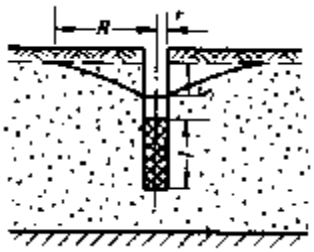
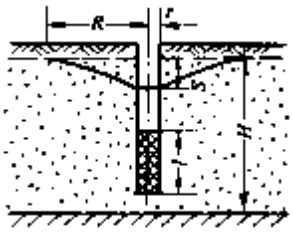
三、非完整孔单孔抽水

示 意 图	计 算 公 式	适 用 条 件	公式提出者
	$K=\frac{0.366Q}{lS}\lg\frac{al}{r}$ a=1.6 吉林斯基 a=1.32 巴布什金	1.承压水，潜水； 2.过滤器紧接含水层顶板或底板； 3.l＜0.3M，l＜0.3H	吉林斯基 巴布什金
		1.承压水、潜水； 2.过滤器置于含水层中部；	

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

	$K=\frac{0.366Q}{lS}\lg\frac{0.66l}{r}$	3.应用于河床抽水C值不应小于3m $l<0.3M$或$l<0.3H$	巴布什金
	$K=\frac{0.732Q}{S(\frac{l+S}{\lg\frac{R}{l}}+\frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r}})}$	1.潜水； 2.非淹没式过滤器； 3.$l<0.3H$	巴布什金
	$K=0.732Q\div[S(\frac{l+S}{\lg\frac{2b}{r}}+\frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r}+0.25\frac{l}{m}\lg\frac{b^2}{m^2+0.14}})]$ 式中，m为由含水层底板到过滤器有效工作部分中点的长度	1.潜水； 2.非淹没式过滤器； 3.靠近河流； 4.含水层厚度有限； 5.$b>m/2$	巴布什金
	$K=\frac{0.732Q}{S(\frac{l+S}{\lg\frac{2b}{r}}+\frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r}-0.22\operatorname{arsh}\frac{0.44l}{b}})}$	1.潜水； 2.非淹没式过滤器； 3.靠近河流； 4.含水层厚度很大； 5.$b>l$	巴布什金
	$K=\frac{0.732Q}{S(\frac{l+S}{\lg\frac{2b}{r}}+\frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r}-0.11\frac{l}{b}})}$	1.潜水； 2.非淹没式过滤器； 3.靠近河流； 4.含水层厚度很大； 5.$b<l$	巴布什金
	$K=\frac{0.16Q}{lS}(2.31\frac{0.66l}{r}-\operatorname{arsh}\frac{0.45l}{b})$	1.潜水； 2.靠近河流； 3.过滤器在含水层中部； 4.$l<0.3H$	巴布什金

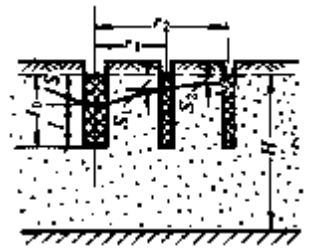
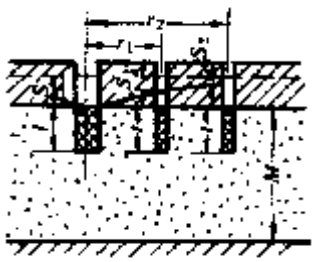
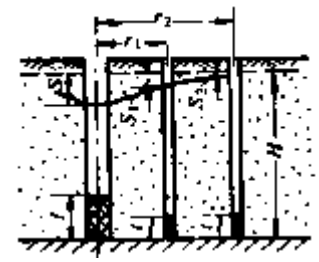
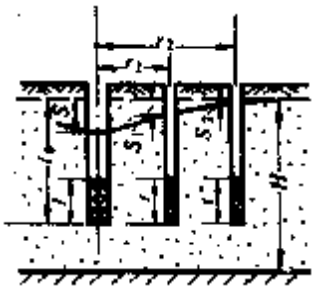
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

			
	$K=\frac{0.16Q}{lS}(2.31g\frac{1.32l}{r}-\text{arsh}\frac{0.9l}{b})$	1.潜水； 2.靠近河流； 3.过滤器紧接含水层底板； 4.$l<0.3H$	巴布什金
	$K=\frac{Q}{2pSM}(\ln\frac{R}{r}+\frac{M-l}{l}\ln\frac{1.12M}{pr})$	1.承压水、潜水，用于潜水时，将M换成H或$\frac{H+h}{2}$， 2.$l>0.2M$	《全国供水水文地质勘察规范》中公式2
	$K=\frac{Q}{2pSM}[\ln\frac{R}{r}+\frac{M-l}{l}\times\ln(1+0.2\frac{M}{l})]$	1.承压水、潜水，用于潜水时，将M换成H或$\frac{H+h}{2}$； 2.$l>0.2M$	陈 济 生
	$K=\frac{0.366Q}{(S+l)S}\lg\frac{R}{r}$	1.潜水； 2.过滤器在含水层中部	斯卡巴拉诺维奇
	$K=\frac{0.732Q}{(H+l)S}\lg\frac{R}{r}$	1.潜水； 2.过滤器在含水层下部	多布诺沃里斯基

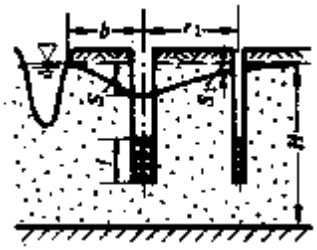
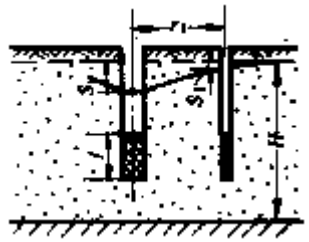
四、非完整孔多孔抽水

示 意 图	计 算 公 式	适 用 条 件
		1.潜水； 2.抽水孔为非淹

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

	$K=\frac{0.16Q}{l''(S_1-S_2)}(\text{arsh}\frac{l''}{r_1}-\text{arsh}\frac{l''}{r_2})$ 式中 $l''=l_0-0.5(S_1+S_2)$	式过滤器； 3.l＜0.3H； 4.S＜0.3l_0； 5.r_1=0.3r_2， r_2≤0.3H
	$K=\frac{0.16Q}{l(S_1-S_2)}(\text{arsh}\frac{l}{r_1}-\text{arsh}\frac{l}{r_2})$	1.承压水； 2.过滤器紧接含层顶板； 3.l＜0.3M； 4.r_2≤0.3M， r_1=0.3r_2 5.t=1
	$K=\frac{0.16Q}{l(S_1-S_2)}[\text{arsh}\frac{l}{r_1}-\text{arsh}\frac{l}{r_2}$ $-\frac{l}{M}(\text{arsh}\frac{M}{r_1}-\text{arsh}\frac{M}{r_2}-\ln\frac{r_2}{r_1})]$	1.承压水； 2.l＞0.3M
	$K=\frac{0.16Q}{l(S_1-S_2)}(\text{arsh}\frac{l}{r_1}-\text{arsh}\frac{l}{r_2})$	1.潜水； 2.过滤器位于含层底部； 3.l＞0.3H； 4.r_2＜0.3H； 5.t≤0.5H
	$K=\frac{0.08Q}{l''(S_1-S_2)}$ $\times[(\text{arsh}\frac{0.4l''}{r_1}+\text{arsh}\frac{1.6l''}{r_1})$ $-(\text{arsh}\frac{0.4l''}{r_2}+\text{arsh}\frac{1.6l''}{r_2})]$ $l''=l_0-0.5(S_1+S_2)$	1.潜水； 2.过滤器位于含水层中部； 3.l＜0.3H； 4.r_2＜0.3H； 5.t=l
	$K=\frac{Q}{2pl''(S_1-S_2)}[(\text{arsh}\frac{l''}{r_1}-\text{arsh}\frac{l''}{r_2})$ $-\frac{l''}{H}(\text{arsh}\frac{H}{r_1}-\text{arsh}\frac{H}{r_2}-\ln\frac{r_2}{r_1})]$	1.潜水； 2.l＞0.5H
	$K=\frac{0.366Q}{(2S-S_1-S_2+l)(S_1-S_2)}\lg\frac{r_2}{r_1}$	1.潜水； 2.过滤器位于含水层中部
		1.潜水；

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

	$K=\frac{0.16Q}{lS_1}(\text{arsh}\frac{l}{r_1}-\text{arsh}\frac{l}{2b\pm r_1})$	2.过滤器位于含 层中部； 3.靠近河流； 4.观测线垂直岸 且在远河一侧 $(2b+r_1)$或近河一 $(2b-r_1)$； 5.$l<0.3H$
	$K=\frac{0.16Q}{lS_1}(\text{arsh}\frac{l}{r_1}-\text{arsh}\frac{l}{\sqrt{4b^2\pm r_1^2}})$	1.潜水； 2.过滤器位于含 层中部； 3.靠近河流； 4.观测线平行岸 边； 5.$l<0.3H$；

附录二 影响半径计算公式表

公 式	适用条件	公式提出	备 注
$\lg R=\frac{S_1\lg r_2-S_2\lg r_1}{S_1-S_2}$	1.承压水； 2.两个观测孔	裘 布 衣	R——影响半径，m； S_1，S_2——观测孔降深，m； r_1，r_2——观测孔至抽水孔距离，(m)； H——潜水含水层厚度，m； K——渗透系数，m/24h； S——抽水孔降深，m； t——时间，24h； Q——抽水孔涌水量，m^3/24h； μ——给水度； λ——地下水水力坡降
$\lg R=\frac{S_1(2H-S_1)\lg r_2-S_2(2H-S_2)\lg r_1}{(S_1-S_2)(2H-S_1-S_2)}$	1.潜水； 2.两个观测孔	裘 布 衣	
$R=10S\sqrt{K}$	1.承压水； 2.概略计算	吉哈尔特	
$R=2S\sqrt{HK}$	1.潜水 2.概略计算	库 萨 金	
$R=\sqrt{\frac{12t}{m}\sqrt{\frac{QK}{p}}}$	1.潜水； 2.完整孔	柯 泽 尼	
$R=3\sqrt{\frac{KHt}{m}}$	潜水	威 伯	
$R=\frac{Q}{2KHl}$	1.承压水 2.概略计算	凯 尔 盖	

附录三 观 测 记 录 格 式 表

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表1 基本技术资料记录表

____孔____段

孔口高程		m		类 型			水泵名称	
孔 深		m		管架孔隙率	%		水泵型号	
孔 径		mm	过	孔眼直径	mm		吸水管直径	mm
含	类 型		滤	网型网号			吸水管深度	m
	水位深度	m	器	填砾直径	mm	设	动 力	
	顶板深度	m		填砾厚度	mm	备	水 位 计	
水	底板深度	m		填砾高度	m		流 量 计	
	厚 度	m	测	花管长度	m			
量	止水深度	m	压	顶端深度	m			
	岩 性		管	底端深度	m			

记录者 年 月 日

表2 抽水孔安装记录表

名 称	直径(mm)	长度(m)	顶端深度(m)	底端深度(m)	备 注
套 管					
连 接 管					
过 滤 管					
沉 淀 管					

记录者 年 月 日

表3 观测孔安装记录表

项 目	垂直地下水流向的观测孔			平行地下水流向的观测孔		
孔口高程(m)						
管口高程(m)						
孔 径(mm)						
花管内径(mm)						
花管长度(m)						
花管顶深度(m)						
花管底深度(m)						
至抽水孔距离(m)						

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

记录者 年 月 日

表4 水位观测记录表

____孔____段 孔（管）口高程_____m

时间			孔(管)内水深 (m)	水位或降深 (m)	时间			孔(管)内水深 (m)	水位或降深 (m)
日	时	分			日	时	分		

记录者 年 月 日

表5 抽水试验观测记录表

____孔____段 吸水管深度_____m

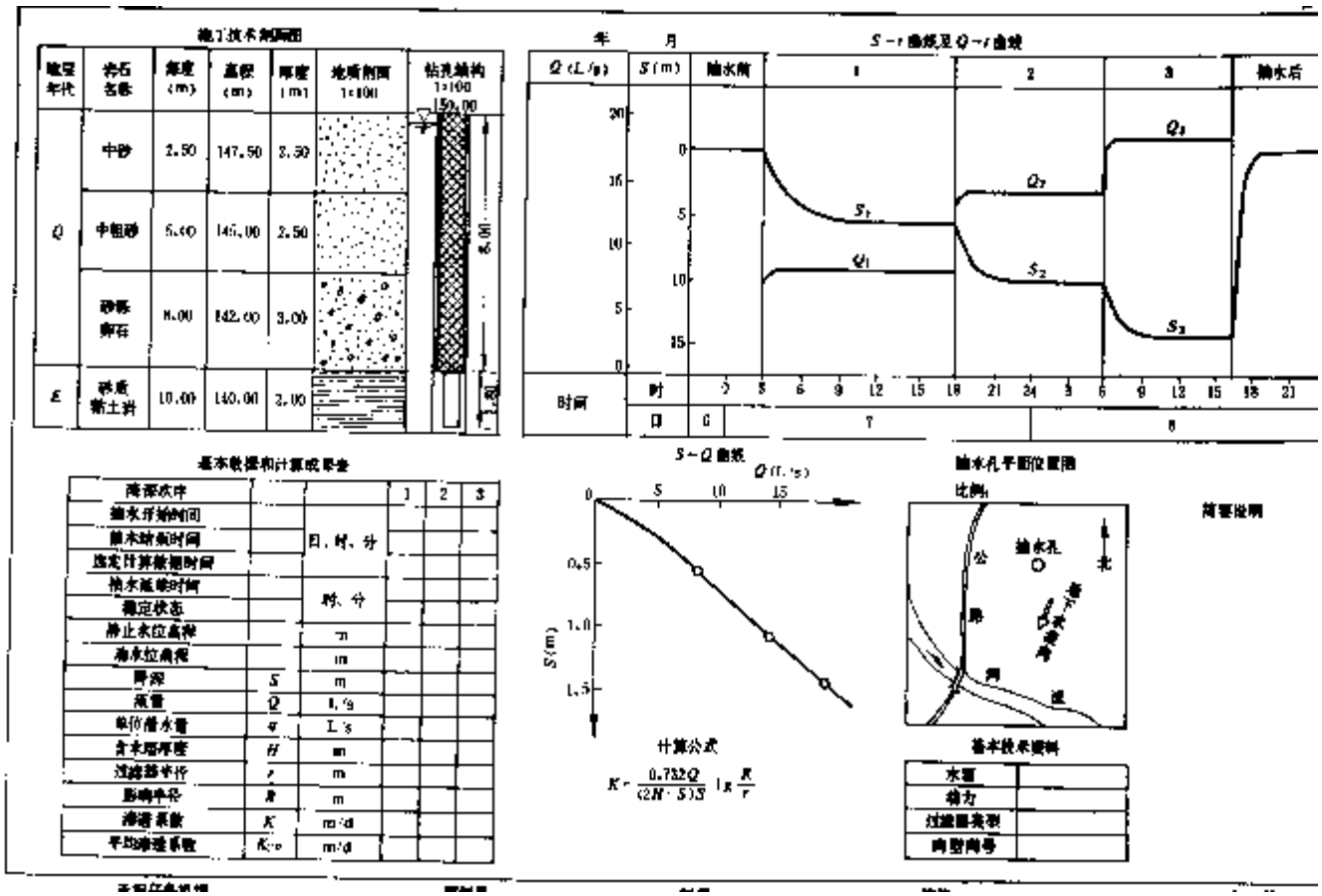
时间			孔内水位		测压管水位		涌水量		备注
日	时	分	动水位(m)	降深(m)	动水位(m)	降深(m)	堰箱读数 (cm)	涌水量(L/s）	

记录者 年 月 日

表6——孔单孔抽水试验成果总表（示例）

工程名称 表6

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

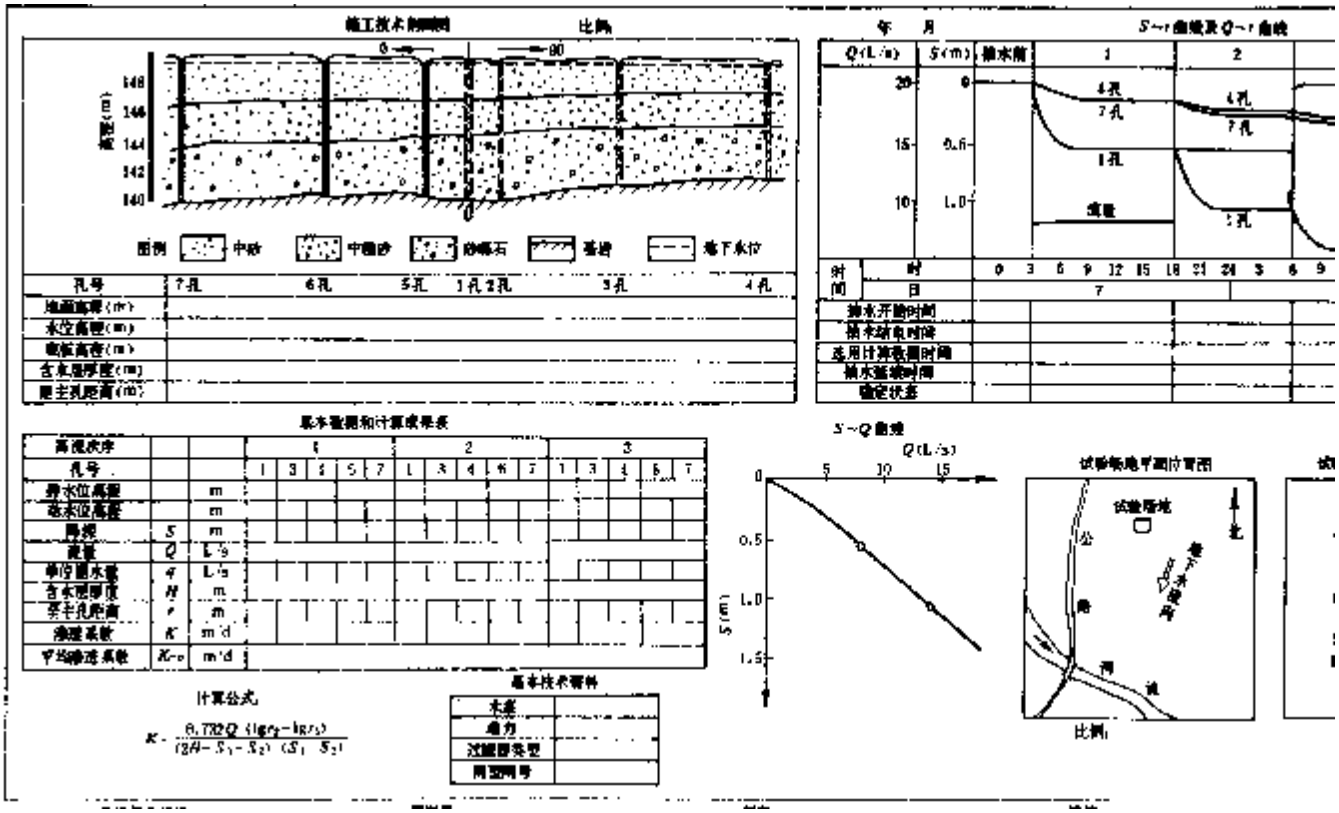


承担任务机组： 观测员： 制表： 校核： 年 月 日

表7——孔多孔抽水试验成果总表（示例）

工程名称 表7

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



承担任务机组： 观测员： 制表： 校核： 年 月 日

水利水电工程钻孔抽水试验规程说明

一、抽水试验的主要任务

水利水电工程钻孔抽水试验主要是为了确定含水层的渗透系数，该系数是采用稳定流理论和常水头边界条件计算基坑涌水量、坝(闸)基(肩)、水库和渠道渗漏量的基本参数。

二、抽水试验设计

抽水试验需要一定的专用器材设备，需要结合水文地质条件选择钻孔结构，因此必须做好设计和准备工作才能保证试验顺利进行和成果质量。

三、适用范围

除规程规定的适用范围外，试坑、浅井抽水试验可参照本规程有关条文进行。

四、单孔试验与多孔试验的选择

单孔抽水试验是指在一个钻孔中抽水，依其本身的涌水量和降深值计算水文地质参数的试验。

多孔抽水试验是指在一个钻孔中进行抽水，同时沿一个方向或几个方向于不同距离处布置有观测孔的试验，依据抽水孔涌水量和任一观测线上的两个观测孔的降深值计算含水层的渗透系数。

多孔抽水试验由于有一排或几排观测孔能够实测出水位降低曲线，因此它比单孔抽水试验有较明显的优越性：

(1)可以避开紊流、三维流的影响，也可以避开由于抽水孔过滤器口径小，吸水管直径大所产生的“壅水”的影响。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(2)能避开造孔对抽水孔附近含水层扰动的影响，使成果能比较真实地反映含水层的透水性。

(3)根据观测孔计算渗透系数无需考虑难以确定的影响半径。

实践证明，在某些工程的基坑开挖过程中，根据实测的最大排水量反求的渗透系数，与通过多孔抽水试验所确定的渗透系数比较接近，例如洛河故县水库四坝线截水槽利用开挖时的最大排水量计算河床覆盖层的渗透系数为346～396m／d，距四坝线截水槽500m左右的六坝线多孔抽水试验，采用公式：

$$K=\frac{0.732Q}{(2H-S)S}\lg\frac{2a\pm r}{r}$$

$$K=\frac{0.732Q}{(2H-S)S}\lg\frac{4a^2+r^2}{r}$$

计算所得渗透系数378～390m／d，两者相差无几。再如根据陆水枢纽大坝基坑排水量计算的渗透系数为296m／d，而在下游围堰的多孔抽水试验，计算所得渗透系数为350m／d左右，两者也比较接近。但也有不少单位反映有抽水试验尤其是多孔抽水试验所确定的渗透系数，比通过基坑排水量反算的渗透系数大数倍的情况。

实际工程中反映出来的问题，原因是多方面的，主要有：

(1)抽水试验本身存在的问题　如过滤网选择不当，过滤器与吸水管的环状间隙过小，观测孔距离和观测孔过滤器深度确定或安装的不合理，观测孔降深过小因而相邻两观测孔间降深差值太小等。这些问题在本规程的有关条文中均做了适当的考虑。

(2)含水层透水性不均一的影响　通过抽水试验确定的含水层渗透系数，主要反映的是水平方向的渗透性能。但基坑来水往往是先由坑底垂直入渗，转而为水平渗透，因此含水层中弱透水、不透水的夹层或透镜体对基坑涌水产生的影响，在抽水试验确定的渗透系数中根本反映不出来，而这种薄层夹层或透镜体的大多数，现有的勘探方法经常是无法发现的。

(3)基坑涌水量的计算公式不完善　基坑轮廓不规则和边界条件的复杂性，往往使计算误差比较大。

规程中有关单孔与多孔抽水的规定，本着既承认单孔抽水简单易行，可以了解含水层渗透性能和变化规律的作用，又肯定多孔抽水的优越性的原则，指明在一定设计阶段和一定建筑物地段，为较准确地测定含水层渗透系数，要求做适当数量的多孔抽水。

五、多孔抽水试验的观测线布置问题

多孔抽水试验观测线的布置条数，以往有关抽水试验的书籍和规定，一般均提出有1～4条的布置型式。此次修订规程过程中，对搜集到的水利水电系统的13组多孔抽水试验观测线布置进行了统计，布置一条观测线的5组，布置两条观测线的6组，布置三条观测线的2组。通过调查会的了解也大致符合这一统计情况，即多数采用一、二条观测线，三条观测线的是少数，很少有布置四条观测线的，因此本规程对观测线做了“一般布置1～2条”的规定。

关于观测线的方向问题，规程中提出的原则，是从计算含水层渗透系数出发的。一条观测线垂直地下水流向布置，计算的渗透系数较合理。原建工部勘察院在《用抽水试验测定水文地质参数的原理和方法的研究》一文中导出在无限含水层中，有地下径流的情况下，抽水时含水层中任一点的水头损失的公式为：

$$S=\frac{Q}{2pKM}e^{v.r.\cos q/2a}\cdot K(E,r)$$

式中θ是观测孔布置方向与地下水流向间的夹角，当$q=\frac{p}{2}$或$q=\frac{3p}{2}$时(即观测线垂直地下水流向布置时)，$\cos\theta=0$，这时式中的$e^{v.r.\cos q/2a}=1$，即当观测线与地下水流向垂直时，地下水流向对计算参数就没有影

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

响了。

《潜水完整井三维流场及其对确定渗透系数的影响》(首届全国地下水资源评价学术会议文件，1979年)一文引证的专门试验资料，说明在垂直地下水流向方向的三维流场的形态也远较平行地下水流向方向的要简单得的多。

岩性岩相变化大的松散层和基岩，由于岩性构造的影响，渗透性在不同方向上的差异，远较地下水流向对确定渗透性的影响大的多，所以规程中对于它们的观测线布置作了单独规定。

六、观测孔至抽水孔的距离

观测孔至抽水孔的距离，主要考虑了三个影响因素：

1．裘布衣公式：

$$K=\frac{Q}{2p(S_1-S_2)M}\ln\frac{r_2}{r_1}(\text{承压水})$$

$$K=\frac{Q}{p(2H-S_1-S_2)(S_1-S_2)}\ln\frac{r_2}{r_1}(\text{潜水})$$

是基于稳定流在抽水影响范围以内各个断面的流量Q都等于抽水孔的涌水量Q为依据的，实际上，“稳定”只是相对的，因此，各个断面的流量不可能完全相等，从这一观点出发，观测孔布设距抽水孔越近越好。同时为使各观测孔都要取得较大降深值，观测孔也以布设的与抽水孔近一些为好。

2.当含水层渗透性能良好，在进行强烈抽水时，抽水孔及其附近的一定范围内都会产生紊流，而裘布衣公式没有考虑地下水在产生紊流时所造成的水头损失。因此在利用现有公式计算参数的情况下，布设观测孔必须考虑避开紊流的影响。紊流区的范围根据广东省水利水电勘测设计院，北京市地质地形勘测处和部分试验研究资料，都证明一般不超过1～3m的范围。

3.裘布衣公式没有考虑地下水在产生三维流时所造成的水头损失。根据理论研究和实践证实承压完整孔三维流场的范围约等于含水层厚度的1.6倍[1)]；潜水完整孔三维流场的范围，据部分专门试验资料分析，平行地下水流向方向上达含水层厚度4倍以上，垂直地下水流向方向上约等于含水层厚度的2倍(见《潜水完整井三维流场及其对确定渗透系数影响》)。

对于最远观测孔的距离没有做规定，主要因为对引用补给半径的问题目前在国内还没有取得一致的意见，而在水利水电工程地质勘测中一般含水层厚度都不很大。按规程中提出的布孔原则，最远观测孔不会太远，不致于产生不允许的影响。

对于抽水孔为非完整孔的多孔抽水，按规程中规定的布孔原则布设观测孔，仍可以按完整孔的多孔抽水试验的公式计算渗透系数。如拟按非完整孔多孔抽水试验公式计算渗透系数，则布孔时应遵守公式的限制条件。

注：1)参见陈雨孙：《单井水力学》。

七、完整孔与非完整孔

1.关于抽水孔类型的选择

抽水孔是采用完整孔，还是非完整孔，主要取决于含水层厚度和含水层在垂直方向上的均一性。一般情况，如果含水层比较均一，而且厚度又不很大时，采用完整孔抽水较好，理由是，求参数的完整孔公式较完善，并且对于那种无明显规律的不均一含水层，能够确定出平均渗透系数。但是厚度过大的含水层，采用完整孔抽水往往有较多的困难，最主要的困难是，过长的过滤器起拔困难；抽水孔涌水水量与过滤器长度，在一定

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

范围内成正比关系，过滤器越长，抽水孔涌水量越大，水位可能降不下去，以致无法进行试验。

2.非均质层状含水层分段抽水问题

非均质层状含水层，在水利水电工程地质勘察中，经常要求分别测定每一个单层的渗透系数。以往不少工程采用将过滤器置于哪层，计算所得的渗透系数，就算哪层的，这显然是不合理的。规程中提出的要求可以部分地改善以往存在的问题。理由是，目前，对于非完整孔的参数计算，多采用巴布什金和吉林斯基的公式：

$$K=\frac{Q}{2plS}\ln\frac{al}{r}$$

巴布什金 $a=1.32$

吉林斯基 $a=1.60$

规程推荐了这一公式，该公式是采用线流理论，对在无限厚含水层中抽水时的压力分布函数求解而得来的。实际上，真正的无限厚的含水层是不存在的，巴布什金和吉林斯基是把含水层厚度相当于过滤器长度三倍以上的情况，视为无限厚含水层来考虑的。

3.关于分段抽水过滤器最小长度问题

过滤器最小长度的限制是基于公式：

$$K=\frac{Q}{2plS}\ln\frac{al}{r}$$

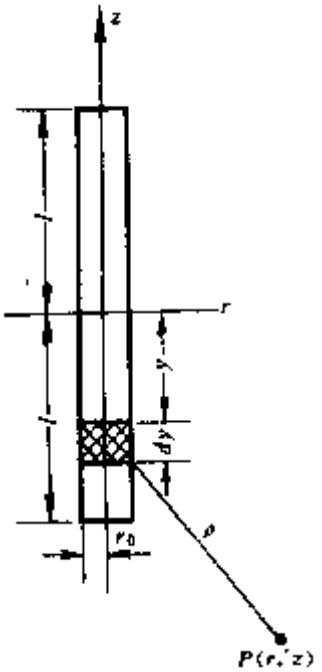
这个公式是在推导过程中曾在一定条件下作了简化而提出来的。

计算P（r，z）点的位势φ

$$j(r,z)=\frac{q}{4p}\int_{-l}^{l}\frac{dy}{r}=\frac{q}{4p}\int_{-l}^{l}\frac{dy}{\sqrt{r^2+(z-y)^2}}$$

$$=\frac{Q}{4pl}\left(\operatorname{arsh}\frac{z+l}{r}-\operatorname{arsh}\frac{z-l}{r}\right)$$

式中，Q为抽水孔的总流量，$Q=lq$；其它符号见图2。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

图2

从（1）式知等势面为一组共焦的旋转椭球面。

在z=0平面上，φ简化为：

$$j(r,0)=\frac{Q}{2\pi l}\operatorname{arsh}\frac{l}{r}$$

椭球体半径为r'，处于无穷远处的位势差。根据（2）式为：

$$j'_r-j_\infty=KS=\frac{Q}{2\pi l}\operatorname{arsh}\frac{l}{r'}$$

当$\frac{l}{r'}\geq 10$，从上式得出非完整孔公式为：

$$K=\frac{Q}{2\pi lS}\ln\frac{2l}{r'}$$

巴布什金用计算圆柱井平均流量的近似法，得出在井深四分之三点，圆柱井与等效椭球井井径相等的结果，据此得：

$$r'=\frac{4}{\sqrt{7}}r_0\approx 1.512r_0$$

根据规程中关于造孔的要求，今后抽水试验在较多的情况下可能采用直径为146mm的过滤器。为满足$\frac{l}{r'}\geq 10$，则l应满足

$$l\geq 10\times 0.073\times 1.512\approx 1.1\text{m}$$

这就是规定非完整孔过滤器长度不宜小于2m，特殊情况下不宜小于1m的依据。

4.基岩抽水问题

在基岩中做抽水试验测定其渗透系数是一个很复杂的问题，既有各向异性问题，又有含水层的划分和厚度确定的问题。前者往往是通过多孔抽水来了解；对于后者，规程中的规定是粗略的，用钻孔中揭露的含水层(带)代替含水层的厚度，这仅适用于含水层(带)倾角较小的情况，倾角较大时，应视具体条件，根据势的迭加原理自行推导公式计算。

八、抽水孔的测压管

严格的数学解虽然证明了抽水孔内水位符合裘布衣公式，但“严格解”的内边界条件都存在问题，例如将孔内水位以下的任一点的势都视为常数，自由渗出段(所谓水跃段)上任一点的势等于自由水面线与抽水孔壁交点的纵坐标值(坐标系纵轴是孔中心线，横轴是含水层底板线)等都不符合实际情况。此外“严格解”也没有考虑抽水孔内及其附近产生紊流的影响。因此实际上，抽水孔内降深和裘布衣公式降深不一致，前者大，后者小。规程中再次强调应在抽水孔过滤器外壁设置测压管就是从上述考虑出发的。

关于测压管和观测孔过滤器的安装深度和长度的问题，无论是承压完整孔或潜水完整孔，理论和实践均证明了，在距抽水孔的一定范围内都存在着三维流场。三维流场内不同深度水头值不同，尤其是在抽水孔附近更为突出。抽水孔附近不同深度的水头变化与抽水孔内吸水龙头深度的关系也极为密切。

对于承压完整孔，当吸水龙头位于含水层顶板以上时，在过滤器壁上的Z/M=0.6处和在含水层内的Z/M=0.5处(M为承压含水层厚度；Z为自含水层底板起算的坐标值)的降深(水头)符合裘布衣公式条件。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

对于潜水完整孔，由于潜水存在一个自由水面，而这个自由水面又是含水层的边界之一，因此地下水向潜水孔运动中，不仅水头不断发生变化，而且还在不断地改变着过水断面，情况远较承压完整孔复杂。所以至今对于潜水完整孔的三维流场的分析，还没有一个在实际工作中能够运用的表达式。根据部分专门试验资料表明，当吸水龙头位于含水层上部时，过滤器壁上不同深度水头值变化不很大；当吸水龙头位于含水层中部时，吸水龙头上、下部的水头差值则很大，经分析比较，上部的水头(降深)较符合裘布衣公式。潜水含水层中三维流场的水头分布和承压水孔的情形相反，中、上部的水头值比较接近(计算比较较符合裘布衣公式)，下部的水头值显著的低于中、上部的，其相差数值和地下水的流向密切相关。

鉴于上述情况，无论是过滤器壁上的测压管或观测孔的过滤器，只要深入到动水位以下适当深度就可以了。但是考虑到自然界真正均质的含水层是很少的，且根据室内外的试验证明，综合管(与抽水孔过滤器等深等齐的观测管)的水头和含水层中、上部的水头基本相当的事实，所以规程中仍规定测压管和观测孔过滤器长度和深度应与抽水孔过滤器相当。

九、降深次数

抽水孔测压管的降深值是计算渗透系数的基本数据之一。近年来不少单位研究的结果表明，单孔抽水试验在抽水孔或测压管中测得的降深经常是包含两部分内容。一是符合二维平面流、层流条件的有效降深(裘布衣降深)，另一是三维流场和紊流单一或共同作用所引起的附加降深。计算参数的公式中的降深应是有效降深。实测降深是否包含附加降深，可以通过绘制$Q\sim S$曲线或$Q\sim(H^2—h^2_0)$曲线判断，绘制这种曲线和消除附加降深的方法要求至少进行三次降深。

十、降深值

对于单孔抽水无论是在理论上或是试验资料的对比中，都说明降深值越小越符合现用公式的假定条件。但是在实际试验中，存在一个测试精度的问题，目前采用的电测水位计，实际精度为$\pm$1cm，对于1m的降深值相对误差是2%，规程中规定单孔抽水最小降深值不宜小于0.5m，从精度上讲，即保证对于最小降深值其相对误差不大于4%。

对于多孔抽水，因为计算参数是以观测孔的降深差值为依据的，所以最小降深以最远观测孔来控制。0.1m的数字，是从现实设备条件出发考虑的最低要求。

关于最大降深值的限制，对承压水而言，限制其最大降深不宜降低到含水层顶板以下，目的是尽可能地不使参数计算复杂化；对于潜水，裘布衣在推导潜水公式时，曾将沿流程的水头损失简化为沿流程水平投影的水头损失作为水头梯度来考虑的。这就是说，在潜水孔的计算公式中存在着以正切代替正弦的前提条件，这个前提条件，在抽水降深不太大的情况下是容易得到满足的。

十一、降低顺序

松散层的降低顺序一直有两种相反的意见，“从小到大”和“从大到小”。规程中规定松散层的抽水宜从小到大进行，理由有三：

1.试抽最终应该达到可能的最大降深，但不应一开泵就使流量达到最大，而应逐渐增加，最后达到最大降深。只要遵守这样的原则，试抽时是不会产生大量涌砂的。

2.一项专门试验证明降低顺序从小到大，符合降落漏斗的发展趋势，能缩短到达相对稳定的时间，降低次数越多越明显。例如，抽水孔一次7.29L／s，一次14.90L／s的两次抽水，从小到大进行，距离5m远的观测孔经过6h即达相对稳定。另一次抽水孔，一次14.93L／s；一次6.73L／s的两次抽水从大到小进行，同样距离5m远的观测孔经过7h的观测还只能说是趋于稳定，漏斗还在不断的缩小。

3.抽水从小到大进行，最后一次是大降深，有利于恢复水位观测资料的利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

十二、动水位稳定标准

关于动水位的稳定标准以往是采用相对误差的概念确定的，这样的规定在降深较大时绝对误差很大，如降深3m，按3%要求，则允许有0.09m的误差。实际上允许误差的大小与降深的大小并无直接联系，决定误差大小的主要是测试工具和水位的波动状况。考虑到电测水位计的精确度和抽水孔与观测孔水位波动状况的区别，以及不同抽水设备对动水位波动的影响，规定一般抽水孔波动值不大于3cm，观测孔不大于1cm；空压机抽水孔，波动值不大于10cm，既能保证精度而实际也是可行的。

十三、稳定延续时间

规定稳定延续时间，主要是为了保证抽水孔涌水量和降深能够达到相对的稳定，因为常用的渗透系数计算公式，都是以稳定理论为基础推导出来的。据对100多个单孔抽水试验资料分析，不同补给条件和不同颗粒组成的含水层，抽水达到稳定所需的时间是不一样的。从对178个单孔204段的抽水资料统计得知：纯砂层(中细砂、中粗砂、细砂、中砂和粗砂等)达到稳定所需时间为56min；砂卵石层为2h7min；含泥砂砾石层为3h42min；基岩为2h47min。为此，将稳定延续时间作了适当的缩短，但为了保证能达到真正的相对稳定，指出了对那些透水性弱的含水层抽水，稳定延续时间要作适当的延长。

十四、骨架孔隙率，滤网孔径和缠丝间距

大部分单位的经验证明，为了避免在抽水时形成孔内外过大的水位差值(水跃值)，在保证过滤器强度的前提下，应使管架孔隙率尽可能的大一点。据调查，有部分单位管架孔隙率达到43%，起拔时也没有发生断开的现象。故规程中适当地提高了对骨架孔隙率的要求。

关于滤网孔径和缠丝间距的规定，均较以往的规定提高了一些。试验证明，增大滤网孔径和缠丝间距能够明显地减小过滤器的阻力，并且也没有出现抽水孔内大量涌砂的现象。例如鸭河口试验场地的试验，过滤网为16目时，孔眼约为1.6mm，此数值相当于含水层颗粒成分的d_{70}，试验进行300余小时，开始几小时孔内沉淀达到2.3m，以后一直没有增加，这说明过滤网选择的比较适当。

十五、多孔抽水造孔顺序问题

多孔抽水，尤其是布置两排观测孔时，为防止因含水层情况与设计出入较大而不得不改变试验方案或试验地点的情况发生，应先打抽水孔。同时也只有在抽水孔的结构确定之后，才能最终确定观测孔的结构。

十六、泥浆钻进

对于抽水孔或观测孔大多数单位都是采用打套管清水循环钻进。河北某水利工程曾使用泥浆造孔，据泥浆在含水层中扩散形成泥柱的实际观测资料，说明泥浆钻进会对抽水试验成果产生严重影响。但是有些地区如东北和西北，提出了实际工作中存在的问题，有些地方松散层卵砾石比较大，不可能打套管，不使用泥浆，则难以造孔。规程本着既考虑质量要求，又考虑实际存在问题的精神，将以往规程中规定的严禁泥浆循环钻进改为不应采用泥浆循环钻进，为某些特殊地区留了一定的余地。

十七、抽水孔口径

试验研究资料表明，吸水管与过滤器的环状间隙的大小，对沿过滤器的流量分布有明显的影响，从而沿过滤器的水头分布也显著不同，间隙越小，这种影响越突出。鸭河口试验，过滤器的直径为146mm，采用108mm吸水管时，吸水龙头上、下测压管降深值相差一倍左右；当采用89mm或73mm时，吸水龙头上、下测压管的降深值比较接近。考虑上述影响和目前水利水电勘测设备条件，规程中对于抽水孔口径提出了最低要求。值得提出的是，规程中要求的下限——108mm，是对于那些含水层厚度不太大，渗透系数也不太大的条件提出的，当含水层厚度大于10m，渗透系数在100m／24h以上时，应尽可能地选用较大的过滤器，例如146mm、168mm等。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

十八、洗孔和试验抽水

对清水钻进的抽水孔，一般不单独进行洗孔。试验抽水既检查水泵、动力等运转是否正常，确定可能达到的最大降深，同时也起到洗孔的作用，所以规程中对试验抽水提出了延续时间的要求。

对泥浆循环的抽水孔，建议了洗孔方法，这当中包含了要单独洗孔的要求。关于洗孔质量鉴定，目前尚没有一个切实可行的方案，条文中提出的“水清砂净无沉淀”的要求，这需要地质人员在现场根据实际情况掌握。

十九、观测静止水位和校核静止水位

抽水试验过程中主要要取得两个基本数据，一是流量，可以通过量桶或堰箱直接测量获得；一是降深，它需要通过所量测的动水位和天然静止水位相减得来。因此，静止水位是否准确。直接影响抽水试验成果质量。规程中静止水位的稳定标准，对于松散层比较容易满足，可以采用每10min观测一次的标准；对于基岩，有的地区可能不易达到，则可以采用20min观测一次的标准。

静止水位是相对于动水位而言的，实际上静止水位并不是静止的，只是在外界条件(如河水涨落，降雨等)改变较少的情况下，相对的没有变化。但是当外界条件在抽水试验过程中发生变化时，静止水位也必然发生相应的变化，校核静止水位的要求就是这样提出来的。对于静止水位的校核，规程中规定设置天然水位观测点或河中设置水尺，目的都是找出静止水位的变化规律，以便对抽水前所测的静止水位进行校核。以往规程中规定洪水季节和大雨时不宜进行抽水试验是考虑由于洪水的涨落和降雨渗入的影响，致使静止水位的变化规律不易掌握而提出来的。现规程把原规定考虑的问题直接提出来。并指出，当天然水位的变化不易校正时最好暂停试验，这样既保证了质量又可能做得到，使试验人员能寻求出校正静止水位的途径，以便在大多数的情况下都能进行试验。

二十、关于吸水龙头的位置

抽水孔中吸水龙头放置的深浅，对流量和降深的关系有较明显的影响，同时也直接影响吸水龙头上部和下部的水头分布。吸水龙头深度对流量和降深的关系影响，曾在一项专门试验中获得了如下表所示的资料，在同一项试验中获得的资料证明，吸水龙头的深度对吸水龙头上部和下部水头分布的影响更为明显，一般情况，随着吸水龙头深度的增加，其上部和下部的水头差值越来越大。规程中规定吸水龙头在各次降深中均宜放在同一深度，就是从上述事实出发考虑的。

抽水孔流量 (L/s)	吸水龙头深度 (m)	综合测压管降深 (m)	单位涌水量 [L/(s·m)]
12.34	1.56	0.934	13.21
14.37	4.37	1.079	13.32
13.86	4.37	0.948	14.62
14.91	6.10	0.997	14.95
15.04	7.86	1.022	14.32

二十一、关于动水位观测和恢复水位观测

规程中规定抽水开始时5～10min观测一次，目的是充分利用水位恢复观测资料。以便求得较准确的渗透系数。

二十二、原始观测记录的校核

各种原始观测记录的检查校核，均应在试验过程中随时进行，目的是及时发现错误及时纠正。计算渗透系数前的校核，实际上是要求对原始资料进行一次合理性分析。对观测资料相互间的关系进行一次检查，对于明

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

显不合理的部分予以更正或舍弃。

二十三、关于选择计算渗透系数公式

规程中强调，要根据具体的水文地质条件和抽水孔(多孔抽水还包括观测孔)结构选择适合的计算公式。换句话说，就是运用公式前一定要弄清楚该公式的适用条件，否则计算成果，可能造成很大误差甚至错误。

目前稳定流抽水试验计算渗透系数的公式很多。承压完整孔和潜水完整孔的渗透系数计算(包括近地表水体的)都是用裘布衣公式，为数有限。而非完整孔公式则相当多，如马斯盖特公式，吉林斯基公式，巴布什金公式，纳斯别尔格公式等等，还有《供水水文地质勘察规范》(以下简称《规范》)推荐的两个公式：

$$K=\frac{Q}{2pSM}\left(\ln\frac{R}{r}+\frac{M-l}{l}\ln\frac{1.12M}{pr}\right) \qquad (Ⅰ)$$

$$K=\frac{Q}{2pSM}\left[\ln\frac{R}{r}+\frac{M-l}{l}\ln\left(1+0.2\frac{M}{r}\right)\right] \qquad (Ⅱ)$$

《规范》中将式(Ⅰ)、式(Ⅱ)和裘布衣—戚姆公式算得的渗透系数进行了对比，将该两式和部分其它非完整孔公式的计算结果及佛兰克电拟模型研究的结果也进行了对比，比较的结果得出了如下两点结论：

1.式(Ⅰ)、式(Ⅱ)在承压水钻孔中的计算结果和其它大部分非完整孔公式计算结果相近，平均差值一般不到5%，吉林斯基公式，当符合它的使用条件时($l<0.34M$)，和《规范》公式的差值平均也只有6.95%；在潜水钻孔中和部分非完整孔公式计算相近，巴布什金公式的不同形式比较繁多，其中有些和《规范》中公式算得的结果差值小，有些则差值大。

2.从与裘布衣—戚姆公式算得的渗透系数和与电拟模型研究结果的对比来看，《规范》公式具有一定精度。和裘布衣—戚姆公式算得渗透系数对比，差值平均最大为14.9%，在大部分钻孔中仍较其它公式更为接近；与电拟结果对比，式(Ⅰ)在$l/M<0.2$时，计算结果偏小较多，式(Ⅱ)在$l/M<0.1$时，计算结果约偏小10%。

本规程附录一所列出的公式，基本上都属于《规范》编制组在进行计算对比后认为其误差是在允许范围之内的那些公式，而且这些公式也恰是以往经常采用的。其中近河计算公式，均是采用镜像映射，根据势的迭加原理从远离水体的公式推演而来的，因此它们也是属于基本可用的。

二十四、关于影响半径R

本规程没有引入关于引用影响半径R的新概念。规程中的影响半径R仍可理解为是表示下降漏斗的影响范围，即$r=R$处，$S=0$，其值一般可以根据单孔抽水的流量Q和降深S采用经验公式算得。1964年制定的《抽水试验规程》曾经把若干计算影响半径的经验公式制表列入附录中，但在多年的生产实践中发现，运用这些公式确定R还是存在一定问题的，如：按照这些经验公式算得的R，是随抽水情况而变的一个变数，拿这个变数代入裘布衣公式算得的渗透系数K也是一个变数，这是不符合K的定义的。许多多孔抽水试验的实际观测资料证明，用经验公式算得的R，往往偏小很多。此外，有部分经验公式不仅量纲不符合，而且还存在相互矛盾的现象。目前有关R的概念和计算问题，是显而易见的。但是采用裘布衣公式或由它演化出来的公式中都还有R，所以附录二还是分类列出少数R的计算公式仅供参考。

二十五、关于消除单孔抽水由于三维流，紊流引起的附加降深问题

目前常用的渗透系数K的计算公式，都必须在满足达西流的条件下，才能获得满意的结果。对于单孔抽水可按$Q\sim S$曲线或$Q\sim(H^2-h_0^2)$曲线类型来判断抽水过程中的渗流是否满足达西流。一般情况下，如为直线时则表示三维流，紊流损失很小，可以采用通用公式直接计算K值；如不是直线，则表示三维流，紊流损失较大，

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

必须消除后，才能进行计算。规程中规定消除方法，是以Q～S曲线或Q～(H^2- h^2_0)曲线呈抛物线为前提的，这时就有根据将Q～S或Q～(H^2- h^2_0)曲线用下式表示：

$$S = aQ + bQ^2 \text{，或 } H^2 - h_0^2 = aQ + bQ^2$$

一次方项的系数α对于完整孔可表达为：

$$a = \frac{1}{2pKM}\ln\frac{R}{r}$$

对于非完整孔可以表达为：

$$a = \frac{1}{2pKM}\left(\ln\frac{R}{r} + \frac{M-l}{l}\ln\frac{1.12M}{pr}\right)$$

由此可知，按规定的方法求得 a 值后即可求得K值。

二十六、关于原始记录表格问题

水利水电工程地质勘察中的抽水试验资料一般不列入勘察报告中，而是作原始资料保存备查。调查时，发现有的单位和工程抽水试验资料记录比较完整，有的单位就差一些，施工中发现问题或总结经验需要查核时就遇到了较大的困难。为此，根据各单位的意见，提出了一个统一的格式，以便能保证资料收集的比较完整。

记录表格中的“水位观测记录表”，既可以记录静止水位，动水位，又可以记录恢复水位。“抽水试验观测记录表”既可做单孔抽水试验的记录，又可以做为多孔抽水试验的抽水孔观测记录。多孔抽水观测孔的水位记录可以用上述的水位观测记录表。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn