

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水利水电工程钻孔抽水试验规程》
SL 320—2005 的通知

水国科〔2005〕150号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局：

经审查，批准《水利水电工程钻孔抽水试验规程》为水利行业标准，并予发布。标准编号为 SL 320—2005，替代 SLJ 1—81。

本标准自 2005 年 7 月 1 日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇五年四月十八日

前 言

根据水利部水利水电规划设计管理局（水总局科〔2001〕1号）文件和《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002），对《水利水电工程钻孔抽水试验规程》（SLJ 1—81）进行修订。

本标准共 6 章 20 节 111 条和 7 个附录，主要技术内容有：

——制定本标准的目的及其适用范围；

——钻孔抽水试验基本技术（试验设计、单孔与多孔试验、完整孔与非完整孔试验、稳定流与非稳定流试验及试验基本技术要求）和试验设备的具体规定；

——试验现场工作（钻探、设备安装、试验抽水）和各类试验标准的具体要求；

——试验资料整理的规定。

本标准修订的主要内容有：

——前引部分增加了前言；

——正文部分增加了术语和符号；

——充实了试验设计内容；

——增加了相关水文地质条件的分析要求；

——增加了分层抽水止水隔离和多孔试验分层观测的要求；

——修改了分段抽水含水单层最小厚度的要求；

——修订了包网、缠丝过滤器网眼、缝隙尺寸和填砾过滤器滤料规格的规定；

——修订了松散含水层抽水孔过滤器骨架管外径和基岩含水层中抽水孔开孔孔径的要求；

——增加了非稳定流抽水试验要求及水文地质参数计算的主要方法；

——增加了规程用词说明。

本标准为全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SLJ 1—81

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计管理局

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：长江水利委员会长江勘测规划设计研究院

本标准参编单位：水利部长江勘测技术研究所

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：范中原 夏金梧 马贵生 陈 飞

包雄斌 赵成生 郑光中

本标准审查会议技术负责人：李广诚

本标准体例格式审查人：陈登毅

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
3.1	抽水试验设计	5
3.2	单孔试验与多孔试验	5
3.3	完整孔试验与非完整孔试验	7
3.4	抽水试验基本技术要求	7
4	设备	9
4.1	过滤器	9
4.2	抽水设备	10
4.3	测试工具	11
5	现场工作	12
5.1	钻探	12
5.2	设备安装	12
5.3	洗孔、试验抽水和观测静水位	13
5.4	稳定流抽水试验	13
5.5	非稳定流抽水试验	14
5.6	试验现场记录	15
6	试验资料整理	16
6.1	基本规定	16
6.2	渗透系数计算	16
6.3	影响半径计算	19
6.4	相关的水文地质条件分析	19
6.5	抽水试验报告	20

附录 A	观测记录格式	21
附录 B	稳定流抽水渗透系数计算公式表	23
附录 C	展开多项式的均差插值法	30
附录 D	用配线法计算非稳定流抽水试验的水文地质参数 ...	31
附录 E	用拐点法求有越流补给的水文地质参数	38
附录 F	影响半径计算公式表	46
附录 G	钻孔抽水试验成果表 (示例)	47
标准用词说明	49
条文说明	50

1 总 则

1.0.1 为统一水利水电工程钻孔抽水试验方法,确定含水层渗透性及了解相关水文地质条件,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程地质勘察中的钻孔抽水试验工作。

1.0.3 本标准的引用标准主要有以下标准:

《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287)

《供水水文地质勘察规范》(GB 50027)

《水利水电工程钻探规程》(SL 291)

《水利水电工程地质观测规程》(SL 245)

1.0.4 水利水电工程钻孔抽水试验除应符合本标准外,尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2 术 语 和 符 号

2.1 术 语

2.1.1 降深 drawdown

抽水时的地下水位下降值，为天然静水位与动水位之差。

2.1.2 钻孔抽水试验 pumping test in borehole

从钻孔中抽水并根据其出水量与降深的关系，确定含水层渗透性及了解相关水文地质条件的一种原位试验方法。

2.1.3 稳定流抽水试验 steadyflow pumping test

抽水过程中，要求出水量和动水位同时出现相对稳定，并延续一定时间的抽水试验。

2.1.4 非稳定流抽水试验 unsteadyflow pumping test

抽水过程中，保持出水量固定，观测动水位变化；或保持降深固定，观测出水量变化的抽水试验。

2.1.5 抽水孔 pumping well

试验中用作抽水的钻孔。

2.1.6 观测孔 observation well

试验中专门设置的用作观测动水位的钻孔。

2.1.7 完整孔 completely penetrating well

进水段完全穿透含水层的抽水孔。

2.1.8 非完整孔 partially penetrating

进水段仅穿入含水层一部分的抽水孔。

2.1.9 单孔抽水试验 single well pumping test

只在一个抽水孔中抽水并测量出水量与降深值的抽水试验。

2.1.10 多孔抽水试验 pumping test with multiple wells observation

除在一个钻孔中抽水和测量出水量与降深外，还布置观测孔观测动水位的抽水试验。

2.1.11 降落漏斗 depression cone

在抽水孔周围形成的漏斗状地下水位面（水压面）的下降区域。

2.1.12 动水位 drawdown level

抽水过程中随出水量和时间变化而变化的地下水位（水头）。

2.1.13 过滤器 screen assembly

设置于抽水孔中进水段部位，用于护壁、滤水和防止涌砂的装置。

2.2 符 号

B ——越流因数。

c_u ——含水层砂、土颗粒级配的不均匀系数。

D_{10} 、 D_{50} ——填砾过滤器滤料中，过筛砾料质量百分数为10%、50%的滤料颗粒的最大粒径。

d_{10} 、 d_{20} 、 d_{50} 、 d_{60} ——含水层砂、土样颗粒分析试验中，过筛土粒质量百分数为10%、20%、50%、60%的颗粒的最大粒径。

H ——潜水含水层的厚度。

h ——承压含水层自顶板算起的压力水头高度。

h_r ——任一观测孔在抽水或水位恢复时的孔壁处的潜水含水层厚度。

h_w ——抽水或水位恢复时抽水孔壁处的潜水含水层厚度。

Δh^2 ——天然情况下潜水含水层厚度和抽水孔或观测孔孔壁处潜水含水层厚度（ h_w 或 h_r ）的平方差，即 $\Delta h^2 = H^2 - h_w^2$ 或 $\Delta h^2 = H^2 - h_r^2$ 。

K ——含水层渗透系数。

l ——过滤器长度。

M ——承压含水层的厚度。

Q ——出水量。

R ——影响半径。

r_w ——抽水孔过滤器半径。

$r_1、r_2、\cdots$ ——各观测孔至抽水孔的距离。

S ——降深。

S_s ——承压含水层的释（储）水系数。

T ——导水系数，为 K 、 M 的乘积。

t ——时间。

μ ——潜水含水层的给水度。

3 基 本 规 定

3.1 抽 水 试 验 设 计

3.1.1 抽水试验设计宜包括下列内容：

- 1 试验目的、试验方案及试验地段的选择。
- 2 抽水孔和观测孔及观测线的布置。
- 3 抽水孔、观测孔结构，成孔工序，过滤器型号规格以及安装要求。
- 4 抽水设备与试验测试工具的技术要求。
- 5 现场试验技术与试验记录要求。
- 6 渗透系数计算方法与计算公式的选择。
- 7 相关水文地质条件分析的要求。

3.1.2 试验设计应根据下列地质与水文地质资料进行：

- 1 试验区的地下水分布、流向及埋藏条件。
- 2 松散含水层岩性结构、颗粒组成、成层特性及透水性及富水性的定量估算。
- 3 层状岩体的含水层与隔水层划分，含水裂隙岩体与岩溶岩体的分布特征，岩体裂隙与岩溶的发育程度及其几何参数在典型地段的调查、统计资料。
- 4 含水层或含水岩组的厚度。
- 5 必要时可布置专门的钻孔，补充有关的其他地质及水文地质资料。

3.2 单孔试验与多孔试验

3.2.1 单孔试验与多孔试验的选择，应根据工程区地质与水文地质条件的复杂程度及其对工程的影响大小进行，并应符合下列要求：

- 1 地质与水文地质条件比较简单的工程区，为初步查明河床

砂卵石层及其他松散含水层的渗透性及其分布规律时,宜选择单孔抽水试验。

2 地质与水文地质条件复杂的工程区,为查明河床砂卵石层及其他松散含水层的渗透性和渗透各向异性时,宜在区内典型地段或含水层渗透性及渗透各向异性对建筑物渗流控制设计有重大影响的地段布置多孔抽水试验。

3 以基岩水文地质问题为主体的工程区,为查明层状、裂隙、岩溶等含水岩体的渗透性、渗透各向异性,各含水层、带间的水力联系,以及地下水与地表水的水力联系时,宜选择多孔抽水试验。

3.2.2 多孔试验观测线布置,应遵守下列规定:

1 均质松散含水层中的多孔试验,宜布置一条观测线,其方向应垂直地下水流向;当含水层中地下水水力坡降较大时,可布置两条观测线,其方向应一条垂直地下水流向,另一条平行地下水流向。为解决坝基渗漏和建筑物基坑降水问题时,平行地下水流向的一条宜布置在抽水孔上游一侧。

2 在非均质各向异性的松散含水层中的多孔试验,应布置两条观测线,其中一条应沿渗透性最大的方向布置,另一条应与前一条相垂直。

3 裂隙岩体或岩溶岩体的多孔试验,应布置两条观测线,其中一条应沿构造发育方向或强透水方向布置,另一条应与前一条垂直。当岩体各向异性突出、水文地质条件复杂时,宜在各主要渗透方向上均布置观测线。

3.2.3 松散含水层中的多孔试验,每条观测线上的观测孔宜为3个;裂隙岩体和岩溶岩体中,每条观测线上的观测孔宜为2~5个。

3.2.4 观测孔至抽水孔的距离应符合下列规定:

1 当抽水孔为完整孔时,第一个观测孔孔距宜为2~3m,第二、第三个观测孔孔距宜分别为含水层厚度的1~1.5倍和2~3倍。

2 当抽水孔为非完整孔时,应根据抽水孔类型及拟选公式的要求确定。

3 最远观测孔孔距不宜太大,应能保证该观测孔内有一定降深。

3.2.5 裂隙岩体和岩溶岩体中多孔抽水观测孔至抽水孔的距离,宜根据场区的地质结构、地下水分布、含水层透水性和富水性确定;条件复杂时,观测线可分期形成。

3.2.6 层状孔隙裂隙岩体或层状岩溶岩体中多孔试验的观测孔距,当其岩层倾角不大于 25° 时,宜遵守 3.2.4 条的规定;当其倾角大于 25° 时,宜遵守 3.2.5 条的规定。

3.3 完整孔试验与非完整孔试验

3.3.1 多个含水层需要进行分层抽水时,抽水孔段的结构类型(完整孔、非完整孔),应根据各个试验含水层的厚度分别确定,并应对试验含水层和相邻含水层间的隔水层或相对隔水层采取止水隔离措施。

3.3.2 当含水层厚度不大于 15m 时,宜采用完整孔抽水;当含水层厚度大于 15m 时,可采用非完整孔抽水。

3.3.3 完整孔抽水,其过滤器长度宜为含水层厚度的 0.9 倍以上;非完整孔抽水,其过滤器长度和位置,应根据拟选用公式的适用条件确定。

3.3.4 非均质层状含水层,当其单层厚度不小于 3m 时,可采用非完整孔进行分段抽水,过滤器置于单层中部,长度宜不大于 $1/3$ 单层厚度;当单层厚度小于 3m 时,不宜进行分段抽水试验。

3.3.5 河床下含水层的非完整孔抽水,过滤器应置于含水层的上半部,其顶端至河底的距离应大于 3m。

3.4 抽水试验基本技术要求

3.4.1 松散含水层抽水孔中的过滤器外壁应设置测压管,其有眼部分长度应与抽水孔过滤器一致。

3.4.2 多孔试验的观测孔,其过滤器长度和深度都应和抽水孔过滤器的长度和深度相同。

3.4.3 多孔试验可在与试验含水层相邻的含水层中布置部分观测分层水位的观测孔，其过滤器部分的长度和深度，可根据实际情况确定。

3.4.4 在试验各次降深中，抽水吸水管口均应放在同一深度。从承压含水层中抽水，吸水管口宜放在含水层顶板以上适当位置；从潜水含水层中抽水，吸水管口宜放在最大降深动水位以下 0.5~1.0m 处。

3.4.5 抽水孔和观测孔中的静水位和动水位、动水位和出水量均应同步进行观测。

3.4.6 试验停止后，应立即进行恢复水位观测，并应在抽水停止后第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次，以后可每隔 30min 观测一次。

3.4.7 试验过程中，应对附近可能受到影响的孔、洞和泉、地表水体等进行水位或流量观测。

3.4.8 多孔试验时，除对为试验专门设置的观测孔进行观测外，宜在试验区内利用一些有效的长期观测孔同时进行观测。

3.4.9 试验时，宜在每段抽水开始前和抽水结束前各测一次地下水温，同时各取一组水样进行水质分析。

3.4.10 试验时，应采取防止抽出的水在抽水影响范围内回渗到含水层中的措施，同时应避免抽出的水可能产生的环境问题。

3.4.11 在试验影响范围以外，应利用已有的地下水长期观测资料或设置专门的地下水位观测点，定时观测天然水位变化。当天然水位变幅大、抽水降深校正有困难时，可暂停试验。

3.4.12 试验结束后，应复测各孔孔（管）口高程和孔深，同时检查孔内沉淀情况，必要时应取沉淀样品进行颗粒分析。

3.4.13 试验进程中的每个试验阶段都宜连续进行。

4 设 备

4.1 过 滤 器

4.1.1 过滤器类型宜按表 4.1.1 的规定选择

表 4.1.1 过滤器类型选择

含 水 层	抽水孔过滤器类型	观测孔过滤器类型
软岩、断层破碎带、裂隙密集带、岩溶强烈发育带以及其他不稳定岩层或含砂很少的卵砾石层	骨架过滤器	骨架过滤器
砂砾石层或中粗砂层	包网或缠丝过滤器	包网过滤器
细砂层或粉细砂层	填砾过滤器	包网过滤器

4.1.2 抽水孔过滤器骨架的孔隙率不宜小于 30%；观测孔的孔隙率不宜小于 15%。

4.1.3 包网、缠丝过滤器的网眼和缝隙尺寸宜按表 4.1.3 的规定确定。

表 4.1.3 包网、缠丝过滤器网眼和缝隙尺寸 单位：mm

过滤器类型	网眼、缝隙尺寸	
	颗粒均匀的含水层	颗粒不均匀的含水层
包网过滤器	(1.5~2.0) d_{50}	(2.0~2.5) d_{50}
缠丝过滤器	(1.25~1.5) d_{50}	(1.5~2.0) d_{50}
注：细砂取小值，粗砂取大值。		

4.1.4 填砾过滤器骨架管包网、缠丝的网眼、缝隙尺寸可采用 D_{10} 。

4.1.5 填砾过滤器的滤料规格应遵守下列规定：

1 砂土类含水层的 $c_u < 10$ 时，滤料规格宜按式 (4.1.5-1) 计算：

$$D_{50} = (6 \sim 8)d_{50} \quad (4.1.5-1)$$

2 碎石类土含水层的 $d_{20} < 2\text{mm}$ 时, 滤料规格宜按式 (4.1.5-2) 计算:

$$D_{50} = (6 \sim 8)d_{20} \quad (4.1.5-2)$$

3 碎石土类含水层的 $d_{20} \geq 2\text{mm}$ 时, 滤料粒径宜为 10~20mm。

4 填砾过滤器滤料的 c_u 不宜大于 5。

4.1.6 填砾过滤器的滤料厚度不应小于 50mm。

4.1.7 过滤器骨架管的外径应符合下列规定:

- 1 填砾过滤器骨架管外径宜为 73~89mm;
- 2 包网或缠丝过滤器骨架管外径宜为 108~127mm;
- 3 基岩抽水下过滤器时, 其骨架管外径宜为 108~127mm;
- 4 观测孔过滤器骨架管外径宜为 73mm。

4.1.8 过滤器下端应设置管底封闭的沉淀管, 其长度宜为 2~3m。

4.1.9 从松散含水层中抽水, 当过滤器顶端在地下水位以下一定深度时, 其工作管可不接出地面, 但工作管与上部套管间的间隙应采取有效的止砂措施。

4.2 抽 水 设 备

4.2.1 试验的抽水设备应根据地下水位埋深和钻孔出水量选择, 并应符合下列规定:

- 1 地下水位埋深小于 6.5m 时, 宜选用地面离心式水泵。
- 2 地下水位埋藏较深, 但钻孔出水量不大时, 宜选用潜水电泵。
- 3 地下水位埋藏较深, 且钻孔出水量较大时, 宜选用空气压缩机。

4.2.2 当钻孔出水量较大, 选择地面离心式水泵受到过滤器直径限制时, 可选用大于进水管公称口径的水泵, 但不应超过二级。

4.3 测 试 工 具

4.3.1 观测地下水位宜采用电测水位计或自动测试水位计,观测读数应精确到 0.5cm。

4.3.2 出水量的测试工具应根据水量大小、精度要求和方便实用的原则选择,并应符合下列规定:

1 当出水量小于 $0.001\text{m}^3/\text{s}$ 时,宜选用量杯或量桶,其充满水所需时间不宜少于 15s,观测读数应精确到 0.5s;

2 当出水量不小于 $0.001\text{m}^3/\text{s}$ 时,宜选用三角堰或水表,堰水位读数应精确到 0.1cm,水表读数应精确到 0.001m^3 。

5 现场工作

5.1 钻探

5.1.1 抽水孔、观测孔的孔位应由地质、钻探、测量人员共同在现场确定。

5.1.2 钻探完成后,应及时测量孔(管)口高程及孔位坐标。孔内所有测深,均应从同一个固定基点算起。

5.1.3 多孔试验的钻孔施工程序,宜先钻抽水孔,后钻观测孔。

5.1.4 松散含水层的抽水孔孔径不宜小于 200mm;基岩含水层的抽水孔孔径不宜小于 130mm。

5.1.5 抽水孔和观测孔的钻探方法除应执行 SL 291 的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 基岩中的抽水孔钻进应采用清水钻进法。

2 松散层中的抽水孔钻进应采用跟管法。

3 也可采用能保证抽水孔平直,孔身附近不受扰动,孔壁不被覆盖和堵塞的其他钻进方法。

4 试验孔段不应使用泥浆和植物胶冲洗液钻进。

5.1.6 松散含水层每个试验孔段的钻进中,均宜取 1~3 组试样进行颗粒分析试验。

5.1.7 在抽水孔和观测孔的钻进中,均应按 SL 245 的有关规定进行地下水简易观测。

5.2 设备安装

5.2.1 抽水孔和观测孔下过滤器前,应采用清水或其他有效的无固相溶液将孔内泥质物冲洗干净。

5.2.2 过滤器安装应按照试验设计书的要求进行,同时记录过滤器各部分的规格和实际下入深度,并应及时绘制抽水孔结构图。

5.2.3 抽水孔的测压管应固定在过滤器的外壁上,与过滤器同步

下入孔内，并应采取适当措施，保证过滤器处于居中位置下到孔内预定深度。

5.2.4 非填砾包网（缠丝）过滤器，应由骨架管、垫筋和包网（缠丝）组成，安装中应保持其平整和完好。

5.2.5 填砾过滤器所采用的砾石应冲洗干净，分批填入，每次填入高度不宜大于 0.8m，套管靴内保留高度不宜小于 0.2m，填砾的最终高度应高出过滤器工作部分顶端 0.5~1.0m。

5.2.6 空压机抽水沉没比宜为 40%~60%，混合器在动水位以下的深度不宜小于 10m，并宜使其处于过滤器顶端以上 3~5m。

5.2.7 量水堰应安置于稳固的基础上，保持水平；距堰口一定距离处应设置固定的堰水位标尺或测针；应准确测定起始读数。

5.3 洗孔、试验抽水和观测静水位

5.3.1 试验前应对抽水孔和观测孔进行清洗，直到水清、砂净、无沉淀时止。

5.3.2 洗孔后即可进行试验抽水，其降深宜逐渐增大，达到最大降深后的持续时间不应少于 2h。

5.3.3 试验抽水过程中，应观测抽水孔出水量及抽水孔和各观测孔的水位变化，检查抽水设备运行是否正常，检查各观测孔水位反应是否灵敏；确定稳定流抽水的最大降深、非稳定流抽水的常出水量等抽水试验参数。

5.3.4 试验抽水过程中，出水量及动水位的观测应符合正式试验的观测及记录的规定要求。

5.3.5 试验抽水后应及时测量孔深，如发现孔内沉淀较多时，应分析原因并加以处理。

5.3.6 正式抽水前，静水位观测应每 30min 观测一次，2h 内变幅不大于 2cm，且无连续上升或下降趋势时，即可视为稳定。

5.4 稳定流抽水试验

5.4.1 试验应进行 3 次降深，以在抽水孔测压管内测得的降深为

准，各次降深间的差值宜相等。

5.4.2 单孔抽水最小降深不宜小于 0.5m；多孔抽水的抽水孔最小降深，应以最远或次远观测孔的降深不小于 0.1m 或任一相邻观测孔的降深差值不小于 0.2m 为准。

5.4.3 潜水含水层抽水孔最大降深，不应大于含水层厚度的 0.3 倍；承压含水层的动水位不宜降到含水层顶板以下。

5.4.4 基岩含水层中的抽水降深宜从大到小；松散含水层中的降深宜从小到大。

5.4.5 试验时抽水开始后的第 5min、10min、15min、20min、30min、40min、50min、60min，宜各观测一次动水位和出水量，以后每隔 30min 观测一次。

5.4.6 动水位稳定标准应符合下列要求：

1 采用地面离心泵和潜水电泵抽水时，抽水孔的水位波动值不应大于 3cm；观测孔的水位波动值不应大于 1cm。

2 采用空压机抽水时，抽水孔的水位波动值不应大于 10cm；观测孔的水位波动值不应大于 1cm。

5.4.7 试验中的每次降深稳定延续时间应符合下列规定：

1 单孔抽水稳定延续时间不应少于 4h；多孔试验的稳定延续时间不应少于 8h，并应以最远观测孔的动水位波动情况确定。

2 透水性弱和比较弱的含水层抽水，应适当延长稳定延续时间。

5.4.8 在抽水稳定延续时间内，出水量稳定标准应符合下列规定：

1 实测出水量最大值与最小值之差小于平均出水量的 5%。

2 出水量无持续增大或变小的趋势。

5.5 非稳定流抽水试验

5.5.1 试验中应控制抽水孔出水量，使之保持常量，其稳定标准按 5.4.8 条的规定执行。

5.5.2 试验延续时间应根据降深与时间 $[S(\Delta h^2) - \lg t]$ 关系曲

线确定，并应符合下列要求：

1 $S(\Delta h^2) - \lg t$ 关系曲线呈直线状，其水平投影在 $\lg t$ 轴上的数值不少于两个对数周期。

2 当 $S(\Delta h^2) - \lg t$ 关系曲线有拐点时，则宜延续至拐点后出现水平线的最初时刻。

5.5.3 试验时，出水量和动水位的观测时间，宜在抽水开始后的第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次，以后每隔 30min 观测一次，直至结束。

5.6 试验现场记录

5.6.1 抽水孔和观测孔结构、试验设备及其安装等结束后，应按附录 A 的有关规定格式记录相应的基本技术资料及安装情况。

5.6.2 试验过程中应按附录 A 的有关规定进行出水量和水位观测。对稳定流抽水试验，应及时绘制 $S-t$ 、 $Q-t$ 和 $Q-S$ 或 $Q-\Delta h^2$ 关系曲线；对非稳定流抽水试验，主要应绘制 $S-\lg t$ 或 $\lg S - \lg t$ 关系曲线，若为多孔抽水，还应绘制 $S-\lg r$ 或 $S-\lg \frac{t}{r^2}$ 关系曲线。

5.6.3 试验结束前应全面检查原始记录和有关曲线是否正确、齐全，所发现的问题应在现场纠正。

6 试验资料整理

6.1 基本规定

6.1.1 渗透系数计算和相关水文地质条件分析,应在对试验区地质和水文地质条件基本查明的基础上,通过合理地选择计算公式和绘制相关的平面图、剖面图进行。

6.1.2 当根据观测孔资料,采用附录 B 所列潜水含水层多孔抽水试验公式计算渗透系数时,其适用范围应为抽水降落漏斗坡度不大于 25° 处。

6.1.3 抽水试验结束后,应依据勘察任务书的要求提交相应的试验报告。

6.2 渗透系数计算

6.2.1 根据单孔稳定流抽水资料计算渗透系数时,可选用附录 B 表 B-1 中的公式,但应符合下列要求:

1 当 $Q-S$ (或 $Q-\Delta h^2$) 关系曲线呈直线时,可以直接选用附录 B 表 B-1 中公式。

2 当 $Q-S$ (或 $Q-\Delta h^2$) 关系曲线呈曲线,而 $S/Q-Q$ (或 $\Delta h^2/Q-Q$) 关系曲线呈直线时,可采用作图法求得纵轴 (S/Q) 上的截距 a (待定系数),并将拟从附录 B 表 B-1 内选用公式中的 Q/S 或 $Q/(H^2-h_w^2)$ 项以 a 代入后计算渗透系数。

3 当 $Q-S$ (或 $Q-\Delta h^2$) 关系曲线呈任一形式曲线时,可采用插值法按附录 C 中的 C.0.4 表得出代数多项式 $Q-S$ 的待定系数 a_1 ,并将拟采用公式中的 Q/S 或 $Q/(H^2-h_w^2)$ 项以 $1/a_1$ 代换计算渗透系数。

6.2.2 多孔稳定流抽水,当观测孔中的降深 S (或 Δh^2),在 $S-\lg r$ (或 $\Delta h^2-\lg r$) 关系曲线上能连成直线时,则宜选用附录 B 表 B-2 中的公式计算渗透系数。

6.2.3 根据潜水含水层单孔稳定流邻河抽水资料计算渗透系数时,除应遵守 6.2.1 条的规定外,尚应根据邻河情况从附录 B 中选择相应的邻河公式。

6.2.4 根据潜水含水层多孔稳定流邻河抽水资料计算渗透系数时,除应遵守 6.2.2 条的规定外,尚应根据邻河情况、观测线布置方向,从附录 B 中选择相应的公式。

6.2.5 根据非稳定流抽水试验的抽水孔或观测孔资料计算渗透系数时,宜选用下列公式:

1 配线法。 $W(u)$ 与 u 可按配线法求得,配线法操作,可按附录 D 执行。

1) 承压含水层完整孔:

$$K = \frac{Q}{4\pi SM} W(u) \quad (6.2.5-1)$$

$$u = \frac{r^2 S_s}{4KMt} \quad (6.2.5-2)$$

2) 潜水含水层完整孔:

$$K = \frac{Q}{2\pi S(H + h_w)} W(u) \quad (6.2.5-3)$$

$$u = \frac{\mu r^2}{4K(H + h_w)t} \quad (6.2.5-4)$$

式中 $W(u)$ ——井函数;

r ——观测孔至抽水孔的距离。

2 直线法。当 $\frac{r^2 S_s}{4KMt}$ (或 $\frac{r^2 \mu}{2K(H + h_w)t}$) < 0.1 时,可采用下列公式:

1) 承压含水层完整孔:

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M(S_2 - S_1)} \lg \frac{r_2}{r_1} \quad (6.2.5-5)$$

$$\text{或} \quad K = \frac{2.3Q}{4\pi M(S_2 - S_1)} \lg \frac{t_2}{t_1} \quad (6.2.5-6)$$

2) 潜水含水层完整孔:

$$K = \frac{2.3Q}{2\pi(\Delta h_2^2 - \Delta h_1^2)} \lg \frac{r_2}{r_1} \quad (6.2.5-7)$$

$$\text{或} \quad K = \frac{2.3Q}{2\pi(\Delta h_2^2 - \Delta h_1^2)} \lg \frac{t_2}{t_1} \quad (6.2.5-8)$$

式中 S_1, S_2 ——观测孔或抽水孔在 $S - \lg t$ 关系曲线的直线段任意两点的纵坐标值 (m);

t_1, t_2 ——在 $S - \lg t$ (或 $\Delta h^2 - \lg t$) 关系曲线上纵坐标为 S_1, S_2 (或 $\Delta h_1^2, \Delta h_2^2$) 两点的相应时间 (min);

$\Delta h_1^2, \Delta h_2^2$ ——观测孔或抽水孔在 $\Delta h^2 - \lg t$ 关系曲线的直线段上任两点的纵坐标值 (m^2)。

6.2.6 非稳定流单孔抽水试验, 在有越流补给但不考虑弱透水层弹性释水的条件下, 利用 $S - \lg t$ 关系曲线上拐点处的斜率计算渗透系数时, 宜选用下列公式:

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M m_i e^{r/B}} \quad (6.2.6)$$

式中 m_i —— $S - \lg t$ 关系曲线上拐点处的斜率。

拐点处斜率、越流因数等参数可按附录 E 的规定求得。

6.2.7 稳定流抽水试验或非稳定流抽水试验, 当利用恢复水位资料计算渗透系数时, 可选用下列公式:

1 停止抽水前动水位已稳定, 可选用式 (6.2.6) 计算, 式中的 m_i 值应为恢复水位 $S - \lg (1 + t_K/t_T)$ 关系曲线上拐点处的斜率。

2 停止抽水前动水位仍呈直线下降时, 可选用下列公式:

1) 承压含水层完整孔:

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi MS} \lg \left(1 + \frac{t_K}{t_T} \right) \quad (6.2.7-1)$$

2) 潜水含水层完整孔:

$$K = \frac{2.3Q}{2\pi(H^2 - h_w^2)} \lg \left(1 + \frac{t_K}{t_T} \right) \quad (6.2.7-2)$$

式中 t_K ——抽水开始到停止的时间 (min);

t_T ——抽水停止时算起的恢复时间 (min);

S ——水位恢复时的剩余降深 (m);

h_w ——水位恢复时的潜水含水层厚度 (m)。

6.2.8 如恢复水位曲线直线段的延长线不通过原点时,应分析其原因,必要时应进行修正。

6.3 影响半径计算

6.3.1 稳定流多孔抽水试验影响半径的确定,应利用观测孔中的水位降低资料,选用附录 F 的有关公式计算。

6.3.2 根据稳定流单孔抽水试验资料计算渗透系数时,其影响半径可采用经验数据,也可选用附录 F 的有关公式计算。

6.4 相关的水文地质条件分析

6.4.1 通过多孔抽水试验资料进行相关水文地质条件分析应包括下列内容:

- 1 地下水、地表水以及各含水层间的水力联系。
- 2 含水层或含水岩体渗透性的各向异性。
- 3 强透水带的分布及其特征。
- 4 断层的阻水性或透水性。

6.4.2 相关水文地质条件分析应在掌握试验场地基本技术条件、地质条件、水文地质条件的基础上进行。

6.4.3 相关水文地质条件分析中应绘制下列图件:

1 多孔抽水试验场地内,某一相同时刻的地下水等水位线图(或流网图)。

2 多孔抽水试验场地典型方向上的降落漏斗剖面图。

6.4.4 地下水等水位线图宜包括下列内容:

- 1 抽水孔、观测孔(包括利用的长期观测孔)的位置。
- 2 断层破碎带、岩溶发育带的分布。
- 3 含水层与隔水层的分布。
- 4 抽水前地下水静水位等值线。

- 5 某一相同时刻的抽水动水位等值线。
- 6 邻近地表水体位置和相同时刻的水体水位。
- 6.4.5 降落漏斗剖面图宜包括下列内容：
 - 1 地形断面。
 - 2 抽水孔、观测孔位置及结构剖面。
 - 3 断层破碎带、岩溶发育带的位置。
 - 4 含水层与隔水层的位置。
 - 5 抽水前地下水静水位线。
 - 6 抽水时某一相同时刻的动水位线。
 - 7 抽水时，相邻含水层某一相同时刻的动水位线。

6.5 抽水试验报告

- 6.5.1 抽水试验报告宜包括文字说明和成果图表两部分内容。
- 6.5.2 文字说明宜包括下列内容：
 - 1 工程概况。
 - 2 试验目的。
 - 3 试验地段的地质和水文地质条件。
 - 4 计算成果和分析成果。
 - 5 成果质量评价。
 - 6 对下一孔（组）试验的建议。
- 6.5.3 成果图表可采用附录 G 的格式，并根据需要选用下列图表：
 - 1 试验场地平面图。
 - 2 抽水孔和观测孔施工技术剖面图。
 - 3 多孔抽水试验场地内稳定或相对稳定时段的地下水等水位线图。
 - 4 $Q-S$ 或 $Q-\Delta h^2$ 关系曲线和 $S-\lg t$ (或 $\Delta h^2-\lg t$) 关系曲线图。
 - 5 基本数据和计算成果表。

附录 A 观测记录格式

表 A-1 基本技术资料记录表

_____孔_____段

孔口高程 (m)			过	类 型		设	水泵名称	
孔 深 (m)				过滤器孔隙率 (%)			水泵型号	
孔 径 (mm)				孔眼直径 (mm)			吸水管直径 (mm)	
含 水 层	类 型		滤	网型网号		备	吸水管深度 (m)	
	水位深度 (m)			填砾直径 (mm)			动 力	
	顶板深度 (m)			填砾厚度 (mm)			水位计	
	底板深度 (m)			填砾高度 (m)			流量计	
	厚 度 (m)		测压管	过滤器长度 (m)				
	止水深度 (m)			顶端深度 (m)				
	岩 性			底端深度 (m)				

记录：_____ 校核：_____ 年 月 日

表 A-2 抽水孔安装记录表

_____孔_____段

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					
过滤器					
沉淀管					

记录：_____ 校核：_____ 年 月 日

表 A-3 观测孔安装记录表

____孔____段

项 目	第一观测线的观测孔			第二观测线的观测孔		
孔口高程 (m)						
管口高程 (m)						
孔 径 (mm)						
过滤器内径 (mm)						
过滤器长度 (m)						
过滤器顶深度 (m)						
过滤器底深度 (m)						
至抽水孔距离 (m)						

记录:

校核:

年 月 日

表 A-4 观测孔水位记录表

____孔____段

孔(管)口高程____(m)

时 间			孔(管)内水深 (m)	水位降深 (m)	时 间			孔(管)内水深 (m)	水位降深 (m)
日	时	分			日	时	分		

记录:

校核:

年 月 日

表 A-5 抽水试验孔观测记录表

____孔____段

孔(管)口高程____(m)

时 间			孔 内 水 位		测 压 管 水 位		出 水 量		备 注
日	时	分	动水位 (m)	降深 (m)	动水位 (m)	降深 (m)	堰水位或 水表读数 (cm、m ³)	出水量 (m ³ /s)	

记录:

校核:

年 月 日

附录 B 稳定流抽水渗透系数计算公式表

表 B-1 单孔抽水渗透系数计算公式表

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
1	承压水完整孔		$K = \frac{0.366Q}{MS} \lg \frac{R}{r}$	承压水含水层 单孔完整井	裘布依
2	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H-S)S} \lg \frac{R}{r}$	潜水含水层 单孔完整井	裘布依
3	承压水、潜水非完整孔		$K = \frac{0.366Q}{lS} \lg \frac{al}{r}$ $a = 1.6$ $a = 1.32$	1. 承压水、潜水含水层 2. 过滤器紧接含水层顶板或底板 3. $l < 0.3M$ 或 $l < 0.3H$	吉林斯基、巴布什金

表 B-1 (续)

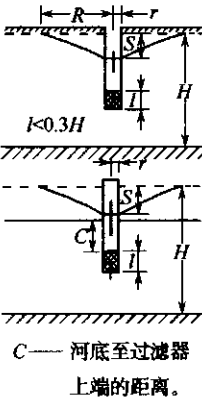
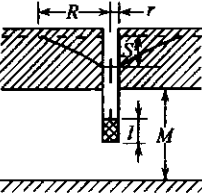

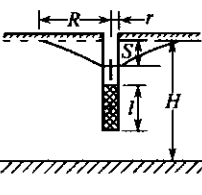
序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
4	潜水、承压水非完整孔	 <p>$l < 0.3H$</p> <p>C——河底至过滤器上端的距离。</p>	$K = \frac{0.366Q}{lS} \lg \frac{0.66l}{r}$	1. 潜水、承压水含水层 2. 过滤器置于含水层中部 3. 应用于河床抽水 C 值不应小于 3m 4. $l < 0.3M$ 或 $l < 0.3H$	巴布什金
5	承压水、潜水非完整孔		$K = \frac{Q}{2\pi SM} \left(\ln \frac{R}{r} + \frac{M-l}{l} \ln \frac{1.12M}{\pi r} \right)$	1. 承压水、潜水含水层。用于潜水时，将 M 换成 H 或 $H+h/2$ 2. $l > 0.2M$	供水规范
6	潜水非完整孔		$K = \frac{Q}{2\pi SM} \left[\ln \frac{R}{r} + \frac{M-l}{l} \ln \left(1 + 0.2 \frac{M}{l} \right) \right]$	1. 承压水、潜水含水层。用于潜水时，将 M 换成 H 或 $H+h/2$ 2. $l > 0.2M$	陈济生
7	潜水非完整孔		$K = \frac{0.366Q}{(S+l)} S \lg \frac{R}{r}$	1. 潜水含水层 2. 过滤器在含水层中部	斯卡巴拉诺维奇

表 B-1 (续)

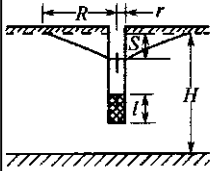
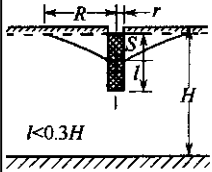
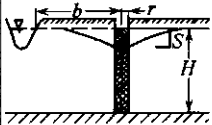
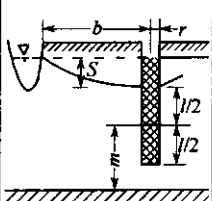
序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
8	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(H+l)} S \lg \frac{R}{r}$	1. 潜水含水层 2. 过滤器地含水层下部	多布诺里斯基
9	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{S \left(\lg \frac{l+S}{r} + \frac{l}{\lg \frac{R}{r} \lg \frac{0.66l}{r}} \right)}$	1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. $l < 0.3H$	巴布什金
10	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H-S)} S \lg \frac{2b}{r}$	1. 潜水含水层单孔完整井 2. 邻河 3. $b < 2H$	弗尔格伊米尔
11	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{S \left(\lg \frac{l+S}{r} + \lg \frac{0.66l}{r} + 0.25 \frac{l}{m} \lg \frac{b'}{m^2 + 0.14} \right)}$ <p>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</p>	1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. 邻河 4. 含水层厚度有限 5. $b > m/2$	巴布什金

表 B-1 (续)

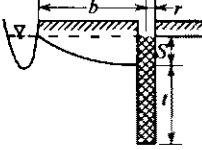
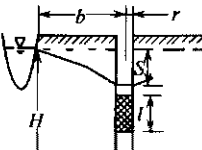
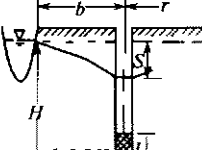

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
12	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{S \left(\frac{l+s}{\lg \frac{2b}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r} - 0.22 \operatorname{arsh} \frac{0.44l}{b}} \right)}$	1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. 邻河 4. 含水层厚度很大 5. $b > l$	巴布什金
13	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{S \left(\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r} - 0.11 \frac{l}{b}} \right)}$	1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. 邻河 4. 含水层厚度很大 5. $b < l$	巴布什金
14	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{lS} \times \left(2.3 \lg \frac{0.66l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0.45l}{b} \right)$	1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 过滤器在含水层中部 4. $l < 0.3H$	巴布什金
15	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{lS} \times \left(2.3 \lg \frac{1.32l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0.9l}{b} \right)$	1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 过滤器紧接含水层底部 4. $l < 0.3H$	巴布什金

表 B-2 多孔抽水渗透系数计算公式表

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
1	承压水完整井		$K = \frac{0.366Q}{M(S_1 - S_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}$	承压水含水层 多孔完整井	裘布依
2	潜水完整井		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}$	潜水含水层 多孔完整井	裘布依
3	承压水非完整井		$K = \frac{0.16Q}{l(S_1 - S_2)} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{l}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{r_2} \right)$	1. 承压水含水层 2. 过滤器紧接含水层顶板 3. $l < 0.3M$ 4. $r_2 \leq 0.3M$, $r_1 = 0.3r_2$ 5. $l = l$	吉林斯基
4	承压水完整井		$K = \frac{0.16Q}{l(S_1 - S_2)} \times \left[\operatorname{arsh} \frac{l}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{r_2} - \frac{l}{M} \right]$ $\times \left(\operatorname{arsh} \frac{M}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{M}{r_2} - \ln \frac{r_2}{r_1} \right)$	1. 承压水含水层 2. $l > 0.3M$	纳斯别尔格

表 B-2 (续)

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
5	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{l''(S_1 - S_2)} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{l''}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{l''}{r_2} \right)$ 式中: $l'' = l_0 - 0.5(S_1 + S_2)$	1. 潜水含水层 2. 抽水孔为非淹没式过滤器 3. $l < 0.3H$ 4. $S < 0.3l_0$ 5. $r_1 = 0.3r_2$, $r_2 \leq 0.3H$	吉林斯基
6	潜水非完整孔		$K = \frac{0.086Q}{l''(S_1 - S_2)} \times \left[\left(\operatorname{arsh} \frac{0.4l''}{r_1} + \operatorname{arsh} \frac{1.6l''}{r_1} \right) - \left(\operatorname{arsh} \frac{0.4l''}{r_2} + \operatorname{arsh} \frac{1.6l''}{r_2} \right) \right]$ 式中: $l'' = l_0 - 0.5(S_1 + S_2)$	1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部 3. $l < 0.3H$ 4. $r_2 < 0.3H$ 5. $t = l$	吉林斯基
7	潜水非完整孔		$K = \frac{Q}{2\pi l''(S_1 - S_2)} \times \left[\left(\operatorname{arsh} \frac{r''}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{r''}{r_2} \right) - \frac{r''}{H} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{H}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{H}{r_2} - \ln \frac{r_2}{r_1} \right) \right]$	1. 潜水含水层 2. $l > 0.5H$	纳斯别尔格
8	潜水非完整孔		$K = \frac{0.366Q}{(2S - S_1 - S_2 + l)(S_1 - S_2)} \times \lg \frac{r_2}{r_1}$	1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部	斯卡巴拉诺维奇
9	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1) S_1} \lg \frac{2b - r_1}{r_1}$	1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线垂直于岸边、观测孔位于近河一边 4. 一个观测孔	裘布依、弗尔格伊米尔
10	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \times \lg \frac{r_2(2b - r_1)}{r_1(2b - r_2)}$	1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线垂直于岸边、观测孔位于近河一边 4. 两个观测孔	裘布依、弗尔格伊米尔

表 B-2 (续)

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件	提出人
11	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1) S_1} \lg \sqrt{\frac{4b^2 + r_2^2}{r_1^2}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线平行岸边 4. 一个观测孔 	裘布依
12	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1 - S_2) (S_1 - S_2)} \times \left[\frac{1}{2} \lg \frac{4b^2 + r_1^2}{4b^2 + r_2^2} + \lg \frac{r_2}{r_1} \right]$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线平行岸边 4. 两个观测孔 	弗尔格伊米尔
13	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{l S_1} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{1}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{1}{\sqrt{4b^2 + r_2^2}} \right)$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部 3. 邻河 4. 观测线平行岸边 5. $l < 0.3H$ 	巴布什金
14	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{l S_1} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{1}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{2b \pm r_1} \right)$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部 3. 邻河 4. 观测线垂直岸边且在远河一侧 ($2b + r_1$) 或近河一侧 ($2b - r_1$) 5. $l < 0.3H$ 	巴布什金

附录 C 展开多项式的均差插值法

C.0.1 当抽水试验关系曲线 $Q-S$ (或 $Q-\Delta h^2$) 呈曲线时,可采用插值多项式来消除产生曲线的孔损影响。

C.0.2 $Q-S$ 关系曲线可采用一个高次方多项式表示为:

$$S = a_1 Q + a_2 Q^2 + \cdots + a_n Q^n \quad (\text{C.0.2})$$

式中 a_1, a_2, \cdots, a_n 待定系数。

C.0.3 一次项系数 a_1 可用式 (C.0.3) 表达:

$$a_1 = \frac{1}{2\pi KM} \ln \frac{R}{r} \quad (\text{C.0.3})$$

C.0.4 以四组 $Q-S$ 抽水试验资料为例,式 (C.0.2) 可简化为式 (C.0.4):

$$S = a_1 Q + a_2 Q^2 + a_3 Q^3 + a_4 Q^4 \quad (\text{C.0.4})$$

采用表 C.0.4 求 $Q-S$ 多项式及其待定参数 a_1 。

表 C.0.4 插值均差表

n	$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$S \text{ (m)}$	一阶均差	二阶均差	三阶均差	四阶均差
0	0	0				
1	Q_1	S_1	a_{11}	a_{22}	a_{33}	a_{44}
2	Q_2	S_2	a_{12}	a_{23}	a_{34}	
3	Q_3	S_3	a_{13}	a_{24}		
4	Q_4	S_4	a_{14}			

表 C.0.4 中:

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= \frac{S_1 - 0}{Q_1 - 0}, & a_{12} &= \frac{S_2 - S_1}{Q_2 - Q_1}, & a_{13} &= \frac{S_3 - S_2}{Q_3 - Q_2} \\
 a_{14} &= \frac{S_4 - S_3}{Q_4 - Q_3}, & a_{22} &= \frac{a_{12} - a_{11}}{Q_2 - 0}, & a_{23} &= \frac{a_{13} - a_{12}}{Q_3 - Q_1} \\
 a_{24} &= \frac{a_{14} - a_{13}}{Q_4 - Q_2}, & a_{33} &= \frac{a_{23} - a_{22}}{Q_3 - 0}, & a_{34} &= \frac{a_{24} - a_{23}}{Q_4 - Q_1}, & a_{44} &= \frac{a_{34} - a_{33}}{Q_4 - 0}
 \end{aligned}$$

则

$$\begin{aligned}
 S &= a_{11}Q + a_{22}Q(Q - Q_1) + a_{33}Q(Q - Q_1)(Q - Q_2) \\
 &\quad + a_{44}Q(Q - Q_1)(Q - Q_2)(Q - Q_3)
 \end{aligned}$$

展开即可得:

$$a_1 = a_{11} - a_{22}Q_1 + a_{33}Q_1Q_2 - a_{44}Q_1Q_2Q_3$$

附录 D 用配线法计算非稳定流抽水试验的水文地质参数

D. 0. 1 对式 (6. 2. 5-1) 取对数, 得:

$$\lg S = \left[\lg \frac{Q}{4\pi T} \right] + \lg W(u) \quad (\text{D. 0. 1-1})$$

对式 (6. 2. 5-2) 改写为:

$$\frac{r^2}{t} = \left[\frac{4T}{S_s} \right] u \quad (\text{D. 0. 1-2})$$

取式 (D. 0. 1-2) 对数:

$$\lg \frac{r^2}{t} = \left[\lg \frac{4T}{S_s} \right] + \lg u \quad (\text{D. 0. 1-3})$$

在出水量 Q 保持不变的情况下, 式 (D. 0. 1-1)、(D. 0. 1-2)、(D. 0. 1-3) 中的括号部分对试验而言是常数。如此, 在 S 与 r^2/t 有关系的条件下, $W(u)$ 与 u (或 $1/u$) 也有相应关系。

D. 0. 2 利用表 D. 0. 2 在双对数坐标纸上绘制 $W(u) - 1/u$ 的标准曲线, 见图 D. 0. 2。

D. 0. 3 在另一张模数相同的透明双对数纸上绘制实测的 $S - t/r^2$ 曲线, 见图 D. 0. 3。

D. 0. 4 将实测曲线置于标准曲线上, 在保持对应坐标轴彼此平行的条件下相对平移, 直至两曲线重合为止, 见图 D. 0. 4。

D. 0. 5 任取一匹配点 (在曲线上或曲线外均可), 记录匹配点的对应坐标值: $W(u)$, $1/u$, S , t/r^2 , 代入式 (6. 2. 5-1) ~ 式 (6. 2. 5-4) 中分别计算有关参数。

表 D.0.2 $W(u)$ 数值表

$N \backslash u$	$N \times 10^{-15}$	$N \times 10^{-14}$	$N \times 10^{-13}$	$N \times 10^{-12}$	$N \times 10^{-11}$	$N \times 10^{-10}$	$N \times 10^{-9}$	$N \times 10^{-8}$
1.0	33.9616	31.6590	29.3564	27.0538	24.7512	22.4486	20.1460	17.8435
1.1	33.8662	31.5637	29.2611	26.9585	24.6559	22.3533	20.0507	17.7482
1.2	33.7792	31.4767	29.1741	26.8715	24.5689	22.2663	19.9637	17.6611
1.3	33.6992	31.3966	29.0940	26.7914	24.4889	22.1863	19.8837	17.5811
1.4	33.6251	31.3225	29.0199	26.7173	24.4147	22.1122	19.8096	17.5070
1.5	33.5561	31.2535	28.9509	26.6483	24.3458	22.0432	19.7406	17.4380
1.6	33.4916	31.1890	28.8864	26.5838	24.2812	21.9786	19.6760	17.3735
1.7	33.4309	31.1283	28.8258	26.5232	24.2206	21.9180	19.6154	17.3128
1.8	33.3738	31.0712	28.7686	26.4660	24.1634	21.8608	19.5583	17.2557
1.9	33.3197	31.0171	28.7145	26.4119	24.1094	21.8068	19.5042	17.2016
2.0	33.2684	30.9658	28.6632	26.3607	24.0581	21.7555	19.4529	17.1503
2.1	33.2196	30.9170	28.6145	26.3119	24.0093	21.7067	19.4041	17.1015
2.2	33.1731	30.8705	28.5679	26.2653	23.9628	21.6602	19.3576	17.0550
2.3	33.1286	30.8261	28.5235	26.2209	23.9183	21.6157	19.3131	17.0106
2.4	33.0861	30.7835	28.4809	26.1783	23.8758	21.5732	19.2706	16.9680
2.5	33.0453	30.7427	28.4401	26.1375	23.8349	21.5323	19.2298	16.9272
2.6	33.0060	30.7035	28.4009	26.0983	23.7957	21.4931	19.1905	16.8880
2.7	32.9633	30.6657	28.3631	26.0606	23.7580	21.4554	19.1523	16.8502
2.8	32.9319	30.6294	28.3268	26.0242	23.7216	21.4190	19.1164	16.8138
2.9	32.8968	30.5943	28.2917	25.9891	23.6865	21.3839	19.0813	16.7788
3.0	32.8629	30.5604	28.2578	25.9552	23.6526	21.3500	19.0474	16.7449
3.1	32.8302	30.5276	28.2250	25.9224	23.6198	21.3172	19.0146	16.7121
3.2	32.7984	30.4958	28.1932	25.8907	23.5880	21.2855	18.9829	16.6803
3.3	32.7676	30.4651	28.1625	25.8599	23.5573	21.2547	18.9521	16.6495
3.4	32.7378	30.4352	28.1326	25.8300	23.5274	21.2249	18.9223	16.6197
3.5	32.7088	30.4062	28.1036	25.8019	23.4985	21.1959	18.8933	16.5907
3.6	32.6806	30.3780	28.0755	25.7729	23.4703	21.1677	18.8651	16.5625
3.7	32.6532	30.3506	28.0481	25.7455	23.4429	21.1403	18.8377	16.5351
3.8	32.6266	30.3240	28.0214	25.7188	23.4162	21.1136	18.8110	16.5085
3.9	32.6006	30.2980	27.9954	25.6928	23.3902	21.0877	18.7851	16.4825
4.0	32.5753	30.2727	27.9701	25.6675	23.3649	21.0623	18.7598	16.4572
4.1	32.5506	30.2480	27.9454	25.6428	23.3402	21.0376	18.7351	16.4325
4.2	32.5265	30.2239	27.9213	25.6187	23.3161	21.0136	18.7110	16.4084
4.3	32.5029	30.2004	27.8978	25.5952	23.2926	20.9900	18.6874	16.3844
4.4	32.4800	30.1774	27.8748	25.5722	23.2696	20.9670	18.6644	16.3619
4.5	32.4575	30.1549	27.8523	25.5497	23.2471	20.9446	18.6420	16.3394
4.6	32.4355	30.1329	27.8303	25.5277	23.2252	20.9226	18.6200	16.3174
4.7	32.4140	30.1114	27.8088	25.5062	23.2037	20.9011	18.5985	16.2959
4.8	32.3929	30.0904	27.7878	25.4852	23.1826	20.8800	18.5774	16.2748
4.9	32.3723	30.0697	27.7672	25.4646	23.1620	20.8594	18.5568	16.2542
5.0	32.3521	30.0495	27.7470	25.4444	23.1418	20.8392	18.5366	16.2340
5.1	32.3323	30.0297	27.7271	25.4246	23.1220	20.8194	18.5168	16.2142
5.2	32.3129	30.0103	27.7007	25.4051	23.1026	20.8000	18.4974	16.1948
5.3	32.2939	29.9913	27.6887	25.3861	23.0835	20.7809	18.4783	16.1758
5.4	32.2752	29.9726	27.6700	25.3674	23.0648	20.7622	18.4596	16.1571

(Ferris, Brown 和 Stallman 等)

$N \times 10^{-7}$	$N \times 10^{-6}$	$N \times 10^{-5}$	$N \times 10^{-4}$	$N \times 10^{-3}$	$N \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-1}$	N
15.5409	13.2383	10.9357	8.6332	6.3315	4.0379	1.8229	0.2194
15.4456	13.1430	10.8404	8.5379	6.2363	3.9436	1.7371	0.1860
15.3586	13.0560	10.7534	8.4509	6.1494	3.8576	1.6595	0.1584
15.2785	12.9759	10.6734	8.3709	6.0695	3.7785	1.5889	0.1355
15.2044	12.9018	10.5993	8.2968	5.9955	3.7054	1.5241	0.1162
15.1354	12.8328	10.5303	8.2278	5.9266	3.6374	1.4645	0.1000
15.0709	12.7683	10.4657	8.1634	5.8621	3.5739	1.4092	0.08631
15.0103	12.7077	10.4051	8.1027	5.8016	3.5143	1.3578	0.07465
14.9531	12.6505	10.3479	8.0455	5.7446	3.4581	1.3089	0.06471
14.8990	12.5964	10.2929	7.9915	5.6906	3.4050	1.2649	0.05620
14.8477	12.5451	10.2426	7.9402	5.6394	3.3547	1.2227	0.04890
14.7989	12.4964	10.1938	7.8914	5.5907	3.3069	1.1829	0.04261
14.7524	12.4498	10.1473	7.8449	5.5443	3.2614	1.1454	0.03719
14.7080	12.4054	10.1028	7.8004	5.4999	3.2179	1.1099	0.03250
14.6654	12.3628	10.0603	7.7579	5.4575	3.1763	1.0762	0.02844
14.6246	12.3220	10.0194	7.7172	5.4167	3.1365	1.0443	0.02491
14.5854	12.2828	9.9802	7.6779	5.3776	3.0983	1.0139	0.02185
14.5476	12.2450	9.9425	7.6401	5.3400	3.0615	0.9849	0.01918
14.5113	12.2087	9.9061	7.6038	5.3037	3.0261	0.9573	0.01686
14.4762	12.1736	9.8710	7.5687	5.2687	2.9920	0.9309	0.01482
14.4423	12.1397	9.8371	7.5348	5.2349	2.9591	0.9057	0.01305
14.4095	12.1069	9.8043	7.5020	5.2022	2.9273	0.8815	0.01149
14.3777	12.0751	9.7726	7.4703	5.1706	2.8965	0.8583	0.01013
14.3470	12.0444	9.7418	7.4395	5.1399	2.8668	0.8361	0.008939
14.3173	12.0145	9.7120	7.4097	5.1102	2.8379	0.8147	0.007891
14.2881	11.9855	9.6830	7.3807	5.0813	2.8099	0.7942	0.006970
14.2599	11.9574	9.6548	7.3526	5.0532	2.7827	0.7745	0.006160
14.2325	11.9300	9.6274	7.3252	5.0259	2.7563	0.7554	0.005448
14.2059	11.9033	9.6007	7.2985	4.9993	2.7306	0.7371	0.004820
14.1799	11.8773	9.5748	7.2725	4.9735	2.7056	0.7194	0.004267
14.1546	11.8520	9.5495	7.2472	4.9482	2.6813	0.7024	0.003779
14.1299	11.8273	9.5248	7.2225	4.9236	2.6576	0.6859	0.003349
14.1058	11.8032	9.5007	7.1985	4.8997	2.6344	0.6700	0.002969
14.0823	11.7797	9.4771	7.1749	4.8762	2.6119	0.6546	0.002633
14.0593	11.7567	9.4541	7.1520	4.8533	2.5899	0.6397	0.002336
14.0368	11.7342	9.4317	7.1295	4.8310	2.5684	0.6253	0.002073
14.0148	11.7122	9.4097	7.1075	4.8091	2.5474	0.6114	0.001841
13.9933	11.6907	9.3882	7.0860	4.7877	2.5268	0.5979	0.001635
13.9723	11.6697	9.3671	7.0650	4.7667	2.5068	0.5848	0.001453
13.9516	11.6491	9.3465	7.0444	4.7462	2.4871	0.5721	0.001291
13.9314	11.6289	9.3263	7.0242	4.7261	2.4679	0.5598	0.001148
13.9116	11.6091	9.3065	7.0044	4.7064	2.4491	0.5478	0.001021
13.8922	11.5896	9.2871	6.9850	4.6871	2.4306	0.5362	0.0009086
13.8732	11.5706	9.2687	6.9659	4.6681	2.4126	0.5250	0.0008086
13.8545	11.5519	9.2494	6.9473	4.6495	2.3948	0.5140	0.0007198

表 D. 0. 2

N	$N \times 10^{-15}$	$N \times 10^{-14}$	$N \times 10^{-13}$	$N \times 10^{-12}$	$N \times 10^{-11}$	$N \times 10^{-10}$	$N \times 10^{-9}$	$N \times 10^{-8}$
5.5	32.2568	29.9512	27.6516	25.3491	23.0465	20.7439	18.4413	16.1387
5.6	32.2388	29.9362	27.6336	25.3316	23.0285	20.7259	18.4233	16.1207
5.7	32.2211	29.9185	27.6159	25.3133	23.0108	20.7082	18.4056	16.1030
5.8	32.2037	29.9011	27.5985	25.2959	22.9934	20.6908	18.3882	16.0856
5.9	32.1866	29.8840	27.5814	25.2789	22.9763	20.6737	18.3711	16.0685
6.0	32.1698	29.8672	27.5646	25.2620	22.9595	20.6569	18.3543	16.0517
6.1	32.1533	29.8507	27.5481	25.2455	22.9429	20.6403	18.3378	16.0352
6.2	32.1370	29.8341	27.5318	25.2293	22.9267	20.6241	18.3215	16.0189
6.3	32.1210	29.8184	27.5158	25.2133	22.9107	20.6081	18.3055	16.0029
6.4	32.1053	29.8027	27.5001	25.1975	22.8949	20.5923	18.2898	15.9872
6.5	32.0898	29.7872	27.4846	25.1820	22.8794	20.5768	18.2742	15.9717
6.6	32.0745	29.7719	27.4693	25.1667	22.8641	20.5616	18.2590	15.9564
6.7	32.0595	29.7569	27.4543	25.1517	22.8491	20.5465	18.2439	15.9414
6.8	32.0446	29.7421	27.4395	25.1369	22.8343	20.5317	18.2291	15.9265
6.9	32.0300	29.7275	27.4249	25.1223	22.8197	20.5171	18.2145	15.9119
7.0	32.0156	29.7131	27.4105	25.1079	22.8053	20.5027	18.2001	15.8976
7.1	32.0015	29.6989	27.3963	25.0937	22.7911	20.4885	18.1860	15.8834
7.2	31.9875	29.6849	27.3823	25.0797	22.7771	20.4746	18.1720	15.8694
7.3	31.9737	29.6711	27.3685	25.0659	22.7633	20.4608	18.1582	15.8556
7.4	31.9601	29.6575	27.3549	25.0523	22.7497	20.4472	18.1446	15.8420
7.5	31.9467	29.6441	27.3415	25.0389	22.7363	20.4337	18.1311	15.8286
7.6	31.9334	29.6308	27.3282	25.0257	22.7231	20.4205	18.1179	15.8153
7.7	31.9203	29.6178	27.3152	25.0126	22.7100	20.4074	18.1048	15.8022
7.8	31.9074	29.6048	27.3023	24.9997	22.6971	20.3945	18.0919	15.7893
7.9	31.8947	29.5921	27.2895	24.9869	22.6844	20.3818	18.0792	15.7766
8.0	31.8821	29.5795	27.2769	24.9744	22.6718	20.3692	18.0666	15.7640
8.1	31.8697	29.5671	27.2645	24.9619	22.6594	20.3568	18.0542	15.7516
8.2	31.8574	29.5548	27.2523	24.9497	22.6471	20.3445	18.0419	15.7393
8.3	31.8453	29.5427	27.2401	24.9375	22.6350	20.3324	18.0298	15.7272
8.4	31.8333	29.5307	27.2282	24.9256	22.6230	20.3204	18.0178	15.7152
8.5	31.8215	29.5189	27.2163	24.9137	22.6112	20.3086	18.0060	15.7034
8.6	31.8098	29.5072	27.2046	24.9020	22.5995	20.2969	17.9943	15.6917
8.7	31.7982	29.4957	27.1931	24.8905	22.5879	20.2853	17.9827	15.6801
8.8	31.7868	29.4842	27.1816	24.8790	22.5765	20.2739	17.9713	15.6687
8.9	31.7755	29.4729	27.1703	24.8678	22.5652	20.2626	17.9600	15.6574
9.0	31.7643	29.4618	27.1592	24.8566	22.5540	20.2514	17.9488	15.6462
9.1	31.7533	29.4507	27.1481	24.8455	22.5429	20.2404	17.9378	15.6352
9.2	31.7424	29.4398	27.1372	24.8346	22.5320	20.2294	17.9268	15.6243
9.3	31.7315	29.4290	27.1264	24.8238	22.5212	20.2186	17.9160	15.6135
9.4	31.7208	29.4183	27.1157	24.8131	22.5105	20.2079	17.9053	15.6028
9.5	31.7103	29.4077	27.1051	24.8025	22.4999	20.1973	17.8948	15.5922
9.6	31.6998	29.3972	27.0946	24.7920	22.4895	20.1869	17.8843	15.5817
9.7	31.6894	29.3868	27.0843	24.7817	22.4791	20.1765	17.8739	15.5713
9.8	31.6792	29.3766	27.0740	24.7714	22.4688	20.1663	17.8637	15.5611
9.9	31.6690	29.3664	27.0639	24.7613	22.4587	20.1561	17.8535	15.5509

(续)

$N \times 10^{-7}$	$N \times 10^{-6}$	$N \times 10^{-5}$	$N \times 10^{-4}$	$N \times 10^{-3}$	$N \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-1}$	N
13.8361	11.5336	9.2310	6.9289	4.6313	2.3775	0.5034	0.0006409
13.8181	11.5155	9.2130	6.9109	4.6134	2.3604	0.4930	0.0005708
13.8004	11.4978	9.1953	6.8932	4.5958	2.3437	0.4830	0.0005085
13.7830	11.4804	9.1779	6.8758	4.5785	2.3272	0.4732	0.0004532
13.7659	11.4633	9.1606	6.8588	4.5615	2.3111	0.4637	0.0004039
13.7491	11.4465	9.1440	6.8420	4.5448	2.2953	0.4544	0.0003801
13.7326	11.4300	9.1275	6.8254	4.5283	2.2797	0.4454	0.0003211
13.7163	11.4138	9.1112	6.8092	4.5122	2.2645	0.4366	0.0002864
13.7003	11.3978	9.0952	6.7932	4.4963	2.2494	0.4280	0.0002555
13.6846	11.3820	9.0795	6.7775	4.4806	2.2346	0.4197	0.0002279
13.6691	11.3665	9.0640	6.7620	4.4652	2.2201	0.4115	0.0002034
13.6538	11.3512	9.0487	6.7467	4.4501	2.2058	0.4036	0.0001816
13.6388	11.3362	9.0337	6.7317	4.4351	2.1917	0.3959	0.0001621
13.6240	11.3214	9.0189	6.7169	4.4204	2.1779	0.3883	0.0001448
13.6094	11.3068	9.0043	6.7023	4.4059	2.1643	0.3810	0.0001293
13.5950	11.2924	8.9899	6.6879	4.3916	2.1508	0.3738	0.0001155
13.5808	11.2782	8.9757	6.6737	4.3775	2.1376	0.3668	0.0001032
13.5668	11.2642	8.9617	6.6598	4.3636	2.1246	0.3599	0.00009219
13.5530	11.2504	8.9479	6.6460	4.3500	2.1118	0.3532	0.00008239
13.5394	11.2368	8.9343	6.6324	4.3364	2.0991	0.3467	0.00007364
13.5260	11.2234	8.9209	6.6190	4.3231	2.0867	0.3403	0.00006538
13.5127	11.2102	8.9076	6.6057	4.3100	2.0744	0.3341	0.00005886
13.4997	11.1971	8.8946	6.5927	4.2970	2.0623	0.3280	0.00005263
13.4868	11.1842	8.8817	6.5798	4.2842	2.0503	0.3221	0.00004707
13.4740	11.1714	8.8689	6.5671	4.2716	2.0386	0.3163	0.00004210
13.4614	11.1589	8.8563	6.5545	4.2591	2.0269	0.3106	0.00003767
13.4490	11.1464	8.8439	6.5421	4.2468	2.0155	0.3050	0.00003370
13.4367	11.1342	8.8317	6.5298	4.2346	2.0042	0.2996	0.00003015
13.4246	11.1220	8.8195	6.5177	4.2226	1.9930	0.2943	0.00002669
13.4126	11.1101	8.8076	6.5057	4.2107	1.9820	0.2891	0.00002415
13.4008	11.0982	8.7957	6.4939	4.1990	1.9711	0.2840	0.00002162
13.3891	11.0865	8.7840	6.4822	4.1874	1.9604	0.2790	0.00001936
13.3776	11.0750	8.7725	6.4707	4.1759	1.9498	0.2742	0.00001733
13.3661	11.0635	8.7610	6.4592	4.1646	1.9393	0.2694	0.00001552
13.3548	11.0523	8.7497	6.4480	4.1534	1.9290	0.2647	0.00001390
13.3437	11.0411	8.7386	6.4368	4.1423	1.9187	0.2602	0.00001245
13.3326	11.0300	8.7275	6.4258	4.1313	1.9087	0.2557	0.00001115
13.3217	11.0191	8.7166	6.4148	4.1205	1.8987	0.2513	0.000009988
13.3109	11.0082	8.7058	6.4040	4.1098	1.8888	0.2470	0.000008948
13.3002	10.9976	8.6951	6.3934	4.0992	1.8791	0.2429	0.000008018
13.2896	10.9870	8.6845	6.3828	4.0887	1.8695	0.2387	0.000007185
13.2791	10.9765	8.6740	6.3723	4.0784	1.8599	0.2347	0.000006439
13.2688	10.9662	8.6637	6.3620	4.0681	1.8505	0.2308	0.000005771
13.2585	10.9559	8.6534	6.3517	4.0579	1.8412	0.2269	0.000005173
13.2483	10.9458	8.6433	6.3416	4.0479	1.8320	0.2231	0.000004637

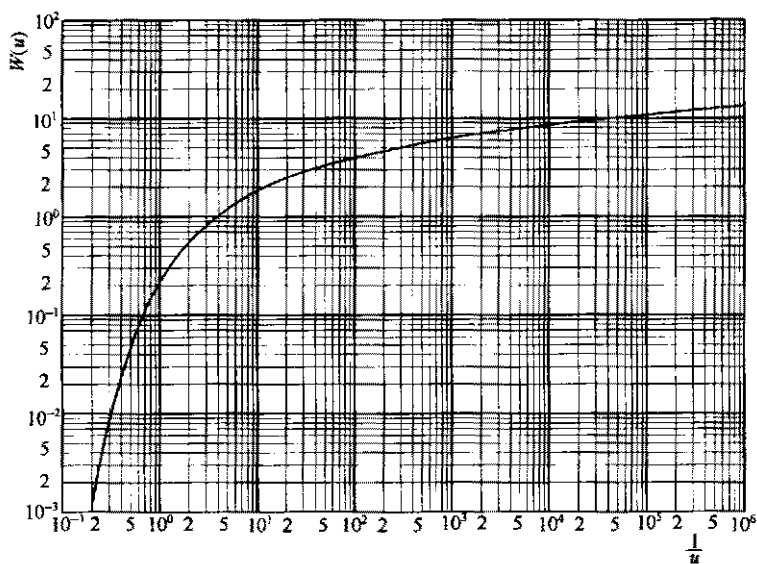


图 D. 0. 2 标准曲线

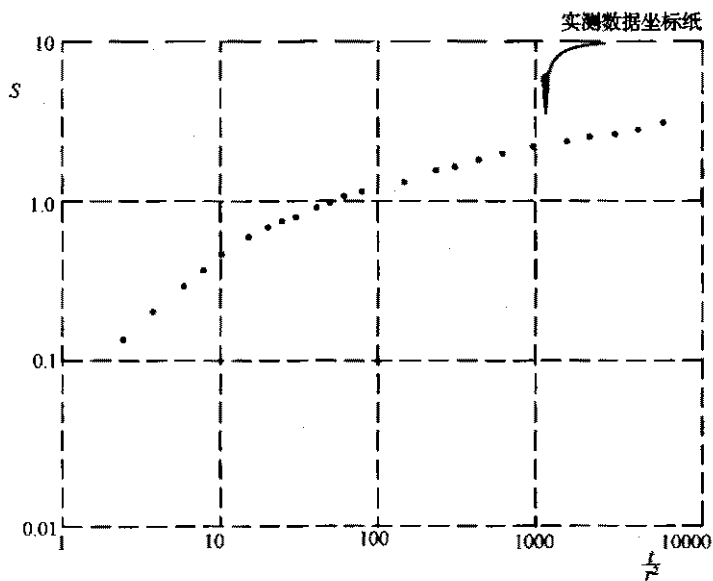


图 D. 0. 3 实测数据曲线

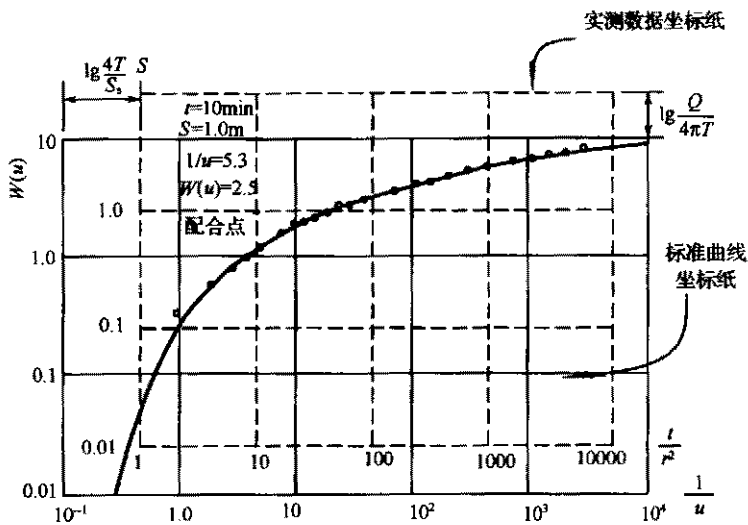


图 D.0.4 标准曲线与实测数据配线图

附录 E 用拐点法求有越流补给的 水文地质参数

E. 0.1 有越流补给的非稳定流抽水试验观测孔的 $S-lgt$ 曲线的斜率变化为：由小到大，又由大变小，理论上存在拐点，可进行有关参数计算。

E. 0.2 在单对数坐标纸上绘制 $S-lgt$ 曲线，用外推法确定最大降深 S_{\max} ，见图 E. 0. 2，并用下式计算拐点处降深 S_i 。

$$S_i = \frac{Q}{4\pi T} K_0 \left(\frac{r}{B} \right) = \frac{1}{2} S_{\max} \quad (\text{E. 0. 2})$$

式中 $K_0 \left(\frac{r}{B} \right)$ —— 虚宗量贝塞尔函数；

S_i —— 拐点处降深；

S_{\max} —— 最大降深。

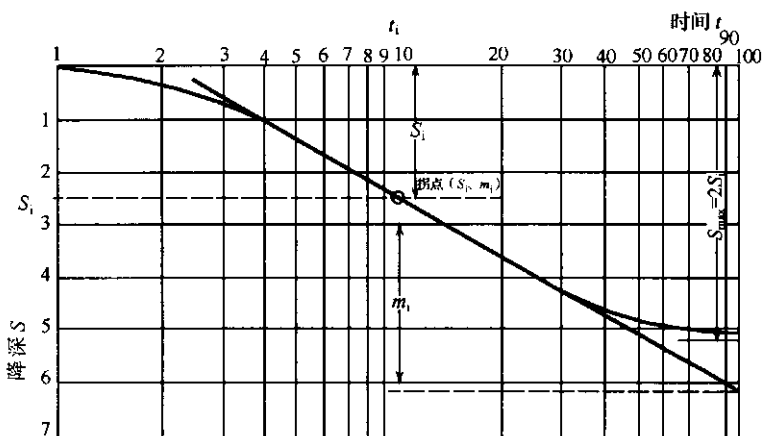


图 E. 0. 2 $S-lgt$ 曲线

E. 0.3 根据 S_i 确定拐点位置，并从图上读出拐点出现的时间 t_i 。

E. 0.4 做拐点处曲线的切线，并从图上确定拐点处切线的斜

率 m_i 。

E. 0.5 根据下式, 求得:

$$e^{\frac{1}{2}} K_0 \left(\frac{r}{B} \right) = 2.3 \frac{S_i}{m_i} \quad (\text{E. 0.5})$$

式中 m_i ——拐点处切线的斜率。

查表 E. 0.5 确定 $\left(\frac{r}{B} \right)$ 和 $e^{\frac{1}{2}}$ 值。

表 E. 0.5 e^x , $K_0(x)$, $e^x K_0(x)$, $-E_1(-x)$ 和 $-E_1(-x) e^x$ 的数值表

(据 Hantush)

x	e^x	$K_0(x)$	$e^x K_0(x)$	$-E_1(-x)$	$-E_1(-x) e^x$
0.010	1.0101	4.7212	4.7687	4.0379	4.0787
0.011	1.0111	4.6260	4.6771	3.9436	3.9874
0.012	1.0121	4.5390	4.5938	3.8576	3.9044
0.013	1.0131	4.4590	4.5173	3.7785	3.8282
0.014	1.0141	4.3849	4.3467	3.7054	3.7578
0.015	1.0151	4.3159	4.3812	3.6374	3.6925
0.016	1.0161	4.2514	4.3200	3.5739	3.6315
0.017	1.0171	4.1908	4.2627	3.5143	3.5746
0.018	1.0182	4.1337	4.2088	3.4581	3.5209
0.019	1.0192	4.0797	4.1580	3.4050	3.4705
0.020	1.0202	4.0285	4.1098	3.3547	3.4225
0.021	1.0212	3.9797	4.0642	3.3069	3.3771
0.022	1.0222	3.9332	4.0207	3.2614	3.3340
0.023	1.0233	3.8888	3.9793	3.2179	3.2927
0.024	1.0243	3.8463	3.9398	3.1763	3.2535
0.025	1.0253	3.8056	3.9019	3.1365	3.2159
0.026	1.0263	3.7664	3.8656	3.0983	3.1799
0.027	1.0274	3.7287	3.8307	3.0615	3.1452
0.028	1.0284	3.6924	3.7972	3.0261	3.1119
0.029	1.0294	3.6574	3.7650	2.9920	3.0800
0.030	1.0305	3.6235	3.7339	2.9591	3.0494
0.031	1.0315	3.5908	3.7039	2.9273	3.0196
0.032	1.0325	3.5591	3.6749	2.8965	2.9908
0.033	1.0336	3.5284	3.6468	2.8668	2.9631
0.034	1.0346	3.4986	3.6196	2.8379	2.9362
0.035	1.0356	3.4697	3.5933	2.8099	2.9101
0.036	1.0367	3.4416	3.5678	2.7827	2.8848
0.037	1.0377	3.4143	3.5430	2.7563	2.8603
0.038	1.0387	3.3877	3.5189	2.7306	2.8364
0.039	1.0398	3.3618	3.4955	2.7056	2.8133
0.040	1.0408	3.3365	3.4727	2.6813	2.7907
0.041	1.0419	3.3119	3.4505	2.6576	2.7688

表 E. 0. 5 (续)

x	e^x	$K_0(x)$	$e^x K_0(x)$	$-E_i(-x)$	$-E_i(-x) e^x$
0.042	1.0429	3.2879	3.4289	2.6344	2.7474
0.043	1.0439	3.2645	3.4079	2.6119	2.7267
0.044	1.0450	3.2415	3.3574	2.5899	2.7064
0.045	1.0460	3.2192	3.3673	2.5684	2.6866
0.046	1.0471	3.1973	3.3478	2.5477	2.6672
0.047	1.0481	3.1758	3.3287	2.5268	2.6483
0.048	1.0492	3.1549	3.3100	2.5068	2.6300
0.049	1.0502	3.1342	3.2918	2.4871	2.6120
0.050	1.0513	3.1142	3.2733	2.4679	2.5945
0.051	1.0523	3.0945	3.2564	2.4491	2.5773
0.052	1.0534	3.0752	3.2393	2.4306	2.5604
0.053	1.0544	3.0562	3.2226	2.4126	2.5440
0.054	1.0555	3.0376	3.2062	2.3948	2.5278
0.055	1.0565	3.0194	3.1901	2.3775	2.5120
0.056	1.0576	3.0015	3.1744	2.3604	2.4964
0.057	1.0587	2.9839	3.1589	2.3437	2.4811
0.058	1.0597	2.9666	3.1437	2.3273	2.4663
0.059	1.0608	2.9496	3.1288	2.3111	2.4516
0.060	1.0618	2.9329	3.1142	2.2953	2.4371
0.061	1.0629	2.9165	3.0999	2.2797	2.4230
0.062	1.0640	2.9003	3.0858	2.2645	2.4092
0.063	1.0650	2.8844	3.0719	2.2494	2.3956
0.064	1.0661	2.8688	3.0584	2.2346	2.3822
0.065	1.0672	2.8534	3.0450	2.2201	2.3691
0.066	1.0682	2.8382	3.0319	2.2058	2.3562
0.067	1.0693	2.8233	3.0189	2.1917	2.3434
0.068	1.0704	2.8086	3.0052	2.1779	2.3310
0.069	1.0714	2.7941	2.9937	2.1643	2.3188
0.070	1.0725	2.7798	2.9814	2.1508	2.3067
0.071	1.0736	2.7657	2.9693	2.1376	2.2949
0.072	1.0747	2.7519	2.9573	2.1246	2.2832
0.073	1.0757	2.7382	2.9455	2.1118	2.2717
0.074	1.0768	2.7247	2.9340	2.0991	2.2603
0.075	1.0779	2.7114	2.9226	2.0867	2.2492
0.076	1.0790	2.6983	2.9113	2.0744	2.2381
0.077	1.0800	2.6853	2.9002	2.0623	2.2273
0.078	1.0811	2.6726	2.8894	2.0503	2.2165
0.079	1.0822	2.6599	2.8786	2.0386	2.2062
0.080	1.0833	2.6475	2.8680	2.0269	2.1957
0.081	1.0844	2.6352	2.8575	2.0155	2.1856
0.082	1.0855	2.6231	2.8472	2.0042	2.1754
0.083	1.0865	2.6111	2.8370	1.9930	2.1655
0.084	1.0876	2.5992	2.8270	1.9820	2.1557
0.085	1.0887	2.5875	2.8171	1.9711	2.1460

表 E. 0. 5 (续)

x	e^x	$K_0(x)$	$e^x K_0(x)$	$-E_1(-x)$	$-E_1(-x) e^x$
0.086	1.0898	2.5759	2.8073	1.9604	2.1364
0.087	1.0909	2.5645	2.7976	1.9498	2.1270
0.088	1.0920	2.5532	2.7881	1.9393	2.1176
0.089	1.0931	2.5421	2.7787	1.9290	2.1086
0.090	1.0942	2.5310	2.7694	1.9187	2.0994
0.091	1.0953	2.5201	2.7602	1.9087	2.0906
0.092	1.0964	2.5093	2.7511	1.8987	2.0818
0.093	1.0975	2.4986	2.7421	1.8888	2.0729
0.094	1.0986	2.4881	2.7333	1.8791	2.0643
0.095	1.0997	2.4779	2.7246	1.8695	2.0558
0.096	1.1008	2.4673	2.7159	1.8599	2.0473
0.097	1.1019	2.4571	2.7074	1.8505	2.0390
0.098	1.1030	2.4470	2.6989	1.8412	2.0307
0.099	1.1041	2.4370	2.6906	1.8320	2.0227
0.100	1.1052	2.4271	2.6823	1.8229	2.0147
0.11	1.1163	2.3333	2.6046	1.7371	1.9391
0.12	1.1275	2.2479	2.5345	1.6595	1.8771
0.13	1.1388	2.1695	2.4707	1.5889	1.8094
0.14	1.1503	2.0972	2.4123	1.5241	1.7532
0.15	1.1618	2.0300	2.3585	1.4645	1.7015
0.16	1.1735	1.9674	2.3088	1.4092	1.6537
0.17	1.1853	1.9088	2.2625	1.3578	1.6094
0.18	1.1972	1.8537	2.2193	1.3098	1.5681
0.19	1.2093	1.8018	2.1788	1.2649	1.5295
0.20	1.2214	1.7527	2.1408	1.2227	1.4934
0.21	1.2337	1.7026	2.1049	1.1829	1.4593
0.22	1.2461	1.6620	2.0710	1.1454	1.4273
0.23	1.2586	1.6199	2.0389	1.1099	1.3969
0.24	1.2713	1.5798	2.0084	1.0762	1.3681
0.25	1.2840	1.5415	1.9793	1.0443	1.3409
0.26	1.2969	1.5048	1.9517	1.0139	1.3149
0.27	1.3100	1.4697	1.9253	0.9849	1.2902
0.28	1.3231	1.4360	1.9000	0.9573	1.2666
0.29	1.3364	1.4036	1.8758	0.9309	1.2441
0.30	1.3499	1.3720	1.8526	0.9057	1.2226
0.31	1.3634	1.3425	1.8304	0.8315	1.2018
0.32	1.3771	1.3136	1.8089	0.8583	1.1820
0.33	1.3910	1.2857	1.7883	0.8361	1.1630

表 E.0.5 (续)

x	e^x	$K_0(x)$	$e^x K_0(x)$	$-E_1(-x)$	$-E_1(-x) e^x$
0.34	1.4050	1.2587	1.7685	0.8147	1.1446
0.35	1.4191	1.2327	1.7493	0.7942	1.1270
0.36	1.4333	1.2075	1.7308	0.7745	1.1101
0.37	1.4477	1.1832	1.7129	0.7554	1.0936
0.38	1.4623	1.1596	1.6956	0.7371	1.0779
0.39	1.4770	1.1367	1.6789	0.7149	1.0626
0.40	1.4918	1.1145	1.6627	0.7024	1.0478
0.41	1.5068	1.0930	1.6470	0.6859	1.0335
0.42	1.5220	1.0721	1.6317	0.6700	1.0197
0.43	1.5373	1.0518	1.6169	0.6546	1.0063
0.44	1.5527	1.0321	1.6025	0.6397	0.9933
0.45	1.5683	1.0129	1.5886	0.6253	0.9807
0.46	1.5841	0.9943	1.5750	0.6114	0.9685
0.47	1.6000	0.9761	1.5617	0.5979	0.9566
0.48	1.6161	0.9584	1.5489	0.5848	0.9451
0.49	1.6323	0.9412	1.5363	0.5721	0.9338
0.50	1.6437	0.9244	1.5241	0.5598	0.9229
0.51	1.6653	0.9081	1.5122	0.5478	0.9123
0.52	1.6820	0.8921	1.5006	0.5362	0.9019
0.53	1.6989	0.8766	1.4892	0.5250	0.8919
0.54	1.7160	0.8614	1.4781	0.5140	0.8820
0.55	1.7330	0.8466	1.4673	0.5034	0.8725
0.56	1.7507	0.8321	1.4567	0.4930	0.8631
0.57	1.7683	0.8180	1.4464	0.4830	0.8541
0.58	1.7860	0.8042	1.4363	0.4732	0.8451
0.59	1.8040	0.7907	1.4262	0.4637	0.8365
0.60	1.8221	0.7775	1.4167	0.4544	0.8280
0.61	1.8404	0.7646	1.4073	0.4454	0.8197
0.62	1.8589	0.7520	1.3980	0.4366	0.8116
0.63	1.8776	0.7397	1.3889	0.4280	0.8036
0.64	1.8965	0.7277	1.3800	0.4197	0.7960
0.65	1.9155	0.7159	1.3713	0.4115	0.7882
0.66	1.9348	0.7043	1.3627	0.4036	0.7809
0.67	1.9542	0.6930	1.3543	0.3959	0.7737
0.68	1.9739	0.6820	1.3461	0.3883	0.7665
0.69	1.9937	0.6711	1.3380	0.3810	0.7656
0.70	2.0138	0.6605	1.3301	0.3738	0.7528

表 E. 0. 5 (续)

x	e^x	$K_0(x)$	$e^x K_0(x)$	$-E_1(-x)$	$-E_1(-x) e^x$
0.71	2.0340	0.6501	1.3223	0.3668	0.7461
0.72	2.0544	0.6399	1.3147	0.3599	0.7394
0.73	2.0751	0.6300	1.3072	0.3532	0.7329
0.74	2.0959	0.6202	1.2998	0.3467	0.7266
0.75	2.1170	0.6106	1.2926	0.3403	0.7204
0.76	2.1383	0.6012	1.2855	0.3341	0.7144
0.77	2.1598	0.5920	1.2785	0.3280	0.7084
0.78	2.1815	0.5829	1.2716	0.3221	0.7027
0.79	2.2034	0.5740	1.2649	0.3163	0.6969
0.80	2.2255	0.5653	1.2582	0.3106	0.6912
0.81	2.2479	0.5568	1.2517	0.3050	0.6856
0.82	2.2705	0.5484	1.2452	0.2996	0.6802
0.83	2.2933	0.5402	1.2389	0.2943	0.6749
0.84	2.3264	0.5321	1.2326	0.2891	0.6697
0.85	2.3397	0.5242	1.2265	0.2840	0.6644
0.86	2.3632	0.5165	1.2205	0.2790	0.6593
0.87	2.3869	0.5088	1.2145	0.2742	0.6545
0.88	2.4109	0.5013	1.2086	0.2694	0.6495
0.89	2.4351	0.4940	1.2029	0.2647	0.6445
0.90	2.4596	0.4867	1.1972	0.2602	0.6400
0.91	2.4843	0.4796	1.1916	0.2557	0.6352
0.92	2.5093	0.4727	1.1860	0.2513	0.6306
0.93	2.5345	0.4658	1.1806	0.2470	0.6260
0.94	2.5600	0.4591	1.1752	0.2429	0.6218
0.95	2.7857	0.4524	1.1699	0.2387	0.6172
0.96	2.6117	0.4459	1.1647	0.2347	0.6130
0.97	2.6379	0.4396	1.1595	0.2308	0.6088
0.98	2.6645	0.4333	1.1544	0.2269	0.6046
0.99	2.6912	0.4271	1.1494	0.2231	0.6004
1.00	2.7183	0.4210	1.1445	0.2194	0.5964
1.1	3.0042	0.3656	1.0983	0.1860	0.5588
1.2	3.3201	0.3185	1.0575	0.1584	0.5259
1.3	3.6693	0.2782	1.0210	0.1355	0.4972
1.4	4.0552	0.2437	0.9881	0.1162	0.4712
1.5	4.4817	0.2138	0.9582	0.1000	0.4482
1.6	4.6530	0.1880	0.9309	0.0863	0.4275

表 E. 0. 5 (续)

x	e^x	$K_0(x)$	$e^x K_0(x)$	$-E_1(-x)$	$-E_1(-x) e^x$
1. 7	5. 4739	0. 1655	0. 9059	0. 0747	0. 4086
1. 8	6. 0496	0. 1459	0. 8828	0. 0647	0. 3915
1. 9	6. 6859	0. 1288	0. 8614	0. 0562	0. 3758
2. 0	7. 3891	0. 1139	0. 8416	0. 0489	0. 3613
2. 1	8. 1662	0. 1008	0. 8230	0. 0426	0. 3480
2. 2	9. 0250	0. 0893	0. 8057	0. 0372	0. 3356
2. 3	9. 9742	0. 0791	0. 7894	0. 0325	0. 3242
2. 4	11. 0232	0. 0702	0. 7740	0. 0284	0. 3135
2. 5	12. 1825	0. 0623	0. 7596	0. 0249	0. 3035
2. 6	13. 4637	0. 0554	0. 7459	0. 0219	0. 2942
2. 7	14. 8797	0. 0493	0. 7329	0. 0192	0. 2854
2. 8	16. 4446	0. 0438	0. 7206	0. 0169	0. 2773
2. 9	18. 1742	0. 0390	0. 7089	0. 0148	0. 2693
3. 0	20. 0855	0. 0347	0. 6978	0. 0131	0. 2621
3. 1	22. 1980	0. 0310	0. 6871	0. 0115	0. 2551
3. 2	24. 5325	0. 0276	0. 6770	0. 0101	0. 2485
3. 3	27. 1126	0. 0246	0. 6673	0. 0089	0. 2424
3. 4	29. 9641	0. 0220	0. 6580	0. 0079	0. 2365
3. 5	33. 1155	0. 0196	0. 6490	0. 0070	0. 2308
3. 6	36. 5982	0. 0175	0. 6405	0. 0062	0. 2254
3. 7	40. 4473	0. 0156	0. 6322	0. 0055	0. 2204
3. 8	44. 7012	0. 0140	0. 6243	0. 0048	0. 2155
3. 9	49. 4025	0. 0125	0. 6166	0. 0043	0. 2108
4. 0	54. 5982	0. 0112	0. 6093	0. 0038	0. 2063
4. 1	60. 3403	0. 0100	0. 6022	0. 0033	0. 2021
4. 2	66. 6863	0. 0089	0. 5953	0. 0030	0. 1980
4. 3	73. 6998	0. 0080	0. 5887	0. 0026	0. 1941
4. 4	81. 4509	0. 0071	0. 5823	0. 0022	0. 1903
4. 5	90. 0171	0. 0064	0. 5761	0. 0021	0. 1866
4. 6	99. 4843	0. 0057	0. 5701	0. 0018	0. 1832
4. 7	109. 9472	0. 0051	0. 5643	0. 0016	0. 1798
4. 8	121. 5104	0. 0046	0. 5586	0. 0014	0. 1766
4. 9	134. 2898	0. 0041	0. 5531	0. 0013	0. 1734
5. 0	148. 4132	0. 0037	0. 5478	0. 0011	0. 1704

E. 0. 6 根据 r/B 值求得:

$$B = \frac{r}{\left[\frac{r}{B} \right]} \quad (\text{E. 0. 6-1})$$

并按有关公式分别求得:

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi m_i e^{\frac{t}{B}}} \quad (\text{E. 0. 6-2})$$

$$S_s = \frac{2Tt_i}{Br} \quad (\text{E. 0. 6-3})$$

式中 t_i ——拐点出现的时间。

附录 F 影响半径计算公式表

表 F 影响半径计算公式表

试验类型	公 式	适用条件	公式提出者	备注
多孔抽水	$\lg R = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2}$	1. 承压水 2. 两个观测孔	裘布依	
	$\lg R = \frac{S_1 (2H - S_1) \lg r_2 - S_2 (2H - S_2) \lg r_1}{(S_1 - S_2) (2H - S_1 - S_2)}$	1. 潜水 2. 两个观测孔	裘布依	
单孔抽水	$R = 3000S \sqrt{K}$	1. 承压水 2. 概略计算	吉哈尔特	
	$R = 600S \sqrt{HK}$	1. 潜水 2. 概略计算	库萨金	
	$R = \sqrt{\frac{12t}{\mu}} \sqrt{\frac{QK}{\pi}}$	1. 潜水 2. 完整孔	柯泽尼	
	$R = 2 \sqrt{\frac{KHt}{\mu}}$	潜水	威伯	
	$R = \frac{Q}{2KH\lambda}$	1. 承压水 2. 概略计算	凯尔盖	

附录 C 钻孔抽水试验成果表(示例)

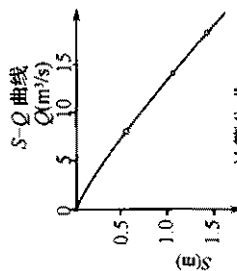
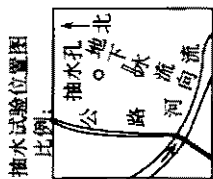
表 G-1 孔单孔抽水试验成果表

工程名称

施工技術剖面圖						
地層年代	岩石名稱	深度 (m)	高型 (m)	厚度 (m)	地質剖面	黏土結構
Q	中粉	2.50	147.50	2.50		
	中粗砂	5.00	145.00	2.50		
E	砂礫	8.00	142.00	3.00		
	砂礫 粘土岩	10.00	140.00	2.00		

基本数据和计算成果表

测量文字	1	2	3
降水开始时间	d, h, min		
降水结束时间	h, min		
施药计算时间	m		
抽水时间	m		
测定状态	m		
防止水位差	m		
初始位置	S		
行程	Q		
速度	g		
单位降水量	g		
含水率重量	g		
河槽断面	r		
影响半径	R		
影响系数	K		
参与面积	m ² /a		
平均流量	kco		


$$K = \frac{0.732Q}{2H \lg \frac{R}{r}}$$
$$K = \frac{0.132Q}{121 \text{ cc}} \frac{\lg R/r}{\lg 100}$$


年 月												
S-r 曲线及 Q-r 曲线												
Q(L/S)	抽水前		1		2		3		抽水后			
20			S_1		Q_2		Q_3					
15	0											
10	5		Q_1		S_2		S_3					
5	10											
0	15											
时间	h	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
	d	6	7		8		9		10			

承担任务机组:

表	制
---	---

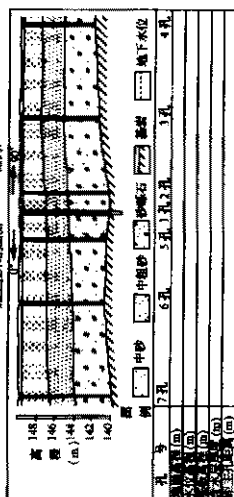
校核:

三
四
五

表 G-2 孔多孔抽水试验成果表

工程名称

施工技术方案图 比例:



标准用词说明

执行本标准时，标准用词应遵守下表规定。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	