

ICS 27.140  
P 59

**SL**

中华人民共和国水利行业标准

**SL320—2005**  
替代 **SLJ 1—81**

---

## 水利水电工程钻孔抽水试验规程

**Code of pumping test in borehole for  
water resources and hydropower engineering**

**2005-04-18** 发布

**2005-07-01** 实施

---

中华人民共和国水利部 发布

<https://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

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

<https://www.slzjxx.com/>  
水利造价信息网

## 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；

——修订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。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

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            | 7  |
| 2   | 术语和符号         | 8  |
| 2.1 | 术语            | 8  |
| 2.2 | 符号            | 9  |
| 3   | 基本规定          | 11 |
| 3.1 | 抽水试验设计        | 11 |
| 3.2 | 单孔试验与多孔试验     | 11 |
| 3.3 | 完整孔试验与非完整孔试验  | 13 |
| 3.4 | 抽水试验基本技术要求    | 13 |
| 4   | 设备            | 15 |
| 4.1 | 过滤器           | 15 |
| 4.2 | 抽水设备          | 16 |
| 4.3 | 测试工具          | 17 |
| 5   | 现场工作          | 18 |
| 5.1 | 钻探            | 18 |
| 5.2 | 设备安装          | 18 |
| 5.3 | 洗孔、试验抽水和观测静水位 | 19 |
| 5.4 | 稳定流抽水试验       | 19 |
| 5.5 | 非稳定流抽水试验      | 20 |
| 5.6 | 试验现场记录        | 21 |
| 6   | 试验资料整理        | 22 |
| 6.1 | 基本规定          | 22 |
| 6.2 | 渗透系数计算        | 22 |
| 6.3 | 影响半径计算        | 25 |
| 6.4 | 相关的水文地质条件分析   | 25 |
| 6.5 | 抽水试验报告        | 26 |

|        |                           |    |
|--------|---------------------------|----|
| 附录 A   | 观测记录格式 .....              | 27 |
| 附录 B   | 稳定流抽水渗透系数计算公式表 .....      | 29 |
| 附录 C   | 展开多项式的均差插值法 .....         | 36 |
| 附录 D   | 用配线法计算非稳定流抽水试验的水文地质参数 ... | 37 |
| 附录 E   | 用拐点法求有越流补给的水文地质参数 .....   | 44 |
| 附录 F   | 影响半径计算公式表 .....           | 52 |
| 附录 G   | 钻孔抽水试验成果表(示例) .....       | 53 |
| 标准用词说明 | .....                     | 55 |

<https://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

## 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。

$\alpha_s$ ——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。

$h_i$ ——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。

$\Delta h^2$ ——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 $h_i$ ）的平方差，即  $\Delta h^2 = H^2 - h_w^2$  或  $\Delta h^2 = H^2 - h_i^2$ 。

$K$ ——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。

## 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。

### **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。

**8.2.2 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。

**8.2.3 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。**

**8.2.4 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  $25^\circ$  时，宜遵守 3.2.4 条的规定；当其倾角大于  $25^\circ$  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与抽水孔过滤器的长度和深度相同。



**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  $25^\circ$  时，宜遵守 3.2.4 条的规定；当其倾角大于  $25^\circ$  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与抽水孔过滤器的长度和深度相同。

## 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) $d_{90}$  | (2.0~2.5) $d_{90}$ |
| 缠丝过滤器 | (1.25~1.5) $d_{90}$ | (1.5~2.0) $d_{90}$ |

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  $a_s < 10$  时，滤料规格宜按式(4.1.5-1)

计算：



$$D_{20} = (6 \sim 8) d_{20} \quad (4.1.5-1)$$

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:

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

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  $\sigma_4$  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**0.5 cm**。

**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 **0.1 cm**,水表读数应精确到  $0.001 \text{ m}^3$ 。

$$D_{20} = (6 \sim 8) d_{20} \quad (4.1.5-1)$$

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:

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

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  $\sigma_4$  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。

## 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 246 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

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  $[S(\Delta h) \sim \lg t]$  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  $S-\lg \frac{t}{r}$  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  $25^\circ$  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  $Q/(H^2-h_c^2)$  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  $Q/(H^2-h_c^2)$  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  $\Delta h^2$ ),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:

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

$$u = \frac{r^2 S_0}{4KMt} \quad (6.2.5-2)$$

2) 潜水含水层完整孔:

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

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

式中  $W(u)$ ——井函数;

$r$ ——观测孔至抽水孔的距离。

2 直线法。当  $\frac{r^2 S_0}{4KMt}$  (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:

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

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

2) 潜水含水层完整孔:



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

或

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

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<sup>2</sup>)。

**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:

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M m_1 s'} \quad (6.2.6)$$

式中  $m_1$ —— $s$ — $\lg t$  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  $m_1$  值应为恢复水位  $s$ — $\lg(1+t_e/t_r)$  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,

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M s} \lg \left( 1 + \frac{t_e}{t_r} \right) \quad (6.2.7-1)$$

2) 潜水含水层完整孔,

$$K = \frac{2.3Q}{2\pi(H^2 - h_0^2)} \lg \left( 1 + \frac{t_e}{t_r} \right) \quad (6.2.7-2)$$

式中  $t_e$ ——抽水开始到停止的时间 (min);

$t_r$ ——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<br>滤<br>器 | 类型         | 设<br>备 | 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<br>水<br>层 | 类 型      |             | 网型网号       |        | 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)  | 过滤器长度 (m)   |            |        |            |  |
|             | 止水深度 (m) | 顶端深度 (m)    |            |        |            |  |
| 岩 性         |          | 测压管         | 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 | 水位降深 | 时 间 |   |   | 孔(管)内水深 | 水位降深 |
|-----|---|---|---------|------|-----|---|---|---------|------|
| 日   | 时 | 分 | (m)     | (m)  | 日   | 时 | 分 | (m)     | (m)  |
|     |   |   |         |      |     |   |   |         |      |
|     |   |   |         |      |     |   |   |         |      |
|     |   |   |         |      |     |   |   |         |      |

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<br>(m) | 降深<br>(m) | 动水位<br>(m) | 降深<br>(m) | 堰水位或<br>水表读数<br>(cm, m <sup>3</sup> ) | 出水量<br>(m <sup>3</sup> /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  | 承压水完整井     |     | $K = \frac{0.366 Q}{MS} \lg \frac{R}{r}$                            | 承压水含水层<br>单孔完整井                                                | 裘布依      |
| 2  | 潜水完整井      |     | $K = \frac{0.732 Q}{(2H - S)S} \lg \frac{R}{r}$                     | 潜水含水层<br>单孔完整井                                                 | 裘布依      |
| 3  | 承压水、潜水非完整井 |     | $K = \frac{0.366 Q}{MS} \lg \frac{R}{r}$<br>$a = 1.9$<br>$a = 1.32$ | 1. 承压水、潜水含水层<br>2. 过滤器紧接含水层顶板或底板<br>3. $l < 0.3M$ 或 $l < 0.3H$ | 吉林斯基、巴什金 |

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><math>l &lt; 0.3H</math></p> <p>C——河底至过滤器上端的距离。</p> | $K = \frac{0.366 Q}{H} \lg \frac{0.66 l}{r}$                                                                  | 1. 潜水、承压水含水层<br>2. 过滤器置于含水层中部<br>3. 应用于河床抽水<br>$\sigma$ 值不应小于 3m<br>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 $H + l/2$<br>2. $l > 0.2M$                                       | 供水规范    |
| 6  | 承压水、潜水非完整孔 |                                                        | $K = \frac{Q}{2\pi SM} \left[ \ln \frac{R}{r} + \frac{M-l}{l} \ln \left( 1 + 0.2 \frac{M}{l} \right) \right]$ | 1. 承压水、潜水含水层。用于潜水时，将 M 换成 H 或 $H + l/2$<br>2. $l > 0.2M$                                       | 陈济生     |
| 7  | 潜水非完整孔     |                                                        | $K = \frac{0.366 Q}{(S+0)l} \lg \frac{R}{r}$                                                                  | 1. 潜水含水层<br>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 |     | $K = \frac{0.732 Q}{(H+l)s} \lg \frac{R}{r}$                                                                                                                        | 1. 潜水含水层<br>2. 过滤器地含水层下部                                      | 多布诺里斯基 |
| 9  | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.732 Q}{s \left[ \frac{(1+s)}{\lg \frac{R}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r}} \right]}$                                                                | 1. 潜水含水层<br>2. 非淹没式过滤器<br>3. $l < 0.3H$                       | 巴布什金   |
| 10 | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.732 Q}{(2H-s)s} \lg \frac{2b}{r}$                                                                                                                      | 1. 潜水含水层单孔完整井<br>2. 邻河<br>3. $b < 2H$                         | 弗尔格伊米尔 |
| 11 | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.732 Q}{s \left[ \frac{(1+s)}{\lg \frac{R}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r}} + \frac{m}{\lg \frac{2b}{r}} \right]}$<br>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. 潜水含水层<br>2. 非淹没式过滤器<br>3. 邻河<br>4. 含水层厚度有限<br>5. $b > m/2$ | 巴布什金   |

表 B-1 (续)

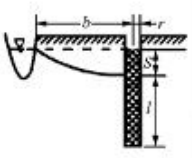
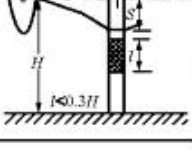
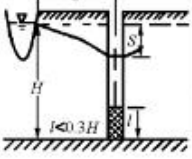
| 序号 | 类型     | 示意图                                                                                | 计算公式                                                                                                       | 适用条件                                                        | 提出人  |
|----|--------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|
| 12 | 潜水非完整孔 |   | $K = \frac{0.732Q}{S \left( \frac{l+r}{b} + \frac{0.66l}{r} - 0.22 \ln \frac{0.44l}{b} \right)}$           | 1. 潜水含水层<br>2. 非淹没式过滤器<br>3. 邻河<br>4. 含水层厚度很大<br>5. $b > l$ | 巴布什金 |
| 13 | 潜水非完整孔 |   | $K = \frac{0.732Q}{S \left( \frac{l+r}{b} + \frac{0.66l}{r} - 0.11 \frac{l}{b} \right)}$                   | 1. 潜水含水层<br>2. 非淹没式过滤器<br>3. 邻河<br>4. 含水层厚度很大<br>5. $b < l$ | 巴布什金 |
| 14 | 潜水非完整孔 |   | $K = \frac{0.16Q}{HS} \times \left( 2.3 \lg \frac{0.66l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0.45l}{b} \right)$ | 1. 潜水含水层<br>2. 邻河<br>3. 过滤器在含水层中部<br>4. $l < 0.3H$          | 巴布什金 |
| 15 | 潜水非完整孔 |  | $K = \frac{0.16Q}{HS} \times \left( 2.3 \lg \frac{1.32l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0.8l}{b} \right)$  | 1. 潜水含水层<br>2. 邻河<br>3. 过滤器紧接含水层底部<br>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  |     | $K = \frac{0.366 Q}{M(B_1 - B_2)} \lg \frac{r_0}{r_1}$                                                                                                                                                                                                        | 承压水含水层<br>多孔完整井                                                                                     | 裘布依   |
| 2  | 潜水完整井   |     | $K = \frac{0.72 Q}{(2H - s_1 - s_2)(B_1 - B_2)} \lg \frac{r_0}{r_1}$                                                                                                                                                                                          | 潜水含水层<br>多孔完整井                                                                                      | 裘布依   |
| 3  | 承压水非完整井 |     | $K = \frac{0.16 Q}{l(B_1 - B_2)} \times \left( \operatorname{arsh} \frac{l}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{r_2} \right)$                                                                                                                                 | 1. 承压水含水层<br>2. 过滤器紧接含水层顶板<br>3. $l < 0.3M$<br>4. $r_1 \leq 0.3M$ ,<br>$r_2 = 0.3r_1$<br>5. $l = l$ | 古林斯基  |
| 4  | 承压水非完整井 |     | $K = \frac{0.16 Q}{l(B_1 - B_2)} \times \left[ \operatorname{arsh} \frac{l}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{r_2} - \frac{l}{M} \right] \times \left[ \operatorname{arsh} \frac{M}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{M}{r_2} - \lg \frac{r_2}{r_1} \right]$ | 1. 承压水含水层<br>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 |     | $K = \frac{0.16Q}{F(\delta_1 - \delta_2)} \times \left[ \operatorname{arsh} \frac{F}{\eta_1} - \operatorname{arsh} \frac{F}{\eta_2} \right]$ 式中: $F = l_0 - 0.5(\delta_1 + \delta_2)$                                                                                                                         | 1. 潜水含水层<br>2. 抽水孔为非淹没式过滤器<br>3. $l < 0.3H$<br>4. $S < 0.3l_0$<br>5. $\eta_1 = 0.3\eta_2$ , $\eta_2 \leq 0.3H$ | 吉林斯基       |
| 6  | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.08Q}{F(\delta_1 - \delta_2)} \times \left[ \left( \operatorname{arsh} \frac{0.4F}{\eta_1} + \operatorname{arsh} \frac{1.6F}{\eta_1} \right) - \left( \operatorname{arsh} \frac{0.4F}{\eta_2} + \operatorname{arsh} \frac{1.6F}{\eta_2} \right) \right]$ 式中: $F = l_0 - 0.5(\delta_1 + \delta_2)$ | 1. 潜水含水层<br>2. 过滤器位于含水层中部<br>3. $l < 0.3H$<br>4. $\eta_2 < 0.3H$<br>5. $t = l$                                 | 吉林斯基       |
| 7  | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{Q}{2\pi F(\delta_1 - \delta_2)} \times \left[ \left( \operatorname{arsh} \frac{F}{\eta_1} - \operatorname{arsh} \frac{F}{\eta_2} \right) - \frac{F}{H} \right] \times \left[ \operatorname{arsh} \frac{H}{\eta_1} - \operatorname{arsh} \frac{H}{\eta_2} - \ln \frac{\eta_2}{\eta_1} \right]$      | 1. 潜水含水层<br>2. $l > 0.5H$                                                                                      | 俄罗斯伊尔格     |
| 8  | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.308Q}{(2S - \delta_1 - \delta_2 + l)(\delta_1 - \delta_2)} \times \lg \frac{\eta_2}{\eta_1}$                                                                                                                                                                                                     | 1. 潜水含水层<br>2. 过滤器位于含水层中部                                                                                      | 斯卡巴诺维奇     |
| 9  | 潜水完整孔  |     | $K = \frac{0.732Q}{(2H - \delta_1)\delta_1} \lg \frac{2b - \eta_1}{\eta_1}$                                                                                                                                                                                                                                   | 1. 潜水含水层<br>2. 邻河<br>3. 观测线垂直于岸边, 观测孔位于近河一边<br>4. 一个观测孔                                                        | 裘布依、弗尔格伊米尔 |
| 10 | 潜水完整孔  |     | $K = \frac{0.732Q}{(2H - \delta_1 - \delta_2)(\delta_1 - \delta_2)} \times \lg \frac{\eta_2(2b - \eta_1)}{\eta_1(2b - \eta_2)}$                                                                                                                                                                               | 1. 潜水含水层<br>2. 邻河<br>3. 观测线垂直于岸边, 观测孔位于近河一边<br>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  |     | $K = \frac{0.732 Q}{(2H - S_1) d_1} \lg \sqrt{\frac{4b^2 + r_1^2}{r_1^2}}$                                                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 潜水含水层</li> <li>2. 邻河</li> <li>3. 观测线平行岸边</li> <li>4. 一个观测孔</li> </ol>                                                                                                       | 裘布依    |
| 12 | 潜水完整孔  |     | $K = \frac{0.732 Q}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \times \left[ \frac{1}{2} \lg \frac{4b^2 + r_1^2}{4b^2 + r_2^2} + \lg \frac{r_2}{r_1} \right]$ | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 潜水含水层</li> <li>2. 邻河</li> <li>3. 观测线平行岸边</li> <li>4. 两个观测孔</li> </ol>                                                                                                       | 弗尔格伊米尔 |
| 13 | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.16 Q}{d_1} \times \left( \operatorname{erfc} \frac{1}{r_1} - \operatorname{erfc} \frac{1}{\sqrt{4b^2 + r_1^2}} \right)$            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 潜水含水层</li> <li>2. 过滤器位于含水层中部</li> <li>3. 邻河</li> <li>4. 观测线平行岸边</li> <li>5. <math>l &lt; 0.3H</math></li> </ol>                                                             | 巴布什金   |
| 14 | 潜水非完整孔 |     | $K = \frac{0.16 Q}{d_1} \times \left( \operatorname{erfc} \frac{1}{r_1} - \operatorname{erfc} \frac{1}{2b \pm r_1} \right)$                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 潜水含水层</li> <li>2. 过滤器位于含水层中部</li> <li>3. 邻河</li> <li>4. 观测线垂直岸边且在远河一侧 <math>(2b + r_1)</math> 或近河一侧 <math>(2b - r_1)</math></li> <li>5. <math>l &lt; 0.3H</math></li> </ol> | 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  $a_1, a_2, \dots, a_n$ ——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   | $Q_2$                      | $S_2$           | $a_{12}$ | $a_{23}$ |          |          |
| 3   | $Q_3$                      | $S_3$           | $a_{13}$ | $a_{24}$ |          |          |
| 4   | $Q_4$                      | $S_4$           | $a_{14}$ |          |          |          |

表 C.0.4 中:

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

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:

$$a_1 = a_{11} - a_{22} Q_1 + a_{33} Q_1 Q_2 - a_{44} Q_1 Q_2 Q_3$$

## 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:

$$\frac{r^2}{t} = \left[ \frac{4T}{S_0} \right] u \quad (\text{D.0.1-2})$$

取式(D.0.1-2)对数

$$\lg \frac{r^2}{t} = \left[ \lg \frac{4T}{S_0} \right] + \lg u \quad (\text{D.0.1-3})$$

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 (4) 数值表 (Ferris, Brown 和 Stallman 等)

| $N$ | $N \times 10^{-25}$ | $N \times 10^{-24}$ | $N \times 10^{-23}$ | $N \times 10^{-22}$ | $N \times 10^{-21}$ | $N \times 10^{-20}$ | $N \times 10^{-19}$ | $N \times 10^{-18}$ | $N \times 10^{-17}$ | $N \times 10^{-16}$ | $N \times 10^{-15}$ | $N \times 10^{-14}$ | $N \times 10^{-13}$ | $N \times 10^{-12}$ | $N$     |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 1.0 | 39.9916             | 31.0000             | 29.9994             | 27.0006             | 24.7612             | 22.4406             | 20.1490             | 17.8495             | 15.5409             | 13.2900             | 10.9897             | 8.6982              | 6.3935              | 4.0970              | 0.2104  |
| 1.1 | 39.9902             | 31.0007             | 29.9911             | 28.0095             | 24.6909             | 22.3936             | 20.0907             | 17.7402             | 15.4406             | 13.1400             | 10.8404             | 8.5979              | 6.2998              | 3.9406              | 0.1600  |
| 1.2 | 39.7792             | 31.4707             | 29.1741             | 28.8258             | 24.5980             | 22.2986             | 19.9987             | 17.6911             | 15.3936             | 13.0900             | 10.7934             | 8.4950              | 6.1494              | 3.8576              | 0.1304  |
| 1.3 | 39.6992             | 31.3996             | 29.0940             | 28.7914             | 24.4990             | 22.1990             | 19.8997             | 17.5911             | 15.2935             | 12.9900             | 10.6934             | 8.3950              | 6.0935              | 3.7795              | 0.1205  |
| 1.4 | 39.6951             | 31.3225             | 29.0169             | 28.7178             | 24.4147             | 22.1122             | 19.8098             | 17.5070             | 15.2044             | 12.9018             | 10.6008             | 8.2998              | 6.0095              | 3.7054              | 0.1102  |
| 1.5 | 39.5591             | 31.1595             | 28.9500             | 28.6495             | 24.3498             | 22.0492             | 19.7498             | 17.4090             | 15.1354             | 12.8325             | 10.5308             | 8.2278              | 5.9398              | 3.6374              | 0.1000  |
| 1.6 | 39.4915             | 31.1000             | 28.8904             | 28.5906             | 24.3012             | 21.9798             | 19.6798             | 17.3795             | 15.0708             | 12.7698             | 10.4697             | 8.1894              | 5.9021              | 3.5799              | 0.0902  |
| 1.7 | 39.4900             | 31.1398             | 28.9298             | 28.6302             | 24.3308             | 21.9100             | 19.6154             | 17.3128             | 15.0108             | 12.7077             | 10.4051             | 8.1307              | 5.9038              | 3.5148              | 0.07495 |
| 1.8 | 39.3798             | 31.0712             | 28.7998             | 28.5690             | 24.1894             | 21.8098             | 19.5098             | 17.2097             | 14.9091             | 12.6095             | 10.3079             | 8.0495              | 5.7448              | 3.4091              | 0.06471 |
| 1.9 | 39.3197             | 31.0171             | 28.7145             | 28.4119             | 24.1094             | 21.8098             | 19.5042             | 17.2015             | 14.9090             | 12.6094             | 10.3029             | 7.9915              | 5.6995              | 3.4099              | 0.06099 |
| 2.0 | 39.2994             | 30.9998             | 28.6992             | 28.3997             | 24.0991             | 21.7995             | 19.4999             | 17.1998             | 14.8977             | 12.5951             | 10.2998             | 7.9492              | 5.6994              | 3.3547              | 0.04999 |
| 2.1 | 39.2195             | 30.9170             | 28.6145             | 28.3119             | 24.0900             | 21.7097             | 19.4041             | 17.1015             | 14.7998             | 12.4994             | 10.1998             | 7.8914              | 5.6007              | 3.3009              | 0.04381 |
| 2.2 | 39.1781             | 30.8795             | 28.5979             | 28.2958             | 23.9928             | 21.6992             | 19.3976             | 17.0950             | 14.7924             | 12.4906             | 10.1879             | 7.8449              | 5.5448              | 3.2614              | 0.03719 |
| 2.3 | 39.1395             | 30.8391             | 28.5395             | 28.2399             | 23.9189             | 21.6187             | 19.3181             | 17.0186             | 14.7080             | 12.4054             | 10.1028             | 7.8004              | 5.4999              | 3.2179              | 0.03250 |
| 2.4 | 39.0921             | 30.7995             | 28.4900             | 28.1798             | 23.8798             | 21.5792             | 19.2798             | 16.9990             | 14.6954             | 12.3925             | 10.0908             | 7.7679              | 5.4575              | 3.1798              | 0.02844 |
| 2.5 | 39.0498             | 30.7497             | 28.4491             | 28.1375             | 23.8349             | 21.5328             | 19.2329             | 16.9572             | 14.6349             | 12.3320             | 10.0194             | 7.7172              | 5.4197              | 3.1395              | 0.02491 |
| 2.6 | 39.0090             | 30.7095             | 28.4090             | 28.0998             | 23.7907             | 21.4901             | 19.1905             | 16.9090             | 14.5954             | 12.2925             | 9.9992              | 7.6779              | 5.3779              | 3.0998              | 0.02195 |
| 2.7 | 38.9698             | 30.6697             | 28.3691             | 28.0606             | 23.7499             | 21.4504             | 19.1508             | 16.8692             | 14.5478             | 12.2460             | 9.9495              | 7.6401              | 5.3400              | 3.0615              | 0.01919 |
| 2.8 | 38.9319             | 30.6394             | 28.3399             | 28.0343             | 23.7216             | 21.4190             | 19.1194             | 16.8398             | 14.5113             | 12.2067             | 9.9091              | 7.6009              | 5.2997              | 3.0261              | 0.01698 |
| 2.9 | 38.8998             | 30.6049             | 28.3017             | 28.0001             | 23.6995             | 21.3890             | 19.0813             | 16.7798             | 14.4798             | 12.1706             | 9.8730              | 7.5697              | 5.2697              | 2.9920              | 0.01492 |
| 3.0 | 38.8699             | 30.5994             | 28.2979             | 28.0092             | 23.6936             | 21.3990             | 19.0474             | 16.7449             | 14.4429             | 12.1397             | 9.8971              | 7.5940              | 5.2649              | 2.9991              | 0.01905 |
| 3.1 | 38.8902             | 30.5976             | 28.2970             | 28.0234             | 23.6198             | 21.3172             | 19.0146             | 16.7121             | 14.4095             | 12.1090             | 9.8649              | 7.5620              | 5.2322              | 2.9279              | 0.01149 |
| 3.2 | 38.7994             | 30.4998             | 28.1992             | 28.0997             | 23.5990             | 21.2995             | 18.9929             | 16.6998             | 14.3777             | 12.0761             | 9.7799              | 7.4749              | 5.1795              | 2.8995              | 0.00998 |
| 3.3 | 38.7976             | 30.4951             | 28.1935             | 28.0930             | 23.5979             | 21.2547             | 18.9921             | 16.6495             | 14.3479             | 12.0444             | 9.7438              | 7.4395              | 5.1890              | 2.8998              | 0.00999 |
| 3.4 | 38.7979             | 30.4952             | 28.1936             | 28.0930             | 23.5974             | 21.2549             | 18.9923             | 16.6197             | 14.3179             | 12.0145             | 9.7190              | 7.4097              | 5.1192              | 2.8979              | 0.0147  |

表 D.0.2 (续)

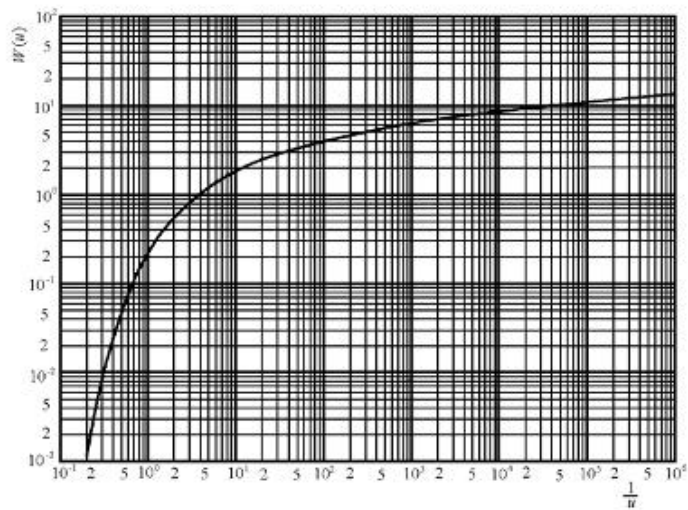
| $N$ | $N \times 10^{-35}$ | $N \times 10^{-34}$ | $N \times 10^{-33}$ | $N \times 10^{-32}$ | $N \times 10^{-31}$ | $N \times 10^{-30}$ | $N \times 10^{-29}$ | $N \times 10^{-28}$ | $N \times 10^{-27}$ | $N \times 10^{-26}$ | $N \times 10^{-25}$ | $N \times 10^{-24}$ | $N \times 10^{-23}$ | $N \times 10^{-22}$ | $N$    |          |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|----------|
| 3.5 | 32.7088             | 30.4082             | 28.1886             | 25.9019             | 23.6485             | 21.3959             | 19.2083             | 16.9367             | 14.5861             | 11.9855             | 9.0630              | 7.3807              | 5.8213              | 2.9800              | 0.7542 | 0.00070  |
| 3.6 | 32.6806             | 30.3790             | 28.0785             | 25.7729             | 23.4720             | 21.3577             | 19.2021             | 16.9205             | 14.5850             | 11.9574             | 9.0448              | 7.3526              | 5.8032              | 2.9627              | 0.7745 | 0.00160  |
| 3.7 | 32.6522             | 30.3506             | 28.0481             | 25.7435             | 23.4420             | 21.3486             | 19.1937             | 16.9051             | 14.5835             | 11.9300             | 9.0274              | 7.3252              | 5.8250              | 2.9508              | 0.7554 | 0.00548  |
| 3.8 | 32.6238             | 30.3240             | 28.0214             | 25.7188             | 23.4182             | 21.3188             | 19.1518             | 16.9085             | 14.5859             | 11.9088             | 9.0037              | 7.2985              | 4.8088              | 2.9508              | 0.7371 | 0.00480  |
| 3.9 | 32.6006             | 30.2980             | 27.9954             | 25.6928             | 23.3902             | 21.2877             | 19.1261             | 16.8835             | 14.5759             | 11.8779             | 8.9748              | 7.2725              | 4.8785              | 2.9058              | 0.7184 | 0.00487  |
| 4.0 | 32.5768             | 30.2727             | 27.9701             | 25.6675             | 23.3648             | 21.2625             | 19.0988             | 16.8582             | 14.5648             | 11.8520             | 8.9485              | 7.2472              | 4.8482              | 2.8813              | 0.7084 | 0.00379  |
| 4.1 | 32.5506             | 30.2480             | 27.9454             | 25.6428             | 23.3402             | 21.2376             | 19.0761             | 16.8325             | 14.5389             | 11.8279             | 8.9248              | 7.2225              | 4.8238              | 2.8576              | 0.6989 | 0.00369  |
| 4.2 | 32.5285             | 30.2230             | 27.9213             | 25.6187             | 23.3161             | 21.2138             | 19.0518             | 16.8084             | 14.5089             | 11.8032             | 8.9007              | 7.1985              | 4.8007              | 2.8344              | 0.6780 | 0.00399  |
| 4.3 | 32.5039             | 30.2004             | 27.8978             | 25.5952             | 23.2926             | 20.9890             | 19.0274             | 16.8094             | 14.4829             | 11.7787             | 8.8771              | 7.1748              | 4.8782              | 2.8119              | 0.6548 | 0.00395  |
| 4.4 | 32.4800             | 30.1774             | 27.8748             | 25.5722             | 23.2696             | 20.9670             | 19.0044             | 16.8319             | 14.4589             | 11.7587             | 8.8541              | 7.1529              | 4.8595              | 2.8009              | 0.6387 | 0.00395  |
| 4.5 | 32.4575             | 30.1549             | 27.8523             | 25.5497             | 23.2471             | 20.9445             | 19.0429             | 16.8094             | 14.4899             | 11.7342             | 8.8317              | 7.1295              | 4.8310              | 2.8064              | 0.6288 | 0.00393  |
| 4.6 | 32.4355             | 30.1329             | 27.8303             | 25.5277             | 23.2252             | 20.9225             | 19.0209             | 16.8309             | 14.4648             | 11.7122             | 8.8087              | 7.1075              | 4.8031              | 2.8474              | 0.6114 | 0.00181  |
| 4.7 | 32.4140             | 30.1114             | 27.8088             | 25.5062             | 23.2037             | 20.9011             | 19.0005             | 16.8259             | 14.4898             | 11.6907             | 8.8862              | 7.0859              | 4.7877              | 2.8388              | 0.5979 | 0.00185  |
| 4.8 | 32.3929             | 30.0904             | 27.7879             | 25.4852             | 23.1826             | 20.8800             | 19.0774             | 16.8748             | 14.4748             | 11.6687             | 8.8671              | 7.0650              | 4.7687              | 2.8308              | 0.5848 | 0.00168  |
| 4.9 | 32.3723             | 30.0697             | 27.7672             | 25.4645             | 23.1620             | 20.8594             | 19.0508             | 16.8542             | 14.4518             | 11.6481             | 8.8485              | 7.0444              | 4.7482              | 2.8271              | 0.5721 | 0.00120  |
| 5.0 | 32.3521             | 30.0485             | 27.7470             | 25.4444             | 23.1418             | 20.8382             | 19.0288             | 16.8349             | 14.4264             | 11.6289             | 8.8288              | 7.0242              | 4.7281              | 2.8279              | 0.5588 | 0.001148 |
| 5.1 | 32.3323             | 30.0287             | 27.7271             | 25.4248             | 23.1220             | 20.8194             | 19.0180             | 16.8142             | 14.4118             | 11.6081             | 8.8085              | 7.0044              | 4.7084              | 2.8481              | 0.5478 | 0.001021 |
| 5.2 | 32.3129             | 30.0106             | 27.7087             | 25.4051             | 23.1038             | 20.8000             | 19.0074             | 16.7948             | 14.3968             | 11.5886             | 8.7871              | 6.9850              | 4.6871              | 2.8408              | 0.5382 | 0.000888 |
| 5.3 | 32.2939             | 29.9933             | 27.6907             | 25.3861             | 23.0855             | 20.7809             | 19.0788             | 16.7768             | 14.3752             | 11.5705             | 8.7687              | 6.9659              | 4.6681              | 2.8138              | 0.5380 | 0.000808 |
| 5.4 | 32.2752             | 29.9726             | 27.6700             | 25.3674             | 23.0668             | 20.7622             | 19.0571             | 16.7571             | 14.3555             | 11.5519             | 8.7494              | 6.9479              | 4.6485              | 2.8048              | 0.5140 | 0.000718 |
| 5.5 | 32.2568             | 29.9512             | 27.6516             | 25.3481             | 23.0485             | 20.7439             | 19.0413             | 16.7387             | 14.3361             | 11.5335             | 8.7300              | 6.9285              | 4.6283              | 2.8775              | 0.5084 | 0.000649 |
| 5.6 | 32.2388             | 29.9302             | 27.6335             | 25.3310             | 23.0285             | 20.7250             | 19.0238             | 16.7187             | 14.3161             | 11.5155             | 8.7120              | 6.9109              | 4.6184              | 2.8604              | 0.4980 | 0.000578 |
| 5.7 | 32.2211             | 29.9105             | 27.6159             | 25.3138             | 23.0108             | 20.7082             | 19.0058             | 16.7000             | 14.2964             | 11.4978             | 8.6958              | 6.8942              | 4.6088              | 2.8487              | 0.4880 | 0.000505 |
| 5.8 | 32.2037             | 29.9011             | 27.6005             | 25.2989             | 22.9954             | 20.6905             | 19.0082             | 16.6835             | 14.2809             | 11.4804             | 8.6779              | 6.8768              | 4.5985              | 2.8272              | 0.4782 | 0.000432 |
| 5.9 | 32.1865             | 29.8840             | 27.5814             | 25.2789             | 22.9788             | 20.6727             | 19.0771             | 16.6685             | 14.2629             | 11.4635             | 8.6609              | 6.8593              | 4.5815              | 2.8111              | 0.4687 | 0.000409 |

表 D.0.2 (续)

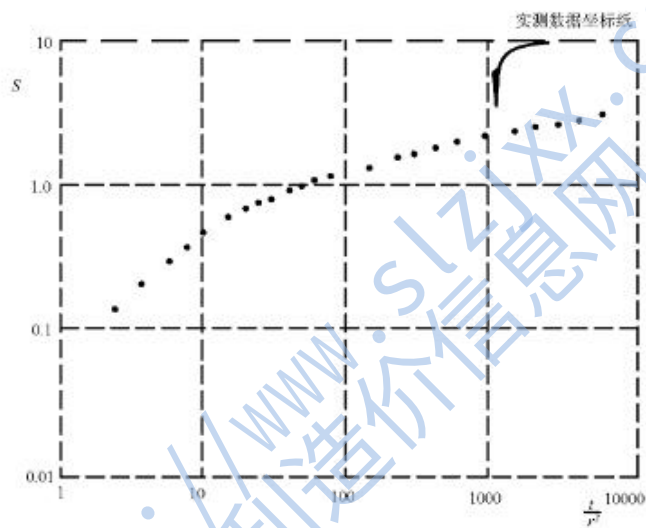
| $N$ | $N \times 10^{-35}$ | $N \times 10^{-34}$ | $N \times 10^{-33}$ | $N \times 10^{-32}$ | $N \times 10^{-31}$ | $N \times 10^{-30}$ | $N \times 10^{-29}$ | $N \times 10^{-28}$ | $N \times 10^{-27}$ | $N \times 10^{-26}$ | $N \times 10^{-25}$ | $N \times 10^{-24}$ | $N \times 10^{-23}$ | $N \times 10^{-22}$ | $N$    |           |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|-----------|
| 6.0 | 32.1006             | 20.0072             | 27.0046             | 25.3820             | 22.0005             | 20.0000             | 18.3543             | 15.0017             | 13.7481             | 11.4405             | 9.1440              | 6.9420              | 4.5448              | 2.3003              | 0.4544 | 0.0000001 |
| 6.1 | 32.1500             | 20.0097             | 27.0481             | 25.3455             | 22.0400             | 20.0400             | 18.3070             | 15.0082             | 13.7200             | 11.4000             | 9.1275              | 6.9204              | 4.5200              | 2.2707              | 0.4454 | 0.0000211 |
| 6.2 | 32.1970             | 20.0061             | 27.0318             | 25.2908             | 22.0207             | 20.0361             | 18.2215             | 15.0100             | 13.7100             | 11.4100             | 9.1112              | 6.9002              | 4.5122              | 2.2645              | 0.4000 | 0.0000004 |
| 6.3 | 32.1210             | 20.0104             | 27.0150             | 25.2100             | 22.0107             | 20.0001             | 18.3005             | 15.0000             | 13.7000             | 11.3070             | 9.0902              | 6.7902              | 4.4900              | 2.2404              | 0.4000 | 0.0000005 |
| 6.4 | 32.1000             | 20.0007             | 27.0001             | 25.1975             | 22.0040             | 20.0000             | 18.2998             | 15.0072             | 13.6940             | 11.3000             | 9.0705              | 6.7775              | 4.4900              | 2.2040              | 0.4107 | 0.0000279 |
| 6.5 | 32.0000             | 20.7072             | 27.4040             | 25.1000             | 22.0794             | 20.0700             | 18.2742             | 15.0717             | 13.6901             | 11.3005             | 9.0640              | 6.7600              | 4.4902              | 2.2301              | 0.4115 | 0.0000004 |
| 6.6 | 32.0745             | 20.7710             | 27.4000             | 25.1007             | 22.0041             | 20.0010             | 18.3000             | 15.0004             | 13.6900             | 11.3012             | 9.0607              | 6.7607              | 4.4901              | 2.2000              | 0.4000 | 0.0000000 |
| 6.7 | 32.0000             | 20.7000             | 27.4000             | 25.1017             | 22.0401             | 20.0400             | 18.3000             | 15.0414             | 13.6900             | 11.3002             | 9.0607              | 6.7617              | 4.4901              | 2.1017              | 0.3000 | 0.0000001 |
| 6.8 | 32.0400             | 20.7421             | 27.4000             | 25.1000             | 22.0000             | 20.0017             | 18.3001             | 15.0000             | 13.6940             | 11.3014             | 9.0600              | 6.7600              | 4.4904              | 2.1770              | 0.3000 | 0.0000140 |
| 6.9 | 32.0000             | 20.7275             | 27.4000             | 25.1225             | 22.0107             | 20.0171             | 18.2145             | 15.0110             | 13.6904             | 11.3000             | 9.0640              | 6.7600              | 4.4900              | 2.1640              | 0.3010 | 0.0000000 |
| 7.0 | 32.0300             | 20.7101             | 27.4100             | 25.1070             | 22.0000             | 20.0007             | 18.3001             | 15.0070             | 13.6900             | 11.3004             | 9.0600              | 6.6970              | 4.4900              | 2.1500              | 0.3700 | 0.0000105 |
| 7.1 | 32.0015             | 20.0000             | 27.0000             | 25.0007             | 22.7011             | 20.4000             | 18.1000             | 15.0004             | 13.6900             | 11.2702             | 9.0707              | 6.6707              | 4.3775              | 2.1070              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 7.2 | 31.9075             | 20.0040             | 27.0000             | 25.0707             | 22.7771             | 20.4740             | 18.1720             | 15.0004             | 13.6900             | 11.2642             | 9.0617              | 6.6900              | 4.3600              | 2.1040              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 7.3 | 31.9707             | 20.0711             | 27.0000             | 25.0000             | 22.7000             | 20.4000             | 18.1000             | 15.0000             | 13.6900             | 11.2004             | 9.0670              | 6.6900              | 4.3600              | 2.1110              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 7.4 | 31.9001             | 20.0075             | 27.0040             | 25.0000             | 22.7407             | 20.4072             | 18.1440             | 15.0400             | 13.6904             | 11.2000             | 9.0640              | 6.6904              | 4.3604              | 2.0001              | 0.3007 | 0.0000000 |
| 7.5 | 31.9407             | 20.0441             | 27.0415             | 25.0000             | 22.7000             | 20.4007             | 18.1011             | 15.0000             | 13.6900             | 11.2004             | 9.0600              | 6.6100              | 4.3601              | 2.0007              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 7.6 | 31.9004             | 20.0000             | 27.0000             | 25.0007             | 22.7201             | 20.4000             | 18.1170             | 15.0100             | 13.6107             | 11.2102             | 9.0670              | 6.6007              | 4.3100              | 2.0744              | 0.3041 | 0.0000000 |
| 7.7 | 31.9000             | 20.0170             | 27.0102             | 25.0100             | 22.7100             | 20.4074             | 18.1040             | 15.0002             | 13.6007             | 11.1971             | 9.0640              | 6.6007              | 4.3100              | 2.0000              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 7.8 | 31.9074             | 20.0040             | 27.0000             | 24.9007             | 22.0071             | 20.0045             | 18.0010             | 15.7000             | 13.6000             | 11.1042             | 9.0617              | 6.6700              | 4.3040              | 2.0000              | 0.3001 | 0.0000000 |
| 7.9 | 31.9047             | 20.0001             | 27.0000             | 24.9000             | 22.0044             | 20.0010             | 18.0700             | 15.7700             | 13.6740             | 11.1714             | 9.0600              | 6.6671              | 4.2710              | 2.0000              | 0.3100 | 0.0000000 |
| 8.0 | 31.9001             | 20.0700             | 27.0700             | 24.9744             | 22.0710             | 20.0000             | 18.0000             | 15.7040             | 13.6014             | 11.1000             | 9.0600              | 6.6040              | 4.2001              | 2.0000              | 0.3100 | 0.0000000 |
| 8.1 | 31.9007             | 20.0071             | 27.0045             | 24.9010             | 22.0004             | 20.0000             | 18.0042             | 15.7010             | 13.6000             | 11.1004             | 9.0600              | 6.6000              | 4.2000              | 2.0100              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 8.2 | 31.9074             | 20.0040             | 27.0000             | 24.9007             | 22.0071             | 20.0045             | 18.0010             | 15.7000             | 13.6007             | 11.1042             | 9.0617              | 6.6000              | 4.2040              | 2.0040              | 0.3000 | 0.0000000 |
| 8.3 | 31.9000             | 20.0427             | 27.0401             | 24.9075             | 22.0000             | 20.0004             | 18.0000             | 15.7272             | 13.6040             | 11.1200             | 9.0610              | 6.6177              | 4.2200              | 1.9000              | 0.3040 | 0.0000000 |
| 8.4 | 31.9000             | 20.0007             | 27.0000             | 24.9000             | 22.0000             | 20.0004             | 18.0170             | 15.7102             | 13.6100             | 11.1101             | 9.0600              | 6.6007              | 4.2107              | 1.9000              | 0.3001 | 0.0000000 |

表 D.0.2 (续)

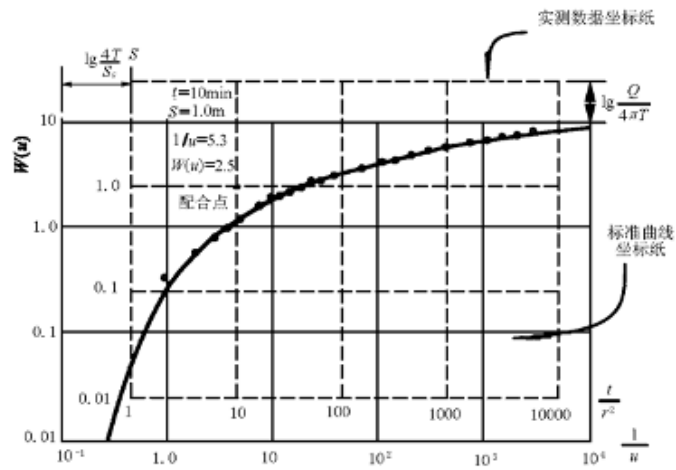
| $N$ | $N \times 10^{-35}$ | $N \times 10^{-34}$ | $N \times 10^{-33}$ | $N \times 10^{-32}$ | $N \times 10^{-31}$ | $N \times 10^{-30}$ | $N \times 10^{-29}$ | $N \times 10^{-28}$ | $N \times 10^{-27}$ | $N \times 10^{-26}$ | $N \times 10^{-25}$ | $N \times 10^{-24}$ | $N \times 10^{-23}$ | $N \times 10^{-22}$ | $N$    |            |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|------------|
| 8.5 | 31.8215             | 29.5189             | 27.2189             | 24.9157             | 22.6112             | 20.3066             | 18.0009             | 15.7004             | 13.4000             | 11.0982             | 8.7937              | 6.4899              | 4.1900              | 1.9711              | 0.2640 | 0.0002182  |
| 8.6 | 31.8698             | 29.5672             | 27.2646             | 24.9620             | 22.6585             | 20.3500             | 18.0463             | 15.7417             | 13.4361             | 11.0865             | 8.7840              | 6.4822              | 4.1874              | 1.9804              | 0.2700 | 0.0001896  |
| 8.7 | 31.7982             | 29.4957             | 27.1981             | 24.8905             | 22.5879             | 20.2853             | 17.9827             | 15.6891             | 13.3776             | 11.0760             | 8.7735              | 6.4707              | 4.1799              | 1.94798             | 0.2742 | 0.0001793  |
| 8.8 | 31.7088             | 29.4042             | 27.1816             | 24.8090             | 22.5065             | 20.2039             | 17.9013             | 15.6067             | 13.2961             | 11.0585             | 8.7630              | 6.4642              | 4.1648              | 1.9000              | 0.2694 | 0.0001632  |
| 8.9 | 31.7795             | 29.4729             | 27.1708             | 24.8678             | 22.5852             | 20.2828             | 17.9690             | 15.6674             | 13.3648             | 11.0528             | 8.7497              | 6.4489              | 4.1584              | 1.9299              | 0.2647 | 0.0001289  |
| 9.0 | 31.7948             | 29.4818             | 27.1802             | 24.8686             | 22.5840             | 20.2814             | 17.9688             | 15.6682             | 13.3687             | 11.0411             | 8.7388              | 6.4486              | 4.1438              | 1.9187              | 0.2602 | 0.0001245  |
| 9.1 | 31.7698             | 29.4607             | 27.1681             | 24.8485             | 22.5689             | 20.2694             | 17.9678             | 15.6662             | 13.3688             | 11.0300             | 8.7376              | 6.4398              | 4.1313              | 1.9067              | 0.2567 | 0.0001115  |
| 9.2 | 31.7484             | 29.4380             | 27.1572             | 24.8246             | 22.5500             | 20.2384             | 17.9388             | 15.6348             | 13.3217             | 11.0181             | 8.7188              | 6.4148              | 4.1205              | 1.8907              | 0.2513 | 0.0000989  |
| 9.3 | 31.7015             | 29.4090             | 27.1294             | 24.8006             | 22.5212             | 20.2186             | 17.9189             | 15.6136             | 13.3109             | 11.0082             | 8.7088              | 6.4049              | 4.1098              | 1.8800              | 0.2470 | 0.0000849  |
| 9.4 | 31.7298             | 29.4158             | 27.1387             | 24.8181             | 22.5105             | 20.2079             | 17.9098             | 15.6088             | 13.3008             | 11.0076             | 8.7052              | 6.3984              | 4.0982              | 1.8791              | 0.2429 | 0.0000818  |
| 9.5 | 31.7393             | 29.4277             | 27.1451             | 24.8285             | 22.5009             | 20.1975             | 17.9048             | 15.6082             | 13.2999             | 11.0070             | 8.7045              | 6.3928              | 4.0887              | 1.8695              | 0.2387 | 0.00007385 |
| 9.6 | 31.6998             | 29.3872             | 27.1046             | 24.7820             | 22.4685             | 20.1880             | 17.8843             | 15.5817             | 13.2791             | 11.0065             | 8.6960              | 6.3728              | 4.0784              | 1.8599              | 0.2347 | 0.00006489 |
| 9.7 | 31.6894             | 29.3898             | 27.1048             | 24.7817             | 22.4781             | 20.1785             | 17.8798             | 15.5713             | 13.2688             | 11.0062             | 8.6957              | 6.3630              | 4.0681              | 1.8505              | 0.2308 | 0.00006771 |
| 9.8 | 31.6782             | 29.3796             | 27.0749             | 24.7714             | 22.4688             | 20.1688             | 17.8697             | 15.5611             | 13.2685             | 11.0059             | 8.6954              | 6.3517              | 4.0579              | 1.8412              | 0.2289 | 0.00006179 |
| 9.9 | 31.6899             | 29.3934             | 27.0889             | 24.7813             | 22.4687             | 20.1581             | 17.8585             | 15.5599             | 13.2688             | 11.0045             | 8.6928              | 6.3416              | 4.0479              | 1.8329              | 0.2281 | 0.00004887 |



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  $S-\lg t$  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。

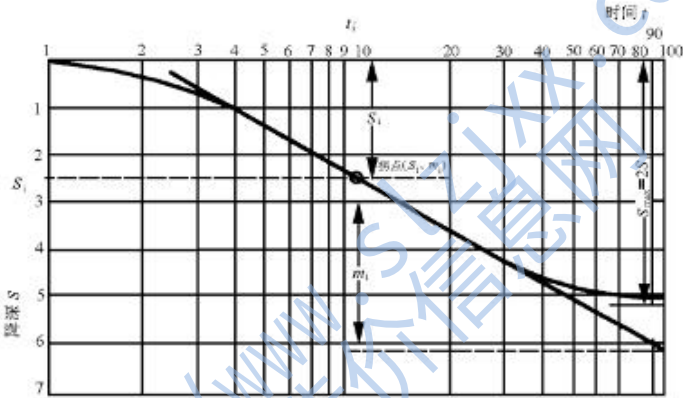
**E.0.2** 在单对数坐标纸上绘制  $S-\lg t$  曲线，用外推法确定最大降深  $S_{\infty}$ ，见图 E.0.2，并用下式计算拐点处降深  $S_1$ 。

$$S_1 = \frac{Q}{4\pi T} K_0\left(\frac{r}{B}\right) = \frac{1}{2} S_{\infty} \tag{E.0.2}$$

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

$S_1$ ——拐点处降深；

$S_{\infty}$ ——最大降深。



图E.0.2  $S-\lg t$  曲线

**E.0.3** 根据  $S_1$  确定拐点位置，并从图上读出拐点出现的时间  $t_1$ 。

**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  $m_1$ 。

**E.0.5** 根据下式，求得：

$$e^{\frac{1}{2}} K_0\left(\frac{r}{B}\right) = 2.3 \frac{S_1}{m_1} \quad (\text{E.0.5})$$

式中  $m_1$  ——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  $e^{\frac{1}{2}} K_0(z)$ ,  $e^{\frac{1}{2}} K_0(z)$ ,  $-E_1(-z)$  和  $-E_1(-z)e^{\frac{1}{2}}$  的数值表  
(据 Hantush)

| $z$   | $e^{\frac{1}{2}}$ | $K_0(z)$ | $e^{\frac{1}{2}} K_0(z)$ | $-E_1(-z)$ | $-E_1(-z)e^{\frac{1}{2}}$ |
|-------|-------------------|----------|--------------------------|------------|---------------------------|
| 0.010 | 1.0101            | 4.7212   | 4.7687                   | 4.0879     | 4.0787                    |
| 0.011 | 1.0111            | 4.6260   | 4.6771                   | 3.9486     | 3.9874                    |
| 0.012 | 1.0121            | 4.5390   | 4.5938                   | 3.8676     | 3.9044                    |
| 0.013 | 1.0131            | 4.4590   | 4.5173                   | 3.7785     | 3.8282                    |
| 0.014 | 1.0141            | 4.3849   | 4.4467                   | 3.7064     | 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            | 3.4985   | 3.6193                   | 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)

| $z$   | $\sigma^2$ | $E_0(z)$ | $\sigma^2 E_0(z)$ | $-E_1(-z)$ | $-E_1(-z)\sigma^2$ |
|-------|------------|----------|-------------------|------------|--------------------|
| 0.042 | 1.0429     | 3.2879   | 3.4289            | 2.6344     | 2.7474             |
| 0.043 | 1.0439     | 3.2645   | 3.4079            | 2.6119     | 2.7287             |
| 0.044 | 1.0450     | 3.2415   | 3.3874            | 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     | 2.4082             |
| 0.063 | 1.0650     | 2.8844   | 3.0719            | 2.2494     | 2.3936             |
| 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            | 2.2068     | 2.3562             |
| 0.067 | 1.0693     | 2.8233   | 3.0189            | 2.1917     | 2.3434             |
| 0.068 | 1.0704     | 2.8086   | 3.0062            | 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)

| $z$   | $\sigma^2$ | $E_0(z)$ | $\sigma^2 E_0(z)$ | $-E_1(-z)$ | $-E_1(-z)\sigma^2$ |
|-------|------------|----------|-------------------|------------|--------------------|
| 0.086 | 1.0898     | 2.5769   | 2.8073            | 1.9804     | 2.1364             |
| 0.087 | 1.0909     | 2.5645   | 2.7976            | 1.9488     | 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     | 2.4678   | 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     | 1.7332             |
| 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            | 1.3573     | 1.6094             |
| 0.18  | 1.1972     | 1.8537   | 2.2193            | 1.3088     | 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     | 1.4598             |
| 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     | 1.4033   | 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            | 0.8815     | 1.2018             |
| 0.32  | 1.3771     | 1.3136   | 1.8089            | 0.8583     | 1.1820             |
| 0.33  | 1.3910     | 1.2867   | 1.7883            | 0.8361     | 1.1630             |

表 E.0.5 (续)

| $z$  | $\sigma^2$ | $E_0(z)$ | $\sigma^2 E_0(z)$ | $-E_1(-z)$ | $-E_1(-z)\sigma^2$ |
|------|------------|----------|-------------------|------------|--------------------|
| 0.34 | 1.4050     | 1.2587   | 1.7685            | 0.8147     | 1.1446             |
| 0.35 | 1.4181     | 1.2527   | 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 | 1.6663     | 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 | 1.9346     | 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     | 0.7596             |
| 0.70 | 2.0138     | 0.6605   | 1.3301            | 0.3738     | 0.7528             |

表 E.0.5 (续)

| $z$  | $\sigma^2$ | $E_0(z)$ | $\sigma^2 E_0(z)$ | $-E_1(-z)$ | $-E_1(-z)\sigma^2$ |
|------|------------|----------|-------------------|------------|--------------------|
| 0.71 | 2.0840     | 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     | 0.6542             |
| 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 | 2.7867     | 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            | 0.2309     | 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     | 0.3953   | 1.0983            | 0.1890     | 0.5588             |
| 1.2  | 3.3201     | 0.3185   | 1.0675            | 0.1584     | 0.5259             |
| 1.3  | 3.9693     | 0.2732   | 1.0210            | 0.1355     | 0.4972             |
| 1.4  | 4.0552     | 0.2437   | 0.9881            | 0.1162     | 0.4712             |
| 1.5  | 4.4817     | 0.2198   | 0.9582            | 0.1000     | 0.4482             |
| 1.6  | 4.9530     | 0.1850   | 0.9309            | 0.0863     | 0.4275             |

表 E.0.5 (续)

| $z$ | $\sigma^2$ | $H_0(z)$ | $\sigma^2 H_0(z)$ | $-H_1(-z)$ | $-H_1(-z)\sigma^2$ |
|-----|------------|----------|-------------------|------------|--------------------|
| 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 | 6.6959     | 0.1288   | 0.8614            | 0.0562     | 0.3758             |
| 2.0 | 7.3991     | 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 | 99.4943    | 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 | 134.2893   | 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:

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi m_e e^{\frac{1}{3}}} \quad (\text{E.0.6-2})$$

$$S_s = \frac{2Tt_i}{Br} \quad (\text{E.0.6-3})$$

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

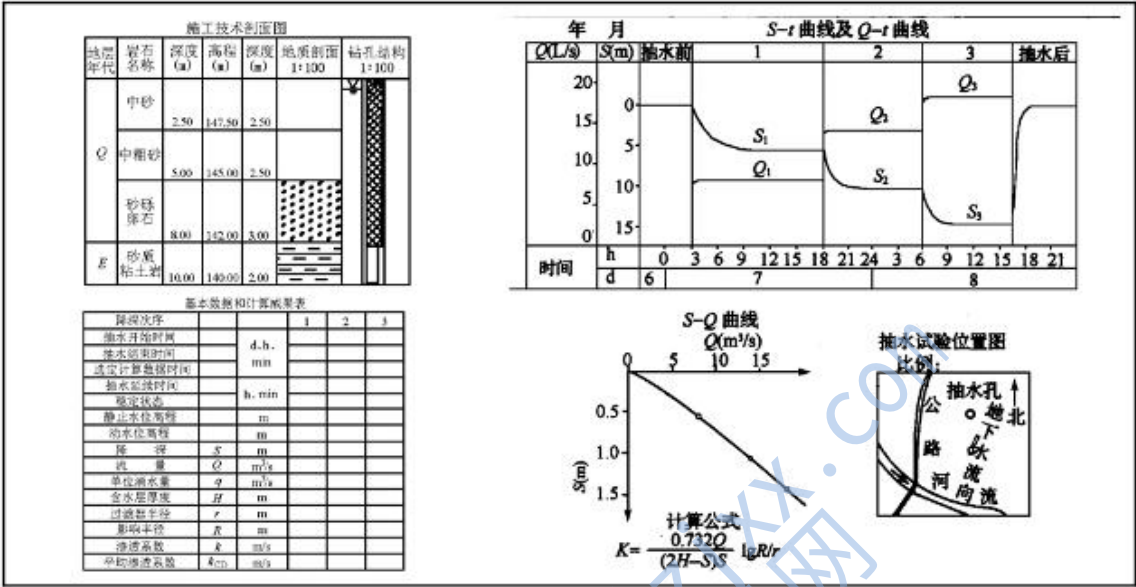
| 试验类型 | 公 式                                                                                         | 适用条件               | 公式提出者 | 备注 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----|
| 多孔抽水 | $\lg R = \frac{S_1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



附录 G 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



承担任务机组

观测员

制表

校核

年 月 日

表 G-2 多孔孔抽水试验成果表

工程名称

施工技术剖面图 比例:

图例: 中砂 中粗砂 砂砾石 基岩 地下水位

|          |    |    |    |    |    |    |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| 孔号       | 1孔 | 2孔 | 3孔 | 4孔 | 5孔 | 6孔 |
| 井口高程(m)  |    |    |    |    |    |    |
| 过滤器高程(m) |    |    |    |    |    |    |
| 过滤器深度(m) |    |    |    |    |    |    |
| 抽水孔深度(m) |    |    |    |    |    |    |

基本数据表和计算成果表

| 降深次序   |                     | 1 |   |   |   |   |   | 2 |   |   |   |   |   | 3 |   |   |  |  |  |
|--------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
| 孔号     |                     | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 |  |  |  |
| 静水位    | m                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 动水位    | m                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 降深     | m                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 流量     | Q m³/s              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 单位涌水量  | q m³/s              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 含水层厚度  | H m                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 承压系数   | μ                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 渗透系数   | k m/s               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
| 平均渗透系数 | k <sub>av</sub> m/s |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |

计算公式

$$K = \frac{0.732Q(\lg r_2 - \lg r_1)}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)}$$

基本技术资料

|       |  |
|-------|--|
| 水泵    |  |
| 动力    |  |
| 过滤器类型 |  |
| 网架网号  |  |

S-Q曲线及Q-t曲线

| 年 月      | 抽水孔 | 1   | 2   | 3   | 抽水器 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Q (m³/s) | 50m | 3孔  | 4孔  | 4孔  |     |
|          |     | 7孔  | 7孔  | 7孔  |     |
|          |     | 1孔  |     |     |     |
|          |     | 流量  | 1孔  | 1孔  |     |
| 时间       | 秒   | 15  | 0   | 3   | 6   |
|          |     | 9   | 12  | 15  | 18  |
|          |     | 21  | 24  | 27  | 30  |
|          |     | 33  | 36  | 39  | 42  |
|          |     | 45  | 48  | 51  | 54  |
|          |     | 57  | 60  | 63  | 66  |
|          |     | 69  | 72  | 75  | 78  |
|          |     | 81  | 84  | 87  | 90  |
|          |     | 93  | 96  | 99  | 102 |
|          |     | 105 | 108 | 111 | 114 |
|          |     | 117 | 120 | 123 | 126 |
|          |     | 129 | 132 | 135 | 138 |
|          |     | 141 | 144 | 147 | 150 |

抽水开始时间: \_\_\_\_\_ 抽水结束时间: \_\_\_\_\_

流量计算时间: \_\_\_\_\_ 抽水持续时间: \_\_\_\_\_

抽水设备: \_\_\_\_\_

S-Q曲线

Q (m³/s)

试验场水平位置图

比例:

试验场钻孔布置图

比例:

承担任务机组

观测员

制表

校核

年 月 日

## 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          |        |