

江苏泗阳第二抽水站工程渗透铺盖反滤层的设计

王 军¹, 王星梅²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 淮阴市水利勘测设计研究院, 江苏 淮安 223005)

摘要:针对江苏泗阳第二抽水站工程地基有一高承压水土层、下游渗透铺盖下地基土水力比降大的具体情况,进行渗透铺盖反滤层设计,铺盖下设置垂直砂桩群和3层反滤材料,既维持土体稳定又削减了承压水头,运行效果较好。

关键词:泵站;地基;反滤设计;渗流控制

中图分类号:TV223.4

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)02-0045-04

泗阳第二抽水站工程是江苏省利用世界银行贷款,加强农业灌溉项目中的一个单位工程,是南水北调东线梯级泵站之一。该工程为II级水工建筑物,工程由站身、清污机桥、上下游引河及其它附属工程组成。设计流量 $66 \text{ m}^3/\text{s}$, 装置两台叶轮直径 $D = 2850 \text{ mm}$ 的立式轴流泵,配套电机每台 2800 kW , 采用堤身式整体布置,站身及上、下游第一节翼墙基础均为沉井基础,采用肘形进水流道和驼峰式出水流道。

1 设计缘由

江苏泗阳第二抽水站工程进水侧设置防渗铺盖及渗透铺盖,具体布置见图1。

铺盖下有一承压水土层,承压水位为 15.5 m , 泵站进水侧设计低水位为 11.0 m , 铺盖须承受 4.5 m 的反向水头,渗透铺盖处地基将出现较大的水力比

降,查阅本省类似工程的设计资料,大多经验性地设计反滤层,由于本工程的特殊性,必须严格进行反滤设计,既能有效地削减承压水头,又要防止地基渗透破坏,否则将影响整个工程的安全运行。

2 反滤层设计

2.1 地基渗透稳定性判别

根据勘测报告^①,承压水存在第⑧、第⑨层土中,高程分布分别为 $2.02 \sim 0 \text{ m}$ 和 $0 \sim -6.53 \text{ m}$ 。现渗透铺盖底面设计高程为 2.034 m , 估计反滤层总厚度为 1 m , 则反滤层底面高程约 1 m , 第⑧层为被保护土层,分类为灰色重~中粉质壤土,夹有薄层粉砂,局部呈互层状或为砂层,设计反滤层时必须同时考虑粉质壤土和粉砂的不同性质、其颗粒组成如表1所示,其颗粒大小分配曲线见图2。

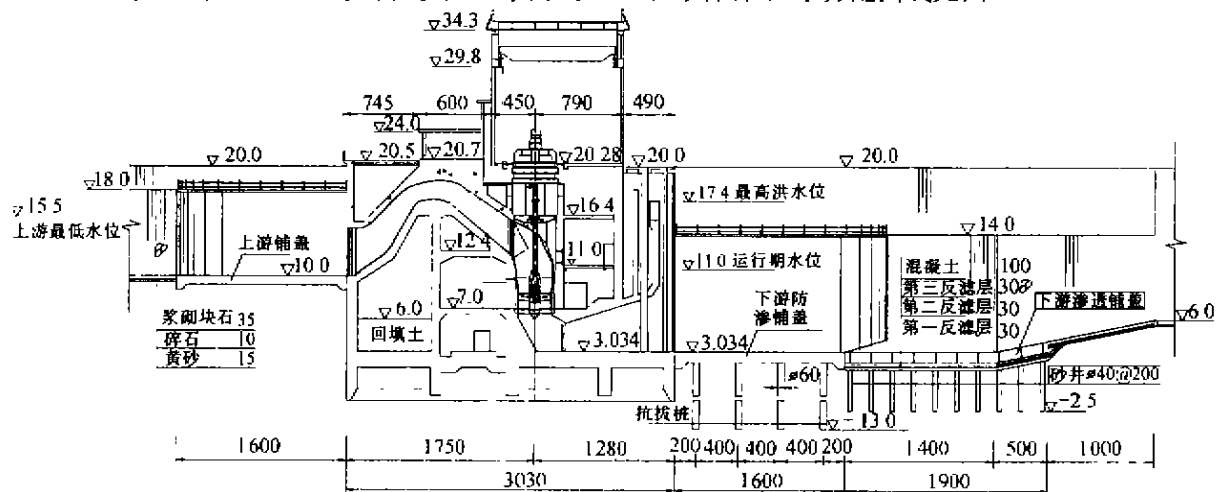


图1 泗阳第二抽水站纵剖面(单位:cm)

作者简介:王军(1970—),男,江苏溧南人,工程师,硕士,从事水利工程设计与研究。

①江苏省水利勘测设计研究院勘测总队,泗阳第二抽水站工程水文、地质勘察报告(本文简称“勘测报告”),1993。

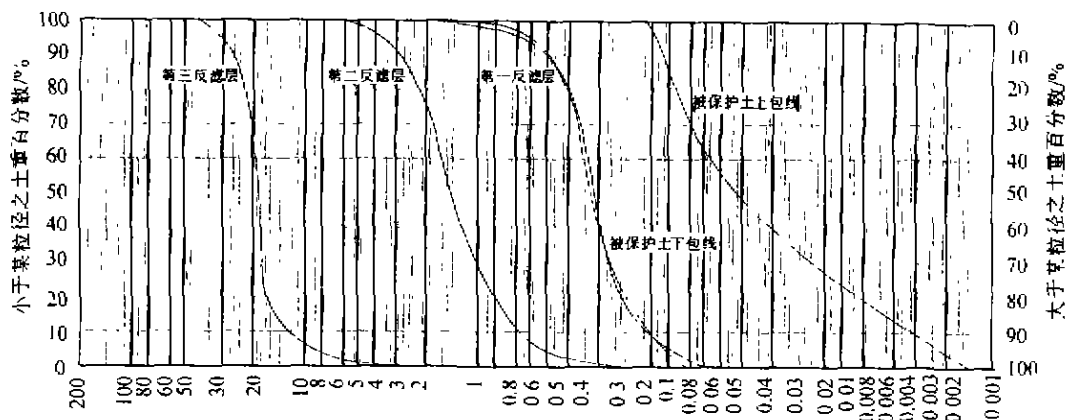


图2 颗粒大小分配曲线

表1 第⑨层土颗粒组成 %

土 别	岩 性	粘粒	粉粒	极细砂	细砂	中砂	砾/粗砂
上包线	中粉质壤土	16	47	37	0	0	0
下包线	细砂组	0	0	8	61	26	5

由被保护土的颗粒大小分配曲线判断被保护土的渗透特性。

a. 被保护土下包线. 不均匀系数:

$$C_u^{\downarrow} = d_{60}^{\downarrow} / d_{10}^{\downarrow} = 0.23 / 0.105 = 2.2 \leq 5$$

该土类属均匀土, 其渗透破坏属流土型。

b. 被保护土上包线. 不均匀系数:

$$C_u^{\uparrow} = d_{60}^{\uparrow} / d_{10}^{\uparrow} = 0.046 / 0.0031 = 14.8 > 5$$

该土属不均匀土。

曲率系数:

$$C_c^{\uparrow} = d_{30}^{\uparrow} / d_{60}^{\uparrow} / (d_{10}^{\uparrow} \cdot d_{10}^{\uparrow}) = 0.013 \times 0.013 / (0.046 \times 0.0031) = 1.2 \in (1, 3)$$

该土级配连续。

区分粒径:

$$d^{\pm} = \sqrt{(d_{10}^{\uparrow} \cdot d_{10}^{\downarrow})} = \sqrt{(0.06 \times 0.0031)} = 0.014 \text{ mm}$$

则细料含量:

$P = 31\% \in (25\%, 35\%)$, 该土属过渡型土。

总的来说, 被保护土属非管涌型土。

2.2 反滤层设计

a. 反滤层的类型. 本工程设置反滤层主要为了防止第⑨层土中的中粉质壤土渗透破坏, 为安全计, 设计反滤层时以上包线土不流失为基准, 以下包线来校核反滤层的排水性. 其渗流出口垂直向上, 确定反滤类型属第Ⅱ型。

b. 因其渗透破坏类型属非管涌型, 故按文献[1]式(5-27)设计反滤层, 由 $C_u^{\uparrow} = 14.8$ 查得 $d_K^{\uparrow}$ 值, 为 $d_K^{\uparrow} = 0.025 \text{ mm}$ 。

c. 确定反滤层等效粒径 D_{20} 。

$$D_{20}^{\downarrow} \leq 7d_K^{\uparrow} = 7 \times 0.025 \text{ mm} = 0.175 \text{ mm}$$

对主沉井中开挖出来的第⑨层土进行筛分试验, 其颗粒大小分配曲线见图2, 由图查得:

$$D_{20}^{\downarrow} = 0.14 \leq 7d_K^{\uparrow} = 0.175 \text{ mm}$$

不均匀系数:

$$C_u^{\downarrow} = D_{60}^{\downarrow} / D_{10}^{\downarrow} = 0.244 / 0.103 = 2.37 \leq 5$$

该滤料符合反滤要求, 可作为第一反滤层。

d. 反滤层的层数及其设计. 本工程反滤层属第Ⅱ型, 反滤层的层数是按反滤层中水力比降小于允许水力比降的要求确定的, 即按 D_{20}/d_{20} 的值是否大于4来校核是否设置第二反滤层. 以被保护土上包线来校核:

$$D_{20}^{\downarrow} / d_{20}^{\uparrow} = 0.14 / 0.007 = 20 \geq 4$$

再以被保护土下包线来校核:

$$D_{20}^{\downarrow} / d_{20}^{\downarrow} = 0.14 / 0.13 = 1.08 \leq 4$$

这表明, 在运行时局部反滤层将出现较大的水力比降, 第一反滤层本身渗流失稳, 需设第二反滤层, 它与第一反滤层之间应满足文献[1]式(5-8):

第一反滤层 $C_u^{\downarrow} = 2.37 \leq 5$, 该土料属于均匀土, 其渗透破坏属流土型, 查文献[1]图5-12, 其控制粒径为 $D_K^{\downarrow} = D_{70}^{\downarrow} = 0.27 \text{ mm}$ 。

第二反滤层采用勘察报告中提供的滤料, 该滤料为砾质粗砂, 其颗粒大小分配曲线见图2. 不均匀系数 $C_u^{\downarrow} = D_{60}^{\downarrow} / D_{10}^{\downarrow} = 1.6 / 0.58 = 2.76 \leq 5$, 属均匀土. $D_{20}^{\downarrow} = 0.8 \text{ mm} \leq 10D_{70}^{\downarrow} = 10 \times 0.27 \text{ mm} = 2.7 \text{ mm}$. $D_{20}^{\downarrow} / d_{20}^{\downarrow} = 0.8 / 0.14 = 5.7 > 4$. 该滤料满足反滤要求, 可以作为第二反滤层使用, 不需设置第三反滤层, 但为安全再设置一层, 该层采用粒径 $10 \sim 30 \text{ mm}$ 的碎石, 其颗粒大小分配曲线见图2。

第二反滤层属均匀土, 其渗流破坏特性属流土型. 查文献[1]图5-12, 其 $D_K^{\downarrow} = D_{70}^{\downarrow} = 1.85 \text{ mm}$, 而第三反滤层, $D_{20}^{\downarrow} = 17 \text{ mm} < 10D_{70}^{\downarrow} = 10 \times 1.85 = 18.5 \text{ mm}$, $D_{20}^{\downarrow} / d_{20}^{\downarrow} = 17 / 0.8 = 21 > 4$, 该滤料满足反滤要求, 可作为第三反滤层。

e. 反滤层的层厚, 为便于施工, 又能保证反滤性能, 反滤层的厚度不小于 30 cm, 本工程取 30 cm.

2.3 施工要求

a. 施工时, 应保持基坑清洁, 外部脏物不得进入基坑, 各层反滤料在运输及铺填过程中, 不得混入其它杂质, 层间也不得相互混杂.

b. 施工中, 对各层反滤层应碾压密实, 注意保证分层厚度.

c. 浇筑渗透铺盖时, 应采取措施防止水泥浆渗入反滤层引起淤塞; 混凝土振捣时应保证冒水孔的完整. 本工程中, 混凝土浇筑前, 在反滤层表面满铺水泥纸, 混凝土凝固后用钢筋将冒水孔底部水泥纸捣通透水.

3 结 语

a. 设计中针对第⑧层土两种土质互层状的特点, 决定施打长 3.5 m 直径 40 cm @ 2 m 垂直砂桩群穿过该层进入细砂层, 地下承压水可直接通过砂桩进入反滤层, 使地下承压水头有效、可靠地释放, 保证建筑物的安全运行.

b. 渗透铺盖施工结束后, 由于基坑降水系统效能下降, 地下水位不断上升, 渗透铺盖冒水孔中最初冒出少量浑水, 一周后全部冒清水, 喷出的水头达 50 cm, 先浑后清和流量由小变大的现象与反滤设计理论吻合, 说明地下水道基本畅通, 土体结构也是稳定的, 反滤设计是成功的.

c. 土工织物作为反滤层使用, 与传统砂石材料滤层相比, 有许多优越性, 可节省大量的人工、砂石材料用量, 加快工程进度, 降低工程造价. 近年来, 在水利工程中已逐渐普及, 大有取代砂石材料滤层的趋势, 有关部门还制定了相关的设计规范. 但从一些资料来看, 土工织物作为滤层使用, 在其作用机理、淤堵特性、耐久性等方面, 理论上也有不成熟的地方, 因为一项新技术、新材料本身还有不断发展的过程. 就目前来说, 笔者认为在堤坝护坡工程中大量使用土工织物, 能发挥其长处, 而在深地基处理中使用应持谨慎态度.

d. 在长江下游地区, 地势低洼, 各种水闸、泵站等建筑物很多, 由于地基渗透破坏而引起的工程事故或事故隐患不少, 如果能够进行妥善的设计, 减少渗透破坏的发生, 将带来良好的经济效益和社会效益.

参考文献:

- [1] 刘杰. 土的渗透稳定与渗流控制[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992. 126 ~ 131.
- [2] GB/T50265-97, 泵站设计规范[S].

(收稿日期: 2001-02-27 编辑: 马敏峰)

(上接第 44 页)

水泥土搅拌桩截渗墙具有较高的经济实用价值, 每延长米(截面积 0.71 m²)造价约为 100 余元, 按成墙厚度 0.22 m 计, 每平方米成墙造价为 70 余元. 根据文献[3]进行分析比较, 可知采用水泥土搅拌桩截渗墙比混凝土截渗、高喷水泥土截渗的造价低(表 3).

表 3 垂直截渗不同成墙方式经济比较

成 墙 方 式	造 价/(元·m ⁻²)
水泥土搅拌桩截渗墙	70 ~ 90
混凝土截渗墙	150 ~ 250
高喷水泥土截渗墙	120 ~ 180

由此可见, 采用水泥土搅拌桩截渗技术是加固堤基的一种经济合理、行之有效的方法.

参考文献:

- [1] SL174-96, 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范.
- [2] SDJ218-84, 碾压式土石坝设计规范.
- [3] 董哲仁. 堤防除险加固实用技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.

(收稿日期: 2000-08-29 编辑: 张志琴)

· 简 讯 ·

一个改输煤为输电的示范工程于 2001 年建成

山西是我国著名的产煤基地之一, 多年来山西的煤多运往华东一带供发电及人民生活之用, 即所谓的北煤南运, 这不仅增大发电成本, 也给交通运输部门增加不小的压力. 1992 年山西省委、省政府作出了改输煤为输煤输电并举的战略决策, 得到了国家的肯定与支持. 经过几年的努力, 这个战略的启动工程终于在 2001 年建成变成了现实: 从山西的阳城电厂采用专线、专供方式直接输电到江苏淮阴的工程建成. 阳城电厂是世界上大型无烟煤发电厂之一, 也是我国大型坑口电站之一, 于 1997 年 1 月开工建设, 一期工程计划安装 6 台 35 万 kW 汽轮发电机组, 总计 210 万 kW. 截至 2001 年 11 月, 已有 4 台机组先后投入商业运行, 另外 2 台将分别在 2002 年 5 月和 7 月投入运行. 另外, 从阳城电厂跨越山西、河南、山东、安徽, 直达江苏淮阴的一条全长 755 km 的 500 kV 交流输电线路也在此前建成. 截至 2001 年 11 月已向江苏送电 26 亿 kW·h. 计划在阳城电厂一期工程建成后, 每年可直接向江苏送电 100 亿 kW·h. 工程由华北电力公司、山西省地方电力公司、山西省电力公司、江苏省投资公司、江苏省电力公司和美国 AES 中国发电有限公司共同投资建设, 业主是由它们组成的阳城国际发电有限责任公司, 一期工程总投资为 132 亿元. 在示范工程的带动下, 一批后续工程将陆续启动, 它们中有王曲电厂直接向山东输电, 神头二厂二期工程直接向天津输电, 娘子关电厂二期工程直接向冀南电网输电.

(吴冀高供稿)