

哈拉军水电站动力渠强湿陷性 粉质黏土段处理设计

焦 阳

(新疆水利水电勘测设计研究院, 乌鲁木齐 830000)

[摘 要] 详细介绍哈拉军水电站工程动力渠强湿陷性粉质黏土段渠道处理设计, 通过对该段渠道采取多种处理方案的比较, 结合当时施工条件等因素, 推荐出安全可靠、操作性强的处理方案, 为类似地质条件下的渠道基础处理提供经验。

[关键词] 动力渠; 强湿陷性粉质黏土; 基础处理

[中图分类号] TV74 [文献标识码] B [文章编号] 1006-7175(2016)08-0107-03

1 工程概况

哈拉军水电站工程位于新疆特克斯县境内的特克斯河一级支流库克苏河上, 是伊犁河流域库克苏水力发电规划报告中“二库五级”的中的第五个梯级电站, 距特克斯县20 km, 距伊宁市131 km。哈拉军水电站主要任务是发电, 电站装机容量为38 MW, 多年平均发电量 1.476×10^8 kW·h, 引水渠设计流量为 $98.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 。工程由电站引水渠首、引水渠、压力前池、引水隧洞、压力管道、厂房、尾水渠等建筑物组成。

引水渠道起点为上游库什塔依电站尾水渠引水枢纽连接扭面段结束点, 桩号0+066.3处; 渠道末端至哈拉军山前, 后接压力前池, 引水渠末端桩号4+791。渠道全长4 724.7 m, 根据渠道沿线地质、地形等情况, 渠道分为全挖方渠道、全填方渠道、半挖半填方渠道、暗渠及矩形槽等形式。

引水渠道采用梯形断面形式, 渠道底宽为4.6~4 m, 内边坡1:1.5~1:1.75, 外边坡1:1.5, 渠深为5.7 m。引水渠采用厚100~120 mm的C20现浇混凝土板衬砌防渗。封顶板为30 cm×40 cm×8 cm的预制混凝土板。混凝土板每隔20 m设置一道宽0.3 m、高0.3 m的混凝土横隔墙, 每隔3 m纵横设缝, 错缝布置, 缝宽0.02 m, 上部40 mm为聚氨酯砂浆, 下部60 mm为苯板。

2 渠道主要工程地质条件

引水渠沿线出露的地层岩性主要为第四系砂卵石、碎石土、粉土层等, 部分渠段渠基土为冻胀性土; 渠道

沿线地下水埋深较大, 渠道不受地下水影响。但在工程现场施工过程中, 发现桩号2+400~3+170段渠道基础为不良地层。

2.1 该段渠道工程地质条件

该段渠线处在库克苏河右岸Ⅱ级阶地上, 地形平坦, 为坡积、洪积碎石土, 坡度为 $10^\circ \sim 30^\circ$ 。该段岩性从上到下分主要分4层:

1) 第四系全新统 Q_4^{al+dl} 洪积、坡积碎石土层: 厚约2~3 m, 碎石多呈块状、片状及棱角状, 主要分布在渠边坡的上部; 结构中密; 含水率 $w=4.04\%$; 为冻胀土。

2) 全新统 Q_4^{al} 洪积粉质黏土层: 厚1~5 m, 主要分布在渠两侧边坡及渠底, 越靠近下游厚度越大, 黄色, 略湿; 为低液限粉质黏土; 湿密度 $1.37 \sim 1.75 \text{ g/cm}^3$, 天然干密度为 $1.24 \sim 1.47 \text{ g/cm}^3$, 饱和密度 $1.78 \sim 1.93 \text{ g/cm}^3$, 天然含水率 $9.7 \sim 20.6\%$, 稍湿, 为冻胀土; 湿陷系数 $0.013 \sim 0.179$, 强湿陷性。

3) 上更新统 Q_3^{al} 冲积粉土~粉砂层: 淡黄色、青灰色, 松散~稍密, 厚1~3 m, 主要在渠底以下, 级配不良, 冻胀土; 天然干密度为 $1.21 \sim 1.48 \text{ g/cm}^3$, 湿密度 $1.27 \sim 1.44 \text{ g/cm}^3$, 天然含水率为 $1.1 \sim 8.2\%$, 饱和密度为 $1.76 \sim 1.85 \text{ g/cm}^3$, 相对密度为 $0.33 \sim 0.38$, 密实度为中密下限值, 密实程度偏低。

4) 上更新统 Q_3^{al} 冲积砂卵石层: 主要分布渠堤和渠底。

2.2 渠底基础以下各层土质分布厚度及长度

根据地质剖面统计, 该段渠道各层土质厚度及渠底基础以下各层土质厚度长度统计见表1。

[收稿日期] 2016-04-01

[作者简介] 焦 阳(1985-), 男, 陕西延川人, 工程师, 主要从事水工规划设计工作。

表1 渠道各层土质厚度及渠底基础以下各层土质厚度长度统计表

| 厚度范围 | 各层土质厚度长度 /m | | 渠底基础以下各层土质厚度长度 /m | |
|----------------|-------------|-----|-------------------|-----|
| | 粉质黏土层 | 粉砂层 | 粉质黏土层 | 粉砂层 |
| $H \leq 1$ | 10 | 244 | 387 | 144 |
| $1 < H \leq 2$ | 581 | 325 | 340 | 136 |
| $2 < H \leq 3$ | 133 | 157 | | 447 |

2.3 该段渠道存在的主要工程地质问题

- 1) 全新统 Q_4^al 洪积粉质黏土层为低液限粉质黏土, 为强湿陷性黄土。
- 2) 根据现场对上更新统 Q_3^al 冲积粉土~粉砂层所做

的相对密度实验数据显示, 5组数据为0.33、0.35、0.36、0.34、0.38。根据《水利水电工程地质手册》, 砂土的紧密度程度划分标准见表2。

表2 砂土的紧密度程度

| 紧密程度 | 极松 | 稍松 | 中密 | 密实 |
|------|------------|-------------------------|--------------------|----------------|
| 相对密度 | $Dr < 0.2$ | $0.2 \leq Dr \leq 0.33$ | $0.33 < Dr < 0.67$ | $Dr \geq 0.67$ |

根据划分标准显示, 粉砂层密实度为中密, 但均属于中密下限值, 该层的密实程度偏低。渠道在以后的运行中, 渠道基础容易产生不均匀变形。

积粉土粉砂层; 考虑渠底冻土层砂砾石换填、渠道边坡换填砂砾石。根据现场对冲积粉土~粉砂层所做的相对密度实验数据显示, 虽然粉砂层密实度为中密, 但均属于中密下限值, 密实程度还是偏低。渠道在以后的运行中, 渠道基础容易产生不均匀变形。因此, 方案二也存在一定的安全隐患, 因粉砂层厚度不大, 换填方量有限, 宜将该层彻底换填。

3 渠道处理原则

- 1) 哈拉军水电站工程已于2012年4月开工建设, 按施工进度安排, 2014年10月第一台机组发电。2013年4月, 在进行渠道开挖施工过程中发现该地质问题。由于施工工期非常紧, 所以对该段渠道处理方案必须具有可操作性, 在确保工程安全的条件下要求施工快速、方便。
- 2) 该项目以发电为主, 渠道引水流量大 ($98.2 \text{ m}^3/\text{s}$), 渠道横穿当地林场, 周边有居民居住, 所以处理方案必须安全可靠, 不留安全隐患。

方案三: 渠底及渠道边坡基础采用厚度0.3 m为“水泥土”处理(水泥: 土为2: 8)。该方案不挖除湿陷性黄土和粉砂层, 只在渠底及边坡增加厚0.3 m的水泥土。该方案换填工程量少, 但水泥土施工需投入新的施工机械。由于黏土含水率较低需设置一土料制备场堆土牛加水制备, 水泥土拌制(采用机械或人工)工艺复杂, 渠道边坡填筑施工困难, 施工工艺较复杂。

4 渠道处理方案及分析评价

4.1 处理思路

- 1) 基本消除基础下地基土的湿陷性。其常用方法有预浸水法、重锤夯实、强夯、挤密桩、垫层法等。
- 2) 建筑物基础穿透湿陷性黄土层。将上部荷载通过深基础直接传递于湿陷土层以下的持力土层上, 从而克服湿陷性黄土层带来的工程问题。
- 3) 充分作好建筑物基础的隔水层。使基础湿陷性黄土地基无法浸水, 以达到避免地基湿陷的目的。

方案四: 渠底及渠道边坡基础采用两层一布一膜方案。该方案不挖除湿陷性黄土和粉砂层, 只在原设计的基础上再增加一层一布一膜。该方案换填工程量少, 但由于施工质量原因, 复合土工膜在施工过程中一般存在破坏膜的风险, 膜一旦破坏对渠道的防渗效果有很大影响, 渠道的运行安全存在风险。

4.2 处理方案及分析

根据2+400~3+170段渠道存在的主要工程地质问题, 结合现场施工条件, 提出以下处理方案。

方案五: 渠道预浸水处理方案。该方案不挖除湿陷性黄土和粉砂层, 只对湿陷性黄土进行预浸水。

方案一: 渠底基础清除湿陷性粉质黏土层和冲积粉土粉砂层, 清至砂砾石层; 渠底及渠道边坡换填砂砾石。根据现场提供的地质资料, 2+400~3+170渠段湿陷性粉质黏土部分厚度在2 m以内, 其中厚度<1 m的渠段长度390 m, 厚度1~2 m的渠段长度340 m。根据收集的关于湿陷性黄土的处理资料显示, 一般厚2~3 m的湿陷性黄土基本都采用换填的处理方案, 这种处理方法安全可靠, 不留安全隐患。只有当湿陷性黄土厚度很大, 不具备换填条件的情况下才采用其他处理方法。

根据伊犁南岸干渠湿陷性黄土的处理经验, 此方案先将渠道开挖成型, 再根据施工单位配备的抽水设备的抽水能力对渠道进行分段设隔堤进行预浸水, 分段一般为100~300 m, 浸水水位保持在渠堤以下50 cm。预浸水后基础下土层含水量过高, 且消散时间较长(挖方渠道浸水时间不少于45 d, 渠底排水后需晾晒30 d), 致使后续工作短时间内无法正常进行。浸水工作必须在入冬前完成, 且将渠道内余水排干, 以免表层含水量过大的情况下过冬, 造成渠道冻胀破坏并影响来年的施工周期。此方案换填工程量少, 但需水量大、工期较长, 且后期由于渠道过水等因素, 基础存在二次变形的可能, 处理效果不理想。

方案二: 渠底基础只清除湿陷性粉质黏土层, 保留冲

5 各方案运行期安全性评价

以上5个方案实际上分为两个大的处理方案:

方案一、方案二、方案五为通过基础换填或预浸水法,以基本消除基础下地基土的湿陷性,为主动处理方案。

方案一为对湿陷性黄土及底部密室程度较低的粉砂层进行换填处理;换填不良地层可以彻底清除安全隐患,确保了渠道运行期的安全。

方案二为仅对湿陷性黄土进行换填处理;下部粉砂层密实度偏低,渠道在以后的运行中,渠道基础容易产生不均匀变形。因此方案二也存在一定的安全隐患。

方案三、方案四通过采用工程防渗措施避免底部湿陷性黄土进水,为被动处理方案。该方案在理论上是可行的,但在实际运行中是否安全,主要取决于工程施工质

量。根据目前所建渠道的运行情况来看,由于施工质量难以控制,难以达到设计要求的理想指标,实际上大多数采用土工膜防渗的渠道均存在漏水现象。渠道在工程运行期的安全是难以保证的。

方案一、方案二在工程投资上较方案三、方案四要高,但渠道运行期较安全。方案三、方案四虽然工程投资较少,渠道运行期的安全主要受施工质量控制,运行期的安全是难以保证的。

方案五仅对湿陷性黄土进行预浸水,本工程渠道左侧为砂砾石填方渠道,预浸水施工难度较大,处理工期较长,并且处理效果不理想,后期由于渠道过水等因素,基础存在二次变形可能,该方案不安全、不可靠。

表 3 各方案评价及投资综合对比表

| 项目 | 方案一 (挖除黄土及砂层) | 方案二 (挖除黄土) | 方案三 (水泥石) | 方案四 (双层膜) | 方案五 (预浸水) |
|-------|-----------------------------|----------------------------|---|---------------------------|------------------------------|
| 安全可靠度 | 彻底换填,不留安全隐患 | 部分换填,有一定的安全隐患 | 受施工质量影响很大,难以达到设计要求的指标 | 同方案三 | 受浸水效果质量影响很大,且后期存在二次变形的可能 |
| 料场情况 | 对料场储量要求最高 | 对料场储量要求较高 | 对料场储量要求较低 | 同方案三 | 同方案三 |
| 施工工艺 | 直接利用施工现场施工机械,采用常规的施工工艺相对简单。 | 同方案一 | 需投入新的施工机械,由于粘土含水率较低需设置一土料制备场堆土牛加水制备,水泥石渠道底部采用振动碾碾压。 | 同原方案设计 | 需从河道扬水,并保持渠道内的高水位,工期较其他方案最长。 |
| 优点 | 安全可靠度高,施工简单 | 安全可靠度高,施工简单,投资较方案一便宜 | 工程投资较少 | 工程投资最少 | 换填工程量小 |
| 缺点 | 工程投资高 | 工程投资较高,粉砂层密实度不高,有可能产生不均匀沉降 | 施工工艺复杂,施工质量要求高,渠道安全性受施工质量影响较大 | 对膜的施工质量要求高,渠道安全性受施工质量影响较大 | 处理效果不理想,且工期相对其他方案最长 |
| 投资 | 519.99 万元 | 442.52 万元 | 366.29 万元 | 293.79 万元 | 因不定因素,无投资 |

6 结 论

通过对该工程渠道湿陷性黄土段地基处理的各方案比选,选择了现场施工可操作性强、处理方案安全可靠、不留安全隐患的方案一作为推荐方案,并且实施。

哈拉军水电站工程于 2014 年通水发电至今,动力渠渠道运行情况良好,通过监测实测数据显示,该处理段基础未发现异常变形。通过对该工程渠道湿陷性黄土段地基处理经验,为类似地质条件下的渠道基础处理提供了经验。

【参考文献】

[1] 新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院. 哈拉

军水电站工程地质勘察报告 [R]. 乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院,2011.

[2] 新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院. 哈拉军水电站工程可行性研究报告 [R]. 乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院,2011.

[3] 罗培新. 强夯置换法处理松软地基的经验总结 [J]. 山西建筑,2006(16):40-42.

[4] 余维江 赵琳琳. 浅谈地基处理换填垫层法 [J]. 建工论坛,2010(4):20-21.

(编辑:赵琳琳)