

文章编号:1006-7329(2003)02-0067-06

# 恶劣环境条件下高填方设计关键技术问题\*

沈细中<sup>1</sup>, 刘隆斌<sup>2</sup>, 陈敏<sup>3</sup>, 沈华中<sup>1,3</sup>

(1.武汉大学 土木建筑工程学院, 武汉 430072; 2.湖北省水利水电勘测设计院, 武汉 430070; 3.长江水利委员会江务局, 武汉 430010)

**摘要:**在地质水文条件极为复杂,外部水位反复升降的恶劣环境条件下,短时间内填筑外坡陡峭,沉降变形要求特别高的填方工程,所涉及的技术问题多,无规范可循,难度大。本文以重庆某高填方工程为例,针对复杂环境下高填方工程中存在的技术难点问题,综合运用多种理论和技术,对高填方体的稳定、排水、湿化变形、沉降控制及周围滑坡治理等问题予以解决,可供类似工程参考。

**关键词:**高填方; 沉降; 渗流; 湿化

**中图分类号:**TU476+.4

**文献标识码:**A

长江三峡水库蓄水在即,长江沿线需要兴建一系列生命线工程和移民工程,因其地质水文条件非常复杂,高填方工程特别多。这些工程的时间短,要求严,且地质条件、地表地下水文情况极为复杂,有的场内外的滑坡体多,加上高填方体将来要经受长江水位涨落的考验,所涉及的技术难题多。本文以重庆市巫山县污水处理厂高填方工程为例,针对这些难点,通盘考虑,各个击破。

## 1 工程概况

### 1.1 工程规模

重庆市巫山县污水处理厂(简称:污水厂)是三峡库区就地后靠移民建城(镇)的一项高难度、高风险的特种工程,位于长江之畔的巫山县新城二道沟内,规划滨江路从厂前(填方体前沿)通过,详见图1。污水厂近期日处理污水能力2万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,远期3.5万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,场坪设计高程179m(吴淞高程),最大填方高度75m,填方量约57万 $\text{m}^3$ ,设计总投资9316万元,其中高填方工程投资3200万元。

### 1.2 工程环境条件

#### 1.2.1 地质水文条件

场地内的地层岩性主要有覆盖层和基岩。覆盖层主要分布在两岸谷坡中上部,系残坡积堆积物( $Q_4^{al+dl}$ )、滑坡堆积物( $Q_4^{del}$ )、崩滑体堆积物( $Q_4^{col+del}$ )三种,均属碎块石土或粉质粘土类碎石或砾质粘土。基岩为巴东组二段紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和巴东组三段浅灰色泥质灰岩、泥灰岩。场地位于北东东向,巫山向斜南翼靠近核部,岩层呈单斜构造,岩体节理裂隙发育,以两组陡倾角节理为主,节理裂隙面平直光滑,贯通性好,将岩体切割成块状,层间裂隙较发育。

场地内外不良地质体多。场区下段左岸谷坡中上部有崩滑体,主滑方向南西向,总方量约8.3万 $\text{m}^3$ ;场区上段右岸谷坡的中上部存在滑坡体,滑体西高东低,主滑方向东偏南,总方量4.7万 $\text{m}^3$ ;场地外部沟上游左岸谷坡中下部、紧靠场地上游边界有滑坡体,滑体总方量约5万 $\text{m}^3$ ,目前处于稳定状态;场地外中段左岸谷坡坡顶陡崖上有危岩体,陡岩高达10余m,断裂及节理发育,岩石较坚硬,陡岩表面岩块普遍松动,有失稳的可能。

\* 收稿日期:2003-01-10

作者简介:沈细中(1969-),男,湖北崇阳人,博士生,主要从事桩基与地基处理研究。

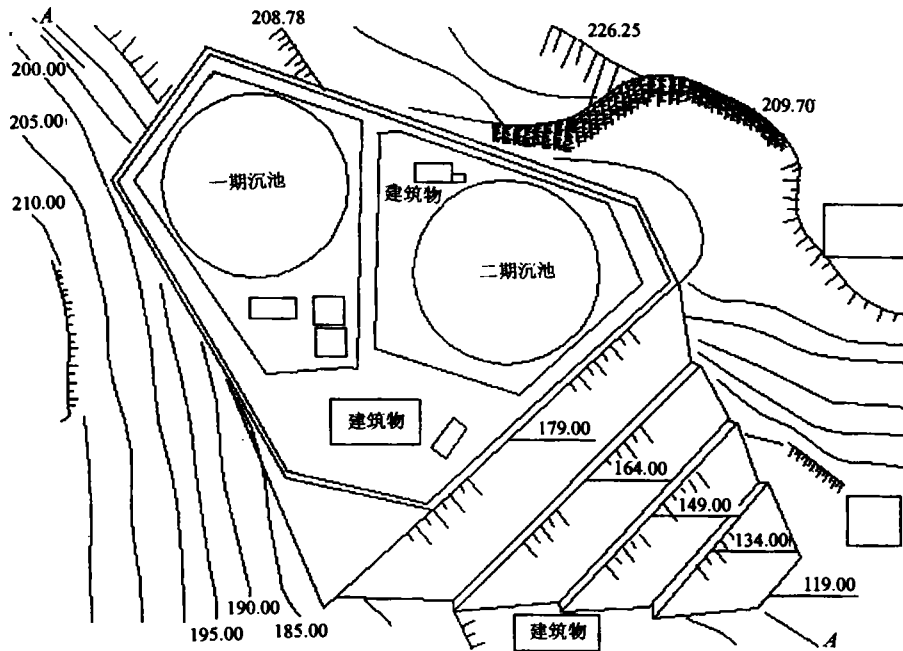


图 1 巫山县污水处理厂平面布置图

场地地表地下水文复杂。粉质粘土类碎石、碎块石土、巴东组二段强风化带及巴东组三段属强透水层；巴东组二段中等风化带属弱透水层。沟底溪流有常年性地表径流，冲沟地段基岩内有少量裂隙水。

### 1.2.2 三峡水库蓄水水位变化

三峡水库 2003 年 6 月水库坝前蓄水位 135 m，水库无调节，135 m 以下为水库永久淹没区。2007 年汛后，水库蓄水至坝前水位 156 m（初期蓄水位），库水位在 135 ~ 156 m 之间运行。水库最终蓄水位为 175 m（正常蓄水位），库水位在 175 ~ 145 m 之间运行（吴淞高程），高填方体将要经受长江水位频繁涨落的考验。

表 1 巫山县城在三峡大坝施工期及运行期水位情况

坝前蓄水位	时段	设计高水位	设计低水位
135 m	2003 ~ 2006	143.2	135.1
135 ~ 156 m	2006 ~ 2013	156.3	135.1
145 ~ 175 m	2013 年后	175.1	145.1

## 1.3 工程设计要求

### 1.3.1 填方特别高

由于三峡水库的最终蓄水位为 175 m（正常蓄水位），根据污水厂自身的要求，设计高程为 179 m，从冲沟底部 104 m 高程算起填高达 75 m，从沟口地面算起也大于 60 m，属于特高填方工程。

### 1.3.2 工期紧

根据三峡水库蓄水情况，该填方工程必须是当年填方，当年修建的建（构）筑物。

### 1.3.3 外坡陡

根据库岸保护及滨江路设计的特殊要求，考虑经济因素，填方体外坡要求较陡（坡率 1:1.5）。

### 1.3.4 沉降变形要求高

高填方顶面是污水厂地坪，污水处理的氧化沟、二沉池建在填方体上，厂房建筑物对填方沉降变形要求特别高，其中总沉降小于 10 cm，不均匀沉降小于 2 cm。

## 2 高填方工程设计难点

1) 填方体高,填筑体空间形状复杂,外边坡较陡,可能存在局部滑动或整体滑动,应进行填筑体稳定性分析,并采取适当的控制措施,同时要加强施工过程及建成后的检测和监测。

2) 高填方临时边坡应在滨江路修筑之前能维持陡边坡的稳定性;在临时坡面暴露期间能保护坡面,防止雨水冲刷和侵蚀;排水通畅。

3) 场地地表地下水文复杂,污水管系汇集了整个巫山新城的生产和生活废污水,并集中由该厂处理后排出,必须设计好各种排水措施。

4) 填方体处于库水位升降幅度范围中,必须考虑库水位频繁升降所产生的渗透压力和湿化变形等复杂因素。

5) 建设工期紧,工期仅半年多,而沉降变形要求又特别高,必须考虑采取多种方法控制沉降和不均匀沉降,以确保污水厂建成后能正常运行。

6) 场地内外不良地质体多,必须考虑边坡支护措施,以确保填方体及其建筑物的安全。

## 3 对策措施

### 3.1 高填方体稳定性分析和监测

#### 3.1.1 高填方体稳定性分析

高填方具体设计如图1。填方体稳定性分析<sup>[1]</sup>计算采用《公路路基设计规范》、《建筑地基基础设计规范》中的剩余推力传递系数法,取典型剖面进行计算分析。经计算得施工阶段的稳定性情况:安全系数  $K = 3.830$ 。使用阶段的稳定性情况:库水位蓄水至 175 m,  $K = 2.90$ ;库水位从 175 m 突降至 145 m,  $K = 2.06$ 。因此这种设计方案能经受库水位频繁升降的考验。

#### 3.1.2 高填方体质量和安全监测

施工质量控制主要是检测各碾压和强夯层填土的含水量、干密度和压实系数,按 4 点/2 000 m<sup>2</sup> 的标准用核子水分-密度仪进行检测。

高填方体设置了坡面位移监测和深层水平位移、沉降监测装置,形成了多手段多层次的立体监控体系,为评价工程质量,保证施工安全,以及填方工程动态设计和优化设计提供了科学依据。

### 3.2 临时边坡的防护措施

由于经济因素和库岸保护及滨江路设计特殊要求,填方体外坡较陡,坡率为 1:1.5。因土工布<sup>[2]</sup>具有较好的加筋、透水、隔离(防管涌)作用,且简单易行、便于施工,为确保临时边坡的稳定,临时边坡的防护采用了 1:1.5 的土工织物护坡。具体是用黑色加炭土工布,间距为 1 m,逐层铺设;同时用土工织物包裹碎石的水平排水沟,沟截面尺寸为 50 cm × 50 cm,相邻沟中心距为 10 m,以排除填方体坡内水,具体如图 2、图 3。通过这些措施可以保证在滨江路修筑之前,能维持陡边坡的稳定;并保护临时边坡暴露期间免遭雨水的冲刷侵蚀。

### 3.3 临时边坡排水和坡趾滤水措施<sup>[3,4]</sup>

#### 3.3.1 临时边坡排水措施

为减少库水位突降时产生的渗透压力对临时边坡稳定性的影响,防止工后长期浸水湿化变形,加速临时边坡内土体的排水固结,在临时边坡内设置了水平排水系统。具体措施为:每隔 3 m 高填土设一层水平排水沟,用碎石铺设,沟截面尺寸为 50 cm × 50 cm,相邻沟中心距为 10 m,渗透系数  $K > 4 \times 10^{-2}$  cm/s,铺设范围为外边坡至 1:0.75 线范围,排水层外倾坡率为 5‰,如图 2、图 3 所示。

#### 3.3.2 坡趾滤水措施

坡趾应排水通畅,能及时排出地下水。具体措施为:填土基底设置不等厚度的透水材料至

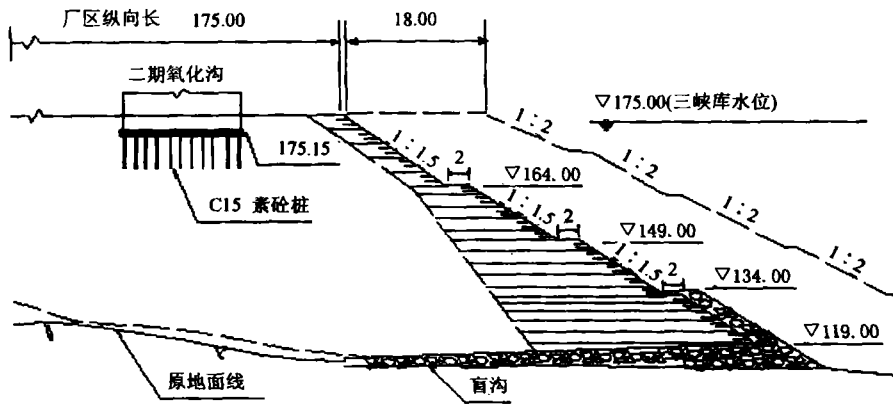


图 2 A-A 断面图

119.0 m 高程,坡趾处宽度不小于 10 m,用粒径  $\geq 30$  cm 的碎块石,其渗透系数  $K > A \times 10^{-2}$  cm/s,每层摊铺厚度为 40 cm,振动碾压 5 遍,碾压后相对密实度达到 0.7 以上。

3.4 减少渗透压力及填筑体排水的措施<sup>[3,4]</sup>

库水位突降时,填土中的孔隙水来不及排出,会产生一定的渗透压力,不利于填筑体的稳定,采取措施为:场区内设测地下水位观测井,布置一定数量的降水井管;每 5 m 填高(即强夯层面处)沿填方体外边缘预埋砂沟(盲沟)并与坡面碎石体连接;砂沟外倾坡率为 5‰,同时用大块石沿填方体竖向每隔 20 m 修建截面积 1.5 m × 1.5 m 的竖井,将砂沟串通起来(图 4),以便平时能更好地排泄地下水,库水位突降时能迅速排出土中的孔隙水。经施工监测证明,这种排水系统行之有效。

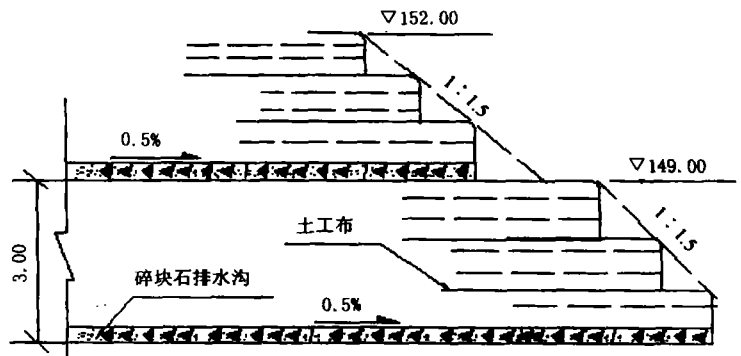


图 3 临时边坡水平排水系统

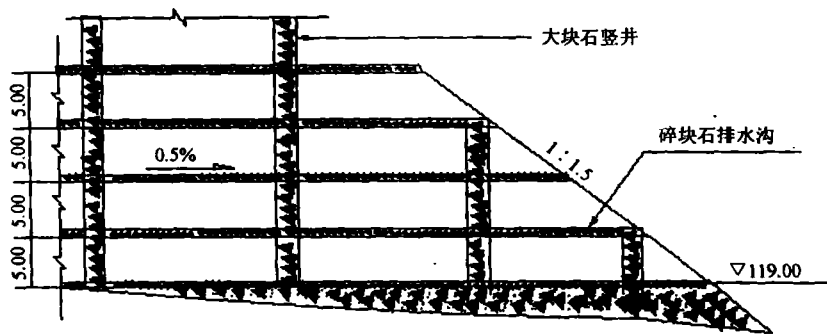


图 4 填方体排水系统示意图

### 3.5 沉降控制措施<sup>[2]</sup>

因三峡工程蓄水的需要,该工程必须当年填筑、当年修建的建(构)筑物,必然存在着沉降  $S$  和不均匀沉降  $\Delta S$ ,污水厂上部结构中的氧化沟和二沉池,直径为 64 m,建成后在其中处理污水,因此对沉降和不均匀沉降的要求特别严,对不均匀沉降要求尤其严格,具体为  $S \leq 10$  cm,  $\Delta S \leq 2$  cm,采取的控制措施如下。

#### 3.5.1 建(构)筑物基础沉降控制

填筑压实方法因地势制宜,多管齐下,提高填方体压实度,从而提高地基的强度,降低其压缩

性。针对污水厂填方工程要求,结合当地土料主要是巴东组1、2、3段,取这三种土料进行了室内试验,确定了适合现场土质条件的设计参数,在此基础上提出了填筑压实方法和标准,即以分层振动碾压为主(各层厚度为50 cm,振动力为40~50 t,碾压和强夯的压实系数分别大于或等于0.95、0.98),每隔5 m填高强夯2~3遍。

### 3.5.2 建(构)筑物基础不均匀沉降控制

为控制不均匀沉降,利用桩基可减少不均匀沉降的优点,氧化沟、二沉池采用素混凝土桩(桩长5.5 m)的刚性复合地基。桩底面为强夯面,桩端阻力 $q_p = 500$  kPa, $q_s = 40$  kPa,刚性短桩复合地基设计参数为:桩径 $\varnothing 30$  mm,桩长 $L = 1.5$  m,桩中心距为1.5 m,桩顶扩径至 $\varnothing 70$  mm,C15素混凝土,采用单桩承载力公式计算得单桩承载力 $P = 242.5$  kN,安全系数为1.8。同时在氧化沟、二沉池基底与桩顶之间设40 cm厚的碎石垫层,如图3。其它建筑物采用整体筏基、格构式条基或独立基础。

### 3.6 消除湿化变形措施

1) 在不同的填筑高程和不同部位采用不同的填筑压实方法和标准,提高填方体压实度,从而降低渗透系数。

2) 施工时偏湿填筑,必要时用水管洒水。建成后场区内设渗井管,使土体预浸湿,从而减少长江水位上升后填方体的湿化变形量。

### 3.7 滑坡体治理措施<sup>[5]</sup>

该工程所处位置的环境条件恶劣,场内外滑坡体多,严重影响工程的施工及运行的安全,必须对这些滑坡体进行处理,以确保工程安全。

#### 3.7.1 岩质边坡支护

为保护平湖西路的路堑路基,在离开场区边界线1 m处对岩体采用1:0.3的坡率进行放坡,要求坡面大致平整,采用挂网喷射砼支护,并自上而下设置浅表排水管,必要时设置深层排水管,以排泄地表及地下水。

#### 3.7.2 土质边坡治理

岩质边坡以上松散体为土质边坡,可以采取削方减载方案。自上而下放坡,土质边坡的削方范围应与相邻工程(平湖西路)协调,并做好排水设施,雨季时必须用防水布铺在坡面上以防止形成泥石流。

## 4 结语

1) 长江沿线需要兴建的一系列生命线工程和移民工程中,高填方工程特别多。对工程环境条件极为复杂,填筑标准要求特别高的高填方工程,目前没有规范可循,本文针对特殊高填方工程中存在的重点和难点问题,融合土木、水利有关理论和技术,对高填方稳定、排水、湿化变形、沉降控制以及滑坡治理等问题进行了专门的探讨,并提出了一系列行之有效的措施,可供高填方工程设计时参考。

2) 恶劣环境条件下的特殊高填方工程涉及的问题多,对这些技术难点,可按照综合考虑,各个击破的原则予以解决。高填方工程要特别重视填筑体稳定、排水、渗流、湿化变形等问题,并按照信息化施工的原则,加强对施工过程及竣工后的监测,确保填方体的安全。

## 参考文献:

- [1] JGJ7-89,建筑地基基础设计规范[S].
- [2] 地基处理手册编写委员会.地基处理手册(第二版)(M).北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [3] Harr, M. E. .Groundwater and Seepage[M].Dover, New York, 1990.

- [4] 张在明. 地下水与建筑基础工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.  
[5] 崔冠英, 潘品蒸. 水利工程地质(第二版)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.

## Key Technical Issues in Project Design of Tall Earth Fill under Abominable Surroundings

SHEN Xi - zhong<sup>1</sup>, LIU Long - bin<sup>2</sup>, CHEN Min<sup>3</sup>, SHEN Hua - zhong<sup>1,3</sup>

(1. School of Civil Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China; 2. Reconnaissance & Design Institute of Water Resources & Hydraulic, Hubei, Wuhan 430070, P. R. China; 3. River Affairs Bureau, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, P. R. China)

**Abstract:** During the construction of very tall earth fill with the exterior cragged slope in a short time and especially strict limitation in sedimentation under abominable geological and hydrological condition as well as repeating fluctuation of the outer water level, many technical issues were involved in design and no criterions could be followed, thus the design was very difficult. Aiming at technical difficulties of tall earth fill under complex surroundings, in this paper, taking a project as the example, various theories and techniques are applied synthetically to solve stabilization, drainage, slaking distortion, sedimentation - controlling, coast harnessing and so on, thus these key techniques can be used as reference to the similar projects.

**Keywords:** tall earth fill; sedimentation; seepage; slaking

---

(上接第 57 页)

## Test and Computation of Suspended Cable's Static Tensile Force of a 'Basket Handle' Type Arch Bridge

ZHONG Yi - feng<sup>1</sup>, DENG Chao - rong<sup>1</sup>, YIN Xue - gang<sup>2</sup>

(1. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. College of Resource and Environment, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

**Abstract:** The steel pipe concrete 'Basket Handle' type arch bridge is a new bridge type. Based on the testing technology using structure's vibration information, in this paper, the Xinglongao arch bridge's suspended cable inherent frequency was tested and analyzed and the computing method for static tensile force was introduced. Hence the whole construction damage could be inspected and evaluated, these test and analysis are the important part of the damage inspection and evaluation of a bridge and the scientifically reliable evidence for maintenance and reinforcement of the bridge can be obtained.

**Keywords:** steel pipe concrete; "basket handle" type arch bridge; inherent frequency; computing method of static tensile force