

鲤鱼塘水库排沙放空洞交通桥下部结构设计

翟晓斌^{1,2}

(1. 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司, 湖南长沙 410014; 2. 三峡大学土木与建筑学院, 湖北宜昌 443002)

摘要: 鲤鱼塘水库排沙放空洞交通桥墩置于软岩上, 墩身高达22.051 m, 承受较大的横向力。经选用实体式桥墩并对其基础及岩基采用锚筋、锚索、网格梁等加固型式进行处理后完建, 通过八年多时间的安全运行, 证明以上措施较好地解决了工程难题。

关键词: 交通桥; 桥梁基础; 结构设计; 鲤鱼塘水库

中图分类号: [TU997]; TV7; TV222

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2016)03-0073-04

1 工程概述

鲤鱼塘水库为重庆市开县境内的Ⅱ等大(2)型工程, 水库正常蓄水位高程450 m, 总库容为1.034 5亿 m^3 , 首部枢纽混凝土面板堆石坝最大坝高103.8 m, 采用右岸岸边开敞式溢洪道、左岸排沙放空洞、左岸引水隧洞和岸边地面厂房的总体布置方案。该水库排沙放空洞与引水隧洞并行布置在左岸, 两洞进口设置成“双塔”型式, 排沙放空洞顶部进口检修塔顶设有交通桥与左岸上坝公路相连, 该交通桥也是左岸引水隧洞顶部通往坝址左岸的唯一通道。

该桥桥址位于排沙放空洞进口左岸边坡, 自然坡角 45° , 基岩裸露, 岩性组合为砂岩、粉砂岩、泥岩互层结构, 泥岩岩性软弱, 泡水易软化。桥墩基础地基允许承载力为1.5~3 MPa。区域地质构造相对稳定, 地震基本烈度小于Ⅵ度, 按Ⅵ度设防。

桥式结构为(2×20) m连续桥面简支梁, 全长40 m, 立面结构见图1。桥梁采用20 m装配式钢筋混凝土T形梁, 桥梁净宽度为4 m, 设计荷载为汽车—15级、挂车—80^[1]; 在墩顶及台顶每梁梁端各设200 mm×300 mm×49 mm板式橡胶支座1个, 全桥共设8个。

桥梁的下部结构采用C20钢筋混凝土实体墩; 岸边桥台采用U形重力式桥台, 桥台材料为C15埋石混凝土, 桥台基础尺寸为6.6 m×7.905 m×9.3 m(顺桥向×横桥向×高度)。

当地七月份平均气温为 30°C , 极端最高气温

为 42°C , 一月份平均气温为 5°C 。要求简支梁安装及桥面连续施工的温度为 $15^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$, 伸缩缝安装温度为 $15^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ 。

桥墩与桥台均为明挖基础。鉴于桥台型式较为常见, 故不再赘述, 笔者主要介绍该桥的桥墩、基础及附属设施的设计。

2 下部结构设计

2.1 桥墩结构型式

考虑到该桥墩位于深水库(库水深为90 m)中且处于泄水建筑物进口附近, 水流波动较大, 故桥墩采用圆端形实体重力墩, 桥墩侧坡坡比为59.86:1, 墩身壁厚1.1~1.8 m, 宽3.3~4 m, 高22.051 m。墩顶设墩帽, 墩帽尺寸为1.2 m×4.4 m×1.4 m(顺桥向×横桥向×高), 墩帽顶设外露式垫石以放置橡胶支座, 两侧矩形端头高出墩帽顶0.3 m做防震挡板。

2.2 桥墩设计要点

2.2.1 制动力取值

根据相关规范规定, 当桥涵为一或二车道时, 汽车荷载产生的制动力为布置在荷载长度范围内一行汽车车队总重力的10%, 但不小于一辆重车的30%^{[2],[3]}。对于所选定的汽车荷载, 在40 m范围内, 全桥可布置一辆200 kN的加重车和两辆150 kN的标准车^{[1],[3]}(图2), 根据比较, 将制动力取为60 kN。制动力按墩台及支座顶部集成刚度进行分配^[3], 两侧桥台各为20.16 kN, 桥墩为19.67 kN。

2.2.2 荷载计算分析

对于该工程, 桥梁承受的荷载主要有纵向水

收稿日期: 2015-12-12

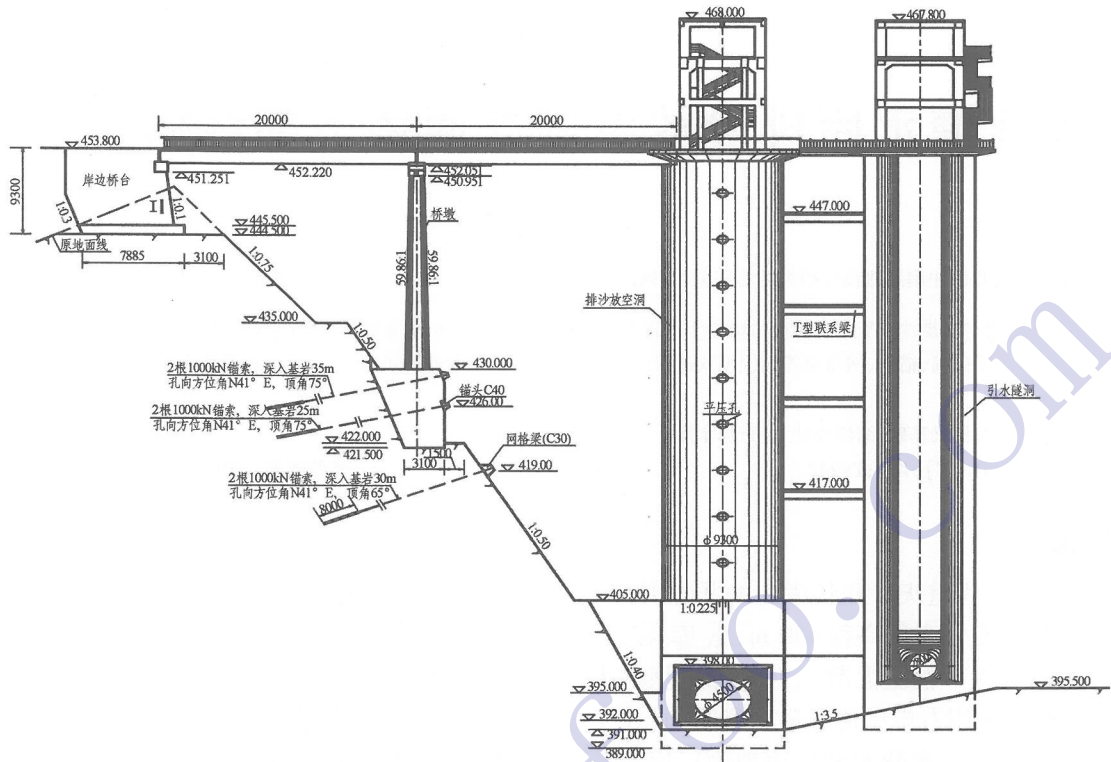


图1 桥式立面结构图(上游视,单位:mm)

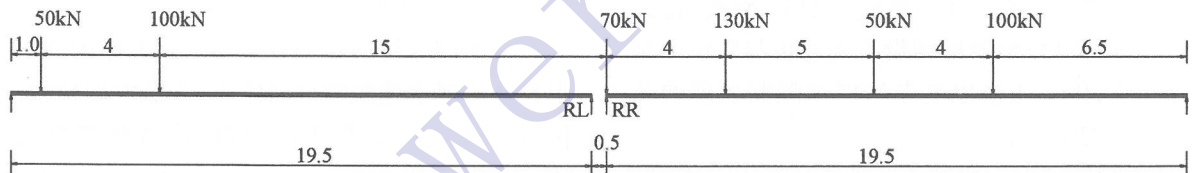


图2 汽车-15级荷载纵向分布图(单位:m)

平力、风压力(含横桥向和纵桥向)、浪压力、竖向力四类,其中后三类荷载需考虑蓄水前后两种情况。

纵向水平力主要有温度影响力、混凝土收缩影响力及制动力等。其中温度影响力为温度变化(温升或温降)对结构的影响,该工程考虑温降20℃与温升27℃。按规范^[4]要求,简支梁结构不计混凝土收缩影响力。但该工程因采用现浇结构,落梁之前混凝土干缩尚不充分,故按温降10

℃考虑混凝土收缩效应^[3]。对纵向水平力进行组合分析后得知:桥墩顶支座最大剪切变形正切值为0.08,小于橡胶支座允许剪切角正切值0.7,满足规范要求^[4]。

根据规范规定,横桥向风力按作用于栏杆、T梁及桥墩上考虑,纵桥向风力不计桥面结构及上承式梁所受的风荷载,桥墩上的纵桥向风荷载标准值按横桥向风压的70%乘以桥墩迎风面积计算^[2]。风荷载计算成果见表1。

表1 风荷载计算成果表

工况	风荷载设计值 /kN·m		对墩身底弯矩 /kN·m		备注
	横桥向	纵桥向	横桥向	纵桥向	
蓄水前	131.5	103.43	2 573.46	1 159.14	
蓄水后	64.34	4.67	1 477.33	98.84	

蓄水运行工况,考虑桥墩长边方向浪压力作用,经计算得知,作用在桥墩上的浪压力为149.58 kN,对墩身底弯矩为2 915.23 kN·m。

竖向力包括每个桥墩承受的恒载(结构重力)、汽车-15级荷载(计冲击力)、人群荷载、挂车-80荷载等。使墩身纵桥向受到最大偏心弯

矩的汽车 - 15 级的布置情况见图 2, 桥横向布置一列车。对竖向力进行组合分析得知, 支座承受的最大压应力为 9.41 MPa, 小于橡胶平均容许压应力 10 MPa, 满足规范要求^[4]。

2.2.3 荷载组合分析

表 2 纵桥向荷载组合分析表

工况	蓄水前(后)	纵桥向荷载组合情况
1	蓄水前	恒载 + 汽车 + (温降 + 混凝土收缩影响力 + 汽车制动力)
2		恒载 + 汽车 + (温降 + 混凝土收缩影响力 + 汽车制动力) + 风荷载
3	蓄水后	恒载 + 汽车 + (温降 + 混凝土收缩影响力 + 汽车制动力)
4		恒载 + 汽车 + (温降 + 混凝土收缩影响力 + 汽车制动力) + 风荷载 + 浪压力

注: (1) 挂车不计制动力, 且不考虑与温度变化影响力等非经常性外力作用组合, 不为控制组合, 不作组合计算; (2) [(温降 + 混凝土收缩) 影响力 + 制动力] 较之 [温升影响力 + 制动力] 为大, 后者不作组合计算。

时计入, 初步形成以下 4 种不利组合:

- (1) 组合 1, 蓄水前工况。恒载 + 汽车(横向偏心) + (温降、混凝土收缩力、汽车制动力) + 纵向风力荷载组合;
- (2) 组合 2, 蓄水前工况。恒载 + 汽车(横向偏心) + (温降、混凝土收缩力、汽车制动力) + 横向风力荷载组合;
- (3) 组合 3, 蓄水运行工况。恒载 + 汽车(横向偏心) + (温降、混凝土收缩力、汽车制动力) + 纵向风力、浪压力荷载组合;
- (4) 组合 4, 蓄水运行工况。恒载 + 汽车(横向偏心) + (温降、混凝土收缩力、汽车制动力) + 横向风力荷载组合。

以上 4 种组合的墩底截面外力计算成果见表 3。

表 3 墩底截面外力计算成果表

组合	竖向力 /kN	纵向弯矩 /kN·m	横向弯矩 /kN·m
1	4 042.04	1 336.08	230.9
2	4 042.04	708.32	2 289.67
3	4 042.04	2 624.17	230.9
4	4 042.04	708.32	1 412.77

经比较, 以组合 3 为主控制设计, 其结构设计中应首先计算组合 3, 再对组合 2 加以验算。

2.2.4 桥墩的纵横向偏心距增大系数 η

根据规范要求^[4], 在计算偏心受压构件时, 对于长细比 $l_0/i > 17.5$ 的构件, 需考虑偏心距增大系数 η 。 η 与构件计算长度 l_0 有关。而要确定偏心距增大系数, 需先确定构件计算长度 l_0 。对于纵桥向, 其桥墩底端固结于基础顶, 上端受橡胶支座和相邻各孔墩台及其支座的弹性约束, l_0 按刚度集成方法^[4] 计算为 34.82 m; 对于横桥向, 由于相邻各孔墩台及其支座的弹性约束较弱, 出于

根据以上荷载分析得知, 该工程荷载组合分为纵桥向与横桥向两类, 纵桥向有 4 种荷载组合, 详见表 2; 横桥向只有一种荷载组合, 即恒载 + 汽车横向偏心 + 横向风力组合。

对于各方向荷载组合, 考虑纵、横向风力不同

偏安全考虑, 按一端固定, 一端自由考虑, 取 $l_0 = 2l = 44.102 \text{ m}$ 。

经计算, 对于该桥, 横桥向长细比为 $45 > 17.5$, 需考虑偏心距增大系数; 而纵桥向一般均须考虑偏心距增大系数。纵横向偏心距增大系数按文中“2.2.3”节荷载组合情况分别进行计算。

2.2.5 墩身配筋设计

桥墩截面按双向偏心受压构件采用式(1)进行验算^[4]。

$$N_j \leq \frac{1}{\frac{1}{N_{ux}} + \frac{1}{N_{uy}} - \frac{1}{N_{uo}}} \quad (1)$$

式中 N_j 为轴向力设计值; N_{ux} 为按轴向力及弯矩作用于 x 轴方向、考虑偏心距增大系数 η_x 后截面偏心受压承载力设计值按一般单向偏心受压构件计算; N_{uy} 为按轴向力及弯矩作用于 y 轴方向、考虑偏心距增大系数 η_y 后截面偏心抗压能力, 按一般单向偏心受压构件计算; N_{uo} 为截面轴心抗压承载力设计值, 但不考虑纵向弯曲系数 φ 。

根据上述分析, 将有关数值代入式(1), 经计算并考虑结构断面构造要求^[4], 墩身主筋选用 56 ϕ 28(II 级钢筋)。

最后尚需对墩身进行施工工况验算^[2]。此时在考虑上部结构单向偏心加载时, 仅计及上部结构自重和顺桥向风力, 按顺桥向单向偏心受压计算, 单孔上部结构自重仅计及梁体预制及现浇混凝土、桥面铺装混凝土, 经验算, 结构安全。

2.3 桥墩基础处理

C20 实体混凝土墩基础置于左岸扩挖边坡上, 基础尺寸为 5.65 m \times 5.6 m \times 8.5 m (顺桥向 \times 横桥向 \times 高), 基础底部高程为 421.5 m。由于

该桥墩基础基岩岩性组合中泥岩占52%,其开挖暴露在空气中后经冷热及干湿循环极易崩解,强度迅速降低,故桥墩基础岩基开挖到位后应立即进行封闭,同时迅速采用锚索、网格梁、锚筋等构造措施将桥墩基础及其附近岩坡进行加固处理,将基础与地基连成一体、共同承力,以确保基础安全,具体作法为:

(1)在桥墩基础与岩石交接部位设锚筋与锚索。锚筋采用 $\phi 25$ 、设6排、共12根,锚筋孔深5m,锚索采用1000kN粘结式预应力锚索,设2排、共4根,每排深入基岩深度分别为25m、35m;

(2)桥墩基础下部开挖边坡设网格梁、锚索



图3 工程蓄水至高程391m时的交通桥

排沙放空洞交通桥作为鲤鱼塘水库“双塔”运行、检修的要道,设计人员对其下部结构在结构型式、受力及整体构造要求上都进行了严密的思考与分析,最终形成了一个安全适用、结构合理、型式美观的设计方案并予以实施,取得了较好的效果,从而为软岩地区水库的桥梁下部结构设计提供了新思路。

参考文献:

与锚筋。在高程419m边坡处设置8m长C30混凝土网格梁一道,内设2根1000kN锚索,深入基岩30m;网格梁内上下侧另各设1排、共8根 $\phi 25$ 锚筋,孔深2.5m。此外,在网格梁外上、下高程417.5m和420.5m边坡处各设1排、共8根 $\phi 32$ 锚筋,间距3m,孔深8.7m。

3 结语

排沙放空洞交通桥下部结构于2007年4月6日开始浇筑,6月27日完成浇筑,8月底水库开始蓄水,蓄水过程中的交通桥形象见图3、4。目前,该工程已安全运行近9年,实际情况证明该桥下部结构的设计是较为成功的。



图4 工程蓄水至高程442m时的交通桥

- [1] GBJ22—87, 厂矿道路设计规范[S].
- [2] JTG D60—2004, 公路桥涵设计通用规范[S].
- [3] 袁伦一. 连续桥面简支梁桥墩台计算实例(修订版)[M]. 北京:人民交通出版社, 1998.
- [4] JTG D62—2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

作者简介:

翟晓斌(1980-),男,河南巩义人,副主任工程师,高级工程师,学士,从事水工结构设计工作。(责任编辑:李燕辉)

金沙江上游首座大型水电站开工

位于我国西南部金沙江干流的苏洼龙水电站日前全面开工建设,电站总装机容量120万千瓦,是金沙江上游首座大型水电站。该电站在增加可再生能源供应、满足用电需求、促进藏区经济社会发展方面具有重要作用。苏洼龙水电站历经近十年的项目前期准备,目前进入大规模建设阶段。该电站位于西藏昌都市芒康县和四川甘孜州巴塘县交界的金沙江干流上,是金沙江上游水电规划中的第十个梯级电站,年均发电量54.26亿千瓦时,具有日调节能力,由中国华电集团公司开发建设。苏洼龙水电站总投资178.9亿元,沥青混凝土心墙堆石坝最大坝高112米,正常蓄水位2475米,总库容6.74亿立方米,共安装4台单机容量30万千瓦的混流式机组。苏洼龙水电站工程枢纽区及涉及区征地已全部完成,场内交通公路,施工供电、业主营地、总长760多米的泄洪洞和900多米的导流洞正紧锣密鼓地施工,右岸过坝交通洞隧道已经贯通,参建人员正围绕明年底大江截流和2021年首台机组发电目标奋力冲刺。国家发改委已于2015年11月正式核准金沙江上游苏洼龙水电站。这一电站是金沙江上游水电梯级开发中第一个核准建设的项目,对开发利用金沙江上游水电资源、打造国家优质清洁能源基地、实施“西电东送”战略具有积极意义。