

# 长河坝水电站地下厂房岩壁吊车梁设计

张志军, 程丽娟, 谭可奇

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**长河坝水电站地下厂房安装双小车电动双梁桥式 QDWHX420 + 420/16 t - 27 m 型起重机, 桥机一侧轨道上的吊车轮数为 10, 最大轮压为 860 kN。根据《地下厂房岩壁吊车梁设计规范》Q/CHECC 003 - 2008, 对吊车梁的布置、截面尺寸、受拉锚杆截面面积及与岩壁结合面的稳定性进行了全面分析、计算并根据有限元计算成果, 最终确定了岩壁吊车梁的截面形状及锚固支护方案。

**关键词:**岩壁吊车梁; 桥基轮压; 有限元; 锚杆应力; 长河坝水电站

**中图分类号:** TV7; TV222

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2016)01-0039-04

## 1 工程概述

长河坝水电站地下厂房系统安装 4 台机组, 总装机容量为 2 600 MW。主机间尺寸为 147 m × 30.8 m × 73.35 m (长 × 宽 × 高), 安装间长 60.9 m、副厂房长 20.9 m, 厂房总长度为 228.8 m。

厂内安装双小车电动双梁桥式 QDWHX420

+ 420/16 t - 27 m 型起重机, 桥机一侧轨道上的吊车轮数为 10, 最大轮压为 860 kN, 最小轮压为 320 kN, 纵向制动力为 68 kN, 水平制动力为 68 kN; 吊车基本特征轮距  $L_1$  为 0.75 m,  $L_2$  为 1.512 m, 轨道及附件重力为 2 kN/m (图 1)。

## 2 工程地质条件

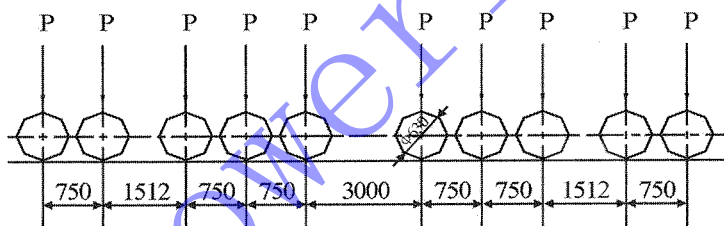


图1 吊车梁轮压布置图

地下厂房区岩性以晋宁~澄江期花岗岩为主, 岩体强度高, 主要结构面为次级小断层、挤压破碎带和节理裂隙。岩体完整性好, 围岩多呈次块状结构, 次为镶嵌状结构和块状结构, 少量为碎裂结构, 围岩类别以 III ~ II 类为主, 局部裂隙密集带及断层破碎带为 IV 类。

## 3 岩壁吊车梁设计

岩壁吊车梁与厂房建筑物的结构安全级别相同。岩壁吊车梁的锚杆应力由围岩释放的应力与荷载产生的应力组成。

在长河坝水电站岩壁开挖过程中, 部分岩壁超挖、成型较差, 但在吊车梁浇筑之前已对该部分岩壁进行了加固修复处理, 修复后的岩壁强度不高于天然围岩强度。因此, 笔者仅对设计标准断

面下存在的工况进行计算。

笔者进行的计算工况及相应作用(荷载)效应组合情况见表 1。

### 3.1 刚体极限平衡法

(1) 岩壁吊车梁结构参数初拟。

根据国内已建和在建地下水电站工程岩壁吊车梁设计经验并考虑地质条件等多种因素, 初拟了岩壁吊车梁界面尺寸、受拉受压锚杆的直径、间距、入岩位置以及倾角等参数。岩壁吊车梁结构形式及支护参数见图 2。

(2) 受拉压锚杆截面验算。

岩壁吊车梁结构设计采用概率理论为基础的极限状态设计方法, 按照分项系数设计表达式进行计算。根据规范计算得到的两种工况下的滑动力矩和抗滑力矩见表 2。抗滑力矩大于滑动力矩, 满足规范设计要求。

收稿日期: 2015-12-21

表1 设计状况及作用荷载组合表

设计状况	作用组合	自重	轨道及附件重力	防潮隔墙重力	吊车竖向荷载		吊车水平荷载	备注
					额定荷载时	动载实验时		
持久状况	基本组合	√	√	√	√		√	设计标准断面下
短暂状况	基本组合	√	√	√		√	√	设计标准断面下

备注:吊车动荷载取额定荷载的1.1倍。

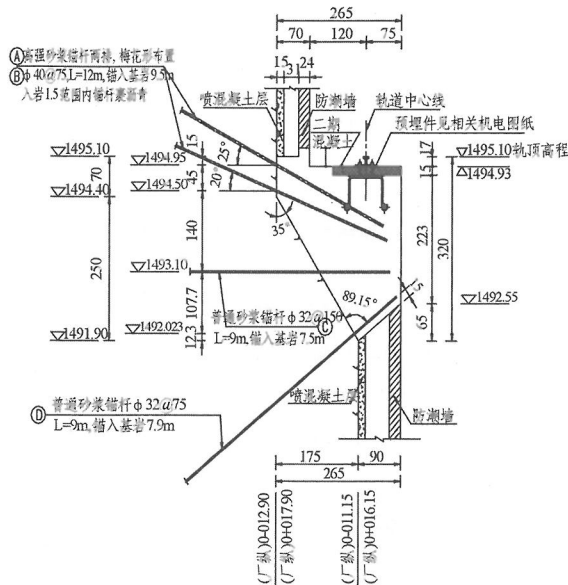


图2 岩壁吊车梁示意图

表2 滑动力矩和抗滑力矩表

设计状况	单位长度吊车梁滑动力矩 / (kN · m) · m <sup>-1</sup>	单位长度吊车梁抗滑力矩 / (kN · m) · m <sup>-1</sup>
持久状况	522.48	1 504.56
短暂状况	580.62	1 504.56

(3) 岩壁吊车梁与岩壁结合面抗滑稳定验算。

根据规范计算得到的两种工况下的下滑力和阻滑力见表3。阻滑力大于下滑力,满足规范设计要求。

表3 滑动力和抗滑力表

设计状况	单位长度吊车梁滑动力 / kN · m <sup>-1</sup>	单位长度吊车梁抗滑力 / kN · m <sup>-1</sup>
持久状况	1 446.12	2 407.86
短暂状况	1 553.32	2 439.37

(4) 受拉锚杆锚固长度验算。

将胶结材料与孔壁岩石的粘结强度标准值取0.8 MPa,锚杆孔直径取55 mm;胶结材料与钢筋的粘结强度标准值取2 MPa。根据规范计算得到的两种工况下的锚固深度见表4,均小于锚杆实际锚固深度。

表4 锚固深度计算表

设计状况	锚固深度1 (按公式计算)/m	锚固深度2 (按公式计算)/m
持久状况	8.1	4.455
短暂状况	7.695	4.232

3.2 有限元法

(1) 物理力学参数。

围岩及支护材料的物理力学参数见表5、6。对围岩与岩壁吊车梁之间竖向接触面范围均涂抹了沥青,按全脱开处理,其斜向接触面的物理力学参数见表7。

表5 厂区围岩物理力学参数表

围岩类别	密度 / kN · m <sup>-3</sup>	变形模量 E <sub>0</sub> / GPa	泊松比
III	26.5	8	0.3

表6 支护材料物理力学参数表

材料	密度 / kN · m <sup>-3</sup>	变形模量 E <sub>0</sub> / GPa	泊松比	抗拉强度设计值 / MPa	抗压强度设计值 / MPa
HRB400	78	200	0.3	300	300
混凝土 (C25)	25	28	0.167	1.27	11.9

表7 接触面物理力学参数表

粘结强度 / MPa	摩擦系数
0.8	0.9

(2) 三维有限元计算模型。

第一、二排受拉锚杆和底部受压锚杆的间距均为0.75 m。现取此间距长度岩壁吊车梁作为计算单元。岩壁吊车梁三维有限元模型的坐标系取顺河方向为X轴,竖直方向为Y轴,横河方向为Z轴。岩体和混凝土结构采用六面体单元(solid65),锚杆采用杆单元(link8),围岩与岩壁吊车梁斜向接触面采用接触单元(CONTA173和TARGE170)模拟。边界条件:在围岩上、下侧和内侧施加固端约束,在吊车梁顺轴向两侧施加法向约束。岩壁吊车梁和锚杆结构网格的尺寸大致为岩壁吊车梁高度的1/16,围岩部分网格尺寸从吊车梁部位向外围逐渐增大。围岩、吊车梁、锚杆及接触面的网格见图3~6。

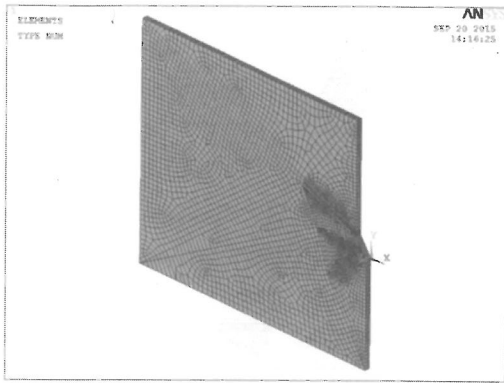


图 3 围岩网格示意图

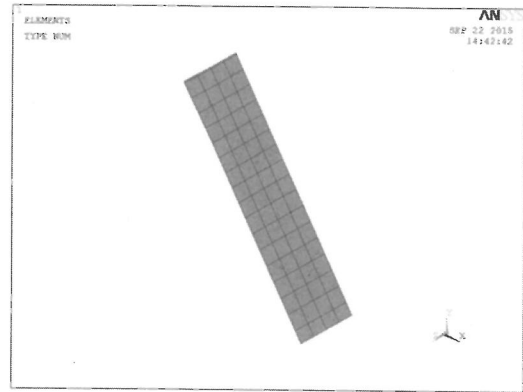


图 6 接触面网格示意图

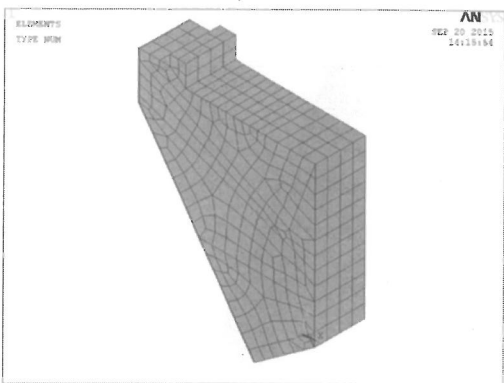


图 4 吊车梁网格示意图

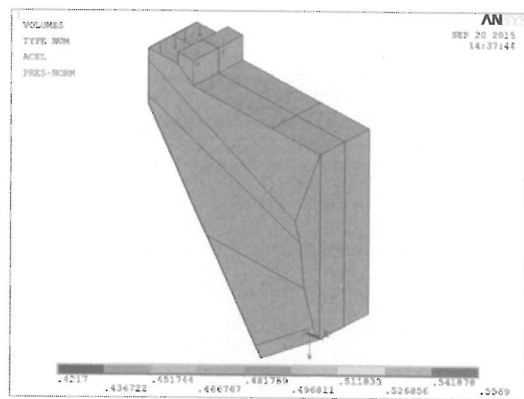


图 7 防潮墙、上柱均布荷载示意图

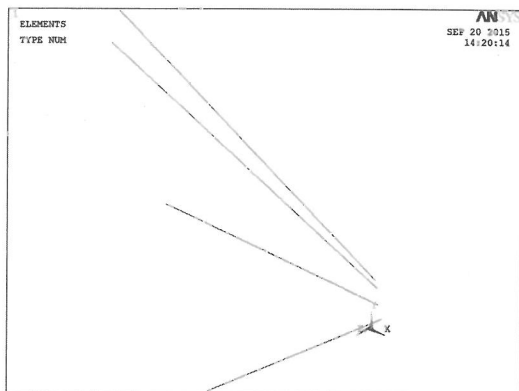


图 5 锚杆网格示意图

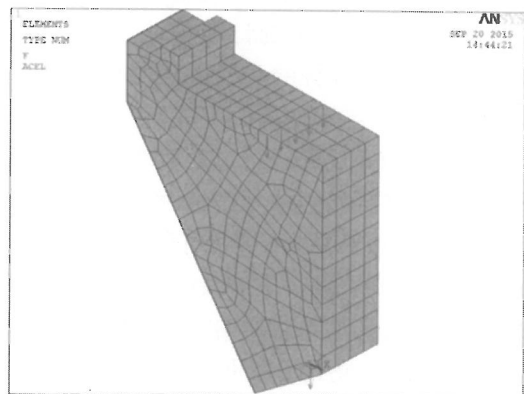


图 8 轨道处竖向、水平荷载示意图

将吊车梁上柱传递的荷载以及防潮墙荷载转化成面荷载输入,轨道上附件重力、吊车竖向荷载及吊车水平荷载转化成节点荷载输入,结构自重通过施加竖向重力加速度值体现。图 7、8 表示了模型面荷载与点荷载的分布情况。由刚体极限平衡法计算结果可见:短暂工况乃是控制工况,因此,有限元法只对控制工况进行计算。

(3) 计算结果。

图 9 为短暂工况下的锚杆应力云图,最大拉

应力出现在第一排锚杆,为 109.047 MPa,小于锚杆的抗拉强度设计值 300 MPa,最大压应力出现在底部锚杆,为 11.783 MPa。图 10 为吊车梁位移云图,吊车梁最大变形值为 0.365 mm,出现在轨道埋件附件。图 11 和图 12 为短暂工况下接触面处法向应力和摩擦应力云图,最大压应力出现在吊车梁的底部,为 2.257 MPa,远小于混凝土轴心抗压强度设计值 11.9 MPa。

4 结 语

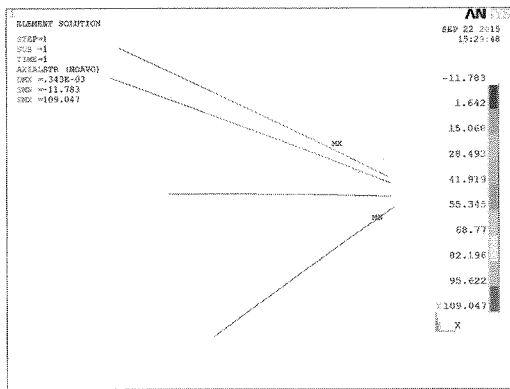


图9 锚杆轴向应力云图

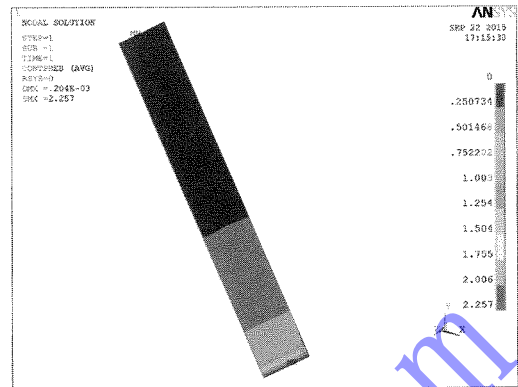


图11 接触面法向应力云图

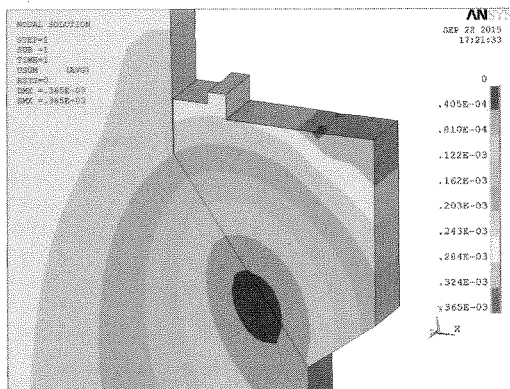


图10 吊车梁位移云图

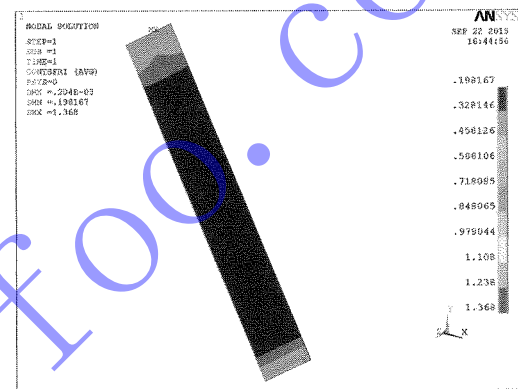


图12 接触面摩擦应力云图

长河坝水电站岩壁吊车梁根据《地下厂房岩壁吊车梁设计规范》中的计算方法进行设计,第一排、第二排受拉锚杆的承载力、锚固深度及吊车梁整体的抗滑稳定性均满足规范要求。

用杆单元模拟受拉压锚杆、实体单元模拟围岩与吊车梁结构、接触单元模拟接触面并考虑实际情况中吊车梁承受的荷载,有限元法较好地模拟了岩壁吊车梁的真实受力情况。与刚体极限平衡法相比,有限元法可以更加准确地模拟岩壁吊车梁的工作机理,更加全面地反映吊车梁各个

部位的应力状况,从而为吊车梁的支护与配筋提供更为可靠的保障。

作者简介:

张志军(1987-),男,内蒙古乌兰察布人,工程师,硕士,从事地下工程、水利水电工程设计及科研工作;

程丽娟(1984-),女,四川仁寿人,高级工程师,博士,从事地下工程、岩土工程等方面的设计和科研工作;

谭可奇(1980-),男,陕西石泉人,副处长兼设计副总工程师,高级工程师,硕士,从事水电水利工程勘测设计、项目管理及科研工作。

(责任编辑:李燕辉)

中水五局公司获两项国家发明专利

日前,由中水五局公司申报的“一种快速拆装结构的减压板”及“一种减压板跨心墙道路快速拆装方法”成功获得国家知识产权局授权的国家发明专利,为集团公司重大科研专项(300米级高堆石坝施工关键技术研究)再添硕果。“一种快速拆装结构的减压板”及“一种减压板跨心墙道路快速拆装方法”发明专利关键技术是通过对高砾石土心墙坝跨心墙运输技术进行研究,提出了一种减压板跨心墙道路结构及其快速铺设连接安装、拆御的方法,以保证跨心墙道路能够满足土石坝填筑施工过程中跨心墙道路的铺设、连接、拆除及高强度快速施工条件下跨心墙道路的位置不断转换要求。通过实际过车试验实测了不同跨心墙道路修建方式下的心墙土料应力值变化,最终得出了减压板跨心墙道路最优的试验结论。有效解决了高心墙土石坝建设过程长距离绕坝运输造成的资源浪费,有利提高了施工组织调度和平衡规划,提高了施工效率,经济和环保效益显著。近年来,中水五局公司依托国内在建的河床深厚覆盖层上的最高土石坝——长河坝水电站大坝工程,积极开展高土石坝施工关键技术研究,注重新技术和新方法的研发,在高土石坝施工领域屡获国家及省部级科技奖励,对于提升超高堆石坝施工技术能力,保证集团公司在高土石坝施工领域的优势地位将起到积极的推动作用。