

仙居抽水蓄能电站下水库混凝土施工支撑方案

陈显义,陈 金,卢文平

(中国人民武装警察部队水电第五支队,江苏 常州 213135)

摘要:浙江仙居抽水蓄能电站下水库主要构筑物为板、梁、柱结构,承重现浇板、梁结构多,结构错综复杂,最大承重结构度高达44 m,支撑系统施工难度较大;结合工程实际情况,采用脚手架支撑、型钢+钢管脚手架支撑及贝雷片+钢管脚手支撑等多种支撑系统结合方式,有效解决了复杂条件下不同承重结构建筑物支撑方案选择问题,取得良好效果。

关键词:承重结构;混凝土施工;脚手架支撑;仙居抽水蓄能电站

中图分类号:TU731.2 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2014)S1-0014-03

仙居抽水蓄能电站为日调节纯抽水蓄能电站,安装4台375 MW立轴单级混流可逆式水轮发电机组,总装机容量为1 500 MW,年平均发电量为25.125亿kW·h,年平均抽水电量32.63亿kW·h。枢纽工程主要由上水库、输水系统、地下厂房、地面开关站及下水库等建筑物组成。

下水库进/出水口由下岸改线高架桥、工作桥、检修闸门塔段、调整段、扩散段、防涡梁拦污栅段、前池、反坡段及明渠组成,其中下岸改线高架桥与拦污栅墩垂直高度56.1 m(高程160.5~216.6 m)、检修闸门塔与工作桥垂直高度55.1 m(高程161.5~216.6 m,不含启闭房),多为承重梁板柱结构,各部位承重支撑系统选择显得尤为重要。

1 支撑方案选择

由于脚手架及其他各类承重支撑系统均为临时结构,主体结构施工完成后承重支撑系统均需进行拆除,因此承重支撑方案因地制宜地选择运用成为工程施工的重点、难点,本工程在混凝土浇筑过程中主要运用脚手架支撑、型钢+钢管脚手架支撑及贝雷片+钢管脚手架支撑。

2 支撑方案的特点及适用范围

2.1 脚手架支撑系统方案

普通承重脚手架支撑系统主要利用国标钢管及各类将钢管连接成结构的“扣件”按照相应的施工规范搭设而成,利用立杆作用将上部重力传递至支

撑面,横杆及外部剪刀撑来保证承重排架整体稳定性,影响其承载力的因素主要有立杆的长细比、立杆间排距和扣件的抗滑力。普通承重脚手架施工较为简单,但承重脚手架搭设高度不宜超过30 m,大面积顶板现浇情况下钢管数量投入大,对成本控制不利;钢管承重脚手架一般用于现浇顶距地面高差不大情况下,本工程钢管承重脚手架主要使用在支撑高度不超过15 m的现浇板梁施工。

2.2 型钢+钢管脚手架支撑系统方案

型钢+钢管脚手架支撑系统主要利用在结构混凝土内预埋一定规格工字钢作为支座,在支座上部再放置不同规格工字钢作为纵梁、横梁从而形成很简捷的支撑平台,利用工字钢梁形成的支撑平台搭设普通承重脚手架。此方案主要需验算各类工字钢的型号、尺寸以及数量,以确保工字钢强度能满足施工要求。由于型钢的预埋一般较为简单,并且对结构物施工高度影响不大,适用范围较广,本工程主要用于下部未搭设承重钢管脚手架的检修闸门塔上部现浇平台板梁的施工,具体施工如图1所示,承重支撑系统使用效果如图2所示。

2.3 贝雷片+钢管脚手架支撑系统方案

该支撑方案主要施工特点与型钢+钢管脚手架支撑系统方案相似,主要是在结构混凝土内预埋型钢或是利用结构物本身联系梁作依托形成受力支撑作为贝雷片受力支撑点,同时贝雷片平台上部搭设普通承重脚手架。由于贝雷片比一般型钢轻巧、易于安装拆除且贝雷片的受力稳定性好,施工过程中

作者简介:陈显义(1989—),男,湖南洞口人,工程师,主要从事水利水电工程安全管理工作。E-mail: 601867586@qq.com

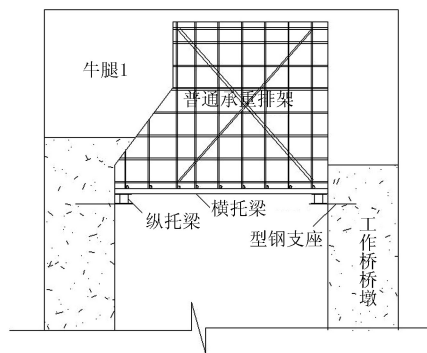


图1 型钢+钢管脚手架承重系统施工示意图



图2 型钢+钢管脚手架承重系统效果

只需考虑安装贝雷片支撑点能否满足荷载要求,因此在大跨度现浇板梁中承重效果更为突出,受施工作业环境条件制约不大,在各类工程施工中使用较为广泛。本工程中主要借鉴现浇桥梁的支撑方案,此类支撑系统应用于拦污栅墩上部现浇门机轨道梁以及改线高架桥现浇部位中,具体施工如图3所示,承重支撑系统使用效果如图4所示。

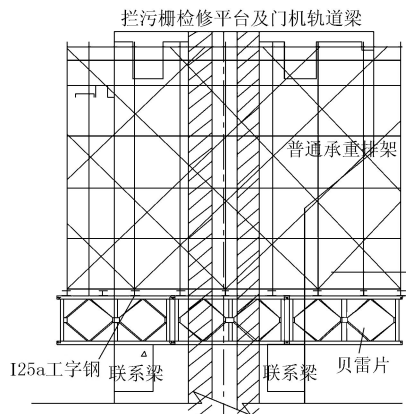


图3 贝雷片+钢管脚手架支撑系统施工示意图



图4 贝雷片+钢管脚手架支撑系统效果

3 承重支撑系统方案验算

3.1 脚手架支撑系统方案

根据 DL/T 5110—2000《水电水利工程模板施工规范》,承重排架所承受的荷载主要有模板、新浇混凝土、施工人员、机械设备自重及振捣混凝土所产生的荷载,其中混凝土浇筑部位最厚为 2 m,则在计算跨度内排架立杆强度及稳定性的荷载组合 F_1 约为 66 kPa。

根据本工程的实际施工情况结合其他类似工程施工经验,首先拟定以下搭设参数:钢管直径 $d=48$ mm、壁厚 $t=3.5$ mm、间距 $a=0.8$ m、排距 $b=0.8$ m、步高 $h=1.2$ m、顶端伸出长度 $\alpha=0.3$ m;通过简支梁计算,可得立杆压力 $F_{\max}=F_1 ab=42.24$ kN;排架立杆强度 $\sigma=F_{\max}/A=86.38$ MPa < 205 MPa (A 为截面面积,由 GB 50018—2002《冷弯薄壁型钢结构技术规范》查得 $A=489$ mm²)。

根据 JGJ 130—2011《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》要求,模板支架立杆的计算长度 $l_0=h+2\alpha=1.8$ m;经查得钢管的回转半径为 15.8 mm,所以 1.8 m 长的钢管长细比 $\lambda=1800$ mm/15.8 mm ≈ 114 ,查 GB 50018—2002《冷弯薄壁型钢结构技术规范》相关附表,得钢管在 2.1 m 长的情况下轴心受压稳定系数 $\varphi=0.489$,可得立杆稳定性复核: $\sigma=F_{\max}/\varphi A=176.65$ MPa < 205 MPa。

3.2 型钢+钢管脚手架支撑系统方案

3.2.1 型钢横托梁受力分析

a. 荷载:型钢支撑系统支撑荷载与 3.1 节中荷载相同,约为 66 kPa。

b. 横梁受力: $q=66$ kPa $\times 0.2$ m = 13.2 kN/m。

c. 支座反力: $R_A=qa(2-a/L)/2=37.09$ kN; $R_{A1}=28.81$ kN。

d. 剪力: $V_A=R_A=37.09$ kN; $V_{A1}=R_{A1}=28.81$ kN。

e. 最大弯矩: $M_{\max}=(1/8L)qa^2(4b+a^2/L)=52$ kN $\cdot$ m, $M_{1\max}=40.4$ kN $\cdot$ m。

f. 应用挠度计算工字钢型号:允许挠度变形 $W_1=L/400=6250$ mm/400=15.6 mm,有

$$W_{\max}=(qa^2L^2/24EI)[(2-a^2/L^2-2X^2/L^2)X/L+(X-B)^4/a^2L^2]<W=15.6$$

式中 X 为弯矩最大部位, $X=L-61.66/21.984=3.45$ m。由此求出惯性矩: $I>6196.93$ cm⁴, $I_1>4772.1$ cm⁴。

查工字钢表可得 I25a、I28a 工字钢惯性矩分别为 5023.54 cm⁴、7114.14 cm⁴,横梁工字钢抗剪、抗弯、扰度验算如下:

抗弯强度复核: $\sigma=M_{\max}/W=102.3$ MPa < 205 MPa,满足要求。

抗剪强度复核: $T = V_{\max} S/Id = 17.7 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa}$, 满足要求。

抗度复核: $W_{\max} = (qa^2L^2/24EI) [(2 - a^2/L^2 - 2X^2/L^2)X/L + (X-B)^4/a^2L^2] = 13.59 \text{ mm}$ 。

综上所述型钢横梁满足施工需求。

3.2.2 型钢纵托梁受力分析

按均布荷载计算, 纵托梁受力荷载 $q = R_A/L = 99.79 \text{ kN/m}$ 。

支座反力: $q(L+2a)/2 = 488.26 \text{ kN}$ 。

剪力: $V_{\max} = qL/2 = 299.37 \text{ kN}$ 。

弯矩: $M_{\max} = qL^2(1-4(a^2/L^2))/8 = 366.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

通过挠度计算工字钢型号, 抗度小于 $L/400 = 9000 \text{ mm}/400 = 22.5 \text{ mm}$ 。

$W_{\max} = (qL^4/384EI) (5 - 24a^2/L^2) < 22.5 \text{ mm}$; 由此求得 $I > 24947.5 \text{ cm}^4$, 查工字钢特性表可得需要 140a ($I = 21720 \text{ cm}^4$), 拟布置两根 140a 工字钢。

抗弯强度复核: $\sigma = M_{\max}/W_x = 168.25 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$, 满足要求。

抗剪强度复核: $T = V_{\max} S/Id = 43.9 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa}$, 满足要求。

抗度复核: $W = (qL^4/384EI) (5 - 24a^2/L^2) = 12.9 \text{ mm} < 22.5 \text{ mm}$ 。

综上所述型钢纵梁满足施工需求。

3.2.3 型钢支座受力分析

以 I50a 工字钢作为预支撑点, 剪力 $V_{\max} = 489.35 \text{ kN}$ 。

抗剪能力计算如下: $T = V_{\max} S/Id = 95.28 \text{ MPa} <$

(上接第 13 页)

6 结 语

浙江仙居抽水蓄能电站下水库土石围堰工程采用了塑性混凝土防渗墙、复合土工膜心墙、帷幕灌浆 3 种防渗技术, 防渗效果较好, 围堰运行期间基坑经常性排水量约 $30 \text{ m}^3/\text{h}$, 为后续施工创造了良好条件, 节约了施工成本。

参考文献:

[1] 王家鹏. 仙居抽水蓄能电站下水库围堰垂直防渗施工技术[C]//中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会. 抽水蓄能电站工程建设文集 2013. 北京: 中国电力出版社, 2013: 338-343.
[2] 蔡艳军, 周曦, 浅谈围堰防渗墙施工方案[J]. 企业导报, 2012(9): 261-262.

120 MPa, 满足施工要求。

3.3 贝雷片+钢管脚手架支撑系统方案

本工程主要为拦污栅墩上部现浇平台及平台梁的施工采用贝雷片+钢管脚手架进行支撑, 与检修闸门塔支撑系统荷载类似, 而贝雷片几何特性远强于工字钢, 贝雷片所能承受的力远大于工字钢所能承受的力, 因此拦污栅支撑系统采用贝雷片+钢管脚手架作为支撑, 能够满足要求。

5 结 语

在仙居抽水蓄能电站下水库混凝土施工过程中各类承重支撑灵活组合运用, 有效解决了承重结构高度大、施工作业环境条件复杂下不同承重建筑物中承重方案选择问题, 满足工程的施工要求, 加快了工程施工进度, 同时也大大减少了材料、成本的投入, 降低高空作业安全风险, 取得了良好效果。

参考文献:

[1] 宋菲菲. 结构力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
[2] 汪正荣. 建筑施工计算手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
[3] 李云华. 钢管临时支撑和贝雷架在施工实践中的应用[J]. 山西建筑, 2011(2): 163-165.
[4] 万庆生. 采用工字钢解决高大模板支撑[J]. 建筑安全, 2014(2): 13-15.
[5] 薛磊, 孟向惠. 超高外悬挑梁板高支撑模架体系的设计及施工[J]. 建筑施工, 2012, 34(1): 59-60.

(收稿日期: 2014-10-16 编辑: 熊水斌)

[3] 何绍波. 塑性混凝土防渗墙在围堰防渗中的应用[J]. 水利水电施工, 2011(3): 61-62.
[4] 郝蕾, 任义平. 公佰峡水电站土石围堰防渗布置与施工[J]. 水力发电, 2002(8): 62-64.

(收稿日期: 2014-07-04 编辑: 熊水斌)

