

长洲水利枢纽 1 号船闸上闸首箱形钢梁结构设计

卢丹孜, 黄益洲

(广西电力工业勘察设计研究院, 广西 南宁 530023)

摘要: 主要介绍长洲水利枢纽 1 号船闸上闸首钢桥梁系统的特点、结构布置及箱形钢梁的结构设计和施工技术、防腐要求。

关键词: 桥梁系统; 箱形钢梁; 结构设计; 施工技术要求; 长洲水利枢纽

中图分类号: U442.5⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-408X(2008)05-0088-04

1 概述

长洲水利枢纽坝址位于广西梧州市上游 12 km, 是一座以发电为主, 兼有航运、灌溉等综合利用效益的大型水利枢纽, 总库容 56 亿 m³, 电站装机容量 630 MW。由于本枢纽地处南宁至广州的西江航运干线上, 其建设必须满足正常的航运条件, 所以通航建筑物按双线船闸进行设计, 1 号船闸为 2000 t 级、2 号船闸为 1000 t 级。

根据船闸结构布置, 1 号船闸有效尺度为: 长 × 宽 × 门槛水深 = 200 m × 34 m × 4.5 m; 2 号船闸有效尺度为: 长 × 宽 × 门槛水深 = 185 m × 23 m × 3.5 m。因船闸上闸首与坝顶公路连接, 故船闸上闸首须布置桥梁系统以满足公路交通及坝顶门式起重机运行等要求。

2 水工桥梁系统的特点

一般桥梁系统的主要用途是为了满足交通要求, 而横跨在船闸闸首上的桥梁系统除了满足交通要求外, 还具有以下几个特点:

(1) 满足大坝观测要求: 需在桥梁系统内设置观测廊道摆放观测仪器, 以进行大坝的安全观测。

(2) 满足铺设电缆要求: 需在桥梁系统内设置电缆沟保证电缆顺利过桥。

(3) 满足门机运行要求: 因为水电站大型机电设备均需要门机吊运, 故必须保证门机的安全运行, 门机承受弯、剪、扭的共同作用, 荷载大, 受力情况复杂,

需要单独设计门机大梁才能满足门机运行的要求。

由上可知水工桥梁系统的设计比一般桥梁系统的设计更为复杂, 具有其自身特点。本文就长洲水利枢纽 1 号船闸上闸首钢桥梁系统的设计作一介绍和说明。

3 方案比选及结构布置

1 号船闸上闸首桥梁净跨 34 m, 跨度大, 故初拟以下 2 个方案进行比较。

方案一: 公路梁采用预应力混凝土梁, 门机大梁及电缆沟梁采用钢梁型式, 从左到右共依次布置 3 根预应力混凝土公路梁, 2 根门机钢梁和 2 根电缆沟钢梁, 其中第二、第三根公路梁上下翼缘板采用湿接缝连接, 以形成观测廊道, 第一、第二根公路梁的上翼缘板及横隔板均采用湿接缝连接以保证桥梁的整体稳定, 具体布置见图 1。

方案二: 公路梁、门机大梁、电缆沟梁均采用钢梁型式, 从左到右共依次布置 3 根公路钢梁, 2 根门机钢梁和 2 根电缆沟钢梁, 各梁之间用钢铺板焊接连接, 其中在第二、第三根公路梁下翼缘板之间用钢板焊接连接以形成观测廊道, 具体布置见图 2。

(1) 从施工难易程度进行比较。方案一的预应力混凝土公路梁梁高 2.5 m, 长 36 m, 单根梁重最大 103 t, 最小 101 t, 吊装垂直高度 30 m, 吊装困难, 且要现场浇注湿接缝, 施工难度大; 方案二的钢梁(公路梁)梁高 2.4 m, 长 36 m, 单根钢梁重 51.6 t, 采用整体吊装, 由于钢梁的重量只有预应力混凝土梁的 1/2, 且无需现场浇注湿接缝, 故方案二施工难度较小。

收稿日期: 2008-10-07

作者简介: 卢丹孜(1978-), 女, 广西百色人, 工程师, 硕士, 主要从事水利水电工程设计工作, E-mail: LUDM@gxced.com;

黄益洲(1977-), 男, 广西苍梧人, 工程师, 主要从事水利水电工程设计工作, E-mail: huangyz@gxced.com。

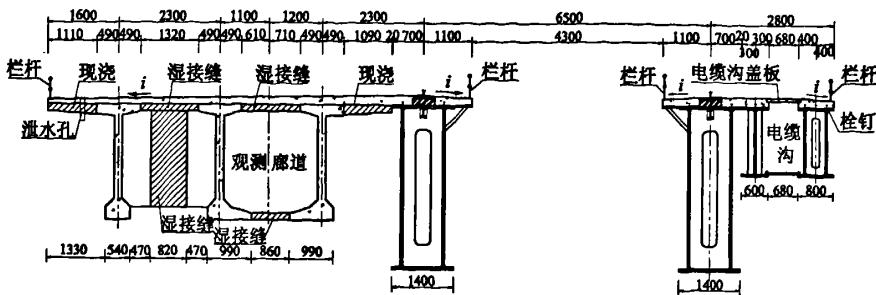


图 1 方案一桥面系统布置图

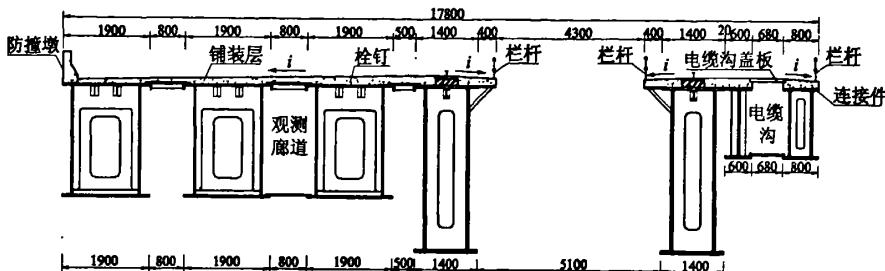


图 2 方案二桥面系统布置图

(2) 从工期长短比较。方案一施工工序为:材料准备→预制厂预制、养护→现场整体吊装;方案二施工工序为:材料准备→工厂单节焊接→现场整体拼装。经比较,方案一较方案二施工工期长,且受场地的限制,预制厂的布置影响到船闸人字门的安装,间接影响了施工工期。

综上所述,由于钢梁相对于预应力混凝土梁具有自重轻、易施工及干扰少的特点,对加快水电站建设工期、提前发电有很大益处,故 1 号船闸上闸首桥梁系统采用全钢梁型式,即图 2 所示。

4 截面型式选定及结构计算

根据水工桥梁系统的特点,从实用、安全的角度出发,选用整体稳定的箱形钢梁比工字形钢梁能更好的满足强度、刚度及稳定性的要求,且更便于观测廊道,门机大梁等的布置,故截面选定为焊接箱形钢梁的型式。

4.1 钢梁截面设计

钢梁总长 36 m,净跨 34 m,计算跨度 35 m,截面尺寸分别根据公路梁、门机大梁及电缆沟梁进行拟定。本文只对公路梁的截面拟定及结构计算作详细介绍。

钢梁设计首先应进行截面设计,包括梁高、翼缘

板尺寸、腹板厚度、箱梁腹板间距等的拟定,可参考已建工程或采用经验公式进行设计。

梁高的选择是截面设计中的关键,一般需要考虑建筑高度、刚度和经济三项要求。本工程根据结构布置要求,梁高要同时满足通航净空要求和观测廊道最小空间的建筑要求,以及考虑了按刚度条件而定的最小梁高 $h_{min} = 0.61 \frac{fL}{E[W/L]}$ 和经济梁高 $h_{ec} = 2.8 W^{2/5}$ 的要求后,初拟梁高 $h_w = 2400$ mm。

两腹板中距的宽度 b_0 可取 $(0.6 \sim 0.8)h$,综合考虑桥面系统的布置后,取 $b_0 = 1500$ mm,上下翼缘板宽 $b_1 = b_2 = 1900$ mm。

腹板厚度 t_w 按经验公式 $t_w = \frac{1}{3.5} \sqrt{h_0}$ 和最大剪力 $t_w = \frac{1.2 V_{max}}{h_0 f_v}$ 确定,取两者的大值,考虑防腐蚀要求后取 $t_w = 16$ mm。

翼缘板厚度 t_1 根据公式 $A \approx \frac{W}{h_0} - \frac{t_w h_0}{6}$ 及 $t_1 = A_1/b_1$ 确定,对于低合金钢不宜大于 25 mm,以免翼缘焊缝产生过大的焊接应力,取 $t_1 = 20$ mm。上述各式中 h_{min} —最小梁高;
 f —钢材强度设计值;
 E —钢材弹性模量;

$[\omega/L]$ ——梁相对挠度；
 W ——梁截面模量；
 t_w ——腹板厚度；
 h_w ——梁高度；
 A_1 ——翼缘板面积；
 h_0 ——梁腹板高度；
 b_0 ——腹板间距；
 b_1, b_2 ——上下翼缘板宽度。

初拟的截面见图 3 所示, 钢梁除上下翼缘板, 腹板采用 Q345 低合金钢外, 其余均采用 Q235 碳素钢。

4.2 加劲肋的设计

钢梁截面基本尺寸拟定后, 尚需根据局部稳定性的要求, 确定是否需要配置横向加劲肋、纵向加劲肋、确定支承加劲肋及各种加劲肋的结构尺寸等。

横向加劲肋是钢梁腹板稳定的重要保证, 经计

算, 该钢梁每隔 3.5 m 需要配置一道横向加劲肋, 横向加劲肋下端与下翼缘板脱离 100 mm 的距离, 以保证钢梁下翼缘板的受拉变形; 根据抗扭的要求, 尚需每隔 3.5 m 布置一道刚性横隔板, 刚性横隔板与横向加劲肋交错布置, 具体布置见图 3。

该箱梁为宽列箱梁, 为提高上翼缘板的局部稳定性, 尚需配置纵向加劲肋, 经计算, 需配置两道 I22a 工字钢的纵向加劲肋方可满足上翼缘板的局部稳定性。纵向加劲肋贯穿整条梁, 在箱内穿过刚性横隔和横向加劲肋处可将刚性横隔和横向加劲肋预开孔, 装配后再补焊补强板, 具体布置见图 3。

支承加劲肋是支座处腹板局部稳定的保证, 支承加劲肋刨平与上下翼缘板顶紧焊接, 并加设支撑以加固支承加劲肋。支承加劲肋和刚性横隔板中间均开 600 mm × 1 460 mm 的进人孔, 孔周边用薄钢板包边, 以减小应力集中, 改善应力分布, 布置见图 4。

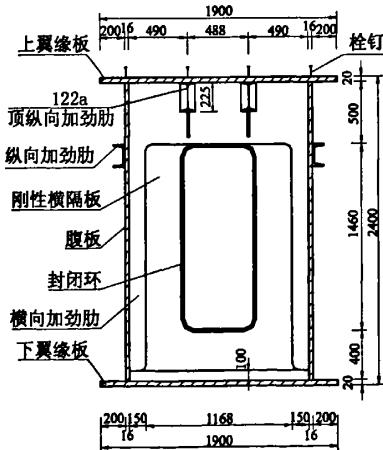


图 3 公路梁断面图

4.3 结构计算

在进行了截面初拟后, 应对钢梁进行强度验算、稳定性验算和刚度验算, 以验算该截面的合理性和经济性。

公路梁承受自身重量、附加重量、汽车荷载和风荷载的共同作用, 其荷载计算简图见图 5。强度验算包括抗弯强度验算、抗剪强度验算和腹板局部承压强度验算; 稳定验算包括梁的整体稳定性验算、腹板的局部稳定性验算和上翼缘板的局部稳定性验算; 允许挠度取 1/500。经计算, 该截面钢梁其强度、稳定、刚

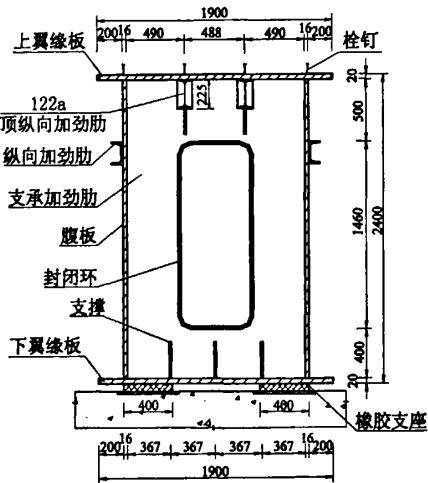


图 4 支承加劲肋断面图

度均满足规范要求, 计算结果见表 1, 从计算结果可知该截面设计安全合理, 故最终采用图 3 的截面。

表 1 钢梁结构计算成果表

项 目	抗弯强度 N/mm ²	抗剪强度 N/mm ²	挠 度 mm
钢梁计算值	95.88	20.2	35
规范允许值	295	170	70

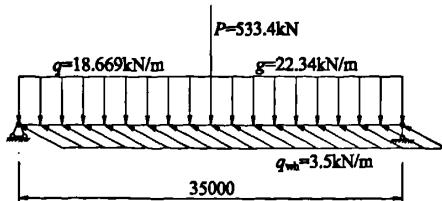


图 5 公路梁荷载计算简图

5 施工技术要求、防腐要求

5.1 钢梁的施工技术要求

(1) 钢梁钢材除上下翼缘板和腹板采用 Q345 低合金钢外,其余均采用 Q235 碳素钢,钢材必须有出厂合格证,其机械性能和化学成分必须符合 JGJ81-2002 等规范的有关规定,如无出厂合格证或标号不清者应予复验,复验合格方予使用。

(2) 焊条型号:Q235 钢采用 E4301 焊条, Q345 钢采用 E5015 焊条。

(3) 钢梁制造时应按规范要求设置预拱度,最大预拱度为 23 mm,起拱应做成抛物线型曲线。

(4) 钢梁翼缘板与腹板的连接焊缝、支承加劲肋的焊接及主材的拼接焊缝必须严格保证焊缝质量,应满足一级焊缝的要求,并制定专门的措施,防止焊缝变形,且尚应满足《钢结构施工后的验收规范》(GB50205-2001)和《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81-2002)的要求;刚性横隔、横向加劲肋、纵向加劲肋的焊缝应达到二级焊缝规定的标准,其与腹板的连接焊缝,施焊时不宜在横隔板下端起落弧。

(5) 所有焊缝均应进行外观检查,焊缝外观质量标准应符合规范 GB50205-2001 附录 A 中表 A.0.1 的规定;焊缝尺寸允许偏差应符合规范 GB50205-2001 附录 A 中表 A.0.2 的规定。焊缝须进行无损探伤检查。无损探伤检查可选用射线或超声波探伤中任选一种。焊缝无损探伤抽检率须满足表 2 要求。无损探伤检测人员必须持有国家有关部门签发的,并与之工作相适应的资格证书,评定焊缝质量应由Ⅱ级或Ⅱ级以上检测人员担任。

表 2 焊缝无损探伤抽查率表

无损探伤方法	射线探伤 %		超声波探伤 %	
	一级	二级	一级	二级
焊缝类别	25	10	100	50
碳素钢和低合金钢				

(6) 钢梁支座采用板式橡胶支座,支座型号为: GJZF4-250×400×59。

5.2 钢梁的防腐要求

(1) 钢梁内外表面进行预处理前,应将油污、焊渣等清除干净,涂装前应对钢梁内外表面进行除锈,除锈等级为 Sa2 $\frac{1}{2}$ 。

(2) 钢梁采用喷锌加涂漆封闭防腐,锌涂层的标号为: Zn150, 分 2 次喷完, 每层厚度和锌层最小局部厚度必须符合表 3 规定。封闭层的涂料牌号、涂层道数、每道漆膜厚度和漆膜总厚度必须符合表 4 规定。

表 3 钢梁锌涂层防腐涂料规格表

层 次	每层厚度	最小局部厚度
第一层	80	150
第二层	70	150

表 4 钢梁封闭层防腐涂料规格表

涂料牌号及名称	涂层道数	涂层干膜厚度 μm	干漆膜总厚度 μm
环氧富锌底漆	1	70	220
环氧云铁中间漆	2	80	
氯化橡胶面漆	2	70	

6 结语

长洲水利枢纽双线船闸于 2007 年 5 月胜利实现双线通航,坝顶公路已经通车,永久门机运行良好,通过实践证明钢梁在实际使用中效果良好,强度、挠度、稳定性均能满足各方面要求。长洲水利枢纽 1 号船闸上闸首桥面系统根据自身特点采用箱形钢梁既保证了结构的安全稳定性,也缩短了施工工期,为提前通航及发电创造了条件,本工程钢梁设计的成功也证明了水电站桥梁系统采用箱形钢梁的结构形式是可行的。

参考文献:

- [1] 武汉大学,大连理工大学,河海大学.水工钢结构(第三版)[M].北京:中国水利电力出版社,1995.
- [2] GB50017-2003,钢结构设计规范[S].
- [3] JTJ283-99,港口工程钢结构设计规范[S].
- [4] 钢结构设计手册编辑委员会.钢结构设计手册(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [5] 黄益洲.平班水电站箱形吊车梁钢结构设计[J].红河水,2006,(4):152-154.