

# 蕉林水库金属结构设计

李家荣

广西玉林水利电力勘测设计研究院 广西 玉林 537000

**摘要:** 水工金属结构包括闸门及其启闭设备,在工程可研及初步设计阶段,根据工程特点及水工枢纽布置,在遵循相关规范基础上,科学、合理地进行闸门及启闭设备的选型布置,对水利水电工程建成投入使用后的正常运行管理至关重要,能为工程的安全运行及维护管理提供更大的保证。

**关键词:** 水库工程;金属结构;设计与布置

引言:水库工程泄洪冲砂系统和供水引水系统金属结构对水库建成后的正常运行有着非常重要的作用,金属结构闸门及启闭设备的选型布置直接影响到水库供水引水和泄洪冲砂系统功能的发挥,所以在进行金属结构的选型布置时,应充分考虑工程特点及水工枢纽布置要求,并依据相关规范合理进行闸门及启闭机的选型配置。

## 1 概述

蕉林水库坝址位于龙潭镇蕉林村大竹根附近的蕉林河上,是一座以供水为主的水利工程,工程任务为供水,其供水对象为龙潭产业园和白平产业园,供水用途包括生产生活用水。蕉林水库工程由混凝土重力坝、加压泵站、输水管道及附属建筑物等组成。供水工程首先通过取水口将水引至大竹根管理区,然后分两条管线输水,一条经大竹根加压泵站,输送至白平产业园,一条利用重力流输送至龙潭产业园。水库正常水位28.50m,校核洪水位30.65m( $P=0.1\%$ ),总库容1200万 $m^3$ ,主要向龙潭产业园和白平产业园供水,供水规模10万 $m^3/d$ 。根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2017),蕉林水库工程等别为Ⅲ等,工程规模属中型。

蕉林水库混凝土重力坝坝轴线总长90.25m,左岸非溢流坝段长21.25m,中间溢流坝段长39.40m,右岸非溢流坝段长29.60m,坝顶高程32.20m,最大坝高23.70m,坝顶宽度4.5m。中间溢流坝段堰顶高程21.50m,设置泄洪闸3孔,孔口尺寸10.0×7.0m(宽×高),3泄洪孔共用1扇检修闸门,其后设3扇工作闸门承担水库蓄水及泄洪任务,检修闸门启闭设备为QPT-2×160-20移动式卷扬启闭机,工作闸门启闭设备为QPQ-2×400-12固定卷扬式启闭机。

冲砂孔布置于右岸非溢流坝段紧靠闸边墩,孔口尺寸1.5×2.0m(宽×高),进口底板高程14.00m,设事故闸门、工作闸门各1扇,事故闸门启闭设备为QPQ-160-20固定卷扬式启闭机,工作闸门启闭设备为QPQ-250-20固定卷扬

式启闭机。

供水取水口采用坝式取水口,生态环境放水孔与供水取水孔共用,布置于右岸非溢流坝段,紧靠冲砂底孔,与冲砂底孔布置在同一坝块5#坝块内,取水口采用两级取水,底孔进口喇叭口段采用顶部和左右三向侧收缩,迎水面设0.6m厚的胸墙兼做为拦污栅,胸墙预留 $\phi 110$ 、间距250mm的进水孔,两级取水口分别设置一道工作闸门,闸底坎高程分别为14.50m、21.00m,闸门孔口尺寸均为1.5m×1.5m(宽×高),检修平台高程与坝顶高程同高为32.20m,启闭平台高程38.20m,闸门操作条件是动水启闭,启闭设备共用1台10t电动葫芦。水流经过取水口后通过坝内埋管进入下游侧的坝内闸阀室,压力钢管在闸阀室内分成两岔,主分岔管为 $\Phi 1400$ 供水管,设闸阀控制,接至下游加压泵站,岔管为环境基流管,管径为0.6m,设流量监视阀。

供水总管从坝后闸阀室后引至大竹根管理区,总管长192m,采用DN1400钢管。总管在大竹根管理区东北角外总0+100桩号处分支管进入管理区大竹根加压泵房,支管管径为DN1000,长69m。供水总管道经大竹根管理区后分为两条线路分别向龙潭产业园、白平产业园供水。

蕉林水库工程金属结构由混凝土重力坝泄洪闸金属结构、大坝冲砂孔金属结构、大坝取水口金属结构及输水管道金属结构等组成,每部分金属结构均设置了闸门和相关的启闭设备。共设闸门、拦污栅9扇,启闭机7台。闸门、拦污栅、启闭机及埋件外露表面均采用喷锌防腐。本工程金属结构总重量为556.0t,其中闸门及拦污栅总重131.1t,门槽埋件总重49.2t,压力钢管总重330.7t,启闭机及埋件总重45.0t。

## 2 泄洪闸金属结构设计

大坝溢流堰堰顶高程21.50m,设置泄洪闸3孔,共用1扇检修闸门,其后设3扇工作闸门承担水库蓄水及泄洪任务。检修闸门启闭设备为QPT-2×160-20移动式卷

扬启闭机,工作闸门启闭设备为QPQ-2×400-12固定卷扬式启闭机。

### 2.1 泄洪闸平板检修闸门设计

检修门孔口尺寸10.0m×7.3m,设计水头7.0m,考虑0.3m风浪超高。闸门采用露顶式叠梁平面钢闸门,分3节制作,为便于互换,3节门叶结构相同。闸门主梁为实腹板焊接组合工字钢梁,承重结构材料采用Q235钢材,主支承采用复合材料滑块。闸门下游橡皮止水,侧水封为P形水封,底部为板型水封。闸门设有反向、侧向支承和节间对位等装置。闸门的操作条件为静水启闭,上节门叶提门充水平压后逐节启门,其余门叶启门水头≤0.5m。闸门启闭设备采用一台QPT-2×160-20移动式卷扬启闭机,配合一套自动抓梁启闭闸门。闸门在不投入挡水使用时,采用锁定梁将闸门分节悬挂于检修门槽上方。

### 2.2 泄洪闸平板工作闸门设计

工作闸门门槛高程20.20m,孔口尺寸10.0m×7.6m,设计水头7.3m,考虑风浪超高0.3m。闸门设计为露顶式平面定轮钢闸门,闸门主梁采用实腹板焊接组合工字梁。承重结构材料采用Q235钢材,闸门主支承采用滚轮(滚轮材料ZG310-570,轴承采用工程塑料合金自润滑材料滑动轴承),反向支承及侧向支承分别采用滑块和侧轮。闸门采用前止水方式布置,闸门上游面板止水,侧止水上游橡皮止水,侧水封为P形水封,底部为板型水封。门叶重约28.0t/扇,埋件重约8.0t/孔。门叶在工厂分段制造并完成预组装后,运至工地安装时组焊接为一体。闸门主要承担蓄水及泄洪任务,平时下闸蓄水,汛期发生洪水时提闸泄洪。其操作条件为动水启闭,可局部开启泄洪,闸门局部开启泄洪时应避开振动区。闸门总水压力约2750.0kN,计算启门力约546.8kN。每扇闸门由1台QPQ-2×400-12固定卷扬式启闭机控制。闸门检修平台高程32.20m,启闭机安装高程42.20m。

### 3 冲砂孔金属结构设计

冲砂孔布置于右岸非溢流坝段紧靠闸边墩,孔口尺寸1.5×2.0m(宽×高),进口底板高程14.00m,进水口依次设事故闸门、工作闸门各1扇,配启闭设备。

#### 3.1 冲砂孔事故闸门设计

事故闸门孔口尺寸为1.5m×2.0m(宽×高),按水库设计洪水位29.19m设计,设计水头15.19m,按水库校核洪水位30.65m校核,校核水头16.65m。事故闸门设计为潜孔式平面定轮钢闸门,闸门承重结构材料采用Q235钢材,主支承采用滚轮(滚轮材料ZG310-570,轴承采用工程塑料合金自润滑材料滑动轴承)。闸门采用后止水方式布置,闸门上游面板止水,侧止水下橡皮止

水,侧水封为P形水封,底部为板型水封。闸门设有反向、侧向支承等装置,门叶重约3.6t,埋件重约3.6t。闸门的操作方式为动闭静启,利用水柱压力闭门,启门前利用充水阀平压。闸门计算启门力为148.0KN,启闭设备选用QPQ-160-20固卷扬式启闭机,配限位开关及高度指示器。闸门检修平台高程32.20m,启闭机安装高程38.20m。本闸门为事故闸门,主要在维修工作闸门或工作闸门发生故障时迅速下闸止水,防止发生事故,闸门在不投入挡水使用时,通过拉杆悬挂于事故闸门孔口上方0.3~0.5m处。

#### 3.2 冲砂孔工作闸门设计

工作闸门孔口尺寸为1.5m×2.0m(宽×高),按水库设计洪水位29.19m设计,设计水头15.19m,按水库校核洪水位30.65m校核,校核水头16.65m。工作闸门设计为潜孔式平面定轮钢闸门,闸门承重结构材料采用Q235钢材,主支承采用滚轮(滚轮材料ZG310-570,轴承采用工程塑料合金自润滑材料滑动轴承)。闸门采用前止水方式布置,闸门面板上游止水,侧止水下游橡皮止水,侧水封为P形水封,底部为板型水封。闸门设有反向、侧向支承等装置,门叶重约3.0t,埋件重约3.6t。闸门的操作方式为动水启闭,利用加重块闭门,加重块重6.0t。闸门启闭力计算考虑了淤沙压力,计算启门力为222.5KN,启闭设备选用QPQ-250-20固卷扬式启闭机,配限位开关及高度指示器。闸门检修平台高程32.20m,启闭机安装高程38.20m。本闸门为工作闸门,正常处于挡水工作状态,仅在需要启门冲砂或检修维护时提门。

### 4 取水口金属结构设计

供水取水口采用坝式取水口,生态环境放水孔与供水取水孔共用,布置于右岸非溢流坝段,紧靠冲砂底孔,取水口进口底板高程14.50m,进水口设拦污栅1扇,取水口闸门承担供水及生态放水任务,为确保取水质量,取水口闸门按14.50、21.00m高程共设2孔,便于按不同库水位取水,拦污栅、闸门共用1台10t电动葫芦启闭设备进行控制。

#### 4.1 取水口拦污栅设计

拦污栅孔口尺寸2.5m×3.0m(宽×高),设计水头1m,拦污栅为垂直活动式布置,栅体承重结构材料采用Q235钢材,栅体及拉杆重约2.5t,栅槽埋件重约3.0t,拦污栅清污方式为静水提栅清污,利用拉杆将拦污栅延伸至检修平台高程,提栅设备与闸门共用HC-10-8钢丝绳电动葫芦。拦污栅检修平台高程32.20m,启闭机安装高程38.20m。

#### 4.2 取水口工作闸门设计

取水口闸门按14.50、21.00m高程共设2孔, 闸门口尺寸为1.5m×1.5m(宽×高)。本工程闸门口尺寸较小, 为便于闸门的制作、安装及互换操作, 2孔闸门均按相同结构设计, 以14.50m高程闸门按水库正常水位28.50m设计, 设计水头为14.0m。闸门为潜孔式平面定轮钢闸门(滚轮材料ZG310-570, 轴承采用工程塑料合金自润滑材料滑动轴承), 闸门承重结构材料采用Q235钢材, 闸门面板上游布置, 下游橡皮止水, 侧水封为P形水封, 底部为板型水封。闸门设有反向、侧向支承等装置, 并用拉杆延伸至闸门检修平台。门叶及拉杆自重约3.0t/扇, 埋件总重约7.0t。由于闸门口尺寸较小, 门后空间相对较大, 利用充水阀充水平压相对不便, 故本事故闸门按工作闸门设计, 操作方式按动闭静启, 利用水柱压力闭门, 闸门局部开启充水平压。取水事故闸门按从高水位到低水位顺序开启取水, 闸门启闭设备共用1台HC-10-8钢丝绳电动葫芦。闸门检修平台高程32.20m, 启闭机安装高程38.20m。

## 5 金属结构防腐设计

### 5.1 闸门防腐

闸门制造设备均采用金属热喷涂加涂料保护, 闸门的轮轴、吊轴表面采用镀铬处理。闸门表面在金属热喷涂前必须进行表面预处理, 喷(抛)射处理前必须仔细清除焊渣、飞溅油脂等附着物, 并清洗基体金属表面可见的油脂和其他污物。喷(抛)射处理后, 基体金属表面清洁度等级不低于《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB/T 8923-2011)中规定的Sa2-1/2级; 表面粗糙度值应在Ry60~100 $\mu$ m的范围之内。闸门在表面预处理达到标准后, 在有效时间内进行热喷涂或涂漆, 涂装前如发现基体金属表面被污染或返锈, 应重新处理, 使达到原要求的表面清洁度等级。

所有闸门、拦污栅、锁定梁、拉杆等均采用热喷锌防腐, 所有门槽、拦污栅埋件采用防腐涂料, 非加工面与混凝土的接触面采用改性水泥砂浆防腐, 不锈钢表面不作防腐。所有闸门、拦污栅和拉杆锁定中的轮轴、铰

轴、吊轴表面采用镀铬防腐。对于金属喷涂和涂料的选购、保护涂层的质量检查、验收标准等应按《水工金属结构防腐蚀规范》(SL 105-2007)执行。

### 5.2 启闭机防腐

所有设备表面在实施防腐处理前, 彻底清除铁锈、氧化皮、焊渣、油污、灰尘、水分等。电动机、油泵、控制柜、端子箱等易受腐蚀的外表面经有效的防腐处理, 室外运行寿命应在10年以上。所有启闭设备的埋入面采用水泥砂浆防腐, 外露面采用涂料防腐。启闭机构件和非配合的机械零部件的表面均采用涂料防腐。启闭机滑轮组和吊轴的表面采用镀铬防腐, 自动抓梁及吊梁采用热喷锌防腐。

启闭机结构件涂装前的表面预处理应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB/T 8923-2011)中规定的Sa2-1/2级, 其他零件应达到Sa2级, 其他要求按《水工金属结构防腐蚀规范》(SL 105-2007)执行。

## 6 结语

蕉林水库金属结构的设计充分考虑了工程特点及水工建筑物枢纽布置要求, 在混凝土重力坝的中间溢流闸坝段布置3孔溢流泄洪闸门, 在右岸非溢流坝段取水口放水塔按取水高程设置2孔控制闸门, 并在溢流闸坝及取水口放水塔之间布置1孔冲砂闸。金属结构的选型布置, 充分结合工程的规划设计和水工建筑物确定的设置位置、孔口尺寸, 合理地进行闸门及启闭设备的选型布置, 力求做到设计合理、技术先进、经济合理、安全实用。金属结构的选型布置严格遵循相关规程规范, 充分考虑工程特点, 结构形式以及闸门设计水头和操作运行方式。

### 参考文献

- [1]《水利水电工程钢闸门设计规范》(SL 74-2019)。
- [2]《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41-2018)。
- [3]《水利水电工程压力钢管设计规范》(SL 281-2021)。
- [4]《水工金属结构防腐蚀规范》(SL 105-2007)。