

云南省曲靖市车马碧水库工程金属结构设计

张 宇

云南省水利水电勘测设计院 昆明 650000

摘 要: 云南省曲靖市车马碧水库泄洪放空隧洞进口竖井内设置1套事故闸门, 1套弧形工作闸门; 生态放水管进口采用分层取水方式, 管道出口设置检修阀及生态放水阀各1套; 输水隧洞采用分层取水方式, 设取水竖井1座, 分别设置上、下两层取水口取水; 溢洪道采用有闸控制, 设置1套弧形工作闸门控制流量, 工作闸门前设置1套检修闸门; 鱼道设置1道进鱼口, 7道出鱼口。

关键词: 车马碧水库; 金属结构设计; 闸门; 拦污栅; 启闭机

Metal structure design of Chemabi reservoir project in Qujing City, Yunnan Province

Yu Zhang

Yunnan water resources and Hydropower Survey and Design Institute, Kunming 650000

Abstract: One set of emergency gates and one set of radial working gates are set in the inlet shaft of the flood discharge and emptying tunnel of Chemabi reservoir in Qujing City, Yunnan Province; Layered water intake is adopted at the inlet of the ecological drain pipe, and one set of maintenance valve and one set of ecological drain valve are set at the outlet of the pipe; The water conveyance tunnel adopts the layered water intake method, with one water intake shaft and two water intakes on the upper and lower floors, respectively; The spillway is controlled by a gate, one set of radial service gates is set to control the flow, and one set of bulkhead gates is set in front of the service gate; The fishway is provided with 1 fish inlet and 7 fish outlets.

Keywords: Chemabi reservoir: metal structure design: Gate: trash rack: gate hoist

一、工程概况

云南省曲靖市车马碧水库是国务院确定的全国172项节水供水重大水利工程之一, 为2017年国家重点水利工程新开工15个项目之一。车马碧水库工程为跨流域引水工程, 调出区为长江流域金沙江水系的马龙河, 受水区为珠江流域南盘江水系的曲靖灌区。水库枢纽位于曲靖市马龙区境内金沙江水系牛栏江上游支流马龙河上, 坝址距马龙区25km、曲靖市49km、昆明99km。坝址以上径流面积595km², 占全流域面积的59.3%, 多年平均天然径流量21643万m³。

车马碧水库总库容为12449万m³, 规模为大(2)型, 多年平均供水量7135万m³, 其中向马龙河流域的

旧县和马过河工业园区供水169万m³, 向曲靖市西城工业园区供水3570万m³, 向南盘江流域曲靖灌区灌溉供水3396万m³(其中西河水库灌片2.13万亩、灌溉供水1394万m³, 潇湘水库灌片2.09万亩、灌溉供水1368万m³, 莲花田水库灌片1.26万亩、灌溉供水634万m³), 灌溉总面积5.48万亩, 通过农业灌溉供水置换为曲靖主城区和陆良县城新增供给约3400万m³优质水量。

二、金属结构设计

(一) 概述

曲靖车马碧水库枢纽金属结构由泄洪放空隧洞金属结构、输水隧洞金属结构、生态放水及灌溉分层取水口金属结构、生态放水管金属结构、溢洪道金属结构及鱼道金属结构组成。工程共设闸门(拦污栅)、阀门26套, 相应配套启闭设备16台套。

(二) 泄洪放空隧洞金属结构及启闭设备

作者简介: 张宇(1982-09), 女, 汉族, 云南省个旧市, 本科, 副高, 研究方向: 水工金属结构。

泄洪放空隧洞进口竖井内设置1套事故闸门, 1套弧形工作闸门。

1. 泄洪放空隧洞进口事故闸门及启闭设备

事故闸门孔口尺寸为 $3.2\text{m} \times 4.0\text{m}$, 设计水头 39.6m 。闸门型式为平面定轮钢闸门, 采用实腹工字型主横梁, 门叶主材采用Q235B; 闸门主支承采用 $\phi 750$ 的筒支轮, 主支承跨度 3.79m , 主轮轴承采用滚动轴承, 滚轮材料采用ZG340-640; 闸门采用上游止水, 顶、侧止水为P60A橡塑水封, 底止水为板型橡皮水封; 闸门反向支承采用滑块, 侧向支承采用侧轮。

门槽为II型门槽, 槽深 750mm , 槽宽 1100mm , 宽深比1.5, 门槽埋件设主轨、反轨、底槛、门楣等铸钢及焊接结构件, 门槽主轨主要材料为ZG50Mn2, 二期混凝土采用C35。

闸门启闭机选用一台QPG1000kN高扬程卷扬机, 扬程 50m , 布置在 $\nabla 1851.30\text{m}$ 的平台上, 其吊头与闸门吊耳直接相连。

2. 泄洪放空隧洞进口弧形工作闸门及启闭设备

工作闸门孔口尺寸为 $3.2\text{m} \times 3.2\text{m}$, 设计水头 39.6m 。闸门采用工字型双主横梁, 门叶及支臂主材为Q235B, 两支臂为工字型梁结构, 支铰型式采用圆柱铰。弧门面板曲率半径为 7m , 支铰高度为 5m , 顶止水为P60A橡塑水封, 侧止水为P60B橡塑水封, 底止水为板型橡皮水封。门叶在工厂分节制造并完成预组装, 运至工地安装时组焊为一体。

门槽底槛埋件和侧轨埋件均为钢结构焊接件, 侧轨上设有不锈钢水封座板, 埋件主材为Q235B。闸门主要承担泄洪任务, 平时关闭挡水, 泄洪时开启。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。

闸门由一台QHSY800/300kN- 5.7m 液压启闭机控制操作, 布置在 $\nabla 1911.65\text{m}$ 的平台上, 泵站系统设两套互为备用的能自动转换的油泵和电动机组。启闭机控制系统采用PLC可编程序控制器管理可实现现地和远程操作。

(三) 生态放水及灌溉分层取水口

生态放水管进口采用分层取水方式, 取水塔上的取水口为单面分层布置, 在高程 1924.50m 、 1914.50m 分别设置上、下两层取水口, 每个取水口均设置拦污栅及事故闸门各1套, 两套事故闸门共用一个门槽。

1. 上层拦污栅

拦污栅孔口尺寸为 $2.9\text{m} \times 2.2\text{m}$, 设计水头 4m 。栅叶主材采用Q235B, 主梁采用工字钢, 栅条采用条形钢板

焊接, 主支承采用复合材料, 并设有反向、侧向装置。拦污栅槽为I型栅槽, 槽深 300mm , 槽宽 350mm , 宽深比1.2, 栅槽埋件设主轨、反轨、底槛等焊接结构件, 栅槽埋件主材为Q235B, 采用水工一期预埋。

2. 下层拦污栅

拦污栅孔口尺寸为 $1.5\text{m} \times 2.7\text{m}$, 设计水头 4m 。栅叶主材采用Q235B, 主梁采用工字钢, 栅条采用条形钢板焊接, 主支承采用复合材料, 并设有反向、侧向装置。拦污栅槽为I型栅槽, 槽深 300mm , 槽宽 350mm , 宽深比1.2, 栅槽埋件设主轨、反轨、底槛等焊接结构件, 栅槽埋件主材为Q235B, 采用水工一期预埋。

3. 事故闸门

事故闸门孔口尺寸均为 $1.5\text{m} \times 1.8\text{m}$, 其孔口位置高程不同的2扇闸门设计水头分别为上层 14.3m 、下层 24.3m 。

上、下取水口事故闸门孔口尺寸均为 $1.5\text{m} \times 1.8\text{m}$, 闸门底槛高程依次为 1924.50m (上取水口)、 1914.50m (下取水口), 设计水头依次为 14.3m (上取水口)、 24.3m (下取水口)。事故闸门型式均为平面定轮钢闸门, 采用实腹工字型主横梁, 门叶主材采用Q235B; 闸门主支承采用 $\phi 450$ 悬臂主轮, 主轮支承跨度 1.8m , 主轮轴承采用滚动轴承, 滚轮材料采用ZG310-570; 闸门采用上游止水, 顶、侧止水为P45A橡塑水封, 底止水为板型橡皮水封; 闸门反向支承采用滑块, 侧向支承采用侧轮。

上、下取水口事故闸门共用一个门槽, 门槽为II型门槽, 槽深 700mm , 槽宽 700mm , 宽深比1.0, 门槽埋件设主轨、反轨、底槛、门楣等焊接结构件, 门槽主轨主要材料为35钢, 采用二期混凝土埋设, 二期混凝土C35。

上、下取水口事故闸门共用1台QT250kN移动台车, 扬程 30m , 布置在 $\nabla 1951.30\text{m}$ 的平台上, 台车吊头与闸门通过一套专用的自动液压抓梁连接。启闭下取水口事故闸门时, 上取水口事故闸门放置于检修平台 (高程 1943.200m) 门库内。

(四) 生态放水管金属结构

生态放水管进口布置在泄洪放空隧洞竖井侧面分层取水塔下层取水口处, 管道出口设置检修阀及生态放水阀各1套。

1. 检修阀

生态放水管管径 0.8m , 检修阀阀前水头 41.3m , 选用DN800mm、PN1.0MPa的偏心半球阀, 采用手/电动操作, 设置为常开运行, 当其后的工作阀门、管道故障或检修维护时关闭使用。

2. 生态放水阀

工作阀阀前水头41.3m, 选用DN800mm、PN1.0MPa的活塞式调流阀, 采用手/电动操作下泄生态流量, 为动水启闭, 可局部开启运行, 阀出口布置有水工消能设施。

(五) 输水隧洞金属结构及启闭设备

输水隧洞采用分层取水方式, 设取水竖井1座。在取水竖井1924.50m、1911.50m高程分别设置上、下两层取水口。每个取水口均设置拦污栅及事故闸门各1套, 两套事故闸门共用一个门槽, 下层取水口下游设置弧形工作闸门1套。

1. 拦污栅

上、下取水口拦污栅孔口尺寸均为3.4m×3.3m, 设计水头均为4m, 采用同等条件设计。拦污栅栅叶主材采用Q235B, 主梁采用工字钢, 栅条采用条型钢板焊接, 主支承采用复合材料, 并设有反向、侧向装置。拦污栅槽为I型栅槽, 槽深300mm, 槽宽450mm, 宽深比1.5, 栅槽埋件设主轨、反轨、底槛等焊接结构件, 栅槽埋件主要材料为Q235B, 采用二期混凝土埋设, 二期混凝土为C30。

2. 事故闸门

上、下取水口事故闸门孔口尺寸均为1.8m×1.8m, 闸门底槛高程依次为1924.50m(上取水口)、1911.50m(下取水口), 设计水头依次为14.3m(上取水口)、27.3m(下取水口)。事故闸门型式均为平面定轮钢闸门, 采用实腹工字型主横梁, 门叶主材采用Q235B; 闸门主支承采用φ450悬臂主轮, 主轮支承跨度2.1m, 主轮轴承采用滚动轴承, 滚轮材料采用ZG310-570; 闸门采用上游止水, 顶、侧止水为P45橡塑水封, 底止水为板型橡皮水封; 闸门反向支承采用滑块, 侧向支承采用侧轮。

上、下取水口事故闸门共用门槽, 其门槽为II型门槽, 槽深700mm, 槽宽700mm, 宽深比1.0, 门槽埋件设主轨、反轨、底槛、门楣等焊接结构件, 门槽主轨主要工作段采用QU120轨道钢, 二期混凝土采用C30。

上、下取水口事故闸门共用1台QT250kN移动台车, 扬程40m, 布置在▽1949.70m的平台上, 台车吊头与闸门通过一套专用的自动液压抓梁连接。启闭下取水口事故闸门时, 上取水口事故闸门放置于检修平台(高程1943.200m)门库内。

3. 工作闸门

工作闸门孔口尺寸1.8m×1.5m, 设计水头27.3m, 设置在输水隧洞下取水口事故闸门下游。闸门采用工字型双主横梁, 门叶及支臂主材为Q235B, 两支臂为工字

型梁结构, 支铰型式采用圆柱铰。弧门面板曲率半径为3.5m, 支铰高度为2.5m, 顶水止水为P45A橡塑水封, 侧止水为P45B橡塑水封, 底水封为板型橡皮水封。

门槽底槛埋件和侧轨埋件均为钢结构焊接件, 侧轨上设有不锈钢水封座板。埋件主材为Q235B。工作闸门操作条件为动水启闭, 可局部开启控制输水流量, 闸门局部开启时应加强监测, 避开振动剧烈开度。

闸门由一台QHSY400kN/200kN-2.875m液压启闭机控制操作, 泵站系统设两套互为备用的能自动转换的油泵和电动机组。启闭机控制系统采用PLC可编程序控制器管理可实现现地和远程操作。

(六) 溢洪道金属结构及启闭设备

本工程布置一条溢洪道, 驼峰堰堰顶净宽10m, 堰顶高程1932.50m, 采用1套弧形工作闸门控制流量, 工作闸门前设置1套检修闸门。

1. 溢洪道检修闸门

检修闸门孔口尺寸为10m×7.6m, 设计水头7.6m, 启门水头7.6m。闸门型式为平面滑道钢闸门, 采用实腹工字型主横梁, 门叶主材采用Q235B; 闸门主支承采用自润滑复合材料滑道, 滑道间距1.85m。闸门采用下游止水, 侧止水为P60A橡塑水封, 底止水为板型橡皮水封; 闸门反向支承采用滑块, 侧向支承采用侧轮。

门槽为I型门槽, 槽深600mm, 槽宽900mm, 宽深比1.5, 门槽埋件设主轨、反轨、底槛等焊接结构件, 门槽主轨主要材料为Q235B, 二期混凝土为C30。

闸门启闭机选用一台QPQ2×400kN卷扬机, 扬程15m, 布置在▽1952.70m的平台上, 其吊头与闸门吊耳直接连接操作。

2. 溢洪道工作闸门

工作闸门孔口尺寸10m×6.5m, 设置在溢洪道1932.40高程处, 设计水头6.1m。闸门为露顶式弧形闸门, 门叶及支臂主材为Q235B, 闸门采用工字型双主横梁, 两斜支臂工字型梁结构, 支铰型式采用球铰。弧门面板曲率半径11m, 支铰高度为7m, 侧水封为L形橡胶水封, 底水封为板型水封。门叶在工厂分节制造并完成预组装后, 运至工地安装时组焊接为一体。

门槽底槛埋件和侧轨埋件均为钢结构件, 侧轨面板为不锈钢板, 埋件主材为Q235B。闸门主要承担泄洪任务, 平时关闭挡水。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。

闸门由一台套QHLY2×500kN-4.0m液压启闭机控制操作, 布置在▽1943.30m的平台上, 泵站系统设两套互

为备用的能自动转换的油泵和电动机组,并配置活塞杆同步纠偏系统。启闭机控制系统采用PLC可编程序控制器管理可实现现地和远程操作。

(七) 鱼道金属结构及启闭设备

鱼道运行水深变化范围为0.75m~2.25m,出鱼口设置在大坝上游。出鱼口底板高程按照由高至低编号为1#~7#,1#~7#出鱼口的底板高程于1936.50m ~ 1927.50m之间每隔1.5m高差设置一个出口。1#~6#出口采用循环曲线布置的方式沿等高线逐渐降低且集中布置,每个出鱼口处设置闸门竖井,事故闸门为多孔一门布置(6孔门槽,共用1套门叶),每套事故门槽后均设置1套工作闸门。7#出鱼口布置于隧洞出口处,并设置事故闸门及工作门各1套。进鱼口位于下游河道,设防洪闸1套。鱼道还未投入使用,本文章不详细叙述鱼道金属结构设备。

(八) 金属结构防腐

1. 闸门门叶及埋件防腐

表面预处理前,清除金属表面的铁锈、氧化皮、油污、焊渣、灰尘、水分等污物表面。闸门门叶及零部件(轴、主承、水封及螺栓除外)、埋件迎水面(埋入部分除外)采用金属热喷锌,喷锌厚度为160 μm 。热喷锌完

成后,应进行表面封闭。

埋件的埋入混凝土部分只需要涂刷水泥浆即可。

2. 阀门防腐

阀门除精加工表面、阀的密封座外,阀门的所有部件均采用无毒性的合成环氧树脂涂料涂刷。使用时加热活化,其化学处理过程的涂层符合CJ/T120-2016(《给水涂塑复合钢管》)。涂层厚度为不少于250 μm 。

活塞式调流阀的外层采用静电喷涂环氧树脂粉末,涂层厚度不小于250 μm 。

防腐涂层喷涂完成后对涂层质量进行涂层厚度、绝缘性、抗冲击性能、附着性、黏附强度及网格测试,确保阀门经表面处理后有优良的防腐性能,表面处理寿命不小于30年。

三、结语

经过3年多建设,2022年4月1日,曲靖车马碧水库正式下闸蓄水,这标志着水库由建设阶段转入运行管理阶段。

参考文献:

[1]《水利水电工程钢闸门设计规范(SL74-2019)》[S].北京:中国水利水电出版社.