

浅谈大孔口高水头导流洞封堵闸门设计特点

翟维

新疆众汇新源检测技术服务有限公司

DOI:10.12238/hwr.v6i12.4640

[摘要] 对于大孔口高水头的平面封堵闸门,当滑道线荷载超出现有常规材料承载能力,会出现支承装置设计困难,本设计创新性的提出单侧双列滑道支承方式以解决此问题。设计中除采用平面体系容许应力法计算外,还进行有限元计算,以验证该门体结构设计的合理性。本文介绍了该闸门结构布置与设计特点。

[关键词] 导流封堵闸门; 单侧双列支承; BIM 协同设计

中图分类号: TV663 **文献标识码:** A

Talking about the Design Characteristics of Large Orifice and High Head Diversion Tunnel Blocking Gate

Wei Zhai

Xinjiang Zhonghui Xinyuan Testing Technology Service Co., Ltd

[Abstract] For the plane blocking gate with large orifice and high water head, when the load of the slide line exceeds the bearing capacity of the existing conventional materials, the design of the supporting device will be difficult, and the single-side double-row slide support method is innovatively proposed to solve this problem. In addition to the allowable stress method calculation of the planar system, finite element calculation is also carried out to verify the rationality of the door structure design. This paper introduces the structural layout and design characteristics of the gate.

[Key words] diversion blocking gate; single-side double-row support; BIM co-design

1 概述

新疆某水利枢纽是塔里木河主要源流之一的叶尔羌河流域内最大的控制性山区水库工程,位于新疆西南部喀什地区莎车县境内的叶尔羌河上。是以灌溉、防洪、生态、发电为开发目标的控制性水利枢纽工程。正常蓄水位1820.0m,水库总库容22.40亿立方米,电站装机容量700MW,为大(1)型I等工程。

本工程导流洞为无压洞,设置封堵平板门1孔,孔口尺寸11m×13.5m(宽×高),最大挡水水头120m。闸门由容量为2×10000kN-35m固定卷扬式启闭机操作。

2 门体结构

导流洞11m×13.5m-120m平面封堵闸门门体结构如下图所示。门体结构采用上游面板,下游封水的多主梁同层布置平面钢闸门。综合考虑工程所在地的气候条件、闸门的使用工况、主梁截面尺寸、制造工艺等多重因素,门体材料选用焊接技术成熟的Q345C。门叶共分为5节制造,每节均为三主梁结构,主梁位置按等荷载原则布置。由于空间尺寸所限,主梁后翼缘采用整块钢板制成,这样每节闸门可视为一段三腹板的箱梁结构;边梁也为双腹板箱梁结构。这样设计的优点是受力整体性好,单节门叶刚

度大,挠度变形小,抗扭曲能力强,能有效的控制闸门制造、运输、现场存放、吊装、拼装等各环节发生的变形,保证闸门的尺寸精度全程受控。每节门叶设置2对侧轮挡动,利于闸门拼装时操作,也便于闸门顺利下闸封堵。该闸门门叶结构复杂,承压水头高,所有板材主要为50mm厚钢板,其主梁腹板与前后翼缘,以及与边梁腹板的连接焊缝均为融透的组合焊缝。为消除焊接残余应力,门叶在制造厂焊接完成后,进行了时效处理。

3 支承特点

由于该闸门孔口尺寸大,承压水头高,总水压力达一万八千吨,造成门叶支承装置设计难度极大。单个支承的荷载超出现有各类复合材料,铜基镶嵌等型式的滑块的承载力极限,如不采取有效措施降低滑块线荷载,支承装置有被压溃失效的风险。这将对本工程的导流洞封堵带来极大的安全隐患。

经过大量的调研、分析和比选,笔者在该闸门上创造性的提出单侧双列滑道的布置型式。其基本原理是利用结构力学中力法求解多次超静定梁(如图2所示):假定该梁共有4个支承点,每个支承点的支座反力均相等,当单侧内外支承点R1及R2的间距S为已知时,将支座反力视为加载在简支梁上的外力,从而简

整体加工,全长形位偏差不超过0.5mm,与铰制孔螺栓协同承担门叶节间定位功能。

5 三维协同设计

该封堵闸门结构复杂,设计图需要表达的信息多,给设计工作带来一定的挑战。如采用传统的方法开展设计工作,周期长,制图与修改都很复杂,而且在修改时,还会带来多张图纸表达不一致的情况,给校核审查等设计质量控制环节也带来了相当的困难。笔者所在部门决定采用BIM框架下的全三维设计方式,并探索多人协同的工作模式,以提高工作效率。多人协同三维设计实施过程包括:首先,由主要设计人员完成主要构件的计算,将计算成果放至设置了权限的局域网服务器,将三维建模工作按门叶结构划分成若干单元,如上节门叶,中节门叶,止水装置,支承装置等,设置树状目录结构;其次,参与设计人员依据计算成果,各自完成分配的建模工作,补充完善零部件计算,并投影工程图;主要设计人员将以上这些设计成果进行拼接合并,完成闸门的整体设计;校审人员直接登录进入服务器,直接对模型进行多角度审核,并通过剖切等三维手段,逐个检查门叶内部结构,而对工程图则只检查尺寸标注是否完善,不需考虑制图错误或门叶体型问题。

三维协同设计极大的发挥了三维设计的优势,又突出了协同的高效性。不同设计人员同时开展工作,交叉利用已有的三维模型成果,既分工明确,又相互合作;树型的文件管理方式即便于设计人员独立的开展工作,发挥设计才能,又能将全部数据和文件有效管理,整合统一。该封堵闸门共使用各类板件及标准件共一万六千余个,如采用传统CAD二维设计,制图工作无法在一个月完成,影响闸门的制造和时效处理。

三维设计的另一优点是,能以轴侧半剖,局部剖等二维制图完全无法使用的表达方法,向看图者传达设计意图,而且轴侧剖切视图完全自动生成,并不需消耗设计人员额外的时间和精力。

6 有限元计算

为好更好的验证基于二维平面力学理论体系的计算结果,查漏补缺,特委托河海大学机电工程学院就本封堵闸门进行

了有限元分析计算。通过有限元计算,进一步确认了单侧双列滑道共同承载的可行性与具体支座反力值;验证了闸门各工况下,各零部件的应力分布情况;验证了闸门重心与工程图的一至性。

通过闸门的整体有限元计算,也对一些位置在二维平面力系内不易计算的节点板,缀板,肋板,加强板等非主要受力构件进行了应力分析,确认一些局部应力集中的位置,依据有限元计算报告的建议,也对这些局部通过开坡口,倒角,调整位置等工程措施予以处理。报告明确指出了原设计中,顶主梁腹板受顶水柱作用下,强度接近许用应力的情况,提出增设纵向及横向“T”型加强肋的建议,笔者也依报告对原设计进行了相应修改。

7 建议与总结

本导流洞封堵闸门孔口尺寸大,挡水水头高,综合设计难度居国内领先水平。建议拟采用单侧双列滑道支承方式的大孔口高水头闸门,在平面计算的基础上,还应通过有限元分析,进一步确认单侧内外两条滑道的垫板高度差的准确值,使得滑道受力均匀,避免内外侧滑道先后分别压溃现象的发生。

笔者通过该闸门,也对三维协同设计进行了有益的探索,将BIM(Building Information Model建筑信息模型)的概念引入本行业,总结了一套适应于现状的多人协同三维设计办法,希望对推动金属结构专业的设计创新起到抛砖引玉的作用。

[参考文献]

- [1]胡友安.导流洞进口11×13.5-120m封堵闸门有限元计算报告[M].江苏常州:河海大学机械工程学院,2014.
- [2]郭旭,赵康.拓扑相关荷载作用下结构拓扑优化的水平集方法[J].工程力学,2005,22(5):69-77.
- [3]梁醒培,五辉.基于有限元法的结构优化设计-原理与工程应用[M].北京:清华大学出版社,2010.

作者简介:

翟维(1983-),男,汉族,河南长葛人,大学本科,工程师,研究方向:水工金属结构设计及检测。