

潜孔弧形闸门静力有限元分析结果对平面体系计算结果的验证

郭忠武¹, 罗成英¹, 贺开宇²

(1. 四川省清源工程咨询有限公司, 四川 成都 610072; 2. 四川省水利水电勘测设计研究院, 四川 成都 610072)

摘要:目前,对于弧形钢闸门刚度、强度校核基本上是按照常规的平面体系进行结构计算,其计算结果不能有效反映闸门的空腔效应。对于空腔效应较强、结构较为复杂的大型水工钢闸门,宜用空间有限元复核计算结构。介绍了利用 ANSYS 软件对某电站泄洪闸弧形闸门进行的三维有限元分析。从结构刚度和强度两个方面,对在最大水压力作用下闸门的安全性进行了分析,得出了一些有益结论并用于指导某电站的闸门设计。对初学三维设计者具有一定的参考意义。

关键词:弧形闸门;有限元;刚度;强度

中图分类号:TV7;TV735;TV22

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)01-0089-03

1 概述

某水电站正常蓄水位以下水库库容为 173.85 万 m³,日调节库容为 110.89 万 m³,引用流量为 161.8 m³/s,装机容量为 3×38 MW,单独运行多年平均年发电量为 4.773 亿 kW·h。最大闸(坝)高 27.5 m,泄洪闸段宽 23.5 m,顺水流向长 35 m,设置三孔水头为 22.5 m,孔口尺寸为 8 m×10.5 m(宽×高)的潜孔弧形工作闸门,该闸门的主要功能是在正常水位下闭门挡水,汛期开闸泄洪并可局部开启调节流量。该泄洪闸弧形闸门横向设置 2 根主横梁,14 根次横梁,纵向设置 7 根纵梁,横、纵向梁均与弧形面板相焊接。主横梁采用箱型梁结构,次横梁由工字钢或槽钢构成,两边支臂为 A 形箱型斜支臂。闸门结构采用液压启闭机启闭,操作条件为全水头动水启闭。目前对于水工钢闸门的设计计算规范的方法是将其简化分解为若干基本部件,再按平面体系对每一部件进行设计计算^[1]。然而,闸门结构是由一套复杂的空间薄壁板材结构单元组成,按平面体系计算与实际空间结构毕竟存在差异,而按空间结构分析更接近实际受力工况,故笔者采用三维有限元进行校核。

2 闸门有限元建模

2.1 有限元分析软件

随着计算机技术的发展以及有限元理论的日益完善,出现了许多有限元计算软件,并在各个领

域得到了广泛的应用。笔者选用了较为著名、使用方便、功能强大的 ANSYS 软件进行计算分析。

2.2 模型的建立

弧形闸门是一个空间薄壁结构,从其组成看,包括面板、梁格和支臂等部件。有限元建模时采用部分空间薄壁结构模型,该模型未对闸门结构进行过多的简化,保留了原来问题的复杂性。该模型在建模时,将单元类型分为 2 种,将构成闸门结构的所有板件,包括面板、主梁、竖直次梁、边梁及支臂的腹板和翼缘等均采用板单元模拟,而对于水平次梁、底梁及支臂斜撑采用梁单元。笔者分析的板单元采用 shell63,梁单元采用 beam188,经过 ansys 有限元网格划分。该闸门结构有限元网格划分情况见图 1。

2.3 边界约束条件

闸门关闭挡水时,闸门底缘采取竖直向连杆约束;作用在闸门面板上的水压力等效为各板单元上的节点载荷处理,利用 ANSYS 中的 SFGRAD 命令来模拟水压力在闸门面板中沿水深方向的梯度^[2];闸门在承受静水压力过程中,两侧水封存在摩擦力,一旦稳定下来,可以忽略摩擦力的作用;支铰有 6 个自由度,约束除绕 Z 轴旋转以外的所有自由度。

2.4 计算采用的基本资料

(1) 计算参数。

收稿日期:2015-07-18

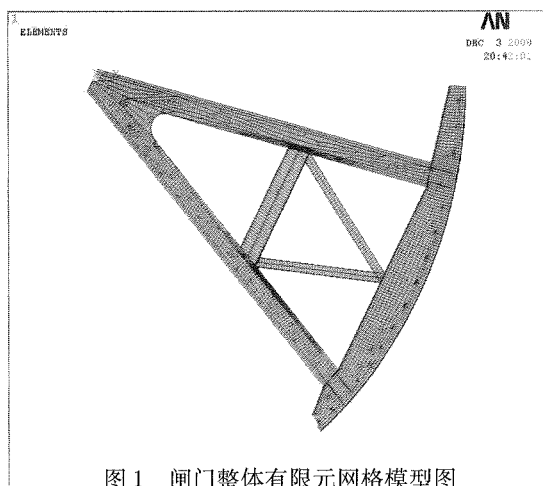


图1 闸门整体有限元网格模型图

Q345B 钢材弹性模量取 210 GPa,泊松比为 0.3,密度为 7850 kg/m^3 。

(2) 计算荷载。

计算荷载主要为:自重、水压力。

3 计算结果分析

笔者主要关心闸门的刚度及强度,以下从整体到局部逐节进行分析。

3.1 闸门的变形分析及刚度校核

分析闸门各节点位移计算结果得知:闸门门体以径向变形为主,其余两个方向变形较小。闸门的最大变形出现在门叶中下部,向上和向下逐渐变小。从分析闸门整体变形可以看出,闸门稳定后两端径向变形约为 4 mm,面板最大变形为 10 mm,即闸门中部最大扰度为 6 mm。闸门整体变形情况见图 2。

对于单个构件,边梁的变形相对于中部纵梁变形较小。次横梁由于受主纵梁的限制,变形亦较小。

闸门面板是整个闸门中变形最大的部件,这是由于面板面积较大,相对而言,其刚度较小。最大变形发生在闸门中部梁格中部,最大变形为 5 mm,满足规范要求。在闸门的实际受力过程中,水压力是通过面板将水压力传递给主纵梁、次梁,再通过主梁传递到支臂,最后由支臂传到闸墩。支臂是闸门所有构件中最长的构件,通过分析得知,支臂的径向弹性变形达到 4 mm,垂直向变形为 2 mm,Z 向变形为 0.7 mm,支臂整体变形不

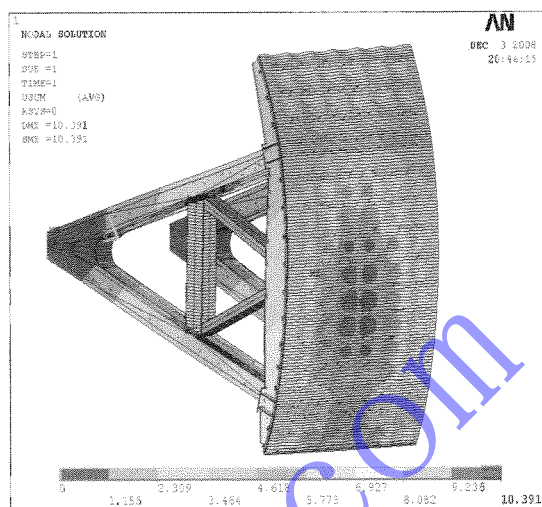


图2 闸门整体变形图

大,布置合理,不存在安全隐患。

3.2 闸门的应力分析及强度校核

从闸门整体应力分布云图上看,最大应力发生在主横梁和支臂柱头结合处的主横梁腹板上,具有局部性(图 3)。因此,设计上可采取措施减小应力集中,以使闸门整体应力分布更趋合理。

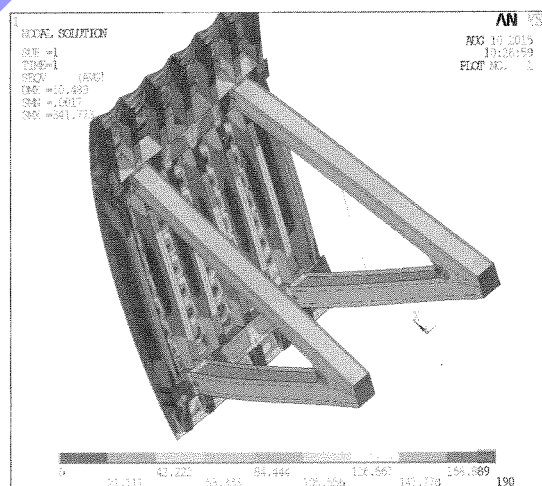


图3 闸门整体应力分布云图

该闸门共有 2 根主横梁,14 根次横梁。次横梁沿面板均匀分布,承受从闸门面板传来的水压力,基本上起过渡作用,防止面板变形过大,将挡水面板传来的力传到主横梁和纵梁。通过比较,横梁上的最大应力值小于横梁钢材要求的许用应力值。

闸门共设 7 根纵梁,包括 2 根边梁,5 根主纵

梁。两边梁相对于主纵梁受力较小,主纵梁与主横梁连接位置应力较大。通过比较,纵梁所受水压力不超过相应的许用应力值。

支臂方面,该闸门采用了双 A 型支臂,支臂与主横梁及主纵梁焊接在一起,闸门开启时,随闸门一起绕支臂支点旋转,最大应力位于与主、纵梁接触处。其它部位应力较小,其最大应力也满足许用应力要求。

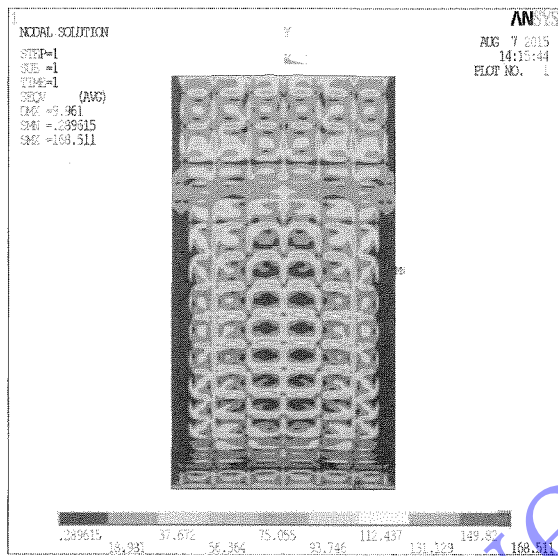


图 4 闸门面板梁应力效果图

闸门面板由厚度为 20 mm 的钢板焊接而成,它将水压力传给各横、纵梁。就闸门整体而言,关键的受力部位在各梁和支臂上。但是,闸门面板

(上接第 73 页)

相信不久的将来,随着规划的节能评估工作进一步推广和应用,必将会对节能评估和审查制度注入新的活力。正如规划环境影响评价制度的建立和实施对于推进产业合理布局和城市规划的优化、预防资源过度开发和生态破坏发挥了不可替代的积极作用一样,我们可以借鉴规划环评的经验和做法,尽快制定和出台规划能评的制度和办法,推动规划能评工作的发展,发挥规划能评在节能减排工作中的龙头地位。从宏观层面对规划实施能评,全局的角度保证经济和社会的可持

是最直接的受力件,如其厚度不够,很容易出现破坏现象。一般来说,闸门钢板具有很好的韧性,可以经受较大的扰度变形。面板只要满足厚度条件,各梁间距布置合理,其强度条件容易符合要求。闸门面板应力效果见图 4。

4 结 语

利用 ANSYS 对闸门刚度和强度进行分析可以看出:在正常设计要求下,经过计算出闸门设计的梁系布置和拟定的截面尺寸是合理的。对比常规的平面体系进行结构计算,虽然也能满足工程建设需要,但如果闸门比较复杂且水压力较大,而且其位置比较重要,采用笔者阐述的方法,即采用通用软件 ANSYS 对梁、板单元进行刚度、强度复核,建模简单、分析快捷,计算成果对设计和施工具有较大的指导意义。

参考文献:

- [1] SL74-2013,水利水电工程钢闸门设计规范[S].
- [2] 张胜明.基于有限元软件 ANSYS7.0 的结构分析[M].北京:清华大学出版社,2013.

作者简介:

- 郭忠武(1981-),男,山西朔州人,工程师,学士,从事水利水电工程金属结构设计工作;
- 罗成英(1981-),女,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程金属结构设计工作;
- 贺开宇(1982-),男,重庆铜梁人,工程师,学士,从事水利水电工程金属结构设计工作.

(责任编辑:李燕辉)

续发展,促进节能减排目标的实现。

参考文献:

- [1] 姚娜,宋敏,刘学敏.国家可持续发展实验区科技计划实施现状及成效,中国人口·资源与环境[J].2015,.25(1):158-161.
- [2] 郑少露,吴仁海,文刚.基于低碳循环经济的规划环评指标体系的探讨[J].环境科学与技术,2010,33,(6):199-204.

作者简介:

- 吕浩(1969-),男,云南昆明人,高级工程师,学士,从事能源、水利、生物多样性、社会稳定风险评估工作.

(责任编辑:李燕辉)