

浅谈闸门井抗外压设计的优化

张生东¹, 邱海波²

(1. 中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司, 北京 100024; 2. 北京市京密引水管理处, 北京 101400)

摘要:在闸门井设计中,不可避免会涉及到抗外压设计问题,一些闸门井孔口部位的跨度较大,使得在不考虑与围岩的联合承载时,闸门井孔口部位两侧井壁结构的内力及配筋结果较大,按该结果进行配筋是很不经济的。以额勒赛下游水电站上电站工程泄洪放空洞闸门井为例,通过考虑围岩与混凝土的联合作用,大大减小了井身结构配筋,为类似的闸门井结构设计提供参考。

关键词:闸门井;抗外压;固结灌浆圈;联合作用

中图分类号:TV663;U456.2

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)01-0104-04

1 前言

在闸门井设计中,不可避免会涉及到抗外压设计问题,在抗外压设计中:一方面,部分电站由于弧门的设置,使得闸门井孔口部位的跨度较大;另外,水库建成蓄水后,地下水位抬高,也使得闸门井需要承受较大的外水压力,因此,闸门井抗外压设计时孔口部位两侧井壁结构的内力较大。

由于闸门井在进行固结灌浆且设置锚杆后,保证了衬砌与岩石的联合作用,由于固结灌浆的作用,使得衬砌周围的岩石渗透系数减小,客观地使外水压力作用在衬砌外缘的岩石固结圈上,因此,结合部分已建工程的处理方法,可考虑把外水压力作用在衬砌外缘的岩石注浆加固圈上。本文结合柬埔寨额勒赛下游水电站上电站工程泄洪放空洞闸门井设计,分别按考虑与围岩联合承载和不考虑联合承载两种情况进行了计算,通过对两种方法的计算结果对比发现,采用考虑围岩与混凝土的联合承载时,可大大减少配筋。

2 工程概况

额勒赛下游水电站位于柬埔寨王国戈公(Koh Kong)省以北20 km、首都金边以西180 km的额勒赛河下游,分设上下两个电站工程。上电站枢纽布置为混凝土面板堆石坝+下游左岸地面厂房,总装机容量为206 MW。工程规模为大型(2)型,工程等级为二等,主要建筑物级别为2级,次要建筑物为3级。地震基本烈度为6度,设计烈度为6度。

泄洪放空洞布置在右岸,位于溢洪道以右山体体内,泄洪洞中部设闸门井,闸门井内设事故闸门及弧形工作门各一扇。闸门井长度为29.5 m,桩号为洞0+196.00 m~洞0+225.50 m,闸门井内包括一扇孔口尺寸为6.0×8.0 m(宽×高)的平板检修门,一扇孔口尺寸为6.0×7.0 m(宽×高)的弧形工作门。闸门井总深约75 m,闸门井开挖断面为宽度12 m,长度自下而上为29.5 m~16.2 m。

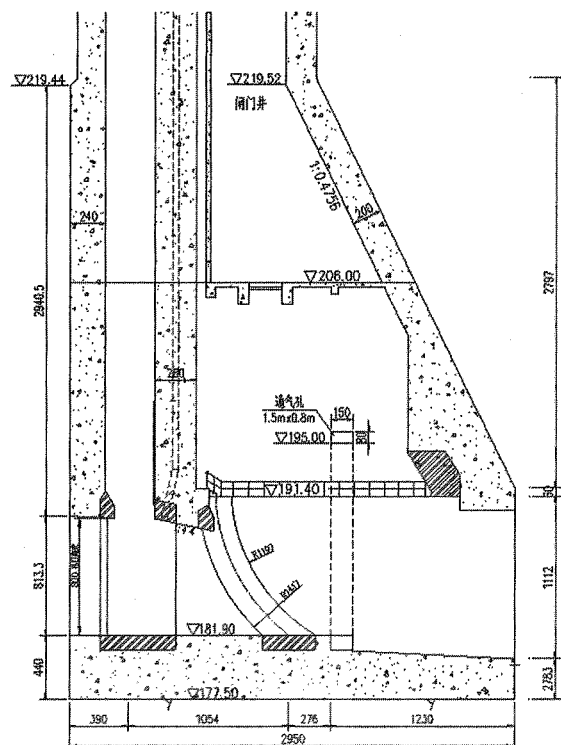


图1 闸门井纵断面图

收稿日期:2015-06-01

对于正常运行工况,工作闸门孔内无水,内水压力为零,外水水位 263.0 m。闸门井孔口部位具体体型见图 1。

3 井身结构计算

3.1 不考虑围岩联合承载

3.1.1 计算假定及模型

不考虑围岩的作用,将 206 m 高程以上闸门井结构简化成平面框架结构,四周承受均布荷载,利用结构力学求解器计算闸门井断面简化结构的内力,模型见图 2。

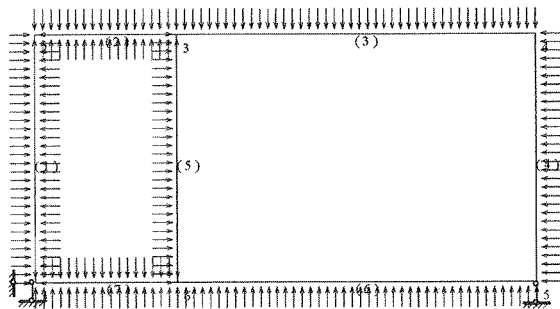


图2 闸门井 206 m 高程简化模型

将 EL. 206 m ~ EL. 191.4 m 闸门井壁简化为双向板结构,双向板上下游两个方向为固端,顶部和底部为简支;

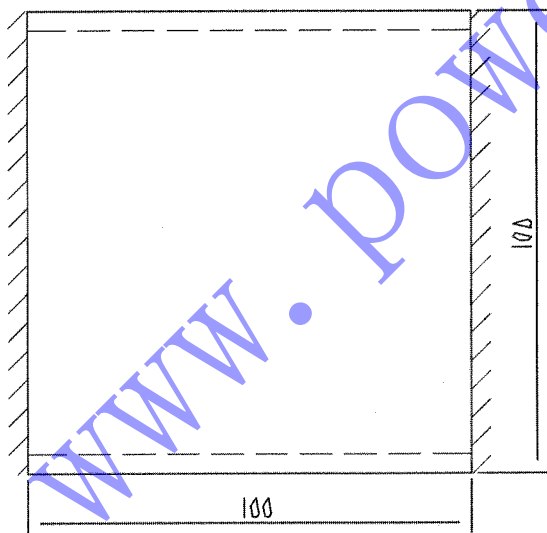


图3 $\nabla 191.40 \text{ m} \sim \nabla 206 \text{ m}$ 双向板模型

将 EL. 191.4 m 以下闸门井壁简化为双向板结构,双向板三个方向为固端,顶部为简支;

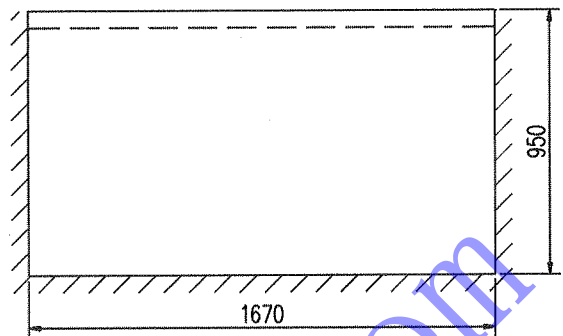


图4 $\nabla 181.90 \text{ m} \sim \nabla 191.40 \text{ m}$ 双向板模型

在洞室开挖过程中采用喷锚、挂网支护,并对周围岩体进行固结灌浆,因此在计算时不计入围岩压力;

抗外压计算时,考虑到闸门井外围岩较单薄,与水库连通性通性较好,外水压力偏安全地按正常蓄水位选取。

3.1.2 内力及配筋计算

根据内力结果对各个截面进行配筋后结果如

表 1:

3.2 考虑围岩联合承载

3.2.1 计算假定

计算时不计入围岩压力,外水压力偏安全地按正常蓄水位选取;

参考公伯峡[1]、洪家渡[2]的设计方法,以及《水工隧洞结构限裂设计研究》[3]的成果,在计算外水时考虑注浆加固圈的作用,以反映围岩的贡献,把外水压力当作面力进行分析计算,外水压力直接作用在衬砌外缘的注浆加固圈上;

在闸门井设计中,采用了系统锚杆支护并进行了固结灌浆,其中锚杆参数为: $\varphi 25 @ 1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$, $L = 4.5 \text{ m}$,入岩 3.8 m;固结灌浆参数为:固结灌浆孔孔径 $\varnothing 50 \text{ mm}$,排距 3 m,深入岩石 5.0 m。考虑到固结灌浆及锚杆对围岩的加固,及外露 70 cm 锚杆与混凝土衬砌的拉结作用,在计算时考虑 3.8 m 围岩作为“注浆加固圈”。

表 1 不考虑围岩联合承载配筋结果

截面	截面高 /m	对应高程 /m	弯矩 /kN·m	轴力 /kN	配筋结果 /m	
					内侧	外侧
1	2.3	$\nabla 206.0$	8 646	-5715.5	(双)6 φ 32	(单)6 φ 32
2	2.3	$\nabla 191.4$	9 600	-4 231.4	(双)7 φ 28	(单)7 φ 32
3	3	$\nabla 181.9$	9 152.3	-4 429.4	(单)6 φ 36	(单)6 φ 36

3.2.2 计算模型

(1) 有限元模型

计算采用 ansys, 建立三维模型, 网格采用映射剖分, 围岩和混凝土均采用 SOLID 65 单元。具体模型见下图, 井身混凝土衬砌与加固圈围岩见共节点, 围岩厚度为 3.8 m, 该模型范围为: EL. 177.5 m ~ EL. 219.52 m。

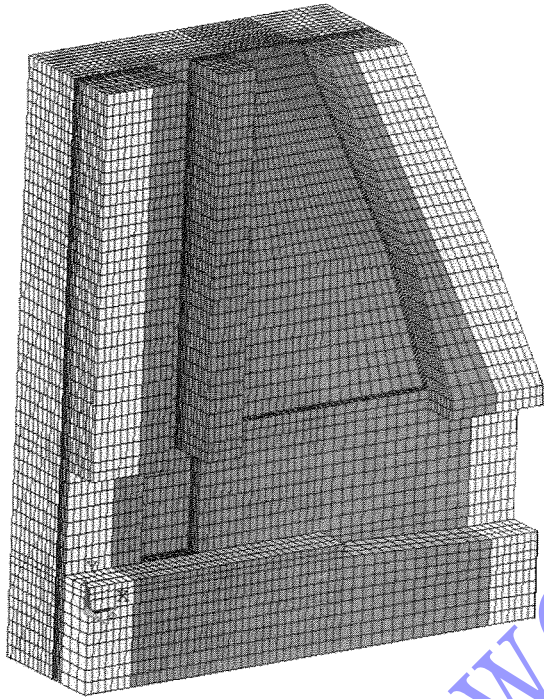


图 5 闸门井井身及注浆加固圈模型

(2) 约束及荷载

对于正常运行工况, 事故闸门井孔内水位为正常蓄水位, 其下游侧工作闸门孔内无水, 静水压力为零, 加固圈外围的外水压力按正常蓄水位 263.0 m 考虑。

3.2.3 有限元计算结果

闸门井井身第一主应力结果如下:

从混凝土衬砌的第一主应力结果来看, 总体在 1 MPa 左右, 最大值为 2.35 MPa, 其中拉应力最大部位位于弧门门槽及检修门孔口附近, 尤其是 191.4 平台及检修门槽下游侧应力最大, 以下选取有代表性的四个截面进行线性化和内力计算。具体截面位置如图 6。

3.2.4 配筋计算

将截面应力线性化得到内力结果, 根据内力进行配筋后结果如表 2:

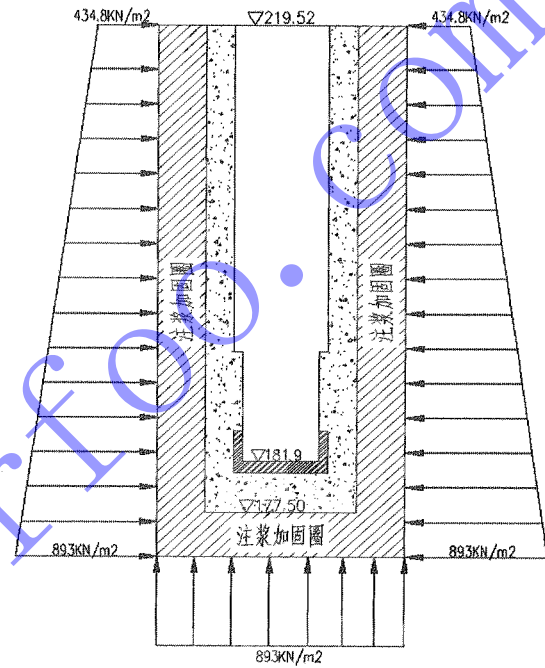
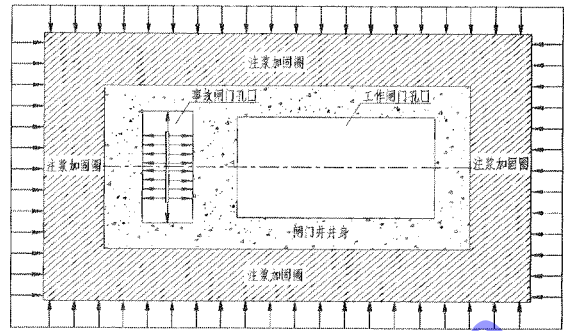


图 6 模型荷载及约束示意图

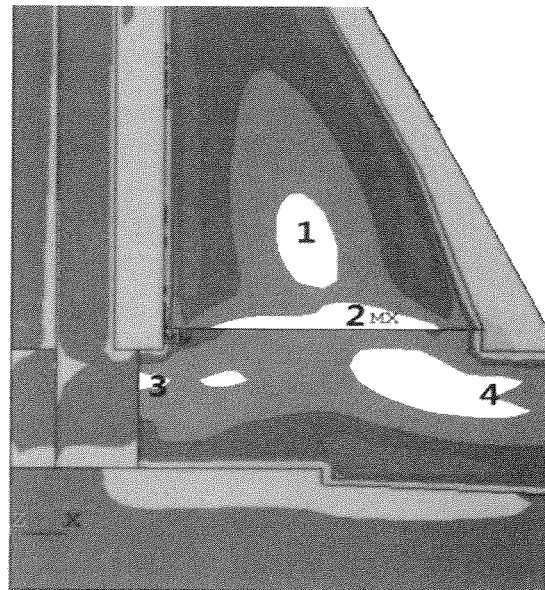


图 7 闸门井井身内侧第一主应力云图

表2 截面应力线性化及配筋结果

截面	截面高 /m	最大应力 /(kN/m ²)	最小应力 /(kN/m ²)	弯矩 /kN·m	轴力 /kN	配筋结果 /m	
						内 侧	外 侧
1	2.3	1 806	-1 850	1 611.7	-50.6	(单)6φ32	(单)6φ32
2	2.3	1 175.4	-1 751	2 194.8	-863.4	(单)6φ32	(单)6φ32
3	3	1 600	-1 318.1	2 188.6	422.9	(单)6φ32	(单)6φ32
4	3	1 461.5	-1 814.6	2 457.1	-5 29.7	(单)6φ36	(单)6φ36

4 结 语

由于闸门井在进行固结灌浆且设置锚杆后,保证了衬砌与岩石的联合作用,固结灌浆的作用,使得衬砌周围的岩石渗透系数减小,客观地使外水压力作用在衬砌外缘的岩石固结圈上。因此,在工程设计阶段无地下水位资料时,可考虑把外水压力作用在衬砌外缘的岩石注浆加固圈上。

对于额勒赛下游水电站上电站泄洪防空洞闸门井,在考虑围岩的联合承载后,截面的配筋面积减少了大约 30%,创造了良好的经济效益,目前额勒赛已建成发电,闸门井运行情况良好。

参考文献:

- [1] 陈念水、王卫国. 水工隧洞设计中水压力探讨,西北水电,2012(5):28-31;
- [2] 湛正刚、张晋秋. 水工隧洞外水压力设计分析探讨,贵州水力发电,2000(4)31-34;
- [3] 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院. 水工隧洞结构裂缝设计研究成果报告,2008;

作者简介:

张生东(1938-),男,江苏仪征人,工程师,主要从事水电工程的设计和科研工作;

邱海波(1982-),男,山东汶上人,工程师,主要从事水利工程管理工作。(责任编辑:卓政昌)

中电建设计施工西藏多布水电站投产

1月17日,由中国电建设计施工的西藏多布水电站最后一台(1号)机组顺利完成72小时试运行,至此,该电站4台机组全部具备投入商业运行条件。

多布水电站位于西藏林芝县境内尼洋河上,距林芝行署所在地八一镇约25千米,水库正常蓄水位3076米,总库容8500万立方米,为日调节水库。初选电站装机容量12万千瓦,年利用小时4217小时,设计年发电量5.06亿千瓦时。多布水电站是尼洋河综合治理与保护规划优先项目,一旦投产发电,对缓解藏中电网供电紧张局面,促进西藏经济社会发展具有重要意义。该工程主要由拦河坝、泄水和发电等建筑物组成,是西藏第十二个五年规划期间能源发展重点项目,获得中央预算内投资额度12.13亿元。电站准备工程于2011年6月开工建设,2014年12月11日实现大江截流,首台(4号)机组于2015年8月29日发电。

大唐发电2015年发电量:1697.252亿千瓦时

根据大唐发电初步统计,截止到2015年12月31日,大唐发电及子公司(“本集团”)已累计完成发电量约1697.252亿千瓦时,比去年同期减少约10.12%;本集团累计完成上网电量约1608.296亿千瓦时,比去年同期减少约9.97%。受全国电力供需总体宽松以及本集团火电机组所在区域电网利用小时下降的影响,火电机组发电量同比降低约11.55%,上网电量同比降低约11.50%;因本集团水电机组容量增加等因素的影响,水电机组发电量同比增加约0.17%,上网电量同比增加0.75%;因本集团风电机组容量同比增加,风力及光伏机组发电量同比增加约2.49%,上网电量同比增加2.61%。

国电电力2015年全年发电量:1688亿千瓦时

截至2015年12月31日,国电电力公司控股装机容量4630.35万千瓦,其中火电3120.75万千瓦,水电1080.03万千瓦,风电408.37万千瓦,太阳能光伏21.20万千瓦。公司第四季度新增火电装机容量66万千瓦,新增水电装机容量28.5万千瓦,新增风电装机容量27.8万千瓦,新增光伏0.1万千瓦。

国电电力公司2015年全年累计完成发电量1688亿千瓦时,上网电量1595.19亿千瓦时,平均上网电价353.89元/千千瓦时,较同期分别下降了5.71%,6.15%和4.88%。其中:火电企业累计完成发电量1293.51亿千瓦时,同比下降10.12%,上网电量1206.73亿千瓦时,同比下降10.73%。水电企业累计完成发电量319.16亿千瓦时,同比增长12.46%,上网电量315.76亿千瓦时,同比增长12.14%。风电企业累计完成发电量72.32亿千瓦时,同比增长13.28%,上网电量69.71亿千瓦时,同比增长10.55%。光伏企业累计完成发电量3.01亿千瓦时,同比降低11.47%,上网电量2.99亿千瓦时,同比降低10.48%。