

气垫式调压室及其在大干沟水电站的应用

郦国荣

(青海省格尔木河水电开发公司, 青海 格尔木 816000)

摘要:青海省大干沟水电站引水系统采用国内尚未使用的气垫式调压室这一特殊装置. 初步运行试验结果表明: 气垫式调压室可以满足反射水击波、改善机组运行条件的各项要求, 增负负荷期间蜗壳进口处和调压室内压力变化满足调保计算值. 与建常规塔式调压室相比, 可节约投资 40%.

关键词:水电站; 气垫式调压室; 大干沟水电站

中图分类号: TV372.5+6

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2002)03-0038-03

青海省大干沟水电站位于柴达木盆地的格尔木市境内, 电站装有 2 台单机容量为 10 MW 水轮发电机组, 设计水头 70 m, 单机引用流量 $16.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 为坝后引水混合式电站, 是格尔木河梯级规划中的第二级水电站, 距格尔木市 67 km, 大坝坝顶高程为 3342.8 m. 为提高电站水头和满足冬季正常运行需要, 引水系统采用有压引水道, 其组成比较复杂, 主要由长 4418 m、内径 4.2 m 钢筋混凝土低压输水管, 内径 6.6 m、高 19.94 m 双室溢流式调压室, 长 725 m、内径 3.2 m 高压钢管, 气垫式调压室及叉管等水工建筑物组成. 电站于 2000 年 7 月建成投入运行发电.

管始端设置溢流式调压室, 在距终端(厂房)140 m 处设置气垫式调压室(以下简称气压室), 两室之间长 585 m, 如图 1 所示.

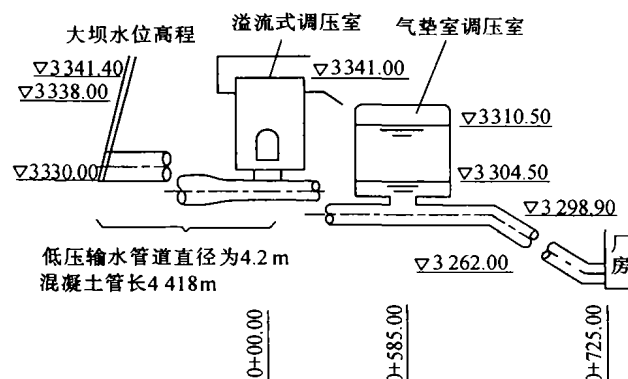


图 1 引水系统纵剖面示意图(单位:m)

1 电站采用气垫式调压室由来

电站在进行可行性研究及初设中, 厂房选址较为困难, 若厂房选在靠近山体的溢流式调压室下方, 则距河道很远, 尾水渠开挖量很大, 故厂房只能通过有压钢管选在河道旁. 由于本电站水头较高, 其带压的引水管道很长, 为了保证供电质量及机组在甩负荷时, 压力管道的压力上升率及机组最大转速上升率同时受到限制, 电站设置上调压室是不够的, 需设置双调压室, 或采用调压阀、安全爆破膜等措施, 但通过论证, 采用在厂房设置调压阀、安全爆破膜等措施不可行, 故只能设置下调压室. 为使电站调节保证得到满足, 下调压室应尽量接近厂房布置, 而电站厂房附近设下调压室处的地势比较平坦, 没有可利用山体 and 岩体, 若将下调压室做成一般塔式结构则不经济, 因此负责该项目的水利专家张江甫创意提出采用气垫式调压室布置方案, 得到水利部及河海大学等单位专家的大力支持. 所以电站分别在压力钢

2 电站气压室基本结构和特点

调压室是水电站中一个具有水击波反射功能的装置, 是利用调压室扩大的底面积和自由水面使压力管道中传来的水锤波发生异号反射, 从而减少压力管道和传入有压引水道的水锤压强, 有利于提高机组的运行稳定性和供电质量. 常规调压室都是开敞式的, 具有与大气相通的自由水面, 气压室也有自由水面, 但水面压力大于大气压, 可利用封闭气室中的压缩空气制约水位高度及其变幅, 在我国还是首次采用. 大干沟电站气压室竖立于地面, 为顶端封闭的圆筒式结构, 内径 10 m, 净高 14 m, 底部设有直径 2.5 m 的阻抗孔口与高压钢管相接, 其结构如图 2 所示. 该气压室的特点是:

a. 气压室上部为压缩空气, 在气压室水位波动

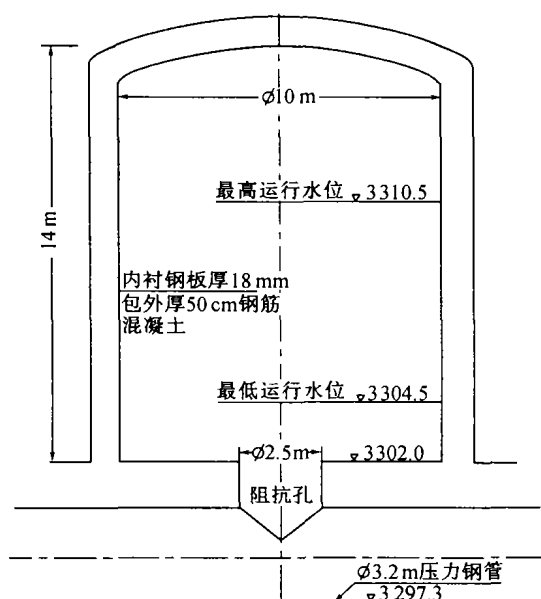


图2 气压室剖面结构示意图

过程中,气室内外无空气交换,气压随水位的升降而增减,因而能抑制水位波动的振幅。

b. 气压室布置在接近厂房的位置,且有较大的稳定断面,所以对水锤波有良好的反射性能。

c. 与常规调压室相比,气压室可以压低调压室的稳定水位,降低调压室的高度,所以造价较低。

d. 气压室为钢衬钢筋混凝土结构,无漏水漏气现象发生。

e. 气压室采用钢衬厚度 18 mm 的 16Mn 钢,外包厚 50cm,200 号钢筋混凝土,能承受最大的内压力作用而不变形,并留有较大的安全裕度。

f. 气压室竖立于地面,便于设置监测设备,能及时反应并准确控制室内气压、水压、水位变化。

g. 气压室的不足之处是需有监测水位和气压的设备及补气设备,初始运行和放空检修后需要较长充气时间,机组不能及时投入运行发电,运行管理比较复杂。

3 电站气压室监控方式

考虑到气压室的特殊性及其重要性,在我国尚无采用气压室的实践经验情况下,为确保气压室的运行安全可靠,格尔木河水电开发公司委托河海大学对该电站气压室及压力管道结构进行分析并对引水系统过渡过程进行计算和试验研究^①。根据设计要求,在机组负荷(或机组引用流量)的变化过程中,系统的限制条件为:①蜗壳进口最大内水压力上升率 $\xi_{\max} \leq 50\%$;②机组最大转速上升率 $\beta_{\max} \leq 45\%$;③气压室最小水深要求在 2.5 m 以上。

通过以上限制条件的试验研究,对气压室的运行控制方式可采用等水位法或等 PV 值法(P 为室内绝对气压值, V 为气压室体积)。但采用等水位法在实际运行时较难实现,因为对各种稳定运行状态,在不同的库水位和不同机组引用流量的组合下,若要控制气压室内的水位(或压力)相等,必须频繁地操作空气压缩机和排气阀。采用等 PV 值法,则因综合考虑了室内气压和水位的变化,在等温条件下,只要气压室内气体无泄漏,室内的压力、水位会按照一定规律自动适应任一正常稳定发电运行状态,无需操作空气压缩机和排气阀等外部设备。因本电站气压室水平截面积不随高程变化,故等 PV 值法也就是等 PL 值法(L 为从气压室底部算起的水位高度)。除大坝最高库水位 3341.4 m,2 台机组满出力发电时, PL 值应控制在下限值 275 m^2 和上限值 300 m^2 之内,其余运行工况 PL 值上下控制值可根据实际情况作适当调整,当气压室内水位高程在 3304.5 ~ 3310.5 m 时,就能满足各种工况过渡过程的限制条件要求。

对气压室检测监控采用 2 套自动,2 套手动方式。由 2 套可编程控制器(PLC)分别设置在厂房微机室和气压室观测房内控制且互为备用,通过安装在气压室观测房的压力变送器、磁翻转式液位计等自动化元件输出信号,在微机室 PLC 公用盘上和气压室 PLC 控制柜上显示水位、压力、 PL 值。通过 PLC 完成数据采集、 PL 值计算及控制,自动开启或关闭供排气电磁阀进行气压室内水位、压力调整,或在微机室 PLC 公用盘上和气压室 PLC 控制柜上手动操作,必要时可通过气压室控制管路上的手动闸阀直接操作供排气进行水位压力的调整。为此,厂房专门配备排气容量较大的 2 台空压机及贮气罐等设备,通过供气管为其提供充足压力气源。

4 电站气压室运行情况

气压室于 2000 年 7 月初投入运行,因室内初始水位、气压的选择对系统的安全运行至关重要,所以根据大坝库水位及机组要求运行的工况确定好初始水位,用厂房 2 台空压机连续工作向室内(充水后)预充气 12 h,将水压至初次运行所需水位,方能开机运行。在 1 年运行期因室内水位上升超出范围,进行了 4 次共计 7.5 h 补气,说明室内水溶解的气体和控制设备渗漏很小,无须频繁操作空压机补气。日常运行过程中,气压室内水位波动,压力、 PL 值的变化是由机组引用流量和库水位变化引起的,机组增甩负

①河海大学水利水电工程学院,大干沟气垫调压室及压力管道结构分析和引水系统过渡过程补充计算及试验研究,1997。

荷期间,气压室水位(涌浪)、压力、 PL 值在规定范围之内波动,波动周期也较短,气压室及引水系统、机组运行平稳,2套微机监控系统显示水位、压力、 PL 值与实测数据基本吻合.运行期间遇电网事故3次,2台机组全甩负荷关机(1次满负荷、2次80%负荷),此时气压室气压、水位及压力管水压上升最大值均在限制范围内,满足了机组在各种运行工况下的要求.

图3是在最高库水位2台机组同时甩负荷工况下,气压室压力、水位及蜗壳进口内水压力波动变化曲线图,从图中看出,较大波动过程只延续4~5个周期,共计200s左右时间.由此可见,气压室能够有效降低水击压力和抑制水位波动振幅,及时加快压力、水位波动的衰减速度,对引水系统过渡过程的稳定起了关键作用.

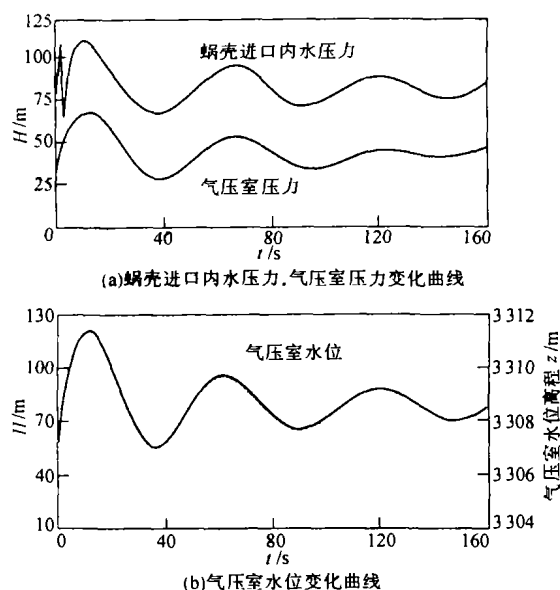


图3 2台机组同时甩负荷工况波动变化曲线

按照系统限制条件要求,机组最大上升转速、蜗壳进口处最大水压力及气压室的最高涌波水位和最大气压等控制参数数值,应发生在库水位最高3341.4m,2台机组满负荷运行全甩,导叶按给定规律正常关闭时的工况,通过运行试验和模型试验,实测 $\xi_{\max} = 47.2\% < 50\%$, $\beta_{\max} = 44.6\% < 45\%$,最高涌波水位3310.78m,最高气压0.7MPa,均满足设计要求.气压室最低运行水位,应发生在最低运行库水位3335m,1台机组满负荷运行,另1台增全负荷工况,通过运行试验表明,此时最低涌波水位高于气压室底板2.8m,满足最小水深不小于2.5m的要求.

5 结 语

大干沟水电站气压室的运行经验表明,同开敞的调压室一样,密闭的气压室完全能够满足反射水击

波、改善机组运行稳定性的各项要求,在地形地质条件适宜的情况下,气压室方案不失为一个经济的选择.气压室在大干沟电站的成功应用,达到既降低工程造价又缩短工期的目的,并填补了我国水电站在这一领域的空白,给同类水电站提供了宝贵的实践经验.

参考文献:

- [1] 刘启钊,彭守拙.水电站调压室[M].北京:水利电力出版社,1995.

(收稿日期:2001-02-27 编辑:熊水斌)

(上接第3页)

参考文献:

- [1] Serrano A, Olalla C. Tensile resistance of rock anchors[J]. Int J of Rock Mec and Min Sci, 1999, 36(4):449.
- [2] Serrano A, Olalla C. Ultimate bearing of grouted cable bolts[J]. Int J Rock Mec Sci & Geomech Abstra, 1992, 29(5):503~524.
- [3] 韩军,程良奎.岩土体与锚固体间粘结强度[A].见:程良奎,刘启琛编.岩土锚固工程技术的应用与发展[C].北京:万国学术出版社,1996:317~320.
- [4] GB50218-94,工程岩体分级标准[S].
- [5] 张发明.岩质边坡预应力锚固效应及应用研究[D].南京:河海大学,2000.
- [6] 董学晟,夏熙伦.三峡工程高边坡岩体力学试验研究的历史回顾[J].长江科学院院报,1999,16(2):26~30.
- [7] 张有天.岩石高边坡的变形与稳定[M].北京:中国水利水电出版社,1999.49.

(收稿日期:2001-03-07 编辑:张志琴)

(上接第13页)

b. 开闸放水情况:由于过闸水流的流速和水流的脉动作用,泥沙更不会沉积在拦沙潜堰的结构物上.即使有泥沙落于拦沙潜堰结构物上影响了拦沙潜堰的正常工作,需要清理时,也只需将拦沙潜堰附近的水流加以扰动,使沉积于拦沙潜堰上的泥沙重新浮起即可随大河水流而去.

3 结 语

引黄灌溉防沙问题是影响引黄灌溉发展的重要难题,人们对它的认识在不同时期也有所不同,处理办法也各异,并为此做过不少工作,花了大量的人力物力,用各种办法来处理利用引进的泥沙.从黄河泥沙的特点来看,它有其有害的一面,也有其有益的一面,如何“趋利避害,变害为利”,是我们解决引黄泥沙处理利用的方针,目的是以最小的代价取得最大的效益.

(收稿日期:2001-01-20 编辑:熊水斌)