

# 大渡河猴子岩水电站地下厂房进水口 快速门设置的必要性研究

成 磊

(国电大渡河流域水电开发有限公司,四川 成都 610041)

**摘 要:**猴子岩水电站作为一等大 I 型电站,水头较高,高水头区历时时间长。在可行性研究阶段,进水口采取了设置一道事故门、机组设置圆筒阀防飞逸的技术方案。技施阶段,根据总院的审查意见要求,以水轮发电机组防飞逸和便于闸门检修为出发点,针对提升启闭机的启闭速度与增设快速门两个方案开展了专项研究并进行了技术和经济比较,可为同规模水电站水轮发电机组和引水系统的安全运行提供有益的借鉴。

**关键词:**猴子岩水电站;进水口;防飞逸;快速门;必要性

**中图分类号:**

**文献标识码:**

**文章编号:**1001-2184(2013)06-0091-03

## 1 工程概述

猴子岩水电站位于四川省康定县境内,是大渡河干流梯级开发规划“三库 22 级”中的第 9 级电站。上游接丹巴水电站,下游接长河坝水电站。电站总装机容量 1 700 MW,水库正常蓄水位高程 1 842 m,总库容 7.06 亿  $m^3$ ,具有季调节能力。主要枢纽建筑物由混凝土面板堆石坝、地下厂房、放空洞、溢洪洞与泄洪洞等组成。

猴子岩水电站引水发电系统布置于大渡河右岸,引水发电建筑物由电站进水口、压力管道、主厂房、副厂房、主变室、开关站、尾水调压室、尾水洞、尾水闸室等组成,采用“单机单管”引水、“两机一室一洞”尾水的布置格局。从进水口到地下厂房,共布置 4 条压力管道,管道间平行布置。

2009 年 11 月,设计单位编制完成了《猴子岩水电站可行性研究报告》并通过了水电水利规划设计总院和四川省发改委联合主持的审查。2011 年 11 月,猴子岩水电站获得国家核准开工建设。目前,猴子岩水电站引水发电系统进水口已开挖完成,压力管道开挖已完成设计量的 80%,地下厂房、尾水调压室等正在紧张施工中。

## 2 可研阶段方案概述

猴子岩水电站引水发电系统采用塔式进水口,进水塔垂直水流方向总长 122 m,顺水流方向宽 25 m,进水口底板顶高程 1 781 m,塔顶高程 1 848.5 m。进水口采取了设置一道事故门、机组

设置圆筒阀防飞逸的技术方案。

### (1) 拦污栅及启闭机。

拦污栅布置在进水口前缘。为保证拦污栅清污或检修时不停机,减少污物堵塞拦污栅,设置了多跨连通式两道直立栅槽,前一道为工作栅槽,后一道为备用栅槽。为保证有足够的引水量,避免拦污栅被堵塞,在工作拦污栅前设置了一道清污导槽,可使液压清污抓斗顺槽而下清理拦污栅上的污物。为降低过栅流速,每台机组进口前缘由栅墩分成 5 个过水栅孔。每孔宽 3.6 m,高 23 m。拦污栅强度按 4 m 水头差设计。工作栅 20 扇,备用栅 1 扇。拦污栅采用平面直立式,滑动支承,采用布置在坝顶、容量为 800 kN 的双向门机通过拉杆操作拦污栅。备用栅平时储放在储栅槽中。

### (2) 事故闸门及启闭机。

由于每台机组均设有圆筒阀防机组飞逸,因此,在每条引水隧洞的进口仅设置了一道 9 m × (11.15 ~ 64.41 m) 的事故闸门,总水压力为 6 3485 kN。当圆筒阀因事故不能正常关闭时,为保证事故闸门在 10 min 内关闭,事故闸门采用一门一机的布置方式。闸门按正常蓄水位高程 1 842 m 设计,采用平面定轮(滚子轴承,最大轮压 405 6 kN)闸门,为焊接结构,分多个制造运输单元于工地焊接为一整体。门叶主横梁为焊接组合工字梁,纵隔板为实腹 T 型焊接结构,面板布置在上游面,上游止水。事故闸门平时悬挂在正

收稿日期:2013-06-08

常蓄水位以下(启闭机动滑轮组在水面以上),动水闭门,由门顶充水阀充水平压后静水启门。启闭设备采用布置在坝顶排架上、容量为 $2 \times 2\ 500$  kN的固定卷扬式启闭机。启闭机安全制动器采用盘式制动器,控制为现地与远控相结合方式。事故闸门自身检修时间短,可根据电站发电情况安排在机组检修等非发电时段进行。

### 3 进水口设置快速门的必要性

#### 3.1 水轮发电机组发生飞逸的原理及危害

水轮发电机组在正常运行时突然甩去部分负荷或全部负荷,发电机输出功率为零。此时,若水轮机调速系统工作正常,经过一段时间自动调整,机组会自动恢复到额定转速;若调速系统故障或其他原因使导水机构不能正常关闭,水轮机转速迅速升高并达到某一稳定的最大值,该转速即为飞逸转速。而水轮发电机组在飞逸转速下运行时间过长,会对水轮机和发电机的各转动部件及其连接件造成破坏,从而发生重大事故。

#### 3.2 机组防飞逸和防止飞逸事故扩大的保护措施

水轮发电机组防飞逸的通用保护措施为:在机组进水口设置快速闸门、蜗壳前设置水轮机进水阀、调速系统设置事故配压阀、纯机械超速保护装置(当机组转速升高至某一预先设定值而导叶不能关闭时,直接把压力油引入导叶接力器的关闭腔,使导叶迅速关闭)等。

猴子岩水电站水轮机因蜗壳进口尺寸较大,不能设置进水阀,因此,在活动导叶和固定导叶之间设置了筒形阀。筒形阀具备动水关闭的功能,理论上具有防机组飞逸的能力。但由于圆筒阀是采用6个接力器同步动作来实现筒体的开启和关闭,控制回路复杂,控制系统元器件多,受负载不均匀、摩擦阻力不等、结构变形不一致等因素的影响,往往接力器动作不能精确同步,导致事故情况下动水关闭筒形阀时容易发卡,因此,目前国内对采用筒形阀用于防机组飞逸仍持谨慎态度。

对于猴子岩水电站,当发生飞逸事故而机组又不能正常关机时,依靠筒形阀和进水口快速闸门同时动作来切断水流,以防止事故进一步扩大,相比较而言是一个更为稳妥的方案。

### 4 优化方案比较

根据《四川省大渡河猴子岩水电站可行性研究报告审查意见》中提到的意见:“报告采用机组配置圆筒阀,进水口配置事故闸门及固定卷扬式启闭机,控制方式为现场与远控相结合的防飞逸方案。下阶段结合机组防飞逸要求和闸门检修要求,进一步研究进水口配置方案及闭门时间要求”。为此,针对提升启闭机的启闭速度与设置“快速门+检修门”两个方案进行了比较研究。

#### 4.1 可研优化方案(提升启闭机的启闭速度)

为加强保护机组,尽可能快速关闭事故闸门,可把事故闸门通过拉杆悬挂在孔口上方1 m处,适当加大电动机的容量,将启闭机的启闭速度提升到 $2.5$  m/min左右。这样,事故闸门可在5 min内关闭,从而达到保护机组的目的。

鉴于本电站进水口流速较低( $3.9$  m/s),门槽破坏的可能性较小,故在事故闸门前不设检修闸门。但为进一步增强门槽的可靠性,事故闸门门槽采用喷锌防腐方案。其它与可研设计基本相同,造价基本不变。由于卷扬式启闭机在工作中不能断电的特性,本方案对电源的可靠性要求较高。

#### 4.2 “快速门+检修门”方案

##### (1) 拦污栅及启闭机。

拦污栅取消了其后面的备用栅槽,备用栅与前面的清污导槽共槽,备用拦污栅改为露顶式,其孔口尺寸为 $3.6$  m $\times$  $61.2$  m $\times$  $4$  m。用进水口双向门机上游两侧的 $320$  kN回转吊通过液压自动抓梁操作,回转吊扬程为 $80$  m。

##### (2) 检修闸门及启闭机。

在拦污栅后面设置检修闸门,其孔口尺寸为 $9$  m $\times$ ( $11.093 \sim 61$  m)。4孔共用1扇闸门门叶,门型为平闸滑动闸门,下游止水,闸门静水关闭,启门时由门顶充水阀充水平压后静水启门,采用 $2\ 500/320/320$  kN双向门机通过液压自动抓梁操作, $2\ 500$  kN起升机构扬程为 $80$  m。检修闸门平时储放在储门槽中。

##### (3) 快速闸门及启闭机。

每台机组进口在检修闸门后面设置一扇 $9$  m $\times$ ( $10.5 \sim 64.41$  m)的快速闸门,采用平面滑动闸门,下游止水,利用水柱压力动水闭门,闸门平时挂在孔口上方1 m处,当机组或压力管道发生

事故时可在2 min内快速关闭孔口。启门时由门顶充水阀充水平压后静水启门,采用10 000/4 500 kN液压启闭机通过拉杆操作,行程12 m。启闭机控制为现地与远控相结合的方式。本方案采用快速闸门液压启闭机启闭闸门,即使在厂区停电的情况下,仅根据中控室提供的直流信号即可关闭闸门。

#### 4.3 技术及经济性比较

两个方案均符合规程规范要求,在国内大型水电站均有应用实例。下面就两个方案的技术、经济性进行比较。

##### 4.3.1 技术性比较

(1)设备制造难度:两个方案配置的设备均为大型电站的常规设备,无制造难点。

(2)可靠性:可研优化方案的闭门时间为5 min,而“快速门+检修门”方案可保证在2 min内闭门,“快速门+检修门”方案较短的闭门时间降低了机组飞逸的可能性;可研优化方案闭门需要保证在任何时候提供可靠的交流电源,而“快速门+检修门”方案仅需要中控室提供的直流信号即可快速关闭闸门。“快速门+检修门”方案在可靠性上优于方案一。

(3)灵活性:“快速门+检修门”方案有两道闸门,在快速门闸门出现封水不严的情况下可以关闭检修门进行维修;而可研优化方案由于只有一道闸门,一旦闸门出现漏水情况不易维修,所以“快速门+检修门”方案在使用灵活性上更胜一筹。

综上所述,从可靠性及运行灵活性角度出发,“快速门+检修门”方案明显优于可研优化方案。

##### 4.3.2 经济性比较

(1)土建:一道门方案与两道门方案水工建筑物技术难度无大的变化,仅是因进水口增加一道闸门和减少一道拦污栅槽后,塔体结构尺寸顺水流向长度增加3.1 m,由此引起开挖边坡高度增加约30 m,相应石方明挖、边坡支护(包括锚杆、锚索及防护网等)及塔体混凝土浇筑等工程量均有所增加,总费用较可研优化方案增加约4 500万元。

(2)金属结构:原事故闸门附带固定式卷扬式启闭机(2×2 500 kN,125 t/台)调整为“快速门

+检修门”附带液压启闭机(10 000/4 500 kN,100 t/台),总费用较可研优化方案增加约350万元。

尽管两道门方案较一道门方案投资增加约4 850万元,但从保护水轮发电机组和引水系统的长久安全运行方面考虑,两道门方案更为稳妥。

#### 5 结论及建议

(1)水轮机装设圆筒阀具有诸如减少导叶漏水量、防机组飞逸、延长机组大修间隔周期、提高机组运行灵活性及节能等多项技术优点,但由于筒体的开启和关闭必须通过接力器的同步动作来实现,因此,对同步性要求非常高。笔者建议:针对大型水电项目,结合水轮机组型式采取合理且稳妥的防飞逸措施,可以做到运行可靠、安全。

(2)尽管两道门方案较一道门方案的投资有所增加,但从保护水轮发电机组和引水系统的安全运行角度考虑,短期的投资换来长久的运行安全是非常有必要的。为此,在工程管理过程中经常会遇到安全与投资相互矛盾的问题。笔者认为:把安全放在第一位是必要的,但要分清主次,准确把握安全的度,避免不必要的投资浪费。

(3)由于水电工程建设周期长,目前普遍存在建设与运行管理“两张皮”现象。项目建设期运行人员介入较少,导致项目完工移交时产生很多后续完善项目,造成了不必要的重复投资或浪费。从“建管结合、无缝衔接”角度考虑,建议生产管理人员从项目启动预可研设计起全过程参与项目的技术决策,将运行过程中的常见问题在建设期充分加以消化和解决,真正实现用“基建为运行服务、运行为经营服务,经营为效益服务”的全生命周期理念来指导电站建设。

#### 参考文献:

- [1] 吴次光,青长庚.混流式水轮机电站运行稳定性与装机容量选择的探讨[J].水力发电,2002,49(7):48-51.
- [2] 大中型水轮发电机基本技术条件,GB/T 7894-2009[S].
- [3] 进口水轮发电机(发电/电动机)设备技术规范,DL/T 730-2000[S].

#### 作者简介:

成 磊(1982-),男,河南三门峡人,工程师,硕士,从事水电工程建设技术和管理工作。

(责任编辑:李燕辉)