

紫坪铺电厂尾水管临时强迫补气的探索与运用

方 戊 强， 李 泽 江， 陈 世 程
(四川省紫坪铺开发有限责任公司,四川 成都 610091)

摘 要:紫坪铺电厂投入 AGC(自动发电控制)运行后,在特定工况下机组出现振动、异响情况,通过对多次分析试验,在尾水管真空测压管进行强迫补气可有效消除机组异常情况。利用机组空气围带气管、阀组,修改控制程序,自动进行强迫补气,有效消除了机组异常情况。该处理方案的科学性 & 可行性在实践中得到验证,可供同行借鉴参考。
关键词:尾水管补气;测压管;空气围带;自动控制
中图分类号:[TM622];TV672+.2;Q178.1+11 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2022)01-0139-04

Exploration and Application of Temporary Forced Air Supply in
Draft Tube of Zipingpu Hydropower Station
FANG Wuqiang, LI Zejiang, CHEN Shicheng
(Sichuan Zipingpu Development Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610091)

Abstract: After putting into AGC (automatic generation control) operation, vibration and abnormal noise occur in the unit of Zipingpu Hydropower Station under certain working conditions. Through multiple analysis and tests, forced air supply in the vacuum pressure measuring tube of the draft tube can effectively eliminate the abnormal situation of the unit. The air shroud of the unit is used to enclose the trachea and valve group, and the control program is modified to automatically perform forced air supply, which effectively eliminates the abnormal situation of the unit. The scientificity and feasibility of the treatment plan have been verified in practice.
Key words: air supply for draft tube; pressure measuring tube; air shroud; auto-control

1 概 况

紫坪铺电厂位于四川省都江堰市,距成都用电负荷中心约 60 km,可承担电力系统调峰、调频、事故备用等任务。电站设计安装 4 台单机容量为 190 MW 的混流式水轮发电机组,最高水头 132.76 m,最低水头 68.4 m,尾水管通过大轴补气阀进行补气。

2019 年 4 月以前,四川电网与华中电网联网采用大网运行,系统容量大,省调很少要求电厂投入 AGC(自动发电控制)运行,电厂可在负荷低时自主选择机组停机;2019 年 4 月以后,四川电网采用小网运行,系统容量小,容易受到负荷波动影响,省调要求电厂投入 AGC 运行,以便随时调频。这段时间内,1 号机组在特定工况下存在强烈振动、异响。

此后,1 号机组相继出现下列问题:

(1)2019 年 5~7 月,1 号机组推力冷却器端

盖进、排水管焊缝处多次开裂。

(2)2019 年汛后 1 号机组 B 修,探伤发现:转轮上冠贯穿性裂纹自内圆止口开始,经 9 号叶片出水边焊缝 R 角,沿转轮上冠径向延伸,从上平面斜向下裂穿至下平面,上、下平面层裂纹最大跨度约 30 mm,裂纹纵向最大跨度约 80 mm、长度约 300 mm。

1 号机组在特定工况下的异常情况已严重影响设备的安全运行,对此,针对 1 号机组开展了长期的分析试验。

2 分析及试验

水轮发电机组振动的影响因素一般包括三类:电气因素,机械因素,水力因素^[1]。

2.1 电气因素分析

检查机组报警信息,未发现转子保护报警,排除转子绕组短路原因;1 号机组于 2015 年汛后进行 A 修,对比机组 A 修与装机时空气间隙数据,两者基本一致,排除因空气间隙不均匀造成磁拉

力不平衡而产生振动的原因。

2.2 机械因素分析

分别在机组停机状态、机组正常运行状态、机组异常状态下对机组进行检查对比,发电层、风洞内、水车室均未发现异常现象;检查1号机组A修与装机时的数据,机组轴线均在标准范围内;在数据库内查找对比机组各部轴承温度及摆度,均基本一致;在机组正常运行状态下及异常情况下对比各部轴承温度及摆度,也无变化;在机组正常运行状态下及异常情况下对比各轴承、上机架、下机架、顶盖振动频谱图发现:机组运行异常状态下顶盖水平X向振动出现26倍频振动,而机组正常运行情况下并无26倍频振动。紫坪铺电厂共有活动导叶20个、转轮叶片11片,根据经验判断,此处出现的26倍频与水机设备无关;联系振摆检测系统与厂家共同分析:该高频振动应与水力因素有关。

2.3 水力因素分析

混流式水轮机在偏离最优运行工况时,将使转轮出口水流切向分速度增大,水流中出现的环量使尾水管中心产生低压并形成螺旋形涡带。尾水管涡带通常会引起机组部件振动、轴系摆动、尾水管内压力脉动,涡带的振动还可能导致机组的

水力共振时转轮承受高应力而损坏。设置大轴补气装置可削弱涡带^[2]。

对大轴补气装置进行检查:机组正常运行时补气阀正常动作;机组异常状态时大轴补气阀管路进口处没有气流,即大轴补气未起作用。采用的XBF气缓冲补气阀,真空度为-0.005 MPa(试验挂重74 kg)时,补气阀开启。将补气阀开启压力调至最小,在机组异常状态时仍未检测到补气阀动作。

2.4 补水、补气试验

通过分析试验可知:1号机组在特定工况下存在振动、异响时,补气阀不能开启及时进行补气,致使尾水管内的水流涡带引起机组振动、异响的现象。针对这种情况,尝试采用射流抑制方法来抑制尾水管涡带,分别采用向尾水管强迫补水、补气两种方式进行试验^[3]。

紫坪铺电厂机组采用主轴中心孔补气,但在现场未找到预留的尾水管强迫补气管路,只好利用现场其它管路进行试验。机组在顶盖及尾水管内分别设有内、外顶盖测压管—尾水管进口真空测压管和尾水管底部测压管。其中,顶盖测压管测点均位于转轮上冠上方,尾水管进口真空测压管测点位置(图1)距尾水管锥管顶部1540 mm。

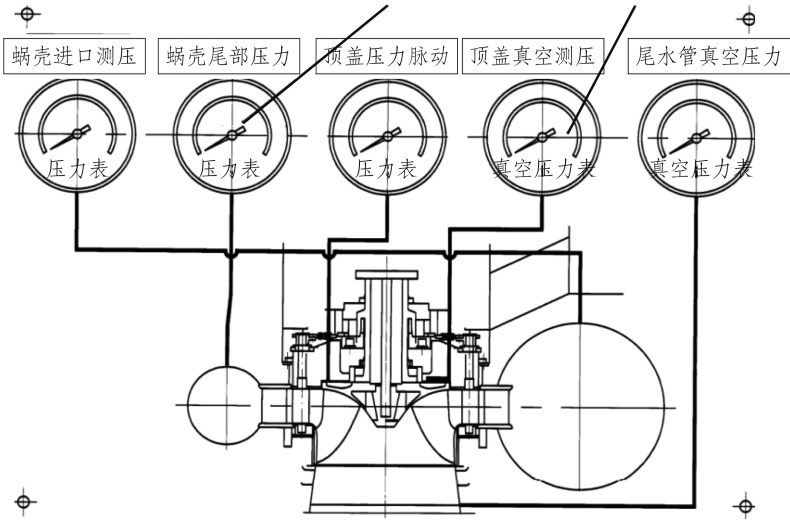


图1 真空测压管测点位置

机组异常运行状态时分别对这些管路进行强迫补水试验和补气试验,多次试验结果表明:自蜗壳测压管取压力约1.0 MPa水向流道内补水无效;使用0.50~0.80 MPa低压气,通过尾水管真空测压管进行强迫补气可有效消除机组异常现象。

强迫补气试验的成功表明:机组异常运行状态时,尾水管内形成的螺旋形涡带,使尾水管内的低压区偏离大轴补气阀下方的补气管,造成补气阀无法开启补气,从而引起机组振动;在尾水管真空测压管测点处进行强迫补气,可破坏尾水管

内涡带以消除机组的异常现象^[4]。

由于负荷一直较重,机组无法停机检修,必须利用机组测压管路及空气围带供气系统,加以改造作为尾水管临时强迫补气系统,通过修改程序实现自动尾水管强迫补气,以解决机组特定工况下的异常问题。

3 数据收集

表 1 1 号机组在 (95~104 m) 水头范围内振动情况数据表

水头 /m	尾水位 /m	全厂总有功 /MW	机组异常时流量变幅 /m ³ ·s ⁻¹	机组异常时导叶开度变幅 /%	机组异常时有功负荷变幅 /MW
95	745.54	500	194—205	91.56—94.5	167.9—173.8
96	745.42	500	204—199	89.14—91.4	170—173
97	745.42	500	202—208	89.7—92.54	177—182
98	745.33	500	199—206	88.27—92.57	176—183.51
99	745.41	500	205—211	88.4—92.6	181—187
100	745.54	500	195—208	88.1—93.1	180—190
101	745.42	500	191—206	87—91.7	180—190
102	744.43	500	191—206	87—91.7	180—190
103	745.15	500	192—206	87—91.2	185—191
104	745.46	500	204—206	86.4—88.6	188—194

从表 1 可以看出:水头 95~104 m、尾水位 746.1~746.6 m、有功负荷在 165~195 MW 区间内时,机组有明显的异常振动和异响。根据收集的数据,结合电厂实际情况,最终确定机组自动强迫补气条件为:机组有功负荷在 165~195MW 区间,且水头范围在 95~105 m。

4 管路布置

从 1 号机组水轮机层上游侧空气围带管路到下侧机坑尾水管真空压力测压管依次配管,并在管路上安装单向节流阀、流量计等阀门,在空气围带进气阀门后配管加装空气围带排气阀。在进行强迫补气时,关闭空气围带进气阀;检修时,打开空气围带进气阀,同时关闭空气围带排气阀及强迫补气进气阀。临时补气测压管路布置见图 2:

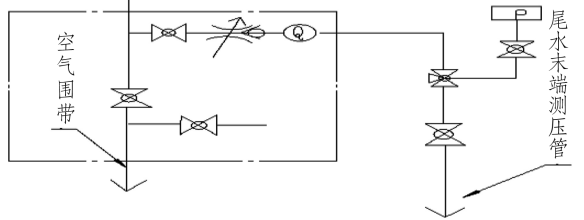


图 2 临时补气测压管路布置示意图

1 号机组在特定水头和负荷下的振动数据是实现强迫补气自动控制的第一手资料,其中水头、振动区有功负荷范围、振动区导叶开度范围数据是自动逻辑控制的重要参数^[5]。通过巡视记录及现场试验收集的 1 号机组在 (95~104 m) 水头范围内振动情况数据见表 1:

5 自动控制设计

根据确定的自动强迫补气条件,自动控制逻辑为:强迫补气自动/手动控制方式在自动状态,机组在发电态,水头在 95~105 m 之间,有功负荷在 165~195 MW 区间时,投入原空气围带电磁阀进行强迫补气。以上条件缺一不可,否则,停止补气。PLC 实际逻辑为机组运行行为 0~165 MW 时、运行水头小于 95 m、运行水头大于 104 m、机组不在发电态和机组强迫补气自动/手动控制方式在手动状态时,均须退出强迫补气。

1 号机组空气围带原开关量、模拟量和相应流程变化为:开关量 DI35(端子号 DI2—3 空气围带有压)、DI36(端子号 DI2—4 空气围带无压)变更为强迫补气管路有压/无压;模拟量 AI9(端子号 AI1—19/20 空气围带压力)变更为强迫补气管路压力监视;下位机开机流程中取消关于空气围带投退的判断,流程不再确保开机时空气围带处于退出状态。

上位机增加强迫补气自动/手动控制方式,增设强迫补气投入/退出按钮,当控制方式在自动时,由 PLC 自动控制强迫补气投退,闭锁上位机投退强迫补气功能;当强迫补气自动/手动控制方

式在手动时,闭锁下位机自动控制功能,运行人员通过上位机强迫切补气投入/退出按钮操作强迫切补气功能。手动闭锁远方操作功能,提供现地操作功能;自动方式 PLC 控制,同时,可以远方手动投退强迫切补气功能。

1 号机组临时强迫切补气装置于 2020 年 6 月投入使用,达到补气条件时尾水管强迫切补气自动投入,有效消除机组异常振动,目前,机组已平稳度过两个汛期,效果显著。

6 结 语

紫坪铺电厂投入 AGC 运行后,出现机组特定工况下的异常振动现象,极易造成机组紧固件的松动、焊缝开裂等情况,严重影响机组安全稳定运行。在机组不能停机检修情况下,尾水管临时强迫切补气装置的应用,成功的解决了这个问题,达到了预期目的,保证了机组的安全运行。随着更多电厂投入 AGC 运行,类似情况会逐渐暴露,紫坪铺电厂的尾水管临时强迫切补气系统思路及方案

(上接第 138 页)

4 结 论

大型水电工程石料场边坡开挖稳定问题突出,采用单一的数值计算方法——安全度度量,难以准确确定边坡稳定性。为揭示猴子岩水电站色龙沟料场高边坡施工期开挖稳定性,对边坡表面变形、多点位移、锚杆应力及锚索荷载等方面,采用多种监测方法相结合的手段对猴子岩水电站色龙沟料场边坡稳定性进行监测,可初步得出以下结论:

(1)从监测结果看,色龙沟石料场边坡在施工期变形趋于收敛,变形量值均在安全容许范围内,变形主要体现在浅层变形上。截至 2021 年底,色龙沟料场经过长达约 6 年时间仍处于稳定状态,说明边坡满足抗滑稳定要求。

(2)从监测结果看,色龙沟料场边坡施工期预裂爆破对周边变形影响较大,底高程相对高高程

可供其他电厂借鉴参考,以保证设备安全运行。

参考文献:

[1] 王玲花. 水轮发电机振动及分析[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2011.

[2] 吴玉林,吴晓晶,刘树红. 水轮机内部涡流与尾水管压力脉动相关性分析[J]. 水力发电学报, 2007, (5):122-127.

[3] 李启章. 混流式水轮机水力稳定性研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2014.

[4] 万鹏,王海,陈喜阳等. 三峡左岸电站 6 号机组强迫切补气试验研究[J]. 水电自动化与大坝检测, 2005, 29(6):28-30.

[5] 刘德民,刘树红. 补气措施研究的现状与展望[J]. 水电科学与工程技术, 2009, (1):50-54.

[6] 宋自灵,李朝辉. 岩滩电厂机组强迫切补气自动控制系统应用研究[J]. 广西电力技术, 2001, (2):4-6.

作者简介:

方戊强(1990-),男,河南开封人,本科,工程师,从事水电站机械设备检修、维护工作;

李泽江(1974-),男,四川广元人,本科学历,工程师,从事水电站机械设备检修、维护工作;

陈世程(1984-),男,四川成都人,大专学历,工程师,从事水电站机械设备检修、维护工作。 (责任编辑:卓政昌)

位移增加更为显著。

参考文献:

[1] 赵明华,刘小平等. 小湾电站高边坡的稳定性监测及分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(1):2746-2750.

[2] 张金龙,徐卫亚等. 大型复杂岩质高边坡安全监测与分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(9):1819-1827.

[3] 赵建军,唐茂颖等. 高陡岩质料场边坡稳定性与支护设计研究[J]. 工程地质学报, 2010, 18(4):507-515.

[4] 朱继良,黄润秋等. 某大型水电站高位边坡开挖的变形响应研究[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(5):784-791.

[5] 吕建红,袁宝远等. 边坡监测与快速反馈分析[J]. 河海大学学报, 1999, 27(6):98-102.

作者简介:

李 鹏(1990-),男,四川内江人,硕士,工程师,主要从事水利水电工程施工组织设计;

程保根(1982-),男,江西新建人,学士,高级工程师,主要从事水利水电工程施工组织设计;

宋 寅(1986-),男,陕西西安人,硕士,高级工程师,主要从事水利水电工程施工组织设计。 (责任编辑:卓政昌)

大渡河流域 9 座梯级水电站大坝安全运行

截至 2022 年 2 月 17 日,国家能源集团大渡河水电公司完成流域干流在运 9 座电站大坝安全检查,9 座电站大坝运行情况良好、健康稳定,为水电站安全运行奠定了坚实的基础。国家能源集团大渡河公司总装机 1 175 万千瓦,在大渡河上共投运 9 座电站大坝。针对电站大坝坝型不同、运行各异的特点,该公司细分坝型,按照投运年限、特殊坝型、一等大(1)型工程对大坝进行分类,制定差异化运检方案,按照不同技术标准进行检查,全力保障大坝安全运行。

(中国电力新闻网)