

猴子岩水轮发电机组碳刷温度异常分析及处理

陈伟林，秦知了，钟斌
(国电大渡河检修安装有限公司,四川 乐山 614900)

摘 要:要从根本解决碳刷温度异常问题,应从 3 个方面出发。一是提升集电环加工精度,目前技术要求提高精度并不困难,主要在工艺流程实施的过程中严格把关。二是改进碳刷材料,满足导电要求的前提下,试验研究碳刷硬度及耐磨程度。三是收集各类机组运行中碳刷温度情况及相应的碳刷压紧力,找到合适的刷握恒力卷簧力度,让碳刷与集电环之间的压力始终保持在最佳值。

关键词:碳刷;温度;异常

中图分类号:[TV734.2+1];P184.5+3;P318.4+3 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)02-0113-03

1 概 述

猴子岩水电站位于四川省甘孜藏族自治州康定县境内,是大渡河干流水电规划调整推荐 22 级开发方案的第 9 个梯级电站,上游为丹巴水电站,下游为长河坝水电站。猴子岩水电站总装机容量 1 700 MW(425 MW×4)。

该站 4 号机组自 2017 年 1 月投运以来,碳刷温度水平良好,2018 年 7 月 1 日,运行人员在对机组例行巡回检查过程中发现部分碳刷温度骤升,部分达到了 110 ℃。2018 年 7 月 2 日,检修人员利用红外成像仪对该机组所有碳刷温度进行了测试,温度记录见表 1。

2 问题分析

2.1 技术数据及参数

型号 TYPE:SF425—48/13500
额定功率 P:425 MW
额定容量 S:472.22 MW
额定电压 Ug:18 kV
额定电流 Ig:15 146.5 A
额定励磁电压 Ufn:371 V
额定励磁电流 Ifn:2 980 A
空载励磁电压 Ufo:146 V
空载励磁电流 Ifo:1 666 A

2.2 现象分析

一般情况机组碳刷温度升高有以下 5 个方面的原因:

(1)碳刷质量不高,满足不了通过电流的要求;

(2)碳刷安装工艺不佳,致使运行过程中碳刷与滑环接触不好,接触面温度升高,碳刷和集电环温度均有升高^[1];

(3)集电环表面不平整,同时造成碳刷接触面研磨不平整,接触不好使温度升高;

(4)无碳粉收集装置,或者碳粉收集装置效果差,研磨下来的碳粉附着,致使接触面清洁度低使温度升高;

(5)集电环、碳刷运行环境中油雾严重,油雾与碳粉形成油污使接触不好造成温度升高,通常还会伴随碳刷打火现象^[2]。

2.3 数据分析

从 2018 年 7 月 2 日的数据看,当时机组负荷 404W M,2 231 A,接近满负荷,励磁电流较高,通过碳刷温度对比反应了 2 个突出现象:

(1)碳刷温度区间较大,碳刷最低温度 53 ℃,最高温度 119.4 ℃;

(2)处于集电环下环的碳刷温度整体较上环的碳刷温度高,下环碳刷温度平均值为 82.56 ℃,上环碳刷温度平均值为 61.44 ℃,平均值的差值在 21.22 ℃。

鉴于此,将多次测试的数据对比分析,依旧呈以上现象,同时也发现温度差值随着负荷的增加愈加明显,在励磁电流达到 1 800 A 后出现碳刷温度超过 100 ℃的情况,因而判定温度变化呈现以上的规律性。

2.4 原因排除

从现象分析中,结合现场情况,能够初步排除

表 1 4 号机组碳刷温记录(2018 年 7 月 2 日)

机组负荷				404 MW		励磁电流				2 231 A	
上环碳刷温度 /℃						下环碳刷温度 /℃					
序号	温度	序号	温度	序号	温度	序号	温度	序号	温度	序号	温度
1	53.0	11	55.4	21	64.6	30	53.9	40	98.3	50	87.6
2	53.4	12	63.4	22	62.5	31	53.9	41	98.2	51	61.8
3	54.3	13	63.4	23	63.6	32	53.9	42	97.0	52	83.5
4	54.3	14	64.1	24	61.8	33	57.4	43	99.1	53	82.5
5	61.8	15	63.1	25	62.1	34	64.2	44	99.2	54	84.1
6	61.5	16	62.8	26	66.5	35	63.2	45	93.6	55	119.0
7	62.8	17	62.2	27	65.6	36	63.1	46	84.0	56	116.0
8	69.3	18	63.2	28	67.1	37	67.9	47	87.0	57	113.0
9	58.5	19	61.6	29	67.1	38	58.7	48	92.3	58	119.4
10	50.2	20	62.7			39	51.2	49	91.1		

2.2 第(4)、(5)两点,该机组上导密封良好,运行过程中不存在油雾,碳粉收集装置运行情况良好,碳粉堆积现象较弱,并没有形成油污。

刷与集电环接触不良,机组负荷上升,励磁电流增加,接触面发热明显,碳刷温度骤升。

与该站其他机组相同负荷下对比,也基本能够排除碳刷质量问题,因为其他机组同样在高负荷下运行时未出现碳刷温度骤升的情况。

结合数据分析,不难看出,温度较高的碳刷主要出现在下环,且下环碳刷温度整体较上环碳刷温度高,问题集中在下环,下环碳刷安装问题、集电环问题的可能性极大,这给处理问题提供了一些理论依据。

3 问题处理

3.1 初步判断

根据以上情况,检修人员建议适当降低该机组负荷运行,以确保碳刷不持续保持在高温水平,保障设备安全运行,择机对机组停运检查处理。

2018 年 7 月 7 日,该站申请了 4 号机组停止运行,检修人员对所有 58 只碳刷全部拆卸,逐一对比检查发现,1~29 号碳刷(上环)碳刷接触面光滑平整,30~58 号(下环)碳刷局部有横向沟槽(如图 2),现象进一步指向问题主要集中在下环。

进一步对上下集电环进行了检查,对比发现,上集电环光滑平整,氧化膜色泽光亮,下集电环表面粗糙,色泽暗淡,氧化膜已严重破坏甚至局部不存在氧化膜(如图 1)。

通过逐一对比检查,发现集电环下环接触面存在局部高点,运行过程中,集电环转动,高点碳刷划过形成沟槽,碳刷接触面不平整,不平整的碳

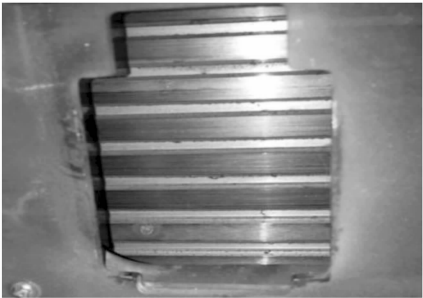


图 1 表面不平整的集电环

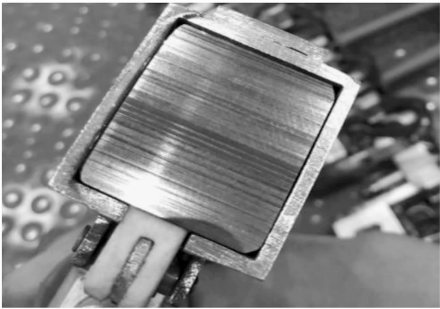


图 2 接触面有沟槽的碳刷

3.2 处理过程

- 随后分两个方面做了处理:
- (1)将沟槽严重的碳刷用细砂纸进行了打磨处理,确保接触面光滑平整,更换了磨损严重的的碳刷,消除碳刷带来的影响;
 - (2)机组保持空载运行,转速调整至额定转速的 17%,用天然油石对下集电环接触面进行打

磨,打磨初期,能够听见规律撞击声,也进一步反应出下集电环接触面存在局部高点的问题,随着打磨进行,声音逐渐消失。打磨 1 h 左右,检查下集电环接触面光滑平整,回装所有碳刷,集电环部分整体清洁后机组投入运行。

表 2 4 号机组碳刷温记录(2018 年 7 月 11 日)

机组负荷				404 MW		励磁电流				2 231 A	
上环碳刷温度 /℃				下环碳刷温度 /℃							
序号	温度	序号	温度	序号	温度	序号	温度	序号	温度	序号	温度
1	53.2	11	55.3	21	49.0	30	80.1	40	71.8	50	65.0
2	53.1	12	51.6	22	49.4	31	64.9	41	51.8	51	48.4
3	54.0	13	52.6	23	48.7	32	72.5	42	76.8	52	51.8
4	52.9	14	50.9	24	41.5	33	62.7	43	56.6	53	50.6
5	59.0	15	51.6	25	40.9	34	69.1	44	64.8	54	58.7
6	51.0	16	45.4	26	52.9	35	64.9	45	60.5	55	53.1
7	51.6	17	47.5	27	53.0	36	70.8	46	70.2	56	61.0
8	54.0	18	57.2	28	46.0	37	65.9	47	60.4	57	65.0
9	46.6	19	43.5	29	51.2	38	77.6	48	71.1	58	70.8
10	56.2	20	55.1			39	66.4	49	54.4		

从 2018 年 7 月 11 日的数据看,前期测得温度较高的碳刷温度下降明显,温度骤升问题基本得到了解决,而且上环与下环碳刷整体温度差异不大,之后多次在机组近于满负荷时该机组碳刷温度进行测试,也未见温度骤升情况,随着机组运行,集电环对碳刷进一步研磨,接触面日趋平整光滑,形成色泽光亮的氧化膜,整体温度保持在良好范围,上环、下环碳刷温度差异逐渐减小,问题得到了根本解决。

4 建 议

碳刷温度骤升,对碳刷及集电环的破坏明显,特别是对接触面的氧化膜破坏,而氧化膜对接触面的保护极为重要,氧化膜的存在也是接触面良好的一个重要标志,氧化膜破坏后,持续大电流情况下温度会进一步上升,温度、接触面、氧化膜三者之间关系密切,相辅相成,温度升高得不到有效控制,会造成严重后果,如碳刷打火、滑环烧毁、转子接地、机组非停等情况,造成重大经济损失。因此,特提出以下建议:

(1)一旦发现碳刷温度骤升情况应立即采取相应措施,降低机组负荷并实时监控,若温度持续不降或者过高,应立即停止机组运行,避免造成事故。

3.3 处理结果

根据处理前的情况,温度骤升问题主要出现在负荷时,为了检验处理效果,2018 年 7 月 11 日,将负荷调整至 420 MW,用红外成像仪测温,数据如表 2。

(2)综合分析判断,从机组负荷、励磁电流大小,结合温度趋势进行初步判断,充分分析外部环境,排除外部干扰,进一步分析设备本身问题,从而锁定故障原因,分析处理问题要先易后难,充分考虑问题处理的风险性和经济性。

(3)建立设备数据系统,将每次测温数据以及其他相关数据记录在同一套系统中,发现问题及时调取资料对比分析,利用大数据,快速判断^[3]。

(4)开阔思路,充分利用智慧检修理论成果体系,应用新手段监测温度,利用红外成像仪等外部设备实时性差,可以考虑在碳刷本体或者碳刷周围建立实时温度监测系统以确保随时监控到碳刷温度^[4]。

5 结 论

通过处理前后设备运行情况对比分析,该发发电机碳刷温度异常问题已得到有效解决,充分证实了集电环及碳刷之间的相辅相成的关系,集电环异常会引起碳刷异常,碳刷异常会引起集电环异常,造成局部碳刷温度异常,破坏集电环表面氧化膜,使运行环境进一步恶化,碳刷温度异常更加明显。

要从根本解决碳刷温度异常问题,应从 3 个
(下转第 123 页)

由图3可知,桐子林电站机组出力为80 MW时,实测数据比发电耗水曲线查线数据偏大约5%;机组出力90 MW时,实测数据偏大约7%;机组出力为100 MW、110 MW、120 MW、130 MW、140 MW时,实测数据偏大约10%;机组出力为150 MW时,实测数据偏大约11%。基本呈现出出力越大,发电流量偏差越大特点。

5 成果检验

桐子林电站下游有桐子林水文站,其区间面积仅739 km²,在枯水期,区间流量可基本忽略不计,桐子林电站出库流量应基本与桐子林水文站流量相等。根据桐子林电站机组发电耗水曲线模型实验成果和原型实验成果,分别计算桐子林电站近期出库流量,并与桐子林电站下游的桐子林水文站同期流量成果进行比较,见图4。由图4可知:采用根据模型实验推导的机组发电用水曲线计算出的桐子林电站出库流量与桐子林水文站同期流量相差较大,这明显不符合实际。而采用根据原型工况实验率定的机组发电用水曲线计算的桐子林电站出库流量与桐子林水文站同期流量基本一致,说明基于原型工况的桐子林电站机组发电用水曲线率定成果是合理的。

6 结 论

(1)根据国内目前运行的各电站实际运行经验,水电站的实际运行参数——水轮机运转综合特性曲线、发电机效率、水头损失等均可能设计值存在一定的误差,但因涉机械、水力、电气等诸多因素,很少有较为系统的一下就全部解决的方案,本次根据原型实验率定毛水头下机组出力对应发

电流量,可以反应出各参数的综合误差,回避逐个参数率定的困难,是现阶段较为实用的方法之一。

(2)实测的发电用水曲线光滑,各工况点没有明显的离散,分布趋势基本反映了水轮发电机组的实际能量特性,因此,得到的试验数据是真实可靠的。采用基于原型工况实验率定的桐子林电站发电耗水曲线计算出的桐子林电站枯水期出库流量(未产生溢弃流量时段)与桐子林水文站同时段流量基本一致,这证明桐子林电站发电用水曲线率定成果是准确的。

(3)发电用水曲线与库容曲线、泄流曲线并称电厂运行调度的三大基础特性曲线。通过原型工况实验对发电用水曲线进行率定,可为电厂提供更为准确的基础特性曲线,以计算出比较可靠的发电流量,便于制定电站发电日计划及进行厂内经济运行,为水电站的经济运行及能量指标复核提供可靠的依据。

参考文献

[1] 刘晓亭,李维藩.水力机组现场测试手册[M].北京:水利电力出版社,1993.
[2] 阎宗国.水力机组运行特性测试关键技术应用研究[R].北京:中国农业大学,2006.
[3] 李炜.水力计算手册[Z].北京:中国水利水电出版社,2006.

作者简介:

董新亮(1983-),男,汉族,河南济源人,就职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,高级工程师,硕士,从事水文及水资源工程研究;
何朝晖(1976-),男,汉族,湖南常德人,就职于雅砻江流域水电开发有限公司,高级工程师,学士学位,长年从事水电站水情预报和水库调度研究。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第115页)

方面出发。一是提升集电环加工精度,目前从技术上提高精度并不困难,主要在工艺流程实施的过程中要严格把关。二是改进碳刷材料,在满足导电要求的前提下,试验研究新材料的碳刷硬度及耐磨程度。三是收集各类机组运行中碳刷温度情况及相应的碳刷压紧力,找到合适的刷握恒力卷簧力度,让碳刷与集电环之间的压力始终保持在最佳值。

参考文献:

[1] 杜鹃.水轮发电机励磁碳刷滑环发热分析及压力试验[J].辽宁石油化工大学学报.2017.

[2] 陈永涛.大中型水轮发电机转子集电环温度过高分析及处理[J].红水河.2018.
[3] 董宪军.电气设备状态维修策略研究[J].企业技术开发(学术版),2009,28(2):15.
[4] 涂扬举.智慧企业:框架与实践[M].北京:经济日报出版社,2003.

作者简介:

陈伟林(1991-),男,四川广安,国电大渡河检修安装有限公司,助理工程师,学士,从事水电机组检修管理方面的工作;
秦知了(1989-),男,重庆九龙坡,国电大渡河检修安装有限公司,工程师,学士,从事水电机组检修管理方面的工作;
钟 斌(1979-),男,重庆江津,国电大渡河检修安装有限公司,高级技师、工程师,学士,从事水电机组检修管理方面的工作。

(责任编辑:卓政昌)