

大桥电厂水轮发电机集电环磨损分析

车久华, 刘建刚

(大桥水电开发总公司大桥电厂, 四川 冕宁 615600)

【摘要】水轮发电机的集电环在运行十年后, 其外圆直径减少两厘米多, 而且负极滑环的磨损较正极滑环严重, 正极碳刷的损耗较负极碳刷的损耗稍快。在直流电流的强迫作用下, 接正极的材料因失去电子被氧化而从单质变为离子, 接负极的材料则因得到电子而被还原, 仍以单质形式存在, 这就是腐蚀电池原理。利用该特性, 可以对阴极材料进行保护。

【关键词】水轮发电机; 集电环; 碳刷; 磨损

【中图分类号】TV734.2 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1673-1891(2015)01-0032-03

DOI:10.16104/j.cnki.xccxb.2015.01.010

大桥水库水力发电厂位于四川省凉山彝族自治州冕宁县境内, 是安宁河流域的源头水电站, 装机4x22.5 MW, 采用东风电机厂生产的SF22.5-10/3250立轴混流式三相水轮发电机组, 于2000年6月份投产发电, 平均年发电利用小时数为3500小时。

该机组发电机转子相关参数如下: 额定励磁电压155 V, 额定励磁电流580 A, 额定转速600 r/min, 额定频率50 Hz, 滑环外径800 mm。

1 滑环情况介绍

大桥电厂采用计划检修结合状态检修模式。由于水轮机组气蚀情况较严重, 基本上每两到三年就需要对机组进行大修以修复转轮。在每次大修并运行一段时间后, 总发现机组的集电环外圆与碳刷的接触面出现较深的划槽, 为减小碳刷跳火和恢复碳刷与滑环接触面的大小, 电厂基本上是在每次大修时将滑环外圆接触面重新上车床车圆并打磨光滑以满足粗糙度的要求, 导致数次大修后滑环的外圆半径大幅缩小, 增加了碳刷刷握与滑环之间的距离, 碳刷可使用长度缩短, 行程的增大引起弹簧压力不够, 碳刷与滑环间的接触压力达不到设计要求, 使得接触电阻增加, 在同等负荷情况下, 发热加剧。

2 原因分析

针对以上出现的状况, 包括笔者在内的电厂技术人员首先怀疑是碳刷质量存在问题。

碳刷相对于滑环的速度可以用以下方法求得:

$$V=2\pi Rn=\pi dn=3.14 \times 0.8 \times 600/60=25.12 \text{ m/秒}$$

由于怀疑碳刷质量满足不了要求, 炭块中存在较粗的颗粒结构, 分布又不均匀, 在刷握内弹簧的压力下, 与滑环进行高速摩擦的过程中, 较粗的炭粒结构在接触面上因冲击而出现划痕, 久而久之, 形成了划槽。于是重新更换碳刷, 并对碳刷的质量

进行了质检, 在确保碳刷质量符合要求的情况下重新投入运行, 但几个月之后, 发现问题依然存在。经仔细观察, 发现负极滑环的磨损程度远比正极滑环的更为严重, 于是将正负极碳刷进行对调, 再次投入运行进行观察, 最后, 仍然是负极的磨损比正极严重, 且四台机组的集电环磨损情况基本一致。于是, 排除因碳刷质量和滑环材质原因引起磨损的猜测。

在向生产厂家咨询的过程中, 根据正负极滑环磨损差别较大的现象, 厂家技术人员建议在进入转子前的直流刀闸处将正负极滑环进行定期的换极处理, 以平衡两个滑环的磨损程度, 其本意是交替磨损两极滑环, 使得滑环的使用寿命延长一倍, 以提高其利用率, 但由此笔者想到滑环的磨损与滑环的极性很可能存在某种联系。于是, 在查阅相关资料后, 想到了电化学反应引起的腐蚀。于是对滑环所处的电化学反应环境进行分析。

电厂滑环采用Q235碳钢材质, 其中c的含量为0.14%~0.22%, Mn的含量为0.3%~0.65%, 以及少量的Si、S和P, 而主要的成分是铁Fe。碳刷的成分则为石墨。

水电厂的厂房往往比较潮湿, 特别是电厂在三漏问题的处理上还有待加强, 厂房内更为潮湿, 于是具备了腐蚀电池形成的条件(图1)。

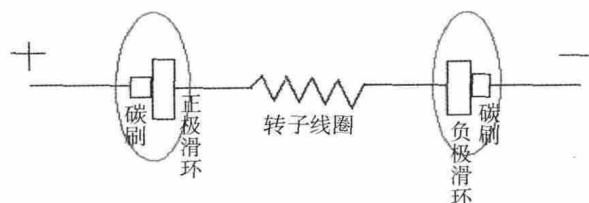


图1 转子回路接线图

由于电路中直流电流的方向为正极指向负极, 而电子的运动方向正好相反, 为负极指向正极, 所

收稿日期: 2014-09-11

作者简介: 车久华(1976-), 男, 重庆荣昌人, 工程师, 研究方向: 机电运行管理。

以,转子正极的碳刷(见图2)接直流电的正极,作为惰性电极只起转移电子的作用。而正极的滑环在碳刷、水膜、集电环这个环节中接的是直流电的负极,有充裕的电子供给,不会被氧化,其实质,就是阴极保护原理。只是,机械磨损形成的碳粉,在接触面接触电阻产生的高温下被氧化,形成火花,并在电流作用下碳刷变得疏松,加速了其磨损的程度;而滑环在高温下也与空气中的氧发生氧化反应,形成氧化铁而产生腐蚀,但腐蚀的程度较慢。

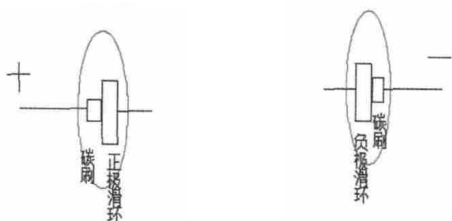
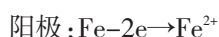


图2 正极处不形成腐蚀电池 图3 负极处的腐蚀电池

与正极滑环不一样的是,在负极滑环处(如图3),碳刷、水膜(其中含分解的少量 H^+ 和 OH^-)和集电环在集电环与碳刷的接触面上形成了一个腐蚀电池。在这个电池中,滑环相对而言是接在转子直流回路的正极,而碳刷则接在了转子直流回路的负极,在中性环境中,正极的Fe在直流电的强迫作用下失去电子,被氧化成高价离子 Fe^{2+} ,而负极的碳刷作为惰性电极,不参与反应,得以保存。其具体的化学反应如下:



$Fe(OH)_2$ 进一步被氧气氧化成 $Fe(OH)_3$,部分脱水后变成 Fe_2O_3 ,即铁锈,在高速运转中因摩擦而掉落,由于量少且分散,很难被肉眼所察觉。再加上本身高温状态下铁与氧气的氧化反应,累计的腐蚀将明显加剧。

由于空气中水分子分布的不均匀性,使得滑环与碳刷的接触面上有水膜的地方形成原电池,而没水膜的地方则不形成,所以滑环的磨损出现非全接触面整体磨损的划痕形状。形成划痕后,由于划痕内铁与碳的接触面增大,更容易形成水膜而具备氧化的条件,所以划痕将加深,比接触平面磨损得更快。

3 结论与建议

通过以上分析,可以得出这样的结论:

注释及参考文献:

[1] 于双利.水轮发电机组集电环磨损及维护[J].华章,2014(10):7-8.

(1)负极滑环因为被氧化,所以电化学反应的结果使得滑环磨损更快,电化学反应损耗比机械磨损严重得多,以电化学反应为主,在同样的机械摩擦情况下,负极的损耗比正极快得多。

(2)作为惰性电极的碳刷,主要是以机械磨损和在高温下发生氧化反应而产生磨损的方式予以消耗,在滑环磨损较严重的情况下,刷握内的弹簧压力将明显减小,会增大接触电阻,引起更大的发热而导致氧化反应加剧,所以会出现碳刷越磨越快的现象。

(3)上述原因导致出现负极滑环腐蚀情况远比正极滑环严重而正负极碳刷的磨损差别并不明显的现象。

自2008年大修过后,根据厂家的提示,电厂定期对滑环极性进行调换,之后的测量数据如表1:

表1 集电环磨损情况统计表

序号	测量时间	测点极性	研磨后滑环外径
1	2000.6	+	800
		-	800
2	2008.8	+	785
		-	797
3	2010.7	+	781
		-	792
4	2012.8	+	777
		-	788
5	2013.8	+	774
		-	786

在理论分析与实际情况对比过后笔者发现,滑环的腐蚀与碳刷的损耗情况正如分析的那样,完全符合腐蚀电池的反应原理。因此,针对发电机集电环磨损问题,建议采用以下办法进行处理。

其一,加强厂房三漏治理,减轻滑环所处环境的潮湿程度,降低腐蚀电池反应所需要的条件。

其二,确保滑环和碳刷的材质符合要求,滑环采用抗磨强度更高的Q345钢材,减轻因机械磨损而造成的损害。

其三,定期调换滑环的正负极性,减慢负极滑环的磨损速度,提高滑环的使用寿命。

其四,根据法拉第电解第一定律,电解时在电极上析出和溶解掉的量与通过电极的电量成正比,所以可以通过加大碳刷与滑环的接触面,降低电流密度以减少单位面积上被氧化的量。

- [2] 兰秀蔚.大型发电机集电环故障分析处理及对策[J].华北电力技术,2012(10):47-51.
- [3] 耿素龙,王晓阳.简谈金属的电化学腐蚀与防腐[J].金田,2012(5):305.
- [4] 史家燕,史源素,赵肖敏,等.三峡水力发电厂 700MW 水轮发电机故障诊断专家系统[J].中国电力,2006(1):63-67.
- [5] 邱盛永,吴庆国,庞世秋.发电机集电环故障的分析及检修[J].煤炭技术,2004(5):31-32.

Analysis of the Collector Ring's Wear of the Hydro-generator in Daqiao Power Plant

CHE Jiu-hua, LIU Jian-gang

(*Daqiao Power Plant, Daqiao Hydroelectric Development Corporation, Mianning, Sichuan 615600*)

Abstract: Having run for ten years, the outer diameter of hydro-generator collector ring reduced more than two centimeters, the wear of negative slip ring was more serious than that of the positive slip ring, and, the wastage of the anode carbon brush was more quickly than that of the cathode carbon brush. Under the effect of direct current, the galvanic cell's anode material was oxidized because of lost electrons and changes into ions from elementary substance, however, the cathode material is restored because of getting electronic and still exists as elemental, this is called the Corrosive Cell Principle. Using this feature, the cathode materials can be protected.

Key words: hydro-generator; collecting ring; carbon brushes; wear

(上接第 31 页)

process is introduced briefly. However, the rainfall variability, thunderstorm forecast and some other physical variables are analyzed in detail. The results show that: the weather forecast for the launch window is accurate, timely and reliable. This weather forecast is a successful meteorological support for space activities, and also provide a basis for the decision-making in the successful launch of Chang'e-5 orbiter. According to the above results, it will provide reference for the meteorological support for the forthcoming high density space activities.

Key words: launching area; launch; thunderstorm; rain; meteorological support