



天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

发电机励磁碳刷滑环发热的分析预防和应急处理分析

Analysis and preventing about the Fever of Carbon Brush and Slip Ring for
Generator Excitation and Emergency Handling

华电国际十里泉发电厂（277103） 耿道波

摘要：碳刷和滑环是发电机动静接触和交换能量的设备，是发电机励磁系统的重要组成部分。但是运行中由于很多原因，时常出现发热现象，严重危及发电机的安全运行。本文通过分析励磁碳刷滑环发热的产生发展，引起碳刷、滑环发热的因素，结合几年来的实践经验，总结出发热的处理及严重发热时实用的两种应急处理方法，实用中取得了很大成效。进一步针对性地提出了正常运行的维护和注意事项。

关键词：碳刷滑环 发热 分析预防 应急处理

Abstract: The carbon brush and the slip ring is the generator action with slippery wreath contact and commutation energy of equipments. As well as the importance of the generator excitation system to constitute part. But circulating medium often appear to have fever phenomenon because of much reason, endangering the safe movement of the generator seriously. By passing the creation development that analytical carbon of excitation brushes slippery wreath to have fever, causing carbon to brush, the slippery wreath have fever of factor, combining fulfillment experience of several in the last years, the processing and severity that tally up to set out heat have fever practical viable two kinds of meet an emergency the processing method, practical won to obtain very great result. Forward and further adducing handing and notices while normal running.

Key words: Carbon brush Slip-ring; Fever; Analyze; Emergency Handling

0 前言

十里泉发电厂三十万千瓦机组励磁方式为静止型三机励磁系统，发电机刷架与导电环合二为一，每个环由两瓣拼成，其材料为铸硅青铜。外圆周表面开有螺旋沟，并有沿集电环圆周均布斜 30° 的通风孔，以防止气垫现象及加强集电环本身的冷却。每个导电环上分别设置四排碳刷，以减小集电环表面的磨损。电刷与集电环有独立的通风系统，冷空气由两个集电环的外侧进入，中间出去，由装在转子上的两个并联的离心式风扇驱动。进风和出风均由管道引至厂房外部，有利于降低噪声和排出碳粉。发电机转子额定励磁电压365V，额定励磁电流2642A。刷握采用恒压式，每极碳刷共40块。

碳刷是发电机动静接触和交换能量的设备，碳刷运行的好坏，直接关系到发电机的运行安全，然而

实际运行中，碳刷与滑环发热现象极为普遍，如果不能及时有效地采取措施加以处理，或者处理不当，将会扩大故障，造成严重发热、滑环烧坏，导致发电机停机事故；造成不必要的损失。

2 碳刷和滑环发热的产生发展过程

碳刷正常运行中的温度一般在 $50^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，（温升 40°C 左右），碳刷电流分布整体比较平衡，每块碳刷工作电流在 $20\text{A}\sim 100\text{A}$ 。刷握弹簧压力比较均匀，碳刷活动自如且无振动卡涩现象。碳刷与滑环运行中产生的热量由通风系统带走。即发热与散热达到基本平衡。正常运行状态下，当负荷增加电流增大或个别碳刷工况变差时，温度会有短时少量增加或者不增加，系统能够维持平衡或达到新的平衡状态。但是如果碳刷变短、接触电阻和附加电阻变大、刷握弹簧压力变小、碳刷运行工况变差，当工作电流增加，温度变化时系统的平衡能力降低，部分碳刷温度将升高，从而整个系统温度升高。有时甚至达到无法控制状态。发热时电刷和集电环温度高达 100°C 以上，最严重时达到 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。此时碳刷工作状态越来越差，碳刷电流分布很不均匀，少数碳刷电流达到 300A ，而另一些碳刷电流接近于零。大量碳刷出现不正常的跳动或卡涩，并出现大量火花，刷辫烧断或脱辫；碳刷与滑环摩擦声音变得尖锐刺耳。

3 引起碳刷、滑环发热的因素

（1）碳刷发热量由4部分组成：碳刷自身电阻发热 Q_1 ，碳刷接触压降发热 Q_2 ，摩擦发热 Q_3 ，刷辫与碳刷接触电阻和散流电阻发热 Q_4 。

碳刷自身电阻发热： $Q_1=I^2 \cdot R$ （其中：I-流过碳刷的电流，R-碳刷电阻）

碳刷接触压降发热： $Q_2=I \cdot \Delta U$ （其中： ΔU -接触压降）

摩擦发热： $Q_3=F \cdot v$ （其中：F-碳刷压紧力，v-碳刷与滑环的相对运动速度）

接触电阻和散流电阻发热： $Q_4=I^2 \cdot r$ （其中：I-流过碳刷的电流，r-接触电阻和散流电阻等效值）

碳刷总体发热量为： $Q=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$

这四部分在碳刷发热总量中所占比例大小，随着碳刷运行阶段及状况的改变而不断变化。

（2）滑环的发热由3部分组成：滑环自身电阻发热 Q_{11} ，碳刷接触压降发热 Q_{22} ，碳刷热传导热量 Q_{33}

33

滑环的总体发热量为： $Q' = Q_{11}+Q_{22}+Q_{33}$

在滑环发热总量中，滑环自身电阻发热 Q_{11} 所占比例甚小，可以互略；所以滑环的发热由碳刷的发热量决定，随着碳刷温度的整体变化，滑环温度随之将有不同程度的变化。

4 碳刷运行中发热的起因分析

4.1 碳刷电阻值增大

碳刷使用过程中电阻值（包括自身电阻、刷辫与碳刷接触电阻和散流电阻）逐渐增大；滑环氧化膜太厚，使碳刷接触电阻大大增加，一方面使碳刷本身发热；另一方面使励磁电流分流到其它回路电阻小的碳刷上。同时使其他碳刷的电阻发热增加。

4.2 碳刷卡阻

碳刷通过电流后发热，刷体膨胀，易卡在刷握，这时拉动刷辫感觉很紧；部分碳刷由于振动、刷握

不垂直等原因，会在刷握一侧的上沿和另一侧下沿产生明显卡阻，这几种形式卡阻，用钳表仍可测得电流，容易被误导，但碳刷却已经失效，致使其它碳刷分配的电流增加，发热增加。

4.3 碳刷压力减小

虽然为恒压刷握，但各个弹簧压力存在差异。用手拉动刷握弹簧，可明显感觉不同弹簧的压力差异；而且在碳刷磨短过程中，弹簧压力也会不同程度减少。压力小到一定程度，接触不稳定，接触压降增大，接触压降发热明显增加。同时由于弹簧压力不足，刷握和碳刷加长增加了碳刷侧面磨擦阻力，碳刷被阻在握内。

4.4 碳刷接触面形成气膜

碳刷在允许最大速度下运行，很容易在碳刷接触面产生气膜和跳动，使流过碳刷的电流不稳定。在滑环表面开凹槽和磨花碳刷接触面虽然可以破坏气膜。但却使碳刷实际的接触面积减小。

4.5 电流平衡的破坏

一般情况下，碳刷与滑环接触面的接触紧力较大，即接触压降小，所有碳刷工况相近，每条碳刷的电流大小接近，刷体的平均温度较低，碳刷间电流相对稳定平衡。运行一段时间后，碳刷的磨损量相近，但出现了氧化膜（氧化膜应均匀并有光泽）、气膜、卡阻等因素，碳刷磨短或弹簧压力降低，碳刷接触面的接触紧力减小，碳刷间电流重新分配，每条碳刷的电流差别增大。这个阶段时间长，且逐渐变化，不容易引起警觉。当环境温度升高或励磁电流增加时，随时可引起发热，造成平衡破坏。

5 发热的处理

(1) 当发热处于初期，发热温度不高，如 100°C 以内，此时可以采用调整部分工作不良的碳刷的方法。

如更换磨损较短的以及工作电流很小的碳刷；调整或更换部分弹性较小刷握的弹簧；处理碳刷卡涩等措施，优化电流分配，减少发热量。

(2) 适当降低发电机的无功负荷，减少励磁电流，从而降低碳刷的工作电流，减轻发热。

(3) 出现个别碳刷断辫或脱辫，可先减小励磁电流；出现环火，则大量减小励磁电流，调整碳刷电流平衡后再更换碳刷。不可强行更换大量碳刷。

(4) 清理通风口，保持风道畅通，增加散热量。

6 发热严重时应急处理

(1) 当温度升高达到 120°C 以上，采取更换碳刷或调整刷握的措施已经不能降低整体温度，因为新换碳刷与滑环接触面积较少且不光滑，加上在这种恶劣工作环境下，无论分配的电流多少，热传导使其温度短时间很高，因此不能良好工作。另外由于整体温度较高，所有碳刷、刷握的工作条件很差，温度短时不但不能降低，而且将可能继续升高。此时最重要的措施是找出故障起因，降低工作温度，改善碳刷、刷握的工作条件。

(2) 采用拔除故障碳刷的方法

①如果正常运行中，工作电流和环境温度变化不大，而碳刷温度严重升高，部分碳刷出现振动，这种情况主要可能是因为少量碳刷故障引起（如电阻增大、弹簧压力减小、碳刷卡涩、碳刷断辫等）。此时应准确判断出引起发热的碳刷，将其拔除，消除“害群之马”。使其他运行正常的碳刷重新正常工作。

作，进入正常平衡状态。这种做法的关键是做出准确判断，故障碳刷一般表现为振动较大，电流较大，其温度高于整体温度。如果不能判断或判断不准确，可以用试验的方法每隔一段时间依次取出一把碳刷，直至整体温度出现明显降低。待系统温度恢复正常后，再将所取出碳刷处理良好重新装上。

②效果分析

碳刷设计上有很大余度，故拔除少量碳刷不影响正常运行，拔除故障碳刷一方面去除了发热严重的碳刷，抵制了温度进一步升高，另一方面消除或降低了产生振动的因素。

(3) 采用涂抹凡士林的方法

①用洁净的软毛刷蘸取少量的干净的凡士林，轻轻地涂于滑环表面；或者取下刷握将凡士林涂于碳刷顶部。涂抹凡士林时切记注意安全，要做到少量多次均匀。在很多次出现严重发热时，碳刷与滑环温度升到300℃以上，整体温度很高，电流分布很不平衡。碳刷有轻微抖动现象。我们在碳刷和滑环涂抹少量凡士林，经过几分钟后温度由300多度迅速降低到80℃左右；又过了几分钟降到了60℃左右，恢复了正常。由此可见，此种方法是卓有成效值得一试的，尤其是振动为引起发热主导因素的机组，可以有效减轻振动效应。通过处理，避免了不必要的停机事故。

②功能分析

凡士林为油状物质，常用作润滑剂。具有良好的粘附性、抗水性、拉丝性、低温性和化学安定性，用于金属零件、机器的防锈和橡胶软化剂。外观为淡褐色至深褐色均质无块软膏，滴熔点为45℃-80℃，运动粘度(100℃)10~30mm²/s。闪点(开口)不低于190℃。由其性能特点可见，涂抹凡士林，使碳刷得到很好润滑，大大降低振动，使接触部位得到良好接触，同时滴熔时也吸收了少量热量；清除了滑环上部分碳粉和灰尘。改善了碳刷的工作条件。所以可以很快降低整体温度。

7 正常运行的维护和注意事项

(1) 检查集电环上的碳刷有无冒火现象，如出现火花，应设法进行处理。碳刷发生火花的原因和消除方法见表1。

表1 碳刷发生火花的原因和消除方法

出现火花可能的原因和性质	消除方法
碳刷研磨不良，其接触面积过少	重新研磨碳刷
碳刷型号不符合规定，或不同型号碳刷用 在同一集电环上	更换制造厂指定的或经过试验合格的碳 刷
刷架位置不对	调整刷架位置，使其轴线与集电环的轴 线平行
刷握与集电环之间的间隙不符合规定	调整其间隙使其符合要求（3~4mm）
碳刷和引线，引线和端子间连接松动，发 生局部火花	拧紧碳刷和引线
弹簧发热变软失去弹性，碳刷压力不均	更换弹簧（碳刷在刷握中应能自由活 动，碳刷压力应为0.015~0.02Mp）
碳刷磨损后长度过短	更换碳刷

碳刷在刷握内摇摆或积垢不能在刷握内自由活动，火花随负荷增加而增大	检查碳刷在刷握内能否自由活动，更换摇摆和滞涩的碳刷，清理刷握积灰
集电环磨损不均或表面不平，跳动过大及机组振动过大引起碳刷振动，火花随振动而变	查明振动原因并消除，在停机时检查集电环的状态

(2) 经常检查碳刷的活动情况。用提刷的方法检查鉴定碳刷在刷握内上下活动是否自由，有无卡刷和碳刷焊附在刷握壁的现象（碳刷与刷握配合的间隙太小会产生卡刷现象；碳刷受力不合理时，会产生碳刷焊附现象，当碳刷工作时上下微动，碳刷与刷握壁之间的接触电阻逐渐降低达到一定程度时，由于热和电的作用，碳刷就粘附在刷握壁上而失去了上下活动的能力）。当发生有卡刷和碳刷焊附现象时，应立即研磨碳刷和清理刷握内壁，使碳刷恢复上下自由活动能力。

(3) 经常检查刷辫是否完好，碳刷是否有脱辫现象，导线是否氧化及是否有烧断股线现象等。接触是否良好，有无过热现象，如出现发黑或烧伤等现象，则应该更换碳刷。

(4) 检查有无碳刷颤振的情形。集电环磨损不均，碳刷松弛，机组振动等原因都将会引起碳刷颤振，此时必须将其从刷握中拔出检查是否有损坏情形，查明颤振原因并消除。为有效减小振动，刷握最低点距离滑环3~4毫米，既保证足够间隙余度，又可以减小振动现象。

(5) 检查刷握和刷架上有无积垢，定期用刷子扫除或吹风机吹净；每次停机时，应清除集电环通风沟、孔内的碳尘物，以免影响散热及通风效果。

(6) 控制碳刷电流分配和温度变化。配备直流钳形电流表和远红外测温仪，定期测量和掌握集电环表面无过热现象，其温度应不高于120℃；每个碳刷电流控制在20~100A，刷体温度控制在不大于80℃，及时消除电流不平衡、气膜、氧化膜、卡阻等因素，保证碳刷在良好平衡状态工作。

(7) 检查碳刷的磨损程度。刷块边缘是否存在剥落现象，如果碳刷磨损严重或刷块有剥落现象，就必须更换。正常运行中，一般碳刷磨损掉 1 / 3，或碳刷在刷握内有摇摆的情形，应及时更换，消除碳刷太短、电阻值变大、卡阻、阶梯形四面体等现象。

8 碳刷更换

当运行中的电刷磨损到其顶部仅高出刷握顶部约3mm时，应更换新的电刷；更换碳刷应在机组启动前进行，如机组在运行中，更换时应视情况适当降低无功；一般情况下，在同一时间内，每个刷架上最多更换1/5的碳刷，且新旧型号必须一致，不同型号的碳刷不能用到同一个集电环上；更换碳刷应由有经验的人员执行。工作人员应站在绝缘垫上，不得接触两极或一手接触碳刷一手接地。碳刷使用前要进行适形研磨（磨弧），然后才允许投入使用，磨弧专用工具按集电环、碳刷架装置仿制。新更换的碳刷要保证有一定电流，达到良好工作状态。

9 结论

发电机励磁碳刷滑环发热现象运行中时有发生，严重威胁发电机的安全运行。因此，对集电环和碳刷的监视、维护并及时处理其发生的故障和损伤，是保证发电机长期稳定运行的重要工作之一。运行中观察是否有火花及火花的大小，集电环和碳刷装置的温升及噪声。开机时，应检查构成滑动接触的各个

部件的工作是否正常，氧化膜是否过厚或过薄，集电环的表面状态是否良好，通风沟是否堵塞，碳刷镜面是否光亮，碳刷体在刷握内上下滑动是否灵活，弹簧压力是否均匀。出现发热时，必须采取及时有效措施，控制发热、降低发热。因为发热作用时间越长，对碳刷和滑环损坏越严重，恢复正常难度也就越大。当发热严重时，应查明原因，采取必要适当措施，避免事故发生和扩大。本文所提出的两种应急处理方法，是经过实践证实卓有成效的，希望有一定的借鉴作用。避免发热关键还是预防为主，首先选择质量合格的刷握和碳刷，运行中做好维护，配备远红外测温仪经常测量，掌握温度的变化情况，配备直流钳形电流表，定期测量各个碳刷工作电流，尽量调整各个碳刷电流基本平衡；出现发热及时处理。保持碳刷工作状态良好。

10 参考文献

- [1] 彭远崇. 发电机励磁碳刷事故分析和对策[J]. 北京：电力安全技术, 2003, (07): 30—31.
- [2] 胡新军. 发电机滑环碳刷电火花故障处理[J]. 北京：电力安全技术, 2004, (06): 20 .
- [3] 张文元. 发电机碳刷及滑环的运行维护[J]. 山西：山西电力, 2002, (04): 61—62.

文章作者： 耿道波

发表时间： 2006-10-19 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)