

# 发电机碳刷打火消除方法

薛 明

宁夏银星发电有限责任公司 宁夏 银川 750000

**摘 要：**近年来，我国社会经济迅猛发展，社会生产与生活的用电需求持续攀升。火力发电机组作为电力生产的重要力量，其励磁系统的稳定运行至关重要。以660WM型号为QFSN-660-2的火力发电机组为例，其励磁系统采用上海摩根碳刷与滑环连接系统传输励磁电流。然而，碳刷打火现象时有发生，影响机组稳定运行。本文深入分析碳刷打火成因，包括接触压力不均、碳刷材质差异、滑环表面状态不良和运行环境因素等，并提出优化碳刷与滑环结构设计、在线消除碳刷打火、改进运行维护策略和加强监测预警等消除策略。实际应用表明，这些策略有效降低了碳刷打火现象，提高了机组运行的可靠性与稳定性。

**关键词：**发电机；碳刷打火；660WM火力发电机组；励磁系统；滑环连接系统

## 1 引言

### 1.1 研究背景与意义

全球能源结构转型中，火力发电因稳定供应和成熟技术，在我国电力生产中仍举足轻重。发电机组是火力发电能量转换核心，励磁系统作为其“心脏”，为发电机转子提供励磁电流，是机械能转电能的关键<sup>[1]</sup>。随着电力系统发展，对励磁系统稳定性等要求更高。碳刷与滑环连接系统是励磁系统传输励磁电流的核心，其性能影响励磁系统运行效率与稳定性。如QFSN-660-2机组采用的创新设计系统，实现了高效稳定传输。深入研究该系统，对提升机组性能、优化升级和故障诊断有重要理论与实践意义。同时，发电机稳定运行对火力发电至关重要，碳刷与滑环连接系统承担为转子供励磁电流的任务。但实际运行中，发电机碳刷打火现象频发，会加速部件磨损、降低寿命，甚至引发火灾，威胁电力系统稳定。如QFSN-660-2机组曾因碳刷打火多次降负荷运行，造成经济损失。所以，深入研究碳刷打火成因并探索消除策略，具有重要现实意义。

### 1.2 国内外研究现状

国内外学者对发电机碳刷打火问题进行了广泛研究。国外研究主要集中在碳刷材料的研发、滑环表面处理技术以及监测系统的优化等方面。例如，一些发达国家通过改进碳刷材料的配方，提高了碳刷的耐磨性和导电性，减少了打火现象的发生。同时，采用先进的表面处理技术，如激光熔覆、离子注入等，提高了滑环表面的硬度和抗腐蚀性，改善了碳刷与滑环的接触性能。在监测系统方面，利用高精度的传感器和先进的算法，实现了对碳刷和滑环运行状态的实时监测和故障预警。国内研究则更侧重于实际工程应用和故障处理经验的总

结。许多电厂通过长期的运行实践，积累了丰富的碳刷打火故障处理经验，并提出了一系列针对性的解决方案。例如，优化碳刷的更换工艺、加强运行维护管理等。同时，国内学者也在积极开展碳刷与滑环连接系统的理论研究，探索新的技术和方法，以提高系统的可靠性和稳定性。

### 1.3 研究内容与方法

本文以660WM型号为QFSN-660-2的火力发电机组为例，深入研究发电机碳刷打火的成因和消除策略。首先，分析碳刷与滑环连接系统的结构和工作原理，为后续的研究提供理论基础。然后，结合实际运行数据，探讨碳刷打火的成因，包括接触压力不均、碳刷材质差异、滑环表面状态不良和运行环境因素等。最后，从优化碳刷与滑环结构设计、在线消除碳刷打火、改进运行维护策略和加强监测预警等方面提出针对性的消除策略，并通过实际应用验证其有效性<sup>[2]</sup>。

## 2 碳刷与滑环连接系统的结构和工作原理

### 2.1 系统结构

660WM型号为QFSN-660-2的火力发电机组励磁系统采用的碳刷与滑环连接系统主要由碳刷、滑环、碳刷架和弹簧等部件组成。碳刷作为传输励磁电流的关键部件，与高速旋转的滑环紧密接触，将励磁电流从静止部分传输到旋转的发电机转子。碳刷架用于固定碳刷，保证碳刷的位置准确和稳定。弹簧则为碳刷提供稳定的接触压力，确保碳刷与滑环始终保持良好的接触。

### 2.2 工作原理

该系统基于弹力搭接、滚动搭接与密封技术原理实现高效运作。弹力搭接技术利用特制弹簧为碳刷提供稳定压力，使碳刷与高速旋转的滑环紧密接触，有效降低

接触电阻,减少电能损耗。滚动搭接技术通过优化碳刷与滑环的接触方式,使两者在相对运动过程中形成均匀稳定的电流传输路径,提升电流传输效率<sup>[3]</sup>。密封结构则采用多层防护设计,有效隔离外界粉尘、水汽等杂质,防止其侵入连接系统内部,保障系统在复杂环境下的可靠运行。凭借这些技术,该系统能够确保碳刷在无线旋转的滑环上稳定接触,将励磁电流高效传输至发电机转子。



图1 发电机参数示意图

### 3 发电机碳刷打火的成因分析

#### 3.1 接触压力不均

碳刷与滑环之间的接触压力对电流传输和接触稳定性起着关键作用。在660WM机组中,由于碳刷弹簧老化、碳刷架安装精度不足等原因,容易导致碳刷之间的接触压力不均匀。压力过大的碳刷会加速磨损,产生高温;压力过小的碳刷则会因接触不良,在接触面产生电弧,引发打火现象。例如,当弹簧疲劳变形时,其提供的压力会发生变化,导致部分碳刷压力过大,部分碳刷压力过小,从而增加了打火的风险。

#### 3.2 碳刷材质差异

不同批次或不同厂家生产的碳刷,其材质性能存在一定差异。660WM机组采用的上海摩根碳刷虽然整体性能优良,但如果在更换碳刷时未严格控制材质一致性,会导致各碳刷的电阻率、硬度等参数不一致。在电流传输过程中,电阻率高的碳刷分担电流较小,而电阻率低的碳刷则承担较大电流,从而产生局部过热,引发打火。例如,当新更换的碳刷与原有碳刷材质差异较大时,电流分布会不均匀,容易导致打火现象的发生。

#### 3.3 滑环表面状态不良

滑环表面的光洁度、平整度以及氧化膜的形成情况,直接影响碳刷与滑环的接触效果。长期运行过程中,滑环表面可能会出现磨损、划伤、污垢堆积等问题,破坏碳刷与滑环之间的良好接触,增加接触电阻,导致打火现象发生。此外,滑环表面氧化膜过厚或过

薄,也会影响电流的稳定传输,引发打火。例如,当滑环表面有污垢时,碳刷与滑环之间的接触电阻会增大,容易产生电弧,引发打火。



图2 发电机滑环示意图

### 3.4 运行环境因素

发电机运行环境中的温度、湿度、粉尘等因素,也会对碳刷打火产生影响。当环境温度过高时,碳刷材料的物理性能会发生变化,导致其磨损加剧;湿度过大可能会使碳刷表面形成水珠,影响接触电阻;粉尘进入碳刷与滑环之间,会加剧摩擦,破坏接触表面,引发打火。例如,在夏季高温环境下,碳刷的磨损速度会加快,容易产生打火现象;在潮湿的环境中,碳刷表面可能会形成水膜,增加接触电阻,引发打火。

### 4 发电机碳刷打火的消除策略

#### 4.1 优化碳刷与滑环结构设计

##### 4.1.1 改进碳刷弹簧结构

采用新型恒压弹簧,确保碳刷在运行过程中始终保持稳定的接触压力,减少因压力不均导致的打火现象。新型恒压弹簧具有良好的弹性性能和稳定性,能够在不同的工作条件下提供恒定的压力,保证碳刷与滑环的良好接触<sup>[4]</sup>。

##### 4.1.2 优化碳刷架的安装工艺

提高安装精度,保证碳刷与滑环之间的平行度和垂直度,使碳刷能够均匀接触滑环表面。通过采用先进的安装工具和技术,严格控制碳刷架的安装位置和角度,确保碳刷与滑环的接触均匀,减少打火的可能性。

##### 4.1.3 对滑环表面进行特殊处理

采用镀铬、喷涂耐磨涂层等工艺,提高滑环表面的硬度和耐磨性,减少磨损和划伤,维持良好的表面状态。镀铬可以提高滑环表面的硬度和光洁度,减少摩擦和磨损;喷涂耐磨涂层则可以形成一层保护膜,提高滑环的耐磨性和抗腐蚀性。

## 4.2 在线消除碳刷打火

将胶木按碳刷规格打磨成碳刷形状,安装于刷握上,对滑环表面进行持续摩擦。使用碳刷状胶木对发电机滑环进行表面毛刺打磨。胶木材质高温不容易着火,具有固有的硬度和一定的软度。胶木碳刷与金属摩擦时不易产生明火,可在线修复发电机滑环,解决打火问题。在实际应用中,这种方法能够快速有效地消除滑环表面的毛刺和污垢,改善碳刷与滑环的接触性能,减少打火现象的发生。

## 4.3 改进运行维护策略

### 4.3.1 专业技能培训

严格控制碳刷的更换批次和质量,确保同一台发电机上的碳刷材质、规格一致。在更换碳刷时,对新碳刷进行检查,查看弧度是否正常,对其打磨处理后使用,使其与滑环表面充分贴合。加强对运行维护人员的专业技能培训,提高其对碳刷打火问题的认识和处理能力。

### 4.3.2 加强日常巡检

定期测量碳刷的电流分布、接触压力以及滑环表面温度等参数,及时发现异常情况并进行处理。通过建立完善的巡检制度,加强对碳刷和滑环的日常监测,能够及时发现潜在的问题,采取有效的措施进行解决,避免打火现象的发生。

### 4.3.3 定期清洁维护

定期对滑环表面进行清洁维护,采用专用的清洁剂和清洁工具,去除表面的污垢和氧化物,保持滑环表面的清洁和光洁。定期清洁滑环表面可以减少污垢和氧化物的积累,改善碳刷与滑环的接触性能,降低打火的风险<sup>[5]</sup>。

## 4.4 加强监测预警

### 4.4.1 标准化操作流程制定

在发电机碳刷与滑环连接系统中安装在线监测装置,实时监测碳刷的电流、温度、振动等参数。当监测到异常数据时,及时发出预警信号,提醒运行人员采取相应措施。通过建立标准化的操作流程,规范在线监测装置的安装、使用和维护,确保监测数据的准确性和可靠性。

### 4.4.2 利用大数据分析和人工智能技术

对监测数据进行深度分析,预测碳刷打火的发生趋势,提前制定预防措施,实现碳刷打火问题的主动防控。大数据分析和人工智能技术可以对大量的监测数据进行快速处理和分析,挖掘数据中的潜在信息,为运行人员提供决策支持,提高故障处理的效率和准确性。

## 5 应用效果与展望

### 5.1 应用效果

通过实施上述消除策略,660WM火力发电机组发电机碳刷打火现象明显好转。转子振动、偏移全部正常,碳刷温度、滑环表面无过热现象,滑环温度65℃,每个碳刷电流均维持在35—100A,刷握温度控制在80℃,解决了电流不平衡、卡阻现象,有效避免了机组“非停”。同时,碳刷和滑环的磨损速度明显减缓,设备使用寿命得到延长,机组的运行稳定性和可靠性大幅提升,有效降低了因碳刷打火导致的停机次数和经济损失。本次解决方案也得到上海发电机厂的认可和赞许,在同类故障中得到了广泛推广,取得了积极的社会价值,为公司避免经济损失约426.8万元。

## 5.2 展望

随着电力行业的不断发展,对发电机组的运行性能和可靠性要求越来越高。未来,还需要进一步加强对碳刷与滑环连接系统的研究,探索更加先进的材料和技术。例如,开发新型高导电、低磨损的碳刷材料,提高碳刷的耐磨性和导电性;研究智能碳刷监测与自动调节系统,实现对碳刷运行状态的实时监测和自动调节,进一步提高系统的可靠性和稳定性。同时,加强国际合作与交流,借鉴国外先进的技术和经验,推动我国火力发电行业的高质量发展。

## 结语

本文通过对660WM火力发电机组发电机碳刷打火成因的深入分析,提出了一系列针对性的消除策略,包括优化碳刷与滑环结构设计、在线消除碳刷打火、改进运行维护策略和加强监测预警等。实际应用表明,这些策略有效降低了碳刷打火现象,提高了机组运行的可靠性与稳定性,取得了显著的经济效益和社会效益。未来,应继续加强对碳刷与滑环连接系统的研究,不断探索新的技术和方法,为火力发电行业的可持续发展提供有力支持。

## 参考文献

- [1]电力机械工友圈。发电机碳刷发热冒火的原因及处理[J].电力机械工友圈,2025(3):1-5.
- [2]和讯网。碳刷打火时如何处理?碳刷故障的排查及解决方法是什么?[J].和讯网,2024(9):10-15.
- [3]中国知网。发电机励磁机碳刷打火的原因分析及解决措施[J].中国知网,2004(3):45-50.
- [4]电力机械工友圈。某电厂发电机碳刷跳火案例分析[J].电力机械工友圈,2024(6):20-25.
- [5]和讯网。如何解决电机碳刷打火的问题?这种问题的产生原因有哪些?[J].和讯网,2025(3):8-12.