

# 高压电机电晕放电及其处理方法

潘慧梅<sup>1,2</sup> 李泽蓉<sup>3</sup>

(1、攀枝花学院电气信息工程学院,四川攀枝花 617000;2、西南交通大学电气工程学院,四川成都 617000;  
3、攀枝花学院机电工程学院,四川攀枝花 617000)

**摘要** 通过分析电晕放电的原因、危害和传统防电晕措施,结合实际在冶金电气中大量使用的高压电机电晕放电实例,证明使用传统的防电晕措施效果不是很好,因此我们通过在实践中的不断摸索,采用了行之有效的新的处理措施,并在实际应用中进行了多年的检验,效果良好。

**关键词** 高压电机;电晕放电;防电晕;措施;效果

**作者简介** 潘慧梅(1970—),女,学士,攀枝花学院电信学院,讲师。主要研究方向:电气工程应用与教学。

## 0 前言

高压电机是攀枝花钢铁有限责任公司各厂矿内广泛应用的电机,但近年来由于各类综合因素的影响,常有高压大电机因为电晕放电致使电机损坏,按传统的处理方法处理后,仍然故障重重,电机不能长期正常工作。我们通过理论分析结合实践中的探索,改进了传统的处理措施,在实际应用中进行了检验。

## 1 电晕放电

### 1.1 电晕放电的概念<sup>[3]</sup>

在很不均匀的电场中,电压还较低的时候,尖极处的场强就已经超过临界值,尖极处即出现自持放电。由于离尖极稍远处场强已大为减小,故游离放电只能局限在尖极附近的空间而不能扩展出去。该区内所形成的离子在复合时(或被激励的气体分子在回到常态时)将辐射出光子,其中有一部分在可见光的频谱范围(其他大部分为紫光),人们看见有均匀稳定的发光层笼罩在电极周围,这就是电晕。当电压再提高时,如电极间距离不大,则可能从电晕放电直接转变成整个间隙的火花击穿;如电极间距离大时,则从电晕到击穿之间还有刷形放电的过渡阶段,刷形放电是气隙的不完全击穿。当电压再增高时,刷形放电增长到达对面的电极,就转化为火花击穿。当电源功率足够大时,火花击穿迅速转变成电弧。

发生电晕时在电极周围可以看到光亮,并伴有滋滋声。发生电晕放电时,气体间隙的大部分尚未丧失绝缘性能,放电电流很小,间隙仍能耐受电压的作用。高压电机的槽口部位,常常发生这种电晕放电。

### 1.2 电晕放电的危害

电晕放电产生的晕光是电极表面这个游离区的放电过程造成的。游离区内的分子,在电场的作用下,产生了激发、游离,形成大量的电子崩,并且不断复合,在复合过程中,产生光辐射,从而产生晕光。从发生电晕的物理过程分析,高压装置产生晕光是有害的。首先,产生电晕时,回路中将有电晕电流流过,同时发出光、声、热,会引起电晕功率损失;其次,电晕放电还能使空气发生化学反应,产生臭氧及氧化氮等产物,引起绝缘腐蚀;另外,在电晕放电过程中,流柱会不断熄灭和重新爆发,出现放电的脉动现象,产生高频电磁波,引起对无线电信号的干扰、电视干扰以及噪声干扰;高电压电气设备,发生电晕放电会逐渐破坏设备绝缘性能,使电气设备损坏。因此,高压装置要采取工艺措施,限制电晕的形成。

### 1.3 防电晕放电的传统措施

针对电晕放电的物理过程,通过改变电极形状、电场分布、绝缘介质等方式,可以提高气体间隙击穿电压,有效地防止电晕放电的产生,主要方法有:(1)改变电极形状以改善电场分布,如消除电极上的锐缘、棱角、焊斑、毛刺等;(2)利用空间电荷畸变电场的作用改善电场分布,如采用细导线;(3)极不均匀电场中屏蔽的采用,如在电场极不均匀的空气间隙中,放入薄片固体绝缘材料;(4)高气压的采用,即提高

气体间隙的气压;(5)高真空的采用,如真空断路器;(6)高耐电强度气体的采用,如含卤族元素的气体化合物,六氟化硫、氟里昂等。

## 2 高压电机中的电场分布及传统的防电晕措施

### 2.1 高压电机电场分布及产生电晕放电的原因分析

在高压电机定子槽部,绕组与槽壁间存在一定的空气间隙,这样在具有高电位的导线与具有零电位的铁心之间既有固体绝缘层,又有薄层空气隙,两层介质相互串联,由于空气的介电系数比固体绝缘的小,因此在交流电压下电机槽部薄层空气隙中的电场较强,而空气的耐电强度远比电机的固体绝缘低,所以电机槽部薄层空气隙容易发生电晕放电。另外,定子铁心槽部的棱角比较突出,特别是通风道处,此处空气层更容易发生电晕放电。

在高压电机端部出槽口处,电场分布更不均匀,不但存在沿绝缘表面的电场垂线分量,也存在很强的电场切线分量,其等值电路如图一所示。由图可见,由于体积电容  $C_0$  的分布作用,体积电容电流分布不均匀,越是靠近槽口,电容电流  $I_c$  越大,沿绝缘表面的电位梯度越高,电场越强,这里的气隙越是容易发生电晕放电,因此电机端部槽口处的电晕常常比槽部更为严重。

为防止高压电机产生电晕放电,传统工艺中的许多措施是有效的。如线圈匝间浸漆,匝间模压,对地绝缘的热模压,定子线圈的整体浸漆或真空压力浸漆等。

### 2.2 高压电机传统的防电晕措施

由于电晕会使电机绝缘表面出现白色或黄色粉末,严重时可以使绝缘表面烧成许多如虫蛀的小洞,明显地缩短电机的使用寿命,因此在电机制造工艺上必须专门采取一些措施,防止电晕放电的产生。

#### 2.2.1 电机槽部的防电晕措施

(1)改进工艺,改善材料,以尽量减少由于制造或运行中带来的绝缘内部的气隙;

(2)在绕组的外层包以半导体玻璃丝带,在定子绕组下线前将定子槽内壁涂以半导体漆。从而将绕组固体绝缘与铁心间的气隙短路,减小气隙上电压降,抑制电晕的发生;

(3)嵌线以后,绕组应压紧,若间隙过大,用半导体适形材料或半导体波纹板等塞紧。

槽部所用半导体材料,一般要求其表面电阻率在  $10^3 - 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$  范围内,若太低,有可能将铁心硅钢片间绝缘短路而增加铁损。

#### 2.2.2 电机出槽口处的防电晕措施

(1)沿出槽口处的端部绝缘表面涂半导体漆或半导体带,其电阻率为  $10^8 - 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ,增大表面的电导电流,以减少由于电容电流的作用带来的电位分布不均匀性。对于额定电压较高的电机,还可将半导体层分为多级,离槽口越近,所用半导体阻值越小;另外,可以采用碳化硅半导体漆(一种非线性半导体材料),其阻值随外施电场强度的增高而减少,如槽口处场强过高,它就自动降低阻值,该处场强降低,从而自动调节电位分布。

(2)采用内屏蔽方法。在高压电机槽口处的绝缘层中加进不同长度的绝缘极板,通过强制内部场强的较均匀分布来改善绝缘表面的电场分布,内屏蔽层数以 1-2 层为宜,而且可以与绝缘层外的半导体层配合使用。内屏蔽的材料现在多为半导体玻璃丝带。

## 3 工作中遇到的问题

高压电机防电晕处理的传统工艺:包完对地绝缘后,再外包一层含铁石棉带(规格为  $35 \times 0.5 \text{mm}$ ),根据槽尺寸选择平包或半迭包一层,最后包热收缩带和聚四氟乙烯薄膜带进行热模压,之后刷防晕漆。实践证明这种处理方法的实际效果不是很好。

F 级绝缘高压电机结构紧凑,槽绝缘余量小,采用含铁石棉带占用主绝缘尺寸较多,不宜采用该工

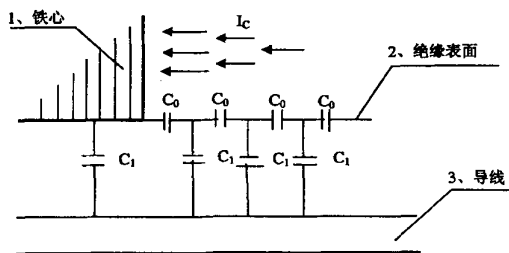


图1 线圈从槽中伸出处的等值电路  
 $C_0$ -体积电容  $C_1$ -导线对地电容

艺,如热轧板厂高压水电机等。从近年来进厂大修的高压电机情况看,基本不再采用含铁石棉带进行防晕处理。随着绝缘材料的不断升级,电机耐热等级的不断提高,含铁石棉带作为绝缘材料已逐步淘汰。因此需要有新突破。

#### 4 方案选择

根据高压电机防晕的措施和电机的实际情况,首先进行了工艺方案的确定,在绕组外层包经过脱腊处理的无碱玻璃丝带,然后在刷涂一至两层防晕漆,在绕组嵌放前再对电枢铁心喷涂低阻防晕漆,从而将绕组固体绝缘与铁心间的气隙短路,降低气隙间的电压降,抑制电晕的产生。根据实际情况,我们提出了新的工艺方案,主要有:

- 4.1 将高压电机线圈防晕处理工艺放在线圈热模压以后单独进行;
- 4.2 将含铁石棉带改为玻璃丝带;
- 4.3 采用 131、130 高、低阻防晕漆刷涂工艺。

#### 5 方案实施

##### 5.1 主要工艺装备及材料

电热干燥箱、常用工量具、无碱玻璃丝带(0.1×25mm)、低电阻半导体防晕漆(130)及高电阻半导体防晕漆(131)。

##### 5.2 工艺过程及工艺参数的确定

无碱玻璃丝带的脱腊处理,必须确认脱腊、脱水彻底,同时不能改变玻璃丝带性能。对不同电压等级的电机刷涂防晕漆的尺寸数据不同,高、中、低阻漆的长度配合要尽可能合理,达到较佳的防晕效果。具体如下:

(1)无碱玻璃丝带脱腊处理。将无碱玻璃丝带置于电热干燥箱内,在 180 高温下干燥 6 小时,取出备用。

(2)用经过脱腊处理的无碱玻璃丝带(规格为 0.1×25mm)将线圈两边平包或半迭包一层,槽配合较紧时采取平包,槽配合余量较大时,采用半迭包。包带起始位置如图示 C-C1。平包时每圈应搭边 1-2mm,包带缠绕紧密,搭接准确,起头和收尾压牢、平整,不得堆积和松散。

(3)对高、低阻半导体防晕漆搅拌均匀,并进行确认。按图 2 所示尺寸刷涂高、低阻半导体防晕漆,各电压等级电机高、低阻防晕漆刷涂长度如表所示。一般应刷涂两次,第一次刷涂经自然凉干后,再进行第二次刷涂。凉干后作耐压试验。

试验数据如下:

$U_N$	低阻漆出铁心长 K	高低阻漆搭接长 M	高阻漆长 N
6KV	30-50mm	15-20mm	75-150mm
10KV	45-50mm	20-30mm	90-200mm

##### 5.3 高压电机防晕处理新工艺的应用

高压电机防晕处理工艺参数和工艺方法确定以后,我们应用到实际电机中。氧气厂 Y630-12,10KV 电要两台,进厂大修时,都按新工艺进行防晕处理,起晕电压为 35KV 以上,超过传统工艺条件下的起晕电压值<sup>[2]</sup>。小轧厂 1000kw 电机也采用了防晕处理新工艺,其起晕电压值亦有明显提高。高压电机线圈按照上述方案进行防晕处理后,与传统处理方法作了比较试验,采用新工艺后线圈起晕电压有所提高,达到 35000V,起晕电压远高于有关标准。

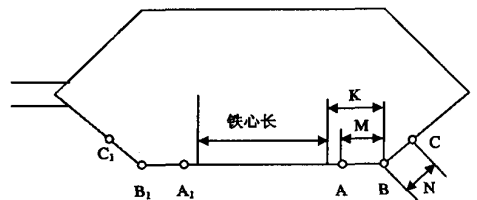


图 2 绕组绝缘包扎及绝缘漆覆盖示意图

#### 6 实用效果

攀钢新钢钒股份有限公司氧气厂于 2003 年 6 月 30 日回复用户意见:2001 年 3 月,氧气厂氧压机进电气公司大修,电机型号为 Y630-12,630kw,10kv,在修理过程中,电机防晕处理采用了新工艺措施,经两年来电机运行情况看,没有明显的电晕现象,没有产生电晕腐蚀作用。(下转第 37 页)

## 参考文献

- [1] 赵庆林. 用变频调速实现工程的自动控制[J]. 石油自动化, 2000, (7).  
 [2]. 韩晓东, 王淳. 深井供水电气自动控制系统的的设计[J]. 大电机技术, 2000, (02)  
 [3] 胡军. 铜选矿厂的节能降耗实践[J]. 有色冶金节能, 2006, (03).

## Economization Control during Boiler Production Process

Fu Qiao

(Electrical and Information Engineering College, Panzhihua University Sichuan Panzhihua 617000)

**Abstract:** The paper, based on fact analysis, illustrates the importance of economization and energy consumption reduction by adopting advanced meter and control techniques in order to improve the management and control of energy .

**Key Words:** autocontrol; economization; frequency control; process control

~~~~~  
 (上接第34页)

实践证明高压电机采用防晕处理新工艺后,电机起晕电压有明显提高,有效提高电机绝缘寿命,提高高压电机运行的稳定性,降低故障率,效果良好。

## 参考文献

- [1] 王川波. 高压电气绝缘及测试[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998. 4.  
 [2] 陈化钢. 电气设备预防性试验方法[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1994. 9.  
 [3] 周泽存. 高电压技术[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1988. 6.

## The Disposal of Corona Discharge in High - voltage Electric Machine

Pan - huimei<sup>1,2</sup> Li - zerong<sup>3</sup>

(1 Dept. of Information &amp; Electro engineering, Panzhihua University Sichuan Panzhihua 617000;

3 Electromechanical engineering school, Panzhihua University Sichuan Panzhihua 617000)

**Abstract:** By analyzing the reason, the harm of corona discharge and the primary method of corona protection on the basis of practical cases in metallurgy, the paper proves that the traditional method of corona protection is less effective than what we have expected. Thus through years of practical research the author finds out a new method of corona protection which has been proved to be more effective in practical applications.

**Key words:** High - voltage electric machine; corona discharge; corona protection; methods; effectiveness

# 高压电机电晕放电及其处理方法

作者: [潘慧梅](#), [李泽蓉](#), Pan-huimei, Li-zerong  
作者单位: [潘慧梅, Pan-huimei \(攀枝花学院电气信息工程学院, 四川攀枝花, 617000; 西南交通大学电气工程学院, 四川成都, 617000\)](#), [李泽蓉, Li-zerong \(攀枝花学院机电工程学院, 四川攀枝花, 617000\)](#)  
刊名: [攀枝花学院学报 \(综合版\)](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF PANZHUIHUA UNIVERSITY](#)  
年, 卷(期): 2007, 24(3)  
引用次数: 0次

## 参考文献(3条)

1. [王川波](#) [高压电气绝缘及测试](#) 1998
2. [陈化钢](#) [电气设备预防性试验方法](#) 1994
3. [周泽存](#) [高电压技术](#) 1988

## 相似文献(4条)

### 1. 学位论文 [薛强](#) [大型高压电机防晕技术研究](#) 2000

大型高压电机防晕技术研究对提高电机制造水平及运行可靠性有着十分重要的意义. 该文从电机电晕放电理论入手, 系统分析电机槽部电晕、端部电晕的物理本质及成因; 进行“大电机定子槽部及端部的电场计算软件”开发; 通过对高压等级下槽部气隙电位分布的计算, 及对端部防晕结构的优化设计与分析, 结合碳化硅微粉及防晕层非线性特性的研究, 优化端部防晕材料的特性参数, 控制其工艺的分散性, 提出槽部防晕技术及端部防晕优化方案. 实验应用已建立的高压电机微光电晕测试系统, 对经过防晕处理的高压电机线棒进行电晕放电部位和放电过程的以观测分析, 为评定防晕材料质量, 优化防晕结构设计提供了重要依据.

### 2. 会议论文 [任成燕](#), [严萍](#), [王珏](#) [高压电机绕组电缆及其电晕现象的研究](#) 2007

本研究用有限元法研究了高压电机绕组电缆半导体层介电性能对电缆电场分布的影响规律, 研究了绕组电缆发生电晕放电的可能性. 研究表明, 随着内半导体层介电常数的增加, 电缆内部的最大场强增加, 介电常数不同的半导体层的存在会引起电介质内电场分布的畸变, 随着外半导体层电导率的增加, 电缆外护层的场强及电压明显降低, 绕组电缆虽能大大降低电机发生电晕放电的概率, 但在绕组电缆不良接地处及在定子铁心出槽口处仍可能发生电晕放电. 电缆外半导体层电导率对电场分布的影响规律对绕组电缆的防晕设计有一定的指导意义.

### 3. 会议论文 [徐雪成](#) [高海拔对高压电机电晕的影响及防护](#) 1988

### 4. 会议论文 [任成燕](#), [严萍](#), [王珏](#) [高压直线电机绕组电缆电晕现象的研究](#) 2007

用有限元法研究了高压直线电机绕组电缆的电场分布规律, 研究了高压直线电机发生电晕放电的可能性及最易发生电晕放电的部位. 研究表明, 绕组电缆虽能大大降低高压电机发生电晕放电的概率, 但在绕组电缆不良接地处、定子铁芯出槽口处及电机端部仍可能发生电晕放电. 传统电机的防晕设计方法对绕组电缆电机的防晕设计仍有一定的指导意义.

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_pzhxyxb200703009.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_pzhxyxb200703009.aspx)

下载时间: 2010年6月8日