

国内外电机结构 工艺对比分析

北车集团永济新时速有限责任公司电修分公司 夏兰香 杨红俊 吕泽英

【摘要】如何提高电机质量的可靠性、稳定性是我们一直很重视的问题。本文通过对国内外电机结构、工艺的比较和分析,一方面指出了我们产品存在的不足,另一方面又开阔了大家的视野,为如何提高我们的电机质量提供了一个新的思路。国外电机特殊的结构和工艺,值得我们在今后的电机设计和工艺中借鉴和应用。

关键词:主附极一体化 电机结构 借鉴

0 引言

众所周知,无论是牵引电机或是矿用电机运行环境都很恶劣,电机在运行中容易出现故障。交流电机容易出现定子线圈接地、引出线破损等问题。直流电机不仅出现因主、附极线圈松动引起主附极接地等问题,而且存在联线断裂、环火、电机温升高缺陷。近些年来,随着修配公司修理市场的加大,我们修理的产品已进入风电、矿山、地铁、港口、国外铁路等领域,这些电机的制造商主要是美国 GE、捷克、日本、德国西门子、加拿大 GM、瑞典 ABB 等公司。这些电机在定转子结构方面与国内存在的不同。如我们修理的 ABB 公司的风电转子引出线虽然运行时间较长,但未出现引出线破损现象。日立公司为马来西亚铁路制造的 SE-224 牵引电机,已运行 20 年,除接地定子外其余绝缘电阻都在 $500M\Omega$ 以上。捷克为越南铁路制造的 TE015B 牵引电机,1985 年制造,进厂时极间联线无一断裂,主附极温升仅有 100K 左右。这些电机质量的可靠性、稳定性,与其特殊的结构和工艺是密不可分的。下面我们就从交、直流两个方面介绍以下国内、外电机结构、工艺。

1 交流电机

1.1 电机密封结构设计

我国生产的交流电机组装配件主要是轴承内、外盖以及端盖等,其密封效果不好。电机解体后,发

现轴承内油脂很脏,甚至轴承抱死,定转子之间的油污、灰尘很大,很容易在定子槽口处堆积,使定子线圈在槽口处绝缘强度降低,造成线圈接地。我们公司修理的荷兰为马来西亚制造的 KMT55\18.5 电机和西门子为准格尔煤矿制造的 1 156kW 电动机这两种电机就不一样,组装配件较多,除轴承内外盖外他们之间还有封环、橡胶密封圈等配件。而且他们在组装时,工艺上要求每一密封槽内在电机组装时加入约 1/3 槽的润滑脂,这样电机在运行过程中,密封槽内的润滑脂也起一部分密封作用,使电机内部的定子线圈保持清洁,减少油污、灰尘的侵入,提高了定子线圈的绝缘强度,从而提高了电机的使用寿命。

1.2 引出线结构方面

电机的引出线是电机关键部件,联线的稳定度直接影响电机的质量。国内生产的风力发电机转子引出线容易出现破损或烧损,而国外 ABB 公司生产的风力发电机转子引出线却很少出现故障,主要原因就是引出线固定方式不同。

国内生产的风力发电机转子的引出线处结构如图 1:转子转轴上进线孔偏离绕组端部焊接线头正下方,这样引出线在结构上有一段轴向延伸,引出线在转子高速旋转下产生离心力,对电机产生影响:
1)对电缆产生横向剪切,容易造成电缆绝缘破损。
2)电缆振动较大造成电缆与绕组焊接处烧损。
3)出线孔也没涂封固定,引出线根部容易磨破。

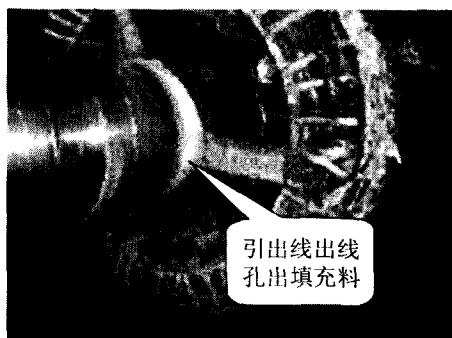


图1 风力发电机转子引出线结构图



图2 某ABB公司风力发电机转子的引出线处结构图

国外ABB公司风力发电机转子的引出线结构如图2所示,1)出线孔位置在绕组正下方,这样引出线垂直连接转子绕组,没有轴向延伸,避免了对电缆线剪切力。2)后支架焊有三根钢支撑,转子引出线绑在钢支撑上,有效减轻引出线振动,防止引出线破损。3)出线孔用填充胶填实,使引出线根部得以很好的固定,同时又有很好的密封性。这样电机转子在高速旋转下,仅受径向拉力,而引出线受到的是长度方向上的力,所以引出线不会发生破损,电缆与绕组焊接处也不会因振动而烧损。



2 直流电动机

2.1 主、附极一体化

在主、附极一体化方面,我们的电机以ZQDR-410电机为例,它的主、附极装配是线圈与铁芯之间靠适形毡填充,一体化程度低,在电机频繁振动下,线圈与铁芯产生相对运动容易造成线圈接地。国外电机主、附极装配主附极线圈与铁芯之间、主极线圈与机座之间均采用环氧硅橡胶浇注料填充。这样的主、附极一体化有以下的优点:

2.1.1 密封性强,可以有效防潮,绝缘电阻高

由于环氧硅橡胶浇注料遇热具有很强的流动性,把磁极装配烘热浇注时,环氧硅橡胶遇热后流动性很强,能够填满线圈与铁芯之间的所有缝隙,增加铁芯与线圈间的密封性。固化后又有很强的绝缘性能和机械强度,这样既能弥补适形毡填充不满的缺陷,使碳粉和污物无法进入,提高线圈的绝缘电阻。

2.1.2 真正实现主极一体化,防止线圈松动、防接地

浇注料具有很强的粘接力,浇注时又有很强

的流动性,它能填满线圈与铁芯、机座之间的所有缝隙,能把线圈与机座、铁芯牢牢地粘在一起,这样线圈与机座之间没有间隙。当它固化后又有很高的机械强度,这就使得线圈没有间隙可以松动,能够真正实现线圈、机座、铁芯的一体化,这样的一体化是靠浇注料的流动性、高强的粘接性以及固化后很高的机械强度来保证的,从而弥补我们靠调整适形毡数量、靠感觉、经验控制线圈松紧的缺陷。当电机振动时,定子整体共振,防止由于适形毡填充不牢、粘接力不够引起的线圈与铁芯之间的相对运动,又能有效地防止线圈与铁芯接触,进一步防止线圈接地。

2.2 散热结构

温升过高是我们国内制造电机存在的一个现象。以ZQDR-410电机为例,主极温升达到150K。我们在对捷克制造的TE015B和GM公司制造的D29牵引电机做试验时,发现它的温升只有100K。同样是牵引电机,为什么温升有如此大的差异?磁极装配结构的不同是它们温升相差过大的重要原因

因。ZQDR-410 电机的主、附极线圈与主、附极铁芯之间用适形毡填充，线圈与机座之间又有一层玻璃布板。国外的 TE015B 电机主、附极线圈直接套在铁芯上，主极线圈与机座之间没有任何填充物，线圈直接贴在机座上。ZQDR-410 电机主极线圈与铁芯、机座之间有 2~5mm 的绝缘材料，主极线圈的散热主要是通过绝缘材料进行的，而国外电机恰恰相反，从它的结构可以知道，它主要是通过钢散热的。我们知道，烘干的绝缘漆导热系数为 0.0014~0.0016，钢为 0.63，紫铜为 3~3.85，从导热系数可知，绝缘材料的导热能力较差，与钢相比相差几百倍。绝缘材料过多对线圈的热传导影响非常大，是温升相差如此之大的主要原因。需要注意的是国外 TE015B 与 D29 磁极装配结构对机座、铁芯的毛刺处理要求比较高，定装时需要将铁芯、机座的高点、毛刺清理得非常干净。GM 公司 D29 牵引电动机在主附极线圈散热方面又有独到之处，如图 3 所示，主、附极线圈之间有个散热铝角板，主附极线圈除了可以通过机座、铁芯散热之外，它们的侧面与铝角板接触，热量由铝角板传到机座，这样增大了线圈的散热面积，有效散热。

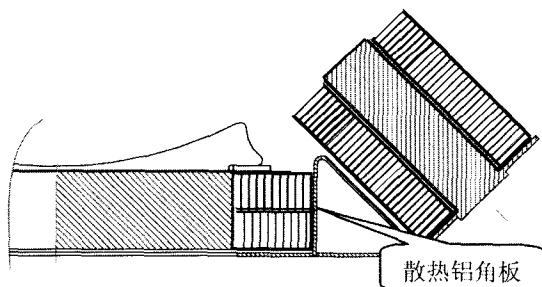


图 3

2.3 联线结构

ZQDR-410 电机引出线、极间联线都采用扁铜线。从用户反映来看，引出线、极间联线断裂占牵引电机故障的 65%。其主要原因是他们均由一根扁铜线折弯而成，电机振动时联线内部存在大量的应力，折弯处应力集中，长时间的频繁振动容易造成联线折弯处断裂。我们在对运行 18 年的捷克 TE015B 牵引电机解体时发现，主附极间联线没有螺钉固定，却很少断裂。它的引出线采用电缆线，

极间联线采用叠片式，这种联线是由八层 1mm 薄铜片叠压焊接而成。它之所以很少断裂，主要是因为：第一、薄铜片具有良好的弹性，其弹性释放联线内部的应力；第二、极间联线由于采用多层复合式结构，使其固有振动频率下降，避开了牵引电机的谐振频带，振幅减小，具有良好的吸振性能。加拿大 GM 公司 D29 牵引电机引出线采用电缆线，极间联线也用的是电缆线。

2.4 转子结构

电机振动、噪声过大是牵引电机存在的故障之一，振动过大会引起电机换向恶化，轴承损坏、联线断裂等。电气原因引起的振动称为电磁振动，主要是电机气隙磁场作用于电机铁芯产生的电磁力引起的。这种电磁力主要是由极靴下磁通的纵振荡产生的，通常具有齿频率，磁通脉振产生交变磁拉力，在交变磁拉力的作用下，使机座产生挠曲和横向振动。国内电机转子铁芯一般采用直槽，而德国西门子公司电机转子采用斜槽，即转子槽相对定子扭斜一个角度。转子铁芯采用斜槽与直槽相比定、转子绕阻之间的电磁耦合系数减少了，也就是说，由定子电流产生的基波磁场有一部分不与转子线圈起耦合作用，减小定转子之间的互感，削弱引起电磁振动和噪声的交变径向力，使电机的振动和噪音减少。

3 结束语

通过国内、外电机的结构、工艺对比分析，我们发现国外电机的结构、工艺有很多优点，在我们对电机的修理过程中，我们仿照国外电机对国内电机进行了结构上的改造，改造后的电机可靠性显著提升。所以国外电机特殊的结构、先进的工艺，值得我们在电机设计和工艺中学习和借鉴。

参考文献

- 1 许实章. 电机学(第三版). 北京: 机械工业出版社, 1995. 5.
- 2 沈标正. 电机故障诊断技术. 北京: 机械工业出版社, 2001. 6.

(收稿日期: 2010-08-09)