

# 本钢三热轧精轧电机制造工艺

黄秀波

(哈尔滨电机厂交直流电机有限责任公司,黑龙江 哈尔滨 150040)

## 1 引言

变频调速同步电机是当前大型轧板传动方式的一个发展方向,由于它承担轧板厂的拖动载荷,经常承受冲击负荷,频繁起动及受变频整流器工作影响,因此对电机制造质量及装配质量提出了较高的要求。

本钢三热轧精轧主传动变频调速同步电动机是由哈尔滨电机厂交直流电机有限责任公司(以下简称 HMC)和日本东芝—三菱公司(以下简称 TMEIC 公司)合作生产的。HMC 根据 TMEIC 公司提供的资料及 TMEIC 公司派遣的 SV 专家指导及 HMC 的生产实际经验,制订了一整套详尽的工艺文件。针对关键工艺攻关项目研究制定新工艺、新方法,使工艺技术达到先进水平。

## 2 产品结构概述

精轧电机为卧式结构,电机防护等级为 IP44,冷却方式为 IC06/IC97W,定、转子均为 F 级绝缘结构。

定子铁心为内装压结构,精轧电机定子铁心整圆由扇形片拼成,定子铁心叠在内机座上,铁心装压后在内机座定子中下线,定子线圈采用圈式下级模压绝缘,下线后定子经 VP 处理,热套在外机座内并焊接固定。

转子采用凸极式结构,转子磁极线圈用软铜带 TDK 绕制,铜带扁而宽,在专用扁绕机上绕制。在励磁线圈支撑部的碟形弹簧以 5 倍磁极线圈重量的反弹力支撑着磁极,按照图纸进行连接就构成了励磁绕组,再用连接线接至集电环上就组成了转子励磁绕组。

轴承为高压顶起式球面座式轴承,轴承循环油路由高压油站供给,所有轴承的润滑由带有油环的润滑系统来实现。轴承冷却用油牌号为 ISO VG 46。

集电环为套筒绝缘式结构,热套在转轴上。

## 3 定子制造

### 3.1 机座焊接及加工

内外机座均为钢板焊接结构,由中间环板和两端机座板及若干钢管组成。机座焊接后经过退火消除内应力处理,焊接后需做喷砂和涂漆处理。机座在立车上加工,传动侧端面平放在卡盘上,按机座中心线找平,按内圆加工线找正,粗、精车机座端板和环板。机座底角平面及与底板把合孔均在镗床上加工。

### 3.2 定子铁心装配

#### 3.2.1 冲片制造

定子冲片材料为 0.5 mm 厚度的 50A600 硅钢片,定子冲片冲制后涂刷 SQQ-1 水溶性半无机硅钢片漆,双面漆膜厚度不超过 12.5 μm。

#### 3.2.2 定子压板加工

定子压板为 100 mm 厚的钢板,其平面在立车上加工。内机座装压后将齿压片焊在定子压板相应位置上。

#### 3.2.3 内机座定位键装配

定子内机座立筋上安装定位键。为了保证键与扇形片的键槽配合良好,在向内机座筋上挂键时,首先要将内机座调平,然后在内机座内划等距弦线。应使用弦距样板等工具,并用可移钻床完成钻孔及打销。

#### 3.2.4 定子铁心装压

定子铁心叠装方式为内压装,即以定子内机座的定位键为基准,冲片外圆与铁心键相配合,借助压板将铁心压紧。工艺过程:准备装压中所需的设备、工具和材料,并检查它们的完好程度。全面清理机座使其内无毛刺、铁屑和其它异物。而后测量内机座的内径,并按工艺规程把铁心键挂好并保证定位键的弦距等分。将机座吊放在方箱上,传动端朝下,调整机座水平及垂直在 $0.2\text{ mm/m}$ 之内。开始叠第一段铁心。叠装采用 $1/2$ 叠装。第一段铁心叠完后在铁心槽内插入槽样棒,每张扇形片应放入两根槽样棒。并对铁心进行整形,使铁心内径、槽形、段的长度均符合图纸要求。第一段铁心合格后再继续叠下一段的铁心,叠到 $600\text{ mm}$ 左右时进行一次预压。加压时压力要逐渐升高到规定值,并保压到规定的时间,然后降低压力到规定值,再次升压,从而实现反复加压的过程。叠完铁心并装上定子压板后在压紧状态下打入弧形键,并按要求焊牢。最后,将端箍及铜环支架焊接在压板上。

### 3.3 定子下线

定子下线在下线封闭间进行,绕组焊接部位均采用 $\text{AgCu80-5}$ 银焊,在把焊渣清理干净后包绝缘。铜环要进行预装合适后再进行焊引线并包上绝缘。当完成了绕组的嵌线和封槽楔后,需要先把定子竖放并在周围搭上脚手架,然后装铜环并用绑绳固定再进行绕组的接线和端部固定(图1),定子最后采用一次 $\text{VP1}$ 真空整浸,烘干后按绝缘试验规程做试验及检查。

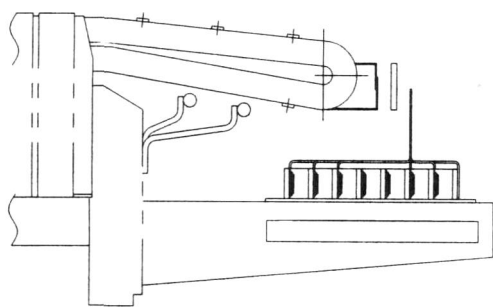


图1 定子端部绕组

### 3.4 定子装配

将外机座入炉加热并保温到规定的时间,出炉后将外机座吊到方箱上调平。然后把定子绕组吊起缓慢地套到外机座内,冷却后将内、外机座按要求进

行焊接。

## 4 转子制造

转子是电机的重要部件,尤其是电机的绝缘及零部件的固定非常关键,因此在电机绝缘材料选择及部件的防松方面采取了措施,使电机转子的性能更加完美。

### 4.1 转轴加工

转轴传递扭矩,是承受转子全部重量的重要部件。电机转轴采用锻钢 $\text{SF590A}$ 。

轴加工:设计采用轴与磁轭锻为整体的整体结构,把轴锻件加工到尺寸,并开出直槽。转轴在铣床上粗、精加工鸽尾槽:采用鸽尾槽成形铣刀,选用国产高速工具钢材料。鸽尾槽加上首先以鸽尾槽中心线为基准,铣直槽部分,为保证鸽尾槽的粗糙度及槽形尺寸,用成形铣刀(两种)两次精加工鸽尾部,直至达到要求(图2)。

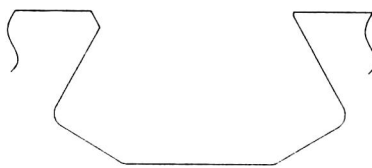


图2 轴鸽尾槽

### 4.2 磁极装配

#### 4.2.1 磁极铁心

磁极铁心在磁极铁心装压胎上叠装并按要求进行预压。磁极铁心叠装好后在 $315\text{T}$ 卧式油压机上利用压头顶住前、后压板,将其压紧,将磁极螺杆螺母拧紧,并与磁极压板点焊,以防止松动。阻尼条穿入磁极铁心阻尼孔后,调整阻尼条两端伸出部分的长度,然后安装阻尼环,采用 $\text{AgCu80-5}$ 焊接。

#### 4.2.2 磁极线圈装配

磁极线圈带散热匝,由扁而宽的软铜带扁绕而成,采用专用扁绕机。磁极线圈主绝缘采用上胶聚芳胺纤维纸,极身用预浸涤纶毡包环氧玻璃布板分别在直线部分和端头处填充。使用专用工具将磁极线圈套入磁极铁心并压紧,烘干固化。最后检查磁极下绝缘托板与磁极铁心的高度差是否符合标准。

### 4.3 转子装配

#### 4.3.1 轴的清理

确认是否留有杂质,特别是鸽尾槽,通风孔以及线圈弹簧孔要认真检查确认。冷却用通风孔在清理过程中检查确认是否有毛刺及杂质。然后按要求进行刷漆。

4.3.2 装线圈支撑弹簧

确认弹簧外表面无损伤及粘着物后放进弹簧孔,弹簧间没有明显的高度差。为了便于安装,在弹簧上方垫 0.2 mm 左右的钢板。

4.3.3 装配磁极

尼龙绳按标准吊装方法准备起吊。磁极表面用高压风管吹过之后确认是否有异物。磁极沿轴方向移动时,将磁极鸽尾与转轴鸽尾槽大致对准,距转轴端面鸽尾槽 20~30 mm 处停下,检查磁极鸽尾与轴鸽尾槽的中心是否对正。同时要确认磁极绝缘托板与转轴弹簧上的导向板没有接触,然后沿轴向缓慢移动磁极。磁极沿轴向移动到与图纸尺寸要求基本相符合时停下。磁极缓慢地放在弹簧上,同时向不放斜键侧推动磁极。确认磁极在转轴鸽尾槽内的轴向位置,保证磁极鸽尾端面距转轴鸽尾端面两端尺寸对称一致,否则需进行调整。磁极放在转轴鸽尾槽内的位置符合图纸要求后,在打键处放入工具垫块。在轴上挂完所有磁极后确认任意一对键的配研。在转轴最上方的磁极上安装磁极压紧工具,利用油压千斤顶使磁极压紧弹簧(图 3)。

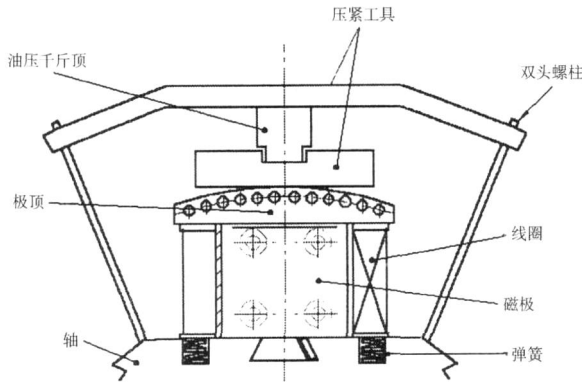


图 3 挂磁极

边调整磁极绝缘托板与轴之间的间隙,边用油压千斤顶压紧磁极,同时用中等型号的手锤打入斜键。在此项操作过程中,要随时注意磁极是否沿轴向有窜动,若有窜动要进行调整。当全部磁极斜键打完后,用塞尺检查磁极绝缘托板与转轴之间的间隙应小于 0.5 mm、磁极铁心极肩与转轴无间隙,同

时也要检查磁极引线的位置是否正确,磁极在轴向的位置是否正确。将转子入炉加热,出炉后进行热打键。半成品试验合格后,进行割键、焊键。然后按要求进行涨阻尼条。

4.3.4 撑块装配(图 4)

对平垫圈、弹簧垫圈进行组合并核算厚度,将组合的垫圈穿在螺栓上并放入磁极撑块孔内。安装绝缘托板,安装撑块,按要求的力矩进行把紧螺栓。把紧后确认绝缘托板与撑块间的间隙。

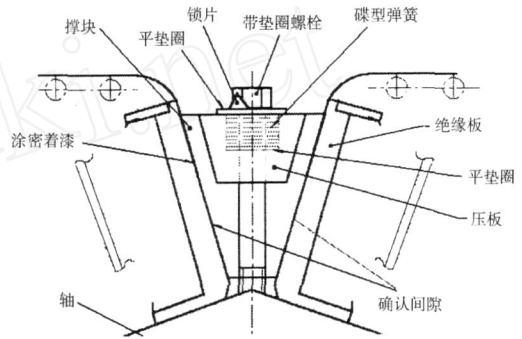


图 4 撑块装配

4.3.5 引线装配(图 5)

磁极引线用专用工具弯型,使其外观美观,弧型平滑。磁极引线与极间连接线调整位置合适后,用专用钻孔工具进行钻孔。预装工艺连接件并进行锡焊连接线。据锡料熔化的状态来判断加热温度是否合适。

待冷却至室温后把预装连接件撤掉,将焊接部位清理干净后进行连接部的绝缘装配。最后用产品连接件按要求的力矩进行把合。

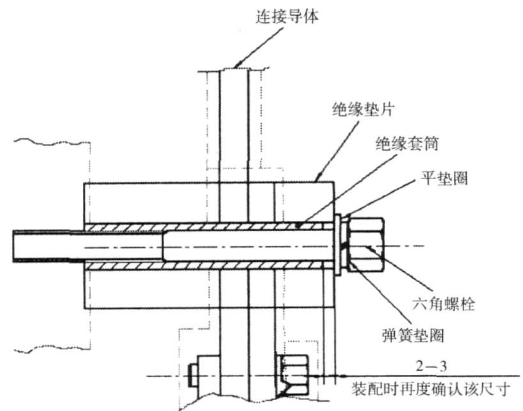


图 5 引线装配

4.4 集电环装配(图 6)

集电环与引出线之间采用 HLA<sub>g</sub>Cu30 - 25 银焊,为保证焊接质量,事先对焊接表面应去除油迹并进行充分清洗。焊接后将集电环热套在集电环套筒上。在热套配合前应在同一部位对套筒的外径和集电环的内径进行测量。集电环装配后,在立式车床上加工外圆及螺纹。

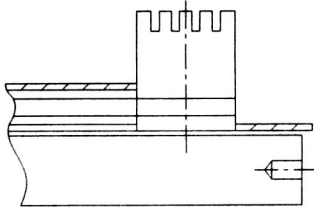


图 6 集电环

#### 4.5 阻尼环的加工

在卧车上按两端轴颈找正,加工阻尼环端面及阻尼环外止口。阻尼环加工后,以支撑环为样板在阻尼环上号孔并加工孔,将支撑环装到阻尼环上,并以此为样板在阻尼环连接板上号孔,加工连接板上所号的孔,安装阻尼环连接板,接合面处应无间隙。

将转子入炉加热,加热后待转子温度降至 40 以下时,用力矩扳手将转子上的全部螺栓重新把紧一次。

#### 5 底板制造

底板由 Q235 钢板焊接而成,上、下面板厚度为

25 mm,底板外形尺寸较大,且上、下面的形位公差平面度、平行度要求均为 0.1 mm。针对这种薄底板,制定了特殊的加工工艺方法,从而保证了设计要求。

#### 6 总装配

精轧同步电动机总装配后要经过厂内试验,还要经过 TMEIC 公司专家的现场验收和确认。将底板放在 4 个等高方箱上调平后,将轴承座及插完转子的定子一同吊到底板上,调整好定、转子气隙和磁中心。试验前接油水管路,并检查集电环处风机转向,高压油泵顶起的调试工作等,与拖动机对组后进行各项试验。因电机转速较高,为防止试验时电机振动,制定了总装配工艺,加强技术服务,关键工序 TMEIC 公司监造专家亲自现场指导,保证了总装配的质量,使试验顺利进行,达到 TMEIC 公司要求。

#### 7 结语

这次 HMC 公司为本钢制造的精轧主传动电机,在全面消化吸收日本 TMEIC 的制造技术的基础上,结合 HMC 生产变频同步电动机制造经验,制定详细的工艺文件,采取了新的工艺方法,采用先进高效的切削刀具,使工艺技术达到先进水平。电机总装配后顺利通过了各种机械、电气性能试验,得到了 TMEIC 公司及用户的认可。

(上接第 9 页)

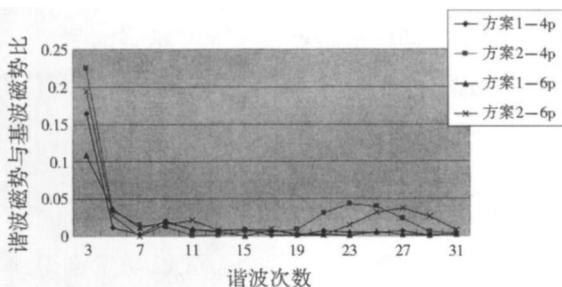


图 2 定子谐波磁势曲线分布

案 1 是这些方案中的最优方案,此时谐波与齿谐波影响最小,效能最高噪音最低。此双速绕组的定子槽数及其绕组方案为:定子槽数  $Z=72$ ,极数 4 级时,定子节距  $y=15$ ,极数 6 级时,定子节

距  $y=11$ 。

#### 5 结语

通过交流电机谐波问题数理建模与分析,成功的将易语言引入电机工程的实际应用当中,经优化分析,使得绕组的谐波影响降低到最小,不仅提升了发电机效能,也降低了噪音。

作者简介:

王伟光,男,1981年生,助理主任工程师,2004年毕业于哈尔滨理工大学电气与电子工程学院电气工程及其自动化专业,获学士学位。现在哈尔滨电机厂有限责任公司从事大中型交流电机的设计工作,对同步电机和异步电机的设计均有所涉及。