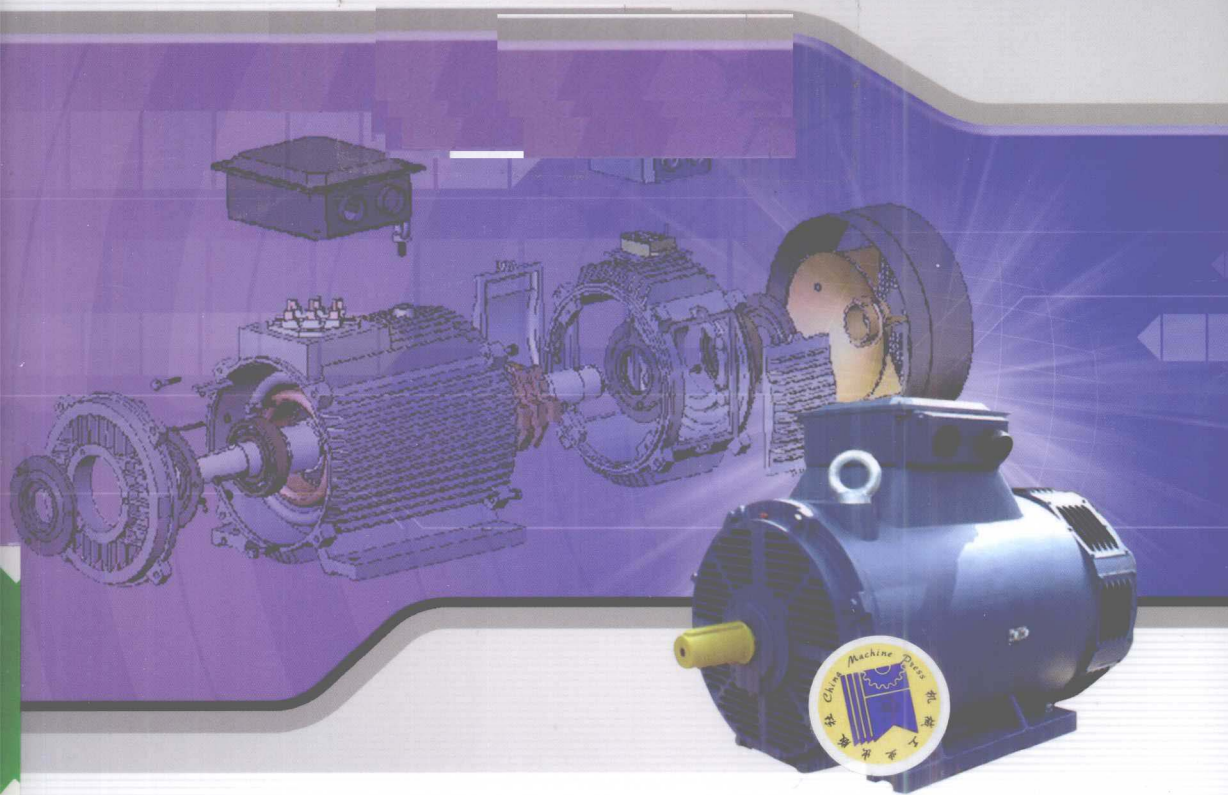


电/动/机/修/理/技/术/丛/书

电动机改装挖潜修理

DIANDONGJI GAIZHUANG WAQIAN XIULI

赵家礼 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电动机修理技术丛书

电动机改装挖潜修理

赵家礼 等编著



机械工业出版社

全书共六章,内容包括:低压三相异步电动机绝缘结构、定子绕组改装重绕计算、重绕工艺;高压电动机绕组改装重绕计算、重绕工艺;直流电动机绝缘结构、电枢绕组绝缘结构、电枢绕组重绕修复;直流电动机简易改电压重绕计算和工艺等。

本书适合广大电机修理工人和有关工程技术人员阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动机改装挖潜修理/赵家礼等编著. —北京:
机械工业出版社, 2010. 8
(电动机修理技术丛书)
ISBN 978-7-111-31164-5

I. ①电… II. ①赵… III. ①电动机-维修 IV.
①TM320.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 126536 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 李振标 责任编辑: 李振标

版式设计: 霍永明 责任校对: 姚培新

封面设计: 王伟光 责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·16 印张·316 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31164-5

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

电机修理工作通常有两种方式：一种是电机的修复；另一种是电机的改装。

电机的修复是指按原电机的材料、绕组参数（如绕组型式、导线线径，线圈匝数、尺寸等参数）不加改变的修理工作。改装修理是指在原电机修理过程中，改变了原电机的技术参数（如电压、电流、功率、绝缘等级、温升、等性能参数）。

对于近年生产的电机，大多是采用修复的方法。对于早年生产的电机，由于原设计、工艺和材料等技术的落后，电机效率多数较低，所以现在的电机修理，大多采取改装的修理方法。本书就是着重改装的修理方法加以介绍的，故称为“电机改装挖潜修理”。

全书共有六章。内容主要包括：高、低压三相异步电动机和直流电动机绕组改电压、改极数、改频率的重绕计算及改制高效率电动机的重绕计算和施工工艺。

另外，还介绍了电动机修理时，合理选用各种绝缘材料和绝缘结构型式（如匝间绝缘、槽绝缘、层间绝缘、相间绝缘、绑扎材料等）。由于处理时选材和绝缘结构的合理，从而达到了修理工作的节能和提高电机的修理质量。

书中还给出了近百种常用电机的接线简图，对电机重绕修理工作是很有帮助的。

全书由赵家礼主编，参加编写工作的还有高级工程师赵捷、何青、赵健、刘福振、孙树文等。

由于编者水平所限，对书中不妥之处，敬请广大读者不吝批评指教。

编者 赵家礼

目 录

前言

第一章 低压三相异步电动机绕组改装挖潜	1
第一节 提高电动机效率的措施	1
第二节 老系列低压三相异步电动机挖潜计算	5
一、概述	5
二、计算方法	5
三、计算实例	7
四、试验结果	10
第三节 应用类比法进行重绕计算	10
第四节 圆导线的代用降低损耗措施	15
一、总截面积相等的代用	15
二、改变绕组连接方式的代用	16
三、改变每相绕组的并联路数	16
四、查表法	16
五、并联路数和接线方式同时改变	25
六、按槽面积大小确定导线线径	29
第五节 更换电动机及改接绕组解决负载率过低的措施	29
一、更换电动机的节能措施及计算	29
二、改变绕组接线方式解决电动机负载率过低的问题	32
第六节 改电压重绕计算	35
一、改接线改电压方法	35
二、改电压重绕计算	40
第七节 改极数重绕计算	41
一、概述	41
二、简易算法	45
三、改极重绕计算实例	47
第八节 改频率、改电压、改极数重绕计算	57
一、绕组每相匝数与电压、频率、极数的关系及计算公式	57
二、常用变频简易计算	58
三、计算时注意事项	59
四、计算实例	59
第九节 改制高效率电动机的重绕计算特点	61
一、概述	61

二、计算方法	62
第二章 高压交流电动机绝缘结构	65
第一节 高压电动机定子绝缘结构	65
一、股间绝缘	65
二、匝间绝缘	66
三、排间绝缘	67
四、对地绝缘（槽绝缘）	68
五、端部绝缘	69
六、引线绝缘	70
七、槽内绝缘（垫条）	70
八、定子绕组对地绝缘距离	70
第二节 高压电动机防电晕措施	70
第三节 全粉绝缘结构的绝缘规范及绝缘尺寸计算	72
一、3kV（包括 3.3kV）绝缘规范	72
二、6kV（包括 6.3kV）绝缘规范	75
三、6kV（包括 6.3kV）绝缘尺寸计算表	75
四、10kV（包括 10.5kV）绝缘规范	81
五、10kV（包括 10.5kV）绝缘尺寸计算表	83
第三章 高压电动机绕组改装重绕计算及重绕工艺	88
第一节 高压电动机特殊改接线改电压方法	88
一、特殊改接线改电压方法	88
二、改变导线并绕根数的改电压方法	92
三、空置线圈改电压方法	93
第二节 高压电动机改电压重绕计算	93
第三节 高压电动机改极变速节能	94
一、改极变速方案的估算法	94
二、改极校核计算	95
三、改极重绕计算实例	99
四、特殊改接线改极措施	100
第四节 采用磁性槽楔改极增容重绕计算	101
一、概述	101
二、改极方案的确定	102
第五节 高压电动机定子绕组重绕工艺	107
一、填写原始记录	107
二、拆除旧绕组	107
三、铁心清理及修整	109
四、旧线圈的复用工艺	109
五、圈式线圈制作工艺	110

第六节 同步电动机定子绕组重绕修理实例	120
一、定子主要技术数据	120
二、重绕时技术改进措施	120
三、定子绕组重绕工艺	122
四、防晕处理工艺	131
五、定子绕组测温元件处理工艺	132
六、定子线圈嵌线和接线工艺	132
七、定子浸漆工艺要求	134
第七节 转子绕组重绕工艺	134
一、填写原始记录卡	134
二、拆除旧线圈	136
三、旧铜条复用	137
四、新制插入式转子线圈	138
五、嵌线及接线工艺	140
第八节 同步电动机磁极线圈重绕工艺	144
一、磁极线圈重绕工艺流程	144
二、清除旧绝缘	144
三、新铜（铝）排绕制线圈	145
四、导线退火	145
五、整型及补焊	146
六、焊引线头和去毛刺	146
七、垫匝间绝缘	146
八、磁极线圈热压工艺（坯布热压整型）	146
九、极身绝缘工艺	148
十、线圈套入磁极工艺	148
第九节 TM600-24/2130 型三相同步电动机磁极线圈重包绝缘	149
一、施工准备	149
二、施工工艺	151
三、试验	153
第四章 直流电动机绝缘结构	154
第一节 电枢绕组绝缘结构	154
一、槽内绝缘结构	154
二、端部绝缘结构	157
第二节 定子绕组绝缘结构	159
一、主极绝缘结构	159
二、换向极绝缘结构	162
三、补偿绕组绝缘结构	164
第五章 直流电动机电枢绕组重绕修复	166

第一节 简易修复程序	166
第二节 修复工艺	166
一、旧工艺	166
二、新工艺	167
第三节 电枢绕组重绕	168
一、旧线圈的拆除和记录	168
二、旧导线的复用	170
三、新线圈的绕制	170
第四节 12.2kW 直流电动机电枢线圈绕制实例	174
一、下料	175
二、包人字布带（保护带）	175
三、在扁绕工具上绕制线圈	175
四、在虎钳上张形	175
五、线圈包绝缘	176
六、在平台上整形	176
七、线圈端部压弧形	176
八、最后检查	176
九、操作注意事项	176
第五节 绕组嵌线工艺	177
一、散嵌软绕组嵌线	177
二、Z 系列半开口槽电枢硬绕组嵌线	178
三、Z 系列开口槽电枢硬绕组嵌线	180
四、大型直流电动机电枢绕组嵌线	181
第六节 均压线圈的嵌线工艺	185
第七节 绕组接线特点	187
一、单叠绕组的接线特点	187
二、复叠绕组的接线特点	187
三、单波绕组的接线特点	187
四、复波绕组的接线特点	188
五、蛙绕组的接线特点	188
第八节 电枢绕组的焊接	189
一、准备工作	189
二、软钎焊的焊接工艺	189
三、硬钎焊的焊接工艺	190
第九节 嵌线焊接后的质量检查	190
第十节 修理实例	191
一、电枢绕组鼻端匝间短路和烧熔的处理实例	191
二、电枢绕组“放炮”故障的修理实例	192

第六章 直流电动机简易改电压和重绕计算	196
第一节 直流电动机改电压计算	196
一、励磁绕组改电压计算	196
二、电枢绕组改电压计算	197
第二节 直流电动机绕组重绕计算	199
一、换向极绕组重绕计算	199
二、电枢绕组重绕计算	199
三、励磁绕组重绕计算	201
第三节 导线代用及实例	202
附录 常用三相绕组接线简图	204

第一章 低压三相异步电动机绕组改装挖潜

本章介绍提高电动机效率的措施，改变电动机绕组电压、极数、频率以及三者同时改变的重绕计算方法。另外，为了电动机合理运行，还介绍了将普通电动机改制为高效率电动机的重绕计算等。

第一节 提高电动机效率的措施

电动机运行时，应有较高的运行效率和功率因数，使电动机处于合理运行状态。对于连续运行的电动机，如果负载率达 60% 以上，每年连续运行时间在 3000h 以上，可考虑采用高效率电动机，国产 YX 系列高效率电动机的总损耗比 Y 系列电动机平均下降 28.8%，效率平均提高 3%，其中铜损耗下降 20%，铁损耗下降约 10%，杂耗损耗下降 30% 左右，风摩损耗下降约 40%。电机在负载率 50% ~ 100% 范围内，具有较平坦的效率特性，且在 75% 时效率最高。

更换高效率电机增多的费用，可用短期的节电费用补回，以后每年继续节省大量电费。如果因一时投资较多，旧电动机换下后被闲置不用，也是浪费，这时可考虑在电动机修理过程中降低电机各种损耗来提高电动机效率。表 1-1 是早年生产的交流电动机降低损耗提高效率的修理措施。

表 1-1 早年生产的交流电动机降低损耗提高效率的修理措施

序号	降低损耗方案	具体 措 施	带来的问题	解决对策
1	降低定子铜 (铝)损耗	1. 增加裸导体截面积 2. 减少每相串联导体 数 3. 合理缩短线圈端部 长度 4. 以铜代铝 5. 选用合理的绕组型 式	1. 使槽满率增高;嵌 线困难;铜(铝)重量增 加 2. 导致漏抗减小,铁 耗增加,起动电流增加, 功率因数降低 3. 可能引起嵌线困难 4. 增加铜重 5. 需要新设计和制做 绕线模	1. 选用耐温等级高和较薄的新 绝缘材料,增大槽内铜(铝)填充 系数。将竹楔改为 MDB 复合槽楔 2. 通过铁心质量鉴定试验和核 算铁心各部分磁通密度,保证在减 匝时,铁耗增加不多(老电动机磁 通密度设计偏低) 3. 修改不合理的绕线模,使其 合理化 4. 保持铜导线直径不小于原导 线直径。增加的铜费,可在短期内 回收 5. 尤其是单双层混合绕组,需 计算出正确的绕线模

(续)

序号	降低损耗方案	具体措施	带来的问题	解决对策
2	降低转子铜(铝)损耗	1. 修理铸铝笼型转子时,改用铜条焊接结构 2. 增大绕线转子裸导体截面积 3. 增大笼型转子端环尺寸(特别是两极电机)	1. 起动转矩降低,增加铜重 2. 使槽满率增加;起动转矩降低;铜重增加 3. 增加零件加工费用,并使起动转矩降低	1. 铜截面积不应小于槽面积的70%,增加的铜费可在短期内回收 2. 改进槽绝缘结构,选用较薄的绝缘材料和新导线规格。对于频繁起动的电动机,电流密度不宜降低太多 3. 考虑电机结构是否允许,不宜使用在频繁起动的电机上
3	降低铁损耗	1. 对于铁耗偏大的电动机,调整铜耗与铁耗的分配比例,增加定子绕组匝数,降低铁耗 2. 采用磁性槽楔降低铁损耗 3. 增加铁心长度来降低铁损耗 4. 拆开绝缘老化的铁心冲片,重新涂漆装配 5. 采用冷轧钢板冲制铁心冲片	1. 会使电动机铜损耗、铜重和槽满率增加 2. 导致漏抗增大,起动转矩和过载能力降低 3. 由于冲片增加,需考虑具体结构是否允许铁心轴向长度增加 4. 需有清洗冲片旧漆膜和涂漆装置以及叠片工具 5. 设计冲模,选购贵重冷轧钢板	1. 应通过试验和校核计算确定出铁耗和铜耗大小,从而确定增匝的程度,增匝同时,需增加导线截面积,这时要考虑槽满率的问题 2. 适用于长期连续运行的高压电动机,尤其异步电动机定子采用磁性槽楔时,节能效果显著 3. 可采用同型号旧电机冲片,由三台并成二台使用 4. 制做临时工具和简易设备 5. 需计算节电费和模具、材料费用,是否合算
4	降低机械损耗	1. 减小风扇外径尺寸或更换同型号电机小一等级的风扇 2. 采用高效率轴流风扇代替原有的径向风扇 3. 选用优质润滑剂 4. 提高电动机装配质量 5. 采用非接触式密封轴承	1. 根据负载率大小调整风量,否则会引起温升超限 2. 只适于单向旋转的场合,需新购高效风扇和风罩 3. 成本稍高,考虑货源是否充足 4. 采用先进装配工艺和工具、设备 5. 考虑货源和成本问题	1. 对于“大马拉小车”电动机,适当降低风量,提高温升,使温升在规定范围内 2. 根据负荷大小和旋转方向,确定风扇风量和几何尺寸 3. 根据负载性质和环境选用,一般环境,建议采用2号锂基脂 4. 制定工艺和质量标准,增加检查和管理制度 5. 制订新型轴承的装配工艺

(续)

序号	降低损耗方案	具体措施	带来的问题	解决对策
5	降低杂散损耗	1. 笼型转子重铸铝时,在转子槽内涂刷绝缘涂料 2. 改极时注意槽配合的影响 3. 选用先进绕组型式,如△-Y混合绕组,单双层混合绕组 4. 适当增大气隙 5. 采用磁性槽楔	1. 增加操作工时和成本 2. 选择不当,会产生各种故障,损耗增高,效率降低 3. 重新设计绕线模 4. 使功率因数降低,空载电流增加 5. 采用可靠的粘结工艺,防止松动和老化	1. 按涂刷工艺进行 2. 按槽配合公式和经验正确选择 3. 按公式计算新绕线模 4. 在下列情况下效果较好,1) 电机扫膛 2) 空载电流偏小 3) 表面损耗和脉振损耗较大 4) 负载较轻 5) 铁心偏心 6) 功率因数有裕度,等等 5. 用于铁损耗和空载电流偏大的高压异步电动机时效果显著

在修理电动机时，通过降低电机损耗改制成高效率电动机的标准是：与原有的总损耗相比应降低 20% ~ 30%，功率因数不低于原电动机水平，则认为改成了高效率电动机。譬如原电机效率为 75%，改制后，新效率为 78.9%，则认为已改成高效率电动机。降低 20% 总损耗后，电机新效率为

$$\eta' = \frac{1}{1 + 0.8 \left(\frac{1 - \eta}{\eta} \right)}$$

式中 η ——原电机效率；
 η' ——降低 20% 损耗后的电机效率。

电动机重绕线圈时，增加导线截面积，可以降低铜耗，提高电动机效率。但铜重要增加，由于铜重引起修理成本增加，增加的电磁线费用可以靠节省的电费在短期内偿还。

增加的电磁线铜重（kg），按下式计算：

$$\Delta m_{Cu} = m_{Cu} \left[\left(\frac{d'}{d} \right)^2 - 1 \right]$$

式中 Δm_{Cu} ——增加的铜重（kg）；
 m_{Cu} ——一台电机绕组的铜重（kg）；
 d' 、 d ——改后和改前的线圈裸导线直径（mm）。

增加的铜重乘上电磁线价格，便是增加导线的成本费。

增加电磁线成本的回收期（年），按下式计算：

$$t = \frac{\text{增加的电磁线的价格}}{\xi}$$

式中 t ——回收期（年）；

ξ ——一年节省的电费（元）。

实例 JO72-4 型 20kW 三相异步电动机，每台铜重为 17kg，导线规格 $\phi 1.56/\phi 1.79$ ，单纱漆包圆铜线，效率 88.5%，改用高强度漆包圆铜线（QZ 型），并保持绝缘直径 $\phi 1.79$ 不变，则线规为 $\phi 1.68/\phi 1.79$ ，同时使绕线端部长度缩短，使达到合理化。修理后，电机效率提高到 90%。

增加的铜重为

$$\begin{aligned}\Delta m_{\text{Cu}} &= m_{\text{Cu}} \left[\left(\frac{d'}{d} \right)^2 - 1 \right] = 17 \left[\left(\frac{1.68}{1.56} \right)^2 - 1 \right] \text{kg} \\ &= 2.64 \text{kg}\end{aligned}$$

电磁线按每公斤 60 元计，则电磁线增加费用为 $2.64 \times 60 = 158.4$ 元。由于提高效率，电机运转一年节省的电费 ξ （元）：

$$\begin{aligned}\xi &= a \times P \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) T = 0.50 \times 20 \left(\frac{1}{0.885} - \frac{1}{0.90} \right) 5000 \text{ 元} \\ &= 1000 \text{ 元}\end{aligned}$$

式中 a ——每度电价格，按 0.50 元计；

P ——电机功率（kW）；

T ——一年连续运行时间（5000h）

$$\text{回收期 } t = \frac{158.4}{1000} = 0.158 \text{ 年}$$

即 $0.158 \times 12 = 2.5$ 即两个半月便可回收成本。

通常增加相邻的线号，能使铜耗降低 5.8%。

铝线电动机绕组重绕时，可以以铜代铝，在保持线圈形式、匝数和导线截面积不变条件下，定子铜损耗为原来铝线的一半左右。

修理铸铝笼型转子时，可改用铜条焊接结构，由于降低转子横向泄漏电流产生的涡流损耗和铁耗，可使转子铜损耗和附加损耗降低。如有条件重新铸铝时，可以在转子铁槽内壁涂敷槽绝缘，使铝导条与铁心接触电阻增加，能使杂散损耗降低 11% 左右。

对于铁损耗较大的高压异步电动机，采用磁性槽楔可以大幅度地降低附加铁损耗，铁损耗降低 30% ~ 50%，电机效率能提高 0.5% ~ 2%。

为了降低通风损耗，可改用高效率风扇，当电动机所需风量和风压不变时，通

风损耗与风扇效率成反比。如果把普通效率为 20% 左右的大刀式或盆式风扇改为效率 67% 左右的高效机翼型轴流式风扇, 通风损耗可降低为原来的 30% 左右。

第二节 老系列低压三相异步电动机挖潜计算

一、概述

挖潜的目的在于提高电动机的出力, 或者保持出力不变情况下降低电动机运行温升, 提高电动机运行的可靠性。

电动机从电网吸收的视在功率 P_1 与电磁负载和电动机基本尺寸的关系可用下式表出:

$$P_1 = 1.61AB_8D_{il}^2l_{Fe}nK_{dp} \times 10^{-8}$$

式中 A ——线负载 (A/cm);

B_8 ——气隙磁密 (T);

D_{il} ——定子内径 (cm);

l_{Fe} ——铁心计算长度 (cm);

n ——电动机转速 (r/min);

K_{dp} ——绕组系数。

对具体电动机而言, 电动机铁心几何尺寸 $D_{il}^2l_{Fe}$ 已经固定, 所以当电动机转速 n 和电源电压不变的条件下, 欲提高电动机功率, 只有变更 A 和 B_8 两个参数, 但制造厂对于 B_8 值已设计饱和, 利用设计容差机会不多, 所以在重绕电动机时, 可变动的参数只有 A 值, 即靠改变电流大小来提高功率或降低温升。为提高电流, 就要增加导线截面积或提高电流密度。为此要首先考虑采用较薄的绝缘来增加槽内铜的填充系数, 其次是提高电流密度, 为此可采用绝缘等级较高的材质。

20 世纪 60 年代以前, 国内外老系列电动机的导线规格大多采用双纱包、单纱、单丝包导线, 它们均可改用高强漆包线或绕包线代替。槽绝缘可用 B 级和 F 级耐高温薄绝缘代替旧绝缘, 这就给挖潜计算带来了可能性。

二、计算方法

改变绝缘材料, 提高槽内铜的填充系数后, 电机出力能提高到何等程度, 下面介绍其数量间关系。

一般电磁计算程序中的槽满率计算公式因没有考虑材质变更的因素, 在这里不能单纯采用, 下面给出考虑线规和绝缘材质一起变更的槽满率计算公式, 即总槽满率 sf_z 的计算形式如下:

$$sf_z = sf_1sf_2sf_3$$

$$sf_1 = \frac{A_o}{d^2}$$

式中 A_0 ——裸铜导线截面积 (mm^2);

d ——导线绝缘后外径 (mm)。

sf_1 即裸圆导线截面积与此导线绝缘外径平方的比值。 sf_1 是考虑裸铜导线截面积与导线绝缘间变化关系。对于具有同一外径的两种规格的导线, 绝缘越薄, sf_1 越大。

$$sf_2 = \frac{N_{sc} d^2 N_t}{A_s - A_i - A_h} = \frac{N_{sc} d^2 N_t}{A_{sf}}$$

式中 N_{sc} ——每槽导体数;

N_t ——导线并绕根数;

A_s ——空槽面积 (mm^2);

A_i ——槽绝缘所占面积 (mm^2);

A_h ——槽楔所占面积 (mm^2)。

sf_2 表示绝缘导线在槽中所占的空间因素, 相当于一般电机设计程序中计算的槽满率。

$$sf_3 = \frac{A_{ef}}{A_s}$$

此式是表示槽有效面积 A_{ef} 与空槽面积 A_s 之比, 这是考虑槽绝缘更换的因素。

如果挖潜前的各槽满率分别用 sf_1 、 sf_2 、 sf_3 表示, 挖潜后的分别用 sf'_1 、 sf'_2 、 sf'_3 表示时, 则两者乘积的比值 sf_k 为

$$sf_k = \frac{sf'_2}{sf_2} = \frac{sf'_1}{sf_1} \frac{sf'_2}{sf_2} \frac{sf'_3}{sf_3}$$

当 sf_k 值大于 1 时, 说明槽内铜填充系数较前增加, 这就给出提高电动机功率的可能性。

sf_k 值越大, 电动机功率 (出力) 增加越多; 或者在原功率不变情况下, 电机温升降低越多, 从而保证电动机安全运行, 但它们不是正比例的关系。在挖潜计算中, 为了挖潜前后电动机损耗保持基本不变, 同时使最大转矩与额定转矩的比保持基本不变时, 挖潜后的电动机功率可按下面经验公式计算:

$$P'_N = \xi_{Fe} (0.7sf_k + 0.3) P_N = \theta_p P_N$$

式中 P_N 、 P'_N ——挖潜前后的电动机功率, (kW);

ξ_{Fe} ——考虑电动机铁心质量情况的经验系数, 一般在 1.05 ~ 0.95 间变化。铁心质量不好时选用下限, 通常 ξ_{Fe} 在 1 附近选用。

$$\theta_p = 0.7sf_k + 0.3$$

为了保持最大转矩与额定转矩比值基本不变, 挖潜计算时要相应减少每槽导体数。

改后的每槽导体数

$$N_{SC}' = \frac{1}{\sqrt{\theta_P}} N_{SC}$$

相应导体有效截面积

$$A' = sf_K \sqrt{\theta_P} A$$

挖潜后的导体电流密度

$$j' = \frac{\sqrt{\theta_P}}{sf_K} j$$

改后的线负载

$$A_x' = \sqrt{\theta_P} A_x$$

改后气隙磁密

$$B_\delta' = \sqrt{\theta_P} B_\delta$$

热负载值变为

$$A_j' = \left(\frac{\theta_P}{sf_K} \right) A_j$$

通常 sf_K 在 1.1 ~ 1.5 范围内变化，当 ξ_{Fe} 为 1 时，上述计算结果可直接查表 1-2 得出。

表 1-2 各参数比值和计算公式表

各参数比值						
sf_K'/sf_K	P_N'/P_N 或 I_2'/I_2	N_{SC}'/N_{SC}	A'/A	j'/j	B_δ'/B_δ 或 A_x'/A_x	A_j'/A_j
计算公式						
sf_K	θ_P	$1/\sqrt{\theta_P}$	$sf_K \sqrt{\theta_P}$	$\sqrt{\theta_P}/sf_K$	$\sqrt{\theta_P}$	θ_P/sf_K
1.1	1.070	0.97	1.14	0.94	1.035	0.97
1.15	1.105	0.96	1.21	0.92	1.050	0.96
1.20	1.140	0.94	1.28	0.89	1.070	0.95
1.25	1.175	0.93	1.36	0.88	1.085	0.94
1.30	1.210	0.91	1.43	0.85	1.100	0.93
1.35	1.245	0.90	1.50	0.83	1.115	0.922
1.40	1.280	0.88	1.58	0.81	1.130	0.915
1.45	1.320	0.87	1.66	0.79	1.145	0.90
1.50	1.350	0.86	1.74	0.78	1.160	0.90

三、计算实例

有一台三相异步电动机，55kW，电压 380/220V，电流 109A/189A，转速 965r/min，Y/△接法。

拆除时原始记录：

定子铁心外径 493mm；内径 350mm；铁心长度 260mm；定子槽数 72；转子槽数 58；定子绕组导线规格：双纱包圆铜导线，线径 1.95mm/2.25mm；5 根并绕；每线圈 4 匝；双层绕组；线圈节距 1—12 槽；接线方式 2Y/2Δ；槽绝缘结构：一层 0.25mm 青壳纸和一层 0.2mm 青壳纸，中间夹一层 0.20mm 黄漆布，总绝缘厚 0.65mm。层间绝缘相同。

槽形如图 1-1 所示。

计算过程：

1) 计算出 sf_2 为 0.776，因此在改绕时保持此值不变，即 $sf'_2 = sf_2$ 。

2) sf'_1 与 sf_1 比值

$$sf_1 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_o}{d} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{1.95\text{mm}}{2.25\text{mm}} \right)^2$$

改绕时保持裸铜线线径 d_o 不变，采用高强度漆包圆铜线：

$$sf'_1 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_o}{d} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{1.95\text{mm}}{2.04\text{mm}} \right)^2$$

其比值：

$$\frac{sf'_1}{sf_1} = \left(\frac{2.25\text{mm}}{2.04\text{mm}} \right)^2 = 1.21$$

3) sf'_3 与 sf_3 比值

空槽面积 A_s

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{11\text{mm} + 9\text{mm}}{2} \times 33\text{mm} + \frac{\pi \times (9\text{mm})^2}{8} \\ &= 361.8\text{mm}^2 \end{aligned}$$

由于双层绕组，所以槽绝缘所占面积为

$$\begin{aligned} A_i &= 0.65\text{mm} \times (2 \times 38\text{mm} + 11\text{mm} + 10\text{mm} + 9\text{mm}) \\ &= 78.9\text{mm}^2 \end{aligned}$$

旧槽有效面积

$$A_e = A_s - A_i = 361.8\text{mm}^2 - 78.9\text{mm}^2 = 282.9\text{mm}^2$$

所以

$$sf_3 = \frac{A_e}{A_s} = \frac{282.9\text{mm}^2}{361.8\text{mm}^2} = 0.78$$

改绕后槽绝缘厚度为 0.46mm，亦是双层绕组，因此

$$\begin{aligned} A'_i &= 0.46\text{mm} \times (2 \times 38\text{mm} + 11\text{mm} + 10\text{mm} + 9\text{mm}) \\ &= 48.7\text{mm}^2 \end{aligned}$$

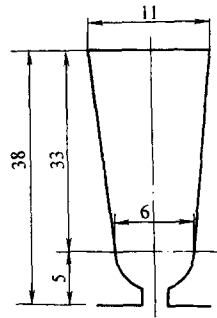


图 1-1 定子槽形尺寸