

防爆

防腐

电机检修技术

□ 杨万青 / 编著

问答



FANGBAO FANGFU
DIANJI JIANXIU JISHU
WENDA

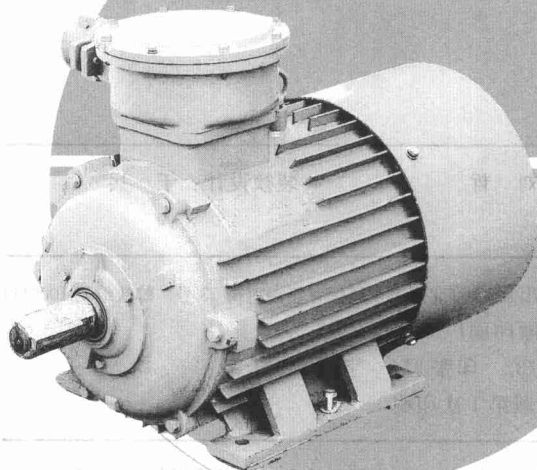


化学工业出版社

防爆防腐 电机检修技术

□ 杨万青 编著

★ 问答
藏书



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

防爆防腐电机检修技术问答/杨万青编著. —北京:
化学工业出版社, 2008.4
ISBN 978-7-122-02363-6

I. 防… II. 杨… III. ①防爆电机-检修-问答②防
腐电机-检修-问答 IV. TM357-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 035427 号

责任编辑: 高墨荣 刘 哲
责任校对: 吴 静

装帧设计: 于 兵

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京市兴顺印刷厂
850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 249 千字
2008 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 23.00 元

版权所有 违者必究

前 言

防爆电动机（简称“电机”）用在易燃、易爆场所，因易燃、易爆场所物质除气体外一般还伴有粉尘及腐蚀性物质，故将防腐电机也纳入书中。

本书主要是围绕检修内容编写的，但为了判定检修质量，将修后的检验工作也加以介绍。因保障电机正常运行是涉及到制造、使用等许多环节的整体工程，因此除检修这一核心内容外，还将选型、安装和维护等相关内容予以扼要阐述。其中电机绕组故障、轴承故障是检修的集中点，故从电气故障、机械故障中提炼出来，各另立一节作专题介绍。

在待修电机中，其情况千差万别：有的仅剩铁芯，有的要提升防护等级，还有的要改电压、改转子结构、改通风散热方式等，检修这样的电机，与重新设计已无多大区别，因此，将有关设计技术也作了简练的介绍。

针对“三包”反馈的质量问题，有些难以察觉、难以治愈，属于隐患性及设计上的问题，均为质量的大敌，故予以重点阐述。为提升检修质量，按照本书操作，除使修后的电机能保证安全运行外，还兼顾了节能、环保的国策。

为了便于读者查阅，本书采用问答形式，并在书末附有几代在役防爆电机技术数据表。

防爆、防腐电机虽然属于特种电机，但其电磁设计、绝缘处理、轴承结构及通风散热等主要部分与普通电机的区别不大，故本书不仅适合防爆、防腐电机的修理，也可供生产、修理普通电机的厂家参考、借鉴。

本书在立题、撰写中蒙首钢赵家礼老师多方指点、赐教，书中部分资料由杨开际翻译，在此一并致以谢意。

由于作者水平所限，书中难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 选用、修理电机时遇到的常识性问题	1
1-1 电机的类别是怎样划分的?	1
1-2 怎样识别国产防爆或防腐电机型号?	2
1-3 如何估算电机的电流?	2
1-4 过安装系数 K 怎样选?	4
1-5 电机电压、防护、绝缘等级如何选择?	5
1-6 电机参数、性能指标的代号及下标的含义是什么?	6
1-7 选用电机要考虑哪些因素?	7
1-8 电机安装方式、安装尺寸代号是怎样规定的?	8
1-9 电机常用标准有哪些?	9
第二节 气体环境中防爆电机的应用场所	10
1-10 哪些场所需要防爆电机?	10
1-11 爆炸性场所分级的依据是什么?	10
1-12 爆炸性场所分几级, 如何定义的?	10
1-13 爆炸性物质是怎样定义的?	10
1-14 爆炸性物质的危险程度怎样识别?	10
1-15 怎样选用防爆电机?	12
第三节 粉尘环境中防爆电机的应用场所	12
1-16 哪些场所需要粉尘防爆电机?	12
1-17 粉尘有哪些种类?	12
1-18 粉尘的点燃温度及电气设备允许最高表面温度是怎样划分的?	15
1-19 粉尘防爆电机的外壳有几种?	15
1-20 粉尘爆炸危险场所是怎样划分的?	15
1-21 怎样按照粉尘爆炸危险场所选择粉尘防爆的电机?	15

第四节	腐蚀性环境中电机的应用场所	16
1-22	哪些环境需要防腐电机?	16
1-23	腐蚀性物质的严酷程度怎样划分?	16
1-24	腐蚀性环境是怎样界定的?	18
1-25	腐蚀性环境条件有几类?	18
1-26	电机防腐蚀类型有几种?	19
1-27	电机的防腐类型怎样与环境条件相匹配?	19
1-28	不同防腐类型电机都适应怎样的环境(气候及化学物质) 状况?	20
1-29	怎样选用防腐电机?	21
第五节	防爆、防腐电机的原理及结构特征	22
1-30	防爆电机是怎样“防爆”的?	22
1-31	防爆电机按其防爆原理有几种?	22
1-32	增安型防爆电机的结构有什么特征?	23
1-33	隔爆型电机的结构有什么特征?	32
1-34	正压型防爆电机的结构有什么特征?	37
1-35	无火花型防爆电机的结构有什么特征?	39
1-36	粉尘防爆电机的结构有什么特征?	39
1-37	防腐(含防爆防腐)电机有什么特征及特殊要求?	45
第六节	国产防爆、防腐电机的特征及其检修时与普通电机的 异同	47
1-38	目前在役的国产防爆电机有几种? 其型号、特征是 什么?	47
1-39	新、老防爆规程在防爆类型、温度组别、隔爆级别的 代号上有何区别?	48
1-40	防爆电机的防爆标记、防爆标志怎样构成的?	48
1-41	防爆电机在检修时与普通电机有何异同?	49
1-42	防腐电机在检修时与普通电机有何异同?	49
第七节	影响电机质量的隐患	49
1-43	何谓电机“隐患”?	49
1-44	举例说明电机隐患对性能、质量的影响?	49
1-45	防爆、防腐电机由几大部分构成的?	51
1-46	完成一项设计任务需要循着怎样的步骤?	52

第二章 常见的电气故障及电磁数据的确认	54
第一节 电气故障的诊断	54
2-1 常见的电气故障有哪几种?	54
2-2 如何诊断电气故障的类型、分析故障原因及处理故障?	54
2-3 绕组的故障有哪些? 怎样处理?	66
2-4 铁芯故障有几种? 其危害是什么?	71
2-5 怎样提高铁芯制造质量?	71
2-6 怎样修理产生故障的铁芯?	73
2-7 电机的绝缘有几处?	74
2-8 绝缘故障产生的原因是什么?	74
2-9 提高电机绝缘质量的措施有哪些?	74
第二节 电磁数据的确认	75
2-10 一项电机的设计开始前为什么先要进行电磁设计?	75
2-11 电机电磁部分由几部分构成的?	76
2-12 怎样掌握电磁计算?	76
2-13 三相异步电机的工作原理是什么?	76
2-14 修理部门确定电磁方案有几种办法?	78
2-15 怎样粗略、迅速地确定一个电磁方案?	78
2-16 怎样借助电磁计算程序确定一个电磁方案?	81
2-17 怎样消除在电磁计算中存在的隐患因素?	83
第三节 更换绕组、改电压、改极数	86
2-18 更换绕组、改电压、改极数在电磁上遇到的通用性问题是 什么?	86
2-19 更换绕组要注意哪些问题?	90
2-20 改电压要注意哪些问题?	91
2-21 改极数要注意哪些问题?	92
2-22 换绕组、改电压、改极数实例。	92
第四节 绝缘处理	96
2-23 电机绝缘由哪几部分构成的?	96
2-24 股间绝缘如何选用?	97
2-25 匝间绝缘如何选用?	97
2-26 排间绝缘如何选用?	99
2-27 相间绝缘如何选用?	100

2-28	层间绝缘如何选用?	100
2-29	对地绝缘如何选用?	101
2-30	低压散嵌线定子绕组对地绝缘如何选用?	101
2-31	低压散嵌线转子绕组对地绝缘如何选用?	102
2-32	低压定子成型绕组对地绝缘如何选用?	102
2-33	高、低压转子成型绕组对地绝缘如何选用?	103
2-34	高压定子成型绕组对地绝缘如何选用?	104
2-35	成型绕组的槽底垫条如何选用?	105
2-36	成型绕组槽楔如何选用?	106
2-37	端部连接线绝缘怎样处理?	106
2-38	电缆引出线处绝缘如何处理?	107
2-39	集电环处绝缘如何处理?	108
2-40	浸渍漆及典型的浸烘工艺如何选用?	108
2-41	嵌线间隙如何确定?	109
2-42	高压电机何时需要防电晕处理?	110
2-43	怎样进行防电晕处理?	110
第五节	绕组修理	111
2-44	绕组上的污垢有何危害?	111
2-45	怎样清理绕组表面的污垢?	111
2-46	低压绕组如何检修?	112
2-47	高压绕组如何检修?	114
2-48	定子线圈磨损和电腐蚀如何修复?	115

第三章 常见机械故障的检修及结构设计 117

第一节	机械故障的诊断	117
3-1	机械故障有哪几种?	117
3-2	如何诊断故障类型?	117
第二节	轴承部位的检修	118
3-3	电机行业如何定义“轴承结构”?	118
3-4	怎样保证滚动轴承能够安全地运转?	118
3-5	怎样保证轴承不受到挤压?	120
3-6	怎样保证轴承不过热?	123
3-7	怎样保证轴承不别劲?	125
3-8	怎样保证轴承不干研?	126

3-9	怎样保证轴承不受污染?	127
3-10	怎样避免选用伪劣轴承?	129
3-11	怎样不使轴承受到意外损伤?	129
3-12	怎样避免轴承内、外盖与轴相擦?	129
3-13	怎样保证滑动轴承能够安全地运转?	130
第三节	机座的检修	132
3-14	机座故障主要表现在哪儿?	132
3-15	哪些原因会使机座产生变形?	132
3-16	机座变形的危害是什么?	133
3-17	怎样防止机座变形及提高机座刚度?	133
3-18	为什么机座的缺陷不容易察觉?	134
第四节	其他零部件的检修	135
3-19	防爆电机的端盖、轴承内、外盖等在检修时与普通电机有何异同?	135
3-20	轴弯、轴断的原因及预防措施是什么?	135
第五节	质量保证措施	137
3-21	设计上保证质量的主要措施有哪些?	137
3-22	制造上保证质量的主要措施有哪些?	137
第六节	机械部分设计	138
3-23	怎样进行机械部分的设计?	138
3-24	在机械设计时要注意哪些问题?	138
第四章	振动与噪声	140
4-1	机械上产生振动的原因是什么?	140
4-2	机械上降低振动的措施有哪些?	140
4-3	各种噪声的频率范围及产生的原因是什么?	141
4-4	怎样降低电磁噪声?	141
4-5	从降低电磁噪声考虑,怎样选择槽配合?	146
4-6	从降低电磁噪声考虑,如何采用斜槽?	147
4-7	增大气隙对降低电磁噪声有何效果?	149
4-8	降低气隙磁密对降低电磁噪声有何效果?	149
4-9	缩小槽口宽度或采用磁性槽楔对降低噪声有何效果?	149
4-10	绕组及节距的选择对降低电磁噪声有何影响?	150
4-11	绕组接法对降低电磁噪声有何影响?	150

4-12	铁芯轭尺寸对降低电磁噪声有何影响?	151
4-13	铁芯装压对降低电磁噪声有何影响?	151
4-14	怎样避免因共振产生的电磁噪声?	151
4-15	怎样减少噪声的辐射?	153
4-16	怎样降低机械噪声?	153
4-17	通风噪声产生的原因有哪些?	154
4-18	怎样计算通风噪声?	155
4-19	如何抑制通风噪声?	156
第五章 发热、冷却与通风、散热		160
5-1	计算定子绕组温升怎样入手?	160
5-2	怎样对定子绕组温升进行分析、估算?	163
5-3	通风计算的目的是什么?	164
5-4	怎样求所需的风量 Q ?	164
5-5	怎样用所需的风量、风压选择、计算风扇尺寸?	164
5-6	怎样进行风路设计?	172
5-7	冷却方式为 IC0141 自扇冷式电机的风路设计。	174
5-8	冷却方式为 IC0151 自扇冷却电机的风路设计。	177
5-9	高压电机绕组端部的风路应如何考虑?	178
5-10	目前国内在三相异步电机上采用几种通风散热方式?	180
5-11	各种通风散热方式的结构特征、效果及适用范围如何?	180
5-12	怎样从加工角度考虑通风散热方式?	189
5-13	怎样从使用维护角度考虑通风散热方式?	189
5-14	怎样从通风散热效果考虑其结构?	189
第六章 运行、选型及使用维护		193
6-1	电机负荷是如何定义的?	193
6-2	怎样按照实际使用情况判定负荷是否在合适的范围内?	193
6-3	制造厂的设计部门应如何按照电机结构、电压、工作制、 工艺、材料及使用状况选定电机的电磁负荷?	193
6-4	怎样按照实际运行状况选用电机?	195
6-5	选型不当(含技术指标)会出现哪些问题?	196
6-6	怎样判定电机运行是否正常?	196
6-7	维护中应注意哪些问题?	197

6-8	电机拆卸时应注意哪些事项?	197
6-9	电机装配时应注意哪些事项?	200
第七章	电机的安装调试与质量评定	202
7-1	安装前应做哪些准备工作?	202
7-2	安装时应注意哪些问题?	203
7-3	调试时应注意的问题?	206
7-4	半成品时应做哪些试验、检验项目?	206
7-5	成品时应做哪些试验、检验项目?	220
7-6	检修后的电机的性能指标如何控制?	220
7-7	为什么要强调检修后的质量?	220
7-8	怎样保证检修质量?	220
7-9	怎样提高检修质量?	221
附录	国内外防爆电机技术数据	222
参考文献		286

第一章 基础知识

第一节 选用、修理电机时遇到的常识性问题

1-1 电机的类别是怎样划分的？

电机的分类见表 1-1。

表 1-1 电机的分类

分类方式	类 别			
电源相数	单相、三相			
转子绕组形式	笼型、绕线型			
定子铁芯外径 D ₁ /mm	大型 >1000	中型 >500~1000	小型 120~500	微型 <120
防护形式 (代号)	开启式 (IP11)	防护式 (IP22、IP23)		封闭式 (IP44、IP54)
通风冷却方式	自冷式、自扇冷式、他冷式、管道通风式、水冷式			
安装方式	卧式、立式、悬臂式			
工作定额	连续、断续、间歇			

此外，也有按功率分的，将 1kW 以下的称为小功率电机，也称分马力电机；也有按机座号（中心高）分的，将 80~315 机座号称为小型，355~630 称为中型，大于 630 为大型。因这两种分类方法不准确，随极数、结构不同差别较大，故未列入表 1-1 中。

以上分类是为业内人士在投标、招标及技术交流等方面工作方便，也是电机行业约定俗成的，没有列入正式标准。

1-2 怎样识别国产防爆或防腐电机型号?

电机型号由 3~4 部分构成, 如:



① 系列代号, 读者可借助 GB 4831—84, 按汉语拼音字母自悟, 如:

Y—代表“异”步电机;

B—代表隔“爆”, YB 则代表隔爆型异步电机;

A—代表增“安”型防爆, YA 则代表增安型异步电机;

F—代表“通风”、“粉尘”, 如 YBF 代表风机用隔爆型异步电机, YFB 代表粉尘防爆电机;

S—代表“水”冷、“输”送机用电机, 如 YBS 代表输送机用隔爆型异步电机, YBSS 则代表输送机用水冷隔爆型异步电机。

② 机座号, 355 表示电机中心高 H 的毫米值。其后可有 S、M、L, 分别表示机座安装尺寸 B 值的短、中、长的三挡尺寸, 其后数字 1、2、3 是电机生产厂家对铁芯长度的标识, 与安装尺寸无关。

③ 2—代表 2 极。

④ 特殊环境使用代号:

W—表示户外用;

TH—表示湿热带用;

H—表示船用;

F—表示防腐型 (防腐型又可细分为 F1、F2、W、WF1、WF2 见第三节)。

1-3 如何估算电机的电流?

三相交流电机的铭牌电流, 即额定电流

$$I_N = \frac{P_N \times 10^3}{1.73 U_N \eta \cos \varphi} (\text{A})$$

式中 P_N ——电机额定功率, kW;

U_N ——电机额定电压, V;

η ——电机效率, 样本或技术条件中的标准值;

$\cos \varphi$ ——电机功率因数。

由于 η 、 $\cos \varphi$ 在电机的实际运行中很难保持在标准值上, U_N 也在某一范围内波动, 所以, 按下列公式估算的电流值, 对于选用电缆、继电保护装置, 以及投标、招标中的技术交流, 大修时选用导线, 基本上不会有太大的出入或误差。

$U_N = 380\text{V}$ 时:

$$I_N \approx (1.75 \sim 2.4) P_N (\text{A})$$

式中, 大值用于小功率、极数多的电机; 小值用于功率较大、极数少的电机。

如 YB180L-8, 11kW 8 极电机, 样本 $I_N = 25.1\text{A}$, 按上式, 则系数为 2.28, 接近 2.4。

即 $I_N = 2.28 \times 11 = 25.1 (\text{A})$ 。

若是 YB 355L2-2, 315kW 2 极电机,

则 $I_N = 1.78 \times 315 = 560 (\text{A})$, 1.78 接近 1.75。

若估算时将系数选为 1.8, 则估算的 $I_N = 1.8 \times 315 = 567 (\text{A})$, 比样本值 560A 大 7A, 高出 1.25%, 对于不熟练人员, 其估算结果也不会超出 $\pm 1.5\%$ 的范围, 此误差可以满足上列经营业务的要求。

$U_N = 6\text{kV}$ 时, $I_N \approx (0.11 \sim 0.14) P_N (\text{A})$, 系数的规律同上。

如 YB450S3-10, 200kW 10 极电机 (在高压电机中属小功率、多极数), $I_N = 0.1415 \times 200 = 28.3 (\text{A})$;

YKS6303-2, 3150kW 2 极电机 (在高压电机中属功率较大、少极数), $I_N = 0.1123 \times 315 = 353.7 (\text{A})$ 。

同理, 对于 $U_N = 660\text{V}$ 时:

$$I_N \approx (1.75 \sim 2.4) \frac{380}{660} P_N(A) = (1.0 \sim 1.38) P_N(A)$$

$U_N = 10\text{kV}$ 时, $I_N \approx (0.11 \sim 0.14) \frac{6000}{10000} P_N(A) = (0.066 \sim 0.084) P_N(A)$, 系数变化规律仍同 380V。

1-4 过安装系数 K 怎样选?

过安装系数 K = 电机的额定功率/被电机拖动的负荷的功率。

K 与负荷种类、使用现场的状况及电机的制造质量这三个因素有关。电机的买方既不情愿“大马拉小车”带来的投资过高(较大的电机及与之配套的相应设施,如变压器等的容量都要相应地增大);又担心 K 太小影响正常生产。因此,买方在招标时,常为此而颇费心思。

(1) 不同负荷的 K 值可参照表 1-2

表 1-2 对应不同类型负荷的 K 值

序号	负 荷 种 类	K
1	风机、泵	1.05~1.1
2	粉碎机、压缩机、磨煤机等	1.1~1.15
3	装岩机、输送机 etc 经常过载的负荷	1.15~1.2

注:表中 K 值仅是在一般状况的选用范围下。若负荷比较特殊,比如泵,如果输送液体的黏度随环境温度变化较大,则 K 值也要选得稍大点。

(2) 使用现场的状况

若电机的继电保护系统齐备,电机周围的通风状况良好,供电网络电压波动也不大,则 K 值可以小;反之,就要选大点。比如,对于货栈、港口,其网络容量比大型石油化工企业要小得多,电压波动自然要大。若电压降得较多,在电机负荷不变的情况下,电流就要成反比地增大,电机温升势必高出正常值。 K 值也因此选得稍大一点。

(3) 制造质量

对于加工工艺比较稳定、产品质量比较高的企业，买方可以选取较小的 K 值；反之，就得大点。

总之，买方选电机 K 值时，必须兼顾各种因素。若上列三个因素均处于不利状况——常过载，电压降较大，生产厂家产品质量一般化，则 K 值也许就得选到 1.25，甚至 1.3。

1-5 电机电压、防护、绝缘等级如何选择？

电机电压、防护、绝缘等级在国内、外均有标准值，不能随意选取。本节的“选”是指从标准值中选取时遇到的问题。

(1) 电压等级

近年来由于节能的需要，为了降低电能在线路中的损耗，提升电压等级的趋势比较明显：井下用电机选 3kV 的；石油化工系统及煤矿主井通风用的电机选 10kV 的逐渐多了，功率也越来越小，有的生产厂甚至接到 110~160kW、10kV 的订单。这样小的功率做成 10kV 时制造成本要提高，电磁线的加工也比较困难。

当低压电机的频率为 60Hz 时，其额定电压最好改为 460V，国内的电机生产厂家很容易在 50Hz 的产品上派生。

(2) 防护等级

防护等级由 IP 之后加两个数字构成。左数第 1 位数字表示的是防尘的等级，第 2 位数字是防水的等级。有时买方为了购价低，或者是对防护等级不太明白，在本该选用 IP54 电机的场所选了 IP44，甚至 IP23 的电机。比如电站用拖动磨煤机的电机，必须选用 IP54 的。

(3) 绝缘等级

一提到绝缘等级，就要牵涉到电机的温升。在实际操作中有两个问题供、需双方要达成共识：

① 温升限度 目前国内生产的高、低压电机，90% 以上都是 F 级绝缘。为了提高电机的使用寿命，90% 以上生产厂家在样本中都表明“选用 F 级绝缘，温升按 B 级限度考核”。B 级绝缘的允许最高温度是 130℃，F 级是 155℃。考虑 40℃ 的环境温