

防爆异步电动机

〔苏〕博士教授 B. A. 雅科文柯

煤炭工业出版社

防爆异步电动机

〔苏〕 博士、教授 B.A.雅科文柯

黄崇龄 霍宏喧 梁以仁 译



煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是苏联1977年出版的。书中介绍了苏联关于有爆炸危险场所和防爆电动机的分类。介绍了各种防爆电动机的结构。对防爆电动机的设计、计算提供了详细资料，特别是在冷却计算方面远较一般书籍为详。最后介绍了防爆电动机的试验、安装及运行。虽然本书主要按苏联产品介绍，但对我国设计、制造、安装、运行、检修、维护人员都有参考价值。对高等院校和专科以上学校的有关专业教师、学生，也可作为参考书。

责任编辑：刘庆韶

В.А.Яковенко

Взрыво-защищенные

асинхронные двигатели

МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1977

*

防爆异步电动机

〔苏〕博士、教授 В.А.雅科文柯

黄崇龄 霍宏喧 梁以仁 译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本850×1168¹/₃₂

印张7²/₈

字数197千字

印数1—5,720

1983年10月第1版

1983年10月第1次印刷

书号15035·2566 定价1.00元

译者序言

本书是苏联1977年“动力”出版社出版。由B.A.雅科文柯博士主编，他和H.H.伏尔科夫，B.B.考卡，A.Γ.阿诺波林共同写作。本书综合了有关研究机构、制造厂和使用单位研究、制造和使用防爆电动机的经验，也引用了不少指导性文件的内容。对我国有关科技人员有参考价值，也可供大专院校及有关专业的教师学生参考。书中对防爆电机及危险场所的分类和有爆炸危险的物质分类，都是按照苏联型谱和规程写的。对我国制定产品发展规划和产品的系列型谱，修订及执行我国规程，也有参考价值。

本书关于防爆电动机的结构、设计，电磁计算、冷却计算，都写得比较细，资料既实际又丰富，可以补充现有同类书刊的不足。大部分资料、数据都可以直接采用。但必须注意，我国规程虽与苏联规程大体相同，但也有不少差异，我国有关规程有的还正在修订，在运用这些资料时必须密切结合我国的实际，熟悉和严格遵守我国和国际通用的标准。

本书采用了国际单位制，这是1960年国际计量大会通过的，其代号为S.I.。我国1977年颁发的中华人民共和国计量管理条例（试行），已规定将逐步采用国际单位制。译本仍按原书引用，但为了便利读者，不太熟悉的单位，已同时折算成通用单位，例如书中压力单位原为帕或兆帕，译文中加注了相应的公斤力/厘米²数值。

本书由黄崇龄、梁以仁、霍宏暄译出初稿，由曹开成、霍宏暄校对，最后由霍宏暄、周凤启总校定稿。原书有些地方存在一些错误，已在译文中校正，并加注说明。

译者

一九八〇年十二月

原 序

为了用高生产率的新技术、新工艺，广泛改造及革新生产条件，加快技术进步，急速提高劳动生产率，并进一步改善劳动条件和安全技术，必须给煤炭、石油、天然气、石油加工、石油化工、化工及其他有爆炸危险生产条件的工业部门提供高质量的防爆和矿用电机，供这些工业企业的采掘、加工、及运输机械拖动之用。

这种电动机与通用电机不同，它们要按专门规程的要求制造，因而能在上述有爆炸及燃烧危险的场所安全运行。这种场所的安全，在很大程度上，不仅取决于电机的结构，而且还和高质量安装，正常运行，及按时检修有关。除“防爆及矿用电气设备制造规程”以外，还有各有关主管机关制定和出版的指导文件，必须遵守。这样就使研制这种电机成为一个复杂的问题。

全苏防爆电气设备科学研究院（ВНИИВЭ）首先研制了全苏统一的ВАО系列的防爆及矿用电动机。现在在上述部门运行的还有В（防爆）系列，ВР（矿用）系列、及ЭКВ（截煤机及康拜因用）系列等电动机。东方研究院（ВостНИИ）马克夫斯基煤矿安全研究院（М_{вк}НИИ），重工业电气设计研究院，全苏石油和天然气安全科学研究院（ВНИИТБ），全苏电气设计安装研究院，以及各电机厂，都提供了设计、运行的丰富经验。

在本书中，作者着重叙述以下内容：

爆炸危险场所及电动机的分类；

按照运行条件配用的防爆电动机；

一般型及特殊型的电动机结构设计的特点，计算、冷却及试验；

制造工艺、安装及运行。

由于篇幅所限，不能对每一问题做详细的叙述，本书的主要

目的是把防爆和矿用电动机的资料综合起来，使之系统化，给广大科研、设计、制造、运行人员以帮助，使他们能解决上述问题。作者也希望本书能给高等及中等专科学校中“电机学”“工业企业电气化”专业的学生参考。作者感谢各研究单位及制造厂所提供的资料及对初稿的审议。作者感谢哈尔科夫工业学院电机教研组，和施齐尔柯副博士对本书的审阅、感谢普拉珊斯柯副博士在编辑、发稿中对本书的帮助。

作者欢迎专家们对本书提出批评。意见可由全苏防爆电气设备科学研究院或“动力”出版社转交作者。

作 者

目 录

译者序言

原 序

第一章 概论	1
1-1 有爆炸危险生产条件的分类	1
1-2 电动机的分类和型号	2
1-3 电动机的防爆措施	5
第二章 防爆电动机的构造	8
2-1 总则	8
2-2 按照安装方式分类	11
2-3 主要结构元件	12
2-4 机体	15
2-5 端盖	18
2-6 轴承部件	21
2-7 防爆部件	29
2-8 通风系统与散热	43
2-9 轴	47
2-10 转子	48
2-11 绕组	49
2-12 接线装置	54
2-13 紧固件及接地接线柱	66
第三章 专用防爆电动机的结构特点	70
3-1 管道阀门用电动机	70
3-2 带内装制动器的起重机用防爆电动机	72
3-3 升降机电用双速防爆电动机	75
3-4 刮板输送机用矿用防爆电动机	77
3-5 矿用调度绞车专用防爆电动机	79
3-6 装载机专用防爆电动机	80
3-7 井下局扇专用矿用防爆电动机	81

3-8	绕线式转子防爆电动机	82
3-9	采煤机用防爆电动机	85
第四章	安全型防爆电动机	90
第五章	过压通风型防爆电动机	95
第六章	防爆电动机的计算	97
6-1	概说	97
6-2	防爆异步电动机的电磁负载	99
6-3	主要尺寸的决定	105
6-4	定子和转子的绕组和槽数	112
6-5	气隙	125
6-6	损耗及效率	126
6-7	功率因数	135
6-8	工作特性	136
6-9	起动特性	137
6-10	热计算	141
第七章	防爆电动机的冷却	158
7-1	空气动力阻力的计算	158
7-2	计算压头	162
7-3	风量计算	163
7-4	离心式风机的计算	165
7-5	带冷却管道防爆电动机风机的计算	171
第八章	防爆电动机的试验	171
8-1	受检试验	172
8-2	产品出厂试验	173
8-3	特殊试验	175
第九章	防爆电动机制造工艺的特点	184
9-1	电动机制造准备工艺的特点	184
9-2	工艺程序及其装备	187
9-3	电动机的生产特点	189
9-4	防爆电动机生产工艺的展望	195
第十章	电动机的安装	197
10-1	总则	197

10-2	电动机安装前的准备工作.....	198
10-3	防爆电动机的安装.....	200
10-4	矿用电动机的安装.....	209
第十一章	防爆和矿用电动机的运行	210
11-1	总则.....	210
11-2	防爆电动机的运行.....	214
11-3	矿用防爆电动机的运行.....	219
附录一	苏联防爆及矿用防爆安全型电动机的技术性能.....	224
附录二	防爆电气设备的分类与等级	228
参考文献		230

第 一 章

概 论

1-1 有爆炸危险生产条件的分类

在有爆炸危险的条件下使用的各种室内外装置在许多工业部门，占有重要的地位。

煤炭、石油、天然气、化工以及其他工业部门在一定条件下，可能由于瓦斯—蒸汽—空气混合物或煤尘的集聚而产生爆炸的危险。

上述场所的电气设备出现故障是引起爆炸与火灾的根源。因此，在引爆混合物有可能集聚的场所中使用的电气设备，必须制成防爆型并要求其在运行中能保证安全。

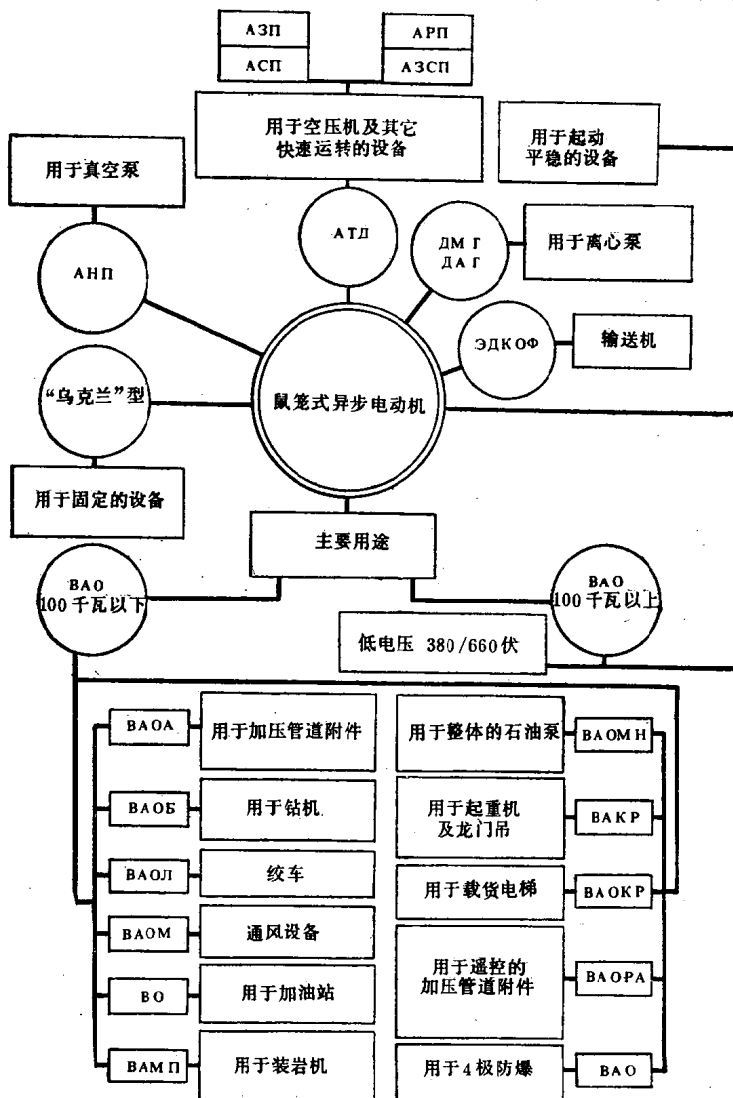
在石油、天然气和化学工业中，防爆电气设备，尤其是防爆电动机，主要用于驱动各种采油、采气、炼油、输油的机器，也用于对薄膜，纤维及其他石油化工产品进行物理和化学处理的设备。

在煤炭工业中，在有瓦斯或煤尘爆炸危险的矿井，无论是主要工艺过程，还是辅助工艺过程（如掘进、回采、运输、巷道通风和选煤等）为了综合机械化和自动化，设备上都应采用防爆电动机。

根据苏联《电气设备安装规程》，凡是在会产生爆炸性气体混合物，可燃性瓦斯，可燃性粉尘或可燃性纤维与气体混合物的生产过程中使用的室内外设备，均称为有爆炸危险的设备。有关的分类标准见《电气设备安装规程》第七章第三节。

1-2 电动机的分类和型号

一般防爆电动机和矿用电动机根据所采用的生产工艺过程，用途、使用范围、使用场所、运转要求、外部爆炸性介质的等



级、安装方法及其他特征进行分类，如：

根据使用场所不同，电动机可分为两大类（见附录 2）即：在有爆炸危险的场所使用的室内或室外防爆电动机；在煤矿和油母页岩矿（包括有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井）井下巷道使用的

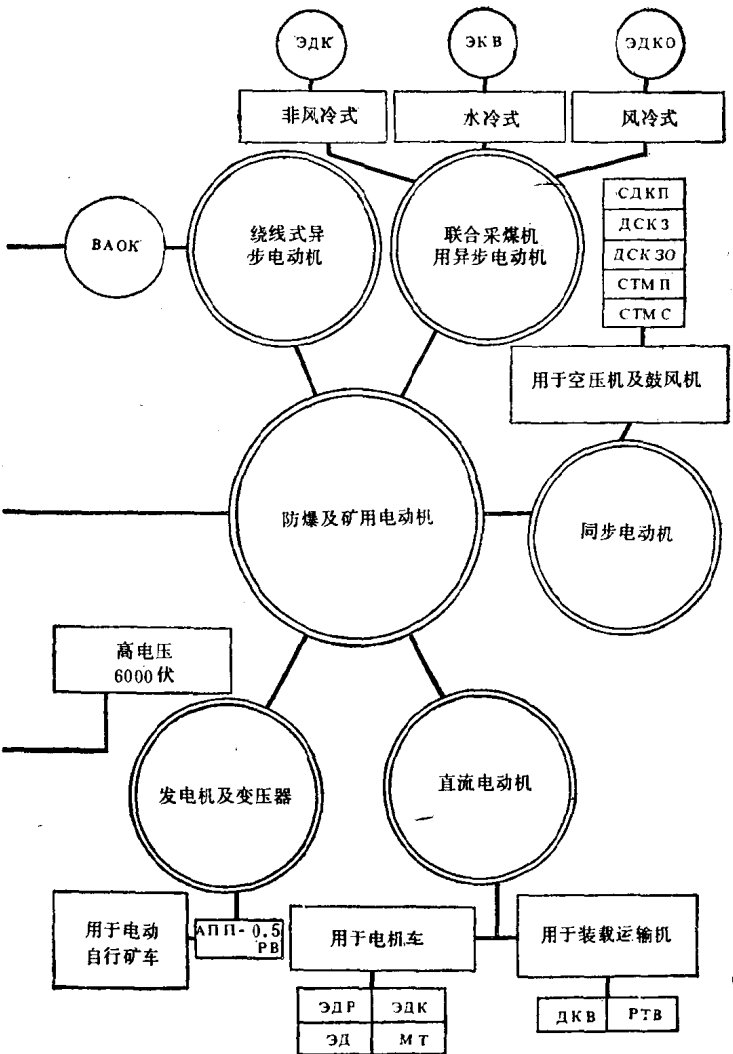


图 1-1 防爆及矿用电动机按型式及用途的分类（见附录）

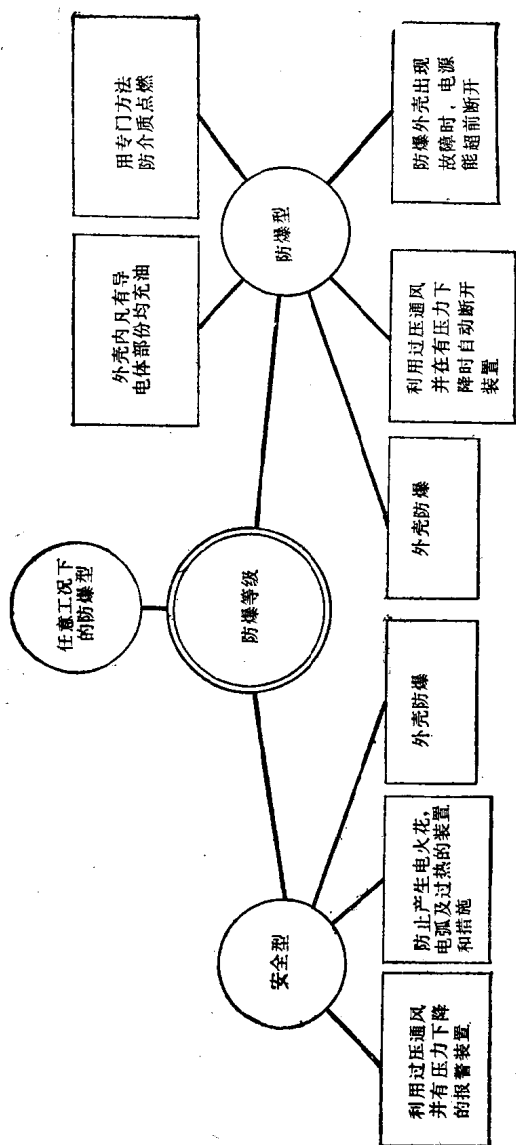


图 1-2 防爆等级

防爆电动机。

图1-1所示为一般防爆电动机和矿用防爆电动机按型式及用途的分类。根据苏联防爆及矿用电器制造规程，防爆电动机的标志应包括：

防爆等级（即在电机上采取各种防止传爆的措施数，在各种运转情况下，有一定概率的安全保证。见苏联防爆及矿用电器制造规程1~3章。）；

使用环境，

防爆方法。

防爆等级（图1-2）取决于所采用的防爆型式（见图1-3）。

图中方框内表明防爆结构特性，圆框内表明保证防爆的方法。

矿用防爆电动机采用隔爆外壳作为防爆措施时，可根据短路电流来确定外壳的防爆等级：

当 $U \leq 127$ 伏， $I_{k..} \leq 450$ A 2 B

当 $U \leq 660$ 伏， $I_{k..} \leq 15000$ A 3 B

当 $U \leq 6000$ 伏， $I_{k..} \leq 10000$ A 4 B

防爆特性的标志应位于电动机机座或进线盒盖上。这些标志可铸成凸出的字体，或冲压在单独的金属板上，再固定到壳体。

除了标有防爆性能的标志外，在电机的壳体或出厂铭牌上还应标注对周围介质的防护等级①。

1-3 电动机的防爆措施

电动机的防爆性能是由专门措施保证的，它能防止周围爆炸性介质的爆炸或将爆炸的可能性降到最低限度。这些措施的特点以防爆等级来表示（图1-2），并分为两类。第一类措施允许在电动机内部发生爆炸，但不得扩散到周围介质中去。第二类措施在导电部分与爆炸性介质之间采取隔离措施，或是防止可能与爆炸性混合物接触的导电部分发生危险的火花和局部发热。

① ГОСТ14254-69及ГОСТ14255-69。

第一类防爆措施的代表是外壳防爆，防爆外壳应能承受爆炸压力。外壳零部件的连接处应有足够狭长的间隙将由壳体外逸的火焰与爆炸后的物质冷却到安全的温度。通常我们称这种防爆方法为间隙防爆。

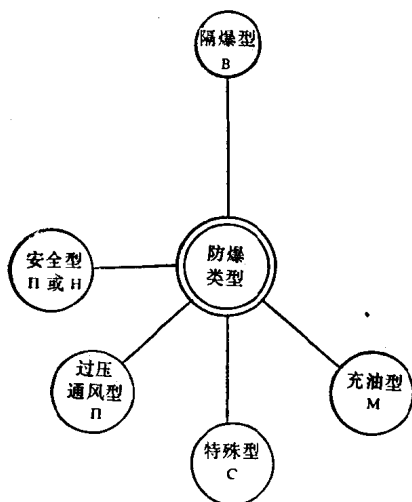


图 1-3 防爆类型

第二类防爆措施就是用液体纯空气或惰性气体将能使爆炸性混合物着火的导电部分与有爆炸危险的气体隔开。

将电动机的危险部位浸在绝缘油内的（通常用变压器油）称为充油型。

电动机运转时，其外壳内保持一定的空气或惰性气体的过压，以排除爆炸性混合物进入壳内的，

称为过压通风型。

正常工作时，不会发生火花和产生危险的过热部位，以致引起爆炸危险的设备称为安全型。安全型结构的具体措施有：防护外来的作用，减小电流负荷，降低绝缘热负载，使固定接触的部位保持恒定的压力，加大绝缘件表面的漏电距离和电位不同的导电部分之间的间隙（比一般工业标准大）等。

为防止电机的过载应采取相应的电气保护。

必须注意影响防爆性能的各种电路的事故状态开路 and 短路。在很多情况下，电机短路总会产生电弧，使防爆外壳极度过热，炽热的金属颗粒喷出外壳，防爆外壳内部因气体受热和绝缘材料分解而产生高压等。

在电弧短路情况下进行有效防爆是一个相当复杂的问题。防爆外壳部件之间的间隙必须大大缩小或采用比平法兰更复杂的结

构，但间隙缩小又往往使防爆外壳在短路时承受更大的压力。

正确地选择电气保护，减少短路引起的不良后果相当重要。在产生短路时，超前切断电源是一种极有希望的防爆方法。即在周围爆炸性混合物点燃前，切断电源，使损坏的电机断电，并使储能的元件（电缆电容、电机电感等）很快短接。

象任何其他设备一样，需要能安全操作防爆电动机的工作人员，同时在运行中要有一定的安全系数。该系数可理解为各台电机参数差别的要求，也可理解为在同样防爆参数下（工厂制造产品当外壳产生爆炸时，不传爆的临界状态的差别）。

隔爆型电气设备的安全系数可归结为防爆间隙的差异，而在充油型设备中则是与工作状态或临界状态相应的油保护层厚度的不同。

在大多数情况下，不提防爆参数的绝对差异，而提这些参数的比值，并称该比值为安全系数，一般，许多种类防爆设备的这种比值约等于2。例如一级爆炸性物质的最小临界间隙为1毫米。即当间隙在1毫米以下时，一级爆炸性混合物不会从较大容积的外壳（2升以上）通过25毫米宽的法兰间隙传爆。又如甲烷的极限间隙是1.17毫米，因而对上述容积的电气设备，当隔爆面宽为25毫米时，出厂和运转过程隔爆间隙（在结构上规定）都不得超过0.5毫米。

许多种类防爆设备（外壳隔爆，通风充气型等）的安全系数都是根据防爆及矿用电器制造规程所规定的检验标准确定的，这也是每一样品在试验时所采用的标准。如果规程中对新原理设计的防爆措施没有规定的防爆参数确定须在临界条件下（即不点燃周围爆炸介质时的条件）试验并考虑安全系数。

第二章

防爆电动机的构造

2-1 总 则

防爆电动机的结构必须满足技术设计任务书及防爆与矿用电器制造规程所提出的全部要求，并保证电动机在生产和使用中耗费最小，可靠性最大。

选用的结构必须经济合理，采用的材料应易获得并能保证质量，从而使电动机工作可靠。零件应选用最佳的结构，既要材料消耗最少又要强度符合要求。同时还要有较好的工艺性能。

电动机的构造质量可以用结构系数 k 进行评定，它是电动机的总质量 G 与有效部分（铁、铜及铝）的质量 G_a 的比值。

$$k = G / G_a$$

式中 $G_a = G_{Fe} + G_{Cu} + G_{Al} = \text{质量}_{\text{铁}} + \text{质量}_{\text{铜}} + \text{质量}_{\text{铝}}$

功率100千瓦以下防爆电动机的系数 $k = 2 \sim 4$ ，功率越小，此系数越大。大型电动机的系数虽小，但还是比一般用途的电动机为高。

对结构和操作上的特殊要求应一开始就加以考虑，并以此决定所采用的设计方法。

设计任务书的制订 技术任务书是设计防爆电动机的原始技术文件。任务书包括的内容如下：

1. 电动机的额定功率；
2. 额定转速；
3. 额定电压；
4. 额定工作制；
5. 防爆型式；
6. 效率；