



中华人民共和国国家标准

GB/T 47160—2026

起重冶金和屏蔽电机 安全要求

Crane and metallurgical motors and canned motors—Safety requirements

2026-02-27 发布

2026-09-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 标志与说明	3
5 机座与外壳	4
6 接线盒及接线装置	5
7 导线管衬套和等效的螺纹开孔	6
8 机械装配	6
9 接地	7
10 电源软线	7
11 电气间隙与爬电距离	8
12 内部布线	10
13 联接件	11
14 电气绝缘	11
15 绝缘结构	13
16 集电环和刷握	14
17 接线端子	14
18 非金属功能部件	17
19 定额试验	18
20 热试验	18
21 接触电流	20
22 绝缘电阻	21
23 介电强度试验	22
24 机械强度试验	23
25 防护试验	25
26 湿热试验	25
27 防腐蚀	25
28 元器件	26
29 起动与制动(屏蔽电机除外)	26
30 电磁兼容性(EMC)	26
31 屏蔽电机特殊要求	26
32 防爆电机要求	26

参考文献	27
图 1 三相电机在工作温度下接触电流的测量电路图	21
表 1 金属接线盒的厚度	5
表 2 导线管最小直径(对于 750 V 及以下电机和铜导体)	6
表 3 保护接地螺钉最小公称直径	7
表 4 裸带电部件的最小间距	8
表 5 电压 1 000 V 及以上的裸露带电部件的最小间距	9
表 6 引接线的最低耐热温度	10
表 7 绝缘支撑材料的温度限值	11
表 8 漆包铜圆线在高频冲击电源下的寿命	12
表 9 漆包铜扁线在高频冲击电源下的寿命	12
表 10 耐高频冲击试验仪波形参数	12
表 11 导电连接螺栓型	14
表 12 片状端子型	15
表 13 散放引出线型	15
表 14 非金属材料球压试验条件	17
表 15 燃烧试验条件	17
表 16 接线盒内各部件的最高允许温度(基于 30 °C 的环境温度)	20
表 17 正弦波电源供电时变频调速电机温升限值的降低	20
表 18 绝缘电阻直流测量电压	22
表 19 弯曲和紧固扭矩	24
表 20 接线端子的紧固扭矩	24
表 21 电源软线的耐受静拉力	25

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国旋转电机标准化技术委员会(SAC/TC 26)归口。

本文件起草单位：佳木斯防爆电机研究所有限公司、佳木斯电机股份有限公司、大连环友屏蔽泵有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、中机国际工程设计研究院有限责任公司、广东省特种设备检测研究院中山检测院、安达防爆重工机器制造有限公司、江西江特电机有限公司、无锡新大力电机有限公司、合肥新沪屏蔽泵有限公司、大连海密梯克泵业有限公司、大连帝国屏蔽电泵有限公司、无锡市安化屏蔽电泵厂、无锡港大电机有限公司、南京特种电机厂有限公司、大连四方电泵有限公司、大庆市华禹石油机械制造有限公司、常州工学院、安徽省雄峰起重机械有限公司。

本文件主要起草人：王立名、李兴波、单丽娜、王欣仁、王维、林凯明、李秀林、王丽萍、王卫平、徐敏、汪细权、孙德福、赵丹、尤煦明、陈江、胡建兴、左占库、席小平、徐永明、周晓炎、李彤。

起重冶金和屏蔽电机 安全要求

1 范围

本文件规定了起重冶金和屏蔽电机的安全要求。

本文件适用于起重冶金电机、升降机用电机、塔式起重机及其他建筑机械用电机、平车用电机、锥形转子电机、自动扶梯用电机和屏蔽电机的设计、制造、检验以及运行等相关活动。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 755 旋转电机 定额与性能
- GB/T 825 吊环螺钉
- GB/T 1971 旋转电机 线端标志与旋转方向
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Db：交变湿热（12 h+12 h 循环）
- GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机
- GB/T 2900.35 电工术语 爆炸性环境
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备
- GB/T 3836.31 爆炸性环境 第31部分：由防粉尘点燃外壳“t”保护的的设备
- GB/T 4074.7—2024 绕组线试验方法 第7部分：测定漆包绕组线温度指数的试验方法
- GB/T 4207 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法
- GB/T 4942 旋转电机整体结构的防护等级（IP 代码） 分级
- GB/T 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法（GWEPT）
- GB/T 5169.12 电工电子产品着火危险试验 第12部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝可燃性指数（GWFI）试验方法
- GB/T 5169.16—2017 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰 50 W 水平与垂直火焰试验方法
- GB/T 5169.21 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验方法
- GB/T 5465.2—2023 电气设备用图形符号 第2部分：图形符号
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 11026.4 电气绝缘材料 耐热性 第4部分：老化烘箱 单室烘箱
- GB/T 12113—2023 接触电流和保护导体电流的测量方法
- GB/T 12665 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求

GB/T 47160—2026

GB/T 13002 旋转电机 热保护

GB/T 14711—2025 中小型旋转电机通用安全要求

GB/T 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分:氙弧灯

GB/T 17948.1—2018 旋转电机 绝缘结构功能性评定 散绕绕组试验规程 热评定和分级

GB/T 17948.2 旋转电机绝缘结构功能性评定 散绕绕组试验规程 变更和绝缘组分替代的分级

GB/T 17948.3 旋转电机 绝缘结构功能性评定 成型绕组试验规程 旋转电机绝缘结构热评定和分级

GB/T 17948.4 旋转电机 绝缘结构功能性评定(Ⅱ型) 成型绕组试验规程 电气耐久性评定

GB/T 20111.3 电气绝缘系统 热评定规程 第3部分:包封线圈模型的特殊要求 散绕绕组电气绝缘系统(EIS)

GB/T 20139.1 电气绝缘系统 已确定等级的电气绝缘系统(EIS)组分调整的热评定 第1部分:散绕绕组 EIS

GB/T 20139.2 电气绝缘系统 已确定等级的电气绝缘系统(EIS)组分调整的热评定 第2部分:成型绕组 EIS

GB/T 21707—2025 变频调速电机绝缘规范

GB/T 22714 交流低压电机成型绕组匝间绝缘试验规范

GB/T 22718 高压电机绝缘结构耐热性评定方法

GB/T 22719.1 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第1部分:试验方法

GB/T 22719.2 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第2部分:试验限值

GB/T 22720.1—2017 旋转电机 电压型变频器供电的旋转电机无局部放电(Ⅰ型)电气绝缘结构的鉴别和质量控制试验

GB/T 22720.2 旋转电机 电压型变频器供电的旋转电机耐局部放电电气绝缘结构(Ⅱ型)的鉴定试验

3 术语和定义

GB/T 2900.25、GB/T 2900.35 和 GB/T 14711—2025 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

I型绝缘结构 type I insulation systems

对于变频器供电电机,在运行寿命期间不承受局部放电的绝缘结构。

[来源:GB/T 21707—2025,3.1]

3.2

Ⅱ型绝缘结构 type II insulation systems

对于变频器供电电机,在运行寿命期间任一部分承受局部放电的绝缘结构。

注:通常,额定电压大于或等于700 V的电机采用Ⅱ型绝缘结构。

[来源:GB/T 21707—2025,3.2]

3.3

接触电流 touch current

当人体或动物接触一个装置或设备的一个或多个可触及零部件时,流过他们身体的电流。

[来源:GB/T 12113—2023,3.1]

3.4

小功率电动机 small power motor

折算至 1 500 r/min 时,最大连续定额不超过 1.1 kW 的电动机。

[来源:GB/T 2900.27—2008,3.1]

3.5

服务系数 service factor

一个表示在额定电压和频率下能连续承载的允许负载的乘数。

注 1: 该负载对应交流电动机时为额定功率、直流电机时为额定电枢电流,或发电机时为额定输出(功率)。

注 2: 对功率因数为 1 的同步电动机,保持额定功率因数;对于超前功率因数同步电动机,保持恒定励磁。

[来源:GB/T 14711—2025,3.15]



4 标志与说明

4.1 电机上的所有标志可用打印、雕刻、压制或其他有效的刻印方法制造,标志材料及刻印方法应保证标志清晰、耐用,在电机整个使用期限内不应磨灭和脱落。

4.2 每台电机应按 GB/T 755 的要求具有一块或多块、采用耐久性材料制作的铭牌,牢固地安装在电机上。所有铭牌应根据电机的结构和安装型式,以永久或等效的方式,安装在机座或外壳上清晰可见的部位。

4.3 按适用情况,电机铭牌上应按 GB/T 755 的要求永久性地标出相应项目内容,这些项目不必全部标在同一块铭牌上。如制造商提供更多的资料,则无需标志在铭牌上。

4.4 电机若有专供电源中线的接线端子,则应标以字母符号“N”。

4.5 电机保护接地端子附近应标以保护接地图形符号“”,必要时再用字母符号“PE”标志,这些符号不应放在可拆卸的螺钉、垫圈或用作连接导线的可能拆卸的零部件上。对于不损坏电机就不能拆卸黄绿接地线的结构型式,电机保护接地端子附近可不标保护接地图形符号“

4.6 保护接地软线采用绝缘护套时,其颜色应为黄/绿组合双色,非接地软线不应采用此色标。

4.7 电机线端标志和旋转方向应符合 GB/T 1971 的规定。

4.8 如果电机的服务系数大于 1 时,应标明具体服务系数。

4.9 除非是正常维护,否则当电机返修或翻新后应提供一块辅助铭牌,包括修理承包商的名称、修理日期及改变内容。

4.10 高压电机靠近高电压部件(1 000 V 以上)的面板、接线盒罩盖和刷握罩盖时,除非高压部件按电压所需已绝缘,否则应标以“危险:高压”或等效的标识,或按 GB/T 5465.2—2023 中 5036 图示符号制作警示标志。

4.11 变频调速专用电机标志:

- a) 电机的应用形式(例如专用变频电机);
- b) 电机设计运行的转速范围,或如果标以名义频率下的名义转速,则需标出电机设计运行的频率范围;
- c) 电机设计的转矩适用类型[例如 VT(变转矩)、CT(恒转矩)、CHp(恒功率)或同类型转矩模式];
- d) 电机将配用的变频器类型[例如 VSI 或 VVI(电压源变频器)、CSI(电流源变频器)、VPWM(电压源脉宽调制)、CPWM(电流源脉宽调制)、LCI(负载环流变频器)、交交转换器或同类型电

源];

- e) 根据 GB/T 22720.1—2017 具有 I 型绝缘结构,设计为电压源变频器供电的电机,制造商应在说明书中标注绝缘结构脉冲电压等级 IVIC,并尽可能标注在铭牌上。

4.12 当电机具有仅用于起吊电机部件的起吊装置时,电机上应按如下方式或类似的警告语予以清楚地标明,除非此起吊装置能安全地吊起整台电机。

警示——此起吊装置不是用于起吊整台电机,仅是联在此起吊装置上的部件可以由此起吊装置安全吊起。

4.13 对于电机将被用作最终完整装配的组成部分的地方和在电机接线信息出现在最终设备的联接图或说明当中的地方,或以上二者都有,则下列项目 a) 和 b) 中的图和安装说明不必和每台电机一起提供。

- a) 电机应设置接线标志图,其线端标志应与电机的接线端子标志一致。电机的接线标志图,应可靠固定,防止脱落。
- b) 安装说明应符合排水、安装、轴承润滑等结构要求。安装说明中,还应包括所提供的器件,如加热器、绕组热保护器等。

4.14 标志是否符合要求,应通过视检并按以下标志试验方法进行判定。

- a) 通过视检并用沾水的棉布擦抹标志 15 s,再用蘸汽油的棉布擦抹 15 s,每秒往复擦抹一次。试验期间,应施加约 2 N/cm^2 的压力将棉布压在标志上。
- b) 电机的标志应在经过上述试验和本文件规定的全部试验之后,仍能保持清晰易辨,不能轻易除去,不易于移动并且不应卷边。

5 机座与外壳

5.1 通则

5.1.1 电机外壳上任何零部件的材料都应能承受正常工作状态时可能发生的高温 and 机械应力,不会因弯曲、蠕变、变形而导致发生着火和触电危险。

5.1.2 如果电机需要设置泄水孔,除了不能进水(例如水中用电机)或使用中内部不会积水的电机外,电机应有适当的泄水措施,以防止电机内部积水而减少绕组和裸露的带电部件对地的电气间隙和爬电距离。电机的通风孔也可以起泄水作用。当电机设置泄水孔时,应符合 GB/T 4942 的规定。

5.1.3 如果电机是构成其他设备的一个整体部件,则电机的机座、外壳(包括接线盒)的功能可根据设备的结构来确定。

5.1.4 空气自然冷却电机,当内置过热保护时,应按 GB/T 13002 的规定。

5.1.5 除开启式电机外,为防止触及到交流 36 V 以上、直流 50 V 以上的裸露带电部件,应确保其防护面板或罩盖只能用工具或钥匙才能打开。

5.2 电机外壳

5.2.1 电机在结构设计上应具有足够的强度,对于非金属材料外壳的电机,还应具有耐热、阻燃和耐腐蚀的能力。

5.2.2 电机外壳和风罩如果是非金属材料,应能抵御暴露在正常和非正常使用条件下温度的不利影响,并应满足 24.3 的撞击试验要求,除非电机将安装于其他设备外壳内,则该试验不适用。如果是非金属材料的外壳,应满足 18.2 的燃烧试验要求。

5.2.3 电机应具有良好的外壳防护,其外壳防护应按 GB/T 4942 的规定分级,并应在产品标准中明确防护等级。

5.2.4 高压电机外壳还应符合下列要求:

- a) 电机不应有可触及到 1 000 V 以上带电部件的开孔,除非这些带电部件已被安全绝缘,否则应防止人身意外接触;
- b) 对 1 000 V 以上带电部件的防护面板或罩盖应按 4.10 的要求标识,除非这些带电部件已按电压要求安全绝缘;
- c) 空-水闭式自循环电机的带电部件上,应有水箱、水管及防护罩或绕组的密封防水措施。

6 接线盒及接线装置

6.1 额定电压 750 V 及以下电机的要求

6.1.1 电机接线盒内腔应具有适当的可容纳接线装置的体积,保证其电气间隙与爬电距离不小于第 11 章的规定。

6.1.2 接线盒如果是用金属材料制成,其厚度应符合表 1 的规定,且应满足 24.4 的试验要求。

表 1 金属接线盒的厚度

金属类型		最小厚度 ^a mm
薄钢板		1.1
锻铁		2.4
铸铁		3.2
压铸金属	对一个 15 500 mm ² 及以下的区域面或任一边尺寸不大于 150 mm	1.6
	对一个大于 15 500 mm ² 的区域面或任一边尺寸不大于 150 mm	2.4

^a 如果经检验显示其提供了等效刚度,则除了导线管入口处之外,可采用稍薄的钢板或其他金属板。

6.1.3 由非金属材料制成的接线盒应符合第 18 章的规定。

6.1.4 接线盒与机座的固定应和接线盒盖与接线盒的固定分开。

6.1.5 电机接线盒的防护等级不应低于 IP54。

6.1.6 当提供导线进线管装置时,应满足:

- a) 对应于电机明示的额定电流,不小于表 2 规定的尺寸;
- b) 进线口表面应平整且有足够大的区域,以满足衬套和防松螺母的安装要求,除非进线口孔适合无需使用保护绝缘衬套的导线穿过。

表 2 导线管最小直径(对于 750 V 及以下电机和铜导体)

额定电流 A	导线管最小直径 mm	额定电流 A	导线管最小直径 mm
12	12.7	184	50.8
16	12.7	204	63.5
24	12.7	228	63.5
36	19.1	248	63.5
52	25.4	280	50.8(2) ^a
68	25.4	320	50.8(2) ^a
80	31.8	368	50.8(2) ^a
92	31.8	408	63.5(2) ^a
104	38.1	456	63.5(2) ^a
120	38.1	480	50.8(3) ^a
140	50.8	552	50.8(3) ^a
160	50.8	612	63.5(3) ^a

^a 2 根或 3 根并联的电源线进入接线盒需要 2 根或 3 根导线管,也可提供数量少但直径较大的导线管作为替代。

6.2 额定电压 750 V 以上或机座号 H315 及以上电机的要求

辅助引接线(位于电机端子外壳中并通过合适的隔板与电机引接线分离的电流互感器和电压互感器的次级连接除外)应端接在接线盒中或与电机端子分离的接线盒中。通常在 30 V(rsm)及以下电压下运行的辅助项目的引接线应通过适当的隔板与其他辅助引接线分离,或端接在单独的接线盒中。

7 导线管衬套和等效的螺纹开孔

7.1 导线管的螺孔,可采用直牙或锥牙管螺纹密封,其旋合长度不应小于 3.5 个螺距。进线螺孔的个数应在产品标准中规定。进线孔应配有绝缘套管,出厂时进线孔应以橡胶或类似材料密封。

7.2 不与金属机壳铸成一体的接线盒导线管衬套,或用于安装刚性金属导线管的螺纹导线管开孔,应具有足够的机械强度。按 24.5 的规定进行试验判定。

8 机械装配

8.1 电机的装配应保证电机在正常运行时的振动不产生有害影响,电刷盖应旋紧或用其他方法来防止其松动。

8.2 如果移动会导致电气间隙和爬电距离小于最小允许值,则无绝缘的带电零部件应紧固在底板或安装面上以防止转动或移位。

8.3 不应单一采用接合面间摩擦来防止带电零部件移动或转动,应配合使用合适的锁紧垫圈。

8.4 开关、电机的连接插头、连接插头的插座或类似部件应可靠地安装并防止转动。

8.5 电机及其部件用于吊运的吊环或类似装置应具有足够的机械强度,进行轴向保证载荷试验时,不应因负载而产生永久变形或转动。吊环允许轴向保证载荷的试验方法按 GB/T 825 的规定。

9 接地

9.1 电机应有符合 GB/T 755 规定的保护接地装置。保护接地装置应有 4.5 规定的接地标志。

9.2 电机机座与保护接地装置之间应有永久、可靠和良好的电气连接,当电机在设备底座上移动时,保护接地导体应仍能可靠连接。

9.3 电机若采用接线端子连接接地导线,该接线端子应符合第 17 章的要求。

9.4 保护接地接线端子的连接应可靠锁紧,应能防止意外转动和防止减小电气间隙与爬电距离。不用工具不应能将其松开。

9.5 保护接地端子除作保护接地外,不应兼作他用。

9.6 保护接地导体和保护接地端子及其连接装置的材料应具有相容性,能抗电腐蚀且是良好的导体。若用黑色金属,则应电镀或用其他有效措施防止锈蚀。

9.7 保护接地导体应有足够的韧性,应能承受电机振动应力,应有适当保护措施防止在电机使用和安装时产生危险。

9.8 保护接地连接应能贯穿油漆之类的非导电性涂料层。连接方式可为冷压接或其他等效手段,不应使用铰链和仅靠锡焊。

9.9 穿透弹性橡胶底座的接地体应是金属,不能用导电橡胶接地。

9.10 保护接地端子的螺钉和接地导体应有足够截面,保护接地螺钉最小公称直径见表 3,接地导体截面积按 GB/T 755 的规定。

表 3 保护接地螺钉最小公称直径

电机额定电流 A	保护接地螺钉最小公称直径 mm
≤ 20	M4
$> 20 \sim 200$	M6
$> 200 \sim 630$	M8
$> 630 \sim 1\ 000$	M10
$> 1\ 000$	M12

9.11 接地电阻不应大于 $0.1\ \Omega$ 。该电阻按以下方法确定:对小功率电动机,通过在预计接地的部件与接地导体端子之间施加一个 1.5 倍电机额定电流或 25 A 电流(两者中取较大者),让该电流轮流在接地端子或接地触点与易触及的接地金属部件之间通过,测量电压降并以此电压降除以流过该线路中的电流,计算出接地路径电阻。对于额定功率超过小功率电动机的电机,上述电流值取 25 A 或电机额定电流值二者之中的较大值。

10 电源软线

10.1 除非不需要接地,否则电源软线束中应有一根接地导体。电源软线(含端头)应有不同的颜色或

标记便于区分。

10.2 电源软线的额定电压不应低于电机的最大工作电压,其载流量不应小于服务系数的负载电流或125%的满负荷额定电流(取其中较大电流)。软线绝缘应能承受该电路的工频耐电压试验。

10.3 应在电源软线引出处设置绝缘保护层和夹紧装置,防止外部拉力传到内部接线和防止电源软线转动或位移造成事故。除非另有消除可能受到拉力的措施,或电源软线不露于电机外。

10.4 除另有保护措施外,应防止电源软线(电线)退入电机内部。

10.5 用于夹紧和固定电源软线的夹紧装置应用绝缘材料制成,若用金属材料,应有绝缘内衬。

10.6 电源软线的夹紧装置应符合 24.8 的规定。

10.7 电源软线不应从进线孔硬性插入,以防造成绝缘损伤。

10.8 在接线盒内,用于现场接线的散放引接电缆(电源软线),其自由长度不应小于 150 mm。

11 电气间隙与爬电距离

11.1 低压电机的电气间隙与爬电距离

11.1.1 下列电气间隙和爬电距离不应小于表 4 的规定,除 11.1.2~11.1.4 另有规定外:

- a) 通过空气和绝缘材料表面的;
- b) 在不同的或相反极性的裸露带电部件之间的;
- c) 在裸露带电部件(包括有薄膜涂层的电磁线)和电机工作时接地或可能接地的部件之间的。

表 4 裸带电部件的最小间距

相关部件		最高工作电压 (交流有效值) V	最小间距 mm					
			不同电压的 裸带电件之间		非载流金属与 裸带电件之间		可移动的金属罩与 裸带电件之间	
			电气间隙	爬电距离	电气间隙	爬电距离	电气间隙	爬电距离
机座号 90 及以下的电机	接线端子	31~375	6.3	6.3	3.2	6.3	3.2	6.3
		>375~750	6.3	6.3	6.3	6.3	9.8	9.8
	除接线端子外的其他 零件,包括与这类端子 联接的板和棒	31~375	1.6	2.4	1.6	2.4	3.2	6.3
		>375~750	3.2	6.3	3.2 ^a	6.3 ^a	6.3	6.3
机座号 大于 90 的电机	接线端子	31~375	6.3	6.3	3.2	6.3	6.3	6.3
		>375~750	9.5	9.5	9.5	9.5	9.8	9.8
	除接线端子外的其他 零件,包括与这类端子 联接的板和棒	31~375	3.2	6.3	3.2 ^a	6.3 ^a	6.3	6.3
		>375~750	6.3	9.5	6.3 ^a	9.5 ^a	9.8	9.8
固体带电器件(例如在金属盒子中的二极管和可控硅)与支撑的金属面之间的爬电距离,可以是表 4 规定值的一半,但不应小于 1.6 mm。 表中的最小间距值适用于污染等级 2 和/或污染等级 3,材料组别 III a								
^a 电磁线被认为是一个非绝缘的带电部件。然而,在电压不超过 375 V 的地方,被牢固支撑并保持就位在线圈上的电磁线与不带电的金属部件之间,通过空气或表面的最小间距为 2.4 mm 是合格的。在电压不超过 750 V 的地方,当线圈已进行适当浸漆处理或被囊封时,2.4 mm 的间距是合格的。								

11.1.2 仅对带电刷机座号 90 及以下电机的静止部件(如刷握),处在换向器和滑环的区域中,由于碳灰的沉积(如在刷握绝缘上),其电气间隙和爬电距离应大于表 4 的规定,其值应至少增加 50%,否则应提供合适的隔板、套环或类似的部件。

11.1.3 绕线转子电机的转子绕组及离心开关,其电气间隙和爬电距离可能会小于表 4 的规定。但应保证不会产生有害的后果。

11.1.4 导线连接器,包括压力型连接(快速连接型)应防止转动或移动,以防电气间隙和爬电距离减小到小于表 4 的规定。除非连接器左右转动 30°时,电气间隙和爬电距离不变。

11.1.5 表 4 中指定的电气间隙和爬电距离可通过使用绝缘隔板来获得,这种隔板由下列指定的材料制成。

- a) 如果裸露带电部件在绝缘隔板里面或可能进到里面与绝缘隔板接触,应采用耐热、耐潮材料(如瓷瓶、酚醛塑料、聚酯、碳酸聚酯、尼龙、云母等)。
- b) 如果裸露带电部件(除电磁线之外)不会与绝缘隔板接触,应采用耐潮纤维或类似吸湿材料隔板,其厚度不应小于 0.66 mm。如果电气间隙和爬电距离超过规定值的一半,可采用厚度不小于 0.33 mm 的绝缘隔板。如果通过检验,证实厚度小于 0.33 mm 的绝缘材料(如厚度不小于 0.25 mm 的纯云母)的机械和电气特性满足所有正常使用条件,则可被采用。

11.2 额定电压 1 000 V 及以上电机的电气间隙和爬电距离

11.2.1 接线盒内裸露的不同带电部件或不同极性部件之间及裸露带电部件(包括:电磁线)和非载流金属或可移动金属外壳之间的电气间隙和爬电距离不应小于表 5 的规定。

表 5 电压 1 000 V 及以上的裸露带电部件的最小间距

相关部件	最高工作电压 (交流有效值) V	最小间距 mm					
		不同极性的裸带电部件之间		带电部件与非载流金属之间		带电部件与可移动金属罩壳之间	
		电气间隙	爬电距离	电气间隙	爬电距离	电气间隙	爬电距离
接线端子	1 000	11	16	11	16	11	16
	1 500	13	24	13	24	13	24
	2 000	17	30	17	30	17	30
	3 000	26	45	26	45	26	45
	4 000	32	63	32	63	32	63
	6 000	50	90	50	90	50	90
	10 000	80	160	80	160	80	160

注 1: 表中电气间隙值是按电机工作地点海拔不超过 1 000 m 规定的,当海拔超过 1 000 m 时,每上升 300 m,表格中的电气间隙值增加 3%。

注 2: 仅对中性线而言,表中的进线电压除以 $\sqrt{3}$ 。

注 3: 对 750 V 及以下电机见表 4。

注 4: 本表中的电气间隙值能通过使用绝缘隔板的方式而减小,采用这种防护的性能能通过耐电压强度试验来验证。

注 5: 表中的最小间距值适用于污染等级 2 和/或污染等级 3,材料组别 III a。

11.2.2 当适用时,将非载流金属部件与固体部件隔开的绝缘应可靠地固定,所用纯云母的厚度不应小于 0.25 mm,或是等效的绝缘,且其爬电距离不应小于表 5 的规定。

11.2.3 当适用时,作为 11.2.2 的另一种情况,如果用散热片支撑固体部件,则散热片应被作为裸露带电部件,其电气间隙和爬电距离应按表 5 的规定。

11.2.4 当电机通电时,由于受机械或电气应力作用,刚性结构件的间距减少量不应大于表 5 规定值的 10%。

12 内部布线

12.1 引接线型式和尺寸

12.1.1 电机的引接线应具有合适的载流量和长度,应为绕组引接软电缆和软线或等效类型的导线,且符合以下要求:

- a) 如果引接线用于在安装时连接至电源导线,则该引接线的截面积不应小于 0.75 mm²;
- b) 在引线用于工厂连接的情况下(例如设备的内部引线或电源线引线),或提供端子板的情况下,引接线截面积可小于 0.75 mm²,但不应小于 0.3 mm²。

12.1.2 如果引接线延伸到机座(外壳)之外,便于在其他设备中使用,则其应符合相关标准对此类设备的布线要求。

12.2 引接线绝缘

12.2.1 绕组、电刷架等的引线,如果无法保持合适的间隙,则应采用绝缘导体,或在支撑点之间连续包覆耐热和耐潮的绝缘材料,如绝缘子、管子或其他合适的方式。

12.2.2 用作引接线的绝缘导线,其额定电压不应低于电机引接线部位的最大工作电压;如果电机的任何部分在正常操作中可能产生较高的电压,则该部分的引接线应按较高的电压进行绝缘。

12.2.3 用作引接线导体上的绝缘应能承受使用期间的最高温度。内部布线应绝缘良好,其耐热等级不应低于电机的热分级。如果电机的引接线包有不低于电机热分级的绝缘套管,其包覆长度不应小于与绕组接触部分的长度,引接线的最低耐热温度应符合表 6 的规定。

表 6 引接线的最低耐热温度

热分级	引接线的最低耐热温度 ℃
130(B)	90
155(F)	125
180(H)	150
200(N)	180

12.3 引接线防护

12.3.1 引接线应有足够刚性或机械固定,以防止与移动部件接触。

12.3.2 当引接线穿过金属时,金属边缘应磨圆,或采取适当措施防止绝缘层磨损。

12.3.3 如果在引接线进入电机外壳位置处使用密封剂,其深度不应小于线缆外径,且不小于 15 mm。

12.3.4 穿过全封闭电机外部冷却空气室的引接线应采用金属波纹管或等效物进行适当保护。

12.3.5 引接线与接线端头应采用冷压接。具有多股导线的引接线连接到接线端子时,应能保持在一定位置上,防止散乱的多股导线接地或短路。

13 联接件

13.1 电机中用作电气或机械联接的联接件,应能承受在正常工作使用中产生的机械应力。联接件的螺钉(螺栓)、螺母等零件不应用锌、铝等软金属或易于蠕变的金属材料制造。

13.2 联接件用螺钉应有足够的长度,应能保证联接可靠。

13.3 用于不同零件之间作机械联接的螺钉,若同时具有电气联接作用,则应可靠锁定,防止因松动、发热和接触电压升高造成事故。

13.4 用作电气联接的铆钉,若其在正常使用时易受扭力,则应锁定防止转动。

13.5 联接件是否符合上述要求,应通过目测检查和手感试验判定。

14 电气绝缘

14.1 绕组和刷握等引接线,无法保持适当的电气间隙,应采用绝缘导体或在两个支撑点之间用耐热和耐潮绝缘材料连续包扎,这些材料如绝缘垫、软绝缘管或其他合适的材料。

14.2 当导线穿过电机壳体开口处时,应有下列规定的绝缘子或其他等效物固定在开口处,其表面应光滑圆整,无毛刺、锐边等现象,并应可靠地固定:

- a) 陶瓷材料、塑压材料或橡胶材料,不能单独采用木质、非热压虫胶漆或有沥青成分的绝缘子;
- b) 硫化纸板或经过防潮处理的纤维成型绝缘子,其厚度不应小于 1.2 mm;
- c) 采用玻璃漆管作为绝缘子,其厚度不应小于 0.5 mm;
- d) 经过绝缘处理,其绝缘厚度不小于 0.8 mm 的金属护环,其绝缘应能填满护环与金属之间的空隙,且绝缘不易脱落;
- e) 若电机外壳为木质、瓷质、酚醛塑料或其他非导电材料,则无需绝缘衬套。

14.3 电机中用作支撑带电部件的材料或绝缘衬套材料应能在表 7 规定的温度下持续运行。

表 7 绝缘支撑材料的温度限值

热分级	绝缘支撑材料最低等级温度 ℃
130(B)	120
155(F)	130
180(H)	155
200(N)	180

14.4 对于变频器供电电机的电磁线漆膜应具有耐高频冲击的功能,其化学结构及涂敷工艺应能使电磁线有效地承受高频冲击电压的长期冲击。在 14.5 所述的条件下对电磁线进行耐高频冲击性能评定,漆包铜圆线应满足表 8 的规定,漆包铜扁线应满足表 9 的规定。对于其他电磁线应满足相关产品标准对耐高频脉冲性能的要求。

表 8 漆包铜圆线在高频冲击电源下的寿命

导体标称直径 ϕ mm	施加电压 V		电磁线寿命 h	
	2 级漆膜	3 级漆膜	中值	最小值
$0.250 < \phi \leq 0.500$	1 500(±750)	2 000(±1 000)	≥12	≥6
$0.500 < \phi \leq 0.710$	2 000(±1 000)	2 500(±1 250)		
$0.710 < \phi \leq 0.950$	2 500(±1 250)	3 000(±1 500)		
$0.950 < \phi \leq 1.600$	3 000(±1 500)			

表 9 漆包铜扁线在高频冲击电源下的寿命

漆膜厚度 d mm	施加电压 V	电磁线寿命 h	
		中值	最小值
$d \leq 0.12$	3 000(±1 500)	≥12	≥6
$0.12 < d \leq 0.15$	3 500(±1 750)		
$0.15 < d \leq 0.24$	4 000(±2 000)		
$0.24 < d$	4 500(±2 250)		

14.5 耐高频脉冲性能试验应符合下列规定。

- a) 试验条件：耐高频冲击试验仪波形参数见表 10。在 155 °C 的老化烘箱内，对电磁线试样连续地进行试验，老化烘箱应满足 GB/T 11026.4 的要求。高频冲击试验仪波形参数的计量导则见 GB/T 21707—2025 的规定。

表 10 耐高频冲击试验仪波形参数

参数	要求
波形	对称方波
极性	双极
稳态冲击电压	按表 8 和表 9 的规定
尖峰电压	不大于稳态冲击电压的 2%
频率	(20±0.4)kHz
冲击上升时间 ^a	(100±10)ns, 负载时, 波形符合: 电压从负峰值至 0 和 0 至正峰值所需时间均不小于 49% 冲击上升时间
冲击下降时间	(100±10)ns, 负载时, 波形符合: 电压从正峰值至 0 和 0 至负峰值所需时间均不小于 49% 冲击下降时间
^a 冲击上升时间为峰值电压从低电位上升至高电位所需的时间。	

b) 试样:

- 1) 圆线按 GB/T 4074.7—2024 中 5.1.1 的规定制备成“绞线对”形式;
- 2) 扁线按 GB/T 4074.7—2024 中 5.1.2 的规定制备成“背靠背”形式,可通过拉伸不超过样品总长 1% 的方法进行校直,用能长期耐 180 °C 及以上的高温绑扎线进行绑扎使两线紧密贴合,“背靠背”直线部分的长度为 150 mm。

15 绝缘结构

15.1 耐热等级

电机绝缘结构的耐热等级不应低于电机绕组在正常工作条件下的最终使用温度。

15.2 电网直接供电电机

电机绝缘结构的耐热等级如果已被经验证明或已按相关标准评定,则不需再进行试验,否则应通过以下评定。

- a) 低压散绕绕组电机绝缘结构应按 GB/T 17948.1—2018 进行热评定和分级;成型绕组电机绝缘结构应按 GB/T 17948.3 或 GB/T 22718 进行热评定和分级;包封绝缘结构应按 GB/T 20111.3 进行热评定。电机绝缘结构在对应的耐热等级下,其耐热寿命不应低于 20 000 h。
- b) 成型绕组的绝缘结构应按 GB/T 17948.4 进行电压耐久性评定。供需双方协商确定后可采用短时电老化试验作为接收要求,以常温进行试验,老化最小失效时间应满足 2.17 倍额定电压 400 h 或 2.53 倍额定电压 250 h 的要求。

15.3 变频器供电电机

15.3.1 变频器供电电机绝缘结构组分材料应符合 GB/T 21707—2025 的规定。

15.3.2 变频器供电电机绝缘结构应按 GB/T 17948.1—2018 或 GB/T 17948.3 进行热评定和分级;对于特殊工况(如高低温、严酷机械振动、直接油冷)下的变频器供电电机应按 GB/T 21707—2025 的规定进行热评定和分级;对于其他环境要求的按相关标准规定进行。

15.3.3 变频器供电电机 I 型绝缘结构,应按 GB/T 22720.1—2017 进行鉴别试验,局部放电测试电压幅值按 GB/T 22720.1—2017 附录 B 的规定。对于特殊工况下的变频器供电电机,如高低温、严酷机械振动等工况,绝缘结构应按 GB/T 22720.1—2017 进行 I 型绝缘结构的鉴别试验,局部放电测试电压幅值按 GB/T 22720.1—2017 附录 B 的规定。所涉及的热评定规程应按 GB/T 21707—2025 评定。通过 I 型绝缘结构鉴定试验的绝缘结构应标明其 I 型绝缘结构的冲击电压绝缘等级。

- a) 对于未确定过耐热等级的绝缘结构,则按 15.2 a) 进行热评定,并选择一个温度点在诊断试验中增加局部放电诊断试验。
- b) 若绝缘结构已按 15.2 a) 确定了耐热等级,则仅需在原有的 3 个老化温度中的任一温度下进行热老化试验并在诊断试验中增加局部放电诊断试验。

15.3.4 变频器供电电机 II 型绝缘结构,应按 GB/T 22720.2 进行评定。通过 II 型绝缘结构鉴定试验的绝缘结构应标明其 II 型绝缘结构的冲击电压绝缘等级。

15.4 绝缘结构的变更和组分替代

15.4.1 散绕绕组绝缘结构变更和组分替代应按 GB/T 17948.2 或 GB/T 20139.1 的规定进行。

15.4.2 成型绕组绝缘结构变更和组分替代应按 GB/T 20139.2 的规定进行。

15.5 检验

电机绝缘组分材料的检验应在首批进货确认、产品鉴定和绝缘结构定型前或绝缘结构发生变化时进行；绝缘结构检验应在其产品鉴定和绝缘结构定型前或绝缘结构发生变化时进行。

16 集电环和刷握

16.1 带集电环的电机应设置便于拆卸的监测窗，其刷握组件的结构应保证当电刷磨损至不能再继续工作时，电刷、弹簧和其他零件不应使其附近不通电的金属零部件带电或触及带电零部件。

16.2 刷握装置的连接导线与接线端子应保持良好的电气接触，并且活动件与非载流金属件和带电体间的电气间隙和爬电距离在使用中不应减小。

16.3 除电磁线外的裸露带电部件应由阻燃、耐热、耐潮、耐漏电起痕的绝缘材料支撑。

16.4 刷握装置的接线端子导线应设有止动措施。

17 接线端子

17.1 利用螺钉(螺栓)、螺母或类似装置外接电源电缆(电线)的导电连接螺栓型接线端子，其连接螺钉(螺栓)、螺母等应符合 17.3~17.4 的规定。

17.2 导电连接螺栓型接线端子不应用于固定其他任何零件。在外接电源导线时，若不会引起电机内部导线松动，则该接线端子也可用于夹紧电机内部导线。

17.3 接线端子允许的持续电流与其结构型式、螺钉(或螺栓)的直径和材料有关，应分别符合表 11(导电连接螺栓型)、表 12(片状端子型)和表 13(散放引出线型)的规定。

表 11 导电连接螺栓型

允许持续电流 A	螺栓最小公称直径 mm	螺栓材料
10	M3.5	黄铜(H62)
16	M4	
25	M5	
63	M6	
100	M8	
160	M10	
250	M12	
315	M16	
400	M20	

表 11 导电连接螺栓型 (续)

允许持续电流 A	螺栓最小公称直径 mm	螺栓材料
200	M10	铜
315	M12	
400	M16	
630	M20	
800	M24	
1 000	M30	
1 250	M33	
1 600	M36	
10	M3,5	
16	M4	
25	M5	
63	M6	
100	M8	
200	M10	
400	M12	
630	M16	

表 12 片状端子型

紧固螺栓最小公称直径 mm		M8	M10	M12	M16	M20
允许持续电流 A	铜排单面接触	160	315	500	1 000	1 600
	铜排双面接触	315	630	1 000	2 000	3 200
铜排最小宽度 mm		20	25	30	35	50

表 13 散放引出线型

允许持续电流 A	电缆推荐截面积 mm ²	引接电缆根数 根
8	1.0	1
12	1.5	1
20	2.5	1

表 13 散放引出线型 (续)

允许持续电流 A	电缆推荐截面积 mm ²	引接电缆根数 根
25	4	1
32	6	1
50	10	1
65	16	1
85	25	1
115	35	1
150	50	1
175	70	1
225	95	1
250	120	1
275	150	1
350	185	1
400	240	1
500	150	2
630	185	2
800	240	2

17.4 接线端子应可靠固定。当夹紧装夹或放松电源电缆(电源软线)时接线端子不应转动或位移,内部引出线不应受到应力,电气间隙与爬电距离亦不应小于表 4 或表 5 规定的限值。

17.5 接线端子应配接 OT 型压接端头或弓型垫圈,测温、热保护和轴承磨损监测等保护或监测用的接线端子可配接 UT 型压接接头,以保证导线与接线端子有可靠的联接。当夹紧导线时,应有防松措施,在金属表面之间应有足够的接触压力,既不损伤导线也不会滑脱。

17.6 导电连接螺栓型接线端子应配有硬联接片,供改变电机电压、转速、旋转方向之用,各种连接均应保证电气间隙符合表 4 或表 5 的规定。

17.7 采用螺纹安装接线螺钉的金属材料,其厚度不应小于 1.3 mm,且应有两扣以上的螺纹。

17.8 对未经拉伸的金属材料,若其厚度小于 1.3 mm,但不小于螺纹的螺距时,则允许在螺孔处挤伸,使之有不小于两扣的螺纹。

17.9 接线端子应联接牢固,其结构应能保证导电良好和有足够的接触压力,并具有预期的载流能力。所有的载流部件都应由导电性能良好的金属材料制成,并应有足够的机械强度。紧固件若用黑色金属,则应电镀或用其他有效措施防止锈蚀。

18 非金属功能部件

18.1 耐热变形性

电机中非金属材料(除陶瓷材料以外)及其制成的零部件应按 GB/T 5169.21 的规定进行球压试验。试验条件见表 14。

表 14 非金属材料球压试验条件

零部件	试验条件
由非金属材料制成的电机外部零件,例如接线盒、冷却风扇、外风罩等	(75±2)℃
接线板、塑料换向器、塑料集电环等,安装或支撑载流零部件的绝缘材料	(125±2)℃

18.2 燃烧试验

18.2.1 电机中非金属材料(除陶瓷材料以外)及其制成的零部件应具有阻燃性,应按 GB/T 5169.11 进行灼热丝试验。试验条件见表 15。

表 15 燃烧试验条件

零部件	试验条件	
安装接线端子的绝缘部件,如接线板等	(960±15)℃	
集电环、刷握装置、离心开关等零部件中有可能要承受电机正常或不正常状态下产生的接触火花的绝缘零部件	安装支撑载流零部件	(960±15)℃
	支撑非载流零部件	(650±10)℃

18.2.2 由非金属材料制成的风扇、风罩和接线盒等电机外部零件,应按 GB/T 5169.16—2017 试验方法 A(水平燃烧试验)进行着火危险试验,其结果应能达到 HB40 级;或用 GB/T 5169.12 的灼热丝试验代替,试验温度为(650±10)℃。

18.3 耐漏电起痕性

18.3.1 电机中安装带电零部件的绝缘材料,带电零部件和相邻不带电的金属零部件之间的绝缘材料应具有耐漏电起痕性。

18.3.2 电机绕组的浸渍漆、囊封树脂、涂敷材料等应按 GB/T 4207 的规定测定,其耐电痕化指数 PTI 达到 200 为通过。

18.3.3 电机接线板、塑料集电环等按 GB/T 4207 的规定测定其相比电痕化指数 CTI 不应小于 175 V。

18.3.4 如果电机与整机配套使用时,整机要求有更高的耐漏电起痕能力,则应按整机标准要求试验。

18.4 老化试验

18.4.1 电机中非金属材料及其制成的电机外壳零部件(例如塑料风扇、塑料风罩、塑料接线盒等)应按 GB/T 16422.2 的规定进行耐气候老化试验,老化后的材料,其机械性能(拉伸强度或冲击强度或弯曲强度)不应低于未老化材料的 50%。

18.4.2 电机中由橡胶或类似材料制成的弹性部件(例如衬垫、密封圈等)应能耐老化。并按下述试验

方法评定：

- a) 将弹性部件置于 $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的加热室中 240 h,室内大气压力和成分同周围空气,且有自然循环通风;
- b) 再将试品放在室温和相对湿度 45%~55%环境中不少于 24 h;
- c) 试验后目测试品应无表面龟裂、收缩、变黏或出油现象。

19 定额试验

19.1 通则

19.1.1 电机按照本章所述进行试验时,应满足相应的要求。当某种电机为非本章所述的电机,则应按照这些要求的预期目的进行试验。

19.1.2 电机应在每一种可能的运行条件下,即每个额定电压、额定频率、额定转速和旋转方向进行试验。对可用于一个电压范围的电机,在所有适用的标称电压下都应进行试验。当额定频率对应两种频率,电机应在两种频率下都进行试验。当额定频率对应一个频率范围,则电机应在最低和最高频率点分别进行试验。当电机通过改变绕组接法改变转速时,则应在每种转速下分别进行试验。

例外的情况:对于通过内部变换绕组改变转向的电机,例如分相电机,不需要在两种旋转方向都进行试验。

19.1.3 试验应在 $10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间的任意环境温度下进行,除非电机明示的环境温度不在此范围内,这种情况下,电机应在明示的环境温度下进行试验。

19.2 定额试验

19.2.1 当电机以额定电压和额定频率运行,并以额定负载输出,输入电流与明示的额定电流值偏差不应超过 10%。

19.2.2 当电机以转速和电流为定额,且在额定电压和额定频率下运行,仅传送额定转速,输入电流与明示的额定电流值偏差不应超过 10%。

19.2.3 能够在多种转速下额定运行的电机应在最低转速、中间转速和最高转速下(如果明示)试验,并符合 19.2.1 和 19.2.2。

例外的情况:电机仅标以电压和频率,则不需要进行定额试验。

19.2.4 若电机与实际负载为一整体不可拆分,或电机与实际负载拆分后无法正常试验的,可不进行定额试验。

19.3 运行期间电压和频率的变化试验

19.3.1 电机应能在 GB/T 755 规定的电压和频率的综合变化区域 A 内连续运行,应能在区域 B 内运行。

19.3.2 电机在区域 A 的边界上运行时,其温升或温度的限值比标准规定的限值增加 10 K 或 10°C 。

20 热试验

20.1 对标明了工作制的电机,以额定频率、额定电压并输出额定功率(或额定电流或额定转矩)进行试验;对连续定额的电机应试验直至热稳定。电机各部分的温升和温度应满足 20.3 及 20.5 和表 16 的要求。

20.1.1 电动机的工作制分为 S2、S3、S4、S5、S6、S7 和 S9 共 7 种工作制,制造商应提供电动机的转动惯量,用户将根据电动机的转动惯量及负载转动惯量确定合适的每小时等效起动次数及相应的负载持续率。

20.1.2 用户有责任表明工作制,在用户未表明工作制时,制造商则认为是 S3 工作制,基准负载持续率为 40%。

20.1.3 基准工作制 S3 40%时的额定功率在产品标准中规定,制造商应按规定的功率制定,非基准工作制时的功率由制造商给出,并分别提供负载持续率 15%、25%、60%及 100%时的输出功率值。非基准负载持续率时的功率按基准负载持续率时的额定功率的实际温升确定。

- a) S2 工作制(短时工作制):制造商应提供 30 min 及 60 min 输出功率及铭牌上要求的相关数据,试验或使用时应从实际冷状态下开始。
- b) S3 工作制(断续周期工作制):制造商用于检验电机性能的一种试验方法,是以 S3 40%时的额定功率下的实际温升确定其他各种工作制及相应各负载持续率下的各个输出功率;如无其他规定,试验时每一工作周期为 10 min,一般铭牌上所标志的数据,均是 S3 40%额定功率时的性能参数。
- c) S4 工作制(包括起动的断续周期工作制):是接近用户使用状态的一种工作制,起动损耗对电机温升的影响不可忽略。制造商应检验典型每小时等效起动次数及相应负载持续率下的输出功率值,并在铭牌上标志要求的性能参数。
- d) S5 工作制(包括电制动的断续周期工作制):除了起动损耗外,又增加电制动损耗对温升的影响,制造商应提供典型每小时等效起动次数及相应负载持续率下的输出功率值。每小时等效起动次数包括每小时起动次数+点动次数+反接制动次数。一般是 4 次点动折算到一次全起动,反接制动到正常转速时的 1/3 相当于 0.8 次全起动,正反一次相当于 4 次全起动次数。用户应根据传动系统运行状态正确选用制造商提供的起动次数与输出功率的对应关系,特别提出要考虑惯量数值。
- e) S6 工作制(连续周期工作制):该工作制是无停机和断能的一种工作制,制造商应提供负载持续率为 15%、25%、40%及 60%时的输出功率。
- f) S7 工作制(包括电制动的断续周期工作制):它是无停机和断能的 S5 工作制,负载持续率等于 1;电机发热显著,则输出功率应明显下降,制造商应提供不同起动次数时的输出功率。
- g) S9 工作制(负载和转速作非周期变化的工作制):负载和转速在允许的范围内作非周期变化的工作制,这种工作制包括经常性过载,如变频调速电机,通常选定一个以 S1 工作制为基准的合适的恒定负载为基准进行热试验,考核其发热情况。

20.2 电机应在所有适用的额定电压下进行试验。对大容量电机,当按额定电压进行试验有困难时,可按相关标准所规定的试验方法进行。

20.3 电机应按 GB/T 755 和产品标准规定的运行条件进行试验。电机绕组、铁心、集电环等的温升限值、测量方法和修正值按 GB/T 755 的规定。如产品标准另有规定,则应按产品标准的规定考核。轴承温度的测量方法按 GB/T 755 的规定,轴承温度限值按产品标准的规定。

20.4 当电机有多个定额时应在将会产生最高温度的定额下进行试验。

20.5 接线盒要求如下。

- a) 接线盒内各部件的最高允许温度不应超过表 16 的规定。

表 16 接线盒内各部件的最高允许温度(基于 30 ℃ 的环境温度)

电机外壳	130(B)	155(F)	180(H)	200(N)
除全封闭无通风外壳(IC40)之外的所有外壳温度/℃	75	90	110	130
全封闭无通风外壳(IC40)温度/℃	90	110	110	130

b) 热试验按如下规定进行:

- 1) 外接电源的允许载流量应是电机满载额定电流的 125%;
- 2) 外接电源线长度(接线盒外起)不应少于 1.22 m;
- 3) 外接电源线应通过接线盒导线管穿入;
- 4) 热试验时所有接线盒开孔应封闭。

20.6 标以服务系数的电机,应在额定电压和频率下连续加载直到实际输出等于额定输出乘以服务系数。

20.7 变频电机热试验补充要求:

- a) 变频电机进行热试验时,试验所配用的变频器装置的型号规格,以及根据特定需要,所设置的参数等信息,应记录在试验报告中;
- b) 试验电压和频率应是由符合电机运行范围和制造商指定的变频器电源输出,如果满足 20.7c) 的要求,可以用正弦波电源代替变频器;

注:当使用正弦波电源代替变频器时,测试是在单一频率下进行。

- c) 如果电机用正弦波电源进行测试,电机绕组的温升限值,应根据机座号和外壳型式,按表 17 所列幅度降低,除非指定的变频器/电机组合的测试数据证明,较小的温升限值降幅是合理的。

表 17 正弦波电源供电时变频调速电机温升限值的降低

机座号	外壳型式	用正弦波电源测试时温升限值降低 ℃
≤H315	全封闭风冷外壳(IC41)、全封闭无通风外壳(IC40)	30
	除 IC41、IC40 外	20
≥H355	所有外壳型式	10

注 1: 该表根据测试结果制定,它建立了热降额、外壳类型和机座号之间的相互关系,能用来代替 20.7b) 的要求。

注 2: 调速电机一般有 3 种应用考虑,恒功率、恒转矩和变转矩,如果使用正弦波电源来确定电机温升,测试条件是:

- a) 选择最不利的运行方式,在最高转速和/或最低转速确定电机的温升;
- b) 根据用户要求协商确定的其他方式。

20.8 当电机带有制动线圈,控制器等电机运行必不可少的装置或器件时,其各部分的温升和温度,应满足相应产品标准的规定。

21 接触电流

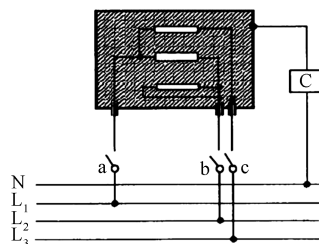
21.1 电机应具有良好的绝缘性能,电机进行第 20 章热试验后,在 1.06 倍额定电压及实际负载下运行。

21.2 电机如装有无线电干扰滤波器、保护阻抗,试验前应予以断开。

21.3 接触电流通过用 GB/T 12113—2023 图 4 所描述的电路装置进行测量,测量在电源的任一极和连接金属箔的易触及金属部件之间进行。被连接的金属箔面积不超过 $20\text{ cm} \times 10\text{ cm}$,它与绝缘材料的易触及表面相接触。

21.4 GB/T 12113—2023 图 4 所示的电压表应能测量电压的真有效值。

21.5 电机的测量电路在图 1 中给出。先将开关 a、b 和 c 拨到关闭位置来测量接触电流。然后,将开关 a、b 和 c 每个轮流打开,而其他两个开关仍处于关闭位置再进行重复测量,对只打算星形连接的器具,不连接中性线。



标引符号说明:

a、b、c ——单刀单掷开关;

C ——GB/T 12113—2023 中的图 4 测量电路;

N ——中性线;

L_1 、 L_2 、 L_3 ——三相电源线。

图 1 三相电机在工作温度下接触电流的测量电路图

21.6 电机在工作温度下的接触电流不应大于 2.0 mA 有效值。

22 绝缘电阻

22.1 电机绕组的绝缘电阻在热态或热试验后不应低于公式(1)的值:

$$R = \frac{U}{1\,000 + P/100} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

R ——电机绕组绝缘电阻,单位为兆欧($M\Omega$);

U ——电机绕组的额定电压,单位为伏(V);

P ——电机的额定功率,单位为千瓦(kW)。

按公式(1)计算的绝缘电阻低于 $0.38\text{ M}\Omega$,则按 $0.38\text{ M}\Omega$ 考核。

22.2 对额定电压 $1\,000\text{ V}$ 及以下的电机,冷态绝缘电阻不应低于 $5\text{ M}\Omega$ 。对额定电压 $1\,000\text{ V}$ 以上的电机,冷态绝缘电阻不应低于 $50\text{ M}\Omega$ 。

22.3 绝缘电阻测量方法如下。

a) 绝缘电阻的测量仪表应按表 18 选择。

表 18 绝缘电阻直流测量电压

单位为伏特

电机绕组额定电压 U_N	$U_N < 1\ 000$	$1\ 000 \leq U_N \leq 2\ 500$	$2\ 500 < U_N \leq 5\ 000$
直流电压范围	500	500~1 000	1 000~2 500
检温计对绕组和机壳的绝缘电阻测量电压	≤ 250		

- b) 对工作时需与机壳直接相接或通过保护电容器连接的电机绕组,在测量时应将这些绕组与机壳或保护电容器断开。
- c) 对绕线转子电机应分别测量定子绕组和转子绕组的绝缘电阻。
- d) 对具有多套绕组的电机,应分别测量各套绕组(无对地绝缘的绕组除外)及相互间的绝缘电阻。
- e) 绝缘电阻测量后,绕组应对地充分放电。

23 介电强度试验

23.1 通则

23.1.1 电机绝缘应具有足够的介电强度,应能承受 23.2~23.4 规定的耐电压试验,无击穿和闪络现象。

23.1.2 进行耐电压试验时应采取安全保护措施,防止人员触及试验电路和被试电机。

23.2 工频耐电压试验

23.2.1 电机应按 GB/T 755 的规定进行耐电压试验。进行耐电压试验前,应先按要求测定绝缘电阻。

23.2.2 试验应在装配好的电机上进行,试验时电机所处状态和接线要求按 GB/T 755 规定,若三相绕组中性点不易分开时,应对三相绕组的所有出线端同时施加试验电压。

23.2.3 对装有不是为防触电或本身在耐电压试验时易损坏的固态元件的电机,应在与其电气连接之前进行耐电压试验。

23.2.4 试验时,与电机线端相连的浪涌电容器、避雷器、电流互感器等应断开,且与机壳上的接地装置相接。

23.2.5 试验时,电机中的空间加热器和测温装置,均应与机壳上的接地装置相接。

23.2.6 额定电压 1 000 V 及以下的电机,每 1 kV 试验电压,试验变压器的容量不应小于 1 kVA。

23.2.7 额定电压 1 000 V 以上的电机,每 5 kV 试验电压,试验变压器的容量不应小于 1 kVA。

23.2.8 试验电压应在试验变压器的高压侧用静电电压表或电压互感器或用试验变压器的专用测量绕组测量,不应用变压器低压侧电压通过变比换算。

23.2.9 被试电机的试验电流应在试验变压器高压侧测量和判断:

- a) 对额定电压 1 000 V 及以下的电机,试验所用高压变压器的过电流继电器的脱扣电流应为 0.5 A,当试验电流大于或等于 0.5 A 时,则判定被试电机击穿;
- b) 对额定电压 1 000 V 以上的电机,试验结果的判别,按相关产品标准规定。

23.3 电机绕组匝间绝缘冲击耐电压试验

23.3.1 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘应按 GB/T 22719.1 及 GB/T 22719.2 的规定进行。

23.3.2 交流低压电机成型绕组匝间绝缘应按 GB/T 22714 的规定进行。

23.3.3 绕组匝间冲击耐电压试验也可采用短时升高电压方法进行,电机应施加 130% 额定电压,历时 3 min,电机应无冒烟等击穿现象,试验时允许将电源频率提高到额定值的 110%。

23.4 电机绕组、接线板等相互间或对机壳(地)主绝缘冲击耐电压试验

23.4.1 额定电压 3 000 V 及以上电机成型绕组的主绝缘,随机抽取 2 个线圈嵌入槽内或在槽部包上良好接地的导电带或金属箔,在线圈引接线与地之间施加 23.4.4 和 23.4.6 规定的冲击试验电压 5 次,每次间隔时间不应少于 1 s。

23.4.2 额定电压 1 140 V 及以下电机散嵌或成型绕组的对地绝缘,应在绕组引接线端子与机壳间按 23.4.4~23.4.6 规定施加冲击试验电压。

23.4.3 电机接线装置,应在接线端子间、接线端子与机壳之间,按 23.4.4~23.4.6 规定施加冲击试验电压。

23.4.4 试验电压波形应为标准雷电冲击电压波形,其波前时间为 1.2 μ s(允差 \pm 30%),半峰值时间为 50 μ s(允差 \pm 20%)。

23.4.5 冲击试验电压正负极性各施加 3 次,每次间隔时间不应少于 1 s。

23.4.6 冲击试验电压峰值应按公式(2)计算,并按 GB/T 8170 修约至千数位:

$$U_s = 4U + 5\,000 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

U_s ——电机对地冲击试验电压(峰值),单位为伏(V);

U ——电机额定电压(有效值),单位为伏(V)。

24 机械强度试验

24.1 超速

24.1.1 电机的旋转部件应按 GB/T 755 的规定进行超速试验,试验后应无永久性的异常变形和不产生妨碍电机正常运行的其他缺陷,转子绕组在试验后应能满足耐电压试验的要求。

24.1.2 涡流制动器在无励磁电流情况下,应能承受下述最大转速的超速试验,历时 2 min,电枢不应发生有害变形:

- a) 机座号 160~250,允许的最大转速为 3 000 r/min;
- b) 机座号 280~315,允许的最大转速为 2 250 r/min;
- c) 机座号 355~400,允许的最大转速为 1 800 r/min。

24.2 短时过转矩

电机应按 GB/T 755 规定的短时过转矩试验而不发生转速突变、停转或有害变形。

24.3 撞击试验

非金属电机外壳应能在室温下,外壳表面任何点承受 6.78 J 的单次撞击试验,该撞击是通过从 1 300 mm 高度掉落直径为 ϕ 51 mm、质量为 0.53 kg 的钢球产生。试验后应满足 5.2.3 的要求。

24.4 接线盒静压力试验

24.4.1 电机接线盒应坚实耐用且安装牢固,应无有害变形和松动。

24.4.2 机座号大于 90 的电机接线盒,其水平表面应能承受 1 060 N 的垂直静压力,历时 1 min;机座号 90 及以下的电机,其水平表面应能承受压强为 0.135 N/mm² (135 kPa) 的垂直静压力,最大值为 1 060 N,历时 1 min。垂直静压力应通过一个直径 ϕ 50.8 mm 的平坦的金属面施加,此垂直静压力与电机预定的安装位置无关。

24.4.3 试验后接线盒的有效性没有损伤,电气间隙和爬电距离不应小于表 4 或表 5 的规定。

24.5 进线导线管螺纹强度

刚性金属导线管应能承受下列试验而不破损,施加于刚性金属进线导线管上的试验扭矩值按表 19 的规定:

- a) 在任意方向短时间的弯曲;
- b) 施加拧紧导线管方向的扭矩。

表 19 弯曲和紧固扭矩

进线导线管螺纹规格	扭矩 N·m
M12×1.5	34
M20×1.5	57
M24×1.5	80
M30×2	113
M36×2	136
M52×2 及以上	181

24.6 接线端子强度

接线板和接线端子应具有足够的机械强度和刚度,在承受表 20 的紧固扭矩时不应损坏。

表 20 接线端子的紧固扭矩

接线端子公称直径 mm	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
紧固扭矩 N·m	0.8	1.2	2.0	3.0	6.0	10.0	15.5	30.0	52.0	80.0

24.7 吊运装置

电机及其部件用于吊运的吊环或类似装置应具有足够的机械强度,进行轴向保证载荷试验时,不会因负载产生永久变形或转动,吊环允许轴向保证载荷试验方法按 GB/T 825 的规定。

24.8 电源软线夹紧装置

24.8.1 电源软线夹紧装置是否符合要求,应进行检查,并通过拉力和扭转试验判定。试验时将电源软线在离线夹 100 mm 处断开,在电源软线上施加表 21 规定的静拉力,历时 1 min,试验时电机应置于其

结构允许的任意位置,使夹紧装置能受到拉力作用。试验后,电源软线被夹持部位与夹紧位置的相对位移不应大于 2 mm。

表 21 电源软线的耐受静拉力

软电缆(电线)类型	静拉力 N
连接电源的软电缆(电线)	157
连接元件的软电缆(电线)	88

24.8.2 在夹紧装置外壳和电源软线间施加 0.28 N·m 的力矩,历时 1 min,电源软线应无转动现象。

25 防护试验

电机的外壳防护试验应按 GB/T 4942 的规定。

26 湿热试验

26.1 电机应能经受正常使用中可能出现的潮湿条件,电机湿热试验后应满足 GB/T 12665 的规定。电机应按 GB/T 2423.4 规定的交变湿热试验方法,进行 6 周期试验。当相关产品标准另有专门规定时,电机也可按 GB/T 2423.3 的规定,进行 2 周期恒定湿热试验。湿热试验后应测试电机的接触电流、绝缘电阻和电气强度。

注:对装有防潮加热器的电机不做湿热试验考核。

26.2 湿热试验后的接触电流按第 21 章进行测试,但电机在不连接电源情况下进行,交流试验电压施加在带电部件和连接金属箔的易触及金属部件之间进行。被连接的金属箔面积不超过 20 cm×10 cm,它与绝缘材料的易触表面相接触。

试验电压为 1.06 倍的额定电压除以 $\sqrt{3}$ 。

在施加试验电压后的 5 s 内,测量接触电流,电机的接触电流不应大于 2.0 mA 有效值。

26.3 湿热试验后电机绝缘电阻不应低于第 22 章的规定,并应通过 23.2 规定的耐电压试验,其试验电压值应为 23.2 规定值的 85%,历时 1 min,无击穿或闪络现象,脱扣电流不应大于 0.5 A。

26.4 湿热试验后,电机应能正常运转,不应出现卡滞或其他影响电机正常运转的现象。

27 防腐蚀

27.1 如果钢铁零件的锈蚀可能导致电机着火、触电或伤害人身,则这些零件应采用油漆、涂覆、电镀或其他措施以保证有足够的防锈能力。

27.2 对于壳体内钢和铁零件,若外露于空气中氧化不显著时,诸如轴承、冲片等零件可不要求防锈蚀。

27.3 除集电环和电刷以外,电机的载流零部件(绕组线圈除外)应电镀。其镀层厚度不应小于 5 μm。电机的外部金属零部件、转子铁心外表面和定子铁心内表面都应进行防锈处理。

27.4 对于防锈能力有怀疑的零件,还应进行 27.5 规定的试验,按 27.6 进行判定。

27.5 把试验零件浸入除脂剂中 10 min,以除去所有的油脂或杂质,然后将该零件浸入温度为(20±5)℃、浓度为 10%的氯化氨水溶液里 10 min,不用揩干,只要抖去水滴之后将零件放入一个饱和湿度、

温度为 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的箱子里 10 min;最后,零件在温度为 $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内干燥 10 min。

27.6 经上述试验后,零件表面不应有生锈痕迹,但在锐边上的锈迹和任何可擦除的淡黄色斑膜可忽略不计。

28 元器件

电机中的元器件,如开关、电流互感器、电压互感器或类似的器件,应符合相应产品标准的要求;所有元器件应在电机上安装牢固并易于更换。

电容器附件要求应符合 GB/T 14711—2025 的规定。

29 起动与制动(屏蔽电机除外)

29.1 电动机应能够频繁地起动、制动及逆转,在此种情况下应能保证安全可靠运行。

29.2 当起重设备吊起额定载荷,电源电压符合相关产品标准或 GB/T 755 的规定时,电动机应能正常工作。

29.3 绕线转子电机起动时,转子应串入附加电阻或电抗及其他有效措施以限制起动电流的平均值不超过各种工作制额定电流的 2 倍。

29.4 带制动器的电机制动应平稳可靠。静制动力矩的保证值不应低于有关产品标准的规定。

29.5 电磁制动器在吸合和释放过程中应无卡住现象,制动应迅速、可靠,在励磁电压为额定电压的 85%时,应能保证正常工作。

30 电磁兼容性(EMC)

电机的电磁兼容性应符合 GB/T 755 的规定。

31 屏蔽电机特殊要求

31.1 屏蔽电机的循环管、管接头及定转子屏蔽套不应有断裂或开焊现象,凡与泵送液体接触的零部件均应有足够的机械强度、耐腐蚀性能和密封性能,保证输送液体完全无泄漏。

31.2 屏蔽电机接线盒的筒体、接线板、接线端子及其密封件应具有足够的机械强度和密封性能,即使在定子屏蔽套损坏的情况下仍能保证输送的液体不泄漏到大气中。

31.3 屏蔽电机产品及相关零部件应进行水压试验、密封泄漏试验和无损检验,零部件水压试验的压力等级应满足机组产品(如泵机组)整体承压要求,并应符合相关产品特定的技术要求。

31.4 屏蔽电机定、转子屏蔽套的焊缝应进行渗透检漏试验,试验方法按相关标准或规定进行。

31.5 屏蔽电机定、转子应分别进行氮气检漏试验,试验方法按相关标准或规定进行。

31.6 屏蔽电机应按产品标准规定的运行条件进行试验,电机绕组温升限值不超过产品标准的规定,试验方法和修正值按 GB/T 755 的规定。

32 防爆电机要求

防爆电机的防爆结构及性能应符合 GB/T 3836.1、GB/T 3836.2 和 GB/T 3836.31 等规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.18—2008 电工术语 低压电器
[2] GB/T 2900.27—2008 电工术语 小功率电动机
-

