

## 北方区

**北京**  
北京市朝阳区望京中环南路7号  
邮政编码: 8543  
邮编: 100102  
电话: (010) 6476 8888  
传真: (010) 6476 4831

**济南**  
济南市舜耕路28号  
舜华园商务会所5楼  
邮编: 250014  
电话: (0531) 8266 6088  
传真: (0531) 8266 0836

**西安**  
西安市高新区科技路33号  
高新国际商务中心28层  
邮编: 710075  
电话: (029) 8831 9898  
传真: (029) 8833 8818

**青岛**  
青岛市香港中路76号  
青岛颐中皇冠假日酒店405室  
邮编: 266071  
电话: (0532) 8573 5888  
传真: (0532) 8576 9963

**天津**  
天津市和平区南京路189号  
津汇广场写字楼1401室  
邮编: 300051  
电话: (022) 8319 1666  
传真: (022) 2332 8833

**郑州**  
郑州市中原中路220号  
裕达国贸中心写字楼2506室  
邮编: 450007  
电话: (0371) 6771 9110  
传真: (0371) 6771 9120

**唐山**  
唐山市建设北路99号  
火炬大厦1308房间  
邮编: 063020  
电话: (0315) 317 9450/51  
传真: (0315) 317 9733

**太原**  
太原市府西街69号国际贸易中心  
西塔16层16108  
邮编: 030002  
电话: (0351) 868 9048  
传真: (0351) 868 9046

**乌鲁木齐**  
乌鲁木齐市五一一路160号  
鸿福饭店C座918室  
邮编: 830000  
电话: (0991) 582 1122  
传真: (0991) 584 6288

**洛阳**  
洛阳市中州西路15号  
洛阳牡丹大酒店4层415房间  
邮编: 471003  
电话: (0379) 6468 0295  
传真: (0379) 6468 0296

**兰州**  
兰州市东岗西路589号  
锦江阳光酒店21层2111室  
邮编: 730000  
电话: (0931) 888 5151  
传真: (0931) 881 0707

**石家庄**  
石家庄市中山东路303号  
石家庄世貿广场酒店1309室  
邮编: 050011  
电话: (0311) 8669 5100  
传真: (0311) 8669 5300

**烟台**  
烟台市南大街9号  
烟台金都大厦9层12室  
邮编: 264001  
电话: (0535) 212 1880  
传真: (0535) 212 1887

**淄博**  
淄博市张店区共青团西路95号  
钻石商务大厦19层L单元  
邮编: 255036  
电话: (0533) 230 9898  
传真: (0533) 230 9944

**银川**  
银川市北京东路123号  
太阳神大酒店A区1507房间  
邮编: 750001  
电话: (0951) 786 9866  
传真: (0951) 786 9867

**塘沽**  
天津经济技术开发区第三大街  
广场东路20号滨海金融街东区  
E4C座三层15号  
邮编: 300457  
电话: (022) 5981 0333  
传真: (022) 5981 0335

## 东北区

**沈阳**  
沈阳市沈河区北站路59号  
财富大厦 E座13层  
邮编: 110013  
电话: (024) 8251 8111  
传真: (024) 2253 3626

**锦州**  
锦州市古塔区解放路2段91号  
锦州金厦国际饭店4楼  
邮编: 121001  
电话: (0416) 233 0868  
传真: (0416) 233 0971

**大连**  
大连市西岗区中山路147号  
大连森茂大厦8楼  
邮编: 116001  
电话: (0411) 8369 9760  
传真: (0411) 8360 9468

**哈尔滨**  
哈尔滨市南岗区红军街15号  
奥威斯发展大厦30层A座  
邮编: 150001  
电话: (0451) 5300 9933  
传真: (0451) 5300 9990

**长春**  
长春市西安大路569号  
长春香格里拉大饭店401房间  
邮编: 130061  
电话: (0431) 8898 1100  
传真: (0431) 8898 1087

**包头**  
包头市钢铁大街66号国贸大厦2107室  
邮编: 014010  
电话: (0472) 590 8380  
传真: (0472) 590 8385

**鞍山**  
鞍山市铁东区东风街108号  
鞍山山东宾馆2层  
邮编: 114010  
电话: (0412) 558 1611  
传真: (0412) 555 9611

**呼和浩特**  
呼和浩特市乌兰察布西路  
内蒙吉饭店15层1508房间  
邮编: 010010  
电话: (0471) 693 8888-1508  
传真: (0471) 628 8269

## 华东区

**上海**  
上海市浦东新区浦东大道1号  
中国船舶大厦10楼  
邮编: 200120  
电话: (021) 3889 3889  
传真: (021) 5879 7452

**长沙**  
长沙市五一一大道456号  
亚大时代2101房  
邮编: 410011  
电话: (0731) 446 7770  
传真: (0731) 446 7771

**南京**  
南京市玄武区中山路228号  
地铁大厦18层  
邮编: 210008  
电话: (025) 8456 0550  
传真: (025) 8451 1612

**杭州**  
杭州市西湖区杭大路15号  
嘉华国际商务中心1710室  
邮编: 310007  
电话: (0571) 8765 2999  
传真: (0571) 8765 2998

**无锡**  
无锡县县前东街1号  
金陵大酒店24层2401-2403  
邮编: 214007  
电话: (0510) 8273 6868  
传真: (0510) 8276 8481

**合肥**  
合肥市濉溪路278号  
财富广场27层2701、2702室  
邮编: 230041  
电话: (0551) 568 1299  
传真: (0551) 568 1256

**宜昌**  
宜昌市东山大道95号  
清江大厦2011室  
邮编: 443000  
电话: (0717) 631 9033  
传真: (0717) 631 9034

**徐州**  
徐州市彭城路93号  
泛亚大厦18层  
邮编: 221003  
电话: (0516) 8370 8388  
传真: (0516) 8370 8308

**武汉**  
武汉市汉口江汉区建设大道709号  
建银大厦18楼  
邮编: 430015  
电话: (027) 8548 6688  
传真: (027) 8548 6668

**温州**  
温州市车站大道  
高联大厦9楼B1室  
邮编: 325000  
电话: (0577) 8606 7091  
传真: (0577) 8606 7093

**连云港**  
连云港市连云区中华西路  
千禧小区9幢3单元601室  
邮编: 222042  
电话: (0518) 8231 3929  
传真: (0518) 8231 3929

**扬州**  
扬州市江阳中路43号  
九州大厦7楼704房间  
邮编: 225009  
电话: (0514) 8778 4218  
传真: (0514) 8787 7115

**苏州**  
苏州市新加坡工业园苏华路2号  
国际大厦11层17-19单元  
邮编: 215021  
电话: (0512) 6288 8191  
传真: (0512) 6661 4898

**宁波**  
宁波市沧海路1926号  
上东商务中心25楼2511室  
邮编: 315040  
电话: (0574) 8785 5377  
传真: (0574) 8787 0631

**南昌**  
南昌市北京西路88号  
江信国际大厦1401室  
邮编: 330046  
电话: (0791) 630 4866  
传真: (0791) 630 4918

**常州**  
常州市关河东路38号  
九洲寰宇大厦911室  
邮编: 213001  
电话: (0519) 8989 5801  
传真: (0519) 8989 5802

**绍兴**  
绍兴市解放北路玛格丽特商业中心  
西区2幢玛格丽特酒店10层1020室  
邮编: 312000  
电话: (0575) 8820 1306  
传真: (0575) 8820 1632  
(0575) 8820 1759

**南通**  
南通市人民中路20号  
中城大酒店(汉庭酒店)9楼9988  
邮编: 226001  
电话: (0513) 8532 2488  
传真: (0513) 8532 2058

**扬中**  
扬中市扬子中路199号  
金陵大酒店大厦703室  
邮编: 212200  
电话: (0511) 832 7566  
传真: (0511) 832 3356

## 华南区

**广州**  
广州市天河路208号  
天河城侧粤海天河城大厦8-10层  
邮编: 510620  
电话: (020) 3718 2888  
传真: (020) 3718 2164

**福州**  
福州市五四路136号  
中银大厦21层  
邮编: 350003  
电话: (0591) 8750 0888  
传真: (0591) 8750 0333

**南宁**  
南宁市金湖路63号  
金源现代城9层935室  
邮编: 530022  
电话: (0771) 552 0700  
传真: (0771) 552 0701

**深圳**  
深圳市华侨城汉唐大厦9楼  
邮编: 518053  
电话: (0755) 2693 5188  
传真: (0755) 2693 4245

**东莞**  
东莞南城区宏远路1号  
宏远大厦1403-1405室  
邮编: 523087  
电话: (0769) 2240 9881  
传真: (0769) 2242 2575

**厦门**  
厦门市厦禾路189号  
银行中心29楼21层2111-2112室  
邮编: 222042  
电话: (0592) 268 5508  
传真: (0592) 268 5505

**佛山**  
佛山市汾江南路38号  
东建大厦19楼K单元  
邮编: 528000  
电话: (0757) 8232 6710  
传真: (0757) 8232 6720

**海口**  
海口市大同路38号  
海口国际商业大厦1042房间  
邮编: 570102  
电话: (0898) 6678 8038  
传真: (0898) 6678 2118

**珠海**  
珠海市景山路193号  
珠海石景山旅游中心229房间  
邮编: 519015  
电话: (0756) 337 0869  
传真: (0756) 332 4473

**汕头**  
汕头市金海湾大酒店1502房  
邮编: 515041  
电话: (0754) 848 1196  
传真: (0754) 848 1195

**柳州**  
柳州市潭中东路17号  
华信国际大厦B座12层1210单元  
邮编: 545006  
电话: (0772) 288 7006  
(0772) 288 7008  
传真: (0772) 288 7005

**湛江**  
湛江市经济开发区乐山大道31号  
湛江皇冠假日酒店1616单元  
邮编: 524022  
电话: (0759) 338 1616  
(0759) 338 3232  
传真: (0759) 338 6789

## 西南区

**成都**  
成都市人民南路二段18号  
川信大厦1817楼  
邮编: 610016  
电话: (028) 8619 9499  
传真: (028) 8619 9355

**重庆**  
重庆市渝中区邹容路68号  
大都会商厦18层1809-12  
邮编: 400010  
电话: (023) 6382 8919  
传真: (023) 6370 0612

**昆明**  
昆明市青年路395号  
邦克大厦27楼  
邮编: 650011  
电话: (0871) 315 8080  
传真: (0871) 315 8093

**攀枝花**  
攀枝花市炳草岗新华街  
泰隆国际商务大厦B座16层B2-2  
邮编: 617000  
电话: (0812) 335 9500/01  
传真: (0812) 335 9718

**宜宾**  
宜宾市长江大道东段67号  
华荣酒店02233号房  
邮编: 644002  
电话: (0831) 233 8078  
传真: (0831) 233 2680

**绵阳**  
绵阳市高新区火炬广场西街北段89号  
长虹大酒店四楼商务会议中心  
邮编: 621000  
电话: (0816) 241 0142  
传真: (0816) 241 8950

**贵阳**  
贵州省贵阳市新华路  
富中国际广场15层C座  
邮编: 550002  
电话: (0851) 551 0310  
传真: (0851) 551 3932

**西宁**  
西宁市新宁路新宁花苑A座  
泰恒国际公寓16楼21613室  
邮编: 800028  
电话: (0971) 550 3390  
传真: (0971) 550 3390

**售后维修服务中心**  
西门子工厂自动化工程有限公司(SFAE)  
北京市朝阳区酒仙桥东路9号A1栋8层  
邮编: 100016  
电话: (010) 8459 7000  
传真: (010) 8459 7070

**上海西门子工业自动化有限公司(SIAS)**  
上海市中山南二路1089号  
徐汇苑大厦22-25楼  
邮编: 200030  
电话: (021) 5410 8666  
传真: (021) 6457 9500

**技术资料**  
北 京: (010) 8459 7518  
上 海: (021) 6281 5933-305/307/309  
广 州: (020) 3810 2558  
武 汉: (027) 8548 6688-6400  
沈 阳: (024) 2294 9880/8251 8219  
重 庆: (023) 6382 8919-3002

**技术支持与服务热线**  
电 话: 400-810-4288  
传 真: (010) 6471 9991  
E-mail: 4008104288.cn@siemens.com  
Web: www.4008104288.com.cn

**亚太技术支持(英文服务)**  
及软件授权维修热线  
电 话: (010) 6475 7575  
传 真: (010) 6474 7474  
E-mail: support.asia.automation@siemens.com

**网站:**  
www.ad.siemens.com.cn

西门子(中国)有限公司  
工业业务领域  
工业自动化与驱动技术集团

www.ad.siemens.com.cn

订货号: E20001-H8120-C100-V1-5D00  
149-5905796-09092

西门子版权所有  
如有变动,恕不事先通知

# 低压三相电动机

Answers for industry.

SIEMENS



关于我们所有产品范围的详细资料，参见以下产品目录。

SA1	总目录-传动系统
M11	低压三相交流异步电动机 鼠笼式电动机
M27	高压三相电动机 技术手册
DA12	直流电动机 用于调速传动装置
DA21	SIMOREG 变频调速柜 用于直流调速传动装置
DA62	SIMOVERT A 全数字电流型变频器 用于交流调速传动装置
DA66	SIMOVERT P 全数字电压型变频器 用于交流调速传动装置
DA99	数控系统 SIMADYN D 用于调速传动装置
SD11 至 SD85	SIMODRIVE 用于机床驱动 机械手装置 和机器人

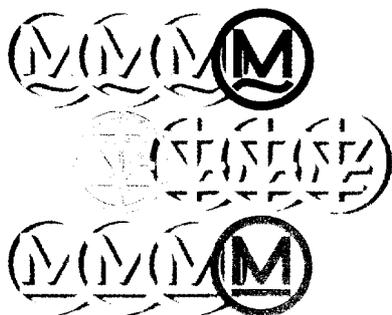


# SIEMENS

## 低压三相电动机

### 技术手册

产品目录 M10 · 2008



基于系统的驱动技术

---

概述

---

系统

---

从动机

---

电动机

---

转矩

---

计算起动时间

---

制动和反转

---

工作制  
符合 **DIN VDE 0530**

---

转速控制

---

变频器供电的  
三相鼠笼式电动机

---

安装型式  
符合 **DIN IEC 34, 第 7 部分**

---

防护等级  
符合 **DIN VDE 0530, 第 5 部分**

---

冷却方式  
符合 **DIN IEC34, 第 6 部分**

---

噪声

---

振动

---

特殊应用的三相电动机

---

防爆

---

三相电动机功率因数校正

---

机械传动部件

---

附录

所有产品标识是西门子有限公司或其它公司的商标或产品名称。

概述	国际单位制单位	4
系统	导线标识, 工作电压, 连接三相电动机,	5
	三相电动机的旋转方向,	6
	变极电动机的连接	6
	多电压电动机的连接,	8
	连接单相电动机, 接地和 PE 端子,	8
	视在功率额定值, 电压波动, 馈线压降	9
从动机	计算功率和转矩, 负载转矩特性,	10
	计算转动惯量	11
电动机	电动机选型, 电动机功率输出, 供电系统电压和频率的变化,	12
	电动机保护, 温升和通风, 绝缘材料及等级,	13
	冷却介质温度和现场海拔, 机壳温度, 室温温升,	14
	效率和功率因数	15
转矩	转矩特性, 特殊传动装置的转矩特性	16
计算起动时间	计算直接起动的起动时间,	17
	鼠笼式电动机起动方法,	18
	起动期的热损耗, 分段起动,	19
	起动滑环电动机	20
制动和反转	制动的原理和方法	21
工作制	工作制 S1 至 S9,	23
	平均功率,	25
	工作制分类	27
转速控制	概述, 功率损耗	28
变频器供电的交流	变频器供电电动机的一般信息	29
三相鼠笼式电动机		
安装型式	交流电动机最常用的结构类型	30
防护等级	交流电动机最常用的防护等级, 特殊防护等级	31
冷却方式	根据 IEC 标准交流电动机的冷却方法	32
噪声	定义和单位, 声压等级, 测量表面声压等级,	33
	声功率等级, 电机噪声等级限值	33
振动	振动强度, 振动位移幅度	34
特殊应用的三相电动机	减速电动机, 制动电动机, 转矩电动机, 应用,	35
	异步发电机, 三相电动机用作单相电动机,	36
	单相感应电动机, 滑环电动机	37
防爆	防爆的名称和术语,	38
	可燃气体、蒸汽和雾的危险场所,	39
	着火危险, 温度等级, 危险等级,	40
	防护类型, 防火 (防爆) 电动机, 合格证,	41
	温度等级和爆炸级别的选择, 防护类型的选择,	42
	热敏电阻型电动机保护, 皮带传动,	46
	标准和规范, 欧洲标准,	47
	由可燃粉尘造成的爆炸危险	47
交流电动机	概述, 功率因数校正方法,	48
功率因数校正	个别功率因数校正的电容器额定值	48
机械传动部件	概述, 驱动联轴器, 起动联轴器,	49
	安装电动机的附件,	49
	在底座上安装机组,	49
	皮带传动, 齿轮传动, 装配传动部件	50
附录	主题索引,	A/1 和 A/2
	西门子公司和代表处,	A/4 和 A/5
	销售和交货条件	A/6

国际单位制单位

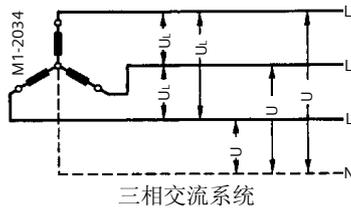
压力	国际单位制单位名称 帕斯卡 巴	符号 Pa bar	旧单位名称 米水柱 毫米汞柱 (Torr) 毫米水柱 物理大气压 工程大气压	符号 m WG mm Hg mm WG atm at	转换 1 Pa=1Nm <sup>-2</sup> 1 bar=10 <sup>5</sup> Pa 1 m WG=10 <sup>4</sup> Pa 1 mmHg=133.3Pa 1 Torr=133.3Pa 1 mm WG=10Pa 1 atm=101.325Pa 1 at=10 <sup>5</sup> Pa
能量	焦耳	J	erg	erg	1J=1Nm=1Ws 1erg=10 <sup>-7</sup> J
力	牛顿	N	dyn 克力 (千克力)	dyn gf(kgf)	1dyn=10 <sup>-5</sup> N 1gf=10 <sup>-2</sup> N; 1kgf=10N
功率	瓦特	W	马力 (公制)	h.p.	1h.p.=736W
热量	焦耳	J	卡路里	cal.	1cal=4.187J
转矩	牛顿·米	Nm	千克力米	kgf m	1kgf m=9.81Nm 1Nm=0.102kgf m
温差	开尔文	K	度	deg	1 deg.=1K=1°C
旋转质量: 转动惯量 (J) 飞轮效应 (GD <sup>2</sup> )		Kgm <sup>2</sup> -		- kgf m <sup>2</sup>	J=GD <sup>2</sup> /4

自 1978 年 1 月 1 日起，在德国和欧共体境内，对于官方和商业贸易及通信联系，国际单位制单位是唯一可接受的单位体系。

### 导线标识, 工作电压

#### 导线标识

低压三相交流系统由三相火线 L1、L2 和 L3 以及中线 N 组成。中线连接到发电机或变压器二次侧中性点上。单相交流系统可单独由两相火线组成, 或者由一相火线和中线组成。



三相交流系统

低压三相交流系统的标准电压额定值如下:

线电压 ( $U_L$ ) V	相对中线电 压 (U) V	标准系统 标识 V
380	220	220/380
400*)	230*)	230/400*)
500	290	-
660	380	380/660
690	400	400/690

德国公用电力设施及工业电网使用 50Hz 的系统频率。

#### \*) DIN IEC 38 摘要:

现有 220/380V 和 240/415V 系统的系统电压最终必须标准化为 230/440V。过渡期应尽可能短, 无论如何不得超过本 IEC 标准颁布之日起 20 年。作为过渡期内的最初步骤, 220/380V 系统国家中的电力公司应把电压容许偏差改为  $230/400V \pm 6\%$ , 240/400V 系统国家中有的电力公司则应把容许偏差改为  $230/400 \pm 10\%$ 。在过渡期结束时, 最终的电压容许偏差必须为  $230/400 \pm 10\%$ 。此后, 将进一步考虑降低容许偏差。现有 380/660V 系统转变为推荐的 400/690V 系统, 以上方法同样适用。

#### 工作电压

两相火线 (L1、L2 和 L3) 之间的电压是线电压 (或系统电压)。一相火线和中线之间的电压是相对中线电压 (或相电压)。三角形连接时, 线电压就是相电压。

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U$$

$U_L$ : 线电压

U 相对中线电压 (相电压)

### 三相电动机的端子和运行接线

#### 连接三相电动机

三相电动机必须与三相火线 L1、L2 和 L3 连接。电动机运行的额定电压必须对应于供电系统的线电压 (工作电压)。

- 直接起动的电动机, 运行接线可以是星形或三角形。对于鼠笼电动机的星形-三角形起动, 必须是三角形连接。

绕组额定值为 220V  $\Delta$ /380V Y 的电动机, 在接线端子上进行适当连接, 可直接起动并在 220V 或 380V 电源下运行。为在不同工作电压 (220、380、500V) 供电系统中运行, 星形-三角形起动的电动机配备了非标准绕组 (多电压设计, 例如 220V  $\Delta$ /380V  $\Delta$ )。在这种情况下, 输出功率额定值仅为标准值的 90% 左右。

因此, 应按照工作电压、起动方法及绕组类型连接接线盒中的接线端子板。例如, 具有 220V  $\Delta$ /380V Y 绕组的三相电动机的连接方式 (仅对一种转速) 如下:

#### 三相电动机的线路连接

绕组类型	工作电压 V 50Hz	鼠笼式	
		用于直接 起动或滑 环式	用于 Y/ $\Delta$ 起动
220 $\Delta$ /380 Y	220 380	220 $\Delta$ 380 Y	220 $\Delta$ -
230 $\Delta$ /400 Y	230 400	230 $\Delta$ 400 Y	230 $\Delta$ -
380 Y 380 $\Delta$	380	380 Y 380 $\Delta$	- 380 $\Delta$
400 Y 400 $\Delta$	400	400 Y 400 $\Delta$	- 400 $\Delta$
500 Y 500 $\Delta$	500	500 Y 500 $\Delta$	- 500 $\Delta$
380 $\Delta$ /660 Y	380 660	380 $\Delta$ 660 Y	380 $\Delta$ -
400 $\Delta$ /690 Y	400 690	400 $\Delta$ 690 Y	400 $\Delta$ -
660 Y 660 $\Delta$	660	660 Y 660 $\Delta$	- 660 $\Delta$
690 Y 690 $\Delta$	690	690 Y 690 $\Delta$	- 690 $\Delta$

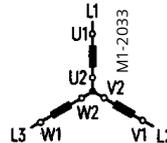
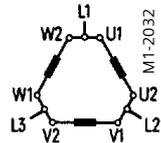
220V  $\Delta$ /380V Y 绕组  
直接起动, 工作电压

220V

380V

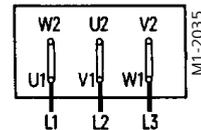
星形-三角形 Y  $\Delta$   
起动, 工作电压  
220V

绕组相连接

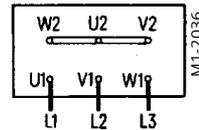


三相绕组的引线接  
入星形-三角形起  
动器

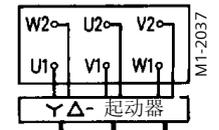
接线端子板连接



$\Delta$  连接



Y 连接



Y  $\Delta$  连接

### 三相电动机的旋转方向

■ 从机器驱动端看去，三相电动机端子的标识应使字母顺序 U1、V1、W1 对应于顺时针旋转的相序。无论电动机输出功率和电压额定值是多少，甚至它们可能就不适合顺时针方向旋转，本规则都适用。

只适合于一种特定旋转方向的电动机，在铭牌上给出一个箭头，加上“只”字进行标识。

■ 可以通过相互交换两相接线使旋转方向反向。

在起动电动机之前，必须检查对于所需旋转方向，相序是否正确。

### 变极电动机的连接

■ 产品目录中所列的标准变极电动机在任何转速下均只适合于直接起动。

从 1 个绕组的 2 速连接 对于电动机 (Dahlander 或 PAM 绕组)

开始以最低转速起动，直到达到第一个绕组额定转速时，才能有效切换至较高转速，在这种情况下，变极电动机的转矩分类才适用。

#### 有 PAM 连接绕组的变极电动机

通过在 PAM 电路中连接变极电动机的绕组，可由一套绕组提供两种转速，比率不是 2:1。PAM 电路基于电极振幅调制原理。极数通过调制由于各多线圈中电流反向产生的最初场激励曲线进行改变。

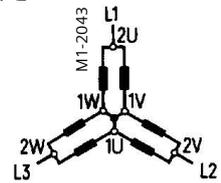
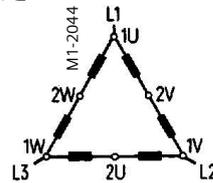
■ 具有 PAM 连接绕组的电动机输出可以比相同尺寸，两个单独绕组的电动机更高。在开关装置和连接方面，必须用与 Dahlander 绕组相同的方法处理 PAM 绕组（需要第三方承包商）。

有 PAM 连接绕组的变极电动机用于正常输出额定值（在两个转速上具有大致相同的转矩），以及平方转矩特性的驱动。

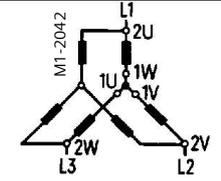
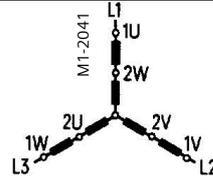
标准输出额定值的绕组

低速

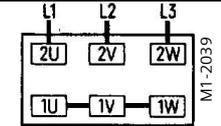
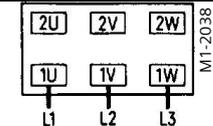
高速



用于风机驱动的输出额定值的绕组



端子图



变极电动机的典型连接

变极电动机的连接

连接

3 速

2 个单独的绕组，  
1 个在 Dahlander 或  
PAM 连接中  
需要 9 个端子

标准输出额定值的绕组  
例如 8/6/4 极  
用于风机驱动的输出额  
定值的绕组

8/6/4 极电动机两个输  
出额定值的端子图

标准输出额定值绕组，  
例如 8/4/2 极

端子图

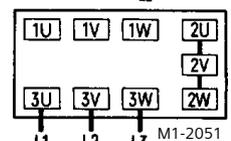
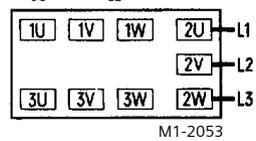
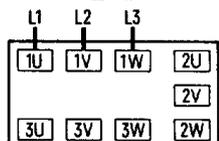
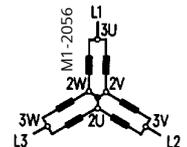
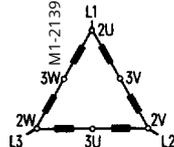
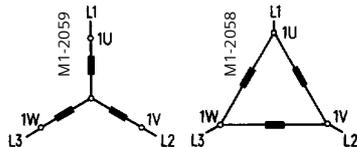
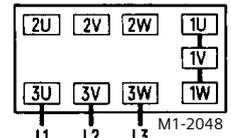
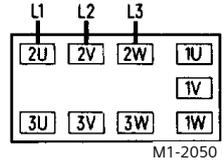
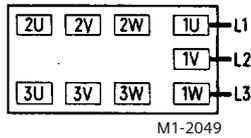
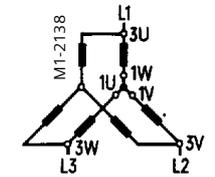
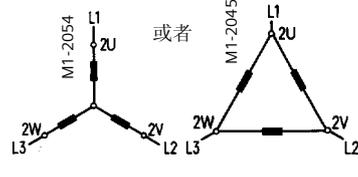
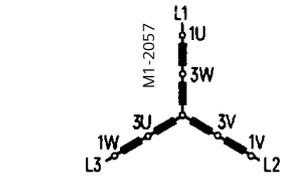
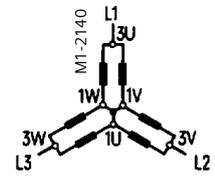
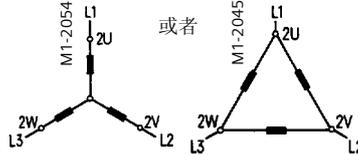
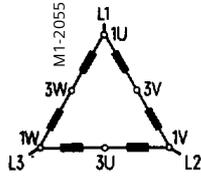
用于双速的两套绕组的  
连接  
用于标准输出额定值的  
绕组

端子配置

用于低速电动机

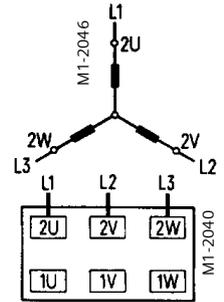
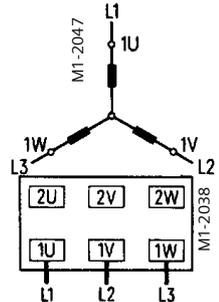
中速

高速



用于低速电动机

高速



注:

■ 机座号 180M 以上的电动机可以有一个或者两个三角形连接的绕组，电源接线保持不变。

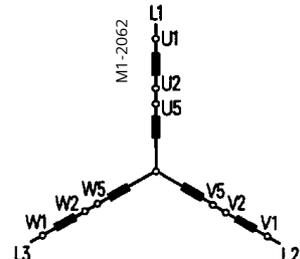
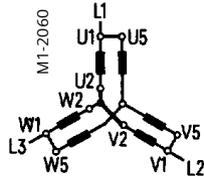
### 多电压电动机的连接

对下列电压，下面的电路图适用于 9 端子接线盒电动机：

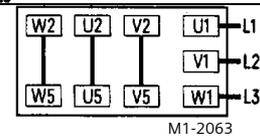
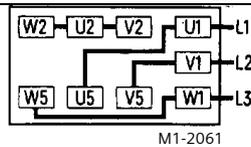
用于额定电压为 220V YY 的电动机

440VY

绕组



端子图



对下列电压，下面的电路图适用于 12 端子较大接线盒的电动机

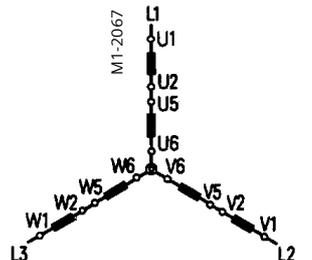
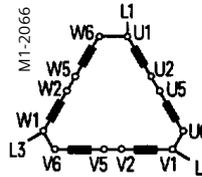
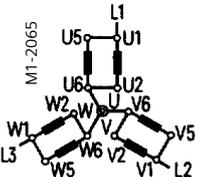
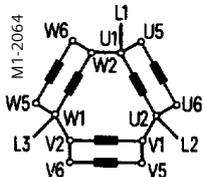
用于额定电压电动机 例如

220V Δ

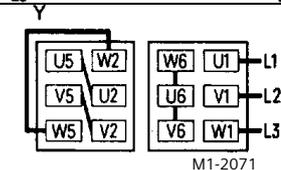
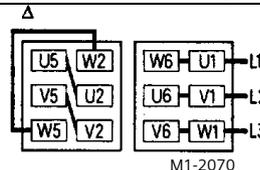
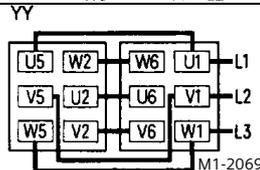
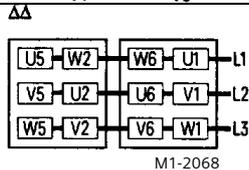
380VY

440V Δ

绕组



端子图



### 连接单相电动机·接地和保护地(PE)端子

#### 连接单相电动机

- 单相电动机必须连接到两相火线或一相火线和中线。

电动机的额定电压必须与这些电压之一相对应。当几台单相电动机连接到同一电源系统时，应在三相之间均匀分布。

系统	单相电动机的工作/额定电压 连接到	
	两相	相和中性
V	V	V
220	220	-
220/380	380	220
500	500	-
380/660	-	380
400/690	-	400

#### 接地和连接 保护地(PE) 端子

在机器的接线盒中通常有一个保护接地端子。而较大的机器有外部接地端子，在机壳或带法兰端盖上，视安装型式而定。

- VIK 以及危险工作制的机器总有额外的外部接地端子。

视在功率额定值 · 电源电压波动

视在功率额定值

低压配电系统由发电机直接供电或者由高压系统通过变压器供电。发电机或变压器的 kVA 额定值至少必须等于所有电动机的视在功率额定值的总和（考虑同时运行的最恶劣情况）。

视在功率额定值这样计算：

对于三相电动机

$$P_s = \frac{U \cdot I \cdot \sqrt{3}}{1000}$$

对于单相电动机

$$P_s = \frac{U \cdot I}{1000}$$

$P_s$ ：视在功率额定值，单位 kVA

$U$ ：额定电压，单位 V

$I$ ：额定电流，单位 A

电源电压波动

根据 DIN VDE 0530，当供电电压在额定值的 95% 和 105% 之间变化，并将沿馈电电缆的任何压降考虑在内时，电动机必须仍然能够在额定频率下输出额定功率。在此过程中，最多可以超过适当绝缘等级的最高允许温度 10K。

馈电线压降

可以从总阻抗（馈电线路加上电动机）计算沿馈电电缆的压降。

$$\Delta U = U_N \cdot \frac{Z_L}{Z_{tot}}$$

总阻抗计算如下：

$$Z_{tot} = \sqrt{(R_L + R_M)^2 + \omega^2 (L_L + L_M)^2}$$

其中， $R_M = Z_M \cos \varphi$ ， $L_M = Z_M \sin \varphi$ ；

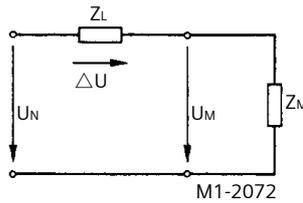
$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$$

$$Z_M = \frac{U_{NM}}{\sqrt{3} \cdot I_{NM}}$$

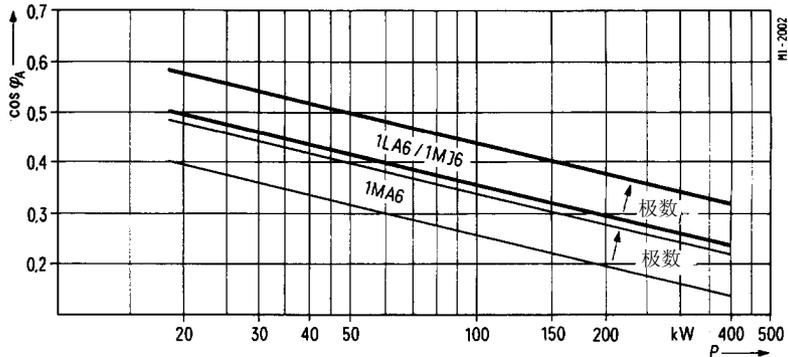
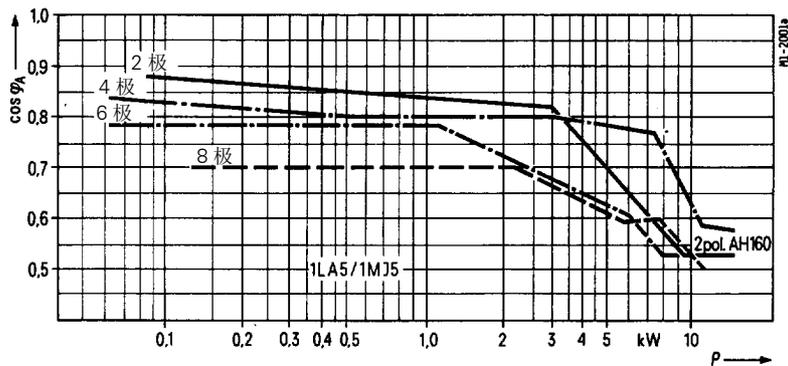
计算电动机起动瞬间压降，电动机的额定电流必须用堵转电流  $I_A$  替换，功率因数  $\cos \varphi_A$  必须用堵转功率因数（ $\cos \varphi_A$ ）替换。计算所需的所有电动机数据（除了  $\cos \varphi_A$  以外）列于表中。

注：

以上计算均假定电源系统保证稳定。



- $\Delta U$  馈线压降
- $U_N$  供电系统电压
- $I$  馈线电流
- $U_{NM}$  电动机额定电压
- $I_{NM}$  电动机额定电流
- $L_L$  馈线电感  
(在  $25\text{mm}^2$  以下可以忽略)
- $L_M$  电动机电感
- $R_L$  馈线电阻
- $R_M$  电动机电阻
- $Z_L$  馈线电抗  
( $Z_L = R_L + j \omega L_L$ )
- $Z_M$  电动机电抗  
( $Z_M = R_M + j \omega L_M$ )
- $\omega^2$  电源频率



电动机起动时的功率因数  $\cos \varphi_A$

计算功率和转矩 · 负载转矩特性

计算功率和转矩

必须精确了解额定工况下从动机所需的传动功率[W]、传动转矩[Nm]以及工作转速 [ (转/分钟) ]

$$P = \frac{M \cdot n}{9.55} ; M = \frac{9.55 \cdot P}{n}$$

以速度 v 垂直向上移动质量 m 所需的功率为:

$$P = m \cdot g \cdot v$$

反向力 F 作用下直线运动的物体, 等效转矩为:

$$M = 9.55 \cdot \frac{F \cdot v}{n \cdot \eta}$$

P: 功率, 单位 W;

M: 转矩, 单位 Nm;

F: 力, 单位 N;

g: 重力加速度 9.81m/s<sup>2</sup>;

v: 速度, 单位 m/s;

n: 转速, 单位转/分钟;

η: 传动效率;

m: 质量, 单位 kg.

把功率从 kW 转换到公制马力, 或相反。

kW=0.736 公制马力

公制马力=1.36kW

转换英制马力:

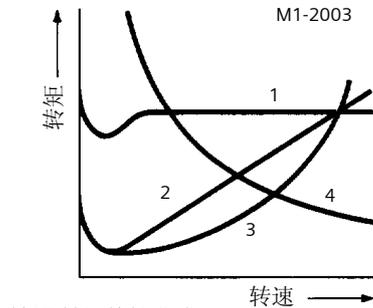
kW=0.746 马力

马力=1.34kW

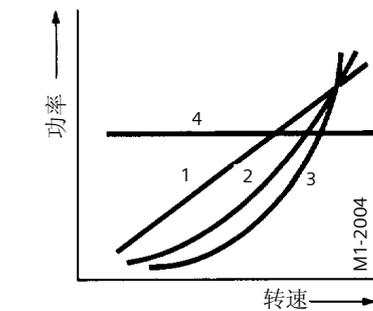
负载转矩特性

为了校核传动的起动和制动过程, 必须有从动机转矩 (负载转矩) 与转速的关系图。一些典型的基本负载转矩/转速和功率/转速曲线如下所示。

■ 对于使用皮带或齿轮的传动系统, 转矩应按电动机转速进行折算。



转矩/转速特性曲线



功率/转速特性曲线

$$M_1 = \frac{M_2 \cdot n_2}{n_1 \cdot \eta_G}$$

M<sub>1</sub> 电动机轴上的转矩;

M<sub>2</sub> 从动机轴上的转矩;

n<sub>1</sub> 电动机的转速;

n<sub>2</sub> 从动机的转速;

η<sub>G</sub> 齿轮传动效率。

必须尽可能精确地了解起动转矩或者静转矩

1. 转矩几乎不变的 (恒转矩): 功率与转速成正比。典型适用于在恒定压力下的起重机、往复泵和压缩机。罗茨鼓风机、辊筒缩绒机、传送带、无风扇滚轧机、恒定切削力机床。龙门刨床; 有时也包括剪切机、冲床和碎木机。
  2. 转矩随转速成比例地增加; 功率与转速的平方成正比。用于平滑纤维和纸张的机器, 以及洗衣店绞干机和研光机。
  3. 转矩随着转速的平方成比例地增加; 功率与转速的立方成正比。适用于离心泵、风机和在开放式管道系统中传送的往复式机器。(向关闭的阀门输送时, 最终值大约为向打开阀门输送时值的 50%)。有离心作用的机器; 以及船舶推进器、搅拌器、迎着空气阻力的离心和直线运动, 例如铁路、螺杆式压缩机。
  4. 转矩的降低与转速成反比; 功率不变。只适用于自动控制, 例如配备车床和类似的机床, 绕线机和粉碎机。
- 1 至 4: 在以上所述情况下, 平均起动转矩 (M<sub>m</sub>) 由起动完成时的转矩 (M<sub>0</sub>) 计算如下:
- 1) M<sub>m</sub>=M<sub>e</sub>    3) M<sub>m</sub>=M<sub>e</sub>/3
  - 2) M<sub>m</sub>=M<sub>e</sub>/2    4) M<sub>m</sub>=由图表确定

几种减速机的典型数据		
传动类型	传动比	传动效率
	i=输入转速/输出转速	η <sub>G</sub>
正齿轮	最大 8    1 级	0.96-0.99
	6-45    2 级	0.91-0.97
	30-250    3 级	0.85-0.95
蜗轮	至 60	0.50-0.70 一速 0.70-0.80 二速
	皮带	至 8
链条	至 6	0.97-0.98
摩擦轮	至 6	0.95-0.98

计算转动惯量 · 通过减速试验确定转动惯量

计算转动惯量

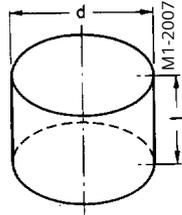
除了转矩/转速曲线用于检验起动和制动过程外,还必须了解机器和联轴器的转动惯量,单位 kgm<sup>2</sup>,折算至电动机轴的转速。

同轴上的多个旋转质量体的转动惯量可以相加,得出一个组合的转动惯量。类似地,单一的复杂旋转质量体也可以分解为一些易于计算的转动惯量部分,随后相加得出总转动惯量。

在复杂体情况下,特别是整套从动机,最好通过减速试验确定旋转部分的转动惯量。

对于恒定长度*l*和直径*d*的圆柱体,转动惯量为:

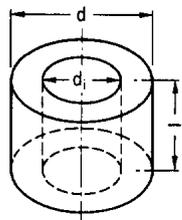
$$J = \frac{1}{8} m \cdot d^2$$



其中  $m = \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot l$

对于恒定长度*l*和直径*d*及*d<sub>i</sub>*的空心圆柱体,转动惯量为:

$$J = \frac{1}{8} m (d^2 + d_i^2)$$



$$m = \rho \cdot \frac{\pi}{4} (d^2 - d_i^2) l$$

*J* 转动惯量,单位 kgm<sup>2</sup>;  
*m* 质量,单位 kg;  
 $\rho$  密度,单位 kg/m<sup>3</sup>;  
*d* 直径,单位 m;  
*d<sub>i</sub>* 内径;  
*l* 长度,单位 m。

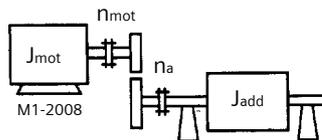
以下公式用于将任何特殊转速的转动物体的转动惯量折算到指定的电动机轴转速,或用于把作直线运动的质量的数值转换为相当的转动惯量:

折算至 *N<sub>mot</sub>* 上的 *J<sub>add</sub>* 参照

$$(J_{add})_{n_{mot}} = J_{add} \cdot \left( \frac{n_a}{n_{mot}} \right)^2$$

折算至电动机轴上的总 *J*:

$$(\sum J)_{n.} = J_{mot} + (J_{add})_{n..}$$



当物体作直线运动时,例如,桌子或车架运动,折算至转子轴的等效转动惯量由以下公式计算:

$$J = \frac{m}{4\pi^2} \cdot \left( \frac{60v}{n} \right)^2$$

$$J = 912m \cdot \left( \frac{v}{n} \right)^2$$

*J* 转动惯量(减少并折算至电动机转速),单位 kgm<sup>2</sup>;

*m* 质量,单位 kg;

*v* 转速,单位 m/s;

*n* 电动机转速,单位转/分钟

通过减速试验确定转动惯量

1. 标准减速试验

$$J = \frac{9.55 \cdot t_b \cdot M_{BR}}{n}$$

*J* 总转动惯量,包括转子,单位 kgm<sup>2</sup>;

*t<sub>b</sub>* 减速时间,单位 s;

*M<sub>BR</sub>* 制动转矩,单位 Nm;

*N* 在时间 *t<sub>b</sub>* 期间转速的变化,单位转/分钟

当 *M<sub>b</sub>* 已知时,可以非常简单地确定 *J*。

2. 在已知辅助质量情况下的减速试验

$$J = J_{aux} \frac{t_b}{t_{baux} - t_b}$$

*J* 外部转动惯量加上电动机惯量,单位 kgm<sup>2</sup>;

*J<sub>aux</sub>* 辅助质量的转动惯量,单位 kgm<sup>2</sup>;

*t<sub>b</sub>* 无 *J<sub>aux</sub>* 的减速时间,单位 s;

*t<sub>baux</sub>* 有 *J<sub>aux</sub>* 的减速时间,单位 s。

## 电动机选型 · 电动机功率输出

### 电动机选型

- 选择合适的电动机需要考虑的各种因素包括：  
从动机的功率要求、工作制、启动、制动和反转过程、外部转动惯量、从动机的转矩特性、转速控制、电源状况、冷却介质温度和现场海拔。

### 电动机功率输出

电动机的额定输出功率是在轴上可以获得的机械功率。

对于极数在 2 与 8 之间的全封闭风扇冷却鼠笼式感应电动机，功率输出额定值在 DIN 42673 中规定。

- 在 DIN VDE 0530 中并未提供连续过载。但是，允许 1.5 倍额定电流持续过载 2 分钟。如果过载更高（比如在启动期间），则必须相应减少时间。

电动机的额定输出应与从动机所需功率匹配。功率过大的电动机有以下缺点：  
启动电流更高，需要大熔断器和大截面电缆。因为功率因数（有时包括效率）部分负载时不如在满载时好，运行不经济。  
电动机需要来自供电系统的以下工作值：

$$\text{有功功率: } P_w = \frac{P_2 \cdot 100}{\eta}$$

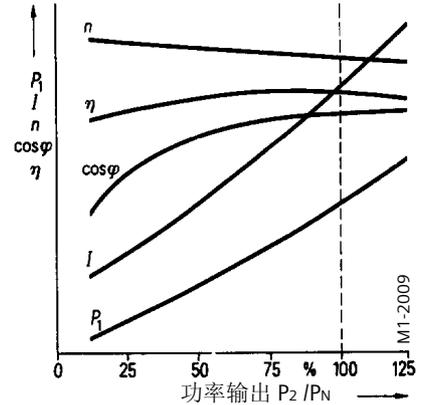
$$\text{视在功率: } P_s = \frac{P_2 \cdot 100}{\eta \cdot \cos\varphi}$$

$$\text{或者 } P_s = \frac{U \cdot I \cdot \sqrt{3}}{1000}$$

$$\text{无功功率: } P_b = \frac{P_2 \cdot \text{tg}\varphi \cdot 100}{\eta}$$

$$\text{输入电流: } I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}$$

$$\text{或者 } I = \frac{P_2 \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}$$



与负载 P<sub>2</sub> 有关的工作值

- P<sub>1</sub> 吸收的有效功率
- P<sub>2</sub> 轴上的功率输出, kW
- P<sub>w</sub> 有效的有功功率输入, kW
- P<sub>s</sub> 视在功率, kVA
- P<sub>b</sub> 无功功率, kVAr
- U 工作值, V
- I 电动机电流, A
- η 效率, %
- cosφ 功率因数

## 供电系统电压和频率的变化

具有标准绕组的交流电动机的工作值随着供电系统电压和频率的变化而变化：

- 电压改变，而频率保持不变。
- 转矩特性（堵转转矩、最小转矩和停转转矩）的变化大致与电压的平方成比例。电流特性（堵转电流）的变化与电压大致成正比。

由于转矩特性改变，对于恒定的负载转矩转速也不同，电流的变化与电压大致成反比。

- 当电压偏差在额定值的±5%以内时，电动机能够继续输送其额定功率。不超过 DIN VDE 0530 允许的 10K 温升。当与 IEC 标准电压额定值的偏差在±10%以内时，可以保持相同的温升值。

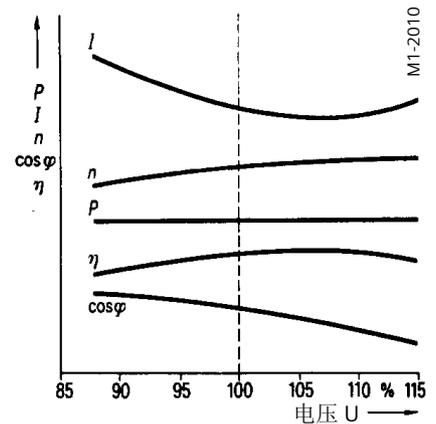
频率改变，而电压保持不变。

- 当频率偏差在额定值的±5%以内时，电动机能够继续输送其额定功率。转速的变化与频率大致成正比。电动机工作特性的变化与电压变化下的特性变化相反。

同时改变电压和频率。

- 在相同意义上同时成比例改变电压和频率，磁特性不产生变化。电动机继续形成大致正常的转矩。

在控制到与频率成正比的变速驱动器情况，特别是在以非正弦电压（静止变频器）供电的情况下，应考虑一些特殊因素；关于进一步详细资料，参见第 29 页“变频器供电的电动机”。



相对于电压恒定负载下，电动机的运行值

- n 电动机转速
- η 效率
- cosφ 功率因数
- I 电动机电流
- P<sub>1</sub> 功率输入
- P 功率输出

## 电动机保护 • 温升和通风

### 电动机保护

熔断器只为馈电电缆提供短路保护，不对电动机本身提供保护。

电动机保护断路器可防止因过载或供电系统失相造成的电动机过热。铭牌给出应整定的额定热过载动作电流值。

- 交流电动机也可以配备绕组过热响应的西门子热敏电阻式温度传感器。
- 在间断工作制下，重载起动以及存在冷却障碍危险时，建议使用温度传感器。

### 温升和通风

实际上，电动机的预期寿命就是绕组绝缘的预期寿命。可以忽略轴承、电刷装置和滑环的正常磨损，因为进行更换费用相对很少。因此，特别注意对温升也就是对绝缘带来影响的工况，这是非常重要的。温升是能量转换过程中产生损耗的结果，例如在电动机工况下，电能转化为机械能。

$$P_v = P_1 - P_2$$

产生的损耗（取决于储热能力和温升）储存在电动机中，其中大部分通过通风系统散发到周围环境中。在恒定负载下，热输入等于热输出时达到稳态。连续工作制下，大约 3 到 5 小时后达到热稳态。绕组和电动机其它部件的温升是这些部件温度和冷却介质温度之间的差异。绕组的温升可以从绕组电阻的增加来计算。

$$\theta = \frac{R_w - R_k}{R_k} \cdot (235 + \theta_k) + \theta_k - \theta_{cool}$$

- $\theta$  绕组温升，K；
- $\theta_k$  冷态绕组的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；
- $\theta_{cool}$  冷却介质的温度； $^{\circ}\text{C}$ ；
- $R_k$  在 $\theta_k$ 下，冷态电动机的绕组电阻； $\Omega$ ；
- $R_w$  运行温度下的电动机绕组电阻， $\Omega$ 。

绕组绝缘的预期寿命随着温度升高而降低（每 10K 大约 50%）。依据所使用的绝缘材料的类型而定，必须严格遵守 DIN VDE 0530 中规定的绕组温度极限。数值与分类绝缘材料的热阻有关。

## 绝缘材料和等级 • DURIGNIT 2000 绝缘

### 绝缘材料和等级

在 DIN VDE 0530 中，绝缘材料和浸渍绝缘胶根据精确的温度值进行分类。

TRL: 最高允许温升，K（电阻法的平均值）

CT: 冷却介质温度； $^{\circ}\text{C}$ ；

MST: 最高稳态温度， $^{\circ}\text{C}$ （绕组中的最热点）。

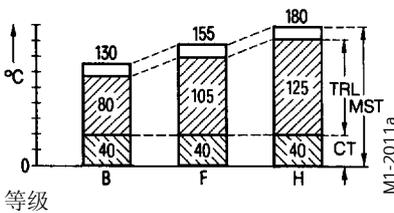
如左表所示，绝缘材料的最高稳态温度是由冷却介质温度和绕组温升极限决定。因为通过电阻方法测量绕组温度只能得到温升平均值，而不是绕组最热点的实际温度，所以应预留一个安全系数。对于所有绝缘等级，电动机的输出功率额定值数据均基于  $40^{\circ}\text{C}$  冷却介质温度。

### Durignit 2000 绝缘

Durignit 2000 绝缘系统使用了优质漆包线和绝缘片以及无溶剂的浸渍树脂。它机械强度高、电气强度高，确保电动机的优良的可用性和长寿命。

绝缘保护绕组免受大多数腐蚀性气体、蒸汽、灰尘、油和高湿度的不良影响，也能够抵抗正常的振动应力。

- 用于在湿热带工作的电机绝缘。涉及极端工况时，可以咨询更多信息。



等级

最高允许温升，K

绝缘等级	B	F	H
绝缘绕组	80	105	125
滑环	80	90	100

冷却介质温度和现场海拔 · 机壳温度 · 室温温升

冷却介质温度和现场海拔

输出额定值标定于符合 DIN VDE 0530 连续工作制，频率为 50Hz，冷却介质温度 40℃，海拔高度 1000 米以下。在非上述情况下，允许的额定值可以附表决定。

现场海拔 米	冷却介质温度, °C					
	< 30	30-40	45	50	55	60
1000	1.07	1.00	0.96	0.92	0.87	0.82
1500	1.04	0.97	0.93	0.89	0.84	0.79
2000	1.00	0.94	0.90	0.86	0.82	0.77
2500	0.96	0.90	0.86	0.83	0.78	0.74
3000	0.92	0.86	0.82	0.79	0.75	0.70
3500	0.88	0.82	0.79	0.75	0.71	0.67
4000	0.82	0.77	0.74	0.71	0.67	0.63

对于冷却介质温度和现场海拔的不同数值，调节输出功率额定值的因素。

冷却介质温度和现场海拔的数值分别向上四舍五入到最近的 5℃ 和 500 米。

机壳温度

电动机的机壳温度不能用作表示电动机质量或安装电动机的室内温升的指标。实际上，和外部机壳摸起来热的电动机相比，机壳摸起来凉电动机有时损耗或者绕组温度更高。

室温温升

安装电动机的室内温升只取决于电动机散发出来的损耗，而不取决于机壳的温度。此外，通常从从动机比电动机对温升影响更大。

对于将材料处理成某种形状的机器，实际上所有驱动功率都转化为热量；对于传送材料的机器，相当一部分驱动功率转化为热量。除非电动机和从动机通过单独的管道系统通风并直接排放到大气，否则必须通过房间自身的环境空气进行室内散热。

$$\text{因此: } V_L = P_v \cdot \frac{0.77}{\vartheta}$$

$V_L$  需要的冷却气流,  $m^3/s$

$P_v$  总损耗, kW

$\vartheta$  最高允许的空气温升, K  
(进气口温度和最高允许室温之差)

新鲜空气的顺利供应对于运行中电动机的冷却非常重要。额定值为 110kW, 1500 转/分钟的完全封闭的风扇冷却电动机需要大约 2200 $m^3/h$  的冷却空气供应。在电动机入口侧不应有排出气流的再循环。

效率和功率因数

与额定功率相关的效率  $\eta$  和功率因数  $\cos \varphi$ ，其数值列在本产品样本单独章节的选型表中。

根据 DIN VDE 0530 标准，允许有以下容差：

效率

$P_N \leq 50\text{kW}$   $-0.15 (1 - \eta)$

$P_N > 50\text{kW}$   $-0.1 (1 - \eta)$

替代  $\eta$  的一个小数

功率因数

$$- \frac{1 - \cos \varphi}{6}$$

最小 0.02，最大 0.07

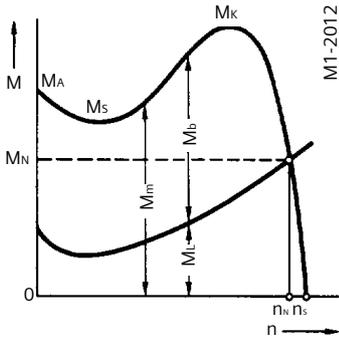
以下部分负载的数字是平均值：精确的数字可通过咨询获取。

效率 (%)					功率因数				
部分负载					部分负载				
1/4	1/2	3/4	4/4	5/4	1/4	1/2	3/4	4/4	5/4
93	96	97	97	96.5					
92	95	96	96	95.5	0.70	0.86	0.90	0.92	0.92
90	93.5	95	95	94.5	0.65	0.85	0.89	0.91	0.91
89	92.5	94	94	93.5	0.63	0.83	0.88	0.90	0.90
88	91.5	93	93	92.5	0.61	0.80	0.86	0.89	0.89
87	91	92	92	91.5	0.57	0.78	0.85	0.88	0.88
86	90	91	91	90	0.53	0.76	0.84	0.87	0.87
85	89	90	90	89	0.51	0.75	0.83	0.86	0.86
84	88	89	89	88	0.49	0.73	0.81	0.85	0.86
80	87	88	88	87	0.47	0.71	0.80	0.84	0.85
79	86	87	87	86	0.45	0.69	0.79	0.83	0.84
78	85	86	86	85	0.43	0.67	0.77	0.82	0.83
76	84	85	85	83.5	0.41	0.66	0.76	0.81	0.82
74	83	84	84	82.5	0.40	0.65	0.75	0.80	0.81
72	82	83	83	81.5	0.38	0.63	0.74	0.79	0.80
70	81	82	82	80.5	0.36	0.61	0.72	0.78	0.80
68	80	81	81	79.5	0.34	0.59	0.71	0.77	0.79
66	79	80	80	78.5	0.32	0.58	0.70	0.76	0.78
64	77	79.5	79	77.5	0.30	0.56	0.69	0.75	0.78
62	75.5	78.5	78	76.5	0.29	0.55	0.68	0.74	0.77
60	74	77.5	77	75	0.28	0.54	0.67	0.73	0.77
58	73	76	76	74	0.27	0.52	0.63	0.72	0.76
					0.26	0.50	0.62	0.71	0.76
56	72	75	75	73					
55	71	74	74	72					
54	70	73	73	71					
53	68	72	72	70					
52	67	71	71	69					
51	66	70	70	68					
50	65	69	69	67					
49	64	67.5	68	66					
48	62	66.5	67	65					
47	61	65	66	64					
46	60	64	65	63					
45	59	63	64	62					
44	57	62	63	61					
43	56	60.5	62	60.5					
42	55	59.5	61	59.5					
41	54	58.5	60	58.5					

转矩特性 · 特殊驱动的转矩特性

转矩特性

从零转速到同步转速过程中，交流电动机轴上转矩的幅值变化很大。下图以转矩相对于转速的变化给出了鼠笼式电动机的特性变化。



$M_N$  额定转矩      $M_A$  堵转转矩  
 $M_M$  电动机转矩      $M_K$  停转转矩  
 $M_L$  负载转矩      $M_S$  最小转矩  
 $M_b$  加速转矩      $n_N$  额定转速  
 $n_s$  同步转速

合理的产品目录中应给出堵转转矩、停转转矩以及堵转电流的数值。必要时，可以在电动机产品目录的转速/转矩曲线的基础上绘出相当精确的转速/转矩特性曲线。

机械过载容量的极限用停转转矩表示。根据 DIN VDE 0530，在额定电压和频率下，感应电动机必须能以额定转矩 1.6 倍过载 15 秒钟。

除非另外同意，额定电压下感应电动机最小转矩的数值必须至少如下：

- 非变极三相电动机：
- a) 额定输出小于 100kW  
额定转矩的 0.5 倍以及堵转转矩的至少 0.5 倍。
  - b) 额定输出 100kW 或者以上  
额定转矩的 0.3 倍以及堵转转矩的至少 0.5 倍。

变极单相和三相电动机：

额定转矩的 0.3 倍。  
 根据 DIN VDE 0530，允许以下容差：  
 对于堵转转矩，额定堵转转矩的 -15% 到 +25%。  
 对于堵转电流，最大达到额定堵转电流的 +20%，没有下限。  
 对于停转转矩，达到额定停转转矩的 -10%。

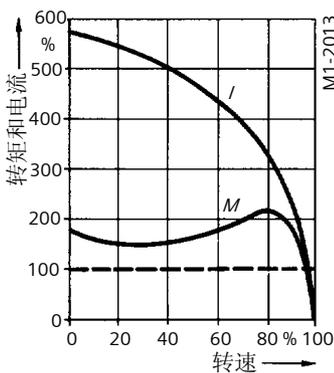
对于最小转矩，达到保证值的 -15%。

■ 考虑到这些容差，堵转转矩必须充分超过从动机的起动转矩，在加速运转到工作转速之前电动机转矩必须总是大于负载转矩。

鼠笼式电动机堵转转矩和停转转矩更大，是选型表中额定转矩的几倍；而在滑环电动机情况下，只有停转转矩更大。

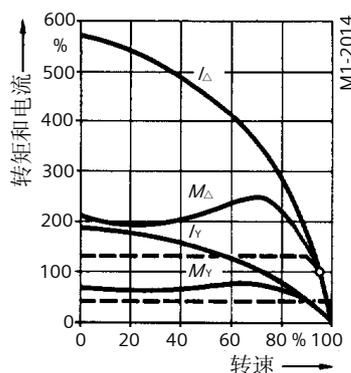
鼠笼式电动机通常是直接起动。

- 转矩分类指出：直接起动以及 5% 欠电压起动可以带如下指定负载转矩：
- KL16 级-额定值的 160%
  - KL13 级-额定值的 130%
  - KL10 级-额定值的 100%
  - KL7 级-额定值的 70%

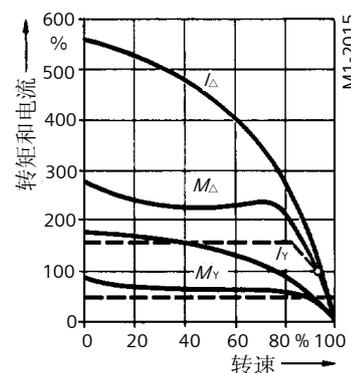


直接起  
动时的  
转矩特  
性曲线

转矩等级为 KL10 的电动机一起动时允许的负载转矩



转矩等级为 KL13 的电动机一起动时允许的负载转矩



直接和  
星-三角  
起动的  
转矩特  
性曲线

转矩等级为 KL16 的电动机

额定转矩计算如下：

$$M_N = 9.55 \cdot P_N \cdot \frac{1000}{n_N}$$

$M_N$  额定转矩, Nm;  
 $n_N$  额定转速, 转/分钟;  
 $P_N$  额定输出, kW

电动机的额定转速与同步转速不同，差异为额定转差率  $S_N$ ，计算如下：

$$S_N = \frac{n_s - n_N}{n_s} \cdot 100$$

$S_N$  额定转差率, %  
 $n_s$  同步转速, 转/分钟  
 $n_N$  额定转速, 转/分钟

特殊驱动的转矩特性

对于特殊驱动，可以使用特殊设计的具有更高电阻的转子（滑动转子或高电阻转子，需额外加价）以提高停转转矩和额定转矩，降低转速范围。由于转子损耗变大，必须同时降低额定输出功率。一些典型的应用有用于起重设备的鼠笼式电动机、冲压机驱动和转矩电动机。

### 计算直接起动的起动时间

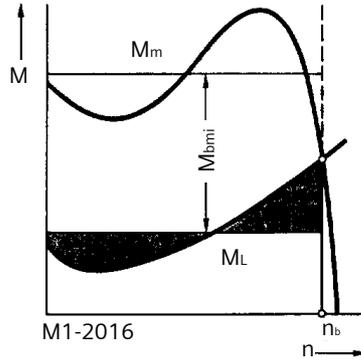
从加速转矩的平均值，可以计算出从零转速到正常运行转速的大致起动时间，如下：

$$t_a = \frac{\sum J \cdot n_b}{9.55 \cdot M_{bmi}}$$

$t_a$  起动时间，s；  
 $J$  总转动惯量， $\text{kgm}^2$ ；  
 $n_b$  运行转速，转/分钟；  
 $M_{bmi}$  平均加速转矩，Nm。

确定加速转矩平均值简单却相对精确的方法如右图所示。电动机转矩和负载转矩特性的平均值可以在图上确定，例如，通过清点毫米坐标纸上的方块的数量。

总转动惯量是电动机惯量和从动机、联轴器或皮带轮的惯量之和，折算到电动机轴上转速。



$M_m$  电动机转矩  
 $M_L$  负载转矩  
 $M_{bmi}$  平均加速转矩  
 $n_b$  运行转速  
 确定平均加速转矩

690V 及以下电压下鼠笼式电动机起动特性的极限值在 DIN VDE 0530 第 12 部分中规定。

如果因惯量和(或)负载转矩过高，起动难以令人满意，可以选择配备特殊的带高电阻转子的 1LA5 型电动机或选用容量更大的电动机，尽管在后一种情况下，正常工作下的利用率会很差。其它备选方案是使用配备起动器或静止变频器的滑环电动机（例如 SIMOVERT P）；总之，这些可能根据供电设备的情况来确定。

使用离心式离合器是克服重载起动的一种机械方法。这些装置的热性能限制了它们的使用。

### 起鼠笼式电动机的方法

无论何时，只要可能就应直接起鼠笼式电动机。

■ 记住一台特定电动机的转矩和电流曲线是固定的，在任何情况下都与起动强度无关。

当供电设备规定低电流起动，或者需要特别低的电动机转矩即软起动时，对于鼠笼式电动机应使用星形-三角形起动方式。堵转转矩、停转转矩、其它转矩额定值以及堵转电流的数值在直接起动值的 25 和 30%之间。

■ 当起动期间电动机是星形连接时，电动机转矩必须充分超过负载转矩，在电动机差不多达到正常运行转速之后，才能实施从星形到三角形的转换。

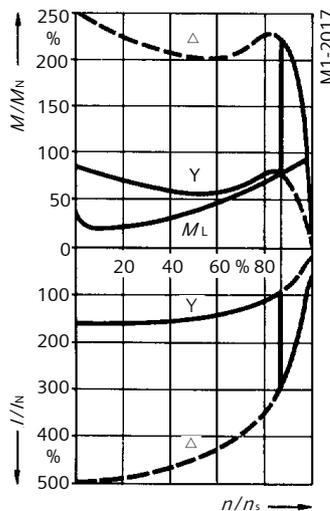
上面左图描绘了星形-三角形起动不适用的情况，由于负载转矩非常高，转换太早会导致严重的转矩和电流浪涌，那意味着星形-三角形起动不成功。

在这种情况下，对于机座号超过 180 的较大功率电动机，建议使用多级星形-三角形起动，由此，使用绕组抽头以便在星形和三角形之间插入 2 个额外的档位（额外加价）。

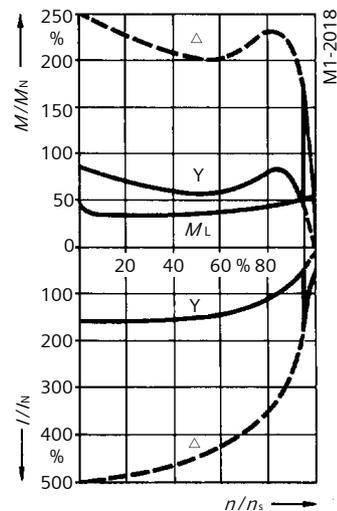
通过起动变压器或起动电阻器降低电动机端电压，转矩曲线可以大致随电压的平方而降低，电流曲线大致与电压成正比。

使用变频器时，可以在额定电流下起动。可以通过定子电阻起动电路实现鼠笼式电动机的软起动，起动期间电阻接入其中一相中，可以降低堵转转矩到任何需要的数值。在未接入电阻器或电抗器的两相中堵转电流比在直接起动时稍高。

使用 SIKOSTART 固态电动机起动器可以最好地实现这种起动方式，它在加速运转期间限制转矩和电流（参见产品目录 NS2，第 4 节）。



不符合要求的星形-三角形起动



符合要求的星形-三角形起动

当查询起动的事项时，经常要给出以下信息：

- 1. 从动机所需功率和额定转速。
- 2. 要求的电动机转速。
- 3. 按其转速或折算至电动机转速的从动机负载转矩。
- 4. 总外部转动惯量和从动机的额定转速，折算至电动机转速。
- 5. 单位时间内起动次数以及负载持续率。
- 6. 单位时间内工作周期的性质和数量（减速方式）。

对于变极电动机，对每一种转速均应分别给出该信息。  
可以在产品目录 M11 中找到包含与电动机正确选型有关的所有要点的详细查询表。

### 起动期间的热损耗 · 分段起动

#### 起动期间的热损耗

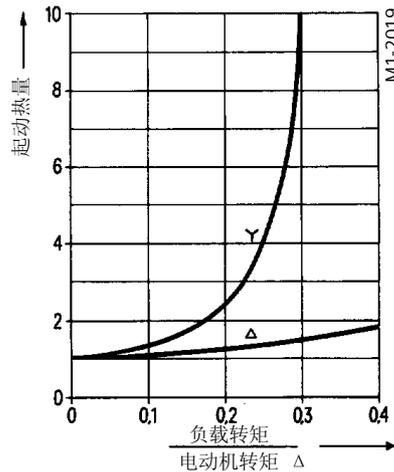
带负载转矩起动电动机时，星形-三角形起动方法带来的电动机热损耗要比直接起动带来的大。

空载起动时（没有负载转矩时），转子损耗实际上等于加速功，而加速功又与起动结束时转动惯量的动能相同：

$$W = J \cdot \frac{\omega^2}{2} = J \cdot \frac{1}{2} \left[ \frac{2\pi n}{60} \right]^2$$

- W 动能, Ws
- J 转动惯量, kgm<sup>2</sup>
- ω 角速度, 1/s
- n 运行转速, 转/分钟

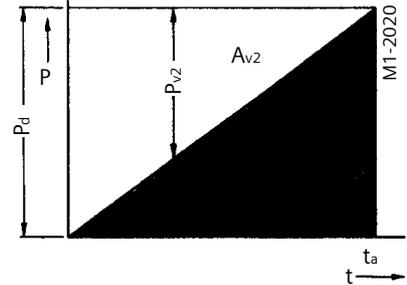
空载起动的转子损耗与转子类型、起动方法、加速转矩和起动时间无关。只取决于总转动惯量及最终转速的平方，不受任何电动机转矩特性变化的影响。



星形-三角形起动的电动机热损耗

下图说明了当  $M_b = M_M$  时加速转矩或电动机转矩恒定的特殊情况。

有效功或加速功 ( $A_b$ ) 及转子损耗 ( $A_{v2}$ ) 的比例显示为由输出功率  $P$  和时间  $t$  决定的区域。



对于起动单速电动机，加速转矩恒定，区域表示有效功和转子损耗

- $P_d$  转子功率输入
- $P_b$  加速功率
- $P_{v2}$  转子损耗

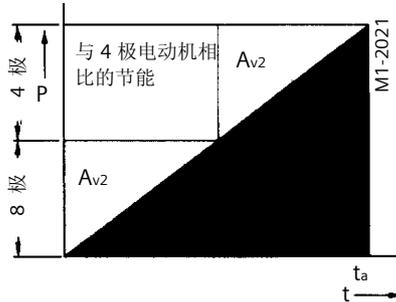
#### 分段起动

如果同步转速改变，损耗将随转速的平方变化。

这个事实提供了减少起动损耗的方法：把起动过程分段（如两半）——先加速到较低的同步转速  $n_2$ ，随后从  $n_2$  加速到  $n_1$ （实际应用中可通过变频或变极来实现），损耗最小值发生在：

$$n_2 = 1/2 n_1 \quad (\text{见图})$$

比如蔗糖离心机的高惯量驱动器使用这种方法。



加速转矩恒定时，8/4 极电动机的有效功和转子损耗

因此，定子损耗计算如下：

$$A_{v1} = A_{v2} \cdot \frac{R_1}{R_2'}$$

- $A_{v1}$  定子损耗
- $A_{v2}$  转子损耗
- $R_1$  定子电阻
- $R_2'$  特定的转子电阻

### 起动滑环电动机

在使用起动器的滑环电动机情况下，起动负载系数符合 DIN VDE 0660, 第 301 节，因此起动期间的电动机平均转矩定义如下：

起动负载系数

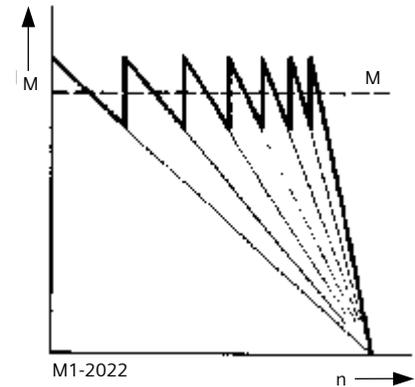
$$\frac{\text{平均起动电流}}{\text{额定电流}} = \frac{\text{平均转矩}}{\text{额定转矩}}$$

半载起动	0.7
风扇起动	1.0
(在 DIN VDE 0660 中未规定)	
满载起动	1.4
重载起动	2.0

电动机转矩可设定的最大数值是停转转矩。当转矩设定值足够高，起动期间平均转矩可以是额定转矩的 2 到 2.5 倍，平均起动电流为额定电流的 3 到 3.8 倍。应进行查询，以获得针对这些情况的建议。

应运行起动器，使转矩和电流峰值保持在最小值。

起动期间的转子电流大致与产生的起动转矩成正比，并决定起动电阻器的规格。



滑环电动机起动期间的转矩峰值

### 制动的原理和方法

制动期间，减速转矩等于电动机转矩与负载转矩之和。假定一个减速转矩平均值，则从运行转速下降到零转速的大致减速时间可以计算为：

$$t_B = \frac{J \cdot n_b}{9.55 \cdot M_v}$$

$t_B$  制动时间，s；  
 $J$  转动惯量， $\text{kgm}^2$ ；  
 $n_b$  运行转速 rev/min  
 $M_v$  平均减速转矩，Nm。

电动机转矩的幅值和变化取决于制动方法。

有几种不同的方法：

- 机械制动：在电动机上完全不施加应力。
- 反相序制动，即颠倒供电系统的两相。达到零转速时，必须隔离供电系统，最好通过一个零转速开关自动完成。鼠笼式电动机的平均制动转矩通常大于其起动转矩，见图。

电动机上的热负荷是起动期间的两倍。因此，如果制动持续时间大于 5 秒，检查电动机是否过热是很重要的。

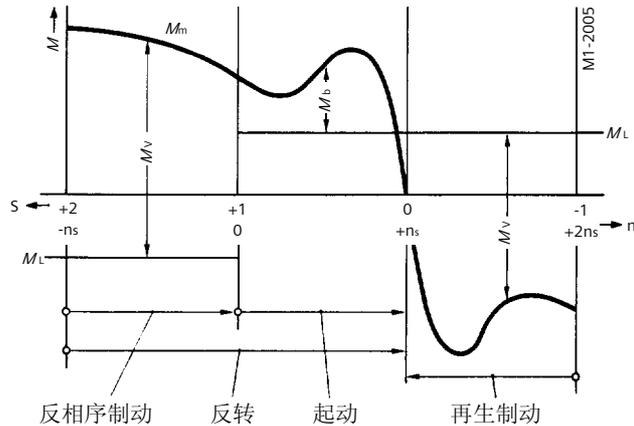
对滑环电动机，切换到转子回路的电阻器改变了转矩曲线，因此也改变了制动时间。当转子电路中有外部电阻  $1.5 \cdot k$  时（ $k$  是转子特性电阻），制动转矩大约等于额定转矩。

$$k = \frac{U}{i \cdot \sqrt{3}}$$

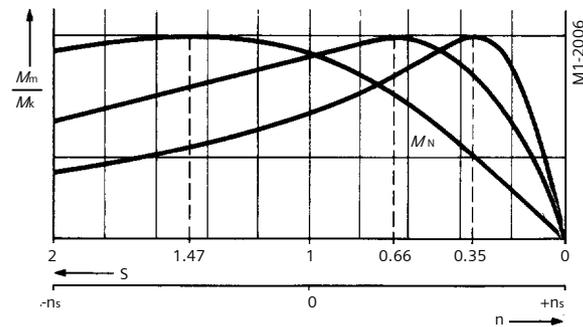
$U$  二次开路电压  
 $i$  额定工况下的转子电流，A

额定转矩下的转差率以及临界转差率随着总电阻（转子电阻和外部电阻之和）成比例地增加。外部电阻器必须吸收与其电阻和总电阻比率成正比的热损耗。

- 对于鼠笼式或滑环电动机的直流制动，定子与供电系统隔离，然后通以低压直流电流。制动转矩曲线与电动机转矩曲线大致相同，在横坐标上制动转速  $n_b = n_s - n$  替代转速  $n$ 。

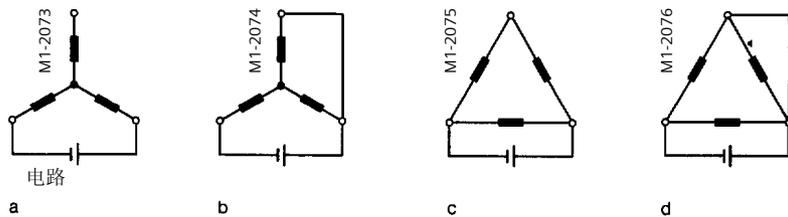


$M_m$  电动机转矩  $M_L$  负载转矩  $M_Q$  加速转矩  $M_Y$  减速转矩  
 鼠笼式电动机的起动、制动和反转



$M_m$  电动机转矩  $M_N$  额定转矩  $M_K$  停转转矩

转子回路中串入不同电阻的滑环电动机转矩曲线。最短的制动、反转和起动时间在分别在临界转差率  $s_k = 1.47, 0.66$  和  $0.35$  处获得。



a 直流注入制动的标准电路

因此，制动鼠笼式电动机必需的直流电流计算如下：

$$I_{BG} = K \cdot I_A \cdot \sqrt{\frac{J \cdot n_N - M_{ext}}{9.55 \cdot t_B}} \leq k \cdot I_A \cdot 0.6$$

$I_{BG}$  直流制动电流，A  
 $K$  制动电路系数（例如对于电路 a， $k_a = 1.225$ ）  
 $I_A$  堵转相电流，A 连接  $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I_A$ （目录值）  
 $J$  电动机和从动机的总转动惯量（折算至电动机轴）  
 $n_N$  电动机额定转速，转/分钟  
 $T_B$  制动时间，秒（由于热应力，最大值必须是 10 秒）  
 $M_{ext}$  待制动的从动机的转矩，Nm  
 $M_A$  堵转转矩，Nm  
 $F$  平均电动机制动转矩系数：对 160L 机座号以下的电动机， $f = 1.6$  关于 180 以上规格，请查询。

### 制动的理论和方法

匝数相同时(相同的制动效应),用来计算各种标准电路直流电流的转换系数 k 如下:

电路	a	b	c	d
系数 k	1.225	1.41	2.12	2.45

滑环电动机的直流制动电流可以大致计算如下:

$$I_{BG} \leq K \cdot I_n \cdot 1.5$$

$I_{BG}$  直流制动电流, A;  
 $K$  制动电路系数;  
 $I_n$  额定定子电流, A (相值)。

在这种情况下,必须在转子回路中加入串联电阻器。现有的起动器仍然可以使用,但产生的制动转矩的精确值只能按客户要求给出,同时需要关于电动机和起动器的全部信息。

电动机在工作温度下,以下方程式适用于求出直流制动电压  $U_{DC}$ :

$$U_{DC} = C \cdot I_{BG} \cdot R_{ph \text{ hot}} \text{ 或者}$$

$$U_{DC} = 1.3 \cdot C \cdot I_{BG} \cdot R_{ph \text{ cold}}$$

$U_{DC}$  直流制动电压, V;  
 $C$  制动电路系数 (例如对于电路 a,  $C_a = 2$ );  
 $I_{BG}$  直流制动电流, A;  
 $R_{ph \text{ hot}}$  工作温度下的相电阻,  $\Omega$ ;  
 $R_{ph \text{ cold}}$  20°C 下的相电阻,  $\Omega$ 。

各种标准制动电路的系数 C 是总电阻与相电阻的比率:

电路	a	b	c	d
系数 C	2	1.5	0.667	0.5

■ 通过把电动机切换到较低的转速,在变极电动机上使用超同步(再生)制动。不可能制动到零转速。停转转矩比起动期间大得多。转速比为 1:2 的电动机的热应力与起动的到较低转速时大致相同。

■ 查询关于制动和反转事项时,必须给出以下信息:

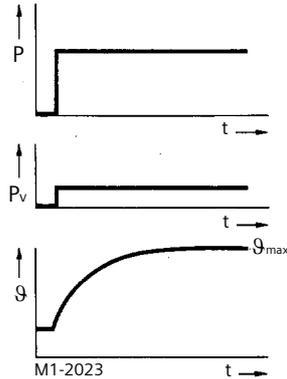
1. 从动机的型号和需要的电动机工作制。
2. 从动机的功率要求和额定转速。
3. 预计的电动机转速。
4. 从动机的负载转矩,折算至其转速或电动机转速。
5. 从动机的转动惯量和额定转速,或者折算至电动机转速。
6. 单位时间内制动或反转操作的次数及类型。
7. 负载持续率。

在变极电动机情况下,必须给出每种转速的有关信息。

在产品目录 M11 中可以找到包含所有与电动机正确选型有关要点的详细查询表。

## 工作制 S1 到 S9

除非另有说明，我们目录中列出的所有电动机均设计为连续工作制 S1。但是，通常也有很多电动机的工作制是非连续的。由于这些情况下可以获得的功率输出有时与连续输出的迥然不同，因此为计划目的起见，必须精确说明实际的工作制。可能的工作制类型几乎是无限数量的，因此，为了便于用户和制造商之间达成更好地理解，DIN VDE 0530 把大多数可能的工作制分为九大类。

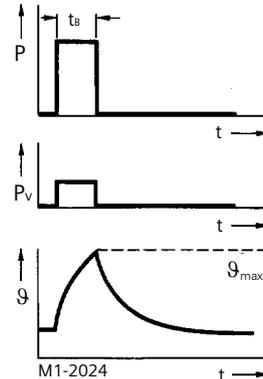


工作制 S1: 连续运行工作制

### S1: 连续运行工作制

在恒定负载下运行足够长的时间，达到热平衡。

特性表示：  
功率输出数字

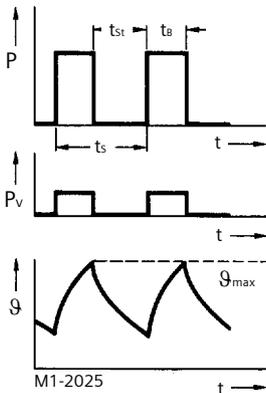


工作制 S2: 短时工作制

### S2: 短时工作制

在恒定负载下运行不充分的时间，以建立热平衡，随后是长时间的间歇，使机器的温度下降到冷却介质温度的 2K 以内。

特性表示：  
工作时间和功率输出数字，例如 S2: 20 分钟，15kW



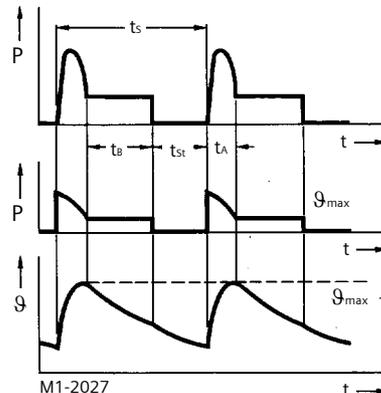
工作制 S3: 间歇周期工作制，无起动

$$t_r = \frac{t_b}{t_b + t_{st}}$$

### S3: 间歇周期工作制，无起动

运行由相同工作周期的序列组成，每个周期由一个恒定的负载期及随后的一个间隔期组成。起动电流对机器的温升没有明显的影响。

特性表示：  
运行时间、周期时间和功率输出，例如 S3: 15 分钟/60 分钟，20kW。作为可选方案，百分数形式的负载持续率和周期时间数字，例如 S3: 25%，60 分钟，20kW。如果循环时间数字是 10 分钟，则可以省略。



工作制 S4: 间歇周期工作制，有起动

$$t_r = \frac{t_A + t_b}{t_A + t_b + t_{st}}$$

### S4: 间歇周期工作制，有起动

运行由相同工作周期的序列组成，每个周期由一个明显的起动期、一个恒定负载期和一个间隔组成。

特性表示：  
百分数形式的负载持续率、每小时起动次数以及功率输出数字，例如 S4: 40%，520 次起动，30kW。起动期间转动惯量和负载转矩的额外数据。

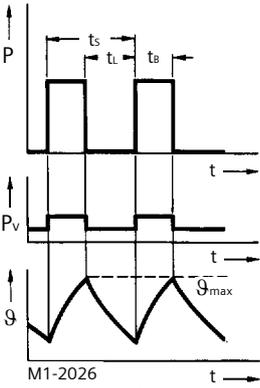
工作制 S5: 间歇周期工作制，有起动和电制动

$$t_r = \frac{t_A + t_b + t_{br}}{t_A + t_b + t_{br} + t_{st}}$$

S5: 间歇周期工作制，有起动和电制动  
运行由相同工作周期的序列组成，每个周期由一个显著的起动期、一个恒定负载期、一个快速电制动期和一个间隔组成。

特性表示：  
与 S4 工作制相同的数字，但还包括制动类型，例如 S5: 30%，每小时 250 次循环，反相序制动，50kW。起动和制动期间转动惯量和负载转矩的额外数据。

工作制 S6、S7、S8



工作制 S6: 连续运行周期工作制

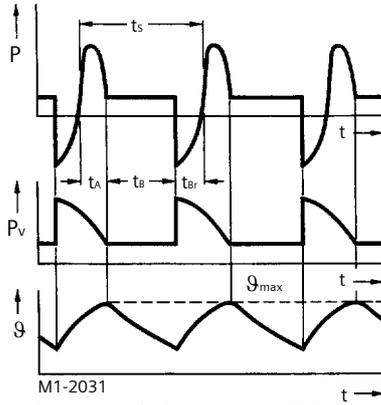
$$t_r = \frac{t_b}{t_b + t_l}$$

**S6:** 连续运行周期工作制

运行由相同工作周期的序列组成，每个周期由一个恒定负载期和随后的一个空载运行期组成。没有断能间隔。

特性表示:

与 S3 工作制相同的数字，例如 S6: 30%，40 分钟，85kW。



工作制 S7: 连续运行周期工作制，有起动和电制动

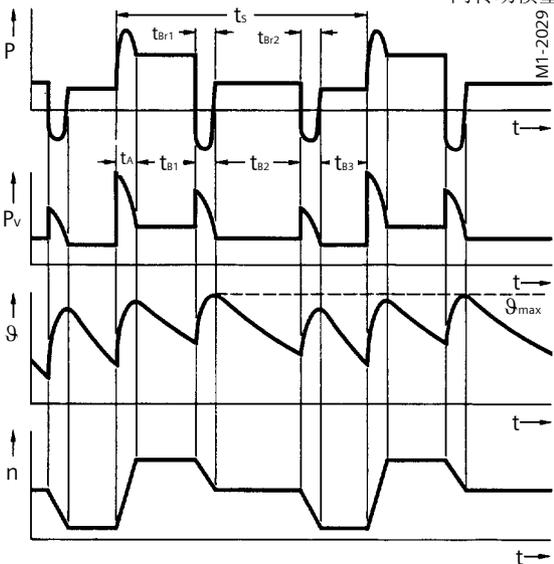
$$t_r = 1$$

**S7:** 连续运行周期工作制，有起动和电制动

运行由相同工作循环的序列组成，每个循环由一个明显的起动期、一个恒定负载下的运行期以及一个快速电制动期组成。没有断能间隔。

特性表示:

与 S5 的数字相同，但没有  $t_r$ ，例如 S7: 12kW，每小时 500 次反转。起动和制动期间转动惯量和负载转矩的额外数据。



工作制 S8: 连续运行周期工作制，相关的负载/转速有变化

$$t_{r1} = \frac{t_A + t_{B1}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

$$t_{r2} = \frac{t_{Br1} + t_{B2}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

$$t_{r3} = \frac{t_{Br2} + t_{B3}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

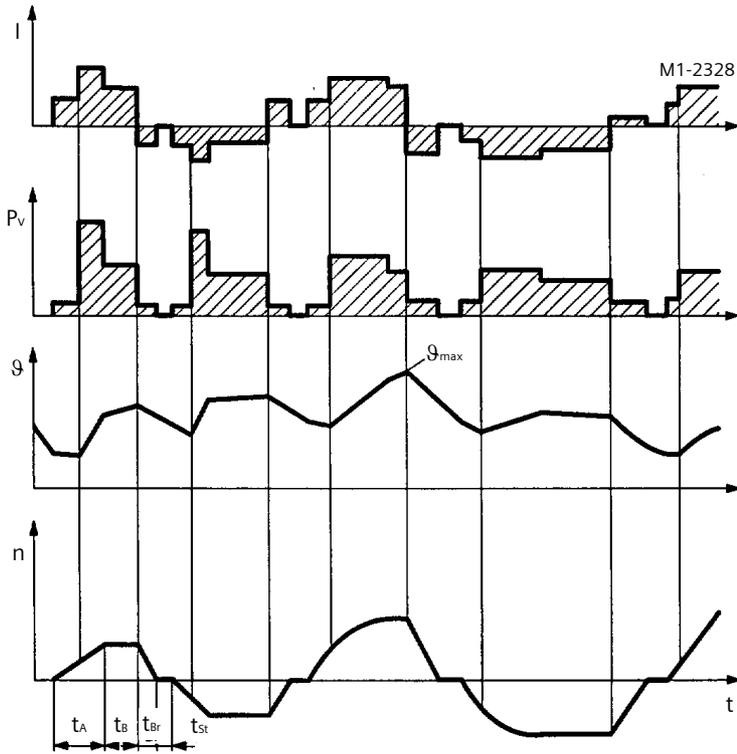
**S8:** 连续运行周期工作制，相关的负载/转速有变化

运行由相同工作周期的序列组成，每个周期由一个在恒定负载和预先确定转速下的运行期以及随后的一个或多个在与不同转速对应的负载下的运行期组成。

特性表示:

数字和额外数据与 S5 相同，不过是对不同转速而言。

工作制 S9 · 平均功率



工作制 S9: 连续运行工作制, 有非周期性的负载和转速变化

**S9:** 连续运行工作制, 有非周期性的负载和转速变化

一般包括在允许范围内非周期性负载和转速变化下的运行。这种工作制通常包括远远超过额定负载的峰值负载。

■ 工作制 S1 到 S9 包含了实际遇到的许多应用。

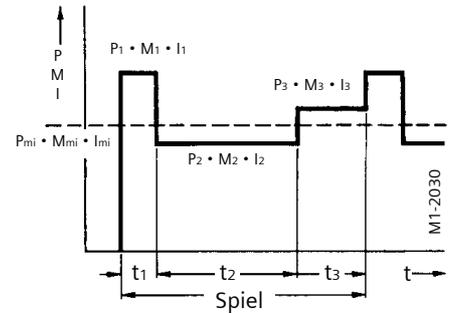
如果在特殊情况下, 所加负载与给出的不同, 则必须给出实际工作循环的全部详细资料, 或者用另一种方法, 必须指定一种工作制, 它能代表至少与实际情况同样严重的加载。

注:

这种工作制必须基于一个适当的连续负载数值作为工作周期的参考值。

■ 工作制 S1 到 S9 图中所用的符号:

- P 功率, kW;
- Pv 损耗, kW;
- n 转速, 转/分钟;
- θ 温度, °C;
- θ<sub>max</sub> 最高温度, °C;
- t 时间, 秒或分钟;
- t<sub>A</sub> 起动时间, 秒或分钟;
- t<sub>B</sub> 负载期, 秒或分钟;
- t<sub>Br</sub> 断开时间, 秒或分钟;
- t<sub>L</sub> 空载期, 秒或分钟;
- t<sub>r</sub> 负载持续率 (也用%);
- t<sub>s</sub> 循环时间, 秒或分钟;
- t<sub>St</sub> 休息期, 秒或分钟。



计算平均功率:

$$P_{mi} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

平均功率

与 DIN VDE 0530 中规定的工作制最常见的偏差之一是所需功率输出在负载期间不恒定。在这些情况下, 功率 P (电流 I, 转矩 M) 的数值可用计算为各负载均方值的平均功率 P<sub>mi</sub> (电流 I<sub>mi</sub>, 转矩 M<sub>mi</sub>) 代替。最大转矩不得超过停转转矩的 80%。如果所需最大功率与最小功率数字相差超过系数 2, 则计算中必须使用平均电流, 因为平均功率的数字变得太不精确了。用这种方法是可能为工作制 S2 计算平均值的, 因此必须进行咨询寻求协助。

## 工作制分组

### 工作制分组

深入研究表明可以方便地将工作制 S2 到 S9 分为两组：

- 与连续工作制 S1 相比，要求功率增加的工作制，即 S2、S3、S6；
- 与连续工作制 S1 相比，要求功率降低的工作制，即 S4、S5、S7、S8、S9。

### 机械极限额定值 $P_{mech}$

对三种工作制 S2、S3 和 S6，功率额定值受到 DIN VDE 0530 的限制如下：

“无论其工作制及设计如何，多相感应电动机必须能够耐受额定电压和频率下额定转矩 1.6 倍的过载 15 秒钟。”由于产品目录数据允许容差为 -10%，因此必须从新的、增加的转矩值  $M_{max}$  中充分除去停转转矩  $M_k$ ，数量为

$$\frac{M_k}{M_{max}} \geq 1.76$$

在产品目录数据中表述的这个条件，可以形成下式：

$$P_{mech} \leq \frac{M_k}{M_N} \cdot \frac{P_N}{1.76} \quad (1)$$

## 工作制 S2、S3、S6

### S2: 短时工作制

由于短时工作制 ( $t_B < 3 T$ ) 运行，电动机没有达到与所需的电动机输出功率有关的连续工作制的温升，而且温升遵循指数函数，根据运行时间  $t_B$  (单位分钟) 以下方程式给出了可以达到的发热极限额定值：

$$P_{th} \leq P_N \sqrt{\frac{[1 - \exp(-\frac{t_B}{T})]^{-1} - K_0}{1 - K_0}} \quad (2)$$

如果方程式 (2) 比方程式 (1) 允许更高的额定值数字，则可以在 1LA5 型电动机中使用非标准绕组以增加停转转矩，因此达到  $P_{max} \approx 1.5 P_N$  方程式 (1) 不起作用 (对于 B 级绝缘)，方程式 (2) 不受影响。尽管对方程式 (1) 毫无影响，对于 1LA5 型电动机，F 级绝缘增加方程式 (2) 中的额定输出 15%，对于 1LA6 型电动机，增加 10%。当  $P_{th}$  充分利用时，电动机重启动 (冷却到 2K 温升) 之前的时间大约是温升时间常数的 11 倍 ( $t_{st} = 11T$ )。

### S3: 间歇周期工作制，无起动

如果一台为连续工作制而设计的电动机用于间歇工作制，在运行期  $t_B < 3 T$  内，它可以输送更高的输出功率。对于发热极限额定值，必须考虑运行期间更高的损耗和休息期间  $t_{BI}$  的散热。

$$P_{th} \leq P_N \sqrt{1 + \frac{(1-t_r)h}{(1-k_0)t_r}} \quad (3)$$

如果方程式 (3) 比方程式 (1) 允许更高的额定值数字，在 1LA5 型电动机中可以使用非标准绕组以增加停转转矩，因此当  $P_{max} \approx 1.45 P_N$  方程式 (1) 无效，方程式 (3) 不受影响。

尽管对方程式 (1) 没有影响，对于 1LA5 型电动机，F 级绝缘增加方程式 (3) 中的额定输出 15%，对于 1LA6 型电动机增加 10%。由于方程式 (3) 只考虑了平均温升，未考虑运行期结束时  $t_B$  时的最高绕组温度，在循环时间  $t_B > 10$  分钟的情况下，应寻求协助。

### S6: 连续运行周期工作制

与工作制 S3 不同，工作制 S6 运行的电动机在空载运行期间是连续通风的。但是，空载电流阻止电动机实际降温到冷却介质的温度，得出以下方程式：

$$P_{th} \leq P_N \sqrt{\frac{1}{t_r}} \quad (4)$$

对于工作制 S6，由于空载温升已经使电动机温度上升到冷却介质温度以上的水平，在这种情况下只能使用  $t_B < 2 T$  不能通过使用带有非标准绕组的电动机避免方程式 (1)，因为增加停转转矩必然会带来空载电流的增加，因此引起过量温升。对于 1LA5 型电动机，F 级绝缘使方程式 (4) 中的额定输出增加 15%，对于 1LA6 型电动机增加 10%。与工作制 S3 相同，在循环时间  $t_B > 10$  分钟的情况下，应寻求协助。

### 方程式中使用的符号：

$t_B$	运行持续时间，分钟；	$K_0$	等效损耗率，空载/负载
$P_{th}$	发热极限额定值，kW；	$t_r$	负载持续率
$P_{mech}$	总机械功率输出，kW；	$h$	散热率
$M_k$	停转转矩，Nm；		通风/不通风
$M_N$	额定转矩，Nm；		
$T$	热时间常数，分钟。		

## 工作制 S4、S5、S7、S8、S9

这些工作制类型的计算基于空载反转频率  $z_0$ 。然后可以通过换算系数确认允许的启动频率  $z$ ：惯性系数、反转系数和负载系数。

### 惯性系数 F1

由于惯性系数 F1 要考虑外部转动惯量影响：

$$F1 = \frac{J_{Mot} + J_{Zus}}{J_{Mot}}$$

如果电动机和从动机的转速不同，从动机的转动惯量必须折算至电动机的转速：

$$J_{add} = \frac{J_1 \cdot n_1^2 + J_2 \cdot n_2^2 + \dots}{n_{Mot}^2}$$

### S4：间歇周期工作制，有启动

由于在这种工作制下，电动机的制动对于温升并无影响（例如使用机械制动），空载反转频率  $z_0$  用空载每小时启动频率  $z_A$  替换：

$$z_A = K \cdot z_0$$

对于 1LA5 型电动机， $k$  是 2.5，对于 1LA6 型电动机， $k$  是 2.3。

对于制动电动机， $z_A$  值应直接取自产品目录 M12。由于额外的制动惯量，对于 1LA 型电动机，不能从  $z_0$  值获得。

则工作制 S4 的最大启动频率变为：

$$z = \frac{K_g \cdot K_L}{F1} \cdot z_A$$

### S5：间歇周期工作制，有启动和电制动

最大启动频率可以计算为：

$$z = \frac{K_L}{F1} \cdot f \cdot z_0$$

如果电制动是逆转制动，则  $f=1$ 。对于 1LA5 型电动机直流制动， $f=1.6$ ，对于 1LA6 型电动机， $f=1.2$ 。

### 反转系数 $k_g$

反转系数  $k_g$  考虑了加速运转期间的任何负载转矩  $\bar{M}_L$ ：

$$K_g = \frac{\bar{M}_L}{M_{Mot}}$$

如果电动机和从动机的转速不同，从动机负载转矩必须按电动机的转速进行折算

$$\bar{M}_L = \frac{\bar{M}_{L1} \cdot n_1}{\eta_{G1} \cdot n_N} + \frac{\bar{M}_{L2} \cdot n_2}{\eta_{G2} \cdot n_N} + \dots$$

只对启动操作考虑反转系数  $k_g$ 。对于反转，负载转矩使转子损耗在启动期间增加，但在制动期间减少。两者几乎相互抵消，因此在这种情况下，可以假定  $k_g$  为 1。如果  $k_g$  小于 0.5，则应寻求帮助，因为在这种情况下，即使一次启动的温升也非常高。

### S7：连续运行周期工作制，有启动和电制动

工作制 S7 用与 S5 相同的方法计算：

$$z = \frac{K_L}{F1} \cdot f \cdot z_0$$

但是，当  $t_r=1$  时，负载系数  $k_L$  减少到：

$$K_L = 1 - \left(\frac{P}{P_N}\right)^2$$

### S8：连续运行周期工作制，相关的负载/转速有变化

为了对这种工作制进行计算，必须提前进行查询。

### S9：连续运行工作制，有非周期性负载和转速变化

为了对这种工作制进行计算，必须提前进行查询。

方程式中使用的符号：

F1	惯性系数
Kg	转矩系数
KL	负载系数
J	转动惯量，kgm <sup>2</sup>
n	转速，转/分钟
n <sub>mot</sub>	电动机转速，转/分钟
J <sub>mot</sub>	电动机转动惯量，kgm <sup>2</sup>
J <sub>add</sub>	外部转动惯量总和，kgm <sup>2</sup>
$\bar{M}$	加速运转期间的平均负载转矩，Nm
$\bar{M}_{Mot}$	齿轮传动效率
P	功率需求，kW
P <sub>N</sub>	额定输出，kW
z <sub>0</sub>	空载反转频率，反转/小时
z <sub>A</sub>	空载每小时启动频率
z	最大每小时启动频率

### 负载系数 $k_L$

运行期间的负载按以下考虑：

$$K_L = 1 - \left(\frac{P}{P_N}\right)^2 \cdot \frac{(1-K_0)t_r}{(1-K_0)t_r + (1-t_r)h}$$

有负载曲线时，以  $\frac{I}{I_N}$  替代  $\frac{P}{P_N}$  可以进行更精确的计算。特别是在交变负载情况下，最好选用  $\frac{I_{mi}}{I_N}$  而不是  $\frac{P_{mi}}{P_N}$  进行计算。

### 增加启动频率的特殊措施

a) 通过使用 F 级绝缘，可以使 1LA5 型电动机（机座号 160 以下）的空载反转频率  $z_0$  增加到 120%，使 1LA6 型电动机（从机座号 180 起）的增加到 110%。1LA5 型电动机的额定输出  $P_N$ （参见  $k_L$ ）增加到 115%，1LA6 型电动机增加到 110%。

b) 通过在 1LA5 型电动机中使用高电阻鼠笼式转子：

极数	2	4	从 6
z <sub>0</sub> 增加到%	110	120	130

由于使用铝硅合金转子必然使额定输出  $P_N$  减少到 85%（由于  $k_L$  的改变），这种措施只对涉及高惯性质量频繁启动的应用是。

c) 通过在 1LA5 型电动机中使用高电阻鼠笼式转子和 F 级绝缘：

极数	2	4	从 6
z <sub>0</sub> 增加到%	110	120	130

负载系数保持不变，因为 F 级绝缘抵消了由铝硅合金转子造成的额定输出的减少。

### 概述

有几种实现转速控制的不同方法：通过变极电动机、滑环电动机、交流整流式电动机、串联、相位控制以及变频变压的变频器供电。

选择最经济的方法取决于所需要的转速控制的范围、控制持续时间、从动机的负载转矩特性、工作制的性质以及能量平衡。

可以使用鼠笼式变极电动机粗略地调节到固定的转速值，尽管它们只有不超过四种转速级。

可以通过把不同电阻值插入转子回路使用滑环电动机进行转速的微调；它也改变转矩特性。

■ 转差率随着转子电阻和起动可变电容器电阻的总和成正比增加。转速设置越低，转矩/转速曲线和串联特性曲线之间的匹配越密切，也就是说，转速很大程度上依赖于负载并且当负载变化时会自动改变。在额定转速50%以下，几乎不可能获得令人满意的工况，即使是恒定负载转矩。

为了正确确定起动电阻器和可变电容器的大小，必须对从动机转矩曲线有精确的了解。

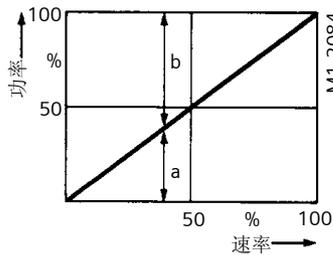
可变电容器电阻  $r_s$  的欧姆值可以计算如下：

$$r_s = \frac{u}{i \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{n_s - n}{n_s} \cdot \frac{M_N}{M}$$

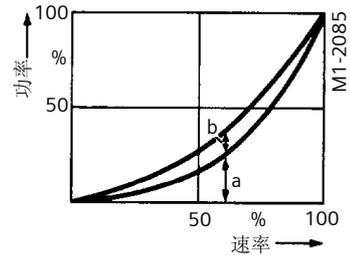
U 绕线转子开路电压，V  
i 额定工况下的转子电流，A  
 $n_s$  同步转速，转/分钟  
n 减速，转/分钟  
M 减速时的转矩，Nm  
 $M_N$  额定转矩，Nm

### 功率损耗

由于起动电阻和可变电容器产生的损耗（折算至输入功率）对应于折算至同步转速的转速下降（即转差率）。例如，在恒转矩时，它们相当于50%额定转速下功率输入的50%。另一方面，在按平方下降的转矩下，它们只相当于功率输入的12.5%。由于随着转速的下降，风扇的冷却效应逐渐减少，电动机的转矩和功率必须按照后面的表格降低额定值，或者如果总是减速运行，可以选择一台适当的更大的电动机。



a. 有效输出  
在恒定负载转矩下由于转速控制产生的起动可变电容器损耗



b. 功率损耗  
在平方规律负载转矩下由于转速控制产生的起动可变电容器损耗

转速	%	100	90	80	70	60	50	40	<40
转矩	%	100	96	91	85	80	72	62	
功率输出	%	100	86	73	60	48	36	25	函索即寄

■ 如果负载转矩至少是随着转速成比例地减少，例如在风机、离心泵等情况下，转速可以降低到额定值的20%，而额定功率输出不会有任何变化。

如果电动机单独通风，在某些情况下，只要通风充分良好，它可以在任何转速下输送满额定转矩（查询详细资料时，应说明转速控制范围）。

### 变频器供电的电动机一般信息

通过配备变频变压的电源，交流鼠笼式电动机可以升级到全变速驱动。为此目的使用的 SIMOVERT 变频器是电子执行机构，使电动机的转速从静止到最大转速无级变化。它们连接在交流供电系统和电动机之间。

根据从动机的 M/n 特性，这种工作制使运行工况和应力变得严格，有时会要求降低最大允许转矩。

变速感应电动机的特点如下：

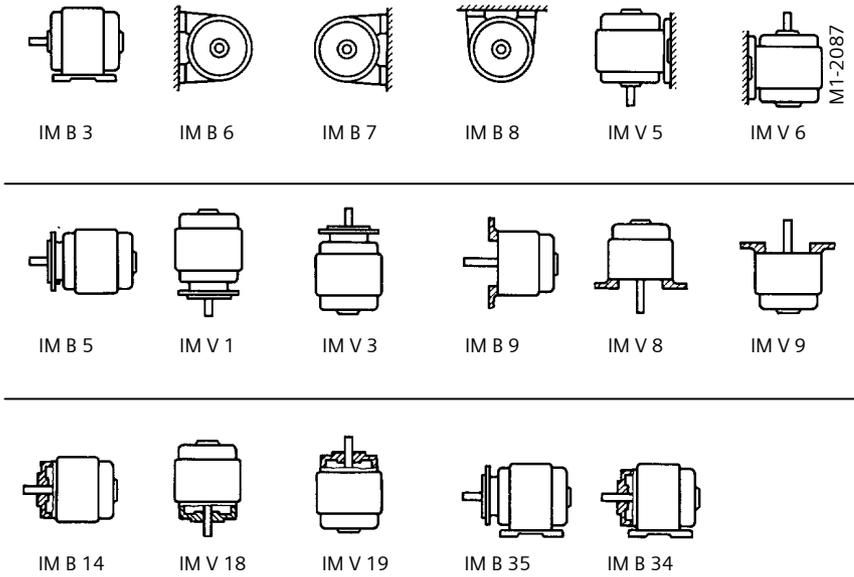
1. 电动机转速的变化也改变了安装在电动机轴上的风扇的冷却效果。如果转速降低到低于这种类型转速的额定值，从电动机上散出的热量变弱，部分被铁耗的减少抵消。转速高于这种类型的额定值时，铁耗的增加超过风扇的冷却效果。
2. 变频器输出电压和电流受到谐波分量的影响，这些谐波在电动机中产生额外损耗。额外损耗的数量级取决于电动机的类型额定值以及所使用的变频器的型号。
3. 变频器电源供电时，电动机噪声有时会比用正常电源供电运行时大。
4. 当电动机在类型额定转速值以上运行时，记住最大转速受由临界转速、滚珠轴承性能等决定的机械应力的限制，这很重要。

项目规划需要以下信息（参见产品目录系列 DA6）：

- 标称交流电压
- 鼠笼式电动机极对数
- 从动机的转矩/转速特性
- 转速控制范围
- 从动机的所需功率
- 鼠笼式电动机是 B 或 F 级绝缘

交流电动机最通用的安装型式

除了基本安装型式 IM B3 以外，电动机也可以有各种其它的安装型式。在“安装型式”选型表中列出了每一种电动机的不同型式。



符合 DIN IEC 34 第 7 部分和旧标准 DIN 42 950 的安装型式规范的对比。

注：

立式安装时，EEx e 和 EEx d 电动机必须配备顶盖。

DIN IEC 34 第 7 部分		DIN 42 95
规范 1	规范 2	旧
IM B 3	IM 1001	B 3
IM V 5	IM 1011	V 5
IM V 6	IM 1031	V 6
IM B 6	IM 1051	B 6
IM B 7	IM 1061	B 7
IM B 8	IM 1071	B 8
IM B 35	IM 2001	B 3/B 5
IM B 34	IM 2101	B 3/B 14
IM B 5	IM 3001	B 5
IM V 1	IM 3011	V 1
IM V 3	IM 3031	V 3
IM B 14	IM 3601	B 14
IM V 18	IM 3611	V 18
IM V 19	IM 3631	V 19
IM B 10	IM 4001	B 10
IM V 10	IM 4011	V 10
IM V 14	IM 4031	V 14
IM V 16	IM 4131	V 16
IM B 9	IM 9101	B 9
IM V 8	IM 9111	V 8
IM V 9	IM 9131	V 9

## 交流电动机最通用的防护等级

根据运行条件和环境，必须选择最适当的防护等级以防止水、异物或灰尘造成的任何损坏，并且防止意外接触内部转动部件或带电部分。

电气设备的防护等级命名为两个字母和两个数字的代码，某些情况还有一个额外的字母：

IP	IP（国际保护）这两个字母表示防止接触带电或转动部件以及异物和水侵入的保护等级。
0 到 6	第一个数字表示防止接触带电或转动部件以及防止异物侵入的保护等级
0 到 8	第二个数字表示防止水侵入的保护等级（没有防油保护）
W、S 和 M	额外的字母表示特殊的防护等级

电动机供货时有以下防护等级之一：

电动机	防护等级	第一个字符 防止意外接触	防固体异物	第二个字符 防水
开路冷却	IP23	与手指接触	防直径大于 12mm 的固体异物	防止与垂直夹角小于 60°的喷水
全封闭风扇冷却	IP44	与工具或类似物体接触	防直径大于 1mm 的固体异物	防止从各个方向溅水
	IP54	全面防止意外接触	防止有害的尘土堆积	防止从各个方向喷水
	IP55			防止不大的浪，大量的喷水
	IP56			防止巨浪 <sup>1)</sup> ，大量注水
	IP65 <sup>2)</sup>	全面防止意外接触	防止灰尘进入	防止从各个方向注水
	IP67 <sup>2)</sup>			防止规定时间和压力的浸没
	IP68 <sup>2)</sup>			防止在制造商规定的条件下连续浸没

<sup>1)</sup> 对于巨浪，需要非标准型号（也就是说临时浸没）。

<sup>2)</sup> 对于符合 DIN VDE 0530 第 5 部分/EN 60 034 第 5 部分的转动电器，只有 5 个防护等级适用于第一个字符，8 个适用于第二个字符。但是，可以在 DIN 40 050 中找到防护等级 IP6，它通常适用于所有电气设备。

## 特殊的防护等级

W 用于防风雨的机器：

在字母 IP 和表示防护等级的数字之间插入额外的字母 W，例如 IP W 23。

适用于适合“在特定气候条件下使用并且配备额外的防护措施或设备”的机器。

S 和 M 用于防水：

对于特殊应用（比如轮船甲板上开路空气冷却的机器，不用时盖住进气口和出气口），在表示防护等级的数字之后可以插入一个额外的字母以指示机器静止（字母 S）或运行（字母 M）时防止有害水侵入的保护已通过认证或测试。

在这种情况下，必须为机器的两种工作条件规定防护等级，例如 IP 55 S/IP 23M。

如果没有额外的字母，则表示在两种情况下（即静止和运行）保持相同的防护等级。

根据国际协议，旧标准中规定的表示管道通风机器的额外字母 R 已从 DIN IEC 34 第 5 部分中删除。

现在，管道通风的机器必须由防护等级和冷却方法的组合进行标识，例如旧 IP R 44；新 IP 44/IC 37 或 IP 44/IC 31。

根据 IEC 标准的交流电动机冷却方法

DIN IEC 34 第 6 部分提供了两种标识方法，每个从字母 IC（国际冷却）开始。为了“全面标识”，字母 IC 后有两个字符框，每个由一个字母和两个数字组成，例如 IC W37 A71。

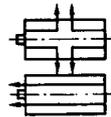
德国标准草案建议用户使用“简化标识”，字母 IC 后只有两个数字。第一个数字说明冷却介质循环的类型，第二个数字表示冷却介质循环的方式。

举例：

- 1RA 电动机：IC 01
- 1LA 电动机：IC 41
- 1LP 电动机：IC 40
- 1PP 电动机：IC 43

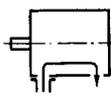
第一个数字

0



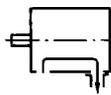
有自由空气进出口的机器

1



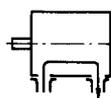
管道通风的机器，一条进气管

2



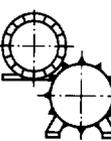
管道通风的机器，一条出气管

3



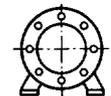
管道通风的机器，进气和出气管

4



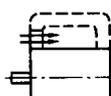
全封闭风扇冷却的机器（环境空气冷却介质）

5



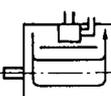
配备内部热交换器的机器（环境空气冷却介质）

6



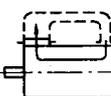
添加热交换器的机器（环境空气冷却介质）

7



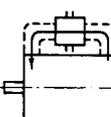
配备内部热交换器的机器（非环境空气冷却介质）

8



添加热交换器的机器（非环境空气冷却介质）

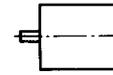
9



配备单独的热交换器的机器

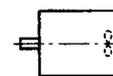
第二个数字

0



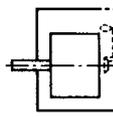
自然通风

1



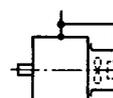
自扇冷

2



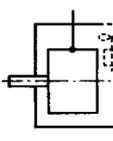
通过没有安装在轴上的通风装置进行自通风

3



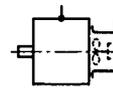
通过安装在机器上的通风装置单独通风，驱动依赖于机器

5



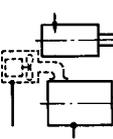
通过一体化的通风装置进行单独通风，驱动与机器无关

6



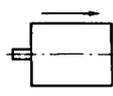
通过安装在机器上的通风装置单独通风

7



通过并非安装在机器上的通风装置单独通风，驱动与机器无关，或者通过供气系统强制通风

8

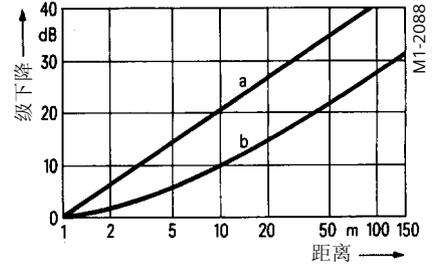


通过相对位移通风，例如电动机穿过空气的运动

定义和单位

人耳听到的声音由一系列不同频率和强度的气压波动组成。这些压力变化称为“声压”，在听阈  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$  和痛阈  $2 \cdot 10^1 \text{ N/m}^2$  之间（均指 1000Hz）的可听范围内，频率范围为 16-20000Hz。

因此这种非常宽广的声压范围可以用易于管理的数字进行表达，大的绝对数值用数值级数的指数代替，基数为  $2 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{10^n}$ 。为了清楚地识别，指数命名为“Bel（贝尔）”，为了获得更高的精确度，一贝尔分为 10 部分，称为分贝。  
1 贝尔=10 分贝（decibel）。



a 无反射  
b 有部分反射

■ 声压级  $L_{pA}$  随距离下降

声压级  $L_p$  · A 计权声压级  $L_{pA}$  · 测量表面声压级  $\bar{L}_{pA}$

声压级  $L_p$

“声音事件”的强度用声压的均方根值表示。在这种表述的剩余部分，谈及“声压”均指声压的均方根值。

声压级是：

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

其中  $p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ （听阈）

$L_p$ : 声压级，单位 dB

$p$ : 声压， $\text{N/m}^2$

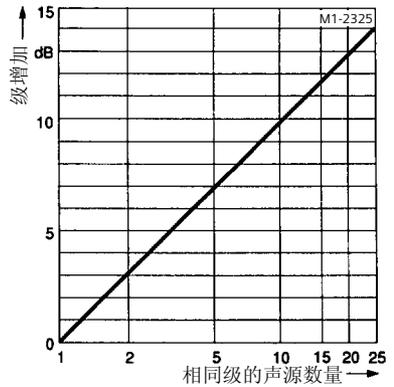
■ 声压级中 1dB 的差异几乎感觉不到，然而 10dB 的差异大约相应于响度的加倍或减半。

A 计权声压级  $L_{pA}$ ，单位 dB (A)

因为响度相同，人耳不能察觉具有相同声压级但不同频率的声音，因此，测量值通过符合 DIN 45 633 的滤波曲线进行加权。

测量表面声压级  $\bar{L}_{pA}$ ，单位 dB (A)

这是在 1 米处测量面 S 上几个位置测得的 A 计权声压级的平均值。



■ 等级增加

声功率级  $L_{WA}$  · 电器噪声级极限

声功率级  $L_{WA}$

声功率  $W$  与声源的距离无关，也用于确定不同规格和设计的机器噪声级的额定值。

$$L_{WA} = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

$W$  声功率，W

$S$  在测量  $p$  的距离处声源周围的包围面， $\text{m}^2$

$\rho$  空气的比重， $\text{kg/m}^3$

$c$  声速， $\text{m/s}$

声功率也标准化到功率  $W_0$  的参考值。它是声压在听阈  $p_0$  的功率，测量面为  $S_0=1\text{m}^2$ 。

$$W_0 = \frac{p_0^2 \cdot S_0}{\rho \cdot c} = 10^{-12} \text{ W}$$

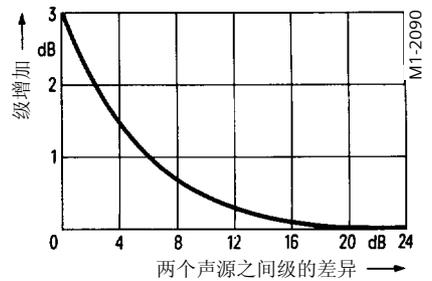
这样就可以从声压级计算声功率级  $L_{WA}$ ：

$$L_{WA} = \bar{L}_{pA} + L_s \text{ where } L_s = 10 \lg \frac{S}{S_0}$$

$L_s$ =测量面数值

电器的噪声级极限

这在 DIN VDE 0530 第 9 部分中有规定。



■ 两个不同级声源声功率级  $L_{pA}$  的增加。

振动强度 • 推荐的振动转速极限

振动强度

振动强度是振动速度（频率范围从 10 到 1000Hz）的均方根值。它是根据 DIN 45 666 使用电气测量仪器测量的。

推荐的振动转速极限

符合 DIN ISO 2373（只作为指导）

振动烈度等级	转速 转/分钟	对于轴高 H 振动速度均方根值的极限, mm/s		
		80 ≤ H ≤ 132	132 < H < 225	225 < H < 400
N (正常)	600-3600	1.8	2.8	4.5
R (降低的)	600-1800	0.71	1.12	1.8
	>1800 到 3600	1.12	1.8	2.8
S (特殊)	600-1800	0.45	0.71	1.12
	>1800 到 3600	0.71	1.12	1.8

注:

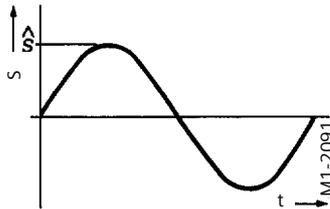
1. 制造商和操作人员必须记住测量值与真实值的偏差可能是 ± 10%。
2. 除非另有约定, 建议的“N”极限适用于标准电机。
3. 尽管表中所列的振动强度值已经进行良好平衡, 但对于电动机而言, 由于种种原因, 在正常工作中可能仍然会遇到相当大的振动, 比如的地基不合适、从动机的反作用等。如果从动部件固有频率接近电动机转动部件剩余不平衡量的频率, 从动部件也能导致振动。  
在这些情况下, 必须对整个装置的每个元件以及电动机进行检查。
4. 装上键后转子应调平衡。因此, 传动装置必须用已加工的键槽（但没有装配键）进行平衡, 例如, 用定位在反直径方向的同尺寸键槽。根据 1991 年 10 月修订的标准 DIN 8821, 将来会用半键进行平衡。
5. 当要求机械运行特别平稳的场合例如机床, 建议使用精确平衡的机器（振动烈度等级 R 和 S）。用户必须保证从动机具有与电动机相似的振动强度。为了满足这些特殊要求, 必须使电动机与传动装置完全平衡。

振动位移幅度

只有与频率一起使用时, 振动位移幅度值才有意义。

对于正弦振动和已知频率, 振动位移幅度为  $\hat{s}$ :

- $\hat{s}$  振动位移幅度,  $\mu\text{m}$
- $V_{\text{rms}}$  振动速度,  $\text{mm/s}$
- $n$  转速, 转/分钟



$V_{\text{rms}}$ mm/s	振动位移幅度 $\hat{s}$ $\mu\text{m}$			
	3000 rev/min	1500 rev/min	1000 rev/min	750 rev/min
0.45	2.0	4.0	6.0	8.4
0.71	3.15	6.3	9.45	12.6
1.12	5.0	10	15	20
1.8	8.0	16	24	32
2.8	12.5	25	37.5	50
4.5	20	40	60	80

## 减速电动机

鼠笼式交流电动机通常不适用于直接驱动低速从动机，因为它们限定到某个特定转速运行，视极数和频率而定。此外，中小的电动机在低于 500 转/分钟的转速下运行不经济。对于这些应用，减速电动机提供适合的替代方案。减速电动机装置由高速交流电动机和正齿轮组成，组合成为封闭的单机。

齿轮的硬化齿能够耐受高应力和负载，与电动机坚固的鼠笼设计一起提供较长的运行寿命。

减速电动机广泛用于各种机器上，比如起重机械、施工机械和农业机械以及大型工业设备、铸造厂、水泥厂和食品加工设备，它们通常用来驱动各种输送机 and 升降机。

必须按照说明给出的信息对电动机进行选型。如果涉及特殊的恶劣工作环境，例如运行频率高、反转工作制以及大冲击负载，必须小心以保证齿轮装置的额定值是足够的。必要时应进行查询，以获得建议。

## 制动电动机 • 带弹簧闸的交流电动机 • 制动电动机选型

### 制动电动机

除了电气制动方法外，也常常使用机械制动，通常以制动电动机的形式出现。制动电动机通常是鼠笼式交流电动机，配备内置或附加的制动装置。制动电动机的主要优点是制动作用对电动机绕组不施加任何热应力。

制动装置的实际功能如下：

1. 断电后，用来限制电动机的减速。
2. 用来在特定位置停止传动。
3. 用来增加电动机工作频率。

### 带弹簧闸的交流电动机

这些电动机的特点是：

安全制动，即使是电源故障，这归功于机械弹簧（闭路原理）；  
电动机轴在制动期间保持其轴向位置；  
制动转矩可调节以适应工作条件；  
坚固的结构保证高度可靠性。

■ 制动装置的电源取自电压正常的单相交流系统，通过内置整流器供电。

应用：

用于机床中的执行机构和进给驱动，以及用于起重设备行业的起重机驱动和输送带。

### 制动电动机选型

选择制动电动机时需要以下信息：

- a) 从动机的型号以及制动电动机的计划用途；
- b) 所需的每小时制动循环数；
- c) 工作循环；
- d) 总转动惯量（电动机+制动装置+从动机），折算至电动机转速；
- e) 负载转矩与转速的关系，折算至电动机轴；
- f) 负载转矩是否具有加速或减速效应；
- g) 所需的制动时间和制动转矩。

## 转矩电动机 • 应用 • 开关设备的选型

### 转矩电动机

转矩电动机是鼠笼式交流感应电动机的非标准设计。转子卡住时，它们的电气设计允许其在额定电压下保持永久性通电状态，同时产生最大转矩，也就是停转转矩。

### 应用

转矩电动机特别适合在机床中作为驱动装置。

这样，它们可以适应特定的工作制，产品目录中有两种不同的型式。

用于 S1 工作制的 A 型：

星形连接时，这些转矩电动机可以在额定电压下保持通电状态任意长的时间，同时产生静止时的额定转矩。当转矩输出几乎是三倍时，它们也可以短时间用于三角形连接的操作，而且它们对于释放卡住的齿轮或机器部件有理想的效果。

但是，在三角形连接下，在规定时间内使电动机断电是非常重要的，否则绕组可能会过热（热敏电阻保护是有益的）。

用于 S2 工作制的 B 型最大 25% 负载持续率  $t_r$ ：

这些转矩电动机最初是为间歇周期工作制设计的，负载持续率不超过 25% $t_r$ 。因此，这种类型的电动机在静止时不能在额定电压下保持永久性通电状态。但是，与 A 型电动机相比，它可以产生 3 或 4 倍转矩。

订货时说明需要两种中哪一种电动机是很重要的。

### 开关设备的选型

根据最大电流选择所需的开关设备是很方便的。但是，只有当电动机从冷态开机时，这个电流才流过，随着温度升高，逐渐减少大约 15 到 25%（运行 1 或 2 个小时后）。

当适合永久通电类型的转矩电动机在三角形连接方式中短期运行时，熔断器的选择应基于大约三倍额定电流；可以根据需要提供热敏电阻保护。

■ 根据 VDE 0580 第 26 节，为了避免过大的操作过电压，在接线盒里有三只与定子绕组并联的压敏电阻器（变阻器）。

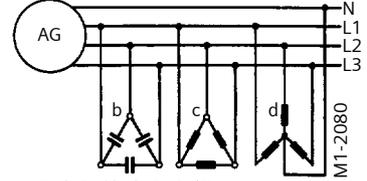
### 异步发电机

如果一台异步电机在与旋转磁场相同的方向被驱动到超过同步转速，转差率将是负的。这意味着电机内有功功率的流动反向，也就是说，电机作为发电机运行时，定子能够输送有功功率。但是，磁化所需的无功电流必须仍然从外部电源供电，与作为电机运行时一样。有两种方法：

**1. 与现有系统并联运行，从其汲取无功励磁功率并供给产生的有功功率。**  
对于与现有系统的并联运行，功率因数由电机的无功功率及其漏抗调节，与作为电动机运行一样，电机带固定负载时，功率因数不能改变。

■ 作为发电机运行的异步电机的功率输出大约等于作为电动机运行的相同电机的功率输出。  
异步发电机与频率确定系统一起工作，具有以下优点：  
不象同步电机一样需要直流励磁。不需要相对昂贵的电压调节设备。作为鼠笼式电机，异步发电机坚固且免维护。起动也很简单；异步电机快速加速，达到同步转速时与供电系统并联运行。与系统连接处产生的电流浪涌大约等于短路电流 ( $I_A$ )，在不到一秒钟的时间里衰减到正常额定值。

**2. 异步电机作为电容励磁的异步发电机独立运行**  
由内燃机驱动的电励磁的异步发电机最近获得了一些重要发展。



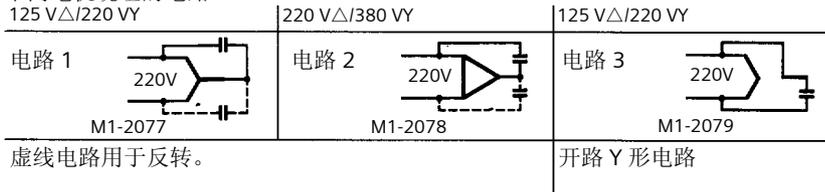
AG: 异步鼠笼式发电机  
b: 励磁电容器  
c: 饱和电抗器  
d: 谐波电抗器  
恒压异步发电机的基本电路图

通常省去电抗器 c 和 d 以节约费用。则功率输出由热额定值、所需的电压偏差以及功率因数决定。  
■ 在每种情况下，必须降低电机样本中的额定值。  
也可能有单相型号。  
详细资料承索即寄。

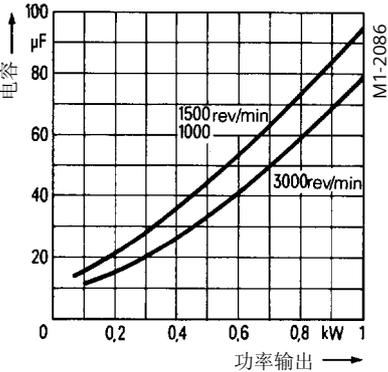
### 用作单相电机的三相电机

在特殊情况下，三相电机可能用作单相电机，电容运行方式。  
不同电机绕组的电路

220V 系统中的三相电机用作电容运行方式单相电机：



■ 电容器的布置如上图所示。作为单相电机的功率输出大约是作为三相电机的 70-80%，堵转转矩大约为额定转矩的 25-35%。  
220V 运行电容器所需的电容量可从电路 1 和 2 的附图上确定。  
必须针对永久工作电压  $1.15 \times$  线电压(在 220V 系统中至少 250V) 确定电容器的额定值。



P 是单相运行时的功率输出 (=三相运行的 70-80%)

■ 对于电路 3，相同电机额定输出和相同线电压需要的电容器大小只有电路 1 和 2 的一半。电容器的额定值必须适合连续工作电压  $1.35 \times$  线电压，即在 220V 系统中 320V。  
由于电容器成本的缘故，在单相应用中 使用电容运行三相电机只对单相功率额定值 2kW 以下有意义。

对于其它线电压，电容器的大小与线电压的平方成反比。

■ 由于堵转转矩小，以及加速运转特性不良，这些电机只适用于驱动风扇和其它采用空载起动的机器。

## 单相感应电动机 · 单相电动机的设计

### 单相感应电动机

没有三相电源可用时，主要使用单相电动机，例如家用。它主要应用于 DIY（自己动手装配）工具和家用设备、办公设备、加热器和电冰箱、动力工具以及伺服电动机。

最大额定值常常受到一般用于单相供电系统中的 10A 和 16A 小型电路断路器的限制。它们允许最大连接的负载为 1.5kW 或 2.2kW，最大起动电流大约为 36A 或 54A。单相电动机的其它型号在别处说明。

### 单相电动机的设计

使用不同的移相元件使单相电动机在加速运转和运行状态方面产生不同的特性。下表列出了目前可以得到的所有不同型号单相电动机的这些特性。

单相电动机	需要切换到起动辅助器吗？	特性			典型应用
		$P_N$ %	$M_A/M_N$	$I_A/I_N$	
1 运行电容器 (C <sub>B</sub> )	否	100	0.25-0.65	3-6	风机、磨床
2 C <sub>B</sub> +高电阻转子	否	65-75	0.5-1.2	2-4.5	泵、减载起动的压缩机、执行机构、切草机
3 C+起动电容器 (C <sub>A</sub> )	是	100	1.45-1.8	3.5-5.5	压缩机、往复式泵、具有高停转转矩的破碎机
4 起动电容器 (C <sub>A</sub> )	是	60	2.6-3.2	3-7	主要用于泵、加热和空调设备以及在常有较严重电压波动的外国用的家用器具
5 辅助起动绕组	是	60	0.95-1.3	4-8	用于低压设备

$P_N$  额定输出功率  
 $M_N$  额定转矩  
 $M_A$  起动转矩  
 $I_N$  额定电流  
 $I_A$  起动电流

(因为  $C = \frac{1}{U_{\text{sys}}^2}$ ) 例如游泳池过滤泵和涡流泵

关于各种型号电动机的电路和性能曲线，参见产品目录 M12。

### 滑环电动机

与鼠笼式电动机相比，滑环电动机有一个优势：可以通过滑环进入转子电路。这意味着它们特别适用于高转动惯量时的重载起动工作制，例如转子中温升高，而这对于鼠笼式电动机是难以忍受的。

当滑环电动机与起动电阻器一起使用时，热耗的大部分消耗于起动电阻器中。在电阻器额定值正确的情况下，起动时间相对比较长。

但是，因为必须有电刷装置，所以滑环电动机不是免维护的。

(关于 1LS3 和 1LS6 型滑环电动机的选择，参见产品目录 M12)。

## 危险工作制交流电动机

在化工厂和炼油厂里，环境空气中常常含有化学腐蚀性气体、蒸汽和水分，湿度高，在某些情况下，温度也比较高。此外，空气有时会变得易于爆炸。在这些场所使用的大多数驱动器采用专用电动机，并且连续运行。

由于电动机故障会危及生命、四肢和财产，因此要求电动机具有最高的安全性和可靠性以及长的预期寿命。

就电动机而言，化工厂的从动机（例如泵、风扇、压缩机、破碎机、搅拌机、离心机等）型号不会带来太大问题。

因为除了比如转速恒定和转速控制等几个因素外，对它们没有严格的要求。

因此，对于这些应用，鼠笼式交流感应电动机是非常流行的。

## 防爆名称和术语

本产品目录中的防爆电动机符合以下欧洲标准和规范的要求：

DIN EN 50 014, DIN VDE 0171, 第 1 部分, 一般要求

DIN EN 50 018, DIN VDE 0171, 第 5 部分, 防火（防爆）外壳

DIN EN 50 019, DIN VDE 0171, 第 6 部分, 增安型

附表说明了符合欧洲标准的名称与以前的、但仍然有效的名称 VDE0171/2.61 的含义的比较。

### 名称和术语的比较

DIN EN 50 014

至 DIN EN 50 020,

自 1978 年 5 月生效

DIN VDE 0170/0171

适用于制造至 01/05/88,

对于运行仍然有效

防爆		I 组	II 组	防沼气 (Sch)	防爆 (Ex)
防护类型	增安型 防火外壳 增压外壳 本安型	e	d	防爆类型	e d f 单独通风 l
温度等级		T1	T2	点火组	G1
		T3	T4		G2
		T5	T6		G3
					G4
					G5
					-
爆炸组		IIA	IIB	爆炸组	1
		IIB+H <sub>2</sub>	IIB+CS <sub>2</sub>		2
		IIB+C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	IIC		3a
					3b
					3c
					3n
防爆名称举例		EEx e II T3	EEx de IIC T4		(Ex) e G3
		EEx pe II T4			(Ex) d 3n G4
					(Ex) f G4

例如，EEx de IIC T4 的含义如下：

E 符合欧洲标准的电动机

Ex II 对可能受到爆炸性材料（除了易受沼气影响的矿山外）危害的区域的防爆

d 防火（防爆）外壳

e “增安型”接线盒

符合 EN 规程

IIC 爆炸组 IIC，即适用于所有气体和蒸汽

T4 温度等级

与防爆有关的其它重要的标准和规范可以在第 47 页上找到。

## 可燃气体、蒸汽和雾的危险场所·着火危险

### 可燃气体、蒸汽和雾的危险场所

危险场所指可能发生危险浓度爆炸性环境的场所。在德国，视为危险的实际场所定义于“防止危险爆炸性环境条例及举例-防爆条例（EX-RL）”。

- 户外场所或封闭空间是否具有受条例规定的爆炸危险性，完全由操作人员决定，或者在有疑问时，由主管检查机构（例如贸易监督委员会或者技术检查协会）决定。

检查机构确定在危险区域需采取什么样的保护措施以防止爆炸，这会视当地条件以及工作环境而定，他们也考虑到空气和可燃气体或蒸汽的混合物只有达到一定浓度才有爆炸危险。

根据可能的危险集中的频率和持续时间，DIN VDE 0165 规定了三种危险区域，表示为 0 区、1 区和 2 区。

这些区也对电动机防护类型产生影响（参见第 42 页）。

#### 0 区

爆炸性环境永久存在或长期存在的区域（例如装有易燃液体或气体的容器内部）。

#### 1 区

偶尔产生爆炸性环境的区域。

#### 2 区

特别好的本地条件和工作环境只产生有限（很少）的危险，也就是说，爆炸性环境的产生非常罕见而且即使产生了，只持续较短的时间。这个区不在 Ex I V 范围内。在 0 区中根本不可使用电动机。

1 区中使用的任何防爆型电气设备必须由德国 PTB 或 BVS 组织或另一家欧洲检查机构根据 EC 条例 No.76/17/EWG 第 14 条规定进行型式试验。

监管机构（包括 PTB）提供的认证必须在整个欧共体内获得认可。也参见 EN 50 014（EN ELEC）的前言。

只要运行期间表面温度（也包括内部的）低于特定温度等级的温度极限，则一般鼠笼式电动机可以在 2 区使用。

如果最高表面温度超过 80°C，制造商必须提供有关数据，例如在产品目录中。

### 着火危险

气体或蒸汽与空气的混合物可能会以各种方式着火，导致爆炸：

1. 通过电火花（从滑环、整流器、开关设备等）或通过静电放电。
2. 通过机械产生的火花（从意外摩擦风扇叶轮）。
3. 通过过热。

### 温度等级 · 爆炸分组

为了方便安装的设计和规划，可燃气体和蒸汽根据其着火温度分为6个温度等级T1到T6，根据其火花点火能力，分为3个爆炸组 IIA、IIB 和 IIC。  
着火温度是着火发生的最低温度。  
不同温度等级着火温度的范围如下：

温度等级	着火温度
T1	> 450
T2	300 - 450
T3	200 - 300
T4	135 - 200
T5	100 - 135
T6	85 - 100

基于使用标准间隙的安全间隙宽度实验值进行爆炸分组。  
一些最常见易燃材料的分类示于右表中。在印刷物“易燃气体和蒸汽的安全值”中可以找到其它的例子。  
如果需要，以前未测试过的易爆混合物的数值可以通过 PTB 得到确认。  
针对特殊电动机的适当的温度等级和爆炸组由安装地点出现的临界的气体或蒸汽控制。

爆炸组	温度等级					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
IIA	丙酮	乙酸异戊酯	苯精	乙醛		
	乙烷	正丁烷	奥图往复燃料			
	乙酸乙酯	正丁基乙醇	柴油			
	氯乙烷	环乙烷	航空喷气发动机燃料			
	氨	1,2-二氯乙烷	取暖用油			
	工业苯	醋酐	正己烷			
	乙酸					
	一氧化碳					
	甲醇					
	氯甲烷					
IIB	城市煤气	乙醇	硫化氢	乙醚		
		乙烯				
		环氧乙烷				
IIC	氢	乙炔			二硫化碳	

■ 较高的温度等级和爆炸组也包含较低的。

例如：

EEx e II T3 包含 EEx e II T2

EEx de IIC T4 包含 EEx de IIB T3

对于所有不同的防护类型，必须在电动机上标记适当的温度等级或最高表面温度。  
只在“防火（防爆）外壳”防护类型情况下才需要给出爆炸组。

## 防护类型 • 增安型 “e” • 防火（防爆）外壳 “d” • 增压外壳 “p”

### 防护类型

电气设备采用许多不同的防止爆炸危险的保护类型。

EEx II 是防爆保护的一般符号，然后通过插在中间的小写字母表示特定的类型，例如 EEx e II。根据 DIN EN 50 014 字母的含义如下：

“e”：增安型；

“d”：防火（防爆）外壳

“p”：增压外壳

此外，只要其使用不受 DIN EN 50 014 至 50 020 的限制，还有符合 DIN IEC 34 第 5 部分/DIN VDE 0530 第 5 部分的防护类型。

### 增安型 “e”

这种防护类型适用于正常使用时不产生火花的电气设备（例如变压器、无滑环或换向器的电动机、照明设备等）。

为了避免故障时的着火危险，必须提供适当的监视装置（例如具有适当跳闸特性的断路器）以防止短路和过热，保护设备。

### 防火（防爆）外壳 “d”

电气设备可能成为着火源的部件的所有部分或者整个部件本身必须装在防火（防爆）外壳中，外壳的密封面、电缆引入装置、运动部件的密封压盖等有相对宽的接触面并且狭窄的间隙，以防止内部着火传到周围大气中。

设备运行时，爆炸性气体几乎不地渗入外壳中，如果着火了，爆炸不会传到外面。

### 增压外壳 “p”

电气设备可能成为着火源的部件的所有部分或者整个部件本身装入外壳中，新鲜空气或惰性气体在压力下循环，所以外部的爆炸性气体不能穿透到着火源（例如电动机、开关柜等）。

## 防护等级 “e” 和 “d” 的合格证

### 合格证，

#### 防护等级 “e”

大多数标准机器可以获得德国 PTB 组织颁发的合格证。

■ 与认证设计的任何偏差（功率或频率额定值，冷却介质温度等）必须重新进行测试并颁发新证书。

除了交货时间更长外，这还会涉及到额外的费用。

防爆电动机也通过 EEx 符号和表示防护等级、温度等级以及证书编号的额外字母进行标识。

出厂之前，应按照 DIN 和 VDE 有关规程的规定对每台电动机进行常规试验。

### 合格证，

#### 防护等级 “d”

1MJ5 型电动机已通过德国 PTB 组织认证，符合 EEx de IIB +H<sub>2</sub>, T4, 1MJ6/1MJ2 型电动机符合 EEx de IIC, T4。证书不再包含详细的技术数据。

■ 这种“包括一切的”合格证包含以下偏差以及正常产品目录型号：  
冷却介质温度 60°C 以下

现场海拔

频率

额定工作制

变极

温度传感器

变频器供电

电压偏差

对这些偏差的认证无需额外的 PTB 费用。

电动机制造商负责确保各种情况下均符合 EN 标准、VDE 规范和 PTB 规程-“包括一切的”合格证的核心。它意味着必须在工厂进行型式试验并形成文件，有时会涉及大量费用。

因此，由于这些费用，如果需要与上述正常产品目录型号的任何偏差，应提前查询以便获得建议。

## 温度等级和爆炸组的选择

选择温度等级（对于所有防护类型必须给出）和爆炸分组（只对防火（防爆）外壳防护等级给出）与可燃物质类型有关，这种物质会与空气混合在电气设备的一个零件中形成爆炸性混合物。

## 防护类型的选择

电动机的防护类型不是能总自由选择，因为它取决于四个因素：

1. 危险混合物存在的时间段；
2. 电动机的类型-鼠笼式或滑环式；
3. 工作制-连续、间歇周期或重载起动；
4. 温度等级。

### Re1.（区）

视爆炸性混合物在设备部件中出现的频率

和持续时间而定，根据 DIN VDE 0165，允许的电动机防护类型列于下表中：

#### 根据区允许的防护类型

危险区域 区	根据 DIN VDE 0165 爆炸危险的可能性	防护类型 “e” “d” “p”	无防爆保护 根据 DIN VDE 0165
0	连续或长期	不被单独允许	不允许
1	有时	允许	不允许
2	很少和短期	允许	在符合 EN 50 014 有通风装置的情况下允许

### Re2.

#### 根据电动机型号防爆

转子类型	防护类型		
	增安“e”	防火（防爆）外壳“d”	增压外壳“p”
鼠笼式	可能		
滑环制动电动机	只有当滑环/制动装置是防火型的才是可能的	基本上是不可能的 但是由于不经济所以不供货	可能
配置换向器	不可能		

### Re3.

具有“增安”防护类型的电动机仅适于 S1 工作制。如果起动次数之和  $\geq 1.7t_e$ ，则它们不适合重载起动。电动机的电气性能受到绕组绝缘温度极限以及遵守  $t_e$  时间条件的限制。

### Re4.

因为遵守  $t_e$  时间条件，需要减少额定输出，所以在温度等级 T3 以上，具有增安防护类型“e”的 30kW 以上 2 极电动机比防火（防爆）型号费用更高。

## 增安保护“e”型电动机，主要特点

### 增安保护“e”型电动机

增安保护类型“e”的电动机由通常的全封闭风冷式鼠笼电动机（防护等级 IP 54 符合 DIN IEC 34 第 5 部分）发展而来。除了适应防爆要求外，在机械设计和尺寸方面，它们几乎是相同的。

有温度等级为 T1、T2、T3 和 T4 的标准增安型电动机可用，典型的名称为 EEx e II T2。温度等级 T5 目前还没有通过认证，因为“安全符号”表（DIN VDE 165，附录 B）中不包含这种分类的任何物质。温度等级 T6 只适用于 1MA5 型电动机。对于更高的额定值，使用防火（防爆）电动机成本效益更好。

### 增安型电动机“e”的主要特点

■ 对于“增安型”电动机，DIN EN 50 019 要求遵守以下几点：

只能使用鼠笼式电动机。

外壳的防护等级必须至少为 IP 20，接线盒为 IP54。但是，无论何时只要可能，只应使用防护等级为 IP44 的全封闭风冷式电动机。

进气口细网的网目尺寸不得大于 12mm。

终端应是防旋转插入式。

必须锁定所有电气端子以防止松动。

必须使用经过批准的接线端子板或接线盒类型。

接线盒中必须提供一个 PE 端子和一个额外的外部接地端子。

绕组浸漆必须使用经过 PTB 批准的填充性树脂。

铭牌或者额外的辅助牌必须注明防护类型、温度等级、 $t_e$  时间以及证书编号。

电动机必须有  符号标志。

一般而言，与通常的基本型号相比，这些电动机输出额定值较低并且是非标准绕组（参见 DIN 42 673 第 2 部分）。

## 运行中保持防护类型·温度

### 运行中保持防护类型

为了在正常工作中保持规定的防护类型，每台电动机必须配备一只保护断路器，整定为电动机的额定电流。选择断路器时，记住根据冷态（20℃）跳闸特性，如果电动机短路（也就是说堵转），它必须在铭牌上给出的  $t_e$  时间内跳闸。

与热延迟过载释放装置一起，电动机只能用于正常、不太频繁的起动。

对于防护类型“e”的变极电动机，记住每个转速必须配备一只单独的断路器。断路器必须是连锁的，如果其中一个跳闸，就不可能切换到不同的转速。

### 温度

由于爆炸性气体可以达到电动机的任何部件，只考虑电动机最热点很重要。为了达到所需的安全性，也必须考虑最极端故障。对于交流电动机，这指转子堵转而定子绕组继续由额定电压和频率供电。

DIN EN 50 019 规定了适用于这种极端情况的定子和转子绕组的最高温度。短路后，定子绕组或者转子绕组中达到这些温度时，必须以热过载脱扣断路器使电动机跳闸。

最高温度是机器利用率的决定性因素。因此，“定子临界”机器和“转子临界”机器之间是有差异的，取决于定子绕组还是转子绕组具有更短的  $t_e$  时间。

■ 冷却介质最高温度通常固定在 40℃。标称条件下定子绕组的最高温度由冷却介质温度和最大温升组成，对于 B 级绝缘，后者比 VDE 0530 第 1 部分中规定的低 10K，或者对于 F 级绝缘低 15K。这种降低延长了使用寿命，并因此对额外的安全裕度起到作用。

**t<sub>E</sub> 时间**

正常运行工作温度下，如果“增安”防护类型 EEx e 的交流电动机的转子堵转，则一旦转子绕组或定子绕组达到规定的温度  $\vartheta_{max}$ ，电动机必须跳闸。

由于短路电流流过，单位时间的温升非常大，也就是说，很快就达到  $\vartheta_{max}$ 。

在短路条件下，从最高冷却介质温度下标称温升开始直到定子或转子中达到温度  $\vartheta_{max}$  的时间，称为  $t_E$  时间。由于热负载释放装置不对可能的绝对最短时间里的短路电流做出响应，为了保证电动机的安全启动，根据启动电流比  $I_A/I_N$  规定了  $t_E$  时间的最小值。

产品目录的标准电动机满足两条最大极限曲线。

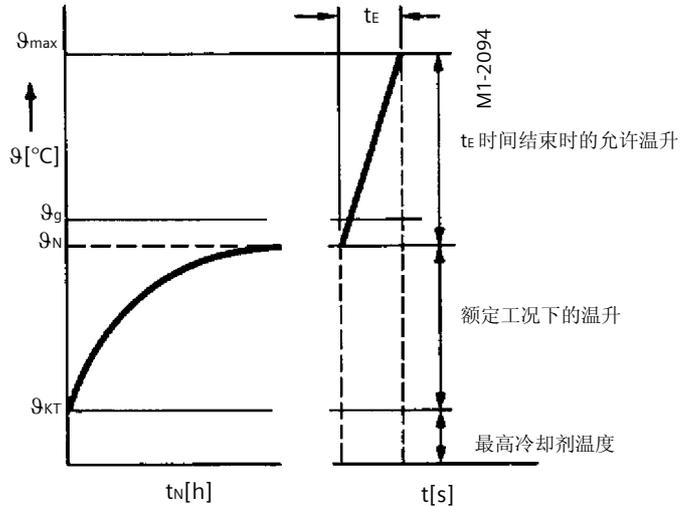
考虑到试验规程中规定的温升时间  $t_E$ ，必须非常仔细地检查具有增安防护类型“e”的电动机的启动条件。

■ 具有“e”防护类型的电动机的启动时间通常是：

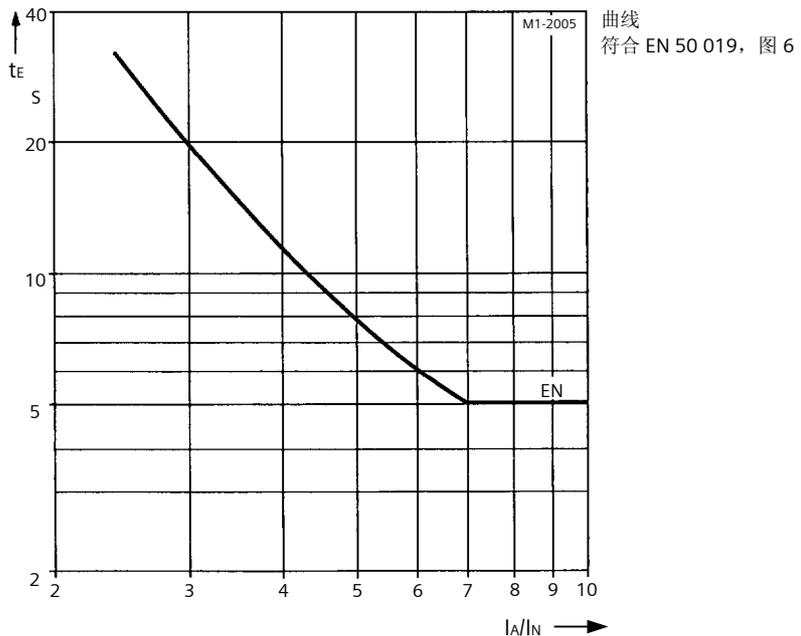
$$t_A \leq 1.7 \times t_E$$

当启动时间  $t_A$  与  $t_E$  时间数量级相同时，很难实现电流监视的电动机保护。原因有：重复启动可能导致不必要的过载保护跳闸，或者尽管超过了定子或转子绕组的最高温度，也不发生跳闸动作，这是因为由于其热时间常数较低，过载脱扣装置在同一时间里比电动机冷却的更快。

■ 对于非 S1 工作制应使用防火(防爆)电动机。



- $\vartheta_{max}$   $t_E$  时间结束时的最高允许温度
- $\vartheta_g$  连续运行的最高温升
- $\vartheta_N$  额定工况下的温升
- $\vartheta_{KT}$  冷却介质温度
- $t_E$  堵转时的温升时间，单位秒
- $t_n$  额定负载下到最高温升的时间（小时）



根据启动电流比  $I_A/I_N$ ，电动机  $t_E$  时间的最小值

### 防火（防爆）外壳防护“d”型电动机·主要特点

尽管“增安型”保护型电动机一般都与标准设计的电动机类似，但“防火（防爆）外壳”保护型电动机在危险场所所有完全不同的保证安全的方法。外壳内部有爆炸，电动机的结构设计也不会有任何可能着火物质泄漏，而且能够安全地承受住爆炸压力。

防火外壳保护“d”型电动机有几个型号可供选择：

根据 DIN EN 标准，适用于接线盒的防护类型为 EEx e-IP 54 或 EEx d-IP55。

- 防火（防爆）外壳，温度等级 T4 及以下电动机参照相同机壳尺寸的电动机，不需要比标准数字降低输出。

由于最高允许机壳温度的缘故，只有温度等级 T6 的电动机在有些情况下必须降低额定输出。

#### 防火（防爆）外壳电动机“d”型主要特点

是机壳坚固，能够忍受爆炸压力，并有防火（防爆）接头。

端盖和轴承盖通过螺栓固定在机壳上，接头不会由于内部爆炸而变形。

用于绕组终端导线的防火（防爆）套管。特殊设计的螺栓可防止被未经授权的人员拆卸。

进气口栅网的网目尺寸不大于 12mm。

外部接地端子。

接线盒中的 PE 端子。

电动机必须标有  符号。

铭牌或者额外的辅助牌必须标有防护类型、温度等级和证书编号。

西门子电动机的绕组用经过 PTB 批准并认证的树脂漆浸渍，尽管规范中没有严格要求这样做。

### 运行中保持防护类型（EEx d）·温度

#### 在工作中保持防护类型

每台电动机必须配备一只断路器或类似的保护装置。对于工作制 S2 至 S8，热敏电阻型电动机保护是必要的，单独使用或与过载保护一起使用。

必须密切注意以下要点：

- 1. 接合面永远不得重新加工，油漆或涂清漆。接合面必须总是保持带一层防锈油脂薄膜的裸露金属。不得在未经设计的地方装配垫圈。
- 2. 损坏的固定螺栓必须立即换新，新螺栓的材料至少应与原件有相同的张力强度。
- 3. 损坏的防火（防爆）电缆套管必须立即用相同的原件更换。
- 4. 必须使用适当的安全锁定装置小心地连接馈电电缆。必须允许正确的爬电距离和空气间隙，必须妥善装配消除应变和防绞配件。

#### 温度

“防火（防爆）外壳”防护类型电动机中，唯一可能的爆炸危险源是电动机机壳表面的高温。

在达到危险的机壳温度之前，以及在短路条件下（即堵转的情况下），为保护电动机提供的断路器能确保把电动机从电源断开。

#### 最高机壳表面温度

##### 温度等级

T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	T5 °C	T6 °C
450	300	200	135	100	85

无论允许的机壳温度值如何，应遵守 DIN VDE 0530 中给出的绕组温升数值。

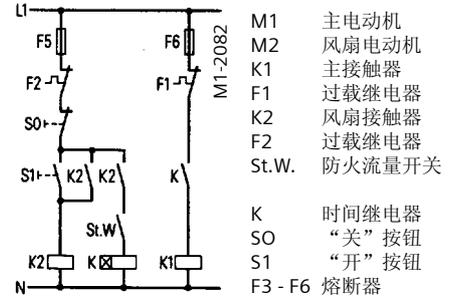
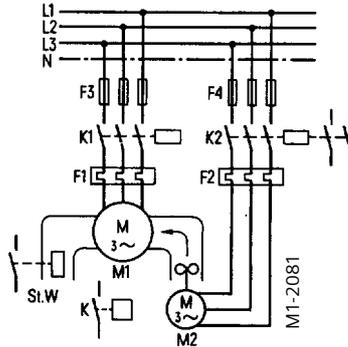
对于“防火（防爆）外壳”保护类型的电动机而言，不存在术语“t<sub>e</sub>时间”。

### 增压外壳保护“p”型电动机

当防火（防爆）外壳结构形式太昂贵时，可以采用这种防护类型。

因此，“增压外壳”主要用于大型鼠笼式或滑环式电动机、交流整流式电动机和直流电动机。

- 除非预先用至少相应于其体积 5 倍的空气或惰性气体量对外壳进行扫气，机器的总开关必须联锁，使它不能起动。外部通风系统故障时，必须立即停机（参见电路图）。



机器内部的压力必须比周围大气至少高 50Pa。必须在出口通过防火（防爆）流量开关监测冷却介质的流量。

如果风扇电动机安装在有爆炸危险的区域，则必须有防火（防爆）保护。

### 热敏电阻型电动机保护·皮带传动装置

#### 热敏电阻型电动机保护

与防火（防爆）保护有关的对电动机过载和超过温度极限的安全保护可以在西门子热敏电阻型电动机保护的协助下通过直接监控温度实现，该热敏电阻型电动机已通过 PTB 组织的测试和批准，可以根据需要单独或与过载释放装置一起使用。

- 当实际工作条件不能预见时，例如切换频率高、频繁反转或重载起动，特别是在工作制 S2 至 S8 电动机以及变频器供电的转速控制情况下，这种对温度的直接监控是必要的。

使用许多具有“e”和“d”防护类型的电动机，不使用过载释放装置而获得全部热保护也是可能的。产品目录 M11 中列出了有关的实际可以选择的电动机。

电动机和保护装置之间的关系在附加到电动机上的额外的铭牌上指出。除了其它数据外，它给出了释放时间  $t_A$ 。

释放时间  $t_A$  对于温度监控装置而言具有  $t_A$  时间对于过载释放保护而言相当的重要。测试温度监控装置时，在额定电压下堵转时并且从电动机冷态（20℃）开始，必须在时间  $t_A \pm 20\%$  内使电动机跳闸。

如果对于一台防爆型电动机没有给出释放时间  $t_A$  的数值，则必须通过过载释放装置跳闸。

（使用热敏电阻监控正常额定运行时，对于配备热临界转子的电动机不给出  $t_A$  时间。）

#### 皮带传动装置

电动机使用皮带传动装置时，皮带的材料必须不能支持静电荷。也必须遵守防止静电荷危险的指导方针。

## 标准和规范 · 欧洲标准

### 标准和规范

在德国，在有爆炸危险的区域里安装电气设备时应遵守许多特殊的标准和规范：

1. 联邦德国排放保护法 1974
2. 受官方监督工厂的工业法规
3. 易燃液体规程
4. 易燃液体的技术规程

5. 有爆炸危险区域中电气设备和系统规程，包括其执行
6. DIN VDE 0165 “在有爆炸危险的场所安装电气系统的规范”
7. 防止爆炸性环境危害的指导方针
8. 贸易协会颁发的事故预防规程.4.电气系统和设备
9. DIN VDE 105 第 9 部分 “在有爆炸危险的场所操作电气系统的特殊规程”
10. DIN EN 50 014 至 50 020/VDE 0170/0171 第 1 部分至第 7 部分“在有爆炸危险的场所中电气系统的结构和测试规范”
11. DIN 51 794 和 IEC 79 第 4 部分 “着火温度的测定”

当然，除了以上以外，也适用所有通常的标准和 VDE 规范。

### 欧洲标准

DIN EN 50 014/VDE 0170/0171 第 1 部分	一般要求
DIN EN 50 015/VDE 0170/0171 第 2 部分	油浸 “o”
DIN EN 50 016/VDE 0170/0171 第 3 部分	增压外壳 “p”
DIN EN 50 017/VDE 0170/0171 第 4 部分	填砂 “q”
DIN EN 50 018/VDE 0170/0171 第 5 部分	防火（防爆）外壳 “d”
DIN EN 50 019/VDE 0170/0171 第 6 部分	增安型 “e”
DIN EN 50 020/VDE 0170/0171 第 7 部分	内在防爆安全型 “i”

### 由可燃粉尘引起的爆炸危险

在有粉尘爆炸危险的区域里使用电动机应遵守 DIN VDE 0165。

标准把这些区域划分为两种区：

10 区：

区域内危险爆炸性气体频繁存在或长期存在。

11 区：

区域内因搅动堆积的粉尘必须预见到危险爆炸性气体偶尔或者短时期内存在。

在 10 区中只能使用特殊防爆的电动机。

DIN 57 071 第 13 部分 /VDE 0170/0171-11.86 第 13 部分中给出了详细的安装要求。

没有特殊认证的标准电动机可以在 11 区使用。即

防护等级为 IP44 的鼠笼式电动机，防护等级为 IP54 的接线盒；

防护等级为 IP54 的滑环式及换向器电动机。

其它条件：

如果表面温度超过 80°C（40°C 冷却介质温度+40K），则必须在铭牌上给出电动机的表面温度。积尘的阻燃温度以及被搅动粉尘/空气混合物的着火温度必须取自 DIN VDE 1065。可以假定 B 级绝缘电动机的表面温度低于 120°C。

当一台电动机标有“VDE 0165，11 区，表面温度 120°C”，则它适合在德国贸易协会“粉尘的着火和爆炸值”表中列出的所有可燃粉尘条件下工作，即使考虑到着火温度 1/3 的安全系数以及从阻燃温度 75K 的安全系数。

## 概述 · 功率因数校正的方法 · 个别功率因数校正的电容器额定值

### 概述

感应电动机从电源系统吸取视在功率，包括有功和无功分量。电动机将除去损耗的有功功率转换为电动机轴上机械功率。无功功率用于建立磁场，即用来“励磁”电动机。

有功功率和无功功率的比率称为“功率因数”，表示为  $\cos\Phi$ 。

为了改善功率因数，使用电容器在电源处校正无功励磁功率。

这减轻发电机、输电线和配电变压器产生和传送无功功率的任务，改善了系统电压的稳定性并且增加了可以传送的有功功率。

有不同的功率因数校正方法，如下所述。

### 功率因数校正方法

#### 个别功率因数校正

对于个别功率因数校正，在相关电动机上安装电容器，一起通电和断电。

#### 成组和集中功率因数校正

对于成组功率因数校正，几台电动机共同使用一只电容器。比起个别纠正方法，这种方法更好地利用了电容器的额定值。成组功率因数校正对于大量小电动机以及只是偶尔运行的电动机而言是理想的选择。对于集中功率因数校正，通过集中的电容器组满足无功功率需求。电容器组再分为几个小组，手动或自动通、断电，视所需的无功功率数量而定。

### 个别功率因数校正的电容器额定值

■ 为了避免功率因数校正过度，以及电动机断电后的自励磁危险，通常的做法是只校正空载无功功率的大约 90%。考虑到以上因素，电动机个别功率因数校正用的相关电容器额定值在 VDEW 规程中给出。

电容器必须直接连接到电动机终端 U1、U2 和 U3。

个别功率因数校正、预定功率因数用的星形/三角形启动以及成组和集中功率因数校正，这些连接方法的信息可在产品目录 K 第 1 部分“功率因数校正的一般说明”中找到。

## 概述

为了让机器平稳、安静地运行，必做的基本工作是将机器小心地安装在完全平坦的表面上，而且安装在轴伸上的部件平衡度应良好。如果用螺栓将机器连接到一个并不非常平坦的表面上，它的各种部件将会变形，导致运转不平稳及滚动轴承损坏。

■ 对于有滚动轴承的较大型机器，在机器首次起动之前，必须从转子上拆卸紧固装置。该装置由装在轴端上的钢管组成，用挡圈和六角头螺栓固定就位，将转子牢固固定在轴向，这样在运输电动机期间圆柱形滚柱轴承就不会由于“压痕”受到损坏。

## 驱动轴联轴器 · 起动联轴器

### 驱动联轴器

通常的做法是把驱动机和从动机直接连接在一起。但是，连接往复式机器（比如柴油机）时，建议使用特制的挠性、摩擦锁定的联轴器。两台机器连接在一起时，必须仔细地使它们对准，轴必须准确地成一条直线。如果它们没有准确对准，这类联轴节大多数会导致轴承中产生严重的应力，运转不平稳、不均匀并最终导致联轴器零件的提前磨损。这也适用于挠性联轴器。

通常的做法是使用扭转刚性或者扭转挠性型挠性联轴器。

与它所连接的两个旋转质量一起，扭转挠性的联轴器形成有特殊固有频率的振荡系统。

如果系统受到周期性的冲击负载，保证冲击负载的频率和固有频率不同，这是很重要的，否则共振会在系统中引起高振幅振动。较软的联轴器降低固有频率，较硬的增加固有频率。

### 起动式联轴器

起动式联轴器，或者称为离心式离合器或者干式液力联轴节是为不能通过简单方法实现直接起动和直接耦合的场合设计的。即使转动惯量大，起动联轴节也允许电动机的直接起动，因为电动机的起动时间只比空载起动时间稍微长一点，因此大起动电流持续时间不是很长。

对于电动机而言，这意味着在起动期间没有非常高的温度，因此，没有不必要的选择参数的裕度。对于供电系统而言，它意味着避免了持续压降的危险。

电动机加速运转时，传送到从动机的转矩只达到它的预定值。这样防止了起动期间从动机的过应力并为工作的电动机提供过载保护。

尽管使用起动联轴节却仍需要星形/三角形起动的驱动器，有特殊的设计可供选择。请查询细节。

## 安装电动机的附件 · 在基板上安装机组

### 安装电动机的附件

安装电动机需要基础块和滑轨。

基础块埋入并用灰浆浇注在基础里。基础块的优点是在安装或拆卸电动机时，在拆卸固定螺栓后，可以不必提升就能侧向移动电动机。

当电动机安装在滑轨上时，调整传动带张力非常简单。使用棘螺栓将滑轨固定到基础上。

### 在基板上安装机组

在基板上安装机组时，为了防止任何损坏，在规划阶段有许多因素需要考虑：

放到基础上时，安装机组的正常基板的强度不足以防止所有变形。实际上，基板是按照基础的形状成型的，因此改变了出厂前在精密平板上进行的对准。在基板和基础之间必须使用垫片以校正任何偏差。然后以通常的方式检查半边联轴器的对准。

如果机组放置在不平坦的基础基板上，随后没有检查，机器很可能不能平稳运行，发出噪声，轴承和联轴器会损坏，轴甚至会断裂。

■ 无论基板是否在三点支架或者防振支架上，随后检查半边联轴节的对准是绝对重要的。

皮带传动 · 齿轮传动 · 装配传动部件

皮带传动

使用皮带传动系统时，机器应安装在滑轨或者其它某种滑动底座上，以便必要时可以准确地拉紧皮带。过度拉紧对于轴承和轴而言是危险的。拉紧不够会导致皮带打滑。

必须提供三角皮带传动用的夹具，以便于充分减少滑轮之间的距离以允许装配和拆卸个别皮带而不会过度拉伸它们。

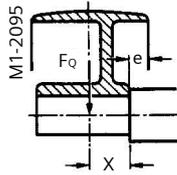
选择皮带轮：

皮带轮的尺寸必须合适，这样不会超过皮带施加到轴伸上的悬臂力最大允许值。在皮带传动情况下，悬臂力取决于悬垂的皮带负载和初始皮带张力。

在悬臂力图和中，最大允许悬臂力  $F_Q$  是相对于尺寸  $X$  引用的。“ $X$ ”是从皮带轮中心到轴肩的距离。

使用平皮带时，必须保持尺寸“ $e$ ”足够小，以防止皮带轮摩擦端盖。使用三角皮带时，“ $e$ ”值通常是零。为了实现令人满意的运行，轮的宽度不得超过轴伸长度的两倍。悬臂力图和中适用于机器的驱动端，对于任何方向的悬垂皮带负载，转矩为 687Nm 以下，对于大约水平的悬垂皮带负载 687 以上。

皮带轮的尺寸由所传送的功率、皮带类型以及传动比决定。必要时，应咨询皮带供应商以寻求建议。



由悬垂皮带负载施加在轴伸上的悬臂力  $F_Q$

悬臂力可以大致计算如下：

$$F_Q = 2 \cdot 10^7 \cdot \frac{P}{n \cdot D} \cdot c$$

- $F_Q$  悬臂力，N
- $P$  电动机的额定输出，kW
- $n$  电动机的转速，转/分钟
- $D$  皮带轮的直径，mm
- $c$  皮带预拉伸系数；近似值如下

- $c \approx 2$ : 用于带拉紧皮带轮的标准平皮带
- $c \approx 2.0$  至  $2.5$ : 用于三角皮带，根据负载类型  
用于特制合成带，根据负载类型和皮带类型

转速 转/分钟	3000	2500	2000	1500	1250	1000	750	600	500
铸铁轮最大允许直径 mm	180	200	250	355	400	560	710	900	1000

在三角皮带情况下，皮带最佳转速较低，而且是以小于大约 20% 的直径获得的。使用特制高摩擦皮带时，由于允许皮带转速较高，表中给出的直径可以大 20% 左右。但是，那样的话，皮带轮必须是钢制的。必须按照皮带轮制造商提供的信息建立皮带轮的轴距。

齿轮传动

对于齿轮传动，两台机器的轴精确平行并且小齿轮和配对轮完全无跳动运转是很重要的。小齿轮齿完全不可堵塞在配对轮中，否则会使轴承过载，而且导致振动和噪声。通过在小齿轮和配对齿轮之间插入与小齿轮一样宽的纸条检查正确的啮合。齿轮转动时，纸上会显出不正确啮合的点。必须用这种方法检查配对齿轮的所有齿。视结果而定，可能必须重新对准机器。重复进行这种测试，直到实现齿轮的均匀良好啮合。

可以从皮带供应商处获得连结数值。应借助适当的悬臂力图检查  $F_Q$  的计算值；它不得超过图中“ $X$ ”处  $F_Q$  值的读数。如果悬臂力的计算值大于最大允许值，而且通过使用一种带有不同初始张力的不同类型的皮带也不能获得大的改善，则必须选择更大直径的皮带轮。

■ 皮带轮的重量必须加到悬臂力上。选择皮带轮时，应保证材料中的应力保持在容许极限内，而且在初始皮带张力正常值下可以传送动力。下表给出了铸铁材料皮带轮的最大允许直径。对于更大的直径，皮带轮必须是钢制的。

装配传动零件

应使用专用工具非常小心地进行联轴器、皮带轮、小齿轮等的冷缩配合，在所有轴伸上都提供了适当的螺孔以便于使用专用工具（符合 DIN 332，表 2）。通常情况下，可以使用相同的工具把元件从轴上拆卸下来。锤击会损坏轴承，应尽量避免。

## 主题索引

	页码		页码		页码
<b>A</b>		<b>F</b>		<b>N</b>	
异步发电机	36	装配传动装置	50	噪声、定义和单位	33
带弹簧闸的交流电动机	35	防火(防爆) 外壳“d”	41	电动机的噪声级极限	33
视在功率额定值	9	机壳温度	14		
安装电动机的附件	49	馈电线压降	9	<b>O</b>	
				工作电压	5
<b>B</b>		<b>G</b>		<b>P</b>	
制动和反转	21	关于变频器供电电动机的一般信息	29	交流电动机功率因数校正	48
制动电动机	35	工作制的分组	26,27	功率因数	15
皮带传动	46,50	齿轮电动机	35	增安型电动机“e”的主要特点	49
		齿轮传动	50	有 PAM 连接绕组的变极电动机	6
<b>C</b>				PE 端子	8
供电系统、电压和频率的变化	12	<b>H</b>		增压外壳“p”	41
连接单相电动机	8	可燃气体、蒸汽和雾的危险场所	39	功率损耗	28
用于个别功率因数校正的电容器额定值	48	防爆交流电动机	38	根据区域而被允许的防护类型	42
计算功率和转矩	10	根据电动机型号的防爆	42		
计算起动时间	17	起动期间的热损耗	19	<b>R</b>	
计算转动惯量	11			建议的振动转速极限	34
导线标识	5	<b>I</b>		室温升高	14
连续运行工作制	23	在基板上安装机组	49	反转	21
计算直接在线起动的起动时间	17	间歇周期工作制, 有起动和电制动	23,27		
连续运行周期工作制	24,26	间歇周期工作制, 无起动	23,26	<b>S</b>	
防护类型“e”和“d”的认证标准	41	增安型“e”	41	起动滑环电动机	20
冷却方法	32	绝缘材料和等级	13	起动联轴器	49
冷却介质温度和现场海拔	14	着火危险	39	现场海拔	14
变极电动机的连接	6,7			电动机选型	12
多电压电动机的连接	8	<b>L</b>		防爆规范	47
连续运行周期工作制, 有起动和电制动	24,27	负载转矩特性	10	开关设备选型	35
连续运行工作制, 有非周期性负载和转速变化	25,27			转速控制	28
连续运行周期工作制, 相关的负载/转速有变化	24,27	<b>M</b>		单相感应电动机	37
联轴器传动	49	起动方法	18	增加起动频率的特殊措施	27
		鼠笼式电动机		短期工作制	23,26
<b>D</b>		在工作中保持防护类型 防火(防爆) 外壳“d”	45	声压级	33
符合 DIN VDE 0530 的工作制	23 到 25	在工作中保持防护类型 (E Ex d) 有增安型保		声功率级	33
三相电动机的旋转方向	6	护“e”的电动机	43	滑环电动机	37
DURIGNIT 2000 绝缘	13	制动方法	21	特殊的防护等级	31
防爆名称和术语	38	功率因数校正方法	48	国际单位制单位	4
防护等级	31	电动机功率输出	12	温度等级和爆炸组的选择	42
		机械极限额定值	26	防护类型的选择	42
<b>E</b>		机械传动设备	49	再分起动	19
接地和 PE 端子	8	测量表面声压级	33		
可燃粉尘引起的爆炸危险	47	平均功率	25		
效率和功率因数	15	有防火(防爆) 外壳保护“d”的电动机	45		
防爆	38	有增安型保护“e”的电动机	43		
爆炸组	40	有正压外壳保护“p”的电动机	46		
		电动机保护	13		

## 主题索引

	页码		页码
T		U	
从动机	10	单位	33
安装型式	30	V	
制动的理论和方法	21,22	振动强度	34
转矩电动机	35	振动	34
转矩	16	振动位移幅度	34
转矩特性	16	电源电压波动	9
变频器供电的交流鼠笼式电动机	29		
三相电动机用作单相电动机	36		
温升和通风	13		
变极电动机的典型连接	6		
热敏电阻型电动机保护	46		
温度 EEx d	45		
温度 EEx e	43		
温度等级, 危险等级	40		
T <sub>E</sub> 时间	44		

## 销售和交货条件

依据电气和电子工业产品和服务的供货和交货一般条件以及产品样本接收者达成协议的任何其它条件。

■ 技术数据、尺寸和重量可能会改变，除非在本目录的个别页面上有其它说明。

说明仅供参考。

我们保留调整价格的权利，并按交货当日的价格收费。

传动和标准产品部 (ASI)  
产品目录索引

列出的所有产品目录  
均有英文版。请与西门子代表处联系

传动系统	总目录	SA 1
	传动系统	
	变速驱动器	
	小型化设计的直流电动机	DA12
	SIMOREG 变频调速柜	DA21
	SIMOVERT A 全数字电流源型变频器	DA62
	SIMOVERT P 全数字电压源型变频器	DA66
	SIMADYND 数控系统	DA99
	低压三相电动机	
	技术手册	M10
	鼠笼式电动机, 全封闭, 风扇冷却	M11
	高压三相电动机	M2
	泵	
	真空泵和压缩机, 系统 ELMO-F	目录表 PF
真空泵和压缩机, 系统 ELMO-G	目录表 PG	
液泵	目录表 PK	
真空泵/压缩机	PV	
无油真空泵, 压缩机 (风机), 风扇, 液泵		
电力工程指南摘要		
低压三相电动机	PEG, 第 1 节	
低压设备和系统	总目录	SA2
	低压配电和控制设备, 变压器, SIMATIC 系统, 配电系统, 测量仪表, 电流互感器和电压互感器, 电容器	
	保护装置	NS1
	切断开关, 断路器, 保护继电器, 手动操作机构 3VF 限流断路器 630A 以下 用于配电系统保护	产品目录 1990
	切换和监控	NS2
	接口, 继电器式接触器, 时间继电器, 接触器, 过载保护, 起动机, 电阻元件, 接线盒, 变压器	
	控制和切换	NS3
	指令装置, 位置开关, 接近开关, 控制开关, 监控器	
	保护装置和开关设备	2.1
	低压熔断器	2.2
STAB 壁式安装配电箱	2.31	
SIKUS 落地式配电箱	2.32	
照明系统	照明产品目录	4
基于系统的传动技术		