

感应电动机的 设计和制造

張 靜 濤 著

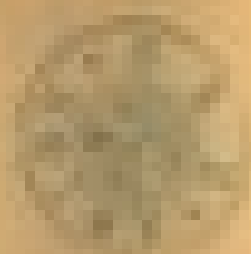


水利电力出版社

267884

感应电动机的设计 和制造

田 恩 著



机械工业出版社

內 容 提 要

本书主要介绍1,000瓦以下的中小型三相感应电动机的设计和制造,内容包括概论,铁心及绕组,机械及结构,总装配和试验,电磁设计。书中提到了感应电动机的各种型式,运行原理,对系列感应电动机也作了简单介绍。此外,还分别叙述了电动机各部件的作用和所用材料,以及它的制造过程。在最后一章里还介绍了感应电动机的电磁设计要点和计算公式。

本书可以作为具有初中文化水平的工人自修,也适用于电机制造和修配厂工人或技工学校学生参考。

感应电动机的设计和制造

张 静 涛 著

*

2278D639

水利电力出版社出版(北京西郊科学路二里内)

北京市书刊出版业营业许可证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米开本*24印张*66千字

1960年2月北京第1版

1960年2月北京第1次印刷(0001—13,370册)

统一书号: 15143·1851 定价(第8类)0.29元

目 录

第一章 概論	3
一、感应电动机的基本型式	3
二、感应电动机的运行原理	4
三、感应电动机的基本規格	5
四、感应电动机的构造及防护类型	6
五、絕緣等級和溫升	8
六、国内現有系列感应电动机介紹	9
第二章 鉄心及繞組	13
一、鉄心	13
二、通风槽、齿压板及端板	19
三、定子繞組的型式及接綫	20
四、定子綫圈的結構型式, 絕緣和制造	24
五、繞綫型轉子繞組型式及接綫	26
六、繞綫型轉子綫圈的結構, 絕緣和制造	28
七、鼠籠型轉子繞組的結構和制造	28
八、定子下綫及下綫零件	30
九、轉子下綫及下綫零件	33
十、轉子端部扎鋼絲	34
第三章 机械結構部分	36
一、机座	36
二、端盖	41
三、定子压圈	43
四、軸承	44
五、軸承裝置	48
六、軸	50

七、轉子支架	54
八、轉子压圈及綫圈支架	55
九、出綫盒	55
十、集电环和炭刷装置	56
十一、配合公差	59
十二、通风及通风元件	62
第四章 总装配和試驗	64
一、总装配	64
二、試驗	64
第五章 电磁設計	66
一、基本尺寸的选择	66
二、定子繞組和槽形	67
三、轉子繞組和槽形	70
四、鼠籠型轉子槽数	71
五、空气隙	72
六、电磁負載及性能	73
七、三相小鼠籠型感应电动机的电磁計算程序	75

第一章 概 論

感应电动机又名异步电动机，由于它的结构简单，运行可靠，使用维护方便和价格低廉等特点，所以被广泛地用在各种工业中来传动机械。它的主要缺点是功率因数差，影响网路上电能的有效利用，增加补偿装置的投资，同时转速不易调节。因此在大容量，尤其是在低转速的机械上往往不选用感应电动机。

一、感应电动机的基本型式

根据转子绕组结构的不同，它有两种基本型式：（1）转子导条直接放在铁心中，将伸出的铁心部分与用一导体作成的圆环连接起来，作为转子绕组。这种型式的电动机称为鼠笼型感应电动机；（2）转子绕组做成一般线圈的形式并带有绝缘，通过滑环和炭刷可以接通到外面来的电动机，称作绕线型感应电动机。鼠笼型电动机在构造上比较简单，既经济，又可靠，所以，在小容量的电动机生产中，它占着极大的比例。不过它的缺点是转速一般不能调节，虽有时可以做成多速的电动机，同时有几种同期转速，但转速变化比例很大，不能随意调节。鼠笼型电动机的起动性能也比较差。由于转子是直接短路的，所以在起动时有着很大的定子电流，大约为额定电流的6~7倍，当线路容量不够大时，起动困难。当然，也可以用降压起动的办法来降低起动电流，但是起动转矩也要随之而平方地降低，这些都是鼠笼型比不上绕线型电动机的地方。绕线型电动机可以

用改变接在轉子繞組上的电阻来調节轉速，但只能在 1:2 的範圍內应用这种方法。它有良好的启动性能，可以保持高启动轉矩而不致引起过大的启动电流。但繞綫型电动机价格較高，同时不能直接启动，因此在現代大型火力发电厂的重要厂用設備上不能采用。

鼠籠型电动机又可分为普通籠型，深槽籠型和双籠型三种型式。深槽籠型轉子导条的高度和寬度有着較大的比例，这样由于电流的集肤作用而使它具有比普通籠型良好的启动性能，启动轉矩大而起动电流小。双鼠籠型轉子有两个单独的鼠籠，它的启动性能比深槽籠型更好。目前普通籠型仅用于較小容量的电动机中。对于100瓦以下甚至是200~300瓦的感应电动机，采用深槽籠型是完全能满足一般用途的要求的，而这样比双鼠籠型电动机消耗的有色金属少得多。双鼠籠型只是在容量大时才用。

二、感应电动机的运行原理

这里只簡單的提一下感应电动机的运行原理，要深入了解这方面的知識，可参考别的电机学的书。一个三相电压加在电动机的定子繞組端头上时，在气隙中就能产生一个旋轉磁場，它以同期轉速旋轉着。同期轉速和电源頻率 f ，电动机极对数 p 有着如下的一定的关系：

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ 轉/分.}$$

(例如一个 2 极 50 周的电动机，它的同期轉速应为 3,000 轉/分) 这一磁場在轉子繞組中感应了一个电势，如果轉子是閉路的，在轉子繞組中就会有电流流过。这一电流与气隙磁通相互作用就能产生轉矩。感应电动机的名称就是这样得来的。

假使轉子与旋轉磁場有同样的轉速时，即两者之間沒有相

对运动时，在轉子繞組中就不能感应出电势来，这样就不会产生轉矩。所以感应电动机的轉子始終不能以同期轉速旋轉（因此又叫异步电动机），而必須有一个轉差率。假定 n_1 为电动机的同期轉速， n 为它的实际轉速，单位皆为轉/分，这样轉差率 S 以百分率表示为

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

轉差率随着电动机負載的大小而变化，負載大时，轉差率也大，对于一般情况在滿載时轉差率大約在2~5%的範圍內，因此感应电动机的轉速与同期轉速实际上相差极小。

三、感应电动机的基本規格

要訂购或制造一台电动机，必須根据用途和使用环境来确定它的基本規格。感应电动机的基本規格包括：

1. 容量及工作定額 根据被傳动机械的特性，可以确定电动机的瓦数，以及其工作定額是連續的还是短时的。

2. 轉速 看采用哪种傳动方式，傳动比之大小，以及从經濟上出发来考虑决定电动机的轉速。同容量的电动机轉速愈高則价格愈低，但同时傳动裝置的費用可能就增加了，所以必須从两方面来考虑。

3. 电源 我国絕大部分地区的电源，其标准电压等級为220、380、3,000、6,000伏几种；也有为3,300和6,600伏的，这都是非标准电压。在标准电机产品中，沒有这些电压等級。电压愈高，电机所耗用的絕緣材料和有效材料就愈多，价格也就愈高，其性能反較同样容量低的电压差。但是低压电机在容量太大时，由于电流大，使綫路消耗費用很大，这样也不一定經濟，所以要根据具体情况核算。一般电源頻率都是50周的。

4. 基本型式 采用鼠籠型或是繞綫型必須根据被傳动机械

对起動轉矩的要求和綫路上所容許起動電流大小，以及是否需要調速來確定。應儘可能採用鼠籠型電動機。

5. 結構保護方式 結構保護方式視使用環境的條件而定，將在下一節中詳細敘述。

此外還必須注意到有無其他要求，如高轉矩，有兩種同期轉速等。

四、感應電動機的構造及防護類型

感應電動機的構造是由下列部件所組成：

定子——固定部分，由機座，鐵心及繞組組成；

轉子——轉動部分，由軸，轉子支架，鐵心及繞組組成；

端蓋；

軸承；

出綫盒；

在繞綫型感應電動機中還有炭刷集電環。

在圖1-1和1-2中，表示了繞綫型和鼠籠型感應電動機的總裝配圖及其各部分名稱。

為了防止外界物體及其他雜物侵入，根據不同的使用條件，電動機外殼有各種防護型式。感應電動機一般常用的為防護式是防滴式和封閉式，在大中型電機中還有管道通風式。現分別敘述如下：

1. 防護式是通用的結構方式，這種型式的電動機對綫圈端部能起一定的保護作用，以防碰壞。但這種結構保護並不嚴密，外面雜物仍能达到電機的內部。

2. 防滴式是最通用的結構方式，它能防止任何雜物從外面進入電機內部。現在的中小型電機幾乎都採用這一種結構型式。

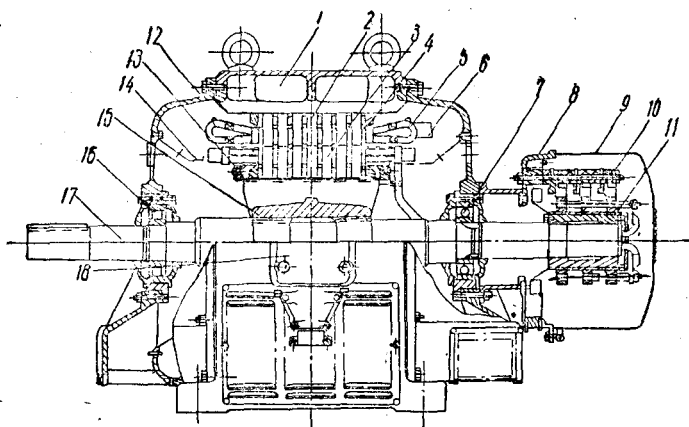


图 1-1 繞綫型感应电动机的总装配图

1—机座；2—定子铁心；3—转子铁心；4—定子压圈；5—定子绕组；
6—转子绕组及风叶；7—前轴承；8—炭刷罩座；9—炭刷罩；10—刷架；
11—集电环；12—端盖；13—转子绕组支架；14—擋风板；15—
转子支架；16—后轴承；17—轴；18—出线盒。

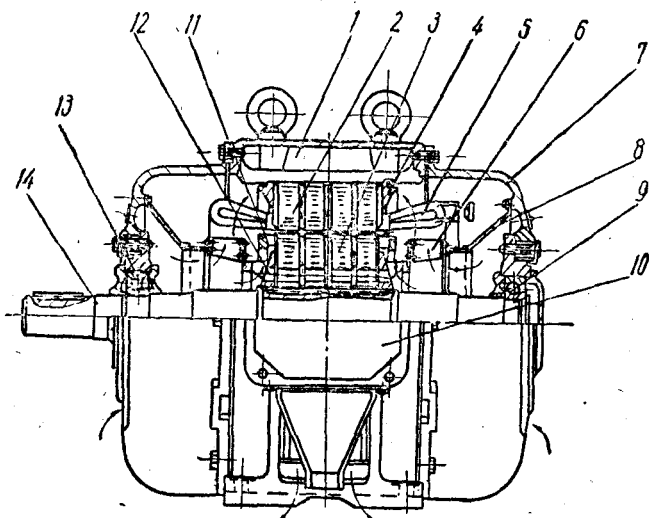


图 1-2 鼠籠型感应电动机的总装配图

1—机座；2—定子铁心；3—转子铁心；4—定子压圈；5—定子绕组；
6—风扇；7—端盖；8—擋风板；9—前轴承；10—出线盒；11—转子绕
组—鼠籠；12—转子压圈；13—后轴承；14—轴。

3. 封闭式电动机是把机壳全部封闭起来，它适于使用在尘土較多的地方，或者使用于有酸或硷性等有害气体存在的场合。因为这种型式的电动机散热效果較差。为使电机不致因过分发热而损坏它所用的材料比(1)、(2)两种电机要多，价格也貴。

4. 管道通风式只有在大中型电机中采用，在电动机的机座和端盖上都备有接管子用的連接口。由于大型电动机制成封闭式較为困难，耗費材料太多，而且在一定容量以上不容易制造成功，所以就用这种型式来代替封闭式。这样冷却空气可以不从电机安装場所取得，而从别处通过管子引来，热空气可以散在室内，也可以用管子引到室外去，达到封闭式同样的目的。这种结构的电动机还适用于环境温度較高的地方。

五、絕緣等級和温升

电动机在运转中，由于本身所产生的損耗而发热，对于电动机的容許温升应有标准加以規定。目前我国还没有国家标准(正在制訂中，没有正式公布)但对容許温升一般参照苏联国家标准的規定。标准中对不同等級的絕緣材料，規定有不同的容許温升。絕緣材料是根据它們的抗热性来分等級的。在电动机中，一般常用的为A級和B級两种。棉紗、綫、紙及其他类似的有机物质，经过絕緣油漆浸漬或浸在油中使用和磁漆作成的漆包綫等，都属于A級絕緣。含有胶合剂的云母及石棉制品为B級絕緣。A級絕緣材料容許最高温度为 105°C ，超过这一限度时，使用寿命将大受影响，减少寿命。为了保証使用时不超过这一限度，在訂容許温升时考虑总的工作温度不使超过 100°C ，即当环境温度为 35°C ，用电阻法測量时容許温升为 65°C 。在訂各种温升标准中都留有一定的裕度。对于B級絕緣以及电机其

他发热部分的容許温升見表1-1。

表 1-1 容許温升(环境温度為35°C時)

	A 級絕緣		B 級絕緣	
	溫度計法	電阻法	溫度計法	電阻法
定子繞圈	60°C	65°C	75°C	85°C
轉子条形繞圈每槽不超過二根鋼條時	—	70°C	—	95°C
鐵心	65°C		85°C①	
集電環	70°C		90°C	
滑動軸承	45°C		45°C	
滾動軸承	60°C		60°C	

① 必須使用適當的矽鋼片絕緣才能在這樣的溫度下工作。

必須注意，現在的大中型高壓電機中往往採用浸膠繞圈，對於 B 級絕緣材料而又經過浸膠處理的，由於膠的軟化點在 105~110°C 之間，因此它的容許温升不能按照表 1-1 中對 B 級絕緣的規定。否則，膠就軟化而流出外面來，使絕緣性能降低。因此，一般容許温升仍與 A 級絕緣差不多，當環境溫度 35°C 時，容許温升為 70°C。

1,000 瓩以下的電動機除封閉式外，一般採用 A 級絕緣。目前總的發展趨勢是逐步採用高級絕緣，在 100 瓩以下的小型電動機中，正在採用一些新的絕緣材料。採用耐溫高的新絕緣材料，可以提高有效材料（銅繞和矽鋼片）的利用，使電機的重量大大地減輕，體積縮小。

六、國內現有系列感應電動機介紹

解放前，我國可以說根本沒有什麼電機製造工業，雖然在幾個大城市中有一些電機工廠，但廠卻很小，設備簡陋，只能

做些修理工作。真正能制造电机的工厂是极个别的，而生产量又极微小。能制造的电动机容量也很小，最大也只在100馬力左右。解放以后在党和政府的正确领导下，在短短十年之中，我国的电机制造工业以惊人的速度飞跃发展。现在全国生产电机的工厂遍地皆是，而且无论规模和产量都比以前大许多倍。掌握电机设计制造工作的工人，技术人员数目也有千百倍的增长。在产品方面我国已经生产了2,600瓩大型轧钢用感应电动机，2,000瓩高速籠型感应电动机。目前还在进一步提高，使我国在感应电动机制造上赶上世界水平。

国内现有感应电动机产品繁多，最常用的有下面一些系列：J, JO, JS, JR, JRQ, JSQ和JRZ等型号。型号中的拉丁字母“J”代表异步电动机，“O”代表封闭式，“S”代表双鼠籠型，“R”代表繞綫型，“Q”代表加强絕緣的，“Z”代表带有座式軸承的。在型号拉丁字后的数字第一字代表机座号（代表定子外徑），第二字代表鉄心长，最后代表极数。如J92-4即J型9号机座，鉄心长代号2的4极感应电动机。上面这些系列都被指定用于下列标准使用条件下（如超出这个规定，则电动机应降低容量使用）：

1. 海拔不超过1,000米；
2. 环境温度不超过35°C。

对于防护式和防滴式电动机使用场所还必须清洁干燥，没有尘土或酸碱等对絕緣有害的气体。

现将上述系列电动机逐个简单介绍于下：

1. J, JO, JR 系列 这些系列容量在0.6~125瓩。采用硬性容量等級0.6、1、1.7、2.8、4.5、7、10、14、20、28、40、55、75、100、125瓩；电压为220/380伏；同期轉速自750~3,000轉/分。它是仿照苏联A系列制造的，机座号自3号到9号（容

量和机座号的关系见表 1-2)，它的用途非常广阔。J 系列为一般用途的防滴式鼠笼型电动机；JO 系列为封闭扇冷式鼠笼型电动机；JR 系列为一般用途的绕线型电动机。通常称这样大小的电动机为小型电动机。

表 1-2 J系列感应电动机型号与容量对照表

型 号	2 极	4 极	6 极	8 极
31	1.0	0.6		
32	1.7	1.0		
41	2.8	1.7	1.0	
42	4.5	2.8	1.7	
51	7.0	4.5	2.8	
52	10	7.0	4.5	
61	14	10	7.0	4.5
62	20	14	10	7.0
71	28	20	14	10
72	40	28	20	14
81	55	40	28	20
82	75	55	40	28
91	100	75	55	40
92	130	100	75	55

2.J, JS, JR 中型系列 这三种系列容量自 90~410 瓩容量，沒有一定的等级；电压有 380, 3,000, 6,000 伏 3 种，6,000 伏电压只有 3 个品种；同期转速自 600~1,500 转/分。它们是仿照苏联 TAM6, ДАМ6, АМ6 系列制造的，机座号自 11 到 13 号，可以作一般用途。J 为深槽笼型，JS 为双鼠笼型，JR 为绕线型感应电动机。系列中 J 和 JS 有了一种就没有另一种，这两者合为一个系列。它们与 JR 系列品种是一致的，安装尺寸也基本上一致。

表 1-3 中型电动机座号极数、电压与容量表

系列	型号	4 极		6 极		8 极		10 极		12 极		
		220/380	380/6000	220/380	380/6000	220/380	380/6000	220/380	380/6000	220/380	380/6000	
		380	3000	380	3000	380	3000	380	3000	380	3000	
J, JS, JR	114	115	90									
	115	110	75	60				45				
	116	125	95	70	75			55				
	117	180	150	115	95	80		65				
	125		130	95	110	85		80				
	126	225	190	155	135	110	95	95				
	127	260	230	185	165	130	110	115	90			
	128	300		215	190	155	125	130	100			
	136		300	240	220	180	145		125			
	137		350	280	250	210	170		155	145		
	138		410	300	280	245	200		185	165		
	JRQ JSQ	146		430								
		147		500	360	380			260	200		140
148			570	440	430	310		310	240		165	
1410			680	500	520	380		370	280		210	
157				600	460	440	320		260			
158			850	680	550	680	500		350	310	260	
1510			1100	850	850	650	625	475	430	400	320	280
1512		1250	1050	1000	780	700	570	520	480	390	330	

3. JSQ, JRQ 系列 这两个系列容量自 430~1,250 瓦, 容量也没有一定的等级; 电压为 3,000 和 6,000 伏两种; 同期转速自 500~1,500 转/分。JRQ 为绕线型, JSQ 为双鼠笼型感应电动机, 它们是仿照苏联 Φ AMCO 和 Γ AMCO 系列制造的, 机座号为 14 和 15 号。这两系列的品种和安装尺寸都是一致的。

上面提到的 2 与 3 范围的电机称作为中型电机, 容量级数、电压和机座号的关系列在表 1-3 中。

此外, 还有大型绕线型带座式轴承的感应电动机 JRZ 系列, 防爆型 JB 系列等, 这里不再一一介绍了。上面所提到的系列电动机都是三相的, 而本书后文要叙述的也只限于三相感应电动机的结构制造, 不包括单相感应电动机。

第二章 铁心及绕组

铁心和绕组是电机结构上很重要的部分, 它们是产生磁通和电势的部件, 所以通常叫做有效部分。下面就其结构、绝缘和制造工艺等方面来分别介绍:

一、铁心

电机的铁心冲片通常都用矽钢片冲成。矽钢是一种合金, 它与普通钢铁比较, 有较低的铁损耗。含矽量对合金的性质有很大的影响, 含矽量愈多, 则合金的电阻愈高; 铁损耗愈低, 钢性质愈脆。脆的矽钢用在转子上是不合适的, 因为在迭装时容易折断, 在运转中也不可靠。矽钢片的厚度与单位铁损耗有很大关系, 厚度愈厚, 则铁损愈大。在感应电动机中, 一般都用较差的(相当于苏联 Θ 11 牌号)厚为 0.5 毫米的矽钢片来制造

冲片，因为用含砂量更多的矽鋼片价格很贵，而电动机功率因数反而有所降低，并不是很适宜的。

冲片是用矽鋼片制成，大張矽鋼片的尺寸有750×1,500，860×1,720，1,000×2,000毫米几种。冲片直径在1米以下的，习惯用整圆冲成。但是为了充分利用原材料，也可以用扇形片来拼成整圆，但装压工时要增多一些。在电机制造中，定子冲片外径有一定标准，这些标准直径的制订是从一定的增长比例结合了矽鋼片利用率来考虑的，在一定的外径下有其相应的机座。机座号与其相应的定子外径列在表2-1中。

表2-1 机座号与定子外径对照表

机 座 号	定 子 外 径	机 座 号	定 子 外 径
3	145	9	493
4	182	11	560
5	245	12	650
6	327	13	740
7	368	14	850
8	423	15	990

冲片上的槽数和槽形是由电磁计算来确定的，槽口的尺寸有一定标准，见图2-1，2-2和表2-2。齿高和齿宽应保持一定的比例，使之有足够的机械强度，不致在操作过程中折断。除了电磁的要求外，在低速度电机中磁轭需要有一定高度以防止线圈与机座相碰，同时便于压紧铁心。冲片与机座或转子支架及轴都是用方键或平键来联结的，因此在定子冲片外圆上(小型电机可以不要)和转子冲片内圆上开有键槽。冲片在冲制过程中，都会带有毛刺，虽经修整仍不能全部消除。由于毛刺都是顺着冲压的方向产生，为了保证迭压的质量，必须以同一方