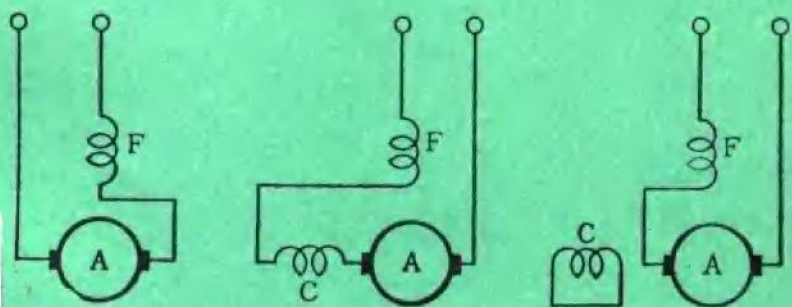


（日）曲泽贞 著

电动机的 选用与维修



机械工业出版社

本书全面系统地论述了电动机的选用与维修。内容实用，语言通俗，尽量避免用高深的理论和复杂的数学公式来说明问题。为了使读者易于理解和记忆，书中采用了大量的程序框图，还列举了在实际工作中常用的数据表与实例。

全书共分四章：包括电动机的选择方法；选择方法的具体事例；从安装到试运转；故障的诊断与修理。

本书可供具有中等文化程度的电动机使用人员阅读，也可供大专院校有关专业的师生参考。

電動機の選び方使い方

曲澤真淵 著

オーム社

1981

* * *

电动机的选用与维修

[日] 曲泽真渊 著

《电动机的选用与维修》翻译组 译

*

责任编辑 严蕊琪

封面设计 方 芬

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京龙华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $6^{3/8}$ · 字数 166 千字

1987年7月北京第一版·1987年7月北京第一次印刷

印数 00,001—20,000 · 定价：2.15元

*

统一书号：15033 · 7023

译 者 的 话

电动机在工农业生产、人民生活等各个领域的应用非常广泛。其品种规格繁多，如何合理选用，如何正确地维护和修理，是广大电动机使用人员所关心的问题。为了满足广大电动机使用人员的需要，我们翻译了本书。

作者对电动机的使用与维修具有丰富经验，本书为其多年经验之总结。全书内容实用，语言通俗。为使读者易于理解和记忆，书中对电动机的选用和维修等有关问题，采用了大量的程序框图来说明。这确为本书的一大特色。

翻译本书的分工是：第1章，高金生；第2、3章，郑姗姗；第4章，秦起佑。全书由赵家礼审校。

由于译者水平有限，译文中难免存在缺点和错误，敬请批评指正。

译者

目 录

第一章 电动机的选择方法	(1)
1. 1 正确的选择方法	(1)
1. 2 选择电动机时需要知道的电动机特性	(6)
1. 3 使用方便的特殊电动机	(24)
1. 4 电动机运转时所需要的控制器和保护装置	(36)
1. 5 从力学观点看负载的种类	(39)
1. 6 选择电动机时应知的负载特性	(41)
1. 7 恒定负载时电动机功率的求法	(45)
1. 8 变负载时电动机功率的求法	(48)
1. 9 电动机额定值的选择方法	(50)
1. 10 按计算结果确定额定输出功率时应考虑的事项	(52)
1. 11 电压和频率变动时的特性变化	(53)
1. 12 绝缘等级与温升的关系	(54)
1. 13 电动机转速的选择方法	(56)
1. 14 需要高起动转矩时电动机的选择方法	(57)
1. 15 转速控制时电动机的选择方法	(61)
1. 16 电动机防护结构的类型	(66)
1. 17 周围有爆炸性气体和煤尘等时的防护方式的选择方法	(69)
1. 18 周围有腐蚀性气体、液体时防护方式的选择方法	(72)
1. 19 周围湿度高时电动机的选择方法	(74)
1. 20 水滴和杂物有可能侵入电动机内部时防护形式 的选择方法	(75)
1. 21 在尘埃多的场所使用时防护形式的选择方法	(75)
1. 22 要求低噪声时电动机的选择方法	(75)
1. 23 电动机轴尺寸的选择方法	(76)
1. 24 电动机安装方式的选择方法	(77)
1. 25 电动机安装尺寸的选择方法	(78)

第二章 选择方法的具体实例	(80)
2. 1 泵	(80)
2. 2 风机	(86)
2. 3 压缩机	(93)
2. 4 提升机	(93)
2. 5 起重机	(101)
2. 6 电动葫芦	(111)
2. 7 电梯和自动扶梯	(114)
2. 8 选购电动机的方法	(119)
第三章 从安装到试运转	(121)
3. 1 安装场所的选择方法	(121)
3. 2 基础施工方法	(123)
3. 3 安装方法	(125)
3. 4 配线和接地方法	(136)
3. 5 试运转方法	(144)
第四章 故障的诊断与修理	(147)
4. 1 无负载时, 即使合上开关, 电动机既无响声, 又不能起动	(147)
4. 2 无负载时, 即使合上开关, 虽然电动机有响声, 但不能起动	(157)
4. 3 无负载时, 即使合上开关, 电动机有响声但不能起动, 用手稍一转动, 即沿该方向旋转	(162)
4. 4 虽无负载, 但熔断器被熔断, 断路器分断	(163)
4. 5 虽然在无负载下起动, 但是转速低, 达不到额定值	(165)
4. 6 一接上负载, 电磁起动器就分断	(168)
4. 7 一接上负载, 熔断器就被熔断	(169)
4. 8 一接上负载, 转速就急剧下降, 不能以额定转速运转	(170)
4. 9 一接上负载就不能起动	(173)
4. 10 运转中发生异常的声音	(173)
4. 11 电动机过热	(174)
4. 12 带脱落	(177)

4. 13 轴承过热	(177)
4. 14 轴承中有杂音	(178)
4. 15 强烈的振动和噪声	(181)
4. 16 更换轴承的方法	(182)
4. 17 遭受水灾时电动机的故障诊断与采取的措施	(184)
4. 18 遭受火灾时电动机的故障诊断与采取的措施	(186)
4. 19 电动机的维修、检查要点	(188)
附录、附表	(191)
附录 1 转矩	(191)
附录 2 旋转磁场	(192)
附录 3 弗来明左手定则	(193)
附表 1 标准防滴式低压三相笼型电动机特性值 (200V, 50/ 60Hz) (参考值)	(194)
附表 2 低压三相笼型异步电动机的特性表 (摘自JIS C 4210)	(196)

第一章 电动机的选择方法

1. 1 正确的选择方法

运行中的电动机出现故障，就会影响人们的生活并使生产遭到损失，因此，对工厂制造的电动机，要进行恰当的选择、正确的安装和配线，并且如能妥善地保养和管理，就能使电动机在规定的特性下正常运转。因此首先必须用正确的方法来选择电动机。

(一) 选择方法的指南

选择电动机时，首先要知道负载机械的种类和特性，同时还要知道负载机械所要求的条件，然后选择满足这些要求的电动机。

对于负载机械应考虑以下几个方面：

- (1) 从力学的观点看负载属于哪一类；
- (2) 负载机械的转速-转矩特性；
- (3) 负载机械的使用类型（连续使用、短时使用、变负载使用、断续使用等等）；
- (4) 起动频度；
- (5) 是否需要转速控制（无级变速、有级变速、恒速等）；
- (6) 负载转动惯量的大小；
- (7) 负载机械的转速；
- (8) 拖动负载机械所需的功率；
- (9) 起动方式（手动还是自动，是否需要远距离操作）；
- (10) 制动方式（是否需要急刹车）；
- (11) 是否需要反转；
- (12) 使用场所的环境条件（温度、湿度是否高，是否有爆炸性气体、腐蚀性气体、液体，是否有水滴、尘埃，是否必要对噪声采取措施，室内还是室外使用等）；
- (13) 电动机的联接方式（直接联接、齿轮联接还是皮带联

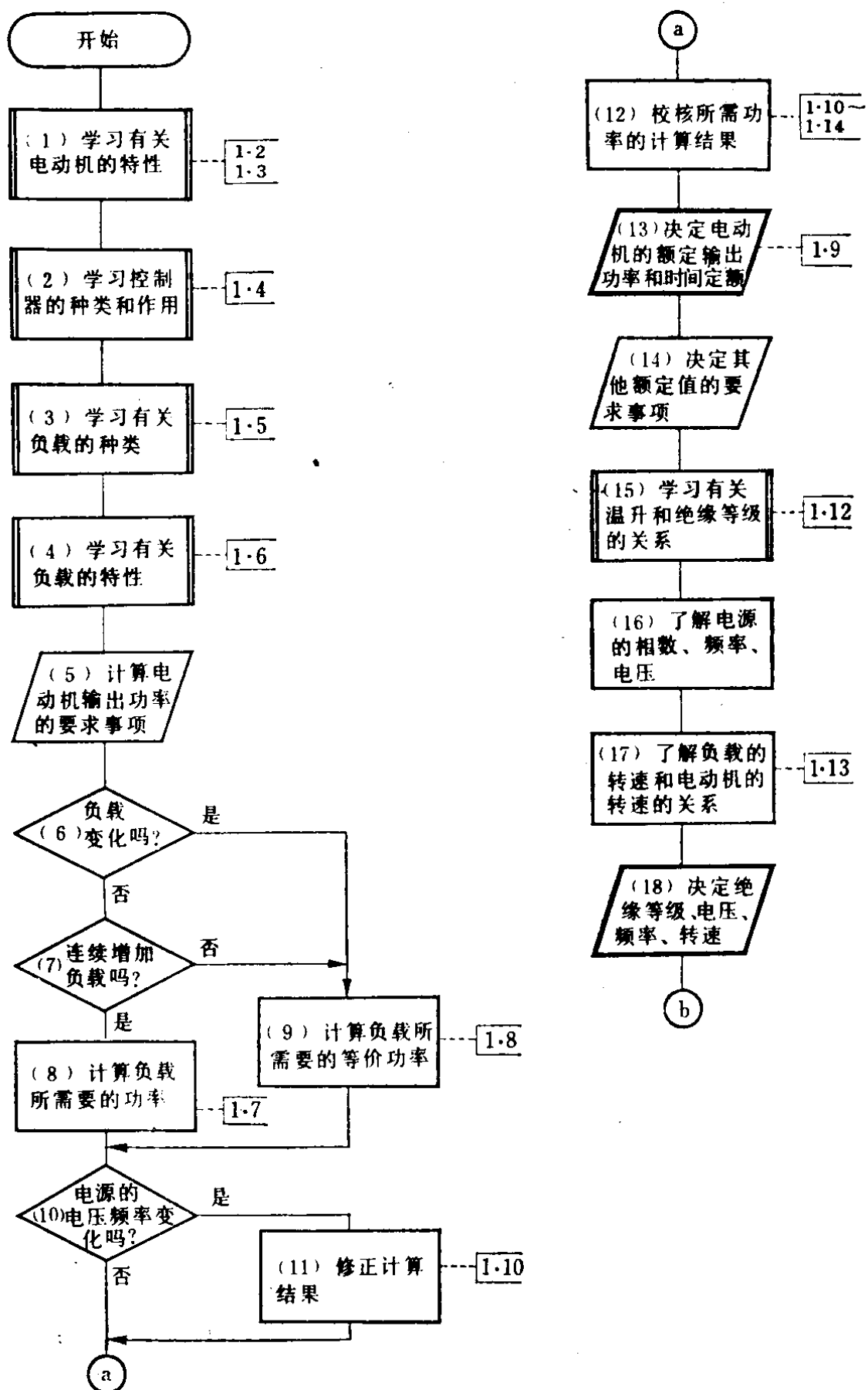
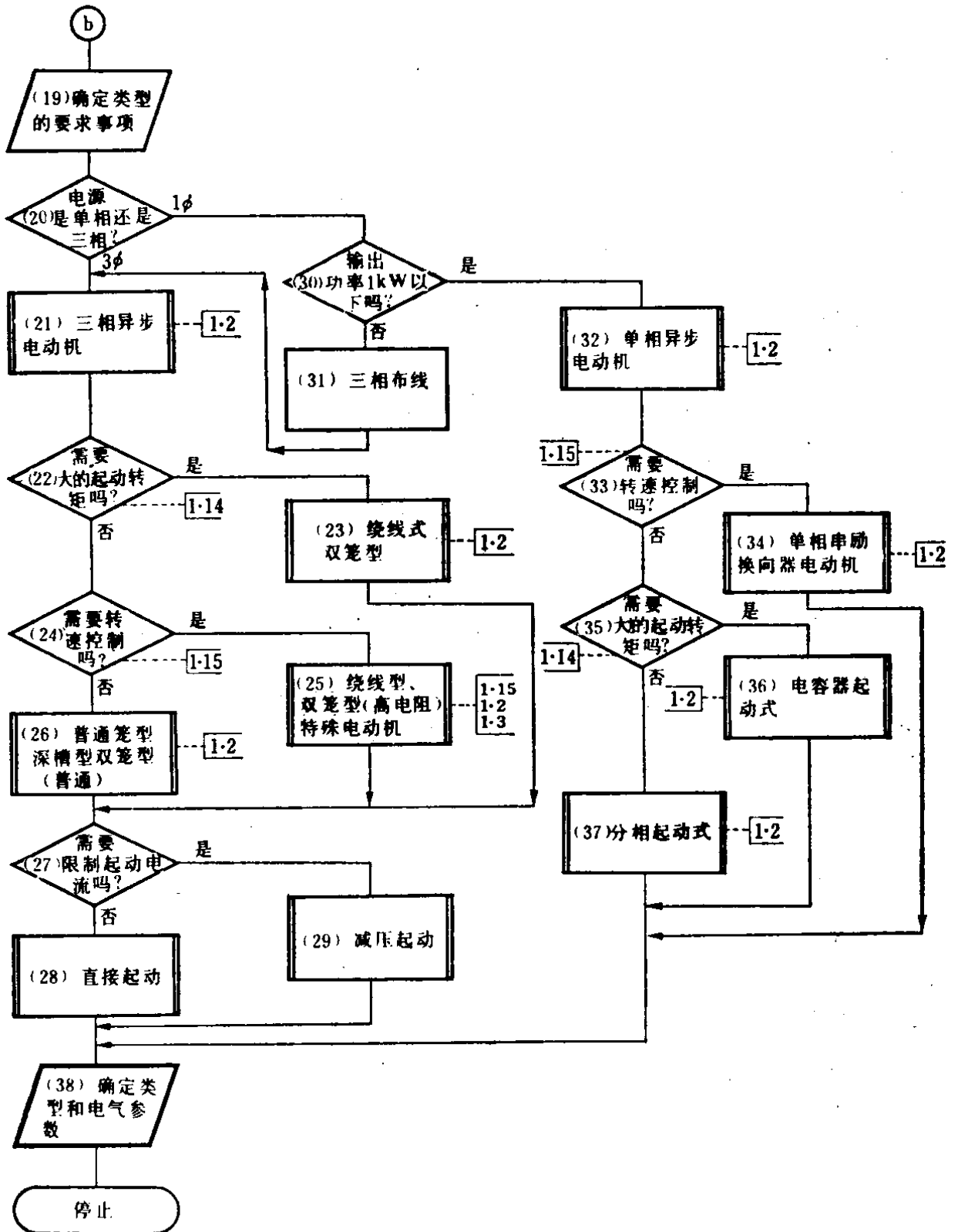
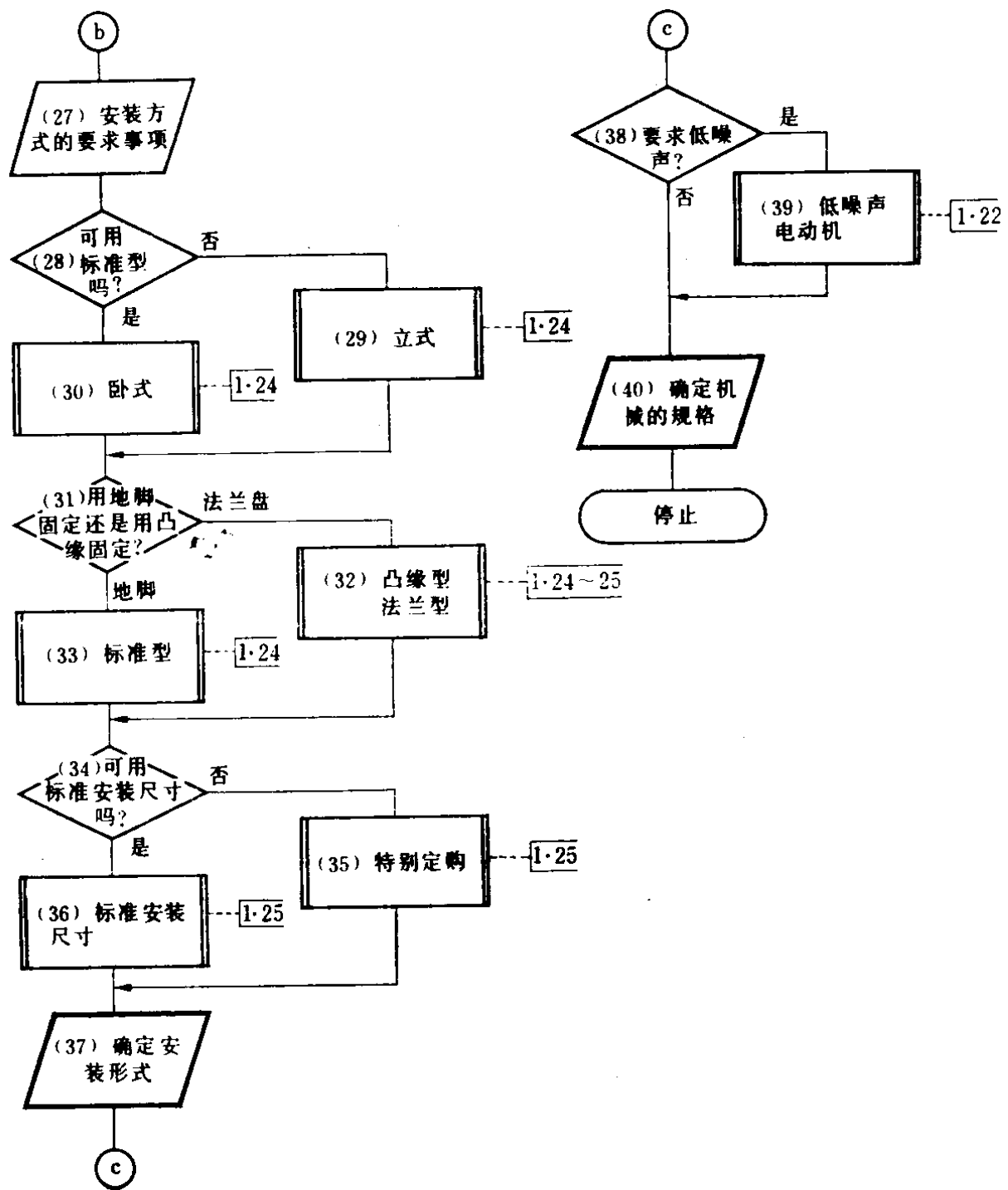


图 1.1 确定电



参数的程序框图

图 1.2 确定机械



参数的程序框图

接等)；

(14) 安装方式。

根据上述负载机械所要求的条件，选择电动机时应考虑的事项以及应确定的规格参数如下：

- (1) 要求电动机具有的转速-转矩特性；
- (2) 电动机的起动转矩及最大转矩；
- (3) 转速控制是否可能；
- (4) 使用定额（连续定额、短时定额、断续定额等）；
- (5) 电动机的转速；
- (6) 电动机的种类；
- (7) 电动机的额定输出功率；
- (8) 电源的容量、频率、电压、相数；
- (9) 绝缘的等级；
- (10) 外壳的防护型式；
- (11) 轴的尺寸；
- (12) 卧式、立式还是凸缘式；
- (13) 附件（底座、皮带轮等）；
- (14) 使用的控制器。

(二) 选择程序

选择电动机时如果不遵循规定的程序，就会出现漏洞，成为电动机运行过程中出现故障的原因。因此需要按程序框图说明其选择方法的概念和选择顺序，见图1.1和图1.2。而直流电动机，因其多半使用在特殊的场合下，所以有关选择方法的说明省略了。

1.2 选择电动机时需要知道的电动机特性

棒球队的教练，必须熟悉各选手的特点和能力，只有掌握了这些，才能通过不断努力使比赛胜利。

同样，对从事电动机设备、管理、运行的人来说，也必须熟知电动机的特性。只有这样，才能使其效能充分发挥，有效地利用电动机的输出功率，并且不使其发生故障。

对电动机的特性，最好能全部熟悉，但至少必须熟悉其转速转矩特性和优、缺点。

(一) 电动机的种类

如果把电动机按电源性质分类，可分成直流电动机和交流电动机。直流电动机有可以得到任意转速特性的优点，但它有需要直流电源装置、价格较贵、维修麻烦等缺点。所以除特殊情况外，一般不太使用。交流电动机，如按其旋转原理分类，可分为异步电动机、同步电动机和换向器电动机。特别是异步电动机，因其有第（四）项所述的优点，因此使用十分广泛。因而，本书主要介绍异步电动机。电动机按其转速特性和工作原理的分类；如表1.1所示。

表 1.1 电动机的分类

按转速特性分类	按 电 源 和 旋 转 原 理 分 类	
恒速电动机	单相异步电动机	分相起动式 电容起动式 电容运转式 罩极式
	三相异步电动机	普通笼型 特殊笼型（低转子电阻） 绕线型（转子电阻短路）
	同步电动机（恒速特性良好）	
	直流电动机	並励式 复励式
调速电动机	三相异步电动机 换向器电动机 直流电动机	绕线型（转子控制电阻） （转子控制励磁） 三相並励式 並励式（励磁调整范围宽）
变速电动机	三相异步电动机 换向器电动机 直流电动机 特殊电动机	特殊笼型（转子高电阻） 单相串励式 三相串励式 串励式 变极电动机 电磁调速电动机

(二) 三相异步（感应）电动机的原理和结构

现在用意大利人阿拉戈的实验阿拉戈圆盘进行说明。在图1.3中，如把磁铁沿着箭头所示的方向移动，圆盘就会沿着磁铁的移动方向旋转，这就是异步（感应）电动机的旋转原理。

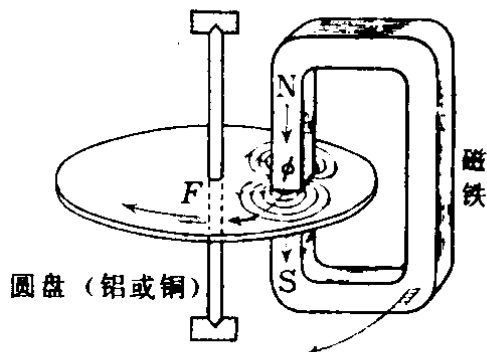


图 1.3 阿拉戈圆盘

在实际制造的电动机中，是用如图1.4所示的定子铁心里形成的旋转磁场来代替移动磁铁的，并用如图1.5所示的转子（笼型转子）来代替圆盘的。

绕线型转子（图1.6）是把用绝缘铜线制成的线圈，用同定

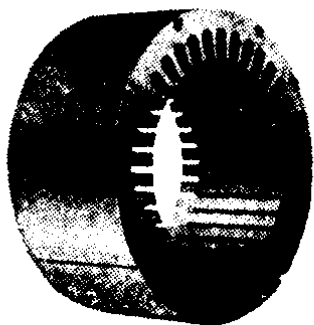


图 1.4 定子铁心

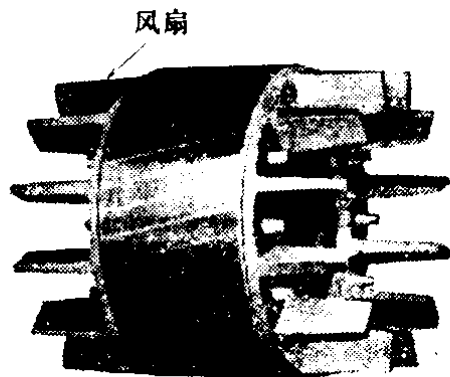


图 1.5 笼型转子

子线圈相同的方法嵌入转子铁心的槽中，然后把各相的端点连接到滑环上制成的。三相笼型异步电动机的结构图如图1.7所示。

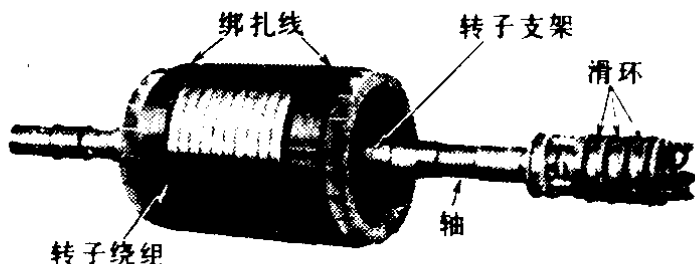


图 1.6 绕线形转子

(三) 三相笼型异步电动机的转矩特性

三相笼型异步电动机，从静止状态开始起动，到额定转速 n_1 最后达到同步转速 n_0 。表示各转速下的转矩值的曲线如图1.8的 T_A 所示。 T_A 就是三相笼型异步电动机的转速-转矩曲线的一例。

在 T_A 曲线上， T_S 叫做起动转矩，它是电动机从静止状态开始旋转时所需的转矩值。

从电动机以额定输出功率带动负载的状态开始，渐渐增加负载，直到超过了电动机轴所能带动的转矩最大值 T_m 时，就不能带动负载而停止了。这个 T_m 值就叫做最大转矩。

电动机以额定输出功率运转时的转矩值 T ，叫做额定转矩，此时电动机的转速 n_1 叫做额定转速。

一般来说， T_S 和 T_m 是用对 T 的百分率来表示的。

如图1.8所示，对于要求转速-转矩曲线具有象 T_{L1} 那样特性的负载，如使用具有 T_A 那样的转速-转矩曲线特性的电动机时，对应各转速的转矩差为 $(T_A - T_{L1})$ ，也就是图中的斜线部分，叫做加速转矩。电动机的转速逐渐增大，当达到曲线 T_A 和 T_{L1} 的交点时，加速转矩变成零，此时电动机以恒速 n_1 运转。假如此时，电动机的额定输出功率的转矩是 d_1 ，则该电动机对这个负载是最合适的。

假如把这种电动机用来驱动具有象 T_{L2} 那样的转速-转矩曲线特性的负载，则电动机虽然能够起动，但因其加速转矩小，起动比较缓慢。在这种情况下 d_2 点的加速转矩等于零，並以恒速 n_2

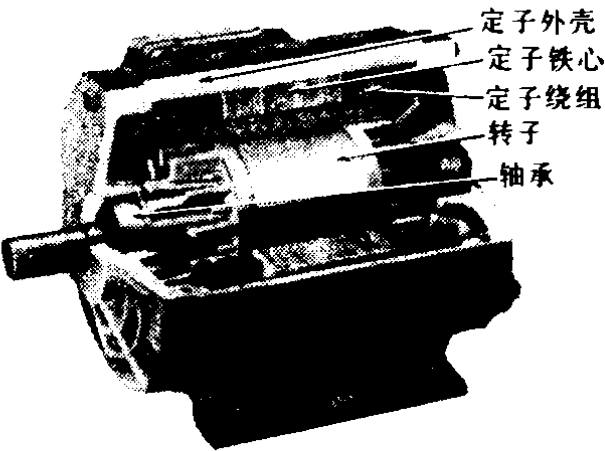


图 1.7 三相笼型电动机的结构

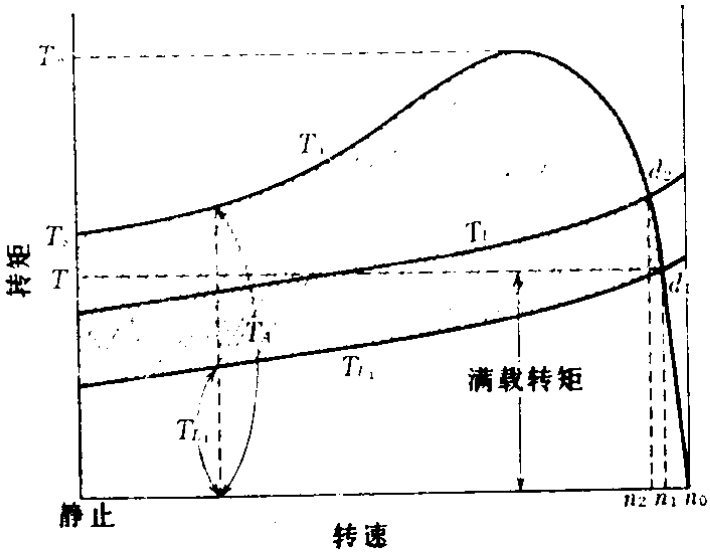


图 1.8 三相笼型异步电动机和负载转速-转矩曲线

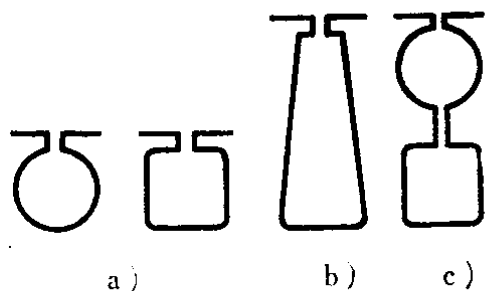


图 1.9 三相笼型异步电动机的转子槽形

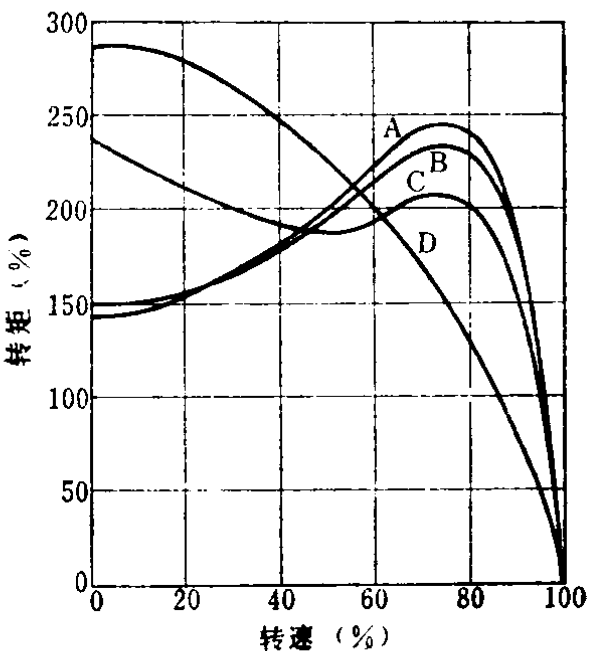


图 1.10 各种三相笼型异步电动机的转速-转矩特性

运转。
因此，用转速-转矩图可以断明：对于具有 T_{L2} 那样特性的负载，如配以具有 T_A 特性的电动机，会因其转矩不足而过载。

（四）各种三相笼型异步电动机的转速-转矩特性的比较

三相笼型异步电动机，因转子结构不同，可以得到各种不同的转速-转矩特性。

（a）普通笼型 这种电动机的转子槽形如图1.9a所示。输出功率小于3.7kW的小型电动机多半采用这种转子。凡转速变动率较小，不需要转速控制的一般用途电动机，采用这种转子最合适。这种形式的转速-转矩特性如图1.10中的曲线A所示。起动转矩和最大转矩随其输出功率、频率、极数的不同而异(参见附表1)。

因此，这种形式的电动机对风机、离心泵、机床等能以低起动转矩起动的恒速负载是比较适宜的。

（b）特殊笼型（深槽式） 这种电动机的转子槽形如图1.9b所示，相对于槽宽来说其槽深较深，一般用于输出功率为5.5~37 kW的电动机。这种形式电动机的转速-转矩特性如图1.10中的曲线B所示。起动转矩和最大转矩与普通笼型电动机一

样,也是随其输出功率、频率、极数的不同而异的,但起动转矩比曲线 A 稍大些,而最大转矩比曲线 A 稍小些。

因此,这种形式电动机的用途与普通笼型一样,适合于输出功率较大的情况。

(c) 特殊笼型(使用普通导体的双笼型) 这种电动机的转子槽为如图 1.9c 所示的双层形式,其导线使用铜或铝那样的低电阻材料。这种形式电动机的转速-转矩特性如图 1.10 中的曲线 C 所示。其起动转矩大,最大转矩要比 A、B 曲线的小。

因此,这种形式电动机适合于输送机、压缩机、粉碎机、搅拌机、往复泵等需要较大起动转矩的恒速负载。

(d) 特殊笼型(使用高电阻材料的双笼型) 这种电动机的转子槽同(c)项的一样(如图 1.9c 所示),其导体使用高电阻材料。这种形式电动机的转速-转矩特性如图 1.10 中的曲线 D 所示。其起动转矩非常大,而最大转矩较小,转差率也比较大。因此,这种形式电动机可实现转速控制。

该种形式电动机适用于切断机、冲床等机械,在加速时把能量贮存在飞轮(惯性轮)里,加工时放出贮存的能量。此外,还适用于提升机、电梯等(这类设备的负载为断续负载)。

(五) 三相绕线转子异步电动机的转速-转矩特性

笼型异步电动机的转子电路全部被短路,转子电路的电阻不能调节(见图 1.5)。但是,绕线转子异步电动机的转子电路,即次级电路是将三相线圈连接到滑环上,并借助于电刷接到外部变阻器上的(见图 1.11),可以改变外部电阻的大小来调节转子电路的电阻。

图 1.12 是三相绕线转子异步电动机的转速-转矩特性。如果把负载 T_L 加到具有象 T_1 那样的转速-转矩特性的电动机上时,则在 C_1 点电动机和负载转矩平衡,此时电动机的转速为 n_1 。若增加转子电路的电阻,则电动机的转速-转矩特性变成了 T_2 , C_1 点变成 C_2 点, n_1 变为 n_2 。假如再进一步增加转子电路的电阻,则转速-转矩曲线从 T_2 推向 T_3 、 T_4 、 T_5 , C_2 点也依次变到 C_3 、 C_4 、