

高等学校教学用书

电力拖动基础

A·T·戈洛万著

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书系根据苏联国立动力出版社出版的 А.Т. 戈洛万教授所著“电力拖动基础”1959年莫斯科版译出。

本书课程与苏联该课程的教学大纲相适应。本课程的任务是让学生熟悉现代化电力拖动的类型，并获得有关电力拖动设计和运行方面的必需知识。

书中叙述了在各种负载下电力拖动在稳态和非稳态状况下运行的分析方法；讨论了在自然的和特殊的接线图中电动机特性线的各种形式；分析了各种电动机的调节性质，并对它们进行了比较；给出了电力拖动工作过程、电动机输入功率以及起动、制动和调节电阻等的计算方法。

本书也可供从事电力拖动的设计和运行人员参考。

АНДРЕЙ ТРИФОНОВИЧ ГОЛОВАН
ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1959

* * *

电力拖动基础

成都工学院电机系工业企业电气化教研组译

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $22\frac{1}{8}$ ·字数532,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—4,036·定价(10-6)2.70元

统一书号: 15165·584(水电-76)

序 言

这本书为动力学院和多科性高等工业学校“工业企业和装置电气化”专业的大专学生而编写。在各种类型的生产过程中，利用电气化机器和机械来实现的机械过程是最通用的生产过程、同时也是最耗能的生产过程。

由于在生产中使用着大量各种不同类型的机器，因之就有大量的各种类型的电力拖动存在。

电力拖动类型的繁多、它们的构成和运行状态的多样化，使得在电力拖动方面应当学习的材料具有很广的范围。

正是由于这个原因，所以在“工业企业和装置电气化”专业的教学计划中，电力拖动课程被分为几个部分。

其中头两部分，即“电力拖动基础”和“电力拖动自动控制”，是以讨论个别类型的生产机器的电力拖动为主要内容的其余部分的基础。

由于“电力拖动基础”这门课程一开始就要学习，所以在这门课程中必须讲述有关电力拖动的某些一般知识。在绪论性的第一章中所讲述的基本定义和概念、电力拖动根据最主要的标志的分类，以及电力拖动的发展简史等，就属于这方面的知识。绪论这一章内容的足够充实，是本书与具有同样或类似用途的其他各书的不同之处。

本书的第二个主要特点是有“电力拖动的力能经济”和“多电动机拖动”这两章，而这两章在其他各书中是没有的。本书的内容在很大程度上是与本课程的大纲相适应的。

由于确信教科书的内容过于庞大将不可避免地会给课程的学习带来困难，故作者力求用取消次要材料和重点叙述的办法来尽可能地减少内容。结果虽显著地压缩了书的篇幅，但在个别地方在叙述上难免不出现一定的“枯燥性”。

作者

目 录

序言

符号及测定单位

第一章 緒論	5
1-1 电力拖动及其主要部分	5
1-2 电力拖动的类型及其所实现的运动形式	5
1-3 苏联电力拖动发展簡史	10
1-4 本課程的任务和內容	21
第二章 电力拖动的力学問題	23
2-1 电力拖动机械部分的零件	23
2-2 作用于电力拖动系统中的力和力矩	24
2-3 不考虑机械損耗时电动机軸上的力矩的决定	26
2-4 确定电动机軸上的力矩时計算損耗的簡化方法	32
2-5 計算損耗的准确方法	33
2-6 电力拖动的运轉状态	37
第三章 电动机的机械特性	39
3-1 穩态运轉状况和机械特性的概念	39
3-2 他激直流电动机的机械特性	45
3-3 发电机-电动机系統的机械特性	52
3-4 带三繞組发电机的发电机-电动机系統的机械特性	56
3-5 离子变换器-电动机系統的机械特性	61
3-6 他激电动机能耗制动和电樞分路时的机械特性	63
3-7 串激直流电动机的机械特性	66
3-8 复激直流电动机的机械特性	77
3-9 异步电动机在自然接綫方式下的机械特性	78
3-10 异步电动机在改換极对数时的机械特性	87
3-11 异步电动机在頻率变化时的机械特性	88
3-12 在异步电动机的轉子中接入电容	93
3-13 按自激发电机运轉的异步电动机的机械特性	94
3-14 异步电动机的能耗制动	97
3-15 异步电动机在串激联結接綫时的机械特性	106
3-16 异步电动机在不对称接綫方式下的机械特性	111
3-17 三相交流同步电动机的机械特性	116
3-18 带移动电刷的三相整流子电动机的机械特性	120
3-19 各种主要类型的电动机机械特性的总評	122
第四章 电动机的調节性質	126
4-1 轉速的变化方向(对基本轉速而言)	126
4-2 調节的平滑性	127

4-3	調節範圍	127
4-4	在調節特性上工作時所容許的負載	130
4-5	擴大調節範圍的方法	131
4-6	調節阻抗的計算	139
第五章	電力拖動的非穩態運轉狀況	146
A.	機械過渡過程	
5-1	電動機力矩、靜力矩和折算慣性力矩恒定的情況	147
5-2	當靜力矩和折算慣性力矩恒定时，具有綫性機械特性的電動機的運轉狀態	151
5-3	當靜力矩周期性地變化時，具有綫性機械特性的電動機的運轉狀況	159
5-4	具有綫性機械特性而靜力矩與轉速有關的運轉狀況	164
5-5	在靜阻力矩與行程有關而折算慣性力矩保持恒定的情況下過程的計算	169
5-6	由恒壓網絡供电的他激直流電動機的過渡過程	178
5-7	串激直流電動機的過渡過程	185
5-8	三相异步電動機的加速	189
5-9	异步電動機的制動	202
5-10	同步電動機的過渡過程	208
B.	與電感作用相聯系的過渡過程	
5-11	他激電動機無變阻器起動	217
5-12	他激電動機改變磁通時的過渡過程	221
5-13	發電機-電動機系統中的過渡過程	225
第六章	電力拖動工作的力能經濟	245
6-1	在自然特性上工作時的損耗、效率和輸入功率	245
6-2	用等值法求變動負載時的循環損耗	247
6-3	在調節特性上工作時的能量損耗和輸入能量	249
6-4	直流電動機在過渡狀態中工作時的能量損耗和輸入能量	255
6-5	异步電動機在過渡狀態中的能量損耗和輸入能量	265
6-6	异步電動機的功率因數和輸入的無功能量	278
第七章	電動機的容量計算和選擇	284
7-1	概說	284
7-2	電動機的發熱及按發熱觀點對運轉狀態的分類	286
7-3	長期負載時電動機容量的計算	291
7-4	短期負載時電動機容量的計算和選擇	295
7-5	重復短期負載時電動機容量的計算	299
7-6	在帶有飛輪的電力拖動中，飛輪慣性力矩和電動機容量的計算	307
7-7	可調電力拖動電動機容量的選擇	324
第八章	多電動機拖動	327
8-1	電動機軸剛性聯結的双電動機拖動	327
8-2	帶有轉動定子的双异步電動機拖動	332
8-3	當電動機軸剛性聯結時，一台電動機工作於電動狀態，另一台工作於發電狀態下的双電動機拖動	334
8-4	電動機軸通過差動器聯結的双電動機拖動	337
8-5	電動機按電軸接綫的多電動機拖動	345
附录		359

符号及测定单位

F ——力	公斤
M ——旋轉力矩	公斤·米
m ——质量	公斤·米 ⁻¹ ·秒 ²
J ——慣性力矩	公斤·米·秒 ²
GD^2 ——飞輪力矩	公斤·米 ²
v ——直綫运动的速度	米·秒 ⁻¹
ω ——角轉速	秒 ⁻¹
φ ——角, 角行程	
t ——時間	秒
T ——時間常数	秒
j ——傳动比	
η ——效率	
P ——功率	瓩
A ——功, 能	焦尔
$g=9.81$ ——重力加速度	米·秒 ⁻²
Ω ——机械振蕩的角頻率	秒 ⁻¹
θ ——差角, 电势和电压的相移角	
f ——电流的圓頻率	赫芝
I ——电流	安
E ——电势	伏
U ——电压	伏
r ——內电阻	欧
R, ρ ——外电阻	欧
x ——內电抗	欧
X ——外电抗	欧
L ——自感系数	亨
C ——电容量	法
Φ ——磁通	馬
θ° ——溫度	度
C ——热容量	焦尔·度 ⁻¹
A ——散热率	瓦·度 ⁻¹
τ° ——溫升	度
S ——轉差率	
δ ——相对轉速降	秒 ⁻¹

第一章 緒 論

1-1 电力拖动及其主要部分

用来使机器工作机构产生运动的电气机械装置称为电力拖动装置。

电力拖动的电气部分由变换电能为机械能(有时相反)的电动机和按某种接线图连接的电器组成。电器用来控制电动机的运动,并通过电动机对机器工作机构的运动进行控制。

由于工作机构的运动形式、转速和机器结构等的不同,在机械部分的组成中可能具有一系列的元件,例如减速齿轮、运动变换器、调速箱及离合器等。

1-2 电力拖动的类型及其所实现的运动形式

在现代生产中存在着各式各样的机器,它们在从电网到工作机构的能量传递的方式方面、工作机构的运动特征方面,以及其他许多方面是互不相同的,因此电力拖动也具有各种构成和特征。

就电网到工作机构的能量传递方式的观点而论,电力拖动可分成三类,即:

a) 成组拖动;

b) 单独拖动;

c) 多电动机拖动。

在成组拖动的系统中(图1-1),一台电动机带动着一组机器。此时,从电动机到机器的能量传递以及能量在机器之间的分配用机械方法(靠天轴和传动系统)来实现。

成组拖动所固有的机械配能系统的特点是:从电动机到工作机构的能量传递路径“长”,因而有大量的容易受到磨损和引起能量损耗的摩擦环节。

在成组拖动的系统中,电动机远离生产机器,并且在结构上与它们没有联系。

成组拖动可作为旧式的、革命前技术的象征,它的特点是生产率低、劳动条件不卫生。

当每台机器用单独的、只跟这台机器有联系的电动机来拖动时,这样的系统就是单独拖动系统(图1-2)。在此系统中,工作机器之间的机械配能(它是成组拖动的特征)被

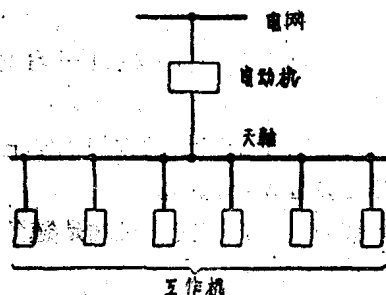


图 1-1 成组拖动的系统

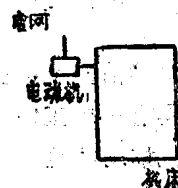


图 1-2 单独拖动系统

用导线、电缆或母线所实现的完善得多的电气配能所代替。

与成组拖动比较，单独拖动具有一系列的优点。它提供了用电气方法来调节每台机器的转速的可能性。同时显著地缩短了从电网到工作机构的能量传递路径，因而减少了摩擦环节的数目；生产厂房中没有繁杂的天轴、皮带和皮带轮等。因此减少了厂房的灰尘，显著地改善了厂房的采光，并且大大地降低了运行人员发生不幸的机会率。

在图1-3上示出了具有成组拖动的旧式车间的图片，而在图1-4上则示出单独拖动机器的现代化车间的图片。

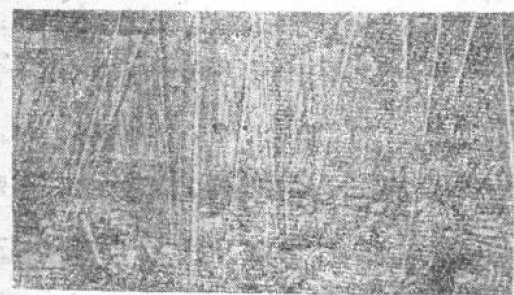


图 1-3 用天轴拖动机器的旧式车间的景象

这些图片明显地证实了以上所指出的单独拖动与成组拖动比较的优越性。如果说成组拖动时电动机发生事故会引起成组的机器停车的话，则单独拖动时停止的只是一台机器，其余的机器可继续运转。

当单独拖动的机器只有一个工作机构时，可以选择特性能最充分地满足生产过程要求的电动机，来作为拖动电动机，这样就可以简化机器的结构，并且提高劳动生产率。

此外，当单独拖动时，还有广泛的可能性来实现机器运转的全部自动化。

多电动机拖动。当单独拖动的机器具有若干个工作机构时（例如机床），在机器内部还保留着本身带有不少缺点的机械配能系统。

因此，在诸如此类的现代化机器中都采用多电动机拖动。此时，每一个工作机构用单独的电动机来拖动。在图1-5上示出了具有三个主轴的龙门铣床用三台电动机拖动的运动图，而在图1-6上则示出了同一机床用一台电动机来拖动三个主轴的运动图。

长而连续的联合机，譬如造纸机、印刷生产的旋转机、纺织联合机等都装备着多电动机拖动。

这些联合机照例用许多个别段组成，每一段由本身的电动机拖动。

在图1-7a上示出了由四段组成、并用四台电动机拖动的薄板轧制机的全貌，而在图1-7b上则示出其中一段的拖动装置。

在图1-8上示出了多电动机拖动的滚床的图片，其中每一付滚柱由一台电动机拖动。

在以上两种情况下，多电动机拖动均采用于具有若干个工作机构的机器上。

然而，具有一个工作机构的机器有时也装备着多电动机拖动。

多电动机拖动的这一类例子是长的链式运输带的拖动，其工作机构是链条。

用四台电动机拖动的链式运输带的示意图如图1-9所示。

有时为了得到特殊形式的机械特性，以及根据不同的结构和运行观点（例如建立备



图 1-4 机器单独拖动的现代化车间的景象

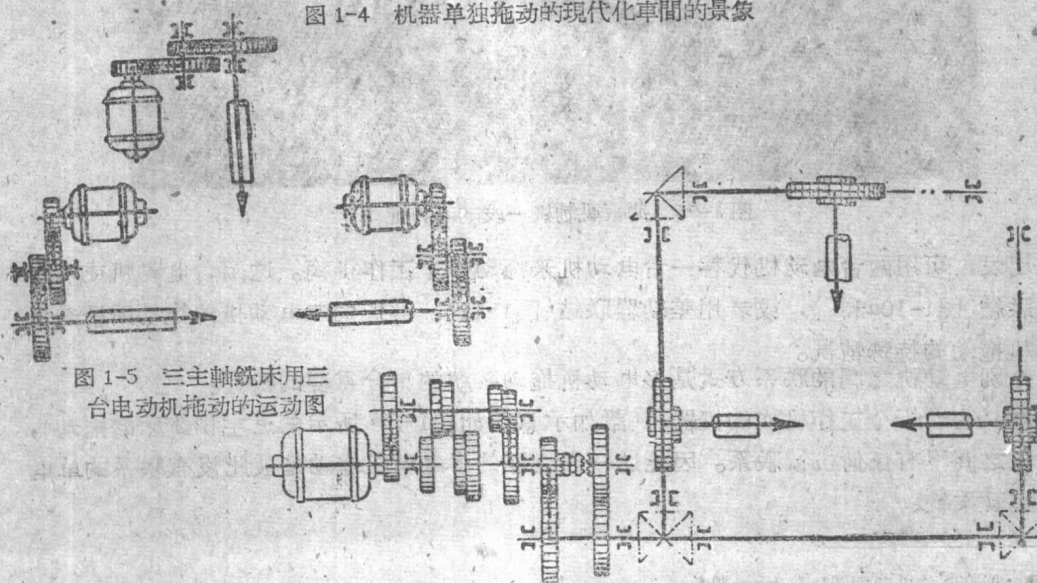


图 1-5 三主軸銑床用三台电动机拖动的运动图

图 1-6 用一台电动机拖动三主軸銑床的运动图

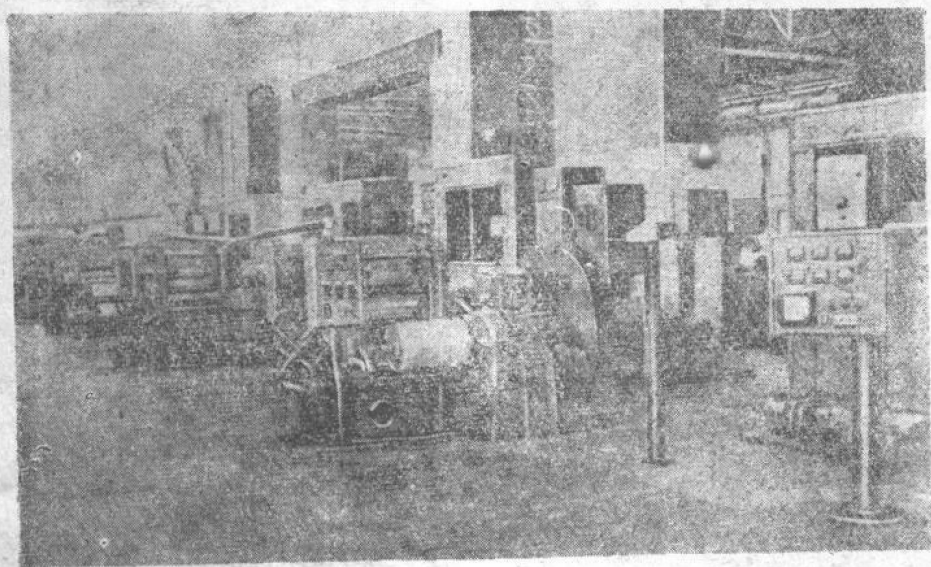


图 1-7a 多电动机拖动的薄板轧制机的全貌

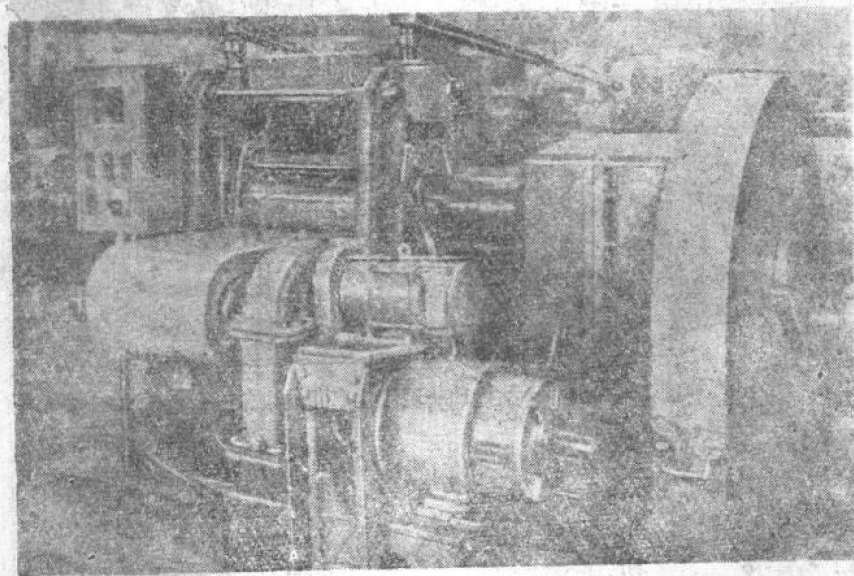


图 1-7b 薄板轧制机一段的电力拖动

用)出发,可用两台电动机代替一台电动机来拖动一个工作机构。这两台电动机或者作刚性联结(图1-10a和b),或者用差动器联结(图1-11)。类似的双电动机的拖动系统是多电动机拖动的特殊情况。

个别电动机之间的联系方式是多电动机拖动系统的十分重要的特征。

在具有若干个工作机构的机器中(诸如示意图如图1-5^①所示的三主轴铣床的拖动),电动机之间没有任何机械联系。因此这一类机器的多电动机拖动是彼此没有联系的单电动机拖动系统。

① 原文在这里误为图1-7。——译者

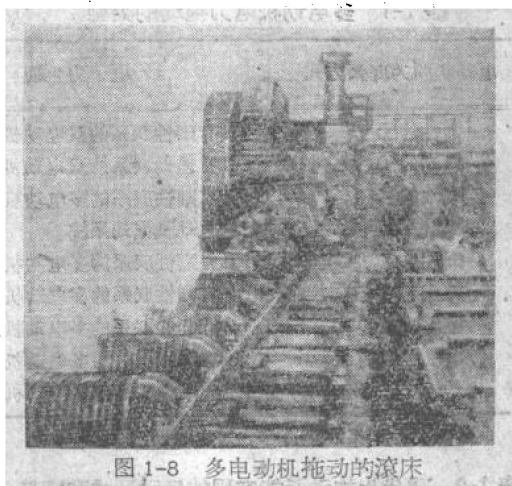


图 1-8 多电动机拖动的滚床

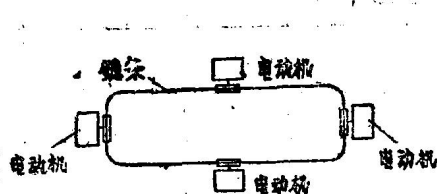


图 1-9 多电动机拖动运输带的示意图

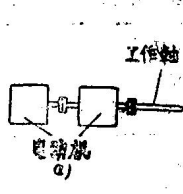


图 1-10 刚性联结的双电动机拖动的示意图

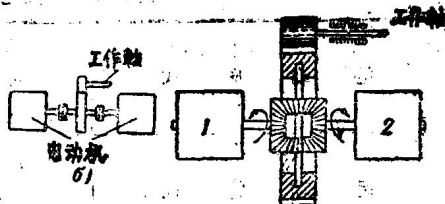


图 1-11 电动机用差动器联结的两电动机拖动

有时多电动机拖动中的各台电动机(例如具有若干个工作机构的連續的联合机)采用刚性联结,正如旋轉机中的情况一样。

在具有若干个主动軸的电气機車中,电动机之間采用摩擦联系(摩擦偶——輪——軌)来联结。

在许多情况下,例如在很多金属切削机床中,电动机之間具有閉鎖联系。这种联系是在电气控制接綫图中实现的,其主要任务是保証各电动机的一定的起动和停車次序,当其它电动机運轉时防止另外的电动机起动等等。

在图 1-7 上所示的这一类連續联合机中,各段的电动机用电的方法联系,其任务是維持張力于容許範圍內,以防止所生产出来的半成品遭到破坏。

当在多电动机拖动中,工作机构的轉速关系必須严格地維持恒定,并且根据某种原因不希望采用机械軸时,可采用电动机之間相互联系的特殊接綫图,这种接綫图称为电軸接綫图。

所有以上所述的现代化多电动机驱动的类型均整理于表 1-1 中。

生产机器工作机构的运动形态和特征决定于机器的工作过程。

与各式各样的生产过程相对应,机器工作机构和拖动电动机的运动特征也是各式各样的。

现代化电力拖动所能实现的运动形式、特征以及速度状态如表 1-2 所示。

旋轉运动可用普通类型的电动机来实现。直綫运动可用两种方法来实现——或者采用具有旋轉运动的一般电动机另附运动变换机构,或者利用具有直綫运动的电动机——电磁鉄或磁行器(展开成平面的一般电动机)。

表 1-1 多电动机电力驱动的类型

工作机构的数目	电动机数目	电动机间的联系方式	电力驱动的类型
1	2	刚性的①	具有刚性联系的双电动机拖动
1	2	差动的①	具有差动联系的双电动机拖动
1	若干	刚性的①	具有刚性联系的多电动机拖动
若干	若干	无联系	单电动机拖动系统
若干	若干	刚性的①	具有刚性联系的多电动机拖动
若干	若干	摩擦的	具有刚性联系的多电动机拖动, 具有摩擦联系
若干	若干	电气闭锁的	具有刚性联系的多电动机拖动, 具有电气闭锁
若干	若干	电气函数的	具有刚性联系的多电动机拖动, 具有电气的函数联系
若干	若干	电轴	具有刚性联系的多电动机拖动, 按电轴接綫图联结

①在这些拖动类型中, 电动机的控制系统中也存在着电的联系。

表 1-2 现代化拖动所能实现的运动形式和特征

运 动 形 式	单向的旋轉 可逆的旋轉 可逆的直綫运动
运 动 特 征	連續的 斷綫的 脉冲的
速 度 状 态	速度不变 速度偶然变化 速度按任意形态的給定規律变化(随从运动)

由于直綫运动的电动机具有許多缺点, 故其应用在很大程度上受到了限制。譬如, 电磁鉄仅在短行程和脉冲运动的情况下才采用, 而磁行器实际上还没有得到应用。

为了获得所希望的运动特征和速度状态, 可以采用相应的控制系统来控制电动机的运动。

現代工业的电力拖动, 大都要求部分地或全部地自动化, 这可用相应的控制系统来达到。

电力拖动控制系统的基本功用是:

- a) 自动控制起动;
- b) 自动控制制动和逆轉;
- c) 自动維持轉速、力矩或功率为恆定值;
- d) 跟踪运动;
- e) 使循环自动化及其他。

自动化电力拖动是大多数綜合自动化系统的最主要的单元。

1-3 苏联电力拖动发展簡史

第一台具有旋轉运动的直流电动机是B.C.雅可比院士(1801~1874年)在Θ.X.楞次院士(1804~1865年)的密切合作下創造的。B.C.雅可比在1834~1838年曾經用这一台电动机在涅瓦河上行駛小艇。

这样，第一台电动机以及与之有关的第一个电力拖动的诞生地是俄罗斯。

甚至在这第一个还不完善的电力拖动模型上，就已经发现了它与当时占统治地位的蒸汽拖动相比较具有很大的优越性。这些优越性在于它不需要锅炉、也不需要燃料和水的储备。

B.C.雅可比的这一工作获得了世界范围内的声誉，并且可以说以后祖国^①和外国的电气工作者在电力拖动方面的工作都是B.C.雅可比的概念的演变或发展。

但是，由于第一台电动机本身不完善，以及当时的电源（原电池）很不经济，所以B.C.雅可比的贡献和他的后继者的一系列类似的贡献都没有很快地得到实际应用。

仅仅在过了相当长一段时间，当电磁式发电机（供给电动机的经济能源）发明以后，运动的电气化问题才被肯定了。

此时，D.X.楞次在1833年发现的电机的可逆性原理已得到了实际应用。正是这个原理，电动机和发电机的发展道路结合起来了。大约在十九世纪后半期的中叶，直流发电机和电动机的结构形式已十分接近于现代的形式。

当时在电力拖动方面的实际工作是属于杰出的俄罗斯电气工作者B.H.契柯列夫（1845~1898年）的。

他创造了电弧灯的直流伺服拖动（1879年）以及缝纫机的电力拖动（1882年）和通风机的电力拖动（1886年）。

当时，杰出的俄罗斯电气工作者Л.А.拉契诺夫（1842~1903）的概念，对于电力拖动在这个方向上的发展起了巨大的作用。他这些概念以一篇题名“电气机械的功能”的论文发表在1880年“电”杂志上。

在这篇论文中，Л.А.拉契诺夫令人信服地揭露了电气分配机械能（单电动机拖动和多电动机拖动）与基于机械配能的天轴相比较的优越性。

Л.А.拉契诺夫首先进行了电力拖动的重要理论问题的研究。他给出了串激直流电动机的机械特性的表达式，讨论了从发电机向电动机供电的条件，同时给出了电机按激磁方式的分类。

Л.А.拉契诺夫这一杰出的贡献首次为“电力拖动理论”成为一门关于电力拖动的科学打下了基础，以后更主要由于苏联科学家的贡献，这门科学才进展到当前的状态。所以，从Л.А.拉契诺夫的论文发表的时代（即从1880年起），就为电力拖动这门科学整个地奠定了历史基础。

从Л.А.拉契诺夫的论文开始，关于在工业中采用电气方法分配机械能和采用单独拖动的宣传，在“电”杂志的篇幅上，在全俄电气工作者代表大会上俄罗斯电气机械学会代表的发言中，以及在科学文献中不断地得到了扩大。

十九世纪的最后二十年是直流拖动的萌芽和得到一定发展的时期。此时，直流的单独拖动在海军的舰船上得到了一定的推广。其中可以指出：装在战舰“Сисой Великий”号上用来提升炮弹的电力拖动（1890~1894年），装甲舰“12 Апостолов”号上的第一个电力拖动的舵轮及其他。

在同一时期，A.B.苏宾为了舵轮装置的需要，首先在俄国拟定了单独控制发电机

① 指的是当时的俄国和以后的苏联，以下同。——译者

的电力拖动(发电机——电动机系统)。以后(1895~1905年)这种拖动系统装置在装甲舰“Князь Суворов”号、“Слава”号及其他军舰上。在工业企业中差不多也同时开始采用电力拖动。

作为例子,可以指出莫斯科附近的一些纺织工厂(莫罗佐夫、里布加尔得迪、布罗哈罗夫斯基制造厂),在这些工厂中到1896年已有大量的直流电动机在运转。

在这个时期后,电车得到了一定的发展。譬如在十九世纪末在若干城市中已有电车通行,这些城市是基也夫、嘉桑和下罗夫哥罗德。稍晚一些时候在俄罗斯的首都也出现了电车:在莫斯科是1903年,在彼得堡是1907年。

以上所指出的关于发展电力拖动事业中的成就,仅仅被局部地推广到很少一部分机械上。

譬如,在1890年,俄国的工业企业中所装设的电动机的容量仅占全部发动机容量的5%。

此时,绝大多数电动机是进口的。这种情形是由于俄国一般工业的落后性和它对外国资本的依赖性所引起的。

与其有关,从俄国进步的电工界方面常常以这种或那种形式提出了许多与发展电气工业有关的问题。譬如,在1901年,在第二次全俄电气工作者代表大会上,就曾提出关于提高从国外进口电机和电器的关税的要求。

关于发展交流拖动的必须的原则性的前提,是И·Н·亚布洛契可夫(1847~1894年)的劳动奠立的(他发明了变压器),尤其是М·О·多利沃——多布罗沃尔斯基(1862~1919年)的劳动,他在1889年发明了三相交流系统以及绕线式和短路式异步电动机。

由于他们的劳动的结果,终于从原理上和技术上消除了采用电气方法传递能量的障碍,并且创造了最可靠的简单而又价廉的电动机,这种电动机目前应用得非常广泛。

1893年,在谢皮托夫卡城和哥洛门斯基工厂安装了俄国第一批三相交流电流的工业装置。在1895年,在这些地方已安装了209台电动机,总容量达2175马力。

在发展全世界电工技术的总的事业中,特别是在发展电力拖动技术方面,俄国的电气工作者曾作出了重大的贡献。

尽管俄国的电气工作者在1900~1914年已经开展了电气化和电力拖动的宣传,但是其发展速度很慢,比国外落后很多。在这个时期内,国外已经建立了轧钢机、起重机、造纸机等巨型的拖动。

沙皇俄国在电工生产和电气化方面的极端落后性,可以用俄国在全世界电工产品和电能的生产中所占的分量来说明。

譬如,在1914年帝国主义战争开始时,俄国仅生产世界电工产品的2.5%,而在电能生产方面仅占第15位。

在1914~1916年战争以后,国家的整个经济,她的工业,包括电气工业在内,都进入了低潮。

在俄国无产阶级革命胜利、结束了国内战争、粉碎了外国武装干涉以后,甚至在1920年初,就提出了经济建设问题和整个国民经济的根本改组问题。

为了这个目的,在第九次党代表大会指示的基础上,根据В·И·列宁的倡议并且在他的领导下,制订了发展苏维埃国家经济的计划——全苏电气化(ГОЭЛРО)计划。

計劃中擬定了：在附屬工業和再生產工業中急劇地提高生產率 and 在全國電氣化的基礎上發展機器製造業。

正如大家所知，計劃所制訂的改建舊發電廠和建設大量發電廠的項目以及發展電器工業的項目都提前完成了。

在完成這些項目的過程中，為企業的電氣化創造了條件；即在第一階段用電氣拖動（成組的或單獨的）來代替蒸氣的或水力的拖動。在這個時期內，企業採用電氣配能降低了事故率，減少了停工現象，改善了勞動條件，提高了生產率。但是，把一般類型的電動機應用於根據天軸傳動來設計的舊式機床上，還遠不能保證完全利用電氣拖動的一切可能性。

由於電動機的特性和結構還不能最好地加以選擇，所以當時在機器——工具的內部還保留着舊式的機械輸能系統，在這種系統中用機械方法進行控制的可能性是十分有限的。

僅僅在採用了新製造的機床和機器時，才有可能完全利用電氣單獨拖動的一切可能性。

為全蘇電氣化計劃所制定、並且已經實現了的蘇聯機器製造業的發展，為最大地利用電氣拖動的潛在可能性和它的廣泛推廣創造了條件。

電力拖動在生產中推廣（同時也就是將舊式的已經過時的拖動加以排除）的速度，可以用電氣化系數的增長情況來說明。該系數電動機功率與所有安裝起來的發動機的功率之比。

年	電氣化系數值 %
1913	40
1928	51.2
1932	69
1935	80
現在	約 100

電氣化系數的增長情況如下：

在1928年，蘇聯在電氣化系數方面已經超過了英國，並且幾乎可與德國相比，而在1936年已超過了德國趕上了美國。現在，在電氣化系數方面蘇聯已超過了美國。

在發展電力拖動數量的同時，質量的發展也完成了。後者表現於電力拖動形式的改善，電動機的專門化，電力拖動功能和自動化的擴大等方面。

首先必須指出單獨拖動的迅速推廣。譬如，如果說在伊萬諾夫斯基地區在1908年單獨拖動僅採用於吉可夫斯基紡織聯合工廠，而在1914年在新伊萬諾夫斯基製造工廠也採用了單獨拖動，那末到1930~1932年，伊萬諾夫斯基地區和其他地區的絕大部分紡織工廠都裝備了單獨拖動。大約到1932~1934年，所有的機床和其他生產機器都已具有了單獨拖動。

這樣，到1932~1934年，天軸和成組拖動實際上已經被排除了，並且被比較完善的單獨拖動特別是多電動機拖動所代替了。

到這個時候，天軸傳動的機械配能系統的徵象，已經從企業的生產車間中完全消除了，天軸的配能功用已轉移到車間配電網絡上。

隨着電力拖動數量增長的同時，其功率和範圍也擴大了。譬如，在1931年，“電力”工廠為蘇聯的初軋機製造了可逆的電力拖動，其拖動電動機的功率達到7000馬力（圖1-12），這在當時已是十分巨大的了。

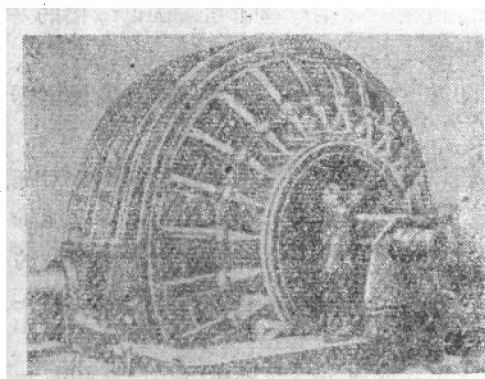


图 1-12 第一台苏联制造的初轧机用的电动机

盘式电动机以及封闭式和敞开式电动机。

为了适应这种或那种生产机械在电动机机械特性和调节性能方面所提出的要求，电动机也按这些方面进行了专门化。

譬如，《电力》工厂在1926~1927年为了纺织机械的拖动着手生产从转子馈电并且电刷可以转动得到3:1的调速范围的交流整流子电动机。

在1940年，这个系列增加以修改，同时为了纺织工业和印刷工业的需要而生产。

在1929~1935年间，为了纺织工业的需要，出产了具有高起动力矩的 TИB、TИBΦ、TT等系列的短路式自通风的异步电动机。

吊车用电动机、冶金用电动机以及拖动滚床的各个滚柱用的电动机的专门系列，在30年代已由“迪拉莫”工厂和“电力”工厂生产出来了。这些系列现在已达到高度的完善性。

为了机床制造业的需要，在1934年“电力”工厂制订了极数可变的调速短路式电动机的系列。

苏联工业的迅速增长（这种增长还在实现全苏电气化计划的最初年代中就开始了，而现在还在继续）经常是与机器——工具结构的不断改进相联系的。改进的方向之一是靠采用可调电动机来简化运动系统和减少电动机与工作机构之间的摩擦环节的数目。

电气调速对简化机床运动系统的影响可从图1-13上见到，这里所示的钻床的示意图

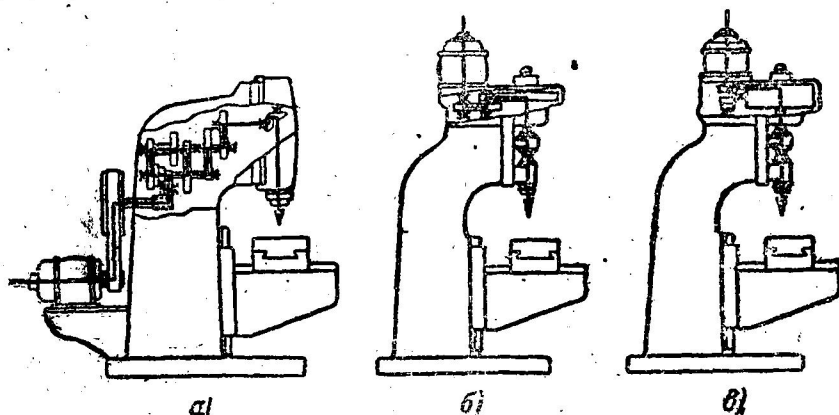


图 1-13 具有各种调速方式的钻床的运动示意图

属于三种情况：a)采用不调节的电动机而用机械方法调速；b)采用极数可以换接的异步电动机来进行电气机械式的调速；c)采用可调的直流电动机进行电气调速。

改进的第二个方向是在结构上把电动机和机械部件结合成一个电气机械系统。电动主轴、电动纱锭、电动工具等是这类装置的例子。

在1932~1940年间，在苏联电动工具的生产得到了很大的发展，从而保证了建筑业中劳动生产率的高度增长。

在图1-14和1-15上示出了当时苏联工厂所生产的电动工具（盘式电锯和电钻）的图片。

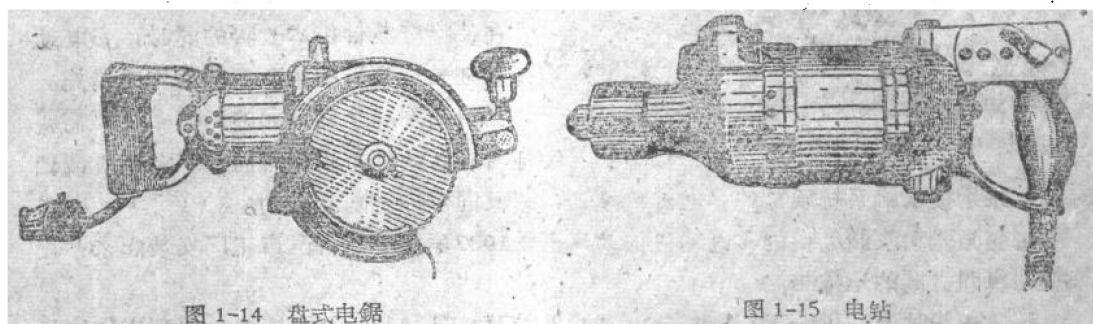


图 1-14 盘式电锯

图 1-15 电钻

在具有几种加工运动的许多生产机器上，采用单独的电力拖动还不能把完全排除机械配能的重要任务加以最后解决。

在机器内部，机械配能及其所固有的大量的传动装置、轴、轴承等仍然被保留着。

这类机器的运动系统经常是十分复杂的，而引起过多的能量损耗和磨损的摩擦环节的数目也是很多的。

消除机器内部的这种配能系统的工作在30年代之初就已经开始了，方法是采用多电动机拖动，每一个运动由一台单独的电动机来实现。

此时，为了保证电动机之间的正确的合闸次序，它们的控制电路用必要的电气方法来联系。

这样就出现了具有闭锁联系的多电动机拖动。

当采用多电动机拖动时，机床可能简化的程度可以用三主轴铣床为例（图1-5和1-6）来表明：图上示出了具有单电动机拖动和多电动机拖动的龙门铣床。

电动机之间有闭锁联系的多电动机拖动系统，在现代化机床中是占优势的。

类似的多电动机拖动系统也是许多联合机的基础。

第一台紡織联合机是1926年在新伊万洛夫斯基工厂出现的，而联合的金属加工机床是中央劳动学院在1929~1930年首次提出的。

在1934~1935年间，以谢尔盖奥尔忠尼启则命名的工厂开始大批生产装置着多电动机拖动的联合机床。

图1-16示出了多电动机拖动的现代化联合机床的图片。

哈尔科夫电气机械工厂(XOMC)于1932年为个别联合机生产了巨型的接发电机——电动机系统进行控制的可调的多电动机拖动。

该工厂在1934年供应了造纸机用的、装备着复杂控制系统的多电动机和其他电力拖