

# 声 明

本电子书由中国农业出版社数字出版，相关权利归中国农业出版社拥有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国农业出版社联系：

地址：北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编：100026

电话：010-64194921 010-65005894

E-mail:lishanzhao@sina.com

中国农业出版社



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



# 农业电力拖动

● 杨存葆 主编

● 农业电气化及自动化专业用

农业出版社

**主编** 杨存葆 (北京农业工程大学电子电力工程系教授)  
**编者** 徐昶昕 (沈阳农业大学农业工程学院农业电气化专业副教授)  
孙斐朗 (东北农学院农业工程系副教授)  
**主审** 王钦仁 (郑州工学院电力工程系教授)





## 前 言

本书是根据“农业电气化自动化”专业指导性教学计划所安排的“农业电力拖动”课程要求编写的教材。该课程分别在北京农业工程大学、沈阳农业大学及东北农学院开设多次，本书是在北京农业工程大学讲授八次的基础上，由杨存葆教授、沈阳农业大学徐昶昕副教授、东北农学院孙斐朗副教授合作编写的，其中第二章、第四章及第十章由徐昶昕副教授编写，第六章、第七章由孙斐朗副教授编写，其余由杨存葆教授编写并对全书统稿。

本书在编写中得到王钦仁教授的鼓励与指点，并蒙审阅全稿，王钦仁老师年逾八旬，仔细披阅，深受教益，将以铭记。汪懋华教授提出不少宝贵意见，并给予支持。陈南特、沈正贤副教授提供了可贵资料，王建平、戴定宁讲师协助推导了部分公式，姚爱群工程师订正了计算程序，并协助计算了大量数据，编者对此一并表示感谢。在编写中利用国内外的参考书或参考资料，值本书付梓之期，不及一一列举，对这些著者及资料整理者，谨致衷心谢忱。

由于编者水平所限，难免有鲁鱼亥豕之误，尚祈读者不吝赐教。不胜感谢。

编者谨志

1990年8月19日

# 目 录

<b>第一章 农业电力拖动的发展现状及其基本方向</b> .....	1
§ 1—1 电力拖动系统的基本概念 .....	1
§ 1—2 农业机械电力拖动的发展 .....	2
§ 1—3 农业电力拖动工作的特殊性 .....	4
§ 1—4 农业机械及流水线电力拖动系统 .....	6
§ 1—5 工艺生产线综合电力拖动 .....	8
<b>第二章 电力拖动系统动力学</b> .....	12
§ 2—1 电力拖动系统的运动方程 .....	12
§ 2—2 多轴电力拖动系统的运动方程 .....	16
<b>第二章习题</b> .....	24
<b>第三章 直流电机拖动系统</b> .....	26
§ 3—1 直流电动机的机械特性 .....	26
§ 3—2 直流电动机的启动 .....	33
§ 3—3 直流电动机的制动 .....	36
§ 3—4 直流电力拖动的调速 .....	46
<b>第三章习题</b> .....	52
<b>第四章 异步电动机的机械特性</b> .....	54
§ 4—1 概述 .....	54
§ 4—2 异步电动机的自然机械特性 .....	54
§ 4—3 异步电动机的人为机械特性 .....	58
§ 4—4 供电线路阻抗对电动机机械特性的影响 .....	61
§ 4—5 单相异步电动机的机械特性 .....	65
<b>第五章 电力拖动系统的静态及动态稳定</b> .....	67
§ 5—1 电力拖动系统静态稳定的概念 .....	67
§ 5—2 供电系统对异步电动机静态稳定的影响 .....	70
§ 5—3 电力拖动系统动态稳定的概念 .....	75
<b>第六章 异步电动机的启动与制动</b> .....	79
§ 6—1 概述 .....	79
§ 6—2 鼠笼型异步电动机的直接启动 .....	81
§ 6—3 鼠笼型异步电动机的降压启动 .....	86
§ 6—4 绕线型异步电动机的启动 .....	90
§ 6—5 异步电动机反接制动 .....	99
§ 6—6 异步电动机再生(回馈)制动 .....	102
§ 6—7 异步电动机能耗制动 .....	104

第六章习题 .....	106
<b>第七章 异步电动机的调速 .....</b>	<b>108</b>
§ 7—1 概述 .....	108
§ 7—2 改变定子电压调速 .....	109
§ 7—3 绕线型异步电动机转子串电阻调速 .....	110
§ 7—4 变极调速 .....	112
§ 7—5 变频调速 .....	115
§ 7—6 异步电动机—电磁转差离合器调速系统 .....	117
<b>第八章 电力拖动系统的暂态过程 .....</b>	<b>120</b>
§ 8—1 研究电力拖动暂态过程的意义 .....	120
§ 8—2 电力拖动系统的机械暂态过程 .....	120
§ 8—3 直流拖动系统启动过程 .....	123
§ 8—4 直流拖动系统制动过程 .....	131
§ 8—5 交流异步拖动系统的动态过程 .....	136
§ 8—6 异步电动机暂态过程的能耗 .....	142
<b>第九章 农业机械飞轮电力拖动分析 .....</b>	<b>147</b>
§ 9—1 概述 .....	147
§ 9—2 冲击性负载——矩形负载图及其电力拖动分析 .....	148
§ 9—3 冲击性负载——周期性余弦矩形负载图及其电力拖动分析 .....	155
<b>第十章 电力拖动系统电动机的选择 .....</b>	<b>166</b>
§ 10—1 一般概念 .....	166
§ 10—2 电动机的发热与冷却 .....	168
§ 10—3 电动机的工况分类 .....	174
§ 10—4 长期工作制电动机容量的选择 .....	176
§ 10—5 短暂工作制电动机容量的选择 .....	178
§ 10—6 重复短暂工作制电动机容量的选择 .....	181
§ 10—7 鼠笼型异步电动机每小时允许接通次数 .....	184
§ 10—8 最佳传动比的概念 .....	186
第十章习题 .....	194
<b>第十一章 异步电动机的经济运行 .....</b>	<b>196</b>
§ 11—1 概述 .....	196
§ 11—2 异步电动机在频率、电压非额定值下运行 .....	196
§ 11—3 异步电动机功率（容量）选择合理性的校核 .....	205
§ 11—4 异步电动机定子电流与其轴转矩的关系 .....	212
<b>第十二章 电力拖动异步电动机的超载 .....</b>	<b>216</b>
§ 12—1 概述 .....	216
§ 12—2 短暂超载下绕组的温升 .....	216
§ 12—3 短暂超载对电动机绝缘使用寿命的影响 .....	220
§ 12—4 根据电动机非稳定发热状态计算超载保护特性 .....	224
<b>第十三章 异步电动机的断相运行及其保护 .....</b>	<b>227</b>
§ 13—1 异步电动机的运行故障 .....	227

§ 13—2 电动机绕组星形接法断相分析 .....	228
§ 13—3 电动机绕组三角形接法断相分析 .....	236
§ 13—4 多台并联电动机的公用母线一线断开 .....	239
§ 13—5 电动机断相的自动保护方法及特性计算 .....	246
<b>第十四章 农业机械电力拖动试验方法 .....</b>	<b>253</b>
§ 14—1 概述 .....	253
§ 14—2 确定生产机械启步转矩的方法 .....	253
§ 14—3 绘制生产机械机械特性的方法 .....	254
§ 14—4 确定生产机械惯性矩的方法 .....	259
§ 14—5 测试实例 .....	262
§ 14—6 电力拖动负载图的获得与启步时间的求取 .....	263
<b>参考文献 .....</b>	<b>265</b>
<b>附录 1 JO<sub>2</sub>系列三相异步电动机技术参数 .....</b>	<b>266</b>
<b>附录 2 Y系列（部分JO<sub>2</sub>系列）三相异步电动机技术参数 .....</b>	<b>272</b>
<b>附录 3 Y、JO<sub>2</sub>系列三相异步电动机在不同负载系数下的效率及功率因数 .....</b>	<b>286</b>
<b>附录 4 公式推导.....</b>	<b>298</b>
<b>附录 5 负载系数的另一种证明方法 .....</b>	<b>299</b>
<b>附录 6 矩形冲击负载计算程序.....</b>	<b>300</b>
<b>附录 7 周期性余弦矩形负载计算程序 .....</b>	<b>305</b>

# 第一章 农业电力拖动的发展现状及其基本方向

## § 1—1 电力拖动系统的基本概念

根据生产工艺要求，由受控的电动机通过传动机构（联轴节、齿轮、皮带轮等），将动力传递给农业生产机械，称为农业电力拖动。它不是一种简单的组合，而是一种综合装置，从广义上称为电力拖动系统。典型的电力拖动系统组成如图1—1所示。

在电力拖动系统中，电动机实现电能与机械能的转换，以传动装置传递给生产机械，以控制设备保证电动机拖动生产机械满足工艺要求，它们彼此之间密切配合，完成生产任务。电动机及控制设备的特性，将决定系统的生产率、可靠性及生产机械的产品精度。而生产机械的机械特性又将影响着电动机的运行及控制设备的工作，因此在研究电力拖动系统时，须考虑其整体性。

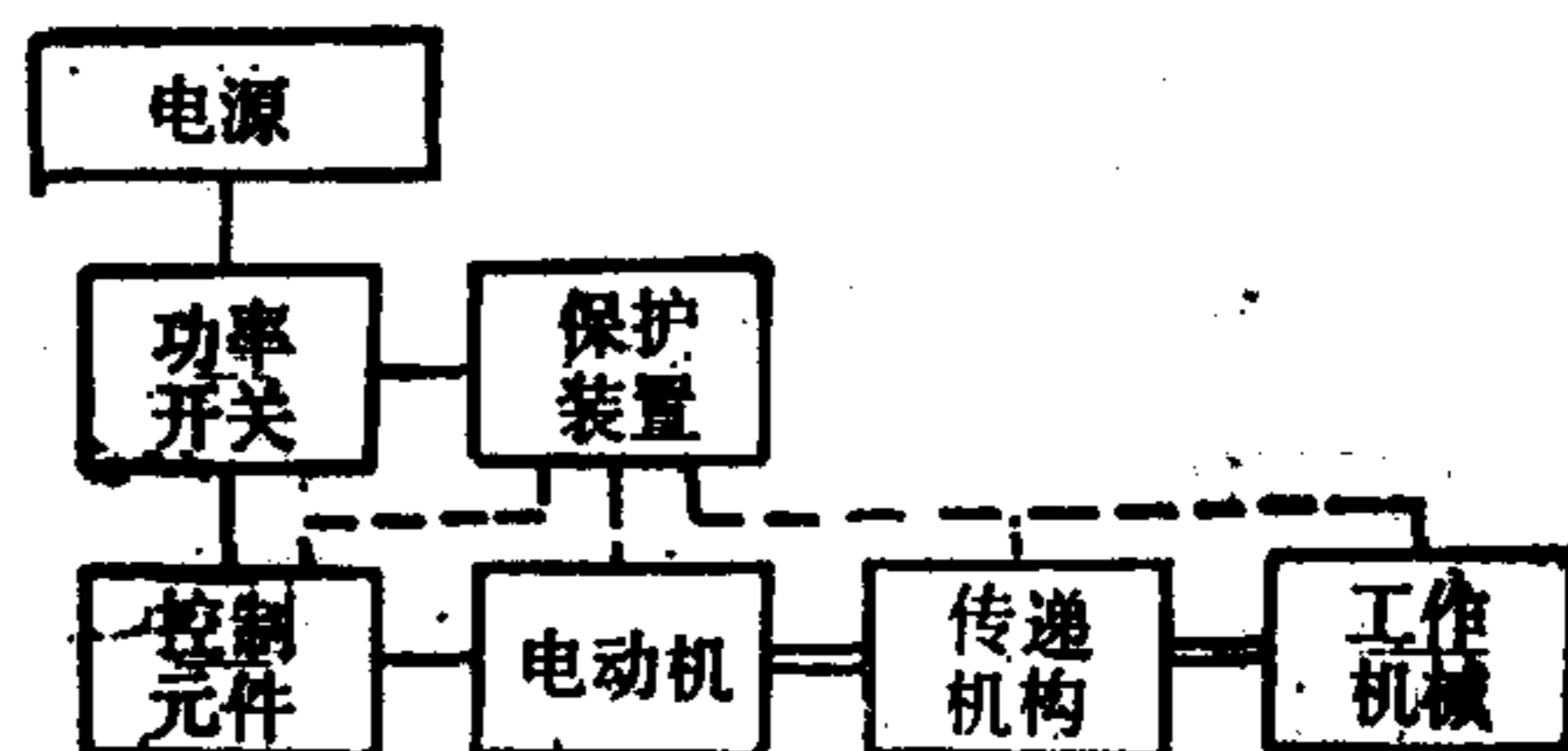


图 1—1 电力拖动系统组成

电力拖动经历了一个发展过程，开始由一台电动机拖动天轴或地轴，通过皮带轮分别拖动各台生产机械，这种形式称为成组拖动，其缺欠是传动过程中能量损失太大，电动机容量不能充分利用，且其调整特性很难得到发挥，不可能实现自动控制，现已被淘汰。进一步发展，每台生产机械由单台电动机拖动，称为单机拖动系统。电动机以齿轮传动，经一级或多级减速，满足生产机械转速要求，为多轴拖动系统；电动机以联轴节与适应高速运行的生产机械直接联结，为单轴拖动系统。在此基础上，发展成生产机械的各工作机构分别由单台电动机拖动，称为多机拖动系统，易于实现自动化。

随着生产的发展，要求生产机械不断提高生产率及产品质量，改善劳动条件，减少能耗，降低成本。从而对电力拖动系统提出更高的要求，要求采用调节元件控制机电能量转换，要求准确复现人工或指令装置给出的指令信息，以满足生产工艺要求。同时还要求有较完善的监控、测量与保护装置。仅实现电动机启动、反转、制动的自动化和一般调速的开环电力拖动系统，已难满足要求，现代电力拖动系统借助于电力电子技术、检测及计算机科学，正朝着计算机控制的自动化方向发展，图1—2为自动化电力拖动系统的组成。

在农牧副业生产中普遍采用异步电力拖动系统，由于发展较晚及农业的自身条件等原因，其自动化程度仍较低，目前绝大多数还是开环系统。例如水泵、粉碎机、输送机、磨粉机等及常用的电动工具。但应指出，异步电动机是需求无功功率的，它所需的无功功率约

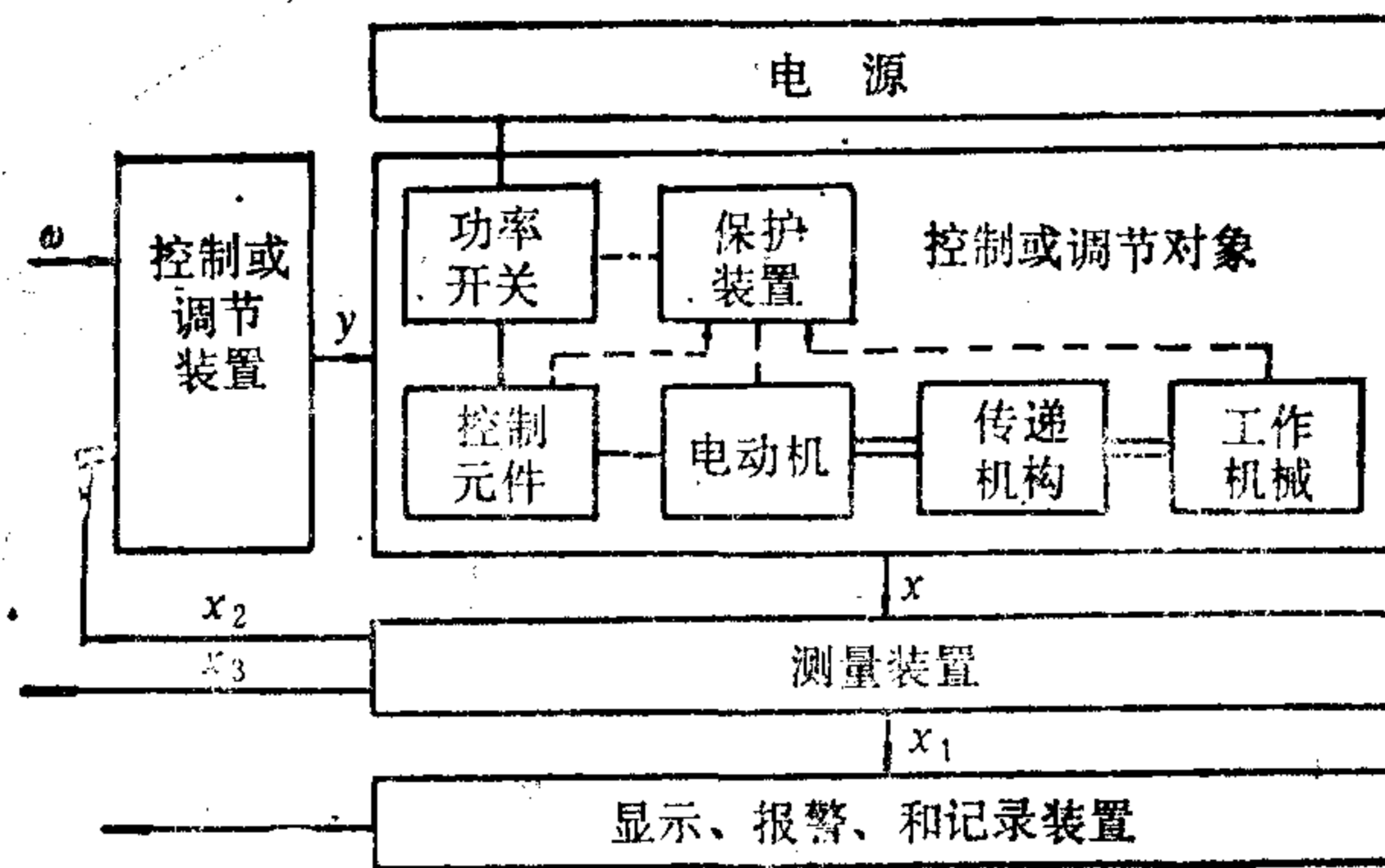


图 1-2 自动化电力拖动系统的组成

为供电系统的60%，在线路上形成有功功率损耗。因此合理选择生产机械的电力拖动，不仅满足生产要求，且对改善供电系统质量也是有益的，其节能效果是显著的。对于异步电动机不仅需小型轻量化，同时要求处于经济运行状态，应尽快生产与使用高效电机，以达节能目的。

### § 1-2 农业机械电力拖动的发展

我国农村电气化的发展实际上是在全国解放以后。解放前夕（1949年），全国总用电量为34.5亿kWh，农业用电量仅为0.2亿kWh，绝大多数在大城市近郊，用电亦仅为照明，有少数的排灌，农村基本生活所需的粮食及饲料加工几乎全部为手工劳动。解放后，尤其是1971年以后，县及县以下用电量增长很快，至1988年平均年增90亿kWh，其中农村用电平均年增43.1亿kWh，县及县办工业用电平均年增46.9亿kWh。1975年以前，农村用电组成仅分排灌、农副加工及生活与其他三类，其中排灌占50%，农副加工占25%；1976年增辟农村乡镇企业用电，1980年将生活照明单独分出，1986年又增农业生产用电。1988年排灌、农业生产及农副加工与乡镇企业二者用电量基本持平，约各占40%。而用电设备（其中主要是电动机）容量，前者约为后者的二倍，不难看出，农业生产中电力拖动的利用不充分，或尚不广泛。

一般认为以电动机代替人力、耕畜或内燃机，即为电气化开始，这个阶段多是成组的生产机械采用传动拖动，这种方式机械能分配有很多实际缺欠，电动机的优越性不能充分利用与发挥，我国个别农村的农副加工生产仍可看到这种方式。还有利用移动电力拖动，将电动机安装在支架或小车上，并附有传动系统及启动装置，用来拖动不同生产机械。这样就提供了一台电动机拖动多台生产机械的可能，我国农业生产中仍在广泛应用。

农业生产中应用电能的实践表明，电力拖动有一系列须待研究的任务，如拖动脱粒滚筒所需电动机的功率较大，因它具有较大的惯性转矩，使之启动困难，由小容量电源供电

时,更增加了困难,这种情况一般建议使用绕线型异步电动机。苏联学者Г.И.那扎罗夫(Г.И.Назаров)教授关于农业电力拖动的研究,论证了以鼠笼型异步电动机拖动脱粒滚筒的可能性。

对于农业生产繁重劳动过程机械化所进行的大量研究工作,主要是消除其手工劳动,最繁重的是畜牧场供水。如有335头奶牛的畜牧场,一年消耗于供水的劳动工时为276h,供水过程实现机电化,与人力劳动相比,劳动生产率提高30—40倍,采用自动供水及自动饮水后,提高160倍而完全消除手工劳动,且相应大幅度提高产品率,据统计使用自动饮水,猪的育肥率可提高10—12%,家禽产蛋率提高15—20%,奶牛产奶量提高10—15%。

60年代广泛应用简单的单机拖动,如软轴拖动的电动剪毛机,潜水电泵等。同时也出现有多电机拖动的装置,如孵化器、谷物烘干机、饲料调制机等。

合理而正确地选择生产机械的电力拖动,保证电力拖动设备运行的可靠性与经济性,无疑对提高农村用电科学水平及经济效益具有重大意义。建立合理的电力拖动,一方面使生产机械与现有系列电动机之间得到合理的联结,另一方面须重新审定已推广使用的各种固定作业生产机械,改造其不适于电力拖动的机构,使之易于采用高速电动机拖动,或重新设计工作机构,使电动机与工作机构组成整体,以减少金属消耗,改善使用性能。复杂的生产机械实现多机拖动,以电气传动替代各种复杂的机械传动,使各工作机构间的机械能分配更为合理,并提高其工作可靠性,为工艺过程的自动调节提供可能。

对于农业机械的特性研究,根据其工作状态及工艺过程要求分析研究电力拖动的计算方法,草拟农业机械试验研究方法基础,应视为是电气化的目标。在苏联Г.И.那扎罗夫教授及其学生们,对于负载急剧变化与随机变化的电力拖动计算方法与理论的发展,作出贡献。创造性地利用电气机械过渡过程的基本原理,提出大型农业机组选择电力拖动最佳方案的依据。

已经研究多年的行走作业机具电气传动,在农业生产中尚未广泛应用,问题是尚不具备可被接受的技术经济指标。由于传统机械传动已难于显示其优越性,进一步改善行走作业机具工作性能,只有另觅技术解决途径,无疑行走作业机具的电气化有很大的优越性及实际生产意义。

设计与研究电气化机械时,局限于传统方案已不可取,应建立在新的拖动原理基础上,如电气振动提水设备。解决农业生产所用手工具电气化问题,可考虑采用高频高速电动机。当农业生产过渡到综合机械化电气化,尤其是工业化方法生产时,在农业机具与流水线电力拖动方面,更会提出新的科学技术任务。实现综合机械化任务,电力拖动是很重要的一环,电动机及其控制设备,将成为所有农业生产使用的固定装置不可缺少的工艺装备,如畜牧机械化所用机械系统,在1981—1985年,共试制生产1107种,其中753种是电气化机械。

农业生产同样需要利用检测及控制设施装备的自动化工艺生产线,当生产技术发展到这一步,电力拖动的作用也就有了本质的变化。假如原来电动机是用作为机械能的能源,而

工艺生产线中，它与控制设备一起成为系统的重要元件，并与各生产机械的工作相适应。因此在设计电动机及其控制设备时，就必须考虑工艺生产线的要求。为了更全面地利用电力拖动并发挥其优越性，还必须以工艺生产线为控制对象进行深入研究。

最重要的是要具有技术经济观点，以目前电工与电子的科学技术水平，研制自动控制装置并不十分困难，但在农业生产中推广应用，遇到的问题首先是自动化所需投资可被使用者所接受，且在生产中可以获得最大效果。为此不仅需要获得生产机械的拖动参数，且亦须了解全部工艺生产线的参数及相应指标，然后才可能利用生产线获得生产效果，这是农业电力拖动领域要予以研究的新课题。

设计工艺生产线控制装置后，应由工业部门组织生产，设计的程序应先研究建立农业工艺生产线拖动系统，控制装置大多是利用简单的装置，更高层次的自动化与调节电力拖动是密切相联系的。现代农业企业的工艺流水线已是相当复杂，简单的触点继电器不能保证其工作的可靠性，按其技术要求只有利用现代自动控制设施才能满足。

在农业机器制造业开始出现工艺流水线的同时，就采用自动调节电力拖动。可以借鉴于以调节电力拖动与农业机具及流水线电力拖动自动控制系统基础上，解决机械工艺的措施，在实际中应用的如：禽舍通风装置、谷物清选烘干站的控制装置、混合饲料调制车间等。而首先采用调节电力拖动的是饲料车间、饲料分送系统及农产品初加工车间的运输系统。

生产的集中与专门化促使农业生产技术装备程度的增强，而提高了对电气设备可靠性的要求，由于电动机、控制设备、自动化装置等的故障，可能导致生产的巨大损失，其损失程度往往超过淘汰该设备所费的投资。诸如供水、禽舍通风、饲料车间及挤奶装置等对设备故障最敏感的装置即是如此。当然保证电力拖动的高度可靠性是一项综合任务，单独的措施（如改善电动机的特性及质量、提高技术服务、采用新型保护等）都不能在降低运行维护情况下，保证电气设备的可靠性。须采取彼此互相补充的综合措施。首先应当改善热继电器的性能，且运行人员须备有用来校正及整定热继电器的仪器。

### § 1—3 农业电力拖动工作的特殊性

农业条件下电力拖动的工作具有其自己的特殊性，是与其使用指标密切相联系的，选择电动机、操作及控制装置时必须予以考虑。而农业用户的负载密度比较低，个别电动机的功率可以与供电线路的通过性能相比拟，电动机负载的变化将影响同一线路所供用户的电压。

图1—3为以粉碎机加工甜菜的负载图，图1—4为饲料塔装载输送器的负载图。图的上方给出电动机端电压变化曲线。两台机械都是冲击负载，且其变化是随机的。超载值可达1.5—2倍，由图可见，其超载发生在电压降最大时。图1—4的电压平均值低于额定15V，而该供电线路导线截面是按允许电压损失4%选定的，当负载增加到57千瓦，电动机的端

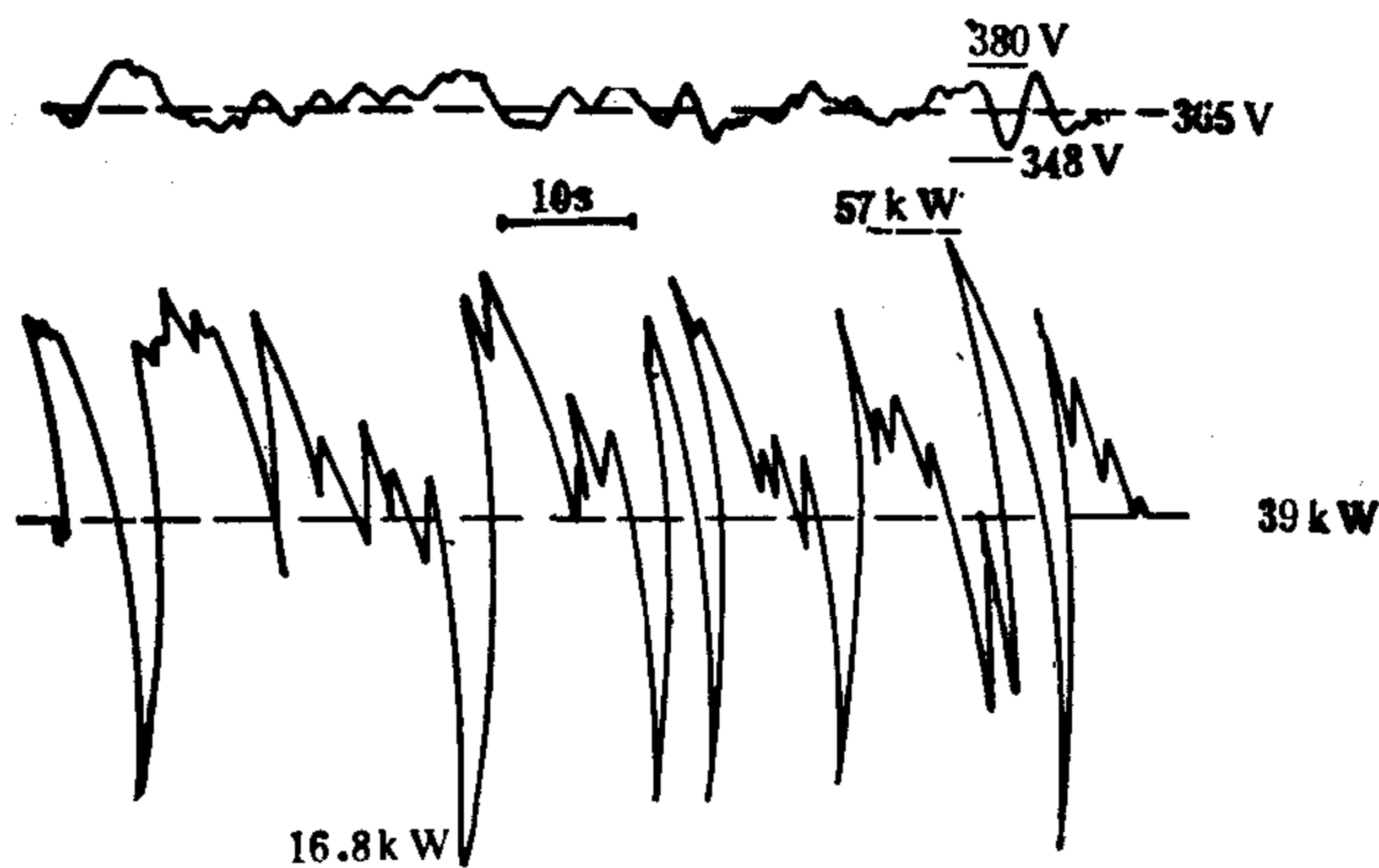


图 1—3 粉碎机加工甜菜的负载图

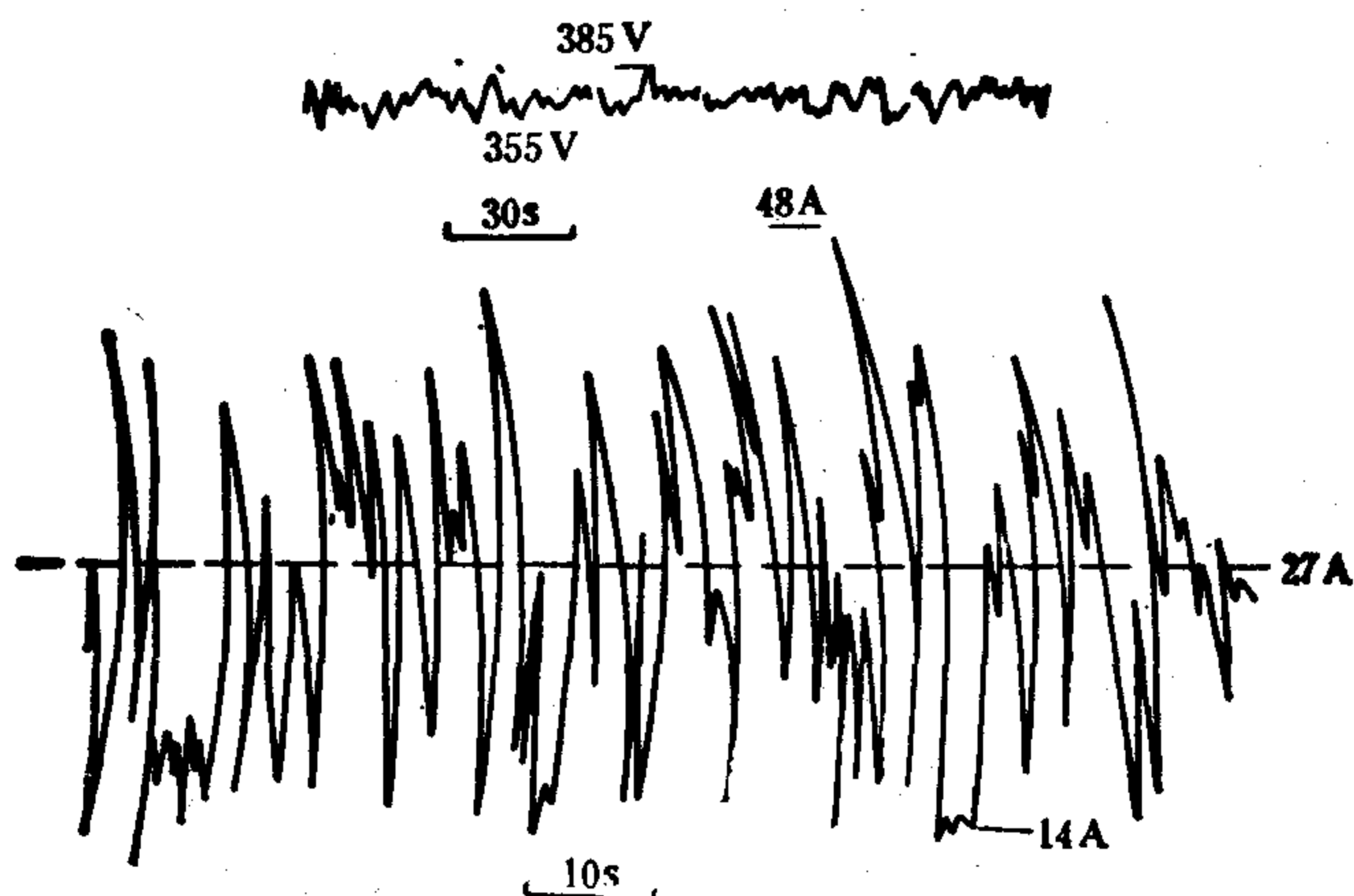


图 1—4 饲料塔装载输送器的负载图

电压降低32V，即8.4%。所有联于该线路的用电设施，都在此降低的电压下工作，虽然电力系统所供电能并没有受限制，但仍发生此种现象，这是因为供电线路的阻抗（从变压器到电动机）与电动机的阻抗相近似，于是在超载时限制了电能的输送，而引起线路终端电压的降低。在这种情况下，可以讲农业电网的通过性能是有限的。

工业设备中大型电动机功率，无论多大都与电网通过性能难于相比，因之负载波动对电压影响很小，其主要的区别在于工业电气设备的工作状态与农业是完全不相同的。

根据生产单位的扩大，特别是大型的畜牧生产联合体的建立，将使电气负载集中，变电站扩容、供电线路缩短、单条线路供电的电动机数量增加、所采用的电动机的单位功率也增加，虽电动机相互影响有所减弱，但仍是相当大的。

如所周知，低压农业电网的电压损失约为5%，不管什么原因电流的增长，必将引起电压损失成比例的增加，如大型电动机的电流，在短时间内增长两倍，线路电压损失将增加10—15%，所有用户端电压亦要相应降低。

此外，还有来自生产机械方面的扰动，即作用在电动机轴上的阻转矩，农业机械工作

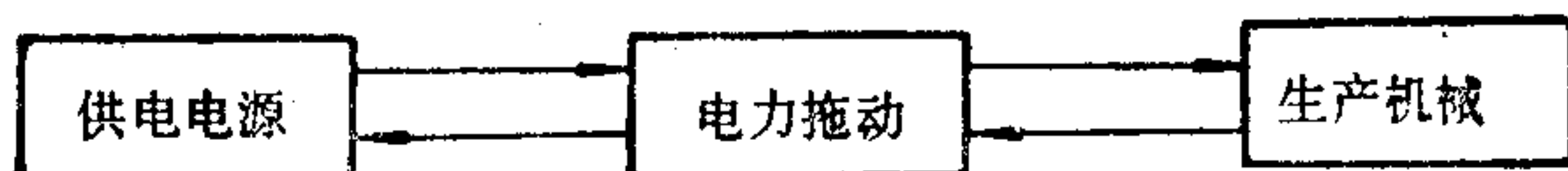


图 1—5 农业电气化设备的构成

的特点就表现在它的负载图上，电动机也要影响生产机械的工作状态。图1—5给出农业电气化设备的构成，其三部分之间互有影响（供给电源、电力拖动、生产机械），应注意在全系统或其部分的工作过程中所出现的现象。

如果生产机械的负载是非均匀的，供电线路阻抗对电动机工作状态影响将很强烈。饲料磨碎机、粉碎机、青贮饲料风力装载机等在工作中经常出现短时间超载，为了克服此种超载，电力拖动必须具有较大的超载性能。但是在超载时又要引起电压的降低，电动机的超载能力亦随之而降低，这样会召致电动机工作失去稳定性。

为了保证农业电气化设备的可靠工作，不仅考虑电力拖动所发生的现象，还要注意到供电线路的通过性能对电动机工作状态的影响。电力拖动的一般计算方法应该考虑农业电气设备的特点，补充相应的解析表达式。

农业技术的另一个特点，就是服务于有生命的组织，牲畜与作物的饲喂、施肥与照料，维护的机械化水平越高，对机械化设施的可靠性要求越高。技术上的故障将引起生产的巨大损失，如禽舍通风中断几小时，将会发生大量病禽，奶牛延迟了饲喂，会降低产奶量。

大多数农业机械年利用小时数不高，且工艺过程也就是这样，机具不需要长时间投入运行，大多数机具只是完成季节性工作，其工作时间每年不超过2—3个月（如谷物烘干，牧草烘干），这就限制了采用复杂与昂贵的设备，具体情况下须进行技术经济比较，对其自动化投资的效益要进行评价。

#### § 1—4 农业机械及流水线电力拖动系统

图1—6所示为农机具、流水线电力拖动系统的组成，电动机、启动装置、综合控制设备等形成传统的电力拖动组，而与其它部门所用电气设备的区别在于农业的环境条件与工艺要求。成套电力拖动可按工艺过程特征来分组。

鼠笼型异步电动机始终是农业电力拖动的动力基础。图1—7所示为我国农村用电（电动机）设备增长情况。70年代中期电机制造业开始生产Y系列异步电动机，其功率（中小型）自0.75—132kW，轴高为80—315mm，型式为封闭式IP44，所用绝缘为E级与B级。Y系列电动机的材料利用率比J<sub>2</sub>、JO<sub>2</sub>系列要高，且其性能指标（效率、功率因数）亦优于老系列。农业生产应用的电动机主要是拖动波动不大的长期工作负载；亦有启动条件严重的负载，需用具有较大启动转矩的电动机；拖动重复短暂工作的负载，需用高转差电动机。

农畜舍环境参数有很大的随机性，所选用的电动机的技术条件要能满足农畜舍环境的

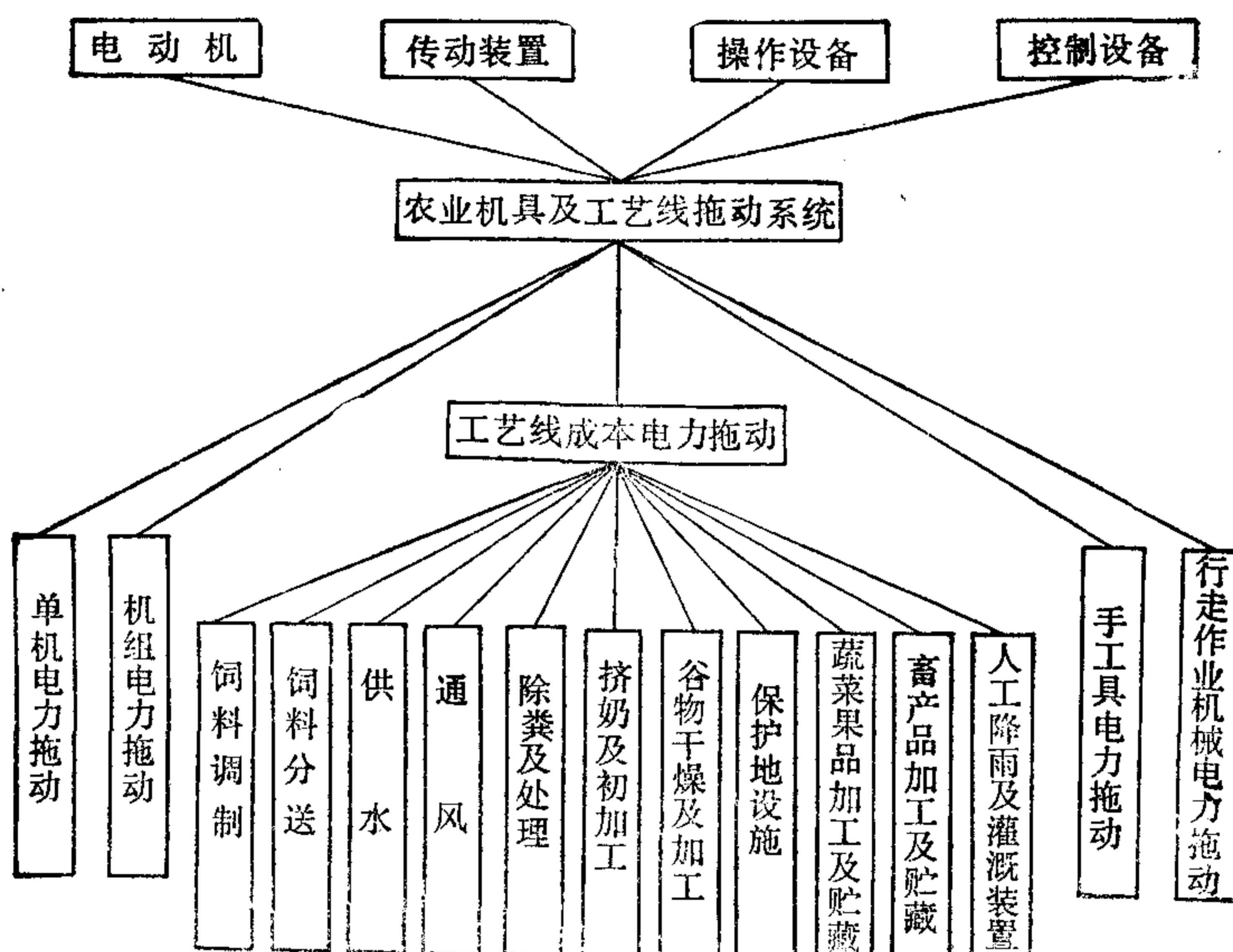


图 1—6 农机具、流水线电力拖动系统的组成

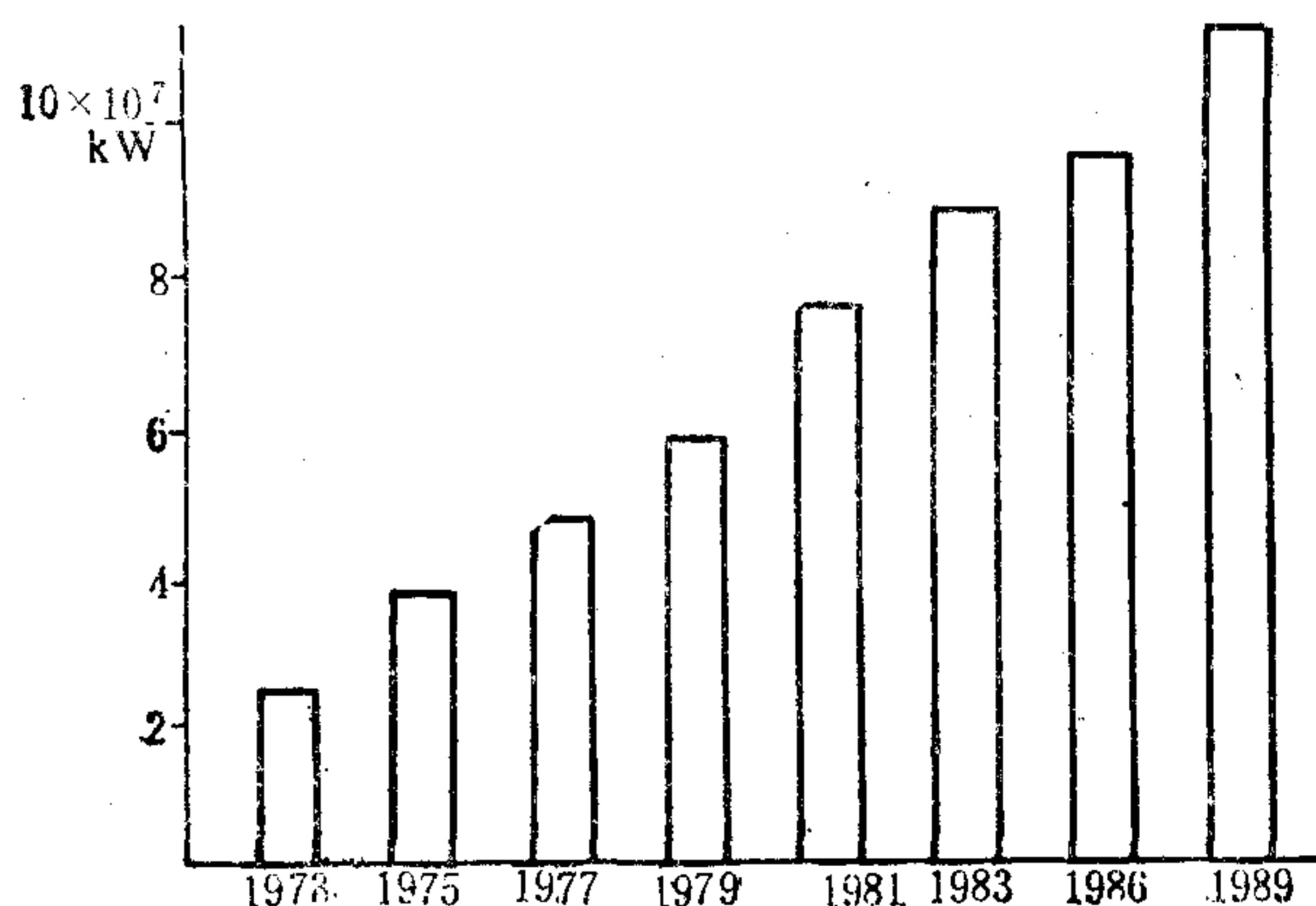


图 1—7 农村用电设备增长

要求，如潮湿环境，特别是潮湿且含有化学活性煤质的房舍，电动机要有相应的防护方式。

农业工作条件没有对开关电器的结构与技术特性提出特殊要求。与农业机械组合成套的装置，所用电器：自动开关、磁力启动器、熔断器等都是其他部门通用的电器。而在设计保护及控制综合装置时，却显示出农业的特殊性。由于受到线路通过性能限制，大型异步电动机启动必须用启动装置，或采取降低启动电流（简单的方法如星角换接），或保证空载启动（如离心联轴节）。

## § 1—5 工艺生产线综合电力拖动

1. 向综合电力拖动过渡 现代农业技术的发展趋势是向机械系统化过渡, 以保证完成生产过程的所有工作程序。电力拖动是工艺线装备的组成部分, 并完成对全部机具或个别机器控制的重要功能。电动机、开关电器与自动化元件及控制装置组成自动控制系统。

在某些农业生产领域有可能达到相当高的机械化与自动化的水平。如养禽业的所有基本工艺线的工作可以全部无人参与, 养猪业生产过程的自动化水平亦是可提高的, 谷物加工、温室栽培管理亦可实现自动化。牛场、奶牛场的自动化生产具有一定的特征, 不少工艺线利用了闭锁元件构成简单的控制系统, 但相当大的部分仍然是手工劳动。消耗于单位产品的劳动量相当大。从整体来看, 农业自动化水平与国民经济其他部门比较相差甚远。农业中大多数装置与工艺线或有最简单的控制系统或尚没有自动化设备。所以形成此种情况, 不是设计开发自动控制装置不足, 而是机具仍然是单独工作着, 没有形成成套的机具组合, 更没有形成工艺线生产, 某些生产过程尚且没有提到不需工人参与的要求。因此向综合电力拖动尚须有个过渡。

2. 饲料调制线的电力拖动 饲料调制工艺过程由以下工序组成: 输送、计量、加工及混合。与原料有关, 完成这些工序可采用不同机具。畜牧业机械系统中, 仅以同一类型组成的饲料调制工艺线, 就可以有数十种方案。如果以电力拖动的工作状态来区分, 只有三种机具组: 输送器、磨碎机与混料机。

为输送饲料所用的输送器有: 螺旋输送器、斗式升运器、输送带及刮板输送器等, 这些机具的工作状态是负载变化微弱的连续工作, 其工作特点是低速, 拖动需有大传动比的传动机构。采用多级齿轮、链条或皮带传动, 将使机具的机动图复杂化, 提高其金属消耗并增大其外形尺寸。这种机具宜采用附有减速器的电动机。

饲料磨碎机(粗饲料、鲜饲料磨碎机及粉碎机、块根切碎机、蔬菜切碎机)的负载是变动的, 而且变动的幅度较大, 需求的电动机功率也比较大, 常配备有启动装置。饲料粉碎是一个耗电过程, 由列举饲料磨碎机的工作特点可见, 用以拖动这种机具的电动机, 是工作在最严重的状态下。为了保证饲料车间可靠的工作, 必须保证输送被加工的原料是可调整的, 并从能源观点出发, 选择机具的合理负载系数, 及在供电线路通过性能较小的情况下, 电动机可以启动。为了减轻磨碎机启动时的负担, 可选用启动转矩倍数高的电动机, 并在电动机与机具间加装离心联轴节。为防止电动机因超载而烧毁, 可安装埋入式温度保护, 但这种措施对于保护磨粉机可靠的工作是不足的。正如试验表明, 不能保证工作的基本原因之一是机具的负载不均。由于没有合适的计量装置, 由于局部超载以及机构阻塞, 使机具的生产率降低20—30%。

饲料混合机的工作状态可以是长期的, 也可以有短暂的。不间断工作的混合机就是输送器, 在输送过程中同时进行混合, 从电动机的工作状态考虑, 这与一般的输送器无任何