

矿山节约用电

李 纪 编

煤炭工业出版社

矿 山 节 约 用 电

李 纪 编



炭工业出版社

内 容 提 要

本书的内容不仅包括供电网络的经济运行, 矿山排水、通风、压气、提升、运输等设备的合理运转, 并从能量守恒的观点, 逐项分析了矿山主要生产环节的节电方法, 提出了工序单耗和工序理想单耗的概念, 从而揭示了挖掘潜力, 提高工序总效率——节电的途径。

为便于现场开展节电工作, 拟定节电方案, 采取节电措施, 在本书的最后还介绍了“煤矿节电工作的技术管理”。

本书供从事矿山机电设备运行、技术管理人员阅读, 并可作为中专以上院校矿山机电专业师生的参考书。

矿 山 节 约 用 电

李 纪 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $7^{1/4}$ 插页1

字数190千字 印数1—3,600

1981年4月第1版 1981年4月第1次印刷

书号15035·2389 定价1.00元

序 言

能源是实现四个现代化的物质基础。在开发和节约并重的前提下,节约能源是发展国民经济,促进“四化”的一项重要方针。

工矿企业节约电能是节能的重要组成部分。为使矿山设备合理运行,降低电能损耗,加强用电设备的管理,特编写了《矿山节约用电》一书。

本书的内容较广,不仅包括供电网路的经济运行,矿山排水、通风、压气、提升、运输等设备的合理运转,并从能量守恒的观点,逐项分析了矿山各生产环节的节电方法,提出了工序单耗和工序理想单耗的概念,从而为节电效果的评价工作,提出了定量的标准,揭示了挖掘潜力,提高工序总效率——节电的途径。为便于现场开展节电工作,拟定节电方案,采取节电措施,本书最后还介绍了“煤矿节电工作的技术管理”,用表格的方式集中表达了各主要生产环节理想单耗和实际单耗的关系,指出了挖掘节电潜力的方向。

本书在编写过程中,共参阅了数以千计的单项节电成果和有关资料。这些资料除来源于本单位本地区的局部经验外,还取材于全煤炭系统的经验,如鸡西、抚顺、开滦、徐州、焦作、枣庄、淄博、肥城、淮北等矿务局的矿山固定设备节电经验,还有近年全国煤炭系统节电会议资料和东北地区节电工作会议资料;并包括煤炭、冶金、电力系统一些期刊和有关资料。此外,还参阅了国外一些节电和设备经济运行的专著。

在收集资料和编写本书的过程中,曾得到许多同志的热情帮助和大力支持,在此谨表示衷心的感谢。

目 录

第一章 矿山电力消耗的特征	1
第一节 煤矿节电的意义	1
第二节 计量的单位	2
第三节 按生产工序划分的用电量的比重	4
第四节 影响煤矿生产电耗变化的因素	5
第五节 煤矿电力负载的特征	7
第六节 煤矿用电设备的效率	8
第七节 煤矿节电工作的实质	11
第二章 矿井供电网路的功率因数及其提高	13
第一节 供电网路的功率因数	13
第二节 矿井供电网路中产生低功率因数的原因	15
第三节 低功率因数的影响	20
第四节 矿井供电网路功率因数的计算	24
第五节 无功功率的经济当量	30
第六节 提高矿井供电网路的自然功率因数	31
第七节 用同步电动机提高矿井的功率因数	39
第八节 用电力电容器提高矿井的功率因数	46
第九节 用感应电动机同步化的方法提高功率因数	53
第三章 在矿井电力网路中节约电力	66
第一节 矿井电力网路中各项损失的确定	66
第二节 导线及电缆的经济电流密度	68
第三节 在供电线路中减少电能损耗	75
第四节 变压器的经济运行	78
第五节 节约照明用电	85
第六节 采用远红外线加热技术	90
第四章 采用硅及可控硅装置节约电力	93
第一节 不同类型直流电源的效率	93
第二节 采用硅整流装置直流电源	97

第三节	可控硅整流装置	99
第四节	煤矿矿井用可控硅装置节约电能的实例	100
第五章	在排水系统中节约电力	107
第一节	排水系统的有效功率和总效率	107
第二节	减少矿井水源	108
第三节	减少排水管路的水头损失	112
第四节	合理利用自然水头	124
第五节	提高水泵的效率	126
第六节	改善水泵的运行性能	130
第七节	加强排水设施的运行管理工作	137
第六章	在通风系统中节约电力	140
第一节	通风系统的总效率	140
第二节	降低通风机的风量	140
第三节	降低通风网路的阻力	146
第四节	及时调整通风机特性使在高效率点工作	149
第五节	提高通风机效率	157
第七章	在压气系统中节约电力	161
第一节	压气系统的总效率及节约电力的途径	161
第二节	提高空气压缩机效率	162
第三节	提高压气管路效率	165
第四节	提高风动工具效率	166
第五节	用电动设备代替风动设备	172
第六节	加强空气压缩设备的管理提高使用效率	174
第八章	在提升系统中节约电力	177
第一节	提升系统的有效功率与总效率	177
第二节	提高一次提升的有效装载量	178
第三节	减少提升系统对罐道的阻力	179
第四节	平衡方式对提升用电的影响	181
第五节	降低加速阶段和减速阶段的损耗	182
第六节	提高提升设备的齿轮传动效率	189
第七节	采用发电制动的方式	190
第八节	将单钩提升改成双钩提升	191
第九章	在电机车运输中节约电力	193

第一节	电机车运输系统的总效率	193
第二节	减少电机车运行阻力	193
第三节	减少无效运输量	196
第四节	提高架线网效率	196
第五节	提高蓄电池机车效率	198
第十章	在矿井采掘及其它设备中节约电力	199
第一节	煤电钻节电要点	199
第二节	输送机节电要点	200
第三节	在其它矿井设备中节约电力	206
第十一章	煤矿节电工作的技术管理	209
第一节	煤矿工序单耗定额的制定与考核	209
第二节	矿井电力负载的调整	221
第三节	节电计划的拟订与实行	223

第一章 矿山电力消耗的特征

第一节 煤矿节电的意义

电能是现代工农业生产、人民生活、国防建设中应用最广泛的二次能源*。电能的计量通常以“千瓦小时”为单位,简称“度电”或“度”。以下本文中 will 用“度”来表示“千瓦小时”。

一度电的作用有多大呢?

一度电 = 859.9千卡的热量 = 3600000焦耳的功 = 367300公斤力·米。

如把一度电完全变成有用的功,相当 367300 公斤力·米。用这个功向工作面的输送机装煤时,假定把煤举起的高度为一米,则产生的力:

$$\frac{367300 \text{ 公斤力} \cdot \text{米}}{1 \text{ 米}} = 367300 \text{ 公斤力}$$

相当可装367300公斤重的煤。这几乎相当一个工作班内十几个手工装煤工的劳动量。由此可见,一度电在生产中是有很大作用的。

煤炭工业是国民经济中用电量较大的一个部门,一个年产量为一百五十万吨的矿井的用电量,有时相当一个中等城市的照明用电量。

电费在煤炭生产成本中占有较大的比重,根据40个生产矿井的统计,占2.8~16.5%,有时超过坑木的费用。

在煤矿生产中节约电力,不仅可以腾出大量的电力供国民经济发展的需要,且可以降低煤炭的生产成本,为国家提供廉价的煤炭。

* 对石油、煤炭、天然气、水力、核能等一次能源而言。

在煤矿生产中组织节约电力,可以使设备经济、合理地运行,使设备的磨损减少,效率提高,从而提高设备运行的可靠性,保障煤炭正常生产。

第二节 计 量 的 单 位

煤矿用电量一般用“综合电耗”(也称综合单耗)这样一个指标来表示,综合电耗是矿井全部用电量(包括原煤生产用电与选煤、基建、辅助材料生产等的非原煤生产用电)对同期生产产量的比,其关系为:

$$\text{综合电耗} = \frac{\text{本企业综合用电量(包括原煤生产与非原煤生产用电), 度}}{\text{比较期煤炭产量, 吨}}, \quad \text{度/吨} \quad (1-1)$$

由于各矿选煤、基建以及其它辅助材料生产等的范围与规模不同,为了表示直接用于煤炭生产的电量,尚使用“原煤电耗”(原煤单耗)这样一个指标,即:

$$\text{原煤电耗} = \frac{\text{原煤生产用电量, 度}}{\text{比较期原煤产量, 吨}}, \quad \text{度/吨} \quad (1-2)$$

原煤生产用电量是由生产掘进、工作面打眼、卸煤、运煤、巷道运输、提升、通风、排水、压气、采暖、设备维修等工序用电量组成的,因而又产生了工序电耗(工序单耗)这样一个指标,即:

$$\text{工序电耗} = \frac{\text{某一生产工序用电量, 度}}{\text{比较期原煤产量, 吨}}, \quad \text{度/吨} \quad (1-3)$$

由于不同矿井的工序的工作量与产量并不呈固定不变的比例,而有各自独立的工作量,因此,为了比较工序中的用电量状况,本文用一个可比的单位来求出工序电耗,即:

$$\text{提升工序电耗} = \frac{\text{提升工序耗电量, 度}}{\text{耗电期提升重物量, 吨} \cdot \text{公里}}, \quad \text{度/吨} \cdot \text{公里} \quad (1-4)$$

$$\text{排水工序电耗} = \frac{\text{排水工序耗电量, 度}}{\text{耗电期排水量, 吨} \cdot \text{公里}}, \text{度/吨} \cdot \text{公里} \quad (1-5)$$

$$\text{通风工序电耗} = \frac{\text{通风工序耗电量, 度}}{\frac{\text{耗电期排风量, 万米}^3 \cdot \text{毫米}}{\text{百毫米}}}, \text{度/百万米}^3 \cdot \text{毫米} \quad (1-6)$$

$$\text{压风工序电耗} = \frac{\text{压风工序耗电量, 度}}{\text{耗电期压风量, 米}^3}, \text{度/米}^3 \quad (1-7)$$

$$\text{电机车工序电耗} = \frac{\text{电机车运输工序耗电量, 度}}{\text{耗电期运输量, 吨} \cdot \text{公里}}, \text{度/吨} \cdot \text{公里} \quad (1-8)$$

$$\text{卸煤工序电耗} = \frac{\text{卸煤工序耗电量, 度}}{\text{耗电期卸煤量, 吨}}, \text{度/吨} \quad (1-9)$$

$$\text{运煤工序电耗} = \frac{\text{运煤工序耗电量, 度}}{\text{耗电期运煤量, 吨} \cdot \text{公里}}, \text{度/吨} \cdot \text{公里} \quad (1-10)$$

$$\text{供电工序电耗} = \frac{\text{供电区间的电能损耗, 度}}{\text{损耗期的供电量, 度}}, \quad (1-11)$$

$$\text{选煤工序电耗} = \frac{\text{选煤工序耗电量, 度}}{\text{耗电期的选煤量, 吨}}, \text{度/吨} \quad (1-12)$$

由于生产条件的不同，矿井生产每吨原煤所需的电量，在很大范围内变化。表 1-1 为 1979 年我国一些重点煤矿原煤电耗的情况：

表 1-1 我国一些重点煤矿原煤电耗情况表

原煤电耗 (度/吨)	10以下	>10 ~20	>20 ~30	>30 ~40	>40 ~50	>50 ~60	>60 ~70	>70 ~80	>80 ~90	>90 ~100	>100 ~110	>110
电耗为相应栏 的煤矿数量	1	54	37	19	6	5	4	4		1	1	1

一般地，原煤电耗不能作为判断矿井用电管理水平的根据，但是生产过程的每个生产工序的工序电耗，则标志着矿井用电、生产管理工作的水平。

关于工序电耗的计算，详见第十一章第一节。

第三节 按生产工序划分的用电量的比重

由于生产条件的不同，矿井按生产工序划分的用电量的比重，并不呈固定不变的比例，表 1-2 即是从四十个生产矿井的用电构成中统计的结果：

根据矿井生产工序用电量的比重的大小，可以提供节电的重点工序的线索。从而为抓主要矛盾提供方向。

表 1-2 一些生产矿井按生产工序划分的用电量比重

顺 序	生 产 工 序	用电量比重%	备 注
1	排 水	17.5~40.9	①
2	通 风	11.8~25.3	②
3	提 升	7.5~15.0	
4	打眼、卸煤	5.8~7.9	
5	采区内部运搬	5.6~6.1	
6	选 煤	4.2~7.5	
7	生产掘进	3.7~7.2	
8	压缩空气	1.9~11.2	③
9	地面工业照明	0.8~1.5	
10	坑木加工	0.8~1.4	
11	机 修	0.5~1.7	
12	井巷运输	0.45~8.8	
13	矿 灯	0.3~0.85	
14	巷道维修	0.15~1.85	
15	企业管理	0.13~0.85	
16	工业用水	~0.15	

①焦作矿区多水，排水用电量占总用电量的60%以上。见“煤矿技术革新报”1979.10.8第19期。

②阳泉矿务局每年通风电耗占原煤电耗的44.2%。见煤炭科学技术 1977.12 期。

③本溪矿务局压缩空气用电量占全局总用电量三分之一。

从表 1-2 可见，一般的情况下排水、通风、提升、打眼、卸煤、采区内部运搬、选煤、生产掘进、压缩空气等工序占矿井用电量的很大一部分，即上述几个工序是节约电力的重点。其余工序在矿井用电的比重中占的不多，但是由于矿井用电量的绝对值较大，所以其余工序的用电量的绝对值也是不小的，因此在开展节电工作时也不应忽视那些用电量比重较小的工序。

从一些分析来看，矿井生产愈集中，通风用电的比重愈下降；当矿井生产集中的程度愈高，提升系统用电量的比重愈高。所以这两个工序的用电量的比重在一定程度上也反映矿井生产集中的程度。只是由于影响这两个工序用电量的比重的因素尚有瓦斯涌出量和矿井的深度等的因素，所以利用这两个工序的用电比重来判断矿井生产集中的程度时，要适当考虑这些因素的干扰。

第四节 影响煤矿生产电耗变化的因素

一、自然条件方面

1. 开采的深度。开采深度变化后有些生产工序的用电单耗几乎成正比变化，例如：提升、排水的单耗。有的工序随开采深度的增加其工序单耗也有明显的增加，例如：通风的单耗。根据“一五”到“五五”期间的统计，矿井深度每年平均延深十米。

2. 涌水量的变化。涌水量变化后直接引起排水单耗的变化。

3. 瓦斯涌出量的变化。瓦斯涌出量的变化直接引起通风单耗的变化。

4. 煤层的倾斜。在采煤工作面煤层的倾斜影响运煤单耗的变化，如果煤层倾斜达到 $20\sim 25$ 度倾角以上时，则工作面运煤将由机械运输改变为用搪磁溜槽自动滑下或自动滑下。

二、生产条件方面

1. 矿井的机械化、自动化水平。

2. 落煤方法。用机械（包括风镐落煤、采煤机落煤）落煤

或放炮（用机械掏槽或不用机械掏槽）落煤。

3. 采区内部运搬。用链板输送机或用胶带输送机。在一般的情况下链板输送机的单耗要比胶带输送机高2、3倍。

4. 井巷运输。用胶带输送机或用电机车运输。用架线式电机车和蓄电池机车的单耗也相差很多，架线电机车运输的单耗要比蓄电池电机车运输低得多，有时架线电机车运输的单耗只达蓄电池电机车的一半左右。

5. 用水砂充填或风力充填与否。

三、矿井的生产管理水平与用电管理水平

例如矿井的生产均衡与变化幅度大则大不相同。生产愈均衡用电单耗愈低。

在生产矿井中，在自然条件、生产条件都已固定的前提下，除了生产管理水平与用电管理水平之外，最重要的因素是矿井生产量的变化。因为大部分因素是与矿井的产量不直接关联的。举日产量的例子见表1-3：

表 1-3 煤矿矿井日用电量与当日产量的关系



第五节 煤矿电力负载的特征

煤矿电力负载的特征可用电力负载曲线来表示。负载如果是有功的则用“度”（千瓦·时）为单位，如果是无功的则用“无功度”（千乏·时）来表示。根据需要可以把负载曲线绘制成日的、月的或年的。

一、日负载曲线

由于矿井的生产方式、工作制度的不同，一日之内各个时间的用电量都有变动。如图1-1所示，采用两班出煤一班准备的矿井，在两个出煤班用电量较高，而在准备班则用电量较低。在采用三班出煤方式的矿井中，一昼夜之内的用电量如图1-2所示，各个班之内用电量没有明显的变化。两种工作制度（两班出煤和三班出煤）的负载

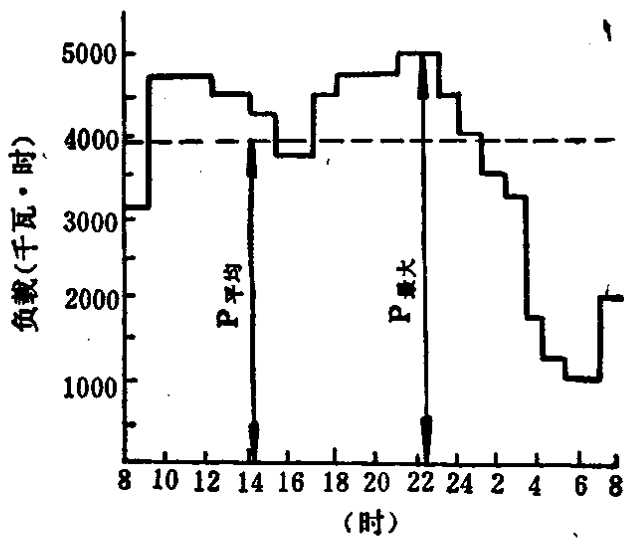


图 1-1 某两班出煤一班准备矿井的日负荷曲线

曲线都有一个特点：在交接班时间较其它时间用电量有明显的减少。

二、年负载曲线

在矿井生产条件无大变化的条件下，矿井在一年之内负载的一个实例见图1-3。从该图可见，矿井在4~6月期间在一年中用

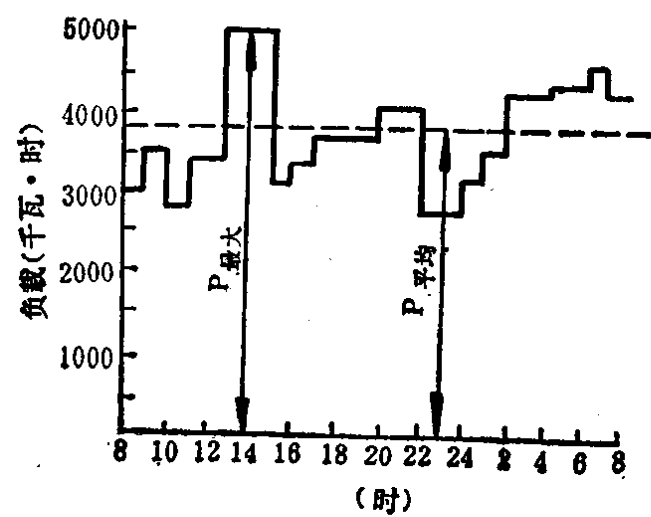


图 1-2 某三班出煤矿井日负荷曲线

电量最低。7月份以后由于排水量的增加用电量有所增加。10月以后到第二年3月份，由于地面水渗入井下增加了排水量，同时由于采暖用电和照明用电的增加，形成了全年用电的高峰期。

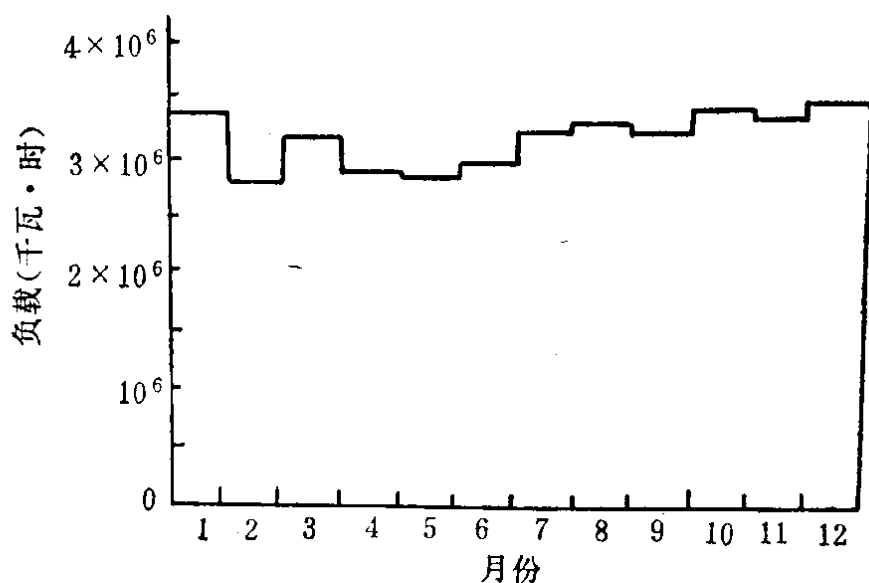


图 1-3 某生产矿井全年各月份负载变化情况

第六节 煤矿用电设备的效率

在煤矿生产过程中节约电力，必然导致提高各项用电设备的机械效率、整机效率和系统效率。

为了叙述上的方便，把各项效率的定义首先用下列关系式来表示：

$$\text{机械效率}(\eta_{\text{机}}) = \frac{\text{机械的输出功率}(P_{\text{出·机}})}{\text{机械的输入功率}(P_{\text{入·机}})} \quad (1-13)$$

$$\text{整机效率}(\eta) = \frac{\text{整机的输出功率}(P_{\text{出}})}{\text{整机的输入功率}(P_{\text{入}})} \quad (1-14)$$

一般的情况下整机的输出功率与机械的输出功率是一致的，整机的输入功率即为电动机的输入功率 ($P_{\text{入·电机}}$)，因此 (1-14) 式尚可用如下形式来表示：

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{\text{出·机}}}{P_{\text{入·电机}}} = \frac{P_{\text{出·机}}}{P_{\text{入·机}}} \cdot \eta_{\text{联}} \cdot \frac{\text{电动机的输出功率}(P_{\text{出·电机}})}{P_{\text{入·电机}}} \\ &= \eta_{\text{机}} \cdot \eta_{\text{联}} \cdot \eta_{\text{电机}} \end{aligned} \quad (1-15)$$

式中 $\eta_{\text{电机}}$ ——电机效率 = $\frac{P_{\text{出·电机}}}{P_{\text{入·电机}}}$;

$\eta_{\text{联}}$ ——联轴器效率。

$$\text{系统效率}(\eta_{\text{系统}}) = \frac{\text{系统有效功率}(P_{\text{系}})}{\text{系统输入功率}(P_{\text{入·系}})} \quad (1-16)$$

式中 系统有效功率——系指该系统在单位时间内完成的有效功，对相应的功率换算关系的比值（如果在一秒钟时间内完成的有效功则除以102，即102公斤力·米/秒 = 1千瓦。如果在一分钟内完成的有效功则除以102×60，等等。详见后）；

系统输入功率——指该系统内工作的电动机的输入功率的总合。

一、提高机械效率

机械效率是指机械的输出功率与输入功率的比（见式1-13）。

电力拖动的机械运转时，在运动的部件之间产生能量的损耗，从而产生电力的损耗。

在研究机械中的损耗时，应对机械在工作中作用的力加以分析。机械在工作中，在各个部分将承受各种性质的力，根据这些力对机械运动的不同影响，可分为两类：

1. 驱动力——即使机械运动的力。驱动力与其作用点的速度的方向相同或成锐角，其所作的功为正。

2. 抵抗力——即阻止机械运动的力。抵抗力与其作用点的速度的方向相反或成钝角，其所作的功为负。抵抗力又可分为生产阻力和有害阻力两种。

1) 生产阻力：是机械在完成生产任务时，为了改变工件的位置（如提升重物、排水）、运动的状态（例如绞车加速和减速）和工件的外形（如采煤机割煤、破碎机破碎煤）等而遭到的阻力，克服这些阻力，即完成了生产的目的，作了有益的功。

2) 有害阻力：是指运动部件之间的摩擦力（如刮板机刮板对溜槽的摩擦，提升容器罐耳与罐道之间的摩擦等）、运动部件所受的阻力（提升容器运动中所受空气的阻力等），即克服这些阻力不仅不作有益的功，而且产生有害的影响。如溜槽、刮板的磨损和罐道、罐耳的磨损等。这些有害阻力是机械工作中不可避免的，但是经过人的努力，是可以减少的。

设用 $A_{\text{驱}}$ 表示驱动力所作的功，称为驱动功；

$A_{\text{生}}$ 表示克服生产阻力所作的功，称为生产功；

$A_{\text{损}}$ 表示克服有害阻力所作的功，称为损耗功。

则它们之间的关系为：

$$A_{\text{驱}} = A_{\text{生}} + A_{\text{损}} \quad (1-17)$$

如果用 φ 表示损耗功与驱动功之比，并称为机械的损耗系数，则：

$$\varphi = A_{\text{损}} / A_{\text{驱}} \quad (1-18)$$

用 η 表示机械的生产功与驱动功之比，并称为机械效率，则：

$$\eta = A_{\text{生}} / A_{\text{驱}} \quad (1-19)$$

根据式 (1-17) 式 (1-18)、式 (1-19)，可见：

$$\varphi + \eta = 1 \quad (1-20)$$

φ 与 η 是互为消长的。研究机械损耗即为研究机械效率。为了在生产过程中节约电力，必须尽可能地提高机械效率。

二、提高整机效率

如式1-15所示，整机效率是指机械效率、联轴器效率与电机效率的乘积。在提高机械效率的基础上必须提高联轴器效率和提高电动机效率，才能达到提高整机效率的目的。

关于提高整机效率的具体内容详见后。

三、提高系统效率

系统指：提升、排水、通风、压气等生产系统。

系统效率：是某一生产系统的总体效率。如式1-16所示是该