

电 工 学
及 内 外
线 工 程

人 民 铁 道 出 版 社

本书着重实际应用技术，内容分为电工学、内綫工程及外綫工程三編。第一編电工学闡述电工基本理論及电机原理；第二編内綫工程着重室內配電綫路、电器的安装及施工方法；第三編外綫工程对支柱、送配電綫路、变压器及地綫工程的架設与安装等叙述頗詳。

本书在文字叙述方面比較通俗，可供高小文化程度的电工学习和参考之用。

本书系經過几次修訂，本次由王治民同志修訂，对原修訂本中的較旧內容刪去，并增添了新的內容，故本书对实际应用方面，較前更为实际。

电工学及内外綫工程

前东北铁路总局机务参考书編委会編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第010号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

人民鐵道出版社印刷厂印

书号134 开本 $350 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $18 \frac{1}{16}$ 插頁4 字数445千

1953年12月第1版

1965年10月第3版第16次印刷

印数42,300冊 [累] 223,375冊 定价(科四)2.30元

目 录

34173/54

第一編 电 工 学

第一章 基本常識	1
第一节 能(能量)及功	1
第二节 功率	3
第三节 計算功、功率及力的单位	3
第四节 能的传送	4
第二章 电流及电压	5
第一节 通論	5
第二节 简单的电力設備	6
第三节 并联	10
第四节 串联	12
第五节 电阻及欧姆定律	14
第六节 电綫的电阻	18
第七节 电流的热作用及楞次-焦耳定律	19
第八节 短絡及保險絲	21
第九节 热綫式电流表及电压表的构造	23
第十节 电流的方向和其化学作用	24
第十一节 蓄電池及干電池	25
第十二节 电导	26
第十三节 串并联电路的电流	29
第十四节 电势及电压降	31
第十五节 功率損失及效率	32

第十六节	两个发电机的回路	33
第十七节	三綫	34
第十八节	克希荷夫定律	38
第十九节	选择电綫及保險絲	39

第三章 电 磁 学 42

第一节	电磁性质	42
第二节	磁場	43
第三节	磁力綫	44
第四节	环状电流及磁铁	45
第五节	左手定則	47
第六节	磁感应强度及磁通	48
第七节	二电流互相間的作用	49
第八节	电动式电表	51
第九节	鉄内磁場	54
第十节	电磁式及磁电式电表	56
第十一节	电磁感应	56

第四章 交流理論 61

第一节	交流电是怎样得来的	61
第二节	交流发电机	63
第三节	交流电表	64
第四节	交流电压及电流曲綫	65
第五节	交流回路的感抗及功率因数	67
第六节	交流回路中的电容及相位差的补偿法	74
第七节	交流回路的計算	77
第八节	送电綫路	81
第九节	三相交流电及星形联接法	86
第十节	三角形联接法	91
第十一节	三相交流电的功率	92
第十二节	三相綫路的功率損失	93
第十三节	三相交流功率的測量法	95

第十四节 三相交流水銀整流器	96
第五章 直 流 机	99
第一节 电机的用途	99
第二节 直流机的励磁	100
第三节 换向器	101
第四节 电枢绕组	103
第五节 直流机的运转	105
第六节 励磁方法	107
第七节 电动机的运转	109
第八节 串激及分激电动机的特性	110
第六章 变 压 器	113
第一节 变压器的构造及原理	113
第二节 变压器的使用	117
第三节 三相变压器	118
第四节 变压器的损失	119
第五节 自耦变压器	121
第六节 仪用变压器及变流器	121
第七章 交 流 机	124
第一节 交流发电机	124
第二节 交流同步电动机	125
第三节 三相交流机	127
第四节 同步机的运转	130
第五节 同步发电机的并列运行	132
第六节 旋轉磁場	134
第七节 异步电动机	135
第八节 异步电动机的起动	136
第九节 交流电度表	137
第十节 銅損鉄損及电机的效率	138

第八章 电气测量	139
第一节 电气标准单位	139
第二节 简单电气测量	139
第三节 功率的测量	143
第九章 高电压的危险	144
第一节 概論	144
第二节 危险的来源	146

第二編 內綫工程

第一章 概 論	149
第一节 配綫施工前应考虑的事項	149
第二节 配綫施工时应注意的事項	149
第二章 屋內配电	151
第一节 配电方式	151
第二节 导綫、保险絲的选择	158
第三节 回路的分支	180
第四节 負荷和容量	182
第五节 电綫	184
第六节 电綫的连接法	196
第三章 保安設備	208
第一节 开关	208
第二节 保险絲和遮断器	221
第四章 工程施工方法	225
第一节 配綫方法及种类	225
第二节 瓷夹工程	226
第三节 瓷瓶工程	228

第 四 节	綫槽工程	233
第 五 节	电綫管工程	241
第 六 节	电纜工程	285
第 七 节	鉛皮綫工程	294

第五章 按房屋环境特点的施工方法 295

第 一 节	总論	295
第 二 节	施工方法	298
第 三 节	特別潮湿房屋施工法	301
第 四 节	多尘房屋施工法	303
第 五 节	有侵蝕性蒸汽或气体的房屋施工法	304
第 六 节	有爆炸性危险及有着火危险的房屋施工法	305
第 七 节	汽車庫內施工法	307
第 八 节	汽油倉庫內施工法	308
第 九 节	集会場所的施工法	308
第 十 节	建筑物本身外部施工法	310

第六章 特殊工程 312

第 一 节	霓虹管灯工程	312
第 二 节	信号及小型电灯工程	314
第 三 节	临时配綫工程	316
第 四 节	室內高压配綫工程	317
第 五 节	高压电动机工程	326
第 六 节	低压电动机工程	328
第 七 节	电热配綫工程	335
第 八 节	电度表施工方法	337

第七章 試 驗 342

第 一 节	試驗的种类	342
第 二 节	检查	343
第 三 节	导通試驗	344
第 四 节	絕緣电阻試驗	345

第五节 絕緣耐压試驗	346
第六节 接地电阻試驗	349
第七节 其他試驗	352
第八章 施工中的注意事項	353
第一节 与主体工程的联系	353
第二节 施工处所的点灯設備	354
第三节 材料搬运及人員配备	354
第四节 一般注意事項	355
第五节 事故	361
第六节 触电后的急救法与火灾时紧急措施	362

第三編 外綫工程

第一章 概 論	365
第一节 送电及配电	365
第二节 送配电方式	367
第三节 电綫路等級与用戶等級	370
第四节 电綫截面的決定	371
第五节 直流配电	372
第六节 交流配电	385
第二章 用語的解釋	401
第三章 架空电綫路位置的选定	402
第四章 材料及支持物	402
第一节 电綫	402
第二节 支柱	406
第三节 横担	410
第四节 絕緣子	411

第五章 电力器具	412
第一节 柱上用变压器	412
第二节 开关设备	420
第三节 避雷器	423
第六章 线路建设与其他设备的关系	425
第一节 市街内线路建设的限制	425
第二节 架空电线路与建筑物的关系	425
第三节 架空电力线路跨越各种设施时的基本要求	428
第七章 电杆建设	433
第一节 装柱	433
第二节 建柱	457
第三节 拉线及撑木	464
第八章 电线架设	484
第一节 电线	484
第二节 电线连接	484
第三节 电线和绝缘子的绑法	487
第四节 架线法	494
第五节 电线弧垂	494
第九章 柱上变压器台	499
第一节 一般要求	499
第二节 变压器台的结构型式	500
第三节 开关设备	506
第四节 变压器的保护	506
第十章 架空引入线	509
第一节 低压架空引入线	509
第二节 高压引入线	511

第十一章 外灯工程	511
第十二章 接地装置	513
第一节 术语及一般要求	513
第二节 应当接地和不需接地的范围	515
第三节 接地电阻	517
第四节 接地装置	518
第十三章 防雷保护	521
第一节 概述	521
第二节 直击雷的防护	522
第三节 建筑物的防雷	527
第四节 感应雷的防护	529
第十四章 地下电缆线路	532
第一节 地下电缆线路埋设位置的选择	532
第二节 电力用电缆	533
第三节 电缆的埋设法	543
第四节 电缆的连接法	554
第十五章 试验	560
第一节 架空线路试验	560
第二节 变压器试验	560
第三节 地下电缆线路试验	562
第四节 试验方法	562

第一編 电工学

第一章 基本常識

第一节 能（能量）及功

1 能（能量）

能够作功的力叫做“能”或称“能量”。例如：

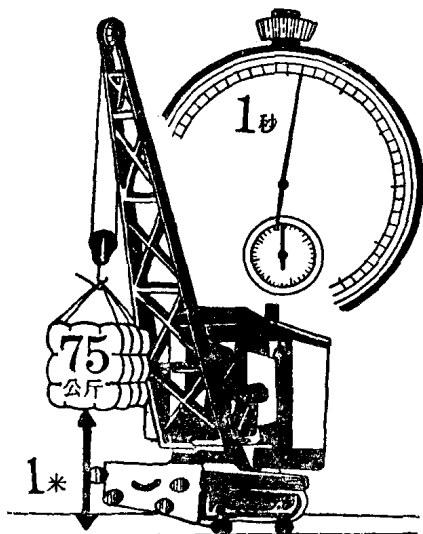
（1）打开电灯开关，电灯就发出光来，这就是电灯发出了“光能”。

（2）锅炉里面燃烧着煤，把水蒸发成汽，是因为煤的燃烧结果发出来“热能”所致；蒸汽的压力，使原动机回转，发出来“机械能”；继又带动着发电机回转，发出来“电能”。

（3）起重机之所以能够举起貨物，是因为它具有有一种起重能（第1图）。

某种能可以变为另一种能。例如：

蒸汽起重机由于蒸汽机带动着它，才能举起貨物，而蒸汽机的汽缸内又须供给足够压力的蒸汽，但蒸汽却由于锅炉里面的煤燃烧而将水蒸发成的，这样说明了煤的热能变为蒸汽能，又变为

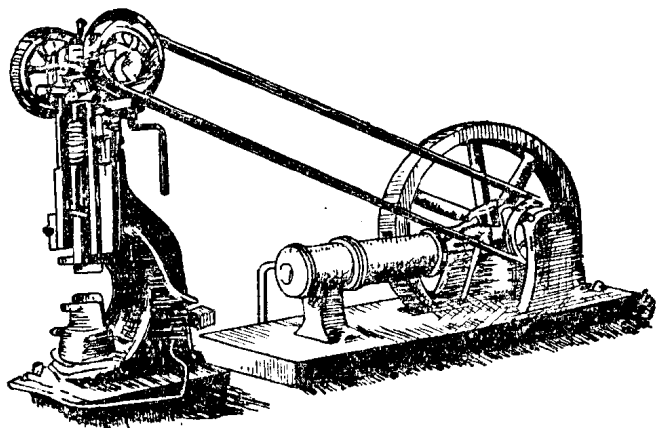


第1图

汽缸鞴的移动能，飞轮的回转能，最后变为起重能。

能量不灭，也不能复原，它有各种不同的形态，可由这种形态的能转变为另一种形态的能。

由上述的例子，我们知道“能”是由煤、水传到蒸汽机，再传到起重机，并非在某一阶段上消失了，一直到举起了貨物，到此也并非消失，乃是作了功。如果是汽锤，则被举起的锤有一种“位置能”，还可以打各种铁制品（第2图）。



第2图

2. 功

在上述简单的例子里，我们遇到了热工学上很重要的问题，就是“能”可以使物体在一定的距离上移动，这个移动所用的力、乘上移动距离，所得的积，就叫做“功”。即：

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离}。$$

例如第1图75公斤的貨物，起高1米，所作的功即为75公斤-米。

第二节 功 率

人或机器所作的功，不能决定其工作的性能，同是一个工作可在各种不同的时间内完成之，两个人作了同一的工作，都很好，我们表扬做的快的那个人。一个人3小时作了20个零件，另一个人4小时作了30个零件，谁的工作好呢？为了解答这个问题，有两个方法：或者是1个人做1个零件需要的时间（得9及8分钟），或者是在单位时间内（1小时）能作几个零件（得6.67及7.5个），很明显，第二个人比第一个人作的好。同样方法我们可以计算两个或两个以上机器的功率。

在单位时间内，任何机器所能作出来的功叫做功率，可列公式如下：

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{时间}}$$

或者 $\text{功} = \text{功率} \times \text{时间}$

在同一时间内功率大的机器所作的功也多。

第三节 计算功、功率及力的单位

电度表可以表示出来我们用的电能量，数字盘上有千瓦时数字，千瓦时就是1,000 瓦特小时（俗称一度电）。功可以用瓦特小时计算之。

在技术计算上，时间常以秒为单位，而不以小时为单位，1小时等于3,600秒，1瓦特小时是3,600瓦特秒，功的单位是瓦特秒。

所谓瓦特秒就是容量1瓦特的机器，经过时间1秒所作的功。功率的单位是瓦特。

人在梯子上登高一步，其所作的功近于100瓦特秒。起重机举起1个火车头1米高，其所作的功近于1,500,000瓦特秒。举起两个火车头高0.5米，或者举起四个火车头高0.25米，其所作的功与举起1个火车头高1米相同。

一人体重70公斤，3秒间在梯子上升高5米，其功率近于1,000瓦特时或称1瓩。近代发电机的容量在150,000瓩以下。1瓩等于1,000瓦特。

在科学上普通以厘米为长的单位，功的单位是瓦特秒，则力的单位为瓦特秒每厘米，另外无其他专名词，因为在电工学上很少时候测量力的数值。

重量的单位最普遍用公斤，这是地面上物体的重量，而不是力量，虽然两者皆以公斤计算，但实质上是有区别的。

功的单位普通用公斤米，1公斤米，是1公斤的力量移动1米的距离所作的功。1瓦特秒=0.102公斤米。

另外我们常见的一种功率单位就是马力。

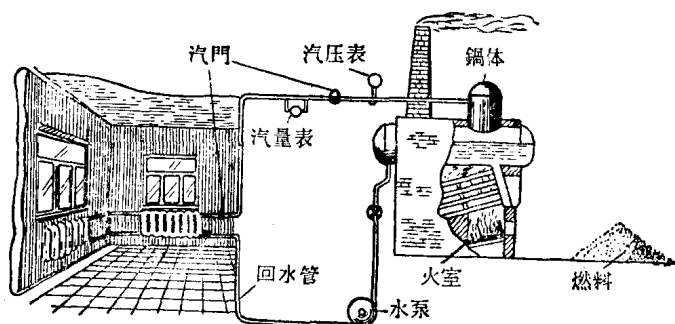
$$1 \text{ 马力} = 0.746 \text{ 瓩 (英制)}$$

$$= 0.7359 \text{ 瓩 (公制)}$$

而这种单位在现在已不常用。

第四节 能的传送

能的传送有各种方法：如第3图，锅炉火箱内燃烧着的燃料使水加热而蒸发为蒸汽。随着蒸汽温度增高其压力亦随之增高。蒸汽送入汽管中，汽管长可达数百公尺，高压时可达数公里之长。蒸汽经由汽包放出其热能，凝结的水再经由水泵送回锅炉去，



第3图 锅炉内燃烧着的燃料，其热能供给用户，蒸汽就是传送热能的

成为循环的状态。

蒸汽的流动，是因为在汽管中各点的压力不同，由高压方面往低压方面流动。在管子的各处有汽门，以便停止蒸汽的流通。

汽管不但是导蒸汽至汽包，同时也是防止蒸汽的热量向外放散。管壁是防止蒸汽与空气的混合，因为蒸汽与空气混合，热能虽然没消灭，可是他的热量放散了。为了加强热量不放散，在管子的外边更加一层石棉或其他的保温装置。

由这个简单的例子我们可以知道，能可以应用于任何地方，只是利用什么方法来传送它，传送到一定的方向和距离。我们举的例子是利用蒸汽传送热能。

但是我们也须考虑到技术和经济上的条件如何。运送燃料也是热能的传送，但在具体问题上我们就须考虑利用蒸汽传送热能经济呢？还是运送燃料经济呢？

利用蒸汽传送热能，只可在数量比较少，距离比较短时采用之，供给远距离较大的工厂用户则不经济，因为热的损失太大了。利用电力是最经济的。

把电力传送给用户，较用蒸汽传送设备简单而经济。电力的使用如电灯、电动机、化学方面的电解等既简单又方便，且能传送到数百公里，而损失也少。

第二章 电流及电压

第一节 通 論

为了使电灯发光，我们就得把电灯上的线与发电装置的发电机所引出来的电线联结上，经由电线将电能传送过来使灯泡的钨丝发生自热状态。由发电机经由电线再供给电动机、起重机、电焊机及电影院等等电力设备。

大发电厂供给数万盏电灯及大量的电动机。发电所需要的能是由于煤、柴油、泥炭的燃烧或是水力得来的。电动机及电灯是

由发电机供给电力，普通手电筒由干电池供给电力；汽车起动电动机由蓄电池供给电力；旅客列车电灯也是由蓄电池供给电力，但在列车行走中，是由特殊发电机（车的下部）发电供给电力，该发电机由车轮带着回转。

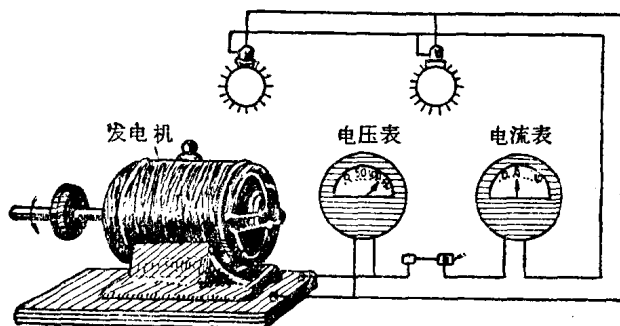
以上所举的发电机、蓄电池等等，并不是能的源泉，仅不过是由供给它的机械能和化学能变为电能而已，再经由电线传送到远方以供用户之用。蓄电池或干电池的能是化学的作用，手电筒的干电池经过一定时间须更换，蓄电池也是一样，经过一定时间须重新充电，方能保持它的效力。用户得到的电力或变为光或变为热或者变为机械能（动力）及化学能（充电）以应用之。

电工学的基本意义，总括来说，是指示最方便的方法，如何变化和传送电能。

学会电能变化的法则，把这些法则应用到我们工作中或生活中的需要上，这就是我们研究电工学主要的目的。我们先由简单的电力设备研究起，而逐渐进展。

第二节 简单的电力设备

发电机 如第4图是基本电源，它将传给它的机械能变为电能。发电机与蒸汽设备的锅炉性质相同，锅炉变燃料的热能为蒸汽能，发电机变原动机传给它的机械能为电能，送到电力网上



第4图 简单发电设备。发电供给电灯使用

去。

发电机的构造没有锅炉的构造那样明显，发电机如何运转，我们另外单独研究。为了使发电机供出电流，原动机使发电机回转所需的能力愈大，则发电机供出的电流也愈大。

例如小型发电机有两个端子，以两条金属线联结端子与用户。这种金属线，我们称它为电线。

图上的用户只是电灯，我们注意看图的结线，电路是成一环状的。与此类似的成一环状的图如蒸汽设备，不过蒸汽设备是以汽管联结成一环状的，本图是以金属电线联结成一环状的。如由发电机右侧端子引出之电线经灯泡内的钨丝，然后经电流表及开闭器回到发电机左侧之端子上。

为了电流在电线内流通，把电线结成一个环状是必要的条件。

如图所示，如将开闭器打开，电流的通路就切断了，电流在电线内不能流通，电灯也就灭了。

同样，灯泡的钨丝如果烧断，电流也不流通了，因为电流的通路已不成环状了（电路的一部分截断了）。

电流 为了了解电力设备运转情形，在电力回路上联结两个电表，1个是量电流的，叫做电流表。电流的单位是安培，用 A 代表之。

电流表接于回路的切断处，将切断之两端接于电流表的两个接续端子上，叫做串联。

电压 另1个表接于两线之间叫做电压表，测量两线间之电压，电压的单位是伏特，用 V 代表之。

电压及电流是任何电路中的基本特性。

所有电力设备可以分为以下几个主要部分：（1）电线路；（2）开关装置；（3）用户；（4）表类；（5）发电机。

关于发电机及表类的构造以后研究，先研究其他几部分。

电线路 以电线联结发电机与用户，它的用途与汽管子相