

中等农业学校教科書初稿

电工学及农业电气化

农业机械化专业用

河北农业大学附設农业机械化学校主編

农 垦 出 版 社

中等農業學校教科書初稿

電工學及農業電氣化

農業機械化專業用

河北農業大學附設農業機械化學校主編

農 垦 出 版 社

1960

电工学及农业电气化

河北农业大学附設农业机械化学校主編

*

农垦出版社出版

(北京西四德胜胡同82号)

北京書刊出版業營業許可証出字第108号

农业杂志社印刷厂印刷 新华书店发行

*

开本787×1092毫米 $\frac{1}{18}$ • 印張14 $\frac{11}{18}$ • 字数325,700

1960年8月第1版 • 1960年9月北京第1次印刷

印数 09,501—23,500 定价1.54元

統一書号 15149·94

前 言

本書是在我国社会主义工农业持續大跃进，全国人民为提前实现全面农业发展綱要而奋斗，大搞技术革新，技术革命和教育革命的大好形势下，以馬克思列宁主义和毛泽东思想为指导，根据党的迅速实现我国农业现代化的方針政策和教学改革的要求进行編写的。

本書既体现我国建設社会主义的总路綫和一整套两条腿走路的方針，又体现了当前农业机械化电气化的要求，紧密地結合农机专业，并具有理論密切結合实际的特点。

本書内容包括：电工学和农业电气化两个部分。电工学部分包括电工基础，电机和电子学基础；农业电气化部分包括发电与輸配电，农业电力驱动，电照明及农业生产电气化等。根据我国当前农业生产高速度发展的形势和全国各地区的特点，适当加深了理論部分，并充实了先进科学技术。

本書是农业部农业教育局組織編写的，由河北农业大学附設农业机械化学校主編。参加編审的单位和人員有：河北农业大学附設农业机械化学校楊常泰，南京农学院农业机械化分院張紹鏊，黑龙江农业机械化学院吳紀元，沈阳农业机械化学校刘桂恒和太原农业机械化学校王在一。在編写过程中曾向全国各地兄弟院校和有关生产、研究单位广泛征求意见，承蒙北京农业机械化学院与內蒙古呼和浩特农业机械化学校等許多学校提出宝贵意見，在此致謝。

由于時間仓促和編审者水平所限，內容可能存在很多問題，缺点錯誤在所难免，深望讀者多提宝贵意見（意見請寄河北省保定市新华路35号河北农业大学附設农业机械化学校），以便再版时修改。

1960年6月

本书采用符号

A —— 功、安培	U —— 电压
B —— 磁感应强度	u —— 电压瞬时值
C —— 电容	V —— 伏特
E —— 电动势	v —— 速度
e —— 电动势瞬时值	W —— 能量、瓦特
F —— 力、磁势	w —— 匝数
f —— 频率	X_L —— 感抗、电抗
g —— 电导	X_C —— 电容
H —— 磁场强度、亨利	y —— 节距
I —— 电流	Z —— 阻抗
i —— 电流瞬时值	α —— 电阻温度系数
L —— 电感	γ —— 导电系数
l —— 距离	ρ —— 电阻系数
M —— 转矩	θ —— 温度
n —— 转速	ϵ —— 电场强度、电压变动百分数
P —— 功率、有功功率、平均功率	Φ —— 磁通
p —— 瞬时功率	Ψ —— 磁通链
Q —— 无功功率、电荷、电量、热量	φ —— 电角度
R、r —— 电阻	ω —— 电角速度
S —— 面积、视在功率、转差率	μ —— 导磁系数
T —— 周期	η —— 效率
t —— 时间	

目 录

緒 論

第一篇 电工基础

第一章 直流电路	5
第一节 导体与电介質	5
第二节 电路	6
第三节 欧姆定律	7
第四节 电阻与电导	7
第五节 电阻的串联和并联	9
第六节 克希荷夫定則与复杂电路計算	12
第七节 电功率和电能量	14
第八节 电能的热效能	15
习 題	16
第二章 电磁	17
第一节 磁感应强度与磁場对通电流导体的作用	17
第二节 磁通	19
第三节 导磁系数和磁場强度	19
第四节 全流定律与綫圈的磁場	21
第五节 鉄磁材料的磁化与反复磁化	22
第六节 电磁鉄	24
第七节 电磁感应与楞次定律	25
第八节 涡流	27
第九节 自感应	28
第十节 电能轉換成机械能	30
习 題	31

第三章 单相交流电路	33
第一节 概述.....	33
第二节 正弦波形电动势的产生.....	33
第三节 交流电的周期与频率.....	35
第四节 相位角与相位差.....	37
第五节 正弦量的表示法.....	38
第六节 交流的有效值.....	41
第七节 由电阻组成的交流电路.....	42
第八节 交流电路中的电感.....	44
第九节 由电阻与电感组成的交流电路.....	47
第十节 电容.....	50
第十一节 由电容组成的交流电路.....	52
第十二节 线圈与电容器的并联电路.....	54
第十三节 功率因数及其意义.....	56
习 题.....	57
第四章 三相交流电路	59
第一节 三相交流的产生.....	59
第二节 发电机绕组的星形接法.....	61
第三节 发电机绕组的三角形接法.....	62
第四节 负载的星形接法与中线的作用.....	63
第五节 负载的三角形接法.....	64
第六节 三相交流的功率.....	67
习 题.....	68
第五章 电气测量	70
第一节 概述.....	70
第二节 电工仪表的分类.....	70
第三节 仪器的测量机构.....	73
第四节 电流的测量.....	77
第五节 电压的测量.....	77
第六节 功率的测量.....	78
第七节 电能的测量.....	80
第八节 电阻的测量.....	82
第九节 万用电表.....	83

习 题.....	84
----------	----

第二篇 电 机

第六章 直流电机.....	85
第一节 直流电机的构造.....	85
第二节 电枢绕组.....	88
第三节 直流电机的电动势、转速与功率.....	93
第四节 电枢反应.....	95
第五节 直流电机的种类.....	96
第六节 并激发电机.....	98
第七节 电焊直流发电机.....	99
第八节 复激发电机.....	100
第九节 并激电动机.....	101
第十节 串激电动机.....	103
第十一节 复激电动机.....	104
第十二节 直流电动机的启动.....	104
第十三节 直流电动机的调速与反转.....	105
第十四节 直流电机的耗损与效率.....	106
习 题.....	107
第七章 变压器.....	108
第一节 概述.....	108
第二节 变压器的构造.....	109
第三节 变压器的工作情况.....	110
第四节 三相变压器.....	113
第五节 自耦变压器与调压变压器.....	115
第六节 仪用变压器.....	116
第七节 电焊变压器.....	118
习 题.....	119
第八章 交流电机	120
第一节 异步电动机的构造.....	120
第二节 异步电动机的作用原理.....	122
第三节 转差率.....	126

第四节	轉子頻率与轉子电动势	127
第五节	轉子电流与轉子功率因数	128
第六节	异步电动机的轉矩	128
第七节	异步电动机的启动和反轉	130
第八节	异步发电机	133
第九节	单相异步电动机	135
第十节	同步发电机的构造和工作原理	136
第十一节	同步发电机的并联运用	139
习 題		140

第三篇 电子学基础

第九章	整流器	141
第一节	电子发射	141
第二节	两极电子管	142
第三节	充气两极管	144
第四节	固体整流器	145
第五节	整流电路	146
习 題		149
第十章	放大器与振荡器	150
第一节	三极管	150
第二节	多极管	152
第三节	放大器	153
第四节	振荡器	155
习 題		156
第十一章	光电管及光电继电器	157
第一节	光电管	157
第二节	光电继电器	158

第四篇 农业电气化

第十二章	发电与輸配电	161
第一节	概述	161

第二节	发电站	161
第三节	发电站的电气设备	167
第四节	输配电网络	172
第五节	农村输配电网络	176
第六节	导线的选择	179
第七节	架空线路	182
第八节	室内线路	188
习 题		192
第十三章	农业电力驱动与控制设备	193
第一节	概述	193
第二节	电动机的选择	193
第三节	电动机手动控制设备	197
第四节	电动机自动保护设备	201
第五节	自动控制设备	203
第六节	电机的安装与维护	208
习 题		209
第十四章	电照明	210
第一节	概述	210
第二节	电光源	211
第三节	照明器	212
第四节	照明布置	214
习 题		215
第十五章	农业生产电气化	216
第一节	田间耕作电气化	216
第二节	田间固定作业电气化	219
第三节	农副产品加工和饲料加工的电气化	223
第四节	畜牧业电气化	224
第五节	电照、电热在农业中的应用	228
第十六章	安全技术	233
第一节	电流对人体的伤害	233
第二节	技术保安的基本措施	234
复习提纲		235
附 录		241

緒 論

現在電能已廣泛的應用到一切生產技術部門和人類生活方面。目前各種生產部門中，用來驅動各種機器的，主要是使用方便而又經濟的電動機。各種金屬和合金的冶煉、電焊、電熱和電氣金屬切削都普遍的應用電能。電動機還廣泛的應用在拖動機車、起重機、採礦機械和探礦機械等。電報、電話和無線電等都是電能的直接應用者。農業的機械化和電氣化更要廣泛的應用電能。電爐、電燈等都是日常生活應用電能的實例，尤其是現代原子能的發展將促使電能發揮更大的作用。

電能所以成為動力的主要能源，並且應用如此廣泛，是因為電能具有其他能量所不及的獨特優點。

1. 電能可以較方便地作遠距離輸送，因此國家可以充分的合理的利用所有的動力資源（水力、風力、煤、地下熱、太陽熱、原子能、天然氣等）。

2. 電能可以較方便地同其他各種能量（機械能、熱能、光能、化學能等）互相轉換。

3. 電能量可以很方便地被分成任意細小的部分。

4. 電能可以較方便地被控制、測量和調整。

電能既然有這些獨特的優點，因此電能在各種形態的能量中占有特殊重要的地位。

將電能廣泛而普遍的應用在工業、農業、運輸業和日常生活上，稱為電氣化。自動化又是現代先進技術的特點，而電氣化是自動化的基礎。電氣化不但革新了國民經濟的所有各技術部門，提高了勞動生產率，同時也改善了勞動條件和生產狀況，在高速度的電氣化基礎上，要求工人不但要有熟練的技能，而且還要具備一定的文化科學水平，因此電氣化和自動化乃是消除腦力勞動和體力勞動本質差別的物質基礎。

同時電氣化在我國人民文化發展的領域中，將會起着重大的作用。電照、電話、無線電、電視等將是教育廣大群眾及提高文化水平的重要武器，將使我國公社化以後的農業很快的達到世界先進水平。農村生活水平逐漸接近城市。使城市和鄉村的差別得以逐漸消除。消除體力和腦力勞動間的差別及城市和鄉村間的差別是共產主義建設的基本問題，由此可以体会到列寧的具有歷史意義的名言：“共產主義

——就是苏维埃政权加上全国电气化”的深刻意义。

我們的祖先給我們留下了丰富的文化科学遗产，有着光輝无比的科学創造。但有些史料还没有系統的整理出来。

在战国末年（公元前300年左右），我們的祖先已发现了磁石与它的吸铁性。东汉初年（公元50年左右）就应用磁石来做指南北方向的工具。它的古名叫司南。

东汉初年（公元100年）在王充“論衡”中有“頓牟綴芥，磁石引針”的記載。頓牟就是琥珀，它有吸引微小芥子的本領。这显然是摩擦产生电能吸引輕微物体的現象。宋朝张邦基著的“墨庄漫录”中有“孔雀毛著龙脑則相綴”龙脑是一种热带乔木，孔雀毛拂着这种木头則附着在上面。这显然也是靜电現象。由以上两个事实說明，我們祖先很早就注意到靜电現象了。

全世界关于航海使用罗盘的最古記錄見于宋朝朱彧的“萍洲可談”（公元1119年），那时我国劳动人民已普遍掌握了罗盘針的科学知識。

解放前，中国的电力工业也和其他工业一样，基础是非常薄弱的。1949年全国解放前夕，全国发电能力約184.9万瓩，每年发电量約为43.1亿度。解放后在中国共产党的领导下，經過三年的經濟恢复时期到1953年，每年发电量达91亿度，为1949年的兩倍多，1953年起我国开始了史无前例的发展国民經济的第一个五年計劃，电力工业的发展方針是：以建立火力发电站为主，（包括热电站），同时利用已有的資源条件，結合兴修水利进行水力发电站的建設工作。

在第一个五年計劃中，新建限額以上的发电站有92个，其設計发电容量为376万瓩，加上限額以下的发电站全部設計发电容量为406万瓩，第一个五年計劃期间建成的发电站容量为205万瓩，在92个限額以上的发电站中，火力发电站有76个，其中包括热电站19个，占火力发电站設計能力的47%，此外还有16个水力发电站，至1952年全国发电能力达464万瓩。

我国发展国民經济的第二个五年計劃的建議中指出：計劃在1962年以前新建火力发电設備140—150万瓩，全国发电量增加至400—430亿度。1958年的全国大跃进，发电能力发展达629万瓩，发电量跃进至275亿度。1959年电力工业繼續跃进，发电能力增加到859万瓩。发电量达390亿度。这样就使得电力工业提前在1959年底，基本上达到了第二个五年計劃的生产指标，实现了中国共产党八届八中全会的要求。

我国新建的电站都是用現代的最先进的技术和高度的机械化自动化的設備装备起来的。这些发电站的建成，将保証供应不断高涨的国民經济以充足的电能。

我国的电力工业在总路綫的光輝照耀下，貫徹全民办电、大中小并舉、土洋并舉的方針，并貫徹了“水主火輔”的电力工业长期建設方針。群众的思想觉悟空前

提高，干劲冲天，这些都促进我国的电力工业一跃再跃的高速发展。

我国农村初步电气化的方针是：以小型为主，生产为主，社办为主，全面规划，结合利用各种能源，以水电为主，依靠群众，勤俭办站，动力与电力并举，兴修与管理并重，认真贯彻多、快、好、省的精神。农村电气化的范围是：指县、乡、社工农业生产和群众生活用电。初步电气化的标准是：

1. 以县为单位，平均每户达到100到150瓦用电的水平。
2. 凡能用电力代替的生产过程，如提水、灌溉、脱谷、碾米、磨面、榨油、轧花、铡草、饲养加工及其他农副业加工等，能有60%到80%使用电力或动力带动。
3. 县以下小型工业的动力主要使用电力。

实现全国农村初步电气化后，全国将得到1,500万到1,800万瓩的电力，年发电量可达375到450亿度，以每瓩电代替8个劳动力计算，全国每年共可节约12,000万到14,000多万劳动力，相当于现有劳动力的一半左右。

我国农村水电站的建设，在1957年前有500多处，容量为2万多瓩，至1958年上半年全国农村水电站达14,500多处，总容量为20多万瓩。随着我国农业生产的大跃进，农业生产、公社工业和群众生活都要求迅速的实现电气化，况且我国的资源丰富，建立小型水电站也不需要精密设备与贵重材料。因此，我国很快的就可以实现农村的初步电气化。

我国的水力资源是非常丰富的，根据全国水利水力资源普查会议在1956年提出的资料，全国水力资源，按平均流量粗略估计为58,000万瓩，与世界上水力资源最丰富的国家苏联相近，其中长江水力资源就有22,000万瓩，黄河有3,300万瓩，雅鲁藏布江在康藏大河湾处有3,000万瓩。我国水利资源不仅蕴藏丰富，而且地位适中，因此给我国发展水利电力事业创造了有利条件。

由于我国燃料的蕴藏量极为丰富，也是火力发电事业的有利条件。仅以煤炭的10%用来发电的话，就可以发出600万亿度电，这样就给我国的工业和农业的电气化和自动化创造了有利的条件。

解放前，我国的电机制造工业和电器制造工业同其它的工业一样，是极其可怜的。解放后，随着整个国家电力事业的发展，扩建和新建了不少的电机制造厂和电工器材制造厂，如哈尔滨电机厂和仪表厂，都是在苏联专家帮助下，根据最先进的技术水平设计的。我国现在已经能生产10万瓩汽轮机组和7.25万瓩水轮机组的全套设备，这些只不过是电机制造工业的开端，在中国共产党的正确领导和总路线的光辉照耀下，我国的电机制造工业将会很快的赶上世界先进水平，将会使我国的工业和农业很快的赶上和超过世界先进科学文化水平。

苏联在伟大的十月社会主义革命胜利后，列宁曾经指出国家电气化是社会主义

胜利的重要条件，根据列宁的倡议，制定了苏联电气化计划，计划规定在十年到十五年内建成30个发电站，其总容量达150万千瓦，在苏联共产党和苏联政府的领导下，只用了十年的时间，便完成了这个计划，到1955年第二个五年计划完成时，其发电量为1,700亿度，为1913年发电量（19亿度）的89倍多，苏联发电量平均每年增加23%；而在最大的资本主义国家不发生经济危机的年代里，每年平均只不过增加2%到3%，由此可以看出社会主义制度的优越性。

苏联在1959—1965年发展国民经济的控制数字决议中指出七年计划结束时，电力年产量要增加到5,000—5,200亿度，电站的设计能力要增长一倍以上，并规定优先建设以天然气、重油和廉价煤为燃料的火力发电站。规定建设布拉茨克、斯大林格勒、克拉斯诺雅尔斯克等水电站。建立强大的电力网，以便建成苏联统一的电力系统。

由于苏联发电能力的迅速增长，使苏联电气化的迅速发展成为可能，拥有20多万企业的苏联工业、就需要全国总发电量的70%左右，全苏90%以上的国营农场，21%以上的集体农庄已经电气化，有一百多个农业区和许多州已经全面电气化或接近全面电气化。

电工学和农业电气化这门课程，就是研究怎样把电的现象和理论应用到农业生产当中去的课程。

学习本课程的目的在于掌握必要的电工基本理论知识，技术知识和初步的实际技能，以保证在生产过程中能正确的运用电器设备和不断改进技术操作过程。

第一篇 电工基础

第一章 直流电路

第一节 导体与电介质

所有的物体依照电的性质通常分成二类，——导体与电介质（绝缘体）。

导体的特征是带电质点（电子或离子）在导体内有自由移动的可能性，或者说它具有显著的导电性。导体有二类：第一类导体是金属，在这类导体内只有电子能够移动。在金属内，原子外层轨道的电子，与它们自己的原子核的联系比较松弱。因此一部分电子就容易离开自己的原子核，而在原子间移动。从一个原子核的作用范围移到另一个原子核的作用范围。这些电子充满在原子核间的空间里，这些电子称为自由电子。

第二类导体称为电解质（酸、盐与碱的水溶液或某些溶解了的盐）。在溶剂的作用下，物质内分子分解成正离子与负离子，这些导体向金属导体内的电子一样，能够在整个导体内自由移动。

单位体积内含自由电子或离子极少的物体，在电场力的作用下，自由电子或离子移动所形成的电流是微不足道的。这种物质称为电介质（绝缘体，非导体）。气体、一部分液体（矿物油、漆）及除金属和碳以外的所有固体都属于这一类。

电介质只有在其内部电场强度达到某限值以前，它的导电性是非常微弱的。如果电场强度超过了限值，就要发生电介质击穿，就是通过电介质发生了放电现象。以致电介质局部发生破坏。对每种电介质，这个电场强度的限值称作电介质的击穿强度。（或称耐压强度，用 σ 表示）。

在实际生产上，一般电介质是不允许其接近击穿强度使用的。通常比击穿强度要小好几倍。这个允许使用的电场强度称为允许电场强度。

真空是很好的电介质，气体也是很好的电介质，但气体的导电性受压力与温度的影响很大。

下表是几种主要絕緣材料的击穿强度:

表1—1

名 称	击穿强度千伏/厘米	名 称	击穿强度千伏/厘米
空 气	30	云 母	800—2000
矿 油	50—150	玻 璃	300
电 紙 板	100	硬 橡 胶	150
瓷	80—150		

此外尚有一种物質的性质, 介于导体与电介值之間, 称为半导体。如: 鎔、硒、氧化銅等。

例題 1: 两块平行板, 用厚度 $d=0.1$ 厘米的电紙板隔开, 試决定电紙板被击穿时, 两板間的电压。

$$U_{\text{击穿}} = e_{\text{击穿}} \cdot d = 100 \times 0.1 = 10 \text{ 伏特}$$

例題 2: 某汽油发动机, 利用火花塞点燃气缸內的混合气, 設气缸內混合气击穿强度 $e_{\text{击穿}}=200$ 千伏/厘米, 火花塞两极板的电压为 14 千伏, 求火花塞两极間的最大距离。

$$U_{\text{击穿}} = e_{\text{击穿}} \cdot d$$

已知 $U_{\text{击穿}}=14$ 千伏, $e_{\text{击穿}}=200$ 千伏/厘米

因此,
$$d = \frac{14 \text{ 千伏}}{200 \text{ 千伏/厘米}} = 0.07 \text{ 厘米}$$

$$= 0.7 \text{ 毫米}$$

第二节 电 路

如图 1—1 所示, 由电源、負載和导綫所联接成的閉合回路称为电路。电源是供給电能的, 作为电源的主要有发电机, 原电池和蓄電池。发电机是利用磁的作用,

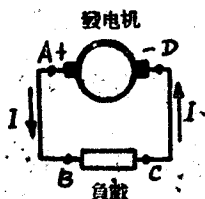


图 1—1 电路

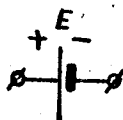


图 1—2 电池的符号



图 1—3 发电机符号

把机械能变为电能。图 1—2、1—3 是表示这些电源的符号。

负载是多种多样的。如：电动机、电炉和电灯等，是利用这些设备把电能变成机械能，热能或其他形式的能量。

第三节 欧姆定律

由实验得出：在通电流的导体内，电流与它两端间电压的关系：

$$I = \frac{U}{r} \quad (1-1)$$

就是导体内通过的电流与其两端间的电压成正比，与电路中的电阻成反比。这一规律称为欧姆定律。应当注意的是，这一规律只适合在一段电路上应用。

如果电路内有电动势存在。如图 1—4 的情况，电源被外电路联成回路的简单情况下，欧姆定律也可以推广应用。

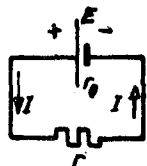


图 1—4 电路

电源的电动势，

$$E = U + U_0 \quad (1-2)$$

由欧姆定律

$$U = I r \text{ 与 } U_0 = I r_0$$

式中 r_0 是电源的内电阻， r 是电源的外电阻，把 U 与 U_0 代入上式，得，

$$E = I r + I r_0 = I (r + r_0)$$

$$\text{从而 } I = \frac{E}{r + r_0} \quad (1-3)$$

就是回路中的电流与电动势成正比，与回路中的总电阻成反比。这个关系是欧姆定律在全电路上的应用。如果电路中电源与负载都不只是一个的话，则 E 代表电动势的总和。 r 代表各个电源内电阻的总和， r 代表外电路电阻的总和。

第四节 电阻与电导

$$\text{把方程 1-1 改写成 } r = \frac{U}{I}$$

电压用伏特表示，电流用安培表示，就得到电阻的单位伏/安，称为欧姆，简称欧（用 Ω 表示），具有电阻 1 欧姆的导体。如果两端加以 1 伏特的电压时，导体