图书在版编目(悦[illegible]数据

现代文明之轮 辕陈寿孙,黄立培,谈克雄著 援—济南：山东人民出版社，[illegible]
(圆[illegible]世纪学科发展丛书 辕周光召主编)
陈[illegible]

Ⅰ援现… Ⅱ援①陈… ②黄… ③谈… Ⅲ援电气工程—基本知识 Ⅳ援[illegible]

中国版本图书馆 悦[illegible]数据核字（[illegible] 第 [illegible]号

圆[illegible]世纪学科发展丛书·电气工程
丛书主编 周光召
现代文明之轮
陈寿孙 黄立培 谈克雄

出 版 者：山东人民出版社
（济南市经九路胜利大街 猿[illegible]号）
邮 编：[illegible]
电 话：（[illegible]转
网 址：[illegible]
发 行 者：山东省新华书店
印 刷：山东新华印刷厂潍坊厂
版 次：[illegible]年 源月第 员版第 员次印刷
印 数：员-猿[illegible]
规 格：[illegible] 猿开本
印 张：[illegible]
插 页：源
字 数：[illegible]千
陨杂月 晕 [illegible]
定 价：[illegible]元

（如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

本册编写委员会

主　编：王赞基

编　委：梁曦东　周双喜　朱东起
　　肖达川　陈寿孙　王自强
　　顾国标

审　核：陈寿孙

复　审：周双喜

前　言

能源的利用是人类社会赖以生存和发展的最基本的物质条件之一。

电能（[illegible]）是诸多能量形式中的一种。

电能便于和其他各种形式的能量，诸如机械、热、光、磁等能量进行变换：既能通过多种途径获得来源，如火力发电、水力发电、核能发电、太阳能发电、风力发电、磁流体发电、化学燃料电池等；又能被方便地转换成各种形式的能量以满足社会生产和生活的种种需要，如电动力、电热、电化学、电光源等等。

电能够在能量损失较少的情况下进行传输：既能传输能量，又能作为传输信息的载体。

电能在生产、传输、分配、使用的过程中能够方便地实现调节和控制。

它以其独特的优点使其成为最理想的二次能源，成为人类开发利用自然能源最重要的方式。

电能的利用植根于人类对电磁规律的认识。认识、掌握、利用电磁规律是人类认识发展过程中所取得的具有划时代意义的光辉成就。

前言

人类对电磁的认识一直可以追溯到 [illegible] 多年以前，人类从自然界的雷鸣电闪和天然磁石中开始注意到电磁现象。在我国古代约公元前 [illegible] 世纪到前 [illegible] 世纪的殷商时代，甲骨文中出现雷字。在约公元前 [illegible] 世纪到前 [illegible] 年的西周时代，青铜器的铭文中出现电字。在古希腊和中国古代的文献中都有关于天然磁石吸铁和摩擦琥珀吸收微小物体的记载。近代关于电磁的研究发端于 [illegible] 世纪初，[illegible] 年英国科学家 [illegible] 吉伯发表《论磁体》，标志着磁学的诞生，经过 [illegible] 多年无数科学先驱的辛勤探索和积累，经历了静电与静磁、电流和电磁、电磁感应与电磁场等由静止到运动、由孤立到联系、由局部到整体的发展过程。[illegible] 年 [illegible] 法拉第发表了著名的电磁感应定律，并制作了第一台发电机模型，开始了电磁理论和技术的重大飞跃。这一定律不仅使人们对静电、动电（电流）、电流与磁场的相互感生等一系列电磁现象的认识更加全面、统一，而且奠定了机电能量转换的理论基础。[illegible] 年，[illegible] 麦克斯韦尔导出了描写电磁场空间分布和时间变化规律的麦克斯韦方程组，预言了电磁波的存在，并以光速传播，完成了电工科学的基本理论体系。

在电工科学理论不断发展、完善的过程中，电工技术也迅速发展起来，人类利用电能的时代开始了。

电能的利用最早是从电照明开始的。它消除了黑夜对人类生活和生产活动的限制，大大延长了人类用于创造财富的劳动时间，并且改善了劳动条件，丰富了人们的生活，这为电能的利用奠定了最广泛的社会基础，成为推动电能生产发展的强大动力。电传动是范围最广、形式最多的电能应用领域，电动机是冶金、机械、化工、纺织、造纸、矿山、建筑等一系列工业部门与交通

运输以及医疗电器、家用电器的最重要的动力源，各种类型的电动机占去全部用电设备总功率的 [illegible] 左右。电传动在效率、操作、控制、节能、安全等方面都具有无可比拟的优越性，并且正在向着机电一体化、工业机器人等新技术方向发展，从根本上改变了 [illegible] 世纪以蒸汽动力为基础的初级工业化的面貌。电能转化为热能是电能应用的另一个重要领域，电加热可以直接作用到物体内部，并且加热均匀、热效率高、容易控制。因此，电加热在冶金及制造工业中成为重要的加工方式。电能在化工领域中的应用开辟了电化学工业体系，包括电解工业、电能化学工业，以及等离子体化学、放电化学、界面化学、电池工业等，推动了化工工业的发展。电物理装置的研制成为电能应用的新领域，各种能级和不同用途的加速器、大功率电脉冲装置、大功率激光设备、受控核聚变装置等所需要的电源技术、磁体技术、控制和监测技术都促进了电能应用的发展。随着科学技术的发展，电能应用的领域不断地拓宽和深化，越来越渗透到人类社会物质生产和生活的各个层面，几乎所有社会生产的技术部门以及人民生活，都逐步转移到这一崭新的技术基础上，成为继蒸汽机的发明以后，近代史上第二次技术革命的核心内容。极大地推动了社会生产力的发展，促进了社会文明的进步，改变了人类的社会生活方式。

扩大电能应用是 [illegible] 世纪各个国家国民经济发展的显著特征，世界各国都十分重视电能在国民经济中的作用。[illegible] 年世界总发电量为 [illegible] 亿千瓦时，[illegible] 年已达到 [illegible] 万亿千瓦时，[illegible] 年来增长了 [illegible] 倍，大大超过所有其他经济部门的增长速度。电能已经成为现代社会须臾不可中断的经济命脉。电力系统构成了现代社会传

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前言

输能量的大动脉，以电磁为载体的信息、控制系统则成了现代社会的神经网络。电气化在某种程度上已成为现代化的同义词，电气化程度已成为衡量社会物质文明发展水平的重要标志。

传统的电气工程不仅包括以电能的生产、传输、分配以及使用为主要内容的电力工程和电工装备的制造，并且也包含以电磁为载体的电讯工程。由于微电子技术和通讯技术的发展，后者已形成了内涵广泛的信息技术和信息工程，其内容有另外专门的书籍介绍。本书主要介绍高电压、大电流、电能与其他形式能量之间的转换，以及电能的变换、控制和利用。由电力系统、电机及电力电子技术、高电压技术三篇组成。前言和第一篇由陈寿孙教授执笔，第二篇由黄立培教授执笔，第三篇由谈克雄教授执笔。在编写过程中周双喜教授给予了关注，在此表示感谢。

目 录

第一篇 电力系统…… 员
第一章 电力系统的发展和未来…… 员
第一节 什么是电力系统——它的构成和特点…… 圆
第二节 电力系统的发展简史…… 源
第三节 圆世纪我们将面对怎样的电能系统 … 愿
第四节 我国的电力系统的现状及面临的挑战 …… 员园
第二章 电源的构成及其优化 …… 员员
第一节 传统的发电厂 …… 员猿
第二节 可再生能源和新型发电方式 …… 猿员
第三节 优化电源构成 …… 猿源
第四节 蓄能技术 …… 猿缘
第三章 电力网络及其可控性 …… 缘猿
第一节 交流电力网络——分层、分区的能源大动脉 …… 缘远
第二节 直流输电再显威力 …… 远员
第三节 灵活的交流输配电系统 …… 远愿

目录

第四章　电能质量 …… 第[illegible]
第一节　什么是电能质量 …… 第[illegible]
第二节　电力系统的频率是如何调整的 …… 第[illegible]
第三节　如何保证电力系统合格的电压质量 …… 第[illegible]
第四节　如何保持电压、电流的波形为正弦波 …… 第[illegible]
第五节　三相电压、电流的不平衡度 …… 第[illegible]
第五章　电力系统的信息和控制 …… 第[illegible]
第一节　电力系统可观测、可控制的保证 …… 第[illegible]
第二节　继电保护和安全自动装置 …… 第[illegible]
第三节　远动技术和调度自动化 …… 第[illegible]
第四节　电力系统的通信 …… 第[illegible]
第二篇　电机及电力电子技术 …… 第[illegible]
第六章　电机及其应用 …… 第[illegible]
第一节　电机——驱动第二次工业革命的车轮 …… 第[illegible]
第二节　电动机为什么会转——电机产生转矩的原理 …… 第[illegible]
第三节　电动机的特性与运行 …… 第[illegible]
第四节　家用电动机——你身边的电动机 …… 第[illegible]
第五节　典型工业负载及电机的选择 …… 第[illegible]
第六节　发电机——世界不能没有你 …… 第[illegible]
第七节　电机家族的特殊成员 …… 第[illegible]
第七章　电力电子与电气传动 …… 第[illegible]
第一节　电力电子——[illegible]世纪的重要技术手段 …… 第[illegible]
第二节　电力半导体器件——电力电子的基石 …… 第[illegible]

第三节　变流器——电力电子的心脏 …… 27
第四节　变频器——家喻户晓的名词 …… 29
第五节　直流电源 …… 31
第六节　电力拖动控制 …… 33
第七节　变频调速 …… 35
第三篇　高电压技术 …… 39
第八章　高电压技术学科领域 …… 39
第九章　高电压的产生 …… 43
第一节　雷电 …… 43
第二节　静电 …… 46
第三节　高电压发生装置 …… 48
第四节　电力系统内部过电压 …… 50
第五节　核致电磁脉冲 …… 52
第十章　高电压下的物理现象 …… 54
第一节　气体中的放电 …… 54
第二节　液体和固体电介质击穿 …… 57
第三节　沿面放电 …… 59
第四节　电介质的能量损耗 …… 61
第五节　局部放电 …… 63
第六节　电气绝缘老化 …… 65
第十一章　电工领域中的高电压技术 …… 67
第一节　电气设备 …… 67
第二节　高电压试验技术 …… 70
第三节　过电压限制 …… 72
第四节　电气设备诊断技术 …… 74
第十二章　高电压技术在各领域的应用 …… 76
第一节　等离子体技术 …… 76
第二节　磁流体发电 …… 78
第三节　激光放电 …… 80

目录

第四节　液电效应…… 猿愿
第五节　静电技术…… 猿怨
第六节　环保技术…… 源猿
第七节　照明技术…… 源源

第一篇　电力系统

第1章

21世纪学科发展丛书

需要全本请访问 www.ertongbook.com

电力系统的发展和未来

第一节　什么是电力系统——它的构成和特点

电力系统是指由电能生产、传输、分配和使用等环节组成的整体。它将自然界的一次能源通过发电装置转化为电能，即电源；再经过输电、变电、配电将电能送到各个用户，即电网；用户通过各种用电设备将其转化成所需的能量形式，即负荷。在电力系统中，电源和负荷（用户）可以各自建设在最合适的地方，可以相隔几百公里，甚至上千公里，完全摆脱地域的限制，而通过电力网络相互联结起来。电能生产、传输和使用从诞生之日起就具有鲜明的系统性，这是由电能的本质决定的。迄今为止人们未能实现工业规模、大容量的电能存储，因此电能的生产与消费几乎是在同一瞬间内完成的，发电、输电、变电、配电、用户组成了始终处于连续工作和平衡状态的不可分割的整体。它既要适应用户对电能需求的随机变化性，又要抵御各种外来的干扰。因此，在各个环节和不同层次一定要具有相应的信息与

控制系统，对电能的生产、传输、使用的过程进行测量、调节、控制、保护和协调调度，以保证电力系统的正常运行，使用户获得安全可靠、优质、廉价的电能和良好的服务。

电力系统是由电能生产、传输、使用的能量变换传递系统和信息的采集、加工、传输、使用的信息系统组成的，如图 员-员

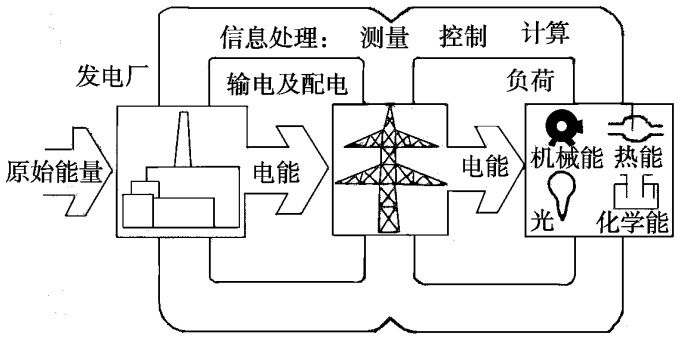


图 员-员 电力系统构成示意图

圆园世纪中叶以来出现的大电力系统，是一切工业系统中，规模最大、层次复杂、技术和资金密集的巨大系统，是人类工程科学史上最重要的成就之一。它纵横数千公里，覆盖几百万平方公里，几千个网络结点交织密布，电能以光速在全系统中传播，各个环节相互影响、相互制约，和社会的生产、人民的生活、国家的国民经济紧密相关。它既能够创造巨大的财富和现代文明，也可能在瞬间造成重大的灾难，使现代社会陷入混乱。

第二节　电力系统的发展简史

在电工理论和技术的支持下，19世纪下半叶人类开始了大规模的电能利用。在电能利用的初期，发电、输配电、用电是从直流电开始的。1878年巴黎北火车站建成了世界上第一座火电厂，安装了经过改装的格拉姆直流发电机，为附近的弧光灯照明供电。1879年美国旧金山实验电厂开始发电，这是世界上最早出售电力的电厂。1882年9月4日爱迪生在纽约主持建立了珍珠街电站，它装有6台直流发电机，总容量为600马力（约600千瓦），用110伏直流电压供电给电灯照明，建立了纽约市区照明供电系统，成为电力系统的雏型。1882年法国人德普勒展示的米斯巴赫——慕尼黑缘2公里、2千瓦、1500伏、输送1.5千瓦功率的直流输电线，是世界上第一条输电线路，因为它具备了电力系统的各个组成部分，被认为是电力系统的发端。

交流电技术逐渐成熟起来，终于在20世纪上半叶成为电力系统的主体。

1876年戈拉尔和吉布斯发明了具有实用价值的变压器，被称为“二次发电机”，1887年特斯拉制成二相感应电机。1885年威斯汀豪斯制成具有现代实用性能的电力变压器，并在麻萨诸塞州的大巴会顿装配了一座实验性质的高压输电的交流发电站；1888年费拉里斯提出了电机中的旋转磁场理论。1890年特斯拉制成利用旋转磁场的感应电动机，还设计了多相交流发电机。1891年多利沃多布罗沃斯基制成一台实用的三相交流单鼠笼感应电动机（1.5千瓦），并发明了双鼠笼感应电动机，同年制成三相电力变压器。19世纪80年代

末，英国伦敦出现了最早的交流输电系统，电厂安装了容量为 [illegible]千瓦、电压为 [illegible]伏的交流发电机，经升压变压器将电压升为 [illegible]千伏，通过 [illegible]公里输电线，送到伦敦市区 [illegible]个变电所。[illegible]年 [illegible]月 [illegible]日世界上第一条三相交流高压输电线路，由劳芬至法兰克福、总长 [illegible]公里，输电电压为 [illegible]千伏、输送功率达 [illegible]千瓦，投入运行。多利沃多布罗沃利斯基在法兰克福电气技术博览会上展示了交流远距离输电实验，将 [illegible]公里以外一处瀑布上三相交流发电机发出的电能，用 [illegible]千伏的电压送到博览会上，输电效率为 [illegible]。随着变压器、交流发电机、感应电动机及交流功率表等的先后研制成功，交流电特别是三相交流电技术趋于成熟，[illegible]年美国尼亚加拉水电站投入运行，容量接近 [illegible]万千瓦（单机容量为 [illegible]马力的交流发电机），用二相制 [illegible]千伏向本地区负荷供电，又用三相制 [illegible]千伏交流输电线路与 [illegible]公里以外的巴法罗电站相连，还使用了变压器和交直流变换器将交流电变为 [illegible]～[illegible]伏的直流电，供应照明、化工、动力等负荷。尼亚加拉电力系统的成功，结束了近 [illegible]年的关于直流输电与交流输电的争论。交流电力系统可以方便地变更电压，提高输电电压、增加送电容量，延长输电距离，减少电能损耗，节省导线材料，与直流相比，具有一系列无可争辩的优越性。

[illegible]世纪末，交流输电地位的确立，成为电力系统大发展的新起点。在随后半个多世纪里，交流电力系统以独占地位沿着更高（电力系统的电压等级愈来愈高）、更远（输电的距离愈来愈远）、更大（发电机的单机容量、电力系统的规模和容量愈来愈大）的轨迹，得到了巨大的发展。人们普遍认识到扩大电力系统规模，在能源的开发和利用、工业布局、负荷调整、集中管理、统

一调度、减少备用容量、增加供电能力、提高供电的可靠性和经济性等方面可以带来显著的社会和经济效益，并且大型水、火电厂的开发建设和电力负荷迅速增长，提出了输送大量电力到远方负荷中心的要求。于是一个个原来独立运行的电厂、分散独立的电网逐渐连结起来，电力系统的规模迅速发展，到 □□世纪 □□年代，火力发电的单机容量已达到 □□万千瓦，水力发电的单机容量达 □□万千瓦，核电站最大单堆电功率达 □□万千瓦；许多国家普遍建立了最高电压达 □□□千伏的超高压输电线路和电力系统，世界上已形成了若干装机容量达到数千万千瓦乃至数亿千瓦、规模宏大的巨型电力系统，如供电范围包括美国和加拿大的北美电力系统，西欧各国电网互联组成的西欧电力系统，原苏联还在全国范围内建立起统一电力系统，东西延伸 □□□□公里，南北延伸 □□□□公里，覆盖了大约 □□□□万平方公里的面积。从 □□世纪 □□年代的住房式电站到 □□世纪 □□年代的联合电力系统，电力系统已经成为现代社会的能源大动脉和基础产业，并且仍在继续发展和提高。

□□世纪 □□年代以来电力系统进入了交直流电力系统的新时代。

在交流电力系统中，所有投入运行的发电机组，相互之间必须保持同步运行，在受到扰动后，能否仍旧保持同步，即电力系统的稳定性，成为交流电力系统固有的一个重要问题。随着交流电力系统的不断扩大和发展，稳定性问题日益突出，尽管 □□世纪 □□~□□年代以来，众多电力科技人员进行了大量的研究和探索，取得了很大成绩，但迄今为止，交流电力系统的稳定性依然是一个制约其输送能力和发展的关键因素，于是人们又回过头重新考虑直流输电。不仅直流输电本身没有同步

稳定性问题，而且人们可以利用其快速可控的特点，采用适当的控制策略，改善交流电力系统的动态性能，在某些特定的条件下，直流输电可以克服交流技术难于解决的困难，如跨过海峡的电缆输电，不同额定频率的交流电网之间的联接，限制交流电网短路容量过大等等。[illegible]年，瑞典采用汞孤整流技术建成了输电电压为 [illegible] 千伏、输电距离为 [illegible] 公里、输电功率达 [illegible] 兆瓦、通过海底电缆由瑞典本土向果特兰岛供电的世界上第一条商业应用的高压直流输电线。[illegible] 世纪 [illegible] 年代末，大功率闸流管问世，电力电子技术的进步和迅速发展，为直流输电技术注入了无限生机，[illegible] 年代以来，大功率硅整流技术完全替代了汞孤整流技术，直流输电的可靠性和经济性不断提高，目前，世界上已有 [illegible] 多个直流输电工程投入运行，其中既有输电距离超过 [illegible] 公里、输电功率超过百万千瓦、输电电压高达 [illegible] 千伏的大型直流输电工程，又有目的各不相同的“背靠背”直流联网项目和与交流输电线并行运行、改善电力系统动态性能的直流输电工程。电力系统进入了交直流混合电力系统的新时代。

回顾电能应用的历史，特别是一个多世纪来电力系统的发展过程，一幅基础科学、技术发展、社会应用互为因果、相互促进的宏伟图景呈现出来。人类在改造世界的实践中，一步步加深了对客观世界的认识，而认识又上升为科学理论，发展成科学技术，同时给了人类改造世界的无穷力量。

需要全本请访问 www.ertongbook.com