

从 **零** 开始学电子技术丛书

从零开始学

高压电工技术

张伯虎 主编
贾智勇 等编著

CONGLING KAISHIXUE GAOYA DIANGONG JISHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press

责任编辑: 杨星豪 xhyang@ndip.cn
文字编辑: 孙汝忠
责任校对: 钱辉玲
封面设计: 王晓军 xjwang@ndip.cn

从零开始学电子技术丛书

从零开始学电路仿真Multisim和电路设计Protel技术

从零开始学CPLD和Verilog HDL编程

从零开始学电气控制与PLC技术

从零开始学电子元器件识别与检测技术

从零开始学电动机控制与维修技术

从零开始学单片机技术

从零开始学单片机C语言

从零开始学电子测量技术

从零开始学模拟电子技术

从零开始学数字电子技术

从零开始学电路基础

从零开始学计算机组装与维修技术

从零开始学网络组建与管理技术

从零开始学室内装修电脑设计技术

从零开始学电子日历·钟表维修技术

从零开始学制冷设备维修技术

从零开始学空调设备维修技术

从零开始学低压电工技术

从零开始学高压电工技术



从零开始学维修电工技术

从零开始学弱电电工技术

从零开始学电梯维修技术

从零开始学电气焊技术

上架建议: 电工·电子

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-06316-5



9 787118 063165 >

定价: 25.00 元

从零开始学电子技术丛书

从零开始学高压电工技术

张伯虎 主编
贾智勇 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书由浅入深地介绍了高压电工必须具备的知识,全书共分10章,分别介绍了电工安全作业与电力网;常用电工基础知识;仪用互感器;继电保护装置及二次回路;电力变压器;高压电器;架空线路及电力电缆;接地、接零及防雷保护;安全用电;高压电工操作技术等内容。

本书适合电工及初学者自学使用。同时,本书也可作为大专、中专、职业院校及各种短期培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

从零开始学高压电工技术/贾智勇等编著. —北京:国防工业出版社,2009.8

(从零开始学电子技术丛书/张伯虎主编)

ISBN 978-7-118-06316-5

I. 从... II. 贾... III. 高电压-电工技术 IV. TM8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 063533 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

鑫马印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 字数 341 千字

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

丛书前言

我们所处的时代是一个知识爆炸的新时代。新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。可以毫不夸张地说,电子技术的应用无处不在,电子技术正在不断地改变着我们的生活,改变着我们的世界。

读者朋友:当你面对妙趣横生的电子世界发生兴趣时;当你彷徨于就业的关口,想成为电子产业中的一名员工时;当你跃跃欲试,想成为一名工厂的技术革新能手时;当你面对“无所不能”的“单片机”,梦想成为一名自动化高手时;当你的头脑里冒出那么多的奇思妙想,急于把它们应用于或转化为产品时……都是那么急切地想补充自己有关电子技术方面的知识,这时,你首先想到的是找一套适合自己学习的电子技术图书阅读。这套《从零开始学电子技术丛书》正是为了满足广大读者特别是电子爱好者的实际需要和零起点入门的阅读要求而编著的。

本丛书的读者定位是:零起点入门的电子爱好者、广大打工族、待业人员、家电维修人员、电工电子技术人员和非电工电子专业的工程技术人员。主要满足他们在职学习、自学成才之用。同时,本丛书也可作为大专、中专、中技、职业院校以及各种短期培训班和再就业工程、知识更新工程培训的教材或教学参考书。

与其他电子技术类图书相比,本丛书具有以下特点:

一、内容全面,体系完备。本丛书给出了广大电工、电子爱好者学习电工、电子技术的全方位解决方案,既有初学者必须掌握的电路基础、模拟电路和数字电路等基础理论,又有电子元器件检测、电子测量仪器的使用、电路仿真与设计等操作性较强的内容,还有电气控制与 PLC、单片机、CPLD 等综合应用方面的知识。在首批出版 11 个分册的基础上,本丛书的第二批又推出了高压电工、低压电工、维修电工、弱电电工、电气焊、空调、制冷、电梯、电子日历与钟表、计算机组装、室内装修电脑设计、网络管理等 12 个分册,因此,本丛书堪称内容翔实,覆盖面广。

二、通俗易懂、重点突出。传统的电子技术图书和教材在介绍电路基础与模拟电子技术等内容时,大都借助高等数学这一工具进行分析,这就给电子爱好者自学电子技术设置了一道门槛,使大多数电子爱好者失去了学习的热情和兴趣。本丛书在编写时,完全考虑到了初学者的需要,不涉及高等数学方面的公式,尽可能地把复杂的理论通俗化和实用化,将烦琐的公式简易化,再辅以简明的分析及典型的实例,从而形成了本丛书通俗易懂的特点。为了满足不同层次读者的需求,本丛书对难点和扩展知识用“*”进行了标注,初学者可跳过此内容。

三、实例典型,实践性强。本丛书最大程度地强调了实践性,书中给出的例子大都经过了验证,可以实现,并且具有代表性;本丛书的一部分分册配有光盘,光盘中收录了书中的实例、

常用软件、实验程序和大量珍贵资料,以方便读者学习和使用。另外,读者如果在阅读过程中遇到问题需要帮助,请直接通过 Email: zyh-zxh@163.com 与作者联系,我们将尽力为您解决问题。

四、内容新颖,风格活泼。本丛书所介绍的都是电子爱好者最为关心并且在业界获得普遍认同的内容,本丛书的每一分册都各有侧重,又互相补充,论述时疏密结合,重点突出。对于重点、难点和容易混淆的知识,书中还特别进行了标注和提示。

五、把握新知,结合实际。电子技术发展日新月异,为适应时代的发展,本丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍;本丛书中涉及的应用实例都是编著者开发经验的提炼和总结,相信一定会给读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时,还专门安排了计算机辅助软件的仿真实验,实验过程非常接近实际操作的效果,使电子技术的学习变得更为直观,使学习变得更加生动有趣,这可以加深读者对电路理论知识的认识。

总之,对于需要学习电子技术的电子爱好者而言,选择《从零开始学电子技术丛书》不失为一个好的选择。本丛书一定能给你耳目一新的感觉,当你认真阅读之后将会发现,无论是你所读的书,还是读完书的你,都有所不同。

感谢本丛书的策划者——电子科普领域中的知名专家、中国电子学会高级会员刘午平先生与科技出版界资深编审杨星豪先生,他们与我们共同交流,共同探讨,达成了共识,确立了写作方向,并为本丛书的选题、编写、修改和出版做了大量卓有成效的工作,他们以丰富的专业知识和认真、敬业的态度为我们所敬佩;感谢山东持恒开关厂总经理陈培军先生和山东金曼克电气集团设计处总工程师高广海先生,他们对本丛书的编写提出了很多建设性的意见和建议,为本丛书的许多实验提供了强有力的支持与帮助,并参与了部分图书的编写工作;感谢网络,本丛书的许多新知识、新内容都是我们通过网络而获得的,我们在写作过程中遇到的许多疑难问题也大都通过网络得以顺利解决,对于这么多乐于助人、无私奉献的站主和作者们,无法在此一一列举,只能道一声“谢谢了!”感谢众多电子报刊、杂志和相关书籍的编辑和作者,他们为本丛书提供了许多有新意、有实用价值的参考文献,才使得这套丛书能够别出心裁、与时俱进;感谢国防工业出版社,能与国内一流的出版社合作,我们感到万分的荣幸;感谢博华图文社及其他对本丛书的出版付出过辛勤工作的人士,没有他们的热心与支持,本丛书不知何时才能与读者见面!

最后,祝愿本丛书的每一位读者在学习电子技术的过程中,扬起风帆,乘风破浪!

丛书编著者
2009年3月于北京

前 言

随着工业的飞速发展,工业中电气设备的应用也越来越多,电气设备包括低压设备和高压设备。高压设备可以满足一些特殊的需要,但在使用时也存在着一定的危险。这就要求从事电工作业的人员应达到较高的技术水平。为了使从业人员能顺利使用与维护高压设备,我们特编写了本书。

本书在编写过程中,从基础理论开始,循序渐进地讲解高压电工技术,内容丰富、图文并茂、语言通俗易懂,可使读者掌握多种电气设备的工作原理及操作技能,本书是作者结合多年的教学经验及实际工作经验进行编写的,因此注重实用性,降低理论难度也是本书的一大特色。

本书内容主要包括以下几部分:第一部分为电工基础篇,即第一章和第二章内容,重点介绍了电工安全作业与电力网以及电工基础知识;第二部分为电工应用篇,即第三章至第七章内容,重点介绍了继电保护装置及二次回路、仪用互感器、电力变压器、高压电器架空线路及电力电缆等;第三部分为电工安全篇,即第八章和第九章内容,重点介绍了接地、接零及防雷保护和安全用电;第四部分为电工提高篇,即第十章内容,重点介绍了高压电工操作技术。

本书的出版,得到郭仲礼、于日浩、刘光源等老师的支持和帮助。本书在写作过程中还参阅了部分书籍杂志的相关技术资料,在此对原作者表示衷心的感谢。

本书的内容新颖,实用性强、适合电工及初学者自学使用。同时,本丛书也可作为大专、中专、职业院校及各种短期培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

由于编者水平有限,疏漏与不妥之处难免,敬请广大读者与同仁不吝指教。

编者

2009. 3

目 录

第一章 电工安全作业与电力网	1
第一节 电工作业在生产中的地位和作用	1
一、电能国民经济中的作用和地位	1
二、电业工作在生产过程中的重要作用	2
三、生产与安全	2
第二节 电工的岗位职责	3
一、认真贯彻执行安全生产方针	3
二、正确理解安全生产方针的重要性	3
三、电工岗位安全职责	4
第三节 电工应遵守的职业道德	4
一、职业道德	4
二、电工职业道德规范	4
第四节 电力供电系统与电力网概述	5
一、电力供电系统	5
二、电力网	6
三、构成大型电力供电系统的优点	6
四、电力供电系统的生产特点	6
五、电力负荷的分类	7
第五节 供、用电关系与电能质量指标	8
一、对供电系统的基本要求	8
二、供电电能质量指标	8
第六节 用电单位的供电系统	11
一、变、配电所的类型	11
二、变、配电所电源引入方式	12
三、变、配电所的主接线	13
第二章 常用电工基础知识	17
第一节 直流电路	17
一、直流电路的分析方法	17
二、基尔霍夫定律及其应用	21
第二节 电、磁与电磁感应	23

一、基本物理量	23
二、磁性材料及磁路	24
三、电磁感应	26
四、自感	28
五、互感	30
第三节 单相交流电路	30
一、正弦交流电的三要素	31
二、正弦交流电的分析方法	32
三、典型的单相交流电路	35
第四节 三相交流电路	42
一、对称的三相交流电路	43
二、三相电源供电方式	43
三、三相负载的接线方式	44
四、三相负载功率的计算	46
第三章 仪用互感器	48
第一节 仪用互感器的分类及用途	48
一、仪用互感器的分类	48
二、仪用互感器的用途	48
第二节 仪用互感器的构造及工作原理	48
一、电压互感器的构造及工作原理	48
二、电流互感器的构造及工作原理	48
第三节 仪用互感器的型号及技术数据	49
一、电压互感器的型号及技术数据	49
二、电流互感器的型号及技术数据	53
第四节 仪用互感器的极性	58
一、仪用互感器极性的概念	58
二、仪用互感器极性的测试方法	58
第五节 仪用互感器的接线	59
一、电压互感器的接线	59
二、电流互感器的接线	60
三、电压、电流组合式互感器的接线	61
第六节 电压互感器的熔断器保护	62
一、电压互感器一次侧(高压侧)熔丝熔断的原因	62
二、电压互感器一次侧和二次侧熔丝熔断后的检查与处理方法	62
第七节 电压互感器的绝缘作用	64
一、中性点不接地系统一相接地故障	64
二、绝缘作用	66

第八节	电流互感器二次开路故障	69
一、	电流互感器二次开路的现象	69
二、	电流互感器二次开路的后果	69
三、	电流互感器二次开路的处理方法	69
第四章	继电保护装置及二次回路	70
第一节	概述	70
一、	继电保护装置的任务	70
二、	对继电保护装置的基本要求	70
三、	继电保护装置的基本原理及其框图	71
第二节	继电保护装置的基本类型	73
一、	电流保护	73
二、	电压保护	73
三、	方向保护	73
四、	差动保护	73
五、	高频保护	74
六、	距离保护	74
七、	平衡保护	74
八、	负序及零序保护	74
九、	瓦斯保护	74
十、	温度保护	75
第三节	10kV 变、配电所继电保护中常用的继电器	75
一、	感应型 GL 电流继电器	75
二、	电磁型 DL 系列电流继电器	77
三、	电磁型 DJ 系列电压继电器	77
四、	电磁型 DZ 系列交、直流中间继电器	77
五、	电磁型 DS 系列时间继电器	77
六、	电磁型 DX 系列信号继电器	77
第四节	继电保护装置的操作电源及二次回路	78
一、	交流操作电源	78
二、	直流操作电源	78
三、	继电保护装置的二次回路	80
第五节	电流保护回路的接线特点	83
一、	三相完整星形接线	83
二、	三相不完整星形接线(V 形接线)	83
三、	两相差接线	84
第六节	电流速断保护和过电流保护	84
一、	电流速断保护	84

二、过电流保护	85
第七节 主保护、后备保护和辅助保护	86
一、主保护	86
二、后备保护	86
三、辅助保护	87
第八节 继电保护装置的运行与维护	87
一、继电保护装置的运行与维护工作的主要内容	87
二、继电保护装置运行中的巡视检查	87
三、继电保护及二次回路的检查和校验	88
四、运行中继电保护动作的分析、判断及故障处理	88
第五章 电力变压器	91
第一节 概述	91
一、变压器的作用	91
二、变压器的分类	91
第二节 电力变压器的工作原理	92
一、电力变压器的基本物理量	92
二、单相变压器的工作原理	93
第三节 变压器的型号及技术数据	95
一、变压器的铭牌与型号	95
二、变压器的技术数据	96
第四节 变压器的构造及各部件的作用	99
一、高、低压绝缘套管	99
二、分接开关	99
三、气体继电器	100
四、防爆管(安全气道)	101
五、油枕(储油柜)	101
六、呼吸器	101
七、散热器	102
八、油箱	102
九、变压器高、低压绕组	102
十、变压器铁芯	102
十一、温度计(油温表)	102
十二、放油阀门	102
第五节 变压器的保护装置	102
一、变压器的熔丝保护	102
二、变压器的继电保护	103
三、变压器的防雷与接地保护	103

第六节	变压器的安装要求	103
一、	电力变压器安装的要求	104
二、	室内变压器的安装要求	104
三、	室外变压器的安装要求	104
四、	变压器一、二次引线的施工要求	105
五、	变压器地线的施工要求	105
第七节	变压器的试验与检查	105
一、	变压器的绝缘油	105
二、	变压器取油样	106
三、	变压器补油	106
四、	变压器分接开关的调整与检查	107
五、	变压器的绝缘检查	108
第八节	变压器的并列运行	109
一、	变压器并列运行的条件	109
二、	变压器并列运行条件的含义	110
三、	变压器并列运行应注意事项	110
第九节	变压器的检修与验收	111
一、	变压器的检修周期	111
二、	变压器的检修项目	111
三、	变压器大修后的验收检查	111
第六章	高压电器	113
第一节	高压隔离开关	113
一、	高压隔离开关的用途	113
二、	高压隔离开关的结构	113
三、	高压隔离开关的型号及技术数据	114
四、	高压隔离开关的技术性能	114
五、	高压隔离开关的安装	115
六、	高压隔离开关的操作与运行	115
七、	高压隔离开关的检修	115
第二节	负荷开关	116
一、	负荷开关的用途	116
二、	负荷开关的结构及工作原理	116
三、	负荷开关的型号及技术数据	117
四、	负荷开关的维护	118
第三节	户内型高压熔断器	118
一、	结构及工作原理	118
二、	户内型高压熔断器的型号及技术数据	119

三、	户内型高压熔断器的用途	119
第四节	户外型高压熔断器	119
一、	户外型高压熔断器的结构及工作原理	119
二、	跌开式熔断器的型号及技术数据	120
三、	跌开式熔断器的用途	121
四、	跌开式熔断器的安装	121
五、	跌开式熔断器的操作及运行	121
第五节	操动机构	121
一、	操动机构的作用	121
二、	操动机构的型号	122
三、	操动机构的操作电源	122
第六节	弹簧操动机构	122
一、	概述	122
二、	弹簧操动机构的结构	123
三、	弹簧操动机构的控制电路	123
第七节	高压开关的联锁装置	126
一、	装设联锁装置的目的	126
二、	联锁装置的技术要求	126
三、	联锁装置的类型	126
第七章	架空线路及电力电缆	130
第一节	架空线路的分类、构成及主要材料	130
一、	架空线路的分类	130
二、	架空线路的构成	130
三、	主要材料	131
第二节	架空线路的安装要求	136
一、	10kV 及以下架空线路导线截面的选择	136
二、	架空线路导线的连接	137
三、	导线在电杆上的排列方式	138
四、	10kV 及以下架空线路导线固定的要求	139
五、	10kV 及以下架空线路同杆架设时横担之间的距离及安装要求	139
六、	10kV 及以下架空线路的档距、弧垂及导线的间距	140
七、	架空线路的交叉跨越及与地面距离	140
八、	电杆埋设深度及电杆长度的确定	141
九、	10kV 及以下架空线路拉线的安装规定	142
第三节	架空线路的检修	142
一、	检修周期	142
二、	一般性维修项目	143

三、	停电清扫检查内容·····	143
四、	户外柱上变压器的检修·····	143
第四节	电力电缆·····	144
一、	概述·····	144
二、	高压配电线路常用的电力电缆·····	144
第五节	电力电缆线路安装的技术要求·····	146
一、	电缆线路的安装要求·····	146
二、	直埋电缆的安装要求·····	147
三、	电缆线路竣工验收·····	147
第六节	电力电缆的运行·····	148
一、	电力电缆投入运行·····	148
二、	电力电缆的日常巡视检查·····	148
三、	电力电缆的定期检查·····	148
四、	电力电缆试验·····	149
第七节	电缆线常见故障及处理·····	149
一、	电缆线的故障·····	149
二、	终端头及中间接头的故障·····	150
第八章	接地、接零及防雷保护·····	151
第一节	接地·····	151
一、	接地的概念·····	151
二、	基本定义·····	152
三、	接地的种类·····	152
四、	电气设备接地故障分析·····	153
第二节	接地的应用·····	155
一、	工作接地的应用·····	155
二、	保护接地的应用·····	156
三、	保护接零的应用·····	157
四、	重复接地的应用·····	158
五、	接地电阻值的要求·····	159
第三节	接地装置的安装·····	160
一、	接地体的选用和安装要求·····	160
二、	接地线的选用和安装要求·····	161
三、	接地线的连接要求·····	162
四、	人工接地体的布置方式·····	162
五、	土壤高电阻率地区降低接地电阻的技术措施·····	163
第四节	雷电对人身及设备安全的危害·····	165
一、	雷电的基本知识·····	165

二、	雷电的危害	165
第五节	变、配电所的防雷保护装置	166
一、	避雷针与避雷线	166
二、	阀型避雷器	170
第六节	3kV ~ 10kV 线路及变压器的防雷措施	171
一、	配电线路的防雷措施	172
二、	配电变压器的防雷措施	172
三、	3kV ~ 10kV 变、配电所的防雷措施	173
第九章	安全用电	175
第一节	电气事故	175
一、	安全用电的重要意义	175
二、	电气事故的类别	175
三、	触电的方式	176
四、	触电的危害	178
五、	防止触电的措施	179
六、	电气事故的管理	180
第二节	触电急救	180
一、	脱离电源	181
二、	现场救护	182
三、	两种并用的急救方法	182
四、	外伤的处理	185
第三节	安全用具及安全距离	185
一、	绝缘安全用具的分类	185
二、	安全用具的使用	186
三、	安全用具的保管	187
四、	绝缘安全用具的试验	187
五、	安全距离	187
六、	保证安全的技术措施	188
第四节	电气火灾的预防及扑救	190
一、	电气火灾的原因分析	190
二、	电气火灾的预防措施	191
三、	扑救电气火灾注意事项	191
第十章	高压电工操作技术	193
第一节	绝缘电阻的测试	193
一、	变压器、电压互感器绝缘电阻的测试	193
二、	并联电容器绝缘电阻的测试	194

三、	阀型避雷器绝缘电阻的测试·····	195
四、	母线系统绝缘电阻的测试·····	196
五、	电力电缆绝缘电阻的测试·····	197
第二节	断路器导电回路电阻的测试·····	198
一、	准备工作·····	198
二、	标准·····	198
三、	使用器材·····	199
四、	测试电路·····	199
五、	操作步骤·····	199
六、	注意事项·····	199
七、	处理·····	199
第三节	接地电阻和土壤电阻率的测试·····	200
一、	接地电阻的测量·····	200
二、	土壤电阻率的测量·····	201
第四节	10kV 变、配电所的倒闸操作·····	202
一、	操作用术语·····	202
二、	倒闸操作的要求、步骤及注意事项·····	203
三、	停、送电倒闸操作·····	203
第五节	10kV 系统—接地故障的处理·····	208
一、	单相接地故障的分析·····	208
二、	处理步骤及注意事项·····	208
第六节	高压电度计量装置的故障判断和测试技术·····	208
一、	高压电度计量装置常见的故障种类·····	209
二、	高压电度计量装置的故障判断·····	209
三、	用三相高压电度表测算电路测试技术·····	211
参考文献·····		213

第一章 电工安全作业与电力网

第一节 电工作业在生产中的地位和作用

一、电能国民经济中的作用和地位

从意大利物理学家伏特于 1800 年利用化学能转换成电能,在不足 200 年的时间内,电能的利用已遍及世界各国,以及国民经济的各个领域。

以蒸汽为动力的机械出现,导致了第一次工业革命,但也仅限于制造及交通等少数行业领域。电能的利用,导致了第二次产业革命,其深度与广度远远超过了第一次产业革命。至今,不仅在工业、农业、交通运输等领域,而且在商业、服务业、医疗、邮电、通信、广播电视、印刷出版、国防、人民生活等各行各业,普遍使用电力。

现在,衡量一个国家工业化的程度,大体上可以按这个国家人均消费的电能多少做判断。

我国电力的使用始于 1879 年,同年,外商在上海安装了一台 10hp (1hp = 0.746kW) 的发电机。北京于 1889 年在颐和园开始使用电灯照明。1952 年,全国发电量为 73 亿 kW · h; 1988 年,发电量已达 5820 亿 kW · h,增长了近 80 倍。1995 年,发电量为 8100 亿 kW · h; 2000 年,发电量为 11000 亿 kW · h。折算为人均年消费电能近 1000kW · h。

电能是一种二次能源,它可以由机械能、化学能、光能、热能等直接转换成电能,电能也可以方便地转换成机械能、光能、化学能和热能(图 1-1)。

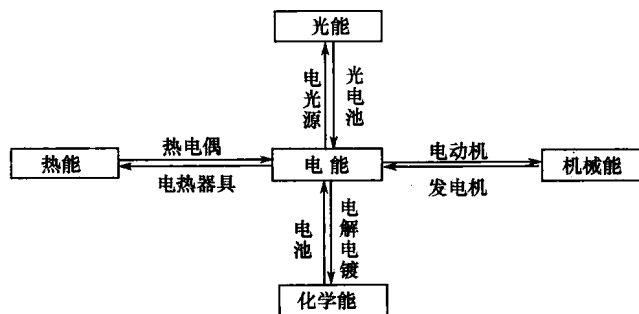


图 1-1 电能与其他形式的能之间可相互直接转换

电能的使用,为什么能导致第二次产业革命;为什么能在国民经济各领域及人民生活中得到如此广泛的使用,是有其内在原因的。因为,使用电能较之使用其他能源,具有无法替代的优点。

使用电能具有以下优点:

(1) 电能与多种其他形式的能之间可以方便地相互直接转换。这种转换,不需要其他中间环节(图 1-1)。因此,也就降低了能量转换过程中的各种损耗。

(2) 传输方便 电能的传输,可以通过输电线路完成,不需要车船或管道等输送设备。这种传输方式比其他能源的输送方式损耗小,维修费用低。