

全国中小学教师继续教育

专业必修课教材

初中物理专题分析丛书

安全用电与家庭电路

ANQUAN YONGDIAN YU JIATING DIANLU 教育部师范教育司组织编写
王绍符 编著





责任编辑：周登骞 / 封面设计：李宏庆

全国中小学教师继续教育专业必修课教材

初中物理专题分析丛书

《声现象》

《热现象》

《光现象》

《液体和气体》

《安全用电与家庭电路》

ISBN 7-107-16633-6



ISBN7-107-16633-6 定价：7.50元
G · 9723

初中物理专题分析丛书

安全用电与家庭电路

教育部师范教育司组织编写

人民教育出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

安全用电与家庭电路/王绍符编著. —北京: 人民教育出版社, 2003
ISBN 7-107-16633-6

I. 安...

II. 王...

III. ①用电管理-安全技术-师资培训-教材②电路-师资培训-教材

IV. TM92②TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 031562 号

人民教育出版社出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编: 100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京四季青印刷厂印装 全国新华书店经销

2003 年 12 月第 1 版 2003 年 12 月第 1 次印刷

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/32 印张: 4.625

字数: 110 千字 印数: 0 001~3 000 册

定价: 7.50 元

初中物理专题分析丛书编委会

- 主 编 陈熙谋
副 主 编 周誉蔼
编 委 (汉语拼音为序)
- 陈熙谋 北京大学
洪安生 北京市海淀区教师进修学校
缪钟英 四川联合大学
彭前程 人民教育出版社
施桂芬 上海教育出版社
王天谔 北京市东城区教育教学研究中心
张大昌 人民教育出版社
周誉蔼 北京十五中
- 本册作者 王绍符 河北大学附属中学
本册审稿 张三慧 清华大学
秦光戎 北京师范大学
方 妍 清华大学附属中学

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系调换。

(联系地址：北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编：100078)

前 言

全面推进素质教育，是当前我国现代化建设的一项紧迫任务，是我国教育事业的一场深刻变革，是教育思想和人才培养模式的重大进步。实施面向 21 世纪中小学教师继续教育工程，提高教师的素质，是全面推进素质教育的根本措施。

实施中小学教师继续教育，课程教材建设是关键。当务之急是设计一系列适合中小学各学科教师继续教育急需的示范性课程，编写一批基础性教材。

我司根据教育部《中小学教师继续教育课程教材建设方案》的统一规划，参考《中小学教师继续教育课程开发指南》，以中学物理教师继续教育课程教材建设引路，在调查研究和总结经验的基础上，首先设计急需的示范性课程，编制课程标准，经专家审定后，作为编写教材的依据。我们在设计示范性课程及课程标准时，遵循了以下原则：1. 从教师可持续发展和终生学习的战略高度，在课程体系中，加强反映现代科学技术的发展和应用的课程，加强中学物理专题研究的课程。2. 把教育理论和教师教育实践经验的总结与教育实践活动的改进紧密结合，用现代教育观念和理论方法，优秀课堂教学范例，从理论和实践的结合上，总结教学经验，提高教师教学能力，推动教育改革，落实素质教育。3. 适应教师培训模式改革的需要，有利于培养教师的创造精神和主观能动性。4. 注意有效，即实效性。有限，即适量性。有别，即层次性。有序，即科学合理的系统性。兼顾整体性与个体性，科学性、先进性与针对性相统一，灵活性与统一性相结合。

根据专家审定的中学物理教师继续教育示范性课程和课程标

准，编写9种基础性教材：《初中物理专题分析》、《高中物理专题分析》、《初中物理教学设计》、《高中物理教学设计》、《中学物理与现代科技》、《物理学发展中的创新思维选例》、《中学物理实验教学与自制教具》、《中学教师物理教育研究方法》、《中学活动课指导》。这些教材从今年秋季开始陆续出版。中小学教师继续教育语文、数学，中学教师继续教育英语、化学、生物，小学教师继续教育自然、社会等7个学科2~3种急需的示范性课程以及课程标准的设计已经启动，相应的教材将于明年底出版。同时我们还从全国推荐的中小学教师继续教育教材中，组织专家评审筛选一批优秀教材和教学参考书。上述这些教材和新编的基础性教材将向全国教师进修院校、教师培训基地、中小学教师推荐，供开设中小学教师继续教育相关课程时选用。根据继续教育的需要，我们还将继续设计开发新的课程和教材。

中小学教师继续教育教材建设是一项系统工程，尚处在起步阶段，缺乏足够的经验，肯定存在许多问题。各地在使用教材过程中有什么问题和意见，请及时告诉我们，以便改进工作，把课程教材建设提高到一个新水平。

教育部师范教育司
一九九九年六月二十四日

主编的话

唐代著名的文学家、教育家韩愈在他著名的教育论著《师说》中指出，教师的基本任务有三：传道、授业、解惑。按照今天的理解，传道包含了传授做人的道理和治学研究的方法，授业就是讲解有关的专业知识，解惑就是解答学习中遇到的问题，这三者构成了当今实施素质教育的基本要素。

一个有责任感的教师在备课中总是不断地思考和研究传道、授业和解惑三者的统一，不断思考和研究如何才能使学生更好地理解 and 掌握教学内容，领悟治学研究的方法，从而迸发出创新的火花。这种思考和研究永无止境，而且也正是在这种思考和研究中，教师得到磨练而更加干练和成熟。

呈现在读者面前的这套《初中物理专题分析》和《高中物理专题分析》丛书，是教育部师范司下达任务，人民教育出版社组织有经验教师撰写的中学物理教师继续教育教材的一种。作者们搜集了中学物理教学中可能出现的问题，有些是教师教学进一步深入可能会遇到的问题，有些则可能是学生进一步思考提出的问题，把它们组织起来，以更高层次的观点、近代物理的观点审视和给以分析。这不仅可以成为广大中学教师备课的好帮手，而且作为一种范例，它也是引导广大教师深入开展教学研究，并通过教学研究提高自身素养的好途径。

需要指出，《专题分析》只是就教学中可能遇到的问题作了分析，对于教师如何正确理解提供了说明，这并不是说要求教师原封不动地把这些专题分析搬到课堂教学中去给学生讲授。须知课堂讲授应根据教学大纲（或课程标准）的要求进行，随意改变教学大纲

(或课程标准)的要求,增加教学的深度和难度,从而增加学生的负担都是不适宜的和不可取的.诚然,《专题分析》中有些专题及其分析适于渗透在课堂教学中给学生讲解,有些适于对学生作个别解答,有些则适于组织学生课外学习探寻正确答案.这里存在一个掌握分寸的问题.

我们希望这套《专题分析》丛书能够切实解决广大中学教师教学中遇到的问题,并受到欢迎.

目 录

一、概述	(1)
1. 家庭用电与物理课程	(1)
2. 设备换代与技术更新	(1)
3. 四个专题	(2)
二、用电与安全	(11)
1. 触电	(11)
2. 火灾、爆炸和其他灾害	(23)
三、住宅电路低压电器	(36)
1. 刀开关	(36)
2. 熔断器	(42)
3. 低压断路器	(58)
四、家用电能表	(78)
1. 电工测量仪表规格简介	(78)
2. 家用电能表	(83)
五、住宅配电线路与接地保护	(102)
1. 家庭用电负荷与户内配电线路	(103)
2. 住宅配电系统一例	(106)
3. 住宅配电线路导线的选择	(110)
4. 接地故障保护	(114)

一 概述

1. 家庭用电与物理课程

本书是针对九年义务教育物理教学大纲中规定的“家庭电路”和“安全用电”而编写的。目的是提供给教师一份学习和教学的参考资料。

严格来讲，这本书所讲述的内容并不属于物理学，它具有强烈的技术知识的性质。那么为什么又在物理课程中讲述这方面的知识呢？这一方面是由于这部分知识是物理知识的应用，它是以物理学为基础的应用科学，在基础教育课程中当然应列入物理学的范围；另一方面，当前电已成了我们生活中不可缺少的东西，了解生活中的用电设备和电的应用知识，是现代社会每个公民都应该具备的条件。如此说来，在九年义务教育课程中包含这部分内容是再合情理不过的了。

2. 设备换代与技术更新

在我国上个世纪六十年代以前在初中物理课程中已开始介绍照明电路，虽然是一些简单的常识但与当时的人民生活水平是吻合的。那个时代家庭用电主要是照明，除了照明灯具外有收音机的用户都不多。住宅是平房，家庭电路从接户线到入户线所有低压电器只不过是一个磁闸盒（其内装有熔丝），作为接通、分断电路和故障保护之用，还有一个电能表用以结算电费。这几样简陋的低压电器也没有做到家家进户，往往是一个院落多家共用，一般没有接地

保护设施。二十世纪七十年代末八十年代初城市居民楼房多了起来，住宅配电线路也有了改善，磁闸盒被闸刀开关和插入式熔断器所代替，包括电能表这些低压配电电器进入了各家各户，开始有了接地保护措施。但是线路都是单回路设计，负荷仍旧很小，不过500 W左右。

从二十世纪八十年代后期经历九十年代至今，在我国住宅配电线路有了很大变化，闸刀开关、插入式熔断器让位于低压断路器（俗称空气开关，或自动开关）和漏电保护断路器（简称漏电保护器），引进了国外或我国自己设计的新产品，即小型模块式轨上安装断路器和漏电保护器。普遍采用了接地保护系统，并开始实施等电势联结（工程中常称为等电位联结）等故障保护新技术。预付费磁卡电能表也开始被采用。户内配电线路也由单回路设计改为多回路。负荷增至(2~3)kW。在我国改革开放人民生活水平大幅度提高，各种家用电器不断涌入家庭这种形势的推动下，住宅配电线路从技术的更新到设备的换代异常迅猛。我们的课程内容没有跟上，我们的知识也没有跟上。显然摆在我们面前的任务是继续学习。本书是在笔者经历了几年内外线工程实践，参考最新资料，包括最新国家标准，以及实际考查现代住宅配电线路设计的基础上编写而成，从而可知也是继续学习的结果。

3. 四个专题

(1) 用电与安全

这里所说的安全包括两方面，一是人身安全，二是财产、设备安全，其中涉及的灾害包括人身触电（电击和电伤）、火灾、爆炸以及其他灾害。

对于触电，书中依据国内外权威性资料，介绍了电流对人体的

危害，详细分析了触电的安全界限，全面讲述了安全电压的概念。目前在这方面存在不少误解，人们往往非常简单地认为“只有低于36 V的电压才是安全的”，或者“只要低于36 V的电压就是安全的”。如此绝对化这完全是误解。

不错，在1983年以前我国曾规定工频36 V，12 V为安全电压，但是，1983年已制定新标准，“安全电压(GB3805-83)”，且与国际(IEC)接轨。规定安全电压限值，在任何情况下不得超过交流(50~500 Hz)有效值50 V；规定了在各种不同环境条件下的安全电压五个等级，42 V，36 V，24 V，12 V，6 V；规定了对安全电压供电电源的要求；说明了这个标准不适用于水下等特殊场所，也不适用于有带电部分能伸入人体内部的医疗设备。

安全电压标准制定的依据，一方面是通过人体的电流引起的生理、病理反应；二是人体电阻(阻抗，下同)的大小。对于人体电阻的概念也存在许多歧义，各种非电工技术书刊给出的阻值有很大差异。一位中学教师曾以自己的身体做实验(值得注意的是用活人做灾害性实验是被禁止的)，采集了一组数据，其中有工频交流100 V，电流0.7 mA，食指触电部位麻感持续，皮肤干燥，阻值150 k Ω ；工频交流电38 V，电流2.3 mA，食指剧烈颤抖，双手食指沾水，阻值13.4 k Ω 。笔者用多用表电阻档，分别用两手食指和拇指捏住表笔，表内电池为10.5 V时，电阻为(200~30)k Ω (干燥时为大值，湿润时为小时)。人体电阻是变化的，男女不同老少各异，同一个人在不同干湿条件下也不同，还与电压高低，交流直流等多种因素有关。各种电工技术书籍、手册中在考虑到人体触电时给出的人体电阻参考值是(2000~1000~500) Ω ，干燥时取大值，湿润时取小值。对于触电事故中出现的人体反应、以及人体电阻的研究是多方面的，有动物实验，事故统计分析，也有在规定条件下的实际测量。我国国家标准 GB/T 13870. 1-92 对人体电阻测量的电源、电压、电极面积、电流路径、通电时间、取样(活人和尸

体)分组,以及统计方法等,作了明确的规定.由此可知,上述电工技术中采用的人体电阻数值是有专业根据的,其他非专业测量都不足为凭.由以上分析可知,对于安全电压不能绝对化,在一般情况下安全电压限值为交流 50 V,而在潮湿环境,如浴室则安全电压限值只有交流 15 V.从这里也可以看出,处理工程技术问题更注重实用,与处理物理问题在思想方法上是有区别的.

在这一专题内还介绍了火灾、爆炸,还有静电、雷击等与电有关的灾害,以及防范措施,举了一些实例,其中有些为笔者所亲眼目睹.

熔断器、脱扣器、漏电保护器等保护电器,以及接地故障保护、等电势联结等故障保护措施没有放在这一专题,因为介绍这些内容需要一些预备知识,故而放在后续各专题之中.

(2) 住宅电路低电压电器

4 在这一专题中依次介绍了闸刀开关、熔断器、低压断路器和漏电保护器,这些都是现实生活中应用于家庭电路的低电压电器.闸刀开关和熔断器很早以来就已应用于家庭电路,近些年来才逐渐被低压断路器和漏电保护器所代替,但是直到现在在城市旧住宅,尤其是农村住宅中仍在大量使用.

本书用较大篇幅介绍了熔断器,这是由于人们对熔断器有不少误解.熔体熔化完全是物理过程,对于一个确定的熔体,比如说一段常见的熔丝(俗称保险丝),有一定质量,有一定熔点,温度升高到熔点还需要吸收熔化热才能熔化为液体.电流通过熔体产生的热量 $Q=I^2Rt$,从而可知熔断过程与电流 I 和时间 t 有关,这就是熔断器的技术特性也叫做安-秒特性.由于散热,电流小时可能无论多么长时间,都不可能累积达到使熔体熔化所需要的热量.电流达到某一定值时可能在无限长时间(实际上为很长的时间,1小时、2小时或更长一些时间)才能熔断.这个电流值叫做“最小熔化电流” I_R ,这是个很重要的概念.在电流大于最小熔化电流 I_R 的前提下,电流越大熔断时间越短,电流越小熔断时间越长.绝不是人

们通常所说的那样，“一旦达到或超过额定电流值 I_n 就立即熔断”。额定电流 I_n 是正常工作时的电流，在通常情况下实际工作电流免不了有些上下波动，如果“一旦达到或超过额定电流值 I_n ，熔断器就立即熔断”，则电路将无法正常工作。

熔断器的保护作用分“延时保护”和“瞬时保护”，延时保护用于“过载保护”，瞬时保护用于“短路保护”。一般用电装置都有一定的过载能力，只要在允许的时限以内，过载并不会造成事故，相反，还可以充分发挥用电装置的过载能力。超过时限则可能出现事故。所以要求在时限以内熔断器不熔断，超过时限熔断，这就是过载延时保护。过载延时保护对以电动机为动力的用电装置，如家用电器中的洗衣机、电风扇、空调器、电冰箱等尤其显得必要。电动机起动电流一般为正常运转时额定电流的(5~7)倍，且持续时间较长，如果一旦超过额定电流立即熔断，则电动机将无法起动，上述家用电器都将无法工作。发生短路时电流非常大，可能造成严重灾害，因而要求熔断器立即熔断，这就是短路瞬时保护。一般家庭电路中的熔断器兼有过载和短路保护功能，其熔体的额定电流 I_n 小于最小熔化电流 I_R ，在正常工作时不会熔断。 $\frac{I_R}{I_n}$ 的比值叫做“熔化系数”，这个比值越大灵敏度越低，作延时保护的时限越长。

低压断路器是近些年进入家庭电路的低压电器，比起闸刀开关来有很大优越性：一是它能够分断较大的电流，有灭弧装置，这正适合家庭电路负荷增大的情况；另外它的热稳定性、电动稳定性、电寿命也都比闸刀开关要好。二是它在有故障发生时能自动切断电路。家庭电路用的断路器内部装有两个脱扣器，一个是双金属片热脱扣器，用来作过载延时保护；另一个是电磁脱扣器，用来做短路瞬时保护。在家庭电路中用了断路器之后不再装熔断器，遇有故障时脱扣器自动脱扣（俗称掉闸），切断电路。故障排除之后只需要重新合闸而不需要更换零部件。

目前住宅配电线路用于各户的断路器多为小型模块式，且在轨上安装。同样小型模块式轨上安装的漏电保护断路器是小型低压断路器的派生产品，由漏电脱扣器和断路器以模块的形成组合而成。家庭用的漏电保护断路器额定电流为 30 mA，动作时间 < 0.1 s。在发生漏电，如人身触电时，可在 0.1 s 内切断电路，从而确保人身安全，这在过去的家庭电路中是没有的。只有闸刀开关和熔断器的电路，对触电没有保护作用。漏电保护断路器有两种，一种是电磁式的，另一种是电子式的。目前用于家庭电路的基本上都是电子式的，本书着重介绍的也是这一种。

在这一专题内除有针对性的重点介绍几种应用于家庭电路的低压电器以外，还对有关技术知识和资料作了一些介绍。目的是扩大眼界，以便我们的教师在教学中心中有数，另外也可以作为课外活动的参考。

(3) 家用电能表

在这一专题内对家庭电路的电能表作了较为详实、细致的介绍。这是由于人们对电能表的误解较多问题也较多。如，究竟电能表允许通过的最大电流是多大？电能表的表盘上有的只标有一个电流值，有的标有两个电流值，一个在括号外另一个在括号内，这是怎么回事？通过电能表的电流是否超过额定电流就会将表烧坏？电能表表盘上标出的电流值是否就是额定电流值？使用电能表为什么不允许低载，低载的限值究竟是多少？通常的电工仪表使用时都是接两根线，为什么电能表接四根线？还有如何根据家庭用电负荷选择电能表，或如何根据现有电能表确定家庭用电负荷？等等。

产生上述一系列问题是多种因素造成的，其中一个重要原因是我们不熟悉感应系仪表，没有注意到感应系仪表与我们熟悉的直流电流表、电压表这类磁电系仪表的差异。感应系仪表与磁电系仪表结构不同，原理不同。将使用磁电系仪表的知识套用在感应系仪表上必然会产生与实际不符的矛盾。另一方面近年(1994)来我国电能

表技术标准已更新，而在现实家庭电路中新旧产品并存，与传统电能表不同的预付费磁卡式电能表已开始进入家庭，给我们准确了解电能表也造成了一些困难。

在这个专题一开始较为全面，但又非常简略地介绍了各种类型的电工仪表，其中包括了电能表和中学实验室中最常用的直流电流表、电压表。着重介绍对各类型仪表具有普通意义的技术知识，如“准确度等级”、“使用外界条件”以及表盘上所标的各种符号。这不但对了解电能表需要，对使用直流电流表、电压表也需要，在这方面在实际教学中也存在一些问题。比如，根据准确度等级如何选择直流电流表、电压表的量程，又应如何读取数值？在刊物上时有这方面的讨论文章，到目前为止尚缺乏以技术标准为依据的共识。

对电能表首先介绍了基本结构，包括驱动部件、转动部件、积算机构和制动部件四大部分。对这些部件的介绍改变了一般电工学以及电工技术书籍与现实不符的陈旧面孔，而是以现行技术标准和目前实际用于家庭电路的产品为依据，重新设计制图，并作了较为细致的介绍。对原理的介绍，包括磁路、转矩、制动以及相位调整，较一般电工技术普及书籍更为详尽，以便于我们从物理学的角度理解有功功率 $UI \cos \varphi$ 与转矩 M 成正比的关系，并进而了解有重要意义的“仪表常数” C 。但也回避了冗长的矢量数学分析。

电能表的选择与使用是大家更为关心的问题。本书首先说明了按新技术标准，电能表的“基本电流” I_b ，“最大额定电流” I_{max} ，“起动电流” $0.5\% I_b$ （ \odot 表），和“负载宽度” $\frac{I_{max}}{I_b}$ ，以及与旧技术标准电能表的差异。然后以一个真实的家庭为例，介绍了电能表的选用。这个家庭有大小用电器具 30 件（包括照明灯具），总功率 9 547 W，但不会同时使用，故取“需用系数” $k_r=0.3$ ，算得“计算功率” $P_j=2 864$ W，取 $\cos \varphi=0.9$ ，算得“计算电流” $I_j=14.5$ A，从而可以确定选用基本电流 $I_b=10$ A，最大额定电流 $I_{max}=20$ A，