

PHYSICS TEACHING

ISSN 1002-0748 CN 31-1033 / G4

邮发代号: 4-284

物理教学

WU LI JIAO XUE

第45卷 第3期

2023.03



<http://wljx.ecnu.edu.cn>

● 中国科学技术协会主管 ● 中国物理学会主办 ● 全国中文核心期刊

- 高中物理学科中培养高阶思维的探索——以“周期运动”单元教学为例
- 基于“实验释疑”促进学生深度学习的探究
- 从深度学习视角剖析与优化板书设计
- 2022年高考全国乙卷理综第25题思维拓展与佯谬
- 浅析物理摄影对于物理学习的教育价值

ISSN 1002-0748



9 771002 074238

03>

3

2023

第45卷 第3期

(总第502期)

月刊(1978年创刊)



物理教学

PHYSICS TEACHING

主管单位: 中国科学技术协会

主办单位: 中国物理学会

出版单位: 《物理教学》编辑部

主 编: 程 亚

副主编: 蒋最敏 刘玉鑫

管曙光 唐 掣

编辑部主任: 黄燕萍

封面题字: 谢稚柳

目

次

●教学论坛●

- 高中物理学科中培养高阶思维的探索——以“周期运动”单元教学为例 戴小民 杨贤富(2)
- 高中物理观念的提炼: 现状、问题与对策 周楠桦 吴 伟(7)
- 基于物理思想方法的专题复习单元设计——以“守恒思想”教学为例 张 健 王 华 李春密(12)
- 高中物理单摆教学逻辑重构研究 陈雪峰 马亚鹏 邢红军(16)
- 基于 TPACK 理论的“简谐运动”的教学与思考 高成军 陆光华(20)

●物理实验室●

- 动能演示仪教具的改进与教学 伍国锋 易宇欢(24)
- 基于持久深入学习的教学设计——以“气体的等温变化”教学为例 方 盛 朱海英(26)
- 基于“实验释疑”促进学生深度学习的探究 闫 峰(31)
- 基于 SOLO 分类理论的物理课堂教学设计——以“多用电表的原理”教学为例 汪 明(34)

●初中园地●

- 从深度学习视角剖析与优化板书设计 李建锋(37)
- 两版本义务教育物理课程标准学生必做实验变化 孙春成(41)
- 新课标视域下初中物理多元化实验教学的实践研究——以“探究冰、烛蜡的熔化特点”实验为例 张 红(45)
- 构建“初中物理实验教学课堂范式”的实践研究 孙玉杰 邓晓琼 李星辉(50)

●教研员论坛●

- 重构实验课堂教学 促进科学思维提升——以“用电流表、电压表测电阻”实验教学为例 陈泽颖(53)

●命题与解题●

- 利用三阶行列式巧解三力问题 于海滨(56)
- 探寻圆弧轨道上神奇的 μ 值 谭志刚(59)
- 金属棒真的做匀加速直线运动吗 向得精(63)
- 对弹性碰撞过程中动量变化的深入讨论——从一道高三练习题说起 郭 彪(65)

●高考与竞赛●

- 2022 年高考全国乙卷理综第 25 题思维拓展与伴谬 贾永峰 杨明国(68)
- 高考评价体系视域下的高中物理单元作业设计——以“运动和力的关系”作业设计为例 文金宝 罗 成(71)

●国外教学●

- 浅析物理摄影对于物理学习的教育价值 吴键兵 陈 炯(75)

●生活与物理●

- “表头”究竟是什么 杨 慧(78)

编辑部地址: 上海市中山北路 3663 号
(华东师范大学物理与
电子科学学院内)

邮政编码: 200062

电话(传真电话): (021)62232813

E-mail: wljx@phy.ecnu.edu.cn

网址: http://wljx.ecnu.edu.cn

排版: 南京前锦排版服务有限公司

印刷: 江苏省宜兴市德胜印刷有限公司

国内邮发代号: 4-284

国内总发行: 上海市报刊发行局

国外总发行: 中国国际图书贸易集团

有限公司(100048 中国北京
399 信箱)

国外发行代号: M 356

发行方式: 公开发售

订购处: 全国各地邮局

国际标准连续出版物号:

ISSN 1002-0748

国内统一连续出版物号:

CN 31-1033/G4

出版日期: 2023 年 3 月 18 日

国内定价: 16.00 元

ISSN 1002-0748

Physics Teaching

3

2023

Monthly

(Founded in 1978)

Vol. 45, No. 3

(Cumulative 502)

Sponsor:

Chinese Physical Society

Editor:

Editorial Board of

Physics Teaching,

Chinese Physical Society

Chief Editor:

Cheng Ya

Office:

3663 N. Zhongshan Road

Shanghai 200062

(East China Normal University)

Telephone:

86-21-62232813

Fax: 86-21-62232813

Email: wljx@phy.ecnu.edu.cn

http://wljx.ecnu.edu.cn

Distributor:

China International

Book Trading

Corporation (P. O. Box 399, Beijing)

Code Number:

M356

Date of Publication:

3-18-2023

ISSN 1002-0748



9 771002 074238

Teaching Forum

Exploration of cultivating higher order thinking in physics teaching, taking

“periodic motion” teaching as an example Dai Xiaomin, Yang Xianfu(2)

The refinement of high school physics concept, its current situation, problems

and countermeasures Zhou Nanhua, Wu Wei(7)

Design of special review unit based on physics thinking method, taking

“conservation thinking” teaching as an example

..... Zhang Jian, Wang Hua, Li Chunmi(12)

Research on logic reconstruction of pendulum teaching in senior physics

..... Chen Xuefeng, Ma Yapeng, Xing Hongjun(16)

Teaching of “simple harmonic motion” based on TPACK theory

..... Gao Chengjun, Lu Guanghua(20)

Physics Laboratory

Improvement of kinetic energy demonstrators Wu Guofeng, Yi Yuhuan(24)

Teaching design based on deep Learning, taking the teaching of “isothermal

change of gas” as an example Fang Sheng, Zhu Haiying(26)

Research on promoting students’ deep learning based on “experimental

interpretation” Yan Feng(31)

Physics classroom teaching design based on SOLO classification theory

..... Wang Ming(34)

Junior Physics

Analyze board writing design from the perspective of deep learning ... Li Jianfeng(37)

The change of two versions of compulsory education physics curriculum

standards in students experiments Sun Chuncheng(41)

The practical research on the pluralistic experimental teaching in junior physics

in the view of the new curriculum standard, taking the experiment of

“exploring the melting characteristics of ice and candle” as an

example Zhang Hong(45)

A practical research on the construction of “junior physics experiment teaching

paradigm” Sun Yujie, Deng Xiaoxiong, Li Xinghui(50)

Education Inspectors Forum

Reconstruction of experimental teaching and promotion of scientific thinking,

taking “measuring resistance with ammeter and voltmeter” as an example

..... Chen Xunying(53)

Questions Assigned and Solved

The third order determinant is used to solve the three-force problems

..... Yu Haibin(56)

Search for the magic μ value on the arc orbit Tan Zhigang(59)

Do metal bars really move uniformly accelerated in a straight line ... Xiang Dejing(63)

A deep discussion on the momentum change in the process of elastic collision

..... Guo Biao(65)

High-Exams and Competition

Analysis of the 25th problem in 2022 national B high-exams

..... Jia Yongfeng, Yang Mingguo(68)

The assignment design of senior physics from the perspective of high-exams

system, taking “the motion and force” assignment design as an example

..... Wen Jinbao, Luo Cheng(71)

Teaching Abroad

Analysis of the educational value of physics photography for physics learning

..... Wu Jianbing, Chen Xian(75)

Physics in Daily Life

What is the “meter head” Yang Hui(78)

两版本义务教育物理课程标准 学生必做实验变化

孙春成 (江苏省江阴市教师发展中心 江苏 214431)

摘 要 从实验地位升级、实验数量增加、实验要求变化、实验目标、增加教学提示等方面对比、分析了 2011 年版新课标和 2022 年版新修订义务教育物理课标中学生必做实验的变化。梳理这些变化,并揣摩这些变化的意图和可能带来的变化,对夯实初中物理实验教学,发挥实验独特育人功能,充分发挥物理学科丰富育人价值有重要意义。

关键词 义务教育物理课标 学生必做 变化 教学启示

文章编号 1002-0748(2023)3-0041

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

2022 年版新修订义务教育物理课程标准(以下简称新修订课标)和原来 2011 年版义务教育物理课程标准(以下简称新课标)相比有较大的变化,比如课程目标由原来的“三维目标”凝练为“物理学科核心素养”,学生必做实验由附录升级为课程内容中的一级主题,增加了跨学科实践一级主题等。实验一直都是初中物理教学的重要内容,也是初中物理教学中用来突破教学重点和教学疑难的重要策略。

新课程改革以来教师的教学观、学生观、育人观都发生了很大变化,越来越重视在教学设计中以学生为主体,将课堂还给学生,重视让学生在课堂上获得亲自动手的机会,获得更好的学习体验。为此,初中物理教师们也越来越认识到实验在物理中的重要地位和独特价值,重视发挥实验教学的独特教育教学功能。开齐、开足、开好学生必做实验,是凸显初中物理实验育人功能,发挥物理学科独特育人价值,为实现立德树人目标的任务贡献力量。梳理新修订课标,对比新课标中学生必做实验(也叫学生分组实验)发生了哪些变化,并尝试揣摩这些变化的意图,可以为实施好学生必做实验教学提供有益启示,提升初中学生必做实验教学的实效。

1 实验地位升级

“学生分组实验的最主要特征是学生独立的实践活动,这种活动有系统的、统一的要求,并在实验室内完成。”^[1]在新课标中,学生必做实验,在“科学内容”的相关主题中已提出了要求^[2],然后以附录的形式列出。所谓附录是指“附在正文后面与正文有

关的文章或参考资料”^[3]。可见,以附录形式呈现学生必做实验,会在教师心目中矮化学生必做实验的地位,对实验开设形成不利影响。新修订课标虽然也和新课标一样在课程内容的相关主题中已经呈现了学生必做实验,但相关主题中不仅有学生必做实验还有演示实验,在此基础上新修订课标将学生必做实验由附录升级为课程内容主题,与“物质”“运动和相互作用”“能量”等并列,并进一步细分为“4.1 测量类学生必做实验”和“4.2 探究类学生必做实验”两个二级主题。由附录升级为主题内容,强化了学生必做实验的地位,“凸显物理实验整体设计,明确学生必做实验要求”,必将引起学生、教师对必做实验的重视,有利于发挥学校、教师的主观能动作用,千方百计开足、开好实验。

2 实验数量增加

学生必做实验数量可以反映出课程对实验教学重视程度以及当下的课程观、教材观、学生观。两个版本的课程标准中,学生必做实验总数以及测量类实验和探究类实验数量比对如表 1 所示^{[2][4]}。

表 1

课标版本	实验总数	测量类实验	探究类实验
2011 年版	20	11	9
2022 年版	21	9	12

学生必做实验有独特育人价值,“学生分组实验是任何其他的教学手段和方法所不能替代的”^[1],“旨在体现物理课程实践性的特点,培养学生发现问题和提出问题的能力、动手操作和收集数据的能力、分析和处理数据的能力、解释数据的能力、表达和交

流的能力,引导学生学会学习、学会合作,培养严谨认真、实事求是的科学态度”^[4]。数量增加必然导致实验教学权重增大,地位上升必将引起教师对学生必做实验教育教学功能和价值的重视。测量类和探究类实验相互关联,但各有侧重,目标和价值也有所差异。“测量类实验教学应引导学生了解测量原理,学习实验操作技能。探究类实验教学应以学生为主体,注重探究过程,激发学生兴趣,培养学生解决问题能力和创新精神。”^[4]相比测量类(验证性)实验,探究类实验更能促使学生在动手的基础上对实验原理、实验操作和注意事项背后逻辑、数据处理方法等方面进行深入思考,从而理解本实验为何要这样做、为何可以这样做,进一步思考还可以怎样做,为实验方案改进,应对实验习题变式,以及迁移原理和方法到新实验、新研究中奠定基础。与测量类实验相比,探究类实验对学生思维水平要求更高,也更能培养学生思维品质,其育人价值更丰富,也更能为学生长远发展起到更大的作用。测量类实验数量减少,探究类实验数量增加,这是过去 11 年初中物理教学理念的进步和演变的具体体现。也说明与 2011 年相比我们更应该给学生“松绑”,让学生有足够的空间和时间,让他们在物理课程学习中能够更加“思维自由”。

3 实验要求变化

3.1 实验开出率要求

2011 年版新课标要求“学校应充分利用已有的实验器材,努力开发适合本校情况的实验课程资源,尽可能让学生自己动手多做实验”^[2],2022 年版新修订课标则在学生必做实验的“教学提示”的“教学策略建议”部分提出“教师应提前做好教学设计,准备好实验器材和场地等,规划好教学时间”“教学中,要求每个学生动手动脑完成实验”“有条件的学校应尽可能多地给学生创造动手实验的机会”^[4]。虽然和 11 年前一样,新修订课标依然留有“尽可能”的字眼,为办学条件不足的薄弱学校留下“变通”的“缺口”,但新修订课标对教师设计实验教学的要求更高了,一是非常明确地要求教师课前做好充分准备,二是要求实验教学中每个学生都参与,三是要求促使学生动手又动脑。

3.2 学生必做实验目标

2011 年版新课标和 2022 年版新修订课标在课程目标部分关于实验或科学探究目标的表述如表 2 所示^{[2][4]}。

表 2

课标版本	实验目标
2011 年版	有初步实验技能,会用简单实验仪器测量基本物理量,具有安全意识;知道简单数据处理方法,会用简单图表等描述实验结果,会写简单实验报告;通过参与科学探究学习制定简单的科学探究计划和方案,有控制实验条件的意识;能通过实验手机数据;尝试解释实验数据得出的结论;乐于参与科学实践活动
2022 年版	有科学探究意识,能发现问题、提出问题,形成猜想与假设,具有初步的观察能力和提出问题的能力;能制定简单的科学探究方案,有控制实验条件的意识,会通过实践操作等方式收集信息,初步具有获取证据的能力;能分析、处理信息,得出结论,初步具有对科学探究过程和结果作出解释的能力;能书面或口头表达自己的观点,能自我反思和听取他人意见,具有与他人交流的能力

从表 2 可以看出,2022 年版新修订课标更加凸显了在实验探究中培养学生如下几种能力,即“发现问题、提出问题”“形成猜想与假设”“获取证据”“对探究过程和结果做出解释”“自我反思和听取他人意见”“与他人交流”的能力。可见,新修订课标更加强调学生素养的培养,要求凸显物理课程的育人价值,要求更加充分、全面地凸显实验教学的育人功能,为立德树人夯实基础。

3.3 实验标题变化

2022 年版新修订课标保留了大部分 2011 年版新课标附录所罗列学生必做实验,有部分实验进行了增减,有部分实验标题进行了“微小变化”。实验标题变化具体如表 3 所示^{[2][4]}。

表 3

序号	2011 年版	2022 年版	2022 年版的变化
实验 1	用天平测量物体质量	用托盘天平测量物体的质量	增加了“托盘”二字
实验 2	探究水沸腾时温度变化的特点	探究水沸腾前后温度变化的特点	将“沸腾时”改为“沸腾前后”
实验 3	测量水平运动物体所受的滑动摩擦力	探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关	变测滑动摩擦力为探究影响滑动摩擦力的因素
实验 4	探究光的反射规律	探究光的反射定律	“规律”变“定律”
实验 5	探究平面镜成像的规律	探究平面镜成像的特点	“规律”变“特点”
实验 6	连接简单的串联电路和并联电路	探究串联电路和并联电路中电流、电压的特点	变操作、验证性实验为探究性实验

上述 6 个实验的标题,在 2011 年版课标的基础上进行了“微小”变化。这些变化使得实验针对性更

强,更符合教学实际,更能满足学生的学习需求,更有利学生素养提升以及下一阶段的学习。实验 1,实验使用器材更加具体,实验目标更明确,要学会托盘天平的使用;实验 2 中的变化,使得实验操作、观察更有针对性,降低操作难度,提升实验成功率;实验 3 中的变化,使得实验符合教学实际,以探究摩擦力的实验为例,现在教材上安排的实验和实际教学中不局限于测量出摩擦力的大小,也通过控制变量法探究影响滑动摩擦力大小的因素;实验 4 和 5 的变化,更加明确实验结论的内涵,毕竟规律比较宽泛,“事物之间的内在的本质联系”^[3],将规律细化为定律和特点更加符合实验结论本质;实验 6 将操作性验证实验变为探究性实验,夯实学生掌握串联电路和并联电路的特点这一“必备知识”,为学生在高中学习电路的相关知识和设计电学相关实验做好知识储备。虽然新教材还没有正式出版,但可以预测新编教材中的相关实验也将进行“微小改动”,以更贴合新修订课标,更能发挥物理实验课程的教学功能。

3.4 实验增减变化

2022 年版新修订课标与 2011 年版新课标相比,删除了“测量小灯泡的电功率”这一实验,同时增加了“用电流表和电压表测量电阻”和“探究液体压强与哪些因素有关”两个实验。另外,删除“测量小灯泡的电功率”这一实验更加符合初中物理教学实际,该实验在初中开出没有太大的必要性,首先实验误差较大,采用伏安法测量涉及电流表和电压表的内接和外接,实验中如果让学生自由连接电路,采用内接法和外接法的学生都会比较多,内接法误差较大,如何给学生解释要采用电流表外接在初中阶段是个难点,难以解释学生疑问;第二,实验中随着温度升高小灯泡电阻变大,功率会随之变化,导致测量误差;第三,本实验是高中阶段的重点实验,初中浅尝辄止进行本实验,不仅不能为高中奠基可能还会产生负面影响。此外,新修订课标增加了“用电流表和电压表测量电阻”和“探究液体压强与哪些因素有关”两个实验,不仅是为了发挥实验的教育教学功能,也能为学生在高中阶段的学习夯实基础。学会用伏安法测量电阻,为理解高中电学实验原理和设计高中电学实验打下基础,理解液体压强则为热学中分析密封气体压强扫除障碍。

3.5 增加例和活动建议

2022 年版新修订课标,在 21 个学生必做实验后面都增加了“例”,并在测量类实验和探究类实验

后面各增加 2 个“活动建议”。例如在“4.2.1 探究水沸腾前后温度变化的特点”后增加了“例 1 用酒精灯、烧杯、温度计等,探究水在沸腾前后温度变化的特点”,在测量类实验后面增加“(1)蜡块会漂浮在水面上,尝试用天平和量筒测量蜡块的密度”。增加“例”和“活动建议”,使得教师更加清晰课标编写者的意图,更准确理解课程目标,具体到某一实验更加明确实验器材、用品、操作、目的,有利于课标、教材、教学在实验教学中更加精准衔接。

3.6 增加学业要求

2022 年版新修订课标对学生分组实验提出了学业质量要求,四点要求分别对应物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任等物理学科核心素养的四个维度。四点要求强化了在学生分组实验中培养学生物理学科素养的要求,强化了学生必做实验的育人价值和教育教学功能,这可以说是本次新修订课标的重要亮点之一,需要引起初中广大物理教师的重视。正确理解学业要求,在实验教学以此来指导教学设计,检视课堂目标达成度,可以更好提升实验教学实效,更好发挥学生分组实验的育人价值。

4 增加教学提示

2022 年版新修订课标在学生必做实验部分从教学策略和实验器材两个方面增加了教学提示,并列举了实例,具体如表 4 所示^[4]。

表 4

教学提示	建议	举例
教学策略 建议	引导学生发现问题、提出问题。启发学生作出猜想与假设	用平面镜将室外光反射进教室,引导学生思考光的反射是否会遵循一定的规律
	关注对学生设计实验方案、收集证据能力的培养;鼓励学生设计方案、自制器材、改进实验装置和操作方法	无
	引导学生通过分析论证得出结论并做出解释,培养学生分析论证能力。	探究杠杆平衡条件为什么要记录平衡时不同的动力、动力臂、阻力、阻力臂;组织学生归纳杠杆平衡条件,讨论个别数据存在问题的原因
	注重对学生交流合作、评估反思能力的培养	探究滑动摩擦力与哪些因素有关时,难以保持匀速拉动物块,引导学生思考如何改进

(续 表)

教学提示	建议	举例
实验器材 建议	与测量类学生必做实验相关的器材	测量物体质量用托盘天平;测量密度时用电子天平测质量
	与探究类学生必做实验相关的器材	探究影响浮力大小因素时用大小相同的玻璃珠等

增加“教学提示”对教师正确领会新修订课程理念,明确课程目标有关键作用。具体到某一个学生必做实验,有利于教师更准确把握实验目的,有利于更好设计出贴合学生学习需求、能更好达成培养学生核心素养的实验教学目标,从而充分发挥实验的教育教学功能,凸显实验的育人功能。需要指出的是从教学策略的四点建议可以看出,新修订课标特别重视在实验中发展学生科学思维,特别强调在实验中引导学生动脑。在实验教学中,要重视“启智”,重视在实验教学中实现充分智育。

5 结 语

新修订课标的变化反映了物理教学理念的迭代升级,从“三维目标”到“核心素养”物理课程目标是

(上接第 80 页)

实验“电表的改装”。而灵敏电流计则放在了“电磁感应及其应用”部分,用于学生必做实验“探究影响感应电流方向的因素”。可见,新标准中灵敏电流计不再用于电表改装,只能用来指示电流的有无和方向。这一调整是非常必要的。

微安表的内阻和满偏电流的文字符号如何表示呢?

纵观我国从上世纪初至今各个时期的物理教材和科技书籍,检流计、灵敏电流计、直流微安表的内阻基本都用 R_g 表示,满偏电流都用 I_g 表示。由于早期只有检流计(电流计),没有直流微安表。在电表改装时,只能用检流计,其内阻和满偏电流用 R_g 和 I_g 表示,下标 g 表示检流计。随着仪器的改进,现阶段电表改装不再使用灵敏电流计,而改用直流微安表了,再用下标 g 就不合适了。况且,在《GB 3101—1993 有关量、单位和符号的一般原则》中,正体下标 g 用来表示气体。再用下标 g 表示检流计就容易和气体的文字符号造成混乱。所以,标准《GB/T 13743》和《JJG495》没有用 R_g ,而是用 R_G 表示检流计的内阻。

上世纪 70 年代《电学》教材^[4]:“微安表头是一

凝练,是升级,更是对育人观和教学观认识的进一步升华和丰富。实验一直是初中物理教学的重要内容,其直观性可以为学生的学习累积丰富感性经验,帮助学生更好突破概念、规律学习的难点;其在培养学生实践能力、探究能力、激发学生学习动力、发展学生科学思维、培养学生科学态度与责任等方面具有不可替代性,可以让物理教学具有更丰富的育人内涵,对落实学生物理学科核心素养培养和达成立德树人目标具有重要且关键的作用。理清学生必做实验的变化,思考这些变化的意图和可能导致的变化,做到“心中有数”,对教师设计实验教学有重要指导作用,有利于提升学生必做实验价值,服务学生素养培养和学生全面发展。

参考文献

- [1] 闫金铎,田世昆. 中学物理教学概论(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社,2003:75.
- [2] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2011 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2012. 6:7,51,52.
- [3] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典(第 5 版)[M]. 北京:商务印书馆,2005:427,514.
- [4] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022. 6:7,28 33,43.

只灵敏度比较高的直流电流表。一般用指针偏转到满刻度时,表头中所通过的电流 I_M 作为表头灵敏度的标志。用 R_M 表示微安表头的内阻。”(M 为微安表英语 Microamps 的字头——作者注)

也有人^[5]认为“微安表内阻为 R_A ,满量程电流为 I_0 ”。

笔者认为,直流微安表属于直流电流表的一种,其文字符号应该和直流电流表一致,用 A 表示。微安表的内阻用 R_A 、满偏电流用 I_{\max} 表示。

2022 年高考第 22 题、2004 年版和 2019 年版高中物理课本用 R_g 表示电流表的内阻是不合适的。

参考文献

- [1] (日)田丸卓郎. 物理学精义[M]. 周昌寿,译. 上海:商务印书馆,1932. 8:729.
- [2] 周毓莘. 电磁学[M]. 上海:商务印书馆,1927:258 260.
- [3] 王兴乃,等. 直流微安表的应用[J]. 物理实验,1984,4(3): 135 137.
- [4] 华中师范学院物理系电学教研室. 电学(上)[M]. 北京:人民教育出版社,1975:52 53.
- [5] 王澄非. 电路与数字逻辑设计实践[M]. 南京:东南大学出版社,1999:4 5.