



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

电路分析基础 第5版

上

李瀚荪

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

电路分析基础 第5版

上

李瀚荪

高等教育出版社·北京

内容简介

《电路分析基础》第5版是普通高等教育“十二五”国家级规划教材。上册分为两篇：总论和电阻电路的分析、动态电路的时域分析。具体内容有：集总参数电路中电压、电流的约束关系、网孔分析和节点分析、叠加方法与网络函数、分解方法及单、双口网络、电容元件与电感元件、一阶电路、二阶电路。

本书可供普通高等学校电子信息、通信工程、电子科学等专业作为教材使用，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础. 上册 / 李瀚荪著. —5 版. —北京: 高等教育出版社, 2017. 3

ISBN 978 - 7 - 04 - 047013 - 0

I. ①电… II. ①李… III. ①电路分析 - 高等学校 - 教材
IV. ①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 301972 号

策划编辑	王勇莉	责任编辑	王勇莉	封面设计	李小璐	版式设计	徐艳妮
插图绘制	杜晓丹	责任校对	吕红颖	责任印制	毛斯璐		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	天津新华二印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	20.75	版 次	1978 年 11 月第 1 版
印 数	380 千字		2017 年 3 月第 5 版
购书热线	010-58581118	印 次	2017 年 3 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	38.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 47013-00

入乎其内 故能写之 出乎其外 故能讲之

—第5版序言—

《电路分析基础》(第4版)出版已届十年,修订后成本书,即《电路分析基础》(第5版)。本书仍遵循《简明电路分析基础》提出的基本结构(一个假设、两类约束、三大基本方法)和体系(电阻电路、动态电路),故仍属其普及版。

(一)

本版做了哪些修订? 主要部分,简述如下:

(1) 根据《“电路分析基础”课程教学基本要求》增添了“双口网络”部分,与单口网络同处“分解方法”一章——第四章。从第一章的单口元件、双口元件到第四章的单口网络、双口网络,无一不是在阐明它们的电压、电流关系(VCR),只是后者是由众多元件组成、具有特定的端口而已。VCR是元件、网络本身性质的反映,与所接外电路无关。一个 $10\ \Omega$ 的线性电阻,在任何外接电路情况下,其VCR总是 $u=10i$,单口网络、双口网络亦复如是。唯其如此,我们才得以把它们从电路整体中分割出来加以研究,并由此形成本书三大基本方法之一的分解方法。由整体到群体再回到整体,这便是分解方法的基本思路,作为“群体”,双口网络部分宜于列入第四章。原在第二章的“互易定理”,作为双口网络的定理,相应地也移入第四章。

(2) 梳理了第二篇动态电路时域分析的内容,特别是二阶电路部分。本篇一直以下列两点为主题。一是:强调初始储能也可看成是电路的激励,从而使非零初始状态动态电路得以作为线性电路处理,引入零输入响应、零状态响应的概念,构成全响应的一种分解模式。另一是:对响应的期望问题。不论是信号的输入还是电力开关的操作,会达到既定目标吗?需要多长时间?这便是传统的过渡过程分析,通常限于直流激励和交流激励。前一主题是现代电路、系统理论的重要内容,本书自应十分重视,但作为基础课,且尚有“信号与系统”课程,处理求解零状态响应问题确有其难处,特别是在二阶电路部分。实际上,零状态条件

下的全响应便是“零状态响应”，而利用经典方法求解直流或交流二阶电路的全响应并不困难！不必拘泥于两种不同分解方式。按此思路对二阶电路一章内容作了梳理。相应地，在一阶电路一章也顺便作了配合、准备，例如表6-3。

(3) 适当改写了网孔分析、节点分析一章。传统方法：引入自电阻、互电阻或自电导、互电导概念，便于对只含线性电阻、电压源或只含线性电阻、电流源电路列写方程，历史悠久。现代方法：仍可选网孔电流、节点电压为求解对象，但强调直接根据KVT或KCL列出所需的网孔电流方程或节点电压方程，适用面宽。以现代观点为主，运用自电阻等概念为辅，改写了这章，并引入“超网孔”、“超节点”等内容以资配合。

(4) 网孔分析、节点分析均立足于电路的单个元件，需要知道它们的参数或VCR。作为元件群体的参数——网络函数游弋穿梭于三大基本方法之间，充当电路副参数的角色，十分重要。但网络函数定义中的激励是指理想电压源或理想电流源，对含内阻的实际电源，在电路模型中只能把内阻划入网络函数之中。这相当于传统教材中在阐述叠加定理时，指出电源不作用时，其内阻仍需留在电路中。这样，在需要考虑电源内阻时，对电路模型，就会出现策动点电阻和输入电阻；转移电压（流）比和电压（流）增益等类似名词。按照本书规定，在修订有关章节、例题内容时，一一作了梳理，避免含混不清。

(5) 技术基础课，理论性较强，如何联系实际？见仁见智，各有千秋。本次修订，选择二极管和晶体管的模型化作为联系实际的主题，涉及四章。如此安排原因：一是有利于对本课程有关内容的理解；二是显示本课程为电子电路准备了必要的电路基本知识。模型化是本课程讨论问题的出发点，但前几版对模型化的例子，鲜有涉及；对组成晶体管模型所必需的受控源元件，提出的依据似感不足，使人感到抽象。这次修改，实际上也涉及非线性电阻电路分析，无形中，结合实际扩大了知识范围。具体安排：第一章（§1-11），建模基本方法、二极管大信号模型；第二章（§2-5），晶体管大信号模型；第三章（§3-5），晶体管小信号模型；第十章（例10-7），二极管小信号模型。安排是与该章主题配合的，使人感到“学了电路分析在电子电路课程是有用的”。例如，小信号模型安排在与叠加方法有关的章、节中，以便正确理解小信号模型的渊源。修订时，力求避免与电子电路课程所述内容雷同，例如，用背靠背的两个PN结说明晶体管的作用，不谈半导体导电理论，用输入与输出的转移特性说明直流偏置的作用等。与零星选些有关习题相比，这样做较系统。但属初次尝试，是否可行？

这部分内容供选读。顺便指出，本书用“*”号标志或用小号字排印表明选读性质。阅读本书，如省略这些部分，不会影响本书的连贯性。

(6) 增添了附篇第十三章均匀传输线，使读者在学完集总参数电路分析后，对分布参数电路的分析方法及其表现有一个初步了解。

(二)

拜读国学大师、原清华研究院教授王国维(1877—1927)所著《人间词话·六十》,其中有云“入乎其内,故能写之。出乎其外,故能观之。入乎其内,故有生气。出乎其外,故有高致。”颇有感触。若将其中“观”字改为“讲”字,则颇合吾侪教师的敬业之道,乃借用为本序言标题。

所谓“入乎其内”,当然首先是指充分掌握课程内容,博览有关书籍,研究各部分、特别是关键部分的认识过程等,但很重要的一点,应是认真总结自己的教学体会与经验,使之成为自己的“内存”,随时调出使用。就我个人经历来说,本书基本结构中的“分解方法”思路,实滥觞于20世纪50年代学生提出的问题——在当时教材中有类似于如今所称的单口网络,两端标有电压、电流,既然端口未接电源,何来电压、电流?就算网络内部有电源,端口“断开”,也不会有电流啊!对刚开始学习本课程的学生,这样的疑问不足为奇,也好答复。但作为教师不妨心存这类疑问,并以疑问为导向,进一步思考。对上述疑问,教师的答复可以是“应设想外接电源。”那么“是电压源还是电流源?”答:“都可以。如果网络本来就含有电源的,设想外接电阻也可以。”既然是这样,就表明:单口网络的性质与外接电路无关。这本是一个容易理解的问题,但不点不破,一点就破。再继续往前一步,就发展为“分解方法”了。另外一例:本书一贯是先提KCL、KVL,后提具体元件的。这样做的缺点是讲KL时,只能以方框代表元件,稍嫌抽象。为什么这样处理?以前讲电阻元件时,还包含“一段含源支路的欧姆定律”,“闭合电路的欧姆定律”,确实有用,但两者对式中电源电动势的正或负,规定正好相反,导致学生感到“混乱”,易生错误。然而,两个所谓“欧姆定律”实质上只是KVL运用于一段含源支路或单一回路的结果。欧姆定律无他,只是 $u = Ri$ 而已。后两者在KVL后作为例题即可,不必“节外生枝”、增添麻烦。先讲KL,后讲方框,利大于弊,不只此处。这也是从教学实践中得来的体会。教材不是知识点的堆砌而是知识点的合理组合。换位思考、层次分明、推陈出新、方有生气。

至于借用的“出乎其外,故能讲之”云云,“其”字是指“教材”。在第4版序言中已有阐述,不再多言。

大师所云,原是“对宇宙人生”而言,篡改一字,用于教学,大中见小,其此之谓乎。

(三)

本书特请两位教改同道——胡薇薇和于歆杰审阅。两位年富力强、教学经验丰富。对教改有热情、有观点、有实践、有成果。拨冗审稿,提出不少宝贵意见,深表谢意。

本书仍采用原北京书法家协会主席宣祥鋈学长的题名。宣兄已仙逝,深切悼念。

(四)

本书作者衷心感谢北京理工大学——65年来的安身立命之所。小令《天净沙·书成有感》:讲台授业生涯,书案笔耕怎辞。奈何流年似水,夙兴夜寐,学子莘莘难离。

书成之日,喜逢交通大学120周年校庆,衷心感谢母校四年培育之恩。赞曰:斯文有传,枝繁叶茂。芝兰玉树,饮水思源。

铭记高等教育出版社38年来的友谊。赞曰:专于所及,其及必精。同一战壕,合作无间。

感谢众多读者对作者的厚爱和鞭策。“青青子衿,悠悠我心。但为君故,沉吟至今。”(节录自《曹操·短歌行》)

敬请读者批评、指正。

李瀚荪

北京云趣小舍

2016年4月4日

振叶寻根 观澜索源

—第4版序言—

2004年夏高等教育出版社策划编辑刘激扬女士告诉我,《简明电路分析基础》(以下简称为《简明》)于2002年8月出版后,仍有一些学校在使用《电路分析基础》(第3版)(以下简称为《第3版》,类似地以下还将使用《第1版》、《第2版》和《第4版》的简称)。出版目录上,两者并存。随后,我查了一下,从2002年8月至2004年8月,两年间两者均印刷三次,其中《第3版》上、中、下册,共印刷了30万册,表明市场对该版仍有需求。刘女士又告诉我,《第3版》印刷纸型已不堪重负,难以继续使用,与其重制,不如根据一些学校的需要,撰写《第4版》。我很赞同,于是便写成了本书。

早在2002年8月《简明》出版之际,在浙西天目山庄的教材研讨会上,我曾向高等教育出版社楼史进编审提交了《简明》普及版的撰写设想。当时是考虑到各类学校和不同的有关专业,对“电路分析基础”课程事实上存在着不同的要求,写成不同层次的两种版本,尽可能地满足需要,便于选用。《第4版》基本上就是按照当时对普及版的思路撰写的。因此,《第4版》就是《简明》普及版。

(一)

作为《简明》普及版,《第4版》理所当然地是以《简明》序言中提出的“述而求作,理枝循干”作为编写主旨的。与时俱进,《第4版》的基本结构确实比《第3版》更形凸显,这从目录上和附录B的“复习大纲”便可看出。与《第3版》相比,内容有所删减,内容的处理上有所简化。删去了原第三、五、九、十、十五五章,这些章中需要保留的一些内容,以适当方式并入《第4版》的有关章节中,例如非线性电阻电路并入第四章;正弦交流的基本概念并入第六章;冲激响应并入第六章;原双口网络一章中的互易定理并入第二章等。其归属处理大致与《简明》相同,但要求略低。根据《简明》普及版撰写设想,教材力求突出物理概念,避免过多使用数学知识;多用例题说明问题,避免使用冗长的叙述或证明。例如,一阶电路(第六章)完全改写,仅需微积分的基本知识即可学习;正弦稳态的平均功

率、无功功率从物理概念引出而把数学推导作为习题供选做等。在附录方面,删去“磁路”部分,拉氏变换经改写后提升为第十二章。附录改为学习辅导性质的内容,分为“复习、检查题”和“复习大纲”两部分。复习大纲虽主要供课程学完后复习之用,也可供学习过程中,不时翻阅,知道自己现在“身在何处”,“前途如何”。在编写中仍遵循《简明》序言中提出的“五要”,并注意避免“择焉而不精,语焉而不详”,该说清楚处,决不吝惜笔墨。习题经过重新选定,大部分与《第3版》相同,但改为按节编排,便于与正文配合。全书分上、下两册出版。

与本教材配套使用的有下列两种资料:

(1) 全国普通高等学校电路试题库 国家“九五”重点科技攻关项目——计算机辅助教学软件开发与应用(96—750)项目的重点子专题。主编:李瀚荪,副主编:吴锡龙、江慰德、周树棠。由北京理工大学、西安交通大学、上海大学、天津大学、华中科技大学及北京交通大学、北京邮电大学、哈尔滨工业大学、重庆大学、西安电子科技大学等多所大学的教师联合研制。含4815题。可自动组卷。1999年通过教育部主持的鉴定。2000年4月由高等教育出版社出版发行。

(2) 《电路分析基础》(第4版)教学指导书 李瀚荪 吴锡龙
将由高等教育出版社于2006年秋季出版。

本书仍请北京书法家协会主席宣祥鋈学长题名,谨表谢意。

本书仍请吴锡龙教授在百忙中拨冗审稿,提出不少意见,谨表谢意。

李京川工程师参与了本书的编写工作。

(二)

《第4版》仍以“述而求作,理枝循干”为编写主旨,努力突出基本结构。但在本序言的其余部分,也许算是主要部分,除了这一枝、干关系,还想谈谈其他一些与教材有关的问题。为此,我仍借用《文心雕龙·序志》中“振叶以寻根,观澜而索源”的提法,作为序言的标题,以表明想就课程茂盛的“枝叶”,壮阔的“波澜”,谈点“寻根、索源”的体会,以利读者对本书的了解,并供志同道合者的评论和切磋。

作为一门理论性较强、内容丰富的技术基础课程的教材,《简明》序言中着重介绍了“基本结构”的概念,并以“理枝循干”作为编写思路。但是,从根本上讲,教材都是由若干知识点组成的,正如房屋由砖石筑成一样。知识点的罗列不能称其为教材,正如一堆砖石不能称其为房屋。我认为像电路分析这类教材中的每个知识点应为三“维”所系。“维”的古义为系物的大绳。此处所谓三“维”是指课程的体系、基本结构和基本要求。教材整体并非各知识点的简单总和,还

应具备整体自己的性质。三维体现了教材的整体性质。“基本结构”只是其中的一维,但是“隐性”的,易为人所忽视,需要去挖掘,需要加以强调。认识它并善于利用,属教学方法问题,故突出为教材的编写主旨。基本要求确定课程的“三基”,因时因地而异,已由专家制定、教育部颁布,在教材中属执行问题,毋需再加探讨。而在体系方面,不论作者自觉或不自觉,任何一本教材都存在一个体系,否则,编写时从何下笔?至少也会列出一个章节名称及其次序吧!其实,体系属教材的科学性问题,十分重要。对此,虽见仁见智,但应“各推所长,崇其所善”,形成教材特色。《简明》一书的体系起源于《第1版》,已成定局。不同于基本结构有一个逐步认识过程,故在其序言中未涉及体系问题。

“寻根、溯源”就是想补充谈谈体系问题和对基本结构的认识过程。此外,和教材密切相关的讲课问题及其使用问题也想一并谈谈。

(三)

在教材的体系上我一直主张根据事物变化的内因和外因关系,按形成电路响应、电路现象的内因,采用划分为电阻电路和动态电路两大部分的体系。如同教材的基本结构一样,体系也必须凸显、明确。内因是变化的根据,外因是变化的条件。就电路来说,内因只有电阻电路和动态电路之分,非此即彼;作为外因的电路激励,却是多种多样、名目繁多的,如直流激励、正弦交流激励、脉冲激励、非正弦周期性激励等。但不论外因为何,凡电阻电路,其响应、激励关系是由代数方程(或超越方程)来描述的,而动态电路的这一关系则是由微分方程来描述的。这些方程可以是线性的或非线性的;时不变的或时变的。电路分析的基本问题:给定电路的结构、元件的特性或参数(内因)以及各独立电源的电压或电流(外因),求出电路中所有的或某些指定的支路电压、电流(响应)。两种电路的分析方法是不同的。响应是分析的结果而不是分析的出发点。以响应为“非正弦周期性电流”的电路为例,如果以响应作为分析问题的出发点,则这电路可以是非正弦周期性激励的线性电阻电路,可以是正弦交流激励的非线性电阻电路,可以是多个不同频率(频率成有理数倍数)的正弦交流激励的线性动态电路,可以是非正弦周期性激励的线性动态电路,等等。情况不同,分析方法亦异。以响应为名,只谈一种情况,不及其余,就掌握电路分析方法而言,不能不认为是欠妥的。其他按响应分类的电路,如传统教材中的直流(电流)电路、正弦交流(电流)电路、瞬态(响应)电路等都有类似的不明确性。随着现代电路功能的增多,这种分类多有不便。何不根据外因、内因的不同组合,以内因为主体,把电路分为直流电阻电路、直流动态电路……?明确内因、外因,就能采用相应的方法求得响应。例如正弦交流激励的含理想变压器和其他电阻元件的电路,属交流

电阻电路问题,采用电阻电路分析方法即可,不必想到相量法。囿于传统习惯,或许对诸如“直流动态电路”等称谓感到不适。其实,如同大家已认同的“直流电流”、“直流电压”、“直流磁通”等一样,此处的流字已失去原有电流的含义,直流(DC)只是“恒定”的代用词,这里所称的直流动态电路只是恒定激励下的动态电路。查阅美国《McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology》(5th Edition, 1982)一书的 DC Circuit Theory 条目中对 DC Circuit 所下的定义,其译文为“直流(DC)电压源或电流源,例如发电机和蓄电池连同传输线、电阻、电感、电容以及如同电动机功率转换器的任何组合称为直流(DC)电路”。又如改革开放之初,引入国内的蔡少棠所著《非线性电路引论》(人民教育出版社,1980)第五章亦有类似的定义,采用了直流(DC)电阻电路、直流(DC)动态电路之类的称谓。这种分类较适合当今功能繁多电路的分析问题的需要。

1978年出版的《第1版》即采用了“三鼎足”、即“电阻电路分析”、“动态电路的时域分析”和“正弦稳态电路分析”的体系,改变了“交流电路”一家独尊的局面以适应技术发展的需要。以后一直按此体系历经《第2版》、《第3版》,至《简明》发展为含“总论及电阻电路分析”、“动态电路时域分析”、“相量分析和s域分析”三大篇的体系,始终未脱离我对课程体系的基本观点。《第4版》内容上虽有变动,但体系依旧。第一篇篇名增添“总论”两字,并在内容上相呼应,乃是为了突出基本结构之需。下面就转入基本结构这一话题。

(四)

有关基本结构的概念及其重要性已在《简明》序言中作过交代,此处只简述我对教材基本结构的认识过程以及如何用于教材的撰写。

1954年春我初次登上讲台讲授电工原理,采用的教材是苏联卡兰塔诺夫的《电工学底理论基础》中译本。初次讲课,使用这本教材,绝不是件轻松的事。教材有一定的学术水平,但过于简练,有骨无肉。学时数高达二三百(含电磁场),跨三个学期,属“巨无霸”课程。以后教学计划中各门课程的学时配额日趋紧张,学时数难以自主决定。当时有人提出“少而精”“重点突出”等旨在提高教学质量、教学效益的观点,我极为赞同。但是,具体到一门课程如何贯彻这些观点?是否在教学大纲中圈点出若干必需的或最低限度的知识点就能体现出少而精?其余部分又该如何处理?少而精应体现在(教学的)“结果”上还是体现在(教学的)“过程”中?“少”的底线是多少?“精”字又该如何理解?一直困惑着我。“文革”后期,我偶得一本美国布鲁纳所著《教育过程》的中译本。我通宵达旦把这本60页的小册子一气读完。书中的四个专题对我都有启发,特别是有关“基本结构”的部分,触动尤深。我仿佛找到了一把解决少而精问题的钥匙。我

的体会是:少而精应体现在几条线索、即基本结构上,这便是“少”的底线,“精”的所在。由此可形成辐射,完成知识的迁移。但是,这几条线索何在?如何把基本结构鲜明地呈现出来?

在撰写《第1版》时,我只理解到“两类约束”(当时称为两种形式的约束)是条主要线索,应该加以突出。这和我一个印象深刻的回忆有关。“文革”前讲到过渡过程时,学生对列写电路微分方程感到困难,对一个像电阻、电容并联后再与另一电阻串联的电路,更是感到无从下手。究其原因,主要为:在“直流电路”中学习KVL时,定律表示为 $\sum E = \sum RI$ 的形式,且缺乏对这一定律在教材整体中所起作用的叙述。KVL的陈述方式由 $\sum E = \sum RI \rightarrow \sum U = 0 \rightarrow \sum u = 0$,体现了对课程整体认识的进步。在《第1版》中,两类约束这条主线贯穿全书。但是,独木难支大厦,其他的线索又在何处?

两类约束都是用电压、电流来描述的,只有在集总假设下才能得出这些关系。考虑到电压、电流为电路基本变量的地位,且由此推导出功率、能量等变量,这些变量均为电路分析的对象,因而集总假设与两类约束相比,应属更高层次。那么,在基本结构中两类约束的“下家”是谁?

在写《第2版》时,我把简化电路分析的方法作为探索方向。认为独立变量的运用、等效概念的运用和电路定理的运用是居于“下家”的三条辅助线索。把独立变量的运用作为一条线索,是想把网孔、节点、回路、割集等分析方法乃至状态变量分析都归到这条线上。电路定理包含叠加原理、戴维南定理等,确也可简化分析。《第2版》的目录上反映出当时的思路,但全书找不到基本结构一词,考虑不成熟,不敢认定。书出后不久,我就感到处理上的不妥。电路定理作为一条线索,大而无当,缺乏力度。况且,其中的戴维南定理与等效电路这一线索形成“交集”。我觉得应该突出叠加,使之成为一条线索,而等效这一线索需要重组。

不久,我就面临《第3版》的撰写工作。这时我已明确了“分解(分而解之)”这一方法,觉得它可以用来代替等效这一线索。等效原是和分割相关的,单口(乃至多口)网络都是从一个电路整体中分割出来的。在最简单的情况下,其余部分也许只是一个激励源,也许只是一个单口元件。而单口网络如同单口元件,其电压、电流关系是由它本身确定的,与外接电路无关,因而得以分割出来谈论它的等效电路等问题。分解方法的提出,使得单口电阻网络、单口含源电阻网络的等效电路问题以及置换定理等都可纳入这条线索。《第3版》鲜明地提出了这条线索,且从电阻电路贯通到动态电路。同样,我也只字未谈基本结构。重组等效线索虽已较好地得到解决,但突出“叠加”这一线索并未很好解决。在该书中叠加原理初次登场时仍屈居一节中的地位。

《第3版》出版后,受均匀传输线理论中原参数与副参数提法的启发,我觉

得需要进一步重新区分主线索和辅助线索。主线索——两类约束是用元件参数 R 、 L 、 C 直接表征的,据此,独立变量的运用仍属主线索,其辅助线索地位应予改正。辅助线索则是用类似于像戴维南等效参数(u_{oc} 和 R_o)之类的“副参数”来表征的,而副参数需用元件参数来表示,属“下家”的地位。据此,叠加方法可以和网络函数同时“出场”,从而有条件在初次亮相时便单独成一章以显示其重要地位。顺这思路,可以找出第三条辅助线索——变换域方法,在本门课中它包含了相量分析法和拉普拉斯变换法。阻抗 $Z(j\omega)$ 、 $Z(s)$ 等可视为在变换域中元件的原参数,取代 R 、 L 、 C 等而充当主角。相量模型、 s 域模型取代了时域模型,相应地,在变换域中也有类似于戴维南等效参数 [$\dot{U}_{oc}$ 、 Z_o 、 $U_{oc}(s)$ 、 $Z_o(s)$] 之类的副参数。

这样,就形成了对课程基本结构的初步认识。在《简明》序言中明确指出:课程的基本结构可归结为一个假设、两类约束、三大基本方法(叠加、分解和变换域)。它们之间的关系是“一生二、二生三”。作为《简明》普及版,本书理所当然地继承这一观点。

上述有关基本结构的论述,只是针对“电路分析基础”这门课程的,且是从教学方法的角度来考虑的。如同法国布尔巴基学派(les Bourbaki)对数学这门学科确定了它的母结构是代数结构、序结构和拓扑结构一样(皮亚杰《结构主义》第二章,商务印书馆 1996 年中译本),我想作为一门学科,电路理论也是有它的母结构的。

在我对基本结构的探索过程中,除了受益于布鲁纳的著作外,还从一些美国电路教材中得到许多启发。从《简明》每章后的参考书目可见一斑。本书未罗列这些书目。这些书的作者,有的相识、相交,有的从未谋面,有的已故世,在此谨向他们表示谢意。基本结构说虽源自美国,但在美国电路教材中尚未见到这一提法。

现在,有些教师对电路分析这门课程的学时数感到不能适应。何不在“少而精”方面、在讲课方式方面再做些研究?我想可能会有帮助的。下面就转入讲课和教材的使用这一话题。

(五)

讲课问题与教材使用问题密切相关。

讲课在学校的教学过程中只是一个环节,是重要一环,并非主要一环。自学(包括做题)才是主要一环。在校学习,能聆听大师或有成就、有心得的老师讲课,其影响绝不可低估,可能会是终生难忘的。但归根到底,要得到知识,还得依靠自己的努力,用现代一些学者的话来说,要靠自己“建构”(《教育中的建构主

义》，华东师范大学出版社2002年中译本）。古今中外，自学成才者不胜枚举，如华罗庚、法拉第等。即以我们这些学校出身的教师来说，所得知识大部分是毕业后自学所得。由此说明，自学能力的培养是何等重要，便于自学的教材和相关资料是何等重要。像“电路分析基础”这类课程也是要靠耐心、细心、研读教材、资料，并加以思考、勤于做题、看些参考书才能逐步掌握的。所以，我一直主张“教材宜细（致）不宜粗（略）”。“细”教材阐述透彻，便于自学，利于解惑。但“细”教材若不突出基本结构，也许会使人感到茫无头绪，阅读困难。

教师在教学过程中是应起主导作用的，讲课体现了这一作用。但是，作为教学主体的学生，不是一个空的容器，从而知识可以像物品一样地由教师传递给学生。用语言或文字符号、图形等形式传递给学生的只是包装好的信息而已。倘若通过语言形式传递的信息过密、过细，则由于其瞬间存在，稍纵即逝，恐怕连传递也是未能到位的，这类讲课能产生什么效果？其实，大学生已是一个成年人，不能忽视他们内在的逻辑能力，这种能力往往能使人从不充分的反应中找出答案。因此，我一直主张“讲授宜粗不宜细”。粗略绝非粗糙。简约之中见精华，也是要经过精心策划的。教师一、两句顶用的话，真知灼见，往往是学生一时不易体会到的。“粗”讲也需突出基本结构，否则会使人感到不得要领，听课困难。

一个要“细”，一个要“粗”，各具特色，作用不同。因此，教材决不能充当讲稿，照本宣科。我曾在《简明》序言中，借用《老子》第十一章中所说的“有之以利，无之以为用”来说明教材在教学过程中的作用。“有”给人以便利，“无”发挥了它的作用。真正有用的所在，还是在于“无”。除非是一本针对性极强的培训资料、讲义，针对全国开设这门课的众多学校和教师，一本教材只能是一个片面的、有限的事物，只是一个有待加工利用的对象，只有在人们根据实践的需要，摆脱这种片面性和有限性，处于“无”的境界，才能得到面对现实的使用价值。“有无相生”。我在该序言中还提到教师对待教材应采取“不取亦取，虽师勿师”的态度。这句话出自袁枚《续诗品·尚识》。《老子》很易找到，而袁枚的这本书却未必易于见到。全文录之如下：“学如弓弩，才如箭镞。识以领之，方能中鹄。善学邯郸，莫失故步；善求仙方，不为药误。我有禅灯，独照独知。不取亦取，虽师勿师。”对教师来说，学、才、识，缺一不可。讲课的首要问题是如何利用教材。这里，见识就很重要。教材只是教学的主要参考书，只能大致地规定教学范围。教师要善于按照基本要求，根据教学环境，利用教材主要论点，写出自己的讲稿。讲稿中宜多使用自己独创的或借用的、简单而易于说明问题的例题，以阐述某种方法、某一定理或重要概念、（本书的某些练习题，习题或思考题也许在这方面有利用价值），不追求过分的完整性和严密性（这些应由教材解决）。在某些情况下，要特别注意所讲例题与所点习题之间的配合，使学生对课堂讲授的要点能有一次再认识的机会。讲课要能“入人意中，出人头地”，方能使人感到听课有收

获,愿意听下去。要不拘一格,讲出特色。我有幸听过不少名师、大师的课,他们讲课方式差异极大,我同样感到收获很大,有些内容至今记忆犹新。关键在于学、才、识!

对学生来说,大学教材毕竟不是中学课本,不能沿用中学时代的学习方法。以“知识就是力量”一言流传后世的 Francis Bacon (1561—1626),曾在一篇名为“Of Studies”的随笔中告诫我们:“书有可浅尝者,有可吞食者,少数则须咀嚼消化”(录自王佐良译文)。“吾生也有涯,而知也无涯”,博览群书,不能不区别对待。对于一本教材的内容也要能区别对待,但须咀嚼消化者可能会多些。在大学里应培养起这种善于读书的能力。起初,你可根据老师的讲课,启发和指导阅读教材,逐渐地,你的这种自学能力就会进一步提高,能自行处理。这是你在大学学习期间的重要收获之一。不要见到一本稍厚的教材,就不知所措,心里害怕。那种过分依赖教师,只能阅读“笔记式”教材的学习方式是不利于培养出创新人才的。何不自己记下老师讲课的笔记,自己研读教材。基本原理是不会过时的,只能在此基础上有所发展,重点有所转移。要珍惜自己在大学期间所作努力的记录,他日也许就是一份有参考意义的备忘录,至少也会给你带来一些值得留恋的回忆吧!

我记得“文革”前,高校曾推行过一种“以自学为主”的教学方式。教师先只作简单的“启发”,自学后,教师再针对问题进行讲解。虽然有待改进之处甚多,但我认为方向是正确的。我努力想写出一本便于自学教材的动机也来源于此。何不再研究一下,看有何可取之处?

(六)

感谢读者耐心地读完这篇冗长的序言。

欣逢盛世,取乐桑榆。闲里生忙,情系著书。炉火灰深,温热犹存。天光云影,雪泥爪痕。淡泊从容,为而不争。

欢迎提出宝贵意见,请由高等教育出版社编辑转交,邮箱:wangyl1@hep.com.cn。

李瀚荪

北京美丽园

2005年8月19日

学不可以已,青取
之于蓝而青于蓝。

《荀子·劝学》

目 录

上 册

第一篇 总论和电阻电路的分析

第一章 集总参数电路中电压、电流的约束关系	2
§ 1-1 电路及集总电路模型	2
§ 1-2 电路变量——电流、电压及功率	5
§ 1-3 基尔霍夫定律	12
§ 1-4 电阻元件	20
§ 1-5 电压源	25
§ 1-6 电流源	31
§ 1-7 受控源	35
§ 1-8 分压公式和分流公式	41
§ 1-9 两类约束 KCL、KVL 方程的独立性	45
§ 1-10 支路分析	51
* § 1-11 建模的两种方法 二极管模型	54
习题	60
第二章 网孔分析和节点分析	72
§ 2-1 网孔分析	72
§ 2-2 节点分析	79
§ 2-3 含运算放大器的电阻电路	87
§ 2-4 电路的对偶性	94
* § 2-5 晶体管的大信号模型	94
习题	101

第三章 叠加方法与网络函数	106
§ 3-1 线性电路的比例性 网络函数	106
§ 3-2 叠加原理	111
§ 3-3 叠加方法与功率计算	116
§ 3-4 数模转换器的基本原理	120
* § 3-5 晶体管的小信号模型	123
习题	128
第四章 分解方法及单、双口网络	133
§ 4-1 分解的基本步骤	134
§ 4-2 单口网络的电压电流关系	135
§ 4-3 单口网络的置换——置换定理	138
§ 4-4 单口网络的等效电路	143
§ 4-5 一些简单的等效规律和公式	148
§ 4-6 戴维南定理	155
§ 4-7 诺顿定理	164
§ 4-8 最大功率传递定理	166
§ 4-9 T形网络和 Π 形网络的等效变换	168
§ 4-10 双口网络的电压电流关系	171
§ 4-11 互易双口 对称双口	179
§ 4-12 端接双口	183
习题	188

第二篇 动态电路的时域分析

第五章 电容元件和电感元件	200
§ 5-1 电容元件	201
§ 5-2 电容的 VCR	202
§ 5-3 电容电压的连续性质和记忆性质	207
§ 5-4 电容的储能	210
§ 5-5 电感元件	212
§ 5-6 电感的 VCR	214
§ 5-7 电容与电感的对偶性 状态变量	216
习题	217
第六章 一阶电路	221
§ 6-1 分解方法在动态电路分析中的运用	222
§ 6-2 零状态响应	223