



国家职业资格培训教材

维修电工 (高级)

鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

王兆晶 主编

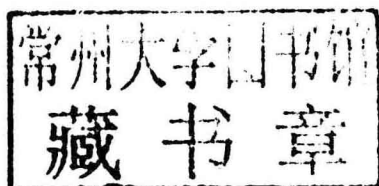
依据 **人力资源和社会保障部 2009**
制定的《国家职业技能标准》要求编写

国家职业资格培训教材

维修电工(高级) 鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

王兆晶 主编



机械工业出版社

本教材是依据《国家职业技能标准》维修电工（高级）的知识要求，紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的需要编写的，主要内容包
括：电子技术的应用、电力电子技术的应用、机床电气控制电路的
安装和维修、可编程序控制器技术的应用、机床电气图的测绘、交直
传动系统的应用。每章前有培训目标，章末有复习思考题，以便于企
业培训和读者自测。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考
前培训教材，又可作为读者考前复习用书，还可作为职业技术学院、
技工院校的专业课教材。

图书在版编目（CIP）数据

维修电工（高级）鉴定培训教材/王兆晶主编. —北京：机械工业
出版社，2011.1

ISBN 978-7-111-32136-1

I. ①维… II. ①王… III. ①电工—维修—职业技能鉴定—教
材 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 194412 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：王振国 责任编辑：王振国

责任校对：樊钟英 封面设计：饶 薇

责任印制：李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

148mm×210mm·10.5 印张·3 插页·297 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-32136-1

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

序

为落实国家人才发展战略目标，加快培训一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖 41 个职业，共 172 种，2005 年出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和技术工作的欢迎，基本满足了培训、鉴定、考工和读者自学的需要，为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格培训的品牌教材。JJJ——“机工技能教育”品牌已深入人心。

按照国家“十一五”高技能人才培养体系建设的主要目标，到“十一五”期末，全国技能劳动者总量将达到 1.1 亿人，高级工、技师、高级技师总量均有大幅增加。因此，从 2005 年至 2009 年的五年间，参加职业技能鉴定的人数和获取职业资格证书的人数年均增长达 10% 以上，2009 年全国参加职业技能鉴定和获取职业资格证书的人数均已超过 1200 万人。这种趋势在“十二五”期间还将得以延续。

为满足职业技能鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定在已经出版的《国家职业资格培训教材》的基础上，贯彻“围线考点，服务鉴定”的原则，紧扣职业技能鉴定考核要求，根据企业培训部门、技能鉴定部门和读者的不同需求进行细化，分别编写理论鉴定培训教材系列、操作技能鉴定实战详解系列和职业技能鉴定考核试题库系列。

《国家职业资格培训教材——鉴定培训教材系列》用于国家职业技能鉴定理论知识考试前的理论培训。它主要有以下特色：

- 汲取国家职业资格培训教材精华——保留国家职业资格培训教材的精华内容，考虑企业和读者的需要，重新整合、更新、补充和完善培训教材的内容。

- 依据最新国家职业标准要求编写——以《国家职业技能标准》要求为依据，以“实用、够用”为宗旨，以便于培训为前提，

提炼重点培训和复习的内容。

- 紧扣国家职业技能鉴定考核要求——按复习指导形式编写，教材中的知识点紧扣职业技能鉴定考核的要求，针对性强，适合技能鉴定考试前培训使用。

《国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列》用于国家职业技能鉴定操作技能考试前的突击冲刺、强化训练。它主要有以下特色：

- 重点突出，具有外对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。
- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。
- 解析详细，具有实用性——工艺分析、操作步骤和重点解析详细。
- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

《国家职业资格培训教材——职业技能鉴定考核试题库系列》用于技能培训、鉴定部门命题和参加技能鉴定人员复习、考核和自检自测。它主要有以下特色：

- 初级、中级、高级、技师、高级技师各等级全包括。
- 试题可行性、代表性、针对性、通用性、实用性强。
- 考核重点、理论题、技能题、答案、鉴定试卷齐全。

这些教材是《国家职业资格培训教材》的扩充和完善，在编写时，我们重点考虑了以下几个方面：

在工种选择上，选择了机电行业的车工、铣工、钳工、机修钳工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工等近二十个主要工种。

在编写依据上，依据最新国家职业标准，紧扣职业技能鉴定考核要求编写。对没有国家职业标准，但社会需求量大且已单独培训和考核的职业，则以相关国家职业标准或地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，提炼应重点培训和复习的内容，突出“实用、

够用”，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，掌握各种类型题的应试技巧和方法。

在作者选择上，共有十几个省、自治区、直辖市相关行业二百多名从事技能培训和和考工的专家参加编写。他们既了解技能鉴定的要求，又具有丰富的教材编写经验。

全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们在编写这套培训教材中尽了最大努力，但教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

为了进一步提高维修电工从业人员的基本素质和理论知识，增强各级、各类职业学校在校生的就业能力，满足本工种职业技能培训、考核、鉴定等工作的迫切需要，我们精心组织的部分经验丰富的讲师、工程师、技师共同编写了这本《维修电工（高级）鉴定培训教材》。

本书是根据中华人民共和国人力资源和社会保障部制定的国家职业技能标准《维修电工》组织编写的，以现行电器和设备维修、电气施工及验收规范为依据，以实用、够用为宗旨，力求浓缩、精炼、科学、规范、先进。

本书由王兆晶任主编，阎伟和崔政敏任副主编，参加编写的人员还有周斌和孙家新。

编者在编写过程中参阅了大量的相关规范、规定、图册、手册、教材及技术资料等，并借用了部分图表，在此向原作者致以衷心的感谢。如有不敬之处，恳请见谅。

由于教材知识覆盖面较广，涉及的标准、规范较多，加之时间仓促、编者水平有限，书中难免存在缺点和不足，敬请各位同行、专家和广大读者批评指正，以期再版时臻于完善。

编 者

国家职业资格培训教材

编审委员会

主 任 于 珍

副 主 任 郝广发 李 奇 洪子英

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 蕾	王兆晶	王英杰	王昌庚
田力飞	刘云龙	刘书芳	刘亚琴 (常务)
朱 华	沈卫平	汤化胜	李春明
李俊玲 (常务)	李家柱	李晓明	
李超群	李培根	李援瑛	吴茂林
何月秋	张安宁	张吉国	张凯良
张敬柱 (常务)	陈玉芝	陈业彪	
陈建民	周新模	郑 骏	杨仁江
杨君伟	杨柳青	卓 炜	周立雪
周庆轩	施 斌	荆宏智 (常务)	
柳吉荣	贾恒旦	徐 彤	黄志良
潘 茵	戴 勇		

顾 问 吴关昌

策 划 荆宏智 李俊玲 张敬柱

本书主编 王兆晶

本书副主编 崔政敏 阎 伟

本书参编 周 斌 孙家新

目 录

M U L U

序

前言

第一章 电子技术的应用

第一节 模拟电子技术

一、集成运算放大电路

二、线性集成稳压电源

三、开关稳压电源

第二节 数字电子技术

一、集成门电路

二、组合逻辑电路

三、时序逻辑电路

四、数字电路的设计方法

复习思考题

第二章 电力电子技术的应用

第一节 电力电子器件

一、功率晶体管 (GTR)

二、门极关断 (GTO) 晶闸管

三、功率场效应晶体管 (MOSFET)

第二节 晶闸管整流电路

一、三相半波可控整流电路

二、三相桥式整流电路

第三节 逆变电路

一、有源逆变电路

二、无源逆变电路

三、中高频电源

复习思考题	
第三章 机床电气控制电路的安装和维修	
第一节 X62W 型万能铣床电气控制电路	
一、X62W 型万能铣床电气控制电路分析	
二、X62W 型万能铣床常见电气故障的分析与检修	
第二节 T68 型卧式镗床电气控制电路	
一、T68 型卧式镗床电气控制电路分析	
二、T68 型卧式镗床常见电气故障的分析与检修	
第三节 15/3t 桥式起重机电气控制电路	
一、控制器简介	
二、15/3t 桥式起重机的电气控制电路分析	
三、15/3t 桥式起重机常见电气故障的分析与检修	
第四节 B2010A 型龙门刨床电气控制系统	
一、生产工艺对电气控制系统的要求	
二、B2010A 型龙门刨床电气控制系统的组成	
三、B2010A 型龙门刨床电气控制电路的分析	
四、电路故障的分析与检修	
复习思考题	
第四章 可编程序控制器技术的应用	
第一节 可编程序控制器概述	
一、PLC 的特点及应用	
二、PLC 的组成与控制原理	
三、使用 PLC 的注意事项	
四、PLC 的维修与故障诊断	
五、常用程序设计方法	
第二节 FX2 系列 PLC 简介	
一、FX2 系列 PLC 的硬件结构	
二、FX2 系列 PLC 的主要技术指标及外部接线	
三、FX2 系列 PLC 内部编程元件	
第三节 FX2 系列 PLC 指令系统及编程方法	
一、基本指令的应用	
二、FX2 系列 PLC 步进指令及状态编程	

三、FX2 系列 PLC 的功能指令	
第四节 可编程序控制器应用实例	
一、三相异步电动机的控制	
二、自动送料装车控制	
第五节 PLC 改造 J1-460 型卧式车床电气控制系统	
一、J1-460 型卧式车床电气控制原理分析	
二、用 PLC 改造 J1-460 型卧式车床继电器控制系统的步骤	
三、PLC 改造中对若干技术问题的处理	
四、使用 PLC 进行电气控制系统改造实例	
复习思考题	

第五章 机床电气图的测绘

第一节 复杂机械设备电气控制原理图的识读与分析	
一、复杂机械设备电气控制系统的分类	
二、复杂电气控制原理图的识读和分析	
三、典型电气控制原理图和分析应用实例	
第二节 机床电气图的测绘方法	
第三节 典型机床电气线路的测绘	
一、M7130 型平面磨床电气线路的测绘	
二、M1432A 型万能外圆磨床电气线路的测绘	
三、Z3050 型摇臂钻床电气线路的测绘	
四、X62W 型万能铣床电气线路的测绘	
复习思考题	

第六章 交直流传动系统的应用

第一节 直流调速基础知识	
一、自动控制基本概念	
二、转速负反馈直流调速系统	
三、电压负反馈加电流正反馈直流调速系统	
四、自动调速系统的限流保护——电流截止负反馈	
五、速度、电流双闭环调速系统	
六、脉宽调制调速技术	
第二节 交流调速技术及应用	
一、交流调压调速系统	

二、串级调速系统	
三、变频调速技术	
第三节 步进电动机及驱动系统的应用	
一、步进电动机的结构与工作原理	
二、步进电动机的驱动电源	
三、步进电动机应用举例	
四、步进电动机驱动系统的常见故障与维修方法	
复习思考题	
参考文献	

第一章

电子技术的应用



培训目标 了解集成运算放大器和线性集成直流稳压电源的应用知识；熟悉开关稳压电源的工作原理及应用常识；熟悉常用的集成门电路；掌握典型组合逻辑电路的分析与设计方法；掌握典型时序逻辑电路的分析与设计方法；掌握数字电路的设计方法和步骤。

第一节 模拟电子技术

一、集成运算放大电路

集成运算放大器（简称集成运放）是一个高电压增益、高输入阻抗和低输出阻抗的直接耦合多级放大电路。一般将其分为专用型和通用型两类，集成运放接入适当的反馈电路可构成各种运算电路，主要有比例运算、加减运算和微积分运算等。由于集成运放开环增益很高，所以它构成的基本运算电路均为深度负反馈电路。集成运放工作在线性状态时，两输入端之间满足“虚短”和“虚断”，根据这两个特点很容易分析各种运算电路。

1. 集成运算放大器主要参数

(1) 开环差模电压放大倍数 A_{UD} A_{UD} 是集成运算放大器在开环状态、输出端不接负载时的直流差模电压放大倍数。通用型集成运算放大器的 A_{UD} 一般为 60 ~ 140dB，高质量的集成运算放大器的 A_{UD}



可达 170dB 以上。

(2) 输入失调电压 U_{I0} 为使集成运算放大器的输入电压为零时，输出电压也为零，在输入端施加的补偿电压称为失调电压 U_{I0} ，其值越小越好，一般为几毫伏。

(3) 输入失调电流 I_{I0} 输入失调电流是指当输入电压为零时，输入级两个输入端静态基极电流之差，即 $I_{I0} = |I_{IB1} - I_{IB2}|$ 。 I_{I0} 越小越好，通常为 $0.001 \sim 0.1 \mu\text{A}$ 。

(4) 输入偏置电流 I_{IB} 当输出电压为零时，差动对管的两个静态输入电流的平均值称为输入偏置电流，即 $I_{IB} = (I_{BN} + I_{BP})/2$ ，通常 I_{IB} 为 $0.001 \sim 10 \mu\text{A}$ 。其值越小越好。

(5) 最大差模输入电压 U_{IDM} 集成运算放大器两个输入端之间所能承受的最大电压值称为最大差模输入电压。超过该值，其中一只晶体管的发射结将会出现反向击穿。

(6) 最大共模输入电压 U_{ICM} 指集成运算放大器所能承受的最大共模输入电压，若实际的共模输入电压超过 U_{ICM} 值，则集成运算放大器的共模抑制比将明显下降，甚至不能正常工作。

(7) 差模输入电阻 R_{ID} R_{ID} 指运算放大器在开环条件下，两输入端的动态电阻。 R_{ID} 越大越好，一般运算放大器 R_{ID} 的数量级为 $10^5 \sim 10^6 \Omega$ 。

(8) 输出电阻 R_o 输出电阻 R_o 是指运算放大器在开环状态下的动态输出电阻。它表征集成运算放大器带负载的能力， R_o 越小越好，带负载的能力越强。 R_o 的数值一般是几十欧姆至几百欧姆。

(9) 共模抑制比 K_{CMR} K_{CMR} 是集成运放开环电压放大倍数 A_{UD} 与其共模电压放大倍数 A_{UC} 比值的绝对值，共模抑制比反映了集成运算放大器对共模信号的抑制能力， K_{CMR} 越大越好。

2. 集成运算放大器的选择

在能够满足设计要求时，应尽量选择通用型集成运放，然后再挑选开环增益、输入阻抗、共模抑制比高且输出电阻、输入失调电流、输入失调电压小的集成运放。

3. 集成运算放大器的使用

(1) 集成运算放大器性能的扩展 利用外加电路的方法可使集



成运放的某些性能得到扩展和改善。

1) 提高输入电阻。在集成运算放大器的输入端加一个由场效应晶体管组成的差动放大电路可以提高输入电阻。如图 1-1 所示, 图中 V_1 、 V_2 为差分对管, V_3 为恒流源, R_P 用以调节平衡, 调整 R_3 可得到 V_3 的零温漂工作点。这种电路的输入电阻可达 $10^3 \sim 10^5 \text{ M}\Omega$ 。

2) 提高带负载能力。通用型集成运放的带负载能力较弱, 它的允许功耗只有几十毫瓦, 最大输出电流为 10mA 左右。当负载需要较大的电流和电压变化范围时, 就要在它的输出端附加扩大功能的电路。

① 扩大输出电流。如图 1-2 所示, 在集成运放的输出端加一级互补对称放大电路来扩大输出电流。

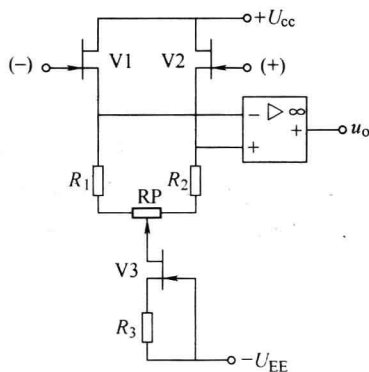


图 1-1 提高输入电阻

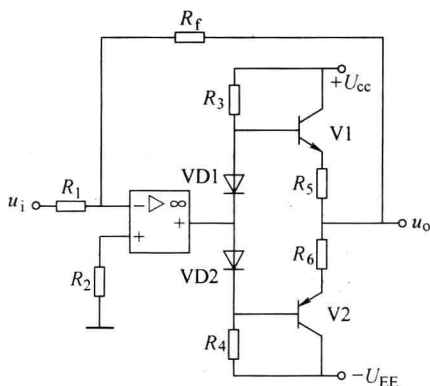


图 1-2 扩大输出电流的方法

② 同时扩大输出电压和输出电流。如图 1-3 所示, 在集成运放的正负电源接线端与外加正负电源之间接入晶体管 V_1 和 V_2 , 目的是提高晶体管 V_3 、 V_4 的基极电流, 进而提高输出电流。由于 V_3 、 V_4 分别接 $\pm 30\text{V}$ 电源, 所以负载 R_L 两端电压变化将接近 $\pm 30\text{V}$, 这样输出电压和电流都得到扩大, 因此, 这种电路可输出较大功率。

(2) 集成运算放大器的保护 电源极性接反或电压过高, 输出端对地短路或接到另一电源造成电流过大, 输出信号过大等都可能



造成集成运算放大器的损坏。所以必须有必要的保护措施。

1) 电源接反保护。如图 1-4 所示, 在电源回路中加了两个二极管, 可防止电流反向, 防止电源接反所引起的故障。

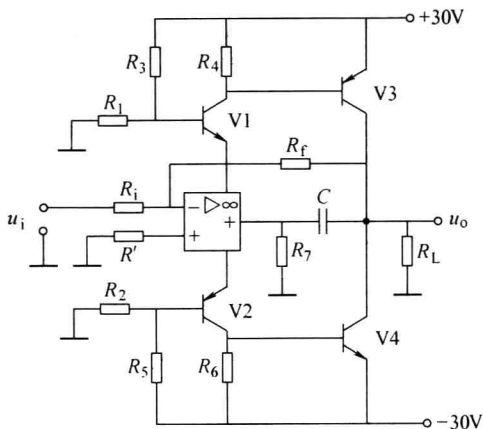


图 1-3 同时扩大输出电压和输出电流

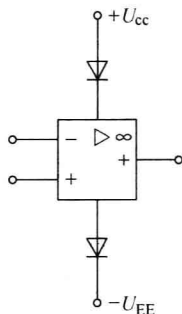
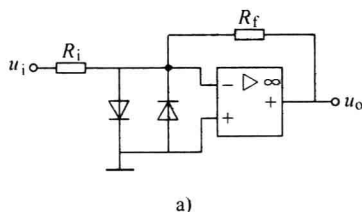
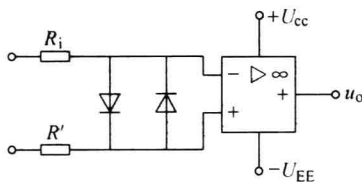


图 1-4 电源接反保护电路

2) 输入保护。集成运放常因为输入电压过高造成输入级损坏, 也可能造成输入管的不平衡, 从而使各项性能变差, 因此必须外加输入保护措施, 图 1-5 所示为二极管和电阻构成限幅保护电路的两种常用方法。



a)



b)

图 1-5 输入保护措施

a) 方法一 b) 方法二

3) 输出保护。集成运放最常见的输出过载有输出端短路或输出端接错电源使输出级击穿, 虽然多数器件内部均有限流保护电路,



但为可靠起见, 仍需外接保护电路。

如图 1-6a 所示, 用稳压管跨接在输出端和反向输入端之间来限制输出电压。图 1-6b 所示为稳压管接在输出和地之间, 使输出电压限制在一定范围。

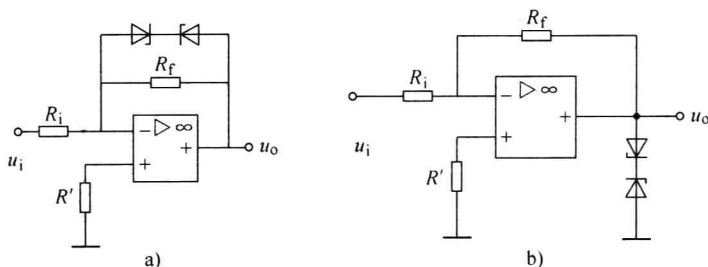


图 1-6 输出保护电路

a) 方法一 b) 方法二

4. 集成运算放大器的典型应用

集成运算放大器的通用性和灵活性都很强, 只要改变输入电路或反馈支路的形式及参数, 就可以得到输出信号与输入信号之间多种不同的关系。

(1) 比例积分调节器 图 1-7 所示为比例积分调节器电路, 其输入电压与输出电压之间的关系为

$$u_o = -\frac{R_1}{R_0}u_i + \frac{-1}{R_0 C_1} \int u_i dt \quad (1-1)$$

在零初始和阶跃输入状态下, 输出电压的时间特性曲线如图 1-8 所示。由式 (1-1) 和输出特性表明, 比例积分调节器的输出由“比例”和“积分”两部分组成, 比例部分迅速产生调节作用, 积分部分最终消除静态偏差。当突加 u_i 时, 在初始瞬间电容 C_1 相当于短路, 反馈回路中, 只有电阻 R_1 , 相当于放大倍数为 $A_v = -R_1/R_0$ 的比例调节器, 可以立即起到调节作用。此后, 随着电容 C_1 被充电, u_o 线性增长, 直到稳态。稳态时, 同积分调节器一样, C_1 相当于开路, 极大的开环放大倍数使系统基本上达到无静差。

由此可知, 采用比例积分调节器的自动调速系统, 既能获得较