



技能型人才培养用书

国家职业资格培训教材

电气设备安装工 (高级)

国家职业资格培训教材编审委员会 编

朱照红 主编



依据 **劳动和社会保障部**

制定的《国家职业标准》要求编写



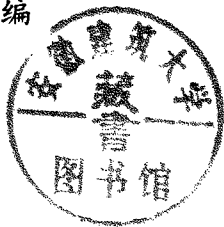
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



技能型人才培养用书
国家职业资格培训教材

电气设备安装工(高级)

国家职业资格培训教材编审委员会 编
朱照红 主编



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准》高级电气设备安装工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书的主要内容包括:电气设备安装基础、施工前的组织与准备、电气动力设备安装调试、电动机运行与维护、电梯性能调试、特殊场所电气设备安装、电气设备试运行、组织管理。每章末有复习思考题,书末附有与之配套的题库和答案,以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构的教材,也可作为高级技校、技师学院、高职、各种短训班的教学用书,还可作为读者自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备安装工(高级)/朱照红主编. —北京:机械工业出版社, 2005.10

国家职业资格培训教材
ISBN 7-111-17554-9

I. 电... II. 朱... III. 电气设备—设备安装—技术培训—教材 IV. TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 117416 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王振国 陈玉芝 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文
封面设计:饶薇 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

880mm × 1230mm A5 · 10.125 印张 · 298 千字

0001—4000 册

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
封面无防伪标均为盗版

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	
	李家柱	李晓明	李超群(常务)		
	李培根	李援瑛	吴茂林	何月秋(常务)	
	张安宁	张吉国	张凯良	陈业彪	
	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		
	徐 彤(常务)	黄志良	潘 茵		
	潘宝权	戴 勇			
顾 问	吴关昌				
策 划	李超群	荆宏智	何月秋		
本书主编	朱照红				
本书参编	商联红	潘玉山	陆汝贤	毛佑南	肖永江
本书主审	方锡祚				

序

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，落实国家人才发展战略目标，促进农村劳动力转移培训，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的“国家职业资格培训教材”。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。那么，开展职业培训的重要基础是什么呢？

众所周知，“教材是人们终身教育和职业生涯的重要学习工具”。顾名思义，作为职业培训的重要基础，职业培训教材当之无愧！编写出版优秀的职业培训教材，就等于为技能培训提供了一把开启就业之门的金钥匙，搭建了一座高技能人才培养的阶梯。

加快发展我国制造业，作为制造业龙头的机械行业责无旁贷。技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技

师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考工部门和技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级(5级)、中级(4级)、高级(3级)、技师(2级)、高级技师(1级)。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套“国家职业资格培训教材”。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，为满足各级培训考工部门和广大读者的需要，这次共编写了38个职业159种教材。在职业选择上，除机电行业通用职业外，还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师(含高级技师)四本教材，各等级合理衔接、步步提升，为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要，对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等15种公共基础教材。

在编写原则上，依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要，我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业，从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要，在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题，书末有与之配套的试题库和答案，以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷，同时还根据需求为7种教材配制了VCD光盘。

增加教材的可读性、提升教材的品质是我们策划这套教材的又一亮点。为便于培训、鉴定、考工部门在有限的时间内把最需要的知识和技能传授给学员，同时也便于学员抓住重点，提高学习效率，对需要掌握的重点、难点、考点和知识鉴定点加有旁白提示并采用双色印刷。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性，我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的 200 多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”；增强实用性，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、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，曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

教材中难免存在不足之处，诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教，提出批评指正。我们真诚希望与您携手，共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

为进一步提高电气设备安装从业人员的基本素质和专业技能，增强各级、各类职校生的就业能力，满足本工种职业技能培训、考核、鉴定等工作的迫切需要，我们组织部分经验丰富的高级讲师、工程师、技师等编写了电气设备安装工培训教材。

电气设备安装工培训教材共分四册，即初级工、中级工、高级工、技师和高级技师。全书根据劳动和社会保障部制定的《国家职业标准》电气设备安装工组织编写，以现行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。本书采用双色套印，突出学习重点、施工难点、考核要点，这点请读者在学习时注意把握。

本册教材由朱照红同志任主编，并负责第二、三、五、七、八章的编写，商联红同志负责第一章第一至五节的编写，潘玉山同志负责第一章第六节的编写，陆汝贤同志负责第四章的编写，毛佑南、肖永江同志负责第六章的编写。全书由方锡祚担任主审工作。

编者在编写过程中参阅了大量相关的规范、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。如有不当之处，恳请见谅。

由于本套教材知识面覆盖较广，涉及的标准、规范较多，加之时间仓促、编者水平有限，书中可能存在一些缺点和不足，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

目 录

M U L U

序

前言

第一章 电气设备安装基础	1
第一节 电力电子技术基础	1
一、晶闸管及其可控整流技术	1
二、变频技术	15
第二节 计算机与数字通信基础知识	18
一、计算机基础知识	18
二、数字通信基础	27
第三节 电气控制设备	30
一、继电器—接触器控制	30
二、单片机控制	36
第四节 电动机调速技术	44
一、调速系统的质量指标	44
二、直流调速	45
三、交流调速	51
第五节 仪器仪表与测量	55
一、电工仪表与测量	55
二、电子仪表与测量	58
第六节 液压传动基础知识	66
复习思考题	70
第二章 施工前的组织与准备	72
第一节 电气施工图样分析	72
一、电气施工图样分类	72

二、施工图样的阅读方法	74
三、总体工程施工进度网络图	78
第二节 准备施工具体措施	79
一、施工方案编制	79
二、工程预算初步	82
第三节 吊装机械的选择与操作	95
一、起重机械的分类	95
二、流动式起重机的分类和构造	96
三、流动式起重机的基本参数	98
四、流动式起重机的维护保养知识	100
五、流动式起重机的事故分析	101
六、流动式起重机的作业条件	102
七、起重作业的操作要领	102
八、其他常用吊装设备	105
复习思考题	106
第三章 电气动力设备安装调试	107
第一节 电气动力设备安装调试所需的专业知识	107
一、电气设备试验的基本知识	107
二、电力变压器的试验	109
三、继电器的结构、原理及检验	115
四、计算机监控系统	125
五、电缆故障的分析与寻测	139
第二节 电气动力设备安装调试技能训练实例	146
训练 1 变压器绝缘电阻和吸收比的测试	146
训练 2 绕组直流电阻的测量	149
训练 3 变压器油的工频电压击穿试验	152
训练 4 工频交流耐压试验	154
训练 5 电压比试验	157
训练 6 联结组标号试验	159
训练 7 空载和短路试验	161

训练 8 泄漏电流测试	165
训练 9 介质损耗角正切值($\tan \delta$)的测量	166
训练 10 电流继电器试验	169
训练 11 电压继电器试验	170
训练 12 感应型过电流继电器试验	172
训练 13 中间继电器试验	173
训练 14 信号继电器试验	176
训练 15 时间继电器试验	177
训练 16 重合闸继电器试验	178
训练 17 差动继电器试验	179
复习思考题	181
第四章 电动机的运行与维护	182
第一节 电动机运行与维护所需的专业知识	182
一、电动机故障的判断与排除方法	182
二、三相异步电动机的维护要求	186
三、高压电动机及其巡视要求	188
第二节 电动机运行与维护技能训练实例	188
训练 1 笼型异步电动机温升过高故障的排除	188
训练 2 合闸后电动机有嗡嗡声而不转动	191
复习思考题	191
第五章 电梯性能调试	193
第一节 电梯性能调试所需专业知识	193
一、电梯试验方法	193
二、声级计的使用	199
三、电梯各项功能的确认	203
四、电梯试验常用检测工具及仪表	204
第二节 电梯性能调试技能训练实例	204
训练 1 电梯平衡系数的测定	204
训练 2 限速器和安全钳动作可靠性检验	206

训练 3 缓冲器的检查与试验·····	208
训练 4 电梯运行和超载试验·····	210
训练 5 电梯平层准确度检验·····	211
训练 6 电梯噪声测定 ·····	213
训练 7 报警装置及电源中断应急装置检验 ·····	214
训练 8 电梯振动和噪声故障排除 ·····	216
复习思考题·····	219
第六章 特殊场所电气设备安装 ·····	220
第一节 特殊场所电气设备安装所需的专业知识·····	220
一、真空断路器 ·····	220
二、矿用隔爆型真空馈电开关 ·····	222
三、真空接触器 ·····	224
四、真空电磁起动器 ·····	224
五、真空度的测试 ·····	225
第二节 特殊场所电气设备安装技能训练实例·····	226
训练 1 真空断路器的安装 ·····	226
训练 2 隔爆型真空电磁起动器的安装 ·····	228
复习思考题·····	229
第七章 电气设备试运行 ·····	230
第一节 试运行前的检查、准备工作·····	230
一、试运行前的质量检验 ·····	230
二、设备试运行前的常规检查 ·····	231
三、试运行方案的分析 ·····	234
第二节 设备试运行·····	234
一、电气设备试运行的方法、程序及要求 ·····	234
二、试运行故障分析 ·····	236
复习思考题·····	239
第八章 组织管理 ·····	240
第一节 班组管理·····	240

一、班组管理基本知识	240
二、班组经济核算	242
三、班组作业计划的制定	244
第二节 质量管理	245
一、全面质量管理常识	245
二、全面质量管理的常用方法	248
三、QC 小组活动的开展	254
复习思考题	258
试题库	259
知识要求试题	259
一、判断题 试题(259) 答案(294)	
二、选择题 试题(263) 答案(294)	
三、简答题 试题(276) 答案(295)	
四、作图题 试题(277) 答案(308)	
技能要求试题	279
一、真空断路器及其操作机构调试	279
二、变压器绝缘电阻和吸收比测定及交流耐压试验	280
三、变压器联结组标号、空载和短路试验	282
四、二次设备的调试与线路测绘	283
五、电梯限速器和安全钳动作可靠性及缓冲器检验	285
六、电梯平层准确度检测及噪声测定	286
模拟试卷样例	288
参考文献	309

第一章

电气设备安装基础



培训学习目标 了解晶闸管的特性和简单的整流、变频技术的应用；了解计算机的构成和软硬件基础、数字通信技术的基本知识；熟练掌握常用电气设备的控制方法；熟悉直流和交流调速系统的基本概念；掌握常用电工仪表的原理和使用方法；了解液压传动的基础知识。

第一节 电力电子技术基础

一、晶闸管及其可控整流技术

晶闸管是硅晶体闸流管的简称，是一种可以控制电路中电流通断的电力电子器件，应用在电路中实现整流、逆变、变频、斩波等功能。这里所说的晶闸管为普通晶闸管。

1. 晶闸管的结构和符号

晶闸管是由硅半导体材料做成的，内部由四层(PNPN)半导体组成，对外引出三个端子(A、G、K)。由此内部形成了三个PN结，外层的P层和N层分别引出阳极A和阴极K，由中间的P层引出门极G，如图1-1a所

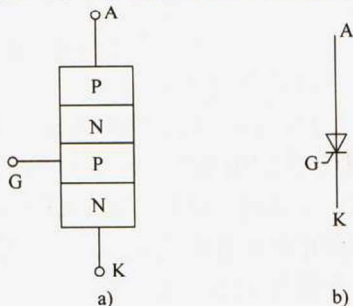


图 1-1 晶闸管结构及符号

a) 内部电路 b) 图形符号

示。晶闸管的文字符号是 VT，图形符号如图 1-1b 所示。

2. 晶闸管的特性

经试验分析可得出以下结论：

- 1) 不仅有反向阻断能力，同时还有正向阻断能力。
- 2) 正向导通的条件是：阳极加正向偏置电压，同时门极加正向触发电压。
- 3) 晶闸管一旦导通，门极就失去控制作用。
- 4) 晶闸管要重新关断，必须设法使其阳极电流减小到小于维持晶闸管持续导通的电流。常用的方法是降低阳极电压，或给阳极加反向电压。

晶闸管的上述特性可以用其伏安特性来描述，如图 1-2 所示。下面就其正向特性和反向特性分别加以讨论。

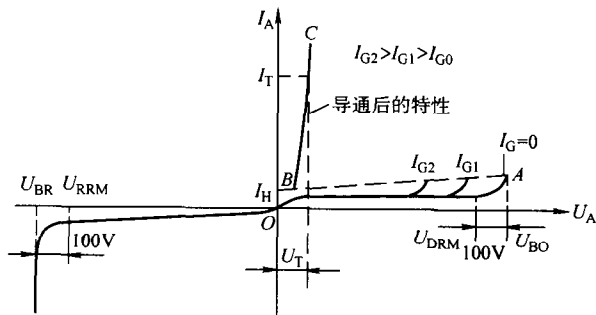


图 1-2 晶闸管阳极伏安特性

(1) 正向特性

1) $I_G = 0$ 时，当阳极正向电压小于某一数值范围时，阳极电流（即正向漏电流）很小，晶闸管处于正向阻断状态；当正向电压超过某一个值时，正向漏电流急剧加大，晶闸管导通，此时的阳极电压叫做正向转折电压 U_{BO} ，晶闸管的这种开通方式叫做晶闸管硬开通，正常情况下是不允许的。

2) $I_G > 0$ 时，晶闸管仍有一定的正向阻断能力，但使它由正向阻断状态转为正向导通状态所需的阳极电压比 U_{BO} 要低，且 I_G 越大，所需的阳极电压越低；即只要晶闸管的阳极加上适当的正向电压，



再在门极上加上适当的触发电压，晶闸管就可以触发导通，这就是晶闸管和二极管相比具有的可控导通特性。

(2) 反向特性 晶闸管的反向特性与二极管相似，也有反向阻断区和反向击穿区。晶闸管一旦击穿就永久损坏。

重要结论：通过以上的分析可知，晶闸管具有可控的单向导电性。

3. 晶闸管的参数和型号

(1) 晶闸管的参数

1) 正向断态重复峰值电压 U_{DRM} ：指在额定结温和门极断路、晶闸管正向阻断的情况下，允许重复加在晶闸管上的最大正向峰值电压，一般取值比 U_{BO} 低 100V。

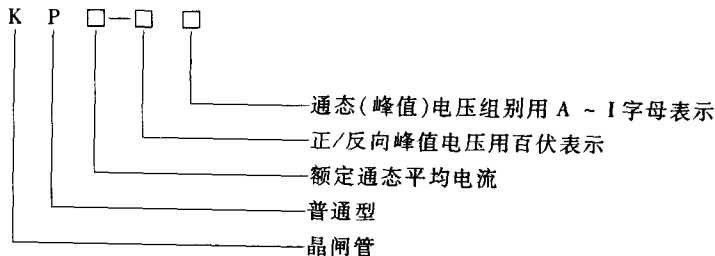
2) 反向重复峰值电压 U_{RRM} ：指在额定结温和门极断路的情况下，允许重复加在晶闸管上的反向峰值电压，一般取值比反向击穿电压 U_{BR} 低 100V。通常 U_{DRM} 和 U_{RRM} 大致相等，习惯称为峰值电压。

3) 通态平均电流 $I_{\text{T(AV)}}$ ：在环境温度不超过 40°C 和规定的散热条件下，允许流过的工频正弦半波电流在一个周期内的平均值，简称为正向电流。当在一个周期内晶闸管导通的电角度小于 180° 时，允许流过的电流必须降低。

4) 通态(峰值)电压 U_{TM} ：指晶闸管通以某一规定倍数的额定通态平均电流时的瞬态峰值电压。通常取晶闸管的 U_{DRM} 和 U_{RRM} 中较小的标值作为器件的通态峰值电压。

5) 维持电流 I_{H} ：指在规定的环境温度和门极断路的情况下，维持晶闸管持续导通的最小阳极电流；它是晶闸管由导通到关断的临界电流。

(2) 晶闸管的型号 KP 系列普通晶闸管的型号及含义如下：



例如 KP100—8F 的晶闸管表示额定电流为 100A、额定电压为 800V、正向导通压降组别为 F 的普通晶闸管。

4. 晶闸管可控整流电路

晶闸管可控整流电路的作用是把交流电变换成大小可调的直流电, 这是通过改变可控整流电路中晶闸管的触发延迟角 α 来实现的。触发延迟角增大, 输出电压的平均值就越小, 反之输出电压升高。所以负载电压的波形随着触发延迟角的改变而改变。

晶闸管可控整流电路有单相可控整流电路和三相可控整流电路两种, 单相可控整流电路又有单相半波整流电路、单相全波整流电路、单相半控桥式整流电路几种。下面分别以单相半控桥式整流电路和三相半波可控整流电路说明其工作原理。

(1) 单相半控桥式整流电路

1) 电路组成: 如图 1-3a 所示, 单相半控桥式整流电路主要由整流变压器、晶闸管、二极管和负载电阻 R_L 等元器件组成。电路中的晶闸管 VT1 和 VT2 的阴极接在一起, 代替了二极管桥式整流电路中的对应的两个二极管, 触发脉冲同时加到两个晶闸管的门极和阴极之间, 根据晶闸管的导通条件可以分析电路的功能和电路中晶闸管 and 二极管的导通情况。

2) 电路工作原理: 分析的方法主要是通过分析加到晶闸管两端的电压和触发脉冲的瞬时极性, 分析晶闸管的导通情况, 从而分析得到负载上的

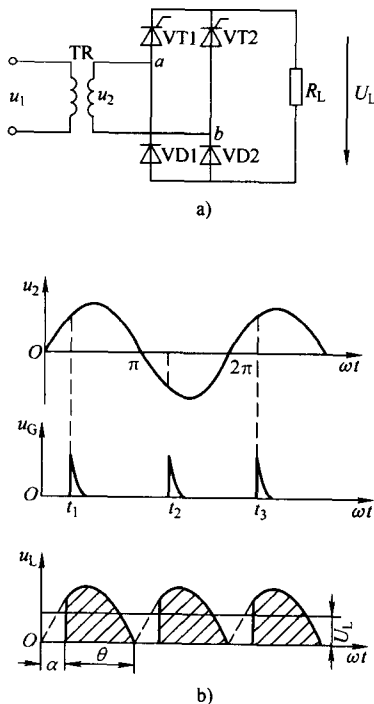


图 1-3 单相半控桥式整流电路

a) 电路 b) 波形