

中国高等教育培训中心
高职信息类专业国际合作组织

联合引进



德国国家远程教育中心 (ZFU) 批准

电气技术人员认证远程教育课程

【德】Robert Eckert博士远程教育学院 编著

测量技术 (第三册)



ECKERT
SCHULEN
Fernlehrinstitut
GmbH



华文出版社
Sinoculture Press

电气技术人员认证远程教育课程

测量技术

第三册

[德] Robert Eckert博士远程教育学院 编著
北京泛华德教育科技有限公司 翻译

华文出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测量技术/德国Robert Eckert博士远程教育学院编著;
北京泛华德教育科技有限公司译—北京: 华文出版社, 2009.12

电气技术人员认证远程教育课程
ISBN 978-7-5075-2958-6

I. ①测… II. ①德…②北… III. ①电子测量—工程技术人员—远距离教育—教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第213440号

电气技术人员认证远程教育课程：测量技术(第三册)

编 著： 德国Robert Eckert博士远程教育学院

翻 译： 北京泛华德教育科技有限公司

责任编辑： 吴 晶

责任校对： 华 一

出版发行： 华文出版社

社 址： 北京市宣武区广安门外大街305号8区2号楼

邮政编码： 100055

网 址： <http://www.hwcbcs.com>

投稿邮箱： hwcbcs@126.com

电 话： 010-58336255 010-58336259

经 销： 新华书店

印 刷： 北京市艺辉印刷有限公司

开 本： 210×297 1/16

印 张： (全套3册)32

字 数： (全套3册)830千字

版 次： 2010年2月第1版

印 次： 2010年2月第1次印刷

标准书号： ISBN 978-7-5075-2958-6

定 价： (全套3册)177.00 元

版权所有，侵权必究

德国《电气技术人员认证远程教育课程》中文版

导言：光荣与梦想

众所周知，德国是一个高度发达的工业化国家，在德国工业化进程中，德国政府始终如一地把职业教育作为国家经济发展的中坚力量，这不仅体现在理论上，更重要的是在教育实践中创造出闻名于世的“双元制”职业教育模式。进入新世纪后又发起了“职业教育攻势国家行动”，设立了全国“职业教育日”，颁布实施了新的《联邦职业教育法》等发展职业教育的重大举措。摆在我们面前的这套11000页，1800万字完整的电气技术专业课程，由中国高等教育培训中心、高职信息类专业国际合作组织联合引进，经德国国家远程教育中心批准，Robert Eckert博士远程教育学院编写的电气技术人员认证远程教育课程，就是在这样的经济社会环境制约下的德国职业教育课程一个具有代表性的建设成果。

在欧洲颇具影响的Robert Eckert博士远程教育学院根据职业院校培训框架计划开发的课程充分体现了学校配合企业的培训设计学习领域，实施项目教学。可以看出，这套课程是对学科体系的调整与改革，课程内容侧重知识的应用与技能的培养。我国很多优秀的院校都曾选派教师赴德国ECKERT教育集团Robert Eckert博士远程教育学院进行课程建设培训，国家示范性高职院校邢台职业技术学院、成都航空职业技术学院、淄博职业学院、常州信息工程学院、浙江工商职业技术学院、包头职业技术学院等院校的教师赴德归国后普遍感到受益匪浅。

《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》指出：“积极引进国（境）外优质职业教育资源。鼓励国（境）外组织和个人依照我国法律和办学资格要求，同我国境内职业教育机构和其他社会组织，合作举办高水平的职业学校或职业培训机构。努力拓展职业学校毕业生国（境）外就业市场”。在中德职业教育合作30年后的今天，中国职业教育已经站在了一个新的历史起点上，积极引进国际上先进的职业教育理念和优质教学资源将对我国职教未来发展起到很重要的作用。教材作为一种重要的教学资源，不仅是体现教育思想、实现教育目标的载体，也是人才培养过程中掌握知识、发展能力和提高素质的重要信息载体，是课程最具体的形式。德国基于工作过程导向理念、“双元制”职业教育模式的落脚点都聚焦在课程体系和课程内容上。对于日益重视职业教育课程建设的中国职业教育事业而言，系统地了解德国专业的课程体系、结构和课程内容，破解德国核心教育技术，无疑会对我们本土化的课程改革与建设，取得“他山之石，可以攻玉”的功效。

我们坚信，通过这套电气技术人员的认证教材，从中可以研究德国工作过程导向思想在职业学校的专业课程体系中是如何落实的，德国职业学校的教育活动如何应对经济技术发展。对比分析中国相应的专业课程体系，寻找相似与差异；系统分析教材的内容架构，研究课程设置依据、课程与课程之间的内在教育技术逻辑关系，比较研究中德职业教育在设计专业课程体系的内在逻辑思路的异同；分析教材的编写结构、传递技术信息的逻辑思路、编写方法、教材的形式、体例和模式，与国内同类教材比较各自的特色。所有这一切，都将为推动中国当代的职教课程改革提供新颖的视角、建设性的借鉴与参考。

高职信息类专业国际合作组织已开始与Robert Eckert博士远程教育学院、国际教育技术

研发机构北京泛华德教育科技有限公司合作开发与上述课程相配套的课件、教案及多媒体教学资源、教学参考、实训手册等。这套课程发行后将陆续举办与其配套的师资培训班、通过中德职教专家上示范课、开展交流研讨和观摩等途径，为职业院校以及职业培训机构的教师借鉴德国的职业教育理念、教育模式以及教学方法等提供切实有效的参考，本着洋为中用的原则，最终旨在提升广大教师驾驭本土化课程建设的能力。

对于那些区域经济条件不尽如人意，渴望交流学习的职业学校以及培训机构，高职信息类专业国际合作组织愿将其多年来的成功经验与丰硕成果以及对德国乃至其他发达国家职业教育合作的良好资源，无私地奉献出来。

我们的行动宗旨是：运用国家示范性高职院校的建设成果、借鉴德国的职业培训模式和课程体系、依托新媒体的远程教育平台、面向不发达地区扶持职业教育的弱势群体、整合国内外的教学、实习、实训与就业资源，为中国职业教育的宏图伟业做出自己的贡献。

德国《电气技术人员认证远程教育课程》中文版编委会

2009年12月 北京

德国《电气技术人员认证远程教育课程》

中文版编委会

- 主 编：**钟玉琢 清华大学深圳研究生院信息学部主任
- 执行主编：**曲克敏 中国高等教育培训中心副主任
高职信息类专业国际合作组织秘书长
- 副 主 编：**周 长 海 中国高等教育培训中心教育技术部首席顾问
- 徐 玉 彬 工业与信息化部电子教育与考试中心主任
- 左 志 成 中国电子科技集团公司人力资源部主任
- 刘 丛 国家示范性高职院校邢台职业技术学院院长
- 张 学 库 国家示范性高职院校宁波职业技术学院副院长
- 李 学 锋 国家示范性高职院校成都航空职业技术学院
院长助理\教务处长\国家级教学名师
- 委 员：**姜 义 林 国家示范性高职院校淄博职业学院副院长
(按姓氏笔画排序)
- 吴 志 荣 宁波职业技术学院电子系主任
- 邱 寄 帆 成都航空职业技术学院计算机系主任
- 宗 美 娟 淄博职业学院示范建设办公室专职副主任
- 林 训 超 成都航空职业技术学院电子工程系主任
- 祝 登 义 成都航空职业技术学院教务处副处长
- 郭 震 震 中国高等教育培训中心教育技术部主任助理
- 高 爱 国 淄博职业学院信息工程系主任
- 曾 照 香 淄博职业学院电子电气系主任\国家级教学名师
- 诸 建 立 邢台职业技术学院信息工程系主任

电气技术人员认证远程教育课程

《测量技术》

审校委员会

主任：林训超

副主任：李明富

委员：梁颖 周兴 黄燕

第3分册	自动测量系统	高勤文翻译	黄燕主审、终审
第4分册	典型测量技术	谢雯翻译	黄燕主审、终审
第5分册	模拟/数字与数字/模拟转换	周英峰翻译	雷鸣主审、终审

第3分册

自动测量系统

目 录

引 言.....	1
1 测量仪器的发展.....	2
1.1 自动测量仪器（系统）的应用领域	2
1.2 自动测量仪器（系统）概述	2
2 自动测量系统和系统组件.....	4
2.1 匹配测量对象	4
2.2 量值采集器	5
2.3 激励源	6
2.4 控制计算机	6
3 接 口.....	8
3.1 串行接口	8
3.1.1 RS232.....	8
3.1.2 RS422.....	10
3.1.3 RS485.....	10
3.1.4 通用串行总线（USB）	11
3.1.5 IEEE 1394—火线.....	13
3.1.6 CAN.....	13
3.1.7 以太网	14
3.2 并行接口	15
3.2.1 IEC625、IEEE488（HPIB、GPIB）	15
3.2.2 VXI总线.....	20
3.2.3 PXI总线	21
3.2.4 并 口	21
3.3 通过遥测技术传送数据	22

4	测量和检测系统的结构.....	24
4.1	作为功能卡在个人计算机上连接的测量系统	24
4.2	有标准接口的测量系统	25
4.3	采用通用仪器总线的测量系统	25
4.4	采用插入技术的测量系统	25
4.5	完整测量系统	26
4.6	虚拟仪器	26
5	测量系统编程.....	28
5.1	测量过程的产生	28
5.2	测量任务的程序设计	32
5.3	测量技术为导向的编程环境	33
5.3.1	实验室虚拟仪器	33
5.3.2	可视性工程设计环境	36
5.3.3	测试仪	39
	复习题答案.....	43
	术语汇编.....	46
	参考书目.....	47

引言

本教材将引领您走进“自动测量系统”的学习。学完本教材后，将认识计算机控制下的自动测量系统的组成，从而可以独立或按要求完成自动测量系统的组装。在组装和运行自动测量系统时，必须熟知一些容易出错的地方，以便在准备阶段尽可能减少要出现的问题，甚至是防止问题的出现。

这本教材只是概括地介绍了自动测量技术目前的状况，它结合了您在基础课上所学到的理论知识和实际应用，但无法在本书中列举测量系统中所有的仪器和规格。当您在工作场所进行特殊测量时，请务必注意到细节，并尽可能从各个渠道得到所需的信息。您可以通过因特网从仪器生产商那里得到足够的信息，本书在最后列举了一小部分网址。

1 测量仪器的发展

学习目标：学完这一章后，您将大概了解到最早的测量仪器是如何发展到今天由计算机控制的自动测量仪器（系统）的，以及测量系统的应用范围从单一到广泛的变化过程。

测量技术的历史几乎与人类历史一样悠久，直到标记符号的发现，我们才了解到我们的祖先所测量的内容和测量方法。古埃及人在建造金字塔时就已经开始使用简单且有效的测量技术。历史学家发现，所有对金字塔进行的测量中都有用到过 π 。在当时，埃及人还没有圆的计算公式，但是他们通过太阳认识了圆。他们仿造太阳的形状制作出一个圆盘，借助这个圆盘对金字塔进行测量，这一方法既简单又有效。

测量技术和测量仪器的发展是与人类的发展齐头并进的。直到进入工业时代，人们才需要大量使用测量技术和测量仪器，它们主要被用在生产过程和产品检验中。本世纪初之前的测量都是机械化的，因此测量的精确度就是由所操纵的机械装置来决定的。随着精密机械的精确度不断上升，测量仪器的精确度也不断提高。在进行测量时，人一直作为协调者来读取并记下仪器上的数据。数据采集和记录之间也有有机地结合了，例如，在一定的时间内记录下温度。在自动控制领域，一个特定变量的测量更是需要与变量操控相结合的，例如测量转速，是在蒸汽机上发明了离心力调制装置，通过一个离心力摆锤测量出转速，同时通过摆锤的偏重来控制蒸汽的补给阀门。

电气化时代的到来使测量技术和测量仪器经历了巨大的变革。这项新技术不仅拓宽了测量领域，而且显著优化了测量过程。例如，现在可以对测量值进行长距离的传输，因此，在对被测量值进行分析利用时，无需在被测量附近进行，而可以在其它适合的地方。

引进数字技术后，测量技术又经历了一次飞跃。数字技术也包括计算机技术的广泛应用，现在可以用计算机技术结合多个测量值进行智能分析利用，同时大容量内存的使用更是可以记录大量的测量结果。作为协调者和操纵者的人正逐步退出测量领域。

■ 1.1 自动测量仪器（系统）的应用领域

计算机控制的自动测量仪器（系统）不仅仅局限于专业领域，它在生活的各个领域都有所涉及。当我们试着仔细观察周边环境时，我们会惊讶地发现，计算机控制测量系统无所不在。在自行车路程计或私人气象站上都可以找到计算机控制的自动测量仪器（系统）的身影。传统的计算机控制的自动测量仪器（系统）主要是应用于工业领域，但是随着微处理器的普及，在私人住宅领域也得到了更多的应用。私人住宅设备在构造上的基本方案与工业领域中大型设备的基本方案是一致的。

■ 1.2 自动测量仪器（系统）概述

所有控制技术都会使用计算机来控制测量仪器（系统）。例如，在私人住宅领域，受计算机控制的测量系统可以用来控制太阳能设备、暖气装置或通过安装总线系统来控制整个住宅或通过小型电话装置记录通话内容等。

专业计算机控制的自动测量系统主要应用在生产领域，它可以复查产品特性，从而保证产品质量。同时，测量系统也可以用来控制和监控生产过程。

目前，计算机控制的自动测量仪器（系统）主要可分成两种：

- 半自动化系统
- 全自动化系统

半自动化系统中，人还是以某种方式参与到测量过程中。例如，使用带手工操作界面（操作和显示器）的测量仪器。当人作为测量系统的一部分时，自然容易出现错误，且数据处理也会很慢。而在全自动化系统中，人的位置完全被一台高效率的计算机替代。但有时计算机控制和分析系统的编程耗费较高，因此人工操作虽有各种不足之处，然而个别情况下还是需要使用人力的。

复习题

- 1.1 请列举几个自动测量系统在私人领域应用的例子。
- 1.2 自动测量系统应用在哪些地方？
- 1.3 自动测量系统可以分成哪几类？

2 自动测量系统和系统组件

学习目标：学完该章节后，您将认识自动测量仪器（系统）的各个组件，并了解各个组件的作用。

自动测量系统由许多单个组件构成，它们互相连接共同作用。这些组件按照功能可以分为几类。

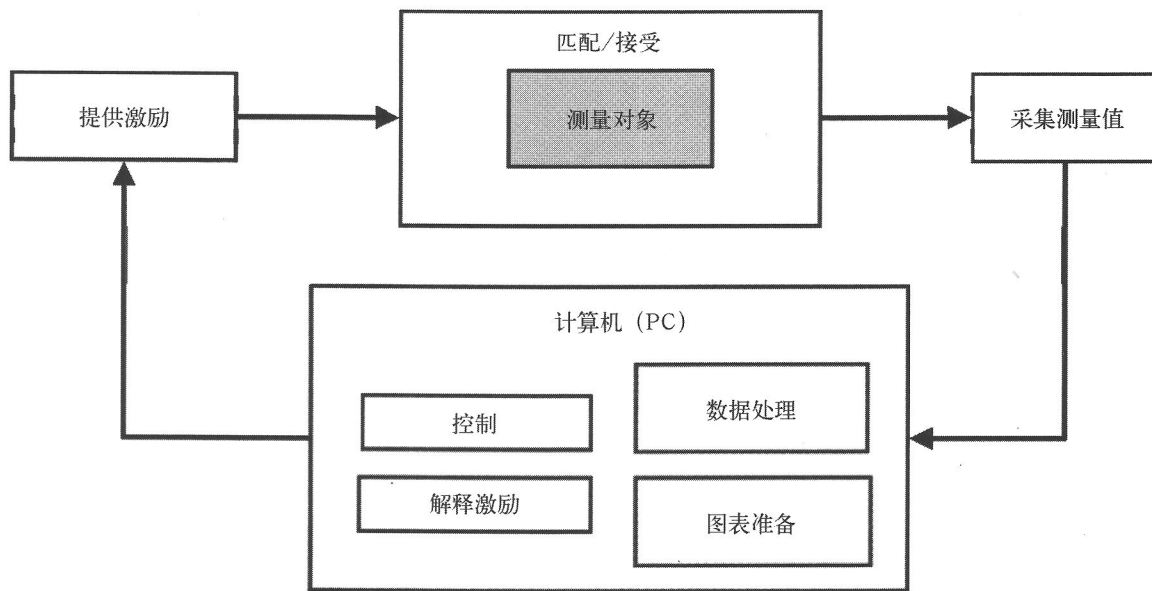


图2-1：计算机控制的自动测量系统组件

通过测量接收或匹配装置，系统可以直接连接到测量对象上。这个单元接收到测量值或者向测量对象发出测量所需的信号（激励）。测量值到达量值采集器，量值采集器会继续对测量值进行相应的处理。计算单元将量值采集器所提供的信号进行组合、存储并编辑出相应的图表。控制单元对测量对象发出带相应信息的激励，并供给所需电压，从而在特定工作点驱动测量对象。

2.1 匹配测量对象

匹配或接收测量对象的主要作用，就是将测量仪器和提供激励信号的激励源连接到所需测量的对象上。连接方式主要取决于被测量对象信号的种类。当然重要的是，只有尽可能减小对测量对象的影响，实际测量才不会出错。

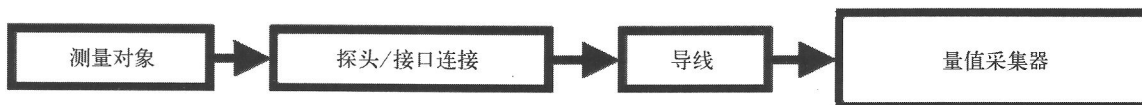


图2-2：测量对象传递到测量仪器或量值采集器的路径

通过合适的探头可以直接与测量对象相连接。除了探头连接，也可以通过接线端连接或螺栓连接甚至是专业探头实现连接。测量所需电路板电路中需安装有针状或块状的测试适配器。

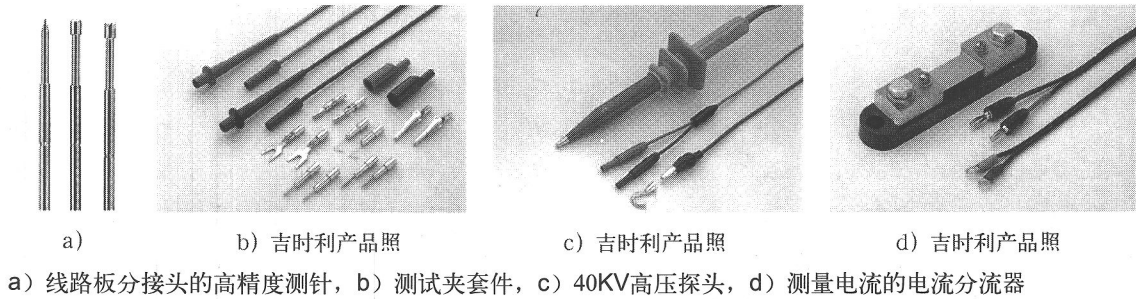


图2-3: 与测量对象不同的连接方式

不同种类的导线继续将信号传递给测量装置。这些导线大致可以分为三类:

- 无屏蔽的双绞线;
- 屏蔽的双绞线;
- 同轴电缆。

一般在实际操作中会使用三种导线的组合, 有时也使用一种导线。

在设计测量匹配装置时, 必须或多或少地考虑到频率对匹配器的要求。频率越高, 这一点越重要。高频信号中, 必须在失配时考虑反射。从通信技术的原理中可知, 这将会导致信号失真, 信号失真在某些情况下还可能导致测量信号削弱。

2.2 量值采集器

量值采集器的作用是将非电量转化成合适的电子信号以便进一步处理。非电量首先必须转化成电量。已转化的信号必须进行放大或衰减, 这样显示单元才能正确地进行显示。

模拟信号经常会受到干扰, 例如, 信号的叠加干扰。可能的话, 应用滤波器消除这些干扰。测量干扰信号需要减小到不足以影响测量值的大小。

现在的数据处理全由计算机进行。首先, 数据必须转换成计算机能解读的形式, 即数据必须数字化。为此, 量值采集器必须具备模/数转化功能。进行多路采集时, 还需串联一个模拟信号多路转换器。

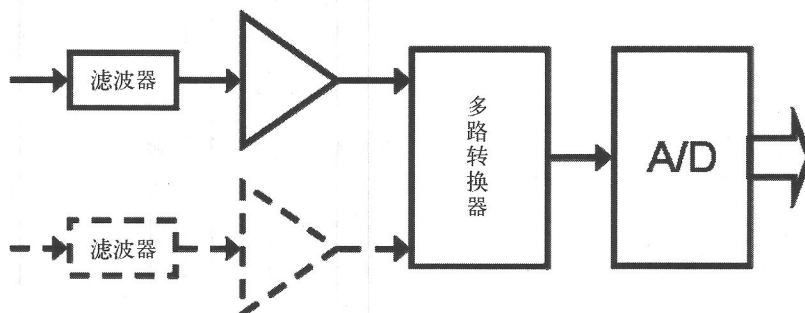


图2-4: 量值采集器的功能

因为大多数数据处理都是数字化处理, 所以量值采集器必须要配备模/数转换功能。

■ 2.3 激励源

在进行测试时，需要将检测对象或测量仪器引到所需测试的点上。目的在于尽可能真实地反映被测对象的实际值。在使用激励源时也会发生错误。因此，需要再次复查检测对象在发生错误情况时的反应。为了使测试更有效率，可以有针对性地使激励源按照实际值延长或缩短在特定测试点上的使用时间。激励源包括电流供应、电压供应、频率发生器、激光、计算机等等。频率发生器又分为数字频率发生器和模拟频率发生器。其中，矩形波发生器和任意波形发生器属于数字频率发生器。其他发生器几乎全是模拟波形发生器、噪声发生器等。

最重要的激励源是电网设备，提供给测试对象电压和电流。为了尽可能地减少单个设备的耗电量，在实际操作中应使用多重电网设备，并特别注意几个技术指标：

- 精确度
- 稳定度
- 纹波
- 调整时间

精确度说明输出电压被调节到什么级别。这一点十分重要，因为必须用整个工作电压量程来检测被测量。因此量程划分必须尽可能的精确，尤其是上限和下限。

当输入电压发生变化时，输出电压也发生相应地变化，这就体现出了稳定性。输入电压的变化会对测量值产生怎样的影响，这个参数对于评估是很重要的。稳定性显示的要么是额定输出电压的绝对值，如，100 mV，要么就是额定输出电压的百分之几。

因为大多数情况下是由交流电源提供电压，所以电压和电流会有一定的纹波。纹波的大小由峰值决定。

在负载发生变化时，被调节的电压短时间内可能会不受控制。因为在实际工作中，电压调节需要一定的时间，所以调整时间包括电压从调整到再次稳定的这一段时间。这段时间之后，才能稳定测量计算。

■ 2.4 控制计算机

每一个计算机控制自动测量系统的中心是控制计算机，也称过程控制计算机。控制计算机是控制中心，它控制测量过程的操作顺序。该计算机也是一个单元，连接各测量单元并对测量值进行处理。

普通个人计算机就能胜任上面提到的任务。在短时间内处理大量数据而导致个人计算机的容量不够用时，可以使用工作站来代替控制计算机。普通个人计算机在一些“恶劣”的环境中无法工作，出现这种情况时，可以使用工业级计算机。“恶劣”的工作环境指的是特殊的温度要求或者其他环境，例如污染、振荡等环境。工业级计算机就是被设计用于极端环境条件的。

控制计算机的组件有常见的打印机、辅助大容量存储器和显示器。

控制计算机的另外一个组件是操作系统以及该系统中的应用程序，即专业测量技术软件。

总 结

自动测量系统的主要组件有：用于匹配/接收测量对象的组件、量值采集器、供电/激励组件和控制计算机。

通过接收测量对象实现测量对象和测量仪器的匹配。测量用的探头可以是专业的检测适配器、插头连接、螺栓连接、接线端连接或者合适的探头。

量值采集器将非电量转换成电信号。在放大信号和通过模/数转换器将信号数字化之前，可将从量值接收器传递到量值采集器时出现的干扰过滤掉。

自动测量系统的中心组件是控制计算机。控制计算机在今天看来大多数都是个人计算机，它可以编辑图表、处理数据、集成测量结果和控制整个测量程序。

复习题

- 2.1 自动测量系统可以分成哪几个主要组件？
- 2.2 测量接收器怎样被移动到所需测量的位置上？
- 2.3 请列举几个可直接连接测量对象的例子。
- 2.4 在连接测量对象和测量仪器时，通常使用哪些线路？
- 2.5 量值采集器的作用是什么？
- 2.6 什么情况下使用激励源？
- 2.7 在电源上需要注意哪些特征参数？
- 2.8 怎样理解电源输出电压的稳定性？
- 2.9 自动测量系统的控制计算机有哪些作用？

3 接口

学习目标：在这一章，将会认识不同的接口；认识总线系统由哪些接口组成；认识接口的物理特性以及数据是如何通过接口传递的。

一般而言，自动测量系统的单个组件或仪器之间是通过数字接口相连的。随着时间的推移，接口经历了不同时期的发展，它们都根据各自的使用情况朝着最优方向发展，许多接口的出现与发展都是来源于数据处理的需要。由于市场需要，许多接口都具有统一的规格标准，从而保证了可以简单地使用接口进行仪器互连。接口的演变是与测量要求一起飞速发展的，因此人们在今天无法预测，将来连接测量设备的接口是何种规格。

接口可以按照数据传输分为串行接口和并行接口。除此之外，接口也可以根据数据传输方式进行划分，即分为点对点连接和总线系统。点对点连接时，只能有两台设备进行信息交换，例如，测量仪器与控制计算机之间、测量仪器与双向数据线之间。

在总线系统中可以连接多台设备，经常都是连接到同一个接口上。总线系统的配置可以设计成星形、环形、线形或金字塔形。

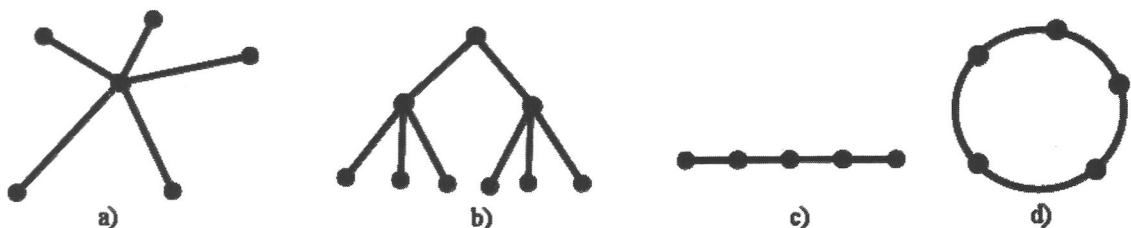


图3-1：总线结构，a) 星形，b) 金字塔形，c) 线形，d) 环形

统一接口规格后，就能随意组合使用各个生产厂家的不同设备。标准接口通过接口转换器可以相互转变。例如，基于RS485的USB、基于HPIB的USB等等。

在这么多接口中，一些自动测量系统的配置接口需要在这里说明一下。部分接口早已在其他课程单元提及过。但是为了使这一章完整，还需再次提及这些接口。

3.1 串行接口

近几年来，串行接口越来越重要，其中一个主要原因是传输速度的提高。这种接口的最大优点是接口简单且成本低廉。

3.1.1 RS232

最为熟知和普遍使用的串行接口是RS232接口。V24标记常常指的就是这种接口，这是所有个人计算机的标准接口。一般而言，这种接口异步工作（传递信息时无单独时钟电路），是纯点对点连接。虽然DIN标准定义了25条线路的分布，但是实际操作中只有几条线路进行了连接。

该接口早期主要用于数据终端设备（DEE）和数据传送单元（调制解调器）之间的传送。在测量技术中，常用该接口控制测量仪器、验收测量设备接收的数据。