

国外优质职业教育资源教学用书

汽车电器与电子原理

Principles of Electricity and Electronics for the Automotive Technician

[美]Norm Chapman 著

赵福堂 等译

高等教育出版社

策划编辑 赵 亮
责任编辑 李京平
封面设计 于 涛
责任绘图 朱 静
版式设计 马静如
责任校对 杨雪莲
责任印制

出版前言

2002年7月，国务院召开了全国职业教育工作会议。为了贯彻职教会关于“积极引进国外优质的职业教育资源”的精神，落实教育部周济部长和王湛副部长关于引进国外职业教育教材是“坚持开放要有新局面”的一个好举措、“要把这项工作放在全国职教教材的大体系中全面考虑和规划”的重要批示，高等教育出版社在教育部高等教育司、职业成人教育司的大力支持下，结合我国紧缺人才的培养目标，准备系列出版“国外优质职业教育资源教学用书”，包括专业教材、实训教材以及具有鲜明职业教育特色的课程模式教材。汽车类引进教材作为引进教材系列的一个大类，其特点是：

(1) 专家评选，具有权威性。高等教育出版社邀请清华大学等知名院校汽车领域专家以及国家级“十五”规划重点课题承担学校、教育部高职高专精品专业建设项目院校的专家、教授，成立了引进教材专家组，设立“国外优质职业教育教材引进与借鉴”研究课题，从国外教材与国内职业教育教材的比较和专业适用性等方面进行研究，经过认真遴选和评议，从汤姆森学习出版集团推荐的20余本教材中精选出了这套教材，具有一定的权威性。

(2) 注重职业能力培养，体现高职高专特色。高等职业技术教育的目标是培养相关领域的应用性人才，他们必须具有较强的操作能力和工程意识，能够掌握和使用最新的技术。在这套引进教材中，为了注重学生实践操作能力和最新技术使用能力的培养，我们精选的每本教材都包含了各种形式的教学指导、模拟实验室、互动的操作练习及测试等内容，还配备了大量的应用实例和汽车构造图片，体现了国外职业教育教材的显著特点，有利于高职高专学生职业能力的培养。

(3) 坚持质优价廉的原则，把实惠让学生。国外的教材一般都采用彩色印刷，且制作十分精美，但价格非常昂贵。我社在引进教材的过程中遵循质优和价廉的原则，在保证质量的基础上尽量降低成本，保留了原教材的精美插图，图文并茂，但在价格上与国内职业教育教材相当，不给教师和学生增加更多的经济负担。

引进国外优质的职业教育资源是高等教育出版社职业教育教材建设新的尝试，是迈向国际化的重要一步。今后，我们在引进国外教材版权的基础上，还要进一步引进国外优秀的作者资源，加快我国职业教育与国际接轨的步伐。同时，我们还将继续努力，将更多的引进教材推荐给高职高专院校，为促进中国高职高专教育的发展贡献力量。

高等教育出版社

2003年10月

译者序

为了贯彻全国职业教育会议精神，积极引进国外优质职业教育资源，加强高职高专职业教育教材建设，高等教育出版社在教育部高教司的支持下，于2003年1月在北京召开了汽车类引进教材审定会议，对一批国内急需的国外职业教育原版教材进行了审定。与会专家一致认为《汽车电器与电子原理》(Principles of Electricity and Electronics for the Automotive Technician)内容新颖翔实，理论联系实际，实用性强，国内尚无同类教材，适合引进作为高职高专专业教材。

本书是美国南奥林匹亚大学汽车电子电器专业教材。本书系统介绍了汽车用电子元器件的原理及实务操作，主要内容包括现代汽车各种电子电路元器件，汽车用电器配线，各种仪器仪表的原理及使用，串联电路、并联电路、混联电路的原理，各类基本故障的检修技巧及技术，汽车照明内外电路的原理，电子及计算机基础，电器附件及仪表，汽车蓄电池的工作原理及维护，发动机起动系统和点火系统的组成及原理，发动机充电系统等。

为了提高学生的实际动手能力，该书列举了新颖的教学实例，各章还附有复习题和车辆电路测试实践作业。同时，还在各章加有ASE的认证测试题供学生模拟提高。本书可供职业技术学院汽车技术、汽车修理类专业作为专业教材使用，也可供汽车修理专业技术人员、汽车售后服务技术人员以及汽车修理管理人员使用。本教材有以下几个特点：

第一，理论理解方面，本书提供了丰富的理论基础练习，使学生明白为什么这种电路或设备以这种方式工作。练习有一定重复性，使学生对理论概念有更深入的理解。

第二，例题分析，通过对电学实例的分析学习，能很好地帮助学生理解电学理论知识，为学生判断汽车故障奠定基础。

第三，实际测试动手操作，通过实际测试练习，理论联系实际，提高学生的动手能力。

第四，ASE型复习试题，本教材主要使用的是ASE的多项选择试题。ASE测试题是非常有用的，内容包括电器、电路、仪器仪表等。

第五，图文并茂，采用大量插图，便于教学。

译者希望通过本教材中文版的出版，推动我国汽车电子电器及故障诊断技术的发展，并促进国内汽车维修及故障诊断技术的研究。

全书由北京理工大学赵福堂主持翻译，译者有赵福堂、刘昭度、张付军、杨其校、冉敬之、李美素。由北京航空航天大学汽车系丁能根、中国农业大学汽车系王国业审校。

由于译者水平有限以及时间仓促，译文难免有误，敬请读者批评指正。

译者
2004年3月

目 录

第一章 电子电路元件	1	2.14 认证测试题	63
1.1 导言	1	第三章 串联电路	65
1.2 目的	1	3.1 导言	65
1.3 汽车配线	1	3.2 目的	65
1.4 电子连接器	6	3.3 串联电路分析	65
1.5 导线和连接器的焊接工序	9	3.4 电路定理	67
1.6 电阻器	11	3.5 练习——串联电路	70
1.7 电路保护元件	18	3.6 学习范例	74
1.8 电路断路器	22	3.7 车辆电路测试实践	78
1.9 电子开关和继电器	23	3.8 小结	81
1.10 电容器的构造及其额定值	27	3.9 关键术语	82
1.11 车灯	29	3.10 复习题	82
1.12 汽车前照灯	30	3.11 认证测试题	82
1.13 车辆电路测试实践	33	第四章 并联电路	84
1.14 小结	36	4.1 导言	84
1.15 关键术语	37	4.2 目的	84
1.16 复习题	37	4.3 并联电路分析	84
1.17 认证测试题	38	4.4 电路定理	85
第二章 仪表和测量设备	40	4.5 练习——并联电路	91
2.1 导言	40	4.6 学习范例	101
2.2 目的	40	4.7 车辆电路测试实践	106
2.3 模拟仪表	40	4.8 小结	108
2.4 数字万用表	42	4.9 关键术语	108
2.5 电压的测量	44	4.10 复习题	109
2.6 电流的测量	46	4.11 认证测试题	109
2.7 电阻的测量	47	第五章 串并联电路	111
2.8 测试灯	49	5.1 导言	111
2.9 汽车示波器	50	5.2 目的	111
2.10 车辆电路测试实践	58	5.3 串并联电路分析	111
2.11 小结	61	5.4 练习——串并联电路	115
2.12 关键术语	62	5.5 学习范例	117
2.13 复习题	62	5.6 车辆电路测试实践	124

5.7	小结	125	9.3	电器附件电路	235
5.8	关键术语	125	9.4	常规仪表	261
5.9	复习题	125	9.5	安全气囊系统	268
5.10	认证测试题	126	9.6	学习范例	275
第六章	基本故障检修技术技巧	128	9.7	车辆电路测试实践	279
6.1	导言	128	9.8	小结	286
6.2	目的	128	9.9	关键术语	287
6.3	电路故障	128	9.10	复习题	287
6.4	学习范例	143	9.11	认证测试题	288
6.5	车辆电路测试实践	149	第十章	汽车蓄电池及其检测	291
6.6	小结	154	10.1	导言	291
6.7	关键术语	155	10.2	目的	291
6.8	复习题	155	10.3	蓄电池的种类及结构	291
6.9	认证测试题	156	10.4	蓄电池负载规格	299
第七章	照明电路	159	10.5	蓄电池的检测	302
7.1	导言	159	10.6	蓄电池充电过程及安全	308
7.2	目的	159	10.7	蓄电池的跨接起动	311
7.3	外部照明系统	159	10.8	蓄电池的保养程序	312
7.4	内部照明系统	186	10.9	学习范例	316
7.5	学习范例	189	10.10	车辆电路测试实践	318
7.6	车辆电路测试实践	193	10.11	小结	324
7.7	小结	196	10.12	关键术语	325
7.8	关键术语	196	10.13	复习题	325
7.9	复习题	197	10.14	认证测试题	326
7.10	认证测试题	197	第十一章	起动系原理	329
第八章	电子及计算机基础	200	11.1	导言	329
8.1	导言	200	11.2	目的	329
8.2	目的	200	11.3	电磁和电动机原理	329
8.3	电子学基础	200	11.4	起动电路元件	334
8.4	汽车计算机元件	205	11.5	系统基本测试	342
8.5	计算机诊断系统	227	11.6	起动机维修	350
8.6	小结	230	11.7	学习范例	356
8.7	关键术语	232	11.8	车辆电路测试实践	357
8.8	复习题	232	11.9	小结	360
8.9	认证测试题	233	11.10	关键术语	361
第九章	电器附件电路和基本仪表	235	11.11	复习题	361
9.1	导言	235	11.12	认证测试题	362
9.2	目的	235	第十二章	充电系统原理	364

12.1	引言	364	13.3	点火系原理	399
12.2	目的	364	13.4	点火系的元件及其 工作原理	401
12.3	充电系统原理	364	13.5	点火系的基本测试	427
12.4	充电系统的部件和工作 原理	367	13.6	学习范例	432
12.5	充电系统的基本测试	387	13.7	车辆电路测试实践	433
12.6	学习范例	392	13.8	小结	435
12.7	车辆电路测试实践	392	13.9	关键术语	437
12.8	小结	395	13.10	复习题	437
12.9	关键术语	396	13.11	认证测试题	438
12.10	复习题	396	附录 A	综合练习题	440
12.11	认证测试题	396	附录 B	专用名词	445
第十三章	点火系原理	399	附录 C	汽车电路图形符号 中外对照表	452
13.1	引言	399			
13.2	目的	399			

第一章

电子电路元件

1.1 引言

目前的汽车电子系统是由许多错综复杂的子系统组成的，而这些子系统又分解成许多各式各样的元件。一辆典型的汽车上有总长达1000英尺的配线、许多的连接器以及几百个单独的接线端。正如车辆的使用年限一样，电路及其设备暴露于恶劣的环境下，如过热、过潮、道路含盐、振动等，不合格人员的不正当的维修也会导致它们过早地发生故障。具备电路单个元件的知识不仅能够帮助技术人员对汽车进行正确的诊断，还能进行有效、耐久的维修保养。

1.2 目的

学完这一章后应能做到：

- 1 鉴别主要电线材料的类型、绝缘特性以及用于一个电路的电线的恰当尺寸。
- 1 描述维修电线接合处的正确程序。
- 1 识别各种接线端连接器的类型和正确的维修程序。
- 1 识别电阻器的类型以及能通过电阻的色标读出其电阻值。
- 1 解释电路保护设备的目的，并能识别常用于汽车电路保护设备的类型。
- 1 识别各种电子开关和用于控制电路的继电器的类型。
- 1 描述用在照明回路的各种灯的工作原理和结构。
- 1 解释回路中电容的应用，了解电容额定值的含义及其构造。

1.3 汽车配线

汽车初级电路是指能传送低电压的有线电路。电压大小一般是电池的电压或者更低。次级电路是指能传送高电压的有线电路，如火花塞线圈的电路。大多数的初级电路导线都是由几束铜线绞合而成的，外面包有耐久的聚乙烯氯化物绝缘材料(图() ())。

车用导线常用绞合线而不使用单股线有两个重要原因：一是导线必须足够可靠能承受时常发生的振动和弯曲；二是绞合线表面积比单股线大，电子在导线的表面上流动时，对同等规格

线截面尺寸不足而带来的电路中电压不必要的下降。当在车上进行装配时，图 1-4 可以作为一个参照图表。

总的近似电流 /A	导线长度 AWG 值								
	/ft								
12V	3	5	7	10	15	20	25	30	40
1.0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1.5	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2	18	18	18	18	18	18	18	18	18
3	18	18	18	18	18	18	18	18	18
4	18	18	18	18	18	18	18	16	16
5	18	18	18	18	18	18	18	16	16
6	18	18	18	18	18	18	16	16	16
7	18	18	18	18	18	18	16	16	14
8	18	18	18	18	18	16	16	16	14
9	18	18	18	18	16	16	16	14	12
10	18	18	18	18	16	16	16	14	12
11	18	18	18	18	16	16	14	14	12
12	18	18	18	18	16	16	14	14	12
15	18	18	18	18	14	14	12	12	12
18	18	18	16	16	14	14	12	12	12
20	18	18	16	16	14	14	12	12	10
22	18	18	16	16	12	12	10	10	10
24	18	18	16	16	12	12	10	10	10
30	18	16	16	14	10	10	10	10	10
40	18	16	14	12	10	10	8	8	6
50	16	14	12	12	10	10	8	8	6
100	12	12	10	10	6	6	4	4	4
150	10	10	8	8	4	4	2	2	2
200	10	8	8	6	4	4	2	2	1

注：18AWG 值从电子学的角度应换用 20AWG 值的导线。
18AWG 值只是从机械上来说满足要求。

图 1-4 负载电流及相应的导线 AWG 值

图 1-5 是导线尺寸的概图及其对应的电压降和对电流传导能力的影响。

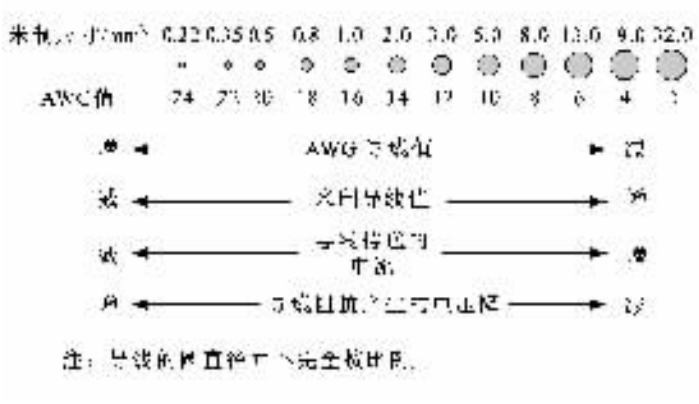


图 1-5 导线尺寸的汇总及它们对电压降和电流大小的影响

几乎所有用于汽车电子电路的导线外面都包有带有色标或特殊记号标识的绝缘材料，不是所有的生产商都采用标准形式标记导线，因此有时必须和导线一起提供生产商的色标索引。图 1-6 就是一幅目前通用的导线标记的缩略语图表。

颜色	缩略语		
铝色	AL		
黑色	BLK	BK	B
深蓝	BLU DK	DB	DK BLU
蓝色	BLU	B	L
浅蓝	BLU LT	LB	LT BLU
棕色	BRN	BR	BN
玻璃色	GLZ	GL	
灰色	GRA	GR	G
深绿	GRN DK	DG	DK GRN
浅绿	GRN LT	LG	LT GRN
栗色	MAR	M	
自然色	NAT	N	
橙色	ORN	O	ORG
品红	PNK	PK	P
紫红色	PPL	PR	
红色	RED	R	RD
棕褐色	TAN	T	TN
紫色	VLT	V	
白色	WHT	W	WH
黄色	YEL	Y	YL

图 1-6 车用导线的通用色标

由于导线束一般包含着许多导线，因此必要时采用一些双重色标缩略符号来表示(图 1-7)。

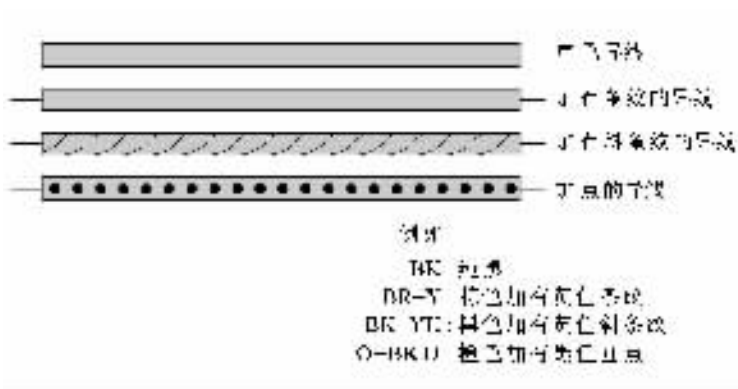


图 1-7 福特发动机公司使用的带色标导线的四种类型

在标有双色标的导线上，第一组字母指的是绝缘材料的基本色，第二组字母指的是彩色标号线的颜色。一条标明为 BRN/Y 的导线表明其基本色为棕色并带有黄色的彩色标号线斑纹。

通常，技术人员需要更换导线时，鉴别导线的规格尺寸较困难。图 1-8 阐述的是确定未知导线的规格尺寸的程序步骤。

运用图 1-8 中的图表完成以下确定导线规格尺寸的练习。以图中的 5 个步骤为指导，确定练习中的每种导线的规格尺寸。假设每种导线都含有 19 根单股导线，将答案填入后面的空栏中。

导线直径/in	AWG 值
1. 0.0155	14
2. 0.0385	_____
3. 0.0101	_____
4. 0.0244	_____
5. 0.0900	_____
6. 0.0429	_____

怎样测定导线的规格值

使用右边的图表按以下步骤确定导线的规格值：

(1) 记下导线单线的束数；

(2) 用千分尺测出导线的直径（精确到英寸的千分位）；

(3) 在 A 列上找到测出的直径值，并在同一行的 C 列上找出相应的导线截面面积；

(4) 将单股线的截面积乘以束数值，得到导线截面总面积；

(5) 在 C 列上，找到与步骤 4 中得到的总面积值最接近的数值，在同一行的 B 列上，找出具有此总面积值的单股线的规格值，这就是所求导线的规格值。

例如：线 A 含有 19 束单股线，该单股线（千分尺测出）直径为 0.0112in（英寸）。表中（C 列上）显示了其圆面积为 127，乘上束数 19，结果为 2413 密耳，C 列上最为接近的数为 2583，在同一行 B 列上，找到 16 为最接近的导线规格值。

导线的尺寸和面积		
(A) 导线的直径/in	(B) 美制导线 Gauge	(C) 导线截面面积 (密耳或千分之一)
0.4600	0000	211600
0.4096	000	167800
0.3648	00	133100
0.3249	0	105500
0.2893	1	83690
0.2576	2	66370
0.2294	3	52640
0.2043	4	41740
0.2893	1	83690
0.2576	2	66370
0.2294	3	52640
0.2043	4	41740
0.1620	6	26250
0.1285	8	16510
0.1019	10	10380
0.0808	12	6530
0.0640	14	4107
0.0508	16	2583
0.0403	18	1624
0.0319	20	1022
0.0284	21	810.1
0.0253	22	642.4
0.0225	23	509.5
0.0201	24	404.0
0.0179	25	320.4
0.0159	26	254.1
0.0142	27	201.5
0.0126	28	159.8
0.0112	29	126.7
0.0100	30	100.5
0.0089	31	79.70
0.0079	32	63.21
0.0070	33	50.13
0.0063	34	39.75
0.0056	35	31.52
0.0050	36	25.00

注：1 密耳 = $5.06707 \times 10^{-4} \text{mm}^2$ 。

图 1-8 确定未知导线的规格值

1.4 电子连接器

复杂电路中使用了各种各样的接线端连接器。接线端要求几乎无电阻，具有良好的导电性。松动或是腐蚀了的连接会引起不必要的电压损失，这会导致负载元件工作效率降低。车用电路中最简单的接线端连接器，是无焊接式连接器(图 1-9)，旧式车辆上普遍采用这种连接器。

无焊接式连接器的连接导线和连接器之间广泛采用挤压的方法相连接，这种连接方式不会因为灰尘和恶劣的天气因素而引起腐蚀。要实现可靠的连接应使用专用工具(图 1-10)，其他压接工具(如鲤鱼钳)不能实现足够牢固的连接。

进行无焊接连接的正确工序：

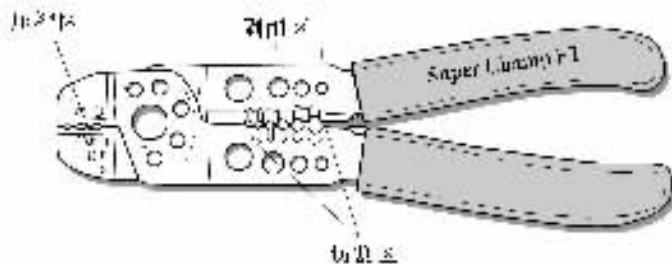


图 1-10 无焊接式连接器压接专用工具

1. 采用专用工具上剥削区正确尺寸的孔剥除导线足够长的绝缘外皮，使裸线能够完全穿过连接器的曲折端。

2. 将导线穿入连接器中，并用压接专用工具进行压接(图 1-11)。将连接器打开的部分放在压接工具的砧座上，并压下压接专用工具。

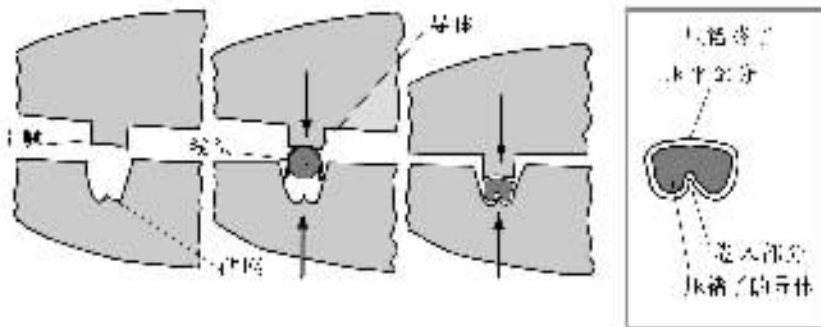


图 1-11 无焊接式连接器压接专用工具的使用



图 1-9 常用的无焊接式连接器

3. 抓紧连接器用手轻拽导线看连接是否牢固。

另外一种无焊接式连接器是扣式(锁止)连接器。这种类型的连接器不必剥去导线绝缘外皮就能为进给电路加上附加电路。例如,扣式连接用于将挂车插头接在车辆的刹车和尾灯电路上。图 1-12 展示的就是用扣式连接器将一条新的导线与一条已有的热导线相接。进行扣栓连接时应格外小心,因为在接合过程中部分导线束有可能被切断导致接头不能承受附加的电流负荷。

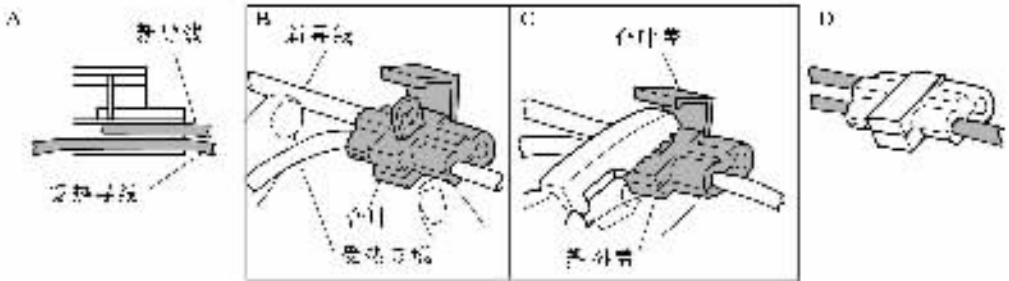


图 1-12 用扣式连接器将导线与电路连接

注释:一些汽车生产商不推荐采用这种导线维修方式。

近年出现了几种其他类型的连接器用于需要保证密封的电子连接上,这在拥有计算机控制并需要更可靠的连接器的现代车辆上尤其重要。其中第一种是硬壳连接器(图 1-13)。这种连接器能把 1 到 12 根导线同时模压到一个连接器中。

接下来的一种是防水包装连接器(图 1-14),在其末端和两边封盖上有橡胶密封,能够起到很好的防腐蚀作用。

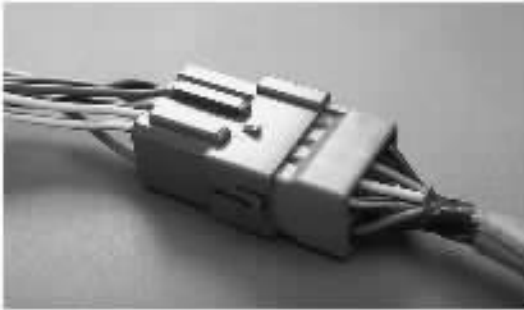


图 1-13 连接多条导线的硬壳连接器

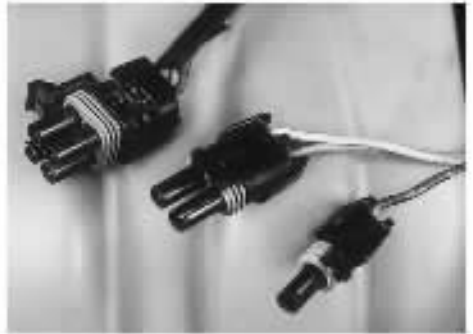


图 1-14 防水包装连接器

第三种是局部密封包装连接器(图 1-15)。和防水包装连接器类似,除了在连接器两边的封盖上没有密封外,这种连接器更小巧紧凑。

局部密封包装连接器采用两种不同的方式可快速完成接线端与连接器的接合。第一种是推入座连接器和接线端(图 1-16),要将接线从这种连接器中取出需用专用工具解开插头锁止结构(图 1-17)或插座锁止结构(图 1-18);第二种连接方式是用拉入座式连接器和接线端(图

1-19), 拉入座式连接器的接线端要用针状工具插入连接器的端面同时抬起锁止销才能取出, 这时可将接线从连接器的前端推出(图 1-20)。



图 1-15 局部密封包装连接器

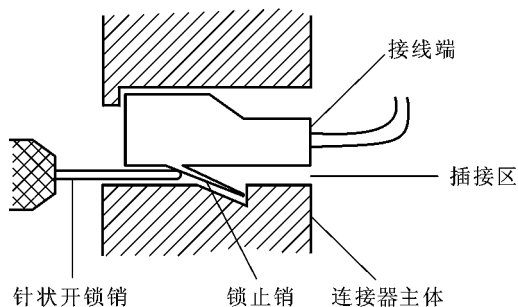


图 1-16 典型的推入座式连接器

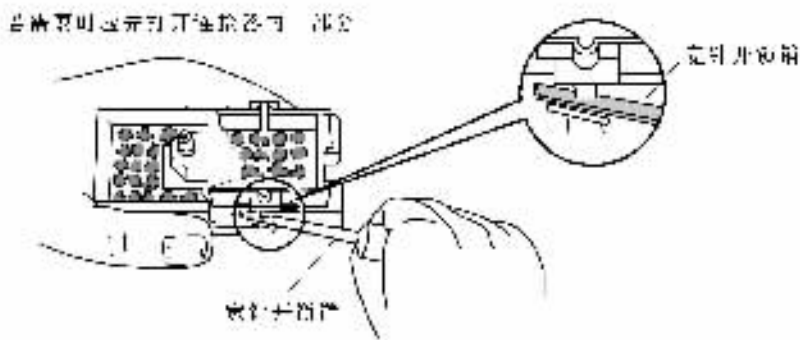


图 1-17 用专用的针状工具解开插头锁止销

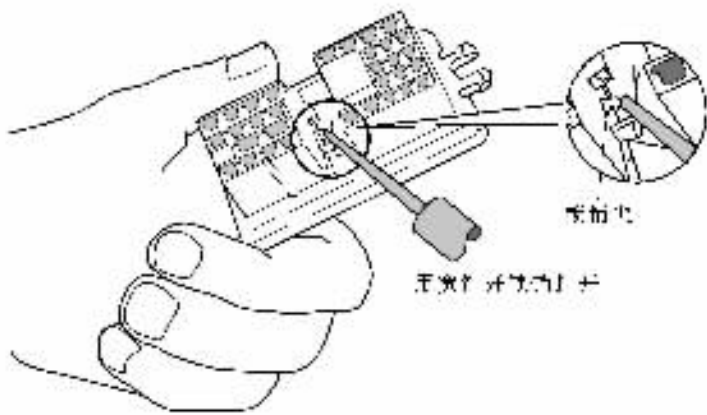


图 1-18 用专用的针状工具解开锁住插座接线端的止动器

解开锁止销的工具在许多工具店都能买到。图 1-21 就是一种万用接线端工具。

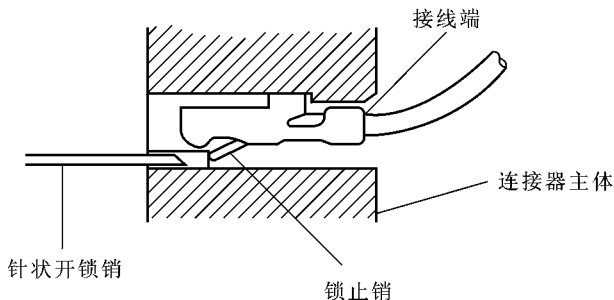


图 1-19 典型的拉入座式连接器

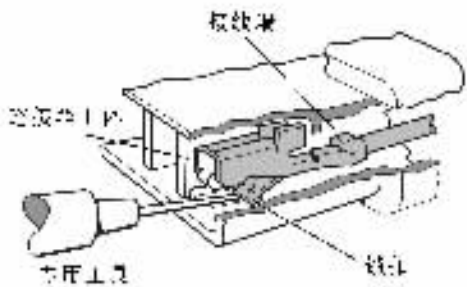


图 1-20 拨起锁止销从连接器中取出接线端



图 1-21 万用接线端工具

防水包装连接器和局部密封包装连接器的相同之处在于都必须压住锁止销才能取出接线端。图 1-22 和图 1-23 描述的是拆除防水包装连接器的工序。

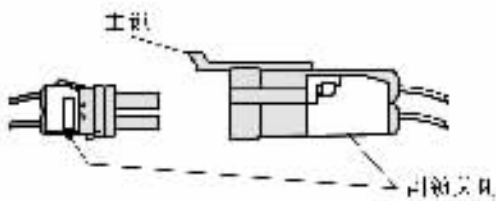


图 1-22 防水包装连接器的主锁

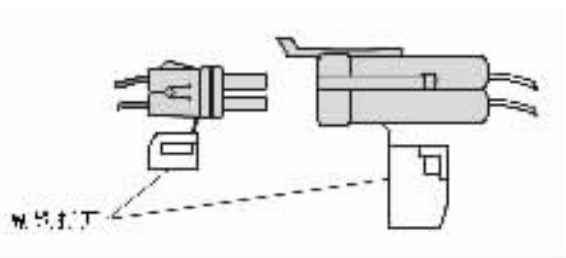


图 1-23 防水包装连接器的副锁

1.5 导线和连接器的焊接工序

连接连接器或导线最好的方法就是焊接。电焊是指用含有铅锡合金并伴有松香芯(清洗剂)做焊接剂的焊接。焊接时常用 40/60 的混合比例(40%的锡和 60%的铅),但也有 50/50 或 60/40 的混合比例。注意选择正确的混合比例时,锡的含量越高,需要熔合的热量就越高。这种高热量可能损坏敏感的电路。在维修配线或连接器时不要使用酸芯焊接,这将会导致线路连接

处受到腐蚀并产生高的阻抗。酸芯焊接用于非电子类的焊接场合，如焊接散热片、连接铜管和熔合轻金属的连接等。流程图 1 是进行正确焊接的方法图例。

流程图 1

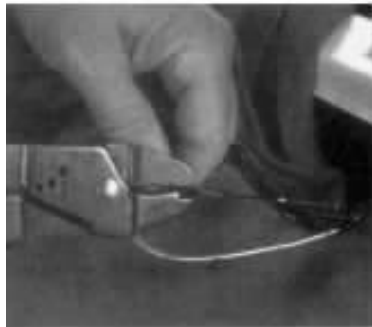
焊接两条铜导线



P1-1 焊接铜线需要的工具：100W 电烙铁、60/40 比例的松香芯焊料、压接工具、接线夹、热收缩管、加热喷枪和安全眼镜。



P1-2 断开待修电路的熔断器。注意：如果电路没有熔断器保护，应断开电池的接地导线。



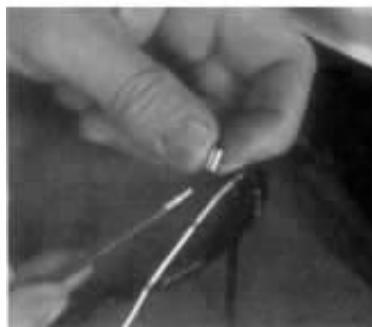
P1-3 切除导线已坏掉的部分。



P1-4 用大小合适的剥离工具去除需要维修的导线两头大约 1/2in 的绝缘外皮。



P1-5 去除用于替换的导线末端大约 1/2in 的绝缘外皮。用于替换的导线长度应比切除的导线略长。



P1-6 选用合适尺寸的接线夹夹住接合处。