

电
焊
工
实
践

上海市焊接技术协会编
上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书叙述手工电弧焊、氩气保护焊和堆焊方法,叙述用这些方法焊接碳钢、合金钢、不锈钢、高强钢和低温钢,焊接铸铁和耐磨合金,焊接铜、铝、钛及其合金,以及焊接异种材料。此外还叙述焊接设备、焊条焊剂、应力变形、质量检验和安全技术等。书中兼顾应知、应会两方面,并举以典型实例。

本书主要供焊工及焊接工艺人员阅读,技工学校师生亦可参考

电 焊 工 实 践

上海市焊接技术协会 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 常熟第七印刷厂印刷

开本850×1156 1/32 印张13.75 插页1 字数348,000

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数1—11,500

ISBN 7-5323-2009-X/TG·71

定价: 5.30元

前 言

随着我国工农业生产和科学技术事业的不断发展,焊接技术的应用日趋广泛。为配合广大焊工进一步掌握焊接基本理论知识,有助于在生产中攻克焊接技术难关,我们编写了这本《电焊工实践》。

本书是由上海市科学技术协会组织高等院校、研究所和工厂有经验的焊接科技人员集体编写的。在编写过程中,力求对电焊工的实践经验由浅入深地加以全面总结。

本书的重点是手工电弧焊工艺,因为只有手工焊,才有许多操作技能和实践经验可资介绍。书中详细阐明应会的各种方法和技能,也兼顾应知的理论知识,两者都佐以典型的实例。对低合金钢、中碳钢和高碳钢、耐热钢、不锈钢、低温钢、异种钢、耐磨合金堆焊、铸铁以及铜、铝、钛及其合金等材料的焊接,都作了较详尽的叙述。此外,对电焊条、手工电弧焊设备、焊接应力与变形、焊接质量检验以及安全技术等也作了必要的介绍。

参加本书编写的单位有:上海交通大学、上海工程技术大学、上海锅炉厂、中华造船厂、中国船舶工业总公司第十一研究所、江南造船厂和沪东造船厂等。其中第一、十、十五章由顾孝全编写;第二、三章由郑响明编写;第四、七、九章由陈根宝编写;第五章由黄友良编写;第六、八、十一至十三章由顾曾迪编写;第十四章由戴同钧编写;第十六、十七章由忻鼎乾编写。全稿先经中华造船厂吴世初初审,再经江南造船厂刘大钧复审修改。

谨对在编写过程中给予大力协助和指导的单位和个人表示衷心的感谢。限于编者水平与经验,书中会有谬误或不妥之处,恳切

希望读者批评指正,以便重版时订正。

上海市焊接技术协会
一九八九年十二月

目 录

第一章 手工电弧焊基本操作技术与焊接工艺	1
§1-1 基本操作技术.....	1
一、引弧.....	1
二、运条.....	2
三、焊缝接头处的引弧.....	4
四、焊接规范的选择.....	5
五、各种焊接位置的操作技术.....	5
§1-2 焊接接头型式.....	8
一、焊缝型式和符号.....	8
二、对接接头的坡口准备、焊缝尺寸和焊接层数	8
三、坡口角度、钝边和坡口间隙的关系	8
§1-3 对接焊缝坡口宽度、角焊缝焊脚和焊喉尺寸的 计算.....	14
一、对接焊缝坡口宽度的计算.....	14
二、角焊缝焊脚和焊喉尺寸的计算.....	14
§1-4 焊接工艺实例.....	20
一、锅炉联箱打底层单面焊.....	20
二、中、高压管全位置单面焊.....	21
三、36MPa高压管T字形接头单面焊.....	22
四、筒体内纵缝的焊接.....	23
五、镶补焊缝的焊接.....	24
六、改装万吨轮内底板的焊接.....	26
第二章 焊条的性能与选用	28
§2-1 焊条基本要求和组成.....	28
一、对焊条性能的基本要求.....	28

二、焊条的工艺性能	28
三、药皮	30
四、焊芯	33
§2-2 焊条分类及型号、牌号的表示方法	35
一、焊条分类	35
二、焊条型号、牌号的表示方法	36
§2-3 焊条保管与焙烘	38
一、焊条的贮藏与保管	38
二、焊条使用前的焙烘	38
三、药皮干燥程度和焊芯锈蚀程度的简易鉴别法	39
§2-4 焊条选择与使用	40
一、焊条的选用	40
二、焊条的质量检验	42
三、焊条焊接工艺参数的选择	42
四、干燥焊条返潮的预防	44
五、焊条消耗量的估算	45
第三章 低合金结构钢的焊接	49
§3-1 低合金结构钢的种类和性能	49
一、常用的低合金结构钢	49
二、合金元素对低合金结构钢性能的影响	49
§3-2 低合金结构钢的可焊性及其试验方法	55
一、低合金结构钢的可焊性	55
二、低合金结构钢的可焊性试验	56
§3-3 低合金结构钢的焊接特性	61
一、热影响区的淬硬倾向性	61
二、焊接接头的冷裂纹倾向性	62
三、焊缝金属内的热裂纹	65
§3-4 低合金结构钢焊条的选用	65
§3-5 低合金结构钢的焊接工艺	69
一、300~400MPa 级 低合金结构钢的焊接工艺	69
二、16Mn 钢的焊接工艺	70
三、用16Mn钢制造球罐的焊接实例	70

四、450~600MPa 级低合金高强度结构钢的焊接工艺	71
五、12锰铬镍钼钒铜钢的焊接	75
六、12锰铬镍钼钒铜钢焊接实例	77
第四章 中碳钢、高碳钢的焊接	79
§4-1 中碳钢、高碳钢的化学成分和性能	79
§4-2 中碳钢、高碳钢的焊接特点	80
一、焊接接头的脆化	80
二、焊接接头中的裂纹	82
三、焊缝中的气孔	83
§4-3 中碳钢手工电弧焊工艺	83
一、焊条选用	84
二、焊前准备和预热	84
三、中碳钢手工电弧焊工艺要点	85
四、中碳钢曲轴表面缺陷焊补实例	86
§4-4 高碳钢手工电弧焊工艺	88
一、焊条选用	88
二、焊前准备和预热	88
三、高碳钢手工电弧焊工艺要点	88
第五章 耐热钢的焊接	90
§5-1 耐热钢的性能和牌号	90
一、耐热钢性能	90
二、常用耐热钢种类及牌号	92
§5-2 珠光体耐热钢的焊接特点	100
一、焊条的选用和焙烘要求	101
二、焊接前的预热温度	102
三、焊接工艺	103
四、焊后热处理	107
五、珠光体耐热铸钢的焊补	110
§5-3 马氏体铬钢的焊接	113
一、Cr9Mo1 钢的焊接	114
二、Cr12Mo1 钢的焊接	114
§5-4 奥氏体耐热钢的焊接	118

一、25Cr18Mn11Si2N钢的焊接	118
二、2Mn18Al5SiMoTi钢的焊接	118
三、Mn17Cr7MoVNbBZr钢的焊接	118
第六章 不锈钢的焊接	120
§6-1 不锈钢的分类、牌号 化学成分和机械性能	120
一、奥氏体不锈钢	120
二、马氏体不锈钢	121
三、铁素体不锈钢	126
§6-2 奥氏体不锈钢的焊接	126
一、奥氏体不锈钢焊接基本问题	126
二、奥氏体不锈钢手工电弧焊	129
三、奥氏体不锈钢钨极手工氩弧焊	135
四、碳铵液贮槽焊接	139
§6-3 马氏体不锈钢的焊接	140
一、焊条和焊丝	140
二、马氏体不锈钢焊接工艺	142
§6-4 铁素体不锈钢的焊接	142
一、焊条和焊丝	143
二、铁素体不锈钢焊接工艺	144
§6-5 不锈钢复合板的焊接	145
一、焊接材料选择	145
二、焊前准备	146
三、焊接工艺	147
第七章 低温钢的焊接	151
§7-1 低温钢的化学成分和性能	151
§7-2 低温钢的焊接特点	153
一、正确选择焊接材料	153
二、正确制定焊接工艺	156
三、避免工艺缺陷	157
§7-3 低温钢的焊接工艺要点	157
一、-40℃温度下工作的16锰钢手弧焊工艺要点	157

二、-70℃温度下工作的09锰2钒钢手弧焊工艺要点·····	158
三、-90℃温度下工作的06锰铌钢手弧焊工艺要点·····	159
四、-120℃温度下工作的06铝铌铜氮钢手弧焊工艺要点·····	159
五、-196℃温度下工作的20锰23铝钢手弧焊工艺要点·····	162
第八章 异种钢的焊接 ·····	164
§8-1 概述·····	164
§8-2 异种钢焊接的焊条选用·····	164
§8-3 异种钢手弧焊工艺原则·····	166
§8-4 各类异种钢的焊接·····	169
一、碳钢、普通低合金钢与珠光体耐热钢的焊接·····	169
二、碳钢、珠光体耐热钢与奥氏体不锈钢、铁素体-奥氏体不 锈钢的焊接·····	169
三、珠光体耐热钢与高铬马氏体钢、高铬铁素体钢的焊接·····	173
四、奥氏体钢与铁素体-奥氏体钢的焊接·····	175
五、高铬马氏体钢、高铬铁素体钢与铁素体-奥氏体钢的焊接·····	177
第九章 耐磨合金的堆焊 ·····	178
§9-1 耐磨金属的类型和特点·····	178
一、堆焊金属表面磨损的类型·····	178
二、堆焊用合金材料·····	179
三、耐磨合金手工电弧堆焊工艺要点·····	182
§9-2 耐磨粒磨损合金的堆焊·····	183
一、严重磨粒磨损零件的堆焊工艺·····	183
二、受气蚀和泥沙磨损零件的堆焊工艺·····	184
§9-3 耐冲击磨损合金的堆焊·····	185
§9-4 耐高温腐蚀和磨损合金的堆焊·····	187
§9-5 耐金属间磨损合金的堆焊·····	190
一、常温下金属与金属间摩擦磨损零件的堆焊·····	191
二、冷变形模具的堆焊·····	191
三、热加工工模具的堆焊·····	192
四、高速钢刀具的堆焊·····	193
第十章 铸铁的焊接 ·····	196

§10-1 铸铁的牌号、性能和可焊性	196
一、铸铁的分类、牌号、性能和用途	196
二、铸铁中主要元素对其组织和性能的影响	199
三、冷却速度对铸铁组织和性能的影响	200
四、灰口铸铁的焊接特点	200
五、灰口铸铁可焊性的鉴别	202
§10-2 铸铁的电弧热焊	204
一、电弧热焊的应用范围	204
二、电弧热焊的特点	204
三、预热方式的选择	205
四、热焊时预热温度对铸件的影响	205
五、电弧热焊用的焊条	206
六、电弧热焊工艺和焊补实例	207
§10-3 铸铁的电弧冷焊	209
一、电弧冷焊的应用范围	209
二、电弧冷焊的特点	210
三、电弧冷焊用的焊条	210
四、铸铁电弧冷焊工艺	210
五、焊补实例	214
§10-4 球墨铸铁的焊接	216
一、球墨铸铁的主要特性	216
二、球墨铸铁的焊接特点	217
三、焊缝金属的石墨化	217
四、球墨铸铁电弧焊用的焊条	218
第十一章 铜及铜合金的焊接	219
§11-1 铜及铜合金的种类、性能和焊接特点	219
一、铜及铜合金的种类和性能	219
二、铜及铜合金的焊接特点	225
§11-2 铜及铜合金的焊接材料选用和焊前准备	227
一、铜及铜合金的焊接材料选用	227
二、焊前准备	232
§11-3 纯铜的焊接	235

一、纯铜的碳弧焊.....	235
二、纯铜的药皮焊条手工电弧焊.....	240
三、纯铜的钨极手工氩弧焊.....	242
§11-4 黄铜的焊接	246
一、焊接材料的选用.....	247
二、焊前预热.....	247
三、焊接工艺.....	248
四、焊补实例.....	249
§11-5 铝青铜的焊接	251
一、铝青铜的药皮焊条手工电弧焊.....	251
二、铝青铜的钨极手工氩弧焊.....	253
第十二章 铝及铝合金的焊接	254
§12-1 铝及铝合金的种类、性能和焊接特点.....	254
一、铝的基本知识.....	254
二、铝及铝合金的种类和机械性能.....	255
三、铝及铝合金的焊接特点.....	260
四、铝及铝合金焊接基本问题.....	261
§12-2 铝及铝合金焊接材料的选用及焊丝、焊件的清 洗	263
一、铝及铝合金的焊接材料选用.....	263
二、焊丝、焊件的清洗.....	268
§12-3 铝及铝合金的碳弧焊	270
一、焊前准备.....	270
二、碳弧焊工艺.....	273
三、焊后清洗.....	274
§12-4 铝及铝合金的钨极手工氩弧焊	274
一、钨极手工氩弧焊的特点.....	274
二、钨极手工氩弧焊工艺.....	275
§12-5 铝及铝合金铸件的手工电弧焊	281
一、焊补前的准备.....	281
二、铸铝焊条.....	281
三、手弧焊补工艺.....	282

第十三章 钛及钛合金的焊接	285
§13-1 钛及钛合金的性质和焊接特点	285
一、钛及钛合金的性质.....	285
二、钛及钛合金的焊接特点.....	289
§13-2 钛及钛合金的钨极手工氩弧焊	291
一、焊前准备.....	291
二、手工氩弧焊设备.....	294
三、焊接区的气体保护措施.....	294
四、氩弧焊工艺.....	302
§13-3 TA2、TC3、TB2钛材的焊接	304
一、TA2工业纯钛的焊接.....	304
二、TC3钛合金的焊接.....	306
三、TB2钛合金的焊接.....	307
第十四章 焊接应力与变形	309
§14-1 基本知识	309
一、力和变形.....	309
二、应力和内应力.....	310
三、内应力特点及对应力图的要求.....	311
四、内应力分类.....	311
五、钢的机械性能及受热后的变化.....	313
§14-2 焊接应力与变形的产生原因	314
一、均匀受热所产生的应力和变形.....	314
二、不均匀加热所产生的应力和变形.....	317
三、金属组织转变所引起的应力和变形.....	318
§14-3 焊接残余应力分布及对结构的影响	319
一、典型焊接接头残余应力分布.....	319
二、焊接残余应力对强度、刚度、精度的影响.....	321
§14-4 焊接变形的基本形式、种类和影响因素.....	323
一、焊接变形的基本形式和种类.....	323
二、影响焊接变形的因素.....	325
§14-5 焊接变形的估算	326
一、典型接头变形统计数据.....	326

二、变形估算公式·····	329
§14-6 焊接应力和变形的预防措施·····	331
一、结构设计和工艺原则·····	331
二、减小焊接应力和变形的办法·····	334
第十五章 焊接接头质量与焊接检验 ·····	349
§15-1 对焊缝质量的要求·····	349
一、对焊缝外观的要求·····	349
二、对焊缝无损探伤的要求·····	350
三、焊接接头的机械性能试验·····	351
§15-2 焊接缺陷·····	354
一、焊接缺陷的形成原因及预防措施·····	354
二、避免缺陷的注意事项·····	356
§15-3 焊缝质量检验方法·····	356
一、焊缝外观检查·····	356
二、无损探伤检验·····	358
三、焊缝致密性检验·····	362
四、破坏性检验·····	362
第十六章 手工电弧焊设备 ·····	363
§16-1 对手工弧焊机的要求及其分类·····	363
一、对手工弧焊机的要求·····	363
二、手工弧焊机的分类·····	364
三、手工弧焊机的型号表示法·····	365
§16-2 直流弧焊发电机·····	368
一、AX-320型直流弧焊发电机·····	368
二、AX1-500型直流弧焊发电机·····	373
三、AX3-300-1型直流弧焊发电机·····	376
四、AX7-500型直流弧焊发电机·····	377
五、AP-1000型多式直流弧焊发电机·····	379
§16-3 交流弧焊变压器·····	380
一、BX-500型交流弧焊变压器·····	380
二、BX1-330型交流弧焊变压器·····	383
三、BX3-300型交流弧焊变压器·····	386

四、BX6-120型交流弧焊变压器	388
五、BP-3×500 型多头弧焊变压器	389
§16-4 直流弧焊整流器	391
一、ZXG-300 型直流弧焊整流器	391
二、ZXG1-250 型直流弧焊整流器	395
三、ZXG7-300-1 型直流弧焊整流器	397
四、ZPG6-1000 型多头弧焊整流器	398
§16-5 钨极手工氩弧焊机	400
一、NSA-400型钨极手工交流氩弧焊机	400
二、NSA4-300 型钨极手工直流氩弧焊机	403
三、NSA2-300-1 型钨极手工交直流两用氩弧焊机	406
§16-6 电焊机常见故障及排除方法	407
一、直流弧焊发电机的常见故障及排除方法	407
二、交流弧焊变压器的常见故障及排除方法	408
三、直流弧焊整流器的常见故障及排除方法	408
四、钨极手工氩弧焊机的常见故障及排除方法	409
第十七章 电焊工安全技术	411
§17-1 预防触电的安全技术	411
一、预防触电的重要意义	411
二、防止触电的安全措施	412
§17-2 预防弧光伤害的安全技术	413
一、弧光的特性和危害	413
二、安全措施	414
§17-3 预防火灾和爆炸的安全技术	415
一、造成火灾和爆炸的原因	415
二、安全措施	415
§17-4 预防粉尘和有害气体的安全技术	416
一、粉尘和有害气体的产生原因	416
二、防护措施	417
§17-5 防止飞溅金属灼伤及其它伤害的安全技术	418
§17-6 钨极手工氩弧焊的安全技术	419
一、钨极手工氩弧焊过程产生的有害因素	419
二、安全措施	422

第一章 手工电弧焊基本操作技术与焊接工艺

§1-1 基本操作技术

一、引弧

引弧是焊接过程中频繁进行的动作，引弧技术的好坏直接影响到焊接质量，因此必须认真对待，予以重视。通常使用的引弧方法有两种：一种是擦弧法；另一种是碰击法。

1. 擦弧法 它的动作与划火柴相似（见图 1-1a）。在擦划时，焊工握住焊钳，将焊条在坡口内轻划一下即可，划动长度一般在 20~25mm。在碱性焊条引弧时，焊条容易与工件粘住，故擦弧时可采用平行轻移方法。

电弧引燃后，焊条应立即提起，其弧长为焊条直径的 1.5 倍左

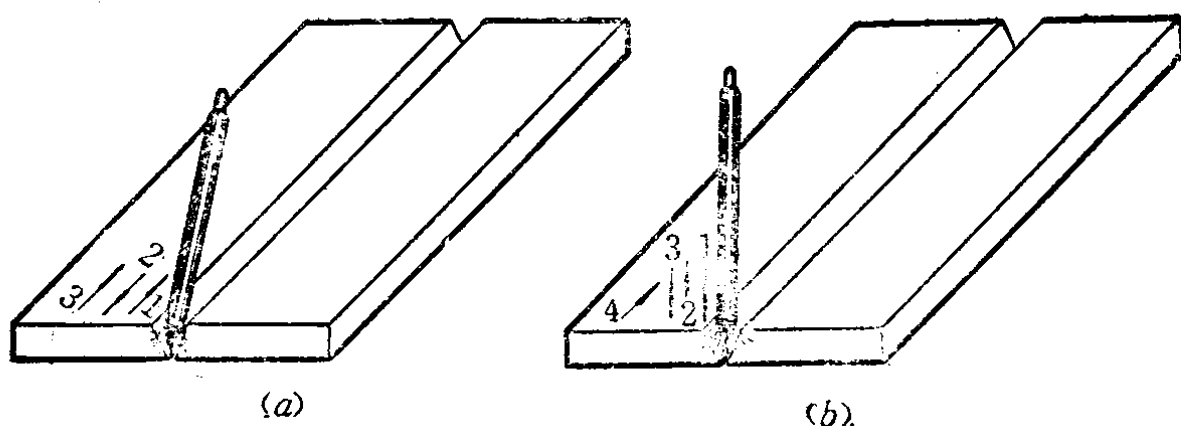


图 1-1 引弧方法

(a) 擦弧法；

1—擦弧；2—擦弧后回弧；

3—引弧后焊接

(b) 碰击法

1—碰击；2—碰击后提升；

3—保持电弧；4—引弧后焊接

右,并迅速移至焊接处,同时稍作适当的横向摆动,即可进行正常的焊接。

2. 碰击法 当焊缝所处位置不允许用擦弧法引弧时,则可采用碰击法。引弧时,焊条在焊接处作上下轻轻碰击,然后将焊条提起(见图 1-1b)。弧长仍保持为焊条直径的 1.5 倍左右。引弧后的操作与上述擦弧法相同。但要注意碰击力不宜过猛,否则会造成药皮脱落,致使电弧不稳,影响焊缝质量。

二、运条

运条的方法是多种多样的,它随焊件的坡口形状、间隙大小、焊接位置以及焊工技能而变化。常见的几种运条方法如图 1-2 所示。

1. 直线形运条法(图 1-2a) 使用此法焊接时,应保持一定的电弧长度,焊条以直线移动,不作摆动。焊后的焊缝宽度较窄,主要用于薄板不开坡口的对接焊。在多层焊的第一道焊缝和多层多道焊亦可使用。

2. 锯齿形运条法(图 1-2b) 此法是将焊条末端作锯齿形连续摆动,同时向前移动。这种方法大多用于中厚钢板的焊接,如平、仰和立焊的对接焊缝以及填角焊缝等。由于这种运条方法较易掌握,所以在实际焊接生产中使用相当广泛。

3. 上斜线形运条法(图 1-2c) 此法是将焊条末端连续作上斜线挑动,同时不断向前移动。这种方法适用于横焊位置的盖面焊缝以及焊件边缘的堆焊,可减少焊缝熔池金属的热量,防止熔融金属流淌。

4. 月牙形运条法(图 1-2d) 此法是将焊条末端沿焊接方向作月牙形左右摆动,其摆动的幅度和速度要根据焊件厚度、焊缝位置、焊接电流的大小来决定。该法的主要特点是保证焊缝两侧有足够的熔透,以确保焊缝边缘处的焊接质量。这种方法适用于中厚度板材的平对接焊、立焊和仰焊等位置的层间焊接。

5. 三角形运条法(图 1-2e) 此法是将焊条末端作连续三角形运动,并不断向前移动。三角形运条法适用于厚板的对接立焊

和填角立焊。其特点是一次能得到较厚的焊缝截面，以提高焊接效率。

6. 圆环形运条法（图 1-2f） 此法是将焊条末端作连续圆环形运动，同时不断前移。圆环形运条只适用于较厚焊件的平焊。

7. 斜环形运条法（图 1-2g） 此法是将焊条末端作连续斜环形运动，同时不断前移，适用于较厚板材横向位置的盖面焊缝。此法可控制熔化金属不致下淌，有助于焊缝成形。

8. “8”字形运条法（图 1-2h） 此法是将焊条末端作连续“8”字形运动，同时不断向前移动，适用于较厚焊件盖面层平焊以及平堆焊。

9. 带火形运条法（图 1-2i） 此法是将焊条末端作连续带火形运动，同时不断向前移动，适用于薄板横焊以及箱体形错边焊

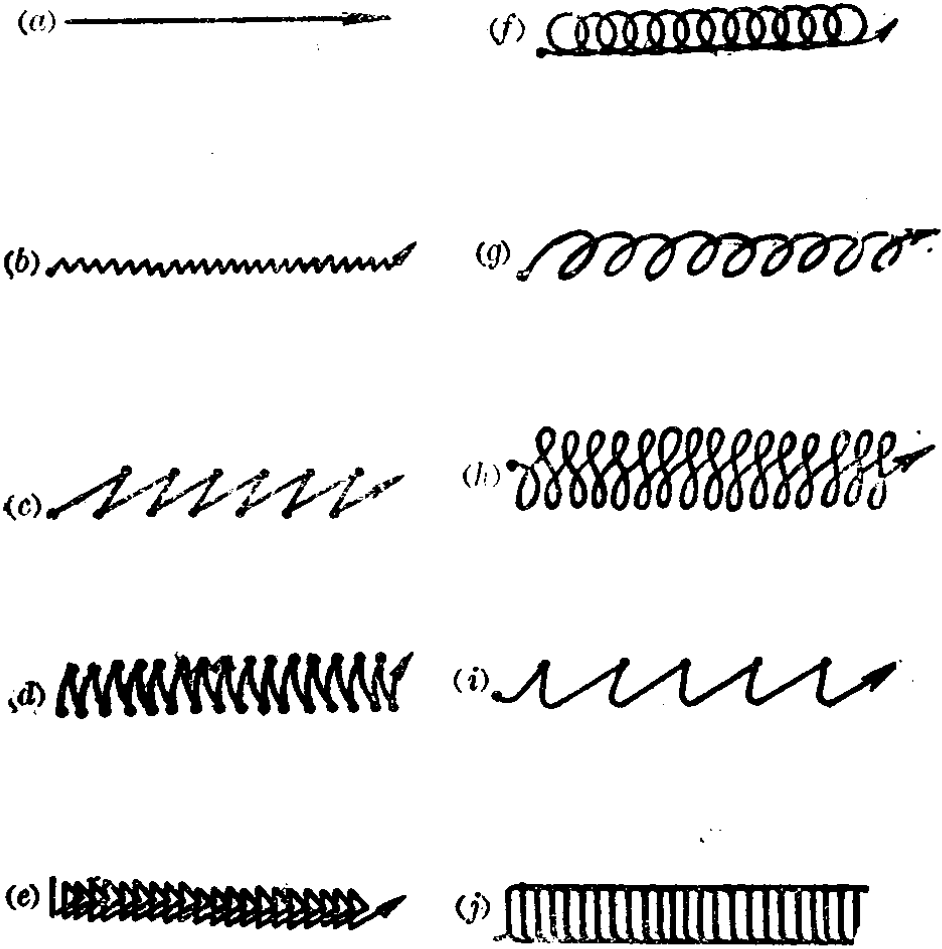


图 1-2 运条方法

- (a) 直线形；(b) 锯齿形；(c) 上斜线形；(d) 月牙形；(e) 三角形；
(f) 圆环形；(g) 斜环形；(h) “8”字形；(i) 带火形；(j) 单边直角形