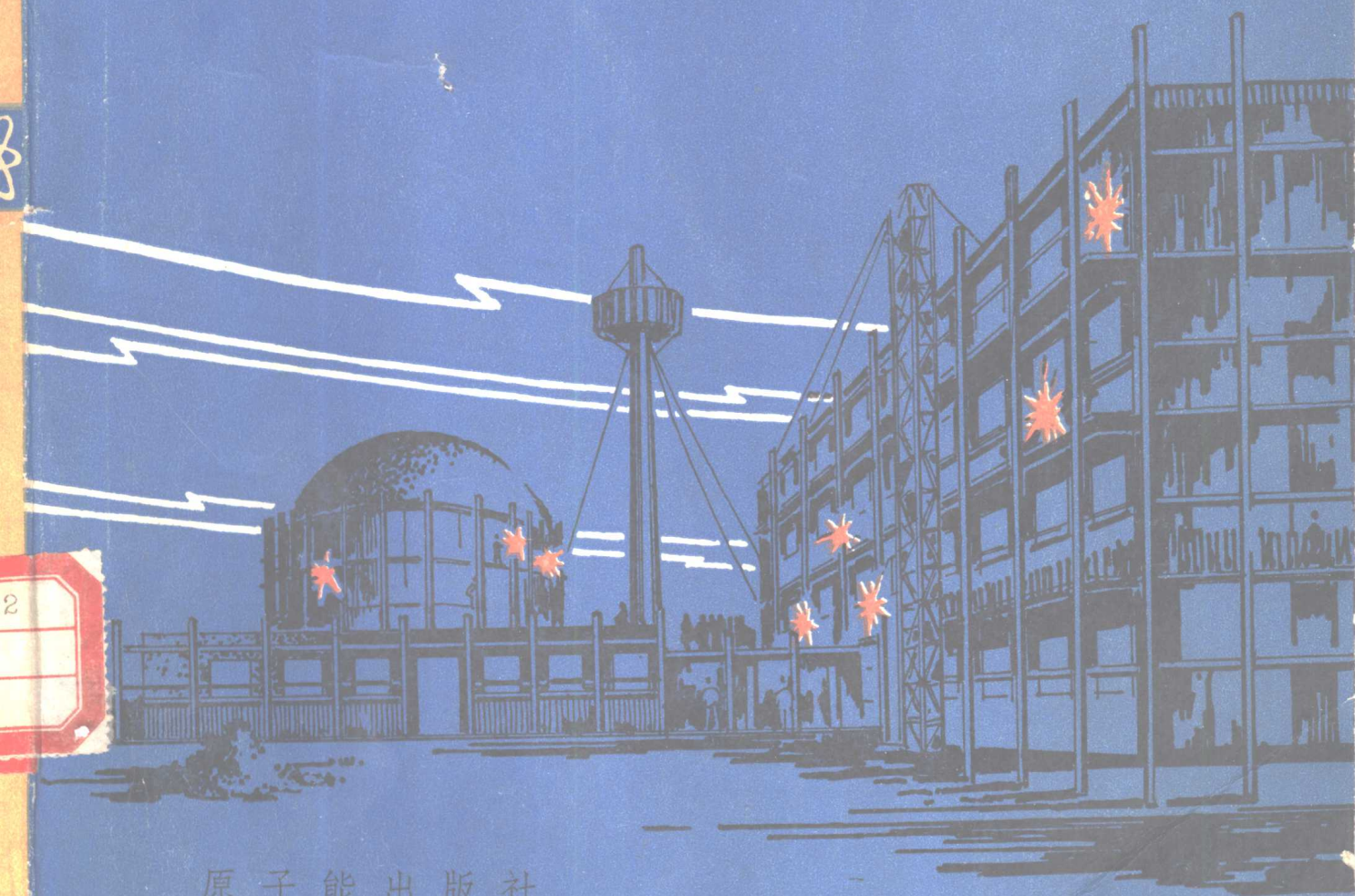


工程焊接手册

杜礼辰·翟书汾·曹雄夫等编



原子能出版社

工 程 焊 接 手 册

杜礼辰、翟书汾、曹雄夫等编

原子能出版社

1980

内 容 简 介

本书是在总结多年来设计、制造、施工经验的基础上，并参阅国内：章，分别叙述了焊接材料、焊接接头设计、焊接方法、结构材料的焊接、检验等。

本书可供焊工、焊接技术人员以及从事结构设计的人员参考。

成的。全书分十二
的焊接以及焊接质量

工程焊接手册

杜礼辰、翟书汾、曹雄夫 等编

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $29 \frac{1}{4}$ ·字数 695 千字

1980 年 11 月北京第一版·1980 年 11 月北京第一次印刷

印数 001—16300·统一书号：15175·275

定价：3.55 元

出 版 说 明

本书由杜礼辰、翟书汾、曹雄夫、崔文琴、谷兴年、陈惠慈、何康生、蒋雪雅、曹素琴、王作益、江淑贤、林翠娣、王相礼、张颂源、李恩明、韩东升等同志编写，最后由杜礼辰同志整理校对。在编写过程中，得到了有关兄弟单位和清华大学焊接教研室同志们的帮助。二机部二院试验室及焊接组中有些同志也对本书做了不少工作，在此表示谢意。

由于我们的水平有限，缺点和错误在所难免，望读者指正。

目 录

第一章 焊接材料	(1)
第一节 焊条	(1)
一、焊条选用原则	(1)
二、焊条分类	(2)
第二节 焊丝	(25)
一、钢焊丝	(25)
二、有色金属焊丝	(29)
第三节 埋弧焊及电渣焊用焊剂	(32)
第四节 管状焊丝	(35)
第五节 钎料	(36)
一、各种钎料的介绍	(36)
二、常用钎料	(38)
第六节 其它焊接材料	(40)
一、钎剂	(40)
二、气焊粉	(42)
三、焊接用气体	(42)
四、焊接气体容器(气瓶)涂色标记	(43)
五、电弧焊用钨电极材料	(43)
第二章 焊接接头设计	(44)
第一节 焊接结构设计的一般原则	(44)
一、设计焊接结构时应考虑的主要因素	(44)
二、设计焊接结构的一般要求	(44)
第二节 接头型式与坡口尺寸	(48)
一、焊接方法符号、焊缝名称、型式、图形符号和标注方法	(48)
二、碳素钢及低合金钢焊接结构的接头型式及尺寸	(48)
三、不锈钢焊接结构的接头型式及尺寸	(48)
四、铝合金焊接结构的接头型式及尺寸	(58)
五、壁厚不小于 3 毫米的钢制压力容器焊接接头坡口型式及尺寸	(61)
第三节 焊接接头的应力计算	(72)
一、焊接接头的应力计算	(72)
二、焊缝的许用应力和焊缝系数	(76)
第四节 焊接应力与变形	(80)
一、焊接残余内应力	(80)
二、焊接残余变形	(82)
第三章 焊接设备	(88)
第一节 电弧焊电源和设备	(90)
第二节 其它焊接设备	(124)
附录: 电焊机产品系列及型谱	(137)

第四章 常用的焊接方法	(161)
第一节 焊接的实质和焊接方法分类	(161)
一、焊接的定义	(161)
二、焊接方法的分类	(161)
第二节 电弧焊	(161)
一、手工电弧焊	(161)
二、埋弧自动焊和埋弧半自动焊	(164)
三、气体保护焊	(165)
第三节 电渣焊	(171)
一、电渣焊的主要特点	(172)
二、几种电渣焊方法简介	(173)
第四节 接触焊	(173)
一、接触焊的特点及优缺点	(174)
二、接触焊的应用	(174)
三、常用的几种接触焊方法介绍	(174)
第五节 钎焊	(177)
一、钎焊的特点	(177)
二、钎焊的优缺点	(177)
三、钎焊接头的型式和间隙	(177)
四、钎焊的方法	(178)
第六节 等离子弧焊	(178)
一、等离子弧焊接的特点	(179)
二、等离子弧焊接的应用范围	(180)
三、等离子弧焊接设备和工艺参数	(180)
第七节 电子束焊接	(182)
一、电子束焊接的原理	(182)
二、电子束焊接的优点	(182)
三、电子束焊接的种类	(182)
四、焊接工艺参数和接头的主要缺陷	(182)
五、电子束焊的应用	(184)
第八节 激光焊接	(185)
第九节 摩擦焊	(187)
一、摩擦焊的特征	(187)
二、摩擦焊的优点	(187)
三、摩擦焊的接头型式和应用	(188)
四、焊接过程的质量控制	(189)
第十节 扩散焊	(190)
一、扩散焊的特点	(190)
二、扩散焊的主要工艺参数和其对焊接质量的影响	(190)
第十一节 共晶连接	(191)
一、概述	(191)
二、共晶连接的原理	(192)
三、共晶连接的应用	(192)
第十二节 爆炸焊接	(193)

一、概述	(193)
二、爆炸焊的原理	(193)
三、爆炸焊的工艺参数	(195)
第十三节 其它焊接方法	(195)
一、冷压焊	(195)
二、超声波焊	(196)
三、高频电流焊接	(196)
第五章 黑色金属的焊接	(197)
第一节 碳素钢的焊接	(197)
一、碳钢的焊接特点	(198)
二、低碳钢的焊接	(198)
三、中碳钢和高碳钢的焊接	(199)
第二节 低合金钢的焊接	(200)
一、低合金钢的焊接特点	(202)
二、低合金钢的焊接	(204)
三、低合金钢焊接时的预热和热处理	(206)
四、几种常用低合金钢焊接的工艺要点	(209)
第三节 不锈钢的焊接	(210)
一、马氏体类不锈钢的焊接	(210)
二、铁素体类不锈钢的焊接	(218)
三、奥氏体类不锈钢的焊接	(219)
四、不锈钢的酸洗	(229)
第四节 不锈复合钢的焊接	(229)
一、不锈复合钢焊接的主要问题	(230)
二、焊接方法	(230)
三、焊接材料	(231)
四、焊接工艺要点	(232)
五、检验要点	(233)
第六章 有色金属的焊接	(234)
第一节 铝及铝合金的焊接	(234)
一、铝及铝合金的焊接特点	(234)
二、铝及铝合金的焊接方法及工艺要点	(238)
三、焊接材料的选用	(241)
四、铝及铝合金焊时的一般要求	(242)
第二节 铜及铜合金的焊接	(243)
一、铜及铜合金的性质、种类	(243)
二、铜及铜合金的焊接特点	(244)
三、铜及铜合金的焊接工艺	(245)
第三节 镁及镁合金的焊接	(247)
一、概述	(247)
二、焊接镁和镁合金时的主要问题	(248)
三、镁合金的焊接	(249)
四、安全防护	(250)
第四节 锆及锆合金的焊接	(251)

一、概述	(251)
二、锆合金焊接中的主要问题	(253)
三、锆合金的焊接特点	(254)
四、锆合金焊接接头的机械性能和耐腐蚀性	(254)
五、锆合金焊接的方法	(256)
六、锆合金工艺管的焊接	(256)
第五节 镍及其镍合金的焊接	(259)
一、镍及镍合金的焊接特点	(263)
二、几种典型镍基合金的焊接简介	(263)
第六节 钛及钛合金的焊接	(265)
一、概述	(265)
二、钛及其合金的焊接性	(265)
三、钛及钛合金的焊接工艺	(268)
第七节 铅的焊接	(272)
一、概述	(272)
二、铅焊接的主要特点	(272)
三、焊接方法	(273)
四、焊前的准备工作	(273)
第七章 异种材料的焊接	(276)
第一节 异种黑色金属的焊接	(276)
一、金相组织相同的异种钢之间的焊接	(276)
二、金相组织不同的异种钢之间的焊接	(279)
第二节 异种有色金属的焊接	(283)
一、铝与铜的焊接	(283)
二、铜与钛的焊接	(287)
三、钼与铜及铜合金的焊接	(287)
第三节 黑色金属与有色金属之间焊接	(288)
一、钢与铝的焊接	(288)
二、铜与钢的焊接	(291)
三、钛与不锈钢的焊接	(293)
四、锆合金与不锈钢的焊接	(293)
第四节 非金属材料与金属的焊接	(298)
一、石墨与金属的焊接	(298)
二、陶瓷与金属的焊接	(299)
第八章 反应堆燃料元件的焊接	(302)
第一节 燃料元件的包壳材料	(302)
第二节 铝合金包壳元件的焊接	(303)
一、焊前的清洗	(304)
二、棒形元件的焊接	(304)
三、管形元件的焊接	(308)
第三节 锆合金包壳元件的焊接	(310)
一、焊前清洗	(310)
二、棒形元件的焊接	(311)
三、板形元件的焊接	(316)

第九章 热交换器的焊接	(318)
第一节 热交换器管子与管板的连接类型	(318)
一、胀接	(318)
二、焊接(直接焊接而不胀接)	(318)
三、胀接加焊接	(319)
四、内孔焊接	(319)
五、爆炸连接	(320)
第二节 管子与管板的焊接接头	(321)
第三节 管子与管板的焊接工艺	(323)
一、端部焊接	(323)
二、内孔焊接	(324)
第四节 管子与管板焊接的缺陷	(326)
第十章 管道和阀门的焊接	(327)
第一节 反应堆中管道的工作条件	(327)
第二节 反应堆工程管道用材料	(327)
第三节 反应堆工程管道的焊接方法	(328)
一、气焊	(328)
二、埋弧焊	(328)
三、手工电弧焊	(328)
四、气体保护焊	(328)
五、等离子弧焊	(329)
第四节 管道焊接工艺	(329)
一、坡口的加工	(329)
二、坡口焊前清理	(330)
三、管道的焊接	(330)
第五节 阀门的钴基合金的堆焊	(339)
一、堆焊合金的性能	(339)
二、各国钴基合金焊接材料的牌号及化学成分	(340)
三、堆焊工艺	(341)
第十一章 反应堆压力容器的焊接	(348)
第一节 压力容器的设计	(348)
第二节 压力容器材料	(351)
第三节 反应堆压力容器的焊接	(358)
一、焊接方法	(358)
二、填充金属	(359)
三、壳体的焊接	(359)
四、压力容器接管过渡部分的焊接	(360)
五、压力容器内表面耐腐蚀层的堆焊	(361)
第四节 焊接质量检验	(363)
一、低合金高强度钢壳体焊缝的质量检验	(363)
二、耐腐蚀层堆焊的焊接质量检验	(365)
第十二章 焊接质量检验	(367)
第一节 焊缝的缺陷	(367)

一、焊缝尺寸不符合要求	(367)
二、咬边	(368)
三、气孔	(368)
四、夹渣	(368)
五、裂纹	(369)
六、未焊透	(369)
七、弧坑	(370)
八、焊瘤	(370)
第二节 焊接质量检验	(370)
一、焊接接头质量检验方法的分类	(371)
二、非破坏性检验方法	(371)
三、破坏性检验方法	(385)
四、几种焊接质量简易检验法	(388)
第三节 金属的可焊性试验	(389)
一、可焊性试验目的	(390)
二、可焊性试验方法	(390)
参考文献	(399)
附录一 焊缝代号 GB324- $\times \times$	(400)
附录二 不锈钢耐酸钢晶间腐蚀倾向试验方法 GB1223-75	(413)
附录三 焊缝射线探伤标准 JB928-67	(422)
附录四 焊缝金属及焊接接头的机械性能试验机标 (JB) 303-62	(430)
附录五 机械性能试验中常用符号表	(453)
附录六 新、旧洛氏硬度基准值对照表	(453)
附录七 各种硬度值对照表	(455)
附录八 周期表元素分类	

第一章 焊接材料

第一节 焊 条

一、焊条选用原则

(一) 考虑工件的机械性能和化学成分

1. 从等强度的观点出发, 选择满足机械性能要求的焊条, 或结合母材的可焊性, 改用非等强度而可焊性好的焊条, 但要改变焊接接头的结构型式, 以满足等强度、等刚度的要求。

2. 对于合金结构钢, 一般均不要求焊缝金属的合金成分与该钢种的合金成分相同或近似。对于母材是耐热钢、耐腐蚀钢时, 从保证焊接接头的特殊性能出发, 则要求焊缝金属的主要成分相近或相同。

3. 母材成分中, 如果含碳或磷、硫等杂质较高时, 应适当考虑选用抗裂性能较好的焊条。通常碱性低氢型焊条较酸性焊条的抗裂性能好。

(二) 考虑工件的工作条件和使用性能

1. 在承受动载荷或冲击载荷情况下, 除了要求保证抗拉强度外, 通常对焊缝金属的冲击韧性和延伸率均有较高的要求, 因此推荐采用碱性低氢型焊条。在核工程中, 中子辐照又使材料塑性降低, 因此更需选择塑性好的碱性低氢型焊条。

2. 介质放射性强的、设备或构件将来无法检修或难以检修的、一旦产生问题影响极大的地方, 都要选用优质焊条。

3. 对于在腐蚀介质中工作的不锈钢或其他耐蚀材料, 必须根据介质种类、浓度、工作温度等情况, 选用合适的焊条。

4. 对于其他有特殊要求 (例如在高温、磨损、腐蚀介质中工作以及三者同时作用) 的焊接件或铸焊件, 应区别情况, 根据已积累的经验, 通过试验来选定所需要的焊条。如果焊件是在 350°C 以上工作, 所选用的焊条应保证焊后焊缝金属内 α 相含量不超过 7%。

(三) 考虑工件几何形状的复杂程度、刚度大小、焊接坡口制备情况和焊接部位所处的位置情况

1. 形状复杂或大厚度的工件, 由于焊缝金属在冷却收缩时产生较大内应力, 容易产生裂纹, 因此必须选用抗裂性能好的焊条。

2. 焊接某些难以清理干净的部位时, 应考虑选用氧化性强、对铁锈、氧化皮和油垢

敏感性较小的酸性焊条，以免产生气孔等缺陷。

3. 焊接部件因受条件限制不能翻转时，必须选用能在任何空间位置进行焊接的焊条。

(四) 考虑焊接工地设备状况和工艺条件

1. 在没有直流焊机的情况下，不能选用仅限于用直流电源的低氢型焊条，应选用交、直流两用的焊条。

2. 对于某些焊件，选用一般焊条需要焊前预热或焊后热处理，例如焊接铬5钼钢管，如果用热507焊条，就要焊前预热（预热温度300~400℃）和焊后热处理（740~760℃回火）。为了避免上述工序，可采用铬25镍13型不锈钢焊条。

(五) 考虑改善焊工劳动条件、提高劳动生产率、经济合理等方面

1. 在酸性焊条和碱性低氢型焊条都可满足性能要求的情况下，应尽量采用酸性焊条。因为酸性焊条价廉，同时药皮内所含有损焊工劳动条件的元素较少。

2. 在满足使用性能和操作性能的前提下，应适当选用规格大、效率高的焊条。

二、焊 条 分 类

按国家标准GB980-76将焊条分为九类。国家标准GB981-76、GB982-76、GB983-76、GB984-76将各类焊条按主要性能的不同分为若干型号。各型号中可以有多种牌号。现行的《焊接材料产品样本》将焊条分为十一大类。它与国家标准的对应关系见表1-1。

焊 条 分 类 对 照 表

表 1-1

国 家 标 准 分 类				焊接材料产品样本分类		
国 标	类 别	符 号	名 称	类 别	符 号	名 称
GB981-76	第一类	J	结构钢焊条	第一类	结	结构钢焊条
GB982-76	第二类	R	铜和铬铜耐热钢焊条	第二类	热	珠光体耐热钢焊条
GB983-76	第三类	B	不锈钢焊条	第三类	奥	奥氏体不锈钢焊条
				第四类	铬	铬不锈钢焊条
GB984-76	第四类	D	堆焊焊条	第五类	堆	堆焊焊条
暂无标准	第五类	W	低温钢焊条	第六类	低	低温钢焊条
暂无标准	第六类	Z	铸铁焊条	第七类	铸	铸铁焊条
暂无标准	第七类	N	镍及镍合金焊条	第八类	镍	镍及镍合金焊条
暂无标准	第八类	T	铜及铜合金焊条	第九类	铜	铜及铜合金焊条
暂无标准	第九类	L	铝及铝合金焊条	第十类	铝	铝及铝合金焊条
				第十一类	特	特殊用途焊条

按焊条药皮的不同特点，将药皮规定为九种类型，见表 1-2。

焊 条 药 皮 类 型

表 1-2

药皮类型	型 号	焊接电源	特 点
不属于已规定的类型	T × × -0	不规定	
氧化钛型	T × × -1	交流或直流	药皮含氧化钛大于或等于35%，属于酸性焊条。电弧稳定，飞溅少，再引弧容易，熔深较浅，脱渣容易，焊波美观，可全位置焊接，特别适于薄板的焊接。熔敷金属塑性及抗裂性较差
氧化钛钙型	T × × -2	交流或直流	药皮含氧化钛大于或等于30%，碳酸盐矿石小于20%，属酸性焊条。电弧较稳定，熔深适中，脱渣容易，飞溅小，焊波美观，可全位置焊接。熔敷金属的塑性及抗裂性较好
钛铁矿型	T × × -3	交流或直流	药皮含钛铁矿石大于或等于30%，属于酸性焊条。熔渣流动性好，熔深较浅，脱渣容易，飞溅一般，焊波整齐，可全位置焊接。熔敷金属的塑性及抗裂性与钛钙型近似
氧化铁型	T × × -4	交流或直流	药皮含有多量氧化铁及较多的锰铁脱氧剂，属于酸性焊条。熔化速度快，焊接效率高，电弧稳定，再引弧容易，熔深较深，飞溅稍多，适于中厚板手工焊。立焊及仰焊较差。熔敷金属抗裂性较好
纤维素型	T × × -5	交流或直流	药皮含有机物15%以上，氧化钛30%左右，属酸性焊条。电弧强，熔深较深，熔化速度快，熔渣少，可全位置焊接。向下立焊及深熔焊焊条属于此药皮
低氢型	T × × -6	直流或交流	与T × × -7相近似，但药皮内加入一定数量的稳弧剂
低氢型	T × × -7	直流	药皮以碳酸盐矿石和萤石为主，属碱性焊条。熔渣流动性好，焊波较高，可全位置焊接。熔敷金属抗裂性和机械性能良好
石墨型	T × × -8	直流或交流	药皮含有多量石墨，引弧容易，药皮强度稍差，部分铸铁焊条和堆焊焊条选用此类型
盐基型	T × × -9	直流	药皮以氯化物和氟化物为主，属于碱性焊条，药皮吸潮性较强，熔点低，熔化速度快，焊接性能差，熔渣具有一定的腐蚀性，通常用于配制铝及铝合金焊条
铁粉 × × 型			药皮含有30%以上铁粉。按药皮类型不同分别称为铁粉 × × 型，如铁粉低氢型、铁粉钛型。此类型有改善焊接工艺性能和提高熔敷效率等优点

表 1-3 为结构钢焊条简表;

结 构 钢 焊

统 一 牌 号	相 当 国 标 (GB981 -76)	焊缝金属化学成分 (%)							机 械		
		C	Si	Mn	S	P	Mo	Nb	熔敷金属屈 服点 σ_s (公 斤/毫米 ²)	抗拉强度 σ_b (公斤/ 毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)
结 420 管		≤ 0.12	≤ 0.30	0.35 ~ 0.70	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (~50)	≥ 16 (~25)
结 420 下		≤ 0.20	≤ 0.30	0.30 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (48~58)	≥ 16 (18~26)
结 421	T42-1	≤ 0.12	≤ 0.35	0.30 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (46~54)	≥ 17 (18~26)
结 422	T42-2	≤ 0.12	≤ 0.25	0.30 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (44~52)	≥ 18 (22~32)
	T42-2-G	≤ 0.12	≤ 0.25	0.30 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.045				≥ 42	≥ 20
结 423	T42-3	≤ 0.12	≤ 0.20	0.35 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (44~50)	≥ 18 (20~30)
	T42-3-G				≤ 0.035	≤ 0.045				≥ 42	≥ 20
结 424	T42-4	≤ 0.12	≤ 0.15	0.50 ~ 0.90	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (44~50)	≥ 18 (20~30)
结 425	T42-5	≤ 0.12	≤ 0.20	0.6~ 1.0	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 42 (44~52)	≥ 18 (20~30)
结 426	T42-6	≤ 0.12	≤ 0.50	0.50 ~ 0.80	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 30	≥ 42 (46~54)	≥ 22 (25~33)
	T42-6-G				≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 30	≥ 42	≥ 23
结 427	T42-7	≤ 0.12	≤ 0.50	0.50 ~ 0.80	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 30	≥ 42 (46~54)	≥ 22 (25~33)
	T42-7-G				≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 30	≥ 42	≥ 23
结 500	T50-0	≤ 0.20	≤ 0.20	0.40 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.05			≥ 35	≥ 50 (50~60)	≥ 16 (20~26)
	T50-1				≤ 0.035	≤ 0.05			≥ 35	≥ 50	≥ 15

条 简 表

表 1-3

性 能		相 近 似 的 国 外 焊 条				主 要 用 途	
冲击韧性 a_k (公斤·米/厘米 ²)		对接接头的 冷弯角度 α (D=2T)	日 本	苏 联	美 国		瑞 典
常 温	-40℃						
≥ 8 (~13)							适用于要求高质量的碳 钢管道的焊接, 如电站 中工作温度 $\leq 450^\circ\text{C}$, 工作压力 39~180 大气 压的碳钢管道焊接
≥ 8 (17~21)							适用于薄板结构的对 接、角接、搭接
≥ 8 (8~12)			D4313 RB-26 B-33 TB-35	Э42	E6012 E6013 SW-15 -16 -46	OK44P OK45P OK46P OK43.32 OK46.00 OK46.16 OK46.44	用于一般低碳钢结构
≥ 8 (12~18)		≥ 120	D4303 TB-47 TB-24 TB-43 TB-32	Э42		OK50.00	用于较重要的低碳钢结 构和相应强度等级的普 通钢如 09Mn2 等
10	≥ 3.5	≥ 180					
≥ 8 (10~18)		≥ 120	D4301 B-15 B-17 B-10 B-18 B-11 B-14 B-8	OMM-5 Э42	E316	OK49P	用于较重要的低碳钢结 构
≥ 10	≥ 3.5	≥ 180					
≥ 8 (10~18)		≥ 120	D4327 B-27 B-25	Э42 ЦМ-7	E6020 E6027		同结 423
≥ 8 (12~18)							焊接一般低碳钢结构及 铸钢件的焊补
≥ 14 (25~35)		≥ 120	D4316 LB-26 LB-47 LBM-47	Э42A Э46A УОНИ-13/45	E7016		用于焊接重要的低碳钢 及普低钢如 09Mn2 等
≥ 14	≥ 6	≥ 180					
≥ 14 (25~35)		≥ 120	D4315 LB-26	Э42A Э46A УОНИ-13/45	E6015 SW-64 SW-65	OK48P	同结 42-6
≥ 14	≥ 6	≥ 180					
≥ 6 (12~18)		≥ 120					专用于厚壁容器及钢管 的打底焊接, 可免去铲 根和封底焊工序, 提高 工效, 改善劳动条件
≥ 6							

统一 牌 号	相 当 国 标 (GB981 -76)	焊缝金属化学成分 (%)							机 械		
		C	Si	Mn	S	P	Mo	Nb	熔敷金属屈 服点 σ_s (公 斤/毫米 ²)	抗拉强度 σ_b (公斤/ 毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)
结 502	T50-2	≤ 0.12	≤ 0.30	0.50 ~ 0.90	≤ 0.035	≤ 0.05			≥ 35	≥ 50 (52~58)	≥ 16 (20~30)
	T50-2G				≤ 0.035	≤ 0.045			≥ 35	≥ 50	≥ 18
结 503	T50-3	≤ 0.12	≤ 0.30	0.50 ~ 0.90	≤ 0.035	≤ 0.05			≥ 35	≥ 50 (53~57)	≥ 16 (20~30)
	T50-3-G				≤ 0.035	≤ 0.045			≥ 35	≥ 50	≥ 18
	T50-4				≤ 0.035	≤ 0.05			≥ 35	≥ 50	≥ 16
	T50-5				≤ 0.035	≤ 0.05			≥ 35	≥ 50	≥ 16
结 506	T50-6	≤ 0.12	≤ 0.65	0.80 ~ 1.30	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 35	≥ 50 (52~58)	≥ 20 (24~32)
	T50-6-G				≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 35	≥ 50	≥ 21
结 507	T50-7	≤ 0.12	≤ 0.65	0.80 ~ 1.30	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 35	≥ 50 (52~58)	≥ 20 (24~32)
	T50-7-G				≤ 0.035	≤ 0.045			≥ 35	≥ 50	≥ 21
结 553		≤ 0.12	≤ 0.30	0.60 ~ 1.20	≤ 0.035	≤ 0.05				≥ 55 (56~62)	≥ 16 (18~28)
结 556	T55-6	≤ 0.12	0.30 ~ 0.70	0.90 ~ 1.50	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 40	≥ 55 (56~62)	≥ 20 (22~30)
结 557	T55-7	≤ 0.12	0.30 ~ 0.70	0.90 ~ 1.50	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 40	≥ 55 (56~62)	≥ 20 (22~32)
	T55-X-G				≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 40	≥ 55	≥ 20
结 606	T60-6	≤ 0.12	0.30 ~ 0.70	1.00 ~ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.04			≥ 45	≥ 60 (62~68)	≥ 18 (22~30)
结 607	T60-7	≤ 0.12	0.30 ~ 0.70	1.00 ~ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.04	0.15 ~ 0.40		≥ 45	≥ 60 (62~68)	≥ 18 (22~30)
结 707		≤ 0.12	0.30 ~ 0.80	1.20 ~ 2.00	≤ 0.035	≤ 0.035	0.30 ~ 0.60			≥ 70 (72~78)	≥ 12 (20~28)

(续)表 1-3

性 能			相 近 似 的 国 外 焊 条				主 要 用 途
冲击韧性 a_k (公斤·米/厘米 ²)		对接接头的 冷弯角度 α (D=2T)	日 本	苏 联	美 国	瑞 典	
常温	-40℃						
≥ 6 (10~18)		≥ 120	D6026 LTB-50 D5003 LTW-50 TB-52	Э50			用于锅炉钢及普低钢如 16Mn 等的焊接
≥ 8	≥ 3.5	≥ 180					
≥ 6 (10~18)		≥ 120	D5001 BW-52 BW-52V BA-47	Э50			用于普低钢 16Mn 等的 焊接
≥ 8	≥ 3.5	≥ 180					
≥ 6		≥ 120					
≥ 6		≥ 120					
≥ 13 (18~28)		≥ 120	D5015 LB-52 D5016 LBM-52 LB-34 LB-60	Э50A	E7015 E7016 E7018	OK48.00 OK48.04 OK48.15 OK48.30	焊接中碳和普低钢 如 16Mn, 09Mn2Si 等
≥ 13	≥ 6	≥ 180					
≥ 13 (20~30)		≥ 120	D5015 LB-55 LB-52	Э50A УОНИ13/55	E7015 E7016 SW-84	OK55P OK48.30	可焊接中碳钢和某些普 低钢: 如 16Mn, 09Mn 2Si, 09MnV 等
≥ 13	≥ 6	≥ 180					
≥ 7 (8~14)							用于焊接相应强度的 15MnTi, 15MnV 等普 低钢
≥ 12 (20~30)		≥ 120	D5516	Э55A	E8016-G		用于焊接中碳钢及 15 MnTi, 15MnV 等普低 钢构件
≥ 12 (20~30)		≥ 120	D5515	Э55A	E8015-X		用于焊接中碳钢和普低 钢 15MnTi, 15MnV 等结构
≥ 12	≥ 6	≥ 180					
≥ 10 (18~28)	协议定	协议定	D5816 LB-62 LBM-62	УОНИ13/55 Э60A	E9018-D E9016-G E9016	OK74.78	用于焊接中碳钢和相应 强度的普低钢 如 15Mn VN 等
≥ 10 (18~28)	协定	协定	D6015	Э60A УОНИ13/55	E8015 SW-79 -81		同结 606
≥ 6 (16~26)			LLB-106 LBY-75	Э70		OK7565	用于焊接 15MnMoV, 14MnMoVB, 18Mn MoNb 等结构