

阀门焊接手册

FAMEN HANJIE SHOUCE

宁道俊 陆培文○主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

阀门焊接手册

宁道俊 陆培文 主编



机械工业出版社

本手册是一本关于阀门焊接的实用工具书。内容包括：常用金属材料简介，焊接的定义、分类及各种焊接方法、焊条电弧焊，熔化极气体保护电弧焊（MIG 焊），二氧化碳气体保护焊，钨极氩弧焊（TIG），埋弧焊，耐磨合金堆焊，铸铁的焊补，等离子弧焊和堆焊，铜及铜合金的焊接，锅炉和压力容器的焊接与考试取证，焊接缺陷及检验。

本书可作为院校阀门专业的参考教材，也可作为阀门制造企业焊接工艺人员及焊接工人的培训和自学教材，还可为广大焊接工艺人员在编制阀门焊接工艺和焊接工艺评定时提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

阀门焊接手册/宁道俊，陆培文主编. —北京：机械工业出版社，2013.11
ISBN 978-7-111-43751-2

I. ①阀… II. ①宁…②陆… III. ①阀门-焊接-技术手册
IV. ①TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 196951 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：沈 红 责任编辑：沈 红 王 珑 版式设计：霍永明
责任校对：陈立辉 封面设计：陈 沛 责任印制：刘 岚
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 28.75 印张 · 785 千字
0001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-43751-2
定价：89.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

策划编辑：(010)88379778

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

阀门在国民经济的各个领域中有广泛的应用，如石油、天然气、煤炭和矿石的开采、提炼加工和管道输送系统中，水电、火电和核电的生产建设过程中，冶金生产设备中，船舶、车辆、飞机、航天和各种运输机械的流体系统中，城市和工业企业的给排水、供热和供气管路中，以及农田的排灌设备中都大量地使用着各种类型的阀门。此外，在火箭发射等高新技术领域里，也使用着各种特殊性能的高可靠性阀门。阀门产品的质量不仅与产品设计有关，也与阀门的制造有关。在阀门的制造过程中，焊接工序既是关键工序，又是特殊工序，并且焊接质量涉及焊接工艺、母材、焊材等的选取及焊接工艺的评定。由于焊接的质量问题会直接影响到阀门壳体的强度、阀门的密封性或寿命，关系到阀门是否产生介质的外漏或内漏，会影响阀门的开启或关闭，甚至会直接造成环境污染或损坏设备，如有毒有害介质、腐蚀性介质、放射性介质和易燃易爆介质的泄漏有可能产生重大经济损失，甚至发生火灾和人身伤亡事故，因此对于高温高压阀门、高中压气体阀门和调节阀、安全阀等来说，阀门的安全可靠性至关重要，必须特别重视阀门制造中的焊接问题。

改革开放 30 多年来，我国的阀门制造业不断改革创新，研制出了许多高新技术的阀门产品，如石油和天然气长输管线用全焊接固定球阀、超（超）临界火电机组关键阀门、核动力装置阀门、高含硫天然气特种合金上装式金属密封固定球阀、炼化装置中的加氢阀、煤制油（或煤制气）装置中的金属密封球阀等（这些产品在制造过程中都离不开焊接工序）。目前，我国自行设计、制造的各种类型的阀门产品不仅广泛地应用于国民经济和国防建设的各个领域，而且还有大量的阀门产品出口。近年来，随着我国石油、天然气、水电、火电、核电、化工、冶金、航空、航天、轻工、城市建设、医药、食品、交通运输和国防工业的迅速发展，对阀门在品种和数量上提出了更多的要求，在品质上也提出了更高、更严的要求。为了适应阀门行业发展的需要和满足焊接工艺人员的要求，我们编写了这本《阀门焊接手册》。

本书以我国阀门制造的实践经验为基础，融进了国外阀门制造一些有关焊接的先进工艺和标准，较系统地介绍了阀门制造过程中的各种焊接方法。此外，本书对有关焊接工艺的基础知识也作了详细介绍，内容比较实用。

本书共 13 章，分别为常用金属材料简介，焊接的定义、分类及各种焊接方法，焊条电弧焊，熔化极气体保护电弧焊（MIG 焊），二氧化碳气体保护焊，钨极氩弧焊（TIG），埋弧焊，耐磨合金堆焊，铸铁的焊补，等离子弧焊和堆焊，铜及铜合金的焊接，锅炉和压力容器的焊接与考试取证，焊接缺陷及检验。

本书可作为院校阀门专业的参考教材，也可作为阀门制造企业焊接工艺人员及焊接工人的培训和自学教材，还可为广大焊接工艺人员在编制阀门焊接工艺和焊接工艺评定时提供参考。

本书由宁道俊、陆培文主编，宁丹枫、陆兴华、孙晓霞、孙江宏、陈蜀光、彭建宏、潘海龙、张崇彪、郑福招、张文东、郭小路参编。本书在编写过程中得到了天津焊接研究所、天津贝特尔流体控制阀门有限公司的技术人员和北京信息科技大学、温州耐密特阀门有限公司、温州超核阀门有限公司、温州科脉隆阀门有限公司的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限，不足之处在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 章 常用金属材料简介 1

1.1 金属和合金的分类 1

1.1.1 黑色金属材料 1

1.1.2 有色金属材料 13

1.2 金属材料的力学性能 13

1.2.1 金属材料的强度 14

1.2.2 金属材料的硬度 15

1.2.3 金属材料的冲击韧度 17

1.2.4 金属材料的疲劳强度 19

1.2.5 金属材料的蠕变强度 20

1.3 钢的热处理 20

1.3.1 钢的退火 20

1.3.2 钢的正火 20

1.3.3 钢的淬火 20

1.3.4 钢的回火 21

1.3.5 钢的时效 21

第 2 章 焊接的定义、分类及各种

焊接方法 22

2.1 焊接及其分类 22

2.2 焊缝和焊接接头 23

2.3 焊接的优缺点 24

2.4 各种焊接方法简介 26

2.4.1 气焊 26

2.4.2 焊条电弧焊 26

2.4.3 埋弧焊 27

2.4.4 电渣焊 28

2.4.5 气体保护电弧焊 29

2.4.6 电阻焊 30

2.4.7 摩擦焊 32

2.4.8 钎焊 33

2.4.9 超声波焊 33

2.4.10 等离子弧焊 34

2.4.11 电子束焊 34

2.4.12 激光焊接 35

第 3 章 焊条电弧焊 36

3.1 工艺特点 36

3.2 工作原理 37

3.3 焊接电弧 38

3.3.1 电弧放电的基本概念 38

3.3.2 焊接电弧的引燃过程 39

3.3.3 焊接电弧的构造和温度 39

3.3.4 电弧电压的概念 40

3.4 焊条电弧焊的基本操作技术 41

3.4.1 引弧 41

3.4.2 运条 41

3.4.3 焊缝的收弧和连接 42

3.5 焊条 43

3.5.1 焊条的组成 43

3.5.2 型号分类 60

3.5.3 焊条的性能分析 64

3.5.4 焊条的选择 65

3.5.5 焊条的保管 73

3.6 焊条电弧焊机及工艺和工艺评定 74

3.6.1 交流弧焊变压器 74

3.6.2 直流弧焊发电机 79

3.6.3 弧焊整流器 88

3.6.4 焊条电弧焊工具 95

3.6.5 弧焊机的选择 98

3.6.6 焊条电弧焊工艺 99

3.6.7 钢制阀门焊接工艺评定 105

第 4 章 熔化极气体保护电弧焊

(MIG 焊) 135

4.1 概述 135

4.2 适用范围 136

4.2.1 被焊金属 136

4.2.2 焊件厚度 136

4.2.3 焊接位置 136

4.3 工作原理 137

4.4 电弧特性 137

4.4.1 喷射过渡 138

4.4.2 滴状过渡 138

4.4.3 短路过渡 138

4.4.4 脉冲电弧过渡 138

4.5 焊接电源的选择 139

4.6 焊枪 139

4.6.1 手工操作焊枪	139	5.4 焊接规范的选择	167
4.6.2 自动焊或机械焊用枪	140	5.5 CO ₂ 气体的纯度及其处理	171
4.7 送丝系统	141	第6章 钨极氩弧焊 (TIG)	174
4.7.1 推式送丝系统	141	6.1 概述	174
4.7.2 拉式送丝系统	142	6.1.1 氩弧焊原理及其分类	174
4.7.3 推—拉式送丝系统	142	6.1.2 氩弧焊的特点	175
4.7.4 变速送丝系统	142	6.2 焊接材料	176
4.7.5 保养	142	6.2.1 焊丝	176
4.8 焊丝	142	6.2.2 钨极	210
4.8.1 焊丝的化学成分	143	6.2.3 氩气	212
4.8.2 焊丝的力学性能	145	6.3 氩弧焊设备	213
4.8.3 焊缝射线探伤	148	6.3.1 焊机型号	213
4.8.4 焊丝尺寸及公差	148	6.3.2 焊枪与流量调节器	217
4.8.5 焊丝表面质量	148	6.4 钨极氩弧焊工艺	220
4.8.6 焊丝送丝性能	148	6.4.1 焊前准备	220
4.8.7 焊丝松弛直径和翘距	148	6.4.2 坡口准备	220
4.8.8 熔敷金属扩散氢含量	149	6.4.3 手工钨极氩弧焊焊接规范	223
4.8.9 熔敷金属的力学性能试验	149	第7章 埋弧焊	225
4.8.10 焊后热处理	151	7.1 概述	225
4.8.11 熔敷金属拉伸试验	151	7.1.1 工作原理	225
4.8.12 熔敷金属 V 型缺口冲击试验	151	7.1.2 埋弧焊的优缺点	227
4.8.13 射线探伤试验	152	7.2 埋弧焊焊缝的形成过程	227
4.8.14 熔敷金属扩散氢试验	153	7.3 埋弧焊设备	228
4.8.15 焊丝的选择	153	7.3.1 阀体环焊缝埋弧焊设备	228
4.9 保护气体	153	7.3.2 马鞍形埋弧焊机	232
4.9.1 采用的气体	153	7.4 埋弧焊用焊丝和焊剂	233
4.9.2 氩气	154	7.4.1 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂	234
4.9.3 氦气	154	7.4.2 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂	237
4.9.4 二氧化碳气体	155	7.4.3 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂	242
4.9.5 氯气和氟气	155	7.5 埋弧焊焊接规范	251
4.9.6 氮气	155	7.5.1 焊接规范对焊缝形状和尺寸的影响	251
4.9.7 混合气体	155	7.5.2 焊接接头形式的选择	263
4.10 设备装置	156	7.5.3 焊接规范的确定	263
4.10.1 可移动的装置	156	7.6 埋弧焊焊接技术	263
4.10.2 典型的固定装置	156	7.6.1 焊前准备工作	263
4.10.3 电缆和软管	157	7.6.2 对接接头焊接技术	264
4.10.4 水冷系统	157	7.6.3 角焊缝焊接技术	267
4.10.5 焊件的夹持及控制	157	7.6.4 水包与 10t 锅筒埋弧焊工艺要点	268
4.10.6 窄间隙焊接	157	第8章 耐磨合金堆焊	270
第5章 二氧化碳气体保护焊	160	8.1 堆焊的应用及特点	270
5.1 概述	160	8.2 手工堆焊材料	271
5.2 二氧化碳气体保护焊中熔滴过渡的特点	161		
5.3 二氧化碳气体保护焊的冶金特点	163		

8.2.1 型号分类	271	10.1.9 辅助装置	327
8.2.2 技术要求	273	10.1.10 接头准备	327
8.3 阀门密封面堆焊工艺评定	279	10.1.11 穿透法等离子弧焊	329
8.3.1 一般要求	279	10.1.12 各种不同金属的典型焊接 条件	330
8.3.2 评定规则	279	10.2 等离子弧堆焊	331
8.3.3 试验要求和试件检查	282	10.2.1 概述	331
8.3.4 堆焊工艺指导书和堆焊工艺评定 报告推荐格式	283	10.2.2 堆焊原理及设备	332
8.4 耐磨堆焊合金系统的选择	283	10.2.3 阀门密封面等离子弧堆焊用 合金粉末和技术要求	333
8.5 堆焊方法的选择	290	10.2.4 阀门阀体密封面等离子弧堆焊 工艺举例	339
8.5.1 手工堆焊	291	第 11 章 铜及铜合金的焊接	344
8.5.2 埋弧堆焊	292	11.1 铜及铜合金的基本知识	344
8.5.3 振动电弧堆焊	293	11.2 铜及铜合金的焊接性分析	348
8.5.4 等离子弧堆焊	295	11.3 铜及铜合金的焊接材料	351
8.5.5 电渣堆焊	295	11.3.1 铜及铜合金焊丝	351
8.6 耐磨合金堆焊实例	296	11.3.2 铜及铜合金焊条	354
8.6.1 高温、高压阀门阀座的堆焊	296	11.3.3 铜及铜合金焊粉	357
8.6.2 铬 13 型不锈钢焊条电弧堆焊	297	11.4 铜及铜合金的焊接工艺	357
8.6.3 汽车、拖拉机排气阀门的堆焊 修复	298	11.4.1 气焊	357
8.6.4 铜合金的氧乙炔焰堆焊	299	11.4.2 氩弧焊	357
8.6.5 手工和自动钨极气体保护电弧 堆焊平板闸阀闸板表面耐磨层 的比较	300	11.4.3 碳弧焊	358
第 9 章 铸铁的焊补	302	11.4.4 焊条电弧焊	358
9.1 概述	302	11.4.5 埋弧焊	361
9.2 铸铁焊接的特点	304	11.4.6 等离子弧焊	361
9.3 铸铁焊条及焊丝	308	11.4.7 电阻焊	361
9.3.1 铸铁焊条及焊丝的型号	308	11.4.8 电子束焊	362
9.3.2 铸铁焊条及焊丝的技术要求	310	11.4.9 纯铜的焊接工艺	362
9.3.3 铸铁焊条及焊丝的简要说明	312	11.4.10 黄铜的焊接	370
9.4 灰铸铁补焊工艺	314	11.4.11 青铜的焊补	375
9.5 球墨铸铁的焊补	318	第 12 章 锅炉和压力容器的焊接与 考试取证	382
第 10 章 等离子弧焊和堆焊	320	12.1 概述	382
10.1 等离子弧焊	320	12.2 锅炉和压力容器焊接的基本知识	382
10.1.1 概述	320	12.3 锅炉和压力容器用钢的焊接	385
10.1.2 适用范围	320	12.4 锅炉和压力容器焊接质量管理	387
10.1.3 工作原理	321	12.5 锅炉压力容器压力管道焊工考试与 管理规则	390
10.1.4 焊接电源	322	12.5.1 总则	390
10.1.5 焊枪	323	12.5.2 焊工考试的监督管理及组织	390
10.1.6 电极	324	12.5.3 考试内容和方法	391
10.1.7 离子气和保护气体	325	12.5.4 考试结果与评定	400
10.1.8 填充金属	327		

12.5.5 发证和持证焊工的管理	404	附录 C 碳钢及合金钢硬度与强度 换算值	434
12.5.6 附则	406	附录 D 电焊机产品型号编制原则	437
12.5.7 附录	406	附录 E 焊接及相关工艺方法代号	442
第 13 章 焊接缺陷及检验	409	附录 F 焊接、切割用压缩、液化和溶解 气瓶	445
13.1 概述	409	附录 G 焊接、切割工艺的有害因素	446
13.2 焊接外部缺陷	409	附录 H 钢材焊接时发尘量及主要毒物	447
13.3 焊接质量检验	411	附录 I 焊接卫生标准	447
13.3.1 破坏性检验	412	附录 J 个人保护措施	448
13.3.2 非破坏性检验	414	附录 K 常用材料的表面化学处理方法	449
附录	425	参考文献	450
附录 A 常用焊接标准	425		
附录 B 各国焊条型号对照	429		

第 1 章 常用金属材料简介

目前阀门制造中焊接结构所用的材料主要是金属材料，作为焊接工作者必须对金属材料有所了解，为此我们先简单介绍一下有关金属的基本知识。

金属材料是指现代工业、农业和国防建设上用的各种金属及其合金，其中最主要的是钢铁。近年来，我国在钢铁工业及其他金属材料方面都得到了极为迅速的发展，目前除能生产各种碳素钢外，还研制成功了 150 多种低合金钢和其他金属材料，并已广泛用于火车、轮船、汽车、锅炉、水泵、阀门、各种通用机械、飞机、航天器、导弹、机床、桥梁、拖拉机，以及用于国防工业和尖端科学领域。

金属材料之所以重要，是因为它具有优良的特性，如有良好的导电性、导热性、高的强度和良好的塑性，部分材料还具有良好的耐蚀性和其他特殊性能，或具有锻造性能、铸造性能和焊接性，所以金属材料在社会主义现代化建设中有着特别重要的作用和地位，掌握材料的特性以及变化规律，对合理使用材料是非常重要的。

1.1 金属和合金的分类

在工业上应用的金属分为两大类，即黑色金属和有色金属。

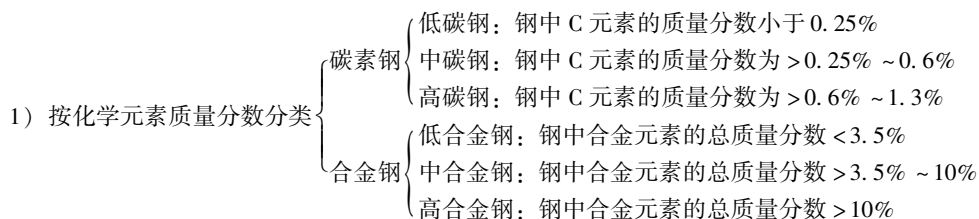
1.1.1 黑色金属材料

黑色金属是指钢铁材料。由于铁矿在地壳中储藏量很大，冶炼也比较方便，特别是钢铁具有很多良好的性能，因此在工业上应用得非常广泛。

钢和铁都是以铁和碳为主要元素组成的合金。碳元素的质量分数小于 2.11% 的铁碳合金称为钢，碳元素的质量分数大于 2.11% 的铁碳合金称为铁（通常铁中碳元素的质量分数 $< 4\%$ ）。钢、铁中除含碳外，还含有少量的 Si、Mn、S、P 等元素，为了改善钢的性能，冶炼过程中会有意向钢中加入一些其他的特殊元素，如 Si、Mn、Mo、W、V、Ti、Cr、Al、Ni 等，所得到的钢称为合金钢。

1. 钢的分类

钢的分类方法很多，为了便于了解和选用，现介绍下列两种方法：



2) 按用途分类，是在工业中最常用的一种分类方法。按这种方法，钢可以分为以下几种：

① 结构钢。主要用来制造工程结构体或机器零件等。结构钢应具备良好的可加工性和较高的力学性能。优质碳素钢或优质及高级优质合金钢都叫做结构钢，大多数结构钢在应用时都需经过热处理。

② 工具钢。用来制造切削工具、模具、冲压工具和量具。这类钢是 C 元素的质量分数 >0.65% ~0.75% 的优质和高级优质碳素钢或合金钢。这类钢在应用时一定要经过热处理。

③ 特殊用途钢。这类钢具有与它的用途相适应的某些特殊性能，如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、抗氧化钢、耐磨钢等。这类钢全是优质合金钢。

钢的分类方法除上述两种外，还可以按炼钢的方法来分类，例如：用转炉炼出的钢叫转炉钢，用平炉炼出的钢叫平炉钢，前者成本较低，且易于冶炼。由于炼钢炉中的炉衬所用的耐火材料有酸性的和碱性的，钢又可分为酸性炼钢炉炼出的钢和碱性炼钢炉炼出的钢两类。在炼钢过程中需要进行脱氧，由于脱氧过程不同，钢还可分为沸腾钢（F）和镇静钢（Z），沸腾钢脱氧不彻底，因而质量比镇静钢差些。

钢材还有其他的分类方法，本书不一一详细介绍。

2. 碳素钢

碳素钢在阀门制造上应用较多，这是因为碳素钢容易生产，价格低廉，并能满足低压、中压和高压阀门一般工况的要求，故当阀门的工作温度在 425℃ 以下、工作介质为非腐蚀性介质时，一般都选用碳素钢作为制造阀门的材料。我国的碳素钢又分为碳素结构钢和碳素工具钢两种。

(1) 碳素结构钢

碳素结构钢又分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。

1) 普通碳素结构钢。普通碳素结构钢按照标准 GB/T 700—2006，钢的牌号由代表屈服强度的字母 Q、屈服强度的数值、质量等级符号、脱氧方法符号 4 个部分按顺序组成；质量分 A、B、C、D 4 个等级；沸腾钢用 F 表示，镇静钢用 Z 表示。例如 Q235AF 即表示屈服强度（Q）为 235MPa 的 A 类沸腾（F）钢。普通碳素结构钢的化学成分（熔炼分析）符合表 1-1 的规定，钢材的拉伸和冲击试验结果应符合表 1-2 的规定。

表 1-1 普通碳素结构钢的化学成分（GB/T 700—2006）

牌 号	统一数字代号 ^①	等 级	厚度(或直径) /mm	脱氧方法	化学成分(质量分数,%),不小于				
					C	Si	Mn	P	S
Q195	U11952	—	—	F、Z	0.12	0.30	0.50	0.035	0.040
Q215	U12152	A	—	F、Z	0.15	0.35	1.20	0.045	0.050
	U12155	B						0.045	
Q235	U12352	A	—	F、Z	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	U12355	B			0.20 ^②				0.045
	U12358	C		Z	0.17			0.040	0.040
	U12359	D		TZ				0.035	0.035
Q275	U12752	A	—	F、Z	0.24	0.35	1.50	0.045	0.050
	U12755	B	≤40	Z	0.21			0.045	0.045
			>40		0.22				
	U12758	C	—	Z	0.20			0.040	0.040
U12759	D	TZ		0.035		0.035			

① 表中为镇静钢、特殊镇静钢牌号的统一数字，沸腾钢牌号的统一数字代号如下：

Q195F——U11950；
Q215AF——U12150，Q215BF——U12153；
Q235AF——U12350，Q235BF——U12353；
Q275AF——U12750。

② 经需方同意，Q235B 的碳含量（质量分数）可不大于 0.22%。

表 1-2 普通碳素结构钢的拉伸和冲击强度（GB/T 700—2006）

牌号	等级	屈服强度 ^① $R_{\text{eH}}/(\text{N}/\text{mm}^2)$, 不小于						抗拉强度 ^② $R_{\text{m}}/(\text{N}/\text{mm}^2)$	断后伸长率 $A(\%)$, 不小于					冲击试验(V 型缺口)	
		厚度(或直径)/mm							厚度(或直径)/mm					温度 /℃	冲击吸收能量 (纵向)/J 不小于
		≤16	>16 ~40	>40 ~60	>60 ~100	>100 ~150	>150 ~200		≤40	>40 ~60	>60 ~100	>100 ~150	>150 ~200		
Q195	—	195	185	—	—	—	—	315 ~430	33	—	—	—	—	—	—
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335 ~450	31	30	29	27	26	—	—
	B													+20	27
Q235	A	235	225	215	215	195	180	370 ~500	26	25	24	22	21	—	—
	B													+20	27 ^③
	C													0	
	D													-20	
Q275	A	275	265	255	245	225	215	410 ~540	22	21	20	18	17	0	—
	B													+20	27
	C													0	
	D													-20	

① Q195 的屈服强度值仅供参考，不作交货条件。
② 厚度大于 100mm 的钢材，抗拉强度下限允许降低 20N/mm²。宽带钢（包括剪切钢板）抗拉强度上限不作交货条件。
③ 厚度小于 25mm 的 Q235B 级钢材，如供方能保证冲击吸收能量合格，经需方同意，可不做检验。

2) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢是含碳量小于 0.8%（质量分数）的碳素钢。这种钢的硫、磷含量比普通碳素结构钢少，既要保证化学成分，同时又要保证力学性能。常用的优质碳素结构钢的牌号、化学成分和力学性能见表 1-3、表 1-4 和表 1-5 的规定。

表 1-3 优质碳素结构钢的化学成分（GB/T 699—1999）

序号	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数,%)					
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
						不 大 于		
1	U20080	08F	0.05 ~0.11	≤0.03	0.25 ~0.50	0.10	0.30	0.25
2	U20100	10F	0.07 ~0.13	≤0.07	0.25 ~0.50	0.15	0.30	0.25
3	U20150	15F	0.12 ~0.18	≤0.07	0.25 ~0.50	0.25	0.30	0.25
4	U20082	08	0.05 ~0.11	0.17 ~0.37	0.35 ~0.65	0.10	0.30	0.25
5	U20102	10	0.07 ~0.13	0.17 ~0.37	0.35 ~0.65	0.15	0.30	0.25
6	U20152	15	0.12 ~0.18	0.17 ~0.37	0.35 ~0.65	0.25	0.30	0.25
7	U20202	20	0.17 ~0.23	0.17 ~0.37	0.35 ~0.65	0.25	0.30	0.25
8	U20252	25	0.22 ~0.29	0.17 ~0.37	0.50 ~0.80	0.25	0.30	0.25
9	U20302	30	0.27 ~0.34	0.17 ~0.37	0.50 ~0.80	0.25	0.30	0.25
10	U20352	35	0.32 ~0.39	0.17 ~0.37	0.50 ~0.80	0.25	0.30	0.25
11	U20402	40	0.37 ~0.44	0.17 ~0.37	0.50 ~0.80	0.25	0.30	0.25
12	U20452	45	0.42 ~0.50	0.17 ~0.37	0.50 ~0.80	0.25	0.30	0.25
13	U20502	50	0.47 ~0.55	0.17 ~0.37	0.50 ~0.80	0.25	0.30	0.25

(续)

序号	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数,%)					
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
						不 大 于		
14	U20552	55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
15	U20602	60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
16	U20652	65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
17	U20702	70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
18	U20752	75	0.72~0.80	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
19	U20802	80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
20	U20852	85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
21	U21152	15Mn	0.12~0.18	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
22	U21202	20Mn	0.17~0.23	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
23	U21252	25Mn	0.22~0.29	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
24	U21302	30Mn	0.27~0.34	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
25	U21352	35Mn	0.32~0.39	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
26	U21402	40Mn	0.37~0.44	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
27	U21452	45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
28	U21502	50Mn	0.48~0.56	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
29	U21602	60Mn	0.57~0.65	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
30	U21652	65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
31	U21702	70Mn	0.67~0.75	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25

注：表中所列牌号为优质钢。如果是高级优质钢，在牌号后面加“A”（统一数字代号最后一位数字改为“3”）；如果是特级优质钢，在牌号后面加“E”（统一数字代号最后一位改为“6”）；对于沸腾钢，牌号后面为“F”（统一数字代号最后一位数字为“0”）；对于半镇静钢，牌号后面为“b”（统一数字代号最后一位数字为“1”）。

表 1-4 优质碳素结构钢的 P、S 含量（GB/T 699—1999）

组 别	P	S
	(质量分数,%)不大于	
优质钢	0.035	0.035
高级优质钢	0.030	0.030
特级优质钢	0.025	0.020

表 1-5 优质碳素结构钢的力学性能（GB/T 699—1999）

序号	牌号	试样 毛坯 尺寸 /mm	推荐热处理温度/℃			力学性能					钢材交货状态硬度 HBW10/3000 不大于	
			正火	淬火	回火	R_m	R_{eL}	A	Z	KV_2	未热处理钢	退火钢
						/MPa	/MPa	(%)	(%)	/J		
1	08F	25	930			295	175	35	60		131	
2	10F	25	930			315	185	33	55		137	
3	15F	25	930			355	205	29	55		143	
4	08	25	930			325	195	33	60		131	
5	10	25	930			335	205	31	55		137	
6	15	25	920			375	225	27	55		143	

(续)

序号	牌号	试样 毛坯 尺寸 /mm	推荐热处理温度/℃			力学性能					钢材交货状态硬度 HBW10/3000 不大于	
			正火	淬火	回火	R_m /MPa	R_{eL} /MPa	A (%)	Z (%)	KV_2 /J		
						不小于					未热处理钢	退火钢
7	20	25	910			410	245	25	55		156	
8	25	25	900	870	600	450	275	23	50	71	170	
9	30	25	880	860	600	490	295	21	50	63	179	
10	35	25	870	850	600	530	315	20	45	55	197	
11	40	25	860	840	600	570	335	19	45	47	217	187
12	45	25	850	840	600	600	355	16	40	39	229	197
13	50	25	830	830	600	630	375	14	40	31	241	207
14	55	25	820	820	600	645	380	13	35		255	217
15	60	25	810			675	400	12	35		255	229
16	65	25	810			695	410	10	30		255	229
17	70	25	790			715	420	9	30		269	229
18	75	试样		820	480	1080	880	7	30		285	241
19	80	试样		820	480	1080	930	6	30		285	241
20	85	试样		820	480	1130	980	6	30		302	255
21	15Mn	25	920			410	245	26	55		163	
22	20Mn	25	910			450	275	24	50		197	
23	25Mn	25	900	870	600	490	295	22	50	71	207	
24	30Mn	25	880	860	600	540	315	20	45	63	217	187
25	35Mn	25	870	850	600	560	335	18	45	55	229	197
26	40Mn	25	860	840	600	590	355	17	45	47	229	207
27	45Mn	25	850	840	600	620	375	15	40	39	241	217
28	50Mn	25	830	830	600	645	390	13	40	31	255	217
29	60Mn	25	810			695	410	11	35		269	229
30	65Mn	25	830			735	430	9	30		285	229
31	70Mn	25	790			785	450	8	30		285	229

注：1. 对于直径或厚度小于25mm的钢材，热处理是在与成品断面尺寸相同的试样毛坯上进行。
2. 表中所列正火推荐保温时间不少于30min，空冷；淬火推荐保温时间不少于30min，70、80钢油冷，其余钢水冷；回火推荐保温时间不少于1h。

(2) 碳素工具钢

碳素工具钢是制造切削工具、冲压工具和度量工具的材料。根据这些工具的工作条件，碳素工具钢应具有高的硬度和耐磨性以及一定的韧性。为了满足这些要求，这种工具钢在使用时必须经过热处理。而为了能使钢在淬火后得到高的硬度，钢中必须要有较高的含碳量，而且在不同的温度回火后能得到应有的韧性。

碳素工具钢多是含碳量（质量分数）大于0.7%的碳素钢。其牌号和化学成分见表1-6。

表 1-6 碳素工具钢的牌号和化学成分 (GB/T 1298—2008)

序 号	牌 号	化学成分(质量分数,%)				
		C	Mn	Si	P	S
1	T7	0.65 ~ 0.74	≤0.40	≤0.35	≤0.035	≤0.030
2	T8	0.75 ~ 0.84				
3	T8Mn	0.80 ~ 0.90	0.40 ~ 0.60			
4	T9	0.85 ~ 0.94	≤0.40			
5	T10	0.95 ~ 1.04				
6	T11	1.05 ~ 1.14				
7	T12	1.15 ~ 1.24				
8	T13	1.25 ~ 1.35				

注：高级优质钢在牌号后加“A”，其 $w(S) \leq 0.020\%$ 。

(3) 合金钢

钢中除了含有 Fe、C、Si、Mn、S、P 等元素外，为得到或改进钢的某些性能，钢中还会加入其他合金元素，如 Ni、Cr、Mo、V、Ti、Al、Cu、Nb 等。加入合金元素的钢以及 $w(Si) > 0.5\%$ 或 $w(Mn) > 0.8\%$ 的钢都叫做合金钢。在钢中加入合金元素的目的是为了改善钢的物理、化学和力学性能，或者使其具有耐热性、耐蚀性及良好的焊接性等特殊性能。

1) 合金结构钢。为了制造各种阀门零件，应该根据阀门的不同工况及不同的性能要求，来选用不同的合金结构钢。

合金结构钢从其正火组织来看，多属于珠光体类。根据含 C 量的不同，合金结构钢大致可分为三大类：

- ① 低碳合金结构钢 (C 的质量分数 = 0.10% ~ 0.25%)。
- ② 中碳合金结构钢 (C 的质量分数 = 0.30% ~ 0.45%)。
- ③ 高碳合金结构钢 (C 的质量分数 = 0.50% ~ 1.15%)。

2) 合金工具钢 (GB/T 1299—2000)。由于碳素工具钢的淬透性差，热处理时易于过热和变形，且制作的工具只能在 200℃ 以下使用，所以对于切削速度较高的刀具，宜用合金工具钢来制造。根据自然资源情况，我国的合金工具钢主要是以 Mn、Si、W、V 等元素为基础的工具钢。由于工具钢的用途不同，因此所加入的合金元素也不同。常用的合金工具钢有以下几种：

- ① 量具、刀具用钢，如 9SiCr、8MnSi、9Cr2 等。
- ② 耐冲击工具用钢，如 4CrW2Si、6CrMnSi2Mo1 等。
- ③ 冷作模具钢，如 Cr5Mo1V、9CrWMn、Cr4W2MoV 等。
- ④ 热作模具钢，如 5CrMnMo、5CrNiMo、5Cr4Mo3SiMnVA1。
- ⑤ 无磁模具钢，如 7Mn15Cr2Al3V2WMo。
- ⑥ 塑料模具钢，如 3Cr2Mo、3Cr2MnNiMo。

3) 高速工具钢 (GB/T 9943—2008)。为了提高机床的切削效率，以提高生产率，就必须提高切削速度，加大进刀量或走刀量，这样在切削过程中就会产生大量的热，从而使刀具刃口的温度升高。一般的工具钢 (包括合金工具钢) 当温度高到 300℃ 以上时，它的硬度就会显著降低，甚至使切削过程不能继续进行。这个问题在过去一直没有办法解决，直到 1900 年，人们发现在含碳量较高的钢中加入大量的钨、铬和钒等合金元素，可使钢具有热硬性。用这种钢制成的刀具经过热处理后，即使温度接近 600℃，仍能保持足够的硬度和耐磨性，并且能以较高的切削速度进行切削。这种钢叫做高速工具钢。常用的高速工具钢的牌号有：W18Cr4V、W4Mo3Cr4VSi、

W2Mo8Cr4V、W12Cr4V5Co5、W6Mo5Cr4V4 等。

4) 不锈钢和耐热钢。钢中加入大量的铬和镍等合金元素后，能够和空气中的氧作用形成一层非常致密的氧化薄膜。这种薄膜可以保护金属，即防止钢材被空气或其他腐蚀性介质腐蚀。这种钢就是不锈钢（有的还可作为耐热钢）。不锈钢按其显微组织可分为三类：

① 铁素体型不锈钢和耐热钢。这是一种含碳量很低的高铬钢。由于含碳量低，所以它的组织是铁素体。这类钢的塑性很好，可以用来制作高、中压阀门的零件、螺栓、螺母等。常用的铁素体型不锈钢和耐热钢的化学成分见表 1-7。经退火处理的铁素体型不锈钢和耐热钢的力学性能见表 1-8。

表 1-7 铁素体型不锈钢和耐热钢的化学成分（GB/T 20878—2007）

序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	化学成分(质量分数,%)										其他元素
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	
1	S11348	06Cr13Al	0Cr13Al	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.5 ~ 14.5	—	—	—	Al;0.10 ~ 0.30
2	S11168	06Cr11Ti	0Cr11Ti	0.08	1.00	1.00	0.045	0.030	(0.60)	10.5 ~ 11.7	—	—	—	Ti;6C ~ 0.75
3	S11213	022Cr12Ni	—	0.03	1.00	1.50	0.040	0.015	0.30 ~ 1.00	10.5 ~ 12.5	—	—	0.03	—
4	S11203	022Cr12	00Cr12	0.03	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.0 ~ 13.5	—	—	—	—
5	S11510	10Cr15	1Cr15	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	14.0 ~ 16.0	—	—	—	—
6	S11710	10Cr17	1Cr17	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	16.0 ~ 18.0	—	—	—	—
7	S11717	Y10Cr17	Y1Cr17	0.12	1.00	1.25	0.060	≥0.15	(0.60)	16.0 ~ 18.0	(0.60)	—	—	—
8	S11863	022Cr18Ti	00Cr17	0.030	0.75	1.00	0.040	0.030	(0.60)	16.0 ~ 19.0	—	—	—	Ti 或 Nb 0.10 ~ 1.00
9	S11790	10Cr17Mo	1Cr17Mo	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	16.0 ~ 18.0	0.75 ~ 1.25	—	—	—
10	S11770	10Cr17MoNb	—	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	—	16.0 ~ 18.0	0.75 ~ 1.25	—	—	Nb;5C ~ 0.80
11	S11873	022Cr18NbTi	—	0.03	1.00	1.00	0.040	0.015	(0.60)	17.5 ~ 18.5	—	—	—	Ti;0.10 ~ 0.60 Nb ≥ 0.30 + 3C
12	S11972	019Cr19Mo2NbTi	00Cr18Mo2	0.025	1.00	1.00	0.040	0.030	1.00	17.5 ~ 19.5	1.75 ~ 2.50	—	0.035	(Ti + Nb) [0.20 + 4(C + N)] ~ 0.80
13	S12550	16Cr25N	2Cr25N	0.20	1.00	1.50	0.040	0.030	(0.60)	23.0 ~ 27.0	—	(0.30)	0.25	—
14	S12791	008Cr27Mo	00Cr27Mo	0.010	0.40	0.40	0.030	0.020	—	25.0 ~ 27.5	0.75 ~ 1.50	—	0.015	—
15	S13091	008Cr30Mo2	00Cr30Mo2	0.010	0.10	0.40	0.030	0.020	—	28.5 ~ 32.0	1.50 ~ 2.50	—	0.015	—

表 1-8 经退火处理的铁素体型不锈钢和耐热钢的力学性能 (GB/T 1220—2007)

序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 $A(\%)$	断面收缩率 $Z(\%)$	冲击吸收能量 KV_2/J	硬度 HBW
				不小于					不大于
1	SI1348	06Cr13Al	0Cr13Al	175	410	20	60	78	183
2	SI1203	022Cr12	00Cr12	195	360	22	60	—	183
3	SI1710	10Cr17	1Cr17	205	450	12	50	—	183
4	SI1717	Y10Cr17	Y1Cr17	205	450	22	50	—	183
5	SI1790	10Cr17Mo	1Cr17Mo	205	450	22	60	—	183
6	SI2791	008Cr27Mo	00Cr27Mo	245	410	20	45	—	219
7	SI3091	008Cr30Mo2	00Cr30Mo2	295	450	20	45	—	228

② 马氏体型不锈钢和耐热钢。为了使不锈钢具有一定的硬度，钢中的含碳量就必须较高。但碳和铬会形成碳化铬，降低铬在钢中分布的均匀性，从而导致钢的耐蚀性下降。为了使铬均匀地分布在钢中，可对钢进行淬火处理。钢在淬火后得到马氏体组织，不仅具有耐蚀性，同时也提高了钢的硬度。这类钢可用来制作高、中压阀门中的阀杆、阀瓣等零件，也可以制作弹簧、滚珠轴承等。常用的马氏体型不锈钢和耐热钢的化学成分见表 1-9。马氏体型不锈钢和耐热钢的力学性能见表 1-10。

表 1-9 马氏体型不锈钢和耐热钢的化学成分 (GB/T 20878—2007)

序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	化学成分(质量分数,%)										其他
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	
1	S40310	12Cr12	1Cr12	0.15	0.50	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50 ~ 13.00	—	—	—	—
2	S41008	06Cr13	0Cr13	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50 ~ 13.50	—	—	—	—
3	S41010	12Cr13	1Cr13	0.08 ~ 0.15	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50 ~ 13.50	—	—	—	—
4	S41617	Y12Cr13	Y1Cr13	0.15	1.00	1.25	0.060	≥0.15	(0.60)	12.00 ~ 14.00	(0.60)	—	—	—
5	S42020	20Cr13	2Cr13	0.16 ~ 0.25	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	12.00 ~ 14.00	—	—	—	—
6	S42030	30Cr13	3Cr13	0.26 ~ 0.35	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	12.00 ~ 14.00	—	—	—	—
7	S42037	Y30Cr13	Y3Cr13	0.26 ~ 0.35	1.00	1.25	0.060	≥0.15	(0.60)	12.00 ~ 14.00	(0.60)	—	—	—
8	S42040	40Cr13	4Cr13	0.36 ~ 0.45	0.60	0.80	0.040	0.030	(0.60)	12.00 ~ 14.00	—	—	—	—
9	S43110	14Cr17Ni2	1Cr17Ni2	0.11 ~ 0.17	0.80	0.80	0.040	0.030	1.5 ~ 2.5	16.00 ~ 18.00	—	—	—	—
10	S43120	17Cr16Ni2		0.12 ~ 0.22	1.00	1.50	0.040	0.030	1.5 ~ 2.5	15.00 ~ 17.00	—	—	—	—
11	S44070	68Cr17	7Cr17	0.60 ~ 0.75	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	16.00 ~ 18.00	(0.75)	—	—	—