

《水电水利工程压力钢管制作安装 及验收标准》

GB 50766—2012

局部修订条文

说明:1. 本标准条文下划线部分为修改的内容,方框标记的文字为删除的原内容,无标记的文字为原内容。

2. 本次修订的条文应与《水电水利工程压力钢管制作安装及验收标准》GB 50766—2012 中其他条文一并实施。

住房城乡建设部信息公开

浏览专用

局部修订说明

根据住房城乡建设部《关于印发〈2019年工程建设规范和标准编制及相关工作计划〉的通知》(建标函〔2019〕8号)的要求,编制组经广泛调查研究,总结了国内外近年来大、中型工程施工的实践经验,考虑了新材料、新工艺和新技术的应用现实,加强了与现行国家标准和行业标准的协调,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本次局部修订的主要技术内容包括:

1. 增加了安全、职业健康和环境的要求。
2. 增加了输水工程钢管、采用液压机方法制作瓦片或管节,以及连接螺栓使用方法等规定。
3. 增加了套筒式伸缩节和波纹管伸缩节制作、安装,肋梁式钢岔管制作、安装的技术要求。
4. 增加了二氧化碳气体保护实心焊丝和药芯、金属粉芯焊丝焊接,以及焊条和埋弧焊丝直径上限值的规定。

5. 增加了水压试验时远控监测的规定。

6. 增加了熔结环氧粉末涂装,以及涂装表面清洁度等要求。

7. 修订了防腐蚀油漆涂装时间限制、焊缝错缝距离等要求。

8. 删除了焊接材料生产厂家的焊接材料牌号。

本标准中下划线部分为修改的内容。

本次局部修订的起草单位、起草人员和审查人员:

起草单位:中国水利水电第七工程局有限公司

水电水利规划设计总院

郑州国电机械设计研究所有限公司

华能澜沧江水电股份有限公司

四川西冶新材料股份有限公司

起草人员: 万天明 谭玉平 曾洪富 王富林 高峰
徐绍波 雷清华 赵云德 许义群 龚建新
贾海波 岳廷文 范阳阳 何秀 孙文勇
姚秀全 龚洪 代贵友 周科衡 栗皓维
喻体军 李建兵 金胜 徐本志 陈兆新
黄建 贺喜德 李传法
审查人员: 王志国 汪毅 杨兴义 伍鹤皋 刘明安
周友龙 张曼曼 张战午 陈丽芬 罗玉霞
王永权 张建中 朱建文 杨春国 张为明
范一林 张淑枝 周林 朱锴年 张世平
方旭光 李林 王生瓚 杨海燕 李球
胡木生 张金斌 董旭荣

目 次

1	总 则	(1)
2	基本规定	(2)
3	制 作	(11)
3.1	直管、弯管、 <u>和</u> 渐变管及附件 的制作	(11)
3.2	钢岔管制作	(21)
3.3	伸缩节制作	(24)
4	安 装	(25)
4.1	一般规定	(25)
4.2	埋管安装	(26)
4.3	明管安装	(28)
4.4	<u>伸缩节安装</u>	(29)
5	焊 接	(31)
5.1	一般规定	(31)
5.2	焊接工艺要求	(34)
5.3	焊接工艺评定	(40)
5.4	焊接接头检测	(48)
5.5	缺陷处理	(51)
6	焊后消应处理	(53)
7	防腐蚀	(54)
7.1	表面预处理	(54)
7.2	涂料涂装	(56)
7.3	涂料涂层质量检测	(58)
7.4	金属喷涂	(60)

7.5 金属涂层质量检测	(61)
7.6 牺牲阳极阴极保护系统施工	(61)
8 水压试验	(63)
9 包装、运输	(67)
10 验收	(68)
10.1 过程验收	(68)
10.2 完工验收	(68)
附录 A 钢板性能标准和表面质量标准	(71)
附录 B 线膨胀量计算和大气露点换算表	(127)
附录 C 钢管焊接材料选用	(128)
附录 D 焊接工艺评定力学性能试验	(157)
附录 F 不锈钢复合钢板焊接工艺评定	(165)
附录 G 涂料配套性能及涂层厚度	(166)
附录 H <u>金属</u> 涂层厚度检测和划格法检测涂层结合性能 <u>的检测</u>	(171)
引用标准名录	(174)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Basic requirements	(2)
3	Manufacture	(11)
3.1	Manufacture of straight,elbow and transition of penstock	(11)
3.2	Manufacture of bifurcation	(21)
3.3	Manufacture of expansion joints	(24)
4	Installation	(25)
4.1	General requirements	(25)
4.2	Installation of embedded penstock	(26)
4.3	Installation of exposed penstock	(28)
4.4	Installation of expansion joints	(29)
5	Welding	(31)
5.1	General requirements	(31)
5.2	Technology requirements	(34)
5.3	Welding procedure qualification	(40)
5.4	Examination of welded joint	(48)
5.5	Treatment of defects	(51)
6	Postweld stress relieving	(53)
7	Anticorrosion	(54)
7.1	Surface pretreatment	(54)
7.2	Coating	(56)
7.3	Quality inspection of coating	(58)
7.4	Mellozing	(60)

7.5	Quality inspection of metal coating	(61)
7.6	Construction of sacrificial anode cathodic protection system	(61)
8	Hydrostatic test	(63)
9	Packing and transportation	(67)
10	Checking and acceptance	(68)
10.1	Process acceptance	(68)
10.2	Final acceptance	(68)
Appendix A	Property standard of steel plate and quality standard of surface	(71)
Appendix B	Calculation of linear expansion rate and conversion table of atmosphere dew point	(127)
Appendix C	Choice of welding material for steel penstock	(128)
Appendix D	Mechanical property test in welding procedure qualification	(157)
Appendix F	Welding procedure qualification of compound stainless steel plate	(165)
Appendix G	Paint matching performance and coating thickness	(166)
Appendix H	Coating thickness test and cross cut test for coating adhesion Inspection of metal coating thickness and bonding ability	(171)
	List of quoted standards	(174)

1 总 则

1.0.1 为促进了在水利水电事业的发展,统一水电水利工程压力钢管制作、安装及验收的技术要求,中贯彻执行国家的技术经济政策,坚持因地制宜,就地取材的原则,合理选择制作、安装和焊接等施工方案,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本标准规范。

1.0.2 本标准规范适用于水电水利工程压力钢管、输水工程钢管、冲沙孔钢衬和泄水孔(洞)、泄水孔、放空洞及导流洞等钢衬的制作、安装及验收。

2 基本规定

2.0.1A 临时吊耳、临时支撑节点板、楔子压码、骑缝拉板和限位挡板等工卡具应与钢管的材质相同或相容，当计划订货钢管用钢板时应加入其用量一并采购。

2.0.2 压力钢管使用的钢板应符合设计文件规定。钢板的性能和表面质量应符合本标准附录 A 及现行相关标准和设计文件中的有关规定，并应具有出厂质量证明书。当需复验时，钢板性能试验取样位置及试样制备应符合现行国家标准《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975 和本标准第 2.0.4 条的规定。《锅炉和压力容器用钢板》GB 713 的规定或《承压设备用不锈钢钢板及钢带》GB/T 24511 的规定。钢岔管的月牙肋或梁所用钢板，应对其板厚 $1/2$ 的心部取样，并应按国家现行标准规定的不小于标准下限值进行横向冲击试验。当钢岔管月牙肋或梁的交汇部位为圆柱体结构时，圆柱体应为锻钢件；并还应在其圆心部位取样，且应按国家现行标准规定的不小于标准下限值做径向冲击试验，冲击试样夏比 V 形缺口纵向对称轴线应垂直于锻钢圆柱体轴向轴线。

2.0.3 压力钢管用钢板，当需用脉冲反射法超声检测(UT)时，应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》NB/T 47013.3 [JB/T 4730.3] 的有关规定。低碳钢和低合金钢应符合Ⅲ级。高强钢应符合Ⅱ级。月牙肋或梁所用钢板、月牙肋或梁汇交点部位的锻钢圆柱体等厚度方向或径向受拉应力的构件所用的低碳钢、低合金钢和标准屈服强度下限值 R_{eH} (或 $R_{p0.2}$) $> 460 \text{ N/mm}^2$ ，且抗拉强度下限值 $R_m \geq 540 \text{ N/mm}^2$ 高强钢钢板均应符合Ⅰ级。

厚度方向受力的月牙肋或梁等所用的低碳钢、低合金钢和高强钢板均应符合Ⅰ级。高强钢和板厚大于 60mm 的低碳钢和低合金钢厂应逐张进行脉冲反射法超声波检测(UT),月牙肋或梁汇交点部位的锻钢圆柱体每根都应做脉冲反射法超声波检测(UT)。

注:高强钢即标准屈服强度下限值 R_{eL} (或 $R_{p0.2}$) $\geq 450\text{N/mm}^2$, 且抗拉强度下限值 $R_m \geq 570\text{N/mm}^2$ 的低碳低合金钢。

2.0.4 钢岔管的月牙肋或梁所用[的]钢板、月牙肋或梁汇交点部位的锻钢圆柱体等厚度方向或径向受拉应力的构件,均应按现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的有关规定,进行钢板厚度方向[拉力试验]或锻钢圆柱体径向的拉伸试验测定断面收缩率。当设计图样或设计要求未规定时,其断面收缩率应大于或等于 35%。

2.0.5 [钢板存放应避免雨淋、锈蚀,钢板叠放与支撑垫条间隔设置应避免产生变形。]

2.0.5A 钢板、钢材应存放于防水、通风的场所,钢板、钢材叠放与支撑垫条间隔设置应避免产生变形。不锈钢、不锈钢复合钢板以及波纹管伸缩节的不锈钢波纹体等在运输、存放和施工过程中,不应与普碳钢钢材相互直接接触,应采取有效隔离措施,不得发生电化学腐蚀和铁离子污染,也不得黏附污泥、金属粉尘和酸碱盐等污物。

2.0.6 钢板的技术要求应符合国家现行标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709、《承压设备用钢板和钢带 第 1 部分:一般要求》GB/T 713.1、《承压设备用钢板和钢带 第 2 部分:规定温度性能的非合金钢和合金钢》GB/T 713.2、《承压设备用钢板和钢带 第 3 部分:规定低温性能的低合金钢》GB/T 713.3、《承压设备用钢板和钢带 第 4 部分:规定低温性能的镍合金钢》GB/T 713.4、《承压设备用钢板和钢带 第 6 部分:调质高强度钢》GB/T 713.6、《承压设备用钢板和钢带 第 7 部分:不锈

钢和耐热钢》GB/T 713.7、《锅炉和压力容器用钢板》GB 713、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《钢的应变时效敏感性试验方法(夏比冲击法)》GB/T 4160、《厚度方向性能钢板》GB/T 5313、《高强度结构用调质钢板》GB/T 16270、《压力容器用调质高强度钢板》GB/T 19189、《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977、《承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带》GB/T 24511 和《不锈钢牌号及化学成分》GB/T 20878、《水电站压力钢管用钢板》GB/T 31946 和《压力容器用复合板 第1部分:不锈钢-钢复合板》NB/T 47002.1 等的有关规定。钢板厚度允许偏差和钢板不平度应符合表 2.0.6-1 和表 2.0.6-2 的规定。

表 2.0.6-1 钢板厚度允许偏差 (mm)

公称 厚度 t	下列公称宽度的厚度 B 允许偏差					
	$B \leq 1500$	$>1500 \sim 2500$		$>2500 \sim 4000$		$>4000 \sim 4800$
		$1500 < B \leq 2500$		$2500 < B \leq 4000$		$4000 < B \leq 4800$
$3.00 \sim 5.00$ $3.00 < t \leq 5.00$	-0.30	+0.60	+0.80		+1.00	—
$>5.00 \sim 8.00$ $5.00 < t \leq 8.00$		+0.70	+0.90		+1.20	—
$>5.00 \sim 15.00$ $5.00 < t \leq 15.00$		+0.80	+1.00	-0.30	+1.30	+1.50
$>5.00 \sim 25.00$ $15.00 < t \leq 25.00$		+1.00	+1.20		+1.50	-0.30 +1.90
$>25.00 \sim 40.00$ $25.00 < t \leq 40.00$		+1.10	+1.30		+1.70	+2.10

续表 2.0.6-1

公称 厚度 t	下列公称宽度的厚度 B 允许偏差							
	$B \leq 1500$		$1500 < B \leq 2500$		$2500 < B \leq 4000$		$4000 < B \leq 4800$	
$>40.00 \sim 60.00$ $40.00 < t \leq 60.00$		+1.30		+1.50		+1.90		+2.30
$>60.00 \sim 100.00$ $60.00 < t \leq 100$		+1.50		+1.80		+2.30		+2.70
$>100.00 \sim 150.00$ $100 < t \leq 150$		+2.10		+2.50		+2.90		+3.30
$>150.00 \sim 200.00$ $150 < t \leq 200$	-0.30	+2.50	-0.30	+2.90	-0.30	+3.30	-0.30	+3.50
$>200.00 \sim 250.00$ $200 < t \leq 250$		+2.90		+3.30		+3.70		+4.10
$>250.00 \sim 300.00$ $250 < t \leq 300$		+3.30		+3.70		+4.10		+4.50
$>300.00 \sim 400.00$ $300 < t \leq 400$		+3.70		+4.10		+4.50		+4.90

注：表中厚度允许偏差是偏差类别为 B 类偏差钢板。

表 2.0.6-2 钢板不平度 (mm)

公称 厚度 t	钢类 L				钢类 H			
	下列公称宽度钢板的不平度, 不大于							
	≤ 3000		> 3000		≤ 3000		> 3000	
	测量长度							
	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000
$3 \sim 5$ $3 < t \leq 5$	9	14	15	24	12	17	19	29
$> 5 \sim 8$ $5 < t \leq 8$	8	12	14	21	11	15	18	26
$> 8 \sim 15$ $8 < t \leq 15$	7	11	11	17	10	14	16	22
$> 15 \sim 25$ $15 < t \leq 25$	7	10	10	15	10	13	14	19
$> 25 \sim 40$ $25 < t \leq 40$	6	9	9	13	9	12	12	17
$> 40 \sim 400$ $40 < t \leq 400$	5	8	8	11	8	11	11	15

注: 表中钢类 L 是指标准屈服强度下限值 R_{eH} 或 $R_{eL} \leq 460 \text{ N/mm}^2$, 以及未经淬火或淬火加回火处理的钢板。钢类 H 是指标准屈服强度下限值 $R_{p0.2} > 460 \text{ N/mm}^2$, 以及所有淬火或淬火加回火处理的钢板。

2.0.7 焊接材料应具有出厂质量证明书, 其熔敷金属化学成分、力学性能、扩散氢含量等技术参数, 应符合下列规定:

1 焊条应符合现行国家标准《不锈钢焊条》GB/T 983、《非合金钢及细晶粒(碳)钢焊条》GB/T 5117 和《高强钢焊条》GB/T 32533《低合金钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。

2 埋弧焊用焊丝及焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心碳弧焊丝、药芯焊丝和焊丝—和焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《埋弧焊用高强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝—焊剂组合分类要求》GB/T 36034、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470、《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护焊用钢丝》GB/T 14958、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493、《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853、《埋弧焊用不锈钢焊丝—和焊剂组合分类要求》GB/T 17854 和《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713 应符合现行行业标准《焊接用不锈钢丝》YB/T 5092 的有关规定。

3 焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 和《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》GB/T 17854 的有关规定。

3A 气体保护焊用焊丝应符合现行国家标准《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045、《高强钢药芯焊丝》GB/T 36233、《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853、《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713 和《气体保护电弧焊用高强钢实心焊丝》GB/T 39281 的有关规定。

2.0.9 焊接、切割用气体应满足下列要求：

1 氩气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842 中的质量要求，纯度 Ar 不应小于 99.9%。

2 二氧化碳气体应符合现行国家标准《工业液体二氧化碳》GB/T 6052 中的质量要求，纯度 CO₂ 不应小于 99.5%。

3 氧气应符合现行国家标准《工业氧》GB/T 3863 中的质量

要求,纯度 O_2 不应小于 99.5%。

4 氩-二氧化碳混合气体(MAG)焊接,应符合现行行业标准

《焊接用混合气体氩-二氧化碳》HG/T 3728 中的质量要求。

5 乙炔气体应符合现行国家标准《溶解乙炔》GB 6819 中的

质量要求,纯度 C_2H_2 不应小于 98%。

6 燃气丙烯应符合现行行业标准《焊接切割用燃气丙烯》

HG/T 3661.1 中的质量要求,纯度 C_3H_6 不应小于 95.0%。

7 燃气丙烷应符合现行行业标准《焊接切割用燃气丙烷》

HG/T 3661.2 中的质量要求,纯度 C_3H_8 不应小于 95.0%。

2.0.9A 焊接、切割用气体应符合下列规定:

1 焊接保护气体和焊接切割用氧气应符合现行国家标准《焊接与切割用保护气体》GB/T 39255 的规定。氩弧焊焊接不锈钢,氩气纯度不应小于 99.99%。

2 乙炔气体应符合现行国家标准《溶解乙炔》GB 6819 中的质量要求,纯度 C_2H_2 不应小于 98%。

3 燃气丙烯应符合现行行业标准《工业燃气 切割焊接用丙烯》HG/T 3661.1 中的质量要求,纯度 C_3H_6 不应小于 95.0%。

4 燃气丙烷应符合现行行业标准《工业燃气 切割焊接用丙烷》HG/T 3661.2 中的质量要求,纯度 C_3H_8 不应小于 95.0%。

2.0.11 钢管制作、安装及验收所用的测量器具,其测量精度应符合下列规定:

- 1 钢卷尺的精度不低于 II 级。
- 2 超声波测厚仪的精度为 0.1mm 及以上。
- 3 经纬仪的精度为 DJ2 级及以上。
- 4 水准仪的精度为 DS3 级及以上。

5 测温仪的精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ $\boxed{\pm 5^{\circ}\text{C}}$ 及以上。

6 涂镀层测厚仪的精度为 $\pm (3\%H + 1)\mu\text{m}$ 及以上, H 为被测涂镀层厚度。

7 温湿度仪的精度为温度 0.5 仪、湿度 $2\%RH$ 及以上, RH 为相对湿度。

8 焊接用气体流量计的精度为 $\pm 2\%$ 及以上。

8A 全站仪的测角精度不应低于 $2''$,测距精度不应低于 $(2 + 2 \times 10^{-6} \times D)\text{mm}$, D 为测量距离,单位为 mm;天顶仪和天底仪的标称精度,测量距离为 100m 以下的应为 1/40000;测量距离为 100m 以上的应为 1/20000。

2.0.13 钢管段上的走道或货运通道,应采用隔离垫板装置,不得损坏钢管涂层。钢管涂层不得沾染污物。

2.0.14 不锈钢不得被铁离子污染,普碳钢与不锈钢不得直接相互接触,应采用聚四氟乙烯塑料、阻燃橡胶、木材等不含氯元素的有机材料隔离。不锈钢构件应采用材质相同或相近的不锈钢螺栓连接,拧入过程中不锈钢螺纹副宜涂抹二硫化钼或石墨润滑脂,不得使用镀锌、发黑处理的普碳钢螺栓。当大阳极为普碳钢构件时,可用不锈钢螺栓连接。当作为不锈钢法兰密封用紧固件时,不锈钢螺栓应经设计或计算确认强度后才能使用。当采用双螺母防松时,应先装薄螺母再装厚螺母。在拧厚螺母时,薄螺母应背紧,不得一起旋转。

2.0.15 高强钢不宜在钢管管壁上开孔,采用焊接方法封堵灌浆孔堵头,宜采用无盖法进行固结灌浆、帷幕灌浆以及采用预埋管法或拔管法进行回填灌浆、接触灌浆。

2.0.16 压力钢管制作和安装产生的废弃物、废料以及生活垃圾应符合国家现行有关环保标准等的规定,应有收集池、专用房屋或堆积码放场地等设施 and 措施。喷砂除锈房、喷漆房、切割焊接环境应有防烟尘、防毒、防燃烧爆炸、防噪声等措施和设施,切割焊接安全应符合现行国家标准《焊接与切割安全》GB 9448 的规定。

2.0.17 压力钢管制作、道路运输和安装的安全,应符合现行行业标准《水电水利工程施工通用安全技术规程》DL/T 5370、《水电水利工程金属结构与机电设备安装安全技术规程》DL/T 5372 和《水电水利工程施工作业人员安全操作规程》DL/T 5373 的规定。

2.0.18 施工现场应符合下列规定:

1 安装和运行中电焊机、卷板机、压头机、卷扬机等用电设备设施应靠电气接地和绝缘。

2 当人员进入隧洞、地下井等空气流通不畅的空间,且存有缺氧、有害气体可能时,应随身携带具有探测有毒有害、易燃易爆和氧气含量的多气体检测仪。

3 应具有符合相关要求的施工安全防护设施以及施工安全应急撤离通道。

4 工器具和施工材料应做到堆放整齐,施工场地中不得有杂物,人行通道空间宽度不应小于 600mm,高度不应小于 2400mm。

5 采用新技术、新工艺、新设备、新材料时,应对作业人员进行相应的安全生产教育培训。

2.0.19 钢管安装前,应制订安全技术措施和安全应急预案。

2.0.20 装配焊缝用的骑缝拉板、挡板和楔子压码等工卡具,与被装配永久焊缝边缘距离不小于 30mm 长度不应焊接连接。可将骑缝拉板开避缝孔,避缝孔宜为 $R60\text{mm} \sim R120\text{mm}$ 。

3 制 作

3.1 直管、弯管、和渐变管及附件的制作

3.1.1 钢板划线画线和下料应符合下列规定：

1 钢板划线画线的允许偏差应符合表 3.1.1-1 的规定；钢板下料的允许偏差应符合表 3.1.1-2 的规定。

表 3.1.1-1 钢板划线的允许偏差或公差(mm)

序号	项 目	允许偏差或公差
1	宽度和长度	± 1
2	对角线相对差	2
3	对应边相对差	1
4	矢高(曲线部分)	± 0.5

表 3.1.1-2 钢板下料的允许偏差或公差(mm)

序号	项 目	允许偏差或公差
1	宽度和长度	± 3
2	对角线相对差	5
3	对应边相对差	3
4	矢高(曲线部分)	± 2

2 管节纵缝不应设置在管节横断面的水平中心线轴线上和铅垂中心线轴线上，当钢管直径 $D \geq 600\text{mm}$ 时，与上述轴中心线圆心夹角应大于 10° ，且相应弧线距离应大于 300mm 及 10 倍管壁厚度；当钢管直径 $D < 600\text{mm}$ 时，与上述中心线圆心夹角应为 $15^\circ \sim 45^\circ$ 或可采用无缝钢管。

3 当钢管直径 $D \geq 600\text{mm}$ 时，相邻管节的纵缝、螺旋埋弧焊

管螺旋焊缝端头之间的管周向弧线距离应大于板厚的 5 倍且不应小于 300mm。当钢管直径 $D < 600\text{mm}$ 时,可采用无缝钢管。

4 当钢管直径 $D \geq 600\text{mm}$ 时,在同一管节上,相邻纵缝的钢管周向弧线间距不应小于 500mm。当钢管直径 $D < 600\text{mm}$ 时,可采用无缝钢管。

5 环缝间距,直管不宜小于 500mm,弯管、渐变管等不宜小于下列各项之大值:

1) 10 倍管壁厚度。

2) 300mm。

3) $3.5r$, r 为钢管内半径, δ 为钢管壁厚。

6 用于制作螺旋埋弧焊管的钢带宽度不应小于钢管内径的 0.8 倍,且不应大于钢管内径的 3 倍。螺旋埋弧焊缝与其管节端部的夹角不应小于 15° 。

7 螺旋埋弧焊管对接环缝的管轴向间距不应小于 1.5m;直缝管环缝的管轴向间距,直管不宜小于 500mm,弯管、渐变管等不宜小于 10 倍管壁厚度,且不应小于 300mm。螺旋埋弧焊管不宜做钢岔管、弯管和渐变管。

8 当不符合本条第 7 款弯管环缝间距要求时,可取消弯管本体的拼接环缝,可采用材质相同或相容的模式或弯制等成形的弯管(弯头)。

3.1.2 钢板划线[画线]后应用钢印、油漆、和冲眼和喷码标[识]志,分别标[识]志出炉批号、钢管分段、分节、分块的编号、水流方向、水平和垂直(铅垂)中心线、灌浆孔位置、焊接坡口角度以及切割线等符号。所有标[识]志和信息应具有可追溯性。

3.1.3 高强钢钢板不得用锯或凿[子]、钢印作标[识]志。但在下列情况,深度不大于 0.5mm 的冲眼标[识]志允许使用:

1 在卷板或压弧的内弧面,用于校核划线[画线]准确性的冲眼;

2 卷板或压弧后的外弧面。

3.1.4 钢板和焊接坡口的切割应用自动、半自动切割或刨边机、铣边机加工。淬硬倾向大的高强钢焊接坡口宜采用刨边机、铣边机加工,当采用热切割方法时应将割口表面淬硬层、过热组织、氧化皮和熔渣等用砂轮磨掉。焊接坡口内应打磨出金属光泽,坡口两侧 35mm 距离范围内应清除铁锈、油漆、油污、泥浆、水渍和结露结霜等影响焊接质量的杂物。

3.1.5 切割质量和尺寸偏差应符合现行行业标准《热切割 质量和几何技术规范》JB/T 10045 《热切割 气割质量和尺寸偏差》JB/T 10045.3、《热切割 等离子弧切割质量和尺寸偏差》JB/T 10045.4 或《火焰切割面质量技术要求》JB 3092 的有关规定。

3.1.6 切割面的熔渣、毛刺应打磨去除用砂轮磨去。切割时造成的焊接坡口沟槽深度不应大于 0.5mm;当在 0.5mm~2mm 时,应进行砂轮打磨;当大于 2mm 时,应按要求进行焊补后磨平。焊接坡口及其两侧 25mm 以内距离均应打磨出金属光泽。当有可疑处时,应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T 4730.3 或《承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测》NB/T 47013.5 JB/T 4730.5 规定进行磁粉(MT)或渗透检测(PT)表面无损检测,检测合格等级应为 I 级。

3.1.7 焊接坡口尺寸允许偏差宜应符合现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1、《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2、《复合钢的推荐坡口》GB/T 985.4 和或设计图样的规定。不对称 X 形坡口的大坡口和 V 形坡口均宜开设在平焊(即向上)位置侧。除铅锤竖井段外,环缝采用与 X 水平轴为界(宜有 100mm 左右的变角过渡段)的翻转焊接坡口,始终使大坡口侧向上。铅锤竖井段环缝宜开设 K 形坡口。焊接坡

口尺寸和形状制备宜符合下列规定：

1 不对称 X 形坡口、K 形坡口等的大坡口侧和 V 形坡口、单边 V 形坡口，均宜开设在平焊（即向上）位置侧，并宜始终使大坡口侧向上。

2 竖井段和倾角大于 30° 的斜井段安装环缝宜开设不对称的 K 形坡口，材质为低碳钢和低合金钢可开设钢管外壁带垫板的单边 V 形坡口。

3 倾角小于 30° 的斜井段和水平段的材质为低碳钢和低合金钢除渐变管、锥管和弯管外的直筒钢管，可开设钢管外壁带垫板的 V 形坡口。

4 除带垫板焊接的钢管外安装环缝宜采用与 X 水平轴为界变角过渡段的翻转焊接坡口，应使其大坡口侧向上。翻转焊接坡口过渡段长度，应根据钢管直径、壁厚、焊接方法等具体因素确定。

3.1.8 钢板卷板机卷板或液压机压弧应满足下列规定：

1 卷板或压弧方向应和钢板的压延方向一致。

2 卷板或压弧前或卷制过程中，应将钢板表面已剥离的氧化皮和其他杂物清除干净。

3 卷板或压弧后，将瓦片以自由状态立于平台上，用样板检测弧度，其间隙应符合表 3.1.8-1 的规定。

表 3.1.8-1 样板与瓦片的允许间隙

序号	钢管内径 $D(\text{m})$	样板弦长(m)	样板与瓦片的允许间隙(mm)
1	$D \leq 2$	$0.5D$ (且不应小于 $0.5 \times 500\text{mm}$)	1.5
2	$2 < D \leq 5$	1.0	2.0
3	$5 < D \leq 8$	1.5	2.5
4	$D > 8$	2.0	3.0

4 当钢管内径与壁厚的比值符合表 3.1.8-2 的规定时，瓦片可采用冷卷或冷压。允许冷卷，否则应热卷或冷卷后进行热处理。

表 3.1.8-2 瓦片允许冷卷的最小径厚比

序号	屈服强度 (N/mm ²)	钢管内径 D 与壁厚 δ 关系
1	$R_{eH}(R_{eL, \Sigma} \leq R_{p0.2}) \leq 355$	$D \geq 33\delta$
2	$355 < R_{eH}(R_{eL, \Sigma} \leq R_{p0.2}) \leq 460$	$D \geq 40\delta$
3	$460 < R_{eH}(R_{eL, \Sigma} \leq R_{p0.2}) \leq 540$	$D \geq 48\delta$
4	$540 < R_{eH}(R_{eL, \Sigma} \leq R_{p0.2}) \leq 780$	$D \geq 57\delta$
5	$R_{eH}(R_{eL, \Sigma} \leq R_{p0.2}) > 780$	由试验确定

注: $R_{eH}(R_{eL, \Sigma} \leq R_{p0.2})$ 为所卷钢板实际的屈服强度。 [正常情况下, 为钢板质

保书上提供的屈服强度值。]

4A 当钢管内径与壁厚的比值小于表 3.1.8-2 的规定时, 应做冷卷或冷压弧前、后的力学性能试验值的比对, 并按现行国家标准《钢的应变时效敏感性试验方法(夏比冲击法)》GB/T 4160 的规定做时效应变试验。钢板应变时效试验前的最低冲击吸收能量值不应小于现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第 2 部分: 规定温度性能的非合金钢和合金钢》GB/T 713.2、《承压设备用钢板和钢带 第 3 部分: 规定低温性能的低合金钢》GB/T 713.3、《承压设备用钢板和钢带 第 4 部分: 规定低温性能的镍合金钢》GB/T 713.4、《承压设备用钢板和钢带 第 6 部分: 调质高强度钢》GB/T 713.6、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《高强度结构用调质钢板》GB/T 16270 和《水电站压力钢管用钢板》GB/T 31946 等规定材质的最低冲击吸收能量值的 2 倍。

4B 同一厂家、同一牌号的钢板应按本标准第 3.1.8 条第 4A 款已完成冷卷或冷压弧的力学性能评定试验, 其试验报告资料可作为借鉴依据。

4C 当钢管内径与壁厚的比值小于表 3.1.8-2 的规定时, 珠光体型钢(低碳钢、低合金钢)可热卷或热压弧或冷加工弧后进行

退火热处理;多边形渐变管,弯折角可用火焰热弯制或冷加工弯制后再进行火焰退火热处理;厚板、大曲率的尖锐部分,可在内表面刨槽后弯制,应在弯制火焰退火热处理后再焊接刨槽。

4D 当钢管内径与壁厚的比值小于表 3.1.8-2 的规定时,抗拉强度 610MPa 及以上高强钢不宜加热卷制或加热压弧成形以及冷加工弧后进行回复再结晶热处理和去应力热处理。回复再结晶热处理或去应力热处理后应进行拉伸、冲击等力学性能试验,其试验值不应低于本标准第 2.0.6 条钢材标准规定的标准下限值。

4E 当钢管内径与壁厚的比值小于表 3.1.8-2 的规定时,抗拉强度 610MPa 及以上高强钢,冷卷或冷压弧成形后可重新做管节或瓦片整体调质热处理。

4F 不锈钢及不锈钢复合钢板宜冷加工成形,不宜进行热卷和热压弧。不锈钢及不锈钢复合钢板卷板或压弧时不应有铁离子污染和黏附污物。

5 卷板时,不得用金属锤直接锤击钢板。

5A 当采用液压机压弧弯制时,液压机压头应倒圆光滑,管节或瓦片不得有大于 0.3mm 深的压痕。

6 调质高强调质钢和热机械轧制高强 TMCP 高强钢以及有加热敏化脆性、耐蚀性下降的不锈钢,不宜进行火焰矫形。当采用火焰矫正弧度时,加热矫形温度不应大于钢板回火温度或热机械轧制控轧终止温度。

7 拼装对接焊后,不宜再在卷板机上卷制、液压机上压弧或矫形。也可将机械加工成形前焊接的焊缝,机械加工成形后应予以刨除清理干净再重新焊接;低碳钢和低合金钢的焊接接头冷加工后可采用火焰加热进行退火热处理。焊接后不得采用所谓的对焊缝及其附近弧度进行机械回圆矫形。

3.1.9 钢管对圆应在平台上进行,其管口平面度应符合表 3.1.9 的规定。

表 3.1.9 钢管管口平面度

序号	钢管内径 D (mm)	公差 允许偏差 (mm)
1	$D \leq 5$	2
2	$D > 5$	3

3.1.10 钢管对圆后,其周长差应符合表 3.1.10 的规定。纵缝处的管口轴向错边量不应大于 2mm。

表 3.1.10 钢管周长差 (mm)

序号	项目	板厚 δ	公差 允许偏差
1	实测周长与设计周长差	任意板厚	$\pm 3D/1000$, 且绝对值不应大于 24
2	相邻管节周长差	$\delta < 10$	6
3		$\delta \geq 10$	10

3.1.11 钢管纵缝、环缝对口径向错边量的允许偏差应符合表 3.1.11 的规定。

表 3.1.11 钢管纵缝、环缝对口径向错边量的允许偏差 (mm)

序号	焊缝类别	板厚 δ	公差 允许偏差
1	纵缝	任意板厚	$10\% \delta$, 且不应大于 2
2	环缝	$\delta \leq 30$	$15\% \delta$, 且不应大于 3
3		$30 < \delta \leq 60$	$10\% \delta$
4		$\delta > 60$	≤ 6
5	不锈钢复合钢板焊缝	任意板厚	$10\% \delta$, 且不应大于 1.5

3.1.12 纵缝焊接后,用样板检测纵缝处弧度,其间隙应符合表 3.1.12 的规定。

表 3.1.12 钢管纵缝处弧度与样板之间的允许间隙

序号	钢管内径 D (mm)	样板弦长(mm)	样板与纵缝的允许间隙(mm)
1	$D \leq 5$	500	4
2	$5 < D \leq 8$	$D/10$	4
3	$D > 8$	1200	6

3.1.13 纵缝焊接完后,应测量钢管节两端管口的实际外周长并标志。应根据两两钢管节管口的周长差折算成其半径差进行环缝装

配对口压缝。不得出现钢管节管口周长差导致的环缝局部错边量超标,并在相应管口边缘部位作出实际外周长的数字标识。

3.1.14 钢管横截面的形状公差或允许偏差应符合下列规定:

1 圆形截面的钢管,圆度不应大于 $3D/1000$,且不应大于 30mm,每端管口应至少测两对直径。用于明管鞍形支座摩擦副部位的钢管节圆度不应大于 $2D/1000$,直线度不应大于 $2/1000$ 。其摩擦副接触面的焊缝余高应磨除,焊缝余高允许偏差应为 $0\sim 1\text{mm}$ 。

2 椭圆形截面的钢管或钢衬,长轴 a 和短轴 b 的长度允许偏差应为 $\pm 3a/1000$ 或 $\pm 3b/1000$ $[\pm 3a(\text{或 } 3b)/1000]$,且绝对值不应大于 6mm。

3 三心圆截面或矩形截面的钢管或钢衬,长边 A 和短边 B 的长度允许偏差应为 $\pm 3A/1000$ 或 $\pm 3B/1000$ $[\pm 3A(\text{或 } 3B)/1000]$,且绝对值不应大于 6mm,每对边应至少测三对,对角线差不应大于 6mm。

4 正多边形截面的钢管,外接圆直径 D 允许偏差应为 $\pm 6\text{mm}$,最大直径和最小直径之差不应大于 $3D/1000$,且不应大于 8mm。

5 非圆形截面的钢管或钢衬局部平面度每米范围内不应大于 4mm。

3.1.16 钢管安装的环缝,当采用带垫板的 V 形焊接坡口时,垫板处的钢管周长、圆度和纵缝焊后弧度等的允许偏差或公差应符合下列规定:

1 钢管对圆后,其周长差应符合表 3.1.16 的规定。

表 3.1.16 垫板处钢管周长差(mm)

序号	项目	板厚 δ	允许偏差或公差
1	实测周长与设计周长差	任意板厚	$\pm 3D/1000$,且绝对值不应大于 12
2	相邻管节周长差	$\delta < 10$	6
3		$\delta \geq 10$	8

2 钢管安装加劲环时,同端管口最大和最小直径之差,不应大于 4mm,每端管口至少应测 4 对直径。

3 纵缝焊后,用本标准[规范]第 3.1.12 条规定的样板检测纵缝弧度,其间隙不应大于 2mm。

3.1.18 加劲环、支承环、止推环和阻水环应符合下列规定:

1 与钢管环缝距离不宜小于 3 倍管壁厚度,且不应小于 100mm。

2 环板拼接焊缝应与钢管纵缝、避缝孔、串浆孔、排水孔等边缘错开 200mm 以上。当采用全自动焊焊接环板与钢管外壁的连接角焊缝时,可留出串浆孔底弦,底弦宽度应为焊脚尺寸加 2mm~4mm。

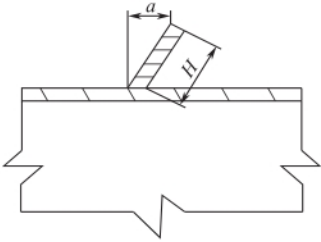
3 内圈弧度应用样板检测,其间隙应符合本标准[规范]表 3.1.8-1 中的规定。

4 环板与钢管外壁的局部间隙,不宜大于 3mm。

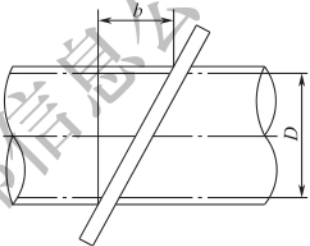
5 第一道阻水环与钢管进水口端的距离不宜小于 300mm。

3.1.19 加劲环、支承环和止推环组装的垂直度允许偏差或公差应符合表 3.1.19 的规定。

表 3.1.19 钢管的加劲环、支承环和止推环组装的允许偏差或公差(mm)

序号	项目	支承环的 允许偏差 或公差	加劲环或止 推环的允许 偏差或公差	简图
1	加劲环、 支承环或止 推环与管壁 的垂直度	$a \leq 0.01H$, 且 ≤ 3	$a \leq 0.02H$, 且 ≤ 5	

续表 3.1.19

序号	项目	支承环的 允许偏差 或公差	加劲环或止 推环的允许 偏差或公差	简图
2	加劲环、 支承环或止 推环所组成 的平面与管 轴线的垂 直度	$b \leq 2D/1000$, 且 ≤ 6	$b \leq 4D/1000$, 且 ≤ 12	
3	相邻两环 板的间距允 许偏差	± 10	± 30	

3.1.20 加劲环、支承环及止推环和钢管纵缝交叉处,应在内弧侧开半径为 $R60\text{mm} \sim R120\text{mm}$ $25\text{mm} \sim 80\text{mm}$ 的避缝孔。避缝孔、串浆孔、排水孔半径不应大于环高的 $1/2$ 。

3.1.21 加劲环、支承环及止推环上的避缝孔、串浆通孔、排水孔与管壁连接处的焊缝端头应封闭焊接。

3.1.22 灌浆孔宜在卷板机卷板或液压机压弧后制孔。高强钢不宜开灌浆孔,当高强钢管设有灌浆孔时,宜在卷板机卷板或液压机压弧成形后钻孔。宜采用钻孔的方式制孔。

3.1.23 灌浆孔螺纹应设置空心螺纹护套,可在钢管内壁侧其外露端伸出长度不应小于 12mm 的端头制备用于拧入用的 U 形缺口。空心螺纹护套不得使螺纹锈蚀、腻死、滑丝等损伤;空心螺纹护套的空心内径应使后续工序的固结灌浆、回填灌浆钻孔的钻头能通过。空心螺纹护套应在安装灌浆孔堵头时再拆除。无卡阻

现象发生。灌浆作业结束后在戴灌浆孔堵头时才能拆出空心螺旋护套。

3.1.25 高强钢焊接完后,不应采用机械矫形和大于 680℃ 温度的加热矫形。当出现焊缝错边量不小于 6mm 时,可按本标准第 4.1.2 条进行处理。

3.2 钢岔管制作

3.2.1 钢岔管的划线、切割、卷板或压弧的要求应符合本标准规范第 3.1 节中的有关规定。

3.2.2 球形钢岔管的球壳板尺寸应符合下列规定:

1 球壳板曲率的公差允许偏差应符合表 3.2.2-1 的规定。

表 3.2.2-1 球壳板曲率公差允许偏差

序号	球壳板弦长 L (m)	样板弦长 (m)	样板与球壳板的允许间隙 (mm)
1	$L \leq 1.5$	1.0	3.0
2	$1.5 < L \leq 2.0$	1.5	
3	$L > 2.0$	2.0	

2 球壳板几何尺寸允许偏差或公差应符合表 3.2.2-2 的规定。

表 3.2.2-2 球壳板几何尺寸允许偏差或公差 (mm)

序号	项目	任何部位样板与球壳板的允许间隙
1	长度方向和宽度方向弦长	± 2.5
2	对角线相对差	4.0

3.2.4 肋梁式钢岔管和无梁钢岔管宜在制作场内进行整体预组装或组焊,预组装或组焊后钢岔管的各项尺寸应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 肋梁式钢系岔管和无钢岔管的组装或
组焊后的允许偏差或公差 (mm)

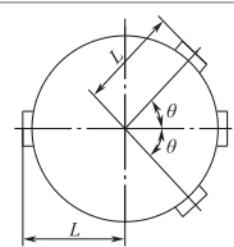
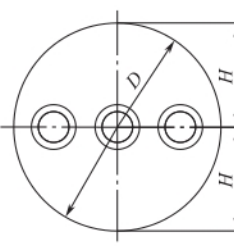
序号	项目名称	尺寸和板厚 δ	允许偏差或公差	简图
1	管长 L_1, L_2	—	± 10	
2	主、支管的管口圆度 (D 为内径)	—	$3D/1000$, 且 ≤ 20	
3	主、支管口实测周长与设计周长差	—	$\pm 3D/1000$, 且允许偏差为 ± 20 , 相邻管节周长差 ≤ 10	
4	支管中心距离 S_1	—	± 10	
5	主、支管中心高差 (D 为大管内径)	$D \leq 2m$	± 4	
		$2 < D \leq 5m$	± 6	
		$D > 5m$	± 8	
6	主、支管管口垂直度	$D \leq 5m$	2	
		$D > 5m$	3	
7	主、支管管口平面度	$D \leq 5m$	2	—
		$D > 5m$	3	—
8	纵缝对口错边量	任意厚度	$10\% \delta$ 且 ≤ 2	—
9	环缝对口错边量	$\delta \leq 30$	$15\% \delta$ 且 ≤ 3	—
		$30 < \delta \leq 60$	$10\% \delta$	—
		$\delta > 60$	≤ 6	—

3.2.4A 肋梁式钢岔管,分岔角部位的月牙肋与基本锥构成的组合焊缝,可在预组装或组装状态下划线定位,可采用碳弧气刨开焊接坡口,可采用直磨机磨除渗碳层和清除熔渣。

3.2.5 月牙肋或梁的分段弦长方向应与钢板的压延方向一致。月牙肋或梁当需拼装对接时,拼装对接焊缝应避开其最大横截面位置 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 圆心角值,且弧长不应小于 800mm [弧长],其余位置拼接段弧长不应小于 500mm [弧长]。当不满足本条前述规定时,可将其三段分,且每段弧长不应小于 500mm。必要时可取消拼接焊缝整体制作。

3.2.6 球形钢岔管预组装或组焊后其球岔各项尺寸的允许偏差或公差除应符合本标准[规范]表 3.2.4 的有关规定外,还应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 球形钢岔管组装或组焊后的允许偏差或公差

序号	项目	直径 D (m)	允许偏差或公差	简图
1	主、支管口至球岔中心距离 L	—	+10mm -5mm	
2	分岔角度	—	$\pm 30'$	
3	球壳圆度	$D \leq 2$ $2 < D \leq 5$ $D > 5$	8D/1000mm 6D/1000mm 5D/1000mm	
4	球岔顶、底至球岔中心距离 H	$D \leq 2$ $2 < D \leq 5$ $D > 5$	$\pm 4D/1000$ mm $\pm 3D/1000$ mm $\pm 2.5D/1000$ mm	

3.2.7 钢岔管预组装后,应做好标识,并应记录备档,应具有可追溯性。

3.3 伸缩节制作

3.3.1 伸缩节的划线、切割、卷板或压弧的要求应符合本标准第 3.1 节中的有关规定。

3.3.4 伸缩节的内、外套管间的最大和最小间隙与平均间隙之差不应大于平均间隙的 10%。套筒式伸缩节滑动止水面宜进行车削加工。

3.3.5 套筒式伸缩节制作应符合设计图样规定和(或)现行国家标准《管路补偿接头》GB/T 12465 的有关规定。波纹管伸缩节的制作应符合设计图样,或现行国家标准《不锈钢波形膨胀节》GB/T 12522、《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 和《压力容器波形膨胀节》GB/T 16749 的有关规定。

3.3.6 波纹管伸缩节应进行 1.5 倍工作压力的水压试验或 1.1 倍工作压力的气密性试验。明管段的所有镇墩、支墩、导向墩(限位支座、导向支座)未安装完毕前,不得对伸缩节进行水压试验和(或)充水试验。水头不大于 25m 时,可只做焊接接头煤油渗透试验。

3.3.6A 镇墩间距大于 26m 的明管段,用于位移补偿的波纹管伸缩节本体应有控制径向(横向)过度位移的限位结构。直径大于 $\phi 3\text{m}$ 或置于地下室的波纹管伸缩节本体可不设控制径向(横向)过度位移的限位结构。

3.3.7 伸缩节在装配、包装、运输等过程中,应妥善保管,不应使不锈钢发生铁离子污染和接触电化学腐蚀,应避免磕碰和撞击而发生变形,防止损坏,且不应得有焊渣、铁屑、砾石等异物进入伸缩节的滑动副、波纹管处。

3.3.8 伸缩节宜存放在清洁、干燥和无腐蚀性气体的室内场地。装有导流筒的伸缩节竖直放置时,导流筒开口端应朝下。

4 安 装

4.1 一 般 规 定

4.1.1A 钢管组装压缝,不得使用额定载荷大于 32t 千斤顶等器具进行强力装配。当焊缝错边量小于板厚的 10%或厚板 25mm 以上其错边量小于 6mm 时,可采用斜度不大于 1:4 的比例进行堆焊平缓过渡。当装配偏差导致的错边量大于对接焊接接头薄板侧的 1/3 板厚或球阀室、蝶阀室明管段焊缝错边量超标时,应进行专项论证并制订处理方案。

4.1.2 凑合节现场安装时的预留余量,宜采用全方位半自动切割机切割。

4.1.4 钢管制作安装用高度 2m 及以上高空操作平台应符合下列规定:

- 1 操作平台、钢丝绳及锁定装置等必须经设计计算确定。
- 2 必须有安全保护装置。
- 3 钢丝绳严禁经过尖锐部位。
- 4 电焊机等电气装置必须电气绝缘和可靠接地,严禁用操作平台作为接地电路。
- 5 必须采取可靠的防火和防坠落措施。
- 6 空压机、焊接材料烘干箱和气瓶等大型工器具,必须固定牢固。

4.1.5 钢管壁上不宜焊接临时支撑或脚踏板等构件。当需焊接时应符合下列规定之一:

- 1 应焊接与钢管化学成分和金相组织相同或相容的临时支撑或脚踏板。不得在钢管、加劲环等附件上直接焊接螺纹钢。
- 2 应采用与钢管化学成分和金相组织相同或相容的钢板做

焊接节点板,再在其节点板上焊接临时支撑或脚踏板。

3 应采用与钢管化学成分和金相组织相同或相容的焊接材料堆焊一层为 4mm~10mm 厚度的过渡层后,再在过渡层上焊接临时支撑或脚踏板。

4.2 埋管安装

4.2.3 钢管横截面的形状公差或允许偏差应符合下列规定:

1 圆形截面的钢管,圆度不应大于 $5D/1000$ 、且不应大于 40mm,每端管口至少测两对直径。

2 椭圆形截面的钢管,长轴 a 和短轴 b 的长度允许偏差为 $\pm 5a/1000$ 或 $\pm 5b/1000$ $[\pm 5a(或 5b)/1000]$ 、且绝对值不应大于 8mm。

3 矩形截面的钢管,长边 A 和短边 B 的长度允许偏差为 $\pm 5A/1000$ 或 $\pm 5B/1000$ $[(\pm 5A 或 5B)/1000]$ 、且绝对值不应大于 8mm,每对边至少测三组数据,对角线差不应大于 6mm。

4 正多边形截面的钢管,外接圆直径 D 的允许偏差为 $\pm 8mm$,最大直径和最小直径之差不应大于 $3D/1000$ 、且不应大于 10mm。

5 非圆形截面的钢管或钢衬局部平面度每米范围内不应大于 6mm。

4.2.4 拆除钢管上的工卡具、吊耳、内支撑和其他临时构件时,不得使用锤击法,应用碳弧气刨或热切割在离管壁 3mm 以上切除,切除后钢管上残留的痕迹和焊疤应磨平,并检测确认无裂纹。对高强钢应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 [JB/T 4730.4]和《承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测》NB/T 47013.5 [JB/T 4730.5]规定进行磁粉检测(MT)或渗透检测(PT),合格等级为 I 级。当发现裂纹时应按本标准[规范]第 5.5 节规定进行处理。对不妨碍后续工序或使用、运

行的临时构件和埋管、回填管和直埋管外壁的一些临时构件,可不拆除。

4.2.5 钢管内、外壁的局部凹坑深度不应大于板厚的10%,且不应大于2mm时,可用砂轮打磨,平滑过渡,大于2mm时,否则应按本标准规范第5.5.6条规定进行焊补。

4.2.6 当灌浆孔堵头采用焊接熔化焊封堵时,灌浆孔堵头的焊接坡口深度应为7mm~8mm,宽度应为12mm~20mm。对于有裂纹倾向的母材和潮湿环境,焊接时应进行预热和后热,并保持道间温度。高强钢不宜开设灌浆孔,宜采用预埋管法或拔管法进行回填灌浆和接触灌浆。

4.2.6A 当外包混凝土浇筑完毕或接触灌浆后发现脱空时,可用切深钢板钻亦称钢板空心钻进行补充钻孔,开孔直径不应小于 $\phi 30\text{mm}$,其在钢管内表面的孔口应倒角 $3\text{mm}\times 45^\circ$,再进行接触灌浆。灌浆检查合格后,可用厚度不小于5mm,直径约为 $\phi 26\text{mm}$ 的塞焊圆垫板塞入灌浆孔内,塞入深度允许偏差应为钢管壁厚再加0~3mm,进行塞焊。塞焊完毕后,应打磨塞焊余高,应使其余高允许偏差为0~3mm,且应平缓过渡。并应做磁粉检测(MT)或渗透检测(PT),合格等级应符合本标准第4.2.7条的规定。

4.2.6B 当灌浆孔螺纹堵头采用非熔化焊封堵时,可在钢管内壁螺纹堵头端位置焊接3mm~6mm厚的圆形不锈钢板作为封堵止水。不锈钢封堵板与普碳钢材质的钢管焊接,应选用Cr25-Ni13型不锈钢焊接材料。

4.2.7 灌浆孔封堵焊时,应止水后再进行焊接。焊接接头外观检测合格后,应按现行行业标准《承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T 4 730.4和《承压设备无损检测 第5部分:渗透检测》NB/T 47013.5 JB/T 4730.5规定进行表面磁粉

检测(MT)或渗透检测(PT) [表面无损检测],合格等级应为 I Ⅲ级。灌浆孔堵头抽查比例,低碳钢和低合金钢不应少于 10%、高强钢不应少于 25%;当发现裂纹时,应进行 100%检测。

4.2.8 钢管安装后,应与支撑 [支墩] 和锚栓等焊接牢固。弹性垫层管的支撑不得与其管壁焊接或连接。 [弹性垫层管段两端应设阻水环,并在其下游端应设排水装置。]

4.2.9 钢管节不宜有内支撑而矩形横截面等异形管应有内支撑。当钢管设有内支撑时,宜采用活动内支撑。当采用焊接固定支撑时,内、外支撑应符合本标准第 4.1.5 条的规定 [通过与钢管材质相同或相容的连接板或杆件过渡焊接]。

4.3 明管安装

4.3.1 鞍形 [式] 支座摩擦副接触面 [的顶面] 弧度,用本标准 [规范] 表 3.1.8-1 规定的样板检测,其间隙不应大于 2mm。鞍形支座摩擦副部位的钢管节的圆度不应大于 $2D/1000$,与钢管设计轴线的平行度不应大于 $2/1000$,摩擦副接触面的焊缝余高应磨除,焊缝余高允许偏差应为 $0\sim 1\text{mm}$ 。摩擦副应无卡阻现象。鞍形支座摩擦副可垫聚四氟乙烯塑料垫或钢瓦片垫。当钢管有金属管箍时,金属管箍与钢管之间宜垫聚四氟乙烯塑料或阻燃抗老化的橡胶垫条。

4.3.3 滚轮式、摇摆式和滑动式支座安装后,应能灵活动作,应无 [任何] 卡阻现象,各接触面应接触良好, [局部] 间隙不应大于 0.5mm。

4.3.3A 露天钢管所用非不锈钢材质的螺栓外露部分应涂装油漆,油漆性能和涂层结构应与邻近部位油漆相同。洞内或室内钢管所用非不锈钢材质的螺栓外露部分可涂抹润滑脂或涂装油漆,亦可涂抹润滑脂再戴螺纹防护帽。不锈钢螺栓外露部分可不涂装油漆。

4.3.4 明管安装中心允许偏差应符合本标准规范表 4.2.1 的规定,明管安装后,管口圆度或形状公差或允许偏差应符合本标准规范第 4.2.3 条规定。

4.3.5 钢管的内支撑、工卡具、吊耳等的清除检测以及钢管内、外壁表面凹坑的处理、焊补应符合本标准第 4.2.4 和 4.2.5 条规范第 4.2 节的规定。

4.3.6 伸缩节安装时,其伸缩量的调整应考虑环境温度的影响。
受环境温度影响钢管伸缩量的计算应符合本标准第 B.0.1 条的规定。

4.3.7 波纹管伸缩节焊接时不得将地线接于波纹管的管节上。

4.3.8 在焊接两镇墩之间的最后一道合拢焊缝时,应拆除伸缩节的临时紧固件。

4.4 伸缩节安装

4.4.1 伸缩节应在镇墩、导向墩(限位支座、导向支座)、支墩等混凝土浇筑完成并达到设计强度后进行安装。不得调整伸缩节伸缩量的方法凑合管道安装的安装偏差。伸缩节在管道中安装时,应使其与两端的连接管处于同一中心线上,其中心线允许偏差应符合本标准表 4.2.1 的规定。当伸缩节安装时,其伸缩量的调整应根据环境温度的影响,受环境温度影响钢管伸缩量的计算应符合本标准第 B.0.1 条的规定。

4.4.2 安装时的伸缩量调整,可通过伸缩节的临时紧固件进行。波纹管伸缩节在安装过程时,应注意标志与介质流向一致,方向不得装反。不得用硬件划伤和电弧擦伤不锈钢表面,在伸缩节与管道对接焊接时不得在伸缩节滑动副和不锈钢波纹体上引弧、搭接地线。

4.4.3 波纹管伸缩节两端与钢管对装压缝完毕后,当焊接两镇墩

之间的钢管最后一条合拢环缝时,应解除伸缩节上的轴向和径向(横向)限位装置的拘束。伸缩节的所有活动元件不得被卡死或限制其位移。伸缩节的临时拉杆、临时限位螺杆等影响伸缩节后续运行时的轴向位移和径向(横向)位移的临时构件均应拆除。

5 焊 接

5.1 一 般 规 定

5.1.1 从事一、二类焊缝焊接的焊工应考试合格,并持有相应行业签发的焊工合格证。

5.1.2 焊工焊接的钢材种类、焊接方法和焊接位置等,均应与焊工本人考试所取得的合格项目相符。

5.1.3 无损检测人员应持有相应行业签发的与其工作相适应的技术资格证书。焊接接头质量评定和检测报告审核应由 2 级或 2 级以上的无损检测人员进行。

5.1.4 焊缝应按其受力性质、工况和重要性分为下列类型三类:

1 一类焊缝应包括下列类型:

- 1) 钢管管壁纵缝, 坝内弹性垫层管的环缝, 螺旋埋弧焊管的对头焊缝, 厂房内明管环缝, 预留环缝, 凑合节合拢环缝。
- 2) 钢岔管管壁纵缝、环缝, 钢岔管加强构件的对接焊缝, 加强构件与管壁相接处的组合焊缝以及卜型岔管相贯线焊缝。
- 3) 伸缩节的接管纵缝、环缝, 内外套管、压圈环的纵缝, 外套管与端板、压圈环与端板的连接焊缝、端板的拼装对接焊缝。不锈钢波纹体的纵缝以及其与接管的环缝。
- 4) 闷头拼装对接焊缝及闷头与钢管管壁的连接环缝焊缝。
- 5) 支承环拼装对接焊缝。
- 6) 人孔颈管的对接焊缝, 人孔颈管与颈口法兰盘及与和钢

管管壁[的]相贯线[连接]焊缝。

2 二类焊缝应包括下列类型：

- 1) 不属于一类焊缝的钢管管壁环缝,螺旋埋弧焊管的螺旋埋弧焊缝,伸缩节导流筒的纵缝和环缝;
- 2) 加劲环、阻水环、止推环[拼装]对接焊缝;
- 3) 冲沙孔(洞)、泄水孔、放空洞及导流洞等[泄水孔/洞钢衬和冲沙孔]钢衬的纵向、横向或环向焊缝。

3 三类焊缝[应]为支承环、加劲环、阻水环、止推环与管壁连接的角焊缝以及不属于一、二类焊缝的其他焊缝。

5.1.5 在压力钢管制作与安装前,应进行焊接工艺评定,并[应]编制焊接工艺规程或焊接作业指导书。

5.1.7 焊条、焊丝、焊剂、保护气体等应与所施焊的钢种相匹配。低碳钢、低合金钢、[和]高强钢和不锈钢焊接材料[焊材]的选用应符合本[标准][规范]表 C.0.1-1、表 C.0.1-2 [表 C.0.1]的规定。不锈钢复合钢板焊接材料[焊材]的选用应符合本[标准][规范]表 C.0.2 和表 C.0.3 的规定。

5.1.8 低碳钢、低合金钢和高强钢同种钢材焊接,焊缝金属的力学性能应与母材相当,且焊缝金属的抗拉强度不宜大于母材标准抗拉强度上限值加 30N/mm^2 ; 不锈钢焊缝抗拉强度不宜低于不锈钢母材的标准抗拉强度下限值的 70% [化学成分应与母材相当]。

5.1.9 不锈钢复合钢板焊接材料的选用应符合下列规定:

1 基层焊缝金属应保证焊接接头的力学性能,其抗拉强度不宜大于母材[基层材料标准规定的抗拉强度上限值加 30N/mm^2];

2 覆层焊缝金属应保证耐蚀性能,其主要合金元素含量不应低于母材覆层材料标准的下限值;

3 覆层焊缝与基层焊缝之间,应选用 Cr25-Ni13 型 [铬镍含]

量较高的焊接材料焊接过渡层；

4 不锈钢复合钢板焊接的其他技术要求应符合现行国家标准《不锈钢复合钢板焊接技术要求》条件》GB/T 13148 的有关规定。

5.1.10 低碳钢、低合金钢和高强钢等类型的异种钢焊接，焊接材料应按强度低的一侧钢板进行选择，焊接工艺应按强度高的一侧钢板进行选择。低碳钢、低合金钢、高强钢与不锈钢焊接时，应采用 Cr25-Ni13 型不锈钢焊接材料焊接。两种不锈钢之间的焊接，不锈钢焊接材料主要合金元素不应低于母材合金元素高侧进行选取，焊接工艺应按焊接材料、两种不锈钢母材性能、结构特点等确定。

5.1.11 纯二氧化碳气体保护实心焊丝焊接，不宜用于焊接一类、二类焊缝；纯二氧化碳保护气体实心焊丝、熔滴过渡控制（STT）焊接技术可用于低碳钢、低合金钢的单面焊双面成形焊缝或焊缝根部打底焊接，其打底焊层在焊缝填充焊接后宜清除，而单面焊双面成形焊缝的根部打底焊缝可不清除；焊缝单面焊双面成形的打底焊，在背缝未充惰性气体的情况下，不宜用熔化极惰性气体保护焊（MIG）或熔化极富氩混合气体保护焊（MAG）焊接。纯二氧化碳保护气体药芯、金属粉芯焊丝不应用于单面焊双面成形焊接。有晶间腐蚀要求的不锈钢，也不宜用含有二氧化碳气体组分的保护实心焊丝焊接低碳不锈钢、超低碳不锈钢焊缝。

5.1.12 钢岔管、厂房内明管段、水头大于 300m 的明管等危险、重要部位或结构，不应采用力学性能、耐腐蚀性能不稳定的普通药芯金属粉芯焊丝焊接。

5.1.13 当不进行焊后奥氏体化重结晶热处理的焊接接头时，焊条和埋弧焊丝直径不应大于 $\phi 4.0\text{mm}$ 。

5.1.14 当需复核焊接材料熔敷金属力学性能的拉伸、冲击试验时，应按现行国家标准《焊接材料的检验 第 1 部分：钢、镍及镍合金熔敷金属力学性能试样的制备》GB/T 25774.1 的规

定进行。

5.2 焊接工艺要求

5.2.1 在下列述环境条件下,焊接部位应有可靠的防护屏障和、保温和处理措施:

- 1 气体保护焊风速大于 2m/s,其他焊接方法风速大于 8m/s;
- 2 相对湿度大于 90%时;
- 3 雨雪环境,结露结霜环境;
- 4 低碳钢环境温度为 -20°C 以下,低合金结构钢环境温度为 -10°C 以下,高强度及不锈钢环境温度为 0°C 以下。

5.2.2 焊接材料烘焙和保管应符合按下列规定进行烘焙和保管:

1 焊条、焊丝、焊剂的储存库应保持适宜的温度及湿度放置于通风、干燥和室温不低于 5°C 的专设库房内。室内温度应在 5°C 以上,相对湿度不应大于 60%,存放位置的环境气温越高,相对湿度应越低。储存库内应保持干燥、清洁,不得存放有害介质。应设专人保管、烘焙和发放。并应及时做好实测温度、相对湿度和焊接材料焊材发放记录。烘焙温度和时间应按焊接材料说明书的规定进行。

2 烘焙后的焊条、焊剂应保存在 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱内,焊条药皮应无脱落和明显的裂纹。

3 现场使用的焊条应装入 $80^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的通电、常闭保温筒内;焊条在保温筒和焊剂在常闭保温桶内的时间大于 4h 后,应重新烘焙,重复烘焙次数不应宜大于 1 二次。

4 当焊剂中有杂物混入时,应进行清理或全部更换。

4A 当烘焙好的焊剂使用时,不得敞开放置,应放入带盖的常闭保温桶内。

5 未镀铜的焊丝在使用前应清除铁锈和油污等附着异物。

6 有缝的药芯、金属粉芯焊丝开封启封后,宜在6h内用完,最长不应超过24h。超过1h未使用的有缝的药芯、金属粉芯焊丝,应置于干燥箱内或相对湿度不大于60%的干燥环境中,存放位置的环境气温越高时,相对湿度应越低。开封后超过24h未使用的有缝的药芯、金属粉芯不应再使用。宜选用无缝的药芯、金属粉芯焊丝。无缝的药芯、金属粉芯焊丝可不受本款规定的时间限制。宜及时用完。在送丝机上未用完的焊丝应采用防潮保护措施。

当两天以上不用的焊丝时应密封包装回库储存或移存于干燥环境中。久置未用的当药芯、金属粉芯焊丝使用时或重新使用时,前应剪除去其端部长度200mm~300mm。

7 其他要求应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223的有关规定。

5.2.4 定位焊缝焊接应符合下列规定:

1 一、二类焊缝的定位焊缝焊接工艺和对焊工要求与正式焊缝相同。

2 当需要预热焊接的钢板定位焊缝时,应对定位焊缝周围宽150mm范围内进行预热,预热温度应比正式焊缝预热温度提高20℃~30℃。

3 定位焊缝应在后焊一侧的焊接坡口内,距焊缝端部30mm以上,长度应在50mm以上。但对标准屈服强度($R_{p0.2}$)大于或等于650N/mm²或标准抗拉强度(R_m)大于或等于800N/mm²的高强钢,至少焊两层,其长度应在80mm以上。定位焊缝长度及净间距应符合表5.2.4的规定间距宜为100mm~400mm。厚度不宜大于正式焊缝厚度的1/2,且最厚不宜大于

15mm 8mm。

4 正式焊接时,定位焊缝不得保留在低碳钢和低合金钢的一类焊缝内以及高强钢的一、二类焊缝内。

表 5.2.4 定位焊缝长度和净间距与板厚的关系(mm)

序号	板厚	定位焊缝长度		定位焊缝净间距
		低碳钢、低合金钢和不锈钢	高强钢	
1	≤25	不应小于 50	不应小于 80	100~400
2	>25			300~800

注:1 定位焊缝设置,应避免与其汇交的焊缝边缘 30mm 以上的距离。

2 宜在变形错边量大的部位设置定位焊缝。

3 变形错边量大的焊接坡口区段,运输吊装时有强度要求的定位焊缝以及在正式焊接过程中发现热胀变形大而影响其焊缝质量的部位,可加密定位焊缝间隔和增加定位焊缝长度。必要时,可采用连续焊缝做定位或焊接骑缝拉板的定位形式。

5.2.5 施焊前,应将焊接坡口及其两侧宽 35mm 10mm~20mm 范围内的铁锈、熔渣、油垢、水迹和结露结霜等清除干净。并应检测装配尺寸和焊接坡口尺寸,定位焊缝部位上的裂纹、未熔合、气孔和夹渣等缺陷[缺欠]均应清除。

5.2.6 焊缝预热温度应由焊接性试验确定,或按表 5.2.6 推荐的预热温度进行。

表 5.2.6 焊缝预热温度

序号	板厚 (mm)	Q235、 Q295、 Q245R、 L245、 L290、 D级、 E级 (℃)	Q355 Q345、 Q345R、Q345S、 L320、L360、 09MnNiDR、 16MnDR、 13MnNiDR、 15MnNiDR、 08Ni3DR、 DH32、EH32、 DH36、EH36 (℃)	Q390、Q370R、 Q420、 L415Q460、 L450、 15MnNiNbDR、 DH40、EH40、 DH420、 EH420DH460、 EH460、 18MnMoNbR、 13MnNiMoR (℃)	Q490R、 Q490DRL1、 Q490DRL2、 Q490S、 07MnCrMoVR、 07MnNiCrMo、 VDRQ460、 L450、L485、 L555、 06Ni9DR、 DH500、EH500、 DH550、EH550 (℃)	Q690、 Q690R、 Q690DR、 Q690S、 DH620、 EH620、 DH690、 EH690 (℃)	不锈钢 及不锈 钢复合 钢板 (℃)
1	≤25	—	—	—	—	—	—
2	>25~ 30	—	—	60~80	80~120	100~150	50~80
3	>30~ 38	—	60~80*	80~100	—	—	—
4	>38	80~120	80~120	80~150	80~150	—	80~150

注：1 环境气温低于 5℃应采用较高的预热温度。

2 对不需预热的焊缝，当环境相对湿度大于 90%或环境气温：低碳钢低于 -20℃、和低合金钢低于 -10℃ -5℃、非奥氏体型不锈钢低于 0℃时，预热到 20℃以上时才能施焊。当焊接坡口及与其两侧 35mm 距离内存在结露结霜时，应采用火焰烘烤或采用其他方法清除。

* 当拘束度低、焊接坡口无水质、无结露结霜、环境湿度小于 60%且焊接中未发现裂纹和大量超标气孔小且焊接中未发现裂纹时，可不预热。

5.2.8 预热区的宽度应为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚且不应小于 100mm。应在距离焊接坡口边缘各 4 倍板厚,且不应大于 50mm 处对称测量温度,而当板厚大于 70 50mm 时,应在距离焊缝中心焊接坡口两侧边缘各 70 75mm 处对称测量温度。当条件允许时,可在加热面的背面测得温度。当采用火焰加热时,应在加热面火焰移开一段时间后,使母材厚度上的温度均匀化后测量温度。当采用电加热且无法在背面测量温度时,应从靠近焊缝坡口位置裸露的母材表面测量温度。温度均匀化时间应按每 25mm 母材厚度 2min 的比例计算。每条焊缝测量点间距不应大于 2m,且不应少于 3 对。道间温度应在电弧经过之前的焊接区域内瞬时测量。

5.2.9 焊接道层间温度不应低于预热温度,低碳钢和低合金钢不应大于 230℃,不锈钢及高强钢不应大于 200℃。测量温度位置应按同本标准规范第 5.2.8 条执行。而对低碳钢或标准抗拉强度的平均值不大于 590N/mm² 的低合金钢的封闭焊缝焊接时,亦可除打底焊和盖面焊外的中间层配合风铲锤击,锤头应磨成 R2.5mm~R4mm 圆形。

5.2.9A 对低碳钢或标准抗拉强度下限值不大于 540N/mm² 的低合金钢的封闭焊缝焊接时,亦可除打底焊和盖面焊外的中间层配合风镐锤击,锤头应磨成 R2.5mm~R4.0mm 圆弧形。

5.2.10 当进行焊接时,应在焊接坡口内或焊接部位内引弧、熄弧,熄弧时应将弧坑填满。多道层焊的道层间接头应错开。焊条电弧焊、半自动气体保护焊和自保护药芯焊丝半自动焊等的焊道接头应错开 25mm 长度以上,埋弧焊、熔化极自动气体保护焊和自保护药芯焊丝自动焊应错开 100mm 长度以上。被焊件焊缝端头的引弧和熄弧处,应设与被焊件材质相同或相容的助焊板。不锈钢、高强钢应采用多道多层焊接。

5.2.13 双面焊缝单侧焊接后应进行背面清根,当用碳弧气刨清根时,应磨除渗碳层和刨槽表面缺陷[缺欠]。需要预热焊接的焊缝,碳弧气刨清根前应预热。

5.2.14 带垫板的 V 形焊接坡口组装间隙宜[应]控制在 8mm [6mm]~ 15mm 。不带垫板的 V 形焊接坡口、不对称的 X 形焊接坡口或 Y 形焊接坡口组装间隙宜控制在 $0\sim 6\text{mm}$ [0~3mm]。当焊接坡口局部间隙在 8mm [6mm]~ 20mm 时,允许在焊接坡口两侧或一侧做堆焊处理,但应符合下列规定:

- 1 不得在焊缝内留下填塞的金属材料及污染层;
- 2 堆焊后应用砂轮修整;
- 3 堆焊部位的焊缝应进行表面无损检测。

5.2.15 当焊接坡口间隙大于本标准[规范]第 5.2.14 条中的局部间隙规定时,应制订[经]专门[研究后]的堆焊工艺规程进行多道多层[再进行]堆焊并修整。

5.2.16 当[加劲环、止推环、阻水环和]支承环、H 形止推环和吊环等与钢管管壁为组合焊缝时,除设计规定外,钢管管壁侧的焊脚应为 $1/4$ 环板厚度,且不应大于 9mm ,环板侧焊脚盖过焊接坡口宽度应为 $1\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。肋或梁与钢管构成的组合焊缝,当钢管管壁开设焊接[缝]坡口时,焊缝在肋或梁侧的焊脚为 $1/4$ 钢管管壁[环板]厚度,且不应大于 9mm ,在钢管管壁侧焊脚应盖过焊接坡口宽度 $2\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。

5.2.17 当补强板或进入孔等与钢管壁组合的相贯线焊缝无法进行内部无损检测时[的重要焊缝],应按一类焊缝焊接工艺施焊。

5.2.17A 焊接用陶瓷垫或陶瓷环应密封包装,保存时应有防潮措施,受潮的陶瓷垫或陶瓷环使用前应在 $120^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 温度范围

内烘焙 1h~2h。

5.2.17B 当采用陶瓷垫做焊接垫时,焊接后,应清除焊接背缝表面渗硅层不应小于 0.5mm 厚度。

5.3 焊接工艺评定

5.3.1 焊接工艺评定力学性能试验的试件、样坯的制备,试样尺寸、试验方法和合格标准应符合本标准 规范 附录 D 的规定。预焊接工艺规程和焊接工艺评定报告格式应符合本标准 规范 附录 E 的规定。焊接工艺评定应为钢管或钢衬所用钢板中取样进行现场焊接工艺评定。焊接工艺评定力学性能试验和化学成分分析报告应由具有相应资质的机构出具。

5.3.3 钢材分类、分组应符合表 5.3.3 中的规定。

表 5.3.3 钢材分类、分组

钢种	类别号	组别号	钢号示例	执行相应标准
低碳钢	I	I-1	Q235、Q235R、L245、D 级、E 级	《碳素结构钢》GB/T 700、 《船舶及海洋工程用结构钢》 GB/T 712、《承压设备用钢 板和钢带 第 2 部分:规定 温度性能的非合金钢和合金 钢》GB/T 713.2、《优质碳素 结构钢热轧厚钢板和钢带》 GB/T 711、《碳素结构钢和 低合金结构钢热轧钢板和钢 带》GB/T 3274、《石油天然气 工业 管线输送系统用钢 管》GB/T 9711
		I-2	Q275	

续表 5.3.3

钢种	类别号	组别号	钢号示例	执行相应标准
低合金钢	II	II-1	Q355、Q345R、Q345S、X46、 L290、L320、L360、DH32、 EH32、DH36、EH36、16MnDR、 13MnNiDR、15MnNiDR、 09MnNiDR、08Ni3DR	《压力容器》第2部分：材料》GB 150.2、《压力容器》 GB 150、《船舶及海洋工程 用结构钢》GB/T 712、《承压 设备用钢板和钢带 第2部分： 规定温度性能的非合金 钢和合金钢》GB/T 713.2、《承 压设备用钢板和钢带 第3 部分：规定低温性能的低合 合金钢》GB/T 713.3、《承压设备 用钢板和钢带 第4部分： 规定低温性能的镍合金钢》 GB/T 713.4、《锅炉和压力容 器用钢板》GB 713、《低合金 高强度结构钢》GB/T 1591、 《碳素结构钢和低合金结构 钢热轧钢板和钢带》GB/T 3274、《低温压力容器用钢 板》GB/T 3531、《石油天然 气工业 管线输送系统用钢 管》GB/T 9711、《水电站压 力钢管用钢板》GB/T 31946
		II-2	Q370R、Q390、X52、 DH40、EH40、15MnNiNbDR	
		II-3 III-1	Q420、X60、X65、L415、 DH420、EH420	
		II-4 III-2	Q460、L450、HQ60、 X70、DH460、EH460	《压力容器》GB 150、《船 舶及海洋工程用结构钢》GB/ T 712、低合金高强度结构 钢》GB/T 1591、《石油天然气 工业 管线输送系统用钢 管》GB/T 9711、《高强度结构 用调质钢板》GB/T 16270

续表 5.3.3

钢种	类别号	组别号	钢号示例	执行相应标准
高强度钢	Ⅲ	Ⅲ-1 3	Q490R、Q490DRL1、 Q490DRL2、Q490S、07Mn- NiCrMoVDR、WDB620、 ADB610D、WDL610E、 WSD610E、SG610CFD、 B610CFHQL2、B610CFHQL4、 07MnCrMoVR、CF62、 B610CF、B610E、N610CF、 XC610CF、L485、WDL610D、 WSD610C、WSD610D	《压力容器》第2部分：材料》GB 150.2、《承压设备用钢板和钢带 第6部分：调质高强度钢》GB/T 713.6、《水电站压力钢管用钢板》GB/T 31946《压力容器》GB 150、 《压力容器用调质高强度钢板》GB 19189
		Ⅲ-2 4	Q500、Q550、X80、SG690- CFD、L555、DH500、EH500、 DH550、EH550、06Ni9DR	《压力容器》GB 150、《船舶及海洋工程用结构钢》GB/T 712、《承压设备用钢板和钢带 第6部分：调质高强度钢》GB/T 713.6、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711、《高强度结构用调质钢板》GB/T 16270、《水电站压力钢管用钢板》GB/T 31946
		Ⅲ-3 5	Q620、HQ70、HQ70R、 DH620、EH620	《压力容器用调质高强度钢板》GB 19189
		Ⅲ-4 6	Q690、Q690S、Q690R、 Q690DR、DH690、EH690、 HQ80C、DB685R、CF80、 B780CF、SG780CFD、ADB790、 N800CF、XC780CF、WSD790C、 WSD790D、WSD790E、14Mn- MoNbB、14CrMnMoVB、12Ni- 3CrMoV、10Ni5CrMoV、X100、 X120	《压力容器用调质高强度钢板》GB 19189

续表 5.3.3

钢种	类别号	组别号	钢号示例	执行相应标准
高强度	III	III-5 7	Q960、B950CF、SG950CFD SG960CFD、ADB950、N980CF、 XC950CF、WQ960 WSD- 1000C、WSD1000D、WSD1000E	《高强度结构用调质钢板》 GB/T 16270
不锈钢	IV	IV-1	06Cr13 (S41008)、06Cr13Al (S11348)、12Cr13 (S41010)、 20Cr13(S42020)、04Cr13Ni5Mo (S41595)	《压力容器》GB 150、《压 力容器 第 2 部分:材料》 GB 150.2、《承压设备用钢 板和钢带 第 7 部分:不锈 钢和耐热钢》GB/T 713.7、《不 锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280、《不锈钢热轧钢板和钢 带》GB/T 4237、《不锈钢 牌 号及化学成分》GB/T 20878 、《承压设备用不锈钢和耐热 钢板和钢带》GB/T 24511
		IV-2	06Cr19Ni10 (S30408)、 022Cr19Ni10 (S30403) 06Cr17Ni12Mo2 Ti (S31608)、 022Cr17Ni12Mo2 (S31603)、 06Cr17Ni12Mo2Ti (S31668)、 022Cr22Ni5Mo3N (S22253)、 022Cr23Ni5Mo3N (S22053)、 022Cr25Ni7Mo4N(S25073)	
		IV-3	10Cr17 (S11710)、10Cr17Mo (S11790)	

续表 5.3.3

钢种	类别号	组别号	钢号示例	执行相应标准
不锈钢复合钢板	V	V-1	06Cr13Al + Q235 (Q245R)、06Cr13Al + Q355 Q345 (Q345R)	《压力容器 第2部分:材料》GB 150.2、《承压设备用钢板和钢带 第2部分:规定温度性能的非合金钢和合金钢》GB/T 713.2、《承压设备用钢板和钢带 第7部分:不锈钢和耐热钢》GB/T 713.7 《压力容器》GB 150、《锅炉和压力容器用钢板》GB 713、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165、《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878、《压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分:不锈钢-钢复合板》NB/T 47002.1
		V-2	06Cr19Ni10 + Q235 (Q245R)、06Cr19Ni10 + Q355 Q345 (Q345R)、 022Cr19Ni10 + Q235 (Q245R)、 022Cr19Ni10 + Q355 Q345 (Q345R)	
		V-3	022Cr17Ni12Mo2 + Q355 Q345 (Q345R)、06Cr17Ni- 12Mo2Ti + Q355 Q345 (Q345R)、022Cr22Ni5Mo3N + Q355 Q345 (Q345R)、 022Cr22Ni5-Mo3N + Q390 (Q370R)、022Cr23Ni5Mo- 3N + Q355 (Q345R)、 022Cr25Ni7Mo4N + Q355 (Q345R)	

5.3.5 不同类别号的钢材组成的焊接接头,即使两者分别进行过焊接工艺评定,仍应进行焊接工艺评定。但类别号Ⅲ [内的组别号Ⅲ的组及以下低组别号]、类别号Ⅱ和类别号Ⅰ相互间组成的焊接接头,当母材高类别号或高组别号经焊接工艺评定合格时,可不再做焊接工艺评定;当母材低类别号或低组别号经焊接工艺评定合格时,可不再 [仍应重新做焊接工艺评定],反之,不

可以。

5.3.10 要求做冲击试验的试件,当与做过的某个焊接工艺评定的重要因素相同时,只是增加或改变下列一个或几个补加因素,可按增加或改变的补加因素,补充一个焊接工艺评定的试件,此试件仅做冲击试验:

- 1 改变焊后消除应力热处理温度范围和保温时间;
- 2 最高道[层]间温度比所评定的道[层]间温度高 50℃ 以上;
- 3 改变电流的种类或极性;
- 4 焊接热输入或单位长度焊道的熔敷金属体积超出已焊接工艺评定的范围;
- 5 埋弧焊或熔化极气体保护焊由单丝焊改为多丝焊或反之;
- 6 用非低氢型药皮焊条代替低氢型药皮焊条;
- 7 用酸性药芯焊丝代替碱性药芯焊丝;
- 8 埋弧焊、熔化极气体保护焊由多道焊改为单道焊;
- 9 从评定合格的位置改为立向上焊。

5.3.11 当与已做的焊接工艺评定中的重要因素和补加因素均相同时,仅改变下列次要因素时,只需修改焊接工艺规程或焊接作业指导书,不必重新进行焊接工艺评定:

- 1 焊接坡口形式;
- 2 焊接坡口根部间隙;
- 3 取消或增加单面焊时的焊缝钢垫板;
- 4 增加或取消非金属或非熔化的金属焊接衬垫;
- 5 焊条及焊丝直径;
- 5A 热焊丝和冷焊丝;
- 6 除向上立焊外的所有焊接位置;
- 7 需做清根处理的根部焊道向上立焊或向下立焊;
- 8 施焊结束后至焊后热处理前,改变后热温度范围和保温时间;
- 9 电流值或电压值;

- 10 摆动焊或不摆动焊；
- 11 焊前清理和层间清理方法；
- 12 清根方法；
- 13 改变焊条、焊丝摆动幅度、频率和两端停留的时间；
- 14 导电嘴至工件的距离；
- 15 手工操作、半自动操作或自动操作；
- 16 有无锤击焊缝。

5.3.12 后热不应为焊接工艺评定因素，但应在焊接工艺规程或焊接作业指导书里注明。

5.3.13 对接焊缝焊接工艺评定应采用对接焊缝试件。角焊缝焊接工艺评定应采用角焊缝试件或对接焊缝试件。组合焊缝焊接工艺评定应采用对接焊缝试件，当组合焊缝要求焊透时，亦可采用应增加组合焊缝试件。

5.3.18 板材对接接头试件力学性能评定项目和试样数量应符合表 5.3.18 的规定。

表 5.3.18 板材对接接头试件力学性能评定项目和试样数量

接头形式	试件厚 δ (mm)	拉伸与弯曲试验				冲击试验	
		板状拉伸	面弯	背弯	侧弯	焊缝区	热影响区
对接	$\delta < 12$ 20	2	2	2	—	3	3
	$\delta \geq 12$ 20	2	—	—	4	3	3

注：1 当试件焊缝两侧的母材之间或焊缝金属和母材之间的弯曲性能有明显差别时，宜改用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验，纵向弯曲只取面弯及背弯试样各 2 个，且厚度均不应大于 12mm。

2 当要求做冲击吸收能量试验时，试样数量为热影响区和焊缝上各取 3 个，异种钢接头每侧热影响区分别取 3 个，焊缝取 3 个。采用组合焊接方法（工艺）时冲击试样中应包括每种方法（工艺）的焊缝金属和热影响区。

5.3.20 当需要^要进行硬度试验时，同种钢焊接接头的硬度，应大于母材最低维氏硬度的 70%，不应大于母材最高维氏硬度值 HV_{10} HV_{100N} 加 100，且不应大于表 5.3.20 中的规定。异种钢焊

接头硬度值应大于硬度较低母材侧最低硬度之值的 70%，且不应大于较高[两]侧母材最高维氏硬度[平均]值 HV_{10} 加 100 的 130%。

表 5.3.20 同种钢焊接接头允许的最大硬度值 HV_{10} HV

序号	钢种	单道焊对接 接头和角接头		多道焊对接 接头和角接头	
		不热 处理	热处理	不热 处理	热处理
1	最小屈服强度 $R_{eL}(R_{p0.2}) \leq$ 不大于 360N/mm ² 和分析化学成分不大于: C $\leq$ 0.24%、Si $\leq$ 0.6%、Mn $\leq$ 1.7%、S $\leq$ 0.045%、P $\leq$ 0.045%、任何其他单个元 素不大于 0.3%，所有其他元素的总和 不大于 0.8%	380	320	350	320
2	最小屈服强度 $R_{eL}(R_{p0.2}) >$ 大于 360N/mm ² 的正火钢或热机械轧制钢即 控轧控冷 TMCP 钢 控轧细晶粒钢				
3	不锈钢除外的调质钢和沉淀强化钢， 最小屈服强度 $R_{eL}(R_{p0.2}) >$ 或最小 规定非比例延伸强度大于 885N/mm ² 的 钢需要特殊协议	450	需专门 协议	420	需专门 协议
4	Cr $\leq$ 0.75%、Mo $\leq$ 0.6%、V $\leq$ 0.3%的钢	需专门 协议	320	需专门 协议	320
5	Cr $\leq$ 10%、Mo $\leq$ 1.26%的钢				
6	Cr $\leq$ 12.2%、Mo $\leq$ 1.2%、V $\leq$ 0.5%的 Cr-Mo-V 钢	需专门 协议	350	需专门 协议	350

续表 5.3.20

序号	钢种		单道焊对接 接头和角接头		多道焊对接 接头和角接头	
			不热 处理	热处理	不热 处理	热处理
7	Ni≤10%的镍合金钢	Ni≤4%	需专门 协议	300	320	300
8		Ni>4%		需专门 协议	400	需专门 协议
9	10.5%≤Cr≤30%的铁素体和马氏体钢		需专门协议			

注:抗拉强度 $R_m \leq 432 \text{ N/mm}^2$ 的铁素体型钢、奥氏体型不锈钢可不作硬度评定试验。

5.3.21 焊接工艺评定后,应编写焊接工艺评定报告并做出综合评定,并应在此基础上编制焊接工艺规程或焊接作业指导书。

5.4 焊接接头检测

5.4.1 所有焊接接头均应进行外观检测,外观质量应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 焊接接头外观检测(mm)

序号	项目	焊缝类别		
		一	二	三
		允许缺陷尺寸		
1	裂纹	不允许		
2	表面夹渣	不允许	深度不应大于 0.1δ , 长度不应大于 0.3δ , 且不应大于 10	
3	咬边	深度不大于 0.5	深度不应大于 1	
4	未焊满	不允许	不应大于 $0.2+0.02\delta$ 且不应大于 1, 每 100 焊缝内缺陷总长不应大于 25	

续表 5.4.1

序号	项目		焊缝类别		
			一	二	三
			允许缺陷尺寸		
5	表面气孔		不允许	直径小于 1.5 的气孔每米范围内允许有 5 个,间距不应小于 20	
6	焊瘤		不允许	—	
7	飞溅		不允许	—	
8	焊缝 余高 Δh	手工焊	$\delta \leq 25, \Delta h = 0 \sim 2.5$ $25 < \delta \leq 50, \Delta h = 0 \sim 3$ $\delta > 50, \Delta h = 0 \sim 4$	—	
		自动焊	0~4	—	
9	对接接头 焊缝宽度	手工焊	盖过每边焊接坡口宽度 1~2.5,且平缓过渡		
		自动焊	盖过每边焊接坡口宽度 2~7,且平缓过渡		
10	角焊缝焊脚 K		$K \leq 12$ 时, K_{-1}^{+2} ; $K > 12$ 时, K_{-1}^{+3}		

注: 1 δ 是钢板厚度代号。

- 2 手工焊是指焊条电弧焊、气体保护半自动焊 [CO₂ 半自动气保焊]、自保护药芯半自动焊以及手工钨极氩弧 [TIG] 焊等。而自动焊是指埋弧自动焊、气体保护自动焊 [MAG 自动焊、MIG 自动焊] 和自保护药芯自动焊等。

5.4.3 钢岔管月牙肋或梁与管壳的组合焊缝及其与锻钢圆柱体汇交焊接部位等 T 形焊接接头, 当无法用射线检测 (RT)、衍射时差法超声检测 (TOFD) 时, 可采用相控阵超声检测 (PA-UT) 或脉冲反射法检测 (UT)。[T 形接头或] 空间狭窄处、曲率半径小的部位或形状复杂结构可采用相控阵超声检测 (PA-UT)。

5.4.5 对有延迟裂纹倾向的钢材或焊缝, 无损检测应在焊接完成 24h 以后进行。标准抗拉强度 (R_m) 下限值不小于 [大于或等于]

780 800 N/mm² 的高强钢,无损检测应在焊接完成 48h 后进行。

5.4.6 无损检测应符合下列规定:

1 射线检测(RT)应按现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测 第1部分:X和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1或《焊缝无损检测 射线检测 第2部分:使用数字化探测器的X和伽玛射线技术》GB/T 3323.2 《金属溶化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323的有关規定执行,检测技术等级为B级;焊缝质量验收等级应按现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测验收等级 第1部分:钢、镍、钛及其合金》GB/T 37910.1的有关規定执行,一类焊缝质量验收等级不低于2级Ⅱ级为合格,二类焊缝质量验收等级不低于3级Ⅲ级为合格。

2 脉冲反射法超声检测(UT)和相控阵超声检测(PA-UT)应按现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345的有关規定执行,检测技术等级为B级;焊缝质量验收等级应按现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》GB/T 29712的有关規定执行,一类焊缝质量验收等级不低于2级Ⅰ级为合格,二类焊缝质量验收等级不低于3级Ⅱ级为合格。

3 衍射时差法超声检测(TOFD)应按现行行业标准《水电水利工程金属结构及设备焊接接头衍射时差法超声检测》DL/T 330的有关規定执行,或应按现行行业标准《承压设备无损检测 第10部分:衍射时差法超声检测》NB/T 47013.10 JB/T 4730.10的有关規定执行,一类焊缝和二类焊缝质量验收等级均不低于Ⅱ级为合格。

4 磁粉检测(MT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T 4730.4有关规定执行或参

透检测(PT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分: 渗透检测》NB/T 47013.5 JB/T 4730.5 的有关规定执行,一类焊缝Ⅱ级为合格,二类焊缝的质量验收等级均为Ⅰ级Ⅲ级为合格。

5 同一焊接接头部位或同一焊接缺陷,使用两种及以上的无损检测方法进行检测时,应按各自标准分别评定合格。

5.4.7A 当焊接接头需在高温下进行表面探伤时,可采用高温磁粉 MT 或高温渗透剂 PT 进行表面探伤检测。

5.4.8 焊接接头缺陷欠返工后应按原无损检测工艺进行复检,复检范围应向返工部位两端各延长不少于至少 50mm。

5.5 缺陷处理

5.5.1 焊接接头发现有裂纹等危险性缺陷欠时,应进行分析,找出原因,制订措施后,再进行处理。焊接缺陷分类划分应符合现行国家标准《金属熔化焊接头缺陷分类及说明》GB/T 6417.1 的有关规定。

5.5.2 焊接接头超标缺陷应用碳弧气刨或砂轮清除,当用碳弧气刨时应用砂轮磨除渗碳层。当缺陷为裂纹时,则磁粉检测(MT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T 4730.4 或渗透检测(PT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测》NB/T 47013.5 JB/T 4730.5 的有关规定进行检测。

5.5.4 低碳钢、低合金钢和不锈钢除盖面焊层外,其余焊层可采用逐层逐道锤击来防止焊补产生的焊接裂纹和降低焊接收缩应力。高强钢焊接不得锤击锻打,应采取预热和后热或其他措施来防止焊接裂纹等缺陷欠。高强钢、不锈钢焊接时宜采用多层多道焊接,不宜得横向摆动焊接。

5.5.5 返工后的焊接接头,应采用超声波检测(UT、PA-UT、TOFD)或射线检测(RT)进行复查。同一部位的返工次数,低碳钢、低合金钢和不锈钢不应超过 2 次,高强钢不应超过 1 次。

5.5.6 不锈钢、高强钢钢板表面不得有电弧擦伤和硬物击痕。当有擦伤或击痕时应采用砂轮打磨将其清除。当打磨后的深度大于 2mm 时则应进行焊补,高强钢应进行预热焊补,焊补后立即后热保温缓冷。

5.5.7 当管壁表面凹坑深度大于板厚的 10% 或大于 2mm 时的,应采用碳弧气刨和(或)砂轮修磨成便于焊接的凹槽,再进行焊补。焊补后应用砂轮将焊补处磨平。对高强钢还用磁粉检测(MT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T 4730.4 或渗透检测(PT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测》NB/T 47013.5 JB/T 4730.5 的规定进行检测,检测质量等级均为 I 级为合格。

6 焊后消应处理

6.0.1 钢管和钢岔管焊后消应处理应按设计图样或设计技术文件规定执行。

6.0.3 低碳钢、低合金钢焊后消应热处理温度应按设计图样或设计技术文件规定执行。当设计图样或设计技术文件未做焊后消应热处理要求时,可根据钢材特性、焊接性试验成果确定是否做焊后热处理。当设计图样或设计技术文件要求做焊后热处理,但对焊后消应热处理温度未做规定时, 则可根据钢材特性、焊接性试验成果在 $580^{\circ}\text{C} \sim 680$ 650 $^{\circ}\text{C}$ 区间选取热处理温度。对于有回火脆性的钢材,热处理应避开脆性温度区。

7 防 腐 蚀

7.1 表面预处理

7.1.1 钢管表面预处理前应将铁锈、油污、水渍、结露结霜、积水、遗漏的焊渣和飞溅等附着污物清除干净。

7.1.2 表面预处理宜采用局部喷射或抛射除锈,所用的磨料应清洁、干燥,用金属磨料、氧化铝、石榴石、铜矿渣、碳化硅和金刚砂等磨料。金属磨料粒度范围宜为 0.5mm~1.5mm,人造矿物磨料和天然矿物磨料应根据表面粗糙度等级技术要求选择,粒度范围宜为 0.5mm~3.0mm。潮湿环境中不得使用钢质磨料。对于现场涂层修补及焊缝处表面处理可采用手工打磨除锈,表面除锈处理等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 中规定的 St3 级。

7.1.3 局部喷射用的压缩空气应保持干燥和洁净经过滤除去油和水。

7.1.4 钢管内壁经局部喷射或抛射除锈后,表面除锈处理等级清洁度应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 2 部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2

标准中规定的 $Sa2 \frac{1}{2}$ PSa2.5 级。表面清洁度应用 10 倍放大镜

检查,并应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分:涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)》GB/T 18570.3中规定的不小于2级。表面清洁度检查后不得超过4h进行涂装,超过时应重新检查,检查不合格应重新进行处理。除锈后,熔结环氧粉末涂层、厚浆型重防腐涂料及金属热喷涂表面粗糙度数值应达到 $Rz60\mu m \sim Rz100\mu m$,其他应达到 $Rz40\mu m \sim Rz70\mu m$ 。表面粗糙度可用触针式的轮廓仪检测或按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法》GB/T 13288.2的规定进行比较样板目视评定。

7.1.5 钢管外壁经局部喷射或抛射除锈后,当采用改性水泥胶浆、环氧砂浆、水泥浆或油漆涂料防腐时,表面除锈处理等级应符合达到表7.1.5的表中规定除锈后表面清洁度。环氧砂浆所含砂的目数应为80目~100目。

表 7.1.5 钢管外壁表面预处理质量要求

序号	部位	涂装配套	处理等级	表面清洁度	表面粗糙度 $Rz(\mu m)$
1	明管外壁	喷涂油漆 涂料	$Sa2 \frac{1}{2}$	PSa2.5 ≥ 2 级	40~70
1A	渣土回填管外壁或 顶管外壁				60~100
2	埋管外壁或混凝土 外包管外壁	改性水泥胶浆或 苛性钠水泥浆 环氧砂浆	$Sa2$	PSa2 —	—

7.1.6 钢管除锈后,应用干燥、洁净的压缩空气或用吸尘器清除灰尘,涂装前当发现钢板表面污染或返锈时,应重新处理到原除锈处理等级。

7.2 涂料涂装

7.2.1 防腐蚀涂料涂层配套系统宜选由底漆、中间漆和面漆组成。底漆应具备良好的附着力和防锈性能,中间漆应具有屏蔽性能且与底漆、面漆结合性能良好,面漆应具有耐磨性能、耐候性能、耐紫外线性能或耐水性能。

7.2.2 涂层配套系统的选择应根据所处环境符合[按]下列规定[选用]:

1 防腐蚀涂料各层配套性能,可按本[标准][规范]表 G.0.1 的规定选用。

2 埋管外壁或混凝土外包管外壁涂层通常为改性水泥胶浆,涂层厚度为 $300\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 或环氧砂浆,涂层厚度为 $200\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ 。明管外壁处于空气环境下时应选用耐候性能、耐阳光紫外线照射性能,渣土回填管外壁应选用耐水性能、耐酸碱性能良好的涂层配套系统,可按本[标准][规范]表 G.0.2 的规定选用。

3 钢管内壁应选用耐磨性能和耐水性能良好的涂层配套系统,可按本[标准][规范]表 G.0.3 的规定选用。

4 输水工程钢管道内壁涂层除应具备耐磨性能和耐水性能外,还应符合卫生标准要求。其涂层配套系统,可按本[标准][规范]表 G.0.4 的规定选用。

7.2.2A 油漆涂料专用仓库和喷涂场地,应具备干燥、通风、阴凉等环境条件,油漆涂料不得雨淋、曝晒和接近火源等。其照明、开关、通风电气系统应具有防爆功能。

7.2.4 使用的涂料应符合设计图样规定,涂装层数、每层厚度、每层涂装间隔时间、涂料调配方法和涂装注意事项,应按设计文件或有关规定执行。

7.2.4A 当设计文件和油漆厂家说明书未做规定时,涂装每层油漆时间间隔,应依据油漆理化性能、环境温度与湿度等因素影响来

确定最小间隔时间限制和最长间隔时间限制。最小间隔时间限制应为每层油漆指触干(可用手触摸油漆不黏手、漆膜不出现缺陷)后再涂装下一层油漆。最长间隔时间限制,夏季且环境温度大于 22℃时不应大于 5d,冬季且环境温度小于或等于 22℃时不应大于 15d。当涂装超过最长间隔时间限制时,应用角向磨光机配弹性砂轮片、千叶片(百叶片)、拉毛机、砂纸片和喷磨料等方法进行打毛,涂层打毛后可用压缩空气除尘,再涂装下一层油漆。

7.2.4B 当采用熔结环氧粉末涂装时,钢管应加热均匀,温差应为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。表面温度应控制在涂料生产厂推荐的温度范围内,但不应大于 275℃且不得发生钢管表面氧化,涂层保温时间应符合熔结环氧粉末的固化要求。钢管温度可用接触式温度计、红外线测温仪或其他适宜的方法进行检测。应至少每小时记录一次温度值。

7.2.4C 熔结环氧涂层局部损坏的涂补或现场安装焊缝的补口涂料,可采用冷涂装无溶剂耐磨环氧树脂涂料,亦可用补口机热涂装熔结环氧粉末。修补涂层或现场焊缝补口涂层,与原防腐涂层搭接长度不应小于 25mm 且应打毛处理。

7.2.4D 熔结环氧粉末涂层固化后,可采用空气冷却亦可采用水冷却。

7.2.4E 未固化的漆膜应防止雨水浸淋、水渍、结露结霜、污物和粉尘黏附。

7.2.5 钢管管节或瓦片在厂内制作,或在现场要进行二次制作的组装纵缝和应在安装环缝两侧、加劲环现场组装时,均各 200mm 距离范围内和灌浆孔及排水孔周边 100mm 距离范围内,可暂时不做防腐处理,或除锈后在该部位粘贴不干胶带或涂装车间底漆,车间底漆可用如无机富锌底漆、虫胶漆。组装焊接或安装焊接完成后,应按本标准第 7.1 节规定进行表面预处理后再,并进行涂装。

7.2.5A 当遇风沙、粉尘、雨、雪和雾霾等天气时,应停止涂装作业。

7.2.7 当用聚乙烯 PE、环氧类 EP、熔结环氧粉末类 FBE 以及不能用紫外线照射的涂料等做表面涂层的钢管时,应放置在阴凉处或有遮蔽阳光紫外线直射涂层的地方,或采取相应的措施,并应远离热源、火种。不得长期堆放在阳光紫外线直射涂层和严寒环境的场所,露天存放在无遮蔽阳光直射的条件下,不得超过 6 个月。此类表面涂层的钢管堆放环境温度应为一 30°C ~ 45°C ,超过温度范围时应采取对涂层进行保护的措施。外壁为有机涂层的钢管之间、钢管与地面之间,应采用柔性隔离物进行隔离堆放,不得直接碰触。

7.3 涂料涂层质量检测

7.3.1 每层涂装前应对上一层涂层外观进行检测,当发现漏涂、流挂、皱皮等缺陷[欠]时应及时处理。涂装后应用涂层测厚仪测量涂层厚度。

7.3.2 涂装后应进行外观检测。涂层表面应光滑、颜色均匀一致,无皱皮、起泡、流挂、针孔、裂纹、漏涂等缺陷[欠]。改性水泥胶浆或环氧砂浆[水泥浆]涂层厚度应基本一致,粘着牢固,不起粉。

7.3.3 涂层内部质量应符合下列规定:

1 涂层厚度用涂层测厚仪检测。在 0.01m^2 的基准面上测量 3 次,每次测量的位置应相距 25mm ~ 75mm ,取 3 次测量值的算术平均值为该基准面的 1 [一] 个测点厚度测量值。对于涂装前表面粗糙度大于 $Rz100\mu\text{m}$ 的涂层进行测量时,应取 5 次测量值的算术平均值为测点厚度值。

2 当单节钢管内表面积大于或等于 10m^2 时,每 10m^2 表面不应少于 3 个测点;单节钢管内表面积小于 10m^2 时,每 2m^2 表面不应少于 1 个测点。在单节钢管的两端和中间的圆周上每隔

1.5m 测一点。涂层厚度应满足 85% 的测点厚度达到设计要求, 达不到厚度的测点, 其最小厚度值不应低于设计厚度的 85%。

3 不含导电元素涂料的涂层用电火花针孔检测仪, 侧重于安装环缝两侧的涂层检测。应符合表 7.3.3-1 规定的电压值检测针孔, 发现针孔, 应用砂纸、弹性砂轮片、千叶片(百叶片)打磨处理后涂补补涂。

表 7.3.3-1 涂层厚度与检测电压关系

涂层厚度 (μm)	100	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1000
电压 (kV)	≥ 1.0	≥ 1.2	≥ 1.5	≥ 1.7	≥ 2.0	≥ 2.2	≥ 2.4	≥ 2.9	≥ 3.3	≥ 4.0	≥ 4.7

4 涂层厚度不足或有针孔, 返工固化后, 应复查。

5 采用划格法进行附着力检测时:

- 1) 当涂层厚度大于 $120\mu\text{m}$ 时, 在涂层上用硬质刀具划两条夹角为 60° 的切割相交线(亦称划叉法)进行抽查, 切割相交线应划透涂层至基材, 应用粘胶带粘牢划口部分, 然后沿垂直方向快速撕起粘胶带图 H. 2.1-3, 涂层无剥落应为合格。
- 2) 当涂层厚度小于 $120\mu\text{m}$ 时, 可用专用刀具在涂层表面以 $3\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 等距离划出相互垂直的两簇平行线, 构成若干方格, 再应用粘胶带覆盖粘牢划格区域, 然后沿垂直方向快速撕起胶带图 H. 2.1-3, 检测涂层附着力等级应符合表 7.3.3-2 规定 检测涂层附着力等级, 0 级~2 级应为合格涂层。

表 7.3.3-2 涂层划格法附着力检测

级别	检测结果
0	切割的边缘完全是平滑的, 没有一个方格脱落
1	在切割交叉处涂层有少许薄片分离, 划格区受影响明显不大于 5%

续表 7.3.3-2

级别	检测结果
2	涂层沿切割边缘或切口交叉处脱落明显大于 5%，但受影响明显不大于 15%
3	涂层沿切割边缘，部分和全部以大碎片脱落或在格子的不同部位上部分和全部剥落，明显大于 15%，但划格区受影响明显不应大于 35%
4	涂层沿切割边缘大碎片剥落或者一些方格部分或全部出现脱落，明显大于 35%，但划格区受影响明显不大于 65%
5	甚至按第 4 类也识别不出其剥落程度

6 当采用拉开法（亦称拉拔法）进行附着力定量检测时，应按现行行业规程《水电工程金属结构涂层强度拉开法测试规程》NB/T 35081 和仪器说明书的规定执行。当进行附着力定量检测时，附着力指标应符合表 7.3.3-3 的规定或由供需双方商定。拉开法可选用拉脱式涂层附着力测试仪，检测方法按仪器说明书的规定进行。

表 7.3.3-3 涂层拉开法附着力检测(N/mm²)

涂料类型	附着力
熔结环氧粉末	≥10.0
环氧类、聚氨酯类、氟碳涂料	≥5.0
氯化橡胶类、丙烯酸树脂、乙烯树脂类、无机富锌类、醇酸树脂类	≥3.0
酚醛树脂、油性涂料	≥1.5

7 采用划格法或拉开法进行涂层附着力检测时，任选一种方法均可。

7.4 金属喷涂

7.4.1 金属喷涂用的金属丝应符合下列规定：

1 锌丝应符合现行国家标准《镀锌》GB/T 470 中的 Zn-1 的

质量要求,且 $Zn \geq 99.99\%$;

2 铝丝应符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》GB 3190 中的 L2 质量要求,且 $Al \geq 99.5\%$;

3 铝铝合金丝的含铝量应为 $13\% \sim 35\%$,其余为锌;

4 铝镁合金丝的含镁量应为 $4.8\% \sim 5.5\%$,其余为铝;

5 金属丝应光洁、无锈、无油、无折痕,直径为 $\phi 3.0\text{mm}$ 。

7.4.3 金属喷涂可根据不同喷涂材料结合工作环境进行选择。喷锌层或喷铝层厚度宜为 $120\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ 。按下述厚度施工:

1 喷锌层或喷铝层厚度宜为 $120\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$;

2 铝铝合金层、铝镁合金层、稀土铝合金层宜取 $100\mu\text{m} \sim 120\mu\text{m}$ 。

7.4.5A 金属喷涂场地应具备通风、阴凉,不得雨淋和接近火源等。金属喷涂场地的照明、开关、通风电气系统应具有防爆功能。

7.5 金属涂层质量检测

7.5.1 金属喷涂层应进行外观检测。涂层表面应均匀,无杂物、起皮、鼓泡、孔洞、凹凸不平、附着不牢固的金属熔融粗颗粒、掉块、基底底材裸露的斑点及裂纹等现象。当喷涂时发现涂层外观有明显缺陷应停止喷涂,遇有少量夹杂可用刀具剔刮,当缺陷面积较大时,应铲除重喷。

7.5.2 金属涂层的厚度检测_{和结合性能检测方法}应符合本标准规范附录 H 第 H.1 节的规定。金属涂层的结合性能检测方法,当采用划格法时应符合本标准第 H.2 节的规定执行,当采用拉开法时应按现行行业标准《水电工程金属结构涂层强度拉开法测试规程》NB/T 35081 和仪器说明书的规定执行。

7.6 牺牲阳极阴极保护系统施工

7.6.4 牺牲阳极的布置和安装应符合下列规定:

- 1 牺牲阳极的工作表面不应粘有油漆和油污。
- 2 牺牲阳极的布置和安装方式不应影响钢管的正常运行,并应能满足钢管各处的保护电位均应符合设计的要求。
- 3 牺牲阳极与钢管的连接位置应除去涂层并露出金属基底,其面积宜为 0.01m^2 左右。
- 4 牺牲阳极应通过钢芯与钢管短路连接,宜优先采用焊接方法,亦可采用电缆连接或机械连接。
- 5 牺牲阳极应避免安装在钢管的高应力和高疲劳载荷[荷载]区域。
- 6 采用焊接方法安装牺牲阳极时,焊接接头应无毛刺、锐边、咬边、虚焊。
- 7 牺牲阳极安装后应将安装区域表面处理干净,并按技术要求应重新涂装,涂补时不得污染牺牲阳极表面。
- 8 其他技术要求应符合国家现行标准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246、《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448、现行行业标准《水电水利工程金属结构设备防腐技术规程》[DL/T 5358] [NB/T 11675] 和《阴极保护管道的电绝缘标准》SY/T 0086 的有关规定。

8 水压试验

8.0.1 钢管、钢岔管水压试验和试验压力值应按设计图样或设计技术文件规定执行。

8.0.2 钢管、钢岔管水压试验前,应制订安全专项方案措施和应急安全预案。

8.0.3 水压试验用闷头应通过设计计算确定。

8.0.4 水压试验试压时水温应在 5 水以上。

8.0.5 呼吸管的一端应安装在钢管、岔管内试验状态下的最高位置。

8.0.5A 水压试验用小钢管管口应采用插入式焊接。排水管管口宜设置于水压试验管体最低高程位置。排水管与注水管可共用一个管口。呼吸管伸入钢管、钢岔管内的呼吸管口,应置于其水压试验内腔里的最高位置,应排尽空气。呼吸管排气口不得正对人员操作位置,应将其固定生根并延伸接长到安全区域,才可排气。

8.0.7 水压试验应在钢管、钢岔管制作或安装完成及质量检测合格后进行。充水前,应对工卡具、临时内外支撑件、支托、外包钢筋网、起重设备等与其管壁解除拘束处理,且应对管壁结构上的焊疤、凹坑、划痕等缺陷欠进行修补打磨处理。管内杂物应清除干净。

8.0.8 当钢管、钢岔管进行水压试验试压时,应分级加载,应根据水压试验最大压力、试验部位容水体积、布置环境和结构特点等因素确定分级级数和级差,具体级差应在 $0.02\text{MPa} \sim 1.00\text{MPa}$ 内取值;每级均应做检测,每级稳压时间应为每级检测结束时间,

且不应少于 3min。加载过程中,不得有异常响声,若有异常响声时应立即停止加载,并应进行检查,同时应找出原因且处理后继续进行加载。加载至设计额定工作压力,保持 30min 以上,检测压力表指针应保持稳定、无指针颤动现象等异常情况,才允许继续加压。加压速度以不大于 0.3MPa/min 为宜,当压力大于 10MPa 以上时,加压速度不大于 0.2MPa/min 为宜。升至最大试验压力,保持 30min 以上,此时压力表指示的压力应无变动。然后下降至设计额定工作压力,保持 30min 以上。整个试验过程中应无渗水、混凝土裂缝、镇墩异常变位和其他异常情况。

8.0.9 钢管、钢岔管水压试验完成后,通过增压系统的溢流控制阀宜以不大于 0.5MPa/min 的速度分级卸至钢管内水体的自重压力,再开启打开钢管段上的呼吸管阀门后,才可进行排水作业。

8.0.10 当水压试验系统在试验过程中出现问题须需要处理时,应通过增压系统的溢流控制阀将系统压力卸至管内水体自重压力后再根据具体情况进行。

8.0.11 当须需要在管壁上进行焊接、热切割、碳弧气刨、热矫形等作业时,应先将管内水体排空。

8.0.12 水泵实际使用扬程不应小于额定扬程的 60%。应在水泵的出水管上装调节流量的阀门。小直径水泵宜接等管径或大管径水管。当管路中有变径管时,变径管应为偏心直角管,平面部位应装在上面,斜面部位应位于下面。吸水管水平段应与水源水面稍微向下倾斜,不得水平或上翘,当吸水管装有底阀时,吸水管底阀纵轴线与水平面夹角不应小于 60°。吸水管管口深入水源水池不应小于 600mm,距离水源水池底不应小于吸水管直径的 1.5 倍。

8.0.13 闷头与钢管、钢岔管的管口对接焊接、做水压试验临时用的直管段或圆锥管或与闷头之间焊接的一类、二类焊缝转折角不宜大于 15°,无法满足要求时应采取补强。可在转折角部位的对

接焊缝设计计算设置多块骑缝拉板或加强环梁等方式对该部位结构补强。闷头及其法兰材料宜选锻钢件或轧制件,不得使用铸件。

8.0.14 闷头及其法兰所用钢板应有“钢板质量证明书”,并应做母材 100%UT 探伤,且应符合现行行业标准《承压设备无损检测

第 3 部分:超声检测》NB/T 47013.3 中的质量等级规定,低碳钢和低合金钢应符合Ⅲ级;高强钢应符合Ⅱ级。所用闷头钢板,还应做母材力学性能试验满足国家现行有关标准的规定。

8.0.15 与闷头连接的钢管、钢岔管应有临时延长段,其长度不应小于 300mm。水压试验完后,应与闷头一并切除。

8.0.16 闷头与钢管、钢岔管临时延长段组合成的环缝以及闷头本身的拼接焊缝,宜采用不对称的 X 形焊接坡口或背缝封底焊的 V 形焊接坡口等。其焊缝质量等级均应为一类焊缝。

8.0.17 当闷头在厂内预组装时,应按运输途中所经过的道路情况和起重、运输方式,确定是否分瓣,再到安装现场进行余下的焊缝焊接。

8.0.18 所有水压试验应用部件连接完毕、检查和探伤等合格后,再进行最后一个封堵闷头的封堵安装。

8.0.19 水压试验用的各类阀门应按最大水压试验压力值进行单独水压试验,检验阀门是否渗漏。应检查阀门不渗漏、开关无卡阻等合格后再装配到钢管、钢岔管的水压试验系统中。

8.0.20 压力表应平行布置 2 只。压力表使用范围应在表盘量程的 $1/3 \sim 2/3$ 。

8.0.21 水压试验用承压小钢管均应为可焊性好的低碳、低合金钢无缝钢管或可焊性好的不锈钢无缝钢管。其与钢管、钢岔管相连接的焊缝,均应采用插入式焊接,焊接可采用贴角脚焊缝。

8.0.22 操作人员位置应处于与水压试验钢管、钢岔管之间的有效屏障隔离区域或通过无缝钢管把阀门、打压泵和压力表等延伸到不应小于钢管、钢岔管直径的 3 倍距离,且不应小于 15m 距离之外,进行操作、读表和读数。亦可通过全站仪或安装摄像头、传

感器、路由器结合电脑或智能手机进行远距离观测、读表和读数。

8.0.23 做应力、应变、位移变形、声发射等电测试验时,应将应变片、位移变形或其他传感器置于设计规定的测点,当设计未规定时,应置于预测应力值、应变值、位移变形值高点或危险点部位,并应通过引出线、无线电发射盒或互联网,传送到电脑上进行观测。

住房城乡建设部信息公开
浏览专用

9 包装、运输

9.0.3 运输成形[型]的管节时,视其刚度情况,可在管节内加设临时支撑。宜在钢管外加设鞍形支架座或加垫木条等软性材质的条形物。

9.0.4 当用钢丝绳[钢索]捆扎吊运管节或瓦片时,应在钢丝绳[钢索]与管节或瓦片相触部位加设软垫。在吊装、运输中应避免损坏涂层。亦可采用起重吊带捆扎或吊装。

10 验 收

10.1 过 程 验 收

10.1.5 钢管安装后应与支墩和锚栓等焊接和(或)连接牢固,不得在混凝土浇筑时发生钢管移位。

10.1.6 钢管制作安装用高空操作平台投入使用前应按国家现行相关标准进行[过程]验收,使用过程中应进行定期和不定期检查。

10.1.7 安装后的扫尾工作,当临时支撑的清除、管壁凹坑焊补、焊疤打磨、灌浆孔封堵应符合本标准规范的规定。

10.1.8 充水试验前应将管道内的焊条头、焊渣、电线电缆头、碎屑、石块和泥沙等杂物清理干净。当环境条件许可时,宜用流动水冲洗管道。

10.1.9 管道充水试验应根据额定工作水头分级充水,每级水头差不宜大于50m,每级稳压时间不应小于15min。

10.2 完 工 验 收

10.2.4 制作完工验收时,应提供下列资料:

- 1 压力钢管制作图样;
- 2 主要材料出厂质量证明书;
- 3 设计修改通知单;
- 4 制作时最终检测和试验的检测记录;
- 4A 焊接接头外观检查报告;
- 5 焊接接头无损检测报告;
- 6 防腐蚀检测资料;
- 7 重大缺陷[欠]处理记录和有关会议纪要;

8 其他相关的技术文件。

10.2.5 安装完工验收时,应提供下列资料:

- 1 压力钢管工程竣工图样;
- 2 主要材料出厂质量证明书;
- 3 设计修改通知单;
- 4 安装时最终检测和试验的检测记录;
- 4A 焊接接头外观检查报告;
- 5 焊接接头无损检测报告;
- 6 防腐蚀检测资料;
- 7 重大缺陷[欠]处理记录和有关会议纪要;
- 8 其他相关的技术文件。

10.2.7 钢管工程结算计量,当采用算法计量时应按下式计算:

$$G = t \times B \times L \times \rho + \underline{W} + g \quad (10.2.7)$$

式中:G——钢管工程结算计量(t);

t——钢板实际厚度,为钢板公称厚度和表 10.2.7 中的厚度附加值相加(m);

B——管节实际[公称]长度(m);

L——管节实际[公称]中径展开弧长(m);

ρ ——钢板密度(t/m^3),低碳钢、低合金钢及高强钢取 $7.85t/m^3$,不锈钢和耐热钢的钢板密度应符合现行国家标准《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878 中的规定;

$\underline{W}$ ——支承环、加劲环、止推环和阻水环等钢管附件重量(t);

g——焊缝计算重量(t),焊缝重量通常为母材重量的 1.5%~3%。

注:1 公称厚度、公称长度、公称中径等通常为设计图样标定。

2 公式(10.2.7)不含加劲环、止推环和阻水环等钢管附件重量。

表 10.2.7 钢板厚度附加值(mm)

厚 度	宽 度			
	≤1500	>1500~2500	>2500~4000	>4000~4800
	计算重量的厚度附加值			
3.00~5.00	0.15	0.25	0.35	—
>5.00~8.00	0.20	0.30	0.45	—
>8.00~15.00	0.25	0.35	0.50	0.60
>15.00~25.00	0.35	0.45	0.60	0.80
>25.00~40.00	0.40	0.50	0.70	0.90
>40.00~60.00	0.50	0.60	0.80	1.00
>60.00~100	0.60	0.75	1.00	1.20
>100~150	0.90	1.10	1.30	1.50
>150~200	1.10	1.30	1.50	1.60
>200~250	1.30	1.50	1.70	1.90
>250~300	1.50	1.70	1.90	2.10
>300~400	1.70	1.90	2.10	2.30

注：表中是 B 类偏差钢板的厚度附加值，为本标准 [规范] 表 2.0.6-1 中允许偏差的上偏差与下偏差之和的平均值。当为 C 类偏差钢板时，则按现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709 规定的允许偏差的上偏差与下偏差之和的平均值即为 C 类偏差钢板的厚度附加值。

附录 A 钢板性能标准和表面质量标准

A.1 钢板性能

A.1.1 低碳钢和低合金钢的性能应符合表 A.1.1-1~表 A.1.1-4 的规定。

表 A.1.1-1 低碳钢的化学成分

牌号	等级	化学成分(%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
				不大于			
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045	F、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045	0.045	F、Z
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17	0.35~0.80		0.035	0.035	TZ

注:1 牌号表示方法:钢的牌号由代表屈服强度的字母、屈服强度数值、质量等级的符号和脱氧方法的符号等四个部分按顺序组成,如 Q235A.F。

2 符号:Q—钢材屈服强度的“屈”字汉语拼音的首位字母,A、B、C、D 分别为质量等级的符号,F—沸腾钢,Z—镇静钢,TZ—特殊镇静钢。

3 在牌号组成表示方法中,“Z”与“TZ”代号予以省略。

表 A.1.1-2 低碳钢的力学性能

牌 号	拉伸试验					冲击试验		冷弯试验 $B=2a$, 180°				
	屈服强度 R_{eL} (N/mm ²)			抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A (%)		V 形冲击吸收能量 KV_2 (J)	试样方向	钢板厚度 (mm)			
	钢板厚度 (mm)				钢板厚度 (mm)							
	≤ 16	$>16 \sim 40$	$>40 \sim 60$	$>60 \sim 100$	≤ 16	$>16 \sim 40$	$>40 \sim 60$	$>60 \sim 100$	$>4 \sim 60$	$>60 \sim 100$		
	不小于			不小于			不小于		弯心直径 d			
A									纵	a	$2a$	$2.5a$
B	235	225	215	205	375~460			20	横	1.5a	2.5a	3a
C							0					
D							-20					

注:1 冷弯试验中 B 为宽度, a 为板厚。

2 进行拉伸和弯曲试验等, 钢板应取横向试样。

3 夏比冲击吸收能量值按一组 3 个试样单值的算术平均值计算, 允许其中一个试样单值低于规定值的 70%。

4 钢材一般以热轧状态交货, 根据需方要求, 经双方协议, 也可用控轧控冷 (TMCP)、正火状态或调质态交货 (A 级钢除外)。

5 其他技术要求应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

表 A. 1. 1-3 低合金钢的化学成分

序号	牌号	化学成分(%)						
		C	Mn	Si	V	Ti	S	P
							不大于	
1	Q295B	≤0.16	0.80~ 1.50	≤0.55	0.02~ 0.15	0.02~ 0.20	0.045	0.045
2	Q345B	0.12~ 0.20	1.00~ 1.60	0.20~ 0.55	0.02~ 0.15	0.02~ 0.20	0.045	0.045
	Q345C							
	Q345D							
	Q345E							
3	Q390B	≤0.20	1.00~ 1.60	≤0.55	0.02~ 0.20	0.02~ 0.20	0.045	0.045
	Q390C							
	Q390D							
	Q390E							
4	Q420B	≤0.20	1.00~ 1.70	≤0.55	0.02~ 0.20	0.02~ 0.20	0.045	0.045
	Q420C							
	Q420D							
	Q420E							
5	Q460C	≤0.20	1.00~ 1.70	≤0.55	0.02~ 0.20	0.02~ 0.20	0.035	0.035
	Q460D							
	Q460E							

表 A. 1. 1-4 低合金钢的力学性能

序号	牌号	钢材板厚或 直径(mm)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	屈服强度	伸长率	180°弯曲 试验; d 为弯 心直径, a 为试样	冲击试验	
				$R_{eL}(R_{p0.2})$ (N/mm ²)	A (%)	温度 (℃)	V 形冲击 吸收能量 KV ₂ (J)	
				不小于			厚度	不小于
1	Q295B	≤16	390~570	295	23	$d=2a$	20	34
		>16~25	390~570	275	23	$d=3a$		
		>25~36	390~570	275	23	$d=3a$		
		>36~50	390~570	255	23	$d=3a$		
		>50~100	390~570	235	23	$d=3a$		

续表 A.1.1-4

序号	牌号	钢板厚度或 直径(mm)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	屈服强度 $R_{eL}(R_{p0.2})$ (N/mm ²)	伸长率 A (%)	180°弯曲 试验; d 为弯 心直径, a 为试样	冲击试验	
				不小于	厚度	温度 (°C)	V形冲击 吸收能量 KV ₂ (J)	
2	Q345B	≤16	510~660	345	22	$d=2a$	20	34
	Q345C	>16~25	490~640	325	21	$d=3a$	0	34
	Q345D	>25~36	470~620	315	21	$d=3a$	-20	34
	Q345E	>36~50	470~620	295	21	$d=3a$	-40	27
		>50~100	470~620	275	20	$d=3a$		
3	Q390B	≤16	490~650	390	20	$d=2a$	20	34
	Q390C	>16~25	490~650	370	20	$d=3a$	0	34
	Q390D	>25~36	490~650	370	20	$d=3a$	-20	34
	Q390E	>36~50	490~650	350	20	$d=3a$	-40	27
		>50~100	490~650	330	20	$d=3a$		
4	Q420B	≤16	520~680	420	19	$d=2a$	20	34
	Q420C	>16~25	520~680	400	19	$d=3a$	0	34
	Q420D	>25~36	520~680	400	19	$d=3a$	-20	34
	Q420E	>36~50	520~680	380	19	$d=3a$	-40	27
		>50~100	520~680	360	19	$d=3a$		
5	Q460C	≤16	550~720	460	17	$d=2a$	0	34
	Q460D	>16~25	550~720	440	17	$d=3a$	-20	34
	Q460E	>25~36	550~720	440	17	$d=3a$	-40	27
		>36~50	550~720	420	17	$d=3a$		
		>50~100	550~720	400	17	$d=3a$		

注:1 根据需方要求,并在合同中注明,钢材应进行 20℃夏比冲击试验,冲击吸收能量应符合表的规定。

- 2 根据需方要求,并经双方协议,钢材可进行 0℃、-20℃、-40℃夏比冲击试验,横向试样冲击吸收能量应符合表中规定。当进行 -20℃或 -40℃冲击试验时钢中硫、磷含量各不大于 0.035%,并应为细晶粒钢。
- 3 夏比冲击试验,按一组 3 个试样算术平均值计算。允许其中 1 个试样单值低于规定值,但不得低于规定值的 70%。
- 4 进行拉伸和冷弯试验时,钢板应取横向试样。
- 5 钢材一般以热轧状态交货。根据需方要求,经供需双方协议,也可按控轧控冷(TMCP)、正火、正火+回火或调质状态交货。
- 6 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

A. 1. 1A 低碳钢的化学成分应符合表 A. 1. 1A-1 的规定,力学性能应符合表 A. 1. 1A-2 的规定。低合金钢和高强钢的化学成分应符合表 A. 1. 1A-3~表 A. 1. 1A-5 的规定,焊接裂纹敏感性指数应符合表 A. 1. 1A-6 的规定,力学性能应符合表 A. 1. 1A-7~表 A. 1. 1A-12 的规定。

表 A. 1. 1A-1 低碳钢的化学成分

牌号		厚度 (mm)	化学成分(%)				
钢级	质量 等级		C	Mn	Si	P	S
			不大于				
Q235	A	—	0.22	1.4	0.35	0.045	0.050
	B		0.20			0.045	0.045
	C		0.17			0.040	0.040
	D					0.035	0.035
Q275	A	—	0.24	1.5	0.35	0.045	0.050
	B	不大于 40	0.21			0.045	0.045
		大于 40	0.22				
	C	—	0.20			0.040	0.040
	D					0.035	0.035

注:1 牌号表示方法:钢的牌号由代表屈服强度的字母、屈服强度数值和质量等级的符号等三个部分按顺序组成。

2 符号:Q为钢材屈服强度的“屈”字汉语拼音的首位字母。A、B、C、D 分别为质量等级的符号。

表 A.1.1A-2 低碳钢的力学性能

牌号		拉伸试验					冲击试验		冷弯试验 $B=2a, 180^{\circ}$			
		屈服强度 R_{eL} (N/mm ²)		抗拉强度 R_m (N/mm ²)	断后伸长率 A (%)		V 形冲击吸收能量 KV_2 (J)	试样方向	钢板厚度 (mm)			
钢级	质量等级	钢板厚度 (mm)			不小于	钢板厚度 (mm)			温度 (°C)	弯心直径 d	a	$2a$
		≤ 16	$>16 \sim 40$	$>40 \sim 60$			$>60 \sim 100$					
Q235	A	235	225	215	215	370~500	26	25	24	纵	1.5a	2.5a
	B											
	C											
	D											
Q275	A									纵	1.5a	2.5a
	B	275	265	255	245	410~540	22	21	20			
	C											
	D											

注:1 冷弯试验中 B 为宽度, a 为板厚。

2 进行拉伸和弯曲试验等,钢板应取横向试样。

3 夏比冲击吸收能量值按一组 3 个试样单值的算术平均值计算。允许其中 1 个试样单值低于规定值,但不得低于规定值的 70%。

4 钢材一般以热轧状态交货,根据需方要求,经双方协议,也可用热轧机械轧制即控制冷 (M、TMCP) 态、正火状态 (N) 或调质状态交货,但 A 级钢除外。

5 其他技术要求应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

表 A.1.1A-3 热轧钢的牌号及化学成分

牌号		化学成分(质量分数,%)															
钢级	质量等级	C ^①	Si	Mn	P ^②	S ^③	Nb ^④	V ^⑤	Ti ^⑥	Cr	Ni	Cu	Mo	N ^⑧	B		
		以下公称厚度 或直径(mm)	不大于														
		≤40 ^⑦															
		不大于															
Q355	B	0.24	0.550	1.600	0.035	0.035	—	—	—	0.300	0.300	0.400	—	0.012	—		
	C	0.200			0.220	0.030								0.030		—	
	D	0.200			0.220	0.025								0.025		—	
Q390	B	0.200	0.550	1.700	0.035	0.035	0.050	0.130	0.050	0.300	0.500	0.400	0.100	0.015	—		
	C				0.030	0.030								0.030		0.030	—
	D				0.025	0.025								—			
Q420 ^⑦	B	0.200	0.550	1.700	0.035	0.035	0.035	0.130	0.050	0.300	0.800	0.400	0.200	0.015	—		
	C				0.030	0.030								—			
Q460 ^⑦	C	0.200	0.550	1.800	0.030	0.030	0.050	0.130	0.050	0.300	0.800	0.400	0.200	0.015	0.004		

注:其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

①当公称厚度大于 100mm 的型钢时,碳含量可由供需双方协商确定。

②当公称厚度大于 30mm 的钢材时,碳含量不应大于 0.22%。

③对于型钢和棒材,其磷和硫含量上限值可提高 0.005%。

④Q390、Q420 最高可到 0.07%,Q460 最高可到 0.11%。

⑤最高可到 0.20%。

⑥当钢中酸溶铝 Al_s 含量不小于 0.015%或全铝 Al_t 含量不小于 0.020%,或添加了其他固氮合金元素时,氮元素含量不做限制,固氮元素应在质量证明书中注明。

⑦仅适用于型钢和棒材。

表 A. 1. 1A-4 正火、正火轧制钢的牌号及化学成分

牌号		化学成分(质量分数,%)													
钢级	质量等级	C	Si	Mn	P ^①	S ^{①②}	Nb	V	Ti ^③	Cr	Ni	Cu	Mo	N	Als ^④
		不大于	不大于												
Q355N	B				0.035	0.035									
	C	0.20			0.030	0.030									
	D		0.50	0.90~ 1.65	0.030	0.025	0.005~ 0.05	0.01~ 0.12	0.006~ 0.05	0.30	0.50	0.40	0.10	0.015	0.015
	E	0.18			0.025	0.020									
	F	0.16			0.020	0.010									
Q390N	B				0.035	0.035									
	C			0.90~ 1.70	0.030	0.030	0.01~ 0.05	0.01~ 0.20	0.006~ 0.05	0.30	0.50	0.40	0.10	0.015	0.015
	D	0.20	0.50		0.030	0.025									
	E				0.025	0.020									
Q420N	B				0.035	0.035									
	C			1.00~ 1.70	0.030	0.030	0.01~ 0.05	0.01~ 0.20	0.006~ 0.05	0.30	0.80	0.40	0.10	0.015	0.015
	D	0.20	0.60		0.030	0.025									
	E				0.025	0.020								0.025	

续表 A.1.1A-4

牌号		化学成分(质量分数,%)													
钢级	质量等级	C	Si	Mn	P ^①	S ^①	Nb	V	Ti ^③	Cr	Ni	Cu	Mo	N	Als ^④
		不大于			不大于					不大于					
Q460N ^②	C			1.00~	0.030	0.030	0.01~	0.01~	0.006~					0.015	
	D	0.20	0.60	1.70	0.030	0.025	0.05	0.20	0.05	0.30	0.80	0.40	0.10		0.015
	E				0.025	0.020								0.025	

注:1 钢中应至少含有铝、钼、钒、钛等细化晶粒元素中一种,单独或组合加入时,应保证其中至少一种合金元素含量不小于表中规定含量的下限。

2 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

①对于型钢和棒材,磷和硫含量上限值可提高 0.005%。

②V+Nb+Ti≤0.22%, Mo+Cr≤0.30%。

③最高可到 0.20%。

④可用全铝 Al₂O₃ 替代,此时全铝最小含量为 0.020%。当钢中添加了钼、钒、钛等细化晶粒元素且含量不小于表中规定含量的下限时,铝含量下限值不限。

表 A. 1. 1A-5 热机械轧制 (M, TMCP) 钢的牌号及化学成分

牌 号		化学成分(质量分数,%)														
钢 级	质量等级	C	Si	Mn	P ^①	S ^①	Nb	V	Ti ^②	Cr	Ni	Cu	Mo	N	B	Als ^③
		不大于														
Q355M	B				0.035	0.035										
	C				0.030	0.030										
	D	0.14 ^④	0.50	1.60	0.030	0.025	0.01~0.05	0.01~0.10	0.006~0.05	0.30	0.50	0.40	0.10	0.015	—	0.015
	E				0.025	0.020										
	F				0.020	0.010										
Q390M	B				0.035	0.035										
	C	0.15 ^④	0.50	1.70	0.030	0.030	0.01~0.05	0.01~0.12	0.006~0.05	0.30	0.50	0.40	0.10	0.015	—	0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q420M	B				0.035	0.035										
	C	0.16 ^④	0.50	1.70	0.030	0.030	0.01~0.05	0.01~0.12	0.006~0.05	0.30	0.80	0.40	0.20	0.015	—	0.015
	D				0.030	0.025								0.015		
	E				0.025	0.020								0.025		

续表 A.1.1A-5

牌号		化学成分(质量分数,%)														
钢级	质量等级	C	Si	Mn	P ^①	S ^②	Nb	V	Ti ^③	Cr	Ni	Cu	Mo	N	B	Als ^④
		不大于														
Q460M	C				0.030	0.030	0.01~0.05	0.01~0.12	0.006~0.05	0.30	0.80			0.015		0.015
	D	0.16 ^⑤	0.60	1.70	0.030	0.025						0.40	0.20	0.025	—	
	E				0.025	0.020										
Q500M	C				0.030	0.030	0.01~0.11	0.01~0.12	0.006~0.05	0.60	0.80	0.55	0.20	0.015	0.004	0.015
	D	0.18	0.60	1.80	0.030	0.025							0.20	0.025		
	E				0.025	0.020										
Q550M	C				0.030	0.030	0.01~0.11	0.01~0.12	0.006~0.05	0.80	0.80	0.80	0.30	0.015	0.004	0.015
	D	0.18	0.60	2.00	0.030	0.025						0.80	0.30	0.025		
	E				0.025	0.020										
Q620M	C				0.030	0.030	0.01~0.11	0.01~0.12	0.006~0.05	1.00	0.80	0.80	0.30	0.015	0.004	0.015
	D	0.18	0.60	2.60	0.030	0.025							0.30	0.025		
	E				0.025	0.020										

续表 A. 1. 1A-5

牌号		化学成分(质量分数,%)														
钢级	质量等级	C	Si	Mn	P ^①	S ^①	Nb	V	Ti ^②	Cr	Ni	Cu	Mo	N	B	Als ^③
		不大于														
Q690M	C				0.030	0.030	0.01~0.006	0.01~0.006	0.05	1.00	0.80	0.80	0.30	0.015	0.004	0.015
	D	0.18	0.60	2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.05	1.00	0.80	0.80	0.30	0.025		
	E				0.025	0.020										

注:1 钢中应至少含有铝、钒、钼、钛等细化晶粒元素中一种,单独或组合加入时,应保证其中至少一种合金元素含量不小于表中规定含量的下限。

2 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

①对于型钢和棒材,磷和硫含量可提高 0.005%。

②最高可到 0.20%。

③可用全铝 Al_{It} 替代,此时全铝最小含量为 0.020%。当钢中添加了钒、钼、钛等细化晶粒元素且含量不小于表中规定含量的下限时,铝含量下限值不限。

④对于型钢和棒材,Q355M、Q390M、Q420M 和 Q460M 的最大碳含量可提高 0.02%。

表 A. 1. 1A-6 热机械轧制(M,TMCP)状态交货钢材的
焊接裂纹敏感性指数

牌 号		焊接裂纹敏感性指数 P_{cm} (质量分数, %) 不大于
钢级	质量等级	
Q355M	E、C、D、E、F	0.20
Q390M	B、C、D、E	0.20
Q420M	B、C、D、E	0.20
Q460M	C、D、E	0.22
Q500M	C、D、E	0.25
Q550M	C、D、E	0.25
Q620M	C、D、E	0.25
Q690M	C、D、E	0.25

注:1 热机械轧制(M,TMCP)状态包含热机械轧制加回火(TMCP+回火)状态。

2 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

表 A.1.1A-7 热轧钢材的拉伸性能

牌号		上屈服强度 $R_{eH}^{\text{③}}$ (N/mm ²) 不小于								抗拉强度 R_m (N/mm ²)				
钢级	质量等级	公称厚度或直径 (mm)												
		≤ 16	$>16 \sim 40$	$>40 \sim 63$	$>63 \sim 80$	$>80 \sim 100$	$>100 \sim 150$	$>150 \sim 200$	$>200 \sim 250$	$>250 \sim 400$	≤ 100	$>100 \sim 150$	$>150 \sim 250$	$>250 \sim 400$
Q355	B、C													
	D	355	345	335	325	315	295	285	275	265 ^②	470~630	450~600	450~600	450~600 ^②
Q390	B、C、D	390	380	360	340	340	320	—	—	—	490~650	470~620	—	—
Q420 ^③	B、C	420	410	390	370	370	350	—	—	—	520~680	500~650	—	—
Q460 ^③	C	460	450	430	410	410	390	—	—	—	550~720	530~700	—	—

注:1 拉伸试验取纵向试样。

2 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

①当屈服不明显时,可用规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替上屈服强度 R_{eH} 。

②只适用于质量等级为 D 的钢板。

③只适用于型钢和棒材。

表 A.1.1A-8 热轧钢材的断后伸长率

牌号		断后伸长率 A(%) 不小于					
钢级	质量等级	公称厚度或直径 (mm)					
		试样方向	≤40	>40~63	>63~100	>100~150	>150~250
Q355	B、C、D	纵向	22	21	20	18	17
		横向	20	19	18	18	17 ^①
Q390	B、C、D	纵向	21	20	20	19	—
		横向	20	19	19	18	—
Q420 ^②	B、C	纵向	20	19	19	19	—
		横向	18	17	17	17	—

注：其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

①只适用于质量等级为 D 的钢板。

②只适用于型钢和棒材。

表 A.1.1A-9 正火、正火轧制钢材的拉伸性能

牌号	屈服强度 R_{eH}^* (N/mm ²) 不小于								抗拉强度 R_m (N/mm ²)		断后伸长率 A(%) 不小于					
钢级	公称厚度或直径 (mm)															
	≤16	>16 ~40	>40 ~63	>63 ~80	>80 ~100	>100 ~150	>150 ~200	>200 ~250	≤100	>100 ~200	>200	≤16	>16 ~40	>40 ~63	>63 ~80	>80 ~200
Q355N B,C,D, E,F	355	345	335	325	315	295	285	275	470~450 630~600	450~ 600~600	450~	22	22	22	21	21
Q390N B,C, D,E	390	380	360	340	340	320	310	300	490~ 650	470~ 620	470~	20	20	20	19	19
Q420N B,C, D,E	420	400	390	370	360	340	330	320	520~ 680	500~ 650	500~	19	19	19	18	18
Q460N C,D,E	460	440	430	410	400	380	370	370	540~ 720	530~ 710	510~	17	17	17	17	16

注:1 正火状态包含正火加回火状态。

2 拉伸试验取横向试样。

3 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

* 当屈服不明显时,可用规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替上屈服强度 R_{eH} 。

表 A.1.1A-10 热机械轧制 (M, TMCP) 钢材的拉伸性能

牌号		上屈服强度 R_{eH} (N/mm ²) 不小于				抗拉强度 R_m (N/mm ²)								断后伸长率 A (%)	
钢级	质量等级	公称厚度或直径 (mm)													
		≤ 16	$>16 \sim 40$	$>40 \sim 63$	$>63 \sim 80$	$>80 \sim 100$	$>100 \sim 120$	≤ 40	$>40 \sim 63$	$>63 \sim 80$	$>80 \sim 100$	$>100 \sim 120$			
Q355M	E、C、D、E、F	355	345	335	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	22
Q390M	B、C、D、E	390	380	360	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	20
Q420M	B、C、D、E	420	400	390	380	370	365	365	365	365	365	365	365	365	19
Q460M	C、D、E	460	440	430	410	400	385	385	385	385	385	385	385	385	17
Q500M	C、D、E	500	490	480	460	450	—	—	—	—	—	—	—	—	17
Q550M	C、D、E	550	540	530	510	500	—	—	—	—	—	—	—	—	16

续表 A. 1. 1A-10

牌号		上屈服强度 R_{eH} (N/mm ²) 不小于						抗拉强度 R_m (N/mm ²)						断后伸长率 A (%) 不小于
钢级	质量等级	公称厚度或直径 (mm)												
		≤ 16	$>16 \sim 40$	$>40 \sim 63$	$>63 \sim 80$	$>80 \sim 100$	$>100 \sim 120^{①}$	≤ 40	$>40 \sim 63$	$63 \sim 80$	$>80 \sim 100$	$>100 \sim 120^{②}$		
Q620M	C、D、E	620	610	600	580	—	710 880	690 880	670 860	—	—	—	15	
Q690M	C、D、E	690	680	670	650	—	770 940	750 920	730 900	—	—	—	14	

注：1 热机械轧制 (M, TMCP) 状态包含热机械轧制加回火 (TMCP + 回火) 状态。

2 拉伸试验取横向试样。

3 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

① 当屈服不明显时，可用规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替上屈服强度 R_{eH} 。

② 对于型钢和棒材，厚度或直径不应大于 150mm。

表 A.1.1A-11 夏比(V形缺口)冲击试验的温度和冲击吸收能量

牌号		以下试验温度的冲击吸收能量最小值 $KV_2(J)$									
钢级	质量等级	20℃		0℃		-20℃		-40℃		-60℃	
		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
Q355、Q390、Q420	B	34	27	—	—	—	—	—	—	—	—
Q355、Q390、Q420、Q460	C	—	—	34	27	—	—	—	—	—	—
Q355、Q390	D	—	—	—	—	34 ^①	27 ^①	—	—	—	—
Q355N、Q390N、Q420N	B	34	27	—	—	—	—	—	—	—	—
Q355N、Q390N、Q420N、Q460N	C	—	—	34	27	—	—	—	—	—	—
	D	55	31	47	27	40 ^②	20	—	—	—	—
	E	63	40	55	34	47	27	31 ^③	20 ^③	—	—
Q355N	F	63	40	55	34	47	27	31	20	27	16
Q355M、Q390M、Q420M	B	34	27	—	—	—	—	—	—	—	—
Q355M、Q390M、Q420M、Q460M	C	—	—	34	27	—	—	—	—	—	—
	D	55	31	47	27	40 ^②	20	—	—	—	—
	E	63	40	55	34	47	27	31 ^③	20 ^③	—	—
Q355M	F	63	40	55	34	47	27	31	20	27	16

续表 A. 1. 1A-11

牌 号		以下试验温度的冲击吸收能量最小值 KV ₂ (J)									
钢 级	质量等级	20℃		0℃		-20℃		-40℃		-60℃	
		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
Q500M、Q550M、 Q620M、Q690M	C	—	—	55	34	—	—	—	—	—	—
	D	—	—	—	—	47 ^②	27	—	—	—	—
	E	—	—	—	—	—	—	31 ^③	20 ^③	—	—

注:1 当钢材不足以制取标准试样(10×10×55)mm时,应采用(10×7.5×55)mm或(10×5×55)mm小尺寸试样,冲击吸收能量分别不应小于表中规定值的75%或50%,应采用较大尺寸试样。

2 当需方未指定试验温度时,正火、正火轧制和热机械轧制的C、D、E、F级钢材应分别做0℃、-20℃、-40℃、-60℃冲击试验。

3 冲击试验取纵向试样。经供需双方协商,也可取横向试样。

4 其他技术要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591的有关规定。

①仅适用于厚度小于250mm的Q355D钢板。

②当需方指定,D级钢可做-30℃冲击试验时,冲击吸收能量纵向不应小于27J。

③当需方指定,E级钢可做-50℃冲击试验时,冲击吸收能量纵向不应小于27J、横向不应小于16J。

表 A. 1. 1A-12 弯曲试验

试样方向	180°弯曲试验	
	公称厚度或直径(mm)	
	≤16	>16~100
对于公称宽度不小于600mm的钢板及钢带,弯曲试验取横向试样;其他钢材的弯曲试验取纵向试样	$D=2a$	$D=3a$

注:D为弯曲压头直径;a为试样厚度或直径。

A. 1. 2 压力容器用低碳钢和低合金钢厚钢板的化学成分和力

学性能应符合表 A. 1. 2-1、表 A. 1. 2-2 的规定。

表 A.1.2-1 压力容器用低碳钢和低合金钢的化学成分

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	其他	P	S
1	Q245R	≦0.20	≦0.35	0.50~1.00	—	—	—	—	Alt≧0.020	0.025	0.035
2	Q345R	≦0.20	≦0.55	1.20~1.60	—	—	—	—	Alt≧0.020	0.025	0.015
3	Q370R	≦0.18	≦0.55	1.20~1.60	—	—	—	0.015~0.050	—	0.025	0.015
4	18MnMnNbR	≦0.22	0.15~0.50	1.20~1.60	—	—	0.45~0.65	0.025~0.050	—	0.020	0.015
5	13MnNiMoR	≦0.15	0.15~0.50	1.20~1.60	0.20~0.40	0.60~1.00	0.20~0.40	0.005~0.020	—	0.020	0.010
6	15CrMoR	0.12~0.18	0.15~0.40	0.40~0.70	0.80~1.20	—	0.45~0.60	—	—	0.025	0.010
7	14Cr1MoR	0.05~0.17	0.50~0.80	0.40~0.65	1.15~1.50	—	0.45~0.65	—	—	0.020	0.010
8	12Cr2Mo1R	0.05~0.15	≦0.50	0.30~0.60	2.00~2.50	—	0.90~1.10	—	—	0.020	0.010
9	12Cr1MoVR	0.08~0.15	0.15~0.40	0.40~0.70	0.90~1.20	—	0.25~0.35	—	V0.15~0.30	0.025	0.010

注:1 如果钢中加入 Nb、Ti、V 等微量元素,Al 含量的下限不适用。

2 经供需双方协议,并在合同中注明 C 含量下限可不作要求。

3 厚度大于 60mm 的钢板, Mn 含量上限可至 1.20%。

4 其他技术要求应符合现行国家标准《锅炉和压力容器用钢板》GB 713 的有关规定。

表 A.1.2-2 压力容器用低碳钢和合金钢的力学性能

序号	牌号	交货状态	钢板厚度 或直径 (mm)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	屈服强度 R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	伸长率 A (%)		温度 (℃)	V 形冲击 吸收能量 KV_2 (横向)(J)	冷弯试验 $B=2a$ 180°
						不小于			不小于	
1	Q245R	热轧、 控轧 或正火	3~16	400~520	245	25	0	31	$d=1.5a$	
			>16~36		235					
			>36~60		225					
			>60~100	390~510	205	24	$d=2a$			
			>100~150	380~500	185					
			3~16	510~640	345	21		$d=2a$		
>16~36	500~630	325								
>36~60	490~620	315	0	34	$d=3a$					
>60~100	490~620	305								
>100~150	480~610	285								
2	Q345R		>150~200	470~600	265	20				

续表 A.1.2-2

序号	牌号	交货状态	钢板厚度 或直径 (mm)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	屈服强度 R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm^2)		伸长率 A (%)	温度 ($^{\circ}C$)	V 形冲击 吸收能量 KV_2 (横向)(J)		冷弯试验 $B=2a$ 180°
					不小于				不小于		
3	Q370R	正火	10~16	530~630	370	20	-20	34		$d=2a$	
			>16~36		360						$d=3a$
			>36~60		340						
4	18MnMoNbR	正火 加回火	30~60	570~720	400	17	0	41		$d=3a$	
			>60~100		390						
			30~100		390						18
>100~150	380										
5	13MnNiMoNbR	正火 加回火	6~60	450~590	295	19	20	31		$d=3a$	
			>60~100		275						
			>100~150		255						
6	15CrMoR	正火 加回火	6~100	520~680	310	19	20	34		$d=3a$	
			>100~150		300						
			>100~150		300						
7	14Cr1MoR										

续表 A.1.2-2

序号	牌号	交货状态	钢材板厚 或直径 (mm)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	屈服强度 $R_{eL}(R_{p0.2})$ (N/mm ²)	伸长率 A (%)		温度 (℃)	V 形冲击 吸收能量 KV_2 (横向)(J)	冷弯试验 $B=2a$ 180°
						不小于				
8	12Cr2Mo1R		6~100	520~680	310	19		20	34	$d=3a$
			6~60	440~590	245	19		20	34	$d=3a$
9	12Cr1MoVR		>60~100	430~580	235					

注:1 根据需方要求,经供需双方协议,Q245R、Q345R和13MnNiMoNbR可进行-20℃的V形冲击试验,其冲击吸收能量不小于表中规定。

2 常温夏比V形冲击吸收能量,按3个试样的算术平均值计算,允许其中1个试样比规定值低。但不得低于规定值的70%。

3 钢板尺寸应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709的有关规定。

4 根据需方要求,钢板可进行超声波检测。超声波检测方法和保证级别由供需双方协商,并在合同中注明。

5 根据需方要求,厚度大于16mm的钢板可逐张检测。

• **A.1.2A 压力容器用低碳钢和低合金钢厚钢板的化学成分和力学性能应符合表 A.1.2A-1、表 A.1.2A-2 的规定。**

表 A.1.2A-1 压力容器用低碳钢和低合金钢的化学成分

序号	牌号	化学成分(%)													
		C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Alt	P	S	其他
1	Q245R	≤0.20	≤0.35	0.50~ 1.00	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.08	≤0.050	≤0.050	≤0.030	—	0.025	0.010	
2	Q345R	≤0.20	≤0.55	1.20~ 1.70	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.08	≤0.050	≤0.050	0.030	—	0.025	0.010	Cu+Ni+ Cr+Mo ≤0.70
3	Q370R	≤0.18	≤0.55	1.20~ 1.70	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.08	0.015~ 0.050	≤0.100	≤0.030	—	0.020	0.010	
4	Q420R	≤0.20	≤0.55	1.20~ 1.60	≤0.30	0.20~ 0.50	≤0.30	≤0.08	0.015~ 0.050	≤0.050	≤0.030	—	0.020	0.010	Nb+V+ Ti≤0.22,
5	Q460R	≤0.20	≤0.60	1.30~ 1.70	≤0.20	0.20~ 0.80	≤0.30	≤0.10	≤0.050	0.10~ 0.20	≤0.030	≤0.035	0.020	0.010	Cu+Cr+ Mo≤0.45

注:1 经供需双方协议,并在合同中注明 C 含量下限可不做要求。

2 未注明的不做要求。

3 厚度大于 60mm 的 Q345R 和 Q370R 钢板,C 含量上限可分别提高至 0.22% 和 0.20% Mn;厚度大于 60mm 的 Q245R 钢板,Mn 含量上限可提高至 1.20%。

4 其他技术要求应符合现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第 2 部分:规定温度性能的非合金钢和合金钢》GB/T 713.2 的有关规定。

表 A.1.2A-2 压力容器用低碳钢和低合金钢的力学性能

序号	牌号	交货状态	钢材板厚或 直径(mm)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	屈服强度	断后伸长率	温度 (℃)	V形冲击吸 收能量 KV_2 (横向)(J)	冷弯试验 $B=2a$ 180°	
					R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	A (%)				
1	Q245R	热轧、正火 轧制或正火	3~16	400~520	245	不小于	0	34	$d=1.5a$	
			>16~36		235					
			>36~60		225					
			>60~100	390~510	205				24	$d=2a$
			>100~150		185					
			>150~250		175					
2	Q345R	热轧、正火 轧制、正火或 正火加回火	3~16	510~640	345	21	0	41	$d=2a$	
			>16~36	500~630	325					
			>36~60	490~620	315					$d=3a$

续表 A.1.2A-2

序号	牌号	交货状态	钢板厚度或 直径(mm)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	屈服强度 R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	断后伸长率 A (%)	温度 (℃)	V形冲击吸 收能量KV ₂ (横向)(J)	冷弯试验 B=2a 180°
2	Q345R	热轧、正火或 轧制、正火或 正火加回火	>60~100	490~620	305	20	0	不小于	$d=3a$
			>100~150	480~610	285				
			>150~250	470~600	265				
3	Q370R	正火或正 火加回火	6~16	530~630	370	20	-20	47	$d=2a$
			>16~36	530~630	360				
			>36~60	520~620	340				
4	Q420R	正火或正 火加回火	>60~100	510~610	330	18	-20	60	$d=3a$
			6~20	590~720	420				
			>20~30	570~700	400				
5	Q460R		6~20	630~750	460	17	-20	60	$d=3a$
			>20~30	610~730	440				

注:1 d 为弯曲压头直径, B 为试样宽度, a 为试样厚度。

2 拉伸试验、冷弯试验、冲击试验均取纵向试样。

3 根据需方要求,经供需双方协议, Q245R、Q345R 可进行 -20°C 的 V 形冲击试验,其冲击吸收能量不小于表中规定。

4 常温夏比 V 形冲击吸收能量,按 3 个试样的算术平均值计算,允许其中 1 个试样比规定值低,但不得低于规定值的 70%。

5 钢板尺寸应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709 的有关规定。

6 根据需方要求,钢板可进行超声波检测。超声波检测方法和保证级别由供需双方协商,并在合同中注明。

7 根据需方要求,厚度大于 16mm 的钢板可逐张检测。

8 其他技术要求应符合现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第2部分:规定温度性能的非合金钢和合金钢》GB/T 713.2 的有关规定。

A. 1.3 (此条删除)

A. 1.3A 标准抗拉强度(R_m)下限值大于或等于 610N/mm^2 高强度钢板性能,应符合下列规定:

1 钢板的化学成分应符合表 A. 1.3A-1 和表 A. 1.3A-2 的规定。

2 钢板可根据需方要求,逐张进行力学性能和冷弯性能试验,其结果应符合表 A. 1.3A-3 和表

A. 1.3A-4 的规定。

表 A.1.3-1 抗拉强度 (R_m) 大于或等于 610N/mm² 级容器用高强度化学成分

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
1	B610CF										
	ADB610D										
	SG610CFD										
	WDB620										
	CF62										
	WDL610D	≤0.09	0.15~0.40	1.00~1.60	≤0.025	≤0.010	≤0.30	≤0.40	≤0.30	0.02~0.08	B≤0.003
	WDL610D2										
2	WSD610C										
	WSD610D										
	07MnCrMoVR										
	B610CFHQL2										
	B610CFHQL4										
	SG610CFE1										
	SG610CFE2	≤0.09	0.15~0.40	1.00~1.60	≤0.025	≤0.010	≤0.30	≤0.50	≤0.30	0.02~0.08	B≤0.003
	WDL610E										
	WSD610E										
	07MnCrNiMoVDR										

续表 A.1.3-1

		化学成分(%)									
序号	牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
3	CF80										
	B780CF										
	SG780CFD										
	WSD790C	≤0.15	0.15~0.40	1.20~1.60	≤0.020	≤0.015	≤0.80	0.40~1.40	≤0.55	0.02~0.08	B≤0.003
	WSD790D										
	WSD790E										
4	SG960CFD										
	B960CF										
	WSD1000C										
	WSD1000D	≤0.20	0.15~0.40	1.20~1.60	≤0.020	≤0.015	≤1.00	0.40~1.60	≤0.60	0.02~0.08	
	WSD1000E										

注:1 使用温度低于 -20°C 的钢板,含Ni量下限为 0.20% 。

2 冷裂敏感指数 $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B(\%)$ 。

3 其他技术要求应符合现行国家标准《压力容器用调质高强度钢板》GB 19189 的有关规定。

表 A. 1.3-2 抗拉强度(R_m)大于或等于 610N/mm^2 级容器用高强钢力学性能

序号	牌号	交货状态	取样方向及部位	拉伸试验			冲击试验		冷弯试验 180°
				R_m (N/mm^2)	R_{dL} ($R_{p0.2}$) (N/mm^2)	A (%)	试验温度 ($^\circ\text{C}$)	V形冲击吸收能量 KV_2 (J)	
								平均值	单个值
1	B610CF	TMCP+ 回火或 调质	横向, 1/4 厚度处	$610 \sim 730$	≥ 490	≥ 17	0	≥ 47	—
	ADB610D								
	SG610CFD						10	≥ 47	
	WDB620						-20	≥ 47	
	CF62								
	WDL610D								
	WDL610D2								
	WSD610C								
	WSD610D								
	07MnCrMoVR								

续表 A.1.3-2

序号	牌号	交货状态	取样方向及部位	拉伸试验		冲击试验 V形冲击吸收能量 KV ₂ (J)	冷弯试验 180°
				R _m (N/mm ²)	R _{el} (R _{p0.2}) (N/mm ²)	A (%)	
2	B610CFHQL2	TMCP+ 回火或 调质	纵向， 1/4 厚度处	610~730	≥490	≥17	—
	B610CFHQL4						
	SG610CFE1						
	SG610CFE2						
3	WDL610E	TMCP+ 回火或 调质	纵向， 1/4 厚度处	785~930	≥685	≥15	—
	WSD610E						
	07MnNiCrMoVDR						
	CF80						
4	B780CF	TMCP+ 回火或 调质	纵向， 1/4 厚度处	930~1130	≥790	≥12	—
	SG780CFD						
	WSD790C						
	WSD790D						
5	SG960CFD	TMCP+ 回火或 调质	纵向， 1/4 厚度处	1080~1280	≥980	≥14	—
	B960CF						
	WSD1000C						
	WSD1000D						
6	WSD1000E	TMCP+ 回火或 调质	纵向， 1/4 厚度处	1180~1380	≥1080	≥14	—
	SG1000CFD						
	WSD1000D						
	WSD1000E						

表 A.1.3-3 部分焊接容器用高强度化学成分

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
1	14MnMoVN	0.14	0.30	1.41	0.012	0.025	—	—	0.47	0.13	N0.015
2	14MnMoNbB	0.12~0.18	0.15~0.35	1.30~1.80	≤0.030	≤0.030	—	—	0.45~0.70	—	Nb~0.04 B~0.001
3	15MnMoVNRE	≤0.18	≤0.60	≤1.70	≤0.035	≤0.030	—	—	0.35~0.60	0.03~0.08	RE0.10~0.20
4	HQ60	0.09~0.16	0.20~0.60	0.90~1.50	≤0.030	≤0.025	≤0.30	0.30~0.60	0.08~0.20	0.03~0.08	—
5	HQ70	0.09~0.16	0.15~0.40	0.60~1.20	≤0.030	≤0.030	0.30~0.60	0.30~1.00	0.20~0.40	V+Ni≤0.10	B0.0005~0.0030
6	HQ80C	0.10~0.16	0.15~0.35	0.60~1.20	≤0.025	≤0.015	0.60~1.20	Cu0.15~0.50	0.20~0.40	0.03~0.08	B0.0005~0.0050
7	HQ100	0.10~0.18	0.15~0.35	0.80~1.40	≤0.030	≤0.030	0.40~0.80	0.70~1.50	0.30~0.60	0.03~0.08	—
8	HQ130	0.18	0.29	1.21	0.025	0.006	0.61	0.03	0.28	—	B0.0012
9	12Ni3CrMoV	0.105	0.27	0.45	0.010	0.005	1.04	2.78	0.21	0.08	—
10	10Ni5CrMoV	0.10	0.20	0.50	0.010	0.005	0.50	4.50	0.50	0.07	—

注:1 使用温度低于-20℃的钢板,含Ni量下限为0.20%。

2 冷裂敏感指数 $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B(\%)$ 。

表 A. 1. 3-4 部分焊接容器用高强钢力学性能

序号	牌号	交货状态	拉伸试验			冲击试验	
			R_m (N/mm ²)	R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	A (%)	试验温度 (°C)	V形冲击 吸收能量 KV ₂ (J)
1	14MnMoVN	控轧 (TMCP) +回火 或调质	≥690	≥590	≥15	-40	≥27
2	14MnMoNbB		≥755	≥686	≥14	-40	≥31
3	15MnMoVNRE		—	≥666	—	-40	≥27
4	HQ60		≥590	≥450	≥16	-10 -40	≥47 ≥29
5	HQ70		≥680	≥590	≥17	-10 -40	≥39 ≥29
6	HQ80C		≥785	≥685	≥16	-10 -40	≥47 ≥29
7	HQ100		≥950	≥880	≥10	-25	≥27
8	HQ130		1370	1313	10	20	≥64
9	12Ni3CrMoV		745~870	688~799	≥17	-25 -84	≥41 ≥16
10	10Ni5CrMoV		925~945	825~840	≥21	-20	195~240

注:1 HQ60、HQ70、HQ80C的热处理条件是:920℃淬火+680℃回火。

2 HQ100、HQ130的热处理条件分别是:920℃淬火+620℃回火(回火索氏体)、920℃淬火+250℃回火(回火板条马氏体)。

3 高强度高韧性钢 12Ni3CrMoV的热处理制度可任选:910℃正火、910℃正火+660℃回火、910℃水淬+660℃回火、910℃水淬+690℃回火。

4 在弯芯直径 $D=3a$ (a 为钢板厚度)时,均要求冷弯 180°后试样完好。

A. 1. 3A 标准抗拉强度(R_m)下限值大于或等于 610N/mm² 高强度钢板性能,应符合下列规定:

1 钢板的化学成分应符合表 A. 1. 3A-1 和表 A. 1. 3A-2 的规定。

2 钢板可根据需方要求,逐张进行力学性能和冷弯性能试验,其结果应符合表 A. 1. 3A-3 和表 A. 1. 3A-4 的规定。

表 A.1.3A-1 抗拉强度(R_m)大于或等于 610N/mm² 容器用高强度化学成分

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
1	Q490S										
	Q490R										
	Q490DRL1										
	Q490DRL2										
	B610CF										
	ADB610D										
	SG610CFD										
	N610CF	≤0.09	0.15~ 0.40	1.00~ 1.60	≤0.025	≤0.010	≤0.30	≤0.40	≤0.30	0.02~ 0.08	B≤0.003
	XC610CF										
	WDB620										
	WDL610D										
	WDL610D2										
	WSD610C										
	WSD610D										

续表 A.1.3A-1

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
2	B610CFHQL2										
	B610CFHQL4										
	SG610CFE1	≤0.09	0.15~ 0.40	1.00~ 1.60	≤0.025	≤0.010	≤0.30	≤0.50	≤0.30	0.02~ 0.08	B≤0.003
	SG610CFE2										
	WDL610E										
	WSD610E										
3	Q690S										
	Q690R										
	Q690DR										
	SG780CFD										
	B780CF										
	ADB790	≤0.15	0.15~ 0.40	1.20~ 1.60	≤0.020	≤0.015	≤0.80	0.40~ 1.40	≤0.55	0.02~ 0.08	B≤0.003
	N800CF										
	XC780CF										
	WSD790C										
	WSD790D										
	WSD790E										

续表 A.1.3A-1

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
4	Q960										
	SG950CFD										
	B950CF										
	ADB950										
	N980CF	0.15~	1.20~					0.40~		0.02~	
	XC950CF	≤0.20	0.40	1.60	≤0.020	≤0.015	≤1.00	1.60	≤0.60	0.08	
	WQ960										
	WSD1000C										
	WSD1000D										
	WSD1000E										

- 注:1 使用温度低于-20℃的钢板,含Ni量下限为0.20%。
- 2 冷裂敏感指数 $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B(\%)$ 。
- 3 其他技术要求应符合现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第6部分:调质高强度钢》GB/T 713.6的有关规定。

表 A.1.3A-2 抗拉强度(R_m)大于或等于 610N/mm² 容器用高强度钢力学性能

序号	牌号	交货状态	取样方向 及部位	拉伸试验			冲击试验		冷弯 试验 180°
				R_m (N/mm ²)	R_{el} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	A (%)	试验温度 (℃)	V 形冲击吸收 能量 KV ₂ (J)	
								平均值	单个值
1	Q490S						0		
	Q490R						-10		
	Q490DRL1								
	Q490DRL2								
	B610CF								
	ADB610D								
	SG610CFD								
	N610CF			610	≥490	≥17		≥47	—
	XC610CF			~730			-20		
	WDB620								
	WDL610D								
	WDL610D2								
	WSD610C								
	WSD610D								
		TMCP+ 回火或调质	横向、 1/4 厚度处						$d = 3a$

续表 A.1.3A-2

序号	牌号	交货状态	取样方向 及部位	拉伸试验			冲击试验			冷弯 试验 180°	
				R_m (N/mm ²)	R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	A (%)	试验温度 (℃)	V形冲击吸收 能量 KV ₂ (J)			
								平均值	单个值		
2	B610CFHQL2 B610CFHQL4 SG610CFE1 SG610CFE2 WDL610E WSD610E			610 ~730	≥ 490 ≥ 17		-20	≥ 47	—	$d=3a$	
							-40				
3	Q690S Q690R Q690DR SG780CFD B780CF ADB790 N800CF XC780CF WSD790C WSD790D	TMCP+ 回火或调质	横向、 1/4 厚度处	785~ 930	≥ 685 ≥ 15		0	≥ 55	—	$d=3a$	
							-20				≥ 47
							-40				

续表 A.1.3A-2

序号	牌号	交货状态	取样方向 及部位	拉伸试验			冲击试验		冷弯 试验 180°
				R_m (N/mm ²)	R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	A (%)	试验温度 (°C)	V形冲击吸收 能量 KV ₂ (J)	
								平均值	单个值
4	Q960 SG950CFD B950CF N980CF XC950CF ADB950 WQ960 WSD1000D WSD1000E	TMCP+ 回火或调质	纵向、 1/4 厚度处	930~ 1130	≥790	≥12	-20	≥47	—
							-40	—	

注:1 拉伸试验、冷弯试验、冲击试验均取横向试样。

2 其他技术要求应符合现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第6部分:调质高强度钢》GB/T 713.6的有关规定。

表 A.1.3A-3 部分焊接容器用高强度化学成分

		化学成分(%)										
序号	牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他	
1	14MnMoVN	0.14	0.30	1.41	0.012	0.025	—	—	0.47	0.13	N 0.015	
2	14MnMoNbB	0.12~ 0.18	0.15~ 0.35	1.30~ 1.80	≤0.03 ≤0.03	≤0.03	—	—	0.45~ 0.70	—	Nb~0.04 B~0.001	
3	15MnMoVNRE	≤0.18	≤0.60	≤1.70	≤0.035	≤0.030	—	—	0.35~ 0.60	0.03~ 0.08	RE 0.10~ 0.20	
4	HQ60	0.09~ 0.16	0.20~ 0.60	0.90~ 1.50	≤0.030 ≤0.030	≤0.025	≤0.30	0.30~ 0.60	0.08~ 0.20	0.03~ 0.08	—	
5	HQ70	0.09~ 0.16	0.15~ 0.40	0.60~ 1.20	≤0.030 ≤0.030	≤0.030	0.30~ 0.60	0.30~ 1.00	0.20~ 0.40	V+Nb ≤0.10 0.0030	B 0.0005~ 0.0030	
6	HQ80C	0.10~ 0.16	0.15~ 0.35	0.60~ 1.20	≤0.025	≤0.015	0.60~ 1.20	Cu0.15~ 0.50	0.20~ 0.40	0.03~ 0.08	B 0.0005~ 0.0050	

续表 A.1.3A-3

序号	牌号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	其他
7	HQ100	0.10~	0.15~	0.80~	≤ 0.030	≤ 0.030	0.40~	0.70~	0.30~	0.03~	—
		0.18	0.35	1.40			0.80	1.50	0.60	0.08	
8	HQ130	0.18	0.29	1.21	0.025	0.006	0.61	0.03	0.28	—	B 0.0012

注:1 使用温度低于-20℃的钢板,含 Ni 量下限为 0.20%。

2 冷裂敏感指数 $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B(\%)$ 。

表 A.1.3A-4 部分焊接容器用高强钢力学性能

序号	牌号	交货状态	横向拉伸试验			横向冲击试验	
			R_m (N/mm ²)	R_{eL} ($R_{p0.2}$) (N/mm ²)	A (%)	试验温度 (°C)	V形冲击吸收能量 KV_2 (J)
1	14MnMoVN	控轧(TMCP) + 回火或调质	≥690	≥590	≥15	-40	≥27
2	14MnMoNbB		≥755	≥686	≥14	-40	≥31
3	15MnMoVNRE		—	≥666	—	-40	≥27
4	HQ60		≥590	≥450	≥16	-10	≥47
5	HQ70		≥680	≥590	≥17	-40	≥29
						-10	≥39
6	HQ80C		≥785	≥685	≥16	-40	≥29
						-10	≥47
7	HQ100		≥950	≥880	≥10	-40	≥29
						-25	≥27
8	HQ130		1370	1313	10	-20	≥64

- 注:1 HQ60、HQ70、HQ80C 的热处理条件分别是:920℃ 淬火+680℃ 回火、920℃ 淬火+680℃ 回火、920℃ 淬火+660℃ 回火。
 2 HQ100、HQ130 的热处理条件分别是:920℃ 淬火+620℃ 回火(回火索氏体)、920℃ 淬火+250℃ 回火(回火板条马氏体)。
 3 在弯心直径 $D=3a$ (a 为钢板厚度)时,均要求冷弯 180° 后试样完好。

A.1.4 不锈钢和不锈钢复合钢板性能应符合表 A.1.4-1~表 A.1.4-6 的规定。

表 A.1.4-1 不锈钢的化学成分

牌 号	化学成分(%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
06Cr19Ni10(S30408)	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	8.00~10.50	18.00~20.00
022Cr19Ni10(S30403)	≤0.03	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	8.00~12.00	18.00~20.00
06Cr17Ni12Mo2(S31608)	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00
022Cr17Ni12Mo2(S31603)	≤0.03	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00
022Cr22Ni5Mo3N(S22253)	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.080	≤0.020	4.50~6.50	21.00~23.00
06Cr13Al(S11348)	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	11.50~14.50
06Cr13(S41008)	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	11.50~13.50
12Cr13(S41010)	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	11.50~13.50
20Cr13(S42020)	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	12.00~14.00
04Cr13Ni5Mo(S41595)	≤0.05	≤0.60	0.50~1.00	≤0.030	≤0.030	3.50~5.50	11.50~14.00
							Mo 0.50~1.00

表 A.1.4-2 不锈钢的力学性能

牌 号	热处理 状态	厚 度 (mm)	拉力试验			硬度试验		
			屈服强度 $R_{p0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A(%)	HBW	HRB 或 HRC	HV
06Cr19Ni10(S30408)	经固熔 处理	1.5~80	≥205	≥515	≥40	≤201	HRB≤92	≤210
022Cr19Ni10(S30403)			≥170	≥485	≥40	≤201	HRB≤92	≤210
06Cr17Ni12Mo2(S31608)			≥205	≥515	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
022Cr17Ni12Mo2(S31603)			≥170	≥485	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
022Cr22Ni5Mo3N(S22253)			≥150	≥680	≥25	≤293	HRC≤31	≤260
06Cr13Al(S11348)	经退火 处理	1.5~25	≥170	≥415	≥20	≤179	HRB≤88	≤200
06Cr13(S41008)		—	≥205	≥415	≥20	≤183	HRB≤89	≤200
12Cr13(S41010)		—	≥205	≥450	≥20	≤217	HRB≤96	≤210
20Cr13(S42020)		—	≥225	≥520	≥18	≤223	HRB≤97	≤234
04Cr13Ni5Mo(S41595)		—	≥620	≥795	≥15	≤302	HRC≤32	—

表 A. 1. 4-3 不锈钢复合钢板覆层、基层材料标准

覆层材料		基层材料	
执行 相应标准	《不锈钢冷轧钢板和钢带》 GB/T 3280、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878、《承压设备用不锈钢钢板及钢带》GB/T 24511	执行 相应标准	《碳素结构钢》GB/T 700、《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709、《锅炉和压力容器用钢板》GB 713、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》GB/T 3274、《低温压力容器用低合金钢板》GB 3531
典型钢号	06Cr19Ni10(S30408) 022Cr19Ni10 (S30403) 06Cr17Ni12Mo2(S31608) 022Cr17Ni12Mo2(S31603) 022Cr22Ni5Mo3N(S22253) 06Cr13Al(S11348) 06Cr13(S41008) 04Cr13Ni5Mo(S41595)*	典型钢号	Q235B(Q235C、Q235D) Q345B(Q345C、Q345D) Q390B(Q390C、Q390D) Q245R Q345R Q370R 14Cr1MoR 12Cr2Mo1R 15CrMoR 16MnDR 15MnNiDR

注：* 不得用于水中氯离子含量大于 25mg/L 的水质。

表 A. 1. 4-4 不锈钢复合钢板面积结合率

界面结合级别	类别	结合率(%)	未复合状态
I 级	B I BR I R I	100	不允许有未结合区存在
II 级	B II BR II R II	≥ 99	单个未结合区长度不大于 50mm, 面积不大于 2000mm ²
III 级	B III BR III R III	≥ 95	单个未结合区长度不大于 75mm, 面积不大于 4500mm ²

注:1 不锈钢复合钢板的结合率达不到表中规定,允许对复合缺欠的覆层进行熔焊修补,这种修补应满足以下注 2 要求。

2 按未结合面积与总面积的比率,以及单个未结合面积的大小和个数将复合钢板分为 I 级、II 级和 III 级, I 级复合钢板适用于不允许有未结合区存在的、加工时要求严格的结构件, II 级复合钢板适用于可允许有少量未结合区存在的结构件。III 级复合钢板适用于覆层材料只作为抗腐蚀层来使用的一般结构件。

3 代号 B 为爆炸法、R 为轧制法、BR 为爆炸和轧制。

4 其他应符合现行国家标准《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165 的有关规定。

表 A. 1. 4-5 不锈钢复合钢板力学性能

性能级别	界面抗剪切强度 J_b (N/mm ²)	屈服强度 R_{el} (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A (%)	冲击吸收能量 KV ₂ (J)
I 级 II 级	≥ 210	不应小于基层 钢板标准值	不应小于基层 钢板标准下限值, 且不应大于上限 值加 35N/mm	不应小于 基层钢板 标准值	应符合 基层钢板 的规定
III 级	≥ 200				

注:1 不锈钢复合钢板的屈服强度下限值亦可按下列公式计算:

$$R_{cl} = \frac{t_1 R_{cl1} + t_2 R_{cl2}}{t_1 + t_2} \quad (\text{A. 1. 4-1})$$

式中: R_{cl1} ——覆层钢板的屈服强度下限值(N/mm²);

R_{cl2} ——基层钢板的屈服强度下限值(N/mm²);

t_1 ——覆层钢板的厚度(mm);

t_2 ——基层钢板的厚度(mm)。

2 不锈钢复合钢板的抗拉强度下限值亦可按下列公式计算:

$$R_m = \frac{t_1 R_{m1} + t_2 R_{m2}}{t_1 + t_2} \quad (\text{A. 1. 4-2})$$

式中: R_{m1} ——覆层钢板的抗拉强度下限值(N/mm²);

R_{m2} ——基层钢板的抗拉强度下限(N/mm²);

t_1 ——覆层钢板的厚度(mm);

t_2 ——基层钢板的厚度(mm)。

3 当覆层伸长率标准值小于基层标准值、复合钢板伸长率小于基层,但不小于覆层标准值时,允许割去覆层仅对基层进行拉伸试验,其伸长率不应小于基层标准值。

4 不锈钢复合钢板的覆层不做冲击吸收能量试验。

表 A. 1. 4-6 不锈钢复合钢板弯曲性能

厚度 (mm)	试样宽度 (mm)	弯曲角度 (°)	弯芯直径 d		试验结果	
			内弯	外弯	内弯	外弯
≤ 25	$b = 2a$	180	$a < 20\text{mm}$ 时, $d = 2a$; $a \geq 20\text{mm}$ 时, $d = 3a$		在弯曲部分的外侧不得产生裂纹。复合界面不允许分层	
> 25	$b = 2a$	180	加工基层厚度至 25mm 时, 弯芯直径按基层钢板标准确定			

注: a 为复合钢板厚度。

A. 1. 4A 不锈钢和不锈钢复合钢板性能应符合表 A. 1. 4A-1~表 A. 1. 4A-6 的规定。

表 A.1.4A-1 不锈钢的化学成分

牌号	化学成分(%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
06Cr19Ni10 (S30408)	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	8.00~ 10.50	18.00~ 20.00
022Cr19Ni10 (S30403)	≤0.03	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	8.00~ 12.00	18.00~ 20.00
06Cr17Ni12Mo2 (S31608)	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	10.00~ 14.00	16.00~ 18.00
022Cr17Ni12Mo2 (S31603)	≤0.03	≤0.75	≤2.00	≤0.045	≤0.030	10.00~ 14.00	16.00~ 18.00
022Cr22Ni5Mo3N (S22253)	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.020	4.50~ 6.50	21.00~ 23.00
022Cr23Ni5Mo3N (S22053)	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.020	4.50~ 6.50	22.00~ 23.00
022Cr25Ni7Mo4N (S25073)	≤0.03	≤0.08	≤1.20	≤0.035	≤0.020	6.00~ 8.00	24.00~ 26.00
							Mo2.00~3.00; N≤0.10
							Mo2.00~3.00; N≥0.10
							Mo2.50~3.50; No.08~0.20
							Mo3.00~3.50; No.14~0.20
							Mo3.00~5.00; Cu≥0.50; No.24~0.32

续表 A.1.4A-1

牌号	化学成分(%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
06Cr13Al (S11348)	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	11.50~ 14.50
06Cr13 (S41008)	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	11.50~ 13.50
12Cr13 (S41010)	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	11.50~ 13.50
20Cr13 (S42020)	0.16~ 0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	≤0.60	12.00~ 14.00
04Cr13Ni5Mo (S41595)	≤0.05	≤0.60	0.50~ 1.00	≤0.030	≤0.030	3.50~ 5.50	11.50~ 14.00
							Mo0.50~1.00

注:其他技术要求应符合现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第7部分:不锈钢和耐热钢》GB/T 713.7和《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878的有关规定。

表 A.1.4A-2 不锈钢的力学性能

牌号	热处理 状态	厚度 (mm)	横向拉力试验				硬度试验		
			屈服强度 $R_{p0.2}$ (N/mm ²)	拉力强度 R_m (N/mm ²)	断后伸长率 A (%)	HBW	HRB 或 HRC	HV	
06Cr19Ni10 (S30408)	经固熔处理	1.5~80	≥690	≥590	≥15	≤201	HRB≤92	≤210	
022Cr19Ni10 (S30403)			≥170	≥485	≥40	≤201	HRB≤92	≤210	
06Cr17Ni12Mo2 (S31608)			≥205	≥515	≥40	≤217	HRB≤95	≤220	
022Cr17Ni12Mo2 (S31603)			≥170	≥485	≥40	≤217	HRB≤95	≤220	
022Cr22Ni5Mo3N (S22253)			≥450	≥680	≥25	≤293	HRC≤31	≤260	
022Cr23Ni5Mo3N (S22053)			≥450	≥680	≥25	≤293	HRC≤31	≤260	
022Cr25Ni7Mo4N (S25073)			≥500	≥800	≥15	≤310	HRC≤32	≤290	

续表 A.1.4A-2

牌号	热处理 状态	厚度 (mm)	横向拉力试验			硬度试验		
			屈服强度 $R_{p0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	断后伸长率 A (%)	HBW	HRB 或 HRC	HV
06Cr13Al (S11348)	经退火处理	1.5~25	≥170	≥415	≥20	≤179	HRB≤88	≤200
06Cr13 (S41008)		—	≥205	≥415	≥20	≤183	HRB≤89	≤200
12Cr13 (S41010)		—	≥205	≥450	≥20	≤217	HRB≤96	≤210
20Cr13 (S42020)		—	≥225	≥520	≥18	≤223	HRB≤97	≤234
04Cr13Ni5Mo (S41595)		—	≥620	≥795	≥15	≤302	HRC≤32	—

注：其他技术要求应符合现行国家标准《承压设备用钢板和钢带 第7部分：不锈钢和耐热钢》GB/T 713.7 的有关规定。

表 A. 1. 4A-3 不锈钢复合钢板覆层、基层材料标准

覆层材料		基层材料	
执行 相应 现行 标准	《承压设备用钢板和钢带 第 7 部分: 不锈钢和耐热钢》 GB/T 713. 7、《不锈钢冷轧钢 板和钢带》GB/T 3280、《不锈 钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《不锈钢 牌号及化学 成分》GB/T 20878	执行 相应 现行 标准	《碳素结构钢》GB/T 700、 《热轧钢板和钢带的尺寸、外 形、重量及允许偏差》GB/T 709、《船舶及海洋工程用结构 钢》GB/T 712、《承压设备用钢 板和钢带 第 2 部分: 规定温 度性能的非合金钢和合金钢》 GB/T 713. 2、《承压设备用钢 板和钢带 第 3 部分: 规定低 温性能的低合金钢》GB/T 713. 3、《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591、《碳素结构钢和低 合金结构钢热轧钢板和钢带》 GB/T 3274
典型 钢号	06Cr19Ni10(S30408) 022Cr19Ni10(S30403) 06Cr17Ni12Mo2(S31608) 022Cr17Ni12Mo2(S31603) 022Cr22Ni5Mo3N(S22253) 022Cr23Ni5Mo3N(S22053) 022Cr25Ni7Mo4N(S25073) 06Cr13Al(S11348) 06Cr13(S41008) 04Cr13Ni5Mo(S41595)*	典型 钢号	Q235B(Q235C、Q235D) Q355B(Q355C、Q355D) Q390B(Q390C、Q390D) Q245R Q345R Q370R DH36 EH36 16MnDR 13MnNiDR

注: * 不得用于水中氯离子含量大于 25mg/L 的水质。

表 A. 1. 4A-4 不锈钢复合钢板面积结合率

界面结合级别	类别	结合率(%)	未复合状态
I 级	B I BR I R I	100	不允许有未结合区存在
II 级	B II BR II R II	≥ 99	单个未结合区长度不大于 50mm, 面积不大于 2000mm ²
III 级	B III BR III R III	≥ 95	单个未结合区长度不大于 75mm, 面积不大于 4500mm ²

注:1 不锈钢复合钢板的结合率达不到表中规定,允许对复合缺陷的覆层进行熔焊修补,这种修补应满足以下注 2 要求。

2 按未结合面积与总面积的比率,以及单个未结合面积的大小和个数将复合钢板分为 I 级、II 级和 III 级, I 级复合钢板适用于不允许有未结合区存在的、加工时要求严格的结构件, II 级复合钢板适用于可允许有少量未结合区存在的结构件。III 级复合钢板适用于覆层材料只作为抗腐蚀层来使用的一般结构件。

3 代号 B 为爆炸法、BR 为爆炸和轧制、R 为轧制法。

4 其他应符合现行国家标准《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165 的有关规定。

表 A. 1. 4A-5 不锈钢复合钢板横向取样的力学性能

性能级别	界面抗剪切强度 J_b (N/mm ²)	屈服强度 R_{cl} (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	断后伸长率 A (%)	冲击吸收能量 KV_2 (J)
I 级 II 级	≥ 210	不应小于 基层钢板标准 下限值	不应小于基 层钢板标准下 限值,且不应大 于上 限 值 加 35N/mm ²	不应小 于基层钢 板标准下 限值	应符合 基层钢板 的规定
III 级	≥ 200				

注:1 不锈钢复合钢板的屈服强度下限值亦可按下式计算:

$$R_{el} = \frac{t_1 R_{el1} + t_2 R_{el2}}{t_1 + t_2} \quad (\text{A. 1. 4A-1})$$

式中: R_{el1} ——覆层钢板的屈服强度下限值(N/mm²);

R_{el2} ——基层钢板的屈服强度下限值(N/mm²);

t_1 ——覆层钢板的厚度(mm);

t_2 ——基层钢板的厚度(mm)。

2 不锈钢复合钢板的抗拉强度下限值亦可按下式计算:

$$R_m = \frac{t_1 R_{m1} + t_2 R_{m2}}{t_1 + t_2} \quad (\text{A. 1. 4A-2})$$

式中: R_{m1} ——覆层钢板的抗拉强度下限值(N/mm²);

R_{m2} ——基层钢板的抗拉强度下限(N/mm²);

t_1 ——覆层钢板的厚度(mm);

t_2 ——基层钢板的厚度(mm)。

3 当覆层断后伸长率标准下限值小于基层标准下限值、复合钢板断后伸长率小于基层标准下限值、但不小于覆层标准下限值时,允许剖去覆层仅对基层进行拉伸试验,其断后伸长率不应小于基层标准下限值。

4 不锈钢复合钢板的覆层不做冲击吸收能量试验。

表 A. 1. 4A-6 不锈钢复合钢板横向取样的弯曲性能

厚度 (mm)	试样 宽度 b (mm)	弯曲 角度 (°)	弯心直径 d		试验结果	
			内弯	外弯	内弯	外弯
≤ 25	$b = 2a$	180	$a < 20\text{mm}$ 时, $d = 2a$ $a \geq 20\text{mm}$ 时, $d = 3a$	$a < 20\text{mm}$ 时, $d = 2a$ $a \geq 20\text{mm}$ 时, $d = 3a$	在弯曲部分的外侧不得产生裂纹。 复合界面不允许分层	
> 25	$b = 2a$	180	加工基层厚度至 25mm 时,弯心直径按基层钢板标准确定	加工基层厚度至 25mm 时,弯心直径按基层钢板标准确定		

注: a 为复合钢板厚度。

附录 B 线膨胀量计算和大气露点换算表

B. 0.1 受环境温度影响的钢管伸缩量按下式计算:

$$\Delta L = \alpha \times \Delta T \times L_0 \quad (\text{B. 0. 1})$$

式中: ΔL ——受环境温度影响钢管管壁温度引起的钢管伸缩量 (mm);

α ——钢管线膨胀系数,取 $1.2 \times 10^{-5} [1 \text{ mm}/(\text{m mm} \cdot ^\circ\text{C})]$;

ΔT ——钢管管壁环境温差 ($^\circ\text{C}$), 安装时钢管管壁的温度
的气温减去所处环境钢管管壁的多年平均温度
水温;

L_0 ——钢管管壁多年平均温度水温下的钢管长度 (mm
m), 可用设计图样长度近似代替。

附录C 钢管焊接材料选用

C.0.1 钢管焊接材料的选用应符合表 C.0.1-1、表 C.0.1-2 的规定。

表 C.0.1-1 钢管焊接材料的选用方法之一								
序号	钢种	牌号	焊条电弧焊		埋弧焊			
			焊条牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
1	低碳钢	Q235	CHE422R	E4303		CHW - Si / CHF431	F4A2 - H08A	F6A0 - EL12
		Q245R	J422			CHW - Si / CHF301		
			CHE426R	E4316	E6016			
			TL - 46					
			J426		E6015			
			CHE427R	E4315				
			TL - 427					
			J427					

续表 C.0.1-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊		埋弧焊			
			焊条牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
1	低碳钢	Q295	CHE506R	E5016	E7016	CHW - S1/CHF431	F4A2 - H08A	F6A0 - EL12
		Q345	CHE507R	E5015	E7015	CHW - S4/CHF431	F4A4 - H08MnA	F6A0 - EL12
		Q345R	J507			CHW - S2/CHF103	F5A2 - H08MnA	F6A4 - EM12
		X42	TL - 507			CHW - S2/CHF302		F7A0 - EM12
		X46	CHE507RH	E5015 - G	E7015 - G	CHW - S3/CHF101	F5A2 - H10Mn2	F7A2 - EM12K
		L360	CHE507NLH			TSW - 12KM×TF - 565		F7A4 - EM12K
2	低合金钢	16MnDR	R			CHW - S12/CHF101		F7A0 - EN12K
		15MnNiDR	TL - 507Ni			CHW - S12/CHF301		F7A0 - EM13K
			J507RH					F7A0 - EH14
			J507R					
		Q370R	CHE506R	E5016	E7016	CHW - S3/CHF101	F5A2 - H10Mn2	F7A0 - EH14
		Q390	CHE507R	E5015	E7015	TSW - 50G×TF - 565		
		X52	CHE507RH	E5015 - G	E7015 - G	CHW - S3/CHF331	F5A2 - H10Mn2G	

续表 C.0.1-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊		相当于 AWS 型号	埋弧焊		相当于 AWS 型号
			焊条牌号 示例	符合 GB 型号		焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	
2	低合金钢	X60	CHE556H	E5516-G	E8016-G	CHW-S4/CHF303		F8A4-EG-G
		X65	J556RH			CHW-S9/CHF101		F7A2-EH14
		EMNNDR	CHE557R	E5515-G	E8015-G	CHW-S9/CHF105	F55P2-H08MnMoA	F7A0-EM13K
		Q420	J557 TL-65Z				F5A2-H10MnSi CHW-S9 焊丝; H08MnMoA	F55P2-EA4-A4
3	高强度钢	B610CF	CHE62CF- LHR	E6015-G	E9015-G	CHW-S7/CHF101	F62P2-H08Mn- 2MoA	F62P2-EA3-A3
		ADB610D	J607RH	E6016-G	E9016-G	CHW-S9/CHF101	F55P2-H08Mn- 2MoA	F55P2-EA4-A4
		SG610CFD	CHE607RH			CHW-S9/CHF105	F55A3-H08Mn- 2MoA	F55A3-EA4-A2
		WDB620	CHE607NR			TSW-60G×TF-600		

续表 C.0.1-1

序号	钢种	焊条电弧焊			埋弧焊		
		焊条牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
3	高 强 钢	CF62	TL - 80		TSW - 60G×TF - 585		
		WDL610D	J606RH				
		WDL610D2					
		WSD610C					
		WSD610D					
		07MnCrMoVR					
		B610CFHQL2					
		B610CFHQL4					
		SC610CFE1					
		SC610CFE2					
		WDL610E					
		WSD610E					
		07MnNiCrMoVDR					
		Q460					
		Q500					
		Q550					

续表 C.0.1-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊		埋弧焊			
			焊条牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
3	高强度钢	HQ60						
		X70						
		X80						
		18MnMnNbR						
		14MnMnMoV						
		B800CF	CHE557M6V	E6015-G	E9, 15-G	CHW-S7/CHF1J43	R2P1-H8Mn2MoA	F62P1-EA3-A3
		SG800CFD	CHE707	E7015-D2	E10015-D2	CHW-S7/CHF1J45	R2P2-H8Mn2MoA	F69P2-EA3-A3
		Q620	J707	E7015-G	E10015-G	CHW-S10/CHF102	CHW-S10 焊丝; H10Mn2NiMoA	CHW-S10 焊丝; E13
		HQ70	CHE707Ni	E7515-G	E1015-G	CHW-S10/CHF104	CHW-S10 焊丝; H10Mn2NiMoA	CHW-S10 焊丝; E13
		HQ70R	CHE757	E7518-G	E11018-G	CHW-S10/CHF105	CHW-S10 焊丝; H10Mn2NiMoA	CHW-S10 焊丝; E13
14MnMnMoVN	CHE757Ni	E7518-M	E11018-M	CHW-S10/CHF102				
Q690	J757Ni	E7515-G		CHW-S10/CHF104				
HQ80C	CHE758	E8015-G		CHW-S10/CHF105				
DB685R	TL-118M							
CF80	CHE80C							
WSD790C	CHE807							
		CHE807RH						
		J807						

续表 C.0.1-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊		相当于 AWS 型号	埋弧焊		相当于 AWS 型号
			焊条牌号 示例	符合 GB 型号		焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	
3	高 强 钢	WSD790D						
		WSD790E						
		14MnMnNb						
		14CrMnMoVB						
		12N3CrMoV						
		10N5CrMoV						
		X100						
		X120						
		SG960CFD	CHE857	E8515 - G	E12015 - G			
		B960CF	CHE857Cr	E9015 - G				
		WSD1000C	CHE857CrNi	E10015 - G				
		WSD1000D	J857	E8518 - G	E12018 - G			
		WSD1000E	J857Cr					
		HQ100	J907Cr					
		HQ130	J107					
		30CrMo	J107Cr					
		35CrMo	CHE858					

续表 C.0.1-1

序 号	钢 种	牌 号	焊条电弧焊		埋 弧 焊					
			焊条牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝/焊剂组合 牌号示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号		
4	不 锈 钢	06Cr19Ni10	CHS102R	E308-16	E308-16	焊 剂 CHF260 和 CHF601 均符合国标 F308 - H0Cr21Ni10、 CHW-2209 不锈钢焊丝				
		022Cr19Ni10	CHS107R	E308-15	E308-15					
		06Cr17Ni12Mo2	CHS132R	E347-16	E347-16					
		022Cr17Ni12Mo2	CHS137R	E347-15	E347-15					
		022Cr22Ni5Mo3N	CHS002R	E308L-16	E308L-16					
			CHS202R	E316-16	E316-16					
			CHS207R	E316-15	E316-15					
			CHS212R	E318-16	E318-16					
			CHS307	E309-15	E309-15					
			CHS312	E309Mo-16	E309Mo-16					
			CHS2209	E2209-16	E2209-16					
			CHS232	E318V-16						
			CHS237	E318V-15						
		06Cr13Al	CHK202	E410-16	E410-16					
		06Cr13	CHK207	E410-15	E410-15					
		12Cr13	CHS107	E308-15	E308-15					
		20Cr13	CHS207	E316-15	E316-15					
		04Cr13Ni5Mo	CHS312	E309Mo-16	E309Mo-16					
		10Cr17	CHK307	E430-15	E430-15					
		10Cr17Mo	CHS107	E308-15	E308-15					
			CHS207	E316-15	E316-15					

表 C.0.1-2 钢管焊接材料

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊			CO ₂ 气体	
			焊丝牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	药芯(金属粉芯)	
						焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号
1	低碳钢	Q235	CHW-50C2	ER50-2	ER70S-2	TWE-611	E431T-G
		Q245R	CHW-50C3	ER50-3	ER70S-3	CHT711	E501T-1
		TM-54	ER50-4	ER70S-4	TWE-711	E500T-5	
		JQMG50-4	ER50-6	ER70S-6	JQ.Y501-1	E501T-1L	
		CHW-50C6	ER50-G	ER70S-G	JQ.Y507-1	E551T-Ni1	
		TM-56			JQ.YJ507Ni-1		
	低合金钢	Q295	JQMG50-6			TWE-711Ni	
		Q345	CHW-50C3			JQ.YJ501Ni-1	
		Q345R	TM-58				
		X42	JQMG50-Ti				
		X46					
		L360					
		16MnDR					
		15MnNiDR					
		Q370R					
		Q390					
		X52					
3	高强度钢	B610CF	CHW-65A	ER55-G	ER80S-G	JQ.Y601-1	E551Ti-Ni1
		ADB610D	CHW-60C			JQ.YJ601Ni-1	E81T-K1
		SG610CFD	CHW-65C			TWE-911Ni2	E91Ti-Ni2
		WDB620	TM-60				
		CF62	JQMG55-B				

的选用方法之二

保护焊				自保护药芯(金属粉芯)焊丝		
焊丝	实心焊丝					
相当于 AWS 型号	焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
E61T-G	CHW-50C2	ER50-2	ER70S-2	JC-28(仅	E501T-8	E71T-8
E71T-1	CHW-50C6	ER50-6	ER70S-6	用于加劲环焊	E500T-7	E70T-7
E70T-5	TM-56	ER50-G	ER70S-G	接)	E501T8-K6	E71T-K6
E71T-1J	JQMG50-6	ER55-G	ER80S-G	TWE-707-0	E501T8-Ni1	E71T8-Ni1
E71T-Ni1	CHW-50C8			JC-29		
	TM-58			JC-29X		
	JQMG50-Ti			JC-29Ni1		
	CHW-65C					
	JQMG55-B					
E81T1-Ni1				JC-29Ni1	E501T8-NiE	E71T8-Ni1
E81T-K1				JC-29Ni2	501T8-Ni2	E71T8-Ni2
E91T1-Ni2						

续表

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊			CO ₂ 气体	
			焊丝牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	药芯(金属粉芯)	
						焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号
3	高强钢	WDL610D WDL610D2 WSD610C WSD610D 07MnCrMoVR B610CFHQL2 B610CFHQL4 SG610CFE1 SG610CFE2 WDL610F WSD610E 07MnNiCrMoVR Q460 Q500 Q550 HQ60 X70 X80 18MnMoNbR 14MnMoV					
		Q620 HQ70 HQ70R 14MnMoVN Q690 HQ80C DB685R CF80 B780CF	CHW - 70C	ER69 - G	ER100S - G	JQY707Ni - 1	

C. 0. 1-2

保护焊						
焊丝				自保护药芯(金属粉芯)焊丝		
实心焊丝						
相当于 AWS 型号	焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
E90T-5						

续表

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊			CO ₂ 气体	
			焊丝牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	药芯(金属粉芯)	
						焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号
3	高强度钢	SG780CFD					
		WSD790C					
		WSD790D					
		WSD790E					
		14MnMoNbB					
		14CrMnMoVB					
		12Ni3CrMoV					
		10Ni5CrMoV					
4	不锈钢	X100					
		X120					
		06Cr19Ni10	CHM - 308	H06Cr21Ni10	ER308	TFW - 308L	E308LT1-1
		022Cr19Ni10	CHM - 308	H022Cr21Ni10	ER308L	TFW - 309L	E309LT1-1
		06Cr17Ni12Mo2	CHM - 309	H06Cr21Ni13	ER309	TFW - 309MoL	E309LMoT1-1
		022Cr17Ni12Mo2	CHM - 309L	H022Cr19Ni12Mo2	ER309L	TFW - 316L	E316LT1-1
		022Cr22Ni5Mo3N	CHM - 316	H022Cr19Ni12Mo2	ER316	TFW - 317L	E-317LT1-1
			ERM - 316L	H022Cr20Ni14Mo3	ER316L	TFW - 347L	E-347LT1-1
			CHM - 317	H06Cr20Ni10Nb	ER317		
			CHM - 347		ER347		
			MIG - 2209		ER2209		
		06Cr13Al					
		06Cr13					
		12Cr13	CHM - 410	H12Cr13	ER410		
		20Cr13					
		04Cr13Ni5Mo					
		10Cr17					
		10Cr17Mo	MIG - 430		ER430		

注：马氏体型不锈钢、铁素体型不锈钢，焊接时受加热条件所限，不能预热焊接或不能进行焊接

C. 0. 1-2

保护焊				自保护药芯(金属粉芯)焊丝		
焊丝	实心焊丝					
相当于 AWS 型号	焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号	焊丝 牌号 示例	符合 GB 型号	相当于 AWS 型号
E308LT1-1 E309LT1-1 E309LM1T1-1 E316LT1T-1 E-317LT1-1 E-347LT1-1						

后热处理时,亦可选用奥氏体型不锈钢焊接材料焊接。

C.0.1A 钢管焊接材料的选用应符合表 C.0.1A-1、表 C.0.1A-2 的规定。

表 C.0.1A-1 钢管焊接材料的选用方法之一

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊	埋弧焊
			符合国标型号	符合国标型号
1	低碳钢	Q235	E4303	S43A2 FB-SU08A
		Q245R		S43A2 FB-SU26
		L245	E4316	
		Q255		
		Q275	E4315	
2	低合金钢	Q355	E5016	S49A2 FB-SU34
		Q345R	E5015	
		X46	E5015-N1P	
		L290		
		L320		
		L360		
		16MnDR		
		13MnNiDR		
		Q370R	E5016	S55A2 FB-SUM3
		Q390	E5015	S55P2 FB-SUM3
		X52	E5015-N1P	
		X60	E5015-G	
		X65	E5516-G P	
		15MnNiNbDR	E5515-G P	
		Q420		
		Q460		

续表 C. 0. 1A-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊	埋弧焊
			符合国标型号	符合国标型号
3	高强钢	Q490S	E5915-G	S62A2 FB-SUM31
		Q490R	E6015-G	S62A2 FB/SUGN2MI
		Q490DRL1		
		Q490DRL2		
		B610CF		
		ADB610D		
		SG610CFD		
		N610CF		
		XC610CF		
		WDB620		
		WDL610D		
		WDL610D2		
		WSD610C		
		WSD610D		
		L485		
		L555		
		B610CFHQL2		
		B610CFHQL4		
		SG610CFE1		
		SG610CFE2		
		WDL610E		
		WSD610E		
		Q500		
		Q550		
		HQ60		
		X70		
		X80		

续表 C.0.1A-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊	埋弧焊
			符合国标型号	符合国标型号
3	高强钢	Q620 HQ70 HQ70R Q690 Q690S Q690R Q690DR HQ80C DB685R B780CF SG780CFD N800CF ADB790 XC780CF WSD790C WSD790D WSD790E X100 X120	E6915-G P E7815-G	S69A4 FB-SUN4M2 S78A4U FB-SUN5M3
		SG950CFD B950CF N980CF ADB950 XC950CF WQ960 WSD1000C WSD1000D WSD1000E	E8315-G	—

续表 C. 0. 1A-1

序号	钢种	牌号	焊条电弧焊	埋弧焊
			符合国标型号	符合国标型号
4	不锈钢	06Cr19Ni10	E308-16	S F308L FB-S308L
		022Cr19Ni10	E308-15	S F316L FB-S316L
		06Cr17Ni12Mo2	E308L-16	S F2209 FB-S2209
		022Cr17Ni12Mo2	E316-16	
		022Cr22Ni5Mo3N	E316-15	
		022Cr23Ni5Mo3N	E2209-16	
		022Cr25Ni7Mo4N	E2594-16	
		06Cr13Al	E410-16	S F410 FB-S410
		06Cr13	E410-15	S F308L FB-S308L
		12Cr13	E308-15	S F316L FB-S316L
		20Cr13	E316-15	S F309 FB-S309
		04Cr13Ni5Mo	E309Mo-16	S F309Mo FB-S309Mo
			E430-15	S F430 FB-S430
			E308-15	S F308L FB-S308L
		10Cr17	E316-15	S F316L FB-S316L
		10Cr17Mo	E309Mo-16	S F309 FB-S309
				S F309Mo FB-S309Mo

注:表中未示例埋弧焊用药芯(金属粉芯)焊丝和配套焊剂,其焊丝、焊剂型号可按现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《埋弧焊用高强度钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 36034。其焊丝、焊剂牌号可查阅相应焊接材料生产厂家说明书。

表 C.0.1A-2 钢管焊接材料的选用方法之二

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊用实心焊丝	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝
				药芯(金属粉芯) 焊丝	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接)	
1	低碳钢	Q235	符合国标型号	T433T1-1C1A	符合国标型号	符合国标型号
		Q245R		T492T1-1C1A- N2	G49A3C1S2 G49A2C1S3 G49A3C1S6 G49A3C1S7	T433T8-1NA-N2 T493T8-1NA T494T8-1NA T493T8-1NA-N2 T493T8-1NA-N5 T493T8-1NA-N3 T493T8-1NA-N1 T553T8-1NA-N5 T553T8-1NA-N3
2	低合金钢	Q355 Q345R X42 X46 L360 16MnDR 13MnNiDR	G49A4M21S6 G55A4HM21SN2	T553T1-1C1A-N2 T553T1-1C1A-N3 T553T5-1C1A-N3 T553T1-1C1A-NCC1	G55A3C1S4M31 G55A3C1S4M31T G55A4HC1SN2	

续表 C.0.1A-2

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊用实心焊丝	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝
			符合国标型号	药芯(金属粉芯) 焊丝	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接)	
2	低合金钢	Q370R		符合国标型号	符合国标型号	符合国标型号
		Q390 X52 X60 X65 15MnNiNbDR L415 L450 Q420 Q460				

续表 C.0.1A-2

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊用实心焊丝 符合国标型号	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝 符合国标型号
				药芯(金属粉芯) 焊丝 符合国标型号	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接) 符合国标型号	
3	高强钢	Q490S	G62A3M214M31	T624T1-1C1A-N5		T623T8-1NA-N2
		Q490R		T624T1-1C1A-3M2		
		Q490DRL1		T623T1-1C1A-3M3		
		Q490DRL2				
		B610CF				
		ADB610D				
		SG610CFD				
		N610CF				
		XC610CF				
		WDB620				
		WDL610D				
		WDL610D2				
		WSD610C				
		WSD610D				

续表 C.0.1A-2

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊用实心焊丝	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝
			符合国标型号	药芯(金属粉芯) 焊丝	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接)	
3	高强钢	B610CFHQL2 B610CFHQL4 SG610CFE1 SG610CFE2 WDL610E WSD610E L485 L555 Q500 Q550 HQ60 X70 X80		符合国标型号	符合国标型号	符合国标型号

续表 C.0.1A-2

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊用实心焊丝 符合国标型号	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝 符合国标型号
				药芯(金属粉芯) 焊丝 符合国标型号	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接) 符合国标型号	
3	高强钢	Q620	G76A5M13N4M2	T765T5-1C1A- N3M2		—
		HQ70	G83A5M13N5M3	T765T5-1C1A- N4C1M2		
		HQ70R		T835T5-1C1A- N4C1M2		
		Q690				
		Q690S				
		Q690R				
		Q690DR				
		HQ80C				
		DB685R				
		B780CF				
		SG780CFD				
		N800CF				
		ADB790				
		XC780CF				
		WSD790C				

续表 C.0.1A-2

序号	钢种	牌号	MAC/MIG 焊用实心焊丝	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝
			符合国标型号	药芯(金属粉芯) 焊丝	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接)	
				符合国标型号	符合国标型号	
3	高强度	WSD790D				
		WSD790E				
		X100				
		X120				
		06Cr19Ni10	S308	TS308-FC11	TS308-FN0	
		022Cr19Ni10	S308L	TS308L-FC11	TS308L-FN0	
4	不锈钢	06Cr17Ni12Mo2	S309	TS308L-MC11	TS309-FN0	
		022Cr17Ni12Mo2	S309L	TS309-FC11	TS309L-FN0	
		022Cr22Ni5Mo3N	S316	TS309L-FC11	TS309Mo-FN0	
		022Cr25Ni7Mo4N	S316L	TS309L-MC11	TS309LMo-FN0	
			S2209	TS309Mo-FC11	TS316-FN0	
		S2594	TS309LMo-FC11	TS316L-FN0		
		TS309LMo-MC11	TS2209-FN0			
		TS316-FC11	TS2594-FN0			
		TS316L-FC11				

续表 C.0.1A-2

序号	钢种	牌号	MAG/MIG 焊用实心焊丝 符合国标型号	CO ₂ 气体保护焊焊丝		自保护药芯焊丝 符合国标型号
				药芯(金属粉芯) 焊丝 符合国标型号	实心焊丝(仅用于支 承环、阻水环、加劲环、 止推环的角焊缝焊接) 符合国标型号	
4	不锈钢			TS316L-MC11 TS2209-FC11 TS2594-FC11	—	
		06Cr13A1	S410	TS410-FC11		TS410-FN0
		06Cr13	S410NiMo	TS410-MC11		TS 410NiMo-FN0
		12Cr13		TS410NiMo-FC11		
		20Cr13		TS410NiMo-MC11		
		04Cr13Ni5Mo				
		10Cr17	S430	TS430-FC11	—	TS430-FN0
		10Cr17Mo		TS430-MC11		

注:1 表中未示例 MAG/MIG 焊用药芯(金属粉芯)焊丝,其焊丝型号可查阅现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045、《高强度药芯焊丝》GB/T 36233 和《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853。其焊丝牌号可查阅相应焊接材料生产厂家说明书。

2 马氏体型不锈钢、铁素体型不锈钢,焊接时受加热条件所限,不能预热焊接或不能进行焊接后热处理时,亦可选用奥氏体型不锈钢焊接材料焊接。

C. 0. 2 不锈钢复合钢板焊条电弧焊时焊条的选用应符合表 C. 0. 2 的规定。

表 C. 0. 2 不锈钢复合钢板焊条电弧焊时焊条的选用			
复合钢的组合示例	基层	过渡区	覆层
Q235(Q245R)+06Cr13Al	E4303 E4315	E309-16 E309-15	E410-16 E410-15
Q345(Q345R)+06Cr13Al Q390(Q370R)+06Cr13Al	E5015 E5515-G		E347-15 E347-16
Q235(Q245R)+06Cr19Ni10 Q235(Q245R)+022Cr19Ni10	E4303 E4315		
Q345(Q345R)+06Cr19Ni10 Q345(Q345R)+022Cr19Ni10 Q390(Q370R)+022Cr19Ni10	E5015 E5515-G		
Q235(Q245R)+06Cr17Ni12Mo2 Q235(Q245R)+022Cr17Ni12Mo2	E4315	E309Mo-16	E318-16
Q345(Q345R)+06Cr17Ni12Mo2 Q345(Q345R)+022Cr17Ni12Mo2	E5015 E5515-G		
Q345(Q345R)+022Cr22Ni5Mo3N Q390(Q370R)+022Cr22Ni5Mo3N	E5015 E5515-G	E2209-16	E2209-16

C. 0. 2A 不锈钢复合钢板当采用焊条电弧焊时焊条的选用应符合表 C. 0. 2 的规定。

表 C. 0. 2A 不锈钢复合钢板当采用焊条电弧焊时焊条的选用

复合钢的组合示例	基层	过渡区	覆层
Q235(Q245R)+06Cr13Al	E4303 E4315	E309-16 E309-15	E410-16 E410-15
Q355(Q345R)+06Cr13Al Q390(Q370R)+06Cr13Al	E5015 E5515		E308-15 E308-16 E308L-15 E308L-16
Q235(Q245R)+06Cr19Ni10 Q235(Q245R)+022Cr19Ni10	E4303 E4315		
Q355(Q345R)+06Cr19Ni10 Q355(Q345R)+022Cr19Ni10 Q390(Q370R)+022Cr19Ni10	E5015 E5515		
Q235(Q245R)+06Cr17Ni12Mo2 Q235(Q245R)+022Cr17Ni12Mo2	E4315 E4303	E309Mo-16 E309-16 E309-15	E316-15 E316-16 E316L-15 E316L-16
Q355(Q345R)+06Cr17Ni12Mo2 Q355(Q345R)+022Cr17Ni12Mo2	E5015		
Q355(Q345R)+022Cr22Ni5Mo3N (022Cr23Ni5Mo3N) Q390(Q370R)+022Cr22Ni5Mo3N (022Cr23Ni5Mo3N)	E5015 E5515	E2209-16 E309Mo-16 E309-16 E309-15	E2209-16
Q355(Q345R)+022Cr25Ni7Mo4N Q390(Q370R)+022Cr25Ni7Mo4N	E5015 E5515	E2594-16 E309Mo-16 E309-16 E309-15	E2594-16

C. 0. 3 不锈钢复合钢板焊条电弧焊和埋弧焊时焊接材料的选

用应符合表 C. 0. 3 的规定。

表 C. 0. 3 不锈钢复合钢板焊条电弧焊和埋弧焊时焊接材料的选择

母材示例	焊条电弧焊		埋弧焊	
	牌号示例	符合国标准号	焊丝/焊剂组合牌号	符合国标准号
Q235 Q245R Q295 Q345 Q345R Q370R Q390 16MnDR 15MnNiDR 15MnNiNbDR	CHE422R、CHE426R、 CHE427R J422、J426、J427 TL - 46、TL - 427	E4303、E4315	CHW - S1/CHF431 CHW - S1/CHF301	F4A2 - H08A
	CHE506R、CHE507R、 CHE507RH、CHE507N1HR J507、J507RH、J507R TL - 507、TL - 507Ni CHE556H、CHE557R J556RH、J557 TL - 65Z	E5015 E5515-G	CHW - S1/CHF431 CHW - S1/CHF301 CHW - S2/CHF103 CHW - S2/CHF301 TSW - 12KM×TF - 665 CHW - S12/CHF101 CHW - S12/CHF301	F4A2 - H08A F4A4 - H08MnA F5A2 - H08MnA
	CHS302、CHS307、 CHS312、CHS2209 A302、A307、A312	E309 - 1 E309 - 15 E309Mo - 16 E2209 - 16	H00Cr29Ni12TiAl/CHF601 H00Cr29Ni12TiAl/CHF260	F308 - H0Cr21Ni10
过渡层				

续表 C.0.3

母材示例	焊条电弧焊		埋 弧 焊	
	牌号示例	符合国标型号	焊丝/焊剂组合牌号	符合国标型号
06Cr19Ni10 022Cr19Ni10	CHS102、CHS107 A102、A107	E308 - 16 E308 - 15	H00Cr19Ni9Ti/(CHF601 或 CHF260) H00Cr21Ni10/(CHF601 或 CHF260) H00Cr29Ni12TiAl/(CHF601 或 CHF260)	F308 - H0Cr21Ni10
	CHS132、CHS137 A132、A137	E347 - 16 E347 - 15		
	CHS202、CHS207 A202、A207	E316 - 16 E316 - 15		
	CHK202 CHK207 CHK232	E410 - 16 E410 - 15 E410NiMo - 16		
	CHS202、CHS207 A202、A207	E316 - 16 E316 - 15 E318 - 16		
06Cr17Ni12Mo2 022Cr17Ni12Mo2	CHS212 A212	E316 - 16 E316 - 15 E318 - 16	H0Cr18Ni12Mo2Ti/(CHF601 或 CHF260) H0Cr18Ni12Mo3Ti/(CHF601 或 CHF260) H00Cr21Ni10/(CHF601 或 CHF260) H00Cr29Ni12TiAl/(CHF601 或 CHF260)	F308 - H0Cr21Ni10
022Cr22Ni5Mo3N	CHS2209	E2209 - 16	CHW - 2209/CHF601	—

覆层

C. 0. 3A 不锈钢复合钢板当采用焊条电弧焊和埋弧焊时焊接材料的选用应符合表 C. 0. 3A 的规定。

表 C. 0. 3A 不锈钢复合钢板当采用焊条电弧焊和埋弧焊时焊接材料的选用

母材示例		焊条电弧焊	埋弧焊
		符合国标型号	符合国标型号
基层	Q235	E4303	S43A2 FB-SU08A
	Q245R	E4315	S43A2 FB-SU26
基层	Q355	E5015	S49A2 FB-SU34
	Q345R	E5016	S55A2 FB-SUM3
	Q370R	E5515	S55P2 FB-SUM3
	Q390	E5516	
	16MnDR		
	13MnNiDR		
	15MnNiNbDR		
过渡层		E309-16 E309-15 E309LMo-16 E2209-16	S F309 FB-S309 S F309Mo FB-S309Mo S F2209 FB-S2209
覆层	06Cr19Ni10 022Cr19Ni10	E308-16 E308-15 E316-16 E316-15	S F308L FB-S308L
	06Cr13Al 06Cr13 12Cr13	E410-16 E410-15 E410NiMo-16	S F410 FB-S410
	06Cr17Ni12Mo2 022Cr17Ni12Mo2	E316-16 E316-15 E318-16	S F316 FB-S316 S F316L FB-S316L
	022Cr22Ni5Mo3N 022Cr23Ni5Mo3N	E2209-16	S F2209 FB-S2209
	022Cr25Ni7Mo4N	E2594-16	S F2594 FB-S2594

附录 D 焊接工艺评定力学性能试验

D.1 对接接头试件制备

D.1.2 试件焊完后应作外观检测、超声波检测(UT、PA-UT、TOFD)或射线检测(RT),合格后再进行力学性能试验。

D.1.4 试件的射线检测(RT)应符合现行国家标准《金属溶化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的有关规定、射线照相的质量不应低于 B 级,焊接接头质量不低于 II 级。试件的超声波检测应符合国家现行标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345 的有关规定,检测等级为 B 级,焊接接头质量不低于 I 级。

D.1.4A 焊接接头无损检测按一类焊缝,无损检测应符合本标准第 5.4.6 条的规定。

D.1.4B 当须复验焊缝熔敷金属冲击吸收能量和断后伸长率时,冲击试样尺寸应符合本标准第 D.2.3 条的规定,拉伸试样应符合下列规定:

1 当焊接接头为 V 形焊接坡口或板厚 $\delta \leq$ 接坡口或板时,应从试件上沿焊缝纵向长度方向任意部位切取全焊缝熔敷金属标准圆棒拉伸试样 1 个。

2 当焊接接头为 X 形焊接坡口或板厚 $\delta > 50\text{mm}$ 时,应从试件上沿焊缝纵向长度方向任意部位切取全焊缝熔敷金属标准圆棒拉伸试样 2 个。

3 试验方法和取样位置可按现行国家标准《金属材料焊缝破坏性试验 熔化焊接头焊缝金属纵向拉伸试验》GB/T 2652 和《焊接材料的检验 第 1 部分:钢、镍及镍合金熔敷金属力学性能

试样的制备》GB/T 25774.1 执行。

D.2 对接接头力学性能试样的形状和尺寸

D.2.1 板状拉伸试样应符合下列规定：

- 1 对接接头的试样可选用带肩板状试样。
- 2 带肩板状试样应符合图 D.2.1 的规定。

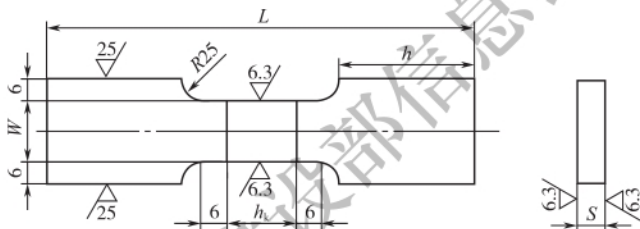


图 D.2.1 对接接头带肩板状试样图

L —取 250mm 或者按需要长度； S —试样厚度（mm）；

W —试样受拉伸平行侧面宽度，大于或等于 25mm；

h_k —大于焊缝最大宽度（mm），试样原始标距 $L_0 \geq 5.65 \sqrt{W \times S}$ （mm），

试样平行长度 $L \geq L_0 + \frac{W}{2}$ （mm）； h —夹持部分长度，根据试验机夹具而定（mm）

3 试样应采用机械加工或磨削方法制备，要注意防止表面的加工硬化或材料过热。在受试长度范围内，表面不应有横向刀痕或划痕。

4 试样的焊缝余高应以机械方法去除，使之与母材齐平，试样厚度（ S ）应等于或接近试件母材厚度（ δ ）。当试件厚度大于 30mm 时，则可从焊接接头不同厚度区取若干试样以取代焊接接头全厚度的单个试样，但每个试样的厚度不应小于 30mm，且所取试样应覆盖焊接接头的整个厚度，并应符合现行国家标准《焊接接头拉伸试验方法》《金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验》GB/T 2651 的有关规定。在这种情况下，应当标明试样在焊接试件厚度中的位置。当采用钼丝切割等精密加工方法时，允许将试样在厚度方向均匀分层取样，等分后的两片或多片试样试

验代替一个全厚度试样的试验。

5 厚度小于或等于 30mm 的试件,采用全厚度试样进行试验。

D. 2. 2 弯曲试样应符合下列规定:

1 纵、横向面弯、背弯试样尺寸和表面粗糙度应符合图 D. 2. 2-1 规定,横向侧弯试样尺寸应符合图 D. 2. 2-2 规定。

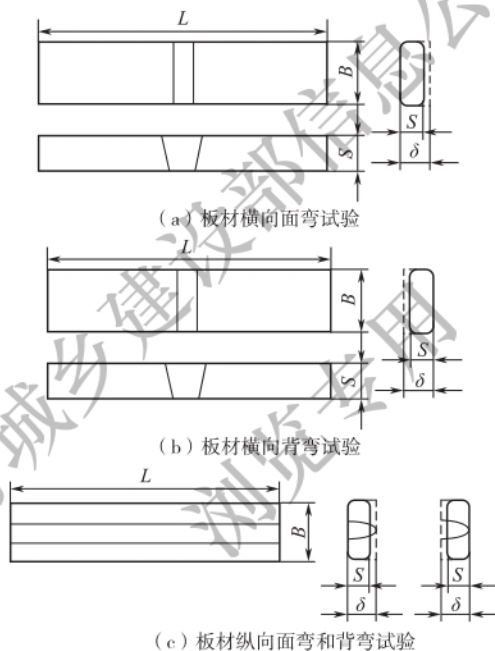


图 D. 2. 2-1 板材纵、横向面弯及背弯试样

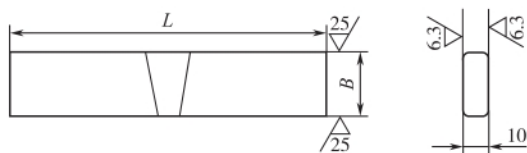


图 D. 2. 2-2 板材横向侧弯试样

2 纵、横向面弯、背弯试样长度应按式计算:

$$L = D + 2.5S + 100 \quad (\text{D. 2. 2-1})$$

式中: D ——弯心直径(mm);

S ——试样厚度(mm)。

横向侧弯试样长度应按下列式计算:

$$L = D + 105 \quad (\text{D. 2. 2-2})$$

式中: L 值不应小于 150mm。

3 纵、横向面弯、背弯试样宽度(B)为 38mm,侧弯试样厚度(S)为 10mm,横向侧弯试样宽度 B 此时为试件厚度(δ)方向。

4 试样棱角尺寸 R 不应大于 2mm。

D. 2. 3 冲击试样应符合下列规定:

1 以 10mm×10mm×55mm 带有 V 形缺口的试样为标准试样,试样的尺寸及偏差应符合图 D. 2. 3-1 的规定,试样缺口底部应光滑,不得有与轴线平行的明显划痕。

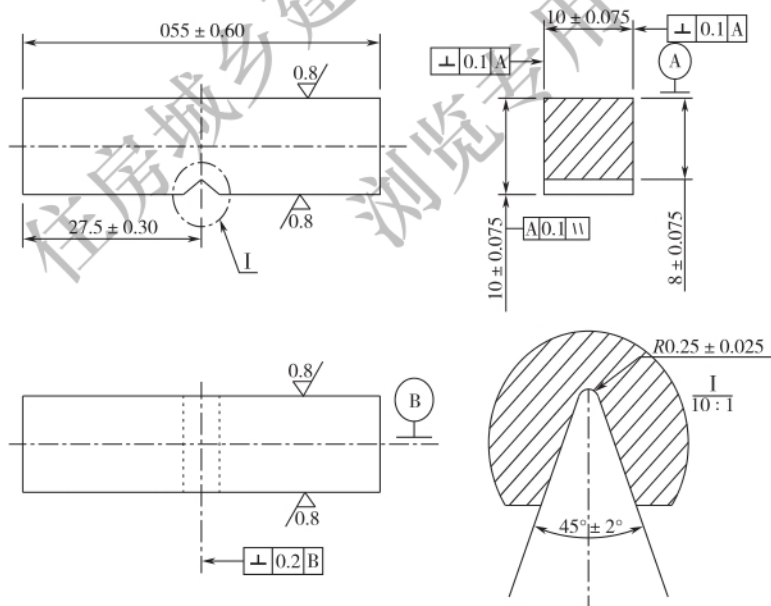
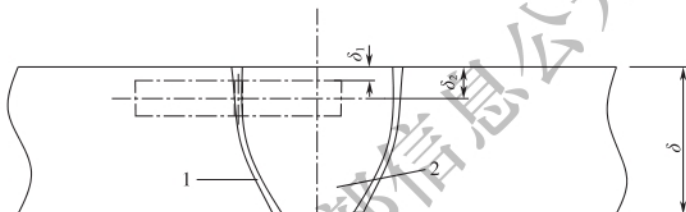


图 D. 2. 3-1 V 形缺口冲击试样

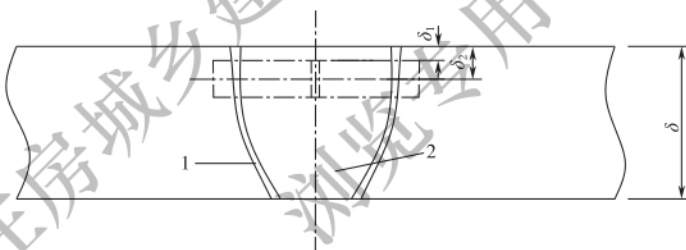
注:图中其余表面粗糙度 $Ra 12.5 \mu\text{m}$ 。

2 试样应采用机械加工或磨削方法制备,应防止加工表面的应变硬化或材料过热。

3 试样缺口按试验要求可分别在焊缝及热影响区,试样的缺口轴线应当垂直焊缝表面、取样位置应符合图 D. 2.3-2 所示。



(a) 热影响区 (HAZ) 冲击试样位置



(b) 焊缝冲击试样位置

图 D. 2.3-2 焊接接头冲击试样位置

当 $\delta \leq 40\text{mm}$ 时, $\delta_1 = 1\text{mm} \sim 2\text{mm}$; 当 $\delta > 40\text{mm}$ 时,

$\delta_2 = \delta/4$; 当双面焊时, δ_2 从后焊面的钢材表面测量。

1—热影响区; 2—焊缝区

4 试样缺口处当发现有肉眼可见的气孔、夹渣等缺陷[欠]时, 则不能用该试样进行试验。

D.3 力学性能试验方法和合格标准

D.3.1 拉伸试验应符合下列规定:

1 试验所涉及的试验仪器、试样尺寸检测、试验条件和性能检测等均应符合现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1、《焊接接头拉伸试验方法》《金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验》GB/T 2651、《金属材料焊缝破坏性试验 熔化焊接头焊缝 及熔敷 金属纵向拉伸试验 方法》GB/T 2652 的有关规定。

2 当试样母材为同种钢号时，每个带肩板状试样的抗拉强度均不应小于母材钢号标准抗拉强度下限值，试样的抗拉强度和伸长率均不应小于母材钢号标准规定值的下限。

3 当试样母材为两种钢号时，每个带肩板状试样的抗拉强度均不应小于两种钢号标准抗拉强度下限值的较低值，试样的抗拉强度和伸长率均不应小于两种钢号标准规定值下限的较低值。

4 全焊缝纵向熔敷金属试样，每个标准圆棒拉伸试样的断后伸长率不应小于母材钢号标准断后伸长率下限值。

D.3.2 弯曲试验应符合下列规定：

1 试验所涉及的试验仪器、试样尺寸检测、试验条件和性能检测等均应符合现行国家标准《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232、《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653 的有关规定。

2 试样的焊缝中心应对准弯心轴线。侧弯试验时，当试样表面存在缺陷时，则以缺陷较严重一侧作为拉伸面。

3 弯曲试样按表 D.3.2 规定的角度进行弯曲，其拉伸面上沿任何方向不得有单条长度大于 3mm 的裂纹或缺陷，试样的棱角开裂一般不计，但由夹渣或其他焊接缺陷引起的棱角开裂长度应计入。

3A 弯曲试样按表 D.3.2 规定中的规定进行弯曲试验，试样其拉伸面的裂纹总长度不应大于试样宽度的 15%，且单条裂纹或缺陷长度不应大于 3mm，试样的棱角开裂可不计，但由夹渣或其

他焊接缺陷引起的棱角开裂长度应计入。

表 D.3.2 弯曲试验尺寸的规定

母材类别	试件厚度 S (mm)	弯心直径 D (mm)	支座距离 (mm)	弯曲角度 (°)
断后伸长率标准规定的 下限值 $A \geq 20\%$ 的母材	10	40	63	180
	$S < 10$	$4S$	$6S + 3$	
断后伸长率标准规定的 下限值 $A < 20\%$ 的母材	10	$\frac{1000 - 5M}{M}$	$D + 2S + 3$	
	$S < 10$	$\frac{S(200 - M)}{2M}$		

注:1 M 为标准断后伸长率下限值 A 乘以 100。

2 衬垫焊焊接接头弯曲角度应按双面焊的规定。

3 异种钢焊接接头弯曲角度按低塑性一侧钢种的规定。

D.3.3 冲击试验应符合下列规定:

1 试验机、试验要求应符合现行国家标准《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229、《焊接接头冲击试验方法》《金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验》GB/T 2650 有关规定。

2 冲击试验温度和冲击吸收能量合格值应符合相应材料的标准或相关技术文件规定。每个区 3 个试样为一组的冲击吸收能量平均值不应小于母材钢号标准规定的下限值,且至多允许有一个试样的冲击吸收能量小于标准规定的下限值,但不得小于标准规定值下限的 70%。常温冲击吸收能量不得小于 27J。

D.4 角焊缝试件

D.4.3 角焊缝及板材组合焊缝的评定试件焊完后,须需经外观检查和磁粉检测(MT)的,应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T 4730.4 或渗透检测(PT)应按现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测》NB/

T 47013.5 JB/T 4730.5 的规定进行检测,合格等级为 I 级 II 级。

合格后,将试件两端各弃去 25mm 后五等分切开,应符合本规范

标准图 D.4.1 和图 D.4.2 的规定。

附录 F 不锈钢复合钢板焊接工艺评定

F.2 焊接工艺评定规则

F.2.5 力学性能试验的合格指标应符合下列规定：

1 拉伸试验中每个试样的抗拉强度 R_m 应符合本标准 规范 表 A.1.4-5 复合钢板力学性能表注 2 脚注 中公式 (A.1.4-2) 的计算结果。

2 弯曲试验中试样弯曲到规定的角度后,拉伸面上任何方向不得有长度大于 3mm 的任一裂纹或缺陷 欠,试样的棱角开裂不计。对爆炸法、爆炸轧制法、轧制法生产的不锈钢复合钢板侧弯试样复合界面未结合缺陷的分层、裂纹,允许重新取样试验。

3 冲击试验中 中: 每个区 3 个试样为一组的常温冲击吸收能量平均值应符合图样或相关技术文件规定,且不应小于 27J,允许有 1 个试样的冲击吸收能量低于规定值,但不应低于规定值的 70%。

附录 G 涂料配套性能及涂层厚度

G.0.1 涂层涂料配套性能,可按表 G.0.1 选用。

表 G.0.1 涂料配套性能

涂于下层的涂料	涂于上层的涂料											
	磷化底漆	环氧磷酸锌底漆	无机富锌	环氧富锌	环氧云铁	油性防锈	醇酸树脂	酚醛树脂	氯化橡胶	乙烯树脂	环氧树脂	环氧沥青
磷化底漆	×	△	×	×	△	○	○	○	○	○	△	×
无机富锌	○	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	×
环氧富锌	○	×	×	○	○	△	△	△	○	○	○	○
环氧云铁	×	×	×	×	○	△	△	△	○	○	○	○
油性防锈	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×
醇酸树脂	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×
酚醛树脂	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×

续表 G.0.1

涂于下层的涂料	涂于上层的涂料										
	磷化底漆	环氧磷酸锌底漆	无机富锌	环氧富锌	环氧云铁	油性防锈漆	醇酸树脂	酚醛树脂	氯化橡胶	乙烯树脂	环氧树脂
氯化橡胶	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
乙烯树脂	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
环氧树脂	×	×	×	×	△	×	△	△	△	○	○
环氧沥青	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	×
聚氨酯	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
氟碳	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
喷锌层、热浸锌层或喷铝层	×	○	×	△	△	×	×	×	△	△	△
环氧磷酸锌底漆	×	○	×	△	○	△	○	○	○	○	○

注: 1 ○表示可以; △表示要根据条件而定(注意涂覆盖间隔时间) 一定条件下可以; ×表示不可以。

2 电镀锌表面、不锈钢表面和有色金属表面等光滑表面应选用附着力强的相应专用过渡底漆,再配套丙烯酸树脂面漆、丙烯酸酯聚氨酯面漆或氟碳面漆。

G.0.2 明管外壁处于空气环境下的涂层配套系统,可按表 G.0.2 选用。

表 G.0.2 明管外壁处于空气环境下的涂层

设计年限 (a)	序号	涂层配套系统	涂料种类	涂层推荐厚度(μm)
<5	1	底层	醇酸树脂底漆	70
		面层	醇酸树脂面漆	80
	2	底层	环氧树脂底漆	60
		面层	丙烯酸树脂面漆或乙烯树脂面漆	80
5~10	3	底层	环氧富锌底漆或无机富锌底漆	60
		中间层	环氧云铁中间漆	80
		面层	氯化橡胶面漆	70
>10	4	底层	环氧富锌底漆或无机富锌底漆	60
		中间层	环氧云铁中间漆	80
		面层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆	80
	5	底层	环氧富锌底漆或无机富锌底漆	60
		中间层	环氧云铁中间漆	80
		面层	氟碳面漆	60
10~20	6	底层	喷锌层或喷铝层	120
		封闭层	环氧磷酸锌封闭漆	30
		面层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆	80
	7	底层	喷锌层或喷铝层	120
		封闭层	环氧磷酸锌封闭漆	30
		面层	氟碳面漆	60

续表 G.0.2

设计年限 (a)	序号	涂层配套 系统	涂料种类	涂层推荐 厚度(μm)
≥ 20	8	底层	喷锌层或喷铝层	150
		封闭层	环氧磷酸锌封闭漆	30
		中间层	环氧云铁中间漆	80
		面层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆	80
	9	底层	喷锌层或喷铝层	150
		封闭层	环氧磷酸锌封闭漆	30
		中间层	环氧云铁中间漆	80
		面层	氟碳面漆	60

注:热浸锌镀层亦可涂装环氧磷酸锌封闭漆。

G.0.3 钢管内壁和直埋管外壁涂层配套系统,可按表 G.0.3 选用。

表 G.0.3 钢管内壁和直埋管外壁选用的涂层

设计年限 (a)	序号	涂层配套 系统	涂料种类	涂层推荐 厚度(μm)
10~15	1	底层	厚浆型环氧沥青防锈底漆	125
		面层	厚浆型环氧沥青面漆	125
15~20	2	底层	超厚浆型环氧沥青防锈底漆	250
		面层	超厚浆型环氧沥青面漆	250
	3	底层	厚浆型环氧沥青防锈底漆	125
		面层	厚浆型环氧沥青玻璃鳞片涂料(或不锈钢鳞片)	400
≥ 20	4	底层	超厚浆型无溶剂耐磨环氧	400
		面层	超厚浆型无溶剂耐磨环氧	400
	5	单层	熔结环氧粉末	400

注:当直埋钢管外壁采用 3PE、2PE 防腐时,应符合现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257 的规定。

G.0.4 输水工程钢管道内壁涂层配套系统,可按表 G.0.4 选用。

表 G.0.4 输水工程钢管道内壁涂层

设计年限 (a)	序号	涂层配套 系统	涂料种类	涂层推荐 厚度(μm)
10~20	1	底层	环氧富锌底漆或水性无机富锌底漆	60
		中间层	环氧云铁中间漆	80
		面层	环氧面漆	120
	2	底层	环氧防锈底漆	80
		面层	厚浆型无溶剂环氧树脂涂料	400
>20	3	底层	超厚浆型无溶剂耐磨环氧	400
		面层	超厚浆型无溶剂耐磨环氧	400
	3A	单层	熔结环氧粉末	400
	4	单层	水泥砂浆	8000~18000

注:1 表中所有涂料应具有卫生部门颁发的卫生许可证。

2 表中序号 1、2、3、4 亦可作为砂石泥土直埋管的钢管外壁涂层配套系统。
 外包混凝土钢管外壁的防腐蚀涂层可选用水泥胶浆或环氧砂浆;水泥胶浆厚度常选取 $300\mu\text{m}$,环氧砂浆涂层厚度常选取为 $1000\mu\text{m}$ 。

附录 H 金属涂层厚度检测和划格法 检测涂层结合性能的检测

H.1 金属涂层厚度检测

H.1.1 金属涂层厚度检测方法应符合下列规定：

1 当有效表面积在 1m^2 以上时,用涂镀层测厚仪,在一个面积为 0.01m^2 的基准面上测量 10 点涂层厚度,取实测 10 个值的算术平均值,测点分布应符合图 H.1.1-1 的规定。当有效面积在 1m^2 以下时,在一个面积为 100mm^2 的基准面上测量 3 点、4 点、5 点涂层厚度,取实测点数值的算术平均值,测点分布见应符合图 H.1.1-2 的规定。

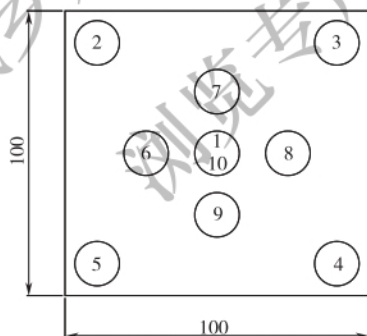


图 H.1.1-1 十点法测点位置图 (mm)

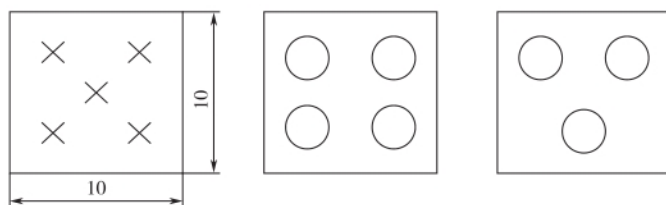


图 H.1.1-2 三点、四点、五点测点布置图 (mm)

2 根据钢管管径大小和管节长度不同,每节钢管表面可布置 3 个~12 个基准面。

3 实测的涂层厚度小于设计值的 85% $\square$ 80% $\square$ 时,应予补喷涂。

4 其他规定应符合现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 锌、 $\square$, 铝及其合金》GB/T 9793 的有关规定。

H. 2 金属划格法检测涂层结合性能检测

H. 2. 1 金属划格法检测涂层结合性能检测方法应符合下列规定:

1 用图 H. 2. 1-1 所示硬质刃口刀具,将涂层切割成方形格子,格子尺寸应符合表 H. 2. 1 的规定。

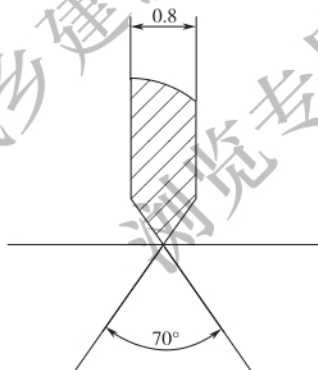


图 H. 2. 1-1 切割刃口的形状

表 H. 2. 1 涂层切划格尺寸表

检测的涂层厚度 (mm)	切划格区的近似面积 (mm $\times$ mm)	切划痕间的距离 (mm)
<200	15 $\times$ 15	3
>200	25 $\times$ 25	5

2 切割时刀具的刃口与涂层表面约保持 90°,应符合图

H. 2. 1-2 的规定。切割后,涂层至基底[基表体]表面应完全切断。

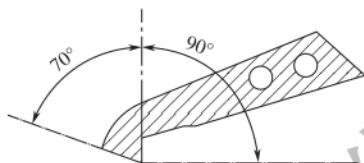


图 H. 2. 1-2 刀具切割角度

3 在划格区[格子状涂层]表面贴上粘胶带,用 500g 负荷的辊子或手指压紧,然后按图 H. 2. 1-3 所示的规定方法,以手持粘胶带的一端,按与涂层表面垂直的方向,以迅速而又突然的方式将粘胶带拉开,检测涂层是否被胶带粘起而剥离。

4 涂层的任何部位都未与基底[体]金属剥离应为合格;胶带破断部分发生在的涂层间,而不是涂层与基底[体]的界面上,基底[体]未裸露,亦应认为合格。

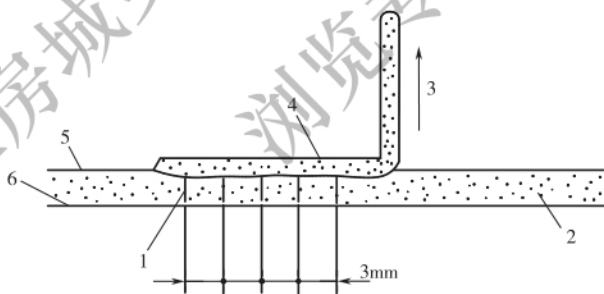


图 H. 2. 1-3 粘胶带拉开方式

1—胶带将涂层切断成格状尺寸;2—涂层涂层;3—将粘胶带的一端从垂直方向拉开;

4—涂层切断后用棍子或手指压紧粘胶带;5—涂层表面;6—基底[体]表面

引用标准名录

《压力容器 第2部分:材料》GB 150.2

《压力容器》GB 150

《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1

《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229

《金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法》GB/T 231.1

《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232

《锌锭》GB/T 470

《碳素结构钢》GB/T 700

《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709

《优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带》GB/T 711

《船舶及海洋工程用结构钢》GB/T 712

《承压设备用钢板和钢带 第1部分:一般要求》GB/T 713.1

《承压设备用钢板和钢带 第2部分:规定温度性能的非合金钢和合金钢》GB/T 713.2

《承压设备用钢板和钢带 第3部分:规定低温性能的低合金钢》GB/T 713.3

《承压设备用钢板和钢带 第4部分:规定低温性能的镍合金钢》GB/T 713.4

《承压设备用钢板和钢带 第6部分:调质高强度钢》GB/T 713.6

《承压设备用钢板和钢带 第7部分:不锈钢和耐热钢》GB/T 713.7

《锅炉和压力容器用钢板》GB 713

《不锈钢焊条》GB/T 983

《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1

《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2

《复合钢的推荐坡口》GB/T 985.4

《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《焊接接头冲击试验方法》《金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验》GB/T 2650

《焊接接头拉伸试验方法》《金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验》GB/T 2651

《金属材料焊缝破坏性试验 熔化焊接头焊缝及熔敷金属纵向拉伸试验方法》GB/T 2652

《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653

《焊接接头硬度试验方法》GB/T 2654

《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975

《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190

《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》GB/T 3274

《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280

《焊缝无损检测 射线检测 第1部分:X和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1

《焊缝无损检测 射线检测 第2部分:使用数字化探测器的X和伽玛射线技术》GB/T 3323.2

《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323

《低温压力容器用钢板》GB/T 3531

《工业氧》GB/T 3863

《钢的应变时效敏感性试验方法(夏比冲击法)》GB/T 4160

《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237

《金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法》GB/T 4340.1

《氟》GB/T 4842

《非合金钢及细晶粒碳 钢焊条》GB/T 5117

《低合金钢焊条》GB/T 5118

《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心 碳钢 焊丝、药芯焊丝和焊丝-和 焊剂组合分类要求》GB/T 5293

《厚度方向性能钢板》GB/T 5313

《工业液体二氧化碳》GB/T 6052

《金属熔化焊接头缺陷分类及说明》GB/T 6417.1

《溶解乙炔》GB 6819

《熔化极气体保护电弧焊用 碳钢、低 非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110

《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2

《焊接与切割安全》GB 9448

《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711

《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 锌、铝及其合金》GB/T 9793

《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045

《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》《钢焊缝

《手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345

《管路补偿接头》GB/T 12465

《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470

《不锈钢波形膨胀节》GB/T 12522

《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777

《不锈钢复合钢板焊接技术要求》GB/T 13148

《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法》GB/T 13288.2

《熔化焊用钢丝》GB/T 14957

《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977

《高强度结构用调质钢板》GB/T 16270

《压力容器波形膨胀节》GB/T 16749

《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493

《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853

《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂组合分类要求》GB/T 17854

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分:涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)》GB/T 18570.3

《压力容器用调质高强度钢板》GB 19189

《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878

《承压设备用不锈钢板及钢带》GB/T 24511

《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246

《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448

《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257

《承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带》GB/T 24511

《焊接材料的检验 第1部分:钢、镍及镍合金熔敷金属力学性

能试样的制备》GB/T 25774.1

《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》GB/T 29712

《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713

《水电站压力钢管用钢板》GB/T 31946

《高强钢焊条》GB/T 32533

《埋弧焊用高强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 36034

《高强钢药芯焊丝》GB/T 36233

《焊缝无损检测 射线检测验收等级 第1部分:钢、镍、钛及其合金》GB/T 37910.1

《焊接与切割用保护气体》GB/T 39255

《气体保护电弧焊用高强钢实心焊丝》GB/T 39281

《水电水利工程金属结构及设备焊接接头衍射时差法超声检测》DL/T 330

《水电水利工程金属结构设备防腐蚀技术规程》DL/T 5358 NB/T 11675

《水电水利工程施工通用安全技术规程》DL/T 5370

《水电水利工程金属结构与机电设备安装安全技术规程》DL/T 5372

《水电水利工程施工作业人员安全操作规程》DL/T 5373

《工业燃气 切割焊接用丙烯》HG/T 3661.1

《工业燃气 切割焊接用丙烷》HG/T 3661.2

《焊接用混合气体氩—二氧化碳》HG/T 3728

《火焰切割面质量技术要求》JB 3092

《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223

《热切割 质量和几何技术规范》JB/T 10045

《压力容器用复合板 第1部分:不锈钢—钢复合板》NB/T 47002.1

《承压设备无损检测 第3部分:超声检测》NB/T 47013.3 JB/T
4730.3

《承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测》NB/T 47013.4 JB/T
4730.4

《承压设备无损检测 第5部分:渗透检测》NB/T 47013.5 JB/T
4730.5

《承压设备无损检测 第10部分:衍射时差法超声检测》NB/T
47013.10 JB/T 4730.10

《炭弧气刨炭棒》JB/T 8454

《热切割 气割质量和尺寸偏差》JB/T 10045.3

《热切割 等离子弧切割质量和尺寸偏差》JB/T 10045.4

《压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分:不锈钢—钢复合板》
NB/T 47002.1

《水电工程金属结构涂层强度拉开法测试规程》NB/T 35081

《阴极保护管道的电绝缘标准》SY/T 0086

《焊接用不锈钢丝》YB/T5092