

中华人民共和国电力行业标准

P

DL 5017—93

**压力钢管制造安装及
验收规范**

**Specifications for manufacture, installation and
acceptance of steel penstocks**

1993—02—18 发布

1993—02—18 实施

中华人民共和国能源部 发布

中华人民共和国电力行业标准

压力钢管制造安装及验收规范

DL 5017—93

主编单位:能源部地质勘探机电研究所
批准部门:中华人民共和国能源部

中华人民共和国能源部
关于发布《压力钢管制造安装及验收
规范》电力行业标准的通知

能源水电[1993]142 号

各电管局,各省(自治区、直辖市)电力局,各直属水电勘测设计院,各建设单位,各水电工程局,各有关制造厂,各有关科研单位:

为适应水电建设蓬勃发展,高水头、大容量的大型水电站不断兴建的需要,确保工程质量,部决定对原《水工建筑物金属结构制造、安装及验收规范》(SLJ DLJ 201—80)进行修订。为便于实施,将原规范分为下述三项规范修编:

1. 压力钢管制造安装及验收规范;
2. 闸门、拦污栅制造安装及验收规范;
3. 启闭机安装及验收规范。

修订后的电力行业标准《压力钢管制造安装及验收规范》编号为 DL 5017—93,经审查、批准,现予发布,自发布之日起实施。由水利电力出版社负责出版发行。

考虑到其它两项标准现正在修编,原规范暂不废止,但压力钢管制造、安装及验收部分应以本规范为准。

一九九三年二月十八日

目 次

1 主题内容与适用范围	(4)
2 引用标准	(4)
3 一般规定	(4)
4 压力钢管制造	(5)
5 压力钢管安装	(9)
6 压力钢管焊接	(10)
7 压力钢管焊后消除应力热处理	(16)
8 压力钢管防腐蚀	(17)
9 水压试验	(19)
10 包装、运输	(19)
11 交接验收	(20)
附录 A 钢板性能标准和表面质量标准(补充件)	(21)
附录 B 国外常用于制造压力钢管的钢板(参考件)	(24)
附录 C 钢板厚度允许偏差(补充件)	(25)
附录 D 焊接工艺评定机械性能试验试件的制备、试样尺寸、试验方法和合格标准(补充件)	(25)
附录 E 焊接工艺评定报告推荐格式(参考件)	(30)
附录 F 涂装前钢材表面除锈等级(补充件)	(32)
附录 G 金属涂层厚度和结合性能的检查(补充件)	(33)
附加说明	(34)

1 主题内容与适用范围

本规范规定了水利水电工程压力钢管制造、安装及交接验收的技术要求。

本规范适用于大、中型水利水电工程压力钢管的制造、安装及交接验收,小型水利水电工程亦应参照使用。

2 引用标准

SD 144—85《水电站压力钢管设计规范》

ZB J74 003—88《压力容器用钢板超声波探伤》

GB 3323—87《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》

GB 11345—89《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》

JB 3965—85《钢制压力容器磁粉探伤》

GB 150—89《钢制压力容器》附录 H《钢制压力容器渗透探伤》

GB 8923—88《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》

GB 2649~2654—89《焊接接头机械性能试验方法》

3 一般规定

3.1 技术资料

3.1.1 压力钢管的制造、安装应具备下列资料:

- a. 压力钢管制造、安装的图样和有关的技术文件;
- b. 主要材料出厂质量证明书;
- c. 有关水工建筑物的布置图。

3.1.2 压力钢管的制造、安装必须按设计图样和有关的技术文件进行,如有修改应有设计修改通知书或经设计部门书面同意。

3.2 材料

3.2.1 压力钢管使用的钢板和焊接材料必须符合图样规定,钢板性能和表面质量应符合附录 A 中的现行有关标准和图样或设计文件中的有关规定,并应具有出厂质量证明书,如无出厂质量证明书或标号不清、有疑问者应予复验,复验合格,方可使用。

3.2.2 采用国外钢板,其钢号可参照附录 B。

3.2.3 钢板的厚度允许偏差应符合 GB 709—88《热轧钢板和钢带的尺寸、外形及允许偏差》的规定,见附录 C。

3.2.4 钢板,如需经超声波探伤,则应按 ZBJ 74 003—88《压力容器用钢板超声波探伤》标准进行探伤。碳素钢应符合该标准规定的Ⅳ级要求,低合金钢应符合Ⅲ级要求。

3.2.5 焊接材料必须具有出厂质量证明书,其化学成分、机械性能和扩散氢含量等各项指标应符合 GB 5117—85《碳钢焊条》、GB 5118—85《低合金钢焊条》、GB 5293—85《碳素钢埋弧焊用焊剂》和 GB 1300—77《焊接用钢丝》的规定。

3.3 对测量工具和基准点的要求

3.3.1 钢管制造、安装所用的钢卷尺和测量仪器应不低于下列精度,且应经计量检定机构检定。

- a. 精度为万分之一的钢卷尺;
- b. J2 型经纬仪;
- c. S3 型水准仪。

测量温度、电流用的仪表亦应定期检查。划线所用样板,其误差不应大于 0.5 mm。

3.3.2 用于测量高程和安装轴线的基准点及安装用的控制点,均应明显、牢固和便于使用,应由测量部门在现场向安装单位和质量检查部门交清,并提供简图。

4 压力钢管制造

4.1 直管、弯管和渐变管的制造

4.1.1 钢板划线应满足下列要求:

- a. 钢板划线的极限偏差应符合表 4.1.1 的规定;
- b. 明管的纵缝位置与明管的垂直轴和水平轴所夹的圆心角应符合图样规定的范围;
- c. 相邻管节的纵缝距离应大于板厚的 5 倍且不小于 100 mm;

表 4.1.1

序 号	项 目	极限偏差 (mm)
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

- d. 在同一管节上相邻纵缝间距不应小于 500 mm。

4.1.2 钢板划线后应用钢印、油漆和冲眼标记分别标出钢管分段、分节、分块的编号,水流方向,水平和垂直中心线,灌浆孔位置,坡口角度以及切割线等符号。

4.1.3 高强度钢板上(指钢板标准抗拉强度的下限值在 550~610 MPa 范围的低合金调质钢,以下简称高强钢),严禁用锯或凿子、钢印作标记,不得在卷板外侧表面打冲眼。但在下列情况,轻微的冲眼标记允许使用:

- a. 在卷板内侧表面,用于校核划线准确性的冲眼;
- b. 卷板后的外侧表面。

4.1.4 钢板切割应用自动、半自动切割机切割或刨边机刨边,切割面的熔渣、毛刺和由于切割造成的缺口应用砂轮磨去。切割后坡口尺寸极限偏差应符合 GB 985—88《气焊、电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本型式与尺寸》、GB 986—88《埋弧焊焊缝坡口的基本型式与尺寸》或图样的规定。

4.1.5 钢板卷板应满足下列要求:

- a. 卷板方向应和钢板的压延方向一致;
- b. 卷板后,将瓦片以自由状态立于平台上,用样板检查弧度,其间隙应符合表 4.1.5—1 的规定;

表 4.1.5—1

序 号	钢管内径 D (m)	样 板 弦 长 (m)	样板与瓦片的极限间隙 (mm)
1	$D \leq 2$	0.5 D (且不小于 500 mm)	1.5
2	$2 < D \leq 5$	1.0	2.0
3	$D > 5$	1.5	2.5

c. 当钢管内径和壁厚关系符合表 4.1.5—2 的规定时, 瓦片允许冷卷, 否则应热卷或冷卷后进行热处理;

表 4.1.5—2

序 号	钢 板 牌 号	钢管内径 (D) 与壁厚 (δ) 关系
1	碳素钢、16Mn、16MnR	$D \geq 33\delta$
2	15MnV、15MnVR、15MnTi	$D \geq 40\delta$

注: 1. 高强度调质钢应冷卷或冷压成型;

2. 高强度调质钢冷卷或冷压成型后, 要求作热处理的管径与壁厚的关系和热处理的规范应按图样和设计文件执行。

d. 卷板时, 不许锤击钢板, 应防止在钢板上出现任何伤痕;

e. 高强度调质钢卷板后, 严禁用火焰校正弧度。

4.1.6 钢管对圆应在平台上进行, 其管口平面度应符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6

序 号	钢 管 内 径 D (m)	根 限 偏 差 (mm)
1	$D \leq 5$	2
2	$D > 5$	3

4.1.7 钢管对圆后, 其周长差应符合表 4.1.7 的规定。

表 4.1.7

mm

项 目	板 厚 δ	极 限 偏 差
实测周长与设计周长差		$\pm 3 D / 1000$, 且不大于 ± 24
相邻管节周长差	$\delta < 10$	6
	$\delta \geq 10$	10

4.1.8 钢管纵、环缝对口错边量的极限偏差应符合表 4.1.8 的规定。

表 4.1.8

mm

焊缝类别	板 厚 δ	极 限 偏 差
纵 缝	任意厚度	$10 \% \delta$, 且不大于 2
环 缝	$\delta \leq 30$	$15 \% \delta$, 且不大于 3
	$\delta > 30$	$10 \% \delta$
	$\delta \geq 60$	≤ 6

4.1.9 纵缝焊接后, 用样板检查纵缝处弧度, 其间隙应符合表 4.1.9 的规定。

表 4.1.9

钢 管 内 径 D (m)	样 板 弦 长 (mm)	样板与纵缝的极限间隙 (mm)
$D \leq 5$	500	4
$5 < D \leq 8$	$D / 10$	4
$D > 8$	1200	6

4.1.10 钢管圆度(指同端管口相互垂直两直径之差的最大值)的偏差不应大于 $3 D / 1000$, 最大不应大于 30 mm, 每端管口至少测两对直径。

4.1.11 单节钢管长度与设计值之差不应超过 ± 5.0 mm, 如经设计部门同意, 认为单节长度的偏差

对钢管总长度和钢管受力状态没有影响,则允许长度有所变化。

4.1.12 钢管安装的环缝,如采用带垫板的 V 型坡口,管口插入垫板处的钢管周长、圆度和纵缝焊后弧度等的极限偏差应符合下列规定。

a. 钢管对圆后,其周长差应符合表 4.1.12 的规定。

表 4.1.12 mm

项 目	板 厚	极 限 偏 差
实测周长与设计周长差		$\pm 3 D / 1000$,且不大于 ± 12
相邻管节周长差	$\delta < 10$	6
	$\delta \geq 10$	8

b. 如钢管焊有加劲环,安装加劲环对,其同端管品实测最大和最小直径之差,不应大于 4 mm,每端管口至少应测 4 对直径。

c. 纵缝焊后,用 4.1.9 条规定的样板检查纵缝弧度,其间隙不应大于 2 mm。

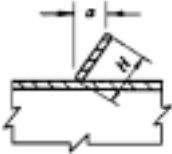

4.1.13 加劲环、支承环和止水环的内圈弧度应用样板检查,其间隙应符合表 4.1.5—1 的规定。

4.1.14 加劲环、支承环和止水环与钢管外壁的局部间隙,不应大于 3 mm。

4.1.15 直管段的加劲环和支承环组装的极限偏差应符合表 4.1.15 的规定。

4.1.16 加劲环、支承环和止水环的对接焊缝应与钢管纵缝错开 100 mm 以上。

表 4.1.15 mm

序号	项 目	支承环的 极限偏差	加劲环的 极限偏差	简 图
1	支承环或加劲环与管壁和垂直度	$a \leq 0.01 H$ 且不大于 3	$a \leq 0.02 H$ 且不大于 5	
2	支承环或加劲环所组成的平面与管轴线的垂直度	$b \leq 2 D / 1000$ 且不大于 6	$b \leq 4 D / 1000$ 且不大于 12	
3	相邻两环的间距偏差	± 10	± 30	

4.2 岔管和伸缩节制造

4.2.1 岔管和伸缩节的划线、切割、卷板的要求应遵守 4.1 节中的有关规定。

4.2.2 肋梁系岔管应在厂内进行整体组装或组焊,组装或组焊后岔管的各项尺寸应符合表 4.2.2 的规定。

4.2.3 球形岔管的球壳板尺寸应符合下列要求。

a. 球壳板曲率的极限偏差应符合表 4.2.3—1 的规定。

b. 球壳板几何尺寸极限偏差应符合表 4.2.3—2 的规定。

4.2.4 球形岔管应在厂内进行整体组装或组焊,组装或组焊后球岔各项尺寸的极限偏差应符合表 4.2.2 中有关规定外,还应符合表 4.2.4 的规定。

4.2.5 伸缩节的内、外套管和止水压环焊接后的弧度,应用样板检查(样板长度见表 4.1.5—1),其间隙在纵缝处不应大于 2 mm;其他部位不应大于 1 mm。在套管的全长范围内,检查上、中、下三个断面。

表 4.2.2 mm

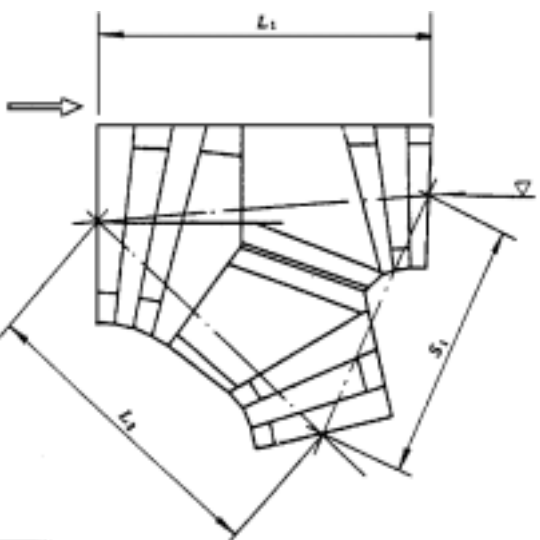
序号	项 目 名 称	尺寸和板厚 δ	极 限 偏 差	简 图
1	管长 L_1 、 L_2		± 5	
2	主、支管圆度 (D 为主、支管内径)		$3D/1000$ 且 不大于 30	
3	主、支管口实测周长与设计周长差		$\pm 3D/1000$ 且 不大于 ± 24 , 相邻管节周长差 ≤ 10	
4	支管中心距离 S_1		± 5	
5	主、支管中心高差	$D \leq 2\text{ m}$ $2 < D \leq 5\text{ m}$ $D > 5\text{ m}$	± 4 ± 6 ± 8	
6	主、支管管口垂直度	$D \leq 5\text{ m}$ $D > 5\text{ m}$	2 3	
7	纵缝对口错边量	任意厚度	10 % δ 且 不大于 2	
8	环缝对口错边量	$\delta \leq 30$ $\delta > 30$ $\delta \geq 60$	15 % δ 且 不大于 3 10 % δ ≤ 6	

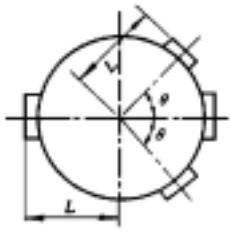
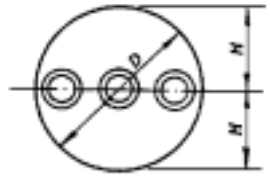
表 4.2.3—1

球壳板弦长 L (m)	应采用的样板弦长 (m)	任何部位样板与球壳板的极限间隙 (mm)
$L < 1.5$	1	3
$1.5 \leq L < 2$	1.5	
$L \geq 2$	2	

表 4.2.3—2 mm

序 号	项 目	极 限 偏 差
1	长度方向和宽度方向弦长	± 2.5
2	对角线相对差	4

表 4.2.4

序 号	项 目	直径 D (m)	极限偏差 (mm)	简 图
1	主、支管管口至 球盆中心距离 L		+10 -5	
2	分岔角度 θ		$\pm 30'$	
3	球壳圆度	$D \leq 2$ $2 < D \leq 5$ $D > 5$	$8 D / 1000$ $6 D / 1000$ $5 D / 1000$	
4	球盆顶、底至球盆 中心距离 H	$D \leq 2$ $2 < D \leq 5$ $D > 5$	$\pm 4 D / 1000$ $\pm 3 D / 1000$ $\pm 2.5 D / 1000$	

- 4.2.6 伸缩节内、外套管和止水压环的实测直径与设计直径的极限偏差不应超过 $\pm D / 1000$ ，且不超过 $\pm 2.5 \text{ mm}$ ，每端管口测量直径不应少于 4 对。
- 4.2.7 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 %。伸缩行程与设计行程的极限偏差不得超过 $\pm 4 \text{ mm}$ 。
- 4.2.8 伸缩节的止水盘根可以采用橡胶或油麻盘根或两者组合使用。橡胶盘根应粘接成整圈，每圈接头应斜接，相邻两圈接头应错开 500 mm 以上。

5 压力钢管安装

5.1 埋管安装

- 5.1.1 钢管支墩应有足够的强度和稳定性，以保证钢管在安装过程中不发生位移和变形。
- 5.1.2 埋管安装中心的极限偏差应符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2

钢管内径 D (m)	始装节管口中心的 极限偏差 (mm)	与蜗壳、伸缩节、蝴蝶阀、球阀、岔管连接的管 节及弯管起点的管口中心极限偏差 (mm)	其它部位管节的管 口中心极限偏差 (mm)
$D \leq 2$	5	6	15
$2 < D \leq 5$		10	20
$D > 5$		12	25

- 始装节的里程偏差不应超过 $\pm 5 \text{ mm}$ 。弯管起点的里程偏差不应超过 $\pm 10 \text{ mm}$ 。始装节两端管口垂直度偏差不应超过 $\pm 3 \text{ mm}$ 。
- 5.1.3 钢管安装后，管口圆度(指相互垂直两直径之差的最大值)偏差不应大于 $5 D / 1000$ ，最大不应大于 40 mm。至少测量 2 对直径。
- 5.1.4 环缝焊接除图样有规定者外，应逐条焊接，不得跳越，不得强行组装。管壁上不得随意焊接

临时支撑或脚踏板等构件,不得在混凝土浇筑后再焊接环缝。

5.1.5 拆除钢管上的工卡具、吊耳、内支撑和其他临时构件时,严禁使用锤击法,应用碳弧气刨或氧—乙炔火焰在其离管壁 3 mm 以上处切除,严禁损伤母材。切除后钢管内壁(包括高强钢钢管外壁)上残留的痕迹和焊疤应再用砂轮磨平,并认真检查有无微裂纹。对高强钢在施工初期和必要时应用磁粉或渗透探伤检查。如发现裂纹应用砂轮磨去,并复验确认裂纹已消除为止。同时应改进工艺,使不再出现裂纹,否则应继续进行磁粉或渗透探伤。

5.1.6 钢管安装后,必须与支墩和锚栓焊牢,防止浇筑混凝土时位移。

5.1.7 钢管内、外壁的局部凹坑深度不超过板厚 10 %,且不大于 2 mm,可用砂轮打磨,平滑过渡,凹坑深度超过 2 mm 的应按 6.5.5 条规定进行焊补。

5.1.8 灌浆孔应在钢管厂卷板后钻孔,并按预热和焊接等有关工艺焊接补强板。堵焊灌浆孔前应将孔口周围积水、水泥浆、铁锈等清理干净,焊后不得有渗水现象。高强钢钢板上不宜钻灌浆孔,如确需钻孔则在堵焊高强钢灌浆孔前应预热,堵焊后应用超声波和磁粉或渗透探伤按不少于 5 %个数的比例进行抽查,不允许出现裂纹。

5.1.9 土建施工和机电安装时,未经允许不得在钢管管壁上焊接任何构件。

5.2 明管安装

5.2.1 鞍式支座的顶面弧度,用样板(样板长度见表 4.1.5—1)检查其间隙不应大于 2 mm。

5.2.2 滚轮式和摇摆式支座支墩垫板的高程和纵、横向中心的偏差,不应超过 ± 5 mm,与钢管设计轴线的平行度不应大于 $2/1000$ 。但垫板高程偏差如图样另有规定,则应按图样规定执行。

5.2.3 滚轮式和摇摆式支座安装后,应能灵活动作,不应有任何卡阻现象,各接触面应接触良好,局部间隙不应大于 0.5 mm。

5.2.4 明管安装中心极限偏差应符合表 5.1.2 的规定,明管安装后,管口圆度应符合 5.1.3 条规定。

5.2.5 环缝的压缝、焊接和内支撑、工卡具、吊耳等的清除检查以及钢管内、外壁表面凹坑的处理、焊补应遵守 5.1 节埋管安装中的有关规定。

6 压力钢管焊接

6.1 焊接工艺评定

6.1.1 施工单位对所焊接钢管的钢板,未作过焊接工艺评定的,应进行焊接工艺评定(以下简称“评定”)。

6.1.2 “评定”参数分为重要参数,附加重要参数和次要参数。

- 重要参数是指影响焊接接头机械性能(冲击韧性除外)的焊接条件。
- 附加重要参数是指影响焊接接头冲击韧性的焊接条件。
- 次要参数是指不影响焊接接头机械性能的焊接条件。

6.1.3 符合下列情况之一者,可不再作焊接工艺评定。

- 对过去评定合格的“评定”报告,经批准“评定”报告的单位验证合格后,可不再作“评定”。
- 在同类别的钢材中,高级别钢材的“评定”适用于低级别钢材。
- 同级别牌号钢材的“评定”可互相替代。

6.1.4 钢材分类见表 6.1.4。

表 6.1.4

钢 种	类 别	级 别	牌 号
碳 素 钢	I	1	Q235 20R
低合金钢	II	1	16Mn 16MnR
		2	15MnV 15MnVR 15MnTi
高 强 钢	III	1	

注:高强度钢材牌号、性能和使用的板厚见附录 A。

6.1.5 已进行过“评定”的对接接头工艺试件厚度(δ),适用于焊件母材厚度的范围见表 6.1.5。

表 6.1.5

钢 种	试件母材厚度 δ (mm)	适用于焊件母材厚度的范围	
		下 限 值	上 限 值
碳素钢低合金钢	$8 \leq \delta \leq 130$	0.75δ	1.5δ
高 强 钢		0.75δ	1.0δ

6.1.6 已进行过“评定”,但改变下列重要参数之一者,应重新进行“评定”:

- a. 钢材类别改变,或厚度超过表 6.1.5 规定的适用范围;
- b. 焊条牌号(焊条牌号中第三位数字除外)、焊丝钢号、焊剂牌号改变;
- c. 当焊条牌号不变,但用非低氢型药皮焊条代替低氢型药皮焊条时;
- d. 预热温度比评定合格值降低 50 ℃ 以上时;
- e. 改变保护气体种类、混合保护气体比例以及减少原定流量 10 % 以上时。

6.1.7 要求做冲击韧性试验的焊件,如与做过的某个“评定”的重要参数相同,只是增加或改变下列一个或几个附加重要参数,则可按原“评定”的重要参数加上增加或改变的焊接条件,焊一个作为补充评定的试件,此试件仅做冲击韧性试验:

- a. 改变焊后消除应力热处理温度范围和保温时间;
- b. 最高层间温度比所评定的层间温度高 50 ℃ 以上;
- c. 改变电流的种类或极性;
- d. 焊接线能量超出已评定的范围;
- e. 采用摆动焊接时,改变摆动幅度、频率和两端停留的时间;
- f. 每层多道焊改为每层单道焊;
- g. 单丝焊改为多丝焊或反之。

6.1.8 不同类别钢材组成的焊接接头,即使两者分别进行过“评定”,仍应进行“评定”。

6.1.9 变更次要参数只需修订焊接工艺规程,而不必重新进行“评定”。

6.1.10 “评定”用的焊接设备和仪表应处于正常工作状态,施焊者应由理论水平和实际操作技能较高的焊工担任。

6.1.11 “评定”中所取的焊接位置应包含现场作业中所有的焊接位置。

6.1.12 “评定”用的钢材和焊接材料应与实际使用的相同。

6.1.13 “评定”前应根据规范和设计技术文件要求,针对采用的钢板牌号、厚度、焊接方法、焊接材料牌号以及坡口型式,拟定包括诸如坡口加工、组对、清理、预热温度、层间温度、后热温度、时间、焊接参数、焊接位置、焊接层数和道数、线能量范围、焊后消除应力热处理规范和全部检查、试验的项目和程序的评定方案。对某种钢种或某个厚度较薄的钢板,在规范和设计技术文件上若对某些技术要求未作规定,则这些技术要求的检查和试验项目就可省略。

6.1.14 对接接头试样机械性能评定项目和试样数量见表 6.1.14。

表 6.1.14

接头型式	试样厚度 δ (mm)	机 械 性 能 试 验			
		拉 伸	面 弯	背 弯	侧 弯
对 接	$8 \leq \delta < 20$	2	2	2	—
	$\delta \geq 20$	2	—	—	4

注：当设计要求作常温或低温冲击试验时，应作 9 个试样，焊缝、熔合线、热影响区各 3 个。

6.1.15 焊接工艺评定机械性能试验的试件、样坯的制备，试样尺寸、试验方法和合格标准见附录 D。

6.1.16 根据“评定”方案的规定和各项试验的原始报告和实测记录，由负责“评定”的焊接工程师作综合评定，并填写“焊接工艺评定报告”，再结合实践经验，制订“焊接工艺规程”作为指导焊接生产的依据，“焊接工艺评定报告”推荐格式见附录 E。

6.2 焊工资格

6.2.1 从事钢管一、二类焊缝焊接的焊工必须持有劳动人事部门发给的锅炉、压力容器焊工考试合格证书或者通过能源部、水利部颁发的适用于水利水电工程压力钢管制造、安装的焊工考试规则规定的考试，并持有有效合格证书。

6.2.2 焊工在钢管上焊接的钢材种类、焊接方法和焊接位置等均应与焊工本人考试合格的项目相符。

6.3 焊接的基本规定和工艺要求

6.3.1 焊缝按其重要性分为三类：

一类焊缝：

- a. 钢管管壁纵缝，厂房内明管(指不埋于混凝土内的钢管，下同)环缝，凑合节合拢环缝；
- b. 岔管管壁纵、环缝，岔管分岔处加强板的对接焊缝，加强板与管壁相接处的对接和角接的组合焊缝；
- c. 闷头与管壁的连接焊缝。

二类焊缝：

- a. 钢管管壁环缝；
- b. 人孔颈管的对接焊缝，人孔颈管与顶盖和管壁的连接焊缝；
- c. 支承环对接焊缝和主要受力角焊缝。

三类焊缝：

不属于一、二类的其他焊缝。

6.3.2 钢管一、二类焊缝焊接宜采用手工焊和埋弧焊。首次采用气体保护焊，应在现场经过一段时间试用，证实其焊接设备和焊接材料性能优良、稳定，能满足焊接工艺要求，可以保证焊缝质量后，方可采用。

6.3.3 焊接钢管各类焊缝所选用的焊条、焊丝、焊剂应与所施焊的钢种相匹配，可参照表 6.3.3 选用。

表 6.3.3

序号	钢种	牌号	手工焊			埋弧焊			
			焊条号	符合国标型号	相当于AWS型号	钢丝牌号	焊剂		
							牌号	符合国标型号	相当于AWS型号
1	碳素钢	Q235 Q20R	J426 J427	E4316 E4315	E6016 E6015	H08A	HJ431	HJ401	F6AZ—EL12
2	低合金钢	16Mn 16MnR	J506 J507 J507H	E5016 E5015 E5015	E7016 E7015 E7015	H08MnA H10MnSi H10Mn2	HJ431 HJ350	HJ401 HJ402	F6AZ—EL12 F6A0—EH14
			J506 J507 J507H J556 J557	E5016 E5015 E5015 E5516—G E5515—G	E7016 E5015 E7015 E8016—G E8015—G	H08MnA H10MnSi H10Mn2	HJ431 HJ350	HJ401 HJ402	F6AZ—EL12 F6A0—EH14
4	高强度	—	J607RH	E6015—G	E9015—G	—	—	—	—

6.3.4 异种钢板焊接时,应采用强度高钢板的焊接工艺施焊。焊接材料按图样规定,并应经焊接工艺试验评定。

6.3.5 遇有穿堂风或风速超过 8 m/s 的大风和雨天、雪天以及环境温度在 -5°C 以下、相对湿度在 90 % 以上时,焊接处应有可靠的防护措施,保证焊接处有所需的足够温度,焊工技能不受影响,方可施焊。

6.3.6 钢管一、二类焊缝,应经检查合格,方准施焊。

6.3.7 施焊前,应将坡口及其两侧 10~20 mm 范围内的铁锈、熔渣、油垢、水迹等清除干净。

6.3.8 焊接材料应按下列要求进行烘焙和保管:

a. 焊条、焊剂应放置于通风、干燥和室温不低于 5°C 的专设库房内,设专人保管、烘焙和发放。并应及时作好实测温度和焊条发放记录。烘焙温度和时间应严格按厂家说明书的规定进行。

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

c. 现场使用的焊条应装入保温筒,焊条在保温筒内的时间不宜超过 4 h,超过后,应重新烘焙,重复烘焙次数不宜超过 2 次。

d. 埋弧焊焊剂中如有杂物混入,应对焊剂进行清理,或全部更换。

e. 焊丝在使用前应清除铁锈和油污。

6.3.9 焊缝(包括定位焊)焊接时,应在坡口上引弧、熄弧,严禁在母材上引弧,熄弧时应将弧坑填满,多层焊的层间接头应错开。

6.3.10 定位焊焊接应符合下列规定:

a. 一、二类焊缝的定位焊焊接工艺和对焊工要求与主缝(即一、二类焊缝,下同)相同;

b. 对需要预热焊接的钢板,焊定位焊时应以焊接处为中心,至少应在 150 mm 范围内进行预热,预热温度较主缝预热温度高出 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$;

c. 定位焊位置应距焊缝端部 30 mm 以上,其长度应在 50 mm 以上,间距为 100~400 mm,厚度不宜超过正式焊缝高度的二分之一,最厚不宜超过 8 mm;

d. 施焊前应检查定位焊质量,如有裂纹、气孔、夹渣等缺陷均应清除。

6.3.11 工卡具、内支撑、外支撑、吊耳及其他临时构件的焊接和拆除应符合下列规定：

- a. 对需要预热焊接的钢板,焊接工卡具等构件时,应按 6.3.10 条中 b 的规定执行;
- b. 工卡具等构件焊接时,严禁在母材上引弧和熄弧;
- c. 工卡具等构件拆除应按 5.1.5 条规定执行。

6.3.12 一、二类焊缝预热应符合下列规定：

a. 手工焊预热温度可进行斜 Y 型焊接裂纹试验,当板厚拘束度大时,还应增作窗形拘束裂纹试验,加以确定,裂纹率应为零,也可参照表 6.3.12 的规定。

表 6.3.12

℃

钢板牌号 板厚(mm)	Q235 20R	16Mn 16MnR	15MnV 15MnVR 15MnTi	高 强 钢
>25~30	—	—	60~80	60~80
>30~38	—	80~100	80~100	80~100
>38~50	80~120	100~120	100~150	100~150

- 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气温低于 0℃时,也应适当预热;
3. 手工焊条应采用低氢型焊条。

b. 预热时必须均匀加热。预热区的宽度应为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚,且不小于 100 mm。其温度测量应用表面测温计,在距焊缝中心线各 50 mm 处对称测量,每条焊缝测量点不应少于 3 对。

6.3.13 在需要预热焊接的钢板上,焊接加劲环、止水环、人孔门等附属构件时,应按焊接工艺评定确定的预热温度或按和焊接主缝相同的预热温度进行预热。

6.3.14 焊接层间温度和后热消氢处理温度应由焊接工艺评定确定,也可参照下列要求执行:

- a. 厚度大于 38 mm 的高强钢和低合金钢应作后热消氢处理;
- b. 后热温度:低合金钢宜为 250~350℃,高强钢宜为 150~200℃,保温时间为 1 h 以上;
- c. 层间温度应不低于预热温度,且不高于 230℃。

6.3.15 高强钢和厚度大于 38 mm 的碳素钢,厚度大于 25 mm 的低合金钢焊接时应按焊接工艺试验评定的线能量范围进行测定和控制,并应作出记录。

6.3.16 双面焊接时,单侧焊接后应用碳弧气刨或砂轮进行背面清根,将焊在清根侧的定位焊缝金属清除。如用碳弧气刨清根,清根后应用砂轮修整刨槽,对高强钢应磨除渗碳层并认真检查,保证无缺陷。对需预热焊接的钢板,清根前应预热。

6.3.17 焊缝组装局部间隙超过 5 mm,但长度不大于该焊缝长的 15% 时,允许在坡口两侧或一侧作堆焊处理,但应符合下列规定:

- a. 严禁在间隙内填入金属材料;
- b. 堆焊后应用砂轮修整;
- c. 根据堆焊长度和间隙大小,对堆焊部位的焊缝应酌情进行无损探伤检查。

6.3.18 纵缝埋弧焊在焊缝两端设置引弧板和熄弧板,引弧板和熄弧板不得用锤击落,应用氧—乙炔火焰或碳弧气刨切除,并用砂轮修磨成原坡口型式。

6.3.19 焊接完毕,焊工应进行自检。一、二类焊缝自检合格后,应在焊缝附近用钢印打上代号,作好记录。高强钢不打钢印,但应当场作好记录并由焊工签名。

6.4 焊缝检验

6.4.1 所有焊缝均应进行外观检查,外观质量应符合表 6.4.1 的规定。

6.4.2 无损检测人员应经部有关主管部门批准的无损检测人员技术资格鉴定考试委员会考试合格,并持有工业部门技术资格证书。评定焊缝质量应由Ⅱ级或Ⅱ级以上的检测人员担任。

6.4.3 焊缝内部缺陷探伤可选用射线探伤或超声波探伤,任选一种。表面裂纹检查可选用渗透或磁粉探伤。

6.4.4 焊缝无损探伤长度占焊缝全长的百分比应不少于表 6.4.4 中的规定,但如图样和设计文件另有规定,则按图样和设计文件规定执行。

表 6.4.1

mm

序号	项 目		焊 缝 类 别		
			—	二	三
			允 许 缺 陷 尺 寸		
1	裂 纹		不 允 许		
2	表面夹渣		不 允 许		深不大于 0.1δ , 长不大于 0.3δ 且不大于 10
3	咬 边		深不超过 0.5, 连续长度不超过 100, 两侧咬边累计长度不大于 10 % 全长焊缝		深不大于 1, 长度不限
4	未 焊 满		不 允 许		不超过 $0.2+0.02\delta$ 且不超过 1, 每 100 焊缝内缺陷总长不大于 25
5	表面气孔		不 允 许		每 50 长的焊缝内允许有直径为 0.3δ , 且不大于 2 的气孔 2 个, 孔间距不小于 6 倍孔径
6	焊缝余高 Δh	手工焊	$12 < \delta < 25$ $\Delta h = 0 \sim 2.5$ $25 < \delta \leq 50$ $\Delta h = 0 \sim 3$		—
		埋弧焊	0~4		—
7	对接接头焊缝宽度	手工焊	盖过每边坡口宽度 2~4, 且平缓过渡		
		埋弧焊	盖过每边坡口宽度 2~7, 且平缓过渡		
8	飞 溅		清 除 干 净		
9	焊 瘤		不 允 许		
10	角焊缝厚度不足(按设计焊缝厚度计)		不 允 许	不超过 $0.3 + 0.05\delta$ 且不超过 1 每 100 焊缝长度内缺陷总长度不大于 25	不超过 $0.3 + 0.05\delta$ 且不超过 2 每 100 焊缝长度内缺陷总长度不大于 25
11	角焊缝焊脚 K	手工焊	$K < 12^{+3}$		$K > 12^{+4}$
		埋弧焊	$K < 12^{+4}$		$K > 12^{+5}$

表 6.4.4

钢 种	板 厚 (mm)	射线探伤(%)		超声波探伤(%)	
		一 类	二 类	一 类	二 类
碳素钢	≥ 38	20	10	100	50
	< 38	15	8	50	30
低合金钢	≥ 32	25	10	100	50
	< 32	20	10	50	30
高强钢	任意厚度	40	20	100	50

注:1. 钢管的一类焊缝,用超声波探伤时,根据需要可使用射线探伤复验,复验长度高强钢为 10 %,其余为 5 %;二类焊缝只在超声波探伤有可疑波形、不能准确判断时,才用射线复验。

2. 局部探伤部位应包括全部丁字焊缝及每个焊工所焊焊缝的一部分。

3. 支承环的主要受力角焊缝确有困难无法探伤时,应严格按二类焊缝焊接工艺施焊,以确保焊缝质量。

6.4.5 无损探伤应在焊接完成 24 h 以后进行。

6.4.6 射线探伤按 GB 3323—87《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》标准评定,一类焊缝Ⅱ级合格,二类焊缝Ⅲ级合格;超声波探伤按 GB 11345—89《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级》标准评定,一类焊缝 BⅠ级为合格,二类焊缝 BⅡ级为合格。

6.4.7 在焊缝局部探伤时,如发现有不允许缺陷,应在缺陷方向或在可疑部位作补充探伤,如经补充探伤仍发现有不允许缺陷,则应对该焊工在该条焊缝上所施焊的焊接部位或整条焊缝进行探伤。

6.5 缺陷的处理和焊补

6.5.1 焊缝内部或表面发现有裂纹时,应进行分析,找出原因,制订措施后,方可焊补。

6.5.2 焊缝内部缺陷应用碳弧气刨或砂轮将缺陷清除并用砂轮修磨成便于焊接的凹槽,焊补前要认真检查。如缺陷为裂纹,则应用磁粉或渗透探伤,确认裂纹已经消除,方可焊补。

6.5.3 当焊补的焊缝需要预热、后热时,则焊补前应按 6.3.10 条中 b 的规定进行预热,焊补后按 6.3.14 条中 a 和 b 的规定进行后热。

6.5.4 返修后的焊缝,应用射线探伤或超声波探伤复查,同一部位的返修次数不宜超过 2 次,超过 2 次后焊补时,应制订可靠的技术措施,并经施工单位技术负责人批准,方可焊补,并作出记录。

6.5.5 管壁表面凹坑深度大于板厚 10 %或超过 2 mm 的,焊补前应用碳弧气刨或砂轮将凹坑刨成和修磨成便于焊接的凹槽,再行焊补。如需预热、后热,则按 6.5.3 条规定进行。焊补后应用砂轮将焊补处磨平,并认真检查,有无微裂纹。对高强钢还应用磁粉或渗透检查。

6.5.6 在母材上严禁有电弧擦伤,焊接电缆接头不许裸露金属丝,如有擦伤应用砂轮将擦伤处作打磨处理,并认真检查有无微裂纹,对高强钢在施工初期和必要时应用磁粉或渗透检查。

7 压力钢管焊后消除应力热处理

7.1 基本规定

7.1.1 钢管和岔管需否进行焊后消除应力热处理和采用热处理方法应按图样或设计技术文件规定执行。

7.2 热处理工艺

7.2.1 碳素钢、低合金钢、高强钢焊后热处理温度应按图样规定或焊接工艺评定的温度,也可参照表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1

钢 板 牌 号	热处理温度(℃)	备 注
Q235 20R	600~650	
16Mn 16MnR	600~650	
15MnV 15MnVR	550~590	
高 强 钢	550~580	参考值,应经试验后确定

7.2.2 碳素钢、低合金钢钢管、岔管在炉内作整体热处理时,工件入炉或出炉时,炉内温度应低于 300℃,其加热速度、恒温时间及冷却速度应按下列要求控制:

- a. 加热速度:升温至 300 ℃后,加热速度不应超过 $220 \times \frac{25}{\delta}$ ℃/h,且不大于 220 ℃/h,不小于 50 ℃/h;
- b. 恒温时间:碳素钢每毫米壁厚需 $2 \sim 2 \frac{1}{2}$ min,且不少于 30 min,保温时各部温差不得超过 50 ℃;
- c. 冷却速度:恒温后的冷却速度不应超过 $275 \times \frac{25}{\delta}$ ℃/h,且不大于 275 ℃/h,不小于 50 ℃/h。300 ℃以下可自然冷却。

上面式中 δ 为焊接接头的最大板厚(mm)。

7.2.3 碳素钢、低合金钢钢管、岔管在炉内作整体热处理确有困难时,允许采用局部热处理。一类焊缝加热宽度应从焊缝中心算起,两侧应为各焊接区板厚的 6 倍以上;二类焊缝加热宽度应从焊缝侧算起,两侧宽度各不小于板厚 3 倍。加温、保温、降温速度和时间与炉内整体热处理相同,内外壁温度应力求均匀,在加热带以外部位应予保温,以减少温度梯度,防止产生更大的热应力和影响母材的组织及性能。

7.2.4 高强钢钢管、岔管热处理前应作严格试验,确定热处理规范,热处理后钢材性能应满足设计要求,不得出现回火脆性和再热裂纹。

7.2.5 整体或局部热处理后,均应提供热处理曲线。采用同一焊接工艺焊接的同一牌号钢材的钢管和岔管,用同一规范进行热处理。作局部热处理后至少应提供一次热处理后消应效果和硬度测定记录;作整体热处理后,至少应提供一块随炉试板,试板的机械性能应符合设计要求。高强钢试板应酌量增加。

8 压力钢管防腐蚀

8.1 表面预处理

8.1.1 钢管表面预处理前应将油污、焊渣等污物清除干净。

8.1.2 表面预处理应采用喷射或抛射除锈,所用的磨料应清洁干燥,喷射用的压缩空气应经过滤,除去油水。

8.1.3 明管、埋管内壁经喷射或抛射除锈后,除锈等级应符合 GB 8923—88《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》标准中规定的 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级,应用照片目视比较评定。GB 8923—88 标准中的各除锈等级的要求内容见附录 F。表面粗糙度应达到 Ra40~70 μm ,用样板目视比较评定或仪器测定。

8.1.4 明管、埋管外壁经喷射或抛射除锈后,其除锈等级根据设计规定采用水泥浆防腐蚀或涂料防腐蚀的不同,达到表 8.1.4 中所规定的除锈等级标准。

表 8.1.4

部 位	防 腐 蚀 手 段	应达到的除锈等级
明管外壁	喷涂涂料	Sa2 $\frac{1}{2}$
埋管外壁	喷涂水泥浆	Sa1

8.1.5 钢管除锈后,应用干燥的压缩空气吹净,或用吸尘器清除灰尘,涂装前如发现钢板表面污染或返锈,应重新处理到原除锈等级。

8.1.6 当空气中相对湿度超过 85 %、环境气温低于 5 ℃和钢板表面温度预计将低于大气露点以上 3 ℃时,不得进行除锈。

8.2 涂料涂装

8.2.1 经除锈后的钢材表面应尽快涂装,一般宜在 4 h 内涂装,晴天和正常大气条件下,最长不应超过 24 h。

8.2.2 使用的涂料应符合图样规定,涂装层数、每层厚度、逐层涂装间隔时间、涂料调配方法和涂装注意事项,应按设计文件或厂家说明书规定进行。

8.2.3 在环缝两侧各 200 mm 范围内,应先涂装焊接时不会对焊缝质量产生不良影响的车间底漆,以免坡口生锈。环缝焊后,对焊缝区进行二次除锈,用人工涂刷或小型高压喷漆机喷涂涂料,达到规定厚度。

8.2.4 当空气中相对湿度超过 85 %、钢板表面温度低于大气露点以上 3 ℃或高于 60 ℃以及环境温度低于 10 ℃时,均不得进行涂装。

8.3 涂料涂层质量检查

8.3.1 涂装时如发现漏涂、流挂、皱皮等缺陷应及时处理,并用湿膜测厚仪测定湿膜厚度。每层涂装前应对上一层涂层外观进行检查。


8.3.2 涂装后进行外观检查,应表面光滑,颜色一致,无皱皮、起泡、流挂、漏涂等缺陷。水泥浆涂层,厚度应基本一致,沾着牢固,不起粉状。

8.3.3 涂层内部质量应符合下列规定:

a. 漆膜厚度用磁性测厚仪测定,在单节钢管的两端和中间的圆周上每隔 1.5 m 测一点,漆膜厚度应满足两个 85 %,即 85 %的测点厚度应达到设计要求,达不到厚度的测点,其最小厚度值应不低于设计厚度的 85 %;

b. 用针孔检测仪,按设计规定的电压值检测针孔,发现针孔,用砂纸砂轮机打磨补涂;

c. 漆膜厚度不足或有针孔,返修固化后,应复查,不合格的要再次返修,直至合格;

d. 附着力检查,使用硬质刀具在涂层上划一个夹角为 60°(即 形)的切口进行抽查,应划透涂层直达基材,用胶带粘贴划口部分,撕掉胶带后观察划痕处,涂层应无剥落。也可用在同一条件下喷涂的样板上进行检查。

8.4 金属喷涂

8.4.1 金属喷涂用的锌丝、铝丝应符合下列要求:

a. 锌丝纯度宜为 99.99 %,不得低于 99.95 %,铝丝纯度不得低于 99.5 %;

b. 锌丝、铝丝应光洁、无锈、无油、无折痕 直径为 2.0~3.0 mm。

8.4.2 喷涂厚度:喷铝层宜为 120~150 μm,喷锌层宜为 120~250 μm,如图样另有规定,则按图样规定执行。

8.4.3 经除锈后,钢材表面应尽快喷涂,一般宜在 2 h 内喷涂,在晴天和正常大气条件下最长不应超过 12 h。

8.4.4 当空气中相对湿度超过 85 %,钢板表面温度低于大气露点以上 3 ℃以及环境温度低于 5 ℃时均不得进行喷涂。

- 8.4.5 喷涂应力求均匀,一般宜分二次喷涂,二次喷涂的喷束应垂直交叉覆盖。
- 8.4.6 喷涂完,涂层经检查合格,应及时用图样规定的涂料进行封闭;涂装前将涂层表面灰尘清理干净,涂装宜在涂层尚有一定温度时进行,如涂层已冷却,可将涂料适当加温。
- 8.4.7 金属喷涂完应进行外观检查,涂层表面应均匀,无杂物、起皮、鼓泡、孔洞、凹凸不平、粗颗粒、掉块及裂纹等现象。遇有少量夹杂可用刀具剔刮,如缺陷面积较大,应铲除重喷。
- 8.4.8 金属涂层的厚度测定,结合性能检查方法见附录 G。

9 水压试验

9.1 基本规定

- 9.1.1 水压试验的试验压力值应按图样或设计技术文件规定执行。
- 9.1.2 明管或岔管试压时,应缓缓升压至工作压力,保持 10 min;对钢管进行检查,情况正常,继续升至试验压力,保持 5 min,再下降至工作压力,保持 30 min,并用 0.5~1.0 kg 小锤在焊缝两侧各 15~20 mm 处轻轻敲击,整个试验过程中应无渗水和其他异常情况。

9.2 岔管水压试验

- 9.2.1 下列岔管应作水压试验:
- a. 首次使用新钢种制造的岔管;
 - b. 新型结构的岔管;
 - c. 高水头岔管;
 - d. 高强钢制造的岔管。
- 9.2.2 一般常用岔管需否作水压试验按设计规定执行。

9.3 明管水压试验

- 9.3.1 明管应作水压试验,可作整条或分段水压试验。分段长度和试验压力由设计单位提供。
- 9.3.2 明管安装后,作整体或分段水压试验确有困难,当采用的钢板性能优良、低温韧性高,施工时能严格按评定的焊接工艺施焊,纵、环缝按 100 %无损探伤,应焊后热处理的焊缝进行了热处理,并经上级主管部门批准可以不作水压试验。
- 9.3.3 单节明管如符合 9.3.2 条规定也可不作水压试验。
- 9.3.4 试压时水温应在 5℃ 以上。

10 包装、运输

- 10.0.1 钢管瓦片应成节配套、运输,并绑扎牢固,防止倾倒。支承环、加劲环、连接板等应绑扎成捆运输,并用油漆标明名称及编号。
- 10.0.2 为防止瓦片在运输过程中变形,可加临时支撑。支撑不得直接焊于瓦片上,应通过工具卡和螺栓等连接件加以固定。

11 交接验收

11.0.1 压力钢管工程竣工后,应进行工程验收,制造与安装的质量应符合图样和本规范的规定。

11.0.2 交接验收时,施工单位应提供下列资料:

- a. 压力钢管工程竣工图样;
- b. 主要材料出厂质量证明书;
- c. 制造、安装时最终检查和试验的测定记录;
- d. 参加压力钢管一、二类焊缝焊接的焊工名单及代号;
- e. 设计修改通知单;
- f. 焊缝无损探伤报告;
- g. 重大缺陷处理记录和有关会议纪要。

附录 A 钢板性能标准和表面质量标准 (补 充 件)

A.1 钢板性能

A.1.1 碳素结构钢、低合金结构钢的性能应符合表 A.1.1—1~表 A.1.1—4 的规定。

表 A.1.1—1 碳素结构钢的化学成分(摘自 GB 700—88)

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.b.Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045		
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ

注:1. 牌号表示方法:钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、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:Q235—A·F。

2. 符号:Q—钢材屈服点;A、B、C、D—分别为质量等级的符号;F—沸腾钢;b—半镇静钢;Z—镇静钢;TZ—特殊镇静钢。在牌号组成表示方法中,“Z”与“TZ”代号予以省略。

表 A.1.1—2 碳素结构钢的机械性能(摘自 GB 700—88)

牌 号	等 级	拉 伸 试 验									冲击试验		冷弯试验 $B=2a$ 180°			
		屈服点 σ_s (MPa)				抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长点 δ_5 (%)				温 度 (°C)	V 型 冲击功 (纵向) (J)	试 样 方 向	钢板厚度 (mm)		
		钢板厚度 (mm)					钢板厚度 (mm)							＞4 ～60	＞60 ～100	＞100 ～200
		≤16	＞16～40	＞40～60	＞60～100		≤16	＞16～40	＞40～60	＞60～100						
		不 小 于					不 小 于							弯 心 直 径 d		
Q235	A					375～460	26	25	24	23	—	27	纵 横	a	$2a$	$2.5a$
	B	235	225	215	205						20			$1.5a$	$2.5a$	$3a$
	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. 夏比冲击功值按一组三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,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,也可以正火状态交货(A 级钢除外)。

5. 其它技术要求见 GB 700—88 规定。

表 A.1.1—3 低合金结构钢的化学成分(摘自 GB 1591—88)

序 号	牌 号	化 学 成 分 （ % ）						
		C	Mn	Si	V	Ti	S	P
							不 大 于	
1	16Mn	0.12~0.20	1.20~1.60	0.20~0.55	—	—	0.045	0.045
2	15MnV	0.12~0.18	1.20~1.60	0.20~0.55	0.04~0.12	—	0.045	0.045
3	15MnTi	0.12~0.18	1.20~1.60	0.20~0.55	—	0.12~0.20	0.045	0.045

表 A.1.1—4 低合金结构钢的机械性能(摘自 GB 1591—88)

序号	牌 号	钢材厚度 或直径 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s	伸长率 δ_5	180°弯曲 试验 d 为 弯心直径; a 为试样 厚 度	冲击试验	
				(MPa)	(%)		温 度 (℃)	V 型冲击功 (纵向) (J)
				不 小 于				不 小 于
1	16Mn	≤16	510~660	345	22	$d = 2a$	20	27
		>16~25	490~640	325	21	$d = 3a$		
		>25~36	470~620	315	21	$d = 3a$		
		>36~50	470~620	295	21	$d = 3a$		
		>50~100 方、圆钢	470~620	275	20	$d = 3a$		
2	15MnV	≤4	550~700	410	19	$d = 2a$	20	27
		>4~16	530~680	390	18	$d = 3a$		
		>16~25	510~660	375	18	$d = 3a$		
		>25~36	490~640	355	18	$d = 3a$		
		>36~50	490~640	335	18	$d = 3a$		
3	15MnTi	≤25	530~680	390	20	$d = 3a$	20	27
		>25~40	510~660	375	20	$d = 3a$		

注:1. 根据需方要求,并在合同中注明,钢材应进行 20℃夏比(V 型坡口)冲击试验,冲击功应符合表 A.1.1—4 的规定。
2. 根据需方要求,并经双方协议,钢材可进行 0℃、-20℃或-40℃夏比(V 型坡口)冲击试验,纵向试样冲击功应不小于 27J。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,按一组三个试样算术平均值计算。允许其中一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,也可按热处理状态交货。
6. 15MnTi 钢的力学性能是指热处理状态的。
7. 其它技术要求见 GB 1591—88 规定。

A.1.2 压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板的性能应符合表 A.1.2—1、表 A.1.2—2 的规定。

表 A.1.2—1 压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板的化学成分(摘自 GB 6654—86)

序号	牌 号	化 学 成 分 (%)					
		C	Mn	Si	V	S	P
						不 大 于	
1	20R	≤0.22	0.35~0.80	0.15~0.30	—	0.035	0.035
2	16MnR	≤0.20	1.20~1.60	0.20~0.60	—	0.035	0.035
3	15MnVR	≤0.18	1.20~1.60	0.20~0.60	0.04~0.12	0.035	0.035

表 A.1.2—2 压力容器用碳素钢和低合金钢厚板的机械性能(摘自 GB 6654—86)

序 号	牌 号	交 货 状 态	钢材厚度 或直径 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	V型常温 冲击功 A_{kv} (J) 横向试样	冷弯试验 $B = 2a$ 180°
					不 小 于			
1	20R	热 轧 或 正 火	6~16	400~530	245	26	27	$d = 2a$
			17~25		235	25		
			26~36		225	24		
			38~60		215	23		
			≥60~100	390~520	195	22		$d = 2.5a$

续表

序号	牌 号	交货状态	钢材厚度或直径 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	V型常温冲击功 A_{kv} (J) 横向试样	冷弯试验 $B = 2a$ 180°
					不 小 于			
2	16MnR	热轧或正火	6~16	510~655	345	21	27	$d = 2a$
			17~25	490~635	325	20		
			26~36	490~635	305	19		
			38~60	470~620	285	19		
			>60~100	450~590	265	18		
3	15MnVR		6~16	530~675	390	18		$d = 3a$
			17~25	510~655	375	17		
			26~36	510~655	355	17		
			38~60	490~635	335	17		

- 注:1. 根据需方要求,经供需双方协议,20R、16MnR的V型常温冲击功可按34J交货。
2. 根据需方要求,经供需双方协议,20R、16MnR可进行-20℃的V型冲击试验,冲击功不小于20J。
3. 夏比常温冲击功,按三个试样的算术平均值计算,允许其中一个试样比规定值低,但不得低于规定值的70%。
4. 根据需方要求,钢板应进行超声波探伤。超声波探伤检查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的钢板可逐张检验。
6. 其它技术要求见GB 6654—86标准。

A.1.3 高强钢钢板性能。WCF—60(62)钢板性能应符合下列规定:

- 钢的化学成分(熔炼分析)应符合表A.1.3—1的规定;
- 钢板应逐张进行力学性能和冷弯性能试验,其结果应符合表A.1.3—2的规定;
- 钢板的其它技术要求按GB 6654—86规定。

表 A.1.3—1 WCF—60(62)化学成分

%

序 号	牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr
	WCF—60 WCF—62	≤0.09	0.15~0.35	1.10~1.50	≤0.03	≤0.02	≤0.30
序 号	牌 号	Ni	Mo	V	B	P _{CM}	
	WCF—60 WCF—62	≤0.50	≤0.30	0.02~0.06	≤0.003	0.20	

注:1. 使用温度低于-20℃的钢板,含Ni量下限为0.20%。

$$2. P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B(\%)。$$

表 A.1.3—2 WCF—60(62)钢机械性能

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 $d = 3a$ 180°
				σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ_5 (%)	试验温度	A_{kv} (J)		
								平均值	单个值	
1	WCF—60	调质	横向 1/4 厚度处	590~720	≥ 450	≥ 17	-20 -40	≥ 47	≥ 33	完 好
2	WCF—62	调质	横向 1/4 厚度处	610~740	≥ 490	≥ 17	-20 -40	≥ 47	≥ 33	完 好

注:钢板厚度不应超过38mm。

A.2 钢板表面质量

A.2.1 普通碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板表面质量应符合下列规定(摘自GB 3274—88):

- 钢板表面不得有气泡、结疤、拉裂、裂纹、折叠、夹杂和压入的氧化铁皮。钢板不得有分层。

- b. 钢板表面允许有不妨碍检查表面缺陷的薄层氧化铁皮、铁锈、由于压入氧化铁皮脱落所引起的不显著的粗糙、划痕、轧辊造成的网纹及其它局部缺陷,但凹凸度不得超过钢板厚度公差之半,对低合金钢应保证不超过允许的最小厚度。
- c. 钢板表面的缺陷不允许焊补和堵塞,应用凿子或砂轮清理。清理处应平缓无棱角,清理深度不得超过钢板厚度负偏差的范围,对低合金钢板并应保证不超过钢板允许的最小厚度。
- d. 切边钢板的边缘不得有锯齿形凹凸,但允许有深度不大于 2 mm、长度不大于 25 mm 的个别发纹。不切边钢板,因轧制而产生的边缘裂口及其它缺陷,其横向深度不得超过钢板宽度偏差之半,并且不得使钢板宽度小于公称宽度。
- e. 根据供需双方协议,厚度大于 10 mm 的钢板可逐张进行超声波检验,检验方法由双方协议确定。

A.2.2 压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板表面质量应符合下列规定(摘自 GB 6654—86):

- a. 钢板表面不允许存在裂纹、气泡、结疤、折叠和夹杂等缺陷,钢板不得有分层。如有上述表面缺陷,允许清理,清理深度从钢板实际尺寸算起,不得超过钢板厚度公差之半,并应保证钢板的最小厚度。缺陷清理处应平滑、无棱角。
- b. 除 a 规定之外,其他缺陷允许存在。其深度从钢板实际尺寸算起,不超过钢板厚度公差之半,并应保证缺陷处厚度不超过钢板允许最小厚度。

附录 B 国外常用于制造压力钢管的钢板(参考件)

表 B 国外常用于制造压力钢管的钢板

国别	标准	钢号	厚度 (mm)	抗拉强度 (MPa)	标准	钢号	厚度 (mm)	抗拉强度 (MPa)	标准	钢号	厚度 (mm)	抗拉强度 (MPa)
日本	JIS G3106 焊接结构用 钢板	SM400B	<200	400~510	JIS G3106 焊接结构用 钢板	SM490B	<200	490~610	JIS G3106 焊接结构用 钢板	SM570Q HT—590	<100	570~720 590~710
美国	ASTM A516/A516M —82 中、低温压力 容器用碳素 钢板	A516Gr.65 (450) A516Gr.70 (485)		450~585 485~620	ASTM A537/A537 M—82 压力容器用 经热处理的 碳硅锰钢板	A537c1.1	≤65	485~620	ASTM A537/A537 M—82 压力容器用 经热处理的 碳硅锰钢板	A537c1.2	≤65	550~690
德国					DIN 17102	YSIE355		490~630				

注:1. HT—590 指日本各钢厂生产的抗拉强度下限值为 590 MPa 级的钢板;
2. A516Gr.65(450),其中 Gr.65 系钢板抗拉强度级别,65 的单位为 Ksi,括弧内 450 的单位为 MPa;
3. A516Gr.70(485),其中 Gr.70 系钢板抗拉强度级别,70 的单位为 Ksi,括弧内 485 的单位为 MPa。

附录 C 钢板厚度允许偏差(补充件)

表 C 钢板厚度允许偏差(摘自 GB 709—88) mm

公称厚度		负 偏 差	下 列 宽 度 的 厚 度 允 许 正 偏 差													
>	≤		>1000 ≤1200	>1200 ≤1500	>1500 ≤1700	>1700 ≤1800	>1800 ≤2000	>2000 ≤2300	>2300 ≤2500	>2500 ≤2600	>2600 ≤2800	>2800 ≤3000	>3000 ≤3200	>3200 ≤3400	>3400 ≤3600	>3600 ≤3800
7.5	10	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—
10	13	0.7	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.35	—	—	—	—	—	—	—	—
13	25	0.8	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.8	1.0	1.1	1.2	—	—	—	—
25	30	0.9	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	—	—	—	—
30	34	1.0	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	—	—	—	—
34	40	1.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	—	—	—	—
40	50	1.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	—	—	—	—
50	60	1.3	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1.1	1.1	1.2	1.3	1.5	—	—	—	—
60	80	1.8	—	—	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
80	100	2.0	—	—	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4

注:压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板按 GB 6654—86 规定;厚度小于或等于 60 mm 钢板,厚度允许偏差符合 GB 709—88 规定;厚度 60~100 mm 钢板,允许厚度负偏差为-1.5 mm,正偏差按板宽不同为 1.1~2.1(详见 GB 6654—86)。

附录 D 焊接工艺评定机械性能试验试件的
制备、试样尺寸、试验方法和合格标准
(补 充 件)

D.1 试件和样坯的制备(摘自 GB 2649—89)

D.1.1 试板材料、焊接材料、坡口型式、坡口组对负偏差以及焊接的预热、层间和后热的温度、焊接参数、焊接位置、焊接层数、道数、线能量范围等均应按拟定的焊接工艺评定方案执行。

D.1.2 板状对接接头试件尺寸应足够截取所要求的样坯,样坯截取部位参见图 D.1.2。



图 D.1.2 样坯截取部位

注:弃去段长度手工焊 30 mm,自动焊 50 mm(指未焊引、熄弧板的试件)。

D.1.3 试件焊完后应作外观检查、X 射线探伤,合格后再作机械性能试验。

D.1.4 外观检查应符合下列要求：

- a. 对接接头焊缝不应低于母材；
- b. 焊缝及热影响区表面应无裂纹、气孔、弧坑和夹渣；
- c. 焊缝咬边深度应不超过 0.5 mm。

D.1.5 X 射线探伤按现行 GB 3323—87《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》的规定评定，以不低于Ⅱ级为合格。

D.1.6 从试件中截取样坯时，尽量采用机械切削的方法。样坯亦可用剪床、热切割以及其它方法截取，但均应考虑其加工余量，在任何情况下，都必须保证受试部分的金属不在切割影响区内。当采用热切割时，对于钢材自切割面至试样边缘的距离不得少于 8 mm，并随切割速度减小、切割厚度增加而增加。

D.1.7 各种试验法的样坯截取位置、方法及数量按 GB 2649 第 4 章中有关规定或按有关技术文件中的规定执行。

D.2 机械性能试验试样的尺寸及试验方法(摘自 GB 2650～GB 2654—89)

D.2.1 拉伸试样和试验：

D.2.1.1 试样应采取机械加工或磨削方法制备，要注意防止表面的应变硬化或材料过热。在受试长度范围内，表面不应有横向刀痕或划痕。

D.2.1.2 试样表面应用机械方法除去焊缝余高，使与母材原始表面齐平。

D.2.1.3 板接头选用图 D.2.1 及表 D.2.1 所示带肩板状试样。

表 D.2.1 板状试样的尺寸 mm

总 长		L	根 据 试 验 机 定
夹持部分宽度		B	$b + 12$
平行部分宽度	板	b	≥ 25
平行部分长度		l	$> L_s + 60$ 或 $L_s + 12$
过 度 圆 弧		r	25

注： L_s 为加工后焊缝的最大宽度。

D.2.1.4 通常试样厚度 a 为焊接接头试件厚度，如果试件厚度超过 30 mm 时，则可从接头不同厚度区取若干试样以取代接头全厚度的单个试样，但每个试样的厚度应不小于 30 mm，且所取试样应覆盖接头的整个厚度(见 GB 2649 表 4)。在这种情况下，应当标明试样在焊接试件厚度中的位置。

D.2.1.5 试验所涉及的试验仪器、试样尺寸测定、试验条件和性能测定等均应符合 GB 228 的规定。

D.2.2 弯曲试样和试验：

D.2.2.1 试样应采用机械加工或磨削方法制备，要注意防止表面的应变硬化或材料过热。在受试长度范围内，表面不应有横向刀痕或划痕。

D.2.2.2 在试样整个长度上都应有恒定形状的横截面。其形状应分别符合图 D.2.2—1、图 D.2.2—2 的规定。横弯试样又分为正弯和背弯。

D.2.2.3 焊缝的正、背表面均应用机械方法修整，使之与母材的原始表面齐平。但任何咬边均不得用机械方法去除。

D.2.2.4 横弯试样的尺寸对于板材试件，试样的宽度 b 应不小于厚度 a 的 1.5 倍，至少为 20 mm。通常试样厚度 a 应为焊接接头试件厚度。

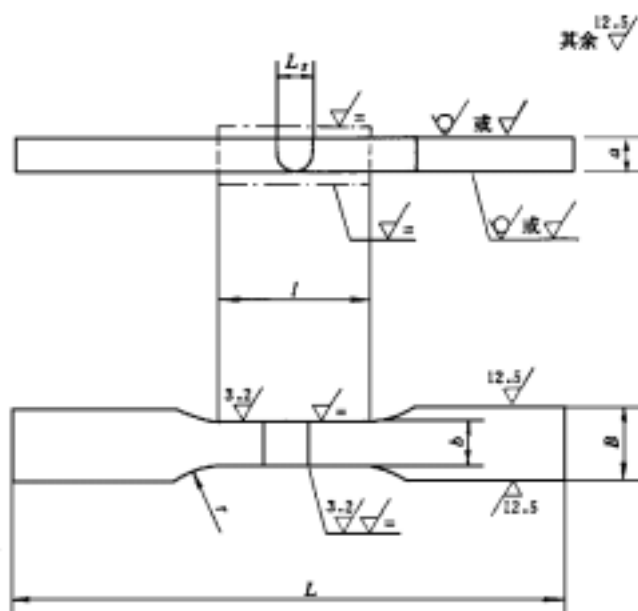


图 D.2.1 板接头板状试样

如果试件厚度超过 20 mm,则可从接头不同厚度区取若干试样以取代接头全厚度的单个试样,但每个试样的厚度应不小于 20 mm,且所取试样应覆盖接头的整个厚度(见 GB 2649 表 5),在这种情况下应当标明试样在焊接接头厚度中的位置。

D.2.2.5 侧弯试样厚度 a 应大于或等于 10 mm,宽度 b 应当等于靠近焊接接头的母材的厚度。

当原接头的试件的厚度超过 40 mm 时,则可从接头不同厚度区取若干试样以取代接头全厚度的单个试样,但每个试样的宽度 b 在 20~40 mm 范围内,这些试样应覆盖接头的全厚度(见 GB 2649 表 5),在这种情况下,应当标明试样在焊接接头厚度中的位置。

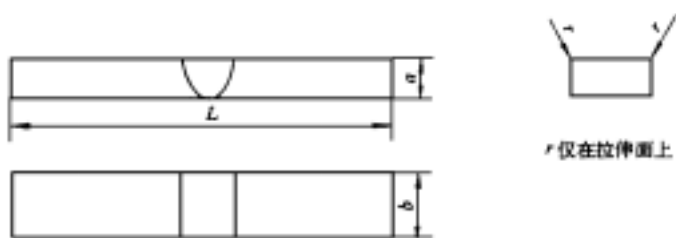


图 D.2.2—1 横弯试样

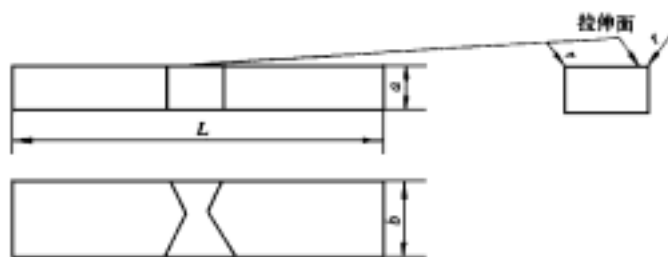


图 D.2.2—2 侧弯试样

D.2.2.6 试样拉伸面上的棱角应当用机械方法加工成半径不超过 $0.2a$ 的圆角(最大值为 3 mm),其侧面加工粗糙度应低于 $Ra12.5 \mu m$ 。

D.2.2.7 焊接接头弯曲试验方法采用圆形压头弯曲(三点弯曲)试验法(见 GB 2653—89)。

D.2.2.8 试验所涉及的试验仪器、试样尺寸测定、试验条件等均应符合 GB 232 的规定。

D.2.3 冲击试样和试验

D.2.3.1 以 10 mm×10 mm×55 mm 带有 V 型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 的规定, 试样缺口底部应光滑, 不得有与缺口轴线平行的明显划痕。

D.2.3.2 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。

D.2.3.3 试样缺口按试验要求可分别开在焊缝、熔合线或热影响区, 试样的缺口轴线应当垂直焊缝表面。其它有关技术要求见 GB 2650—89。

D.2.3.4 试样缺口处若发现有肉眼可见的气孔、夹渣、裂纹等缺陷时, 则不能用该试样进行试验。

D.2.3.5 试验机、试验要求应符合 GB 2106 有关规定, 低温冲击试验应根据 GB 4159 的相应规定进行。

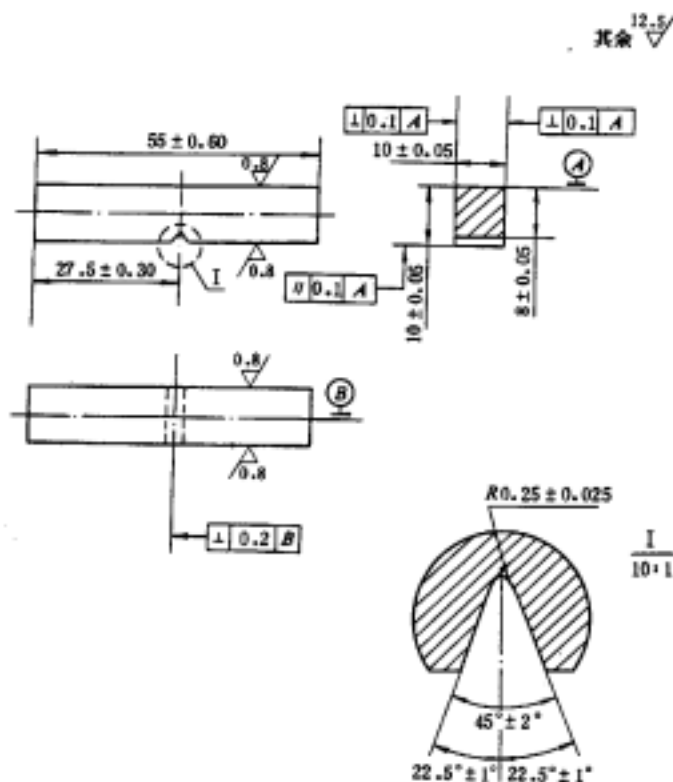


图 D.2.3 V型缺口试样

D.2.4 硬度试样和试验:

D.2.4.1 硬度测定应按图 D.2.4 所示位置测定。

D.2.4.2 其它技术要求和有关试验方法, 按 GB 2654—89 标准规定执行。

D.3 机械性能试验的合格标准

D.3.1 对接接头机械性能试验的合格标准应符合下列要求:

a. 拉伸试验结果以抗拉强度不低于母材抗拉强度规定值的下限为合格, 异种钢材对接接头的抗拉强度应不低于较低抗拉强度母材规定值的下限。如图纸或技术文件规定, 选用室温强度低于钢材的焊缝, 则抗拉强度应不低于焊缝金属抗拉强度规定值的下限。

b. 弯曲试验的合格标准为: 弯曲试样冷弯到表 D.3.1 规定的角度后, 其拉伸面上不得有长度大于 1.5 mm 的横向裂纹或缺陷, 或长度大于 3 mm 的纵向裂纹或缺陷。试样的棱角开裂不计, 但确

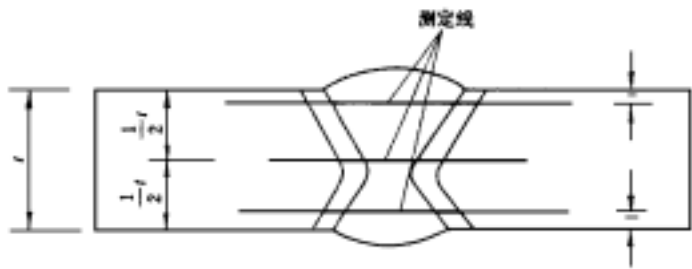


图 D.2.4 硬度测定位置

注：——线处两相邻压痕中心间距:1.0 mm
——线处两相邻压痕中心间距:0.5 mm

因夹渣或其他焊接缺陷引起的试样棱角开裂,则应计算其裂纹长度。

表 D.3.1

焊接方式	钢 种			弯曲直径 (mm)	支座间距离 (mm)	弯曲角度
双 面 焊	碳素钢	母材抗拉强度规定值下限	<430 MPa	2 <i>a</i>	4.2 <i>a</i>	180°
			430~530 MPa	3 <i>a</i>	5.2 <i>a</i>	180°
	奥氏体钢			2 <i>a</i>	4.2 <i>a</i>	100°
	其他普低钢、合金钢			3 <i>a</i>	5.2 <i>a</i>	100°
单 面 焊	碳素钢和奥氏体钢			3 <i>a</i>	5.2 <i>a</i>	90°
	其他普低钢、合金钢			3 <i>a</i>	5.2 <i>a</i>	50°

注:1. 衬垫焊接头弯曲角度按双面焊的规定;
2. 异类钢接头弯曲角度按低塑性一侧钢种的规定;
3. a 为试样厚度。

c. 冲击试验的合格标准为:三个试样的冲击韧性平均值应不低于母材冲击韧性平均值的下限,其中只允许有一个试样的冲击韧性值稍低,但不低于母材平均值的 70 %。

D.3.2 角焊缝评定试件焊完后,需经外观检查和磁粉或渗透探伤。合格后,将试件两端各弃去 25 mm 后五等分切开,如图 D.3.2 所示,对切出的焊接接头横断面进行宏观检查,不得有裂纹、夹渣、密集气孔,角端焊满,不允许焊缝与母材存在未熔合。

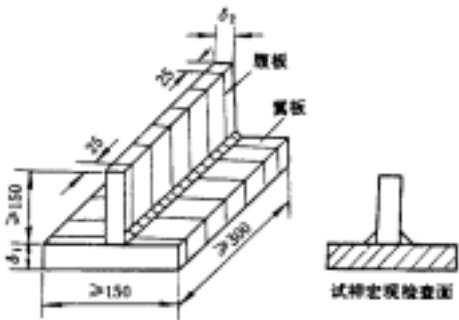


图 D.3.2 T 型接头试样切取部位 $\delta_1 > \delta_2$

附录 E 焊接工艺评定报告推荐格式(参考件)

表 E 焊接工艺评定报告

编号:		负责评定单位		评定项目:	
焊接工艺评定人:		职称		评定日期:	
焊工姓名及代号		级别		职务	
焊接方法					
自动化程度					
填写评定报告日期					
批准评定报告单位		批准日期			
批准人		职称		职务	
接头:		附图			
接头型式					
衬垫(有、无)					
衬垫材料					
其他					
母材:		级别号		厚度	
类别号		级别号		厚度	
类别号		牌号		与相焊接	
其他		牌号			
焊接材料:		规格		mm	
焊条牌号		规格		mm	
焊丝钢号		规格			
焊剂牌号		规格			
其他					
焊接位置:					
对接接头焊接位置					
焊接方向					
其他					
预热、层间、后热温度:(手工焊、埋弧焊)					
预热温度					
层间温度					
后热温度		时间			
焊后消除应力热处理:		热处理温度曲线			
温度		温度(℃)			
时间		时间(h)			
其他					
气体:					
种类和比例		L/ min			
流量					
其他					

续表

电特性:

试样 编号	焊 层 道 号	焊 接 位 置	焊条(丝)		电流范围		电压范围 (V)	焊接速度 范 围 (cm/min)	其 他
			牌号或 钢 号	直 径 (mm)	极 性	电 流 (A)			

操作技术:
焊接速度
摆动或不摆动
摆动参数
多层多道焊的层数、道数或单道焊(每面)
清根方法
其 他

外观检查结论:

试样编号	外观发现缺陷情况	试样编号	外观发现缺陷情况	评定结果
试验单位	试验报告编号			

无损探伤结论:

试样编号	探伤方法	灵敏度 (%)	温 度	增感方式	焊接缺陷	评定等级	评定结果
试验单位	试验报告编号						

冲击试验结论:

试样编号	缺口形状	缺口位置	试样尺寸	试验温度 (℃)	冲击功 (J)	冲击值 (J/cm ²)	断口 情况	评定 结果
试验单位	试验报告编号							

拉伸试验结论:

试样编号	宽 度 (mm)	厚 度 (mm)	断面积 (mm ²)	负 荷 (N)	抗拉强度 (MPa)	断裂位置 和 缺 陷	评定结果
试验单位	试验报告编号						

弯曲试验结论:

试样编号	厚 度 (mm)	宽 度 (mm)	弯轴直径 (mm)	弯曲角度(°)			存在缺陷	评定结果
				正 弯	背 弯	侧 弯		
试验单位	试验报告编号							

硬度试验结论:

试 样 编 号	母 材	焊 缝
试验单位	试验报告编号	

线能量试验结论：									
母材牌号	厚度 (mm)	线 能 量 范 围		备 注					
		上 限 值	下 限 值						
母材、焊接材料复验结论(化学成分,%)：									
	钢材或焊材牌 号(钢号)规格	C	Si	Mn	V	Ti		S	P
试验单位					试验报告编号				
其他检验项目及结论：									
试样编号									
试验单位					试验报告编号				
综合评定结论：									
评定日期		评定人			(签字)				

附录 F 涂装前钢材表面除锈等级(摘自 GB 8923—88)

(补 充 件)

GB 8923 标准中订有四个除锈等级,其文字叙述见表 F。

表 F

除锈方法	除锈等级	各除锈等级的要求内容
喷射或抛射除锈	Sa1	轻度的喷射或抛射除锈 钢材表面应无可见油脂和污垢,并且没有附着不牢的氧化皮,铁锈和油漆涂层等附物。参见照片 BSa1、CSa1 和 DSa1
	Sa2	彻底的喷射或抛射除锈 钢材表面应无可见的油脂和污垢,并且氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物基本清除,其残留物应是牢固附着的。参见照片 BSa2、CSa2 和 DSa2
	Sa2 1/2	非常彻底的喷射或抛射除锈 钢材表面应无可见油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物,任何残留的痕迹应仅是点状或条状的轻微色斑。参见照片 ASa2 ¹ / ₂ 、BSa2 ¹ / ₂ 、CSa2 ¹ / ₂ 、DSa2 ¹ / ₂
	Sa3	使钢材表面洁净的喷射或抛射除锈 钢材表面应无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物,该表面应显示均匀的金属色泽。参见照片 ASa3、BSa3、CSa3 和 DSa3

注:照片见 GB 8923—88。

附录 G 金属涂层厚度和结合性能的检查

(检查方法摘自 GB 9796—88)

(补 充 件)

G.1 金属涂层厚度检查

G.1.1 金属涂层厚度检查方法如下：

a. 当有效表面的面积在 1 m^2 以上时,用磁性测厚仪,在一个面积为 1 dm^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;测点分布见图 G.1.1—1;当有效面积在 1 m^2 以下时,在一个面积为 1 cm^2 的基准面上测量 3、4、5 点涂层厚度,取实测点数值的算术平均值,测点分布图 G.1.1—2。

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

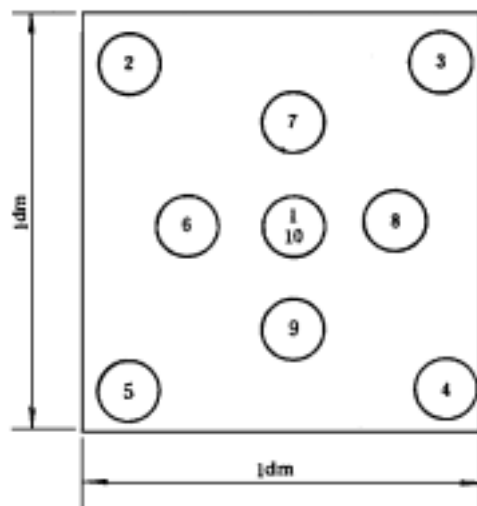


图 G.1.1—1 十点法测点位置图

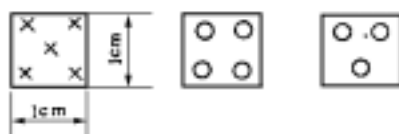


图 G.1.1—2 三、四、五点测点布置图

c. 实测的涂层厚度小于设计值的 80 %时,应予补喷涂。

G.2 金属涂层结合性能检查

G.2.1 金属涂层结合性能检查方法如下：

a. 用图 G.2.1—1 所示硬质刃口刀具,将涂层切割成方形格子,格子尺寸见表 G.2.1。

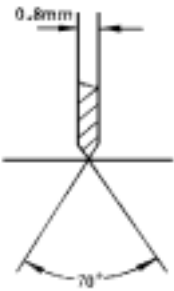


图 G.2.1—1 切割
刃口的形状

表 G.2.1		
检查的涂层厚度 (μm)	切格区的近似面积 ($\text{mm}\times\text{mm}$)	划痕间的距离 (mm)
<200	15×15	3
>200	25×25	5

b. 切割时刀具的刃口与涂层表面约保持 90° (见图 G.2.1—2),切割后,涂层至基体表面必须完全切断。

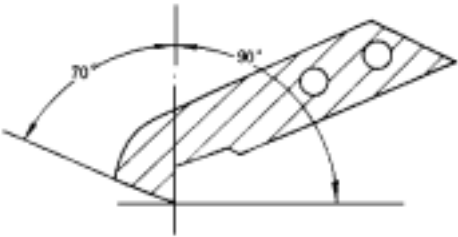


图 G.2.1—2 刀具切割角度

c. 在格子状涂层表面贴上粘胶带,用 500g 负荷的辊子或用手指压紧,然后按图 G.2.1—3 所示方法,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,检查涂层是否被胶带粘起而剥离。

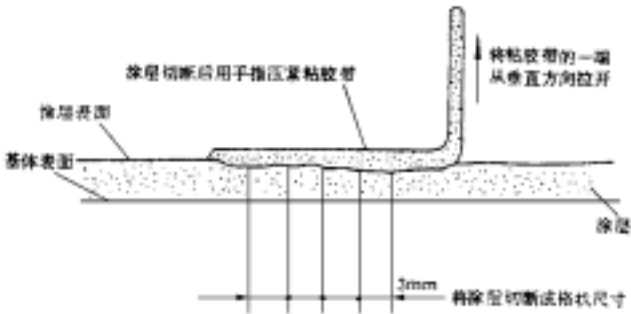


图 G.2.1—3 粘胶带拉开方式示意图

d. 涂层的任何部位都未与基体金属剥离为合格,如果胶带上有所破断的涂层粘附,但破断部分发生在涂层间,而不是涂层与基体的界面上,基体未裸露,亦认为合格。

附加说明
本规范由能源部提出。
本规范由能源部水电开发司归口。
本规范由水利部、能源部地质勘探机电研究所负责起草。
本规范主要起草人:陈继深。