

中华人民共和国水利行业标准

SL 432—2008

水利工程压力钢管制造安装 及验收规范

Specification for manufacture and installation together
with acceptance of steel penstocks which
be served hydraulic engineering

2008-08-15 发布

2008-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部
关于批准发布水利行业标准的公告
2008 年第 19 号

中华人民共和国水利部批准《水利工程压力钢管制造安装及验收规范》（SL 432—2008）标准为水利行业标准，现予以公布。

二〇〇八年八月十五日

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利工程压力钢管制造安装及验收规范	SL 432—2008		2008.08.15	2008.11.15

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 总则	2
4 压力钢管制造	3
4.1 直管、弯管和渐变管制造	3
4.2 岔管和伸缩节制造	7
5 压力钢管安装	8
5.1 基本规定	8
5.2 埋管安装	8
5.3 明管安装	9
6 压力钢管焊接	9
6.1 焊接工艺评定和焊接工艺规程	9
6.2 焊工资格	10
6.3 焊接的基本规定和工艺要求	10
6.4 焊缝检验	12
6.5 缺欠处理和焊补	14
7 压力钢管焊后消应处理	14
8 压力钢管防腐蚀	15
8.1 表面预处理	15
8.2 涂料涂装	15
8.3 金属喷涂	15
9 水压试验	15
10 包装、运输	16
11 验收	16
附录 A (资料性附录) 钢板厚度允许偏差	18
附录 B (规范性附录) 不锈钢复合钢板焊接工艺评定	19

前 言

水利部“三五工程”规划中将《水利工程压力钢管制造安装及验收规范》列入《水利技术标准体系表》。

本标准在《水利技术标准体系表》中的总编号为 437 号。

本标准的编写任务以合同形式交由水利部水工金属结构质量检验检测中心承担（合同号：水规计〔2004〕118 号）。

随着我国水利工程建设事业的不断发展，用于引水、调水、排灌和供水的各种压力钢管需求量很大。压力钢管制造和安装质量的好坏，直接影响到水利工程的安全运行，因此，自 1986 年起就纳入到国家工业产品生产许可证管理的产品目录中。

为使压力钢管的制造安装及验收工作在全国水利水电行业内保持比较统一的尺度，参考了 DL 5017《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》，并结合近年来压力钢管工程建设的管理经验及新技术、新材料、新工艺和新设备的应用成果，同时也汲取了近年来压力钢管制造安装中发生的事故教训，本着“技术先进、经济合理、安全可靠和便于操作”的原则进行编制。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部。

本标准主持机构：水利部综合事业局。

本标准解释单位：水利部水工金属结构质量检验检测中心。

本标准主编单位：水利部水工金属结构质量检验检测中心。

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社。

本标准主要起草人：曹树林、江文琳、万天明、靳红泽、朱建秋、王安、韩志刚、朱明昕、王翠萍、王志民、李东风、盛旭军。

本标准审查会议技术负责人：何文垣、吴小宁。

本标准体例格式审查人：窦以松。

水利工程压力钢管制造安装及验收规范

1 范围

本标准规定了水利水电工程压力钢管、冲沙孔钢衬和泄水孔（洞）钢衬的制造、安装及验收的技术要求。

本标准适用于水利水电工程压力钢管、冲沙孔钢衬和泄水孔（洞）钢衬的制造、安装及验收。

2 规范性引用文件

下列标准中的条款通过本标准的引用而构成本标准的条款，凡是注明日期的引用标准，其随后所用的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用标准，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 470 镀锌
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 985 气焊、电弧焊及气体保护焊缝坡口的基本型式与尺寸
- GB/T 986 埋弧焊焊缝坡口的基本型式与尺寸
- GB/T 2970 厚钢板超声波检验方法
- GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 3863 工业用氧
- GB/T 4842 纯氩
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 低合金钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
- GB/T 5616 无损检测 应用导则
- GB/T 6052 工业液体二氧化碳
- GB 6654 压力容器用钢板
- GB 6819 溶解乙炔
- GB/T 7734 复合钢板超声波检验方法
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB/T 8165 不锈钢复合钢板和钢带分类及代号
- GB/T 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级
- GB/T 9286 色漆和清漆漆膜的划格试验
- GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 10045 碳钢药芯焊丝
- GB/T 11345 钢焊缝手工超声波检测方法和检测结果分级
- GB 12174 碳弧气刨碳棒
- GB/T 12470 低合金钢埋弧焊用焊剂
- GB/T 12522 不锈钢波形膨胀节
- GB/T 12777 金属波纹管膨胀节技术条件

- GB/T 14957 熔化焊用钢丝
- GB/T 14958 气体保护焊用钢丝
- GB/T 16270 高强度结构钢热处理和控轧钢板、钢带
- GB/T 16749 压力容器波形膨胀节
- GB/T 17493 低合金钢药芯焊丝
- GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝
- GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂
- GB/T 18182 金属压力容器声发射检测及结果评定方法
- GB/T 19189 压力容器用调质高强钢板
- GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则
- GB/T 19869.1 钢、镍及镍合金的焊接工艺评定试验
- SL 35 水工金属结构焊工考试规则
- SL 36 水工金属结构焊接通用技术条件
- SL 105 水工金属结构防腐蚀规范
- SL 281 水电站压力钢管设计规范
- JB 3092 火焰切割面质量技术要求
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JB/T 6046 碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法
- JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检测
- JB/T 6062 无损检测 焊缝渗透检测
- JB/T 10045.3 热切割气割质量和尺寸偏差
- JB/T 10045.4 等离子弧切割质量和尺寸偏差
- JB/T 10375 焊接构件振动时效工艺参数选择及技术要求
- JJG 4 钢卷尺检定规程
- HG/T 3661.1 焊接切割用燃气丙烯
- HG/T 3661.2 焊接切割用燃气丙烷

3 总则

3.1 压力钢管、冲沙孔钢衬和泄水孔（洞）钢衬（以下简称压力钢管）的制造、安装及验收应满足合同文件的要求。

3.2 压力钢管的制造企业应取得由国家质量监督检验检疫总局颁发的相应规格产品的生产许可证。

3.3 压力钢管的制造、安装及验收应具备下列技术资料：

- a) 设计图样、合同文件。
- b) 钢材、焊接材料、防腐蚀材料等质量证明书。
- c) 有关水工建筑物的布置图。

3.4 压力钢管用钢板应符合下列要求：

a) 钢板应符合设计文件规定，钢板的性能和表面质量应符合 GB/T 709、GB 6654、GB/T 16270、GB/T 19189 等相应的国家标准规定，钢板厚度允许偏差见附录 A。

b) 钢板应具有出厂质量证明书。当钢板标号不清或对材质有疑问时应予复验，复验合格后方可使用。采用国外钢板，应符合相应的国际标准要求，并提供相应的力学性能指标和对焊接适应性的试验资料。

c) 厂房内的钢管、岔管和弯管用钢板，在下料前，应按 GB/T 2970 规定逐张进行超声波检测，其质量等级应符合下列要求：

——碳素钢和低合金钢应符合 GB/T 2970 规定的Ⅲ级要求；

——高强钢应符合 GB/T 2970 规定的Ⅱ级要求；

——当图纸或合同文件另有具体规定时，从其规定。

d) 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永久变形。

3.5 压力钢管用焊接材料应符合下列要求：

a) 焊条应符合 GB/T 983、GB/T 5117 和 GB/T 5118 的规定。

b) 焊丝应符合 GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 10045、GB/T 14957、GB/T 14958、GB/T 17493、GB/T 17853 和 GB/T 17854 的规定。

c) 焊剂应符合 GB/T 5293、GB/T 12470 和 GB/T 17854 的规定。

d) 碳弧气刨用碳棒应符合 GB 12174 的规定。

e) 焊接和切割用气体应符合下列要求：

——氩气应符合 GB/T 4842 的规定，其纯度 $Ar \geq 99.9\%$ ；

——二氧化碳气体应符合 GB/T 6052 的规定，其纯度 $CO_2 \geq 99.5\%$ ；

——氧气应符合 GB/T 3863 的规定，其纯度 $O_2 \geq 99.5\%$ ；

——乙炔气体应符合 GB 6819 的规定，其纯度 $C_2H_2 \geq 98\%$ ；

——丙烯应符合 HG/T 3661.1 的规定，其纯度 $C_3H_6 \geq 95.0\%$ ；

——丙烷应符合 HG/T 3661.2 中的规定，其纯度 $C_3H_8 \geq 95.0\%$ 。

3.6 压力钢管制造、安装及验收所用的测量器具应符合下列要求：

a) 符合 JJG 4 规定的Ⅰ级钢卷尺。

b) 不低于 DJ2 级精度的经纬仪。

c) 不低于 DS3 级精度的水准仪。

d) 测量精度 $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 及以上的测温仪。

e) 测量精度 $\pm 2\%$ RH 及以上的湿度仪。

f) 精度不低于 $\pm 10\%$ 的涂镀层测厚仪。

g) 精度 $\pm 2\%$ 及以上的焊接用气体流量计。

3.7 计量和测量器具应按规定进行检定和校核，并在有效期内使用。

3.8 用于测量高程、里程和安装轴线的基准点及安装用的控制点，均应具有坐标点简图，且安装过程中应明显、牢固和便于使用，应由测量部门在现场向安装单位交清。

4 压力钢管制造

4.1 直管、弯管和渐变管制造

4.1.1 钢板下料后的极限偏差应符合表 1 的规定。

表 1 钢板下料后的极限偏差

项 目	极限偏差 (mm)	项 目	极限偏差 (mm)
宽度和长度	± 1	对应边相对差	1
对角线相对差	2	矢高 (曲线部分)	± 0.5

4.1.2 管节纵缝不应设置在管节横断面的水平轴线和垂直轴线上，其与水平轴线和垂直轴线的圆心夹角应大于 10° ，且相应弧线距离应大于 300mm 及 10 倍管壁厚度。

4.1.3 相邻管节的纵缝距离应大于板厚的 5 倍且不小于 300mm。

4.1.4 在同一管节上，相邻纵缝间距不小于 500mm。

4.1.5 直管环缝间距不宜小于 500mm；弯管、渐变管等结构的环缝间距不宜小于下列各值之大者：

a) 10 倍管壁厚度。

b) 300mm。

4.1.6 对于碳素钢或低合金钢板，划线后宜采用钢印、油漆和冲眼分别标出钢管分段、分节、分块的编号，水流方向，水平和垂直中心线，灌浆孔位置，坡口角度及切割线等符号标记。

4.1.7 对于高强度钢板，划线时不得用锯条或凿子、钢印作标记，不得在卷板外侧表面打冲眼。但在下列情况，允许使用深度不大于 0.5mm 的钝头冲眼作标记：

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。

4.1.8 钢板下料前，应在剖口和焊接坡口的预定线两侧一定范围内，按照 GB/T 2970 进行 100% 超声波检测。根据钢管规格不同，其检测范围和不允许存在的缺欠应符合表 2 规定。

表 2 钢板下料前超声波检测范围和不允许存在的缺欠

钢管规格	超声波检测范围和不允许存在的缺欠
$DH \leq 50$	剖口和焊接坡口的预定线两侧各 30mm 范围内 100% 检测，不允许存在裂纹、分层缺欠和指示长度大于等于 50mm 的线性缺欠
$50 < DH \leq 300$	剖口和焊接坡口的预定线两侧各 40mm 范围内 100% 检测，不允许存在裂纹、分层缺欠和指示长度大于等于 50mm 的线性缺欠
$300 < DH \leq 1500$	剖口和焊接坡口的预定线两侧各 50mm 范围内 100% 检测，不允许存在裂纹、分层缺欠和指示长度大于等于 50mm 的线性缺欠
$DH > 1500$	剖口和焊接坡口的预定线两侧各 60mm 范围内 100% 检测，不允许存在裂纹、分层缺欠和指示长度大于等于 50mm 的线性缺欠

注 1：对需要焊接加劲环、支承环、止推环和阻水环等处的管壁母材，也应按本表要求进行超声波检测。
注 2：表中 D 代表钢管内径， H 代表设计水头，单位为 m。

4.1.9 焊接坡口尺寸的极限偏差应符合 GB/T 985、GB/T 986 或设计图样的规定。

4.1.10 钢板的下料和焊接坡口的加工，应采用机械加工或热切割方法。对于淬硬倾向大的高强钢焊接坡口宜采用刨边机、铣边机加工；若采用热切割方法加工时，其坡口表面质量除应符合 4.1.11 的规定外，还应按 JB/T 6061 进行磁粉检测或按 JB/T 6062 进行渗透检测，缺欠显示的验收等级为 2 级。

4.1.11 切割质量和尺寸偏差应符合 JB/T 10045.3、JB/T 10045.4 或 JB 3092 的有关规定。切割面的氧化层、熔渣、毛刺应用砂轮磨去，切割时造成的坡口沟槽深度不大于 0.5mm，否则应进行修磨。当坡口沟槽深度大于 2mm 时应进行焊补并修磨至规定要求，补焊区域及其周边 20mm 内应按 JB/T 6061 进行磁粉检测或按 JB/T 6062 进行渗透检测，缺欠显示的验收等级为 2 级。

4.1.12 钢板卷板时应满足下列要求：

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。

c) 不得用金属锤直接锤击钢板。

d) 当钢管内径和壁厚关系符合表 3 的规定时，瓦片允许冷卷，否则应热卷或冷卷后进行消应热处理。

表 3 瓦片允许冷卷的最小径厚比

屈服强度 (N/mm^2)	钢管内径 D 与壁厚 δ 的关系	屈服强度 (N/mm^2)	钢管内径 D 与壁厚 δ 的关系
$R_{eL} (R_{p0.2}) \leq 350$	$D \geq 33\delta$	$450 < R_{eL} (R_{p0.2}) \leq 540$	$D \geq 48\delta$
$350 < R_{eL} (R_{p0.2}) \leq 450$	$D \geq 40\delta$	$540 < R_{eL} (R_{p0.2}) \leq 800$	$D \geq 57\delta$

e) 控轧钢板不应进行热卷。调质钢板如需热卷时，卷板后应重新进行调质处理。

f) 调质钢和控轧钢板，不宜进行火焰矫形。

g) 拼焊后, 不宜再在卷板机上滚卷矫形。

4.1.13 卷板后, 应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 的规定。

表 4 样板与瓦片的极限间隙

钢管内径 D (m)	样板弦长 (m)	样板与瓦片的极限间隙 (mm)
$D \leq 2$	$0.5D$ (且不小于 500mm)	1.5
$2 < D \leq 5$	1.0	2.0
$5 < D \leq 8$	1.5	2.5
$D > 8$	2.0	3.0

4.1.14 钢管对圆应在平台上进行, 其管口平面度不应大于 3mm。

4.1.15 钢管对圆后, 其周长差应符合表 5 的规定。

表 5 钢管周长差

单位: mm

项 目	板厚 δ	极限偏差
实测周长与设计周长差	—	$\pm 3D/1000$, 且极限偏差 ± 24
相邻管节周长差	$\delta < 10$	6
	$\delta \geq 10$	10

4.1.16 钢管纵缝、环缝的对口径向错边量应符合表 6 的规定。

表 6 钢管纵缝、环缝对口径向错边量

单位: mm

焊 缝	板厚 δ	错边量
纵缝	任意板厚	$10\% \delta$, 且不大于 2
环缝	$\delta \leq 30$	$15\% \delta$, 且不大于 3
	$30 < \delta \leq 60$	$10\% \delta$
	$\delta > 60$	≤ 6
不锈钢复合钢板焊缝	任意板厚	$10\% \delta$, 且不大于 1.5

4.1.17 纵缝焊接后, 用样板检查纵缝处弧度, 其间隙应符合表 7 的规定。

表 7 钢管纵缝处样板与弧度的极限间隙

钢管内径 D (m)	样板弦长 (mm)	极限间隙 (mm)
$D \leq 5$	500	4
$5 < D \leq 8$	$D/10$	5
$D > 8$	1200	6

4.1.18 纵缝焊接完后, 宜将两端管口周长的实测数据记在相应管口边沿。

4.1.19 钢管横截面的形状偏差应符合下列规定:

a) 圆形截面的钢管, 圆度 (指同端管口相互垂直两直径之差的最大值) 不大于 $3D/1000$ 、且最大值不大于 30mm, 每端管口应测 2 对直径, 两次测量应错开 45° ;

b) 椭圆形截面的钢管, 长轴 a 和短轴 b 的长度与设计尺寸的偏差不大于 $3a$ (或 $3b$) /1000、且极限偏差 ± 6 mm;

c) 矩形截面的钢管, 长边 A 和短边 B 的长度与设计尺寸的偏差不大于 $3A$ (或 $3B$) /1000、且极限偏差 ± 6 mm, 每对边应测三处, 对角线差不大于 6mm。

4.1.20 单节钢管长度与设计长度之差不超过 5mm。

4.1.21 钢管的安装环缝, 若采用带垫板的 V 形坡口, 管口插入垫板处的钢管周长差和纵缝焊接后

的弧度偏差应符合下列规定：

- a) 钢管对圆后，其周长差应符合表 8 的规定；
- b) 按 4.1.17 规定的样板检查纵缝焊接后的弧度，其间隙不大于 2mm。

表 8 管口插入垫板处的钢管周长差

单位：mm

项 目	板厚 δ	极 限 偏 差
实测周长与设计周长差	—	$\pm 3D/1000$ ，且极限偏差 ± 12
相邻管节周长差	$\delta < 10$	6
	$\delta \geq 10$	8

4.1.22 弯管、渐变管及 $800\text{N}/\text{mm}^2$ 的高强钢钢管不宜采用带垫板接头。

4.1.23 有加劲环的钢管，安装加劲环时，其同端管口实测的最大直径和最小直径之差不得大于 4mm，每端管口应测两对直径。

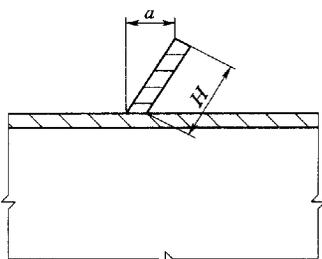
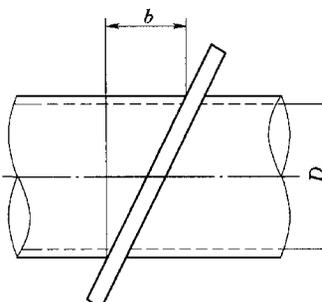
4.1.24 加劲环、支承环、止推环和阻水环的内圈弧度用样板检查，其间隙应符合表 4 的规定。

4.1.25 加劲环、支承环、止推环和阻水环与钢管外壁的局部间隙，不大于 3mm。

4.1.26 钢管的加劲环、止推环和支承环组装的垂直度极限偏差应符合表 9 的规定。

表 9 钢管的加劲环、止推环和支承环组装的垂直度

单位：mm

序号	项 目	支撑环的 极限偏差	加劲环、止推环、 阻水环的极限偏差	简 图
1	支承环、加劲环、止推环或阻水环与管壁的垂直度	$a \leq 0.01H$ ， 且不大于 3	$a \leq 0.02H$ ， 且不大于 5	
2	支承环、加劲环、止推环或阻水环所组成的平面与管轴线的垂直度	$b \leq 2D/1000$ ， 且不大于 6	$B \leq 4D/1000$ ， 且不大于 12	
3	相邻两环的间距偏差	± 10	± 30	—

4.1.27 加劲环、支承环、止推环和阻水环的对接焊缝与钢管纵缝应错开 200mm 以上。

4.1.28 加劲环、支承环、止推环与钢管的连接焊缝，在钢管纵缝交叉处，应在加劲环、支承环、止推环内弧侧开半径不小于 30mm 的避缝孔。

4.1.29 加劲环、支承环、止推环上的避缝孔和串通孔等焊缝端头应封闭焊接。

4.1.30 灌浆孔宜在卷板后开孔。当高强钢钢管设有灌浆孔时，应采用钻孔的方式开孔。

4.1.31 多边形、方变圆等异形钢管，应在制造场内进行整体或相邻管节预装配。

4.2 岔管和伸缩节制造

4.2.1 岔管和伸缩节的划线、切割及卷板要求应按 4.1 的规定执行。

4.2.2 肋梁系岔管宜在制造场内进行整体预组装或组焊，预组装或组焊后的岔管各项尺寸应符合表 10 的规定。肋梁系岔管的肋梁板应选用保证厚度方向性能的钢板。肋梁系岔管焊接时，肋梁与两侧管壳连接的焊缝宜作为始焊缝先进行焊接，禁止作为岔管最后焊接的焊缝。

表 10 肋梁系岔管组装或组焊后的极限偏差

单位：mm

序号	项 目 名 称	内径 D 和板厚 δ	极 限 偏 差	简 图
1	管长 L_1 、 L_2	—	± 10	—
2	主管、支管的管口圆度	—	$3D/1000$ ，且不大于 20	
3	主管、支管的管口实测周长与设计周长差	—	$\pm 3D/1000$ ，且极限偏差 ± 20 ，相邻管节周长差不大于 10	
4	支管中心距离 S_1	—	$S_1 \leq 5$ 时， ± 5 ； $S_1 > 5$ 时， $\pm S_1/1000$ ，且不超过 ± 10	
5	主管、支管的中心高程相对差（以主管内径 D 为准）	$D \leq 2m$	4	
		$2 < D \leq 5m$	6	
		$D > 5m$	8	
6	主管、支管的管口垂直度	$D \leq 5m$	2	
		$D > 5m$	3	
7	主管、支管管口平面度	$D \leq 5m$	2	
		$D > 5m$	3	
8	纵缝对口错边量	—	$10\% \delta$ ，且不大于 2	—
9	环缝对口错边量	$\delta \leq 30$	$15\% \delta$ ，且不大于 3	—
		$30 < \delta \leq 60$	$10\% \delta$	—
		$\delta > 60$	≤ 6	—

4.2.3 球形岔管的球壳板尺寸应符合下列要求：

- 样板与球壳板的极限间隙应符合表 11 的规定；
- 球壳板几何尺寸极限偏差应符合表 12 的规定。

表 11 球壳板曲率的极限偏差

球壳板弦长 L (m)	样板弦长 (m)	样板与球壳板的极限间隙 (mm)
$L \leq 1.5$	1	3
$1.5 < L \leq 2$	1.5	
$L > 2$	2	

表 12 球壳板几何尺寸极限偏差

单位：mm

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

4.2.4 球形岔管应在厂内进行整体预组装或组焊，各项尺寸的极限偏差除应符合表 10 的有关规定外，还应符合表 13 的规定；制造管口与理论管口投影点偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ ，各投影点相对差不大于 3mm 。

表 13 球形岔管组装或组焊后的极限偏差

序号	项目	钢管内径 D (m)	极限偏差	简图
1	主管、支管口至球岔中心距离 L	—	+10mm -5mm	
2	分岔角度 θ	—	$\pm 30'$	
3	球壳圆度	$D \leq 2$ $2 < D \leq 5$ $D > 5$	$8D/1000\text{mm}$ $6D/1000\text{mm}$ $5D/1000\text{mm}$	
4	球岔顶、底至球岔中心距离 H	$D \leq 2$ $2 < D \leq 5$ $D > 5$	$\pm 4D/1000\text{mm}$ $\pm 3D/1000\text{mm}$ $\pm 2.5D/1000\text{mm}$	

4.2.5 伸缩节的内、外套管和止水环焊接后的弧度，应采用表 4 规定的样板检查，其间隙在纵缝处不大于 2mm；其他部位不大于 1mm。在套管的全长范围内，检查上、中、下 3 个断面。

4.2.6 伸缩节内、外套管和止水环的实测直径与设计直径的极限偏差应为 $\pm D/1000$ ，且在 $\pm 2.5\text{mm}$ 范围内。伸缩节内、外套管的实测周长与设计周长的极限偏差应为 $\pm 3D/1000$ ，且最大值不大于 8mm。

4.2.7 伸缩节的内套管、外套管间的最大间隙、最小间隙与平均间隙之差不大于平均间隙的 10%。

4.2.8 波纹管伸缩节的制造应按设计图样或 GB/T 12522、GB/T 12777、GB/T 16749 的规定执行。

4.2.9 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。

4.2.10 伸缩节的伸缩行程与设计行程的负极限偏差不大于 4mm，正极限偏差不大于 8mm。

4.2.11 伸缩节在装配、包装、运输等过程中应妥善保护，防止损坏，不得有焊渣等异物进入伸缩节的滑动副或波纹管处。

5 压力钢管安装

5.1 基本规定

5.1.1 钢管安装前，钢管中心、高程和里程等控制点宜永久性保留，并作出明显标识。

5.1.2 凑合节现场安装时的余量宜采用半机械化热切割，切割质量应符合 4.1.10 的规定。

5.1.3 钢管支墩应具有足够的强度和稳定性，钢管在安装过程中不应发生位移和变形。

5.1.4 钢管管壁上不得随意焊接支撑或脚踏板等其他临时构件。

5.2 埋管安装

5.2.1 埋管安装中心的极限偏差应符合表 14 的规定。

5.2.2 始装节的里程极限偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ ，弯管起点的里程极限偏差应为 $\pm 10\text{mm}$ 。始装节两端管口垂直度不应大于 3mm。

表 14 埋管安装中心的极限偏差

序号	钢管内径 D (m)	始装节管口中心 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)	其他部位管节的管口中心 极限偏差 (mm)
1	$D \leq 2$	5	6	15
2	$2 < D \leq 5$		10	20
3	$5 < D \leq 8$		12	25
4	$D > 8$		12	30

5.2.3 钢管横截面的形状偏差应符合下列规定：

- a) 圆形截面的钢管，圆度不应大于 $5D/1000$ ，且不大于 40mm（每端管口应测两对直径）；
- b) 非圆形截面的钢管，其尺寸偏差不应大于设计尺寸的 5%，且极限偏差应为 $\pm 8\text{mm}$ 。

5.2.4 钢管管口平面度不应大于 6mm。

5.2.5 拆除焊接在钢管上的工卡具、吊耳、内支撑和其他临时构件时，不得使用锤击法，应采用碳弧气刨或热切割在离管壁 3mm 以上切除，切除后应将钢管上残留的痕迹和焊疤磨平，并检查确认无裂纹。对高强钢宜采用磁粉方法按照 JB/T 6061 规定或采用渗透方法按照 JB/T 6062 规定进行检测，缺欠显示的验收等级为 2 级。

5.2.6 钢管内、外壁的局部凹坑深度不应大于钢管壁厚的 10%。当局部凹坑深度不大于 2mm 时，应采用砂轮打磨，平滑过渡；当局部凹坑深度大于 2mm 时，应按 6.5.5 的规定进行焊补。

5.2.7 灌浆孔的螺纹应在加装了空心螺纹护套后，方可进行后续施工。

5.2.8 灌浆孔堵头采用熔化焊封堵时，堵头的焊缝坡口深度宜为 7~8mm，其焊接预热要求应符合 6.3.15 的规定，焊缝检验要求应符合 6.4.10 的规定。灌浆孔堵头采用粘接或其他方法封堵时，应进行充分论证和试验。

5.2.9 钢管安装后，应与支墩和锚栓焊牢。弹性垫层管安装后，应将外支撑去除并打磨光滑。

5.2.10 埋管宜采用活动内支撑。当采用固定支撑时，固定支撑与钢管的连接宜使用与钢管材质相同的过渡板进行焊接。

5.3 明管安装

5.3.1 鞍式支座的顶面弧度采用表 4 规定的样板检查，其间隙不应大于 2mm。

5.3.2 滚轮式、摇摆式和滑动式支座支墩垫板的高程和纵、横向中心的极限偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。支墩垫板与钢管设计轴线的倾斜度不应大于 $2/1000$ 。

5.3.3 滚轮式、摇摆式和滑动式支座安装后，应动作灵活，不得有卡阻现象，接触面积不小于 75%，垫板局部间隙不应大于 0.5mm。

5.3.4 明管安装中心的极限偏差应符合表 14 的规定。明管安装后，管口圆度或形状偏差应符合 5.2.3 的规定。

5.3.5 钢管的内支撑、工卡具、吊耳和其他临时构件的清除，应符合 5.2.5 的规定；钢管内、外壁表面凹坑的处理和焊补应符合 5.2.6 的规定。

5.3.6 波纹管伸缩节安装时，应按产品技术要求进行。

5.3.7 波纹管伸缩节焊接时，焊机地线不允许焊接在波纹体上。

5.3.8 在焊接两镇墩之间的最后一道合拢焊缝时，应解除伸缩节的约束。

6 压力钢管焊接

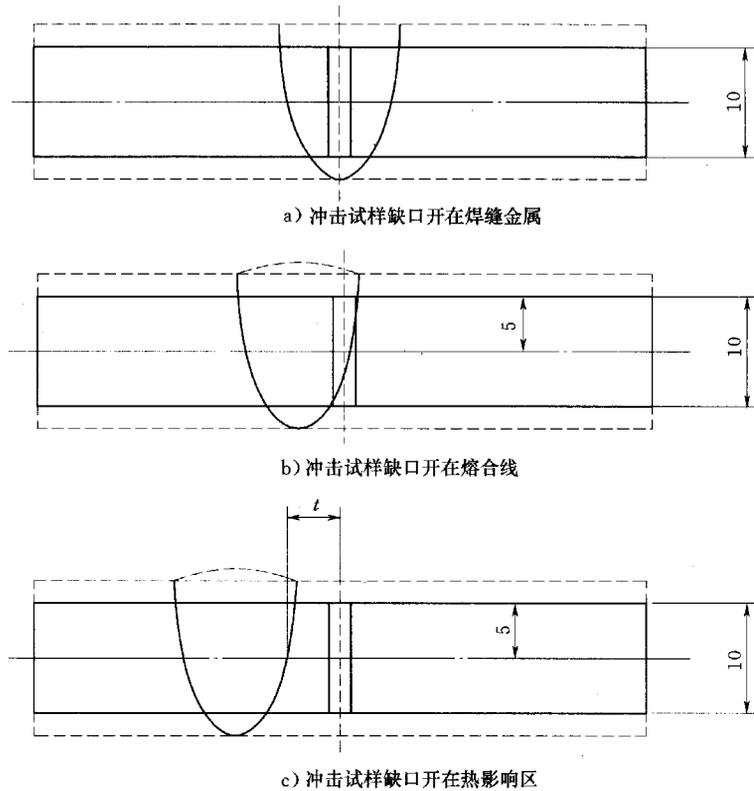
6.1 焊接工艺评定和焊接工艺规程

6.1.1 施工单位应根据结构特点、质量要求和本单位的焊接工艺评定报告并参照 SL 36 的规定，编

制焊接工艺规程。

6.1.2 焊接工艺规程及评定的一般原则，应符合 GB/T 19866 的规定。

6.1.3 除不锈钢复合钢板外，焊接工艺评定试验所采用的试件、试验和检验、认可范围等应按 GB/T 19869.1 的规定执行。焊接工艺评定试验时，焊接接头的冲击试样应为三组，试样缺口位置应按图 1 所示分别开在焊缝金属、熔合线和热影响区中。



注：l 为试样缺口轴线至试样纵轴与熔合线交点的距离。

图 1 焊接接头冲击试样缺口位置图

6.1.4 不锈钢复合钢板的焊接工艺评定应按附录 B 进行。

6.2 焊工资格

6.2.1 从事压力钢管焊接的焊工，应按 SL 35 考试，并取得焊工合格证书，且只能从事与其证书准许施焊类别相适应的焊接工作。

6.2.2 从事高强钢、不锈钢复合钢板的碳弧气刨操作工应进行有关理论知识和实际操作培训。

6.3 焊接的基本规定和工艺要求

6.3.1 焊缝按其受力性质和重要性分为三类：

a) 一类焊缝：

——钢管管壁纵缝，厂房内按明管设计的钢管管壁环缝，预留环缝，凑合节合拢环缝，坝内弹性垫层管的环缝；

——岔管管壁纵缝、环缝，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；

——伸缩节内外套管、压圈环的纵缝，外套管与端板、压圈环与端板的连接焊缝；

——闷头焊缝及闷头与管壁的连接焊缝；

——人孔颈管的对接焊缝，人孔颈管与颈口法兰盘和管壁的连接焊缝。

b) 二类焊缝：

——除列入一类焊缝外的其他钢管管壁环缝；

- 支承环对接焊缝和主要受力角焊缝或组合焊缝；
- 明管加劲环的对接焊缝；
- 加劲环、阻水环、止推环与钢管连接的角焊缝；
- 泄水孔（洞）钢衬和冲沙孔钢衬的纵、横（环）缝。

c) 三类焊缝：

不属于一类、二类焊缝的其他焊缝。

6.3.2 标准抗拉强度大于 $540\text{N}/\text{mm}^2$ 的钢材，宜做生产性产品焊接试板。

6.3.3 钢管焊接所选用的焊条、焊丝、焊剂和保护气体等应与所施焊的钢种相匹配，并应符合 3.5 的规定，其焊接材料的选用可参照 SL 36 规定执行。

6.3.4 在下述环境条件下，焊接部位应有可靠的防护屏障和保温措施，否则禁止施焊。

- a) 气体保护电弧焊风速大于 $2\text{m}/\text{s}$ ，其他焊接方法风速大于 $8\text{m}/\text{s}$ ；
- b) 相对湿度大于 90% ；
- c) 雨雪环境；
- d) 环境温度：碳素钢 -20°C 以下，低合金钢 -10°C 以下，高强钢及不锈钢 0°C 以下。

6.3.5 施焊前，应将坡口及其两侧 $10\sim 20\text{mm}$ 范围内的铁锈、熔渣、油垢、水迹等污物清除干净。并应检查装配尺寸、坡口尺寸和定位焊缝质量，定位焊缝上的裂纹、气孔、夹渣等缺欠应清除干净。

6.3.6 焊接材料应按下列要求进行烘焙和保管：

- a) 焊条、焊丝、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、烘干和发放。烘干温度和时间应按焊接材料说明书的规定执行，并应及时作好实测温度和焊材发放记录；
- b) 烘干后的焊条、焊剂应保存在 $100\sim 150^\circ\text{C}$ 的恒温箱内，焊条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大于 4h ，超过后，应重新烘干，重复烘干次数不宜超过两次；
- d) 焊剂中若有杂物混入，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；
- f) 药芯焊丝启封后，宜及时用完。在送丝机上过夜的焊丝应采用防潮保护措施。若 $2\sim 3\text{d}$ 不用的焊丝需密封包装回库储存；
- g) 其他要求应符合 JB/T 3223 规定。

6.3.7 焊接时（包括定位焊），应在坡口内引弧和熄弧，熄弧时应将弧坑填满。可在焊缝端头设置与被焊件材质和坡口相同的引弧板、熄弧板。多层焊的层间接头应错开（手工焊的层间接头应错开 25mm 以上，自动焊的层间接头应错开 100mm 以上）。

6.3.8 定位焊应符合下列规定：

- a) 一类、二类焊缝的定位焊工艺及对焊工的要求应与正式焊缝相同；
- b) 当正式焊缝需要预热焊接时，其定位焊缝也应进行预热。预热范围为定位焊缝周围 150mm 内，预热温度比正式焊缝焊接的预热温度高 $20\sim 30^\circ\text{C}$ ；
- c) 定位焊缝位置宜距焊缝端部 30mm 以上，长度宜在 50mm 以上，间距为 $100\sim 400\text{mm}$ ，厚度不应大于正式焊缝厚度的 $1/2$ 且不大于 8mm 。对于高强钢（标准屈服强度 $R_{eL} \geq 650\text{N}/\text{mm}^2$ 或标准抗拉强度 $R_m \geq 800\text{N}/\text{mm}^2$ ），其定位焊缝的长度宜在 80mm 以上，至少焊两层。对于双面焊缝，应在后焊一侧的坡口内焊接定位焊缝；
- d) 除单面焊焊缝和接头部分焊透的焊缝外，碳素钢、低合金钢的一类焊缝和高强钢的一类、二类焊缝中不应保留定位焊缝。

6.3.9 临时构件（包括吊耳、工卡具、各种支撑等）的焊接应符合下列规定：

- a) 临时构件与钢管的连接焊缝应距离正式焊缝 30mm 以上；
- b) 应在临时构件上引弧和熄弧；

c) 需要预热焊接的钢管，其临时构件的焊接预热温度应比钢管正式焊缝焊接的预热温度高 20~30℃。

6.3.10 焊缝预热应符合下列规定：

a) 常用钢号推荐的最低预热温度见表 15 或采用钢厂推荐的预热温度；

表 15 焊缝预热温度

单位：℃

板厚 (mm)	Q235、Q295 20g、20R 及同组别钢	Q345 16MnR 及同组别钢	Q390、Q420 15MnVR、15MnVNR 及同组别钢	Q460、07MnCrMoVR 07MnNiCrMoVDR 18MnMoNbR 及同组别钢	不锈钢及不锈 钢复合钢板
≥16~25	—	—	—	80~120	—
>25~30	—	—	60~80		50~80
>30~38	—	80~100	80~100		
>38	80~120	100~120	100~150	120~150	100~150

注 1：环境气温低于 5℃时应采用较高的预热温度。
注 2：相对湿度大于 90%或焊接碳素钢和低合金钢的环境气温低于 -5℃（焊接不锈钢的环境气温低于 0℃）时，对不需预热的焊缝，应预热到 20℃以上方可施焊。

b) 预热区的宽度应为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚且不小于 100mm。预热温度应在距焊缝中心各 50mm 处对称测量，每条焊缝测量点间距不大于 2m，且不少于 3 组；

c) 加热装置的选择应符合下列要求：

- 满足工艺要求；
- 加热过程对被加热工件无有害影响；
- 能够均匀加热；
- 能够有效地控制温度。

6.3.11 在需要预热焊接的钢管上焊接加劲环、止水环、支承环和人孔时，其预热温度应与正式焊缝相同。

6.3.12 需要预热焊接的钢管，焊接时的层间温度不应低于预热温度，碳素钢和低合金钢的最高层间温度不应大于 230℃，高强钢的最高层间温度不应大于 200℃。

6.3.13 对冷裂倾向较大的低合金钢和高强钢的焊件，应在焊后立即进行后热。后热温度：低合金钢为 250~350℃，高强钢为 180~250℃，保温时间不应少于 1h。

6.3.14 双面焊缝单侧焊接后应进行清根。采用碳弧气刨清根后，应修磨刨槽和除去渗碳层。需要预热焊接的焊缝，气刨清根时也应进行预热。

6.3.15 灌浆孔堵头焊接前应进行预热，消除水分。对冷裂倾向大的钢管，其灌浆孔堵头的焊接应按钢管的焊接工艺进行预热和后热。

6.3.16 当焊接坡口的组装间隙超过标准规定值，但不大于较薄焊件厚度的 2 倍且不超过 20mm 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) 不得在间隙内填入金属材料；
- b) 堆焊后应用砂轮修整；
- c) 对焊缝表面应进行无损检测。

6.3.17 对于加劲环、止推环、止水环和支承环与钢管管壁的全熔透组合焊缝的角焊缝焊脚，除设计规定外，允许为 1/4 环板厚度，且不大于 9mm。

6.3.18 施焊同一条焊缝的多名焊工的焊接速度宜保持一致。

6.4 焊缝检验

6.4.1 钢管所有焊缝均应进行外观检查，外观质量应符合表 16 的规定。

表 16 焊缝外观检查

序号	项 目		焊 缝 类 别		
			一	二	三
			允许缺欠尺寸 (mm)		
1	裂纹		不允许		
2	表面夹渣		不允许	深度不大于 0.1δ ，长度不大于 0.3δ 且不大于 10	
3	咬边		深度小于等于 0.5	深度不大于 1	
4	未焊满		不允许	深度不大于 $0.2+0.02\delta$ 且不大于 1，每 100mm 焊缝内缺欠总长不大于 25	
5	表面气孔		不允许	每米范围内允许直径小于 1.5 的气孔 5 个，间距不小于 20	
6	焊瘤		不允许	—	
7	飞溅		不允许	—	
8	焊缝余高 Δh	手工焊	$\delta \leq 25 \quad \Delta h = 0 \sim 2.5$ $25 < \delta \leq 50 \quad \Delta h = 0 \sim 3$ $\delta > 50 \quad \Delta h = 0 \sim 4$	—	
		自动焊	0~4	—	
9	对接接头 焊缝宽度	手工焊	盖过每边坡口宽度 1~2.5，且平缓过渡		
		自动焊	盖过每边坡口宽度 2~7，且平缓过渡		
10	角焊缝焊脚 K		$K \leq 12$ 时， K^{+2} ； $K > 12$ 时， K^{+3}		

注 1： δ 为板厚。
注 2：手工焊是指焊条电弧焊、半自动 CO₂ 焊、半自动药芯焊和手工 TIG 焊等。自动焊是指埋弧焊、MAG 自动焊和 MIG 自动焊等。

6.4.2 从事压力钢管质量检测的无损检测人员，应按 GB/T 9445 的要求进行培训和资格鉴定，取得 1 级（初级）、2 级（中级）和 3 级（高级）通用资格证书，并同时取得全国水利水电行业无损检测人员资格鉴定与认证委员会颁发的 1 级、2 级和 3 级水利水电行业的工业部门资格证书。各级无损检测人员应经其法人单位检测工作授权后方能从事检测工作，并应按 GB/T 5616 的原则和程序开展与其资格证书准许项目相同的检测工作。无损检测规程应由 3 级无损检测人员编制和批准，无损检测作业指导书应由 2 级或 3 级无损检测人员编制和批准。质量评定和检测报告的审核应由 2 级或 3 级无损检测人员担任。

6.4.3 焊缝内部质量检测应采用超声波检测和射线检测。焊缝表面检测可选用磁粉检测或渗透检测，铁磁性材料宜优先选用磁粉检测。当无损检测人员应用其中一种检测方法时，在对所发现的缺欠进行定性和定量没有把握的情况下，应采用其他无损检测方法进行复查。同一焊缝部位或同一焊接缺欠，使用了两种及两种以上的无损检测方法检测，应分别按各自的检测标准进行评定，全部合格后方为合格。

6.4.4 一类、二类焊缝的内部质量和表面质量采用的无损检测方法、检测长度占焊缝总长的百分比应符合表 17 的规定。若设计文件另有规定时，应从其规定。

6.4.5 对有延迟裂纹倾向的焊缝，无损检测应在焊接完成 24h 以后进行；屈服强度 $R_d \geq 650\text{N/mm}^2$ 或抗拉强度 $R_m \geq 800\text{N/mm}^2$ 的高强钢，无损检测应在焊接完成 48h 后进行。

6.4.6 射线检测及评定应符合 GB/T 3323 的规定。射线透照技术等级为 B 级，一类焊缝质量验收等级为 II 级，二类焊缝质量验收等级为 III 级。

6.4.7 超声波检测及评定应符合 GB/T 11345 的规定。检验等级为 B 级，一类焊缝质量验收等级为 I 级，二类焊缝质量验收等级为 II 级。

表 17 无损检测方法和检测长度占焊缝总长的百分比

钢种	板厚 (mm)	一类焊缝的检测方法和比例 (%)			二类焊缝的检测方法和比例 (%)		
		UT	RT	MT/PT	UT	RT	MT/PT
碳素钢	—	100	2	—	50	1	—
低合金钢、不锈钢 复合钢板	<38	100	2	5	50	2	5
	≥38	100	5	15	50	2	10
高强钢	—	100	5	30	50	2	15

注 1: 抽检时, 应选择丁字焊缝等易产生焊接缺欠的部位进行, 每条焊缝抽检部位不少于 2 处, 相邻抽检部位的间距不小于 300mm。

注 2: RT 抽检长度应不少于 150mm, 应选择经 UT 发现缺欠较多的部位或需进一步判定缺欠性质的部位。

6.4.8 焊缝表面的磁粉检测或渗透检测应分别符合 JB/T 6061 和 JB/T 6062 规定。焊缝表面质量验收等级为 2 级。

6.4.9 对一类、二类焊缝的内部质量采用无损检测方法抽检时, 若发现存在裂纹、未熔合或未焊透等缺欠, 应对该整条焊缝进行全部检测; 若发现存在其他不符合质量要求的缺欠, 应在缺欠的延伸方向或可疑部位作补充检测, 补充检测的长度应大于等于 200mm, 若补充检测仍发现存在不符合质量要求的缺欠, 应对该整条焊缝进行全部检测。

6.4.10 灌浆孔堵头焊缝全部应进行外观检查, 不得有渗水现象, 并按 JB/T 6061 规定进行磁粉检测或按 JB/T 6062 规定进行渗透检测, 缺欠显示的验收等级为 2 级。灌浆孔堵头焊缝的无损检测比例为: 对于碳素钢、低合金钢的钢管, 不低于堵头焊缝总数的 10%; 对于高强钢的钢管, 不低于堵头焊缝总数的 25%。如发现裂纹, 应对全部堵头焊缝进行无损检测。

6.5 缺欠处理和焊补

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

6.5.2 焊缝内部缺欠应采用砂轮或碳弧气刨方法清除, 并修磨成利于焊接的凹槽。焊补前应检查, 如为裂纹缺欠, 则应采用磁粉或渗透方法进行检测, 确认裂纹已经消除, 方可焊补。

6.5.3 焊接缺欠返工按 SL 36 的规定执行。返工后的焊缝, 应进行无损检测, 并符合 6.4.6、6.4.7 和 6.4.8 的规定。

6.5.4 对于碳素钢和低合金钢的钢管, 同一部位的焊缝返工次数不宜超过 2 次; 对于高强钢的钢管, 同一部位的焊缝返工次数不宜超过 1 次; 超过规定次数的返工, 应制订可靠的技术措施后方可进行。焊缝返工情况应记录在制造验收资料中。

6.5.5 管壁表面凹坑深度大于板厚的 10% 或大于 2mm, 应进行焊补。焊补前, 应修磨凹坑利于焊接, 如需预热和后热处理, 应符合 6.3.10 和 6.3.13 规定。焊补后, 应将焊补处磨平, 检查有无裂纹。对高强钢还应进行磁粉或渗透检测, 不允许存在裂纹。

6.5.6 钢管表面不允许存在电弧擦伤。如有擦伤, 应将擦伤处打磨, 并检查有无裂纹。

7 压力钢管焊后消应处理

7.1 钢管或岔管焊后消应处理应按设计文件规定执行。

7.2 高强钢的钢管或岔管不宜做焊后消应热处理。

7.3 钢管或岔管采用整体或局部消应热处理时, 应按 JB/T 6046 规定制定热处理工艺。局部消应热处理时, 其加热宽度应为焊缝中心两侧各 6 倍以上最大板厚区域。

7.4 整体消应热处理后, 应提供消应热处理曲线; 局部消应热处理后, 应提供消应效果的评定报告, 并记录在制造验收资料中。

7.5 钢管或岔管采用振动时效消应处理时, 应按 JB/T 10375 的规定选择振动时效工艺参数, 应提供焊缝消应前、后的残余应力测试数据, 并记录在安装验收资料中。

7.6 钢管或岔管采用爆炸消应处理时，施工前应针对材质和结构型式，通过爆炸消应工艺试验确定合理的消应规范参数。应提供焊缝消应前、后的残余应力测试数据，并记录在安装验收资料中。

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铁锈、油污、积水、遗漏的焊渣和飞溅等附着污物清除干净。

8.1.2 表面预处理采用喷射或抛射除锈，所用的磨料应清洁、干燥，用金属磨料、氧化铝（刚玉）、碳化硅和金刚砂等磨料，其粒度选择范围宜为 0.5~3.0mm。根据表面粗糙度等级技术要求加以选择。

8.1.3 喷射用的压缩空气应进行过滤，除去油、水。

8.1.4 明管内外壁、埋管内壁经喷射或抛射除锈后，除锈等级不应低于 GB/T 8923 规定的 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级，应用照片目视评定。采用改性水泥浆防腐蚀的埋管外壁经喷射或抛射除锈后，除锈等级应符合 GB/T 8923 规定的 Sa1 级。

8.1.5 除锈后，采用常规防腐涂料的钢管表面粗糙度应达到 $R_z 40 \sim 70 \mu\text{m}$ ，采用厚浆型重防腐涂料及金属喷涂的钢管表面粗糙度应达到 $R_z 60 \sim 100 \mu\text{m}$ 。表面粗糙度可采用触针式的轮廓仪测定或比较样板目视评定。

8.1.6 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。涂装前若发现钢管表面污染或返锈，应重新处理至原除锈等级。

8.1.7 当空气中相对湿度大于 85%、钢板表面温度预计低于大气露点以上 3℃ 时，不得进行除锈。

8.1.8 除锈后的钢材表面宜在 2h 内进行涂装，晴天和正常大气条件下，时间最长不超过 8h。

8.2 涂料涂装

8.2.1 使用的涂料应符合设计文件规定，涂装施工应按涂料使用说明书的规定执行。

8.2.2 钢管节应在安装环缝两侧各 200mm 范围内和灌浆孔及排水孔周边 100mm 范围内涂装车间底漆，待安装焊接完成后，按规定进行表面预处理再进行涂装。

8.2.3 当空气中相对湿度大于 85%、钢板表面温度预计低于大气露点以上 3℃ 或高于 60℃ 时，均不得进行涂装。

8.2.4 涂料涂层外观、厚度和结合力的质量检验方法按 SL 105 规定执行。

8.3 金属喷涂

8.3.1 金属喷涂采用的金属丝应符合下列要求：

- 锌丝应符合 GB/T 470 规定的 Zn-1 质量要求，且含锌量 $Zn \geq 99.99\%$ ；
- 铝丝应符合 GB/T 3190 规定的 L2 质量要求，且含铝量 $Al \geq 99.5\%$ ；
- 锌铝合金丝的含铝量应为 14%~16%，其余为锌；
- 金属丝应光洁、无锈、无油和无折痕，直径为 $\phi 2.0\text{mm}$ 或 $\phi 3.0\text{mm}$ 。

8.3.2 当空气中相对湿度大于 85%、钢板表面温度预计低于大气露点以上 3℃ 时，均不得进行喷涂。

8.3.3 喷涂时宜采用电弧喷涂，电弧喷涂无法实施的部位可采用火焰喷涂。

8.3.4 金属涂料涂层外观、厚度和结合力的质量检验方法按 SL 105 规定执行。

9 水压试验

9.1 明管、岔管宜做水压试验，其水压试验和试验压力值应符合设计文件规定。水压试验应在制造完成和提交了几何尺寸及焊缝质量检验报告后进行。

9.2 应按钢管强度和刚度计算选择闷头型式。

9.3 水压试验的水温应在 5℃ 以上。

9.4 水压试验用压力表等级不应低于1级，有应力测试要求时应采用0.5级压力表。压力表量程不应超过试验压力的1.5倍。压力表使用前应进行检定，且不得安装在水泵和进水管上。

9.5 充水前，应对钢管或岔管上的临时支撑件、支托、工卡具、起重设备等进行解除拘束处理；并对管壁上的焊疤、划痕等进行打磨修补。

9.6 充水时，在其最高处应设置排气管阀，加压前必须排气。

9.7 加压时应分级加载，加压速度不宜大于0.05MPa/min。先缓缓升至工作压力并保持30min以上，此时压力表指针应保持稳定，没有颤动现象，对钢管进行检查，情况正常可继续加压；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；然后下降至工作压力保持30min以上。

9.8 水压试验过程中，钢管应无渗水、混凝土应无裂缝、镇墩应无异常变位和其他异常情况，宜采用声发射检测方法按GB/T 18182规定对重点部位进行安全检测和评定。

9.9 水压试验过程中，出现问题需要处理时，应先将管内压力卸至零压力，再将钢管内水排空后，方可进行焊接、热切割、碳弧气刨或热矫型等作业。

9.10 水压试验完成后，应立即将管内压力卸至钢管内水自重压力，在确认管段上端的排（补）气管阀门打开后，方可进行钢管内水排放作业。

10 包装、运输

10.1 瓦片运输应制定运输方案，防止倾倒、散落和变形。

10.2 支承环、加劲环、阻水环、止推环和连接板等附件应绑扎成捆运输，并用油漆标明名称和编号。

10.3 运输成型的管节时，可在管节内加设临时支撑，在管外加设鞍形支架座或加垫木条，保护管节及其坡口免遭损坏。

10.4 钢索捆扎吊运钢管或瓦片时，应在钢索与钢管或瓦片相触部位加设软垫。在吊装和运输中应避免损坏涂层。

11 验收

11.1 压力钢管制造与安装质量的验收应符合合同文件和本标准的规定。

11.2 制造验收时，施工单位应提供下列资料：

- a) 压力钢管制造竣工图；
- b) 钢材、焊接材料、防腐蚀材料等出厂质量证明书及抽查检验或复查检验的报告；
- c) 设计修改通知单；
- d) 焊缝无损检测报告；
- e) 参与制造的焊工、无损检测人员和防腐蚀操作工有效资格证书复印件；
- f) 焊接工艺评定报告、生产性产品焊接试板检验报告；
- g) 焊接工艺规程；
- h) 焊后消应处理记录及测试报告等；
- i) 防腐蚀检测资料；
- j) 制造时最终检查及试验的记录（报告）；
- k) 重大缺欠处理记录和有关会议纪要等。

11.3 安装验收时，施工单位应提供下列资料：

- a) 压力钢管工程竣工图；
- b) 钢材、焊接材料、防腐蚀材料等出厂质量证明书及抽查检验或复查检验的报告；
- c) 设计修改通知单；
- d) 焊缝无损检测报告；

- e) 参与安装的焊工、无损检测人员和防腐蚀操作工有效资格证书复印件；
- f) 焊接工艺评定报告、生产性产品焊接试板检验报告；
- g) 施工方案、焊接工艺规程；
- h) 焊后消应处理记录及测试报告；
- i) 防腐蚀检测资料；
- j) 安装时最终检查和试验的记录（报告）；
- k) 重大缺欠处理记录和有关会议纪要等。

附录 A
(资料性附录)
钢板厚度允许偏差

表 A 钢板厚度允许偏差

单位: mm

公称厚度	宽 度														
	600~750	>750~1000	>1000~1200	>1200~1500	>1500~1700	>1700~1800	>1800~2000	>2000~2300	>2300~2500	>2500~2800	>2800~3000	>3000~3200	>3200~3400	>3400~3600	>3600~3800
负偏差	0.45	0.55	0.60	0.60	0.75	0.75	0.75	0.80							
6~7.5	0.45	0.55	0.60	0.60	0.75	0.75	0.75	0.80							
>7.5~10	0.75	0.75	0.85	0.85	0.90	0.90	1.00	1.15	1.15	1.15					
>10~13	0.75	0.75	0.85	0.85	0.95	0.95	1.05	1.25	1.25	1.25	1.55				
>13~25			0.75	0.75	0.85	0.95	1.15	1.35	1.55	1.65	1.75				
>25~30			0.85	0.85	0.95	1.05	1.25	1.45	1.65	1.75	1.85				
>30~34			0.95	1.05	1.05	1.15	1.35	1.55	1.75	1.95	2.05				
>34~40			1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.75	1.85	1.95	2.25				
>40~50			1.35	1.45	1.55	1.65	1.75	1.95	2.05	2.15	2.45				
>50~60			1.65	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	2.15	2.35	2.55				
>60~80					2.55	2.55	2.55	2.55	2.65	2.75	2.85	2.85	2.85	2.95	2.95
>80~100					2.95	2.95	2.95	2.95	3.05	3.05	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
>100~120					3.25	3.25	3.25	3.35	3.45	3.45	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55
0.25															
正偏差															

附录 B
(规范性附录)

不锈钢复合钢板焊接工艺评定

B.1 总则

B.1.1 本焊接工艺评定适用于轧制法、爆炸轧制法、爆炸法和堆焊法生产的不锈钢复合钢板的焊接工艺评定。

B.1.2 不锈钢复合钢板的焊接工艺评定除按本规定执行外，还应符合本标准 6.1 的规定。

B.2 焊接工艺评定规则

B.2.1 试件应以不锈钢复合钢板（包括基层和覆层）制备。

B.2.2 经评定合格的焊接工艺适用于焊件（包括母材和焊缝金属）厚度有效范围，应按试件的覆层和基层厚度分别计算。

B.2.3 经评定合格的焊接工艺适用于焊件覆层焊缝金属厚度有效范围的最小值，为试件覆层焊缝金属厚度。

B.2.4 拉伸和弯曲试验时，不锈钢复合钢板的焊接接头（包括基层、过渡层和覆层）都应进行试验。

B.2.4.1 拉伸试样应包括覆层和基层的全厚度。

B.2.4.2 当过渡层焊缝和覆层焊缝焊接工艺评定的主要变量不同时应取 4 个侧弯试样；当过渡层焊缝和覆层焊缝焊接工艺评定的主要变量相同时尽量取侧弯试样，也可以取 2 个背弯试样和 2 个面弯试样。背弯试验时基层焊缝金属受拉伸。弯曲试验尺寸应符合表 B 的规定。

表 B 弯曲试验尺寸

弯曲试样类别	试样厚度 S (mm)	弯心直径 (mm)	支座面距离 (mm)	弯曲角度 (°)
侧弯试样	10	40	63	180
面弯、背弯试样	S	4S	6S+3	

B.2.5 冲击试验只检验基层的焊接接头，试样缺口位置应按分别开在基层的焊缝区和热影响区。

B.2.6 力学性能试验的合格指标应符合下列规定：

a) 拉伸试验：每个试样的抗拉强度 R_m 应符合 GB/T 8165 的规定。

b) 弯曲试验：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 的任一裂纹或缺欠，试样的棱角开裂不计。对轧制法、爆炸轧制法、爆炸法生产的不锈钢复合钢板，其侧弯试样的复合界面由于未结合缺欠引起的分层和裂纹，允许重新取样试验。

c) 冲击试验：每个区 3 个试样为一组的常温冲击吸收功平均值应符合设计文件规定，且不小于 27J，允许有 1 个试样的冲击吸收功低于规定值，但不低于规定值的 70%。