

ICS 23.060.30

CCS J 16

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 432—2024

替代 SL 432—2008

水利水电工程压力钢管制造安装 及验收规范

Specification for manufacture, installation and acceptance of
steel penstock in hydraulic and hydroelectric engineering

2024-12-09 发布

2025-03-09 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《水利水电工程压力钢管制造安装及验收规范》等5项水利行业标准的公告

2024年第25号

中华人民共和国水利部批准发布《水利水电工程压力钢管制造安装及验收规范》（SL/T 432—2024）等5项水利行业标准，现予以公告。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程压力钢管制造安装及验收规范	SL/T 432—2024	SL 432—2008	2024.12.9	2025.3.9
2	调水工程后评价技术导则	SL/T 831—2024		2024.12.9	2025.3.9
3	水利水电工程建设征地农村移民安置规划设计规范	SL/T 440—2024	SL 440—2009	2024.12.9	2025.3.9
4	水利水电工程建设征地移民安置规划大纲编制导则	SL/T 441—2024	SL 441—2009	2024.12.9	2025.3.9
5	水利水电工程建设征地移民实物调查规范	SL/T 442—2024	SL 442—2009	2024.12.9	2025.3.9

水利部

2024年12月9日

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	4
5 材料	4
6 制造	5
6.1 一般规定	5
6.2 瓦片制造	5
6.3 管节和管段制造	7
6.4 钢岔管制造	8
6.5 伸缩节制造	10
7 安装	10
7.1 一般规定	10
7.2 埋管安装	11
7.3 明管安装	12
7.4 伸缩节安装	12
8 焊接	12
8.1 一般规定	12
8.2 焊接工艺要求	13
8.3 焊缝检验	15
8.4 缺欠处理	19
8.5 焊后消应处理	19
9 防腐蚀	20
9.1 一般规定	20
9.2 表面预处理	20
9.3 涂装保护	20
9.4 牺牲阳极阴极保护	21
10 水压试验	21
10.1 一般规定	21
10.2 试验准备	21
10.3 试验与监测	22
11 安全监测	22
11.1 一般规定	22
11.2 传感器	23
11.3 监测系统	23
11.4 安装与调试	23
12 标识、包装、运输与存放	23

12.1 标识	23
12.2 包装、运输与存放	24
13 验收	24
13.1 出厂验收	24
13.2 安装验收	24
标准历次版本编写者信息	26
表 1 钢板划线的极限偏差	6
表 2 钢板下料的极限偏差	6
表 3 瓦片允许冷卷或冷压的最小径厚比	6
表 4 弧度样板与瓦片的间隙	7
表 5 弧度样板与钢管纵缝处的间隙	7
表 6 加劲环、支承环、止推环的组装质量	8
表 7 样板与球壳板的间隙	9
表 8 球壳板尺寸极限偏差	9
表 9 钢岔管组装或组焊后的极限偏差	9
表 10 球形钢岔管组装或组焊后的极限偏差	10
表 11 钢管安装中心的极限偏差	12
表 12 焊缝预热温度	14
表 13 焊缝外观质量要求	16
表 14 无损检测方法和检测长度占焊缝总长的百分比	18

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，对 SL 432—2008《水利工程压力钢管制造安装及验收规范》进行修订，并更名为《水利水电工程压力钢管制造安装及验收规范》。

本标准共 13 章，主要技术内容包括：

- 总体要求；
- 材料；
- 制造；
- 安装；
- 焊接；
- 防腐蚀；
- 水压试验；
- 安全监测；
- 标识、包装、运输与存放；
- 验收。

本次修订的主要内容有：

- 调整了标准的适用范围；
- 对规范性引用文件做了调整和修订；
- 增加了术语和定义；
- 对总则做了修订和调整；
- 将材料部分单列为一章，删除了原标准附录 A，改为引用相关标准的规定，增加了月牙肋岔管肋梁板技术要求；
- 制造部分增加了一般规定，并将瓦片制造单列为一节；
- 对安装部分的一般规定做了补充和完善，将伸缩节安装单列为一节，并补充完善了伸缩节安装的技术要求；
- 焊接部分取消了“焊接工艺评定和焊接工艺规程”和“焊工资格”两节，删除了原标准附录 B，将一般规定单列为一节，在一般规定中明确焊接工艺评定、焊接工艺规程编制及焊工的要求；对焊接工艺要求进行了补充和完善；焊缝检验部分修订了焊缝外观质量要求，增加了相控阵和衍射时差法超声检验的方法；将焊后消应处理由单独一章调整为“焊接”部分的一节；
- 防腐蚀部分增加了涂料卫生安全性要求和牺牲阳极阴极保护方法；
- 水压试验部分细化完善了水压试验的技术要求；
- 新增了安全监测的技术要求；
- 新增了标识和存放的技术要求。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL 432—2008

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利工程建设司

本标准解释单位：水利部水利工程建设司

本标准主编单位：水利部水工金属结构质量检验检测中心

本标准参编单位：山东省水利勘测设计院有限公司

郑州国水机械设计研究所有限公司

广东省源天工程有限公司

中国葛洲坝集团机械船舶有限公司

佛山市汇灿机械设备有限公司

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：毋新房 张小阳 万天明 李东风 方超群 彭水平 孔垂雨 王占华
耿红磊 高志萌 刘天政 许志刚 安孟德 曹佳丽 赵强

本标准审查会议技术负责人：聂相田 吴小宁

本标准体例格式审查人：于爱华

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn；网址：<http://gjkj.mwr.gov.cn/jsjdl/bzcx/>）。

水利水电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制造、安装及验收的技术要求。

本标准适用于输水工程、泵站、水电站（含抽水蓄能电站）等压力钢管的制造、安装及验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 2970 厚钢板超声检测方法
- GB/T 3323.1 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 5313 厚度方向性能钢板
- GB 6514 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风
- 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 9448 焊接与切割安全
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
- GB/T 11375 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全
- GB/T 14977 热轧钢板表面质量的一般要求
- GB/T 15822.1 无损检测 磁粉检测 第1部分：总则
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求
- GB/T 18591 焊接 预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南
- GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分：总则
- GB/T 19869.1 钢、镍及镍合金的焊接工艺评定试验
- GB/T 19868.4 基于预生产焊接试验的工艺评定
- GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测
- GB/T 26952 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
- GB/T 26953 焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级
- GB/T 28297 厚钢板超声自动检测方法
- GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
- GB 30458 卷板机 安全技术要求
- GB/T 32259 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测
- GB/T 33163 金属材料 残余应力 超声冲击处理法
- GB/T 37910.1 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 38811 金属材料 残余应力 声束控制法
- GB/T 40733 焊缝无损检测 超声检测 自动相控阵超声技术的应用
- GB/T 40734 焊缝无损检测 相控阵超声检测验收等级

- GB/T 40741 焊后热处理质量要求
GB/T 41115 焊缝无损检测 超声检测 衍射时差技术 (TOFD) 的应用
GB/T 41116 焊缝无损检测 衍射时差技术 (TOFD) 验收等级
SL 36 水工金属结构焊接通用技术条件
SL/T 105 水工金属结构防腐蚀规范
SL/T 281 水利水电工程压力钢管设计规范
SL 398 水利水电工程施工通用安全技术规程
SL 400 水利水电工程金属结构与机电设备安装安全技术规程
SL 401 水利水电工程施工作业人员安全操作规程
SL 547 水工金属结构残余应力测试方法——X 射线衍射法
SL/T 582 水工金属结构制造安装质量检验检测规程
SL 635 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——水工金属结构安装工程
SL 749 水工金属结构振动时效及效果评定
SL/T 780 水利水电工程金属结构制作与安装安全技术规程
JB/T 10045 热切割 质量和几何技术规范

3 术语和定义

SL/T 281 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

压力钢管 steel penstock

输水工程、泵站及水电站 (含抽水蓄能电站) 的钢制管道。

3.2

钢岔管 steel branch pipe

输水管道分岔处的压力钢管管段, 分为月牙肋岔管、球形岔管、三梁岔管、贴边岔管、无梁岔管等型式。

3.3

伸缩节 expansion joint

两段钢管之间用于适应温度变化和地基不均匀沉陷而设置的具有伸缩或角变位性能的联结部件。

[来源: SL/T 281—2020, 2.1.20]

3.4

套筒式伸缩节 sleeve expansion joint

由与上、下游钢管段连接的内外套筒、水封填料和水封压环等部件组成, 具有轴向位移补偿能力的伸缩节。

3.5

波纹管伸缩节 bellows expansion joint

具有较强轴向位移、径向位移和角位移补偿能力的波纹状伸缩节。

3.6

凑合节 adjuster of steel pipe

安装钢管时为凑合与设计长度不符的差值而增加的管节。

3.7

支承环 supporting ring

钢管与支座间起支承、加固作用的环状结构。

[来源：SL/T 281—2020，2.1.15]

3.8

加劲环 stiffener ring

管外侧设置的用于提高钢管抗外压稳定，或为加强钢管制作、安装时刚度的环状结构。

[来源：SL/T 281—2020，2.1.14]

3.9

止水环 cut-off collar

地下埋管、坝内埋管（或钢衬）始端起截水作用的环状结构。

[来源：SL/T 281—2020，2.1.16]

3.10

止推环 thrust collar

钢管外壁设置的阻止钢管轴向移动的环状结构。

[来源：SL/T 281—2020，2.1.17]

3.11

闷头（堵头） closure head

用于封堵管端的部件，可用于水压试验中封堵管口或正常工作时封堵预留管口。

3.12

镇墩 anchor block

固定压力管道位置、主要承受压力管道纵轴向荷载并靠自身稳定性维持压力管道稳定的钢筋混凝土构筑物。

3.13

支墩 buttress

主要承受管道自重、管内水重以及纵轴方向摩擦力的压力管道支承结构物。

3.14

鞍式支座 saddle support bearing

形似马鞍、压力管道安设在其鞍形承座垫板上的支墩。

3.15

滚动支座 rolling ring girder support bearing

在支承环的支柱底部装有辊轮，可沿墩座垫板滚动，以适应钢管沿纵轴方向伸缩位移的一种支承环式支墩。

3.16

摇摆支座 rocker-mounted ring girder support bearing

在支承环的支柱底部与墩座铰接，可沿钢管纵轴方向摆动，以适应钢管沿纵轴方向伸缩位移的一种支承环式支墩。

3.17

滑动支座 sliding ring girder support bearing

在支承环的支柱底部与墩座间设有滑动垫板，以适应钢管沿纵轴方向伸缩位移的一种支承环式支墩。

3.18

水压试验 hydrostatic pressure test

为了检验压力钢管设计、材料、制造、安装等方面质量，消除部分残余应力，钝化缺欠，保障钢管安全运行，按规定进行的充水加压试验。

3.19

角焊缝厚度 fillet weld thickness (公称喉厚 nominal throat thickness)

在焊缝截面中，最大等腰直角三角形底边上的高度。

[来源：GB/T 19418—2003，3.2.1]

3.20

短缺欠 short imperfection

在焊缝的任何 100 mm 长度范围内总长度不超过 25 mm；焊缝长度小于 100 mm 时，总长度不超过焊缝长度 25% 的一个或多个缺欠。

[来源：GB/T 19418—2003，3.3]

3.21

系统缺欠 systematic imperfection

在待检测的焊缝长度上重复分布，但单个缺欠的尺寸在允许范围之内的缺欠。

[来源：ISO 5817：2023，3.4]

4 总体要求

4.1 压力钢管制造、安装及验收应符合安全可靠、技术先进、经济合理、绿色健康、环保节能的原则。

4.2 压力钢管制造、安装及验收应符合设计文件、SL/T 281 及国家现行有关标准的规定。

4.3 压力钢管制造安装质量检验方法应符合 SL/T 582 的规定。压力钢管安装单元工程施工质量验收应符合 SL 635 的规定。

4.4 压力钢管制造与安装应符合 SL/T 780、SL 398、SL 400 和 SL 401 的安全规定。焊接与切割安全应符合 GB 9448 的规定。卷板安全应符合 GB 30458 的规定。防腐表面预处理与涂装过程中的粉尘及气体排放应符合 GB 16297 的要求。金属热喷涂及陶瓷复合涂层喷涂操作安全应符合 GB/T 11375 的规定。涂漆工艺安全及其通风应符合 GB 6514 的规定。

4.5 检测用量具和仪器的量程、准确度、分辨力、灵敏度等指标应能满足检测要求，并符合国家关于计量器具检定与校准的规定。

5 材料

5.1 钢板的规格和牌号应符合设计文件规定；钢板的性能和质量应符合相应产品标准。

5.2 钢板应具有出厂质量证明书。钢板标号不清或材质有疑问时应复验，复验合格方可使用。采用国外钢板，应符合相应的国际标准或设计要求，并提供相应的力学性能指标和焊接性试验资料。

5.3 钢材进场时应按照 GB/T 17505 的规定进行验收。钢板的表面质量应符合 GB/T 14977 中 B 类 3 级的要求。

5.4 钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定。钢板厚度无合同约定时应符合 GB/T 709 中 B 类偏差要求，允许下偏差为 -0.30 mm。

5.5 钢板超声检测应执行 GB/T 2970 或 GB/T 28297 的规定。其中，月牙肋岔管的肋梁板的质量等级应为 I 级，高强钢钢板的质量等级不应低于 II 级，其他钢板的质量等级不应低于 III 级。下列钢板应提供超声检测报告：

- a) 钢岔管、弯管和厂房内的钢管用钢板。
- b) 板厚大于 60 mm 的碳素结构钢或低合金钢钢板。
- c) 高强钢钢板。

5.6 月牙肋岔管的肋梁板应按 GB/T 5313 的规定检测其厚度方向性能。设计无明确规定时，应符合 GB/T 5313 中 Z35 级别的要求。

5.7 钢板应标识并分类存放。钢板叠放与支撑垫条间隔设置应避免产生永久变形。

5.8 焊条、焊丝、焊剂、保护气体等焊接材料应具有出厂质量证书，规格、型号或牌号及其他技术要求应满足设计文件和焊接工艺文件要求，性能指标应满足国家现行有关标准的规定。标号不清或对材质有疑问时应予复验，复验合格方可使用。

5.9 切割用气体应符合下列要求：

- a) 氧气纯度不应低于 99.5%。
- b) 乙炔气体纯度不应低于 98.0%。
- c) 燃气丙烯纯度不应低于 95.0%。
- d) 燃气丙烷纯度不应低于 95.0%。

5.10 防腐蚀材料应符合设计文件和 SL/T 105 的规定。

6 制造

6.1 一般规定

6.1.1 压力钢管制造应具备下列技术资料：

- a) 合同文件。
- b) 设计文件，包括布置图、总图、装配图、零件图及相关技术要求。
- c) 施工组织设计和制造工艺文件。
- d) 钢材、焊接材料和防腐蚀材料的质量证明文件。

6.1.2 应根据设计图样和施工组织设计，制订压力钢管分段、分节及瓦片的编号方案，形成压力钢管编号说明书及位置示意图，对压力钢管制造、安装及验收应能起到质量监控和溯源的作用。

6.1.3 压力钢管几何尺寸检测用器具要求如下：

- a) 钢卷尺计量准确度应满足 I 级要求。
- b) 经纬仪计量性能不应低于 DJ2 级要求。
- c) 水准仪计量性能不应低于 DS3 级要求。
- d) 全站仪的测角准确度不应低于 2"，测距准确度不应低于 1 mm。
- e) 手持式激光测距仪准确度不应低于 1 mm。
- f) 水准尺分辨力不应低于 1 mm。
- g) 垫块工作面应规则、平整，高度误差应小于 0.1 mm。
- h) 弦线直径不应大于 0.5 mm，且不应有接头。

6.2 瓦片制造

6.2.1 钢板划线前应根据相关技术文件制订划线方案，确定瓦片的编号、水流方向、水平和垂直中心线、管节纵缝和环缝的位置、灌浆孔的位置、焊接坡口的形式和尺寸。

6.2.2 管节纵缝不应设置在管节横断面的水平中心线或垂直中心线上。管节内径大于 600 mm，纵缝位置与水平中心线或垂直中心线的圆心夹角应大于 10°，相应弧线距离应大于 10 倍管壁厚度，且不宜小于 300 mm；管节内径不大于 600 mm，纵缝位置与水平中心线或垂直中心线的夹角宜为 45°，或可采用无缝钢管。

6.2.3 相邻管节的纵缝距离应大于 5 倍板厚，且不小于 300 mm。同一管节上相邻纵缝间距不应小于 500 mm。

6.2.4 直管环缝间距不宜小于 500 mm。钢岔管、弯管和渐变管环缝间距不宜小于 10 倍管壁厚度，且不宜小于 300 mm。

6.2.5 钢板划线的极限偏差应符合表 1 的规定。

表 1 钢板划线的极限偏差

单位：mm

项 目	极 限 偏 差
宽度和长度	±1
对角线相对差	2
对应边相对差	1
矢高（曲线部分）	±0.5

6.2.6 钢板划线后应标识炉批号、瓦片编号、水流方向、水平和垂直中心线、灌浆孔的位置、焊接坡口的形式和尺寸等信息。标识应清晰、准确，并具备可追溯性。

6.2.7 高强钢钢板不应采用锯、凿、砸钢印等方式做标记。卷板或压弧前，可在高强钢的内弧面使用深度不大于 0.5 mm 的钝头冲眼，以校核划线准确性；卷板或压弧后，可在高强钢上使用深度不大于 0.5 mm 的钝头冲眼做标记。

6.2.8 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。淬硬倾向大的高强钢焊接坡口宜采用刨边机或铣边机等机械加工方法。高强钢采用热切割方法时，应将割口表面淬硬层、过热组织等去除，并按 GB/T 15822.1 或 GB/T 18851.1 的规定做表面无损检测，不应有线状显示。

6.2.9 热切割的质量应符合 JB/T 10045 的规定。应采用砂轮磨去切割面的氧化层、熔渣和毛刺。切割时造成的坡口沟槽深度不应大于 0.5 mm，否则应修磨；坡口沟槽深度大于 2 mm 时，应按 8.2.14 的工艺进行焊补、修磨，并按 GB/T 15822.1 或 GB/T 18851.1 的规定做表面无损检测，不应有线状显示。

6.2.10 钢板下料的极限偏差应符合表 2 的规定。

表 2 钢板下料的极限偏差

单位：mm

项 目	极 限 偏 差
宽度和长度	±3
对角线相对差	5
对应边相对差	3
矢高（曲线部分）	±2

6.2.11 焊接坡口尺寸应符合设计图样和 SL 36 的规定。

6.2.12 卷板或压弧要求如下：

- a) 卷板或压弧方向应和钢板的压延方向一致。
- b) 应将钢板表面已剥离的氧化皮和其他杂物清除干净。
- c) 钢管内径 D 与壁厚 t 的比值符合表 3 的规定时，瓦片可冷卷或冷压。

表 3 瓦片允许冷卷或冷压的最小径厚比

屈服强度 ReH (ReL 、 $Rp0.2$)/(N/mm ²)	D/t
ReH (ReL 、 $Rp0.2$) ≤ 355	≥ 33
$355 < ReH$ (ReL 、 $Rp0.2$) ≤ 460	≥ 40
$460 < ReH$ (ReL 、 $Rp0.2$) ≤ 540	≥ 48
$540 < ReH$ (ReL 、 $Rp0.2$) ≤ 780	≥ 57
ReH (ReL 、 $Rp0.2$) > 780	由试验确定

- d) 钢管内径与壁厚的比值小于表 3 的规定时, 宜采用热卷或热压方式, 采用冷卷或冷压方式后应进行恢复性能热处理。卷板或压弧方案应经试验研究并通过论证后方可使用。控轧钢板不应采用热卷或热压方式。
- e) 不应使用金属锤直接锤击钢板。
- f) 调质钢和控轧钢板不宜进行火焰矫形。
- g) 钢板不应先拼焊, 后卷板或压弧。

6.2.13 卷板或压弧后, 应将瓦片以自由状态立于平台上, 用弧度样板检测瓦片弧度, 其间隙应符合表 4 的规定。

表 4 弧度样板与瓦片的间隙

单位: mm

钢管内径 D	弧度样板弦长	样板与瓦片的间隙
$D \leq 2000$	$0.5D$, 且不小于 500	≤ 1.5
$2000 < D \leq 5000$	1000	≤ 2.0
$5000 < D \leq 8000$	1500	≤ 2.5
$D > 8000$	2000	≤ 3.0

6.3 管节和管段制造

6.3.1 制造厂应设置平面度不大于 1 mm 的平台用于管节组装和检测。管节组装时, 将瓦片立于平台上, 管口平面度、纵缝对口径向错边量、钢管横截面的形状偏差及管口周长等应检测合格后方可施焊。

6.3.2 钢管管口平面度不应大于 3 mm。

6.3.3 除另有规定外, 钢管纵缝对口径向错边量不应大于壁厚的 10%, 且不大于 2 mm。

6.3.4 钢管以自由状态立于平台上, 用弧度样板检测纵缝处弧度, 其间隙应符合表 5 的规定。钢管的安装环缝采用带垫板的 V 形坡口时, 则弧度样板与纵缝处的间隙不应大于 2 mm。弧度样板应在中间位置开避缝缺口。

表 5 弧度样板与钢管纵缝处的间隙

单位: mm

钢管内径 D	弧度样板弦长	样板与纵缝处的间隙
$D \leq 5000$	500	≤ 4
$5000 < D \leq 8000$	$D/10$	≤ 5
$D > 8000$	1200	≤ 6

6.3.5 钢管横截面的形状偏差要求如下:

- a) 圆形截面的钢管, 管口圆度 (同端管口相互垂直两直径之差的最大值) 不应大于 $3D/1000$, 且不大于 30 mm。
- 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应大于设计值的 $3/1000$, 且不大于 6 mm。
- c) 矩形截面的钢管或钢衬, 长边 A 和短边 B 的长度与设计尺寸的偏差不应大于设计值的 $3/1000$, 且不大于 6 mm; 对角线差不应大于 6 mm。

6.3.6 钢管管口实测周长与设计周长的偏差不应大于 $3D/1000$, 且不大于 24 mm。钢管的安装环缝采用带垫板的 V 形坡口时, 管口实测周长与设计周长的最大偏差不应大于 12 mm。

6.3.7 单节钢管长度与设计长度的偏差不应大于 5 mm。

6.3.8 除另有规定外，钢管环缝对口径向错边量要求如下：

- a) 壁厚 $t \leq 30$ 时，不应大于 $15\%t$ ，且不大于 3 mm。
- b) $30 < t \leq 60$ 时，不应大于 $10\%t$ 。
- c) $t > 60$ 时，不应大于 6 mm。

6.3.9 不锈钢复合钢板纵缝和环缝的径向对口错边量不应大于壁厚的 10%，且不大于 1.5 mm。

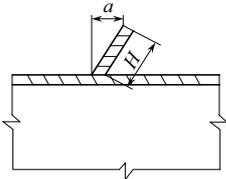
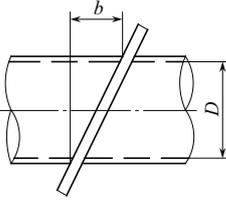
6.3.10 用于明管鞍形支座摩擦副部位的钢管节，摩擦副内的焊缝余高应磨平。

6.3.11 钢管上的加劲环、支承环、止推环和阻水环的制造与安装要求如下：

- a) 环板内圈弧度应用样板检测，样板弦长及样板与环板的间隙应符合表 4 的规定。
- b) 环板对接焊缝位置应与钢管纵缝位置错开 200 mm 以上。
- c) 环板与钢管外壁的局部间隙不应大于 3 mm。
- d) 安装加劲环时，其同端钢管管口实测圆度不应大于 4 mm。
- e) 加劲环、支承环、止推环与钢管纵缝的交叉处，应在环板内弧上开避缝孔。
- f) 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。
- g) 加劲环、支承环、止推环的组装质量应符合表 6 的规定。

表 6 加劲环、支承环、止推环的组装质量

单位：mm

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

注：D 为压力钢管内径；H 为支承环、加劲环或止推环的宽度。

6.3.12 宜在卷板后开灌浆孔。高强钢不宜开灌浆孔。

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

6.4 钢岔管制造

6.4.1 钢岔管瓦片制造应符合 6.2 的规定。

6.4.2 球形钢岔管的球壳板尺寸与形状偏差要求如下：

- a) 样板与球壳板的间隙应符合表 7 的规定。
- b) 球壳板尺寸极限偏差应符合表 8 的规定。

表 7 样板与球壳板的间隙

单位：mm

球壳板弦长 L	样板弦长	样板与球壳板的间隙
$L \leq 1500$	1000	≤ 3
$1500 < L \leq 2000$	1500	
$L > 2000$	2000	

表 8 球壳板尺寸极限偏差

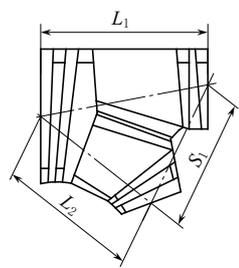
单位：mm

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

6.4.3 钢岔管应在制造厂内进行整体预组装或组焊。钢岔管组装或组焊后的极限偏差应符合表 9 的规定。肋梁系钢岔管焊接时，肋梁与两侧管壳连接的焊缝宜作为始焊缝先进行焊接，不应作为钢岔管最后焊接的焊缝。

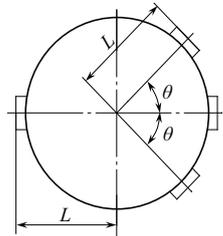
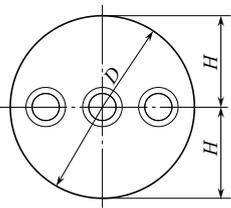
表 9 钢岔管组装或组焊后的极限偏差

单位：mm

项目名称	主管内径 D 和壁厚 t	极 限 偏 差	简 图
管长 L_1 、 L_2	—	± 10	—
主、支管的管口圆度	—	$3D/1000$ ，且不大于 20	
主、支管的管口实测周长与设计周长差	—	$\pm 3D/1000$ ，且极限偏差 ± 20	
支管中心距离 S_1	—	$\pm S_1/1000$ ，且极限偏差 ± 10	
主、支管的中心高程相对差	$D \leq 2000$	4	
	$2000 < D \leq 5000$	6	
	$D > 5000$	8	
主、支管的管口垂直度	$D \leq 5000$	2	
	$D > 5000$	3	
主、支管管口平面度	$D \leq 5000$	2	—
	$D > 5000$	3	—
纵缝对口错边量	—	$0.1t$ ，且不大于 2	—
环缝对口错边量	$t \leq 30$	$0.15t$ ，且不大于 3	—
	$30 < t \leq 60$	$0.1t$	—
	$t > 60$	≤ 6	—

6.4.4 球形钢岔管组装或组焊后的极限偏差除应符合表 9 的规定外，还应符合表 10 的规定。

表 10 球形钢岔管组装或组焊后的极限偏差

序号	项目	球壳内径 D /mm	极限偏差	简 图
1	主、支管口至球岔 中心距离 L	—	+10 mm -5 mm	
2	分岔角度 θ	—	$\pm 30'$	
3	球壳圆度	$D \leq 2000$ $2000 < D \leq 5000$ $D > 5000$	$8D/1000$ mm $6D/1000$ mm $5D/1000$ mm	
4	球岔顶、底至球岔 中心距离 H	$D \leq 2000$ $2000 < D \leq 5000$ $D > 5000$	$\pm 4D/1000$ mm $\pm 3D/1000$ mm $\pm 2.5D/1000$ mm	

6.5 伸缩节制造

6.5.1 伸缩节瓦片制造应符合 6.2 的规定。

6.5.2 套筒式伸缩节的内、外套管和止水环焊接后的弧度，应采用表 4 规定的样板检测，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，应检测上、中、下三个断面。

6.5.3 套筒式伸缩节内、外套管和止水环的直径允许偏差为 $\pm D/1000$ mm，且绝对值不应大于 2.5 mm。伸缩节内、外套管的周长允许偏差为 $\pm 3D/1000$ mm，且绝对值不应大于 8 mm。

6.5.4 套筒式伸缩节内、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%。

6.5.5 波纹管伸缩节的制造应按设计图样或相应标准的规定执行。

6.5.6 波纹管伸缩节应做耐压试验，试验方法可选择 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。

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

7 安装

7.1 一般规定

7.1.1 压力钢管安装应具备下列技术资料：

- a) 合同文件。
- b) 设计文件，包括布置图、总图、装配图、零件图及相关技术要求。
- c) 施工组织设计和安装工艺文件，包括安全技术措施和安全应急预案。
- d) 制造厂发货清单及现场到货交接验收文件。
- e) 压力钢管制造质量合格证明文件。
- f) 安装用钢材、焊材和防腐蚀材料的质量证明文件。
- g) 压力钢管编号说明书及位置示意图。
- h) 安装控制点坐标图。

- 7.1.2** 安装检测用量具和仪器应符合 6.1.3 的规定。
- 7.1.3** 用于测量高程、里程、安装轴线的基准点和控制点，应准确、牢固、明显和便于使用。测量人员应在现场与安装人员、质量检测人员共同确认基准点和控制点的位置，并提供坐标点简图。
- 7.1.4** 压力钢管安装前，应将钢管中心、高程和里程等控制点测放到附近的永久或半永久构筑物或牢固的岩石上，并做出明显标识。
- 7.1.5** 压力钢管段上的人行和货运通道，应采取保护钢管内外壁涂层的措施。施工过程中不应损伤钢管涂层。
- 7.1.6** 凑合节现场安装时的预留裕量，宜采用全方位半自动切割机切割。切割质量应符合 6.2.9 的规定。
- 7.1.7** 在安装过程中应采取可靠措施保证压力钢管的安全与稳定，支撑和拉筋的强度、刚度和稳定性应经过设计计算，不应出现倾覆和垮塌。
- 7.1.8** 压力钢管安装时，高度大于 2 m 的高空操作平台要求如下：
- 操作平台、钢丝绳及锁定装置等应经设计计算确定。
 - 应有安全保护装置。
 - 钢丝绳不应经过尖锐部位。
 - 电气装置应有可靠的电气绝缘和接地保护，操作平台不应作为接地电路。
 - 空压机、焊接材料烘干箱和气瓶等大型工器具应固定牢固，工作中不应在平台上发生相对滑动或滚动。
 - 应采取防火和防坠落措施。
- 7.1.9** 压力钢管壁上不宜焊接临时辅助件。确有必要时，应符合 8.2.3 的规定。
- 7.1.10** 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，不应使用锤击法，应采用碳弧气刨或热切割在离管壁 3 mm 以上切除。切除后应将管壁上残留的痕迹和焊疤磨平，并检查确认无裂纹。对高强钢应按 GB/T 15822.1 或 GB/T 18851.1 的规定做表面无损检测，不应有线状显示。发现裂纹时应按 8.4 的规定进行处理。埋管和回填管外壁的临时构件以及对工程无影响的临时构件，可不拆除。
- 7.1.11** 管壁表面凹坑深度不应大于钢管壁厚的 10%，且不应大于 2 mm。管壁表面凹坑深度大于板厚的 10% 或大于 2 mm 时，应按 8.4.6 的规定进行焊补；无需焊补的表面凹坑，应采用砂轮打磨，平滑过渡。
- 7.1.12** 压力钢管不宜焊接内支撑，必要时可采用活动内支撑。必须焊接内支撑时，应符合 8.2.3 和 7.1.10 的规定。

7.2 埋管安装

- 7.2.1** 钢管安装中心的极限偏差应符合表 11 的规定。
- 7.2.2** 始装节的里程极限偏差为 ± 5 mm，弯管起点的里程极限偏差为 ± 10 mm。始装节两端管口垂直度不应大于 3 mm。
- 7.2.3** 钢管横截面的形状偏差要求如下：
- 圆形截面的钢管，圆度不应大于 $5D/1000$ ，且不大于 40 mm。
 - 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 ± 8 mm。
- 7.2.4** 灌浆孔的螺纹应在加装空心螺纹护套后，方可进行后续施工。
- 7.2.5** 灌浆孔堵头采用焊接封堵时，堵头的焊接坡口应符合设计要求，其焊接工艺应符合 8.2.13 的规定。灌浆孔堵头焊缝应全部进行外观检查，不应有渗水现象，并按 8.3.6 做表面无损检测。低碳钢和低合金钢表面无损检测比例不应少于 10%，高强钢表面无损检测比例不应少于 25%。发现裂纹时，应进行 100% 检测。

表 11 钢管安装中心的极限偏差

单位：mm

钢管内径 D	极 限 偏 差		
	始装节管口中心	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	其他部位管节的管口中心
$D \leq 2000$	5	6	15
$2000 < D \leq 5000$		10	20
$5000 < D \leq 8000$		12	25
$D > 8000$		12	30

7.2.6 弹性垫层管安装后，应将外支撑去除并打磨光滑后方可铺设弹性垫层；其他钢管安装后，应与外部支撑和锚栓等焊接牢固。

7.3 明管安装

7.3.1 鞍式支座承座垫板的弧度应采用表 4 规定的弧度样板检测，弧面间隙不应大于 2 mm；承座垫板与钢管设计轴线的平行度不应大于 2/1000；承座垫板内的焊缝余高应磨平；承座垫板与钢管间不应有卡阻现象。

7.3.2 滚动支座、摇摆支座和滑动支座支墩垫板的高程和纵、横向中心的允许偏差为 ± 5 mm；支墩垫板横向水平度、纵向与钢管设计轴线的平行度不应大于 2/1000。

7.3.3 滚动支座、摇摆支座和滑动支座安装后，应能灵活动作，不应有卡阻现象。各接触面应接触良好，接触面间隙不应大于 0.5 mm。

7.3.4 明管安装中心的极限偏差应符合表 11 的规定。明管安装后，管口圆度或形状偏差应符合 7.2.3 的规定。

7.3.5 露天钢管所用螺栓外露部分应涂装油漆，油漆性能和涂层应与邻近部位油漆相同。洞内或室内钢管所用螺栓外露部分可涂装油漆，亦可涂抹润滑脂后戴螺纹防护帽。

7.4 伸缩节安装

7.4.1 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。

7.4.2 伸缩节不应作为凑合节使用，不应用调整伸缩节伸缩量的方法来凑合管道的安装偏差。

7.4.3 伸缩节在管道中安装时，其与两端的连接管应处于同一中心线上，伸缩节管口中心极限偏差应符合表 11 的规定。伸缩量的调整应考虑环境温度的影响。可通过临时紧固件调整伸缩节的伸缩量。

7.4.4 伸缩节与管道对接焊接时，不应在伸缩节滑动副和不锈钢波纹体上引弧或搭接地线。伸缩节不锈钢表面不应有硬质划伤或电弧擦伤。

7.4.5 焊接两镇墩之间的钢管最后一条合拢环缝时，应解除伸缩节上轴向和径向限位装置的约束。

7.4.6 伸缩节安装后，所有活动元件不应被卡死或限制其位移，应及时拆除伸缩节上的临时拉杆、临时限位螺杆等影响伸缩节后续运行的临时构件。

8 焊接

8.1 一般规定

8.1.1 在压力钢管制造、安装及验收过程中，按照焊缝的受力性质和重要性，应对焊缝进行分类质

量控制。压力钢管焊缝分类如下：

a) 一类焊缝包括：

- 钢管管壁纵缝、厂房内按明管设计的钢管管壁环缝、坝内垫层管环缝、凑合节合拢环缝及预留环缝；
- 岔管管壁的纵缝、环缝，岔管加强构件的对接焊缝，加强构件与管壁相接处的对接和角接组合焊缝；
- 人孔颈管的对接焊缝、人孔颈管与颈口法兰盘以及与钢管管壁的连接焊缝；
- 闷头焊缝以及闷头与管壁的连接焊缝；
- 支承环对接焊缝和主要受力角焊缝。

b) 二类焊缝包括：

- 不属于一类焊缝的其他钢管管壁环缝；
- 加劲环、止水环、止推环的对接焊缝及与钢管连接的角焊缝。

c) 不属于一、二类焊缝的其他焊缝为三类焊缝。

8.1.2 焊工和焊接操作工应经过培训并取得上岗证书。从事一、二类焊缝焊接的焊工应持有相关部门认可的焊工考试合格证明文件，焊工焊接的钢材种类、焊接材料、焊接方法和焊接位置等均应与其焊工考试合格的项目相符。从事高强钢、不锈钢复合钢板的碳弧气刨操作工应经过有关理论知识和实际操作培训。

8.1.3 无损检测人员应按照相关要求参加培训，并取得相应资格证书。无损检测人员应按照其资格证书准许的项目开展相应的检测工作。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。

8.1.4 钢管制造安装焊接开始前，应依据设计要求、材料和工程经验拟定预焊接工艺规程，并对此焊接工艺进行评定。焊接工艺评定试验应符合GB/T 19869.1的规定。

8.1.5 高强钢钢管开始焊接前，宜按照GB/T 19868.4进行预生产性焊接试验。

8.1.6 焊接工艺规程编制应符合SL 36的规定。

8.2 焊接工艺要求

8.2.1 焊接时应对现场环境进行监测。出现下列任一情况时，采取相应措施后方可焊接：

- a) 气体保护电弧焊的现场风速大于2 m/s，焊条电弧焊和埋弧焊的现场风速大于8 m/s，应采取挡风措施。
- b) 现场相对湿度大于90%，应按8.2.6的规定采取预热措施。
- c) 露天焊接环境出现雨雪天气时，应采取遮蔽措施。
- d) 环境温度低于-10℃时，应采取增温和保温措施。焊接低碳钢和低合金钢的环境温度低于-5℃、焊接不锈钢的环境温度低于0℃时，应按8.2.6的规定采取预热措施。

8.2.2 焊接材料烘焙和保管要求如下：

- a) 焊条、焊丝、焊剂应放置于室温不低于5℃、相对湿度不大于60%的专设库房内。
- b) 焊材烘焙温度和时间应执行焊接材料说明书的规定。
- c) 烘焙后的焊条和焊剂应保存在100℃~150℃的恒温箱内，焊条药皮应无脱落和明显的裂纹。
- d) 现场使用的焊条应装入80℃~150℃的保温筒内。焊条在保温筒内的时间大于4 h后，应重新烘焙，重复烘焙次数不宜超过2次。
- e) 烘焙好的焊剂使用时，不应敞开放置，应放入带盖的保温桶内。焊剂中有杂物混入时，应进行清理或全部更换。严禁使用已受潮或结块的焊剂。
- f) 焊丝在使用前应清除铁锈和油污等附着物。药芯焊丝启封后，应采取防潮保护措施。
- g) 焊材应由专人负责保管、烘焙和发放，并应做好烘焙、发放及回收记录。

8.2.3 焊接在钢管上的吊耳、支撑件、楔子压码、骑缝拉板、限位挡板等临时构件要求如下：

- a) 临时构件与管壁连接的焊口处应采用与压力钢管相同或相容的钢材，且应采用与压力钢管本体相同的焊接工艺。
- b) 临时构件与钢管的连接焊缝应距离正式焊缝 30 mm 以上。
- c) 焊接时应在临时构件上引弧和熄弧。
- d) 需要预热焊接的钢管，临时构件的焊接预热温度应比钢管正式焊缝的预热温度高 20 °C~30 °C。

8.2.4 定位焊要求如下：

- a) 一类焊缝和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) 正式焊缝需要预热焊接时，定位焊缝也应预热。预热范围为定位焊缝周围 150 mm 内，预热温度应比正式焊缝的预热温度高 20 °C~30 °C。
- c) 定位焊缝的位置应距焊缝端部或丁字焊缝接头 30 mm 以上。双面焊缝应在后焊一侧的坡口内焊接定位焊缝。
- d) 低碳钢和低合金钢定位焊缝长度不应小于 50 mm，高强钢定位焊缝长度不应小于 80 mm。定位焊缝厚度不应大于正式焊缝厚度的 50%，高强钢定位焊缝至少应焊两层。母材厚度不大于 25 mm 时，定位焊缝间距宜为 100 mm~400 mm；母材厚度大于 25 mm 时，定位焊缝间距宜为 300 mm~800 mm。
- e) 定位焊应在坡口内引弧和熄弧。
- f) 除单面焊缝和接头部分焊透的焊缝外，低碳钢、低合金钢的一类焊缝和高强钢的一类焊缝、二类焊缝中不应保留定位焊缝。
- g) 不锈钢复合钢板应在基层母材侧设置定位焊缝。

8.2.5 施焊前应做下列检查，确认合格方可焊接：

- a) 焊接坡口及两侧各 20 mm 范围内的铁锈、熔渣、油垢、水迹等清理干净。
- b) 构件装配尺寸和焊接坡口尺寸符合要求。
- c) 定位焊缝上的裂纹、气孔、夹渣等缺欠清理干净。

8.2.6 焊缝预热应根据母材的化学成分、焊接性、厚度、焊接接头的拘束程度、焊接方法及焊接环境等因素综合确定。焊缝预热要求如下：

- a) 预热温度应通过焊接性试验确定。常用钢号的推荐预热温度见表 12，也可采用钢厂推荐的预热温度。环境气温低于 5 °C 时应采用较高的预热温度。相对湿度大于 90% 或焊接低碳钢和低合金钢的环境气温低于 -5 °C、焊接不锈钢的环境气温低于 0 °C 时，对不需预热的焊缝，应预热到 20 °C 以上方可施焊。

表 12 焊缝预热温度

单位：°C

板厚/mm	Q235、Q245R 及同级别钢	Q355、Q345R 及同级别钢	Q390、Q420 及同级别钢	Q460、07MnMoVR、 07MnNiVDR 及同级别钢	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

- 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 100 mm。预热温度和道间温度的测量应符合 GB/T 18591 的要求。
- c) 加热装置的选择应符合下列要求：
 - 1) 满足工艺要求；
 - 2) 加热过程对被加热工件无有害影响；

- 3) 能均匀加热；
- 4) 能有效控制温度。

8.2.7 有预热要求的焊件，每条焊缝应一次焊完。因意外影响中断焊接时，应及时采取保温、缓冷等措施。重新施焊时，应按规定进行预热。

8.2.8 在需要预热焊接的钢管上焊接加劲环、支承环、止推环、阻水环和人孔时，其预热温度应与钢管焊缝相同。

8.2.9 需要预热焊接的焊件，焊接时的道间温度不应低于预热温度。低碳钢和低合金钢的最高道间温度不应大于 230 ℃，高强钢和不锈钢的最高道间温度不应大于 200 ℃。

8.2.10 焊接时，应在坡口内引弧、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和熄弧板。多道焊的道间接头应错开，手工焊的道间接头应错开 25 mm 以上，自动焊的道间接头应错开 100 mm 以上。

8.2.11 有冷裂倾向的低合金钢和高强钢焊件，应在焊后立即进行后热。低合金钢后热温度宜为 250 ℃~350 ℃，高强钢后热温度宜为 180 ℃~250 ℃，保温时间不应少于 1 h。

8.2.12 双面焊缝单侧焊接后应进行背面清根。用碳弧气刨清根后，应打磨清理气刨表面和修磨刨槽，除去渗碳层。需要预热焊接的焊缝，碳弧气刨清根前应预热。

8.2.13 灌浆孔堵头焊接前应先烘干灌浆孔内的混凝土。有冷裂倾向的钢材，灌浆孔堵头的焊接应按钢管的焊接工艺进行预热和后热。

8.2.14 焊件组对间隙应符合 SL 36 的规定。焊件组对间隙超过规定值，但不大于焊件厚度的 2 倍且不超过 20 mm 时，允许在坡口两侧或一侧做堆焊处理。堆焊处理要求如下：

- a) 严禁填充异物。
- b) 堆焊所采用的焊接材料应与正式焊缝相同。
- c) 有预热要求的焊件，堆焊时的预热温度应与正式焊缝相同。
- d) 堆焊后应修磨平整，满足坡口形式和尺寸要求。
- e) 堆焊部位的焊缝，应按 8.3.6 的规定做表面无损检测。

8.2.15 对于加劲环、止推环、阻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 9 mm。

8.2.16 施焊时同一条焊缝的多名焊工的焊接速度宜保持一致。

8.3 焊缝检验

8.3.1 压力钢管所有焊缝均应进行焊缝外观质量检测。焊缝外观质量检测方法应符合 GB/T 32259 和 SL/T 582 的规定。

8.3.2 焊缝外观质量要求应符合表 13 的规定，其中一类焊缝和二类焊缝不允许存在系统缺陷。

8.3.3 焊缝检测宜在所有规定的热处理完成后进行。最小屈服强度为 360 N/mm²~690 N/mm² 的钢材应以焊接完成 24 h 后的检测结果作为评定依据；最小屈服强度大于 690 N/mm² 的钢材应以焊接完成 48 h 后的检测结果作为评定依据。

8.3.4 焊缝无损检测前，应根据检测对象的母材、焊接材料、热处理工艺、焊接工艺、接头类型和尺寸、部件结构特征、焊缝质量等级以及可能产生的缺陷种类、形状、部位和取向等信息，按照相应无损检测方法标准要求编写书面的无损检测工艺规程。

8.3.5 焊缝外观质量检测 and 焊缝表面质量无损检测应在焊缝内部质量无损检测之前实施。

8.3.6 焊缝表面质量无损检测方法可选用磁粉检测 (MT) 或渗透检测 (PT)，铁磁性材料宜优先采用磁粉检测。磁粉检测应执行 GB/T 26951 的规定，按 GB/T 26952 评定，一类焊缝和二类焊缝的验收等级均为 2X 级。渗透检测应执行 GB/T 18851.1 的规定，按 GB/T 26953 评定，一类焊缝和二类焊缝的验收等级均为 2X 级。

表 13 焊缝外观质量要求

单位：mm

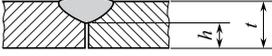
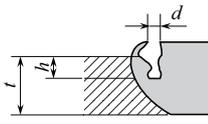
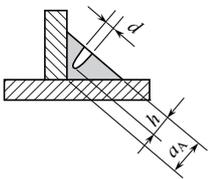
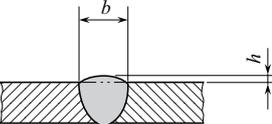
序号	缺欠名称	说 明	焊缝类别		
			一类	二类	三类
1	裂纹	—	不允许	不允许	不允许
2	弧坑裂纹	—	不允许	不允许	不允许
3	未熔合	—	不允许	不允许	不允许
4	根部未焊透	仅适用于要求焊透的单面焊缝 	不允许	不允许	短缺欠 $h \leq 0.2t$ 最大 2
5	表面气孔	单个气孔的最大尺寸	不允许	对接焊缝： $d \leq 0.2s$ 最大 2 角焊缝： $d \leq 0.2a_A$ 最大 2	对接焊缝： $d \leq 0.3s$ 最大 3 角焊缝： $d \leq 0.3a_A$ 最大 3
6	根部气孔	—	不允许	不允许	不允许
7	未焊满	应平滑过渡	短缺欠 $h \leq 0.05t$ 最大 0.5	短缺欠 $h \leq 0.1t$ 最大 1	短缺欠 $h \leq 0.2t$ 最大 2
8	缩沟	应平滑过渡	短缺欠 $h \leq 0.05t$ 最大 0.5	短缺欠 $h \leq 0.1t$ 最大 1	短缺欠 $h \leq 0.2t$ 最大 2
9	根部收缩	应平滑过渡	短缺欠 $h \leq 0.05t$ 最大 0.5	短缺欠 $h \leq 0.1t$ 最大 1	短缺欠 $h \leq 0.2t$ 最大 2
10	末端弧坑缩孔	对接焊缝  角焊缝 	不允许	对接焊缝： $h \leq 0.1s$ 最大 1 $d \leq 0.2s$ 最大 2 角焊缝： $h \leq 0.1a_A$ 最大 1 $d \leq 0.2a_A$ 最大 2	对接焊缝： $h \leq 0.2s$ 最大 2 $d \leq 0.3s$ 最大 3 角焊缝： $h \leq 0.2a_A$ 最大 2 $d \leq 0.3a_A$ 最大 3
11	连续咬边或断续咬边（短缺欠）	应平滑过渡。不作为系统缺欠	$h \leq 0.05t$ 最大 0.5	$h \leq 0.1t$ 最大 0.5	$h \leq 0.2t$ 最大 1
12	焊缝超高	焊道和母材以及焊道之间应平滑过渡 	$h \leq 0.1b + 1$ 最大 5	$h \leq 0.15b + 1$ 最大 7	$h \leq 0.25b + 1$ 最大 10

表 13 焊缝外观质量要求 (续)

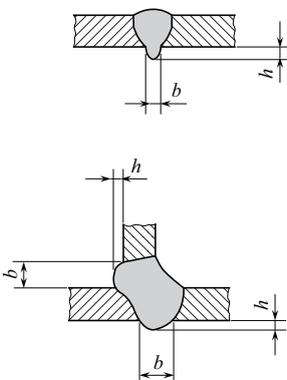
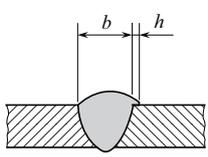
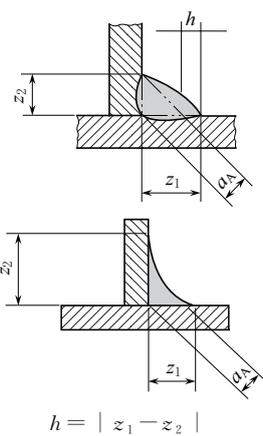
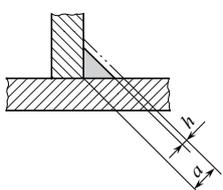
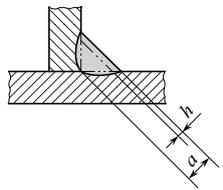
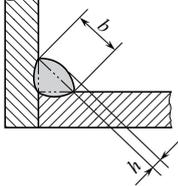
序号	缺欠名称	说 明	焊缝类别		
			一类	二类	三类
13	下塌		$h \leq 0.2b + 1$ 最大 3	$h \leq 0.45b + 1$ 最大 4	$h \leq 1.0b + 1$ 最大 5
14	焊瘤		不允许	不允许	$h \leq 0.2b$
15	焊脚不对称	<p>没有规定焊缝为不对称角焊缝时</p>  <p>$h = z_1 - z_2$</p>	$h \leq 0.15a_A + 1.5$	$h \leq 0.15a_A + 2$	$h \leq 0.2a_A + 2$
16	角焊缝厚度不足	<p>不适用于埋弧焊</p> 	不允许	短缺欠 $h \leq 0.1a + 0.3$ 最大 1	短缺欠 $h \leq 0.1a + 0.3$ 最大 2
17	角焊缝厚度过大	<p>角焊缝的实际焊喉厚度过大</p> 	$h \leq 0.15a + 1$ 最大 3	$h \leq 0.2a + 1$ 最大 4	允许

表 13 焊缝外观质量要求 (续)

序号	缺欠名称	说 明	焊缝类别		
			一类	二类	三类
18	角焊缝凸度过大	焊道和母材以及焊道之间应平滑过渡 	$h \leq 0.1b + 1$ 最大 3	$h \leq 0.15b + 1$ 最大 4	$h \leq 0.25b + 1$ 最大 5
19	电弧擦伤	—	不允许	不允许	不允许
20	飞溅	—	不允许	不允许	不允许

注 1: a 为角焊缝的公称焊喉厚度; a_A 为角焊缝的实际焊喉厚度; b 为焊缝余高的宽度; d 为气孔的直径; h 为缺欠的高度或宽度; s 为公称对接焊厚度; t 为壁或板的公称厚度。
注 2: 任何两个相邻缺欠的距离小于较小缺欠的最大尺寸, 按一个缺欠进行评定。

8.3.7 对接焊缝内部质量无损检测时, 应先采用脉冲反射法超声检测 (UT) 或相控阵超声检测 (PAUT) 方法检测, 再采用衍射时差法超声检测 (TOFD) 或射线检测 (RT) 方法复检。复检时, 应选择 UT 或 PAUT 发现缺欠较多的部位以及需进一步判定缺欠性质的部位。

8.3.8 脉冲反射法超声检测 (UT) 应执行 GB/T 11345 的规定, 检测等级为 B 级, 按 GB/T 29712 评定, 一类焊缝验收等级为 2 级, 二类焊缝验收等级为 3 级。相控阵超声检测 (PAUT) 应执行 GB/T 40733 的规定, 检测等级为 B 级, 按 GB/T 40734 评定, 一类焊缝验收等级为 2 级, 二类焊缝验收等级为 3 级。衍射时差法超声检测 (TOFD) 应执行 GB/T 41115 的规定, 检测等级为 C 级, 按 GB/T 41116 评定, 一类焊缝验收等级为 1 级, 二类焊缝验收等级为 2 级。射线检测 (RT) 应执行 GB/T 3323.1 的规定, 检测技术等级为 B 级, 按 GB/T 37910.1 评定, 一类焊缝验收等级为 1 级, 二类焊缝验收等级为 2 级。

8.3.9 一类焊缝、二类焊缝表面质量和内部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 14 的规定。设计文件另有规定时, 应从其规定。

表 14 无损检测方法和检测长度占焊缝总长的百分比

%

钢 种	一类焊缝的检测方法和比例			二类焊缝的检测方法和比例		
	MT 或 PT	UT 或 PAUT	TOFD 或 RT	MT 或 PT	UT 或 PAUT	TOFD 或 RT
低碳钢	—	100	25	—	50	10
低合金钢	10	100	25	5	50	10
高强钢	30	100	40	15	100	20

注: MT 为磁粉检测; PT 为渗透检测; UT 为脉冲反射法超声检测; PAUT 为相控阵超声检测; TOFD 为衍射时差法超声检测; RT 为射线检测。

8.3.10 焊缝无损检测抽检时, 应选择丁字接头等易产生焊接缺欠的部位。每条焊缝抽检部位不应少于 2 处, 相邻抽检部位的间距不应小于 300 mm。

8.3.11 一种检测方法难以对缺欠作出准确评定时, 应采用其他无损检测方法复查。同一焊缝部位或同一焊接缺欠, 采用两种或两种以上的无损检测方法检测, 应分别按各自的方法标准进行评定, 全部合格后方为合格。

8.3.12 抽检焊缝发现裂纹、未熔合或未焊透，应对整条焊缝进行检测；抽检焊缝发现其他超标缺欠，应在缺欠的延伸方向或可疑部位做补充检测，补充检测的长度不应小于 250 mm。补充检测仍发现有超标缺欠，应对整条焊缝进行检测。

8.4 缺欠处理

8.4.1 除表面裂纹外，焊缝外形尺寸或外观质量不符合表 13 的规定时，应修磨或按焊接工艺规程进行局部焊补。焊补的焊缝应与原焊缝间保持平滑过渡。

8.4.2 焊缝表面裂纹、内部超标缺欠返工前，应分析缺欠产生的原因，制订措施后方可返工。

8.4.3 焊缝返工要求如下：

- a) 应制定并执行焊缝返工工艺。
- b) 应采用碳弧气刨、砂轮或其他机械方法清除焊接缺欠，不应采用电弧或气割火焰熔除。用碳弧气刨时，应采用砂轮磨除渗碳层。
- c) 应彻底清除焊接缺欠，不应有毛刺和凹痕，坡口底部应圆滑过渡。缺欠是裂纹时，应采用表面无损检测方法确认裂纹已经消除后方可焊补。
- d) 有预热要求的焊缝，其局部焊缝返工时的预热温度应比原焊缝高 20 ℃～30 ℃。道间温度应符合 8.2.9 的规定。
- e) 有后热要求的焊缝，返工后应按原焊缝的规定进行后热。

8.4.4 返工后的焊缝应按 8.3 的规定进行全面检验。

8.4.5 碳素钢和低合金钢钢管同一部位的焊缝返工次数不宜超过 2 次，高强钢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，经评审后方可实施。焊缝返工情况应记入产品质量档案。

8.4.6 管壁表面凹坑深度大于钢管壁厚 10% 或大于 2 mm，应进行焊补。焊补前，应按利于焊接的要求修磨凹坑。需预热和后热处理时，应符合 8.4.3 的相关规定。焊补后，应将焊补处磨平，检查有无裂纹。高强钢焊补后应按 GB/T 15822.1 或 GB/T 18851.1 的规定做表面无损检测，不应有线状显示。

8.4.7 钢管表面不应存在电弧擦伤。意外擦伤处应进行打磨，并检查有无裂纹。高强钢打磨后应按 GB/T 15822.1 或 GB/T 18851.1 的规定做表面无损检测，不应有线状显示。

8.5 焊后消应处理

8.5.1 钢管或钢岔管符合下列情况时，应进行消除残余应力处理。设计文件另有规定时，应从其规定。

- a) 钢管壁厚 t 超过下列数值：
 - 采用 Q235 或 Q245R 材料， $t > 42\text{mm}$ ；
 - 采用 Q355 或 Q345R 材料， $t > 38\text{mm}$ ；
 - 采用 Q390 或 Q370R 材料， $t > 36\text{mm}$ ；
 - 采用高强钢材料， $t > 32\text{mm}$ 。
- b) 岔管等形状特殊的管节。
- c) 冷加工成型的钢管，钢管壁厚 t 与内径 D 符合下述条件：
 - 采用 Q235、Q355、20R、Q345R 材料， $t \geq D/33$ ；
 - 采用 Q390、Q370R 材料， $t \geq D/40$ ；
 - 采用高强钢材料， $t \geq D/57$ 。

8.5.2 高强钢不宜做焊后热处理消应。

8.5.3 采用整体或局部焊后热处理消应时，应符合 GB/T 40741 的规定。局部焊后热处理消应时，

加热宽度应为焊缝中心两侧各 6 倍以上最大板厚区域。

8.5.4 整体焊后热处理消应的过程，应有温度控制曲线。局部焊后热处理消应时，应监控测温并记录。

8.5.5 采用振动时效消应时，应符合 SL 749 的规定。

8.5.6 采用超声声束控制法消应时，应符合 GB/T 38811 的规定。

8.5.7 设计上进行疲劳计算的焊缝，宜按照 GB/T 33163 的规定采用超声冲击法消除残余应力。

8.5.8 需对消应效果作定量评价时，应采用 X 射线衍射法对消应处理前、后同一部位的焊缝残余应力进行测试。测试方法应符合 SL 547 的规定。

9 防腐蚀

9.1 一般规定

9.1.1 防腐蚀施工和检验人员应经培训并具有水工金属结构防腐蚀专业知识；防腐蚀施工单位应具备水工金属结构防腐蚀施工专业能力。

9.1.2 防腐涂料应具备产品合格证、使用说明书和检验报告等资料。涂料性能和有害物质含量应符合 SL/T 105 的规定。输水工程压力钢管内壁涂料的卫生安全性应符合 GB/T 17219 的规定。

9.1.3 热喷涂用金属丝应光洁、无锈、无油、无折痕，直径宜为 2.0 mm 或 3.0 mm。金属丝的成分含量应符合 SL/T 105 的规定。

9.1.4 涂料存放、调配场所应通风良好、防暴晒和远离火源，并配备消防器材。

9.1.5 与安装有关的标识点、标识线及标记信息，在厂内防腐施工时应保护或移植，出厂时应明显、牢固和便于使用。

9.1.6 防腐蚀施工和质量检验应符合 SL/T 105 的规定。

9.2 表面预处理

9.2.1 表面预处理前应将焊渣、飞溅、毛刺等清理干净，并用溶剂、碱性清洗剂或乳化液清洗掉表面油脂。

9.2.2 表面预处理应采用喷射或抛射磨料的方法。涂层缺陷部位可采用手工或动力工具除锈进行局部修理，并用 150 目~100 目砂纸对打磨后区域进行摩擦拉毛。

9.2.3 金属热喷涂基体表面预处理宜选择砂粒状磨料或砂粒状磨料与丸状磨料的混合磨料；涂层基体表面预处理宜选择砂粒状磨料、丸状磨料或砂粒状磨料与丸状磨料的混合磨料。

9.2.4 工作环境的空气相对湿度低于 85% 或基体金属的表面温度高于露点 3 °C 以上，方可进行表面预处理。

9.2.5 金属热喷涂和涂料涂装时，表面清洁度等级不应低于 GB/T 8923.1 中规定的 Sa2 1/2 等级；水泥砂浆或聚合物水泥防水砂浆涂装时，表面清洁度等级宜不低于 GB/T 8923.1 规定的 Sa2 等级。

9.2.6 涂层厚度为 200 μm~500 μm 时，预处理后的表面粗糙度 R_z 应为 60 μm~100 μm；涂层厚度大于 500 μm 时，预处理后的表面粗糙度 R_z 应为 100 μm~150 μm。

9.3 涂装保护

9.3.1 工作环境的空气相对湿度低于 85% 或基体金属的表面温度高于露点 3 °C 以上，方可涂装施工。

9.3.2 空气相对湿度不大于 60% 的条件下，涂装施工与表面预处理的间隔时间不应大于 8 h；空气相对湿度大于 60% 或沿海地区等环境条件下，涂装施工与表面预处理的间隔时间不应大于 2 h。

9.3.3 在制造厂内防腐时，预留安装焊缝两侧各 100 mm~150 mm，宜先涂装不影响焊接性能的车

间底漆，厚度为 20 μm ~50 μm 。现场安装焊接完成后，应按相同技术要求对焊缝区进行表面预处理及涂装。

9.3.4 涂膜在固化前应避免雨淋、曝晒、践踏。吊装、运输及安装过程中应采取措施避免对涂层造成损伤。出现损伤时，应按原防腐技术要求进行补涂。

9.3.5 采用熔融结合环氧粉末喷涂工艺时，宜采用中频加热或燃气加热的方式对预处理后的钢管进行预热，并对预热区域钢管表面温度实时测量。预热温度应为 180 $^{\circ}\text{C}$ ~230 $^{\circ}\text{C}$ 。

9.4 牺牲阳极阴极保护

9.4.1 土壤环境中的回填管宜施加牺牲阳极阴极保护。阴极保护应和涂料保护联合使用。

9.4.2 牺牲阳极阴极保护系统的设计计算应符合 SL/T 105 的规定。

9.4.3 阳极的安装数量、位置分布和连接情况应符合设计要求。牺牲阳极阴极保护系统施工结束后，施工单位应提交牺牲阳极安装竣工图。

9.4.4 压力钢管上的保护电位应符合 SL/T 105 的要求，且不应损坏钢管表面的涂层。

10 水压试验

10.1 一般规定

10.1.1 压力钢管水压试验和试验压力值应符合设计文件和相关标准的规定。

10.1.2 水压试验应在压力钢管前序施工质量检验合格后方可实施。

10.1.3 压力钢管水压试验前，应编制试验大纲。试验大纲中应包括专项安全方案和应急预案。

10.1.4 与闷头连接的钢管宜设置不小于 300 mm 的延长段。水压试验完成后，应一并切除延长段与闷头。

10.2 试验准备

10.2.1 水压试验用的闷头要求如下：

- a) 闷头的材质、型式和规格应按试验压力和结构强度、刚度、约束条件等经计算确定。
- b) 闷头所用钢板应有质量证书，并按 GB/T 2970 做无损检测。碳素钢和低合金钢不应低于Ⅲ级，高强钢不应低于Ⅱ级。
- c) 闷头上的拼接焊缝应按一类焊缝作质量控制。

10.2.2 水压试验用的水源、水泵、阀门、压力表及承压小钢管要求如下：

- a) 水源的水量应满足水压试验的需要。
- b) 水泵的流量和扬程应满足水压试验的需要。
- c) 阀门应按最大水压试验压力值单独做水压试验，阀门应无渗漏，开关应无卡阻。
- d) 压力表的精度等级不应低于 1.0 级，量程应为最大试验压力的 1.5 倍~2.0 倍。压力表应检定合格并在有效期内。压力表应平行布置 2 只且不应安装在水泵和进水管上。
- e) 承压小钢管应为焊接性好的无缝钢管，其与钢管的连接应采用插入式焊接方式，采用角焊缝连接。

10.2.3 通气管管口应设置于水压试验管体内腔的最高位置。排水管管口宜设置于水压试验管体内腔的最低位置。进水管与排水管可共用一个管口。高程差大于 100 m 的钢管段做水压试验时，宜在钢管顶部设置真空破坏阀。

10.2.4 应力、位移和声发射监控的传感元件应布置在有代表性的特征部位或设计规定的位置，并通过引出线、无线发射装置或非接触式测量技术，将监控信息传递至能保证安全的监控点。

10.2.5 操作人员、监控人员与试验钢管之间应有隔离防护措施，或通过无缝钢管把阀门、打压泵和

压力表等延伸到安全位置，延伸距离不应小于3倍钢管直径，且不小于15 m。

10.2.6 水压试验用的所有部件连接完毕，且管内杂物清除干净后，方可安装最后一个封堵闷头。

10.2.7 闷头与压力钢管的连接环缝应按一类焊缝作质量控制。焊缝偏折角大于 15° ，应设置骑缝拉板或加强环梁对焊缝进行补强。

10.2.8 充水前，应检查、修磨或修补钢管上的焊疤和划痕，并将工卡具、临时支撑件、支托、起重设备等解除拘束。

10.3 试验与监测

10.3.1 水压试验的水温应在 5°C 以上。

10.3.2 充水时，应打开钢管顶部的通气管阀门进行排气。管内气体排空后，方可关闭阀门，开始加压。

10.3.3 加压和卸压要求如下：

- a) 应分级加载或卸载，卸载梯度应与加载梯度一致，每级加载或卸载梯度不应大于工作压力的25%。
- b) 应缓慢加压和卸压，加压和卸压速度不宜大于 0.05 MPa/min 。
- c) 每级稳压时间不应小于30 min，保压过程中压力表指针应保持稳定，监测数据和现场检查均无异常，方可开始下一梯度的加压或卸压过程。

10.3.4 加压和卸压过程进行下列监测：

- a) 应采用应力应变测试仪对钢管的应力进行监测。加压和卸压过程应实时监测并记录钢管应力，卸压完成后应记录残留应力值。
- b) 应采用位移传感器或大尺寸三坐标测量系统对钢管的变形进行监测。加压和卸压过程中每个梯度均应采集并记录监测点的变形数据，卸压完成后应记录残留变形值。
- c) 应采用声发射检测系统对钢管母材及焊缝中的缺欠扩展情况做实时监测。

10.3.5 水压试验应进行两个完整的加压和卸压过程，要求如下：

- a) 试验过程中任意监测点应力接近或达到许用应力，应停止加压，分析原因，确认正常后可继续试验。若对应力状态有疑问，应先卸压保证安全，记录卸压完成后的残留应力值，并将仪器重新置零。再次加压后，若应力值仍异常，应进行专题研究。
- b) 试验过程中钢管产生异常变形或任意监测点的变形达到最大计算变形量，应停止加压，分析原因，在确保安全的条件下方可继续试验。
- c) 试验过程中任意监测点捕捉到缺欠扩展信息，应停止加压，采用无损检测方法对缺欠做进一步的检测确认，在确保安全的条件下方可继续试验。
- d) 2只平行布置的压力表的示值应始终保持一致。
- e) 试验过程不应有异常响声，钢管应无渗水，混凝土应无裂缝，镇墩应无异常变位。

10.3.6 水压试验后排水前，应卸压至钢管内水体的自重压力，并打开钢管上端的通气管阀门后，方可进行排水作业。

10.3.7 水压试验过程中，因发现问题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方可作业。

10.3.8 水压试验后应进行焊缝无损检测复查。必要时可对水压试验前、后的焊缝残余应力进行测试。

11 安全监测

11.1 一般规定

11.1.1 压力钢管安全监测应符合设计文件和相关标准的要求，并纳入工程安全监测和水工金属结构

安全监测系统。

11.1.2 监测设备应采取有效防护措施。非埋入式传感器宜采用不锈钢外壳，并满足 IP68 的防护等级要求。

11.1.3 安全监测系统应适应智慧水利的需要，宜采用云平台、移动终端和图像处理等技术，并确保系统安全可靠。

11.2 传感器

11.2.1 应变传感器布置方向应根据测点的应力状态确定，量程不应低于被测对象极限应力要求。

11.2.2 温度传感器的量程应包含 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围，分辨力不应大于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

11.2.3 位移传感器的类型和量程应根据监测对象确定，允许线性精度为 $\pm 0.5\%$ 。

11.2.4 振动传感器的频率范围应与测点的工作频率范围相适应，加速度最小分辨力不应低于 0.01 m/s^2 。

11.2.5 压力传感器精度等级不应低于 0.5 级。

11.3 监测系统

11.3.1 监测系统应结构简单、维护方便、有扩展性、易于升级和改造，并具备与局域网或广域网连接的接口。

11.3.2 监测系统应包括传感器、数据采集装置、计算机及外部设备、网络通信设备、电源及防护设备、数据采集软件与安全监测管理软件等。

11.3.3 监测系统应建立数据库，并具备保存历史数据的能力。

11.4 安装与调试

11.4.1 各类传感器或仪器设备应装设牢固，并在安装位置或附近显著部位标示其类型、编号、接线方式及通信协议等信息，埋入式传感器应在出线端标示。

11.4.2 传感器宜采用熔接方式进行电气连接。

11.4.3 安全监测归档资料应包括下列内容：

- a) 设备清单。
- b) 布线图。
- c) 通信协议。
- d) 数据表示方法及示例。
- e) 操作系统及各管理模块的账号及密码。
- f) 系统使用手册。
- g) 安全策略与相关授权信息。
- h) 软件清单及使用说明。

12 标识、包装、运输与存放

12.1 标识

12.1.1 压力钢管应有标识。标识内容应包括：

- a) 工程名称。
- b) 产品名称。
- c) 管段、管节、瓦片的编号。
- d) 管径、壁厚、材质等主要技术参数。

- e) 水流方向。
- f) 水平和垂直中心线定位点。

12.1.2 压力钢管上标识的编号应与编号说明书、位置示意图及检验资料中的编号一致，具备可追溯性。

12.2 包装、运输与存放

12.2.1 瓦片应成节配套运输，并绑扎牢固。叠放瓦片时应在片间填塞软垫，防止表面磕碰损伤。运输和存放过程中宜设置临时支撑，防止瓦片倾倒或变形。临时支撑不应直接焊在瓦片上。

12.2.2 钢管成品运输时，可在钢管内加设临时支撑，在钢管外设置鞍形支架座或加垫木条，防止钢管滚动或磕碰损伤。钢管不宜叠放。

12.2.3 支承环、加劲环、阻水环、止推环和连接板等附件应配套绑扎成捆运输，并用油漆标明名称和配套编号。

12.2.4 伸缩节在包装和运输过程中应妥善保管，避免磕碰和撞击，且不应有焊渣、铁屑、砾石等异物进入伸缩节的滑动副或波纹管处。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垂直放置时，导流筒开口端应朝下。

12.2.5 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在运输和存放过程中，应采取有效隔离措施，不应与普通钢材直接接触，不应发生电化学腐蚀和铁离子污染，也不应黏附污泥、金属粉尘和酸碱盐等污物。

12.2.6 用钢丝绳捆绑、吊运钢管或瓦片时，应在钢丝绳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。

13 验收

13.1 出厂验收

13.1.1 出厂验收前应编制出厂验收大纲。对提交验收的压力钢管进行检查，填写检验记录。检查合格后应按出厂验收大纲进行验收。

13.1.2 验收时，制造厂应提供下列技术资料：

- a) 设计文件，包括布置图、总图、装配图、零件图、相关技术要求及设计修改通知单。
- b) 施工组织设计和制造工艺文件。
- c) 压力钢管编号说明书及位置示意图。
- d) 钢材、焊材和防腐蚀材料的质量证明文件及复验报告。
- e) 几何尺寸检测记录和检测报告。
- f) 焊缝外观质量、表面质量和内部质量检测记录和检测报告。
- g) 焊后消应处理记录及残余应力测试报告。
- h) 防腐蚀质量检测记录和检测报告。
- i) 水压试验记录及测试报告。
- j) 质量事故和重大缺陷处理记录及有关会议纪要。

13.2 安装验收

13.2.1 安装验收前应编制安装验收大纲。对提交验收的压力钢管进行检查，检查合格后应按安装验收大纲进行验收。

13.2.2 安装单位除移交制造厂提供的全部资料外，还应提供下列资料：

- a) 安装竣工图及设计修改通知单。

- b) 施工组织设计和安装工艺文件。
 - c) 安装用钢材、焊材和防腐蚀材料的质量证明文件及复验报告。
 - d) 安装尺寸的检测记录和检测报告。
 - e) 安装焊缝外观质量、表面质量和内部质量的检测记录和检测报告。
 - f) 安装焊缝焊后消应处理记录及残余应力测试报告。
 - g) 安装现场防腐蚀质量检测记录和检测报告。
 - h) 水压试验记录及测试报告。
 - i) 质量事故和重大缺陷处理记录及有关会议纪要。
-

标准历次版本编写者信息

SL 432—2008

本标准主编单位：水利部水工金属结构质量检验测试中心

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