ICS 25.200
CCS V 16

T/CS

团 体 标 准

T/CS 512—2026

工业管道系统热挤压管件应用技术规范

Technical specification for the application of hot extrusion pipe fittings in industrial pipeline systems

2026－07－09 发布 2026－07－09 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　分类 1
5　材料要求 2
5.1　一般要求 2
5.2　钢制材料 2
5.3　铝及铝合金材料 2
6　设计 2
6.1　一般要求 2
6.2　设计载荷 2
6.3　压力设计 3
6.4　结构设计 3
6.5　应力校核 4
6.6　焊接端部设计 4
7　安装要求 4
7.1　安装前检查与验收 5
7.2　材质匹配与流向安装 5
7.3　管道组对与定位 5
7.4　焊接与热处理要求 5
7.5　法兰连接与紧固 5
7.6　支吊架设置 6
7.7　系统试压 6
8　使用维护与管理 6
8.1　运行监控与操作要求 6
8.2　日常维护与保养 6
8.3　定期检测与检验 7
8.4　故障处理与应急措施 7
8.5　管件更换与报废 8
8.6　管理要求 8
9　安全与环保 8
9.1　安全要求 8
9.2　环保要求 9

前　言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏金合特种合金材料有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：江苏金合特种合金材料有限公司、浙江华亿工程设计股份有限公司、杭州中艺实业股份有限公司、浙江中轴线工程技术有限公司、湖南中伟新能源科技有限公司、北京砺盈科技有限公司、杭州砺盈科技有限公司、砺盈（杭州）市场调查有限公司、湘远水务科技股份有限公司、杭州捷瑞智能装备股份有限公司、湖南君华设备安装有限公司、栾川龙宇钼业有限公司、北京融合环保有限公司、河南和而泰应急救援有限公司、洛阳市孟津区产品质量检验检测中心、河南通烨建设工程有限公司、河南利卡建设工程有限公司。

本文件主要起草人：宋威、李浩铭、阮洁琼、肖家军、程应敏、周利、顾迎旦、俞启明、吕坤荣、林鸿、包蓓、邵龙章、康栋梁、王广丰、王小聪、贾黎明、杨杰、张小双、郭志鑫、王成雨、耿伟、张国强、董晓龙、张晶、鄢晓宁、李晴、袁晋露。

工业管道系统热挤压管件应用技术规范

1 范围

本文件规定了工业管道系统热挤压管件应用的分类、材料要求、设计、安装要求、使用维护与管理、安全与环保。

本文件适用于工业管道系统中采用热挤压工艺成形的弯头、三通、异径管、管帽、法兰等管件。

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文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第1部分：无缝圆管

GB/T 4437.2 铝及铝合金热挤压管 第2部分：有缝管

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 14976 输送流体用不锈钢无缝钢管

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 20801.1 压力管道规范 第1部分：工业管道

GB 50316 工业金属管道设计规范

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47015 压力容器焊接规程

TSG 31 工业管道安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热挤压管件 hot extrusion pipe fittings

将管坯或管段加热至塑性变形温度，通过专用模具施加挤压力，使金属材料沿模具型腔流动成形，获得与管道系统匹配的弯头、三通、异径管、管帽、法兰等管件的工艺制品，具备整体成形、壁厚均匀、力学性能优异的特点，包括无缝、有缝两种类型。

4 分类

4.1 按结构类型分类包括：

a) 弯头类：45° 弯头、90° 弯头、180° 弯头、长半径弯头、短半径弯头；

b) 三通类：等径三通、异径三通、斜三通；

c) 异径管类：同心异径管、偏心异径管；

d) 管帽类：球形管帽、椭圆形管帽、锥形管帽；

e) 法兰类：平焊法兰、对焊法兰、承插焊法兰、整体法兰。

4.2 按材质分类包括：

a) 钢制：碳钢（20#、Q235B、Q345B、16Mn 等）、合金钢（12Cr1MoV、10CrMo910 等）、不锈钢（304、316L、321 等）；

b) 铝及铝合金：6061、6063、5052、6101、6082 等（无缝、有缝管件分别遵循 GB/T 4437.1、GB/T 4437.2 的规定）；

c） 其他材质：铜及铜合金、钛及钛合金（专用热挤压工艺）。

4.3 按压力等级分类包括：

a） 低压：PN≤1.6 MPa；

b） 中压：1.6 MPa＜PN≤10.0 MPa；

c） 高压：10.0 MPa＜PN≤42.0 MPa。

4.4 按设计温度分类包括：

a） 低温：设计温度＜-29 ℃；

b） 常温：-29 ℃≤设计温度≤65 ℃；

c） 中温：65 ℃＜设计温度≤400 ℃；

d） 高温：400 ℃＜设计温度≤800 ℃。

4.5 按管坯类型分类包括：

a） 无缝管坯热挤压管件：适用于高压、强腐蚀工况，无焊缝缺陷风险；

b） 有缝管坯热挤压管件：主要为铝及铝合金材质，遵循 GB/T 4437.2 的要求，适用于中低压工况。

5 材料要求

5.1 一般要求

5.1.1 热挤压管件所用原材料（管坯、管段、板材等）的材质、化学成分、力学性能应符合相应国家规定，并提供原材料质量证明书，严禁使用无合格证明、超期未检或不合格原材料。

5.1.2 原材料进场后应进行外观检查，表面无裂纹、折叠、夹渣、锈蚀等缺陷，尺寸偏差应符合相关标准要求。

5.1.3 铝及铝合金有缝管坯应符合 GB/T 4437.2 的规定，明确牌号、供应状态及焊缝质量要求，进场时应提供焊缝质量检验报告。

5.2 钢制材料

5.2.1 碳钢应符合 GB/T 1591、GB/T 8163 的规定。

5.2.2 不锈钢应符合 GB/T 14976 的规定。

5.3 铝及铝合金材料

铝及铝合金管坯应符合 GB/T 4437.1、GB/T 4437.2 的规定，牌号、供应状态及力学性能应满足相应标准规定。

6 设计

6.1 一般要求

6.1.1 热挤压管件设计应符合 GB/T 20801.1、GB 50316 的规定，结合管道系统的设计压力、设计温度、介质特性、载荷条件、安装环境等因素，进行选型、强度校核及结构优化，确保管件安全可靠、经济合理。

6.1.2 管件设计应与相连管道同材质、同级别、同公称壁厚等级，严禁降级代用；当管件与管道材质不同时，应采用过渡接头，并进行防腐、防电化学腐蚀处理，确保连接可靠。

6.1.3 用于 GC1、GC2 级压力管道的热挤压管件，应按承压设备要求进行强度设计和应力校核，关键管件（如高压三通、高温弯头）应进行专项设计验证。

6.1.4 设计应考虑管件的安装、检修便利性，避免设计结构复杂、安装空间不足的管件，确保后续运维工作顺利开展。

6.1.5 管件设计寿命不应低于管道系统设计寿命，不应小于 15 年；高温、高压、强腐蚀工况下，设计寿命不应小于 10 年，并考虑腐蚀、疲劳等因素的影响。

6.2 设计载荷

6.2.1 热挤压管件设计应考虑以下各类载荷的组合作用，确保管件在最不利载荷工况下仍能满足强度要求：

a) 内压载荷：管道系统正常运行时的工作内压，设计时按设计压力取值，考虑压力波动的影响；
b) 外压载荷：管道系统处于真空状态或外部环境压力大于内部压力时的载荷，如真空管道、地下埋地管道的土壤压力；
c) 持续载荷：管件自重、介质重量、管道支吊架反力、保温层重量等长期作用的载荷；
d) 瞬时载荷：水击载荷（液体管道）、安全阀排气反力、设备振动载荷等瞬间作用的载荷，瞬时载荷取值按相关标准规定放大；
e) 温度载荷：热胀冷缩产生的轴向力、弯矩、剪力，高温管道，考虑温度变化导致的热应力；
f) 环境载荷：地震载荷、风载荷（露天管道）、土壤载荷（埋地管道），按当地环境条件及相关标准取值。

6.2.2 载荷组合计算应符合 GB/T 20801.1 的规定，分为基本载荷组合和特殊载荷组合，基本载荷组合用于正常运行工况，特殊载荷组合用于地震、风载等特殊工况，确保管件在各类工况下均能安全运行。

6.3 压力设计

6.3.1 管件的公称压力（PN）不应低于管道系统的设计压力，并根据设计温度进行许用应力折减，确保在设计温度下，管件的实际承受压力不超过许用压力。

6.3.2 壁厚设计应满足内压强度要求，最小壁厚不得小于相连直管的对应壁厚，并考虑腐蚀余量、加工余量及应力集中的影响，壁厚计算公式应按 GB 50316 规定执行。

6.3.3 弯头、三通、异径管等应力集中部位，壁厚应适当加厚，加厚比例按以下要求执行：弯头壁厚加厚 10%～20%，三通主管壁厚加厚 15%～25%，支管壁厚加厚 20%～30%，异径管变径处壁厚加厚 10%～15%，确保应力集中区域强度满足要求。

6.3.4 真空或外压工况下，应进行外压稳定性校核，防止管件因外压作用发生失稳变形；外压稳定性校核应按 GB/T 20801.1 的规定执行，当不满足要求时，可采取增加壁厚、设置加强圈等措施。

6.3.5 设计压力大于 10 MPa 的高压管件，应采用无缝热挤压结构，严禁采用有缝管件，并增加壁厚冗余，确保承压安全。

6.4 结构设计

6.4.1 弯头应符合下列要求：

a) 弯头优先采用长半径弯头（R=1.5D），长半径弯头应力分布均匀，抗疲劳性能好，适用于大多数工况；
b) 高压、高温、剧烈循环工况（如频繁启停、压力波动大）严禁使用短半径弯头（R=1.0D），短半径弯头仅适用于空间受限的中低压、常温工况；
c) 弯头截面椭圆度控制在 0.02D 以内，避免局部应力过高；弯头角度偏差为±1°，弯曲半径偏差为±5%，确保与管道走向匹配；
d) 高温、高压弯头的弯曲部位，进行圆角过渡，圆角半径不小于 0.5 倍壁厚，减少应力集中。

6.4.2 三通符合下列要求：

a) 主管与支管连接处应平滑过渡，避免尖角、突变，过渡圆角半径不小于 0.8 倍支管壁厚，减少介质流动阻力和应力集中；
b) 高压工况（PN＞10.0MPa）宜采用整体强化型挤压三通，支管与主管为一体成形，无焊缝，提升承压能力和抗疲劳性能；
c) 支管轴线夹角宜为 90°，特殊工况（如空间受限）可采用 60°、45°斜三通，斜三通支管与主管连接处应额外加厚壁厚，确保强度；
d) 异径三通的主管与支管直径差不宜过大，不超过主管直径的 1/2，避免局部应力过大；支管壁厚不应小于主管壁厚，确保连接可靠。

6.4.3 异径管符合下列要求：

a) 宜采用同心异径管，同心异径管介质流动顺畅，应力分布均匀，适用于气体、液体等各类介质管道；

b） 液体管道低点、气液两相流管道，宜采用偏心异径管，偏心异径管的平底一侧应朝向管道低点，防止积液、气蚀，确保介质顺利排出；
c） 异径管的变径角度不宜过大，一般不超过 30°，避免介质流动时产生涡流和局部压力损失；变径处壁厚应均匀过渡，不得出现壁厚突变；
d） 高压、高温管道用异径管，应采用整体挤压成形，严禁采用拼接成形，防止拼接处泄漏。

6.4.4 管帽与封头符合下列要求：
a） 管帽宜采用椭圆形、碟形或球形结构，椭圆形管帽受力均匀，适用于大多数工况；球形管帽承压能力最强，适用于高压工况；锥形管帽仅适用于低压、小直径管道；
b） 管帽设计应按内压封头进行应力计算，壁厚应满足内压强度要求，并考虑腐蚀裕量；球形管帽壁厚应按相关标准规定取值，椭圆形管帽壁厚不小于相连管道壁厚的 1.2 倍；
c） 管帽与管道连接端应采用对焊连接，坡口形式与管道焊接匹配，确保全熔透焊接，避免焊接缺陷；
d） 低温工况下的管帽，应避免采用尖锐结构，防止低温脆断，同时选用低温冲击合格的材料。

6.4.5 法兰及连接端符合下列要求：
a） 法兰密封面形式应根据介质、压力、温度选用：
1） 常温、中低压、非腐蚀性介质选用平面（RF）密封面；
2） 中高压、腐蚀性介质选用凸面（M）、凹面（F）或榫槽面（TG）密封面；
3） 高压、高温、强腐蚀性介质选用环连接面（RJ）密封面。
b） 对焊连接端坡口形式应与管道焊接匹配，常用坡口形式为 V 形、X 形，坡口角度为 60°±5°，钝边高度为 2 mm～3 mm，间隙为 2 mm～4 mm，确保焊接质量；
c） 法兰螺栓孔中心圆直径偏差为±0.5 mm，螺栓孔数量、规格应与法兰压力等级匹配，螺栓材质应与管件材质适配，避免电化学腐蚀；
d） 不锈钢、铝合金法兰密封面应进行抛光处理，表面粗糙度 Ra≤1.6 μm，避免划伤，确保密封性；法兰连接端壁厚应与管道壁厚匹配，错边量控制在 0.5 mm 以内。

6.5 应力校核

6.5.1 关键管件（如高压三通、高温弯头、GC1 级管道用管件）应进行一次应力、二次应力校核，一次应力为内压、自重等产生的正应力，二次应力为热胀冷缩、振动等产生的切应力，校核结果应符合 GB/T 20801.1 的要求。

6.5.2 三通、弯头、变径等应力集中区，应满足局部应力限值要求，局部应力不得超过材料许用应力的 1.5 倍；当局部应力过高时，可采取增大壁厚、优化结构、增设加强圈等措施，降低局部应力。

6.5.3 管道系统存在热胀冷缩时，应进行热应力校核，热应力不得超过材料许用应力的 1.2 倍；当热应力不满足要求时，可采用补偿装置（如膨胀节）、优化管道走向、调整支吊架位置等措施，释放热应力。

6.5.4 真空或外压工况下，应进行外压稳定性校核，并进行应力校核，确保管件在内外压力作用下的应力不超过许用应力。

6.6 焊接端部设计

6.6.1 对焊管件端部坡口应符合焊接工艺要求，保证全熔透焊接，坡口形式根据管件壁厚确定：
a） 壁厚不大于 10 mm 时采用 V 形坡口；
b） 壁厚大于 10 mm 时采用 X 形坡口；
c） 坡口角度、钝边高度、间隙符合 NB/T 47015 的要求。

6.6.2 端部壁厚应与管道壁厚匹配，错边量控制在 0.5 mm 以内，避免错边过大导致焊接应力集中；端部表面应平整、洁净，无毛刺、氧化皮、锈蚀等缺陷，确保焊接质量。

6.6.3 不锈钢、铝合金端部应避免渗碳、铁离子污染，不锈钢端部加工后应进行酸洗、钝化处理，铝合金端部加工后应进行阳极氧化处理，防止腐蚀。

6.6.4 焊接端部长度应满足焊接要求，确保焊接时能够充分熔透，避免未焊透等焊接缺陷。

7 安装要求

7.1 安装前检查与验收

7.1.1 安装前，应对热挤压管件进行全面检查，核对管件规格、压力等级、材质、炉批号与设计文件一致，铝及铝合金有缝管件应核对焊缝质量等级，确保符合设计要求。
7.1.2 检查管件外观质量，表面无损伤、变形、裂纹、锈蚀、毛刺等缺陷，坡口完好，尺寸偏差应符合规范要求；有缝管件应检查焊缝区域无损伤、未焊透、夹渣等缺陷。
7.1.3 清理管件管口、坡口及连接面，应去除油污、铁锈、氧化皮、毛刺等杂物，确保表面洁净；不锈钢、铝合金管件清理时应避免划伤表面，防止腐蚀。
7.1.4 检查管件质量证明书及复验报告，确保各项检验指标合格，有缝管件应核对焊缝检验报告，无不合格项方可安装，严禁使用不合格管件。
7.1.5 安装前，应对管件进行压力试验（如液压试验），试验压力为设计压力的 1.5 倍，保压时间不少于 10 min，管件无渗漏、无可见变形、无异常声响为合格。

7.2 材质匹配与流向安装

7.2.1 热挤压管件应与同材质、同级别、同压力等级的管道匹配，严禁不同材质、不同压力等级的管件随意混用；当管件与管道材质不同时，应采用过渡接头，并进行防腐、防电化学腐蚀处理。
7.2.2 弯头、三通、异径管等管件的安装方向、流向标识应符合设计流向，避免安装反向导致介质流动不畅、应力集中或积液、气蚀；偏心异径管的平底一侧应朝向管道低点，确保积液顺利排出。
7.2.3 高温、高压管道用管件，安装时应考虑热胀冷缩的影响，预留足够的热胀补偿空间，避免管件承受额外的热应力。
7.2.4 有缝管件安装时，焊缝位置应避开受力集中区域和介质冲刷区域，焊缝不得位于管道转弯、支吊架附近，确保焊缝受力均匀，避免焊缝损坏。

7.3 管道组对与定位

7.3.1 管件与管道组对时，应保证轴线对齐，同轴度偏差不大于 0.5 mm/m，总偏差不得超过 10 mm，避免轴线偏移导致应力集中。
7.3.2 组对间隙应符合焊接工艺要求，间隙均匀，避免间隙过大或过小导致焊接缺陷。
7.3.3 管件与管道组对后，应进行定位焊接，定位焊缝长度为 10 mm～15 mm，间距为 100 mm～150 mm，定位焊缝应与正式焊缝材质一致，焊接质量符合要求，避免定位焊缝开裂。
7.3.4 高空、狭小空间安装管件时，应采用专用支架固定管件，避免管件坠落、碰撞，确保组对、焊接顺利进行。

7.4 焊接与热处理要求

7.4.1 焊接工艺应符合 NB/T 47014、NB/T 47015 的要求，根据管件材质、壁厚制定专用焊接工艺规程（WPS），焊接人员应具备相应资质，持证上岗。
7.4.2 不锈钢、合金钢、铝及铝合金管件焊接时，应控制焊接工艺参数（焊接电流、电压、焊接速度），不锈钢焊接应充氩保护，防止氧化；铝及铝合金焊接应采用专用焊接材料和工艺，避免焊缝烧损、变形。
7.4.3 焊接时应控制层间温度，碳钢层间温度不大于 300 ℃，合金钢层间温度不大于 250 ℃，不锈钢层间温度不大于 150 ℃，避免层间温度过高导致晶粒粗大、焊接缺陷。
7.4.4 焊后应按设计要求进行热处理（消除应力退火），碳钢、合金钢管件焊后热处理温度为 550 ℃～650 ℃，保温时间为 60 min～120 min，缓慢冷却至室温；不锈钢、铝及铝合金管件不进行焊后热处理，特殊工况应按设计要求执行。
7.4.5 焊接完成后，应对焊缝进行外观检查和无损检测，外观检查无裂纹、未焊透、夹渣、气孔等缺陷；GC1、GC2 级管道用管件焊缝应进行 100%无损检测（超声检测或渗透检测），合格等级不低于Ⅱ级。

7.5 法兰连接与紧固

7.5.1 法兰连接前，应检查法兰密封面完好无划痕、锈蚀、毛刺等缺陷，密封面清洁干燥；选用与介质、压力、温度匹配的垫片，垫片材质与管件材质适配，避免电化学腐蚀。
7.5.2 法兰螺栓应对称均匀紧固，紧固顺序从中间向两侧对称进行，分 2～3 次拧紧，确保法兰密封面受力均匀，无偏斜；紧固力矩应按相关标准规定执行，严禁单边强行拧紧，防止法兰变形、密封失效。

7.5.3　高温管道法兰螺栓应按规定进行热紧，热紧温度为管道运行温度的80%，热紧力矩比常温紧固力矩增加10%～15%；低温管道法兰螺栓应进行冷紧，冷紧温度为环境温度，冷紧力矩按常温紧固力矩执行。
7.5.4　法兰连接后，应检查法兰密封面无泄漏，螺栓无松动，法兰无变形；不锈钢、铝合金法兰密封面应做好防护，避免划伤、腐蚀。

7.6　支吊架设置

7.6.1　管道支吊架设置应符合GB 50316的规定，根据管件重量、介质重量、热胀冷缩等因素，合理设置支吊架位置和数量，避免管件承受额外的弯矩、拉力。
7.6.2　弯头、三通、异径管等应力集中部位，应设置专用支吊架，支吊架与管件接触部位应采用柔性垫（如橡胶垫、塑料垫），避免刚性接触导致管件损伤；支吊架间距应按管件规格、材质确定。
7.6.3　高温管道支吊架应采用耐高温材料，避免高温导致支吊架变形、失效；低温管道支吊架应采用保温措施，防止支吊架结露、结冰。
7.6.4　支吊架安装应牢固可靠，调整支吊架高度，确保管件轴线水平或垂直，避免管件受力不均；定期检查支吊架，发现松动、变形及时调整、更换。

7.7　系统试压

7.7.1　管件安装完成后，应参与管道系统整体试压，试压分为液压试验和气压试验，优先采用液压试验；液压试验压力应为设计压力的1.5倍，气压试验压力应为设计压力的1.15倍。
7.7.2　试压前，应清理管道系统内杂物，关闭相关阀门，确保系统密封；试压过程中，缓慢升压，达到试验压力后，保压时间不应少于10 min，观察管件及连接部位无渗漏、无可见变形、无异常声响为合格；试压合格后，缓慢泄压。
7.7.3　试压合格后，应对管道系统进行吹扫，吹扫介质采用空气、氮气或水，吹扫速度不应小于20m/s，确保管道系统内无杂物、焊渣等，避免杂物堵塞管件、损伤密封面。
7.7.4　吹扫完成后，应检查管件内部清洁，无杂物、锈蚀等缺陷，方可投入试运行。

8　使用维护与管理

8.1　运行监控与操作要求

8.1.1　热挤压管件应在设计规定的压力、温度及介质工况下运行，严禁超压、超温、超介质范围使用，严禁随意改变管件运行工况（如频繁启停、压力骤升骤降），防止管件因工况异常产生损伤。
8.1.2　应建立管件运行监控体系，对GC1、GC2级管道、高压（PN＞10 MPa）、高温（设计温度＞400 ℃）及强腐蚀工况下的管件，应安装压力、温度监测仪表，实时监控运行参数，监测数据留存期限不少于1年。
8.1.3　运行过程中，操作人员应定期巡检管件及连接部位，重点检查有无泄漏、异常振动、异响、表面变色（高温管件）、锈蚀等情况，发现异常立即停机排查，严禁带隐患运行。
8.1.4　管道系统启停时，应严格遵循操作规程，缓慢升压、升温及降压、降温，升压/升温速率控制在0.1 MPa/min～0.2 MPa/min、50 ℃/h～100 ℃/h，避免温度、压力骤变产生热应力、冲击应力，损伤管件。
8.1.5　介质中含有杂质、颗粒的管道系统，应在管件上游设置过滤装置，定期清理过滤器，防止杂质冲刷管件内壁，导致壁厚减薄、表面损伤；严禁含硬颗粒、腐蚀性杂质的介质直接通过热挤压管件。
8.1.6　低温工况下运行的管件，启动前应进行预冷处理，避免低温介质直接冲击管件导致低温脆断；高温工况下运行的管件，启动前应进行预热，预热温度不低于150 ℃，确保管件温度均匀上升。

8.2　日常维护与保养

8.2.1　应建立管件日常维护台账，详细记录管件规格、材质、安装日期、运行工况、维护内容、维护时间及维护人员，台账留存期限不少于管件设计寿命。
8.2.2　定期清理管件表面，去除灰尘、油污、锈蚀等杂物，不锈钢、铝及铝合金管件清理时，应采用专用清洁剂，避免使用腐蚀性清洁剂，清理后及时擦干，防止表面腐蚀；保温层的管件，应定期检查保

温层完整性，破损、脱落时及时修补或更换，确保保温效果，减少热应力损伤。

8.2.3 法兰连接部位应定期检查螺栓紧固情况，发现松动及时对称拧紧，高温管道法兰螺栓每 3 个月进行一次热紧检查，低温管道法兰螺栓每 6 个月进行一次冷紧检查；定期检查法兰密封面，发现划痕、锈蚀及时修复，密封垫片老化、损坏时及时更换，避免泄漏。

8.2.4 支吊架维护应包括下列内容：

a) 定期检查管件支吊架的牢固性、完整性，发现松动、变形、损坏及时调整、更换；
b) 检查支吊架与管件接触部位的柔性垫，破损时及时更换，避免刚性接触导致管件表面损伤；
c) 高温、低温管道支吊架，定期检查材料性能，防止因温度影响导致支吊架失效。

8.2.5 腐蚀防护应包括下列内容：

a) 强腐蚀工况下的管件，定期检查表面防腐涂层、阳极氧化层的完整性，破损时及时修补；
b) 不同材质管件连接部位，定期检查防腐、防电化学腐蚀措施，发现失效及时处理；
c) 定期对管件进行防腐检测，根据腐蚀情况采取补涂、阴极保护等措施。

8.2.6 闲置管件维护应包括下列内容：

a) 长期闲置的热挤压管件，清理内部介质，封堵管口，防止杂物进入和内部锈蚀；
b) 存放于干燥、通风、无腐蚀性气体的环境中，避免阳光直射、雨淋、碰撞；
c) 不锈钢、铝及铝合金管件闲置期间，定期进行表面保养，防止腐蚀。

8.3 定期检测与检验

8.3.1 检测周期应根据管件工况、材质及设计要求，具体要求如下：

a) 低压、常温、非腐蚀工况下的管件，每年进行一次外观检查和压力检测，每 3 年进行一次无损检测；
b) 中压、中温工况下的管件，每 6 个月进行一次外观检查和压力检测，每 2 年进行一次无损检测；
c) 高压（PN＞10 MPa）、高温（设计温度＞400 ℃）、强腐蚀及 GC1 级管道用管件，每 3 个月进行一次外观检查和压力检测，每年进行一次无损检测；
d) 铝及铝合金有缝管件，额外增加焊缝检测频次，每 6 个月进行一次焊缝外观检查，每年进行一次焊缝无损检测。

8.3.2 检测应包括下列内容：

a) 外观检查：检查管件表面有无裂纹、变形、锈蚀、磨损、焊缝缺陷等；
b) 压力检测：采用液压试验，试验压力为设计压力的 1.5 倍，保压时间不少于 10 min，管件无渗漏、无可见变形、无异常声响为合格；
c) 无损检测：根据管件材质和工况，选用超声检测、渗透检测、射线检测等方法，重点检测管件本体、焊缝及应力集中部位，合格等级不低于Ⅱ级；不锈钢管件需增加晶间腐蚀检测，铝及铝合金管件需增加低倍组织检测；
d) 壁厚检测：采用超声波测厚仪，定期检测管件壁厚，壁厚减薄量不得超过设计壁厚的 10%，超过允许范围时，及时更换管件。

8.3.3 检测工作应形成完整记录，包括检测日期、检测部位、检测方法、检测结果、检测人员等信息，检测记录留存期限不少于 5 年；检测不合格的管件，应立即停止使用，进行维修或更换，维修后应重新检测，合格后方可投入使用。

8.4 故障处理与应急措施

8.4.1 常见故障及处理方法应包括下列内容：

a) 泄漏故障：发现管件泄漏时，立即停机，切断介质来源，泄压后排查泄漏部位；若为法兰密封面泄漏，检查密封面和垫片，修复密封面或更换垫片；若为管件本体或焊缝泄漏，严禁带压维修，需更换管件，更换后进行压力检测和无损检测；
b) 裂纹故障：发现管件表面或焊缝有裂纹时，立即停机，评估裂纹长度、深度，若裂纹较小且未延伸至壁厚 1/2，可采用补焊修复，补焊后进行无损检测；若裂纹较大或延伸至壁厚 1/2 以上，立即更换管件；

c） 壁厚减薄故障：检测发现管件壁厚减薄超过允许范围时，立即更换管件，同时排查介质腐蚀性、杂质含量等因素，采取相应的防腐、过滤措施，防止同类问题再次发生；
d） 振动异常故障：发现管件振动异常时，检查支吊架位置、牢固性，调整支吊架间距或增设减震装置；排查管道系统压力波动、介质流速等因素，调整运行工况，减少振动。

8.4.2 应急措施应包括下列内容：
a） 建立管件应急处置预案，明确应急组织机构、应急响应流程、应急物资（如备用管件、密封垫片、焊接设备、检测仪器等）及应急处置方法，定期组织应急演练；
b） 管件发生严重泄漏、破裂等紧急情况时，立即启动应急预案，切断介质来源，疏散现场人员，设置警戒区域，防止介质泄漏引发安全事故；同时组织人员进行抢修，更换受损管件，恢复管道系统运行；
c） 低温工况下管件发生脆断、高温工况下管件发生变形失效时，严禁强行启动或维修，更换合格管件，排查工况异常原因，整改后再投入运行。

8.5 管件更换与报废

8.5.1 出现下列情况之一的热挤压管件，应立即更换：
a） 壁厚减薄超过设计壁厚的 10%，且无法通过维修恢复；
b） 管件本体或焊缝出现裂纹，且裂纹无法修复或修复后检测不合格；
c） 管件发生严重变形、损坏，影响密封性能和承压能力；
d） 材质劣化、腐蚀严重，无法满足运行工况要求；
e） 检测中发现其他严重缺陷，存在安全隐患，无法保证安全运行；
f） 达到设计寿命，且经检测评估不符合继续使用要求。

8.5.2 管件更换应包括下列内容：
a） 更换的管件与原管件规格、材质、压力等级、结构类型一致，符合设计文件要求；
b） 更换过程应遵循安装要求，进行组对、焊接、热处理、压力检测等操作，确保安装质量；
c） 更换后的管件，及时更新维护台账，记录更换日期、新管件信息、安装人员、检测结果等内容。

8.5.3 管件报废应包括下列内容：
a） 报废管件明确标识，与合格管件、备用管件区分存放，严禁重新投入使用；
b） 报废管件的处置符合环保、安全要求，根据材质进行分类回收或无害化处理，严禁随意丢弃；
c） 报废管件的相关记录（如报废原因、报废日期、处置方式等）留存，留存期限不少于 5 年。

8.6 管理要求

8.6.1 企业应建立热挤压管件全生命周期管理制度，明确各环节管理责任，配备专业的运维管理人员和检测人员，定期开展专业培训，提升人员操作、检测、应急处置能力。

8.6.2 运维管理人员应定期检查管件运行、维护、检测记录，及时发现问题并督促整改，确保管理制度落实到位；每年度对管件运维工作进行总结，优化维护、检测方案。

8.6.3 应建立管件追溯体系，实现从安装、运行、维护、检测到更换、报废的全流程追溯，追溯记录留存期限不少于管件设计寿命。

8.6.4 严禁擅自修改管件结构、更换管件材质或改变运行工况，确需变更的，应经设计单位审核同意，按相关规定办理变更手续后，方可实施。

9 安全与环保

9.1 安全要求

9.1.1 热挤压管件的使用、维护、检测、更换等操作，应严格遵守 TSG 31 的规定，操作人员需持证上岗，佩戴相应的安全防护用品（如安全帽、防护手套、防护眼镜、防毒面具等），严禁违规操作。

9.1.2 高压、高温、强腐蚀工况下的管件，应设置安全警示标识（如“高压危险”“高温警示”“腐蚀危险”等），明确操作权限，严禁无关人员靠近、触碰；操作区域应配备应急救援器材（如灭火器、急救箱、堵漏工具等），以满足应急处置需求。

9.1.3 管件维修、更换作业时，应严格执行动火、受限空间、高处作业等安全规程，作业前进行风险评估，办理相关作业许可证，落实安全防护措施，作业过程中安排专人监护，防止发生火灾、爆炸、中毒、高处坠落等安全事故。

9.1.4 管道系统试压、吹扫作业时，应划定警戒区域，严禁人员进入警戒范围，试压、吹扫过程中缓慢升压、吹扫，防止压力骤升导致管件破裂、介质喷射伤人。

9.1.5 应定期开展安全检查，排查管件安全隐患，对发现的隐患及时整改，建立隐患排查台账，明确整改责任人、整改措施及整改期限，确保隐患闭环管理。

9.2 环保要求

9.2.1 管件维护、检测、更换过程中产生的废油、废垫片、废管件、焊接废渣等废弃物，应分类收集、存放，严禁随意丢弃；废油、废管件等危险废弃物，应委托具备相应资质的单位进行无害化处理，符合GB 8978、GB 16297的规定。

9.2.2 管件泄漏导致介质外泄时，应及时采取封堵措施，收集外泄介质，防止介质污染土壤、水体、大气；外泄介质为腐蚀性、有毒有害介质时，应按应急处置预案进行处理，避免造成环境污染和人员伤害。

9.2.3 管件清洗、防腐处理过程中，使用的清洁剂、防腐涂料等化学品，应符合环保要求，严禁使用高污染、高毒性化学品；作业过程中产生的废水、废气，应经处理合格后排放，避免造成环境污染。

9.2.4 报废管件的回收、处置应符合环保要求，优先进行资源回收利用，减少资源浪费；无法回收利用的，应进行无害化处理，避免对环境造成污染。