ICS 77.140.75
CCS H 48

中华人民共和国国家标准

GB/T 31940—2025
代替 GB/T 31940—2015，GB/T 32958—2016

输送流体用双金属复合钢管

Bi-metal composite steel pipes for fluid transportation

2025-08-01 发布　　2026-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 3
4　符号和缩略语 …… 3
5　分类和代号 …… 4
6　订货内容 …… 4
7　制造工艺 …… 5
8　技术要求 …… 5
9　试验方法 …… 15
10　检验规则 …… 16
11　标志、包装、贮存和质量证明书 …… 17
附录 A（规范性）　陆地石油天然气输送、油井集输、化工管道用复合钢管的附加要求 …… 18
附录 B（资料性）　复合钢管拉伸性能规定值的计算 …… 25
附录 C（规范性）　双金属复合管件 …… 26
附录 D（资料性）　螺纹和沟槽连接复合钢管外径及壁厚 …… 32
附录 E（规范性）　内衬复合钢管界面剪切结合强度测试方法 …… 33
附录 F（规范性）　残余压应力测试方法 …… 35
附录 G（规范性）　接口耐腐蚀性能试验方法 …… 36
附录 H（规范性）　冷热循环性能试验方法 …… 37

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。

本文件代替GB/T 31940—2015《流体输送用双金属复合耐腐蚀钢管》和GB/T 32958—2016《流体输送用不锈钢复合钢管》。本文件以GB/T 31940—2015为主，整合了GB/T 32958—2016的内容，与GB/T 31940—2015相比，除结构调整、内容整合和编辑性改动外，主要技术内容变化如下：

a) 更改了适用范围(见第1章，2015年版的第1章)；
b) 增加了符号和缩略语(见第4章)；
c) 增加了分类和代号(见第5章)；
d) 更改了订货内容(见第6章，2015年版的第4章)；
e) 更改了复合加工要求(见7.1.1、7.1.2，2015年版的6.2.1和6.2.2)；
f) 更改了材料牌号和化学成分要求(见8.1，2015年版的6.1)，增加了焊接材料要求(见8.1.5)；
g) 删除了高频焊接钢管的压扁试验要求(见2015年版的6.6.2.1)；
h) 增加了内衬复合钢管截面剪切结合强度和残余压应力要求(见8.4和8.5)；
i) 增加了负压试验要求(见8.6)；
j) 更改了液压试验要求(见8.7，2015年版的6.9)；
k) 增加了端头及接口性能要求(见8.8)；
l) 更改了无损检测要求(见8.9，2015年版6.10和附录B)；
m) 增加了卫生性能要求(见8.10)；
n) 增加了外防腐协商要求(见8.11.4)；
o) 增加了外径尺寸系列值及外径选用值(见8.12.1)和给水排水、水利工程中螺纹及沟槽连接复合钢管的外径和壁厚(见附录D)；
p) 更改了不圆度要求(见8.12.2，2015年版的5.4)、管端切斜要求(见8.12.5.1，2015年版的5.5.2)、坡口要求(见8.12.5.2，2015年版的5.5.1)；
q) 增加了实际重量与理论重量允许偏差要求(见8.12.6)；
r) 增加了塌陷试验要求(见附录A，2015年版的附录A)；
s) 增加了附录C、附录E、附录F、附录G、附录H。

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：江苏众信绿色管业科技有限公司、浙江金洲管道工业有限公司、绍兴市水联管业有限公司、浙江久立特材科技股份有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、张家港沙钢金洲管道有限公司、浙江泰富无缝钢管有限公司、西安向阳航天材料股份有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司、浙江德威不锈钢管业股份有限公司、中兴能源装备有限公司、江苏新澎复合材料有限公司、江苏新阳光管业科技有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院(国家工程复合材料产品质量检验检测中心)、江苏杰润管业科技有限公司、江苏舜龙管业科技有限公司、中铁九桥工程有限公司、南京水务集团有限公司、永康市钱江水务有限公司、江苏城镇给排水监测有限公司、宜昌利民管业科技股份有限公司、西安特种设备检验检测院、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：贺忠臣、钱乐中、杨伟芳、陈听杰、夏正文、罗静、王兴、王正、李华军、王伯文、

张林荣、仇云龙、陈伟丰、赵军、朱晓林、姚相同、蒋添锋、江恒心、王苏红、陈辉、陈雨、李中华、鲁元、李奇、陈祥、王遵圣、何建江、颜俊杰、李子末、张冰、李强、沈晨霞、朱卫飞、周扬、陈玉明、白学超、尤为、张进、毕成、吕永超、贾欣、薛建忠、康彩荣。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

——GB/T 31940，2015 年首次发布为 GB/T 31940—2015，本次为第一次修订；

——GB/T 32958，2016 年首次发布为 GB/T 32958—2016，本次为第一次修订。

输送流体用双金属复合钢管

1 范围

本文件规定了输送流体用双金属复合钢管(以下简称复合钢管)的分类和代号、订货内容、制造工艺、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存和质量证明书。

本文件适用于输送生活用水、消防用水、空调用水、再生水、污废水等流体的复合钢管,以及水利工程、输送蒸汽、燃气、空气等用途的复合钢管和陆地石油天然气输送、油井集输、化工管道用复合钢管。

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 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 241 金属材料 管 液压试验方法

GB/T 246 金属材料 管 压扁试验方法

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 983 不锈钢焊条

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书

GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备

GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管

GB/T 3287 可锻铸铁管路连接件

GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体(双相)不锈钢晶间腐蚀试验方法

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 5118 热强钢焊条

GB 5135.11 自动喷水灭火系统 第11部分:沟槽式管接件

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

GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管

GB/T 5777 无缝和焊接(埋弧焊除外)纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测

GB/T 6396 复合钢板力学及工艺性能试验方法

GB/T 7306.2 55°密封管螺纹 第2部分:圆锥内螺纹与圆锥外螺纹

GB/T 8110　熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
GB/T 8163　输送流体用无缝钢管
GB/T 8165　不锈钢复合钢板和钢带
GB/T 8363　钢材　落锤撕裂试验方法
GB/T 8923.1—2011　涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
GB/T 9124.1　钢制管法兰　第1部分:PN系列
GB/T 9711　石油天然气工业　管线输送系统用钢管
GB/T 9948　石化和化工装置用无缝钢管
GB/T 11170　不锈钢　多元素含量的测定　火花放电原子发射光谱法(常规法)
GB/T 12459　钢制对焊管件　类型与参数
GB/T 12470　埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 12771　流体输送用不锈钢焊接钢管
GB/T 13305　不锈钢中α-相含量测定法
GB/T 13401　钢制对焊管件　技术规范
GB/T 13814　镍及镍合金焊条
GB/T 14957　熔化焊用钢丝
GB/T 15007　耐蚀合金牌号
GB/T 15260　金属和合金的腐蚀　镍合金晶间腐蚀试验方法
GB/T 15620　镍及镍合金焊丝
GB/T 16957　复合钢板　焊接接头力学性能试验方法
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 17854　埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 20066　钢和铁　化学成分测定用试样的取样和制样方法
GB/T 20123　钢铁　总碳硫含量的测定　高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
GB/T 20124　钢铁　氮含量的测定　惰性气体熔融热导法(常规方法)
GB/T 20125　低合金钢　多元素的测定　电感耦合等离子体发射光谱法
GB/T 20490　钢管无损检测　无缝和焊接钢管分层缺欠的自动超声检测
GB/T 21832.2　奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管　第2部分:流体输送用管
GB/T 30062　钢管术语
GB/T 36019　沟槽式管路连接件技术规范
GB/T 40385　钢管无损检测　焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测
GB/T 40791　钢管无损检测　焊接钢管焊缝缺欠的射线检测
GB/T 42662　钢管无损检测　焊接钢管用钢带/钢板分层缺欠的自动超声检测
GB/T 42664　钢管无损检测　焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测
GB/T 42677　钢管无损检测　无缝和焊接钢管表面缺欠的液体渗透检测
NB/T 47013.2　承压设备无损检测　第2部分:射线检测
NB/T 47013.5　承压设备无损检测　第5部分:渗透检测
NB/T 47013.11　承压设备无损检测　第11部分:X射线数字成像检测
NB/T 47014　承压设备焊接工艺评定
SY/T 6601　耐腐蚀合金管线管
YB/T 4282　压力容器用热轧不锈钢复合钢板
YB/T 5092　焊接用不锈钢丝

3 术语和定义

GB/T 30062 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

内衬复合钢管 lined steel pipe

将复层(3.4)与基层(3.3)嵌套并紧密贴合而成的机械式复合钢管,又称机械复合钢管、衬里复合钢管、外包钢增强管。

3.2

内覆复合钢管 clad steel pipe

将复层(3.4)与基层(3.3)相互熔融或焊合而成的复合钢管,又称冶金复合钢管。

3.3

基层(基管) base metal(backing pipe)

可满足复合钢管机械性能要求的外层金属层(管)。

3.4

复层 cladding/lined metal

与输送介质直接接触,可满足抗腐蚀、耐磨、卫生等要求的内层金属材料层。

注:复层是衬层(衬管)(3.5)和覆层(3.6)的总称。

3.5

衬层 lined layer

衬管 liner pipe

衬在基层(基管)(3.3)内表面并紧密贴合的复层(3.4)。

3.6

覆层 clad cladding;cladding layer

覆在基层(基管)(3.3)内表面并熔合为一体的复层(3.4)。

3.7

机械连接 mechanical connection

管道工程中采用螺纹连接、沟槽连接、法兰连接等机械方法的总称。

3.8

管端 pipe ends

对于内衬复合钢管(3.1),若端口为封焊时,指距离端口 100 mm 长度范围内的管段;若端口为堆焊时,指不包括与内衬层的过渡区域的堆焊部分;对于内覆复合钢管(3.2),指距离端口 100 mm 长度范围内的管段。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

DN:公称尺寸(由字母 DN 和无量纲整数数字组成)。

D:复合钢管公称外径,单位为毫米(mm)。

d：复合钢管的管端内径，单位为毫米(mm)。

t：复合钢管的公称壁厚，单位为毫米(mm)。

t_b：基层公称壁厚，单位为毫米(mm)。

t_c：复层公称壁厚，单位为毫米(mm)。

4.2 缩略语

本文件使用的缩略语见表1。

表1 缩略语

序号	缩略语	中文全称(英文全称)
1	DWTT	落锤撕裂试验(drop-weight tear test)
2	GMAW	熔化极气体保护电弧焊接(gas metal arc welding)
3	GTAW	钨极惰性气体保护焊接(gas tungsten arc welding)
4	HAZ	热影响区(heat-affected zone)
5	PAW	等离子弧焊接(plasma arc welding)
6	SAW	埋弧焊接(submerged arc welding)
7	SAWH	螺旋埋弧焊接(submerged arc helical welding)
8	SAWL	直缝埋弧焊接(submerged arc longitudinal welding)

5 分类和代号

5.1 复合钢管按复层与基层结合方式及复层金属材料分类和代号如下：

a) 内衬复合钢管(代号L)；

1) 内衬不锈钢复合钢管；

2) 内衬耐蚀合金复合钢管。

b) 内覆复合钢管(代号C)；

1) 内覆不锈钢复合钢管(不锈钢冶金复合钢管)；

2) 内覆耐蚀合金复合钢管(耐蚀合金冶金复合钢管)。

5.2 复合钢管按基层类型分类和代号如下：

a) 无缝复合钢管(代号S)；

b) 焊接复合钢管(代号E)。

5.3 内衬复合钢管按界面剪切结合强度或残余压应力分类如下：

a) Ⅰ级；

b) Ⅱ级。

6 订货内容

按本文件订购复合钢管的合同或订单应包括下列内容：

a) 本文件编号(按附录A要求订货的产品，应在本文件编号后注明“附录A”)；

b) 复合钢管的分类和代号；
c) 基层和/或基管执行标准号及材料牌号或统一数字代号；
d) 复层执行标准号及材料牌号或统一数字代号；
e) 基层和复层的复合方式(内衬或内覆)；
f) 尺寸规格[公称外径(或公称尺寸)×总壁厚(基层公称壁厚+复层公称壁厚),单位为毫米]；
g) 订购的数量(总重量、总长度或总根量)；
h) 交货状态；
i) 特殊要求。

7 制造工艺

7.1 加工方法

7.1.1 内衬复合

7.1.1.1 衬管与基管装配后通过旋压、水压或爆燃等方式使复层与基层达到机械过盈配合的方法制造。
7.1.1.2 装配前应去除基管与衬管接触面的毛刺、污垢、杂物等。
7.1.1.3 除基管与衬管的接触面具有镀锌层、涂覆塑层或其他涂层外,基管的内表面应采用喷砂、抛丸或火焰清理等方式去除锈迹、焊渣、油污等杂物,清理后的表面应达到 GB/T 8923.1—2011 中 Sa2.0 或 F1 等级的要求。
7.1.1.4 基管为直缝焊接钢管或衬管为焊接钢管时,两者接触面的焊缝都应圆滑过渡,余高应不大于 0.5 mm。

7.1.2 内覆复合

内覆复合钢管应采用以下任一种方法制造：
a) 采用复合板(卷)为原料,通过钢管成型并采用 GMAW、GTAW、PAW、SAWH、SAWL 等焊接方法中的一种或多种组合焊接方法制造,焊缝应为填充金属焊缝；
b) 复层管通过热压熔合与基层钢管形成冶金结合的方法制造；
c) 在基层钢管内表面采取堆焊或离心铸造等工艺使复层与基层钢管形成冶金结合的方法制造。

7.2 交货状态

7.2.1 内衬复合钢管的基管和衬管在复合前应符合相应标准的热处理要求,复合后不应进行热处理。
7.2.2 内覆复合钢管应以焊接或热处理状态交货。
7.2.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,复层也可经磨(抛)光或酸洗后交货。

8 技术要求

8.1 材料

8.1.1 复合钢管基层和复层的材料牌号及执行标准应符合表 2 的规定,化学成分应符合表 2 中基层和复层标准的规定。

表 2　复合钢管基层和复层的材料牌号及执行标准

基层/复层	执行标准	材料牌号
基层	GB/T 700、GB/T 3091	Q195、Q215(A、B)、Q235(A、B、C)、Q275(A、B)
	GB/T 1591、GB/T 3091	Q355(B、C、D、E)、Q355N(B、C、D、E)
	GB/T 5310	20G、20MnG
	GB/T 8163	20、Q345(B、C、D、E)、Q390(B、C、D、E)、Q420(B、C、D、E)、Q460(B、C、D、E)
	GB/T 9711 PSL1	L245(B)、L290(X42)、L320(X46)、L360(X56)、L415(X60)、L450(X65)、L485(X70)等
	GB/T 9711 PSL2	L245N(BN)、L290N(X42N)、L320N(X46N)、L360N(X56N)、L415N(X60N)、L245M(BM)、L290M(X42M)、L320M(X46M)、L360M(X56M)、L415M(X60M)、L450M(X65M)、L485M(X70M)等
	GB/T 9948	20、Q355(B、C、D、E)、12CrMo、15CrMo
复层	GB/T 12771	06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、022Cr17Ni12Mo2、06Cr18Ni11Ti、06Cr18Ni11Nb
	GB/T 15007	NS1402、NS3306
	GB/T 21832.2	022Cr22Ni5Mo3N、022Cr23Ni5Mo3N、022Cr25Ni7Mo4N
	SY/T 6601	LC30-1812、LC65-2205、LC65-2506、LC80-2507、LC30-2242

8.1.2　根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应表 2 规定以外其他标准和牌号的材料。

8.1.3　化学成分按熔炼成分验收。当需方要求做成品分析时，应在合同中注明，复合钢管的成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

8.1.4　以复合板(卷)为原料制造的复合钢管，其基层和复层的材料牌号及执行标准应分别符合 GB/T 8165 或 YB/T 4282 的规定。

8.1.5　焊接材料应分别符合 GB/T 983、GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 12470、GB/T 13814、GB/T 14957、GB/T 15620、GB/T 17854 或 YB/T 5092 等的规定。

8.2　拉伸

8.2.1　复合钢管应测定基层的拉伸性能，其值应符合表 2 或 8.1.4 中基层执行标准的规定。试验时试样上的复层材料应去除。

8.2.2　当内覆复合钢管的覆层去除困难时，可采用全壁厚试样，拉伸性能的规定值参见附录 B 进行计算。

8.2.3　按基层执行标准中焊缝横向拉伸试验规定测定基层抗拉强度，其值应符合表 2 中基层执行标准的规定。

8.2.4　当采用全壁厚试样时，如断后伸长率不合格，允许剖去复层后对基层重新进行拉伸试验，其断后伸长率应符合基层执行标准的规定。

8.3 工艺性能

8.3.1 压扁

D 不小于 50 mm 的无缝复合钢管和 D 不小于 50 mm 且不大于 219.1 mm 的焊接复合钢管应进行压扁试验。试验时，将长度不小于 63.5 mm 的管段放置在两平行压板之间，焊缝（如有）应位于载荷方向 90°位置。内衬复合钢管进行以下第一步试验，内覆复合钢管进行以下两步试验。

a） 第一步，延性试验。将试样压至两平板间距离为 H，试样的内外表面以及边缘不应出现裂纹、裂缝和复层剥离（内衬复合钢管除外）。H 按公式(1)计算。

$$H=\frac{1.09t}{0.09+t/D} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

H——两平板间的距离，单位为毫米（mm）。

b） 第二步，完整性（闭合压扁）试验。继续压扁直至试样破裂或两管壁贴合。在压扁试验中，不应出现覆层和基层的剥离现象。

8.3.2 焊缝弯曲

8.3.2.1 采用复合板（卷）为原料通过钢管成型焊接方式制造且外径大于 219.1 mm 的复合钢管应进行焊缝弯曲试验。弯曲试样的焊缝应位于试样中间，试样上不应有补焊焊缝，且应保留覆层，焊缝余高应去除。试样在弯模内弯曲约 180°，弯芯直径应不大于总壁厚的 8 倍，其中一个为焊缝正面弯曲，另一个为焊缝背面弯曲。试验后应符合如下规定：

a） 试样不应完全断裂；

b） 试样上焊缝金属中不应出现长度超过 3 mm 的裂纹或破裂，不考虑深度；

c） 基层、复层、热影响区或熔合线上不应出现长度超过 3 mm 的裂纹或超过壁厚 10%的裂纹或破裂；

d） 试验过程中，出现在试样边缘且长度小于 6 mm 的裂纹和结合面裂纹，不应作为拒收依据。

8.3.2.2 当 t 不小于 10 mm 时，可采用 2 个侧弯试样代替正面弯曲和背面弯曲。试样在弯模内弯曲约 180°，弯芯直径为 40 mm，试验后应符合如下规定：

a） 试样不应完全断裂；

b） 试样上任何方向不应有单条长度大于 3 mm 的开口缺陷；

c） 试样棱角处的开口缺陷长度可不计，但由未熔合、夹渣或其他内部缺陷引起的棱角处开口缺陷长度应计入。

8.4 界面剪切结合强度

8.4.1 内衬复合钢管界面剪切结合强度分为以下两级：

a） Ⅰ级——界面剪切结合强度应不小于 0.3 MPa；

b） Ⅱ级——界面剪切结合强度应不小于 0.5 MPa。

8.4.2 当合同中未注明交货等级时，内衬复合钢管界面剪切结合强度按Ⅰ级验收。

8.4.3 对于 $D\geqslant 600$ mm 的内衬复合钢管，当界面剪切结合强度难以测试时，可采用残余压应力代替。

8.4.4 内覆复合钢管的界面剪切结合强度应不小于 140 MPa。

8.5 残余压应力

8.5.1 内衬复合钢管采用残余压应力试验代替界面剪切结合强度试验时，残余压应力分为以下两级：

a) Ⅰ级——残余压应力应不小于 20 MPa；
b) Ⅱ级——残余压应力应不小于 30 MPa。

8.5.2 当合同未注明交货等级时，内衬复合钢管采用残余压应力试验代替界面剪切结合强度试验时，残余压应力按Ⅰ级验收。

8.6 负压

8.6.1 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，用于市政给水排水管道工程的内衬复合钢管可进行负压试验。

8.6.2 负压试验压力为－0.08 MPa(相对压力)，保真空度 30 min，试验后衬管应无屈曲、鼓包缺陷。

8.7 液压

8.7.1 复合钢管应进行液压试验。对于内衬复合钢管，如基管已进行液压试验，可不再进行液压试验。

8.7.2 用于陆地石油天然气输送、油井集输、化工管道的复合钢管液压试验应满足附录 A 的规定。

8.7.3 液压试验压力应符合下列规定。

a) 以复合板(卷)为原料制造的内覆复合钢管，试验压力按公式(2)计算，最大试验压力为 5.0 MPa。稳压时间应不小于 10 s。试验过程中，内覆复合钢管不应出现渗漏或明显变形。

$$P=\frac{2Rt_{\mathrm{b}}}{D} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

P ——试验压力，单位为兆帕(MPa)，修约间隔为 0.5 MPa；

R ——允许应力，基层规定屈服强度的 60%，单位为兆帕(MPa)。

b) 以其他方法制造的复合钢管，试验压力的计算和最大试验压力应满足基层(管)执行标准的规定，计算试验压力时取基层的壁厚和规定屈服强度。

注：规定屈服强度是基层执行标准中的上屈服强度、下屈服强度、规定塑性延伸强度或规定总延伸强度。

8.8 管端头及接口性能

8.8.1 管端头形式

8.8.1.1 内衬复合钢管的管端头，采用螺纹连接或沟槽连接时应进行翻边处理，翻边高度应不大于基管壁厚的 1/2。出厂时管端头加工沟槽带有管端密封套的可不进行翻边。管端的密封套应确保在沟槽连接时管内流体不与管端面和基层外表面接触。

8.8.1.2 以焊接连接的内衬复合钢管，其管端应进行基层与衬层封焊或基层内表面堆焊复层。

8.8.1.3 封焊的焊缝应按 8.9.1 的规定进行无损检测。

8.8.1.4 堆焊时，堆焊层数应不小于 2 层，堆焊层轴向长度应不小于 $2t_{\mathrm{b}}$ 且不小于 30 mm。堆焊层的工艺性能和表面质量应分别满足 8.3 和 8.11 中有关内覆复合钢管的规定。

8.8.1.5 内覆复合钢管的管端头应平端交货，经供需双方协商，可进行加工螺纹或加工沟槽交货。

8.8.2 接口耐腐蚀性能

8.8.2.1 采用机械连接所使用的管件应符合附录 C 的规定。

8.8.2.2 机械连接的接口耐腐蚀性能的铁析出量应不超过 0.3 mg/L。

8.8.3 冷热循环性能

复合钢管和机械连接复合管件应进行冷热循环试验。试验结束后，应在室温下进行液压试验，试验

压力为 2.5 MPa，稳压时间为 10 min，试验过程中不应出现泄漏现象；液压后，拆下复合钢管和复合管件，目视检查接口及复合管件，除管件端口密封圈外，应无变形、脱层和裂纹等异常现象出现。

8.9 无损检测

8.9.1 内衬复合钢管

8.9.1.1 封焊和堆焊焊缝以及端面或坡口面应进行目视检测，并按 GB/T 42677 的规定进行着色渗透检测，验收等级为 P2 级。

8.9.1.2 堆焊的管端应使用超声检测方法对基层与复层的缺陷进行检测，不应存在超过 6.4 mm 的未结合缺欠。每工作班应抽取 1 根，以及生产工艺调整后的前 10 根和随后的 20 根复合钢管中各抽取 1 根进行检测。如有超标缺陷，则随后生产的复合钢管应逐根检测，直至连续 20 根全部合格，并将发现缺陷前生产的 20 根也逐根检测。

8.9.2 内覆复合钢管

8.9.2.1 无损检测应在所有热处理和扩径后进行，但可在切头、平端前进行。

8.9.2.2 内覆焊接复合钢管应采用射线或超声进行焊缝检测，检测方法和验收等级应符合以下规定：

a) 射线检测按 GB/T 40385 或 GB/T 40791 的规定进行，图像质量级别为 A 级；

b) 超声检测按 GB/T 5777 的规定进行，验收等级为 U4；或按 GB/T 42664 的规定进行，验收等级为 U4 或 U3H；

c) 经供需双方协商确定的其他检测方法和验收等级进行检测。

8.9.2.3 内覆焊接复合钢管采用超声检测时，检测前应按 GB/T 42662 的规定检测焊缝两侧 50 mm 区域的未结合缺欠，并对未结合缺欠予以记录。

8.9.2.4 堆焊、离心铸造或热压熔合的内覆复合钢管应按 GB/T 20490 的规定对基层与复层的未结合缺欠进行检测，基管焊缝邻近区域验收等级为 U2，其余部位验收等级为 U3。

8.9.2.5 射线检测或超声检测时，每工作班应抽取 1 根，以及生产工艺调整后的前 10 根和随后的 20 根复合钢管中各抽取 1 根进行检测。如有超标缺陷，则随后生产的复合钢管应逐根检测，直至连续 20 根全部合格，并将发现缺陷前生产的 20 根也逐根检测。

8.9.2.6 管端应进行液体渗透和超声检测，不应存在气孔、裂纹及超过 6.4 mm 的未结合缺欠。

8.10 卫生安全性能

输送饮用水的复合钢管和配套管件的卫生安全性能应符合 GB/T 17219 的规定。

8.11 表面质量

8.11.1 表面缺欠

复合钢管的内外表面应光滑，不应有折叠、裂纹、结疤、扭曲、气泡、搭焊、断弧、烧穿及其他深度超过壁厚下偏差的缺陷存在。输送生活用水、消防用水、空调用水、再生水、污废水等给水排水用复合钢管，以及水利工程、输送蒸汽、燃气等用途的复合钢管，允许有深度不超过壁厚下偏差的轻微麻点、凹坑、辊印等缺欠存在。其他表面缺欠应按下列方式进行核查、分类和处置：

a) 深度不大于 $t_b/8$，且不影响最小允许壁厚的缺欠，判为可接受缺欠；

b) 深度大于 $t_b/8$，且未影响最小允许壁厚的缺欠，修磨清除或切除；

c) 剩余壁厚小于最小允许壁厚的缺欠视为缺陷，切除。

8.11.2 采用复合板(卷)为原料制造的内覆复合钢管

8.11.2.1 咬边

8.11.2.1.1 基层咬边应符合以下要求。

a) 深度不大于 0.4 mm 可接收(不考虑长度)。

b) 深度大于 0.4 mm 且不大于 0.8 mm 并同时满足以下条件的可接收:

——单个长度不大于 $0.5t_b$;

——单个深度不大于 $0.1t_b$;

——任意 300 mm 长度的焊缝上,这样的咬边不多于两处。

c) 超过 b)中的咬边视为缺陷,应进行切除或整管拒收。

8.11.2.1.2 覆层咬边应进行修磨;修磨时应采用不产生污染复层的材料,修磨处应圆滑过渡。

8.11.2.2 电弧烧伤

电弧烧伤应进行修磨或切除;修磨清理后应采用 10%过硫酸铵溶液或 5%硝酸酒精溶液进行检查。

8.11.2.3 钢带接头焊缝

除以 SAWH 生产的复合钢管外,不应有钢带接头焊缝。以 SAWH 生产的复合钢管上的钢带接头焊缝与螺旋焊缝的连接点距管端面的距离应不小于 150 mm。

8.11.2.4 焊缝余高

以 SAW 生产的内覆复合钢管焊缝余高应满足表 3 的规定。

表 3 SAW 允许焊缝余高

单位为毫米

t	除管端外焊缝余高		管端焊缝余高	
	内	外	内	外
≤13	≤3.5	≤3.5	≤0.5	≤3.5
>13	≤3.5	≤4.5	≤0.5	≤4.5

8.11.3 缺陷处理

缺陷按如下方法处理:

a) 基管管体不应进行焊接修补,焊缝修补应满足基层执行标准中的相关规定;

b) 经供需双方协商,复层焊缝缺陷可进行 1 次返修,返修应按评定合格的返修焊接工艺进行;

c) 管端的焊缝不应进行焊接修补;管端堆焊层可进行 1 次返修,补焊工艺应按 NB/T 47014 进行焊接工艺评定;

d) 切除或判废。

8.11.4 外防腐

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,复合钢管外表面可进行外防腐。外防腐要求由供需双方协商确定。

8.12 尺寸、外形、重量及允许偏差

8.12.1 外径、壁厚及允许偏差

8.12.1.1 复合钢管的公称外径(D)及允许偏差应符合表4的规定。

表4 复合钢管的公称外径及允许偏差

<table>
<tr><td rowspan="3">DN</td><td colspan="2" rowspan="2">D
mm</td><td colspan="4">允许偏差
mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">除管端外</td><td colspan="2">管端</td></tr>
<tr><td>Ⅰ系列</td><td>Ⅱ系列</td><td>无缝复合钢管</td><td>焊接复合钢管</td><td>无缝复合钢管</td><td>焊接复合钢管</td></tr>
<tr><td>15</td><td>21.3</td><td>—</td><td rowspan="5">+0.4
−0.8</td><td rowspan="5">±0.5</td><td rowspan="5">+0.4
−0.8</td><td rowspan="5">±0.5</td></tr>
<tr><td>20</td><td>26.9</td><td>—</td></tr>
<tr><td>25</td><td>33.7</td><td>—</td></tr>
<tr><td>32</td><td>42.4</td><td>—</td></tr>
<tr><td>40</td><td>48.3</td><td>45</td></tr>
<tr><td>50</td><td>60.3</td><td>57</td><td colspan="2" rowspan="6">±0.75%D</td><td colspan="2" rowspan="6">+1.6
−0.4</td></tr>
<tr><td>65</td><td>76.1</td><td>73</td></tr>
<tr><td>80</td><td>88.9</td><td>89</td></tr>
<tr><td>100</td><td>114.3</td><td>108</td></tr>
<tr><td>125</td><td>139.7</td><td>133</td></tr>
<tr><td>150</td><td>168.3(165.1[a])</td><td>159</td></tr>
<tr><td>200</td><td>219.1</td><td>219</td><td rowspan="8">±0.75%D</td><td rowspan="8">±0.75%D 或
±3.2，两者
取较小值</td><td colspan="2" rowspan="8">±0.5%D 或±1.6，
两者取较小值</td></tr>
<tr><td>250</td><td>273.0</td><td>273</td></tr>
<tr><td>300</td><td>323.9</td><td>325</td></tr>
<tr><td>350</td><td>355.6</td><td>377</td></tr>
<tr><td>400</td><td>406.4</td><td>426</td></tr>
<tr><td>450</td><td>457</td><td>480</td></tr>
<tr><td>500</td><td>508</td><td>530</td></tr>
<tr><td>600</td><td>610</td><td>630</td></tr>
<tr><td>700</td><td>711</td><td>720</td><td rowspan="6">±1%D</td><td rowspan="6">±0.5%D 或
±4.0，两者
取较小值</td><td rowspan="6">±2.0</td><td rowspan="6">±1.6</td></tr>
<tr><td>800</td><td>813</td><td>820</td></tr>
<tr><td>900</td><td>914</td><td>920</td></tr>
<tr><td>1 000</td><td>1 016</td><td>1 020</td></tr>
<tr><td>1 200</td><td>1 219</td><td>1 220</td></tr>
<tr><td>1 400</td><td>1 422</td><td>1 420</td></tr>
<tr><td>1 600</td><td>1 626</td><td>1 620</td><td colspan="4" rowspan="3">供需双方协商确定</td></tr>
<tr><td>1 800</td><td>1 829</td><td>1 820</td></tr>
<tr><td>2 000</td><td>2 032</td><td>2 020</td></tr>
<tr><td colspan="7">[a] D 为165.1 mm时，适用于沟槽连接以及与沟槽连接进行的转换。</td></tr>
</table>

8.12.1.2 公称尺寸不大于 DN200 时，当采用机械连接时应采用表 4 中Ⅰ系列的外径，当采用其他连接方式时宜采用表 4 中Ⅰ系列的外径；公称尺寸大于 DN200 时，宜采用表 4 中Ⅱ系列的外径。

8.12.1.3 经供需双方协商，并在合同中注明，可供应表 4 规定以外公称外径的复合钢管。

8.12.1.4 复合钢管的壁厚允许偏差应符合表 5 的规定。

表 5 壁厚允许偏差

单位为毫米

壁厚类别	尺寸		允许偏差	壁厚类别	尺寸	允许偏差
t	无缝复合钢管	≤4.0	+0.6 −0.5	t_c[b]	≤0.4	+1 −0.05
		>4.0～<25.0	+15%t −10%t			
		≥25.0	允许上偏差：+3.7 或+10%t，取较大值 允许下偏差：−3 或−10%t， 取较大值(绝对值)		>0.4～1.5	+1 −0.1
	焊接复合钢管[a]	≤5.0	±0.5		>1.5	+1.5 −7.5%t_c
		>5.0～<15.0	±10%t			
		≥15.0	±1.5			

[a] 壁厚的上偏差不适用于焊缝。

[b] 当管端堆焊时，堆焊部位的壁厚允许上偏差为 2。

8.12.1.5 应用于给水排水、水利工程或与水相近流体输送且使用机械连接的复合钢管壁厚应符合附录 D 的规定。

8.12.2 不圆度

8.12.2.1 复合钢管的不圆度应不大于 1.5%D，且不大于 10 mm。D/t≥75 或 D≥1 016 mm 的复合钢管，其管体不圆度由供需双方协商确定。

8.12.2.2 当复合钢管采用焊接连接时，管端内径的不圆度应不大于 1%D，且不大于 5.0 mm。D/t≥75 或 D≥1 016 mm 的复合钢管，其管端内径不圆度由供需双方协商确定。

8.12.2.3 复合钢管内表面局部不圆度(不规则)应不大于 0.5%D，且不大于 4.0 mm。

8.12.3 弯曲度

8.12.3.1 复合钢管的全长弯曲度应不大于长度的 0.15%。

8.12.3.2 根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可规定其他弯曲度指标。

8.12.4 长度

8.12.4.1 复合钢管的通常长度为 3 000 mm～12 000 mm。

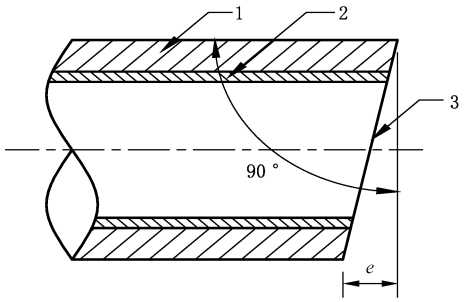
8.12.4.2 根据需方需要，经供需双方协商，并在合同中注明，复合钢管可按定尺长度交货。定尺长度应在通常长度范围内，推荐定尺长度为 6 000 mm、9 000 mm 或 12 000 mm。定尺长度允许偏差为 $^{+50}_{0}$ mm。

8.12.4.3　根据需方需要，经供需双方协商，并在合同中注明，复合钢管可按其他长度交货。

8.12.5　管端

8.12.5.1　管端切斜

复合钢管管端应沿轴线垂直平切，切斜(e)(示意图见图 1)应符合表 6 的规定。



标引序号和符号说明：

1 ——基管；

2 ——复层；

3 ——管端面；

e ——切斜。

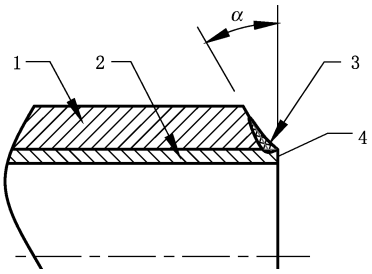
图 1　切斜示意图

表 6　切斜

DN	切斜(e) mm
≤65	≤0.8
>65～150	≤1.0
>150～300	≤1.6
>300～800	≤2.0
>800	≤3.0

8.12.5.2　坡口

除合同中另有规定外，D≥60.3 mm 且以焊接方式对接的复合钢管应加工坡口(示意图见图 2)，坡口面角度(α)应为 30°～35°；钝边尺寸应为 1.6 mm±0.8 mm。



标引序号和符号说明：

1 ——基管；

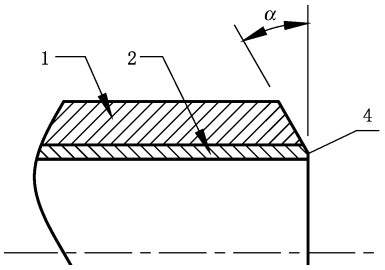
2 ——衬层；

3 ——封焊焊缝；

4 ——钝边；

α ——坡口面角度。

a） 端头封焊的内衬复合钢管



标引序号和符号说明：

1 ——基管；

2 ——覆层、衬层或管端堆焊层；

4 ——钝边；

α ——坡口面角度。

b） 内覆复合钢管或端头堆焊的内衬复合钢管

图 2 坡口示意图

8.12.5.3 焊接复合钢管的管端内焊缝应磨平，内焊缝余高应不大于 0.5 mm，且不影响耐腐蚀性能。

8.12.6 重量

8.12.6.1 复合钢管按实际重量交货，也可按理论重量交货。

8.12.6.2 复合钢管理论重量按公式(3)计算，密度按表 7 给出的值。

$$W=\frac{\pi}{1\ 000}\left[t_b(D-t_b)\rho_b+t_c(D-2t_b-t_c)\rho_c\right] \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：

W ——复合钢管单位长度理论重量，单位为千克每米(kg/m)；

π ——3.141 6；

ρ_b ——复合钢管基层的密度，单位为千克每立方分米(kg/dm^3)；

ρ_c ——复合钢管复层的密度，单位为千克每立方分米(kg/dm^3)。

表 7 典型材料牌号的密度

序号	统一数字代号	钢类/牌号	密度(ρ) kg/dm^3	序号	统一数字代号	钢类/牌号	密度(ρ) kg/dm^3
1	—	碳素钢、低合金钢、合金钢	7.85	7	S32168	06Cr18Ni11Ti	7.93
2	S30403	022Cr19Ni10	7.93	8	S34778	06Cr18Ni11Nb	8.03
3	S30408	06Cr19Ni10	7.93	9	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	7.80
4	S31008	06Cr25Ni20	7.98	10	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	7.80
5	S31603	022Cr17Ni12Mo2	7.98	11	H06625	NS3306	8.44
6	S31608	06Cr17Ni12Mo2	7.98	12	H08825	NS1402	8.14

8.12.6.3 以理论重量交货的复合钢管，每批或单根复合钢管的实际重量与理论重量的允许偏差为±7.5%。

8.13 附加要求

陆地石油天然气输送、油井集输、化工管道用复合钢管还应符合附录A的规定。

9 试验方法

9.1 化学成分

复合钢管和管件化学成分分析的取样遵守GB/T 20066的规则。化学成分分析通常遵守GB/T 4336、GB/T 11170、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125或其他通用方法的规定，仲裁时应遵守基管和复层执行标准的规定。

9.2 拉伸

9.2.1 外径不小于219.1 mm的复合钢管，管体拉伸试验可截取纵向或横向试样，仲裁时应以纵向试样为准；焊缝拉伸应截取横向试样。采用SAWL和电阻焊的复合钢管管体拉伸试样应在复合钢管上距焊缝180°的位置截取；采用SAWH的复合钢管管体拉伸试样应在复合钢管上距螺旋焊缝至少1/4个板宽位置截取。焊缝横向拉伸试样应在复合钢管上垂直于焊缝截取，且焊缝应位于试样的中间。

9.2.2 外径小于219.1 mm的复合钢管管体拉伸应取纵向试样，或选择使用钢管全截面纵向试样。

9.2.3 内衬复合钢管的拉伸性能试验可在复合前进行。

9.3 表面质量

复合钢管的内外表面应在充分照明条件下目视检查，必要时采用符合精度要求的量具进行测量。

9.4 尺寸、外形和重量

复合钢管和管件的尺寸、外形和重量应采用测径卷尺、游标卡尺、千分尺、测厚仪、光学测量仪、磅秤等符合精度要求的量具或仪器测量。内衬复合钢管的复层厚度可在复合前测量，但成品复合钢管复层的厚度应满足8.12.1的规定。

9.5 取样方法和试验方法

复合钢管检验项目的取样方法和试验方法应符合表8的规定。

表8 复合钢管检验项目的取样方法、试验方法、取样数量及检验分类

序号	技术条款	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法	检验分类	
						出厂检验	型式检验
1	8.1	化学成分	1个/炉	9.1	9.1	√	√
2	8.2	拉伸	1个/批	9.2、GB/T 2975	GB/T 228.1	√	√
3	8.2	焊缝拉伸	1个/批	9.2、GB/T 2651	GB/T 2651、GB/T 16957	√	√

表 8　复合钢管检验项目的取样方法、试验方法、取样数量及检验分类（续）

序号	技术条款	检验项目		取样数量	取样方法	试验方法	检验分类	
							出厂检验	型式检验
4	8.3.1	压扁		1 个/批	GB/T 246	8.3.1、GB/T 246	√	√
5	8.3.2	焊缝弯曲		焊缝和钢带接头焊缝各 1 组 2 个/每批	GB/T 2653	8.3.2、GB/T 2653、GB/T 16957	√	√
6	8.4	界面剪切结合强度	内衬复合钢管	1 个/批	附录 E	附录 E	√	√
7			内覆复合钢管	1 个/批	GB/T 6396	GB/T 6396	√	√
8	8.5	残余压应力		1 个/批	附录 F	附录 F	√	√
9	8.6	负压		1 次/批	—	8.6	√	√
10	8.7	液压		逐根	—	GB/T 241	√	√
11	8.8.2	接口耐腐蚀性能		按协议要求或型式检验要求	附录 G	附录 G	—	√
12	8.8.3	冷热循环性能		按协议要求或型式检验要求	附录 H	附录 H	—	√
13	8.9	渗透检测		逐根	—	GB/T 42677	√	√
14		超声检测		8.9.1.2 或 8.9.2.5	—	GB/T 42664 或 GB/T 20490	√	√
15		射线检测		8.9.2.5	—	GB/T 40385 或 GB/T 40791	√	√
16	8.10	卫生安全性能		按型式检验要求	GB/T 17219	GB/T 17219	—	√
“√”表示按要求应进行检验的项目。								

10　检验规则

10.1　检验分类和取样数量

复合钢管的检验分为出厂检验和型式检验，检验分类和取样数量应符合表 8 的规定。

10.2　组批

复合钢管按批进行检查和验收。每批应由同一组合炉号、同一组合牌号、同一规格和同一制造和复合工艺的复合钢管组成。每批复合钢管的数量应不超过以下规定：

a）　$D \leqslant 168.3$ mm，1 000 根；

b）　168.3 mm $< D \leqslant 377$ mm，500 根；

c）　$D > 377$ mm，200 根。

10.3　出厂检验

出厂检验应由供方质量技术监督部门进行，出厂检验项目应符合表 8 的规定。

10.4 型式检验

10.4.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

a) 新产品或产品转厂生产时；

b) 产品的设计、结构、工艺和材料中有影响产品性能改变时；

c) 产品停产两年后，恢复生产时；

d) 正常生产满三年时。

10.4.2 型式检验的试件应在出厂检验合格品随机抽取，型式检验检验项目应符合表 8 的规定。

10.4.3 型式检验中有任一项目不合格时，可取双倍试样对不合格项目进行复验。若复验后仍不合格，则判定型式检验不合格。

10.5 复验和判定规则

复合钢管的复验和判定规则应符合 GB/T 2102 的规定。

11 标志、包装、贮存和质量证明书

11.1 标志

复合钢管的标志应距端头不小于 200 mm 处开始，采用模板漆印或喷印等方法在复合钢管的外表面做标志。标志内容应包括以下内容：

a) 制造厂名称或标志、标记；

b) 本文件编号(按附录 A 要求订货的产品，应在本文件编号后注明“附录 A”)；

c) 复合钢管分类或代号；

d) 基层材料牌号/复层材料牌号或统一数字代号；

e) 尺寸规格：公称外径(或 DN)×总壁厚(基层公称壁厚＋复层公称壁厚)，单位为毫米；

f) 分级：Ⅰ级(可不标识)或Ⅱ级；

g) 管号或批号。

11.2 包装

复合钢管的包装应符合 GB/T 2102 的规定。

11.3 贮存

复合钢管贮存时，复层不应与存放过氯化物的材料接触。吊装过程中复层不应与碳钢或镀锌的装卸设备(例如吊钩、吊带、卷筒等)接触。

11.4 质量证明书

复合钢管的质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。

附 录 A
（规范性）
陆地石油天然气输送、油井集输、化工管道用复合钢管的附加要求

A.1 制造工艺

A.1.1 基管的内表面应采用喷砂、抛丸或火焰清理等方式去除锈迹、焊渣、油污等杂物，清理后的表面应达到 GB/T 8923.1—2011 中 Sa2.5 或 F1 等级的要求。

A.1.2 冷定径和冷扩径

A.1.2.1 除合同中另有规定，基管的冷定径率应不超过 1.5%，除非该基管冷定径后整体进行正火、淬火加回火或消除应力处理。

A.1.2.2 如采用未进行热处理或去应力处理的冷定径或冷扩径钢管作为基管，则应将内衬复合后钢管制造过程中定径或扩径所产生的应变与基管冷定径或冷扩径中所产生的应变累加。在整个复合后钢管制造环节，基管的总形变应不超过 2%。

A.1.2.3 除合同中另有规定，定径或扩径率 S_r 应采用公式(A.1)计算：

$$S_r = \frac{|\ D_a - D_b\ |}{D_b} \times 100\% \qquad \cdots\cdots (A.1)$$

式中：

D_a ——定径/扩径后的外径，单位为毫米(mm)；

D_b ——定径/扩径前的外径，单位为毫米(mm)；

$|\ D_a - D_b\ |$——外径差的绝对值，单位为毫米(mm)。

A.2 技术要求

A.2.1 冲击

A.2.1.1 复合钢管的基层应按 GB/T 9711 进行管体、焊缝和 HAZ 的夏比摆锤 V 型缺口冲击试验。除非合同中另有规定，试验温度应为 0 ℃。

A.2.1.2 管体的全尺寸冲击吸收能量(一组三个试样的平均值)应不小于表 A.1 中括号外的值。任一试样的单个冲击试验结果应不小于表 A.1 中括号内的值。

表 A.1 基层材料的冲击吸收能量要求

屈服强度范围 MPa	全尺寸试样吸收能量，最小值 (KV_2) J					
	$D \leqslant 530$	$530 < D \leqslant 762$	$762 < D \leqslant 920$	$920 < D \leqslant 1\,220$	$1\,220 < D \leqslant 1\,422$	$D > 1\,422$
≤415	27(20)	27(20)	40(30)	40(30)	40(30)	40(30)
>415～450	27(20)	27(20)	40(30)	40(30)	54(40)	54(40)
>450～485	27(20)	27(20)	40(30)	40(30)	54(40)	68(50)
>485～555	40(30)	40(30)	40(30)	40(30)	54(40)	68(50)
>555～625	40(30)	40(30)	40(30)	40(30)	54(40)	81(60)
>625～690	40(30)	40(30)	54(40)	54(40)	68(50)	95(70)
>690～830	40(30)	40(30)	54(40)	68(50)	81(60)	108(80)

A.2.1.3 基管焊缝及 HAZ 的全尺寸冲击吸收能量(一组三个试样的平均值)应满足以下规定:

a) 屈服强度不大于 555 MPa 且 $D<1\,422$ mm 的基管,不小于 27 J;

b) $D\geqslant 1422$ mm 的基管,不小于 40 J;

c) 屈服强度大于 555 MPa 的基管,不小于 40 J。

A.2.1.4 采用小尺寸试样时,小尺寸试样冲击吸收能量要求值(一组三个试样平均值)应为全尺寸试样的规定值乘以表 A.2 中的递减系数,计算结果修约到最邻近的 1 J。

表 A.2 小尺寸试样冲击吸收能量递减系数

试样规格	试样尺寸(宽度×厚度) mm×mm	递减系数
¾小试样	10.0×7.5	0.75
½小试样	10.0×5.0	0.50

A.2.1.5 经供需双方协商,并在合同中注明,可规定其他冲击吸收能量要求值。

A.2.2 DWTT

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,外径不小于 508 mm 且钢级为 L360/X52 及以上的基管可进行基管管体横向 DWTT。DWTT 的试验温度为 0 ℃,每个试验(一组两个试样)的平均剪切面积应不小于 85%。需方可规定更低试验温度。基管壁厚大于 25 mm 时,DWTT 要求应协商确定。

A.2.3 硬度

除合同中另有规定,基层和复层应进行维氏硬度试验,其值应符合表 A.3 的规定。

表 A.3 硬度

试样位置	材料类型	硬度要求(单个值)
基层管体、基层焊缝	碳钢或低合金钢	≤248 HV10
复层、复层焊缝或 内衬复合钢管管端堆焊层	奥氏体不锈钢	≤300 HV10
	22%双相不锈钢	母材不大于 300 HV10,焊缝和 HAZ 不大于 334 HV10
	25%双相不锈钢	母材不大于 300 HV10,焊缝和 HAZ 不大于 378 HV10
	耐蚀合金(镍及镍合金)	≤345 HV10

A.2.4 铁素体含量

A.2.4.1 奥氏体-铁素体(双相)不锈钢复层应进行铁素体含量测试,铁素体含量应为 40%～60%,双相不锈钢的焊缝(包含内衬复合钢管的管端双相不锈钢堆焊层)的铁素体含量应为 35%～65%。对于内衬复合钢管,可在复合前进行取样检测。

A.2.4.2 S31603 牌号不锈钢焊缝熔敷金属的铁素体含量应为 5%～13%。

A.2.5 焊缝低倍

A.2.5.1 内覆复合焊接钢管焊缝的横向截面和堆焊层(包括内衬复合钢管的管端堆焊层)应进行低倍

检验。焊缝区域不应存在裂纹、气孔、夹杂、未焊透等缺陷，内外焊缝应充分熔合；低倍检验时，焊缝的几何尺寸和缺陷应符合表 A.4 的规定。

表 A.4　焊缝低倍检验要求

序号	缺陷和几何尺寸		要求
1	焊缝熔合[a]		熔透
2	基体焊缝咬边		≤0.4 mm
3	内覆层的焊缝咬边		不准许
4	基层纵向焊缝径向错边		≤1.0 mm
5	内覆层纵向焊缝径向错边		$\leqslant 0.5t_c$
6	内覆层焊缝的连续性[a]		100%连续
7	裂纹[a]		不准许
8	焊偏		$\leqslant 0.15t_b$，且不大于 3 mm
9	交互熔深[a]		≤2 mm
10	焊缝余高（SAW 的焊缝余高除外）	外焊缝	≤3 mm
11		内焊缝	≤1.5 mm
[a] 适用于堆焊层。			

A.2.5.2　经供需双方协商，并在合同中注明，可规定其他验收要求。

A.2.6　晶间腐蚀

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，复合钢管的复层、复层焊缝可进行晶间腐蚀试验。晶间腐蚀试验要求如下：

a）　复层为奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体（双相）不锈钢时，试验后不应出现晶间腐蚀倾向；

b）　复层为耐蚀合金时，试验后用立体显微镜观察（放大 10×）拉伸面不应出现裂纹；

c）　经供需双方协商，并在合同中注明，可规定其他验收要求。

A.2.7　塌陷试验

A.2.7.1　根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，内衬复合钢管完成管端堆焊或封焊后应进行塌陷试验。经内窥镜检查，应无鼓包、波痕、弯曲和裂纹。

A.2.7.2　根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，内衬复合钢管塌陷试验后，界面剪切结合强度或残余压应力应不低于规定值。

A.2.8　液压

A.2.8.1　复合钢管应进行液压试验，试验压力应按公式（2）进行计算，计算允许应力时规定屈服强度的百分数和最大试验压力应符合表 A.5 的规定。在试验压力下，稳压时间应不少于 10 s，稳压过程中，复合钢管不应出现渗漏或明显变形。

表 A.5　计算允许应力时规定最小屈服强度的百分数

基层屈服强度范围 MPa	D mm	规定屈服强度的百分数 %	
		标准试验压力	选用试验压力
≥195～<290	任意	60[a]	75[a]
≥290	≤141.3	60[b]	75[c]
	>141.3～≤219.1	75[b]	75[c]
	>219.1～<508	85[b]	85[c]
	≥508	90[b]	95[c]

[a] 对于 D≤88.9 mm 的复合钢管，最大试验压力为 17.0 MPa；对于 D>88.9 mm 的复合钢管，最大试验压力为 19.0 MPa，或符合相应基管执行标准的规定。

[b] 最大试验压力为 20.5 MPa。

[c] 最大试验压力为 25.0 MPa。

A.2.8.2　对于衬里复合管，如果制造厂能证明所制造的钢管全长可单独承受比理论计算更高的静水压试验压力（无外模具代替受力），经协商后可不进行静水压试验。

A.2.8.3　试验用水中氯离子含量应不大于 50 mg/L。

A.2.9　无损检测

A.2.9.1　内衬复合钢管的管端堆焊层应进行超声检测，不应存在未结合缺欠。

A.2.9.2　内衬复合钢管的管端封焊焊缝应进行射线检测。射线检测按 NB/T 47013.2 或 NB/T 47013.11 的规定，图像质量级别应达到 AB 级，验收质量等级为Ⅱ级。

A.2.9.3　内覆复合钢管管端应进行超声检测，不应存在超过 3.2 mm 的未结合缺欠。

A.2.9.4　复合钢管内表面应采用内窥镜进行检测，复层应完整并符合 8.11 的规定。除基管为螺旋钢管的内衬复合钢管外，复合钢管内表面不应有超过 0.5 mm 高度的凸起。

A.2.10　剩磁

复合钢管两个管端剩磁应不大于 15 Gs。

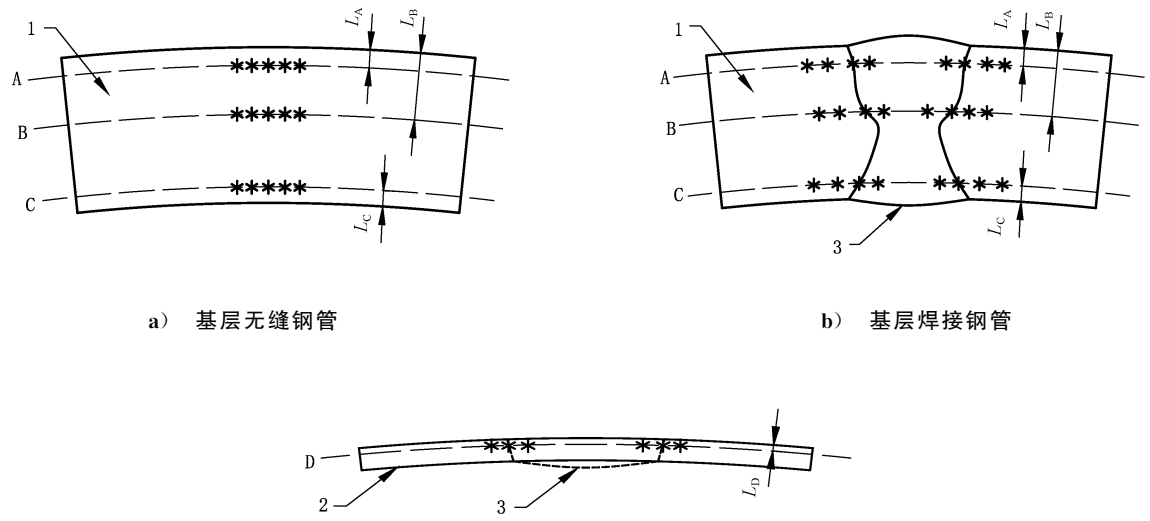
A.2.11　壁厚及允许偏差

除合同中另有规定，复层壁厚公称尺寸应不小于 2.0 mm，允许偏差为 $^{+2.0}_{0}$ mm。

A.3　试验方法

A.3.1　硬度

A.3.1.1　内衬复合钢管横截面试样上硬度检测位置如图 A.1 所示，基层和复层可分开检测。测试部位的尺寸见表 A.6。



a） 基层无缝钢管

b） 基层焊接钢管

c） 衬层

标引序号和符号说明：

1 ——基层；

2 ——衬层；

3 ——焊缝；

L_A ——测试部位 A 离基层外表面的距离；

L_B ——测试部位 B 离基层外表面的距离；

L_C ——测试部位 C 离基层内表面的距离；

L_D ——测试部位 D 离衬层外表面的距离；

* ——硬度检测点。

注：衬层(2)为无缝管时，无焊缝(3)。

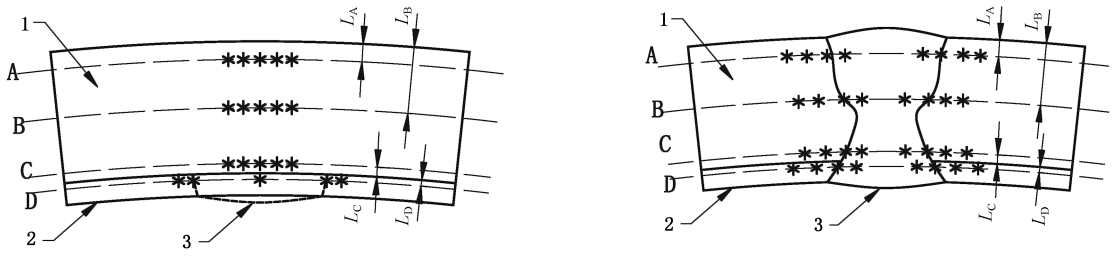
图 A.1 内衬复合钢管

表 A.6 硬度测试线位置

单位为毫米

测试部位 A 离基层外表面的距离 （L_A）	测试部位 B 离基层外表面的距离 （L_B）	测试部位 C 离基层内表面的距离 （L_C）	测试部位 D 离衬层外表面的距离 （L_D）
1.5～2.0	$0.5t_b \pm 0.5$	0.5～1.0	0.5～1.0

A.3.1.2 内覆复合钢管横截面试样上硬度检测位置如图 A.2 所示，测试部位的尺寸见表 A.6。



a） 内覆复合无缝钢管　　b） 内覆复合焊接钢管

标引序号和符号说明：

1 ——基层；

2 ——覆层；

3 ——焊缝；

L_A ——测试部位 A 离基层外表面的距离；

L_B ——测试部位 B 离基层外表面的距离；

L_C ——测试部位 C 离基层内表面的距离；

L_D ——测试部位 D 离衬层外表面的距离；

* ——硬度检测点。

注：覆层(2)为无缝管时，无焊缝(3)。

图 A.2　内覆复合钢管

A.3.2　铁素体含量

铁素体含量测定应符合 GB/T 13305 的规定。

A.3.3　焊缝低倍

低倍试样截面应抛光至表面粗糙度(Ra)为 1 μm，酸蚀后观察焊缝的宏观形貌。经供需双方协商，并在合同中注明，可采用其他低倍检验方法。

A.3.4　晶间腐蚀

A.3.4.1　奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体(双相)不锈钢复层应按 GB/T 4334 中方法 E 进行晶间腐蚀试验。

A.3.4.2　耐蚀合金复层应按 GB/T 15260 中方法 B 进行晶间腐蚀试验。腐蚀后，对于外径小于 40 mm 的复合钢管，对试样进行压扁试验，压扁后两平板间的距离应符合 GB/T 15260 的规定；对于外径不小于 40 mm 的复合钢管，对试样进行反弯试验，试验弯心直径为 2 倍试样厚度，弯曲角度为 180°。压扁或弯曲后，用立体显微镜观察(放大 10×)。

A.3.4.3　经供需双方协商，并在合同中注明，可采用其他晶间腐蚀试样方法。

A.3.5　塌陷试验

A.3.5.1　内衬复合钢管塌陷试验试样应封焊或堆焊，长度应与交货钢管一致。

A.3.5.2　塌陷试验应将整根复合钢管加热到 240 ℃，保温 15 min。冷却后进行内窥镜检查。

A.3.5.3　经供需双方协商并在合同中注明，可采用分段式加热方式进行，但应采取措施保证在 15 min 内管体温度都在 240 ℃以上。

A.3.6 剩磁

出厂前应逐根检测成品复合钢管的管端剩磁，不符合规定时应进行消磁处理。

A.3.7 检验项目、取样方法及试验方法

检验项目的取样方法和试验方法应符合表 A.7 的规定。

表 A.7 复合钢管检验项目的取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目		取样方法	试验方法	取样数量
1	冲击		GB/T 9711	GB/T 229	管体、焊缝各 1 个/批
2	DWTT		GB/T 9711	GB/T 8363	管体、焊缝各 1 个/批
3	硬度		A.3.1	A.3.1、GB/T 4340.1	1 次/批
4	铁素体含量		A.3.2	A.3.2	1 次/批
5	焊缝低倍		A.3.3	A.3.3	1 次/批
6	晶间腐蚀		A.3.4	A.3.4	焊缝和钢带接头焊缝(如有)各 1 次/批
7	塌陷试验		—	A.3.5	1 次/批
8	液压		—	A.2.8、GB/T 241	逐根
9	无损检测	射线检测	—	NB/T 47013.2、NB/T 47013.11	逐根
		超声检测	—	GB/T 42664、GB/T 42662、GB/T 20490	逐根
		渗透检测	—	NB/T 47013.5、GB/T 42677	逐根
		内窥镜检测	—	A.2.9.4	逐根
10	剩磁		—	A.2.10	逐根

A.4 检验规则

A.4.1 取样数量

各项检验的取样数量应符合表 8 和表 A.7 的规定，不一致时以表 A.7 为准。

A.4.2 组批

复合钢管按批进行检查和验收。每批应由同一组合炉号、同一组合牌号、同一规格、同一制造和复合工艺的复合钢管组成。每批复合钢管的数量应不超过以下规定：

a) $D \leqslant 168.3$ mm，200 根；

b) $D > 168.3$ mm～377 mm，100 根；

c) $D > 377$ mm，50 根。

附 录 B
（资料性）
复合钢管拉伸性能规定值的计算

B.1 复合钢管的拉伸性能规定值按公式(B.1)计算。

$$R=\frac{t_c R_c+t_b R_b}{t_c+t_b} \qquad \cdots\cdots(B.1)$$

式中：

R ——复合钢管的屈服强度(下屈服强度、上屈服强度、规定塑性延伸强度或规定总延伸强度)或抗拉强度规定值，单位为兆帕(MPa)；

R_c ——复合钢管复层的屈服强度(下屈服强度、上屈服强度、规定塑性延伸强度或规定总延伸强度)或抗拉强度规定值，单位为兆帕(MPa)；

R_b ——复合钢管基层的屈服强度(下屈服强度、上屈服强度、规定塑性延伸强度或规定总延伸强度)或抗拉强度规定值，单位为兆帕(MPa)。

B.2 计算复合钢管的屈服强度标准值时，R_c、R_b 分别取基层和复层的屈服强度值(下屈服强度、上屈服强度、规定塑性延伸强度或规定总延伸强度)；计算复合钢管的抗拉强度标准值时，R_c、R_b 分别取基层和复层的抗拉强度值。

附 录 C
（规范性）
双金属复合管件

C.1 双金属复合管件分类

双金属复合管件分类如下：

a） 螺纹连接复合管件，其分类应符合 GB/T 3287 的规定；

b） 沟槽连接复合管件，其分类应符合 GB/T 36019 或 GB 5135.11 的规定；

c） 复合法兰，其分类及代号应符合 GB/T 9124.1 的规定；

d） 复合钢制对焊管件，其分类应符合 GB/T 12459 的规定。

C.2 双金属复合管件订货内容

按本文件订购双金属复合管件的合同或订单应包括下列内容：

a） 本文件编号；

b） 复合管件分类及名称；

c） 复层材料牌号或统一数字代号；

d） 尺寸规格；

e） 订购的数量。

C.3 制造方法

C.3.1 管件加工方法

C.3.1.1 机械连接用复合管件

采用基坯管件与复层通过填充固定层的方式进行复合而成。根据工艺需要，固定层可以取消，但复层和基坯之间应固定紧固。

C.3.1.2 复合钢制对焊管件

C.3.1.2.1 内衬复合钢制对焊管件采用液压、机械旋压等扩胀工艺实现对焊管件与复层机械结合，然后在端部进行封焊或堆焊加工而成；或采用内衬复合钢管进行加工，然后再进行端部封焊或堆焊加工。

C.3.1.2.2 内覆复合钢制对焊管件采用满足本文件的内覆复合钢管进行加工成型的管件，或采用复合板（卷）进行成型焊接而制成的管件，或采用成品管件内部堆焊复层而制成的管件。

C.3.1.2.3 可采用复层同材质的对焊管件代替复合钢制对焊管件。

C.3.2 交货状态

C.3.2.1 内衬钢制对焊管件在复合前应符合相应标准的热处理，复合后不应进行热处理。

C.3.2.2 内覆钢制对焊管件应以焊接或热处理状态交货。

C.3.2.3 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，复合钢制对焊管件的复层也可经磨（抛）光或酸洗后交货。

C.4 技术要求

C.4.1 基体要求

复合管件的基层应符合表 C.1 的规定，复层应符合 8.1 的规定。

表 C.1 复合管件基层要求

材料	管件类型	标准号	技术要求
基层	螺纹连接（可锻铸铁）管件	GB/T 3287	材料、镀锌层（如有）、尺寸与公差、倒角、性能等
	沟槽管件（管接头）	GB/T 36019 或 GB 5135.11	结构尺寸、基本参数、壳体材料、耐压强度等
	法兰	GB/T 9124.1	类型与参数、型式与尺寸、材料、标记等
	对焊管件	GB/T 12459 和 GB/T 13401	管件尺寸、轮廓、标记、材料、性能等

C.4.2 耐压性能

C.4.2.1 螺纹连接复合管件的耐压性能应满足 GB/T 3287 中关于耐压试验的要求。

C.4.2.2 沟槽连接复合管件的耐压性能应满足 GB/T 36019 中关于耐压性能的要求。

C.4.2.3 法兰复合管件的耐压性能应满足 GB/T 9124.1 中关于耐压试验的要求。

C.4.2.4 复合钢制对焊管件的耐压性能应满足 GB/T 13401 关于耐压性能的要求。

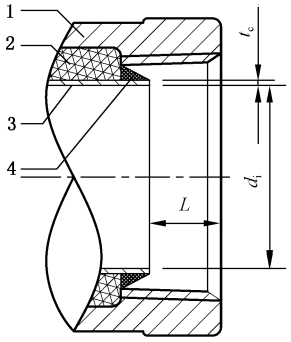
C.4.2.5 基坯管件按标准进行了耐压性能试验，复合管件可不进行耐压性能试验。

C.4.3 气密封性能

输送气体的管道采用机械连接时，复合管件的接口应进行密封性能试验，接口应承受不低于 0.5 MPa 的空气压力，试验过程中应无泄漏现象发生。

C.4.4 机械连接管件的接口尺寸及允许偏差

C.4.4.1 螺纹连接复合管件的接口截面示意图见图 C.1，尺寸应符合表 C.2 的规定。固定层(2)和端头密封圈(4)根据生产工艺可一体成型。端头密封圈应具有与复合钢管复层的内壁过盈紧密贴合的功能，还应具有与复合钢管端面紧密压实而形成双密封的结构。需方未指定密封圈形状时，形状由供方确定。



标引序号和符号说明：

1 ——外基坯管件；

2 ——固定层；

3 ——复层；

4 ——端头密封圈；

t_c ——复层厚度；

d_i——端头内径；

L ——复层距管件端头距离。

图 C.1　螺纹连接复合管件接口截面示意图

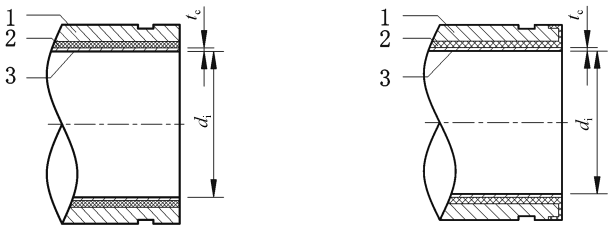
表 C.2　复合管件机械连接接口尺寸

DN	螺纹尺寸代号	D[a] mm		d_i mm	t_c mm	L mm	h mm	X mm
		系列Ⅰ	系列Ⅱ					
15	½	21.3	—	≥12	≥0.25	≥4.0	≤3.0	≤1.0
20	¾	26.9	—	≥17	≥0.25	≥4.0	≤3.0	≤1.0
25	1	33.7	—	≥22	≥0.25	≥6.0	≤4.5	≤1.0
32	1¼	42.4	—	≥30	≥0.25	≥6.0	≤4.5	≤1.0
40	1½	48.3	45	≥35	≥0.35	≥6.0	≤4.5	≤1.0
50	2	60.3	57	≥45	≥0.35	≥6.0	≤4.5	≤1.0
65	2½	76.1	73	≥52	≥0.35	≥6.0	≤4.5	≤1.0
80	3	88.9	89	≥65	≥0.35	≥6.0	≤5.5	≤1.0
100	4	114.3	108	≥89	≥0.40	≥10.0	≤5.5	≤1.0
125	—	139.7	133	≥113	≥0.50	—	≤5.5	≤1.0
150	—	168.3 (165.1[b])	159	≥139	≥0.50	—	≤6.5	≤1.0
200	—	219.1	219	≥188	≥0.50	—	≤6.5	≤1.0
250	—	273.0	273	≥258	≥0.80	—	≤7.0	≤1.0
300	—	323.9	325	≥308	≥0.80	—	≤8.0	≤1.0
350	—	355.6	377	≥345	≥1.00	—	≤10.0	≤1.0
400	—	406.4	426	≥390	≥1.00	—	≤12.0	≤1.0

表 C.2　复合管件机械连接接口尺寸（续）

DN	螺纹尺寸代号	D^a mm		d_i mm	t_c mm	L mm	h mm	X mm
		系列Ⅰ	系列Ⅱ					
450	—	457.0	480	≥432	≥1.00	—	≤12.0	≤1.0
500	—	508.0	530	≥483	≥1.00	—	≤14.0	≤1.0
600	—	610.0	630	≥585	≥1.00	—	≤14.0	≤1.0
[a] 螺纹连接复合管件和沟槽连接复合管件所连接钢管仅适用于系列Ⅰ。 [b] 采用 165.1 mm 时，适用于沟槽连接和与沟槽进行转换的连接。								

C.4.4.2　沟槽连接复合管件的接口截面示意图见图 C.2，尺寸应符合表 C.2 的规定。固定层(2)可根据生产工艺取消。



标引序号和符号说明：

1 ——外基坯管件；

2 ——固定层；

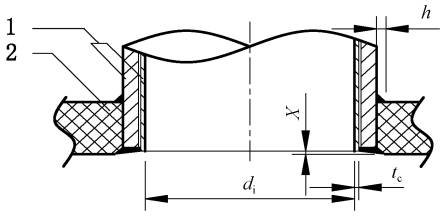
3 ——复层；

t_c ——复层厚度；

d_i ——端头内径。

图 C.2　沟槽连接复合管件接口截面示意图

C.4.4.3　法兰复合管件的接口截面示意图见图 C.3，尺寸应符合表 C.2 的规定。



标引序号和符号说明：

1 ——复合钢管；

2 ——平焊法兰或平焊环；

t_c ——复层厚度；

d_i ——端头内径；

h ——焊缝高度；

X ——密封焊缝距密封面距离。

图 C.3　平焊法兰或平焊环与复合钢管的焊接接头

C.4.5 复合钢制对焊管件尺寸及允许偏差

C.4.5.1 复合钢制对焊管件的尺寸应符合复合钢管和 GB/T 12459 的规定。

C.4.5.2 复合钢制对焊管件的管端应符合 8.8.1 和 8.12.5 的规定。

C.5 试验方法

C.5.1 外观检验

复合管件和端头密封圈的外观应在充分照明条件下目视检查。

C.5.2 耐压性能试验

C.5.2.1 螺纹连接复合管件的耐压试验应按 GB/T 3287 中耐压试验的方法进行。

C.5.2.2 沟槽连接复合管件的耐压试验应按 GB/T 36019 中耐压试验的方法进行。

C.5.3 气密封性能试验

C.5.3.1 螺纹连接复合管件的气密封试验应按 GB/T 3287 中气体检测密封试验的方法进行。

C.5.3.2 沟槽连接复合管件的气密封试验应按 GB/T 36019 中气密封试验的方法进行。

C.5.3.3 法兰管件的气密封试验应按 GB/T 9124.1 中密封试验的方法进行。

C.5.4 尺寸检验

复合管件的尺寸应采用符合精度要求的量具进行测量。

C.6 管件出厂检验的抽检方案和判定方法

C.6.1 出厂检验的抽样检查和判定方法应符合 GB/T 2828.1 的规定。

C.6.2 采用二次抽样方案，出厂不合格类别、检验的项目、检验水平和可接受质量水平（AQL）应符合表 C.3 的规定。

表 C.3 出厂检验的抽检方案

不合格类别	检验项目	检查条款	检验水平	AQL
A	耐压	C.5.2	特殊检验水平 S-3	1.0
	气密封性	C.5.3		
B	尺寸	C.5.4	一般检查水平Ⅱ	4.0
C	外观	C.5.1	一般检查水平Ⅱ	6.5
	标志	C.7	一般检查水平Ⅱ	10
	包装	C.7	一般检查水平Ⅱ	

C.7 复合管件标志、包装、运输和贮存

C.7.1 复合管件的标志应包括厂名（或商标）、本文件编号、复层材料牌号、产品名称、代号、规格、数量、重量、生产批号、卫生批件（必要时）、出厂日期、厂址、用途等。

C.7.2　复合管件应采用编织袋或纸箱包装牢固，合格证应放在包装编织袋或纸盒内或贴在管件上。每个包装重量应不超过 50 kg；当超过 50 kg，应采用托板，并使包装袋(箱)与托板之间捆扎牢固。

C.7.3　复合管件运输时应注意保护、避免日晒雨淋、小心轻放、避免油污；不应被污损、碰损，不应与尖锐物品碰触和抛、摔、滚、拖。

C.7.4　复合管件应贮存在清洁、干燥、通风良好的库房内，不应与容易引起复合管件腐蚀的物品共贮。

附 录 D
（资料性）
螺纹和沟槽连接复合钢管外径及壁厚

设计压力不大于 2.5 MPa，应用于给水排水、水利工程或与水相近流体输送时，螺纹连接和沟槽连接复合钢管的公称尺寸和公称壁厚见表 D.1。

表 D.1 复合钢管的外径和壁厚

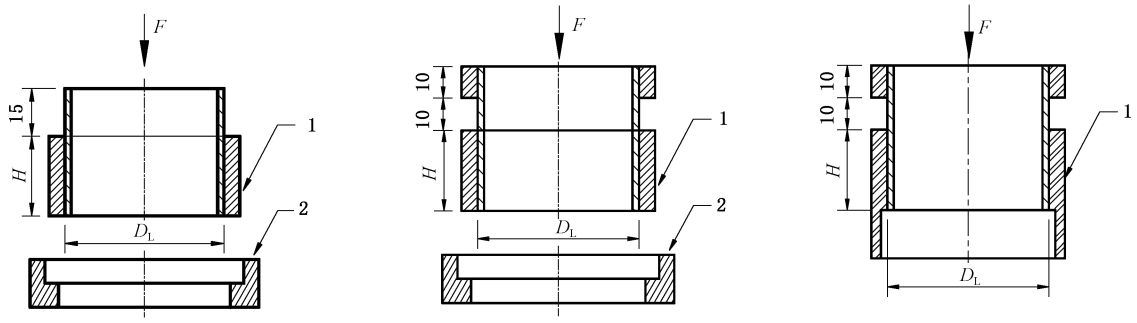
DN	D mm	t mm	t_b mm	t_c mm
15	21.3	2.8	2.5	0.30
20	26.9	2.8	2.5	
25	33.7	3.2	2.9	
32	42.4	3.5	3.2	
40	48.3	3.5	3.2	0.40
50	60.3	3.8	3.4	
65	76.1	4.0	3.6	
80	88.9	4.0	3.6	
100	114.3	4.1	3.6	0.50
125	139.7	4.1	3.6	
150	165.1	4.5	3.9	0.60
200	219.1	5.0	4.4	
250	273.0	6.0	5.2	0.80
300	325.0	7.0	6.2	

附 录 E
（规范性）
内衬复合钢管界面剪切结合强度测试方法

E.1 内衬复合钢管界面剪切结合强度测试方法应采用推出法或拉出法。

E.2 采用推出法时，切取一段长度不小于 50 mm 的管段，用机加工方式加工成图 E.1 中所示结构和尺寸；采用拉出法时，切取一段长度不小于 120 mm 的管段，用机加工方式加工成图 E.2 中所示结构和尺寸。剩余结合高度（H）应控制在 30 mm±1 mm。试样宜从复合完成后焊接或精整前截取。

单位为毫米



a） 试样结构 1　　**b）** 试样结构 2　　**c）** 试样结构 3

标引序号和符号说明：

1 ——测试试样；

2 ——测试用底座；

F ——滑移力，单位为牛顿（N）；

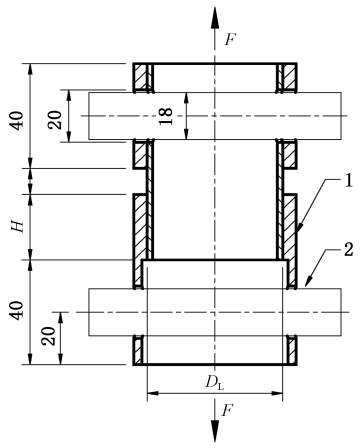
D_L ——衬层外径，单位为毫米（mm）；

H ——结合面高度（长度），单位为毫米（mm）。

注：试样结构 3 的加工过程对测试结果有影响。

图 E.1 推出法试样结构及尺寸

单位为毫米



标引序号和符号说明：

1 ——测试试样；

2 ——测试用拉伸棒；

F ——滑移力，单位为牛顿(N)；

D_L——衬层外径，单位为毫米(mm)；

H ——结合面高度(长度)，单位为毫米(mm)。

图 E.2 拉出法试样结构及尺寸

E.3 采用试验机控制横梁位移速率 2.0 mm/min～4.0 mm/min，对试样施加力。

E.4 记录衬层和基层之间产生 5 mm±0.5 mm 滑移时的力值(F)。

E.5 界面剪切结合强度(τ)按公式(E.1)计算。

$$\tau = \frac{F}{2\pi D_L H} \qquad \cdots\cdots(\text{E.1})$$

式中：

τ ——界面剪切结合强度，单位为兆帕(MPa)；

F ——滑移力，单位为牛顿(N)；

D_L——衬层外径，单位为毫米(mm)；

H ——结合高度(长度)，单位为毫米(mm)。

附 录 F
（规范性）
残余压应力测试方法

F.1 从内衬复合钢管上切取长度不小于 65 mm 的复合钢管，将 2 片～4 片双轴应变片放于环形试验管端的衬层内表面。用锯割开基层以解除基层对衬层的约束。测量解除约束前后，衬层的环向和轴向应变。

F.2 环向残余压应力按公式(F.1)计算，取环向残余压应力平均值。

$$\sigma_y = \frac{E}{(1-\nu^2)}\left(\frac{\sum \varepsilon_y}{\eta} + \nu \frac{\sum \varepsilon_x}{\eta}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (F.1)$$

式中：

σ_y ——环向残余压应力，单位为兆帕(MPa)；

E ——衬层的弹性模量，典型牌号的弹性模量见表 F.1；

ν ——衬层的泊松比，典型牌号的泊松比见表 F.1；

ε_y ——环向应变；

η ——应变片数量；

ε_x ——纵向应变。

表 F.1 杨氏弹性模量与泊松比

序号	统一数字代号	牌号	弹性模量(E)[a] GPa	泊松比(ν)
1	S30408	06Cr19Ni10	200	0.28
2	S31603	022Cr17Ni12Mo2	200	0.30
3	S32168	06Cr18Ni11Ti	200	0.30
4	S34778	06Cr18Ni11Nb	200	0.30
5	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	200	0.29
6	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	200	0.29
7	H06625	NS3306	205	0.28
8	H08825	NS1402	194	0.29

[a] 不锈钢温度为 20 ℃；耐蚀合金温度为 25 ℃。

附 录 G
（规范性）
接口耐腐蚀性能试验方法

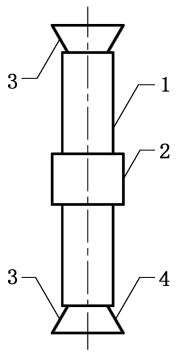
G.1 供试部件及组装要求

G.1.1 管件试件选择：外接头、卡箍或法兰。

G.1.2 复合钢管规格及长度选择：连接方式中最小尺寸规格，长度为 300 mm，数量 2 段。

G.1.3 螺纹连接时，应在复合钢管一端加工满足 GB/T 7306.2 要求的管螺纹；沟槽连接时，应在复合钢管一端压制满足 GB/T 36019 要求的沟槽；法兰连接时，应在复合钢管一端焊接并加工满足附录 C 要求的法兰。

G.1.4 采用符合 GB/T 17219 卫生性能要求的管道螺纹厌氧密封胶、聚四氟乙烯生料带或液态生料带及密封圈，将管件和复合钢管连接组装成一套试件（示意图见图 G.1）。



标引序号说明：

1——复合钢管短管；

2——外接头、卡箍或法兰及螺栓；

3——橡胶塞；

4——PE 薄膜。

图 G.1 试件组装图

G.2 试验条件

G.2.1 用自来水对试件的内部冲洗 5 min，将其冲洗干净。

G.2.2 用包有聚乙烯薄膜的橡胶塞将试件下端堵紧。

G.2.3 从试件上端注入浓度为 0.1%的 NaCl 溶液，液面距离试件底端的距离为 500 mm±10 mm，然后用橡胶塞将上端密封，在常温下静置 168 h。

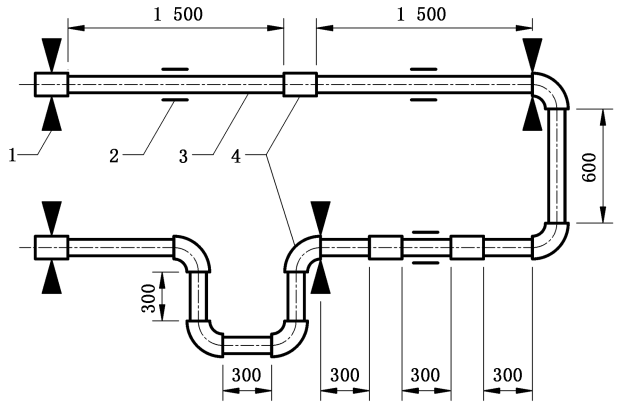
G.2.4 静置结束后晃动试件，再把试件中试液全部倒入样品瓶中分析铁的溶出量。

附 录 H
（规范性）
冷热循环性能试验方法

H.1 组装部件和检验设备要求

H.1.1 冷热循环性能试验管道组装如图 H.1 所示，并经静水压试验检验。试验压力应为 2.5 MPa，稳压时间为 10 min。

单位为毫米



标引序号说明：

1——固定支架；

2——滑动支架；

3——复合钢管；

4——机械连接管件。

图 H.1 耐冷热循环试验装置

H.1.2 检测设备应具有记录循环过程的水温差及水温的功能，宜具有报警功能。

H.2 试验条件

试验管道组装并经静水压试验合格后，进行冷水热水交替循环试验。试验压力为 1.0 MPa。公称尺寸不大于 DN50 时，一个循环 30 min，冷水、热水各 15 min，循环 1 500 次；公称尺寸大于 DN50 时，一个循环 60 min，冷水、热水各 30 min，循环 1 000 次。试验中的冷水热水温差应不低于 70 ℃，热水温度应不低于 90 ℃。管道中水的流速应不低于 1 m/s。