ICS 77.140.75
CCS H 48

中华人民共和国国家标准

GB/T 43898—2024

工程机械液压缸用精密无缝钢管

Seamless precision steel tubes for engineering machinery hydraulic cylinder

国家标准全文公开系统专用，此文本仅供个人学习、研究之用，
未经授权，禁止复制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究。
全国标准信息公共服务平台：https://std.samr.gov.cn

2024-04-25 发布　　2024-11-01 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 …… 2
4　牌号命名方法 …… 2
5　订货内容 …… 2
6　尺寸、外形、重量及允许偏差 …… 2
7　技术要求 …… 6
8　试验方法 …… 9
9　检验规则 …… 9
10　包装、标志和质量证明书 …… 10
附录 A（规范性）　残余应力环切开口位移测量方法和参考值 …… 11

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:徐州徐工液压件有限公司、衡阳华菱钢管有限公司、靖江特殊钢有限公司、江苏常宝普莱森钢管有限公司、黑龙江建龙钢铁有限公司、浙江泰富无缝钢管有限公司、浙江明贺钢管有限公司、长沙大力神液压工程有限公司、江阴市洪腾机械有限公司、无锡江南高精度冷拔管有限公司、湖北加恒实业有限公司、无锡大金高精度冷拔钢管有限公司、内蒙古包钢钢联股份有限公司、山东磐金钢管制造有限公司、苏州华创特材股份有限公司、湖南三特机械制造有限公司、青岛中鸿重型机械有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人:王家聪、刘庆教、何航、何岳、苏郑卿、李宏波、黄大兵、郑元红、蒋卫红、奚金法、支永佳、陈辉、任伟江、郭志文、傅士刚、吴开传、刘海雄、齐吉富、韦金钰、夏文斌、姚勇、曹俊、陈慧、李定杰、贾计计、杜文芝、卢大军、周慧敏、姚晓乐、戴敏明、米永峰、李奇。

工程机械液压缸用精密无缝钢管

1 范围

本文件规定了工程机械液压缸用精密无缝钢管的牌号命名方法、订货内容、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

本文件适用于工程机械液压缸用内径为 80 mm～500 mm 的冷拔或冷轧精密无缝钢管(以下简称“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 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法

GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青 S 分光光度法

GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量

GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量

GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法

GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.37 钢铁及合金 氮含量的测定 蒸馏分离靛酚蓝分光光度法

GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚 S 分光光度法

GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量

GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和锑磷钼蓝分光光度法

GB/T 223.63 钢铁及合金 锰含量的测定 高碘酸钠(钾)分光光度法

GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法

GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法

GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法

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 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书

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 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花源原子发射光谱分析方法(常规法)

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

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 7735 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管缺欠的自动涡流检测

GB/T 12606 无缝和焊接(埋弧焊除外)铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测

GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许误差

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　多元素含量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法
GB/T 30062　钢管术语

3　术语和定义

GB/T 30062 界定的术语和定义适用于本文件。

4　牌号命名方法

钢的牌号由工程机械中“工”和“机”汉语拼音首位大写字母 GJ、消除应力退火状态规定最小上屈服强度(单位为兆帕)和质量等级符号(B、C、D、E)组成。

示例：GJ550D。其中：

GJ ——工程机械中“工”和“机”汉语拼音首位大写字母；

550——消除应力退火状态规定最小上屈服强度为 550 MPa；

D ——质量等级为 D。

5　订货内容

按本文件订购钢管的合同或订单应包括但不限于下列内容：

a)　本文件编号；
b)　产品名称；
c)　钢的牌号；
d)　尺寸规格；
e)　订购的数量(总重量或总长度)；
f)　交货状态；
g)　特殊要求。

6　尺寸、外形、重量及允许偏差

6.1　尺寸

6.1.1　钢管通常以公称内径(d)和公称壁厚(S)交货。当需方要求以公称外径(D)和公称内径或公称外径和公称壁厚交货时，应在合同中注明。

6.1.2　钢管的公称内径和公称壁厚应符合表 1 的规定。经供需双方协商，可供应表 1 规定以外尺寸的钢管。

表 1　钢管的公称内径与公称壁厚及内径允许偏差

单位为毫米

内径	下列壁厚的内径允许偏差																		
	6.0	7.5	8.0	9.0	10	11	12	14	15	17	18	20	22	25	28	30	35	40	45
80	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10														
90	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10														
100	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10														
110		±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15												
125		±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15												
140			±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15										
160			±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15										
180				±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15									
200				±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15									
220					±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15									
240					±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20									
250					±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20					
260						±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20					
280						±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20					
290							±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.30	±0.20	±0.20	±0.20				
320							±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30				
340								±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30				
360								±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30		
380									±0.30	±0.30	±0.30	±0.40	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30	±0.30		
400									±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	
450										±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40
500										±0.40	±0.40	±0.20	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40	±0.40

6.1.3 冷加工(+C、+LC)状态钢管的内径、外径允许偏差应分别符合表1、表2的规定。热处理(+SR)状态钢管的内径、外径允许偏差应符合表3的规定。

表2 冷加工(+C、+LC)状态钢管外径的允许偏差

外径 mm	壁厚/外径(S/D)[a]	外径允许偏差 mm
92～214	≥0.05	±0.3
	0.025～<0.05	±0.4
>214～376	≥0.05	±0.5
	0.025～<0.05	±0.6
>376	≥0.05	±0.8
	0.025～<0.05	±0.9
[a] 当钢管以公称外径和公称内径交货时,S为计算壁厚(按公称外径与公称内径计算得出的壁厚值)。		

表3 热处理(+SR)状态钢管内径、外径的允许偏差

壁厚/外径(S/D)[a]	允许偏差
≥0.05	按表1、表2规定的值
0.025～<0.05	按表1、表2规定值的1.2倍
[a] 当钢管以公称外径和公称内径交货时,S为计算壁厚。	

6.1.4 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表1、表2、表3规定以外允许偏差的钢管。

6.1.5 钢管以公称内径和公称壁厚或公称外径和公称壁厚交货时,其壁厚允许偏差应符合表4的规定。经供需双方协商,可供应表4规定以外壁厚允许偏差的钢管。

表4 钢管公称壁厚的允许偏差

单位为毫米

公称壁厚(S)	6.0～9.0	>9.0～15	>15～20	>20
允许偏差	±7.5%S	±6.5%S	±5.5%S	±5%S

6.2 壁厚不均

钢管以公称外径和公称内径交货时,其壁厚不均应不超过计算壁厚的12%。

6.3 长度

6.3.1 通常长度

钢管的通常长度应为3 000 mm～18 000 mm。

6.3.2 定尺和倍尺长度

6.3.2.1 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管可按定尺或倍尺长度交货。

6.3.2.2 钢管的定尺和倍尺总长度应在通常长度范围内。定尺长度允许偏差应符合如下规定：

a) 长度不大于 5 000 mm 时，$^{+5}_{0}$ mm；

b) 长度大于 5 000 mm 时，$^{+10}_{0}$ mm。

6.3.2.3 倍尺长度每个切口应按如下规定留出余量：

a) 外径不大于 159 mm 时，5 mm～10 mm；

b) 外径大于 159 mm 时，10 mm～15 mm。

6.4 弯曲度

6.4.1 钢管应同时满足每米弯曲度与全长弯曲度要求。当合同没有规定精度等级时，弯曲度按Ⅰ级执行。

6.4.2 钢管每米弯曲度分为以下三个精度等级：

a) Ⅰ级，不大于 0.5 mm；

b) Ⅱ级，不大于 0.3 mm；

c) Ⅲ级，不大于 0.2 mm。

6.4.3 钢管全长弯曲度分为以下三个精度等级：

a) Ⅰ级，不大于长度的 0.05%；

b) Ⅱ级，不大于长度的 0.03%；

c) Ⅲ级，不大于长度的 0.02%。

6.4.4 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管的每米弯曲度和全长弯曲度可采用其他规定。

6.5 端头外形

钢管两端应垂直平切，切口毛刺应予清除。

6.6 不圆度

当钢管以公称内径和公称壁厚交货时，钢管内径的不圆度应不大于钢管内径公差的 80%。内径的具体测量位置应符合表 5 的规定。

表 5 钢管内径不圆度测量位置

壁厚/外径(S/D)[a]	测量位置距端部长度 mm
0.025～<0.05	≥30%D，且不小于 35
≥0.05	≥20%D，且不小于 25
[a] D 为计算外径(按公称内径与公称壁厚计算得出的外径值)。	

6.7 重量

6.7.1 钢管按实际重量交货，亦可按理论重量交货。钢管每米理论重量按 GB/T 17395 的规定(钢的密度按 7.85 kg/dm^3)。

6.7.2 当钢管以公称内径和公称壁厚交货时，采用计算外径计算理论重量；当钢管以公称外径和公称内径交货时，采用计算壁厚计算理论重量。

7 技术要求

7.1 钢的牌号和化学成分

7.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼成分)应符合表 6 的规定。

表 6 钢的牌号和化学成分

<table>
<tr><th rowspan="3">序号</th><th rowspan="3">牌号</th><th colspan="14">化学成分(质量分数)[a,b,c,d]
%</th></tr>
<tr><th rowspan="2">C</th><th rowspan="2">Si</th><th rowspan="2">Mn</th><th rowspan="2">V</th><th rowspan="2">Als</th><th>P</th><th>S</th><th>Nb</th><th>Ti</th><th>Mo</th><th>Cr</th><th>Ni</th><th>Cu</th><th>N</th></tr>
<tr><th colspan="12">不大于</th></tr>
<tr><td>1</td><td>GJ450B</td><td rowspan="2">≤0.20</td><td rowspan="4">≤0.50</td><td rowspan="4">≤1.70</td><td>—</td><td>—</td><td>0.035</td><td>0.035</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="4">0.10</td><td rowspan="4">0.30</td><td rowspan="4">0.50</td><td rowspan="4">0.20</td><td rowspan="4">0.012</td></tr>
<tr><td>2</td><td>GJ450C</td><td rowspan="3">≤0.15</td><td rowspan="3">≥0.010[e]</td><td>0.030</td><td>0.030</td><td rowspan="3">0.07</td><td rowspan="3">0.20</td></tr>
<tr><td>3</td><td>GJ450D</td><td rowspan="2">≤0.18</td><td>0.030</td><td>0.025</td></tr>
<tr><td>4</td><td>GJ450E</td><td>0.025</td><td>0.020</td></tr>
<tr><td>5</td><td>GJ550B</td><td rowspan="3">0.12～0.20</td><td rowspan="3">0.10～0.50</td><td rowspan="3">1.30～1.70</td><td rowspan="3">0.05～0.15</td><td rowspan="3">0.010～0.040</td><td rowspan="3">0.025</td><td rowspan="3">0.020</td><td rowspan="3">0.07</td><td rowspan="3">0.20</td><td rowspan="3">0.10</td><td rowspan="3">0.30</td><td rowspan="3">0.50</td><td rowspan="3">0.20</td><td rowspan="3">0.012</td></tr>
<tr><td>6</td><td>GJ550D</td></tr>
<tr><td>7</td><td>GJ550E</td></tr>
<tr><td>8</td><td>GJ720D</td><td>0.14～0.23</td><td>0.10～0.50</td><td>1.30～1.70</td><td>0.05～0.20</td><td>0.010～0.060</td><td>0.025</td><td>0.025</td><td>—</td><td>—</td><td>0.10</td><td>0.30</td><td>0.30</td><td>0.25</td><td>—</td></tr>
<tr><td>9</td><td>GJ850D</td><td>0.14～0.23</td><td>0.10～0.50</td><td>1.30～1.70</td><td>0.05～0.20</td><td>0.010～0.060</td><td>0.025</td><td>0.025</td><td>—</td><td>—</td><td>0.10</td><td>0.30</td><td>0.30</td><td>0.25</td><td>—</td></tr>
</table>

[a] GJ450C(D、E)钢中应至少含有细化晶粒元素 Al、Nb、V、Ti 中的一种。根据需要,供方可添加其中一种或几种细化晶粒元素,最大值应符合表中规定。组合加入时,$w_{Nb}+w_{V}+w_{Ti}\leqslant 0.22\%$。

[b] GJ450B(C、D、E)钢中 $w_{Mo}+w_{Cr}\leqslant 0.30\%$。

[c] 各牌号的 Cr、Ni 作为残余元素时,Cr、Ni 含量应各不大于 0.30%;当需要加入时,其含量应符合表中规定或由供需双方协商确定。

[d] 如供方能保证氮元素含量符合表中规定,可不进行氮含量分析。如果钢中加入 Al、Nb、V、Ti 等具有固氮作用的合金元素,氮元素含量不作限制,固氮元素含量应在质量证明书中注明。

[e] 当采用全铝时,全铝含量 $w_{Alt}\geqslant 0.020\%$。

7.1.2 当需方要求做成品分析时,应在合同中注明。成品钢管的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

7.1.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供其他牌号的钢管。

7.2 制造方法

7.2.1 钢应采用电弧炉加炉外精炼或氧气转炉加炉外精炼方法冶炼,并经真空脱气处理。经供需双方协商,并在合同中注明,可采用其他较高要求的方法冶炼。需方指定某一种冶炼方法时,应在合同中注明。

7.2.2 钢管应采用冷拔或冷轧无缝方法制造。需方指定某一种制造方法时,应在合同中注明。

7.3 交货状态

钢管应以表 7 所列的一种状态交货。

表 7 交货状态

序号	交货状态	代号	说明
1	冷拔(轧)硬	+C	最终冷加工之后不进行热处理
2	冷拔(轧)软	+LC	最终热处理之后进行适当的冷加工
3	消除应力退火	+SR	最终冷加工之后,钢管进行消除应力退火

7.4 力学性能

7.4.1 拉伸性能

各种交货状态钢管的纵向拉伸性能应符合表 8 的规定。其他牌号钢管的拉伸性能,由供需双方协商确定。

表 8 钢管的力学性能

序号	牌号	交货状态								冲击试验温度 ℃
		+C[a]		+LC[a]		+SR				
		抗拉强度 (R_m) MPa	断后伸长率 (A) %	抗拉强度 (R_m) MPa	断后伸长率 (A) %	抗拉强度 (R_m) MPa	上屈服强度[b] (R_{eH}) MPa	断后伸长率 (A) %	冲击吸收能量 (KV_2) J	
		不小于								
1	GJ450B	680	8	650	10	600	450	12	15	20
2	GJ450C									0
3	GJ450D									−20
4	GJ450E									−40
5	GJ550B	720	10	680	12	640	550	15	27	20
6	GJ550D									−20
7	GJ550E									−40
8	GJ720D	—	—	—	—	800	720	15	27	−20
9	GJ850D[c]	—	—	—	—	900	850	15	27	−20

[a] 受冷加工变形程度的影响,屈服强度非常接近抗拉强度,因此,推荐下列关系式计算:

——+C 状态:$R_{eH} \geqslant 0.8R_m$;

——+LC 状态:$R_{eH} \geqslant 0.7R_m$。

[b] 如不能测定 R_{eH},可测定规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)代替 R_{eH}。

[c] 通过增加冷拔变形率,达到该性能。

7.4.2 屈强比

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，冷拔(轧)前原材料是“淬火＋高温回火”处理的钢管，冷拔(轧)后可计算钢管的屈强比(R_{eH}/R_m 或 $R_{p0.2}/R_m$)，屈强比的允许值范围由供需双方协商确定。

7.4.3 冲击

交货状态为＋SR 且壁厚不小于 6.5 mm 的钢管应截取纵向试样进行冲击试验。表 8 中冲击吸收能量为标准尺寸试样夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值。当采用小尺寸冲击试样时，小尺寸试样的夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值应为标准尺寸试样冲击吸收能量要求值乘以表 9 中的递减系数。当钢管尺寸不足以加工 10 mm×5 mm 试样时，冲击试验不作要求。

表 9 冲击吸收能递减系数

试样规格	试样尺寸(宽度×厚度) mm×mm	递减系数
标准试样	10×10	1
小试样	10×7.5	0.75
小试样	10×5	0.5

7.4.4 残余应力

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管应做残余应力测试，其限值参见附录 A。

7.5 晶粒度

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管的实际晶粒度应为 5 级或更细。

7.6 无损检测

7.6.1 冷拔(轧)前原材料钢管应采用以下一种或多种方法进行无损检测：

a) 按 GB/T 5777 的规定进行超声检测，验收等级为 U3；

b) 按 GB/T 7735 的规定进行涡流检验，验收等级为 E3H 或 E3；

c) 按 GB/T 12606 的规定进行漏磁检测，验收等级为 F3。

7.6.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，成品钢管可进行无损检测，其验收方法和等级由供需双方协商确定。

7.7 表面粗糙度

当需方对钢管表面粗糙度有要求时，应在合同中注明。表面粗糙度要求由供需双方协商确定。

7.8 表面质量

7.8.1 钢管的内外表面应光滑，不应有裂纹、折叠、轧折、离层和结疤，这些缺陷应完全清除，清除后钢管的实际尺寸应符合尺寸允许偏差的规定。

7.8.2 钢管的内外表面允许有来自制造过程的磷酸盐和润滑剂附着层存在，热处理状态交货钢管的内外表面允许有不影响表面检查的氧化膜层。

8 试验方法

8.1 钢管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 20123、GB/T 20124、GB/T 20125 或其他通用方法的规定，仲裁时应遵守 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.53、GB/T 223.59、GB/T 223.63、GB/T 223.84、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 20125 的规定。

8.2 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。

8.3 钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查或内窥镜检查。

8.4 表面粗糙度每批抽取 2 根钢管采用粗糙度仪各检测 3 个位置。

8.5 钢管其他检验项目的取样方法和试验方法应符合表 10 的规定。

表 10 钢管的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	化学成分	每炉取 1 个试样	GB/T 20066	8.1
2	拉伸	每批在 2 根钢管上各取 1 个试样	GB/T 2975	GB/T 228.1
3	冲击	每批在 2 根钢管上各取一组 3 个试样	GB/T 2975	GB/T 229
4	残余应力	每批在 1 根钢管上取 1 个试样	附录 A	附录 A
5	晶粒度	每批在 2 根钢管上各取 1 个试样	GB/T 6394	GB/T 6394
6	超声	逐根	—	GB/T 5777
7	涡流	逐根	—	GB/T 7735
8	漏磁	逐根	—	GB/T 12606

9 检验规则

9.1 检查和验收

钢管的检查和验收由供方质量技术监督部门进行。

9.2 组批规则

钢管应按批检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格和同一热处理制度(炉次)或同一交货状态的钢管组成。每批钢管的数量应不大于 200 根。

9.3 取样数量

每批钢管各项检验的取样数量应符合表 10 的规定。

9.4 复验和判定规则

钢管的复验与判定规则应符合 GB/T 2102 的规定。

10 包装、标志和质量证明书

10.1 钢管内外表面应在出厂前进行防锈处理，一般涂中性油。如对防锈有特殊要求，由供需双方协商确定。

10.2 钢管的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。

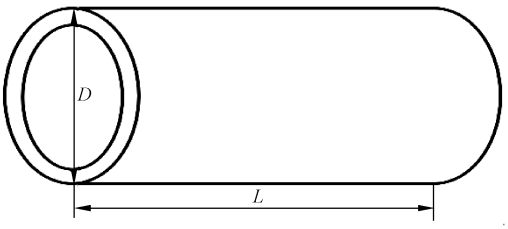
附　录　A
（规范性）
残余应力环切开口位移测量方法和参考值

A.1　测量原理

按照一定方向与要求切开管壁，释放钢管内部残余应力，在钢管达到新稳定状态后，测量固定点位置的尺寸变化，使用经验公式计算其应力值，即为钢管的环切开口位移法（简称“环切法”）残余应力。

A.2　试样

试样如图 A.1 所示，从钢管上截取管段试样，试样长度为 300 mm。通常采用线切割、锯床等切割方式截取试样。



标引符号说明：

D ——钢管的公称外径或计算外径；

L ——试样长度。

图 A.1　钢管试样

A.3　测量仪器

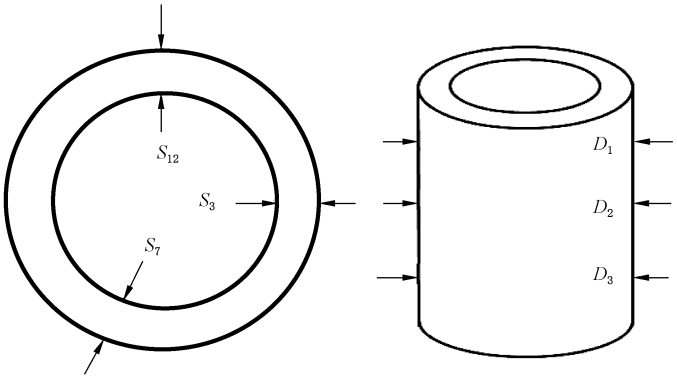
A.3.1　游标卡尺：用于测量试样的长度和外径，精度不低于 0.02 mm。

A.3.2　千分尺：用于测量试样的壁厚，精度不低于 0.01 mm。

A.4　测量方法

A.4.1　如图 A.2 所示，在试样同一横截面圆周上分别标识 12 点钟、3 点钟和 7 点钟位置，用千分尺测量并记录前述 3 个位置的壁厚 S_{12}、S_3、S_7，计算试样 3 个位置的平均壁厚 S_0。

A.4.2　在 3 点钟位置沿纵向选取三处，采用游标卡尺测量外径 D_1、D_2、D_3，计算试样 3 个位置的平均外径 D_0。



标引符号说明：

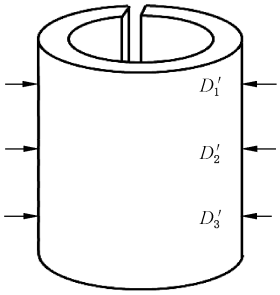
S_{12}、S_3、S_7——试样同一横截面 12 点钟、3 点钟和 7 点钟位置的实测壁厚；

D_1、D_2、D_3——试样 3 点钟位置纵向三处实测外径。

图 A.2　试样原始尺寸

A.4.3　在 12 点钟位置，采用线切割、锯床等切割方式，平行于轴线且径向切开管壁。切口贯穿整个金属管的长度方向，切口宽度为 20 mm～40 mm，保证切割面不接触。

A.4.4　试样切开口后等待 30 min，在测量 D_1、D_2、D_3 的相同位置测量外径 D'_1、D'_2、D'_3（如图 A.3 所示），计算应力释放后试样的平均外径 D'。



标引序号说明：

D_1、D'_2、D'_3——开口试样 3 点钟位置纵向三处实测外径。

图 A.3　开口试样

A.5　残余应力计算

残余应力按式（A.1）进行计算。

$$\sigma = \frac{(D' - D_0)ES_0}{D_0 D'(1-\mu^2)} \qquad \cdots\cdots (A.1)$$

式中：

σ ——残余应力，单位为兆帕（MPa）；

D'——应力释放后试样平均外径，单位为毫米（mm）；

D_0——原始试样平均外径，单位为毫米（mm）；

E ——弹性模量，单位吉帕（GPa），取 206；

S_0——试样平均壁厚，单位为毫米（mm）；

μ ——泊松比，取 0.30。

A.6 残余应力限值

表 A.1 给出了不同牌号钢管残余应力的推荐限值。

注：当残余应力超过表中的限值时，会降低零件的刚度和稳定性，严重影响结构的疲劳强度、抗脆断能力，甚至降低使用寿命，因此通常需要控制材料的残余应力。

表 A.1 不同牌号钢管残余应力推荐限值

牌号	残余应力限值 MPa
GJ450B(C、D、E)	100
GJ550B(D、E)	150
GJ720D	200
GJ850D	250