

# NB

## 中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20520—2018

---

### 核电厂用金属软管通用技术条件

**General requirements for metal hose assemblies in nuclear power plant**

2018 - 12 - 10 发布

2019 - 04 - 01 实施

国家能源局 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 .....	3
5 设计 .....	2
6 制造检验 .....	3
7 型式试验 .....	6
8 质保要求 .....	10
9 标识、包装、运输和贮存 .....	11
10 文件记录 .....	12
附录 A（资料性附录） 软管允许的最大压力 .....	13
附录 B（资料性附录） 软管类型 .....	14
附录 C（规范性附录） 网套爆破压力的校核 .....	24

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国核电工程有限公司、航天晨光股份有限公司、中广核工程有限公司、上海核工程研究设计院有限公司。

本标准主要起草人：王红扬、于风云、梁毅、孙英娜、王品卉、陈正标、范曼蓉、吴春明、江浩。

# 核电厂用金属软管通用技术要求

## 1 范围

本标准规定了压水堆核电厂金属软管的通用设计要求，包括分类、设计、制造、检验、试验规则。

本标准适用于压水堆核电厂管道系统用核级金属软管（下文简称软管）。其他堆型核电厂管道系统中的金属软管可参考使用本标准。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191 包装储运图示标志
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 3089 不锈钢极薄壁无缝钢管
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 4226 不锈钢冷加工钢棒
- GB/T 4240 不锈钢丝
- GB/T 12230 通用阀门 不锈钢铸件技术条件
- GB/T 12777 金属波纹管膨胀节通用技术条件
- GB/T 14525—2010 波纹金属软管通用技术条件
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- NB/T 20003.3—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第3部分 射线检测
- NB/T 20003.4—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分 渗透检测
- NB/T 20007.5—2010 压水堆核电厂用不锈钢 第5部分：1、2、3级奥氏体不锈钢板
- NB/T 20007.7—2012 压水堆核电厂用不锈钢 第7部分：S1、S2级支承件用奥氏体不锈钢钢板和钢带
- NB/T 20007.8—2010 压水堆核电厂用不锈钢 第8部分：1、2、3级奥氏体不锈钢无缝钢管
- NB/T 20007.9—2010 压水堆核电厂用不锈钢 第9部分：1、2、3级奥氏体不锈钢对焊无缝钢管

## 3 术语和定义

GB/T 14525—2010中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**波纹管** **corrugated tube**

母线呈波纹状的管状壳体。

### 3.2

**螺旋波纹管** **helical corrugated tube**



波纹呈螺旋状的波纹管（见图1）。

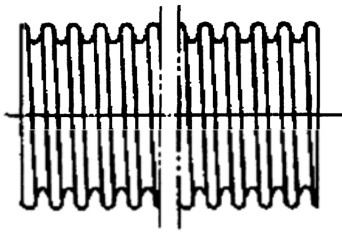


图1 螺旋波纹管示意图

3.3

环形波纹管 **annular corrugated tube**

波纹呈闭合圆环状的波纹管（见图2）。

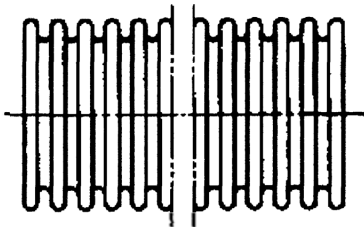


图2 环形波纹管示意图

3.4

加强型波纹管 **strengthened corrugated tube**

在波谷根部有与波纹贴合加强件的波纹管（见图3）。

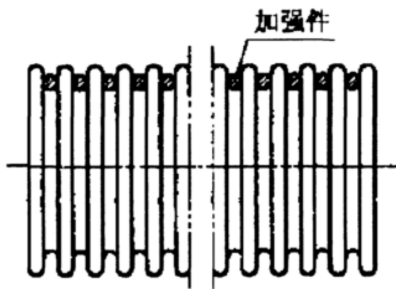


图3 加强型波纹管示意图

3.5

网套 **braid**

波纹管外表面的金属编织物，分为钢丝网套、钢带网套和丝带网套（见图4）。

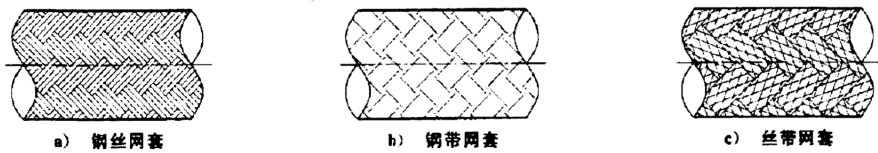


图4 网套示意图

## 3.6

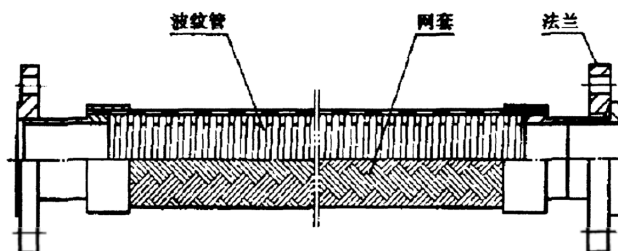
**接头 joint**

用于与管道连接的结构件。结构件一般为球面型、锥面型、平面活接头型、快速接头型、管螺纹型、法兰型和接管型。

## 3.7

**波纹金属软管 corrugated metal hose assembly**

波纹管、网套和接头的组合（见图5）或波纹管和接头的组合。



注：图示为法兰接头的软管。

图5 波纹金属软管示意图

## 3.8

**弯曲半径 bend radius**

按软管轴线测量的弯曲圆弧半径。

## 3.9

**静态弯曲半径 static bend radius**

软管在一次性弯曲下工作所允许的弯曲半径。

## 3.10

**动态弯曲半径 dynamic bend radius**

软管在反复弯曲下工作所允许的弯曲半径。

## 3.11

**柔性段长度 flexible part length**

软管中去除两端所有刚性连接段后的长度。

## 3.12

**核级金属软管 nuclear safety metal hose**

用于核安全级工艺系统管道的金属软管。

## 4 分类

## 4.1 基本参数

压水堆核电厂用金属软管的公称尺寸范围为 DN4~DN800，室温下的设计压力  $P_s$ （下文简称  $P_s$ ）范围为  $P_s \leq 35.0$  MPa。常用规格见表 1。不同工作温度下，软管允许的设计压力参见附录 A。

表1 常用规格

公称尺寸 DN	设计压力 $P_s$ MPa													
	0.6	1.0	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	6.3	10.0	15.0	20.0	25.0	32.0	35.0
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
(12)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
(18)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
25	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
32	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
40	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
50	○	○	○	○	○	○	○	○						
65	○	○	○	○	○	○	○	○						
80	○	○	○	○	○	○	○							
100	○	○	○	○	○	○								
125	○	○	○	○	○	○								
150	○	○	○	○	○	○								
(175)	○	○	○	○	○	○								
200	○	○	○	○	○	○								
250	○	○	○	○	○	○								
300	○	○	○	○	○	○								
350	○	○	○	○	○									
400	○	○	○	○	○									
450	○	○	○	○	○									
500	○	○	○	○	○									
600	○	○	○	○										
700	○	○	○											
800	○	○	○											
注1：“○”表示软管的常用规格。 注2：括号内公称尺寸不推荐采用。														

## 4.2 软管的分类

### 4.2.1 法兰连接软管

法兰连接软管由金属波纹管、网套和法兰组成。

根据不同压力等级和使用场合，金属软管分为软管 1 型、软管 2 型、软管 3 型、软管 4 型、软管 14 型、软管 15 型共 6 种型式，具体内容参见附录 B。

## 4.2.2 快速连接软管

快速连接软管由金属波纹管、网套和快速接头组成。

根据不同压力等级和使用场合，金属快连接软管分为软管 5 型、软管 6 型、软管 7 型、软管 8 型、软管 9 型、软管 10 型、软管 11 型、软管 12 型、软管 13 型共 9 种类型；具体内容参见附录 B。

## 5 设计

### 5.1 材料

核级金属软管采用的主体材料（如法兰、紧固件等）应按照具体采购要求执行。

软管用材料应适合制造（如成形、焊接）及使用的要求，且满足外部环境和内部工艺介质需求，常用材料见表 2。

表2 金属软管常用材料

零件名称	新牌号	材料旧牌号	材料标准	推荐工作温度
波纹管	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	GB/T 20878	
	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	GB/T 3089	
	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	GB/T 3280	-196℃~450℃
	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo3	NB/T 20007.5—2010	
	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	NB/T 20007.8—2010	
网套	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	GB/T 20878	
	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	GB/T 4240	
	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	GB/T 3280	-196℃~450℃
	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo3	NB/T 20007.7—2012	
	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	NB/T 20007.8—2010	
接头	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	GB/T 20878	
	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	GB/T 1220	
	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	GB/T 4226	-196℃~450℃
	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo3	NB/T 20007.7—2012	
	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	NB/T 20007.8—2010	
	ZG08Cr18Ni9	ZG0Cr18Ni9	GB/T 12230	
	ZG08Cr18Ni12Mo2Ti	ZG0Cr18Ni12Mo3Ti		
	20Cr13	2Cr13	GB/T 4226	-20℃~450℃
			GB/T 20878	
	Q235B	Q235B	GB/T 699	-20℃~300℃
	20	20	GB/T 700	

### 5.2 设计

#### 5.2.1 波纹管设计

##### 5.2.1.1 波形设计

金属软管的波纹管，常选用环状 U 形和螺旋状 U 形波形。

5.2.1.2 金属波纹管强度计算

金属波纹管设计应进行强度校核，具体按照采购要求执行。

5.2.2 网套设计

网套设计应满足附录 C 的要求。

6 制造检验

6.1 材料复验

核级金属软管制造所用主体材料应按相关标准进行入厂复验。

6.2 成形

6.2.1 管坯不准许有环焊缝，允许有纵焊缝，纵焊缝条数应符合表 3 的规定，且相邻纵焊缝的间距应大于 200 mm。

表3 管坯纵焊缝条数

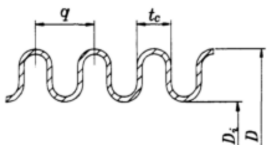
公称尺寸 DN	纵焊缝条数
$\leq 250$	$\leq 1$
$>250 \sim 600$	$\leq 2$
$>600 \sim 800$	$\leq 3$

6.2.2 管坯纵焊缝的焊接方法，可采用自动氩弧焊、等离子焊、激光焊或电子焊束；其焊缝表面一般应呈银白色、金黄色，也可呈浅蓝色；管坯纵焊缝的凹陷及余高不应超过壁厚的 10%。

6.2.3 波纹管的成形方法，可采用液压成形、聚氨脂成形或机械胀形。

6.2.4 波纹管的极限偏差应符合表 4 的规定。

表4 波纹管的极限偏差

旋压成形		液压成形		波厚 $t_c$	波距 $q$	简 图	
外径 $D_w$	内径 $D_i$	外径 $D$	内径 $D_i$				
js16	Js18	js18	Js16	Js18			

波纹管表面不应有裂纹、尖角折叠、剥层、夹杂、焊渣、氧化皮、锈斑、凹坑缺陷，也不应有深度大于壁厚的压痕或深度大于壁厚下偏差的划痕。对于不大于壁厚下偏差的划痕，应予修磨。

软管采用的波纹管允许由多段波纹管串接而成，此时波纹管之间允许有环焊缝。

网套编织通常采用在波纹管外机器编织，大口径软管可采用手工编织。

波纹管与波纹管、波纹管与接管，波纹管与网套、接管与网套连接环焊缝的焊接方法，可采用氩弧焊、等离子焊或硬钎焊。

6.3 焊接要求

波纹管与波纹管、波纹管与接管、波纹管与网套、接管与网套连接环焊缝的焊接方法，可采用氩弧

焊、等离子焊或硬钎焊。

焊缝同一部位的补焊次数不应超过 2 次。

## 6.4 检验和试验

### 6.4.1 出厂检验

每根软管均应按 6.4.2~6.4.6 要求进行出厂检验，合格后方可出厂。

出厂检验时，若发现不合格项目，允许进行返修，次数不超过 2 次。

### 6.4.2 外观要求

#### 6.4.2.1 软管外观

软管焊缝表面应成形均匀，不应有裂纹、气孔、弧坑、咬边和焊接飞溅。

软管接头的密封表面不应有裂纹、擦伤、毛刺和沙眼。

软管内外表面应清洁干燥，不应有锈蚀和多余物。

#### 6.4.2.2 网套外观

钢丝网套或丝带网套的断丝缺丝总根数应符合表 5 的规定，且每股断丝缺丝不应超过 1 根。

软管网套应与波纹管贴合，网套的表面应平整光滑且网花均匀，不准许折叠和扭曲。

网套焊接或者钎焊的连接点应该表面平整光滑，不允许有球状堆积，断点，孔隙和凹槽等。

表5 网套的断（缺）丝总根数

单位为根数

公称尺寸 DN	网套长度 < 500 mm	网套长度 ≥ 500 mm
4~32	≤3	≤4
40~100	≤6	≤8
125~400	≤9	≤12

#### 6.4.2.3 接头外观

所有不锈钢表面不涂漆，所有碳钢接头外表面应涂防腐涂层，碳钢紧固件应进行磷化涂油处理。

### 6.4.3 尺寸要求

#### 6.4.3.1 软管长度极限偏差应符合表 6 的规定。

表6 软管长度极限偏差

单位为毫米

软管长度 $L$	长度极限偏差 $\Delta L$	软管长度 $L$	长度极限偏差 $\Delta L$
100~400	+15 0	>2000~3000	+35 0
>400~800	+20 0	>3000~4000	+40 0
>800~1200	+25 0	>4000~6000	+60 0
>1200~2000	+30 0	>6000	+1%L 0

6.4.3.2 软管接口尺寸应符合图样及相关标准规定。

6.4.4 无损检验要求

6.4.4.1 无损检验应在成形前进行（因焊缝等的无损检验在成形后比较困难）。

6.4.4.2 金属软管的无损检验主要针对成型前的薄壁钢管，无损检验内容至少包括射线检测和渗透检测。

6.4.4.3 过渡接管、接头零件（或待焊）的表面应进行 100%渗透检测。

6.4.4.4 软管的管坯纵焊缝、接管纵焊缝及波纹管与波纹管、波纹管与接管、波纹管与网套、接管与网套连接环焊缝应按要求的数量进行无损检测，而对于连续自动焊管生产线的管坯纵焊缝，可要求对焊接见证件（截取长度不短于 250 mm 的管坯）进行无损检测，其质量要求见表 7。

表7 焊缝无损检测质量要求

序号	分 类	质量要求
1	过渡接管、接头零件（或待焊）的表面	渗透检测质量应不低于 NB/T 20003.4—2010 的 II 级规定。
2	管坯纵焊缝	射线检测质量应不低于 NB/T 20003.3—2010 的 II 级规定。
3	波纹管与波纹管、波纹管与接管、波纹管与网套、接管与网套、接头对接及非对接的软管所有可检测环焊缝	渗透检测质量应不低于 NB/T 20003.4—2010 的 II 级规定。
4	核级软管接头对接环焊缝	射线检测质量应不低于 NB/T 20003.3—2010 的 II 级规定。

6.4.4.5 软管除表 7 中序号 3 外的可检测环焊缝，应按要求的数量进行无损检测，型式试验的试件应进行 100%的无损检测，其质量要求见表 7 中序号 4。

6.4.4.6 无损检验应按照具体采购要求执行。

6.4.5 压力试验

压力试验包括水压试验和气压试验。

软管耐压试验宜采用水压试验。对于符合表 8 规定的软管，在防护措施足以保障人身安全的条件下，才允许用气压代替水压进行耐压试验，但不推荐使用气压试验。对于不符合表 8 规定的工作压力较高软管，应先进行水压试验，再进行气压试验。除用户合同规定外，型式试验软管的耐压试验不允许使用气压试验。

表8 允许以气压代替水压试验的软管

公称尺寸 DN	设计压力 $P_d$ /MPa
≤80	≤2.5
100~150	≤1.6
175~200	≤1.0
250~350	≤0.6

a) 水压试验

试验介质为氯离子含量不差过 25 mg/L 的水。实验装置为加压泵、压力监测仪表。将试件平直放置，一端安装带有排气阀的堵头，另一端和泵出口连接。将水注入软管内，排尽空气，关闭排气阀，密封试件，然后缓慢加压至试验压力，至少保压 15 min,试验压力下检查试件，结果应符合应无渗漏、无损伤、无异常变形。

b) 气压试验

试验介质为无毒、无腐蚀性、非可燃的干燥、清洁气体。试验水槽用水的氯离子含量不差过 25 mg/L。实验装置为气泵（或气瓶组）、压力监测仪表、水槽。试件一端安装堵头，另一端与进气口相接。将试件浸没于水槽中，通入气体缓慢加压至试验压力，至少保压 10 min，试验压力下检查试件，应无渗漏、无损伤、无异常变形。

#### 6.4.6 气密试验

气密试验应在压力试验合格后进行，当压力试验采用气压试验时，可不进行密封性能试验。

试验介质为无毒、无腐蚀性、非可燃的干燥、清洁气体；试验水槽用水的氯离子含量不差过 25 mg/L。实验装置为气泵（或气瓶组）、压力监测仪表、水槽。试件一端安装堵头，另一端与进气口相接。

软管在设计压力  $P_s$  下进行气密试验，将试件浸没于水槽中，通入气体缓慢加压至试验压力，至少保压 10min，试验压力下检查试件，应无漏气。

### 7 型式试验

#### 7.1 总体要求

制造厂在首次产品制造之前，应按照相应的金属软管技术要求进行型式试验。

#### 7.2 检验时机

在下列情况之一时，应进行试验：

- a) 新品定型鉴定时；
- c) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 正常生产每满 4 年时；
- e) 产品停产超过 1 年，再恢复生产时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式实验的要求时。

#### 7.3 抽样与判定

7.3.1 进行型式试验的试件，应从出厂检验合格的软管中任选一种规格随机抽取，其数量为 3 根。根据合同规定，也可增加试件数量。

7.3.2 型式试验的顺序按表 9 的规定。

表9 型式试验顺序表

试件编号	静态弯曲试验	动态弯曲试验	爆破试验	抗震试验
1	○	—	○	—
2	—	○	—	—
3	—	—	—	○
注1：“○”表示进行该项试验。				
注2：公称尺寸DN≥100的软管，允许将试件2和试件3按试件1进行将静态弯曲和爆破试验。				

7.3.3 型式试验中若有任一项不合格时，可判该次型式试验不合格，亦可加倍抽样，对不合格项进行复检，若复检结果仍有任一项不合格时，则判该次试验不合格。

7.3.4 经过型式试验的软管不得再作为合格产品出厂。

#### 7.4 型式试验要求



## 7.4.1 静态弯曲

软管以静态弯曲半径  $R_s$  反复弯曲 10 次后, 在设计压力  $P_s$  下进行气密试验, 应无漏气, 无损伤、无异常变形。

## 7.4.2 动态弯曲

软管最少动态弯曲次数见表 10。软管在设计压力  $P_s$  下, 以动态弯曲半径  $R_d$  弯曲表 10 规定的最少动态弯曲次数后, 软管应无泄漏, 无异常变形。

表10 软管最少弯曲次数和最小弯曲半径

公称 尺寸 DN	最少弯曲次数 次							最小弯曲半径 mm	
	设计压力 $P_s$ (室温)							静态 $R_s$	动态 $R_d$
	MPa								
	0.1	0.25	0.6	1.0	1.6	2.0	2.5		
4	50 000							35	80
6								50	110
8								65	145
10								80	180
15								120	270
20								160	360
25								175	400
32								225	510
40								280	640
50								350	800
65	50 000				15 000			390	845
80	50 000				15 000			480	1 000
100	4 000							600	1 200
125								750	1 500
150								900	1 800
200								1 000	2 000
250								1 250	2 500
300								1 500	3 000
350	2 000							1 750	3 500
400								2 000	4 000

## 7.4.3 抗震性能

根据技术规格书的要求进行相应类别的抗震试验, 以检验其在地震时和地震后的结构完整性和功能性。

## 7.4.4 爆破性能要求

软管最小爆破压力不低于设计压力  $P_s$  的 4 倍; 网套的爆破压力应按附录 C 进行校核。

## 7.5 型式试验方法

### 7.5.1 静态弯曲试验

在软管不充压的情况下进行试验，试验装置为静态弯曲试验台，按图装置试件，将试件一端刚性固定，另一端以 5 次/min~25 次/min 的频率，围绕并贴合定形圆柱体进行弯曲，软管由直线状态至弯曲状态，再恢复至直线状态为一次弯曲循环，弯曲角  $90^\circ$ ，反复弯曲 10 次后，对试件按 6.5.2 的方法进行密封性能试验，结果应符合 5.8.3 的要求。

进行单项静态弯曲试验时，试件最小长度  $L_1$  应按公式 (1) 进行计算，当软管的波纹管之间有环焊缝时，试件中应至少包含一个焊接段。

$$L_1 = 1.7R_j + A_1 + A_2 \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$L_1$ ——静态弯曲试件最小长度，单位为毫米 (mm)；

$R_j$ ——软管静态弯曲半径 (见表 10)，单位为毫米 (mm)；

$A_1$ 、 $A_2$ ——试件的刚性段长度，单位为毫米 (mm)。

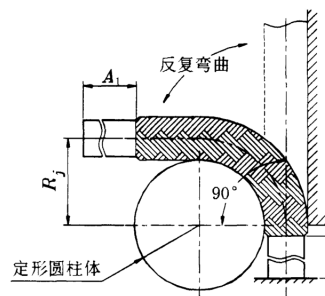


图6 软管静态弯曲试验安装图

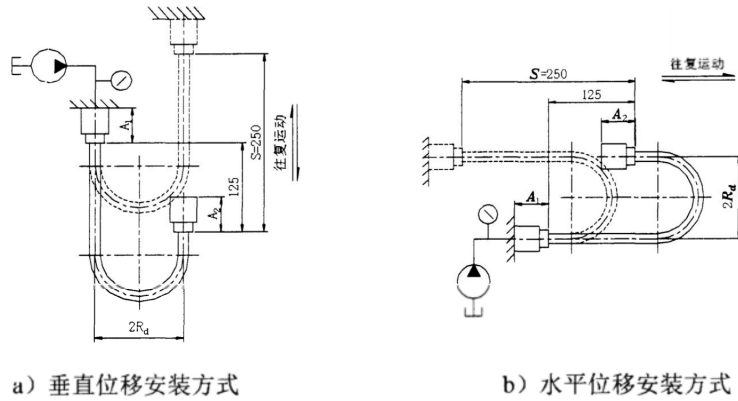
### 7.5.2 动态弯曲试验

#### 7.5.2.1 概述

公称尺寸  $DN < 100$  的试件进行 U 形弯曲试验，公称尺寸  $DN \geq 100$  的试件进行摆动弯曲试验，结果应符合 5.8.4 的要求。

#### 7.5.2.2 U 型弯曲试验

试验介质为水或液压油。实验装置为 U 形弯曲试验台、加压泵、压力监测仪表。按图安装试件，启动液压泵，将水或液压油注入管内，排尽空气，关闭排气阀，密封试件，然后缓慢加压至设计压力  $P_s$ ，启动弯曲试验台，以 5 次/min~30 次/min 的频率往复运动，在试验过程中检查试件有无渗漏和异常变形；当达到表 10 规定的最少弯曲次数后，在设计压力  $P_s$  下检查软管，结果应符合 5.8.4 的要求。



注：b) 水平位移安装方式仅适用于 $DN \leq 32$ 的软管

图7 软管U形弯曲试验安装图

U形弯曲试件长度 $L_2$ 按公式(2)进行计算:

$$L_2 = 4R_d + A_1 + A_2 + S/2 \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$L_2$ ——U 型弯曲试件长度, 单位为毫米 (mm);

$R_d$ ——软管动态弯曲半径 (见表 10), 单位为毫米 (mm);

$S$ ——试验行程: 250 mm。

### 7.5.2.3 摆动弯曲试验

试验介质为水或液压油。实验装置为摆动弯曲试验台、加压泵、压力监测仪表。按图安装试件, 启动液压泵, 将水或液压油注入管内, 排尽空气, 关闭排气阀, 密封试件, 然后缓慢加压至设计压力 $P_s$ , 启动摆动弯曲试验台, 按表 11 规定的行程 $h$ , 以 3 次/min~15 次/min 的频率往复运动, 在试验过程中检查试件有无渗漏和异常变形; 当达到表 规定的最少弯曲次数后, 在设计压力 $P_s$ 下检查软管, 结果应符合 5.8.4 的要求。

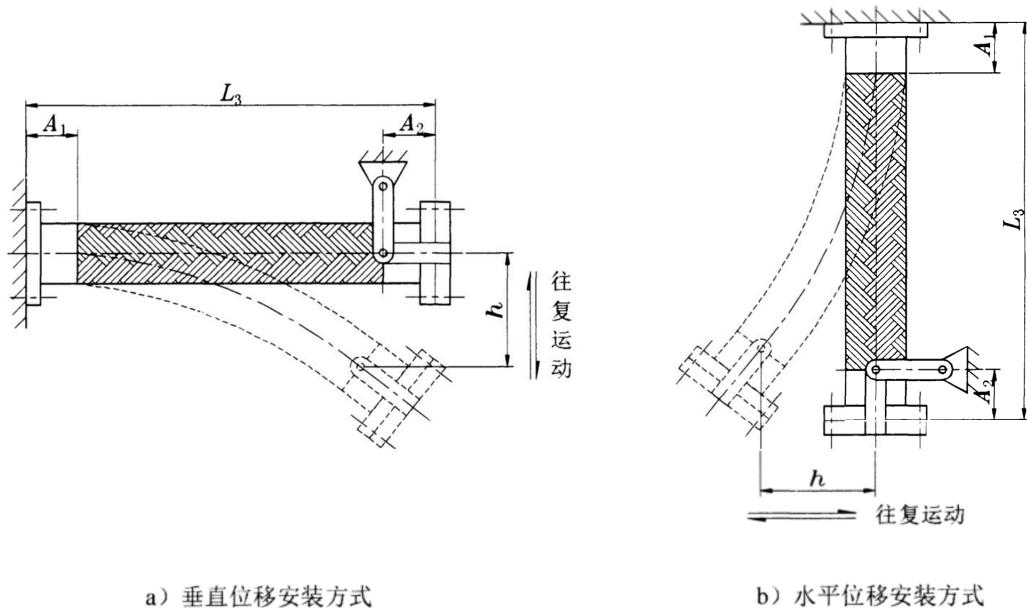


图8 软管摆动弯曲试验安装图

摆动弯曲试件长度  $L_3$  按公式 (3) 进行计算:

$$L_3 = k_1 \times DN + A_1 + A_2 \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$L_3$ ——摆动弯曲试件长度, 单位为毫米 (mm);

$k_1$ ——长度系数。

表11 摆动弯曲试验行程

单位为毫米

公称尺寸 $DN$	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
长度系数 $k_1$	6							3						
行程 $h$	45	50	55	65	65	70	80	45	50	55	60	65	70	75

### 7.5.3 爆破性能试验

试验介质为水或液压油。试验装置为加压泵、压力监测仪表。将试件平直放置, 一端安装带有排气阀的堵头, 另一端和泵出口连接, 启动加压泵, 将水或液压油注入管内, 排尽空气, 关闭排气阀, 密封试件, 然后缓慢加压, 直至试件渗漏或破坏并记录试件的损坏情况, 结果应符合 5.8.4 的要求。若压力超过表 1 规定的最小爆破压力  $P_b$  时试件仍未爆破, 允许不将试验持续至渗漏或破坏。

进行单项的爆破试验时, 试件柔性段最小长度  $L_4$  应符合表的规定, 当软管的波纹管之间有环焊缝时, 应至少包含一个焊接段。

表12 爆破试件柔性段最小长度

单位为毫米

公称尺寸 $DN$	4~32	40~100	125~200	250~350	400~600	600~800
爆破试件柔性段最小长度 $L_4$	70	150	250	350	4000	450

爆破试件段最小长度  $L_5$  按公式 (4) 进行计算:

$$L_5 = L_4 + A_1 + A_2 \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$L_4$ ——试件柔性段最小长度, 单位为毫米 (mm);

$L_5$ ——爆破试件段最小长度, 单位为毫米 (mm)。

## 8 质保要求

### 8.1 合同方、制造者或供货方的责任

8.1.1 在质量保证方面, 合同方、制造者或供货方有下列责任:

- 应按本章对遵守本标准设备制造中涉及到的所有服务和活动的要求建立和实施质量管理体系。
- 将适用的质量保证要求通知每一合同方、制造者或供货方。
- 所有安全级产品及其运行影响安全功能的产品都需要建立质量管理体系。
- 在确定质量保证要求的必要性、重要性及范围时, 尤其是对设备安全性和利用率的重要性时, 应考虑到复杂性、新颖性或独特性程度, 所有核级设备都应遵守质量保证要求。

- e) 有关服务的订货单（如设计、检验、监督、检查、安装、起吊、装卸、运输、陆地勘测等），它影响到遵守本标准的设备，则允许承包者以更有利于工作的更具体的要求来代替 8.2 的一般要求，只要这些要求的实施是等效于 8.2 一般要求的实施。但这些要求应在专门的质量保证文件中规定。

8.1.2 只要在设备规格书中提出了质量保证要求，合同方、制造者或供货方对质量保证还负有下列责任：

- a) 对影响供货质量的所有活动，均应按本章要求制定和实施质量保证程序；
- b) 为满足在订货单中提出的本章质量保证要求，制造者应规定并通知供货方制定和实施专门的质量保证要求；
- c) 验证供货者是否满足规定要求。

## 8.2 质量保证一般要求

我国国家核安全局经国务院授权已发布了核安全法规HAF 003，应遵照执行。

## 9 标识、包装、运输和贮存

### 9.1 软管铭牌要求

9.1.1 每根软管均应标明产品型号、商标、制造厂名和制造日期（或批号）。

9.1.2 软管若采用包装箱包装时，产品包装、贮存标志应符合 GB/T 191 的规定，且至少应包括下列各项：

- a) 制造厂名；
- b) 产品名称；
- c) 产品型号；
- d) 制造日期；
- e) 商标；
- f) 产品执行的标准编号。

### 9.2 软管包装要求

9.2.1 软管包装前应进行数量检查；水压试验后的每个部件要进行细致的干燥清洁处理；碳钢部件采用易清洗的防护层或其他适宜方式防止锈蚀；软管的封装应确保其一直到开箱时都保存完好；软管所有孔洞都应采用固体防漏插塞进行包装；包装箱外应有明显的耐久标志。

9.2.2 软管两端应有防尘包装，产品可裸装或木箱包装，但应满足软管最小静态弯曲半径要求。

9.2.3 包装箱内应有装箱单和备件清单（若需提供备件时）。

9.2.4 包装箱内应有软管产品合格证和使用说明书。

### 9.3 软管运输要求

软管在运输过程中应避免碰撞并防止雨雪直接侵袭。

### 9.4 软管贮存环境要求、放置要求

软管贮存在洁净、干燥和无腐蚀气体的库房内。放置于垫板上，同时考虑最小弯曲半径。注意防止由于堆放、碰撞和跌落等原因造成软管机械损伤。

## 10 文件记录

产品出厂时应提交完工文件，至少需要包括如下文件：

- a) 合格证；
- b) 质量放行单；
- c) 材质证明书；
- d) 竣工图；
- e) 安装使用手册；
- f) 无损检测报告；
- g) 相关测试报告；
- h) 焊接记录及焊缝返修报告；
- i) 批准过的不符合项（如有）。

附 录 A  
(资料性附录)  
软管允许的最大压力

### A.1 计算公式

软管在不同温度下，允许的最大工作压力按公式 (A.1) 进行计算：

$$P_0 = k_2 \times P_s \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$P_0$ ——软管允许的最大工作压力，单位为兆帕 (MPa)；

$k_2$ ——软管的温度修正系数；

$P_s$ ——室温下设计压力，单位为兆帕 (MPa)。

### A.2 温度修正系数

A.2.1 波纹管、网套和接头常用材料的温度修正系数见表A.1。

A.2.2 软管温度修正系数应按波纹管、网套和接头的温度修正系数分别确定后取其较小值。

表A.1 温度修正系数

材料牌号	温度 °C												
	≤20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
06Cr19Ni10	1	0.93	0.81	0.70	0.64	0.60	0.57	0.54	0.52	0.51	0.50	0.49	0.47
022Cr19Ni10	1	0.93	0.81	0.70	0.64	0.60	0.57	0.54	0.51	0.50	0.49	0.47	0.47
06Cr17Ni12Mo2	1	0.93	0.83	0.72	0.66	0.63	0.60	0.55	0.53	0.52	0.51	0.50	0.50
022Cr17Ni12Mo2	1	0.93	0.83	0.72	0.66	0.62	0.59	0.56	0.55	0.53	0.51	0.50	0.50
06Cr18Ni11Ti	1	0.94	0.86	0.76	0.73	0.70	0.67	0.65	0.63	0.61	0.60	0.59	0.57
Q235B、20	1	0.98	0.90	0.89	0.86	0.82	0.76	0.73	0.70	0.41	0.24	—	—

附 录 B  
(资料性附录)  
软管类型

B.1 软管分类

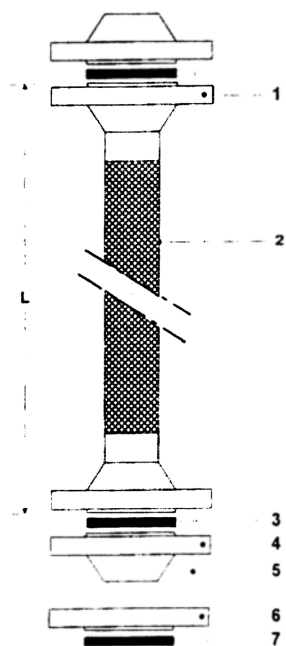
B.1.1 法兰软管:

- a) 软管 1 型 (非核级), 简图见图 B. 1;
- b) 软管 2 型 (核级), 简图见图 B. 2;
- c) 软管 3 型 (核级), 简图见图 B. 3;
- d) 软管 4 型 (一端法兰一端快速接头), 简图见图 B. 4;
- e) 软管 14 型 (核级带管座), 简图见图 B. 14;
- f) 软管 15 型 (非核级碳钢法兰), 简图见图 B. 15。

B.1.2 快连接软管:

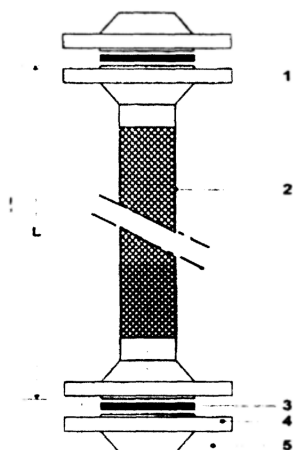
- a) 软管 5 型 (碳钢管接头), 简图见图 B. 5;
- b) 软管 6 型 (不锈钢管接头), 简图见图 B. 6;
- c) 软管 7 型 (一端快速接头一端管接头), 简图见图 B. 7;
- d) 软管 8 型 (一端快速接头一端直管), 简图见图 B. 8;
- e) 软管 9 型 (一端不带阀快速接头一端管接头), 简图见图 B. 9;
- f) 软管 10 型 (一端快速接头插件), 简图见图 B. 10;
- g) 软管 11 型 (双端快速接头插件), 简图见图 B. 11;
- h) 软管 12 型 (双端接直管段), 简图见图 B. 12;
- i) 软管 13 型 (一端法兰一端快速接头), 简图见图 B. 13。





序号	数量	名称	材料
1	2	ANSI 法兰 Class 150 RF	碳钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	2	垫片	—
4	2	ANSI 法兰 Class 150 RF <sup>a</sup>	碳钢
5	—	螺栓紧固件 2 组	碳钢
6	1	ANSI 盲板法兰 DN40 Class 150 RF	碳钢
7	1	垫片	—
<sup>a</sup> DN≤50 采用承插焊法兰，DN>50 采用带颈对焊法兰。			

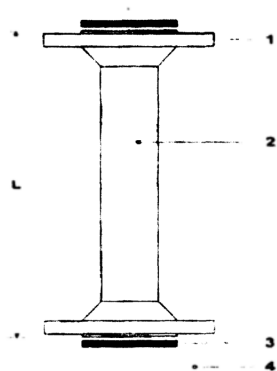
图A. 1 软管 1 型简图



序号	数量	名称	材料
1	2	ANSI 法兰 Class 150 RF <sup>b</sup>	碳钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	2	垫片	—
4	2	ANSI 法兰 Class 150 RF <sup>a, b</sup>	碳钢
5	—	螺栓紧固件 2 组 <sup>b</sup>	碳钢

<sup>a</sup> DN ≤50 采用承插焊法兰，DN >50 采用带颈对焊法兰。  
<sup>b</sup> 法兰、螺栓为核级。

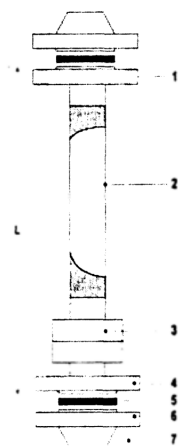
图A.2 软管 2 型简图



序号	数量	名称	材料
1	2	ANSI 带颈焊接法兰 PN16 RF	碳钢
2	1	金属波纹管	不锈钢
3	2	垫片	—
4	—	螺栓紧固件 2 组 <sup>b</sup>	碳钢

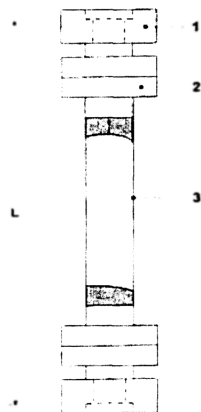
注：法兰、螺栓为核级。

图A.3 软管 3 型简图



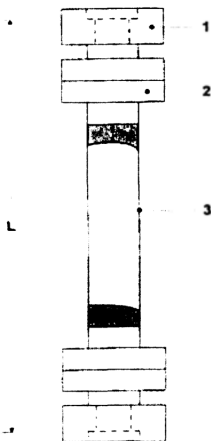
序号	数量	名称	材料
1	1	ANSI 带环松套法兰 Class 150	碳钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	1	快速接头 内部带阀 + 外部带保护帽	不锈钢
4	1	ANSI 螺纹法兰 Class 150 RF <sup>a</sup>	碳钢
5	2	垫片	—
6	3	ANSI 带颈焊接法兰 Class 150 RF	碳钢
7	—	螺栓紧固件 2 组	碳钢

图A. 4 软管 4 型简图



序号	数量	名称	材料
1	2	SW 承插焊管接头	碳钢
2	2	快速接头 内部带阀 + 外部带保护帽	不锈钢
3	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢

图A. 5 软管 5 型简图



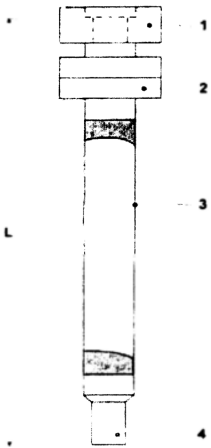
序号	数量	名称	材料
1	2	SW 承插焊管接头	不锈钢
2	2	快速接头 内部带阀 + 外部带保护帽	不锈钢
3	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢

图A.6 软管 6 型简图



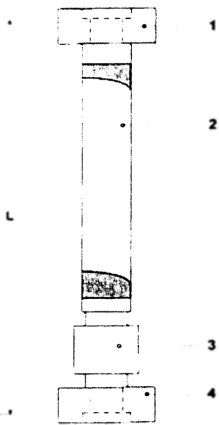
序号	数量	名称	材料
1	2	SW 承插焊管接头	316L
2	1	快速接头 内部带阀 + 外部带保护帽	316L
3	1	金属波纹管 + 金属网套	321 304

图A.7 软管 7 型简图



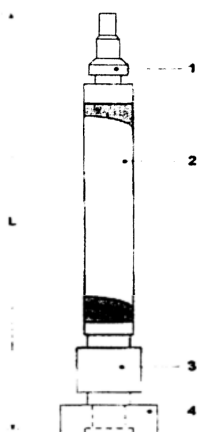
序号	数量	名称	材料
1	1	SW 承插焊管接头	不锈钢
2	1	快速接头 内部带阀 + 外部带保护帽	不锈钢
3	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
4	1	管	—

图A. 8 软管 8 型简图



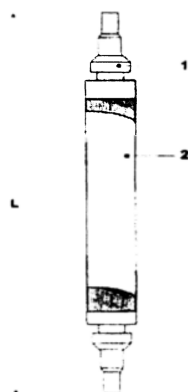
序号	数量	名称	材料
1	1	SW 承插焊管接头	不锈钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	1	快速接头	不锈钢
4	1	承插焊管接头	不锈钢

图A. 9 软管 9 型简图



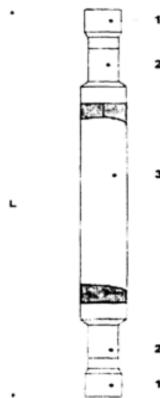
序号	数量	名称	材料
1	1	快速接头插件	不锈钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	1	快速接头	不锈钢
4	1	焊接管接头	不锈钢

图A.10 软管 10 型简图



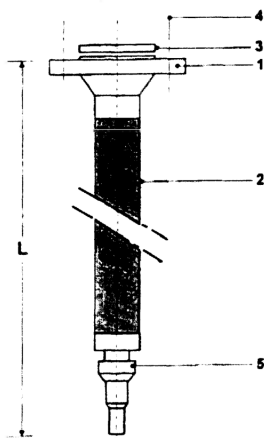
序号	数量	名称	材料
1	2	快速接头插件	不锈钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢

图A.11 软管 11 型简图



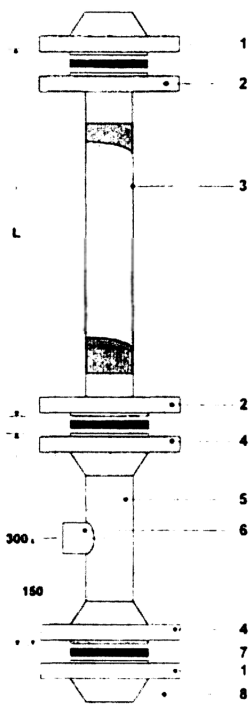
序号	数量	名称	材料
1	2	对焊管接头 BW	不锈钢
2	2	管	不锈钢
3	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢

图A. 12 软管 12 型简图



序号	数量	名称	材料
1	1	法兰 Class 150 RF	碳钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	1	垫片	—
4	—	螺栓 1 组	碳钢
5	1	快速接头	碳钢

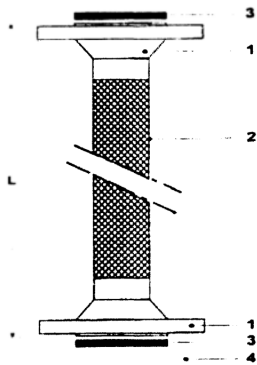
图A. 13 软管 13 型简图



序号	数量	名称	材料
1	2	ANSI 承插焊法兰 Class 150 RF <sup>a</sup>	不锈钢
2	2	ANSI 带环松套法兰	不锈钢
3	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
4	2	ANSI 承插焊法兰 Class 150 RF	不锈钢
5	1	管	不锈钢
6	1	SW 3/4" 承插焊管座	不锈钢
7	3	垫片	—
8	—	螺栓紧固件 3 组 <sup>a</sup>	不锈钢
<sup>a</sup> 核级法兰和螺栓紧固件。			

图A. 14 软管 14 型简图





序号	数量	名称	材料
1	2	ANSI 带颈焊接法兰 Class 150 RF	碳钢
2	1	金属波纹管 + 金属网套	不锈钢
3	2	垫片	—
4	—	螺栓紧固件 2 组	碳钢

图A. 15 软管 15 型简图

附 录 C  
(规范性附录)  
网套爆破压力的校核

### C.1 钢丝网套和丝带网套的计算爆破压力

钢丝网套和丝带网套的计算爆破压力  $P_{bs}$  按公式 (C.1) 计算:

$$P_{bs} = k_3 \times k_4 \times mn \times \sigma_b \times \cos \beta \times d^2 / D_m^2 \cdots \cdots \cdots (C.1)$$

式中:

$P_{bs}$ ——计算爆破压力, 单位为兆帕 (MPa);

$k_3$ ——网套钢丝(带)受力不均匀修正系数, 通常  $k_3=0.7\sim 0.95$ , 具体数值由试验确定;

$k_4$ ——网套层数修正系数, 单层网套取 1, 二层网套取 1.8, 三层网套取 2.4;

$m$ ——网套股数;

$n$ ——网套每股钢丝根数;

$\sigma_b$ ——标准中规定的室温下材料的抗拉强度, 单位为兆帕 (MPa);

$\beta$ ——网套编织角, 单位为度 ( $^{\circ}$ ), 通常  $\beta=40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ;

$d$ ——钢丝直径, 单位为毫米 (mm);

$D_m$ ——波纹管中径(内、外径之和的一半), 单位为毫米 (mm)。

### C.2 钢带网套的计算爆破压力

钢带网套的计算爆破压力  $P_{bs}$  按公式 (C.2) 计算:

$$P_{bs} = 4 \times k_3 \times k_4 \times m \times b \times \delta \times \sigma_b \times \cos \beta / (\pi \times D_m^2) \cdots \cdots \cdots (C.2)$$

式中:

$b$ ——钢带宽度, 单位为毫米 (mm);

$\delta$ ——钢带厚度, 单位为毫米 (mm);

### C.3 网套爆破压力

网套爆破压力按公式 (C.3) 校核:

$$P_{bs} \geq P_b \cdots \cdots \cdots (C.3)$$

式中:

$P_b$ ——最小爆破压力, 单位为兆帕 (MPa), 不低于设计压力  $P_s$  的 4 倍,  $P_s$  按表 1 确定。

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
核电厂用金属软管通用技术条件  
NB/T 20520—2018

\*

核工业标准化研究所出版发行  
北京海淀区骚子营 1 号院  
邮政编码: 100091  
电 话: 010-62863505  
原子能出版社印刷  
版权专有 不得翻印

\*

2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷  
印数 1—50 定价 58.00 元