

团 体 标 准

T/CCGA 20001—2018

低温波纹金属软管安全技术条件

The safety specification for cryogenic corrugated metal hose assemblies

2018-11-08 发布

2018-12-09 实施

中国工业气体工业协会

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 要求	2
6 检验方法	7
7 检验规则	10
8 标志、包装、运输和贮存	12

CCGA

前 言

随着我国气体行业的发展，使用低温罐车运输液氧、液氮、液氩等得到迅猛发展，尤其随着气体能源的发展而使液化天然气罐车数量飞速增长。但低温罐车装卸所使用的低温波纹金属软管，一直无相关规范标准，致使一些事故的发生，如山东“6.5”事故。

为促进气体行业的安全健康、持续发展，中国工业气体工业协会特组织专家进行本标准的编制。

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国工业气体工业协会提出并归口。

本标准起草单位：江苏宏远管业有限公司、中国工业气体工业协会。

本标准主要起草人：唐炳耀、申晓明、赵永忠、沈春干、唐耀华、宋芳芳。

CCGA

低温波纹金属软管安全技术条件

1 范围

本标准规定了公称直径为8~150mm低温波纹金属软管的术语和定义,分类,要求,检验方法,检验规则,标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于输送介质液氧、液氮、液氩、液化天然气等低温液体的波纹金属软管。

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,仅所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 1220 不锈钢棒
- GB/T 3089 不锈钢极薄壁无缝管
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3323 金属溶化焊焊接接头射线照相
- GB/T 4226 不锈钢冷加工钢棒
- GB/T 4240 不锈钢丝
- GB/T 4423 铜及铜合金拉制棒
- GB/T 12469 钢熔化焊接头的要求和缺陷分级
- GB/T 13979 质谱检漏仪
- GB/T 14525 波纹金属软管通用技术条件
- JB/T 6896 空气分离设备表面清洁度
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- NB/T 47015 压力容器焊接规程
- NB/T 47013.1~47013.6 承压设备无损检测
- YS/T 649 铜及铜合金挤制棒

3 术语和定义

GB/T 14525的术语和定义适用于本标准。

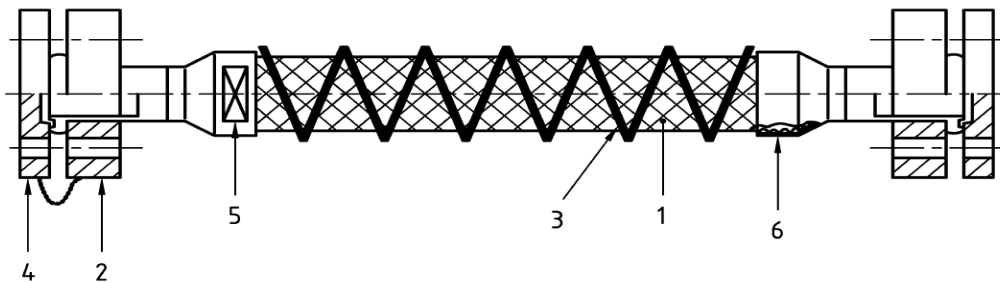
4 分类

4.1 结构型式

4.1.1 低温波纹金属软管(以下简称金属软管)按其管坯和波纹分为以下四类:

- a) 由无缝管坯制造的环形波纹软管;
- b) 由无缝管坯制造的螺旋波纹软管;
- c) 由纵缝焊管坯制造的环形波纹软管;
- d) 由纵缝焊管坯制造的螺旋波纹软管。

4.1.2 金属软管接头有平面活套螺纹、锥面活套螺纹、螺纹密封的管螺纹、端管和各种法兰等多种型式。典型金属软管总成见图1。



注：1-网套； 2-法兰； 3-保护圈； 4-保护帽； 5-标志； 6-接头。

图1 典型金属软管总成

4.2 基本参数

金属软管的公称直径范围为DN8~DN150，室温下的设计压力 P_s （以下简称设计压力 P_s ）范围不大于25.0 MPa，常用规格见表1。

表1 金属软管规格系列

公称直径 DN/mm	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
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(12)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(18)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
25	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
32	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
40	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
50	○	○	○	○	○	○	○	○				
65	○	○	○	○	○	○	○	○				
80	○	○	○	○	○	○	○					
100	○	○	○	○	○	○						
125	○	○	○	○	○	○						
150	○	○	○	○	○	○						

注：1. “○”表示有该种产品规格金属软管；

2. 括号内产品规格为不推荐采用的尺寸。

5 要求

5.1 材料

5.1.1 金属软管用材料(包括焊接材料)应具有材料生产单位证明书原件。从非材料生产单位获得材料时,应同时取得材料质量证明书原件或供应单位检验公章和经办人印章的有效复印件。

5.1.2 金属软管用材料应与输送的介质兼容,并适合制造(如成形、焊接)及使用的要求,常用材料见表2。

表2 金属软管常用材料

零件名称	材料		
	牌号	标准号	工作温度/℃
波纹管	06Cr19Ni10 (304)、 022Cr19Ni10 (304L) 06Cr17Ni12Mo2 (316)、 022Cr17Ni12Mo2 (316L) 06Cr18Ni11Ti (321)	GB/T 3280 GB/T 3089	-196~450
网套	06Cr19Ni10 (304)、 022Cr19Ni10 (304L) 06Cr17Ni12Mo2 (316)、 022Cr17Ni12Mo2 (316L) 06Cr18Ni11Ti (321)	GB/T 3280 GB/T 4240	
接头	06Cr19Ni10 (304)、 022Cr19Ni10 (304L) 06Cr17Ni12Mo2 (316)、 022Cr17Ni12Mo2 (316L) 06Cr18Ni11Ti (321)	GB/T 1220 GB/T 4226	-196~450
	HPb59-1	GB/T 4423 YS/T 649	-273~200

5.2 制造

5.2.1 管体可采用无缝薄壁钢管或纵向焊缝管坯制造。管坯不应有环焊缝,且纵焊缝只应有一条。

5.2.2 金属软管的成形方法,可采用液压成形、聚氨脂成形、旋压成形或机械胀形。

5.2.3 金属软管的极限偏差应符合表3的规定。

表3 金属软管的极限偏差规定

旋压成形、机械胀形		液压成形、聚氨脂成形		波厚 t_c	波距 q	简图 
外径 D	内径 D_i	外径 D	内径 D_i			
JS16	JS18	JS18	JS16	JS18		

5.2.4 焊接工艺评定应符合 NB/T47014 的规定。焊接工艺评定试板经外观检查应无咬边、裂纹、表面气孔、焊渣、凹坑、焊瘤等缺陷,试板焊缝经 100%射线检测,检测结果应符合 JB/T4730.2 标准 II 级要求。

5.2.5 金属软管的焊接应符合以下要求:

- a) 对接焊缝应焊透，余高应尽量减少（对接焊缝的余高，不得大于焊件壁厚的 10%，且不大于 3mm，超高部分应予磨平）；角焊缝应圆滑，不应向外凸起，焊缝圆滑度差或成形不良者应打磨；焊缝表面不应有裂纹、气孔、夹渣、咬边等缺陷，表面不应有急剧的形状变化，应平滑过渡。
- e) 金属软管的焊接工艺评定应符合 NB/T47014 的要求。冲击韧性试验的取样数量（不包括复验）不应少于二组（每组三个试样）。V 型缺口的中心线分别位于焊缝中央和热影响区（熔合线外 2mm 左右的相变阴影区）。必要时，可采用 K 型坡口，以对熔合线的冲击韧性进行评定。低温冲击试样尺寸、试验方法、试验温度及合格指标等应符合相应的要求。
- f) 按照 NB/T47014，由不同组别号的母材组成焊接接头时，其焊接接头的低温冲击试验应重新评定。
- g) 施焊过程中，应严格控制焊接线能量在工艺评定的线能量范围内，不应超过工艺评定的线能量上限。

5.2.6 管坯纵向焊缝应采用自动氩弧焊或等离子焊方法施焊。其焊接工艺规程应符合 NB/T47015 的规定。其焊缝表面一般应呈银白色、金黄色，也可呈浅蓝色；管坯纵焊缝的对口错边、凹陷、余高不应超过壁厚的 10%，如图 2 所示。

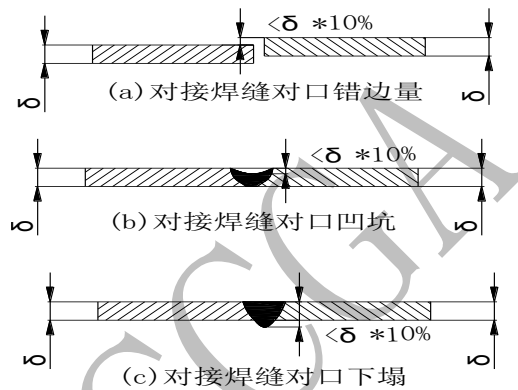


图2 管坯纵向焊缝要求

5.2.7 管坯纵向焊缝表面不应有裂纹、气孔、咬边。波纹管表面不应有裂纹、尖锐折叠、剥层、夹渣、氧化皮、锈斑、凹坑等缺陷，也不应有深度大于壁厚的压痕和深度大于壁厚下偏差的划伤。对于不大于壁厚下偏差的划痕，应予修磨。

5.2.8 金属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。

5.2.9 网套编织通常采用在波纹管外机器编织，也可采用手工编织或套网套。

5.2.10 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。

5.2.11 焊缝的同一部位的补焊次数不应超过两次。

5.2.12 管坯纵向焊缝的焊接质量应符合 GB/T12469 中 II 级规定，金属软管接头等环向焊缝的焊接质量应符合 GB/T12469 中 III 级规定。

5.3 外观

5.3.1 金属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。

5.3.2 金属软管接头的密封表面不应有裂纹、擦伤、毛刺和砂眼。

5.3.3 金属软管内外表面应清洁干燥，不应有锈蚀和多余物。

5.3.4 钢丝网套或丝带网套的断(缺)丝总根数应符合表4的规定,且每股断(缺)丝数不应超过1根。

表4 钢丝网套断(缺)丝总根数

公称直径 DN	网套长度<500 mm	网套长度≥500 mm
8~32	3	4
40~100	6	8
125~150	9	12

5.3.5 钢带网套的网花应均匀分布,表面应平整光滑,不允许有折叠、扭曲等缺陷。

5.3.6 钢丝网套表面不允许有超过丝径1/3深尖角凹陷,钢丝断丝接头不应留在其表面。

5.4 尺寸

5.4.1 金属软管长度的极限偏差应符合表5的规定。

表5 金属软管长度极限偏差

单位: mm

软管长度 L	100≤L≤400	400<L≤800	8000<L≤1200	12000<L≤2000
极限偏差	+20 0	+30 0	+45 0	+60 0
软管长度 L	20000<L≤3000	30000<L≤4000	40000<L≤6000	60000<L
极限偏差	+70 0	+80 0	+90 0	+1.5%L 0

5.4.2 金属软管接口尺寸应符合技术图样或相关标准的规定。

5.5 焊缝无损检测

金属软管的管坯纵焊缝、接管纵焊缝以及波纹管与波纹管、波纹管与接管、波纹管与网套、接管与网套连接环焊缝及其质量应符合GB/T 14525中5.5.2、5.5.3的要求。

5.6 性能

5.6.1 耐压试验

5.6.1.1 金属软管耐压试验应采用水压试验。

5.6.1.2 金属软管在1.5倍的设计压力PS下进行水压试验,至少保压5min,应无渗漏、无损伤、无异常变形。

5.6.2 泄漏试验

泄漏试验包括气密性试验和氦检漏试验等。

5.6.2.1 气密试验

金属软管在设计压力Ps下进行气密试验,至少保压10min,不应有漏气现象。

5.6.2.2 氦检漏试验

氦检漏试验时,软管内的真空度要求、氦气的浓度、试验压力、保压时间、试验方法应按图样要求执行。

5.6.2.2.1 氦检漏试验采取抽样检验，在每批产品进入成品库或在交货时检验。

5.6.2.2.2 抽样检验应逐批进行抽样，检验批应有同种材料、同一工艺生产、同一规格型号的产品组成，批量为一次交货数量。每批按10%抽样检验，如发现有一支软管不合格，则将该批进行100%检验，将不合格品剔除或进行返修。

5.6.3 静态弯曲

金属软管以静态弯曲半径 R_j 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。

5.6.4 动态弯曲

金属软管最少动态弯曲次数见表6。金属软管在设计压力 P_s 下，以动态弯曲半径 R_d 弯曲表6规定的最少动态弯曲次数后，金属软管应无渗漏、无异常变形。

表6 金属软管最少弯曲次数和最小弯曲半径

公称直径 DN	最少弯曲次数 /次												最小弯曲半径	
	公称压力/ MPa												静态 R_j	动态 R_d
	0.6	1.0	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	6.3	10.0	15.0	20.0	25.0		
8	50000					15000					7000		65	145
10	50000					15000					7000		80	180
(12)	50000					15000					7000		95	215
15	50000					15000					7000		120	270
(18)	50000					15000					7000		145	325
20	50000					15000					7000		160	360
25	50000					15000					7000		175	400
32	50000					15000					7000		225	510
40	50000					15000					7000		280	640
50	50000					15000					7000		350	800
65	50000					15000					7000		390	845
80	50000					15000					7000		480	1000
100	50000					15000					7000		600	1200
125	50000					15000					7000		750	1500
150	50000					15000					7000		900	1800

5.6.5 抗低温

在最低设计温度下，金属软管的所有组件在使用过程中都应具有一定韧性。

5.6.6 爆破

金属软管最小爆破压力 P_b 应符合表7的规定。网套的爆破压力按GB/T14525进行校核。

表7 金属软管最小爆破压力

公称直径 DN/mm	最小爆破压力 P_b /MPa											
	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
8												
10												
(12)												
15												
(18)												
20												
25												
32												
40												
50												
65												
80												
100												
125												
150												

5.6.7 导电性

用于液氧、液化天然气及其他易燃介质的金属软管，还应具有良好的导电性，其电阻应小于 0.5Ω 。

5.7 超声波脱脂清洗

5.7.1 超声波脱脂后可采用 5.7.2 清除脱脂件表面残留的液体，直至无残液和无气味，表面干燥为止。表面油脂的残留量不得超过 $125\text{mg}/\text{m}^2$ 。

5.7.2 用清洁无油的干燥的空气或氮气吹净，必要时可将空气或氮气预热至 $50\sim 60^\circ\text{C}$ ，再进行吹净。

6 检验方法

6.1 外观

用目视法和手感进行检查，结果应符合5.3的要求。

6.2 尺寸

用精度符合尺寸偏差要求的量具进行检查，结果应符合5.4的要求。

6.3 焊缝无损检测

管坯纵焊缝的射线检测方法应按GB/T3323的规定，接管纵焊缝和软管对接环焊缝的射线检测方法应按JB/T4730.2的规定，其他焊缝的渗透检测方法应按JB/T 4730.5的规定，结果应符合5.5的要求。

6.4 性能

6.4.1 耐压试验

试验介质为氯离子含量不超过25mg/L的水。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，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5min，试验压力下检查试件，结果应符合5.6.1的要求。

6.4.2 泄漏试验

6.4.2.1 气密试验

气密试验应在耐压试验合格后进行。试验介质为无毒、无腐蚀性、非可燃的干燥、洁净气体；试验水槽用水的氯离子含量不应超过25 mg/L。试验装置为气泵(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，结果应符合5.6.2的要求。

6.4.2.2 氦检漏试验

氦检漏试验采用示踪探头检测法进行检测。氦检漏试验装置由氦质谱检漏仪、抽真空机组、真空表、阀门等设备和仪器仪表组成。

氦检漏方法，应按GB/T 13979 进行。

6.4.3 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3安装试件，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1次弯曲循环，弯曲角为90°，反复弯曲10次后，对试件按6.4.2.1的方法进行气密试验，结果应符合5.6.3的要求。

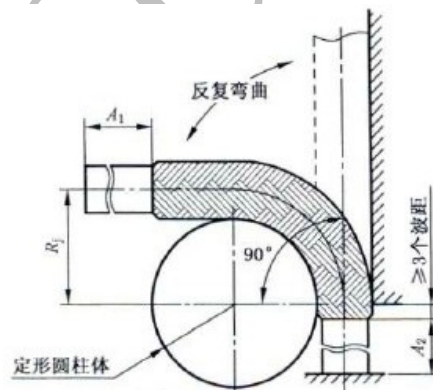


图3 软管静态弯曲试验原理图

进行单项的静态弯曲试验时，试件最小长度 L_1 应按公式(1)进行计算，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mm

R_j —软管静态弯曲半径(见表6)，单位为mm；

A_j —软管试件的刚性段长度，单位为mm。

6.4.4 动态弯曲试验

公称尺寸 $DN < 100$ 的试件进行U型弯曲试验,公称尺寸 $DN \geq 100$ 的试件进行摆动弯曲试验,结果应符合5.6.4的要求。

6.4.4.1 U型动态弯曲试验

试验介质为液氮。试验区装置为U型弯曲试验台、加压泵、压力监测仪表。按图4a)或图4b)安装试件,启动加压泵,将液氮注入管内,推尽空气,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6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5.6.4的要求。

U型弯曲试件长度 L_2 按公式(2)进行计算:

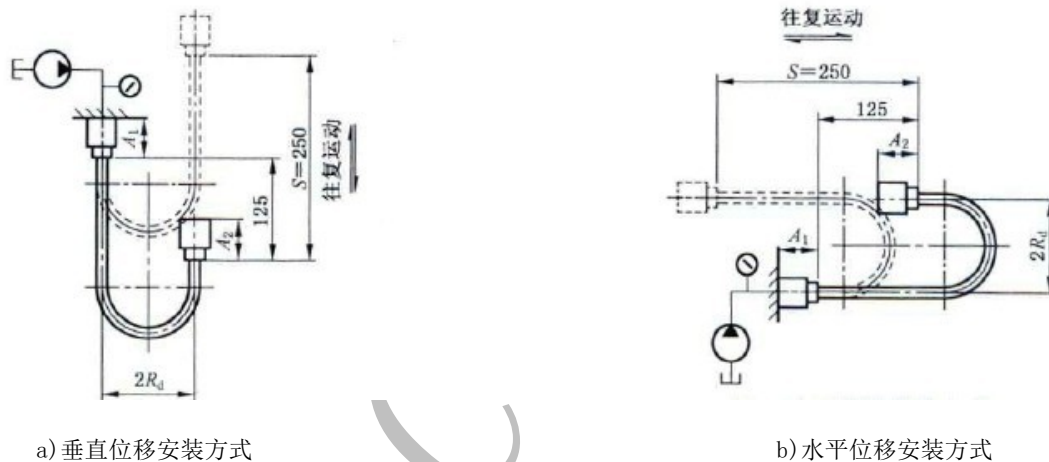
$$L_2 = 4R_d + A_1 + A_2 + S/2 \dots \dots \dots (2)$$

式中:

L_2 — U型弯曲试件长度,单位为mm;

R_d — 软管动态弯曲半径(见表6),单位为mm;

S — 试验行程:250 mm。



注: 图4b)水平位移安装方式仅适用于 $DN \leq 32$ 软管。

图4 软管U型弯曲试验原理图

6.4.4.2 摆动弯曲试验

试验介质为液氮。试验装置为摆动弯曲试验台、加压泵、压力监测仪表。按图5a)或图5b)安装试件,启动加压泵,将液氮注入管内,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8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6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5.6.4的要求。

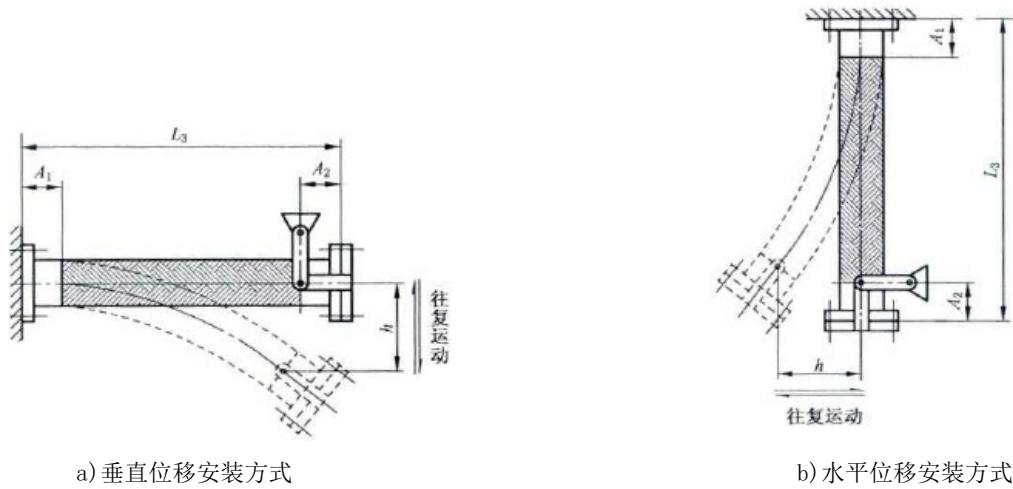


图5 软管摆动弯曲试验原理图

表8 摆动弯曲试验行程

单位: mm

公称尺寸 DN	100	125	150
长度系数 k_1	6		
行程 h	40	50	55

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mm;
- k_1 —长度系数。

6.4.5 抗低温试验

在设计的最低温下, 进行6.4.3、6.4.4试验。

6.4.6 爆破试验

爆破试验按GB/T 14525进行, 破损处应在金属软管管体的网套上, 不应发生在他们的链接处。

6.5 表面油脂的残留量测量

采用JB/T6869的油份浓度测定法来测定, 结果符合5.7要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为的出厂检验和型式试验, 其检验项目应符合表9的规定。

表9 检验项目

序号	检验项目	要求	检验方法	出厂检验	型式检验
1	外观	5.3	6.1	○	○
2	尺寸	5.4	6.2	○	○
3	焊缝无损检测	5.5	6.3	○*	○
4	耐压试验	5.6.1	6.4.1	○	○
5	气密试验	5.6.2.1	6.4.2.1	○	○
6	氦检漏试验	5.6.2.2	6.4.2.2	○*	○*
7	静态弯曲试验	5.6.3	6.4.3	—	○
8	动态弯曲试验	5.6.4	6.4.4	—	○
9	抗低温试验	5.6.5	6.4.5	—	○
9	爆破试验	5.6.6	6.4.6	—	○
10	导电性试验	5.6.7	—	—	○
11	脱脂清洗	5.7	6.5	○	

注：“○”表示进行该项检验；“○*”由合同确定是否进行该项检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 企业应在型式试验合格后，方可组织金属软管生产。

7.2.2 每根金属软管均应进行出厂检验，合格后方可出厂。

7.2.3 出厂检验时，若发现不合格项目，允许进行返修，次数不应超过两次。

7.3 型式试验

7.3.1 型式试验应在国家或行业认可的检验机构进行。

7.3.2 有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型鉴定时；
- h) 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；
- i) 正常生产每满2年时；
- j) 产品停产超过1年，再恢复生产时；
- k) 国家、行业监督抽查提出进行型式试验的要求时。

7.3.3 抽样与判定

7.3.3.1 进行型式试验的试件，应从出厂检验合格的金属软管中任选一种规格随机抽取，其数量为4根。

7.3.3.2 型式试验的顺序应符合按表10的规定。

表10 型式试验顺序表

试件编号	出厂检验	静态弯曲试验	动态弯曲试验	抗低温试验	爆破试验
1	○	○	—	—	○
2	○	—	○	—	—
3	○	—	—	○	—
4	○	—	—	○	—

注：“○”表示进行该项试验。

7.3.3.3 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，则该次型式试验不合格。

7.3.3.4 经过型式试验的金属软管不得再作为合格产品出厂。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每根金属软管均应标明产品型号、商标、制造厂名和制造日期，且应可靠固定在金属软管的一端，见图1。

8.1.2 金属软管若采用包装箱包装时，产品的包装、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) 商标；
- d) 产品型号；
- e) 制造日期；
- f) 产品执行的标准号。

8.2 包装

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

8.2.2 包装箱内应有装箱单和备件清单(若需提供备件时)。

8.2.3 包装箱内应有金属软管产品合格证和使用说明书。

8.3 运输

金属软管在运输过程中应避免碰撞并防止雨雪直接侵袭。

8.4 贮存

金属软管宜贮存在洁净、干燥和无腐蚀性气体的库房内。