



指南编号/Guideline No.T-13(202502)

T-13

波纹管膨胀接头

生效日期/Issued date:2025 年 2 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间：新编

本版本主要修改内容：无

目 录

1	适用范围	4
2	规范性引用文件	4
3	术语及定义	4
4	图纸资料	5
5	技术要求	6
6	原材料及零部件	7
7	型式试验	7
8	单件/单批检验	12

波纹管膨胀接头

1 适用范围

- 1.1 本指南适用于运输或采用天然气、氨作为燃料管系用波纹管膨胀接头。
- 1.2 本指南提及的技术要求和试验方法，本社可接受其他等效的标准。

2 规范性引用文件

2.1 本指南采用的认可和检验依据如下：

- (1) 中国船级社《钢质海船入级规范》第3篇第2章
- (2) 中国船级社《材料与焊接规范》第3篇第3章
- (3) 中国船级社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第5章
- (4) MSC.370(93)决议《国际散装运输液化气体船舶构造和设备规则》（IGC 规则）
- (5) MSC.391(95)决议《使用气体或其它低闪点燃料船舶国际安全规则》（IGF 规则）
- (6) 中国船级社《船舶焊接检验指南》
- (7) ISO 10380 管道工程—槽形金属软管和软管组件
- (8) 中国船级社《船舶应用氨燃料指南》
- (9) GB/T 12777-2019《金属波纹管膨胀节通用技术条件》

3 术语及定义

3.1 波纹管膨胀节：由一个或几个波纹管及结构件组成，用来吸收由于热胀冷缩等原因引起的管道和（或）设备尺寸变化的装置。

3.2 设计压力：是最高许用的工作压力，应不小于安全阀或溢流阀的最高设定压力。

3.3 公称压力：产品技术文件中的给定值。

4 图纸资料

4.1 产品审图时，下列图纸资料应提交审查：

- (1) 产品主要性能规格表（包括申请认可的全系列产品的公称通径、公称压力、设计压力、设计温度、设计疲劳寿命（适用时）、适用介质等）。
- (2) 产品图纸、膨胀接头设计疲劳寿命等相关设计计算书
- (3) 主要零件材料理化性能一览表；
- (4) 主要工艺文件及产品检验规程；
- (5) 产品说明书、标识情况、出厂合格证（样本）。

4.2 型式认可时，除上述 4.1 条图纸资料外，认可图纸/资料应至少包括如下内容：

- (1) 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标等；
- (2) 申请认可产品明细；
- (3) 主要生产设备清单；
- (4) 主要检测设备清单；
- (5) 申请认可产品的简要生产工艺；
- (6) 质量管理文件或质量体系证书；
- (7) 企业注册登记证明；

- (8) 资质证明和/或生产许可证，如适用；
- (9) 产品质量证明书或合格证样本；
- (10) 质量控制计划，如适用。
- (11) 合格供方清单，如适用。
- (12) 型式试验大纲。

5 技术要求

5.1 船用环境条件

- (1) 船用金属波纹管膨胀节应根据其设计压力、设计温度、适用介质和使用场合等进行设计、制造，符合本指南规范性引用文件或本社接受标准的相关规定，以保证其能正常工作。
- (2) 产品用于液化气体管路，其最小设计压力应不小于 1MPa（表压）。

5.2 材料

- (1) 波纹管用材料应按照工作介质、外部环境、工作压力和工作温度等工作条件选用。
- (2) 制造厂应保证产品材料的选用与工作介质相兼容，并有足够的证据表明所选用的材料满足使用的要求。
- (3) 如工厂将不锈钢作为原材料进行采购时，原材料的质量证明书中，应包括晶间腐蚀的试验内容；如质量证明书中没有不锈钢晶间腐蚀的试验内容，那么工厂应按照公认标准的组批原则，每批都进行不锈钢的晶间腐蚀试验。
- (4) 含镍超过 5%的镍钢和不符合本社《船舶应用氨燃料指南》3.3.1.4 和 3.3.1.5 要求的碳锰钢，不应用于氨的容器和管路系统。当燃料温度符合本社《船舶应用氨燃料指南》3.3.1.4（3）中的规定时，可以使用含镍不超过 5%的镍钢，如钢号为 1.5Ni、2.25Ni 的镍合金钢。

5.3 焊接工艺评定

采用焊接结构的不锈钢波纹管膨胀接头，其焊接工艺应经中国船级社批准，焊接工艺评定按照中国船级社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》和接受的标准进行。

6 原材料及零部件

不适用

7 型式试验

7.1 典型样品的选取：

认可时所选的典型样品应能覆盖制造厂的生产水平和加工、试验能力。每种系列的波纹管膨胀节至少选取 3 个不同尺寸的代表性样件。可以考虑按照结构、用途、设计压力和设计温度等参数进行选取。

7.2 试验项目

- (1) 外观检查；
- (2) 几何尺寸检查；
- (3) 焊缝无损检测（如适用）；
- (4) 不锈钢焊缝晶间腐蚀试验；
- (5) 耐压试验；
- (6) 气密试验；
- (7) 疲劳试验；
- (8) 对于拟用于液化天然气液货舱以外的货物管路上的每种波纹管膨胀接头进行 7.3（8）中规定的型式试验，如主管机关有要求时，还应对设置在液货舱内的波纹管膨胀接头也进行 7.3（8）中规定型式试验；

7.3 试验方法和技术要求应满足下列要求：

(1) 外观检验

- ① 产品的表面应无视觉可见的、明显能引起应力集中的、对强度、寿命有影响的尖锐压坑、压痕、划伤、裂纹等缺陷。轻微模具压痕除外。
- ② 产品的外观形状应无视觉可见的波距不均的缺陷。
- ③ 产品的表面应无视觉可见的锈斑、氧化皮。
- ④ 产品的表面应无视觉可见的大片水渍、颜色不均等缺陷。
- ⑤ 波纹管与受压筒的连接焊接接头表面应无裂纹、气孔、夹渣、焊接飞溅物、咬边和凹坑等缺陷。不大于板厚下偏差的划痕和凹坑应修磨使其圆滑过渡。

(2) 几何尺寸检验

按照产品的设计图纸及本社接受的标准检查主要产品的结构尺寸及加工精度。

(3) 焊缝无损检测（如适用）

波纹管膨胀接头焊缝应进行 100%渗透检测，结果应满足 CCS 接受的标准。

(4) 不锈钢焊缝晶间腐蚀试验

可参照中国船级社《材料与焊接规范》，第 1 篇第 2 章第 7 节的要求进行，或按照本社接受的标准进行。

(5) 耐压试验

- ① 原则上应进行水压试验，在不适用于水压试验的场合应进行气压试验，进行气压试验时须采取有效的安全措施。
- ② 试验时试验装置应保证膨胀节两端固定和有效密封，波纹管处于直线状态。

③ 水压试验后应将水渍清除干净。当无法达到这一要求时，应控制试验用水的氯离子含量不超过 25mg/L。气压试验介质应为干燥洁净的压缩空气或惰性气体。

④ 内压膨胀节的水压试验按以下公式计算，取其中的较小值：

$$P_t = 1.5 p_d (\sigma)_b / (\sigma)_{bt} \quad \text{——①}$$

$$P_t = 1.5 p_{sc} (E)_b / (E)_{bt} \quad \text{——②}$$

内压膨胀节的气压试验按以下公式计算，取其中的较小值：

$$P_t = 1.1 p_d (\sigma)_b / (\sigma)_{bt} \quad \text{——③}$$

$$P_t = 1.1 p_{sc} (E)_b / (E)_{bt} \quad \text{——④}$$

式中： P_t ——试验压力 MPa

P_d ——设计压力 MPa

$(\sigma)_b$ ——试验温度下波纹管材料的许用应力。MPa

$(\sigma)_{bt}$ ——设计温度下波纹管材料的许用应力。MPa

p_{sc} ——波纹管两端固支时柱失稳的极限设计压力。MPa

$(E)_b$ ——试验温度下波纹管材料本指南的弹性模量，MPa

$(E)_{bt}$ ——设计温度下波纹管材料的弹性模量，MPa

⑤ 外压膨胀节的水压试验按照公式①计算，气压试验按照公式②计算。

⑥ 耐压试验应用两个量程相同，并经检定合格的压力表。压力表的量程为试验压力的 2 倍左右，但不应低于 1.5 倍和高于 3 倍的试验压力。压力表的精度等级不应低于 1.6 级。试验时应缓慢升压，达到规定的试验压力后保压时间至少 10min。膨胀节应无泄漏、结构件应无明显变形，波纹处应无失稳现象。对于无加强的 U 形波纹管，试验压力下的波距与加压前的波距相比最

大变化率大于 15%，即认为产品已失稳；对于有加强 U 形波纹管和 Ω 形波纹管，试验压力下的波距与加压前的波距相比最大变化率大于 20%，即认为产品已失稳。

- ⑦ 当波纹管公称通径大于等于 1500mm 且公称压力小于等于 0.25MPa 时,可用喷气-皂泡试验或煤油渗漏试验代替压力试验。喷气试验压力不低于 0.8MPa; 煤油涂浸时间不小于 30min。
- ⑧ 用于真空条件的膨胀节的压力试验可以用内压试验代替, 试验压力为 1.5 倍设计压差(压差等于大气压值减真空度值), 或者采用抽真空试验来检测。

(6) 气密试验

- ① 气密试验应在耐压性能试验合格后进行, 试验时试验装置应保证膨胀节两端固定和有效密封, 波纹管以其自由长度处于直线状态。
- ② 气密性试验可与气压试验同时进行。
- ③ 试验介质为干燥洁净的压缩空气或惰性气体。
- ④ 气密试验压力等于设计压力。
- ⑤ 试验时应缓慢升压, 达到规定的试验压力后保压时间至少 10min. 膨胀节应无泄漏。
- ⑥ 可以用皂泡和水槽来进行检漏。

(7) 疲劳试验

设计温度低于材料蠕变温度的波纹管疲劳试验方法:

- ① 试验应在专用的疲劳试验装置上进行, 疲劳试验装置应保证能约束波纹管压力推力与位移反力, 并能保证施加的轴向循环位移与波纹管轴线同轴。波纹管的初始状态以其自由长度处于直线状态。
- ② 试验波纹管应为所有其他型式试验项目合格的波纹管, 波数不

少于三个。试件中其他部件的结构可根据试验装置设计，以符合试验要求。

- ③ 试验介质可为自来水、压缩空气、惰性气体或油等。
- ④ 试验温度为室温，试验用压力表应符合上述（5）②(f)条要求。
- ⑤ 试验压力等于设计压力，试验时压力波动值不大于试验压力的 $\pm 10\%$ 。
- ⑥ 试验循环位移应为轴向位移，试验循环位移范围应等于设计轴向位移量或设计相当轴向位移量。试验循环位移宜按对称轴向位移进行。试验循环速率应以使位移在各波纹中均匀分配所需时间确定，且应小于 25mm/s。
- ⑦ 试验循环次数：圆形波纹管循环次数应大于设计疲劳寿命的 2 倍，矩形波纹管循环次数应大于设计疲劳寿命。波纹管在规定的试验循环次数内应无泄漏。试验介质为水时，波纹管应无漏水的现象；试验介质为气体时，皂泡检查波纹管表面应无漏气现象。

设计温度处于材料蠕变温度范围内的波纹管疲劳试验方法：

- ① 试验按照 CCS 接受的标准的要求进行。
 - ② 试验循环次数：圆形波纹管试验循环次数应大于计算平均失效循环次数。波纹管在规定的试验循环次数内应无泄漏。
- (8) 对于拟用于液货舱以外的货物管路上的每种波纹管膨胀接头进行下列型式的试验，如主管机关有要求时，还应对设置在液货舱内的波纹管膨胀接头也进行下列型式的试验：
- ① 未经预先压缩的波纹管元件应经受不小于 5 倍设计压力的压力试验而不破裂，试验持续时间应不少于 5 min；
 - ② 对于带有所有附件如法兰、拉杆和铰接件等的原型膨胀接头，应在最低设计温度和制造厂推荐的最大位移条件下，使其经受 2 倍设计压力的压力试验而不产生永久变形；

- ③ 对完整的膨胀接头应进行循环试验（热运动），在压力、温度、轴向运动、旋转运动和横向运动等条件下，完整的膨胀接头应能承受至少与实际使用中所遇到的同样多的循环次数。当这些试验与在营运温度下的试验一样严格时，则允许在室温下进行试验；和
- ④ 对完整的膨胀接头应在无内压的情况下进行循环疲劳试验（船体变形），即用模拟相当于补偿管段的波纹管运动的方式，在不高于 5 Hz（循环次数/秒）的频率下，至少进行 2,000,000 次循环。但只有当由于管路的布置实际上会经受船体变形载荷作用时，才要求进行这种试验。

8 单件/单批检验

8.1 签发船用产品证书的检验应在制造厂业已完成规定的检验/试验并合格已达到可交付状态下进行。

8.2 对获得中国船级社型式认可的制造厂的产品单件/单批检验

- (1) 检验项目应按照已在认可时获得批准的检验计划（质量控制计划中相关内容）进行，试验项目为：
 - ① 外观尺寸检查；
 - ② 耐压试验；
 - ③ 气密试验。
- (2) 上述试验由制造厂按照工厂的检验规程（内控标准）独立完成，并出具完整的试验报告提交验船师审核。
- (3) 并且验船师应按照每批/每规格产品的 1~3%，最少 1 件。随机选取该批产品中的部分产品进行上述检验和试验项目的复验，并在制造厂进行试验时现场见证。
- (4) 每次申请单件/单批检验时应同时提交该批产品的《主要零部件原材料质量证明文件》由中国船级社验船师进行审核。