

ICS 27.140  
P 59  
备案号: J2504—2017

**DL**

中华人民共和国电力行业标准

**P**

**DL / T 5751 — 2017**

---

# 水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节 制造安装及验收规范

Code for manufacture installation and acceptance of steel  
penstocks bellows expansion joints in hydropower  
and water resources engineering

**2017-11-15 发布**

**2018-03-01 实施**

---

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节  
制造安装及验收规范

Code for manufacture installation and acceptance of steel penstocks bellows  
expansion joints in hydropower and water resources engineering

**DL/T 5751 — 2017**

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2018年3月1日

中国电力出版社

2018 北 京

中华人民共和国电力行业标准  
水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造安装及验收规范  
Code for manufacture installation and acceptance of steel penstocks bellows  
expansion joints in hydropower and water resources engineering

**DL / T 5751 — 2017**

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2018 年 6 月第一版 2018 年 6 月北京第一次印刷  
850 毫米×1168 毫米 32 开本 2.125 印张 50 千字  
印数 001—200 册

\*

统一书号 155198 • 848

**版 权 专 有 侵 权 必 究**  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

DL / T 5751 — 2017

国家能源局

公 告

2017 年 第 10 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52 号）有关规定，经审查，国家能源局批准《煤层气生产站场安全管理规范》等 204 项行业标准，其中能源标准（NB）62 项、电力标准（DL）86 项、石油标准（SY）56 项，现予以发布。

上述标准中电力管理、电工装备标准、煤层气及生物液体燃料标准由中国电力出版社出版发行，电力（火电）规划设计标准由中国计划出版社出版发行，《定制电力技术导则》由中国标准出版社出版发行，石油天然气标准由石油工业出版社出版发行，煤炭标准由煤炭工业出版社出版发行，锅炉压力容器标准由新华出版社出版发行。

附件：行业标准目录

国家能源局

2017 年 11 月 15 日



DL / T 5751 — 2017

附件:

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
125	DL/T 5751—2017	水电水利工程 压力钢管波纹管 伸缩节制造安装 及验收规范			2017-11-15	2018-03-01
...						

## 前 言

根据《国家能源局关于下达 2012 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技（2012）326 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究和专题研讨，认真总结近二十年来国内外水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造与安装的实践经验，参考国内外先进标准及有关资料，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范共有 6 章和 1 个附录，主要内容包括：基本规定、制造、安装、验收。

本规范由中国电力企业联合会提出，由电力行业水电施工标准化技术委员会（DL/T C29）归口并负责解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

本规范主编单位：中国葛洲坝集团股份有限公司  
中国葛洲坝集团机电建设有限公司  
南京晨光东螺波纹管有限公司  
上海永鑫波纹管有限公司

本规范参编单位：中国葛洲坝集团第二工程有限公司  
三峡大学

本规范主要起草人员：张为明 鲍 乐 卫书满 李正良  
周复明 汪 飞 漆卫国 马力维  
王文刚 陈 强 王文忠 赵新泽  
雷 剑 张京跃

本规范主要审查人员：付元初 胡 毅 段 玫 许松林  
汪 毅 江小兵 高 翔 郭光文  
尹显俊 赵建方 梅锦煜 伍鹤皋

**DL / T 5751 — 2017**

吴义航	陈美娟	肖克勤	王富林
张曼曼	凌 云	李 云	黄 煌
陈丽芬	张金强	贾志营	彭景亮
余 英	陈 宏	洪建凡	万天明

## 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
3.1	资质和资格	4
3.2	技术资料	4
3.3	材料	5
3.4	基准点和测量工具	6
3.5	焊接及焊缝检验	7
3.6	防腐蚀	9
3.7	标识	10
3.8	包装、储存与运输	10
4	制造	12
4.1	波纹管	12
4.2	压力管段	14
4.3	其他结构件	15
4.4	伸缩节组装	18
4.5	水压试验和气密性试验	19
4.6	疲劳试验	20
4.7	检验	21
5	安装	24
5.1	安装前准备	24
5.2	安装要求	24
6	验收	28

**DL / T 5751 — 2017**

6.1 交货验收 .....	28
6.2 安装验收 .....	28
附录 A 结构分类和标记 .....	30
本规范用词说明 .....	39
引用标准名录 .....	40
附：条文说明 .....	41

## Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	4
3.1	Identicals and qualifications	4
3.2	Technical documents	4
3.3	Materials	5
3.4	Bench mark and surveying tools	6
3.5	Welding and weld inspection	7
3.6	Anti-corrosion	9
3.7	Mark and indication	10
3.8	Package, laying up and transport	10
4	Manufacture	12
4.1	Bellows	12
4.2	End and middle pipes	14
4.3	Other pieces	15
4.4	Assembling of expansion joints	18
4.5	Hydrostatic pressure test and gas leakage test	19
4.6	Fatigue test	20
4.7	Inspection	21
5	Installation	24
5.1	Prepare before installation	24
5.2	Requirement of installation	24
6	Acceptance	28

**DL / T 5751 — 2017**

6.1 Acceptance of delivery .....	28
6.2 Acceptance of installation .....	28
Appendix A Classification and marks of pieces .....	30
Explanation of wording in this code .....	39
Normative standards .....	40
Addition: Explanation of provisions .....	41

## 1 总 则

**1.0.1** 为规范水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造、安装及验收，保证压力钢管波纹管伸缩节制造、安装及验收质量，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造、安装及验收。

**1.0.3** 水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造、安装单位应建立健全的质量保证体系，按照体系文件要求开展压力钢管波纹管伸缩节制造、安装及验收工作。

**1.0.4** 水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造、安装及验收，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。



## 2 术 语 和 符 号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 压力钢管波纹管伸缩节 bellows expansion joints

在两段压力钢管之间设置的，由一个或几个波纹管及结构件组成，用来补偿管道和基础变化等原因引起的轴向、径向或角向位移的装置，以下简称为“伸缩节”。

#### 2.1.2 波纹管 bellows

伸缩节中由一个或多个波纹及端部直边段组成的柔性元件。

#### 2.1.3 加强环 reinforcing rings

安装在波纹管波谷外侧，用来增强波纹管耐压能力的环形部件。

#### 2.1.4 端管 end pipe

一端和波纹管连接，另一端和上游或下游压力钢管连接的部件。

#### 2.1.5 中间管 middle pipe

复式伸缩节中连接上游波纹管和下游波纹管的部件。

#### 2.1.6 端环板 end ring-piece

伸缩节中位于波纹管两侧用来增强端管、中间管刚度和波纹管边波及直边段耐压能力的环形部件。

#### 2.1.7 导流筒 sleeves

用于保持介质流动平稳和减少波纹管内壁与介质摩擦的部件。

#### 2.1.8 过渡套管 collar pipe

一端和波纹管连接，另一端套于端管（或中间管）外侧的部件。安装过渡套管的伸缩节，导流筒可以焊接在端管（或中间管）

的内侧端部，使导流筒内径和钢管内径齐平。

#### 2.1.9 限位杆 single tie

伸缩节上用于防止单一波纹管段过度拉伸或过度压缩的直杆形部件。当限位杆端部采用螺母限位时，可用作调节伸缩节长度尺寸之用。限位杆不能承受波纹管的压力推力。

#### 2.1.10 限位环 limiting ring

伸缩节上位于限位套筒自由端端部，用于限制单一波纹管段发生过度拉伸或过度压缩的环形部件。

#### 2.1.11 限位套筒 outside sleeve

一端与端环板连接，另一端与限位环连接，用于防止波纹管发生过度变形的圆筒形部件。限位套筒不能承受波纹管的压力推力。

#### 2.1.12 外护罩 outside coat

伸缩节上安装在波纹管段外侧用于保护波纹管的部件。

### 2.2 符 号

$D$ ——伸缩节端管、中间管等压力管段的内径；

$D_w$ ——波纹管端口外径，是指波纹管直边段端口处的外径尺寸。

### 3 基本规定

#### 3.1 资质和资格

**3.1.1** 伸缩节的制造单位与人员应具有下列资质和资格:

1 制造单位应按《特种设备制造、安装、改造、维修质量保证体系基本要求》TSG Z 0004 的规定建立适用的质量保证体系,并取得《特种设备制造许可证》。

2 焊接人员应按《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z 6002 的规定持有相应项目的特种设备作业人员证。

3 无损检测人员应按照国家特种设备无损检测人员考核的相关规定取得相应无损检测人员资格。

**3.1.2** 伸缩节的安装单位及人员的资质及资格应符合现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 中的有关规定

#### 3.2 技术资料

**3.2.1** 伸缩节常见的结构分类和标记可按照本规范附录 A 规定的要求执行。

**3.2.2** 伸缩节制造前应具备下列资料:

1 设计图样和技术文件。

2 波纹管、端管、法兰、中间管、加强环、端环板等主要部件的材料、焊接材料及防腐材料的质量证明书。

3 标准件和非标准协作件的质量证明书。

**3.2.3** 伸缩节安装前应具备下列资料:

1 压力钢管及附件设计图及相应位置布置图。

2 伸缩节制造厂提供的产品质量证明文件及安装使用说明书等出厂文件。出厂文件应单独包装，并有防水密封。

3 安装用控制点位置图。

3.2.4 伸缩节制造质量证明文件中至少应包括下列内容：

- 1 伸缩节的型号和出厂编号。
- 2 伸缩节的制造竣工图样和性能参数。
- 3 主要部件材料、焊接材料、防腐材料等的质量证明书。
- 4 含有伸缩节各项出厂检验项目检验结果及产品检验结论，并有制造厂检验印章的质量证明书。
- 5 制造厂名称、地址及联系方式。

3.2.5 伸缩节安装使用说明书中至少应包括下列内容：

- 1 伸缩节的型号和出厂编号。
- 2 伸缩节产品图样、性能参数、伸缩节接口参数、安装遵循的标准和规范。
- 3 伸缩节安装及运行注意事项。
- 4 制造厂名称、地址及联系方式。

3.2.6 伸缩节的制造、安装如有变更应有经设计方批准的设计修改通知单或书面签证文件。

### 3.3 材 料

3.3.1 伸缩节使用的材料应符合设计图样和文件的要求，其质量应符合现行的国家和行业标准规定。

3.3.2 伸缩节常用的波纹管材料可按表 3.3.2 选用。用于波纹管的材料应有可追溯的标记，在制造过程中应做好标记移植，但不得打硬印标记。

3.3.3 伸缩节的端管、法兰等部件材料宜与安装伸缩节的相邻压力钢管中的钢管、法兰材料相同。

3.3.4 材料储存应符合下列规定：

DL / T 5751 — 2017

1 材料存放应避免雨淋、锈蚀、擦碰等。钢板叠放时应合理设置支撑条的间隔，材料不得产生永久变形。

表 3.3.2 常用波纹管材料

材料牌号	标准号	材料交货状态
06Cr18Ni11Ti	GB/T 3280 GB/T 4237 GB/T 20878 GB/T 24511	固溶
06Cr17Ni12Mo2		
06Cr19Ni10		
022Cr19Ni10		
022Cr17Ni12Mo2		

2 用于制造波纹管的不锈钢材料不得有因支撑物或覆盖物接触产生的划痕、凹陷等表面损伤及表面污染。

3.4 基准点和测量工具

3.4.1 伸缩节制造、安装及验收所用的测量器具的测量精度应达到以下要求：

- 1 精度不低于 I 级的钢卷尺。
- 2 不低于 DJ2 级精度的经纬仪。
- 3 不低于 DS3 级精度的水准仪。
- 4 精度±5℃及以上的测温仪。
- 5 精度±（3%*H*+1）μm 及以上涂镀层测厚仪。
- 6 测量精度温度±0.5℃、相对湿度±2%及以上的温湿度仪。
- 7 精度±2%及以上焊接用气体流量计。

3.4.2 计量器具应按规定进行检定，并在有效期限内使用。

3.4.3 用于测量高程、里程和安装轴线的基准点及安装用的控制点，均应明显、牢固和便于使用，应由测量部门在现场向安装单位和质量检查部门交清，并提供坐标点简图。

### 3.5 焊接及焊缝检验

**3.5.1** 伸缩节制造单位应在伸缩节制造前,按现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 的规定进行焊接工艺评定。

**3.5.2** 伸缩节制造单位应具有相应资格的焊接技术人员、焊接检验人员、无损检测人员、焊工及焊机操作工。

**3.5.3** 焊工与焊机操作工焊接的钢材种类、焊接方法和焊接位置等,均应与其考试所取得的合格项目相符。

**3.5.4** 焊件的坡口制备宜采用机械加工,坡口形式和尺寸应符合设计图样或现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/ T 985.1 和《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2 的规定。

**3.5.5** 焊件在组对前,应将坡口面及边缘 20mm 内的油、水、锈、污物等清理干净,直至露出金属光泽。

**3.5.6** 焊件组装时,坡口两侧表面应平齐,局部错边值不应大于焊件厚度的 10%,且不大于 3mm;不同厚度的焊件组装时,其错边值按较薄焊件计算。

**3.5.7** T 形接头及部分焊透焊缝的连接部件应顶紧装配,两部件间局部间隙不应大于 3mm;当间隙大于 3mm 时,应通过堆焊并修磨平整使其符合要求。

**3.5.8** 伸缩节焊接所选用的焊条、焊丝、焊剂和保护气体等应与所焊钢种相匹配。

**3.5.9** 波纹管焊缝应焊透且应符合下列规定:

1 管坯的纵向焊缝应采用氩弧焊或等离子弧焊方法焊接,纵向焊缝应采取自动焊。

2 纵向焊缝表面宜呈银白色或金黄色,不得有裂纹、未熔合、夹渣、咬边、气孔、未焊满、焊瘤及飞溅等缺陷。

3 当单层管坯厚度不大于 2mm 时,其纵向焊缝应进行双面

## DL / T 5751 — 2017

100%渗透检测，检测结果应符合现行国家标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 的规定；当单层管坯厚度大于 2mm 时，其纵向焊缝应进行 100%射线检测，检测结果应不低于现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2 中 AB 级的Ⅱ级要求。

4 对于整体成形后分体拼合的单层波纹管，拼合缝应采用氩弧焊或等离子弧焊方法焊接，可采用手工焊，焊后应进行双面 100%渗透探伤，检测结果应符合现行国家标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 的规定。

5 当采用滚焊工艺对多层波纹管直边段端口进行封边时，切边后端口截面应保持全焊透，不得有分层现象。滚焊焊缝有效宽度不应小于 4mm，焊缝表面不得有过烧、击穿、裂纹、飞溅等缺陷。

**3.5.10** 端管、中间管、过渡套管及加强环等部件焊缝的焊接及检验等除应符合现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 中一类焊缝的规定外，还应符合以下规定：

脉冲反射法超声波检测按现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 进行，检测等级为 B 级，按现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征》GB/T 29711 和《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》GB/T 29712 中验收等级 2 评定。

**3.5.11** 端环板焊缝外观质量应符合现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 中二类焊缝的规定，内部质量应进行 100%超声波检测。脉冲反射法超声波检测按现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 进行，检测等级为 B 级，按现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征》GB/T 29711 和《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》GB/T 29712 中验收等

级 3 评定。

**3.5.12** 过渡套管与端管或中间管连接的环向角焊缝的外观检验应符合现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 中一类焊缝的规定。外观检验合格后可采用液体渗透或压缩空气渗漏方法进行检测。渗漏检测时，以焊缝及热影响区表面无渗漏为合格。

**3.5.13** 波纹管与端管、中间管或过渡套管连接的环向焊缝，在外观检验合格后应进行 100% 渗透检测，检测结果应符合现行国家标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 的规定。

**3.5.14** 焊缝内部或表面质量不符合要求时，应进行分析，找出原因，制定可靠措施后，方可返工。

**3.5.15** 焊补除应符合现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 的规定外，还应符合下列规定：

- 1 波纹管纵焊缝、波纹管与端管、中间管或过渡套管连接的环向焊缝，同一部位的焊补次数不宜大于 1 次。
- 2 端管、中间管、过渡套管、加强环及端环板等部件的焊缝，同一部位的焊补次数不宜大于 2 次，采用高强钢材料的部件焊缝同一部位的焊补次数不宜大于 1 次。

### 3.6 防 腐 蚀

**3.6.1** 压力钢管波纹管伸缩节防腐蚀应符合现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 的有关规定。不锈钢波纹管不得接触含有铝、铅、锌等低熔点金属或他们的化合物组成的油漆。

**3.6.2** 不锈钢表面和焊缝坡口附近不应涂漆；法兰密封面、销轴表面、限位杆螺纹表面应涂防锈油脂；安装后须拆除的临时定位部件外表面应涂防锈底漆。

**3.6.3** 伸缩节端管、加强环、导流筒、外护罩等部件在组装前应对组装后无法防腐的表面预先进行除锈处理和防腐涂装。



### 3.7 标 识

**3.7.1** 伸缩节应有铭牌，且铭牌应符合下列规定：

1 每个伸缩节上都应装有永久固定、耐腐蚀的铭牌，铭牌上至少应注明下列内容：

- 1) 伸缩节型号。当伸缩节型号不确定无法标注时，可注明伸缩节的各向设计循环位移量。
- 2) 外形尺寸、总质量。
- 3) 制造厂名称、产品出厂编号和出厂日期。

2 对于需分段出厂的复式伸缩节，可在每一分段上安装铭牌，并在铭牌上注明该分段顺序的名称或编号。

**3.7.2** 伸缩节介质流向的标识应符合下列规定：

1 伸缩节装有导流筒时，应在伸缩节外表面标出醒目的永久性介质流向箭头标识。

2 对于装有双向导流筒的伸缩节，应按设计图样要求在伸缩节两端口的外表面标出醒目的端口编号标识。

**3.7.3** 伸缩节上所有在安装前后应拆除的装运件和临时定位杆等定位件，表面均应涂黄色油漆。当伸缩节内外涂装面漆的色标和黄色相近时，装运件和临时定位杆等定位件表面可涂红色油漆。

### 3.8 包装、储存与运输

**3.8.1** 伸缩节成品的包装与运输应符合现行行业标准《压力容器涂敷与运输包装》JB/T 4711 的规定。

**3.8.2** 最大外形尺寸小于 1m 的伸缩节成品可采用木箱包装，并应符合下列规定：

1 当伸缩节上带有轴向定位装置时，该装置应处于固定或锁紧状态；当伸缩节上未设置轴向定位装置时，制造厂在包装时应提供保持伸缩节轴向尺寸的定位措施。

2 伸缩节在包装箱内应处于固定状态，且应能保证在正常运

输过程中包装箱内的伸缩节不会相互碰撞。

3 包装箱内应有防雨防潮措施。

4 包装箱外应标有产品名称、型号、数量、制造厂名称及供储存、运输时辨认和保证正确位置的“上”“下”标记或符号，并清晰可见。

**3.8.3** 最大外形尺寸大于 1m 的伸缩节成品可采用裸装，并应符合下列规定：

1 伸缩节上的轴向定位装置和径向定位装置应处于固定或锁紧状态。

2 伸缩节波纹管段的外侧应设有保护罩，上下游端口处应贴有防水的保护膜。

3 伸缩节上应设置可供储存、运输、装卸所必需的强度足够的吊耳等装运件。对于大型伸缩节，还应根据工地和运输路况配备专用装运托架。

**3.8.4** 伸缩节成品的储存与运输应符合下列规定：

1 伸缩节宜存放在清洁、干燥和无腐蚀性介质的室内场地，伸缩节和地面之间应有垫木。当伸缩节存放在露天场地时，伸缩节和地面之间应有垫木，并应采取必要的保护和防护措施。

2 裸装的伸缩节上下叠放时，应检查下层伸缩节轴向定位装置是否已锁紧，并应对下层伸缩节的轴向定位装置的支撑强度进行核算，以确定是否能承担上层伸缩节的重量。

3 运输及装卸过程中，不得出现由于碰撞、摇晃、跌落等原因造成的伸缩节表面机械损伤和防腐层破坏。

4 储存和运输过程中，裸装的伸缩节导流筒开口宜向下并垂直地面。当导流筒开口不能向下时，应有防止雨水和杂物从导流筒开口处渗漏进去的防护措施。

4 制 造

4.1 波 纹 管

4.1.1 波纹管应采用整体成型方法进行制造。对于因运输问题无法整体运输到工地现场的伸缩节，可对已在工厂整体成形后的波纹管进行切割分体，运输到现场后再拼合为整体。用于分体拼合的波纹管成形前管坯应为单层，且单层厚度不应小于 2.0mm。

4.1.2 波纹管整体成形制造应符合下列规定：

- 1 对于端口直径不大于 4m 的波纹管，宜采用液压成形。
- 2 波纹管管坯上应只有纵向焊缝，不应有环向焊缝。焊缝应全焊透，焊接及焊接检验应符合本规范第 3.5 节的规定。坡口宜采用机械方法加工。
- 3 同一层管坯上纵向焊缝条数不宜过多，并应符合表 4.1.2-1 的规定。

表 4.1.2-1 同一层管坯上纵向焊缝条数

波纹管直边段端口外径 $D_w$ (mm)	焊缝条数(条)	波纹管直边段端口外径 $D_w$ (mm)	焊缝条数 (条)
$D_w \leq 600$	$\leq 2$	$2000 < D_w \leq 5000$	$\leq 5$
$600 < D_w \leq 2000$	$\leq 4$	$D_w > 5000$	$\leq 6$

4 多层波纹管套合时各层管坯间纵向焊缝位置应沿圆周方向均匀错开，且同层相邻纵向焊缝间距应不小于 250 mm。制造过程中各层管坯间不应有水、油及杂物等进入。

5 多层波纹管直边段端口宜采用连续的氩弧焊或滚焊封边，使端口各层熔为整体。对于端口最大外形尺寸不小于 4m 的多层

波纹管，直边段端口可采用间断的定位焊进行封边，定位焊应采用氩弧焊，长度不应小于 8mm，间隔宜为 100mm。采用间断焊封边的波纹管在制造过程中应严格防止水、油及杂物从端口间隙进入波纹管层间内。

6 波纹管直边段端口宜采用机械方法进行切边。当采用等离子弧切割方法时应用砂轮磨掉切割面上的熔融氧化层，磨削层厚度不应小于 0.8mm。

7 波纹管表面波峰、波谷、波纹侧壁和直边段之间均应圆滑过渡，尺寸允许偏差应符合表 4.1.2-2 的规定。对于端口最大外形尺寸不小于 4m 的波纹管，直边段外径尺寸的偏差可通过外圆周长来控制。

表 4.1.2-2 波纹管尺寸的允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	U 形波纹管 加强 U 形波纹管	波高
2		波距
3		波纹总长度
4		波峰、波谷曲率半径
5	Ω 形波纹管	波纹平均半径
6		波纹圆度
7	波纹管直边段端口外径 $D_w$ (用于内插式焊接接头)	当 $D_w \leq 3150\text{mm}$ 时为 $h12^{②}$ ； 当 $D_w > 3150\text{mm}$ 时为 $D_w/1000$ 且不大于 4mm，为负偏差
8	波纹管两端面对波纹管轴线的垂直度	$1\%D_w$
9	波纹管两端面对波纹管轴线的同轴度	$1\%D_w$ ，且不大于 5mm

注：①该公差应符合现行国家标准 GB/T 1800.1 规定。

②该公差应符合现行国家标准 GB/T 1800.2 规定。

$R_1$  为 U 形波纹管波峰、波谷的名义曲率半径。

$R_2$  为 Ω 形波纹管波纹平均半径和圆度的名义曲率半径。

8 自由状态下，加强 U 形波纹管和 Ω 形波纹管的加强环表

面应和波纹管波谷外壁紧密贴合。

9 波纹管表面不得有裂纹、焊接飞溅物及大于板厚负偏差绝对值的划痕和凹坑等缺陷。不大于板厚负偏差绝对值的划痕和凹坑应修磨使其圆滑过渡。

10 波纹管制造过程中应防止因制造设备、工具、衬垫物及环境等原因对波纹管表面造成的损伤及污染。

4.1.3 波纹管的分体拼合应符合下列规定：

1 波纹管分体的切割缝应纵向布置，切割缝的条数可按表 4.1.3 的要求执行，且应按圆周均匀布置。波纹管分体切割缝和波纹管切割前原纵向焊缝的间距不应小于 250mm。

表 4.1.3 波纹管纵向分体切割缝条数

波纹管直边段端口外径 $D_w$ (mm)	纵向切割缝条数 (条)
$D_w \leq 6000$	$\leq 3$
$6000 < D_w \leq 9000$	$\leq 4$
$D_w > 9000$	$\leq 5$

2 波纹管分体切割前应对各分体段进行支撑加固处理，避免因切割后变形造成拼合的困难。

3 分体切割宜采用机械方法。当采用等离子弧切割方法时应用砂轮磨掉切割面上的熔融氧化层，磨削层厚度不应小于 0.8mm。

4 拼合缝焊缝应全焊透，焊接及焊接检验应符合本规范第 3.5 节的规定。坡口应采用机械方法加工。

5 分体拼合后波纹管的外观、尺寸及各项要求应符合本规范第 4.1.2 条的规定。

4.2 压 力 管 段

4.2.1 伸缩节压力管段包括端管、中间管、过渡套管等承压结

构件。

**4.2.2** 伸缩节中压力管段的制造应符合下列规定：

1 压力管段的制造应符合设计图样和现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 的有关规定。

2 端管和过渡套管上只应有纵向焊缝，不应有环向对接焊缝。

3 端管、中间管、过渡套管和波纹管连接端口处的尺寸允许偏差应符合表 4.2.2 的规定。

**表 4.2.2 端管、中间管、过渡套管和波纹管  
连接端口处的尺寸允许偏差**

序号	项 目	允许偏差
1	和波纹管直边段连接处内圆直径（用于内插式焊接接头）	当 $D_w \leq 3150\text{mm}$ 时为 $H12^*$ ； 当 $D_w > 3150\text{mm}$ 时为 $D_w/1000$ 且不大于 4mm
2	和波纹管边波贴合处曲率半径	$\pm 15\%R$

注：\*该公差应符合 GB/T 1800.2 规定。

$R$  为波纹管贴合处的名义曲率半径。

4 端管、中间管、过渡套管和波纹管连接端口与波纹管直边段及边波波谷及侧壁可能贴合范围的表面应打磨光滑，不应有毛刺、棱角、裂纹、凹陷、焊接飞溅物等缺陷，焊缝处的余高应采用砂轮磨平。

### 4.3 其他结构件

**4.3.1** 整体式加强环和端环板的制造应符合下列规定：

1 加强环、端环板沿圆周径向焊缝的条数可按表 4.3.1-1 的要求执行。当加强环截面为两种不同形状组合而成时，如本规范附录 A 中图 A.1.2-2（b）和图 A.1.2-3 所示的圆形截面和环板截面组合时，相邻截面部件焊缝错开的最小距离为 100mm。

表 4.3.1-1 加强环、端环板沿圆周径向焊缝的条数

波纹管直边段 端口外径 $D_w$ (mm)	焊缝条数 (条)		波纹管直边段 端口外径 $D_w$ (mm)	焊缝条数 (条)	
	圆形截面	其他截面		圆形截面	其他截面
$D_w \leq 600$	$\leq 2$	$\leq 3$	$2400 < D_w \leq 3000$	$\leq 3$	$\leq 10$
$600 < D_w \leq 1200$		$\leq 5$	$3000 < D_w \leq 6000$	$\leq 4$	$\leq 12$
$1200 < D_w \leq 1800$	$\leq 3$	$\leq 6$	$6000 < D_w \leq 9000$	$\leq 5$	$\leq 16$
$1800 < D_w \leq 2400$		$\leq 8$	$9000 < D_w \leq 125000$	$\leq 6$	$\leq 20$

2 加强环、端环板的径向焊缝应全焊透，焊接及焊接检验应符合本规范第 3.5 节规定。

3 加强环与波纹管波谷及侧壁可能贴合范围的表面（图 4.3.1）应打磨光滑，不应有毛刺、棱角、裂纹、凹陷、焊接飞溅物等缺陷，焊缝处的余高应采用砂轮磨平。

4 整体式加强环尺寸的允许偏差应符合表 4.3.1-2 的规定。

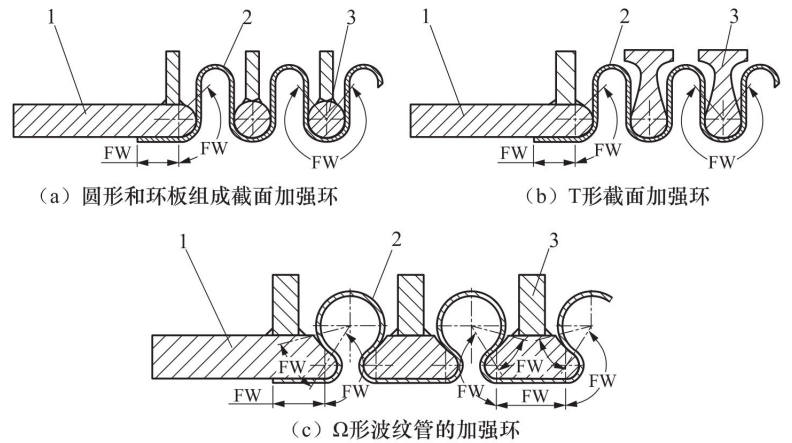


图 4.3.1 加强环及端管表面与波纹管波谷及侧壁可能贴合的范围  
1—端管；2—波纹管；3—加强环；FW—贴合范围

表 4.3.1-2 整体式加强环尺寸的允许偏差

序号	项目		允许偏差
1	加强环内圆直径		当 $D_w \leq 3150\text{mm}$ 时为 $H12^*$ ; 当 $D_w > 3150\text{mm}$ 时为 $D_w/1000$ 且 不大于 4mm
2	和波纹管贴合处曲率半径		$\pm 15\%R$
3	加强环圆周平面度	内圆直径 $D_w \leq 4000\text{mm}$	2mm
4		内圆直径 $D_w > 4000\text{mm}$	3mm

注：\*该公差应符合 GB/T 1800.2 规定。  
 $R$  为波纹管贴合处的名义曲率半径。

4.3.2 分体式加强环的制造应符合下列规定：

- 1 分体式加强环用于液压成形、滚压成形和机械胀形的波纹管。加强环沿圆周分为数瓣，在波纹管成形完成后再套于波纹外壁的波谷处并沿圆周方向进行连接。分体式加强环的周向焊接或紧固件联接应按设计图样要求进行。
- 2 分体式加强环的分瓣数应符合表 4.3.2 的规定，且分瓣位置应按圆周均匀布置。

表 4.3.2 分体式加强环的分瓣数

波纹管直边段端口外径 $D_w$ (mm)	分瓣数目 (瓣)
$D_w \leq 6000$	$\leq 3$
$6.0 < D_w \leq 9000$	$\leq 4$
$D_w > 9000$	$\leq 6$

- 3 分体式加强环每一瓣中，沿圆周向同一截面部件上相邻径向焊缝的最小周向距离为 250mm。当加强环截面为两种不同形状组合而成时，相邻截面部件的焊缝应错开，并沿圆周向均匀布置。
- 4 拼合后的分体式加强环各瓣之间的连接缝、和波纹管波谷外壁贴合部位的表面应平整，并不得有毛刺、棱角、凹陷、焊接飞溅物等缺陷。



5 拼合后分体式加强环的外观、尺寸及各项要求应符合本规范第 4.3.1 条的规定。

4.3.3 导流筒的制造应符合下列规定：

1 导流筒纵向焊缝应全焊透，焊接及焊接检验应符合本规范第 3.5 节的规定。

2 导流筒外圆表面应光滑平整，不得有可能导致波纹管内侧表面损伤的毛刺、棱角、焊接飞溅等凸起物。

3 导流筒过流面上的毛刺、棱角、焊接飞溅等凸起物应用砂轮打磨平整。

#### 4.4 伸 缩 节 组 装

4.4.1 伸缩节组装应符合下列规定：

1 波纹管与端管、中间管或过渡套管之间的纵向焊缝应错开，且相邻纵向焊缝最小的圆周向距离为 100mm。

2 伸缩节结构件组装时应使不同部件的焊缝相互错开，不得有十字焊缝或垂直交叉焊缝。

3 波纹管与端管、中间管或过渡套管组装时，不得采用强行对口的方法。当波纹管直边段和钢管贴合部位存在间隙需要消除时，宜采用均匀顶压的方法，不得用铁锤直接进行锤击。

4 伸缩节组装过程中，应对波纹管表面做好防护，不得产生因跌落、碰撞、敲击、焊接飞溅等原因导致波纹管表面的损伤。

5 带有波纹管的伸缩节部件在移动、起吊、翻转等过程中，应有确保波纹管轴向定位的可靠措施，不得有导致波纹管发生永久变形的现象发生。

6 伸缩节上导流筒、限位套筒、外护罩等结构件应在伸缩节水压试验或气密性试验完成后再进行组装。导流筒、限位套筒、外护罩组装时，最终焊接的纵向焊缝或环向焊缝应采用气体保护焊进行打底，不得产生因内侧焊接飞溅引起波纹管表面的损伤。

7 当导流筒安装在端管内侧时，过流面凸出部分上的毛刺、

棱角、焊接飞溅等凸起物应用砂轮打磨平整光滑。

**8** 伸缩节内外表面均不得有裂纹、焊疤、焊接飞溅、深度大于板厚负偏差绝对值的划痕和锤印等缺陷。

**9** 伸缩节组装完成后应将所有定位装置紧固。除非合同另有规定，出厂时波纹管应处于零位移状态。

**4.4.2** 伸缩节上下游两端口的坡口形式及尺寸应符合设计图样的要求，其制造尺寸的允许偏差应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 伸缩节尺寸的允许偏差

序号	项目		允许偏差 (mm)
1	伸缩节上下游 两端面间长度	设计图样长度不大于 3m	±3
2		设计图样长度大于 3m	±5
3	伸缩节上下游端口钢管外圆周长		±3D/1000, 且允许偏差为 ±20
4	伸缩节上下游端口管口圆度		3D/1000, 且不大于 20
5	伸缩节上下游 端口管口平面度	钢管内径 $D \leq 5\text{m}$	2
6		钢管内径 $D > 5\text{m}$	3

注：管口圆度是指同端管口相互垂直两直径之差的最大值。当  $D \leq 5\text{m}$  时，每端管口应至少测 2 对直径；当  $5\text{m} < D \leq 8\text{m}$  时，每端管口应至少测 3 对直径；当  $D > 8\text{m}$  时，每端管口应至少测 4 对直径。

## 4.5 水压试验和气密性试验

**4.5.1** 伸缩节出厂前应逐件进行水压试验，必要时可补充进行气密性试验。

**4.5.2** 水压试验或气密性试验时，试验装置应保证伸缩节两端固定和密封有效，且伸缩节处于零位移状态。水压试验的水温应在 5℃ 以上。

**4.5.3** 水压试验的试验压力应按图样或设计文件规定执行。若图样和设计文件均无规定，水压试验压力应为设计压力的 1.5 倍，或与伸缩节安装所处位置相邻压力钢管的试验压力相同；气密性

## DL / T 5751 — 2017

试验的试验压力等于设计压力。

**4.5.4** 水压试验或气密性试验应采用两个量程相同的压力表。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 4 倍的试验压力。

**4.5.5** 水压试验应采用氯离子含量不超过 25mg/L 的洁净水；气密性试验介质可用干燥洁净的压缩空气或惰性气体。

**4.5.6** 水压试验时应缓慢升压，达到规定试验压力后至少保持 30min，并对伸缩节进行检查，结果应符合下列要求：

- 1 保压期间压力表的压力指示应无变化。
- 2 整个试验过程中，伸缩节表面应无任何渗水现象。
- 3 结构件应无异常变形。
- 4 波纹管应无失稳现象。对于无加强 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%，对于加强 U 形波纹管和  $\Omega$  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%，即认为波纹管已失稳。

**4.5.7** 气密性试验时应缓慢升压或降压，达到规定的试验压力后至少保压 10min。可用皂泡法或水浸法进行检漏，无气泡为合格。

## 4.6 疲 劳 试 验

**4.6.1** 型式检验的伸缩节，应对波纹管进行循环位移疲劳试验。

**4.6.2** 用于疲劳试验的伸缩节，应包括波纹管、加强环、端管、中间管、过渡套管等基本结构件及相应的焊接接头，以符合试验要求。伸缩节的疲劳试验应在相应伸缩节的其他型式检验项目检验合格后进行。

**4.6.3** 疲劳试验时，试验装置应保证能约束波纹管的压力推力和位移反力、两端密封有效，并保证施加的循环位移方向符合试验要求。

**4.6.4** 疲劳试验一般仅进行轴向循环位移试验，循环位移方向和位移值应符合设计规定。

**4.6.5** 疲劳试验时的内压力应等于设计压力，疲劳试验时压力波动值应不超过试验压力的 $\pm 10\%$ 。试验循环速率应以使位移在各波中均匀分配所需时间所确定，且应小于 25mm/s。

**4.6.6** 疲劳试验结果应符合下列规定：

1 试验循环次数应大于 2 倍的设计循环次数，在此期间波纹管应无泄漏。试验介质为水时，波纹管外观目视检查应无渗水现象。

2 对于加强 U 形波纹管和  $\Omega$  形波纹管，加强环应无异常变形。

**4.6.7** 用于型式检验疲劳试验的波纹管，在完成疲劳试验后应报废。

## 4.7 检 验

**4.7.1** 伸缩节的型式检验应符合下列规定：

1 伸缩节在出现下列情况之一时应进行型式检验：

- 1) 产品为首次生产或是停产超过二年后复产时。
- 2) 生产产品的材料、结构、尺寸、工艺有重大改变并足以影响产品性能时。
- 3) 合同中有规定时。

2 型式检验的项目、要求和顺序应符合表 4.7.1 的规定。

**表 4.7.1 型式检验的项目、要求和顺序**

序号	检验项目名称	检验要求 (章、节、条、款)	检验方法 (章、节、条、款)
1	材料	本规范第 3.3 节	检查材料牌号和 质量证明书
2	外观	本规范第 4.1.2 条第 8 款、本规范第 4.1.2 条第 9 款、本规范第 4.3.1 条第 3 款、本规范第 4.2.2 条第 4 款	目视或用适当倍数的 放大镜观察
3	焊缝检测	本规范第 3.5 节	本规范第 3.5 节
4	尺寸	本规范第 4.1.2 条第 7 款、本规范第 4.3.1 条第 4 款、本规范第 4.2.2 条第 3 款	用精度符合公差要求的量具进行检查

续表 4.7.1

序号	检验项目名称	检验要求 (章、节、条、款)	检验方法 (章、节、条、款)
5	水压试验和 气密性试验	本规范第 4.5 节	本规范第 4.5 节
6	疲劳试验	本规范第 4.6 节	本规范第 4.6 节

3 伸缩节型式检验样品数量宜为一件。

4 型式检验结果按下列规则进行判定：

- 1) 检验项目全部符合要求，应判定为型式检验合格。
- 2) 检验项目中若水压试验时波纹管出现失稳或疲劳试验时波纹管有渗漏，均应判定为型式检验不合格。
- 3) 型式检验除本规范第 4.7.1 条第 4 款第 2 项所述项目之外，其他项目若有不符合要求的，允许返修复验。复验后符合要求的，仍应判定为型式检验合格；复验后仍有不符合要求的项目，则应判定为型式检验不合格。

4.7.2 伸缩节的出厂检验应符合下列规定：

- 1 伸缩节出厂检验应逐件进行。
- 2 出厂检验的项目、要求和顺序应符合表 4.7.2 的规定。

表 4.7.2 出厂检验的项目、要求和顺序

序号	检验项目名称	检验要求 (章、节、条、款)	检验方法 (章、节、条、款)
1	材料	本规范第 3.3 节	检查材料牌号和质量证明书
2	外观	本规范第 4.4.1 条第 8 款、本规范第 4.4.1 条第 9 款	目视或用适当倍数的放大镜观察
3	焊缝检测	本规范第 3.5 节	本规范第 3.5 节
4	尺寸	本规范第 4.4.2 条	用精度符合公差要求的量具进行检查
5	水压试验和 气密性试验	本规范第 4.5 节	本规范第 4.5 节

续表 4.7.2

序号	检验项目名称	检验要求 (章、节、条、款)	检验方法 (章、节、条、款)
6	标识	本规范第 3.7 节	目视观察
7	防腐检测	本规范第 3.6 节	本规范第 3.6 节

**4.7.3** 出厂检验结果按下列规则进行判定：

- 1** 检验项目全部符合要求，应判定为出厂检验合格。
- 2** 检验项目中若材料检查不符合要求，应判定为出厂检验不合格。
- 3** 出厂检验除本规范第 4.7.3 条第 2 款所述项目之外，其他项目若有不符合要求的，允许返修复验。复验后符合要求的，仍应判定为出厂检验合格；复验后仍有不符合要求的项目，则应判定为出厂检验不合格。

5 安 装

5.1 安 装 前 准 备

5.1.1 伸缩节安装应符合产品说明书、设计图样和现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 中的有关规定。

5.1.2 伸缩节安装前,应检查和仔细阅读伸缩节的质量证明文件、安装使用说明书等出厂文件,并根据伸缩节和管线的安装要求编制符合施工实际的专项安装技术方案和措施。应核查伸缩节的型号、规格、数量,检查伸缩节上下游端口的几何尺寸和坡口质量,确认伸缩节完好无损后方可进行安装。

5.1.3 伸缩节安装应在其上、下游镇墩、支墩浇筑龄期期满后,进行。安装前应核查镇墩和支墩的浇筑质量,检查支座及导向限位装置的位置、尺寸和安装质量,检查上下游已安装的管段是否符合设计及安装要求,并检查和复测上下游压力钢管管口的几何尺寸和坡口质量,符合要求后方可进行伸缩节安装。

5.1.4 对于带有流向要求的伸缩节,安装时应使介质流向箭头与介质流动的方向一致。

5.2 安 装 要 求

5.2.1 伸缩节安装中心的允许偏差应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 伸缩节安装中心的允许偏差

序号	端管内径 $D$ (mm)	伸缩节端管的管口中心允许偏差 (mm)
1	$D \leq 2000$	6

续表 5.2.1

序号	端管内径 $D$ (mm)	伸缩节端管的管口中心允许偏差 (mm)
2	$2000 < D \leq 5000$	10
3	$D > 5000$	12

**5.2.2** 安装过程中，应防止伸缩节表面因敲击、碰撞、吊装及焊接引弧、飞溅等原因造成的损伤，遇有损伤应及时进行修补并在安装完毕后尽快进行防锈处理和防腐涂装。

**5.2.3** 安装过程中，不应让焊接飞溅物落到未经保护的波纹管上。

**5.2.4** 伸缩节和上下游压力钢管连接处对口时应注意使两侧钢管的纵焊缝位置按现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 的有关规定错开布置。

**5.2.5** 不应用伸缩节来补偿在伸缩节设计时未计入的安装偏差位移；伸缩节不应受周向扭转；伸缩节不宜作为凑合节使用。

**5.2.6** 含有伸缩节的压力钢管段在安装闭合前，不应拆除伸缩节上的定位和临时固定装置。当该段管线的镇墩和导向支座均应已正确安装且该段压力钢管安装闭合后，应立即拆除伸缩节上所有的定位和临时固定装置。

**5.2.7** 露天安装含伸缩节的压力钢管时，该段管线的接口闭合时机宜选择在阴天或早晨太阳未直接照射到钢管之前，闭合时的环境温度宜在设计规定的安装闭合温度范围内。

**5.2.8** 当含伸缩节的压力钢管段闭合时环境温度超出设计规定的闭合范围时，应对伸缩节进行拉伸或压缩预变位，伸缩节预变位时应考虑安装闭合焊缝焊接收缩的影响。预变位量  $\Delta L$  按下式计算：

$$\Delta L = \alpha_1 L (t - t_{0i}) \quad (5.2.8)$$

式中  $\Delta L$  ——伸缩节拉伸或压缩的预变位量（+为压缩，-为拉伸）（mm）。



$\alpha_1$ ——钢管材料在环境温度下的线膨胀系数 ( $1/^\circ\text{C}$ )。

$L$ ——安装该伸缩节的钢管管段上下游两镇墩中间的直线距离 (mm)。

$t$ ——安装闭合时的钢管表面平均温度 ( $^\circ\text{C}$ )。对于太阳未直接照射到钢管的管段,  $t$  可取该钢管段所处环境的大气温度。

$t_{0i}$ ——管线设计规定的安装闭合温度范围临界值 ( $^\circ\text{C}$ ),  $i=1, 2$ 。当设计规定的安装闭合温度范围为  $t_{01} \sim t_{02}$ , 且  $t_{01} < t_{02}$  时, 若安装温度  $t < t_{01}$  则  $t_{0i} = t_{01}$ ; 若安装温度  $t > t_{02}$  则  $t_{0i} = t_{02}$ 。

**5.2.9** 伸缩节安装时的焊接应符合本规范第 3.5 节和现行国家标准《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 的有关规定。焊接最后一道合拢缝时应采取措施减少焊接应力。焊接时不得将地线接于波纹管的管节上。

**5.2.10** 伸缩节采用法兰连接方式时, 连接螺栓副的螺孔制备、螺栓制备、紧固及紧固质量的检查应符合现行行业标准《水电工程钢闸门制造安装及验收规范》NB/T 35045 和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定, 同时应检查法兰连接止水面应无间隙和透光现象, 用 0.05mm 塞尺沿圆周进行径向检查应不能通过。

**5.2.11** 拆除伸缩节的端管、中间管和过渡套管等构件上的工卡具、吊耳、内支撑和其他临时构件时, 不得使用锤击法, 应用碳弧气刨或热切割在离管壁 3mm 以上切除, 切除后钢管上残留的痕迹和焊疤应磨平, 并检查确认无裂纹。对高强钢应采用磁粉或渗透探伤进行检查。当发现裂纹时应用砂轮磨去, 直至经复验确认裂纹已消除为止。

**5.2.12** 当伸缩节与压力钢管一起进行水压试验时, 应遵守压力钢管水压试验的规定, 同时应检查在压力作用下管段是否出现未预计到的位移, 管线是否有出现失稳的迹象, 导向支座、伸缩节及

其他活动部件在移动中是否有受到阻碍的现象。

**5.2.13** 当含有伸缩节的管线或管段完成水压试验后,应对管线或管段进行外观巡检。巡检时应检查并确认下列各项是否正常:

- 1 镇墩和支墩应完好,且与管道连接牢固。
- 2 导向支座和伸缩节接触良好,管道沿允许的方向移动正常。
- 3 伸缩节的变形在设计规定的范围内,管线没有产生失稳,管段也没有发生未预见到的振动。
- 4 伸缩节的各部件均未出现异常变形及异常声响。

6 验 收

6.1 交 货 验 收

6.1.1 伸缩节经出厂检验合格后在交货时可进行交货验收。交货验收可在伸缩节运输到工地现场后进行。

6.1.2 伸缩节交货验收项目及应符合表 6.1.2 的规定。裸装的伸缩节可直接验收，有包装箱包装的伸缩节应开箱后验收。

表 6.1.2 伸缩节交货验收项目及应符合要求

序号	验收项目	验收要求 (章、节、条、款)	验收方法 (章、节、条、款)
1	资料	本规范第 3.2 节	检查伸缩节出厂文件
2	外观	本规范第 4.4.1 条第 8 款、本规范第 4.4.1 条第 9 款	目视观察
3	标识	本规范第 3.7 节	目视观察
4	防腐	本规范第 3.6 节	本规范第 3.6 节

6.1.3 交货验收结果按下列规则进行判定：

1 检查项目全部符合要求，应判定为交货验收合格。

2 检查项目若有不符合要求的，应返修后复验。复验后符合要求的，仍应判定为交货验收合格；复验后仍有不符合要求的项目，则应判定为交货验收不合格。

6.2 安 装 验 收

6.2.1 伸缩节安装完成后可单独验收，也可与上下游压力钢管一起作为一个管段和管线一起进行整体验收。

6.2.2 伸缩节安装验收时施工单位应提供下列资料，但不限于：

- 1 压力钢管及伸缩节工程竣工图样。
- 2 伸缩节制造厂家交货验收文件。
- 3 伸缩节安装使用说明书。
- 4 伸缩节设计修改通知单。
- 5 伸缩节安装时最终检查和试验的测定记录。
- 6 伸缩节安装焊缝的无损检测报告。
- 7 防腐检测资料。
- 8 重大缺陷处理记录和有关会议记录。

附录 A 结构分类和标记

A.1 结 构 分 类

A.1.1 伸缩节基本结构可包括但不限于以下四种类型，其代号和特点见表 A.1.1。

表 A.1.1 伸缩节基本结构类型及特点

伸缩节基本结构类型	代号	可吸收位移方向	示意图
单式轴向型	DZ	轴向位移	图 A.1.1-1
复式自由型	FZ	轴向与横向组合位移	图 A.1.1-2
复式铰链型	FJ	轴向与一个平面内的横向组合位移	图 A.1.1-3
复式万向铰链型	FW	轴向与任一平面内的横向组合位移	图 A.1.1-4

注：复式铰链型的主铰链板或副铰链板、复式万向铰链型的万向环或铰链板均应带长槽孔。

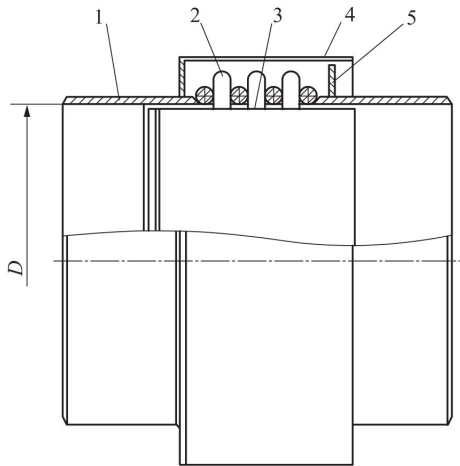


图 A.1.1-1 单式轴向型伸缩节

1—端管；2—波纹管；3—导流筒；4—外护罩；5—端环板

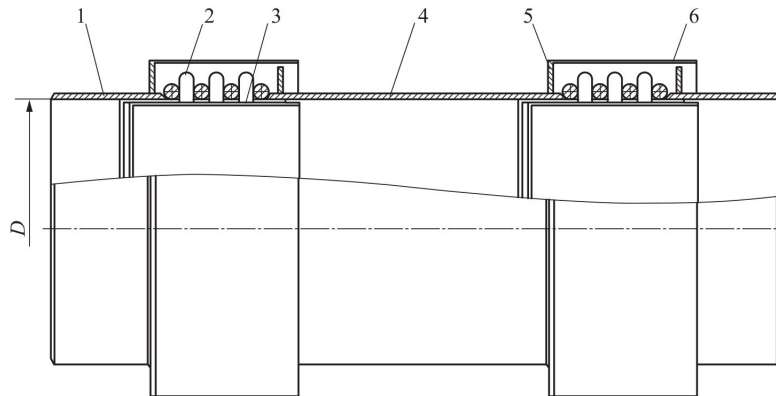


图 A.1.1-2 复式自由型伸缩节

1—端管；2—波纹管；3—导流筒；4—中间管；5—端环板；6—外护罩

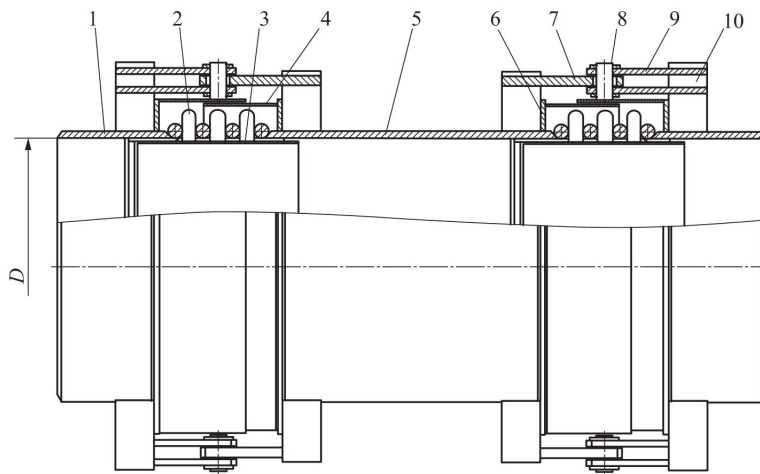


图 A.1.1-3 复式铰链型伸缩节

1—端管；2—波纹管；3—导流筒；4—外护罩；5—中间管；6—端环板；  
7—主铰链板；8—销轴；9—副铰链板；10—立板

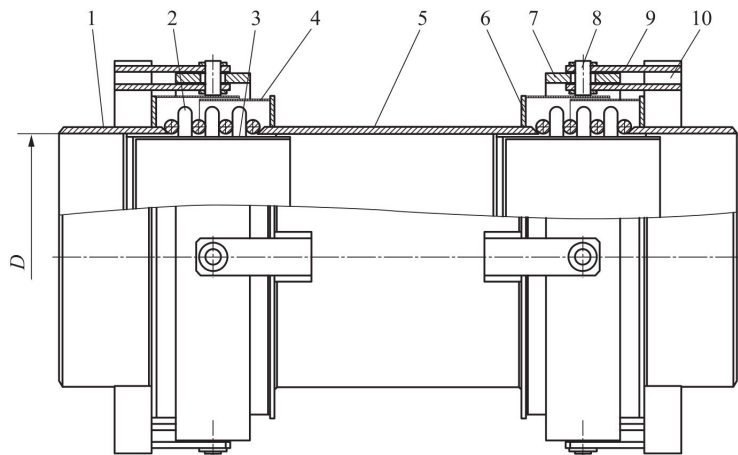


图 A.1.1-4 复式万向铰链型伸缩节

1—端管；2—波纹管；3—导流筒；4—外护罩；5—中间管；6—端环板；  
7—万向环；8—销轴；9—铰链板；10—立板

A.1.2 波纹管可分为三种类型，其代号和特点见表 A.1.2。

表 A.1.2 波纹管类型及特点

波纹管类型	代号	结构特点	示意图
无加强 U 形	U	波纹上无加强环	图 A.1.2-1
加强 U 形	J	中间波和边波均采用圆形截面的加强环	图 A.1.2-2 (a)
		中间波采用圆形环、环板组成加强环，边波采用端环板作为加强件	图 A.1.2-2 (b)
		中间波采用 T 形截面加强环，边波采用端环板作为加强件	图 A.1.2-2 (c)
Ω 形	O	中间波采用 L 形截面加强环，边波采用端环板作为加强件	图 A.1.2-3

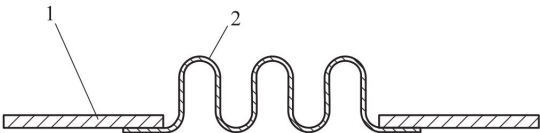
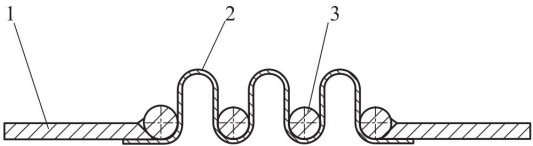
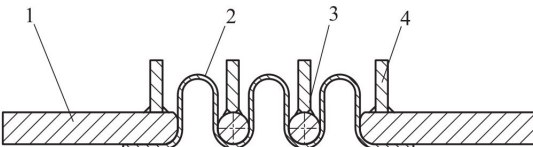


图 A.1.2-1 无加强 U 形波纹管

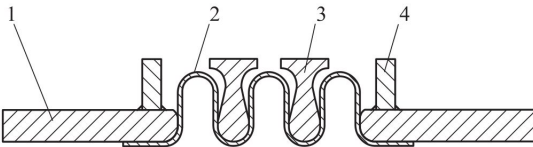
1—端管；2—波纹管



(a) 圆形截面加强环



(b) 圆形环和环板组合构成加强环



(c) T形截面加强环

图 A.1.2-2 加强 U 形波纹管

1—端管；2—波纹管；3—加强环；4—端环板

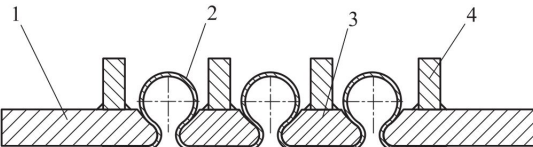


图 A.1.2-3  $\Omega$  形波纹管

1—端管；2—波纹管；3—加强环；4—端环板

A.1.3 伸缩节限位装置可分为三种类型,其代号和适用范围见表A.1.3。

表 A.1.3 伸缩节限位装置类型及适用范围

限位装置类型	代号	适用伸缩节基本类型	示意图
限位杆限位	L	单式轴向型；复式自由型	图 A.2.2-1



续表 A.1.3

限位装置类型	代号	适用伸缩节基本类型	示意图
限位套筒限位	T	单式轴向型；复式自由型	图 A.2.2-3
带长槽孔铰链板限位	J	复式铰链型；复式万向铰链型	图 A.2.2-2

注：带长槽孔铰链板限位是在主铰链板、万向环或铰链板上开轴向长孔，用长孔对销轴移动进行轴向限位。

A.1.4 伸缩节导流筒设置可分为三种类型，其特点和代号见表 A.1.4。

表 A.1.4 伸缩节导流筒设置类型

导流筒设置类型	结构特点	代号	示意图
导流筒安装在端管内侧	导流筒内径小于端管内径	N	图 A.1.4-1
端管外侧加过渡套管，导流筒安装在端管内侧端部	导流筒内径等于端管内径	G	图 A.1.4-2
端管端部有扩口段，导流筒安装在扩口段内侧		K	图 A.1.4-3

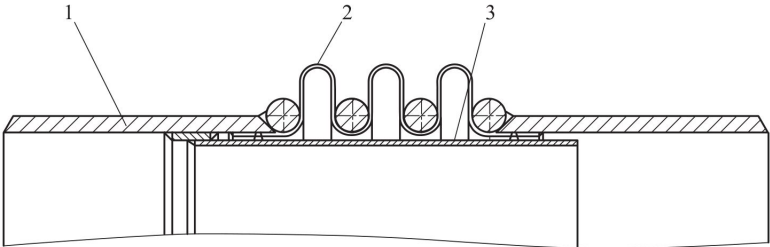


图 A.1.4-1 导流筒安装在端管内侧  
1—端管；2—波纹管；3—导流筒

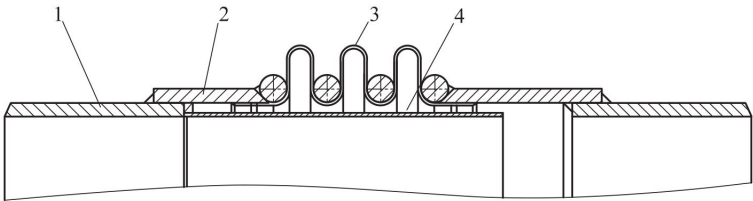


图 A.1.4-2 端管外侧加过渡套管，导流筒安装在端管内侧端部  
1—端管；2—过渡套管；3—波纹管；4—导流筒

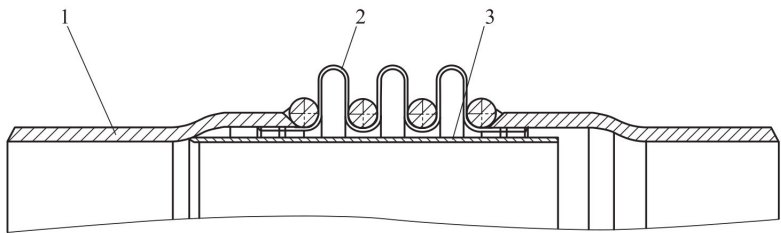


图 A.1.4-3 端管一端有扩口段，导流筒安装在扩口段内侧  
1—端管；2—波纹管；3—导流筒

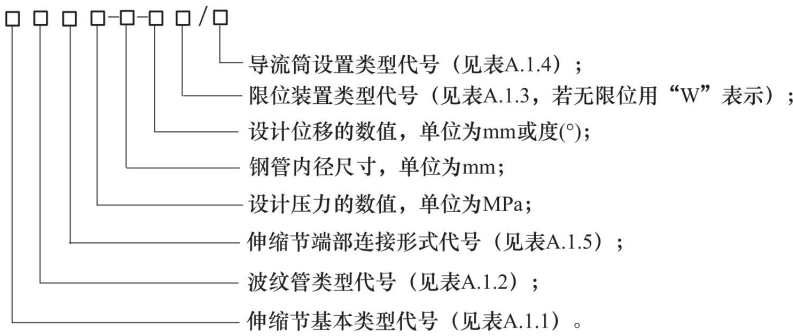
A.1.5 伸缩节端部连接可分为两种形式，其代号见表 A.1.5。

表 A.1.5 伸缩节端部连接形式及代号

伸缩节端部连接形式	代号
焊接	H
法兰	F

A.2 标 记

A.2.1 伸缩节型号表示方法如下：



注：对于复式自由型伸缩节（代号 FZ），设计位移分别表示设计轴向位移和设计横向位移，设计轴向位移在前，设计横向位移在后，两个设计位移之间用 “/” 号连接。

A.2.2 伸缩节结构形式及标记示例

1 示例 1：设计压力为 0.7MPa，钢管内径尺寸为 9000mm，设计轴向位移为±20mm，端部连接为焊接，波纹管为加强 U 形，轴向采用限位杆限位，导流筒安装在端管内侧的单式轴向型伸缩节，结构示意图见本规范图 A.2.2-1，标记为：

伸缩节 DL/T ××××-××××DZJH 0.7-9000-±20-L/N。

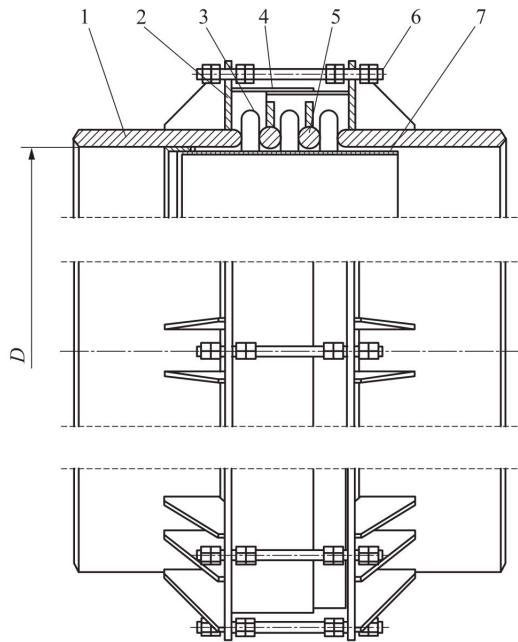


图 A.2.2-1 标记示例 1

1—端管；2—端环板；3—波纹管；4—外护罩；  
5—加强环；6—限位杆；7—导流筒

2 示例 2：设计压力为 0.5MPa，钢管内径尺寸为 2000mm，

设计轴向位移为 $\pm 100\text{mm}$ ，设计横向位移为 $100\text{mm}$ ，端部连接为焊接，波纹管为加强 U 形，轴向采用万向环开设长槽孔限位，导流筒安装在端管扩口段的复式万向铰链型伸缩节，结构示意图见图 A.2.2-2，标记为：

伸缩节 DL/T  $\times\times\times\times-\times\times\times\times\text{FWJH } 0.5-2000-\pm 100/100-\text{J/K}$ 。

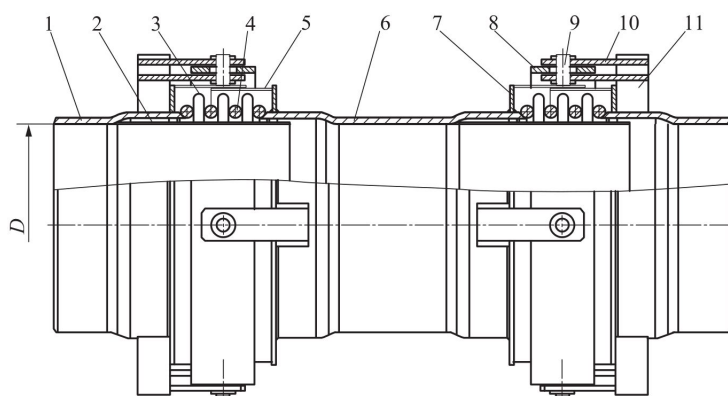


图 A.2.2-2 标记示例 2

- 1—端管；2—导流筒；3—波纹管；4—加强环；5—外护罩；  
6—中间管；7—端环板；8—万向环；  
9—销轴；10—铰链板；11—立板

**3 示例 3：**设计压力为 $4.4\text{MPa}$ ，钢管内径尺寸为 $3200\text{mm}$ ，设计轴向位移为 $\pm 30\text{mm}$ ，设计横向位移为 $30\text{mm}$ ，端部连接为焊接，波纹管为 $\Omega$ 形，轴向采用限位套筒限位，端管外侧加过渡套管，导流筒安装在端管内侧端口的复式自由型伸缩节，结构示意图见图 A.2.2-3，标记为：

伸缩节 DL/T  $\times\times\times\times-\times\times\times\times\text{FZOH } 4.4-3200-\pm 30/30-\text{T/G}$ 。

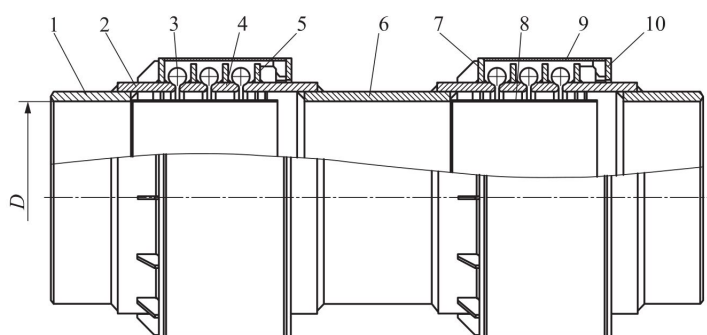


图 A.2.2-3 标记示例 3

- 1—端管；2—过渡套管；3—波纹管；4—加强环；5—端环板；  
6—中间管；7—端环板；8—导流筒；  
9—限位套筒；10—限位环

## 本规范用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 2 《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766
- 3 《气焊、焊条电弧焊、和高能束焊的推荐坡口》GB 985.1
- 4 《埋弧焊的推荐坡口》GB 985.2
- 5 《产品几何技术规范（GPS）极限与配合 第1部分：公差、偏差和配合的基础》GB/T 1800.1
- 6 《产品几何技术规范（GPS）极限与配合 第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表》GB/T 1800.2
- 7 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280
- 8 《不锈钢热轧钢板》GB/T 4237
- 9 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345
- 10 《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777
- 11 《压力容器波形膨胀节》GB 16749
- 12 《不锈钢和耐热钢-牌号及化学成分》GB/T 20878
- 13 《承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带》GB/T 24511
- 14 《焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征》GB/T 29711
- 15 《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》GB/T 29712
- 16 《压力容器涂敷与包装》JB/T 4711
- 17 《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2
- 18 《水电工程钢闸门制造安装及验收规范》NB/T 35045
- 19 《特种设备制造、安装、改造、维修质量保证体系基本要求》TSG Z0004
- 20 《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002

**DL / T 5751 — 2017**

**中华人民共和国电力行业标准**

**水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节  
制造安装及验收规范**

**DL/T 5751 — 2017**

**条 文 说 明**



## 制 定 说 明

《水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造安装及验收规范》(DL/T 5751—2017),经国家能源局 2017 年 11 月 15 日以第 10 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编写组对国内外近二十年来水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造安装技术进行了调查研究,总结了我国水电水利工程压力钢管波纹管伸缩节制造安装领域的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,遵循了安全可靠、技术先进、经济合理的原则。

为便于广大设计、施工、科研、大中专院校等单位有关人员在使⤵用本规范时能正确理解和执行条文规定,本规范编写组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

## 目 次

1	总则	44
2	术语和符号	45
3	基本规定	46
3.2	技术资料	46
3.3	材料	46
3.5	焊接及焊缝检验	47
3.6	防腐蚀	47
3.7	标识	48
3.8	包装、储存与运输	48
4	制造	49
4.1	波纹管	49
4.2	压力管段	50
4.3	其他结构件	50
4.4	伸缩节组装	52
4.5	水压试验和气密性试验	52
4.6	疲劳试验	53
4.7	检验	53
5	安装	55
5.1	安装前准备	55
5.2	安装要求	55
6	验收	57
6.1	交货验收	57

## 1 总 则

**1.0.1** 水电站压力钢管伸缩节传统上主要采用套筒式伸缩节。近二十年来，随着水电技术的发展，波纹管伸缩节在水电站压力钢管上得到应用，而且由于波纹管伸缩节不漏水、免维护等特点，应用越来越广泛，但到目前为止尚没有一部压力钢管波纹管伸缩节的行业规范，主要参照国内现有的国家通用规范和压力容器有关伸缩节的规范。由于水电站压力钢管直径大、压力高、材料较复杂且材料厚度较大，国内现有的波纹管伸缩节规范尚不能完全覆盖，因此为满足国内外水电事业的发展，编制组经过广泛调研，编制了本规范。

**1.0.4** 水电站波纹管伸缩节技术要求高，制造安装较为复杂，如果质量控制不好会导致事故的发生，因此此条对制造安装厂家做出规定。

## 2 术 语 和 符 号

**2.1.2~2.1.5** 定义描述总体上和《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 标准一致。

**2.1.6** 《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 未列入而在水电水利工程波纹管伸缩节中常用的重要结构部件，在本规范的制造、安装、验收等条文中对该部件有所涉及，为了避免对该部件的名词产生歧义，本章对此专门设条进行定义描述。

**2.1.7** 定义描述总体上和《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 标准一致。

**2.1.8~2.1.12** 《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 未列入而在水电水利工程波纹管伸缩节中常用的重要结构部件，在本规范的制造、安装、验收等条文中这些部件都有所涉及，为了避免对这些部件的名词产生歧义，本章对此专门设条进行定义描述。其中，2.1.9“限位杆”的功能类似于美国 EJMA 标准中的“控制杆”，有限位作用，在部分水电水利工程项目中有应用。2.1.10“限位环”和 2.1.11“限位套筒”组合后可形成套筒式限位结构，这也是已应用在部分水电水利工程项目中的典型结构形式。

3 基本规定

3.2 技术资料

3.2.1 本条是本规范附录 A 的引导条款。

3.2.3 考虑到水电水利工程现场环境条件的特点，出厂文件特别规定了必须有防水密封包装。由于大型伸缩节一般都是裸装，为了避免长途运输过程中随车的出厂文件有可能失落，建议亦可通过邮寄或快递的方式另行送达。

3.3 材料

3.3.2 本条列入了水电水利工程波纹管伸缩节常用的波纹管材料。目前市场上常用的不锈钢钢板既有国产材料牌号，也有进口材料牌号。虽然进口材料牌号这些年来没有什么变化，但国产材料牌号变化较大，伸缩节图样中仍标注旧国产材料牌号的情况还时有所见。表 3-1 是常用波纹管材料的牌号对照表。

表 3-1 常用波纹管材料牌号对照表

中国 GB/T 3280、GB/T 4237		美国 ASME SA 240—2004/ 美国 AISI-2008	日本 JIS 4305—2005
2007 版（新）	1992 版（旧）		
06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	S32100 / 321	SUS 321
06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600 / 316	SUS 316
06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400 / 304	SUS 304
022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403 / 304L	SUS 304L
022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603 / 316L	SUS 316L

3.3.3 为便于现场安装施工、保证质量和运行维护方便，对于端

管、法兰材料一般推荐和相邻压力管道中的钢管、法兰相同。

### 3.5 焊接及焊缝检验

**3.5.9** 本条对波纹管的焊接作出了规定。

**3** 《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777—2008 标准中,对于单层厚度不大于 2mm 的波纹管管坯纵向焊缝检测有两个选项:渗透探伤或射线探伤。行业的实际调研情况表明:不大于 2mm 的管坯纵焊缝,其缺陷的主要特征均体现在表面(凹陷、咬边、未焊透等),采用射线探伤并不适宜。因此本规范中对单层厚度不大于 2mm 的管坯纵向焊缝仅规定应进行双面 100%渗透探伤。

**4** 对于波纹管的分体拼合焊缝,一般采用手工氩弧焊。由于该焊道随波形起伏变化,且是全位置焊接,故施焊人员应是有同类焊缝施焊经验的持证焊工,施焊之前还应进行模拟培训,确认合格后方可上岗操作。

**3.5.13** 为保证伸缩节的制造质量特别强调如下:波纹管与端管、中间管或过渡套管连接的环向焊缝是伸缩节最重要的焊缝之一,对于大型伸缩节一般都采用手工氩弧焊。在现行的国内各标准和规范中,目前均只有液体渗透这一种表面检测手段,尚无内在缺陷的探伤办法。因此,成熟的焊接工艺、合格的焊接人员、认真的工作态度是保证该道焊缝质量必不可少的三个方面。

### 3.6 防 腐 蚀

**3.6.2** 本条规定和《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777—2008 标准中的 5.4.4.2 条内容基本相同。

**3.6.3** 整体式加强环建议至少提前一周完成制造并做完防腐,待漆膜表面坚固后再套入波纹管管坯进行液压成形。分体式加强环则希望提前时间更长一些,这样在组装过程中加强环防腐层的破损情况会大大减少。

### 3.7 标 识

**3.7.3** 为便于区分，根据重要性的不同作出不同的颜色标识。

当装运件和定位件的尺寸及表面积较大时，黄色（或红色）标识漆可在其他颜色的防腐底漆上按斑马线的方式间隔涂刷。

### 3.8 包装、储存与运输

**3.8.1** 本节是对用于交货的伸缩节成品进行包装、储存和运输方面的规定。对于尚未交货的半成品或伸缩节部件的储存和运输由生产单位自行负责，但均不得对波纹管或伸缩节部件造成损伤。

**3.8.2** 在包装中强调了伸缩节要进行轴向定位，这是为了防止伸缩节在运输、装卸中由于碰撞、晃动引起波纹管的位移变化。过大的位移变化有可能造成伸缩节初始位移状态永久性改变，频繁的位移变化则有可能造成波纹管实际循环疲劳寿命的降低。

**3.8.4** 当伸缩节上下叠放时应对下层伸缩节的轴向定位装置进行核算。由于波纹管的轴向刚度一般不大，若轴向定位装置不足以承担上层伸缩节的重量时，下层伸缩节的波纹管就有可能被轴向压缩，造成伸缩节初始位移状态永久性改变，当压缩量过大时甚至造成波纹管损坏。

## 4 制 造

### 4.1 波 纹 管

**4.1.1** 本条明确了波纹管必须采用整体成型的方法进行制造，但考虑到个别电站由于运输等条件的限制，故允许采用工厂整体成形+分体运输+现场拼合的制造方法。由于波纹管分体后的拼合可能是在场地、设备相对简陋的水电站工地现场进行，更由于波纹管波形结构的特殊性，拼合焊缝只能采用手工氩弧焊，焊后又只能做表面渗透探伤，故一般应尽量避免采用。

**4.1.2** 本条对整体成形的波纹管提出要求。

**1** 根据工程实践经验和有限的试验统计数据，总体上液压成形波纹管的安全可靠性要更高一些。特别是加强U形波纹管和Ω形波纹管，整体式加强环的拼接焊缝质量、加强环与波纹管波谷的贴合程度均明显优于其他方法成形的波纹管。

目前国内各大主要波纹管制造厂家基本都具备了4m以下波纹管的液压成形设备及工装，故对于端口直径不大于4m的波纹管推荐“宜采用液压成形”。

**3** 用于水电水利工程中的伸缩节，目前已知最大端管内径为12.4m（三峡水电站）。一般端管内径大于2.5m伸缩节的波纹管，可用带钢板或卷筒钢板制造，故焊缝条数的限制定在不超过6条。

**5** 封边是保证多层波纹管端口与端管连接环焊缝焊接质量的重要工艺步骤。

滚焊通常用在层数不多于5层、单层壁厚不大于1.0mm，且直径不大于2.0m的波纹管上。由于滚焊后端口热收缩现象严



重，且滚焊时若工艺参数不当还宜造成焊边材料有脆裂倾向，故在水电水利工程大型伸缩节（直径不小于 1.0m）的波纹管中，较少采用滚焊封边，大多是采用氩弧焊进行连续封边焊或分段定位焊的工艺方法。

7 波纹管尺寸的极限偏差控制和《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 标准基本一致。由于随着直径的增大，波纹管的圆周刚度会变小，故对于端口直径大于 4m 的波纹管，参照《压力容器波形膨胀节》GB 16749 标准的方法，提出直边段外径尺寸的偏差可通过外圆周长来控制。

4.1.3 本条对波纹管的分体拼合提出要求。

1 由于拼合焊缝的质量不易保持稳定，切割缝的数量应尽量减少，故作此条规定。

3 推荐采用机械方法进行冷切割。当采用等离子等热切割方法时，因材料收缩及热变形可能造成拼合时错边、对口困难，接头焊缝质量将难以保证。

## 4.2 压 力 管 段

端管、中间管、过渡套管的制造要求和压力钢管基本相同，故可按《水电水利工程压力钢管制作安装及验收规范》GB 50766 标准执行。不同之处在于端管、中间管、过渡套管和波纹管连接的端口要按本规范第 4.2.2 条第 3 款和按本规范第 4.2.2 条第 4 款的规定执行。

## 4.3 其 他 结 构 件

4.3.1 本条对整体式加强环提出要求。

1 加强环是伸缩节主要的受力部件之一，加强环损坏将可能直接导致波纹管发生爆裂。目前国内各有关波纹管的标准和规范均无对加强环制造及检验方面的专门规定。

鉴于在水电水利工程中使用的波纹管大多为加强 U 形和 Ω

形，加强环的质量尤为重要，故本规范增加了对加强环制造、检验方面的规定。

**3** 试验情况表明，若加强环在与波纹管波谷贴合处的表面有棱角或焊接飞溅物等缺陷时，波纹管的疲劳循环寿命将显著降低，故对此问题单独设条加以规定。

**4** 水电水利工程伸缩节的直径一般都比较小，故加强环大多都是非机床加工件，而是采用钣金冷作方法制造，尺寸的精度要求不易太高。表 4.3.1-2 中关于尺寸允许偏差的规定是否合适还需在今后的标准执行中接受检验。

**4.3.2** 本条对分体式加强环提出要求。

**1** 分体式加强环（又可称“后装式加强环”）是在波纹管成形完成后再分瓣装上去并组成整体的加强环。分体式加强环的圆周向连接主要有紧固件联接和焊接连接两种，在水电水利工程的伸缩节中基本上都是采用焊接连接。

需注意的是：焊接连接时，由于受波纹管波形约束限制，连接部位无法采用全截面焊透的结构形式，必须增加补强板。故接头部位必须严格按设计图样的要求进行加工制造。

**4** 这是分体式加强环特别要注意的地方：拼合接缝处不得有间隙；接缝表面要平整。若接缝处有间隙、或接缝表面不平整，都可能导致波纹管疲劳寿命下降。

**4.3.3** 本条对导流筒提出了要求。

**1** 导流筒安装在伸缩节端管的内壁上，并非受压部件，但导流筒是上游端固定、下游端悬臂，在水流脉动的影响下较易产生振动，故要求焊缝应全焊透，避免在振动作用下产生焊缝开裂现象。

**2** 由于制造和安装中存在偏差，在伸缩节运行中导流筒外圆表面有可能会接触到波纹管的内壁，故要求导流筒外圆表面应光滑平整，且不得有可能导致波纹管内侧表面损伤的缺陷。

#### 4.4 伸缩节组装

**4.4.1** 本条对伸缩节组装提出要求以确保质量。

**3** 波纹管与端管、中间管或套管的对口焊缝是伸缩节中最重要的一条环焊缝，强行对口（包括强力锤击等）有可能造成波纹管直边段局部材料皱褶、凹陷、焊缝表面产生微裂纹等致命缺陷。实践表明：采用沿直径方向均匀顶压、按圆周分段点焊的方法，可既快又好地完成对口组装。

**5** 由于波纹管轴向刚度和角向刚度较小，在伸缩节移动、起吊、翻转等组装过程中，若波纹管轴向定位不可靠，极有可能造成波纹管变形、损伤，严重的甚至导致波纹管报废，故设此条作出提示和规定。

**6** 由于结构的特殊性，伸缩节在进行水压试验时，还有很多部件（外套筒、导流筒等）并未组装上去，因此水压试验之后若组装时操作不当，亦会造成波纹管的损伤，尤其是在外套筒、导流筒等组装焊接时，由于波纹管表面已被覆盖，无法加临时遮挡物，故必须采用气体保护焊进行打底，以免焊接飞溅物造成波纹管表面损伤。

**9** 这一条的作用是避免伸缩节在装卸、运输、安装过程中因波纹管变形造成的损伤，具体表现为：伸缩节上下游端口间相对位置或尺寸产生永久性变化；波纹管疲劳寿命受到影响。

#### 4.5 水压试验和气密性试验

**4.5.1** 本条综合参照了《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777—2008、《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》GB 50766 等标准的规定，为保证伸缩节质量，强调伸缩节出厂前应逐件进行水压试验。在水压试验合格的基础上，为了特殊检测的需要，由参建各方共同决定是否进行气密性试验。

在水电水利工程中，当发包方对制造厂家有严格的全程监造

管理时，也有进行抽样检查的实例。例如：三峡水电站 $\phi 12.4\text{m}$ 伸缩节水压试验，左岸电站的抽样比例为 37.5%，右岸电站的抽样比例为 22.2%；向家坝水电站 $\phi 12.2\text{m}$ 伸缩节，水压试验的抽样比例为 25%。

**4.5.6** 水压试验时所有结构件均应无明显变形，但波纹管是例外的。

加强 U 形波纹管在 1.5 倍设计压力下进行水压试验时，波的侧壁会略有鼓起，当压力释放后鼓起并不会消失，而是保留下来，呈永久性变形。由于这一变化不会降低波纹管的承压能力，也不会降低其疲劳寿命，因此通常被认为是可以接受的。

#### 4.6 疲 劳 试 验

**4.6.2** 由于伸缩节上很多结构部件是和疲劳试验无关的，为降低成本，允许在设计方同意的情况下对伸缩节试验件的结构部件做删减修改。

**4.6.4** 试验用的最大总相当轴向位移幅度  $e$  确定后，循环位移方向一般取 $\pm(e/2)$ ，即： $0 \rightarrow +(e/2) \rightarrow 0 \rightarrow -(e/2) \rightarrow 0$ ，周而复始（其中：0 是零位移状态，+表示拉伸，-表示压缩）。但若合同有规定，则循环位移方向也可取  $0 \rightarrow +e \rightarrow 0$  循环往复，或  $0 \rightarrow -e \rightarrow 0$  循环往复。

**4.6.5** 本条对疲劳试验提出要求。疲劳试验时，要求试验压力波动值不超过 $\pm 10\%$ 。对于内部充水的试验波纹管，一般还需串连一只完全相同的波纹管作容积补偿，才能达到要求。对于内部充压缩空气的试验波纹管，虽然无需再串连一只波纹管，但用皂泡法检查大型充气波纹管的渗漏点也是非常困难的。

#### 4.7 检 验

**4.7.1** 由于型式检验完成后，波纹管必须作报废处理，出于成本方面的考虑，国内大型水电水利工程项目中要求做型式检验的实

## **DL / T 5751 — 2017**

例非常少，已知的有：三峡水电站 $\phi 12.4\text{m}$  伸缩节，型式检验 1 套（轴向循环试验）；云南掌鸠河引水供水工程 $\phi 2.2\text{m}$  伸缩节，型式检验 3 套（轴向循环试验 2 套，径向循环试验 1 套）；向家坝水电站 $\phi 12.2\text{m}$  伸缩节，型式检验 1 套（轴向循环试验）。

**4.7.2** 出厂检验是伸缩节制造厂最终的产品自检环节，发包方和监理方可要求参与及见证部分项目的检验过程（如水压试验），这一参与及见证并不降低制造方所应负的责任。

## 5 安 装

### 5.1 安 装 前 准 备

**5.1.2** 伸缩节是一个特殊的管道补偿元件，在压力钢管安装中，伸缩节的安装质量将直接影响到管线的运行安全，因此伸缩节安装前应认真复查，合格后才能安装，以免引起不必要的麻烦甚至事故。

**5.1.3** 压力钢管受温度、支撑条件等的影响变化很大。温度、支撑条件的变化会引起压力钢管的横向和角位移，而压力钢管是支撑在镇墩、支墩等上的，限位装置的作用就是限制钢管的横向或侧向变位。伸缩节虽为柔性元件，其各方向的位移量是有限的。如果压力钢管镇墩、支墩的混凝土龄期不够就不能承受设计规定的压力，限位装置不安装到位就不能限制钢管的横向和侧向位移，安装好的伸缩节就可能会破坏，造成整段压力钢管局部或完全破坏，后果非常严重，因此本规范对压力钢管伸缩节的安装条件作出规定。

### 5.2 安 装 要 求

**5.2.5** 由于伸缩节在安装时不可避免地会产生一定的安装偏差，为了防止压力钢管安装时因偏差影响伸缩节的安装质量，规范编制组建议设计单位在实际设计过程中要充分考虑这一因素而留有余量。建议余量按如下考虑：当端管直径  $D \leq 2\text{m}$  时，伸缩节安装轴向位移允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ；当  $2 < D \leq 5\text{m}$  时，伸缩节安装轴向位移允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ ；当端管直径  $D > 5\text{m}$  时，伸缩节安装轴向位移允许偏差为  $\pm 12\text{mm}$ 。

**DL / T 5751 — 2017**

**5.2.7** 由于伸缩节和钢管对口焊接过程中焊缝会收缩并产生较高的焊接应力，对于含伸缩节管线或管段的闭合合拢缝，在钢管对口定位焊完成后，在确保管段导向支座及限位装置可靠的条件下应立即解除伸缩节的定位约束，以确保合拢缝的焊接质量，并防止引起伸缩节的损坏。

**5.2.8** 管线或管段合拢对接时，若无法避免太阳光直射到钢管上，由于钢管在吸收太阳光后局部金属表面温度会大大高于大气的环境温度（大气温度 30℃ 情况下钢管表面实测温度可能超过 60℃），故此时本规范 5.2.8 条中式“5.2.8”中的  $t$  应按照该管线或管段表面的平均实测温度代入。

## 6 验 收

### 6.1 交 货 验 收

**6.1.1** 交货验收由发包方组织，制造方应积极配合。交货验收通过并不降低制造方对该伸缩节产品性能、质量所应负的责任。

---





中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.848