

ICS 91.140.10
CCS P 46

团 体 标 准

T/CDHA XXXX-XXXX

热力管道用金属波纹管补偿器

Metal bellows expansion joints for heating pipeline

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国城镇供热协会 发布

目 次

前 言	11
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 补偿量分级	3
5 结构	3
6 型号和标记	11
7 设计	12
8 材料	16
9 制造	17
10 要求	18
11 试验方法	20
12 检验规则	21
13 标志	22
14 包装、运输和贮存	22
15 安装与维护	23
附录 A（资料性）波纹管补偿器监测系统	25
附录 B（规范性）一次性波纹管补偿器	27
附录 C（资料性）波纹管补偿器预制保温	30

前 言

本文件按照 GB/T1.1—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》给出的规则起草。

本文件由中国城镇供热协会提出。

本文件由中国城镇供热协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司、中船双瑞（洛阳）特种装备股份有限公司、航天晨光股份有限公司、北京市建设工程质量第四检测所有限公司、江苏昊峰管道设备有限公司、大连益多管道有限公司、江苏曙光压力容器有限公司、北京热力装备制造有限公司、天津市津能管业有限公司、中国市政工程东北设计研究总院有限公司、太原市热力设计有限公司、牡丹江热力设计有限责任公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、北京市煤气热力工程设计院有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司、中国城市建设研究院有限公司、北京热力工程设计有限责任公司、太原市市政工程设计研究院、天津市热力有限公司、合肥热电集团有限公司、吉林省春城热力股份有限公司、西安市热力集团有限公司、郑州热力集团有限公司、洛阳热力有限公司、机械工业第六设计研究院有限公司。

本文件主要起草人员：

热力管道用金属波纹管补偿器

1 范围

本文件规定了热力管道用金属波纹管补偿器（简称波纹管补偿器）的术语和定义、补偿量分级、结构、标记、设计、材料、制造、要求、试验方法与检验规则，以及标志、包装、运输和贮存、安装与维护等内容。

本文件适用于设计压力小于或等于 2.5MPa、设计温度小于或等于 150℃的热水介质、设计温度小于或等于 350℃的蒸汽介质用波纹管补偿器设计、制造与检验要求。

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 150.3 压力容器 第三部分：设计

GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口

GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管

GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带

GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管

GB/T 8923.1—2011 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9124.1 钢制管法兰第 1 部分：PN 系列

GB/T 9361 计算机场地安全要求

GB/T 9711 石油天然气工业管线输送系统用钢管

GB/T 12777—2019 金属波纹管膨胀节通用技术条件

GB/T 13402 大直径钢制管法兰

GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带

GB/T 34068 物联网总体技术智能传感器接口规范

GB/T 35979 金属波纹管膨胀节选用、安装、使用维护技术规范

GB/T 38585 城镇直埋供热管网保温管道系统接头保温技术条件

GB/T 38942—2020 压力管道规范 公用管道

CJJ/T 81—2013 城镇供热直埋热水管道技术规程

CJJ/T 104 城镇供热直埋蒸汽管道技术规程

CJ/T 246 城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件

JB 4732 钢制压力容器—分析设计标准

NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装

NB/T 47013.2—2015 承压设备无损检测第 2 部分：射线检测

NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测第 3 部分：超声检测
 NB/T 47013.4—2015 承压设备无损检测第 4 部分：磁粉检测
 NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测第 5 部分：液体渗透检测
 NB/T 47013.10—2015 承压设备无损检测第 10 部分：衍射时差法超声检测
 NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
 YB/T 5354 耐蚀合金冷轧板
 T/CDHA 504—2021 长输供热热水管网技术标准
 TSG 07 特种设备生产和充装单位许可规则

3 术语和定义

GB/T 12777—2019 中界定的波纹管补偿器定义以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

非约束型波纹管补偿器 unrestrained expansion joint

自身不能承受压力推力的波纹管补偿器。

3.2

约束型波纹管补偿器 restrained expansion joint

自身（用拉杆、铰链或其他受力构件）能承受压力推力的波纹管补偿器。

3.3

直埋型波纹管补偿器 directly buried bellow expansion joint

带有预制保温结构，直接敷设于土壤中的波纹管补偿器。

3.4

一次性波纹管补偿器 single action bellow expansion joint

仅用于补偿直埋敷设热水管道预热时的热伸长，位移到位后将其焊接成整体，并能承受管道轴向荷载的波纹管补偿器。

3.5

补偿量分级 number of grading for compensation quantity

波纹管补偿器在规定的最大补偿量范围之内，便于用户选择的补偿量档次数。

3.6

端管 end pipe

波纹管补偿器中与管道或设备相连接的管子。

3.7

中间管 middle pipe

波纹管补偿器组件内部波纹管之间相连接的管子。

3.8

保护波纹管 protective bellows

用于隔离外部环境介质，避免环境介质与承受工作介质压力的波纹管接触，达到保护承压波纹管的目的。保护波纹管与工作介质不接触，不承受工作介质压力。

3.9

设计疲劳寿命 number of cycles to fatigue life

波纹管在使用寿命内下需要达到全位移（从初始位置移动至设计最大位移位置后，再回到初始位置）的循环次数。

3.10

波纹管失稳 instability of bellows

波纹管的波距变化率超出预定值（平面失稳）、波纹管轴线出现横向挠曲（柱失稳）、波纹管波峰出现塌陷（周向失稳）等失去使用功能的现象。

4 补偿量分级

4.1 波纹管补偿器轴向、横向补偿量分级应符合表 1 的规定。

表 1 轴向、横向补偿量分级表

单位为毫米

公称尺寸	轴向、横向补偿量分级
DN80~DN150	50, 100, 150
DN200~DN450	50, 100, 150, 200, 250
DN500~DN700	100, 150, 200, 250, 300
DN800~DN1200	150, 200, 250, 300, 350
DN1400~DN1800	200, 250, 300, 350, 400

注 1: 轴向补偿量分级为轴向型波纹管补偿器的轴向位移范围;
注 2: 横向补偿量分级仅适用于复式拉杆型波纹管补偿器的横向位移范围;
注 3: 具体补偿量或补偿量超出表中规定值时, 应根据其结构型式按 GB/T 12777 设计计算确定。

4.2 波纹管补偿器角向补偿量分级应符合表 2 的规定。

表 2 角向补偿量分级

公称尺寸 mm	角向补偿量分级 °
DN80~DN250	6, 8, 10, 12
DN300~DN700	4, 6, 8, 10
DN800~DN1800	4, 6, 8

注 1: 角向补偿量分级为补偿器角位移范围;
注 2: 具体补偿量或补偿量超出表中规定值时, 应根据其结构型式按 GB/T 12777 设计计算确定。

5 结构

5.1 结构分类

波纹管补偿器结构按约束压力推力分为非约束型和约束型两类, 波纹管补偿器结构分类见表 3。

表 3 波纹管补偿器结构分类

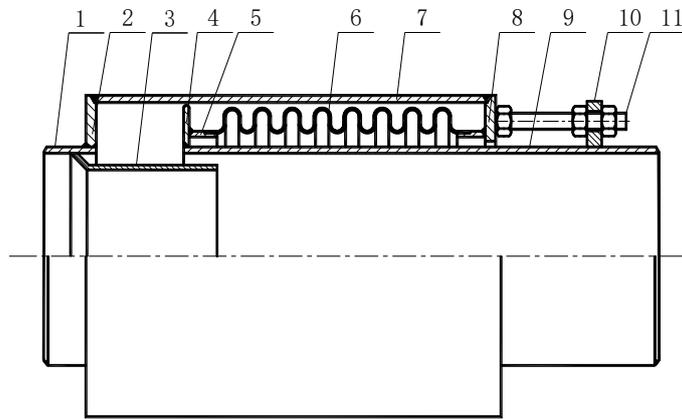
序号	类型	代号	名称	图例
1	非约束型	WZ	外压轴向型波纹管补偿器	图 1
2		DWZM	单向外压轴向直埋型波纹管补偿器	图 2
3		SWZM	双向外压轴向直埋型波纹管补偿器	图 3
4		DZ	内压轴向型波纹管补偿器	图 4
5		DDZM	单向内压轴向直埋型波纹管补偿器	图 5
6		SDZM	双向内压轴向直埋型波纹管补偿器	图 6
7	约束型	DJ	单式铰链型波纹管补偿器	图 7
8		DW	单式万向铰链型波纹管补偿器	图 8
9		FL	复式拉杆型波纹管补偿器	图 9
10		ZP	直管压力平衡型波纹管补偿器	图 10

11		WZP	外压直管压力平衡型波纹管补偿器	图 11
12		PP	旁通直管压力平衡型波纹管补偿器	图 12
13		WP	弯管压力平衡型波纹管补偿器	图 13

5.2 非约束型波纹管补偿器

非约束型波纹管补偿器主要包括以下类型：

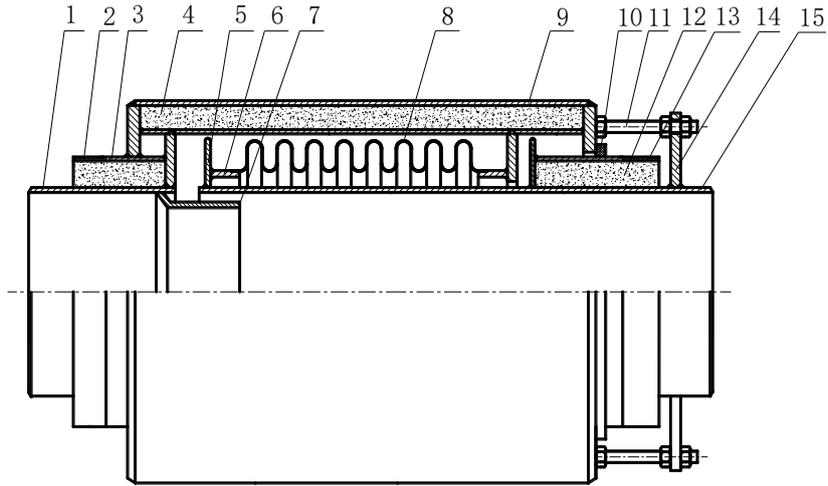
- a) 外压轴向型波纹管补偿器，结构示意见图 1；
- b) 单向外压轴向直埋型波纹管补偿器，结构示意见图 2；
- c) 双向外压轴向直埋型波纹管补偿器，结构示意见图 3；
- d) 内压轴向型波纹管补偿器，结构示意见图 4)；
- e) 单向内压轴向直埋型波纹管补偿器，结构示意见图 5；
- f) 双向内压轴向直埋型波纹管补偿器，结构示意见图 6。



标引序号说明：

- 1 ——进口端管；
- 2 ——进口端环；
- 3 ——导流筒；
- 4 ——限位环；
- 5 ——端接管；
- 6 ——波纹管；
- 7 ——外管；
- 8 ——出口端环；
- 9 ——出口端管；
- 10 ——凸耳；
- 11 ——装运调整杆。

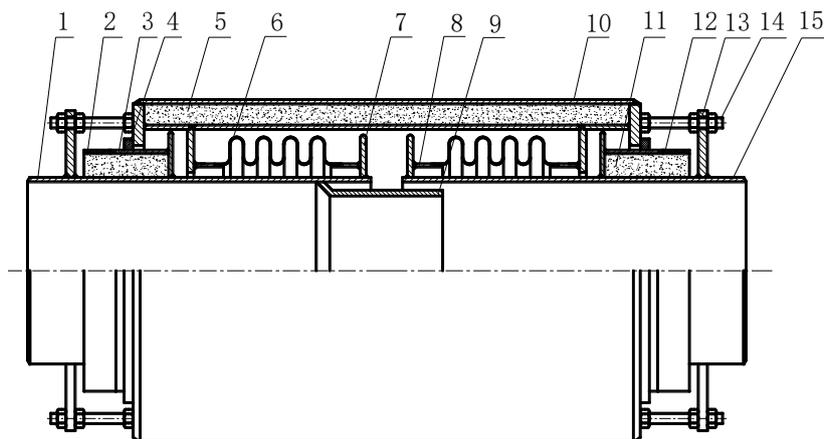
图 1 外压轴向型波纹管补偿器 (WZ) 结构示意



标引序号说明:

- 1——端管 (1);
- 2——聚乙烯接管 (1);
- 3——钢塑过渡接管;
- 4——预制保温层 (1);
- 5——限位环;
- 6——端接管;
- 7——导流筒;
- 8——波纹管;
- 9——保温层外护管;
- 10——滑动密封结构;
- 11——装运调整杆;
- 12——预制保温层 (2);
- 13——聚乙烯接管 (2);
- 14——凸耳;
- 15——端管 (2)。

图 2 单向外压轴向直埋型波纹管补偿器 (DWZM) 结构示意

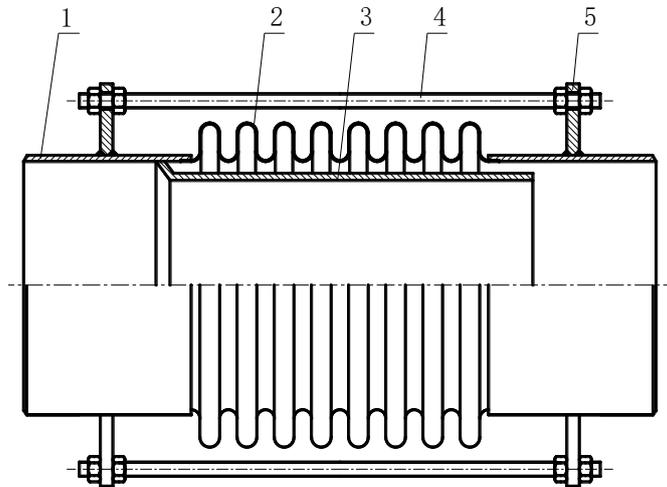


标引序号说明:

- 1——端管 (1);
- 2——聚乙烯接管 (1);
- 3——钢塑过渡接管;
- 4——滑动密封结构;

- 5——预制保温层（1）；
- 6——波纹管；
- 7——限位环；
- 8——端接管；
- 9——导流筒；
- 10——保温层外护管；
- 11——预制保温层（2）；
- 12——聚乙烯接管（2）；
- 13——凸耳；
- 14——装运调整杆；
- 15——端管（2）。

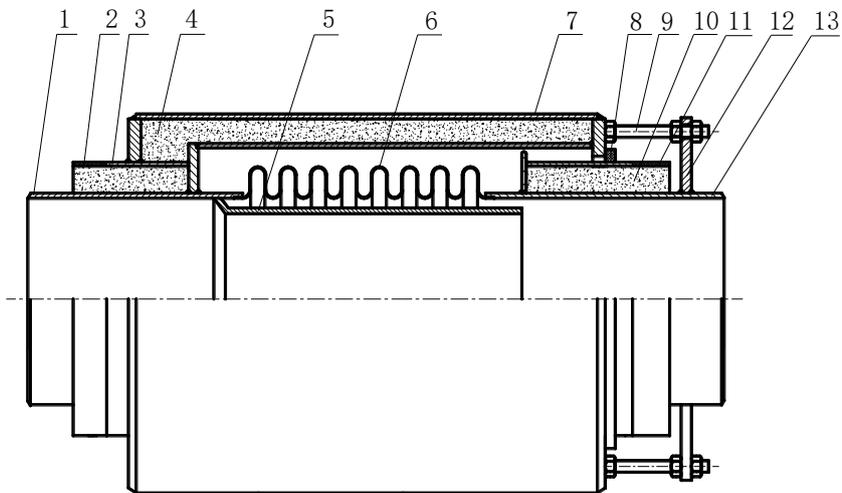
图3 双向外压轴向直埋型波纹管补偿器（SWZM）结构示意图



标引序号说明：

- 1——端管；
- 2——波纹管；
- 3——导流筒；
- 4——装运调整杆；
- 5——凸耳。

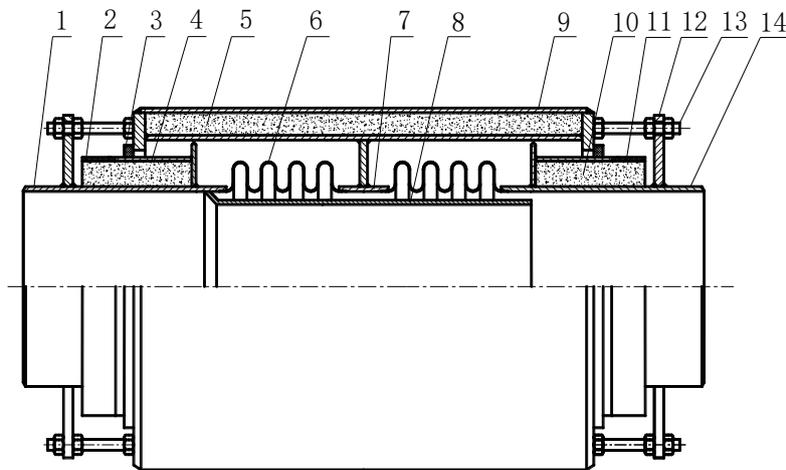
图4 内压轴向型波纹管补偿器（DZ）结构示意图



标引序号说明：

- 1 ——端管 (1);
- 2 ——聚乙烯接管 (1);
- 3 ——钢塑过渡接管;
- 4 ——预制保温层 (1);
- 5 ——导流筒;
- 6 ——波纹管;
- 7 ——保温层外护管;
- 8 ——滑动密封结构;
- 9 ——装运调整杆;
- 10 ——预制保温层 (2);
- 11 ——聚乙烯接管 (2);
- 12 ——凸耳;
- 13 ——端管 (2)。

图 5 单向内压轴向直埋型波纹管补偿器 (DDZM) 结构示意图



标引序号说明:

- 1 ——端管 (1);
- 2 ——聚乙烯接管 (1);
- 3 ——滑动密封结构;
- 4 ——钢塑过渡接管;
- 5 ——预制保温层 (1);
- 6 ——波纹管;
- 7 ——中间管;
- 8 ——导流筒;
- 9 ——保温层外护管;
- 10 ——预制保温层 (2);
- 11 ——聚乙烯接管 (2);
- 12 ——凸耳;
- 13 ——装运调整杆;
- 14 ——端管 (2)。

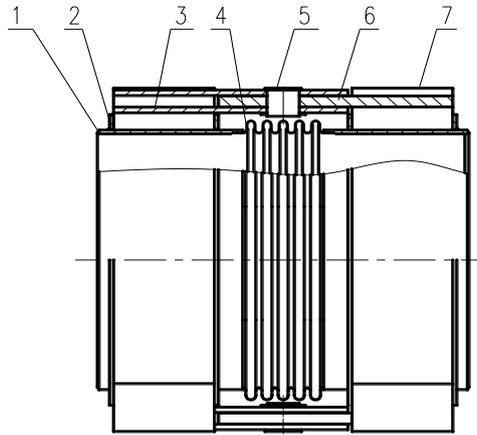
图 6 双向内压轴向直埋型波纹管补偿器 (SDZM) 结构示意图

5.3 约束型波纹管补偿器

约束型波纹管补偿器主要包括以下类型:

- a) 单式铰链型波纹管补偿, 结构示意图见图 7;

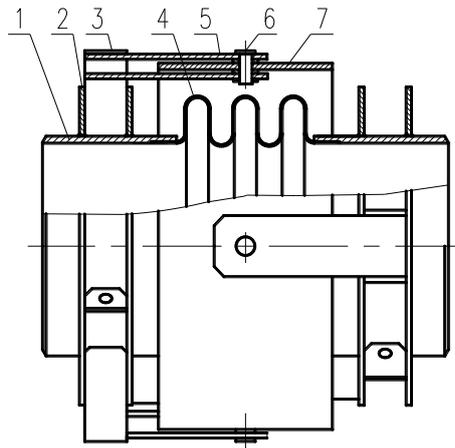
- b) 单式万向铰链型波纹管补偿器，结构示意见图 8；
 c) 复式拉杆型波纹管补偿器，结构示意见图 9；
 d) 直管压力平衡型波纹管补偿器，结构示意见图 10；
 e) 外压直管压力平衡型波纹管补偿器，结构示意见图 11；
 f) 旁通直管压力平衡型波纹管补偿器，结构示意见图 12；
 g) 弯管压力平衡型波纹管补偿器，结构示意见图 13)。



标引序号说明：

- 1——端管；
 2——八角板；
 3——副铰链板；
 4——波纹管；
 5——销轴；
 6——主铰链板；
 7——立板。

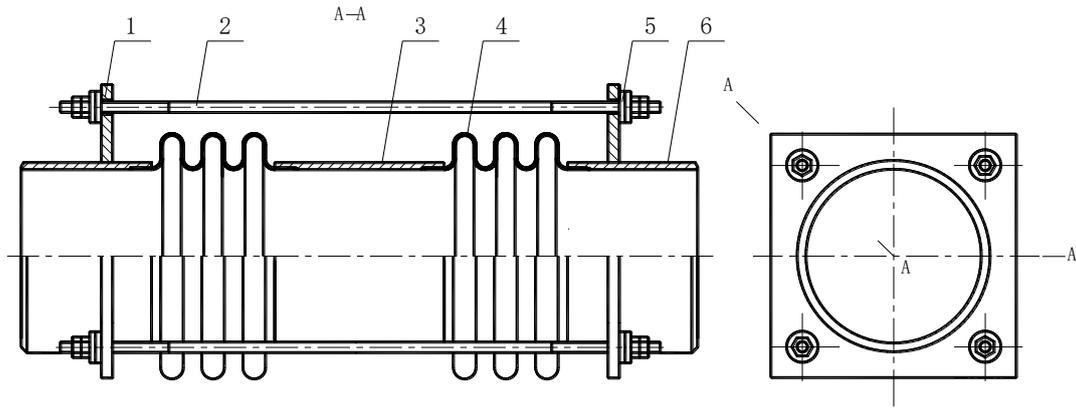
图 7 单式铰链型波纹管补偿器 (DJ) 结构示意



标引序号说明：

- 1——端管；
 2——环板；
 3——立板；
 4——波纹管；
 5——铰链板；
 6——销轴；
 7——万向环。

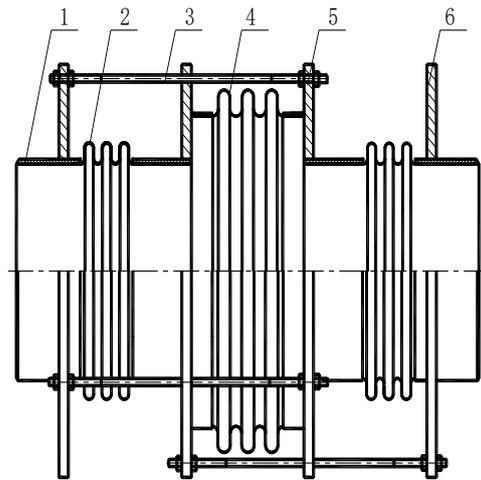
图8 单式万向铰链型波纹管补偿器 (DW) 结构示意图



标引序号说明:

- 1——端板;
- 2——拉杆;
- 3——中间管;
- 4——波纹管;
- 5——球面、锥面垫圈;
- 6——端管。

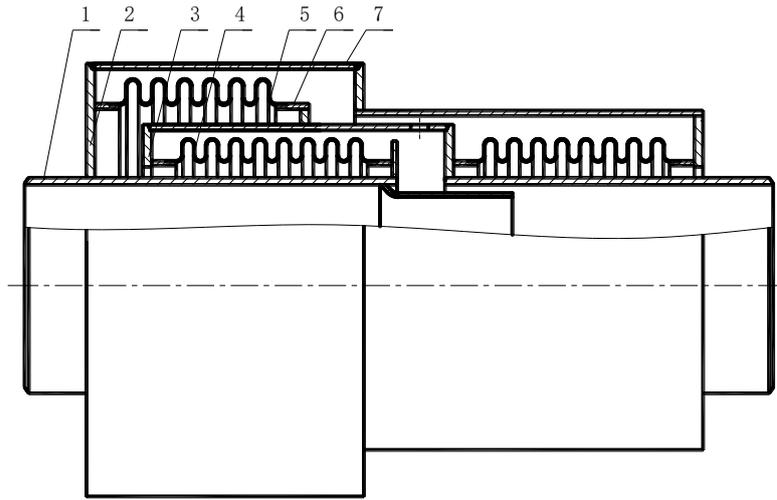
图9 复式拉杆型波纹管补偿器 (FL) 结构示意图



标引序号说明:

- 1——端管;
- 2——工作波纹管;
- 3——拉杆;
- 4——平衡波纹管;
- 5——端板 (1);
- 6——端板 (2)。

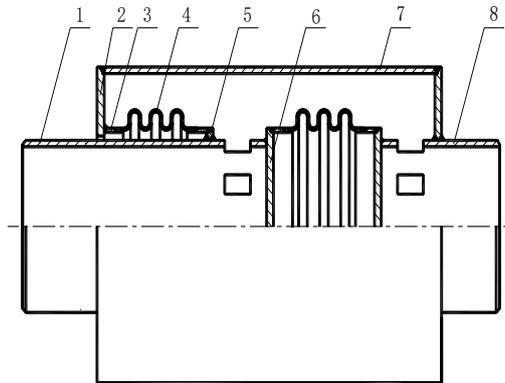
图10 直管压力平衡型波纹管补偿器 (ZP) 结构示意图



标引序号说明:

- 1——端管;
- 2——端环;
- 3——端环组件;
- 4——工作波纹管;
- 5——平衡波纹管;
- 6——接管;
- 7——外管。

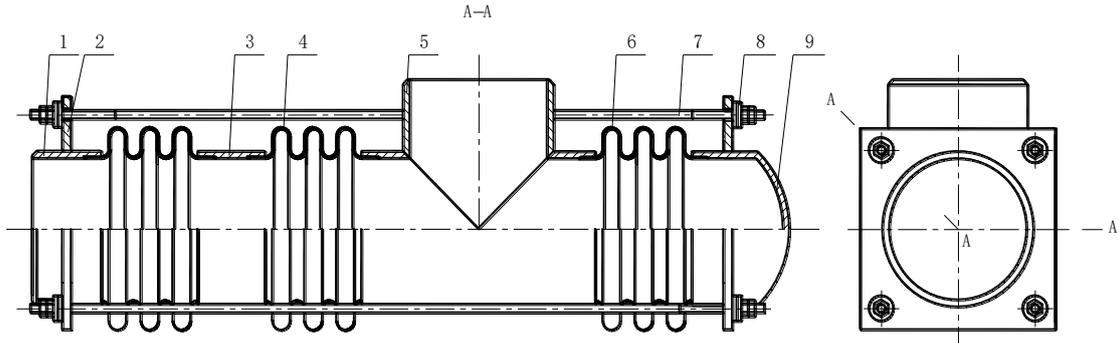
图 11 外压直管压力平衡型波纹管补偿器 (WZP) 结构示意



标引序号说明:

- 1——端管 (1);
- 2——端环;
- 3——接管;
- 4——波纹管;
- 5——撑环;
- 6——平封头;
- 7——外管;
- 8——端管 (2)。

图 12 旁通直管压力平衡型波纹管补偿器 (PP) 结构示意



标引序号说明:

- 1——端管;
- 2——端板;
- 3——中间管;
- 4——工作波纹管;
- 5——三通;
- 6——平衡波纹管;
- 7——拉杆;
- 8——球面、锥面垫圈;
- 9——封头。

图 13 弯管压力平衡型波纹管补偿器 (WP) 结构示意图

5.4 波纹管型式及代号

波纹管型式及代号见表 4。

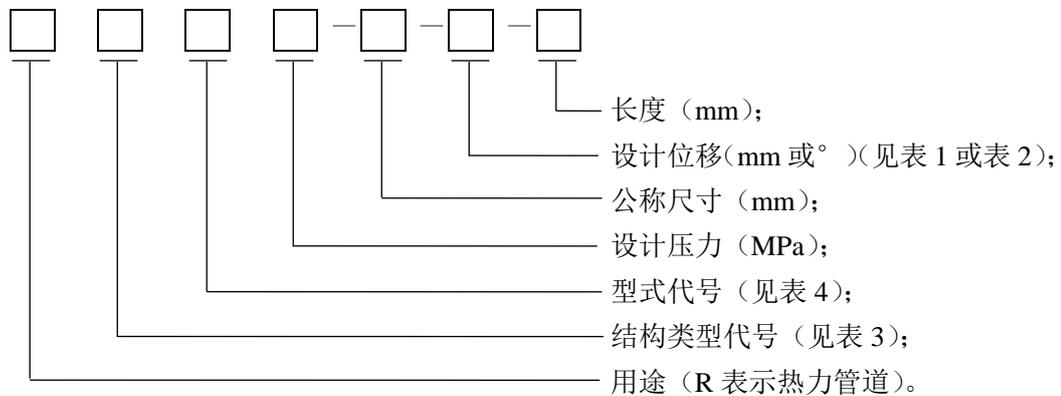
表 4 波纹管型式及代号

波纹管型式	代号	备注
无加强 U 形	U	—
加强 U 形	J	承受外压时不宜采用

6 型号和标记

6.1 型号表示方法

波纹管补偿器型号表示按以下格式。



6.2 标记示例

示例 1:

设计压力为 1.6 MPa，公称尺寸为 DN1200，设计轴向位移为 200 mm，波纹管补偿器长度为 2100mm，波纹管为无加强 U 形的外压轴向型波纹管补偿器，标记为：RWZU 16—1200—200—2100；

示例 2:

设计压力为 2.5 MPa，公称尺寸为 DN1400，设计横向位移为 300 mm，波纹管补偿器长度为 3500mm，波纹管为加强 U 形的复式拉杆型波纹管补偿器，标记为：RFLJ 25—1400—300—3500；

示例 3:

设计压力为 2.5 MPa，公称尺寸为 DN1400，设计轴向位移为 250 mm，波纹管补偿器长度为 2000mm，波纹管为加强 U 形的直管压力平衡型波纹管补偿器，标记为：RZPJ 25—1400—250—2000；

示例 4:

设计压力为 1.6 MPa，公称尺寸为 DN800，设计角位移为 6°，波纹管补偿器长度为 1200mm，波纹管为无加强 U 形的单式铰链型波纹管补偿器，标记为：RDJU 16—800—6—1200。

7 设计**7.1 一般规定**

- 7.1.1 波纹管补偿器的设计条件应包括设计压力、工作压力、设计温度、工作温度、输送介质、管系载荷、管系规格、材料及端部接口形式等。
- 7.1.2 波纹管补偿器的设计文件应包括波纹管设计计算书及设计图样。
- 7.1.3 波纹管补偿器的选材及其刚度、补偿量、疲劳寿命等特性应满足使用环境的要求。
- 7.1.4 波纹管补偿器的设计压力不应低于管道的设计压力。
- 7.1.5 波纹管补偿器的设计温度不应低于管道的设计温度。
- 7.1.6 波纹管补偿器刚度应满足架空、管沟、综合管廊、供热隧道等支架的受力要求。
- 7.1.7 直埋型波纹管补偿器应设置补偿限位装置。
- 7.1.8 具有位移和泄漏等监测功能的波纹管补偿器，监测系统应符合附录 A 的规定。

7.2 波纹管**7.2.1 波纹管应力**

- 7.2.1.1 波纹管补偿器的设计应按 GB/T 12777—2019 附录 A 的规定执行。
- 7.2.1.2 不同材料组合多层波纹管设计温度下的许用应力按式 (1) 计算。

$$[\sigma]^t = \frac{\sigma_1^t \times \delta_1 + \sigma_2^t \times \delta_2 + \cdots + \sigma_i^t \times \delta_i}{\delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_i} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- σ_i^t ——第 i 层材料在设计温度下的许用应力，单位为兆帕 (MPa)；
- δ_i ——第 i 层材料的名义厚度，单位为毫米 (mm)。

7.2.2 波纹管稳定性

- 7.2.2.1 承受外压的“U”形波纹管，应考虑波纹管在预变位或运行位移状态下的安全可靠，并应按 GB/T 12777—2019 附录 A 的规定校核波纹管的外压周向稳定性，且波纹管的设计

计单波位移量不应超过波纹管半波距的 80%。

7.2.2.2 内压波纹管补偿器柱稳定性的计算应按 GB/T 12777—2019 附录 A 的规定执行。

7.2.2.3 波纹管补偿器的设计疲劳寿命应符合表 5 的规定，安全系数应大于或等于 10。

表 5 波纹管补偿器设计疲劳寿命

管线类型	最大作用疲劳次数	
	热水管道	蒸汽管道
输送干线	≥500	≥500
输配干线或分支线		≥1000

7.2.3 波纹管壁厚

7.2.3.1 波纹管应选用多层结构。

7.2.3.2 热水管道波纹管最小壁厚应符合表 6 的规定。

表 6 热水管道波纹管最小壁厚

单位为毫米

公称尺寸	设计压力1.6MPa		设计压力2.5MPa	
	波纹管单层壁厚	波纹管总壁厚	波纹管单层壁厚	波纹管总壁厚
DN80	≥0.5	≥1.0	≥0.5	≥1.5
DN100	≥0.5	≥1.0	≥0.5	≥1.5
DN125	≥0.5	≥1.0	≥0.5	≥1.5
DN150	≥0.5	≥1.5	≥0.8	≥2.4
DN200	≥0.5	≥2.0	≥0.8	≥2.4
DN250	≥0.5	≥2.0	≥0.8	≥2.4
DN300	≥0.8	≥2.4	≥1.0	≥4.0
DN350	≥0.8	≥3.2	≥1.0	≥4.0
DN400	≥0.8	≥3.2	≥1.0	≥4.0
DN450	≥0.8	≥3.2	≥1.0	≥4.0
DN500	≥1.0	≥4.0	≥1.0	≥5.0
DN600	≥1.0	≥4.0	≥1.0	≥5.0
DN700	≥1.0	≥4.0	≥1.0	≥6.0
DN800	≥1.0	≥5.0	≥1.0	≥6.0
DN900	≥1.0	≥6.0	≥1.0	≥7.0
DN1000	≥1.0	≥6.0	≥1.2	≥7.2
DN1200	≥1.2	≥6.0	≥1.2	≥8.4
DN1400	≥1.2	≥7.2	≥1.2	≥9.6
DN1600	≥1.2	≥8.4	≥1.5	≥10.5
DN1800	≥1.2	≥9.6	≥1.5	≥12.0

注1：波纹管设计温度为150℃、工作介质为热水，波纹管选用无加强U形结构，波纹管材料选用S31603；
注2：按各层为同一种材料计算；
注3：设计疲劳寿命按表5规定的500次计算；
注4：其他设计参数应重新核算；
注5：一次性波纹管补偿器波纹管壁厚应符合附录B的规定。

7.2.3.3 蒸汽管道波纹管最小壁厚应符合表 7 的规定。

表 7 蒸汽管道波纹管最小壁厚

单位为毫米

公称尺寸	设计压力 1.6MPa		设计压力 2.5MPa	
	波纹管单层壁厚	波纹管总壁厚	波纹管单层壁厚	波纹管总壁厚
DN80	≥0.5	≥1.0	≥0.5	≥1.5
DN100	≥0.5	≥1.0	≥0.5	≥1.5

DN125	≥0.5	≥1.0	≥0.5	≥1.5
DN150	≥0.5	≥1.5	≥0.5	≥2.0
DN200	≥0.5	≥2.0	≥0.8	≥2.4
DN250	≥0.8	≥2.4	≥0.8	≥3.2
DN300	≥0.8	≥2.4	≥0.8	≥3.2
DN350	≥0.8	≥3.2	≥0.8	≥4.0
DN400	≥0.8	≥3.2	≥0.8	≥4.0
DN450	≥1.0	≥4.0	≥1.0	≥5.0
DN500	≥1.0	≥4.0	≥1.0	≥5.0
DN600	≥1.0	≥5.0	≥1.0	≥6.0
DN700	≥1.0	≥6.0	≥1.2	≥7.2
DN800	≥1.0	≥6.0	≥1.2	≥7.2
DN900	≥1.0	≥7.0	≥1.2	≥7.2
DN1000	≥1.2	≥7.2	≥1.2	≥8.4

注 1: 波纹管设计温度为 350℃、工作介质为蒸汽, 波纹管选用无加强 U 形结构, 波纹管材料选用 S31603;
注 2: 按各层为同一种材料计算;
注 3: 管道公称尺寸小于或等于 DN250 时, 按输配干线或分支线, 设计疲劳寿命按表 5 规定的 1000 次计算; 管道公称尺寸大于 DN300 时, 按输送干线, 设计疲劳寿命按表 5 规定的 500 次计算。
注 4: 其他设计参数应重新核算。

7.3 端管和中间管

7.3.1 波纹管补偿器与管道连接应采用对接焊接, 端管焊接端坡口应符合 GB/T 985.1 或 GB/T 985.2 的规定。

7.3.2 端管壁厚大于连接管道壁厚时, 应按 GB/T 38942—2020 中 6.4.2.3 的要求削薄。

7.3.3 当采用法兰连接时, 法兰应符合 GB/T 9124.1、GB/T 13402 的规定。

7.3.4 端管和中间管尺寸应符合表 8 的规定。

表 8 端管和中间管尺寸表

单位为毫米

公称尺寸	管道外径	管道壁厚	
		设计压力 1.6MPa	设计压力 2.5MPa
DN80	Φ89	≥4	≥4
DN100	Φ108	≥4	≥4
DN125	Φ133	≥6	≥6
DN150	Φ159	≥6	≥6
DN200	Φ219	≥6	≥6
DN250	Φ273	≥8	≥8
DN300	Φ325	≥8	≥8
DN350	Φ377	≥8	≥8
DN400	Φ426	≥8	≥8
DN450	Φ478	≥8	≥8
DN500	Φ529	≥8	≥8
DN600	Φ630	≥8	≥8
DN700	Φ720	≥10	≥10
DN800	Φ820	≥10	≥10
DN900	Φ920	≥10	≥10
DN1000	Φ1020	≥12	≥12
DN1200	Φ1220	≥12	≥14
DN1400	Φ1420	≥14	≥16

DN1600	Φ1620	≥16	≥18
DN1800	Φ1820	≥18	≥20
注 1: 当管道公称尺寸小于或等于 DN1000 时, 计算采用材质为 Q235B; 当管道公称尺寸大于或等于 DN11200 时, 计算采用材质为 L290; 注 2: 若选用其他材料时, 管道壁厚应重新进行计算; 注 3: 外压轴向型波纹管补偿器的管道壁厚应按 GB/T 150.3 进行校核计算; 注 4: 一次性波纹管补偿器端管壁厚应按附录 B 的规定进行核算。			

7.4 结构件

7.4.1 约束型波纹管补偿器结构件应能承受波纹管产生的压力推力、位移推力以及技术要求书规定的其他荷载。

7.4.2 波纹管补偿器受压（力）结构件设计应按 GB/T 12777—2019 附录 C 的规定执行，且受力结构件及其焊缝的强度不应超过其许用应力值的 80%。重要结构件设计计算应采用有限元分析方法，结果判定应执行 JB 4732 的规定。

7.4.2.3 受压（力）结构件焊接接头应按等强度原则进行设计。

7.5 导流筒

7.5.1 轴向型热水管道和蒸汽管道波纹管补偿器应设置导流筒。

7.5.2 波纹管补偿器的导流筒设置应符合下列规定：

- 导流筒长度应覆盖波纹管补偿器的整个位移范围；
- 补偿器预变位后，导流筒与出口端管搭接长度应大于或等于 100mm；
- 导流筒不应限制波纹管的横向、轴向或角向位移；
- 导流筒的设计方法应按 GB/T 12777 的规定执行。

7.5.2.3 导流筒厚度应符合表 9 的规定。

表 9 导流筒厚度

单位为毫米

公称尺寸	导流筒壁厚	
	热水管道	蒸汽管道
DN80	≥0.8	≥1.2
DN100	≥1.2	≥1.2
DN125	≥1.2	≥1.2
DN150	≥1.2	≥1.5
DN200	≥1.5	≥1.5
DN250	≥2.0	≥2.0
DN300	≥4.0	≥4.0
DN350	≥4.0	≥4.0
DN400	≥4.0	≥4.0
DN450	≥4.0	≥4.0
DN500	≥4.0	≥5.0
DN600	≥4.0	≥6.0
DN700	≥4.0	≥6.0
DN800	≥4.0	≥6.0
DN900	≥5.0	≥8.0
DN1000	≥5.0	≥8.0
DN1200	≥6.0	—
DN1400	≥6.0	—
DN1600	≥8.0	—

DN1800	≥8.0	—
注 1: 壁厚小于或等于 2.0mm 时, 材料为 S30408; 注 2: 壁厚大于或等于 4.0mm 时, 材料为 Q235B。		

7.6 一次性波纹管补偿器

一次性波纹管补偿器结构设计及试验应符合附录 B 的规定。

7.7 保温与防腐

7.7.1 保温

7.7.1.1 轴向型波纹管补偿器应在工厂内进行预制保温。

7.7.1.2 波纹管补偿器预制保温应符合附录 C 的规定。

7.7.2 防腐

7.7.2.1 波纹管补偿器结构件表面防腐涂漆应满足使用环境条件的要求, 避免因腐蚀造成产品失效。

7.7.2.2 热水管道直埋型波纹管补偿器防腐应符合下列规定:

a) 地下水位较低区域, 宜采用滑动密封结构避免地下水的腐蚀, 同时波纹管与环境接触侧应采取防腐措施;

b) 地下水位较高, 且地下水含有氯离子、硫离子、碱等腐蚀性介质的地区, 宜采用滑动密封与保护波纹管联合防护措施 (见附录 C 中图 C.1), 保护波纹管应选用 NS1402 或 S31254 等耐腐蚀材料;

c) 直埋型波纹管补偿器应对所有接触外部环境的碳钢表面进行防腐处理, 保证整体防腐性能。

7.7.2.3 直埋蒸汽管道波纹补偿器钢外护管防腐应符合 CJJ/T 104 的规定。

8 材料

8.1 波纹管

8.1.1 波纹管的材料应与内部介质、外界环境和工作温度相适应。

8.1.2 不同材料组合多层的波纹管, 材料种类不宜超过两种。

8.2 端管、中间管及结构件

8.2.1 波纹管补偿器的端管和中间管材料应与其相连接的管道材料相匹配。

8.2.2 波纹管补偿器中拉杆、铰链板、万向环、销轴及其连接附件等承受波纹管压力推力的受力件用材料应根据工作条件按 GB/T 12777 的规定选用。

8.3 导流筒

导流筒材料应采用 S30408 或 Q235B。

8.4 主要材料

主要材料应符合表 10 的规定。当使用其他材料时, 其性能不应低于本文件的要求。

表 10 主要材料表

名称	材料牌号	执行标准号
波纹管	S31603	GB/T 3280 、 GB/T 24511

名称	材料牌号	执行标准号
	S31608	
	S32168	
	NS1402	
端管、中间管	Q235B、20	GB/T 3091、GB/T 8163
	Q355B	GB/T 3274
	L290、L360	GB/T 9711
	S30408、S31608、S32168	GB/T 24511
拉杆、铰链板、万向环、销轴等	Q235B	GB/T 3274
	Q355B	GB/T 3274
	Q245R、Q345R	GB/T 713
	45、40Cr、30CrMo、35CrMo	GB/T 3077
导流筒	Q235B	GB/T 3274
	S30408	GB/T 3280

9 制造

9.1 材料控制

- 9.1.1 所用的原材料应是全新且未使用过的，并应严格按照有关程序检验入库。
- 9.1.2 材料的保管、运输过程中应防止材料表面的损伤和污染。
- 9.1.3 波纹管、受压件和受力件的材料标志移植应符合 GB/T 12777—2019 中 8.1 的规定。

9.2 焊接及成形

- 9.2.1 波纹管纵向焊缝、受压件焊缝、与受压件相焊的焊缝，以及上述焊缝的返修焊缝应按 NB/T 47014 进行焊接工艺评定或具有经过评定合格的焊接工艺支持。
- 9.2.2 波纹管成形用的薄板卷制管坯只允许有全焊透的对接型纵向焊缝，不得有环向焊缝。波纹管管坯纵向焊缝的条数应符合 GB/T12777—2019 中 8.2 的规定，存在多条焊缝时，相邻纵向焊缝之间的间距应大于 250mm。
- 9.2.3 波纹管的纵向焊接接头宜采用自动钨极氩弧焊接、等离子焊接方法进行施焊。
- 9.2.4 多层波纹管的各层管坯层间不应有水、油、夹渣等杂质、异物。
- 9.2.5 波纹管宜采用液压或胀压方法进行成形，不得采用滚压方法成形。
- 9.2.6 端管、中间管等受压结构件宜采用钢板卷筒焊接制造，也可选用符合表 10 规定的钢管。
- 9.2.7 导流筒应采用钢板卷筒焊接制造，导流筒生根焊缝的焊脚高度不应小于导流筒的厚度，保证导流筒运行期间不脱落。
- 9.2.8 受压件和波纹管的连接部分应采用机械加工方法制作焊接坡口。
- 9.2.9 波纹管与端管（接管）的连接方式应采用锁底对接焊接方式（见图 14）。焊缝质量应符合下列规定：
- a) 焊接接头表面应无裂纹、气孔、夹渣、焊接飞溅物、咬边和凹坑；
 - b) 余高不应大于波纹管壁厚，且不应大于 1.5 mm。

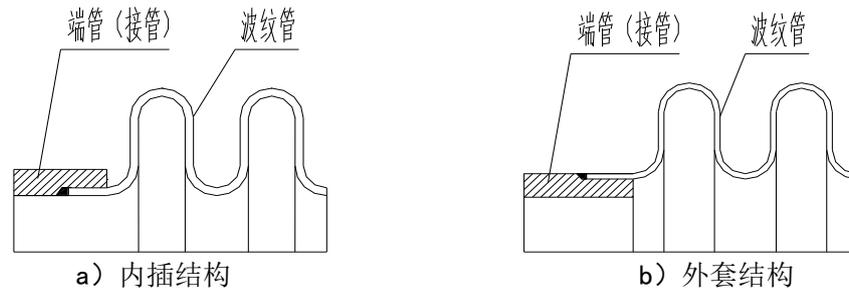


图 14 波纹管与端管锁底对接焊接方式

9.2.10 焊缝返修应执行 GB/T 12777—2019 中 8.5.5 的规定。

9.3 装配

9.3.1 波纹管与端管、中间管等受压件组焊前，应先进行封边处理。

9.3.2 波纹管与受压件间的焊接接头应采用钨极氩弧焊焊接，焊接时焊缝两侧及波纹管应采取保护措施以防焊接飞溅；引弧及收弧均不得在波纹管上进行，以免造成波纹管损伤。

9.3.3 波纹管补偿器各部位焊缝表面不得有裂纹、夹渣等缺陷。

9.3.4 波纹管补偿器碳钢结构件外表面应进行喷砂处理，表面喷砂等级应达到 GB/T 8923.1—2011 规定的 Sa2.5 级，并应涂装防腐油漆。在距受压件坡口 3 倍壁厚，且不小于 50mm 范围内可不涂漆或不做防腐处理。

9.3.5 波纹管补偿器交货长度应符合下列规定：

- a) 当波纹管补偿器无出厂预变位要求时，可按自由长度交货；
- b) 当波纹管补偿器要求进行出厂预变位时，应按预变位后的长度交货；
- c) 长度公差应符合 GB/T 12777—2019 中 6.4 的规定。

9.4 档案保存

产品档案应包含下列文件：

- a) 生产施工图和工艺文件；
- b) 材料质量证明文件；
- c) 制造过程及完工检验记录；
- d) 产品竣工图；
- e) 安装使用说明书。

10 要求

10.1 外观

10.1.1 波纹管表面不得有裂纹、焊接飞溅物及大于板厚下偏差的划痕和凹坑等缺陷。

10.1.2 波纹管处于自由状态下，加强环或均衡环表面应与波纹管波谷外壁紧密贴合，且不得有异物夹杂。

10.1.3 波纹管的形状应均匀一致，波峰、波谷与波侧壁间圆滑过渡。

10.1.4 波纹管补偿器限位装置应符合 7.1.7 的规定。

10.1.5 其他外观要求应符合 GB/T 12777—2019 中 9.1.1 的规定。

10.2 尺寸和偏差

- 10.2.1 波纹管的尺寸和偏差应符合 GB/T 12777—2019 第 6 章的规定。
- 10.2.2 波纹管壁厚应符合 7.2.3 的规定。
- 10.2.3 端管和中间管尺寸应符合 7.3.4 的规定。
- 10.2.4 导流筒厚度应符合 7.5.3 的规定。

10.3 材料

主要材料应符合 8.4 的规定。

10.4 无损检测

- 10.4.1 波纹管补偿器无损检测实施时机应按 GB/T 12777—2019 中 9.3.1 的规定执行。
- 10.4.2 波纹管补偿器无损检测应符合下列规定：
 - a) 波纹管管坯纵向焊接接头射线检测及其判定应符合 GB/T12777—2019 中 9.3.2 的规定；
 - b) 端管、中间管、外管等受压结构件的纵向焊接接头和环向焊接接头应进行局部射线检测，检测长度不应小于各条焊接接头长度的 20%，且不应小于 250mm，并应包含每一相交的焊接接头，合格等级不应低于 NB/T 47013.2—2015 中的 II 级；
 - c) 均衡环类拼焊接头应进行 100% 超声检测，合格等级不应低于 NB/T 47013.3—2015 或 NB/T 47013.10—2015 中的 I 级；
 - d) 波纹管与受压件间的焊接接头应进行 100% 渗透检测，检测结果应符合 GB/T12777—2019 中 9.3.2 的规定。
 - e) 导流筒生根焊缝应进行 100% 渗透检测，焊缝合格等级不低于 NB/T 47013.5—2015 的 I 级。

10.5 耐压性能

- 10.5.1 试验压力下，波纹管失稳的判定应符合下列规定：
 - a) 对于无加强 U 形波纹管，波距与加压前的波距相比最大变化率大于 15 % 时，即认为发生了平面失稳；
 - b) 对于加强 U 形波纹管，波距与加压前的波距相比最大变化率大于 20 % 时，即认为发生了平面失稳；
 - c) 当波纹管中间波突然出现横向挠曲时，即认为发生了柱失稳；
 - d) 当外压波纹管突然出现波峰塌陷时，即认为发生了周向失稳。
- 10.5.2 波纹管补偿器应有符合要求的耐压性能。波纹管补偿器在规定的压力下应无渗漏，结构件应无明显变形，波纹管应无失稳现象。

10.6 刚度性能

- 10.6.1 波纹管应有符合要求的刚度性能。制造单位应提供波纹管计算弹性刚度。
- 10.6.2 型式检验和用户要求时应提供实测刚度。实测刚度不应大于 1.3 倍计算弹性刚度。

10.7 稳定性能

波纹管应有符合要求的稳定性能。在规定的压力和位移下，波纹管应无失稳现象，失稳判定依据应符合 10.5.1 的规定。

10.8 疲劳性能

- 10.8.1 波纹管应有符合要求的疲劳性能。波纹管在规定的试验位移循环次数内应无泄漏。

10.8.2 波纹管试验循环次数应大于设计疲劳寿命次数的 2 倍，且应大于或等于 2000 次。

10.9 爆破性能

波纹管应有符合要求的爆破性能。波纹管在爆破试验压力下，应无破损、无渗漏。

11 试验方法

11.1 外观

目视或用适当倍数的放大镜进行外观检查，结果应符合 10.1 的规定。

11.2 尺寸和偏差

用准确度符合公差要求并经检定合格的量具或测量仪进行，结果应符合 10.2 的规定。

11.3 材料

用检查材料牌号、外观质量和质量证明书的方法进行材料检验，结果应符合 10.3 的规定。

11.4 无损检测

按 GB/T 12777—2019 中 9.4 的规定执行，结果应符合 10.4 的规定。

11.5 耐压试验

11.5.1 波纹管补偿器的耐压性能应按 GB/T 12777—2019 中 9.6.1 的规定执行，应采用水压试验进行检验。

11.5.2 波纹管补偿器应逐台进行水压试验。试验压力下目视检查波纹管补偿器，结果应符合 10.5 的规定。

11.5.3 型式检验时应测量波纹管的最大波距变化率。

11.6 刚度试验

波纹管补偿器刚度试验应按 GB/T 12777—2019 中 9.6.3 规定的试验条件与方法执行，试验结果应符合 10.6 的规定。

11.7 稳定性试验

波纹管补偿器在位移状态下的稳定性试验应按 GB/T 12777—2019 中 9.6.4 规定的试验条件与方法执行，试验结果应符合 10.7 的规定。

11.8 疲劳试验

11.8.1 试验波纹管应为型式检验项目合格的波纹管，波数不应少于 3 个。

11.8.2 试验应按 GB/T 12777—2019 中 9.6.5 的规定，按设计温度低于材料蠕变温度的波纹管疲劳试验方法执行。

11.8.3 达到规定的试验循环次数后检查波纹管，波纹管应无漏水现象，结果应符合 10.8 的规定。

11.9 爆破试验

爆破试验应按 GB/T 12777—2019 中 9.6.6 规定的试验条件与方法执行，试验结果应符合 10.9 的规定。

12 检验规则

12.1 检验分类

12.1.1 检验分为型式检验和出厂检验。

12.1.2 波纹管补偿器检验项目见表 11。

表 11 检验项目

序号	项目名称	出厂检验	型式检验	要求	试验方法
1	外观	√	√	10.1	11.1
2	尺寸和偏差	√	√	10.2	11.2
3	材料	√	√	10.3	11.3
4	无损检测	√	√	10.4	11.4
5	耐压性能	√	√	10.5	11.5
6	刚度性能	—	√	10.6	11.6
7	稳定性能	—	√	10.7	11.7
8	疲劳性能	—	√	10.8	11.8
9	爆破性能	—	√	10.9	11.9

注：“√”检验项目；“—”不检项目。

12.2 出厂检验

12.2.1 检验样品

波纹管补偿器的出厂检验应逐件产品进行。

12.2.2 判定规则

12.2.2.1 全部检验项目符合要求的波纹管补偿器，判为出厂检验合格。

12.2.2.2 当出现下列情况之一时，判为出厂检验不合格：

- a) 材料不符合要求；
- b) 耐压性能中波纹管出现失稳现象。

12.2.2.3 其它项目若有不符合要求的，允许返修复验，若复验符合要求，仍判波纹管补偿器出厂检验合格。若复验仍有不符合要求的项目，则判为波纹管补偿器出厂检验不合格。

12.3 型式检验

12.3.1 检验时机

波纹管补偿器在下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 产品定型、老产品转厂生产；
- b) 产品停产超过 1 年后复产；
- c) 正式生产后产品结构、材料或工艺有重大改变，可能影响产品性能；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
- e) 正常生产按 TSG D07 要求的时间。

12.3.2 检验样品

型式检验抽样方法应符合下列规定：

- a) 抽样可在生产线终端经检验合格的产品中随机抽取，也可在产品库中随机抽取，或从已供给用户但未使用并保持出厂状态的产品中随机抽取；
- b) 同一批次相同规格抽检数量可按表 12 的规定执行；

表 12 同一批次相同规格抽检数量

抽检基数 N 台	抽检台数 台
N≤50	2
N>50	3

c) 12.3.1 中规定的 a)、b)、c)、d) 四种情况的型式试验对整个系列产品进行考核时，在该系列范围内每一选定规格仅代表向下 0.5 倍直径，向上 2 倍直径的范围。

13.3.3 判定规则

13.3.3.1 波纹管补偿器检验样品全部检验项目符合要求，判为型式检验合格。

13.3.3.2 当出现下列情况之一时，应判为型式检验不合格：

- a) 材料不符合要求；
- b) 耐压性能中波纹管出现失稳现象；
- c) 稳定性能不符合要求；
- d) 疲劳性能不符合要求；
- e) 爆破性能不符合要求。

13.3.3.3 其它项目若有不符合要求的，允许返修复验；若复验符合要求，仍判波纹管补偿器型式检验合格。若复验仍有不符合要求的项目，则判为波纹管补偿器型式检验不合格。

13 标志

13.1 铭牌

每个波纹管补偿器都应有永久固定、耐腐蚀的金属材料铭牌，铭牌上至少应注明以下内容：

- a) 波纹管补偿器型式（型号）；
- b) 出厂编号；
- c) 设计压力和设计温度；
- d) 设计位移量（mm）；
- e) 外形尺寸（mm）；
- f) 总重量（kg）；
- g) 制造单位名称；
- h) 出厂日期。

13.2 介质流向

波纹管补偿器装有导流筒时，应在波纹管补偿器外表面标出醒目的永久性介质流向箭头。

13.3 装运固定

波纹管补偿器装运固定件应涂黄色油漆。

14 包装、运输和贮存

14.1 包装和运输

14.1.1 波纹管补偿器的包装与运输应符合 NB/T 10558 的规定。

14.1.2 波纹管补偿器交货时应提供“质量证明文件”和“安装使用说明书”等随带文件。“质量证明文件”中至少应包括以下内容：

- a) 波纹管补偿器的型式（型号）和出厂编号；
- b) 波纹管补偿器的设计温度、设计压力、设计位移量和设计疲劳次数；
- c) 波纹管 and 受压件的材质证明书；
- d) 波纹管补偿器的外观检查、尺寸检查、焊接接头检测和耐压试验等项目出厂检验结论及制造单位的检验合格证；
- e) 波纹管补偿器生产所依据的标准。

14.1.1 波纹管补偿器安装使用说明书应对波纹管补偿器的结构特点、安装要求、承受压力推力、过程压力试验的支撑要求等做出详尽的说明。

14.2 贮存

- 14.2.1 波纹管补偿器宜存放在清洁、干燥和无腐蚀性环境的室内。
- 14.2.2 应防止由于堆放、碰撞和跌落等原因造成波纹管机械损伤。
- 14.2.3 装有导流筒的波纹管补偿器竖直放置时，导流筒开口端应朝下。

15 安装与维护

15.1 选型与布置

- 15.1.1 管段划分与波纹管补偿器的设置应按 GB/T 35979 和 GB/T 12777—2019 附录 E 的规定执行。
- 15.1.2 波纹管补偿器上应避免扭转荷载；当产生扭矩时，应对波纹管补偿器承力结构件进行加强。
- 15.1.3 热水管道波纹管补偿器选型布置应按 T/CDHA 504—2021 附录 C 的规定执行。
- 15.1.4 在综合管廊内敷设，当管廊本体的受力受到限制时，不应选用大直径非约束型外压轴向型波纹管补偿器。
- 15.1.5 旁通直管压力平衡型波纹管补偿器仅限于流速低、对压力降要求较低的直管段。

15.2 安装

- 15.2.1 波纹管补偿器的安装应按 GB/T 35979 和 GB/T 12777—2019 附录 F 的规定执行。
- 15.2.2 波纹管补偿器宜进行预变位安装，提高波纹管在位移和压力作用下的稳定性。预变位量宜为设计补偿量的 40%~50%。
- 15.2.3 波纹管补偿器安装前应先对产品进行检查，产品完好后再进行安装。
- 15.2.4 波纹管补偿器在安装过程中不应承受扭矩。
- 15.2.5 波纹管补偿器吊装及安装前应制定施工方案。并应明确波纹管补偿器的吊装、安装要求以及制造单位所做的特殊说明，吊装应符合下列规定：
 - a) 吊装所用吊具起吊能力应大于波纹管补偿器重量；
 - b) 波纹管补偿器吊装和翻转时不得碰撞，并防止吊具滑脱。
- 15.2.6 当波纹管补偿器设置有起吊位置时，应将吊具置于起吊位置上；没有设置起吊位置时，吊具可根据需要作用于波纹管补偿器的下列部位：
 - a) 单式波纹管补偿器的端管上；
 - b) 铰链板靠近立板的部位；
 - c) 装运螺杆靠近螺母的部位；
 - d) 拉杆端部。

15.2.7 波纹管补偿器安装前不得拆除涂黄色漆的装运固定件。安装完毕后、试压前应拆除波纹管补偿器上涂黄色漆的装运固定件。

15.2.8 一次性波纹管补偿器的安装应符合下列规定：

a) 一次性波纹管补偿器的预热位移量应按 CJJ/T 81—2013 附录 E 或 T/CDHA 504—2021 附录 B 进行计算；

b) 一次性波纹管补偿器与管道连接前，应按预热位移量确定限位位置，并应固定。

15.2.9 当分段试压的管段中安装有非约束型波纹管补偿器时，临时支撑应能承受波纹管压力推力。

15.2.10 系统压力试验过程中和试验完毕后，应对下列部位进行检查：

a) 波纹管补偿器各承压焊接接头是否泄漏；

b) 波纹管是否发生失稳现象；

c) 波纹管补偿器受力结构件、固定支架、导向支架是否损坏或出现明显变形；

d) 导向支架、波纹管补偿器和系统中其他活动部件在移动中是否受到阻碍。

15.3 运行与维护

15.3.1 波纹管补偿器的运行与维护应按 GB/T 35979 或 GB/T 12777—2019 附录 G 的规定执行。

15.3.2 运行期间应定期检查以下内容：

a) 波纹管变形：检查波纹管在工作中有无失稳或超位移现象；

b) 波纹管褶皱：褶皱表明波纹管在工作或安装时承受了扭转；如果存在褶皱，应更换波纹管，且新的波纹管补偿器应设置相应的约束构件，阻止扭转发生；

c) 波纹管凹坑及划痕：两者都会造成波纹管壁厚减薄、应力增加，缩短波纹管的疲劳寿命；

d) 焊接飞溅：如果存在焊接飞溅，应联系制造单位进行处理；

e) 外部异物：检查波纹管的波纹及其他可活动部件之间是否存在异物，如有应及时清除，以免影响波纹管补偿器正常运动或造成其失效；

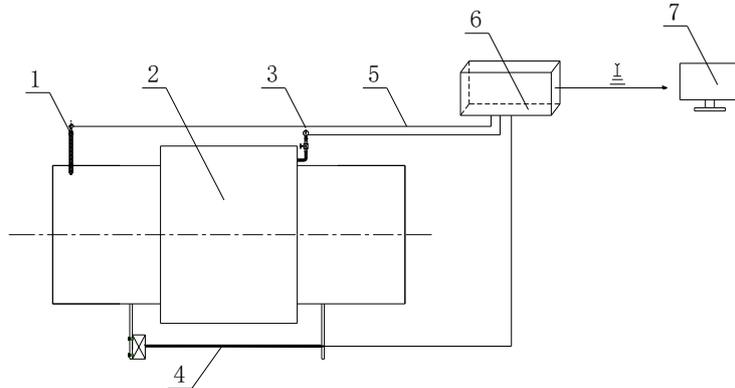
f) 结构件检查：应检查拉杆、铰链板、立板和环板等结构件是否存在异常变形。

15.3.3 当压力、温度或位移量超过波纹管补偿器的设计值时，或存在波纹异常变形，应及时联系波纹管补偿器制造单位及时处理，以确保波纹管补偿器的安全。

附录 A
(资料性)
波纹管补偿器监测系统

A.1 系统构成和基本功能

A.1.1 波纹管补偿器监测系统应包括现场传感器（位移、温度、泄漏等）、连接线缆、数据采集器及电源、监测平台等。波纹管补偿器监测系统示意图见图 A.1。



标引序号说明：

- 1——温度传感器；
- 2——波纹管补偿器；
- 3——泄漏传感器；
- 4——位移传感器；
- 5——连接线缆；
- 6——数据采集器；
- 7——监测平台。

图 A.1 波纹管补偿器监测系统示意

A.1.2 波纹管补偿器监测系统应具备下列功能：

- a) 监测和判断波纹管补偿器的实时运行状况；
- b) 预警提示管道超温、超位移、泄漏等信息；
- c) 各监测系统可单独或组网使用；
- d) 按设定的采集频率，实时向监测平台传输信息；
- e) 能自动采集、存储和处理运行数据；
- f) 能根据补偿器运行状态信息估算出波纹管补偿器剩余疲劳次数。

A.2 设备与材料

A.2.1 现场传感器

现场传感器应根据管道系统的设计压力、设计温度及安装的具体环境进行选型。传感器性能应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 传感器性能

参数		单位	指标
耐温性能	热水管道	°C	-20~+200
	蒸汽管道	°C	-20~+350
分辨率		—	±0.5%

A.2.2 数据采集器

A. 2. 2. 1 数据采集器应能在下列环境下正常工作：

- a) 温度-20℃~+50℃；
- b) 相对湿度 5%~95%；
- c) 大气压力 80kPa~110kPa。

A. 2. 2. 2 数据采集器的防护等级不应低于 GB/T 4208-2017 规定的 IP68。

A. 2. 2. 3 数据采集器宜具有屏幕显示功能，便于现场巡检人员检查。

A. 2. 2. 4 数据采集器宜根据现场安装条件采用有线或无线传输方式，信号上传速率不应小于 2Mbps。

A. 2. 2. 5 数据采集器接口应符合 GB/T 34068 的规定。

A. 2. 3 电源

A. 2. 3. 1 采用电网供电时，电源应满足 220V 交流电源使用条件。

A. 2. 3. 2 采用太阳能供电时，电源蓄电容量应满足数据采集器连续使用 144h。

A. 2. 4 监测平台

A. 2. 4. 1 监测平台安装环境应符合 GB/T 9361 的规定。

A. 2. 4. 2 监测平台性能应符合下列规定：

- a) 应具备位移超限、泄漏提示等报警功能；
- b) 应能显示实时地图、监测现场传感器的状况；
- c) 宜具备项目管理、产品管理、传感器管理和数据管理等功能；
- d) 宜实时显示温度、位移、泄漏等信息；
- e) 应能完整存储波纹管补偿器运行的数据，自动储存及定期对数据进行备份。储存周期不应少于 60 个月；
- f) 宜具备实时数据、历史数据和数据图表等数据查阅。

A. 2. 4. 3 监测平台数据信息应符合下列规定：

- a) 报警响应时间应小于 1min；
- b) 监测平台可通过 APP、手机短信平台、监测软件客户端等途径通知相关人员；
- c) 报警准确率不应小于 95%。

A. 3 系统布置

A. 3. 1 一般规定

A. 3. 1. 1 波纹管补偿器监测方案设计应与管道设计同步进行。

A. 3. 1. 2 波纹管补偿器应在制造厂内预留现场传感器的安装接口，并标识清晰；对有可能在吊装、运输过程中造成损坏的接口部件应予以加强保护。

A. 3. 1. 3 热力管道具有泄漏监测报警系统时，供电、通信接口等宜与波纹管补偿器监测系统一并设置。

A. 3. 2 数据采集器

A. 3. 2. 1 数据采集器宜采用有线方式建立与现场传感器的供电及数据采集的通道。

A. 3. 2. 2 数据采集器宜根据波纹管补偿器的整体布局就近设置。

A. 3. 2. 3 当数据采集器备设置在室外时，箱底离地面的净距应大于 300mm。

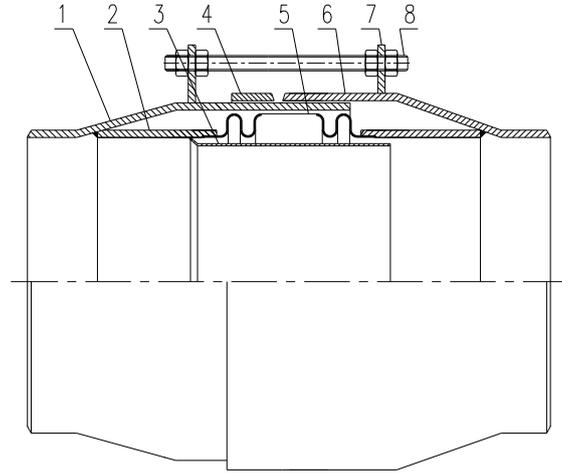
A. 3. 3 监测平台

监测平台宜与供热系统监控中心平台统一设置，并实现报警信息互通共享。

附录 B
(规范性)
一次性波纹管补偿器

B.1 结构

一次性波纹管补偿器结构见图 B.1 所示。



标引序号说明:

- 1——变径管（内套筒）；
- 2——接管；
- 3——导流筒；
- 4——工艺焊环；
- 5——波纹管；
- 6——变径管（外套筒）；
- 7——凸耳；
- 8——装运调整杆。

图 B.1 一次性波纹管补偿器结构示意图

B.2 设计

B.2.1 波纹管、端管、结构件材料应符合第 8 章的规定。

B.2.2 一次性波纹管补偿器的承压能力应按以下条件确定：

- a) 波纹管的承压能力按管道设计压力确定；
- b) 其他结构件按管道设计压力和轴向推力确定。

B.2.3 一次性波纹管补偿器的波纹管只在预热时起补偿作用，波纹管的单波位移由波纹管结构确定，波纹管单波补偿量宜按式（B.1）取值。

$$e = \frac{q}{2} \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：

- e ——波纹管单波补偿量，单位为毫米（mm）；
- q ——波纹管波距，单位为毫米（mm）。

B.2.4 一次性波纹管补偿器波纹管最小壁厚应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 一次性波纹管补偿器波纹管最小壁厚

单位为毫米

公称尺寸	设计压力 1.6MPa	设计压力 2.5MPa
------	-------------	-------------

	波纹管单层壁厚	波纹管总壁厚	波纹管单层壁厚	波纹管总壁厚
DN800	≥1.5	≥4.0	≥1.5	≥6.0
DN900	≥1.5	≥4.0	≥1.5	≥6.0
DN1000	≥1.5	≥4.0	≥1.5	≥6.0
DN1200	≥1.5	≥6.0	≥1.5	≥8.0
DN1400	≥2.0	≥6.0	≥2.0	≥8.0
DN1600	≥2.0	≥6.0	≥2.0	≥8.0
DN1800	≥2.0	≥6.0	≥2.0	≥8.0

注 1: 波纹管设计温度为 150℃, 波纹管选用无加强 U 形结构, 波纹管材料选用 S31603;
注 2: 按每层为同一种材料计算;
注 3: 其他的设计参数应重新核算。

B.2.5 承压结构件及其焊缝应按管道设计压力下波纹管产生的压力推力进行强度校核, 对接焊缝同时应进行疲劳校核。

B.2.6 一次性波纹管补偿器内外套筒之间的焊接接头应按等强度原则设计, 焊缝强度应能承受直埋热水管道在锚固状态下的轴向力。无损检测应符合下列规定:

- a) 焊缝应进行 100%无损检测;
- b) 当采用超声检测时, 合格等级不应低于 NB/T 47013.3—2015 中的 I 级;
- c) 当采用磁粉检测时, 合格等级不应低于 NB/T 47013.4—2015 中的 I 级;
- d) 当采用液体渗透检测时, 合格等级不应低于 NB/T 47013.5—2015 中的 I 级。

B.2.7 一次性波纹管补偿器承受的管道轴向力应按式 (B.2) 计算。管道轴向力可按表 B.2 选取。

$$F_m = \alpha \times E \times A \times \Delta t \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

F_m ——直埋热水管道的轴向力, 单位为牛 (N);

α ——管道材料的线膨胀系数, 单位为毫米每米摄氏度 [mm/(m·°C)];

E ——管道材料的弹性模量, 单位为兆帕 (MPa);

A ——管道材料的金属截面积, 单位为平方毫米 (mm²);

Δt ——温差, 单位为摄氏度 (°C)。应取以下 2 项中的较大值: 计算预热温度和管道工作循环最低温度的差值或管道工作循环最高温度和计算预热温度的差值。

表 B.2 一次性波纹管补偿器轴向力

公称尺寸 DN	管道尺寸 (外径 Φ ×壁厚 δ) mm	一次性波纹管补偿器轴向力 kN		
		温差 50 Δt /°C	温差 60 Δt /°C	温差 70 Δt /°C
DN800	$\Phi 820 \times 12$	3770	4524	5278
DN900	$\Phi 920 \times 12$	4237	5084	5931
DN1000	$\Phi 1020 \times 14$	5476	6571	7667
DN1200	$\Phi 1220 \times 16$	7490	8988	10486
DN1400	$\Phi 1420 \times 20$	10887	13065	15242
DN1600	$\Phi 1620 \times 22$	13670	16403	19137
DN1800	$\Phi 1820 \times 24$	16760	20112	23464

注 1: 当管道公称尺寸小于或等于 DN1000 时, 计算采用管道材质为 Q235B; 当管道公称尺寸大于或等于 DN1200 时, 计算采用管道材质为 L290;
注 2: 管材弹性模量 $E=203000\text{MPa}$, 管材线膨胀系数 $\alpha=0.0122\text{ mm}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$;
注 3: 当管道的材质、壁厚和温差发生变化时, 应按式 (B.2) 进行校核计算。

B.3 要求

- B.3.1 一次性波纹管补偿器外观、尺寸和偏差应符合 10.1、10.2 的规定。
- B.3.2 所有结构件的焊缝强度应能够承受管道在锚固状态下的轴向力，焊缝无损检测应符合 10.3 的规定。
- B.3.3 一次性波纹管补偿器应有符合要求的耐压性能。在规定的压力下应无渗漏，结构件应无明显变形。
- B.3.4 一次性波纹管补偿器应有符合要求的轴向力性能。在轴向力作用下应无可见的异常变形和焊缝撕裂。

B.4 试验方法

- B.4.1 一次性波纹管补偿器外观、尺寸和偏差、材料、无损检测等试验方法应按 11.1、11.2、11.3、11.4 执行。
- B.4.2 一次性波纹管补偿器耐压性能试验方法应按 11.5 执行，结果应符合 B.3.3 的规定。
- B.4.3 一次性波纹管补偿器轴向力性能试验时，在补偿器两端施加的轴向力应缓慢上升到式 (B.2) 计算值（或按表 B.2 的值）的 1.5 倍，至少应保持 10 min，结果应符合 B.3.4 的规定。

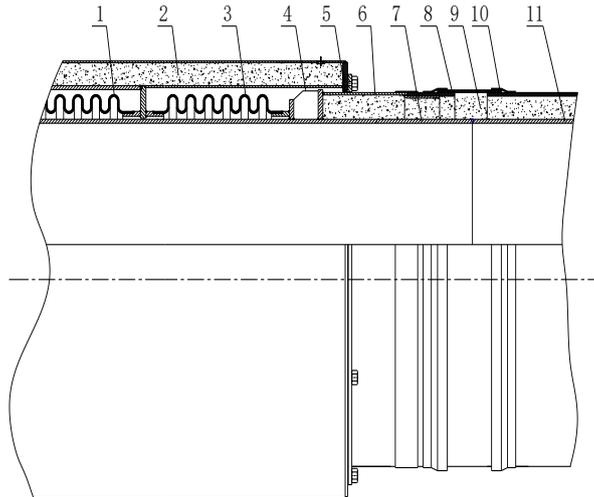
附录 C
(资料性)
波纹管补偿器预制保温

C.1 一般规定

- C.1.1 波纹管补偿器预制保温后的外表面温度不应超过 50℃。
- C.1.2 波纹管补偿器的保温结构应考虑补偿器活动端位移，且不应破坏保温结构。
- C.1.3 波纹管补偿器活动端的伸缩区域应采用软质保温材料，软质保温材料的保温长度应大于补偿器的伸缩长度。
- C.1.4 预变位的波纹管补偿器在进行预制保温过程中，预变位不应被释放。
- C.1.5 保温结构型式（保温材料和外护管）应与相连接的管道相同。
- C.1.6 热水管道用预制保温波纹管补偿器端管管口应有长度不小于 100mm 的无保温层裸露段。
- C.1.7 蒸汽管道用预制保温波纹管补偿器端管管口应有长度 150mm~250mm 的无保温层裸露段。预制保温外护钢管应有长度 80mm~100mm 的无防腐层裸露段。
- C.1.8 预制保温外护管采用钢管时，管材宜采用 Q235B，防腐应符合 CJJ/T 104 的规定。
- C.1.9 直埋型波纹管补偿器的保温结构见图 2~图 3 和图 5~图 6。
- C.1.10 直埋型波纹管补偿器与管道的现场保温接头应符合 GB/T 38585 的规定。

C.2 直埋热水管道

- C.2.1 直埋型波纹管补偿器与管道接头应能有效补偿保温管道外护管、工作钢管和保温层三位一体整体结构的热位移，不应影响保温管道的外护管和保温层移动。
- C.2.2 直埋型波纹管补偿器与管道接头应确保管道伸缩时的密封性，防止异物、外界水进入保温材料或补偿器中。
- C.2.3 当采用盘根密封时，直埋型波纹管补偿器保温接头可采用图 C.1 所示结构。并应符合下列规定：
- a) 密封导向套、盘根压盖、固定螺钉等与土壤接触或地下环境接触的结构件应防腐；
 - b) 密封盘根宜选用耐老化的聚四氟乙烯材料；
 - c) 钢塑连接部位尺寸应与管道保温管外径尺寸一致，便于现场对接；
 - d) 补偿器保温接口宜在制造厂内预制钢塑过渡接管和聚乙烯接管，且钢塑过渡接管和聚乙烯接管拉脱力不应低于聚乙烯外护管与聚氨酯保温层间的结合强度。



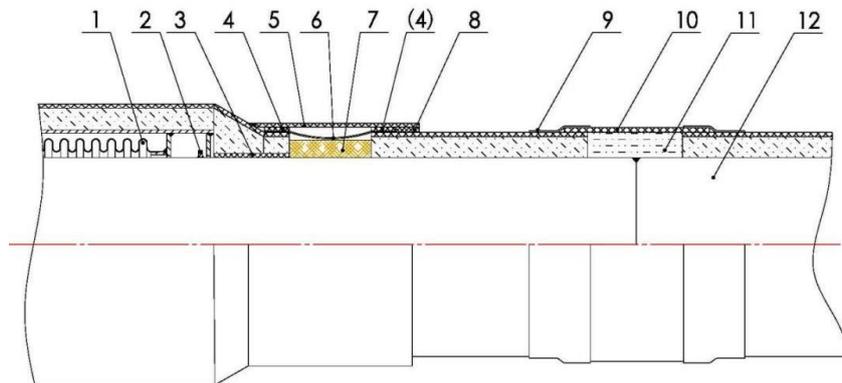
标引序号说明：

- 1——波纹管；
- 2——聚氨酯保温层；
- 3——保护波纹管；
- 4——限位装置；
- 5——盘根密封；
- 6——补偿密封导向套；
- 7——补偿器端管；
- 8——聚乙烯外护套；
- 9——现场发泡聚氨酯保温层；
- 10——热缩带；
- 11——工作管。

图C.1 直埋型波纹管补偿器保温接头示意（1）

C.2.4 当采用接头处软质保温材料时，直埋型波纹管补偿器保温接头可采用图 C.2 所示结构。并应符合下列规定：

- a) 软质保温材料部分的长度应大于或等于波纹管补偿器补偿量的 2 倍；
- b) 软质保温材料密封套管两端与聚乙烯外护管连接应采用耐高温粘剂，剥离强度应大于或等于 0.8MPa。



标引序号说明：

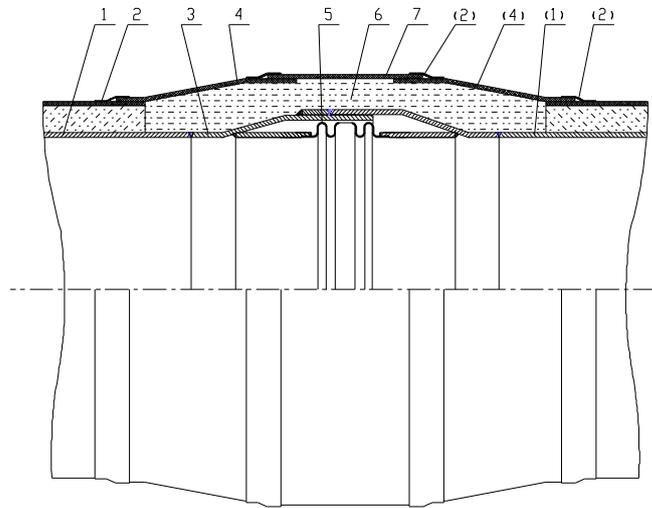
- 1——波纹管组件；
- 2——限位装置；
- 3——减阻层；

- 4——固定压环；
- 5——聚乙烯外护管；
- 6——软质密封套管；
- 7——软质保温材料；
- 8——密封导向套；
- 9——热缩带；
- 10——聚乙烯接口热熔套；
- 11——现场发泡聚氨酯保温层；
- 12——工作管。

图 C.2 直埋型波纹管补偿器保温接头示意 (2)

C.2.5 一次性波纹管补偿器的保温接头应在管道预热后，补偿器内外套筒焊接完成、受力焊缝检验合格的基础上进行。

C.2.6 一次性波纹管补偿器保温及接头，应根据其结构和外形尺寸可采用图 C.3 所示。



标引序号说明：

- 1——工作管；
- 2——热缩带；
- 3——补偿器端管；
- 4——聚乙烯外护套过渡锥段；
- 5——一次性波纹管补偿器；
- 6——现场发泡聚氨酯保温层；
- 7——聚乙烯外护套。

图 C.3 一次性波纹管补偿器保温及接头示意

C.3 直埋蒸汽管道

C.3.1 直埋蒸汽波纹管补偿器的保温外护管应采用钢管，外护钢管厚度不应低于保温管道的外护管厚度。并应符合 C.1.8 的规定。

C.3.2 预制保温应符合 CJ/T 246 的规定。其结构强度应满足外护管正常工作时产生的应力变化，且在工作管偶然出现泄漏或外部水进入保温腔时不发生破坏。

C.3.3 钢外护管焊缝表面不应有裂纹、焊瘤、未焊满及弧坑等缺陷。

C.3.4 钢外护管的无损检测应符合下列规定：

- a) 对接焊缝应进行 100% 射线检测，合格等级不应低于 NB/T 47013.2—2015 中的 II 级；

- b) 角焊缝应进行 100%磁粉检测，合格等级不应低于 NB/T 47013.4—2015 中的 I 级；
- c) 当焊缝部位不能采用射线检测时，应采用 100%超声检测，合格等级不应低于 NB/T 47013.3—2015 中的 I 级。

C.4 架空管道

- C.4.1 架空预制保温波纹管补偿器适用于管沟、综合管廊、供热隧道内敷设的管道。
 - C.4.2 波纹管补偿器保温外护管采用金属材料时，应符合 C.1.8 的规定。
-