

醋酸乙烯及 EVA 一体化项目
(一期)

管道机械专业设计统一规定

0		
版次 REV.	日期 DATE	说 明 DESCRIPTION
设计阶段 DES.PHASE	初步设计 /施工图	项目代号 PROJECT CODE: 202415
编制: DESIGNED		业主名称 OWNER: 江苏索普新材料科技有限公司
校核: CHECKED	姜锦程	
审核: APPROVED		项目名称 PROJECT: 醋酸乙烯及 EVA 一体化项目（一期）
版次: REV.	0	
日期: DATE	2025-1-10	编号 DOC.NO.: 202415-028-045



修改记录

版次	版次时间	修改内容
0		

目 录

1. 总则	1
1.1 编制目的	1
1.2 适用范围	1
1.3 项目概况	1
1.4 设计基础条件和依据	1
2. 设计执行的主要标准规范和规定	1
2.1 计量单位规定	1
2.2 设计执行的主要标准和规范	1
3. 应力分析管线的分类	3
3.1 一般规定和要求	3
3.2 应力分析管线分类的详细规定	3
3.2.1 I 类管线（见附件 1）	3
3.2.2 II 类管线（见附件 1）	3
3.2.3 III 类管线（见附件 1）	3
3.2.4 IV 类管线（见附件 1）	4
4. 应力分析的方法	5
4.1 判断应力分析方法的条件	5
4.2 目测方法	5
4.3 简单分析法（图表法、公式法）	5
4.4 计算机辅助应力分析法	5
5. 应力分析设计输入和设计输出	6
5.1 设计输入条件的内容规定	6
5.2 设计输出文件的内容规定	6
6. 应力分析条件的确定	7

6.1 计算压力	7
6.2 计算温度	7
6.3 管道环境温度	8
6.4 摩擦系数的确定	8
6.5 腐蚀裕量的确定	8
6.6 附加载荷的确定	8
6.6.1 地震载荷	8
6.6.2 风载荷	8
6.6.3 安全阀泄放载荷	8
6.6.4 位移载荷（DIS）	9
6.6.5 物料冲击载荷	9
6.6.6 有效冷紧载荷	9
7. 管道应力分析评定准则	9
7.1 应力评定	9
7.2 位移评定	9
7.3 设备管口载荷评定	9
7.4 补偿器的评定	10
7.5 弹簧支吊架（恒力、可变弹簧）的评定	11
8. 附件	12
附件 1：管线应力分析类表	12
附件 2：设备管口允许载荷	13

1. 总则

1.1 编制目的

为统一管道机械专业在醋酸乙烯及 EVA 一体化项目（一期）工程设计工作中的设计原则、设计标准，设计基础及技术要求，统一设计文件的内容深度，特制定本规定。

1.2 适用范围

本规定适用于本项目范围内各装置非直埋金属管道的应力分析设计工作。

本规定仅适用于设计压力不大于42.0 MPa(G)，设计温度不超过材料允许使用温度的管道。

本规定所列内容为管道应力分析工作的基本要求。专用设备或成套设施，其设备的操作、维修、管道布置还应满足设备制造商的特殊要求及标准。

1.3 项目概况

见开工报告。

1.4 设计基础条件和依据

见开工报告。

2. 设计执行的主要标准规范和规定

2.1 计量单位规定

除按合同规定外，原则上采用国际单位（SI）和国家法定计量单位。

2.2 设计执行的主要标准和规范

设计中所使用的标准和规范必须依照以下被认可的最新版本的标准和规范执行，最新版本的时间截止到合同签订之日。

标准规范标准号	标准规范名称
TSG D0001-2009	压力管道安全技术监察规程—工业管道
GB50316-2000	工业金属管道设计规范（2008 版）
GB/T20801.1~6-2020	压力管道规范 工业管道
GB150.1~150.4-2011	压力容器

GB/T12777-2019	金属波纹管膨胀节通用技术条件
GB/T35990-2018	压力管道用金属波纹管膨胀节
GB/T35979-2018	金属波纹管膨胀节选用、安装、使用维护技术规范
GB/T15700-2008	聚四氟乙烯波纹补偿器
GB/T14525-2010	波纹金属软管通用技术条件
GB 50009-2012	建筑结构荷载规范
HG/T20645-2022	化工装置管道机械设计规定
SH3012-2011	石油化工金属管道布置设计规范
SH/T3041-2016	石油化工管道柔性设计规范
SH/T3039-2018	石油化工非埋地管道抗震设计规范
SH/T3073-2016	石油化工管道支吊架设计规范
NB/T47038-2019	恒力弹簧支吊架
NB/T47039-2013	可变弹簧支吊架
ASME B31.3-2022	Process piping
ASME B31.1-2022	Power piping
API STD 520 Part II	Sizing Selection and Installation of Pressure-relieving Devices Part II-Installation, Seventh Edition
API STD 560	Fired Heaters for General Refinery Service, Fifth Edition
API STD 610	Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries, Twelfth Edition
API STD 617	Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors, Ninth Edition
API STD 618	Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services, Fifth Edition
API STD 619	Rotary-Type Positive Displacement Compressors for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries, Fifth Edition
API STD 661	Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries-Air-cooled Heat Exchangers, Seventh Edition

API STD 662 Part 1	Plate Heat Exchangers for General Refinery Services-Part 1-Plate-and-Frame Heat Exchangers, First Edition
API STD 674	Positive Displacement Pumps-Reciprocating, Third Edition
NEMA SM-23-1991 (R1997,R2002)	Steam Turbines for Mechanical Drive Service
EJMA-Tenth Edition	Standards of the Expansion Joint Manufacturers Association, INC.
WRC BUL 107-2002	Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings
WRC BUL 297-1987	Local Stresses in Cylindrical Shells due to External Loadings on Nozzles

3. 应力分析管线的分类

3.1 一般规定和要求

原则上，所有的管线均应做应力分析，并根据管线的类别（温度、压力、口径、壁厚、所连接的设备的荷载要求等）确定应力分析的方法和详细程度。如果项目中没有具体规定，可按以下方法对应力分析管线进行分类

3.2 应力分析管线分类的详细规定

3.2.1 I 类管线（见附件 1）

此类管线采用目测检验或简化分析方法。

3.2.2 II 类管线（见附件 1）

此类管线要求进行分析，并可采用公认的简化计算方法（或图表）进行分析计算。（详见附件 1）

3.2.3 III 类管线（见附件 1）

此类管线应严格进行计算机辅助计算分析，下列管线均属于此类管线范畴：

1）与泵相连的管线，泵口载荷校核依据操作工况下的载荷进行，当管线操作条件为以下条件时，应做详细应力分析：

（I）温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ （或 $\leq -46^{\circ}\text{C}$ ），且 $\text{DN} \geq 50$ 的管线；

- (II) 温度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$ (或 $\leq -46^{\circ}\text{C}$)，且 $\text{DN} \geq 100$ 的管线；
- (III) 温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ (或 $\leq -46^{\circ}\text{C}$)，且管线公称直径大于管口公称直径的管线；
- (IV) 应力分析工程师认为应作应力分析的与泵连接的管线。

2) 有关规范所属的管道

- (I) 锅炉规范中规定要进行柔性分析的管道；
- (II) 规范中规定要进行柔性分析的管道。

3) 与空冷器连接的管道

- (I) 公称管径等于或大于 150mm 的连接管口的管道；
- (II) 温度等于或高于 120°C 的连接管口的管道。

4) 与对荷载敏感的设备相连的管道，应进行应力分析，包含以下几类：

- (I) 进出反应器的高温管道；
- (II) 进出加热炉及蒸汽发生器的高温管道；
- (III) 进出汽轮机的蒸汽管道；
- (IV) 进出离心式压缩机、往复式压缩机的管道；
- (V) 与铝制设备相连的管道；
- (VI) 与衬里设备相连的管道。

5) 夹套管道。

6) 附件 1 中所有的 III 类管道。

7) 其它的用图表法或公式法分析后，属于应力、柔性不能满足要求的管道。

3.2.4 IV 类管线（见附件 1）

应力分析工程师对此类管线应特别注意，应采用特别的应力分析方法，因为在得到设备和结构的布置之前去做这些管线的分析是没用的。这类管线有下列几类：

- (I) 管线的设计温度和压力高于 ASME B16.5 中定义的 2500 磅等级；
- (II) 在下列温度值下长期工作的管道
 - 碳钢 375°C
 - 合金钢 482°C
 - 不锈钢 538°C
- (III) 大直径管线（ $\text{DN}1200$ 及以上）；
- (IV) 薄壁管线（ $t/D \leq 0.01$ ； t :壁厚； D :管径）；

(V) 管线的设计循环次数高于 22000 次；

(VI) 根据应力分析工程师的意见，上述第 III 类管线中要求做其它附加的应力分析的管线。

4. 应力分析的方法

4.1 判断应力分析方法的条件

通常在设计中根据以下条件确定应力分析方法：

- 1)介质的危险性（有毒、易燃、易爆等）；
- 2)管线操作工况（温度、压力、脉动、工作循环强度等）；
- 3)地震烈度；
- 4)工厂类型（化工、石油、电力、核工业等）。

4.2 目测方法

根据以往的经验或与已分析过的管线的比较相类似，则采用目测的方法已经足够，不需要进行更详细的应力分析。只有具备相当工程经验的应力工程师可以采用目测法。

4.3 简单分析法（图表法、公式法）

简单分析法可采用简化模型，或依据ASME B31.3标准319.4节或相关图表进行。简单分析要确保管道有足够的柔性，以吸收位移。

4.4 计算机辅助应力分析法

使用专门的管道应力分析软件（CAESAR II）对管道进行详细的应力计算和结果分析。计算并分析评定管道各分支点的应力、约束点和端点（设备管口）的力和力矩等。

管道应力分析分为静力分析和动力分析。对一般管道，通常只做静力分析即可。但对一些特殊工况的管线则应做动力分析（如往复泵、往复式压缩机的进出口管线）。往复压缩机级间管道系统的动力分析由压缩机设备制造商承担。

静力分析包括：

- 1) 管道在压力、重力（包括绝热层、管道组成件和管道中流体的重量）等持久性荷载组合工况下管道和管道元件的应力计算及评定；

- 2) 管道在温度引起的荷载及其他交变性荷载作用下的位移应力范围的计算及评定；
- 3) 管道对设备管口的作用力计算；
- 4) 管道支吊架的受力计算；
- 5) 管道上的法兰和分支点受力计算；
- 6) 管道法兰的泄漏计算。

动力分析包括：

- 1) 管道固有频率分析；
- 2) 管道强迫振动响应分析；
- 3) 往复式压缩机（泵）气柱频率分析；
- 4) 往复式压缩机（泵）压力脉动分析。

5. 应力分析设计输入和设计输出

5.1 设计输入条件的内容规定

- 1) 管道命名表（D版）（由提条件专业将相关数据导入“临界管系表中”）；
- 2) 临界管系的应力计算条件表及空视图（轴测图）；
- 3) 临界管系应力计算相关的设备图以及制造商提供的设备管口允许载荷；
- 4) 有关卧式设备（总）图；
- 5) 管道材料等级规定（包括：管道材料等级索引、管道材料等级表、管道壁厚表、管道支管连接）。

5.2 设计输出文件的内容规定

- 1) 临界管系表；
- 2) 应力计算结果报告（包括首页、计算内容页、应力分析轴测图、各工况下各约束点的位移和荷载、弹簧架表、有许用载荷要求的动设备管口校核报告等）；
- 3) 设备管口荷载条件；
- 4) 膨胀节数据表；
- 5) 弹簧支吊架一览表；
- 6) 阻尼器数据表。

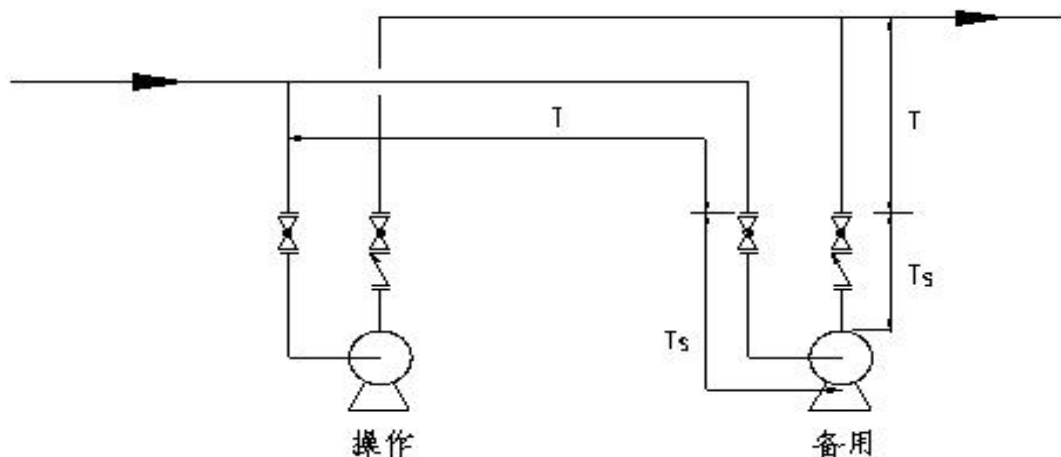
6. 应力分析条件的确定

6.1 计算压力

- 1) 管道计算压力应根据工艺设计条件中设计压力确定；
- 2) 管道计算压力应不低于正常操作中预计的最高压力，或在最苛刻温度下同时发生的内压或外压，取其最危险工况。对工艺有特殊要求的工况（指温度与压力的耦合）也应予以考虑。

6.2 计算温度

- 1) 管道计算温度应根据管道命名表中的设计温度确定；
- 2) 管道计算温度应不低于正常操作中预计的最高温度或在其它工况下的最苛刻温度，取其最高值，或二者均应考虑计算。对工艺有特殊要求的工况（指温度与压力的耦合）也应予以考虑；
- 3) 蒸汽伴热管道和需蒸汽吹扫的管道，取介质设计温度和蒸汽温度的高者为计算温度；蒸汽夹套管道，内管取金属温度为计算温度，外管取蒸汽设计温度为计算温度。
- 4) 带内衬里的管道应利用计算值或经验数据并根据管道命名表确定计算温度；
- 5) 对于安全泄压管道，应取排放时可能出现的最高或最低温度作为计算温度，同时还应考虑正常操作时，排出管线处于常温下的工况；
- 6) 进行管道应力分析时，不仅要考虑正常操作条件下的温度，还要考虑短时超温工况（如开车、停车、再生等）；
- 7) 当管道的操作工况复杂，难以确定计算工况时，可选几种工况进行分析比较；
- 8) 对于存在开备工况的离心泵，管线温度按下图取值：



说明：备用管线温度取值从阀处分界，如图 T 取操作温度的 50%，Ts 取环境温度。

9) 伴热管线依据伴热管温度取值。

6.3 管道环境温度

- 1) 应力分析的环境温度应根据建设项目所在地的气象环境和安装时间及业主的特殊要求来确定；
- 2) 如无特殊规定，则管道安装温度取21℃。

6.4 摩擦系数的确定

除非另有规定，在进行管道应力分析时，摩擦系数按下表确定。

滑动面接触形式	摩擦系数(μ)
钢对钢	0.3
不锈钢对聚四氟乙烯	0.1
滚动摩擦	0.1
钢对混凝土	0.6

6.5 腐蚀裕量的确定

腐蚀裕量依据管道等级规定确定。

6.6 附加载荷的确定

6.6.1 地震载荷

抗震验算依据 SH/T3039 考虑。

取建设当地的设计基本地震加速度值作为地震时的水平加速度，此时应作为偶然载荷工况来计算，同时将相应的许用应力提高 1/3。

6.6.2 风载荷

风荷载按 GB50009-2012 进行计算，相关参数见设计基础文件。风荷载的分析计算在静态荷载工况下作为偶然荷载进行。风荷载不与其它偶然荷载进行工况耦合，同时将相应的许用应力提高 1/3。

6.6.3 安全阀泄放载荷

依据 ASME B31.1 和 API RP520 标准来计算泄放载荷。通常采用静态分析法把此载荷作为静荷载考虑，再乘以动态荷载系数（动态荷载系数一般取最大值 2），此时计算的

工况为偶然载荷工况，同时将许用应力提高 $1/3$ 。

6.6.4 位移载荷 (DIS)

因热胀冷缩、沉降或其它原因引起的位移载荷应计入管道系统。

6.6.5 物料冲击载荷

除两相流和水锤的管线外，一般不将此载荷引入分析计算。但应考虑约束的位置，形式和布置，保证管架具有足够的强度和刚度，以抵抗冲击载荷。同时需妥善做好防振设计。

6.6.6 有效冷紧载荷

有效冷紧是指冷紧量的有效值，通常取冷紧量的 $2/3$ 。通常不建议采用冷紧。

在应力分析中，对于在非蠕变温度下工作的管线，其冷紧量（如果需要），取全补偿量的 50% 。对于在蠕变温度下工作的管线，其冷紧量（如果需要），取全补偿量的 70% 。

与转动设备相连的管线，不允许使用冷紧的方法。

7. 管道应力分析评定准则

7.1 应力评定

所有被分析的管系的应力评定准则依据 ASME B31.3(工艺管道)或 ASME B31.1(动力管道)，GB/T20801.1~6-2020 标准执行。

许用应力的取值依据设计所采用的规范执行，如 ASME B31.3，ASME B31.1，GB/T20801 和 GB50316。

7.2 位移评定

各种载荷在管系中各点产生位移应控制在 GB50316 规范允许的范围内，且应满足工艺、安装、操作等各方面要求。

7.3 设备管口载荷评定

机械设备管口载荷应满足以下要求。当超出时，且在管道自身无法解决的情况下，应提交制造厂并得到确认。

1) 泵

与泵相连的管线，除其应力需满足相关规范的要求外，泵口所承受的载荷应满足制

造商或 **API610**（针对离心泵）标准的要求，且对于往复泵应做动力分析。

2) 压缩机

与压缩机相连的管线，除其应力需满足相关规范的要求外，压缩机管口所承受的载荷应满足制造商或 **API617**（离心式压缩机）标准的要求，且对于往复式压缩机应做动力分析。对于离心式压缩机，其管口处承受的载荷应不大于 **NEMA SM23** 规范中规定值的 1.85 倍，或依据 **API617** 第 2.4.2 节进行计算，计算的限定值由供货商提供。

3) 蒸汽透平和汽轮机

与蒸汽透平或汽轮机相连的管线，除其应力需满足相关规范的要求外，透平和汽轮机管口所承受的载荷应满足制造商和/或 **NEMA SM23** 标准的要求。

4) 空冷器

与空冷器相连的管线，除其应力需满足相关规范的要求外，空冷器管口所承受的载荷应满足制造商和/或 **API661** 标准的要求。

5) 容器

作用于压力容器和热交换器管口的载荷，通常应低于附件 2 中的计算值。当超出时，且在管道自身无法解决的情况下，应向设备专业提出管口载荷条件，供设备专业校核计算。

6) 其它设备

作用于其它设备管口的载荷，依据设备制造厂或相关标准规范评定。

7.4 补偿器的评定

在管线中安装补偿器（金属波纹式）时，管线的应力应满足相应规范的要求，同时，应考虑变形及内压推力对结构的作用，而且，波纹补偿器的各向变形应满足以下要求：

$$\frac{\Delta X}{X_a} + \frac{\Delta \theta}{\theta_a} + \frac{\Delta y}{y_a} \leq 1.0$$

或
$$\Delta X + 0.00872665 D \Delta \theta + 3 D \Delta y / L \leq X_a$$

其中： ΔX --膨胀节的实际轴向位移。(单位：mm)

$\Delta \theta$ --膨胀节的实际弯曲角度。(单位:度)

Δy --膨胀节的实际横向位移。(单位:mm)

X_a --膨胀节的许用轴向位移。(单位:mm)

θ_a --膨胀节的许用弯曲角度。(单位:度)

y_a --膨胀节的许用横向位移。(单位:mm)

D --膨胀节的有效直径。(单位:mm)

L --膨胀节的柔性长度。(单位:mm)

7.5 弹簧支吊架（恒力、可变弹簧）的评定

对于装有弹簧支吊架的管系，其应力评定应满足相应规范的要求，且通常要求可变弹簧的荷载变化率不得大于 25%，弹簧的刚度偏差不大于 5%。

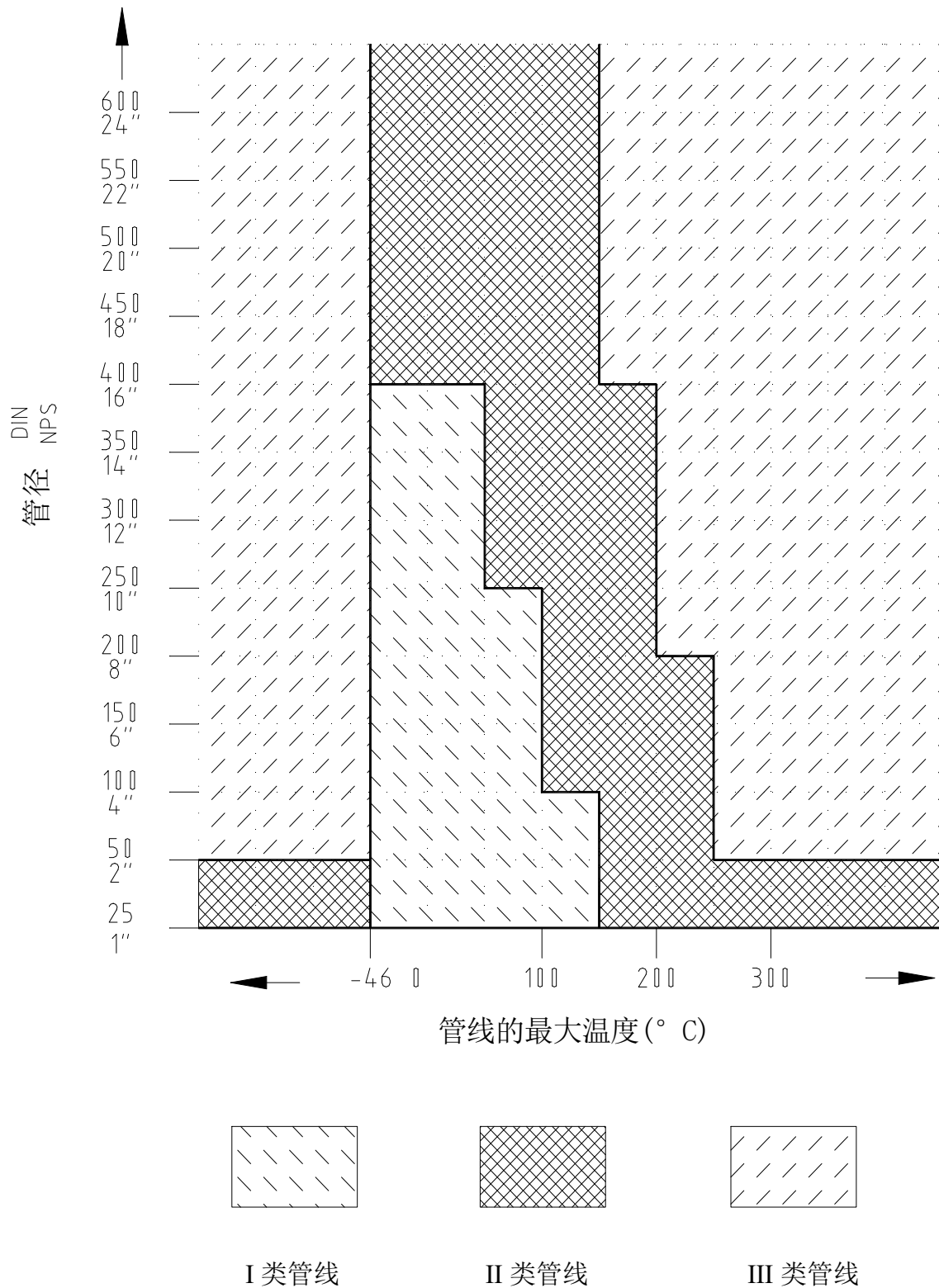
对于敏感设备（如转动设备），管口附近的弹簧支吊架的荷载变化率不得大于 10%。

对于在蠕变温度下长期工作的管线，弹簧支吊架荷载变化率不得大于 5%。

选择的弹簧支吊架须满足正常操作工况、设计工况、水压试验及蒸汽吹扫等各种工况的位移和荷载要求。

8. 附件

附件 1: 管线应力分析类表



注：超出了此图范围的管线为第IV类管线。

附件 2：设备管口允许载荷

表 1 压力容器和热交换器管口的许用荷载

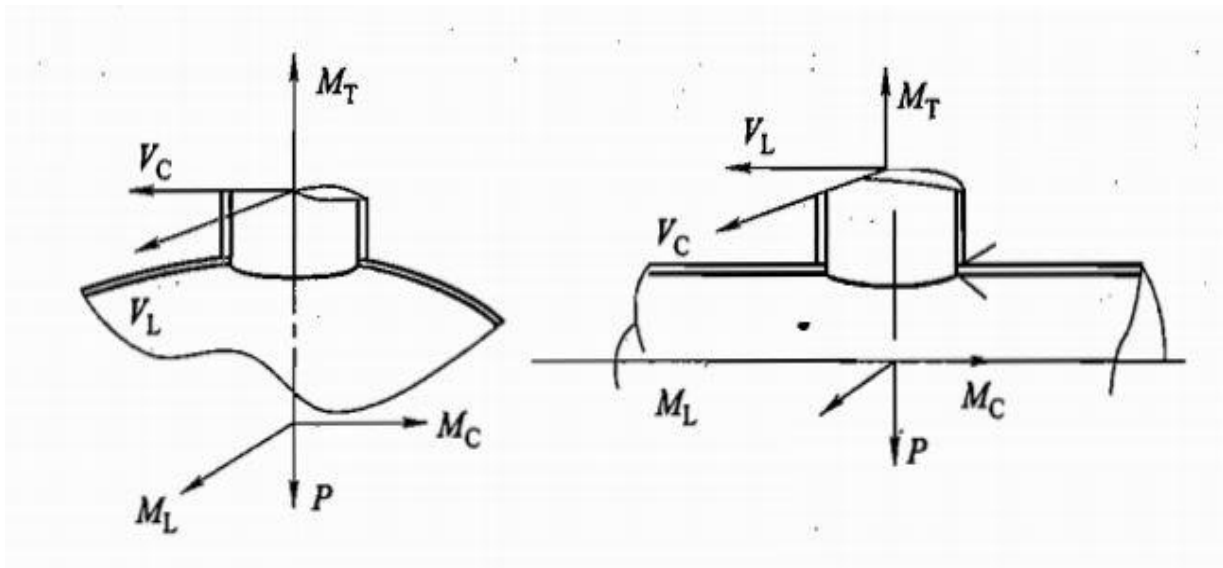
项目	管口位于筒体侧	管口位于封头侧
轴向拉伸或压缩力 P / kN	$2bD$	$2bD$
轴向剪切力 V_L / kN	$2bD$	
周向剪切力 V_C / kN	$1.5bD$	
合成剪切力 V_R / kN	$2.5bD$	$2.5bD$
扭矩 $M_T / \text{kN} \cdot \text{m}$	$0.15bD^2$	$0.15bD^2$
轴向弯矩 $M_L / \text{kN} \cdot \text{m}$	$0.13bD^2$	
周向弯矩 $M_C / \text{kN} \cdot \text{m}$	$0.1bD^2$	
合成弯矩 $M_R / \text{kN} \cdot \text{m}$	$0.164bD^2$	$0.164bD^2$

注：公式中 b 值按表 2 选取， D 为外接管道的公称直径，单位为“英寸”。

表 2 b 值

法兰公称压力等级（Class 系列），lb	容器	热交换器
150	0.6	0.75
300	0.7	0.75
600	0.8	1.25
900	1.8	3
1500	3	4
2500	3.3	5.6

说明：对于 PN 系列法兰公称压力等级，其 b 值应按上表 2 中，压力值相当或相近的 Class 系列法兰公称压力等级所对应的值选取（与上表 2 中 Class 系列法兰等级压力值相近时，原则上取相近低档 Class 系列法兰等级的对应 b 值）。



设备管口各许用力和许用力矩的方向