

工业管道 应力分析与工程应用

宋岢岢 编著



中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

内 容 提 要

这是一本配管设计工业管道应力分析参考书,既有系统的工业管道应力分析理论知识介绍,又有国内外大、中型工程项目工业管道应力分析典型的应用实例,同时能够紧密结合最新的现代化工程技术在工业管道设计中的应用,图文并茂,内容丰富,介绍了现代计算机技术在配管设计中的应用及提高配管设计工作效率的一些技巧,并结合最新版的国内外标准规范,对配管设计工业管道应力分析进行了系统的讲解。

主要章节包括:配管设计工业管道应力分析基本概念、特点,计算机辅助应力分析软件,工业管道系统静力分析,工业管道系统动力分析,工业管道抗震设计,工业管道荷载计算,工业管道支吊架设计。

本书内容实用,资料新颖,可供从事配管设计(管道设计)的技术人员参考,也可作为高等院校相关专业的教学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工业管道应力分析与工程应用 / 宋岢岢编著. —北京:
中国石化出版社, 2011. 1
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0531 - 9

I. ①工… II. ①宋… III. ①管道工程 - 应力分析
IV. ① TU81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 188010 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 33.5 印张 1 插页 834 千字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

定价:88.00 元

前 言

在石油、化工、轻工、食品、制药、冶金、电力等工业工程设计中，管道设计(也称“配管设计”，均翻译为“Piping Design”，“配管”一词是外来语。在很多工程公司有管道设计专业技术科室，有的工程公司称为“管道室”，有的工程公司称为“配管室”)起着举足轻重的作用，尤其是在石油化工行业，管道设计专业是石油化工工程设计的主体专业，管道设计水平直接关系到装置建设的投资和装置建成投产后能否长期、高效、安全、平稳运行。伴随工业装置规模的日益大型化、现代化、集约化、信息化和智能化，对管道设计的技术要求也越来越高。

管道设计专业是一门运用多种学科的综合技术，既要求从事这项设计的工程技术人员具有工艺、设备、生产操作、检修和施工等方面的知识，也要求具有材料、力学、机械、设备、结构、仪表、电气等多学科知识，还要求能够运用好计算机和外语两个最重要的工具，根据拟设计装置工艺、设备、土建、仪表、电气等各专业的设计要求，结合装置建设地地理、地质、水文、气候和气象条件，并遵循相关法规 and 规定，用管道及其组件将装置中各设备安全、经济、合理地连接。国际上通用的 ASME B31 管道设计系列规范指出：“管道设计者的资格。设计者是负责管道系统工程设计的人员，应具有使用本规范的经验。设计者所要求的资格和经验取决于系统的复杂性和临界性，以及个人经验的性质。如果设计人员不满足下列准则之一，就得要得到业主的批准：(a)完成了要求4年或4年以上脱产学习的工程学位，并具有不低于5年的相关压力管道设计的经验。(b)有地区法定机构认可的注册专业工程师资格及相关压力管道设计的经验。(c)完成了要求不低于2年脱产学习的工程助理学位，并具有不低于10年的相关压力管道设计的经验。(d)15年的相关压力管道设计经验。包括压力、持续荷载和偶然荷载及管道柔性的设计计算经验来说明相关管道设计的经验是令人满意的。”可以看出 ASME B31 系列规范对管道设计者资格提出了严格的要求。

工业管道设计技能包括：装置设备布置、管道布置、管道材料选用及管道应力分析。在国内外，有些工程公司把管道专业工作划分为装置设备布置、管道布置、管道材料选用及管道应力分析等进行流水作业，有些工程公司由管道设计人员独立完成装置设备布置、管道布置、管道材料选用及管道应力分析四项基本工作。无论怎样分工，管道设计人员能够更好地、全面地掌握四项基本技能，将能更好地做好管道设计工作。

本次编著的配管设计技术参考书含《工业管道应力分析与工程应用》、《工业管道器材选用与工程应用》两册，各自独立成册。书中在系统地阐述基本理论的基础上，紧密结合了很多国内外实际工程项目的精华内容，紧密结合现代化的

工程新技术，紧密结合计算机辅助工业管道设计新技术，紧密结合工业管道设计常用到的上百种最新标准规范，力求成为实用而系统的工业管道设计参考书，力求对提高设计水平、加快设计速度、增进设计质量起到一定的作用。

书中融入了编著者多年来国内外大、中型工程项目管道设计生产一线的经历和体会，图文并茂，资料齐全，内容丰富。紧密结合现代工程设计的实际，汇集了许多工业管道设计的思路和实例，读者遇到类似的设计工作内容可以直接参考使用，可以在很大程度上提高读者的工作效率。内容系统通俗，变抽象理论为具体实践经验，融合了很多工作技巧和创新。同时，也凝聚了众多工程项目的经验教训。书内还重点编写了现代化计算机技术在工业管道设计专业工作中的创新创效。

现实中，系统的、实用的工业管道设计参考书少之又少，很难发现。以前的工业管道设计参考书多以抽象的理论描述，汇编国内外标准规范和规定居多，缺少工程实践经验的介绍，多属一般的规定，在工程实践参考中，发现很多不合理的地方。本书将在系统地介绍工业管道设计理论基础上，配上丰富多彩的工程设计实际应用，更加有助于读者理解和学习。

本丛书可作为石油、化工、轻工、食品、制药、冶金、电力等行业从事管道设计(配管设计)技术人员手头既有实用价值又有比较全面参考价值的必备技术资料，也可作为高等院校相关专业的教学参考资料。

感谢中国寰球工程公司教授级高级工程师汪平、马学娅的大力支持并提出许多中肯建议，感谢北京化工大学博士生导师钱才富教授的大力支持，感谢一直关心本书编写的技术专家和领导，感谢同行朋友们的大力支持和帮助。路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。我愿在未来的工程项目管道设计工作实践中，以更加丰厚的成绩来答谢曾经关心、帮助和支持过我的同事、朋友！参加本书编写的还有兰斌、马顺利、李艳松、尚庆雨等。

由于编者水平有限，书的内容方面不可避免地存在某些疏漏和不足之处，望读者和专家不吝赐教。

目 录

第一章 绪论	(1)	校核准则	(21)
第一节 配管设计工业管道应力		二、GB 系列标准的管道应力	
分析的概念	(1)	校核准则	(22)
一、工业管道(配管)设计的概念	(1)	三、ASME B31.3 二次应力校核准则公式	
二、应变与应力	(1)	推导分析	(24)
三、笛卡尔(Descartes)坐标系	(3)	四、GB 50316、ASME B31.1 和 ASME B31.3 中	
四、管道的变形	(3)	二次应力校核条件的比较	(25)
五、管道应力的分类与比较	(6)	五、ASME B31.3 应力范围校核的	
六、管道应力分析中的薄壁假设	(8)	替代方法	(25)
第二节 工业管道应力分析过程	(8)	六、工业管道作用于设备管口的应力安全	
一、工业管道应力分析的目的	(8)	评定标准规范	(26)
二、管道应力分析的主要内容——静应力分析		七、ASME B31.1 和 ASME B31.3	
和动应力分析	(9)	的不同点	(26)
三、管道静力分析与动力分析的关系	(10)	八、某管线跨热电、化工和炼油区域安全评定	
四、管道应力分析的工作程序和任务	(10)	分界工程实例	(28)
五、国外某些大中型工程项目工业管道计算机		第五节 工业管道的物理特性理论	(28)
应力分析程序	(12)	一、线膨胀系数(Thermal Expansion	
六、国外某些大中型工程项目应力分析设计		Coefficient)	(28)
文件组成	(13)	二、弹性模量(Modulus of Elasticity)	(28)
七、使用计算机软件 3D 模型做管道布置设计		三、泊松比(Poisson Ratio)	(28)
的详细应力分析流程图	(13)	四、柔度系数(Flexibility Factor)和应力增强系数	
第三节 确定需要详细应力分析		(Stress Intensification Factor)	(29)
的管道	(14)	五、焊接系数	(29)
一、详细应力分析的概念	(14)	六、蠕变和应力松弛	(29)
二、GB 50316 对管道柔性计算的范围和		七、四种强度理论	(29)
方法的规定	(14)	八、弹性变形和塑性变形	(30)
三、ASME B31.3 和 ASME B31.1 对管道柔性		九、弹性体的应力与虎克定律	(30)
计算的范围和方法的规定	(14)	第六节 工业管道应力分析常用	
四、SH 3041 对管道柔性计算范围和		标准规范	(31)
方法的规定	(16)	一、国家标准规范	(31)
五、HG/T 20645 对管道柔性计算和应力		二、石油化工行业标准规范	(31)
计算的规定	(16)	三、机械行业标准规范	(31)
六、GB/T 20801 对埋地管道应力分析		四、化工行业标准规范	(31)
的规定	(17)	五、电力行业标准规范	(31)
七、某炼油工程管道应力分析设计方法的		六、美国机械工程师协会标准规范	(31)
工程应用	(17)	七、美国石油工程协会标准规范	(32)
第四节 工业管道安全评定	(21)	八、NEMA 标准规范	(32)
一、ASME B31 系列标准的管道应力		九、MSS 标准规范	(32)

十、英国标准规范	(32)	六、弹性中心法应用范围	(62)
第二章 计算机辅助应力分析软件	(33)	七、应变能微分法应用范围	(63)
第一节 计算机辅助应力分析综述	(33)	八、等值刚度法应用范围	(63)
一、计算机辅助应力分析遵循特点与假设 ...	(33)	九、追赶位移法应用范围	(63)
二、计算程序流程	(33)	十、原始参数位移法应用范围	(63)
三、计算机辅助应力分析使用注意事项	(33)	十一、有限单元法应用范围	(63)
四、一些应力分析中需要注意的边界条件 ...	(34)	十二、管材许用应力	(63)
第二节 管道应力分析计算机软件		十三、管道柔性设计计算结果应包括内容 ...	(63)
AutoPIPE	(35)	十四、管道柔性设计评定标准	(64)
一、AutoPIPE 简介	(35)	十五、管道作用在设备或固定点上的推力和	
二、AutoPIPE 软件的应用	(35)	力矩计算原则	(65)
三、模型初始化参数输入	(35)	十六、影响管道柔性的因素	(65)
四、模型构件的建模	(36)	十七、增加管道柔性的方法	(67)
五、模型分析和计算类型	(40)	十八、通过管道空间走向增加柔性	(67)
六、输出结果及安全评定	(42)	十九、变换设备管口连接方向和使用设备管口	
第三节 管道应力分析计算机软件		柔性管件增加柔性	(67)
Caesar II	(45)	二十、使用弹簧支吊架增加柔性	(68)
一、Caesar II 简介	(45)	二十一、管道柔性元件增加柔性	(68)
二、Caesar II 软件的优缺点	(45)	二十二、减少管道摩擦力增加柔性	(68)
三、参数输入及建模	(45)	二十三、增加柔性时对冷紧、设备膨胀、不均	
四、程序运行	(50)	下沉等因素的考虑	(69)
五、输出结果及安全评定	(51)	二十四、管道柔性设计中支架摩擦力的	
六、使用过程中注意的问题	(54)	影响	(69)
第三章 工业管道系统静力分析	(56)	二十五、管道柔性设计时应考虑管道端点的	
第一节 工业管道系统静力分析		附加位移	(69)
基本方法	(56)	二十六、计算机柔性设计计算要点	(69)
一、管道系统静应力的复杂性	(56)	二十七、静应力分析与柔性设计的关系	(71)
二、静力分析方法的发展趋势	(56)	二十八、应力集中 (Stress Concentration Factor)	
三、近似计算法、图表法、矩阵解析与计算机		问题	(71)
辅助分析法	(56)	二十九、高温管道, 用较厚的管子代替较薄的	
四、快速管道应力分析方法	(57)	管子时应注意的问题	(71)
第二节 管道系统的热膨胀	(57)	三十、某工程两设备间管道柔性布置实例 ...	(71)
一、管道系统的热膨胀的产生	(57)	三十一、SH/T 3041《石油化工管道柔性设计	
二、管线的热胀量	(57)	规范》与 ASME B31.3 对柔性分析和	
三、热膨胀的应力	(58)	疲劳评定的比较	(72)
四、空间管道的膨胀量与推力	(59)	第四节 管道柔性设计时计算温度	
五、塔顶部管口的热膨胀量的确定	(59)	的确定	(73)
第三节 工业管道柔性设计(静力分析)		一、计算温度与计算压力的概念	(73)
原理及评定标准	(60)	二、GB 50316 对计算温度的规定	(73)
一、工业管道柔性的概念	(60)	三、SH/T 3041 对计算温度的规定	(74)
二、工业管道柔性设计的目的	(61)	四、HG/T 20645 对计算温度的规定	(74)
三、工业管道柔性设计的原理	(61)	第五节 管道柔性设计工作程序	(74)
四、管道柔性设计计算方法分类	(62)	一、确定管道的基础条件	(74)
五、表算法应用范围	(62)	二、管系的柔性设计程序	(75)

第六节 工业管道的补偿器类型及布置	(76)	七、从塔顶下来管道的柔性设计	(95)
一、自然补偿器	(76)	八、塔管道与邻近设备连接时柔性分析应考虑的因素及一般过程	(95)
二、波形补偿器	(77)	第十节 立式设备管道的柔性设计	(96)
三、套管式或球形补偿器	(78)	第十一节 换热设备管道的柔性设计	(97)
四、金属软管的设计及工程应用	(79)	一、换热器管道的柔性设计	(97)
第七节 冷紧	(83)	二、空冷器管道的柔性设计	(97)
一、冷紧的概念	(83)	第十二节 再沸器管道的柔性设计	(97)
二、冷紧与一次应力和二次应力的关系	(83)	一、再沸器支腿长度的决定因素	(97)
三、冷紧比的概念	(83)	二、可滑动再沸器的柔性设计	(97)
四、冷紧的设计原则	(83)	三、尽可能不用波纹管(Bellows)缓和再沸器的热应力	(98)
五、自冷紧的概念	(83)	四、两个对称再沸器管道柔性的设计	(98)
六、冷紧比的概念	(83)	五、再沸器与塔连接情况的应力分析	(100)
七、冷紧的设计	(84)	六、某卧式再沸器与塔管道的典型柔性连接	(101)
八、冷紧或自冷紧时管道对固定点的推力计算	(84)	第十三节 泵管道的柔性设计	(102)
九、冷紧的施工	(86)	一、泵管道的柔性设计要点	(102)
十、某石化工程外管廊高压蒸汽管道冷紧的应用	(86)	二、泵吸入管道的柔性设计	(102)
第八节 自然补偿器的设计与计算	(87)	三、竖直泵管道的柔性设计	(102)
一、管线热补偿设计的注意事项	(87)	四、水平泵(冷却水泵)管道的柔性设计	(103)
二、弹性的概念	(87)	五、蒸汽透平管道的柔性设计	(103)
三、L形管系长臂与短臂的补偿设计	(88)	第十四节 加热炉管道的柔性设计	(103)
四、L形补偿器短臂长度的计算——公式法与图表法	(88)	第十五节 安全阀管道的柔性设计	(104)
五、Z形补偿器垂直臂长度的计算——公式法	(90)	一、蒸汽安全阀管道的柔性设计	(104)
六、凝结水管道Ⅱ型自然补偿器的柔性设计方法举例	(91)	二、非蒸汽安全阀的柔性设计	(105)
七、自然补偿设计需要考虑热胀的管线	(91)	第十六节 排放竖管的柔性设计	(105)
八、必须使用非弯管补偿器的情况	(92)	一、小排放竖管(V. S. S, Vent Stack Small)的柔性设计	(105)
九、自然补偿设计时管托长度的设计	(92)	二、大排放竖管(V. S. L, Vent Stack Large)的柔性设计	(105)
十、固定点(指较长距离的管线上的固定点)的选择	(92)	第十七节 蒸汽消音器管道的柔性设计	(106)
第九节 塔管道的柔性设计	(93)	第十八节 罐区管道的柔性设计	(106)
一、两塔管口处于同一标高时自然补偿的管道布置设计	(93)	一、罐区围堰内管道的柔性设计	(106)
二、两塔管口标高不同时自然补偿的管道布置设计	(94)	二、常压罐区泵吸入口管道的柔性设计	(106)
三、三个抽出口或三个进料口的管线自然补偿设计	(95)	三、柔性软管和管道系统的柔性设计	(107)
四、塔底管线柔性设计	(95)	四、某工程球罐管道的柔性设计	(107)
五、塔侧进线的柔性设计	(95)	五、消防泡沫液体罐管道的柔性设计	(107)
六、避免塔顶自然补偿弯	(95)	第十九节 管廊上管道的柔性设计	(108)
		一、管廊上管道自然补偿固定架和导向架与柔性设计	(108)
		二、管廊上管道波纹补偿固定架和导向架与柔性设计	(108)
		三、管廊上管道Ⅱ形自然补偿形式的优劣比较	(109)

第二十章 两端固定的无分支管系柔性简化

计算 (109)

一、简化计算方法 (109)

二、计算内容及结果修正 (111)

三、II形自然补偿器设计工程经验数据查询表 (含尺寸及应力) (111)

第二十一章 膨胀节标准体系 (114)

一、波纹管膨胀节常用标准 (114)

二、标准的适用范围对比 (115)

三、膨胀节的结构形式比较 (115)

四、不同标准膨胀节的设计准则 (117)

五、不同标准稳定性设计的区别 (117)

第二十二章 波形膨胀节应用事故分析 (118)

一、膨胀节的选型错误 (118)

二、旧蒸汽管线的改造 (118)

三、波形膨胀节选材错误 (118)

第二十三章 金属波纹管膨胀节的选型与

计算 (119)

一、金属波纹管膨胀节的概念和作用 (119)

二、金属波纹管膨胀节技术的发展 (119)

三、波纹膨胀节的附件 (119)

四、金属波纹管膨胀节的分类 (120)

五、各种金属波纹管膨胀节的结构分析及 适用场合 (121)

六、金属波纹管膨胀节的选型及计算 (124)

七、膨胀节型号表示方法 (126)

八、EJMA与ASME不同之处 (127)

九、金属波纹管压力推力及固定支架作用力的 计算 (127)

十、金属波纹管膨胀节选用中应注意的问题 (129)

十一、波纹管膨胀节的材质选用 (131)

十二、金属波纹管膨胀节在安装和使用中应 注意的问题 (131)

十三、波纹管的稳定性概念 (132)

十四、直埋式波纹补偿器的设计 (133)

十五、波纹管补偿器的失效、设计疲劳寿命及 可靠性 (134)

十六、某化工项目工程DN2000波纹管 事故分析 (136)

第二十四章 波纹膨胀节选型的工程

应用 (136)

一、单式膨胀节吸收管线轴向膨胀实例 (137)

二、复式膨胀节吸收管线轴向膨胀实例 (137)

三、膨胀节吸收带支管的管线的轴向膨胀

实例 (138)

四、膨胀节吸收具有异径管的管线的轴向膨胀

实例 (138)

五、包含Z形管段的管线上使用膨胀节的方法

实例 (138)

六、弯管压力平衡式膨胀节吸收管线轴向膨胀

实例 (138)

七、直管压力平衡式膨胀节吸收长的直管段上 的轴向位移实例 (139)

八、弯管压力平衡式膨胀节吸收汽轮机、泵、 压缩机等设备的热膨胀实例 (139)

九、单式膨胀节吸收轴向与横向组合位移的 典型实例 (139)

十、万能式膨胀节在Z形管道的中间管臂的 应用 (140)

十一、存在轴向与横向组合位移的场合使用弯 管压力平衡式膨胀节实例 (141)

十二、管道转角不等于90°时使用弯管压力平衡 式膨胀节实例 (141)

十三、工艺设备管口处弯管压力平衡式膨胀 节实例 (141)

十四、横向位移较大时使用万能压力平衡式 膨胀节的实例 (142)

十五、双铰链系统吸收单平面Z形弯管的主要 热膨胀实例 (142)

十六、单平面Z形弯管中的三铰系统实例 (142)

十七、弯管角度不等于90°时使用铰链式膨胀 节的实例 (142)

十八、连接设备也产生平面位移时铰链式膨胀 节的应用实例 (143)

十九、设备与管道连接系统中应用铰链膨胀节 的实例 (143)

二十、万向铰链式膨胀节工程 应用实例 (143)

二十一、乙烯装置大口径火炬管道的波纹补偿器 的设计工程应用 (144)

第二十五章 波纹管膨胀节的刚度和 应力分析 (144)

一、波纹管单波轴向刚度 (144)

二、U形波纹管膨胀节的稳定性 (145)

三、U形波纹管膨胀节的疲劳 寿命计算 (145)

四、波纹管的自振频率与共振防治 (145)

第二十六章 膨胀节管系支架的设计及

受力计算	(146)	第三十节 空冷器管口允许受力(力矩)	
一、符号说明	(146)	与分析	(170)
二、膨胀节的位移	(147)	一、典型空冷器布置类型	(170)
三、膨胀节所受的力和力矩	(148)	二、空冷器管口的允许受力(力矩)	(170)
四、固定管架的受力计算	(148)	第三十一节 离心式压缩机管口允许受力	
五、膨胀节管系导向管架	(148)	(力矩)与分析	(171)
六、膨胀节管系其他管道支架	(149)	一、典型离心式压缩机的布置	(171)
七、几种典型管道布置方式的膨胀节选型及		二、离心式压缩机管道应力分析	(171)
其管架推力计算	(149)	第三十二节 加热炉管口允许受力(力矩)	
第二十七节 膨胀节性能测试	(153)	与分析	(172)
一、试验目的及规则	(153)	一、典型加热炉布置类型	(172)
二、耐压试验	(153)	二、加热炉管口的允许受力(力矩)	(172)
三、气密试验	(155)	第三十三节 蒸汽透平和汽轮机管口允许受力	
四、应力测定	(155)	(力矩)与分析	(173)
五、刚度测定	(155)	一、NEMA SM23 对汽轮机管口受力	
六、稳定性试验	(156)	的限制	(173)
七、疲劳试验	(157)	二、汽轮机和离心式压缩机管道的	
八、膨胀节的爆破试验	(157)	柔性设计	(174)
第二十八节 容器管口允许受力(力矩)		三、管道法兰与转动机器法兰之间的间距、平行	
与分析	(158)	度和同轴度的要求	(175)
一、设备管口的允许推力和		第三十四节 某厂动力管道应力分析	(175)
力矩的概念	(158)	一、基本概况	(175)
二、影响容器管口受力的因素	(158)	二、一次应力校核	(176)
三、静设备容器管口许用荷载	(158)	三、二次应力校核	(176)
四、Sam Kannappan 容器管口弯曲		第三十五节 高压管道的应力分析	(177)
刚度计算	(159)	一、高压管道的概念	(177)
五、容器管口弯曲刚度计算实例	(159)	二、ASME B31.3 内压作用下直管	
六、没有考虑容器沉降造成管口受力超限法兰		壁厚的计算	(177)
泄漏事故实例	(160)	三、高压管道应力的校核条件	(177)
第二十九节 离心泵管口允许受力(力矩)		第三十六节 夹套管的应力分析	(178)
与分析	(160)	一、夹套管的结构	(178)
一、离心泵分类	(160)	二、HG/T 20645 蒸汽夹套管端板强度	
二、离心泵典型外形图	(161)	的计算方法	(178)
三、泵管道应力的简单分析和详细分析		三、HG/T 20645 蒸汽夹套管端板强度	
方法的确定	(162)	的计算要求	(180)
四、泵口的允许受力(力矩)	(162)	四、利用计算机进行夹套管应力	
五、离心泵接管管道应力计算机		分析的注意事项	(182)
分析要点	(164)	五、某国外项目的夹套管的应力分析	(182)
六、减小泵口受力的有效途径	(164)	第三十七节 埋地管道的应力分析	(183)
七、离心泵管道的柔性设计实例	(165)	一、埋地管与工艺管道应力	
八、卧式泵泵口受力计算准则	(166)	分析的区别	(183)
九、立式泵泵口受力计算准则	(167)	二、埋地管垂直荷载的计算	(183)
十、泵的柔性分析与管架设置		三、埋地管道的摩擦力	(186)
工程应用实例	(167)	四、直埋供热管道的一次应力、二次应力和	
		峰值应力	(187)

五、埋地管道应力分析应用实例	(189)	变化而激起的管道振动	(208)
第三十八节 衬里管道的应力分析	(190)	七、往复式压缩机管道的振动而引起的与其 相连支撑件的振动	(212)
一、衬里管道的结构	(190)	八、往复式压缩机管道振动设计的要点	(213)
二、衬里参数控制应力分析法	(190)	九、往复式压缩机振动问题分析工程实例一 (某合成气压缩机振动问题 及其处理)	(214)
三、当量计算应力分析法	(190)	十、往复式压缩机振动问题分析工程实例二 (某厂压缩机入口管线减振分析)	(215)
第三十九节 标准法兰等级的校核	(192)	第四节 往复泵管道的抗振设计	(217)
一、工业装置管道法兰等级 校核的原因	(192)	一、往复泵管道系统振动及原理	(217)
二、HG/T 20645 管道法兰等级校核 的计算方法	(192)	二、往复泵管道系统振动原因分析 和措施	(217)
三、HG/T 20645 管道法兰等级校核 的计算要求	(193)	三、往复泵管道振动的控制标准	(220)
四、某石化工程项目标准法兰等级校核计算 工程应用	(194)	四、往复泵管道振动的设计实例	(221)
第四章 管道系统动力分析	(195)	第五节 两相流介质引起管道振动分析 及设计	(222)
第一节 管道的防振设计	(195)	一、两相流介质呈柱塞流时引起管道振动 的分析	(222)
一、工业管道的振动来源	(195)	二、两相流介质呈柱塞流时引起管道振动 的设计	(223)
二、属于振动管道的工业管道	(195)	第六节 水锤引起管道振动分析 及设计	(223)
三、容易发生管道振动的部位	(195)	一、水锤的概念	(223)
四、管道防振方法概述	(196)	二、工程项目水锤事故实例	(223)
第二节 振动设计的基本术语	(197)	三、水锤引起的管道振动因素分析	(224)
一、振动 (Oscillation) 和脉动 (Pulsation)	(197)	四、长输管道的水锤分析	(224)
二、振动周期	(197)	五、水锤荷载的计算	(225)
三、振动频率	(197)	六、阀门开关发生水锤的条件及不平衡力 的计算	(226)
四、角频率	(197)	七、水锤的缓和对策	(227)
五、振幅	(197)	八、某工程蒸汽管道水锤问题分析 实例	(228)
六、自由度	(197)	第七节 介质涡流引起管道振动分析 及设计	(228)
七、振动形式	(197)	一、管道涡流振动的原因	(228)
八、阻尼振动	(197)	二、管道涡流振动的处理	(229)
九、共振	(197)	第八节 转动机械动不平衡引起管道振动 分析及设计	(229)
十、振幅倍率	(197)	一、转动机械动不平衡引起管道振动 分析	(229)
十一、自由振动、受迫振动和 自激振动	(197)	二、某炼油工程转动机械动不平衡引起管道 振动实例	(229)
第三节 往复式压缩机的抗振设计	(198)	三、转动机械动不平衡引起管道振动的	
一、往复式压缩机的振动原因	(198)		
二、往复式压缩机管道振动的 控制标准	(200)		
三、往复式压缩机管道气体压力脉动和管道 振动的允许值	(200)		
四、往复式压缩机的动不平衡而引起机身与 管道的振动	(202)		
五、往复式压缩机的间歇吸气和排气而引起的 气柱振动	(203)		
六、往复式压缩机气柱的压力脉动及其动能			

设计思路	(229)	第三节 地震对管道的作用效应	(246)
第九节 风荷载引起管道振动分析与设计	(230)	一、撞击作用——倒摆振动现象	(246)
一、风载引起的管道振动分析	(230)	二、压密作用——不均匀沉降	(247)
二、风载引起的管道振动的设计	(230)	三、斜坡作用	(247)
第十节 地震引起管道振动分析及设计	(230)	四、地基效应	(248)
一、地震荷载的特点	(230)	五、鞭击效应	(248)
二、地震引起管道振动的设计	(230)	六、破裂作用	(249)
第十一节 管道的低循环疲劳破坏及设计	(231)	七、抛掷效应(作用)	(249)
一、管道材料发生疲劳破坏的特点	(231)	八、强震地面效应的主要类型和特征	(249)
二、疲劳寿命的估算	(231)	第四节 工业管道抗震设防的目标和设计范围	(250)
三、低循环疲劳破坏与机械振动的差别	(232)	一、工业管道抗震设防的目标	(250)
四、避免低循环疲劳破坏的设计	(232)	二、工业管道抗震设防的设计范围	(250)
第十二节 管道阻尼器在防振设计中的应用	(232)	第五节 管道工程抗震设计的基本原则	(250)
一、阻尼器的定义	(232)	一、选择有利场地	(251)
二、管道阻尼器主要功能	(233)	二、合理规划布局	(251)
三、液压阻尼器	(233)	三、管系均匀分布	(251)
四、脉动阻尼器	(234)	四、结构的整体性	(251)
第十三节 弹簧减振器在防振设计中的应用	(235)	五、减轻管道自重与降低管道重心	(251)
一、弹簧减振器	(235)	六、保证施工质量	(251)
二、弹簧减振器的选型设计	(235)	七、管线远离地震断层带, 不应平行于断层	(251)
第五章 工业管道抗震设计	(237)	八、布置成多回路、环状管网	(251)
第一节 地震概念简述	(237)	九、防止位移措施	(252)
一、震源	(237)	十、抗震消能措施	(252)
二、震中	(237)	十一、其他措施	(253)
三、震中距	(237)	第六节 管道地震的设计与验算	(253)
四、震中区	(237)	一、管道地震荷载的计算	(253)
五、震源深度	(237)	二、GB 50316 和 ASME B31.3 对管道地震荷载的规定	(253)
六、地震波	(237)	三、按 SH/T 3039 应进行抗震验算的管道	(254)
七、地震震级	(238)	四、管道抗震验算应如何进行	(254)
八、地震烈度	(238)	五、水平地震力和地震弯矩的计算	(254)
九、基本烈度和设防烈度	(242)	六、管道柔性设计和防震设计的关系	(256)
十、中国地震烈度区划图	(242)	七、抗震的设计应注意的问题	(256)
第二节 地震中管道的损坏	(243)	第六章 工业管道荷载计算	(257)
一、地上管道地震中管道损坏的特点	(243)	第一节 荷载组合准则	(257)
二、地下管道地震中管道损坏的特点	(244)	一、工业管道荷载的内容	(257)
三、地震烈度与管道损坏程度	(244)	二、恒荷载和活荷载	(258)
四、管道工程的震害实例	(244)	三、静力荷载和动力荷载	(258)
五、地震中管道破坏的原因	(245)	四、支吊架零部件对不同组合荷载的设计	(258)
六、地震对管道工程本身造成的震害	(245)	五、最不利组合设计原则	(259)
		六、支吊架结构荷载效应组合的工况	(259)
		七、管道荷载条件依据的资料	(260)

八、考虑承载的一般原则	(260)	一、安全阀的开启系统与闭式系统	(280)
九、埋地管道荷载组合	(260)	二、API RP520 安全阀气体泄放反作用力的 计算	(280)
第二节 基本荷载的确定	(261)	三、API RP520 安全阀两相流泄放反作用力的 计算	(280)
一、管道荷载计算的必要性	(261)	四、密闭系统和开放系统安全阀反力的 计算	(281)
二、工业管道荷载计算的常用方法	(261)	第七节 消音器反力计算	(282)
三、单位长度管道的自重的计算	(262)	一、消音器水平推力的计算	(282)
四、单位长度管道的隔热材料重量的计算	(262)	二、某大型工程消音器管道支吊架设计及工程 应用	(284)
五、单位长度管道内的介质重量的计算	(262)	第八节 水平荷载的计算	(285)
六、单位长度管内充水重量的计算	(262)	一、管道水平荷载的产生	(285)
七、美国标准规范管道材料重量计算简化 公式	(263)	二、位移荷载的计算	(285)
八、正常操作与水压试验时基本荷载的 计算	(263)	三、摩擦力的计算	(286)
第三节 基本荷载的分配	(264)	四、L 型、Z 型自然补偿热应力计算公式	(287)
一、水平直管无集中荷载	(264)	五、T 型自然补偿热应力计算	(289)
二、带有集中荷载的水平直管	(264)	六、固定管架上水平推力的含义	(289)
三、带有阀门等集中荷载的水平管道基本 荷载	(264)	七、固定管架(含摩擦力)水平推力计算 公式	(290)
四、带有垂直段管道的集中荷载	(265)	八、轴向波形补偿器固定管架水平推力计算 实例	(296)
五、垂直管道的集中荷载	(265)	九、套筒式补偿器固定管架水平推力计算 实例	(297)
六、L 形垂直弯管	(266)	十、某工程荷载计算错误造成工程事故	(299)
七、水平弯管(弯管两段接近相等)	(266)	第九节 热膨胀力的确定——格林乃尔 (Grinnell) 法	(299)
八、水平弯管(弯管两段不相等)	(266)	一、格林乃尔(Grinnell) 法热膨胀力的计算 步骤	(299)
九、带分支的水平管(分支在同一平面)	(267)	二、格林乃尔(Grinnell) 法综合系数 C	(300)
十、带分支的水平管(分支在同一平面, 带有 垂直管段)	(267)	三、L 形管道的热膨胀力	(301)
十一、水平门形管道(水平单支点)	(267)	四、  形管道的热膨胀力	(301)
十二、水平门形管道(水平双支点)	(267)	五、  形管道的热膨胀力	(302)
十三、垂直管道垂直荷载计算	(268)	六、  形等长管道的热膨胀力	(303)
第四节 支架上荷载的计算	(268)	七、  形——带不等长管道 $\frac{L_1}{L_2} = 2$ 热膨胀力	(304)
一、石油化工管廊上工业管道的一般分布	(268)	八、  形——带不等长管道 $\frac{L_1}{L_2} = 3$ 热膨胀力	(305)
二、管廊上均布荷载的计算方法	(268)	九、  形——带不等长管道 $\frac{L_1}{L_2} = 4$ 热膨胀力	(307)
三、侧纵支梁上均布荷载的计算方法	(268)	十、  形——单边管道的热膨胀力	(308)
四、管道支吊架垂直荷载计算	(269)	十一、  形——不等长腿管道的	
五、管道荷载计算工程应用	(270)		
第五节 短时间作用荷载的计算	(273)		
一、短时间作用荷载不同时计入原则	(273)		
二、风荷载和地震荷载的计算	(273)		
三、GB/T 20801 对风荷载的计算	(276)		
四、冰雪荷载的计算	(279)		
五、积灰荷载	(279)		
六、平台上活荷载的计算和实例	(279)		
七、其他短时间作用荷载的计算	(279)		
第六节 安全阀排气反作用力的计算	(280)		

热膨胀力	(309)	五、平(弯)管支托	(341)
十二、  形等长腿管道的热膨胀力	(310)	六、假管支托	(341)
十三、  形——不等长腿单边管道的 热膨胀力	(311)	七、柱型钢支架	(343)
十四、空间  形管道的热膨胀力	(312)	八、框架型钢支架	(343)
十五、空间  形管道的热膨胀力	(314)	九、悬臂支架	(343)
十六、空间  形管道的热膨胀力	(314)	十、摩擦减振支架	(345)
十七、格林乃尔(Grinnell)法热膨胀力的 计算实例	(316)	十一、其他支架型式	(346)
第十节 热膨胀力的确定方法—— 凯洛格法	(317)	第四节 弹簧支吊架	(346)
一、凯洛格法来源于 ASME B31.3 判断公式	(317)	一、恒力弹簧或恒力作用支架与可变弹簧 架的由来	(346)
二、ASME B31.3 判断公式工程实例	(317)	二、弹簧支吊架标准系列	(347)
三、凯洛格公司热膨胀弹性力 计算公式	(317)	三、可变弹簧支吊架简介及选用方法	(348)
第十一节 热膨胀弹性力的确定方法—— 图解法	(318)	四、恒力弹簧支吊架简介及选用方法	(350)
一、图解法使用场合	(318)	五、水平位移对弹簧支架的影响	(351)
二、II 形补偿器对固定点的推力	(318)	六、摩擦力对恒力架承载的影响	(352)
三、L 形补偿器对固定点的推力	(318)	七、可变弹簧荷载位移选用表	(352)
四、校正系数	(318)	八、恒力弹簧支吊架选用表	(352)
五、图解法计算最大补偿量及热态和冷态对固定 点推力的工程实例	(331)	九、某工程弹簧支吊架许用表的应用	(356)
第七章 工业管道支吊架设计	(332)	第五节 弹簧支吊架的缺点及减少 使用的方法	(356)
第一节 工业管道支吊架的 作用及分类	(332)	一、弹簧支吊架的缺点	(356)
一、工业管道支吊架的定义	(332)	二、卧式容器及换热器管道支架减少弹簧架的 工程应用	(357)
二、工业管道设计与支吊架设计进度关系	(332)	三、立式换热器管道支架减少弹簧架的 工程应用	(357)
三、管道专业管架与土建结构专业管架 设计的分工	(332)	四、Z 形及 L 形管道支架减少弹簧架的 工程应用	(357)
四、管架概念不清引起的合同事故	(332)	五、立式再沸器支架减少弹簧架的 工程应用	(358)
五、管道支吊架在应力分析中的影响	(333)	六、塔顶线、塔侧线管道支吊架减少弹簧架的 工程应用	(359)
第二节 管道支吊架分类	(335)	七、生根在大管上的支架减少弹簧架的 工程应用	(360)
一、承重支架	(335)	第六节 支吊架设计的原则	(360)
二、限制性管架	(336)	一、支吊架设计的一般要求	(360)
三、减振架	(336)	二、支吊架型式的一般选用原则	(362)
第三节 常用支吊架型式及其选用	(337)	三、管架生根点的确定	(362)
一、常用支吊架型式标准化系列	(337)	四、地面生根管架基础距离槽(罐) 最小距离	(363)
二、管卡	(337)	五、承重支吊架位置的确定	(363)
三、吊架	(338)	六、固定支架位置的确定	(364)
四、管托	(339)	七、导向支架位置的确定	(364)
		八、限位支架位置的确定	(366)
		九、定值限位架的设计	(366)

十、防振支架位置的确定	(366)	二十、化工标准装置内保温管道基本跨距 ...	(400)
十一、减振架的设计	(367)	二十一、化工标准装置外不保温管道	
十二、在管道中多设弹簧支		基本跨距	(402)
吊架的缺点	(368)	二十二、化工标准装置外保温管道	
十三、沿反应器布置的高温垂直管道上通常要		基本跨距	(404)
设置弹簧支吊架	(369)	二十三、某工程管道(水平和垂直)最大基本	
十四、工业热力管道在不同地形的		跨距简化表	(406)
支架设计	(369)	第八节 管道支吊架的结构组成	(407)
十五、管托或支耳在运行时防止滑落的		一、管架结构计算温度范围	(407)
设计要点	(369)	二、支吊架的结构组成	(408)
十六、管道布置过程中对支架		三、附管部件	(408)
位置的考虑	(370)	四、附管部件不能与管子直接	
第七节 管道跨距计算	(370)	焊接的情况	(408)
一、确定管道跨距的意义	(370)	五、不能采用焊接附管部件而采用管卡(管箍)	
二、按刚度条件和强度条件水平管道		型附管部件时注意事项	(409)
跨距的计算	(370)	六、附管部件材质选用表	(409)
三、管道跨距计算方法的选取	(373)	七、生根部件	(410)
四、跨距计算时挠度值的选取	(373)	八、中间连接件	(412)
五、某工程 DN2000 管子跨距计算		九、管架泪孔的设计	(412)
工程应用	(373)	第九节 支吊架强度与材料选用	(413)
六、水平弯管的跨距	(374)	一、管道支撑件的强度	(413)
七、L 形弯管的承重支架间距	(374)	二、管道支吊架承受的荷载组合	(413)
八、水平管道末端直管的允许跨距	(374)	三、支吊架各部件材料选取的原则	(413)
九、水平 II 形管段的最大允许		四、管道支吊架生根结构的强度设计	(415)
外伸尺寸	(374)	五、大中型石油化工工程管架材料的	
十、带垂直管段的 Z 型管段的最大允许		概算方法及工程应用	(415)
外伸尺寸	(374)	第十节 支吊架材料及许用应力	(417)
十一、有集中荷载时水平管道的基本跨距 ...	(376)	一、支吊架材料及许用应力	(417)
十二、垂直管道的管架间距	(376)	二、支吊架 ASTM 材料及许用应力	(421)
十三、水平管道导向架间距与		第十一节 管架的加工和安装说明	(425)
计算原理	(377)	一、管架的加工和安装说明编制依据	(425)
十四、L 形弯管导向架的间距	(378)	二、内容和深度	(425)
十五、考虑地震荷载影响的管道基本跨距 ...	(378)	第十二节 管道支吊架的强度计算	(426)
十六、有脉动影响的管道的管架间距	(379)	一、导向架挡铁和导向块最大承	
十七、Sch20、Sch40、Sch80 无缝钢管, LG 级大		剪力的计算	(426)
直径焊接钢管、STD 级大直径焊接钢管、		二、垂直管道的水平管式托架强度计算	(426)
XS 级大直径焊接钢管不保温管道		三、水平管道及弯头的底座式托架	
基本跨距	(379)	强度计算	(427)
十八、Sch20、Sch40、Sch80 无缝钢管, LG 级大		四、L 形管式托架强度计算	(427)
直径焊接钢管、STD 级大直径焊接钢管、		五、板式托架强度计算	(427)
XS 级大直径焊接钢管保温管道		六、吊杆强度计算	(428)
基本跨距	(381)	七、悬臂支架计算	(428)
十九、化工标准装置内不保温管道		八、三角斜撑的强度计算	(429)
基本跨距	(398)		

九、焊缝强度的计算	(432)	六、热塑性塑料管道材料支吊架	(455)
十、大直径薄壁管支撑点局部 应力计算	(433)	七、热成型玻璃钢管道材料支吊架	(455)
第十三节 管道支吊架结构的计算	(434)	八、一般塑料管道跨距的计算方法	(457)
一、导向架结构的计算	(435)	九、玻璃钢管(FRP)管道的一般跨距	(457)
二、轴向限位架结构的计算	(435)	十、聚丙烯管道的一般跨距	(457)
三、水平管刚性吊架结构的计算	(435)	十一、高压聚乙烯管道的一般跨距	(458)
四、垂直管的双刚性吊架结构的计算	(436)	十二、硬聚乙烯管道的一般跨距	(458)
五、悬臂架结构的计算	(436)	十三、PVC/FRP 复合管道的一般跨距	(458)
六、带水平斜撑的悬臂架结构的计算	(436)	十四、橡胶衬里、涂塑、钢塑等复合管道的 一般跨距与计算	(458)
七、带水平支撑的悬臂架结构的计算	(437)	十五、某大型工程非金属管道的设计	(458)
八、双悬臂架结构的计算	(437)	第十七节 管廊上管道支吊架设计及工程 应用	(459)
九、耳轴型双悬臂架结构的计算	(437)	一、敷设在管廊上管道的种类	(459)
十、三角架结构的计算	(438)	二、管廊上管道排列的四个决定因素	(459)
十一、带悬臂段三角架结构的计算	(438)	三、管廊上管道支吊架设计的一般要求	(460)
十二、双三角架结构的计算	(438)	四、管廊上不锈钢管道的管架设计及工程 应用	(461)
十三、带水平斜撑的双三角架结构的计算	(439)	五、管廊上管道支架设计易碰撞位置	(461)
十四、带悬臂段及水平斜撑的双三角架结构的 计算	(439)	六、管廊上管道支吊架需开长圆孔的地方	(462)
十五、双耳轴支架结构的计算	(439)	七、管道出装界区前需要设置固定架	(463)
十六、管柱支架结构的计算	(440)	八、容易被扭弯的结构侧纵联系梁	(463)
十七、钢柱支架结构的计算	(441)	第十八节 塔类管道支吊架设计及工程 应用	(464)
十八、立管侧向支架结构的计算	(441)	一、塔类管道支吊架设计的一般要求	(464)
十九、梁上生根支架结构的计算	(442)	二、塔类管道支吊架的典型设计	(465)
二十、梁上生根多管支架结构的计算	(443)	三、塔管架承受荷载的工程应用	(466)
二十一、竖向排列多管支架结构的计算	(444)	四、某工程塔的典型管道支架设计工程 应用	(466)
二十二、□形支架结构的计算	(444)	第十九节 容器类管道支吊架设计及工程 应用	(468)
二十三、Γ形支架结构的计算	(444)	一、容器类管道支吊架设计的一般要求	(468)
二十四、底板的计算	(445)	二、容器类管道支吊架典型图	(468)
第十四节 型钢开洞位置及大小	(447)	第二十节 泵类管道支吊架设计及工程 应用	(470)
一、热轧轻型工字钢开洞	(447)	一、泵类管道支吊架设计的一般要求	(470)
二、热轧普通工字钢开洞	(447)	二、泵类管道支吊架典型图	(472)
三、角钢开洞	(448)	三、离心泵的管道应力分析与支吊架设计工程 应用	(473)
四、槽钢开洞	(448)	第二十一节 往复式压缩机管道支吊架设计 及工程应用	(475)
第十五节 各种型钢承载力	(449)	第二十二节 离心式压缩机及汽轮机管道 支吊架设计及工程应用	(477)
一、等边角钢承载力	(449)	一、离心式压缩机及汽轮机管道支吊架设计的	
二、槽钢承载力	(451)		
三、工字钢承载力	(452)		
第十六节 非金属管道支吊架设计	(453)		
一、非金属管道应力分析常用参数	(453)		
二、非金属管道的柔性分析	(454)		
三、非金属管道补偿器的设计	(454)		
四、非金属管道的支架	(455)		
五、脆性管道的支架	(455)		

一般要求	(477)	支吊架设计及工程应用	(488)
二、离心式压缩机及透平机管道的支吊架		一、蒸汽伴热和热水伴热的伴管支吊架	(488)
典型图	(479)	二、某乙烯工程蒸汽伴热的伴管支吊架	(489)
三、离心式压缩机管道的布置与支吊架设计		三、某乙烯工程蒸汽伴热伴管固定支架和膨胀	
典型图	(480)	环的典型布置图	(489)
第二十三节 安全阀(爆破片)管道支吊架		第二十七节 低温和高温管道支吊架设计及	
设计及工程应用	(481)	工程应用	(490)
一、安全阀管道支吊架设计的一般要求	(481)	一、低温和高温管道支吊架设计的一般	
二、安全阀管道支吊架设计典型图	(483)	要求	(490)
三、安全阀放空口反力及支架设置的工程		二、低温管道、保冷管道支吊架设计及工程	
应用	(483)	应用	(490)
四、某高压蒸汽系统安全阀的管道支吊架设计		三、高温管道支吊架设计及工程应用	(492)
典型图	(484)	附录一 常用钢材总热膨胀量	(493)
五、安全阀(爆破片)管道支吊架设计及工程		附录二 常用钢材平均线膨胀系数	(496)
应用	(484)	附录三 常用钢材弹性模量	(499)
第二十四节 调节阀组管道支吊架设计及		附录四 管件应力的柔度系数和应力增强	
工程应用	(485)	系数	(501)
一、调节阀组管道的支吊架设计典型图	(485)	附录五 焊缝质量系数	(503)
二、某工程调节阀组管道的支吊架设计典		附录六 常用钢管许用应力	(504)
型图	(485)	附录七 非金属管道弹性模量	(507)
第二十五节 火炬泄放系统管道支吊架设计		附录八 非金属管道平均线膨胀系数	(507)
及工程应用	(485)	附录九 压杆计算公式	(508)
一、火炬管道支吊架设计的一般要求	(485)	附录十 框架计算公式	(512)
二、某大型工程火炬系统管道支吊架设计计算		附录十一 各种断面杆件受扭转的公式	(515)
机典型图	(486)	附录十二 管道应力分析常用单位换算	(517)
三、某工程火炬区管道和支吊架设计	(486)	参考文献	(518)
第二十六节 蒸汽伴热和热水伴热的伴管			

第一章 绪 论

第一节 配管设计工业管道应力分析的概念

一、工业管道(配管)设计的概念

1. 管道(Piping)

管道是由管道组成件、管道支承件组成,用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制或截止流体流动。管道组成件是用于连接或装配管道的元件,包括管子(Pipe & Tube)、管件(Fitting)、法兰(Flange)、垫片(Gasket)、螺栓 & 螺母(Bolt & Nut)、阀门(Valve)以及管道特殊件等设施。管道支承件(Pipe-supporting Elements)是管道安装件和附着件的总称。安装件(Fixtures)是将负荷从管子或管道附着件上传递到支承结构或设备上的元件,包括吊杆、弹簧支吊架、斜拉杆、平衡锤、松紧螺栓、支撑杆、链条、导轨、锚固件、鞍座、垫板、滚柱、托座和滑动支架等。附着件(Structural Attachment)是用焊接、螺栓连接或夹紧等方法附装在管子上的零件,包括管吊、吊(支)耳、圆环、夹子、吊夹、紧固夹板和裙式管座等。

2. 工业管道设计

管道设计(配管设计, Piping Design)主要包括装置设备布置、管道布置、管道材料设计和管道应力分析四项工作。工业管道设计的基本过程是,根据工艺、总图等专业的设计条件要求,根据标准规范的要求,规划设计装置设备布置,向有关专业提出设计条件,合理选用和设计管道材料,根据管道和仪表流程图(Piping and Instrument Diagram, 简称 P&ID)的要求利用管道将各个设备连接起来。工业管道应力分析工作是工业管道设计安全、经济和合理的保障和重要方式,见图 1.1.1。

二、应变与应力

1. 应变(Strain)

当材料在外力作用下不能产生位移时,它的几何形状和尺寸将发生变化,这种形变称为应变。

2. 应力(Stress)

(1) 强度破坏

管子及其元件若受到外部荷载的作用,当外部荷载较小时,它能够正常工作,但如果受到的外部荷载较大且超出某一极限值时,管子及其元件可能发生断裂、爆破或较大的变形而不能正常工作。管子及其元件因受荷载过大而导致的断裂、爆破等损坏称之为强度破坏,管子及其元件的强度是指它在荷载的作用下抵抗断裂、爆破的能力。

(2) 刚度破坏

管子及其元件因受荷载过大而导致的过度变形使其不能正常工作,通常称之为刚度破坏,管子及其元件的刚度是指它在荷载的作用下抵抗变形的能力。管道力学研究的任务就是寻找使管子及其元件不发生强度破坏或刚度破坏时能承受的最大荷载,并在保证满足强度和