

第 1 章

背景和概况

本书是根据 2004 版 ASME B31.3《工艺管道规范》编写的。鉴于规范每一版本都会做一些修改，有些是非常重要的修改，故对于一些特殊要求，读者应参考规范来阅读。读者应把本书看成是一本提供背景材料的书，不应把它看成是现行规范的具体规则。

本书每一章里面的公式都是按着顺序编号的。当本书中引用 ASME B31.3 中的公式时，则同时给出在 ASME B31.3 中的公式编号。

ASME B31.3 的历史

1926 年，美国标准协会（American Standards Association）为开发管道规范设立了一个 B31 项目（Project B31），当时 ASME 是惟一的一个主管机构（administrative sponsor）。这部规范的首次发行是在 1935 年，名称为“美国压力管道试行标准规范”（American Tentative Standard Code for Pressure Piping）。从 1942 年到 1955 年，这部规范就以 ASA B31.1 “美国压力管道标准规范”（American Standard Code for Pressure Piping）的名称出版了。那时，这部规范是由适用于不同行业的几个独立的篇（Sections）构成的。

从 1955 年开始，上述几个独立的篇分离出来，首先出版了 ASA B31.8 “气体输送和分配管道系统”。到 1959 年，又出版了 ASA B31.3 “石油炼厂管道规范”。此后，大多数独立编写的篇陆续出版。其编号如下：

- B31.1 动力管道
- B31.2 燃气管道 [1988 年撤销]
- B31.3 工艺管道
- B31.4 烃类、液态石油气、无水氨和酒精的液体输送管道系统
- B31.5 冷冻管道
- B31.6 化工厂管道 [从未出版]
- B31.7 核管道 [移入 ASME 锅炉压力容器规范第Ⅲ卷]
- B31.8 气体输送和分配管道系统
- B31.9 建筑用管道
- B31.10 深冷管道 [从未出版]
- B31.11 浆液管道

虽然在 1974 年化工厂管道 B31.6 这一卷的草稿已经完成,但当时决定把这一卷并入 B31.3,因为这两卷关系太密切了。于是在 1976 出版了一本联合在一起的规范,叫做化工厂和石油炼厂管道。此时,许多概念被引入到 B31.3,例如:流体工况类别 (fluid service category, 例如类别 M)、非金属管道 (nonmetallic piping)、安全保护 (safeguarding) 等。1980 年,把 B31.3 规范中的非金属管道部分并为单独的一章,即第Ⅷ章。

专业委员会 ASME B31.10 曾经编写了一部《深冷管道规范草案》,在 1981 年准备呈报批准。但由于其内容与 ASME B31.3 重叠甚多,故决定把两个专业委员会合并,两个规范也并为一个。合并后的规范在 1984 年出版。同年,在 ASME B31.3 中增加了另一个有影响力的独立规范,把它作为该规范的第Ⅸ章,即“高压管道”。

这样,ASME B31.3 实际上是一部涵盖范围极其广泛的规范。其包含流体从水到毒性危害性极大的气体如芥子气。其适用温度范围从深冷工况到高温 815℃ (1500°F) 以上;压力范围从真空、常压到 340000kPa (50000psi),甚至更高。这部规范的一部分原理就是从覆盖范围广阔的观点出发的。规范对业主的责任和采用经过考验的工程做法提出很多要求。

在这部规范的封面上,B31.3 前面的缩写,几经改变,从 ASA 到 ANSI 到 ASME。最初的 ASA,是美国标准协会的缩写。1967 年到 1969 年间,ASA 首次改名为美国标准学会 (United States of America Standards Institute),后来又改名为美国国家标准学会 (ANSI)。1978 年,管道标准委员会又改组为在 ASME 下面运作的一个委员会。因此,目前把这个规范定名为 ASME B31.3 是正确的。这些变化并没有改变管道委员会的组织结构,也没有使管道规范有所改变。

ASME B31.3 的范围

ASME B31.3 是被全球普遍接受的工艺管道规范。实际上,这部规范是石油、石油化工和化工行业的标准。为便于国际采用,ISO/WD 15649,石油和天然气工业——管道已被批准。它是大体上参照了 ASME B31.3 的标准,由于在 ISO 标准里面并没有指定是参照哪一个具体的版本,故 ASME B31.3 对 ISO 来讲是一部永远的常青参照标准。在 ISO 标准里面规定了一些额外的要求,例如,对于埋地管道的要求等。

在欧洲,鉴于 ASME B31.3 被 ISO 15649 所引用,为便于使用,EEMUA (译注:EE-MUA 为 Engineering Equipment and Materials User Association,即工程设备和材料用户协会的缩写)特地编写了一个指南。指南的标题是:“欧洲管道采用 ISO 15649 和 ANSI/ASME B31.3 符合 PED 要求的指南”,对于采用 ISO 15649 如何能符合欧洲压力设备指令 (PED) 提出具体的指导。遵循这个指南,PED 和 ASME B31.3 在应用上没有一致性,还必须全面地符合 PED 评定的要求。

在美国,ASME B31.3 是一部被认可的、被普遍接受的工艺管道工程操作标准。在 Alaska、California、Maryland 和 Oklahoma 州,以及加拿大的一些省 (British Columbia、Northwest Territories、Ontario、Prince Edward Island、Quebec 和 Saskatchewan) 被立法所引用。ASME B31.3 还被一些别的规范、标准和法规所引用,例如:NFPA 和 CFR。因此,它虽然在州的法规中没有直接指明,却常常被法律所要求。

注意：ASME B31.3 主要是为工艺管道编写的。但其范围极其广泛，反映了工艺管道用途的广泛性。虽然 ASME B31 允许业主自主选择最适合于他们管道装置的管道规范，以下领域却是 ASME B31.1 有意涵盖的典型例子。

- 化工厂
- 炼油厂
- 货物装运终端
- 大宗原料加工
- 深冷管道

除某些例外情况外，原先 B31.3 规范是有意覆盖在一座化工厂产权范围内的所有管道。现在 ASME B31 规范是这样说的：决定哪一种规范最适合于他们自己的管道系统是业主的责任。原先列出的一些不适用于本规范的例外说明了规范编写者的意图。在 ASME B31.1 的早期版本中，以下管道是不包括在内的。

- 消防系统中的管道
 - 卫生管道和雨水管道
 - 自来水管
 - 不属于运输管道（运输管道指 ASME B31.4、B31.8 和 B31.11）的产权范围内的管道
 - 在 ASME 锅炉压力容器规范（BPVC）第 I 卷管辖范围内的管道（即锅炉的外部管道）
- 以下一些管道曾被考虑是属于可选择的管道。

• 从一台锅炉引出的不属于 ASME 锅炉压力容器规范第 I 卷管辖的蒸汽管道，后者可以是 ASME B31.1 或 ASME B31.3

• 成为成套整装设备（在工厂组装好的设备）一部分的冷冻管道，后者可以是 ASME B31.5 或 B31.3

锅炉的外部管道是指在锅炉外护板和锅炉外侧第一截止阀之间的管道。这种管道是在 ASME 锅炉压力容器规范第 I 卷的管辖范围之内，虽然第 I 卷对于这种管道引用 ASME B31.1 的规则。

虽然 B31.3 规范包括属于化工厂产权的建筑系统管道（如采暖系统管道），不像那些被排除在外的管道（例如卫生管道），但这类管道最好由 ASME B31.9 管辖。实际上，很多人对于他们的建筑系统管道都采用的是 ASME B31.3，这是令人不解的。

本规范范围不包括满足以下所有条件的低压管道系统：

- ① 压力低于 105kPa (15 psi)；
- ② 压力不低于零（亦即非真空条件）；
- ③ 管道内流体是不易燃的、无毒的并且对人体组织没有伤害；
- ④ 温度不低于 -29°C (-20°F)；
- ⑤ 温度不高于 186°C (366°F)。

什么是管道

ASME B31.3 覆盖的是工艺管道，但管道是什么？这一点，见规范的第 1 章定义部分的

定义。

管道系统的定义是：具有一组或几组相同设计条件，相互连接的管道。

管道的定义是：用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制和缓冲流体流动的管道组成件的组合。管道也包括管道支撑件 (pipe-supporting element)，但不包括像建筑构架 (building frame)、排架 (bent)、基础 (foundation) 之类的支撑结构物 (support structure) 或任何不属于本规范范围的设备 (见 300.1.3)。

管道包括管道组成件，其定义是：适合于连接或装配成流体压力管道系统 (pressure-tight fluid-containing piping system) 的机械元件 (mechanical element)。管道组成件包括管子 (pipe)、导管 (tubing)、管件 (fitting)、垫片、紧固件 (bolting)、阀门以及膨胀节、挠性接头 (flexible joint)、耐压软管 (pressure hose)、排水阀 (trap)、过滤器 (strainer)、仪表的在线管路部分 (in-line portions of instrument) 和分离器之类的设备。

管道还包括管子 (pipe)，其定义是：用于输送流体或传送流体压力在材料标准中常称之为“pipe”的耐压圆筒 (pressure-tight cylinder)。在标准中称之为“tube”或“tubing”的材料，当打算做耐压用途时也视同“pipe”。

当确定某事物是否属于本规范的范围时，就应回顾这一定义。举例如下。

在确定仪表测试设备 (instrumentation) 是否属于本规范的覆盖范围时，常常会举棋不定。但是，在管道组成件的定义中说得很清楚，仪表的在线管路部分是包括在本规范范围内的，从而它必须满足 ASME B31.3 的规则。这种管道组成件也常常被划为非表列的组成件 (见 4.1 和 4.15)。

关于管道的支吊架 (piping support)，像压板 (shoes)、弹簧吊架 (spring hanger)、吊杆 (hanger rod)、垂拉杆 (sway brace) 之类的支承件 (supporting element) 以及它们同结构的附件 (本规范对管道支承件的定义包括结构连接件) 是包括在 ASME B31.3 的范围之内的。但是，不包括与之连接的结构物。

本规范的意图

ASME B31.3 规定安全最低要求，它不是设计手册。此外，它是用于新管道的。虽然 ASME B31.3 的内容可用于评估现有在运行的管道，但评估在用管道不属于本规范的范围。管道投入运行之后可采用 API 570 “管道检验规范”等其他标准。ASME B31.3 是不涉及管道系统的运行或维护的。

本规范的范围是新的管道，本规范不包括修理。但是，关于管道的更换问题是否属于本规范的范围则不太清楚。早期出版的“条款解释”指出，管道的更换属于 ASME B31.3 的范围。但最近发布的“条款解释”说：本规范不涉及管道的更换问题。在这两个“条款解释”之间，本规范范围的措辞已经有了改变，目前，管道委员会在发布为规范特殊要求明显支持的“条款解释”时是更加严格了。

从实际观点，倘若整个一条管道系统要更换，则这条管道应当按照现行的规范来建造，倘若管道的一小部分要更换，则应当视为修理来更换。但如何在这两个极端情况之间划一条界限，则是一个需要判断的问题。根据作者的看法，一个谨慎的办法是在任何情况下都评估

一下本规范改变的性质,对管道一部分按照修理来更换,可能会对这一部分的设计产生影响。

当一条管道系统与另一条现有的管道系统连接时,界限是在与现有系统的连接处。对于新的管道而言(不包括与现有管道的连接),应按照 ASME B31.3 来建造。但对于同现有管道的连接工作而言,就不能看作是新的建造,最好是按照某一个建造后规范(post construction code),例如 API 570。为此,关于带压攻丝(hot taps)的咨询,已经作出的答复是 ASME B31.3 不适用(可参见条款解释 13-04)。关于泄漏试验的问题,对新造的管道应要求做压力试验,这个试验可以在与现有管道连接之前进行。对于同现有管道的连接点的试验,则可以采用 API 570 中规定的代替泄漏试验的方法。

以下各节引自规范开始部分的 300 (c),这一节有助于对规范基本内容做深入了解。

“(3) 在考虑到安全设计的必要性和充分性的同时,本规范的工程要求一般是采用处理问题的简化方法。凡有能力采用更为精细设计方法的设计者,他自然应当选择精细设计方法,但这种方法必须在工程设计中文件化,其有效性必须为业主所认可。所用设计方法必须按照 301 节所述提供设计、建造、检测、检验和试验方面的细节,计算要与本规范的设计准则相一致。”

“(4) 管道元件应尽力做到在实际可行范围内符合本规范所列出的材料标准和元件标准。对于既没有被本规范所明文批准,也没有被本规范所明文禁止的管道元件,只要这些元件符合本规范有关章节的规定,则也可采用。”

“(5) 对于特殊用途,在工程设计上必须规定有特殊要求。如使用要求必须采取超越本规范要求的措施时,则这些措施必须由工程设计来规定。凡规定有这类措施的地方,本规范要求必须实现这些措施。”

上述三点声明,有助于理解 ASME B31.1 规范的原则。本规范无意于严密地给出每一项程序,批准每一个管道组成件,批准每一种材料。相反,给出的程序是用于评价非表列的管道组成件(unlisted components)和非表列的材料(unlisted materials)的。这一点,同 ASME 锅炉压力容器规范和动力管道规范不同,这些规范遇到这类情况都必须建立“规范案例”来批准使用那些没有在规范列表中的材料。

在 300 (c) 3 这一小节中说道:可以采用更为精细的设计方法,有限元分析就是这类精细设计方法的一个例子。但是,设计者必须能够(向业主)证明这种更为精细的设计方法的有效性。这一条在 2000 年规范增补中加以修订,它更为清楚地指出精细设计方法的有效性,必须为业主所接受,必须在工程设计中文件化。此外,增补还加上了最后一句。这一修改是为了防止可能出现的过分随意的解释 300 (c) 3,同时也是为了更加具体地申述规范的意图所在。

同样的方法在规范通篇中都可以找到。例如:可以采用那些没有被指定的热处理,对表列标准中的管道组成件可以重新划分级别,可以超过指定许用应力下的温度。总之,一方面对于优良的工程设计运作来讲有很大的自由度,另一方面,对于业主来讲要承担更多的责任。

责任

1.5.1 业主

业主的第一责任是决定应采用 B31 系列中的哪一部规范。业主对于在 ASME B31.3 范

围内达到规范要求, 以及对于建立设计、制作、检测、检验和试验的要求等负有全面责任。此外, 如业主打算划定为 D 类或 M 类管道, 则要负责指定流体工况; 如打算采用高压管道, 则要选择第 IX 章。

所谓业主, 是指当管道建成后将拥有并营运这条管道的个人或组织。例如: 在交钥匙工程中, 承包商不是业主, 业主是接受该设施的组织。

1.5.2 设计者

设计者向业主负责, 负责保证管道的工程设计符合本规范要求, 并符合业主提出的任何附加要求。在 2000 年增补中增加了 301.1 对设计者的资格评定。要注意的是: 这里设计者的含义是指负责管道系统工程设计的人。它不是指的在工程分类上所讲的“管道设计者”, 也不是指的设计公司。

设计者的资格用最少经历 (minimum experience) 来描述。后者是学历 (或专业注册经历) 和有关压力管道设计经历的某种组合。经历要考虑对压力、持续载荷、偶然载荷和管道柔度的设计计算以满足这一经历要求。

根据管道的复杂性和临界性 (criticality), 不同的管道系统对设计人员的经历可以有或多或少的要求。经历较短的设计人员是否可用于某些工程, 则取决于业主。

对于注册职业工程师在经历中没有规定年限, 而是以有关法律来防止他承担所不能胜任的工作。

1.5.3 制造商、制作商和安装商

管道的制造商 (manufacturer)、制作商 (fabricator) 和安装商 (erector) 负责提供符合本规范和工程设计要求的材料、管道组成件和技能。要记住: 在工程设计中规定的附加要求也是本规范对于该管道装置的要求。

1.5.4 业主检验师

业主检验师 (Owner's Inspector) 向业主负责, 保证满足本规范对检验、检测和试验的要求。业主检验师是业主的代表, 监督承包商所进行的检测和试验工作。因此, 业主检验师不可能是承包商的雇员, 而可能是业主聘用的第三方。业主检验师是业主的代表, 不是像授权检验师那样是一个独立的第三方。在本规范的第 V 章有对业主检验师提出的资格要求, 而在后面的第 13 章对此有讨论。要注意的是, 对业主检验师不要求他进行检测和校核设计的工作。

ASME B31.3 的发展和不断修订

ASME B31.3 是一份具有共识性的标准。它是由平衡各方利益的委员所组成的委员会来编写的。这些委员反映以下各方的观点:

- 制造商 (AK)
- 用户 (AW)
- 设计方/承包方 (AC)
- 监管机构 (AT)
- 保险检验机构 (AH)
- 一般利益 (AF)

委员会的委员不要求是某个具体组织的代表,委员的资格是根据个人的资历和本人意愿为平衡各种利害有关群体的利益而考虑的。

编写 ASME B31.3 是为了制订一个能够达到共识、能够反映行业实际情况的规范;这一目标不同于监管性的法规,后者的规则是由某一政府机构来写的。

规范的修改由 B31.3 专业委员会负责。在委员会内部把规范各个具体部分的编写责任分解到以下各个编写工作组。

工作组 A: 第 I 章、第 II 章 (第 3 和第 4 部分)、第 IV 章和第 VIII 章

附录 G、附录 M、附录 Q

附录 E 和附录 F 的协调

整个规范的技术性统稿 (technical oversight of Code)

工作组 B: 第 II 章 (第 1、2、5、6 部分)

附录 D、H、V、X

工作组 D: 第 II 章 (只限于从 302.3.1 到 302.3.4)、第 III 章

工作组 E: 第 V 和第 VI 章

工作组 F: 第 VII 章

附录 B 和附录 C (只限于非金属)

附录 K

这些工作组可以粗略地分为:(A) 总规则,(B) 设计和分析,(D) 材料,(E) 制作、检查、试验和安装,(F) 非金属,(G) 高压。

如需对规范进行修订,其程序是:由责任工作组起草一份修订意见,并以信函投票方式将修订意见发送给专业委员会全体委员。任何对修订投反对票者,必须将反对理由发给专业委员会全体委员。责任工作组要尽力解决任何反对意见。实际上,专业委员会有 50 个或以上的委员,反对票一般不超过两票。只要有三分之二的委员同意,修订意见就可以上报给 B31 标准委员会。

对规范的任何修订都要上报 B31 标准委员会,同时要附带一份投反对票的书面理由和专业委员会对反对票的意见。标准委员会可据此分析任何反对者观点。如果在标准委员会里面有任何委员在初次见到修订意见时投反对票,则应写出书面的反对理由,并将修订书退回专业委员会。专业委员会必须认真考虑反对意见,并作出反应,或收回修订书,或修改修订书,并对反对意见作出说明。如果经过修改的修订意见书再返回标准委员会时,有三分之二的委员赞成时,修订就通过。

一旦某一修订项目在标准委员会内得到通过,则再上报压力技术规范 and 标准委员会。该委员会是在 ASME 内部进行投票表决的最高级别。同样,在这个级别上如有任何反对票,则该修订项目便被退回到专业委员会,第二轮审查同样需要有三分之二的赞成票才能通过。

虽然压力技术规范 and 标准委员会是向规范和标准理事会汇报工作的,但后者并不对规范修订项目进行投票。

最后一个步骤是公众评议过程 (public review process)。修订草案在两种刊物上发表,一是《ANSI 标准动态》(ANSI Standard Action),另一个是《ASME 机械工程》。修订草案复印件要呈报刊物 B31 会议组 (B31 Conference Group) 和 B31 国家利益审查组 (B31

National Interest Review Group) 进行审查。专业委员会要考虑来自公众和上述两个组的任何意见。规范的任何修订草案, 通过这些程序可保证得到仔细考虑和接受公众的审查。

规范的版本、勘误和规范案例

从 2002 年版开始, 取消了长期实行的发布“增补”的办法。此外, 把改版的周期从原来的 3 年缩短到 2 年。本书的编写是依据的 2004 年版。这一变化的主要原因是采用“增补”服务的办法同 ASME 的电子出版工作已经不相容了。

每一版中都有一些重大变化。日常业务涉及工艺管道的工程师应持有一部最新的版本。它可以从 ASME 获得。

取消增补服务后, 对规范的一项改变从通过到它的出版, 势必增加一年的时间。关于这一点, 倘若某一规范的改变被认为是非常急需, 则可以作为“规范案例”来出版。规范案例一旦获得批准, 就可立即采用, 而无须等待出版。规范案例可以在 ASME B31.3 专业委员会的网页上公布(见 1.8 节)。但要注意的是, 规范案例主要还是选择性的规则。

勘误表(errata, erratum)是对打字排印等错误的纠正。规范条款解释(Code interpretations)和勘误表将邮寄给规范的购买人, 同时也在 ASME 网页上公布。

向规范提问如何获得解答

B31.3 专业委员会通过一种咨询程序来回答一切问题。在 ASME 31.3 的附录 Z 中有关于如何起草请求解释的说明。该委员会对现行规则会提供严密的解释。但是, 由于政策上的原因, 专业委员会不会对任何事情作出批准、出具证书、划分等级或进行背书许可, 也不会充当某一具体工程问题顾问或充当本规范一般性理解和应用的顾问。此外, 专业委员会也不会提供规范规则出台背景和理由方面的说明。如果您需要其中的某一项, 您可以通过阅读本书或雇请一名顾问来解决。

专业委员会可以采用文字形式回答任何请求说明的申请。规范中没有的规则, 委员会不能新建, 委员会会说: 倘若某一事项没有被本规范的规则所特别覆盖, 则规范不会管这个事项。而且即使专业委员会不同意规范的某种写法, 委员会也要按照规范的写法来答复, 同时也要想到规范可能会有哪些修改。

由于往往因为不同意合同条款或诉讼而要求对规范进行解释, 故这种严格的程序是很必要的。倘若把本规范列为强制性的文件, 则必须从当时写规范的情况来考虑, 而不能从写出来就一成不变来考虑。

对要求解释规范的咨询进行答复这件事, 委员会是把它放在最优先处理的地位的。一般几乎都是在收到咨询函后的第一次专业委员会的会议上来处理答复的问题, 然后由 ASME 的官员把答复送交给咨询人。为了对所有的规范用户都有好处, 条款解释被出版或在网页上公布。

新的条款解释以及勘误表和规范案例(在 2004 年初无规范案例)在 ASME B31.3 网页

上公布, <http://cstool.asme.org/wbpms/CommitteePages.cfm?Committee=N10020400>。或者, 可以查询 ASME 网页: www.asme.org, 点击 Codes and Standards, 点击 Committee Pages, 点击 B31 压力管道规范, 然后点击 B31.3 工艺管道专业委员会。

如何对这个规范提出修改建议

企图修改规范的最简便的方法是写一封建议性修改函。任何一项修订规范的请求都由负责规范有关卷的工作组 (Task Group) 来考虑。要注意的是, 工作组的答复必须由专业委员会的全体委员批准。为了提高修改建议被采纳的可能性, 提建议的人宜到会参加讨论。ASME B31.3 专业委员会的会议是向公众开放的, 一般对参加会议的各方人士是持欢迎态度的。发一封信, 总不如亲自到会说明修订的建议和修订的必要性。倘若你是一位参加会议的积极分子, 并且有适当的职业资格和技术职称, 则你很可能被邀请成为 B31.3 专业委员会的委员。

修改本规范的要求, 可能要送交给 ASME B31 委员会下面的三个技术委员会之一。这三个技术委员会分别是: 制作和检查技术委员会、材料技术委员会及机械设计技术委员会。这些技术委员会可提供技术咨询, 同时可保证规范各卷之间的一致性。

第2章

ASME B31.3 的组成

流体工况

本规范含有三类流体工况，它提供了辨别管道可能发生的危险性级别的方法。对于流体工况危险性较低的管道，亦即 D 类管道，允许采用严格性较低的设计、检查和试验。而对于流体工况危险性较大的管道，亦即 M 类管道，则有较为严格的要求。除非业主指定该流体工况是属于 D 类或 M 类，一切工况都认为是正常工况（normal fluid service）。

业主的责任是择定流体工况的类别。没有业主的批准不能选择 D 类或 M 类。除非做了不同的选择，应认定流体工况是正常工况。鉴于有些业主对于这个责任不是很熟悉，管道的设计者应告诉业主他的责任所在，可以在流体工况选择过程中给予业主以指导。

D 类流体工况是危险性比较低的工况，它指的是工作压力低于 1035 kPa (150 psi)、工作温度在 $-29\sim 186^{\circ}\text{C}$ ($-20\sim 366^{\circ}\text{F}$) 之间、无毒、非易燃性、对人体组织没有危害性的流体。这一准则可以在本规范第 I 章的定义“流体工况”（fluid service）条目下看到。水管道是 D 类流体工况显然的候选管道。例如：150# 的蒸汽可划为 D 类流体工况，即使人在 150# 蒸汽的容器中会遭受组织破坏。必须看到的是，这里有一个很重要的区别是：划分类别考虑的是流体的泄漏情况，而不是考虑流体在管道内的情况。本规范制订的规则允许对于危险性较低的流体可采用建造费用较少的方法。

M 类流体工况是对危险性极大流体工况而言的。一般情况下可划为 M 类流体工况的例子有：含有异氰酸甲酯（methyl isocyanate）、光气（phosgene）和神经性毒气（nerve gas）的管道系统。含有硫化氢和氰化氢（hydrogen cyanite）的管道系统并非一定划为 M 类流体工况。不过，由于划分类别时必须考虑安装的条件，故不可能编出一份 M 类流体的表。对于应划为 M 类流体工况的，还必须考虑个人暴露是否重要。例如，假如一条管道是双层保护的，则即使里面盛装的是光气之类的剧毒流体，则也不能把这条管道划为 M 类，因为个人暴露的潜在危险不重要。对于 M 类流体工况，不能适用正常流体工况的规则。反之，应采用第 VIII 章导致建造费用较高的附加规则，后者有提高管道系统严密性的各种规定。

M 类流体工况的定义见 ASME B31.3 第 I 章流体工况的定义。要注意的是，为强调起见，特把 M 类流体工况的定义再分为若干小条，流体必须满足各小条的条件，才能满足 M

类的定义:

“是一流体工况，
人暴露在此工况下时其潜在危险性被判断为很重要，
在此工况下的毒性流体，
由于泄漏所引起的、
一次极为微量的暴露，
当呼吸或身体接触时，
即使采取了紧急恢复性措施，
也能造成对人的极其严重的、不可逆的伤害。”

应看到的是，规范考虑了很多极其危险的流体工况，都把它们划为正常流体工况。正常流体工况的设计和建造规则是适合于危险性工况的。M类工况规定了一个更高的水平。倘若业主希望有一个完整性水平更高的管道，则即使流体工况不满足M类流体工况的定义，业主也可以按照第Ⅷ章规定，指定设计、建造、检查和试验等方面的各种附加要求。氢氟酸就是属于这种流体的一个例子，对于氢氟酸，虽然实际上可以把它看成是正常流体工况，但很多业主仍然指定了比本规范对于正常流体工况更为严格的要求。

此外，对于M类流体工况也可采用比第Ⅷ章的规定更为严格的规则。例如：不采用第Ⅷ章要求的20%射线检测，而采用100%射线检测，或采用M类流体工况不要求的双层管道。

在ASME B31.3里面有一个流程图，即附录M“流体工况的分类指南”。规范把这个附录看成是一种指南，而不是规范的要求。规范对流体工况的实际要求是第I章中的定义。

规范的组成

ASME B31.3规范有某些组成上的特点。理解这些特点，可使查阅规范更加方便。规范由9章构成。前面的6章是本规范的基本部分，它对正常和D类工况流体金属管道提出管道规范的基本要求。第Ⅶ章含有非金属管道的规则和内衬非金属的金属管道的附加要求。第Ⅷ章含有M类工况流体管道的规则。

第Ⅸ章含有高压管道的规则。这一章的要求绝非必定要遵守，用不用这一章永远由业主决定。虽然规范提出一个指南，指南说可以把大于2500级的法兰划为高压，但这个指南不是一个要求，而基本规范也可以很好地用于高于这个压力的管道。

规范各节遵循一个特殊的编码系统。各个节号都以300开始的三位数字编号，这种300系列的节号是ASME B31压力管道规范下面的ASME B31.3规范所独有。基本规范里面的节号在第Ⅶ章到第Ⅸ章里面重复出现，但在节号前面加一个字母以兹区别。第Ⅶ章的节号前面加字母A，第Ⅷ章对金属管道节号前面加字母M，而对非金属管道加字母MA，第Ⅸ章节号前面加字母K。

采用同一节号可方便于在基本规范要求和最后三章中的任一章要求之间进行交叉比较。最后三章需要经常引用基本规范的要求，采用这种编码方法，同样的要求就无须多次重复。此外，最后的三章也告诉用户随时随地都要查阅基本规范的要求。

表列管道组成件

本规范的第IV章题目是“管道组成件标准”，用表格形式列出各种标准。列出的管道组成件是同表 326.1 所列一致的。凡不符合这些标准的管道组成件就被认为是非表列的管道组成件。要注意的是第Ⅶ章（非金属）的表列管道组成件列于表 A326.1 中，第Ⅷ章（M 类工况）的金属管道组成件列于表 326.1，第Ⅸ章的非金属管道组成件列于表 A326.1，而第Ⅹ章（高压）的管道组成件列于表 K326.1。

表列材料

表列材料是列于本规范许用应力表中的材料，以及本规范所列管道组成件标准中允许采用的材料。后者即表 326.1、表 A326.1 或 表 K326.1 中的材料。

安全防护

在 ASME B31.3 中融入“安全防护”（safeguarding）一概念。“安全防护”要考虑纯粹管道设计以外的、有关管道整体安全的一些因素。安全防护引入失效后果（consequences of failure）和可能破坏源（probable sources of damage）的概念，实质上就是风险（risk）的概念。

由于业主对管道系统的所有方面负有全面责任，故在 ASME B31.3 词语里面“安全防护”这个概念能被很好地接受。这一点与 ASME 锅炉压力容器规范第Ⅲ卷第 1 册和 ASME B31.1 动力管道里面业主责任范围非常窄小的情况大不相同。由于业主对管道的设计和运作负有全面责任，因此，业主也具有有效地规定和实施安全防护措施的能力。

ASME B31.3 允许在有适当防护措施的情况下，可以使用某些管道组成件、连接方法和其他的工艺。例如，除非管道有安全防护措施，对于含有易燃或有毒流体的管道是禁止采用钎接接头的。对钎接接头的担心，是怕遭受火烤时钎接材料熔化，如有适当的防护措施则可以防止钎接接头受到火烤。

下面列出的一个条件表，是部分要求有安全防护措施的情况：

- 305.2.2 节，对于非 D 类流体工况，采用由 ASTM A285 板材制造的 ASTM A134 的管子和 A139 的管子；
- 308.2.4 节，对于严苛交变条件，采用能满足某些准则的非带颈对焊法兰的法兰；
- 313 节，当管内是有毒或伤害人体组织的流体，采用胀接接头；
- 表 314.2.1，当管内是易燃、有毒或伤害人体组织的流体，采用规格大于 DN 50 (NPS 2) 的螺纹接头；
- 314.2.2 节，当接头承受外部力矩载荷，在严苛交变条件下采用圆柱螺纹的接头；

● 315.2 节, 正常流体工况、承受严苛交变条件, 采用为本规范列出标准所覆盖的扩口型、非扩口型或压缩型管件;

● 317.2 节, 在易燃、有毒或伤害人体组织的流体工况条件下, 采用钎接型和钎接-焊接型接头;

● 318.2.3 节, 在严苛交变条件下, 采用喇叭型和压盖型接头 (不同于 316 节更为限制性条件的敛缝接头);

● 323.2.2 (d) 节, 对有安全保护的管道免做冲击试验, 需根据外部载荷的应力状态决定;

● 323.4.2 节, 采用只对于规定条件允许的非球铁的铸铁时, 需有抵抗过热、热冲击和机械冲击以及防止滥用的安全防护措施;

● A323.4.1 节, 在任何流体工况下采用非金属材料, 需有防止温度过度升高、防止强烈冲击、振动以及机械滥用的安全防护措施;

● 323.4.2 (a) 节, 对于非 D 类流体工况, 采用热塑性塑料;

● 323.4.2 (b) 节, 对于非 D 类流体工况, 采用加强塑性灰浆 (reinforced plastic mortar, RPM);

● 323.4.2 (c) 节, 对于有毒、易燃流体工况的管道, 采用加强热固性树脂 (reinforced thermosetting resin, RTR);

● 323.4.2 (d) 节, 当在任何流体工况中使用硅酸硼玻璃和陶瓷时, 需采取抵抗温度急剧大幅度升高的安全防护措施, 当这些材料在有毒或易燃的流体工况中使用, 需采取全面的安全防护措施。

在本规范中也提及了以下这些安全防护措施:

● M300 (d) 节, 要求对 M 类流体工况考虑额外的经过工程设计的安全防护措施;

● 节号 FA323.4 (b) 节 (附录 F), 建议对于地面上的压缩气体 (包括压缩空气) 的热塑性材料的管道采取安全防护措施。

在 ASME B31.3 的附录 G 中讨论了管道安全防护的概念, 并提供了在装置平面布置、操作以及设计上的安全防护的例子。

安全防护要求考虑失效所产生的潜在后果。因此安全防护所要全面考虑的问题包括: 流体的危险性质、管道一旦失效可能释放出来的流体量、这种释放所带来的后果, 包括对人的伤害和对设备的破坏 (以及其他额外的后果) 以及环境状况和释放对环境的有害影响等。这些考虑都是属于风险后果方面的。涉及管道风险失效概率的还有管道建造材料、管道连接方法以及管道运行可靠性等内在的安全性。

在 ASME B31.3 附录 G 中举出以装置平面布置和操作来提供安全防护的例子。

“(a) 装置平面布置上的特点, 例如: 工艺设备露天布置; 危险区间隔和隔离; 坡度和下水道; 在装置操作区和被污染区之间设置缓冲带以及控制装置的出入口等。

(b) 保护性设施, 例如: 防火系统; 设置屏蔽墙或隔离墙; 加强驱除腐蚀性或易燃性蒸气的通风; 设置遥控和远程监控仪器; 建立紧急处理有害物质的容器和回收装置或焚烧炉之类的销毁装置。

(c) 操作区的措施, 例如: 限制进入操作工艺区的制度; 对于危险性工作建立工作许可证制度; 对于操作、维护和紧急救助人员的培训制度等。

(d) 在压力泄放装置运行期间、排污期间、清扫期间，对释放出来的流体有安全排放措施。

(e) 建立开机、停机和运行管理的程序，例如：逐渐加压或减压，逐渐升温 and 降温，以减小管道脆性断裂之类的失效可能性。”

以下是通过工程设计的安全防护措施的例子。

“ (a) 保护管道不致产生失效可能性的措施：(1) 设置保温层、保温屏蔽或过程控制装置，防止管道过度升温、过度降温或产生热冲击；(2) 铠装、挡板、屏蔽墙或其他保护遭受机械误动作的措施；(3) 对过程或流体流动的动态进行阻尼和稳定化，以消灭、减小或防止破坏性载荷（例如：严重的振动、脉动和循环操作条件）。

(b) 设置保护生命财产不致因管道可能失效带来有害后果的措施，例如：在法兰接头、阀帽、压力表或视镜处设置屏蔽，以限制和处理逃逸的流体；如管道是易折断的材料，则对整个管道系统设置上述措施；以采用自动切断阀或过量分流阀、增加截止阀数量、限制流量的孔板或自动切断压力源等措施限制流体的逃逸量和逃逸速率；如可行的话，在过程中任何时间限制流量。”

以上举出这些例子是为了说明什么是“安全保护”。但是，以上这些例子并不能代表管道系统怎样进行安全保护的所有可能的情况。

设计条件

ASME B31.3 中的设计条件都是特定地用于压力设计。设计压力和设计温度都是规定为能得到最大管壁厚度或最高所需压力级别,或其他组成件额定值的同时发生的最严峻的条件。除非可能的最高压力和可能的最高温度会在同时发生,否则设计条件都不是它们预期的组合。

虽然有可能一个操作条件对某管系中一个组成件的设计起决定性作用(对该组成件而言此即设计条件),而另一个操作条件对另一个组成件的设计起决定性作用,但这种组合比较少见,如果遇到这种情况,则在管系中两个不同的组成件理应可以有不同的设计条件。

3.1.1 设计压力

在确定设计压力时,必须计及所有的内部压力条件,这些条件包括由被密闭流体的热膨胀、脉冲和控制装置的失效等所引起的压力。确定设计压力明显地受到用于管道超压防护方法的影响。工艺管道系统允许在不设置安全泄放阀防护措施下使用。在这种管道上什么也不设置的场合(或者是防护装置在设备上,它们也可能对管道起防护作用),管道系统必须设计成能安全地承受在管系中可能产生的最大压力,包括对任何些微的以及所有控制装置失效的考虑。例如,这种可能产生的压力可以是泵的液柱静压力。与某些工业标准不同,它们并不根据单个还是多个意外事件是不是失效原因作出考虑。

尽管必须计及所有这些压力,但并不需要把它们作为设计压力。规范允许按照 302.2.4 节的压力和温度波动。如果所考虑的现象遵循 302.2.4 的规范要求,则许用应力和/或组成件的额定值在短时期内可以超过如下面 3.3 节中所述者。虽然经常考虑在设计条件之上的许用变动,变动的极限与管道的最大许用工作压力有关,而不是与设计条件有关,设计条件可能低于在该温度下的最大许用工作压力。

3.1.2 设计温度

在确定设计温度时所关注的是金属温度,因此,设计温度不必和操作流体的温度相一致。除流体温度以外,其他的考虑因素包括环境的制冷、环境的制热、阳光辐射以及加热过程中显示的最高温度。

对于隔热的管道,除非计及某些其他的加热方式,例如出现有可能使管道加热到蒸气温

度的迹象, 金属温度通常认为就是流体温度。

对于无隔热的管道, 如果流体温度低于 65°C (150°F), 除非某些诸如阳光加热管道等影响而使之能达到更高的温度, 否则就取流体温度作为金属温度对暴露在阳光下的管道, 通常假设由阳光加热所致所可能达到的温度为 50°C (120°F), 局部位置可以规定更高些的温度。

对于无隔热的管道, 如果流体温度为 65°C (150°F) 或更高, 规范允许计及环境制冷的影响。当然, 要是阳光辐射能导致金属温度高于这一温度, 例如在沙特阿拉伯, 环境冷却的影响仅可能在某些较高温度时才予以计及。管道的金属温度可通过传热计算或诸如在同样系统中的温度测量, 或由下表所列的假定值予以确定, 下表保守地提供了壁温的偏高估计值。

假设金属温度	组成件
流体温度的 95%	组成件的壁厚和管道相似, 如阀门、管子、搭接端部以及焊制管配件
流体温度的 90%	法兰(搭接接头除外), 包括在管配件和阀门上的法兰
流体温度的 85%	搭接接头法兰
流体温度的 80%	螺栓

对于内隔热管道, 例如衬耐火材料的管道, 必须由传热计算或试验来确定金属温度。要注意的是, 传热计算必须考虑管道所承受的风和环境温度条件的相应范围。

插文 3.1 衬耐火材料管道的壁温计算

在高温固体流态化的管线中(例如, 在流态化催化裂化装置中), 有时需要计算有内部耐火材料衬里的金属温度。在此情况下, 金属温度可以远低于流体温度。耐火材料衬里耐冲蚀, 而同时允许采用碳钢, 而在其他地方碳钢是禁止用于热流体的。要注意的是, 金属温度常谨慎地保持在温热状态, 通常是 150°C (300°F) 以上, 以防止碳钢管道内壁冷凝液(气体通过耐蚀层的孔隙和裂纹)而造成耐火材料下金属的腐蚀(例如, 由于在烟道气中的硫酸和亚硫酸)。下面的公式和膜系数算图都提供了用于计算金属温度的方法。要注意的是, 用于设计温度时, 都假设是达到最高金属温度时的条件(无风且环境温度最高)。

由下式计算每小时每平方英尺通过管壁的热流量

$$Q = \frac{2\pi\Delta T}{\frac{1}{r_1 h_i} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{K_r} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{K_s} + \frac{1}{r_3 h_o}} \quad (3.1)$$

式中 Q ——热流量, Btu/(ft·h);

ΔT ——管道内流体和环境温度间的温差, °F;

h_i ——耐火材料内侧的膜系数(常假设为十分高, 致使在分母中包括此项之值可予略去), Btu/(ft²·°F·h);

h_o ——管道外侧的膜系数(见图 3.1), Btu/(ft²·°F·h);

r_1 ——耐火材料内侧的半径, in;

r_2 ——耐火材料外侧的半径, in;

r_3 ——管子的外半径, in;

K_r ——耐火材料的热导率, $\text{Btu} \cdot \text{in}/(\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$ ①;

K_s ——管道材料的热导率, $\text{Btu} \cdot \text{in}/(\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$ 。

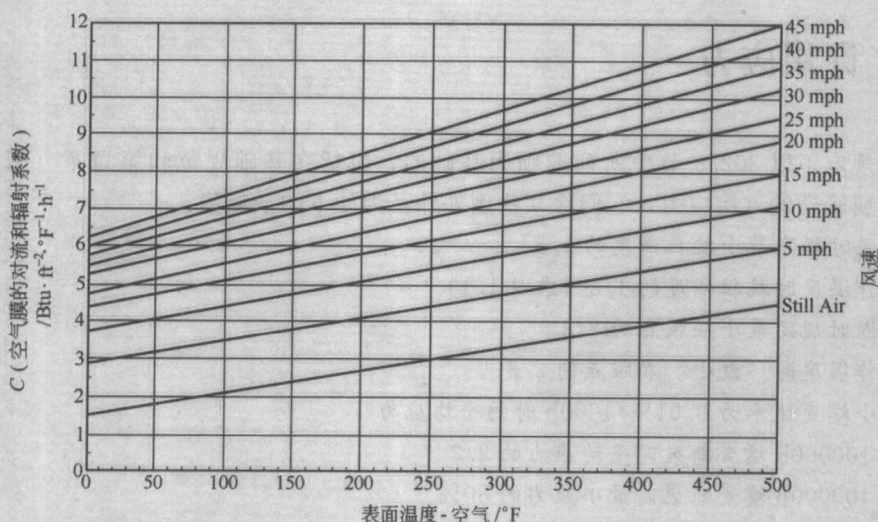


图 3.1 有效外侧膜系数

通过任何层的温度变化等于热流量乘以热阻, 因此, 管子外表面的温度由下式给出

$$T_o = Q \frac{1}{2\pi r_3 h_o} + T_a \quad (3.2)$$

式中 T_o ——管子外表面的温度, $^\circ\text{F}$;

T_a ——环境温度, $^\circ\text{F}$ 。

管子内表面的温度由下式给出

$$T_i = Q \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi K_s} + T_o \quad (3.3)$$

式中 T_i ——金属管内表面的温度, $^\circ\text{F}$ 。

由于管子材料的热导率相对而言通常远高于耐火材料 and 外侧膜系数, 所以此内表面的温度通常基本上和外表面温度相同。

3.1.3 最低设计温度

需要最低设计温度以确定 ASME B31.3 的冲击试验要求。随着温度的降低, 材料的缺口韧性下降, 因此, 在足够低的温度和高应力条件下需要做冲击试验以保证材料有足够的韧性而避免脆性断裂。

在确定最低温度时, 必须估计在运行中预期达到的最低组成件温度, 为此可以包括诸如自动制冷 (由于减压所引起的冷却) 以及低环境温度等的影响。

在需要进行冲击试验时, 由于应力是所包括的考虑因素之一, 需要考虑到可能有多最

① 原文如此。和 $r_1 h_i$ 、 $r_3 h_o$ 的量纲对照, 此处分母上似遗漏时间单位 h。