

# 石油化工管道应力设计要点探究

侯元英 刘 铭

山东天弘化学有限公司 山东东营 257000

**摘 要:** 石油化工管道主要用来运输介质, 需要体现良好的性能, 才能够确保石油的有效运输。为了确保石油化工管道性能的有效性, 设计人员应重视石油化工管道应力设计, 明确相应的要点, 保证管道运行的安全性。文章简要分析石油化工管道应力设计的必要性, 介绍一次应力、二次应力、峰值应力管道, 对管道应力进行动力分析和静力分析, 最后提出石油化工管道应力设计的要点, 为优化管道应力设计奠定良好的理论基础。

**关键词:** 石油化工管道; 应力设计; 工作要点

应力设计对于石油化工管道的有效运行来说尤为重要, 设计人员需要通过的计算分析管道的受力情况, 保证管道在与其他管道相连时能够达到安全性要求。目前, 部分设计人员在这个方面还是存在一定的问题亟待解决, 影响了管道的质量, 在管道运行当中也很难达到安全性要求。基于此, 非常有必要掌握石油化工管道应力设计的要点, 以管道应力设计合理性作为根本, 在达到设计要求的同时提高设计效率。

## 一、石油化工管道应力设计的必要性

在我国现代工业化发展的过程中, 石油化工管道运输受到了非常大的重视, 做好石油化工管道应力设计能够在很大程度上保证管道运行的安全性, 降低其在运行当中产生安全事故的几率。虽然石油化工管道在一般情况下都可以保持相对稳定的运行状态, 但是其还是存在一定的安全风险, 应力就是不容忽视的安全影响因素。做好应力设计工作就能够有效防控安全事故, 减少管道在运行中产生的安全问题。利用石油化工管道运输介质的过程中, 不仅需要确保其安全性, 同时还要适当提高介质传输效率, 满足基础的工作要求, 达到优化石油化工体系运行效果的目标。开展石油化工管道应力设计能够规避其中的不良影响, 防止介质在传输过程中承受不良阻碍机制, 从而加强介质运输的稳定性, 满足预期的管道运行目标。

## 二、石油化工管道应力的类别

第一, 一次应力。常见的一次应力包括重量压力、介质内压力和自重力。第一次应力具有非自限性特征, 能够与外加荷载力保持平衡。在外加荷载力增加时, 一次应力也会随之增加, 当增加的外力超过管道材料的屈服

限度, 就会引发塑性形变, 造成管道损坏。

第二, 二次应力。管道出现变形问题时受到约束产生的应力就是二次应力, 无法与管道外力实现平衡, 具有一定的自限性。产生管道二次应力的主要原因有断点位移和热胀冷缩。当管道结构存在局部屈服并且形变较小时, 会降低管道的应力, 当二次应力过大, 就会出现疲劳破坏。

第三, 峰值应力。这类应力的产生主要是在管道附近和管道结构等局部出现热效应或者不连续类型力, 其属于一次应力与二次应力叠加下产生的应力, 具有较强的隐蔽性, 结构变形不明显。受到峰值应力的影响, 管道很容易出现疲劳裂纹和脆性破坏。当管道焊缝没有完全焊透就会增大产生峰值应力的可能性, 管道结构附件小半径圆角位置也是容易出现峰值应力的区域。

## 三、石油化工管道应力分析

### 1. 动力分析

动力分析能够为管道设计提供可靠的依据, 设计人员开展石油化工管道应力设计的过程中, 可以对流体的动力进行分析, 得到相应的数据之后对管道应力进行评估, 从而达到动力分析的基础要求。动力分析的要点应集中在化工石油管道输送流体介质或者石油管道应力设计当中。不同的流体在性质方面存在显著的差异, 设计人员就需要考虑到运输介质的差异对管道造成的不同影响, 避免石油化工管道在运输介质的过程中产生共振现象。这就需要在分析流体性质之后根据实际情况增加预应力, 延长管道的使用寿命, 加强管道运输的安全性。开展石油管道应力设计工作时, 要将重点集中在在外在联合作用力的分析上, 其会直接影响石油化工管道的应力。

当管道的工作环境产生变化时，外在动力会随之变化，所以设计人员需要考虑外界条件，使得管道整体应力设计满足要求。

## 2. 静力分析

设计人员对石油化工管道进行应力设计时，需要将预应力作为管道使用状况的关键检测标准，明确管道在运输过程中可能产生的问题，重视对管道强度和承载能力的分析，提高石油运输的安全性和时效性。许多管道经过一段时间的运行之后就会出现故障，技术人员需要对其进行维修。设计人员进行静力分析时，要考虑其对石油管道维修工作中承载能力的影响，在测量石油管道的原始数据时，掌握最大缺陷深度、最大缺陷长度和石油管道的极限拉伸长度等，保证计算结果的精确性。为了提高静力石油化工管道分析结果的精确性，设计人员要保证工作压力相对稳定之后清除管道内部防腐保温层中的杂物，检查无误之后继续投入使用。

## 四、石油化工管道应力设计要点

### 1. 注重柔性设计

设计人员开展石油化工管道应力设计时，应具备灵活的设计思想，以柔性设计作为基础，使得石油化工管道的应力设计得到优化，减少管道在运输过程中产生的问题，避免其在承受各种应力时产生断裂现象。一般情况下，石油化工管道本身就具有一定的柔性特征，在其弹性系数达到一定要求之后，就具有较强的适应性，能够保证管道在后续运行中的稳定性。落实石油化工管道应力设计的过程中，设计人员需要充分考虑管道本身的热胀冷缩特性，促使管道在未来运行当中能够适应不同的环境，增大管道结构的强度，充分体现管道自身的柔性特点。此外，还要适当使用与管道性质相符的支架，设计人员要分析管道在运行当中可能出现的变形问题，通过使用支架的方式提高管道整体的适应效果，避免疲劳损伤。因此，非常有必要融合柔性设计思想，实际开展应力设计工作时充分体现柔性设计的特征，结合相应的设计目标加强管道应力设计的合理性，产生预期的应力设计效果。

### 2. 优选管道材料

管道材料的质量会直接影响石油化工管道应力设计实效性，许多设计人员开展设计工作时都会将管道材料的选择和应用作为一项重点工作，确保石油化工管道应力设计达到标准。开展应力设计的过程中，不仅需要保证管道运行的效率，还要确保管道运行的安全性，通过

优化管道材料减少不必要的安全问题。设计人员实际开展设计工作之前要科学预测管道材料的合理性，全面分析不同材料的作用机理和其对于管道运行造成的影响，选择最符合介质运输要求的管道材料，在长期使用当中保持稳定的性质。当前，我国石油化工管道材料的种类比较丰富，设计人员在使用管道材料之前要综合考虑各类指标，对其进行科学评价和分析，保证管道材料能够与管道自身相适应。由于石油化工管道的膨胀习俗和后续的应力效应之间存在较大的关系，所以设计人员要根据应力的作用机理合理选择管道参数，这样一来尽管管道处于热胀冷缩的过程也能够保证其稳定性，防止因管道变形产生安全事故。此外，设计人员还要注意泊松比、弹性系数和弹性模量等因素对管道性能造成的影响，选择符合各项指标的材料，保证管道运行的质量和安全性不受影响。

### 3. 优化管道布置

当管道布置形式达到要求时，石油化工管道在运输介质时就能够保持较强的稳定性，在很大程度上提高管道运输的有效性。设计人员开展应力设计的过程中要重点考虑整个管道体系的优化布置，在此基础上提高管道的适应性，使得管道能够应对各种应力。开展管道应力设计工作的过程中，设计人员要明确管道的布置要求，结合项目的实际需求确保管道在优化布置之后能够形成理想的运输效果，满足管道的功能要求。此外，在优化管道布置效果时，还要考虑所有管道的走向，特别是一些弯头区域的管道走向需要满足优化设计的要求，在保证其具备较强的柔性特征的同时，加强管道应对应力的效果。设计人员可以尽量将管道的走向布置成L型走向，在一定程度上减少石油化工管道体系中的弯头数量，同事保障其直线长度，加强管道的耐久性，使其保持良好的性能。

### 4. 重视自然补偿

补偿功能是石油化工管道本身具备的一项功能，可以有效降低管道在应力作用下产生变形问题的可能性。当管道的外部或者内部荷载较大时，就会增加自然补偿。目前最常用的自然补偿方式就是“矿补偿器”，其补偿效率较高，可以达到基础的自然补偿目标。在输送维度过高的介质时，设计人员需要考虑介质的量，如果介质的量较大就会使得“矿补偿器”的应用受到限制，无法满足补偿要求。落实自然补偿相关设计操作时，设计人员首先要明确自然补偿的类型，根据石油化工管道传输介

质的温度和管道的管径等影响因素确定自然补偿的类型。其次要计算管道的膨胀量，将膨胀系数乘以管道长度得到膨胀量数值。在通常情况下，补偿器的位置应处于两个石油化工管道固定的位置中点处。最后，要对管道的应力进行校核，保证增加自然补偿之后管道可以处于安全的运行状态。

### 5. 合理使用支吊架

部分石油化工管道在运行当中很可能会出现严重的损伤隐患，导致管道的运行状态不佳。开展石油化工管道应力设计的过程中就需要合理使用支吊架，形成相对稳定、可靠的结构。选择支吊架时，设计人员要考虑到支吊架自身的柔性特点，保证支吊架的柔性系数符合石油化工管道的运行要求，防止管道在运行当中出现热胀冷缩问题，还能够解决管道自身应力作用下出现的疲劳损伤问题，对管道进行有效保护。使用支吊架的过程中，设计人员要考虑其中的振动区域，选择抗振动能力较强的支吊架，关注支吊架的高度确定安装位置，使得各个支吊架的位置更加合理，形成一个稳定性较强的体系。针对特殊位置的石油化工管道安装支吊架时，设计人员要利用弹簧支吊架对其进行优化处理，提高应力处

理效果。

### 结语

设计人员开展石油化工管道应力设计工作时，要充分考虑其中的影响因素，明确常见的管道应力类型，做好动力分析和静力分析，保证管道应力设计成效达到预期目标。落实具体的设计工作时，应注重柔性设计、优选管道材料、优化管道布置、重视自然补偿、合理使用支吊架，通过多样化的设计形式和方法提高管道运行的稳定性和安全性，为介质的安全、高效运输提供良好的保障。

### 参考文献

- [1] 丁健, 沈文骏, 王飞等. 石油化工管道应力设计要点探究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(12): 111-113.
- [2] 苏航, 李倩. 石油化工管道应力设计要点分析[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(01): 145-147.
- [3] 张蕾. 石油化工管道应力设计研究[J]. 化工管理, 2021(30): 200-202.