

# 长输管道管体缺陷修复技术工程应用

宋建义（国家管网西北公司银川输油气分公司盐池作业区，宁夏 银川 750000）

郗 涛（国家管网西部管道独山子分公司，新疆 克拉玛依 833699）

**摘要：**我国地大物博为了满足各区域对于能源的需求，因此要借助长输管道进行能源的输送。为了保证能源有效的供应。要加强对长输管道管体的保护。但是在实际运输的过程中，由于长输管道管体面临着较为复杂的环境和多重因素，对其安全带来了极大的隐患。本文主要对常输管道管体常见的管体缺陷类型进行详细的分析，并对其中一些修复技术进行简单的陈述，希望能够有效促进长输管道管体缺陷修复技术的进一步发展，保证长输管道管体能够更好的为能源输送服务。

**关键词：**长输管道管体；缺陷修复技术；工程应用

长输管道管体在能源输出过程中发挥着十分重要的过程。但是由于受到各种环境因素的影响，很容易出现缺陷。因此需要加强修复技术的研究。我国在役油气管道总长度已超过 10 万 km，长输管道作为能源运输的重要方式，承担着大量的能源供应任务。但是长输管道管体受到其环境地质条件以及其他客观因素的影响，导致管道管体存在缺陷，这给能源的正常输送带来了极大的影响。为了保证常输管道管体安全的运营，需要加强对其故障缺陷的修复，保证能够确保能源的安全输送。

## 1 长输管道常见管体缺陷类型

### 1.1 金属损失缺陷

金属损失缺陷是长输管道管体中常见的类型缺陷之一。金属损失缺陷主要是管道壁面的金属材料出现缺失的现象，管体的深度和范围呈现多样化的特点。在具体情况下，金属损失可能是管道局部表面出现腐蚀坑，其深度或侵蚀范围在几毫米到几十毫米不等，而且在严重的情况下可能会出现管道管体出现大面积的腐蚀区域，其腐蚀对于管体的安全输送会造成影响。比如在成品油长输管道的检测中发现最深的金属损失深度为管壁正常壁厚的 69%。

导致金属损失出现的主要因素是因为管道管体的服役环境和杂散的电流等因素的影响。由于管道管体所处的土壤中含水和氧气等其他物质，这些物质会与管体发生化学反应，在化学反应的作用下，会导致管体出现局部损失。管体会受到土壤的外部腐蚀，由于土壤中含有大量的水氧气以及盐碱等物质，这些会对管体的外部造成极大的腐蚀作用。除此以外，杂散的电流也会对管道造成腐蚀作用。杂散的电流一般来源于电气化铁路或者高压输电线路等，杂散的电流会进

入管体内部在管体上形成电化学腐蚀。以及管道自身防腐层的影响。由于防腐层在长期的侵蚀之下，其会失效无法有效隔绝外界对于管道的侵蚀作用。而且如果防腐层本身自身存在缺陷，无法有效隔绝外界对管道的侵蚀，也会导致管道容易受到破坏。

### 1.2 裂纹缺陷

长输管道还会存在裂纹缺陷。裂纹的类型主要有管体裂纹、环焊缝裂纹等。管体裂纹又可分为冷裂纹、热裂纹、再热裂纹和层状撕裂裂纹。冷裂纹主要发生在热影响区和熔合线处，如天然气长输管道安装过程中，多层焊接时若焊接技术人员经验不足导致温度差异大，或者焊接头位置受焊接操作影响出现淬硬组织，内部氢分子聚集，就会产生冷裂纹。热裂纹是晶间断裂纹的一种，在天然气长输管道焊接时，由于高温环境导致焊缝处的熔池在结晶过程中出现偏析，结晶被拉开进而形成裂纹，表现形式有根部裂纹、横向裂纹、纵向裂纹等。再热裂纹是焊后焊件在一定温度范围内再次加热而产生的裂纹，通常发生在熔合线附近的粗晶区中。层状撕裂裂纹主要是因为钢板的内部存在有分层的夹杂物，在焊接时产生了垂直于轧制方向的应力，致使在热影响区或稍远的地方，形成呈阶梯状的裂纹。

### 1.3 变形缺陷

长输管道还存在变形缺陷，变形缺陷的主要表现形式为管道弯曲或者凹陷。在管道实际运输过程中，由于多种复杂因素，例如应物挤压或者外力沉降而导致管道管体出现变形的情况。例如某管道处发现了凹陷的缺陷，经过调查得知该缺陷主要是由于在施工过程中强行对焊口或非正常下沟，导致焊接缝承受较大的应力，最终焊接缝隙出现了凹陷。除此以外，某天然气常输管道在运行过程中发现管道内部存在多处椭

圆形变形缺陷，且位置都是位于管道热煨弯头处。管道弯曲时，在弯曲的圆弧外侧对应的管壁会变薄，圆弧内侧对应的管壁会起褶皱，降低管道承受内压力的能力，同时，管道弯曲后截面形状会发生由圆形到椭圆形的变化，管道的截面面积也会有所减小，增大对管内流体流动的阻力。

#### 1.4 焊缝缺陷

焊缝缺陷也是常见的管道缺陷之一，常见的形式主要是有未熔合、咬边等问题。管道出现未融合，可能是由于管道采用了全自动焊根部的方法，尤其是在第一次填充焊时，由于自动焊是前后配置的双焊枪，同时焊接两层再填充金属时容易出现边缘没有完全融合的问题。在采用此方法时，如果焊枪的参数没有调整好，焊接的速度过快，可能会导致焊接缝边缘的金属被过度的融化，最终导致焊接接口不成形。咬边缺陷也会导致接缝的有效面积减少，降低焊接缝的焊接能力和承载力。除此之外，在焊接的过程中还有可能出现气孔夹渣等焊缝缺陷。

### 2 降压不停输 B 型套筒修复技术

某天然气长输管道进行了内检，主要发现了四处缺陷点。为了保证全线管线的正常运行，要立刻快速消除安全隐患。根据不同的缺陷类型制定专业修复方案，根据全面的商量协调最终拟用降压不停输焊接 B 型套筒维修方案对长输管道四处缺陷点立即修复维修作业施工。

#### 2.1 光缆、管道位置及作业空间确定

首先要对光缆管道位置以及作业空间进行确定规划。在修复工作开始之前要确定该管道的走向以及埋深范围。确定好参数之后，要在周围做好保护区域。为了避免对管道以及周围性能造成破坏，必须按照测量数据采用人工挖掘的方式同时在挖掘的过程中要有监理人员进行全流程的监督避免造成工程损失。当光缆和管道挖掘出之后要进行保护区域的确定，同时要对光缆进行全面的保护。B 型套筒长度需要根据现场的实际情况而定，一般作业点的长度应当大于等于 3D，为保证作业空间经计算底长度为 3.0m。

#### 2.2 防腐层剥离

针对该管道管体的缺陷，施工人员在施工过程中

采用人工打磨或者热熔的方式将管道的防腐层进行剥离，在防腐层玻璃的过程中，依据切线中心为中心起点在沿着管道轴两侧进行防护层的玻璃在玻璃的过程中要实时检测缺陷的情况，依据缺陷的具体情况而确定管道防腐层的玻璃范围。在防腐层剥离完之后，要对防腐层的杂质进行清理，确保管道的金属本体能够完全露出，以确保能够对缺陷进行有效处理。

#### 2.3 金属损失缺陷的验证

将防腐层完全剥离后要对管道管体的金属损失缺陷进行进一步的验证。在实验的过程中，为了保证验证结果的准确要在管体上设置不少于 5 个的实验点将实验点的数据进行收取然后取平均值。在验证的过程中，为了避免对管体造成二次破坏，会选用超声波探伤仪，对管体的故障进行检测。如果在检测的过程中没有在管体的外部发现任何缺陷，就要深入对其内部进行检测。在检测的过程中，检测人员要注意管内的测量为正常管壁部的实测后壁并且试验点要不少于 5 个以确保检验数据的准确性。具体的检测结果指标数据记录如表 1 所示。

#### 2.4 焊接

在对管体焊接的过程中，首先要进行焊接预热对于苯管道所使用的是智能温控设备 + 陶瓷加热片对于管道整体进行预热实现梯段式升温。在对局部采用火焰加温的方式总体以焊接中心为基准线在预热的过程中要注意周围的温度不能低于焊接高度的三倍。其具体的预热数据要做好详细的记录。其次做好打底焊。预热完成之后要用钢丝将焊接缝周围残留的杂质清理干净。对于纵向的直焊缝，要采用 CHE507GX，直径为  $\Phi 2.5\text{mm}$ ，焊接电流大小为 60~90A 的方式进行打底焊。在进行管道环相角焊缝焊接之前，要在管道上进行预堆成焊接。再者，进行填充盖面焊。在此焊接过程中采用的是 CHE507GX，直径为  $\Phi 3.2/4.0\text{mm}$ ，焊接电流大小为 100~140A，同时施工人员要注意把控焊接速度。除此以外，还有还环向角焊。针对此部分采用堆焊的方法，对于焊接的一侧环形焊接缝在连接之后再进行另一侧的连接，以此形成全面的连接保证质量。当 b 型套筒焊接完之后，要对焊接部位进行全面的无损检测，以确保焊接的质量。

表 1 管线缺陷记录表

记录里程 (M)	识别	缺陷到上游焊缝距离 (M)	凹陷部分 (%)	深度 (%)	长度 (mm)	宽度 (mm)	ERFASME	表面位置
58003.00	制造缺陷	-3.74	-	69	9	56	-	非内
78526.60	腐蚀群	-3.84	-	25	105	59	0.99	内部
86884.01	凹陷	-6.28	4.5	-	130	91	-	内部
78528.80	腐蚀群	-6.03	-	31	70	137	0.98	内部

## 2.5 防腐层恢复

处理完焊接工作之后要将处理的部位清理干净，确保不存在任何杂质，然后再涂上底漆，有效完成防腐层的恢复工作。具体而言，在恢复的过程中会采用与管道相同的胶粘带，对其进行修复一般会采用缠绕方法，或者施工人员可根据实际情况选择专用的胶粘带，以此确保能够有效对防腐层进行完全的维护，保证对管道进行保护。

## 3 降压不停输换管修复技术

### 3.1 修复前期准备

在修复工作开始之前需要施工队对管道进行全面的勘察以及了解管线的走向布局。具体的设计参数需要施工对设计单位进行对接，确定好所有的线路以及问题之后就可进行挖掘工作。在挖掘的过程中要确定好作业区域对于封堵帘头位置进行初步的确定，然后还要规划外围需要的用地范围，施工队要做好全面的修复准备方案，确保在减少外围耕地的情况下，能够圆满的完成修复工作。

### 3.2 封堵施工

该项修复工作首先要做好带压封堵工作。施工团队要根据管径和厚壁选择无缺陷的封堵皮碗。根据管道的数据测量皮碗的尺寸，要将皮碗严格控制在合格范围之内。同时由于皮碗不能重复使用，所以施工人员要严格把控质量。在封堵的过程中安装好皮碗后，要在皮碗的唇边涂抹粘的润滑脂。然后使用控制阀将封堵头进行收回，随后紧锁主轴。施工人员要将封堵器安装在三明治阀上，确保压力能够平衡的聚集在隔离的管道内部。随后接通平衡管，开启平衡阀，将平衡阀和封堵结合装置接通。最后使用氮气对封堵机进行密闭系统的置换处理。当管内的氧气低于20%，封堵工作即为合格。其次，做好洞头连火工作，当封堵工作完成之后就可进行洞头联火工作。在动火施工时要对冒火的地方或者整体施工作业范围内的易燃易爆气体进行有效的控制，而且监测人员要实时监测范围内爆炸气体的含量，要做好详细的数据记录。再者就是切管处理。为了保证整体工作的顺利开展，施工人员要根据施工现场的情况进行现场的切换管工作，要根据管道的位置以及长度确定切管的断口处。并且要预留一定的管位，为后续的修复工作做好准备。在切割的过程中用吊机将管道吊装好，然后在断口的位置添加专用的楔形塞铁，以此保证有效增大管口的间隙，避免管道的应力挤压刀具发生卡顿的现象影响管道切

割的速度当切割完成之后要将切管机停止工作，然后将切除的管段用吊机缓慢调出，并放置在空旷安全的区域。之后就是进行对管的焊接工作，施工人员要确保管道的切面的平顺，保证切面与管子轴线的夹角不得超出管道外径的1%。而且在焊接的过程中，要确保相邻焊缝的间隙不能等于管径其坡口的表面要平整，不能存在任何缺陷。在调节管体时要确保调节的平稳，不能出现碰撞的现象。焊接完之后要由专业的人员进行焊接的评定，以确保管道焊接的质量。最后要由专业的人员对焊接进行全面的检测。目前常用的方法有目视法检测。通过专业检测人员的观察，检验焊条与母材之间的焊接是否统一完整以及焊接周围是否存在裂缝以及其他杂质。之后还要进行超声波检测，达到标准之后才可投入使用。

### 3.3 解除封堵

一切完成之后就可解除封堵。在解除封堵之前要对新管道或者高压的管道进行置换工作。由于管道内的气流体不应超过8m/s，为了保证安全，要在管道内进行相应的监测装置的安装，通过监测装置实时监测管道内各种情况。通过详细的检测确保管道内的气体达到了置换标准之后就可以取出隔离囊，彻底完成封堵工作。对于天然气管道置换而言，合格后可通过平衡管上的阀门对封堵管段进行逐步升压，使封堵管段压力与主管道的压力一致。

## 4 结束语

由以上内容可知，由于管道的缺陷多种多样，对于多种缺陷可根据其实际情况进行修复工作。在管道修复的过程中，要明确工程中管道的重点以及采用适合的修复方法，在修复的过程中采用科学合理的方法确保能够按照预期的目标对于管道进行修复，以保证管道能够正常运行从而消除安全隐患，提高管道运行的安全。

### 参考文献：

- [1] 张振营, 贾然, 季扬, 解静. 钢质环氧套筒修复技术在长输管道工程应用探讨[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(9):52-54+59.
- [2] 魏有财, 张振营, 符豪, 周翔, 李超. 长输管道管体缺陷修复技术选定原则探讨[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(7):80-83.

### 作者简介：

宋建义（1995-），男，汉族，宁夏固原人，本科，助理工程师，研究方向：长输管道完整性管理。