

# 东北管道内检测缺陷修复开挖定位实践

张华兵 冯庆善 周利剑 王学力 李菲菲 王春明

中国石油管道公司(含下属科研单位和输油气分公司)

东北管道建于70年代,由于受当时焊接工艺水平所限,东北管道制管时留下了大量螺旋焊缝缺陷<sup>[1]</sup>。这些缺陷在当时输送压力下危险性不大,但在输送压力与附加外力(如自然与地质灾害引起的土体移动作用于管道,或管道不均匀沉降)的联合作用下,可能导致管道突然开裂,造成失效<sup>[2]</sup>。为了清楚地了解这些缺陷的分布及其严重程度,2007年中石油管道公司陆续开展了对东北管道的三轴高清漏磁智能内检测。检测发现管体存在大量的螺旋焊缝缺陷,对其进行完整性评价后,根据缺陷的严重程度开展了有计划的修复工作<sup>[3]</sup>。由于管道埋地敷设,且螺旋焊缝缺陷表面不可见,因此修复时对这些缺陷的开挖查找和准确定位成为一个亟待解决的问题。以下基于东北管道内检测缺陷修复的实践,总结了缺陷修复工作中的部分经验。

## 1. 管道内检测信号查看

管道漏磁内检测会得到大量内检测磁信号,通常需要采用专业分析软件进行查看。内检测商提供了专业软件和完整的内检测信号,建议管道企业拿到并保管好此信号文件,因为其中包含了管道本体的大量信息,还可用于管体缺陷的完整性评价、管体信息查询及开挖单制作等。

图1 典型的管道漏磁内检测信号

在缺陷修复时常用到该软件的以下功能,并且这些功能以后在管道日常管理中也可以用到:

- 1) 全线内检测信号沿管道里程的查看;
- 2) 全线管体特征的绝对里程、尺寸和时钟位置查看,这些特征包括金属损失、补板、套筒、开孔点等;
- 3) 全线参考桩的绝对里程查看;
- 4) 全线螺旋焊缝走向查看;
- 5) 全线环焊缝的绝对里程查看。

## 2. 管体缺陷修复流程

管道管理者可根据管道完整性评价报告提供的缺陷修复列表,采用以下流程进行缺陷修复:

- 1) 依据软件的分析结果,制作开挖单。  
开挖单至少应包含以下信息:
  - a) 缺陷的参考环焊缝编号;

- b) 查找参考环焊缝的参考桩编号;
  - c) 缺陷距离参考环焊缝的距离;
  - d) 参考环焊缝距离参考桩的距离;
  - e) 缺陷的时钟位置;
  - f) 缺陷所在管段及若干相邻管段的相关信息, 如管长、螺旋焊缝与环焊缝交点的时钟位置等。
- 2) 根据开挖单, 在管道沿线找到参考桩;
  - 3) 以参考桩为起点, 地面测量开挖单中给出的间距, 得到目标环焊缝位置, 进行开挖;
  - 4) 根据开挖单给出的环焊缝与上下游螺旋焊缝的交叉角时钟位置, 判断开挖的环焊缝是否是目标环焊缝;
  - 5) 如果开挖正确, 则通过测量目标环焊缝与缺陷的距离, 得到缺陷地面位置, 进行缺陷的开挖, 并通过开挖单提供的缺陷时钟位置位置找到缺陷;
  - 6) 对表面不可见缺陷, 如螺旋焊缝缺陷、内腐蚀缺陷等, 采用超声波等检测手段检测开挖处是否真正存在缺陷;
  - 7) 对缺陷进行修复, 然后防腐回填。

### 3. 开挖单制作技巧

开挖单是现场开挖的依据, 好的开挖单有助于开挖人员准确、快速地找到并确认开挖点。开挖单中除应包含基本信息外, 还应明确以下问题:

- 1) 确定开挖点的第 1 步是需要找到缺陷的参考环焊缝, 若缺陷修复列表中给出的参考焊缝均为缺陷的上游环焊缝, 则当缺陷距离上游环焊缝较远时, 考虑到开挖的经济性, 此时可选择其下游环焊缝为参考环焊缝进行开挖, 以节约开挖的土方。
- 2) 开挖单中应尽量标明目标环焊缝两侧的特征, 如丁字焊缝, 补板, 盖帽等。此外应标明螺旋焊缝的螺旋类型 (正螺旋或反螺旋)。
- 3) 在地面参考桩的测量距离范围内, 若管段上存在弯头 (一般出现在管道出站、河流穿越、地形变化较大、管道走向变化处), 则会导致地面拉皮尺偏差增大, 因此需要在开挖单中标明弯头, 测量时应从另一侧参考桩开始测量。
- 4) 若地面测量时可能存在偏差, 则在开挖单中应尽量多地给出缺陷点相邻若干管段的信息, 以便在误开挖时备查。

典型开挖单如下:

图 2 典型开挖单

### 4. 误开挖点的处理

由于内检测信号的偏差或地面测量的误差, 经常会发生开挖环焊缝并非目标环焊缝的误开挖情况, 可按照以下步骤确定目标环焊缝的位置。

#### 1) 确认已经开挖的环焊缝编号

发生误开挖时不必立即回填, 对比开挖单上其它环焊缝与螺旋焊缝交角的时钟位置, 确认其编号。若开挖单上没有对应的环焊缝, 则可通过软件来查找更远距离环焊缝的位置。

由于时钟位置的误差，环焊缝编号的确定较为困难。此时还可以辅以其它方式，如根据另一个环焊缝的时钟位置、管长、管道上的其它特征，来确认环焊缝的编号。此外还可以通过另一侧的参考桩进行地面测量，推算此环焊缝的编号，该方法适用于选取的参考桩可能不准确，或地面测量距离范围内有弯头的情况。

## 2) 推算开挖环焊缝与目标环焊缝的距离

根据环焊缝绝对里程列表，或在软件中查看，找到开挖环焊缝与目标环焊缝的绝对里程，将两者相减即可得到开挖环焊缝与目标环焊缝的距离。根据此距离确定目标环焊缝位置后重新开挖。

如果螺旋焊缝与环焊缝交点的时钟位置是唯一确定依据，且连续多根管段时钟位置都比较接近，这时较难确认已开挖环焊缝的编号，此时需要依据其它参考桩进行地面测量，重新找点开挖。也可以通过附近其它开挖位置正确的点，推算出其与目标环焊缝的距离，进行地面测量找点，再重新开挖。

## 5. 现场勘测技巧

螺旋焊缝与环焊缝交点不在正上方时，由于存在视线盲区，因此查看交点时钟位置很不方便。这时测量正上方螺旋焊缝与环焊缝的距离，可用以下数值推算出交点的时钟位置。螺旋焊缝时钟位置变化 1 小时的轴向距离计算公式为：

$$L=PI*D/12tga$$

式中： $D$ 为管径，mm； $a$ 为螺旋焊缝与管道轴向的夹角。

如果在软件中发现相邻几根管段的螺旋焊缝与环焊缝交点的时钟位置都比较接近，这时需要准确确定已开挖环焊缝的精确交角的时钟位置。在现场配合卷尺，利用以下数值可精确确定交点的时钟位置。环焊缝时钟位置变化 1 个小时的环向长度，计算公式为：

$$L' =PI (D+2d)/4$$

式中： $d$ 为防腐层厚度，mm。

## 6. 结束语

东北管道管体存在大量螺旋焊缝缺陷，内检测后开展管体缺陷修复工作。通过对内检测缺陷修复工作一般流程的介绍，讨论了开挖单的制作及相应注意事项，给出了现场误开挖时的处理流程及两个实用数值，指出对今后国内管道内检测缺陷修复的开挖定位工作的指导性意义。