

管道缺陷的非焊接修复套筒

姜修才 李计川 于龙飞 汪 锋 闫 鹏

国家油气管道应急救援廊坊队

一、研发创意

腐蚀、剐蹭、磕碰引发的非泄漏性管表金属损失缺陷是油气管道最常见的一种缺陷类型，该类缺陷如不及时修复，将会发展成穿孔、爆管，乃至着火爆炸的风险事故。该类缺陷的处置通常采用更换新管、局部焊接补板和包焊 B 型套筒等的焊接救援方式进行永久维修，这些方式都涉及焊接作业，一方面油气管道的焊接要求专业性要求高（尤其是补板和 B 型套筒要求油气管道不停输的带压焊接，需要做高规格带压焊接工艺评定）；另一方面，换管对管道的影响成本过高，补板、B 型套筒的焊接意味着动火，很多在役油气管道的动火作业审批办理难度较大，这就急需开发一种针对非泄漏管表缺陷的非焊接修复方式。

二、成果简介

对于非泄漏管表缺陷的非焊接修复，“环氧树脂套筒”是一种可适用的维抢修方法，但常规环氧树脂套筒对开横缝通常为现场动火焊接组合式或是临时胶封环缝组合式，无法应用或难于操作。本成果通过优化对开环氧树脂套筒结构，在其横向和环向加装临时橡胶条密封，以及通过设计手段预给横向/环向凸台撑起机构，提升环氧树脂的注脂均匀性，使得环氧树脂套筒的安装、作业和修复补偿强度得到了最优解，完全实现免动火式修复抢险维修作业，并提升施工作业的可操作性，形成了新型非焊接修复套筒。

三、技术特点

为满足管道缺陷的非焊接式修复需求，对环氧树脂套筒进行了优化设计，具体做了如下三方面的提升改进：

（1）将环氧树脂套筒的横缝由动火焊接改为非动火对开式的耳板+螺栓紧固结构

对开耳板+螺栓的紧固结构，与管道腐蚀剩余的本体及固化后的环氧树脂，三者共同来承受管道内压力，树脂套筒的厚度可基本按照原管道材质壁厚取值。耳板+螺栓的结构类似于管道上临时用于堵漏的对开式卡具，但因其包裹的非泄漏的管道，内部基本不承受内压力，而是对传递来的膨胀箍紧力进行束缚，故耳板厚度、宽度等结构尺寸可远小于对开卡具。

（2）通过在上下壳体两端预设骑跨限位凸台，从结构设计上便利后续注脂的均匀性

环氧树脂套筒的注脂操作环节是非常重要的，其施工的好坏决定着环氧树脂安装的总体质量，现实中常常由于注脂间隙不均匀、树脂固化过程出现局部“缺肉”等问题，严重影响环氧树脂套筒的维修可靠性。为此，从环氧树脂套筒的结构设计上就约束保证后续安装套筒的间隙均匀，如将传统的用螺栓调节间隙方式，改为在套筒环向两侧预设均匀间隙限位凸台，其凸台骑跨至管道上后周向壳体尺寸一致，且可提前根据待修复的管道变形量，预给 5%~20%的凸台垫起高度，更易于现场安装。

（3）注脂过程的密封性采用主动加装橡胶密封胶条来实现

为了将管道本体与套筒连为一体，需要在套筒钢壳与管道本体间灌注环氧树脂，通常的套筒两端的环向缝隙要用软胶泥弥合固化后作为临时密封，横缝焊接不需要单独进行密封，现场涂抹胶泥难以保证均匀性、密封性，且胶泥固化时间较长（一般大于 12 小时）。为此，从机械设计角度可以借用橡胶密封胶条压缩的方式进行密封，在横向耳板和环向限位凸台的下部预开胶条槽，安装时装入胶条，借由螺栓紧固即可，简化了安装操作工序，提升了作业效率。

四、实践应用成效

新型设计的非焊接修复套筒，在 2022 年 5 月—2023 年 10 月期间，分别在广东揭阳储备库站内管道的维抢修装备招标中成功推广应用 2 套 $\phi 813$ 规格新型变结构环氧树脂套筒，在新疆塔里木油田地面工程管道腐蚀维修中分别完成了 3 处 $\phi 406$ 和 15 处 $\phi 610$ 规格的新型变结构环氧树脂套筒的施工应用。扩大了原有套筒的应用范围，降低了操作难度，为油气管道缺陷应急救援提供了一种非动火式抢维修方法，应用施工更安全。

五、代表性图片

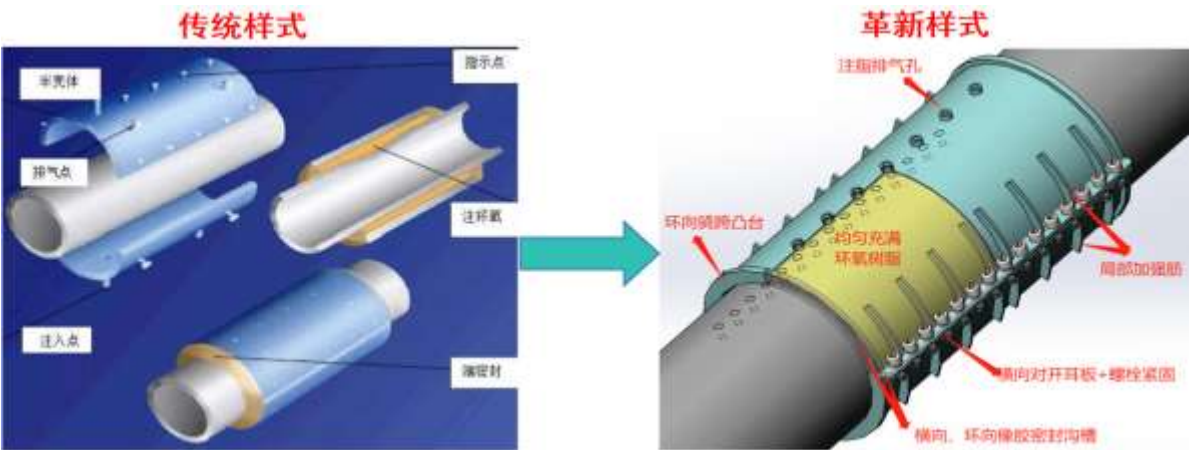


图 1 传统样式与革新设计样式的新型非焊接修复环氧套筒整体结构对比



图 2 现场安装新型非焊接修复套筒



图 3 新型非焊接修复套筒安装防腐后的现场状态

六、成果联系人

姓名：姜修才

联系方式：13933940065

地址：河北省廊坊市开发区四海路 18 号

