

涂覆燃气管新型无损伤管钳的研制

□ 港华投资有限公司 (518026) 廖瑶 文习之

摘要: 在环氧树脂涂覆燃气管道安装施工中,使用普通牙型钳口金属管钳会对管道涂层造成刮花损伤。本文所研制的一种新型无损伤管钳,可在不损伤涂覆层的前提下完成管道安装,经使用,携带轻便、安装高效。

关键词: 环氧树脂 燃气管道 无损伤 管钳

Development of A New Nondestructive Pipe Wrench for Epoxy Resin Coated Gas Pipeline

Liao Yao, Wen Xizhi Hong Kong and China Gas Investment Co., Ltd.

Abstract: In the installation construction of epoxy coated gas pipeline, the use of ordinary tooth type metal tongs will cause scratching damage on pipeline coatings. A new nondestructive pipe wrench, which can complete pipe installation without any damage, and it has been proved portable and efficient in the practice.

Keywords: epoxy resin gas pipeline nondestructive pipe wrench

1 引言

目前,镀锌钢管作为常用的燃气立管和室内管在国内十分广泛,但随着管道使用年限的增加、新建燃气工程多采用沿外墙敷设入户的设计,管道腐蚀的问题日益凸显。燃气经营企业面临日益严峻的管道腐蚀、燃气泄漏的用户安全管理问题。

综合考虑燃气立管的预制质量、机械强度、施工及补修便捷性、抗老化性能及造价等因素,燃气公司选用宽边管件连接双组份环氧树脂涂覆防腐管道,可有效解决地上燃气工程管道的腐蚀问题,从本质安全上杜绝泄漏事故的发生^[1]。但在实际施工安装中,使用普通牙型钳口式金属管钳会对管道涂层产生刮花,损伤比例接近100%,图1为普通金属管钳安装效果

图,因此安装完成后须进行防腐补漆,不仅降低了管道防腐的整体性和有效性、也提升了施工成本。



图1 普通金属管钳安装效果图

2 管道损伤机理

2.1 管道材质

涂覆燃气管道(双组分环氧涂覆钢管)由钢管本

体、热镀锌层和环氧树脂层组成^[2],图2为其剖面图:



1—钢管本体; 2—热镀锌层; 3—环氧树脂层

图2 涂覆管剖面图

环氧树脂层是惰性有机聚合物涂层^[2], 抗腐蚀能力较强, 其技术参数见表1:

表1 环氧树脂涂覆层技术参数

序号	项目	质量指标
1	成分	环氧树脂、丙烯酸
2	外观	色泽均匀、无气泡和气孔、无流挂、无龟裂、无露铁、没有波纹状缺陷及凹凸缺口
3	厚度 μm	75 ~ 120
4	铅笔硬度	$\geq\text{H}$
5	附着力(级)	≤ 1
6	抗冲击 $\text{kg}\cdot\text{cm}$	≥ 70

涂覆层为非金属材质, 且厚度极浅, 硬度显然远低于金属钳口。

2.2 安装工具及操作

安装工具: 安装时, 常使用普通牙型钳口式金属管钳。由于燃气管道密封性要求高、安装所需力度大, 钳口的齿牙会深深地扎进管道的外壁, 破坏管道涂覆层;

安装操作: 由于管钳与管壁是多点接触、而非面接触, 夹持受力稳定性差, 工人安装时管钳未完全固定便开始加力安装, 致使管钳在管壁上易发生打滑刮削。

3 方案构想

拟研制一把新型管钳, 可在不损伤涂覆层的前提下完成管道安装。对新型管钳的结构进行以下构想, 图3为其相应的结构示意图:

构想一: 采用与管道相贴合的两个金属圆弧曲面

作为卡管器, 卡管器内侧安装保护垫, 并使用螺钉将两者固定;

构想二: 在两卡管器的一端设置销接。另一端给予挤压力, 且为避免保护垫磨损后卡管器相抵触, 设计一定的锁紧时间隙角度;

构想三: 下卡管器与受力把杆采用齿合式搭接的外连杆结构, 上卡管器与受力把杆采用连杆连接。形成局部杠杆, 将手对把杆的力转化成高倍数的卡管器对管道的作用力。

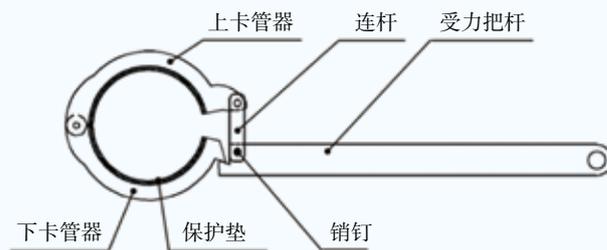


图3 新型管钳结构示意图

4 方案设计

根据结构草图, 对各部件的主要形状及参数进行表2所示的分解。

表2 新型管钳结构分解

序号	部件	主要参数
1	卡管器	外观形状
		材质
		弧度 (α)
		基本尺寸: 曲率半径, 宽度, 厚度
2	保护垫	基本尺寸: 长度, 宽度, 厚度
		材质
		固定螺钉
3	受力把杆	外观形状
		材质
		基本尺寸: 长度
4	连杆	材质
		基本尺寸: 长度, 宽度, 厚度
		销孔直径
5	销	样式与规格

以DN25管径涂覆管管钳为对象，根据香港中华煤气工程学院提供的以下数据作为扭力是否足够的判断标准，详见表3。

根据以下整体思路确定最佳设计方案：

第一步：依据方案构想及示意图进一步完善外观形状；

第二步：根据部件的功能需求选定材质；

第三步：根据经验得出各部件主要尺寸参数，使用结构应力分析软件确定。

4.1 卡管器设计

4.1.1 外观形状设计见表4

4.1.2 材质设计见表5

表3 涂覆燃气管道安装标准化扭力

管道尺寸	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN80
安装标准化扭力 (Nm)	60	80	100	120	140	180	200

表4

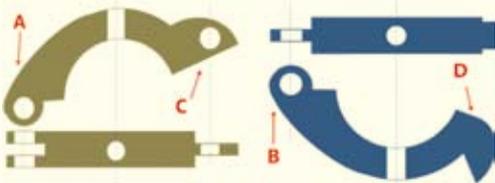
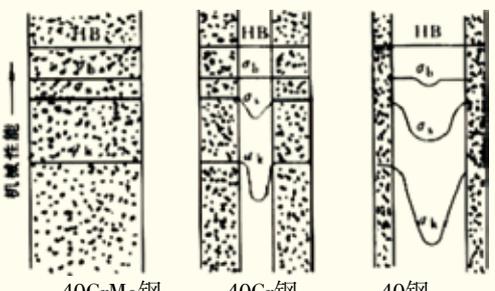
依据	在示意图方案的基础上，进一步确定上、下卡管器各部位的形状。
方案分析	<ul style="list-style-type: none"> 上、下卡管器销接部位（A、B处）：设置成往外延伸的抛物线形状，扩大销接处的面积，从而保证上、下卡管器销接处具有足够的宽度承受相应的拉力，且耐用。 上卡管器与连杆连接部位（C处）：为避免操作时连杆与卡管器相抵触，通孔孔位相对靠外。 下卡管器与把杆搭接部位（D处）：搭接面设计一定的倾斜角度，且其宽度接近于卡管器宽度，防止安装时把杆滑脱。
结论	<p>图4为上、下卡管器基础形状：</p>  <p>图4 上卡管器（左）、下卡管器（右）形状图</p>

表5

依据	<ol style="list-style-type: none"> ①较高的强度与硬度； ②组织均匀，避免因应力集中产生解理断裂； ③为保证产品耐用性，需具备一定耐疲劳性。
方案	备选材料：40CrMo钢；40Cr钢；40钢；
分析	<p>选择原理：</p> <ol style="list-style-type: none"> ①综合考虑材料铸态性能与热处理后性能。 ②对于含碳量基本一致的碳钢，铸态力学性能往往差距不大，主要差别在于热处理性能。较典型的即是材料淬透性。 <p>图5为三种材料在850℃淬火后的组织形貌（图片来自网络）。可知，随着材料淬透性的差距，各材料外表面与芯部组织均匀性差别较大。其中，40CrMo钢组织最为均匀，因此其综合力学性能最佳。</p>  <p>图5 备选材料淬火后组织形貌</p>
结论	确定40CrMo钢为卡管器材质。

4.1.3 弧度 (α) 设计见表6

4.1.4 基本尺寸设计

- (1) 曲率半径设计见表7
- (2) 宽度设计见表8
- (3) 厚度设计见表9

4.1.5 卡管器尺寸参数汇总

对以上分析结论进行汇总, 见表10。

4.2 其他部件设计

采用与卡管器参数相似的确定方式, 对保护垫、受力把杆、连杆、销的各项主要参数进行分析、确

表6

依据	①如图6, 为防止安装时保护垫磨损变薄后上下卡管器相互接触, 设立锁紧时间隙角度, 1/2间隙弧度β与卡管器弧度α互补; ②实现扭力最大化。
方案分析	对卡管器部分进行受力分析, 可推导出角α与卡管器的受力关系, 即 $A \cdot \frac{\alpha(1-\cos\alpha)}{(2-\sin\alpha)} \geq 1$ (左式越大, 所产生的扭力相对越大), 设 $f(x) = \frac{\alpha(1-\cos\alpha)}{(2-\sin\alpha)}$, 使用MATLAB绘制函数图图7, 得出当α取2.77时f(x)值最大, 能产生的扭力相对最大。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="331 842 678 1196"> <p>图6 卡管器弧度分析</p> </div> <div data-bbox="726 842 1428 1196"> <p>图7 卡管器受力分析函数图</p> </div> </div>
结论	取弧度α=2.8。

表7

依据	此处指卡管器内径, 其大小应等于DN25管道半径与保护垫厚度之和
方案分析	<div style="text-align: center;"> <p>图8 卡管器内径计算图</p> </div> <p>图8所示, $R_{内}=r_{管}+d_{垫}$, $r_{管}=17\text{mm}$; 取$d_{垫}=3\text{mm}$, 故$R_{内}=17\text{mm}+3\text{mm}=20\text{mm}$</p>
结论	卡管器内径 $R_{内}=20\text{mm}$

表8

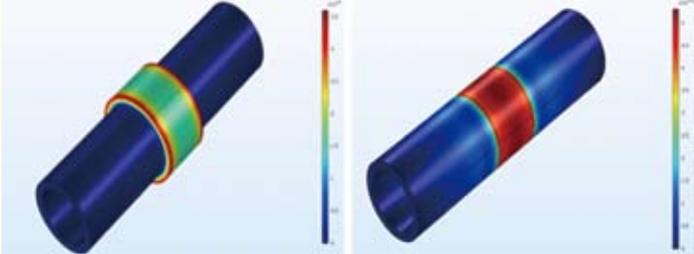
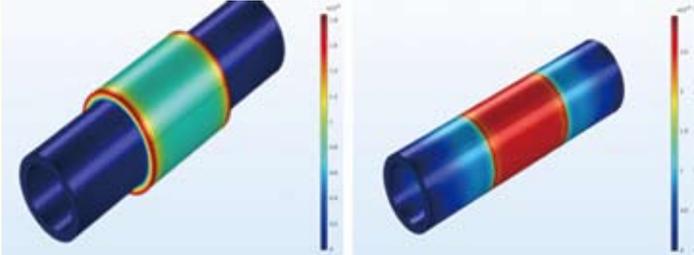
依据	①避免因压强过大而破坏涂覆层； ②轻量化原则。
方案分析	取1.5倍标准扭力即150Nm计算， $F_{压} \times \mu \times r_{管} = T$ ， $\mu = 0.4$ ， $r_{管} = 17\text{mm}$ ， $T = 150\text{Nm}$ ，计算得 $F_{压}$ 约为 $2.2 \times 10^4\text{N}$ ，使用有限元分析软件ANSYS分别对宽度为24mm和12mm（其表面积分别为： $S_1 = 2.18 \times 10^{-5}\text{m}^2$ ， $S_2 = 1.09 \times 10^{-5}\text{m}^2$ ，故压强 $P_1 = F/S_1 = 1.01 \times 10^3\text{MPa}$ ， $P_2 = F/S_2 = 2.02 \times 10^3\text{MPa}$ ）的卡管器施力过程进行数值模拟，图9、图10为模拟效果图。 <div style="text-align: center;">  <p>图9 D=24mm卡管器受力模拟效果图</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>图10 D=12mm卡管器受力模拟效果图</p> </div> 可知，在同等大小载荷作用下，宽度大于12mm时，涂覆管表面所受应力大小及其表面变形程度随着卡管器宽度增大呈线性降低趋势，且变形量可忽略不计。
结论	通过参考经验尺寸及外观因素，选定24mm为最终卡管器宽度。

表9

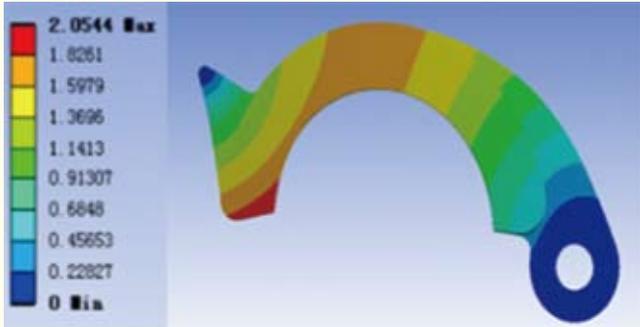
依据	①避免因厚度过低，而造成卡管器受力断裂； ②轻量化原则。
方案分析	根据经验与以上依据，分别对厚度为4mm、6mm及8mm的卡管器进行瞬态结构数值模拟测试，可知，在相同载荷条件下（ $360 \times 1.5 \times 12 = 6480\text{N}$ ），卡管器抗弯曲能力随着厚度增加呈线性增长。图11为卡管器厚度H=8mm受力模拟效果图。 <div style="text-align: center;">  <p>图11 卡管器厚度H=8mm受力模拟效果图</p> </div>
结论	H≥6mm时，弯曲变形量可忽略不计。通过参考经验尺寸及外观因素，确定8mm为最终卡管器厚度。

表10 卡管器尺寸参数汇总表

部件	参数	结论
卡管器	外观形状	见图4
	材质	40CrMo钢
	弧度 (α)	$\alpha = 2.8$
	基本尺寸	内径 $R_{内}=20\text{mm}$; 宽度 $L=24\text{mm}$; 厚度 $H=8\text{mm}$

定, 见表11。

5 方案实施

根据以上选定的最佳方案, 进行管钳尺寸完善和加工图绘制, 并生产、组装, 见表12。

根据以上方案设计及实施过程, 对DN15、DN20、

表11 管钳其他部件主要参数确定

部件	参数	选择依据	结论
保护垫	基本尺寸 (长度、宽度、厚度)	1.保护垫长度应与上、下卡管器内侧圆弧长度相等; 2.保护垫宽度选择应与卡管器宽度一致; 3.保护垫厚度应适中。	保护垫长度为56mm 保护垫宽度为24mm 保护垫厚度为3mm
	材质	具有环保、强度大、摩擦系数大、耐磨性能佳。	材质选择尼龙片基带
	固定螺钉	能防止保护垫磨损后固定螺钉与管道涂覆层接触而刮花涂覆层。	材质选择尼龙螺钉, 规格M5*20
受力把杆	外观形状	能最大限度地发挥连杆局部杠杆的作用。	 图12 把杆外观结构
	材质	具有一定的强度以满足安装需求, 具有一定的韧性以避免产生解理断裂。	ZG45
	基本尺寸	把杆长度应适宜, 过短时安装不省力, 过长时易产生变形以及携带不方便。	长度 $L=25\text{cm}$
连杆	材质	具有一定的力学性能, 无特殊要求。	45#钢
	基本尺寸	根据受力把杆和卡管器的尺寸参数及销孔的位置选择, 计算得出连杆的长度参数, 连杆宽度与厚度的选择应便于销的安装与固定。	长度、宽度、厚度分别为58mm、14mm、6mm
	销孔直径	连杆端部能承受安装最大应力, 符合理论机械性能。	销孔直径为6mm
销	样式与规格	销属于易磨损部件, 需表面光滑、不易生锈, 且应拆卸方便, 便于更换。	M5*27和M5*30规格的不锈钢带槽销轴

表12 新型管钳设计、加工、组装

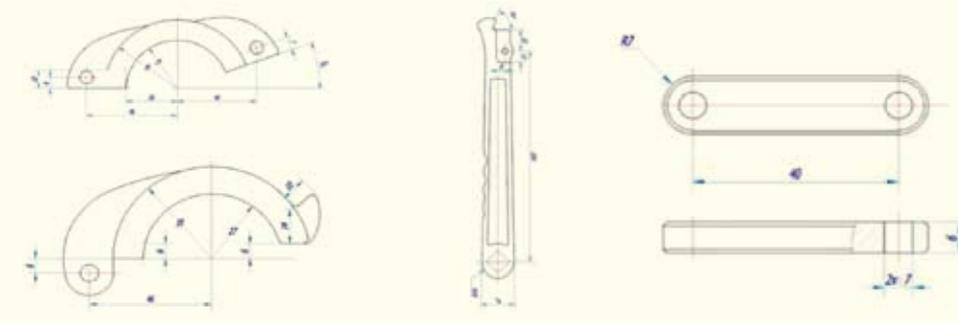
实施项目	效果图		
	卡管器	受力把杆	连杆
1.尺寸完善与加工图绘制			

图13 管钳各部件加工尺寸图

(续表)

实施项目	效果图
2.管钳部件加工、制作	 <p style="text-align: center;">图14 管钳各部件半成品</p>
3.管钳组装	 <p style="text-align: center;">图15 管钳组装成品</p>

DN25、DN32、DN40、DN50共6种型号管钳进行设计、生产和组装。



图16 6种型号管钳成品

6 方案实践效果

在某地级市新建民用燃气工程现场进行新型管钳

的安装试用，试用期为1个月，总计安装334户立管，并对使用效果进行检查记录，见表13。

经检查统计，无一处刮花损伤情况，可将安装过程中对涂敷燃气立管的刮花损伤率从100%降低至0%。图17、图18为普通管钳与无损伤管钳安装效果对比图。

7 总结

新型涂覆燃气管道专用无损伤管钳，能同时满足具有足够扭力来安装管道的功能需求和不刮花损伤涂覆层的性能需求。经过试用，同样适用于普通镀锌管，不对镀锌层产生任何损伤。使用本新型管钳安装燃气管道，可大大降低安装成本费用，有效保障燃气管道的寿命，降低燃气系统的安全隐患，是丝接管道安装领域的技术性革新。

表13 新型管钳现场安装统计

序号	地点	立管编号	户数	刮花损伤处数
1	恒大城二期	4栋4-01	22	0
2		4栋4-02	22	0
3		4栋4-03	22	0
4		5栋5-01	23	0
5		5栋5-02	23	0
6	保利中景花园二期	10栋10-01	18	0
7		10栋10-02	18	0
8		11栋11-01	18	0
9		11栋11-02	18	0
10		11栋11-03	18	0
11	碧桂园太阳城四期	3栋3-01	21	0
12		3栋3-02	21	0
13		3栋3-03	21	0
14		4栋4-01	23	0
15		4栋4-02	23	0
16		4栋4-03	23	0
合计			334	0



图17 普通管钳安装效果图



图18 新型无损伤管钳安装效果图

参考文献

- 1 查四喜, 岑康等. 燃气立管防腐涂层优选试验研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2017; 29(2): 132-138
- 2 中国城市燃气协会. 宽边管件连接涂覆燃气管道技术规范 CGAS001—2016 [S]. 2016-02-24

安全管理消息

下水管竟是燃气管道泄漏的“元凶”

2017年12月22日, 新疆天富天源燃气公司维修工黎兴国对新疆石河子市11小区109栋因漏气维修的用户进行了回访, 回访检查安全。

2017年12月20日, 石河子市11小区109栋一住户的朋友到其租住的出租屋来玩时, 进门就闻到了天然气的臭味, 该住户闻闻也好像是。于是, 他们就拨打了新疆天富天源燃气公司值班电话进行了报修。维修工黎兴国第一时间就赶到现场, 进门就闻到了天然气的臭味。经了解, 用户家未开通天然气, 承租户用的是液化石油气罐, 当时液化石油气罐的角阀也关紧了, 从哪里来的天然气呢? 经过仔

细检查, 漏点找到了。由于该住户是二楼, 在二楼室外天然气管道进入户内的水平管道上面有一个锈蚀点, 手指一扣, 漏的就更厉害了。随即, 黎兴国就关闭了该楼栋的阀门。当天, 经过维修人员重新焊接处理, 该栋楼又恢复了供气。

造成进户天然气管道锈蚀的原因: 用户家洗菜池下面的排水软管没有直接通到地漏里, 而是排在洗菜池下面的水池中。由于水平天然气管道就在洗菜池上面, 洗菜池下日积月累的水花飞溅, 十多年后腐蚀了燃气管道, 致使管道漏气。

(周运贵 涂春红)