

油气长输管道长距离水域隧道管道安装施工技术要点及质量安全管理

孙浩天 刘旭 孟婉玉 张宇欣 范晨 杜勃
北京兴油工程项目管理有限公司 北京 100000

摘要: 油气长输管道在建设过程中会不可避免地存在穿越河流情况, 考虑到环保要求以及穿越位置的安全要求, 在设计阶段一般会选择顶管的方式进行管道穿越, 近年来对于由于地方政府出于水源地保护、环保的考虑, 对于长距离(本文中指超过500m穿越长度)的水域穿越也优先考虑采用顶管方式施工。

关键词: 油气长输管道; 质量安全管理; 技术措施; 长距离水域隧道管道安装

油气长输管道在建设过程中会不可避免地存在穿越河流情况, 考虑到环保要求以及穿越位置的安全要求, 在设计阶段一般会选择顶管的方式进行管道穿越, 近年来对于由于地方政府出于水源地保护、环保的考虑, 对于长距离(本文中指超过500m穿越长度)的水域穿越也优先考虑采用顶管方式施工。

1 主要施工方法及管理重点

当前长距离水域隧道内的管道安装主要有以下两种形式: ①管道在始发井内焊接、发送, 通过接收井内牵引设备, 将管道通过滚轮发送至顶管隧道内部。②管道在地面进行预制, 在顶管始发井、接收井井壁钻孔, 根据穿越主管道的长度, 用挖掘机挖出发送沟, 与工作井相连接。采用吊装方式, 把穿越管段放到发送坑内, 采用定向钻机配合多台吊管机进行管道安装。本文中针对第二种管道安装方式进行重点阐述。

采取第二种方式管道安装时, 受到建设单位施工进度要求、施工单位施工组织能力, 以及施工位置的地质、环境、管道长度等因素的影响, 对于水域隧道管道安装质量控制与安全管理主要有以下几个方面的重点:

(1) 管道预制过程对于焊接、无损检测、防腐等工序的质量管理; 目前长输管道使用内焊机+双焊炬外焊机采用GMAW焊接工艺进行焊接; 穿越位置焊口无损检测采用100%全自动超声波检测(AUT)+X射线数字成像检测(DR)进行检测; 防腐一般采用采用粘弹体胶带+聚丙烯胶粘带结构, 采用手工方式进行补口施工。(2) 管道回拖施工包括发送沟开挖、管道就位、管道滚轮支座安装、管道回拖等。回拖过程应当首先对于牵引力进行核算, 确认回拖过程回拖头与管道连接的焊缝是否能够承受相应的牵引力; 其次对于管道就位过程最大重量进行确认, 确认使用的起重机械规格、数量以及现场站

位; 再次对于管道回拖过程中的套管磨损、管道与套管摩擦力采取措施进行确认; 最后对于滑轮支座与管道固定的螺栓力矩进行核算。

(3) 管道安装整体施工过程中主要存在起重作业、施工现场临时用电、切割焊接作业、射线作业、管沟开挖作业、防腐作业等, 施工过程涉及的作业类型多、交叉作业多、野外施工不确定因素多, 施工前应当组织在技术、管理两方面进行风险分析, 并制定风险应对措施, 对于存在多个单位进行同时施工的情况组织做好现场的统一指挥调动^[1]。

2 管道安装施工过程的技术要求与质量管控措施

2.1 管道预制施工

2.1.1 焊接施工

目前全自动焊接一般采用内焊机根焊的焊接工艺, 由于焊接工艺规程对于焊接工艺参数, 尤其是对于坡口加工、组对工艺参数的精度要求高, 例如在西气东输西线施工过程中全自动焊接工艺规程中的坡口面角度: $\beta = 5^\circ \pm 1^\circ$ 、 $\alpha = 45^\circ \pm 1^\circ$; 钝边(P): $0.8 \pm 0.2\text{mm}$, 对口间隙(b): $0 \sim 0.5\text{mm}$ 。目前全自动焊接坡口加工一般采用机械化坡口加工机, 具有加工坡口的精度高等优点, 但使用过程中需要定期对于坡口加工机进行参数调整, 一旦坡口加工超出精度要求, 将会导致出现连续、同类型的焊接不合格缺陷^[2]。管道组对过程中由于对口间隙小, 吊装组对过程难免会出现管口磕碰情况, 造成坡口形状的变化。焊接前若对于坡口未进行处理, 会增加出现根部缺陷的可能性。

全自动焊接对于焊机参数稳定性要求高, 焊接时由于弧焊电源特性, 起弧位置将会不可避免地存在电流参数过高的情况, 各种型号的焊机电弧稳定时间均有规定, 超过规定时间的异常参数过高, 将会导致热输入超

过焊接工艺规程要求,从而导致出现焊接缺陷。所以对于焊接设备施焊过程中参数稳定性的实时检查,将有利于焊接质量控制。

全自动焊接对于焊工要求与以往手工焊接不尽相同,对于全自动焊接焊工应当具备以下能力:首先焊接人员应当具备通过观察熔池状态,进行焊接设备调整的能力^[3];其次对于焊接机组转场以及焊接的壁厚出现变化时,焊工应当具备进行焊接参数调整以及对于新参数的适应。对于焊工焊接合格率统计对于提升焊工操作技能、控制机组焊接合格率具有重要意义。

2.1.2 无损检测

采用AUT检测进行环焊缝检测,需要探头与钢管表面进行良好的耦合,但是由于钢管出场制管焊缝余高打磨不到位、焊接完成后表面飞溅打磨不到位、以及管材运输、布管过程中管材表面损伤等问题将会导致检测出现耦合不良、检测灵敏度下降问题。其次对于AUT检测系统性能校验对于检测准确性会产生较大影响,对于灵敏度校准,在每班检测前、检测过程中和检测工作结束后每隔2h或扫查完10道焊接接头之后(以时间短者为准),应利用对比试块进行校验。检测轨道边缘距焊缝中心线距离必须满足要求,若出现轨道安装位置不满足要求情况,将导致检测图谱焊道扫查不满足工艺规程情况,影响缺陷检出率。数字射线检测不同于传统的射线检测,数字射线使用计算机进行图像评定,重点应当对于图像质量、焊缝外观进行控制,每次检查前检查焊缝周围存在杂质影响透射,其次应当进行图像质量验证。

对于无损检测的质量管理主要有以下几个方面:一是对于无损检测设备定期校准、每日检测前校准进行抽查,未按照要求进行校准、验证的检测结果应当全部重新检测;二是对于检测结果进行“多评多审”,AUT、DR检测均为近年来新出现的检测方式,且无损检测结果评定存在一定主观性,与评定人员的专业技术水平有很大关系,通过多次评定审核,能够最大程度降低漏评、错评情况。

2.1.3 防腐施工

水域隧道管道安装完成后,一般会采用套管内注浆进行填充,正式投入使用后检修难度大,对于管道防腐补口施工过程的施工质量管理提出了更高要求。防腐补口时首先应当重点关注管体处理情况,灰尘度、锚纹深度应当符合工艺规程要求;其次防腐完成后电火花检漏对于防腐质量的检查必不可少,一旦发现存在漏点,应当立即组织进行修补;最后对于防腐层的剥离测试也是一个重点质量控制点,检验补口是否满足强度要求,进

行剥离测试应当严格按照规范要求进行,确保测试能够真实反映防腐质量^[3]。

对于防腐施工的质量管理主要有以下几个方面:一是对于关键工序进行现场见证,如剥离试验、电火花检漏过程应当进行全程见证,确保防腐质量检验过程真实、有效。二是规范表面处理检查、防腐作业人员和防腐材料的进场质量管理,由于当前的对表面除锈采用机械化除锈设备,故对于施工过程质量检查人员的管理至关重要,施工单位应当制定相应的管理制度,用于考核、规范人员的检查行为;防腐底漆涂刷、防腐带安装过程为人工操作,对于人员操作熟练程度,以及对于工艺规程的掌握要求较高,对于防腐施工人员的上岗前培训、考试等应当进行严格管控;采用粘弹体+聚丙烯外护带形式进行焊口防腐,防腐材料当前为施工单位自行购买,防腐材料质量可能存在未能达到设计要求的情况,对于材料到场之后质量检查以及第三方送检应当进行重点监督。

2.2 管道回拖施工

2.2.1 牵引力核算与回拖设备选择

长距离管道进行回拖,需要确定的牵引力大小,为选择回拖设备提供数据支持。牵引力计算主要考虑以下数据:首先是对于每米管道重量进行确认,为了计算的精准,应当将钢管质量与管体外防腐层进行分别计算后求和,根据管道长度得到管道总体重量。其次应当对于管道滚轮支座数量以及重量进行计算,与管道重量求和后得到安装管道的总体重量,根据设计提供的摩擦力系数进行的管道整体摩擦力计算,得出回拖力大小。考虑到牵引时瞬间摩擦力较大,应当按照设计要求取安全系数计算最大回拖力。

为保证回拖过程的回拖力能够满足要求,对于回拖设备的选择时应当进行冗余考虑,回拖设备额定回拖力大小应当至少大于计算值的0.8倍-1倍,避免在回拖过程中出现设备回拖力不足的情况。

考虑回拖头、管道本身及焊缝部位的是否能够承受回拖设备的最大拉力,回拖头应当选择与管道本体材质相同的材料,根据项目焊接工艺评定试验报告中的拉伸试验断裂最小强度以及管道受力面积计算出管道能够承受的最大拉伸力,计算数据应当大于回拖设备最大的回拖力,否则应当采取分段回拖等方式进行施工,避免造成管道本体及焊缝的损伤。

2.2.2 起重重量确认

管道吊装充分考虑管道重量以及使用的吊装设备数量,对于管道下沟过程为多台设备联合吊装作业,应当

按照吊装设备80%起重能力进行吊装能力计算,同时考虑设备在沟上的站位,综合考虑设备数量与吊装能力,最终确认吊装设备数量。回拖过程需要多台吊管机同时吊装作业,起吊重量大、安全风险较高,应当提前对管沟承载力进行核算,确认设备安全距离。

2.2.3 套管磨损、管道与套管摩擦力确认

管道滑轮支座与套管以及发送沟的摩擦系数对于管道回拖过程的牵引力大小将产生的影响,其次由于发送沟内为土壤,套管内可能由于顶进过程存在的偏差,存在错台等情况,且回拖过程会造成隧道内套管的损伤。需要对于回拖巷道采取措施进行平整,同时达到保护效果。考虑采用钢板对于隧道内和发送沟进行铺设,材料选择时应当充分考虑材料强度,避免由于强度不够导致钢板变形,导致牵引力增大。同时为进一步减轻回拖过程牵引力以及对于管道本体、焊缝的拉伸力,可采取隧道内注水,利用浮力减轻管道自重,降低摩擦力与牵引力。

2.2.4 滑轮组与管道固定确认

管道滑轮支座安装需要考虑对于管道本体防腐层的保护,一般会要求在管道与滑轮支座之间增加胶皮保护。回拖过程牵引力大,若滑轮支座紧固不到位,将会导致回拖过程支座松脱、造成管道支撑不均匀,以及位移对于管道本体防腐层的损伤。为避免类似情况出现,应当根据前期得出的回拖基础数据,通过计算得出管道滑轮支座固定最小螺母力矩,同时为提高螺栓紧固可靠性,施工安装过程采用双螺母固定后测量力矩,满足核算要求后对螺母进行焊接固定,确保支座固定牢靠,满足回拖要求。

2.2.5 质量控制措施

管道回拖实施前首先应当对于技术方案进行审核,重点对于上文提出的技术要求点进行审查确认;其次是对吊管设备、吊管人员、回拖设备等进行现场验收确认,人员资质与机械设备性能应当满足要求;最后是对管道回拖前防腐层以及滑轮支座固定情况进行检查确认,保证施工前各项技术措施与方案一致。

3 管道安装施工过程的安全管理

3.1 主要安全风险

管道安装过程中涉及的施工机组多,现场施工技术工种也较多,施工机械种类多、数量大,还容易发生危险品泄漏和大型吊装事故。作业过程的安全管理主要包括以下几方面重点:一是施工过程中作业机组为流水作业,需要频繁的更换位置,对于现场的临时用电、手持

工器具、现场安全警示的管理也将造成的极大的挑战,施工单位应当建立起完整的管理体系,以确保流水作业过程中机组更换作业位置后的安全条件确认得以有效实施。二是施工过程中的涉及的机组数量多,且长输管道焊接、防腐施工具有距离长的特点,将会存在施工单位项目部对于各个机组的施工作业内容未能及时了解,对于新增的风险未能提前进行辨识并制定措施的情况。三是作业过程中将会存在多个单位交叉作业的情况,对于同一位置作业的安全管理责任划分,以及责任落实至关重要,否则将存在管理漏项,造成严重后果。

3.2 安全管理措施

对于上述安全风险采取有效管理措施均能有效提升作业过程安全状况,主要从以下3个方面加强管理:一是施工单位应当结合施工特点编制各专业的岗位操作指导书,规范各岗位作业人员的现场作业过程;落实好专职安全管理人员的管理责任,对于作业现场实施检查应当形成检查记录。二是对于编制的技术方案进行充分的可行性论证与计算,证明方案的可实施性,实施前进行全面的技术交底,实施过程中对于关键工序进行重点管理。三是重视多个单位的同时作业的协调管理,组织各单位签订安全管理协议,划分安全管理职责,注意不能形成管理空挡。施工现场设置专人进行现场统一管理,避免出现指令不一致情况。

4 结论及建议

油气长输管道水域隧道穿越近年来在趋向于长距离、高难度的方向发展,对于管道安装尤其是管道就位回拖的施工难度将会更大,安全风险也将更高,施工前的技术方案编制以及论证,对于施工风险管控具有更加重要的意义。近年来油气长输管道在国家的大力支持下,建设里程已超过20万公里,对于穿越水域隧道的管道安装积累了大量的施工经验供后续施工参考,施工前总结以往施工经验后制定施工方案将会对于管道安装施工提供更多施工方法,进一步提升水域隧道管道安装的质量安全管理水平。

参考文献

- [1].曾喜喜,赵云胜.油气长输管道工程施工风险管理[J].安全与环境工程,2011,18(2):72-76.
- [2].赵赏鑫.油气长输管道工程自动焊施工的技术准备要点[J].油气储运,2021,40(12):1410.
- [3].王鹏.油气长输管道防腐施工质量关键点分析[J].全面腐蚀控制,2019,33(6):45-46.