

城市燃气工程施工中的质量控制与技术要点

李党辉

中石油昆仑燃气有限公司扬州分公司, 江苏 仪征 211400

[摘要]城市燃气工程是城市的基础设施的重要部分,其施工质量直接影响到公众的安全以及管网正常工作,在文中对城市燃气工程质量控制的意义进行了论述,分别对施工材料和设备的质量控制、施工全过程中重要工序的质量控制、质量检查及信息化管理、常见的质量问题及相应的处理方法进行介绍。其中管材、管件进场检查、管道焊接与连接工艺、防腐与补口施工、强度与严密性测试是质量控制的重点,根据目前的相关规定和实际情况,提出一些有效的质量控制对策,供城市燃气工程的质量管理借鉴。

[关键词]城市燃气工程;质量控制;焊接工艺;防腐技术

DOI: 10.33142/aem.v8i3.19431

中图分类号: TU996

文献标识码: A

Quality Control and Technical Points in Urban Gas Engineering Construction

LI Danghui

Yangzhou Branch of PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Yizheng, Jiangsu, 211400, China

Abstract: Urban gas engineering is an important part of urban infrastructure, and its construction quality directly affects the safety of the public and the normal operation of the pipeline network. This article discusses the significance of quality control in urban gas engineering, including quality control of construction materials and equipment, quality control of important processes throughout the construction process, quality inspection and information management, common quality problems, and corresponding solutions. Among them, the inspection of pipes and fittings on-site, pipeline welding and connection processes, anti-corrosion and joint repair construction, strength and tightness testing are the key points of quality control. Based on current relevant regulations and actual situations, some effective quality control measures are proposed for reference in the quality management of urban gas engineering.

Keywords: urban gas engineering; quality control; welding process; anti-corrosion technology

引言

随着城镇化的快速发展以及能源结构的变化,城市燃气工程的数量日益增多。而燃气管道是输送易燃易爆物质的一种特殊设备,如果在施工过程中出现质量问题,则容易造成管道泄漏甚至爆炸等严重事故。近年来我国燃气管道事故发生率居高不下,在所有燃气管道事故中由于材质问题、焊接不合格或者腐蚀造成的占很大一部分比例。所以总结城市燃气工程施工质量管理的相关内容就显得尤为重要。

1 城市燃气工程质量控制的重要性

城市燃气工程由于其隐蔽性、安全性、复杂性等特点,在管道敷设过程中大部分位于地下,完工后不易检查其内部情况,而任何一个质量问题都会成为日后安全隐患;另外燃气本身的易燃易爆性也对工程质量提出了非常高的标准,如果出现漏气现象,会造成能源浪费,严重时还会

引起火灾、爆炸等危险情况的发生。因此,燃气工程施工期间的质量管理十分重要,它能有效避免管道投入使用之后出现跑、冒、滴、漏等问题的发生,从而延长整个管线的使用寿命并节省后期维护费用。从系统论看,施工质量是工程本质安全基础,后期运营管理不能代替先天不足。据资料显示,我国近年来发生的燃气管道事故中有超过四成是因为施工质量问题导致,而且焊接问题、防腐层损坏以及管材问题占前三。每一次燃气事故发生都意味着有质量管理不到位的地方,在施工过程中提高1%的质量成本可以降低未来运维成本大约在8%~10%,所以把质量管理前置到施工阶段,做到全面、可追溯的质量管理才是从根本上预防燃气事故的方法。

2 施工材料与设备质量控制

2.1 管材及管件进场检验标准

管材、管件是燃气工程基本组成部件,它们的质量好

坏直接影响整个管网的安全性。根据 TSG D7006—2020《压力管道监督检验规则》以及 GB/T 51455《城镇燃气输配工程施工及验收标准》的规定,施工单位必须做好材料进场报检工作,材料到场后要分批进行报检并按比例取样送检,钢管到场检查主要看外径偏差、壁厚均匀性、椭圆性和长度,而壁厚要用超声波测厚仪检测多个点,PE 管材还要检查氧化诱导时间、熔融指数以及静液压强度等。监检人员在施工现场对管件进行抽查壁厚检测,查看其质量证明书、出厂合格证以及进场验收记录等,保证其来源可追溯性。如表 1 所示,是管材和管件进场验收主要项目和要求。

表 1 管材及管件进场检验项目与技术要求

检验项目	技术要求	检测方法	抽检比例
钢管外径	偏差不得超过 $\pm 0.5\%$	游标卡尺	每批次 5%
钢管壁厚	偏差不得超过 $\pm 0.3\text{mm}$	超声波测厚仪	每批次 5%
PE 管氧化诱导时间	$\geq 20\text{min}$	DSC 差示扫描量热法	每批次 1 组
PE 管熔融指数	与出厂值偏差 $\leq \pm 20\%$	熔融指数仪	每批次 1 组
管件几何尺寸	管件几何尺寸	量具检测	每批次 3%

2.2 防腐材料与焊接材料验收

防腐材料以及焊接材料验收也是材料管理的一个方面。防腐材料是外防腐层涂料、补口热收缩带、阴极保护用阳极材料等,到货后需检查其型式检验报告、出厂合格证及其有效期。焊接材料如焊条、焊丝、焊剂等,应按牌号、批号分别堆放,焊条药皮不得受潮脱落,焊丝表面应无油锈。对防腐涂层材料应测试其附着力、耐冲击性和电气强度等是否符合设计文件规定。根据相关施工质量验收标准,焊接材料进入施工现场后,应按批号取样做熔敷金属性能复检工作,合格才能使用。对热收缩带补口材料,应该检查其胶层厚度、热熔胶软化点以及剥离强度,而剥离强度不应低于 70N/cm;防腐涂层材料应在有效期内使用,过期材料必须经过重新检测合格后方可在非承压区使用;阴极保护所使用的牺牲阳极材料需检查其开路电位及实际电容量,镁阳极开路电位应在 $-1.50\text{V} \sim -1.55\text{V}$ 之间;所有的验收记录都应归档到竣工资料中以便查询。

3 施工全过程关键工艺控制

3.1 沟槽开挖与管基处理技术

沟槽开挖是燃气管道施工的第一步工作,也是最基础的工作,对整个工程的质量起着决定性的作用,沟槽断面尺寸要依据管径大小、土壤条件以及覆土厚度来决定,而槽底宽度则要保证有足够的空间用于管道敷设以及人员活动。在开挖时要注意控制好槽底标高,不能出现超挖的

情况,如果出现超挖要用砂砾石进行回填并夯实。在管道入沟之前要先对沟底进行检验,把其中的石头、坚硬物体清理干净,如果是岩层或者较硬的土质地带,则需要铺设 200mm 厚砂垫层作为管基。回填要在完成管道安装并且检查完毕防腐层之后才能开始,回填物中不得含有砖头、冻土块等硬质物品,管道周围 200mm 内要用细砂或者细土进行回填并且分层夯实,其密实度要大于等于 90%。沟槽开挖边坡坡度应按土质确定,一般黏土为 1:0.33~1:0.5,砂土为 1:0.75~1:1.0,在沟槽开挖深度大于 5m 时应进行边坡稳定性验算。雨季施工应有排水设施,槽底不得有积水,当沟槽内地下水位高于槽底时应采取井点降水措施,且降水深度应低于槽底 0.5m 以上,管道安装前应检查沟槽中线和高程,误差不大于 $\pm 20\text{mm}$,保证管道位置正确。

3.2 管道焊接与连接工艺控制

焊接是钢质燃气管道连接主要方法,也是质量控制重点与难点。而焊接接头一般由焊缝区、热影响区以及母材区三部分组成,在焊缝两侧是热影响区,其宽度约在 10mm 左右。不同部位对焊接接头力学性能、耐腐蚀性和抗裂性有着较大影响,焊缝区主要是 α 相,晶粒尺寸在 15~25 μm 之间;热影响区部分晶粒尺寸大于 100 μm ,晶粒粗大是导致焊接接头耐蚀性下降主要原因。焊接之前需做焊接工艺评定,以保证焊接参数合理。同时焊工必须持证上岗并且所从事工作应在证件范围内。焊接过程中应注意层间温度,每道焊缝完成后应清理焊渣并进行外观检查,不允许有裂缝、气孔、咬边等缺陷。PE 管连接可使用热熔或者电熔的方法。热熔焊接需注意加热温度、熔合压力以及冷却时间,焊接表面要光滑平整,翻边要均匀饱满。电熔焊接之前需要清除氧化层,插入长度要合适,在通电期间不能移动管材。对于钢管焊接,在气温低于零度的情况下应该在焊接前给钢管预热,预热温度一般在 100~150 $^{\circ}\text{C}$ 之间,预热范围应在焊缝两边各扩展 50mm 以上。焊后还要缓慢冷却,防止由于降温太快造成脆化而导致冷裂纹的出现。焊缝外观检查合格后,应根据设计文件要求的百分比进行射线或超声波无损探伤,发现超标缺陷焊缝应进行返修,同一焊缝返修不超过 2 次,返修后应再次进行无损检测。焊接记录应包括焊工号、焊接工艺、环境温度等以及检测结果并存档以备查。

3.3 防腐与补口施工质量要点

防腐层完整性是保证钢质管道长期安全运行的重要因素,在外防腐层施工之前应对管体外表面进行除锈,除锈等级须达到 Sa2.5 级。防腐层厚度要一致,不能有气泡、

针孔等缺陷,在涂敷之后还要用电火花检测仪进行检查,检测电压根据防腐级别而定。补口是防腐层中最薄弱的地方,需要使用热收缩带或者液态环氧涂料进行补口。补口之前要清除焊缝两边各 50mm 处的防腐层,然后除锈到 St3 级。补口搭接宽度不得低于 100mm,热收缩带安装以后要用火焰枪给它加热,使胶料融化溢出。对于沿海地区的特殊土壤条件,埋地管道受到高盐分、干湿交替以及杂散电流的作用下易发生腐蚀现象,因此给管道涂覆防腐涂层或者使用牺牲阳极进行阴极保护可以降低其腐蚀程度。

3.4 管道吹扫、试压与置换技术

管道安装、补口完毕后需进行吹扫和试压工作。管道吹扫一般使用压缩空气作为介质,吹扫气流速度要大于 20m/s,吹扫压力不得超过管道的设计压力。公称直径等于或者大于 DN100mm 的钢管可采用清管球进行清扫,清管器接收筒和发送筒之间不能有住宅区或其他建筑设施。吹扫合格的标准是在排气口放置一块白布或者刷上白色油漆的木片,连续吹扫 5 分钟观察,没有铁锈等杂质。强度试验及严密性试验是对整个管道系统的检查手段。强度试验的压力:钢管为 1.5 倍的设计压力并且不得低于 0.4MPa;而 PE 管为 1.5 倍的设计压力;稳压的时间:钢管不得少于 4h;PE 管不得少于 1h,无渗漏即视为合格。严密性试验压力为 1.15 倍设计压力,稳压 24h,允许压降不大于 1%,如果有泄漏,要先泄压后再处理,在管端封头前方不得有人,管道严密性试验干燥合格后,在投入生产前还要进行气体置换工作,置换时先用惰性气体置换空气,再用天然气置换惰性气体,惰性气体一般选用氮气,置换时管道内的气体流速不能超过 5m/s,直至排出气体中的含氧量小于或等于 2%,即视为合格。

4 质量检验、验收与信息化管控

4.1 隐蔽工程与焊缝无损检测

隐蔽工程验收是施工过程中质量控制重要环节。所有被回填以后无法看到工程均为隐蔽工程,如管沟开挖尺寸、管基处理、管道焊接、防腐补口、管线隐蔽穿越等。隐蔽之前施工单位需提前 24h 以书面形式告知监理工程师,未经验收不得隐蔽。焊缝无损检测是检查焊缝是否存在缺陷最有效方法。对于设计压力大于 0.4MPa 钢质燃气管道,其焊缝需进行 100% 射线照相检验或者超声波检验。射线检测等级不得低于 AB 级,检测结果必须达到 II 级合格。如果在检测过程中发现有超过规定值缺陷,则需要对其进行修补,但是一个焊缝最多只能修补两次。

4.2 强度试验与严密性试验标准

强度试验、严密性试验应严格按照有关规定进行。在

试验前应制定专门方案,规定试验用水或者用气、压力等级、安全措施以及合格标准等。一般情况下宜采用清水作为试验介质,在地形高差较大或者气温较低地区可采用压缩空气作为介质但是必须采取有效安全保障措施。强度试验主要是对整个管网系统承受能力及其接口部位进行检验;而严密性试验主要针对管网系统是否泄漏情况进行检测。只有这两项试验都达到规定要求才能进行管道回填和通气工作^[1]。根据 GB/T51455—2023《城镇燃气输配工程施工及验收标准》规定,强度试验的压力为:钢管是 1.5 倍的设计压力并且不得低于 0.4MPa,而聚乙烯(PE)管是 1.5 倍的设计压力^[1]。稳压时间钢管不少于 4h,PE 管不少于 1h,以无渗漏、肉眼观察无压力降为标准。严密性试验应在强度试验合格后进行,试验压力为 1.15 倍设计压力,稳压时间为 24h,允许压力降 $\Delta P \leq 1\% \times$ 试验压力且不大于 133Pa,在试验期间应采用精度不低于 0.4 级压力表,量程为试验压力的 1.5~2 倍,表盘直径不应小于 150mm;如有泄漏不得带压处理,在泄压到零后方可修理,修理完毕后再次进行试验。冬季试压应做好防冻工作,水压试验后应及时将管内积水排除以防冻坏管道。所有试验数据应及时做好,有监理、施工方签字认可,是竣工验收主要依据。

5 常见质量缺陷、安全预防与应急处置

5.1 焊接缺陷类型分析与防治

焊接缺陷是燃气管道施工中最常见问题。主要缺陷类型为裂纹、未熔合、未焊透、气孔以及夹渣等^[2]。而管道焊接接头腐蚀则具有隐秘性和突然性,在其出现时往往会造成严重后果。由于材料或焊接接头缺陷而导致的管道破坏所占比例很大,在美国占比高达 50.5%,而在欧洲和加拿大这一比例分别为 42.4% 和 35.3%。焊缝裂纹产生原因主要有焊接应力大,焊材与母材不相容或者冷却速度快等原因造成;解决方法有焊前对焊件进行适当的预热处理,控制每道焊缝之间的温度以及焊后缓慢冷却等方法^[3]。未熔合和未焊透主要是由于焊接参数选择不合理或者操作不当造成的,需要经过工艺试验找到合适的焊接参数然后严格遵守。气孔形成是由焊条未烘干或者湿度过大引起,在潮湿天气下应做好防风、防水工作。

5.2 防腐层损伤与管道沉降处理

防腐层损伤主要是由于运输、搬运以及回填造成的,对损伤处要立即修补,修补范围要比损伤边缘向外扩展 50mm,修补后防腐层厚度及电火花检漏电压要达到原有防腐层标准。管道沉降一般是因为地基处理不当或者回填土压实不够造成的。预防措施有夯实沟底、管基铺设砂垫

层、分层回填并逐层夯实。已经出现沉降的管道要根据沉降程度判断是否可以继续使用,如果不能则需要开挖纠正或者加设支撑墩等方法解决。对于大于等于 10mm 的防腐层破损部位要用与之相同材料补伤贴片焊接修复,检漏电压为 5kV/mm。管道累计沉降量超过 50mm 应立即停气检查,找出原因并且加固后方可通气使用。

6 结语

城市燃气工程施工质量控制是系统工程,包括材料、施工方法、检查验收、管理等各个方面。本文对材料进场检查、焊接工艺控制、防腐施工、压力试验以及防止缺陷等内容进行总结归纳。经验表明,严格把控管材进场检查工作、合理应用焊接工艺方法、做好防腐层检查工作、加强强度和严密性试验是保证燃气工程质量的重要手段,在施工中要以预防为主、过程控制为原则,实现从材料到场

到交工全过程的质量管理。只有把质量管理落实到每一个施工环节上,才能使燃气管网正常运行,保障人民生命财产安全。

[参考文献]

- [1]王菁洋.城市燃气工程施工中的质量控制与技术要点[J].城市建设理论研究(电子版),2024(17):133-135.
 - [2]李娟娟,王寒冰,齐建涛,等.沿海城镇天然气管道焊接接头腐蚀与防护的研究进展[J].腐蚀与防护,2024,45(11):69-76.
 - [3]彭燕华.城市燃气工程施工中的质量控制与技术要点[J].中国房地产业,2025(27):210-213.
- 作者简介:李党辉(1981.7—),男,毕业院校:河南城建学院,专业:建筑环境与设备工程,就职单位:中石油昆仑燃气有限公司扬州分公司,职务:副总,职称:中级。