

# 天然气管道安装技术浅析

季冰

中石油昆仑燃气有限公司山东分公司

**摘要：**天然气管道作为天然气输送的主要通道，其安装技术的优越性直接关系到天然气的安全、高效输送。因此，针对天然气管道安装过程中可能面临的挑战和难题，采用先进的安装技术成为解决问题、确保输送稳定基础方式。本文结合实际，对天然气管道的安装技术要点进行分析，分析表明通过规范采用施工技术、做好管道安装过程技术处理，能实现天然气管道的高效、精准安装，确保管道的稳固连接、无泄漏，并最大限度地减少环境影响。

**关键词：**天然气；管道安装；技术运用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.122

## 引言

天然气管道的安装技术不仅涉及工程施工和设备操作，更需要综合考虑地质环境、技术操作等多方面因素，以确保管道的牢固连接、无泄漏，同时减少对环境的影响。随着科技的进步和工程技术的不断创新，天然气管道的安装技术在不断更新，以适应不同地区需求。

本文将深入探讨天然气管道的安装技术，介绍管道的安装方法、为天然气输送提供可靠的保障。

## 一、天然气管道工程特点

天然气管道工程作为综合性和技术性的重要代表，集结了多学科交叉融合的特点，以及先进工程技术的应用。其综合性体现在多方面：首先，它涵盖了地质勘探、土木工程、机械设计、自动化技术等多个学科领域，需要在工程规划、设计和施工中综合考虑各种因素。其次，天然气管道工程涉及地理环境、社会经济、政策法规等多个维度，需要在复杂的背景下进行全面的规划和协调。技术性方面，天然气管道工程体现了高度的技术含量和创新性。在设计和施工过程中，需要运用先进的管道材料、焊接技术、防腐技术等，以确保管道的安全运行和长期稳定性。随着技术的不断发展，天然气管道工程也在不断引入智能化、自动化的技术手段，如远程监控、数据分析等，提高管道运维的效率和精确性。此外，跨越地理复杂性、适应不同气候条件等挑战，也要求工程技术具备高度的适应性和创新性<sup>[1]</sup>。

## 二、天然气管道安装技术

### （一）管材选用

在管材选择的阶段，必须进行全面的分析，考虑直径、壁厚、材质、焊接性能等多个方面，以确保管道的

正常使用。特别是在确定天然气管道的直径时，需综合考虑流量、流速等相关数据，结合介质压力、覆土厚度、荷载分布等因素，全面分析来确定最适宜的材质和壁厚等参数。在焊接材料的选择上，必须从母材的化学成分出发，兼顾机械性能和运行条件。对于相同类型管道材料的焊接，焊材性能应与母材基本相当；而异种钢材的焊接，应选择适合合金钢较低级别的焊接材料。焊条的完整性至关重要，不能出现损坏、脱落等严重情况；焊芯不得受腐蚀，受潮、损坏等情况的焊材严禁应用于工程中。例如，某地区天然气管网设计采用Q235材质，高压管网设计压力为PN=1.6MPa。严格选择和分析确保了管材的合适性，以满足天然气管道的安全稳定运行。

### （二）管道及附属设备的安装

（1）当前许多国家正在积极探索先进的焊接设备研发，其中包括自动化和机械化的焊接装置。这些设备通过采用流水线作业模式，显著提高了焊接效率和质量，并且实施了严格的焊接环节监督管理，有效消除了各种潜在的缺陷问题，从而全面提升了焊接水平。在焊接技术的不断发展中，关键在于采用模块化施工技术、闪光对焊技术、移动预制场以及引入先进的焊接机械设备。这些技术的综合应用保证了各个焊接部位的质量达标，有效地消除了质量缺陷问题。在管道敷设阶段，相邻管道应采用锯齿交错布置，且在组队前至少距离焊接接头1米的位置设置支撑结构，以保持连接的稳定性。同时，管道内壁必须进行彻底的清扫处理，以确保没有任何杂物残留，以免影响后续天然气的正常传输。在正式敷设管道之前，应进行地面预组装作业，以确保管道及其附件的连接稳定且牢固<sup>[2]</sup>。

（2）结合运输、吊装等机械设备的工作能力，必须根据现场的具体情况进行全面分析。在吊装阶段，每个管段的安装必须严格遵循牢固、可靠的标准，同时需要确保管道的挠度不超过长度的1/500。在组队环节，要避免强力对接，以防止产生过大的应力影响施工质量。如果管端出现轻微变形，应采用专业工具进行校正，严禁使用锤击等方法，以防止结构损坏；如果变形无法纠正，应切除变形管段，且管口圆度变形不得超过1%。在进行口对口焊接之前，必须对焊接部位进行充分加工处理，制作成适当的坡口形式。在内外壁焊接口位置的20mm以内，必须彻底清理污垢、锈蚀，确保没有任

何裂纹、夹层等缺陷问题。对接的管道中心线必须精确重合，各个部位必须达到平齐的标准。而在焊接具有相同厚度的管道时，必须将错边量控制在厚度的10%以内，且绝对不得超过1mm。

(3) 在完成管道的对接工作后，紧接着进行精准的找正处理，首先采用点焊的方法进行临时固定。根据不同管道直径的特点，确定点焊的数量，一般每处点焊的长度维持在8-12mm之间，而点焊的高度则应为壁厚的2/3，与正常焊接工艺完全保持一致。焊接管道时，务必确保底部达到稳定标准，切勿让管道在焊接施工过程中悬空，以免产生过大应力影响结构性能。为确保焊接效果，采用分层焊接的方式进行操作，多层焊接的结果需满足要求，并在层与层之间进行焊渣的彻底清理，以保证外观质量符合工程标准。在确认检查合格后，方可进入下一层的焊接施工，每道焊口需持续焊接，而相邻焊道之间应保持20-30mm的交错量，以确保焊缝的牢固性和质量。在露天焊接作业中，应严格采取适当的保护措施，以免外部环境的干扰影响施工质量。对于管道弯头的弯曲部位，应注意不设置对接焊缝，通常弯曲部位与焊缝应有100mm以上的间隔，以确保弯曲部位的结构稳定性<sup>[2]</sup>。

(4) 在进行钢板卷管对焊操作时，需要确保纵向焊缝的交错距离在100mm以上，并在焊缝部位严禁开孔进行管道连接。针对需要转变直径的管道，应采用偏心异径管进行连接，并确保连接后达到平齐的标准。如发现焊缝存在质量问题，应及时进行返修处理，但返修次数不得超过2次。同时，对于母材结构上存在的损坏问题，也需及时进行清理处理，以保证其表面光滑，对于深度超过0.5mm的缺陷，应立即进行修补。对于能够转动的管道，应采用转动焊接方式，以减少焊口的数量，并避免使用仰焊的方式。在焊接结束后，每道焊缝都必须标记焊工作业人员，通常标记位置应距离焊缝100mm。在穿墙的管道安装中，需要配置套管结构，确保套管口与墙体结构表面平齐，并保证套管的内径与管道的外径之间相差20-30mm，套管的内部间隙还需填充适当材料如棉绳等进行处理，以确保管道安装的稳定和牢固。

(5) 对于法兰连接部位，在进行检修时应谨慎进行拆卸，以避免损坏结构。此外，在设计连接部件时应尽量减少其数量，以降低渗漏的概率。通常在中、高压天然气法兰连接中，采用平焊方式进行施工，确保法兰表面平滑，无砂眼和裂纹，以保障连接的稳定性。在法兰和管道焊接过程中，密封面应与管道保持垂直设置，偏差角度需通过设备进行精确检测，以满足精准性要

求。法兰之间的连接必须处于同一轴线上，螺纹应保持完整无损，且螺栓孔中心偏差不应超过孔径的5%。螺栓连接应具备高度稳定性，螺母和螺栓的配合度应良好，各组件不得存在毛刺或损坏等问题。在螺栓安装后，扭矩应达到要求，使其松紧适中，同时紧固后的螺栓应露出长度为2倍螺距，以符合合格标准<sup>[3]</sup>。

(6) 法兰垫片的要求在于其柔韧性、抗老化性能、无分层和完整的表面效果，通常选用橡胶石棉板进行制作。为方便检查和拆卸，法兰一般不直接埋设于地下或套管内，以确保便捷的维护操作。在法兰与管道焊缝部位的连接中，与支架应保持至少200mm的距离，以避免互相影响并防止结构性能损失。常见于波形补偿器的组件，通常安装在气密性和强度试验经过合格的位置。波纹管的现场安装需确保安装方向符合设计方案要求，且应布置在球阀下方，以保证阀门的顺利拆卸和检修。结合天然气管道运行环境及气温等影响因素，需合理调节拉伸和压缩量，同时将支撑结构部件与波纹管一同安装于管道中。在支架稳定后，可拆除支撑结构，以不对后续管道运行和使用产生不利影响。

### (三) 管道分段耐压试验

施工完毕后，天然气管道将进行压力测试，以确保运行安全。压力表应精度达到1级以上，数量至少2块，分别安装于管道两侧。在地势变化明显的地方，基准压力应取决于最高点位的压力。吹扫管道长度限定在3km以内，压力控制在约0.1MPa，并逐步增加风速。调压设施不能与吹扫同时进行。水压试验压力设定为设计压力的1.5倍。对于试验压力在2-3MPa范围内的情况，应分两次升压至50%试验压力，保持30分钟。若未出现问题，可继续升压至试验压力并保持6小时。对于试验压力超过3MPa的情况，分三次升压至30%、60%和100%，保持6小时。压力下降不得超过2%，以确保管道无断裂、变形、渗漏等重大问题。通过上述检测后，进行气密性检查，试验压力设为设计压力的1.15倍，达到工作压力后保持24小时。若管道直径(DN) ≤ 300mm，压力下降应不超过1.5%。如超出标准，需排除漏气部位后重新检测。仅在合格后方可投入正式使用，以确保管道系统的安全可靠<sup>[4]</sup>。

### (四) 管道防腐施工

在天然气管道的安装过程中，常用的管道防腐材料主要包括环氧涂料、聚乙烯薄膜、聚乙烯胶带等，这些材料具有良好的防腐性能和耐候性。在实际施工中，通常采用多层防护的方式，以确保管道表面的完整性和耐久性。(1) 一般情况下，管道的外部表面采用环氧涂料进行涂覆，形成坚固的防护层，阻隔外界的湿气和

化学物质。内部表面则通常采用聚乙烯薄膜或胶带进行包裹,以防止管道内部介质的腐蚀。一般来说,外部环氧涂料的涂覆厚度应符合相关标准,通常为100-150微米,而内部聚乙烯薄膜或胶带的用量则根据管道的尺寸进行调整。为了确保防腐效果,通常会进行防腐材料的质量检验和涂覆效果检测。(2)喷涂方式一般采用喷涂机械进行施工,确保涂覆均匀且密实。在喷涂过程中,需要注意操作技术,确保涂层的质量和厚度符合要求。此外,还要根据管道的不同部位,选择合适的涂覆方法,例如对于管道弯头、法兰等特殊部位,可能需要手工涂覆或采用其他特殊技术手段,以确保防腐效果的全面覆盖<sup>[5]</sup>。

### 三、焊缝检查工作及形成焊缝缺陷与技术控制

#### (一) 焊缝检查工作及形成焊缝缺陷

在完成天然气管道焊接后,首先进行焊接部位表面质量检查,确保其不出现裂纹、未熔合、气孔、夹渣等缺陷。经过对以往焊接工作经验的分析,上述缺陷产生的原因如下:(1)未焊透。造成未达标的焊接效果的原因包括坡口加工不合理、钝角厚度过大、对口间隙较小、焊接速度过快、焊接电流偏低等。(2)咬肉。这个问题导致焊接部位厚度不符合要求,引发应力过于集中,进而影响焊接部件的强度。(3)气孔。气孔的产生可能与焊接速度过快、电流过大、焊条未经加热处理、焊接时摆动幅度不合理等因素有关。(4)夹渣。在多层焊接操作中,若现场未及时清理处理或焊条的药皮厚度较大、焊接摆动不合理,可能导致夹渣的问题。

(5)裂缝。裂缝的产生可能与焊缝内部杂质如硫、磷有关,或者是应力过于集中,冷却速度较快引发的结果。

#### (二) 焊缝成焊缝缺陷技术处理

(1)未焊透处理。在进行焊接之前,坡口的加工是至关重要的一步。确保坡口的加工合理,包括坡口的形状、尺寸和光滑度。同时,对口间隙的大小也需要适当控制,过大会导致焊接不稳定,过小则可能影响焊透效果。在焊接过程中,选择适宜的焊接速度和电流非常重要,这样确保焊缝充分融合,达到良好的焊透。

(2)焊接前的坡口加工需要特别细致,确保钝角的厚度符合要求,并且对口间隙适当。合适的钝角厚度有效地减少焊接过程中产生的热应力,从而降低焊缝变形的风险。对口间隙的合适选择也是关键,过大的间隙可能导致焊接不牢固,而过小则容易引发焊接咬肉现象。此外,选取适宜的焊接速度和电流同样重要,以确保焊缝的质量和稳定性。(3)气孔处理。在焊接过程中,过快的焊接速度或过大的电流可能导致焊缝质量下降,焊

接环节不稳定。因此,在焊接操作中,需要根据焊接材料的性质和厚度,选择适宜的焊接速度和电流,以确保焊缝的牢固性和均匀性。此外,焊条的加热处理也是关键,适当的加热处理提高焊条的可焊性和焊接效果。在焊接过程中,还需要注意摆动幅度的控制,适当的摆动减少气孔的产生,提高焊缝的密实性。(4)夹渣处理。焊接过程中可能会产生焊渣、氧化物等杂质,如果不及时清理,可能会影响焊缝的质量。因此,在焊接完成后,需要对焊缝表面进行彻底清理,确保表面干净、光滑。另外,焊条的药皮厚度也需要适当控制,过厚的药皮可能导致焊接质量下降,影响焊缝的牢固性。在摆动操作中,合理的摆动幅度同样重要,过大或过小的摆动幅度都可能引发夹渣问题,影响焊缝的完整性和可靠性。(5)裂缝。为了提高焊接质量,保证焊缝内部无杂质,选择使用高质量的焊接材料。此外,在焊接过程中需要控制冷却速度,避免过快的冷却可能引发裂缝<sup>[6]</sup>。此外,适当的焊后热处理也是减少裂缝产生的有效方法之一。因此,在施工时需要综合实际,加强热处理过程控制,缓解焊接过程中产生的应力,提高焊接接头的强度和稳定性,从而降低裂缝的风险。

### 四、结语

总之,天然气管道的安装技术在应用的过程中,通过充分的前期准备工作、合理的施工方案设计以及严格的施工操作,能够确保天然气管道的安装达到高标准的质量要求。同时,对于不同地区、不同环境条件下的天然气管道工程,安装技术需要因地制宜,根据实际情况进行调整和优化,以最大限度地确保管道的可靠性。

### 参考文献

- [1] 张文浩.天然气场站工艺管道的安装技术[J].化工设计通讯,2019,45(05):215-226.
- [2] 龚勋,许巍,万运华.天然气长输管道安装技术的要点分析[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(06):185-186.
- [3] 蒋婕,程圆晶,郑兴等.天然气长输管道安装工艺与措施探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(02):221-222.
- [4] 赵兼.天然气管道设计安装与运行维护探究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(23):147-148.
- [5] 王博.天然气工程安装要点浅析[J].化工管理,2017(21):116.
- [6] 聂斌,许婕,廖志.燃气管道完整性管理及技术进展[J].城市建设理论研究(电子版),2019(01):24.