

Key Points for Quality Control of Large-diameter High-density Polyethylene Pipeline Construction

Bin Jia

China Huanqiu Engineering Corporation Beijing Branch, Beijing, 100102, China

Abstract

High density polyethylene (High Density Polyethylene) for HDPE, HDPE extrusion compared with the traditional pipe, its chemical stability, alkali resistance, aging resistance, low friction resistance coefficient, HDPE manufacturing without heavy metal stabilizer, is an environmentally friendly material. Therefore, HDPE pipe in water supply and drainage, sewage, gas and ventilation engineering. This paper expounds the key points of preliminary planning and the rationality of the process, mainly analyzes the control points of the construction process of high-density polyethylene pipeline, and further verifies the importance of reasonable construction technology and effective quality control for the project, aiming to provide theoretical support and practical guidance for improving the construction level of large-caliber high-density polyethylene pipeline.

Keywords

HDPE pipe installation; hot melt welding; HDPE pipe pressure test; PAUT test

大口径高密度聚乙烯管道施工质量控制要点

贾斌

中国寰球工程有限公司北京分公司, 中国·北京 100102

摘要

高密度聚乙烯 (High Density Polyethylene) 简称HDPE, 采用HDPE挤出生产而成的管材与传统管材相比, 其化学稳定性强、抗酸碱性强、耐老化、摩擦阻力系数较低, 同时, HDPE的制造不添加重金属稳定剂, 是一种环保型材料。因此, HDPE管材在给排水、排污、燃气、通风工程中的使用愈发广泛。论文阐述了大口径高密度聚乙烯管道前期策划要点和工艺流程的合理性, 重点解析了大口径高密度聚乙烯管道施工过程的控制要点, 并通过实际案例分析, 进一步验证了合理的施工技术和有效的质量控制对工程的重要性, 旨在为提升大口径高密度聚乙烯管道施工水平提供理论支持与实践指导。

关键词

HDPE管道安装; 热熔焊; HDPE管道试压; PAUT检测

1 引言

论文根据 54 寸大口径地下 HDPE 管道安装经验, 结合现场施工工艺, 对影响施工质量的几个关键环节进行分析, 并提出具体控制方法。

2 管材采购及现场储运要求

2.1 管材采购

大口径 HDPE 管子及管件的订购协议, 应明确制造厂家外观、颜色和尺寸检验的要求, 并按规范进行静压强度、断裂伸长率、氧化诱导时间、溶体质量流动速率的抽样试验; 制造厂家应准备齐全所有质量检验文件, 随产品发货。

因 HDPE 管采用热熔焊连接, 管子与管件的椭圆度、壁厚、材质的匹配性要求较高, 在采购时应选择同一厂家的

产品; 一般地, HDPE 管道壁厚允差应小于壁厚的 10%。

由于大口径 HDPE 管道的热熔焊机的成本较高, 工程现场使用率相对较低, 操作的专业性要求高, 并且按照相关技术规程的要求, HDPE 管道的安装人员应经过培训, 热熔焊接操作人员应持证上岗; 考虑到工程现场实际情况, 施工承包商难以具备大口径 HDPE 管道的独立安装能力, 而进行租赁成套焊接设备、临时配置专业施工人员的方式, 一方面增加了施工成本, 另一方面对焊接质量有一定的影响。因此, 大口径 HDPE 管材的订购, 应考虑现场安装的成本, 将制造厂商现场安装及技术服务的要求纳入采购技术协议。

2.2 运输与储存

除另有说明外, HDPE 管子订购长度为 12m 或 17.5m, 公称外径 d1400 SDR17 的管子公称壁厚为 82.4mm, 大口径管材的运输、卸货、储存均应做好成品保护措施。

车载管子运输, 管子应以散装包装捆绑一体, 每层应有衬垫隔离, 保证每隔 3m 横向加固, 达到牢固、不产生变

【作者简介】贾斌 (1984-), 男, 中国辽宁营口人, 本科, 工程师, 从事工程技术类研究。

形；管件和法兰应装于木箱，并应包装以防止移动，同时，法兰密封面应加保护盖，以避免内部、外部表面的损坏。

现场管子卸载前，应准备平坦区域，地面无碎石、尖锐凸起处；一般地，管子常采用每隔3m设置枕木支垫并两边加斜楔的方式，保证水平，以防止变形；卸车过程中，宜用捆绑的方式，严禁尖锐、硬物直接受力管材造成表面损伤。

基于HDPE的特性，管道材料在25℃的室外存放时，应对其覆盖以防止紫外线、温度产生的变形。

根据大口径HDPE管材的现场保管经验，考虑其承载力要求，管子存放的码垛要求： $d400\sim d600$ ，层数 ≤ 3 ； $d700\sim d1000$ ，层数 ≤ 2 ； $d1200$ 及以上应为一层。

3 大口径 HDPE 管的焊接

HDPE管的焊接方式主要有对焊和电熔管箍焊两种方式，特别说明的是，采用对接形成焊缝的强度较高，且成本远低于增加电熔管箍焊接的方式。因此，当焊接、安装空间允许时，应选择对焊的方式；电熔管箍焊接方式应用于现场管道改装、修补及安装空间受限区域。

3.1 对接熔焊

热熔对接的基本程序：熔接准备，装卡并铣削管端面，熔接作业（图1）。



图1 电加热板插入，管端面吸热阶段

3.1.1 熔接准备

焊机准备步骤：成套设备就位后，必须保证所有金属导体接地；接通电源线，完成加热板、液压站电机、铣削刀的启动条件；设定加热板温度 $225^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；标准熔接压力 P_t 计算：

$$P_t = [0.15 \times \pi \times e \times (d-e)] / S (\text{MPa}) \quad (1)$$

式中： e ——管材壁厚，mm；

π ——圆周率；

d ——管材直径，mm；

S ——液压缸活塞有效面积， mm^2 ；

0.15MPa的压力系数取自德国标准DVS 2207-1。

3.1.2 装卡管材并铣削管端面

管材的装填是通过操作动卡套完成，管材放入动卡套和定卡套内，其端口伸出卡套端口的长度在100mm，管材就位后应将锁紧螺母旋紧；为防止螺丝损坏铣削刀具，固定

螺栓的侧面不应与管材端口的同侧。

铣削刀放入两个管材端面间并固定后，调整铣削压力值（等于拖动压力加1MPa）开始端面的铣削作业；当铣削至两侧出现完整不间断的带子时，可认定为满足端面接合要求，需调节控制阀至空挡，持续铣削10s即可停止铣削，确保铣削掉所焊管段端面的杂质和氧化层，保证两管对接断面平整、光洁。

铣削完成后，应复查熔接端口，两相错边尺寸不应大于壁厚的10%且 $\leq 5\text{mm}$ ；若有超过，应继续调整后再进行铣削。

3.1.3 熔接过程

热熔焊接过程中，关键的操作是在不同时间阶段下，系统压力的调整；热熔接过程分为五个时间阶段。

①预热阶段： t_1 ，用于形成熔融环，消除间隙，该时间段对应压力用 P_1 表示：

$$P_1 = P_0 + P_t \quad (2)$$

式中， P_0 为拖动压力，即使动卡套刚开始移动时的最小压力； P_1 为系统熔接压力，即闭合两个管材端面需要的压力。

②吸热阶段： t_2 ，使热量向管材端面内部渗透，使接口处的材料充分熔融，该时间段对应压力用 P_2 表示， $P_2 \approx 0$ ：

$$t_2 (\text{单位: min}) = \text{壁厚} (\text{mm}) \times 10 \div 60 \quad (3)$$

③加热板取出阶段： t_3 ，为减少热量损失，取出加热板后，两端面应尽可能快地融合， t_3 越短越好，并应保证：

$$t_3 \leq 3 + 0.01d \quad (4)$$

④焊接阶段： t_4 ，两个端面对接并熔融一体的过程，该时间段对应压力用 P_4 表示，对应压力：

$$P_4 = P_0 + P_t \quad (5)$$

⑤冷却阶段： t_5 ，对应压力 $P_5 \approx 0$ ；冷却的时间是一个关于管材壁厚的函数：

$$t_5 (\text{单位: min}) = \text{壁厚} (\text{mm}) \times 60 \div 60 \quad (6)$$

3.1.4 熔接过程中的质量控制

①考虑到热量散失对熔融质量的影响，热熔接施工应在 $-5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 环境温度范围内进行，管材两端应封闭以避免穿堂风，尤其在雨天，细小的水滴渗入端面间均会造成气孔，特别需要控制。

②管材组对检查时，应在其上、下、左、右方向进行，错边不应大于壁厚的10%且 $\leq 5\text{mm}$ ；有不齐，需松开夹具，重新进行调整；若管口失圆，可以通过在管内部设置液压支架调整。

③加热板温度及清洁度是保证熔融缝质量的关键因素。加热板温度测量时，测温枪应在至少3处加热板区域，保证其温度在 $225^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内；加热板表面应用专用的无尘布进行擦拭，并用荧光灯照射检查。

③在冷却阶段，采用自然冷却的方式，冷却过程中切忌再进行卸载、加压、移动等操作。

3.2 电熔管箍焊

电熔管箍为厂家配套,管箍两端均有通电接口,相比对接焊接方式,操作简单,按照厂家规定的技术文件进行电压控制、时间控制即可。对于大口径 HDPE 管,电熔管箍承插嵌入深度应严格按照厂家技术要求执行,两管端面的间隙应预留约 20mm,以保证伸缩量;在融合、冷却过程中,严禁移动,不得增加任何外力;另外,电熔管箍焊接操作应考虑环境温度的骤变产生 HDPE 管膨胀的影响。

4 管道预制、安装

4.1 管道预制

大口径 HDPE 管道对接焊配套使用的成套焊机设备,管道安装应充分考虑施工空间的影响,合理安排管段预制范围,在保证可运输、吊装的范围,管件集中的地方整体预制,缩减现场对接焊缝,并尽量减少电熔管箍连接的使用。

因 HDPE 管材受温度影响产生伸缩,以及在端口铣削、对接熔焊过程中尺寸的减少,根据施工经验估算,管子的下料应预留约 150mm。

4.2 管道安装

由于大口径 HDPE 管道固有的特性,在现场安装过程中,必须考虑诸多因素,如管材受温度影响产生变形明显,壁厚较大,易因受力产生变形、损失,维修、改造困难。论文作者总结大口径地下 HDPE 管道的施工经验与教训,管道的安装主要应从以下几点进行控制。

4.2.1 合理使用管材

HDPE 管材的下料应提前完成规划,施工前应按图纸及现场复测情况,汇总所有管段长度,并根据到货管材尺寸完成排版图,这样将尽量减少连接焊缝的数量,避免管材的浪费。

4.2.2 按序依次施工原则

不同于碳钢管道的焊接,HDPE 管材的组对、热熔接需要将两端管材放置于成套机架上进行,应保证至少一端管材可调动,因此,大口径 HDPE 管道的安装应从一端作为起始点,按序依次施工至终点。

4.2.3 规划现场焊口位置

一般地,为保证大口径 HDPE 埋地管道的抗浮要求,管道入管沟前应完成其基础混凝土垫层及沙垫层,为保证对接热熔焊的施工空间,现场焊口位置应预留,这样也将避免电熔管箍的使用。

4.2.4 合理使用电熔管箍

正如前述,基于电熔管箍价格昂贵、连接强度较对接焊缝低的缺点,应尽量减少其使用,但是,对于现场施工空间狭窄区域,应使用电熔管箍。另外,在存在大口径 HDPE 管道维修、改造施工的情况下,电熔管箍必不可少,因此,在采购时应根据实际情况对其数量酌情考虑,避免电熔管箍

的临时采购影响地下管道的施工进度。

4.2.5 保证焊缝质量

焊缝的检测包括外观检查及内部检测,目前常用 HDPE 对接缝内部检测方法为相控阵检测(简称 PAUT),无论是预制还是现场安装,焊缝应经检查、检测合格,方可进行后续施工;现场安装应及时进行焊缝检验,切忌存侥幸心理,不能在完成所有焊缝后再实施检测;否则,因焊缝缺陷进行的弥补工作将很困难,代价较大。

4.2.6 HDPE 管材变形控制

HDPE 管材的变形主要有两种类型:受温度变化产生的纵向伸缩,因承受载荷不均匀及温度骤变导致的扭曲。在现场地下 HDPE 管道施工过程中,应注意采取以下防变形措施:①落实管道在存放、吊装、倒运过程的成品保护措施,防曝晒、防磕碰损失、防受力弯曲。②选择合适的时间段进行管道的埋地敷设,保证管道在冷却状态下与土壤接触,避免温度骤变产生过大的拉应力。③分层回填作业,并进行回填土压实度的检测不低于 90%。④ HDPE 管道放置管沟中,对于无焊缝长度范围内的部分管段,应进行及时的回填土,以保障管道的固定。

5 管道压力试验

大口径 HDPE 管道在水压试验过程中,需考虑其用水量较大,试验结果易受气温影响,管内充水可导致 HDPE 管移动的不利因素。同时,因操作不当造成试验不合格带来重复进行水压试验的成本较高,因此,按照规范的要求,制定完善的试验方案,落实措施,提高水压试验的一次成功率尤为重要。

6 结语

总结大口径 HDPE 管道现场施工的经验与教训,对于提高施工效率和保证施工质量具有重要意义。确保 HDPE 管道安装质量的关键,应贯彻材料订购环节、现场焊接工艺、质量问题预防措施、施工质量检验与压力试验四大方面;根据高密度聚乙烯管道材质的特性,以及大口径管道现场施工的工艺流程及特点,通过选择合格的材料供应商以确保管道材料的采购质量,完善对供应商的技术服务要求以解决现场技术问题,保证焊接工艺的正确性以避免返工,优化预制、安装工序以有效控制质量,制定质量问题预防措施以减少返工,如此,在保证工程顺利进行,避免增加工程费用的情况下,有效地保证质量。

参考文献

- [1] CECS 282—2010 建筑排水高密度聚乙烯(HDPE)管道工程技术规程[S].
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 13663.2—2018 给水用聚乙烯(PE)管道系统 第2部分 管材[S].2018:2-13.
- [3] 山东斯玛特管道有限公司. 热熔焊机使用说明书[Z].2024:9-13.