

浙江省省级工法申报资料

隧道管廊及大口径管道安装施工工法

(工法文本)

2024 年 04 月 15 日

隧道管廊及大口径管道安装施工工法

1 前 言

随着石油化工行业的不断发展，各种管道、线路等设备的数量不断增加，传统的架空敷设方式已经应占地面积过大无法满足工业发展的需求。隧道管廊能够将各种管道、线路等设备集中敷设在城市地下、山体中间，提高了空间的利用效率，有效缩短设管道长度，便于设备的维护和管理。充分利用山体资源，建设穿山隧道综合管廊设施，减少土地资源的占用量，也是今后工业发展的的必经之路。隧道管廊作为一种重要的山体空间利用方式，将会得到越来越广泛的应用和发展，为社会和经济发展做出重要贡献。因此加大对穿山隧道管廊及大口径管道安装技术研究，有效完成受限空间中大量的施工作业，保证工程质量及吊装作业的有效性、安全性成为重中之重。

针对穿山隧道空间受限、安装复杂等特性，公司把穿山隧道管廊及大口径管道安装施工技术研究列为 2021 年度科研项目，通过对隧道管廊安装综合技术研究，为我公司以后的隧道管廊安装提供较大的借鉴价值。其中：大口径管托安装技术，形成的《一种管廊隧道内运输吊装管托的工装》获得实用新型专利证书，专利号：ZL 2022 2 2331477.0。

本工法以“大榭石化炼化一体化项目第二管廊隧道及工艺及热力管网钢结构安装项目”为载体，此项目厂区位于宁波北仑大榭太平山西侧，火炬设置在太平山东侧。隧道内设置管廊以连接火炬设施和厂区管网，隧道全长 775 米，隧道宽 11 米，高 7 米。本工法可以解决隧道内大量交叉作业、降低施工安全风险、提高工程施工效率及质量、降低施工费用。并可适用于城市地下

管廊等项目，拥有很大的推广空间。

本工法所涉关键技术于 2024 年 03 月 20 日在国家一级科技查新单位浙江省科技信息研究院进行了查新（查新报告：202433B2103472）经查新分析发现，本工法所述大口径管道安装技术在其他文献中未见述及，属国内先进技术。

2 工法特点

2.0.1 采用液压随车吊、50t 折臂吊解决了在隧道内空间受限，普通吊机无法进入的问题，且吊臂可以旋转折弯，解决了隧道内钢结构及管道的搬运问题，有效提高施工效率，节约人力资源。

2.0.2 采用自主研发的大口径管托安装技术，解决空间受限，大口径管道无法按照常规方案安装的难题，形成的《一种管廊隧道内运输吊装管托的工装》获得实用新型专利证书，专利号：ZL 2022 2 2331477.0。

2.0.3 选用抗硫焊材、氩电联焊、电加热消应力处理的技术，解决焊缝在硫化氢腐蚀环境下容易产生点蚀、氢脆、氢致开裂、硫化物应力腐蚀开裂等情况，避免因应力腐蚀导致管线发生穿孔、开裂、泄漏等安全事故的经济损失，保证了施工现场的安全。

3 适用范围

本工法适用于隧道、地下管廊及狭长受限空间内大口径管道及附属设备的安装。

4 工艺原理

4.1 吊装设备选型

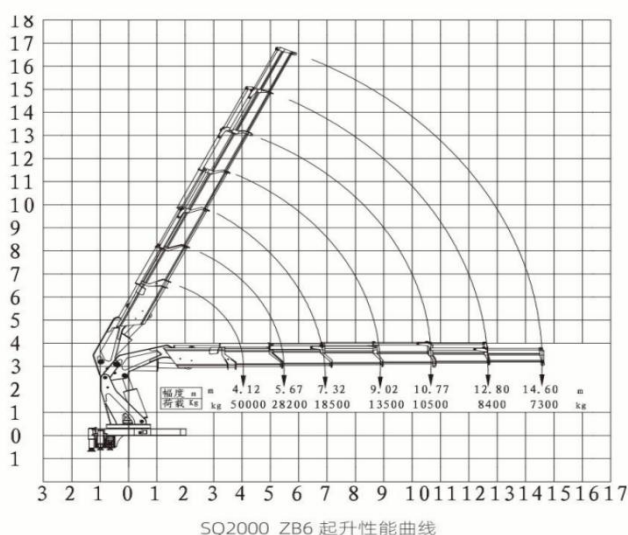
1、经过多方调研结合隧道内受限空间的特殊性决定采用特殊液压随车吊。液压随车吊采用 L 型主臂，能够在空间狭小的地段使用，且主臂可以通过液

压折弯。经过多台随车吊的现场试吊验证，50t 随车吊在主臂长度及角度方面能满足施工要求。

2、性能验算（隧道洞高约 7 米，洞宽约 11 米）

吊装高度：按起升最大高度 7 米，隧道顶部至管道顶部的距离为 7 米-3.5 米-1.8 米=1.7 米。根据液压折臂吊臂杆顶部至管道顶部控制距离为 1.3 米，小于 1.7 米，吊车吊装时高度不受影响。本项目最大工作半径为 10.77 米，最大管道为 DN1800 的管道，单根重量 8526k。

根据起升性能曲线，起升高度 7 米，幅度 10.77 米，吊装重量为 10.5 吨，大于管道重量 8526kg。因此 50 吨折臂吊满足在隧道内的吊装施工要求。



4.1.3-2 50 吨折臂吊起升性能曲线图

4.2 大口径管托安装技术：因受隧道高度的限制，第二层 DN1800 管管托不能按照第一层先放管托再放管道的顺序进行安装，在大口径管道安装后，采用自制运输吊装管托的工装，吊起管托用滑车组拖运到设计位置就位，解决了大口径管托在高度不满足常规吊装的情况下安装的问题。

4.3 抗硫化氢管线的焊接工艺

根据设计要求抗硫化氢的焊材选用大西洋的 SH（A）系列焊材，其代号见

下表 4.2.2-1。

表 4.2.2-1 焊材及代号

焊材制造商	焊接方法			
	SMAW	抗拉强度	GTAW	抗拉强度
大西洋	CHE427SHA	430~500	CHG-SHA	460~590

经研究，选择焊接线能量低易于进行焊缝气体保护的手工钨极氩弧焊进行打底焊，用较低焊接速度及焊接线能量输入的多层多道焊的手工电弧焊进行填充、盖面的焊接方法。这样既有效地降低了焊接层间温度，缩短了焊接接头在敏化温度区间停留的时间，降低了敏化温度对焊接接头的不良影响，同时又避免了焊缝氧化，保证了焊缝内部及表面成型质量。焊接工艺参数见表 4.2.3。

表 4.2.3 20#-H₂S 焊接工艺参数

层数	焊接方法	极性	焊接材料	直径	电流(A)	电压(V)	速度mm/min	线能量kj/cm
1	GTAW	DC+	CHG-SHA	Φ2.5	110~120	10~11	60~80	≤20
2	SMAW	DC-	CHE427SHA	Φ3.2	100~110	22~24	100~120	≤20
3-4	SMAW	DC-	CHE427SHA	Φ3.2	110~120	22~24	100~120	≤20

经专业机构抗 HIC、SSCC 检测和金相试验，焊缝组织均匀，晶粒细小，表面成型好，没有开裂现象，证明其具有良好的抗硫化氢腐蚀性能。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程：

施工准备→钢结构基础验收→管道与钢结构协同安装→管道焊接→DN1800 口径管托的安装→隧洞内大口径管道 π 型弯安装→大口径管道预拉伸→管道无损检测→管道焊缝热处理→管道试压吹扫

5.2 操作要点

5.2.1 施工准备

1、图纸会审

1) 根据设计院提供的图纸，组织各专业技术管理人员和经验丰富的技工认真核对、审图，发现问题及时做好记录。

2) 核查管道与其他专业设施的空间布置是否合理，及碰撞情况。

2、技术准备

1) 管道施工开始前，应由技术员对施工人员进行技术交底。

2) 向土建单位提出 π 弯安装部位预留吊车通道。

3、现场准备

1) 配电箱按施工需求提前放置到位，水源接通保证现场的用水需求，关键的路段满足吊车汽车通行需求，现场施工用工具房摆放到位，工机具气瓶笼子灭火器遮雨棚等就位。

2) 材料堆放场地要与业主沟通进行规划，对各专业的进场材料合理划分。

4、钢结构、大口径管道的到货顺序安排

1) 因隧道内空间受限，堆放场地有限，为了减少二次搬运，节约成本，大口径管道根据安装顺序，从防腐厂拉至施工现场后直接进行安装。

2) 编制以轴线为单位的钢结构到货时间，与大口径管道到货时间相配合。

3) 大致到货顺序是最北侧的钢结构立柱、横梁到货，一层大口径的管道管托到货，一层 DN1800 管道到货，一层其他管道到货。管道到货后要求南侧的钢结构立柱和主梁到货。最后二层管道从北侧至南侧管道先后到货。

5.2.2 钢结构基础验收

1) 钢结构基础验收主要关注基础表面平整度和垂直度、基础尺寸、基础

标高、预埋件的规格、数量、位置、是否锈蚀损伤及基础排水设施检查。

2) 特别关注 π 弯安装部位是否预留足够的吊车通道站位的空间。

5.2.3 大口径管道与钢结构协同安装

1、考虑管段长度、折臂吊的吊装能力及施工现场受限的空间，将隧道管廊以 π 弯为界，划分施工段，进行分段施工，施工段划分见图 5.2.3-1。

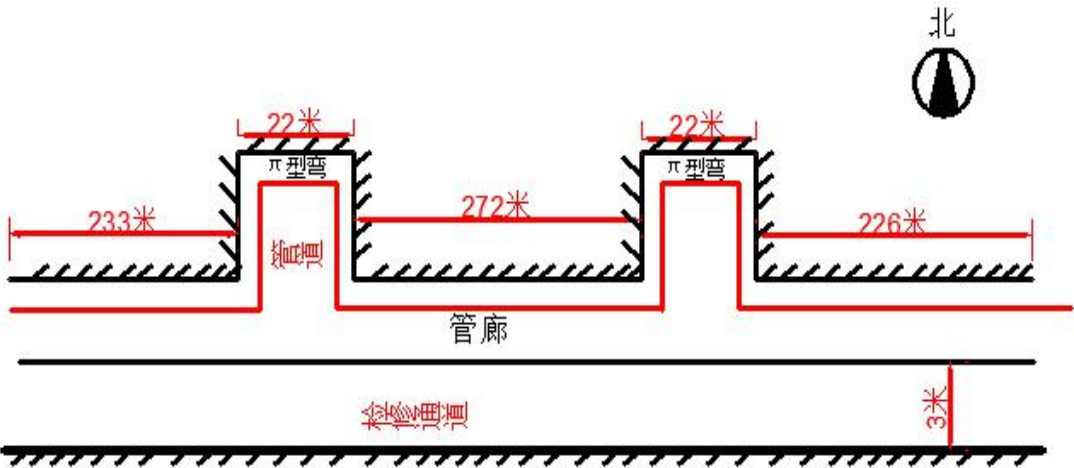


图 5.2.3-1 施工段划分

2、经设计深化，管廊截面如图 5.2.3-2

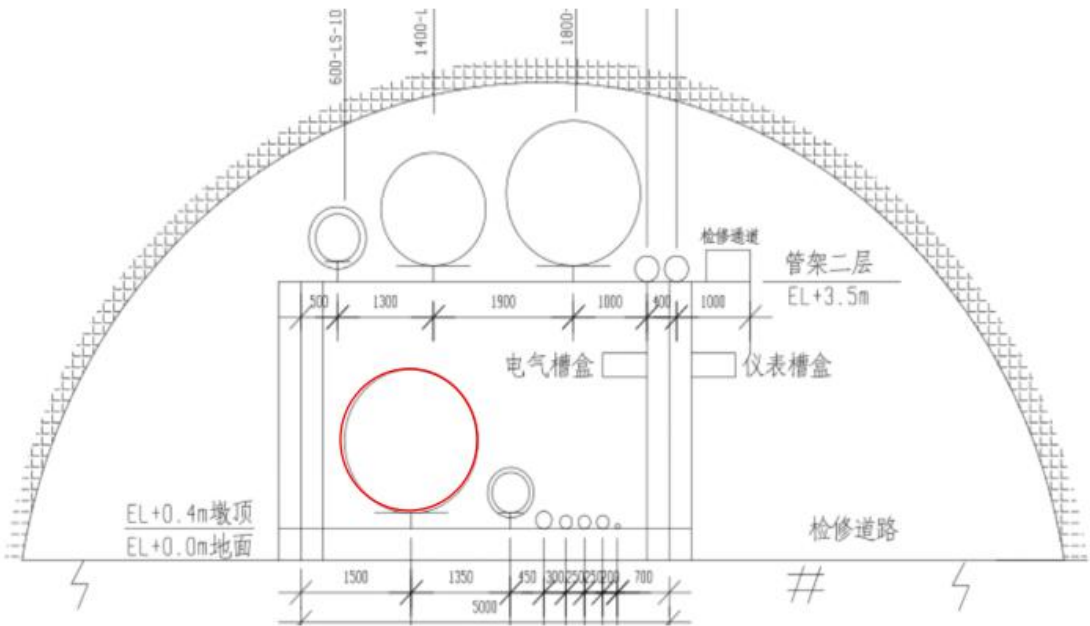


图 5.2.3-2 隧道结构、管道剖面图

2、每一段的施工严格按照隧道内侧钢结构立柱安装（图 5.2.3-3），→一层管道敷设（图 5.2.3-4）→外侧钢结构立柱安装→管道敷设完成钢结构横梁安装→二层管道由内向外安装（图 5.2.3-5）的施工顺序进行。



图 5.2.3-3 北侧钢结构安装



图 5.2.3-4 一层管道敷设及南侧钢结构安装



图 5.2.3-5 二层管道由北向南敷设

3、大口径管的安装使用折臂吊，其他的钢结构及小口径管道使用随车吊。

4、除二层 DN1800 管道以外的其他管道，管托随管直接安装。

5.2.4 管道焊接

1、按照设计要求对管道进行坡口，以保证焊缝质量和焊接效率。

2、焊接前对坡口及附近区域进行清理，去除油污、铁锈、氧化皮等杂质，以保证焊接质量。

3、抗硫管材需要使用专用抗硫焊条，焊丝；焊丝做好色标，以便区分。

5、严格按照焊接工艺卡参数执行焊接。

6、焊缝焊接完成后，对焊缝组对工具留下的疤痕补焊并打干净，同时检查焊缝的外观，防止有表面缺陷存在。

5.2.5 DN1800 大口径管托的安装

1、受隧道高度和吊车性能限制，为将管道吊起一定高度，折臂吊站位应在施工便道上距离吊点 12 米处。

2、使用随车吊将管托运送至待安装位置的下方。



图 5.2.5-1 管托提前放在指定位置

3、管端首个吊点设置在管端 2.5 米处，用钢丝绳绑扎起吊略高于一个管托的高度，在管道下方用木块垫起。在第一个管托的另一端重复上述步骤。

如图 5.2.5-2。



图 5.2.5-2 二层北侧 DN1400 管托安装

4、利用自制研发的专用运输吊装管托的小车，把管托用小车吊起，施工人员在管道上方把管托推至设计位置就位。如图 5.2.5-3、图 5.2.5-4、图 5.2.5-5。



图 5.2.5-3 利用自制工装运吊管托

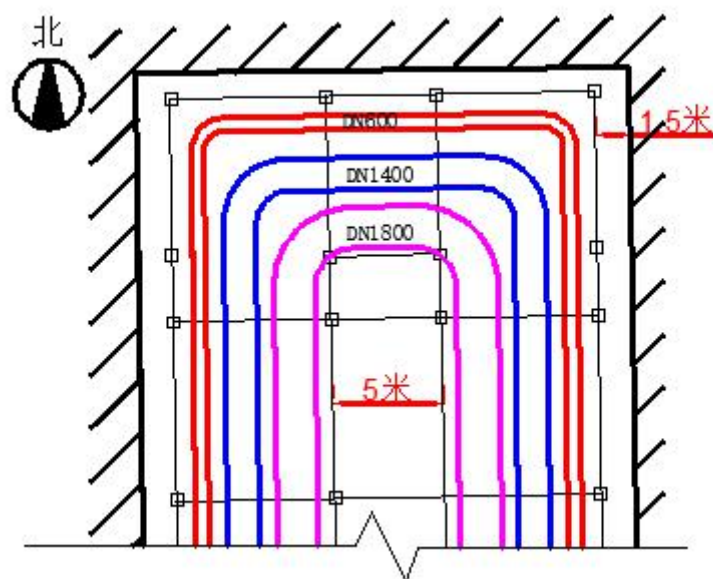


图 5.2.5-4 自制工装模型



图 5.2.5-5 人员在管道上方把管托推至设计位置就位

5.2.6 隧道内 1#, 2#洞 π 型弯安装



5.2.6-1 π 型弯平面图

1 隧道内 1#、2#洞 π 型弯吊车的选型（以 1#洞为例）

因受高度的限制，50 吨折臂吊是最佳选项；同时考虑车辆在隧道内通行至 1#洞内，车身长度越短越容易通行，根据大口径管道的长度及重量，选择 10 吨板车。

2 π 弯部分大口径管道安装

1) 折臂吊站位洞西侧，安装 π 型弯东侧的钢结构及上下层管道（安装顺序及方法与直线隧道一样）。

2) 当东侧安装完成后，开始安装西侧时，吊车没有足够的站位位置，需采用安装完成一段，吊车后退一段距离的方法进行逐段安装。



图 5.2.6-2 洞内膨胀弯先东侧后西侧吊安

3 π 弯部分管道焊接

1) 这部分的管道焊接与前文直管焊接要求基本一致。

2) 这部分的管道随折臂吊的安装一同进行，折臂吊吊装组对一段，就焊接一段。



图 5.2.6-3 管道安装完成后断面图

5.2.7 隧道大口径管道预拉伸

表 5.2.7 管道预拉伸量表

DN1800、DN1400火炬和DN600蒸汽管道采用预拉伸的方式减小管托位移量和固定点推力

预拉伸量表		
管道号	π 型补偿器的补偿量	预拉伸量
1800-LFL-30502-2B4S1T	310mm	155mm
1400-LLFL-30403-2B4S1T	310mm	155mm
600-LS-10224-3B2S1T(H.90)	450mm	225mm

管道 π 型弯预拉伸是一种在管道安装过程中采取的工艺措施，主要目的是为了减少管道在受到压力或温度变化时产生的伸缩、弯曲、扭曲或振动等现象。通过预拉伸，可以消除管道内部的应力，提高管道的稳定性，并确保管道系统的正常运行。

1、预拉伸前的准备

预拉伸在两个固定支架之间的管道安装完毕，与固定支架连接牢固后进行。预拉伸的焊口位置与膨胀弯管的起弯点距离应大于2m，预拉伸的焊口应选在距 π 型弯弯曲起点2~2.5m处为宜，按照设计要求对预拉焊口处的间距进行调整，保持同轴度。

2、拉伸量的预留

对直管段与 π 型弯上的直管段按照设计预拉伸量进行预留，使焊缝两端保持齐平，采用槽钢在一段点焊，另一段放在槽钢上，确保在拉伸时，控制管道错边。

3、倒链预拉

在膨胀节两边的直管段分别焊接对称的背杠卡具2对，采用5吨倒链的挂钩和吊带分别连接焊好的卡具，通过两条倒链同时拉动，使管口间隙靠拢后将管口点焊住。管道找正调直后，管口焊接，完成预拉伸工作。

5.2.8 管道无损检测

表5.2.8 主要管道无损检测比例

管线号	规格	介质	压力管道级别	无损检查
HFL-30512	1800	高压放空气	GC2	10%RT 或 10%UT
LFL-30502	1800	低压放空气	GC2	10%RT 或 10%UT
FL-001	1400	酸性放空气	GC1	100%RT 或 100%UT

1、管道焊接接头按比例抽样检查时，采用分批次进行检测。

2、无损检测严格按照施工规范进行，无损探伤的结果若有不合格时，除对不合格焊缝进行返修外，还应从该焊工当日的同一批焊接接头中增加不合格数的加倍检验，加倍检验不合格时，则对该批接头进行全数无损检测。

3、焊缝的无损检测结果表明：通过严格的过程控制，隧道内管道焊缝焊接一次合格率达到了98.5%，为业主顺利投产提供了保障。

5.2.9 管道焊缝热处理

根据设计要求，管道等级为2TB1R，即其材质为20# H₂S的管道焊接接头均应焊后热处理以消除焊接热应力。热处理技术要求如下：

1) 焊缝的热处理应在焊缝无损检测合格后进行。

- 2) 20# H₂S材质的管道热处理温度为 620 °C。
- 3) 热处理时应严格按照制定的热处理工艺卡进行。
- 4) 热电偶使用前应检验合格，采用捆绑的形式紧贴固定于焊缝表面，每一焊缝至少放置两处热电偶，热电偶的布置应符合SH/T3554规定的要求。外包履带式或绳状加热片，热电偶应用保温棉隔绝避免与加热片直接接触，最外层用厚耐高温保温棉保温。保温材料、加热片与热处理焊件应绑扎牢固, 以免内部接触不紧贴影响加热效果。
- 5) 测温点沿焊缝圆周均匀分布，水平位置的管道应在焊缝底部优先布置1个测温点。垂直位置的管道宜在焊缝的下侧布置测温点。

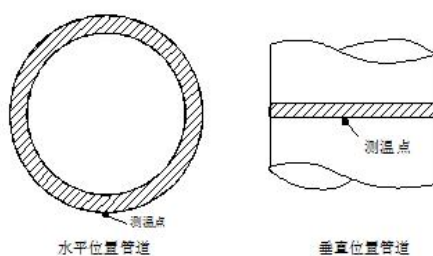


图 5.2.9 测温点布置图

5.2.10 管道压力试验

- 1、管道系统压力试验应在管道系统安装完毕、无损检测合格后，需要热处理的管线在热处理完成硬度检测合格后进行。
- 2、管道压力试验介质：管道采用洁净的水进行。
- 3、压力试验时，无关人员不得进入。试验用的压力表应经校准合格，精度不低于1.6级，量程为1.5-2.0倍试验压力，并不少于2块。
- 4、液体压力试验时，向管道系统内注水过程中利用各管段高点的法兰、阀门、排气口、排液口等排净管道系统内的空气。
- 5、水压试验时应缓慢分级升压，无异常则按10%逐级升至试验压力，稳压10min，无泄漏无降压，然后压力降至设计压力，稳压30min，以无泄漏不

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/428032111122006140>