

一般段输气管道三管同沟敷设分析研究

孟庆龙（山东莱克工程设计有限公司，山东 东营 257000）

摘要：近年来多数城市在城市外围科学规划、合理布局了长输油气管道管廊带，管道在管廊带内多管同期建设的情况越来越多，本文以DN1200、DN1000、DN700三种不同口径的输气管道同期同沟并行敷设为例，从管道同沟敷设原则、管沟参数、管道转角要求、管道组焊、下沟等环节进行分析研究。

关键词：管道；三管；同沟；敷设；管沟；组焊

中图分类号：TE973 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167 (2025) 014-0121-03

Analysis and research on laying of three pipelines in the same ditch of general section gas transmission pipeline

Meng Qinglong (Shandong Laike Engineering Co.,Ltd., Dong ying Shan dong 257000, China)

Abstract: In recent years, most cities have scientifically planned and rationally laid out long distance oil and gas pipeline corridors outside the city, and more and more pipelines have been constructed in the pipeline corridors with multiple pipelines at the same time. This paper takes DN1200, DN1000 and DN700 gas pipelines of different calibers as examples. This paper analyzes and studies the laying principle of the same trench, the parameters of the trench, the requirements of the Angle of the pipeline, the welding of the pipeline and the lower trench.

Key words: pipeline; Three tubes; Homocolpate; Lay down; Pipe trenches; Assembly welding

随着全国基础设施现代化建设水平不断提升，部分先前建设的输油气管道已经位于城区规划范围内，与地方市政建设和城镇规划产生较大冲突，管道局部形成了高后果区、管道运行风险较大。为了优化城市布局和释放被管道占据的城市空间，近年来多数城市在城市外围科学规划、合理布局了长输油气管道管廊带，实现了土地资源的共享和优化配置。管道在管廊带内多管同期建设的情况越来越多，本文以DN1200、DN1000、DN700三种不同口径的输气管道同期同沟并行敷设为例，从管道同沟敷设原则、管沟参数、管道转角要求、管道焊接组焊等环节进行分析研究。

1 三管同沟敷设原则

为保证工程建设质量，顺利实施三管同沟敷设同期建设，对因管径不同涉及的管道转向、弯管角度选取及用量、管沟开挖及作业带、焊接方式、管道下沟等不同方面进行统筹考虑研究，敷设基本原则如下：

1.1 管道转向

①管道同沟并行敷设段应保持管道转向方向、角度一致，弯管曲率半径以最大管径为准；②线路定线时尽量保证顺直，减少平面转角，对于管道转向尽量合并、减少小的转角，合并为一个较大的转角完成转向，减少频繁转向；③管道转向角度应尽量满足全自动焊焊接角度需求，平面转角在地形条件允许的情况下，可以考虑采用多个冷弯弯管连接改变线路走向；现场施工过程中，结合地形地貌及管沟开挖难度情况，

可以采用冷弯弯管组合代替热煨弯管以满足管道转向要求；④管道三管同沟并行段原则上水平转向不宜采用弹性敷设，特殊情况下水平弹性敷设曲率半径不小于1000D，且并行段内需与最大管径管道曲率半径保持一致。对于管道竖向弯曲曲线的曲率半径应大于钢管在自重作用下产生的挠度曲线的曲率半径，其曲率半径应按公式进行计算。

$$R \geq 3600 \sqrt[3]{D^2 \frac{1-\cos \frac{\alpha}{2}}{\alpha^4}}$$

式中：R—弹性敷设的曲率半径 (m)；D—管外径 (cm)； α —管道转角 (°)。

1.2 弯管角度选取

为满足三管同沟敷设需求，考虑将管道同沟并行敷设段沟内管道转向、角度保持一致。三管同沟敷设段冷弯弯管的上限使用角度、热煨弯管的起弯角度、曲率半径等均参照最大口径管道。以DN1200、DN1000、DN700三种规格管道，举例如下：

冷弯弯管上限角度采用7°，曲率半径采用R=50D (D=1219mm)；

热煨弯管起弯角度采用8°，每1°一个台阶(8°、9°、10°……)，曲率半径采用R=6D (D=1219mm)。

1.3 管沟开挖及作业带

①管沟开挖应结合地形地貌、沟上或沟下焊接作业方式、土壤地质条件等综合确定沟底加宽裕量、管

沟开挖深度及台阶设置；②结合本工程单管敷设、双管同沟、三管同沟的特点，作业带宽度的选取需统筹考虑管沟开挖、管道组焊、设备通行需求等综合确定。

1.4 提高自动焊应用比例

①管道路由尽量避开大坡度、频繁起伏地段。选择在纵坡相对较小、山岭垭口处通过，结合后期现场扫线情况，以满足自动焊设备爬行能力，适应机械化施工的需求；②坡度 $15^\circ \sim 25^\circ$ 时，主要采用柔性内焊机根焊、钨极氩弧自动外根焊+外焊机自动焊填充盖面，并辅以组合自动焊（钨极氩弧焊根焊+气保护药芯焊丝自动焊填充盖面）；坡度大于 25° 时，如现场条件允许，也可采用削方降坡至 25° 以下，采用柔性内焊机根焊、钨极氩弧自动外根焊+外焊机自动焊填充盖面，便于提高自动焊作业效率；③穿越低等级公路时，尽量采用开挖+盖板的穿越方式，以减少连头口；④施工中应合理安排施工工序和优化施工组织，尽量减少连头；⑤管道作业带宽度确定需要充分考虑自动焊施工作业需求。

2 三管同沟管沟设置

管道同沟敷设时，应设置袋装土隔离措施，高度同相邻小管径管道、宽度为最小并行净间距，每处长度不宜小于 $2m$ 。平直段隔离措施间距宜为 $30m$ ；多个冷弯连续转向时，每个冷弯管中心设置一处隔离措施；热煨弯管及单个冷弯弯管转向时，弯管长度范围内袋装土回填至相邻小管径管道管顶。DN1200、DN1000、DN700 管道同沟敷设，管道间最小并行间距为 $1.5m$ 。

3 三管同沟管道组焊方式选择

三管同沟作业带宽度的选取需统筹考虑管沟开挖、管道组焊、设备通行需求等综合确定。结合目前国内相关的施工机械、设备需求及自动焊接工艺要求，针对组焊、下沟方案，对单侧沟上平行组焊、双管+单管沟上组焊、单侧沟下平行组焊、两侧沟下组焊、双管沟下+单管沟上组焊等 5 种方案做出比选推荐。

3.1 单侧沟上平行组焊

采用单侧作业带布置，沟上平行组焊，三条管道依次在沟上完成焊接，沟上焊接完成 D1219 管道下沟后，再同一个位置沟上焊接 D1016 管道，下沟后再焊接 D711 管道。由于三管同沟段管沟和沟上平行组焊场地较宽，考虑到吊管机吊臂长度和起吊性能限制，下沟几乎不可行，因此不推荐。

3.2 双管+单管沟上组焊

采用两侧作业带布置，双管+单管沟上组焊施工方法，施工顺序：①将 D711、D1016 在管沟带一侧进行布管焊接，将 D1219 在另一侧进行布管焊接；②开

挖管沟，两侧堆土；③管沟成型后，对管沟两侧虚土进行平整压实供设备行走。优点是管道下沟安全性较高，从布管、焊接、补口 3 个工序，基本不会互相干扰，施工效率较高；缺点土方平整需要额外工作量。

3.3 单侧沟下平行组焊

由于作业带内堆土占据较大空间，管沟顶部较宽，可按照沟下焊接、两侧堆土施工，一侧虚土平整压实后，供设备行走，沟内管道布置为：最外侧管道为 D711，中间管道为 D1016，内侧管道为 D1219，要求相邻管道施工间距控制在 $1km$ 以上。优点是施工作业带较小，缺点同样是外侧管道管道吊装困难，且土方平整需要额外工作量，不推荐。

3.4 两侧沟下组焊

采用两侧作业带沟下组焊施工方法，施工顺序：①单侧沟下完成中间的 D1016 管道焊接；② D1016 焊接完成后，在中间管道两侧扩开挖管沟，管沟扩挖完成后，在沟下完成 D711 与 D1219 管道组焊。优点是管道下沟安全性较高，通过合理的施工组织也能获得较高的施工速度，缺点是此方案作业带宽度较宽，如遇到管沟大部分为石方，施工时采用油锤等机具对下沟管道附近二次开挖，对已下沟管道外防腐可能会造成一定损伤，施工控制有一定难度。

3.5 双管沟下+单管沟上组焊

采用单侧作业带布置，双管沟下组焊+单管沟上组焊施工方法，施工顺序：①开挖管沟，将 D711 与 D1016 进行下沟布管、焊接作业；②两管道焊接完成后，在中间管道一侧扩开挖管沟，管沟扩挖完成后，在沟上对 D1219 管道进行组焊。优点是管道下沟安全性较高，缺点是由于管沟大部分为石方，施工时采用油锤等机具对下沟管道附近二次开挖，对已下沟管道外防腐可能会造成一定损伤。

3.6 比选结论

综上所述，考虑施工难度、土石方量、作业带宽度，施工效率等多方面因素综合分析，本项目三管并行段采用同沟敷设方案，同沟敷设段推荐采用“双管沟下+单管沟上组焊”方式，施工单位可结合自身施工装备情况进行方案优化。

4 管道吊装下沟

管道下沟不应少于 3 台吊管机，吊管机性能不低于 $70T$ 。根据三管同沟敷设的特点，吊管机的选取建议能够同时满足三条管道吊管性能需求（如表 1 所示）。

①吊点距管道环焊缝距离不应小于 $2m$ ，起吊高度以 $1m$ 为宜；②考虑到本工程管道口径大、重量重，管沟尺寸大，如采用吊篮方式下沟，在管道振动的情况下，若某台吊管机未提供有效吊力，或吊管机失

表 1 吊装下沟设备配置表 (吊篮)

管径 (mm)	壁厚 (mm)	埋深 (m)	吊管机数量 (台)	吊管机性能 (t)	吊点间距 (m)	备注
D1219	18.4	1.5	≥ 5	90	≤ 26	
D1219	22	1.5	≥ 5	90	≤ 22	
D1219	26.4	1.5	≥ 5	90	≤ 17	
D1016	14.6	1.5	≥ 4	70	≤ 24	中间可搭配 40t 吊管机
D1016	17.5	1.5	≥ 4	70	≤ 20	中间可搭配 40t 吊管机
D1016	21	1.5	≥ 4	70	≤ 20	
D711	9.5	1.5	≥ 3	40	≤ 20	
D711	11.1	1.5	≥ 3	40	≤ 20	
D711	14.3	1.5	≥ 3	40	≤ 20	

稳, 可能会出现吊管机倾覆、滚管事故。为规避上述风险, 正式下沟前应进行试吊, 施工时配备专人观察吊管机运行情况, 加强与操作司机的沟通; ③为防止下沟过程中出现滚管事故, 在首台吊管机前方 80~100m 左右设置重型设备, 利用吊带和钢丝绳固定管道, 并随着下沟进程相应移动; ④为保证吊装系统的稳定性, 保证施工安全, 山区地段吊装下沟坡度不宜大于 10°, 当坡度大于 10° 时, 应考虑其他管道安装方案。

5 同期建设的管道同沟敷设其他注意事项

根据《油气输送管道并行敷设技术规范》SYT7365-2017, 同沟敷设原则应满足以下要求:

①管道的组装方式应根据地形、地质条件、作业带布置、弯管所占比例等情况综合选定。山区条件下的同沟敷设段管道宜采用沟下组焊, 并应采取措施保证管沟的稳定性;

②同沟敷设段管道, 由于距离较近, 为防止两条管道之间发生碰撞, 两管道之间应采用袋装土进行隔离同时对管道采取限位措施;

③同沟敷设, 每条管道最小并行间距不小于 1.5m; 隧道内并行敷设管道的最小并行间距不小于 0.9m;

④并行管道采用顶管方式穿越公路、铁路和水渠时, 套管净间距不宜小于 10m; 当空间受限, 经核算顶管对邻近套管及路基无影响时, 套管净间距不应小于 5m; 铁路、公路桥梁下开挖穿越时, 可同沟敷设; 当地下水位高, 且采用机械顶管方式时, 可减小并行间距并考虑共用操作井;

⑤同期建设并行管道采用挖沟法穿越河流或水渠时, 宜采用同沟敷设, 间距不小于 1.5m;

⑥管道安装宜采取先挖沟后组焊的方法;

⑦并行管道均采用沟上安装时, 管道宜错开焊接, 先实施小口径管道, 并将其放置在远离施工通道侧的管沟内; 再实施大口径管道, 将其放置在靠近施工通道侧的管沟内;

⑧并行管道均采用沟下安装时, 沟下组焊布管应单管进行, 宜先实施小口径管道, 再实施大口径管道。先实施的管道预制完成并就位后, 在先后实施的管道之间码放一层装土编织袋, 再对已就位管线用细土进

行局部回填、压载。在布放第二条管 线时应对已就位管线进行必要的保护。先后实施的管道宜错开焊接;

⑨并行管道采用沟上、沟下混合安装时, 宜在沟下安装大口径管道, 沟上安装小口径管道。沟下布管时将管道布放到管沟中心部位, 组对位置应在该管线的设计中心线上, 管墩宜采用编织袋装土。沟上与沟下管道宜错开焊接;

⑩管道吊装及沟下安装应根据确定的安装方法及设备吊装位置, 核算安装载荷, 形成相应的施工专项方案并严格实施;

⑪管道同沟敷设时, 应设置袋装土隔离措施, 高度同相邻小管径管道、宽度为最小并行净间距, 每处长度不宜小于 2m。平直段隔离措施间距宜为 30m; 多个冷弯连续转向时, 每个冷弯管中心设置一处隔离措施; 热煨弯管及单个冷弯弯管转向时, 弯管长度范围内袋装土回填至相邻小管径管道管顶;

⑫同沟敷设、共用隧道、管桥、涵洞等地段, 应加强新建管道的施工质量控制及管理, 环焊缝应采用超声波和射线 100% 探伤, 并满足相应工程的无损检测标准;

⑬同沟敷设、共用隧道、管桥、涵洞等地段, 应加强新建管道的施工质量控制及管理, 环焊缝应采用超声波和射线 100% 探伤, 并满足相应工程的无损检测标准;

⑭施工期间应合理组织同沟段管道的试压时间, 一条管道试压完成后在开展另一条管道的试压工作;

⑮并行管道的标志桩、警示牌等标识应分别设置, 与通信光缆同沟敷设时, 处理好管道与光缆同沟敷设的关系。

参考文献:

- [1] 谌贵宇. 输气管道工程设计规范 [J]. 天然气与石油, 2015, 24(2):4.
- [2] 王小俊, 邓梓玲, 侯来夫. 油气输送管道敷设的滑坡防治措施与应用 [J]. 长江大学学报自然科学版: 理工 (上旬), 2006.
- [3] 赵文杰, 周凤全, 王勇. 长输管道双管同沟敷设施工技术 [J]. 油气田地面工程, 2006, 25(12):38-38.