

油气管道山区敷设安全设计及施工探讨

孟凡磊（中石化石油工程设计有限公司，山东 东营 257026）

摘 要：随着石油、天然气等能源需求量的不断增长，现阶段国内开展了各类油气管道输送工程的大规模建设。在管道工程的建设过程中，难免遇到山区、丘陵等容易产生危险的复杂特殊地形，需要采取合理的设计及施工措施，因此长输管道的山区安全设计及施工受到广泛关注。基于此，简要分析山区安全设计及施工价值，深入探讨相关的安全设计、施工要点，以供参考。

关键词：长输管道；安全设计；山区施工

0 引言

近年来长输管道工程在我国各地大量兴建，工程的设计及施工管理工作也随之升级。但结合实际调研，很多管道建设单位在项目实施过程中，在工程设计与施工管理方面仍存在欠缺。因此，本文围绕长输管道山区安全设计及施工要点，开展分析及探讨。

1. 长输管道山区安全设计及施工价值

1.1 降低山区管道施工难度

山区通常具有地表土质较为坚硬、山体坡度大、地形地貌复杂、地势波动起伏变化大等方面的特点，会对长输管道的施工造成困难。长输管道的安全设计及施工基于安全的考虑，采取合适的设备与技术手段，处理解决上述山区特点对施工造成的困难影响，在保障管道施工安全性的同时，也利于管道后期的安全平稳运行。

1.2 提升山区管道施工水平

在管道建设过程中，建设单位可以充分汲取国外在保障施工安全上的先进经验，并结合国情不断进行实践探索，保障管沟开挖、焊接检验、压力试验、管道回填等多方面施工流程的作业安全，优化提升山区管道施工水平。

1.3 促进资源优化配置

现阶段我国对石油、天然气等资源的需求较为旺盛，因此需要提升能源的供给效率、运行效率、资源利用率。管道工程的安全设计及施工，能够保障管道的顺利兴建与平稳输送，并不断扩大工程的规模，提高长输管道的应用率，可以有效促进资源的合理配置，满足各地区的资源供给需求。

1.4 实现山区生态环境的保护

长输管道的建设和使用会对生态环境的保护产生较大的影响，因为管道与铁路等交通不同，不需要进行重复的运输。通过对其进行山区安全设计，就能够

真正实现山区生态环境的保护。在设计的同时，注重垃圾分类等措施的开展。

2 长输管道山区安全设计及施工要点

2.1 山区选线及设计要点

山区地段选线时，应注意以下几点：考虑管道沿线交通条件，尽量依托已有道路敷设，便于设备、管材进场、运输及吊装、焊接等施工作业；管道尽量顺山间沟谷敷设，沟谷内地形平坦开阔，开辟作业带和修筑道路工程量较小，施工难度较小；管道尽量垂直山体等高线敷设，若沿等高线实施，管道易受山体滑坡、雨水冲刷等自然灾害影响，出现埋深不足、管体裸露甚至遭受破坏。遇到梯田，应垂直梯田或顺台地敷设，不宜斜穿梯田和台地的梯坎和台梗，以免造成过多地貌扰动，增加地貌恢复的工程量及费用。

对山区高陡坡地段及连续冲沟穿越段应注意以下问题：

①山区长陡坡段穿路两侧山坡处应进行削坡处理，穿越管段应尽量水平，做好高陡边坡及公路路基的防护工作，对于山体松散或节理发育的边坡，应进行挂网喷浆处理，并做好排水设施，必要时进行清除，以免引起滑坡、崩塌等地质灾害；

②山区长陡坡段应做好高陡边坡的防护工作，当边坡较高时，应根据岩石性质和稳定性要求，将边坡开挖成折线型或台阶式；

③陡坡地段施工时应考虑要采用卷扬机、轻轨、悬索系统等特殊的施工措施。施工的同时需要注意对山坡植被的保护，切不可随意开挖山体，在斜坡顶部位置设置截排水沟，防止水流冲刷诱发滑坡发生，在完成主体施工后应设截水墙、挡土墙、锚栓、截水沟等确保管道及回填土的稳定，同时应结合坡体实际情况在保护管道及管沟的同时，完善山体植被恢复；

④管线沿山坡顺坡敷设时，应设置截水墙，并根

据实际情况设置排水沟；坡度大的地方每隔一段距离用钢管桩或砼桩等构筑临时挡土坎，防止管沟土下滑。

管线横坡敷设时，应把管道埋在稳定的岩土层中，并根据实际情况设置护坡和挡土墙以及截水沟等；

⑤对管道穿跨越冲沟，或邻近发育中的冲沟或陡坎时，对冲沟的边坡、沟底和陡坎均采取挡墙等加固措施。穿越河流管段在采用加配重块、石笼等方案施工时，在管道外包裹 8mm 厚的橡胶板以保护防腐层；

⑥管道在冲沟施工的过程中，有可能会对周边的环境产生影响。如：污染土壤环境或水资源等。这就会导致其周边的生态环境遭到破坏，不符合我国现阶段的可持续发展战略和绿色发展理念。此时还需在施工区域周边建设围栏，避免因施工产生的污水流出。并注重施工过程中废弃物的处理，不能出现随意丢弃的情况；

⑦施工人员自身健康问题。由于施工过程中会产生大量的化学物质，一旦人体吸入，就会导致其健康受到威胁。在施工的过程中，应确保施工人员装备好安全防护的装置，并通过对其进行实时的健康状态监测，确保施工人员的健康状态。若出现人员健康情况异常的情况，需要立即停止施工。

2.2 山区敷设安全施工

山区地形施工时存在设备溜滑坠落、山体滑坡，山石滚落等安全风险，管道在坡度较大地段进行敷设时，易受上述安全风险的影响，整体的施工安全性会极度下降。因此施工时需要对管道在山区坡度上的施工安全性进行把控。

第一，需要对管道的纵坡敷设施工情况进行安全管控，纵坡施工时可能产生的安全隐患，主要包括施工机械设备可能出现下滑情况，尤其在雨天、大风等恶劣天气条件下，施工设备的下滑概率会急剧上升。如果纵坡施工时突遇降水，施工人员需要及时加以防范，避免出现挖机、起吊机等施工设备，溜滑、倾覆滚落坡底的不良情况。例如，管道纵坡施工过程中，可以构筑相应的施工平台放置施工机械设备，以起到良好的固定作用防范设备滑落。同时可以采用相应的措施操作机械设备，如对于挖机设备施工时可以采用“之”字形操作方法进行上下坡。对于挖机的挖掘操作，施工人员可以驾驶挖机，将挖出的土方在山区的下坡位置放置。同时可以在上坡区域派遣专业的安全指导员，指导挖机的放置土方操作，避免土方滚落造成危险。此外，山区纵坡长输管道敷设时，管道在布管及

下管时同样可能产生安全风险，需要注重合理管控施工操作手法。

第二，需要对管道横坡敷设的施工安全实行管理。山区横坡位置的管道施工主要风险主要体现在山体滑坡上，滑坡自然灾害产生时与纵坡相似，施工机械设备同样会出现倾覆滚落坡底的安全事故。为了防范设备的滑落与山体滑坡，在施工过程中需要将作业带进行加固处理。清理打扫作业带时，将作业带上产生松动迹象的石块进行清除处理，并及时将作业带进行夯实处理。加固作业带时，对于部分高陡坡地段，还可以设置挡土墙提升安全性。对于施工机械设备挖掘出的土方，严禁在作业带之外放置，安排安全指导员在上坡地段进行监管。除了山区的横坡与纵坡地段，施工人员还应对坡底的施工情况进行安全监管，管沟开挖施工时，可以在坡底设置围栏进行安全防护。对于挖掘出的土方石块，如无法及时回填处理，需要在坡底进行堆放，此时需要控制速度进行缓慢堆放，防止出现土石方砸伤或掩埋人员的安全事故。

2.3 长输管道试压施工

管道的试压属于关键的施工环节，对整体的施工质量有重要影响，试压过程中需要强化安全设计。

第一，试压前施工人员需要做好充分的准备工作，对试压管段进行科学合理的划分，并选择合适的管道试压介质。首先，在管段划分方面，施工人员可以将试压管段按照长度进行划分。还需要核算管道的低点环向应力，对比管段强度进行合理调节，环向应力通常不宜超出管材最低屈服强度的 0.9 倍。对于山区中的特殊地段，环向应力与强度的比例关系还要做出调整，可以控制在 0.95 倍左右。同时，长输管道试压管段的划分，可以根据管道的具体高度进行判断，管道的最高点通常必须达到所需的试验压力，必要时可以根据具体地形状况，将管道试压管段长度与高度情况进行调整。此外，施工人员还可以根据线路阀室施工情况，进行试压管段的划分，避免出现试压分段过多的情况。

第二，在施压介质选择方面，如果选择气体试压，需要防范气体试压过程中可能产生的管道破裂安全事故，避免造成严重的安全损失，如果采用水作为管道的试压介质，需要考虑到部分山区水资源较为匮乏或水源获取困难的情况，在该特殊情况下可以用气体试验介质进行代替。此外，针对长输管道试压介质，在水源供应、自然环境、气压试验安全风险等因素的限制，山区施工时长输管道试压过程中，施工人员还可以根

据实际情况,适当选择空气作为试压介质开展试压。选用空气试压阶段同样需要考虑到相关的应力水平,试压时采取安全防爆措施,防范可能产生的安全事故。

第三,在试压过程中,基于山区地形复杂、落差较大的地形条件,需要设置不同的支撑装置,以便保障试压施工的稳定性,避免产生安全问题。此外,施工人员还需要对最高点与最低点的试验压力进行管控,保障不同高度下的管道试压压力,防止低点超压,满足设计及施工要求。

第四,在明确试压位置之后,就要规范相应的试压流程,确保试压工作的高效开展。具体的试压流程如下:首先,做好相应的准备工作。通过完善扫线试压分段,并做好清管和测径等工作,并完成上水系统的安装。之后,需要进行注水排气,实现管道强度的试压。若试压合格,便可以进行管道严密性的测压。若试压不合格,则需进行泄压的处理,并重复注水排气的步骤流程。最后,需要进行排水和吹扫等收尾工作。

2.4 山区管道焊接施工

除了管道的敷设与试压,还需要选择合适的焊接施工方法。

第一,可以选择内焊机设备,通过根焊方法进行施工,该类型的设备现阶段多在平原及丘陵地形中使用。但内根焊中的相关质量控制、根焊成形、焊接效率等方面的优异性能,从长输管道焊接的施工角度看,仍然属于最优的根焊方式,在改进后同样适用于山区地形。例如,根焊施工技术可以与双焊炬等类型的外焊机填盖工艺技术相结合使用,能够通过自动跟踪功能与焊接填充功能,显著提升山区地形情况下的管道焊接效率及安全施工质量。

第二,为了更加充分地满足管道在山区复杂地形下的施工作业要求,可以将内焊机在不降低现有焊接功能的前提下进行技术革新。例如,在山区复杂地形特点下,将内焊机的过弯技术性能加以改进,克服现阶段只能通过冷弯、无法通过热弯的不足之处。在山区上陡峭的山坡上,可以将设备的相关爬坡能力进行优化升级。在管道安全施工理念下,施工人员可以将内焊机的安全控制能力进行提升。内焊机通常较重,安全控制能力提升后,在山区下坡的焊接施工能够更好地控制,避免产生施工安全事故。

第三,可以选用氩弧焊自动焊方法进行焊接施工。氩弧焊具有成形效果佳、电弧稳定等方面的优势应用特点,近年来已开发生产多款氩弧自动焊设备,主要

基于现有的单焊炬设备,将焊接施工所需的焊枪、控制系统与电源等进行优化改造,单焊炬设备具有重量更轻的优点,在改造升级成氩弧自动焊后,更加适合在山区的复杂地形中使用。同时在改造时,除了融合氩弧自动焊技术,还可将单焊炬与相关的碱性气保药芯焊丝相结合,形成气保药芯焊丝(碱性)下的向焊自动焊工艺。在实际焊接过程中,能够采用气渣进行联合安全防护。同时与传统的实心焊丝等工艺相比,具有较强的抗风效果,在山区防风效果较差的复杂地段环境中,具有良好的应用效果。

第四,可以选择管道组对焊接。首先,需要对陂低的管线和弯头进行固定,从而进行后续斜坡管道的施工。一般情况下,没有固定支墩的管道需要先进行陂低弯头的冷弯管,避免在施工的过程中存在管道下滑等情况。有固定支墩的管道则可以直接进行施工,需要确保遵守自上而下的施工顺序。其次,需要结合管道坡度,使用不同的设备进行组对焊接。若坡度在二十度以下,直接使用吊管机进行焊接即可,此时一般还会使用到外对口器。若坡度在二十度和二十五度之间,则需使用推土机拉住吊管进行焊接,其焊接方式与吊管机相同。最后,便是特殊情况的处理。由于在进行管道焊接时,经常会面临高陡边坡等地形,这一类地形难以使用设备进行焊接。此时便可以使用卷扬机进行沟下布管,实现管道的组对焊接。通过采用“四步塔”加上十吨导链的方式,配合千斤顶的使用,从而采取自下而上的组对焊接方式。

3 结论

综上所述,山区段的管道安全设计及施工建设,直接影响工程建设质量。必须聚焦管道山区施工难度、施工水平、资源优化配置等方面,采取相关的设计及施工措施,保障管道的安全建设及平稳运行。

参考文献:

- [1] 李文.长输管道自动焊连续施工技术工艺分析[J].化工管理,2023,(35):54-57.
- [2] 张洋,郑家友.浅谈长输管道山区安全设计及施工[J].工程建设与设计,2023,(11):208-210.
- [3] 姜德.长输管道山区特殊地形施工技术[J].全面腐蚀控制,2022,36(08):59-60.

作者简介:

孟凡磊(1984-),男,汉族,山东省广饶县,高级工程师,大学本科,研究方向:油气储运工程设计与