

# 浅谈山区段天然气长输管道建设难点问题与应对措施

许亚娇（国家管网集团福建省管网有限公司，福建 福州 350000）

**摘要：**随着天然气在世界能源结构中比例显著增加，我国的天然气管道也步入了建设高潮期。在此背景下，我国天然气长输管道工程建设得以快速发展、稳步推进。本文以福建地区山区段管道工程施工实践为例，就施工中遇到的孤石段、高陡坡段、横坡段、受限区域多等建设难点问题及采取的具体应对措施进行总结说明，通过保证项目按期高质量安全建设，促进“十四五”提出的碳达峰、碳中和目标早日实现，希望本文能给相关从业人员以参考借鉴，促进行业的发展。

**关键词：**天然气长输管道；山区段建设难点；应对措施；碳中和、碳达峰

2020年，习近平主席在75届联合国大会承诺，中国将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争2030年前达峰，努力争取2060年前实现碳中和。

“双碳”目标在全国能源行业掀起“低碳转型”的绿色革命，也更加坚定我国应对全球气候变化，继续推行可持续发展国策的决心。天然气作为一种清洁能源被广泛使用，肩负能源结构革命的重要使命。

液化天然气（LNG）管道输送，其输送的效率更高，更加经济安全。同时，LNG管道输送技术得以快速发展，我国也进入LNG管道建设的高潮期。如何统筹加快绿色低碳能源体系的建设与完善，对天然气长输管道建设行业提出更具挑战的要求。本文就福建山区段天然气长输管道工程建设中遇到的难点问题以及采取的应对措施进行总结说明。

## 1 工程建设难点与应对措施

福建山区段天然气长输管道工程，沿线山区、丘陵地貌占比超过85%，尤其林场地区道路依托条件较差，施工难度大。沿线坡度20°以上长度100m以上的陡坡约9km，横坡段约5km。本工程管道所经区域为福建省典型的花岗岩球状风化区，孤石区段在全线均有不同程度分布山区段。孤石可以在地表裸露，也可以隐伏于地下，少数孤石粒径达10~15m。孤石段作业带扫线、运布管、管沟开挖及回填、安全防护等都具有一定难度。且穿越地质复杂，存在软硬交替地层，施工过程中可能会出现泥浆漏失、成孔稳定性差、孔洞坍塌等风险。

### 1.1 山区段线路优化

以设计为龙头，由建设单位牵头，联合监理、设计、施工单位进行现场复勘，对困难段路由进一步优化设计方案，在充分会商论证后输入施工图。对于穿越复杂地质，组织专家论证会，讨论意见、补充勘察资料

进一步优化定向钻曲线，完善了施工可能存在的风险分析，一定程度上降低了施工难度；为更加详尽地揭露地质情况，对定向钻要求设计单位进行补充勘察工作，加密钻孔布置。

在线路施工前，组织设计、监理及施工单位对施工线路二次优化设计，通过图纸会审结合现场踏勘，优化施工线路，合计避让坟墓群、坟墓48处，避让文物、隆教乡径内村石板场、白水镇郊边村民宅等4处，累计路由优化52处。同时，将顶管穿越改成开挖穿越2处中小型道路河流。将施工图B版线路中288个热煨弯管优化至119个热煨弯管，减少热煨变壁厚口238道。可以缩短工期、提高施工效率，也可提高经济效益，保证按期投产的目标。

### 1.2 孤石处理

施工线路地表大部分为孤石段，占比线路长度达80%，施工难度较大。由于线路地表孤石分布不均，给扫线施工和管沟开挖带来很大难度。采取的应对措施为：首先，充分利用初步设计阶段孤石段专项测量成果，结合测量提供的孤石分布图细化施工图设计路由，以初步设计阶段编制的专题报告为基础，在施工图设计完善孤石段施工方案，考虑施工安全措施及施工便道的依托设置，并要求设计单位协助施工单位针对孤石段编制专项施工方案。

根据工程现场地表孤石的不同强度情况，在作业带扫线过程中结合孤石强度应采用不同方式处理，对于作业带宽度范围内的强风化孤石，可采用机械破碎在作业带一侧单独堆放，用于后续地貌恢复；对于作业带宽度范围内的中风化孤石，建议统一进行清理，运至指定弃渣点。其次，对于管沟内土夹石这类孤石硬度较高，一般采用机械破碎，在作业带一侧单独堆放，然后拉运指定弃渣点。另外，对于作业外的孤石，

由于土方开挖引起地表扰动，提前做出判断，扫线后征用孤石附近的措施用地，对孤石破碎或者拉锚固定，保证管沟开挖时，人员和机械设备安全，并尽量避免对百姓财产造成损害。

### 1.3 高、长陡坡段施工

施工线路段高、长陡坡段多达 15 处，长度最小为 80m，最大为 1210m，坡度最小 15°，坡度最大 29° 施工难度较大。

在初步设计阶段提出的施工方案基础上，根据施工图阶段陡坡及横坡分布情况，组织设计、施工及监理等参建方进一步现场复勘，细化施工技术要求，协助施工单位针对高陡坡段编制专项施工方案，参与技术参数比选论证，按照“一处一案”方式推进现场施工进度。在施工单位进场后组织地质灾害与水工保护等专项评价交底工作，建立长、陡坡段安全文明施工理念。

根据现场陡坡长度、坡度，考虑采取削方降坡、开槽防护等敷设方式。为满足施工设备通行需要，采用修盘山道或沿管道中心线修“Z”字形道路的方式减缓坡度，满足钢管设备运输要求；施工作业带设备行走侧修在与施工便道连接的一侧，修筑作业带时尽量采取“山区变丘陵、深丘变浅丘、浅丘变平原”的原则，以降低管道施工难度；施工时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；水工保护工程应该结合坡体实际情况，保护管道及管沟的同时完善山体植被恢复。

采取施工措施如下：

①削方降坡方式。降坡前，施工单位应根据设计图纸上的标注，识别高、长陡坡段周边是否有水源地、生态红线等保护区，制定针对性降坡方案（如压缩作业带、作业带下方侧设置围挡等减少保护区扰动的措施）。沿施工作业带每间隔 100m 修筑一施工作业平台，停放焊接设备，利用卷扬机布管、组对焊接；

②坡度大于 25° 且无法削方降坡的陡坡，采用小机组顺序施工。先在陡坡段两端或中间的现有平台基础上，修筑施工作业平台，停放焊接设备，再开挖管沟、布管、组对焊接。布管可采用牵引法和溜管法布管，保证施工作业安全。特别是在施工线路桩段内的二级水源保护区内，并且作业带宽度仅为 20m，作业带非常受限，严重影响施工进度，施工过程中采用专项方案进行施工（见表 1）。

### 1.4 横坡段施工

施工线路段横坡段施工多达 26 处，横坡段最小长度 34m，最大长度 560m，横坡段最小坡度 11°，最大坡度 31°，施工线路横坡坡长及坡度数据情况见表 2。横波段施工难度较大，施工过程中应注意的主要问题包括以下内容：

①横坡敷设段管道布置在靠山体内侧，清理后作业带标高为地表标高开挖管沟。横坡敷设段管道不得布设于顺层边坡面上，应置于反倾岩层一侧，管道通过顺层边坡时，应最大限度降低管道施工对边坡的扰动进而诱发次生灾害的可能性；

②施工过程中应修筑挡石栅栏或设置防护网防止滚石伤人；

③在斜坡地带作业时，采取良好的锚固措施，防止侧滑倾覆。临时停车场选择地势平坦处，车辆、设备摆放整齐，间距合理，停置方向应便于紧急情况时的移动。

### 1.5 施工线路段横坡段施工过程中采取的措施

横坡段沿管道方向挖出平台，挖方堆放在横坡下侧，边缘用袋装土或块石堆码成临时挡土墙，压实填方作为作业带的一部分。在横坡修筑作业带时，对于坡度超过 30° 必须在下侧修筑侧向挡土墙，20° ~ 30° 间根据实际予以考虑。侧向挡土墙可堆码袋装土或使用块石干砌，以避免土石方下滑。横坡敷设段应结合坡度情况、地质情况等因素综合考虑确定采用沟上或沟下焊接，在条件允许时尽量采用沟上焊接、吊管下沟的方式。在斜坡地带作业时，采取良好的锚固措施，防止侧滑倾覆。临时停车场选择地势平坦处，车辆、设备摆放整齐，间距合理，停置方向应便于紧急情况时的移动（见表 2）。

## 2 受限区域施工

施工线路段穿越或毗邻水源保护区、基干林带、生态红线区 8 处，受限区域施工难度较大。本工程定线后仍然穿越前线水库二级水源保护区，长度约 3.27km，邻湖后水库一级水源保护区（最近距离 30m）。此外，根据环评报告及与相关部门进行对接，本工程管道穿越国家基干林带，长度约 0.46km，涉及生态红线 8 处，生态红线在划定时期，已经为该项目预留通道，预留宽度为管道两侧各 20m 范围。穿越二级水源保护区、基干林带及通过生态红线区的管段，缩小施工作业带宽度至 20m，严禁占用生态保护红线。应统筹考虑征地协调、施工方式及施工人员机具安排，确保环境敏

感区内管道施工一次进场、一次性完工，防止出现二次进场或多次反复进场对环境造成更大影响。施工现场的工业垃圾和生活垃圾每天分类及时清除回收，运到敏感区以外适当的垃圾处理场，妥善处理。不得在水源保护区附近安置施工营地、建造临时厕所。若设备出现故障，需采取措施托至水源区以外进行维修，避免排出废油、废液造成污染。限制在水源保护区内车辆、设备加油，施工中注意对施工机具的维护，防止其漏油，如施工机具不动，要在其地下铺油布，防止漏油时污染土壤。施工中使用的柴油、液化气等材料，要远离水源地存放，并设置围栏，专人看护。不得在水源地区域内引火焚烧垃圾、废弃物。

### 3 穿越风电场施工

工程线路段在隆教畲族乡和港尾镇穿越福能风电场，并且风电场 35kV 电缆交叉穿越 7 处，施工风险和施工难度较大，对穿越风电场施工采取的应对措施为：

① 编制专项施工方案。首先，风电场对于交叉穿越电缆提出编制专项施工方案，待审批后才可施工，然后与风电场管理部门充分交流，明确现场电缆走向，对现场实际情况进行充分交底，雷迪检测、开挖探坑，确定光缆位置后再进行施工；

② 扫线过程做好防护。在扫线过程中，在风电场电缆经过的位置铺设钢板保护，必要地方进行彩钢板

硬围挡，防止电缆击穿，发生触电事故，并且严禁风电场生产运行；

③ 借助于风电场检维修道路施工。施工中还要借助于风电场检维修道路施工，一旦管沟开挖势必影响风电场的维检修工作，若施工中遇到风电场开展检修或施工，必须优先保证风电场运行，这会给管道施工造成停滞。

### 4 结束语

随着国家关于《国务院关于支持福建省加快建设海峡两岸经济区的若干意见》相关意见的出台，海西开发必将带动福建省能源需求的快速增加，会加剧能源供应的压力。面对清洁能源发展机遇与行业洗牌，天然气长输管道施工建设已成为我国重点工程项目之一，建设绿色、发展的天然气长输管道，不仅是项目策划时重要的指导思想，而且是项目建设过程的重要准则与目标。

LNG 管道施工过程中存在各种问题，这需要根据工程实际做出有效研判，不断探索积累经验。能源运输环节与国计民生密切相关，必须给予高度重视。

### 参考文献：

- [1] 刘仁厚 . 从四个方面认识和把握碳达峰碳中和战略[J]. 科技中国 ,2022(4):1.

表 1 施工线路陡坡长度和坡度数据

陡坡长度	陡坡角度	陡坡长度	陡坡角度
高长陡坡 108m	25°	高长陡坡 90m	18° ~27°
高长陡坡 106m	22°	高长陡坡 80m	23°
高长陡坡 169m	17° ~26°	高长陡坡 115m	15° ~21°
高长陡坡 143m	19° ~20°	高长陡坡 100m	28°
高长陡坡 780m	21° ~29°	高长陡坡 105m	18° ~20°
高长陡坡 350m	19° ~21°	高长陡坡 100m	18° ~23°
高长陡坡 1210m	25° ~34°	高长陡坡 130m	18° ~23°
高长陡坡 142m	18° ~26°	高长陡坡 280m	17° ~21°

表 2 施工线路横坡坡长及坡度数据

区段描述	坡度	区段描述	坡度	区段描述	坡度
横坡 35m	31°	横坡 560m	16° ~30°	横坡 55m	17°
横坡 50m 水保拔锚在作业带里施工	15°	横坡 100m	31°	横坡 88m	13°
横坡 230m	15° ~19°	横坡 260m	21° ~22°	横坡 320m	18°
横坡 172m	11° ~25°	横坡 70m	20°	横坡 80m	11°
横坡 130m	14°	横坡 100m	15°	横坡 140m	15°
横坡 90m	13°	横坡 60m	23°	横坡 60m	22°
二级水源保护区要求 20m 横坡段施工，横坡 83m	22°	横坡 100m	17°	横坡 34m	22°
二级水源保护区要求 20m 横坡段施工，横坡 24m	11°	横坡 100m	15°	横坡 45m	22°
横坡 212m	13°	横坡 115m	15°		