

隧道软弱围岩长管棚施工技术

李万鹏

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610041)

摘 要 长管棚施工技术作为一种有效的超前支护手段, 对于提高软弱围岩地段的隧道稳定性、保障施工安全具有重要意义。本文详细阐述了隧道软弱围岩长管棚施工技术的原理, 从长管棚施工准备、测量放样以及套管跟进钻孔方面解析了长管棚施工工艺流程, 并且针对长管棚施工质量控制要点开展研究, 以期提升隧道软弱围岩长管棚施工质量提供参考, 进而为隧道工程项目高效建设奠定良好的基础。

关键词 隧道工程; 软弱围岩; 长管棚施工技术

中图分类号: U45

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.013

0 引言

隧道施工阶段容易遇到软弱围岩, 施工难度较高, 主要是因为围岩稳定性较差, 在这种情况下, 软弱围岩极易发生坍塌、变形, 对施工的质量、安全方面产生不利影响。隧道工程穿越软弱围岩时, 通过采用长管棚施工技术, 在施工阶段预先设置管棚支架, 对围岩采取超前支护措施, 能够有效控制围岩结构变形, 进而提高围岩结构稳定性, 使得围岩开挖作业具备较高的安全性和稳定性。因此, 深入研究隧道软弱围岩长管棚施工技术具有较高的使用价值, 对提高隧道建设的效率和安全性产生积极作用。

1 长管棚施工技术原理

长管棚施工技术采用钢管作为纵向支撑, 沿着隧道开挖轮廓线周边向开挖前方打入一排纵向钢管, 钢管之间采用钢筋或型钢组合形成整体, 确保框架结构具备较高稳定性。隧道开挖作业阶段使用长管棚和围岩共同作用能够承受围岩的压力, 使围岩压力能够均匀分散到稳定的岩体结构上, 进而防止发生开挖围岩面应力集中现象, 从而提高围岩结构的自稳定性。同时, 长管棚结构起到超前支护的作用, 预防在开挖阶段引发围岩坍塌现象, 使得隧道开挖作业阶段有良好的安全作业空间^[1]。

2 隧道软弱围岩长管棚施工工艺流程

2.1 施工准备

隧道软弱围岩长管棚施工前, 需要从技术、材料、设备、现场方面做好施工准备, 确保隧道软弱围岩长管棚工程能够稳定开展。

(1) 技术准备。对设计方案展开分析, 并且结合

实际情况选择适宜的施工工艺, 重视施工技术交底, 明确施工质量、工艺、安全、进度、注意事项。(2) 材料准备。根据长管棚施工技术要求准备施工材料, 主要为钢管、钢筋、水泥, 并对各项材料进行性能参数检测, 各项指标符合技术标准再投入工程中使用。(3) 设备准备。结合设计方案和现场施工需求, 准备合适的机械设备, 如管棚钻机、注浆泵、电焊机, 并按要求进行设备的调试与维护, 从而确保设备始终处于良好工作状态。(4) 现场准备。针对现场施工需求采取清理措施, 并搭设施工平台、放置排水设施, 创造良好的施工作业条件。

2.2 测量放样

软弱围岩长管棚施工阶段采用全站仪展开测量作业, 使得施工平面位置精度合格, 测角精度为 $\pm 1''$, 从而提高管棚支护的强度和稳定性。测量放样过程中按照技术标准, 使得放样点位与设计位置的平面偏差控制在 ± 2 cm 以内, 从而提高钻孔水平方向的精度, 防止因为偏差而影响管棚支护效果以及稳定性。而后, 选用水准仪作为测量设备检测高程参数, 测量偏差为 ± 0.7 mm/km, 使得各项数据精度达到要求, 确保管棚钻孔高程误差在 ± 1 cm 以内。管棚支护阶段落实高程控制措施, 确保管棚的垂直度以及整体结构支护效果合格。如果在测量阶段发现管棚支护高程偏差超出标准, 极易导致管棚向上倾斜, 造成围岩结构支护性能不合格。基于此, 测量阶段需要保证高程精度达到技术标准。

2.3 套管跟进钻孔

2.3.1 安装钻机

在隧道软弱围岩长管棚施工过程中, 钻机安装时套管跟进为钻孔的起始环节, 也是影响施工效果的关键

键。按照测量放线确定的位置，将钻机安装到施工部位并使用地脚螺栓连接固定，确保基础稳定性合格，螺栓紧固力矩为 400 N·m，钻进作业阶段钻机稳定。而后，采用精度较高的水平仪检测钻机水平度并进行调整，使其偏差在 $\pm 0.5^{\circ}$ 以内。然后使用铅垂线测量钻机垂直度，使其方向达到精准度要求。钻机安装结束后对其固定状态进行检测，各项指标合格且钻孔精度达标再开展钻进作业，进而确保套管跟进钻孔有序完成^[2]。

2.3.2 钻孔

套管跟进钻孔作业的过程中需要重视各项参数检测，使其钻进精度达到技术标准。按照钻进作业要求，套管外径为 127 mm，能够保证孔壁支撑强度合格，也能确保后续钻杆能够顺利穿越。套管壁厚设计为 8 mm，承载力达到要求，面对支撑时压力、摩擦力时套管具备完整性。钻孔作业阶段初始减慢钻进速度，设定为 0.8 m/min，缓慢将套管推入进去，使得套管平稳进入地层结构内，防止发生孔斜、卡顿的现象。套管钻进深度达到 5 m 时暂停钻进，并在内部安装钻杆与钻头。而后，将钻进速度提升到 1.5 m/min 继续进行钻进施工。钻进速度根据地层条件、设备性能参数确定，使得钻进效率达标，且防止速度过快而引发孔壁坍塌、钻杆折断的现象。钻进作业阶段通常间隔 3 m 检测一次孔斜度，使其偏斜度控制在 1% 以内，一旦超出该标准需要及时调整钻进方向。钻孔作业阶段，落实技术参数控制工作，使得钻进压力、扭矩符合技术标准。按照设计方案钻进深度达到 30 m，使得管棚支护稳定性、强度合格，进而满足隧道软弱围岩施工安全性。

2.3.3 清孔

钻孔结束后进入清孔环节，采用高压风清孔方式较为常见，将风压设定为 0.65 MPa。该压力是通过多次反复试验确定的，能够保证孔道内部岩屑、杂物清理干净，防止过度冲刷造成孔壁损坏。风管插入孔底内部，按照 0.35 m/s 速度向上提，使得高压风能够充分作用在孔内，岩屑、杂物全面清理干净，后续施工

有序开展。如果上提速度较快，极易引发岩屑残留而影响清孔效果；速度过慢造成清孔效率较低，施工工期延误。通常情况下，单个孔位清孔时间在 12 min 左右，使用高压风充分吹扫直到孔口泛出清水且没有杂物为合格标准。为判定清孔效果是否达到技术标准，在清孔阶段使用专用工具检测孔底沉渣厚度，保持在 4 cm 以下即为合格。如果检测发现沉渣厚度严重超出要求，需要及时清孔作业，直到达到标准为止。清孔结束后复核检测孔深参数，确保钻孔作业深度达到设计标准为止^[3]。

2.4 管棚安装

2.4.1 钢管加工

管棚安装前按照设计标准开展钢管加工作业，确保加工质量达到技术标准。按照设计方案选择适宜规格的钢管，通常外径为 108 mm、壁厚 6 mm，能够具备较高的强度和刚度性能，承受围岩压力不变形。而后，采用专用工具在钢管上钻出注浆孔，直径为 12 mm，采用梅花型布置方式，注浆孔间距 15 cm。上述设计方式使得注浆后浆液能够均匀分布填充在围岩结构空隙内，使得围岩结构具备较高稳定性。管棚加工阶段保证钻孔精度、质量合格，注浆孔尺寸、位置符合设计标准。

2.4.2 钢管安装

管棚施工中钢管安装为核心工序，需要先进行钻孔内部清理，确保没有杂物后再进行安装作业。钢管加工结束后采取分段方式运输到作业现场，并使用设备逐一吊装到钻孔位置，采用丝扣方式进行钢管连接，丝扣紧力矩达到 250 N·m 以提高连接牢固性、可靠性。钢管安装阶段，采用安装设备辅助进行。同时，钢管缓慢送入钻孔内，速度达到 0.5 m/min，防止送出力度过大冲击造成钢管损坏。每一节钢管安装结束后对其垂直度、位置展开检测，控制误差处于规范状态，钢管安装控制要求如表 1 所示。钢杆安装达到设计标准要求强度后即可进行钢管固定作业，避免后续施工中引发位移、变形等情况，进而提高管棚的支护强度和稳定性。

表 1 钢管安装控制要求

序号	检测项目	控制要求	允许偏差范围	检测方法
1	钢管垂直度	垂直偏差应小于等于	$\pm 1\%$	全站仪
2	钢管位置（横向）	横向偏差应小于等于	$\pm 50\text{ mm}$	钢卷尺测量
3	钢管位置（纵向）	纵向偏差应小于等于	$\pm 100\text{ mm}$	测距仪测量

2.5 注浆

2.5.1 注浆设备调试

根据场管棚施工要求选择适宜的注浆设备,确保注浆作业能够有序开展。注浆泵选择后展开调试检测,使其工作压力达到 5 MPa,确保注浆效果合格且设备不会出现损坏、性能缺失的现象。注浆阶段重视压力测试,使得注浆设备能够提供充足动力,确保浆液能够充分填充围岩空隙,使得支护结构强度和稳定性合格。而后,检测注浆管的流量参数,采用专业仪器测量,使其流量达到 80 L/min,从而提高注浆施工效率,确保浆液在管道内部均匀流动。然后对搅拌设备进行调试检测,使其速度达到 60 r/min。注浆液能够均匀混合,提高浆液的质量。设备调试阶段对运行状态展开检测,确保各连接位置具备紧密性、达到密封的效果,避免出现泄漏问题。同时,对设备各项参数进行实时监测和记录,如果存在异常情况,需要及时进行调试和排查。注浆设备各项参数检测达到标准即可开展后续注浆施工,进而保证施工效果达到标准^[4]。

2.5.2 注浆施工

长管棚施工阶段,注浆作业环节执行工艺方案,采用分段注浆方式完成作业。注浆过程中分段长度设定极为关键,通常在 3 m 左右,使得注浆效果合格且满足施工进度要求。注浆阶段需对压力控制提起足够重视,初始压力为 1~2 MPa,随着注浆作业逐步进行可适当地增加压力,但最大压力不能超过 3 MPa,防止压力过大引发围岩破裂、浆液窜浆的现象。同时,注浆过程中严格控制注浆量,每次注浆量在 0.5 m³ 左右,并且使用注浆泵精准计量。注浆量达到设计方案要求后,或者注浆压力稳定在相应范围内不再上升即可停止注浆施工,等待一段时间使浆液达到凝固状态。

2.6 管棚工作室施工

2.6.1 工作室开挖

管棚施工阶段,工作室开挖为核心环节,需要严格按照工艺方案和技术标准进行,保证后续施工作业能够有序开展。工作室开挖前按照设计方案在现场精准标注开挖作业轮廓线尺寸,通常为长 8 m、宽 6 m,符合管棚钻机以及相关设备安装要求,现场作业空间充足。工作室开挖阶段选用小型挖掘机进行,挖掘机铲斗挖掘力在 50 kN 以下,以免对周边围岩产生过大扰动影响而引发安全事故。工作室开挖作业的过程中对开挖尺寸展开全面检测,避免出现超挖、欠挖的情况。通常每次开挖 1 m 深度后,采用激光测距仪进行尺寸

的复核检测,确保开挖轮廓线偏差在 5 cm 以下。同时,开挖作业阶段及时进行开挖土石方清理,使开挖作业面达到整洁、畅通的要求。开挖作业达到规定深度后,由技术人员开展现场工作室底部平整处理,平整度偏差为 ± 2 cm 以内,为后续设备安装以及作业创造良好的条件。在现场开挖作业过程中要时刻关注围岩结构稳定性,一旦存在异常情况需要立即组织人员整改处理^[5]。

2.6.2 工作室支护

工作室支护是保证围岩结构安全性、稳定性的重要举措,需要在工作室开挖完成后及时进行支护作业。工作室支护作业施工过程中以使用喷射混凝土支护方式为主,结构厚度 15 cm,强度等级超过 C25,能够承受围岩结构产生的压力作用。混凝土喷射阶段要严格控制喷射压力,使其保持在 0.4 MPa 左右,确保混凝土喷质量和密实度合格。混凝土喷射结束后,强度检测达到技术标准即可进行锚杆安装加固作业,其长度为 3 m、间距 1.2 m,采用梅花型布置方案。锚杆加工阶段使用直径 22 mm 螺纹钢制作,抗拉强度 335 MPa 以上。采用注浆方式使锚杆和周边的岩体能够牢固连接,提高工作室的整体稳定性。支护结束后检测支护效果,一旦存在问题立即采取补强措施,使工作室满足牢固性、可靠性要求。

3 结束语

隧道软弱围岩长管棚施工技术作为超前支护技术措施,能够提高围岩结构稳定性、可靠性,进而满足隧道开挖作业的安全性、稳定性要求。长管棚施工技术在应用过程中有多方面因素影响施工作业效果和稳定性,需要根据现场实际情况,遵循设计方案落实各项控制措施,从而提高隧道软弱围岩长管棚施工水平。

参考文献:

- [1] 熊熊. 软弱围岩隧道长管棚超前支护施工技术探讨[J]. 四川建材, 2018, 44(06): 108-109.
- [2] 杨震. 隧道软弱围岩管棚超前支护施工技术[J]. 交通世界, 2020(20): 151-152.
- [3] 胡志强. 软弱围岩隧道中管棚锁脚台阶法施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2019(08): 89-92.
- [4] 马武祥, 许岩波, 肖智广, 等. 自进式管棚施工技术在软弱围岩隧道中的应用[J]. 铁道建筑, 2020, 60(09): 69-72.
- [5] 吕鑫. 长管棚施工技术在公路隧道软弱围岩中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(06): 144-146.