

浅埋软弱围岩公路隧道施工技术

殷世刚

中铁四局集团第四工程有限公司

摘要：软岩公路隧道施工具有隐蔽性高、工期长、施工难度大、安全风险高等特点，对隧道施工技术提出了更高的要求。在隧道施工中，施工单位要充分掌握围岩分布情况，分析隧道工程所在区域的不良地质和特殊岩土，采用适当的开挖与支护技术，增强围岩结构的稳定性。同时，施工单位还要及时处治渗水、塌方、初期支护变形等问题，避免留下隧道工程质量缺陷。基于此，以下对浅埋软弱围岩公路隧道施工技术进行了探讨，以供参考。

关键词：浅埋软弱围岩；公路隧道；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.034

引言

公路隧道工程与一般公路工程有着很大的不同，不仅施工条件较为复杂，施工难度也较大，一旦存在施工质量问题，势必会影响工程的安全性和稳定性，降低其使用寿命。因此，在公路隧道工程施工的时候，需要掌握和了解公路隧道工程施工的重点和难点，严格落实各项施工技术要点，确保施工的规范性。而且，为了保证施工质量，还需要注重施工重点事项，以规避施工问题，实现预期施工目的，获取更多的工程效益。

一、公路隧道施工的基本特征

我国隧道施工特征主要从以下几个方面进行分析：一是隐蔽性强，隐蔽工程多。作为公路隧道工程的最基本特征之一，其从开挖至结构成型几乎都是在隐蔽的情况下进行的，因此对于质量监督的难度较大，导致许多工程在实际施工的过程当中会难以达到设计意图，对于工程质量的评定难度大。二是施工安全要求高于路基和桥梁工程。相比较于路基和桥梁的工程，在施工工程的方法上以及工作作业情况下，对于动力的自然环境千变万化，一般都会产生相应的安全隐患。因此在很多安全隐患没有办法去进行预测的情况下，就需要提出更加严格的管理要求和施工标准。其中就包括瓦斯、用水、溶洞、暗河、危石、松散基层等等因素。三是施工的相对作业面较少，工程环节都需要进行紧密相连，在施工作业进行各个环节的连续性发展过程当中，对于整体工程的组织管理要求与标准水平就十分严格，而且必须受到较少的自然因素影响。四是由于公路隧道工程对于组织水平要求较高，施工队伍自身的专业性强以及组织力

度大是当下作为隧道工程的最基本特点之一，而且所有的机械设备和劳保设备要求都比其他的工程较高。

二、施工原则

在隧道施工的可选方法中，喷涂锚固施工方法已被广泛应用，通过与复合涂层结合使用，可以产生更好的施工效果。在地质力学原理的指导下，它实际上提高了周围岩石的承载能力，并将开挖对周围岩石造成的破坏性影响降至最低。为保证施工质量，在实际操作中应注重以下原则：（1）合理选择支撑方式，如喷涂混凝土、安装锚杆等，必要时可辅之以钢框架联合支撑措施，开挖后及时组织支撑操作，因此，周围的岩石和其他元素构成了一个完整的支撑系统，并共同起到抵抗作用。（2）准确了解周围岩石的状况，采用科学措施提高其承载能力，确保周围岩石具有足够的稳定性。开挖施工过程中的干扰更为明显，导致周围岩石出现不稳定现象，因此开挖时应重点控制隧道轮廓，以确保其平滑度。（3）一旦待包围岩石具有足够的稳定性，且支撑体的初始变形趋于稳定，则可组织二次覆层施工作业。

三、公路隧道施工中存在的问题

（一）安全管理组织机构不完善

工程实际中，部分施工单位的安全组织体系不够完善，依然沿用以往的管理模式。负责人员对安全管理的重视程度不高，尤其仅注重施工进度和经济效益，导致了安全管理组织机构缺乏灵活性，未结合现实情况作出调整。与此同时，一些公路隧道工程的承包商会将部分工程分包，没有对分包出去的施工队伍实施有力监管，现有的安全组织机构难以保证施工安全，所以也增加了施工风险。

（二）环境恶劣复杂

公路隧道工程的施工空间相对较为狭小，施工环境也较为恶劣，大大增加了公路隧道工程施工的难度。同时，公路隧道工程施工工序较为繁琐，还涉及了很多的交叉施工作业，所以一旦施工规划不到位，容易出现施工碰撞，影响工程施工质量，产生安全隐患。另外，在公路隧道工程施工期间，经常会遇到延时条件较差的地段，这无疑会阻碍施工的正常进度，再加上公路隧道工程施工一般以半封闭为主，对环境的影响较为严重，这时施工完成以后还需要进行环境治理，这也就增加了公路隧道工程的施工量。

（三）施工管理体系不科学

科学的施工管理体系是保证施工质量的前提，而一些施工单位本身的管理体系就存在很多漏洞。再加上管理人员组织能力较差，考虑施工风险的影响因素不够全面，使得施工管理体系覆盖面不广，应用价值无法得到最大程度发挥，进而造成施工现场秩序混乱，作业人员纪律性不强，衍生出更多施工不规范的现象，造成安全隐患。

四、浅埋软弱围岩公路隧道施工技术

（一）地表处理

在偏压软弱围岩隧道建设的过程之中，对于地表的一些问题，我们就需要进行特殊的处理，对于隧道的建设过程中存在的一些地面的坑洼的情况，我们首先需要进行填埋。地表的处理，最主要的就是要考虑地表水的排水问题，在排出的过程之中，我们要尽量地考虑到山洪以及泥石流等一系列自然灾害的情况，合理地进行处理。需要不断地采用附图的形式来进行保护，基于地表保护的情况之下，可以更好地进行排水方式的设置，这样才可以帮助洞顶的地表水完成排放。同时，我们还需要结合现阶段的技术，更好地进行地表技术的处理，不断的就隧道的挖掘和相应的地表水排出，进行相应的构建，这样才可以更好地使得隧道的建设更加完善。

（二）开挖施工技术

对于软弱围岩情况，按照超前支护注浆强度设计值的85%及以上作为判定指标，实测值达到该标准后进行开挖施工。为了降低安全隐患发生率，施工时采用了预留核心土开挖法，按照“先轮廓，再喷锚，后开挖核心土”的顺序进行作业，具体如下。（1）在轮廓施工时，通过人工与风镐相结合进行作业，对于超欠挖问题，配套应用风镐分台阶开挖，规避边墙、拱部弧形开挖方面的超欠挖现象。核心土部分与中槽部分应用挖掘机作业。（2）喷锚初期支护时，考虑到围岩变形比较明显，配套应用系统导管注水泥与水玻璃双浆液。具体操作时，先进行钢架搭设，再喷射混凝土，以满足结构层设计厚度为准。（3）进行核心土开挖。由于不排除坚石阻碍继续施可能性，遭遇坚石时，选择弱爆破方法震裂坚石后继续作业。考虑到爆破扰动问题，施工人员结合浅孔、密眼、多循环原则按部就班操作。（4）对于渗水问题，设置有防排水措施，重点针对反坡施工地段设置高性能排水设备，保障工作面不发生积水问题。具体操作时，要求将围岩暴露时间控制在合理范围之内。

（三）超前支护

在偏压软弱围岩隧道的建设过程之中，我们还需要

采用一些超前保护的措施，例如，我们可以采用注浆技术，不断的使他们在非外力的影响下进行相应的凝固注浆技术，可以更好地使得隧道不受到外力的影响，更好的保护隧道的安全性和可靠性，从而针对地质地貌来进行一个更好地受力分析，在这个过程中，可以改变周围岩石的稳定性，改良隧道的保护情况，更好的服务于隧道主体结构施工。

（四）初期支护衬砌施工技术

初衬施工前，要求保障位移速度的稳定性，确认围岩不再发生较大变形的条件下开展作业。考虑到各项位移存在收敛过程，而且拱部下沉控制标准在0.07mm/d以下。施工人员归纳了二次衬砌混凝土浇筑作业的3个基本条件：控制围岩失稳到合理范围之内；收敛后各项位移应满足总位移80%~90%；拱部沉降控制标准以0.07mm/d以下为准。当满足上述条件时开展初支作业等。

（五）注浆

在注浆操作过程中，应保证孔洞直径以及孔洞深度等基本要求，防止孔洞堵塞，有效清除管道内部的积累物，随后在进行水泥浆灌注。其中水泥浆灌注顺序则由下至上进行跳跃注浆操作，确保浆液不流失。等待注浆完成后，需要根据泥浆压力、注浆总量以及注浆时间进一步判断是否结束，当注浆压力达到或者接近极限压力范围时，将结束注浆操作。所以当注浆压力超过或者终极压力达到80%时，会产生较大的跑浆问题，而经过间接注浆后则可以结束注浆，当注浆数量达到或者超过设计注浆数量，致使孔洞管道出现冒浆时直接结束。等待水泥注浆完成，注浆压力稳定后，则需要及时关闭球阀设备，而在泥浆注浆异常问题后，水泥浆的压力数值则会大幅度提升，一旦产生管道堵塞则无法疏通整个管道。由于水泥浆物质进浆数量较大，所以管道压力长时间不升高，则应及时调整浆液浓度以及配合比例，尽可能缩短凝胶时间，致使浆液物质在缝隙中具有相对停留的时间，以便于胶质物质凝结。但是，停留时间不能超过混合泥浆时间，才能避免注浆不饱满问题。

（六）二次衬砌施工

二次衬砌施工在公路隧道施工中发挥着支撑围岩的作用，如果施工质量不达标，直接影响整体质量，其美观性也会有所下降。在公路隧道工程施工的时候，如果初期支护出现围岩变形就会影响围岩的稳定性，需要立即设置临时支护措施，避免进一步控制负面影响。但是，初期支护一旦产生异常，二次衬砌施工也会受到影响，需要立即调整支护类型，对施工参数进行优化，抑制变形问题的产生。另外，在二次衬砌施工的时候所使

用的台车应当表面平整, 接缝严密, 以此保证成型后衬砌的完整性和平整度。

(七) 塌方处治技术

工程左线段拱顶至右边墙范围内出现塌方, 塌方量为 350m^3 , 塌方周边出现环向开裂, 裂缝宽度为 $2\sim 8\text{cm}$ 。现场勘查结果显示, 该塌方段处于断裂破碎带, 岩体为角砾状松散结构, 稳定性极差, 同时在裂隙水的作用下, 最终造成初期支护受到破坏, 引发塌方现象。对塌方的处治技术如下: (1) 回填反压。采用回填土的方式反压作业面, 增强边墙部位围岩的稳定性, 回填高度与上导拱脚高度一致, 并向塌方前方位置延伸, 设置成分层台阶, 形成反压平台。(2) 临时支撑。在反压平台上搭设临时支撑, 支撑结构为井字形枕木垛结构, 避免拱顶继续下沉, 解决初期支护变形问题。(3) 塌穴封闭。对塌方处暴露出岩体的部位喷射混凝土, 混凝土厚度为 15cm , 封闭处理塌穴, 避免掉落岩体碎块; 在喷射混凝土后打入注浆锚杆, 锚杆长度为 3.5m , 间距为 1.5m , 在锚杆上挂设钢筋网, 再喷射混凝土, 厚度为 15cm ; 在锚杆尾部焊接工字钢, 起到加固作用。(4) 护拱施工。在反压平台上施工钢筋混凝土梁, 混凝土底面伸出拱架接头板, 对接上下拱架; 拱架间距 50cm , 用锚杆和螺纹钢交错连接; 铺设双层钢筋网, 喷射混凝土, 采用分层喷射施工方法, 混凝土层厚 25cm , 用作护拱结构。(5) 注浆加固。在发生塌方的前后方区域采用分段注浆加固技术, 布置梅花形小导管, 导管长度为 4m , 间距为 1.5m , 分次注浆; 塌方处理后, 替换变形的拱架, 再用注浆小导管锁脚。

(八) 防排水措施

(1) 排水方面: 沿隧道纵向 ϕ 软水渗透管依次铺设 50mm , 间距控制标准为 10m , 管道铺设排水板后放置到位, 形成初步排水系统; 然后, 将 100mm 柔性纵向渗透软管安装在侧壁底部上方 1.2m 处, 将其连接到三通软管上, 以快速将孔内积聚的水排到外部。(2) 防水外观: 喷涂混凝土形成后, 在此位置铺设复合防水板; 合理调整工作接缝, 每根接缝均匀配置两条防水带; 覆层施工的选择是S6防水混凝土。隧道施工现场以断层破碎地段居多, 其中地下水扰动更为明显, 遵循“主要阻塞, 组合阻塞”原则; 其他部分以排水为主要手段。通过多种措施尽量减少地下水的不利影响。

(九) 支护施工技术

在这个浅层地下隧道项目的施工中, 为了提高施工质量, 有必要注意以下施工环节。在加固施工阶段, 施工人员应注意选择小型纸浆注入管道, 使其壁厚达到 3.5mm , 同时确保注入管道长度在 4.5m 至 5.0m 之间, 环

间距控制在约 0.4m , 在纸浆注入施工阶段, 采用双层注浆法展开施工建设。优化初始支撑结构。在极化隧道施工中, 必须确保隧道开挖工程和支撑工程同时进行, 并结合具体施工条件和施工指南, 支撑结构有效运行, 增强支撑结构的稳定性。为了在上导槽中实施灌浆注入施工, 施工人员使用小的前导管(40mm), 以确保施工的安全有序展开, 利用螺纹钢制作四肢型钢格栅, 强调支撑结构的完整性、柔软性。在隧道爆炸阶段, 有必要根据具体施工情况有效控制使用的炸药量, 并在爆炸前了解施工区域上方落石的情况。在混凝土喷涂过程中, 只需将其厚度保持在 5cm , 并放置箍筋或锚固装置即可提高混凝土喷涂效果。

(十) 仰拱施工

根据实际施工进度, 及时施作仰拱, 尽可能缩短两个阶段之间的时间, 从而实现早期关闭、抗坍塌效果, 在完成仰拱施工作业后可确保洞内通路维持畅通的状态, 有利于加强排水。但在现场电弧的应用中可能会影响施工车辆的正常通行, 为了避免这种矛盾, 设置一个易于抗干扰的平台, 将其用作过渡通道, 为手掌施工创造良好条件。隧道下部采用典型的细长模板作为基础材料, 组织填充施工。现场拱放置在V级、IV级周长岩石覆层结构上, 可移除III级周长的岩石覆层。初始支撑完成后, 组织人员建造起重弓, 以确保初始支撑的稳定性, 使其始终保持良好的强度状态, 从而便于后续有效工作。

结束语

总之, 浅埋软弱围岩隧道施工技术是现阶段的一项隧道建设的先进技术, 在这个技术的应用过程之中, 我们需要不断地加强地质勘测和地质研究, 在研究的基础之上, 不断的结合大数据技术和现阶段的一些注浆等技术, 不断的进行隧道安全性的构建, 保证隧道在安全使用的同时, 能够安全建造。

参考文献

- [1] 袁继宾. 公路隧道软弱围岩浅埋段综合施工工艺[J]. 中国高新科技, 2021(06): 95-96.
- [2] 马晓文. 高速公路浅埋软弱围岩隧道施工技术[J]. 工程技术研究, 2021, 6(01): 63-64.
- [3] 王星星. 复杂地质条件下公路隧道施工技术分析[J]. 交通世界, 2020(35): 151-152.
- [4] 胡百沐, 邹玮. 论述软弱围岩大断面公路隧道施工技术[J]. 运输经理世界, 2020(08): 52-53.
- [5] 任东峰. 关于公路隧道软弱围岩初期支护施工技术的研究[J]. 四川水泥, 2018(01): 104.