

研究公路隧道施工问题及技术措施

汤海兴

云南第一公路桥梁工程有限公司 云南 大理 671000

【摘要】：伴随着我国公路交通网络的不断完善，在山区、丘陵地区使用的隧道工程越来越多，隧道工程施工质量及安全对整个公路通行能力以及运营寿命的影响越来越大。公路隧道施工环境复杂、工序繁杂，受到地质状况、施工工艺、管理水准等诸多要素的影响，容易产生围岩失稳、涌水突泥、衬砌开裂等种种隐患，不但会耽误工期和成本，还会潜藏起安全风险。本文以沿江高速公路隧道等工程为例，对公路隧道施工中出现的问题进行系统的分析，并针对这些问题提出了行之有效的技术措施，给类似隧道工程施工提供了借鉴意义，从而提高公路隧道施工质量及安全性。

【关键词】：公路隧道；施工问题；技术措施；实际案例

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.009

1 引言

目前在公路隧道施工过程中还存在着围岩坍塌、涌水突泥、衬砌质量不合格等安全隐患问题，对工程的建设进度及运行安全造成影响。因此根据实际情况选取实例进行分析，寻找出切实可行的技术措施来解决施工过程中出现的问题，对于规范公路隧道施工过程、减少施工风险、保证工程质量有重大的工程意义。本文以高速公路隧道为对象，针对公路隧道施工中常见的质量问题以及相应的解决办法进行了分析。

2 公路隧道施工常见问题分析

2.1 围岩失稳坍塌

围岩失稳坍塌属于公路隧道施工中经常出现、危害较大的问题之一，在软弱破碎围岩、断层破碎带、浅埋段等地质条件比较恶劣的地段更为普遍。其主要表现就是掌子面坍塌、拱顶下沉、边墙收敛过大，严重的会引发施工人员伤亡、设备损毁，甚至导致隧道报废。

2.2 涌水突泥灾害

涌水突泥属于公路隧道施工中的典型地质灾害，常出现在富水地层、岩溶发育区、断层破碎带等地段，表现为隧道内突然有大量的地下水涌出，并伴有泥沙、石块等物质的涌入，严重的时候会造成作业面被淹没、设备损坏，从而导致工期延误和成本上升。

2.3 衬砌施工质量问题

衬砌是公路隧道主要的承重、防水结构，施工质量的好坏直接关系到隧道耐久性、安全性。常见的衬砌质量通病有衬砌开裂、蜂窝麻面、空洞、厚度不够等，其中衬砌开裂最常见，不但会影响隧道的外观，而且会降低衬砌的承载能力，造成渗漏水等后续病害。

2.4 施工安全管理问题

公路隧道施工环境复杂，安全风险高，如果管理不善，就会造成安全事故的发生。常见安全管理工作中存在的问题有施工人员的安全意识差，没有严格按照安全操作规程进行工作，违章作业；安全防护设施不齐全，作业面通风、照明、支护防护等设施不符合要求；应急预案不健全，对于突发事件（坍塌、涌水）的应急处理能力不够强；现场安全监管不到位，不能及时发现并消除隐患。

3 公路隧道施工问题的针对性技术措施

3.1 围岩失稳坍塌的技术措施

对围岩失稳坍塌问题，核心就是坚持“先支护、后开挖、短进尺、快封闭、勤量测”原则，根据围岩级别采取相应的超前支护和初期支护措施，控制围岩变形，保证施工安全。

(1) 优化开挖工艺：根据围岩级别选择合适的开挖方法，III级围岩全断面开挖，开挖进尺3~5m；IV级围岩台阶法开挖，上台阶进尺1.5~2.5m，下台阶跟进开挖，及时封闭成环；V级及以上软弱破碎围岩采用CD法、CRD法等分部开挖方式，进尺0.5~1.0m，减小围岩扰动。

(2) 加强超前支护：根据地质条件选择合适的超前支护方式，极破碎地层、大断面隧道、洞口段用管棚支护，直径70~180mm无缝钢管，管内注浆成钢-浆复合拱棚，提高支护刚度；IV、V级围岩用超前小导管支护，直径32~50mm、长3~6m钢管，管身钻注浆孔，注浆后形成局部加固区，与钢拱架结合使用；块状碎裂岩用超前锚杆支护，把表层围岩和深部稳定岩体联系起来，产生组合梁效果。

(3) 强化初期支护，及时封闭围岩：开挖完毕后

立即喷射 C25-C30 混凝土，厚度按围岩级别控制在 8~15cm，喷射时振捣密实；然后铺设钢筋网，安装钢拱架，钢拱架间距为 0.8~1.2m，与锚杆、钢筋网牢固连接，形成联合支护体系；加强围岩量测，及时观测拱顶下沉、边墙收敛等数据，根据量测结果调整支护参数，保证围岩稳定。

3.2 涌水突泥灾害的技术措施

对于涌水突泥问题，主要采用的是“堵、排、截”的方法，即先查明水文地质条件，再采取相应的堵水、排水措施来阻止地下水的渗流途径，从而控制涌水量，防止出现突水突泥的现象。

完善地质勘察工作，使用超前地质钻探、地质雷达等方法对隧道穿过区域的水文地质情况进行准确调查，找出岩溶裂隙、地下暗河、富水断层等地质构造，提出相应的处理措施。对富水地层、断层破碎带等采取超前深孔注浆，选用水玻璃双液浆（水泥浆与水玻璃的体积比为 1:0.5），水玻璃浓度为 35Be’，水泥浆水灰比为 0.5~1，注浆压力按地质条件控制在 0.5~2.0MPa，注浆完成后保持 10min 以上稳定，保证注浆效果，形成止水帷幕，阻止地下水渗流。加强排水系统建设，在隧道两侧设排水沟，拱顶设排水盲管，及时排出隧道内渗水；对涌水量大的地方设置集水井，用抽水设备把地下水排到隧道外，降低隧道内水位，防止地下水积水造成涌水突泥。

3.3 衬砌施工质量的技术措施

对衬砌施工质量问题进行重点研究时，主要从材料、工艺、养护三个方面入手来规范施工过程并提高衬砌施工质量，从而保证衬砌结构的承载能力以及防水性能。严格控制材料质量，选用强度等级符合要求的水泥、骨料，骨料含泥量控制在 3%以内，选用合适的外加剂，严格按照配合比搅拌混凝土，保证混凝土强度和和易性；进场材料必须经过检验，不合格的材料不得使用。规范衬砌施工工艺，用模板台车进行衬砌施工，保证衬砌厚度一致、表面平整；混凝土浇筑时控制浇筑速度，使用插入式振捣器振捣密实，防止产生蜂窝麻面、空洞等缺陷；施工缝处应凿毛并清理干净，再铺水泥砂浆，使新旧混凝土粘结牢固；衬砌钢筋安装要符合设计要求，间距、保护层厚度控制准确，不得有钢筋外露、间距不均等情况发生。加强混凝土养护，混凝土浇筑后立即覆盖土工布洒水保湿，养护时间不少于 14 天；冬季施工时采用保温措施防止混凝土受冻，夏季施工时采用遮阳、洒水等方法降低混凝土表面温度，减小收缩裂缝。

3.4 施工安全管理的技术措施

加强安全教育培训工作，对施工人员开展安全知识与操作规程培训活动，提高施工人员的安全意识水平，并且严格禁止违章操作行为的发生。特种作业人员必须持证上岗，保证作业安全。完善安全防护设施，作业面应有足够数量的通风、照明设备，保证作业环境良好；设置安全警示标志，划分危险区，禁止无关人员进入；给施工人员配备安全帽、安全带、防护鞋等个人防护用品，保证人身安全。健全应急预案，对坍塌、涌水、火灾等突发事件制定出详细的应急预案，配备相应的应急物资与设备，并且定期开展应急演练活动来提高应对突发事件的能力。加强现场安全监督，创建安全监督管理体系，指定专人负责现场的安全检查工作，及时发现并消除事故隐患，落实安全责任制，把安全责任落实到人头，保证安全工作的有效开展。

4 实际工程案例分析

4.1 工程概况

本文选择高速公路宁会隧道、宁南隧道以及某山岭隧道为案例，在沿江高速公路的路线中，该路段隧道数量较多，并且多次发生过涌水突泥的现象，而在山区路段则有某山岭隧道，其长度为 3200m，最大埋深达 280m，围岩分为 III 级、IV 级和 V 级，施工时容易出现围岩失稳、衬砌开裂等状况。具体的工程参数如表 1 所示。

表 1 具体的工程参数

隧道名称	宁会隧道	宁南隧道	山岭隧道
全长(m)	2860	3120	3200
最大埋深(m)	250	270	280
围岩级别分布	III级 40%、IV级 35%、V级 25%	III级 38%、IV级 37%、V级 25%	III级 45%、IV级 35%、V级 20%
主要施工问题	涌水突泥、围岩失稳	涌水突泥、衬砌开裂	围岩失稳、衬砌开裂

4.2 施工问题及处置过程

(1) 宁会隧道涌水突泥处置：宁会隧道进口端左线开挖到 Z2K306+138 处的时候发生了突然的涌水现象，拱顶出现淋雨状出水，掌子面钻孔后变成股状出水，水头喷出距离为 3~4m，经过测量发现涌水量达到 2265m³/h，并且持续时间较长没有减弱的趋势。经过勘察得知本次涌水灾害的成因构造是岩溶裂隙型，

隧道所在区域的地层主要是灰岩、灰岩夹白云岩和白云岩，裂隙网布很密，降水通过裂隙进入地下水，开挖扰动之后高压岩溶裂隙水突然破坏围岩而产生涌水。为了解决这个问题，采用了注浆堵水和排水降压相结合的技术方案，即用水泥水玻璃双液浆对周边深孔进行预注浆堵水，注浆压力控制在1.0~1.5MPa，稳压10min，使浆液扩散半径大于0.5m，形成止水帷幕；在隧道两侧增设排水沟、拱顶设排水盲管，在涌水区设集水井，用大功率抽水设备将地下水排出隧道，降低隧道内水位；优化开挖工艺，采用台阶法短进尺掘进，进尺≤1.0m，开挖后立即喷射混凝土封闭掌子面，加强超前小导管支护，保证围岩稳定。经过处理，隧道涌水量由原来的20m³/h降到15m³/h以下，并且能够穿过涌水区，没有再出现二次涌水、突泥的事故。

(2) 宁南隧道溶腔及衬砌开裂处置：宁南隧道出口端左线开挖到ZK259+634处的时候，掌子面左侧拱腰处出现了大型溶腔，并且伴随着小规模涌水突泥现象发生，涌水量约为300m³；之后开挖到ZK259+622处时，掌子面前方靠右侧又出现了大型溶腔，伴有股状涌水，涌水量为200m³/h。同时隧道衬砌施工完毕后，有部分段出现纵向裂缝，最大裂缝宽度达到0.3mm，对衬砌结构稳定造成影响。对于溶腔和涌水问题，采用超前深孔注浆加管棚联合支护的方式，用直径108mm的管棚，长30m，环向间距40cm，管内注浆压力为1.5MPa，使溶腔周围围岩得到加固，阻止地下水渗流；对衬砌开裂处进行清理、凿槽，并用环氧砂浆灌注封闭，改善衬砌混凝土配合比，使用低热型水泥以减小混凝土收缩变形，加强养护，延长养护时间到21天以上，之后衬砌没有再次出现开裂情况。

(3) 某山岭隧道围岩失稳处置：某山岭隧道洞口段属于VI级围岩，用全断面开挖法进行开挖，进尺为3m，开挖完成后没有立即封闭掌子面，造成掌子面前方的坍塌现象出现，并且出现了拱顶下沉速率达到15mm/d、边墙收敛速度大于5mm/d的情况，给施工安全带来了严重的危害。为了解决这个问题，立即停止开挖，采取应急支护措施，一是清理坍塌体，用直径127mm长管棚支护，长度30m，环向间距40cm，共设42根，管内注浆压力1.5MPa，形成超前支护屏障；二是采用CD法分部开挖，上台阶进尺控制在0.8m，下台阶跟进开挖，开挖完成后立即喷射12cm厚C25混凝土，铺设钢筋网，安装钢拱架，钢拱架间

距0.8m，与锚杆牢固连接；三是加强围岩量测，每2小时观测一次拱顶下沉、边墙收敛的数据，按量测结果调节支护参数。处理过的拱顶下沉速度小于2mm/d，边墙收敛速度小于5mm/d，围岩趋于稳定，之后施工可以继续。

4.3 处置效果

通过对三座隧道施工技术措施进行有针对性的处理，可以有效解决隧道施工中出现的各种问题，具体的处置效果如表2所示。施工期间没有发生安全事故，工程进展顺利，衬砌质量、围岩稳定满足设计要求，通车之后，隧道无重大病害产生，通行安全有保证，证明所采用的技术手段是合理的可行的。

表2 处置效果

隧道名称	宁会隧道	宁南隧道	某山岭隧道
主要处置措施	双液浆注浆堵水、排水降压、短进尺开挖	管棚+注浆加固、裂缝环氧砂浆封闭、优化混凝土配合比	长管棚支护、CD法分部开挖、强化初期支护
处置效果	涌水量降至20m ³ /h以下，顺利穿越涌水段，无二次灾害	溶腔稳定，涌水得到控制，衬砌裂缝闭合，无新裂缝产生	围岩稳定，拱顶下沉、边墙收敛达标，无二次坍塌

5 结论

公路隧道施工过程中由于地质条件、施工工艺、管理水平等因素的影响，容易造成围岩失稳坍塌、涌水突泥、衬砌开裂、安全管理不到位等问题，这些都会对工程质量及进度产生不良影响，并且会留下安全隐患。根据工程实际地质情况，对各种施工问题分别采取相应的技术措施进行处理，即围岩失稳坍塌可采取优化开挖工艺、加强超前支护及初期支护、加强围岩量测等方法来解决；涌水突泥可采用“堵、排、截”的方式，用注浆堵水、完善排水系统等手段来控制；衬砌质量问题要严格控制材料质量、规范施工工艺、加强混凝土养护；安全管理问题要加强安全培训、完善安全防护设施、健全应急预案、加强现场监管。根据沿江高速公路宁会隧道、宁南隧道以及某山岭隧道实际案例分析可知，本文所提出的处理方法是科学可行的，并且取得了较好的效果，在施工过程中有效地解决了一系列的问题，保证了工程的质量和安，给类似公路隧道施工提供了一定的经验借鉴。

参考文献:

- [1] 程凯.当前公路桥梁隧道施工中存在的问题及解决对策[J].建材与装饰,2018,(20):276.
- [2] 张伟.公路桥梁隧道施工中存在问题及解决对策[J].建筑技术开发,2017,44(20):113-114.
- [3] 王肃臣.当前公路桥梁隧道施工中存在的问题及解决对策[J].中国高新技术企业,2016,(34):128-129.
- [4] 刘强.当前公路桥梁隧道施工中存在的问题及解决对策[J].企业科技与发展,2018,(08):72-73.
- [5] 陈渊.公路桥梁隧道施工中存在的问题及解决对策[J].现代物业(中旬刊),2018,(07):230.