

复杂地质条件下隧道施工技术研究

鲁燕群

中铁隧道局集团三处有限公司

[摘要]复杂地质条件是指环境复杂、风险因素多的地质情况，在隧道施工中，这些特殊复杂的地质条件易引起施工安全问题。因此，要提前全面调研这些施工环境，选择切实有效的施工方法，以确保隧道安全施工和施工人员的安全。

[关键词]复杂地质；隧道施工；安全管理

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.03.533

近年来，我国交通业得到了全面推进及发展，隧道工程项目数量逐渐增多。然而，在隧道的实际施工中，常遇到地质条件较复杂的情况，为有效开展隧道施工，技术人员有必要根据不同类型的地质条件选择合适的施工模式，以确保施工安全，最大限度地提高隧道施工质量与效率。

一、隧道施工特点概述

1、隧道施工中存在许多不可预知因素。隧道施工前，虽然将对现场地质地形进行勘查，但仍不可能了解掌握所有地质状况，特别是在复杂地形地质环境下，无法准确预测泥石流、瓦斯底层等地质条件，可能影响隧道的顺利施工。

2、隧道施工中存在许多危险因素。隧道施工期间，原有地质结构将受到破坏，若无法提前预知该地区地质变化，易引发塌方等风险，威胁人民生命财产安全。

3、隧道施工具有隐蔽性。隧道施工的各个环节密切相关、相互联系的，上一道工序完成后，立即进行下一道工序，覆盖上一道施工环节，未能及时发现潜在的质量缺陷及安全隐患，最终影响隧道施工质量和安全。

二、隧道工程复杂地质环境概述

隧道施工中复杂的地质环境给施工技术的应用带来了极大困难，其复杂的地质条件能从两方面来理解、认识：一方面，隧道施工现场环境极其复杂恶劣。例如，在一些公路隧道施工中，不可避免地会遇到严重的突水冒顶和复杂的断层岩层，给隧道施工带来很大困难。另一方面，隧道施工区周边地质环境复杂，可能存在矿洞、湿陷性黄土等特殊节段。此外，还有一些市政公用基础设施，这也是干扰隧道工程施工的重要内容。这些复杂的隧道施工地质环境造成各种不可预测的地质问题，如突泥涌水、高地温灾害、断层破碎、偏压、岩爆、瓦斯爆炸等，这些地质风险将对施工人员或周围环境的安全构成巨大威胁。

三、复杂地质条件下隧道施工原则

隧道施工环境的复杂条件决定了施工期间必须保证岩石层的稳定性，以确保施工队伍在施工期间的人身安全。也就是说，施工人员不得大规模开发岩石层，应采用适当的开挖方式和速度。同时，综合分析岩石层的地质条件及其变化，以及隧道施工的相关要求等因素，全面确保岩石层的稳定性，创造安全环境。

开挖方法的合理选择关系到隧道的施工效率和质量，所以开挖前要确保充分掌握施工条件，全面分析地质条件，包

括施工难度、安全程度、施工要求等，以确保隧道施工工程采用正确的开挖方式进行。

四、隧道施工中复杂地质条件对施工的影响

隧道经常出现在高速公路和铁路建设中，具有一定的积极意义。采用隧道施工可缩短高速公路与铁路之间的连接线，形成一条直线，从而节约施工成本，提高公路和铁路施工技术水平。然而，在复杂的地质条件下，隧道工程将变得更加复杂。例如，在我国西南部，修建铁路和公路隧道较困难；又如，在地质条件差、土质松软不硬地区，施工开挖易发生塌方；区域地质条件为岩溶地貌，施工技术难度大，无法使用专业施工机械，施工难度大，开挖中易发生破坏，导致不稳定因素。此外，随着城市化进程加快，交通需求逐渐增加，隧道建设迫在眉睫。但由于城市地下管线数量众多，为避免地面建筑物地基失稳引起的塌方，促进铁路和高速公路隧道顺利施工，提高施工技术及安全管理水平，需采取多种措施。西南地区施工区地形复杂多样，具有西高东低的特点，使隧道工程施工中存在诸多技术难题，并且由于该地区地质环境恶劣、地基松软、岩体结构不牢固等，易造成工程坍塌。在某些结壳频繁的地区，如岩溶地貌，岩石稳定性较差。这种地质条件不利于专业设备的使用，也对钻井技术提出了更高的要求，若处理不当，将演变为地质灾害。还有特殊的地质条件，如地下洞穴等。为防止地下管线间的安全距离过大，在城市隧道施工中，要协调好各管线间的安全距离。因此，设计、施工人员需区分复杂地质条件与建筑环境的关系，全面研究施工技术，提出行之有效的施工方案。

五、复合地质条件下隧道施工技术分析

复杂地质条件下，隧道施工面临一定挑战，为提高隧道施工质量，要掌握各种地质条件的具体情况，科学合理地开展施工技术审查及分析，不同地质类型需要有针对性的施工技术，能体现因地制宜的理念，具体问题必须有针对性地解决方案。

为了提高隧道施工质量及效率，隧道施工技术应基于实际地质条件，西南地区的地质条件主要是断层或中间地层，由于地质地层稳定性较低，隧道时先要加强岩层处理，提高地面强度，以确定地质中是否有丰富的煤炭资源，由于煤网长期破碎，若施工前瓦斯浓度在标准范围内，为确保施工人员的安全，在岩溶形式较复杂情况下，必须充分控制岩溶地质。先要全面检查洞穴整体内部，了解洞穴中物质的组成，

清洁软石表面，清理或填充不平整部分。填方时，应充分利用固体材料以充分进入洞室，洞室墙可采用锚杆砌筑，以增加洞室的稳定性并减少对洞室的破坏，钢筋混凝土设备可用于具体施工。同时，可使用专业机械设备加固洞室内地基基础，并对地基进行特殊处理，使其防水。另外，加强洞窟内部支撑，使其更加坚固，尤其是洞室顶部的稳定性，从而提高其抗压性能。

六、复合地质条件下隧道施工技术

1、气成层。为了预测地质情况，改善建筑物通风、排水条件、工作面，在隧道出口左侧（线前进方向）设置一段较长平行位置。打开并联后，将并联位置用作通道的灭火、救援、维修。在隧道实际工况下，采用钻孔抽放方式降低瓦斯压力，抽放高度大于隧道出口轮廓线。施工中，根据设计要求，沿隧道纵向每隔1.0m设置拱壁钢架，以加强采空区外空洞的封闭，减少岩石面积及破裂面，防止破坏。严格按程序减少进入隧道的空气体积，加强通风，加大风速，增加隧道内空气量，确保隧道内气体浓度不超过0.3%。检验程序完成后，应设立专职安全员，连续检验气体。气体浓度能在隧道内的任何地方吸入，所以在钻孔、装填、爆炸前，必须严格执行瓦斯浓度“一枪两控”规定，加强瓦斯浓度监测管理。隧道内，当瓦斯浓度超过1.5%时，掘进现场将自动报警，调整施工人员，停止所有作业，并增加通风量，若隧道内瓦斯浓度超过1.5%，必须疏散相邻隧道内的施工人员，以达到警示及预防目的。

2、石膏层。石膏穿孔结构采用超短台阶法开挖，条件允许时，可采用人工或钻孔法结合人工开挖的减压、初期支护加固初期支护，按灵活、及时、多支护思路，将高强度、高抗震、大变形材料及构件纳入第一支护。隧道壁采用锚固方式，轴心采用后轴线。

管道结构的首次支护组合带动了小型管道、锚杆、喷射混凝土。严禁在洞内设置脱水通风站，喷淋水，注意排水，防止积水溢流，保持岩体干燥，并将隧道加固为椭圆形衬砌结构。考虑石膏的受力特性、空间要求、水源特性，选择椭圆形衬砌结构，既能满足排水要求，又具有较大承载力。

3、岩溶层。隧道洞穴中，溶沟是最常见的溶洞，广泛分布于隧道线路结构两侧、拱顶底板、道床或侧墙底部。一般来说，洞穴规模小、影响小、处理相对简单，所以降低了工程进度及质量。因此，大部分150-75砂浆红宝石溶洞被反吹；弧形拱顶加1.0RTL厚片保护砂浆；纤维层下的溶洞由梁支撑；墙下溶洞采用横梁支撑或两次更换。

根据洞穴的形态特征及地质条件确定组合，洞口线右侧设置挡泥墙，后端清空，若洞穴宽2.5m，高2.5m；则在右端用2.5m砂浆柱支撑顶面，上接32m横梁交叉。由于洞室两端岩溶作用强烈，不适合作为受水区；梁浇筑时间长，影响设计，因此不设梁宽。采用地基易减薄挂膜技术，有利于围岩加固、衬砌与基床分离、路基基床沉降。溶洞的具体处理措

施为：挖取溶洞顶板，在施工中清除药筒填充物及放射性残渣，按填石要求分层填筑，顶面厚度距洞底不超过1.0m，可将碎石引入洞内，浇筑50号混凝土。侧壁与箭头：侧壁及拱圈采用锚杆，钢筋吊装的钢-混凝土衬砌应进行预留沉降作业。

七、复杂地质条件的安全管理

1、加强安全管理。安全管理是复杂地质条件下隧道施工的必要措施，要不断完善安全防范管理。①完善风险预防体系，最大限度地规范人的行为，让工作人员按既定程序办事，能降低意外事故发生概率；②加强施工技术人员的安全管理，通过安全教育培训，以典型事例和安全操作为主要内容，提高施工人员的安全意识，在山体加固的每一步严格按照要求施工，去除山体上不稳定物质，使山体稳固；同时，对地质条件有基本了解，能有效应对突发情况；此外，要制定安全预防措施，针对不同的地质条件提出不同方案，以有效解决问题；隧道内外可安装电子监控设备，密切观测隧道实时情况，出现异常情况及时采取防范措施。

2、注重现场施工安全管理。现场施工中存在诸多不确定因素，必须以现场施工为重点，加强安全管理；主要是加强监督管理，包括对施工人员、施工进度和施工质量的监督；要对施工人员进行监督，施工人员的行为是否规范，直接影响施工安全，许多施工人员缺乏安全意识，例如，在煤炭资源丰富的地质条件下进行隧道施工时，必须进行瓦斯浓度检测，但部分人员使用设备方法不当，浓度检测数据会出现偏差，严重时甚至会危及生命安全；施工进度关系到隧道工程能否如期投入使用，所以要定期监督施工进度，一旦瓦斯浓度检测不合格或地下空间不稳固坍塌，将严重影响后期工程进度。因此，要了解影响施工进度的因素，制定预防措施；施工质量是确保工程安全的重要前提，要对山体加固材料及相关设备进行严格审查，确保其质量合格并可投入使用。

3、加强施工过程的安全管理。需不断加强施工过程安全管理，建立风险预警机制，安装红外报警器，一旦发现安全隐患，报警器能快速了解并制定解决方案；此外，为提高施工设备的安全性能，机械设备发生损坏或故障时，应及时上报维修，设备的正常运行是施工人员准确操作的前提，尤其是在喀斯特复杂地质条件下，施工中应保证相关科技设备的安全性，使用先进的计算机设备对获取的信息进行大数据分析，注意是否在正常范围内及数据是否波动；在高海拔修建隧道也需专业设备，必须保证其保暖性，以确保其正常运作。

参考文献

[1]孙鹏祥.复杂地质环境下隧道施工技术[J].建筑工程技术与设计,2018(32):319.

[2]程飞.浅谈复杂地质条件下隧道施工技术[J].中华民居,2016(05):112-113.