

# 高速公路隧道穿越煤层采空区控制施工技术应用研究

任国臣<sup>1</sup> 包砚文<sup>2</sup>

1. 中交疏浚(集团)股份有限公司; 2. 中交一局集团有限公司

**摘要:** 随着西南地区社会经济快速发展和基础设施建设不断加速, 复杂地质条件下的隧道控制施工技术不断提升, 但穿越煤层采空区施工技术仍需进一步研究完善。本文依托重庆三环高速公路合川至长寿段三圣隧道, 针对隧道施工穿越煤层采空区、遇老窑积水等危险因素, 进行了控制施工技术研究。归纳总结了隧道施工过程中, 老窑探水与排水、采空区处治的技术方法与手段, 确保了隧道施工安全, 并为类似隧道穿越采空区工程施工提供一定的指导和参考。

**关键词:** 公路隧道; 煤层采空区; 老窑积水

## 一、前言

近年来, 随着西部大开发、“一带一路”建设、成渝双城经济圈等区域发展战略的实施, 西南地区经济社会快速发展的同时基础设施建设不断加速, 同时, 随着高速公路、高速铁路建设标准的提高和复杂地质条件下隧道工程建设施工的持续开展, 山岭隧道出现穿越煤系地层的现象越来越多, 也难以避免的会出现一些时间久远、分部规律不明的老采空区, 此类采空区由于其分布复杂、极不规则且难以探测, 给隧道开挖施工带来很大的安全隐患, 因此施工过程中除了遵守必要的技术要求外, 如何准确地查明其空间位置、塌落、回填和冲水情况、残留的有害气体成分和分布情况等, 采取哪些针对性较强的防治措施, 是隧道修建全过程的一大重点。

## 二、工程概况

重庆三环高速公路合川至长寿段HC03标段起讫K24+215~K33+489.46, 段长9.275公里, 全线共有1座隧道, 即三圣隧道。三圣隧道左线起止里程为ZK28+968~ZK32+770、长度3802m, 右线起止里程为K28+990~K32+820、长度3830m, 设计等级为双向四车道高速公路, 净宽10.25m, 净高5m, 隧道内最大纵坡3.0%, 最小纵坡0.3%, 隧道路面横坡为单向坡2%, 为一般小净距+分离式隧道、进出口洞门均采用端墙式洞门。

隧道地层主要为碎屑岩, 地下水类型主要为碎屑岩裂隙水, 穿越三叠系须家河组(T3xj)煤系地层, 须家河组一、三、四、五段为含煤地层, 共含煤层、煤线5层。隧道穿越龙王洞背斜, 左、右线各10次穿越煤层(线)。煤层薄化严重, 出现瓦斯集中涌出的可能性小, 为低瓦斯隧道。

## 三、隧址煤层分析

三圣隧道据可能遇到老窑MD01、MD02、叶家沟风井巷道(MD05)这3处采空区, 其分别位于K28+986~K29+156(ZK28+960~ZK29+154)、K32+262~K32+781(ZK32+266~ZK32+773)、K32+387~K32+430(ZK32+349~ZK32+396)。其中, 叶家沟风井(MD05)巷道与隧道于ZK32+349~ZK34+396、K32+387~K34+430相交, 进洞口段MD01老窑被当地居民将洞口封堵利用其老窑出水作为饮用水及农业灌溉用水, 隧道出洞口段与老窑平洞底板高差约为38.73m, 在K32+262m~K32+781m段高程在297~592m范围内存在低阻异常现象。

## 四、老窑探水与排水

煤矿开掘巷道和回采煤层而形成的地下空间, 当处于含水层以下, 水的原有平衡条件被破坏时, 水会涌入地下空间, 采动

过后就形成了采空区积水。如何准确查明采空区的位置、积水情况、残留有害气体情况等, 对确保隧道安全有效的修建尤为重要。根据超前钻孔探明的采空区分布规律, 当须家河组煤层采空区或采煤运输、通风巷道位于隧道设计标高以上, 且存在老窑积水时, 隧道开挖揭穿老窑将出现突水现象, 直接危及施工安全, 需要采用超前探水和钻孔排水的措施先进行处置。

### (一) 探水

针对含水地质构造的超前地质预报, 主要是要确定具体的含水位置、规模大小以及形态等特征。隧道开挖接近预计老窑位置前10m处时增加物探, 并在掌子面打超前探孔1个(1#孔), 利用物探和钻孔初探老窑位置。如钻孔无水, 掘进10m, 再进行物探和探水。若钻孔有水, 但水量小, 无压力, 施工2、3、4#孔, 若4个孔均水量小, 无压力, 掘进10m, 再进行物探和探水。若4个孔中任1孔水有压力, 应停止掘进, 首先测量和抽排老窑中可能存在的瓦斯气体再施工排水孔。若1#孔水量大, 且有压力, 应停止掘进, 首先测量和抽排老窑中可能存在的瓦斯气体再施工排水孔。

### (二) 排水

老窑积水的几何形状不规则, 积水量大小不确定, 一旦隧道掌子面接近它们时, 极有可能造成突水事故, 因此必须预先进行排水。在确定为老窑积水后, 在掌子面钻7个Φ108mm排水孔, 积水排放应自上而下逐孔进行, 禁止7孔同时排水, 防止发生突水事故, 待老窑积水排放完毕, 方可掘进施工。排水过程中, 要监视排水全过程, 记录排水孔压力、流量等数据做好记录, 并取水样进行试验, 以判定其是否属于老窑水和是否具有腐蚀性。

## 五、采空区处治

隧道施工至采空区时, 由于采空区可能会对隧道的结构稳定产生不良影响, 危及施工安全, 需要先采用综合地质超前预报基本探明采空区的位置, 然后通过超前钻孔探明采空区分布规律, 根据采空区的位置及分布规律制定相应的更具针对性的处治措施。

### (一) 隧道正穿采空区且底板以下煤层未开采的采空区

对于仰拱以下5m深度范围内的采空区, 采用洞渣和C15混凝土回填, 该段衬砌采用S5w型, 边墙和拱圈厚度与S5w型相同, 采空区仰拱厚度加厚至1.0m。在采空区底部铺设Φ60钢筋混凝土圆管, 圆管进出口不应堵塞, 出口顺接原采煤巷道排水通道。在采空区仰拱以下回填土石并进行夯实, 边墙两侧回填土石宜选用洞渣中的片块石码货, 并在回填土石上方再回填2m的C15素混凝土。

隧道穿越煤层或采空区时, 煤层或采空区及其前后各20m沿衬砌外轮廓满铺防水层全封闭以隔绝瓦斯渗入。同时, 二次衬砌中需参加气密剂, 气密剂采用抗腐气密共效的YBQK抗腐蚀气密混凝土泵送剂, 掺量为10%~15%(内掺法, 等量替代水泥), 要求混凝土透气系数不大于10~11cm/s。

### (二) 隧道正穿采空区且底板煤层已采空、底板遭遇连续采空区

该段衬砌采用S5w型, 边墙和拱圈厚度与S5w型相同, 采空区仰拱厚度加厚至1.0m。

(下转第190页)

## 2、钢桩法

钢桩法主要应用的桩基种类为钢筋混凝土桩以及预应力管桩。该方法用于软土地基较深、建筑物基础面不大的情况下,一般会考虑在民用建筑中进行应用,其承载力较强,稳定性有保证。同时,其整体施工速度较快,与其他打桩法相比较,具有节省时间优势。但是目前来看其应用范围并不广泛,这与钢桩法打桩施工的成本造价较高有直接关系。

## 3、松木桩法

该方法用于软土地基较浅或者承载力要求不高的基础处理,水利工程施工中常用在围堰基础加固、高度较低的堤防基础处理上。松木富含丰富的松脂,抗腐蚀性良好,应用松木桩法来展开软土地基处理,其主要优势体现在施工技术简单易行,成本造价较低。在对此种地基处理方法进行应用的时候应该秉持着因地制宜的原则,主要在软弱地基的处理中进行应用。

## 结束语

总而言之,在展开水利工程建设施工过程中,软土地基的处理情况会直接关系到最终工程建设的质量。因此,要对软土地基进行科学处理,目前来看,我国的水利施工软土地基处理方法较为多样化,应该根据工程建设规模以及当地环境情况来对软土地基加固方式进行选择,不同的地基处理方式最终的效果也是有很大不同的。在对软土地基进行处理的过程中应该注意权衡各方面

的因素,不同的软土土质对于加固技术的要求也不同。地基改造工作在实际展开的过程中很可能会受到一些外界因素的影响,相关施工企业以及施工技术人员在保证软土地基处理方式选择正确的同时,还应该注意对外界因素以及人为因素对工程施工的干扰进行控制,这样才能够做到全面提升水利工程建设质量。

## 参考文献

- [1]杜婷婷.水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J].四川水泥,2020,2(1):278.
- [2]倪俊杰,殷小东.水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J].建筑工程技术与设计,2019,10(34):2439.
- [3]李万里.水利工程施工中软土地基的处理方法探讨[J].工程技术研究,2019,4(15):71-72,84.
- [4]杨川.水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J].百科论坛电子杂志,2019,28(14):166.
- [5]常瑞.水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J].商品与质量,2019,10(25):126.
- [6]高晶,高元星.水利工程施工中软土地基的处理方法[J].建筑工程技术与设计,2019,28(16):2730.
- [7]李大威.水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J].建筑工程技术与设计,2019,11(22):2194.

(上接第182页)

当底板下遭遇连续采空区,底板范围内围岩受采空区影响严重情况下,煤层采空范围在隧道底以下36m~隧道顶以上20m范围内仰拱以下采空区用钻孔压注M10水泥砂浆进行充填。在仰拱初期支护封闭成环后,在钢架之间布置 $\Phi 150\text{mm}$ 钻孔,钻孔布置顺隧道纵向间距4m,横向2.5m,可采用梅花形布置,孔径150mm。仰拱以下钻孔深度在原则上不超过40m范围内根据采空区位置合理确定。对于塌孔严重段可边压注M10水泥砂浆边钻孔,注浆压力0.3MPa~0.5MPa逐段推进,如注浆时浆液消耗量大而压力无法上升时,采用帷幕注浆。

采空区段施工要加强通风和瓦斯检测,隧道穿越采空区及其前后各15m采用沿衬砌外轮廓满铺防水层全封闭以隔绝瓦斯渗入隧道,沉降缝和施工缝采用止水带和膨胀水泥砂浆封堵严密。同时,二次衬砌中需掺加气密剂,气密剂采用抗腐气密共效的YBQK抗腐蚀气密混凝土泵送剂,掺量为5%~8%(内掺法,等量替代水泥),要求混凝土透气系数不大于10-11cm/s。

## 六、结论

针对隧道施工穿越煤层采空区、遇老窑积水等危险因素,采取超前探水排水及采空区处置的控制性施工技术,其中要特别注意探水工序、排水压力监测以及采空区处置时的气密封闭处理。

通过三圣隧道施工过程来看,该处治方案基本满足了隧道修建的施工要求,既经过治理后的老窑积水、采空区等在隧道开挖施工过程中,均未产生破坏和影响隧道结构稳定和安全的问

## 参考文献

- [1]叶志华,王升,王冬魁,等.大跨度特长隧道穿越煤系地层的防侵陷处治研究[J].公路工程,2016,41(1):125-130.
- [2]谭远发.煤层采空区铁路工程地质综合勘察技术研究[J].铁道工程学报,2015,32(2):16-21,81.
- [3]李天富,蒋德武,李科.隧道穿越煤层采空区数值模拟与处治对策研究[J].公路交通技术,2017,33(1):78-81,87.
- [4]宋国辅.浅谈采空区积水的防治措施[J].建井技术,2015,(z1):102-104.
- [5]谭远发.煤层采空区铁路工程地质综合勘察技术研究[J].铁道工程学报,2015,32(2):16-21,81.
- [6]钱七虎.隧道工程建设地质预报及信息化技术的主要进展及发展方向[J].隧道建设,2017,37(3):251-263.
- [7]李治国.铁山隧道采空区稳定性分析及治理技术研究[J].岩石力学与工程学报,2002,21(8):1168-1173.