

Construction Technology of Shield Tunneling Through Goaf

Changjun Luo

YSD Rail Transit Construction Company Limited, Gguangzhou, Guangdong, 510610, China

Abstract

This paper introduces the construction methods and control measures of subway tunnel crossing goaf. Through investigating and detecting the distribution of goaf, corresponding measures are taken for different distribution. Through technical methods and measures such as advanced geological prediction, optimization of construction parameters and controlled blasting, the tunnel construction is completed safely and smoothly, which can provide experience and basis for similar projects.

Keywords

shield machine; goaf; tunnel; construction method; control measures

地铁隧道煤炭采空区处理施工技术

罗昌军

粤水电轨道交通建设有限公司, 中国·广东广州 510610

摘要

论文介绍了地铁隧道穿越煤炭采空区前处理技术的施工方法及控制措施, 通过调查和探测煤炭采空区分布, 有针对性地对不同分布情况采取对应措施, 通过对地铁隧道煤炭采空区优化施工参数和控制等技术方法及措施, 安全顺利地完成了隧道的施工, 可为类似工程提供经验和依据。

关键词

盾构机; 煤炭采空区; 隧道; 施工方法; 控制措施

1 引言

近年来, 随着不断增加的地铁隧道工程建设和大批新兴煤矿的开采, 地铁隧道下穿或穿越煤矿煤炭采空区的情况越来越多, 煤炭采空区对公路隧道的建设和安全使用的影响越来越大, 所以穿越煤层煤炭采空区施工技术也就成为一项崭新的课题, 需要我们精心研究。

2 工程概况

乐嘉路站—岗贝站区间部分位于广花煤田嘉禾矿区四井田范围内, 嘉禾矿区煤炭资源丰富, 自明清时期就有零星开采, 因开采历史久远, 地表老窿遗迹密布, 但老窿的分布情况现难以查清, 局部个别小窑采深达 -50m。解放后才有一定规模的开采, 到了 20 世纪 90 年代中期该区所有煤矿陆续停产关闭, 但留下了许多地下煤矿煤炭采空区。在以往煤田勘探和地铁线路勘察过程中, 均有钻孔揭露到这些老窿和煤炭采空区。老窿和煤炭采空区的平面位置及空间状况对地铁线路的敷设方案及工法选择有着极大的影响, 根据详勘揭

露煤层的煤炭采空区率为 8.75%, 见煤层率 6.25%, 煤炭采空区埋深在 30m 以内, 层顶埋深为 7.00~27.50m, 层顶标高为 6.63~15.86m, 煤炭采空区均位于结构底板以上, 对地铁隧道盾构施工影响大。

3 煤炭采空区的风险分析

3.1 地面塌陷

根据对乐岗区间的场地勘察资料发现, 隧道局部穿过中、微风化石灰岩, 溶洞发育, 且充填不良, 顶板厚度小, 岩溶洞体高度大, 极易引起隧道崩塌; 其他段主要穿过碎屑岩强、中风化层, 局部微风化, 其水理性能差, 同时隧道范围内的基岩地下水的水头压力大; 若施工不当, 盾构掘进过程中围岩易坍塌变形, 有时土常与水一起涌出, 浅埋时易坍至地表, 造成隧道崩塌。

3.2 地面沉降

场地内填土广泛分布, 局部发育软土, 物理力学性质差~较差, 具有强度较低、压缩性较高等特点。在盾构施工时, 如果过度降水或围岩加固处理不当、施工扰动、地面超载等都可能引起地面沉降。

3.3 瓦斯爆炸

煤层测定瓦斯含量为微量, 揭露煤炭采空区钻孔测定

【作者简介】罗昌军(1984-), 男, 中国青海西宁人, 本科, 工程师, 从事地铁施工技术研究。

孔内气体无瓦斯气体逸出,煤样测试瓦斯体积浓度分别为1.18%和0.93%。根据试验测试结果浅部煤层的瓦斯含量低,瓦斯对地铁施工的影响较小;局部区域存在瓦斯聚集,含量较高的密闭性煤层、煤炭采空区瓦斯突出的风险性相对较高,后续开挖、盾构施工务必注意通风和瓦斯预警;根据煤的破坏类型、瓦斯放散初速度指标(Δp)、煤的坚固性系数(f)和煤层瓦斯压力(p)等相关指标,判定浅部为低瓦斯工区。

3.4 老窿溃水

据以往煤田勘探资料显示,四井田位于珠江三角洲水系发育地区,地势平坦,气候温和湿润、夏季炎热、雨量充沛,地下水补给条件良好。

据煤矿采矿工作总结报告资料显示,富水季节矿井的涌水量为1000~1800m³/d,主要来源是埋深60m以浅的老窿密布,在矿井投产初期(埋深60m以浅)老窿水直接威胁矿井安全生产。地表老窿密布,开采历史悠久,老窿积水对煤层含水性影响较大。此外,断层若与地表水沟通,也会形成对煤层水的补给,破碎带和煤炭采空区巷道容易形成汇水通道,使得局部煤炭采空区巷道富集地下水。

3.5 有毒有害气体

在盾构施工过程中,可能破坏浅层气体的赋存结构,致使有害气体释放,对地铁的施工和运行产生不利影响。

该工程在乐嘉路站至岗贝站区间揭露到煤层、煤炭采空区,煤系地层可能富含甲烷,含碳较高的炭质岩石,在开挖过程中可能产生一氧化碳。有毒有害气体浓度过高易引起不适甚至窒息,遇火源或热源可引发燃烧甚至爆炸等事故。

在隧道掘进、洞室开挖等过程中,应及时检测空气中有毒有害气体数据,做好通风工作以及设计、治理。

4 采空区的施工技术

4.1 煤炭采空区的处理

4.1.1 处理原则

①煤炭采空区处理设计是在煤炭采空区勘探的基础上,经过对煤炭采空区覆岩土层稳定性的分析和评价后,针对煤炭采空区的特征、水文地质及工程地质条件、以及煤炭采空区塌陷后引起的沉降是否满足工后沉降要求等,确定采用安全可靠、经济合理、有利于环保,且便于施工的方法进行整治。

②应遵循煤炭采空区处理、施工期间安全、运营期间风险防治等多方面统一协调考虑的原则。

③采用“探灌结合,先探后灌”的原则进行处理。

4.1.2 处理范围

影响工程安全的煤炭采空区均需处理,50m以浅的煤炭采空区基本处于不稳定的状态,对工程影响较大,需要处理。

具体处理平面范围为:区间左线隧道结构轮廓外放

5m,区间右线结构轮廓外放3m范围内揭露到的浅煤炭采空区均需处理。

4.1.3 处理方法

煤炭采空区施工阶段需要进行施工加密勘察,并将施工勘察探点与煤炭采空区处理相结合,以“探灌结合,先探后灌”的原则进行煤炭采空区处理。

①采用地面充填注浆的方法进行处理,利用煤炭采空区加密勘察和煤炭采空区探边勘探点,进行煤炭采空区、老窿处理。对于岩面上覆砂层或空洞洞径较大,探边施工易引起地面塌陷风险时,应采用探边注浆的处理方式。

②煤炭采空区注浆方式。

煤炭采空区根据洞体的填充率及其特点不同进行分类,分别采用不同注浆方式进行处理。本工程根据煤炭采空区的填充率及其特点,将其分类为:全填充、半填充(且洞高 $\leq 3m$)、半填充(且洞高 $\geq 3m$)、无填充(且洞高 $\leq 3m$)、无填充(且洞高 $\geq 3m$)共5类。

第一,全填充、半填充(且洞高 $\leq 3m$)或无填充(且洞高 $\leq 3m$)的煤炭采空区注浆。

对于全填充、半填充(且洞高 $\leq 3m$)或无填充(且洞高 $\leq 3m$)的煤炭采空区,采用袖阀管注浆方法进行加固,袖阀管采用 $\phi 48mm$ PVC管,注浆孔间距为 $\leq 4m$,周边孔灌注双液浆进行封边,中间孔灌注水泥浆进行填充压实。

第二,半填充(且洞高 $\geq 3m$)及无填充(且洞高 $\geq 3m$)的煤炭采空区注浆。

对于半填充(且洞高 $\geq 3m$)及无填充(且洞高 $\geq 3m$)的煤炭采空区,采取袖阀管($\phi 48mm$)及钢套管($\phi 133mm$)相结合的注浆方式进行处理。先对周边孔利用袖阀管灌注双液浆进行封边,然后中间采用钢套管往煤炭采空区内灌注砂浆,待煤炭采空区内灌满砂浆后再利用中间的袖阀管进行压密注浆(中间袖阀管注浆孔间距 $\leq 4m$)。

③充填注浆需边注浆边摸查煤炭采空区、老窿的规模及处理后的状态。

摸查方法:根据注浆量及注浆孔所检测到的煤炭采空区、老窿洞径,初步估算煤炭采空区、老窿的规模后再向周边布设检查孔。

检查孔需注意检查空洞的延展状况外、尚需检查注浆充填状况,发现注浆不饱满的需利用检查孔继续注浆。

④对于周边存在重要构筑物的敏感地段,煤炭采空区探边与充填处理应同步实施。

⑤空洞需采用先成孔、后埋入注浆管、并注意封闭空洞顶板及注浆管与孔壁间的间隙后才能注浆。

⑥注浆材料采用双液浆和水泥浆,空洞外围可用双液浆封闭,内部采用水泥浆,水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。注浆管应进入煤炭采空区、老窿底部以下不小于0.5m。

4.2 煤炭采空区施工方法及技术措施

煤炭采空区处理的施工顺序应遵循:探边界—注浆充

填—注浆效果检测。

4.2.1 边界探测

根据煤炭采空区处理设计图纸,对需要处理的煤炭采空区中心孔位及处理范围边界进行坐标放样,位置放样完成后,注意对孔位进行保护。

查明煤炭采空区平面、竖向分布的具体情况,因此施工阶段需要进行施工加密勘察,如发现异常(揭露采空)再进一步加密钻孔,最终查明煤炭采空区的具体分布情况。将施工勘察探点与煤炭采空区处理相结合,以“探灌结合,先探后灌”的原则进行煤炭采空区处理。

①加密施工钻孔探查。

根据专项勘察揭露的煤炭采空区深度均在50m内,且考虑50m以浅的煤炭采空区基本处于不稳定的状态,对工程影响较大,结合专项勘察圈定的物探异常区域布置施工补勘钻孔,钻孔深度不小于50m。施工补勘钻孔探查布孔为:沿煤炭采空区左、右处理边界线隧道结构外则3m线(临近机场高速侧取5m)布设施工补勘钻孔,根据《煤矿井下巷道设计要求和规范》,巷道宽度一般在3~5m,由此施工补勘钻孔的孔距为3~5m。根据现场具体情况并结合详勘钻孔位置。

②异常情况加密钻孔。

煤炭采空区隧道结构外则3m线为煤炭采空区注浆充填处理外边界。根据地质勘察报告及施工补勘以揭露到煤炭采空区的钻孔为基准点,填充边界采取进一步加密钻孔沿隧道方向布置。施工补勘钻孔如果钻孔发现有异常,则按2.5m间距钻孔,如果再发现有异常,按更小间距1.25m钻孔。中间注浆孔间距原则为≤4m,本次中间注浆孔间距采取2m×2m梅花形布置。

4.2.2 煤炭采空区处理注浆

①先大后小、先外后里、先砂浆后水泥浆。

②对于岩面上覆砂层或空洞洞径较大的煤炭采空区,采用边探边注浆(水泥砂浆或水泥浆)的处理方式。

③空洞外围用双液浆封闭,内部采用水泥浆及水泥砂浆,水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。注浆管应进入煤炭采空区、老窿底部以下不小于0.5m。

④周边孔:以相对小压力、多次数、较大量控制;压力0.6~0.8MPa,注浆次数为3~4次。注浆浆液为双液浆,配比建议为水泥:水:水玻璃=1:1.38:0.3(质量比),水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。

水玻璃模数 $m=2.4\sim 3.4$ (浓度 $Be=30\sim 40$),具体配合比应根据现场试验确定。

⑤中央孔:压注水泥浆(或水泥砂浆),压浆三次,设计参数:

第一,注浆压力为0~1.0MPa,注浆压力逐步提高,达到注浆终压并继续注浆10min以上。

第二,水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥:水灰比=1.0~1.5,具体应根据现场试验确定。

第三,水泥砂浆配比为:水:水泥:中砂=1:1:4(质量比)。

第四,注浆速度:30~150L/min。

第五,实际灌浆参数根据现场试验确定。

泵送砂浆施工工艺技术参数见表1。

表1 泵送砂浆施工工艺技术参数一览表

分类	项目	洞高大于或等于3m且未充填、半充填溶洞
钻孔	孔径	230~250mm
	孔斜	≤1%
	孔深	不小于超前钻揭露最底层煤炭采空区或溶洞底0.5m
	安放导管	高出地表面不少于50cm
泵注砂浆	砂浆配合比	(重量比)试验配合比为水泥:粉煤灰:砂:石粉:水(按检测站设计的配合比)
	注浆压力	3~5MPa
	终泵标准	直到泵满或灌注不下为止

注:具体参数以现场试验为准。

4.3 注浆效果检测及验收

注浆效果检测内容:充填注浆效果检查;密实程度检查;注浆加固效果;检查地基承载力。

4.4 监测

由于该工程沿线环境复杂、城区内受交通、管线、构筑物的影响大,地下埋有各种管线,这些管线是重要的市政设施,同时建筑物的基础多种形式,且施工作业面复杂。在进行煤炭采空区及采空区施工时,由于钻孔、注浆可能影响到管线及建筑物等,因此煤炭采空区施工过程中必须采取进行监测。

5 结语

论文通过隧道现场施工各种情况进行深入地探讨分析,对隧道穿过煤炭采空区时采用各种等施工技术,能安全、保质的通过煤炭采空区不良地段,是煤炭采空区隧道施工中一种有效的、安全的方法,但还有必要进行进一步的探讨,并在实践中不断研究,逐步完善和提高。

参考文献

[1] 陈安惠,陈寿根,张恒.高速公路下伏采空区风积沙充填技术试验研究[J].四川建筑,2013(1):67-68.
 [2] 郭振强.采空区公路工程地基处理的技术应用[J].交通世界(建养·机械),2013(7):89-90.
 [3] 曹利.下穿房柱式采空区隧道变形规律与控制研究[J].隧道建设,2015(1):56-57.