



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106522981 B

(45)授权公告日 2018.08.21

(21)申请号 201610938405.9

*E21D 11/10*(2006.01)

(22)申请日 2016.10.25

*G04B 28/00*(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 何存芳

申请公布号 CN 106522981 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(73)专利权人 招商局重庆交通科研设计院有限公司

地址 400060 重庆市南岸区学府大道33号

(72)发明人 李科 吴梦军 丁浩 蒋德武  
方林

(74)专利代理机构 重庆棱镜智慧知识产权代理  
事务所(普通合伙) 50222

代理人 周维锋

(51)Int.Cl.

*E21D 11/00*(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

穿越采空区隧道的支护方法

(57)摘要

本发明公开了一种穿越采空区隧道的支护方法,包括以下步骤:第一步,确定采空区的位置和形态,并测得采空区与隧道的最近距离S;第二步,确定采空区与隧道之间围岩层的最小安全厚度;第三步,判断隧道受采空区影响的安全性;第四步,根据隧道的安全性,确定支护方法。该穿越采空区隧道的支护方法,具有节约成本、提高施工效率以及能满足不同条件下隧道支护需求的优点。

1. 一种穿越采空区隧道的支护方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步,确定采空区的位置和形态,并测得采空区与隧道的最近距离 $S$ ;

第二步,确定采空区与隧道之间围岩层的最小安全厚度,具体包括如下步骤:

1) 几何建模;根据采空区的位置及形态和隧道的开挖轮廓,确定初始最小安全厚度 $L$ ;

2) 参数取值;所述参数包括各层岩土体的弹性模量、天然重度、泊松比、粘聚力、以及摩擦角;隧道衬砌的厚度、弹性模量、泊松比以及重度;

3) 确定最小安全厚度;取隧道开挖轮廓上距采空区最近的点作为起始点,在连接起始点与采空区的直线段上等间隔取多个围岩层的关键点,制定各关键点应力及位移曲线变化图,确定各关键点应力及位移曲线变化图的线性变化段,并计算线性变化段对应的围岩层厚度 $d$ ,得到最小安全厚度 $H=L-d$ ;

第三步,判断隧道受采空区影响的安全性,当 $S>H$ 时,隧道安全,当 $S\leq H$ 时,隧道不安全;

第四步,根据隧道的安全性,确定支护方法,具体步骤如下:

①隧道安全

在隧道外依次设置二次衬砌、初期支护以及超前支护;

②隧道不安全

分为两种情况考虑:

1) 隧道与采空区无贯通,则依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护后,在采空区与初期支护之间的围岩层中钻孔,在钻孔内设置有钻孔匹配的钢花管,在钢花管壁上设置注浆孔,随后通过注浆孔往钢花管内注入水泥砂浆,注浆压力为 $0.5-1\text{Mpa}$ ;

2) 隧道与采空区贯通,则首先依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护,随后在初期支护外侧设置砼护结构,在砼护结构外侧设置砂砾回填缓冲层,砼护结构以及砂砾回填缓冲层均处在采空区与隧道结构之间。

2. 根据权利要求1所述的穿越采空区隧道的支护方法,其特征在于:第一步的具体过程为:利用钻探明确采空区的位置及形态,钻探严格控制回次进尺以及转速,岩芯的采取率为 $80\%-100\%$ ,回次采取率大于 $90\%$ 。

3. 根据权利要求2所述的穿越采空区隧道的支护方法,其特征在于:所述砼护结构,按重量份计,包括:水泥380-390份、砂770-780份、碎石1010-1030份、水160-170份以及气密剂36-40份,砼护结构的水胶比为 $0.3-0.5$ 。

## 穿越采空区隧道的支护方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种穿越采空区隧道的支护方法。

### 背景技术

[0002] 作为公路建设和铁路建设的重要组成部分,山岭隧道已经在我国获得了大规模的发展。其中不少隧道穿越或者临近采空区,虽然国内外都对采空区安全这一问题给予了高度的重视,但是此类事故依然不断发生。特别是我国地层分布复杂,采空区极不规则难以探测,对隧道建设安全造成极大危害。采空区中瓦斯的存在也对隧道的施工造成重大的安全隐患,深入研究采空隧道支护结构具有十分重要的意义。

[0003] 通过对现有的技术文献检索发现,虽然已有大量关于穿越采空区隧道的支护方法的专利文献,如中国发明专利申请号201020241963.8,发明名称:煤层采空区隧道初期加固及支护体系,但它并没有考虑采空区中瓦斯的存在,以及发明专利申请号CN201310741014.4,发明名称:确定隧道下穿采空区安全顶板厚度的方法,但它所提供的安全顶板厚度确定方法考虑的因素多,参数取值较困难,另外还有发明专利申请号CN201310488653.4,发明名称:隧道下方采空区充填施工工法,但它只考虑了隧道下方采空区,并没有全面考虑不同位置采空区的支护结构。

[0004] 隧道与采空区的相对位置关系包括以下三种:1)隧道不与采空区贯通且与采空区的最近距离大于最小安全厚度;2)隧道不与采空区贯通且与采空区的最近距离小于或等于最小安全厚度;3)隧道与采空区贯通;目前,还没有一种隧道支护方法,既能节约成本、提高施工效率,又能满足不同条件下的隧道支护需求。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种穿越采空区隧道的支护方法,使其具有节约成本、提高施工效率以及能满足不同条件下隧道支护需求的优点。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术手段实现的,一种穿越采空区隧道的支护方法,包括以下步骤:

[0007] 第一步,确定采空区的位置和形态,并测得采空区与隧道的最近距离 $S$ ;

[0008] 第二步,确定采空区与隧道之间围岩层的最小安全厚度,具体包括如下步骤:

[0009] 1) 几何建模;根据采空区的位置及形态和隧道的开挖轮廓,确定初始最小安全厚度 $L$ ;

[0010] 2) 参数取值;所述参数包括各层岩土体的弹性模量、天然重度、泊松比、粘聚力、以及摩擦角;隧道衬砌的厚度、弹性模量、泊松比以及重度;

[0011] 3) 确定最小安全厚度;取隧道开挖轮廓上距采空区最近的点作为起始点,在连接起始点与采空区的直线段上等间隔取多个围岩层的关键点,制定各关键点应力及位移曲线变化图,确定各关键点应力及位移曲线变化图的线性变化段,并计算线性变化段对应的围岩层厚度 $d$ ,得到最小安全厚度 $H=L-d$ ;

[0012] 第三步,判断隧道受采空区影响的安全性,当 $S>H$ 时,隧道安全,当 $S\leq H$ 时,隧道不安全;

[0013] 第四步,根据隧道的安全性,确定支护方法,具体步骤如下:

[0014] ①隧道安全

[0015] 在隧道外依次设置二次衬砌、初期支护以及超前支护;

[0016] ②隧道不安全

[0017] 分为两种情况考虑:

[0018] 1) 隧道与采空区无贯通,则依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护后,在采空区与初期支护之间的围岩层中钻孔,在钻孔内设置有钻孔匹配的钢花管,在钢花管壁上设置注浆孔,随后通过注浆孔往钢花管内注入水泥砂浆,注浆压力为0.5-1Mpa;

[0019] 2) 隧道与采空区贯通,则首先依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护,随后在初期支护外侧设置砼护结构,在砼护结构外侧设置砂砾回填缓冲层,砼护结构以及砂砾回填缓冲层均处在采空区与隧道结构之间。

[0020] 进一步,第一步的具体过程为:利用钻探明确采空区的位置及形态,钻探严格控制回次进尺以及转速,岩芯的采取率为80%-100%,回次采取率大于90%。

[0021] 进一步,所述砼护结构,按重量份计,包括:水泥380-390份、砂770-780份、碎石1010-1030份、水160-170份以及气密剂36-40份,砼护结构的水胶比为0.3-0.5。

[0022] 本发明的有益效果:本发明公开了一种穿越采空区隧道的支护方法,包括以下步骤:第一步,确定采空区的位置和形态,并测得采空区与隧道的最近距离 $S$ ;第二步,确定采空区与隧道之间围岩层的最小安全厚度;第三步,判断隧道受采空区影响的安全性;第四步,根据隧道的安全性,确定支护方法。该穿越采空区隧道的支护方法,具有节约成本、提高施工效率以及能满足不同条件下隧道支护需求的优点。

[0023] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述,并且在某种程度上,基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的,或者可以从本发明的实践中得到教导。

## 具体实施方式

[0024] 下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的适用范围不限于下述的实施例。

[0025] 实施例

[0026] 某隧道工程设计为分离式双洞,左线长4475m,右线长4495m,最大埋深约348m。该隧道属深埋特长隧道;分离洞相距约30m,隧道开挖洞宽13.50m,高9.00m。是连接中梁山东西两侧的一条重要东西向通道,该隧道右线YK3+060-YK3+380段围岩为龙潭组采空区及断层破碎带,岩性以泥岩、页岩为主,局部煤线、灰岩,围岩的整体性和自稳性较差。本实施例中沒有详细说明书的部分,按照发明内容描述的技术方案进行操作,发明内容中也没有说明书的部分,采用本领域常规操作进行。

[0027] 本实施例具体步骤如下:

[0028] 第一步,确定采空区的位置和形态,并测得采空区与隧道的最近距离 $S$ ;具体的,利

用钻探明确采空区的位置及形态,钻探严格控制回次进尺以及转速,岩芯的采取率为80%~100%,回次采取率大于90%,本实施例中,探明采空区位于隧道拱顶上方与左侧边墙处,隧道拱顶上方采空区形状近乎矩形,尺寸 $10 \times 3\text{m}$ ,采空区走向与隧道轴线垂直,采空区与隧道贯通;隧道左侧边墙处采空区形状近乎矩形,尺寸 $8 \times 2\text{m}$ ,采空区走向与隧道轴线平行,采空区与隧道无贯通且采空区距离隧道 $7.6\text{m}$ ;

[0029] 第二步,确定采空区与隧道之间围岩层的最小安全厚度,具体包括如下步骤:

[0030] 1) 几何建模;根据采空区的位置及形态和隧道的开挖轮廓,确定初始最小安全厚度 $L=30\text{m}$ ;

[0031] 2) 参数取值;所述参数包括各层岩土体的弹性模量、天然重度、泊松比、粘聚力、以及摩擦角;隧道衬砌的厚度、弹性模量、泊松比以及重度;本实施例中,地面至地下 $24\text{m}$ 范围内为土层,土层的弹性模量 $E=0.1\text{MPa}$ ,天然重度 $\gamma=17.8\text{kN/m}^3$ ,泊松比 $\nu=0.33$ ,粘聚力 $C=20\text{kPa}$ ,摩擦角 $\phi=15^\circ$ ;土层下为砂质灰岩,弹性模量 $E=1.2\text{MPa}$ ,天然重度 $\gamma=20\text{kN/m}^3$ ,泊松比 $\nu=0.3$ ,粘聚力 $C=150\text{kPa}$ ,摩擦角 $\phi=27^\circ$ ;隧道衬砌厚度 $D=26\text{cm}$ ;弹性模量 $E=30\text{GPa}$ ,重度 $\gamma=20\text{kN/m}^3$ ,泊松比 $\nu=0.2$ ;

[0032] 3) 确定最小安全厚度;取隧道开挖轮廓上距采空区最近的点作为起始点,在连接起始点与采空区的直线段上等间隔取多个围岩层的关键点,制定各关键点应力及位移曲线变化图,确定各关键点应力及位移曲线变化图的线性变化段,并计算线性变化段对应的围岩层厚度 $d$ ,得到最小安全厚度 $H=L-d$ ;本实施例中,具体的过程为:以隧道与采空区间围岩各关键点到隧道开挖轮廓线距离为横坐标,以有限元法计算出来的各关键点位移及应力值为纵坐标分别绘制出采空区位于拱顶上方、采空区位于左侧边墙规律曲线。根据此规律得出采空区位于隧道拱顶上方和左侧边墙时的中间区岩层厚度 $d=19.2\text{m}$ 、 $d=18.1\text{m}$ ,然后,得出采空区位于隧道拱顶上方和左侧边墙时最小安全厚度 $H_1=30\text{m}-19.2\text{m}=10.8\text{m}$ 、 $H_2=30\text{m}-18.1\text{m}=11.9\text{m}$ ;

[0033] 第三步,判断隧道受采空区影响的安全性,当 $S>H$ 时,隧道安全,当 $S \leq H$ 时,隧道不安全;本实施例中,隧道拱顶上方采空区与隧道贯通,隧道不安全;隧道左侧边墙采空区, $S \leq H_2=11.9\text{m}$ ,隧道不安全;

[0034] 第四步,根据隧道的安全性,确定支护方法,具体步骤如下:

[0035] ①隧道安全

[0036] 在隧道外依次设置二次衬砌、初期支护以及超前支护;

[0037] ②隧道不安全

[0038] 分为两种情况考虑:

[0039] 1) 隧道与采空区无贯通,则依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护后,在采空区与初期支护之间的围岩层中钻孔,在钻孔内设置有钻孔匹配的钢花管,在钢花管壁上设置注浆孔,随后通过注浆孔往钢花管内注入水泥砂浆,注浆压力为 $0.5-1\text{Mpa}$ ;

[0040] 2) 隧道与采空区贯通,则首先依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护,随后在初期支护外侧设置砼护结构,在砼护结构外侧设置砂砾回填缓冲层,砼护结构以及砂砾回填缓冲层均处在采空区与隧道结构之间。

[0041] 本实施例中,隧道左侧边墙采空区,采用的支护方法为:首先依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护,随后在左侧采空区与初期支护的围岩之间钻孔,并分别控

制二次衬砌、初期支护以及超前支护的参数,其中,二次衬砌的参数包括配筋率、二衬砼厚度及强度;初期支护的参数包括钢拱架间距、喷射砼厚度及强度;超前支护的参数包括导管间距、范围、长度。本实施例中,二次衬砌采用热轧无缝钢管 $\Phi 108 \times 6$ (直径 $\times$ 厚度)、长15m、57根/环、环向间距30cm、拱部 $120^\circ$ 范围布置,外插角 $3^\circ$ ,搭接长度4-5m,每根纵向与隧道中线方相一致。管壁上钻20mm的溢浆孔、间距20cm、呈梅花型布置,并压注水泥砂浆,由热轧无缝钢管编织的钢架纵向间距为0.6m;

[0042] 所述钻孔钻孔深度为6m、直径89mm、按梅花形布置。

[0043] 所述装管根据钻孔的形式选择与钻孔匹配的钢花管钻进,钢花管垂直布置,钢花管端头嵌入采空区底板以下2m,钢花管注浆按梅花型布置,间距取为 $2m \times 2m$ 。注浆管壁上预留注浆孔,孔径10-16mm,孔间距为15-20mm,尾部1-1.5m范围不留注浆孔,作为止浆段。

[0044] 所述压浆的注浆材料采用水泥砂浆,水泥采用膨胀水泥。具体注浆参数根据现场试验确定,本实例中水灰比取1:1,注浆压力0.5Mpa-1.0Mpa,注浆区为松散塌体孔隙率较大,扩散半径取2.0m。注浆机使用GZJB型液压双液注浆机。

[0045] 所述检查注浆效果采用ZH-20型岩石钻孔取芯机对采空区内塌渣进行取芯,根据芯样判断注浆固结效果。如果注浆固结效果没达到方案设计要求,则进行重新补注浆。

[0046] 本实施例中,隧道拱顶上方采空区,采用的支护方法为:首先依次在隧道外设置二次衬砌、初期支护以及超前支护,随后在初期支护外侧设置砼护结构,在砼护结构外侧设置砂砾回填缓冲层,砼护结构以及砂砾回填缓冲层均处在采空区与隧道结构之间,其中所述砼护结构,按重量份计,包括:水泥380-390份、砂770-780份、碎石1010-1030份、水160-170份以及气密剂36-40份,砼护结构的水胶比为0.3-0.5,本实施例中,水泥选用山西中条山新型建材有限公司的中条牌P.042.5;细骨料选用中砂(河砂);粗骨料采用5-31.5mm连续级配碎石;水采用饮用水;气密剂采用山西凯迪建材有限公司的KD-10型混凝土气密剂,其中含量分别为:每立方米水泥382kg、砂773kg、碎石1024kg、水168kg以及气密剂38.2kg,其中水胶比为0.4。

[0047] 此外,隧道拱顶上方采空区,也可以采取对施工隧道进行加固的双层回填复合结构、注浆加固和沿施工隧道延伸方向隧道支护体系,其中注浆加固与隧道左侧采空区支护方法一致,这里不做详细介绍。

[0048] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。