



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107514268 A

(43)申请公布日 2017.12.26

(21)申请号 201710511103.8

(22)申请日 2017.06.29

(71)申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253号

(72)发明人 丁祖德 李晓琴 杜茜 杜婷

(51) Int. Cl.

E21D 11/10(2006.01)

E21D 11/38(2006.01)

C04B 28/04(2006.01)

C04B 111/20(2006.01)

C04B 111/34(2006.01)

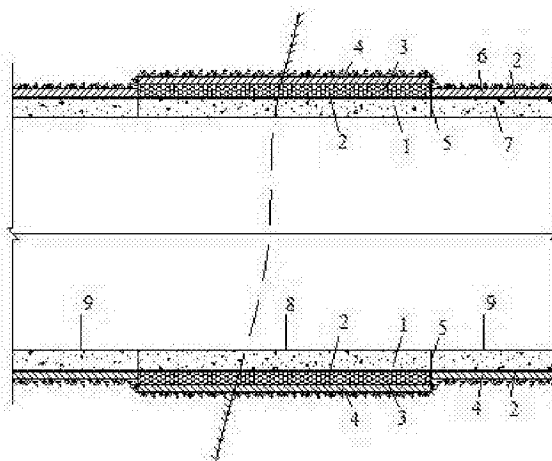
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种跨活动断裂的高延性隧道支护结构

(57)摘要

本发明公开了一种跨活动断裂的高延性隧道支护结构,包括沿隧道纵向间隔设置的跨活动断裂支护段和普通支护段,所述普通支护段由内至外依次设置有钢筋混凝土二次衬砌、防水板和喷混凝土初期支护,所述跨活动断裂段由内至外依次设置有钢筋增强PVA-ECC二次衬砌、防水板、泡沫混凝土层和喷射PVA-ECC初期支护,喷射PVA-ECC初期支护和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌之间填充泡沫混凝土层,所述泡沫混凝土层和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌之间设置防水板。所述PVA-ECC材料的组分为水泥、粉煤灰、砂、水、减水剂和PVA纤维。本发明具有良好的抗剪断能力和抗减震效果,能有效减少运营期间断裂滑移错动和地震作用对隧道的影响。



1. 一种跨活动断裂的高延性隧道支护结构,其特征在於:包括沿隧道纵向间隔设置的跨活动断裂支护段(8)和普通支护段(9),所述普通支护段(9)由内至外依次设置有钢筋混凝土二次衬砌(7)、防水板(2)和喷混凝土初期支护(6),所述跨活动断裂段(8)由内至外依次设置有钢筋增强PVA-ECC二次衬砌(1)、防水板(2)、泡沫混凝土层(3)和喷射PVA-ECC初期支护(4),喷射PVA-ECC初期支护(4)和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌(1)之间填充泡沫混凝土层(3),所述泡沫混凝土层(3)和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌(1)之间设置防水板(2)。

2. 根据权利要求1所述的跨活动断裂的高延性隧道支护结构,其特征在於:所述跨活动断裂支护段(8)与普通支护段(9)之间设置有减震缝(5)。

3. 根据权利要求1所述的跨活动断裂的高延性隧道支护结构,其特征在於:所述喷混凝土初期支护(6)和喷射PVA-ECC初期支护(4)内挂设钢筋网或者设置钢拱架。

4. 如权利要求1所述的跨活动断裂的高延性隧道支护结构,其特征在於:所述PVA-ECC的组分为水泥、粉煤灰、砂、水、减水剂和PVA纤维,其中,按质量百分比计,水泥:粉煤灰:砂:水:减水剂=1:(1.0~1.2):(0.6~0.8):(0.42~0.57):(0.001~0.003);以水泥、粉煤灰、砂和减水剂混合均匀后的总体积为基数,PVA纤维的掺量为13~20kg/m³。

5. 如权利要求4所述的跨活动断裂的高延性隧道支护结构,其特征在於:

所述水泥为P.0.42.5硅酸盐水泥;所述粉煤灰为一级粉煤灰;所述砂的粒径在0.2mm~0.4mm;所述PVA纤维的长度为12mm,直径大于30 μ m,抗拉强度大于1200MPa,弹性模量大于30GPa,断裂伸长率大于6%。

6. 如权利要求4所述的跨活动断裂的高延性隧道支护结构,其特征在於:所述减水剂为减水率40%以上的聚羧酸高效减水剂。

一种跨活动断裂的高延性隧道支护结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种隧道支护结构,具体为一种跨活动断裂的高延性隧道支护结构。

背景技术

[0002] 随着西部大开发和交通行业的飞速发展,隧道建设数量日益增多,建设规模越来越大,遇到的地质条件越来越复杂,隧道建设和运营过程中面临不利灾害环境的严峻挑战。我国西部山区隧道穿越活动断裂带等特殊地质构造地段的情况已较为普遍。活动断裂又称为活断层,是第四纪以来(或晚第四纪以来)活动、至今仍在活动,并在未来一定时期内仍有可能活动的断层。活断层对隧道结构的影响主要体现在两个方面:一是断层活动性的影响,如云南地区的小江断裂,为全新世活动断裂,记录的平均年滑移速率为 $9.4 \pm 1.2\text{mm}/\text{年}$,对于服役年限达百年的隧道结构,断层的滑移错动对隧道支护结构的安全性将产生重大影响。二是发震断层引起地震作用的影响,穿越断层或断层破碎带的隧道在地震中会受到严重破坏,靠近断层处的衬砌在与隧道轴垂直的平面内会发生较大的横向和竖向错位。已有研究表明,隧道结构在断层破碎带过渡处具有较大的剪切应力、断层破碎带处存在明显的应力集中,易引起隧道结构破坏。

[0003] 目前,针对跨活动断裂隧道,国内外学者已开展了一些研究工作,归纳出了隧道避免受断层剪切破坏的3种措施:避让、补强和抗断设计;开发了具有减震功能的泡沫混凝土及跨断层隧道抗减震技术。如专利号为ZL200910058875.6、发明名称:跨活动断层隧道抗减震构造的发明专利;专利号为ZL201320646366.7、发明名称:跨越活动断层的隧道支护结构的发明专利。上述发明专利均采用泡沫混凝土作为减震层,通过减震层来吸收地震能力并提供一定的位移空间,分别进行了有震情况 and 无震情况下隧道结构的抗剪断设计。但上述发明专利还存在以下问题:

第一,仅依靠泡沫混凝土来减震,未考虑改变隧道本身的刚度、强度、阻尼等性能来减震,使之易于追随地层的变形,从而减小隧道的反应。专利号为ZL201320646366.7的发明专利,其采用多层衬砌结构,增大了结构刚度,但会增加材料用量,也使隧道的质量增大,从而导致隧道承受更大的地震荷载,这种方法既不经济,在地震中遭受破坏的可能性也大。而且,其设计的泡沫混凝土层仅布置在拱部,仰拱处未予设置,不利于底部结构减震作用的发挥。

[0004] 第二,上述发明专利设计的隧道支护结构,其初期支护和二次衬砌均采用传统的混凝土结构,其抗拉、抗剪、抗弯性能较差。在隧道运营前期,尚能依靠泡沫混凝土减震层消除活动断裂抗剪断和滑移错位的作用,随着服役年限的增长,还需要通过初期支护和二次衬砌进行抵抗,若能对初期支护和二次衬砌采用高延性结构,以适用结构错位产生的变形和应力,并使结构在达到非弹性状态后仍能消耗地震能量并不发生破坏,这会是很有效支护结构和抗减震技术。

[0005] 因此,针对现有跨活断层抗减震技术存在的不足,亟需提供一种跨活断层的高延性隧道支护结构。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种由PVA-ECC(聚乙烯醇纤维增韧水泥基复合材料, Polyvinyl alcohol Fiber-Engineered Cementitious Composites, 简称PVA-ECC)构成的变形能力强、抗裂、抗震性能好的高延性隧道支护结构, 同时具备抵抗活动断裂滑移错位破坏和抗减震的能力。

[0007] 本发明的具体技术方案如下: 跨活动断裂的高延性隧道支护结构包括沿隧道纵向间隔设置的跨活动断裂支护段8和普通支护段9, 所述普通支护段9由内至外依次设置有钢筋混凝土二次衬砌7、防水板2和喷混凝土初期支护6, 所述跨活动断裂段8由内至外依次设置有钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1、防水板2、泡沫混凝土层3和喷射PVA-ECC初期支护4, 喷射PVA-ECC初期支护4和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1之间填充泡沫混凝土层3, 所述泡沫混凝土层3和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1之间设置防水板2。

[0008] 优选的, 所述跨活动断裂支护段8与普通支护段9之间设置有减震缝5, 所述喷混凝土初期支护6和喷射PVA-ECC初期支护4内挂设钢筋网或者设置钢拱架。

[0009] 优选的, 所述PVA-ECC的组分为水泥、粉煤灰、砂、水、减水剂和PVA纤维, 其中, 按质量百分比计, 水泥:粉煤灰:砂:水:减水剂=1:1.0~1.2:0.6~0.8:0.42~0.57:0.001~0.003; 以水泥、粉煤灰、砂和减水剂混合均匀后的总体积为基数, PVA纤维的掺量为13~20kg/m³。

[0010] 优选的, 所述水泥为P.0.42.5硅酸盐水泥, 所述粉煤灰为一级粉煤灰, 所述砂的粒径在0.2mm~0.4mm, 所述PVA纤维的长度为12mm, 直径大于30μm, 抗拉强度大于1200MPa, 弹性模量大于30GPa, 断裂伸长率大于6%。

[0011] 优选的, 所述减水剂为减水率40%以上的聚羧酸高效减水剂。

[0012] 其阿红钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1配有纵向钢筋和环向钢筋, 可利用高韧性、高强度的PVA-ECC与钢筋良好的粘结性能, 增强二次衬砌刚度和变形能力, 显著提升二次衬砌的延性和抗震性能。

[0013] 本发明的有益效果是:

(1) 本发明的高韧性PVA-ECC材料的抗压强度可达到35MPa以上, 极限拉伸应变大于3%, 是普通混凝土的300倍以上, 在拉伸, 弯曲和剪切荷载下具有应变硬化、多缝开裂的特性, 与钢筋的粘结性能好, 具有高韧性、高耐久性、高耗能、抗震和抗变形能力好等特点。

[0014] (2) 本发明采用高韧性PVA-ECC材料的初期支护和二次衬砌, 显著提升了初期支护和二次衬砌组成的复合式衬砌的整体性能, 极大提高了支护结构的延性和变形能力, 增强了承受断层滑移错位引起的应力和位移。加上中间填充的泡沫混凝土层能有效减震耗能, 使得隧道支护结构同时具备优越的抵抗活动断裂滑移错位破坏和抗减震能力。

[0015] (3) 本发明采用高韧性PVA-ECC材料的初期支护和二次衬砌后, 可根据需要减少衬砌厚度和泡沫混凝土层厚度, 有利于节约隧道开挖空间和支护结构材料数量, 使得支护结构的设置更加简便灵活。

附图说明

[0016] 图1为本发明的跨活动断裂高延性隧道支护结构的纵断面示意图;

图2为本发明的跨活动断裂高延性隧道支护结构的横断面示意图;

图中各标号表示：

1—钢筋增强PVA-ECC二次衬砌；2—防水板；3—泡沫混凝土层；4—PVA-ECC初期支护；5—减震缝；6—喷混凝土初期支护；7—钢筋混凝土二次衬砌；8—跨活动断裂支护段；9—普通支护段。

具体实施方式

[0017] 以下结合附图和实施例对本发明的具体实施方式作进一步说明。

[0018] 实施例1：如图1~2所示：跨活动断裂的高延性隧道支护结构包括沿隧道纵向间隔设置的跨活动断裂支护段8和普通支护段9，所述普通支护段9由内至外依次设置有钢筋混凝土二次衬砌7、防水板2和喷混凝土初期支护6，所述跨活动断裂段8由内至外依次设置有钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1、防水板2、泡沫混凝土层3和喷射PVA-ECC初期支护4，喷射PVA-ECC初期支护4和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1之间填充泡沫混凝土层3，所述泡沫混凝土层3和钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1之间设置防水板2。

[0019] 所述跨活动断裂支护段8与普通支护段9之间设置有减震缝5，所述喷混凝土初期支护6和喷射PVA-ECC初期支护4内可以根据需要挂设钢筋网或者设置钢拱架等。

[0020] 实施例2：其中普通支护段9为复合式衬砌结构，其施工工艺与常规的复合式衬砌结构相同；跨活动断裂支护段8中的PVA-ECC材料的组分为水泥、粉煤灰、砂、水、减水剂和PVA纤维，其中，按质量百分比计，水泥：粉煤灰：砂：水：减水剂=1：1.0~1.2：0.6~0.8：0.42~0.57：0.001~0.003；以水泥、粉煤灰、砂和减水剂混合均匀后的总体积为基数，PVA纤维的掺量为13~20kg/m³。

[0021] 所述水泥为P.0.42.5硅酸盐水泥，所述粉煤灰为一级粉煤灰，所述砂的粒径在0.2mm~0.4mm，所述PVA纤维的长度为12mm，直径大于30μm，抗拉强度大于1200MPa，弹性模量大于30GPa，断裂伸长率大于6%，所述PVA-ECC还添加有减水率40%以上的聚羧酸高效减水剂。

[0022] 实施例3：本实施例中钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1采用PVA-ECC材料浇筑而成，PVA-ECC初期支护采用PVA-ECC材料喷射而成，所述PVA-ECC材料的组分为水泥、粉煤灰、砂、水、减水剂和PVA纤维，其中，按质量百分比计，水泥：粉煤灰：砂：水：减水剂=1：1.2：0.72：0.57：0.003，以水泥、粉煤灰、砂、减水剂混合均匀后的总体积为基数，PVA纤维的质量掺量为20kg/m³。所述水泥为P.0.42.5硅酸盐水泥，所述粉煤灰为一级粉煤灰，所述砂的粒径在0.2mm~0.4mm，PVA纤维为日本生产的纤维，长度为12mm，直径为39μm，抗拉强度为1620MPa，弹性模量为42.8GPa，添加Sika聚羧酸高效减水剂。对上述PVA-ECC材料的性能测试如下：

(1) 采用100mm×100mm×300mm的棱柱体试块，按标准养护方法养护28d，进行轴心抗压强度试验。试验结果表明：PVA-ECC材料抗压强度平均值为40MPa，试块在破坏过程中存在明显的抗压韧性。

[0023] (2) 采用100mm×100mm×400mm的梁式试件，按标准养护方法养护28d后进行四点弯曲试验。试验结果表明：PVA-ECC材料极限拉伸应变达到3.2%，为普通混凝土极限拉伸应变的300倍以上，在弯曲荷载下呈现出类似于钢材的应变硬化、多缝开裂的特性。

[0024] 以上试验结果表明，PVA-ECC材料的极限拉伸应变远高于普通素混凝土极限拉伸应变，试件在受压、受弯破坏时为延性破坏，表现出高韧性特征。

[0025] 其中PVA-ECC材料的搅拌方法为：将水泥、粉煤灰、砂按上述质量比加入搅拌机搅拌均匀后，按上述质量比加入PVA纤维搅拌均匀，之后按上述质量比再加入水、减水剂搅拌均匀即可得到高韧性PVA-ECC材料。

[0026] 所述钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1采用PVA-ECC材料的浇筑方法为：将上述PVA-ECC拌合物采用常规的泵送工艺，利用衬砌模板台车进行浇筑，浇筑完成养护3天后移除模板台车，即可得到PVA-ECC二次衬砌。

[0027] 所述喷射PVA-ECC初期支护4采用PVA-ECC材料的喷射方法为：将上述PVA-ECC拌合物置于喷射机进行喷射，采用湿喷工艺，分层喷射，每层喷射厚度为3~5cm。

[0028] 所述钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1、泡沫混凝土层3、喷射PVA-ECC初期支护4的厚度根据隧道服役年限的断层活动性及滑移速率、结构强度要求综合确定，如图所示的本实施例中，钢筋增强PVA-ECC二次衬砌1的厚度30cm~50cm，泡沫混凝土层3的厚度为20cm~30cm，喷射PVA-ECC初期支护4的厚度为15cm~30cm。

[0029] 所述泡沫混凝土层3的计算参数可按照现有标准如《泡沫混凝土》(JG/T266-2011)、《泡沫混凝土应用技术规程》(JGJ/T341-2014)等标准来设定，本实施例中的为：抗压强度为3.0~5.0MPa，弹性模量为0.6~1.2GPa，孔隙率大于50%。

[0030] 所述跨活动断裂段8和普通支护段9之间采用柔性连接，具体的，如图1所示，所述跨活动断裂段9的两端与普通支护段9之间设置有减震缝5。

[0031] 所述防水板2在隧道环向全环封闭，采用高分子聚合物卷材，如聚氯乙烯防水卷材、EVA防水卷材、HDPE高密度聚乙烯防水卷材等。如图所示的实施例中，采用较为柔软的EVA防水卷材。

[0032] 上面结合图对本发明的具体实施方式作了详细说明，但是本发明并不限于上述实施方式，在本领域普通技术人员所具备的知识范围内，还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

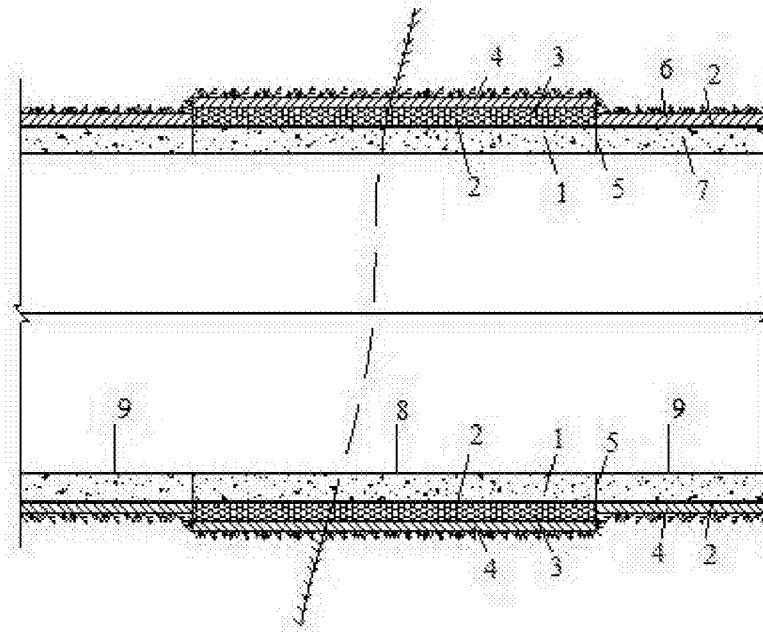


图 1

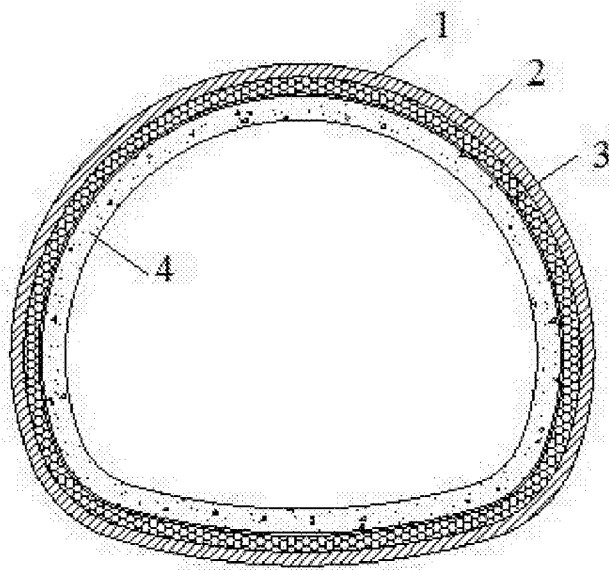


图 2