



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102287198 B

(45) 授权公告日 2013.07.03

(21) 申请号 201110207096.5

F42D 3/04(2006.01)

(22) 申请日 2011.07.23

(56) 对比文件

(73) 专利权人 中铁十二局集团有限公司

地址 030024 山西省太原市西矿街 130 号

专利权人 中铁十二局集团第二工程有限公司

CN 1916362 A, 2007.02.21, 全文.

JP 特开 2007-217910 A, 2007.08.30, 全文.

CN 101598027 A, 2009.12.09, 全文.

雷军等. 乌鞘岭特长隧道复杂地质条件下断层带应力及变形现场监测分析. 《岩土力学》. 2008, 第 29 卷 (第 5 期), 1367-1371.

任志坚等. 南京地铁盾构隧道联络通道设计与施工. 《都市轨道交通》. 2005, 第 18 卷 (第 5 期), 50-53.

(72) 发明人 王宗勇 雷军 宋津喜 刘广钧

高治双 张金柱 徐家定 赵常煜

杨耀福 刘建佳 唐龙

审查员 袁任远

(74) 专利代理机构 太原晋科知识产权代理事务所 (特殊普通合伙) 14110

代理人 王瑞玲

(51) Int. Cl.

E21D 9/00(2006.01)

E21D 9/08(2006.01)

E21D 11/00(2006.01)

E21D 11/10(2006.01)

E21D 11/38(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种地下通道施工方法,具体为一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法,解决现有过江盾构隧道破碎地层联络通道施工时存在地层加固失效、工期长、成本高、质量差等问题,包括确定联络通道位置、开口前超前注浆使联络通道开挖轮廓外破碎岩体固结成一体,并形成一道高强度止水帷幕、开挖前受力转换、采用钻孔抽芯分块取除左线管片并进行挑顶、洞身开挖与支护,开挖时采用联合减震爆破技术、采用钻孔抽芯分块取除右线管片并进行挑顶、采用组合模板进行二衬施工,采用该方法开挖后无渗水,技术先进,填补了联络通道超前注浆技术的空白,工期短、机械化程度高、工艺简单、施工环保,杜绝了塌方,大大降低了超挖,适用范围广。

1. 一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法,其特征是包括以下步骤:

(1) 确定联络通道位置;

(2) 开口前超前注浆:在联络通道开口四周管片上钻孔进行超前注浆,用气动泵把固安特 CM13 通过化学浆液堵水施工用注射枪装置,紊流搅拌后进入地层用于填充破碎地层空隙,并通过膨胀渗透使联络通道开挖轮廓外破碎岩体固结成一体,并形成一道高强度止水帷幕;

(3) 开挖前受力转换:盾构隧道左右线均采用钢环对联络通道临近管片进行临时支撑,做好开口前受力转换;

(4) 左线管片切除与挑顶:

a. 在隧道左线联络通道开口处将管片分成若干块后沿着分割线采用钻孔对管片进行抽芯切割管片;b. 钻孔分块后凿出管片钢筋,用一个手拉葫芦承担管片重量,两个手拉葫芦移动来拉出管片,直至管片移到隧道中线后及时运出洞外;c. 从隧道左线用炮机进行挑顶,形成喇叭口,为爆破提供临空面;

(5) 洞身开挖与支护:

a. 采用红外线影像仪器对爆破开挖面温度分布值进行探测,了解和掌握岩体破碎程度;b. 根据岩体破碎状况和节理走向资料进行动态减震爆破;c. 初期支护:根据红外线热像分析结果动态调整支护体系,并及时架设钢架、铺设钢筋网和连接筋的焊接,最后根据扰动情况在喷射混凝土中添加钢纤维,并采用湿喷机喷锚支护;

(6) 右线管片切除与挑顶:

a. 在隧道右线联络通道开口处将管片分成若干块后沿着分割线采用钻孔对管片进行抽芯切割管片;b. 钻孔分块后凿出管片钢筋,用一个手拉葫芦承担管片重量,两个手拉葫芦移动来拉出管片,直至管片移到隧道中线后及时运出洞外;c. 从隧道右线采用人工进行挑顶,完成整个开挖;

(7) 二衬施工:a. 先对初期支护渗漏水进行封堵找平后进行防水施工,然后施工仰拱;b. 洞门钢筋与原盾构管片预埋钢板焊接成一体,洞身钢筋采用绑扎与焊接,然后对用于组合模板固定的支撑钢架进行定位,并架设固定;c. 直接采用槽钢做模板进行组合,模板与模板、模板与支撑钢架用螺栓连接,采用组合模板进行异型断面通道整体二衬;d. 进行混凝土浇注,待混凝土强度满足要求时,拆除组合模板。

2. 根据权利要求 1 所述的一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法,其特征是所述步骤(5)中采用的动态减震爆破方法具体为:

a. 采用全断面钻孔后先爆破洞身下部,然后再对上部进行光面爆破分次爆破技术;

b. 根据拱部岩体节理走向把弧形布设周边眼改为锯齿交叉结构,减少拱部超挖和扰动;

c. 下半部掏槽采用 75° 楔形掏槽,把爆破震动降为最小;

d. 相邻底板眼采用交叉微差爆破,而且比掘进眼先起爆破,微差控制在 12.5ms;

e. 采用空气间隔分段装药,减少爆破能量集中。

一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种地下通道的施工方法,具体为一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法。

背景技术

[0002] 在盾构隧道工程中通常会进行联络通道施工,以便在地铁运营中,当其中一条区间隧道发生火灾或意外事件时,乘客可立即通过所设置的联络通道安全地疏散至另一条隧道。在以往工程中,盾构隧道工程中的联络通道地层加固方法均是采用搅拌桩加固、旋喷桩加固、注浆加固或冻结法加固方法中的一种或多种组合进行加固,并采用矿山法进行开挖。但是,在过江破碎带地层进行联络通道施工时,由于地下水丰富、水流动性强、孔隙率大,在地面无法进行加固,传统隧道内超前加固又无法满足止水和固结破碎体,存在工期长、施工成本高、施工质量差的问题。此外,在开挖时,容易造成联络通道开挖涌水、开挖塌方冒顶,甚至造成灾难性后果,如上海的铁联络通道采用冻结法施工,造成隧道淹埋,江堤塌陷,江边房屋倒塌,损失十几亿。目前联络通道开挖时事故发生频繁,并且严重影响了隧道的施工进度,一直成为盾构隧道工程施工中的难题和最大施工风险。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有过江盾构隧道破碎地层联络通道施工时存在地层加固失效、工期长、施工成本高、施工质量差等问题,提供一种新的过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法。

[0004] 本发明是采用如下技术方案实现的:一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法,包括以下步骤:

[0005] (1) 确定联络通道位置;

[0006] (2) 开口前超前注浆:在联络通道开口四周管片上钻孔进行超前注浆,用气动泵把固安特 CM13 通过化学浆液堵水施工用注射枪装置,紊流搅拌后进入地层用于填充破碎地层空隙,并通过膨胀渗透使联络通道开挖轮廓外破碎岩体固结成一体,并形成一道高强度止水帷幕;

[0007] (3) 开挖前受力转换:盾构隧道左右线均采用钢环对联络通道临近管片进行临时支撑,做好开口前受力转换;

[0008] (4) 左线管片切除与挑顶:

[0009] a. 在隧道左线联络通道开口处将管片分成若干块后沿着分割线采用钻孔对管片进行抽芯切割管片;b. 钻孔分块后凿出管片钢筋,用一个手拉葫芦承担管片重量,两个手拉葫芦移动来拉出管片,直至管片移到隧道中线后及时运出洞外;c. 从隧道左线用炮机进行挑顶,形成喇叭口,为爆破提供临空面;

[0010] (5) 洞身开挖与支护:

[0011] a. 采用红外线影像仪器对爆破开挖面温度分布值进行探测,了解和掌握岩体破

碎程度 ;b. 根据岩体破碎状况和节理走向资料进行动态减震爆破 ;c. 初期支护 :根据红外线热像分析结果动态调整支护体系,并及时架设钢架、铺设钢筋网和连接筋的焊接,最后根据扰动情况在喷射混凝土中添加钢纤维,并采用湿喷机喷锚支护 ;

[0012] 所述红外线探测岩体影像原理是采用红外线影像仪器对爆破开挖面温度分布值进行探测,岩体破碎程度不同,温度分布不同,所辐射的红外线能量不同,然后根据不同能量转化为不同颜色影像图形。

[0013] (6) 右线管片切除与挑顶 :

[0014] a. 在隧道右线联络通道开口处将管片分成若干块后沿着分割线采用钻孔对管片进行抽芯切割管片 ;b. 钻孔分块后凿出管片钢筋,用一个手拉葫芦承担管片重量,两个手拉葫芦移动来拉出管片,直至管片移到隧道中线后及时运出洞外 ;c. 从隧道右线采用人工进行挑顶,完成整个开挖 ;

[0015] (7) 二衬施工 :a. 先对初期支护渗漏水进行封堵找平后进行防水施工,然后施工仰拱 ;b. 洞门钢筋与原盾构管片预埋钢板焊接成一体,洞身钢筋采用绑扎与焊接,然后对用于组合模板固定的支撑钢架进行定位,并架设固定 ;c. 直接采用槽钢做模板进行组合,模板与模板、模板与钢架用螺栓连接,采用组合模板进行异型断面通道整体二衬 ;d. 进行混凝土浇注,待混凝土强度满足要求时,拆除组合模板。

[0016] 上述步骤中所采用的化学浆液堵水施工用注射枪装置是申请人为中铁十二局集团第二工程有限公司、专利号为 201020264963. X 中所公开的技术方案 ;所述的固安特 CM13,是由催化剂和树脂按 1 :1 体积比混合而成的,至少可从青岛新宇田化工有限公司生产购得,传统主要是用于煤矿透水堵漏,本发明首次将其应用在隧道塌方体注浆加固上,比聚氨酯注浆效果好很多,优点是能够发生膨胀,产生浆液在岩体裂隙中的二次渗透压力,其膨胀倍数可达到原体积的 1.5 ~ 2.5 倍。其不仅依靠泵压作用的浓度压力差进行渗透,而且依靠材料本身的膨胀特性产生自身的二次渗透,使得浆液扩散范围和充填密度要比普通材料高出数倍。该材料的高度粘合力和良好的机械性能与破碎岩体产生高度粘合,良好的柔韧性可以承受地层压力的长期作用,抗压强度高,约为 40 ~ 80MPa,粘结力强,约为 10MPa,提高破碎岩力学性能,并且具有强抗渗性能、抗磨、抗冲击性能和抗老化性能,可达到长久稳固破碎岩体的目的。经过本发明多次试验验证,将该高分子化学浆液用于破碎岩体加固上,具有简单快捷、安全可靠、经济合理等显著特点,完全适用于破碎带地层加固,完全能满足工艺要求,成为解决破碎岩体加固的最有效最直接的方法。

[0017] 所述步骤(5)中采用的动态减震爆破方法具体为 :a. 采用全断面钻孔后采用先爆破洞身下部,然后再对上部进行光面爆破分次爆破技术,减少对周边破碎岩体和盾构管片背后低强度注浆固结体的扰动 ;b. 根据拱部岩体节理走向把弧形布设周边眼改为锯齿交叉结构,减少拱部超挖 ;c. 下半部掏槽采用 75° 楔形掏槽,把爆破震动降到最小 ;d. 相邻底板眼采用交叉微差爆破,而且比掘进眼先起爆破,微差控制在 12.5ms ;e. 采用空气间隔分段装药,减少爆破力集中。本发明采用多种联合减震爆破新技术攻克了破碎带盾构隧道联络通道爆破开挖世界性难题,杜绝了塌方,大大降低了超挖,适用范围广。本发明所述动态减震爆破的原理是根据岩体破碎状况和节理走向等资料及时进行炮眼和装药设计,使爆破炸药能量转化为各方向爆震波刚好能使两炮孔间岩体造成粉碎破坏。同时使炸孔气体通过粉碎区后切向应力减弱到无法产生新裂隙。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0019] 1、采用本发明所述的注射枪装置和固安特 CM13 对联络通道进行超前注浆,未发生堵管现象,注浆能渗透到 0.01mm 裂隙,扩散半径达到 2m,膨胀后强度高达 50MPa,粘结力高达 10MPa,使破碎岩体粘结成一体,实现了 100% 堵水和破碎岩体加固,开挖后基本上无渗水,技术先进,填补了联络通道超前注浆技术的空白,而且每个联络通道比传统注浆提前 1 个月,确保盾构隧道掘进完,联络通道就施工完;

[0020] 2、采用钻孔抽芯分块取除管片,方法独特、风险可控、无扰动、破除范围有序可控、速度快,两台钻孔机 1 天就完成一个通道破除,机械化程度高、工艺简单、速度快、施工环保,其优点是风镐破除等其它方法不可取代的,开创了钻孔抽芯分块拉除管片速度之最,适用性强;

[0021] 3、通过红外线热影像来确定岩体损伤后,采用 75° 楔形掏槽、相邻底板眼采用交叉微差雷管爆破、下台阶超前、拱部锯齿型布孔爆破、空气间隔分段装药的联合减震爆破技术,使传统 25 ~ 30% 的超挖降为 4 ~ 6%,40% 以上塌方的概率降为零,攻克了海底破碎带爆破开挖世界性难题,运用红外线热影像分析岩体破碎程度,方法新颖、信息真实可靠、施工安全可控,采用多种减震爆破新技术杜绝了塌方,大大降低了超挖,适用范围广;

[0022] 4、采用组合模板进行二衬施工,施工中模板和钢架无变形,组模与拆模方便,浇注混凝土质量内实外美,又不影响其它工序施工,周转速度快、成本低,是否异型断面联络通道整体一次浇筑技术的革新。

具体实施方式

[0023] 一种过江盾构隧道破碎地层联络通道的施工方法,包括以下步骤:

[0024] (1) 确定联络通道位置:

[0025] a. 当刀盘掘进快到联络通道设计位置时,开仓查看联络通道地层,如果地层较差,立即与设计联系,改变联络通道位置,确保联络通道处于相对较好的地层,但两个联络通道间距不能超过 500 米;

[0026] b. 联络通道位置确定后,在掘进时,通道前后各 3 环管片采用配筋加强型管片,联络通道采用特殊配筋管片,并根据开口位置选择管片拼装形式。确保特殊管片开口预留位置与联络通道开口吻合;

[0027] c. 在隧道掘进管路延伸和各种电线布设时,要对联络通道开口位置提前绕过布设,并做好电和水预留接口,避免联络通道施工时进行二次改移;

[0028] d. 盾构后配套通过联络通道后及时施工隧底,并预埋开口前受力转换支撑构件;

[0029] (2) 开口前超前注浆:在联络通道开口四周管片上钻孔进行超前注浆,用气动泵把固安特 CM13 通过化学浆液堵水施工用注射枪装置,紊流搅拌后进入地层用于填充破碎地层空隙,并通过膨胀渗透使联络通道开挖轮廓外破碎岩体固结成一体,并形成一道止水帷幕,注浆时应注意:①利用封口器代替止浆墙,水大时采用两个封口器串连保证超前注浆效果;②注浆一开始,先注入浆液使封口器膨胀后再进入正常注浆程序;③注浆过程中当压力突变时立即把催化剂进浆管关闭,同时打开搅拌器前端泄压阀,用树脂液继续注入冲走残留在注射枪内催化剂,防止注射枪在注浆过程中被堵塞;④把所有注浆孔打好后,采用跳孔注浆,确保注浆孔之间破碎体注浆固结成一体。

[0030] (3) 开挖前受力转换 : 由于联络通道处管片采用通缝拼装, 联络通道开口后, 管片不能闭合成环, 因此, 盾构隧道左右线均采用钢环对联络通道临近管片进行临时支撑, 做好开口前受力转换, 确保不影响盾构掘进 ;

[0031] (4) 左线管片切除与挑顶 :

[0032] a. 在隧道左线联络通道开口处将管片分成若干块后沿着分割线采用钻孔对管片进行抽芯切割管片 ; b. 钻孔分块后凿出管片钢筋, 用一个 5T 手拉葫芦承担管片重量, 两个 5T 手拉葫芦移动来拉出管片, 直至管片移到隧道中线后及时运出洞外 ; c. 从隧道左线用炮机进行挑顶, 形成喇叭口, 为爆破提供临空面 ;

[0033] (5) 洞身开挖与支护 :

[0034] a. 破碎岩层的爆破缺陷与对策

[0035] 在理想的爆破设计下, 预期的爆破效果是坑室侧壁完整且周边无超炸现象。由于破碎体存在使爆破后断面岩体凸凹不平, 对岩体拱部造成不同程度地扰动而塌方, 本发明经过研究分析, 采取以下对策 :

[0036] ①在破碎围岩中进行开挖, 减振爆破是控制超挖的重要手段之一 ;

[0037] ②根据岩石构造和破碎程度进行动态爆破设计是开挖的关键技术 ;

[0038] ③合理选用炸药品种和优化装药结构是保证光面爆破的重要因素 ;

[0039] ④采用结构体爆破技术可获得比较理想的爆破效果。

[0040] b. 破碎岩体的探测

[0041] 爆破后有高温高压气体侵入岩体裂隙, 温度变化与岩体内裂隙、孔洞及含水状况有关。采用红外线热影像资料, 可以推测岩石剥落、裂隙碎程度等资料。

[0042] c. 减震爆破控制

[0043] ①下台阶超前的光面爆破技术

[0044] 采用全断面钻孔后采用先爆破洞身下部超前, 然后再对上部进行光面爆破分次爆破技术, 减少对周边破碎岩体和盾构管片背后低强度注浆固结体的扰动 ;

[0045] ②多种减震技术

[0046] 实行“短进尺、弱爆破”原则, 循环进尺控制在 0.5m ;

[0047] 根据拱部岩节理走向把弧形布设周边眼改为锯齿交叉结构, 减少拱部超挖和扰动 ;

[0048] 下半部掏槽采用震动最小的 75° 楔形掏槽 ;

[0049] 相邻底板眼采用交叉微差雷管, 而且比掘进眼先起爆破技术, 微差控制在 12.5ms ;

[0050] 采用空气间隔分段装药改变爆破能量的在岩体内的分布范围及作用, 减少爆破力集中。

[0051] ③爆破器材

[0052] 炸药 : 采用硝酸铵炸药, 周边孔采用 $\Phi 27\text{mm}$ 小药卷, 其它采用 $\Phi 32\text{mm}$ 标准药卷 ;

[0053] 雷管 : 分非电毫秒延期雷管和瞬发电雷管, 非电毫秒延期雷管延期采用 25ms ~ 800ms 不等, 瞬发电雷管 0 延期 ;

[0054] 导爆索 : 周边炮孔采用间隔装药, 由导爆索 (Riocord 10) 传爆 ;

[0055] 电子延期起爆器 : 能够实现任意毫秒级延期爆破的一种爆破起爆装置。

[0056] d. 初期支护:根据红外线热像分析结果动态调整支护体系,并及时架设钢架、铺设钢筋网和连接筋的焊接,最后根据扰动情况在喷射混凝土中添加钢纤维,并采用湿喷机喷锚支护;

[0057] (6) 右线管片切除与挑顶:

[0058] a. 在隧道右线联络通道开口处将管片分成若干块后沿着分割线采用钻孔对管片进行抽芯切割管片;b. 钻孔分块后凿出管片钢筋,用一个手拉葫芦承担管片重量,两个手拉葫芦移动来拉出管片,直至管片移到隧道中线后及时运出洞外;c. 从隧道右线采用人工进行挑顶,完成整个开挖;

[0059] (7) 二衬施工:a. 先对初期支护渗漏水进行封堵找平后进行防水施工,然后施工仰拱;b. 洞门钢筋与原盾构管片预埋钢板焊接成一体,洞身钢筋采用绑扎与焊接,然后对用于组合模板固定的支撑钢架(I16 工字钢)进行定位,并架设固定;c. 直接采用 2m 长 U10 槽钢做模板进行组合,模板与模板、模板与钢架用螺栓连接,采用组合模板进行异型断面通道整体二衬;d. 选择盾构机维修保养时,采用移动式输送泵移动到联络通道处,用有轨混凝土罐车进行混凝土浇注,待混凝土强度达到 75% 时,开始拆除模板,然后喷水养护 14 天。

[0060] 工程实例:

[0061] 狮子洋隧道是我国第一座特长水下铁路泥水盾构隧道,全长 10800m,两隧道间距为 10.4m,两隧道间共设 23 个联络通道,其中 80% 联络通道位于高水压破碎岩体中,成型隧道管片背后存在大量涌水通道,采用传统施工方法施工第一个联络通道就发生涌水、塌方、相邻隧道管片变形,施工难度较大、风险较高,最后采用混凝土回填,才把风险控制。

[0062] 剩余联络通道采用本发明所述的施工方法进行施工,加快了联络通道施工速度,确保了狮子洋隧道 23 个联络通道安全、高效施工完毕,实现了隧道掘进与联络通道同步,并且取得了以下技术效果,

[0063] 1、工期效益

[0064] 利用化学注浆,每个联络通道比第一通道采用传统注浆提前 1 个多月,多种减震爆破技术加快了洞身开挖速度,确保掘进完,联络通道完;

[0065] 2、经济效益

[0066] (1)采用化学浆节约成本: $(0.1 \text{ 万元}/\text{m}^3 \times 100\text{m}^3 - 4 \text{ 万元}/\text{T} \times 1\text{T})/\text{个} \times 10 \text{ 个} = 60 \text{ 万元}$;

[0067] (2)采用钻孔拉除管片,加快管片破除速度,节约工费: $1 \text{ 万}/\text{处} \times 20 \text{ 处} = 20 \text{ 万元}$;

[0068] (3)利用 U10 槽钢直接做成组合模板减少一套模板,节约资金 $10\text{t} \times 5000 \text{ 元}/\text{t} = 5 \text{ 万}$;

[0069] (4)减震爆破减少岩层超挖,节约支护成本: $20\text{m}^3/\text{个} \times 800 \text{ 元}/\text{m}^3 \times 10 \text{ 个} = 16 \text{ 万元}$;

[0070] 3、社会效益

[0071] 狮子洋隧道联络通道施工风险大,铁道部专家多次召开技术方案研讨,采用该技术杜绝了联络通道涌水、塌方和盾构隧道变形,得到了上级领导的好评和赞扬;

[0072] 4、环境节能效益

[0073] 采用化学注浆减少水泥使用;采用减震爆破减少炸药和喷锚料消耗;采用组合模板减少钢材使用。

[0074] 目前铁路进入高速施工期,其中长大隧道采用盾构法施工越来越多。地铁区间采

用盾构法施工比例高达 90% 以上,而且大多城市也开始筹建地铁,今后穿江越洋盾构隧道越来越多,所以,推广前景好。