



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101614124 B

(45) 授权公告日 2011. 12. 07

(21) 申请号 200810072907. 3

(22) 申请日 2008. 06. 27

(73) 专利权人 中铁隧道集团有限公司

地址 471009 河南省洛阳市陵园东路 3 号

(72) 发明人 谭顺辉 魏文杰 陈文忠 何中文

谭小波 董天洪 鱼建玲 张宁川

刘二召 罗岩松 王成鲲 崔原

周振国 刘招伟 张洪星 王小平

石曲 张鑫 崔文斌 赵华

杨立新

(74) 专利代理机构 乌鲁木齐市禾工专利代理事

务所 65108

代理人 刘永生

(51) Int. Cl.

E21D 9/00 (2006. 01)

E21D 11/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1362573 A, 2002. 08. 07,

CN 1470742 A, 2004. 01. 28,

CN 1472420 A, 2004. 02. 04,

CN 1247878 C, 2006. 03. 29,

审查员 蔡健

权利要求书 1 页 说明书 4 页

(54) 发明名称

敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工  
方法

(57) 摘要

敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工  
方法, 涉及敞开式硬岩掘进机施工掘进同时与二  
次衬砌工序协同跟进衔接的施工方法, 在 TBM 掘  
进同时, 同步进行隧道二次衬砌, 实施方法是 TBM  
掘进 1000m 左右时, 开始二次衬砌施工, 二次衬砌  
配套有各自的防水板铺设台架和修补架; 二衬  
混凝土浇筑预备供应混凝土的编组车。着力解决  
在 TBM 掘进施工的同时进行二次衬砌施工二者的  
相互干扰、影响, 特别是在交通运输及施工组织问  
题上的相互干扰和影响, 确保与 TBM 掘进同步进  
行二次衬砌施工顺利、快速、同步进行, 缓解工程  
工期压力, 完工时间显著提前。

1. 敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法,其特征在于,在 TBM 掘进同时,同步进行隧道二次衬砌,实施方法是 TBM 掘进 1000m 左右时,开始二次衬砌施工,二次衬砌配套有各自的防水板铺设台架和修补架;二衬混凝土浇筑预备供应混凝土的编组车。

2. 如权利要求 1 所述的敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法,其特征在于,在 TBM 掘进同时,同步进行隧道二次衬砌,实施方法是 TBM 掘进 1000m 左右时,开始二次衬砌施工,TBM 掘进 0 ~ 6km 长度内用三组运输列车编组,以后每增加 3km 加一列编组,最多用到 5 列车,备用一列车;二次衬砌采用两台 16.5m 的模板台车,两台台车距离 500m 左右,跳跃式向前衬砌,每台模板台车配套有各自的防水板铺设台架和修补架;二衬混凝土浇筑预备两列供应混凝土的编组车,另外预备一列机动,一共五列。

3. 如权利要求 2 所述的敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法,其特征在于,模板台车设计方案重点考虑如何减少或避免二者的相互干扰制约,特别是在交通运输上,需确保台车下满足双线通车净空要求。

4. 如权利要求 2 所述的敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法,其特征在于,同步二次衬砌施工方法包括:

1) 采用专门的防水板铺设作业台架,先对初期支护表面进行处理,包括凿除初支表面鼓包部位,补平突然凹陷,割掉外露锚杆头、钢筋头等尖锐物,达到防水板铺设条件,经检查合格后进行防水板的铺设,防水板采用无钉铺设法铺设;

2) 边墙基础紧跟 TBM 掘进,在 TBM 后配套尾部及时施作。边墙基础采用定型钢模、地锚螺栓固定;灌注前必须检查尺寸、标高,将浮碴、杂物、积水清理干净,经监理工程师检查合格后开始灌注,采用溜槽直接灌注;

3) 正洞一般地段拱墙用液压模板台车 16.5m 型一次成型;

灌注顺序:根据中线水平进行台车就位并进行复核,隐蔽检查后方可安装墙头板,开始灌注。灌注方法:拱墙混凝土施工采用泵送砼,输送主管连接分料器,通过分料器分岔接管插入台车两侧中部的灌注窗内及连通顶部灌注口,砼出管口与砼灌注面高度不大于 2.0m,专人负责分料器的输出口的调换频率,使两侧砼高差不大于 0.5m。砼至灌注至中部窗时,出料口调至顶部灌注口灌注,一直到封顶;

拆模时间:复合衬砌强度到达 7.5Mpa 即可拆模,根据经验一般在 20h 左右,具体拆模时间在施工中根据测试砼强度后确定。

5. 如权利要求 4 所述的敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法,其特征在于,封顶措施:用模板台车及输送泵泵送砼的方式进行二次衬砌,容易在拱顶上方出现空洞,采取的措施是:①由于进口工区衬砌前进方向是上坡,而封顶灌注孔在中部,衬砌循环与上一循环交界处容易因砼堵塞排气通道而在交界处形成气囊,故在台车靠后端头附近设置排气管,使气体畅通排出,确保交界处封顶密实。②在衬砌时沿拱顶中心纵向预留注浆孔,在衬砌后进行注浆回填。

## 敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法

### 技术领域：

[0001] 本发明涉及敞开式硬岩掘进机施工掘进同时与二次衬砌工序协同跟进衔接的施工方法,尤其是敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法。

### 背景技术：

[0002] 当隧道、洞长度过长时,用常规钻爆法进行隧道施工将需要相当长的工期,隧道掘进机法施工则更适合长隧道施工的需要。隧道掘进机英文名称是 Tunnel Boring Machine,简称 TBM。TBM 的针对性很强,不同的地质条件需要不同的掘进机,也就产生了不同的掘进机;有的适用于软土,又称为盾构机;有的适用于岩石。岩石掘进机可分为开敞式、单护盾式和双护盾式,开敞式对围岩自稳能力要求较高,护盾式适用范围较广。支护结构,有适用喷锚的,有适用管片衬砌的以及其他支护结构。目前,自美国罗宾斯 (Robbins) 公司 1952 年开发制造出了现代意义上的第一台软岩 TBM 后,1956 年研制成功中硬岩 TBM。从此, TBM 进入了快速发展时期。我国于 1966 年由上海水工机械厂研制出直径为 3.4m 的 TBM,此后水电、冶金、机械及铁道等部门先后研制出直径为 2.4m ~ 6.8m 的 TBM,开挖岩石强度 50mPa ~ 240mPa,最大掘进速度可达 70m/d ~ 80m/d。

[0003] 根据国外实践证明:当隧道长度与直径之比大于 600 时,采用 TBM 进行隧道施工是经济的。TBM 最大的优点是快速。其一般速率为常规钻爆法的 3 ~ 10 倍。此外,采用 TBM 施工还有优质、安全、有利于环境保护和节省劳动力等优点。由于 TBM 提高了掘进速率,工期大为缩短,因此在整体上是经济的。

[0004] 近年来,国内铁道、水利、公路等基础行业大规模的推行使用 TBM 法施工。在岩石中开挖隧道的 TBM,所面临的基本问题是如何破岩,保持掘进的高效率和工程顺利。TBM 适用于山岭隧道硬岩掘进,代替传统的钻爆法,在相同的条件下,其掘进速度约为常规钻爆法的 4 ~ 10 倍,具有快速、优质、安全、经济、有利于环境保护和劳动力保护等优点。特别是高效快速可使工程提前完工,提前创造价值,对我国的现代化建设有很重要的意义。

[0005] 敞开式硬岩掘进机硬岩 TBM 施工时掘进后需要进行对隧道壁进行喷浆固定表面,继而需要对隧道内壁围岩进行混凝土支护即二次衬砌。隧道内部全部衬以称之为拱楔块的钢筋混凝土的弧形板块,用以防备土石的可能下落并确保含水段的防渗。

[0006] 二次衬砌工程包括仰拱、侧墙、中壁、路面板、上半拱及检修通道 5 部分,全部为钢筋混凝土结构。采用砼预制管片衬砌是 TBM 施工所具有的特点之一。由于 TBM 自身结构的特点,开挖时根据围岩情况,管片必须部分或完全承受 TBM 推进系统产生的轴向压力,施工期间管片除承受自重、山岩压力外,还要承受灌浆和施工荷载。由于采用边开挖边衬砌的工艺流程,当遇到构造发育比较破碎的岩层时,采用该施工方法相对于钻爆法、一次支护而言,具有较高的安全性。对于双盾 TBM 是这样工作的:后盾通过紧固装置,牢牢地固定在洞壁上,而后驱动电动机在推进液压缸的作用下,带动刀头破岩,此时配套辅助设备均停留在洞内,弃碴由周边铲斗不停地铲起,通过漏斗和溜槽卸到工作面的皮带运输机上,出碴列车在皮带机底部接碴。在后盾的安装室,同时进行调运和安装混凝土管片,并在安装好的管片

背后和围岩之间充填豆砾石和灌浆。即双盾 TBM 施工时可以同步在掘进同步进行衬砌。

[0007] 长隧洞采用 TBM 施工而成洞直径不大时,要十分重视洞内轻轨车辆交通安全,避免人员伤亡。双护盾 TBM 的特点是开挖、衬砌一次完成,边开挖、边衬砌。混凝土预制管片做成六边形蜂窝状。安装程序是将预制管片由专门运输车运到距开挖工作面约 40m 处,再改由专门起吊装卸设备转运到距开挖工作面约 8m ~ 10m 的后护盾内,先装底拱片,再装边拱片,最后装顶拱片。由于形状为六边形,所以每环的底片和两侧边拱片相差半片宽度,边片和顶片也相差半片宽度。这就使得每环的环缝均不在同一断面上,各片各环间形成相互约束。

[0008] 对于长距离交通隧道,多采用敞开式硬岩掘进机,由于在 TBM 掘进施工的同时进行二次衬砌施工二者的相互干扰、影响,特别是在交通运输及施工组织问题上的相互干扰和影响,现有工艺只能在隧道掘进完毕 TBM 拆除后,对隧道围岩进行二次衬砌,常需要较长工期。因而存在工期紧、施工难度大、自然条件恶劣、各种原材料运输距离较远等种种不利因素。为了保证在不良地质中 TBM 快速、稳定的掘进,必须进行 TBM 掘进与二次衬砌同步施工。

#### 发明内容:

[0009] 本发明发明目的在于提出一种在能确保与 TBM 掘进同步进行二次衬砌施工顺利、快速、同步进行,缓解工程工期压力的掘进与二次衬砌同步实施的方法,即敞开式硬岩掘进机掘进与二次衬砌同步施工方法。

[0010] 实现本发明发明目的的措施在于:在 TBM 掘进同时,同步进行隧道二次衬砌,实施方法是 TBM 掘进 1000m 左右时,开始二次衬砌施工,二次衬砌配套有各自的防水板铺设台架和修补架;二衬混凝土浇筑预备供应混凝土的编组车。

[0011] 本发明的优点在于:着力解决在 TBM 掘进施工的同时进行二次衬砌施工二者的相互干扰、影响,特别是在交通运输及施工组织问题上的相互干扰和影响,确保与 TBM 掘进同步进行二次衬砌施工顺利、快速、同步进行,缓解工程工期压力,完工时间显著提前。

#### 具体实施方式:

[0012] 实施例 1:在 TBM 掘进同时,同步进行隧道二次衬砌,实施方法是 TBM 掘进 1000m 左右时,开始二次衬砌施工,TBM 掘进 0 ~ 6km 长度内用三组运输列车编组,以后每增加 3km 加一列编组,最多用到 5 列车,备用一列车;二次衬砌采用两台 16.5m 的模板台车,两台台车距离 500m 左右,跳跃式向前衬砌,每台模板台车配套有各自的防水板铺设台架和修补架;二衬混凝土浇筑预备两列供应混凝土的编组车,另外预备一列机动,一共五列。

[0013] 二次衬砌用电方案:在进洞 1 万伏主电缆上每隔 800m 安装一个“T”型接头,在衬砌修补台车上安设电缆卷筒,确保在两个“T”型接头间进行二衬施工用电的电缆长度。

[0014] TBM 掘进效率主要受隧洞断面大小、TBM 性能、岩石性质、支护方式以及运输、供应的配套性有关。TBM 的日掘进进尺由掘进时间利用率控制,估计日纯掘进时间利用率约 40% ~ 45%。

[0015] 采用一台 TB880E 敞开式硬岩掘进机独头掘进施工,底部铺设仰拱块,双线有轨运输出碴。TBM 试掘进 300m 后,TBM 进入正常掘进阶段。TBM 通过完整的 II、III 级围岩及支

护量小的 IV 级围岩时,采取正常掘进组织。掘进同时进行锚杆、网片和混凝土喷射等初期支护,掘进完成一个行程 1.8m 后,安装一块仰拱预制块,再换步进行下一循环的掘进。预制块下方与隧道壁之间的空隙注入细石混凝土填充。TBM 通过破碎的 IV、V 级围岩时,及时在护盾后面进行钢支撑、挂钢筋网、锚杆,必要时在护盾后手喷混凝土进行快速加固,并利用后配套上的湿喷机械手进行二次补喷混凝土。断层破碎带及高压富水地段施工根据断层情况、水压力及水量大小决定是否采取中空锚杆环向注浆止水、加固及采取超前支护措施后再开挖支护。

[0016] 洞内施工作业所用材料,如锚杆、网片、钢架、混凝土等材料以机车编组的形式进行供应。运输车辆采用 25t 机车,材料供应车辆采用配套的罐车和平板车,轨道系统为双线有轨运输,在调车处和衬砌台车处设视频装置,以提高整个运输系统的效率。TBM 后配套设置双线利用矿车出碴。岩碴经 TBM 皮带机进入矿车,再经过编组列车运出洞外翻碴台卸碴,再二次转碴到指定弃碴场。

[0017] 每月二次衬砌进度指标不低于 500m,采用两台 16.5m 长的衬砌模板台车,每台台车按 2 循环 /3 天的衬砌速度计,每月可衬砌 660m,满足进度指标要求且有 26% 富余。

[0018] 防水板铺设采用液压防水板铺设作业台架进行施工,防水板采用无钉铺设法铺设。二衬砼采用整体式液压模板台车浇筑,砼采用大型自动计量拌和站集中生产,10m<sup>3</sup> 有轨砼罐车运输进洞,输送泵送入模,拱墙插入式振捣器及拱顶附着式振捣器联合振捣。

[0019] 为保证与 TBM 掘进同步施工,模板台车设计方案重点考虑如何减少或避免二者的相互干扰制约,特别是在交通运输上,需确保台车下满足双线通车净空要求。

[0020] 模板台车有关参数确定:台车长度:16.5m,台车模板钢板厚度:10mm,台车数量:2 台,台车结构刚度要求:单台模板台车衬砌长度至少不低于 8000m 而不产生影响二衬质量的变形。

[0021] 模板台车加工精度:模板半径误差不大于 3mm,模板间接缝零错台,两端模板半径误差不大于 1mm。

[0022] 与模板台车配套进行二衬施工的台架包括防水板架和修补架;其加工样式除满足自身的功能作用外,其设计还参考了洞内施工环境、与模板台车配套作业的合理性,以及其他辅助功能。

[0023] 二次衬砌施工方法包括:

[0024] 1) 采用专门的防水板铺设作业台架,先对初期支护表面进行处理,包括凿除初支表面鼓包部位,补平突然凹陷,割掉外露锚杆头、钢筋头等尖锐物,达到防水板铺设条件,经检查合格后进行防水板的铺设。防水板采用无钉铺设法铺设。

[0025] 2) 边墙基础紧跟 TBM 掘进,在 TBM 后配套尾部及时施作。边墙基础采用定型钢模、地锚螺栓固定。灌注前必须检查尺寸、标高,将浮碴、杂物、积水清理干净,经监理工程师检查合格后开始灌注,采用溜槽直接灌注。

[0026] 3) 正洞一般地段拱墙用液压模板台车 16.5m 型一次成型;

[0027] 灌注顺序:根据中线水平进行台车就位并进行复核,隐蔽检查后方可安装墙头板,开始灌注。

[0028] 灌注方法:拱墙混凝土施工采用泵送砼,输送主管连接分料器,通过分料器分岔接管插入台车两侧中部的灌注窗内及连通顶部灌注口,砼出管口与砼灌注面高度不大于

2.0m,专人负责分料器的输出出口的调换频率,使两侧砼高差不大于0.5m。砼至灌筑至中部窗时,出料口调至顶部灌注口灌注,一直到封顶。

[0029] 封顶措施:用模板台车及输送泵泵送砼的方式进行二次衬砌,容易在拱顶上方出现空洞,采取的措施是:①由于进口工区衬砌前进方向是上坡,而封顶灌注孔在中部,衬砌循环与上一循环交界处容易因砼堵塞排气通道而在交界处形成气囊,故在台车靠后端头附近设置排气管,使气体畅通排出,确保交界处封顶密实。②在衬砌时沿拱顶中心纵向预留注浆孔,在衬砌后进行注浆回填。

[0030] 拆模时间:复合衬砌强度到达7.5Mpa即可拆模,根据经验一般在20h左右,具体拆模时间在施工中根据测试砼强度后确定。

[0031] 为疏解二衬与TBM掘进同步以及与左线隧道间连接通道开挖所带来的交通影响问题,每隔840m左右在横通道附近设置过渡道岔一处,在连接通道开挖完成且二衬通过后,拆除道岔以供倒用。同时道岔处设置明显的标示灯或警示标志,控制机车过道岔时的运行速度,加强道岔检修管理防止轨道车掉道。提前将风管筒运进洞,利用保养时间在后配套上装风管,电缆散盘在平板车上运输进洞,不连卷筒一起运输进洞。解决风管储存筒及电缆卷筒大件运输进洞与台车下净空限制冲突问题。

[0032] 本实施例着力解决在TBM掘进施工的同时进行二次衬砌施工二者的相互干扰、影响,特别是在交通运输及施工组织问题上的相互干扰和影响,确保与TBM掘进同步进行二次衬砌施工顺利、快速、同步进行,缓解工程工期压力,完工时间显著提前。