



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110346161 A

(43)申请公布日 2019.10.18

(21)申请号 201910640361.5

(22)申请日 2019.07.16

(71)申请人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路  
三巷11号

(72)发明人 赵文 程诚 路博 董驾潮

王云墨 马娇 夏治康

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任  
公司 21212

代理人 侯艳伟 李洪福

(51)Int.Cl.

G01M 99/00(2011.01)

G01L 5/00(2006.01)

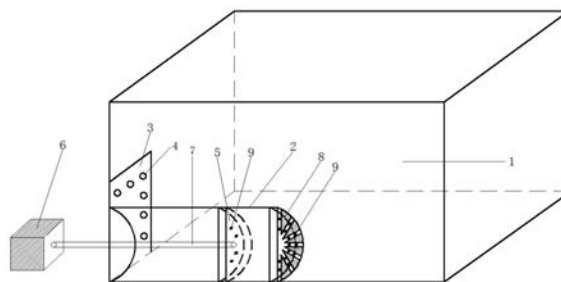
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

## (54)发明名称

一种土压平衡盾构机优化实验装置及其使用  
方法

## (57)摘要

本发明涉及一种分析土压平衡盾构机密闭土舱最优轴向尺寸的土压平衡盾构机优化实验装置及其使用方法。本发明可用于测量不同开口率刀盘面板处的侧向土压力和土舱挡板处的侧向土压力,得出两处侧向土压力的变化规律,利用最优化分析,得出刀盘不同开口率下土舱的最优轴向尺寸。设计了不同开口率的刀盘面板模具模拟刀盘,并在刀盘面板模具上安装嵌入式土压力盒,用来测量不同开口率下刀盘面板处的侧向土压力;设计了活塞式挡板模拟土舱挡板,并在活塞式挡板上安装嵌入式土压力盒,用来测量土舱挡板处侧向土压力。本发明可清晰地展示土压平衡盾构机掌子面失稳的土体破坏形态,为盾构机在前期定型生产阶段提供设计依据,确保盾构机施工的安全及高效。



1. 一种土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,该装置包括模型箱、盾构隧道模具、隧道模具固定板、活塞式挡板、位移控制器、活塞拉杆、刀盘面板模具和嵌入式土压力盒;

其中:

模型箱为顶部敞口的刚性透明长方体结构,选择短边一侧的箱体壁预留半圆形孔,用于安装盾构隧道模具;

盾构隧道模具为半圆筒体,盾构隧道模具采用钢材质,插入模型箱预留的半圆形孔道内,并通过隧道模具固定板固定,模拟已经建成的盾构隧道;

隧道模具固定板采用钢板,设置有与将盾构隧道模具外壁形状相同的豁口,豁口上安装有密封条,隧道模具固定板将盾构隧道模具卡合固定,并通过隧道模具螺栓固定在模型箱侧壁上;

活塞式挡板为半圆形钢板,嵌入在盾构隧道模具内,活塞式挡板用于模拟土舱内壁,活塞式挡板几何中心处留有螺纹卡槽,用于安装活塞拉杆;活塞式挡板螺纹卡槽的另一侧面上,设置安放嵌入式土压力盒的预留孔洞;活塞式挡板外边缘处涂抹一层固态润滑油,能够实现活塞式挡板紧贴盾构隧道模具内壁自由滑动与密封的作用;

活塞拉杆为一端与活塞式挡板螺纹连接,另一端连接位移传感器,且活塞拉杆上安装力学传感器,在位移控制器上显示杆的轴力;

位移控制器通过活塞拉杆与活塞式挡板连接,位置控制器控制活塞拉杆的移动速率,拉动活塞式挡板,使活塞式挡板紧贴盾构隧道模具内壁背离开挖面方向滑动,从而实现隧道开挖面逐渐失稳;

刀盘面板模具为半圆筒形结构,卡合安装在盾构隧道模具伸入模型箱内的非固定端,用于模拟实际盾构刀盘,在刀盘面板模具上设有预留孔洞用于安放嵌入式土压力盒;

嵌入式土压力盒分别安装在刀盘面板模具和活塞式挡板的预留孔洞内,用来测量刀盘面板模具表面的土压力以及活塞式挡板表面的土压力。

2. 根据权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,所述的模型箱是由有机玻璃组成的顶部敞口的长方体结构,有机玻璃通过框架滑槽拼装而成。

3. 根据权利要求2所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,所述的模型箱内壁覆盖0.04mm的聚乙烯薄膜,即在有机玻璃制作时其作为模型箱内壁的内表面加工0.04mm的聚乙烯薄膜。

4. 根据权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,所述的模型箱长边长度大于或等于盾构隧道模具长度的3倍,短边长度大于或等于盾构隧道模具直径的3倍。

5. 根据权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,所述的活塞式挡板螺纹卡槽的另一侧面上,围绕几何中心的上下左右设置四个预留孔洞,用来安放嵌入式土压力盒。

6. 根据权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,所述的刀盘面板模具设置为多个不同开口率的刀盘模具,开口率为30%~50%,所述开口率指的是开口位置的面积与刀盘面板模具的面板总面积之比。

7. 根据权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,所述的位移控制

器上设有三个窗口,三个窗口分别为设置窗口,显示移动距离窗口,显示活塞拉杆轴力的窗口。

8. 根据权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置,其特征在于,设置实验数据收集装置,实验数据收集装置连接嵌入式土压力盒,实验数据收集装置间隔固定时间采集嵌入式土压力盒的测量实验数据。

9. 权利要求1所述的土压平衡盾构机优化实验装置的使用方法,其特征在于,步骤如下:

(1) 盾构隧道模具安装

在盾构隧道模具插入模型箱前,在盾构隧道模具中嵌入安装半圆形钢板结构的活塞式挡板,活塞式挡板用于模拟土舱内壁,活塞式挡板与活塞拉杆螺纹连接,活塞拉杆另一端连接位移传感器,且活塞拉杆上安装力学传感器;嵌入式土压力盒安装在活塞式挡板的预留孔洞内;

(2) 实验装置组装

盾构隧道模具插入模型箱内,盾构隧道模具水平放置,隧道模具固定板通过隧道模具螺栓将盾构隧道模具卡合固定在模型箱侧壁上;将刀盘面板模具卡合安装在盾构隧道模具伸入模型箱内的非固定端,用于模拟实际盾构刀盘,嵌入式土压力盒安装在刀盘面板模具的预留孔洞内;

(3) 填土进行实验

实验装置组装完成后,向模型箱内进行填土,土填满模型箱后,通过位移控制器拉动活塞拉杆,进而带动活塞式挡板紧贴盾构隧道模具内壁背离开挖面方向滑动,直至掌子面完全坍塌;

通过刀盘面板模具上的嵌入式土压力盒可以测得刀盘处的侧向土压力变化情况,通过活塞式挡板上的嵌入式土压力盒可以测得模拟土舱内壁的活塞式挡板处的侧向土压力变化情况,然后将装填土体倒出后,更换不同开口率的刀盘模具,重复上述过程;

(4) 数据处理

对不同开口率刀盘面板模具处的侧向土压力监测数据和活塞式挡板处的侧向土压力监测数据进行分析,利用最优化原理,得出土压平衡式盾构机刀盘开口率不同条件下,密闭土舱的最优轴向尺寸。

## 一种土压平衡盾构机优化实验装置及其使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地铁隧道盾构技术领域以及土工试验装置领域,提出一种分析土压平衡盾构机密闭土舱最优轴向尺寸的实验装置及其使用方法,具体涉及一种土压平衡盾构机优化实验装置及其使用方法。

### 背景技术

[0002] 在这个经济飞速发展,城镇化水平不断提高的时代,地铁建设成为扩大城市空间开发及利用的重要方面,城市地铁隧道的施工方法也成为广大学者研究的重点课题之一。城市地铁隧道的主要建设方法包括明挖法、矿山法、新奥法和盾构法等,而在种类繁多的地铁隧道施工方法中,盾构法由于其机械化与信息化程度高,对地表建(构)筑物影响小,复杂地质条件适应性强,工期短等特点得到广泛使用。土压平衡盾构机是在土体渗透性不强且硬度适中的地层中应用较为广泛的一种盾构机,其刀盘开口率与密闭土舱的轴向尺寸直接关系到盾构机掘进施工掌子面的安全与稳定。如果当土压平衡盾构机的刀盘开口率一定时,密闭土舱的轴向距离过大,极易造成土舱内部的土压力与刀盘前外部土压力差值过大,导致开挖面土体支护压力不足,进而发生掌子面失稳,地表塌陷,发生重大工程事故。

[0003] 结合上述问题可以得到,土压平衡盾构机的刀盘的开口率与密闭土舱的轴向尺寸存在一定的联系,所以,有必要进行试验测出刀盘面板处侧向土压力以及密闭土舱舱壁侧向土压力的变化趋势,并推测出两者之间的传递系数,以便确定不同开口率刀盘下的密闭土舱最优轴向尺寸。为探测上述原理,本发明提出一种实验装置,为盾构机在前期定型生产阶段提供设计依据,确保盾构机施工的安全及高效。

### 发明内容

[0004] 为了确定土压平衡盾构机刀盘的不同开口率对应的密闭土舱的最优轴向尺寸,本发明提出了一个新型实验装置及其使用方法,该装置可用于测量不同开口率刀盘面板处的侧向土压力和土舱挡板处的侧向土压力,得出两处侧向土压力的变化规律,利用最优化分析,得出刀盘不同开口率下土舱的最优轴向尺寸。本发明设计了不同开口率的刀盘面板模具模拟刀盘,并在刀盘面板模具上安装嵌入式土压力盒,用来测量不同开口率下刀盘面板处的侧向土压力,此外,本发明在设计了活塞式挡板模拟土舱挡板,并在活塞式挡板上安装嵌入式土压力盒,用来测量土舱挡板处侧向土压力。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种土压平衡盾构机优化实验装置,包括模型箱、盾构隧道模具、隧道模具固定板、活塞式挡板、位移控制器、活塞拉杆、刀盘面板模具和嵌入式土压力盒。

[0007] 其中:

[0008] 模型箱为顶部敞口的刚性透明长方体结构,选择短边一侧的箱体壁预留半圆形孔,用于安装盾构隧道模具;

[0009] 进一步地,所述的模型箱是由有机玻璃组成的顶部敞口的长方体结构,有机玻璃

通过框架滑槽拼装而成,方便拆卸。

[0010] 进一步地,所述的模型箱内壁覆盖0.04mm的聚乙烯薄膜,即在有机玻璃制作时其作为模型箱内壁的内表面加工0.04mm的聚乙烯薄膜。

[0011] 进一步地,所述的模型箱长边长度大于或等于盾构隧道模具长度的3倍,短边长度大于或等于盾构隧道模具直径的3倍。

[0012] 盾构隧道模具为半圆筒体,盾构隧道模具采用钢材质,插入模型箱预留的半圆形孔道内,并通过隧道模具固定板固定,模拟已经建成的盾构隧道;

[0013] 隧道模具固定板采用钢板,设置有与将盾构隧道模具外壁形状相同的豁口,豁口上安装有密封条,从而将盾构隧道模具卡合固定,并通过隧道模具螺栓固定在模型箱侧壁上;

[0014] 活塞式挡板为半圆形钢板,嵌入在盾构隧道模具内,活塞式挡板用于模拟土舱内壁,活塞式挡板几何中心处留有螺纹卡槽,用于安装活塞拉杆;活塞式挡板螺纹卡槽的另一侧面上,设置安放嵌入式土压力盒的预留孔洞;活塞式挡板外边缘处涂抹一层固态润滑油,能够实现活塞式挡板紧贴盾构隧道模具内壁自由滑动与密封的作用;

[0015] 进一步地,所述的活塞式挡板螺纹卡槽的另一侧面上,围绕几何中心的上下左右设置四个预留孔洞,用来安放嵌入式土压力盒。

[0016] 活塞拉杆为一端与活塞式挡板螺纹连接,另一端连接位移传感器,且活塞拉杆上安装力学传感器,在位移控制器上显示杆的轴力;

[0017] 位移控制器通过活塞拉杆与活塞式挡板连接,位置控制器控制活塞拉杆的移动速率,拉动活塞式挡板,使活塞式挡板紧贴盾构隧道模具内壁背离开挖面方向滑动,从而实现隧道开挖面逐渐失稳;

[0018] 进一步地,所述的位移控制器上设有三个窗口,三个窗口分别为设置窗口,显示移动距离窗口,显示活塞拉杆轴力的窗口,

[0019] 刀盘面板模具为半圆筒形结构,卡合安装在盾构隧道模具伸入模型箱内的非固定端,用于模拟实际盾构刀盘,在刀盘面板模具上设有预留孔洞用于安放嵌入式土压力盒;

[0020] 进一步地,所述的刀盘面板模具设置为多个不同开口率的刀盘模具,开口率为30%~50%,所述开口率指的是开口位置的面积与刀盘面板模具的面板总面积之比。

[0021] 嵌入式土压力盒分别安装在刀盘面板模具和活塞式挡板的预留孔洞内,用来测量刀盘面板模具表面的土压力以及活塞式挡板表面的土压力。

[0022] 进一步地,本发明土压平衡盾构机优化实验装置还设置实验数据收集装置,实验数据收集装置连接嵌入式土压力盒,实验数据收集装置间隔固定时间采集嵌入式土压力盒的测量实验数据。

[0023] 上述土压平衡盾构机优化实验装置的使用方法,步骤如下:

[0024] (1) 盾构隧道模具安装

[0025] 在盾构隧道模具插入模型箱前,在盾构隧道模具中嵌入安装半圆形钢板结构的活塞式挡板,活塞式挡板用于模拟土舱内壁,活塞式挡板与活塞拉杆螺纹连接,活塞拉杆另一端连接位移传感器,且活塞拉杆上安装力学传感器;嵌入式土压力盒安装在活塞式挡板的预留孔洞内;

[0026] (2) 实验装置组装

[0027] 盾构隧道模具插入模型箱内,盾构隧道模具水平放置,隧道模具固定板通过隧道模具螺栓将盾构隧道模具卡合固定在模型箱侧壁上;将刀盘面板模具卡合安装在盾构隧道模具伸入模型箱内的非固定端,用于模拟实际盾构刀盘,嵌入式土压力盒安装在刀盘面板模具的预留孔洞内;

[0028] (3) 填土进行实验

[0029] 实验装置组装完成后,向模型箱内进行填土,土填满模型箱后,通过位移控制器拉动活塞拉杆,进而带动活塞式挡板紧贴盾构隧道模具内壁背离开挖面方向滑动,直至掌子面完全坍塌;

[0030] 通过刀盘面板模具上的嵌入式土压力盒可以测得刀盘处的侧向土压力变化情况,通过活塞式挡板上的嵌入式土压力盒可以测得模拟土舱内壁活塞式挡板处的侧向土压力变化情况,然后将装填土体倒出后,更换不同开口率的刀盘模具,重复上述过程;

[0031] (4) 数据处理

[0032] 对不同开口率刀盘面板模具处的侧向土压力监测数据和活塞式挡板处的侧向土压力监测数据进行分析,利用最优化原理,得出土压平衡式盾构机刀盘开口率不同条件下,密闭土舱的最优轴向尺寸。

[0033] 本发明与现有技术相比的有益效果是:

[0034] 本发明新颖独特,操作简单,可以清晰地展示土压平衡盾构机掌子面失稳的土体破坏形态,此外,本发明可以测得密闭土舱挡板上与刀盘面板上的土压力,更加准确的分析土压平衡式盾构机密闭土舱内外土压力差,得到土压力在密闭土舱内的传递系数,找出刀盘开口率和密闭土舱轴向尺寸的关系,为盾构机在前期定型生产阶段提供设计依据,确保盾构机施工的安全及高效。

## 附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0036] 图1为本发明实施例1中土压平衡盾构机优化实验装置的结构示意图;

[0037] 图2为图1中隧道模具固定板的结构示意图;

[0038] 图3为图1中活塞式挡板的结构示意图;

[0039] 图4为图1中活塞拉杆与活塞式挡板连接示意图;

[0040] 图5为盾构隧道模具和刀盘面板模具连接示意图;

[0041] 图6为不同开口率的刀盘面板模具结构示意图,其中图6(a)为开口率为30%的刀盘面板模具结构示意图,图6(b)为开口率为40%的刀盘面板模具结构示意图,图6(c)为开口率为50%的刀盘面板模具结构示意图;

[0042] 图7为位移控制器的结构示意图;

[0043] 图中:1:模型箱;2:盾构隧道模具;3:隧道模具固定板;4:隧道模具螺栓;5:活塞式挡板;5-1:螺纹卡槽;5-2:预留孔洞;6:位移控制器;6-1:设置窗口;6-2显示移动距离的窗口;6-3:显示活塞拉杆轴力的窗口;6-4:启动按钮;6-5:开始按钮;6-6:停止按钮;6-7:位移

清零按钮;7:活塞拉杆;8:不同开口率的刀盘模具;8-1:开口率为30%的刀盘面板模具;8-2:开口率为40%的刀盘面板模具;8-3:开口率为50%的刀盘面板模具;8-1-1:刀盘;8-1-2:开口;8-1-3:刀盘上预留安放土压力盒的孔洞;8-2-1和8-3-1同8-1-1;8-2-2和8-3-2同8-1-2;8-2-3和8-3-3同8-1-3;9:嵌入式土压力盒;10:密封条。

### 具体实施方式

[0044] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0045] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0046] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0047] 除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。同时,应当清楚,为了便于描述,附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中,任向具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0048] 在本发明的描述中,需要理解的是,方位词如“前、后、上、下、左、右”、“横向、竖向、垂直、水平”和“顶、底”等所指示的方位或位置关系通常是基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,在未作相反说明的情况下,这些方位词并不指示和暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明保护范围的限制:方位词“内、外”是指相对于各部件本身的轮廓的内外。

[0049] 为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等,用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是,空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的器件被倒置,则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其位器件或构造之下”。因而,示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位),并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

[0050] 此外,需要说明的是,使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件,仅仅是为了便于对相应零部件进行区别,如没有另行声明,上述词语并没有特殊含义,因此不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0051] 实施例1

[0052] 如图1所示,一种土压平衡盾构机优化实验装置,包括模型箱1、盾构隧道模具2、隧道模具固定板3、活塞式挡板5、位移控制器6、活塞拉杆7、刀盘面板模具8和嵌入式土压力盒9;

[0053] 其中:

[0054] 模型箱1是由有机玻璃组成的顶部敞口的长方体结构,模型箱1内尺寸长×宽×高为1200mm×750mm×600mm,有机玻璃壁厚选用10mm,为减少材料与模型箱1内部侧壁的摩擦,在有机玻璃制作时其作为模型箱1内壁的内表面加工0.04mm的聚乙烯薄膜;有机玻璃通过框架滑槽拼装而成,方便拆卸;选择短边一侧的模型箱1壁预留直径为230mm的半圆形孔,用于安装盾构隧道模具2。模型试验要求模型箱1长度大于或等于盾构隧道模具2直径的3倍,更完整的展示试验结果的影响范围。

[0055] 盾构隧道模具2为半圆筒体,盾构隧道模具2采用钢材质,长400mm,内径200mm,钢管厚度为10mm,插入模型箱1预留的半圆形孔道内,模拟已经建成的盾构隧道。

[0056] 如图2所示,隧道模具固定板3为左下角留有半圆形豁口的长为300mm,宽为200mm,厚5mm的钢板,半圆形豁口直径为240mm,且豁口内有一层厚度为10mm的橡皮密封条10,隧道模具固定板3将盾构隧道模具卡合固定,并通过隧道模具螺栓4固定在模型箱1侧壁上;

[0057] 如图3所示,活塞式挡板5为直径200mm、厚10mm的半圆形钢板,嵌入在盾构隧道模具2内,活塞式挡板5边缘处涂抹一层固态润滑油,能够实现活塞式挡板5紧贴盾构隧道模具2内壁自由滑动与密封的作用。活塞式挡板5用于模拟土舱内壁,其几何中心处留有螺纹卡槽5-1,用于安装活塞拉杆7(如图4所示),在活塞式挡板5上螺纹卡槽5-1的另一侧,上下左右设置四个预留孔洞5-2,用来安放嵌入式土压力盒9;

[0058] 活塞拉杆7为直径10mm的钢杆,其一端与活塞式挡板5采用螺纹连接,另一端用来连接位移传感器6,且活塞拉杆7上加装力学传感器,可以在位移控制器6上显示杆的轴力;

[0059] 如图7所示,位移控制器6上设有三个窗口和四个按钮,三个窗口分别为设置窗口6-1,显示移动距离窗口6-2,显示活塞拉杆轴力的窗口6-3;四个按钮,包括控制位移控制器的启动按钮6-4,开始按钮6-5,停止按钮6-6,位移清零按钮6-7。位移控制器6通过活塞拉杆6与活塞式挡板5连接,通过设定活塞拉杆7的移动速率拉动活塞式挡板5,使活塞式挡板5紧贴盾构隧道模具2内壁背离开挖面方向滑动,从而实现隧道开挖面逐渐失稳;

[0060] 如图5所示,刀盘面板模具8安装在盾构隧道模具2的非固定端,刀盘面板模具8整体外侧轮廓为直径d为224mm,刀盘面板处厚度a为10mm,长度h为50mm,筒壁厚度2mm的半筒形结构,用来模拟实际盾构刀盘,在刀盘面板模具8上设有预留孔洞用于安放嵌入式土压力盒9。刀盘面板模具8设有不同开口率,在实际工程中,土压平衡盾构机开口率在30%~50%不等,如图6所示,本实施例中设置开口率分别为30%、40%、50%的刀盘面板模具;所述开口率指的是开口位置的面积与刀盘总面积之比。图6(a)中8-1是开口率为30%的刀盘面板模具,图6(b)中8-2是开口率为40%的刀盘面板模具,图6(c)中8-3是开口率为50%的刀盘面板模具;图6(a)中8-1-1是刀盘,其面积为 $S_1$ ,8-1-2是开口,其面积为 $S_2$ ,8-1-3是刀盘上预



留安放土压力盒的孔洞。图6 (b) 和图6 (c) 中的8-2-1和8-3-1同8-1-1, 8-2-2和8-3-2同8-1-2, 8-2-3和8-3-3同8-1-3; 即刀盘开口率为 $\eta = \frac{S_2}{S_1 + S_2}$ 。

[0061] 嵌入式土压力盒9分别安装在刀盘面板模具8表面以及活塞式挡板5的表面预留的孔洞内, 用来测量刀盘模具8表面的土压力以及活塞式挡板5表面的土压力。

[0062] 本发明设置实验数据收集装置, 试验数据的收集终端就是笔记本电脑, 采用与各个电子元件配套的软件, 每隔0.1秒采集一次试验监测数据, 数据来源为前期安装的土压力盒等其他电子元件, 详细记录试验过程各数据的详细变化趋势。

[0063] 上述土压平衡盾构机优化方法及实验装置的使用方法, 步骤如下:

[0064] (1) 盾构隧道模具安装

[0065] 在盾构隧道模具2插入模型箱1前, 在盾构隧道模具2中嵌入安装半圆形钢板结构的活塞式挡板5, 活塞式挡板5用于模拟土舱内壁, 活塞式挡板5与活塞拉杆7螺纹连接, 活塞拉杆7另一端连接位移传感器6, 且活塞拉杆7上安装力学传感器; 嵌入式土压力盒9安装在活塞式挡板5的预留孔洞5-2内;

[0066] (2) 实验装置组装

[0067] 盾构隧道模具2插入模型箱1内, 盾构隧道模具2水平放置, 隧道模具固定板3通过隧道模具螺栓4将盾构隧道模具2卡合固定在模型箱1侧壁上; 将开口率为30%刀盘面板模具8-1卡合安装在盾构隧道模具2伸入模型箱1内的非固定端, 用于模拟实际盾构刀盘, 嵌入式土压力盒9安装在刀盘面板模具8-1的预留孔洞8-1-3内;

[0068] (3) 填土进行实验

[0069] 实验装置组装完成后, 向模型箱1内进行填土, 土填满模型箱1后, 通过位移控制器6拉动活塞拉杆7, 进而带动活塞式挡板5紧贴盾构隧道模具2内壁背离开挖面方向滑动, 直至掌子面完全坍塌;

[0070] 通过刀盘面板模具8-1上的嵌入式土压力盒9可以测得刀盘处的侧向土压力变化情况, 通过活塞式挡板5上的嵌入式土压力盒9可以测得模拟土舱内壁的活塞式挡板5的侧向土压力变化情况, 然后将装填土体倒出后, 更换开口率为40%刀盘面板模具8-2刀盘模具, 重复上述过程; 然后在更换开口率为50%刀盘面板模具8-3重复上述过程;

[0071] (4) 数据处理

[0072] 对不同开口率刀盘面板模具处的侧向土压力监测数据和活塞式挡板处的侧向土压力监测数据进行分析, 利用最优化原理, 得出土压平衡式盾构机刀盘开口率不同条件下, 密闭土舱的最优轴向尺寸。

[0073] 最后应说明的是: 以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

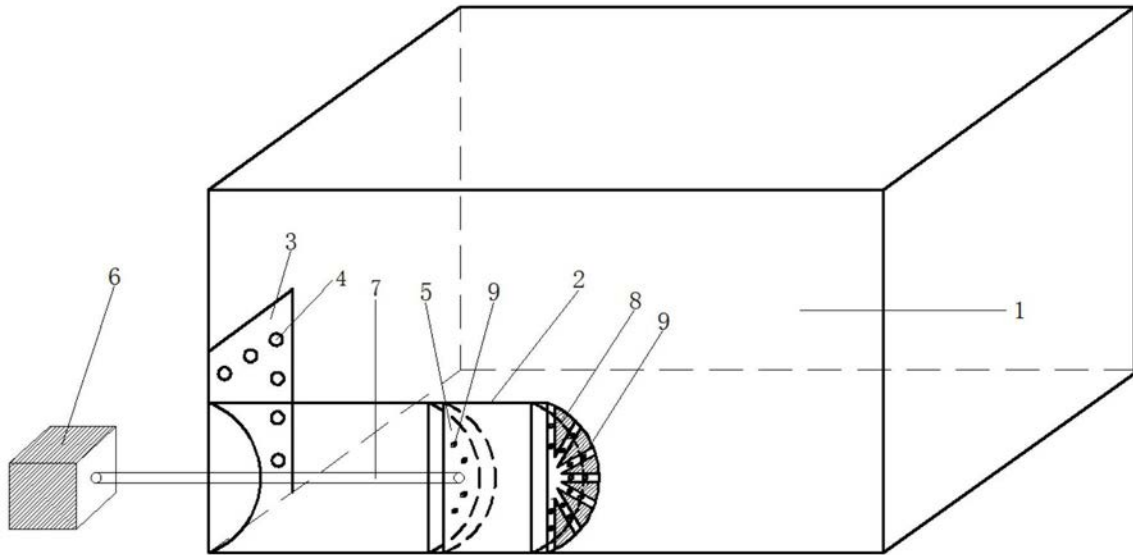


图1

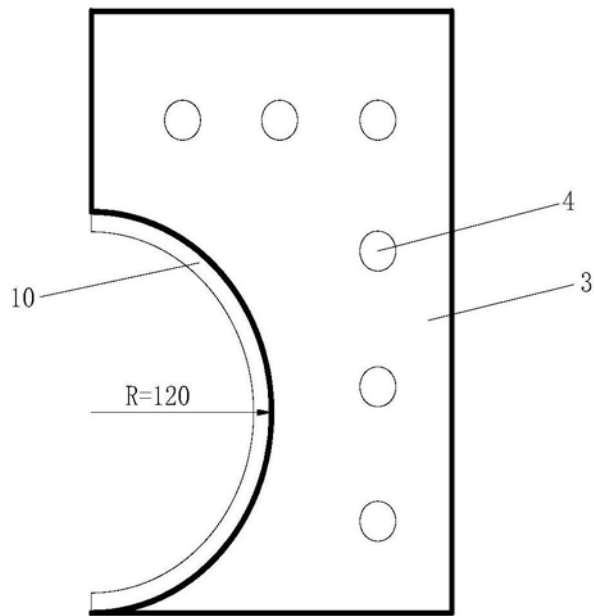


图2

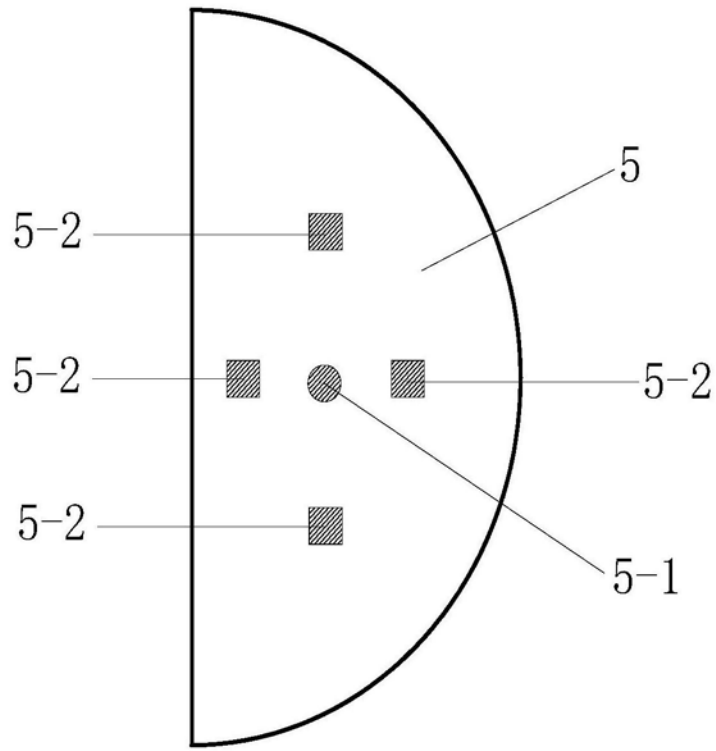


图3

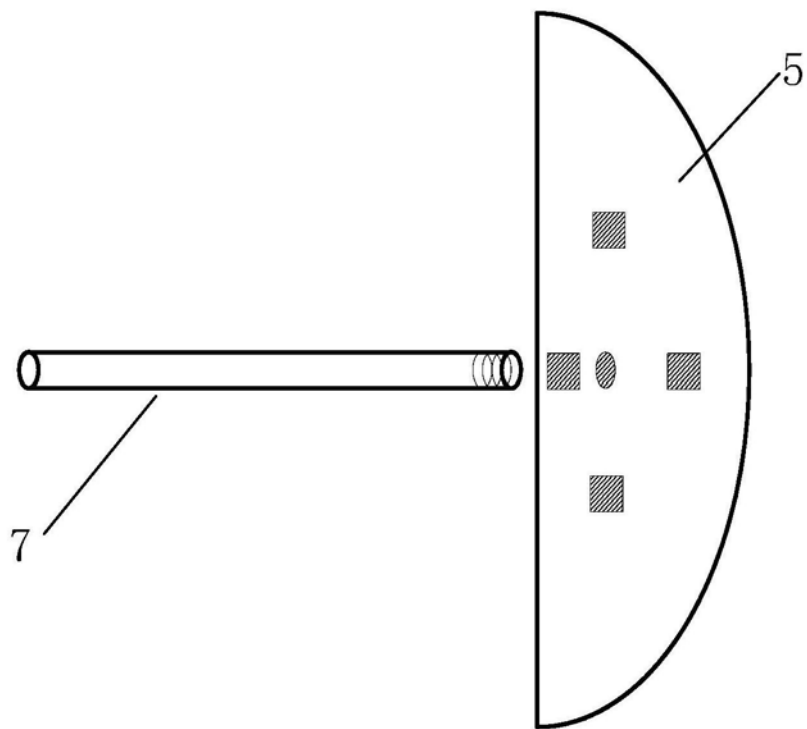


图4

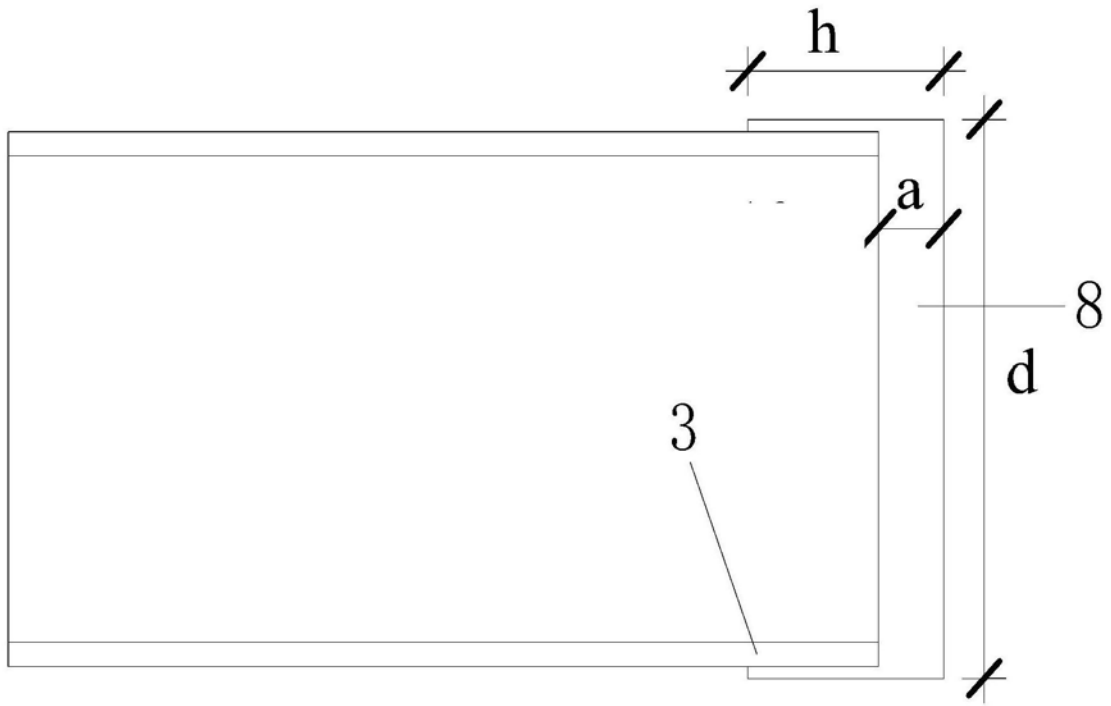


图5

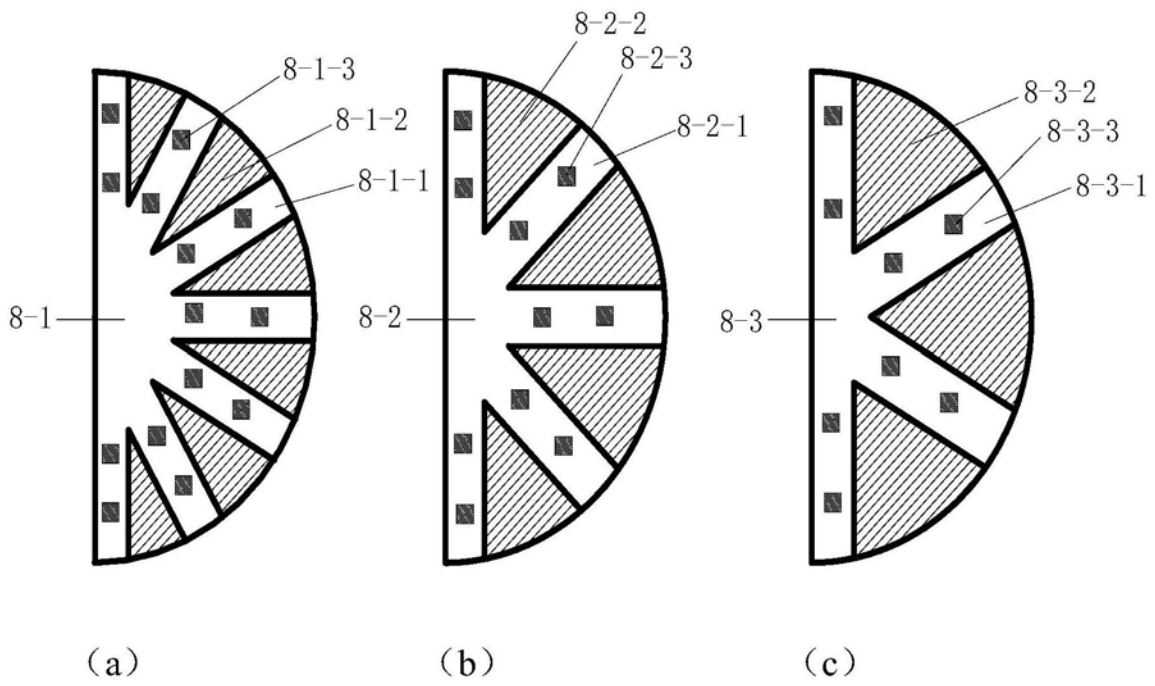


图6

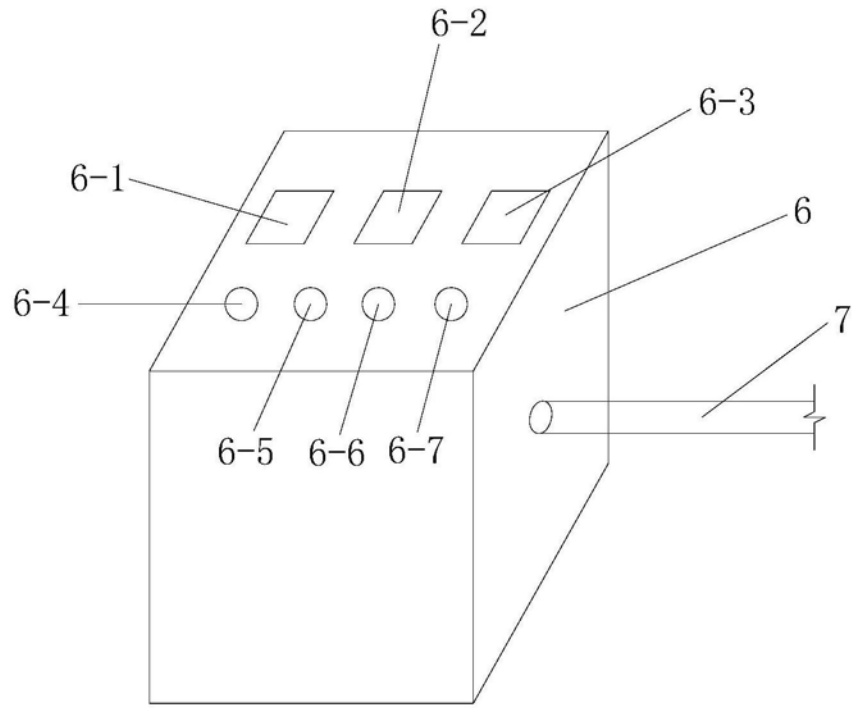


图7