



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106354029 B

(45)授权公告日 2019.05.03

(21)申请号 201610996814.4

(22)申请日 2016.11.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106354029 A

(43)申请公布日 2017.01.25

(73)专利权人 西安电子科技大学
地址 710071 陕西省西安市雁塔区太白南路2号

(72)发明人 殷磊 孔宪光 乔俊杰 王亚茹
李远东 陈昱竹

(74)专利代理机构 陕西电子工业专利中心
61205
代理人 王品华 朱红星

(51)Int.Cl.
G05B 17/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 103745648 A,2014.04.23,
US 2010153073 A1,2010.06.17,
CN 1932244 A,2007.03.21,
CN 105447647 A,2016.03.30,
崔松林.结合HIL的盾构机虚拟训练系统研究.《中国优秀硕士论文全文数据库 工程科技II辑》.2015,(第3期),第17-24、27-29页.

审查员 孔璐璐

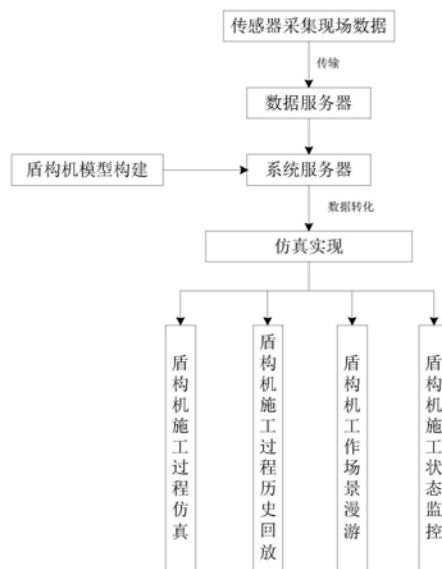
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

盾构机三维虚拟仿真系统及仿真方法

(57)摘要

本发明公开了一种盾构机三维虚拟仿真系统及仿真方法,主要解决现有技术不能实时模拟盾构机的运动过程和不能实现在盾构机内漫游的问题。其技术方案是:1、构建盾构机三维模型并优化;2、传感器采集盾构机实时工况数据并传输至数据服务器;3、系统服务器获取数据服务器的数据并进行数据转化,将盾构施工实时工作状态数据转化为驱动盾构机三维模型运动的数据;4、将盾构机的三维模型和驱动盾构机三维模型运动的数据导入仿真环境中实现盾构机施工过程的三维仿真、盾构机施工过程的历史回放、盾构机工作场景的漫游和盾构机施工状态的监控,使操作者更加直接、清楚的了解盾构机的工作原理和实际工作情况,可用于盾构机工作原理的教学和培训。



1. 一种盾构机三维虚拟仿真方法,包括如下步骤:

1) 模型构建:根据盾构机CAD图纸通过PROE软件构建盾构机三维模型并对其进行优化;

2) 数据转化:

2a) 通过传感器获取盾构机的实时工况数据,并通过以太网将实时工况数据输至数据服务器中存储;

2b) 系统服务器从数据服务器中取出存储的盾构机实时工况数据,该工况数据包括掘进指令数据J、拼环指令数据P、刀盘线速度数据V、刀盘半径数据B、转弯半径数据R、管片宽度数据M、管片环半径数据N;

2c) 系统服务器对取出的实时工况数据进行格式转化,生成驱动三维模型刀盘运动的数据和管片拼装的数据:

2c1) 根据取出的刀盘线速度数据V、刀盘半径数据B,生成驱动三维模型刀盘运动数据,即三维仿真环境中的刀盘转速W:

$$W=V/2\pi B;$$

2c2) 根据取出的转弯半径数据R,管片宽度数据M,管片环半径数据N,生成管片拼装所需的数据,即三维仿真环境中的纠偏量Y:

$$Y=2\times M\times N/R;$$

3) 仿真实现:

3a) 将盾构机三维模型、刀盘转速W和纠偏量Y导入三维仿真环境中,该三维仿真环境包括:交互传感器节点A、时间传感器节点T、位置插补器节点D、方位插补器节点F、视点节点S、视点导航节点Z、声音节点H和色彩节点I;

3b) 盾构机施工过程的三维仿真:

3b1) 将刀盘转速W和纠偏量Y传入三维仿真环境中的交互传感器节点A,交互传感器节点A被激活后开始启动,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至时间传感器节点T;

3b2) 时间传感器节点T设置三维仿真的开始时间为当前时间,并激活位置插补器节点D,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至位置插补器节点D,完成盾构机施工过程的仿真;

3c) 盾构机施工过程历史回放的三维仿真:

3c1) 输入历史回放的开始时间T1和结束时间T2;

3c2) 将刀盘转速W、纠偏量Y、开始时间T1和结束时间T2传入三维仿真环境中的交互传感器节点A,交互传感器节点A被激活后开始启动,并将刀盘转速W、纠偏量Y、开始时间T1和结束时间T2传输至时间传感器节点T;

3c3) 时间传感器节点T设置三维仿真的开始时间为T1、结束时间为T2,激活位置插补器节点D,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至位置插补器节点D,完成盾构机施工过程历史回放的三维仿真;

3d) 通过连续更改视点节点S和视点导航节点Z,以不断改变三维仿真环境中的视角,实现盾构机工作场景漫游;

3e) 通过不断更改颜色节点C的值,以产生实现闪烁效果,实现对盾构机施工状态监控。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中步骤1)中对盾构机的三维模型进行优化,按如下步骤进行:

1a) 对在三维仿真过程中一些远离视线的模型、面及其代码进行删减;

1b) 通过与真实的盾构机工作场景对比,采用PROE软件的贴图功能增加盾构机三维模型的色彩感,采用PROE软件的纹理功能增加盾构机三维模型的凹凸感、采用PROE软件的灯光功能调整盾构机三维模型的明暗度。

盾构机三维虚拟仿真系统及仿真方法

技术领域

[0001] 本发明属于仿真技术领域,尤其涉及一种盾构机三维虚拟仿真系统,可用于隧道工程中对盾构机施工过程的模拟与监控。

背景技术

[0002] 随着国家基础建设的持续发展,隧道工程越来越多,盾构法施工在铁路行业逐渐推广,例如狮子洋隧道、北京直径线、中天山隧道、长株潭、珠三角等城际铁路隧道施工均采用盾构法。据统计,我国目前共有三十多个城市正在进行轨道交通前期规划、设计、筹备和建设等工作。今后10年间将建设各类盾构法隧道5000余公里,因此盾构机将会得到广泛的应用。

[0003] 近年来随着城市规模的快速发展,城市交通越发需要改善,地下交通作为一种新兴的交通方式越来越受到人们的欢迎。伴随着地下交通工程的修建,众多地下施工方法被采纳运用,在这其中,盾构法施工无疑是较为安全和成熟的一种施工方法。

[0004] 盾构设备虽说自动化程度偏高,但结构比较复杂,而且常常根据不同的要求进行专门设计制造,如何保障施工过程的质量和安全性是广大隧道施工单位优先考虑的问题。

[0005] 盾构机过于昂贵,使用过程中如未及时发现隐患会造成不可估量的损失,同时由于盾构机结构复杂,现场排查安全隐患安全风险系数高。因此需要采用三维仿真的方法实时模拟盾构机运动,观察盾构机内部工作情况,以降低安全风险。

[0006] 现有的盾构机三维虚拟仿真系统,如《基于Web的地铁盾构隧道施工监控系统研究》源于《全国工程安全与防护学术会议,2012》,系统基于Flex和Java平台,该系统虽说实现了基于B/S模式的三维地质建模,能够实时查看工程进度、地质参数、盾构参数,也能进行剖面分析、历史数据分析,并能对盾构机和三维地质信息的数据进行监控,但却没有实现对盾构机的三维可视化监控,不能实时模拟盾构机的运动过程,且不能实现在盾构机内漫游和报警功能。

[0007] 为了克服上述问题,需要对盾构机进行三维建模,进行现场数据绑定,并且实现对盾构机的三维可视化监控以及漫游、报警功能。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于针对上述现有技术的不足,提供一种盾构机三维虚拟仿真系统及其实现方法,以对盾构机工作状态、工作场景进行实时同步真实模拟,实现盾构机的三维可视化监控、漫游、施工过程仿真和施工过程历史回放的功能。

[0009] 为实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0010] 1、一种盾构机三维虚拟仿真系统,包括传感器、数据服务器和系统服务器,传感器安装在盾构机上,实时采集盾构机工作数据,传输给数据服务器,系统服务器从数据服务器中读取数据进行实时仿真,其特征在于系统服务器中设有如下功能模块:

[0011] 数据处理与仿真模块,用于对传感器采集的现场数据的进行格式转换及三维仿真

场景的构建；

[0012] 系统业务模块,用于三维监控施工状态、漫游工作场景、三维仿真施工过程、三维回放施工历史,并将这些三维虚拟结果传输给虚拟交互界面(3)；

[0013] 虚拟交互界面,用于将系统业务模块(2)输出的结果进行三维展示。

[0014] 作为优选,所述数据处理与仿真模块包括:

[0015] 模型库,由盾构机零件与装配模型、后配套设备零件与装配模型和管片模型组成,用于构建盾构机三维仿真模型；

[0016] 数据格式转换子模块,用于将采集的实时数据进行格式转换,生成驱动盾构机虚拟模型运动及构建地质场景的数据；

[0017] 三维场景构建子模块,用于构建盾构机地质及三维驱动模型。

[0018] 作为优选,所述系统业务模块,包括:

[0019] 工作场景漫游子模块,用于在盾构机内部的三维虚拟环境中观察盾构机工作情况；

[0020] 施工仿真子模块,用于在盾构机三维虚拟环境中同步模拟盾构机的工作过程和声音；

[0021] 施工历史回放子模块,用于在盾构机三维虚拟环境中回放某一时间段内盾构机的工作过程和声音；

[0022] 施工状态监控子模块,用于在盾构机三维虚拟环境中闪烁显示异常点信息以便检查盾构机的工作情况。

[0023] 2、一种盾构机三维虚拟仿真方法,包括如下步骤:

[0024] 1) 模型构建:根据盾构机CAD图纸通过商用PROE软件构建盾构机三维模型并对其进行优化；

[0025] 2) 数据转化:

[0026] 2a) 通过传感器获取盾构机的实时工况数据,并通过以太网将实时工况数据输至数据服务器中存储；

[0027] 2b) 系统服务器从数据服务器中取出存储的盾构机实时工况数据,该工况数据包括掘进指令数据J、拼环指令数据P、刀盘线速度数据V、刀盘半径数据B、转弯半径数据R、管片宽度数据M、管片环半径数据N；

[0028] 2c) 系统服务器对取出的实时工况数据进行格式转化,生成驱动三维模型刀盘运动的数据和管片拼装的数据:

[0029] 2c1) 根据取出的刀盘线速度数据V、刀盘半径数据B,生成驱动三维模型刀盘运动数据,即三维仿真环境中的刀盘转速W:

[0030] $W=V/2\pi B$;

[0031] 2c2) 根据取出的转弯半径数据R,管片宽度数据M,管片环半径数据N,生成管片拼装所需的数据,即三维仿真环境中的纠偏量Y:

[0032] $Y=\pi \times (R-N) \times (R+N) / (M/2+R)$;

[0033] 3) 仿真实现:

[0034] 3a) 将优化后的盾构机三维模型、刀盘转速W和纠偏量Y导入三维仿真环境中,该三维仿真环境包括:交互传感器节点A、时间传感器节点T、位置插补器节点D、方位插补器节点

F、视点节点S、声音节点H和色彩节点I；

[0035] 3b) 盾构机施工过程的三维仿真：

[0036] 3b1) 将刀盘转速W和纠偏量Y传入三维仿真环境中的交互传感器节点A,交互传感器节点A被激活后开始启动,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至时间传感器节点T；

[0037] 3b2) 时间传感器节点T设置三维仿真的开始时间为当前时间,并激活位置插补器节点D,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至位置插补器节点D,完成盾构机施工过程的仿真；

[0038] 3c) 盾构机施工过程历史回放的三维仿真：

[0039] 3c1) 输入历史回放的开始时间T1和结束时间T2；

[0040] 3c2) 将刀盘转速W、纠偏量Y、开始时间T1和结束时间T2传入三维仿真环境中的交互传感器节点A,交互传感器节点A被激活后开始启动,并将刀盘转速W、纠偏量Y、开始时间T1和结束时间T2传输至时间传感器节点T；

[0041] 3c3) 时间传感器节点T设置三维仿真的开始时间为T1、结束时间为T2,激活位置插补器节点D,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至位置插补器节点D,完成盾构机施工过程历史回放的三维仿真；

[0042] 3d) 通过连续更改视点节点S,以不断改变三维仿真环境中的视角,实现盾构机工作场景漫游；

[0043] 3e) 通过不断更改颜色节点C的值,以产生实现闪烁效果,实现对盾构机施工状态监控。

[0044] 作为优选,所述盾构机三维模型优化包括：

[0045] 对在三维仿真过程中保持静止的模型部件及其代码进行删减；

[0046] 通过与真实的盾构机工作场景对比,采用商用PROE软件的贴图功能增加盾构机三维模型的色彩感,采用商用PROE软件的纹理功能增加盾构机三维模型的凹凸感、采用商用PROE软件的灯光功能调整盾构机三维模型的明暗度。

[0047] 本发明采用上述技术方案所产生的有益效果在于：

[0048] 1. 本发明针对盾构施工过程的实时虚拟仿真方法,通过建立盾构机与工作场景的三维模型,利用盾构施工实时工作状况数据,实现盾构工作状态、掘进进度、工作场景的实时同步真实模拟,为于地下隧道建造技术教学和盾构机操作实训提供了方便；

[0049] 2. 本发明采用多线程仿真技术,即分为盾构机仿真与数据处理两个线程,分别处理盾构机的运动仿真与工况数据,保证了盾构机仿真的实时性；

[0050] 3. 针对盾构机工作仿真有实时性的要求,本发明能对盾构机工作参数进行实时显示,并随着时间的推移,根据实时工作数据库中数据的变化实现对盾构机运动状态的不断更新；

[0051] 4. 本发明由于对构建的盾构机三维模型场景进行了优化,提高了盾构机虚拟仿真场景的真实感,保证了仿真效果,同时采用漫游的方法进行盾构机虚拟仿真场景的展示,实现从不同角度观察仿真场景。

附图说明

[0052] 图1是本发明盾构机三维虚拟仿真系统示意图；

[0053] 图2是本发明中的数据处理与仿真子模块示意图；

- [0054] 图3是本发明中的系统业务子模块示意图；
- [0055] 图4是本发明盾构机三维虚拟仿真方法的实现总流程图；
- [0056] 图5是本发明方法中构建盾构机三维模型的子流程图；
- [0057] 图6是本发明方法中盾构机管片纠偏量Y与盾构中心线转弯半径R的关系示意图；
- [0058] 图7是本发明方法中实现施工过程仿真子流程图。

具体实施方式

[0059] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0060] 参照图1,本发明的盾构机三维虚拟仿真系统,包括传感器、数据服务器和系统服务器。传感器安装在盾构机上,实时采集盾构机工作数据,传输给数据服务器;系统服务器从数据服务器中读取数据进行实时仿真。

[0061] 所述系统服务器,包括数据处理与仿真模块1、系统业务模块2和虚拟交互界面3,该数据处理与仿真模块1,对传感器采集的现场数据的进行格式转换及三维仿真场景的构建;该系统业务模块2,用于对三维施工状态进行监控、漫游工作场景的、对施工过程进行三维仿真、对施工历史进行三维回放,并将这些三维仿真结果传输给虚拟交互界面3;虚拟交互界面3,对系统业务模块2输出的结果进行三维展示。

[0062] 参照图2,所述的数据处理与仿真模块1,包括模型库11、数据格式转换子模块12和三维场景构建子模块13。该模型库11,由盾构机零件与装配模型、后配套设备零件与装配模型和管片模型组成,用于组成盾构机三维仿真模型;该数据格式转换子模块12,用于将采集的实时数据进行格式转换,生成驱动盾构机虚拟模型运动及构建地质场景的数据;该三维场景构建子模块13,用于构建盾构机地质及三维驱动模型。

[0063] 参照图3,所述的系统业务模块2,包括工作场景漫游子模块21、施工仿真子模块22、施工历史回放子模块23和施工状态监控子模块24,该工作场景漫游子模块21,用于在盾构机内部的三维虚拟环境中观察盾构机工作情况;该施工仿真子模块22,用于在盾构机三维虚拟环境中同步模拟盾构机的工作过程和声音;该施工历史回放子模块23,用于在盾构机三维虚拟环境中回放某一时间段内盾构机的工作过程和声音;该施工状态监控子模块24,用于在盾构机三维虚拟环境中闪烁显示异常点信息以便检查盾构机的工作情况。

[0064] 参照图4,本发明的盾构机三维虚拟仿真方法,包括如下步骤:

[0065] 步骤1,构建盾构机模型。

[0066] 参照图5,本步骤的具体实现如下:

[0067] 1a) 根据盾构机CAD图纸通过商用PROE软件构建盾构机三维模,CAD图纸包括盾构机外观图纸、盾构机零件图纸、盾构机内部图纸;

[0068] 1b) 对盾构机三维模型进行优化,即对在三维仿真过程中一些远离视线的模型及其代码进行删减,如内在的传动装置、电机和螺栓,通过删减这些模型相应的代码后能减小计算机计算量,提升内存使用效率;

[0069] 1c) 对优化后的盾构机三维模型进行真实化处理,即通过与真实的盾构机工作场景对比,采用商用PROE软件的贴图功能增加盾构机三维模型的色彩感;采用商用PROE软件的纹理功能增加盾构机三维模型的凹凸感;采用商用PROE软件的灯光功能调整盾构机三维模型的明暗度,将真实的盾构机零件照片贴到盾构机三维模型上,添加灯光照射,显示与真

实设备一样的三维模型。

[0070] 步骤2,数据转化。

[0071] 2a) 通过传感器获取盾构机的实时工况数据,并通过以太网将实时工况数据输至数据服务器中存储;

[0072] 2b) 系统服务器从数据服务器中取出存储的盾构机实时工况数据,该工况数据包括掘进指令数据J、拼环指令数据P、刀盘线速度数据V、刀盘半径数据B、转弯半径数据R、管片宽度数据M和管片环半径数据N;

[0073] 2c) 系统服务器对取出的实时工况数据进行格式转化,生成驱动三维模型刀盘运动的数据和管片拼装的数据:

[0074] 2c1) 系统服务器根据取出的刀盘线速度数据V、刀盘半径数据B,生成驱动三维模型刀盘运动数据,即三维仿真环境中的刀盘转速W:

[0075] $W=V/2\pi B$;

[0076] 2c2) 系统服务器根据取出的转弯半径数据R、管片宽度数据M、管片环半径数据N生成管片拼装所需的数据,即三维仿真环境中的纠偏量Y:

[0077] 由圆心角公式可得:圆心角 $X=180L/\pi R$,其中,L为隧道中心线的弧长,再参考图6的几何关系可得如下方程:

[0078] $180 \times (M-Y/2) / [\pi \times (R-N)] = 180 \times (M+Y/2) / [\pi \times (R+N)]$;

[0079] 由以上的方程即可求出三维仿真环境中的纠偏量Y:

[0080] $Y=2 \times M \times N/R$ 。

[0081] 步骤3,仿真实现。

[0082] 盾构机施工过程的三维仿真过程是在虚拟仿真环境中,通过改变交互传感器节点A、时间传感器节点T、位置插补器节点D、方位插补器节点F、视点节点S、视点导航节点Z、声音节点H和色彩节点I的值来实现对盾构机模型的驱动,进行如下内容的仿真:

[0083] 3a) 盾构机施工过程仿真:

[0084] 参照图7,实现盾构机施工过程仿真步骤如下:

[0085] 3a1) 将刀盘转速W和纠偏量Y传入三维仿真环境中的交互传感器节点A,交互传感器节点A被激活后开始启动,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至时间传感器节点T,时间传感器节点T给出一个控制动画效果的时钟,这个时钟包含了关键帧动画的开始时间、结束时间,通过这个时钟的输出,在虚拟场景中驱动插补器节点D;

[0086] 3a2) 时间传感器节点T设置三维仿真的开始时间为当前时间,并激活位置插补器节点D,插补器节点D中定义了关键点和关键值,将刀盘转速W和纠偏量Y传输至位置插补器节点D转速关键点的关键值和纠偏关键点的关键值中,完成盾构机施工过程的仿真;

[0087] 3b) 盾构机施工过程历史回放的三维仿真:

[0088] 3b1) 输入历史回放的开始时间T1和结束时间T2;

[0089] 3b2) 将刀盘转速W、纠偏量Y、开始时间T1和结束时间T2传入三维仿真环境中的交互传感器节点A,交互传感器节点A被激活后开始启动,并将刀盘转速W、纠偏量Y、开始时间T1和结束时间T2传输至时间传感器节点T;

[0090] 3b3) 时间传感器节点T设置三维仿真的开始时间为T1、结束时间为T2,激活位置插补器节点D,并将刀盘转速W和纠偏量Y传输至位置插补器节点D,完成盾构机施工过程历史

回放的三维仿真；

[0091] 3c) 盾构机工作场景漫游：

[0092] 盾构机工作场景漫游是通过对虚拟仿真环境视点节点S和视点导航节点Z的定义和操作来实现对工作场景的漫游，其中视点导航节点Z是虚拟仿真环境中使用一个三维造型作为用户的替身，按照飞行、行走、观察这些不同的方式浏览相应的场景；视点节点S通过设定位置域、方向域的域值改变观察位置、视线方向。

[0093] 3d) 盾构机施工状态监控：

[0094] 盾构机施工状态监控是通过每隔0.1秒交替改变颜色节点I的值为白色或红色，实现闪烁效果，完成对盾构机施工状态的监控。

[0095] 以上描述仅是本发明的一个具体实例，不构成对本发明的任何限制，显然对于本领域的专业人员来说，在了解了本发明内容和原理后，都可能在不背离本发明原理、结构的情况下，进行形式和细节上的各种修改和改变，但是这些基于本发明思想的修正和改变仍在本发明的权利要求保护范围之内。

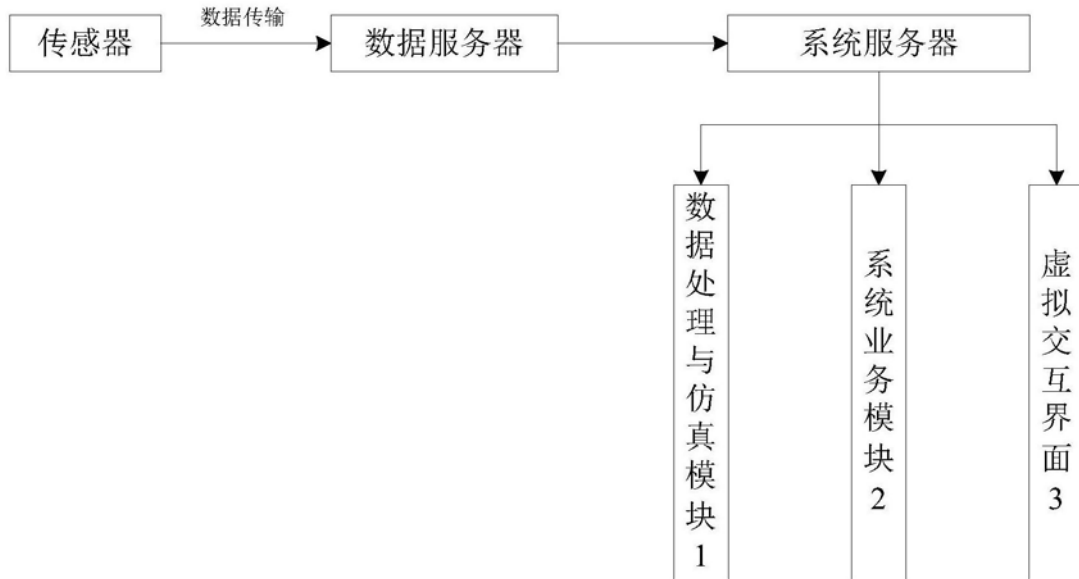


图1

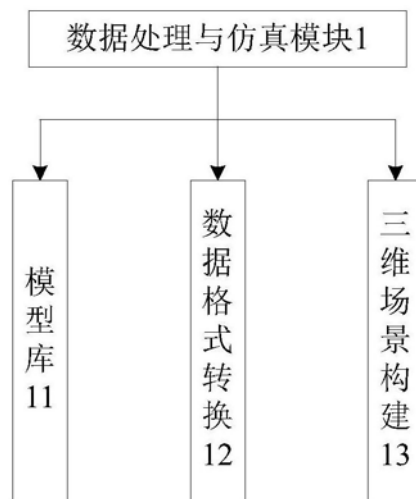


图2

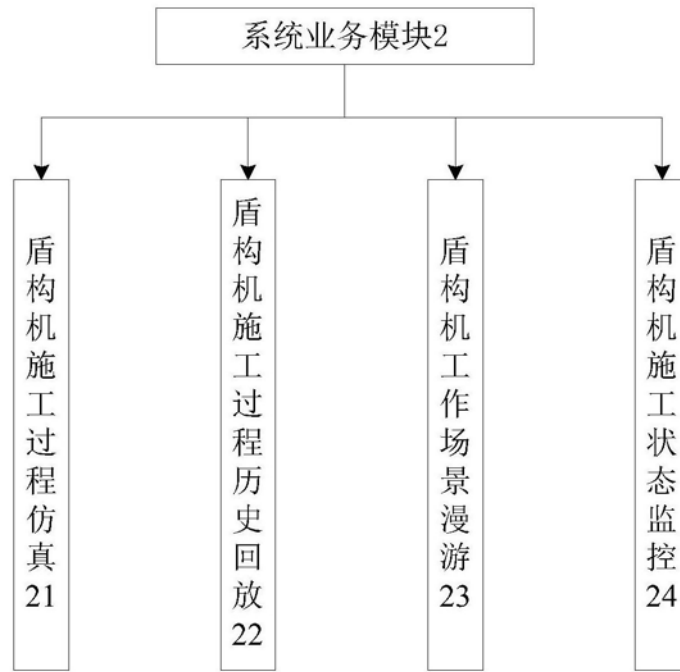


图3

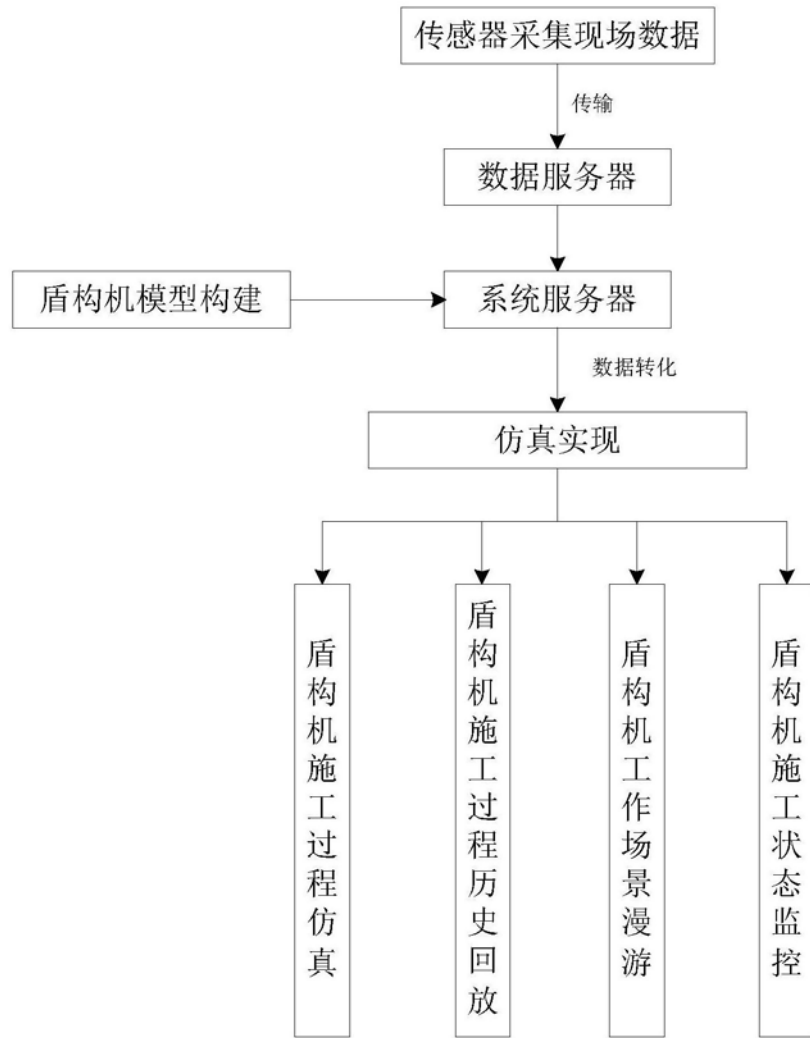


图4

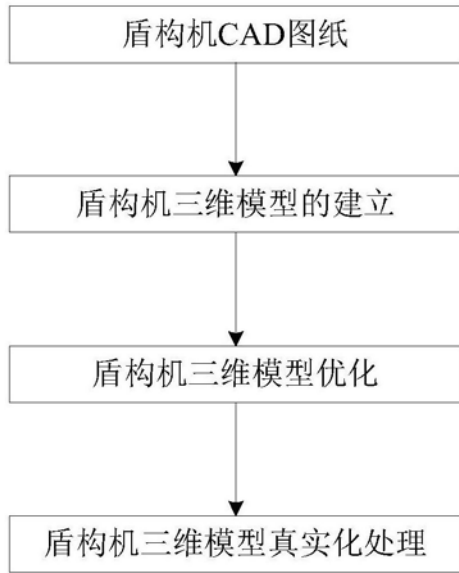


图5

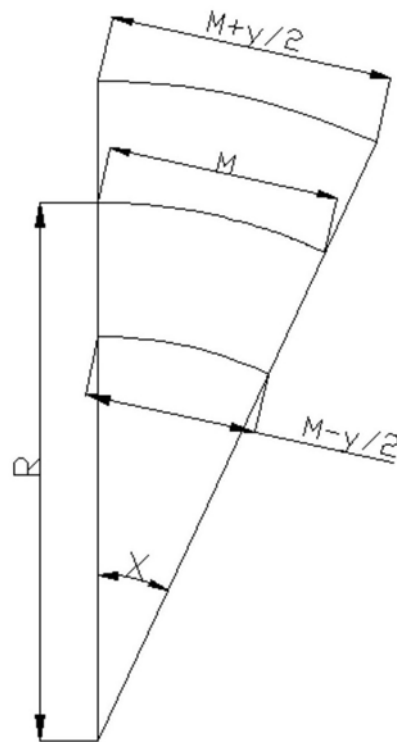


图6

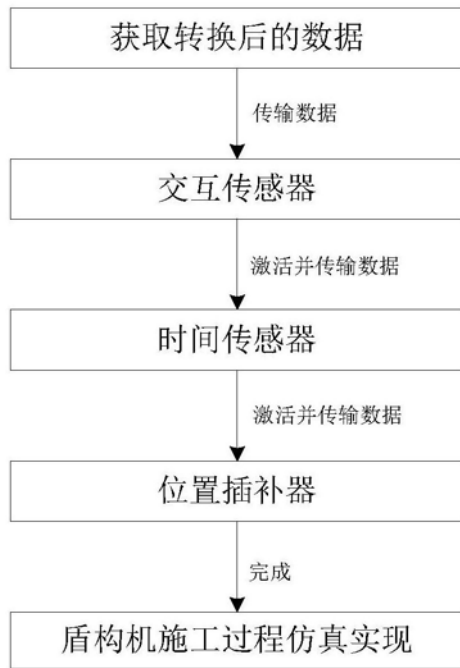


图7