



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110989366 B

(45)授权公告日 2020.07.03

(21)申请号 202010144282.8

(22)申请日 2020.03.04

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110989366 A

(43)申请公布日 2020.04.10

(73)专利权人 中国铁建重工集团股份有限公司  
地址 410100 湖南省长沙市长沙经济技术  
开发区东七路88号

(72)发明人 刘飞香 侯昆洲 任赛楠 龚文忠  
黄春霞 刘宏亮 鲁京京

(74)专利代理机构 北京友联知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11343  
代理人 尚志峰 王淑梅

(51)Int.Cl.

G05B 13/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 110045598 A,2019.07.23

CN 110109895 A,2019.08.09

CN 107577862 A,2018.01.12

CN 107632523 B,2019.07.23

CN 109685378 A,2019.04.26

CN 109630154 A,2019.04.16

审查员 杜晓强

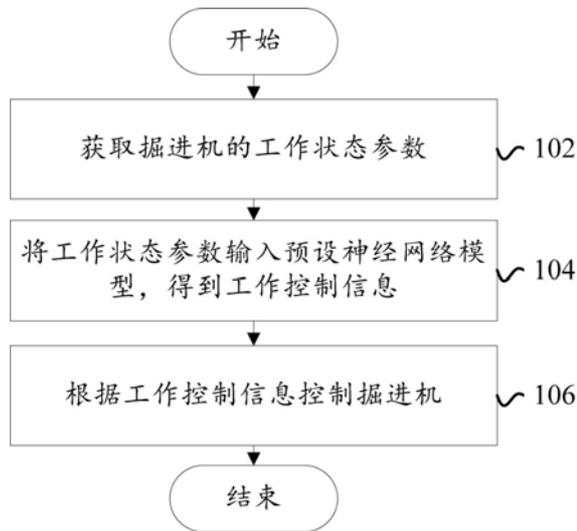
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

掘进机的控制方法、掘进机与计算机可读存  
储介质

(57)摘要

本发明提出了一种掘进机的控制方法、掘进机与计算机可读存储介质,其中,掘进机的控制方法包括:获取掘进机的工作状态参数;将工作状态参数输入预设神经网络模型,得到工作控制信息;根据工作控制信息控制掘进机。本发明提出的掘进机的控制方法,以预设神经网络模型为基础,处理掘进机运行时的工作状态参数,进而根据工作状态参数输出工作控制信息,以控制掘进机以适合的工作状态参数运行,进而实现了掘进机的全自动化控制,降低了人工操作所带来的不确定性,提高了自动化水平,同时,神经网络具有良好的自学习和并行处理问题的能力,能满足环境的自适应性以及实时大规模计算等需求。



1. 一种掘进机的控制方法,其特征在于,包括:
  - 获取掘进机的工作状态参数;
  - 将所述工作状态参数输入预设神经网络模型,得到工作控制信息;
  - 根据所述工作控制信息控制所述掘进机;
  - 所述工作状态参数包括:所述掘进机的位置偏差、所述掘进机的角度偏差、围岩级别、所述掘进机的刀盘扭矩和所述掘进机的推进速度;
  - 所述获取掘进机的工作状态参数的步骤,具体包括:
    - 获取预设路线与所述掘进机的当前运行状态;
    - 根据所述预设路线与所述当前运行状态,确定所述位置偏差与所述角度偏差;
    - 获取所述掘进机当前的所述工作控制信息;
    - 根据所述掘进机当前的所述工作控制信息,确定当前的所述围岩级别;
    - 获取所述掘进机的所述刀盘扭矩和所述掘进机的所述推进速度;
    - 所述根据所述预设路线与所述当前运行状态,确定所述位置偏差与所述角度偏差的步骤,具体包括:
      - 分析所述预设路线,确定所述掘进机在当前位置的理论运行状态;
      - 对比所述当前运行状态与理论运行状态,得到所述位置偏差与所述角度偏差;
      - 所述理论运行状态包括:所述掘进机的空间位置与所述掘进机刀盘的朝向;
      - 所述工作控制信息包括:所述掘进机的推进力、所述掘进机的刀盘转速、所述掘进机的撑靴缸行程、所述掘进机的扭矩缸行程。
2. 根据权利要求1所述的掘进机的控制方法,其特征在于,
  - 所述预设神经网络模型通过如下步骤获得:
    - 将工作状态数据输入待训练神经网络模型;
    - 根据所述待训练神经网络模型的实际输出值与期望输出值,得到所述实际输出值与所述期望输出值的偏差函数;
    - 以所述偏差函数对所述待训练神经网络模型的输入层的权值,以及隐含层的权值求偏导,以得到权值的更新矩阵,并更新所述待训练神经网络模型,直至所述输入层的权值小于或等于第一预设数值,且所述隐含层的权值小于或等于第二预设数值;
    - 得到所述预设神经网络模型。
3. 根据权利要求1或2所述的掘进机的控制方法,其特征在于,
  - 所述位置偏差包括:向上偏差、向下偏差、向左偏差与向右偏差。
4. 根据权利要求1或2所述的掘进机的控制方法,其特征在于,
  - 所述根据所述掘进机当前的所述工作控制信息,确定当前的所述围岩级别的步骤,具体包括:
    - 分析所述掘进机当前的所述工作控制信息,在预设数据库中查找相对应的所述围岩级别。
5. 一种掘进机,其特征在于,包括:
  - 主体;
  - 刀盘,设于所述主体一端;
  - 刀盘动力系统,设于所述主体内,并与所述刀盘驱动连接,以控制所述刀盘旋转;

扭矩缸, 设于所述主体, 并与所述刀盘驱动连接, 以控制所述刀盘转向;

撑靴缸, 设于所述主体, 用于推进所述主体;

存储器, 用于存储计算机程序;

处理器, 与所述刀盘动力系统、所述扭矩缸及所述撑靴缸电连接, 用于执行所述计算机程序以实现如权利要求1至4中任一项所述的掘进机的控制方法。

6. 一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至4中任一项所述的掘进机的控制方法。

## 掘进机的控制方法、掘进机与计算机可读存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及掘进机技术领域,具体而言,涉及一种掘进机的控制方法、一种掘进机与一种计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 目前,TBM掘进控制主要以人工操作为主,操作精度受人员能力、经验、身体状况、情绪等个人因素影响较大,施工质量很难保证。且隧道施工环境恶劣,随着TBM掘进向大深度、大断面、长距离发展,以及对隧道施工环境和施工人员安全的要求不断提高,以人工操作为主的控制方法已越来越不适用。

### 发明内容

[0003] 本发明旨在至少改善现有技术中存在的技术问题之一。

[0004] 为此,本发明的第一方面实施例提出了一种掘进机的控制方法。

[0005] 本发明的第二方面实施例提出了一种掘进机。

[0006] 本发明的第三方面实施例提出了一种计算机可读存储介质。

[0007] 有鉴于此,根据本发明的第一方面实施例,本发明提出了一种掘进机的控制方法,包括:获取掘进机的工作状态参数;将工作状态参数输入预设神经网络模型,得到工作控制信息;根据工作控制信息控制掘进机。

[0008] 本发明提出的掘进机的控制方法,以预设神经网络模型为基础,处理掘进机运行时的工作状态参数,进而根据工作状态参数输出工作控制信息,以控制掘进机以适合的工作状态参数运行,进而实现了掘进机的全自动化控制,降低了人工操作所带来的不确定性,提高了自动化水平,同时,神经网络具有良好的自学习和并行处理问题的能力,能充分满足环境的自适应性以及实时大规模计算等需求。

[0009] 另外,根据本发明上述实施例的掘进机的控制方法,还可以具有如下附加的技术特征:

[0010] 在上述技术方案的基础上,进一步地,预设神经网络模型通过如下步骤获得:将工作状态数据输入待训练神经网络模型;根据待训练神经网络模型的实际输出值与期望输出值,得到实际输出值与期望输出值的偏差函数;以偏差函数对待训练神经网络模型的输入层的权值,以及隐含层的权值求偏导,以得到权值的更新矩阵,并更新待训练神经网络模型,直至输入层的权值小于或等于第一预设数值,且隐含层的权值小于或等于第二预设数值;得到预设神经网络模型。

[0011] 在该技术方案中,以工作状态数据训练待训练神经网络模型,并根据实际输出值与期望输出值得到偏差函数,以偏差函数对待训练神经网络模型的输入层以及隐含层的权值求偏导,从而得到权值的更新矩阵,再以权值的更新矩阵替换原有的权值矩阵,直到输入层的权值小于或等于第一预设数值,且隐含层的权值小于或等于第二预设数值,表示训练完成,得到预设神经网络模型。

[0012] 在上述任一技术方案的基础上,进一步地,工作状态参数包括:掘进机的位置偏差、掘进机的角度偏差、围岩级别、掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度。

[0013] 在该技术方案中,工作状态参数包括:掘进机的位置偏差、掘进机的角度偏差、围岩级别、掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度,上述参数可以反映出当前掘进机的运行情况与地质情况等,因此,可以根据上述参数得到掘进机的工作控制信息,以合适的状态面对目前的情况。

[0014] 在上述任一技术方案的基础上,进一步地,位置偏差包括:向上偏差、向下偏差、向左偏差与向右偏差。

[0015] 在该技术方案中,位置偏差包括:向上偏差、向下偏差、向左偏差与向右偏差。

[0016] 在上述技术方案的基础上,进一步地,获取掘进机的工作状态参数的步骤,具体包括:获取预设路线与掘进机的当前运行状态;根据预设路线与当前运行状态,确定位置偏差与角度偏差;获取掘进机当前的工作控制信息;根据掘进机当前的工作控制信息,确定围岩级别;获取掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度。

[0017] 在该技术方案中,根据预设路线是可以预计出当前掘进机的位置、刀盘方向等,因此,可以根据掘进机的当前运行状态与根据预设路线,得到当前掘进机的位置偏差与角度偏差,掘进机的掘进速度、刀盘转速、刀盘扭矩等,可以反映出当前围岩的情况,进而可以确定当前的围岩级别,掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度可以直接获取。

[0018] 在上述技术方案的基础上,进一步地,根据预设路线与当前运行状态,确定位置偏差与角度偏差的步骤,具体包括:分析预设路线,确定掘进机在当前位置的理论运行状态;对比当前运行状态与理论运行状态,得到位置偏差与角度偏差。

[0019] 在该技术方案中,预设路线可以确定掘进机在当前位置的理论运行状态,例如:掘进机的空间位置,掘进机刀盘的朝向等,因此,可以根据预设路线得到掘进机当前的理论运行状态,再对比掘进机当前实际的运行状态与理论运行状态,可以得到位置偏差与角度偏差,该方法由实际的预设路线出发,可以确定定位的准确性。

[0020] 在上述技术方案的基础上,进一步地,根据掘进机当前的工作控制信息,确定围岩级别的步骤,具体包括:分析掘进机当前的工作控制信息,在预设数据库中查找相对应的围岩级别。

[0021] 在该技术方案中,预先存储工作控制信息与围岩级别的对照数据,进而可以快速的通过掘进机当前的工作控制信息,得到围岩级别,且结果准确。

[0022] 在上述技术方案的基础上,进一步地,工作控制信息包括:掘进机的推进力、掘进机的刀盘转速、掘进机的撑靴缸行程、掘进机的扭矩缸行程。

[0023] 在该技术方案中,工作控制信息包括:掘进机的推进力、掘进机的刀盘转速、掘进机的撑靴缸行程、掘进机的扭矩缸行程。

[0024] 根据本发明的第二方面实施例,本发明提出了一种掘进机,包括:主体;刀盘,设于主体一端;刀盘动力系统,设于主体内,并与刀盘驱动连接,以控制刀盘旋转;扭矩缸,设于主体,并与刀盘驱动连接,以控制刀盘转向;撑靴缸,设于主体,用于推进主体;存储器,用于存储计算机程序;处理器,与刀盘动力系统、扭矩缸及撑靴缸电连接,用于执行计算机程序以实现如上述技术方案中任一项所述的掘进机的控制方法。

[0025] 本发明提出的掘进机,其包括的处理器用于执行如上述技术方案中任一项所述的

掘进机的控制方法,因此,具有如上述技术方案中任一项所述的掘进机的控制方法的全部有益效果,在此不再一一陈述。

[0026] 根据本发明的第三方面实施例,本发明提出了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如上述技术方案中任一项所述的掘进机的控制方法。

[0027] 本发明提出的计算机可读存储介质,其上储存被处理器执行时,实现如上述技术方案中任一项所述的掘进机的控制方法,因此,具有如上述技术方案中任一项所述的掘进机的控制方法的全部有益效果,在此不再一一陈述。

[0028] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述部分中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

### 附图说明

[0029] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0030] 图1示出本发明第一个实施例提供的掘进机的控制方法的流程图;

[0031] 图2示出本发明第二个实施例提供的掘进机的控制方法的流程图;

[0032] 图3示出本发明第三个实施例提供的掘进机的控制方法的流程图;

[0033] 图4示出本发明一个实施例提供的掘进机的控制方法中预设神经网络模型上线的流程图;

[0034] 图5示出本发明另一个实施例提供的掘进机的控制方法中预设神经网络模型上线的流程图;

[0035] 图6示出如图5所示的预设神经网络模型上线的结构图。

### 具体实施方式

[0036] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0037] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0038] 下面参照图1至图6描述根据本发明一些实施例提供的掘进机的控制方法、掘进机与计算机可读存储介质。

[0039] 针对相关技术中存在的敞开式TBM仍需以人工操作为主,操作精度受人员影响较大;TBM历史掘进数据多且杂;自动掘进过程中会遇到不同的地质、偏离预定轨迹等情况,需要采取不同的控制策略。

[0040] 为此本发明提供了一种掘进机的控制方法,其具有设计敞开式TBM自动掘进控制策略;采用大数据分析,对海量数据进行清洗、挖掘,筛选出有用的特征信息;根据以往施工数据,采用大数据分析系统,筛选出特征信息,并构建神经网络,将特征信息作为网络训练学习样本,线下训练网络,线上实时控制。具体地,如下实施例所述。

[0041] 图1示出本发明第一个实施例提供的掘进机的控制方法的流程图。

[0042] 如图1所示,本发明第一个实施例提供的掘进机的控制方法,具体流程如下:

[0043] 步骤102:获取掘进机的工作状态参数;

[0044] 步骤104:将工作状态参数输入预设神经网络模型,得到工作控制信息;

[0045] 步骤106:根据工作控制信息控制掘进机。

[0046] 本发明提供的掘进机的控制方法,以预设神经网络模型为基础,处理掘进机运行时的工作状态参数,进而根据工作状态参数输出工作控制信息,以控制掘进机以适合的工作状态参数运行,进而实现了掘进机的全自动化控制,降低了人工操作所带来的不确定性,提高了自动化水平,同时,神经网络具有良好的自学习和并行处理问题的能力,能充分满足环境的自适应性以及实时大规模计算等需求。

[0047] 在本发明第一个实施例的基础上,进一步地,图2示出本发明第二个实施例提供的掘进机的控制方法的流程图。

[0048] 如图2所示,本发明第二个实施例提供的掘进机的控制方法,具体流程如下:

[0049] 步骤202:获取预设路线与掘进机的当前运行状态;

[0050] 步骤204:根据预设路线与当前运行状态,确定位置偏差与角度偏差;

[0051] 步骤206:获取掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度;

[0052] 步骤208:获取掘进机当前的工作控制信息;

[0053] 步骤210:根据掘进机当前的工作控制信息,确定围岩级别;

[0054] 步骤212:将位置偏差、角度偏差、围岩级别、刀盘扭矩和推进速度输入预设神经网络模型,得到工作控制信息;

[0055] 步骤214:根据工作控制信息控制掘进机。

[0056] 本发明提供的掘进机的控制方法,在第一个实施例的基础上,进一步地,工作状态参数包括:掘进机的位置偏差、掘进机的角度偏差、围岩级别、掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度,上述参数可以反映出当前掘进机的运行情况与地质情况等,进而可根据预设路线是可以预计出当前掘进机的位置、刀盘方向等,因此,可以根据掘进机的当前运行状态与根据预设路线,得到当前掘进机的位置偏差与角度偏差,掘进机的掘进速度、刀盘转速、刀盘扭矩等,可以反映出当前围岩的情况,进而可以确定当前的围岩级别,掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度可以直接获取。

[0057] 在本发明第二个实施例的基础上,进一步地,图3示出本发明第三个实施例提供的掘进机的控制方法的流程图。

[0058] 如图3所示,本发明第三个实施例提供的掘进机的控制方法,具体流程如下:

[0059] 步骤302:获取预设路线与掘进机的当前运行状态;

[0060] 步骤304:分析预设路线,确定掘进机在当前位置的理论运行状态;

[0061] 步骤306:对比当前运行状态与理论运行状态,得到位置偏差与角度偏差;

[0062] 步骤308:获取掘进机的刀盘扭矩和掘进机的推进速度;

[0063] 步骤310:获取掘进机当前的工作控制信息;

[0064] 步骤312:分析掘进机当前的工作控制信息,在预设数据库中查找相对应的围岩级别;

[0065] 步骤314:将位置偏差、角度偏差、围岩级别、刀盘扭矩和推进速度输入预设神经网络

络模型,得到推进力、刀盘转速、撑靴缸行程、扭矩缸行程;

[0066] 步骤316:根据推进力、刀盘转速、撑靴缸行程、扭矩缸行程控制掘进机。

[0067] 本发明提供的掘进机的控制方法,在本发明第二个实施例的基础上,进一步地,预设路线可以确定掘进机在当前位置的理论运行状态,例如:掘进机的空间位置,掘进机刀盘的朝向等,因此,可以根据预设路线得到掘进机当前的理论运行状态,再对比掘进机当前实际的运行状态与理论运行状态,可以得到位置偏差与角度偏差,该方法由实际的预设路线出发,可以确定定位的准确性,且可预先存储工作控制信息与围岩级别的对照数据,进而可以快速的通过掘进机当前的工作控制信息,得到围岩级别,且结果准确,进而控制掘进机的推进力、掘进机的刀盘转速、掘进机的撑靴缸行程、掘进机的扭矩缸行程等参数。

[0068] 本发明的第四个实施例,在本发明第二个实施例或第三个实施例中任一个的基础上,进一步地,位置偏差包括:向上偏差、向下偏差、向左偏差与向右偏差。

[0069] 在该实施例中,位置偏差包括:向上偏差、向下偏差、向左偏差与向右偏差,以实现掘进机的精确控制。

[0070] 本发明的第五个实施例,在本发明第一个实施例至第四个实施例中任一个的基础上,进一步地,预设神经网络模型通过如下步骤获得:将工作状态数据输入待训练神经网络模型;根据待训练神经网络模型的实际输出值与期望输出值,得到实际输出值与期望输出值的偏差函数;以偏差函数对待训练神经网络模型的输入层的权值与隐含层的权值求偏导,以得到权值的更新矩阵,并更新待训练神经网络模型,直至输入层的权值小于或等于第一预设数值,且隐含层的权值小于或等于第二预设数值;得到预设神经网络模型。

[0071] 在该实施例中,以工作状态数据训练待训练神经网络模型,并根据实际输出值与期望输出值得到偏差函数,以偏差函数对待训练神经网络模型的输入层以及隐含层的权值求偏导,从而得到权值的更新矩阵,再以权值的更新矩阵替换原有的权值矩阵,直到输入层的权值小于或等于第一预设数值,且隐含层的权值小于或等于第二预设数值,表示训练完成,得到预设神经网络模型。其中,进一步地,待训练神经网络模型为BP神经网络(反转传播神经网络)。其中,第一预设数值与第二预设数值可相等或不等。

[0072] 具体地,图4示出本发明一个实施例提供的掘进机的控制方法中预设神经网络模型上线的流程图。

[0073] 如图4所示,本发明一个实施例提供的掘进机的控制方法中预设神经网络模型上线的具体流程如下:

[0074] 步骤402:大数据分析;

[0075] 步骤404:神经网络线下训练;

[0076] 步骤406:神经网络线上控制。

[0077] 在本发明的任一实施例中,预设神经网络模型上线的步骤为大数据分析,神经网络线的下训练,将训练得到的预设神经网络模型应用于掘进机,实现线上控制。

[0078] 具体地,图5示出本发明另一个实施例提供的掘进机的控制方法中预设神经网络模型上线的流程图。

[0079] 如图5所示,本发明另一个实施例提供的掘进机的控制方法中预设神经网络模型上线的具体流程如下:

[0080] 步骤502:从历史掘进数据中筛选出的特征信息,整理成输入样本 $x(k)$ 与 $d(k)$ ;

[0081] 步骤504:设计神经网络控制器结构;  
 [0082] 步骤506:计算隐含层、输入层输出;  
 [0083] 步骤508:输入样本数据 $x(k)$ ;  
 [0084] 步骤510:根据期望输出 $d(k)$ 与实际输出 $Y$ 的误差函数更新权值矩阵;  
 [0085] 步骤512:满足神经网络结束条件后得到训练好的网络;  
 [0086] 步骤514:将TBM实时运行状态输入神经网络控制器,给出最佳控制策略。  
 [0087] 具体地,采用大数据分析方法,提取海量TBM(Tunnel Boring Machine,即全断面隧道掘进机)历史数据中的特征信息。

[0088] 首先,对海量TBM历史掘进数据进行清洗,去除无效数据、无用字段、重复数据,筛选出特征信息(详细地为工作状态参数与工作控制信息):

[0089] 围岩级别 $R$ 、位置偏差 $e=(e_1, e_2, e_3, e_4)^T$ ,其中, $e_1$ 为向上偏差, $e_2$ 为向下偏差, $e_3$ 为向左偏差, $e_4$ 为向右偏差、角度偏差 $\theta$ 、刀盘扭矩 $T$ 、推进速度 $V$ 以及推进力 $F$ 、刀盘转速 $\omega$ 、撑靴缸行程 $S$ 、扭矩油缸行程 $h$ 。

[0090] 然后,将所得到的特征信息进行整理, $x(k)=[R(k), e_1(k), e_2(k), e_3(k), e_4(k), \theta(k), T(k), V(k)]^T$ 作为神经网络训练的样本输入, $d(k)=[F(k), \omega(k), S(k), H(k)]^T$ 作为神经网络样本输入对应的期望输出,其中 $k$ 为筛选输出特征信息组的数量。

[0091] 将特征信息输入神经网络,对神经网络进行线下学习训练。

[0092] 由于BP神经网络(反转传播神经网络)具有结构简单、易于实现的优点,且具有良好的非线性品质和灵活有效的学习方式,能进行大规模的并行信息处理,对非线性系统具有很强的模拟能力,因此,采用三层前馈型BP神经网络控制器控制TBM自动掘进。

[0093] 具体步骤为:

[0094] 基于BP神经网络的神经网络控制器结构如图6所示。设置该神经网络控制器输入层节点数为 $n_1=8$ ,输入信号 $X=(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8)^T=(R, e_1, e_2, e_3, e_4, \theta, T, V)^T$ ,隐含层节点数 $n_2=n$ ,输出层节点数 $n_3=4$ ,输出信号 $Y=(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)^T=(F, \omega, S, H)^T$ 。

[0095] 根据网络结构可得,神经网络正向传播时,神经网络隐含层输出为:

$$[0096] \quad h_i = f \left( \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^n w_{ji} X_j - b_h \right),$$

[0097] 其中, $f(x)$ 为激活函数, $b_h$ 为隐含层阈值, $w_{ji}$ 为输入层权值矩阵。

[0098] 神经网络输出层输出为:

$$[0099] \quad Y_q = f \left( \sum_{q=1}^4 \sum_{i=1}^n v_{iq} h_i - b_y \right),$$

[0100] 其中, $f(x)$ 为激活函数, $b_y$ 为输出层阈值, $v_{iq}$ 为隐含层权值矩阵。

[0101] 由于sigmoid函数(S型生长函数)是连续可导的非线性函数,具备良好的非线性约

束能力,因此隐含层和输出层都选用sigmoid型传递函数,则:

$$[0102] \quad f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}, \quad f'(x) = f(x)[1-f(x)]。$$

[0103] 确定好神经网络的结构之后,将前期收集的样本 $x(k)$ 和对应的期望输出 $d(k)$ 输入神经网络中,进行线下训练学习。对于给定的样本输入,通过网络的期望输出 $d(k)$ 与实际输出 $Y$ 的偏差来更新网络权值。

[0104] 则期望输出与实际输出的误差函数为:

$$[0105] \quad E_q = \frac{1}{2} \|d_q - Y_q\|_2^2 = \frac{1}{2} \left[ \sum_k d_q(k) - Y_q(k) \right]^2。$$

[0106] 误差函数分别对输入层和隐含层的权值求偏导,求得权值更新矩阵为:

$$[0107] \quad \Delta w_{ji} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}}, \quad w_{ji}^{N+1} = w_{ji}^N + \Delta w_{ji};$$

$$\Delta v_{iq} = -\eta \frac{\partial E}{\partial v_{iq}}, \quad v_{iq}^{N+1} = v_{iq}^N + \Delta v_{iq};$$

[0108] 其中, $\eta$ 为神经网络的学习率。

[0109] 当 $\Delta w_{ji} \leq \varepsilon$ 且 $\Delta v_{iq} \leq \varepsilon$ 时,其中,第一预设数值与第二预设数值相等,均为 $\varepsilon$ ,且 $\varepsilon$ 大于零且足够小,神经网络训练结束。

[0110] 将此时的权值矩阵 $w_{ji}$ 和 $v_{iq}$ 作为神经网络经过学习后的最优权值,并得到此时的隐含层节点数 $n$ 、隐含层阈值 $b_h$ 、输出层阈值 $b_y$ ,其中,隐含层阈值可看作隐含层权值矩阵的一部分,隐含层阈值与隐含层权值组成隐含层权值矩阵,隐含层阈值与隐含层权值一同更新;输出层阈值可看作输出层权值矩阵的一部分,输出层阈值与输出层权值组成输出层权值矩阵,输出层阈值与输出层权值一同更新。

[0111] 将当前TBM的实时运行状态输入训练好的神经网络中,通过神经网络控制器预测出当前状态下的最佳控制策略,给出最佳控制信息 $Y=(F, \omega, S, H)^T$ 。

[0112] 其中,右上角标“T”为转置标号。

[0113] 根据本发明的第二方面实施例,本发明提供了一种掘进机,包括:主体;刀盘,设于主体一端;刀盘动力系统,设于主体内,并与刀盘驱动连接,以控制刀盘旋转;扭矩缸,设于主体,并与刀盘驱动连接,以控制刀盘转向;撑靴缸,设于主体,用于推进主体;存储器,用于存储计算机程序;处理器,与刀盘动力系统、扭矩缸及撑靴缸电连接,用于执行计算机程序以实现如上述任一实施例提供的掘进机的控制方法。

[0114] 本发明提供的掘进机,其包括的处理器用于执行如上述任一实施例提供的掘进机的控制方法,因此,具有如上述任一实施例提供的掘进机的控制方法的全部有益效果,在此不再一一陈述。

[0115] 根据本发明的第三方面实施例,本发明提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如上述任一实施例提供的掘进机的控制方法。

[0116] 本发明提供的计算机可读存储介质,其上储存被处理器执行时,实现如上述任一实施例提供的掘进机的控制方法,因此,具有如上述任一实施例提供的掘进机的控制方法的全部有益效果,在此不再一一陈述。

[0117] 本发明提供的掘进机的控制方法,实现了TBM自动掘进,降低了人工操作所带来的不确定性,提高了自动化水平。采用大数据分析数据,实现了对海量数据的分析梳理,筛选出有用的特征信息,为后续控制过程提供了保证。人工神经网络具有良好的自学习和并行处理问题的能力,能充分满足环境的自适应性以及实时大规模计算等需求。

[0118] 在本发明中,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语均应做广义理解,例如,“连接”可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;“相连”可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0119] 在本说明书的描述中,术语“一个实施例”、“一些实施例”、“具体实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或实例。而且,描述的具体特征、结构、材料或特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0120] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

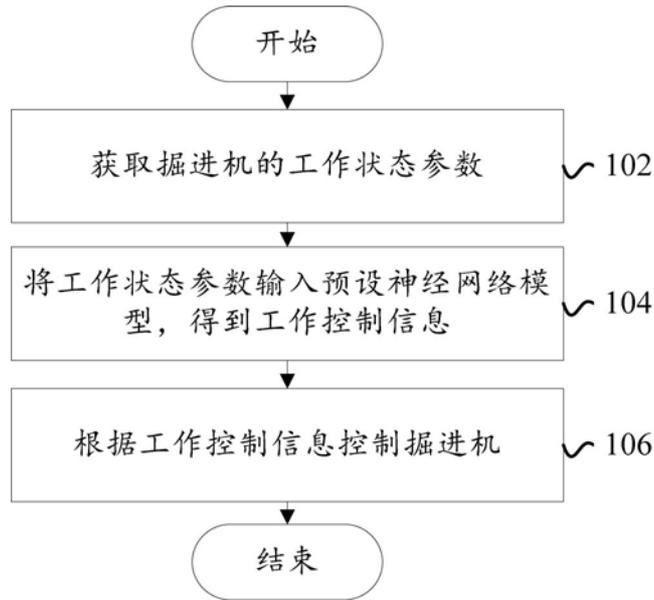


图1

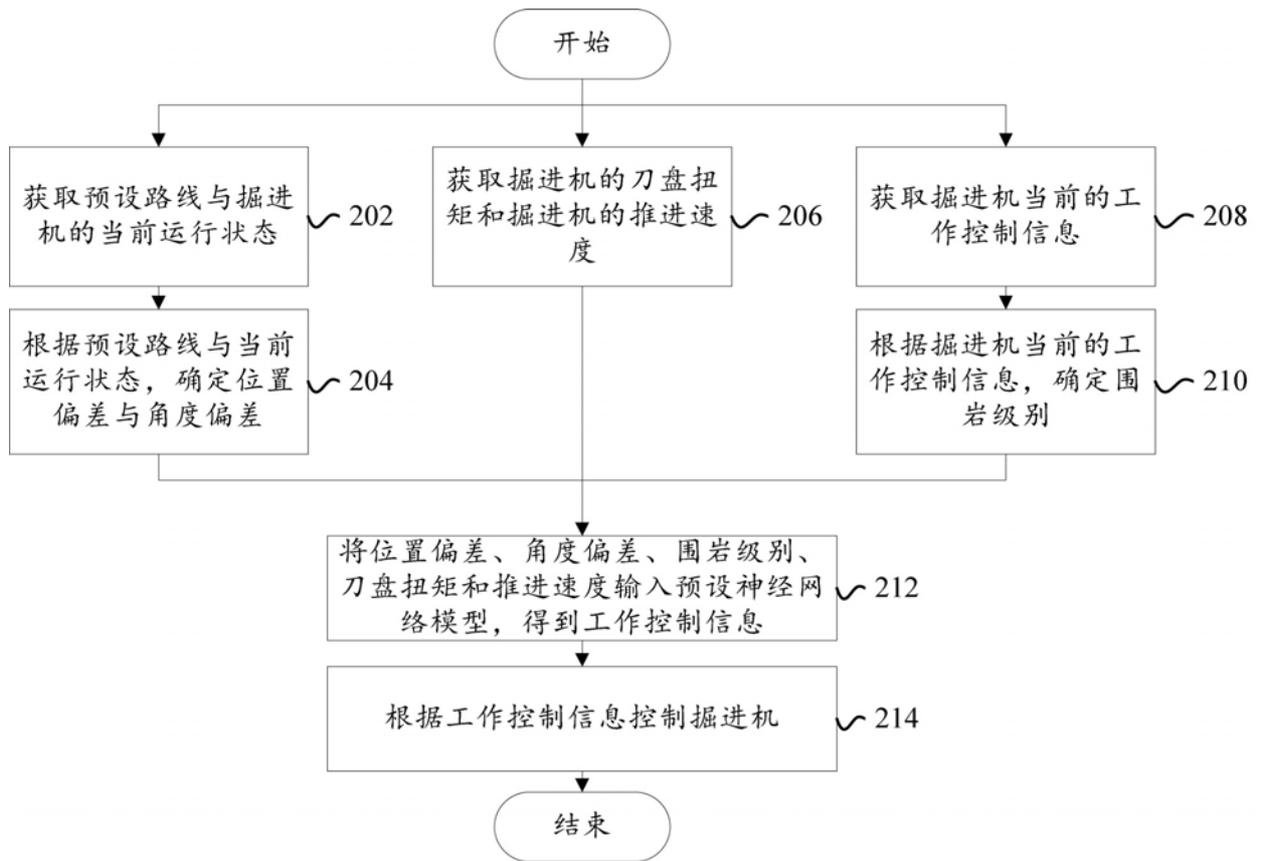


图2

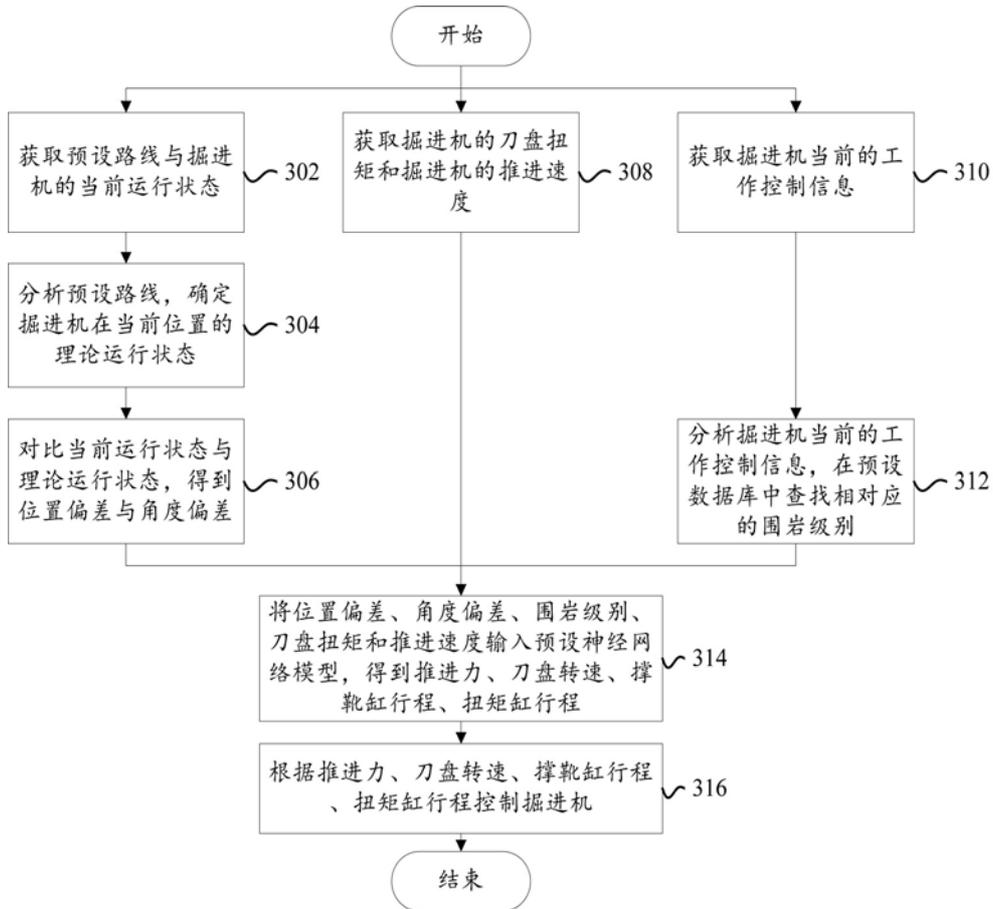


图3

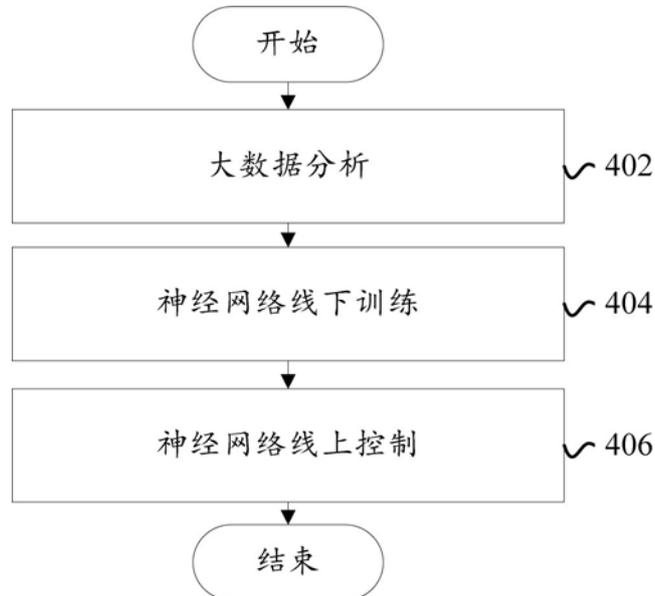


图4

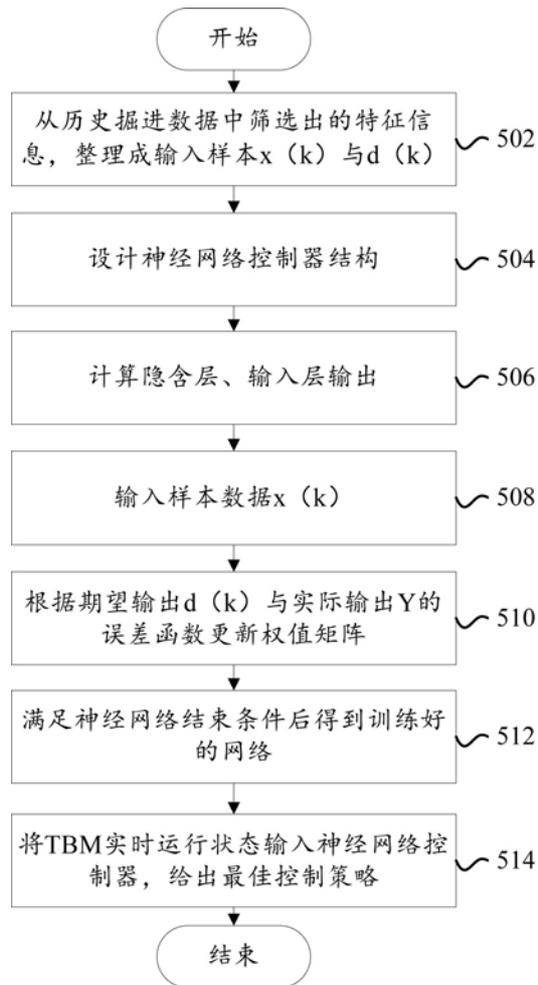


图5

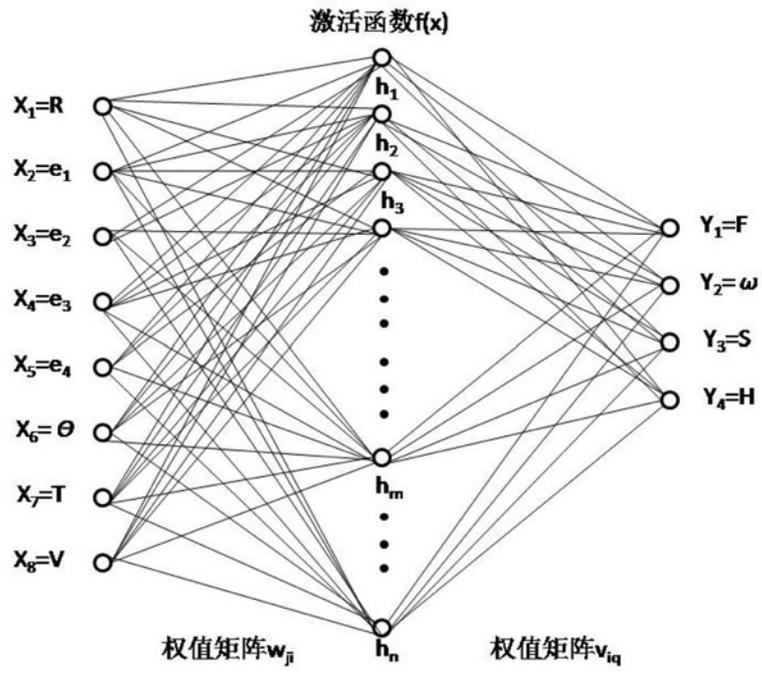


图6