说 明 书

**一种钢铁厂铁运机车仿真调度系统**

**技术领域**

本发明属于铁运机车仿真调度技术领域，特别是提供了一种钢铁厂铁运机车仿真调度系统，通过对铁水运输过程进行仿真进行钢铁厂铁运机车的运行管理。

**背景技术**

在钢铁生产过程中，铁水包作为承接铁水的重要载体，是连接高炉、转炉的重要部分，因此铁水包的运输作为高炉和转炉之间的关键环节，连续、高效地运输在保障高炉出铁、转炉冶炼方面发挥着重要作用。但由于在实际生产过程中高炉出铁时间、出铁水量与转炉冶炼时间、铁水需求量之间的不匹配，而且由于铁水包运输过程涉及跨时间长度下多资源的调度分配，协调难度较大，目前对于钢铁厂铁水包运输的研究较少，机车、铁水包的运输调度主要依靠操作人员的经验，缺乏科学决策，导致炼钢厂压包现象时有发生。同时对铁运过程的优化研究主要集中在通过优化算法对路径的优化，而忽视了实际生产过程中常用运输路径的使用情况、实际运输耗时及可能发生的机车碰撞冲突等实际情况。为了提高铁水包周转率、机车运输效率，需要对炼铁至炼钢的铁运过程进行仿真分析，对运输路径进行分解、对不同的机车匹配、路径选择等规则进行仿真，在保证安全生产的前提下通过动态优化决策，择优选择合适的机车执行运输任务。

**发明内容**

本发明的目的在于提供一种钢铁厂铁运机车仿真调度系统，解决了炼钢厂压包等问题。用于模拟钢铁生产流程中由高炉出铁水至铁水包运输至炼钢厂的生产运输过程，为铁水运输研究分析提供仿真工具。本发明采用多智能体建模的方法，通过优化协调机车和铁水包资源，达到提高铁水包周转率、机车运输效率的效果，对于铁水运输过程的高效、安全运行具有重要意义。

本发明采用多智能体建模的方式，将铁水包从高炉铁口下至炼钢厂的运输过程分解为空包接铁、重包运输、转炉兑铁、空包返回，其中主要涉及的资源包括机车、铁水包、铁路，智能体包括铁运任务管理智能体、机车管理智能体、铁水包管理智能体，智能体主要负责铁运任务的匹配、资源属性状态的变更等。

本发明主要包括硬件设备、仿真智能体和资源

所述硬件设备包括：台式电脑，服务器，显示器，数据模拟器，电源设备，路由器。

所述智能体包括：铁运任务管理智能体、机车管理智能体、铁水包管理智能体；所述资源包括：机车、铁水包、铁路。

将硬件设备按照要求进行连接，电源设备是为其他设备供电，所以将其与台式电脑、服务器、显示器、数据模拟器和路由器连接。台式电脑与服务器、显示器、路由器和数据模拟器连接，同时，服务器与显示器、路由器和数据模拟器也要连接。搭建完硬件环境后，铁运任务管理智能体、机车管理智能体、铁水包管理智能体均装入并运行在台式机上，确保各个智能体正常运行，通过观察显示器上的运行结果来分析此次仿真效果。各个智能体具体的技术流程如下所述：

铁运任务管理智能体负责空包、重包、尾包铁运任务的分配；机车管理智能体主要负责管理机车列表中所有机车的位置、状态信息，具体包括根据机车上一时刻所处的位置和选择的路径编号判断机车运行状况，根据机车任务列表中最后需要完成的任务的实际结束时间来更新机车预计空闲时间，通过判断任务开始时间是否提前于机车预计空闲时间来判断机车状态并为空闲机车匹配可行路径来执行铁运任务，完成匹配机车后，将机车资源、可行路径资源存储至铁运任务的机车编号、路径编号属性中。

机车位置的更新时通过判断所选择的铁路路径已行驶时间与各分路段的标准时间进行对比，机车自动记录行驶进入各分路段的时刻，利用仿真时刻与机车进入该路段的时刻计算机车在该路段已行驶时间，通过与该路段的标准行驶时间进行对比，当机车在该路段已行驶时间大于该路段的标准时间时，机车位置属性变更为该路径的下一路段，否则机车将保持在原位置不变。

机车状态属性包括4种，分别是未使用、正在使用、离线、正在前往起始工位。其中，未使用表示机车未离线，已完成所安排的铁水包运输任务，正在等待新的铁运任务开始执行；正在使用表示机车已接到铁水包并正在执行运输重包、空包或尾包的任务；离线表示机车已下线，无法使用；正在前往起始工位表示机车已接到铁运任务并正在前往任务起始位置接包。

铁运任务管理智能体在为铁运任务匹配机车时，根据机车列表中各机车预计空闲时刻选取可用机车，在可用机车集合中，选取机车到达铁运任务起始位置的时刻最早的机车执行此运输任务。此外，除匹配机车外，还包括根据铁运任务始末位置匹配可行路径，可行路径涵盖从起点位置至终点位置的所有路径，并从可行路径中选择运输时间较短的路径，同时通过判断各路段已被占用的时间来考虑可能发生的机车冲突、碰撞可能。

铁水包管理智能体主要负责管理铁水包列表中所有铁水包的状态信息，其中，当空包接铁结束和重包冶炼结束后，由机车负责运输铁水包至炼钢厂或返回高炉铁口下继续接铁，在由机车运输铁水包的过程中，铁水包位置的更新主要与机车的运行状态相关；当空包在高炉铁口下接铁结束或重包在炼钢厂兑铁结束后，铁水包由机车运输至目的地，在此过程中，铁水包的状态为在运输中，同时铁水包位置与机车位置保持一致。

铁运任务是指铁水包运输计划任务，分为三类：重包运输、空包运输、尾包运输；铁运任务标示了铁运始终位置及要求运达时间，铁运任务管理智能体随即根据匹配规则为重包计划运输任务匹配合适的机车及铁路路径。综上，整个铁运过程涵盖了高炉出铁后机车等待时间、铁路运输时间、路径冲突时机车避让等待时间。

机车资源的属性包括：仿真任务类型编号、仿真实际任务编号、机车编号、铁运任务编号列表、正在执行的任务编号、铁水包编号、机车位置、机车到达当前路段起始时间、状态、预计空闲时间、预计空闲位置。

其中，仿真任务类型编号用以区分仿真任务类型；仿真实际任务编号用来表示执行的仿真任务所代表的实际计划任务；机车编号是指每辆机车唯一的可识别编号，用以区分不同机车；机车任务编号列表是由各机车所分配的铁运任务所组成的任务集合，按照时间顺序先后依次排列；正在执行的任务编号用来表示机车该仿真时刻下所执行的任务编号；铁水包编号是指机车在该仿真时刻下所运输的铁水包的编号，并且铁水包的包号具有唯一性；机车位置属性是指机车在该仿真时刻下所处的路径位置编号，通过记录不同仿真时刻下机车位置可以实现对机车运输周转过程的跟踪。机车状态包括未使用、去接包、离线、运输铁水包；机车预计空闲时间、位置是指机车执行完成任务列表中最后一个运输任务的结束时间、位置，此时机车状态有运输变为未使用。

铁水包资源的属性包括：仿真任务类型编号、仿真实际任务编号、铁水包编号、包龄、公称容量、当前铁水量、重量状态、目标铁水量、位置、当前铁次、当前炉次、下一铁次、下一炉次、状态。

铁路资源的属性包括：路径编号、路径耗时、分路段编号。

运输路径由钢铁企业实际运输路径分解而来，通过数字化方式来标示运输路径的各个关键路段位置。

其中，路径编号表示一整条铁路运输路径，并且一条运输路径由多条路段组合而成；路径耗时表示机车从路径起点至路径终点所需要的时间；分路段编号是指一条运输路径中的各路段的编号。其中，路段表示铁路运输路径的最小单位，各路段的分布、连接情况由实际厂区铁路分布而来。

路径分为三类，包括：重包运输路径、空包返回运输路径、尾包转场路径。其中，重包运输路径是指从高炉铁口下至炼铁咽喉道再到炼钢咽喉道的铁路路径，相反，空包返回运输路径是指从炼钢厂至炼铁咽喉道再到炼钢咽喉道的铁路路径，尾包转场路径指从高炉铁口下到炼铁咽喉道再到另一高炉铁口下的运输路径。因此，所有路径列表中存有铁口下到铁口下的路径、炼钢厂到炼钢厂的路径、铁口下到炼钢厂的路径、炼钢厂到另一炼钢厂再到铁口下的路径、铁口下到另一铁口下再到炼钢厂的路径。

本发明的优点在于：

1、本发明的仿真过程考虑了机车铁运从等待空包接铁至重包兑铁结束后空包返回高炉铁口下的整个过程，在此过程中，还考虑到实际过程中可能发生的尾包转场、机车碰撞冲突及其他可能发生的实际情况，通过动态决策及设置冗余时间、等待时间的方法全面地考虑了实际生产过程中可能发生的各种情况。

2、本发明采用多智能体、多资源协同仿真的方式，通过将铁运过程分为铁运任务管理智能体、机车管理智能体、铁水包管理智能体和机车、铁水包、铁路资源，通过优化匹配实现了机车、铁水包、铁路资源的合理调配，同时，综合考虑了机车的匹配、避让、路径冲突、机车等待等实际情况，并通过在仿真中设置冗余时间的方式使仿真更贴合实际。

3、本发明采用动态仿真方法：始终依赖于上一时刻仿真计算结果进行动态优化决策，来决定当前要执行的步骤，其中，机车、铁水包管理智能体通过读取所有机车、铁水包上一仿真时刻的位置、状态及所匹配的路径信息判断当前仿真时刻机车、铁水包的位置是否变更以及状态是否需要改变，同时，依据当前时刻变更后的位置信息预判可能发生的路径冲突、机车碰撞等情况，并通过预先设定的优化决策选择为机车重新匹配路径或为铁运任务重新匹配机车来避免冲突情况的发生。

**附图说明**

为了更清楚地说明本发明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做以简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为仿真模块逻辑图。

图2硬件设备连接布局图。

图3为智能体、资源属性图。

图4为实际路径抽象示意图。

图5为机车匹配逻辑图。

图6为机车冲突判断逻辑图。

图7为铁水包状态更新逻辑图。

图8铁水包跟踪甘特图。

**具体实施方式**

本发明主要包括硬件设备、仿真智能体和资源

所述硬件设备包括：台式电脑，服务器，显示器，数据模拟器，电源设备，路由器。

所述智能体包括：铁运任务管理智能体、机车管理智能体、铁水包管理智能体；所述资源包括：机车、铁水包、铁路。

将硬件设备按照要求进行连接，电源设备是为其他设备供电，所以将其与台式电脑、服务器、显示器、数据模拟器和路由器连接。台式电脑与服务器、显示器、路由器和数据模拟器连接，同时，服务器与显示器、路由器和数据模拟器也要连接。搭建完硬件环境后，铁运任务管理智能体、机车管理智能体、铁水包管理智能体均装入并运行在台式机上，确保各个智能体正常运行，通过观察显示器上的运行结果来分析此次仿真效果。

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，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。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。

为实现钢铁厂铁运机车仿真调度系统，需要以下硬件环境：

1、一台台式电脑：型号为宏碁， Windows 10 操作系统，CPU为 i7-1165，内存容量 16GB ，硬盘容量500G。

2、一台服务器：服务器型号是通用品牌惠普，服务器是 4核64G，操作系统为 CentOS 。

3、一台显示器：小米型号的显示器，尺寸为24英寸。

4、数据模拟器：一台专门用于模拟钢厂铁运机车运行状态数据的设备。

5、电源设备：一台电源设备，提供电力以确保各个设备可以正常使用。

6、路由器：需要网络设备路由器，以确保可以正常上网和数据正常传输。

如图2所示，硬件使用方式如下：

1、首先，将电源设备连接到各个设备上，以确保各个硬件设备都能保持正常运行。

2、在台式电脑上将各个智能体程序打包，并生成镜像后，将其推送到服务器上进行部署。

3、采用微服务的方式进行部署，将各个智能体部署为独立的微服务。同时，提供一个专用的数据库服务器，用于存储生成的数据。

4、将数据模拟器连接到服务器，以便它能够生成所需的铁运过程数据。在实际的钢厂应用中，该设备将被替换为钢厂的实际数据采集设备，如传感器、摄像机等。

5、连接服务器与显示器，来显示仿真效果。

按照上述硬件方式部署实现后，就可以对钢厂铁运机车的运行进行模拟仿真。本发明钢铁厂铁运机车的运行管理系统的具体技术实现步骤如下：

步骤1、产生铁运任务并初始化路径、机车、铁水包。铁运任务原则上必须包括任务起点位置、终点位置、计划开始时间与要求到达时间。

根据厂区铁路路径实际分布情况及运输时间统计耗时，将运输路径分解为各个路段，初始化路径详细路段表、路段耗时表，路径详细路段表明确了各路径所包含的所有路段，并为所有路段设定了先后连接关系。路段耗时表存储了各路段的标准运输时间，便于后续计算任务完成时间、判断机车碰撞冲突；机车初始化指设定各机车在仿真开始时刻的所处的位置以及是否在线、任务编号列表、正在执行的任务、包号等状态信息；

步骤2、根据铁运任务匹配机车。仿真开始时，铁运任务管理智能体接收铁运任务，并从所有铁运任务中通过查找任务状态为待分配的铁运任务，通过调用匹配机车的方式根据待分配的任务对象进行匹配，返回匹配好的机车对象。

所述步骤2中匹配机车方式具体包含机车从现在位置前往包的位置及机车接包后去往铁运任务目的地位置两个过程，具体步骤为：

1、计算机车预计空闲位置、空闲时间。首先确定机车最后执行的铁运任务，由于铁运任务在安排给合适的机车后，任务编号会自动关联至相应机车的任务列表中，当任务开始执行时，该任务会由机车任务列表传至机车正在执行的任务中。因此，在确定机车最后要执行的任务时，首先判断机车任务列表是否为空，当机车任务列表为空则取机车正在执行的任务为机车最后要执行的任务；若机车任务列表不为空时，取机车任务列表中最后一个任务为机车要执行的最后任务。根据所确定的机车最后执行的铁运任务计算此任务的完成时间及终点位置。

2、选取可用机车并根据铁运任务始终位置、要求时间及机车位置来匹配路径。可用机车的定义为机车最后要执行的铁运任务的完成时间与机车从此铁运任务终点位置前往下一铁运任务起点位置所需时间之和应早于下一铁运任务计划开始时间且从下一铁运任务起点位置运输至下一铁运任务终点位置的时间应早于铁运任务的计划完成时间，满足以上三个条件的机车都为可用机车。铁运任务管理智能体通过遍历所有机车，查询机车状态筛选出所有上线机车，并计算所有上线机车预计空闲时间、预计空闲位置至下一铁运任务起始位置的耗时筛选所有备选机车。为备选机车匹配路径并判断可能发生的碰撞冲突。在已知铁运任务起点与各可用机车预计空闲位置的情况下，以机车预计空闲位置为起点，以铁运任务起始位置为终点为所有备选机车匹配去接铁水包的路径，确定路径之后可以确定路径耗时，若机车到达铁运任务起始位置的时刻早于任务计划要求开始时刻，则表示该机车可以在要求时间前赶至任务起点接铁水包。同时再以铁运任务的起始位置为起点、终点位置为终点重新匹配路径，记录路径耗时，若机车到达终点位置的时间早于任务计划完成时间，则该机车为可用机车。

步骤3、判断机车碰撞、冲突、等待。在为机车匹配路径时，通过判断各路径已被占用时间是否与此机车占用该路径的时间重叠，若有，此机车在该路段设置等待时间，铁运任务完成时间相应延后。同时，由于任务具有一定的提前性，所以当机车到达任务起始位置后，但任务并未实际开始执行，机车将处于等待状态，例如：在高炉铁口下接铁水的铁水包在由机车运输时，当机车到达高炉铁口下时铁水包处于正在接铁状态，则机车将等待至铁水包接满铁水为止，才开始执行铁运任务。

步骤4、根据确定的机车、路径，更新任务信息。铁运任务管理智能体在完成机车匹配、路径匹配后，将机车编号、接包路径编号、机车实际到达时间、任务实际开始时间、运输包的路径编号、任务状态、运输任务类型、仿真时刻更新至任务属性中。

步骤5、动态计算机车、铁水包位置、状态信息。机车管理智能体通过读取所有机车上一仿真时刻的位置及机车进入上一仿真时刻所处路段的起始时间，通过仿真时刻减去机车进入上一仿真时刻所处路段的起始时间计算机车在该路段的行驶时间，行驶时间与该路段的标准行驶时间对比，其中该路段的标准行驶时间表示机车通过该路段所需要的全部时间。若行驶时间小于该路段的标准行驶时间，则保持现在仿真时刻的位置不变，否则机车位置变更为下一路段，表示机车行驶至下一路段，同时记录机车开始进入该路段的时刻，以便后续判断机车在该路段已行驶的时间。另外，当不同机车在同一时刻选择相同的路段时，则会出现机车碰撞的情况，为了避免冲突的发生，在各仿真时刻机车管理智能体根据更新的机车位置信息自动判断是否存在多辆机车在同一时段内占用同一条铁路路段的情况，若有，则通过划分优先等级：已延迟的机车优先通过与临近任务要求到达时间的机车优先通过的原则为各个机车设置等待时间，并在机车下一次更新位置信息前判断是否继续等待。

**实施例1**

本发明所述的一种钢铁厂铁运机车动态优化管理系统的实现逻辑如附图1所示，具体实现方法包括以下步骤：

步骤1、初始化路径、机车、铁水包，产生铁运任务。对钢铁企业现场铁路实际分布进行路径分解，根据现场铁路实际分布及铁运时间统计结果初始化路径列表，设定各路段标准运输时间及先后连接关系，如附图4所示，利用虚拟路段代替实际空间位置，如附图3所示根据仿真开始时刻所有机车、铁水包的实际位置及是否在线等状态初始化，作为仿真输入；根据高炉出铁计划与转炉生产计划产生铁水包运输任务，确定铁运任务起点位置、终点位置、计划开始时间与要求到达时间。

步骤2、对所有任务进行实时动态调整。铁运任务管理智能体接收铁运任务，以现在仿真时刻为切入点，刷新所有任务状态，从所有铁运任务中筛选待分配的、已分配但未执行的铁运任务。

步骤3、根据待分配任务对象的要求匹配机车，返回匹配好的机车、路径对象，存储至任务属性中。如附图5所示，首先按照任务要求开始时间先后进行排序，对所有机车进行遍历，为每个机车匹配从现在所在位置前往铁运任务开始位置耗时最短的路径以及从铁运任务开始位置到铁运任务结束位置耗时最短的路径，并在所有机车中选择从现在所在位置前往铁运任务终点位置总的运输时间最短的机车，在任务属性中记录此机车编号、两条路径的编号、机车实际到达铁运任务开始位置的时间以及机车实际到达铁运任务终点位置的时间；

步骤4、动态跟踪机车、铁水包位置，在各仿真时刻更新机车、铁水包位置、状态信息，实现匹配机车、选择路径时的最优。如附图6所示，机车管理智能体根据上一仿真时刻机车的位置，通过机车进入某路段的时间计算机车在该位置已经等待、运输的时间，判断是否发生碰撞以及位置是否需要变更为下一位置。如附图7所示，铁水包管理智能体通过判断铁水包是否与机车绑定以及是否到达任务终点位置，更新铁水包位置、状态。

步骤5、仿真计算结果分析，通过对各仿真时刻数据汇总分析，实现机车、铁水包动态跟踪、铁水包周转率、平均运行时间等的计算，如附图8所示为铁水包H001动态跟踪甘特图，标示铁水包在高炉铁口下接铁时间、另一高炉铁口下转场接铁时间、由机车运输时间、经过炼钢咽喉道时间、在热轧厂等待时间、KR运输时间、运输至转炉时间，实现了铁水包流转全过程跟踪。