



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105182795 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201510502731. 0

(22) 申请日 2015. 08. 17

(71) 申请人 国家电网公司

地址 211103 江苏省南京市江宁区帕威尔路  
1 号

申请人 江苏省电力公司

江苏省电力公司电力科学研究院

(72) 发明人 刘建 徐晴 邵雪松 蔡奇新

黄奇峰 沈秋英 苏慧玲

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限  
公司 32224

代理人 耿英 董建林

(51) Int. Cl.

G05B 17/02(2006. 01)

权利要求书4页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统  
调度方法

(57) 摘要

本发明为一种运用多 Agent 仿真方法对电能计量器具检定系统进行模拟, 从而实现对检定系统多阶段进行协调调度的方法。电能计量器具检定系统由仓储、检定和封印系统三个部分构成, 在对大量的电能计量器具进行检定的过程中, 各部分的作业任务容易产生不协调, 影响整个检定系统的运行效率, 给电能计量器具检定环节的管理带来很大的难度和不确定性。本发明采用多 Agent 仿真方法对电能计量器具检定系统各个组成部分的运行过程进行模拟, 从而可以预先确定检定任务的可行性和完成检定任务所需时间, 明显降低电能计量器具检定工作的难度, 提高工作效率。

1. 基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(1) 采用多 Agent 仿真实理论, 建立电能计量器具检定系统的仓储子系统仿真模型, 模拟仓储子系统的运行规则;

(2) 采用多 Agent 仿真实理论, 建立电能计量器具检定系统的检定子系统仿真模型, 模拟检定子系统的运行规则;

(3) 采用多 Agent 仿真实理论, 建立电能计量器具检定系统的封印子系统仿真模型, 模拟封印子系统的运行规则;

(4) 对电能计量器具检定系统的仓储子系统、电能计量器具检定系统的检定子系统和电能计量器具检定系统的封印子系统的仿真模型进行对接, 整合成电能计量器具检定系统仿真模型;

(5) 在不同的生产任务下运行电能计量器具检定系统仿真模型, 通过模拟运行情况实现对电能计量器具检定系统三个阶段的相互协调, 实现对生产任务可行性和完成生产任务所需时间的预先判断和估计。

2. 根据权利要求 1 所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法, 其特征在于, 步骤(1), 对仓储子系统中包含的立库、堆垛机、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和从仓储系统到检定系统的接驳位之间的相对位置和运行参数进行测量; 然后采用多 Agent 仿真方法, 建立电能计量器具检定系统的仓储子系统仿真模型, 具体包括以下内容:

第一, 根据立库、接驳位、堆垛机运行通道和堆垛机等待区的相对位置, 生成仓储子系统工作场所的模拟环境;

第二, 生成相应数量的堆垛机, 并为堆垛机设定运行规则;

第三, 设计仓储子系统的任务触发和运行机制: 仓储子系统在接到检定任务时, 首先对现有库存量进行扫描, 若现有库存能够满足任务需求, 则触发任务; 否则反馈缺货量;

任务触发后, 仓储子系统扫描接驳位是否已满, 当接驳位不满时, 计算所有堆垛机到立库相应位置的最短路线, 并给距离最近的堆垛机发送作业指令; 如果接驳位已满, 则反馈接驳位已满的信息并进行等待。

3. 根据权利要求 2 所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法, 其特征在于, 堆垛机的运行规则为: 当堆垛机收到指令将一定数量的电能计量器具从立库运送到接驳位时, 所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算: 计算堆垛机从自身位置到立库相对存储位置的最短路线、立库相应存储位置到接驳位的最短路线;

<2> 移动、装载于卸载: 堆垛机从当前位置移动到立库相应的存储位置, 然后进行装载作业; 装载完成后沿最短路线移动至接驳位并进行卸载; 卸载完成后运行至堆垛机等待区进行等待。

4. 根据权利要求 1 所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法, 其特征在于, 步骤(2) 中, 对检定子系统中包含的从仓储子系统到检定子系统的接驳位、检定子系统到封印系统的接驳位、检定台、AGV、AGV 等待区和供 AGV 运行的电磁轨道之间的相对位置和运行参数进行测量, 然后采用多 Agent 仿真方法, 建立电能计量器具检定系统的检定子系统仿真模型, 具体包括以下内容:

第一, 根据从仓储子系统到检定子系统的接驳位、检定子系统到封印系统的接驳位、检

定台、AGV 等待区和供 AGV 运行的电磁轨道的相对位置,生成检定子系统工作场所的模拟环境;

第二,生成一定数量的 AGV 并为 AGV 设定运行规则;

第三,设计检定子系统的任务触发和运行机制:通过接驳位和检定台来触发任务;当仓储子系统到检定子系统的接驳位不为空时,系统扫描相应的检定台是否空闲;如果没有空闲的检定台,则进行等待;如果有相应的空闲检定台,系统计算所有 AGV 完成现有任务,然后到仓储子系统到检定子系统的接驳位装载电能表并将其运送到相应检定台的最短路线和所需要的时间;然后将任务指派给所需时间最短的 AGV;当检定台不为空且完成检定作业时,系统计算所有 AGV 完成现有任务,然后到检定台装载完成检定的电能表,并将其运送至检定子系统到封印子系统的接驳位所需的最短路线和对应的最短时间,将任务指派给所需时间最短的 AGV。

5. 根据权利要求 4 所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法,其特征在于,AGV 的运行规则包括:对于任意空闲的 AGV,当接到指令将一定数量的工件从固定装置 A 运送到固定装置 B 时,所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算:AGV 计算自身位置到固定装置 A 的最短路线,以及固定装置 A 到固定装置 B 的最短路线;

<2> 移动、装载与卸载:AGV 根据规则<1>的计算结果,首先由自身位置运动到固定装置 A,然后进行装载作业;装载完成后,再由固定装置 A 移动到固定装置 B,然后进行卸载作业;

<3> 规避碰撞:AGV 在移动过程中,实时对沿轨道向前延伸 2 米处所有可能通路的占用情况进行探测;若轨道被占用,则停止移动并等待 3-5 秒后进行继续向前运动。

6. 根据权利要求 4 所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法,其特征在于,AGV 的运行规则包括:对于任意空闲的 AGV,当没有接到工作指令且不在等待区时,所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算:AGV 计算自身位置到所有可用等待区的最短路线;

<2> 移动到等待区:AGV 根据规则<1>计算出的计算结果,移动到距离最近的等待区进行等待。

7. 根据权利要求 1 所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法,其特征在于,步骤(3)中,对封印子系统的工作台、堆垛机、立库、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和从检定子系统到封印子系统的接驳位之间的相对位置和运行参数进行测量,然后采用多 Agent 方法,建立电能计量器具检定系统的封印子系统仿真模型,具体包括以下内容:

第一:根据立库、接驳位、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和工作台的相对位置,生成封印子系统工作场所的模拟环境;

第二,生成相应数量的堆垛机,并为堆垛机设定运行规则;

第三,设计封印子系统的任务触发和运行机制:封印子系统的任务触发机制有两种,接驳位触发和工作台触发;

当接驳位不为空时,扫描所有封印工作台,如果没有空闲的封印工作台,则进行等待;如果有空闲的工作台,则计算所有空载堆垛机到接驳位的最短距离和所需的最短时间,将作业指令发送给所需时间最短的堆垛机;当工作台不为空且完成封印任务时,计算所有空

载堆垛机到相应工作台的最短距离和所需的最短时间,将作业指令发送给所需时间最短的堆垛机。

8. 根据权利要求7所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法,其特征在于,堆垛机的运行规为:当堆垛机收到指令将一定数量的电能计量器具从固定设施 A 运送到固定设施 B 时,所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算:计算堆垛机从自身位置到固定设施 A 的最短路线、固定设施到 A 到固定设施 B 的最短路线;

<2> 移动、装载与卸载:堆垛机从当前位置移动到固定设施 A,然后进行装载作业;装载完成后沿最短路线移动至固定设施 B 并进行卸载;卸载完成后运行至等待区进行等待。

9. 根据权利要求1所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法,其特征在于,步骤(4)中,对接的过程为,首先是检定任务可行性判定的对接:当检定任务下达后,首先扫描仓储子系统的立库,然后扫描封印子系统的立库;仓储子系统的立库有足够的存货,封印子系统的立库的剩余空间减去正在处理的电能计量器具数量后仍有足够存储空间,则检定任务可行;否则不可行;

然后是仓储子系统和检定子系统之间的对接:将仓储子系统接驳位的数据和检定子系统接驳位的数据保持实时一致即实现仓储子系统和检定子系统的对接;

最后是检定子系统和封印子系统的对接:将检定子系统和封印子系统接驳位的数据保持实时一致,即实现检定子系统和封印子系统的对接。

10. 根据权利要求1所述的基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法,其特征在于,步骤(5)中,电能计量器具检定系统三个阶段的协调包括检定任务可行性判断协调和电能计量器具检定过程的协调;

协调过程如下:

第一,任务可行性判断协调:当一定量的检定任务下达之后,任务是否可行的判断由三个子系统的运行状态共同做出判断,过程如下:

<51a> 仓储子系统将已有工作计划中尚未完成的存货锁定,然后返回锁定的存货数量、现有库存中尚未锁定的存货数量、堆垛机正在搬运的电能计量器具数量;

<52a> 检定子系统对运行状态进行扫描,返回系统中 AGV 正在搬运的电能计量器具数量、检定台上正在检定的电能计量器具数量;

<53a> 封印子系统对运行状态进行扫描,返回堆垛机正在搬运的电能计量器具数量、正在封印的电能计量器具数量、立库的剩余存储能力;

<54a> 三个子系统的接口扫描运行状态,返回仓储子系统与检定子系统接驳位的电能计量器具数量、检定子系统与封印子系统接驳位的电能计量器具数量;

<55a> 当仓储子系统中未锁定的存货数量 $\geq$ 检定任务量,并且封印子系统的剩余存储能力 $\geq$ 检定任务量+仓储子系统未锁定的存货数量+仓储子系统堆垛机正在搬运的电能计量器具数量+AGV 正在搬运的电能计量器具数量+检定台上正在检定的电能计量器具数量+堆垛机正在搬运的电能计量器具数量+正在封印的电能计量器具数量+仓储子系统与检定子系统接驳位的电能计量器具数量+检定子系统与封印子系统接驳位的电能计量器具数量,则生产任务可行;否则不可行;

第二,电能计量器具检定过程协调:当一定量的检定任务激活以后,三个子系统的运行

同步协调进行,协调过程包含如下两个方面:

〈51b〉 检定子系统:当第一辆堆垛机将电能计量器具从立库运送至接驳位时即启动运行程序,使仓储子系统的后续搬运作业和检定子系统的检定作业同时进行;

〈52b〉 封印子系统:当第一个 AGV 将电能计量器具从检定台运送至接驳位时即启动运行程序,使检定子系统的后续检定作业和封印子系统的封印作业同时进行。

## 基于多 Agent 仿真的电能计量器具检定系统调度方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种采用多 Agent 仿真方法对电能计量器具检定系统进行模拟, 以实现  
对检定任务的可行性判断和对检定任务完成时间的预先估计, 并对检定过程各阶段的调  
度工作进行协调的方法。属于电能计量器具检定管理技术领域。

### 背景技术

[0002] 电能计量器具包括电能表、互感器等设备, 其中电能表又可以细分为单相电能表  
和三相电能表。电能计量器具在使用之前需要逐个进行检定。我国各省电力公司负责对本  
省使用的电能计量器具进行统一检定。首先, 电能计量器具的检定任务非常繁重, 每年需要  
检定的电能计量器具数量巨大, 通常会达到数百万只, 这给检定工作的顺利完成带来了很  
大压力。其次, 电能计量器具的检定系统复杂, 包括仓储、检定、封印三个环节, 以及在这三  
个环节之间发生的各类物质和信息流动。一个典型的电能表自动化检定系统示意图如图 1  
所示。在电能计量器具检定系统运行过程中, 检定系统各部分之间需要相互协调, 因此电能  
计量器具检定过程的管理难度较大。一是对检定任务的可行性的判断较为复杂, 二是对检  
定任务的完成时间难以预知。目前尚缺乏对电能计量器具检定系统的运行过程进行协调调  
度的有效方法, 因此对购买和使用电能计量器具的企业经营过程产生十分不利的影响。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是通过采用多 Agent 仿真实理论对电能计量器具检定系统进行仿真  
模拟, 通过在特定系统参数下模拟系统运行状态, 对系统各部分的运行过程进行协调, 并实  
现对检定任务的可行性判断和对检定任务完成时间的预先估计。

[0004] 本发明采取以下技术方案来实现:

(1) 采用多 Agent 仿真实理论, 建立电能计量器具检定系统的仓储子系统仿真模型, 模拟  
仓储子系统的运行规则。

[0005] (2) 采用多 Agent 仿真实理论, 建立电能计量器具检定系统的检定子系统仿真模型,  
模拟检定子系统的运行规则。

[0006] (3) 采用所 Agent 仿真实理论, 建立电能计量器具检定系统的封印子系统仿真模型,  
模拟封印子系统的运行规则。

[0007] (4) 对电能计量器具检定系统的仓储子系统、检定子系统和封印子系统的仿真模  
型进行对接, 将上述三个部分整合成电能计量器具检定系统的整体仿真模型。

[0008] (5) 在不同的生产任务下运行电能计量器具检定系统仿真模型, 通过系统模拟运  
行情况实现对电能计量器具检定系统三个阶段的相互协调, 完成检定任务可行性判断和  
完成检定任务所需时间的估计。

[0009] 采用多主体仿真方法对电能计量器具检定系统的整个运行过程进行模拟。

[0010] 将电能计量器具检定系统的仓储、检定、封印三个子系统进行对接, 实现不同部分  
之间的整合和协调。

[0011] 通过模拟一定生产任务在系统中的整个处理过程,实现对生产任务可行性和完成生产任务所需时间的预先判断和估计。

[0012] 本发明的原理叙述如下:

(1)技术方案的第一部分:仓储子系统主要由立库、堆垛机、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和从仓储系统到检定系统的接驳位构成。首先对上述装置的相对位置和运行参数进行测量。然后采用多 Agent 仿真方法,在仿真软件的帮助下建立仓储子系统的仿真模型,建模过程主要分成如下几步:

第一,根据立库、接驳位、堆垛机运行通道和堆垛机等待区的相对位置,在系统中生成工作场所的模拟环境。

[0013] 第二,生成相应数量的堆垛机,并为堆垛机设定运行规则。即:当堆垛机收到指令将一定数量的电能计量器具从立库运送到接驳位时,所采取的行动规则如下:

<1>路线计算。计算堆垛机从自身位置到立库相对存储位置的最短路线、立库相应存储位置到接驳位的最短路线。

[0014] <2>移动、装载于卸载。堆垛机从当前位置移动到立库相应的存储位置,然后进行装载作业;装载完成后沿最短路线移动至接驳位并进行卸载;卸载完成后运行至等待区进行等待。

[0015] 第三,设计仓储系统的任务触发和运行机制。仓储系统在接到检定任务时,首先对现有库存量进行扫描,如现有库存能够满足任务需求,则触发任务;否则反馈缺货量。任务触发后,仓储系统扫描接驳位是否已满,当接驳位不满时,计算所有堆垛机到立库相应位置的最短路线,并给距离最近的堆垛机发送作业指令。如果接驳位已满,则反馈接驳位已满的信息并进行等待。

[0016] (2)技术方案的第二部分:检定子系统主要由从仓储子系统到检定子系统的接驳位、检定子系统到封印系统的接驳位、检定台、AGV、AGV 等待区和供 AGV 运行的电磁轨道构成。首先对上述装置的相对位置和运行参数进行测量,然后采用多 Agent 仿真方法,在仿真软件的帮助下建立检定子系统的仿真模型,建模过程主要分成以下几步:

第一,根据接驳位、检定台、AGV 等待区和供 AGV 运行的电磁轨道等固定装置的相对位置,在系统中生成工作场所的模拟环境。

[0017] 第二,生成一定数量的 AGV 并为 AGV 设定运行规则。对于任意空闲的 AGV,当接到指令将一定数量的工件从固定装置 A 运送到固定装置 B 时,所采取的行动规则如下:

<1>路线计算。AGV 计算自身位置到固定装置 A 的最短路线,以及固定装置 A 到固定装置 B 的最短路线。

[0018] <2>移动、装载与卸载。AGV 根据步骤<1>的计算结果,首先由自身位置运动到固定装置 A,然后进行装载作业;装载完成后,再由固定装置 A 移动到固定装置 B,然后进行卸载作业。

[0019] <3>规避碰撞。AGV 在移动过程中,实时对沿轨道向前延伸 2 米处所有可能通路的占用情况进行探测。如轨道被占用,则停止移动并等待 3-5 秒后进行继续向前运动。为防止两个以上 AGV 的相互等待陷入死循环,等待时间为 3-5 秒之间的一个随机数。

[0020] 对于任意空闲的 AGV,当没有接到工作指令且不在等待区时,所采取的行动规则如下:

〈1〉路线计算。AGV 计算自身位置到所有可用等待区的最短路线。

[0021] 〈2〉移动到等待区。AGV 根据步骤〈1〉计算出的计算结果,移动到距离最近的等待区进行等待。

[0022] 第三,设计检定子系统的任务触发和运行机制。检定子系统通过接驳位和检定台来触发任务。当仓储子系统到检定子系统的接驳位不为空时,系统扫描相应的检定台是否空闲。如果没有空闲的检定台,则进行等待;如果有相应的空闲检定台,系统计算所有 AGV 完成现有任务,然后到仓储子系统到检定子系统的接驳位装载电能表并将其运送到相应检定台的最短路线和所需的最短时间。然后将任务指派给所需时间最短的 AGV。当检定台不为空且完成检定作业时,系统计算所有 AGV 完成现有任务,然后到检定台装载完成检定的电能表,并将其运送至检定子系统到封印子系统的接驳位所需的最短路线和对应的最短时间,将任务指派给所需时间最短的 AGV。

[0023] (3) 技术方案的第三部分:封印子系统由工作台、堆垛机、立库、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和从检定子系统到封印子系统的接驳位构成。首先对上述装置的相对位置和运行参数进行测量。然后采用多 Agent 方法,在仿真软件的帮助下建立封印子系统的仿真模型,建模过程主要分成如下几步:

第一:根据立库、接驳位、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和工作台的相对位置,在系统正生成工作场所的模拟环境。

[0024] 第二,生成相应数量的堆垛机,并未堆垛机设定运行规则。即当堆垛机收到指令将一定数量的电能计量器具从固定设施 A 运送到固定设施 B 时,所采取的行动规则如下:

〈1〉路线计算。计算堆垛机从自身位置到固定设施 A 的最短路线、固定设施到 A 到固定设施 B 的最短路线。

[0025] 〈2〉移动、装载与卸载。堆垛机从当前位置移动到固定设施 A,然后进行装载作业;装载完成后沿最短路线移动至固定设施 B 并进行卸载;卸载完成后运行至等待区进行等待。

[0026] 第三,设计封印子系统的任务触发和运行机制。封印子系统的任务触发机制有两种,接驳位触发和工作台触发。当接驳位不为空时,扫描所有封印工作台,如果没有空闲的封印工作台,则进行等待。如果有空闲的工作台,则计算所有空载堆垛机到接驳位的最短距离和所需的最短时间,将作业指令发送给所需时间最短的堆垛机。当工作台不为空且完成封印任务时,计算所有空载堆垛机到相应工作台的最短距离和所需的最短时间,将作业指令发送给所需时间最短的堆垛机。

[0027] (4) 技术方案的第四部分:将电能计量器具检定系统的三个部分对接。首先是检定任务可行性判定的对接。当检定任务下达后,首先扫描仓储子系统立库,然后扫描封印子系统立库。仓储子系统立库有足够的存货,封印子系统立库的剩余空间减去系统正正在处理的电能计量器具数量后仍有足够存储空间,则检定任务可行;否则不可行。然后是仓储子系统和检定子系统之间的对接。将仓储子系统接驳位的数据和检定子系统接驳位的数据保持实时一致即可实现仓储子系统和检定子系统的对接。最后是检定子系统和封印子系统的对接。将检定子系统和封印子系统接驳位的数据保持实时一致,即可实现检定子系统和封印子系统的对接。

[0028] (5) 技术方案的第五部分:本部分首先实现电能计量器具检定系统多阶段的协



调 ;然后运行系统,完成对检定任务可行性的判断和获取完成检定任务所需要的时间。

[0029] 电能计量器具检定系统多阶段协调包括检定任务可行性判断协调和电能计量器具检定过程的协调。其协调过程如下。

[0030] 第一,任务可行性判断协调。当一定量的检定任务下达之后,任务是否可行的判断需要由三个子系统的运行状态共同做出判断,过程如下:

〈1〉仓储子系统将已有工作计划中尚未完成的存货锁定,然后返回锁定的存货数量、现有库存中尚未锁定的存货数量、堆垛机正在搬运的电能计量器具数量;

〈2〉检定子系统对运行状态进行扫描,返回系统中 AGV 正在搬运的电能计量器具数量、检定台上正在检定的电能计量器具数量;

〈3〉封印子系统对运行状态进行扫描,返回堆垛机正在搬运的电能计量器具数量、正在封印的电能计量器具数量、立库的剩余存储能力。

[0031] 〈4〉三个子系统的接口扫描运行状态,返回仓储子系统与检定子系统接驳位的电能计量器具数量、检定子系统与封印子系统接驳位的电能计量器具数量。

[0032] 〈5〉当仓储子系统中未锁定的存货数量 $\geq$ 检定任务量,并且封印子系统的剩余存储能力 $\geq$ 检定任务量+仓储子系统未锁定的存货数量+仓储子系统堆垛机正在搬运的电能计量器具数量+AGV 正在搬运的电能计量器具数量+检定台上正在检定的电能计量器具数量+堆垛机正在搬运的电能计量器具数量+正在封印的电能计量器具数量+仓储子系统与检定子系统接驳位的电能计量器具数量+检定子系统与封印子系统接驳位的电能计量器具数量,则生产任务可行。否则不可行。

[0033] 第二,电能计量器具检定过程协调。当一定量的检定任务激活以后,三个子系统的运行是同步协调进行的。其协调过程包含如下两个方面:

〈1〉检定子系统不必等待仓储子系统将所有待检定电能计量器具全部运送到接驳位时才开始运作,而是当第一辆堆垛机将电能计量器具从立库运送至接驳位时即启动检定子系统的运行程序,从而使得仓储子系统的后续搬运作业可以和检定子系统的检定作业同时进行。

[0034] 〈2〉封印子系统不必等待检定子系统将所有待封印电能计量器具全部运送到接驳位时才开始运作,而是当第一个 AGV 将电能计量器具从检定台运送至接驳位时即启动封印子系统的运行程序,从而使得检定子系统的后续检定作业可以和封印子系统的封印作业同时进行。

[0035] 当一定量的检定任务下达之后,系统的运行过程如下。首先判断检定任务是否可行。如果不可行,则返回原因。可能的原因有两种,一是仓储子系统没有足够的存货;二是封印子系统的没有足够的存储空间。接到反馈后可以及时对检定任务进行调整,或采取其他措施改进运营管理,如及时进货、出货,或对仓储容量进行调整。如任务可行,则运行仿真系统即可得到完成检定任务需要的时间。

[0036] 本发明所达到的有益效果:

本发明提出采用多 Agent 仿真理论对电能计量器具检定系统进行仿真模拟,通过在特定系统参数下模拟系统运行状态,实现对检定任务的可行性判断和对检定任务完成时间的预先估计,并对系统各部分的运行过程进行协调。经过在电能计量器具检定现场的实际实施,表明该方法安全可靠,操作方便,能够明显降低电能计量器具检定工作的难度,提高工

作效率。

## 附图说明

[0037] 图 1 是本发明适用的电能表自动化检定系统各子系统关系图。

## 具体实施方式

[0038] 选择江苏省电力科学研究院计量中心电能计量器具自动化检定系统作为实施对象。国家电网江苏省计量中心拥有全国规模最大的自动化检定线,年检定单相电能表 800 万只,三向电能表 80 万只。检定系统的构成如下:计量中心智能仓储系统与自动化检定系统主要分布在负一层至二层。负一层设置自动化库房、低压电流互感器流水线,自动封印线;二层设置有单、三相电能表自动化检定线、采集终端检测线,以及故障表人工检定区。负一楼库前区设有 5 个出入库通道,采用并联方式输送货物,两进两出,中间通道可进可出。入库通道配备了风淋除尘设备,保证货物清洁的同时,可进行计量器具识别与表箱绑定。计量器具通过库前区进入立库暂存。接到生产任务,仓储系统通过堆垛机将被检器具从储位提取出来,通过提升机运送至二楼自动化检定区接驳处。自动化库房与检定区的接驳区共有四个窗口,6 个接驳位,采用智能机器人挂表的方案。AGV 将电能表从检定区接驳处输送到检定台,机器人完成取表、定位、挂表,检定台完成检定任务后,由 AGV 小车将电能表输送回接驳处,送至负一楼自动化封印线进行分拣,完成分拣的电能表将回立库暂存待配。

[0039] 本实例实施步骤如下:

(1) 在本实例当中,仓储子系统的立库自负一层贯穿至二层,高 12 米,占地面积为 2000 平方米,立库共有 2.6 万个货位,可容纳 150 万只单相电能表。堆垛机承重 65 公斤,走行速度可达 360 米/分钟。仓储子系统到检定子系统的接驳位共有 3 个,堆垛机 4 台,立库的每个存储单元都有堆垛机运行通道与接驳位相连。堆垛机在立库进行装载和在接驳位进行卸载的时间为每次 3 秒。

[0040] 根据立库、接驳位、堆垛机运行通道和堆垛机等待区的相对位置,在系统中生成工作场所的模拟环境,并为堆垛机设计运行规则如下:

<1> 路线计算。计算堆垛机从自身位置到立库相对存储位置的最短路线、立库相应存储位置到接驳位的最短路线。

[0041] <2> 移动、装载与卸载。堆垛机从当前位置移动到立库相应的存储位置,然后进行装载作业;装载完成后沿最短路线移动至接驳位并进行卸载;卸载完成后运行至等待区进行等待。

[0042] 仓储系统在接到检定任务时,首先对现有库存量进行扫描,如现有库存能够满足任务需求,则触发任务;否则反馈缺货量。任务触发后,仓储系统扫描接驳位是否已满,当接驳位不满时,计算所有堆垛机到立库相应位置的最短路线,并给距离最近的堆垛机发送作业指令。如果接驳位已满,则反馈接驳位已满的信息并进行等待。

[0043] (2) 检定子系统有检定区 4 个,AGV 等待区 4 个,以及一个将这些固定装置连在一起的一个电磁轨道系统。电磁轨道系统 2 条主轨道和 3 条将主轨道连在一起的分轨道。所有轨道均为单向轨道。AGV 在接驳处进行装载和卸载所需要的时间为每次 3 秒,在检定台进行装载和卸载所需要的时间为每次 9 秒,每个检定台的检定时间为 180 秒。AGV 的运动速度

为 3m/s,遇到障碍物时停车等待的时间为 3 到 5 秒之间均匀分布的一个随机数。

[0044] 根据接驳处、检定台、AGV 等待区、电子轨道等固定装置的相对位置,在系统中生成工作场所的模拟环境。生成 12 个 AGV,并为 AGV 设定运行规则如下:

对于任意空闲的 AGV,当接到指令将一定数量的工件从固定装置 A 运送到固定装置 B 时,所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算。AGV 计算自身位置到固定装置 A 的最短路线,以及固定装置 A 到固定装置 B 的最短路线。

[0045] <2> 移动、装载与卸载。AGV 根据步骤<1>的计算结果,首先由自身位置运动到固定装置 A,然后进行装载作业;装载完成后,再由固定装置 A 移动到固定装置 B,然后进行卸载作业。

[0046] <3> 规避碰撞。AGV 在移动过程中,实时对沿轨道向前延伸 2 米处所有可能通路的占用情况进行探测。如轨道被占用,则停止移动并等待 3-5 秒后进行继续向前运动。为防止两个以上 AGV 的相互等待陷入死循环,等待时间为 3-5 秒之间的一个随机数。

[0047] 对于任意空闲的 AGV,当没有接到工作指令且不在等待区时,所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算。AGV 计算自身位置到所有可用等待区的最短路线。

[0048] <2> 移动到等待区。AGV 根据步骤<1>计算出的计算结果,移动到距离最近的等待区进行等待。

[0049] 系统任务由两种装置触发,一个是接驳区与自动化库房的接驳位,一个是检定台。当接驳区与自动化库房的接驳位或任意一台检定台不为空时,即触发任务分配机制。

[0050] 接驳区与自动化库房的接驳位的任务触发机制如下:

<1> 当接驳区与自动化库房的接驳位的状态不为空时,接驳区与自动化库房的接驳位首先根据工件种类对检定台进行匹配,然后在匹配的检定台中搜寻是否有空闲的检定台;如果有空闲的检定台,则进入对 AGV 的选择和任务指派程序。如果没有空闲的检定台,则等待匹配检定台完成加工作业。

[0051] <2>AGV 的选择和任务指派。计算当前没有作业的每一个 AGV 到接驳区与自动化库房的接驳位装载工件并运送到每一个检定台的最短路径及相应的作业时间。将作业任务指派给相应作业时间最短的 AGV,并给该 AGV 发送指令。

[0052] 检定台的任务触发机制如下:

<1> 当检定台状态不为空,且已完成加工作业时,进入 AGV 的选择和任务指派程序。

[0053] <2>AGV 的选择和任务指派。计算当前没有作业任务的每一个 AGV 移动到相应检定台装载工件,并将工件运送到自动化封印线的接驳处的最短路径及相应的作业时间。将作业任务指派给相应作业时间最短的 AGV,并给该 AGV 发送指令。

[0054] (3)封印子系统与检定制系统的接驳位有 3 个,封印工作台 3 个,堆垛机 4 台,封印子系统的立库自负一层贯穿至二层,高 12 米,占地面积为 2000 平方米,立库共有 2.6 万个货位,可容纳 150 万只单相电能表。堆垛机承重 65 公斤,走行速度可达 360 米/分钟。立库的每个存储单元都有堆垛机运行通道与接驳位相连。堆垛机在立库进行装载和在接驳位进行卸载的时间为每次 3 秒。

[0055] 根据立库、接驳位、堆垛机运行通道、堆垛机等待区和工作台的相对位置,在系统

正生成工作场所的模拟环境。生成相应数量的堆垛机,并未堆垛机设定运行规则。即当堆垛机收到指令将一定数量的电能计量器具从固定设施 A 运送到固定设施 B 时,所采取的行动规则如下:

<1> 路线计算。计算堆垛机从自身位置到固定设施 A 的最短路线、固定设施到 A 到固定设施 B 的最短路线。

[0056] <2> 移动、装载于卸载。堆垛机从当前位置移动到固定设施 A,然后进行装载作业;装载完成后沿最短路线移动至固定设施 B 并进行卸载;卸载完成后运行至等待区进行等待。

[0057] 封印子系统的任务触发机制有两种,接驳位触发和工作台触发。当接驳位不为空时,扫描所有封印工作台,如果没有空闲的封印工作台,则进行等待。如果有空闲的工作台,则计算所有空载堆垛机到接驳位的最短距离和所需的最短时间,将作业指令发送给所需时间最短的堆垛机。当工作台不为空且完成封印任务时,计算所有空载堆垛机到相应工作台的最短距离和所需的最短时间,将作业指令发送给所需时间最短的堆垛机。

[0058] (4) 将电能计量器具检定系统的三个部分对接。当检定任务下达后,首先扫描仓储子系统立库,然后扫描封印子系统立库。仓储子系统立库有足够的存货,封印子系统立库的剩余空间减去系统正正在处理的电能计量器具数量后仍有足够存储空间,则检定任务可行;否则不可行。将仓储子系统接驳位的数据和检定子系统接驳位的数据保持实时一致即可实现仓储系统和检定子系统的对接。最后是检定子系统和封印子系统的对接。将检定子系统和封印子系统接驳位的数据保持实时一致,即可实现检定子系统和封印子系统的对接。

[0059] (5) 当一定量的检定任务下达之后,任务是否可行的判断需要由三个系统的运行状态共同做出判断,过程如下:

<1> 仓储子系统将已有工作计划中尚未完成的存货锁定,然后返回锁定的存货数量、现有库存中尚未锁定的存货数量、堆垛机正在搬运的电能计量器具数量;

<2> 检定子系统对运行状态进行扫描,返回系统中 AGV 正在搬运的电能计量器具数量、检定台上正在检定的电能计量器具数量;

<3> 封印子系统对运行状态进行扫描,返回堆垛机正在搬运的电能计量器具数量、正在封印的电能计量器具数量、立库的剩余存储能力。

[0060] <4> 三大系统的接口扫描运行状态,返回仓储子系统与检定子系统接驳位的电能计量器具数量、检定子系统与封印子系统接驳位的电能计量器具数量。

[0061] <5> 当存储子系统中未锁定的存货数量 $\geq$ 检定任务量,并且封印子系统的剩余存储能力 $\geq$ 检定任务量+仓储子系统已锁定的存货数量+仓储子系统堆垛机正在搬运的电能计量器具数量+AGV 正在搬运的电能计量器具数量+检定台上正在检定的电能计量器具数量+封印子系统堆垛机正在搬运的电能计量器具数量+正在封印的电能计量器具数量+仓储子系统与检定子系统接驳位的电能计量器具数量+检定子系统与封印子系统接驳位的电能计量器具数量,则生产任务可行。否则不可行。

[0062] 当一定量的检定任务激活以后,三个子系统的运行是同步协调进行的。其协调过程包含如下两个方面:

<1> 检定子系统不必等待仓储子系统将所有待检定电能计量器具全部运送到接驳位时

才开始运作,而是当第一辆堆垛机将电能计量器具从立库运送至接驳位时即启动检定子系统的运行程序,从而使得仓储子系统的后续搬运作业可以和检定子系统的检定作业同时进行。

[0063] <2> 封印子系统不必等待检定子系统将所有待封印电能计量器具全部运送到接驳位时才开始运作,而是当第一个 AGV 将电能计量器具从检定台运送至接驳位时即启动封印子系统的运行程序,从而使得检定子系统的后续检定作业可以和封印子系统的封印作业同时进行。

[0064] 当一定量的检定任务下达之后,系统的运行过程如下。首先判断检定任务是否可行。如果不可行,则返回原因。可能的原因有两种,一是仓储子系统没有足够的存货;二是封印子系统的没有足够的存储空间。接到反馈后可以及时对检定任务进行调整,或采取其他措施改进运营管理,如及时进货、出货,或对仓储容量进行调整。如任务可行,则运行仿真系统即可得到完成检定任务需要的时间。

[0065] 通过上述方法,至今已经完成了 3 次对电能计量器具检定系统多阶段协调调度任务。

[0066] 第一次检定任务为单相电能表 20 万只。任务输入后,系统首先进行状态扫描,获取系统目前状态为:仓储子系统中未锁定的存货数量 45 万只,仓储子系统已锁定 5.2 万只,仓储子系统堆垛机正在搬运 2000 只,AGV 正在搬运 600 只,检定台正在检定 2400 只,封印子系统堆垛机正在搬运 600 只,封印子系统正在封印 600 只,仓储子系统与检定子系统接驳位有 3000 只,检定子系统与封印子系统接驳位有 2400 只,封印子系统的剩余存储能力 30 万只。判定任务可行性为可行。随后运行仿真系统可知,系统在 7.5 小时后可以开始启动本次检定任务,任务启动后需要 23.6 小时完成本批次检定任务。

[0067] 第二次检定任务为 24 万只。任务输入后,系统首先进行状态扫描,获取系统目前状态为:仓储子系统中未锁定的存货数量为 30 万只,仓储子系统中已锁定的存货数量为 13 万只,仓储子系统堆垛机正在搬运 1600 只,AGV 正在搬运 800 只,检定台正在检定 2400 只,封印子系统堆垛机正在搬运 1800 只,封印子系统正在封印 800 只,仓储子系统与检定子系统接驳位有 2800 只,检定子系统与封印子系统接驳位有 2000 只,封印子系统的剩余存储能力 35 万只。判定任务可行性为不可行,返回不可行原因为封印子系统仓储能力欠缺 32200。系统解决方案为 1)减少本批次任务量至 20.78 万只,或 2)将封印子系统剩余存储能力提升 32200 只。调整后,可在 16.8 小时后启动本次检定任务,如采用调整方案 1),任务启动后需要 24.5 小时完成本次检定任务;如采用调整方案 2)任务启动后需要 28.3 小时完成本次检定任务。

[0068] 第三次检定任务为 30 万只。任务输入后,系统首先进行状态扫描,获取系统目前状态为:仓储子系统中未锁定的存货数量为 28 万只,仓储子系统中已锁定的存货数量为 12 万只,仓储子系统堆垛机正在搬运 1800 只,AGV 正在搬运 700 只,检定台正在检定 2400 只,封印子系统堆垛机正在搬运 1200 只,封印子系统正在封印 800 只,仓储子系统与检定子系统接驳位有 2600 只,检定子系统与封印子系统接驳位有 2200 只,封印子系统的剩余存储能力 45 万只。判定任务可行性为不可行,返回不可行原因为仓储子系统未锁定存货缺少 2 万只。系统解决方案为 1)减少本批次任务量至 28 万只,或 2)将仓储子系统补充存货 2 万只。调整后,可在 15.3 小时后启动本次检定任务,如采用调整方案 1),任务启动后需要

33 小时完成本次检定任务 ;如采用调整方案 2) 任务启动后需要 35.4 小时完成本次检定任务。

[0069] 上述实施例不以任何形式限定本发明,凡采取等同替换或等效变换的形式所获得的技术方案,均落在本发明的保护范围之内。

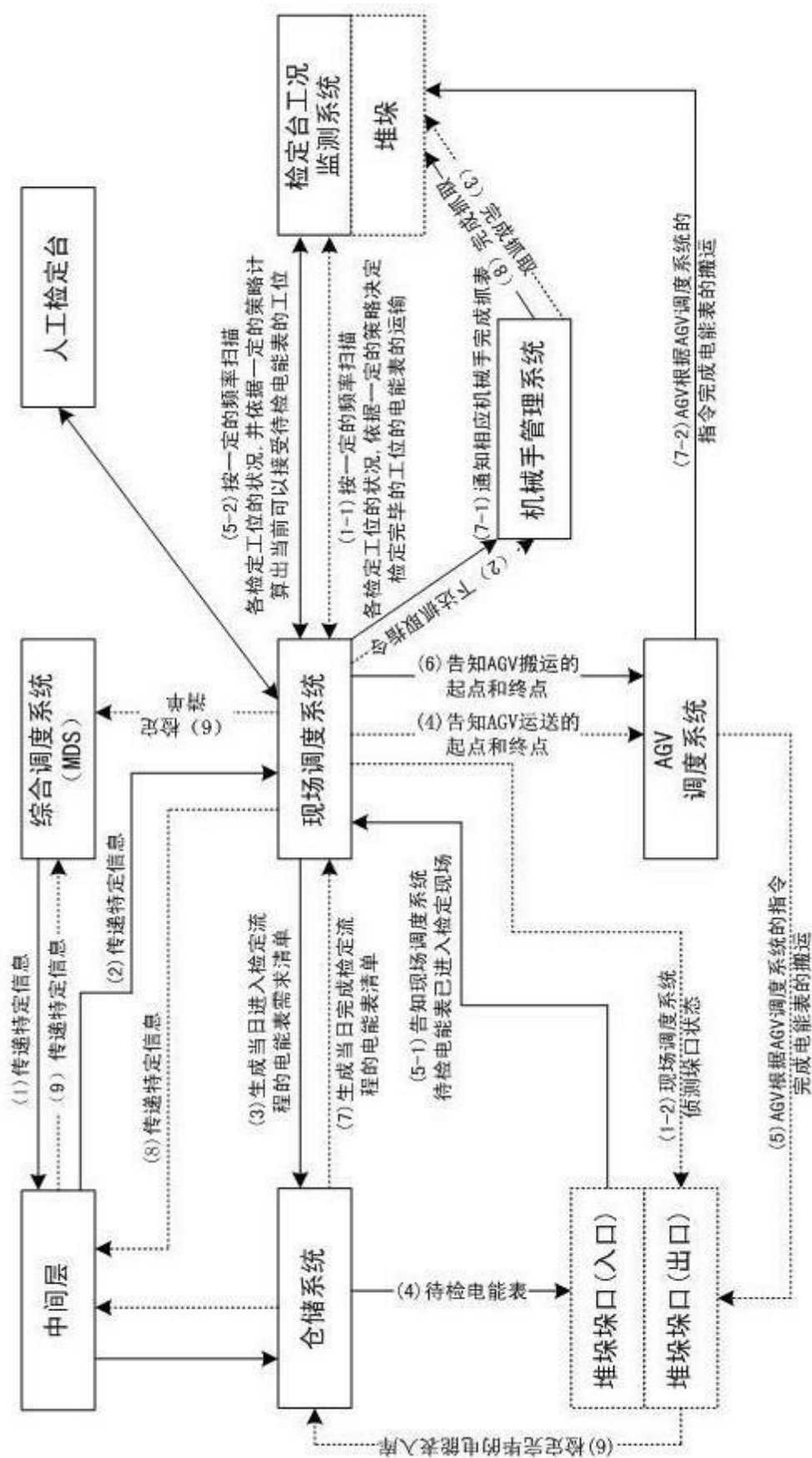


图 1