

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021年4月8日 (08.04.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/062748 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06N 20/00 (2019.01) *G06Q 10/04* (2012.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/109668
- (22) 国际申请日: 2019年9月30日 (30.09.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 西门子股份公司 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) [DE/DE]; 德国慕尼黑维尔纳-冯-西门子-街1号, Munchen 80333 (DE).
- (71) 申请人 (仅对LC): 西门子 (中国) 有限公司 (SIEMENS LTD., CHINA) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区望京中环南路7号, Beijing 100102 (CN).
- (72) 发明人: 王德慧 (WANG, Dehui); 中国北京市朝阳区望京国风社区609号101, Beijing 100102 (CN)。 江宁 (JIANG, Ning); 中国北京市朝阳区望京西园四区418号810, Beijing 100102 (CN)。 张拓 (ZHANG, Tuo); 中国北京市海淀区厂洼社区16-1-603, Beijing 201100 (CN)。 田中伟 (TIAN, Zhongwei); 中国北京市朝阳区安慧北里11号301, Beijing 100102 (CN)。
- (74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限公司 (KANGXIN PARTNERS, P.C.); 中国北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦A座16层, Beijing 100098 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: OPTIMIZATION METHOD AND APPARATUS FOR INTEGRATED ENERGY SYSTEM AND COMPUTER READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 综合能源系统的优化方法、装置和计算机可读存储介质

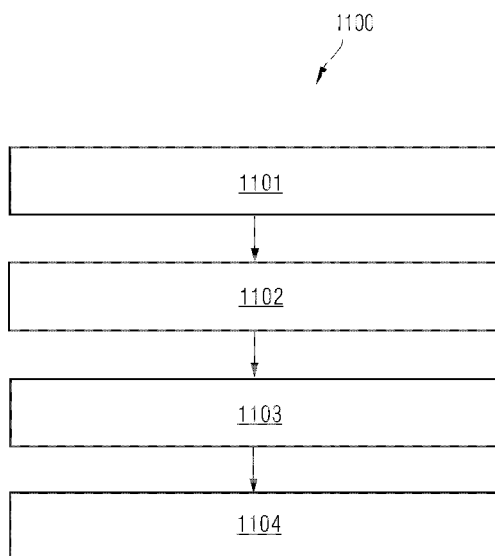


图 11

(57) Abstract: An optimization method and apparatus for an integrated energy system and a computer readable storage medium. The method comprises: receiving an optimization task including an optimization goal; on the basis of the optimization goal and the simulation model of an integrated energy system, establishing a nonlinear equation set; solving the nonlinear equation set on the basis of a linear programming algorithm to obtain an optimization result; and outputting the optimization result, wherein an establishment process for the simulation model comprises: determining the topological structure of the integrated energy system, the topological structure including devices of the integrated energy system and a connection attribute between the devices; determining general models of the devices and a connector model corresponding to the connection attribute; connecting the general models by means of the connector model to form a simulation model of the integrated energy system; and training the simulation model. Various optimization tasks, such as energy production optimization scheduling and factory peak load shifting energy consumption, can be performed.

(57) 摘要: 一种综合能源系统的优化方法、装置和计算机可读存储介质, 方法包括: 接收包含优化目标的优化任务; 基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型, 建立非线性方程组; 基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果; 输出所述优化结果; 其中所述仿真模型的建立过程包括: 确定综合能源系统的拓扑结构, 所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性; 确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型; 经由所述连接件模型连接所述通用模型, 以组成所述综合能源系统的仿真模型; 训练所述仿真模型。可以执行各种优化任务, 比如能源生产优化调度及工厂错峰用能。



WO 2021/062748 A1

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

综合能源系统的优化方法、装置和计算机可读存储介质

技术领域

本发明涉及综合能源技术领域，特别是涉及一种综合能源系统的优化方法、装置和计算机可读存储介质。

背景技术

综合能源服务是指一定区域内利用先进的物理信息技术和创新管理模式，整合区域内煤炭、石油、天然气、电能、热能等多种能源，实现多种异质能源子系统之间的协调规划、优化运行，协同管理、交互响应和互补互济。

可以提供综合能源服务的综合能源系统指在规划、建设和运行等过程中，通过对能源的产生、传输与分配（能源网络）、转换、存储、消费等环节进行有机协调与优化后，形成的能源产供销一体化系统。它主要由供能网络（如供电、供气、供冷/热等网络）、能源交换环节（如 CCHP 机组、发电机组、锅炉、空调、热泵等）、能源存储环节（储电、储气、储热、储冷等）、终端综合能源供用单元（如微网）和大量终端用户共同构成。

目前，针对综合能源系统的控制过程繁琐，复杂度高。

发明内容

本发明实施方式提出一种综合能源系统的优化方法、装置和计算机可读存储介质。

本发明实施方式的技术方案如下：

一种综合能源系统的优化方法，所述综合能源系统包含非线性设备，该方法包括：

接收包含优化目标的优化任务；

基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组；

基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果；

输出所述优化结果；

其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

在一个实施方式中，所述综合能源系统还包含线性设备；

该方法还包括预先生成每种线性设备的通用模型的过程和预先生成每种非线性设备的通用模型的过程，其中生成每种非线性设备的通用模型的过程包括：

针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，确定其完整的设计点数据；

采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述非线性基理过程的通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数；

构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法，并建立所述机器学习算法与所述非线性基理过程的通用模型之间的关联关系；

将每种非线性设备的所有目标非线性通用过程的通用模型及其所关联的机器学习算法，构成该种非线性设备的通用模型。

在一个实施方式中，所述训练仿真模型包括：

获取所述仿真模型的运行过程中所述设备的历史数据；

基于所述设备的历史数据训练所述通用模型。

在一个实施方式中，

所述基于设备的历史数据训练通用模型包括：基于非线性设备的历史数据，训练非线性设备的通用模型的过程；

其中该过程包括：

针对非线性设备的每个目标非线性基理过程，获取所述非线性设备的所述目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据，利用所述历史数据对所述机器学习算法进行训练，得到所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型；

将所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入所述目标非线性基理过程的通用模型中，得到所述非线性设备的所述目标非线性基理过程的训练后模型；

将所述非线性设备的所有目标非线性基理过程的训练后模型，构成所述非线性设备的训练后模型。

在一个实施方式中，所述非线性设备包括：燃气轮机、热泵；

所述燃气轮机的目标非线性基理过程包括：膨胀透平中的流量与压力的相关过程、热能与机械能能量转换的过程；

所述热泵的目标非线性基理过程包括：传热过程、热能转换为动能的过程、管道阻力过程、流量与压力的相关过程。

在一个实施方式中，所述线性规划算法包括下列中的至少一个：

MIP 算法；MILP 算法。

一种综合能源系统的优化装置，所述综合能源系统包含非线性设备，该装置包括：

接收模块，用于接收包含优化目标的优化任务；

方程组建立模块，用于基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组；

求解模块，用于基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果；

输出模块，用于输出所述优化结果；

其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

在一个实施方式中，所述综合能源系统还包含线性设备；所述设备包含线性设备和非线性设备；

其中所述仿真模型的建立过程还包括预先生成每种线性设备和非线性设备的通用模型的过程，其中生成每种非线性设备的通用模型的过程包括：针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，确定其完整的设计点数据；采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述非线性基理过程的通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数；构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法，并建立所述机器学习算法与所述非线性基理过程的通用模型之间的关联关系；将每种非线性设备的所有目标非线性通用过程的通用模型及其所关联的机器学习算法，构成该种非线性设备的通用模型。

在一个实施方式中，所述线性规划算法包括下列中的至少一个：

MIP 算法；MILP 算法。

一种综合能源系统的优化装置，包括处理器和存储器；

所述存储器中存储有可被所述处理器执行的应用程序，用于使得所述处理器执行如上任一项所述的综合能源系统的优化方法。

一种计算机可读存储介质，其特征在于，其中存储有计算机可读指令，该计算机可读指令用于执行如上任一项所述的综合能源系统的优化方法。

可见，本发明实施方式中，接收包含优化目标和约束条件的优化任务；基于所述优化目标、约束条件和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组；基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果；输出所述优化结果；其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。基于设备的通用模型及连接件模型组成综合能源系统的仿真模型；训练仿真模型，并基于训练后的仿真模型生成综合能源系统的控制命令。因此，通过可复用的通用模型，实现了专业知识的各行业、各用户的共享，便于构建综合能源系统的仿真系统，并提高了综合能源系统的控制效率。而且，考虑到综合能源系统的实际运行过程中，设备老化、积灰等自然因素或操作人员修改了设备底层参数时，常常会导致内嵌的设备模型偏离实际情况和计算结果存在偏差，本发明实施方式根据实际运转情况以训练方式修正设备的模型参数，从而达到更高的准确度。

针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立非线性基理过程的描述公式，得到非线性基理过程的通用模型，使得该模型可适用于一类设备。此外，通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数，并且通过构建实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法，使得该可变参数可通过机器学习获得，进而使得该通过模型具有自学习能力。还有，针对该种设备的一个具体设备，通过对其每个目标非线性基理过程，获取具体设备的目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据，并利用历史数据对机器学习算法进行训练，得到目标非线性基理过程的可变参数训练模型，并将目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入目标非线性基理过程的通用模型中，可得到具体设备的目标非线性基理过程的训练后模型，也即符合具体设备特性的实例化模型。再有，通过为可变参数预先设置默认值，可在现场不具备训练可变参数的情况下，例如没有足够的历史数据等情况下，可以使得该非线性模型可用。

附图说明

图 1 为本发明实施方式的综合能源系统的控制方法的流程图。

图 2 为本发明实施方式基于连接件模型和设备的通用模型组成综合能源系统的仿真模型的示意图。

图 3 为本发明实施方式设置设备的通用模型的参数的示意图。

图 4 为本发明实施方式生成非线性设备的通用模型的方法流程图。

图 5 为本发明实施方式的综合能源系统的控制装置的模块图。

图 6 为本发明实施方式具有处理器-存储器架构的综合能源系统的控制装置的结构图。

图 7 为本发明实施方式具综合能源系统的示范性拓扑结构图。

图 8 为本发明实施方式综合能源系统的仿真方法流程图。

图 9 为本发明实施方式综合能源系统的仿真装置结构图。

图 10 为本发明实施方式具有处理器-存储器架构的综合能源系统的仿真装置结构图。

图 11 为本发明实施方式综合能源系统的优化方法流程图。

图 12 为本发明实施方式综合能源系统的优化装置结构图。

图 13 为本发明实施方式具有处理器-存储器架构的综合能源系统的优化装置的结构图。

图 14 为本发明实施方式综合能源系统的仿真示例的系统结构图。

图 15 为本发明实施方式综合能源系统的优化示例的系统结构图。

其中，附图标记如下：

100	综合能源系统的控制方法
101~105	步骤
201、204、205、206、207、	箭头

208、209、210	
202	燃气轮机通用模型
203、211	连线
212	计费模块
213	溴化锂供热机通用模型
214	溴化锂制冷机通用模型
215	供电负荷通用模型
216	供热负荷通用模型
217	供冷负荷通用模型
220	参数设置区
221	温度输入框
222	压比输入框
223	压力恢复输入框
224	进口温度输入框
225	空气流量输入框
400	生成非线性设备的通用模型的过程
401~404	步骤
500	综合能源系统的控制装置
501	拓扑结构确定模块
502	模型确定模块
503	仿真模型组成模块
504	训练模块
505	控制命令生成模块
600	综合能源系统的控制装置
601	存储器
602	处理器
701	能源
702	能量转换部分
703	能量消耗部分
704	末端用户处的能量形式
70	天然气
71	PV/WIND
72	太阳热能
73	高温热储存

74	压缩热泵
75	吸收热泵
76	燃气轮机
77、78	燃气锅炉
79、80	蒸汽发生器
81	背压轮机
82	中温热储存
83	压缩空气调节
84	吸收调节
85	LP 锅炉
86	冷储存
87	低温热储存
88	过程功率
89	过程中的流
90	水处理
91	冷水岛
92	冷却过程
93	压缩空气
94	热处理/铸造/焊接
95	电网
96	蒸汽
97	制冷
98	加热
800	综合能源系统的仿真方法
801~804	步骤
900	综合能源系统的仿真装置
901	接收模块
902	方程组建立模块
903	求解模块
904	输出模块
1000	综合能源系统的仿真装置
1100	综合能源系统的优化方法
1101~1104	步骤
1200	综合能源系统的优化装置

1201	接收模块
1202	方程组建立模块
1203	求解模块
1204	输出模块
1300	综合能源系统的优化装置
1301	存储器
1302	处理器
141	燃气轮机
142	电网
143	光伏系统
144	负荷 1
145	负荷 2
146	负荷 3
147	储能电池

具体实施方式

为了使本发明的技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施方式，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施方式仅仅用以阐述性说明本发明，并不用于限定本发明的保护范围。

为了描述上的简洁和直观，下文通过描述若干代表性的实施方式来对本发明的方案进行阐述。实施方式中大量的细节仅用于帮助理解本发明的方案。但是很明显，本发明的技术方案实现时可以不局限于这些细节。为了避免不必要地模糊了本发明的方案，一些实施方式没有进行细致地描述，而是仅给出了框架。下文中，“包括”是指“包括但不限于”，“根据……”是指“至少根据……，但不限于仅根据……”。由于汉语的语言习惯，下文中没有特别指出一个成分的数量时，意味着该成分可以是一个也可以是多个，或可理解为至少一个。

在本发明实施方式中，利用可重复使用的设备通用模型组成综合能源系统的仿真模型，基于设备的历史数据训练设备的通用模型，从而实现对仿真模型的训练，并由训练后的仿真模型生成综合能源系统的控制命令，从而降低控制复杂度。

图 1 为本发明实施方式的综合能源系统的控制方法的流程图。

如图 1 所示，该方法包括：

步骤 101：确定综合能源系统的拓扑结构，拓扑结构包含综合能源系统的设备及设备之间的连接属性。

在这里，基于园区的各种能源边界条件（比如，空调机组的运行时间；环境温度和湿度；车间设备的

开工情况；车间门窗的开启状况，等等）以及设计目标等输入，确定综合能源系统的拓扑结构。其中，拓扑结构包含综合能源系统的设备及各个设备之间的连接属性。

优选地，综合能源系统中所包含的设备可以包括：吸收制冷（AC）设备、多效蒸发（MED）设备、压缩制冷（CC）设备、多级闪蒸精馏（MSFD）设备、联合热和冷供给（CHC）设备、太阳能光伏（PV）设备、冷水储能（CWS）设备、冷热可转换热泵（rHP）设备、电锅炉（EB）设备、反渗透（RO）设备、电化学储能（ECES）设备、汽轮机（ST）设备、燃气锅炉（GB）设备、储水（WS）设备、燃气轮机（GT）设备、风电（WT）设备、燃气轮机进口冷却器（HEX）设备、内燃机（ICE）设备、热泵（HP）设备、冰储-整体化脱盐（isiD）设备、高温储热/低温储热（HTS/LTS）设备、低温储热（ITES）设备、冰热力储能（ITES）设备，等等。

优选地，设备之间的连接属性可以包括：

- （1）、设备之间的连接关系，比如 A 设备需要连接 B 设备，B 设备需要连接 C 设备；
- （2）、设备之间的连接特征，比如当确定设备之间的连接关系后，连接特征具体包括管道连接、电连接、经济学连接，等等。

图 7 为本发明实施方式综合能源系统的示范性拓扑结构图。

由图 7 可见，该综合能源系统的拓扑结构包含能源 701、能量转换部分 702、能量消耗部分 703 和末端用户处的能量形式 704。其中：

能源 701 包含：天然气 70、PV/WIND71 和太阳热能 72。

能量转换部分 702 包含：高温热储存 73、压缩热泵 74、吸收热泵 75、燃气轮机 76、第一燃气锅炉 77、第二燃气锅炉 78、第一蒸汽发生器 79、第二蒸汽发生器 80、背压（back press）轮机 81、中温热储存 82、压缩空气调节 83、吸收调节 84、LP 锅炉 85、冷储存 86 和低温热储存 87。

能量消耗部分 703 包含：过程功率 88、过程中的流 89、水处理 90、冷水岛 91、冷却过程 92、压缩空气 93 和热处理/铸造/焊接 94。

末端用户处的能量形式包含：电网 95、蒸汽 96、制冷 97 和加热 98。

而且，在该拓扑结构中，设备之间具有连接属性，比如高温热储存 73 和第二蒸汽发生器 80 之间的管道连接，或过程功率 88 和电网 95 之间的电连接，等等。

步骤 102：确定设备的通用模型及对应于连接属性的连接件模型。

拓扑结构中的设备通常包含线性设备和非线性设备，该方法还包括预先生成每种线性设备的通用模型和每种非线性设备的通用模型的过程。线性设备的建模过程可以采用一般线性或多元回归等方式，本发明不再赘述。

优选地，在本发明实施方式中，生成每种非线性设备的通用模型的过程包括：

针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，确定其完整的设计点数据；采用相似性准则支持的

相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述非线性基理过程的通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数；构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法，并建立所述机器学习算法与所述非线性基理过程的通用模型之间的关联关系；将每种非线性设备的所有目标非线性通用过程的通用模型及其所关联的机器学习算法，构成该种非线性设备的通用模型。

具体地，连接件模型可以实施为电线模型、管道连接线模型、经济学连接线模型，等等。

步骤 103：经由连接件模型连接通用模型，以组成综合能源系统的仿真模型。

比如，可以通过图形界面拖拽等形式经由连接件模型连接通用模型，以组成综合能源系统的仿真模型。其中，针对具有额外输入参数的通用模型，还可以通过可视化箭头形式，标示出额外输入参数。

步骤 104：训练仿真模型。

具体的，训练仿真模型包括：获取仿真模型的运行过程中，组成综合能源系统中的各个设备的历史数据；基于这些设备的历史数据训练通用模型。其中，当设备包含线性设备和非线性设备时，基于仿真模型的运行过程中，线性设备的历史数据训练线性设备的通用模型，基于非线性设备的历史数据训练非线性设备的通用模型。

优选地，用户可以自由定义需要训练的对象目标及相应的决定参数，并自由选用训练算法、相应的历史数据以及合适的技术参数。模型的参数可以利用手动录入输入，也可以通过自动优化，根据存储的长期历史数据以及实时数据进行优化，得到准确度更高的模型。训练得到的数据模型以及机理模型是后续预测和优化的数据基础。

优选地，训练非线性设备的通用模型的过程包括：针对非线性设备的每个目标非线性基理过程，获取所述非线性设备的所述目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据，利用所述历史数据对所述机器学习算法进行训练，得到所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型；将所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入所述目标非线性基理过程的通用模型中，得到所述非线性设备的所述目标非线性基理过程的训练后模型；将所述非线性设备的所有目标非线性基理过程的训练后模型，构成所述非线性设备的训练后模型。

在一个实施方式中，非线性设备包括：燃气轮机、热泵；所述燃气轮机的目标非线性基理过程包括：膨胀透平中的流量与压力的相关过程、热能与机械能能量转换的过程。

在一个实施方式中，所述热泵的目标非线性基理过程包括：传热过程、热能转换为动能的过程、管道阻力过程、流量与压力的相关过程。

以上示范性描述了综合能源系统的拓扑结构、设备建模和非线性设备的典型实例，本领域技术人员可以意识到，这种描述仅是示范性的，并不用于限定本发明实施方式的保护范围。

步骤 105：基于训练后的所述仿真模型生成所述综合能源系统的控制命令。

在这里，可以基于训练后的所述仿真模型生成所述综合能源系统的控制命令。控制命令可以为针对综合能源系统中单个设备的控制命令，也可以是针对综合能源系统的综合控制指令。而且，控制命令可以实施为仿真命令或优化命令。比如，接收包含优化目标的优化任务；将优化目标输入所述仿真模型；使能所述仿真模型输出符合仿真模型内的约束条件且达到所述优化目标的控制命令。

优选地，该方法还包括：接收仿真任务；基于所述仿真任务运行所述仿真模型，并输出仿真结果；其中所述仿真任务包含下列中的至少一个：关于设备性能监控的仿真任务；包含操作假设条件的仿真任务；关于连接件模型性能监控的仿真任务；关于综合能源系统的整体性能监控的仿真任务，等等。

其中：仿真任务具体包括综合能源系统的性能监测、节能管理、系统参数优化运行。优化任务包括：在某段时间内满足某段负荷的最优化调度。

可以将图 1 所示流程集成到一个软件平台中，基于该软件平台实施图 1 所示流程。

比如，该软件平台可以遵循通用 IOT 平台架构，提供微服务，搭建 PAAS 层及 SAAS 层。其中，前端通过与本地数据存储层的 SCADA 相连，或通过 OPC UA 与其它系统相连获取数据，平台系统具有解析 MQTT 物联网协议的功能，各现场可通过把不同通讯协议转换为 MQTT 协议后上发平台，进行数据通讯。遵循 IEC61970 及 IEC61850 标准数据信息模型标准，从而不仅实现数据本身的传递，还包括各种各类数据的层次关系、系统连接、业务逻辑，等语义关系的自由建议或接收。

关于软件平台的软件架构：综合能源服务的多种算法功能是紧密相关的，且可以独立运行，彼此交互，协同工作，完成多种多样的能源管理任务，例如：综合能源相关部件模块、大数据分析模块、系统模块、优化模块、仿真模块等，都承载于容器技术之上，支持分布式布置，支持跨平台，支持云端平台。IEMS 采用了 MYSQL 数据库，利用 RABBITMQ 形成消息、数据配送总线技术，用于算法之间及算法与前端的消息传递、数据传送及任务分发。采用 JASON 格式进行数据传递。采用 CELERY 用于 DOCKER 之间的消息通讯，业务协调。

关于该软件平台的平台架构：主要分成前端数据获取的 ADAPTOR 层，PaaS 层、SaaS 层。ADAPTOR 层是与用于与 SIEMENS SCADA 系统或 SIEMENS DEOP 进行通讯，或与其它遵循 OPC UA 协议的系统、设备进行通讯，或直接接收 MQTT 协议。PaaS 层服务中包括了与综合能源管控系统功能相关的服务：数据处理服务、部件模型库服务、模型训练服务、能源系统构建服务、预测服务、优化服务、报表服务、及仪表盘用户界面服务、数据分析工具服务；与信息及通讯相关的通用 PaaS 层服务包括：消息接收及配送服务，负荷均衡服务、数据管理服务。SaaS 服务实现了：能源网络数据及性能监测及诊断、负荷及发电短期预测、系统参数运行优化、能源生产供给的优化调度管理、工厂错峰用能管理、节能管理、多网络协调管理、预测性维护管理。

另外，该软件平台可以包括仿真环境及优化环境，仿真环境是指某一时刻，系统的状态，可以连接下面的测量点分析出的状态，也可以是加入某些操作假设分析出的状态。与仿真不同，运行优化是指在某一

段时间的总体运行最优，是一个时段的问题。它们有各字的仿真求解器及优化求解器，有各自的中间解释器，共用一个场景及问题建立用户图形界面作为设备、测点、位置、连接关系等语义的输入系统，利用各自的解释器形成各自的算法接收的数学问题，进行求解。

因此，本发明实施方式通过该软件平台的设计，将园区的各种能源的边界条件以及设计目标等输入，通过数据处理、模型训练等形成可以重复使用的标准模型，同时产生与历史负荷匹配的机组选型，形成符合最优目标的综合能源系统的管控软件平台。而且，通过系统的容量匹配优化可以减少电、热、气的单位价格，降低各能源模块的设备成本，提高可再生能源的消纳能力，可有效提高系统经济性。另外，在该软件平台建设完成后，将历史数据与实时的最新的数据相融合，进行相应模型修正，再利用各种先进算法，形成实时运行的调度策略，保证系统运行期间始终能够达到设定的最优目标。为后续实时电力市场交易、需求响应，以及其他能源市场实时交易等提供可靠的信息技术基础。

优选的，软件平台还能够实现工业能源数据的可视化，数据的透明化展示。利用大数据分析策略，基于机理模型及人工智能技术，针对用户负荷进行实时预测，实时动态优化发电预测的短期运行，以应对目前市场削峰填谷，阶梯电价，调频调压，工厂节能降耗及未来自由市场交易（期货及现货交易，前一天及当天交易市场）的需求。从中长期来看，软件平台能够进行优化运行管理。针对系统内各部件的中期性能、状态进行监测，并进行实时的能效分析。利用实时收集的各项能源数据，进行仿真分析，制定技改方案规划，以及技术经济性分析。还有，软件平台可充分利用可再生能源、化石燃料、余温余压、新能源等多种资源形式，使之相互配合，通过网、储的灵活运行，建立创新的商业机制、采用智能的手段实现高质量、高效率和经济性的区域电、热、冷、气等多种负荷的综合供给，满足终端负荷随机性变动要求。

在本发明实施方式中，优化算法通过下层控制系统自动对可控的资源进行优化调度，对不可控的资源则准确反应其产生的作用。同时系统能够自动识别系统的变化，从而实现自动灵活的改变。平台可以选择优化目标，包括能源成本、二氧化碳排放，效率等。

图 2 为本发明实施方式基于连接件模型和设备的通用模型组成综合能源系统的仿真模型的示意图。

燃气轮机通用模型 202、溴化锂供热机通用模型 213、溴化锂制冷机通用模型 214、供电负荷通用模型 215、供热负荷通用模型 216 和供冷负荷通用模型 217 都已经预先建立。然后，通过拖拽形式，将燃气轮机通用模型 202、溴化锂供热机通用模型 213、溴化锂制冷机通用模型 214 相互连接以形成如图 2 所示的仿真模型。连接件模型可以包含箭头和连接。基于箭头可以为通用模型提供输入；基于连线可以为通用模型提供电学连接、管道连接或经济学连接。比如，箭头 201、箭头 210、箭头 205、箭头 206、箭头 207、箭头 208 和箭头 209，可以分别为箭头指向的通用模型提供输入。

当基于图 2 组成综合能源系统的仿真模型后，可以为该仿真模型输入本地化的参数。

图 3 为本发明实施方式设置设备的通用模型的参数的示意图。

由图 3 可见，通过触发（比如单击或双击）图 2 中的燃气轮机通用模型 202，进一步展示参数设置区

220。在参数设置区 220 中，展示与燃气轮机通用模型 202 相关的参数输入框，比如展示展示温度输入框 221、压比输入框 222、压力恢复输入框 223、进口温度输入框 224 和空气流量输入框 225。然后，用户可以在这些参数输入框中分别输入参数，这些参数被赋值到燃气轮机通用模型 202 中。

本发明实施方式还提出了一种生成非线性设备的通用模型的方法。

图 4 为本发明实施方式生成非线性设备的通用模型的方法流程图。

如图 4 所示，该方法包括：

步骤 401：针对非线性设备的每个目标非线性基理过程，获取非线性设备的所述目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据。

本步骤中，基理过程有时也可称为物理过程，如传热过程、电能转换过程、以及前面提到的流量与压力的相关过程等。针对每种非线性设备，可以确定感兴趣的基理过程，即需要建模的基理过程，将这些需要建模的基理过程称为目标基理过程，其中非线性的目标基理过程便可称为目标非线性基理过程。例如，针对燃气轮机，其目标非线性基理过程可包括：膨胀透平中的流量与压力的相关过程、热能与机械能能量转换的过程等；针对热泵，其目标非线性基理过程可包括：传热过程、热能转换为动能的过程、管道阻力过程、流量与压力的相关过程等。

针对每个非线性的基理过程，可根据公开发表的设计参数及厂家提供给用户的普通设计点信息等，复原完整的设计点数据。例如，针对流量与压力的相关过程这一通用模型，其设计点数据可包括压比、空气流量等，根据这些设计点数据可推导其效率、进口阻力以及抽气量等使用者不可得的相关设计参数。

步骤 402：采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数。

其中，实际工况参数指的是某一具体设备的随实际工况参数变化而变化的参数。例如，随着长时间的使用发生机械磨损而产生变化的尺寸，或随季节变化而变化的温度，或随不同做功情况变化的相关参数等。所述可变参数可具有预先设置的默认值。

由于针对每种非线性设备可能存在不同的型号，例如，以压缩机为例，可能存在功率为 5M、50M、500M 等不同功率的压缩机，因此为了建立压缩机的通用模型，需要采用相似性准则支持的相似数来代替具体的参数值。例如，仍以上述的流量与压力的相关过程这一通用模型为例，使用流量及压力、功率的相似准则支持的相似数代替具体参数，例如：流量的相似准则可如下式(1)所示：

$$\frac{G1\sqrt{T1}}{\frac{P1}{G0\sqrt{T0}}} \quad (1)$$

其中，G1 为流量，T1 为温度，P1 为压力，G0 为相应设计点流量，T0 为相应设计点温度，P0 为相应设计点压力。

相应地，得到的流量与压力的相关过程的通用模型可如下式(2)所示：

$$\frac{\frac{G1\sqrt{T1}}{P1}}{\frac{G0\sqrt{T0}}{P0}} = f(a \times IGV \text{ 角度}, b \times \text{相似转速比值}) \quad (2)$$

其中，f()为函数，系数 a 和 b 为随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数，实际应用中，也可为可变参数 a 和 b 设置一个默认值。IGV 为进口可转导叶角度。

步骤 403：构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法。

本步骤中，可基于神经智能网络或支持向量机等机器学习大数据分析的方法来构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法

步骤 404：每种设备的所有目标非线性基理过程的通用模型及其所关联的机器学习算法构成该种设备的通用模型。

实际应用中，用户购买通用模型之后，需要搭建自己的综合能源系统的仿真模型，此时，每个通用模型需要与现场的具体设备相关联，因此便需要对该通用模型进行实例化（可称为训练）。相应地，通用模型的训练过程包括：

第一步：针对该种设备的一个具体设备的每个目标非线性基理过程，获取所述具体设备的所述目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据，利用所述历史数据对所对应的机器学习算法进行训练，得到所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型。

本步骤中，具体训练时，将实际工况参数的一组历史数据作为输入样本值，将实际工况参数的所述一组历史数据对应的可变参数的历史数据作为输出样本值，利用大量的输入样本值和对应的输出样本值对所述机器学习算法进行训练，便可得到所述可变参数的自学习模型，也称训练模型。

例如，仍以上述的流量与压力的相关过程为例，则可获取现场的燃气轮机的相关实际工况参数的历史数据及其对应的可变参数的历史数据，得到输入输出样本集，通过训练后可得到可变参数 a 和 b 的训练模型。

第二步：将所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入所述目标非线性基理过程的通用模型中，得到所述具体设备的所述目标非线性基理过程的训练后模型。该训练后模型为具有学习能力的自学习模型。

本步骤中，可根据所述机器学习算法与所述通用模型的关联关系，将所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入所述目标非线性基理过程的通用模型中。

例如，仍以上述的流量与压力的相关过程为例，将可变参数 a 和 b 的当前训练模型输入上述式(2)中，

便可得到现场的燃气轮机的压气机的流量与压力的相关过程的通用模型。

第三步：所述具体设备的所有目标非线性基理过程的训练后模型构成所述具体设备的训练后模型。

实际使用时，该训练后模型的输入参数可包括所有目标非线性基理过程的训练后模型所需的输入参数。

可见，建立综合能源系统的过程中需要建立很多设备的模型，这些设备通常包括很多非线性的物理过程（也称基理过程），如燃气轮机的压气机中的流量与压力的相关过程，机械能转变为压能的过程等，因此这种设备的模型通常为非线性模型。

以上对本发明实施例中的非线性模型的建模方法进行了详细描述。另外，非线性模型通常建模过程比较复杂，但相应的精度也比较高，但若直接采用该非线性模型运行综合能源系统的相应控制（比如，仿真或优化），则可能会由于非线性模型的运行速度相对较慢而影响整个综合能源系统的仿真实时性。

因此，在本发明实施方式中，还优选对训练后的非线性模型执行线性化处理，以提高综合能源系统的仿真实时性。

在这里，提出一种非线性模型的线性化处理方法，包括：

第一步：针对每个设备的非线性模型，确定所述模型各个输入参数的取值范围。

例如，有效的功率范围为额定工况的 50%到 110%的范围，此外，还有当地的环境温度变化的范围，环境压力变化的范围等。

第二步：将每个输入参数的取值范围基于复数个插值点划分为复数个子区间。

本步骤中，可基于均衡准则，将每个输入参数的取值范围基于复数个插值点划分为复数个子区间。其中，插值点的确定可以是针对非线性变化剧烈的区域设置较多的插值点，针对非线性变化缓慢的区域设置较少的插值点。

例如，功率范围插入 40 个点，环境温度插入 20 个点，环境压力插入 5 个点等。

第三步：在每个子区间内均衡确定复数个输入样本值。

本步骤中，可基于均衡准则，在每个子区间内均衡确定复数个输入样本值。例如，功率及环境温度等在实际域中可采用等分方法。

第四步：遍历所述模型各个输入参数的输入样本值组合，利用所述非线性模型得到每个输入样本值组合对应的输出样本值组合。

例如，对应遍历得到的每组输入样本值，均存在一组对应的输出，例如效率输出，或燃料消耗、排放输出，运行成本输出等。

第五步：利用所有输入样本值组合与其所对应的输出样本值组合生成一个张量表。

例如，如上述已知温度、压力、功率三维度的数值，通过查取张量表，可插值得到效率的数值。

具体，利用该设备的模型进行仿真时，根据各个输入参数的当前值查找所述张量表，并利用从所述张

量表中查找到的对应数据进行插值处理，得到对应的输出值。其中，各个输入参数的当前值可以是真实值或者也可以是假设值。

例如，对于一个设备可以有一张或多张表，例如温度、压力、功率对应于效率的一张表，温度、压力、功率对应于排放的表，或对应于其它任何所需参数的表。其中，插值算法可根据实际情况选用，例如，可以选用线性插值法或非线性插值法等。在一个示例中，可对相临较近的点采用线性插值法，对相距较远的点采用非线性插值法等。

通过三维温度、压力、功率的样条插值等方法可得到需要的温度、压力、功绩对应的其它输出变量的数值。

这种通用方法使用通用程序，无论是任何一种具体模型，例如，热泵、内燃机，换热器等模型都可通过这一方法实现。

优选地，将每个输入参数的取值范围基于复数个插值点划分为复数个子区间为：基于均衡准则，将每个输入参数的取值范围基于复数个插值点划分为复数个子区间。

优选地，所述在每个子区间内均衡确定复数个输入样本值为：基于均衡准则，在每个子区间内均衡确定复数个输入样本值。

优选地，在进行仿真或优化时，根据各个输入参数的当前值对所述张量表进行插值处理，得到对应的输出值。

基于上述描述，本发明实施方式还提出了一种综合能源系统的控制装置。

图 5 为本发明实施方式的综合能源系统的控制装置的模块图。

如图 5 所示，控制装置 500 包括：

拓扑结构确定模块 501，用于确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；

模型确定模块 502，用于确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；

仿真模型组成模块 503，用于经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；

训练模块 504，用于训练所述仿真模型；

控制命令生成模块 505，用于基于训练后的所述仿真模型生成所述综合能源系统的控制命令。

在一个实施方式中，所述设备包含线性设备和非线性设备；

模型确定模块 502，还用于预先生成每种线性设备和非线性设备的通用模型的过程，其中生成每种非线性设备的通用模型的过程包括：针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，确定其完整的设计点数据；采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述非线性基理过程的通用模型中包括随实际工况参数变更

而非线性变化的可变参数；构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法，并建立所述机器学习算法与所述非线性基理过程的通用模型之间的关联关系；将每种非线性设备的所有目标非线性通用过程的通用模型及其所关联的机器学习算法，构成该种非线性设备的通用模型。

在一个实施方式中，训练模块 504，用于获取所述仿真模型的运行过程中所述设备的历史数据；基于所述设备的历史数据训练所述通用模型。

在一个实施方式中，所述基于设备的历史数据训练通用模型包括：基于非线性设备的历史数据，训练非线性设备的通用模型的过程；

所述训练模块 504，用于针对非线性设备的每个目标非线性基理过程，获取所述非线性设备的所述目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据，利用所述历史数据对所述机器学习算法进行训练，得到所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型；将所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入所述目标非线性基理过程的通用模型中，得到所述非线性设备的所述目标非线性基理过程的训练后模型；将所述非线性设备的所有目标非线性基理过程的训练后模型，构成所述非线性设备的训练后模型。

在一个实施方式中，所述非线性设备包括：燃气轮机、热泵；

所述燃气轮机的目标非线性基理过程包括：膨胀透平中的流量与压力的相关过程、热能与机械能能量转换的过程；或

所述热泵的目标非线性基理过程包括：传热过程、热能转换为动能的过程、管道阻力过程、流量与压力的相关过程。

在一个实施方式中，所述控制命令生成模块 505，还用于在所述训练仿真模型之后，接收仿真任务；基于所述仿真任务运行所述仿真模型，并输出仿真结果；其中所述仿真任务包含下列中的至少一个：关于设备性能监控的仿真任务；包含操作假设条件的仿真任务；关于连接件模型性能监控的仿真任务；关于综合能源系统的整体性能监控的仿真任务。

在一个实施方式中，控制命令生成模块 505，用于接收包含优化目标和约束条件的优化任务；将所述约束条件和所述优化目标输入所述仿真模型；使能所述仿真模型输出符合所述优化目标的控制命令。

本发明实施方式还提出了一种具有处理器和存储器结构的综合能源系统的控制装置。

图 6 为本发明实施例处理器-存储器结构的、综合能源系统的控制装置的结构图。

如图 6 所示，综合能源系统的控制装置 600 包括处理器 601 和存储器 602；

存储器 602 中存储有可被处理器 601 执行的应用程序，用于使得处理器 601 执行如上任一项所述的综合能源系统的控制方法。

其中，存储器 602 具体可以实施为电可擦可编程只读存储器 (EEPROM)、快闪存储器 (Flash memory)、可编程程序只读存储器 (PROM) 等多种存储介质。处理器 601 可以实施为包括一或多个中央处理器或一或多个现场可编程门阵列，其中现场可编程门阵列集成一或多个中央处理器核。具体地，中央处理器或中

央处理器核可以实施为 CPU 或 MCU。

基于上述描述以建立综合能源系统的仿真模型且训练仿真模型，并对训练后的非线性模型执行线性化处理后，可以方便地使用上述处理后的仿真模型执行各种任务，比如执行仿真任务或优化任务。

在本发明实施方式中，综合能源系统的仿真模型平台主要包括仿真环境及优化环境，仿真环境是指某一时刻、综合能源系统的状态，可以连接下面的测量点分析出的状态，也可以是加入某些操作假设分析出的状态。与仿真不同，运行优化环境是指在某一段时间的总体运行最优，是一个时段的问题。

针对仿真环境及优化环境，可以有各自的仿真求解器及优化求解器，有各自的中间解释器，共用一个场景及问题建立用户图形界面作为设备、测点、位置、连接关系等语义的输入系统，利用各自的解释器形成各自的算法接收的数学问题，进行求解。其中：本发明实施方式还实现了基于综合能源系统的仿真模型的仿真方法及优化计算方法，仿真方法实现综合能源系统的性能监测、节能管理、系统参数优化运行；优化方法实现在某段时间内满足某段负荷的最优化调度。

图 8 为本发明实施方式综合能源系统的仿真方法流程图。

如图 8 所示，该方法 800 包括：

步骤 801：接收仿真任务。

比如，从用户处接收：设备性能监控的仿真任务；包含操作假设条件的仿真任务；关于连接件模型性能监控的仿真任务；关于综合能源系统的整体性能监控的仿真任务。等等。

步骤 802：基于仿真任务和综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组。

在这里，响应于仿真任务，基于仿真模型中的功率平衡公式和性能约束关系，建立非线性方程组。

步骤 803：基于线性规划算法求解非线性方程组以获取仿真结果。

在这里，线性规划算法包括下列中的至少一个：混合整数规划（Mixed Integer Programming, MIP）算法；混合整数线性规划算法（Mixed Integer Linear Programming, MILP）算法，等等。

步骤 804：输出所述仿真结果；其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

其中，仿真模型中的非线性模型在被训练且被执行了线性化处理后，具有张量表。在步骤 803 中基于线性规划算法求解非线性方程组以获取仿真结果时，可根据每个非线性模型的输入参数的当前值查找该非线性模型的张量表，并利用从张量表中查找到的对应数值进行插值处理，得到对应的输出值，即为该非线性模型的输出值，从而实现了线性规划算法求解非线性方程组。

图 9 为本发明实施方式综合能源系统的仿真装置结构图。

如图 9 所示，综合能源系统的仿真装置 900 包括：

接收模块 901，用于接收仿真任务；

方程组建立模块 902，用于基于所述仿真任务和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组；

求解模块 903，用于基于线性规划算法求解非线性方程组以获取仿真结果；

输出模块 904，用于输出所述仿真结果；其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

图 10 为本发明实施方式具有处理器-存储器架构的综合能源系统的仿真装置结构图。如图 10 所示，综合能源系统的仿真装置 1000 包括处理器 1001 和存储器 1002；存储器 1002 中存储有可被处理器 1001 执行的应用程序，用于使得处理器 1001 执行如上任一项所述的综合能源系统的仿真方法。

下面描述基于本发明实施方式的综合能源系统的示范性仿真过程。

图 14 为本发明实施方式综合能源系统的仿真示例的系统结构图。在图 14 示意出的综合能源系统的仿真模型的示范结构中，包括经过训练并执行线性化处理后的燃气轮机模型、储能电池模型、光伏模型和三个负载模型。对于如图 14 所示的简单系统，燃气轮机同时为负荷 1 和负荷 2 供电，光伏系统及电网联合为负荷 3 供电。图 14 中标出的变量分别表示不同设备提供或消耗的功率。其中，燃气轮机的输出为 $X_{out,1}$ ；负载 1 的输入为 $X_{in,1}$ ；负载 2 的输入为 $X_{in,2}$ ；电网的输出为 $X_{out,2}$ ；光伏系统的输出为 $X_{out,3}$ ；储能电池模型的输入为 $X_{in,4}$ ；储能电池模型的输出为 $X_{out,4}$ ；负载 3 的输入为 $X_{in,3}$ 和 $X_{out,4}$ 。

对于如图 14 所示的综合能源系统，可以使用本发明实施方式对各设备及整体网络进行仿真计算。在仿真计算时，需要考虑以下几个方面：

(1)、系统网络内的能量（功率）平衡：

具体包括以下表达式：

$$X_{out,1} - X_{in,1} - X_{in,2} = 0 \quad (3)$$

$$X_{out,2} + X_{out,3} - X_{in,3} - X_{in,4} = 0 \quad (4)$$

(2)、负荷需求特性关系，表达式为：

$$X_{in,1} = L_1 \quad (5)$$

$$X_{in,2} = L_2 \quad (6)$$

$$X_{in,3} + X_{out,4} = L_3 \quad (7)$$

(3)、光伏发电特性关系：

$$\text{表达式为： } X_{out,3} = PV(m, d, h, \text{weather}, \dots) \quad (8)$$

(4)、系统内各设备的性能约束关系。

对于仿真求解，仅需要得到一个满足平衡关系和拓扑关系的解即可，这时，优化目标可以设为方程右

边的本应为零的数为一变量，而所有变量的平方和为最小，而把平衡问题化为优化问题，利用各种优化求解器进行求解。调用 MILP 算法，即可求解得到当前状态下系统各设备的状态及网络内能量流动参数。并具有以下两方面的功能：(1)、与系统内传感器进行对比和校正。(2)、对于不易部署传感器的设备，可使用计算结果了解其运行状态。

仿真求解功能还可预先了解系统内某设备发生变化（含参数变化和）时带来的影响。

例如，图 14 中光伏输出断开之后，上述第二项平衡方程变为： $X_{out,2} + 0 \cdot X_{out,3} - X_{in,3} - X_{in,4} = 0$ ；保持其它不变，重复上述求解过程，得到一组新的参数，即可反映出这种变化带来的影响。

图 11 为本发明实施方式综合能源系统的优化方法流程图。

如图 11 所示，该方法 1100 包括：

步骤 1101：接收包含优化目标的优化任务。

步骤 1102：基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组。

在这里，响应于优化任务，基于仿真模型的功率平衡公式、性能约束关系和接收到的优化目标，建立非线性方程组。

步骤 1103：基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果。

步骤 1104：输出所述优化结果；其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

其中，仿真模型中的非线性模型在被训练且被执行了线性化处理后，具有张量表。在步骤 1103 中基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果时，可根据每个非线性模型的输入参数的当前值查找该非线性模型的张量表，并利用从张量表中查找到的对应数值进行插值处理，得到对应的输出值，即为该非线性模型的输出值，从而实现了线性规划算法求解非线性方程组。

图 12 为本发明实施方式综合能源系统的优化装置结构图。

如图 12 所示，综合能源系统的优化装置 1200 包括：

接收模块 1201，用于接收包含优化目标的优化任务；

方程组建立模块 1202，用于基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组；

求解模块 1203，用于基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果；

输出模块 1204，用于输出所述优化结果；其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

图 13 为本发明实施方式具有处理器-存储器架构的综合能源系统的优化装置结构图。如图 13 所示，综合能源系统的优化装置 1300 包括处理器 1301 和存储器 1302；存储器 1302 中存储有可被处理器 1301 执行的应用程序，用于使得处理器 1301 执行如上任一项所述的综合能源系统的优化方法。

比如，可以利用图 11-图 13 所述的优化方法、优化装置实现综合能源系统中的生产优化调度及工厂错峰用能。优化算法通过下层控制系统自动对可控的资源进行优化调度，对不可控的资源则准确反应其产生的作用，同时能够自动识别系统的变化，从而实现自动灵活的改变。相应地，可以选择优化目标，包括能源成本、二氧化碳排放，效率等。首先，基于准确的性能预测模型，可以实现系统组成部件性能，在各种边界条件下的准确预测，各种边界条件，包括动态价格体系、准确的天气预报等，实现动态以优选为 15 分钟间隔的方式输入（手动页面输入或 EXCEL 导入，或其它信息系统相连自动传入）。对优化时间范围内的负荷需求需要进行准确预测。若需要，还可利用各种方式导入任何生产计划的，以保证负荷预测的准确性。同时，还具有预定一些优化运行策略的功能供随时选择，例如：削峰填谷、调频调压，工厂错峰运行等。

下面描述基于本发明实施方式的综合能源系统的示范性优化过程。

图 15 为本发明实施方式综合能源系统的优化示例的系统结构图。

对于如图 15 所示的简单系统，燃气轮机同时为负荷 1 和负荷 2 供电，光伏系统及电网联合为负荷 3 供电。图 15 中标出的变量分别表示不同设备提供或消耗的功率。其中，燃气轮机的输出为 $X_{out,1}$ ；负载 1 的输入为 $X_{in,1}$ ；负载 2 的输入为 $X_{in,2}$ ；电网的输出为 $X_{out,2}$ ；光伏系统的输出为 $X_{out,3}$ ；储能电池模型的输入为 $X_{in,4}$ ；储能电池模型的输出为 $X_{out,4}$ ；负载 3 的输入为 $X_{in,3}$ 和 $X_{out,4}$ 。

(1)、系统的功率平衡方程可以表示为：

$$X_{out,1} - X_{in,1} - X_{in,2} = 0 \quad (9)$$

$$X_{out,2} + X_{out,3} - X_{in,3} - X_{in,4} = 0 \quad (10)$$

(2)、负荷需求特性关系根据预测结果得到，表示为：

$$X_{in,1} = L_1 \quad (11)$$

$$X_{in,2} = L_2 \quad (12)$$

$$X_{in,3} + X_{out,4} = L_3 \quad (13)$$

(3)、光伏发电特性是时间（比如，月 m ，日 d ，小时 h ）和天气变量（weather）的函数，可以表示为：

$$X_{out,3} = PV(m, d, h, weather, \dots) \quad (14)$$

此外，各设备所能提供或消耗的能量还满足各自的约束关系，例如：

$$X_{out,1} \leq P_{GT,max} \quad (15)$$

$$X_{in,4} \leq P_{BT,max} \quad (16)$$

$$X_{out,4} \leq P_{BT,max} \quad (17)$$

$$X_{in,4}\Delta t \leq C_{BT}(1 - SOC) \quad (18)$$

$$X_{out,4}\Delta t \leq C_{BT}SOC \quad (19)$$

其中, $P_{GT,max}$ 表示燃气轮机最大输出功率, $P_{BT,max}$ 表示电池充放电最大功率, C_{BT} 表示电池容量, SOC表示电池当前的储电百分比。

考虑平衡关系和约束关系后, 对于优化问题, 还需要考虑目标函数, 在任意时刻时, 系统消耗的成本计算函数为:

$$Cost_i = aX_{out,1} + bX_{out,2} + cX_{in,4} + dX_{out,4} \quad (20)$$

其中, a, b, c, d 是各项成本的系统, 例如: a 反映了燃气轮机发电的运行成本, b 反映了电网购电成本, c 和 d 分别反映了电池充放电的成本。因此, 在一段优化周期之内, 系统总消耗的成本Total Cost为:

$$Total Cost = \sum_{i=1}^N Cost_i \quad (21)$$

将这些方程整合后, 即可使用 MILP 等算法进行求解, 得到系统总成本最低的调度方案。其中, 被优化的变量为燃气轮机发电量 $X_{out,1}$ 、电网购电曲线 $X_{out,2}$ 、储能电池充放电曲线 $X_{in,4}$ 和 $X_{out,4}$ 。即根据负荷用电需求、光伏供电能力, 来确定最优的发电、购电、充电和放电策略。

需要说明的是, 上述各流程和各结构图中不是所有的步骤和模块都是必须的, 可以根据实际的需要忽略某些步骤或模块。各步骤的执行顺序不是固定的, 可以根据需要进行调整。各模块的划分仅仅是为了便于描述采用的功能上的划分, 实际实现时, 一个模块可以分由多个模块实现, 多个模块的功能也可以由同一个模块实现, 这些模块可以位于同一个设备中, 也可以位于不同的设备中。

各实施方式中的硬件模块可以以机械方式或电子方式实现。例如, 一个硬件模块可以包括专门设计的永久性电路或逻辑器件(如专用处理器, 如 FPGA 或 ASIC)用于完成特定的操作。硬件模块也可以包括由软件临时配置的可编程逻辑器件或电路(如包括通用处理器或其它可编程处理器)用于执行特定操作。至于具体采用机械方式, 或是采用专用的永久性电路, 或是采用临时配置的电路(如由软件进行配置)来实现硬件模块, 可以根据成本和时间上的考虑来决定。

本发明还提供了一种机器可读的存储介质, 存储用于使一机器执行如本文所述方法的指令。具体地, 可以提供配有存储介质的系统或者装置, 在该存储介质上存储着实现上述实施例中任一实施方式的功能的软件程序代码, 且使该系统或者装置的计算机(或 CPU 或 MPU)读出并执行存储在存储介质中的程序代码。此外, 还可以通过基于程序代码的指令使计算机上操作的操作系统等来完成部分或者全部的实际操作。还可以将从存储介质读出的程序代码写到插入计算机内的扩展板中所设置的存储器中或者写到与计算机相连接的扩展单元中设置的存储器中, 随后基于程序代码的指令使安装在扩展板或者扩展单元上的 CPU 等来执行部分和全部实际操作, 从而实现上述实施方式中任一实施方式的功能。

用于提供程序代码的存储介质实施方式包括软盘、硬盘、磁光盘、光盘(如 CD-ROM、CD-R、CD-RW、

DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW)、磁带、非易失性存储卡和ROM。可选择地，可以由通信网络从服务器计算机或云上下载程序代码。

上文通过附图和优选实施例对本发明进行了详细展示和说明，然而本发明不限于这些已揭示的实施例，基与上述多个实施例本领域技术人员可以知晓，可以组合上述不同实施例中的代码审核手段得到本发明更多的实施例，这些实施例也在本发明的保护范围之内。

权利要求书

23

1、一种综合能源系统的优化方法（1100），其特征在于，所述综合能源系统包含非线性设备，该方法包括：

接收包含优化目标的优化任务（1101）；

基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组（1102）；

基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果（1103）；

输出所述优化结果（1104）；

其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

2、根据权利要求1所述的综合能源系统的优化方法（1100），其特征在于，所述综合能源系统还包含线性设备；

该方法还包括预先生成每种线性设备的通用模型的过程和预先生成每种非线性设备的通用模型的过程（400），其中生成每种非线性设备的通用模型的过程（400）包括：

针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，确定其完整的设计点数据（401）；

采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述非线性基理过程的通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数（402）；

构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法（403）；

将每种非线性设备的所有目标非线性通用过程的通用模型及其所关联的机器学习算法，构成该种非线性设备的通用模型（404）。

3、根据权利要求2所述的综合能源系统的优化方法（1100），其特征在于，所述训练仿真模型包括：

获取所述仿真模型的运行过程中所述设备的历史数据；

基于所述设备的历史数据训练所述通用模型。

4、根据权利要求3所述的综合能源系统的优化方法（1100），其特征在于，

所述基于设备的历史数据训练通用模型包括：基于非线性设备的历史数据，训练非线性设备的通用模型的过程；

其中该过程包括：

针对非线性设备的每个目标非线性基理过程，获取所述非线性设备的所述目标非线性基理过程对应的实际工况参数和可变参数的历史数据，利用所述历史数据对所述机器学习算法进行训练，得到所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型；

将所述目标非线性基理过程的可变参数训练模型代入所述目标非线性基理过程的通用模型中，得到所

述非线性设备的所述目标非线性基理过程的训练后模型；

将所述非线性设备的所有目标非线性基理过程的训练后模型，构成所述非线性设备的训练后模型。

5、根据权利要求1所述的综合能源系统的优化方法（1100），其特征在于，

所述非线性设备包括：燃气轮机、热泵；

所述燃气轮机的目标非线性基理过程包括：膨胀透平中的流量与压力的相关过程、热能与机械能能量转换的过程；

所述热泵的目标非线性基理过程包括：传热过程、热能转换为动能的过程、管道阻力过程、流量与压力的相关过程。

6、根据权利要求1-5中任一项所述的综合能源系统的优化方法（1100），其特征在于，

所述线性规划算法包括下列中的至少一个：

混合整数规划MIP算法；混合整数线性规划MILP算法。

7、一种综合能源系统的优化装置（1200），其特征在于，所述综合能源系统包含非线性设备，该装置（1200）包括：

接收模块（1201），用于接收包含优化目标的优化任务；

方程组建立模块（1202），用于基于所述优化目标和所述综合能源系统的仿真模型，建立非线性方程组；

求解模块（1203），用于基于线性规划算法求解非线性方程组以获取优化结果；

输出模块（1204），用于输出所述优化结果；

其中所述仿真模型的建立过程包括：确定综合能源系统的拓扑结构，所述拓扑结构包含综合能源系统的设备及所述设备之间的连接属性；确定所述设备的通用模型及对应于所述连接属性的连接件模型；经由所述连接件模型连接所述通用模型，以组成所述综合能源系统的仿真模型；训练所述仿真模型。

8、根据权利要求7所述的综合能源系统的优化装置（1200），其特征在于，所述综合能源系统还包含线性设备；

其中所述仿真模型的建立过程还包括预先生成每种线性设备的通用模型和每种非线性设备的通用模型的过程，其中生成每种非线性设备的通用模型的过程包括：针对每种非线性设备的每个目标非线性基理过程，确定其完整的设计点数据；采用相似性准则支持的相似数与基于设计点数据的相似数的比值，建立所述非线性基理过程的描述公式，得到所述非线性基理过程的通用模型；所述非线性基理过程的通用模型中包括随实际工况参数变更而非线性变化的可变参数；构建所述实际工况参数与所述可变参数之间的机器学习算法，并建立所述机器学习算法与所述非线性基理过程的通用模型之间的关联关系；将每种非线性设备的所有目标非线性通用过程的通用模型及其所关联的机器学习算法，构成该种非线性设备的通用模型。

9、根据权利要求7所述的综合能源系统的优化装置（1200），其特征在于，

所述线性规划算法包括下列中的至少一个：

MIP 算法；MILP 算法。

10、一种综合能源系统的优化装置（1300），其特征在于，包括处理器（1301）和存储器（1302）；

所述存储器（1302）中存储有可被所述处理器（1301）执行的应用程序，用于使得所述处理器（1301）执行如权利要求 1 至 6 中任一项所述的综合能源系统的优化方法。

11、一种计算机可读存储介质，其特征在于，其中存储有计算机可读指令，该计算机可读指令用于执行如权利要求 1 至 6 中任一项所述的综合能源系统的优化方法。

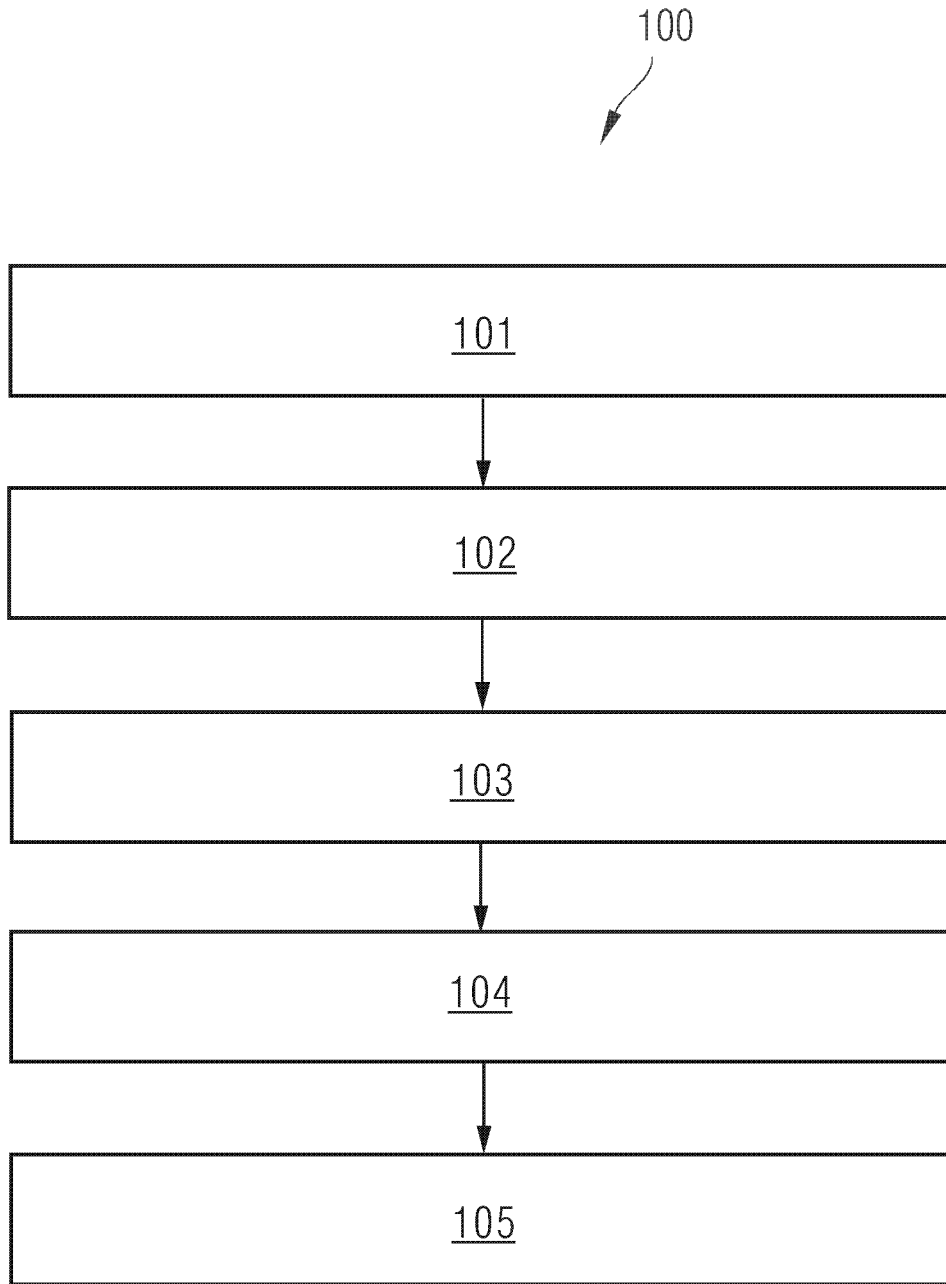


图 1

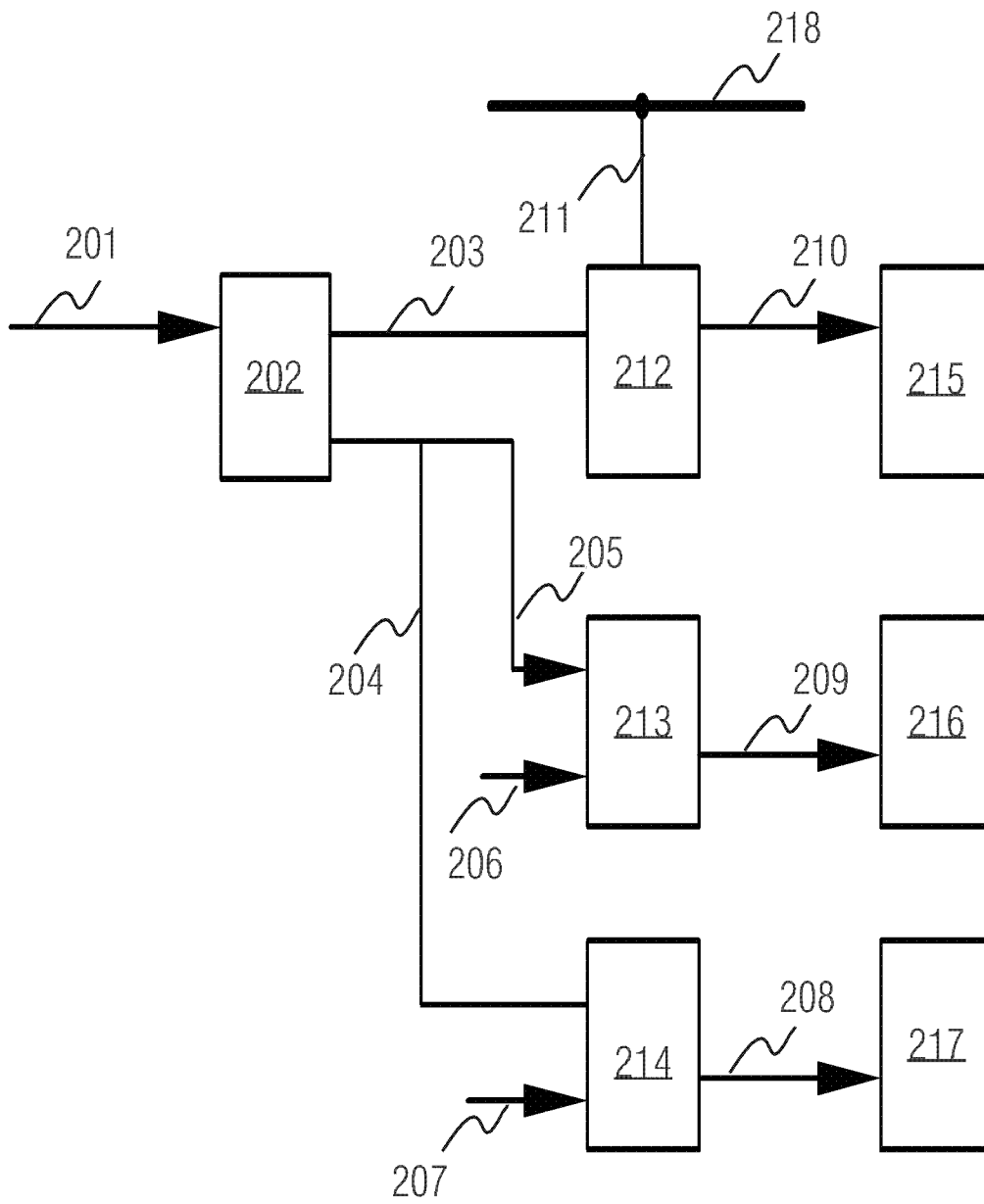


图 2

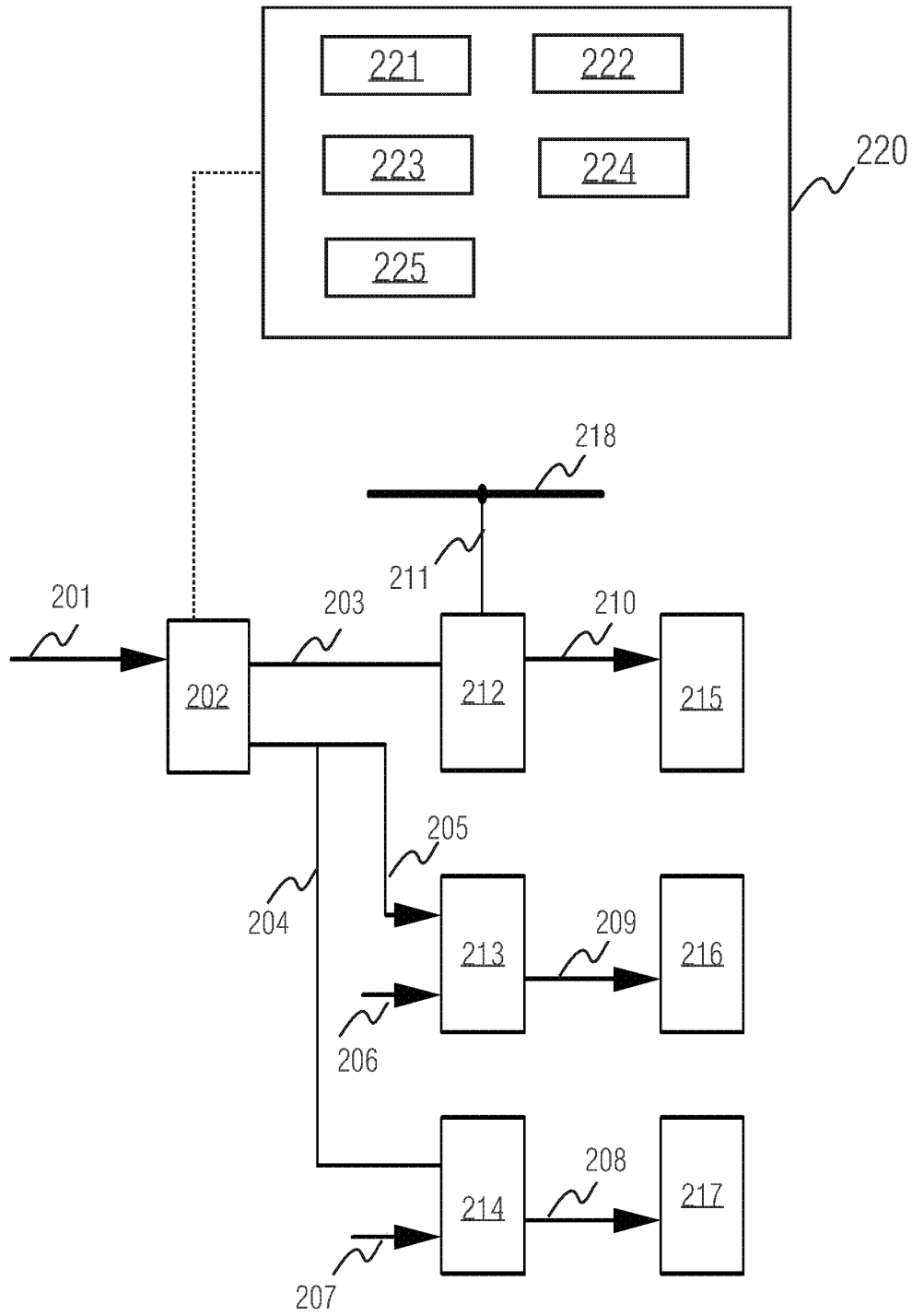


图 3

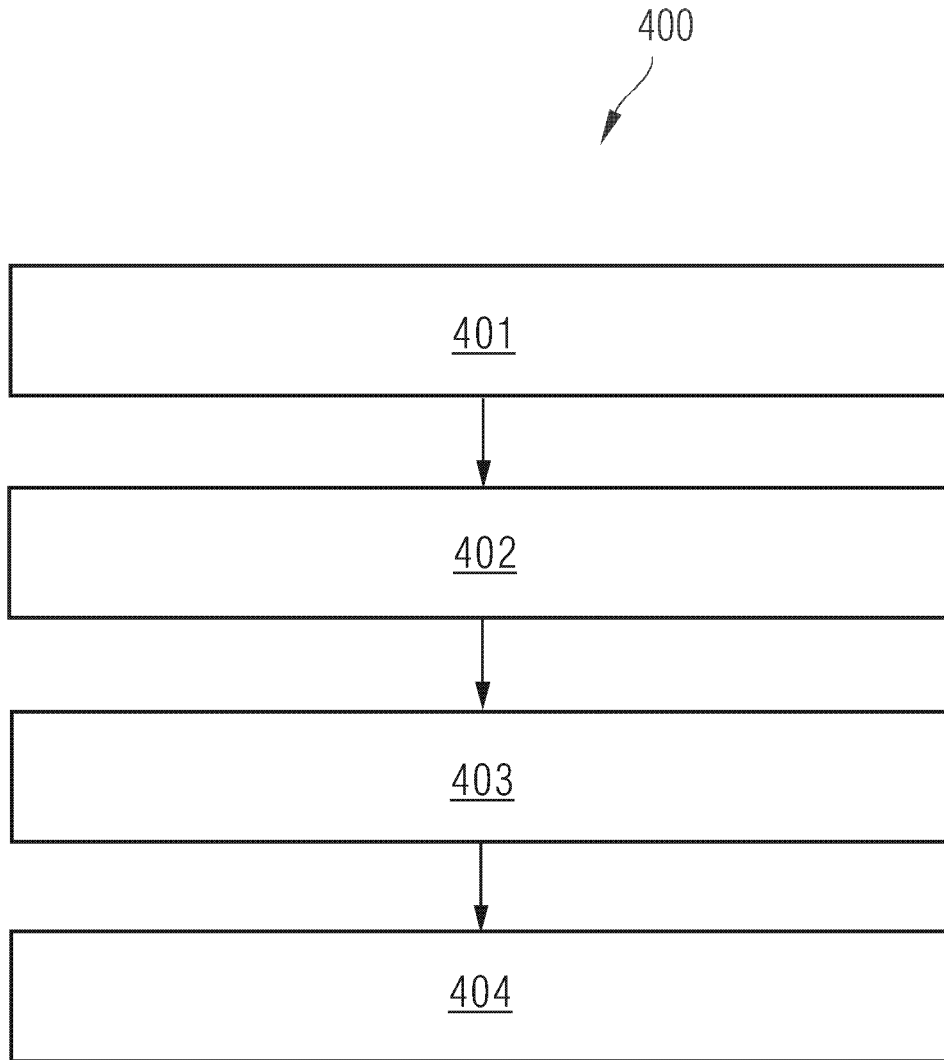


图 4

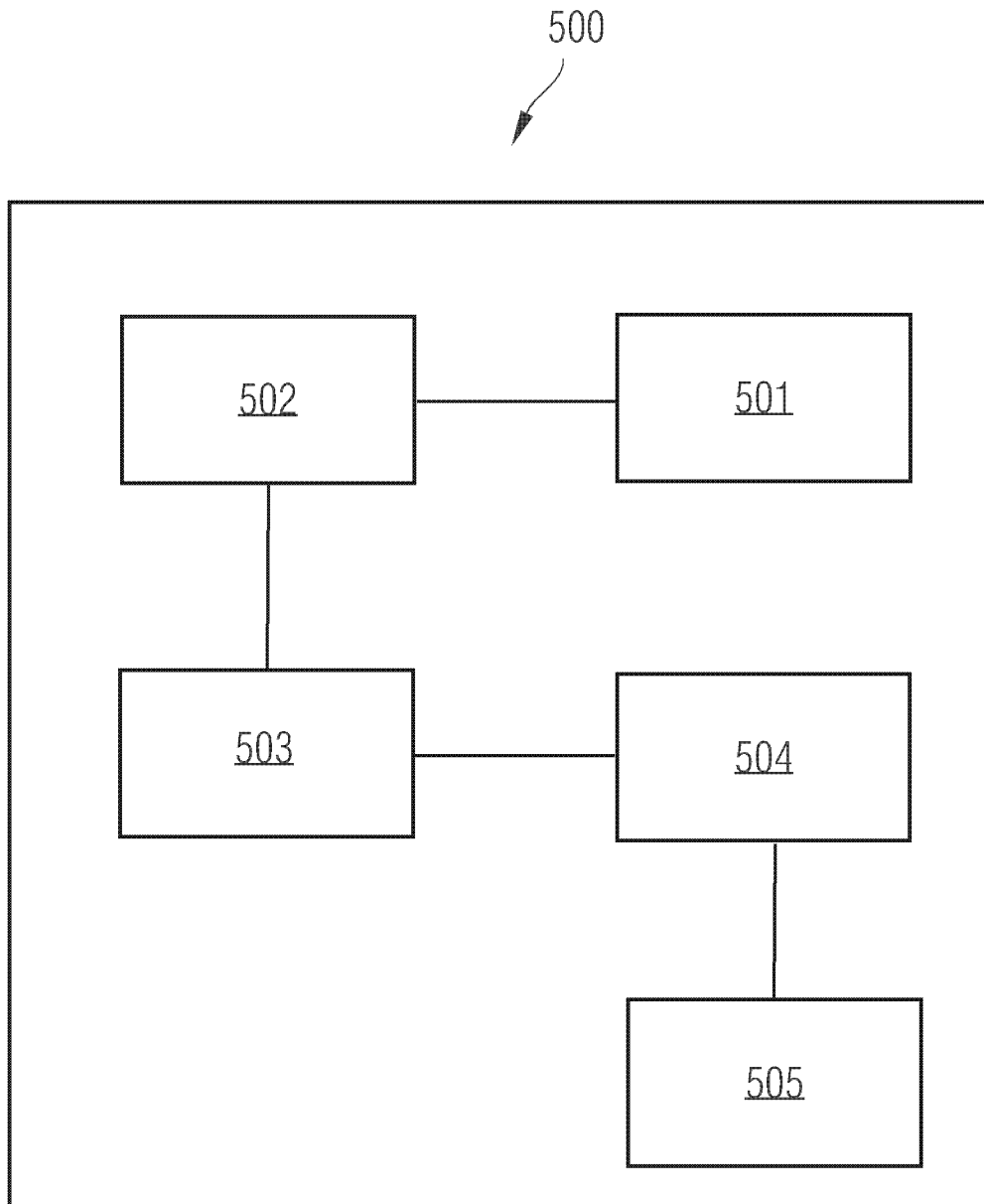


图 5

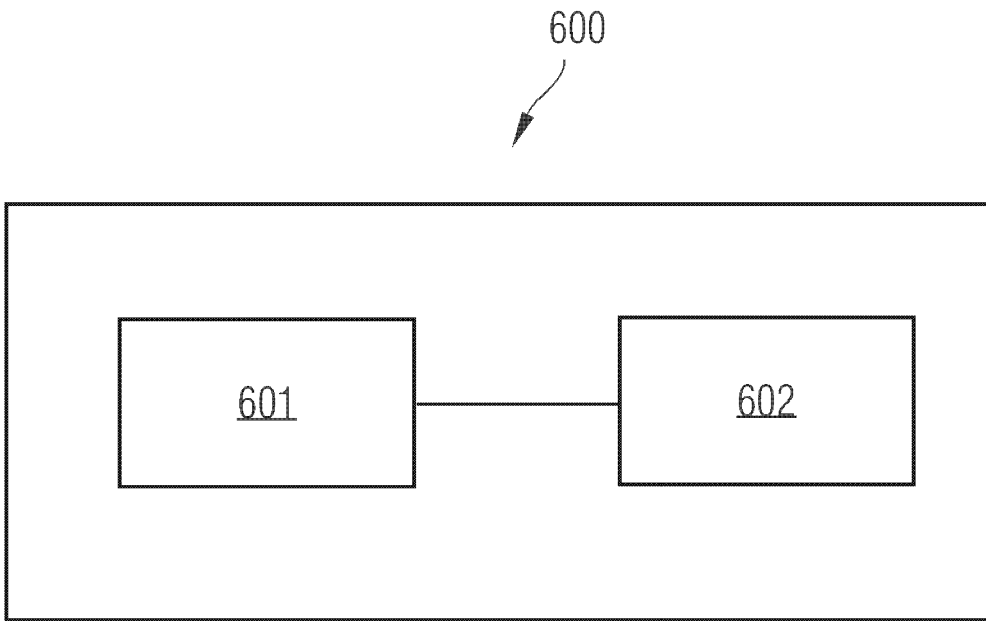


图 6

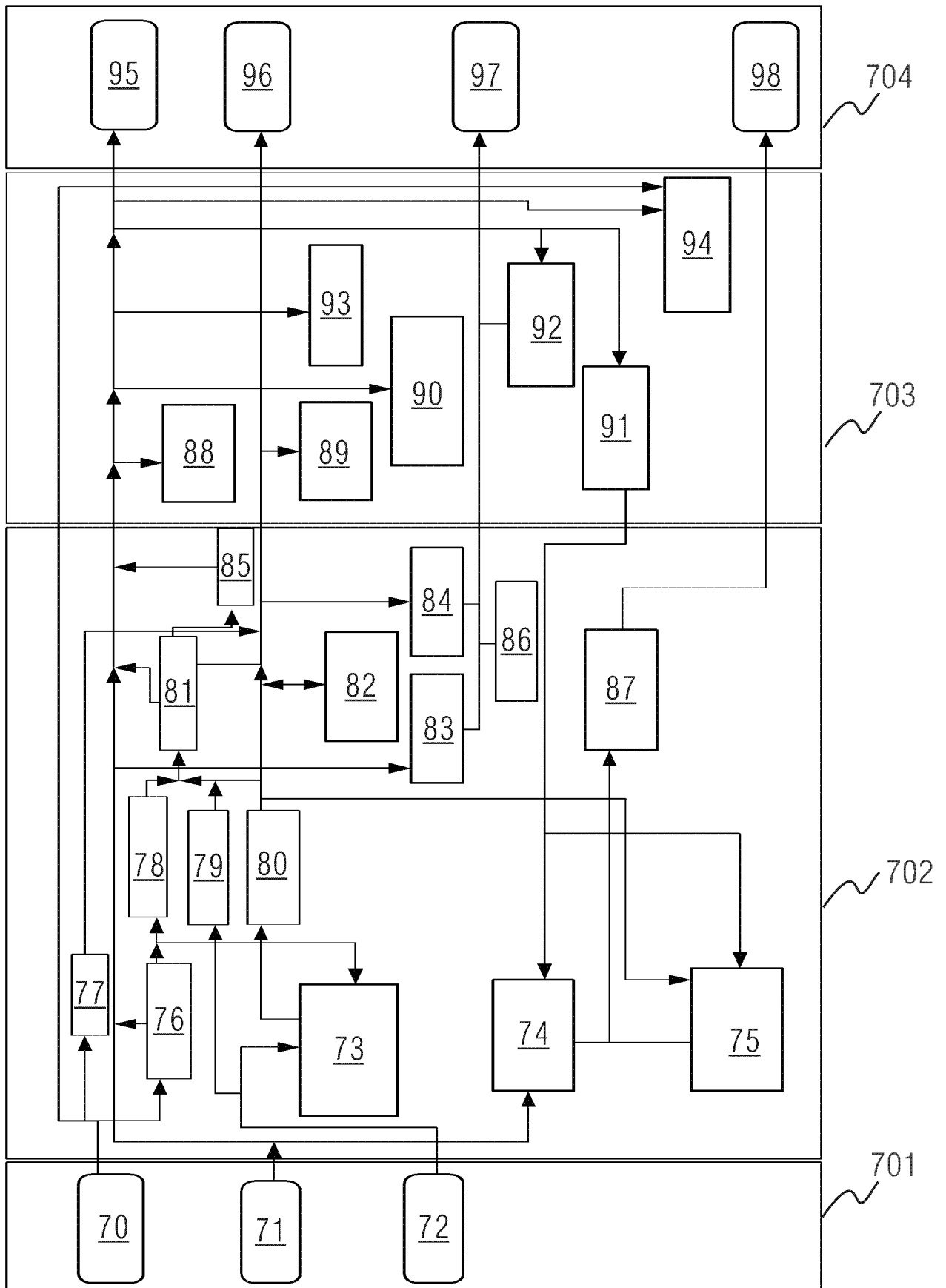


图 7

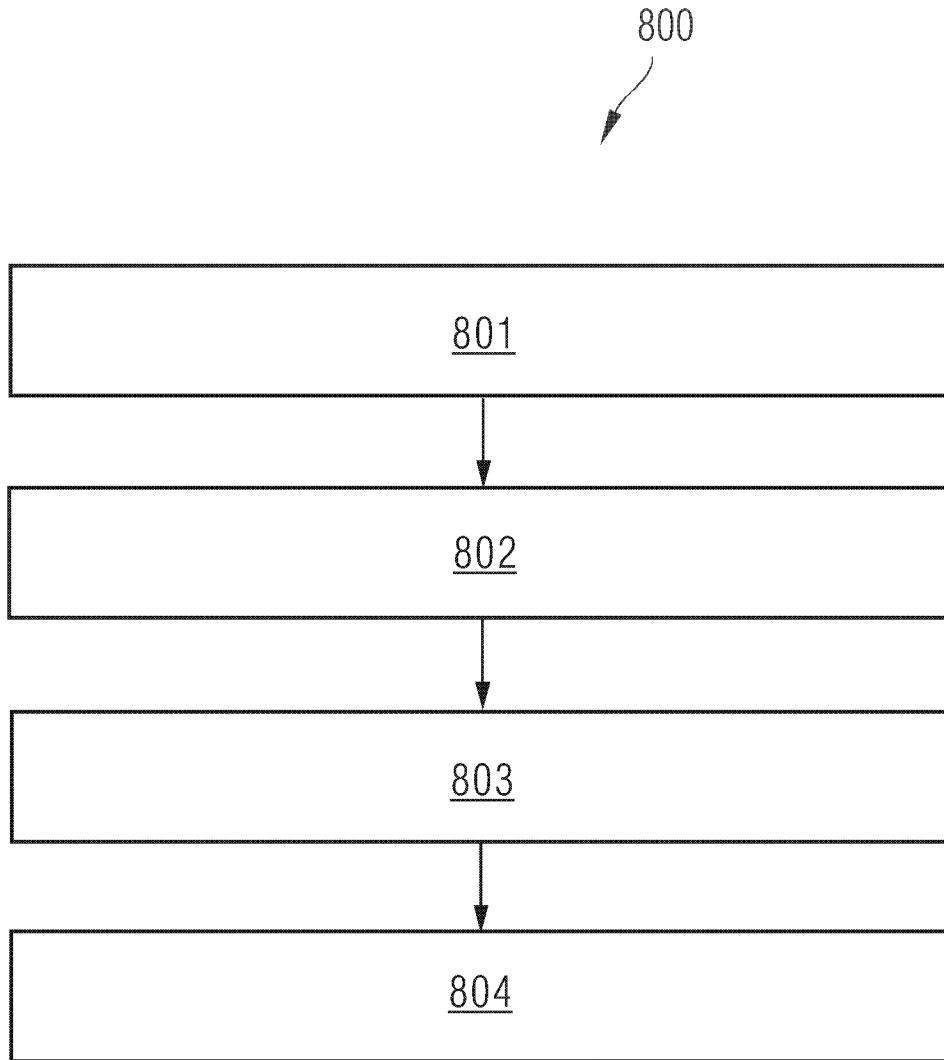


图 8

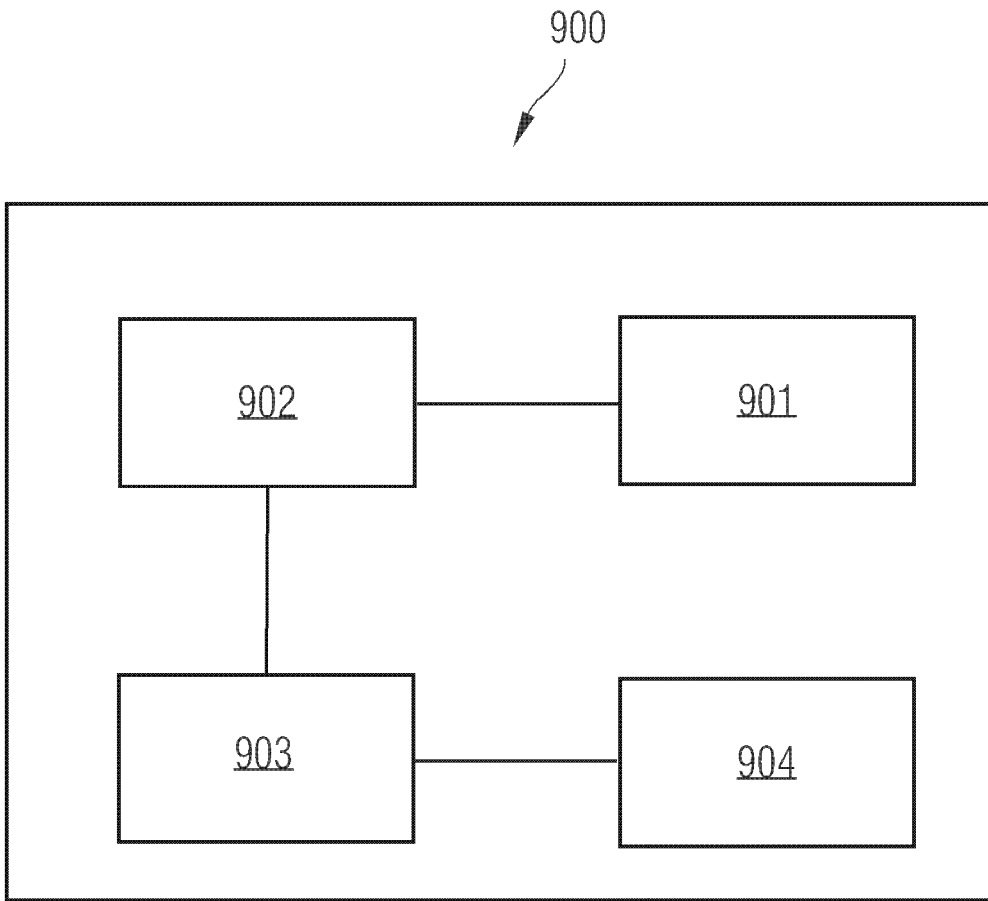


图 9

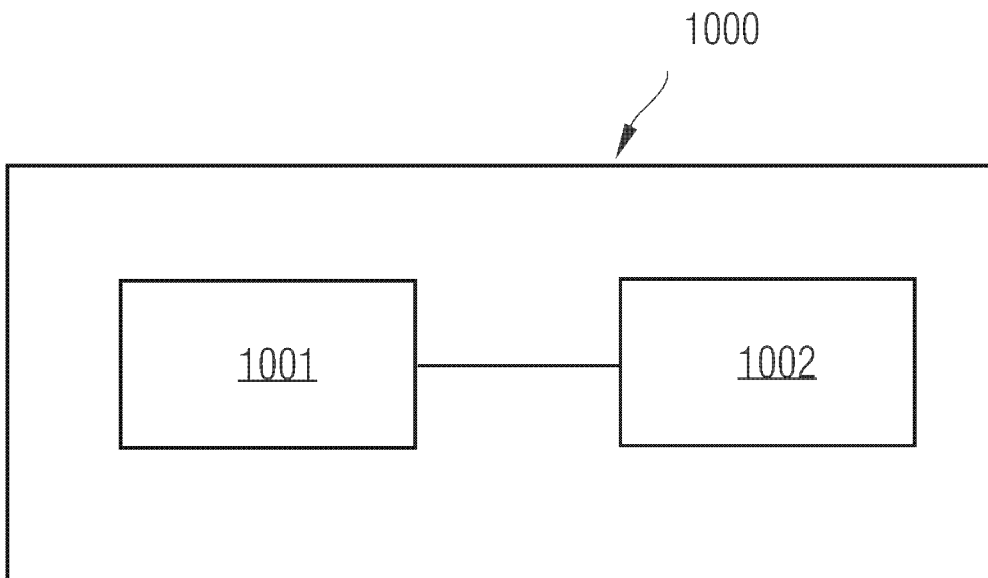


图 10

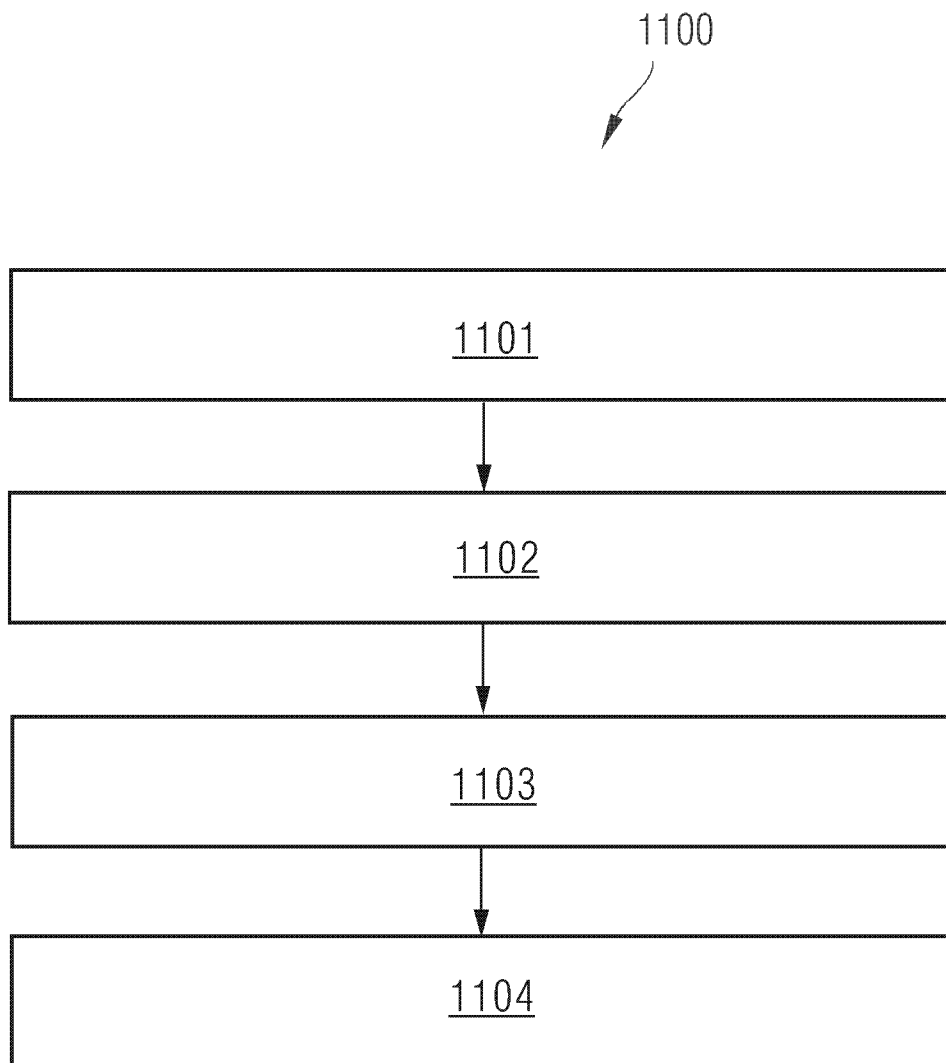


图 11

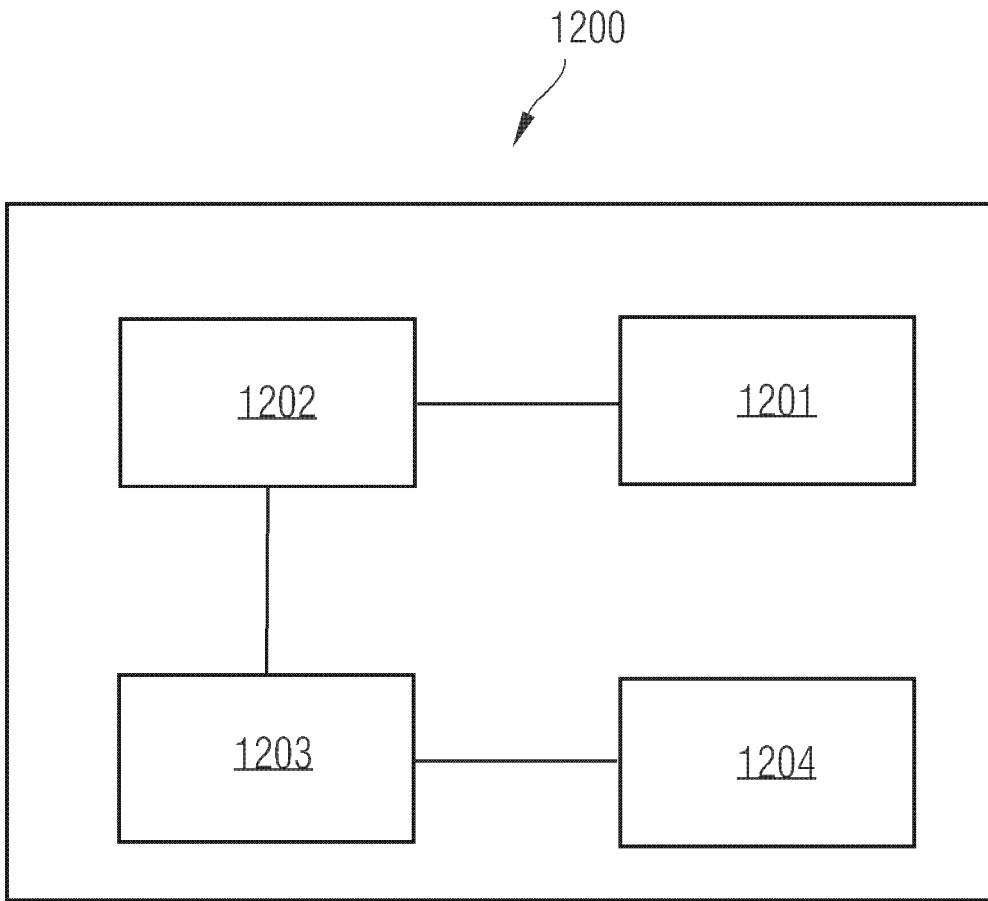


图 12

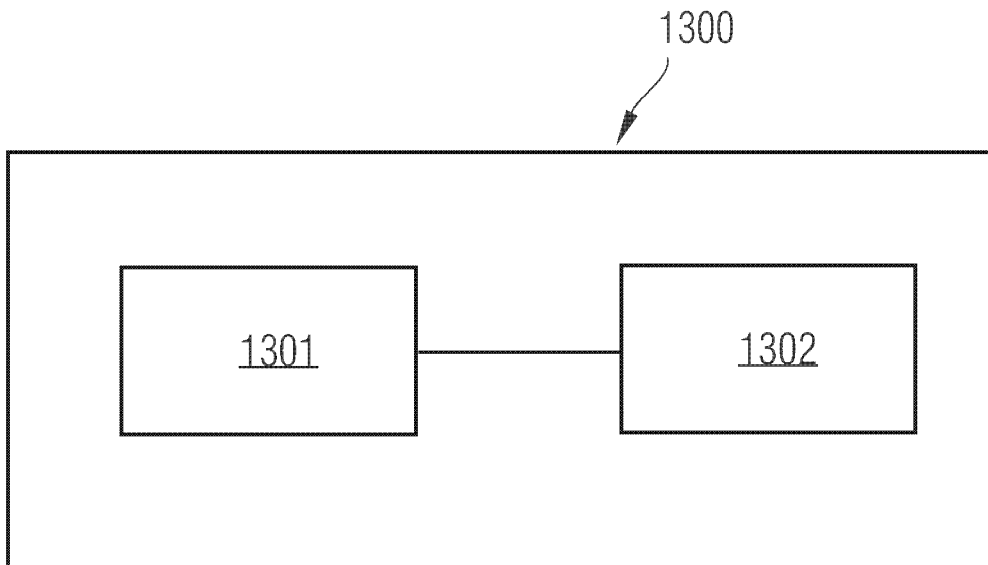


图 13

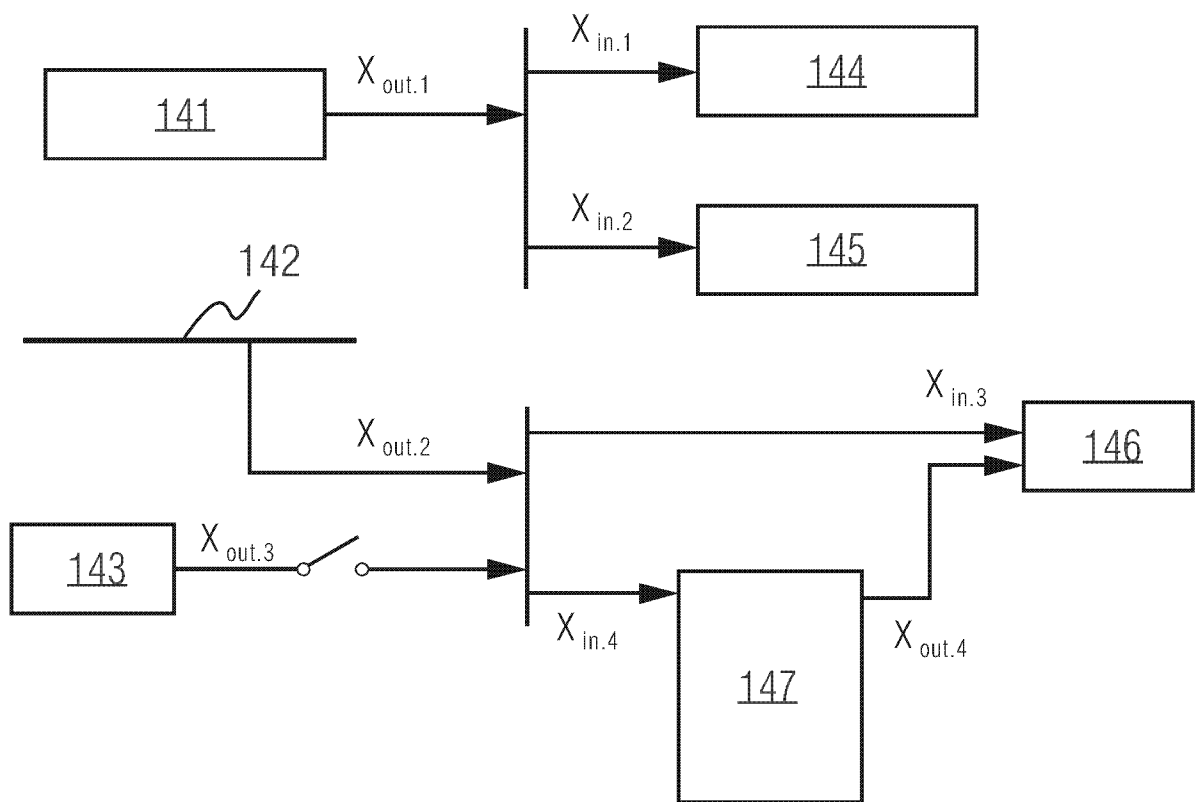


图 14

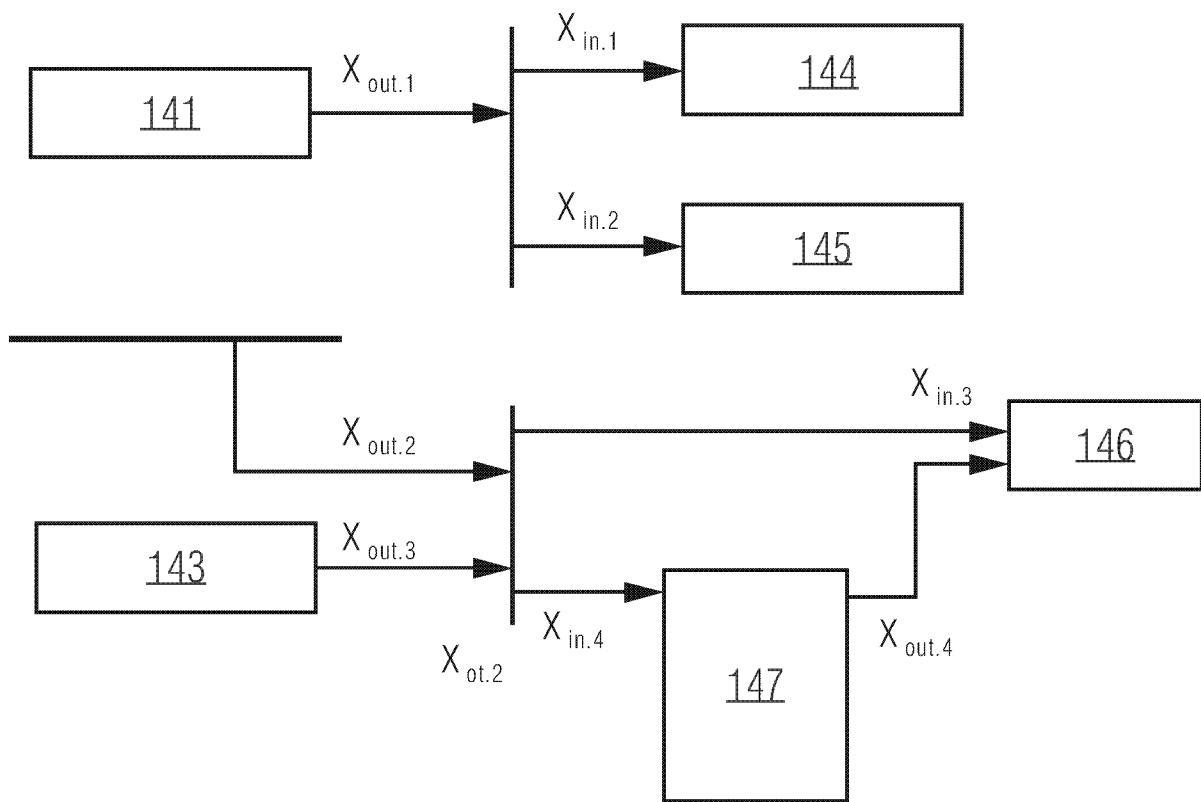


图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/109668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06N 20/00(2019.01)i; G06Q 10/04(2012.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06N; G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, GOOGLE: 参数, 非线性, 建模, 系统, 原理, 能源, 优化, 机器学习, 模型, 燃气轮机, 热泵, 公式, 非线性设备, 相似性, 设计, 设备, 基理, component, optimization, GUI, model, plan, linear, parameter, node, power, system, machine, learning

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102073272 A (BEIJING ENNETT DISTRIBUTED ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 25 May 2011 (2011-05-25) description, paragraphs [0028]-[0043], and figures 1-7	1-11
Y	CN 103544551 A (PROCESS INTEGRATION LIMITED) 29 January 2014 (2014-01-29) description, paragraphs [0049]-[0075]	1-11
Y	CN 103597413 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 19 February 2014 (2014-02-19) description, paragraphs [0008]-[0040]	2, 8
A	CN 108206543 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 26 June 2018 (2018-06-26) entire document	1-11
A	US 2012239169 A1 (ROCKWELL AUTOMATION TECHNOLOGIES, INC.) 20 September 2012 (2012-09-20) entire document	1-11

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 April 2020

Date of mailing of the international search report

24 April 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China**

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/109668

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102073272	A	25 May 2011	None			
CN	103544551	A	29 January 2014	None			
CN	103597413	A	19 February 2014	US	2014100703	A1	10 April 2014
				JP	2014525063	A	25 September 2014
				WO	2012164075	A2	06 December 2012
				EP	2697695	A2	19 February 2014
				RU	2013157156	A	20 July 2015
CN	108206543	A	26 June 2018	None			
US	2012239169	A1	20 September 2012	EP	2500787	A1	19 September 2012
				CN	102707621	A	03 October 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/109668

<p>A. 主题的分类</p> <p>G06N 20/00(2019.01)i; G06Q 10/04(2012.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																																
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06N; G06Q</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, GOOGLE:参数, 非线性, 建模, 系统, 原理, 能源, 优化, 机器学习, 模型, 燃气轮机, 热泵, 公式, 非线性设备, 相似性, 设计, 设备, 基理, component, optimization, GUI, model, plan, linear, parameter, node, power, system, machine, learning</p>																																
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102073272 A (北京恩耐特分布能源技术有限公司) 2011年 5月 25日 (2011 - 05 - 25) 说明书第[0028]-[0043]段, 图1-7</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103544551 A (北京宜能高科科技有限公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第[0049]-[0075]段</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103597413 A (西门子) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 说明书第[0008]-[0040]段</td> <td>2、8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108206543 A (东北大学) 2018年 6月 26日 (2018 - 06 - 26) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2012239169 A1 (ROCKWELL AUTOMATION TECHNOLOGIES, INC.) 2012年 9月 20日 (2012 - 09 - 20) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文件的具体类型:</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 102073272 A (北京恩耐特分布能源技术有限公司) 2011年 5月 25日 (2011 - 05 - 25) 说明书第[0028]-[0043]段, 图1-7	1-11	Y	CN 103544551 A (北京宜能高科科技有限公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第[0049]-[0075]段	1-11	Y	CN 103597413 A (西门子) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 说明书第[0008]-[0040]段	2、8	A	CN 108206543 A (东北大学) 2018年 6月 26日 (2018 - 06 - 26) 全文	1-11	A	US 2012239169 A1 (ROCKWELL AUTOMATION TECHNOLOGIES, INC.) 2012年 9月 20日 (2012 - 09 - 20) 全文	1-11	* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件		“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																														
Y	CN 102073272 A (北京恩耐特分布能源技术有限公司) 2011年 5月 25日 (2011 - 05 - 25) 说明书第[0028]-[0043]段, 图1-7	1-11																														
Y	CN 103544551 A (北京宜能高科科技有限公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第[0049]-[0075]段	1-11																														
Y	CN 103597413 A (西门子) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 说明书第[0008]-[0040]段	2、8																														
A	CN 108206543 A (东北大学) 2018年 6月 26日 (2018 - 06 - 26) 全文	1-11																														
A	US 2012239169 A1 (ROCKWELL AUTOMATION TECHNOLOGIES, INC.) 2012年 9月 20日 (2012 - 09 - 20) 全文	1-11																														
* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																															
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																															
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																															
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件																															
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件																																
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																																
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																															
2020年 4月 15日	2020年 4月 24日																															
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																															
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	林芳																															
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(10)-53961337																															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/109668

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102073272	A	2011年 5月 25日	无			
CN	103544551	A	2014年 1月 29日	无			
CN	103597413	A	2014年 2月 19日	US	2014100703	A1	2014年 4月 10日
				JP	2014525063	A	2014年 9月 25日
				WO	2012164075	A2	2012年 12月 6日
				EP	2697695	A2	2014年 2月 19日
				RU	2013157156	A	2015年 7月 20日
CN	108206543	A	2018年 6月 26日	无			
US	2012239169	A1	2012年 9月 20日	EP	2500787	A1	2012年 9月 19日
				CN	102707621	A	2012年 10月 3日