



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111969603 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 202010824094.X

G06F 30/27 (2020.01)

(22) 申请日 2020.08.17

G16Y 10/35 (2020.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G16Y 20/30 (2020.01)

申请公布号 CN 111969603 A

G16Y 40/30 (2020.01)

G06F 111/04 (2020.01)

(43) 申请公布日 2020.11.20

(56) 对比文件

(73) 专利权人 内蒙古科技大学

CN 110458353 A, 2019.11.15

地址 014000 内蒙古自治区包头市阿尔丁大街7号

CN 107120719 A, 2017.09.01

CN 108631343 A, 2018.10.09

(72) 发明人 杨培宏 刘景霞 亢岚 魏毅立
张继红 吴振奎 张自雷

US 2011154823 A1, 2011.06.30

魏毅立等. 独立式太阳能—空气源热泵热风供暖系统的设计.《热能动力工程》.2018, 第33卷(第7期),

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
专利代理师 张梦泽

JIHONG ZHANG et al.. Coefficient-of-Performance Analyses for Light-Emitting-Diode Cycles Resembling Carnot Heat Pumps.《IEEE》.2019,

(51) Int. Cl.

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/46 (2006.01)

F22B 1/22 (2006.01)

F24S 20/20 (2018.01)

F25B 30/06 (2006.01)

审查员 王霜

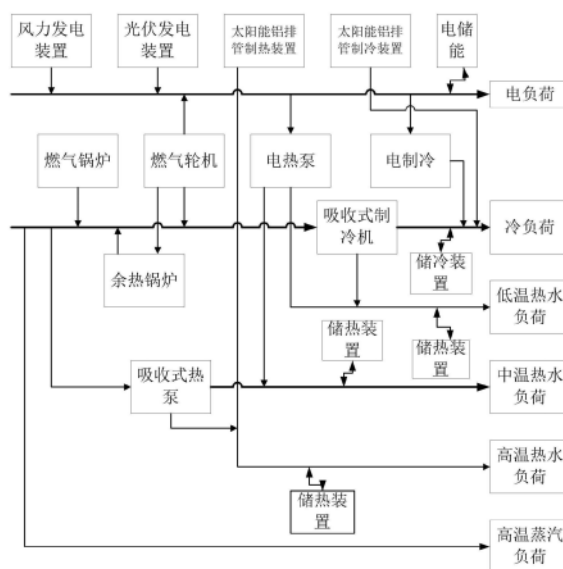
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种微能源网系统及其协同优化运行控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种微能源网系统及其协同优化运行控制方法,通过合理配置供能侧以及能量转化装置所包含的具体设备,所构成的微能源网系统不仅具备较高的新能源接入比例,还能通过储能装置优化配置,通过电网、热网和气网满足用户用能需求,达到本地能源生产与用户用能负荷的基本平衡,并利用该协同优化运行控制方法对微能源网系统进行滚动优化,不断调整微能源网系统中可控供能设备的功率输出值,在满足供需的实时平衡前提下,使微能源网系统经济运行,从而达到节能的目的。将用能、供能和储能统一协同调度,实现微能源网系统中多供能互补,提高微能源网中多供能的综合利用效率和阶梯利用,减少排放,实现能源就地消纳。



1. 一种微能源网系统的协同优化运行控制方法,控制微能源网系统进行工作,其特征在于,所述微能源网系统包括供能侧、能量转化装置、储能设备和负荷侧;所述供能侧包括风力发电装置、光伏发电装置、太阳能铝排管制热装置、太阳能铝排管制冷装置、燃气锅炉和燃气轮机;所述能量转化装置包括电热泵、电制冷、余热锅炉、吸收式热泵和吸收式制冷机;所述储能设备包括电储能、储热装置和储冷装置;所述负荷侧包括电负荷、冷负荷和热负荷;所述热负荷包括低温热水负荷、中温热水负荷、高温热水负荷以及高温蒸汽负荷;

所述风力发电装置用于将风能转化为电能,通过变流器接入电能母线;

所述光伏发电装置用于将太阳能转化为电能,通过变流器接入电能母线;

所述太阳能铝排管制热装置采用铝排管作为集热器,通过热泵将太阳能和空气能转化为热能,通入高温热水管道供给所述高温热水负荷;

所述太阳能铝排管制冷装置采用铝排管作为集热器,将太阳能和空气能转化为冷能,通入冷能管道供给所述冷负荷;

所述燃气锅炉通过燃烧天然气加热锅炉产生高温蒸汽,通入高温蒸汽管道;

所述燃气轮机通过燃烧天然气产生电能和高温蒸汽,分别接入电能母线和通入高温蒸汽管道;所述燃气轮机通过燃烧天然气还产生高温烟气余热,送入所述余热锅炉;

所述电能母线中的电能分为三路,一路供给所述电负荷,一路通入所述电热泵,一路通入所述电制冷;

所述电热泵用于将电能转化为热能,分别通入中温热水管道供给所述中温热水负荷以及通入低温热水管道供给所述低温热水负荷;

所述电制冷用于将电能转化为冷能,通入冷能管道供给所述冷负荷;

所述余热锅炉通过换热管将所述高温烟气余热转化为高温蒸汽,通入高温蒸汽管道;

所述高温蒸汽管道内的高温蒸汽供给所述高温蒸汽负荷;

所述高温蒸汽管道内的高温蒸汽还通入所述吸收式热泵;所述吸收式热泵用于将高温蒸汽转化为热能,分别通入高温热水管道供给所述高温热水负荷以及通入中温热水管道供给所述中温热水负荷;

所述高温蒸汽管道内的高温蒸汽还通入所述吸收式制冷机;所述吸收式制冷机用于将高温蒸汽转化为热能和冷能,分别通入低温热水管道供给所述低温热水负荷以及通入冷能管道供给所述冷负荷;

所述电储能为电池,所述电池和所述电能母线相连接;所述电储能用于储存电能和输出电能,在所述微能源网系统中电能充足时通过电储能储存电能,在所述微能源网系统中电能不足时,电储能相当于电源向电能母线输出电能;

所述储热装置为三个保温热水箱,三个所述保温热水箱分别和高温热水管道、中温热水管道以及低温热水管道相连接;所述储热装置用于储存热能和输出热能,在所述微能源网系统中热能充足时通过储热装置储存热能,在所述微能源网系统中热能不足时,储热装置相当于热源分别向高温热水负荷、中温热水负荷和低温热水负荷提供热能;

所述储冷装置为蓄冷罐,所述蓄冷罐和所述冷能管道相连接;所述储冷装置用于储存冷能和输出冷能,在所述微能源网系统中冷能充足时通过储冷装置储存冷能,在所述微能源网系统中冷能不足时,储冷装置相当于冷源向冷负荷提供冷能;

所述协同优化运行控制方法包括如下步骤:

根据天气数据,通过深度学习对可再生能源设备的功率输出值进行预测,得到可再生能源设备的预测功率输出值;所述天气数据包括气温、湿度、气压、空气密度、太阳辐射强度、云覆盖率、地表温度、风速以及风向;所述可再生能源设备包括所述风力发电装置、所述光伏发电装置、所述太阳能铝排管制热装置和所述太阳能铝排管制冷装置;

根据气象数据,通过深度学习对负荷侧的需求量进行预测;所述气象数据包括气温和风速;

根据可再生能源设备的预测功率输出值以及负荷侧的需求量,利用优化模型对可控供能设备的功率输出值进行预测;所述优化模型包括目标函数、微能源网能量平衡约束条件和微能源网运行限值约束条件;所述可控供能设备包括所述燃气锅炉、所述燃气轮机、所述电热泵、所述电制冷、所述吸收式热泵、所述吸收式制冷机、所述电储能、所述储热装置和所述储冷装置;

根据可再生能源设备的实际功率输出值和负荷侧的实时需求量,以可再生能源设备的实际功率输出值与预测功率输出值的偏差最小为优化目标,对微能源网系统进行优化,实时调整微能源网系统中可控供能设备的功率输出值;

所述目标函数为: $\min C_r = C_f + C_{om}$;

其中, C_r 为微能源网系统的运行成本, C_f 为购买天然气的费用, C_{om} 为微能源网系统中各设备的日常运行维护费用;所述微能源网系统中各设备包括所述风力发电装置、所述光伏发电装置、所述太阳能铝排管制热装置、所述太阳能铝排管制冷装置、所述燃气锅炉、所述燃气轮机、所述余热锅炉、所述电热泵、所述电制冷、所述吸收式热泵、所述吸收式制冷机、所述电储能、所述储热装置和所述储冷装置;

$$C_f = c_f \cdot Q_f \cdot \Delta t;$$

其中, c_f 为天然气单位热值价格, Q_f 为 Δt 时间段内微能源网系统消耗的所有天然气热值;

$$C_{om} = \sum_{i=1}^{14} R_i P_i \Delta t;$$

其中, R_i 为微能源网系统中第*i*个设备的运行维护费用系数, P_i 为微能源网系统中第*i*个设备的输出功率; $i=0,1,\dots,14$;

所述微能源网能量平衡约束条件包括电能平衡方程、热能平衡方程以及冷能平衡方程;

其中,电能平衡方程为:

$$P_{gt} + P_{pv} + P_{wt} + S_{ed} P_{ed} = P_{dr} + P_{xh} + P_l + S_{ec} P_{ec};$$

其中, P_{gt} 、 P_{pv} 、 P_{wt} 、 P_{ed} 、 P_{dr} 、 P_{xh} 、 P_l 、 P_{ec} 分别为所述燃气轮机、所述光伏发电装置、所述风力发电装置、所述电储能放电、所述电热泵、所述电制冷、所述电负荷以及所述电储能充电的功率; S_{ed} 、 S_{ec} 分别为所述电储能放电和充电的状态值;

热能平衡方程为:

$$H_{sep} + H_{gb} + H_{gt} + H_{rb} + H_{dr} + S_{hd} H_{hd} = H_l + S_{hc} H_{hc} + \Delta H_{loss};$$

其中, H_{sep} 、 H_{gb} 、 H_{gt} 、 H_{rb} 、 H_{dr} 、 H_{hd} 、 H_l 、 H_{hc} 、 ΔH_{loss} 分别为所述太阳能铝排管制热装置、所述燃气锅炉、所述燃气轮机、所述余热锅炉、所述电热泵、所述储热装置放热、所述热负荷、所述储热装置储热以及管道损失的热能; S_{hd} 、 S_{hc} 分别为所述储热装置放热与储热的状态值;

冷能平衡方程为：

$$C_{\text{sep}} + C_e + C_{\text{ch}} + S_{\text{cd}} C_{\text{cd}} = C_1 + S_{\text{cc}} C_{\text{cc}} + \Delta C_{\text{loss}};$$

其中, C_{sep} 、 C_e 、 C_{ch} 、 C_{cd} 、 C_1 、 C_{cc} 、 ΔC_{loss} 分别为所述太阳能铝排管制冷装置、所述吸收式制冷机、所述电制冷、所述储冷装置放冷、所述冷负荷、所述储冷装置储冷以及管道损失的冷能; S_{cd} 、 S_{cc} 分别为所述储冷装置释冷与储冷的状态值。

2. 如权利要求1所述的一种微能源网系统的协同优化运行控制方法, 其特征在于, 所述根据天气数据, 通过深度学习对可再生能源设备的功率输出值进行预测, 得到可再生能源设备的预测功率输出值具体包括:

采集历史天气数据, 形成初始样本集;

从初始样本集中随机抽取若干个样本组成新的样本集, 利用决策树对所述新的样本集进行数据的特征筛选, 筛选出与可再生能源设备功率输出值相关的历史特征数据; 所述历史特征数据包括风速、风向、太阳辐射强度、地表温度和云覆盖率;

根据历史特征数据和可再生能源设备的历史功率输出值, 通过深度学习进行训练, 得到第一预测模型;

采集预测时间段的天气数据, 利用决策树对所述天气数据进行特征筛选, 得到特征数据; 根据所述特征数据, 利用第一预测模型对可再生能源设备的功率输出值进行预测, 得到可再生能源设备的预测功率输出值。

一种微能源网系统及其协同优化运行控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及综合能源利用领域,特别是涉及一种微能源网系统及其协同优化运行控制方法。

背景技术

[0002] 能源是人类赖以生存的重要保障,是经济社会发展的命脉。随着社会的发展和人民生活水平的提高,人类对能源的需求逐年增加,造成一次化石能源日益枯竭以及环境问题日益严峻,传统能源开发利用的弊端日益显著,能源变革势在必行。为提高能源利用效率,减少CO₂排放,实现社会的可持续发展,将传统的能源系统和太阳能、风能等可再生能源发电相结合的方式,越来越受到人们的关注,以就地消纳可再生能源为目标的微电网应运而生。然而,微电网仅局限于电能,缺乏与气、热和冷等多种能源的耦合协调运行,使得能效不高。由于微能源网系统具有能效高、损耗小、污染少、运行灵活以及系统经济性好等特点,近年来引起全世界范围的广泛关注。

[0003] 目前,微能源网的运行主要以冷热电三联供系统(Combined Cooling Heating and Power, CCHP)为主,辅助风、光等可再生能源发电,而在负荷方面也仅划分为冷负荷、热负荷和电负荷,没有对用户用能需求进行细化,同时在供能侧和用能侧也没有考虑能源的阶梯利用和可再生能源的综合利用,导致综合能源利用效率不够高,同时也制约可再生能源的充分就地消纳。如何更好地提升综合能源阶梯利用和能效水平,实现微能源网系统实时协同优化运行是目前亟需解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种微能源网系统及其协同优化运行控制方法,考虑能源的阶梯利用和可再生能源的综合利用,以提高微能源网系统的综合能源利用效率,实现可再生能源的充分就地消纳,降低用户的用能成本,实现能源利用的节能减排。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0006] 一种微能源网系统,所述系统包括供能侧、能量转化装置和负荷侧;所述供能侧包括风力发电装置、光伏发电装置、太阳能铝排管制热装置、太阳能铝排管制冷装置和燃气锅炉;所述负荷侧包括电负荷、冷负荷和热负荷;所述热负荷包括低温热水负荷、中温热水负荷、高温热水负荷以及高温蒸汽负荷;所述能量转化装置包括电热泵;

[0007] 所述风力发电装置用于将风能转化为电能,通过变流器接入电能母线;

[0008] 所述光伏发电装置用于将太阳能转化为电能,通过变流器接入电能母线;

[0009] 所述电能母线中的电能分为两路,一路供给电负荷,一路通入电热泵;

[0010] 所述电热泵用于将电能转化为热能,分别通入中温热水管道供给中温热水负荷以及通入低温热水管道供给低温热水负荷;

[0011] 所述太阳能铝排管制热装置采用铝排管作为集热器,通过热泵将太阳能和空气能转化为热能,通入高温热水管道供给高温热水负荷;

[0012] 所述太阳能铝排管制冷装置采用铝排管作为集热器,将太阳能和空气能转化为冷能,通入冷能管道供给冷负荷;

[0013] 所述燃气锅炉通过燃烧天然气加热锅炉产生高温蒸汽,通入高温蒸汽管道;

[0014] 所述高温蒸汽管道内的高温蒸汽供给高温蒸汽负荷。

[0015] 一种微能源网系统的协同优化运行控制方法,所述协同优化运行控制方法包括如下步骤:

[0016] 根据天气数据,通过深度学习对可再生能源设备的功率输出值进行预测,得到可再生能源设备的预测功率输出值;所述天气数据包括气温、湿度、气压、空气密度、太阳辐射强度、云覆盖率、地表温度、风速以及风向;所述可再生能源设备包括风力发电装置、光伏发电装置、太阳能铝排管制热装置和太阳能铝排管制冷装置;

[0017] 根据气象数据,通过深度学习对负荷侧的需求量进行预测;所述气象数据包括气温和风速;

[0018] 根据可再生能源设备的预测功率输出值以及负荷侧的需求量,利用优化模型对可控供能设备的功率输出值进行预测;所述优化模型包括目标函数、微能源网能量平衡约束条件和微能源网运行限值约束条件;所述可控供能设备包括燃气锅炉、燃气轮机、电热泵、电制冷、吸收式热泵、吸收式制冷机、电储能、储热装置和储冷装置;

[0019] 根据可再生能源设备的实际功率输出值和负荷侧的实时需求量,以可再生能源设备的实际功率输出值与预测功率输出值的偏差最小为优化目标,对微能源网系统进行优化,实时调整微能源网系统中可控供能设备的功率输出值。

[0020] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0021] 1、本发明所提供的一种微能源网系统,在负荷侧将热负荷分为高温蒸汽负荷、高温热水负荷、中温热水负荷和低温热水负荷,能够实现微能源网系统能源的阶梯利用,提高能效。该微能源网系统通过采用太阳能铝排管制热装置和太阳能铝排管制冷装置,直接将太阳能和空气能转化为热能和冷能,改变了传统的微能源网中太阳能仅用来发电的利用方式,增加了可再生能源的利用方式。该微能源网系统全部利用清洁能源,风能产生电能,燃气锅炉产生热能,太阳能同时产生冷能、热能和电能,不仅能够充分利用可再生能源,提高能效,还能极大地缓解目前的环境污染压力问题。

[0022] 2、本发明所提供的一种微能源网系统,通过合理配置供能侧以及能量转化装置所包含的具体设备,所构成的微能源网系统不仅具备较高的新能源接入比例,还能通过储能装置优化配置,通过电网、热网和气网满足用户用能需求,达到本地能源生产与用户用能负荷的基本平衡,实现了微能源网系统的独立运行,提高了能源的综合利用效率和阶梯利用,减少排放,实现能源就地消纳。同时该微能源网系统作为一种智慧型能源综合利用网络,具有损耗小、污染少、运行灵活以及系统经济性好的特点。

[0023] 3、本发明所提供的一种微能源网系统的协同优化运行控制方法,先对可再生能源设备的功率输出值和负荷侧的需求量进行预测,并基于此对可控供能设备的功率输出值进行预测,根据可再生能源设备的实际功率输出值和负荷侧的实时需求量,以可再生能源设备的实际功率输出值与预测功率输出值的偏差最小为优化目标,对微能源网系统进行滚动优化,不断调整微能源网系统中可控供能设备的功率输出值,在满足供需的实时平衡前提下,使微能源网系统经济运行,从而实现微能源网系统实时滚动优化运行,进而达到节能的

目的。将用能、供能和储能统一协同调度,实现微能源网系统中多供能互补,提高微能源网中多供能的综合利用效率和阶梯利用。

附图说明

[0024] 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,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅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的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1为本发明实施例1所提供的微能源网系统的结构示意图。

[0026] 图2为本发明实施例2所提供的微能源网系统协同优化运行控制方法的方法流程图。

[0027] 图3为本发明实施例2所提供的微能源网系统最优调度方案框图。

具体实施方式

[0028] 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,所描述的实施例仅仅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。

[0029] 本发明的目的是提供一种微能源网系统及其协同优化运行控制方法,考虑能源的阶梯利用和可再生能源的综合利用,以提高微能源网系统的综合能源利用效率,实现可再生能源的充分就地消纳,降低用户的用能成本,实现能源利用的节能减排。

[0030] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,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。

[0031] 实施例1:

[0032] 本实施例用于提供一种微能源网系统,所述系统为由供电、供热和供冷组成的多能流独立运行的微能源网系统,通过源-网-荷-储构成一个微能源网络。如图1所示,所述微能源网系统包括供能侧、能量转化装置和负荷侧;所述供能侧包括风力发电装置、光伏发电装置、太阳能铝排管制热装置、太阳能铝排管制冷装置和燃气锅炉;所述负荷侧包括电负荷、冷负荷和热负荷;所述热负荷包括低温热水负荷、中温热水负荷、高温热水负荷以及高温蒸汽负荷;所述能量转化装置包括电热泵;本实施例所提供的一种微能源网系统,在负荷侧将热负荷分为高温蒸汽负荷、高温热水负荷、中温热水负荷和低温热水负荷,且高温热水、中温热水和低温热水的温度范围分别为 $[80^{\circ}-100^{\circ}]$ 、 $[60^{\circ}-80^{\circ}]$ 和 $[40^{\circ}-60^{\circ}]$,进而通过热负荷的进一步细分,能够实现微能源网系统能源的阶梯利用,提高能效。

[0033] 所述风力发电装置用于将风能转化为电能,通过变流器接入电能母线;

[0034] 所述光伏发电装置用于将太阳能转化为电能,通过变流器接入电能母线;

[0035] 所述电能母线中的电能分为两路,一路供给电负荷,一路通入电热泵;

[0036] 所述电热泵用于将电能转化为热能,分别通入中温热水管道供给中温热水负荷以及通入低温热水管道供给低温热水负荷;

[0037] 进一步的,所述能量转化装置还包括电制冷;所述电能母线中的电能还有一路通

入电制冷；所述电制冷用于将电能转化为冷能，通入冷能管道供给冷负荷。进而，本实施例可以实现电能向热能和冷能的转化。

[0038] 所述太阳能铝排管制热装置采用铝排管作为集热器，通过热泵将太阳能和空气能转化为热能，通入高温热水管道供给高温热水负荷；

[0039] 所述太阳能铝排管制冷装置采用铝排管作为集热器，将太阳能和空气能转化为冷能，通入冷能管道供给冷负荷；

[0040] 本实施例所提供的微能源网系统中，太阳能铝排管制热装置和太阳能铝排管制冷装置采用铝排管作为集热器，可裸露在大气中直接吸收太阳能、空气能，并分别将其转化为热能和冷能，能效高。且通过采用太阳能铝排管制热装置和太阳能铝排管制冷装置，直接将太阳能和空气能转化为热能和冷能，改变了传统的微能源网中太阳能仅用来发电的利用方式，增加了可再生能源的利用方式，能够实现可再生能源的综合利用，并实现可再生能源的充分就地消纳。

[0041] 所述燃气锅炉通过燃烧天然气加热锅炉产生高温蒸汽，通入高温蒸汽管道；本实施例所提供的微能源网系统全部利用清洁能源，风能产生电能，燃气锅炉产生热能，太阳能同时产生冷能、热能和电能，不仅能够充分利用可再生能源，提高能效，还能极大缓解目前的环境污染压力问题。

[0042] 所述高温蒸汽管道内的高温蒸汽供给高温蒸汽负荷。

[0043] 进一步的，所述能量转化装置还包括吸收式热泵和吸收式制冷机；所述高温蒸汽管道内的高温蒸汽还有两路输出，一路通入吸收式热泵，另一路通入吸收式制冷机；所述吸收式热泵用于将高温蒸汽转化为热能，分别通入高温热水管道供给高温热水负荷以及通入中温热水管道供给中温热水负荷。所述吸收式制冷机用于将高温蒸汽转化为热能和冷能，分别通入低温热水管道供给低温热水负荷以及通入冷能管道供给冷负荷。

[0044] 作为一种可选的实施方式，本实施例所提供的微能源网系统的供能侧还包括燃气轮机；所述燃气轮机通过燃烧天然气产生电能和高温蒸汽，分别接入电能母线和通入高温蒸汽管道。所述能量转化装置还包括余热锅炉；所述燃气轮机通过燃烧天然气还产生高温烟气余热，送入余热锅炉；所述余热锅炉通过换热管将所述高温烟气余热转化为高温蒸汽，通入高温蒸汽管道。

[0045] 所述微能源网系统还包括储能设备，所述储能设备包括电储能、储热装置和储冷装置；

[0046] 所述电储能为电池，所述电池和所述电能母线相连接；所述电储能用于储存电能和输出电能，在所述微能源网系统中电能充足时通过电储能储存电能，在所述微能源网系统中电能不足时，电储能相当于电源向电能母线输出电能；

[0047] 所述储热装置为三个保温热水箱，三个所述保温热水箱分别和高温热水管道、中温热水管道以及低温热水管道相连接；所述储热装置用于储存热能和输出热能，在所述微能源网系统中热能充足时通过储热装置储存热能，在所述微能源网系统中热能不足时，储热装置相当于热源分别向高温热水负荷、中温热水负荷和低温热水负荷提供热能；

[0048] 所述储冷装置为蓄冷罐，所述蓄冷罐和所述冷能管道相连接；所述储冷装置用于储存冷能和输出冷能，在所述微能源网系统中冷能充足时通过储冷装置储存冷能，在所述微能源网系统中冷能不足时，储冷装置相当于冷源向冷负荷提供冷能。

[0049] 本实施例所提供的一种微能源网系统,通过合理配置供能侧以及能量转化装置所包含的具体设备,所构成的微能源网系统不仅具备较高的新能源接入比例,还能通过储能装置优化配置,通过电网、热网和气网满足用户用能需求,达到本地能源生产与用户用能负荷的基本平衡,实现了微能源网系统的独立运行,提高了能源的综合利用效率和阶梯利用,减少排放,实现能源就地消纳。同时该微能源网系统作为一种智慧型能源综合利用网络,具有损耗小、污染少、运行灵活以及系统经济性好的特点。

[0050] 基于上述微能源网系统,电能由风力发电装置、光伏发电装置和燃气轮机提供,在进行电能生产时,优先选择风力发电装置和光伏发电装置生产电能,然后综合考虑负荷需求和用能成本再选择燃气轮机生产电能,并在电能过剩时将多余的电能存储到电储能。此外,燃气轮机和电储能还能够用于调整电能负荷,实现微能源网系统的电功率平衡。其中,燃气轮机可以通过调节燃气输入改变输出的电功率,调节范围较大,可以实现输出电功率在15%-100%范围内的调节,调节电功率较灵活,不受外界环境因素的影响。

[0051] 相应的,热能由太阳能铝排管制热装置、电热泵、燃气轮机、余热锅炉和燃气锅炉提供,在进行热能生产时,优先选择太阳能铝排管制热装置生产热能,然后综合考虑负荷需求和用能成本再选择电热泵、燃气轮机、余热锅炉和燃气锅炉生产热能,并在热能过剩时将多余的热能存储到储热装置。此外,电热泵、燃气轮机、燃气锅炉和储热装置还能够用于调整热能负荷,其中,电热泵用于将利用风力发电装置或光伏发电装置产生的电能转化成热能,燃气轮机通过燃烧天然气提供热能,燃气锅炉通过燃烧天然气加热锅炉产生热能,电热泵、燃气轮机、燃气锅炉和储热装置这四个设备通过协同优化,在满足电功率平衡的约束条件下,使得制热成本最低,从而实现微能源网系统的热功率平衡。

[0052] 冷能由太阳能铝排管制冷装置、电制冷和吸收式制冷机提供,在进行冷能生产时,优先选择太阳能铝排管制冷装置生产冷能,然后选择电制冷和吸收式制冷机生产冷能,并在冷能过剩时将多余的冷能存储到储冷装置。此外,吸收式制冷机、电制冷和储冷装置还能够用于调整冷能负荷,从而实现微能源网系统的冷功率平衡。

[0053] 从各种能源需求这一角度而言,当风力发电装置和光伏发电装置所产生的电能供能不足时,优先选择电储能输出电能,当所提供的电能仍不满足用户电能的需求时,增加燃气轮机的输出电能。当太阳能铝排管制热装置和电热泵(风力发电装置和光伏发电装置输出的电能充足时)所产生的热能供能不足时,优先选择储热装置输出热能和燃气轮机生产热能,当所提供的热能仍不满足用户热能的需求时,启动燃气锅炉提供热能。当太阳能铝排管制冷装置和电制冷供能不足时,优先选择储冷装置输出冷能,当所提供的冷能仍不满足用户冷能的需求时,启动燃气轮机或燃气锅炉,通过吸收式制冷机提供冷能。

[0054] 从不同类型负荷这一角度而言,电能母线的输入端连接风力发电装置、光伏发电装置以及燃气轮机,电能母线的输出端连接电热泵、电制冷和电负荷。电储能也与电能母线相连接,与电能母线进行电能交换,当微能源网系统中电能充足时电储能从电能母线吸收电能,微能源网系统中电能不足时通过电储能向电能母线释放电能。

[0055] 高温蒸汽管道的输入端连接燃气轮机、余热锅炉和燃气锅炉,高温蒸汽管道的输出端连接吸收式热泵、吸收式制冷机和高温蒸汽负荷。对于高温蒸汽负荷而言,高温蒸汽由燃气轮机、余热锅炉和燃气锅炉提供,优先利用燃气轮机和余热锅炉生产高温蒸汽,供给不足时由燃气锅炉补给。

[0056] 高温热水管道的输入端连接太阳能铝排管制热装置和吸收式热泵,高温热水管道的输出端连接高温热水负荷。储热装置也与高温热水管道相连接,在微能源网系统中高温热水充足时向储热装置中存储高温热水,微能源网系统高温热水不足时通过储热装置向高温热水管道输出高温热水。对于高温热水负荷而言,高温热水由太阳能铝排管制热装置和吸收式热泵提供,优先利用太阳能铝排管制热装置生产高温热水,供给不足时由吸收式热泵补给。

[0057] 中温热水管道的输入端连接电热泵和吸收式热泵,中温热水管道的输出端连接中温热水负荷。储热装置也与中温热水管道相连接,在微能源网系统的中温热水充足时向储热装置中存储中温热水,在微能源网系统的中温热水不足时通过储热装置向中温热水管道输出中温热水。对于中温热水负荷而言,中温热水由电热泵和吸收式热泵提供,考虑负荷需求和系统运行成本协调电热泵和吸收式热泵输出中温热水负荷。

[0058] 低温热水管道的输入端连接电热泵和吸收式制冷机,低温热水管道的输出端连接低温热水负荷。储热装置也与低温热水管道相连接,在微能源网系统低温热水充足时向储热装置中存储低温热水,微能源网系统低温热水不足时通过储热装置向低温热水管道输出低温热水。对于低温热水负荷而言,低温热水由电热泵和吸收式制冷机提供,在燃气轮机开启时优先利用吸收式制冷机提供低温热水负荷,供给不足时由电热泵补给。

[0059] 冷能管道的输入端连接太阳能铝排管制冷装置、电制冷和吸收式制冷机,冷能管道的输出端连接冷负荷。储冷装置也与冷能管道相连接,在微能源网系统冷能充足时向储冷装置中存储冷能,微能源网系统冷能不足时通过储冷装置向冷能管道输出冷能。对于冷负荷而言,冷能由太阳能铝排管制冷装置、电制冷和吸收式制冷机提供,优先利用太阳能铝排管制冷装置提供冷能,不足部分由电制冷补给,仍然不足时通过吸收式制冷机供给。

[0060] 另外,本实施例根据微能源网系统中负荷,考虑建设成本来确定供能侧设备的容量和能量转化装置的容量,其中确定供能侧设备的容量还需综合考虑电储能、储热装置和储冷装置。

[0061] 作为一种可选的实施方式,本实施例通过三层物联网结构实现微能源网系统中供能设备、能量转化装置以及用户用能负荷运行状态的实时检测、传输和应用,从感知层、网络层和应用层实现信息的联通与交互。感知层实现数据采集、传感器现场组网以及信息协同处理;网络层实现网络管理、网融合、网络监控以及数据传输;应用层实现微能源网系统多能量检测与多能量优化调度。进而利用三层物联网结构,将分散式用能和分布式供能相互联通、实时共享,将传统电力网、现代信息网和热力网三网融合,将用能、供能和储能统一协同调度,实现微能源网系统中多供能互补,提高微能源网中多供能的综合利用效率和阶梯利用。

[0062] 实施例2:

[0063] 本实施例用于提供一种微能源网系统的协同优化运行控制方法,控制上述微能源网系统进行工作,考虑到微能源网系统短时间尺度内可再生能源设备功率输出的随机性、波动性和用户用能负荷的变化,通过模型预测控制的方法实现微能源网设备的实时滚动优化运行。如图2所示,所述协同优化运行控制方法包括如下步骤:

[0064] 步骤101,根据天气数据,通过深度学习对可再生能源设备的功率输出值进行预测,得到可再生能源设备的预测功率输出值;所述天气数据包括气温、湿度、气压、空气密

度、太阳辐射强度、云覆盖率、地表温度、风速以及风向；所述可再生能源设备包括风力发电装置、光伏发电装置、太阳能铝排管制热装置和太阳能铝排管制冷装置；

[0065] 其中，所述根据天气数据，通过深度学习对可再生能源设备的功率输出值进行预测，得到可再生能源设备的预测功率输出值具体包括：

[0066] 采集历史天气数据，形成初始样本集；

[0067] 从初始样本集中随机抽取若干个样本组成新的样本集，以减少样本数据的数量。利用决策树对所述新的样本集进行数据的特征筛选，筛选出与可再生能源设备功率输出值相关的历史特征数据；所述历史特征数据包括风速、风向、太阳辐射强度、地表温度和云覆盖率；

[0068] 为了有效的匹配预测模型结构，根据历史特征数据和可再生能源设备的历史功率输出值，通过深度学习进行训练，得到第一预测模型，通过第一预测模型即可建立输出功率与输入特征数据之间的关系，进而能够获得预测时间段内可再生能源设备的功率输出值。

[0069] 进一步的，本实施例在获取历史特征数据后，还可对历史特征数据进行预处理。为了提高训练速度，本实施例采用样本数据归一化的预处理方式，并根据输出功率时间维度的规律性，确定训练样本。另外，在获取预测模型的过程中，通过设置预测误差指标判断所得到的预测模型是否满足要求，若满足要求，输出此时得到的预测模型，若不满足要求，则继续利用深度学习进行训练。

[0070] 采集预测时间段的天气数据，利用决策树对所述天气数据进行特征筛选，得到特征数据；根据所述特征数据，利用第一预测模型对可再生能源设备的功率输出值进行预测，得到可再生能源设备的预测功率输出值。本领域技术人员可以理解的是，预测时间段的天气数据与历史天气数据的类型相同，通过决策树筛选出来的特征数据与历史特征数据的类型也相同。本实施例根据天气数据，利用深度学习即可对可再生能源设备的功率输出值进行预测。

[0071] 步骤102，根据气象数据，通过深度学习对负荷侧的需求量进行预测；所述气象数据包括气温和风速；

[0072] 具体的，该步骤包括：

[0073] 采集历史负荷数据和历史气象数据，形成初始样本集。所述历史负荷数据包括电负荷、热负荷和冷负荷的历史需求量；所述历史气象数据包括气温和风速。

[0074] 根据初始样本集，按负荷类型将初始样本集中的历史负荷数据分成N组；本实施例中的N取3，分别为电负荷数据组、热负荷数据组和冷负荷数据组；但每一个数据组均包括全部的历史气象数据。

[0075] 为了有效地匹配负荷预测模型结构，对电负荷数据组、热负荷数据组和冷负荷数据组分别进行训练，根据历史气象数据和历史负荷数据，通过深度学习进行训练，得到第二预测模型、第三预测模型和第四预测模型，进而可通过这三种模型实现三种负荷需求量的预测。

[0076] 采集预测时间段的气象数据，利用第二预测模型、第三预测模型和第四预测模型分别对用户电负荷、热负荷和冷负荷的需求量进行预测，进而获得负荷侧的需求量。本实施例根据气象数据，利用深度学习即可对负荷侧的需求量进行预测。

[0077] 步骤103，根据可再生能源设备的预测功率输出值以及负荷侧的需求量，利用优化

模型对可控供能设备的功率输出值进行预测;所述优化模型包括目标函数、微能源网能量平衡约束条件和微能源网运行限值约束条件;所述可控供能设备包括燃气锅炉、燃气轮机、电热泵、电制冷、吸收式热泵、吸收式制冷机、电储能、储热装置和储冷装置;

[0078] 其中,所述目标函数为: $\min C_r = C_f + C_{om}$;

[0079] 其中, C_r 为微能源网系统的运行成本, C_f 为购买天然气的费用, C_{om} 为微能源网系统中各设备的日常运行维护费用;所述微能源网系统中各设备包括风力发电装置、光伏发电装置、太阳能铝排管制热装置、太阳能铝排管制冷装置、燃气锅炉、燃气轮机、余热锅炉、电热泵、电制冷、吸收式热泵、吸收式制冷机、电储能、储热装置和储冷装置;

[0080] $C_f = c_f \cdot Q_f \cdot \Delta t$;

[0081] 其中, c_f 为天然气单位热值价格(元/kWh), Q_f 为 Δt 时间段内微能源网系统消耗的所有天然气热值;

[0082] $C_{om} = \sum_{i=1}^{14} R_i \cdot P_i \cdot \Delta t$;

[0083] 其中, R_i 为微能源网系统中第*i*个设备的运行维护费用系数(元/kWh), P_i 为微能源网系统中第*i*个设备的输出功率; $i=0,1,\dots,14$;

[0084] 所述微能源网能量平衡约束条件包括电能平衡方程、热能平衡方程以及冷能平衡方程;

[0085] 其中,电能平衡方程为:

[0086] $P_{gt} + P_{pv} + P_{wt} + S_{ed} P_{ed} = P_{dr} + P_{xh} + P_l + S_{ec} P_{ec}$;

[0087] 其中, P_{gt} 、 P_{pv} 、 P_{wt} 、 P_{ed} 、 P_{dr} 、 P_{xh} 、 P_l 、 P_{ec} 分别为燃气轮机、光伏发电装置、风力发电装置、电储能放电、电热泵、电制冷、电负荷以及电储能充电的功率; S_{ed} 、 S_{ec} 分别为电储能放电和充电的状态值(0表示停止,1表示工作);

[0088] 热能平衡方程为:

[0089] $H_{sep} + H_{gb} + H_{gt} + H_{rb} + H_{dr} + S_{hd} H_{hd} = H_l + S_{hc} H_{hc} + \Delta H_{loss}$;

[0090] 其中, H_{sep} 、 H_{gb} 、 H_{gt} 、 H_{rb} 、 H_{dr} 、 H_{hd} 、 H_l 、 H_{hc} 、 ΔH_{loss} 分别为太阳能铝排管制热装置、燃气锅炉、燃机轮机、余热锅炉、电热泵、储热装置放热、热负荷、储热装置储热以及管道损失的热能; S_{hd} 、 S_{hc} 分别为储热装置放热与储热的状态值(0表示停止,1表示工作);

[0091] 冷能平衡方程为:

[0092] $C_{sep} + C_e + C_{xh} + S_{cd} C_{cd} = C_l + S_{cc} C_{cc} + \Delta C_{loss}$;

[0093] 其中, C_{sep} 、 C_e 、 C_{xh} 、 C_{cd} 、 C_l 、 C_{cc} 、 ΔC_{loss} 分别为太阳能铝排管制冷装置、吸收式制冷机、电制冷、储冷装置放冷、冷负荷、储冷装置储冷以及管道损失的冷能; S_{cd} 、 S_{cc} 分别为储冷装置释冷与储冷的状态值(0表示停止,1表示工作)。

[0094] 微能源网运行限值约束条件即为微能源网系统各设备的功率输出限制值,在此,本实施例不对各个设备功率输出限制值的具体数值加以限制。

[0095] 基于上述优化模型,具体的优化求解流程为:根据天气数据对可再生能源设备的功率输出值进行预测,根据气象数据对负荷侧的需求量进行预测;以微能源网的运行成本最小为目标函数,在微能源网能量平衡约束条件和微能源网运行限值约束条件的约束下,对可控供能设备的功率输出值进行预测,进而实现在预测时间段内微能源网系统所包含的全部设备的功率输出值预测。

[0096] 步骤104,根据可再生能源设备的实际功率输出值和负荷侧的实时需求量,以可再生能源设备的实际功率输出值与预测功率输出值的偏差最小为优化目标,对微能源网系统进行优化,实时调整微能源网系统中可控供能设备的功率输出值。

[0097] 本发明所提供的一种微能源网系统的协同优化运行控制方法,先对可再生能源设备的功率输出值和负荷侧的需求量进行预测,并基于此对可控供能设备的功率输出值进行预测,根据可再生能源设备的实际功率输出值和负荷侧的实时需求量,以可再生能源设备的实际功率输出值与预测功率输出值的偏差最小为优化目标,对微能源网系统进行滚动优化,不断调整微能源网系统中可控供能设备的功率输出值,在满足供需的实时平衡前提下,使微能源网系统经济运行,从而实现微能源网系统实时滚动优化运行,进而达到节能的目的。将用能、供能和储能统一协同调度,实现微能源网系统中多供能互补,提高微能源网中多供能的综合利用效率和阶梯利用。

[0098] 图3为微能源网系统最优调度方案框图,包括微能源网结构与相关参数信息输入、预测信息输入、市场信息输入、决策信息输出以及多能流实时优化调度。其中,微能源网结构与相关参数信息输入由图1提供,预测信息输入所输入的是可再生能源设备的功率输出值预测和负荷侧的需求量预测,多能流实时优化调度采用图2所示的方法,市场信息输入包括价格信息和用户订单,价格信息为天然气实时价格,用户订单为用户的用能清单。利用微能源网结构与相关参数信息输入和预测信息输入的输入信息,结合市场信息输入的输入信息,利用图2的方法给出调度策略和运行方案,进一步确定实时优化调度的决策信息,调节供电设备、供热设备、供冷设备和储能设备的功率输出值,达到实时优化调度,使得微能源网系统实时运行在最佳状态,即系统运行成本和用户用能成本最低,从而达到节能的目的。

[0099] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0100] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

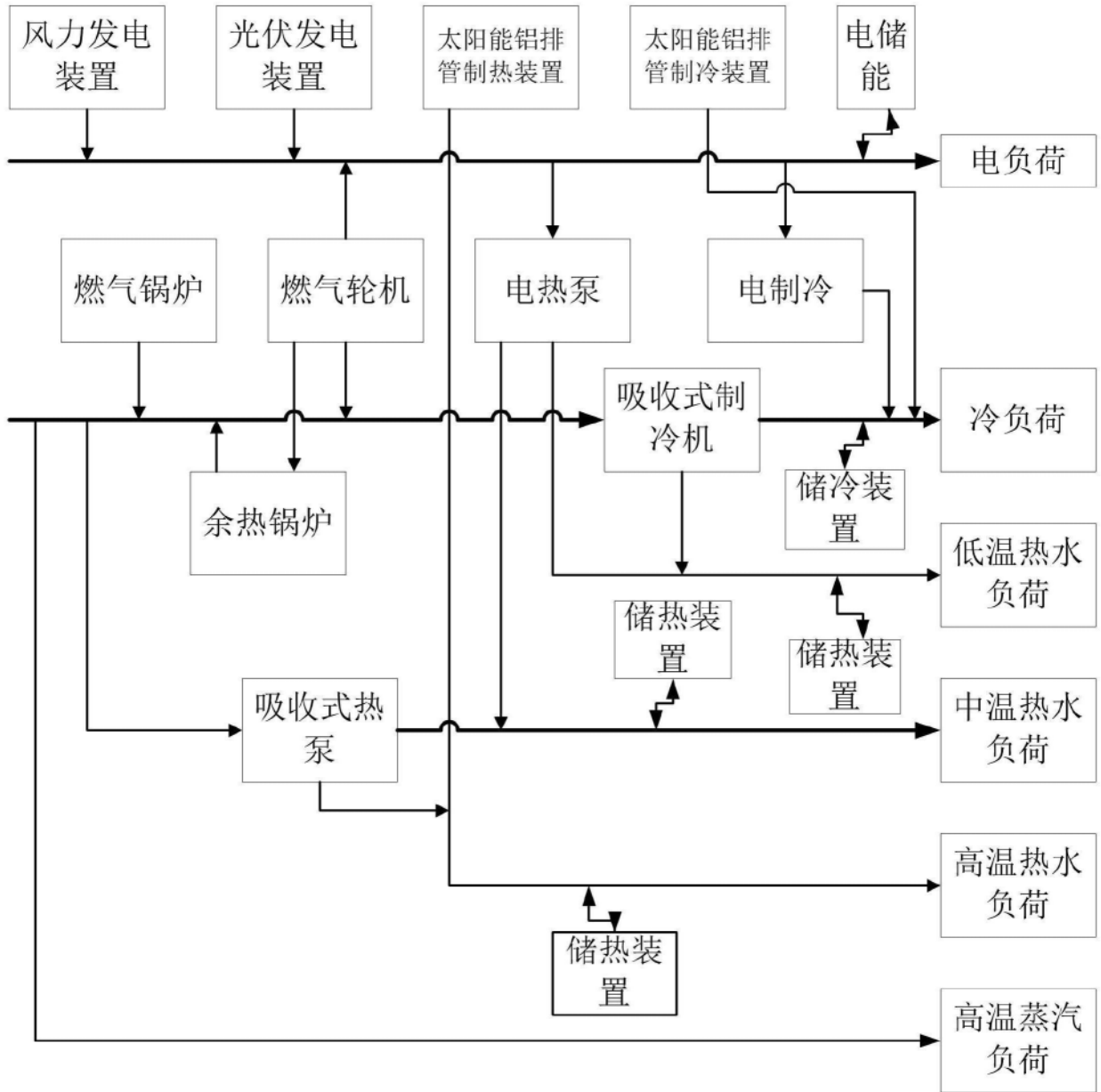


图1

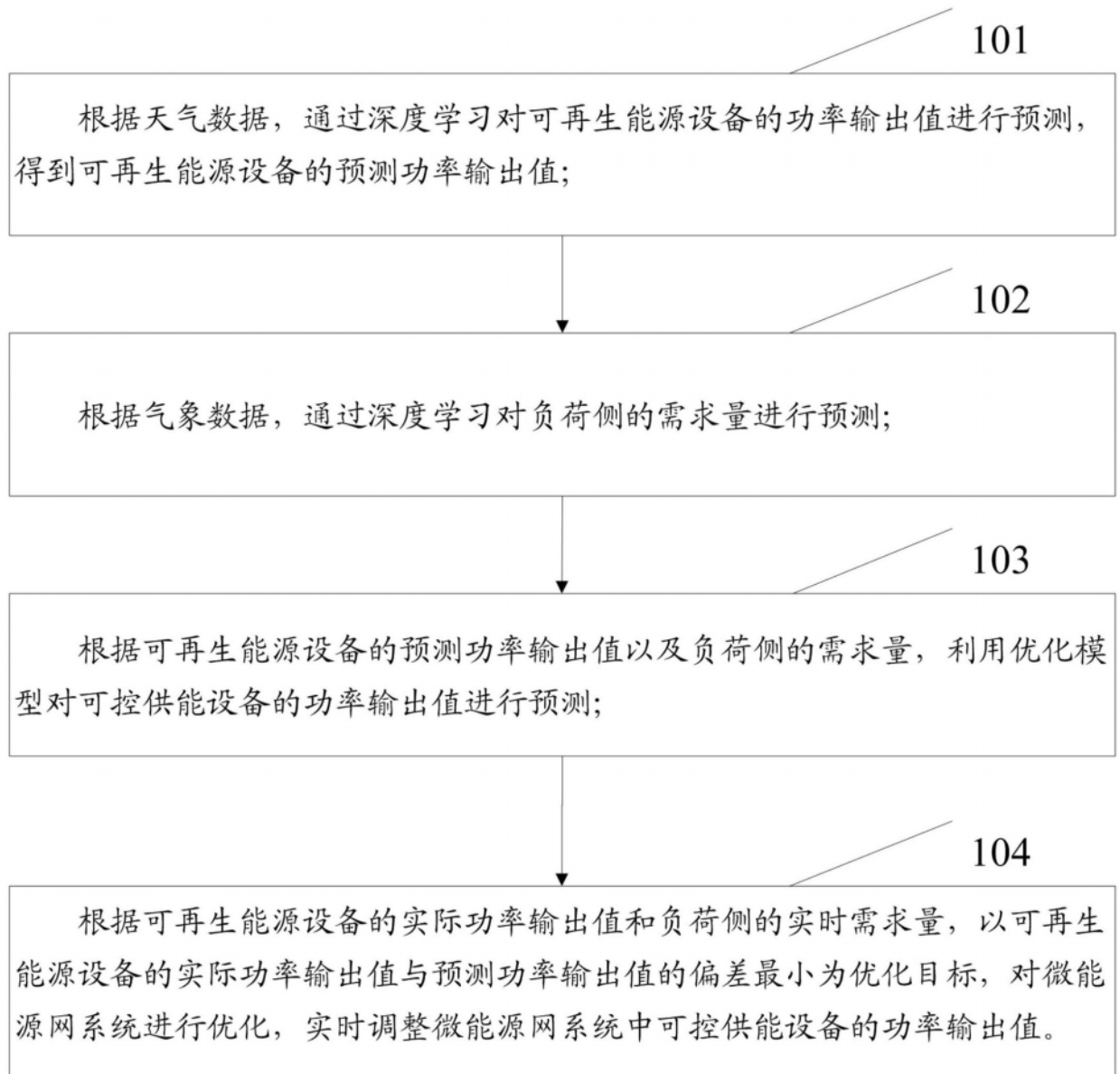


图2

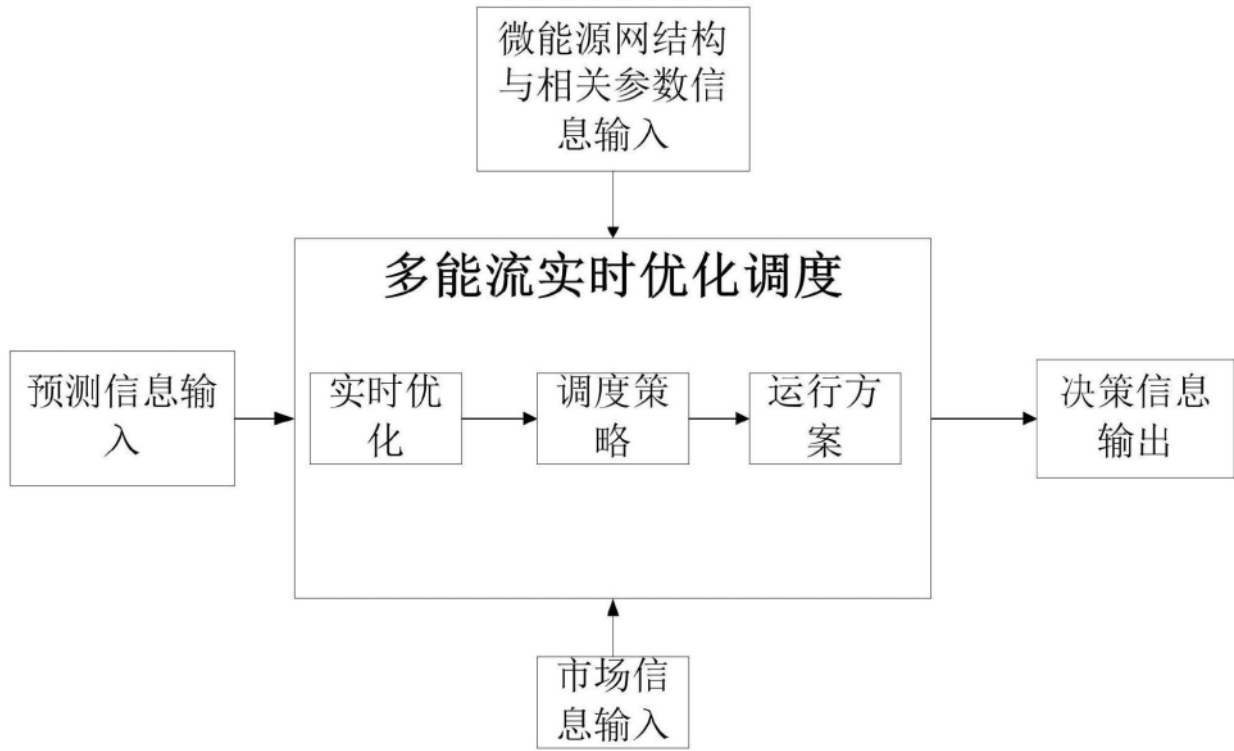


图3