



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115526112 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 27

(21) 申请号 202211272055.9

(22) 申请日 2022.10.18

(71) 申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72) 发明人 丁勇 罗梓淇 罗庆 张东林

蒋祥婷

(74) 专利代理机构 重庆缙云专利代理事务所

(特殊普通合伙) 50237

专利代理师 王翔

(51) Int. Cl.

G06F 30/27 (2020.01)

G06F 119/06 (2020.01)

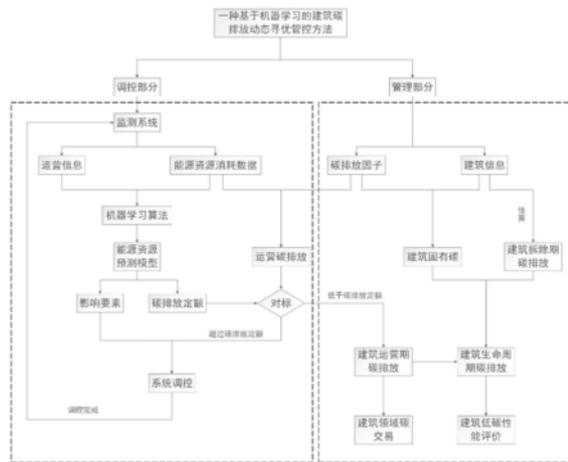
权利要求书3页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统与方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统与方法,包括建筑碳排放动态调控系统和建筑碳排放动态管理系统;所述建筑碳排放动态调控系统包括建筑监测模块、能源资源预测模块、碳排放定额计算模块、当前碳排放计算模块、碳排放调控模块;所述建筑碳排放动态管理系统包括建筑运营期碳排放计算模块、建筑固有碳排放计算模块、建筑低碳性能评价模块;本发明可根据当天或一段时间建筑运营信息与能源资源消耗数据得到即时动态的建筑能源资源模型,进而得到动态的碳排放定额和影响要素,针对性的调控影响碳排放的主要对象,直到建筑运营碳排放达到允许条件下最优,可减少建筑运营期的碳排放。



1. 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征在于:包括所述建筑碳排放动态调控系统。

所述建筑碳排放动态调控系统包括建筑监测模块、能源资源预测模块、碳排放定额计算模块、当前碳排放计算模块、碳排放调控模块;

所述建筑监测模块用于采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中;

所述能源资源预测模块存储有基于机器学习算法构建的能源预测模型和资源预测模型;

根据建筑运营信息与能源资源消耗数据,所述能源预测模型向碳排放定额计算模块输出能源预测数据,所述资源预测模型向碳排放定额计算模块输出资源预测数据;

根据建筑运营信息与能源消耗数据,形成所述能源预测模型,模型得到当前能源消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

根据建筑运营信息与资源消耗数据,形成所述资源预测模型,模型得到当前资源消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;

所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并控制建筑监测模块继续工作。

2. 根据权利要求1所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征在于:所述建筑运营信息包括机电设备运行性能与状态、环境状态、可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源。

3. 根据权利要求2所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征在于:建筑运营信息中所述机电设备运行性能与状态包括照明插座系统中开启的灯具数量、时长与功率,使用插座的电器数量、时长与功率;动力系统中电梯运行数量、时长与性能;空调系统中冷热源运行时长、频率、功率、进出水温度、流量,空调水泵运行数量、时长、频率与功率,空调风机运行数量、时长、频率与功率,冷却塔风机运行数量、时长、频率与功率,空调末端设备运行数量、时长与性能;生活热水系统中热水锅炉运行性能与水泵运行性能;用能系统中运行的设备数量、时长、频率、功率与性能;给水排水系统中用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;所述环境状态包括房间与公共区域的空调设定温度与风速,实际环境温度、相对湿度、CO₂浓度。

4. 根据权利要求3所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征在于:当建筑建设有可再生能源系统与非传统水源系统时,所述建筑运营信息还包括可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;

所述可再生能源系统性能包括可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量;

所述非传统水源系统性能包括雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

5. 根据权利要求1所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征
在于:所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源;所述能源包
括电力、天然气、煤、汽油、柴油、液化石油气;所述资源包括自来水、自备供给水、桶装水。

6. 根据权利要求1所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征
在于,建立能源预测模型和资源预测模型的步骤包括:

1) 根据自变量参数类型进行变量预处理;当自变量为连续型变量时,预处理方法包括
Z-Score标准化;当自变量为分类型变量时,预处理方法包括One-hot编码;对因变量进行正
态分布转化;自变量为建筑运营信息,因变量为能源资源消耗数据;

2) 将建筑运营信息与能源资源消耗数据集S分为训练集D和测试集T,其中 $S = D \cup T$,
 $D \cap T = \emptyset$;

3) 选择机器学习算法,以超参数取值为横坐标,以K折交叉验证法得到的决定系数 R^2 为
纵坐标,绘制学习曲线,以决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值为标准进行超参数调优;当调
整的决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值后,以该参数作为最优超参数,以此完成所有超参
数的调优;

其中,决定系数 R^2 如下所示:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}$$

式中, y 是真实值, \hat{y} 是模型的预测值, \bar{y} 是真实值 y 的算数平均值, n 是样本数量;

4) 以最优超参数再次进行训练测试,得到能源预测模型与资源预测模型。

7. 根据权利要求1所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征
在于:所述机器学习算法为能识别因素特征重要性的算法,包括基于线性核的学习算法:线
性回归、岭回归、支持向量回归-线性核,基于树模型的学习算法:决策树回归、随机森林、梯
度提升树。

8. 根据权利要求1所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征
在于:所述能源预测模型得到的当前能源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一
个或多个:灯具使用数量与时长;插座电器使用数量与时长;电梯使用数量与时长;空调系
统各设备使用数量、时长与性能;生活热水系统各设备使用数量、时长与性能;房间与公共
区域空调设定温度与风速;可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量。

所述资源预测模型得到的当前资源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一
个或多个:用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;雨水和中水回收装置容
量、收集量、使用量。

9. 根据权利要求1所述的一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,其特征
在于:还包括建筑碳排放动态管理系统;

当小时运营碳排放数据小于等于小时碳排放定额,建筑碳排放动态管理系统启动;

所述建筑碳排放动态管理系统包括建筑运营期碳排放计算模块、建筑固有碳计算模
块、建筑低碳性能评价模块;

所述建筑运营期碳排放计算模块按照建筑运营时间对小时运营碳排放数据进行累加,

计算得到建筑运营期碳排放,并传输至建筑的低碳性能评价模块;

所述建筑固有碳计算模块根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳,根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放,并传输至建筑低碳性能评价模块;

所述建筑低碳性能评价模块对建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放进行相加,得到建筑生命周期碳排放;所述建筑生命周期碳排放与建筑低碳性能评分负相关。所述建筑固有碳包括建材准备碳排放与建造施工碳排放。

10.一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统的使用方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 利用建筑监测模块采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中;

2) 利用历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型,模型同时得到T时间内当前能源影响因素和当前资源影响因素;

3) 将未参与构建模型的建筑运营信息分别输入到能源预测模型和资源预测模型中,计算得到能源预测数据和资源预测数据;

4) 所述能源预测模型向碳排放定额计算模块传输能源预测数据,向碳排放调控模块传输当前能源消耗的影响因素;

所述资源预测模型向碳排放定额计算模块传输资源预测数据,向碳排放调控模块传输当前资源消耗的影响因素;

5) 调控后更新历史数据集,并利用新的历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型;

6) 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将当前能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

7) 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并返回步骤1)。

一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及建筑碳排放定额与管控领域,具体是一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统及方法。

背景技术

[0002]

[0003] 针对性解决建筑能源消耗量大、碳排放量高等问题,依托信息化技术,利用大数据汇集与分析预测的优势,提升建筑用能效率、精细化建筑用能分析、优化建筑运营维护、降低建筑碳排放量,将是有利于科技提升建筑业发展水平,促进建筑业节能减排增效的关键发展方向。

[0004] 但是目前在控制建筑碳排放方面存在以下不足:一是能耗限额的调控局限性,往往根据年能耗数据进行年度对标,时间周期过长,无法及时知晓建筑能耗现状,更不能对相关耗能行为进行及时碳排放管控;二是碳排放包括能源与资源的碳排放,却较少有方法将资源纳入管控范围;三是碳排放影响因素的不确定性,每个建筑特征不同,影响碳排放的因素权重也不尽相同,导致调控对象无从确定,降低了碳排放管控效率,如何寻找碳排放影响要素,进行及时且具有针对性的调控,也是一个重要问题。

[0005] 近年机器学习技术在建筑能耗预测领域取得长足发展,利用机器学习算法的优势,可根据不同且持续更新的数据来源进行快速建模分析,获得自变量与因变量相关模型并知晓影响要素,将为建筑碳排放管控提供优良的技术支持。

[0006] 因此,为解决建筑碳排放限额不灵活、范围不全面、影响因素不详细、调控对象不精确、调控效果反馈不及时等问题,构建一套基于机器学习的建筑碳排放动态定额、对标后反馈调控、降低碳排放、寻找最优碳排放效果的建筑碳排放管控系统与方法具有较好的实用意义。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,包括建筑碳排放动态调控系统;

[0008] 所述建筑碳排放动态调控系统包括建筑监测模块、能源资源预测模块、碳排放定额计算模块、当前碳排放计算模块、碳排放调控模块;

[0009] 所述建筑监测模块用于采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中;

[0010] 所述能源资源预测模块存储有基于机器学习算法构建的能源预测模型和资源预测模型;

[0011] 根据建筑运营信息与能源资源消耗数据,所述能源预测模型向碳排放定额计算模块输出能源预测数据,所述资源预测模型向碳排放定额计算模块输出资源预测数据;

[0012] 根据建筑运营信息与能源消耗数据,形成所述能源预测模型,模型得到当前能源

消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

[0013] 根据建筑运营信息与资源消耗数据,形成所述资源预测模型,模型得到当前资源消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

[0014] 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;

[0015] 所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

[0016] 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并控制建筑监测模块继续工作。

[0017] 进一步,所述建筑运营信息包括机电设备运行性能与状态、环境状态、可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源。

[0018] 进一步,建筑运营信息中所述机电设备运行性能与状态包括照明插座系统中开启的灯具数量、时长与功率,使用插座的电器数量、时长与功率;动力系统中电梯运行数量、时长与性能;空调系统中冷热源运行时长、频率、功率、进出水温度、流量,空调水泵运行数量、时长、频率与功率,空调风机运行数量、时长、频率与功率,冷却塔风机运行数量、时长、频率与功率,空调末端设备运行数量、时长与性能;生活热水系统中热水锅炉运行性能与水泵运行性能;用能系统中运行的设备数量、时长、频率、功率与性能;给水排水系统中用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;所述环境状态包括房间与公共区域的空调设定温度与风速、实际环境温度、相对湿度、CO₂浓度。

[0019] 进一步,当建筑建设有可再生能源系统与非传统水源系统时,所述建筑运营信息还包括可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;

[0020] 所述可再生能源系统性能包括可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量;

[0021] 所述非传统水源系统性能包括雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

[0022] 进一步,所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源;所述能源包括电力、天然气、煤、汽油、柴油、液化石油气;所述资源包括自来水、自备供水、桶装水。

[0023] 进一步,建立能源预测模型和资源预测模型的步骤包括:

[0024] 1) 根据自变量参数类型进行变量预处理;当自变量为连续型变量时,预处理方法包括Z-Score标准化;当自变量为分类型变量时,预处理方法包括One-hot编码;对因变量进行正态分布转化;自变量为建筑运营信息,因变量为能源资源消耗数据;

[0025] 2) 将建筑运营信息与能源资源消耗数据集S分为训练集D和测试集T,其中 $S = D \cup T, D \cap T = \emptyset$;

[0026] 3) 选择机器学习算法,以超参数取值为横坐标,以K折交叉验证法得到的决定系数 R^2 为纵坐标,绘制学习曲线,以决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值为标准进行超参数调优;当调整的决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值后,以该参数作为最优超参数,以此完成所有

超参数的调优；

[0027] 其中，决定系数 R^2 如下所示：

$$[0028] \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}$$

[0029] 式中， y 是真实值， \hat{y} 是模型的预测值， \bar{y} 是真实值 y 的算数平均值， n 是样本数量；

[0030] 4) 以最优超参数再次进行训练测试，得到能源预测模型与资源预测模型。

[0031] 进一步，所述机器学习算法为能识别因素特征重要性的算法，包括基于线性核的学习算法：线性回归、岭回归、支持向量回归-线性核，基于树模型的学习算法：决策树回归、随机森林、梯度提升树。

[0032] 进一步，所述能源预测模型得到的当前能源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一个或多个：灯具使用数量与时长；插座电器使用数量与时长；电梯使用数量与时长；空调系统各设备使用数量、时长与性能；生活热水系统各设备使用数量、时长与性能；房间与公共区域空调设定温度与风速；可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量。

[0033] 所述资源预测模型得到的当前资源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一个或多个：用水器具使用次数与时长；绿化喷淋运行次数与时长；雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

[0034] 进一步，还包括建筑碳排放动态管理系统；

[0035] 当小时运营碳排放数据小于等于小时碳排放定额，建筑碳排放动态管理系统启动；

[0036] 所述建筑碳排放动态管理系统包括建筑运营期碳排放计算模块、建筑固有碳计算模块、建筑低碳性能评价模块；

[0037] 所述建筑运营期碳排放计算模块按照建筑运营时间对小时运营碳排放数据进行累加，计算得到建筑运营期碳排放，并传输至建筑的低碳性能评价模块；

[0038] 所述建筑固有碳计算模块根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳，根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放，并传输至建筑低碳性能评价模块；

[0039] 所述建筑低碳性能评价模块对建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放进行相加，得到建筑生命周期碳排放；所述建筑生命周期碳排放与建筑低碳性能评分负相关。所述建筑固有碳包括建材准备碳排放与建造施工碳排放。

[0040] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统的使用方法，包括以下步骤：

[0041] 1) 利用建筑监测模块采集建筑运营信息与能源资源消耗数据，并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中；

[0042] 2) 利用历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型，模型同时得到 T 时间内当前能源影响因素和当前资源影响因素；

[0043] 3) 将未参与构建模型的建筑运营信息分别输入到能源预测模型和资源预测模型中，计算得到能源预测数据和资源预测数据；

[0044] 4) 所述能源预测模型向碳排放定额计算模块传输能源预测数据，向碳排放调控模

块传输当前能源消耗的影响因素；

[0045] 所述资源预测模型向碳排放定额计算模块传输资源预测数据，向碳排放调控模块传输当前资源消耗的影响因素；

[0046] 5) 调控后更新历史数据集，并利用新的历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型；

[0047] 6) 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据，然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额，并传输至碳排放调控模块；所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将当前能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据，并传输至碳排放调控模块；

[0048] 7) 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较，若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额，则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控，并返回步骤1)。

[0049] 本发明的技术效果是毋庸置疑的，本发明可根据当天或一段时间建筑运营信息与能源资源消耗数据得到即时动态的建筑能源资源模型，进而得到动态的碳排放定额和影响要素，针对性的调控影响碳排放的主要对象，直到建筑运营碳排放达到允许条件下最优，可减少建筑运营期的碳排放。

附图说明

[0050] 图1为系统的使用流程图；

[0051] 图2为建筑碳排放动态调控系统结构图；

[0052] 图3为建筑碳排放动态管理系统结构图。

具体实施方式

[0053] 下面结合实施例对本发明作进一步说明，但不应该理解为本发明上述主题范围仅限于下述实施例。在不脱离本发明上述技术思想的情况下，根据本领域普通技术知识和惯用手段，做出各种替换和变更，均应包括在本发明的保护范围内。

[0054] 实施例1：

[0055] 参见图1、图2和图3，一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统，包括建筑碳排放动态调控系统；

[0056] 所述建筑碳排放动态调控系统包括建筑监测模块、能源资源预测模块、碳排放定额计算模块、当前碳排放计算模块、碳排放调控模块；

[0057] 所述建筑监测模块用于采集建筑运营信息与能源资源消耗数据，并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中；

[0058] 所述能源资源预测模块存储有基于机器学习算法构建的能源预测模型和资源预测模型；

[0059] 根据建筑运营信息与能源资源消耗数据，所述能源预测模型向碳排放定额计算模块输出能源预测数据，所述资源预测模型向碳排放定额计算模块输出资源预测数据；

[0060] 根据建筑运营信息与能源消耗数据，形成所述能源预测模型，模型得到当前能源消耗的影响因素，并传输至碳排放调控模块；

[0061] 根据建筑运营信息与资源消耗数据,形成所述资源预测模型,模型得到当前资源消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

[0062] 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;

[0063] 所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

[0064] 转换方式为:根据国家标准、规范获取对应的碳排放因子,然后将数据与碳排放因子相乘,得到碳排放预测数据。例如,知道了建筑总的耗电量,直接乘以一个电力对应的碳排放因子即可得到电力消耗碳排放量;知道了建筑总的天然气(自来水、汽油、柴油)消耗量,直接乘以一个天然气(自来水、汽油、柴油)对应的碳排放因子,即可得到不同类型能源资源的碳排放量,相加就是建筑总的碳排放量。

[0065] 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并控制建筑监测模块继续工作。

[0066] 所述建筑运营信息包括机电设备运行性能与状态、环境状态、可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源。

[0067] 建筑运营信息中所述机电设备运行性能与状态包括照明插座系统中开启的灯具数量、时长与功率,使用插座的电器数量、时长与功率;动力系统中电梯运行数量、时长与性能;空调系统中冷热源运行时长、频率、功率、进出水温度、流量,空调水泵运行数量、时长、频率与功率,空调风机运行数量、时长、频率与功率,冷却塔风机运行数量、时长、频率与功率,空调末端设备运行数量、时长与性能;生活热水系统中热水锅炉运行性能与水泵运行性能;特殊(其他)用能系统中运行的设备数量、时长、频率、功率与性能;给水排水系统中用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;所述环境状态包括房间与公共区域的空调设定温度与风速、实际环境温度、相对湿度、CO₂浓度。

[0068] 当建筑建设有可再生能源系统与非传统水源系统时,所述建筑运营信息还包括可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;

[0069] 所述可再生能源系统性能包括可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量;

[0070] 所述非传统水源系统性能包括雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

[0071] 所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源;所述能源包括电力、天然气、煤、汽油、柴油、液化石油气;所述资源包括自来水、自备供给水、桶装水。

[0072] 建立能源预测模型和资源预测模型的步骤包括:

[0073] 1) 根据自变量参数类型进行变量预处理;当自变量为连续型变量时,预处理方法包括Z-Score标准化;当自变量为分类型变量时,预处理方法包括One-hot编码;对因变量进行正态分布转化;自变量为建筑运营信息,因变量为能源资源消耗数据;

[0074] 2) 将建筑运营信息与能源资源消耗数据集S分为训练集D和测试集T,其中 $S = D \cup T, D \cap T = \emptyset$;

[0075] 3) 选择机器学习算法,以超参数取值为横坐标,以K折交叉验证法得到的决定系数 R^2 为纵坐标,绘制学习曲线,以决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值为标准进行超参数调优;当调整的决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值后,以该参数作为最优超参数,以此完成所有超参数的调优;

[0076] 其中,决定系数 R^2 如下所示:

$$[0077] \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}$$

[0078] 式中, y 是真实值, \hat{y} 是模型的预测值, \bar{y} 是真实值 y 的算数平均值, n 是样本数量;

[0079] 4) 以最优超参数再次进行训练测试,得到能源预测模型与资源预测模型。

[0080] 所述机器学习算法为能识别因素特征重要性的算法,包括基于线性核的学习算法:线性回归、岭回归、支持向量回归-线性核,基于树模型的学习算法:决策树回归、随机森林、梯度提升树。

[0081] 所述能源预测模型得到的当前能源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一个或多个:灯具使用数量与时长;插座电器使用数量与时长;电梯使用数量与时长;空调系统各设备使用数量、时长与性能;生活热水系统各设备使用数量、时长与性能;房间与公共区域空调设定温度与风速;可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量。

[0082] 所述资源预测模型得到的当前资源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一个或多个:用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

[0083] 还包括建筑碳排放动态管理系统;

[0084] 当小时运营碳排放数据小于等于小时碳排放定额,建筑碳排放动态管理系统启动;

[0085] 所述建筑碳排放动态管理系统包括建筑运营期碳排放计算模块、建筑固有碳计算模块、建筑低碳性能评价模块;

[0086] 所述建筑运营期碳排放计算模块按照建筑运营时间对小时运营碳排放数据进行累加,计算得到建筑运营期碳排放,并传输至建筑的低碳性能评价模块;

[0087] 所述建筑固有碳计算模块根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳,根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放,并传输至建筑低碳性能评价模块;

[0088] 所述建筑低碳性能评价模块对建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放进行相加,得到建筑生命周期碳排放;所述建筑生命周期碳排放与建筑低碳性能评分负相关。所述建筑固有碳包括建材准备碳排放与建造施工碳排放。

[0089] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统的使用方法,包括以下步骤:

[0090] 1) 利用建筑监测模块采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中;

[0091] 2) 利用历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型,模型同时得到T时间内当前能源影响因素和当前资源影响因素;

[0092] 3) 将未参与构建模型的建筑运营信息分别输入到能源预测模型和资源预测模型

中,计算得到能源预测数据和资源预测数据;

[0093] 4) 所述能源预测模型向碳排放定额计算模块传输能源预测数据,向碳排放调控模块传输当前能源消耗的影响因素;

[0094] 所述资源预测模型向碳排放定额计算模块传输资源预测数据,向碳排放调控模块传输当前资源消耗的影响因素;

[0095] 5) 调控后更新历史数据集,并利用新的历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型;

[0096] 6) 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将当前能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

[0097] 7) 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并返回步骤1)。

[0098] 实施例2:

[0099] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统的使用方法,内容包括:

[0100] 首先是调控部分,该部分包括以下步骤:

[0101] S1:通过建筑监测系统,采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,构建数据集;

[0102] S2:基于以上数据集,采用能识别特征重要性的机器学习算法,构建建筑能源预测模型与资源预测模型,模型分别得到能源影响要素和资源影响要素;

[0103] S3:模型得到的能源资源数据通过碳排放因子转换为碳排放数据,由定额水平法或排序法,得到建筑碳排放定额;

[0104] S4:将能源资源消耗数据通过碳排放因子计算得到建筑运营碳排放,并与S3得到的碳排放定额对标;

[0105] S5:当建筑运营碳排放超过碳排放定额时,以模型得到的影响要素确定调控对象,从能源资源两方面对系统进行调控,降低建筑运营碳排放;

[0106] S6:调控完成后,监测系统再次采集到新的数据,重复步骤S1-S4,若还不达标,继续S5与本步骤,直到建筑运营碳排放低于或等于碳排放定额,结束这一阶段的调控,进入管理部分;

[0107] 在管理部分,符合定额要求的运营碳排放进一步计算得到建筑运营期碳排放,该数据可用于建筑领域的碳交易;根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳,包括建材准备碳排放与建造施工碳排放;并根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放。建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放相加可得到建筑生命周期碳排放,该数据可用于建筑的低碳性能评价。

[0108] 监测的建筑运营信息包括机电设备运行性能与状态、环境状态、可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源。

[0109] 在利用机器学习算法构建模型时,建筑运营信息作为自变量,能源资源消耗数据作为因变量;

- [0110] 进一步改进的,所述步骤S2包括以下步骤:
- [0111] S21:根据自变量参数类型进行变量预处理,连续型变量采用 Z-Score方法标准化,分类型变量采用One-hot方法编码,因变量进行正态分布转化;
- [0112] S22:将数据集S分为训练集D和测试集T,满足 $S=D \cup T, D \cap T = \emptyset$;
- [0113] S23:选择机器学习算法,以超参数取值为横坐标,以K折交叉验证法得到的决定系数 R^2 为纵坐标,绘制学习曲线,以 R^2 增加不超过0.1%为阈值标准进行超参数调优;
- [0114] S24:以最优超参数再次进行训练测试,得到能源预测模型与资源预测模型。
- [0115] 机器学习算法需要选择能够识别因素特征重要性的算法。
- [0116] 碳排放定额水平的选择需根据建筑自身情况与政策要求综合考量后确定。
- [0117] 实施例3:
- [0118] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统的使用方法,内容包括:
- [0119] S1:通过建筑监测系统,采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,构建数据集;
- [0120] S2:基于以上数据集,采用能识别特征重要性的机器学习算法,构建建筑能源预测模型与资源预测模型,模型分别得到能源影响要素和资源影响要素;
- [0121] S3:模型得到的能源资源数据通过碳排放因子转换为碳排放数据,由定额水平法或排序法,得到建筑碳排放定额;
- [0122] S4:将能源资源消耗数据通过碳排放因子计算得到建筑运营碳排放,并与S3得到的碳排放定额对标;
- [0123] S5:当建筑运营碳排放超过碳排放定额时,以模型得到的影响要素确定调控对象,从能源资源两方面对系统进行调控,降低建筑运营碳排放;
- [0124] S6:调控完成后,监测系统再次采集到新的数据,重复步骤S1-S4,若还不达标,继续S5与本步骤,直到建筑运营碳排放低于或等于碳排放定额,结束这一阶段的调控,进入管理部分;
- [0125] 在管理部分,符合定额要求的运营碳排放进一步计算得到建筑运营期碳排放,该数据可用于建筑领域的碳交易;根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳,包括建材准备碳排放与建造施工碳排放;并根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放。建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放相加可得到建筑生命周期碳排放,该数据可用于建筑的低碳性能评价。
- [0126] 具体的,建筑监测系统采集的建筑运营信息包括建筑的机电设备运行性能与状态,例如照明插座系统中开启的灯具数量、时长与功率,使用插座的电器数量、时长与功率;动力系统中电梯运行数量、时长与性能;空调系统中冷热源运行时长、频率、功率、进出水温度、流量,空调水泵运行数量、时长、频率与功率,空调风机运行数量、时长、频率与功率,冷却塔风机运行数量、时长、频率与功率,空调末端设备运行数量、时长与性能;生活热水系统中热水锅炉运行性能与水泵运行性能;特殊(其他)用能系统中运行的设备数量、时长、频率、功率与性能;给水排水系统中用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;还包括环境状态,例如房间与公共区域的空调设定温度与风速、实际环境温度、相对湿度、 CO_2 浓度;若建筑建设有可再生能源系统与非传统水源系统,则运营信息还包括可再生能源系统性能,例如可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量;还包括非传统水源系统性能,例如雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量;

[0127] 建筑监测系统采集的另一方面的能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源。例如能源包括电力、天然气、煤、汽油、柴油、液化石油气等；资源包括自来水、自备供给水、桶装水等。

[0128] 完成数据集采集后，选择能够识别因素特征重要性的机器学习算法，例如基于线性核的学习算法：线性回归、岭回归、支持向量回归-线性核；又例如基于树模型的学习算法：决策树回归、随机森林、梯度提升树；以建筑运营信息中的各因素作为自变量，能源资源消耗数据作为因变量，建立建筑一段时间内的能源资源模型。

[0129] 这其中，可以把建筑一天或数天内一定时间长度如一小时内的运营信息和能源资源消耗量作为一个具备自变量和因变量的完整数据映射，这样可以得到足够多的数据进行机器学习算法的训练与测试，在此实施例中取一小时为一个数据映射，以一周前一个月内的每小时数据作为模型训练和测试数据，以最近一周内的小时运营数据输入模型，得到能源资源模型值，以此模型值进行碳排放定额。

[0130] 对机器学习算法建立模型再进行具体说明如下：

[0131] S21：根据自变量参数类型进行变量预处理，连续型变量例如“水泵运行时长”、“灯具开启数量”、“电梯运行时长”、“电脑使用台数”采用Z-Score方法标准化，分类型变量例如“风机是否采用变频”采用One-hot方法编码，因变量不符合正态分布的能源资源需要进行正态分布转化，例如对数化转化；

[0132] S22：将包含一周前一个月内的每小时运营信息与能源资源消耗数据的数据集S分为训练集D和测试集T，满足 $S=D \cup T$ ， $D \cap T = \emptyset$ ；

[0133] S23：根据选择的机器学习算法，以超参数取值为横坐标，以K折交叉验证法得到的决定系数 R^2 为纵坐标，绘制学习曲线，以 R^2 增加不超过0.1%为标准进行超参数调优，当调整的超参数得到的模型 R^2 不超过0.1%增长率后，以该参数作为最优超参数，此时其他超参数未改变，以此完成所有超参数的调优；

[0134] S24：以最优超参数再次进行训练测试，得到能源预测模型与资源预测模型。

[0135] 模型得到后，可得到这一段时间影响能源消耗的主要因素与影响资源消耗的主要因素，这些要素将作为调控的备选对象。

[0136] 将数据集中近一周内的小时运营信息输入模型，可得到能源资源消耗模型预测值，通过碳排放因子又转化为碳排放数据，由定额水平法或排序法，得到建筑的小时碳排放定额；当碳排放数据满足某种概率密度分布模型时，选择定额水平法，反之则选择排序法；定额时的定额水平需要根据建筑自身情况与政策要求综合考量后动态确定，例如建筑建设有可再生能源系统，则定额水平可降低；建筑具有不可避免的大型设备使用，则定额水平可提高；

[0137] 将采集的最新的当前小时能源资源消耗数据根据碳排放因子计算得到建筑当前小时运营碳排放，与上一步得到的小时碳排放定额进行对标；

[0138] 若小时运营碳排放超过小时碳排放定额，则根据模型得到的影响要素进行能源资源的系统调控，例如减少灯具使用数量、减少电梯使用时长、减少空调开启时间、提高房间空调设定温度、减少绿化喷淋开启时间、增加雨水使用量等，降低建筑的运营碳排放。

[0139] 一系列调控完成后，监测系统会再次采集到新的数据，继续进行以上步骤，直到在对标判断时，小时运营碳排放低于或等于小时碳排放定额，则跳出调控部分，进入管理部

分。

[0140] 在管理部分,此时的运营碳排放再乘以建筑预期寿命可得到建筑运营期碳排放,该数据可用于建筑领域的碳交易;根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳,包括建材准备碳排放与建造施工碳排放;并根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放。

[0141] 建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放相加可得到建筑生命周期碳排放,该数据可用于建筑的低碳性能评价。

[0142] 实施例4:

[0143] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,包括建筑碳排放动态调控系统;

[0144] 所述建筑碳排放动态调控系统包括建筑监测模块、能源资源预测模块、碳排放定额计算模块、当前碳排放计算模块、碳排放调控模块;

[0145] 所述建筑监测模块用于采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中;

[0146] 所述能源资源预测模块存储有基于机器学习算法构建的能源预测模型和资源预测模型;

[0147] 根据建筑运营信息与能源资源消耗数据,所述能源预测模型向碳排放定额计算模块输出能源预测数据,所述资源预测模型向碳排放定额计算模块输出资源预测数据;

[0148] 根据建筑运营信息与能源消耗数据,形成所述能源预测模型,模型得到当前能源消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

[0149] 根据建筑运营信息与资源消耗数据,形成所述资源预测模型,模型得到当前资源消耗的影响因素,并传输至碳排放调控模块;

[0150] 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;

[0151] 所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

[0152] 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并控制建筑监测模块继续工作。

[0153] 实施例5:

[0154] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,所述建筑运营信息包括机电设备运行性能与状态、环境状态、可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源。

[0155] 实施例6:

[0156] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,建筑运营信息中所述机电设备运行性能与状态包括照明插座系统中开启的灯具数量、时长与功率,使用插座的电器数量、时长与功率;动力系统中电梯运行数量、时长与性能;空调系统中冷热源运行时长、频率、功率、进出水温度、流量,空调水泵运行数量、时长、频率与功

率,空调风机运行数量、时长、频率与功率,冷却塔风机运行数量、时长、频率与功率,空调末端设备运行数量、时长与性能;生活热水系统中热水锅炉运行性能与水泵运行性能;用能系统中运行的设备数量、时长、频率、功率与性能;给水排水系统中用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;所述环境状态包括房间与公共区域的空调设定温度与风速,实际环境温度、相对湿度、CO₂浓度。

[0157] 实施例7:

[0158] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,当建筑建设有可再生能源系统与非传统水源系统时,所述建筑运营信息还包括可再生能源系统性能、非传统水源系统性能;

[0159] 所述可再生能源系统性能包括可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量;

[0160] 所述非传统水源系统性能包括雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

[0161] 实施例8:

[0162] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,所述能源资源消耗数据包括建筑所有系统实际消耗的总能源与总资源;所述能源包括电力、天然气、煤、汽油、柴油、液化石油气;所述资源包括自来水、自备供给水、桶装水。

[0163] 实施例9:

[0164] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,建立能源预测模型和资源预测模型的步骤包括:

[0165] 1) 根据自变量参数类型进行变量预处理;当自变量为连续型变量时,预处理方法包括Z-Score标准化;当自变量为分类型变量时,预处理方法包括One-hot编码;对因变量进行正态分布转化;自变量为建筑运营信息,因变量为能源资源消耗数据;

[0166] 2) 将建筑运营信息与能源资源消耗数据集S分为训练集D和测试集T,其中 $S = D \cup T, D \cap T = \emptyset$;

[0167] 3) 选择机器学习算法,以超参数取值为横坐标,以K折交叉验证法得到的决定系数 R^2 为纵坐标,绘制学习曲线,以决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值为标准进行超参数调优;当调整的决定系数 R^2 增长率不超过预设阈值后,以该参数作为最优超参数,以此完成所有超参数的调优;

[0168] 其中,决定系数 R^2 如下所示:

$$[0169] \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}$$

[0170] 式中, y 是真实值, \hat{y} 是模型的预测值, \bar{y} 是真实值 y 的算数平均值, n 是样本数量;

[0171] 4) 以最优超参数再次进行训练测试,得到能源预测模型与资源预测模型。

[0172] 实施例10:

[0173] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,所述机器学习算法为能识别因素特征重要性的算法,包括基于线性核的学习算法:线性回归、岭回归、支持向量回归-线性核,基于树模型的学习算法:决策树回归、随机森林、梯度提升树。

[0174] 实施例11:

[0175] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,所述能源预测模型得到的当前能源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一个或多个:灯具使用数量与时长;插座电器使用数量与时长;电梯使用数量与时长;空调系统各设备使用数量、时长与性能;生活热水系统各设备使用数量、时长与性能;房间与公共区域空调设定温度与风速;可再生能源设备装机容量、开启率、可再生能源产生量。

[0176] 所述资源预测模型得到的当前资源消耗的影响因素是以下能源消耗影响因素中的一个或多个:用水器具使用次数与时长;绿化喷淋运行次数与时长;雨水和中水回收装置容量、收集量、使用量。

[0177] 实施例12:

[0178] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统,主要内容见实施例4,其中,还包括建筑碳排放动态管理系统;

[0179] 当小时运营碳排放数据小于等于小时碳排放定额,建筑碳排放动态管理系统启动;

[0180] 所述建筑碳排放动态管理系统包括建筑运营期碳排放计算模块、建筑固有碳计算模块、建筑低碳性能评价模块;

[0181] 所述建筑运营期碳排放计算模块按照建筑运营时间对小时运营碳排放数据进行累加,计算得到建筑运营期碳排放,并传输至建筑的低碳性能评价模块;

[0182] 所述建筑固有碳计算模块根据建筑信息与碳排放因子计算建筑固有碳,根据建筑面积、建筑层数与建筑拆除期碳排放的拟合关系估算建筑拆除期碳排放,并传输至建筑低碳性能评价模块;

[0183] 所述建筑低碳性能评价模块对建筑运营期碳排放、建筑固有碳、建筑拆除期碳排放进行相加,得到建筑生命周期碳排放;所述建筑生命周期碳排放与建筑低碳性能评分负相关。所述建筑固有碳包括建材准备碳排放与建造施工碳排放。

[0184] 实施例13:

[0185] 一种基于机器学习的建筑碳排放动态寻优管控系统的使用方法,包括以下步骤:

[0186] 1) 利用建筑监测模块采集建筑运营信息与能源资源消耗数据,并输入到能源资源预测模块和当前碳排放计算模块中;

[0187] 2) 利用历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型,模型同时得到T时间内当前能源影响因素和当前资源影响因素;

[0188] 3) 将未参与构建模型的建筑运营信息分别输入到能源预测模型和资源预测模型中,计算得到能源预测数据和资源预测数据;

[0189] 4) 所述能源预测模型向碳排放定额计算模块传输能源预测数据,向碳排放调控模块传输当前能源消耗的影响因素;

[0190] 所述资源预测模型向碳排放定额计算模块传输资源预测数据,向碳排放调控模块传输当前资源消耗的影响因素;

[0191] 5) 调控后更新历史数据集,并利用新的历史数据集构建基于机器学习的能源预测模型和资源预测模型;

[0192] 6) 所述碳排放定额计算模块根据碳排放因子将能源预测数据、资源预测数据转换

为碳排放预测数据,然后根据碳排放预测数据计算得到建筑的小时碳排放定额,并传输至碳排放调控模块;所述当前碳排放计算模块根据碳排放因子将当前能源资源消耗数据转换为小时运营碳排放数据,并传输至碳排放调控模块;

[0193] 7) 所述碳排放调控模块对小时运营碳排放数据和小时碳排放定额进行比较,若小时运营碳排放数据大于小时碳排放定额,则碳排放调控模块根据当前能源消耗的影响因素、当前资源消耗的影响因素进行能源、资源的系统调控,并返回步骤1)。

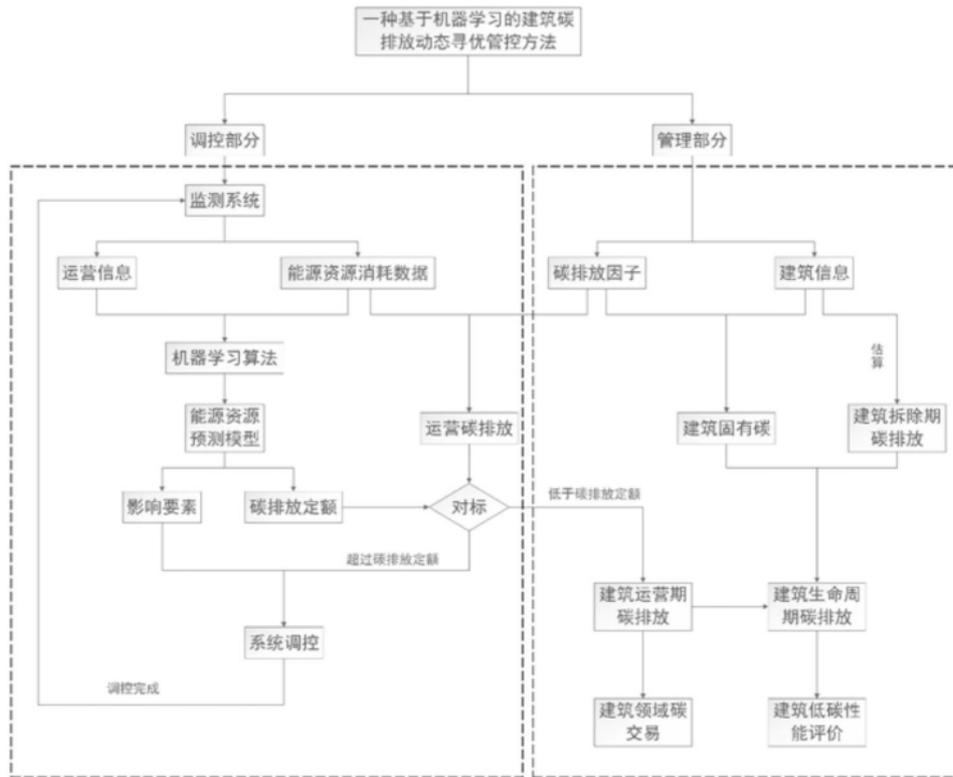


图1

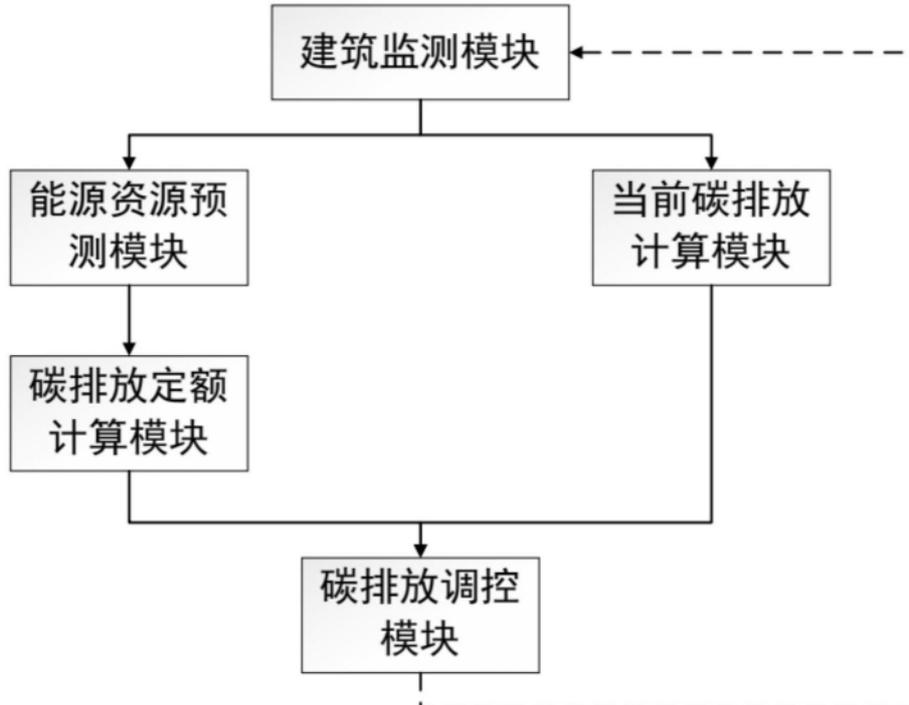


图2

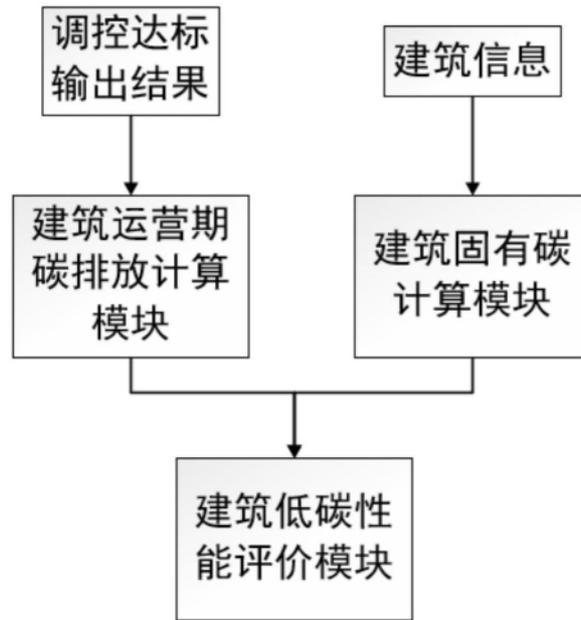


图3