



(21) 申请号 201510128729. 1

(22) 申请日 2015. 03. 23

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 许鹏 苑登阔 王慧龙 鲁星  
侯瑾

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限  
公司 31225

代理人 叶敏华

(51) Int. Cl.

F24F 11/02(2006. 01)

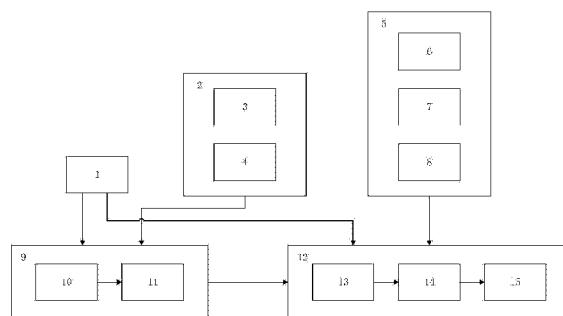
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统

(57) 摘要

本发明涉及一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,包括:公共建筑信息采集模块,用于采集关于公共建筑的基础信息;室外气象参数采集模块,用于采集温度数据;空调电耗采集模块,用于采集电耗数据;冷热负荷估算模块,用于接收建筑类型、建筑面积和温度数据,根据接收数据进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值;能效诊断模块,用于接收建筑类型、空调系统形式、空调额定功率、电耗数据和冷热量值,进行能效诊断并输出诊断结果。与现有技术相比,本发明利用诊断算法对海量数据进行自动诊断,有效的指导楼宇维护管理人员进行故障排查,减少能源浪费,并大幅节省了人力。



1. 一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其特征在于,包括:

公共建筑信息采集模块,用于采集关于公共建筑的基础信息,包括建筑类型、建筑面积和空调系统形式、空调额定功率;

室外气象参数采集模块,用于采集特定时间段的温度数据;

空调电耗采集模块,用于采集逐天和逐时的各个空调用电子项的电耗数据;

冷热负荷估算模块,用于接收建筑类型、建筑面积和温度数据,根据接收数据进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值;

能效诊断模块,用于接收建筑类型、空调系统形式、空调额定功率、电耗数据和冷热量值,根据接收数据进行能效诊断并输出诊断结果。

2. 根据权利要求1所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其特征在于,所述室外气象参数采集模块包括:

温度采集器,用于按15分钟/次的频率采集得到室外干球温度;

数据平均单元,用于接收室外干球温度,并对特定时间段内的多个室外干球温度求平均值,得到特定时间段的温度数据,并与电耗数据的采集时间段相对应,输入到冷热负荷估算模块中。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其特征在于,所述室外气象参数采集模块从实际外界条件中直接采集温度数据或从建筑所在地的气象站数据库中间接采集温度数据。

4. 根据权利要求1所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其特征在于,所述空调电耗采集模块包括:

电耗数据采集装置,用于按15分钟/次的频率对所测空调用电支路的电耗量进行采集;

空调用电分类单元,用于接收各个空调用电支路的电耗量,并将其划分至各个空调用电子项之中;

数据聚合单元,用于接收各个空调用电子项的电耗量,通过数据聚合得到逐天和逐时的各个空调用电子项的电耗数据,其中,逐时的电耗数据为该小时内四次采集电耗量的和,逐天的电耗数据为该天内每次采集电耗量的和,而后把聚合后的电耗数据输入到能效诊断模块中。

5. 根据权利要求4所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其特征在于,所述电耗数据采集装置按15分钟/次的频率采集电表累积数值,通过前后求差获得该15分钟内电耗量,作为空调用电分类单元的输入。

6. 根据权利要求1所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其特征在于,所述冷热负荷估算模块包括:

冷热负荷指标单元,用于接收建筑类型和温度数据,针对建筑类型和温度数据选择相应的冷热负荷估算指标,冷热负荷估算指标为对不同建筑类型给出的不同温度情况下的单位面积的负荷值;

冷热负荷估算规则单元,用于接收建筑类型、建筑面积和冷热负荷估算指标,根据建筑类型得到空调面积系数,空调面积系数为空调面积占建筑面积的比例,基于冷热负荷估算指标、空调面积系数和建筑面积进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值,满足以下公

式：

$$Q = m \cdot A \cdot q$$

其中，Q 为空调提供的冷热量值，m 为空调面积系数，A 为建筑面积，q 为冷热负荷估算指标。

7. 根据权利要求 1 或 6 所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统，其特征在于，所述冷热负荷估算模块接收的建筑面积不包括地下车库的建筑面积。

8. 根据权利要求 1 所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统，其特征在于，所述能效诊断模块包括：

能效系数计算单元，用于接收空调额定功率、电耗数据和冷热量值，通过空调额定功率和电耗数据判断该空调为运行状态后，获得各个空调用电子项的能效系数，能效系数为冷热量值与电耗数据之比；

能效诊断规则单元，用于接收建筑类型、空调系统形式和能效系数，根据空调系统形式获得各个空调用电子项的额定能效限值，对比能效系数和额定能效限值，并结合建筑类型决定的工作时间段，分析判断各个空调用电子项的能效状态；

诊断结果输出单元，用于接收判断结果并显示。

9. 根据权利要求 1 所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统，其特征在于，所述公共建筑包括办公建筑、商场建筑和综合办公建筑。

10. 根据权利要求 1 所述的一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统，其特征在于，所述空调用电子项包括冷热源用电、输配水泵用电和末端设备用电，其中，冷热源包括电制冷螺杆冷水机组、电制冷离心冷水机组或风冷热泵，输配水泵包括冷水泵、冷却泵、热水循环泵或冷冻采暖兼用泵，末端设备包括全空气设备、新风加风机盘管设备或风机盘管设备。

## 一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及建筑节能与故障诊断算法领域,尤其是涉及一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统。

### 背景技术

[0002] 面对能源危机,建筑节能日渐受到各国重视,而建筑空调系统的能耗在建筑运行能耗中占有很大比例,加之空调系统设备多样、组成复杂,设计、施工和调试阶段稍有不慎,便会使其长期处于低能效状态下运行,所以提高建筑空调系统的能效水平是减少建筑用能浪费的重要措施。

[0003] 对建筑空调系统运行状态的监控和诊断能够及时发现其存在的异常能耗,帮助建筑管理人员及时动作,减少能源浪费。但在实际工程中,对建筑空调系统的监控大都限于对其电耗值的测量,对其输出的冷热量,因为施工和测量仪器的原因,很少有好的计量数据,而空调设备的其他运行参数则更难获取。由于建筑冷热负荷随着室外气象参数而变化,而冷热量输出的多少又关联着空调子系统的额定能效,所以,在没有冷热量数据的情况下,单凭电耗量是无法获得空调系统能效状态的,也就无法对其进行能效诊断。因此,构建一种使用现有建筑空调用电计量系统采集到的电耗数据对空调系统运行状态进行实时诊断并定位得到低能效点的位置和发生时间的建筑空调能效诊断系统,对于减少空调系统中不必要的能源浪费是十分有益及必要的。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,其目的在于利用冷热负荷估算方法及其建立的能效诊断规则,使用种类单一的电耗数据,并辅以建筑基础信息和室外气象参数,对历史采集和实时测得的空调子项用电数据进行以天或小时为时间单位的能效诊断,输出所选时间段的诊断结果并在出现用能异常时发出报警,以实现建筑空调用电状态的监控及为其用电异常的及时排除提供相应的信息支撑。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,包括:

[0007] 公共建筑信息采集模块,用于采集关于公共建筑的基础信息,包括建筑类型、建筑面积和空调系统形式、空调额定功率;

[0008] 室外气象参数采集模块,用于采集特定时间段的温度数据;

[0009] 空调电耗采集模块,用于采集逐天和逐时的各个空调用电子项的电耗数据;

[0010] 冷热负荷估算模块,用于接收建筑类型、建筑面积和温度数据,根据接收数据进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值;

[0011] 能效诊断模块,用于接收建筑类型、空调系统形式、空调额定功率、电耗数据和冷热量值,根据接收数据进行能效诊断并输出诊断结果。

[0012] 所述室外气象参数采集模块包括：

[0013] 温度采集器,用于按 15 分钟 / 次的频率采集得到室外干球温度；

[0014] 数据平均单元,用于接收室外干球温度,并对特定时间段内的多个室外干球温度求平均值,得到特定时间段的温度数据,并与电耗数据的采集时间段相对应,输入到冷热负荷估算模块中。

[0015] 所述室外气象参数采集模块从实际外界条件中直接采集温度数据或从建筑所在地的气象站数据库中间接采集温度数据。

[0016] 所述空调电耗采集模块包括：

[0017] 电耗数据采集装置,用于按 15 分钟 / 次的频率对所测空调用电支路的电耗量进行采集；

[0018] 空调用电分类单元,用于接收各个空调用电支路的电耗量,并将其划分至各个空调用电子项之中；

[0019] 数据聚合单元,用于接收各个空调用电子项的电耗量,通过数据聚合得到逐天和逐时的各个空调用电子项的电耗数据,其中,逐时的电耗数据为该小时内四次采集电耗量的和,逐天的电耗数据为该天内每次采集电耗量的和,而后把聚合后的电耗数据输入到能效诊断模块中。

[0020] 所述电耗数据采集装置按 15 分钟 / 次的频率采集电表累积数值,通过前后求差获得该 15 分钟内电耗量,作为空调用电分类单元的输入。

[0021] 所述冷热负荷估算模块包括：

[0022] 冷热负荷指标单元,用于接收建筑类型和温度数据,针对建筑类型和温度数据选择相应的冷热负荷估算指标,冷热负荷估算指标为对不同建筑类型给出的不同温度情况下的单位面积的负荷值；

[0023] 冷热负荷估算规则单元,用于接收建筑类型、建筑面积和冷热负荷估算指标,根据建筑类型得到空调面积系数,空调面积系数为空调面积占建筑面积的比例,基于冷热负荷估算指标、空调面积系数和建筑面积进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值,满足以下公式：

$$[0024] \quad Q = m \cdot A \cdot q$$

[0025] 其中,  $Q$  为空调提供的冷热量值,  $m$  为空调面积系数,  $A$  为建筑面积,  $q$  为冷热负荷估算指标。

[0026] 所述冷热负荷估算模块接收的建筑面积不包括地下车库的建筑面积。

[0027] 所述能效诊断模块包括：

[0028] 能效系数计算单元,用于接收空调额定功率、电耗数据和冷热量值,通过空调额定功率和电耗数据判断该空调为运行状态后,获得各个空调用电子项的能效系数,能效系数为冷热量值与电耗数据之比；

[0029] 能效诊断规则单元,用于接收建筑类型、空调系统形式和能效系数,根据空调系统形式获得各个空调用电子项的额定能效限值,对比能效系数和额定能效限值,并结合建筑类型决定的工作时间段,分析判断各个空调用电子项的能效状态；

[0030] 诊断结果输出单元,用于接收判断结果并显示。

[0031] 所述公共建筑包括办公建筑、商场建筑和综合办公建筑。

[0032] 所述空调用电子项包括冷热源用电、输配水泵用电和末端设备用电,其中,冷热源包括电制冷螺杆冷水机组、电制冷离心冷水机组或风冷热泵,输配水泵包括冷水泵、冷却泵、热水循环泵或冷冻采暖兼用泵,末端设备包括全空气设备、新风加风机盘管设备或风机盘管设备。

[0033] 与现有技术相比,本发明的优点和积极效果是:

[0034] 1) 诊断所需数据种类较少且易于获得,克服了现有监控平台缺少冷热量数据的现状,无需对现有建筑空调能耗计量系统进行更新改造,可直接应用于实际空调能效管理平台。传统的空调系统故障诊断系统主要侧重于设备的故障诊断,而且需要大量的设备运行数据,如对制冷机的诊断需要冷凝器进出口压力、变风量末端需要送回风温度,等等。但是实际中有空调设备运行参数的建筑自动化信息系统较少,该类技术缺乏广泛使用的基础。而基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统,则仅需空调子系统的电耗数据和室外气象参数就能发现用能异常,降低了对数据种类要求的同时,精简了诊断算法,使诊断时间缩短,在实际工程中更具有适用性。

[0035] 2) 输入建筑基础信息后,其余诊断过程依照诊断规则流程可实现自动化诊断,利用计算机处理海量数据,大幅节省了人力成本,提高了工作效率。楼宇能效监控平台对空调系统也有一定的能效诊断功能,但缺乏自动化诊断的算法,主要依赖于人工排查,如对特定时间段的数据做出折线图来大致判断能效,对人力成本要求太高。面对海量数据,基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统则可以借助计算机实现自动诊断,大幅减少了人力需求,并减少了因为人为因素造成的错误诊断。

[0036] 3) 硬件系统简单,成本低,实施方便,同时算法简单,可移植性好,易于推广。

### 附图说明

[0037] 图1为本发明能效诊断系统组成结构的总体示意图;

[0038] 图2为本发明能效诊断系统的数据计算流程图。

[0039] 图中:1为公共建筑信息采集模块,2为室外气象参数采集模块,3为温度采集器,4为数据平均单元,5为空调电耗采集模块,6为电耗数据采集装置,7为空调用电分类单元,8为数据聚合单元,9为冷热负荷估算模块,10为冷热负荷指标单元,11为冷热负荷估算规则单元,12为能效诊断模块,13为能效系数计算单元,14为能效诊断规则单元,15为诊断结果输出单元。

### 具体实施方式

[0040] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0041] 如图1所示,一种基于电耗数据的公共建筑空调能效诊断系统包括五个子运行模块:公共建筑信息采集模块1、室外气象参数采集模块2、空调电耗采集模块5、冷热负荷估算模块9和能效诊断模块12。该能效诊断系统利用采集到的建筑类型、面积、空调系统形式及空调额定功率信息和实时的气象参数信息,依据冷热负荷估算方法得出逐天和逐时的建筑冷热负荷,结合空调电耗采集系统得到的空调子项电耗数据,计算空调冷热源、输配水泵

和空调末端的能效系数,通过能效诊断模块 12 中的能效诊断规则,给出每个空调子系统能效高低的诊断结果,以实现公共建筑空调用电的能效诊断,并为低能效点的及时排除提供相应的信息支撑。

[0042] 公共建筑信息采集模块 1 是本发明的建筑基础信息采集端,用于采集关于公共建筑的基础信息并分别输入至冷热负荷估算模块 9 和能效诊断模块 12,公共建筑包括办公建筑、商场建筑和综合办公建筑,公共建筑的基础信息包括建筑类型、建筑面积和空调系统形式、空调额定功率,空调系统形式、空调额定功率可从空调设备铭牌参数中获得。下面对每个参数进行说明:

[0043] 1) 建筑类型用于冷热负荷估算模块 9 中的冷热负荷指标选取、冷热量值估算和能效诊断模块 12 中工作时间的确定;

[0044] 2) 建筑面积用于进行冷热负荷估算模块 9 中的冷热量值估算;

[0045] 3) 空调系统形式用于能效诊断模块 12 中额定能效限值的确定;

[0046] 4) 空调额定功率用于判断空调子系统属于待机还是运行状态,只有在知道其是运行的情况下才能在能效诊断模块 12 中计算它的能效系数,否则就会误判。空调子系统指的是空调系统下的冷水机组、空调末端、水泵等设备。

[0047] 室外气象参数采集模块 2 是本发明的气象数据采集端,用于采集特定时间段的温度数据,包括温度采集器 3 和数据平均单元 4,具体运行步骤为:

[0048] 1) 温度采集器 3 按 15 分钟/次的频率采集得到室外干球温度,并输入至数据平均单元 4,室外干球温度可以从实际外界条件中直接采集或从建筑所在地的气象站数据库中间接采集;

[0049] 2) 数据平均单元 4 接收室外干球温度,对特定时间段内的多个室外干球温度求平均值,得到特定时间段的温度数据,并与电耗数据的采集时间段相对应,输入到冷热负荷估算模块 9 中。

[0050] 空调电耗采集模块 5 是本发明的电耗数据采集端,用于采集逐天和逐时的各个空调用电项的电耗数据,包括电耗数据采集装置 6、空调用电分类单元 7 和数据聚合单元 8,具体运行步骤为:

[0051] 1) 电耗数据采集装置 6 按 15 分钟/次的频率对所测空调用电支路的电耗量进行采集,并输入至空调用电分类单元 7,采集具体过程为按 15 分钟/次的频率采集电表累积数值,通过前后求差获得该 15 分钟内电耗量,即 15 分钟后用电的总量与 15 分钟前的总电量的差值就是这 15 分钟内用的电量,因为电表直接采集到的数据是累计值,需要用求差的方式得到相应时间段内的电耗量;

[0052] 2) 空调用电分类单元 7 接收各个空调用电支路的电耗量,将其划分至各个空调用电项之中,并输入至数据聚合单元 8,空调用电项包括冷热源用电、输配水泵用电和末端设备用电,其中,冷热源包括电制冷螺杆冷水机组、电制冷离心冷水机组或风冷热泵,输配水泵包括冷水泵、冷却泵、热水循环泵或冷冻采暖兼用泵,末端设备包括全空气设备、新风加风机盘管设备或风机盘管设备;

[0053] 3) 数据聚合单元 8 接收各个空调用电项的电耗量,通过数据聚合得到逐天和逐时的各个空调用电项的电耗数据,其中,逐时的电耗数据为该小时内四次采集电耗量的和,逐天的电耗数据为该天内每次采集电耗量的和,而后把聚合后的电耗数据输入到能效

诊断模块 12 中。

[0054] 冷热负荷估算模块 9 是本发明的冷热量数据计算模块,用于接收公共建筑信息采集模块 1 采集的建筑类型、建筑面积以及室外气象参数采集模块 2 的温度数据,根据接收数据进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值,包括冷热负荷指标单元 10 和冷热负荷估算规则单元 11。冷热负荷估算模块 9 中结合了工程经验,提出了针对不同公共建筑类型的冷热负荷简易估算方法,用于计算空调子系统的能效系数。如图 2 所示,具体运行步骤为:

[0055] 1) 冷热负荷指标单元 10 接收公共建筑信息采集模块 1 采集的建筑类型和室外气象参数采集模块 2 的温度数据,针对建筑类型和温度数据选择相应的冷热负荷估算指标并输入至冷热负荷估算规则单元 11,冷热负荷估算指标为对不同建筑类型给出的不同温度情况下的单位面积的负荷值,可通过查看建筑类型、温度与单位面积负荷指标的对应表(结合工程经验构建的数据表)来获取该数据;

[0056] 2) 冷热负荷估算规则单元 11 接收公共建筑信息采集模块 1 采集的建筑类型和建筑面积和冷热负荷指标单元 10 的冷热负荷估算指标,根据建筑类型得到空调面积系数,空调面积系数为空调面积占建筑面积的比例,基于冷热负荷估算指标、空调面积系数和建筑面积进行冷热负荷估算获得空调提供的冷热量值,冷热量值作为能效系数的计算参数输入至能效诊断模块 12,冷热负荷估算满足以下公式:

$$[0057] \quad Q = m \cdot A \cdot q$$

[0058] 其中,  $Q$  为空调提供的冷热量值(单位:W),  $m$  为空调面积系数,  $A$  为建筑面积(单位: $m^2$ ),  $q$  为冷热负荷估算指标(单位:W/ $m^2$ ), 建筑面积不包括地下车库的建筑面积。

[0059] 能效诊断模块 12 是本发明的能效诊断主体,用于接收公共建筑信息采集模块 1 采集的建筑类型、空调系统形式及空调额定功率、空调电耗采集模块 5 的电耗数据以及冷热负荷估算模块 9 的冷热量值,根据接收历史数据和实时数据均进行逐天和逐时的能效诊断并输出诊断结果,包括能效系数计算单元 13、能效诊断规则单元 14 和诊断结果输出单元 15。能效诊断模块 12 通过规则判断的诊断算法判断空调子项用电的能效高低,为建筑维护管理人员排查故障提供指导信息。如图 2 所示,具体运行步骤为:

[0060] 1) 能效系数计算单元 13 接收公共建筑信息采集模块 1 采集的空调额定功率、空调电耗采集模块 5 的电耗数据和冷热负荷估算模块 9 的冷热量值,通过空调额定功率和电耗数据判断该空调为运行状态后,获得各个空调用电子项的能效系数,能效系数为冷热量值与电耗数据之比,是指在一定条件下,空调子系统进行制冷制热或输冷输热或放冷放热与电耗之比,是一个评价空调子系统的综合性指标;

[0061] 2) 能效诊断规则单元 14 接收公共建筑信息采集模块 1 采集的建筑类型、空调系统形式和能效系数计算单元 13 的能效系数,根据空调系统形式获得各个空调用电子项的额定能效限值,结合建筑类型决定的工作时间段对比额定能效限值和相应时间段的能效系数,分析判断各个空调用电子项的能效状态,其中,额定能效限值指的是《空气调节系统经济运行》中规定的符合经济运行的能效值,可从规范中直接获得;

[0062] 在根据建筑类型决定的工作时间段,判定待诊断的时刻为空调子系统运行的情况下,如果实际运行的能效系数大于额定能效限值的两倍,则判定能效状态为设备的开启量不足,如果能效系数为额定能效限值一倍到两倍之间,则判定能效状态为正常运行,如果低于额定能效限值但达到额定能效限值的 80%,则判定能效状态为效率稍低,可接受,否则就



判定为效率低下；

[0063] 3) 诊断结果输出单元 15, 用于接收判断结果并显示。

[0064] 综上所述, 本发明能效诊断系统针对当下公共建筑分项计量系统中冷热量数据缺失的现状, 研发出对空调子系统电耗的诊断算法, 实时采集的空调子系统电耗数据和室外气象温度, 辅以建筑类型、面积等基础信息, 便可对空调系统的冷热源、输配水泵和末端设备用电数据进行自动诊断, 得出每天和每小时内诊断对象的能效情况, 有效的指导楼宇维护管理人员进行故障排查, 减少能源浪费, 同时因为可以借助计算机进行数据处理, 节省了大量的人力。

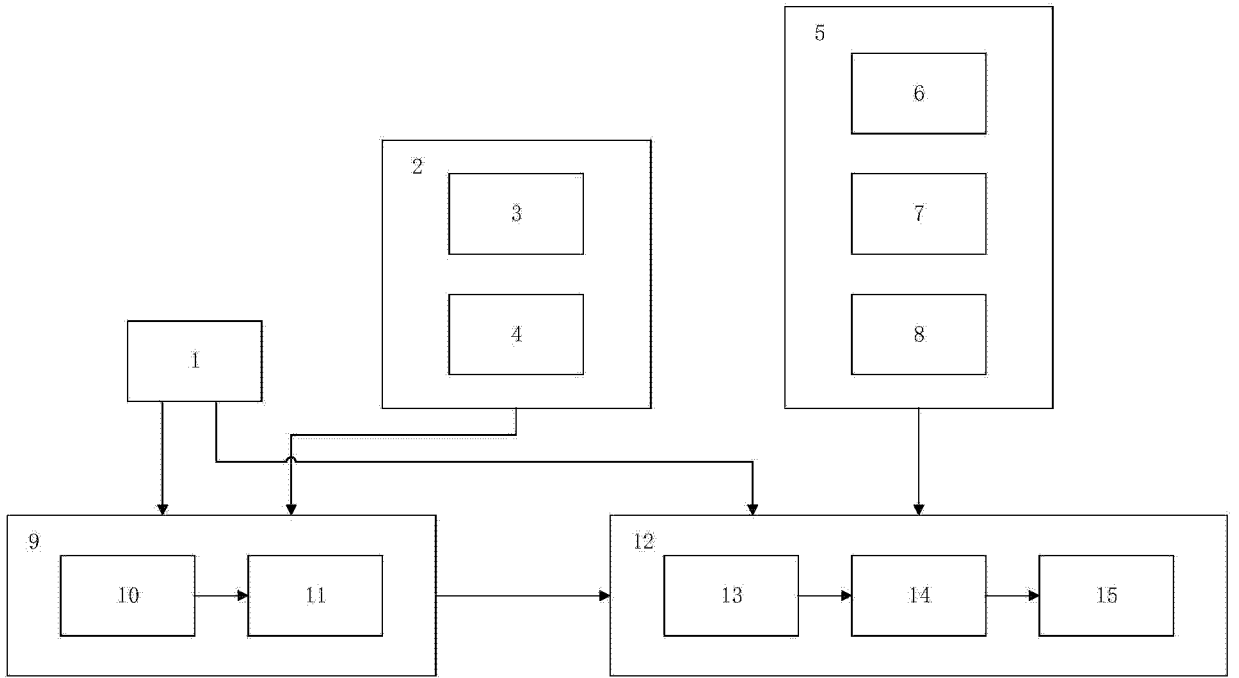


图 1

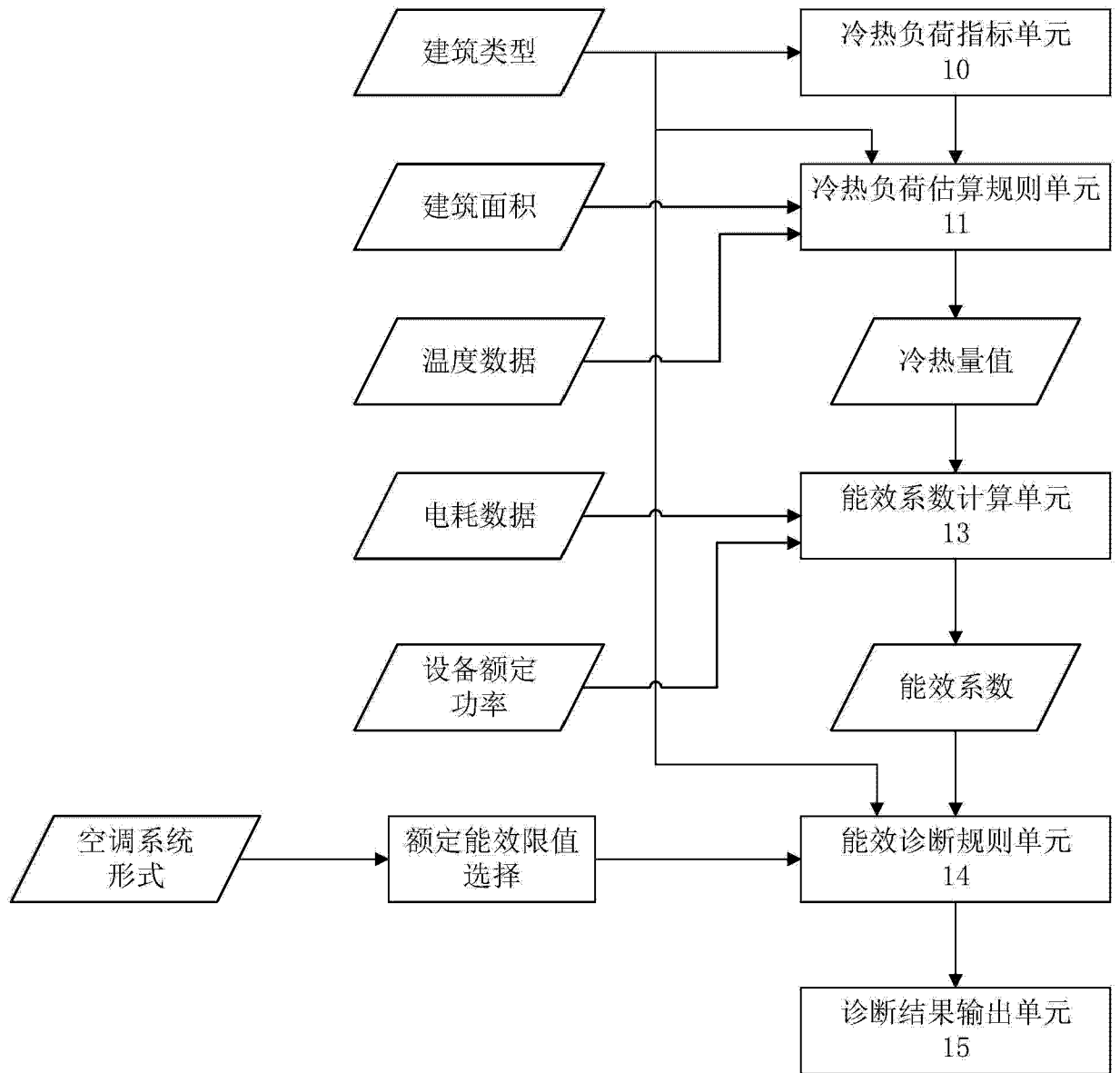


图 2