



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108931031 A

(43)申请公布日 2018.12.04

(21)申请号 201810690964.1

(22)申请日 2018.06.28

(71)申请人 湖南湖大瑞格能源科技有限公司

地址 410205 湖南省长沙市长沙高新开发
区谷苑路186号湖南大学科技园创业
大厦332房

(72)发明人 张虎

(74)专利代理机构 长沙市标致专利代理事务所
(普通合伙) 43218

代理人 杨娜

(51)Int.Cl.

F24F 11/46(2018.01)

F24F 11/62(2018.01)

权利要求书3页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

一种深湖水源热泵系统的节能控制方法及系统

(57)摘要

一种深湖水源热泵系统的节能控制方法及系统,其方法包括以下步骤:S1:构成建筑标准冷热负荷预测模型;S2:根据建筑标准冷热负荷预测模型,进行建筑精细化分区,并生成建筑各子区冷热用能需求动态曲线,且每隔15~30min更新一次动态曲线;S3:深湖水源热泵系统的室内末端、冷冻水泵、阀门单元、深湖水源侧水泵及热泵主机,及时响应中央主机所发的指令,根据用能需求动态曲线,考虑设备响应时间、启停特点及系统水容量,将深湖水源热泵系统分成设备启动阶段、稳态运行阶段以及设备停机阶段,进行分阶段控制。本发明还包括一种深湖水源热泵系统的节能控制系统。本发明具有高效稳定、无污染,能耗小、节能效果显著等优点。

1. 一种深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:将深湖水源热泵系统所服务的建筑物的内外环境信息进行采集;将采集的信息进行分析比对,根据中国五大气候区基础气象数据和各类功能建筑物冷热标准能耗数据,构成建筑标准冷热负荷预测模型;

S2:根据建筑标准冷热负荷预测模型,考虑建筑功能、用能时间和负荷分布的差异,进行建筑精细化分区,并生成建筑各子区冷热用能需求动态曲线,且每隔15~30min更新一次动态曲线;

S3:深湖水源热泵系统的室内末端、冷冻水泵、阀门单元、深湖水源侧水泵及热泵主机,及时响应中央主机所发的指令,根据用能需求动态曲线,考虑设备响应时间、启停特点及系统水容量,将深湖水源热泵系统分成设备启动阶段、稳态运行阶段以及设备停机阶段,进行分阶段控制。

2. 根据权利要求1所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,S1中,所述中国五大气候区基础气象数据为室外气象参数;所述各类功能建筑物冷热标准能耗数据包括建筑功能、建筑体形系数、围护结构参数、空调面积、人员使用情况及建筑室内环境初始设计参数;所述建筑室内环境初始设计参数包括人体体感温度、湿度、风速、室内辐射。

3. 根据权利要求2所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,所述人体体感温度通过充分考虑人对环境的主观感受,在计算机内嵌体感温度计算模型,根据某时刻空气温度、辐射强度、湿度和风速的综合影响,生成动态体感温度曲线,指导负荷计算,其模型通过以下公式获得:

$$T = T_1 \times K_1 \times K_2$$

式中:T为人体体感温度; T_1 为空调室内设计温度; K_1 为地区修正系数; K_2 为季节修正系数;其中南方地区 K_1 为0.8~0.92,北方地区 K_1 为0.85~0.95;夏季 K_2 为0.85~0.95,冬季 K_2 为1.05~1.15,过渡季 K_2 为1.0。

4. 根据权利要求1~3任一项所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,S2中,所述建筑精细化分区是以区域冷热负荷为划分依据,根据建筑物内房间功能、用能人数、室外环境参数,当每平方米冷热负荷差异>30%时,就划分一个新的空调区域;新空调区域面积不小于500平方米,实现子区内温度独立控制。

5. 根据权利要求1~3任一项所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,S3中,所述设备启动阶段的时间范围 t_1 为1/6~2/3小时,冷热水流量控制为额定工况的1.1~1.5倍;稳态运行阶段的时间 $t_2 = t_0 - t_1 - t_3$,其中 t_0 为系统运行总时间,冷热水流量依据建筑冷热用能需求动态曲线执行;设备停机阶段的时间范围 t_3 为1/3~1/2小时,冷热水流量依据建筑冷热用能需求动态曲线执行。

6. 根据权利要求1~3任一项所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,S3中,所述设备启动阶段的控制方式包括以下步骤:

S301:根据环境参数决定最佳开机时间;

S302:如果开机时间到,判断地下水水温是否处于设定温度范围内,超过设定温度范围,则报警并结束;在设定温度范围内,系统会进入开机模式界面;

S303:当选择夏季制冷模式时,先监测主机是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则监测深湖水源侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时

间后顺次开启水处理设备;开启后,监测水处理设备是否正常启动,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启湖水提升泵及相关阀门;开启后,检测冷冻水侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启冷冻水泵及相关阀门;隔一定时间后再开启深湖水源热泵机组主机,从而完成夏季制冷模式的启动阶段;

S304:当选择冬季制热模式时,则相关阀门换向至冬季制热模式,具体包括:先监测主机是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,检测冷冻水侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启冷水侧水泵及相关阀门;开启后,检测深湖水源侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后顺次开启水处理设备;再监测水处理设备是否正常启动,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启湖水提升泵及阀门;再隔一定时间后开启深湖水源热泵机组主机,从而完成冬季制热模式的启动阶段。

7.根据权利要求1~3任一项所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,所述稳态运行阶段的控制方式包括以下步骤:

S311:开启深湖水源热泵机组后,先检测蒸发器进出口水温,判断进出水口的温差 $\Delta T1$ 是否等于设定温差值,若等于,则按原状态运行;若不等于,则通过PID温差控制,调节冷冻水泵频率及相关阀门开度;

S312:检测蒸发器进出口水温,再次判断进出口的温差 $\Delta T1$ 是否等于设定温差值,若不等于,则继续进行PID温差调节;若调节后, $\Delta T1$ 等于设定温差值,则在设定温差范围内运行;

S313:检测冷凝器进出口水温,判断进出水口的温差 $\Delta T2$ 是否等于设定温差值,若不等于,则通过PID温差控制,调节湖水提升泵及相关阀门开度,直至 $\Delta T2$ 等于设定温差值,由此完成稳态运行阶段的运行。

8.根据权利要求1~3任一项所述深湖水源热泵系统的节能控制方法,其特征在于,所述设备停机阶段的控制方式包括以下步骤:

S321:根据环境参数决定最佳关机时间;

S322:如果关机时间到,则关闭深湖水源热泵机组主机;

S323:隔一定时间后检测深湖水源热泵机组主机信号,确认主机是否关机,若未关机,则向系统主机报警;若已关机,隔一定时间后关闭湖水提升泵;

S324:确认湖水提升泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,隔一定时间后关闭水处理装置泵;

S325:确认水处理装置泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,隔一定时间后关闭冷冻水泵;

S326:确认冷冻水泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,再关闭水路所有阀门,从而完成停机阶段的运行。

9.一种深湖水源热泵系统的节能控制系统,其特征在于,包括节能弱电控制系统和节能强电控制系统;

所述节能弱电控制系统包括:

传感器单元,用于实时采集建筑内外环境信息;

数据采集系统,用于接收采集到的建筑内外环境信息;

数据传输系统,用于将数据采集系统内的建筑内外环境信息传输至中央处理系统;

中央主机,用于对接收到的数据进行综合分析和处理,根据所采集的建筑内外环境信息以及中国五大气候区基础气象数据和各类功能建筑物冷热标准能耗数据,构成建筑标准冷热负荷预测模型,并根据建筑精细化分区,生成建筑各子区冷热用能需求动态曲线,且每隔一定时间更新一次动态曲线;以及完成各项指令的下达;

所述节能强电控制系统包括:

变频器单元,用于控制各冷热水泵、深湖水源侧水泵的频率,控制方式根据中央控制柜发出指令进行独立或者联动执行;

电动阀门单元,用于精细分区的分区支管管控;

中央控制柜,用于接收与执行弱电控制系统发出的具体执行指令。

10. 根据权利要求9所述深湖水源热泵系统的节能控制系统,其特征在于,所述建筑内外环境信息,包括空调设备实时监测参数、空调水系统实时监测参数、深湖水实时监测参数、室内典型房间实时监测参数、室外环境实时监测参数。

一种深湖水源热泵系统的节能控制方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及空调节能控制领域,特别是一种基于大数据、三阶段与精细分区控制的深湖水源热泵系统的节能控制方法及系统。

背景技术

[0002] 空调和采暖设备是建筑能耗中的大户,占建筑总能耗40%~50%,西方发达国家更是占到了60%~70%。可见,建筑节能潜力巨大。

[0003] 目前中国建筑市场中央空调系统设计十分粗糙,存在严重的能源浪费现象,具体表现为:①盲目使用新能源技术,不注重能源供应系统和用能系统之间的匹配,造成整个空调系统运行效果较差,引起能源浪费和不必要的投资亏损;②中央空调系统初期设计时普遍采用负荷估算法,采取极值负荷作为设计基础数据,一般还会附加10%的裕量,导致设备容量增大20%~50%,出现“大马拉小车”的现象;③中央空调系统90%的时间在70%负荷以下波动运行,而现有的中央空调系统基本上还处于手动启停控制状态,无全局优化群控系统,导致机组和水泵运行效率低下,同时全人工管理模式,使得运营维护混乱,人工成本费用增加。

[0004] 以冷热负荷为基础数据,进行系统设计,目前主要存在两个问题:①负荷计算不准确,冷热源系统选型过大,造成成本和能源的浪费;②负荷是动态变化的,温度和冷冻/却水是强耦合关系,未能充分挖掘利用冷水机组、水泵和风机的变频调速技术,现仅有的少数局部控制系统也是由电气专业设计,缺乏专业性、科学性。随着大数据和物联网技术的快速发展,行业内普遍认同结合大数据技术采用负荷预测方法、变频调速技术和先进控制策略是目前空调自控领域最重要的发展趋势。

[0005] 传统的压缩式制冷+锅炉的冷热源方式,电力能耗、污染较大,节能潜力有限。深湖水源热泵技术是一种可再生能源技术的综合运用,但是中国目前深湖水源热泵技术的运用主要存在以下问题:不能因地制宜的灵活运用,总装机容量较小,有待进一步推广;水处理不达标,严重影响机组的使用寿命和性能;缺少全局控制系统,运行全人工值守,缺少有效监管,运营维护混乱。以上问题导致地下深湖水源热泵系统整体工作性能下降,影响节能效率。

发明内容

[0006] 为了避免或减缓中央空调系统普遍存在的非线性、时变及大滞后特点对建筑设备用能和室内热舒适环境的影响,充分挖掘和利用可再生能源技术,本发明的目的在于提出一种基于大数据、三阶段与精细分区控制的深湖水源热泵系统的节能控制方法及系统,以降低建筑空调设备能耗,减小环境污染,改善空调设备运营管理混乱等现状。

[0007] 本发明的技术方案是:

[0008] 本发明之一种深湖水源热泵系统的节能控制方法,包括以下步骤:

[0009] S1:将深湖水源热泵系统所服务的建筑物的内外环境信息进行采集;将采集的信

息进行分析比对,根据中国五大气候区基础气象数据和各类功能建筑物冷热标准能耗数据,构成建筑标准冷热负荷预测模型;

[0010] S2:根据建筑标准冷热负荷预测模型,考虑建筑功能、用能时间和负荷分布的差异,进行建筑精细化分区,并生成建筑各子区冷热用能需求动态曲线,且每隔15~30min更新一次动态曲线;

[0011] S3:深湖水源热泵系统的室内末端、冷冻水泵、阀门单元、深湖水源侧水泵及热泵主机,及时响应中央主机所发的指令,根据用能需求动态曲线,考虑设备响应时间、启停特点及系统水容量,将深湖水源热泵系统分成设备启动阶段、稳态运行阶段以及设备停机阶段,进行分阶段控制。

[0012] 进一步,S1中,所述中国五大气候区基础气象数据为室外气象参数;所述各类功能建筑物冷热标准能耗数据包括建筑功能、建筑体形系数、围护结构参数、空调面积、人员使用情况及建筑室内环境初始设计参数;或者所述建筑室内环境初始设计参数包括人体体感温度、墙体辐射、湿度、风速。

[0013] 进一步,所述人体体感温度通过充分考虑人对环境的主观感受,在计算机内嵌体感温度计算模型,根据某时刻空气温度、辐射强度、湿度和风速的综合影响,生成动态体感温度曲线,指导负荷计算,其模型通过以下公式获得:

[0014] $T = T_1 \times K_1 \times K_2$

[0015] 式中:T为人体体感温度; T_1 为空调室内设计温度; K_1 为地区修正系数; K_2 为季节修正系数;其中南方地区 K_1 为0.8~0.92,北方地区 K_1 为0.85~0.95;夏季 K_2 为0.85~0.95,冬季 K_2 为1.05~1.15,过渡季 K_2 为1.0。

[0016] 进一步,S2中,所述建筑精细化分区是以区域冷热负荷为划分依据,根据建筑物内房间功能、用能人数、室外环境参数,当每平方米冷热负荷差异>30%时,就划分一个新的空调区域;新空调区域面积不小于500平方米,实现子区内温度独立控制。精细化分区的目的在于避免由于室内设计参数、建筑功能、人员使用情况、外界环境影响等差异引起的控制困难,同时一定程度上达到节能目的,保证了室内热舒适环境品质。

[0017] 进一步,S3中,所述设备启动阶段的时间范围 t_1 为1/6~2/3小时,冷热水流量控制为额定工况1.1~1.5倍;稳态运行阶段的时间 t_2 为 $t_0-t_1-t_3$ (t_0 为系统运行总时间),冷热水流量依据建筑冷热用能需求动态曲线执行;设备停机阶段的时间范围 t_3 为1/3~1/2小时,冷热水流量依据建筑冷热用能需求动态曲线执行(时间 t_0 、 t_1 、 t_2 和 t_3 因系统形式而异,需要根据机组容量、水路设置等具体情况而定)。

[0018] 进一步,S3中,所述设备启动阶段的控制方式包括以下步骤:

[0019] S301:根据环境参数决定最佳开机时间;最佳开机时间主要由用能时间、室内外环境参数和系统容量所决定;

[0020] S302:如果开机时间到,判断地下水水温是否处于设定温度范围内,超过设定温度范围,则报警并结束;在设定温度范围内,系统会进入开机模式界面;

[0021] S303:当选择夏季制冷模式时,先监测主机是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则监测深湖水源侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后顺次开启水处理设备;开启后,监测水处理设备是否正常启动,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启湖水提升泵及相关阀门;开启后,检测冷冻水

侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启冷冻水泵及相关阀门;隔一定时间后再开启深湖水源热泵机组主机,从而完成夏季制冷模式的启动阶段;

[0022] S304:当选择冬季制热模式时,则相关阀门换向至冬季制热模式,具体包括:先监测主机是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,检测冷冻水侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启冷水侧水泵及相关阀门;开启后,检测深湖水源侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后顺次开启水处理设备;再监测水处理设备是否正常启动,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则隔一定时间后开启湖水提升泵及阀门;再隔一定时间后开启深湖水源热泵机组主机,从而完成冬季制热模式的启动阶段。

[0023] 进一步,所述稳态运行阶段的控制方式包括以下步骤:

[0024] S311:开启深湖水源热泵机组后,先检测蒸发器进出口水温,判断进出水口的温差 $\Delta T1$ 是否等于设定温差值,若等于,则按原状态运行;若不等于,则通过PID温差控制,调节冷冻水泵频率及相关阀门开度;

[0025] S312:检测蒸发器进出口水温,再次判断进出口的温差 $\Delta T1$ 是否等于设定温差值,若不等于,则继续进行PID温差调节控制;若调节后, $\Delta T1$ 等于设定温差值,则在设定温差范围内运行,否则重复S311;

[0026] S313:检测冷凝器进出口水温,判断进出水口的温差 $\Delta T2$ 是否等于设定温差值,若不等于,则通过PID温差控制,调节湖水提升泵频率及相关阀门开度,直至 $\Delta T2$ 等于设定温差值,由此实现稳态运行阶段的运行。

[0027] 进一步,所述设备停机阶段的控制方式包括以下步骤:

[0028] S321:根据环境参数决定最佳关机时间;

[0029] S322:如果关机时间到,则关闭深湖水源热泵机组主机;

[0030] S323:隔一定时间后检测深湖水源热泵机组主机信号,确认主机是否关机,若未关机,则向系统主机报警;若已关机,隔一定时间后关闭湖水提升泵;

[0031] S324:确认湖水提升泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,隔一定时间后关闭水处理装置泵,;

[0032] S325:确认水处理装置泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,隔一定时间后关闭冷冻水泵;

[0033] S326:确认冷冻水泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,再关闭水路所有阀门,从而完成停机阶段的运行。

[0034] 本发明之一种深湖水源热泵系统的节能控制系统,包括节能弱电控制系统和节能强电控制系统;

[0035] 所述节能弱电控制系统包括:

[0036] 传感器单元,用于实时采集建筑内外环境信息;

[0037] 数据采集系统,用于接收采集到的建筑内外环境信息

[0038] 数据传输系统,用于将数据采集系统内的建筑内外环境信息传输至中央处理系统;

[0039] 中央主机,用于对接收到的数据进行综合分析和处理,根据所采集的建筑内外环

境信息以及中国五大气候区基础气象数据和各类功能建筑物冷热标准能耗数据,构成建筑标准冷热负荷预测模型,并根据建筑精细化分区,生成建筑各子区冷热用能需求动态曲线,且每隔一定时间更新一次动态曲线;以及完成各项指令的下达;

[0040] 所述节能强电控制系统包括:

[0041] 变频器单元,用于控制各冷热水泵、深湖水源侧水泵的频率,控制方式根据中央控制柜发出指令进行独立或者联动执行;

[0042] 电动阀门单元,用于精细分区的分区支管管控;

[0043] 中央控制柜,用于接收与执行弱电控制系统发出的具体执行指令。

[0044] 进一步,所述建筑内外环境信息,包括空调设备实时监测参数、空调水系统实时监测参数、深湖水实时监测参数、室内典型房间实时监测参数、室外环境实时监测参数。

[0045] 可以说,本发明的节能控制系统包括监测数据的上传、控制数据的下发和综合处理服务器三部分,其中监测数据的上传是通过传感器单元实时采集数据,包括空调设备实时监测参数、空调水系统实时监测参数、深湖水实时监测参数、室内典型房间实时监测参数、室外环境实时监测参数;并将这些参数传送给数据采集系统,再由数据采集系统经数据传输系统发送给中央主机;控制数据的下发是指中央主机根据上传的监测数据,经过分析处理下发控制数据至中央控制柜,进行空调系统的优化管理,内容包括空调主机的启停与变频控制、各类水泵启停与变频控制、各电控阀门启停与流量调节控制等。中央主机是整个控制系统的核心,包括对数据的处理分析生成冷热负荷预测模型、控制数据的下发、报警预警系统、信息数据显示及人机交互。

[0046] 本发明的有益效果:

[0047] (1) 本发明提供的基于大数据的建筑标准冷热负荷预测模型,充分考虑了室外环境气象参数、建筑功能(即考虑建筑类型、建筑用途、使用特征、用能时间特征等)、建筑基本参数(体型系数、围护结构、空调面积、用能人数、室内环境设计参数等),同时以丰富的传感器为硬件支撑,采集存储空调运行时的各项参数,经过复杂的计算分析生成建筑负荷动态变化曲线,预测接下来某一时刻负荷变化趋势,提前调节冷热水流量。该模型极大程度上克服了建筑负荷变化的不确定性带来的控制调节困难,避免“大马拉小车”的现象,使系统总能效可以在原有系统效率基础上再提高5%~25%;缩短50%~80%的由空调系统滞后性带来的调节时间差,保证室内温度波动在1℃范围内;同时该模型具有自学习功能,对存储的数据进行综合分析,寻找用能规律,不断更新,随着时间的推移,负荷预测将越来越准确,由于数据库记录了建筑全年能耗数据,为后期建筑节能分析提供了基础资料。

[0048] (2) 本发明提供的基于大数据的建筑冷热标准能耗预测模型,将人体的体感温度作为重要的考量标准,参与建筑冷热负荷的计算。而当前的空调设计,采用不变的设计温度(如夏季26℃,冬季18℃),没有考虑到湿度、辐射和风速对人感受的综合影响,相同的设计温度,在不同时刻给人带来的主观感受是不同的;而将体感温度纳入空调设计中,不仅保障了高品质的热环境,还可能有节能的潜力。

[0049] (3) 本发明提供的建筑精细化分区的方法,避免了传统粗糙分区带来的弊端,充分考虑建筑特征、建筑功能、建筑冷热负荷、用能时间特征等,能够避免由于室内设计参数、建筑功能、人员使用情况、外界环境影响等差异引起的控制困难,同时在一定程度上达到节能目的,保证了室内热舒适环境品质,达到控制方便灵活、降低能耗和保障高品质热环境的目的。

的。

[0050] (4) 本发明提供的设备三阶段启停控制策略,启动阶段通过优化开机程序,降低不必要的设备启动能耗,达到快速启动的目的;稳定运行阶段以负荷预测模型和精确控制手段,有效克服系统的滞后性,保障高品质室内环境;停机阶段充分考虑系统自身的冷却能力,提前停机,降低设备能耗。

[0051] (5) 本发明采用的深湖水源热泵系统,属于可再生能源技术的综合开发利用。深湖水常年水温恒定,同时水的热容量大,是良好的低温环境。深湖水源热泵在整个使用过程中不会产生任何有害物质,并且与传统机械制冷+锅炉的冷热源方式相比,年均节能率在55%以上。

[0052] (6) 在稳态运行阶段中,通过检测蒸发器和冷凝器的进出口水温,当进出口温差偏离设定值时,对水泵进行变频调节,通过调整流速,达到恒定深湖水进出口温度的目的,使得深湖水源热泵机组始终处于高效、稳定的运行状态。

[0053] (7) 通过将构建建筑标准冷热负荷预测模型、精细分区控制与分阶段控制相结合,充分利用了大数据技术、物联网技术、变频调速技术和新能源技术,实现了中央空调系统的优化节能控制;与传统的机械制冷+锅炉的冷热源方式相比,降低建筑设备能耗40%~65%、降低维护运营成本费用60%~80%,同时空调时间内室温波动不高于1℃。

附图说明

[0054] 图1是本发明实施例深湖水取水方式示意图;

[0055] 图2是本发明实施例深湖水源热泵系统结构示意图;

[0056] 图3是本发明实施例深湖水源热泵系统开机阶段控制逻辑图;

[0057] 图4是本发明实施例深湖水源热泵系统运行阶段控制逻辑图;

[0058] 图5是本发明实施例深湖水源热泵系统停机阶段控制逻辑图;

[0059] 图6是本发明实施例建筑标准冷热负荷预测模型工作原理图。

具体实施方式

[0060] 以下将结合说明书附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0061] 一种深湖水源热泵系统的节能控制包括基于大数据分析处理的建筑标准冷热负荷预测模型、建筑精细化分区控制和空调设备三阶段启停控制三部分。

[0062] 本发明中,建筑标准冷热负荷预测模型,即建筑标准冷热能耗数据库,主要包括中国五大气候区基础气象数据、设计阶段建筑原始数据(如建筑功能、建筑体形系数、围护结构参数、空调面积、人员使用情况及建筑室内环境初始设计参数等)、系统运行阶段实时数据采集与存储单元、数据综合处理单元四个部分。

[0063] 其中,中国五大气候区基础气象数据是指建筑当地与天气相关的各种数据,如温度、湿度、气压、风速、降雨量等,可通过相对应的传感器进行检测或通过天气预报作为参考。所述的建筑功能包含建筑类型(如居住房屋、商场、学校、工厂等)、建筑用途(如居住、商业、教育、厂房等)、用能时间特征(如用能频率、时间)等。所述的建筑体形系数是指建筑物与室外空气接触的外表面积与建筑体积的比值,该比值可通过相关软件计算得出。所述的围护结构参数是指建筑及房间各面的围挡物,如门、窗、墙等,能够有效地抵御不利环境的

相关设计参数,如传热系数、遮阳系数、气密性等。所述的人员使用情况是指建筑内或不同层、不同区内的用能人数。所述的建筑室内环境初始设计参数包括人体体感温度、湿度、风速等相关参数。上述的设计阶段建筑原始数据共同构建而成的冷热负荷需求数据精确度达到全年逐时基准,其中建筑功能、建筑基本参数(包括建筑体型系数、围护结构参数、空调面积、人员使用情况)、建筑室内环境设计参数在节能系统运行初始,需根据实际情况重新设定参数。

[0064] 前述的人体体感温度,是指通过充分考虑人对环境的主观感受,在计算机内嵌体感温度计算模型,根据某时刻空气温度、辐射强度(综合考虑太阳辐射、墙体辐射及室内其他物体辐射等)、湿度和风速的综合影响,生成动态体感温度曲线,指导负荷计算。其简化模型可以看成是对空调室内设计温度(规范要求温度)加以修正,考虑地区和季节性带来的影响,简化计算公式如下:

$$[0065] \quad T = T_1 \times K_1 \times K_2$$

[0066] 式中: T 为人体体感温度($^{\circ}\text{C}$); T_1 为空调室内设计温度($^{\circ}\text{C}$); K_1 为地区修正系数(南方地区0.8~0.92,北方地区0.85~0.95); K_2 为季节修正系数(夏季0.85~0.95,冬季1.05~1.15,过渡季1.0)。

[0067] 上述设计阶段建筑原始数据和系统运行阶段实时采集的数据均存储在存储单元中。根据设计阶段建筑原始数据和系统运行阶段实时采集的数据,数据综合处理单元自动完成计算生成冷热用能需求动态曲线,并能根据用户需求自主设定数据更新时间,一般以15~30min为宜。

[0068] 本发明的建筑标准冷热负荷预测模型能够很好的减缓空调系统的大滞后性,克服了负荷变化的不确定性,同时该模型具有自学习功能,对存储的数据进行综合分析,寻找用能规律,随着时间的推移,负荷预测将越来越准确,由于数据库记录了建筑全年能耗数据,为后期建筑节能分析提供了基础资料。

[0069] 本发明中,建筑精细化分区控制是以区域冷热负荷为划分依据,根据建筑物内房间功能、用能人数、室外环境参数,当每平方米冷热负荷差异>30%时,就划分一个新的空调区域,并且新空调区域面积不宜小于500平方米,实现子区内温度独立控制。精细化分区的目的在于避免由于室内设计参数、建筑功能、人员使用情况、外界环境影响等差异引起的控制困难,同时在一定程度上达到节能目的,保证了室内热舒适环境品质。

[0070] 三阶段启停控制包括设备启动阶段、稳态运行阶段和设备停机阶段,该控制策略有别于传统的顺序控制。本发明的启动阶段要充分考虑设备的启停时间、启停顺序(深湖水源热泵机组、冷冻/却水水泵等)、系统水容量和管道的物理长度,给出精确地启停时间控制量。同时由于系统的滞后性和快速带走室内余热(进行室内预热),在启动阶段加大冷热水流量(为额定流量的1.1~1.5倍),达到快速启动的目的,从而快速进行室内原始冷热负荷排出。设备启动至稳态运行阶段的时间范围控制在0.5小时以内;第二阶段为稳态运行阶段,时间限定为用能系统工作时间减去第一阶段以及第三阶段的时间,冷热水流量依据标准冷热需求曲线执行。稳态运行阶段严格以负荷预测模型输出数据为依据,通过变频调速技术控制冷热水流量,达到节能目的。第三阶段为冷热主机系统关闭阶段,时间为 t_3 ,冷热水流量依据标准冷热需求曲线执行,即用能结束时间前 t_3 小时,关闭冷热主机系统(时间 t_3 由室内外环境参数和冷冻水管路存水冷却能力共同决定)。由于准确计算提前开关机的时

间量,减少了设备不必要的运行时间,达到节能目的。

[0071] 上述深湖水源热泵系统的节能控制方法具体包括以下步骤:

[0072] S101:将深湖水源热泵系统所服务的建筑物的内外环境信息,通过物联网技术进行采集;采集的信息上传至中央主机进行分析比对,中央主机内嵌了中国五大气候区基础气象数据、各类功能建筑物冷热标准能耗数据,构成基于大数据的建筑标准冷热负荷预测模型;

[0073] S102:根据建筑标准冷热负荷预测模型,进行建筑精细化分区,并生成建筑各子区冷热用能需求动态曲线,每15分钟更新一次;

[0074] S103:深湖水源热泵中央空调系统的室内末端、冷冻水泵、阀门、深湖水源侧水泵及热泵主机,及时响应中央主机所发的指令,按照建筑冷热用能需求动态曲线,并分阶段、考虑调节段长度与流体流速所导致的时间延后基础上,进行变流量调节,实现深湖水源热泵系统在设备启动阶段、稳态运行阶段以及设备停机阶段的整体节能控制。

[0075] 上述分阶段进行控制,能够保证空调时间内室内温度波动不高于1℃,使系统总能效在原有效率基础上再提高5%-25%;实时监测深湖水温度变化,当深湖水源热泵机组进水温差上下波动不在设定温差值范围内时,变频调速控制水泵,调节水流量,从而保证深湖水源热泵机组冷凝器(夏季)进出口水温恒定,使得系统稳定高效运行。

[0076] 为达到上述目的,本发明还提供了一种以深湖水源热泵系统为基础的中央空调控制系统,包括监测数据的上传、控制数据的下发和综合处理服务器三部分,其中监测数据的上传需要各种传感器实时采集数据,其内容包括空调设备实时监测参数、空调水系统实时监测参数、深湖水实时监测参数、室内典型房间实时监测参数、室外环境实时监测参数;控制数据的下发是指综合处理服务器根据上传的监测数据,经过分析处理下发控制数据进行空调系统的优化管理,内容包括空调主机的启停与变频控制、各类水泵启停与变频控制、各电控阀门启停与流量调节控制等;综合处理服务器是整个控制系统的核心,包括对数据的处理分析生成冷热负荷预测模型、控制数据的下发、报警预警系统、信息数据显示及人机交互。

[0077] 以下为本发明的一个优选实施例:

[0078] 本案例为实际工程项目::长沙某别墅深湖水源热泵中央空调系统设计。

[0079] 该项目位于长沙市,是一个独栋三层欧式别墅空调方案设计。建筑占地面积145m²,其中空调面积320m²,经过实地勘察和工程技术经济分析,拟采用深湖水源热泵系统为用户提供制冷和采暖,夏季冷水供回水温度7/12℃,冬季热水供回水温度40/45℃。相应的设计参数见表1、表2:

[0080] 表1.室外环境设计参数

[0081]

夏季室外设计参数	冬季室外设计参数
空调室外计算干球温度 36.5℃	室外空调计算温度-0.8℃
空调室外计算湿球温度 29℃	大气压力(Pa) 101830
大气压力(Pa) 99563	

[0082] 注：长沙属于夏热冬冷地区。

[0083] 表2.室内环境设计参数

[0084]

代表房间类型	夏季设计		冬季设计参数	
	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度 (°C)	相对湿度 (%)
卧室	24±1	55%	20±1	50%
客厅	25±1	55%	18±1	50%
其他	25±1	55%	18±1	50%

[0085] 经过计算,夏季空调总冷负荷为29.76kw;冬季空调热负荷为22.56kw(包括新风负荷)。

[0086] 该别墅区邻近天然湖泊,湖水最大深处达到15.6m,最浅处达到2.2m,平均湖深9.4m。湖水清澈干净,达到饮用水级别,经实测,夏季湖水温度19.2~23℃(6m深处),冬季湖水温度13.3~14.7℃(6m深处),是非常好的低温冷热源。湖面开阔,流速小,同时湖水来流稳定,湖面季节性涨幅0.3~0.8m。经取水样分析,相应检测结果见表3:

[0087] 表3.湖水水质检测数据

[0088]

项目	允许值	湖水水质	备注
PH	6.8~8.5	6.62~8.31	满足要求
Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ (mg/L)	<200	<172	满足要求
矿化度(g/L)	<3	<2.2	满足要求
Cl ⁻ (mg/L)	<100	<34	满足要求
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	<200	<110	满足要求
Fe ²⁺	<1	<0.4	满足要求
含沙量(mg/L)	<6.5	2.1~3.8	满足要求

[0089]

[0090] 总体来看,湖水水质较好,是良好的低温热源,但是水的硬度偏高,需要一定的水处理措施。在空调系统中可以设置软化水处理水箱除去Ca²⁺、Mg²⁺,降低水的硬度。

[0091] 通过实地考察,以及和水务局部门沟通,取得用水许可,并采用固定式广口井顶管取水方式,其示意图见图1和图2。

[0092] 在湖岸附近设置水泵房1,水泵房1的下部连接湖水引用管2,湖水引用管2的端部设有吸水喇叭口3,用于吸入湖水。湖水经湖水引用管进入集水井4内,由于影响热泵工作的主要因素是湖水含沙量和浊度,因此需要设置相应的水处理设备5。例如,湖水提升泵6的入水口采用40目格栅61过滤,过滤大块漂流物后再使湖水进入湖水提升泵6;湖水提升泵6的出水口处通过管道依次连接旋流除砂器、水综合处理器,采用旋流除砂器,主要去除湖水中

的泥沙、固体颗粒和悬浮物,降低深湖水含沙率和浊度;再通过水综合处理器,进一步提高水的质量,以满足热泵用水的水质要求。过滤后的湖水泵送至深湖水源热泵机组。上述过滤设备仅是本发明的一个优选实施例,并不具体限定本发明。

[0093] 经过暖通专业人员设计,整个系统采用深湖水源热泵机组+风机盘管+新风机组形式的空调系统,设备置于地下负一层设备用房,满足用户对冷热量的需求。由于系统较小,为方便控制,冬夏季空调模式切换采用内切换(通过四通换向阀换向)的方法;为了减小水泵能耗,深湖水源侧采用7℃的大温差换热,夏季设计进水温度22℃;考虑到系统取水量较小,同时为了避免尾水对湖水生态的影响,尾水直接进入别墅的中水蓄水池,用于园艺灌溉等,多余部分排入下水道。其中央空调系统图见图2。本实施例包括8台风机盘管、3台新风机组和冷冻水泵7。由于各部件之间的连接关系已是现有技术,此处不再赘述。

[0094] 考虑0.9的同时使用系数,其系统主要设备选型参数见表4、表5。

[0095] 表4. 热泵机组设备参数

[0096]

热泵机组型号	额定制	制冷系数	额定制	制热系数	备注
	冷量(kw)	COP	热量(kw)	COP	
S1310-20	30	5.7	24	3.8	挪威挪宝

[0097] 表5. 水泵选型具体参数表

[0098]

设备名称	型号	数量 (台)	转速 (r/min)	流量 (m ³ /h)	扬程 (m水柱)	功率 (kw)	备注
湖水提升	65-50-160B	1	1450	5	7.5	0.40	浙江扬子江泵
泵							业有限公司
冷冻水泵	50-32-200A	1	1450	5.4	9.5	0.55	浙江扬子江泵
							业有限公司

[0100] 根据空调区使用功能、时间和负荷上的差异,采用建筑精细化分区控制的思想。将建筑一层的化为一个分区,主要包含客厅、餐厅和厨房等,用能时间较为统一;将二层、三层共同划分为一个空调区,主要包含主卧、客房、书房等场所,用能集中在夜间。

[0101] 为了达到节能与精确控制的目的,该系统还有一套完整的监测和控制系统:在建筑四侧外墙上分别预埋1个温湿度传感器,在南侧外墙上设置1台太阳辐照仪,在典型代表房间(如客厅、卧室、书房等)各设置1个温湿度传感器和1个CO₂浓度检测传感器;所有水泵采用变频水泵,阀门采用电动控制阀,整个水路系统流量可以在30%~100%之间实现无极调节;在冷冻水进出水干管上分别设置流量传感器、温度传感器、压力传感器,在供回水旁通管上设置压力平衡阀;在湖水侧进出水干管上分别设置流量传感器、温度传感器、压力传

感器;在新风机组和风机盘管上分别设置电动二通阀;进行湖水温度变化检测,智能调节湖水流量,保障热泵系统高效、稳定和安全运行。

[0102] 本实施例中,监测参数主要包括空调设备实时监测参数、空调水系统实时监测参数、深湖水实时监测参数、室内典型房间实时监测参数、室外实时监测参数。其中空调设备实时监测参数包括各类水泵转速与电力参数、各类阀门开度检测、空调主机电力参数。空调水系统实时监测参数包括压力、温度、液位、压力流速、压力温度等参数。深湖水实时监测参数包括温度、流量等参数。室内典型房间实时监测参数包括湿度、温度、CO₂浓度等参数。室外实时监测参数包括辐照强度、湿度、风速、温度等参数。将上述各参数均上传至数据采集器,数据采集器可以是多个。数据采集器通过集中器与服务器和客户端进行通信,服务器与客户端进行通信,它们之间的连接可以有有线和/或无线通信方式。数据采集器中上传的检测数据可通过集中器传输至服务器进行存储、分析和计算。客户端设有上位机界面,操作者可下达指令经服务器和集中器发送给中央控制柜,由中央控制柜控制各系统动作,包括深湖水源热泵机组的启停控制、主机变频控制、各类水泵启停与变频控制、各类变频器的控制以及各电控阀门开停与流量调节控制等,从而能够实现远程群控和一键启停的模式。

[0103] 本实施例中,三阶段控制是该深湖水源热泵系统的核心控制策略,其算法在服务器内进行。主要包括启动阶段、稳态运行阶段和停机阶段。

[0104] 如图3所示:启动阶段的控制方式包括以下步骤:

[0105] S201:根据环境参数决定最佳开机时间(由设定的室内参数、监测的室外参数、主机容量和管路设置方式共同决定,通过参数的描述,控制系统内嵌计算机准确计算从开机至达到室内要求的温度所需要的时间 τ_1 ,由设定的用能工作时间(如上午8:00)减去提前开机时间 τ_1 ,即得到最佳开机时间);

[0106] S202:如果开机时间到,判断深湖水水温是否处于设定温度范围内,如果超过设定温度范围,则报警并结束;如果处于设定温度范围内,系统会进入开机模式界面;

[0107] S203:开机模式界面包括夏季制冷和冬季制热,或者只设置一个模式,如夏季制冷,夏季制冷的下侧设有“是”按键和“否”按键,选择“是”,则进入夏季制冷模式,选择“否”,则进入冬季制热模式。

[0108] S204:当选择夏季制冷模式时,如选择“是”按键,先监测主机是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则监测深湖水源侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则30s后顺次开启水处理设备;开启后,监测水处理设备是否正常启动,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则30s后开启湖水提升泵及阀门;开启后,检测冷冻水侧环路(用户侧)是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则30s后开启冷冻水泵及阀门;3min后再开启深湖水源热泵机组主机,从而完成夏季制冷模式的启动阶段。

[0109] S205:若选择“否”按键,则相关阀门换向,转至冬季制热模式,具体包括:先监测主机是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,检测冷冻水侧环路(用户侧)是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则30s后开启冷水侧水泵及阀门;开启后,检测深湖水源侧环路是否异常,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则30s后顺次开启水处理设备;再监测水处理设备是否正常启动,若异常,则向系统报警并结束;若正常,则30s后开启湖水提升泵及阀门;3min后再开启深湖水源热泵机组主机,从而完成冬季制热模式的启动阶段。

[0110] 如图4所示:稳态运行阶段的控制方式包括以下步骤:

[0111] S301:开启深湖水源热泵机组后,先检测蒸发器进出口水温,判断进出口的温差 ΔT_1 是否等于设定温差值(如 6°C),若等于,则按原状态运行;若不等于,则通过PID温差控制,调节冷冻水泵频率及相关阀门开度;

[0112] S302:检测蒸发器进出口水温,再次判断进出口的温差 ΔT_1 是否等于设定温差值,若不等于,则继续进行PID温差调节;直至 ΔT_1 等于设定温差值,则在设定温差范围内运行;

[0113] S303:检测冷凝器进出口水温,判断进出水口的温差 ΔT_2 是否等于设定温差值,若等于,则在设定温差范围内运行;若不等于,则通过PID温差控制,调节湖水提升泵频率及相关阀门开度,直至 ΔT_2 等于设定温差值,由此完成稳态运行阶段的运行。

[0114] 通过检测蒸发器和冷凝器的进出口水温,当进出口温差偏离设定值时,对水泵进行变频调节,通过调整流速,达到恒定进出口温度的目的,使得深湖水源热泵机组始终处于高效、稳定的运行状态。

[0115] 如图5所示:停机阶段的控制方式包括以下步骤:

[0116] S401:根据环境参数决定最佳关机时间(由设定的室内参数、监测的室外参数、管道存水冷却能力共同决定,通过参数的描述,控制系统内嵌计算机准确计算当前管道存水维持设定室内环境的时间 τ_2 ,由设定的用能停止时间(如下午6:00)减去提前关机时间 τ_2 ,即得到最佳关机时间);

[0117] S402:如果关机时间到,则关闭深湖水源热泵机组主机;

[0118] S403:3min后检测深湖水源热泵机组主机信号,确认主机是否关机,若未关机,则向系统主机报警;若已关机,隔15s后关闭湖水提升泵;

[0119] S404:确认湖水提升泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,隔2min后关闭水处理装置泵,;

[0120] S405:确认水处理装置泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,隔20min后关闭冷冻水泵;

[0121] S406:确认冷冻水泵是否关闭,若未关闭,则向系统主机报警;若关闭,再关闭水路所有阀门,从而完成停机阶段的运行。

[0122] 如图6所示,本实施例建筑标准冷热负荷预测模型的原理为:将初始设计原始资料和室内外实时监测数据录入服务器内,形成建筑标准冷热负荷预测模型,然后生成建筑冷热负荷预测动态曲线,再根据实际需求的冷热负荷,将这种实际建筑能耗存储至建筑标准负荷预测模型内,再次生成新的建筑冷热负荷预测动态曲线,如此更新。这样,能够很好的减缓空调系统的大滞后性,克服了负荷变化的不确定性,同时该模型具有自学习功能,对存储的数据进行综合分析,寻找用能规律,随着时间的推移,负荷预测将越来越准确,由于数据库记录了建筑全年能耗数据,为后期建筑节能分析提供了基础资料。

[0123] 综上所述,本实施例基于这种大数据、三阶段与精细分区控制的深湖水源热泵系统节能控制方法,该深湖水源热泵系统已经稳定运行超过1年。在运行期间,设备和控制系统无任何故障,节能效果明显,室内热环境品质高,具体表现在:与常规控制相比,设备从开机到室内温度稳定的时间缩短了14分钟,通过系统的自身冷却能力,可提前25分钟停机,而不影响室内温度变化,在负荷预测模型的支持下,系统变流量运行,有效克服了空调系统普遍存在的大滞后性,时间调节差缩短75%;室内环境在空调时间能一直保持良好的热舒适

性,温度变化幅度不超过 0.8°C ,新风量及 CO_2 浓度满足相应标准规定的卫生要求;与机械制冷+锅炉的传统冷热源方式相比,综合节能62%;完全实现自动化远程控制,人工管理成本费用降低80%;具有良好的经济效益和社会效益,整个过程无污染、零排放,受到政府和用户的充分肯定。

[0124] 以上所述的具体实施案例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施案例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

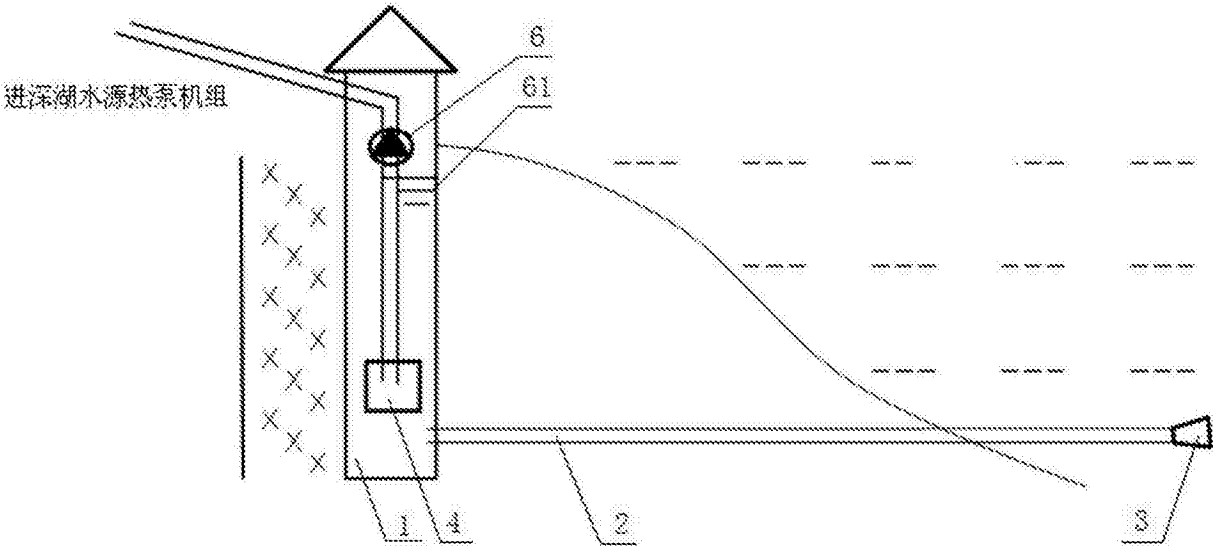


图1

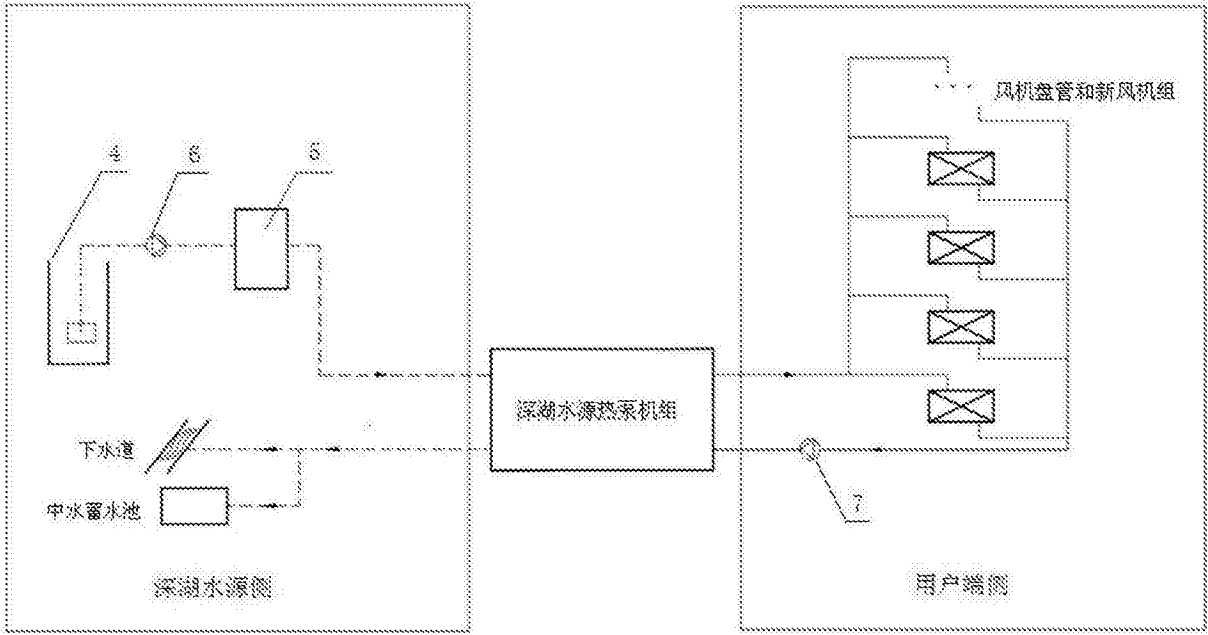


图2

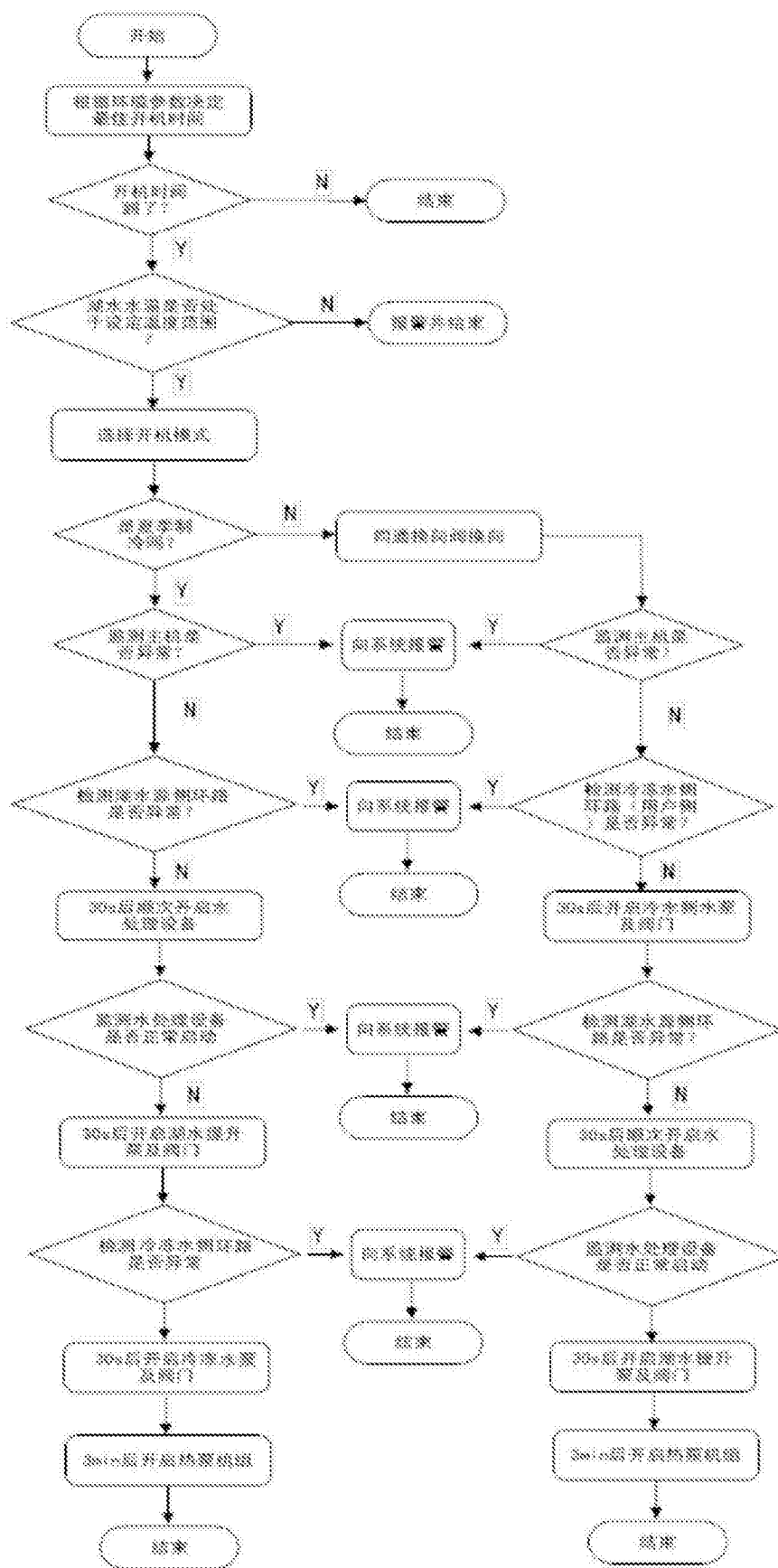


图3

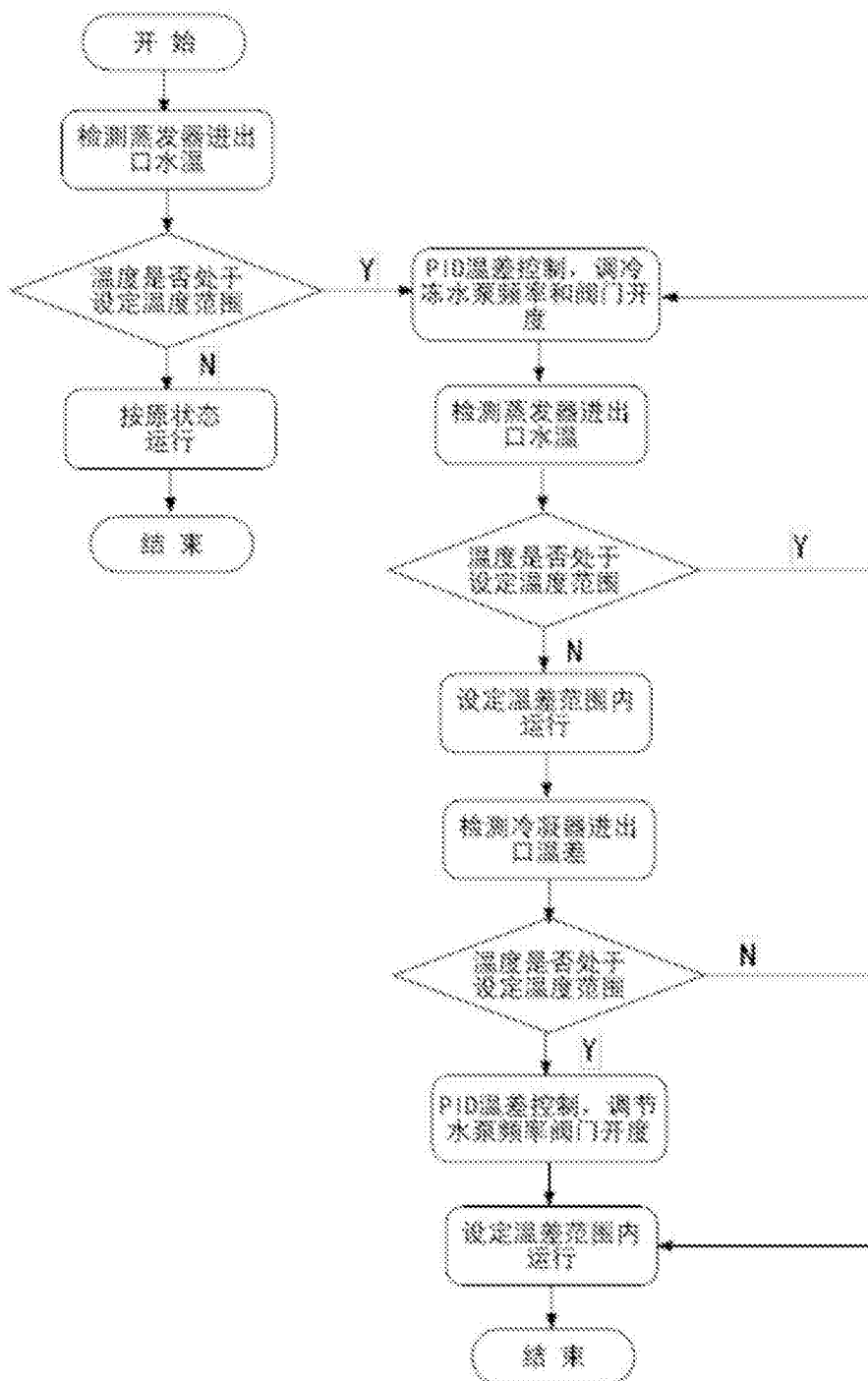


图4

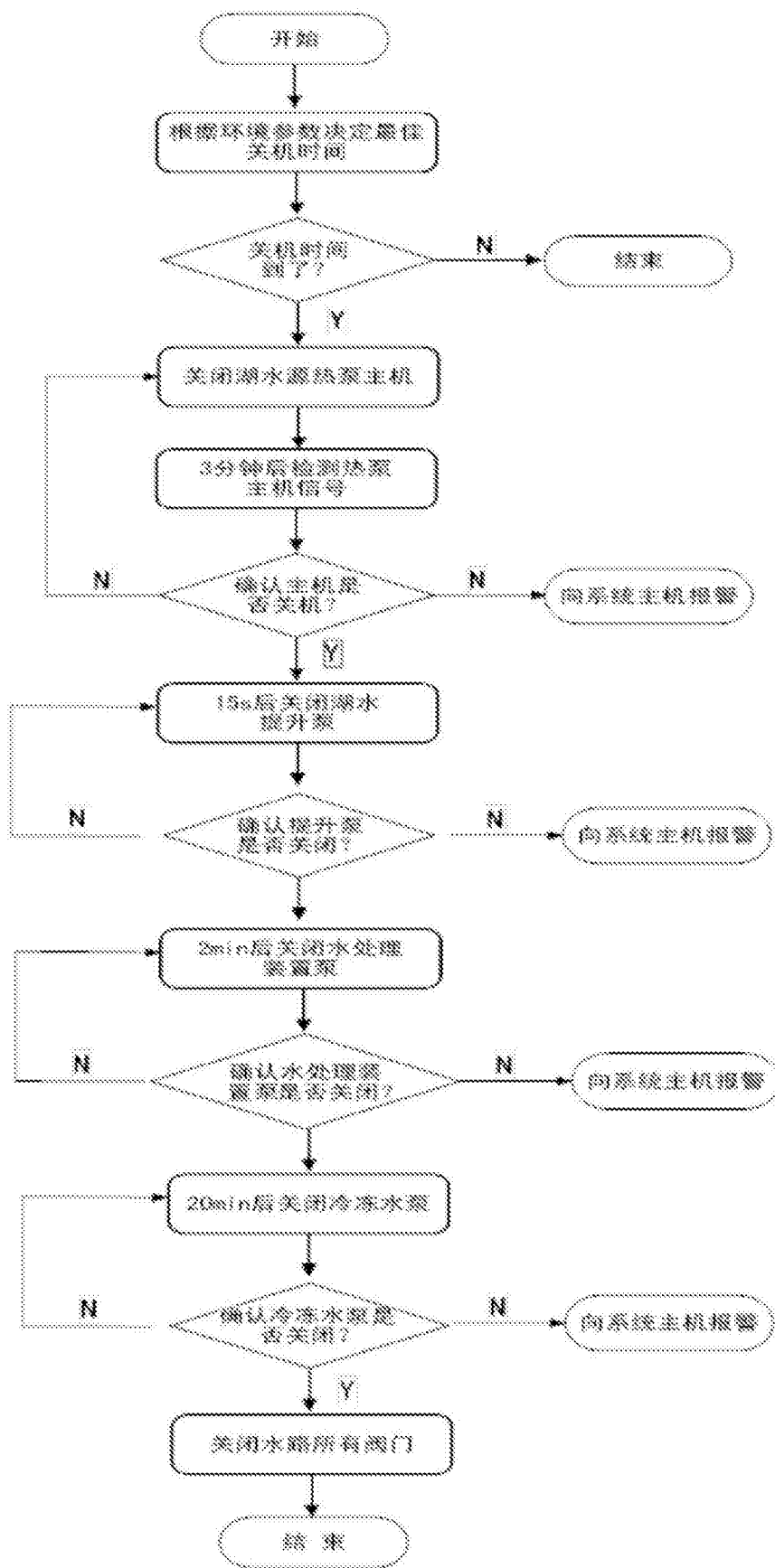


图5

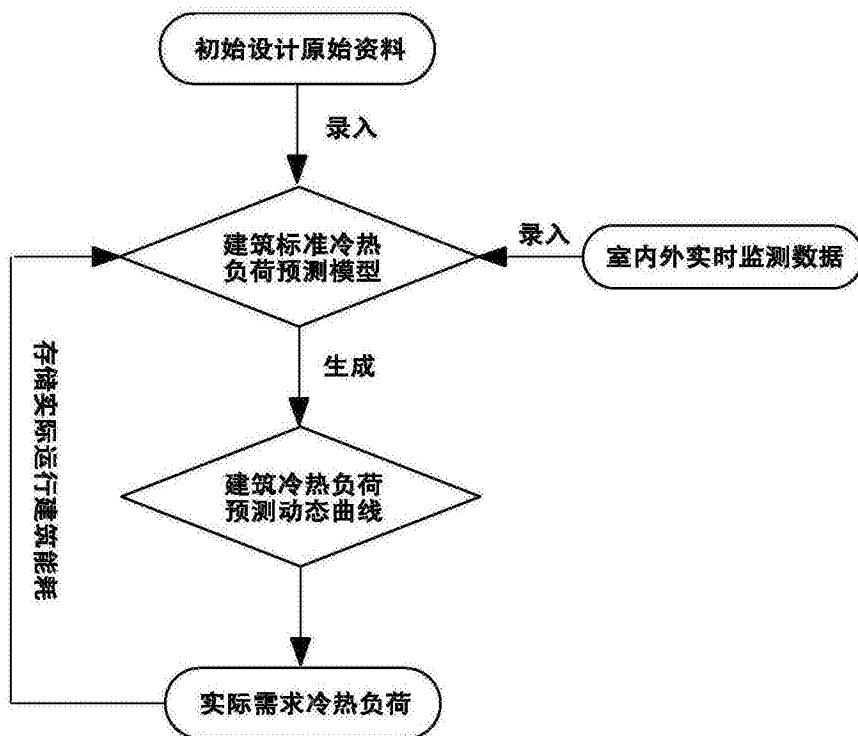


图6