

办公建筑提高夏季空调 设定温度对建筑能耗的影响

清华大学 秦蓉[☆] 刘烨 燕达 江亿

摘要 提高夏季空调设定温度对不同类型办公建筑能耗的影响程度不同。以北京地区办公建筑为研究对象,分别对 3 种空调设定温度下的建筑能耗进行了模拟。针对大、中、小型办公建筑,分析了影响其节能量的主要因素,并提出了相应的改善措施。

关键词 办公建筑 建筑能耗 空调设定温度

Influence of raising set temperature of air conditioning systems in summer on energy consumption of office buildings

By Qin Rong[★], Liu Ye, Yan Da and Jiang Yi

Abstract The influences differ in different types of office buildings. Simulates energy consumption of the office building in Beijing area with three set temperatures. For larger-scale, medium-scale and small-scale office buildings, analyses the main factors affecting their energy saving, and puts forward some measures for improving.

Keywords office building, building energy consumption, set temperature of air conditioning system

★ Tsinghua University, Beijing, China

①

0 引言

近年来随着我国经济的迅猛发展,建筑能耗不断增加,如何控制和降低这部分能耗变得愈发重要和紧迫。日前国务院下发了《关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知》^[1],提出空调设定温度夏天不得低于 26℃,冬天不得高于 20℃。

为了深入研究提高空调设定温度对建筑能耗影响的规律,以北京地区的办公建筑为研究对象,通过模拟分析的方法对不同设定温度下的建筑能耗进行模拟,逐步分析影响节能量的主要环节和因素,提出应如何改善空调系统的运行调节手段,以通过空调设定温度的提高,真正实现建筑节能降耗的目标。

1 研究方法

在夏季,对于办公类建筑,提高空调设定温度时,造成建筑能耗下降的因素主要有以下几点:

- 1) 室内外温差减小,通过围护结构的传热量减少;
- 2) 室外新风与室内空气的焓差变小;
- 3) 全年可以利用自然通风的时间变长,从而

减少了开启空调的时间及输配设备的运行时间;

- 4) 可提高冷水供水温度,使得制冷机 COP 提高。

但由于办公建筑个体间的差异很大,不同办公建筑在提高空调设定温度时,影响其能耗的主要因素不尽相同,因此实现建筑节能降耗所采取的措施也各有侧重。为此,根据办公建筑的体量及空调方式,把办公建筑划分为三类:小型办公建筑,中型办公建筑,大型办公建筑。各类办公建筑的特点见表 1。

针对这三种类型的办公建筑,通过模拟软件 DeST^[2] 计算建筑全年逐时空调耗冷量,并根据前面提出的影响建筑能耗的各个因素进行详细分析,提出应如何改善空调系统的运行调节手段,以通过空调设定温度的提高,真正实现建筑节能降耗的目标。

①☆ 秦蓉,女,1985 年 8 月生,在读硕士研究生
100084 北京清华大学建筑节能研究中心
(010) 62789761
E-mail: qinr02@mails.tsinghua.edu.cn
收稿日期:2007-07-09
修回日期:2007-07-11

表 1 各类办公建筑的特点

小型办公建筑	中型办公建筑	大型办公建筑
体量、面积较小	体量适中,内区较小	体量大,具有较大内区
外窗可开启,过渡季可利用自然通风	外窗可开启,过渡季可利用自然通风	玻璃幕墙,不可开窗通风
分体空调器	集中空调系统	集中空调系统

确定的具体研究内容如下:

1) 针对每种类型的办公建筑,分别在三个空调设定温度 24, 26, 28 °C 下,采用 DeST 对建筑全年能耗进行模拟。

2) 根据 DeST 的模拟结果,比较随着空调设定温度的提高,建筑全年累计冷负荷降低的幅度;然后选取某一典型房间,分析其夏季典型日的负荷曲线。总结得出空调设定温度对冷负荷的影响效果。

3) 根据 DeST 的模拟结果,比较随着空调设定温度的提高,建筑全年累计自然通风的时间和空调系统的运行时间;然后选取典型房间,分析其夏季典型日的温度曲线和自然通风量曲线,并统计全年自然通风的时间,总结得出自然通风对空调系统运行时间的影响效果。

4) 根据 DeST 的模拟结果,针对每种类型办公建筑选取适宜的空调系统,考虑由于空调设定温度的提高,可因此提高冷水供水温度从而提高制冷机效率,以此估算空调设定温度对制冷机、输配系统、风机的电耗影响。

5) 根据以上分析结果,总结对于不同类型办公建筑影响建筑能耗的主要因素及实现节能降耗的具体措施。

2 研究对象

2.1 建立模型

选择如图 1 所示的 3 个建筑结构及空调系统类型不同的建筑,并以空调设定温度 26 °C 的情况作为参考进行分析。

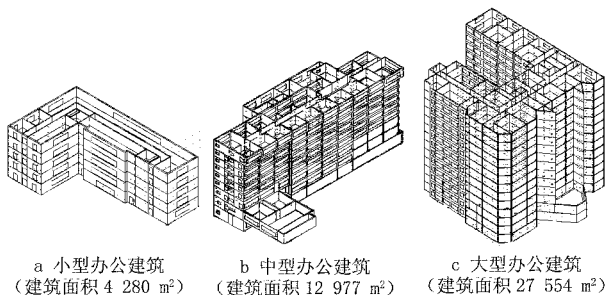


图 1 建筑模型

2.2 计算工况(夏季工况)

1) 气象数据:采用北京地区标准年的逐时气象数据。

2) 内部热扰:由于办公建筑中主要房间功能为办公室、会议室,分别给出其逐时人数;灯光、设备也按照办公建筑特点给出其逐时单位面积产热量指标。

3) 空调控制温度(即开启空调后房间的控制温度)设定:18~24, 18~26, 18~28 °C。

4) 通风模式:对于小型办公建筑,换气次数为 0.5~10 h⁻¹。当过渡季、夏季的夜间和早晨室外温度低于室内温度时,通过增加通风量而非开启空调来达到降温目的,即根据室外温度情况通过人为开窗来自主调节自然通风量,此时换气次数定为 10 h⁻¹;当过渡季和夏季室外温度高于室内温度,或虽然室外温度低于室内温度但即使开窗通风也不能消除房间负荷时,需要开启空调,此时换气次数定为 0.5 h⁻¹。

对于中型办公建筑,由于其建筑层数较小型办公建筑多,且带有小部分内区,对于其较高楼层应考虑到外窗需密闭,对于内区房间应考虑到不能与外界自然通风。因此简化处理后,对于外区房间,可以自然通风,换气次数为 0.5~5 h⁻¹;对于内区房间,人均最小新风量为 30 m³/(人·h)。

对于大型办公建筑,外窗均密闭,无自然通风,人均最小新风量为 30 m³/(人·h)。

5) 空调模式:对于小型办公建筑,采用分体空调器,综合 COP 为 2.5;对于中型办公建筑,采用风机盘管加新风的集中空调系统,具体性能参数根据 DeST 模拟结果结合空调设计手册^[3]选择;对于大型办公建筑,采用全空气集中空调系统,具体性能参数根据 DeST 模拟结果结合空调设计手册^[3]选择。

3 计算结果分析

3.1 空调设定温度对冷负荷的影响

通过对建筑物的全年逐时负荷进行模拟计算,3 种不同空调设定温度下的建筑全年累计冷负荷如图 2 所示。从图 2 可以看出,随着空调设定温度的提高,各类型办公建筑的全年累计冷负荷都大幅度降低。其中中型办公建筑和小型办公建筑的降幅都接近 50%,大型办公建筑的降幅稍小,约为 20%,但由于其总负荷很大,节能潜力也是很可观

的。

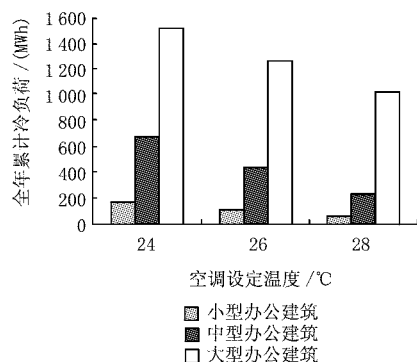


图2 3种不同空调设定温度下的建筑全年累计冷负荷

为了更进一步分析空调设定温度提高对哪部分冷负荷造成了较大影响,下面以小型办公建筑的单个房间为例,对夏季典型日冷负荷进行拆分,作进一步分析。

1) 选取7月30日10:00的冷负荷进行拆分,分析其对应的室内显热、室内潜热、新风显热、新风潜热,结果见图3。

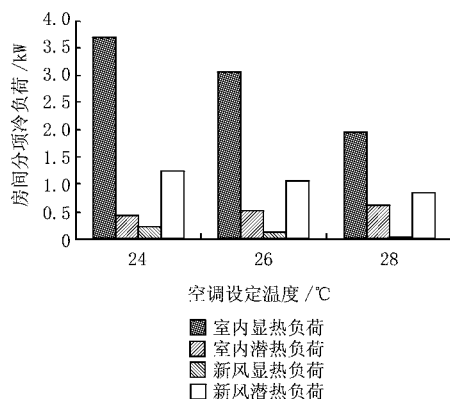


图3 小型办公建筑单个房间夏季典型日冷负荷拆分结果

从图3可看出,当空调设定温度提高时,房间的冷负荷下降,其中室内显热负荷、新风显热负荷和新风潜热负荷均呈递减趋势,特别是室内显热负荷和新风显热负荷递减幅度较大,但室内潜热负荷却稍有增加。这是因为室内潜热负荷主要由人员产湿形成,当温度升高时,人员的产湿量增大,因此相应的室内潜热负荷也略有增大。

由于此时室外温度为28.29°C,高于空调设定温度(24,26,28°C),因此当空调设定温度提高时,室内外空气的温差和焓差减小,新风显热负荷和潜热负荷也相应减小。

总的来说,在夏季,当空调设定温度提高时,室

内外温差减小,通过围护结构的传热量减少,而室外新风与室内空气的焓差也减小,因此其冷负荷总量降低,从而降低了空调能耗。

2) 夏季典型日全天的冷负荷曲线分析。

图4是7月30日该房间的负荷变化情况,3条曲线分别代表空调设定温度为24,26,28°C时的房间冷负荷。

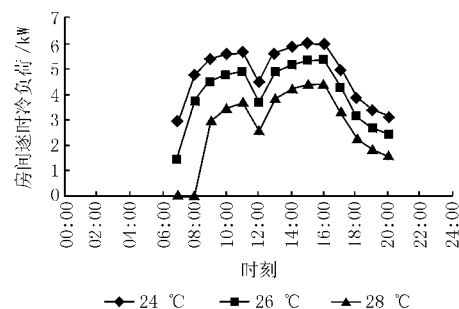


图4 夏季典型日房间冷负荷变化情况

从图4可以看出,在夏季典型日,空调设定温度从26°C上升2°C,冷负荷降低为原来的70%;空调设定温度从26°C下降2°C,冷负荷上升为原来的120%。

对于中型办公建筑及大型办公建筑,各部分负荷变化趋势与小型办公建筑类似,只是随空调设定温度提高其冷负荷下降幅度不同。

3.2 自然通风对空调系统运行时间的影响

通过对建筑的全年模拟,为分析自然通风状况对不同类型办公建筑(由于大型办公建筑无自然通风,这里仅比较小型与中型办公建筑)的影响,分别选取某一典型房间,比较全年可用自然通风的时间及空调开启时间。

小型办公建筑和中型办公建筑全年可用自然通风的时间及空调开启时间分别见图5,6。

从图5,6可以看出,随着室内空调设定温度的提高,全年可以利用自然通风的时间变长,从而减少了开启空调的时间。当空调设定温度从26°C提高2°C时,两类建筑可利用自然通风的时间均增加了约20%,空调开启时间均缩短了约30%;而当空调设定温度从26°C降低2°C时,两类建筑可利用自然通风的时间均降低了20%,空调开启时间增加了约30%。因此,适当提高室内空调设定温度,可以减少空调系统运行时间从而降低能耗。为了更进一步分析自然通风如何减少空调系统的运行时间,下面以小型办公建筑单个房间为例,分析夏

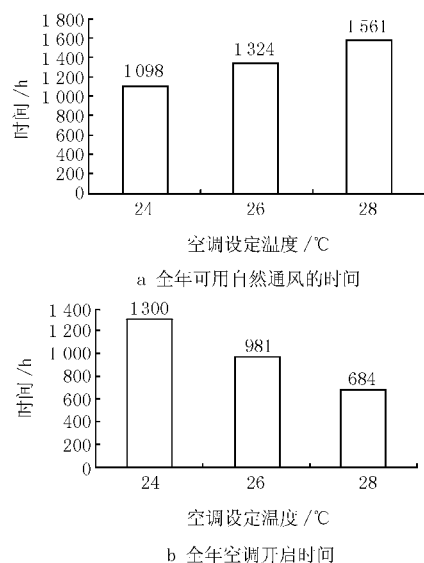


图 5 小型办公建筑单个房间全年可用自然通风的时间及空调开启时间

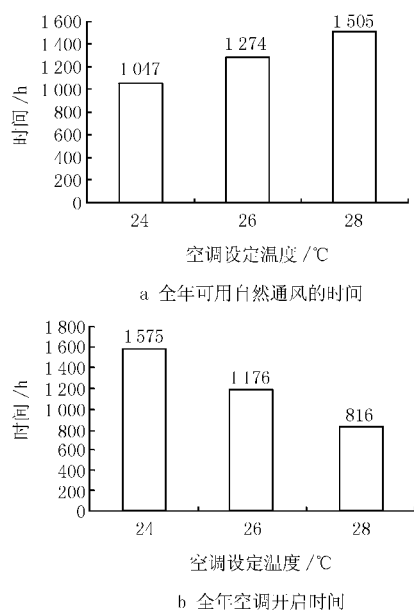


图 6 中型办公建筑单个房间全年可用自然通风的时间及空调开启时间

季典型日自然通风对空调系统运行时间的影响。

仍然选取 7 月 30 日为例,不同空调设定温度下的室内逐时温度及自然通风量如图 7 所示。

早晨 7:00 开始开启空调,若此时室外气温低于空调设定温度,自然通风量应尽量增大(换气次数 10 h^{-1}),用来带走室内余热,以达到减小空调负荷的目的,如果此时的自然通风能够带走全部的室内余热,那么这一时段空调系统可以不开启(如图 7a 所示,空调设定温度为 28°C 时,早晨 7:00~8:

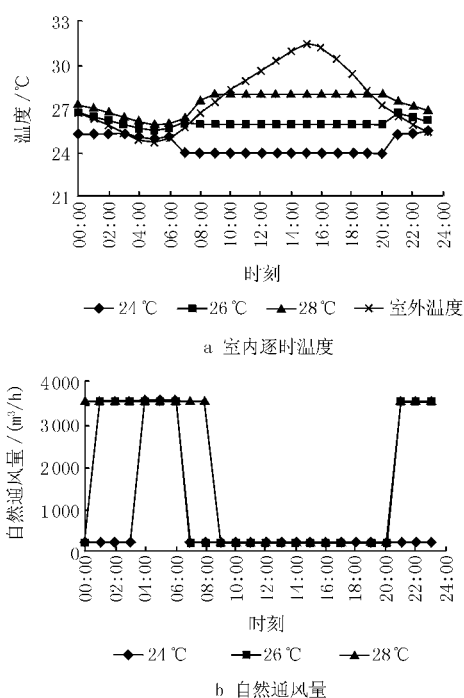


图 7 夏季典型日不同空调设定温度下的室内逐时温度及自然通风量

00 间室外温度低于空调设定温度,自然通风量应尽量增大,这个时段内的空调负荷如图 4 所示为 0,空调系统不开启);但如果这段时间内自然通风量增加到最大也不能带走室内全部的余热,需要开启空调,那么这段时间内自然通风量降到最小(换气次数 0.5 h^{-1});当室外温度逐渐上升超过室内温度时,自然通风会增大空调负荷,需要把自然通风量降到最小(换气次数 0.5 h^{-1})。

当空调设定温度升高时,室外气温低于室内空调设定温度的时段增多,可利用自然通风的时间也相应增多,从而降低了建筑的冷负荷,达到了降低能耗的作用。

3.3 空调系统耗电量

1) 小型办公建筑

采用分体机,以综合 COP 为 2.5 估算其累计耗电量,结果如图 8 所示。

2) 中型办公建筑

采用风机盘管加新风的集中空调系统,制冷机采用电制冷机组,根据建筑物全年逐时冷负荷并结合空调设计手册选取合适的空调设备,计算冷源和输配系统的逐时电耗。全年耗电量结果如图 9 所示。

3) 大型办公建筑

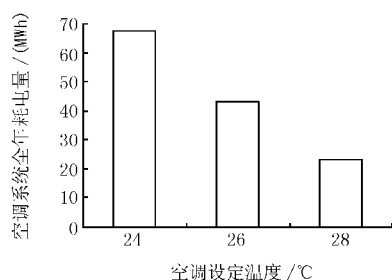


图 8 小型办公建筑空调系统耗电量

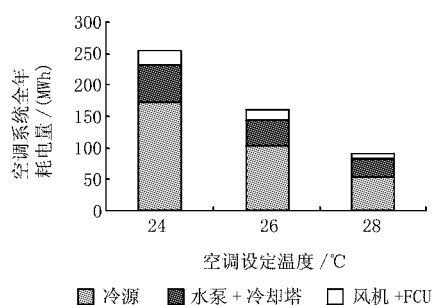


图 9 中型办公建筑空调系统耗电量

采用全空气集中空调系统,制冷机采用电制冷机组,根据建筑物全年逐时冷负荷并结合空调设计手册选取合适的空调设备,计算逐时的冷源和输配系统的电耗。全年耗电量结果如图 10 所示。

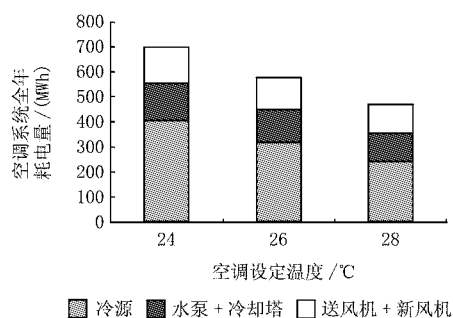


图 10 大型办公建筑空调系统耗电量

图 11 是以空调设定温度 26 °C 为基准,提高 2 °C 和降低 2 °C 后的空调系统耗电量与原空调系统耗电量的比较。

从图 11 可以看出,提高空调设定温度对办公建筑的空调系统耗电量有很大影响,特别是对中、小型办公类建筑的电耗影响很大。

3.4 引起空调能耗降低的主要因素及相应节能措施

根据对以上计算结果的分析,空调设定温度能够显著影响建筑的空调能耗,将空调设定温度提高 2 °C 将大大降低空调用电。

1) 对于小型办公建筑,造成空调能耗下降的

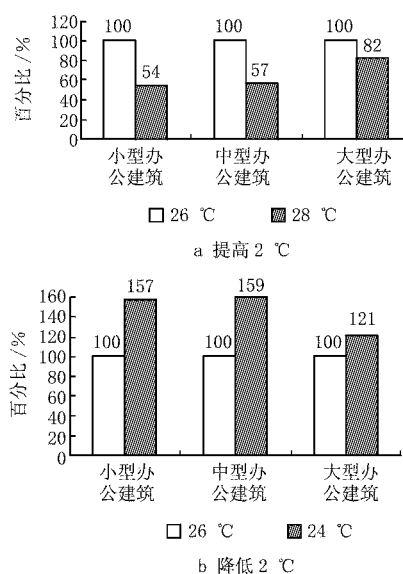


图 11 以空调设定温度 26 °C 为基准,提高 2 °C 和降低 2 °C 后的空调系统耗电量与原空调系统耗电量的比较

因素主要是:室内外温差减小,通过围护结构的传热量减少;室外新风与室内空气的焓差变小,新风负荷降低;全年可以利用自然通风的时间变长,从而大大减少了需要使用空调系统的时间。

针对以上影响因素,相应的节能措施为:在过渡季、夏季夜间和早晨等室外温度适宜时,多开窗加强通风冷却,减少使用空调系统的时间;在使用空调时,适当提高空调的设定温度值。

2) 对于中型办公建筑,引起空调能耗降低的因素除了上面提到的几点外,还包括由于空调的设定温度提高,建筑冷负荷减小,集中空调系统需要处理的负荷减小,从而所需的冷水供水温度上升,制冷机 COP 提高,整个空调系统的电耗降低。

针对这一影响因素,相应的节能措施为:在适当提高空调设定温度的基础上,结合该建筑空调系统的实际情况适当提高冷水供水温度和系统的送风温度;此外,由于采用了风机盘管加新风系统,风机盘管风速尽量调节为低挡风速;同时在室外温度适宜时多开窗加强通风冷却也是必要的。

3) 对于大型办公建筑,由于没有自然通风的影响,不存在通风带来的负荷减小,因此空调能耗降低的主要影响因素是:由于空调设定温度提高,室内外空气的温差和焓差减小,造成负荷减小,空调系统运行时间缩短;同时,所需冷水供水温度上升,制冷机 COP 提高,空调系统的电耗降低。

(下转第 7 页)

表 1 相关主体在大型公共建筑节能监管体系实施中的博弈和互动分析

利益主体	利益目标	利益代表	博弈对象	参与博弈环节	应对策略	博弈和互动结果
政府	社会与公共利益 (以节能量为目标)	全社会	业主和节能 服务机构	决策与实施全 过程	政策和制度的出台,并强制 实施,同时采取激励措施	逐步趋于利益共同体,共同
业主	组织或个人利益	组织或个人	政府和业主	实施过程	寻找自身利益、社会责任和 履行政策义务的平衡点	推动大型公共建筑节能监 管体系的实施,实现节能
节能服务 机构	组织利益	组织或个人	政府和节能 服务机构	实施过程	寻找自身利益和履行政府委 托任务的平衡点	量的目标

的作用或职责,建立适合我国国情的节能监管模式。

在此基础上,笔者应用规制经济学和现代管理学等相关学科理论,对各级政府在推进实施政府办公建筑和大型公共建筑节能监管体系中的具体作用及职能进行了详细分析研究,进一步明确了政府规制在节能监管体系中的重要作用。指出建筑节能管理是充分体现和扩展政府公共管理职能的一个重要组成部分,只有政府才是我国长期节能战略的引导者、监督者和创建者。

最后,通过对市场经济条件下政府与政府办公建筑业主、公益性公共建筑业主、大型商业建筑业主、建筑节能服务机构以博弈为基本特征的互动机理的深入研究,对基于政府规制的大型公共建筑节能监管体系的顺利实施提出了应对策略。即政府只有综合采用法律、经济、行政、信息等手段,认真、有效地处理好市场经济条件下的新型政企(包括业主与建筑节能服务机构)关系,才能使自身和其他相关主体逐步趋于利益共同体,实现各方利益最大

化,从根本上解决我国目前大型公共建筑因节能管理水平低下造成的能源浪费问题。

参考文献:

- [1] 江亿.我国建筑能耗现状和一些相关问题[C]//第2届绿色建筑与建筑节能大会演讲实录.北京,2006
- [2] 武涌.关于充分发挥政府公共管理职能推进建筑节能工作的思考[M]//建筑节能.北京:中国建筑工业出版社,2002
- [3] 植草益.微观规制经济学[M].北京:中国发展出版社,1992
- [4] 张红凤.规制经济学的变迁[J].经济学动态,2005(8):72-77
- [5] 布朗 C V,杰克逊 P V.公共部门经济学[M].张馨,译.北京:中国人民大学出版社,2000
- [6] 平狄克,鲁宾费尔德.微观经济学[M].张军,罗汉,尹翔硕,等,译.北京:中国人民大学出版社,2000
- [7] 丹尼尔·F·史普博.管制与市场[M].余晖,何帆,钱家骏,等,译.上海:上海三联书店,1999
- [8] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海三联书店,1996

(上接第 37 页)

针对以上影响因素,除了不能够开窗通风,可采取的节能措施与中型办公建筑类似,主要是通过提高空调设定温度、调控空调系统的运行达到节能降耗的目的。

4 结语

提高空调设定温度对于办公建筑的节能降耗有很大意义,应该大力推广。当然,只靠提高空调设定温度是远远不够的,对于不同类型的办公建筑,特别是采用集中空调系统的建筑,其能耗降低的很大一部分在于如何调控空调系统的运行。因此,要真正实现大幅度的节能,在适当提高空调设定温度的前提下,必须通过以下具体措施来实现。

1) 对于具有室内控制器的末端装置,例如风机盘管控制器或小型空调控制器,需要将温度设定值设为不低于 26℃。

2) 针对外窗可开启的办公建筑,在过渡季、夏天的夜间和早晨温度适宜时多开窗通风,但在空调运行期间一般禁止开窗。

3) 针对使用集中空调系统的办公建筑,其空调系统运行调节的节能措施有:

- ① 减少制冷机开启时间,同时也注意停开水泵、风机等配套设备;
- ② 适当提高冷水供水温度和系统送风温度;
- ③ 适当降低风机盘管转速。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅.关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知[R].国办发[2007]42号,2007年6月1日
- [2] 清华大学 DeST 开发组.建筑环境系统模拟分析方法——DeST[M].北京:中国建筑工业出版社,2006
- [3] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1996