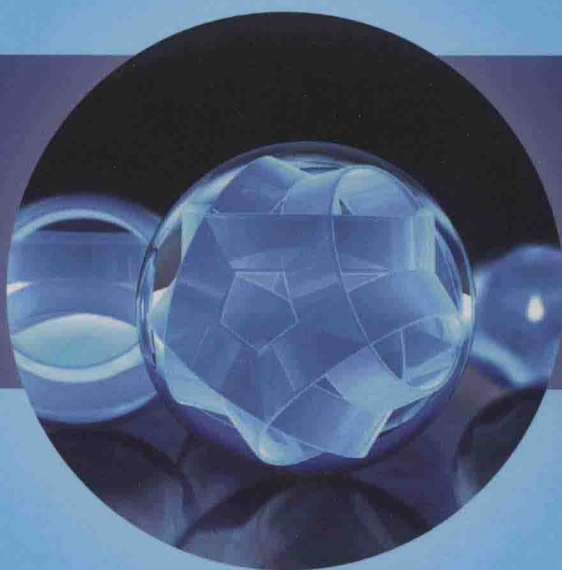


低碳环保视域下的 能耗控制策略研究

李 丽 著



科学出版社

低碳环保视域下的能耗控制策略研究

李 丽 著

山东省社会科学规划研究项目文丛·一般项目(10CJGJ47)

德州学院学术出版基金资助



科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以通信基站的能耗控制为例,进行能耗控制的策略研究。通信基站是整个通信网络设备运行与维护中的能耗大户。通信基站的能耗主要是指由机房空调系统引起的数额巨大的耗电量。空调系统的热环境是不确定的环境,在这种环境下,空调的频繁启停形成大量的能耗,造成高额的运行成本,降低基站能耗已成为有关部门及企业重点关注的内容。本书研究空调系统的节能,提出节能降耗问题及对策;考虑到空调系统的热环境具有不确定性,采用模糊、模糊随机等技术,研究不确定环境下的能耗控制理论与方法;提出一系列通信机房空调系统节能降耗的温度控制方法。本书能够对通信基站能耗管理的智能化起到一定的推动作用,为节能化的研究指出一个新的方法。本书在管理理论上,丰富不确定环境下的能耗决策问题的理论;在管理实际中,为能耗控制问题提供科学的定量分析模型。

本书可供从事管理科学与工程、能耗控制理论与方法研究人员、从事大型计算机中心建设、空调系统管理的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

低碳环保视域下的能耗控制策略研究 / 李丽著. —北京:科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-057701-6

I. ①低… II. ①李… III. ①节能-研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 122716 号

责任编辑:孙伯元 周 炜 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:张 伟 / 封面设计:蓝 正

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2018 年 6 月第一次印刷 印张:10

字数:202 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我国正处于工业化、城市化的发展进程中,在未来的一段时间内,对于能源的需求是巨大的。能源消耗伴随着环境问题。根据国际能源署碳排放统计结果显示,我国已经成为世界上碳排放量最多的国家,并且碳排放量的增长速度很快。能源消耗带来的环境问题已在世界范围内引起高度重视。目前,节能减排形势十分严峻,为了可持续发展、造福人类,各个国家必须承担一定减排任务。在目前的技术水平下,减排依靠节能,节能意味着低碳。低碳环保既是中国作为“世界公民”的责任担当,也是中国可持续发展的基础。在 2009 年底的哥本哈根世界气候大会上,中国主动向全世界承诺了 2020 年减排目标。低碳发展、节能减排成为我们必须面对和解决的重要任务,也是一项难题。

从中国能源结构上来看,节能就是要发展低碳经济,发展以低能耗、低污染为基础的经济。即在可持续发展理念指导下,通过技术创新等手段,尽可能地减少煤炭、石油等高碳能源消耗,减少温室气体排放,达到经济社会发展与生态环境保护双赢。在发展的进程中节能,需要制定长远战略。近几年,国家下发了一系列加强节能和环境保护工作的决定,并制定了促进节能减排的一系列政策措施。这些政策措施,对于促进节能减排工作起到了重要作用。同时,国家层面也鼓励开展节能降耗方面的科学研究,在科技创新上加大投入,着力加强技术改造,起到节能减排的作用。

低碳节能也是企业不得不面对的课题。对于企业来说,选择节能减排、低碳环保是企业的社会责任。企业既要营造良好的社会形象,又要降低企业运营成本,提升营利能力。为此,企业必须重视能耗控制的策略与方法,进行科技创新,如进行计量设备的投入使用、生产与运维环境的节能研发、能源消耗的管理等。

本书的研究以通信基站为例。目前国内三大移动通信运营商基站总数达 600 余万。通信基站能耗巨大,本书提出降低基站能耗的策略与方法,为能耗控制问题提供科学的定量分析模型。

本书利用自控系统、传感系统、人工采集等手段进行数据采集,对目前空调系统节能存在的问题进行分析,找出并分析耗电异常变化的原因,找出能耗浪费的主要原因;进行耗电量数据与相关环境数据的实时采集、监测及分析,进行能耗与相关环境数据的动态监测,对整体能耗状况进行细致分析。

空调用电量与温度变化是有一定关系的,与空调系统控制温度的设置也有一

定的关系。室内温度的高低和空调机的启停也取决于室外温度。室外温度的变化常常是不确定的。空调系统是一个非线性系统,输入和输出之间很难用精确的数学模型进行描述。建立的模型要能在一定程度上实现温度与耗电量之间的非线性隐式表达。温度的多元性决定了温度对耗电量的影响是多维度的,用简单的线性模型不能对二者之间的内在关系进行客观描述,并且其非线性数学表达又十分困难,而适当的模型可以克服上述缺点并实现其非线性映射关系。

本书共 11 章,在低碳环保视域下,以通信基站为例,研究空调系统的节能。本书阐述低碳环保视域下的节能降耗问题及对策;分析并设计不确定环境下的节能系统,包括控制节能装置、节能管理信息系统结构、节能控制方法及过程,在不确定环境下,对环境、用能设备的用能时间、用能状况进行集中监控;研究通信基站空调系统热环境控制;提出一系列通信机房空调系统节能降耗的温度控制方法,包括自适应温度控制方法、基于灰色预测的模糊神经网络温度控制方法以及模糊随机气温变量的温度控制方法。本书同时研究节能方案的选择以及空调系统节能技术在其他领域中的应用等。

本书是在山东省社会科学规划项目“低碳环保视域下的通信基站能耗控制策略研究”(项目批准号:10CJGJ47)的研究成果基础上形成的。同时,也是“信息管理与信息系统”山东省特色专业、“管理信息系统的理论与方法”山东省精品课程的研究与建设成果。感谢本人的山东省社会科学规划项目研究团队、山东省特色专业及山东省精品课程团队,感谢北京斯普信信息技术有限公司的葛荟和德州学院的学生高清冉的帮助。本书受到山东省社会科学规划项目(项目批准号:10CJGJ47)以及德州学院学术著作出版基金的资助,在此表示诚挚的感谢。本书得以出版,还要感谢德州学院社科处和德州学院各位领导的鼎力支持。

在创作本书过程中,本人得到了许多老师和朋友的关心、指导、启迪、支持和帮助,在此一并表示感谢。由于作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请各位读者批评指正。

李 丽

2017 年 4 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景、内容及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究内容及研究方法	4
1.1.3 研究意义	9
1.2 国内外研究现状	10
第 2 章 低碳环保视域下的节能降耗问题及对策	15
2.1 全球低碳节能的行动与节能途经	15
2.2 我国在低碳节能方面所做的工作及存在的问题	16
2.3 我国低碳节能方面的对策	19
2.4 本书的研究	21
第 3 章 理论基础	25
3.1 不确定理论及相关方法	25
3.1.1 随机变量	25
3.1.2 模糊变量	26
3.1.3 模糊随机变量	29
3.1.4 模糊随机规划模型	29
3.2 控制及优化方法	31
3.2.1 模糊控制	31
3.2.2 神经网络控制	32
3.2.3 模糊神经网络控制	35
3.2.4 遗传算法	36
3.2.5 灰色系统理论	40
第 4 章 不确定环境下的节能系统	45
4.1 节能管理信息系统结构	45
4.1.1 节能系统的硬件系统	47
4.1.2 节能系统的软件系统	49
4.2 耗电量的影响因素分析	51

4.3	节能控制装置及控制规则	53
4.3.1	新风/空调系统的控制规则	53
4.3.2	控制逻辑分析	56
4.4	节能控制过程	60
4.4.1	不确定化处理及输入量确定	61
4.4.2	建立耗电量的优化模型	61
4.4.3	运用混合智能算法搜索最优解	64
4.4.4	模型的修正	64
第5章	通信基站空调系统的热环境	66
5.1	通信基站热环境影响因素	66
5.2	热环境评价各因素隶属度函数的建立及其权重的确定	68
5.2.1	各因素隶属度函数	68
5.2.2	热环境评价指标权重	68
5.3	通信基站热环境系统设计	70
第6章	空调系统的自适应温度控制方法	73
6.1	通信机房的环境要求及温度控制原理	73
6.2	节能降耗的自适应温度控制过程	74
6.3	空调启动温度的定量决策	75
6.4	应用情况	77
第7章	模糊神经网络温度控制方法	78
7.1	温度控制系统原理	78
7.2	模糊神经网络控制器的设计	80
7.3	模糊神经网络的学习方法	82
7.4	实验结论	82
第8章	基于灰色预测的模糊神经网络温度控制方法	85
8.1	基于灰色预测的模糊神经网络控制结构	85
8.2	灰色预测模型的建立	86
8.2.1	灰色预测算法	87
8.2.2	等维新信息滚动预测算法	88
8.3	空调房间温度模糊神经网络控制及实现	89
8.4	仿真研究	91
第9章	模糊随机气温变量的温度控制模型	93
9.1	耗电量的影响因素分析	93
9.2	模糊随机气温变量及其数学描述	94

9.2.1 模糊随机室内温度的数学描述	94
9.2.2 模糊随机室外温度变化率的数学描述	95
9.3 模型的建立	96
9.4 简单模型的求解及企业实例分析	98
9.5 复杂模型的求解及企业实例分析	100
第 10 章 节能方案的选择	104
10.1 节能方案的形成	104
10.2 节能方案选择的模糊线性规划模型	106
10.3 模糊线性规划模型的求解	107
10.4 节能方案选择的实例	110
第 11 章 空调系统节能技术在其他领域中的应用	113
11.1 冷链物流的低碳节能问题	114
11.2 冷链物流的设备与技术	118
11.3 低碳供应链中的温控技术	122
11.4 冷链物流中的节能管理	126
参考文献	130
附录 A 国际社会应对气候变化问题制度构建重要历程	137
附录 B 我国节能方面的有关政策文件	139
附录 C 基站现场照片	141

第 1 章 绪 论

低碳环保不仅关系到人类的生存和发展,还关系到全球的可持续发展。节能降耗是世界各国都普遍关注的问题,也是我国发展低碳经济的战略重点,是落实科学发展观、全面建设小康社会的重大问题。本书在低碳环保视域下,以通信基站的空调系统电能耗控制为例,研究能耗控制的方法及策略,以利于行业减少自身能耗。这些能耗控制的方法及策略也可用于探索其他领域的节能减排,研究的节能技术也可应用于其他产业。

1.1 研究背景、内容及意义

全球环境不断恶化、能源供应日趋紧张,节能减排已经影响各国经济的发展,世界各国纷纷出台制度、政策加强能源节约。在能源紧缺的背景下,节约能源资源、提高能源效率不仅关系到我国的产业升级、经济增长方式转变的进程,还关系到国家的能源安全 and 经济持续增长,更关系到我国生态环境的保护和社会的可持续发展。实现减排、建立低碳社会是全球经济发展的必然趋势,也是中国落实科学发展观、实现社会经济可持续发展的必然选择。党和政府对低碳环保、节能减排工作高度重视,将节约资源、低碳环保纳入了我国的基本国策。提出“节能减排”、“建设资源节约型、环境友好型社会”、“加强应对气候变化能力建设,为保护全球气候做出新贡献”、“建设美丽中国”及“绿色低碳”、“降低能耗”、“落实减排承诺”的科学发展决策,明确提出了建设生态文明,形成节约能源、资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式的要求,将节能减排作为我国走可持续发展道路的重要战略。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》(简称“十一五”规划《纲要》)和《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》(简称“十二五”规划《纲要》)要求单位工业增加值能耗降低 20% 左右,主要污染物排放总量减少 10%。针对碳排放带来的前所未有的生存环境恶化,以及大气污染严重等问题,我国出台了一系列关于环境保护、能源消耗的政策法规,要求控制污染。

1.1.1 研究背景

近年来,我国经济快速发展,成就显著。目前,经济正处在高速发展的阶段,随

着能源需求的不断增加,能源消耗量增长很快,碳排放量不断增加,我国已成为世界最大的碳排放国。我国不仅能源消耗量高、能源消耗量增长很快,而且能源消耗强度高、利用效率低。在能源结构方面,基本以煤炭为主、多种能源互补,一次能源生产和消费的 65%左右为煤炭,而且在未来相当长的时间内仍将以煤炭为主要一次能源。根据国家统计局统计数据,我国的能源消耗量连续多年持续增长。2013 年全年能源消费总量 41.7 亿吨标准煤。2014 年全年能源消费总量 42.6 亿吨标准煤,占全球能源消费总量中的 20%左右。2015 年全年能源消费总量 43.0 亿吨标准煤,比 2014 年增长 0.9%。2016 年全年能源消费总量 43.6 亿吨标准煤,比 2015 年增长 1.4%。

经济发展和社会生活的各个方面都离不开电,电的消耗所面临的减排压力将越来越大。根据国家统计局统计数据,2013 年全年能源消费总量中的电力消费量同比增长 7.5%,2015 年全年电力消费量同比增长 0.5%,2016 年全年电力消费量同比增长 5%。以空调用电为例,我国空调制冷机等用电量占全球比重较大。目前中国电机的用电量约占全国用电量的 60%,其中风机、机泵、压缩机和空调制冷机的用电量分别占全国用电量的 10.4%、20.9%、9.4%和 6%,电机产品效率比国外先进水平低 2%~3%。每年 7 月下旬到 8 月中旬,在全国持续出现大面积高温天气时,空调负荷达到最大值,占全社会最大用电负荷的 1/4 左右,北京、上海等中心城市超过 40%,并且每年居高不下。据统计,公共建筑空调能耗在城市夏季用电中所占一般达到 40%左右。以北京市为例,北京市盛夏天气空调电负荷约为 350 万 kW,约占北京市最大供电负荷的 40%。公共建筑空调耗电量按单机平均每天使用 10h 计算,夏季用电量(208 万 kW×90 天×10h)达到 18.7 亿 kW·h,约为北京市总用电量的 5.4%。

用电量的增长带来了煤炭能源消耗的增加,因为煤是发电的主要资源,并且煤炭是发电的主要一次能源。在未来相当长的时间内水电占比只有 20%左右,火电占比高达 77%。由于大部分发电依靠火力,而煤的碳密集程度比其他化石燃料高得多,单位能源燃煤释放的二氧化碳是天然气的近两倍。因此,耗电与碳排放具有很大关系。目前我国约 80%的碳排放量来源于煤炭消费,20%左右来源于石油消费,而仅有少量的碳排放量来源于天然气。我国 85%的二氧化碳都是燃煤排放的,大气污染中仅二氧化碳造成的经济损失就占国内生产总值(gross domestic product, GDP)的 2.2%。在 1992 年的联合国环境与发展大会(the United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)上,《里约热内卢环境与发展宣言》(简称《里约宣言》)就指出,随着经济的发展,能源强度越来越大,消耗的煤炭越来越多^[1]。耗电量大,碳排放量大,对环境造成的危害就大。近几年,随着科技的进步,我国能源利用效率有

所提高,但与世界先进水平还有很大差距。

节约资源、环境保护是世界各国关注的问题,也是我国的基本国策^[2~4]。我国对低碳及环境保护的重视程度越来越高,不仅将注意力放在传统的高耗能产业上,而且对如通信等新兴产业的碳排放及环境保护也非常重视。近几年,通信行业用电量大幅度增加,我国整个通信行业年耗电量超过 300 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。通信行业成为减排的重要领域。国务院国有资产监督管理委员会 2010 年 3 月发布了《中央企业节能减排监督管理暂行办法》(第 23 号),将电信运营企业从节能一般企业提升到关注企业,对电信运营商节能工作实行更加严厉的考核。

电信运营企业的能耗主要包括日常作用用电和通信网络用电两部分,其中,通信网络用电占主要部分。以通信基站为例,我国移动通信基站数量很多,根据 2017 年 10 月统计数据,国内三大移动通信运营商基站总数达 600 余万。随着第四代(4G)移动通信网建设的启动,国内还将建设数以万计的 4G 基站。随着通信企业的运营网络与用户的不断扩大,通信运营商的基站数量逐年增多。通信基站机房内有大量交换设备和传输核心设备,这些设备常年运行,发热量高,通信基站机房对于温湿度和空气洁净度等指标都有强制性要求。机房内电源设备、传输设备、交换设备和数据设备等都是发热体,要保持机房内一定的工作环境温度,这些基站内都设有空调及中央控制系统,在无人值守状态下,一年四季根据外界气候情况,使室内保持相对稳定的机器适宜温度,以提高电信设备的运行效率和使用寿命。由于大量使用空调,耗电量居高不下。目前,通信运营业节能形势严峻。

基站通信机房能耗主要包括空调能耗、风机能耗以及不可预测的其他能耗。其中空调能耗在整个能耗中所占的比例最大。在为数众多的局(站)(机房/模块局/接入网站点/一体化机房)中,空调用电基本上占其企业用电的 45% 左右。根据调查了解,在精密空调机房中,仅精密空调运行耗电就占其耗电总量的 40% 以上。国家对电信运营商节能工作实行严格的考核,为此,各电信运营商都面临着在提高基站设备运行效率的同时,降低空调耗电量的问题。

物流行业也存在耗电量高的问题。随着我国城乡居民的消费能力和消费水平不断提高,居民对农产品的新鲜度、营养价值、销售价格等多方面提出新要求,对食品安全的要求也越来越高。研究和实践表明,低温可以有效延长生鲜农产品的保质期。适当低温环境可以抑制一般的腐败菌和病原菌的发育,抑制生鲜农产品的呼吸作用和蒸腾作用,减少营养成分的消耗和水分蒸发,延缓衰老变质过程。为保障农民增收和居民的消费需求,装备有空调系统的农产品冷链物流设备在我国得到了广泛应用。近年来,政府大力推动冷链物流,因此冷链物流也成为企业大力发展的领域。

将生鲜农产品,即新鲜的禽、蛋、肉、水产品、水果、蔬菜等从产地获得后,依靠低温物流链(低温加工、低温运输、低温装卸、低温存储、低温销售等)实现从田间到餐桌的生产和消费的全程对接,建立全程的产品品质追溯系统,在产品的采收、储藏、加工、运输、分销、零售等环节,保证产品品质及质量安全,并减少损耗、防止污染,这种特殊的供应链系统就要依靠空调系统。农产品在在储存过程中的温度控制成为一个重要问题,而低温控制需要消耗大量的能量,如何减少能量消耗也是一个需要关注的重要问题。

1.1.2 研究内容及研究方法

节能降耗是企业的社会责任,也是企业可持续发展的重要条件。本书在低碳环保视域下,以通信基站为例,研究空调系统的节能。从能源管理的角度,进行变风量空调能源管理系统(以下简称节能系统)的分析与设计。在运行管理阶段采取科学合理的方法与策略,针对传统控制过程中存在的难于建立精确的数学模型、模型修正数据获取效率低等问题,进行实验研究和建模研究。根据长期实践的经验、专业的节能技术知识以及人的思维过程,提出新的控制方法;建立控制温度决策模型;解决模型选择、自适应修正等关键技术,使模型能够进行自适应和自学习;在大量样本基础上,得出最优控制策略。量化节能效果,实现空调整能。对空调系统节能的研究,一方面着眼于减少行业自身能耗,另一方面强调节能技术在其他产业中的应用。

1. 研究内容

空调环境的耗电量控制路线如图 1.1 所示。

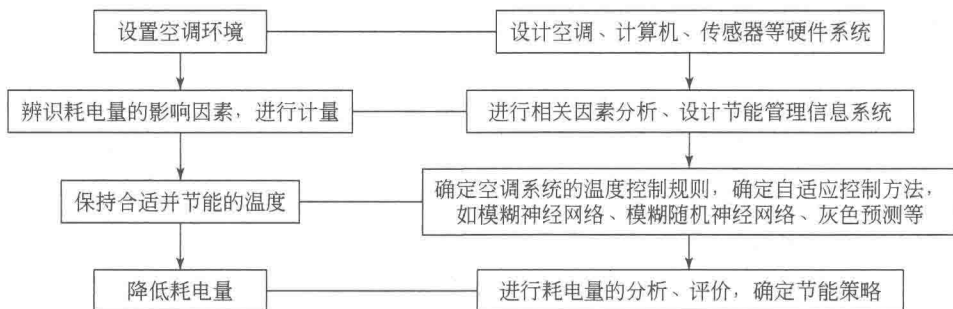


图 1.1 空调环境的耗电量控制路线

本书研究空调系统节能降耗问题及对策,以及能耗控制的方法与技术。内容涉及节能降耗问题及对策、不确定环境下的节能系统、通信基站空调系统的热环

境、空调系统的自适应温度控制方法、模糊神经网络温度控制方法、基于灰色预测的模糊神经网络温度控制方法、模糊随机气温变量的温度控制模型、节电方案的选择、空调系统节能技术在其他领域中的应用等。研究的总体框架如图 1.2 所示。

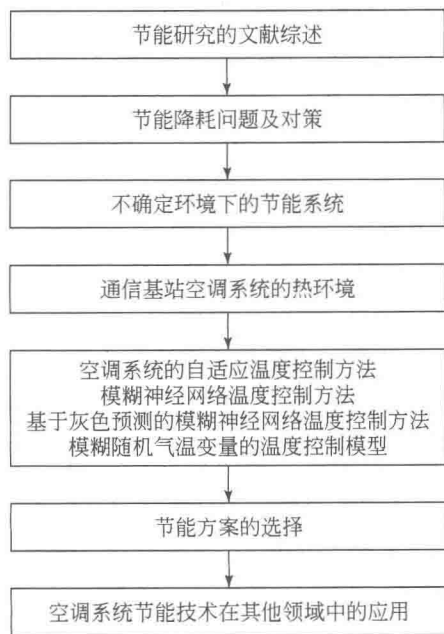


图 1.2 研究框架

第 1 章为绪论,主要说明研究背景、内容、意义及国内外研究现状。另外,介绍主要发达国家空调系统节能的做法及启示。

第 2 章为低碳环保视域下的节能降耗问题及对策。对国内外节能降耗问题进行文献综述,指出全球低碳节能的行动与节能途径。说明我国在应对气候变化、低碳节能方面所做工作的现状,提出低碳经济与低碳环保的理念,指出存在的能源消耗量越来越大、减排技术能力薄弱、发展低碳经济任重道远等问题。提出尽快出台相关制度和标准,进行节能降耗方面的实践,提高能源利用效率,研究低碳节能技术等对策。

第 3 章介绍本书研究所依据的理论,主要包括随机变量、模糊变量、模糊随机变量、模糊随机规划模型等不确定理论及相关方法,还包括模糊控制系统、神经网络控制、模糊神经网络控制、遗传算法、灰色系统理论等控制及优化方法。

第 4 章构建不确定环境下的节能系统,包括节能管理信息系统结构、节能控制装置及控制规则、节能控制过程等。目前在通信基站机房环境不变和保障原有服务前提下,降低空调能耗是最为直接有效的节能手段。设计对环境、用能设备的用

能时间、用能状况进行集中监控的信息系统。在对节能控制科学诊断、量化评测、统一管理的基础上,进行不确定化推理,建立有关耗电量的优化模型,决策冷源设备的行为。

第5章分析通信基站空调系统的热环境。针对通信机房的环境要求,提出通信基站热环境影响因素,构建通信基站热环境评价指标的隶属度函数,并采用层次分析法对评价指标的重要程度及其算法进行分析,以确定基站环境的评价等级。同时,设计热环境评价系统软件。

第6章提出空调系统的自适应温度控制方法。由于主要依靠空调,在无人值守环境下,传统核心机房的单一空调系统温湿度控制需要消耗大量电能。为节能减排,针对通信基站的要求,设计通信机房空调系统的自适应温度控制方法和过程,提出空调启动温度的定量决策方法。在使用系统时,通过传感器对温度等指标进行监测,将需要的参数在智能控制主机面板窗口上设置完毕后,就不需要再进行其他操作,控制系统能完全自控整个温控系统的运行。一年四季根据外界气候情况,自动控制室内温度,解决使室内在无人状态下保持机器适宜温度的问题。这种方法适用于通信基站当室外温度较高和室外湿度合适的场合时利用空调来降低室内温度的情形,也适用于各类通信枢纽、中心交换局等大型机房。

第7章研究模糊神经网络温度控制方法。许多控制方法都需要建立具有一定精度的被控过程的数学模型,没有被控过程的精确模型,就无法进行相应的控制,或是控制的效果不够满意。因此,建立反映空调系统环境的可靠数学模型是必要的。通信基站环境存在着非线性和不确定性,对内环境的建模是相当复杂的。针对无法取得精确数学模型的温度控制系统的节能控制问题,引入模糊神经网络控制,提出温度控制系统的模糊神经网络控制方法。结合神经网络自学习能力强的特点,将模糊控制与神经网络相结合,对压缩机进行控制,通过智能控制空调设置温度的方式实现节能。

然而,对节能来说,仅研究空调系统的控制温度的设置是不够的。如果能预测耗电量,就能更好地进行耗电量的分析与控制。第8章针对变风量中央空调系统使用常规控制模糊算法控制精度不高的问题,提出一种基于灰色预测的模糊神经网络控制策略,并应用于通信基站空调房间的温度控制系统中。基于灰色预测模糊神经网络的空调房间温度控制方法将模糊神经网络控制与预测控制技术相结合,建立模糊神经网络与预测控制结合的复合控制器模型。结果表明,运用灰色预测技术对基站环境参数进行预测,方便后续控制,而模糊神经网络控制过程的动态特性,保证基站环境参数的精确和稳定控制。

第9章为模糊随机气温变量的温度控制模型。环境温度经常发生变化,常常

是不确定的。由于不能准确地刻画室内温度与室外温度的变化,从而控制空调系统的启停,企业不能很好地解决空调系统的节能问题。在许多情况下,基站环境的随机性和模糊性可能同时存在。第9章将室内温度和室外温度描述为模糊随机变量,基于模糊随机理论,建立空调系统节能模型,更客观地反映了实际情形,能够得出空调系统的最优节能控制温度值,有效降低耗电费用。

节能需要科学的分析与决策。为达到对无人值守情形下空调制冷耗电的动态控制,需根据不同时期的情况选择不同的节电方案,优化节电措施。第10章提出不确定环境下的节电方案的选择方法。在模糊线性规划模型的理论指导下,筛选出不同条件下的几种合理的通信基站温度控制策略;用实验方法得出每种方案的节电率和耗电率;应用模糊线性规划理论决策寻求最佳解决方案,使得节电率最大;最后,通过能耗管理信息平台执行节能控制策略。

第11章介绍空调系统节能技术在其他领域中的应用。包括冷链物流的低碳节能问题、冷链物流的设备与技术、低碳供应链中的温控技术以及冷链物流中的节能管理等。

2. 研究方法

1) 空调系统节能研究现状

通过文献综述的方法,梳理国内外研究现状,尤其是主要发达国家空调系统节能的做法及启示。

2) 节能降耗问题及对策

通过文献综述的方法,分析现存状态、存在的主要问题,以及目前采取的对策。

采用智能温度控制技术是解决耗电量高的问题的关键手段。已有研究表明,设定合适的空调温度,可以得到良好的节约效果。以北京市为例,夏天设定合适的空调温度,如 28°C ,可节电7.07亿~7.77亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。智能温度控制技术主要包括预测控制、自适应、模糊控制、神经网络技术等。

3) 建立不确定环境下的节能系统

以通信基站为例,设计不确定环境下的节能系统,进行数据采集、监测及分析。利用传感系统、人工采集等手段,进行耗电量数据与相关环境数据的实时采集,室内温度、室外温度、控制温度、用电量可以被精确度量并精确记录。

设计对环境、用能设备的用能时间、用能状况进行集中监控的信息系统。利用实时自动抄表系统、动力环境监控系统、自动控制系统等手段,监测站点耗电情况。实时跟踪环境、系统参数及设备运行情况。

通过能耗管理信息平台,进行节能管理。包括分析与控制温度有关的变量及

变量的特性,根据随环境变化的室内与室外温度、当前空调设定温度(这是数理分析的目标温度,一般为 $26\sim 30^{\circ}\text{C}$)、设备发热量、时间点、用电量等变量,决策控制温度(下一时段控制器上设定的温度值,是通过空调拟达到的理想室内温度)。系统能进行能耗与相关环境数据动态监测,对整体能耗状况进行细致分析,并根据系统负荷变化进行能耗的动态分析。使用国际标准、各种统计分析等方法进行耗电数据的多维度分析。在实际数据的基础上,根据长期实践的经验,结合专业的节能技术知识,加入人的思维过程,针对不同条件和背景确定控制规则及节能装置的控制方法。采用现代不确定控制技术,确定环境、系统参数及设备静、动态参数。建立耗电量的优化模型。在大量样本基础上,得出最优控制策略,确定通信基站温度控制策略,实现整个空调系统的优化控制。

4) 分析通信基站热环境影响因素及热环境

针对通信机房的环境要求,提出通信基站热环境影响因素,构建通信基站热环境评价指标的隶属度函数,并采用层次分析法对评价指标的重要程度及其算法进行分析,以此来确定基站环境的评价等级。设计热环境评价系统软件,研究通信基站热环境控制。

5) 确定空调系统的节能降耗温度控制方法

我国幅员辽阔,气候特征多样,采用单一的节能技术并不具有广泛的适用性,目前已知的技术都有一定的优缺点,这就需要采用多种方法。目前在假设通信基站机房环境不变和保障原有服务的前提下,降低空调能耗是最为直接有效的节能手段。研究通信机房节能降耗的自适应温度控制方法和过程,提出空调启动温度的定量决策方法,实现空调温度的自动调节。采用现代不确定控制技术,综合环境、系统参数及设备静、动态参数进行分析处理,在对节能控制科学诊断、量化评测、统一管理的基础上,针对不确定的环境温度和现有技术的局限性,提出空调系统节能控制装置的温度控制方法。

研究不确定环境下空调自动温度控制的自学习模型,提出空调系统自适应温度控制方法;将模糊控制与神经网络的自主学习能力结合起来,提出模糊神经网络温度控制方法;在采集的大量真实数据的基础上,进行负荷预测,提出基于灰色预测的模糊神经网络温度控制方法;提出模糊随机气温变量的温度控制模型。

6) 节能方案的选择

进行耗电量的度量、评价,对节能效果进行测试比对,通过多级自控联动平台——能耗综合管理平台执行节能控制策略,进行控制策略效果的实时评价并筛选出不同条件下的最优节能策略,实现节能降耗。研究基站能耗控制策略,得到不同条件下整个空调系统温度的最优节能策略,使得系统能实时跟踪环境、系统参数

及设备运行情况并做出最优控制,达到节能降耗的目的。

7) 空调系统温度控制技术在其他领域中的应用

同样的方法可用于对农产品冷链物流中的仓储温度控制进行研究。对目前农产品冷链物流中仓储温度控制存在的问题进行分析,解决农产品冷链物流中仓储的温度控制问题,减少温度控制的能耗,达到低碳环保的目的。研究冷链物流的低碳节能问题、冷链物流的设备与技术、低碳供应链中的温控技术以及冷链物流中的节能管理等。

空调系统节能研究的难点是温度控制模型的建立方法及控制预测方法。

1.1.3 研究意义

在很多情况下,人们不知道被控对象的精确数学模型。对于无人控制环境中的通信基站,由于空调系统的运行参数设置缺乏科学指导,没有合适的温度控制模型,不能实现环境温度变化的自动调整,因此不能有针对性地采取节能措施。本书针对传统控制过程中存在的难于建立精确的数学模型、模型修正数据获取效率低等问题,进行实验研究和建模研究。本书的创新之处在于:建立基于不确定环境数据表示、度量和处理不确定性信息和知识的理论,得到不确定条件下完全由数据自主控制规则生成的机器学习方法;建立空调系统不确定环境下温度控制的自学习模型;提出一种不确定条件下的预测方法及模型数据自主式学习的方法,解决节能降耗问题。

目前,在全球气候变暖、能源紧缺的背景下,世界各国对节约能源、低碳环保的重视程度越来越高,越来越多的国家对低碳环保提出了强制性要求。我国开展节能研究,提高能源利用效率,保证低碳发展,为我国今后实现经济社会可持续发展提供一条有效路径。国家在“十二五”、“十三五”期间大力支持节能重大问题的研究,开展“十二五”、“十三五”节能专项规划研究。鼓励研究节能重大问题,重点做好节能目标预测;我国政府明确指出,要把应对气候变化、降低二氧化碳排放强度纳入国民经济和社会发展规划,采取法律、经济、科技的综合措施,全面推进应对气候变化的各项工作;要把控制温室气体排放和适应气候变化目标作为各级政府制定中长期发展战略和规划的重要依据;要继续完善和实施应对气候变化国家方案。国家发展和改革委员会(简称国家发展改革委)制定的《单位 GDP 能耗考核体系实施方案》明确提出,对各级人民政府要实行节能减排的问责制和一票否决制。因此,开展节能研究具有一定的现实意义。

本书以通信基站的能耗控制为例,电信行业一方面着眼于减少行业自身能耗,另一方面强调通过信息化在其他产业中的应用,推动全社会的节能减排。通信基