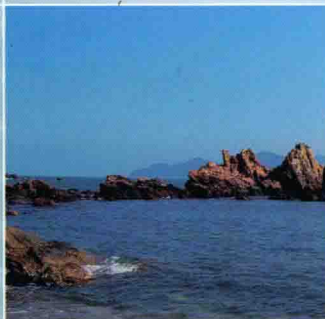




污水及地表水热泵技术与系统

吴荣华 孙德兴 著



科学出版社

污水及地表水热泵 技术与系统

吴荣华 孙德兴 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

为满足工程技术人员、设计人员和研究工作者的需要,作者将多年从事污水及地表水热泵研究取得的关键技术成果和实践经验撰写成书。本书主要内容包括:绪论,污水及地表水热泵技术分析,系统形式,运行工况,连续过滤与还原技术,疏导式换热技术,传热系数、污垢及材质,压缩式热泵机组,污水及地表水引退水,输送能耗与系统设计,经济与社会效益分析,工程实例等。全书着重介绍污水及地表水热泵的关键技术和系统设计,展现了我国在该领域的原创性技术成果。

本书可供该领域的工程设计、施工、研究及应用的技术人员参考,还可作为高等学校热能动力工程、建筑环境与能源应用工程等专业师生的参考书和教材。

图书在版编目(CIP)数据

污水及地表水热泵技术与系统/吴荣华,孙德兴著. —北京:科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-043971-0

I. ①污… II. ①吴… ②孙… III. ①热泵-研究 IV. ①TH3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 057754 号

责任编辑:周 炜 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

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>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 7 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 7 月第一次印刷 印张:19

字数:362 000

定价:108.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

人类发展史中有建筑业发展史这一重要门类。建筑业的发展已经有近万年的历史,是影响人类发展最重要的门类。在世界建筑史的长河中,出现过两次最大的困惑,都是靠人类发展出现了机电专业才得以解惑,而机电专业进入建筑业只有约一百年历史。

第一次困惑是建筑业无法在广大的疆土建造适用的建筑物,也无法为人们进行大型社会活动建造适用的建筑物。建筑业的发展被室内环境营造的难题所阻。在我国连最豪华的皇家建筑“紫禁城”也只能靠配建一个“避暑山庄”冬夏轮用。我们用空调专业手段做了满意的解决。

第二次困惑是应用了空调手段后建筑业得以大力发展,人们用于居住和进行社会活动的室内环境质量得以大幅提升,却碰撞了能源供给能力的底线,出现了建筑业新的危机。机电专业又站在了解惑的第一线,用热泵技术解决了危机,并为节能、环保作出了新贡献。

孙德兴教授是工科重点大学机电专业的优秀学者和教师,他所领导的团队在相关科技领域作出了突出的贡献并培养了行业的高端人才。我曾有幸作为行业学者参加孙德兴教授的博士生吴荣华的博士学位答辩以及他们后来共同完成的“城市污水热能资源化工艺与技术”项目的科技评审会,确认他们的成果为“世界首创”“国际领先”。

这两次交流使我认清两个问题:第一,人类生活的室内温度环境营造所需的能源品位是很低的,因为室内环境全年只需控制在 $18\sim 27^{\circ}\text{C}$,使用任何高品位能源都属浪费,充分利用低品位的能源和废热才是为建筑业寻求能源的方向;第二,废热的利用要追求废热的发生点与需用点理想的关联。

作者的科技思路正符合上述要求:污水作为热源品位很低,有需要建筑供热之处正是有污水排放之处。此项技术之先进、合理让我欣赏和敬佩。我也深知其难度和复杂程度,并感叹于解决措施的巧妙。

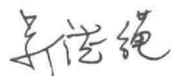
该书是作者持续科研的深化和经验的总结,也是大量学术论文的综合概括。我一向主张“不唯上,不唯洋,不唯官,不唯书”,而最重视科学实践的认知,我对该书的科技含量和国际地位深信不疑,该书涉及科研、工程运行、维护和效益的分析,体现了工业化的文化。

本书的出版是我们的喜事,是对行业热门领域的重要贡献,是为我国环保事业承担国际责任提供的技术支持。

让我们向以“专业学术”作为“事业追求”认真努力的该书作者学习,致敬!

北京市建筑设计研究院有限公司

顾问总工程师



2015年1月

前 言

污水及地表水热泵技术从污水或地表水中提取能量为建筑物供热供冷,具有巨大的节能减排潜力,是缓解暖通空调能源消耗与环境污染问题的重要途径。该技术的研究与应用已达半个世纪之久,但一直以来未形成完整、完善的理论与技术体系及设计规范,技术水平滞后于实际应用的需求,尤其是我国的国情不同,需要更高端、更经济和更实用的理论与应用方法。本书作者长期致力于该项技术的研究与实践,先后开发了连续过滤与还原技术和疏导式换热技术,并进行了大量的示范应用。为此,作者将研究成果和实践经验总结成书,以期推动该行业的发展。

本书体现了作者在污水及地表水热泵技术方面的研究成果。全书共 12 章,第 1 章和第 2 章介绍了热泵的国内外应用状况,分析了污水及地表水热泵的关键技术问题等;第 3 章和第 4 章论述了污水及地表水热泵的系统形式和运行工况;第 5 章介绍了连续过滤与还原技术的原理和特点;第 6 章介绍了疏导式换热方法的原理,疏导式换热设备的结构特点、运行压力等问题;第 7 章分析了污水及地表水的传热系数、污垢和材质问题;第 8 章介绍了压缩式热泵的特点、主要部件的选型,以及污水及地表水热泵的运行参数、故障分析等;第 9 章介绍了污水及地表水的引退水方案;第 10 章论述了输送能耗比例和系统设计方法;第 11 章分析了污水及地表水热泵的经济与社会效益;第 12 章为典型的污水及地表水热泵工程实例介绍。

本书得到了国家“十二五”科技支撑计划项目“建筑用节能高效空调设备及系统开发”(2014BAJ02B00)、国家科技惠民计划项目“胶州市污水及地表水等热泵新能源惠民供热示范应用”(2013GS370204)、青岛市民生科技计划项目(1313122nsh)等的资助,在此表示衷心感谢。青岛科创新能源科技有限公司为本书的研究工作提供了良好的平台和支持,在此一并致谢。

限于作者水平,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

符 号 表

β	污垢系数	\bar{q}_1	冷指标平均负荷系数(0.67)
β_s	还原面积比	R	输送管网单位长度的沿程阻力 (或比摩阻)
β_u	还原流速比	R_z	资用能耗比摩阻
C	水的定压比热	\bar{s}	滤面截面系数
D_s	电力输送损耗率	t'_j, t''_j	间接式系统机组中介水进出水 温度
F	间接式污水换热器的传热面积	t'_w, t''_w	污水的进出水温度
f	光滑区阻力系数	Δt_w	输送温差
f'	粗糙区阻力系数	V_b	还原流量
h_j	清水侧换热系数	ΔV	旁通管流量
h_w	污水侧换热系数	W	滤面污染物密度
ΔH	换热设备的阻力, 可视为常数, 取 70~100kPa	Y_n	污水量一次能源用能系数
J_n	单位污水量一次能源节能系数	ζ	滤面的局部阻力系数
k	污水换热器的传热系数	δ_2	贴附软垢厚度
k_s	换热壁面粗糙度	δ'_2	沉积软垢厚度
N_s	输送水泵的能耗	φ_d	短路系数
n_s	输送能耗占热泵机组的能耗比例 系数	φ_z	网眼阻塞系数
P_A	滤面进水压值	φ_t	污染物旋转分离概率
P_B	还原面出水后压值	λ_1	换热材质的导热系数
Δp_b	短路压差值	λ_2	污垢的导热系数或贴附软垢导热 系数
Q_l	供冷终端耗热量	λ'_2	沉积软垢导热系数
Q_q	输送热能	η	输送水泵的效率
Q_r	供暖终端耗热量	ε	热泵机组的性能系数
\bar{q}_r	热指标平均负荷系数(0.67)		

目 录

序	
前言	
符号表	
第 1 章 绪论	1
1.1 我国能源消耗与环境污染现状	1
1.1.1 我国能源消耗现状	1
1.1.2 我国采暖能耗现状	2
1.1.3 我国环境污染现状	3
1.1.4 采暖燃煤污染现状	4
1.2 热泵的原理、发展历程及分类	5
1.2.1 热泵的原理	5
1.2.2 热泵的发展历程	6
1.2.3 热泵的分类	7
1.3 热泵研究应用状况	9
1.3.1 国外发展应用状况	9
1.3.2 我国研究应用状况	13
1.3.3 热泵应用的行业	14
1.4 污水及地表水热泵的优势	15
1.5 污水及地表水热泵的需求分析	16
参考文献	18
第 2 章 污水及地表水热泵技术分析	19
2.1 污水及地表水的水温、水质与水量	19
2.1.1 城市原生污水	19
2.1.2 已处理污水	20
2.1.3 工业污废水	22
2.1.4 地表水	22
2.2 悬浮物堵塞	23
2.2.1 城市原生污水的堵塞	24
2.2.2 已处理污水的堵塞	26
2.3 污垢	27

2.3.1	原生污水污垢	28
2.3.2	已处理污水及地表水污垢	30
2.4	污水及地表水换热的特点	31
2.5	国外技术及应用状况	32
2.5.1	防堵与换热技术	32
2.5.2	工程应用状况	36
2.6	国内技术及应用状况	37
2.6.1	防堵技术	38
2.6.2	换热及系统	40
2.6.3	工程应用状况	42
2.7	防污垢换热技术	43
2.8	关键问题及难点分析	46
	参考文献	47
第3章	系统形式	50
3.1	直接式与间接式系统	50
3.2	两种间接式系统	52
3.3	一机一泵与大并联	54
3.3.1	直接式系统	54
3.3.2	间接式系统	55
3.3.3	应用条件及综合比较	57
3.4	直接式与间接式理论分析	58
	参考文献	64
第4章	运行工况	65
4.1	原生污水	65
4.2	已处理污水	68
4.3	湖水	69
4.4	冬夏工况匹配	70
4.4.1	冬夏负荷匹配	71
4.4.2	水泵及流量匹配	72
4.4.3	流量与温差匹配	73
	参考文献	75
第5章	连续过滤与还原技术	76
5.1	静态过滤	76
5.1.1	静态过滤的试验研究	76
5.1.2	静态过滤的数学模型	78

5.1.3 静态过滤模型的应用分析	79
5.2 连续过滤与还原	82
5.2.1 连续过滤与还原的原理	82
5.2.2 连续过滤与还原的数学模型	84
5.3 连续过滤与还原装置	85
5.3.1 结构与运行参数	85
5.3.2 装置各物理量的关联关系	87
5.4 连续过滤与还原技术的运行特点	88
5.5 连续过滤与还原技术的实施方案	90
5.5.1 转轮式与转筒式取水装置	90
5.5.2 转轮式与转筒式取水系统	92
参考文献	94
第6章 疏导式换热技术	96
6.1 疏导式换热方法	96
6.1.1 基本原理	96
6.1.2 优势及基本理论问题	99
6.1.3 两类换热器的形成	101
6.2 疏导管式换热器结构	102
6.3 宽流道换热器结构	104
6.4 换热器的承压问题	105
6.4.1 压力设计的主要因素	106
6.4.2 系统工作压力	106
6.4.3 相关规范要求	108
6.4.4 污水换热器压力确定	108
6.5 工况适应性	109
参考文献	110
第7章 传热系数、污垢及材质	112
7.1 污水侧换热系数	112
7.1.1 污水侧流道特点	112
7.1.2 经验计算公式	114
7.1.3 两传类比定律	115
7.2 污垢系数	117
7.2.1 污垢分类及特点	117
7.2.2 污垢系数取值	118
7.3 总传热系数	120

7.4	几种误区	121
7.5	材质问题	122
7.5.1	几种材质的适应性	122
7.5.2	污水换热器材质比较	123
	参考文献	124
第8章	压缩式热泵机组	125
8.1	流程及主要部件	125
8.1.1	压缩机	126
8.1.2	两器	128
8.1.3	膨胀阀	129
8.1.4	其他部件	130
8.2	工质循环	131
8.3	热泵常用工质	132
8.4	主要参数选择和设定	133
8.4.1	冷凝器温度、压力	133
8.4.2	蒸发器温度、压力	134
8.4.3	其他参数	135
8.5	部件选型及管路设计	136
8.5.1	部件选型	136
8.5.2	管路设计	137
8.6	机组的自动保护	139
8.7	机组的故障分析	140
	参考文献	142
第9章	污水及地表水引退水	143
9.1	城市原生污水引退水	143
9.1.1	潜水泵取水	143
9.1.2	干式污水泵取水	146
9.2	污水处理厂引退水	147
9.3	湖水引退水	148
9.4	海水引退水	149
9.5	小结	150
	参考文献	150
第10章	输送能耗与系统设计	151
10.1	输送能耗比例问题	151
10.2	输送距离界限模型	152

10.2.1 模型建立	152
10.2.2 经济比摩阻	155
10.3 资用输送能耗比例及其设计方法	160
10.4 系统运行调节方法	163
10.4.1 冷热水侧一次泵变流量调节	163
10.4.2 水源侧一次泵变流量调节	167
10.5 小结	169
参考文献	170
第 11 章 经济与社会效益分析	171
11.1 系统节能性分析	171
11.1.1 一次能源利用率	171
11.1.2 单位污水节能性	172
11.1.3 单位污水节能效益	174
11.2 系统环保性评价	175
11.3 系统经济性分析	176
11.3.1 系统初投资评价	176
11.3.2 系统运行费评价	177
11.3.3 初投资对比定量估算	178
11.3.4 年运行费用对比定量计算	180
参考文献	181
第 12 章 工程实例	182
12.1 石家庄新界住宅小区	182
12.2 西宁青藏铁路调度大厦	186
12.3 青岛前海馨苑小区	189
12.4 大连公共资源交易市场	192
12.5 西安金盾及周边区域(一期)	195
12.6 青岛团岛污水厂海湾花园小区	198
12.7 青岛莱西凤凰印染厂热泵供热站	201
12.8 呼和浩特心想是城小区	203
12.9 西安东南郊水厂	206
12.10 青岛科创新能源厂区	210
附录	218
附录 1 疏导式污水换热器介绍及技术参数	218
附录 2 热泵压缩机的选型系列	225
附录 3 常用污垢热阻数据(单位面积)	240

附录 4-1	R22 饱和气与饱和液的热力性质	240
附录 4-2	R22 过热蒸气的热力性质	243
附录 4-3	R22 饱和气与饱和液的传递性质	252
附录 4-4	R22lg <i>p-h</i> 图	253
附录 5-1	R134a 饱和气与饱和液的热力性质	254
附录 5-2	R134a 过热蒸汽的热力性质	256
附录 5-3	R134a 饱和气与饱和液的传递性质	267
附录 5-4	R134alg <i>p-h</i> 图	268
附录 6	乙二醇、丙二醇、丙三醇防冻液物性参数	269
附录 7	制冷量单位换算	273
附录 8	温度单位换算	273
附录 9	热泵驱动能源的折算系数和环境负荷	273
附录 10	水的热物性参数	275
附录 11	热水管道水力计算表	277

第 1 章 绪 论

能源与环境是可持续发展的两大主题,是当前国际社会共同关注的焦点。而我国是世界上最大的能源消耗国,年煤炭消耗量占世界总量的 50%^[1],能源消耗与环境污染问题极其严峻,迫切需要通过提高能源利用效率和开发利用新能源。

热泵系统是目前世界上唯一能把一次能源(煤、石油、天然气)的利用效率提高到 100%以上的用能装置,较燃煤锅炉、城市热网可节能 35%~55%,污染物的排放也成比例减少。

污水及地表水源热泵空调系统则是以污水或地表水作为热泵冷热源为建筑物供暖的空调,具有 50%的节能潜力和 30%的经济效益,是缓解供热空调能源消耗与环境污染问题、防治雾霾的有效途径。

1.1 我国能源消耗与环境污染现状

1.1.1 我国能源消耗现状

2050 年我国能源需求量统计将达 50 亿 t 标准煤,相当于 100 个三峡电站的全年发电总量,按目前水平可开采量为 30 亿 t 标准煤,水力、风力等发电开发量为 5 亿 t 标准煤,届时有 15 亿 t 标准煤缺口量,该量只能靠进一步开发核能铀资源、太阳能及其他可再生性能源填补,能源问题将面临严峻挑战^[1]。

英国石油的《世界能源统计年鉴》数据中显示,2010 年我国成为世界上最大的能源消耗大国,消耗量占全球总量的 20.3%,超过了美国 19%的比例。2012 年我国一次能源总消耗折合 36.2 亿 t 标准煤,约占全球的 21.3%。到 2035 年,我国人均能源需求增长 40%,达到与欧洲相同的水平,能源消耗总量将比当前水平增长 50%。预计到 2020 年,全国煤炭消耗总量为 48 亿~53 亿 t,我国短期煤炭供应宽松与长期总量不足的矛盾将会逐渐明显^[2]。

来自美国能源部的统计数字显示,我国的工业生产耗能占能源总消耗量的 70%以上,但能源利用率仅为 33%,单位 GDP 能耗是国际的 2 倍,是发达国家的 4 倍。在我国消耗全球近一半的煤炭资源情况下,其综合能效不足 40%,比世界发达国家低 15%~20%。人均资源水平低、能源结构不合理及综合利用效率低下是我国的基本国情和“软肋”。

数据显示,能耗的问题体现在多种行业中,而建筑能耗占整个社会总能耗的较大比例。在发达国家,建筑能耗占社会能源总消耗的 40%以上,在西欧,这个比例

甚至达到了 52%，为此欧盟在 2002 年欧洲议会和欧盟理事会上通过了关于建筑能耗的法律性文件，要求计算建筑物的整体能耗，为新建建筑和既有建筑颁发能效证书，并定期对建筑中的锅炉和空调系统进行检查和能耗评估，通过制定法律提高能源利用率，降低建筑能耗。

建筑相关能耗已成为我国三大能耗大户之一，随着我国经济的发展，建筑能耗占社会总能耗的比例逐渐提高，目前我国城镇建筑消耗（采暖、空调、照明、炊事、办公等伴随建筑运行使用的能耗）的能源占全国商品能源的 23%~26%，这还不包括建筑材料制造用能及建筑施工过程耗能。

随着我国城市化进程的加速、建筑总量的不断攀升和居住舒适度的提升，建筑能耗呈急剧上升趋势，而由于建筑能耗主要集中在暖通空调能耗，据预测，2020 年我国暖通空调能耗量将达 10 亿 t 标准煤，预计最终会接近发达国家的水平，节能降耗的形势非常严峻。而在建筑能耗中则又以建筑采暖和空调能耗为主，因此，建筑节能的首要问题之一就是解决暖通空调领域的能耗问题。

1.1.2 我国采暖能耗现状

我国建筑能耗历年平均为总能耗的 19.8%，建筑能耗中，暖通空调能耗约占 85%，能耗效率极低，同纬度气候条件接近地带，单位面积的平均制冷供暖耗能量为发达国家的 3 倍。目前住房建筑面积为 347 亿 m^2 ，以每年 13 亿~14 亿 m^2 速度增长，预计 2020 年我国暖通空调的能耗量将达 10 亿 t 标准煤，占总能耗量的 30% 以上。暖通空调在能源消耗中将占有举足轻重的位置。

我国北方城镇建筑采暖能耗占全国总能耗的最大组成部分，单位面积采暖平均能耗折合标准煤为 $20\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ ，为北欧同纬度条件下建筑采暖能耗的 2~4 倍。目前有 5 亿 m^2 左右的大型公共建筑，其耗电量为 $70\sim 300\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ ，为住宅的 10~20 倍，是建筑能源消耗的高密度领域，调查表明，这类建筑能源浪费现象严重，具有很大的节能潜力。城镇的住宅总面积约 100 亿 m^2 ，除采暖的住宅能耗包括照明、炊事、生活热水、家电、空调等，折合用电量为 $10\sim 30\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ ，用电量约占我国全年供电量的 10%。普通的公共建筑总面积约 55 亿 m^2 ，用电量约占我国全年供电量的 8%^[3]。农村建筑面积约占 240 亿 m^2 ，总耗电约 900 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{年}$ ，生活用标准煤 0.3 亿 t/年。目前我国农村的煤炭、电力等商品能源消耗量较低^[3]。根据调查，目前农村建筑使用初级生物质能源的能源利用效率很低，并在陆续被燃煤等常规商品能源所替代。如果这类非商品能源完全被常规商品能源所替代，则我国建筑能耗将增加一倍。

能耗高的主要原因有三个：一是围护结构保温不良；二是供热系统效率不高，各输配环节热量损失严重；三是热源效率较低。由于大量小型燃煤锅炉效率低下，热源目前还有平均 15%~20% 的节能潜力。

如果我国将来城镇建筑总量增加一倍,建筑能耗总量很可能要增加不止一倍。在美国、欧洲和日本等发达国家,建筑运行能耗水平已经从其处于制造大国时期的20%~25%发展到目前“金融与技术”大国的近40%。在建筑能耗中,暖通空调系统与热水系统所占的比例接近60%,而且随着人民生活水平的提高,还有继续上升趋势。

1.1.3 我国环境污染现状

在我国粗放式经济发展模式下,当人均GDP达到5000美元这一中等发达水平时,我国同时也进入了环境污染严重的高压时期。以前的环境污染仅是个别局部现象,现今的环境污染已是全国性的普遍现象。2012年入冬以来的全国性雾霾天气,清楚地反映了我国环境污染问题的严重性、紧迫性。蓝色的天空、清新的空气、洁净的水源已成为民众的期待。

我国城市大气环境中总悬浮颗粒物浓度普遍超标;二氧化硫污染保持在较高水平;机动车尾气污染物排放总量迅速增加;氮氧化物污染呈加重趋势;全国形成华中、西南、华东、华南多个酸雨区,以华中酸雨区为重。据亚洲开发银行和清华大学最新发布的《中华人民共和国国家环境分析》报告,我国500个大型城市中,只有不到1%达到世界卫生组织空气质量标准。博鳌亚洲论坛2014年年会中的数据指出,我国的煤炭消耗量过去10年时间就增长了近5倍,二氧化碳的排放量已经增加到了每年400亿t。

据新华网报道,对118个城市连续监测数据显示,约64%的城市地下水遭受严重污染,33%的地下水受到轻度污染,基本清洁的地下水只有3%。在水资源总量2/3的地表水中,污染问题同样严重^[4]。根据全国水资源综合规划评价成果,84个湖泊中常年呈现富营养化状态的湖泊有48个,达到52.4%;2000年评价的633个水库中,62%为中营养水库,38%为富营养水库,贫营养水库不及1%。

全国耕种土地面积的10%以上已受重金属污染,共约1.5亿亩^①。因污水灌溉而污染的耕地有3250万亩,因固体废弃物堆存而占地和毁田的约有200万亩,其中多数集中在经济较发达地区。每年因重金属污染的粮食高达1200万t,造成的直接经济损失超过200亿元。

从环境污染的地域来看,已经从经济发达的东部地区和南部地区向中西部地区与北部地区迅速蔓延至全国。最近几年,中西部地区加大了开发力度,低端产业向中西部转移,在经济快速增长的同时,环境污染问题也凸显出来。从环境污染的空间分布看,从天空到海洋、从陆地到河流、从地表到地下,无论空气、水源还是土壤,都被严重污染。

^① 1亩=666.7m²,下同。

我国大气污染主要表现为煤烟型污染。过去 20 年以来,我国 67% 的能源来源于煤炭。为了满足需求,我国的煤炭生产者所提供的煤炭质量下降,污染性越来越大。我国目前生产的煤炭的含硫量已经达到了 1%,更多的硫被释放到空气中。二氧化碳是一种主要的污染物,是造成全球变暖的温室气体之一。以目前的趋势发展,到 2025 年,我国将超越美国而成为世界最大的温室气体排放国。其中在居住区里,随着人口的集中,大量的民用生活炉灶和采暖锅炉也需要耗用大量的煤炭,特别在冬季采暖时期,往往使受污染地区烟雾弥漫,这是一种不容忽视的大气污染源。

根据美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的卫星数据(数据来源于 2001~2006 年)得知的全球空气颗粒物污染情况,我国的局部地区处于重污染地区,并且近年来不断加重。

1.1.4 采暖燃煤污染现状

从目前情况看,煤炭仍然在我国一次能源构成中占 70% 以上,成为我国主要的能源。我国工业燃料动力的 80% 依靠煤炭。全国每年用于直接燃烧的煤炭占总煤耗的 84%,其中农村生产和生活耗煤 1.2 亿 t,占煤产量的 20%;城市居民燃煤 1.5 亿 t,占全年煤产量的 25%。同时还要指出,煤炭在我国城市的能源构成中所占的比例也相当大。据 26 个城市的统计资料,其中超过 90% 的有 8 个市,80%~90% 的有 7 个市,70%~79% 的有 3 个市,60%~69% 的有 5 个市,50%~59% 的有 2 个市,40%~49% 的有 1 个市^[5]。

以煤为主的能源构成,以及多在陈旧的设备和炉灶中、沿用落后的技术直接燃烧使用,而且这种使用方式占直接燃煤总量的 62%,成为我国大气污染严重的主要根源。据历年的资料估算,燃煤排放的主要大气污染物,如粉尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳等,总量约占整个燃料燃烧排放量的 96%,其中,燃煤排放的二氧化硫占各类污染源(燃料燃烧源、工业废气源、流动源)总排放量的 87%(占燃料燃烧排放量的 93%);排放的粉尘占总排放量的 60%(占燃料燃烧排放量的 99%);排放的氮氧化物占总排放量的 67%(占燃料燃烧排放量的 87%);排放的一氧化碳占总排放量的 71%(占燃料燃烧排放量的 87%)^[6]。

在以煤为主的能源结构下,暖通空调用能是大气污染的主要因素之一。在全球空气污染最严重的 10 个城市中,我国占 5 个,包括北京、上海、沈阳、西安和广州,北京冬季供暖期总悬浮颗粒物 TSP、二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等严重超标。资料表明,70% 的总悬浮颗粒物、90% 的二氧化硫、60% 的氮氧化物和 85% 的矿物燃料生成的二氧化碳来自燃煤,暖通空调引起的污染物排放量占总排放量的 15% 以上。燃煤排放二氧化硫引起的酸雨污染已扩展到全国整个面积的 30%~40%,造成的经济损失接近国民生产总值的 2%。另外,全球二氧化碳等温室气体