



我国房间空调器材料资源消耗状况分析^{*}

清华大学 李兆坚[☆] 江 亿

摘要 调查分析了我国房间空调器材料的组成情况和材料资源的消耗状况。结果表明,按成品用材量计算,2005 年我国房间空调器生产的材料消耗量约为:钢铁 231 万 t、铜材 55 万 t、铝材 27 万 t、塑料 45 万 t,其中铜材消耗量约占当年全国矿山铜总产量的 85%。认为空调节材与空调节能具有同样重要的意义。

关键词 房间空调器 材料组成 材料资源消耗 状况分析

Material consumption analysis of room air conditioner manufacturing in China

By Li Zhaojian[★] and Jiang Yi

Abstract Investigates and analyses the composition and the consumption status of materials for room air conditioners. The results show that the material consumptions of room air conditioners in China in 2005 were respectively 2.31 million tons of steel, 0.55 million tons of copper, 0.27 million tons of aluminum, 0.45 million tons of plastic, and the copper consumption accounted for 85% of the total national output of copper then. The material saving is as important as energy saving for air conditioning.

Keywords room air conditioner, composition of material, material resource consumption, status analysis

★ Tsinghua University, Beijing, China

①

0 引言

房间空调器(以下简称空调器)是我国产量最大、应用最广的一种空调整冷设备。近年来,随着我国经济的高速发展和人民生活水平的快速提高,我国空调器的产量和拥有量均出现了快速增长的趋势。近 10 年来,我国住宅空调器拥有量平均年增长率超过 30%^[1-2],2005 年总产量高达 6 765 万台。空调器的大量生产和使用不仅消耗了大量能源,而且消耗了大量金属等材料资源。以往对空调器的评价研究工作主要集中在性能和运行能耗方面,对空调设备材料资源消耗问题并没有引起足够重视,这方面的研究很少。材料是经济建设的基础。随着我国经济建设的长期高速增长,各种材料

的消耗量也快速增加,目前我国已经成为世界最大的材料资源消费国,材料资源供应状况十分严峻,主要材料资源的对外依存度越来越高,材料资源问题已经成为制约我国可持续发展的一个瓶颈,建设资源节约型社会是我国别无选择的发展道路。暖通空调是金属材料的消耗大户,值得注意的是暖通空调节能与材料资源消耗是密切关联的,一些节能工作往往以增加材料资源消耗为代价,这加剧了材料资源供应的紧张状况。因此,如何减少材料资源消耗是暖通空调行业必须认真面对的重大课题。

①☆ 李兆坚,男,1962 年 8 月生,在读博士研究生,研究员(总装备部工程设计研究总院)

100028 北京市 4702 信箱 4 室

(010) 62777140 66358595

E-mail: li-zj03@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期:2006-10-09

修回日期:2007-02-05

* 国家自然科学基金资助项目(编号:50578079)

本文对空调器的材料组成和材料资源消耗状况进行了分析研究,这些研究结果不仅对空调器的资源消耗评价有重要意义,而且也是空调器寿命周期能耗和环境影响评价的重要基础。由于我国现有的大量空调器已经进入或即将进入报废回收期,其回收利用也是一个需要研究解决的重要课题,而本文的研究结果也为废旧空调器的回收再生、循环利用研究提供了重要的基础数据。

1 我国材料资源消耗状况分析

我国目前正处于经济建设和房屋建设的高速增长期,各种材料消费量巨大。近年来,在世界经济结构调整大潮中,我国正在被打造成世界制造中心,这更加剧了材料供应的紧张状况,目前我国能源消费量位居世界第二位,与美国相比仍有较大差距,但我国钢铁、铜和铝等主要金属材料的消费量却已稳居世界第一^[3-4]。2003 年我国的钢材消费量是钢材消费量位居世界第二的美国的 2.4 倍^[5]。我国是一个矿产资源相对匮乏的国家,目前国内矿产资源生产能力无法满足巨大的消费需求,主要矿产资源都需要大量进口。根据相关统计资料^[3]分析,2003 年,我国氧化铝的对外依存度达到 47%,铁矿石对外依存度达到 53%,铜消费量的 76% 依赖进口。如果目前我国的铜消费量都由国内提供,则不到 8 年时间我国的铜矿资源将被采完^[1,3]。受我国材料消费量过快增长等因素的影响,近年来,国际市场矿石资源的价格大幅度上涨,2005 年铁矿石价格上涨了 71.5%^[6],国内铜材价格更是在近一年内成倍上涨^[7]。这给暖通空调等相关行业的发展造成了严重影响,材料资源匮乏问题已经成为制约我国长期可持续发展的一个瓶颈。同时这些材料都是高耗能产品,我国各种材料的生产能耗占全国总能耗的 30% 以上^[8]。而大量材料的生产使我国的能源消耗和污染物排放量大幅度增加,因此可以说节材就是节能,节材也是环保。另一方面,我国材料资源的利用水平较低,根据相关资料^[9]分析,2004 年我国单位 GDP 的铜消耗量是日本的 6.6 倍、美国的 8.3 倍、印度的 4.8 倍;单位 GDP 的铝消耗量是日本的 8.7 倍、美国的 7.6 倍、印度的 3.2 倍。因此提高材料利用水平、减少材料资源消耗意义重大、潜力很大、刻不容缓!

2 我国房间空调器生产和消费状况分析

2004 年我国主要的空调制冷设备的产量见表

1。根据表 1 的数据以及我国冷水机组的销售统计数据^[11]、房间空调器机型调查数据^[12]和一些空调制冷产品样本数据,对 2004 年我国空调制冷设备的生产状况进行估算分析的结果表明,按额定制冷量计算,2004 年我国生产的各种空调冷水机组的总量约为房间空调器总量的 10%,户式集中空调机约为房间空调器的 1%,可见房间空调器在我国的空调制冷行业中具有举足轻重的地位,在住宅建筑中分体空调占绝大多数,户式集中空调所占比例很小,这与相关问卷调查结果^[13-14]是一致的。

表 1 2004 年我国主要空调制冷设备产量 万台

房间 空调器	活塞式 冷水机	螺杆式 冷水机	离心式 冷水机	蒸汽式 吸收机	直燃式 吸收机	风冷 冷水机	户式集中 空调机
6 390	0.33	1.06	0.18	0.13	0.42	8.7*	22.1

注:表中带 * 的数据由文献^[11]中的数据估算得到,其他数据引自文献^[1,10]。

近年来,随着我国经济的快速增长,城镇居民生活达到了小康水平,城镇居民对空调器的购买力大大增强,与此同时新建住宅建筑面积快速增加,这些都使得我国空调器的产量、消费量和拥有量均出现了快速增加的趋势。对国家统计局和商务部的相关统计数据^[1,15]进行分析得到的 1995—2005 年我国空调器的年产量、表观消费量和住宅空调器拥有量见图 1、2(注:本文中的统计数据均未包括港、澳、台地区的数据),其中的表观消费量为总产

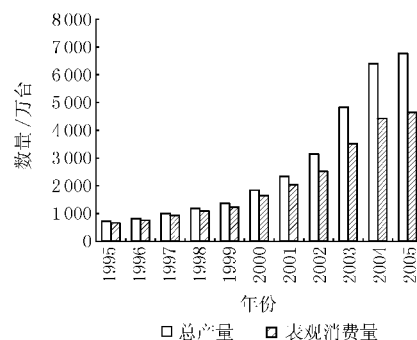


图 1 我国房间空调器的年产量和表观消费量

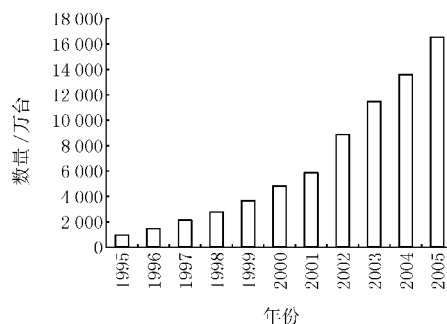


图 2 我国住宅空调器拥有量 (1995—2005 年)

量减去净出口量。由图 1 可知,2005 年我国房间空调器总产量高达 6 765 万台,表观消费量达到 4 647 万台,用于住宅建筑的消费量约占 80%;截至 2005 年底,全国空调器拥有量约为 2.06 亿台,住宅建筑空调器拥有量约为 1.65 亿台,其中城镇住宅建筑空调器拥有量为 1.54 亿台。根据图 1 和图 2 的变化趋势分析,在今后一定时期内,我国空调器的产量和消费量还将维持高位运行的趋势,这不仅对我国夏季电力供应造成很大压力,而且对铜材等相关材料的供应也将产生较大压力。

3 我国空调器材料组成调查分析

通过文献检索,找到了 3 篇涉及空调器材料组成的文献,见表 2。文献[16]提供了 1983 年和 1993

表 2 房间空调器材料质量组成数据对比 %

数据来源	钢铁	铜材	铝材	塑料	其他
壁挂机(本文调查数据)	61	16	8	15	0
立柜机(本文调查数据)	70	11	8	11	0
日本空调器数据(1993 年) ^[16]	54	18	9	16	3
日本空调器数据 ^[17]	55	17	7	11	10
文献[18]数据	47.4	18.5	8.6	17.6	7.9

年日本空调器的材料组成数据;文献[17]提供了日本某种空调器的材料组成数据;文献[18]的数据来源不详,根据其内容分析,可能也是日本的空调产品的材料数据。通过对比可以看出,这 3 篇文献的数据有一定的差别。为了获得我国空调器材料的组成数据,本文采用抽样分解调查法进行分析研究。

3.1 调查对象

2006 年 2 月,笔者选择 1 台分体壁挂式空调器和 1 台立柜式空调器进行材料组成的分解分析。为了使样机具有代表性,2 台样机均为市场占有率较大的国产品牌机。壁挂机为 1999 年的产品,型号为 KFR-32GW,额定制冷量为 3.2 kW;立柜机为 2000 年的产品,型号为 KFR-47LW,额定制冷量为 4.7 kW。2 台样机都为定频机,壁挂机的额定能效比为 2.7,立柜机的额定能效比为 2.5。

3.2 调查方法

空调器的分解过程分两步进行:第一步,将整机拆解成部件,称出各部件质量;第二步,对部件进行分解或测算,以确定材料组成。对于风机的电动机,采用分解法进行分析;对于压缩机的电动机,采用电动机绕组数据^[19]进行铜材估算;对于冷凝器和蒸发器,采用对铜管尺寸测量计算的方法进行耗

材分析。部件用电子弹簧秤称质量,小零件用电子天平称质量,测量仪器误差小于 1%。壁厚和管径采用游标卡尺测量,长度采用卷尺测量。空调器耗材统计包括室内机、室外机、遥控器、连接管、室内外安装支架五个部分,室内、外机的连接管长度按 3 m 计算。材料分解成钢铁、铜材、铝材和塑料四大类,其中钢铁包括了除铜铝以外的少量其他金属合金,塑料类除了各种塑料外,也包括了少量的保温材料 and 橡胶材料。

3.3 调查结果与分析

分体壁挂式空调器的材料分解结果见表 3,分体立柜式空调器的材料分解结果见表 4,其中均不包括制冷剂的质量。表中采用耗材系数 C_m 来评价不同空调器的材料消耗水平。耗材系数 C_m 的定义为单位额定制冷量的材料消耗量,它包括总耗材系数和各种材料的耗材系数。表 2 为本文调查结果与其他文献数据的对比表(这些文献均没有说明其数据是壁挂机还是柜机的,但与本文调查数据对比可知,这些数据应该是壁挂机的数据)。通过对比分析可以得出以下结论。

表 3 分体壁挂式空调器材料分解调查结果

		钢铁	铜材	铝材	塑料	合计
室内机(包括遥控器)	材料质量/kg	0.75	1.38	1.24	4.63	8.00
	质量百分比/%	9	17	15	59	100
室外机	材料质量/kg	24.70	5.26	1.99	1.65	33.60
	质量百分比/%	73	16	6	5	100
整机	材料质量/kg	25.45	6.64	3.23	6.28	41.60
	质量百分比/%	61.1	16.0	7.8	15.1	100
安装材料(包括接管和支架)质量/kg		3.87	0.97	0.00	0.20	5.04
材料(包括安装材料)质量合计/kg		29.32	7.61	3.23	6.48	46.64
耗材系数 C_m /(kg/kW)		9.16	2.38	1.01	2.03	14.58

表 4 分体立柜式空调器材料分解调查结果

		钢铁	铜材	铝材	塑料	合计
室内机(包括遥控器)	材料质量/kg	24.76	2.32	2.72	7.80	37.60
	质量百分比/%	66	6	7	21	100
室外机	材料质量/kg	32.23	6.84	3.89	0.75	43.71
	质量百分比/%	73	16	9	2	100
整机	材料质量合计/kg	56.99	9.15	6.60	8.55	81.29
	质量百分比/%	70.1	11.3	8.1	10.5	100
安装材料(包括接管和支架)质量/kg		2.42	1.19	0.00	0.20	3.81
材料(包括安装材料)质量合计/kg		59.41	10.34	6.60	8.75	85.10
耗材系数 C_m /(kg/kW)		12.64	2.20	1.41	1.86	18.11

1) 实测总质量与铭牌质量差别很小

被测壁挂机室内机和室外机的铭牌质量分别为 7.6 kg 和 34 kg,总质量为 41.6 kg。实测为 8 kg 和 33.6 kg,总质量也是为 41.6 kg。被测柜机

的室内机和室外机的铭牌质量分别为 36 kg 和 45 kg,总质量为 81 kg。实测为 37.6 kg 和 43.7 kg,总质量为 81.3 kg。可见实测质量与铭牌质量的差别很小,这也从质量平衡的角度对分解测试工作的准确可靠性进行了验证。

2) 柜机的耗材系数高于壁挂机

由表 3 和表 4 可以看出,柜机铜材和塑料的耗材系数比壁挂机略小,但钢铁和铝材的耗材系数则大于壁挂机,钢铁耗材系数大 39%,总耗材系数大 25%。需要说明的是,这些比较结果是由 2 台样机的调查数据得出的,从后面的大量调查统计数据可以看出,柜机和壁挂机的平均总耗材系数差别不大。

3) 日本空调器的铜材使用量明显高于我国的非节能空调器

从表 2 可以看出,日本空调器的铜材使用量明显高于我国的非节能空调器,与我国目前节能空调器的数据接近(见表 5),这与日本空调器能效比标准较高有关。这也说明空调器能效比越高,其铜材

和铝材的比例通常也越高。

表 5 我国空调器整机材料组成数据 %

机型	能效等级	钢铁	铜材	铝材	塑料
壁挂机	1~2 级	56.4	20.0	9.7	13.9
	4~5 级	61.1	16.0	7.8	15.1
立柜机	1~2 级	64.3	15.1	10.9	9.7
	4~5 级	70.1	11.3	8.1	10.5

注:表中的数据均不包括制冷剂、接管和支架部分。

4 我国空调器材料资源消耗状况分析

4.1 空调器净质量调查统计分析

由于不同品牌、不同型号空调器的耗材系数有一定的差别,因此必须对大量空调器产品进行调查统计分析,才能得到空调器材料消耗的统计平均值。2007 年 2 月对 64 种不同品牌、不同型号的空器净质量数据进行调查、统计、分析的结果见表 6,表中 4~5 级普通壁挂机的平均能效比为 2.73,1~2 级节能壁挂机的平均能效比为 3.5,4~5 级普通柜机的平均能效比为 2.71,1~2 级节能柜机的平均能效比为 3.13。主要结论如下。

表 6 房间空调器净质量调查结果

型号规格		能效等级 (平均能效比)	平均制冷量 /W	室内机平均质量/ kg	室外机平均质量/ kg	平均总质量 /kg	耗材系数/ $C_m/(kg/kW)$
壁挂机	小 1 匹,定频	4~5 级(2.73)	2 300	8.0	26.7	34.7	15.09
	小 1 匹,定频	1~2 级(3.53)	2 367	10.1	34.0	44.1	18.63
	大 1 匹,定频	4~5 级(2.74)	2 517	8.5	30.0	38.5	15.30
	大 1 匹,定频	1~2 级(3.48)	2 633	10.2	34.8	45.0	17.09
	大 1 匹,变频		2 600	8.5	33.7	42.2	16.23
	1.5 匹,定频	4~5 级(2.72)	3 217	8.6	36.0	44.6	13.86
	1.5 匹,定频	1~2 级(3.48)	3 258	10.6	38.7	49.3	15.13
	1.5 匹,变频		3 475	8.8	36.0	44.8	12.89
立柜机	2 匹,定频	4~5 级(2.61)	5 029	32.3	41.9	74.2	14.75
	2 匹,定频	1~2 级(3.15)	5 073	37.0	52.5	89.5	17.64
	2.5 匹,定频	4~5 级(2.82)	6 120	37.6	57.0	94.6	15.46
	2.5 匹,定频	1~2 级(3.16)	6 033	40.0	63.0	103.0	17.07
	3 匹,定频	4~5 级(2.69)	7 138	39.3	61.5	100.8	14.12
	3 匹,定频	1~2 级(3.09)	7 190	48.0	69.0	117.0	16.27

注:表中的空调器质量数据均不包括制冷剂、接管和支架的质量。

1) 节能型空调器的耗材量比非节能型空调器显著增加。调查结果显示,与 4~5 级普通空调器相比,1~2 级节能空调器总耗材系数平均增加 15%。增加的耗材主要是铜材和铝材,按铜材和铝材增加的耗材量占总耗材增加量的 70% 估算,并根据表 3、表 4 的数据计算出的节能空调器的铜材和铝材增加量壁挂机为 44%,柜机为 54%。这说明目前增加蒸发器和冷凝器的换热面积仍然是提高空调器能效比的一个重要手段。壁挂机和柜机

的钢材和塑料增加量均为 6%。由此计算得到的节能空调器整机材料组成和耗材系数见表 6,由表 6 可见,变频空调器的耗材量与普通空调机相差不多。

2) 柜机的耗材系数与壁挂机基本相等。普通空调器壁挂机的整机平均耗材系数为 14.75 kg/kW,柜机的整机平均耗材系数为 14.78 kg/kW,柜机整机耗材量比壁挂机略大,但柜机安装材料的耗材系数较小,综合考虑这些因素后,两者的总耗

材系数差别不大。因此,采用 1 台大柜机替代总制冷量相同的 2 台小壁挂机,不一定能使总耗材量减少。

3)在壁挂机中,1.5 匹机耗材系数最小;在柜机中,3 匹机的耗材系数最小。

4.2 我国房间空调器材料资源消耗量分析

根据相关调查结果^[12],在居民拥有的空调器中,壁挂机占 77%,柜机占 18%,窗机占 5%,可见窗机所占比例很小。另外,通过对样本参数的调查对比,发现窗机的耗材系数与分体壁挂空调器相差不多,因此在计算分析中窗机耗材量按壁挂机估算。相关问卷调查结果^[13-14]表明,目前住宅空调器中比例最大的机型是 1.5 匹空调器。据此进行综合分析,确定壁挂机和柜机均按中间制冷量的机型估算,即壁挂机按 2 600 W 机型估算、柜机按 6 000 W 机型估算,普通空调器和节能空调器的平均总耗材系数按前面的调查统计结果计算;根据有关市场调查结果^[20],2005 年节能机型占空调器总产量的比例按 10% 估算,以往各年的比例按每年减少 2% 估算;空调器的整机材料组成、安装材料质量按表 3~5 计算。由这些数据估算出的我国空调器材料资源消耗数据见表 7。表 7 采用材料资源消耗影响因子 X_m 来评价空调器材料消耗对我国材料资源消耗的影响。材料资源消耗影响因子 X_m 的定义为材料年消耗量与该材料资源国内年产量之比, X_m 越大则影响越大。2005 年我国空调器生产的材料资源消耗影响因子见表 8,由于房间空调器的塑料主要是 ABS 塑料^[21],因此表中将空

表 7 我国房间空调器材料资源消耗量估算结果

	空调器产量/ 万台	钢铁/ 万 t	铜材/ 万 t	铝材/ 万 t	塑料/ 万 t
1995 年	683	23.25	5.36	2.59	4.52
1996 年	786	26.76	6.17	2.94	5.21
1997 年	974	33.16	7.64	3.65	6.45
1998 年	1 157	39.39	9.08	4.33	7.66
1999 年	1 338	45.55	10.50	5.01	8.86
2000 年	1 827	62.20	14.34	6.84	12.10
2001 年	2 334	79.54	18.47	8.82	15.49
2002 年	3 135	106.94	25.00	11.96	20.85
2003 年	4 821	164.63	38.75	18.56	32.12
2004 年	6 390	218.43	51.77	24.83	42.66
2005 年	6 765	231.49	55.23	26.52	45.25
2005 年	6 765	242.13	74.51	37.28	49.23

注:最后一行的数据是假设 2005 年生产的空调器全为节能型空调器时的材料消耗量。

调器塑料消耗量与国产 ABS 合成树脂产量进行比较。表 7 和表 8 中空调器材料消耗量均按成品质

表 8 2005 年我国房间空调器材料资源消耗状况分析

	钢铁	铜材	铝材	塑料(ABS)
国内材料产量/万 t	12 960 ^[22-23]	65 ^[24]	409 ^[24]	116 ^[25]
空调器(节能空调器占 10%)材料资源消耗影响因子 X_m /%	2	85	6	39
空调器(节能空调器占 100%)材料资源消耗影响因子 X_m /%	2	115	9	42

注:表中金属材料的国内产量是指国内矿山金属产量,塑料的国内产量是指国内合成树脂的产量。

量计算,未考虑加工过程损耗量,但包括安装材料消耗量。由表 7、表 8 可见,我国空调器生产中材料消耗量最大的是钢铁,但对资源消耗影响最大的是铜材,2005 年我国生产空调器的铜材消耗量占当年全国矿山铜产量的 85%,因此如何减少空调器的铜材消耗是一个需要重点研究解决的课题。另外空调器生产对我国 ABS 塑料材料消耗的影响也较大。

4.3 关于我国空调器材料资源消耗状况的思考

4.3.1 我国空调器生产趋势分析

由于空调器生产的铜材消耗量较大,故它受铜资源匮乏的影响较大。近两年来,铜材价格成倍增加,其他材料的价格也有所上涨,使空调器的成本明显增加。从 2005 年开始,空调器的价格已经止跌回升,2006 年涨幅较大。对比笔者 2005 年 8 月和 2006 年年底对北京市空调器价格进行抽样调查得到的统计数据^[20]可知,普通空调器(5 级能效比)的价格涨幅超过了 20%。这对我国空调器市场将产生重要影响。另外,经过近 10 年的高速增长,我国发达地区大中城市住宅空调器已经趋于饱和,2005 年底,上海、广州、北京等城市居民平均每户空调器拥有量分别达到 1.7、1.7、1.5 台^[1]。受这些因素的影响,尽管今后几年我国空调器生产还会维持高位运行,但其增长速度将会显著下降。近年来我国空调器出口增长速度很快,2005 年出口量达到 2 120 万台^[15],大量出口的需求维持了国内空调器行业的高速增长,但也加剧了我国材料资源供应的紧张状况,因此空调器出口的高速增长趋势也将放缓。从图 1 可以看出,2005 年我国空调器产量和消费量的增幅都明显放缓。

4.3.2 空调器节能与节材应综合考虑

为了减少空调器的运行能耗,2004 年我国提高了对空调器能效比的要求,淘汰了能效比低于 5 级的空调器。根据我国相关标准^[26]的规定,2009 年空调器能效比将进一步提高,空调器能效比不能低于 2 级,这对减少建筑空调能耗有重要意义,但在这一形势下出现的盲目攀比空调器能效比、盲目追求高能效比的现象值得我们警惕。目前增加蒸发器和冷凝器的换热面积仍是提高空调器能效比的一个重要手段^[27],由前面的研究结果可知,节能壁挂式空调器的额定能效比提高 28% 的同时,铜材和铝材消耗量增加了约 44%,这将加剧铜材供应的紧张状况。另外,采用增大“两器”传热面积来增加能效比的方法也是有限度的,到了一定限度后,大量增加铜铝材料消耗产生的节能效果并不显著。因此节能与节材应综合考虑,不能“拆东墙、补西墙”,以大量材料资源消耗来提高空调器的能效比,而应加强空调器制冷系统的优化和强化传热等研究,实现以较少的材料消耗达到提高空调器能效比的目的。同时不能在空调器能效比上搞盲目攀比,追求不切实际的高能效比。

4.3.3 采取综合措施减少空调器的材料消耗

空调节材是一个系统工程,应采取综合措施来减少空调器的材料消耗。应加强空调器节铜和铜材替换的研究,全铜换热器虽然回收方便,并可使空调器能效比有所提高,但它将使空调器铜材消耗量成倍增加,使空调器的成本大幅度增加,因此这不是未来的发展方向,而全铝换热器或许更有发展前途。在空调设计方面,应合理确定空调机容量,减少“大马拉小车”的情况,这方面也有较大潜力可挖。目前住宅空调器的普及率很高,在一些大城市,一户安装 3~4 台空调器的情况已不少见^[20],同时空调器的使用率却不高,存在着空调器过度消费的现象,因此国家应增加材料尤其是稀缺材料的资源税,以减少材料资源的过度消费和浪费现象。

5 结语

5.1 按额定制冷量计算,2004 年我国主要空调制冷设备产量关系约为:房间空调器:空调冷水机组:户式空调机=100:10:1,房间空调器在我国的空调制冷行业中具有举足轻重的地位。受到铜资源短缺因素的制约和发达地区大中城市空调市场趋于饱和等因素的影响,我国房间空调器的产量和消费量的增长速度将会明显放缓。

5.2 通过对房间空调器的材料组成进行抽样分解调查分析,确定了壁挂机和柜机的材料组成,这些研究结果为空调器的资源消耗评价、寿命周期能耗和环境影响评价、废旧空调器的回收再生等工作提供了重要的基础数据。

5.3 采用调查统计方法,对空调器能效比与材料消耗的关系进行了分析研究,发现节能型空调器的耗材系数显著增加。普通空调器的整机耗材系数约为 14.8 kg/kW。与 4~5 级普通空调器相比,1~2 级节能空调器的整机耗材系数平均增加 15% 以上,铜材和铝材的耗材系数平均约增加 44%。因此暖通空调节能工作应综合考虑成本代价,节能与节材应综合考虑,不能以消耗大量材料资源为代价来提高能效比,应加强空调器制冷系统的优化和强化传热等研究,实现以较少的材料消耗达到提高空调器能效比的目的。在空调器能效比方面不能搞盲目攀比,应加强“无材料消耗”和“低材料消耗”的节能技术研究。

5.4 2005 年我国房间空调器生产的材料消耗量约为:钢铁 231 万 t、铜材 55 万 t、铝材 27 万 t、塑料 45 万 t。2005 年我国房间空调器铜材消耗量约占当年全国矿山铜产量的 85%,如果生产的全是节能空调器,则这一比例可高达 119%。房间空调器生产中材料消耗量最大的是钢铁,对我国材料资源消耗影响最大的是铜材,铜资源供应状况是制约我国房间空调器发展的重要因素之一,空调节材工作应以减少铜资源消耗为重点。

5.5 我国是世界最大的金属材料消费国,材料资源供应状况十分严峻,材料资源匮乏问题已经成为制约我国长期可持续发展的一个瓶颈,减少材料资源消耗意义重大、潜力很大、刻不容缓。暖通空调是耗能大户,也是耗材大户,节材与节能同样重要,而且密切相关,节材也是暖通空调从业人员的神圣责任,应统筹考虑、综合优化,才能做出科学的评价和决策。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 1996—2006 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1996—2006
- [2] 李兆坚, 江亿. 我国城镇住宅空调能耗简化算法研究 [J]. 暖通空调, 2006, 36(11): 86—91
- [3] 中国矿业年鉴编辑部. 中国矿业年鉴 2004 [M]. 北京: 地震出版社, 2005
- [4] 莱斯特·布朗. 中国正在取代美国成为世界最大消

- 费国[J]. 世界环境, 2006(1): 57-58
- [5] 石洪卫. 中国 2004 钢铁工业年鉴[M]. 北京: 中国钢铁工业年鉴编辑部, 2005
- [6] 牛建英, 王子甫. 铁矿石进口价格态势分析[J]. 资源与产业, 2006, 8(4): 51-54
- [7] 何斌. 中国空调业遭遇“铜危机”[J]. 中国企业家, 2006(11): 82-83
- [8] 周大地. 2020 中国可持续能源情景[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003
- [9] 曹新元, 王威. 从消费弹性和使用强度看我国矿产资源节约集约利用水平[J]. 国土资源情报, 2006(5): 1-6
- [10] 中国机械工业年鉴编辑委员会. 中国机械工业年鉴 2005[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005
- [11] 姜尔宁. 全球冷水机组和大型空调设备发展现状(2)[J]. 制冷技术, 2004(3): 50-55
- [12] 2005 年国内空调市场消费行为调查报告[R/OL]. [2005-08-05]. <http://homea.people.com.cn/GB/41399/3594283.html>
- [13] 冯小平, 邹昀, 龙惟定. 居住建筑耗能设备的相关调查和统计分析[J]. 节能技术, 2006, 24(1): 28-32
- [14] 钟婷, 龙惟定. 上海市住宅空调的相关调查及其耗电量的估算[J]. 建筑热能通风空调, 2003, 33(3): 22-24
- [15] 中国商务年鉴编辑委员会. 中国商务年鉴 1996—2006[M]. 北京: 中国商务出版社, 1996—2006
- [16] 郭廷杰. 日本家电废塑料的再生利用及分选技术[J]. 再生资源研究, 2001(2): 18-21
- [17] 阎利, 刘应宗, 黄文雄. 废旧家用电器的机械破碎与分选技术[J]. 中国工程科学, 2005, 7(12): 24-30
- [18] 赵先美. 家用电冰箱、空调器可回收技术及设计[J]. 制冷, 2003, 22(3): 31-35
- [19] 彭友元. 电机绕组手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1995
- [20] 李兆坚, 江亿. 北京市住宅空调负荷和能耗特性研究[J]. 暖通空调, 2006, 36(8): 1-6
- [21] 姚鸿德. 华东地区工程塑料及合金的调查报告[J]. 上海塑料, 2000(3): 7-9
- [22] 邹健. 2006 年中国铁矿业面临的形势[J]. 金属矿山, 2006(1): 15-18
- [23] 袁志安, 黄志伟, 姚振玢. 论我国铁矿资源可持续发展战略[J]. 采矿技术, 2006, 6(3): 67-69
- [24] 王恭敏. 铜、铝工业的产能状况、结构调整趋势及风险控制[J]. 有色设备, 2006(2): 1-4
- [25] 中国塑料加工工业协会. 中国塑料工业年鉴(2006)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006
- [26] 中国标准化研究院. GB 12021.3—2004 房间空气调节器能效限定值及能源效率等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004
- [27] 周彬. 房间空调器高效节能技术分析[J]. 电机电器技术, 2003(4): 23-25

· 广告 ·

诚 请 精 英 加 盟

www.werkhart.com

五合国际 (5+1 WERKHART INTERNATIONAL) 作为跨国集团, 在德国、英国、澳洲、上海、北京、香港设有分支机构。中国大陆现有员工 200 余人, 包括掌握欧洲建筑科技的外籍设计师, 为客户提供专业水准的建筑设计服务。同德国著名的 SOBEK 结构设计、德

国 TRANSOLAR 生态节能设计、德国 HENN 大型工业及研发建筑设计以及 DRILL 刘力主创优势互补, 共同开拓中国市场。2004 年入选境外驻中国十大建筑设计公司。

主任结构工程师 (1名)

- 全日制院校结构专业本科以上学历, 硕士以上或有相同职位经验优先;
- 10 年以上大型甲级设计院工作经验, 承担大型公建项目专业负责人经历;
- 熟练使用相关设计软件, 熟悉本专业各项规范及最新技术发展动态;
- 具有国家一级注册结构工程师资格证书。

结构工程师 (2名)

- 全日制院校结构专业本科以上学历;
- 5 年以上结构设计工作经验, 有大型甲级设计院工作经验;
- 熟练使用相关设计软件, 熟悉本专业各项规范及最新技术发展动态;
- 具有国家一级注册结构工程师资格证书优先。

给排水主任工程师 (1名)

- 全日制院校给排水专业本科以上学历;
- 8 年以上甲级设计院给排水设计工作经验, 独立承担大中型项目专业负责人的经验;
- 熟练使用相关设计软件, 熟悉本专业各项规范及最新技术发展动态;
- 具有国家一级注册设备工程师资格证书优先。

给排水工程师 (2名)

- 全日制院校给排水专业本科以上学历;
- 5 年以上设计经验, 具备独立完成本专业设计工作的能力。

电气主任工程师 (强弱电) (1名)

- 全日制院校相关专业本科以上学历;
- 8 年以上甲级设计院工作经验, 独立承担大中型项目专业负责人的经验;
- 精通民用建筑和公共建筑强、弱电设计;
- 具有国家注册电气工程师资格证书优先。

电气工程师 (强弱电) (2名)

- 全日制院校建筑电气专业本科以上学历;
- 精通民用建筑和公共建筑强、弱电设计;
- 5 年以上工作经验, 具备独立完成本专业设计工作的能力;
- 具有国家注册电气工程师资格证书优先。

暖通工程师 (1名)

- 全日制院校暖通专业本科以上学历, 5 年以上工作经验;
- 精通建筑暖通专业, 了解给排水设计原理;
- 熟悉生态节能技术者优先。

以上职位工作地点为北京及上海分公司, 有意者请将简历发送至:

whr@werkhart.com (北京公司)
shr@werkhart.com (上海公司)