

公共建筑能耗调查统计中几个问题的探讨

清华大学 肖 贺[☆] 魏庆芃

摘要 针对目前公共建筑的实际能耗调查和调查方法不规范、不统一的现状,着重探讨了能源消耗边界定义、不同类型能源折算方法、分项能耗拆分方法和归一化指标 4 个方面的已有研究成果和问题,并提出了改进方法。

关键词 公共建筑能耗 能耗边界 能源折算 分项电耗

Discussion on methods of energy consumption survey and statistics in existing public buildings

By Xiao He[★] and Wei Qingpeng

Abstract Aiming at the nonnormal and confusing status of energy consumption survey and statistics methods used in public buildings, discusses the existed research results and problems of definition of energy consumption boundary, conversion method between different types of energy sources, electricity breakdown method and normalization indexes. Puts forward improved solutions.

Keywords energy consumption in public buildings, energy boundary, energy conversion, electricity breakdown

★ Tsinghua University, Beijing, China

①

0 引言

自 20 世纪 90 年代末以来,国内许多学者对公共建筑实际能耗展开了调查研究,部分省市于 2008 年起进行了政府机关办公建筑和部分大型公共建筑的能耗公示,已完成几百栋公共建筑实际能耗的调查、现场测试及统计分析。但另一方面,我国公共建筑实际能耗调查和统计研究还处于起步阶段,调查统计方法缺乏规范性与统一性。为使公共建筑能耗调查统计结果具有相同的定义和对比的基础,本文从建筑能耗调查统计中边界的确定、多种能源的折算方法、分项能耗拆分方法和能耗状况归一化指标四方面,通过文献调查总结现有研究中存在的问题,探讨其成果和不足,并提出改进的方法。

1 能源消耗边界不清晰

虽然建筑能耗数据来源于对各个建筑能源账单的统计,但必须界定清楚建筑能耗的边界,而不是照搬照抄能源账单。在调研中发现,能源消耗边界不清晰突出表现在以下三个问题上。

1.1 是否包含供暖能耗

我国各地区和世界各国由于气候差异,存在对供暖的不同需求,所以公共建筑能耗中是否包含供暖能耗的说法并不统一。表 1 是不同文献给出的各地区公共建筑能耗数据。

表 1 各地区公共建筑能耗数据

北京 ^[1-2]	不包含,供暖能耗单独统计
上海 ^[3-4]	大多数建筑包含供暖
武汉 ^[5-6]	包含供暖
重庆 ^[7-10]	包含供暖
长沙 ^[11-12]	大多数建筑包含供暖
广州 ^[13-17]	无供暖
深圳 ^[18-19]	无供暖
天津 ^[20]	包含供暖
香港 ^[21-23]	无供暖
日本 ^[24]	包含供暖
美国 ^[25]	包含,但供暖能耗也单独统计
英国 ^[26-27]	包含,但供暖能耗也单独统计

文献^[14]调查了广州地区办公楼类建筑单位

①☆ 肖贺,女,1986 年 2 月生,在读硕士研究生
100084 清华大学建筑技术科学系
(010) 62775553
E-mail: xiao-h04@mails.tsinghua.edu.cn
收稿日期:2009-04-26

面积能耗,并与国内其他地区及日本同类建筑进行比较(见表 2),得出结论:广州地区办公楼类建筑能耗高于深圳和武汉,而低于上海、重庆等其他城市。但由于长沙、上海、武汉、重庆、天津与日本的能耗均包含供暖能耗,故应在比较中注明。

表 2 广州地区和其他地区办公楼单位面积平均能耗比较^[14]

GJ/(m ² ·a)	
地区	单位建筑面积平均能耗
广州	1.39
长沙 ^[11]	1.79
上海 ^[3]	1.80
深圳 ^[8]	1.16
武汉 ^[5]	0.67
重庆 ^[8]	1.77
天津 ^[20]	2.20
日本 ^[3]	1.62

1.2 与其他建筑共用变压器或制冷站

清华大学建筑节能研究中心自 2007 年开始调研了香港 5 栋高档办公建筑的全年耗冷量,见图 1。然而由于设计与管理的特殊性,建筑 HK2 的制冷站会在夜间向建筑 HK1 和 HK3 分别供冷;建筑 HK4 和建筑 HK5 也会相互供冷。如果仅考虑建筑产冷量,得出的结果并不能体现建筑的实际耗冷量,与其他建筑进行比较时也容易产生误解。而如果规范建筑能耗的边界,即实际用于该建筑服务的能量消耗,那么就可以得到图 1 中的建筑净耗冷量了。

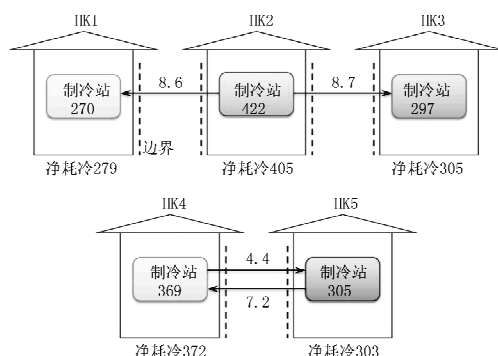


图 1 香港办公建筑冷量流动示意图(单位: kWh/(m²·a))

1.3 某些特殊能源消耗

某些建筑中存在某些特殊能耗部门(比如宾馆洗衣房、办公楼中的数据中心和餐厅等等),这些特殊部门通常为不同建筑共用或提供出售服务。

文献^[4]统计了上海 4 栋宾馆类建筑分项能耗(见图 2)。比较来看,这 4 栋建筑电耗水平相近,但天然气耗量相差很多,特别是宾馆 T7 天然气消耗量大约是其其他 3 栋的 3~10 倍。经上海研究机

构调研发现,该地区很多酒店宾馆的洗衣房都存在接外单的情况,酒店洗衣房所消耗的能源并不完全服务于本建筑。根据这种情况判断宾馆 T7 很可能也存在相似情况。

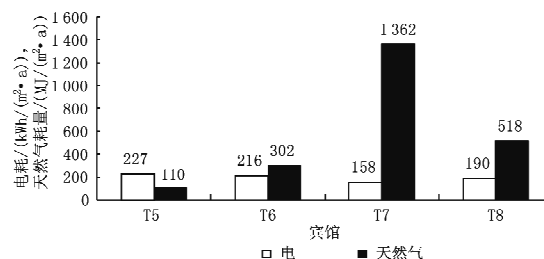


图 2 上海 4 栋宾馆类建筑分项能耗

总之,建筑能耗中是否包括为其他建筑而消耗的能量、是否包含供暖等等都涉及到能源消耗边界问题,需要从该建筑自身消耗出发清晰定义。

2 不同类型能源折算方法的探讨

2.1 目前普遍采用的能源折算方法

在现有文献中,能源消耗统计方法主要依据燃料的平均低位发热量进行简单折算。

$$E^* = E_e^* + E_{ng}^* + E_f^* \quad (1)$$

式中 E^* 为建筑总折算能耗, GJ; E_e^* 为建筑消耗的电的一次能耗折算值, GJ; E_{ng}^* 为建筑消耗的天然气的一次能耗折算值, GJ; E_f^* 为建筑消耗的燃油的一次能耗折算值, GJ。

式(1)可以写成:

$$E^* = c_e E_e + c_{ng} E_{ng} + c_f E_f \quad (2)$$

式中 E_e 为建筑实际耗电量, kWh; E_{ng} 为建筑实际消耗天然气量, m³; E_f 为建筑实际消耗燃油量, kg; c_e, c_{ng}, c_f 分别为电、天然气、油的平均低位发热量(kJ/(kWh), kJ/m³ 或 kJ/kg), 或标准煤折算系数(kg/(kWh), kg/m³ 或 kg/kg), 见表 3^[28]。

表 3 部分能源平均低位发热量参考系数

平均低位发热量	标准煤折算系数	
	发电煤耗计算法	电热当量计算法
水电、核电	0.361 9 kg/(kWh)	0.122 9 kg/(kWh)
火电	10 256 kJ/(kWh)	0.361 9 kg/(kWh)
天然气	38 972 kJ/m ³	1.33 kg/m ³
原油	41 680 kJ/kg	1.428 6 kg/kg
汽油、煤油	43 116 kJ/kg	1.471 4 kg/kg
柴油	42 697 kJ/kg	1.457 1 kg/kg
原煤	20 930 kJ/kg	0.714 3 kg/kg

然而这种折算方法存在着下面两个重要问题。

1) 折算系数取值差异大

在众多文献中,只有有限文献给出了计算采用

的折算系数,见表 4。

表 4 部分文献采用的能源折算系数

	折算系数电	折算系数燃油	折算系数天然气
文献[3]	12 139 kJ (2 900 kcal)	未给出	未给出
文献[8]	10 256 kJ (2 450 kcal)	42 760 kJ/kg (10 215 kcal/kg)	33 208 kJ/m ³ (7 933 kcal/m ³)
文献[5-6]	11 855 kJ (2 832 kcal)	42 710 kJ/kg (10 203 kcal/kg(柴油))	33 521 kJ/m ³ (8 008 kcal/m ³)

采用不同的能源折算系数,建筑能耗的计算结果甚至会出现 10% 左右的误差。比如上海某大型公共建筑,面积为 98 000 m²,建筑电、天然气与燃油的实际消耗量见表 5,分别采用表 3(取柴油的平均低位发热量)、表 4(文献[3]后两项取标准值)中

的系数计算年总一次能耗。

表 5 某实际建筑采用不同能源折算系数的能耗统计结果

	电	天然气	燃油	建筑总能耗/GJ	误差/%
折算前	18 MWh	80 万 m ³	200 kg		
折算后	标准值	184 338 GJ	31 133 GJ	9 GJ	215 479
文献[3]	218 196 GJ	31 133 GJ	9 GJ	249 337	16
文献[8]	184 338 GJ	26 528 GJ	9 GJ	210 874	-2
文献[5-6]	213 080 GJ	26 779 GJ	9 GJ	239 867	11

2) 不同类型能源消耗简单相加

文献[11]调研了长沙市具有代表性的 14 幢公共建筑能耗,调研采用现场测试与调研问卷结合的方法,内容包括一年内逐月建筑能耗、空调能耗和空调冷热源方式等,结果见表 6。

表 6 长沙市 14 幢公共建筑全年能耗调查结果

建筑代号	建筑功能	冷热源方式	建筑面积/m ²	空调面积/m ²	单位建筑面积能耗/ (GJ/(m ² ·a))	单位空调面积能耗/ (GJ/(m ² ·a))
A	宾馆	离心式冷水机组+燃煤锅炉	32 000	32 000	2.15	1.04
B	写字楼+酒店	离心式冷水机组+燃油锅炉	41 600	41 600	1.29	0.61
C	写字楼+商场	离心式冷水机组+空气源热泵 +溴化锂直燃机	115 000	64 000	2.04	1.20
D	地下商场	离心式冷水机组(冬季不供暖)	17 000	17 000	2.76	1.65
E	宾馆	离心式冷水机组+燃油锅炉	32 000	32 000	1.17	0.50
F	宾馆	离心式冷水机组+燃油锅炉	150 000	30 000	0.45	0.95
G	餐厅	水源热泵	6 200	6 200	0.88	0.43
II	办公楼	水环热泵+电辅助加热器	1 300	1 300	1.73	0.79
I	宾馆	离心式冷水机组+燃油锅炉	32 000	32 000	2.29	1.16
J	宾馆	空气源热泵+电辅助加热器	6 000	6 000	0.96	0.37
K	办公楼	离心式冷水机组+燃油锅炉	11 000	11 000	2.00	1.29
L	超市	离心式冷水机组(冬季不供暖)	21 000	17 000	2.75	1.37
M	办公楼+住宅楼	水环热泵+燃气锅炉	61 000	52 000	2.15	1.04
N	办公楼	空气源热泵	3 400	2 700	1.29	0.61

从表 6 可见,这 14 幢公共建筑包括办公楼、宾馆、商场、综合性写字楼等。建筑冷热源形式复杂,夏季冷源主要采用离心式冷水机组,冬季热源主要采用燃煤、燃油或燃气锅炉,也有部分建筑全年使用水源或空气源热泵,或配合使用直燃机等,即各建筑能源消耗形式差异性大。虽然如此,文献[11]作者并没有分别统计各种能源的消耗量,而是将电、燃油与天然气统一折算成年一次能耗,并直接

相加,从而得出单位建筑面积能耗。

文献[3]调查了上海 9 幢办公楼和商业综合办公楼的冷热源形式和全年能耗,其中夏季冷源主要采用电制冷机,冬季热源主要为燃油、燃气或电锅炉,也有全年使用空气源热泵的建筑。该文献同样没有分别给出电与燃料的消耗量,而是仅给出了折算年一次能耗的指标值。

文献[3]同时对上海 200 幢高层公共建筑的空

表 7 上海 9 幢办公楼和商办楼的全年能耗调查结果^[3]

建筑名称	建筑功能	冷热源方式	建筑总面积/ m ²	单位面积空调装机 冷量/(W/m ²)	单位面积空调装机 功率/(W/m ²)	空调系统能效比	折算年一次能耗/ (GJ/(m ² ·a))
YY 大厦	办公楼	空气源热泵	12 013	110.0	42.4	2.6	1.55
YX 大厦	办公楼	空气源热泵	14 400	145.4	60.0	2.4	1.23
LF 大厦	办公楼	空气源热泵	31 520	152.3	45.6	3.3	2.20
YA 大厦	办公楼	电制冷机+燃油锅炉	37 709	111.0	38.6	2.9	2.39
XLM 大厦	办公楼	电制冷机+燃油锅炉	61 000	90.0	29.8	3.0	1.25
IID 大厦	办公楼	电制冷机+燃油锅炉	46 176	157.7	42.9	3.7	1.45
JSFX 大厦	商办楼	电制冷机+电锅炉	57 566	202.5	69.0	2.9	2.72
SW 中心	商办楼	电制冷机+燃油锅炉	123 213	119.8	38.2	3.1	2.00
ZC 大厦	商办楼	电制冷机+水环热泵	36 000	175.8	64.4	2.7	1.42

调冷热源方式及能源品种进行了调查,结果显示,这些建筑所消耗的能源品种不但差异性大,而且采

用复合能源的比例也较高。也就是说,建筑消耗的能源形式和比例构成各不相同,如果不按照各种能

源形式分别给出统计结果,很难准确客观地描述建筑能源消耗情况,也很难进行建筑之间的比较。

比如,文献[11]中的办公楼 K 使用离心式冷水机组和燃油锅炉,该建筑消耗电与燃油,年一次能耗量为 $2 \text{ GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;文献[2]中的办公楼 YA, XLM 和 HD 使用电制冷机和燃油锅炉,建筑同样消耗电与燃油,年一次能耗量分别为 2.39, 1.25 和 $1.45 \text{ GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。这 4 幢办公建筑的冷热源形式是相同或相近的,表面上看,建筑 YA 的年一次能耗值最高,但不能由此得出建筑 YA 的冷热源设备费能,因为仅有一个建筑耗能总数是很难判断电制冷机与燃油锅炉各自的能源消耗量的,也就不能得出这 4 幢建筑的电制冷机和燃油锅炉耗能量的排序。

对于冷热源形式不同的建筑,年一次能耗折算值就更不利于比较了。比如文献[3]中办公楼 YY, YX 和 LF 全年使用空气源热泵,而办公楼 YA, XLM 和 HD 夏季使用电制冷机组,冬季使用

燃油锅炉。前者全年仅消耗电,后者还消耗了燃油。对于这种情况,应首先给出办公楼 YA, XLM 和 HD 的电与燃油消耗量,再将空气源热泵制冷季与供暖季的电耗,分别和电制冷机的供冷耗电量、燃油锅炉的供暖耗能量进行比较。

除此之外,文献[5],[7-9],[12-15]及部分省市的政府机关办公建筑能耗公示都普遍采用上述的统计方法,直接导致了各地区的公共建筑能耗无法进行地区与地区、个体与个体之间的比较,部分文献基于这些笼统的数据得出的结论也有待进一步确认。

2.2 可采取的能耗统计方法

分别统计建筑所耗电、天然气与燃油,直接给出耗能量。

文献[4]与上述文献不同,对于调研的上海 9 幢公共建筑,不但统计了建筑面积与冷热源方式,还分别给出了建筑电、天然气与燃油的消耗量,结果见表 8。

表 8 上海 9 幢公共建筑全年能耗调查结果

编号	建筑功能	冷热源方式	建筑面积/ m^2	全年一次能耗/ $(\text{GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$			总量/ $(\text{GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$	平均/ $(\text{GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$
				电	天然气	油		
1	办公楼	电制冷机+燃气锅炉	77 690	1.399	0.091	0	1.490	1.665
2	办公楼	电制冷机+燃气锅炉	50 000	1.783	0	0	1.783	1.665
3	办公楼	电制冷机+电锅炉	81 000	1.760	0	0	1.760	1.665
4	办公楼	电制冷机+燃油锅炉	80 697	1.349	0	0.278	1.627	1.665
5	办公/宾馆/商场	电制冷机+燃油锅炉+水源热泵	170 000	2.159	0.110	0.6	2.869	2.285
6	办公/宾馆	电制冷+燃气锅炉	289 500	2.058	0.302	0	2.360	2.285
7	宾馆	燃气发动机驱动热泵机组	10 000	1.506	1.362	0	2.868	3.085
8	宾馆	电制冷+燃油锅炉	20 000	1.81	0.518	0.974	3.302	3.085
9	商场	电制冷+燃气锅炉	17 440	2.856	0.309	0	3.165	3.165

这样就可以仅就相同形式的能源消耗进行比较。比如在办公楼 1~4 中,办公楼 2 电耗最高,其次分别为办公楼 3、办公楼 1 与办公楼 4。若不考虑供暖能耗,则办公楼 3 需要减去电耗中的供暖能耗部分,再与其他 3 幢进行比较,空调设备电耗差异需要进一步考察分项电耗。

由于文献[4]没有给出折算系数,所以无法换算成建筑原始能耗,在与其他建筑的比较中也就存在上文涉及的问题。所以,公共建筑能耗统计不但要分别统计建筑耗电、天然气与燃油,还要注意不折算成一次能耗,而是直接按能源种类给出建筑耗能量,见表 9。

除此之外,不同能源有品位高低之分,电是最髙品位能源,其次是天然气、煤等。以上的方法除电的转换外,其他能源都只是简单地从“量”上考虑,将各种不同能源按低品位的热折算成标准煤,

表 9 上海 5 幢公共建筑全年能耗调查结果

编号	建筑功能	冷热源方式	建筑面积/ m^2	建筑能耗		
				电/ $(\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$	天然气/ $(\text{km}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$	油/ $(\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$
1	综合性商办楼	电制冷机+燃气锅炉+燃油锅炉	98 000	182.5	793.3	200
2	综合性商办楼	电制冷机+电锅炉	40 000	129.5	0	0
3	综合性商办楼	空气源热泵机组	72 000	137.8	0	0
4	商场	空气源热泵机组	60 737	138.2	66.7	0
5	商场	电制冷机(不供暖)	30 525	295.1	0	0

忽略了能源之间“质”的差别,因此在计算能源消耗、评价能源转换系统时必然存在不足。现有一种新的不同类型能源间的换算方法,即等效电法^[1],以高品位的电作为标准,将其他终端能源按照一定的折算系数转化为电,可有效解决上述问题。

3 分项能耗拆分算法准确度不一

3.1 拆分方法

目前研究中主要采用以下两种电耗拆分方法。第一种方法是用“基本负荷”估算空调系统能

耗。文献[3]中提到,在全年能耗中,可以认为照明、动力等基本负荷是全年基本稳定的,而空调能耗则随季节或气候等波动。所以,将最低两个月能耗量的平均值作为基本负荷,其上的波动负荷视为空调能耗量。文献[5]中采用类似的方法,将武汉公共建筑最低两个月(上半年以 4 月为基准,下半年以 10 月份为基准)的用电量作为基本负荷,其上的用电量作为空调用电量。文献[6]同样调查武汉国家机关办公建筑和大型公共建筑,却将最低两个月定义为 4 月与 11 月。

这种拆分方法过于粗糙,且具有一定的弊端,如果建筑空调系统运行时间过长,或存在空调箱、新风机不关的情况,所取的“基准能耗”实际已经包含了部分空调能耗,波动负荷不等于空调能耗量。

第二种方法是根据现场调研与测试获得的资料进行电耗拆分,这种方法由于考虑了建筑个性特征,所以结果比较准确,但需要注意以下两点。

3.1.1 统一的分项定义

统一的分项定义是进一步比较建筑分项用电的基础,否则容易得出错误的结论。现有文献中还没有使用统一的定义,比如文献[16]中定义了空调、照明、办公和其他(包括生活水泵、电梯和消防系统)4 种分项,文献[18]中则定义了空调、照明、办公、电梯和生活水泵 5 种分项,故无法比较两地区办公建筑的电梯能耗特点。而有关空调系统分项的定义差异性更大,为进一步分析制造了阻碍。

3.1.2 规范的计算过程

为获得拆分结果,应走访建筑管理部门并详细调研设备信息(如办公设备、照明灯具的种类和台数,空调系统设备列表等)、运行管理模式(如空调系统开启时段、台数或频率控制策略;照明或办公设备运行时间等等)和人员作息(如上下班时间、加班时段及人数等)。

对于有分项计量系统的建筑,应根据计量数据得出分项电耗;若没有安装分项计量系统,应采用下述方法进行拆分:

1) 一般照明插座设备。应调查统计照明、插座设备和电开水器的功率、个数,并现场调查开启情况与运行时间,从而计算总耗能。

2) 一般动力设备。应调查电梯、给排水泵的个数、功率与运行情况。文献[6]调研了武汉公共建筑,指出办公楼电梯每天运行 9~11 h,年工作

258 d。电梯的同时使用系数依用户情况而定,货梯一般取 0.3,客梯取 0.3~0.6。

3) 特殊功能设备。信息中心一般全年运行,所以只需调研设备个数与功率即可估算总能耗。厨房设备运行时段规律性强,应调研厨房炊事设备与空调风机的个数、功率,从而按照运行时间计算总能耗。

4) 暖通空调。

① 制冷机一般都有全年运行记录,故应将逐时功率全年积分。

② 水泵若无全年逐时功率,则应分为定频与变频进行调查与测试。对于定频水泵,要调查台数控制策略,测试不同台数组合时的功率,根据运行记录统计各种启、停组合出现的时间,从而得出水泵电耗;对于变频水泵,要测试实际不同台数、频率时的功率,再根据运行记录计算运行时间与水泵电耗。

③ 空调室内、外侧风机与水泵计算方法相仿。

④ 对于分散空调,需要统计空调器的功率、数量,估算其运行时间,计算总能耗。

3.2 拆分结果

现有文献中普遍存在两种拆分结果表达方式。

文献[12],[16],[18-20]给出了分项能耗的绝对值,见图 3~5。

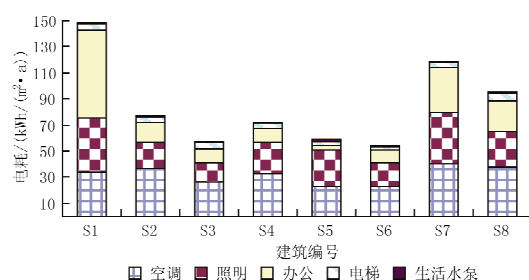


图 3 深圳 8 幢办公楼分项电耗

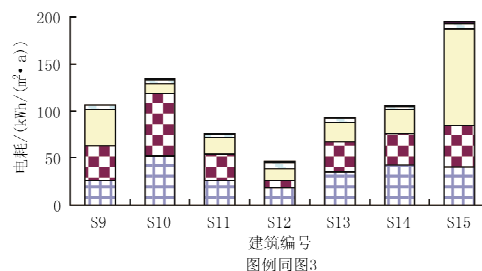


图 4 深圳 7 幢商业综合办公楼分项电耗

文献[3],[7-8],[10],[14-15],[17]没有给出分项电耗的绝对值,而仅仅给出各项的相对比

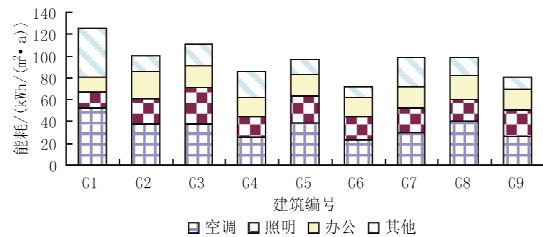


图5 广州9幢办公建筑分项能耗

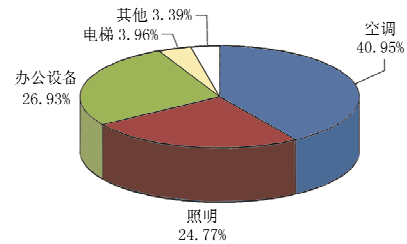


图8 广州某典型办公建筑分项能耗比例

例,见图6~9。百分比的相互比较无法判别能耗高低,必须给出绝对值。

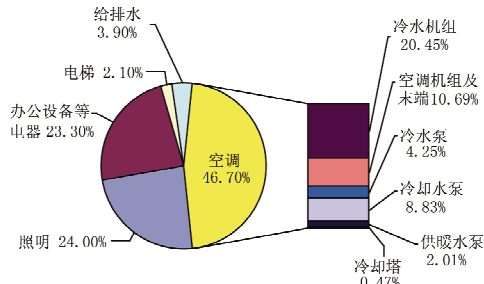


图6 重庆某酒店分项能耗比例

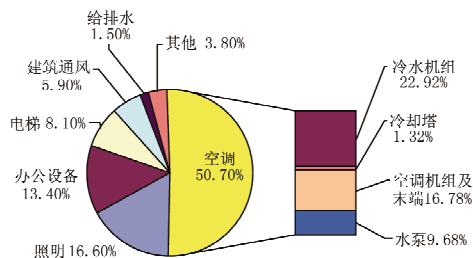


图7 重庆某办公楼分项能耗比例

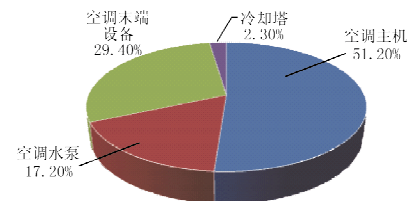


图9 广州某典型办公建筑空调系统分项能耗比例

4 归一化指标不明确

现在普遍采用单位建筑面积总能耗的归一化指标评估建筑能耗,这就涉及到如何来界定面积。

文献[24]统计了日本不同类型办公楼的单位面积建筑总能耗及分项能耗,如表10所示,其中分别比较了使用三种面积归一化下的能耗强度值。从中可见,即便是描述同样分项的能耗,使用不同的面积定义会使得单位面积能耗产生巨大差别。

我国现有研究中关于面积的统计普遍存在定义不清、包含范围不明确的情况,故在面积统计中应注意以下问题。

表10 日本不同形式办公楼能耗强度比较

MJ/(m²·a)

建筑总能耗	分项能耗									
	冷热源	循环水泵	风机	生活热水	照明	插座	通风	给排水	电梯	其他
政府办公楼 (全部空调)	1 251 (1 692) [1 410]	284 (371) [127]	93 (127) (224)	41 (52) (392)	250 (392) (230)	165 (230) (125)	97 (125) (12)	9 (12) (46)	38 (46) (113)	82 (113)
自用型办公楼 (全部空调)	1 755 (2 234) [1 916]	469 (622) (167)	119 (167) (307)	11 (13) (477)	369 (477) (334)	275 (334) (122)	108 (122) (17)	14 (17) (53)	34 (53) (122)	101 (122)
60%以上出租 (部分空调)	1 717 (2 310) [1 814]	441 (598) (164)	130 (164) (216)	15 (18) (501)	355 (501) (504)	376 (504) (110)	83 (110) (19)	15 (19) (60)	45 (60) (120)	90 (120)
60%以上出租 (DHC)	1 919 (2 427) [2 081]	558 (707) (121)	62 (121) (305)	18 (21) (525)	398 (525) (354)	280 (354) (212)	169 (212) (45)	34 (45) (60)	70 (60) (77)	67 (77)
40%~60%出租 (部分空调)	1 775 (2 548) [1 989]	417 (593) (199)	140 (199) (239)	30 (40) (520)	358 (520) (574)	363 (574) (154)	119 (154) (20)	14 (20) (58)	39 (58) (151)	105 (151)
40%~60%出租 (DIIC)	2 073 (2 877) [2 322]	508 (771) (138)	110 (138) (412)	32 (51) (531)	415 (531) (543)	440 (543) (133)	103 (133) (17)	13 (17) (101)	68 (101) (180)	120 (180)
40%以下出租 (全部空调)	1 685 (2 543) [2 284]	406 (672) (171)	127 (171) (243)	38 (44) (536)	351 (536) (487)	302 (487) (153)	132 (153) (22)	13 (22) (42)	29 (42) (173)	110 (173)

注:表中无括号数字代表建筑能耗/建筑面积;圆括号内数字代表建筑能耗/空调面积;方括号内数字代表建筑能耗/(建筑面积-停车场面积)。

1) 总建筑面积。GB/T 50353—2005《建筑工程建筑面积计算规范》中详细规定了建筑面积的计算方法,即根据竣工图纸取外墙外边界。单位面积建筑能耗现使用总建筑面积进行计算。

2) 各功能区建筑面积。对于商业综合型办公楼等混合功能的建筑,应按照建筑功能(如办公楼、商场、饮食区等)分别统计各功能区建筑面积。《国家机关办公建筑和大型公共建筑能源审计导则(2007)》中规定,不同功能区交界处应取墙中线。特别是要统计车库面积,并注明建筑总面积中是否包含此项。

3) 空调面积。空调面积在实际统计时存在一定的困难,也没有明确的统计方法。如若统计,应注明是否包含走廊、大厅、中庭等等。

5 结论

5.1 不应仅按照能源账单上的数据统计建筑耗能量,而应清晰定义建筑能耗边界,即该建筑本身消耗的各类能源,特别是对于是否包含供暖能耗,是否存在建筑公用变电器与制冷站,是否存在特殊用电部分等等都应清晰定义。

5.2 对于不同类型的能源消耗,不应采用折算一次能耗并相加的方法,而应分别统计电与燃料的实际消耗量,并且不折算成一次能源消耗。

5.3 计算建筑分项电耗,不能使用“基本负荷”估算空调系统电耗的方法,而应该详细调研建筑设备信息、运行管理模式与人员作息时,并按照统一的能耗模型计算分项电耗,且拆分的结果必须给出电耗绝对值,而非百分比。

5.4 建筑面积对于得出正确的归一化指标至关重要,应清晰界定。除按外墙外边界统计总建筑面积之外,还应按照墙中线分别统计各功能区与车库的面积,空调面积要注明统计方法与包含范围。

参考文献:

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2008[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2008
- [2] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2009[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2009
- [3] 龙惟定,潘毅群,范存养,等. 上海公共建筑能耗现状及节能潜力分析[J]. 暖通空调,1998, 28(6): 13-17
- [4] 杨晓敏. 上海地区公共建筑能耗现状与节能分析[D]. 上海:同济大学,2007
- [5] 李玉云,张春枝,曾省稚. 武汉市公共建筑集中空调系统能耗分析[J]. 暖通空调,2002,32(4): 85-87
- [6] 张道军,李玉云,蒋修英,等. 建筑能源审计的数据统计与分析方法的研究[J]. 暖通空调,2008,38(12): 54-57
- [7] 王洪卫,白雪莲,孙纯武,等. 重庆市公共建筑能耗分析[J]. 建筑热能通风空调,2005,24(5):85-88
- [8] 王洪卫,白雪莲,孙纯武,等. 重庆市大型公共建筑集中空调系统能耗状况及分析[J]. 洁净与空调技术, 2005(4):47-50
- [9] 郭林文. 重庆市公共建筑能耗现状及节能评价分析[D]. 重庆:重庆大学,2005
- [10] 王洪卫. 重庆市公共建筑空调系统能耗现状及节能研究[D]. 重庆:重庆大学,2006
- [11] 杨昌智,吴晓艳,李文菁,等. 长沙市公共建筑空调系统能耗现状与节能潜力分析[J]. 暖通空调,2005, 35(12): 39-43
- [12] 沈浩. 长沙地区公共建筑的能耗现状与节能分析[D]. 湖南:湖南大学,2005
- [13] 张海军,丁云飞,周孝清. 广州地区办公建筑空调能耗分析与评价[J]. 节能技术,2007, 25(6): 532-534
- [14] 刘芳,陈伟青,周孝清,等. 广州地区写字楼类建筑能耗调查与分析[J]. 建筑科学,2007,23(8): 57-60
- [15] 周孝清,刘芳,陈伟青,等. 广州公共建筑能耗调查及研究[J]. 建筑科学,2007,23(12): 76-80
- [16] 李志生,张国强,李冬梅,等. 广州地区大型办公类公共建筑能耗调查与分析[J]. 重庆建筑大学学报, 2008,30(5): 112-117
- [17] 宋玮. 广州地区公共建筑能耗调查与研究[D]. 广州:广州大学,2006
- [18] 梁珍,赵加宁,郭骏. 高层办公建筑能耗调查与节能潜力分析[J]. 节能技术,2001,19(1):19-22
- [19] 刘俊跃,顾群,魏庆茂. 深圳大型公共建筑能耗调查与节能改造案例分析[J]. 建筑科学,2007,23(10): 112-115
- [20] 杨洁,涂光备,森山正和,等. 天津与神户地区公共建筑能耗调查分析[J]. 煤气与热力,2004,24(1):13-16
- [21] 姜承芝,杨洪兴,李雨桐,等. 建筑物能源审计研究[J]. 暖通空调,2006,36(5): 44-50
- [22] 香港机电工程署 EMSD. End-use data. <http://www.emsd.gov.hk>
- [23] Jojo S M Li. A study performance and efficiency improvement procedures of government offices in Hong Kong Special Administrative Region [J]. Energy and Buildings, 2008,40:1872-1875
- [24] 徐国海. 日本公共建筑能耗状况与案例[R], 2009
- [25] U S Energy Information Administration. Commercial building energy consumption survey [C] // Commercial Buildings Energy Consumption and Expenditures, 2003
- [26] Digest of United Kingdom energy statistics 2008[R]. BERR, 2008
- [27] DTI. Worksheet of digest of United Kingdom energy statistics[R], 2004
- [28] 中国统计局工业交通统计司,国家发展和改革委员会. 中国能源统计年鉴 2005[M]. 北京:中国统计出版社,2005