

复旦大学
国际学术交流中心
能源审计报告

上海大学
二零一一年四月

第一章 建筑物概况

复旦大学国际学术交流中心（皇冠假日酒店）是一个多功能的五星级宾馆建筑，位于上海市邯郸路国权路口。

主楼地面以上主要功能为客房，1~3 层为会议中心公共空间，4~18 层以上为酒店，18 层以上为校长俱乐部及设备用房。裙房主要功能为餐厅、宴会厅、会议室、健身房。地下部分主要功能为机房、办公室及停车场。

因为建筑业权不属于复旦大学，所以建筑资料缺失，我们只能从建筑年代，规范规定，以及观察照片等来进行估计。国际学术交流中心坐北朝南，为现浇钢筋混凝土框架—核心筒结构。总建筑面积 44549.8 平方米。建筑总高度 78.81 米，地上 20 层，地下 1 层面积 5335.8 平方米。

建筑的外观如下：



图 1-1 复旦大学国际学术交流中心外观

第二章 建筑物能耗分析

复旦大学国际学术交流中心的主要能源消耗种类为电力和人工煤气。主要用电设备包括冷冻主机、水泵、冷却塔、照明、电梯等。煤气消耗主要用于锅炉和厨房使用。复旦大学国际学术交流中心曾于 2010 年由优耐德宏腾能源中心做过能源审计评估报告。据其资料显示 2009 年国际学术交流中心电力消耗占整体能源消耗的 59%，人工煤气的消耗占整体能源消耗的 41%。

节能分析结论：

- 1、国际学术界交流中心能源管理状况良好，管理人员对能源的节约比较重视，工作人员节能意识也比较强。该建筑曾与 2010 年做过一次能源审计，故现阶段各系统节能工作已经比较成熟。
- 2、建筑物内所有普通 T8 日光灯换为 T5 节能灯或更为环保节能的 LED 灯。
- 3、对空调系统进行技术改造。
- 4、对建筑物的窗户进行改造并对南面窗户增加外遮阳装置。

2.1 空调系统

国际学术交流中心的空调系统主要由 3 台 YORK 制冷主机构成。冷冻机房位于 B1 层，共有 3 台 350RT 的 YORK 螺杆式制冷主机，2006 年开始使用至今，所有制冷主机的冷媒为 R22。

冷冻水泵位于 B1 的冷冻机房内，有 2 台 Paco 的冷冻水泵及 1 台 Sow 的冷冻水泵。其中，单台 Paco 水泵的功率为 30kw，没有配套的变频系统；Sow 的冷冻水泵功率为 22 kW，于 2009 年改造，配有一套 DELIXI 变频设备。

冷却水泵也位于 B1 层的冷冻机房内，有 2 台 Paco 的冷却水泵及 1 台 Sow 的冷却水泵。其中，单台 Paco 水泵的功率为 30 kW，没有配套的变频系统；Sow 的冷却水泵功率为 37 kW，于 2009 年改造，配有一套 DELIXI 变频设备。

空调系统的冷却塔位于裙楼屋顶上，由 3 台马利冷却塔构成，单台冷却塔的风机功率为 7.5 kW，没有变频控制系统。

表 2-1 空调系统主要设备明细表

类型	数量	功率	制冷量	位置
制冷主机	3		3*350RT	B1 层
冷冻水泵	3	2*30 kW 1*22 kW		B1 层
冷却水泵	3	2*30 kW 1*37 kW		B1 层
冷却塔	3	3*7.5 kW		裙楼楼顶



图 2-1 冷机机组



图 2-2 冷冻机控制柜



图 2-3 冷水泵

根据审计小组的调查及国际学术交流中心提供的资料，国际学术交流中心空调系统的控制方式为集中监控，主机开启及水泵变频系统则采用人工的方式进行控制。



图 2-4 空调监控系统：

2.2 照明系统

根据国际学术交流中心提供的资料，建筑物内照明系统的总功率为 755kw，其中节能灯具占总照明灯具数额的 86%，室内办公区域照明系统采用了时间控制系统及调光系统，室外照明系统同样采用了时间控制系统。根据现场进一步勘查，客房内很多光源都采用了 LED 等节能光源。因此，建筑物照明系统实际运用的非常成熟，节能潜力不大。



图 2-5 国际学术交流中心内 LED 吊灯

2.3 锅炉系统

国际学术交流中心的锅炉系统主要由 2 台双良的油气两用蒸汽锅炉组成（一用一备），单台设计蒸汽供应量为 4 T/h，位于酒店附近的锅炉房内，从 2006 年开始正式使用至今。2010 年新安装了 2 台天然空气源热泵机组，额定制热量为 95 kW，为蒸汽锅炉预先加热热水至 50℃，节约燃气费用。

蒸汽锅炉的蒸汽主要用途：

1) 整个建筑物的冬季供暖。在需要供暖的季节，通过 B1 层的板式汽水热交换器，将加热后的热水通过热水循环泵直接进入空气处理机组和风机盘管来为整个楼宇供暖。

2) 酒店生活用水的加热。通过 B1 层的容积式汽水热交换器，加热后的生活热水通过热水循环泵供至客房。

3) 洗衣房蒸汽消耗。

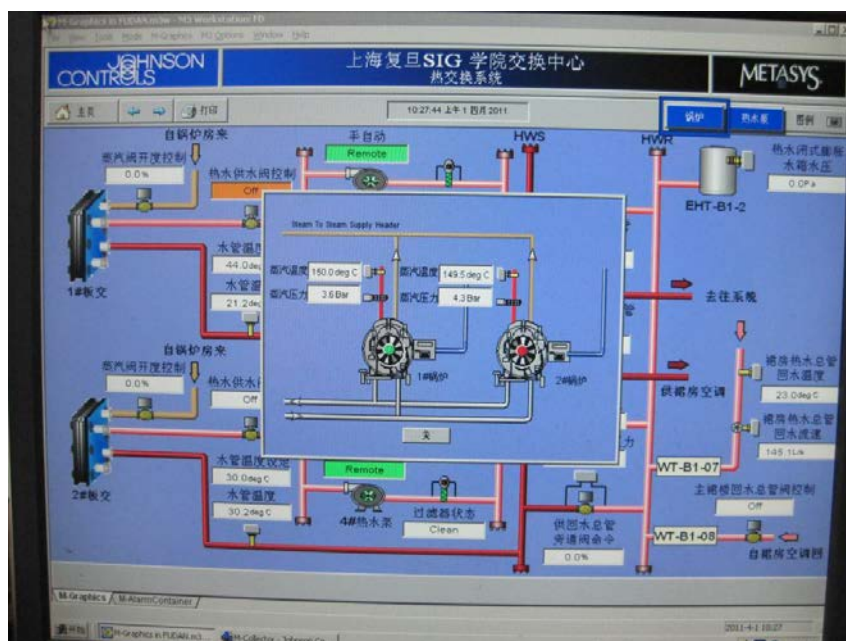


图 2-6 热交换控制系统示意图



图 2-5 蒸汽锅炉

第三章 建筑物能源管理体系

建筑物范围内执行复旦大学所颁布的相关能源管理办法和法规，如空调使用管理制度、节约用水管理条例、用水设备管理、器具定期检修制度等。

在计量器具配备方面，经过对建筑物的现场调研和了解，目前建筑物内仅配有水、电的能源计量器具，可对电耗和水耗情况进行统计结算，但对泵房、电梯、空调等分项系统并未安装计量器具，仍需进一步完善。

能源计量器具配备和国家《用能单位能源计量器具配备与管理通则》相比在电力计量方面仍有一定差距。

第四章 建筑物能耗分析

4.1 能耗指标计算及分析

2010 年国际学术交流中心全年能耗总量折合标准煤 3011.14 吨，其中耗电量为 5078986 kWh，折合标准煤 2051.91 吨，煤气消耗量 1766999 m³，折合标准煤 959.23 吨。建筑面积 33796 平方米，经计算可知单位建筑面积能耗为 0.0891 吨标准煤/m²。换算为单位面积耗电量为 220.54 kWh/m²。

2009 年国际学术交流中心全年能耗总量折合标准煤 4670.2 吨，其中耗电量为 10271654 kWh，折合标准煤 4149.75 吨，煤气消耗量 958722 m³，折合标准煤 520.45 吨。建筑面积 33796 平方米，经计算可知单位建筑面积能耗为 0.138 吨标准煤/m²。换算为单位面积耗电量为 342.05 kWh/m²。

从上述数据可以看出，2009 年到 2010 年国际学术交流中心能耗总量（折合标准煤）同比下降 35.5%，用电量下降 50.55%，煤气用量上升 84.31%。

2010 年建筑物的逐月能耗数据及趋势图如下所示。

表 4-1 国际学术交流中心月能耗数据

月份	1	2	3	4	5	6
用电量 (kWh)	356691	334770	318177	320736	401678	474284
月份	7	8	9	10	11	12
用电量 (kWh)	562048	635207	569541	415678	331885	358291

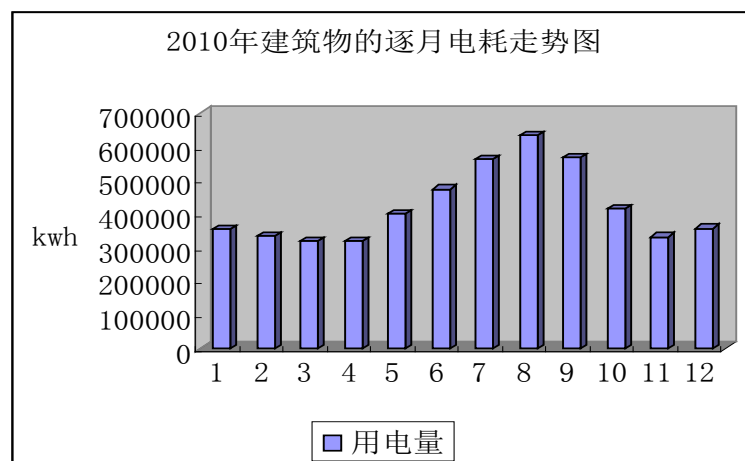


图 4-1 国际学术交流中心月能耗趋势

从上图可以看出 6、7、8、9、10 这五个月份的用电量最高，月平均用电量达到了 531351kwh，为国际学术交流中心全年的用电高峰。这是由于夏季比较炎热，为了达到室内舒适度，制冷主机需要开启更多的时间来满足较高的室内冷负荷。

4.2 能耗系统拆分

根据现场调研和勘察得知，本建筑的用能系统主要包括照明系统、电梯系统、空调系统等。根据复旦大学提供的资料显示，2009 年各用电系统的用电消耗比例见下图。

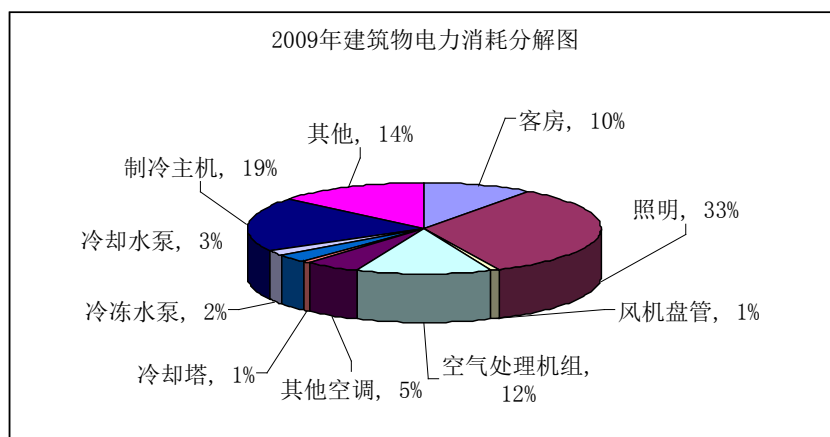


图 4-2 国际学术交流中心电力消耗拆分

从上面扇形图可以看出，制冷机组系统（制冷主机、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔和其他空调）占到了全年总电耗的 30%；空气处理机组和风机盘管消耗了 13% 的电耗，照明系统占到了 33%，客房用电为 10%，生活热水循环泵、冷水泵、机械通风、电梯、办公及其他设备消耗了 14% 的电能。

按照 2009 年的这一比例，可以得出 2010 年制冷机组系统消耗电能 1523695.8 kWh；空气处理机组和风机盘管消耗电能 660268.2 kWh；照明系统消耗电能 1676065.4 kWh；客房耗电 507898.6 kWh；其他系统共计消耗电能 7111058 kWh。

4.3 建筑性能测试

4.3.1 建筑室内环境检测

在 4 月 12 日，审计小组进行了国际学术交流中心的室内环境现场测试，主要测试指标为室内温度与相对湿度测试以及照度，具体结果见下表。

表 4-2 室内环境测量计录表

测点			温度℃	相对湿度%	CO ₂ 浓度ppm(mg/m ³)	照度 lx
十一层	走廊	1	22.2	38.3	1235.0	28.0
	1116	1	22.1	32.3	840.0	102.0
	1113	1	22.5	33.3	800.0	35.0
三层	走廊	1	22.3	35.4	900.0	
		2	21.8	35.4	850.0	22.0
	游泳池	1	23.3	59.4	786.0	570.0
		2	23.8	46.6	783.0	870.0
		3	24.3	55.5	781.0	910.0
		4	24.5	57.7	786.0	
	酒廊吧台	1	22.3	34.8	772.0	42.0
		2	21.6	34.5	784.0	70.0
		3	20.8	31.8	784.0	32.0
	二层	大会议室	1	22.4	32.3	762.0
2			22.3	31.7	763.0	13.0
3			22.3	31.9	764.0	74.0
4			22.6	31.1	764.0	64.0
5			22.5	31.9	765.0	77.0
小会议室		1	23.6	33.2	790.0	74.0
		2	23.8	32.9	788.0	183.0
		3	23.8	32.6	789.0	140.0
酒吧		1	22.4	36.6	800.0	32.0
		2	22.3	36.7	806.0	34.0
		3	22.2	36.9	807.0	36.0
		4	22.0	36.7	807.0	8.0
		5	22.0	37.5	808.0	14.0
		6	22.0	37.8	808.0	13.0
一层	大厅	1	22.8	38.5	810.0	148.0
		2	22.9	36.8	811.0	1400.0
		3	22.8	37.0	810.0	277.0
	茶厅	1	22.3	38.7	814.0	208.0
		2	22.2	37.2	827.0	88.0
参数平均			22.6	37.5	812.7	140.7

根据国家《室内空气质量标准》（GB/T 18883-2002）的要求，对于春季工况，开启空调的情况下，室内温度变化范围为 18℃~25℃；湿度变化范围为 30%~70%，由上表可知，国际学术交流中心平均温度 22.6℃，空气温度适中，平均相对湿度 37.5%，在 GB/T 18883-2002

中属于较低水平标准，建议应该保持室内湿度，提高室内舒适度。
CO₂ 平均浓度为 812.7ppm，属于较清洁空气，大部分办公室和工作室浓度都正常，明显低于国家标准 1000ppm，这是由于建筑物通风比较好，此外，建筑平均照度为 140.7lx，照度较低。

4.3.2 建筑特性

(1) 外墙

复旦大学国际学术交流中心墙面粉刷等还较好，没有出现剥落，裂缝等现象。外部填充墙设计应使用轻质砖料，例如空心混凝土砌块等，未设外墙保温层。外墙传热系数与《公共建筑节能设计标准》中夏热冬冷地区的外墙传热系数不得大于 $1 \text{ (w/m}^2 \times \text{k)}$ 的要求相比，应能满足节能设计要求。该楼外墙如下图。

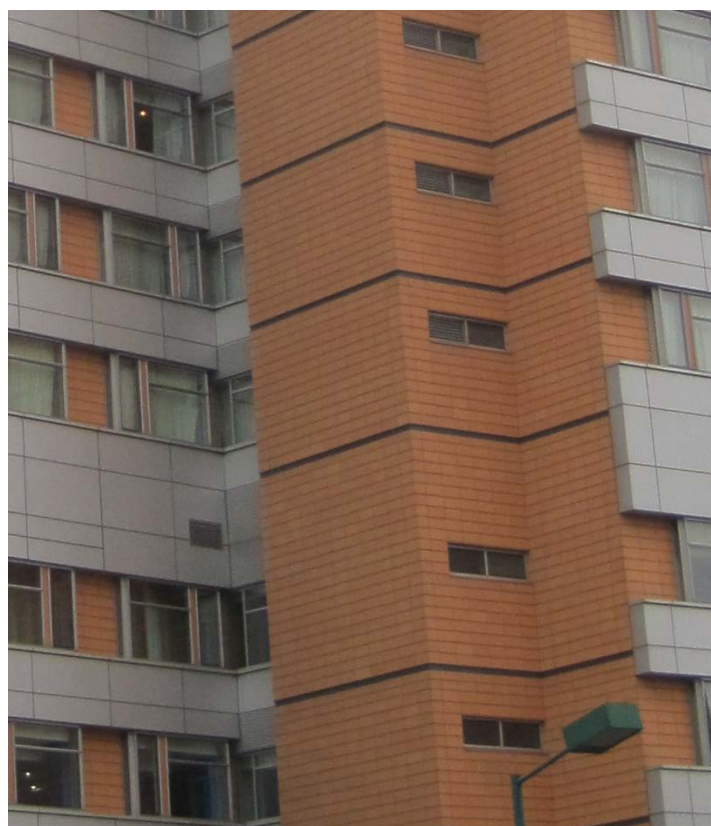


图 4-3 国际学术交流中心外墙外观

(2) 门窗

国际学术交流中心采用中空双层玻璃，喷漆铝合金窗框，没有遮阳，采光效果较好；外门采用单层钢化玻璃，铝合金窗框。《公共建筑节能设计标准》，其传热系数应均高于 $2.8 \text{ (w/m}^2\text{×k)}$ ，不符合设计要求。其外门窗外观如下图。



图 4-4 国际学术交流中心外门外观



图 4-5 国际学术交流中心外门窗外观

(3) 屋顶

根据当年规范，屋面应有防水层和隔热保温层。但因为属于隐蔽工程，详细的屋面做法（材料，厚度等）无从考证。导热系数应能满足《公共建筑节能设计标准》所规定的屋面传热系数低于 0.70 kw/m^2 的要求。

(4) 建筑等级评价结果

从建筑物的外窗、外墙、屋面、门的施工方法四个方面，进行标准分项的等级评价，各等级评价有A、B、C、D、E五级。根据现场实测及图纸分析，本建筑的节能保温等级评价结果如下。

表4-3 维护结构评价表

楼号	外窗	外墙	屋面	门
国际学术交流中心	D	B	B	C

第五章 节能潜力分析及建议

经过现场勘查及与相关人员的访谈，现对国际学术交流中心范围进行节能潜力分析。

5.1 管理节能

通过能源审计小组在国际学术交流中心范围的实地调研及与相关管理和技术人员的交流，具体分析国际学术交流中心对于复旦大学师生的功能定位以及其社会影响价值，研读复旦大学近年来的在节能管理制度方面的条例后，审计小组一致认为国际学术交流中心在管理节能做的比较好。

5.1.1 能源管理机构的设置

根据《公共机构节能条例》第四章第二十五条“公共机构应当设置能源管理岗位，实行能源管理岗位责任制”。在实际调查中审计组发现虽然国际学术交流中心并没有设立专门的能源管理机构负责其能源利用的分配和调度，也没有实施能源管理岗位责任制，但是由于其和复旦大学之间特定的经营模式（BOT 模式），其能耗成本要高于同行业之间的能耗成本，加之其以盈利为目的的经营性质，决定了其在能源管理上的高效性。

5.1.2 能源管理制度

根据《公共机构节能条例》第一章第七条“公共机构应当建立、健全本单位节能管理的规章制度，开展节能宣传教育和岗位培训，增

强工作人员的节能意识，培养节能习惯，提高节能管理水平”。

5.1.3 能源计量管理

根据《公共机构节能条例》第三章第十四条“公共机构应当实行能源消费计量制度，区分用能种类、用能系统实行能源消费分户、分类、分项计量，并对能源消耗状况进行实时监测，及时发现、纠正用能浪费现象”。

在计量器具配备方面，经过对建筑物的现场调研和了解，目前建筑物内仅配有水、电的能源计量器具，可对电耗和水耗情况进行统计结算，但对泵房、电梯、空调等分项系统并未安装计量器具，仍需进一步完善。

5.2 技术节能

5.2.1 建筑隔热保温

国际学术交流中心的窗墙比较高，据现场勘探，大厅较大面积的玻璃幕墙所使用的玻璃为普通单层玻璃，保温效果比较差，大部分窗户虽有窗帘，但并不能起到遮阳保温效果，大面积玻璃幕墙并无遮阳系统，在使用空调系统时会造成巨大的浪费。

节能建议：首先对国际学术交流中心的窗户装置外遮阳系统，据上海市建筑科学研究院的统计数据显示，加装外遮阳设施的建筑总能耗降低了 19.3%，可实现节能潜力 581.15 吨标准煤。

从长远考虑，可以在将来条件许可的情况下可以将现在的普通玻璃更换为双层中空玻璃或者在玻璃表面贴保温膜，达到更深层次的节

能。

5.2.2 照明系统

复旦大学国际学术界交流中心的照明系统整体控制较好，节能灯具占有所有照明灯具的 86%，而且基本安装了时控设备，可以达到良好的节能效果。

根据现场勘查，在地下车库、办公室等后勤区域照明仍为电感式 T8 直管式荧光灯，据之前该建筑能源审计资料显示，该部分照明功率占总照明总功率的 14%，2010 年照明系统总能耗为 1676065.4 kWh 则 2010 年 T8 式日光灯消耗电能 234649.2 kWh。建议建筑物管理人员可以按照合同能源管理的方式对传统照明系统进行节能改造。T5 电子式节能灯管比 T8 传统灯省电 30% 以上，经计算，更换 T5 灯管后，可实现节能潜力 $234649.2 \times 30\% = 70394.7$ kWh，折合标准煤 28.43 吨。

5.2.3 空调系统

1) 制冷主机热回收：空调系统可充分利用热交换原理，将空调的余热（冷凝热）进行回收，生产 50~60℃ 热水，锅炉、游泳池加热等使用。

由于回收的空调是冷凝热余热。所以生产热水量是零能耗。同时，由于部分余热回收利用，从而降低了冷凝温度。又使中央空调机组效率提高 5~10%。

由于技改后主机负荷减少，不仅节省主机的耗电量，同时也减少主机的故障率，延长了主机的使用寿命，可以达到优秀节能效果。按

2010 年总空调耗电 1523695.8 kWh 计算,可实现节能潜力 30.78~61.56 吨标准煤。

2) 目前仍有部分中央空调循环水系统的冷冻泵和冷却泵转速都是不可调节的,只要空调一运行,无论负荷情况如何、季节如何,冷冻泵和冷却泵都是以额定转速运行,所以能源浪费现象严重。采用交流变频器控制水泵运行,可以达到很好的节能效果。一般节能空间 20~50%左右。

3) 加强清洗中央空调管道和末端风管的频率,保持管路通畅,减少风阻。

5.2.4 电梯系统

国际学术界交流中心的电梯系统均已采用了节能变频技术,所消耗能耗非常少,节能技术改造空间不大。

第六章 审计结论

本次能源审计通过对复旦大学国际学术界交流中心建筑的用能管理、能耗现状、能源计量及统计、主要用能设备运行效率、节能潜力等各个环节的现场调查、核对取证、专项检测及分析计算，得到审计结论如下：

1) 国际学术界交流中心能源管理状况良好，管理人员对能源的节约比较重视，工作人员节能意识也比较强。该建筑曾与 2010 年做过一次能源审计，故现阶段各系统节能工作已经比较成熟。各方面节能工作开展比较到位。现在主要的节能潜力在于建筑物的遮阳保温节能。

2) 2010 年国际学术交流中心全年能耗总量折合标准煤 3011.14 吨，其中耗电量为 5078986 kWh，折合标准煤 2051.91 吨，煤气消耗量 1766999 m³，折合标准煤 959.23 吨。建筑面积 33796 平方米，经计算可知单位建筑面积能耗为 0.0891 吨标准煤/m²。换算为单位面积耗电量为 220.54 kWh/m²。

3) 目前建筑物内仅配有水、电的能源计量器具，可对电耗和水耗情况进行统计结算，但对泵房、电梯、空调等分项系统并未安装计量器具。与《用能单位能源计量器具配备与管理通则》相比在电力计量方面仍有一定差距，建议应进一步完善电力的分级计量，以确保其能准确区分照明、空调、电梯、办公设备等主要用能系统及重点用能设备的耗能量，为用能管理和能源利用状况分析提供准确的数据。

4) 国际学术交流中心的主要用能设备运行基本正常，但在以下方面依然存在一定的节能潜力。

A.照明系统存在节能潜力 28.43 吨标准煤。

B. 对建筑物的窗户进行改造并对南面窗户增加外遮阳装置存在较大节能空间。

C. 空调系统存在节能潜力共计 30.78~61.56 吨标准煤。

5) 通过对国际学术交流中心的审计，该楼存在一定的节能潜力，经过现场考察与分析，该楼在管理、照明系统、电梯系统及其它方面存在约 640.36~671.14 吨标煤的节能潜力，通过系统改造和加强管理能够实现上述节能潜力。

表 6-1 节能潜力汇总表

系统名称	项目名称	改造措施	节能效果	节省标煤数
照明系统	T8 灯管更换 T5 节能灯	在地下车库、办公室等后勤区域照明仍为电感式 T8 直管式荧光灯的地方更换 T5 节能灯	2010 年 T8 式日光灯消耗电能 234649.2kwh。T5 电子式节能灯管更比 T8 传统灯省电 30% 以上，经计算，更换 T5 灯管后，可实现节能潜力 28.43 吨。	28.43t/a
建筑隔热保温	建筑隔热保温	对国际学术交流中心的窗户装外遮阳系统		
空调系统	空调冷水泵变频改造	增加水泵变频装置调整系统供水量	通过变频技术改造后可以实现水泵系统节能 20%~50% 的潜力。	
	余热（冷凝热）进行回收	利用热交换原理，将空调的余热（冷凝热）进行回收，生产 50~60℃ 热水，锅炉、游泳池加热等使用。	中央空调机组效率提高 5~10%。按 2010 年总空调耗电 1523695.8kwh 计算，可实现节能潜力 30.78~61.56 吨标准煤。	30.78~61.56 t/a
合计标准煤数(单位 t)				59.21~89.99
占总能耗百分比				2.89%~4.39%

按以下标准分项对国际学术交流中心出评价等级。

表6-2 评价等级表

	A	B	C	D	评价
室内热环境	被测试房间室内温湿度完全符合室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	75%以上被测试房间室内温湿度符合室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	50%以上被测试房间室内温湿度超过室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	不足50%的被测试房间室内温湿度满足室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	A
室内空气质量	被测试房间室内CO2浓度均符合室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	75%以上被测试房间室内CO2浓度符合室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	50%以上被测试房间室内CO2浓度符合室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	不足50%的被测试房间室内CO2浓度符合室内空气质量标准 (GB/T 18883-2002)	B
能源管理的组织	能源管理完全融入日常管理之中，能耗的责、权、利分明。	有专职能源管理经理，但职责权限不明。	只有兼职人员从事能源管理，不作为其主要职责	没有能源管理或能耗的责任人	C
能源系统的计量	分系统监控和计量能耗、诊断故障、量化节能，并定期进行能耗分析	分系统监控和计量能耗、但未对数据进行能耗分析	没有分系统能耗计量，但能根据能源账单记录能耗成本、分析数据作为内部使用	没有信息系统，没有分系统能耗计量，没有运行记录	C
能源管理的实施	从所有权人、管理者直到普通用户都很重视建筑节能，有完整的建筑节能规章、采取一系列节能	建筑管理者比较重视建筑节能，制订过一些建筑节能管理规章和措施。	虽然有节能管理规章，但只针对一般用户，少数人可以有超标不节能的特殊权力。	完全没有管理或没有科学化的管理；或以牺牲室内环境为代价实现节能。	C

	措施				
--	----	--	--	--	--