

复旦大学 本部食堂 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

复旦大学本部食堂（旦苑）位于复旦大学邯郸路北校区的东部校园内。食堂一层二层为学生餐厅，三层为招待餐厅。

旦苑食堂坐北朝南，为现浇钢筋混凝土框架——剪力墙结构。总建筑面积 10795 平方米。建筑总高度 26.2 米，地上四层，标准层层高 4.0 米，5 米，一层面积 2869 平方米，二层 3003 平方米，三层 2356 平方米，四层 2018 平方米。另有地下一层，层高 5.0 米，面积 522 平方米。

旦苑食堂外墙用 240 厚实心砖砌筑，未采用外保温形式。建筑窗墙比很大。幕墙玻璃为铝合金窗框，玻璃用 8+0.76+5 夹胶玻璃，外侧玻璃为镀膜玻璃，内侧玻璃为白玻。卫生间门窗采用 5 厚压花玻璃，其余门窗采用 5 厚浮法玻璃。该建筑设计使用年限为 50 年，耐火等级为二级，抗震设防烈度为 7 度，屋面防水等级为一级，地下室防水等级为二级。

建筑的外观如下：



图 1-1 复旦大学本部食堂（旦苑）

第二章 建筑物能耗分析

复旦大学旦苑食堂主要用能为电力，包括空调用电系统、照明用电系统、电梯、水泵、厨房设备用电系统及其他用电系统。其中主要能源消耗为厨房设备用电系统。其他能源消耗为天然气，主要用于做饭加热，但由于复旦大学并未对天然气消耗量进行统计，故在此主要以电力消耗为主。

节能分析结论：

- 1、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。
- 2、建议停止电梯使用或对电梯运行时间做出压缩。
- 3、建筑物的窗户及大面积配置空调的公共区域增加外遮阳装置。
- 4、加强用能管理。

2.1 空调系统

本部食堂空调系统型号较为杂乱，据复旦大学总务处提供的资料显示，食堂空调系统由 20 台各种型号分体式空调和 VRV 空调机组组成，主要用于食堂用餐区域的制冷及制热，保证师生用餐的舒适度。空调设备明细见下表。

表 2-1 空调明细表

序号	名称	型号	规格	单价	总价	数量
1	分体立柜式空调器	三菱 304	3P	6000.00	6000.00	1
2	分体立柜式空调机	KFR-71LW	3P	5800.00	5800.00	1
3	吸顶式空调机	KFR-21QW/SY	3P	7100.00	7100.00	1
4	分体挂壁式空调机	KFR-35GW/H	1.5P	2600.00	10400.00	4

序号	名称	型号	规格	单价	总价	数量
5	嵌入式空调机	KFR-71QW/SY	3P	6800.00	68000.00	10
6	嵌入式空调	KFR-75QW/SYZ	3P	7050.00	7050.00	1
7	大金分体式空调	FTXP 35HV2C	1.5P	5725.00	5725.00	1



图 2-1 本部食堂空调外机

2.2 电梯

本部食堂共有电梯 5 台，其中客梯四台，货梯一台。客梯中两台为垂直式电梯，两台为斜行电梯。垂直式电梯位于食堂西侧，主要用于用餐高峰期输送师生，斜行电梯位于食堂一楼南侧，用于用餐期间方便师生直接从一楼到二楼，也可以起到分流作用，既起到分流作用也缓解了垂直式电梯的运载负荷。货梯位于食堂东侧，平时基本不用。

五台电梯功率都为 11 kW，采用自动运行控制方式，全天运行。

电梯系统清单如下：

表 2-2 电梯明细表

电梯类型	生产厂家	功率 (kW)	台数	运行时间
客梯	三菱	11	4	全天
货梯	三菱	11	1	全天

据现场调查，本部食堂的电梯系统较为老旧，经过对物业相关人员的了解，电梯未做过变频改造，电梯系统在技术上还存在一定的节能潜力。

从技术方面来说建议首先可对现有电梯进行变频改造，即加装变频器控制电机，根据实际负载的变化而改变功率，从而达到节能的目的。

审计组在走访期间发现本部食堂在中午及晚上用餐高峰期间电梯负荷过大，电梯门厅经常人满为患。由于食堂的用餐区域为 1 到 3 层，四层为办公区域。对于这样的低层建筑根本没必要使用电梯，因此建议学校停止两台垂直式客梯的使用，只保留 2 台斜行式电梯和货梯。

2.3 照明系统

本部食堂的照明系统相对较为简单，一二层基本以普通 T8 日光灯为主，三层以螺旋形节能筒灯为主。

根据总务处提供的资料，本部食堂现共有普通 T8 日光灯 2130 只，总功率 49.94 kW；节能型螺旋筒灯 1576 只，总功率 23.83 kW。

照明设备统计如下：

表 2-3 照明设备明细表

电器名称	单位	w	只	合计 w
日光灯	二大厅	48	36	1728
		14	351	4914
		28	510	14280
	二小厅	14	144	2016
		28	42	1176
	一大厅	14	228	3192
		28	492	13776
		48	30	1440
	一小厅	14	165	2310
		28	42	1176
	三楼餐厅	48	60	2880
		35	30	1050
H 灯	二大厅	9	113	1017
	二小厅	9	17	153
	一大厅	9	60	540
	一小厅	9	10	90
	三楼餐厅	9	1248	11232
		35	9	280
		50	101	5050
		12	5	60
		416	13	5408
合计				73768

建筑一层南侧为大面积玻璃幕墙，能够保证自然采光的充足，但是审计组在调查中发现即使自然采光充足，在非用餐时段，食堂一层的照明系统仍然全部打开的，造成能源的浪费，因此建议学校加强对照明灯具开放时间的管理。二三层食堂也存在非用餐时间大面积照明系统开启的状况。



图 2-2 本部食堂一二楼大厅照明系统

从上图可以看空荡荡的餐厅内照明系统全部处于开启状态。



图 2-3 三楼教授餐厅照明系统

以上照片所拍摄的时间为下午 3 点左右。可以看出在餐厅空无一人的时候，照明设备却全部开启，造成了较大的浪费。

2.4 动力设备

本部食堂目前配备 4 台水泵，其中生活给水泵 2 台，主要负责食堂的日常用水。消防给水泵 2 台，开启频率非常低，基本处于常闭状态。其水泵设备明细如下。

表 2-4 水泵明细表

设备名称	流量m³/h	扬程 m	功率 kW	数量 台	运行时间	控制方式
生活水泵	12	45	3	2	常开	自动控制
消防水泵				2	常闭	自动控制
污水泵					常闭	



图 2-4 泵房及水泵，控制柜铭牌

2.5 厨房设备系统

经调查统计，本部食堂的厨房设备，以及一些办公设备统计如下。
总功率为 296.2 kW。

表 2-5 厨房设备明细表

电器名称	单位	W	只	合计 W
冰箱	二大厅	6	250	1500
		1	8000	8000
	二小厅	6	250	1500
	二小厅	1	800	800
	一大厅	2	500	1000
		1	800	800

		5	500	2500
		1	8000	8000
	一小厅	18	250	4500
		2	500	1000
	咖啡馆	3	800	2400
	点心	4	1000	4000
	三楼餐厅	8	1000	8000
压面机	中心一小	1	1500	1500
	点心	1	1500	1500
	中心二小	1	1500	1500
和面机	中心一小	1	2200	2200
	中心二小	1	2200	2200
	点心	2	2200	4400
	中心一小	1	3000	3000
电炉	中心一小	1	6000	6000
	中心二小	1	6000	6000
微波炉	二大厅	1	750	750
	二小厅	1	750	750
	一大厅	1	750	750
	一小厅	1	750	750
	三楼餐厅	1	750	750
电视机	一大厅	8	200	1600
	一小厅	2	200	400
广告灯	本部	10	80	800
电饭煲	二小厅	2	800	1600
	二小厅	2	2500	5000
绞肉机	二小厅	1	500	500
	二大厅	1	4000	4000
	一大厅	1	4000	4000
排风机	三楼餐厅	3	1100	3300
	一大厅	3	1100	3300
烤箱	点心	2	18000	36000
	三楼餐厅	1	18000	18000
咖啡机	咖啡馆	1	350	350
开水器	咖啡馆	1	6000	6000
	点心	1	6000	6000
	教授餐厅	1	18000	18000
制冰机	教授餐厅	1	2600	2600
消毒箱	教授餐厅	1	4000	4000
预热箱	点心	2	2000	4000
卷帘门	本部	12	2200	26400
粉碎机	本部	2	2200	4400
土豆机	本部	2	2200	4400

淘米机	本部	2	2800	5600
肉片机	本部	2	2200	4400
保温台	教授餐厅	4	12000	48000
吹氧机	教授餐厅	2	2200	4400
电脑	本部	8	200	1600
饮水机	本部	6	250	1500
总计				296200



图 2-5 厨房用能设备

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。

1) 本部食堂没有任何运行记录，配电系统有 22 只二级电表。各用电系统没有进行单独计量。建议在后期加装电表，对电梯系统、照明系统、厨房设备系统单独装表，便于分析该大楼的各项用电情况。

2) 建议完善配电和各用电系统运行记录，对于配电系统要有专人进行记录。

3) 加大对食堂负责人员的节能宣传和培训，对学生和工作人员也要进行节能宣传和教育。

第四章 建筑物能耗分析

4.1 能耗指标计算及分析

2009 年本部食堂全年耗电量为 1166420 kWh, 折合标准煤 471.23 吨, 建筑面积 10198 平方米, 经计算可知单位建筑面积电耗为 114.38 kWh/m²。2010 年本部食堂全年耗电量为 1251340 kWh, 折合标准煤 505.04 吨, 建筑面积 10198 平方米, 经计算可知单位建筑面积电耗为 122.70 kWh/m², 上升 7.8%。

2010 年建筑物的逐月能耗数据及趋势图如下所示。

表 4-1 本部食堂月电耗数据

月份	1 月	2 月-3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
电 (kWh)	99210	134400	88820	79940	109980	171080
月份	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
电 (kWh)	156430	155970	83710	83070	88730	
总计	1251340		平均	113758.18		

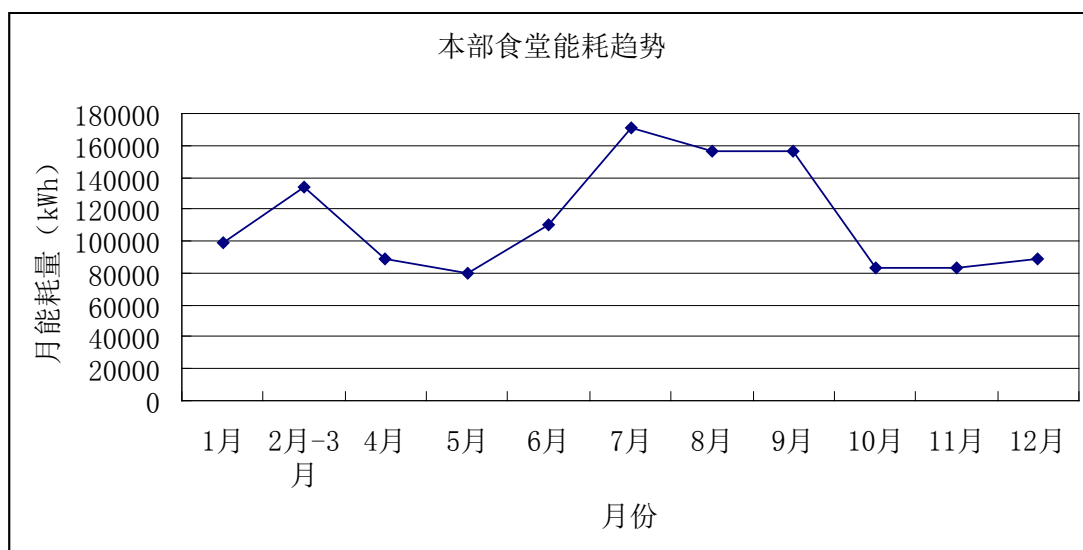


图 4-1 本部食堂月电耗走势

由上图可以看出，食堂能耗在 7 月-9 月月份较高，其他月份比较均匀，这与夏季天气炎热，食堂的空调使用有关。而天气寒冷的 1-3 月份，由于学校放寒假，在校人员少，所以能耗也不高。

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，按照以下方法对各个系统进行估测。

空调：空调系统总制冷输入功率约为 115 kW，按一年使用 150 天，每天 7 小时计算，空调系统年耗电 120750 kWh，占年总耗电量的 16%。

照明：照明系统总功率为 73.8 kW，经调查无论室内自然光线如何，本部食堂的照明都全部开启。按一年使用 300 天，每天照明开启 10 小时计算，照明系统年耗电 221400 kWh，占年总耗电量的 20%。

电梯：两台功率为 11 kW 的电梯，按照一年使用 300 天，每天 6 小时计算，年耗电 39600 kWh，占年总耗电量的 4%。

动力：生活水泵系统总功率为 30kw，鼓风送风设备 60kw，共 90kw。按一年使用 300 天，每天 5 小时计算，年耗电 216000 kWh，占年总耗电量的 19%。

厨房设备：厨房设备系统总功率为 296.2kw，按一年使用 300 天，每天 6 小时计算，可得厨房设备系统年耗电量 533160 kWh，占年总耗电量的 46%。

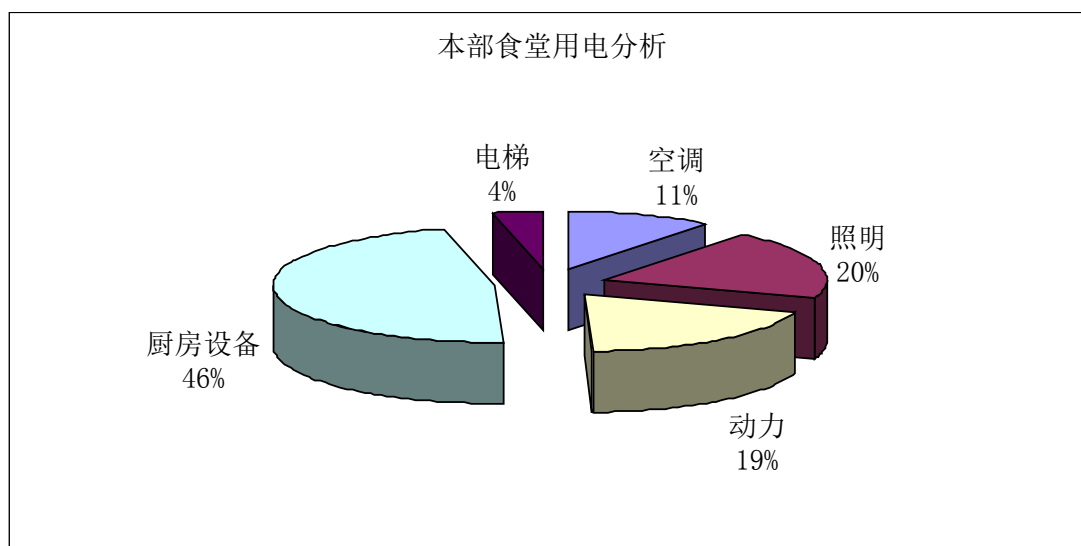


图 4-2 本部食堂用能分析

从以上计算可以看出，对本部食堂而言厨房设备和照明系统的能源消耗占据了其总能源消耗的大部分。这也是食堂的使用功能所要求的。

据我们统计，本部食堂的用能设备要每天开启相当长的时间，已经超过了精简使用所要求的时间，特别是照明系统，这是需要进行控制和改进的，极具节能潜力。

4.3 建筑性能测试

4.3.1 建筑室内环境检测

在 4 月 12 日，审计小组进行了本部食堂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
三层	1	25.4	44.1	878	249
	2	24.5	41.2	840	164.7
	3	26.2	37.8	841	100.3
	4	26.1	37.8	841	100.3
	5	23.9	43.4	834	45.7
	6	23.4	43.5	834	45.7
	7	23.9	43.4	834	45.7
	8	26.2	37.8	841	100.3
二层	1	24.6	41.3	861	461
	2	23.9	43.4	834	45.7
	3	24.8	40.8	870	310
	4	24.5	41.2	840	164.7
	5	23.9	43.4	834	45.7
	6	23.9	43.4	834	45.7
	7	24.5	41.2	840	164.7
	8	26.2	37.8	841	100.3
	9	23.9	43.4	834	45.7
	10	24.7	42.1	887	374
一层	1	26.2	37.8	841	100.3
	2	23.9	43.4	834	45.7
	3	24.5	41.2	840	164.7
	4	23.9	43.4	834	45.7
	5	23.9	43.4	834	45.7
	6	25.5	44.1	878	249
	7	25.5	44.1	878	249
	8	23.9	43.4	834	45.7
	4	23.9	43.3	836	146.7
	5	24.1	43.9	843	189.6
	6	24.0	44.4	853	102.2
	7	24.1	44.5	848	132.1
平均参数		24.57	42.44	853.73	206.85

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，本部食堂平均温度 24.57℃

略微偏低，平均相对湿度 42.44%，符合 GB/T 18883-2002 标准。CO₂ 平均浓度为 853.73 ppm 符合国家标准，此外，建筑平均照度为 206.85 lx，照度符合标准。

4.3.2 建筑特性

(1) 外墙

复旦本部食堂（旦苑）始建于 2005 年，属于次新楼房，墙面粉刷等还较好，没有出现剥落，裂缝等现象。外部填充墙设计使用 240 厚实心砖墙，用 20 厚 1:2 水泥砂浆（加 3%~5% 防水剂）抹面；未设外墙保温层。经计算，墙体导热系数大于《公共建筑节能设计标准》中夏热冬冷地区的外墙传热系数为 1 ($\text{W}/\text{m}^2 \times \text{K}$) 的标准要求，不满足节能设计要求。该楼外墙如下图。



图 4-3 复旦大学本部食堂外墙外观

(2) 门窗

复旦本部食堂幕墙玻璃采用 8+0.76+5 夹胶玻璃，外侧玻璃为镀

膜玻璃，内侧为白玻，喷漆铝合金窗框，没有遮阳，采光效果较好；外门玻璃为 8 厚浮法玻璃。经计算，外窗的传热系数低于《公共建筑节能设计标准》中 $2.8 (w/m^2 \times k)$ 的标准，符合设计要求；而单玻外门不符合要求。其外窗外观如下图。



图 4-4 复旦大学本部食堂外窗外观

(3) 屋顶

本部食堂屋面采用 30 厚细实混凝土面层，用陶粒砼材料找坡，起始厚度 30 mm；20 厚 1:2.5 水泥砂浆找平层；1.5 厚三元乙丙防水卷材；25 厚挤塑板，30 厚 C20 细石混凝土防水层。经计算传热系数满足《公共建筑节能设计标准》所规定的屋面传热系数低于 $0.70Kw/m^2$ 的要求。该楼层面如下图。



图 4-5 复旦大学本部食堂屋顶外观

(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 围护结构评价表

楼号	外窗	外墙	屋面	门
本部食堂（旦苑）	B	B	B	D

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，现对复旦大学本部食堂进行节能潜力分析。

5.1 管理节能

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”。

通过走访审计组发现本部食堂并没有专门的能源管理机构，用能设备平时的管理和维护都是由其中的工作人员根据经验去实行，并且绝大多数工作人员对建筑物内的用能设备配置及功能都缺乏了解。这种管理方式的主观性太强，缺乏科学合理的的调控和组织。不利于今后节能工作的开展。

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”。

通过审计小组的了解，本部食堂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。

5.2 行为节能

行为节能对于学校公寓楼来说具有很大的节能空间，并且行为节能也是在校老师和学生应该身体力行的义务和责任。因此，应加强大楼使用人员的节能意识。建议本部食堂管理人员制订适合该楼实际情况的节能行为规范，并且定期开展学习班对使用人员进行分批培训，使节能意识得到真正落实。

1) 室内温度尽量控制在夏季 26℃ 以上、冬季 20℃ 以下。

2) 较少学生用餐的时段，应只打开一部分区域的灯具，没人用餐时应尽量全部关闭。若严格执行，上午 9:00-10:30，下午 1:30-4:30 都可以不开灯具，可节能一半左右。

3) 应根据学生用餐的时段尽量缩短开启空调的时间。其余用能设备如厨房设备和鼓送风机也应严格控制，注意开关。我们认为这方面具有 10%-20% 的节能空间。

5.3 技术节能

5.3.1 建筑隔热保温

本部食堂窗墙比接近 0.5，据现场勘探，幕墙所使用的玻璃为夹胶玻璃，内侧镀膜，保温效果比较好，作为食堂这种间歇使用的建筑已经基本可以达到节能要求，不需要做太大改动。

5.3.2 照明系统

本部食堂内的照明主要为普通 T8 型日光灯，这种日光灯相比 T5 电子式节能灯管比较耗能，因此建议宿舍可以按照合同能源管理的方

式对照明系统进行节能改造。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 10.5 吨标准煤。

5.3.3 空调系统

本部食堂只有 VRV 空调系统和单体式空调两种。VRV 空调主要提供大厅使用，分体式空调则负责小面积的房间如食堂的办公室等。空调系统的技术节能潜力不大，应主要注重建筑物的隔热保温。

5.3.4 动力系统

水泵已经做过变频改造，节能潜力不大。

5.3.5 厨房设备系统

食堂的厨房设备器具并没有考虑节能方面的因素，在此建议可通过第三方专业节能公司以合同能源管理的形式对现有炉头进行改造，由双方对节能量进行利润分成，这样可解决校方因资金压力不能启动项目的问题，根据节能公司的经验，可在现有基础上 20% 的燃气消耗，即每年可节约 $110.92 \times 0.2 = 22$ 吨标煤。

第六章 审计结论

本次能源审计通过对复旦大学本部食堂建筑的用能管理、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) 本部食堂主要能源消耗为电能。2009 年本部食堂全年耗电量为 1166420 kWh，建筑面积 10198 平方米，经计算可知单位建筑面积电耗为 114.38 kWh/m²。2010 年本部食堂全年耗电量为 1251340 kWh，建筑面积 10198 平方米，经计算可知单位建筑面积电耗为 122.70 kWh/m²，上升 7.8%。不能满足联合国环境署颁布的《建筑节能准则》中规定的上海地区基本建筑 100 kWh/m²的数值，不属于标准节能建筑。

2) 目前建筑物内配有水、电的能源计量器具，但是没有任何运行记录，配电系统有 22 只二级电表。各用电系统没有进行单独计量。建议在后期加装电表，对对电梯系统、照明系统、厨房设备系统单独装表，便于分析该大楼的各项用电情况。

3) 本部食堂对用能设备的管理较差，特别是照明系统。空无一人的大厅照明也全部开启，应该缩短照明系统的使用时间，上午 9:00-10:30，下午 1:30-4:30 都可以不开灯具，可节能一半左右。其他用能设备也同样应该加强控制。

4) 我们建议有计划、分批进行老旧灯具改造，将能耗较高的白炽灯和普通日光灯更换为节能灯，同时，对灯具控制方式进行线路改

造，改造后应具有分路控制（平行于幕墙和外窗）的功能，这样可根据天气情况进行光源开启和关闭。

5) 本部食堂的电梯全天开放，没有使用限制，所以在此建议在电梯管理上进行分时关闭管理，如晚上下班后可以关闭部分电梯，只开一台，这样也可以节省部分电能，按每天停机从 23: 00 到次日 6: 00 共 7 小时，单台客梯 11 kW 按 20%的空耗计算。全年 365 天节约电能 $11 \times 7 \times 365 \times 20\% = 0.56 \text{ kWh}$ ，折标煤 2.27 吨/年，此外，可在电梯运行时间上做出压缩，如按每天少开机 1 小时，按照全年工作天 250 天计，这样每年电梯就可以节约 $22 \times 250 = 5500$ 度电，折标煤为 2.2 吨/年。

6) 通过对本部食堂的审计，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 36.97 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。

按以下标准分项对本部食堂给出评价等级。

表6-1 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)	B
室内空气质量	被测试房间室内CO ₂ 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CO ₂ 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CO ₂ 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CO ₂ 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，能耗的责任、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	D
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				
--	----	--	--	--	--