

# 节约型校园建设的基本规律与工作重心

□耿剑平 程建设 李祖安 许 捷

## 一、背景

### (一)国际国内政策背景

节能减排是全面贯彻落实科学发展观、促进经济又好又快发展的基本要求。为促进节能减排,欧美国家无论实行强制性政策还是实行诱导性政策,其立足点都放在充分利用市场机制上。也就是,欧美国家节能减排能取得重大进展,是其政府政策和市场机制相互配合的结果。节能减排工作需要不断探索“循环经济”,即循环经济是以资源利用最大化和污染排放最小化为目标,将清洁生产、生产和生活废弃物回收利用、生态平衡与可持续发展等融为一体的经济运行模式。其最大特点是从源头实现节能减排的最有效途径。目前,欧美发达国家都将视为节能减排的重要方式,而且表现为一种强烈的国家行为。我国当前面临着经济社会快速发展和人口增长与资源环境约束的突出矛盾。目前我国的生态破坏和环境污染已经达到自然生态环境所能承受的极限,为了使经济增长可持续,缓解巨大的环境压力,必须以环境友好的方式推动经济增长。国家在十一五规划中即明确提出了建设节约型社会的决策,指出“坚持开发节约并重、节约优先,按照减量化、再利用、资源化的原则,大力推广节能节水节地节材,加强资源综合利用,完善再利用资源回收利用体系,全面推行清洁生产,形成低投入、低消耗、低排放和

高效率的节约型增长方式”,为建设节约型社会指明了方向。

高等院校作为先进文化传播者的代表,担负着教育、科研和社会服务的重任,有义务和责任在全社会率先贯彻和落实节能减排工作,在技术研发、节能措施应用与推广应走在全社会前列。高等学校是构成社会的重要社区,也是资源、能源消费的大户,涉及面广、数量大、形式多样。因此,建设节约型高校对节约型社会的构建具有重要的现实意义。

### (二)教育部发布的法律法规

为认真贯彻落实国家关于建设节约型社会的战略部署,教育部先后下达了《教育部关于贯彻落实国务院通知精神做好建设节约型社会近期重点工作的通知》(教发[2005]19号)和《教育部关于建设节约型学校的通知》(教发[2006]3号)两个文件,指导各高校建设节约型校园。与此同时,节约型校园建设也得到了住房与建设部的支持,其与教育部于2008年5月联合发布了《关于推进高等学校节约型校园建设进一步加强高等学校节能节水工作的意见》以及《高等学校节约型校园建设管理与技术导则》(试行),指导高校开展节约型校园建设示范。

在这些政策的支持下,一系列法律法规已经或者即将完成,如《高等学校校园建筑节能监管系统建设技术导则》、《高等学

校校园建筑节能监管系统运行管理导则》、《高等学校校园建筑能耗统计审计公示办法》、《高等学校校园建筑节能运行管理办法》、《高等学校校园建筑节能考核评价办法》等。这些均对高等学校建设节约型校园提出了具体的要求。高等学校节能降耗,节约资源有巨大空间。

## 二、国内其他高校节约型校园建设的成效

### (一)清华大学

清华大学,国内第一批节约型示范校园。1998年以来,该校围绕组织与制度建

设、教育与宣传以及节约型校园示范工程建设三个方面展开节约型校园建设。通过建立了“学校节能减排工作领导小组、学校节能减排办公室、各部门节能减排岗位”三级管理制度,积极推进节能减排制度体系建设。十多年来,该校共承担绿色科研项目近千项,取得绿色科研成果以及专利三百余项,近百项绿色科研成果获得省部级以上科研奖励,成果斐然。同时该校结合校园文化特征,开展了多角度、广范围、深层次的宣传活动,节约型校园理念深入人心,全校各单位和师生员工正从“要我节

表1 清华大学绿色校园建设成果

组织与制度建设	示范工程项目	节能效果
《清华大学节能减排管理办法》	供暖锅炉水泵和风机变频调速控制	每年节电140多万度
《供电系统管理办法》	教室更换节能灯4160套	每年可节电11万度
《清华大学节能减排工作责任制度》	学生公寓楼 安装节电器	每年节电约100万元
《供水系统管理办法》		
《供暖系统管理办法》	食堂更换节能灯具 和节能燃气灶	每年节电费几十万元
《中水系统管理办法》		
《自备井供水管理制度》	给水基础设施改造	水管网漏损率由39%下降至4.1%, 每年节水约44万吨
《节能减排指标分解管理与考核制度》		
《节能减排统计审计与公示制度》	废水中水回用	每年节水3.3万吨
《节能节水分项计量管理制度》		

表2 同济大学绿色校园建设成果

相关成果	关键技术	示范节能建筑
2007年教育部校园文化建设二等奖	综合节能减排规划设计	大礼堂
2007年中国建筑节能年度代表工程		
2007年中国建筑节能年度影响力机构	既有建筑节能改造和历史建筑生态型修	文远楼
2007年上海市节能先进单位和先进个人	可再生能源利用	旭日楼
2008年教育部科技进步一等奖	校园节能监管系统	中法中心
2009年《Nature》杂志文章《How green is your campus》 中唯一亚洲地区节约型校园案例	水资源循环利用	游泳馆

能”逐步转变为“我要节能”。

### (二) 同济大学

同济大学是国内第一批节约型示范校园。2003年以来,该校十分重视节约型校园建设,构建了科技、管理和教育三位一体的节约型校园建设体系,并成立了由副校长牵头的节约型校园建设管理体系,积极调动各相关学科和部门共同开展节约型校园的建设工作。以节约型校园建设为契机,不断增强学校对外的科技辐射力度,同时也取得了显著的经济效益,推动了相关学科的发展。

### (三) 天津工业大学

天津工业大学,国内第二批节约型示范校园。2006年以来,该校通过能源多样化创新性技术集成,将太阳能系统、水源热泵系统、土壤源热泵系统、燃气热水锅炉调峰系统集成到一个系统中,发挥各自的优势,协调工作,互相补充,实现能源供给随天气变冷而逐渐增加,随着天气变暖逐渐减少的最经济供应模式,同时实现负荷随着学生走的最佳运行方式,使有限的资源发挥出更大的作用,实现更好的经济效益、社会效益。该项目在天津市率先实现多种可再生能源的综合利用示范,在国内首次利用不同能源系统之间的调配,总体水平达到国际领先,多种可再生能源的利用方面达到国际先进水平。

## 三、节约型校园的基本建设

建设节约型绿色生态校园是科学发展观的要求,高等学校担负着教育、科研和社会服务的重任,是构成社会的重要社区,也是资源、能源消费的大户。因此,建设节约型高校对节约型社会的构建具有重要的现实意义和最佳的示范作用。2010年6月13日,由国家节能中心和中国高等教育学会后勤管理分会共同举办了“节能攻坚高校行动”启动仪式,并成立了全国高校节能联盟。2010年9月18日,全国高校节能联盟组织旨在进一步开展高校节能减排,提高广大师生节约意识,推动建设绿色的节约型校园,提出“十百千万工程”的口号,即每个参与高校在本校建设十项节能工程;在全国建立百所节能示范高校;在全国组织千个绿色节能环保为主题的学生团队;在全国培养万名节能管理人员,系统推进高校节能工作的开展。由此可见,在建设节约型校园的过程中,除了可以收获直接的经济效益外,还可以进一步扩大学校的社会影响力,并为促进学校相关学科的建设与发展带来契机。

### (一) 经济投入与收益

节约型校园的创建需要大量的专项经费投入,表4所示为北京高校系统2008年节能减排工作完成的主要项目统计。下面将以北京师范大学为例,介绍该校近些年来围绕节能减排开展的具体工作和取得的

表3 天津工业大学绿色校园建设成果

主要节能项目	项目规模	节能效益
浅层地热能利用系统	可提供8万平方米建筑供热,制冷	每年节约运行费160万元以上
冬季采暖燃气锅炉调峰系统	二台2800KW燃气热水锅炉,削峰设计、调峰热源	降低了冷负荷和一次性投资
地热深井及梯级利用系统	地热深井水温65°C,井采量126m <sup>3</sup> /h,回水温度8°C	实现地热梯级利用
学生公寓太阳能利用系统	1500平方米的玻璃真空管,50°C热水80吨	每年节省运行费用百万元以上

表 4 2008 年北京市各高校节能减排实施项目统计

项目	参与高校/所	完成项目/项	投入经费/万元	平均投入/万元
节水	30	30	2359.10	78.6367
节电	28	38	2380.89	85.0318
节气	8	9	2598	324.75
新能源	8	9	1719.25	214.90625
高校总数/所		总投入/万元		平均投入/万元
43		9048.24		210.4242

表 5 2008 年北京师范大学节能减排投入统计

	节水项目	节电项目	节气项目
总投入(万元)	319	10	75

节能成效。

北京师范大学,作为国内第一批节约型示范校园。表 5 显示了其 2008 年的节能专项投入,图 1 为其 2005-2008 年已完成的节能改造项目。图 2 为其 2005-2008 年人均月能耗示意图(红色为耗水曲线,蓝色为耗电曲线,绿色为耗气曲线),具体数据可以代表当前北京各高校的平均能耗水平。

在全校各食堂改造炉灶,使水、电、气占伙食成本的百分比降至 5.2%,远低于北京市高校的平均值(10.3%),每年可节约 750 万元。据统计,该校 2006 年在采取一系列节约措施后,学生宿舍楼和公共教室的运行支出环比减少了 140 万元;供暖节能改造一个供暖季可节约 100 万元以上;通过采取有效的节水措施和中水回用工程,每年

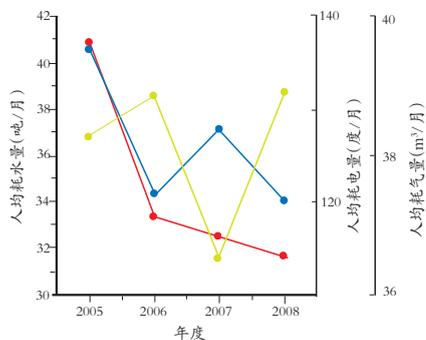


图 1 北京师范大学节能型校园建设措施

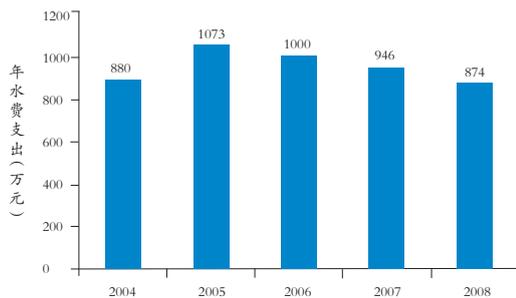
图 2 北京师范大学月人均耗水、电、气量

可见,在保证学校各方面建设正常运行的情况下,水费和能源费用大幅度下降就是节约型校园建设最直接的收益。下面再以清华大学和同济大学的统计数据为例进一步说明。

清华大学在建设节约型校园过程中,

全校节水可达 40 余万吨。截止 2009 年,清华大学学生公寓、公共教室用电分别为 802 万度、171 万度,比 2004 年分别减少 19.3% 和 48.3%;学生公寓、公共教室用水分别为 52.6 万吨、3.7 万吨,比 2004 年分别减少 32.5% 和 36.4%。

同济大学在节约型校园建设方面同样获得了巨大的经济收益。科技节能、管理节能及教育带来的行为节能为同济大学带来了巨大的综合节约效果,2006年全校能源消费比预算节约1200万元,图3为同济大学2004-2008年5年间的水费和能源费用的支出变化,从中可以显著得看出节约型校园建设的收益。

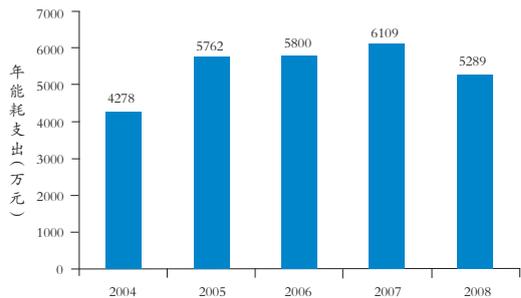


(a) 同济大学2004-2008学校水费支出

年节约燃料约40万元。

2.兴庆校区学生宿舍西18、19、20的太阳能淋浴改造。并尝试对洗澡水进行余热回收和中水再利用,初步预计该项目可为学校每年节省资金约25万元。

3.兴庆校区1300大教室LED节能灯改造,总计更换54套新型节能灯。该型号节能灯使用寿命较普通灯管大大提高,更



(b) 同济大学2004-2008学校能源费用支出

图3 同济大学节约型校园建设经济效益示意图

作为一所国内知名的百年老校,西安交通大学有着百年的历史和深厚的文化底蕴,在新的历史条件下,当然也要走在时代的前列,顺应节约型校园的潮流。目前学校已经做了一些节约型校园建设的工作,如学生浴室已经改为刷卡计费,食堂采用了流水线收餐具,专用主食加工生产线;学生宿舍用电系统改造,制定学生宿舍内学生有偿用电的管理制度,一室(舍)一表科学配额,过量多付。目前全校共有水表10429块,总体的装表计量率已达70%;采暖期学校根据不同建筑、不同使用特点实行分时段供暖,夜间低温运行。供暖系统宜根据室外气象条件变化进行调节,确保按需供暖,节约能源等,近期实施改造的主要项目:

1.兴庆校区供暖系统节能改造。主要是对燃气锅炉和室外管网系统采用智能化改造,由电信号转换为数字信息通过网络传递的技术改造,改造之后耗气量将从每个采暖季 $8.3\text{m}^3/\text{m}^2$ 减至 $7.5\text{m}^3/\text{m}^2$ ,预计

次数可较之前减少一半,年节约资金约1.3278万元。

4.雁塔校区学生浴室改造。采用太阳能、空气源、集中供热和污水源热泵技术,四位一体的节能措施此节能效应与原燃煤锅炉对比预计年节约资金可达到45万元。总之,以上都是节水、节电,节能的改进措施,所取得的经济收益。交大的绿化植被率较高是国内高校少见的,我们应该充分利用这个优势,在有限的土地资源中,使校园建筑宜向“低密、高容、立体化”发展。我校节能、节水和节电潜力还很大,因此,进行节约型校园建设具有很可观的经济收益预期。

## (二) 学科拉动与发展

从工程技术角度,节能减排主要涉及能源动力工程、电气工程、热泵技术、新能源技术、软件工程、数据采集技术、自动控制技术、无线通信技术、现场总线技术、网络技术、微生物膜技术和数字矢量地图技术等。涉及到的学科包括:建筑、规

划、建筑环境与设备工程、能源与动力工程、环境、电气、电子等。纵观国内各高校,特别是各节能示范院校的节约型校园创建过程,我们看到创建绿色校园的过程,也是推动相关学科进一步发展的过程。

例如清华大学在节约型校园建设过程中,由于学校的大力支持,由社会和相关政府资助建立了清华大学中意环境节能楼、清华大学低能耗示范楼等示范工程,极大地提高了相关学科的科研硬件条件,从而为相关研究提供了更好的实验平台。

同济大学在进行节约型校园建设过程中对建筑节能、清洁能源、节能汽车、可替代新材料等方面选择其中关键技术进行重点攻关,取得了一系列创新性成果,例如在对文远楼进行节能改造的过程中,也解决了文物建筑如何进行相关节能改造的难题,促进了同济大学建筑节能方面的研究。西安交通大学作为一所以老校区为主的综合性大学,在建设节约型校园过程中,如能更好地发挥学科优势,因校制宜积极创新节能思路,大力开发各种节能项目,必将促进我校建筑学、环境与设备工程、能源电力等相关专业更好地发展。与此同时,这也是对各学科相关研究成果的有力展示,利于相关科研成果转化为社会生产力,促进学科建设发展与社会现实需求相呼应的体现。近期学校新建的西区学生食堂利用地源热泵采集热源和综合热源再回收,进行食堂供暖和制冷的设计,体现了节地节能节水的新理念,由人居学院科技研发和工程互动结合设计。

### (三)人才需求与培养

人是能耗的主体,也是节能的主要对象,更是推动节能减排的最大推动力。高校作为社会构成的一个要素,是城市生态系统的一个子系统,与城市中的其他环境单元关系密切,而且具有较强的开放性。资源、能源从校园系统外输入,人才向社会输出。交大作为高等院校知识分子相对集

中的地方,建设节约型校园,引领整个西安市建设节约型城市的新理念。

整个社会对节能、低碳经济等人才需求非常旺盛,在进行节约型校园建设过程中,一方面进行相关研究,培养了一批批此方面的科技人才,使得学生在就业过程中获得更强的竞争力。同时在进行节约型校园建设过程中,将使资源节约和生态保护理念贯穿于教育的全过程,通过向学生传授相关知识,让他们深刻了解建设生态文明的重要意义,增强他们的资源节约和生态保护意识,使他们建立起人与自然协调发展的价值观,引导和鼓励他们在自身的学习、生活、工作、实践中身体力行,广泛地影响着社会其他人群。

我们学校的学生素质毋庸置疑,加大宣传力度,行为节约就有起色。例如根据国家发改委等14部委今年联合倡议举办的第二十个节能宣传周《关于2010年全国节能宣传周活动安排意见的通知》及省发改委等17部门关于2010年陕西省节能宣传周活动安排,6月12日我校节能减排办公室组织开展了以“节能攻坚、全民行动”为主题的节能宣传周活动,并组织参加了陕西省教育厅发起的百余所高校举行“节能攻坚高校行动启动仪式”和“节能攻坚、全民行动”万人签名活动。通过宣传展板、悬挂宣传横幅,现场发放《节能减排 全校行动》宣传册等多种活动形式,增强广大师生对能源资源忧患意识和节能减排意识。以节能环保为主题的展览及《致全校师生员工节能减排倡议书》,深深地吸引了广大师生,大家纷纷表示要积极响应倡议活动,从我做起、从点滴做起、从身边做起,提高节能环保意识。部分参加该活动的同学表示参加后收获非常大,并表示今后在此方面做进一步工作的愿望。

### (四)社会合作与影响

学校教育是人类传承文明的主要方式,对于社会意识形态的形成和精神文明

的建设发挥着至关重要的作用。而建设节约型社会的战略决策和部署正是我们中华民族勤俭节约的优良传统在现代社会中的发扬光大,是先进文化和精神文明的具体体现。学校将建设节约型校园,培养学生勤俭节约意识和行为列为教育的重要内容,从学生抓起,从小事做起,将对全社会勤俭节约意识的形成和节约型社会的建设具有深远的社会影响,进而将会获得巨大的社会效应。

节约型校园的建设不仅仅局限于校园自身,同时也急需国家、社会和企业的参与合作,特别是在节能减排领域具有专业资质的高科技公司,参与形式可以是多样的,可以校企联合开发,也可以直接借助企业成熟技术方案,利用先进的合同能源管理(ENERGY MANAGEMENT CONTRACT)模式机制来合理化管理学校的能源,促使学校的能源充分发挥有效地作用。

以北京大学为例,2010年9月19日,该校与施耐德电气共同发起并建立中国高校能源系统设计与管理研究中心(简称能源管理研究中心)。作为全球能效管理专家,施耐德电气可以提供工程经验、研发团队和解决方案等方面的优势,有效助力该校的能源系统设计,并提供了产学研协作的创新平台和人才培养平台。而北京大学,则凭借该项合作大大提高了该校节能减排行动和节能校园建设的速度。按照北大校长周其凤的说法:此次校企合作,将为绿色校园的先行者提供制定高校节能标准和节能政策的契机。

西安交通大学作为西部乃至全国的龙头院校,具有一定社会影响力,人才济济,具有科研开发方面的人力资源和技术设备优势。如果宣传得当,就能获得政府充分的资金和政策支持,然后结合自身实际,发挥综合优势,组织多学科力量,围绕制约资源节约的重大瓶颈环节,大力开展基础研究和应用基础研究,对现有的管网

系统和陈旧的设备改造更新,利用新能源、新材料、生物技术等支持节约资源科技进步,并将相关研究成果转化为生产力,加速节约型社会的建设步伐,将对西部其他高校的校园规划和建设、城市规划、甚至社会理念产生较强的辐射作用。同时作为用能大户,学校的废弃物排放量和排放强度都将影响整个城市的生态环境质量,建设绿色交大校园,本身就是对西安市构建节约型社会的一个重大的贡献和支持。

#### 四、节约型校园建设中应重视的问题

西安交通大学的节能减排工作不同于新兴校园和新建校区,在谋求绿色校园的创建过程中,一方面要最大限度发挥现有基础设施的作用,不影响广大师生的正常学习生活,并妥善保护好文物级别的老建筑;另一方面又要紧跟时代步伐,促进高耗能设备的淘汰更新,保持能耗的稳步下降趋势。目前,在国家政策对节约型校园建设提出要求,并已出台相关技术导则的情况下,西安交通大学更需要加快节约型校园的建设步伐,同时合理吸取其他高校在建设过程中的经验教训,这就要求在前期对节约型校园建设进行充分的调研和合理的规划,以及摸索改造旧设备和老管网的基础设施,以求最大限度的发挥其作用的管理模式,进行节约型校园的建设。

##### (一)前期规划

节约型校园建设规划是学校校园建设重要的基础环节,因此必须“建设未动,规划设计要先行”。由于节约型校园建设是系统工程,涉及到从规划、设计、施工到后期管理的全过程,和学校多个职能部门均有着密切的关系,需要通盘进行考虑。从建设节约型校园的视角,对节约型校园建设开展科学规划是具有基础性、法规性、全面性、持久性作用的关键措施。一个好的节约型校园建设的规划即是最大的节约,是建设节约型校园效果成败的首要保

障,也可说是建设节约型校园的重要措施。在完成节约型校园规划之后,今后所有的项目需要以此为纲开展相关工作,以达到最大的能源和资源的节约。

节约型校园建设的前期规划尤其需要注意整体性,分阶段性和可持续性的基本原则。我们之前开展的很多项目,正是由于没有合理的规划,缺乏整体考虑,导致各项目之间经常是孤立的,没有挖掘可以利用相互间的关系进行节能、节水和节电。经常是一次施工完成后发现能耗过大,再进行第二次的节能改造,而且改造后又缺乏必要的数据监控,无法进行局部的调整。整体性原则就是要求学校在规划时,与相关职能部门相互沟通,采取合理的节能措施,在项目前期进行认真论证,在项目完成后还要进行相关数据的跟踪及时再修正,后期的合理使用,使学校的能源发挥其最大化效益。

所谓分阶段性,就是要求根据制定的校园建设规划,进行轻重缓急的划分,依据学校和社会配套资助的经费预算,安排合理的建设顺序。这样就可以使项目进展能有明确的时间安排,也有利于开展不同阶段节约型校园建设效果(统计数字)的对比工作,以评估不同阶段工作所起的作用。需要注意的是先期建设要为后期建设留下充足的接口,以降低整体建设的难度和投资力度,同时避免了工程上马的盲目性。

节约型校园建设规划需要遵循可持续原则,重点实施可持续的长效节能机制。首先必须通过实事求是的能源统计,努力提高能耗数据的可信度和透明度,并始终保持对能源利用的忧患意识和保持对节能降耗的硬性要求指标。节约型校园建设规划确立之后,后续相关建设将遵循此规划逐步展开,有利于指导相关工作的进行,形成一套完整的便于兄弟院校和相关单位学习的可用教材,长期积累将使得校园建设更富有成果,也不会出现政策的不连续性。

## (二)能源的合理使用

节能型校园建设的根本目的是为了达到能源更合理、更高效地使用。目前我校的能源利用率还不够高,浪费现象时有发生,提高各种能源的利用率,推进节能技术的发展和普及是国内高校必须承担的社会责任。图4显示了西安交通大学近两年的能源消费总成示意图,可以代表交大的典型能耗组成。由图可见,学校能源消费呈现多元化的分布,消耗最大的是电力,其次是水,然后是天然气。“十一五”期间,在本校制定节能专项规划时,优先考虑了节水减排的相关投资,目前全校总体装表计量率已达70%。这也与《关于推进高等学校节约型校园建设进一步加强高等学校节能节水工作的意见》(建科[2008]90号)文件特别凸出节水工作在绿色校园建设中的重要地位的要求相一致。从图5可以看出,近些年来我校的节能减排工作成效显著,水、电年耗量正趋于稳步下降,这为我校逐步形成可持续的长效节能机制奠定了良好基础。

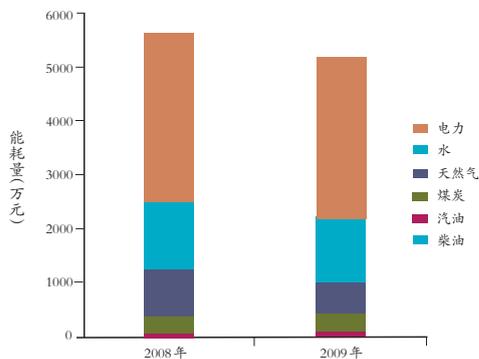


图4 08-09年西安交通大学能耗总成统计比较

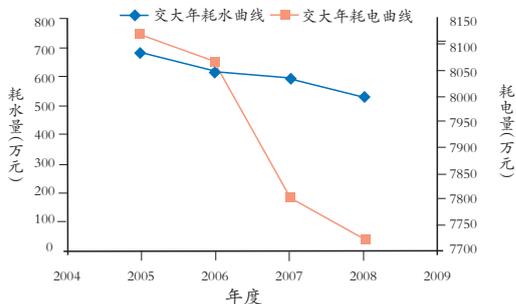


图5“十一五”期间西安交通大学年能耗消费总量变化

图6、7分别显示了我校“十一五”期间的平均能耗消费曲线,总体呈现下降趋势,达到了国家和教育部“十一五”期间的节能减排要求。总结成绩,首先得益于近些年来我校始终将节约型校园的建设作为学校发展的重要支撑点,学校领导十分重视,意识到节能减排工作的必要性和重要性,学校成立了由全国人大常委、学校副校长蒋庄德教授为组长,学校党委书记、总务长耿剑平为副组长,能源、电气、环境等方面专家及相关职能部门主要负责人为成员的节能减排工作领导小组,设立了节能减排办公室。其次在学校坚持实施可持续的长效节能机制,通过实事求是的能源统计,努力提高能耗数据的可信度和透明度,始终保持对能源利用的忧患意识和对节能降耗的硬性要求。同时,我们也认识到节能减排,势在必行。虽然单人能源需求和学生总人数都在增加,但学校的平均能源消费却可以呈现逐年递减的趋势,生均用能水平在逐步下降。可见采取节能减排措施确实有助于节约型校园的建设。

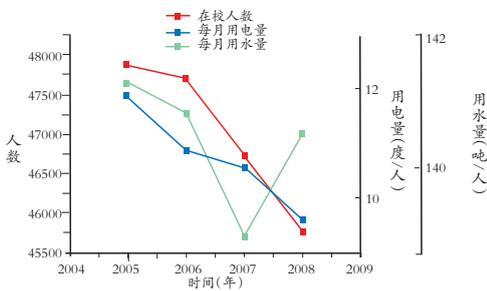


图6“十一五”期间西安交通大学人均能耗示意图

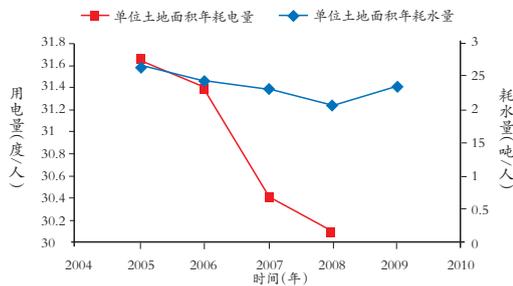


图7“十一五”期间西安交通大学单位土地能耗示意图

图8以近年来一直处于快速发展阶段的江南大学为对比对象,列举了我校人均能耗(Yuan /person),单位土地面积能耗(Yuan/m<sup>2</sup>)和单位建筑面积能耗(Yuan /m<sup>2</sup>)的对比情况,从中可以看到当前我校的节能发展水平还处于起步阶段,未来的节能潜力很大。作为一所主体建筑已有近六十年历史的老校区,在节约型校园的建设过程中,往往受制于原有设备和既有系统管网的约束,改造成本较高,现实困难较多,需要综合考虑投入成本和节能改造措施。与这些节能先进高校和示范性校园对比,可以看到差距和自身不足,同时也给我校的节能减排工作提供了很好的借鉴。比如江南大学利用现代通信技术打造的能耗信息远程监控平台;同济大学借助有效有力的组织保障,利用国家自然科学基金项目专项研究节能改造问题的做法等等。



图8 西安交通大学和江南大学的平均能耗对比图

### (三)基础设施的改造

解决能源浪费和短缺问题的重要手段之一就是现有的供能设施进行改造,实现能源系统的优化组合。首先需进行“摸底”工程,对我校用能现状进行全面调研和详细分析,对比节能要求,然后整体规划,分期投入。即在规划阶段就将节约型校园的理念贯穿在内,展开对校园用能情况进行全面综合的分析,改造陈旧的设施,以节省更多的资源,合理利用再生能源,能为后期管理给学校获取更大的经济效益。

2009年,西安交通大学物业处建立了校园大物业服务平台,将水、电、暖维修,生活区物业,学生餐饮、学生公寓服务,水、电费查询等纳入其中,建立起物业服务24小时联动反应机制,加强了服务沟通,提高了后勤应急反应速度,使物业服务首问负责制与信息处理有机地结合起来,有效地提升了物业服务保障能力,迅速解决管网的跑冒滴漏,减少能源的浪费。

建筑节能也是校园节能工作的重点。根据校园建筑特点,针对教学建筑、办公建筑、科研实验楼、学生宿舍、食堂、浴室等各类建筑应有节能专项改进措施的实施目标,对既有建筑重点抓好测试、诊断、改造和优化运行的管理机制,加强对采暖、集中空调、电梯、锅炉、照明设备及教学科研仪器、办公设备设施等校园用能设备的检测与维护,重点强化设备运行维护阶段的技术、管理及行为节能措施,强化安全运行的节能目标和管理制度。

## 五、节约型校园建设的工作重心

在创建节约型校园的过程中,每个阶段都有不同的工作重心。在初步规划时期,应当重点实施能源审计工作,摸清能耗现状和节能潜力所在;在节能减排项目实施阶段,应当因校制宜,重点实施可以为本校发展带来长期节能效果的项目,同时还要注意巩固已取得的节能成果;在一个规

划期结束时,节能减排工作的重心应当是客观总结已取得的成绩,制定下一阶段节能减排的具体工作。自2003年以来,西安交通大学新一届领导班子突出强调了以人为本的治校理念。将满足师生的需求放在学校工作的突出重要地位,同时也将针对学生个人的节约行为摆在了工作的突出位置;西安交通大学的节约型校园建设充分重视科学规划和新科学技术的重要作用。不断加大新科学技术的应用,努力提高节约型校园建设的硬件水平;此外,西安交通大学建设节约型校园,还注意从和谐社会的思想出发,追求供给与需求和谐,节能与消费和谐。截止2010年,我校为实现“十一五”节能减排目标,保障高校能源合理使用,促进高等教育可持续发展,已经具体落实了14项主要节能减排措施,取得了一定成效,积累了一些经验。今后我校的节能工作仍将秉持“科技-管理-教育三位一体”的理念,即:科技节能突出阶梯利用,绿色用能,高效利用的先进性;管理节能突出节能运行,计量管理,能源审计的实效性;教育节能突出普及宣传,行为节能,激励机制的合理性。具体工作将围绕节地,节水,节能三个方面,着力从节、换、计、管、宣五个方面展开。

### (一)优化节地

目前土地资源对于高校的发展非常重要,建设节约型校园规划的一项重要内容就是土地使用的规划,以及对现有土地的有效充分利用。在进行节约土地方面,西安交通大学可以从以下方面开展工作,以达到最佳的节约效果。

首先,科学的土地使用规划。以强化节约、集约、合理使用校园土地为指导思想,实事求是确定校园建设规模,不能一味规模求大,攀比成风,应注重土地的使用效益。在有限的土地资源中,校园建筑宜向“低密、高容、立体化”发展。校园规划中,应尊重自然,强调生态和环境优先的理念,

充分结合基地原有的地形地貌等自然条件,做足生态文章。在水文、土质、气候、植物、动物等方面与原有生态相融,构筑校园生态系统。节约型社会建设以提高资源利用率为核心,大学校园内的资源应适应大学社会开放化的要求,充分开发开放,力求将校园文化与城市文化融为一体。

其次,合理的建筑设计是建设节约型校园的重要手段。据统计,建筑能耗占社会能源总消耗的30%,建筑的经济性90%取决于设计阶段,由此可见建筑设计对于资源节约的重要意义。校园建筑设计以建设低耗能、超低耗能和绿色建筑为主要目标,以节能、节水、节材等为重点。对于单体设计,应以自然采光与通风为主,既可以形成舒适的学习环境,又可以节约建筑全寿命周期内的投入资金。同时,要加强贯彻实施《关于发展节能省地型住宅和公共建筑的指导意见》和《公共建筑节能设计标准》,设计中应采用高效节能照明产品和保持合理的照度;加大节水型设备和器具的使用力度,建设节水和中水回用设施。新建建筑必须严格执行有关建筑节能节水强制性标准,要按照相应的建筑节能节水标准进行工程项目的规划、设计、施工、监理等。而且,建筑设计中应加大新节能产品及新工艺的应用,实施结构保温节能、智能化设计、太阳能利用等方法,开发利用新型和可再生能源。

最后,要注意校园绿地的充分使用。校园绿地是校园构成的重要部分,而交大目前的校园绿地又尤其多,然而目前多数校园绿地仅仅采用美化环境使用,这对于寸土寸金的校园土地来说无疑是一种浪费,因此需要将校园绿地充分的利用起来,结合节能和节水措施,并在规划中注意其对周边建筑能耗的影响,全面提升整个校园的使用效果。

## (二)节能目标

西安交通大学兴庆校区属于典型的老

校区,校内建筑主要由教学楼、办公楼、学生公寓、教工宿舍和其他建筑(食堂、体育馆等)构成。大部分建筑建造于五、六十年代,其中还包括钱学森图书馆等历史和文物保护建筑,如图9所示。学校目前的能源供给情况如图10所示,具体包括:

**供水现状:**学校共有二次供水水库20座,累计库容15310m<sup>3</sup>;三次供水水箱9座,累计容积330 m<sup>3</sup>;二次供水水泵总台数共计73台,已全部实现变频恒压供水;学校有从DN80~DN200的市政进水口,共计13个,总供水面积221.95万 m<sup>2</sup>,日均供水2万 m<sup>3</sup>。

**供电现状:**学校现有配电室共计51个,变压器110台,总供电容量近10万KVA,拥有高压进线9条,工网3条。

**供暖现状:**学校现有锅炉房9个,锅炉31台,其中燃煤锅炉13台,燃气锅炉18台,总功率共计189.5蒸吨,总供暖面积约达166万 m<sup>2</sup>,供暖期约130天以上,每天运行时间从10到24小时不等,在采暖期4个多月内每平米供热费用约为14.24元。

目前,冬季采暖雁塔校区的教学区和大部分家属区已引入市政热力公司的热源,逐步实现集中供热的采暖方式供暖;兴庆校区的冬季采暖整个教学区由三个锅炉房分别供暖:教学东区,教学西区和东南区,教学二区则单独一个锅炉房供暖。其中教学东区和教学西区大多为蒸汽供暖方式,热损耗较大,是现阶段我校节约型校园建设需要改造的重点对象。

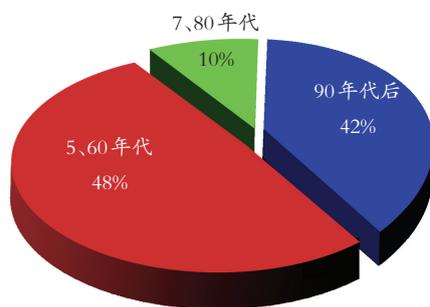


图9 西安交通大学现有建筑统计

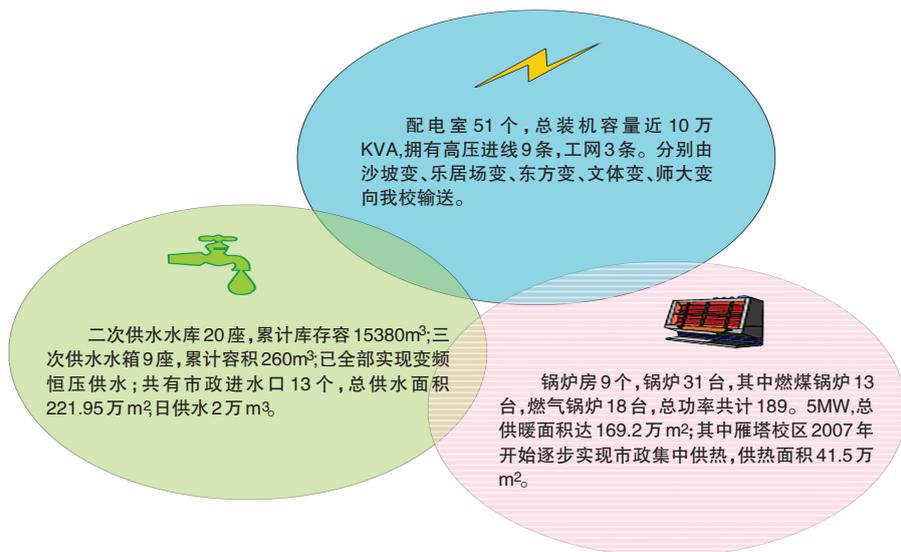


图 10 西安交通大学能源供给现状

根据交大能源分布现状,我校的节能项目应当由以下几方面组成:

1.建筑节能。分为既有建筑和新建建筑两部分。建筑本体的节能,是降低建筑物能耗的根本措施。如前面所讲,西安交通大学校园内既有文物级别的老建筑,又有还处于设计阶段,甚至处于规划阶段的建筑。因此,对于这些不同的建筑,应该采取不同的节能处理措施。

对于既有建筑来讲,主要措施有墙体保温技术,门窗加装密封条,窗户玻璃加贴隔热膜,屋面与墙体的绿化,屋顶的自然通风等等。对于新建建筑来讲,也一定需要在建筑设计时,在建筑本体上考虑建筑节能的问题。在国内外其他高校用的比较好的技术主要有:优化建筑体形系数,有利于节能减排及环保;使太阳能在建筑中最大限度地发挥采光、日照、建筑温室效应;与地道风结合发挥自然空调的通风换气功能;太阳能烟囱通风技术等等。

2.系统和设备的节能。包括上述的基础设施改造和新建建筑中的节能新技术、新产品、新材料,建设成节能、节水、节地、节材型建筑等。从而由点到面,逐步推广完善节约型校园建设的发展模式和技术体

系。

3.校园能源规划和用能安全。目前我国大多数高校仍然处于能源消费大锅饭状态,并且现有锅炉设备陈旧老化,各项运行指标远远超出实际使用价值。另外热水箱保温效果差,且随时存在漏水等安全隐患。在供能方式方面,能源来源极单一,大多数高校的电能都是来源于电网,采暖利用市政热网,只有部分学校的锅炉房有供暖能力。在能源利用方面,浪费现象十分严重。由于学校人口多,并且学生时间安排差异较大,白天开灯的现象十分常见。冬季供暖期间,持续供暖造成一部分宿舍楼内存在过热现象。在国际倡导节能减排的大环境下,校园能源浪费的问题迫切需要解决。在管理方式方面,目前校园仍然沿用低效率的手工抄表统计能耗的方式,基本上是现场安装数据采集仪器、仪表,人工定时采集数据,填报能量消耗报表,然后逐级汇总,统计后上报到能源管理部门、财务部门和上级主管部门。数据可靠性差、不具有实时性,工作量大、效率低,难以满足建筑的定量、能效分析诊断、节能潜力挖掘、定额管理及动态趋势分析、节能措施效益评价等节能监管需求。为此,需

要循序渐进地建立、实施能源消费收费制度,落实到院、系所、部门,甚至细化管理到研究室、工作室、房间。在应对突发事件方面,紧急应对措施不健全,应对能力较弱。比如冬季供暖锅炉燃气不足的情况下,要面临学生宿舍大面积停暖的后果,直接影响学生的学习生活。

4. 校园智能监控和管理系统。国家高度重视节约型校园能源资源消耗的智能监控和管理系统的建设。《高等学校节约型校园建设管理与技术导则》(试行)明确提出,应建立节约型校园的校园分散设施能耗远程监控系统,主要内容包括:通过分类、分项计量把握校园设施能耗状况,确定重点用能部位或设施;积极采用现代化通信、网络技术,建立校园设施能耗远程监控系统;对高能耗建筑或设施,以及校园能耗的主要参数实施实时在线监测。能源资源消耗智能监控和管理系统主要包含四大部分,分别是能源资源消耗自动采集系统、能源资源消耗分析诊断系统、节约能源资源管理制度体系。

能源资源消耗自动采集系统由三部分构成:数据管理中心、数据集中器、数据采集终端。通过对校园内部重点用水、用电单元的数据进行自动采集,从而实现针对大楼内部各单位、部门、各功能区域、各种设备在不同时间段内详细能源资源消耗情况进行精确采集和统计分析,并形成各个监测单元的年度、月度、每日、每小时的能源资源消耗曲线,生成费用报表。同时系统还支持对于供热、供燃气等其他能耗数据进行采集管理。自动采集系统可以对水、电、气、热等各种能源资源消耗数据进行详细的分类、分项计量,并按照要求产生详细的数据报表。系统采用大型数据库进行历史数据的保存,可以海量存储若干年的历史统计数据,具体要求根据需求确定。

能源资源消耗分析诊断系统完成:(1)

校园建筑设施分类能源资源消耗统计或分项能源资源消耗统计;(2)分析能源资源消耗趋势;(3)分项能源资源消耗比较;(4)帐单和报表打印;(5)能效公示;(6)重点区域的能源资源消耗监测、管理功能;(7)能源资源消耗诊断。

5. 建立和健全节约能源资源管理体系。好的管理体系和管理制度对于创建节约型校园具有举足轻重的作用,教育部先期的节约型校园示范学校无一例外都有一套完整的管理体系。该体系包括:

节约能源资源行为习惯日常培养体系,如校园实施对节约能源资源行为的奖励和对浪费行为的教育处罚措施,将师生员工节约能源资源行动纳入行为规范建设中等。

节约能源资源宣传教育体系,如开展形式多样的节约型校园建设宣传活动,将节约理念教育纳入学生素质教育课程内容,将节约能源资源技术纳入学校课堂教学和科技实践,增强师生的能源资源忧患意识和节约意识,倡导健康、文明、节俭、适度的生活理念,使节能节水成为每个师生的良好习惯和自觉行动等。

节约能源资源管理制度体系,如建设项目审查制度,校园设施运行监管制度,数据公示及共享制度,能源资源需求管理制度,能源资源节约型采购制度,环境管理制度等。

#### 6. 设立节约能源资源组织机构

节约型校园建设的成败与否,需要设置一套好的领导和执行机构,借鉴兄弟院校的宝贵经验,初步的设想如下:

(1)设有各级节约管理负责人。学校主管领导为校园节约能源资源工作的责任人,各院系、部门负责人为该部门单位能效管理和节约能源资源工作的最终责任人,并列入业绩考核内容。

(2)设有校级专门机构和人员。由校级有关管理人员成立专门的节约型校园建

设管理机构,全面负责校园节约的具体职能工作,部署、协调、监督、检查节约型校园建设各项工作。

(3)设置节约型校园建设管理委员会。成立由主管校级领导负责的节约型校园建设管理委员会。委员会可由能源管理、基建、资产、设备、采购、学工、团委等职能部门的负责人和相关专家组成,负责制定节约型校园建设工作的方针,指导节约型校园建设的工作,组织协调各院系、各部门的资源。

(4)运行人员素质状况评价办公室。包括空调、锅炉等用能系统运行人员的专业素质、技能水平、思想觉悟、工作态度等评价。

### (三)教育育人

在进行节约校园建设过程中,将使资源节约和生态保护理念贯穿于教育的全过程,通过向学生传授相关知识,让他们深刻了解建设生态文明的重要意义,增强他们的资源节约和生态保护意识,使他们建立起人与自然协调发展的价值观,引导和鼓励他们在自身的学习、生活、工作、实践中身体力行,并影响社会其他人群。

坚持“以人为本”的理念,保证在校师生的正常学习、工作和生活。重视通过宣传教育挖掘潜在的行为节能效果和个人意识的提高。加强校园节约文化建设,树立节约理念,普及节约科技。全员参与节约型校园建设,将节约理念贯彻到每个人的行为中。

从满足人的基本需求出发,降低人均能耗是校园节能的最终目的。另外,各种耗能设备都是间接为人服务的,在能源的调度和转换过程中降低损耗和防止跑冒滴漏是重点。科技创新和新能源的利用要因地制宜,注重实效。这一部分往往体现在具体的实际工作中,因此应当广开思路,尽量发挥内生作用力和外在推动力的双重功效,促使节能减排工作形成科学模式;能源

管控措施的制定要以人为本,着眼长远。这一部分不是一蹴而就,往往需要反复考量不断改进。因此应当深入调研,并对校园能耗情况进行分类细化,同时制定针对性的措施,规范节能减排工作形成长效节能机制。校园宣传教育要创新形式,突出特色。这一部分直接关系到行为节能的实际效果,因此更要实事求是,同时还要注意从需求侧管理的角度,规范个人节能意识和责任,最终在全校范围形成良好的节能减排风气,共同推动绿色校园的建设和发展。把握节约型校园建设的基本规律,就是要认识到节能减排并非简单的减少消耗,而是对能源的更高效和可循环利用;就是要将能源管理同资本管理看得同等重要,科学管理能源,合理的分配能源;就是要不断总结好的节能经验,探索适用于本校发展模式的新方法。因校制宜,确定和围绕本校各个阶段节能减排的工作重心,将节约型校园的建设推上一个又一个新台阶。

### (四)工作设想

当前,学校正在制定“十二五”规划,节能减排仍然是一项重要内容,并将继续作为量化的约束性指标。在形成社会友好型环境优化型低碳、低消耗的社会大环境下,将继续大力推进节约型校园的创建活动,这为我校进一步加快绿色校园建设提供了契机,同时绿色校园也是我校立足于新世纪一流大学之列的必经之路。目前学校在节约型校园建设方面仍存在一定的不足,也未能最大化的节地、节能、节水。基于上述内容,提出具体整改设想:

1.依据现有的校园消费数据、消费终端用户、消费场所、消费时间段,进行一次全面的分项计量,通过能源审计与摸底调查分析,搞清楚西安交通大学的能源消费在人、地、时三方面的分布状况,以及我校各种能源消耗的细致分类与特征,对现有的功能设施进行改造,实现能源系统的优

化。

2.针对水、电、暖的消费情况,充分发挥学校本身的研究资源与成果优势。参考同济大学的做法,建议召集包含人居学院、能动学院、电气学院等相关学科研究人员的研讨会,群策群力,联合制定节约型校园建设项目建议书。以便科学指导总体的规划统筹,设计具体的工作计划、技术整改措施。

3.探索提高供给侧效益的新方法,引入需求侧管理。比如利用市政原生污水冬季高于大气温度,夏季水温低于大气温度的特点,冬季从污水提取部分热量,供教学、食堂、学生宿舍的采暖,夏季向污水排热制冷。这样可以充分利用废弃的热源,低碳生活,合理使用。

4.积极利用新型能源是节能减排的重要措施,能够有效地缓解能源短缺的现状,也是实现能源利用多元化的重要手段之一。目前,西安是一个资源严重短缺的城市,人均水资源仅为320立方米不足全省人均有量的1/3、全国的1/6、世界的1/24,远远低于国际公认的维持一个地区可持续发展人均占有量1000立方米的临界值。考虑引入燃气轮机联合循环,令其运行于热电联产模式。供暖热水可以直接提供采暖服务,而发出的电力可以直接提供给水源热泵耗电。这种办法可以取代目前单纯的不节能的燃气锅炉采暖,同时产生供暖热水和电力,从而提高了水、电、暖的综合节能效益。

5.目前合同能源管理(简称EMC)模式也越来越受到青睐,它是一种新型的市场化节能机制。其实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式。学校可以将部分能源管理运用新型管理模式,统筹规范,做到节能降耗的作用。

6.建设能源系统的管理和规划的监督体系。在校园内建立校园节能监管体系,

总体目标是实现定额管理、全面收费、指标考核评价的一体化。

#### 7.雨水处理及利用

雨水的收集与处理应充分考虑当地的气候条件,并宜结合景观进行设计。通过技术经济比较,合理确定雨水的积蓄、处理及利用方式。

#### 8.污(废)水处理及利用

在技术经济合理情况下,对污(废)水进行处理及利用设计。对于以完全分流式收集系统收集的优质杂排水为原水时,可以采用物化处理,或生物处理和物化处理相结合的工艺流程,在有条件的校园,可以考虑采用人工湿地等运行维护较为简单的处理工艺。对于以合流式收集系统收集的污水为原水时,可以采用生物处理和深度处理相结合的工艺处理,或膜生物反应器等技术进行处理。

## 六、总结

今后西安交通大学的节能减排将紧紧围绕“高校节能十百千万工程”不断深化改革,继续突出改造老校区陈旧设备和老化系统的节能减排工作重点,力争开创节能型新校园建设的新局面。继续努力探索节约型校园建设的基本规律,始终依据国家节能环保政策,整合资源,奋力创新,依靠和团结高校、学生、企业、社会等多方力量,力争为国家节能减排做出更大的贡献。

### 参考资料:

[1]2008年全国高校节能工作交流会——资料汇编

[2]2009年北京高效节能工作会——节能减排工作文件汇编

[3]2009年全国高校节能工作交流研讨会——资料汇编

[4]2010年关于《建设绿色节约型校园的设想》