

国外高校为实现碳中和校园的实践经验与启示

高玉娟¹, 石娇^{1*}

(1. 东北林业大学经济管理学院, 黑龙江, 哈尔滨)

摘要: 气候变暖是目前全球面临最严峻的挑战, 为此世界各国均做出了未来要实现碳中和的承诺, 而高校作为社会发展的重要组成部分, 对于国家实现碳中和有着重要的意义, 由于国外大多数高校对于实现碳中和校园已有了较长时间的实践经验和较成熟的治理体系, 对我国高校实现碳中和具有重要的借鉴意义。因此本文基于对国外高校在制定减排目标、具体减排措施、制度规范、增加碳汇等方面的实践经验进行总结, 进而提出制定具体减排目标、建立碳中和机制、建筑采用低碳环保材料和节能用品、将可再生自然资源利用到校园建设中、充分利用屋顶、墙壁等垂直空间造林等有利于我国高校实现碳中和的启示, 为我国高校未来实现碳中和并助力国家实现碳中和提供参考。

关键词: 碳中和; 高校; 减排; 增汇;

世界已经进入全球气候变化时代, 应对全球气候变化是人类面临的共同挑战, 目前, 全球已有超过 120 个国家和地区提出了碳中和目标。我国作为人口大国, 人均资源匮乏, 近些年, 随着经济的快速发展和人民生活水平的提高, 我国的能源消耗不断增加, 目前已成为世界上最大的碳排放国, 对全球气候变化有很大的影响, 为此我国提出了要在 2030 年前实现碳达峰, 2060 年前实现碳中和的目标, 并进一步强调: “把碳达峰、碳中和纳入经济社会发展和生态文明建设整体布局, 建立健全绿色低碳循环发展的经济体系, 推动经济社会发展全面绿色转型”。对于我国来说, 碳中和既是能源发展的约束, 也是发展低碳经济的动力。

高校是促进低碳经济发展、技术创新和人才培养的基地^[1]。就规模、人口和各种复杂的活动而言, 高校对碳排放有很大的影响, 主要影响因素有能源消耗、垃圾废物和流动性。根据住房与城乡建设部 2005 年对 45 所高校能耗和水消费数据的统计计算, 高校人均用水量是全国人均的 1.95 倍; 人均年能耗是全国人均的 4.32 倍^[2], 因此高校作为全球科技创新的驱动者, 不仅要担负起教育的功能, 同时也要担负起相应的社会责任^[3], 应该引领向着碳中和社会大转型^[4]。

国外高校对于低碳校园、碳中和及校园可持续发展等的意识和行动都开始的较早, 他们以可持续校园建设实践探索为主, 通过绿色建筑设计、低碳设施、绿色能源、制定碳减排目标政策等措施来减少校园碳排放, 建设低碳零碳校园, 以高校为平台, 树立典范向社会推广, 实现社会的可持续发展。我国对于低碳绿色校园, 高校碳中和等的研究起步较晚, 目前大多集中于校园生态环境规划与建设、可持续校园评价体系、绿色校园运行管理机制与措施等方面^[5]。相比国外的一些大学, 我国的高校尚没有提出明确的减排目标、策略以及技术支撑体系^[6]。因此, 文章通过对国外高校为实现校园碳中和的实践经验进行归类总结, 并提出符合我国高校实现碳中和的经验启示, 为我国高校未来实现碳中和提供经验与参考。

1 国外高校为实现碳中和校园的实践经验

1.1 制定减排目标

基于 1972 年斯德哥尔摩“联合国人类环境会议”上提出的“环境教育”、1988 年联合国环境与发展会议的《世界环境与发展报告》中“可持续发展教育”及近些年各国碳中和目标的提出, 世界各地的一些大

作者简介: 高玉娟(1969-), 女, 东北林业大学, 教授, Email: gaoyujuan@nefu.edu.cn, 哈尔滨, 150000

通讯作者: 石娇, Email: 1309480449@qq.com

资助基金: 中国学位与研究生教育学会农林学科工作委员会 2021 年研究生教育管理一般课题(2021-NLZX-YB45); 黑龙江省教育科学规划党史专项研究课题“红色资源在党史学习教育中的运用研究”(GJF1421002)

学都陆续采取了立场, 并承诺将减少他们的碳足迹, 提高他们的可持续性^[7-8-9], 目前, 已经有超过 400 所

学校签署了“美国高校校长气候承诺”，其中许多机构使用可持续性指标管理和分析平台(SIMAP，前身是清洁空气冷却地球校园碳计算器)报告其温室气体排放清单，而其他机构则使用自己定制的工具，或与外部公司签订合同来创建他们的碳足迹^[10]，这表明未来这些学校将通过制定战略和长期计划来实现承诺。

早在 2005 年，耶鲁大学就提出了“2020 年较 1990 年减排 10%”的低碳建设目标，其中“现有建筑节能改造”和“可再生能源使用”占减排目标量的 60%^[11]。随后，哥本哈根大学、哈佛大学等高校也开始成立专门机构，结合自身特点提出了各自的低碳校园建设目标和方案^[12-13]。

日本的东京大学在建设低碳校园上也有着较早的规划。东京大学就 CO₂ 减排制订了 2012 年和 2030 年两个目标：2012 年的碳排放量要比 2006 年降低 15%；2030 年碳排放量比 2006 年水平降低 50%^[14]。为了达到减排目标，东京大学构建了行动框架，要求每个师生员工从日常生活做起，自觉节能减排，旨在通过与社会、研究机构在不同尺度上的“协同进化”实现建设低碳城市的理想^[15]。

克莱姆森大学在 2007 年签署了“全国可再生能源联合委员会”，并制定了长期目标，即到 2025 年将可再生能源的来源增加到 10%，到 2030 年实现碳中和^[16]。

2010 年，新加坡南洋理工大学发布了生态校园可持续发展计划，提出 2025 年校园能耗与 2011 年相比总体下降 50%，并成为全球最绿色的大学校园的目标^[17]。

加州大学伯克利分校根据《京都议定书》对美国碳排放的限制以及加利福尼亚州的减排计划，计划到 2050 年碳排放水平比 1990 年低 80%，为达到既定目标，伯克利对校区内的 CO₂ 排放源、排放量及减排措施等做了详细的调查，在已有的减排措施基础上大力发展新能源，从而进一步减少碳排放，最终实现校园碳中和^[18]。

1.2 具体减排措施

1.2.1 通过低碳建筑和绿色能源减排

在欧洲，低碳足迹大学数量很多，但大多数公布完整碳足迹的大学都位于英国，因为英国政府大力支持鼓励高等教育机构报告碳足迹。为此，学者分析欧洲的低碳足迹大学数量很多的原因可能有两个，一个是基础设施，除了美国，在欧洲，大多数建筑中都没有空调。另一个原因是绿色能源的可使用性，例如，在德国和瑞士，机构可以选择 100% 的绿色电力^[4]。

美国克莱姆森大学为了减少碳足迹，已经将蒸汽发电从煤炭转向天然气，并努力提高校园内电器和设备的效率。英国东安格利亚大学从低碳节能角度出发，采用先进的通风、采暖、保温、供热、制冷等设备和去设计校园内的教学楼，使校园建筑成为舒适节能的绿色建筑^[19]。

德国的吕讷堡大学通过最大限度地利用现代建筑技术和复杂的绿色能源管理(例如，高温含水层热能储存)，并对旧建筑和高效的新建筑进行优化，显著降低了每平方米的能源需求。产生了温室气体的负平衡，从而可以对不可避免的排放进行补偿^[20]。它把自己描述为“世界上第一所没有购买证书的气候中性大学”^[21]。

位于印度新德里的泰瑞大学是以在校园内展示现代绿色建筑的概念而闻名。建筑的设计是为了促进室内的自然采光，同时也控制阳光穿透房间的强度。同时，校园内配备了创新的基础设施和先进的冷却系统，以减少能源需求^[22-23]。为了节省能源，宿舍大楼采用了太阳能热水系统。整个校园都使用紧凑型荧光灯和发光二极管，校内有 48 千瓦的太阳能屋顶系统和 5 千瓦的研发工厂，专门用于学生的实践培训。预计在 25 年的时间里，它将产生约 150 万单位的电力，抵消电网电力的 15%。它还将减少大约 1400 公吨的二氧化碳排放^[24]。

印尼巴厘岛绿色学校则是通过用竹子等可持续的材料建造房屋，校园内所有的配套设施都是采用绿色环保的能源系统。包括竹屑热水和烹饪系统，水电涡轮发电机和太阳能板等^[25]。

南洋理工大学通过在楼宇中采用被动式空调置换系统、实验室操控台自动关闭系统、光伏电板、节能灯具等一系列节能设备，还采用了新的建筑材料和技术，建成了东南亚首座木质结构体育馆，大大降低了建筑对能源的消耗^[17]。

哥本哈根大学的绿色灯塔是在哥本哈根气候峰会的背景下设计的，通过太阳能的收集和使用、自然采光、光伏电池、使用可再生能源等方式去实现碳中和，是迄今为止丹麦第一个按照碳中和理念设计的公共建筑^[26]。

1.2.2 通过废物处理减排

2009年,新罕布什尔大学成为了美国第一所使用垃圾填埋场气体作为主要燃料来源的大学。垃圾填埋气体被净化、压缩,并作为天然气的替代品^[27],其项目为校园提供高达85%的电力,由于该过程还涉及热电联产,因此效率特别高。

辛辛那提大学,对普通校园垃圾转化为可再生能源进行了研究。研究中包含三个项目,废油转化生物柴油项目、废纸转化颗粒燃料项目和厨余转化沼气项目。研究人员利用现有的基础设施,通过取代化石燃料的使用,同时减少了废物管理工作和温室气体排放^[28]。

而康奈尔大学,通过混合增效地热系统/沼气系统每年可减少82,000公吨二氧化碳的排放,成本约为4,000-5,000万美元^[29]。学者Lukman等评估了马里博尔大学的环境绩效,从环境和经济的角度比较了塑料和纸张的不同废物管理方案,包括回收、焚烧和填埋,以减少废物处理的环境影响和经济成本^[30]。学者Moqbe通过评估约旦大学发起的可持续回收计划的过程,证明了约旦大学的废物回收利用具有巨大的机会和潜力,可以将大量废物转移到填埋场。最后数据显示,除塑料外,回收率总体上是正的^[31]。

佛罗伦萨大学为了减少塑料瓶的使用,在校内安装了22个饮水机,向学生和教职员免费提供饮用水。并增加了回收箱的数量,同时在IT硬件、办公设备和其他设施方面运用了一些循环经济的原则^[32]。

1.2.3 通过与其他实体合作减排

国际生态学校项目旨在帮助学校改善自身环境,节约资源并减少碳排放。迄今,世界上50多个国家发起了国际生态学校项目,并形成了一个相对完整的全球生态学校的网络和资源平台,以促进全球环境和可持续发展教育能力建设^[33]。

汉普郡学院考虑与邻近的学校和阿默斯特镇合作开展联合可再生能源项目^[34]。布法罗大学、纽约州立大学、伊利社区学院和布法罗市合作,提出并资助一项可再生能源倡议。该项目寻求通过合作和聚合获得可再生能源购买协议,以提供前期资本,创造100兆瓦的太阳能^[35]。

南特中央大学启动了“净零排放”项目,目的是估计碳足迹,促进个人和集体在大学的所有活动中减少温室气体排放,该项目体现了中央大学对学校可持续发展和社会责任的重视^[36]。

泰国的VISTEC大学是泰国政府投资的重点研究型院校,目前与PTT公司、远景科技集团合作投运了泰国第一个100%由清洁能源提供电力的零碳智慧校园项目,远景为项目提供智慧储能系统和EPS储能系统,并通过远景EnOS智能物联网操作系统云端与边缘协同的预测优化控制,集成和协同水上光伏、屋顶光伏、充电桩以及园区用电,满足了每个建筑的能源需求,实现了剩余能源共享,使能源的利用率最大化。并且为未来其他国家和地区的零碳智慧能源建设提供了可行、高效的样板^[37]。

还有一些大学通过碳交易机制去实现碳中和,如同样计划实现零碳排放的马里兰大学报告称,由于购买碳信用额^[38],抵消了大约5万吨二氧化碳。而昆士兰等更多大学已经宣布将启动碳抵消项目^[39]。

1.3 制定制度条例规范减排

校园建设中,制度也是文化认同的主要方面^[7]。大学的碳足迹在美国是最具制度化的,在那里有近1000所高等学校注册使用Stars(绿色校园评估系统)报告工具。这些机构中大约有一半是根据它们在排放和文件记录方面的表现进行评级的,像Stars这样的报告系统最大的优势是试图使数据具有国际可比性、透明性和可获得性,这对于追踪和转换全球气候朝着更友好、甚至零碳排放方向迈进是必要的^[40]。

在瑞典,政府和非政府组织高度重视学校环境,积极推动生态学校的建设,并通过颁布《环境学校的特性》、《绿色学校奖条例》等政策条例,规定在环境方面做出重大贡献的学校,可以授予环境学校奖,通过这些方式鼓励学校参与国家提出的实现生态可持续发展的生态目标^[19]。

1993年的《哥白尼大学可持续发展宪章》被视为“对1992年里约热内卢地球峰会的回应,标志着欧洲大学在提高意识方面的突破”^[4]。此外,还包括美国华盛顿大学的“绿色大学”、加州大学的“校园环境规划”、英国爱丁堡大学的“环境议程”、加拿大滑铁卢大学的“校园绿色行动”等,其目的都是为了发挥

大学的优势，以建设低碳校园的示范作用，推动校园内环境保护和可持续发展的进程^[41]。

1.4 增加校园碳汇

绿地可提供多种生态系统服务，对于实现高校的碳中和至关重要。但目前只有少数研究评估了绿地在减少大学和校园环境方面的作用。为实现高校碳中和，研究储存和封存在校园树木中的碳是一个潜在的重要渠道，可以减少高校内部的总体碳足迹。宾夕法尼亚大学利用校园内的树木储存了 715 吨碳，并在建筑供暖/制冷成本上节省了 51,871 美元^[42]。这项研究强调了树木在高校应对碳减排挑战方面所发挥的作用，确定了位于乔治亚大学主校区的树木提供的生态系统服务，可以很容易地应用于其他大学，以了解绿地对于实现碳中和方面的作用。

现在一种垂直空间造林的方法获得了广泛的支持，花园和植被不再局限于地面设施^[43]。学者通过研究首尔大学屋顶花园的设计，表明屋顶花园有助于解决城市热岛现象^[44]。从而降低碳排放，有利于校园碳中和。

加州州立大学北岭分校利用清查数据进行固碳计算，计算树木提供的碳补偿，并分析它们的相对贡献。研究中得出从大气中吸收二氧化碳最多的树木是生长最快的树木^[45]，树木对实现碳中和有着重要的作用。

2 对我国高校未来实现碳中和的启示

国外的大多数高校对于实现碳中和校园都已有了较长时间的实践经验和较成熟的治理体系，而我国高校还没有具体实现碳中和的规划和措施，为了助力我国尽快实现碳中和，我国的高校肩负着实现自身碳中和并培养相关人才的重任，因此本文通过研究国外高校在制定减排计划、具体减排措施、制度规范、增加碳汇等方面的实践经验，提出以下对我国高校未来实现碳中和的启示：

2.1 高校要想实现碳中和就必须制定具体的减排目标，并建立碳中和机制，通过合理的规划和科学的技术应用，减少能源消耗，增加碳汇，最终形成零碳排放校园，这样不仅可以节约资源资金、改善校园环境，也可以推进城市碳中和及国家碳中和目标的实现。机制中应包括统计校园内的碳排放源、及时监测校园内各项能源的使用情况，计算碳排放量和碳汇量，根据高校自身实际情况制定减排计划和增汇策略，并设置碳排放管理目标。可根据国内高校的实际将先进的绿色校园评估系统 Stars 引入中国的低碳校园建设中，对校内碳排放实施情况、绩效及实施效果定期进行评估，并形成评估报告，针对评估的结果分析原因，并进行改善。

2.2 调整现有建筑的基础设施，改用低碳节能用品，加强用能设备维护保养，以科学的方法将校园内的建筑布局、交通方式及人们的生活习惯及规律进行低碳优化^[46]，在扩建校园时，新建筑及基础设施都应采用低碳环保的材料，在满足正常需求的前提下减少设备能耗，同时引进国外先进的通风、采暖、保温、供热、制冷等设备和去设计校园内的教学楼，应注重考虑有效的土地利用和空间规划，以及未来建筑的可持续性。大学的另一个主要排放源是交通，主要是大学拥有的车辆或教师和学生的私人交通工具等，大学可以通过交通需求管理等策略来解决这个问题^[47]。可通过提供共享单车、公共交通补贴、限制车辆单双号出行等方式，来降低交通碳排放。同时在充分考虑人的需求的基础上，通过优化运行管理模式以及运用信息化建设等手段，减少建筑在使用过程中的能源浪费^[29]。对于集中供暖设施可转变为燃气或电热供暖模式，有效的将光能、风能等可再生自然资源利用到校园建设中，可以通过增加对可再生能源的投资来提高能源效率和长期盈利能力^[48]。

2.3 校内可增设饮水机的数量和分布区域，严格管控垃圾分类的实施，增加垃圾箱的数量，合理规划垃圾箱的分配区域，并且要向广大师生普及垃圾分类知识，使其养成良好的生活习惯，并对生活废弃物进行有效回收、转化为可再生能源，降低消耗、循环利用。

2.4 高校应开设相关课程或讲座，为全校师生普及低碳、碳中和及可持续发展的相关知识以提高学生和工作人员的低碳意识，弘扬低碳文化、倡导低碳生活，营造绿色低碳校园乃至零碳消费氛围，并建立碳排放管理制度，通过制度来监督减排增汇工作的有效开展，其次科学的引导和培养相关技术人才，把绿色可持续发展理念贯穿教育中，学校还可通过建立碳中和基金，绿色信用积分等形式鼓励师生们积极加入到构建绿色碳中和校园中来。

2.5 高校内应建立专门的机构进行碳中和的研究，并邀请国内外相关专家指导学校进行碳中和的研究，

引进国外先进技术经验,促进高校与其他实体合作,共同研究、共同合作项目、培养人才,以促进区域经济增长,改善社会和环境条件。

2.6 在现有绿化区的基础上可充分利用屋顶、墙壁等垂直空间造林,增加绿化面积,丰富绿化模式,增加植物的多样性并优化植物配置^[49],同时加大校院内绿地的维护力度,避免因校园建设对校园绿地的侵占,并组建专门的巡护人员定期查看维护,在绿化区域内设置提示牌,对随意践踏或破坏绿化区域的行为进行惩罚并加大惩罚力度,引起校内人员的充分重视。如果一些高校可实现自身碳中和并有富余的碳汇,未来还可以拿到碳交易市场进行交易,获得额外的经济效益。

参 考 文 献

- 王兴华.低碳校园指标体系构建与评价方法研究[D].天津:天津大学环境科学与工程学院,2017.
- 施建军.以绿色大学理念创建低碳校园[J].中国高等教育,2010,12:21-22
- 胡帅,袁素芬,刘俊江,等.基于生态足迹的低碳校园研究:以广东环境保护工程职业学院为例[J].环境科学与技术,2017,40(S2):306-310.
- Eckard Helmers, Chia Chien Chang, Justin Dauwels, Carbon footprinting of universities worldwide: Part I—objective comparison by standardized metrics[J]. Environmental Sciences Europe ,(2021) 33:30. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00454-6>
- 王强,田备,方正泉.高校绿色校园建设隐性教育功能实现途径研究——以江南大学绿色校园建设为例[J]. 思想教育研究,2019,(01):132-135
- 郭茹,田英汉.低碳导向的校园能源核算方法及应用[J].同济大学学报(自然科学版),2015,9:1361—1366
- Han Shi, Elizabeth Lai. An alternative university sustainability rating framework with a structured criteria tree[J]. Journal of Cleaner Production,2013,61:59–69.
- Rodrigo Lozano. The state of sustainability reporting in universities[J]. International Journal of Sustainability in Higher Education,2011,12(1):67–78.
- Habib M. Alshuwaikhat, Ismaila Abubakar. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices[J]. Journal of Cleaner Production,2007,16(16): 1777–1785.
- Nature, Second. Second nature reporting Platform [R]. <http://reporting.secondnature.org/>. (Accessed 21 September 2018)
- Yale University. Sustainability strategic plan 2010-2013[R/OL].[2010-09-13] [R]. New Haven: Yale university. <http://sustainability.yale.edu/planning-progress>.
- University of Copenhagen. Green Accounts 2013[R/OL]. [2014-02-23] [R]. Copenhagen: University of Copenhagen, http://climate.ku.dk/green__campus/
- Colin Durrant. 节能减排的表率——哈佛大学[J].环球市场信息导报.2014.5
- Christina Ergas. A Model of Sustainable Living: Collective Identity in an Urban Ecovillage[J]. Organization & Environment,2010,23(1):32-54. <https://doi.org/10.1177/1086026609360324>
- 赵晶.国际低碳校园建设之于中国高校的经验[J].国际城市规划,2010,25(2):110-114.
- CU President's Commission on Sustainability, 2011. Clemson university sustain-ability action plan [R]. <https://www.clemson.edu/sustainability/documents/Sustainability-Action-Plan.pdf>. (Accessed August 2017).
- 李亚军,朱常委.南洋理工大学绿色校园建设对中国高校的启示[J].高校后勤研究,2020,(05):8-10
- Ahmed F. UC Berkeley Climate Action Partnership Feasibility study 2006-2007 Final Report[R/OL] [R].2007. <http://sustainability.berkeley.edu/calcap/docs/CalCAP%20Report%20FINAL%202007.pdf>.
- 孙桂娟,等.低碳经济概论[M].济南:山东人民出版社,2010:249-254
- O. Opel,N. Strodel,K.F. Werner,J. Geffken,A. Tribel,W.K.L. Ruck. Climate-neutral and sustainable campus Leuphana University of Lueneburg[J].Energy,2017,141:2628–2639.<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.08.039>
- Leuphana (2020). Klimaneutrale Universität [R]. <https://www.leuphana.de/universitaet/entwicklung/nachhaltigkeit/klimaneutrale-universitaet.html>. Accessed 4 Sept 4, 2020
- Jain,S., Pant, P. An environmental management system for educational institute: a case study of TERI University, New Delhi[J]. Int. J. Sustain. Higher Educ. 2010,11 (3):236–249.
- Suresh Jain,Preeti Aggarwal,Neeraj Sharma,Prateek Sharma. Fostering sustainability through education, research and practice: a case study of TERI University[J]. Journal of Cleaner Production,2013,61:20–24.
- TERIU and UNDP, 2014. Carbon Neutral and Sustainable Educational Campuses: Guidelines &Framework for Assessing Carbon

- neutrality & Sustainability in Educational Campuses[R].2014,12,16, New Delhi.
- 张振碧.印尼巴厘岛绿色学校对云南省绿色学校建设的启示[J].*学园·学者的精神家园*,2012,05:47-50
- 郭成林,赵金彦.丹麦的绿色建筑实践[J].*建筑学报*,2010(01):42-51.
- UNH Energy Task Force, 2014. WILDCAP (Climate Action Plan) Update. (Accessed 11 August 2020) [R]. <https://sustainableunh.unh.edu/sites/sustainableunh.unh>. Colorado State University.
- Qingshi Tu,Chao Zhu,Drew C. McAvoy. Converting campus waste into renewable energy – A case study for the University of Cincinnati[J]. *Waste Management*,2015,39:258–265.
- Cornell University, Climate Action Plan Update & Roadmap 2014-2015[R]. Cornell University: Campus Sustainability Office., Ithaca, NY.2013
- Rebeka Lukman,Abhishek Tiwary,Adisa Azapagic. Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia[J]. *Resources, Conservation & Recycling*,2009,53(11):639–644
- Shadi Moqbel, Rund Abu-Zurayk, Ayat Bozeya , Rebeka Lukman,Abhishek Tiwary,Adisa Azapagic. Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia[J]. *Resources, Conservation & Recycling*,2009,53(11):1111-1129. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2019-0334>
- Silvia Fissi,Alberto Romolini,Elena Gori,Marco Contri. The path toward a sustainable green university: The case of the University of Florence[J]. *Journal of Cleaner Production*,2021,279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123655>
- 占航燕,德国环境学校的运行机制与教学实践[D].浙江大学环境教育学院,2019.
- Hampshire College, 2012. Hampshire College Climate Action Plan, 20 April. (Accessed 11 August 2020) [R]. http://reporting.secondnature.org/media/uploads/cap/1031-cap_1.pdf.
- University of Buffalo, State University of New York, 2016. Localizing Buffalo’s Renewable Energy Future:Leveraging Our Past, Investing in the Present & Building Tomorrow (Accessed 11 August 2020) [R]. <https://www.buffalo.edu/content/www/sustainability/keyinitiatives>.
- Clément Auger,Benoit Hilloulouin1,Benjamin Boisserie. Open-Source Carbon Footprint Estimator: Development and University Declination[J]. *Sustainability*, 2021, 13(8), 4315; <https://doi.org/10.3390/su13084315> <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1694552161554878320>
- UMD (2020). University of Maryland climate action plan 2.0[R]. <https://sustainability.umd.edu/progress/climate-action-plan>. Accessed 25 Sept 2020
- UQ (2015) The University of Queensland UQ Sustainability Action Plan 2015, pp 27[R]. <https://sustainability.uq.edu.au/files/1197/UQ-SAP.pdf>. Accessed 25 Sept 2020
- Stars The sustainability tracking, assessment & rating system. Stars Participants & Reports[J]. 2020
- 骆有庆,李勇,贺庆棠.我国绿色大学建设的实践与思考[J].*北京教育(高教)*,2014,(05):45-47
- Fox William,Dwivedi Puneet,Lowe Roger C,Welch Sarah,Fuller Madisen. Estimating Carbon Stock of Live Trees Located on the Main Campus of the University of Georgia[J]. *Journal of Forestry*,2020,118(5):457–465, <https://doi.org/10.1093/jofore/fvaa025>
- Gottlieb, J.; Gottlieb, W.U.S. V ertical garden. U.S. Patent 7,516,574, 14 April 2009. Available online: <https://patents.google.com/patent/US7516574B2/en> (accessed on 2 March 2020)
- Jaekyoung Kim,Sang Yeob Lee,Junsuk Kang. Temperature Reduction Effects of Rooftop Garden Arrangements: A Case Study of Seoul National University[J]. *Sustainability*,2020,12(15).6032; DOI:10.3390/su12156032
- Helen M. Cox. A Sustainability Initiative to Quantify Carbon Sequestration by Campus Trees[J]. *Journal of Geography*,2012,111(5):173-183, DOI: 10.1080/00221341.2011.628046
- 张晨悦.山东建筑大学碳排放计算研究[D].山东建筑大学建筑成规学院,2016
- Mark D. Rodgers. Pathways to eliminate carbon emissions via renewable energy investments at higher education institutions .*The Electricity Journal* 34 (2021) 106952
- Eskander Shaikh M.S.U.,Nitschke Jakob. Energy use and CO2 emissions in the UK universities: An extended Kaya identity analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*,2021,309. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127199>
- 兰思仁.碳汇背景下的高校校园绿地系统建设的思路与模式[J].*中国林业产业*,2016,(08):21-23