

中国 2010 年上海世博会的碳足迹管理实践及其经验借鉴

胡静 戴洁 李立峰

上海市环境科学研究院，中国上海，200233

摘要：中国 2010 年上海世博会是首次在发展中国举办的综合类世博会，为了充分发挥世博会的示范带动效应，加快推动生产、生活方式转变，上海世博会主办方首次全面提出了“低碳世博”的总体目标，努力使之成为城市可持续发展的典范。本文全面总结了 2010 年上海世博会碳足迹管理的方法、实践及其成果，并以碳足迹评价为主线介绍了 2010 年上海世博会在选址、规划、建设、运营和后续利用等全过程探索应用的低碳理念和宝贵实践，系统提炼了“低碳世博”对城市未来发展的启示和借鉴，为国内外发展中城市和其他大型活动的组织实施提供有益参考。本文所总结的具有创新性的全过程世博会碳足迹管理方法已在联合国环境规划署于 2011 年底面向全球发布的《中国 2010 年上海世博会环境后评估》报告中得到了认可和应用。

关键词：上海世博会；碳足迹管理；低碳发展

2010 年 5 月 1 日至 10 月 31 日，第 41 届世界博览会在上海举行，主题为“城市，让生活更美好”（Better City, Better Life），经历半年展期，创造了园区面积最大、参展国家和组织最多、入园人数最多等多项世界博览会的历史记录。与此同时，作为第一届在发展中国举办的综合类世博会，又是第一次以“城市”为主题，上海世博会主办方首次全面提出了“低碳世博”的总体目标，通过组织者、参展者、参观者的共同努力，汇聚世界各地低碳发展的智慧和实践，全力打造了历史上首届名副其实的“低碳世博会”。2011 年 11 月 29 日，联合国环境规划署（UNEP）和上海市政府在 UNEP 内罗毕总部召开联合新闻发布会，面向全球公开发布了《中国 2010 年上海世博会环境后评估》报告，对主办方成功向全世界呈现一届“低碳世博会”给予了高度评价，认为上海的办博经验为世界其它国家举办大型国际赛事或活动树立了“绿色榜样”。

一、“低碳世博”取得的主要成果

不同于为期两周到一个月的奥运会或足球世界杯，上海世博会长达半年的展期和创纪录的参展国家、地区——这些特点本身已经将“低碳世博”的难度推高到史无前例的水平，因此“低碳世博”所取得的成果也更加弥足珍贵。具体包括：**一是世博园区全面实践了低碳发展。**园区内清洁能源和可再生能源使用比例达到 50% 以上；园区内既有建筑的保护和利用占总建筑面积的 1/5；60% 以上的路面由建筑垃圾和钢渣制成；绿化覆盖率达到 50% 以上；80% 以上场馆采用屋顶绿化、立体绿化和室内绿化；园区及周边区域投用新能源汽车超过 1100 辆；园区垃圾资源化利用率超过 55%^[1]……**二是各类低碳技术、产品和实践得以集中应用、展示和交流。**主办方及国内外各参展方通过园区及场馆设计、建设和

服务管理，以及组织各类展览展示、交流研讨及相关演艺活动，从不同角度诠释环保低碳理念，传递了科学的城市规划、环保低碳的生产和生活方式等绿色理念；专设的城市最佳实践区汇聚展示了全球最具代表性、对未来城市发展和生活最具示范价值的成功实践案例^[2]。三是“**低碳世博**”专项碳补偿项目得到全面落实。对园区原址 270 余家污染企业全面实施了关停淘汰或技术升级改造；新投运的四川向家坝水电特高压输送线路提前两年完成建设，确保了全市外来电力一半以上来自清洁能源；以世博会为契机加快建设的轨道交通系统仅 2007 到 2010 年间避免了 6 亿乘次额外的私家车出行；建成并开放了辰山植物园等 8 个大型公共绿地，并实施了一批工业锅炉的节能和低碳排放改造、绿色照明工程等节能减排项目。特别值得一提的是，本届世博会专门搭建了自愿碳减排交易平台，得到了社会各界的广泛关注和积极参与。UNEP 的评估结果显示，2010 年上海世博会的举办所产生的额外二氧化碳排放总量约为 492.2 万吨 CO₂ 当量，截至世博会结束，近 90% 的碳排放已被成功抵消^[3]。四是世博会充分带动了环保低碳理念的传播和社会实践。逾百万市民参加了各种形式的世博环保、低碳培训和实践活动，有效引导了市民践行绿色、低碳的生活方式^[4]；同时，全市各部门、各行业、各领域均对世博会汇聚、展示的全球先进的环保低碳理念和实践案例进行了认真解读，并将有益经验及时融入全市“十二五”发展规划的编制中，进一步推动上海城市的绿色、低碳发展转型。

二、世博会的碳足迹管理实践

1、建立跨部门的“低碳世博”工作机制

为了系统、高效地推进“低碳世博”各项工作，上海市开创世博会历史之先河，专门在全市层面建立了由世博会事务协调局、环境保护局、发展改革委、科学技术委员会牵头，相关委办局参与的“低碳世博”推进工作机制，全面指导“低碳世博”总体方案的设计、组织、协调、技术评估、交流宣传和公众参与，并在世博会召开伊始，公开发布了《中国 2010 年上海世博会“低碳世博”总体方案》，明确提出了“低碳世博”的总体目标和具体行动^[5]。全市范围内统一指挥体系的形成，将“低碳世博”的理念和实践提升成为全市重点工作，使之成为了影响上海发展的重要导向和主要任务，并直接促成了自下而上，涉及世博园区及全市范围内相关城市管理的数据、信息收集和整合渠道的成功搭建。在这一机制保障下，“低碳世博”工作组共收集整理了上万组数据和信息，包括世博园区及场馆建材消耗、运行水电煤等能源及资源消耗、园区垃圾运输处理、参观者交通出行及食宿、物流运输、临时场馆拆除等重要环节，同时还开展了园区原址搬迁及关停企业的能耗及碳排放跟踪调查，为切实以“低碳”作为评价标准开展相关量化分析提供了详实的数据基础，也为指导并打造历史上第一届全过程、全方位的“低碳世博会”提供了根本保障。

2、系统提出大型活动的碳足迹评估方法

目前为止，国际权威机构尚未专门针对大型国际赛事或活动发布统一的碳足迹评估方法学，2010 年上海世博会的碳足迹管理在充分借鉴由世界可持续发展工商理事会 (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) 和世界资源研究所 (World Resources Institute, WRI) 共同发布的

温室气体盘查议定书(GHG Protocol)^[6]、联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的国家温室气体清单指南推荐方法^[7]和国际标准化组织发布的ISO14064 温室气体管理体系标准^[8]的基础上，广泛吸取了德国汉堡世界杯、意大利都灵冬奥会、中国北京奥运会、加拿大温哥华冬奥会及即将举办的英国伦敦奥运会等大型活动或赛事的碳足迹管理经验，结合上海世博会的实际情况，建立了一套适用于上海世博会同时可推广至其它大型活动的碳足迹评价技术方法。针对温室气体排放计算所涉及的能源消费、市内交通及住宿、污水及垃圾处理等特征排放因子，开展了大量上海本地排放因子研究，对于目前国内研究较少的货物运输、国际航班飞行等排放因子，则主要参考了GHG Protocol、IPCC、美国环保署（U.S.EPA）以及英国环境、食品及乡村事务部（Defra）的相关研究成果。

2.1 上海世博会碳足迹评估的边界界定及范围划分

2010 年上海世博会的碳足迹评估**时间边界**界定为自 2002 年“申博”成功以来至世博会正式闭幕后 4-5 年，即世博园区内各类临时建筑物拆除完毕为止；**空间边界**不仅包含 5.28 平方公里的世博园区，还包括世博园区地理边界之外，因世博会的召开而引起的其他相关排放。总体**碳排放核算与报告范围**根据GHG Protocol的规定划分为三类，范围 1 为直接排放，即由世博会主办方拥有或控制的排放源所产生的直接排放，如世博园区的烟花燃放、天然气使用等所产生的排放；范围 2 为外购电力引起的间接排放，尽管该类排放产生于电力生产设施，但受世博会筹备及举办用电的间接影响；范围 3 为其他类型的间接排放，即产生于其他组织的排放源，与世博会的筹备及举办相关，但不受世博会主办方控制的间接排放，如由参观者的交通出行及食宿等所引起的排放。虽然GHG Protocol并未强制要求将范围 3 的排放纳入核算与报告体系，且主办方对于范围 3 排放的控制力很弱，但其排放量可能相当可观，因此，世博会主办方明确将范围 3 的其他间接排放纳入碳足迹评估及管理范畴。

表 1 上海世博会碳排放源界定（基于排放范围界定）

范围	排放种类	排放源	时间	空间
范围 1	自有燃料直接排放	餐饮天然气消耗	建设、运营、后续利用期	园区内
		燃气空调天然气消耗	建设、运营、后续利用期	园区内
		建筑施工油品等消耗	建设期、后续利用期（临时场馆拆除等）	园区内
		世博局自有车队燃油消耗	建设、运营、后续利用期	园区内、外
	其它类型直接排放	开幕式烟花燃放	运营期	园区内
范围 2	外购电力等间接排放	电力供应	建设、运营、后续利用期	园区外
		供水	建设、运营、后续利用期	园区外
		污水处理	建设、运营、后续利用期	园区外

范围 3	交通间接排放	各类服务人员出行	运营期	园区外
		参观者出行	运营期	园区外
		世博局员工出行	建设、运营、后续利用期	园区外
		物流运输	建设、运营、后续利用期	园区内、外
	其它间接排放	建筑材料生产	建设期	园区外
		垃圾处理	运营期	园区外
		纸张消耗	运营期	园区外
		参观者住宿	运营期	园区外

2.2 上海世博会碳足迹评估方法的创新点

除明确将范围 3 的其他间接排放纳入评估及管理范畴外，主办方还对世博会的碳排放进行了利益相关者划分，进一步明确了“世博局”管理方、“世博园区”参展方、“世博村”配套设施提供方，以及各类服务人员及参观者这些不同利益相关方对世博会的举办所产生的碳排放总量所贡献的份额。同时上海世博会的碳足迹管理还创新性地引入了“全生命周期评价”方法，增加了对世博园区建设所使用的各类建筑材料的“隐含碳排放”测算，并针对世博园区应用的各类低碳科技及产品应用，全面评估了从制造、使用到后续处置全生命周期内的综合碳排放。所建立的方法学及测算模型是到目前为止针对国际大型赛事或活动碳足迹管理最为全面、细致且最具可操作性的有益实践，并已得到以 UNEP 为代表的国际社会认可，为进一步推动国际大型赛事或活动统一碳足迹管理方法学及标准的全面建立发挥了重要示范和借鉴作用。

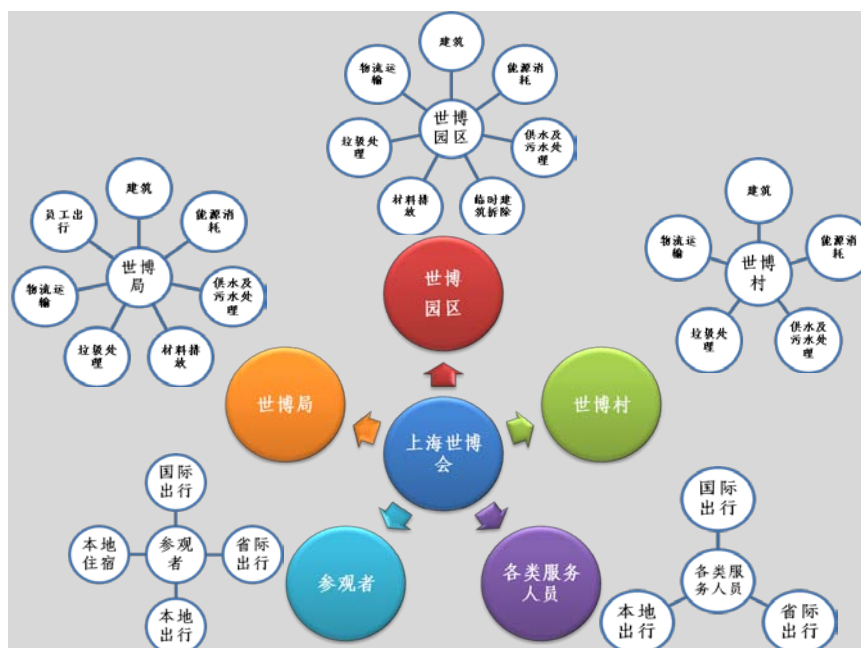


图 1 上海世博会碳足迹管理的利益相关方界定

3、 实施全过程的碳足迹管理

“低碳世博”的有益探索之一就是世博园区选址、规划、建设、运营和后续利用等全过程，真正以“低碳”作为核心评价指标，综合评估全生命周期内的环境影响，最大限度地实现节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境，和促进绿色、低碳发展^[9]。而上海世博会的碳足迹管理也涵盖了世博会筹备、举办及后续利用的全过程，从规划方案比选、排放基线及实际排放水平预测，到跟踪评估及后评估。

3.1 上海世博会的碳排放基线

情景分析是开展碳足迹评估及预测的有效方法，对基准情景下碳排放的测算可以确定碳排放及减排的重点领域及环节，并作为衡量各种低碳措施成效的基准线，从而为决策者提供参考。早在世博园区选址规划之初，主办方曾考虑参照往届世博会的常规做法，在城市远郊另辟新地建设世博园区，将此方案设置为上海世博会碳排放测算的基准情景，不考虑大规模应用各类新能源技术，并且全市的能源供应及公共交通等基础设施均按照往年正常发展速度推进。在此基准情景下，举办一届世博会所产生的额外碳排放将达到 653.7 万 tCO₂e，由排放结构（见图 2）可以看出参观者交通出行及住宿、世博园区运行能耗，以及园区建筑材料生产为最主要的排放源。

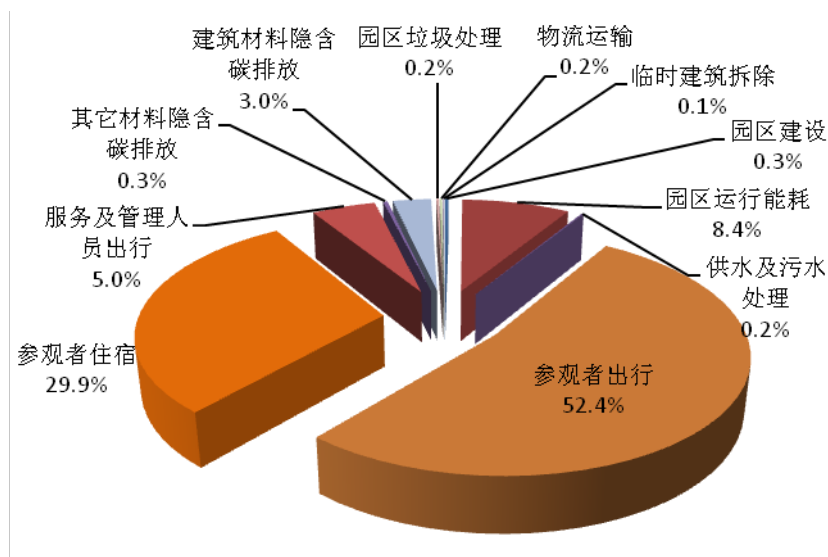


图 2 中国 2010 年上海世博会碳排放基线

3.2 上海世博会的实际碳排放预测及“低碳世博”策略

本届世博会是历史上第一届选址在城市中心举办的世博会，由此不仅大幅缩短了 7000 多万参观者及各类服务人员的交通出行距离、提高了使用公共交通设施出行的比例；还通过有效保留并充分利用园区原址既有建筑避免了大量建筑材料生产及施工等过程所产生的额外碳排放^[10]，而园区原址拆迁过程中产生的建筑垃圾几乎全部被应用于世博园区的建设；与此同时，通过将世博园区建设与旧城改造及城市功能提升有机结合，短短几年就将曾经是污染企业林立，破旧码头、仓库与棚户区相互交错的

旧城区打造成了绿色、生态、低碳的世博园区，不仅大幅改善了周边居民的生活环境，更为世博会后以世博园区的绿色、低碳发展进一步带动上海城市的发展转型奠定了良好的基础。

与此同时，在世博园区的整体规划中，通过大量引入本土化设计理念、借助自然之力打造绿色世博园区，加之各类清洁能源及新能源技术应用，以及有效提高资源循环利用水平，在世博会召开前经过缜密测算，对世博会的实际碳排放水平有望被控制在 500 万tCO₂e以内。在将世博会实际碳排放水平与排放基线进行充分对比的基础上，主办方将“低碳世博”的实施重点锁定在倡导参展方、运营商和参观者的绿色行为，以及积极推进各项“低碳世博”专项碳抵消行动等方面。在“低碳世博”整体策略的指导下，世博会主办方在世博会召开前面向全社会发布了《中国 2010 年上海世博会绿色指南》^[11]及《中国 2010 年上海世博会“低碳世博”总体方案》^[5]，明确提出了尽可能避免和减少因世博会的举办而额外产生的碳排放；同时积极推进各类“碳补偿”项目的实施，力争在世博会结束前抵消 60-70% 的额外碳排放，并在世博会结束后 4-5 年内基本实现碳平衡，从而将世博会打造成为城市可持续发展的典范。

3.3 “低碳世博”后评估

为确保“低碳世博”总体方案取得实效，自世博会正式召开之日起，碳足迹的跟踪评估工作即相应启动，直至世博会胜利闭幕，主办方联合UNEP专家团队，历时一年有余，全面开展“低碳世博”后评估工作，旨在系统、客观地回顾和总结世博会筹备、举办，以及园区后续利用等全过程中的环境保护工作成效和经验；对“低碳世博”总体方案实施情况、世博会实际碳排放和碳抵消水平、以及产生的社会效果作出科学评价；以期为上海市“十二五”乃至中长期环境与发展、以及其他大型国际活动举办和其他发展中城市的环境建设和管理提供有益借鉴。后评估结果显示，中国 2010 年上海世博会实际产生的碳排放总量约为 492.2 万tCO₂e，按照排放行为划分，参观者的交通出行为最关键的排放源，占总排放量的 64.8%；其次为外地参观者在上海食宿引起的额外排放，占总排放量的 18.5%；第三则为世博园区的运行能耗，占总排放量的 6.8%。以上三大关键排放源之和已占总排放量的 90.1%。按照排

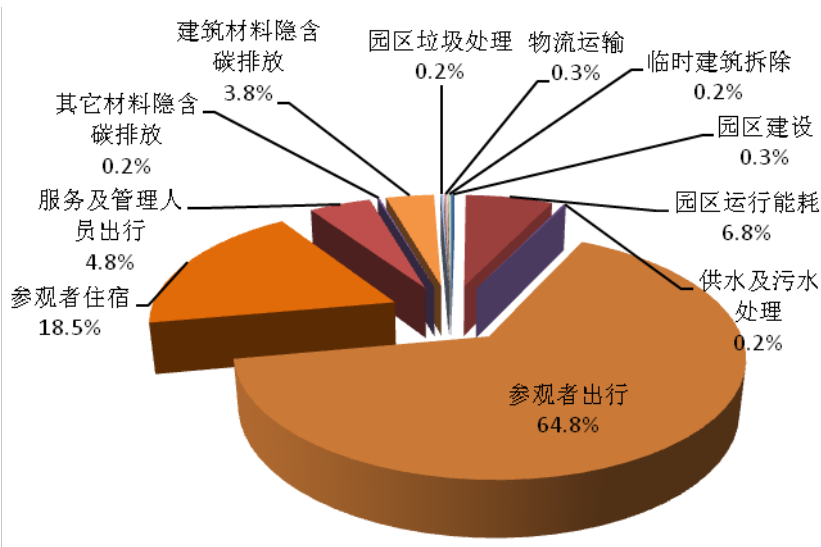


图 3 中国 2010 年上海世博会实际碳排放结构

放时间划分，又以世博会运行期为最主要的排放源，占总排放量的 90%以上；按照**排放空间划分**，发生在世博园区以外的排放占总量的 95%以上。按照**利益相关方划分**，参观者引起的碳排放无疑是第一大排放群体，占总排放量的 83.3%；其次为世博会管理方，占总排放量的 10.9%；而各类服务人员为第三大排放群体，占总排放量的 4.6%。

特别值得一提的是，针对参观者交通出行碳排放占主这一特征，主办方从全市及世博园区不同层面开展的交通组织管理以及发动全社会积极参与的一系列活动取得了良好实效，如前文所示，将世博园区建设在城市中心区域大幅提高了城市公共交通系统的利用率，加之各类鼓励公共交通出行、限制私家车出行等措施，世博会期间，平均日参观人次为 40 万，最大日参观人次达到 103 万，却并未对全市日常交通出行产生明显影响。超过 90%的参观者选择公共交通出行方式抵达世博园区（见图 4），而自驾车观博比例仅占 6%，远低于全市自驾车出行的平均比例（2010 年约为 18.8%）^[12]。与此同时，主办方联合社会各界力量，倾力举办了“迎世博，绿色出行”活动，组织 100+社区、100+学校和 100+企业共 70 余万代表积极参与各类绿色出行实践，开展的“穿越长三角—绿色出行看世博”活动，在长三角地区 16 个城市宣传倡导“绿色出行看世博”，有效影响公众人群超过 300 万；发行的含 1 吨CO₂减排指标的“世博低碳交通卡”成功抵消了 7 万余吨世博会碳排放，所开展的一系列“低碳世博自愿减排行动”不仅为有效减少、抵消世博会的碳排放发挥了重要作用，更通过广泛的社会宣传让每一位个体参与、实践“低碳世博”充分获得了社会认同感和成就感。

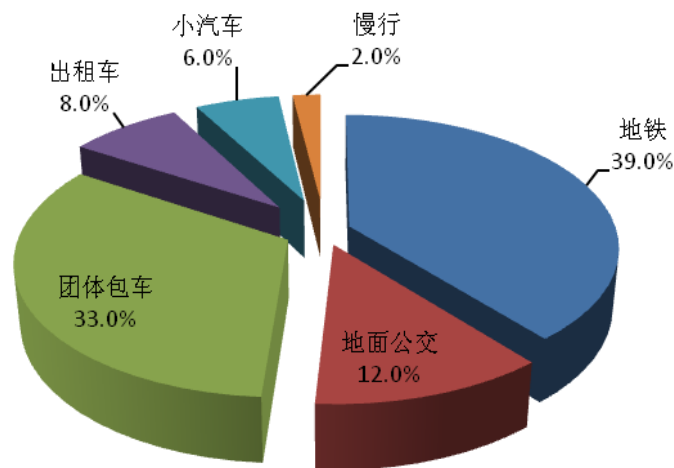


图 4 世博会参观者当日抵园交通方式结构

三、“低碳世博”对城市未来发展的启示和借鉴

“低碳世博”的成功举办对城市未来发展的启示和借鉴是多方面的，但最核心的有以下几个方面：

一是跨部门的协调管理机制是推动低碳发展的根本保障。“低碳发展”通过“以低消耗、低排放换取最大产出的社会经济发展”这一简单理念统筹兼顾了经济发展、资源/能源消耗、气候变化以及环

境保护等多重重大问题，“低碳”理念的实质决定了只有各个领域协调一致地推进低碳发展才能真正实现区域、城市，乃至整个国家的低碳发展。实践证明，政府的每个组织机构都有强大的专业性和执行力，我们所缺少的是联合规划、协同思考的能力。低碳发展，长路漫漫，建立协调统一的管理机制，并在执行过程中综合考虑各项工作的相关性是切实促进低碳发展的根本保障。当前最为首要也最为有效的就是要建立更为科学的政府绩效考核制度，摒弃唯 GDP 主导的经济发展模式，提高节能减排考核在各级政府、部门和国有企业领导班子考核中的权重，并切实建立节能减排问责制，坚决杜绝通过低效率地利用各类自然资源换取经济增长的短期行为。

二是促进低碳发展，需要将低碳理念有机融入城区/项目开发建设全过程。基于“低碳世博”的成功实践和宝贵经验，我们建议在有条件的城市、开发区以及大型项目建设中，切实将“低碳”作为评价指标之一，综合评判不同方案的碳减排效益，真正探索走出低碳化的建设路径和发展模式。虽然采用能源强度或能源总量等评价指标也能达到节能减排、促进发展转型等目标，但将低碳纳入评价指标之一，其突出优点是能够更加综合有效地统筹各类政策目标和各个行业部门。更可贵的是，引入低碳这一评价指标，还能够有效激励清洁能源和新能源产业的发展。以碳排放控制取代能源强度或能源总量控制，可以在深入推进各类节能减排传统措施基础上，通过开发利用新能源、可再生能源，为区域发展谋取更大空间。如果能够在更大的范围内推广这一实践，势必大大促进新能源、可再生能源产业的发展，从而在尽短的时间内促进相关技术的成熟，以及成本的下降。

三是低碳技术的应用推广以及低碳化城市基础设施的建设固然重要，但城市低碳管理能力的提升更为必要。当前，由于城市或区域管理基础信息的统计、监测及核查体系尚不完善，一定程度上制约了低碳发展的推进进程和成效。基于“低碳世博”的实践经验，真正服务于低碳评价的基本都是运营管理所必需的基础信息。对于城市或区域管理而言，完全可以通过加快改进、完善现行经济社会统计、能源消费统计、污染源普查等基础工作，在推进低碳发展的同时，更好地为城市管理决策者提供全面、综合而又扎实的信息和数据，由此作为政府开展重大决策、推进低碳建设的重要抓手。相反地，如果在基础不明、家底不清的情况下，盲目或片面地提出所谓的“低碳发展”目标指标，其结果也只能是演出一场自导自演的数字游戏。

四是推进低碳发展，其根本是要提升全社会的低碳环保意识，并最终转化为全社会绿色、低碳的生活、消费行为。诸多国际经验显示，推进低碳发展，其根本是要提升全社会的低碳环保意识，并最终转化为全社会绿色、低碳的生活、消费行为。而改变人们的生活、消费行为方式是异常艰难的，需要坚持探索取得最佳教育宣传引导效果的方式方法（如学校教育，黄金时段、黄金场所播放/安放公益广告，给予环保低碳实践者更多社会关注等），持之以恒的关注和投入，循序渐进地推动社会生产、生活方式和消费观念的转变。在社区、居民层面，我们建议将低碳生活与人体健康，甚至价值观的重树相结合，让人们通过学习、交流从爱身体、爱家庭、爱自然这些角度出发，自发地去实践低碳生活。事实上，少抽一根烟、多走一步路、多种一棵树…选择自然、节约、健康的生活方式就是低碳的最佳体现，也是为促进城市的可持续发展做出的直接贡献！

四、 结语

世博会带给我们的思考和启示是多方面的，需要政府决策者、企业管理者、科技工作者、文化传播者等社会各界好好总结。事实上，世博会在圆满谢幕之后，为上海市决策者留下了一系列艰巨的挑战——如何在世博会后留住碧水蓝天？如何在城市最佳实践交流展示之后，切实推进上海的低碳发展？——可以说，世博会本身就已经提供了最佳答案，特别是“低碳世博”的创新管理理念和实践，相信会成为宝贵的世博遗产的一项重要组成部分，为上海下一阶段进一步促进结构调整和发展转型提供重要参考和借鉴，并伴随上海迈入以环境保护优化城市发展、以低碳转型引领社会进步的历史新阶段。

参考文献

- [1]. 洪浩, 寿子琪. 中国 2010 年上海世博会科学技术报告 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010. 29~35.
- [2]. 中国 2010 年上海世博会场馆科技视点 [R]. 上海市世博科技促进中心, 2010. 159.
- [3]. The Final Environmental Review of the 2010 World Exposition Shanghai, China [R]. United Nations Environment Programme, 2011. 86~88.
- [4]. 上海市环境状况公报 (2010 年度) [R]. 上海市环境保护局, 2011. 12~18.
- [5]. 中国 2010 年上海世博会“低碳世博”总体方案 [R]. 上海世博会事务协调局, 上海市发展改革委员会, 上海市科学技术委员会, 上海市环境保护局, 2010. 10~11.
- [6]. GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition) [R]. WBCSD & WRI, 2004.
- [7]. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Revised Edition) [R]. IPCC, 2006.
- [8]. ISO 14064: 2006 Part1-3 [R]. ISO. 2006.
- [9]. 中国 2010 年上海世博会规划区总体规划环境影响报告书 [R]. 上海市环境科学研究院, 2006. 2~2.
- [10]. 寿子琪. 《启示——上海世博会科技创新成果与应用发展》(M). 上海: 同济大学出版社, 2012. 27.
- [11]. 《中国 2010 年上海世博会绿色指南》(R). 上海世博事务协调局, 联合国环境规划署. 2009.
- [12]. 张全, 洪浩, 牡丹德. 中国 2010 年上海世博会绿色出行报告[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2011. 87.