

100% 可再生能源城市的建设模式

娄 伟

(摘 要) 在传统化石能源日益枯竭及气候变化问题日益凸显的大背景下,建设新能源与可再生能源城市是未来的必然趋势,100% 可再生能源也成为国际上越来越多城市的选择。100% 可再生能源城市有着自身的特点及规律,研究其实现路径具有较强的现实意义。通过系统地分析国际上一些典型 100% 可再生能源城市的经验与方法,归纳出多种建设模式,对我国城市如何借鉴这些模式提出了相应建议。

(关键词) 可再生能源城市; 新能源城市; 100% 可再生能源城市

(中图分类号) F291.1 (文献标识码) A

一 研究背景

国际能源机构(IEA)2009 年发布的一份报告显示,城镇排放的二氧化碳占全球二氧化碳排放总量的七成左右,因此城镇应在减少温室气体排放,应对气候变化问题上发挥关键作用^[1]。报告还认为,各国政府的减排措施已得到越来越多城镇居民的支持,因为他们意识到气候变化带来的严重后果,这预示着城镇可以在应对气候变化方面大有作为。

在传统化石能源资源濒于枯竭以及气候变化问题日益突出的大背景下,新能源与可再生能源城市建设日益引起多国关注。近年来,无论是在国外或

是国内,构建新能源与可再生能源城市都是热点。在国外,主要强调建设可再生能源城市,如澳大利亚政府计划建设 7 座开拓性的“太阳能城市”,美国密苏里州的哥伦比亚市拟建设可再生能源电力城市等。

在国内,很多城市争相打造“太阳能城市”、“可再生能源建筑应用示范城市”、“风能城市”、“新能源城市”、“新能源汽车示范城市”、“低碳城市”等。国家能源局也将新能源城市建设纳入“十二五”可再生能源规划,计划建设 100 座新能源城市,1000 座新能源示范园区,推动新能源技术在城市中的规模化应用。2011 年 6 月 22 日,财政部、国家发改委联合发文,选定了北京、深圳、重庆、杭州、长沙、贵阳、吉林、新余 8 个城市作为第一批示范城市。

在世界各地大力建设“新能源与可再生能源城

(作者简介) 娄伟(1969—),男,汉族,河南新蔡人,中国社会科学院城市发展与环境研究所副研究员,博士,研究方向为新能源与可再生能源、城市规划。

(基金项目) 中国社会科学院创新工程项目。

(收稿日期) 2013-06-03

(修回日期) 2013-07-03

市”的过程中,“100% 可再生能源城市”的概念被提出,并受到广泛关注。

“100% 可再生能源”是指零化石燃料或核能燃料,是可再生能源城市的最高级形态^[2]。从狭义上理解,可再生能源应完全覆盖电力、交通、供暖与制冷三大领域的能源消费,但输入货物的能耗被排除在外。从广义上理解,实现 100% 可再生能源的领域可以是电力、交通、供暖与制冷等所有能源消费领域,也可以是一个层面,如 100% 可再生能源电力城市、100% 太阳能城市等。

“100% 可再生能源城市”不同于“零碳城市”。“零碳城市”立足于城市的碳排放为零(碳中和),而“100% 可再生能源城市”则立足于城市的能源来源主要是可再生能源,不强调碳排放为零。由于零碳城市的涵盖面较广,包括零碳经济、零碳能源、零碳生活等,能源消费方面也主要来自太阳能、风能、水能等无碳排放的可再生能源,因此,本文也将“零碳城市”纳入“100% 可再生能源城市”予以讨论分析。

在研究方面,欧美国家发布了一些关于 100% 可再生能源城市的研究报告,如世界未来理事会(World Future Council) 2010 年发布的《100% 的可再生能源—超越—城市》(《100% Renewable Energy— and Beyond— For Cities》)。同时,也有众多关于 100% 可再生能源方面的研究报告,虽说这些报告不是针对城市,但也可供参考,如世界自然基金会(WWF) 2011 年发布的《2050 年: 100% 可再生能源》(《The Energy Report: 100 Percent Renewable Energy by 2050》)、欧洲新能源协会(EREC) 2010 年公布的《重新思考 2050》(《RE— thinking 2050》)等。

国际上专门研究 100% 可再生能源城市的论文与专著数量不多,但有一些研究可再生能源城市、零碳城市、100% 可再生能源方面的论文与专著,内容涉及 100% 可再生能源的理论、方法与经验等。其中,影响较大的是马克·Z·雅各布森(Mark Z. Jacobson)和马克·A·德卢基(Mark A. Delucchi)发表在 2009 年 11 月出版的《科学美国人》(《SCIENTIFIC AMERICAN》)上的《到 2030 年的可持续能源之路》(《A path to sustainable energy by 2030》)一文。

国际上研究 100% 可再生能源城市的网站主要有“<http://www.go100percent.org/cms/>”、“<http://www.100percentrenewables.eu/>”等,网站上介绍了大量典型案例。

我国对于 100% 可再生能源城市的研究较少,

主要是介绍国外 100% 可再生能源城市建设实践的新闻,只有很少相关研究及专著的翻译,如余岳峰等人发表在 2009 年第 4 期《上海节能》上的《丹麦腓特烈松市能源城 100% 可再生能源城——未来城市可再生能源之路》一文,以及李月翻译的丹麦亨利克·隆德(Henrik Lund)博士的专著——《可再生能源系统: 100% 可再生能源解决方案的选择与模型》(《Renewable Energy Systems: The Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions》)等。关于零碳城市方面的研究也有几篇,如赵继龙、李冬发表在 2009 年第 16 期《商场现代化》上的《零碳城市理念及设计策略分析》一文等。

在我国积极开发可再生能源及大力推动新能源城市建设的大背景下,研究国内外 100% 可再生能源城市的建设模式,构建适合我国城市当前实际情况及未来发展趋势的 100% 可再生能源城市建设模式,为我国城市应对化石能源危机积累经验,具有很强的必要性。

二 100% 可再生能源城市建设现状

十年前,区域、城市和企业设定的 20% 可再生能源目标,就被认为是最前沿的。很少有人相信,几十年后能实现一个更高的目标,所有人都认为,100% 可再生能源目标是激进的。然而到今天,在欧洲大部分地区、美国,以及越来越多的发展中国家,100% 可再生能源目标正在成为新的常态。通过采取一些积极的推进措施,部分国家已建成一些带有典型示范意义的 100% 可再生能源城市(表 1)。

德国: 柏林计划 100% 使用可再生能源供电; 慕尼黑提出 2058 年成为无碳城市; 班贝格提出 2035 年 100% 使用可再生能源电力及热力; 弗赖堡提出 2035 年实现 100% 可再生能源; 巴伐利亚弗赖辛提出到 2020 年实现 100% 可再生能源发电。

美国: 旧金山提出 2020 年实现 100% 绿色电力目标; 夏威夷已瞄准 100% 可再生能源的目标并坚定实现这一目标的决心; 格林斯堡利用灾区重建机会打造全方位环保“绿城”; 印第安纳州雷诺兹计划建设能源完全自给的生物城镇; 西雅图提出 2050 年转型成“碳中和”城市。

表 1 国际上代表性的 100% 可再生能源城市

分类标准	城市	人口(万)	面积(平方公里)	现状或目标	能源来源及主要类型
综合型	瑞典马尔默市 (Malmö)	30.3	158.4	已实现 100% 的可再生能源	利用太阳能、风能,垃圾来发电
	丹麦提斯特德市 (Thisted)	1.3	1098	已实现 100% 的可再生能源	风能、太阳能、沼气、地热发电厂、生物质焚烧和工业余热
	德国小镇 Dardesheim	0.1		已经实现 100% 可再生能源热力及电力	太阳能、风能
	瑞典耶姆特兰省 (Jämtland)	12.7	49 443	可再生能源实现 100% 的电力、90% 热力的供应	生物质能、风能和水电
100% 可再生能源电力城市	意大利小镇 Varese Ligure	0.24	136	2001 年,Varese Ligure 就成为欧洲第一个电力 100% 来自可再生能源的城镇	风能、太阳能、小水电项目
	美国俄亥俄州辛辛那提市 (Cincinnati)	213.8	206.1	第一个向居民提供 100% 绿色电力的主要城市	以较低价格购买绿色能源电力
	美国德克萨斯州奥斯汀市 (Austin)	82	704	2010 可再生资源电力的出售量居美国各市之首	风能和垃圾填埋气发电;从德克萨斯州西部购买风电
	美国纽约州伊萨卡市 (Ithaca)	3	15.7	2012 年 1 月开始,全市购买绿色认证能源	购买 100% 的可再生能源电力
	加拿大卡尔加里 (Calgary)	109.68	789.9	2012 年 1 月起,100% 使用绿色电力	风力发电 购买绿色电力
	德国阿尔蔡 (Alzey)	1.76	35.21	2010 年实现 100% 可再生能源发电	
	西班牙耶罗岛 (El Hierro)	1	280	全球首个 100% 可再生能源岛屿	风电站、抽水蓄能电站
岛屿类 100% 可再生能源城市	丹麦洛兰岛 (Lolland)	12.7	1243	100% 电力自足,70% 的热力自给	除了风电场、氢动力社区 还有第二代生物乙醇(海藻)燃料实验室、水电等清洁能源项目
	丹麦萨姆索岛 (Samsoe)	0.4	114	可再生能源实现 100% 电力,70% 的热能需求	电力来自风力发电,可再生燃料来自太阳能、秸秆和木屑
	南太平洋托克劳群岛 (Tokelau)	0.16	10.1	2011 年,实现 100% 可再生能源电力	利用椰子和太阳能供电
	苏格兰伊格岛 (Eigg island)	0.0006	31	清洁能源系统满足岛上用电总量的 98%	太阳能、风能和水电
	美国密苏里州岩石港 (Rock Port)	0.13	7.17	第一个 100% 风力发电的美国城市	风力发电
按可再生能源类型划分的 100% 可再生能源城市	美国佛罗里达州白考克牧场市 (Babcock Ranch)	规划容纳 18000 个家庭	68.8	世界第一座太阳能发电城市,“明日之城”	太阳能发电
	奥地利居兴镇 (Guessing)	2.7	49.31	2001 年“居兴镇生物质能厂”建立,居兴镇实现了能源供给自足	太阳能、生物质能
	冰岛雷克雅未克 (Reykjavik)	11.48	274.5	全部利用地热取暖	地热
	阿联酋马斯达城 (Masdar)	4(规划容量)	6	沙漠里的零碳城市,新城第一阶段将于 2015 年完成,整个项目预计 2025 年完工	太阳能和风能

丹麦:哥本哈根市提出 2025 年成为世界上第一个零碳排放城市目标;腓特烈松市提出 2015 年成为百分之百可再生能源城市;森讷堡市提出 2029 年之前成为“零碳城市”。

奥地利:上奥地利州提出 2030 年达到 100% 可

再生电力和热能目标;奥地利布尔根兰州提出 2020 年实现 100% 可再生能源目标。

澳大利亚:莫兰德市提出 2030 年实现碳中和目标;弗林德斯岛计划实现 100% 的可再生能源。

瑞典:哥特兰岛计划到 2025 年实现气候中和能

源供应; 克里斯蒂安斯塔德积极建设“没有矿物燃料的城市”。

还有一些国家的城市也纷纷提出了 100% 可再生能源目标: 日本福岛提出力争在 2040 年底前使县内使用 100% 可再生能源; 马尔代夫提出 2019 年实现 100% 可再生能源目标; 英国怀特岛提出 2020 年实现 100% 可再生能源自给目标; 希腊计划把爱琴海北部小岛圣埃夫斯特拉蒂奥斯岛打造成只使用可再生能源的“绿色”小岛; 葡萄牙格拉西奥萨岛计划 2014 年成为 100% 可再生资源的自给自足岛; 沙特阿拉伯麦加计划建成 100% 太阳能城市; 加勒比荷属博内尔岛计划 2015 年 100% 利用可再生能源电力 等等。

我国也有城市开始积极探索建设 100% 可再生能源城镇的可能性及路径。根据上海市规划, “十二五”期间, 崇明将建成一批风能、太阳能和生物质能发电项目, 投资主要来自政府和国家电网, 装机容量将占全岛能耗的 40%。到 2020 年, 可再生能源可达 3200 兆瓦以上, 相当于 30 座东海大桥风电厂。崇明饱和负荷约为 1000 兆瓦, 具备了零碳输入的条件^[3]。

三 国外 100% 可再生能源城市的主要模式

从目前国际上的实践来看, 100% 可再生能源城市包含多种不同的模式, 可以采取不同的分类方法予以区分。

1. 低碳型与零碳(碳中和)型

从碳排放的角度区分, 可分为低碳型与零碳(碳中和)型。

低碳型是指碳排放量较低的 100% 可再生能源城市。一般是指在城市电力、交通、建筑、供热或制冷等领域, 一项或多项(不是全部)实现 100% 应用可再生能源的城市。这类城市的实现相对容易, 其中 100% 可再生能源电力城市建设是主要模式。

零碳(碳中和)型是指城市不仅通过 100% 使用风能、太阳能、沼气、海洋能等可再生能源, 大力减少碳排放, 而且通过植树等措施予以“中和”剩下的二氧化碳。该类城市一般同绿色城市、生态城市建设联系较密切, 实现难度较大。

2. 完全型与专项型

从城市实现 100% 可再生能源的程度来区分, 可分为完全型与专项型。

完全型主要是指城市各方面的能源都来自可再生能源。城市能源消费主要集中在电力、交通、供暖与制冷三大领域, 这三大领域的能源消费都使用可再生能源才能被称为完全型。

专项型主要是指在电力、交通、供暖与制冷三大领域的一个或两个领域实现 100% 采用可再生能源的城市。目前, 国际上所谓的 100% 可再生能源城市, 主要是指 100% 可再生能源电力城市。但由于世界上的能源消费只有三分之一是电力, 关注供热与交通方面的能源替代也很重要。

在建设 100% 可再生能源城市时, 一般可采用专项型与完全型两种模式进行规划。专项型与完全型 100% 可再生能源城市的特点及适用城市见表 2。

3. 能源自给自足型与部分依赖外购型

从能源供给区分, 可分为能源自给自足型与部分依赖外购型。

能源自给自足型是指城市自身生产的可再生能源足以满足城市的能源需求。该种模式适用于地处偏远、可再生能源资源较为丰富的小城镇或孤立的海岛, 并且该类城镇一般没有钢铁厂等大的能耗企业。例如, 已经实现 100% 可再生能源供给的丹麦萨姆索岛等。

部分依赖外购型是指城市本地的可再生能源不能满足城市能耗需求, 需要从外地部分购买甚至全部购买绿色电力、生物柴油等。这种模式的特点是城镇规模大, 或者区域内可再生能源资源相对缺乏, 在建设该类型的 100% 可再生能源城镇时, 需要考虑周围区域可再生能源的供给情况, 以及如何降低购买成本。例如, 美国纽约州伊萨卡市计划从 2012 年 1 月开始, 全市将 100% 购买绿色认证能源, 购买可再生能源电力主要通过市电力和天然气联盟公司(Municipal Electric and Gas Alliance Inc.)——一个非营利性的动力集成联盟, 伊萨卡市是该联盟的成员。由于市电力和天然气联盟公司具有集体议价能力, 有利于其成员获得有竞争力的能源价格。

4. 交通便利型与偏远孤立型

从城市地理位置特点区分, 可分为交通便利型与偏远孤立型。

交通便利型城市利用外地能源较为容易, 成本也相对较低, 在自身可再生能源供给不足的情况下, 可考虑外购措施。

表 2 专项型与完全型 100% 可再生能源城市的特点

类型	碳排放	主要能源形式	主要特点	适用城市
专项型 (在电力、交通、供暖或制冷的某一方面实现 100% 可再生能源)	低碳或碳中和	化石能源: CCS(碳捕获和封存技术) 100% 使用可再生能源电力	此种类型城市依然使用化石能源,只不过在某些方面实现 100% 可再生能源,如 100% 可再生能源电力、100% 可再生能源交通、100% 可再生能源供暖或制冷、100% 太阳能城市、100% 可再生能源建筑等	由于实现相对容易,适用于各种类型的城市,特别对大中城市来说,这种模式更具可操作性。如美国第一座向居民提供 100% 绿色电力的城市——辛辛那提市;欧洲第一个 100% 使用可再生能源电力的城镇——意大利的 Varese Ligure。
完全型 (在电力、交通、供暖或制冷等方面都实现 100% 可再生能源)	碳中和	生物能源: 风能、太阳能、沼气、海洋能等其它可再生能源	该种类型由于使用生物质能,因此有碳排放,但由于其它可再生能源的使用及植树造林,能实现碳中和。	由于实现较困难,适用于小型城镇(如位于德国哈尔茨山脉中的小镇 Dardesheim)及可再生能源开发基础较好的少数大中城市(如丹麦的哥本哈根)。特别适用于那些地处偏远的小城镇或孤岛(如西班牙耶罗岛、丹麦萨姆索岛、南太平洋托克劳群岛等)
	无碳(零碳)	100% 使用零碳能源:风能、太阳能、沼气、海洋能	通过“零碳交通”、“零碳建筑”、“零碳能源”、“零碳家庭”而最终造就“零碳城市”。当然这里所说的“零碳”也只是一种描述,一种极致的目标。该种模式的规划强调可再生能源的使用。	

偏远孤立型特别是独立岛屿型城镇的能源供给相对独立,人口规模小,对可再生能源的需求少,实现 100% 可再生能源相对容易。该类城市的最大特点是强调能源的独立性,在充分利用本地风能、太阳能、潮汐能的基础上,实现能源自给。例如,全球首个 100% 可再生能源岛屿——西班牙耶罗岛,丹麦萨姆索岛与洛兰岛等。

5. 单一能源型

从可再生能源类型的角度来区分,可分为太阳能城市、生物质能城市、风能城市、地热能城市等。该类城市的特点是,城市所在区域的某一种可再生能源资源丰富,其中,由于太阳能光伏适用的广泛性,100% 太阳能城市最有可能实现。例如,世界上第一座太阳能发电城市——白考克牧场市,就位于被称为“阳光之州”的佛罗里达州;美国第一个 100% 风力发电城市——岩石港市位于密苏里州,由美国能源部出版的自然资源分布图显示,该区域是密苏里州风力资源高度集中的地区。

6. 大中城市型、小城镇型与社区型

按城市大小划分,可分为 100% 使用可再生能源的大中城市、100% 使用可再生能源的小城镇,以及 100% 使用可再生能源的社区等。

建设 100% 可再生能源城市需要从一个个社区做起,社区面积虽小,但在空间布局等规划方面,应是一个城市的缩版。例如,英国“贝丁顿零化石能源发展”社区的设计理念就是围绕“零碳”二字,整个小区只使用可再生资源产生的能源就能满足居民

生活所需,主要措施包括:成本低廉的示范建筑、零能耗的采暖系统、零排放的能源供应系统、循环利用的节水系统、绿色出行模式等。

7. 能源替代型与全新规划型

从城市新旧的角度来区分,可分为传统能源替代型城市与全新规划型城市。

传统能源替代型,是指用可再生能源替代城市原来使用的化石能源,改变城市的能源结构,绝大多数城市在构建 100% 可再生能源城市时,都采用这种模式。

全新规划型,是指在新建或重建城市时,不受原有城市能源利用模式的制约,全新规划可再生能源的利用。例如,沙漠里的零碳城市——阿联酋“马斯达城”,该城是一次性规划的新城,于 2008 年初开始兴建,总投资大约为 220 亿美元。建成后,这座城市将完全依赖太阳能和风能等可再生能源,城市里没有汽车,绿树成荫,整座城市将实现零废物、零碳排放,预计将可容纳 4 万居民及数百家商业机构。马斯达城市规划方法中有 7 个重要特征:重视能源效率、地区和社区的整合、低层高密度、充满活力的公共领域、行人友好型交通、高品质的生活、便捷的公共交通^[4]。

一次性新规划的城市具有规划优势,具备面向未来的新理念、新技术与新方法,有利于实现 100% 可再生能源,但成本高且受地理空间的局限。因此,绝大多数 100% 可再生能源城市规划都来自对传统城市规划及能源规划的创新。

四 启示

从世界各国建设 100% 可再生能源城市的情况看,100% 更多的是一个励志目标及美好愿景,目前,几乎所有自称为 100% 可再生能源的城市并不是真正意义上使用 100% 的可再生能源。例如,在澳大利亚一些提出 100% 可再生能源的城市中,占总量 60% 至 70% 的在商品和服务中使用的能源通常不包括在计算中^[5]。

建设 100% 可再生能源城市,需要政府的引导与规划,需要公众的大力支持,需要关注社会、经济、技术、环境、政治等要素的可行性,采用符合当地特点的 100% 可再生能源城市模式。结合国外 100% 可再生能源城市的建设模式及经验,本文认为应关注以下几个方面。

一是开展少数 100% 可再生能源城市建设试点。由于建设 100% 可再生能源城市要求较高,目前,国际上对 100% 可再生能源问题有较大的争议,有赞成的,也有反对的。我国也只有少数有条件的城市可以进行 100% 可再生能源城市试点建设,绝大多数城市短期内不可能、也没有必要建设 100% 可再生能源城市。

二是模式多样。由于每个城市有着自身的可再生能源资源禀赋特点及能源结构基础,每个城市的 100% 可再生能源规划应是各有特点的,不能照搬其它城市的模式。应围绕电力、交通、供暖与制冷三大领域,选择综合型或是专项型模式。

三是分类实施。小城镇应是 100% 可再生能源城市的建设主体。100% 可再生能源城市对可再生能源的资源禀赋要求较高,大中城市难以满足,那些可再生能源资源丰富的小城镇相对容易实现。德国的小城镇是该发展模式的楷模,比如德国柏林周边的小镇费尔达姆(Feldheim)已经实现了 100% 可再生能源发电。

地理位置偏远的城镇或孤立的岛屿是目前建设 100% 可再生能源城市的重点。由于这些区域使用传统化石能源的成本较高,使用可再生能源既能避开成本问题,也能充分开发当地的可再生能源资源。

大中城市建设 100% 可再生能源电力城市相对容易实现。大中城市由于能源需求大,可考虑专项型——100% 可再生能源电力模式。由于绿色电力可以通过购买实现,这种模式有利于克服大中城市可再生能源资源不足的障碍。

重视 100% 可再生能源社区规划。对于一座城

市来说,实现 100% 利用可再生能源,面临诸多制约因素,但对于一个社区来说,实现 100% 可再生能源则要容易的多,也能为整个城市积累经验。

四是重视城市的可持续发展。要实现 100% 可再生能源城市的可持续发展,无论选择哪种模式,都要关注以下几个方面的问题:资源方面,要根据城市可再生能源资源禀赋的特征,选择符合地方特色的 100% 可再生能源城市建设模式;环境生态方面,要与绿色生态城市建设相结合,低碳城市、绿色城市、生态城市相互补充,相互支持;经济方面,要落实经济的可行性,通过成本控制与核算,降低 100% 可再生能源城市的成本,并重视具体项目的落实;社会方面,目前建设 100% 可再生能源城市的成本相对较高,需要公众承担更多的社会责任,并予以理解与支持,同时也要通过创造新的就业机会等措施,推动公众接受;技术方面,要充分利用资讯科技,加强智慧城市建设;政治方面,政府需要积极制定相关政策,以规范、引导 100% 可再生能源城市的建设。

【Abstract】 Under the background of fossil fuels increasing depletion and climate change issues becoming increasingly prominent, the construction of new energy and renewable energy city is the inevitable trend of the future. And the one - hundred - percent renewable energy will become an option in more and more cities. One - hundred - percent renewable energy city has its own characteristics and rules, it has strong practical significance to study its development path. This essay systematically analyzes the experience and methods based on many typical one - hundred - percent renewable energy cities, and summarizes a variety of construction mode, and gives some suggestions on China ?? how to learn from these patterns.

【Key words】 renewable energy city; new energy city; one - hundred - percent renewable energy city

参考文献

- [1] International Energy Agency (IEA). Cities, towns & Renewable energy [R]. 2009: 21
- [2] 100% Renewable Energy for Cities [DB/OL]. <http://www.futurepolicy.org/2801.html>
- [3] 唱“绿岛小夜曲”,建“绿色生态岛”——崇明岛就地取用五大绿能,集成示范智能电网 2020 年有望实现“零碳输入”[N]. 新民晚报 2011 - 10 - 11
- [4] The Global Centre of Future Energy. Masdar: The Reality of Future Energy [R]. 2011: 6 - 11
- [5] World Future Council. 100% Renewable Energy - and Beyond - For Cities [R]. HafenCity University Hamburg and World Future Council Foundation 2010: 6

(编辑:丛琳;责任编辑:李小敏)