

美国绿色电力市场综述

GREEN POWER MARKET: US EXPERIENCE

袁敏 苗红 时璟丽 彭澎 著

执行摘要

美国的绿色电力（简称“绿电”）市场兴起于20世纪90年代，历经了二十余年的探索与实践，通过各州政府的推动及各类市场主体的积极参与，已形成了强制市场与自愿交易并存、采购方式灵活多样的市场格局。中国作为一个快速发展的经济体，正在以前所未有的力度推动低碳经济、环境污染治理及可持续发展。中国绿电市场的建立正在起步阶段，尚有诸多问题亟待解决。本报告围绕国内决策者和市场主体共同关心的几大问题，包括美国的绿电市场的构建方式和运作机制、绿电采购的主要途径和关键步骤、管制市场和放松管制市场下的交易案例，以及美国的实践经验对我国构建绿电市场的启示，通过文献调研对美国绿电市场的架构、强制市场与自愿交易市场的进展、绿电的采购模式与案例进行了深入的分析，并从中总结美国绿电市场成功的经验，希望能为中国绿电市场的构建提供参考。本报告是能源基金会支持的“绿色电力消费行动”项目的成果之一。

美国绿电市场主要有两种类型：一是基于可再生能源配额制（简称“配额制”或“RPS”）的强制市场，二是自愿交易市场（简称“自愿市场”）。强制市场是各州政府依据配额制相关法律法规建立的，目的是帮助承担配额义务的责任主体实现可再生能源配额目标。自愿市场则是消费者出于自身绿电消费意愿而采购可再生能源的市场。

配额制是驱动强制市场的核心政策机制，州级配额制要求电力供应商的绿电供应量在规定期限内必须达到一定比例，不能按时履约的责任主体则会受到相应的惩罚。目前美国已有29个州、华盛顿哥伦比亚特区及3个领地实施了配额制，但各地区的配额标准、责任主体、支持的可再生能源技术、履约期限等细节各有不同。配额制所涉及的主要利益相关方包括州政府、监管机构（如公用事业委员会）、发电商、可再生能源绿色电力证书（以下简称

目录

执行摘要	1
Executive Summary	3
美国电力市场概况	5
美国绿色电力强制交易市场	5
美国绿色电力自愿交易市场	10
美国绿色电力追踪机制	13
美国绿电采购合作平台	15
美国绿色电力交易案例	16
对中国绿色电力市场的启示	20
附录：美国各地建立的十个地区性绿证追踪系统	23
参考文献	24
缩略语表	25
注释	26
致谢	27

“工作论文”包括初步的研究、分析、结果和意见。“工作论文”用于促进讨论，征求反馈，对新事物的争论施加影响。工作论文最终可能以其他形式进行发表，内容可能会修改。

引用建议：袁敏 苗红 时璟丽 彭澎 著. 美国绿色电力市场综述. 2019. 工作报告，北京：世界资源研究所. <http://www.wri.org.cn/publications>.

“绿证”或“REC”）交易经纪人、售电商等。配额制的实施大力推动了美国可再生能源的发展。2000年以来，美国新增可再生能源装机容量的56%和新增非水可再生能源发电量的51.6%都是由配额制直接或间接驱动实现的。

自愿市场为有意愿采购绿电的消费者提供灵活多样的采购渠道，帮助企业履行可持续发展的社会责任，实现绿色发展的目标。在管制市场，绿电采购方主要通过公用事业绿色定价（utility green pricing）和公用事业绿色电费（utility green tariffs）两种途径采购绿电；在半管制市场，绿电采购方主要通过竞价市场采购绿电；在放松管制市场，自愿购电协议（PPA）是最常用的一种绿电采购方式，此外还有非捆绑的绿证市场、社区集中采购、社区太阳能、自行发电等采购模式。本报告还分别就管制市场的绿色电费项目和放松管制市场的自愿购电协议选取了案例进行剖析。

除了市场主体，一些由政府机构和非政府组织发起的组织和平台也在积极推动美国的绿电采购。以绿色电力伙伴项目（GPP）、可再生能源买家联盟（REBA）和100%可再生能源项目（RE100）为主的项目或机构正大力倡导推动清洁能源发展的社会合作，为企业的绿电采购提供了更广阔的平台。

报告在最后总结了美国绿电市场相对成功的六条经验，希望给起步阶段的中国绿电市场带来一些借鉴与思考。

1. 美国绿电交易的强制市场和自愿市场同时存在，两个市场既可相互关联运行，也可独立运行，市场结构明确，交易模式灵活多样。中国目前处于绿电市场发展的初期，可再生能源绿色电力证书自愿认购实施刚一年多，代表强制市场的可再生能源电力配额考核机制还在征求意见阶段。这两类市场及各自的绿证未来如何协调运作尚不明确。建议在初期，两类市场可独立运行，待相对成熟后建立统一体系。
2. 美国绿电强制交易市场由州立法进行保障，且具有因地制宜的特点。中国目前实施的《可再生能源法》侧重从生产端增加可再生能源供应、改善能源结构，虽然在原则上鼓励在消费端消纳和使用可再生能源电力，但尚未提出任何具有约束性的机制。建议将拟实施的可再生能源电力配额制上升为下一轮《可再生能源法》修订的主要内容，以法律为保障，具体实施规则可通过法规和政策的形式加以体现。
3. 美国绿电强制交易市场设计了合适的惩罚机制。通常罚金会高于采购可再生能源的成本，罚金所得会用于投资新的可再生能源项目。中国的可再生能源电力配额制于2009年被正式提出以来，经多次公开征集意见并修改，关于惩罚机制的制定也经历了反复讨论。然而，最新发布的《国家发展改革委 国家能源局关于实行可再生能源电力配额制的通知（征求意见稿）》（也被业内称为

“第三次征求意见稿”）中，未见明确的惩罚措施，仅提到“各省级能源主管部门会同电力运行管理部门负责督促对未履行配额义务的电力市场主体限期整改，对未按期完成整改的市场主体依法依规予以处罚，将其列入不良信用记录，予以联合惩戒”。如果缺乏明确的惩罚机制，可再生能源电力配额制的实施效果将大打折扣。

4. 美国建立两类追踪系统，分别用于追踪绿证和绿电采购合同，从而保证绿电产品所有权的清晰和唯一。目前中国的绿证自愿市场也有相应的追踪机制，但由于目前尚未开放二级市场，对追踪功能的要求并不高。考虑到中国即将实施强制性的配额考核，加上目前的绿证自愿市场也可能开放二级市场，现有的追踪机制亟待细化完善，尤其需要考虑电量实物消纳和绿证价格双重特性。
5. 美国绿电自愿市场结构明确且灵活多样，多样化的绿电供应和采购渠道进一步扩大了绿电市场，满足了各种消费者的不同需求。中国目前的绿电消费途径包括自行发电、实体购电协议、从发电商处购买绿证（但没有直接购电）等几种，相对于美国的绿电自愿市场，市场灵活度相对较小，用户可选择的方式也较少。中国新一轮的以市场化目标的电力体制改革已启动三年多，市场化交易的平台已经建立，建议结合近期已经开展或计划开展的分布式发电交易、风光平价上网试点等机会，开发更多的绿电自愿交易模式，为绿电用户提供更多的采购选择。
6. 美国企业自愿采购绿电的驱动力既来自其社会责任意识，也来自直接的经济利益。一方面，企业通过采购绿电逐步承担起节能减排和推动社会可持续发展的责任；另一方面，可再生能源成本大幅降低使得企业采购绿电实际支付的成本较采购其他电力增加有限，并且长期购电协议等采购方式有助于企业在一定时期内锁定电力价格。目前中国绿电自愿认购进展缓慢，一方面是由于企业对于采购绿电带来的能源成本上升有所顾虑；另一方面，当前自愿绿证的价格是基于补贴强度设定的，普遍较贵，而用电企业在购买绿证后，既不能转售，又得不到其他方面的激励，很难有持续采购绿证的积极性。中国如果借着近年来可再生能源尤其是风光成本快速下降的有利条件，将绿电自愿认购市场向所有已投入发电的可再生能源项目开放，则可以较大幅度降低自愿绿证价格；如果将电价补贴与自愿绿证价格脱钩，则自愿绿证的价格可以与美国相当甚至更低；如果将绿电自愿采购与企业产品绿色认证、税收优惠等机制逐步挂钩，企业的环境意识和社会责任能得到更有力的体现，企业采购绿电的积极性也一定会得到加强。

EXECUTIVE SUMMARY

The U.S. green power market emerged in the 1990s and has experienced exploration and practice for more than 20 years. Through promotion of state governments and active participation of market players, a market structure has emerged with flexible procurement methods in which compliance and voluntary markets coexist. As a fast-growing economy, China is trying to promote low-carbon economy and sustainable development with unprecedented efforts. The construction of China's green power market is still at a nascent stage and there are many problems that need to be solved. Several major issues that concern the domestic policy makers and market players include: (1) How is the U.S. green power market organized and operated? (2) What are the main approaches and key steps for green power procurement? (3) What are some of the noteworthy procurement cases in regulated and deregulated markets respectively? (4) What lessons can China learn from the U.S. experience? This working paper first provides an in-depth analysis of the structure and the status of both compliance and voluntary green power markets in the U.S. This is followed by an overview of the green power procurement mechanisms, along with two case studies. It last summarizes the experience of the U.S. green power market to inspire Chinese policy makers and market players on green electricity market design and deal organization. This working paper is one of the output from the "Green Power Consumption" project, which was supported by Energy Foundation.

There are two main types of green power market in the U.S. One is the compliance market (or the mandatory market) based on the Renewable Portfolio Standard (RPS), and the other one is the voluntary market. Compliance markets are constructed by governments in certain states in accordance with RPS regulations in order to help compliance entities - such as electricity utilities, to meet compliance requirements, while voluntary market is driven by consumer preference for renewable energy.

RPS is the core mechanism that drives the compliance market. The state-level RPS requires compliance entities to supply a minimum amount of green power within a specified time frame, and for those compliance entities that cannot meet the requirement on time, a penalty will be imposed. At present in U.S., there are 29 states, the District of Columbia, and three territories that have implemented the RPS, but with different targets, compliance entities, valid renewable energy technologies, and compliance deadlines. Main stakeholders involved

in RPS include state governments, regulatory agencies (such as Public Utilities Commission), power generators, renewable energy certificate (REC) brokers, power sellers, etc. RPS has greatly encouraged the development of renewable energy in the U.S. Since 2000, 56% of all newly installed capacity of renewable energy and 51.6% of newly non-hydro renewable energy generation is driven by RPS requirements in either a direct or an indirect way.

The voluntary green power market has emerged in coexistence with the compliance market to satisfy customer preference for green power. It provides consumers with flexible and diverse procurement mechanisms, while for enterprises, it fulfills their social responsibilities on sustainable development and helps control cost with increasingly affordable renewable energy. In states with regulated power market, consumers usually purchase green power mainly through utility green pricing programs and utility green tariffs. In states with deregulated markets, consumers purchase green power through competitive supplier. In the semi-regulated market, voluntary Power Purchase Agreement (PPA) is most commonly used. Other methods include voluntary unbundled RECs, community choice aggregation, community solar, and self-supply. In the penultimate section, this paper discusses two cases in green power procurement respectively in regulated and deregulated markets.

In addition to government and market entities, some programs and organizations initiated by government agencies and NGOs are actively promoting green power procurement. The Green Power Partnership (GPP), the Renewable Energy Buyers Alliance (REBA), and RE100, for example, have been advocating social cooperation to promote clean energy development and these programs have provided a broader platform for corporate green power procurement.

At the end of the report, we summarized some lessons from US experience, in the hope of providing some inspirations for China's nascent green power market.

- I. The compliance and voluntary markets exist at the same time in the U.S. These two types of markets can either link to each other or operate independently. Besides, their respective market structures are clear, and trading mechanisms are flexible and varied. China is currently in an early stage of green power marketization. The voluntary market of REC has been

on track for just over one year, and the RPS under compliance market is still in the consultation stage. It remains unclear how these two markets and their respective REC trading will coordinate in the future. We suggest that in the initial stage, compliance and voluntary markets should operate independently. A single unified market could be considered in the future when compliance and voluntary markets both mature.

II. State legislation provides a legal guarantee for U.S. compliance market, which is characterized by the legislative adjustment based on local conditions. The “Renewable Energy Law” implemented in China mainly focuses on increasing the supply of renewable energy in upstream market and improving the energy structure, while no binding mechanism in the downstream market to ensure renewable energy adoption. We suggest that the RPS should be prioritized in the next revision of “Renewable Energy Law.”

III. Penalty mechanism is an integral part of the U.S. compliance green power market with alternative compliance payments usually invested in new renewable energy projects. The RPS to be implemented in China has been discussed and updated several times, the penalty mechanism also differed a lot in different versions. Comparing to previous versions, the latest released RPS consultation draft weakened the penalty measures. If obligated entities failed to implement renewable obligation, they will be listed in bad credit file and get punishment. However, clear and specific penalty measures are absent, bringing high uncertainty of the effect of RPS implementation.

IV. There are two ways to track green power transactions in the U.S. – one based on RECs and the other on procurement agreements. Either method can assure a clear and unique ownership of green power products. At present, China has established a REC tracking mechanism in the voluntary market. Since secondary market for REC trading is not open to the public, the requirement for tracking system is not very strict. Given the mandatory RPS to be implemented in China soon and the prospect of opening the secondary market in REC voluntary trading, the current tracking mechanism must be strengthened and optimized in advance.

V. The structure of the voluntary market in the U.S. is clear and flexible. Diversified green power supply and

purchase channels have further expanded the green power market and meet the different needs of various customers. Compared to the U.S., flexibility in the Chinese voluntary market is relatively low, and end users usually do not possess that many options. A new round of China’s electricity system reform with the goal of marketization was initiated three years ago. A platform for market-based transactions has been established. We propose that more purchase channels and more purchasing options should be developed for green power consumers in China.

VI. In the U.S., it is both corporate social responsibility and economic interest that motivates and drives companies to purchase green electricity voluntarily. On one hand, companies gradually assume the responsibility for energy saving, emission reduction, and socially sustainable development through the procurement of green power. On the other hand, the cost of renewable energy has experienced a substantial reduction, and long-term power purchase agreements allow companies to hedge the risk of future energy price fluctuations in the long run. At present, the slow progress of China voluntary green power purchase is caused by mainly two concerns of end consumers: first, the possible increase in energy cost due to green power procurement; second, the lack of incentives for companies to purchase RECs due to its high costs and non-transferability. If China takes advantages of the rapid decline in the cost of renewable energy, especially wind and solar, and allows voluntary REC market to open for all green power programs, it is expected that REC price would decline significantly. If the electricity subsidy is decoupled from the price of voluntary REC, the price of voluntary REC may be comparable to or even lower than that in the United States. If the voluntary procurement of green power is gradually linked to the green certification and tax credits, the environmental awareness and social responsibility of companies can be improved. The enthusiasm of companies for purchasing green power will also be strengthened.

美国电力市场概况

美国的整体电力市场主要是在管制市场（regulated market）和放松管制市场（deregulated market）的共同协调下运行的。在践行管制市场，如佛罗里达州、科罗拉多州，垂直一体化的公用电力事业覆盖了整个价值链（发电、传输、售电），并受到公共监管机构的监督。用户不具有自主选择电力供应商的权力，他们所在的区域决定了他们的电力供应商。在放松管制市场，比如得克萨斯州，公共事业以外的电力参与方拥有发电设备和电力传输系统。发电商将电力出售给批发市场，零售商购买电力并且出售给用户。用户可以自主选择他们想要的电力来源。整个传输环节由独立的第三方运营商或者区域输电管理机构进行监管。然而，由于管制市场和放松管制市场往往难以完全割裂，包括加利福尼亚州在内的美国部分地区则实行半管制市场（semi-regulated market），对一些大型工业和商业用户实行放松管制市场，对于其他零售用户则采取管制市场。美国整体电力市场的分类如图1所示。

由于传统化石能源消耗带来的环境问题日益严峻，美国联邦和州层面分别出台了一系列激励政策来促进可再生能源的发展，绿电市场由此应运而生。在推动可再生能源增长领域，企业自愿购买绿电起了至关重要的作用。在过去几年中，随着可再生能源价格的大幅下降和其良好经济效益的日益显现，越来越多的企业承诺积极的可持续发展和可再生能源使用目标。自2013年起，企业可再生能源绿电直购在美国开始爆发式增长。市场对可再生能源采购意愿和需求的日益增加也为之后相关政策的制定提供了参考。

根据美国国家环境保护局的定义，绿电指的是利用可再生能

源如风能、太阳能、生物质能、水能、地热能等生产的电能，包括风电、太阳能光伏发电、地热发电、生物质能气化发电和小水电，其中小水电多指对环境影响较小的低水坝电站发电。有些州对发电技术进行了分类，在实施配额制的一些州，不同类别的发电技术所对应的配额目标及履约罚金也有所不同（见附录）。

美国绿电市场主要有两种类型：一是基于配额制的强制市场（compliance markets），二是自愿交易市场（voluntary markets）。强制市场是各州政府依据配额制相关法律法规建立的，目的是帮助承担配额义务的责任主体实现可再生能源配额目标。自愿市场则是消费者出于自身绿电消费意愿而采购可再生能源的市场。

美国绿色电力强制交易市场

2.1 可再生能源配额制

配额制是驱动强制市场的核心政策机制，美国实施得较早。州级配额制要求电力供应商的绿电供应量在规定期限内必须达到一定比例，不能按时履约的责任主体则会受到相应的惩罚。目前美国已有29个州、华盛顿哥伦比亚特区和3个领地实施了配额制，责任主体的数量占美国全部电力零售商的56%；另有8个州和1个领地提出了非强制的可再生能源目标。美国配额制落实情况如图2所示，以截至2018年10月的数据为例。各州的可再生能源配额标准、支持的可再生能源技术、履约期限等细节各有不同，并且会定期更新。部分州对绿电技术的分类及对应的履约罚金见表1。

图 1 | 美国整体电力市场的分类

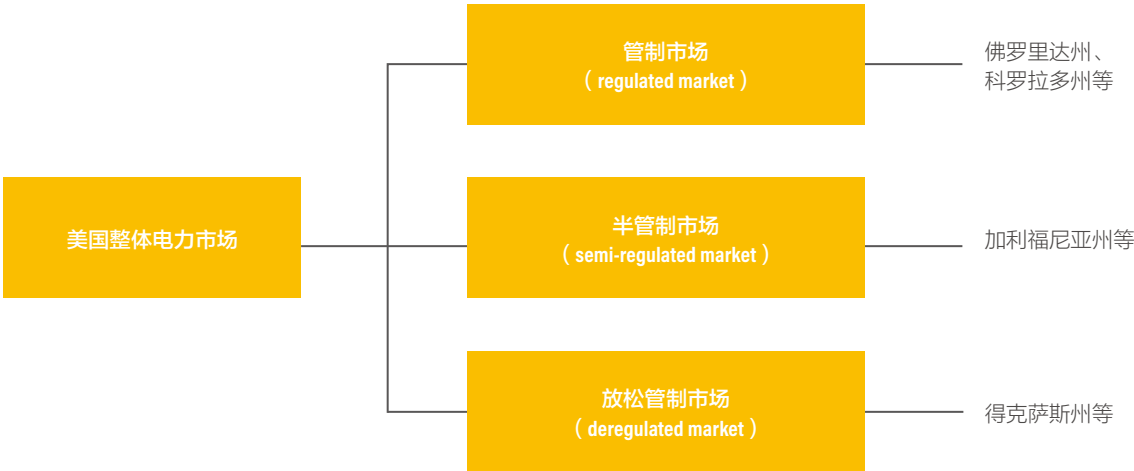
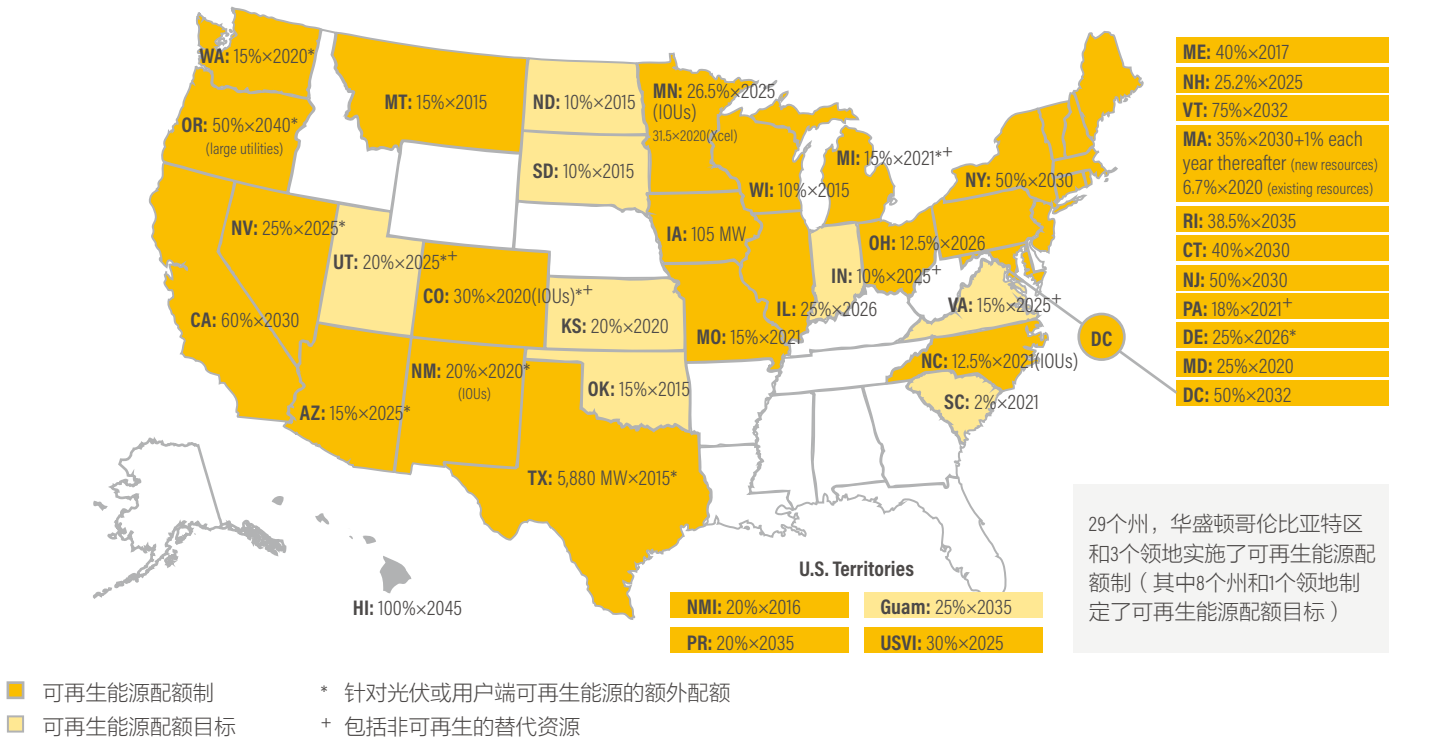


图 2 | 美国各州配额制目标

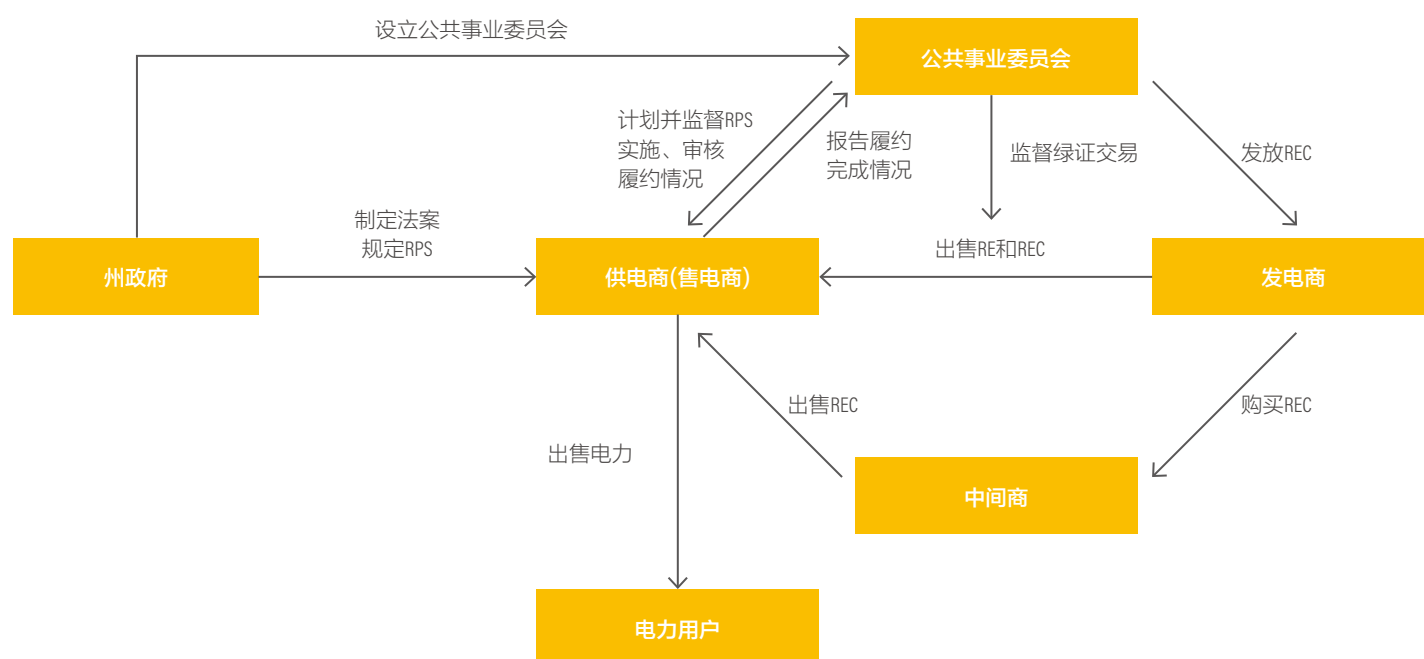


来源：www.dsireusa.org / 2018 年 10 月更新

表 1 | 部分州对绿电技术的分类及对应的履约罚金

	一类（Tier1）	二类（Tier2）
华盛顿州	太阳能（发电或发热）、风能、能效大于 65% 的生物质能、垃圾填埋气发电、垃圾填埋气发电、地热能、海洋能、由一类能源提供的燃料电池、用于加热的废弃用水 履约罚金：50 美元 /MWh	除抽水蓄能发电外的水电 * 必须为 2014 年 1 月 1 日前投产的设施 *2019 年后，二类可再生能源不纳入配额制的计算 履约罚金：10 美元 /MWh
纽约州	主要类别（Main Tier）：生物质能、液态生物质燃料、燃料电池、水电、光伏、海洋能、潮汐能和风能 * 适用于大规模发电设施 /	用户侧类别（Customer-Sited Tier，CST）：燃料电池、光伏、太阳能、风电、甲烷消化器 * 适用于小规模的用户侧的发电设施 /
新泽西州	太阳能、光伏、风能、燃料电池、地热能、潮汐能、垃圾填埋气发电，以及 2012 年 7 月 23 日后投产的小于 3MW 的水电设施 履约罚金：50 美元 /MWh	小于 30 MW 的水电设施 履约罚金：50 美元 /MWh
马里兰州	太阳能、风能、生物质能、垃圾填埋气发电、燃料电池、地热能、海洋能、小于 30MW 的水电站、废弃物发电 履约罚金：40 美元 /MWh (2016 年前)，375 美元 /MWh(2017 年起)	除抽水蓄能以外的水电 履约罚金：15 美元 /MWh
宾夕法尼亚州	太阳能（光伏太阳能和光热太阳能）、风能、低影响的水电、地热能、生物质能、燃料电池、煤层气 履约罚金：45 美元 /MWh	废弃煤炭、大规模水电站（包括抽水蓄能发电）、固体废弃物、整体煤气化联合循环、制浆或木材加工过程中的发电 履约罚金：45 美元 /MWh

图 3 | 配额制所涉及主要利益相关方之间的关系



美国其他地区没有实行配额制的原因主要有三点：一是当地决策部门支持可再生能源发展的政治意愿不足；二是发电和输电基础设施不足以支撑配额制的实施，大量提高可再生能源发电的比重并不可行；三是当地可再生能源不够丰富。为满足配额要求，电力供应商通常有两种履约途径。一种是提高自身可再生电力供应比例，另一种是通过绿证交易市场购买绿证。电力供应商的履约成本将分摊给其供电范围内的所有用户。

配额制所涉及的主要利益相关方包括州政府、监管机构（如公用事业委员会）、发电商、中间商、售电商等。各方之间的关系如图3所示。

- 州政府负责制定本州的配额制机制，包括设定目标、确定责任主体，并通过立法来确保配额制机制的法律地位；设立公用事业委员会并授权其全面监管配额制的实施。
- 在州政府授权下，监管机构向符合条件的可再生能源发电商发放可再生电力证书，对供电商的履约情况进行监督考核，同时还对履约成本进行必要的管控（设置成本上限）；
- 发电商除了出售可再生电力之外，还将所获得的绿证出售给有履约义务的责任主体。
- 供电商通过提高自身可再生电力的供应比例或者购买绿

证来满足配额标准的要求，并向监管机构报告履约完成情况。

- 绿证交易经纪人作为中间商，可以购买和出售REC。

2.2 强制市场的履约进展

1. 履约完成情况对美国可再生能源发展的影响

对比各州可再生能源发展水平可以发现：实施配额制的地区中，13个州/地区的可再生能源生产量占一次能源生产量的比重超过50%，只有4个州低于全国平均水平（2016年为12%）；未实施配额制的地区中，可再生能源生产量占一次能源生产量的比重低于全国平均水平的州有8个。

大部分实行了配额制的地区都达到了履约标准，且总体履约情况良好。2017年，除康涅狄格州、纽约州、伊利诺伊州和华盛顿州之外，其余25个州都100%完成了履约要求。

纽约州完成率不足50%，主要原因在于可再生能源开发潜力不足。纽约州的可再生能源以风电为主，水电为辅，风电占据了配额制中80%的可再生电力来源。目前纽约州的水电主要从加拿大进口，本地水电资源的开发潜力已非常有限。若要实现配额制的目标，纽约州需要扩大本地太阳能发电和风电的规模，所需的投资将大大超过政府所提供的预算。

总体而言，配额制的实施大力推动了美国可再生能源的发展。2000年至2016年，美国可再生能源装机容量增长了120GW，其中56%是直接或间接地由配额制驱动的；非水可再生能源发电量增长了283TWh，其中配额标准占到51.6%。

分区域来看，东北地区、中大西洋地区和西部地区的配额标准与可再生能源发电量的实际增长情况比较接近；得克萨斯州和中西部地区由于风电的容量因子/经济性更具优势，可再生能源发电量远远高于配额标准；而东南部地区由于只有北卡罗来纳州实施了配额制，因此该地区的配额标准和实际可再生能源发电量都远低于其他地区。 如果用一个地区为满足配额标准所新增的可再生能源装机容量与该地区当年新增可再生能源装机总容量的比值来衡量配额制贡献的大小，那么配额制在东北地区、中大西洋地区和西部地区所发挥的作用显著大于得克萨斯州、中西部地区和东南部地区。

从技术类型来看，2000年至2012年，每年用于配额制履约的新增装机容量中，风电占了绝大部分，而从2013年开始，光伏发电后来居上，迅速超过了风电的比重。

2. 履约成本和REC价格走势

履约成本的计算方式在管制市场和放松管制市场有所不同。管制市场的履约成本主要由配额制总采购成本得出，放松管制市场的履约成本主要由REC价格和履约罚金（ACP）得出。

从2012年至2015年，美国配额制的履约成本呈逐年上升趋势。2015年，美国配额制的履约成本为30亿美元，占美国电力零售收入的1.6%。各州的履约成本因实际情况而有所不同，其中，部分放松管制市场的州由于REC价格下降，其2016年的履约成本较2015年有所下降。与此同时，各州设立了成本上限，目前只有少数州的实际成本高于成本上限，拥有较高配额制目标和履约成本的州往往有较高的成本上限。

美国各州有不同的成本牵制机制来控制成本上限：

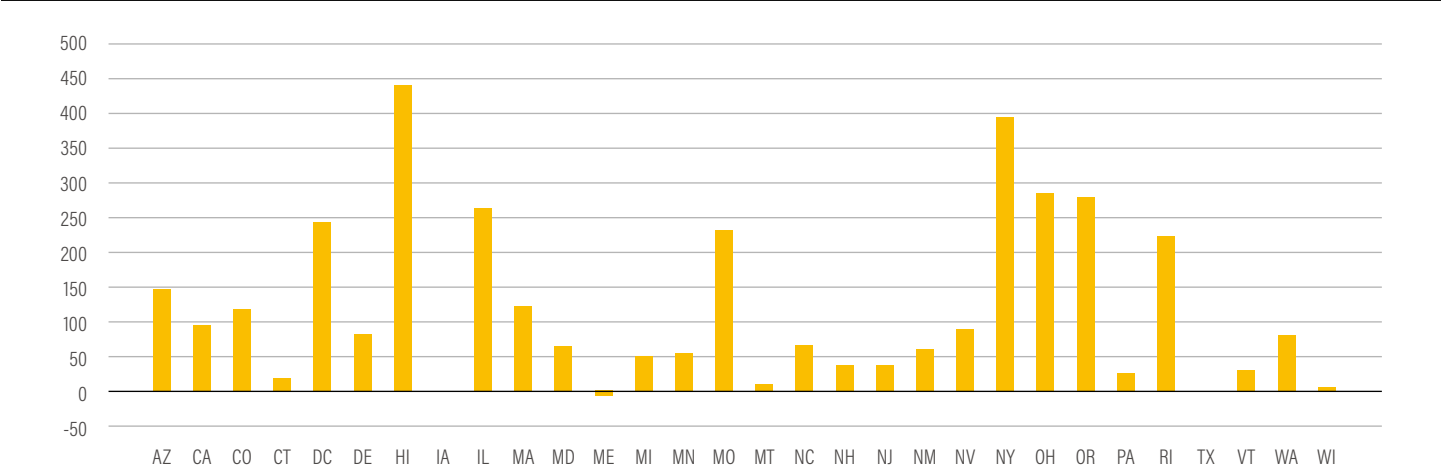
- 履约罚金：履约罚金是牵制REC价格的手段，通常适用于放松管制市场。
- 收入要求上限：一些州对于履约成本占终端用户账单的最大百分比设定了上限，履约成本必须低于这个百分比，通常适用于管制市场。
- 附加费上限：北卡罗来纳州和密歇根州设定了法定的附加费上限。
- 配额制合约价格上限：以蒙大拿州为例，配额制合约价格上限会根据通过非可再生能源发电的成本设定。

REC的价格在不同的州以及不同的年份差别很大，主要受履约罚金和REC供需情况的影响。在2016年，REC的市场价格大幅下跌，主要是由于可再生电力供应在逐步增加。光伏可再生能源绿色电力证书（Solar Renewable Electricity Certificate, SREC）的价格走势因州而异，主要取决于各州配额供需情况和履约罚金。比如：俄亥俄州允许跨州的SREC交易，宾夕法尼亚州可向俄亥俄州销售SREC，使俄亥俄州的SREC过度供给，导致价格呈逐步下降趋势。总体而言，强制市场的绿证价格要高于自愿市场。

3. 未来配额制对绿电的需求

根据劳伦斯伯克利国家实验室的预测，美国可再生能源配额总需求将从2016年的235TWh增长到2030年的450TWh，相应地需要增加55GW的可再生能源装机容量。届时，可再生能源占电力销售量的比重将由目前的10%提高到13%。从2017年到2040年，超过1/3的州对绿电的需求将翻番，夏威夷州的增幅最高，达到440%；只有缅因州的绿电需求呈下滑趋势，2040年比2017年降低4.5%。2017—2040年美国各州绿电需求预期增幅如图4所示。

图 4 | 2017–2040年美国各州绿电需求预期增幅（%）



来源：美国劳伦斯伯克利国家实验室

2.3 各州可再生能源配额制情况总结

我们选取了加利福尼亚州、得克萨斯州、纽约州和华盛顿哥伦比亚特区，对这几个地区的配额制机制进行了总结和比较。这四个地区的配额制各有特色。加利福尼亚州由于管制市场与放松管制市场并存，配额制机制较为复杂；得克萨斯州的配额制具有周密的制度设置和配套的支持措施，如税收优惠和财政补贴，因此被认为是美国配额制的模板；纽约州是唯一一个采用政府统购模式实行配额制的州，并且于2016年起实施了新的清洁能源配额制；华盛顿哥伦比亚特区除总体的配额之外，还对太阳能发电的比重设定了目标。

加利福尼亚州：配额制的责任主体主要是电力零售商，包括国有公用事业机构（publicly owned utilities）、投资者拥有的公用事业机构（investor-owned utilities）、电力服务供应商（electricity service providers）和社区负荷集成商（community choice aggregators）。加利福尼亚州要求所有电力零售商在2020年之前所销售的电量中33%以上来自可再生能源，这一比例在2030年需达到60%，并且将对没有达到标准的责任主体进行惩罚。目前虽然未确定具体的惩罚金额，但加利福尼亚州最新法案（SB350）要求州公共事业委员会设立具体的惩罚标准，并指出罚金应高于销售电价。

得克萨斯州：该州要求所有市政电力设施、电力合作社、电力零售商，以及未捆绑的投资者所有的电力设施到2015年实现总共5880MW的可再生能源装机容量（约占州内电力需求的5%）。如果公用事业机构不能按时履约，将接受50美元/MWh的惩罚。

这一目标目前已全数实现。另外，得克萨斯州设定了一个自愿目标：到2025年获取总共10000MW的可再生能源。

纽约州：纽约州自2004年开始实施可再生能源配额制（RPS），自2016年8月起开始实施新的清洁能源配额制（Clean Energy Standard, CES）。清洁能源配额制是在可再生能源配额制基础上建立的，部分保留了原有配额制的机制和准则，同时做了一些改变。两者最大的不同在于其规模和针对供电企业的履约责任。

清洁能源配额制更新了可再生能源配额制的目标，要求到2030年绿电供应达到50%。清洁能源配额指标分为可再生能源配额（Renewable Energy Standard, RES）和零排放信用（Zero-emissions Credit, ZEC）两部分。其中，可再生能源配额主要针对供电企业的可再生能源电力供应，根据发电技术的不同又分为一类和二类；零排放信用是为了支持核电设施而设置的，以达到纽约州2030年减少40%温室气体排放的目标。从2017年4月1日起，供电企业必须根据其电力负荷比例购买零排放信用，而零排放信用不会计入2030年绿电供应达到50%的目标。

纽约州能源研究和发展局（NYSERDA）为绿色发电项目提供财政激励。对于中标的大型项目，NYSERDA会按每兆瓦时支付一定的费用。而小型项目则按照先到先得的规则，获得预付减免的优惠。实施清洁能源配额制后，NYSERDA作为绿证的交易平台，统一管理绿证的购买与出售。

纽约州RPS和RES对比见表2。

表 2 | 纽约州RPS和RES比较

	RPS	RES（一类与二类）
采购规模	长期采购合同受预算限制	采购规模可达 RPS 的五倍
成本（预算）	1.5 ~ 2 亿美元	10 亿美元
适用范围	生物质能、燃料电池、水电、太阳能、潮汐能、风能	除 RPS 的适用范围外，还包括进口部分和迁移重置的设备；取消了对水电规模的限制
绿电项目评估指标及权重	两种评估指标： - 投标价格 70% - 经济利益 30%	四种评估指标： - 投标价格 70% - 经济利益 10% - 项目可行性 10% - 操作弹性 10%
履约方式	NYSERDA 统一管理绿电项目，利用财政激励手段实施 RPS	供电企业可从 NYSERDA 独立购买 REC，向 NYSERDA 上交 ACP
合同方式	两种标准合同：燃料和非燃料	- 模块化的标准合同 - NYGATS 绿电证书追踪系统

表 3 | 加利福尼亚州、得克萨斯州、纽约州与华盛顿哥伦比亚特区的配额制比较

	配额标准	责任主体	履约期限	追踪及考核	惩罚措施
加利福尼亚州	33%、60%	电力零售商	2020 年、2030 年	加利福尼亚州能源委员会（CEC）负责可再生能源认证；WREGIS 信用追踪系统	政策处罚机制正在建立
得克萨斯州	5880MW	市政电力设施，发电和输电合作社，可以为消费者提供零售商选择的分销合作社，电力零售商，以及在放松管制下未捆绑的投资者所有的电力设施	2015 年	得克萨斯州电力可靠性委员会（ERCOT）在公共事务委员会监管下负责 REC 的交易项目；ERCOT 计算电力零售商绿电电量；PUC 审核履约情况并施以罚款	50 美元 /MWh
纽约州	50%	投资者所有的电力设施，市政电力设施，分销合作社，电力零售商	2030 年	纽约州能源研究和发展局统一管理能源项目	ACP 为 REC 价格的 1.1 倍（2017 年）
华盛顿哥伦比亚特区	50%，其中 5% 来自太阳能	所有电力零售商	2032 年	公共事业委员会审核合规报告并施以罚金；PJM-GATS 信用追踪系统	一类：50 美元 /MWh 二类：10 美元 /MWh 太阳能：500 美元 /MWh（2011—2023 年）

华盛顿哥伦比亚特区：该地区要求，到2032年所有电力零售商电力销售量的50%来自可再生能源，其中太阳能发电量达到5%以上。所有电力零售商每年4月1日前必须向公共事业委员会上交合规报告，没有达到配额制标准的零售商必须缴纳罚金（DCREGS 2017）。从2006年起，绿证也可以用于配额制履约（DSIRE 2016）。

加利福尼亚州、得克萨斯州、纽约州和华盛顿哥伦比亚特区的配额制比较见表3。

美国绿色电力自愿交易市场

自愿市场是在强制市场之外为满足用户对于绿电消费的需求而产生的，交易主要发生在零售市场。自愿市场的主要购买方可分为居民用户和非居民用户。相较强制市场，自愿市场更为灵活，用户可根据自己的偏好购买不同的绿电产品。

3.1 自愿市场绿色电力采购的模式

自愿市场为有意愿采购绿电的消费者提供灵活多样的采购渠道，帮助企业履行可持续发展的社会责任，实现绿色发展的目标。在自愿市场获取绿电的方式主要有以下八种：

其中，在管制市场，主要有公用事业绿色定价和公用事业绿色电费两种模式：

1. 用事业绿色定价：公共事业机构满足消费者绿电采购的需求可以有自行发电并出售给消费者和代表消费者向发电商购买绿电两种方式，这两种方式均可同时获得REC。消费者通过公用事业账单上的附加选项支付绿电附加费，大部分公用事业机构的绿电附加费用为1~2美分/kWh。这种模式主要适用于居民用户和小型商业用户。

2. 公用事业绿色电费：大型公用事业机构代表消费者签订绿电合同，消费者根据修正后的绿色电费支付费用。目前，只有大型非居民用户参与绿色电费项目。绿色电费与绿色定价有三点不同：第一，通过绿色电费项目采购的绿电有清晰的来源及发电项目信息；第二，绿色电费项目的消费者可以获得某种形式的确定价格，比如：不用支付化石燃料费；第三，绿色电费项目的消费者往往与公用事业机构签订了更长的合同（大于两年），而参与绿色定价项目的消费者可在每月选择继续参与或退出项目。这一模式目前在科罗拉多州、明尼苏达州、内华达州、新墨西哥州、北卡罗来纳州、犹他州、弗吉尼亚州和华盛顿州实施。

在半管制市场，用户主要通过竞价采购绿电：

3. 竞价市场：在半管制市场，消费者可以在公用事业机构和竞争性电力供应商之间自主选择。一些竞争性电力供应商会代表消费者向发电商采购可再生电力。如果绿电不在电力供应商的默认供应范围内，那么消费者购买绿电时需要支付额外费用。

在放松管制市场，消费者购买绿电的方式有多种，其中，自

愿购电协议是最常见的采购模式：

4. 自愿购电协议：电力消费者（通常是大型非居民用户）通过与当地的或场外的可再生能源供应商签订长期合同（PPA）来获得绿电。PPA有两种基本形式：一种是实体自愿购电协议（physical PPA）。发电商与采购方签订绿电（包括绿证）购电协议，合同期限通常长达十至二十年；合同对项目开始的时间、电力输送时间计划、输电不足的罚款、支付方式，以及合作终止期等条款作了明确的规定。发电商与采购方必须在同一个绿电市场，以便实现实体电力输送。

图5以光伏项目为例，展示了实体自愿购电协议涉及的利益相关方及其相互之间的关系：

图 5 | 实体自愿购电协议所涉及利益相关方之间的关系

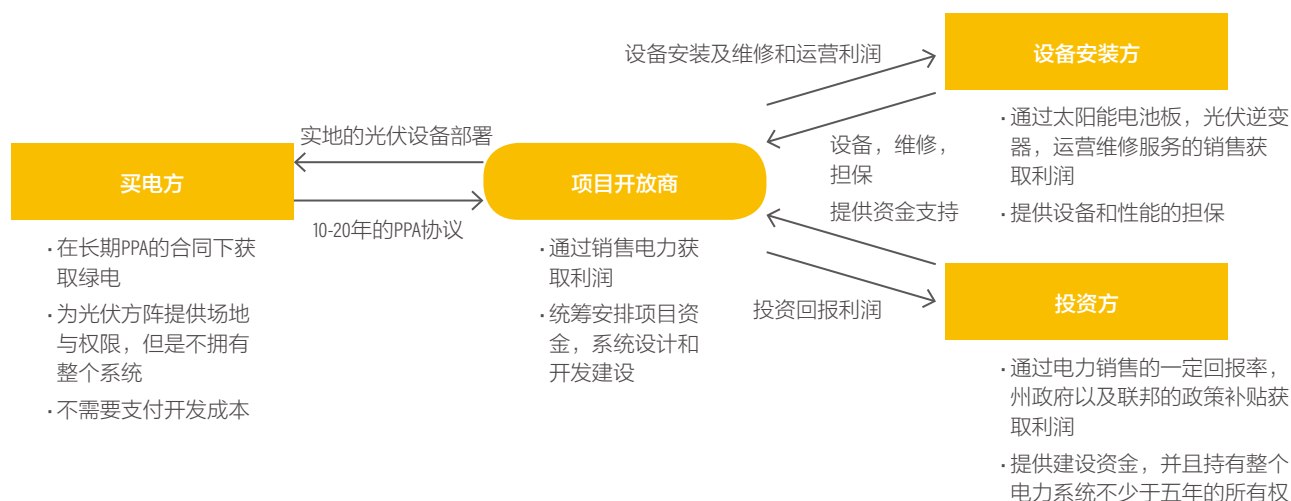
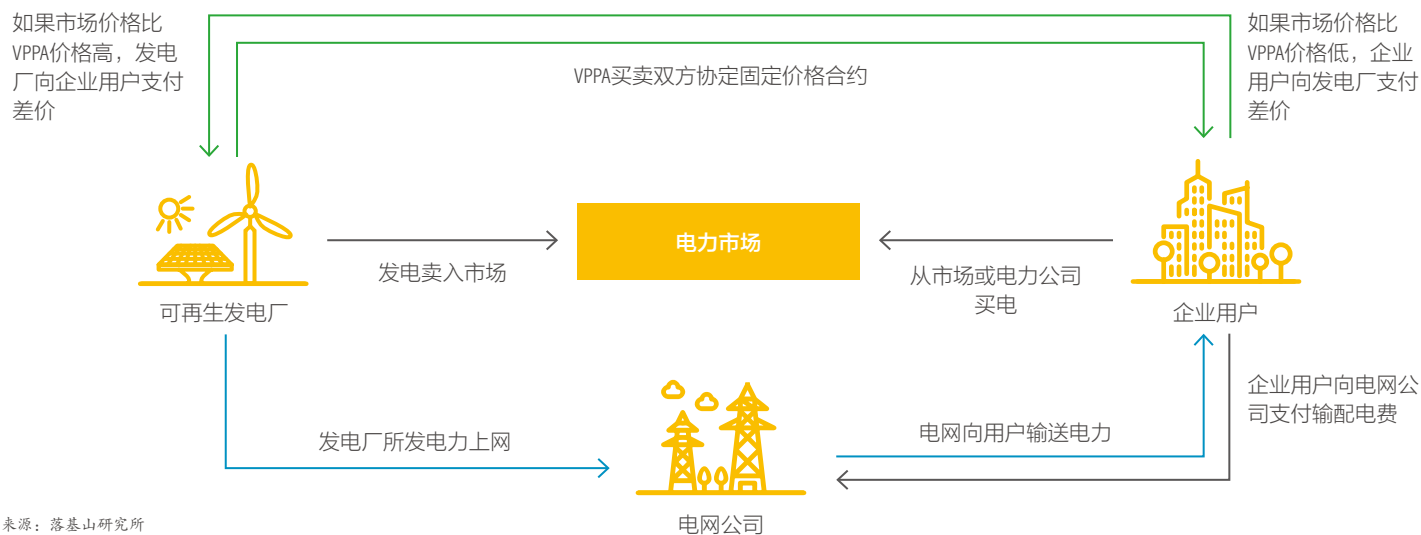


图 6 | 虚拟自愿购电协议



来源：落基山研究所

6. 社区集中采购（CCA）：CCA将社区内消费者的用电需求（包括居民用电和非居民用电）汇总到一起，作为一个整体购买方向电力供应商采购电力。社区内的电力默认由CCA选择的电力供应商提供，消费者可以自主选择是否加入CCA。值得注意的是：并不是所有的CCA项目都能提供绿电。只有一部分CCA项目采购了绿电，同时通过默认捆绑或征收附加费的方式出售绿电产品。这部分绿电的输配业务仍由公用事业机构负责。

7. 社区太阳能：公用事业机构或第三方项目开发商负责光伏发电项目的开发，所发电量并入电网。消费者共享太阳能发电项目，根据所订购的装机容量或发电量支付费用，并获得与订购量相匹配的公用事业账单信用补偿。

8. 自行发电：这种模式下，捆绑/非捆绑绿电消费者自己拥有可再生能源发电设施，并自己负责运维。发电设施可以直接或就近与终端用电设施连接，也可以从场外通过电网向终端用户输送电力。

表4对上述八种方式的特征进行了比较：

表 4 | 自愿市场购买绿电八种方式的比较

绿电供给选项		对于电力供给的影响	所购买产品			能发布的声明	适用于哪一类市场
		直接 / 间接	绿证	电力	发电设备	清洁电力使用或者开发新的项目	管制市场 / 放松管制市场 / 半管制市场
公用事业绿色定价		间接	是	是	否	使用了绿电	管制市场
公用事业绿色电费		间接	是	是	否	使用了绿电	管制市场
竞价市场		间接	是	是	否	使用了绿电	半管制市场
自愿购电协议	实体 PPA	直接 / 间接	是	是	否	使用了绿电并且开发了一个新的项目	放松管制市场
	虚拟 PPA	直接 / 间接	是	否	否	使用了绿电并且开发了一个新的项目	放松管制市场
非捆绑绿证市场		间接	是	否	否	使用了绿电	放松管制市场
社区集中采购		间接	是	是	否	使用了绿电	放松管制市场
社区太阳能		直接 / 间接	部分是	是	是	使用了绿电并且开发了一个新的项目	放松管制市场
自行发电		直接	是	是	是	使用了绿电并且开发了一个新的项目	放松管制市场

3.2 自愿市场绿色电力采购的关键步骤

如果消费者希望通过自愿采购绿电来实现自身的可持续发展目标，那么通常需要遵循以下八个关键步骤：

1. 明确采购范围。根据自身的采购目的，明确是为特定的用能设施采购绿电还是为整个机构采购绿电。采购范围不同，可能会影响到绿电产品的选择。

2. 预估采购量。一般有两种方式来预估所需的绿电采购量：可以根据近几期的电费账单来预估，也可以根据单位面积用电量进行估算。

3. 确定采购标准。在选择绿电供应商和绿电产品时，需要设立一套清晰的采购标准。基本指标包括但不限于资金预算、绿电发电设施的地理位置、基本参数、减碳效应、合同类型和合同期限等。

4. 选择绿电产品类型。对绿电市场可获得的产品进行评价和选择，比如是否对发电技术有特别的要求。

5. 招募绿电供应商。联系多个供应商，就绿电采购价格等问题进行协商。有些供应商除了供应绿电，还会提供一些增值服务，这些细节都需要事先与供应商沟通。

6. 制定采购方案。详细的采购方案有助于更好地评估绿电的价值、识别潜在的问题，而且便于公司内部相关部门间的沟通协调。

7. 购买绿电。在购买绿电时要确保合同中包含了可以做出环保声明的权利。

8. 获得购买绿电的利益。对于绿电合作伙伴项目的成员，环保部门会对支持采购方发布采购公告，包括发布相关新闻以及环境等价效益的声明。同时，采购方可以在网站上使用环保部门的绿电合作伙伴标记以及相关的宣传材料。

3.3 自愿市场绿色电力交易进展

各种模式的交易取得了不同的进展，各自呈现出一些特点：

1. 公用事业绿色定价：居民用户的参与度和非居民用户的绿电采购量持续增长，总体交易的增长是由一些大规模项目（1亿kWh以上）推动的；风能依然是绿色定价项目的主要能源，光伏项目虽然比重较低，但增速很快；另外，绿色定价机制下产生的非捆绑绿证价格比较便宜，因此促进了非捆绑绿证的采购。2017年，88.5万用户通过这一机制采购了89亿kWh绿电。

2. 公用事业绿色电费：2017年，通过公用事业绿色电费采购的可再生电力为770MW，这些项目的年发电量约为7.2亿kWh。目前，14家公用事业机构提供这一项目。公用事业绿色电费项目在有的州仅适用于新增负荷，如纽约州、北卡罗来纳州；有的州对老用户提出了限制条件，而新用户则不受限制。

3. 竞价市场：2017年，约170万用户通过竞价市场采购了181亿kWh绿电。尽管用户数量在过去几年有所波动，竞价市场的绿电采购量一直在稳步增长。增长的动力主要来自大型绿电供应商。

4. 自愿购电协议（PPA）：通过签订PPA采购绿电的用户数量和购电量都在快速增长。2017年共签订了273份PPA，交易电量达到213亿kWh。IT企业是自愿市场PPA的主力买方，最大的五家采购商分别是谷歌公司、亚马逊公司、微软公司、美国电话电报公司和美国国防部。此外，排名前十五位的采购商中，其余几家来自包括政府、零售和制造业在内的非科技企业。新企业将继续签署场外PPA。大多数PPA的装机位置在得克萨斯州和美国西南部，主要来源于大型风电设施，2014年以来，光伏项目数量也在增长，此外还有少量生物质发电和垃圾发电项目。

5. 非捆绑绿证市场：2017年，19.2万用户通过非捆绑绿证市场采购了518亿kWh绿电。用户数量和绿电采购量均较前一年有明显增长。过去几年，非捆绑绿证市场主要由大型买家参与；2016年

以来，一部分居民用户和小型商业用户也参与进来。非捆绑绿证市场中的绿证价格在2014—2017年间下跌了一半多，2018年有所回升，但仍低于2014年的水平。

6. 社区集中采购：社区集中采购只在伊利诺伊州、加利福尼亚州、马萨诸塞州、俄亥俄州和纽约州实施。从2015年以来，用户数量和绿电采购量都有所上升。通过社区集中采购，2017年销售的绿电达到88.8亿kWh，参与采购的用户约为273万。其中，加利福尼亚州的参与用户最多，伊利诺伊州的采购量最多。

7. 社区太阳能：社区太阳能继续呈现快速增长的趋势，美国一半以上的州已经拥有社区太阳能项目。截至2017年底，社区太阳能项目的累计装机容量已达到720MW。

8. 自行发电：自行发电中，太阳能发电的每瓦装机价格大幅下降，从2006年的每直流瓦特约9美元降至2016年的4美元，甚至更低。

未来几年，美国绿电自愿交易市场很可能继续增长，原因主要有三个。首先，自愿购电协议签订量的大幅增长预示着未来绿电销售的增长。其次，几家大型公用事业机构正在制定绿色能源计划，而公用事业绿色定价、公用事业绿色电费和社区太阳能等项目可以增加公众的参与度。第三，绿电在不同地区和州的消费者间的可用机制在继续扩大。2016年，加利福尼亚州新增了两个社区集中采购项目（CCA），纽约州成为第五个拥有社区集中采购项目的州。社区太阳能项目的规模也在持续扩大。并且，在2016年又增加了两个实行绿色电费制度的州。这些趋势都显示了美国绿电自愿交易市场持续增长的潜力。

美国绿色电力追踪机制

绿电追踪机制是美国绿电交易市场的重要配套机制。起初，绿电市场追踪系统是为了促进配额制履约所设立的配套机制，但近年来越来越频繁地在自愿市场中使用。在实施配额制的州内，发电主体若想通过出售绿证来进行配额制履约，在多数情况下必须使用覆盖该州的绿证追踪系统。由美国国家环境保护局倡议建立的绿电伙伴项目尽管不强制要求其成员使用绿电追踪系统，但建议成员购买此类获得认证的绿电产品。美国目前建立了两类追踪系统，一类是以绿电交易合同为基础的追踪系统，另一类是以绿证编号为基础的追踪系统。

4.1 基于绿色电力采购合同的追踪系统

基于绿电交易合同对可再生电力进行追踪是历史最悠久、应用最广泛的一种追踪方式。这种追踪方式可以对从发电主体到终端用户的一整条绿电产销链进行核查和追踪，一般需要由独立的第三方机构通过审计完成。如果绿证是和绿电捆绑销售的话，审计的是电力交易合同，如果两者分开销售，则审计的是绿证交易

合同。无论哪种审计方式，第三方审计机构通常需要对合同所涉及的声明、宣誓书、合同收据，以及其他可以证明绿电产品所有权产生和转移至终端用户手中的材料进行核查与认证。此过程所产生的费用通常由中间商或终端用户承担。

通过合同审计的方式进行绿电追踪并不是完美无缺的。首先，合同审计存在一定主观性，虽然审计是由第三方独立机构开展，但难免将一些主观判断带入认证过程。其次，合同审计需要花费大量的人工去审查相关的文件资料，并且在每一次审计中，审计机构的关注对象仅仅是整个市场中的某一主体，因此，通过这种方式追踪大量绿电交易并确保不出现重复计算，是有一定难度的。

4.2 基于可再生能源绿色电力证书编号的追踪系统

在以绿证编号为基础构建起来的电子追踪系统中，为了避免绿证所有权的争议，每张绿证上都列有独一无二的编号，记载着发电主体的相关信息（通常包括发电设施的位置、发电技术、发电设施所有者、装机容量、交付使用的年份、绿电生产的时间等）。市场主体在所属的地区性追踪系统中都需要设立自己的账户，绿证可以在账户之间转移，注销之后仍然可以追踪。

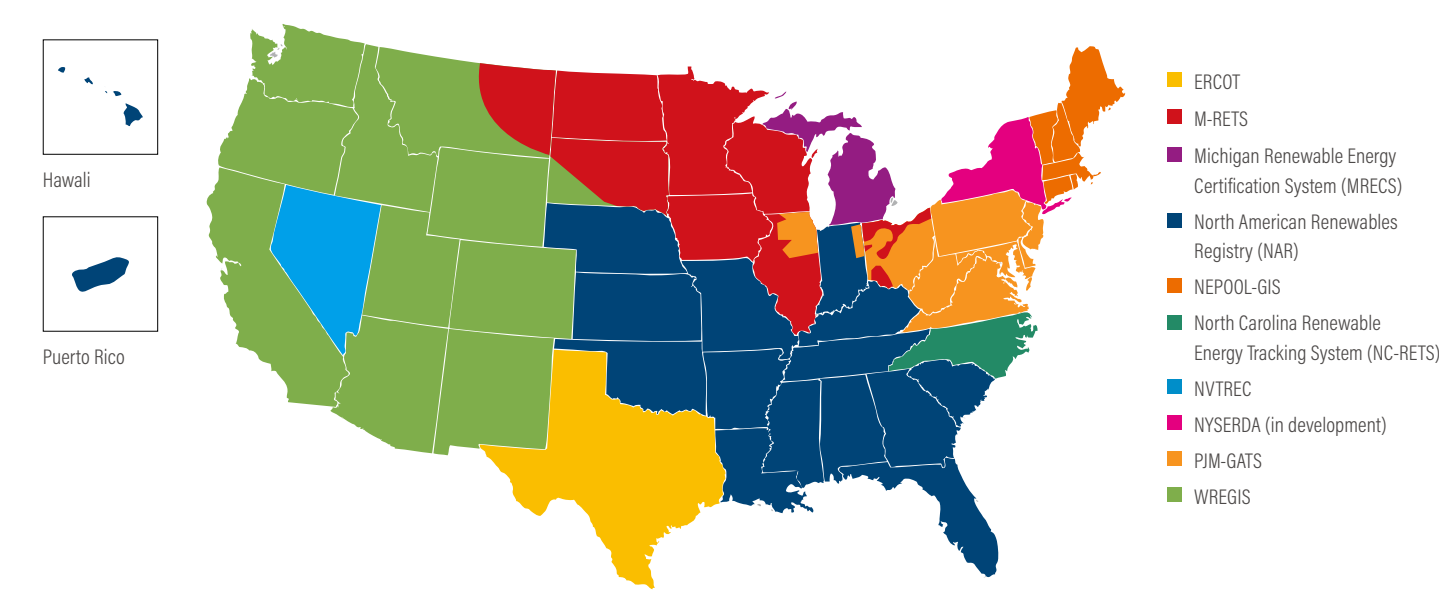
这种绿证电子追踪系统有记录绿电产生、避免重复计算和追踪交易三大功能。首先，追踪系统可证明绿电的产生并予以统计；其次，追踪系统可避免重复计算绿证数量以及保证不重复发放绿证；最后，该系统可追踪并记录绿电交易及配额制指标的完成情况，直至绿证失效。

无论是在强制市场，还是在自愿市场，都需要避免重复计算绿证数量。一般而言，在以下三种情况下会出现绿证重复计算问题：一是重复出售，即同一张绿证被同时出售给两个不同的终端用户；二是所有权重复申索，即有两方或以上的市场主体声称拥有同一张绿证的所有权；三是重复使用，即一张绿证被一方市场主体同时满足两种用途，如同时将绿证用于配额制履约并在自愿市场出售，或在自愿市场出售绿证的同时，又将绿证用于获取减排凭证。绿证重复计算的出现会降低绿证作为市场主体使用可再生能源绿电权威认证的可信度，同时也不利于可再生能源市场的长期发展。建立绿证电子追踪系统可以有效避免此类重复计算绿证数量的问题。

在绿证强制市场，监管机构可使用绿证追踪机制来核实配额制的履约情况，或用于核实大规模绿电产品的供应。但该机制不是第三方认证的替代品，因为该机制只监控批发交易，个体绿电用户通常没有绿证追踪系统的账户信息。零售电力市场中，电力零售商通常向中间商采购绿证，而后再出售给终端用户。

目前美国共有十个地区性的绿证追踪系统，如图7所示（详见附录）。为支付追踪平台的运营成本，大部分追踪系统运营方会向注册用户收取数额不等的年费，并对每笔绿证交易收取一定的手续费。以西部可再生能源生产信息系统（WREGIS）为例：该系统覆盖美国西部大部分地区（除内华达州），负责对州内电力生产企业所生产的可再生能源进行记录和核查。在WREGIS系统中注册的市场主体每年须向平台支付1500美元年费，并须在绿证发放、转让、失效时向平台支付一定的手续费。

图 7 | 全美十大地区性绿证追踪系统



美国绿电采购合作平台

一些由政府机构、NGO发起的组织/平台也在积极推动绿电采购，影响力较大的包括绿色电力伙伴项目（GPP）、可再生能源买家联盟（REBA）和100%可再生能源项目（RE100）。

5.1 绿色电力伙伴项目

由美国国家环境保护局发起的绿色电力伙伴项目旨在鼓励并协助各类社会组织自愿利用绿电，提高绿电消费的比重，降低对环境、气候和人类健康的影响。GPP的成员单位包括世界500强企业、中小企业、联邦及地方政府机构、高校和社区等。

加入该项目的社会组织需满足一系列要求，包括：根据自身年度耗电量的情况，成员单位的绿电消费的总量和比例须满足GPP的最低要求；为了推动可再生能源产业的发展，向成员单位提供绿电的可再生能源发电设施的服役时间不得超过15年；成员单位须向GPP提供年度报告，汇总绿电的消费情况等。此外，GPP还在绿电产品的种类、绿电的生产时间等方面提出要求。

GPP的成员单位可以获得绿电消费方面的专业指导和培训，充分利用U.S.EPA提供的工具包和资源。成为GPP项目的成员表示组织的绿电消费达到了U.S.EPA认可的标准，GPP会定期更新绿电消费的榜单排名，为入选成员提供公信力支持，也体现了成员单位践行社会责任的努力。

目前，GPP的成员数量由2001年成立之初的21家发展到1700家左右，其中包括80余家世界500强企业。2016年，GPP全部成员单位绿电消费的总量达到360亿kWh，相当于三百多万户美国普通家庭一年的用电量。

5.2 可再生能源买家联盟

REBA由世界资源研究所（WRI）、世界自然基金会

（WWF）、商务社会责任国际协会（BSR）、落基山研究所（RMI）发起成立，旨在搭建专业、广泛的合作平台，以帮助买家提高可再生能源的可获取度，增加采购方式的可选择性，简化交易流程，进而促进可再生能源市场的增长。REBA的目标是推动美国在2025年之前增加60GW可再生能源装机容量，并推动REBA成员大幅增加在美国之外的绿电需求。

REBA的工作主要聚焦于整合买方市场的采购需求（主要面向企业），并将买家的诉求与政策的推进有效结合起来。REBA关注能源密集型企业和基础设施部门的可再生能源消费机会；关注可再生能源发电、供热和储能；关注项目的额外性，以及报告和信息的披露；在国际市场上关注全球供应链，以及REBA和国际其他可再生能源消费联盟的合作。同时，REBA通过能力建设来提升买家可再生能源消费的意识 and 能力。

目前，REBA框架下共有五个项目，分别是：

1. 由RMI牵头的企业可再生能源中心（Business Renewable Center, BRC）项目，为涵盖企业用户、发电商、中间商的会员提供以下支持：推动行业认知；建立紧密交流合作平台；开发交易工具并组织相关培训，以优化采购流程。

2. 由WRI牵头的电力行动（Electricity Initiative）项目，在用户企业和公用事业机构之间架起桥梁，共同促进清洁能源发展。

3. 由BSR牵头的未来互联网能源（Future of Internet Power）项目，聚焦于促进可再生能源在数据中心的使用。

4. 由WWF和WRI共同负责的可再生能源买家原则（Renewable Energy Buyers' Principles）项目，主要是汇集买方企业的采购需求并传递给市场。

5. 2017年9月在REBA峰会上由费城和五家企业共同发起的可再生能源供热合作项目（Renewable Thermal Collaborative）。

专栏 1 | 企业可再生能源中心（BRC）

企业可再生能源中心是落基山研究所下属的会员平台，起初由28家会员企业共同创立，如今已成长至200余家会员企业，包括100多家世界500强企业用户、发电商和中间服务商。BRC通过提供研究支持、案例分析、交易辅助等形式，推动市场的发展。目前，美国市场中超过94%的企业可再生能源交易都有BRC会员企业参与其中。

BRC会根据用户的进度需要和市场情况提供相应的服务。目前，BRC搭建了线上交易平台，帮助可再生能源开发商与企业买家建立联系，并且开发标准化的交易合同以降低交易成本。此外，BRC还为会员企业开发了公允价值分析工具、合同条款解析以及投标申请书模板等资源，从交易结构和财务到如何培养内部团队共识和提高内部团队专业技术等方面，全方位地为会员企业提供指导。

基于会员的兴趣和市场潜在的机遇，以及在美国市场的成功经验，BRC项目成立了中国团队。BRC中国项目通过与企业买家、发电商、电网企业、政府通力合作，正在努力探索在中国企业购买可再生能源电力的模式和途径。

来源：落基山研究所

可再生能源买家原则由一批能源买家于2014年7月共同提出，以帮助公用事业和其他供应商了解那些行业顶尖的跨国企业购买绿电时的需求。截至2017年9月，已有谷歌（Google）、亚马逊（Amazon）、脸书（Facebook）等70家公司签约，可再生电力需求量达到540亿kWh，市场资金规模约6万亿美元。

可再生能源买家原则包括以下六项：

- （1）更多的采购选择。对于可再生能源买家来说，采购过程中供应商及产品是否有多样化的选择是很关键的。
- （2）更多的具有成本竞争力的选择。买家在采购可再生电力时，希望采购到的电力能够精确反应出综合成本和效益，多数买家有意愿寻求能降低资金成本的合同方案。
- （3）灵活的长期合约。对买家来说，可再生电力的一个重要价值是保持能源价格稳定的能力，以回避燃料价格的波动，因此，多数买家希望在合同期限上有更灵活的选择。
- （4）能实现比BAU情景更多减排量的新项目。买家希望他们的采购行动能够带来更多的可再生能源装机容量和发电量，进而可以采购到最具成本竞争力的产品。买家关注以下几点：
 - 捆绑的可再生能源产品：比如捆绑的可再生能源和可再生能源证书。
 - 有效防止能源消费的重复计算。
 - 从项目源到用能设施的距离要在合理的范围内。
- （5）增加获得第三方融资工具的渠道，可再生能源项目的标准化和简化流程，合同签署以及资金。
- （6）与公用事业和监管机构合作来扩大购买可再生能源的选择范围。与当地的公用事业机构合作采购可再生能源可能是最有效和具有成本效益的，买家希望寻求这样的合作，以公平分担成本，分享效益。

来源：<https://buyersprinciples.org/principles/>

5.3 100%可再生能源项目

RE100是由气候组织（TCG）发起，并与碳信息披露项目（CDP）合作的一项全球性、合作性的倡议项目，旨在鼓励和支持有影响力的企业承诺使用百分之百可再生能源，通过大规模地提高企业对可再生能源的需求，加速全球能源市场的转型，并且有助于向净零经济的转变。

RE100不仅向企业分享极具吸引力的可再生能源商业案例、展示商业活动，同时也与其他项目合作解决推进过程中遇到的问题。企业可以通过参与此倡议，更好地理解实现100%可再生能源的优势，从向同行学习和对同行进行技术指导过程中获益，并在努力实现目标的同时获得更多公众对其使用可再生能源的意愿和成就的认可。

自2014年在“纽约市气候周”正式成立以来，RE100汇聚了全球领先企业，涵盖了从电子和信息技术行业到汽车制造业等广泛领域。目前，已有116家全球最具影响力的企业加入了RE100，包括谷歌公司、联合利华公司、塔塔汽车公司、英国电信集团、宜家集团、荷兰皇家KPN电信集团、瑞士再保险集团，以及中国的亿利资源集团、远大集团等。

美国绿色电力交易案例

6.1 管制市场绿色电力采购案例：脸书公司通过绿色电费项目采购绿色电力

■ 脸书公司（Facebook，简称“脸书”）绿电消费的愿景

脸书致力于提高能源效率和推动可再生能源发展，希望建立资源节约型的数据中心来履行企业社会责任，同时提升企业形象。脸书计划开发建设一个新的数据中心，并根据成本支出阶段性地在数据中心应用节能技术，以达到数据中心电力100%来自新墨西哥州公用事业公司（PNM）拥有或采购的绿电的承诺。脸书打算在犹他州和新墨西哥州中选择一个作为新的数据中心所在地。这两州为传统的管制市场，他们的反应非常积极，公共事业委员会都通过了绿色电费项目。最终，PNM成功吸引了脸书数据中心的入驻。

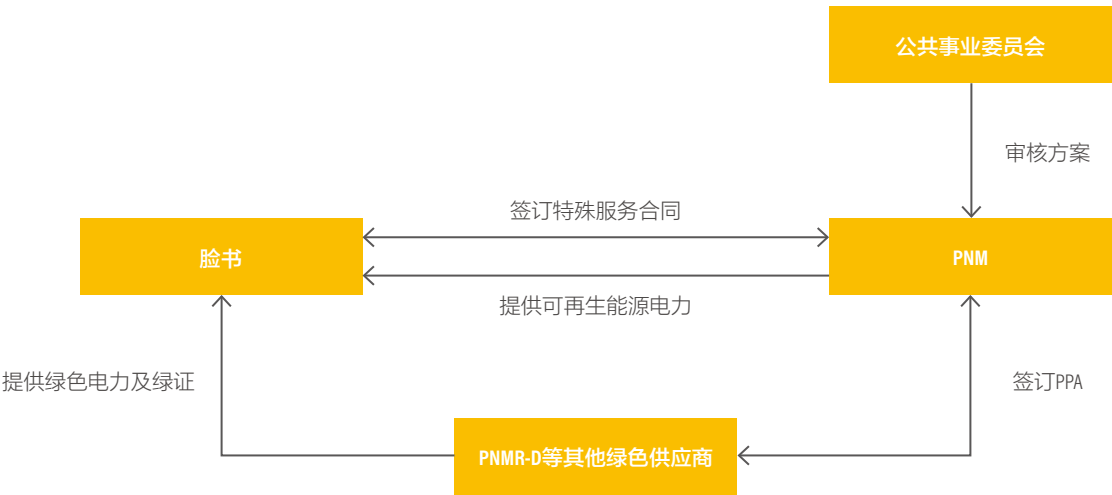
1. 新墨西哥州绿色电费项目

在实施管制市场的州，消费者无法直接从可再生能源设施购买能源，而是必须通过本地的公用事业机构购买，因此很难购买到固定价格的可再生能源。为了解决这个问题并让更多人具有购买可再生能源的途径，传统的公用事业机构开始实施一系列的大规模可再生能源采购项目。通过这些项目，消费者可以保证他们的电力完全来自可再生能源。其中一个项目为绿色电费项目，主要针对非居民的大用户，并且大用户可以选择其使用绿电的具体来源，合同期限

表 5 | 新墨西哥州绿色电费项目关键特征

项目名称	绿色电费
合同结构	消费者与 PNM 签订特殊服务合同，合同对绿电的最低容量要求为 10MW，PNM 负责以 PPA 的方式采购绿电
消费者限制	消费者对绿电的需求必须大于 10MW，绿电比重必须至少占电力负荷的 75%
签订情况	脸书的绿色电费协议于 2016 年 8 月 17 日通过，可再生能源合同于 2017 年 1 月 27 日正式签订
消费者费用结构	特殊服务费：顾客成本、分配传输、生产成本、燃料成本 绿色能源费：太阳能绿电和其他绿电的采购成本 超额能源生产费用：当每小时生产的绿电多于消费的绿电时，超额的部分根据 Palo Verde 市场价格计算 绿证会以消费者的名义在西部可再生能源生产信息系统中注册，当消费者的绿电使用多于协议电量时，可以支付费用并让 PNM 购买与绿电等额的绿证
捆绑绿证管理	绿证会以消费者的名义在西部可再生能源生产信息系统中注册，当消费者的绿电使用多于协议电量时，可以支付费用并让 PNM 购买与绿电等额的绿证

图 8 | 脸书通过绿色电费项目采购绿电的流程



较长，多为两年以上。此外，绿色电费固定了绿电的价格，而不是在原本化石能源价格上增加附加费。表5总结了新墨西哥州绿色电费项目的一些关键特征。

2. 参与方及采购流程

本案例的主要利益相关方是脸书和PNM，两者通过一份特殊服务合同（区别于PPA）来约定各自的职责与义务。其他相关方还包括公用事业委员会（Public Utilities Commission, PUC）、

PNMR-D及其他绿电供应商。脸书通过绿色电费项目采购绿电的流程如图8所示。

- 脸书：与PNM签订特殊服务合同，购买绿电和与之相绑定的绿证，以达到数据中心电力100%来自可再生能源的承诺要求。
- PNM：与脸书签订特殊服务合同，为脸书提供可再生能源电力。

- 公用事业委员会：审核PNM提交的绿色电费项目方案。
- PNMR-D：属于PNM的子公司，是一家绿电生产商，通过与PNM签订PPA，向脸书数据中心提供绿电及绿证。
- 其他绿电供应商：由脸书和PNM共同选定，并通过与PNM签订PPA，向脸书数据中心提供绿电及绿证，以满足数据中心扩建后新增的绿电需求。

采购流程包括以下几个关键步骤：

PNM制定绿色电费项目具体细节后向公用事业委员会申请，申请通过后，PNM将与脸书签订特殊服务合同。在特殊服务合同下，PNM不仅会向脸书供应自己生产的部分绿电，还会协助脸书采购其他供应商的绿电并提供输配电服务。

签订特殊服务合同后，PNM将会与绿电发电商签订绿电PPA，其中包括太阳能购电协议和其他绿电购电协议。按照计划，PNM将与其子公司PNMR-D签订太阳能购电协议 (Solar Facilities PPA)，PNMR-D将为脸书提供太阳能绿电。随着数据中心电力负荷的增加，PNM会与脸书共同协商寻找其他合适的绿电供应商，PNM将与这些绿电供应商签订其他绿电购电协议，来满足数据中心110MW的负荷需求。

其他绿电采购流程如下：首先由脸书与PNM合作确定绿电来源，并确定供应商，然后PNM与供应商商讨采购协议，确定发电设备建设和投产时间，准备与采购协议相关的监管文件，申请并获得采购协议的批准，即可开始发电设施的建设。

3. 合同关键条款

(1) 脸书与PNM签订特殊服务合同，由PNM为数据中心提供绿电服务。在初始阶段，数据中心的电力负荷预计为60MW。随着数据中心的扩建，未来的电力负荷预计可达100MW。为了满足脸书数据中心的电力负荷需求，PNM将采购可再生能源电力。最初PNM将从太阳能发电设备采购绿电，这些发电设备是由PNM的一个子公司PNMR-D建设并所有的。PNM将与PNMR-D签署为期25年的电力购买协议。根据初步太阳能采购协议 (Initial Solar Facilities PPA)，每个月PNM向脸书数据中心提供30MW的太阳能绿电。脸书有权利审核太阳能发电站的选址并提出合理的理由来选择其他发电站，更换发电站选址的费用支出由脸书承担。随着数据中心电力负荷的增加，PNM将采购其他来源的绿电来支持数据中心未来110MW的负荷。脸书与PNM共同讨论决定其他的可再生能源电力来源。

(2) 其他绿电采购协议下，绿证与购买的绿电量绑定。这意味着脸书在购买绿电的同时可以获得相匹配的绿证，不需额外付费。当使用的绿电超出采购协议中规定的电量时，PNM可应脸书要求为其购买等额绿证。但这些绿证必须来自与采购协议中发电商相似的发电设备。所有绿证以及与之绑定的绿电只属于脸

书，不可用于公用事业机构（包括PNM）履行配额制的目的。绿证注册、注销、转让的费用由脸书承担，费用不包括在合同协议中。

(3) 脸书采购绿电的费用可分为以下三类，每年的预计费用支出为3100万美元。

- 绿色电费 (Green Energy Rider)：主要为PNM向发电商采购太阳能绿电和其他绿电的费用。比如：PNM向PNMR-D支付的标准费用为：47.5美元/MWh，绿证费用包含在标准费用中。
- 特殊服务费用：从数据中心进入商业运营当天开始计算，主要包括输电成本、配电成本、与能源相关的非燃料成本等。此外，脸书要支付0.023美元/kWh的费用作为对PNM电力生产的资助，同时，考虑到超出太阳能绿电购电协议的电力，该单价在合同期前十年是固定的。十年后，费用会根据超出其他绿电采购协议的电力进行计算。
- 其他费用：包括可再生能源费用 (Renewable Energy Rider)，即根据可再生能源法案的要求支付费用；能源效率费用不适用 (Energy Efficiency Rider Inapplicable)，即由于脸书不具备参与PNM能源效率项目的资格，PNM需向新墨西哥州公用事业委员会申请脸书的项目豁免。

4. 项目的经济效益和环境效益

脸书72%的二氧化碳排放量和98%的电力消耗都来自数据中心，由此可见，与PNM的绿电协议将会有效地减少脸书的二氧化碳排放量。

由于脸书的参与，犹他州和新墨西哥州都有了较为完善的绿电购买渠道。其他的大用户因此可以充分利用现有的条件，从而有更多购买绿电的渠道。绿色电费项目也吸引了想要购买绿电的大型企业到犹他州和新墨西哥州开展商业活动。此外，脸书数据中心的建立预计将会吸引超过2.5亿美元的创业资本投资，并创造四千到五千个就业岗位。

6.2 放松管制市场绿色电力采购案例：通用汽车公司采购墨西哥风电项目

2015年2月17日，通用汽车公司（以下简称“通用”）公布了与墨西哥一家风电场签订的34MW电力购买协议，这是通用首笔风电交易。加上之前投资的屋顶光伏项目，通用已实现了到2020年使用125MW可再生能源的目标。与Enel Green Power风电场签订的为期15年的合同，可以为通用提供能源，供其在墨西哥的四个工厂使用。

1. 通用的可再生能源愿景

作为汽车制造商，通用每年要消耗数百万兆瓦时的电力，并为此支付数亿美元。为了降低用电成本，通用积极寻求供电辖区内外的可再生能源，包括垃圾填埋气发电、固废发电和太阳能光伏发电，其采购可再生能源的历史悠久且成果斐然。过去二十年来，可再生能源项目已经为通用减少了大约7000万美元的能源支出。通用已经成为企业可再生能源采购的领导者。

尽管在国外进行交易可能会存在必须考虑的一些额外担忧（例如汇率波动），但诸多好处促使通用决定在墨西哥达成交易：

- 与通用在墨西哥的长期投资计划保持一致

2014年底，通用宣布计划在墨西哥扩大两倍产能，并表示有意在可预见的未来继续在该国经营和投资。这种业务扩张消除了通用可能无法使用项目所发电力的担忧，大大降低了签署长期购电协议的感知风险。事实上，鉴于这种相对确定的长期电力需求，PPA实际上可以帮助通用降低在墨西哥开展业务的风险——其电费的一部分以预定的价格锁定，减少通用所面临的电力市场价格波动。

- 墨西哥灵活的监管框架

由墨西哥联邦电力监察委员会（CFE）运营的墨西哥单一供应商电力系统使通用能够利用场外发电直接抵消多个设施的用能，从而有效地实现了虚拟电价扣减。这种安排不仅节省更多的成本，而且可以与通用的内部政策（如财务政策）保持一致。

2. 交易结构和关键条款

通用的交易条款与大多数企业PPA协议不同，该协议允许它使用风力发电直接抵消从公用事业机构采购的电量。例如，如果通用每个月需要100MWh电力，并每月从风电场购买30MWh电力，它可以将公用事业采购量减少到每月70MWh。因此，相比起直接向批发市场销售风电的价格，通用得以使用更便宜的风电来抵消成本更高的来自发电商的电力，从而获得更多的额外价值。

通用的政策禁止签订符合衍生工具定义的合同。如果通用遵循风电场或太阳能电站购买电力的标准模式，并将该电力出售给批发市场，则该项目很可能被拒绝，因为该结构在一定程度上为电力市场价格波动提供了对冲。通过直接使用电力，通用避免了这种潜在的内部阻碍。

其他一些关键条款和约定包括：

- 期限：通用与这家风电场在谈判中确定的期限为15年，这是风险偏好与降低成本之间妥协的结果。通用的风险管理团队倾向于缩短期限，因为短期合同使通用在未来具有更大的灵活性。然而，风电场更喜欢长期合同所能带来的收入确定性，通用也能够以长期合同换取较低的价格。由于PPA合同的期限通常在10年至20年，15年是

一个舒适的中间地带，节省成本的同时限制企业的承诺时限。

- 价格和波动率：由于墨西哥的电力市场将价格分为基价（低谷时段）、中价（普通时段）和高价（高峰时段），因此支付给风电场的价格也会以类似的方式波动，通用在普通时段和高峰时段相应支付更高的价格。
- 购买或支付/运输或支付：这些条款分别要求购买者（即通用）购买风电场产生的一定百分比的能源，生产者（即风电场）提供一定百分比的预期产出。如果任何一方未能履行这一义务，则需要弥补付款或预期能源交付的差异。使该条款生效的生产百分比是谈判中的关键问题。
- 负荷转移：通用与Enel绿色能源公司达成的协议允许通用改变交付的风电在其设施间的分配。该条款对于通用来说非常重要，因为它可以减少由于不可预见的情况而关闭个别工厂时可能不需要或不使用风能的风险。
- 终止罚款：为了给供应商提供一些保证，通用如果在合同结束前终止合同，便会向风电场支付罚款。罚金将逐年减少，例如，通用在合同到期前一年终止合同，处罚将大大低于在合同生效头几年终止合同。

3. 项目获益

本项目可以为通用带来经济、环境等多方面的效益。

- 成本节约：在过去的二十年中，通用已从可再生能源项目中实现能源费用节省，从而为可再生能源团队完成墨西哥风电项目提供了案例支持。预计这个新的风电项目将在15年内为通用节省数千万美元。
- 实现通用可再生能源目标：墨西哥风电场交易将帮助通用实现其可再生能源目标——125MW可再生能源，北美地区用能中的12%来自可再生能源。也使得通用能够朝着100%可再生能源这个更大的目标前进。
- 声誉效益：通用通过可再生能源项目树立了良好的公众形象，也与通用发展电动汽车的目标保持一致。随着可再生能源团队的成功，通用的公关部门开始在公众媒体上强调和推广这些项目。在他们的努力下，“福布斯”等著名出版物开始报道通用的事迹，使通用获得了国家的广泛认可。此外，相关营销材料也有助于吸引消费者（包括大型车队运营商），增加员工参与度和投资者满意度等。

对中国绿色电力市场的启示

美国的可再生能源绿电市场被普遍认为是实施得比较成功的，报告的最后总结了以下几条经验，期望能够给刚刚建立的中国绿电市场提供一些借鉴。

1. 绿电强制和自愿市场可同时存在，结合运行或并行运行取决于机制设计

美国绿电市场分为强制市场和自愿市场，两个市场既可结合、相互关联运行，也可独立运行，市场结构既明确又多样化。在实施强制市场的州，除了需要履行配额制的要求外，家庭和企业还可以自愿购买绿电和作出贡献。两种市场的结合使绿电交易的市场进一步扩大。绿证与电量的交易有捆绑和非捆绑两种方式，适用于不同的市场和不同需求的消费者。

中国的可再生能源绿色电力证书市场于2017年1月启动，当年7月1日市场开放并开始交易，根据有关文件，强制性的配额考核和交易市场有望在2019年实施。2018年3月以来，国家能源局先后三次对可再生能源电力配额及考核办法征求意见，根据文稿和说明文件，拟实施的可再生能源电力配额考核机制与现行的绿证自愿市场是独立的，但电力证书或绿电证书是否统一为一个系统尚不明确。

对中国的启示和建议：建议根据绿电市场建设目标，设定统一的绿电交易机制，但在前期考虑到两类市场承担主体、考核目标的不同，两类市场可以先独立运行，相对成熟后再建立统一的交易系统或体系。

2. 完善绿电强制交易市场需要法律保障

美国的绿电交易有州的法律作为支持。特别是对于强制市场来说，各州通过立法对履约目标、责任主体、履约方式、绿电来源、履约罚金等进行了明确的规定。同时，州政府设立公用事业委员会并授权其全面监管配额制的实施。因此，美国的绿电市场从交易到监管都是“有法可依”的。此外，各州绿电立法具有因地制宜的特点。各州配额制的规定有所不同，并且会根据实际成果进行调整。例如，为推动核电的发展，纽约州从可再生能源配额制过渡到清洁能源配额制。

中国绿电强制市场同样需要以法律为保障。中国从2006年开始实施《可再生能源法》，并于2009年进行了修订完善。该法构建了可再生能源发展的总量目标、强制上网及全额保障性收购、分类上网电价、费用分摊及补贴等主要制度，对促进中国可再生能源发展起到了积极作用。但是，考虑到法律制定和修订时期国内外可再生能源发展的情况，该法侧重于从生产端增加可再生能源供应，改善能源结构，对于在消费端消纳和使用可再生能源电力，仅是原则性、鼓励性的内容，没有约束性的机制（《可再生能源法》（修正案）规定“按照全国可再生能源开发利用规划，确定在规划期内应当达到的可再

生能源发电量占全部发电量的比重”）。目前拟实施配额制，实施基础是国务院2010年发布的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》（国发〔2010〕32号）提出的“实施新能源配额制”。

对中国的启示和建议：虽然中国大陆法系的特点使其难以在法律中对于配额制有细节性的规定，但建议将配额制上升为下一轮《可再生能源法》修订的主要内容，以法律为保障，具体实施规则则以法规和政策的形式得以体现。法律保障的主要目的是使其成为长期有效力的制度，之前通过政策来探索和实施配额考核制度的经验也将为其上升为法律层面的制度打下基础。

3. 合理设计绿电强制交易市场的惩罚机制，有利于绿电市场的可持续性发展

对于绿电强制交易市场，实施配额制的州多数都制定了相应的惩罚机制，对不能按时履约的责任主体进行一定的惩罚。此外，履约罚金和绿证交易金用于投资新的可再生能源项目，不仅确保了配额制的稳步实施，而且为绿电市场的可持续发展提供了保证。

中国拟实施的配额制在2018年的第一次征求意见稿中要求未完成配额的市场主体通过向所在区域电网企业购买替代证书以完成配额要求，电网企业出售替代证书所获得的资金，用于补偿经营区域可再生能源消纳费用的支出。第二次征求意见稿中则要求未完成配额的市场主体缴纳配额补偿金。省级电网企业应将收缴的配额补偿金纳入国家可再生能源发展基金拨付资金一并使用，用于本经营区内可再生能源发电补贴资金支付。然而2018年11月发布的《国家发展改革委国家能源局关于实行可再生能源电力配额制的通知（征求意见稿）》（即“第三次征求意见稿”）中，未见明确的惩罚措施。仅提到“各省级能源主管部门会同电力运行管理部门负责督促未履行配额义务的电力市场主体限期整改，对未按期完成整改的市场主体依法依规予以处罚，将其列入不良信用记录，予以联合惩戒”。

对中国的启示和建议：从前两次的征求意见稿来看，带有价格且价格需要报国务院价格主管部门执行的“替代证书”机制与美国绿电强制交易市场的惩罚机制相类似，即通过设置一定水平的履约罚金或“替代证书”价格，可以在一定程度上起到引导绿证市场价格的作用，并且这一价格将是绿证市场价格的上限，可避免绿证价格对市场供需敏感度高带来的畸高畸低价格问题。这一机制可保障绿证市场及其交易价格的相对稳定。第二次征求意见稿中提出的配额补偿金标准为当地燃煤发电标杆上网电价、大工业用户最高输配电价（1~10kV）、政府性基金、附加以及政策性交叉补贴之和，这种惩罚机制并不会直接影响绿证交易，但如果配额补偿金高于绿证的价格，责任主体会更倾向于采购绿证来完成配额义务，从而间接带动绿证交易市场的发展。但第三次征求意见稿弱化了惩罚机制，具体

惩罚措施也不明确，这有可能降低责任主体的违约成本，带来违约的风险。

4. 完善绿电追踪机制，为配额考核和开放绿证二级市场做准备

美国建立了基于绿电采购合同和绿证编号的两类追踪系统，用于证明绿电的产生并予以统计，避免了证书的重复计算，还可以通过追踪绿电交易来记录相关市场主体的配额制指标完成情况。

中国目前在自愿市场上也建立了绿证追踪机制，建立了绿证自愿认购平台，进入绿电市场的每兆瓦时合格电力均可得到一张具有专门编号的证书，且表明了可再生能源技术类别、属性、发电商情况，证书具有追踪属性。但中国的自愿证书系统目前没有开放二级市场，因此证书转移方式单线，相对简单，对于追踪功能的要求不高。

对中国的启示和建议：在中国实施强制性的配额考核和绿证交易机制之后，加上目前的绿证自愿市场，如果再考虑开放二级市场，证书的追踪机制是必须的，且追踪功能需要更加细致和完善，尤其是绿证的追踪需要考虑电量实物消纳和绿证价格双重特性。

5. 绿电自愿市场的采购模式应更加灵活多样

由于绿电供应和获取渠道的多样化，美国绿电交易市场尤其是绿证自愿市场具有较高的灵活性。在美国电力市场获取绿电的途径主要包括公用事业绿色定价、公用事业绿色电费、竞价市场、自愿购电协议、非捆绑绿证市场、社区集中采购、社区太阳能、自行发电等八种。尤其对于自愿市场，进行绿电购买的方式非常多样，在零售供应和制定项目供应两种渠道下，有不同的项目和合同方式可供选择，可满足各种消费者的不同需求。

中国目前的绿证自愿市场包括自行发电、实体购电协议、从发电商处购买绿证（但没有直接购电）等几种，但无论是一种方式，管理者为了能追踪绿证，绿证购买者为了得到认定后的绿证，所有绿证的认定和交易均需要通过国家可再生能源发电绿色证书自愿认购平台进行。因此，自愿市场的绿证主要是与电价补贴这一因素捆绑在一起，与是否进行了实体购电没有关系。相对于美国的绿电自愿市场，结构是单一的，好处是在绿电自愿市场建立容易且自愿市场的目标明确，即为绿电发展直接提供电价补贴，但市场灵活度相对小，用户可选择的方式少。

对中国的启示和建议：中国新一轮的以市场化为目标的电力体制改革已启动三年多，在发电侧和售电侧都开放了市场化运行机制，虽然还需要持续推进和完善，但市场化的平台已经建立，可以结合近期已经开展或计划开展的分布式发电交易、风光平价上网试点等开发更多的绿电自愿市场模式，为绿电用户提供更多的适合各自情况和需求的采购途径。

6. 创造企业自愿采购绿电的环境

美国企业积极采购绿电背后的驱动因素多种多样，最主要的原因有以下三点：一是社会对减缓气候变化和环境保护的意识增强，许多企业、投资者和消费者对气候变化、可再生能源等议题的关注度和认知程度与日俱增，越来越多的企业设定了温室气体减排和可再生能源利用的目标，自愿采购绿电是众多企业兑现承诺的重要途径，通过采购绿电，企业可以践行社会责任，展现领导力，实现可持续发展。二是可再生能源逐步成为成本有效的发电技术，近年来可再生能源发电成本大幅降低，展现了良好的经济效益，美国采购绿电企业实际支付的成本较采购其他电力增加的成本有限，并且购电协议等采购方式有助于企业长期锁定电力价格，对冲未来能源价格波动带来的风险，通过建设分布式光伏等自行发电项目，企业可以使自身的电力来源多样化，打造更稳定、更具适应力的供电系统。三是GPP、REBA、RE100等绿电采购合作平台发挥了积极的作用，通过提供专业的培训和指导、整合市场需求、为供需双方搭建桥梁，使得企业采购绿电更加便捷。

虽然已实施一年多的时间，但中国绿电自愿市场交易进展缓慢。截至2018年9月底，核发的风电绿证为2100万张，挂牌量为480万张，但交易量不足3万张；光伏绿证核发量为200万张，挂牌量为24万张，但交易量只有150张。绿证自愿认购不活跃的原因是多方面的，一些企业虽然有环境意识，但在行业竞争压力下，能源成本仍是其主要考虑的因素，尤其是在现有机制下，通过在电费中自动征收可再生能源电价附加的模式，除了由自备电厂（自备电厂不缴纳电价附加）供电的企业外，实际上很多企业已经为可再生能源电价补贴做出了一定的贡献，企业在自愿市场上再次购买绿电是需要更强的环境意识、付出更多的成本的。此外，中国绿电自愿市场上的绿证提供方或项目需要进入可再生能源电价补贴目录，绿证价格与补贴强度挂钩，风电绿证价格普遍在128.6~330元/个，光伏绿证价格则达到586.6~900元/个。而用电企业拥有绿证后，既没有二级市场可转售，也不能享受其他优惠政策。这种机制下，单靠个人和企业的环境意识和社会责任很难实现自愿绿证的全面推广。

对中国的启示和建议：中国需要创造激励和驱动企业自愿采购绿电的环境，一是不断降低可再生能源的成本，实际上近三年来可再生能源尤其是风电和光伏成本下降很快，如果将绿电自愿市场向所有已实现发电的可再生能源项目开放，则可以较大幅度降低自愿绿证价格；二是如果将电价补贴与自愿绿证价格脱钩，则自愿绿证的价格可以大幅降低，有利于建立新的市场结构和模式，激励更多个人和企业购买绿证，这样的氛围有利于提升全社会的环境意识，形成正向反馈，从而扩大自愿绿证市场，并有助于推行强制配额考核，建立相应的交易市场。三是将绿电自愿采购与企业产品绿色认证、税收优惠等机制逐步挂钩，使企业的环境意识和社会责任能有具体的体现，提升企业采购绿电的积极

性。另外，一些绿电采购合作平台（如GECCO）也需要进一步发挥作用，开展意愿调研、能力建设等活动，帮助企业增强绿电消费意识和能力。

附录：美国各地建立的十个地区性绿证追踪系统

英文缩写	英文全称	中文全称	网址
ERCOT	Electric Reliability Council of Texas	得克萨斯州电力可靠性理事会	www.ercot.com
MIRECS	Michigan Renewable Energy Certification System	密歇根州可再生能源证书系统	www.mirecs.org
M-RETS	The Midwest Renewable Energy Tracking System	中西部可再生能源追踪系统	www.mrets.org
NAR	North American Renewables Registry	北美可再生能源登记处	https://apx.com/registries/nar/
NC-RETS	North Carolina Renewable Energy Tracking System	北卡罗来纳州可再生能源追踪系统	www.ncrets.org
NEPOOL-GIS	New England Power Pool Generation Information System	新英格兰地区能源生产信息系统	www.nepoolgis.com
NVTREC	Nevada Tracks Renewable Energy Credits	内华达州可再生能源追踪凭证系统	www.nvtrec.com
NYGATS	New York Generation Attribute Tracking System	纽约州能源生产追踪系统	www.nyserda.ny.gov/All-Programs/Programs/NYGATS
PJM-GATS	PJM's Generation Attribute Tracking System	PJM 能源生产追踪系统	www.pjm-eis.com/
WREGIS	WECC's Western Renewable Energy Generation Information System	西部可再生能源生产信息系统	https://www.wecc.biz/WREGIS/Pages/Default.aspx

参考文献

1. Barbose, Galen, Lori Bird, Jenny Heeter, Francisco Flores-Espino, and Ryan Wiser. (2015). Costs and Benefits of Renewables Portfolio Standards in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52: 523-533.
2. Barbose, Galen. (2017). *U.S. Renewables Portfolio Standards 2017 Annual Status Report*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
3. Barbose, Galen. (2018). *U.S. Renewables Portfolio Standards Preliminary 2018 Annual Status Report*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
4. Business Renewables Center (BRC). BRC Deal Tracker: Corporate Renewable Deals (2013-2018 YTD). <http://businessrenewables.org/corporate-transactions/>
5. Clean Energy State Alliance. (2017). New York's Clean Energy Standard Webinar. <<https://www.cesa.org/webinars/new-yorks-clean-energy-standard/?date=2017-06-07>>
6. Edwards, Devon, Dan Mitler, Amy O'Meara, Bryn Baker, Joshua Kaplan, Susanne Fratzscher and Marty Spitzer. (2016). *Corporate Renewable Energy Procurement: A Snapshot of Key Trends, Strategies and Practices in 2016*. Corporate Eco Forum and World Wildlife Fund.
7. Heeter, Jenny, Galen Barbose, Lori Bird, Samantha Weaver, Francisco Flores, Ksenia Kuskova-Burns, and Ryan Wiser. (2014). *A survey of state-level cost and benefit estimates of renewable portfolio standards*. LBNL-6589E. National Renewable Energy Laboratory. <<https://emp.lbl.gov/publications/survey-state-level-cost-and-benefit>>
8. Heeter, Jenny. (2013). *Renewable Energy Certificate (REC) Tracking Systems: Costs & Verification Issues*, National Renewable Energy Laboratory.
9. Linowes, Lisa. (2012). New York's RPS: High-cost, Ineffectual, and Anti-environmental (30% goal perils). *Master Resource: A Free-Market Energy Blog*. May 31.
10. Mai, Trieu, Ryan Wiser, Galen Barbose, Lori Bird, Jenny Heeter, David Keyser, Venkat Krishnan, Jordan Macknick, and Dev Millstein. (2016). *A Prospective Analysis of the Costs, Benefits, and Impacts of U.S. Renewable Portfolio Standards*. NREL/TP-6A20-67455/LBNL-1006962. Golden, CO and Berkeley, CA: National Renewable Energy Laboratory and Lawrence Berkeley National Laboratory. <<http://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67455.pdf>>
11. Metz, Kerri. (2015). *Analyzing the Absence of RPS in Georgia*. The University of Michigan. <<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/112308/Analyzing%20the%20Absence%20of%20RPS%20in%20GA-%20KMetz.pdf;sequence=1>>
12. National Wind Coordinating Committee's Green Markets and Credit Trading Work Group. (2004). *Design Guide for Renewable Energy Certificate Tracking Systems*.
13. Office of Federal Sustainability at the Council on Environmental Quality. (2016). Federal Renewable Energy Certificate Guide. <https://www.sustainability.gov/pdfs/federal_rec_guide.pdf>
14. O'Shaughnessy, Eric, Jenny Heeter, Jeff Cook, and Christina Volpi (2016). *Status and Trends in the US Voluntary Green Power Market (2016 Data)*. National Renewable Energy Lab (NREL).
15. Tawney, Letha, Priya Barua, and Celina Bonugli (2017). *Emerging Green Tariffs in U.S. Regulated Electricity Markets*. World Resources Institute.
16. Wiser, Ryan, Galen Barbose, and Mark Bolinger. (2017). *Retail Rate Impacts of Renewable Electricity: Some First Thoughts*. Lawrence Berkeley National Laboratory. <<https://emp.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-1007261.pdf>>
17. 落基山研究所：《美国非管制电力市场下企业可再生能源采购案例分析》，2018年8月。
18. 河海大学可再生能源研究所：《绿色电力资源购买机制研究》，2013年6月。

缩略语表

缩写	外语名称	中文名称
ACP	Alternative Compliance Payment	履约罚金
BRC	Business Renewable Center	企业可再生能源中心
BSR	Business for Social Responsibility	商务社会责任国际协会
CCA	Community Choice Aggregation	社区集中采购
CDP	Carbon Disclosure Project	碳信息披露项目
CEC	California Energy Commission	加利福尼亚州能源委员会
CES	Clean Energy Standard	清洁能源配额制
CFE	Comisión Federal de Electricidad	墨西哥联邦电力监察委员会
ERCOT	Electric Reliability Council of Texas	得克萨斯州电力可靠性理事会
GECCO	Green Electricity Consumption Cooperation Organization	绿色电力消费合作组织
GPP	Green Power Partnership	绿色电力伙伴项目
GW	Giga Watt	吉瓦
ISO	Independent Sales Organization	第三方运营商
kWh	Kilowatt Hour	千瓦时
LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratory	劳伦斯伯克利国家实验室
MW	Mega Watt	兆瓦
MWh	Megawatt Hour	兆瓦时
NYSERDA	New York State Energy Research and Development Authority	纽约州能源研究和发展局
PNM	Public Service Company of New Mexico	新墨西哥州公用事业公司
PPA	Power Purchase Agreement	自愿购电协议
PUC	Public Utilities Commission	公用事业委员会
RE100	100% Renewable Energy Project	100% 可再生能源项目
REBA	Renewable Energy Buyers Alliance	可再生能源买家联盟
REC	Renewable Electricity Certificate	可再生能源绿色电力证书
RES	Renewable Energy Standard	可再生能源配额
RMI	Rocky Mountain Institute	落基山研究所
RPS	Renewable Portfolio Standard	可再生能源配额制
RTO	Regional Transmission Organization	区域传输管理机构
SREC	Solar Renewable Electricity Certificate	光伏可再生能源绿色电力证书
TWh	Terawatt Hours	太瓦时
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency	美国国家环境保护局
WRI	World Resources Institute	世界资源研究所
WWF	World Wildlife Fund	世界自然基金会
ZEC	Zero-emissions Credit	零排放信用

注释

1. 这三个领地分别是北马里亚纳群岛（NMI）、波多黎各（PR）与美属维尔京群岛（USVI），参见美国能源局网站，<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/Bird_RPS.pdf>
2. BRC Deal Tracker: Corporate Renewable Deals (2013-2018 YTD), Business Renewables Center (BRC). <<http://businessrenewables.org/corporate-transactions/>>
3. 参见美国国家环境保护局网站对绿电的定义：<https://www.epa.gov/greenpower/what-green-power>
4. Galen Barbose. *U.S. Renewables Portfolio Standards 2017 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, July 2017. <<https://emp.lbl.gov/publications/us-renewables-portfolio-standards-0>>
5. 数据来源：State Energy Production Estimates 1960 Through 2016, EIA
6. Galen Barbose. *U.S. Renewables Portfolio Standards Preliminary 2018 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, April 2018. <<http://dnr.maryland.gov/pprp/Documents/US-RPS-LBNL-Galen-Barbose.pdf>>
7. Master Resource. *New York's RPS: High-cost, Ineffectual, and Anti-environmental (30% goal perils)* <<https://www.masterresource.org/state-energy-regulation/new-york-rps-problems/>>
8. Galen Barbose. *U.S. Renewables Portfolio Standards 2017 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, July 2017. <<https://emp.lbl.gov/publications/us-renewables-portfolio-standards-0>>
9. Galen Barbose. *U.S. Renewables Portfolio Standards Preliminary 2018 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, April 2018.
10. 来源：How renewable energy credit prices are set. <https://www.energysage.com/alternative-energy-solutions/renewable-energy-credits-recs/renewable-energy-credit-prices/>
11. 非捆绑机制下，绿电和绿电证书可分开购买。
12. Green Power Partnership. 2001年由美国环保局发起成立，旨在通过促进企业/机构的绿电消费来保护环境和人类健康。<<https://www.epa.gov/greenpower/green-power-partnership-program-overview>>
13. O' Shaughnessy, Eric, Jenny Heeter, and Jenny Sauer. 2018. *Status and Trends in the U.S. Voluntary Green Power Market: 2017 Data*.
14. O' Shaughnessy, Eric, Jenny Heeter, and Jenny Sauer. 2018. *Status and Trends in the U.S. Voluntary Green Power Market: 2017 Data*.
15. <https://resource-solutions.org/wp-content/uploads/2015/07/Tracking-Renewable-Energy.pdf>
16. Jenny Heeter. *Renewable Energy Certificate (REC) Tracking Systems: Costs & Verification Issues*, National Renewable Energy Laboratory, October 11, 2013.
17. 河海大学可再生能源研究所：《绿色电力资源购买机制研究》，2013年6月，p.5.< <http://www.efchina.org/Attachments/Report/reports-20130602-zh/reports-20130602-zh>>

终端用户可通过以下平台寻找获得资源解决方案中心绿色能源计划认证的绿电产品和生产主体：<https://www.green-e.org/certified-resources>

资料来源：U.S. Environmental Protection Agency. (2017). *EPA's Green Power Partnership Requirement*. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-01/documents/gpp_partnership_reqs.pdf
18. 参见美国国家环境保护局网站上有关GPP成员的内容：<https://www.epa.gov/greenpower/green-power-partner-list>
19. 资料来源：RMI的企业可再生能源中心（BRC）
20. 《可再生能源电力配额及考核办法（征求意见稿）》，2018年9月
21. 来源：<http://www.greenenergy.org.cn>

致谢

作者感谢以下专家（排名不分先后），他们在本论文的撰写过程中提供了宝贵的专业建议和意见：

李琼慧	国网能源研究院新能源与统计研究所
王 鹏	华北电力大学中国能源政策研究中心
岳丽君	睿博能源智库
李来来	世界资源研究所
Alex Perera	世界资源研究所
金露婷	世界资源研究所
Nicholas Bianco	世界资源研究所
王 颖	世界资源研究所
温 华	世界资源研究所

本论文聚焦于美国绿电市场的构建和运行，与落基山研究所（RMI）出版的《美国非管制电力市场下企业可再生能源采购案例分析》互为补充。落基山研究所的Lena Hansen、宋佳茵、蒙姿合也对本论文的撰写给予了大力的支持和帮助；中国循环经济协会可再生能源专业委员会（CREIA）、世界自然基金会（WWF）的相关专家也提供了有力的支持，在此一并感谢。

作者还想感谢实习生邵嘉程、伍轩琪、黄天磊在文献收集整理过程中提供的帮助。感谢谢亮对本论文的文字编辑和张烨的排版设计。

最后，作者感谢能源基金会（美国）北京办事处为本项目提供了资金支持。同时感谢荷兰外交部（Netherlands Ministry of Foreign Affairs），丹麦皇家外交部（Royal Danish Ministry of Foreign Affairs）和瑞典国际发展合作机构（Swedish International Development Cooperation Agency）为本工作论文的出版提供联合资金支持。

关于作者

袁敏是世界资源研究所（美国）北京代表处能源项目研究员。
电子邮件：minyuan@wri.org，电话：[+86 10 64165697](tel:+861064165697)分机63

苗红是世界资源研究所（美国）北京代表处能源项目主任。
电子邮件：hongmiao@wri.org，电话：[+86 10 64165697](tel:+861064165697)分机63

时璟丽是国家发展和改革委员会能源研究所可再生能源中心研究员。电子邮件：shijingli2002@163.com

彭澎是中国新能源电力投融资联盟秘书长。
电子邮件：48604951@qq.com

关于世界资源研究所

世界资源研究所是一家独立的研究机构，其研究工作致力于寻求保护环境、发展经济和改善民生的实际解决方案。

我们的挑战

自然资源构成了经济机遇和人类福祉的基础。但如今，人类正以不可持续的速度消耗着地球的资源，对经济和人类生活构成了威胁。人类的生存离不开清洁的水、丰饶的土地、健康的森林和安全的气候。宜居的城市和清洁的能源对于建设一个可持续的地球至关重要。我们必须在未来十年中应对这些紧迫的全球挑战。

我们的愿景

我们的愿景是通过对自然资源的良好管理以建设公平和繁荣的地球。我们希望推动政府、企业和民众联合开展行动，消除贫困并为全人类维护自然环境。

我们的工作方法

量化

我们从数据入手，进行独立研究，并利用最新技术提出新的观点和建议。我们通过严谨的分析、识别风险，发现机遇，促进明智决策。我们重点研究影响力较强的经济体和新兴经济体，因为它们对可持续发展的未来具有决定意义。

变革

我们利用研究成果影响政府决策、企业战略和民间社会行动。我们在社区、企业和政府部门进行项目测试，以建立有力的证据基础。我们与合作伙伴努力促成改变，减少贫困，加强社会建设，并尽力争取卓越而长久的成果。

推广

我们志向远大。一旦方法经过测试，我们就与合作伙伴共同采纳，并在区域或全球范围进行推广。我们通过与决策者交流，实施想法并提升影响力。我们衡量成功的标准是，政府和企业的行动能否改善人们的生活，维护健康的环境。

支持机构



Copyright 2019 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.
To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>