

能源革命

悄然发生 20 年

全球可再生能源发展正在迈向光明的未来。本研究对九十年代末以来的全球电力市场数据进行了分析，发现过去二十年来，全球风电与太阳能装机增长速率已经超过了所有其他传统能源，从无到有累计增加将近 4.3 亿千瓦装机。但或许现在宣布化石能源时代的终结还过于乐观，因为在这二十年期间同时增加了超过 4.75 亿千瓦的煤电装机，意味着在 2050 年前这些煤电装机将累计增加排放 55 亿吨二氧化碳。

2010 年全球可再生能源的装机增长量相当于 1970 年至 2000 年间的年均全球能源新增装机。如果各个国家都提出有法律约束力的碳减排目标，并配套较好的可再生能源政策，可再生能源将有机会取代发达国家服役期满的老旧火电站，同时也在发展中国家的新增电力发展中扮演重要角色。

本简报回顾了过去 40 年全球电力市场发展，并对未来 40 年新能源驱动的电力市场发展趋势进行了预测。从 1970 年到 1990 年的二十年间，发达国家通过发展煤、天然气、以及水电完成了自身的电力发展，那时的电力行业主要被国有与地方大企业垄断。核电工业从 70 年代到 80 年代中期曾经有着稳定的增长，但在 1985 年的切尔诺贝利事故之后开始明显衰落，并在各种复苏的预言中保持沉寂。从 1990 年开始到 2000 年的十年，全球电力工业开始转型。由于发达国家电力需求增长放缓，并鼓励电力市场自由化，新建电厂逐渐减少。由于煤电站与核电站投资巨大，投资回收期相对较长，在市场化的投资环境下融资困难，相比之下天然气电站更有优势，于是在接下来的 10 年间进入了天然气电的大发展时代。

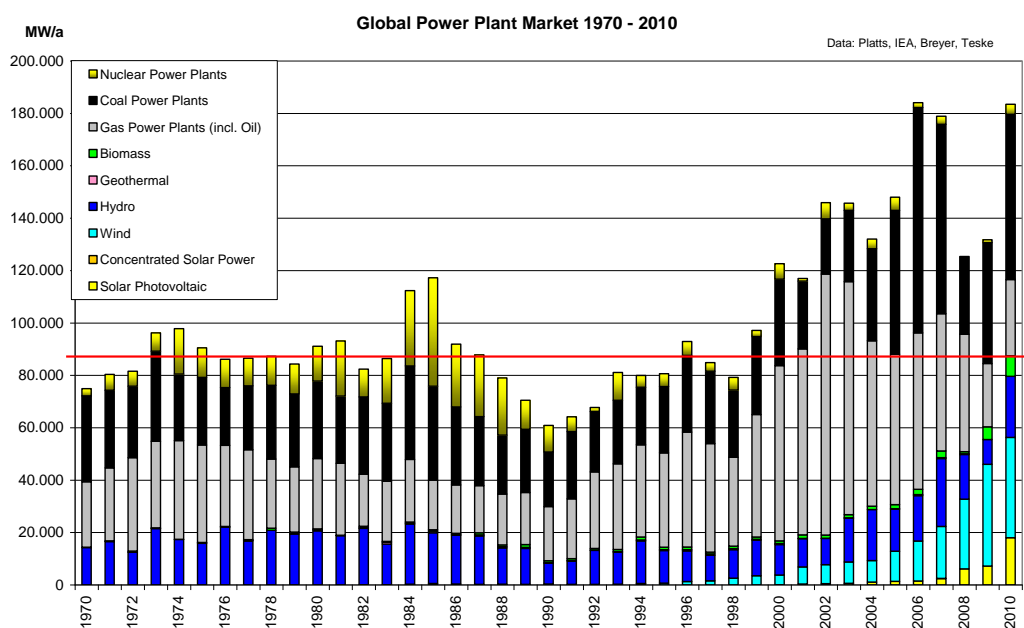


图 1 全球电力市场统计数据 1970-2010

发展中国家（尤其在亚洲）在 90 年代经济迎来大发展，与此同时带来了新一波的电力需求增长。效仿美国与欧洲，大部分东南亚“四小虎”国家取消了对电力行业的管制，于是出现了大量独立的电力公司，他们自主发电，然后卖给国家电网。在这个时期大部分国家的新建电站都是天然气电。而由于自身资源禀赋的特殊性，中国选择了集中发展煤电。除去中国，全球电力市场从 90 年代末开始进入煤电淘汰、天然气增长的时代，与此同时风电领跑的新能源也开始加速前进。

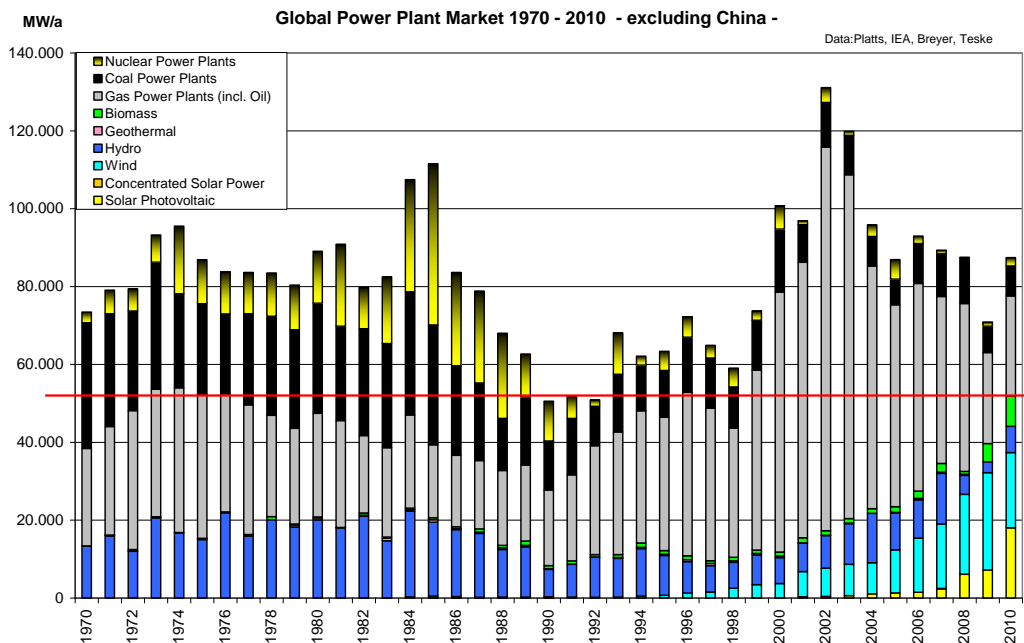


图 2 中国以外全球电力市场统计（1970-2010）

美国、欧洲、中国电力市场分析

电力市场自由化对电力技术的选择影响深远。美国与欧洲的电力自由化直接导致了投资转向天然气。而中国则选择了大量的煤电。近年来新能源开始倍受中国投资者的青睐，自 2009 年起可再生能源投资甚至超过了煤电。

美国

1992 年《能源政策法案》的颁布标志着美国电力市场进入自由化时代，整个市场的游戏规则从此改变。投资者的电力技术选择开始从煤电、核电转向天然气与风电。从 2005 年开始，国家实施了一系列新能源扶持项目，风电逐渐占据了更多的市场份额。过去几年里，光伏业逐渐在市场中凸显其作用，根据预测，光伏未来装机可以达到 2200 万千瓦。

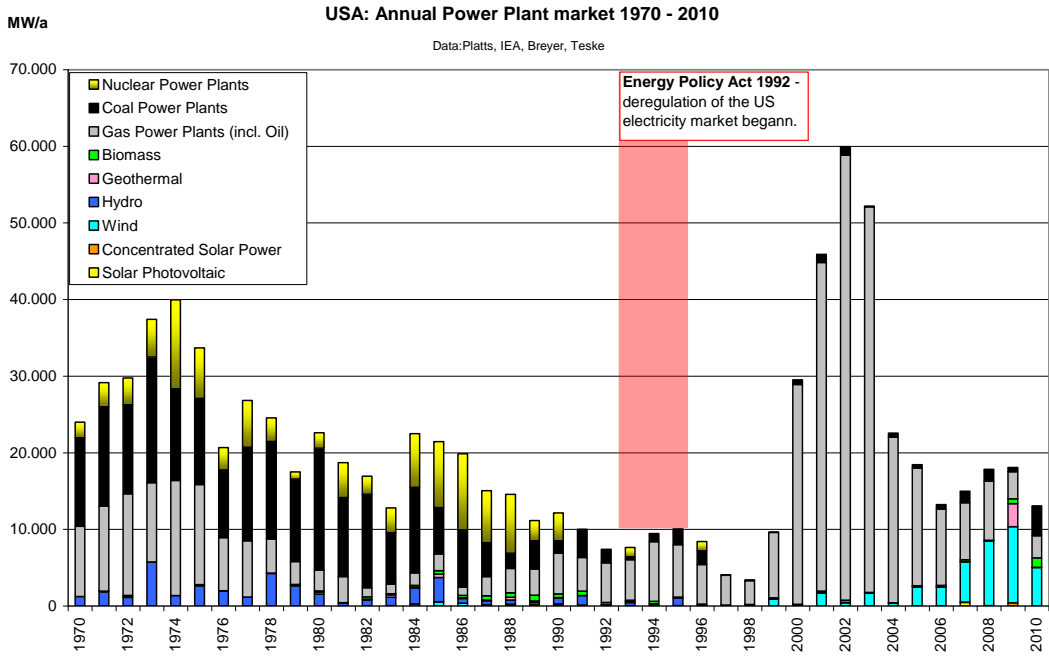


图3 美国电力市场统计数据 1970-2010

欧洲

在美国开始取消对电力行业的管制五年之后，欧洲也开始了类似的转型，同样给电力市场带来重大影响。电力投资者逐渐减少对新电站的投资，更多的老电厂开始超期服役。在新增的电力供应中，煤电与核电只分到了不到10%的市场份额。90年代末，欧盟27国自己宣布的可再生能源发展目标，以及固定上网电价政策，使得在政策保障下风电与光伏发电得到了长足的发展。2010年，由于一大批老电厂服役到期，电力装机又迎来了一次飞跃式的增长。

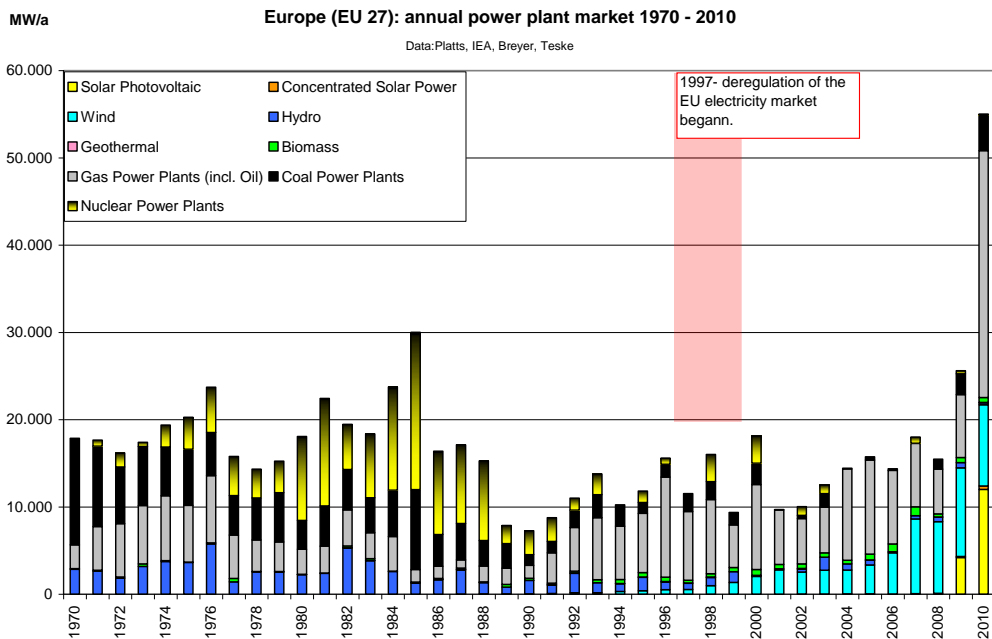


图4 欧洲：1970-2010年逐年电力市场统计

China: Annual Power Plant Market 1970 - 2010

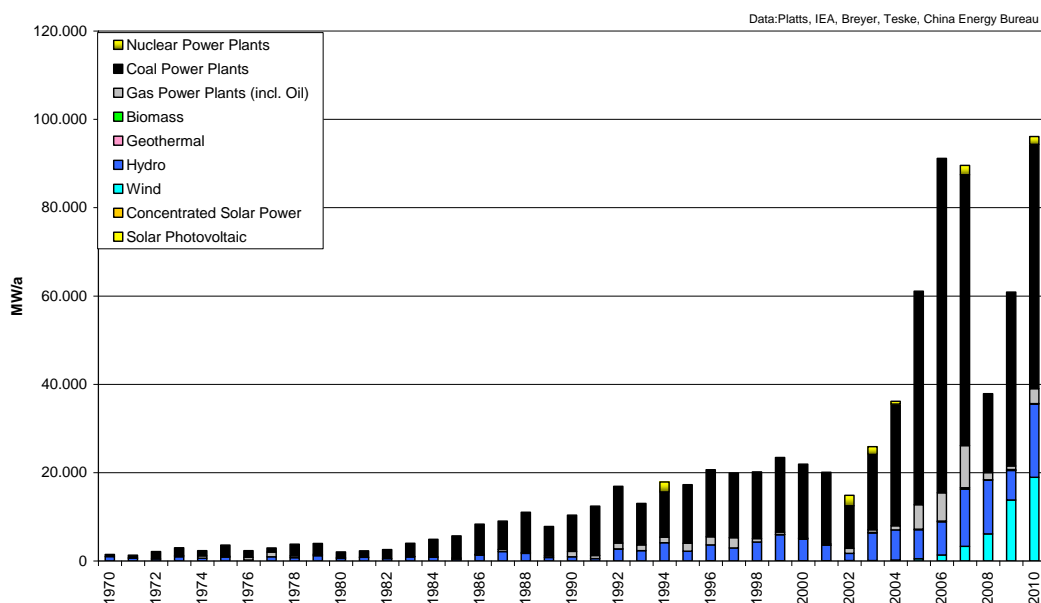


图 5 中国：1970-2010 年电力市场统计

中国

自从90年代末中国经济开始稳定增长，电力需求也随之增长，特别是2002年以后迎来了煤电建设的爆发性增长。到2006年，中国煤电增长达到新高，占到了当年全球煤电新增装机的88%。与此同时，中国也在努力关闭低能效、高污染的火电厂，在“十一五”期间，一共关闭了7682.5万千瓦的小火电，超过整个英国的火电装机。虽然煤电依然在中国的新增电力供应占据主要地位，风电也在中国迎来了高速的发展。从2003年开始，中国新增风电装机每年翻番，在2010年达到了1800万千瓦，占据全球风电市场的49%。中国政府努力增加可再生能源的投资，2009年风电与水电的投资达到了1627亿人民币，相当于新建电源投资的46%，第一次超过了煤电投资（1492亿）。2010年这个数字达到了1680亿，投资占比达到了50.8%，同比增加4.8%。

全球电力市场：可再生能源攻城略地

2000年以来，风能在全球电力市场所占的份额不断增长。虽然目前，风能市场依然由德国、丹麦、西班牙以及最近的中国等少数国家主导，但是，全球已经有超过70个国家相继开展风电项目。继风电之后，2005年以来，太阳能光伏产业也有相应的发展。在2000年到2010年间，全球新建电厂中有26%是可再生能源，其中以风能为主，42%是燃气电厂。天然气与可再生能源占据了全球新增电力市场的三分之二，另外的三分之一为燃煤电厂。核电依然没有太明显的增长，只有2%的市场份额。

过去十年中，全球新增可再生能源装机为4.3亿千瓦，同期增加了4.75亿千瓦的火电，意味着到2050年累积增加55亿吨的二氧化碳排放。这些新增的火电厂中有78%（3.75亿千瓦）在中国。

一场全球性的能源革命已经启动。当我们不再将眼光聚焦中国——这个唯一的大规模扩张煤炭的国家，一场抛弃煤炭和核能、转向发展可再生能源和天然气的能源革命趋势就更加清晰。大约28%的新建电厂为可再生能源，60%为燃气电厂，两者合计88%。煤炭只取得了10%的市场份额。

虽然在 2000 年到 2010 年，中国新增 3.5 亿千瓦火电装机，是欧盟的两倍。但与此同时，中国最近已经启动了风电市场，接下来将是太阳能光伏。

对比各地区可再生能源在 2000 年到 2010 年间电力市场发展的份额占比，欧盟最高，达到了 41%，中国第二-24%和美国占比 15%。

2000 年以来，美国没有新建核电厂，火电装机新增 1200 万千瓦。同时，新增了 2.4 亿千瓦的燃气电厂和 4500 万千瓦的可再生能源。

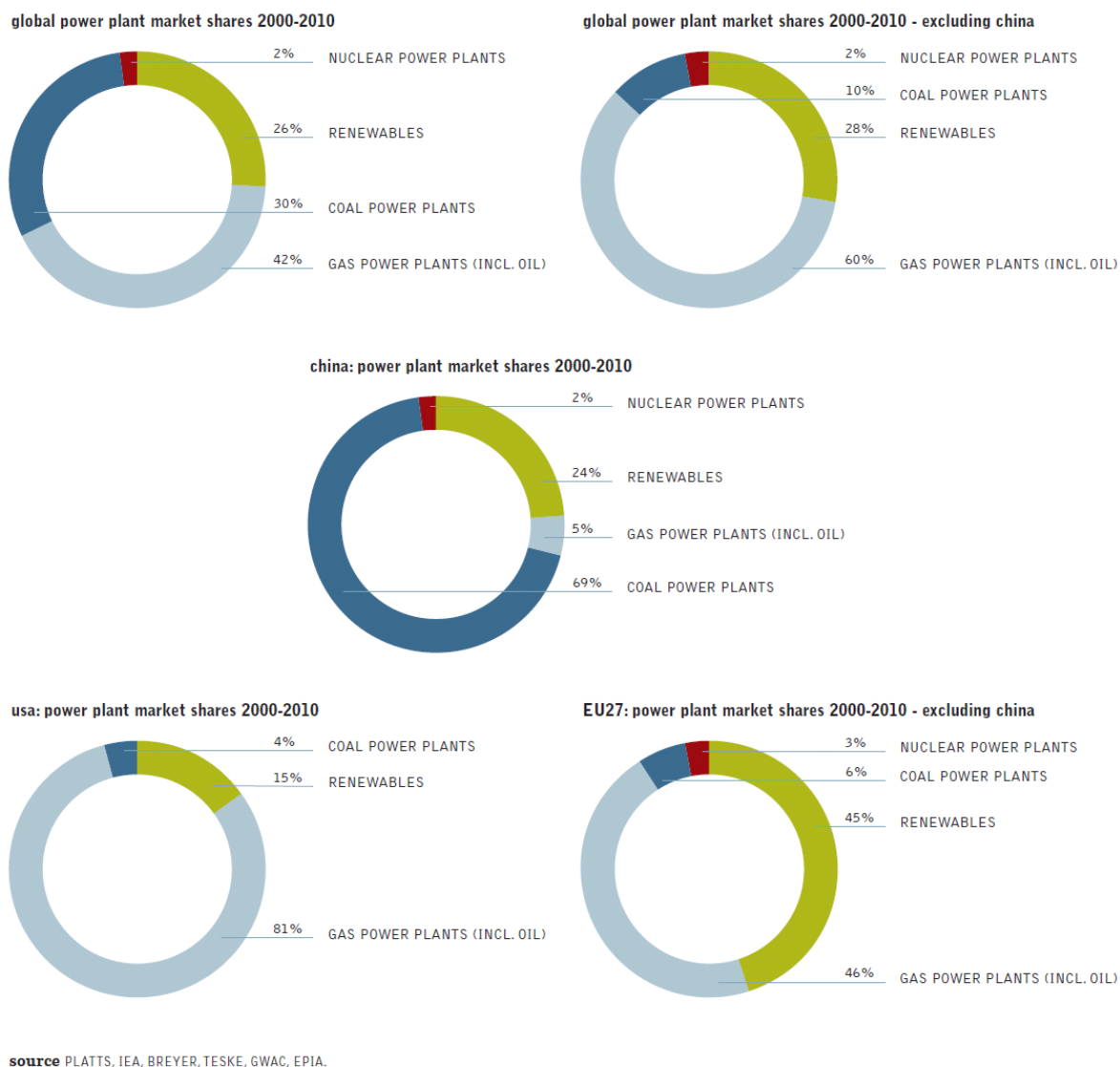


图 6：从左至右，全球电力市场份额，除中国外电力市场份额，中国市场份额，美国电力市场份额，欧盟 27 国电力市场份额（2000 年-2010 年）

国家案例分析：德国

在 1970 到 1990 年间，德国新建电厂主要是煤电、核电和气电。1985 年切尔诺贝利核电站事故之后，核电扩张停止。燃煤电厂（主要是用褐煤电厂代替前民主德国的旧电厂）在 2000 年之后也几乎完全停止了。

1991年1月，德国对可再生能源强制上网法，确保了对新能源建成后20年的电网接入和固定上网电价。这项立法为德国的可再生能源行业奠定了坚实基础。伴随着1998年的电力行业自由化发展，这部法律也进行了较大的调整，并在2000年4月颁布了一部更有效的新法。新法颁布后的十年间，德国的可再生能源产业迅速增长，在全球名列前茅，拥有超过380,000名雇员。德国已经俨然成为全球风能和太阳能光伏产业的领航者。

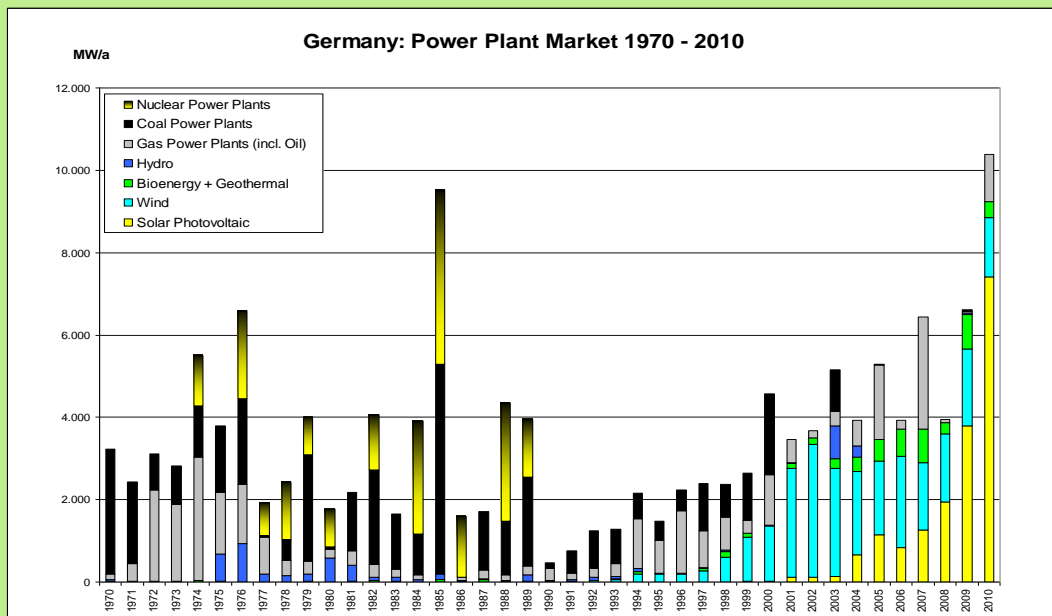


图7 德国电力市场统计 (1970-2010)

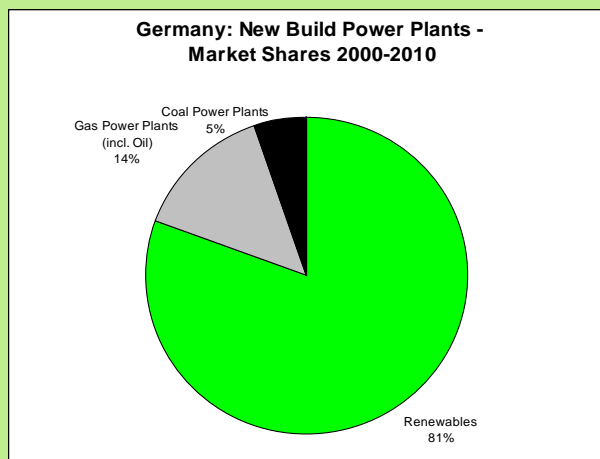


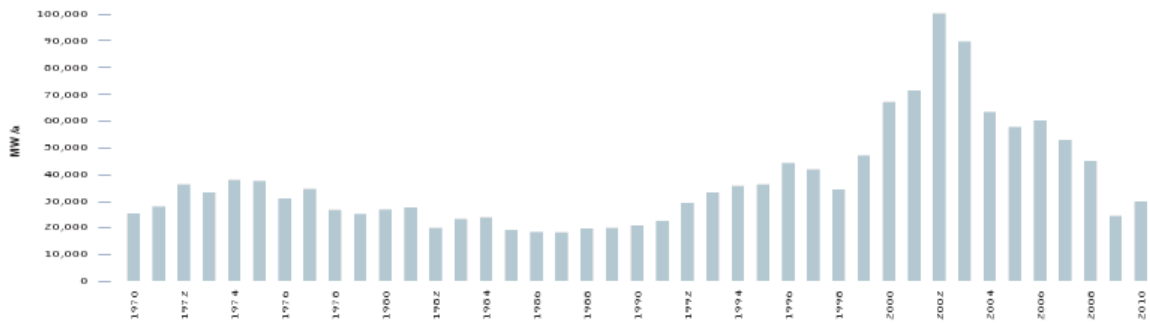
图8 德国2000-2010年新建电站市场份额

过去十年间，德国超过80%的新建电厂是基于可再生能源技术的，主要是风能；14%为天然气电厂，只有5%为燃煤电厂。随着2011年5月德国政府宣布全面退出核电，将来德国能源的发展形势对可再生能源极为有利。煤炭未来的地位则比较模糊。

能源革命的未来

过去的十年里可再生能源保持了两位数的增长，未来风能、太阳能光伏和集热式太阳能发电的前途一片光明，接下来的几年世界能源发展将迈入关键的转型期，决定着世界能源供应是否朝着100%可再生能源供应发展。

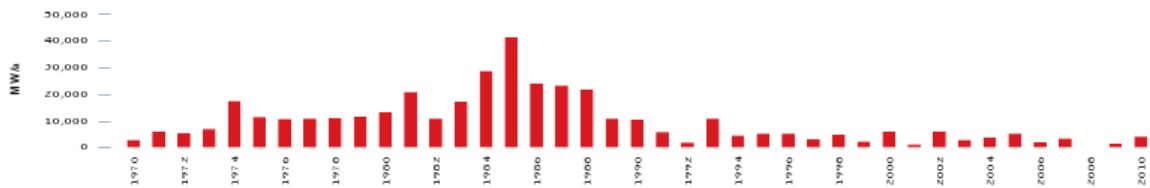
global annual gas power plant market (incl. oil) 1970-2010



global annual coal power plant market 1970-2010



global annual nuclear power plant market 1970-2010



global annual wind power market 1970-2010



global annual solar photovoltaic market 1970-2010



图9 全球各发电技术市场份额演变 (1970-2010)

过去7年，绿色和平联合欧洲可再生能源理事会和德国航天局，利用国际能源署出版的《世界能源展望》的常规情景作为参照，发布了名为“能源革命” (the Energy [R]evolution)的能源发展情景，里面包括了全球、区域以及国家层面的能源发展情景。在2007年发布的第一份全球报告中，提出了2010年全球可再生能源装机容量将达到1.56亿千瓦。这个目标在2009年仅风能一项的发展就已经达到。毋庸置疑，能源革命已经开始，并且正在成为应对气候变化的重要力量。随着化石能源价格不断上涨，及可再生能源的技术发展带来的成本下降，通过发展可再生能源而减少二氧化碳排放变得更经济。

在《能源革命》的“能源革命情景”中，有一个关键目标就是到2050年实现全球每年的二氧化碳排放量减少到100亿吨。而“超前能源革命情景”的提法更加激进、希望使全球碳排放急刹车。其中一个假设是要求将燃煤电厂的使用寿命由40年缩短到20年。为了填补因此带来的空缺，可再生能源，尤其是太阳能光伏、风能和集热式太阳能发电的年增长率需要相应提高。“超前能源革命情景”也考虑了未来基本的人口和经济发展带来的能源的增长，以及通过提高能源效率减少能源消耗的路线图。比如交通领域，未来采用高效燃料的使用占比将增加，同时电动车辆到2025年将占到更多份额。而供暖领域，热电联产将更多在工业领域得到发展，工业过程余热、太阳能和地热的供热也将得到相应增长。由于交通部门中电动车所占份额增加，未来电力需求也将相应增加。即使是这样，“超前能源革命情景”下的全球总电力需求仍然低于参照情景。

在“超前”情景中，对可再生能源产业所有部门的最新的市场发展进行了预测。随着电动车辆加速普及、智能电网和超级电网加速建设（比基础情景提前10年）将可以支持更多的不稳定出力的可再生能源（太阳能和风能）。因此，可再生能源在全球一次能源供应中的占比达到40%将会提前10年（到2030年）实现。相反的，出于可持续发展的考虑，生物质能源和大型水电项目的数量在两种能源革命情景中保持不变。

IPCC 可再生能源特别报告 (SRREN) 中的能源革命

2011年5月发布的IPCC可再生能源特别报告对各种可再生能源在不同地区的资源禀赋，以及经济、政策、市场和技术发展状态给出了全面、综合的分析。为了全面分析可再生能源在全球和区域层面减少二氧化碳排放所将承担的角色，特别报告分析了160多种全球能源情景。这是当前可获得的最全面的科学分析。在这160多种情景中，着重选取了三个具有代表性的碳减排情景进行了深入分析。绿色和平的“能源革命情景”是入选的三个之一，也是唯一一个不依赖于核能扩张和尚未完全成熟的碳捕捉与封存（CCS）技术的情景。

在IPCC的报告也将这三个入选的减排情景与国际能源署《世界能源展望2009》中的基础情景进行了比较。这三个情景在全球与区域技术发展潜力的大背景下，进行了可再生能源的运用潜力分析。“能源革命情景”提出了最具雄心的可再生能源全球扩张数字，但也同时指出，只需要发掘全球可再生能源技术潜力的2%，就可以满足2050年全球能源的77%，届时95%的全球电力将来自可再生能源。

总而言之，要实现全球范围内普遍的可再生能源供应既不存在技术瓶颈，也不存在经济障碍，唯一的障碍是有没有适当的能源政策。

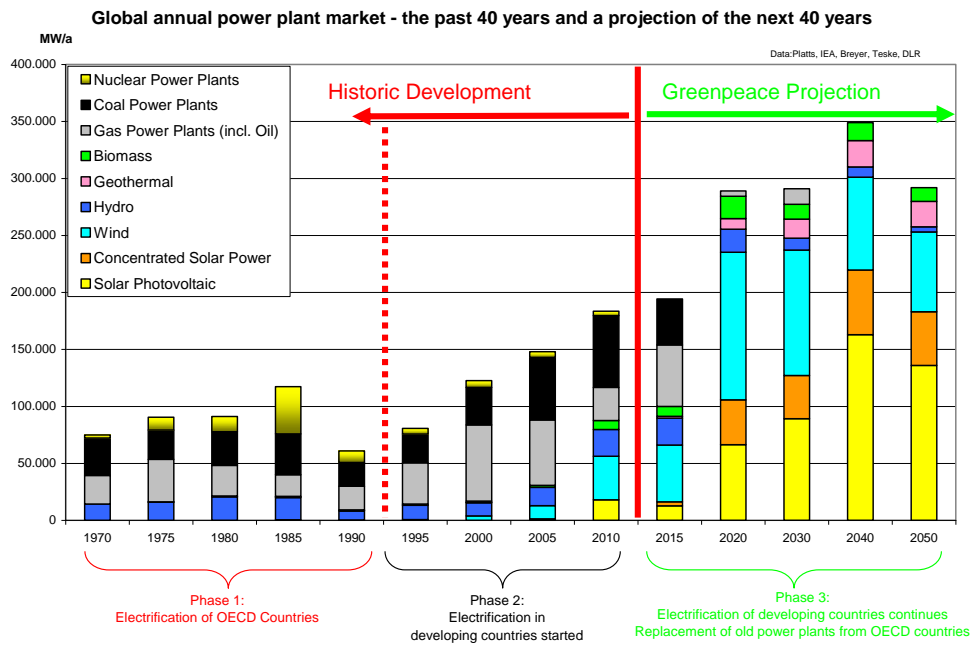


图 10 过去 40 年全球电力市场的发展以及未来 40 年的发展趋势

(第一阶段：发达国家电力化；第二阶段：发展中国家电力化；第三阶段：绿色和平预测)

表 1 可再生能源平均增长率和年市场容量统计与展望

(未来发展参照为《能源革命》两种情景下预测结果)

	Average Annual Growth rates	Annual Market Volume
	[%/a]	[GW/a]
PV 2005 - 2010	87%	18 (2010)
2011 - 2020	42%	36
2021 - 2030	14%	124
2031 - 2050	15%	211
CSP 2005 - 2010	not available	< 2 (2010)
2011 - 2020	62%	12
2021 - 2030	17%	45
2031 - 2050	14%	66
Wind 2005 - 2010	27%	36 (2010)
2011 - 2020	26%	101
2021 - 2030	8%	229
2031 - 2050	7%	202
Geothermal (incl. CHP) 2005 - 2010	4%	not available
2011 - 2020	24%	5
2021 - 2030	13%	23
2031 - 2050	12%	25
Bioenergy (incl. CHP) 2005 - 2010	not available	approx. 8
2011 - 2020	18%	17
2021 - 2030	6%	35
2031 - 2050	10%	29
ocean 2005 - 2010	not available	< 1
2011 - 2020	70%	4
2021 - 2030	15%	12
2031 - 2050	19%	27
hydro 2005 - 2010	not available	approx 20
2011 - 2020	2%	21
2021 - 2030	1%	127
2031 - 2050	2%	67

保持和拓展能源革命的政策

虽然在 20 世纪 80 年代末和 90 年代初只有少数几个国家制定了可再生能源的发展政策，但是在随后几年特别是在 2005-2010 年，制定可再生能源发展政策的国家大量增加。

到 2009 年，已经有 85 个国家制定了可再生能源发展的政策目标，而四年前只有 45 个国家。可再生能源电力供应比例已经成为许多国家的发展目标，通常在 5-30% 之间，有的国家高达 90%。其他目标包括可再生能源占一次能源供应或最终能源供应的比例（一般是占 10-20%），以及具体技术的装机容量，或可再生能源供应总量。大多数国家最近的可再生能源发展目标都设定在 2020 年及以后。欧洲的发展目标（到 2020 年可再生能源占最终能源的 20%）是发达国家中的关键一环。巴西是发展中国家的领头羊（到 2030 年可再生能源占电力的 75%），还有中国（到 2020 年，包括可再生能源的非化石能源占能源消费的 15%）、印度（到 2022 年实现 2000 万千瓦的太阳能装机）和肯尼亚（到 2030 年 400 万千瓦的地热装机）。许多国家还设定了区域和地方一级的发展目标。

可再生能源发电的政策目前至少存在于 83 个国家。其中，固定上网电价的政策最为常见。2010 年，至少有 50 个国家和 25 个州/省份实行固定上网电价政策，而超过半数的地区引入这一政策不到五年。对于固定上网电价政策的支持持续增长，并越来越多地在国家和省一级区域得到采纳。从全球来看，可再生能源发电配额制（RPS）政策，目前已经得到了 10 个国家政府和 46 个州/省政府的支持。大多数可再生能源发电配额制（RPS）政策要求可再生能源的比例达到 5-20%，并一直持续到 2020 年以后。

可再生能源支持政策往往也与经济激励手段相组合，包括直接投资补贴、奖金或者返还等，至少在 45 个国家提供。其他税收优惠政策也很常见，如投资税收抵免和进口减税。特别是太阳能光伏市场已经享受股份资金补贴和税收优惠。能源生产费或“保费”也存在于少数几个国家。对可再生能源发电容量的竞争性招标也是现在通行的做法，而分布式发电净计量法律已经在至少 10 个国家和美国的 43 个州获得通过。

可再生能源项目融资不同于煤电或核电项目的融资。虽然大部分的可再生能源项目的规模只有几个千瓦到几万千瓦之间，而且融资规模更小，但是这些项目的数量都远远大于那些规模非常大的（百万千瓦及以上）燃煤发电项目。然而，电力政策的要求是相似的：可再生能源项目的开发商要有足够信心风电场或其他项目发出来的所有电可以以不低于某个水平的价格卖给电网，而且在电回收整个融资的期间内能够保证顺利的电网接入。这与燃煤电厂的独立电力生产商融资的概念（IPP'S）并无二致，需要在特定的时间内，有相应的购电合同来支持这个项目、并有该项目接入电网的保证。发电厂的生存要求必须有一个基本的上网电价，而仅仅依靠股市价格、或可交易的二氧化碳减排量、可再生能源配额是无法提供这种生存保证的。数百万美元的投资需要可靠和安全的收入预期。

因此，绿色和平一直在为设定固定上网电价体系摇旗呐喊，这包括建立一套保证收购价格和确保优先上网接入。。与独立电力生产商（IPP）的发电购买合同之间唯一的区别是，固定上网电价的高低不是独立电力生产商和电网运营商谈判的结果，而是作为一个标准设立的，因为小企业不可能与电网运营商讨价还价。固定上网电价是迄今为止最具成本效益的可再生能源引入机制，它的成功在德国上世纪 90 年代初风电产业的起步历程中得到了证实。

来自联合国环境署-彭博新闻社-查塔姆研究所联合报告的结论：

2009年“可再生能源私营融资--决策者指南”：

- 金融机构对每个潜在的投资机会的优点回报进行经营风险的评估。项目评估、文件及尽职调查的进行方式与其他部门的投资是一致的。
- 可再生能源的风险状况可以很好地与金融机构的评估相匹配，这些评估来自银行、养老基金、私人股本和风险投资。然而，可再生能源部门需要明确的政策环境来进行项目融资，吸引私人资金和股本。
- 在新兴市场和发展中国家的可再生能源项目面临更多的挑战，包括不稳定的政治制度、当地货币汇率变化因素或缺乏基础设施等问题。缓解这些风险的途径包括建立当地合作关系以及申请公共基金这样的软贷款、申请赠款以及公共保险计划拨款。

“从盈利和操作的角度来看，政策法规仍然是确保项目长期稳定的关键。当务之急是，法规和政策都应该是明确的、持续时间长、并以法律为基础的，从而保证私营资金不断投资可再生能源部门。”

研究方法：

该分析是基于 UDI WEPP 普氏、国际能源署、全球风能理事会和欧洲光伏产业协会的数据库，以及布雷耶博士 (Christian Breyer) 和玛祖拉-阿马塔-戈瑞 (Marzella Amata Görig) 的研究。请注意，不同的统计数据库使用不同的燃料种类，并且一些电厂在使用不止一种燃料。为了避免重复计算，我们使用了不同的燃料组。国家数据可能不同于基础的国际数据。

--- 斯凡.泰斯克，绿色和平国际可再生能源高级专家