

中国电力行业的水资源利用

可再生能源发展和冷却技术选取对2030年的影响

这份简报分析了中国2030年的电力远景对未来水资源和气候可能产生的影响。本文基于2015年巴黎气候大会(COP21)宣布的各项计划,以及“中国水风险”(China Water Risk)和国际可再生能源机构(IRENA)先前发表的相关文献,分析和评估了中国2030年电力结构的不同预测情景对水资源利用及碳排放的影响。研究发现,由可再生能源驱动的电力行业转型,将对水资源产生更积极的影响。这些潜在的巨大影响再次印证:水与能源的统筹决策对电力行业至关重要。事实上,现今的能源政策必须将未来的水资源纳入考虑范围。

主要结论

- » 中国的电力行业深受水资源压力的影响,同时又在加剧这种压力。迅速扩张的火力发电已经让有限的水资源承受着巨大压力,该行业的取水量占全国取水总量近12%。中国北方各省的用水压力尤甚。该地区的可再生水资源储量只有全国的四分之一,但发电量占全国火力发电的一半,煤炭生产和煤炭储量占全国的五分之四以上。这些省份还拥有中国近半的农业耕地。面对着不断加大的威胁水与能源安全的风险,电力部门需要有长远的解决方案:在实现低碳发展目标的同时,降低用水强度。
- » 发展可再生能源有助于降低水资源的利用,并减少碳排放。中国政府在其公布的国家自主减排贡献(NDC)中,承诺减少碳排放,将非化石能源占一次能源比重从2014年的11.2%提高到2030年的20%。要实现这一目标,需要大幅度提高可再生能源发电的比例。太阳能光伏和风电技术是中国能源转型的关键支柱,它们比其它发电方式消耗的水更少。通过发展可再生能源,中国电力系统结构将发生改变;若同时采用用水强度更小的发电厂冷却技术,提高电厂效率,中国将有机会在降低碳排放的同时,大幅削减电力系统的耗水量。
- » 可再生能源与改进电厂冷却技术叠加,可大幅削减中国电力行业的用水强度。至2030年,用水强度的削减幅度最高可达42%。这一系列措施可同时削减高达37%的碳排放强度。若想将这些效益变成现实,中国可再生能源比例的增长必须符合国家自主减排贡献目标(NDC)和国际可再生能源机构提出的可再生能源路线图(REmap)方案;与此同时,中国应当更多采用用水强度较低的发电厂冷却技术,以此控制中国电力行业不断增长的用水需求。基于这些错综复杂的关系,能源政策和发展战略应当对水资源影响进行考量。

2015年,“中国水风险”发表了《中国的水资源与能源安全之路(Towards a Water & Energy Secure China)》(CWR 2015)。这份报告对水资源和能源安全战略进行了细致分析,并全面概述了中国电力行业面临的水资源风险。2014年至2015年,国际可再生能源机构(IRENA)发表了《可再生能源前景:中国篇(Renewable Energy Prospects: China)》(IRENA 2014)和《可再生能源与水,能源和粮食之间的相互关系(Renewable energy in the water, energy and food nexus)》(IRENA 2015),从国家层面和省级层面对可再生能源的节水潜力进行了定量分析。



能源与水的关系：相互交织

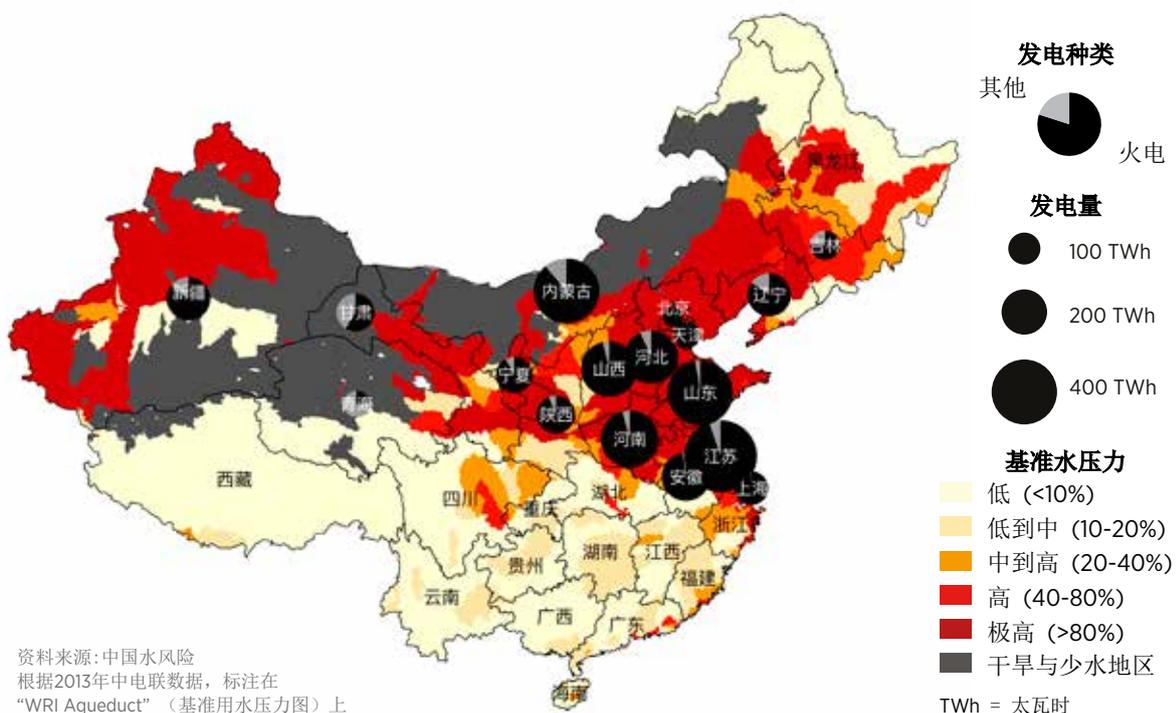
经济的快速增长显著地增加了中国的能源需求。仅在过去的十年里，中国的能源消费增加了一倍多。电力行业的增长尤为迅速。从2004年到2014年间，中国发电装机容量几乎增加了两倍，上升到13.6亿千瓦。到2030年，中国的用电需求预计将在2013年的基础上再上升65%，这意味着电力行业的增长趋势将在未来几十年间延续。

中国的电力行业传统上依靠火力发电。2014年煤炭发电量占发电总量的70%左右。这种依赖性带来的是巨大的环境成本，包括对人们健康和幸福生活的损害，以及对水在内的自然资源的影响。对本土空气污染的日益关注，促使中国采取了一系列措施。例如很多城市和地区已决定逐步关停燃煤电厂，用污染较少的发电技术来代替。同样，如何保证发电供水也正在成为电力部门关心的主要问题。电力生产在燃料提取、加工和实际发电都要消耗水。火电是最耗水的发电技术之一。在火力发电的各个阶段，都要用到大量的水。事实上，电力行业用水目前已占全国取水总量的近12%，仅次于农业。

中国的煤炭和水资源分布很不均匀。例如在北方省份，只有25%的可再生水资源，但火电的发电量比例占51%，煤炭产量占82%。另外，该区还拥有全国煤炭储量的86%。这些缺水省份对火力发电的依赖性也最强（图1）。这些地区的煤炭资源和火电厂的集中布局产生了两种后果：

- » **加剧了电力企业的供水风险。**在全国范围内，估计有45%的中国的发电设施依赖淡水，并且都建设在高缺水的地区（除水电外）。中国五大电力企业已经面临高达200亿美元的改造费用，以解决水资源风险(BNEF 2013)。
- » **加剧了与其他行业（如农业）对有限的水资源的竞争。**中国有将近一半的农田分布在北方缺水省份，这导致行业之间可能发生潜在的水资源冲突。

图 1：中国缺水区域与火力发电分布



鉴于水、能源和粮食之间日益错综复杂的关系，加之这种复杂关系给经济的持续发展带来的挑战，中国正在出台各种措施。其核心政策是“三条红线”制度——这一系列水资源政策的总称，包含了全国和各省的用水指标，以及到2030年为止各阶段的用水总量。“三条红线”囊括了用水总量、效率和水环境质量（国务院，2012）。2013年出台的“做好大型煤电基地开发规划水资源论证的意见”提出，未来煤炭基地发展规划的制定，要全面贯彻落实最严格水资源管理制度（水利部，2013）。这些措施表明，中国各区域的可用水量或将影响到未来对煤炭的开采和利用。应用节水型电厂冷却技术也逐渐成为一个发展趋势。随着水资源紧缺压力以及政策的转变，“湿式闭环循环”和“干式冷却”正在取代目前燃煤电厂广泛采用的“。

中国现阶段的行动显然不仅局限于削减用水量，更对抑制用水总需求提出了要求。电力部门可通过以下努力在这方面发挥核心作用：

- » 发电结构转型，发展节水型能源技术；
- » 推广应用用水强度低的电厂循环冷却技术；
- » 提高电厂效率。

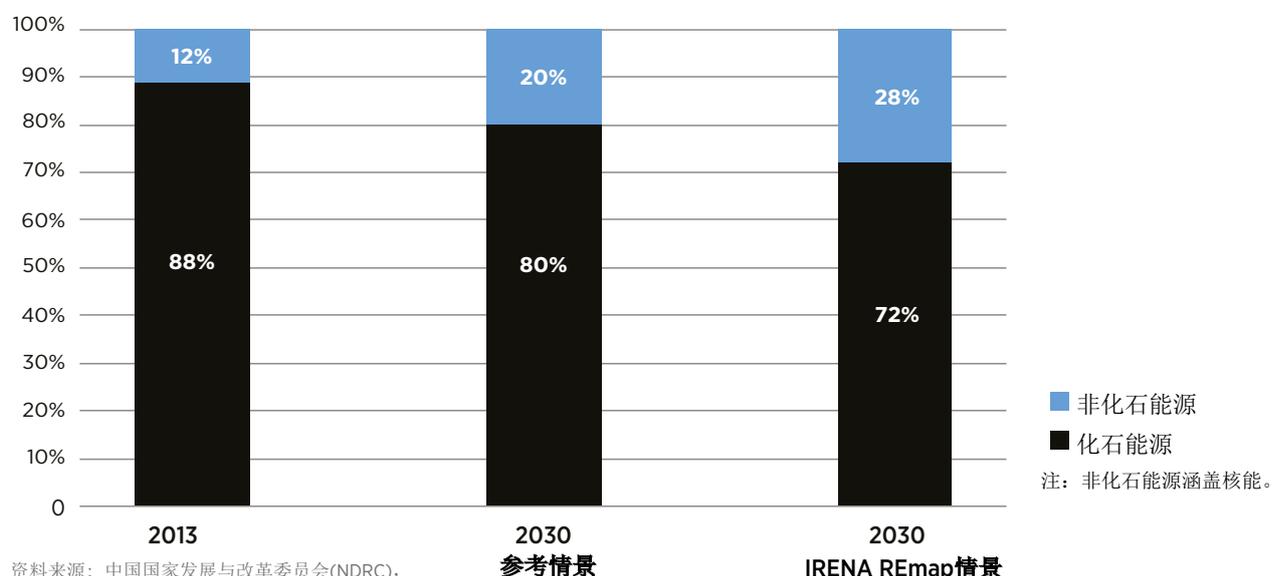
这些并非孤立措施，而需要同时实施。本文将重点介绍：电力行业的转型升级、提高可再生能源的利用，是如何在应对气候变化的同时助力于削减水资源压力的。

发展可再生能源可减少环境影响

发展可再生能源是中国一项重要的国策，其目的是减轻电力行业对环境的影响。中国在可再生能源技术的应用方面已走在世界前列，并已提出了宏伟的目标。在中国官方公布的国家自主减排贡献目标（NDC）中，中国将致力于在2030年前将非化石能源（包括可再生能源和核能）在一次能源消费的占比提升至20%（UNFCCC，2015年）。

在针对中国的《可再生能源前景》（REmap）分析中，国际可再生能源机构（IRENA）提出了到2030年能源产业发展的两套方案：“参考情景”和“REmap情景”。在前者，一次能源的20%将由非化石能源资源取代²；“REmap方案”则提出了可再生能源占比更高的方案——非化石能源的一次能源占比将增加至28%。REmap提出的高比例方案，在技术和经济上均是可行的（IRENA，2014年）（图2）。

图 2：非化石能源在中国一次能源中所占的比例（2013-2030）



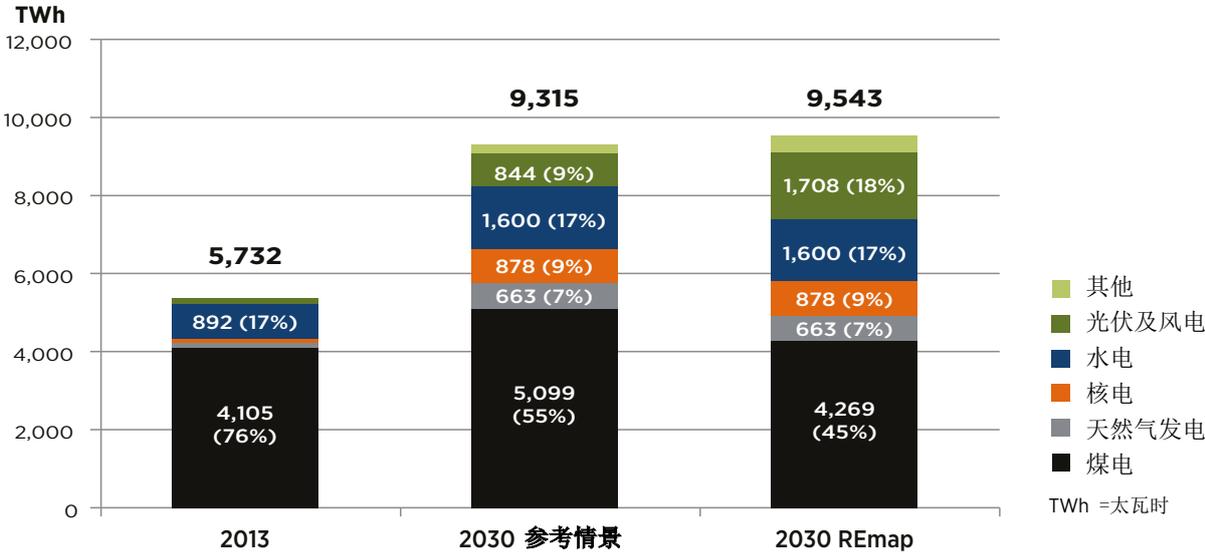
资料来源：中国国家发展与改革委员会(NDRC)，国际可再生能源机构(IRENA)

²中国的国家自主减排承诺并不直接对等价于“参考方案”，因为中国国家统计局与IRENA采用的分析方法不同。



非化石能源在“REmap情景”中的增加份额，来自于可再生能源份额的提高，电力行业的贡献显著（图3）。在“REmap情景”下，可再生能源将贡献39%的供电量，而“参考情景”中仅为29%。作为对比指标，2013年，这一比例仅为19%。可再生能源占比增加，将与其它措施一道，降低发电行业的碳排放量和用水强度。

图 3: 中国的发电能源结构 (2013-2030)



来源：：中国电力企业联合会(CEC)，国际可再生能源机构(IRENA)



© Shutterstock

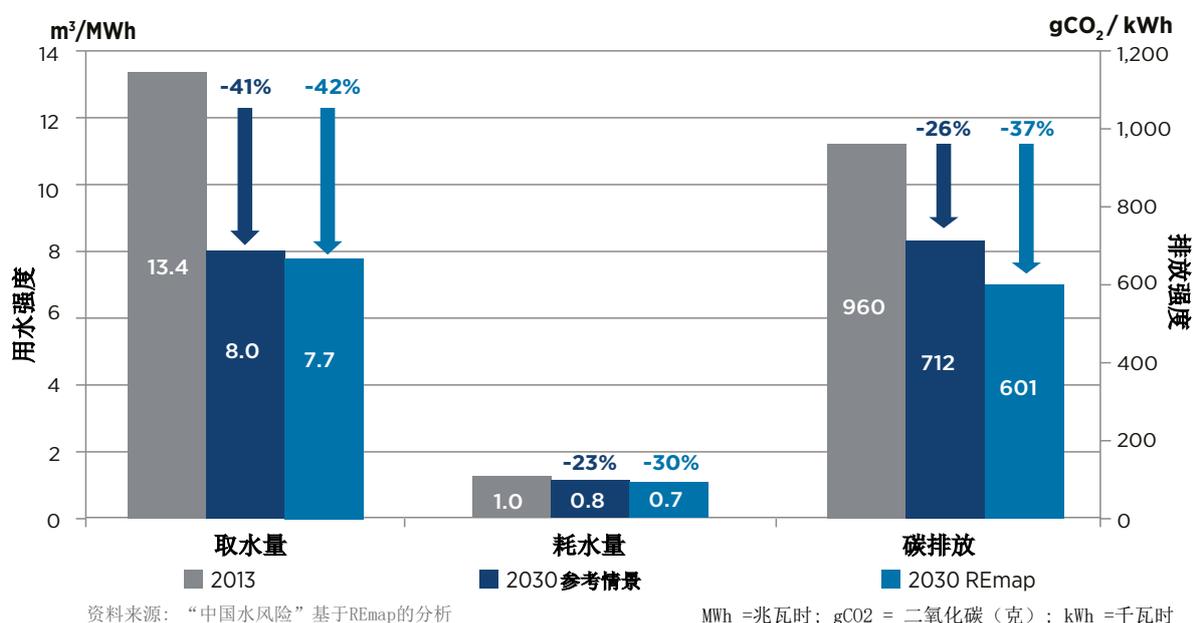


发展可再生能源与改进冷却技术,可削减约40%的用水强度和碳排放强度

在发电环节,可再生能源技术(如太阳能光伏和风力发电等)的用水量要少得多。聚光式太阳能发电的运行需要很多的水,但多个国际性的项目研究显示,应用类似于常规电厂的“干式冷却技术”,可减少用水量。一项最新研究称,可再生能源不仅能够助力中国实现节水目标,还能降低碳排放(WRI, 2016年)。为了量化如上效益,我们对2030年中国电力行业的不同技术选项的进行了分析³(见图4):

- » 参考情景: 取水强度下降41%,耗水量降低23%,碳排放强度减少26%。
- » REmap情景: 取水强度下降42%,耗水量降低30%,碳排放强度减少37%。

图 4: 发电用水强度和碳排放强度 (2013-2030)



上述估算展示了电厂循环冷却技术的发展趋势,按照现有政策设计,不论是采用可再生还是不可再生能源的发电厂,缺水地区的燃煤电厂都应采用节水效益显著的“干式冷却”技术,其他地区可采用“湿式闭循环冷却”技术。发电厂取水强度的急剧下降来源于冷却技术和电力结构的变化,尤其是新建燃煤电厂不再采用“一过式”冷却方法的贡献,以及朝向可再生能源和天然气发电的转变。与此同时,可再生能源比例的显著提升,带来了耗水强度的大幅下降(图5)。对比2030年参考情景与2030年可再生能源路线图方案,其中水资源开发强度的降幅减少,这是因为太阳能光伏和风力发电在很大程度上抵消了干式冷却燃煤电厂所占的份额。而碳排放强度的持续下降,也是因为同样的原因。

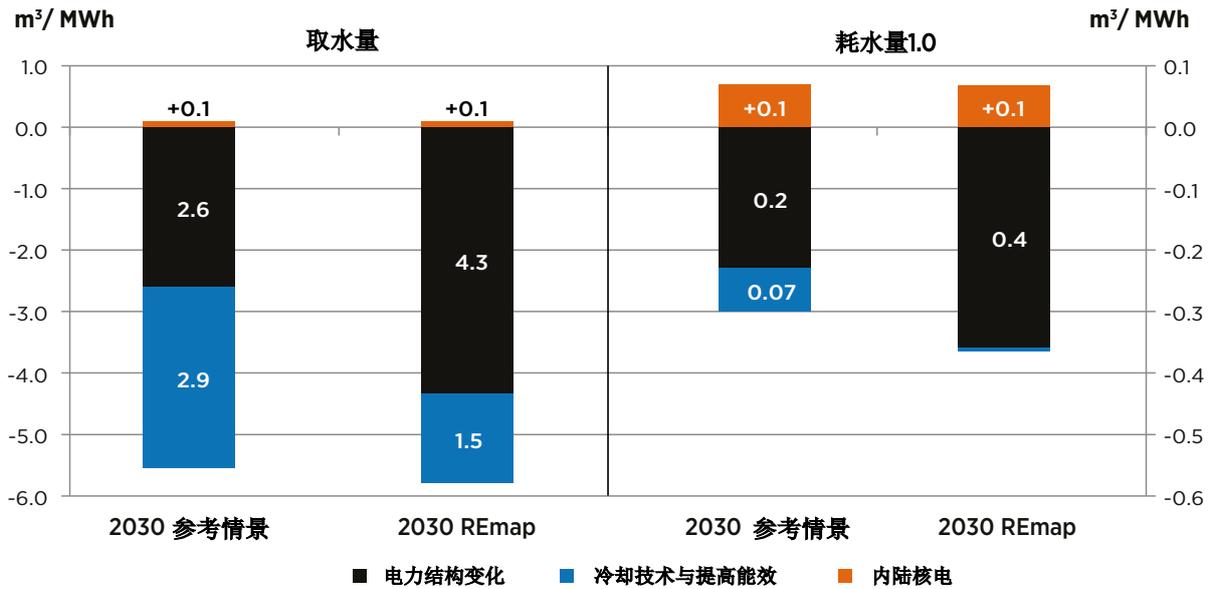
不过,采用冷却技术改造来降低取水量,相当于是在水与气候之间寻求一种折衷方案。“干式冷却技术”在大幅削减取水量的同时,也牺牲了电厂的效率。也就是说,生产相同电力的单位成本会更高,燃料用量更大,碳排放也更高。优化发电成本和排放量已超出本文讨论范畴,但包括世界银行在内的多家机构都在开展相关的研究(世界银行, 2015)。

³水电始终被排除在该分析之外,因为蒸发损失往往不完全归因于发电。水可用于多种用途,如灌溉、供水和防洪。至于核电,目前所有核电站都建在沿海地区,依靠海水冷却。拟建的内陆核电站已经反映在上述分析中。本分析采用的研究方法请参见:www.chinawaterrisk.org/resources/research-reports

⁴“取水量”即从水源汲水的总量,而“耗水量”指未返回到原来水源的用水量。



图 5：影响发电用水强度的若干因素 (2013-2030)



资料来源：“中国水风险”基于REmap的分

电力需求的增长高于节水减排进度

中国的电力需求预计将继续增长，这意味绝对用水量和二氧化碳排放量将不可避免的增加。基于此，削减用水和碳排放强度成为将用水和碳排放的绝对增长量控制在最小范围内的重中之重。

在“参考情景”下，到2030年取水量预计增加3%，相当于每年多汲取淡水23亿立方米，而耗水量将增长19亿立方米。但在“REmap情景”下，取水量和耗水量的增长将减缓：相较于“参考情景”，取水量每年可削减6亿立方米，耗水量将削减 5亿立方米。

“REmap情景”对二氧化碳减排的贡献更大。事实上，在“参考情景”下，碳排放将增加29%；而在“REmap情景”下，碳排放的增长将控制在11%以内。若不提高可再生能源发电量，取水量和碳排放的绝对增长水平将更高。

今天的能源选择对明天的水资源意义重大

人们对水与能源之间的纽带关系及其带来的发展挑战的认识日益增强。围绕削减用水和削减碳排放，已有不少战略付诸实践。本文展示的证据显示，可再生能源可为削减电力行业用水带来额外效益。

因此，进一步提高可再生能源的比例，对中国电力行业实现经济、安全、环保和可持续性的发展起着至关重要的作用。加快电力行业可再生能源的利用，一直成为中国能源转型的标志，有助于缓解对稀缺水资源的压力，同时减少二氧化碳的排放。出于同样的原因，可再生能源也将有助于解决当地的环境问题，降低电力部门出现用水危机的风险。事实上，中国水资源匮乏的地区也是风能和太阳能资源潜力大的区域。多元化的能源结构转型必须采用适宜当地的更新、更先进的发电厂冷却技术。

能源决策不可避免地会对用水产生影响，而水资源的可获性已成为能源选择的制约性因素。今天的决策其实影响深远：因为电厂的平均寿命可长达几十年。因此，今天的能源决策应考虑到未来的水资源状况。既可以节水又能降低碳排放的可再生能源，必将在中国未来的能源发展中发挥重要作用。





© Shutterstock

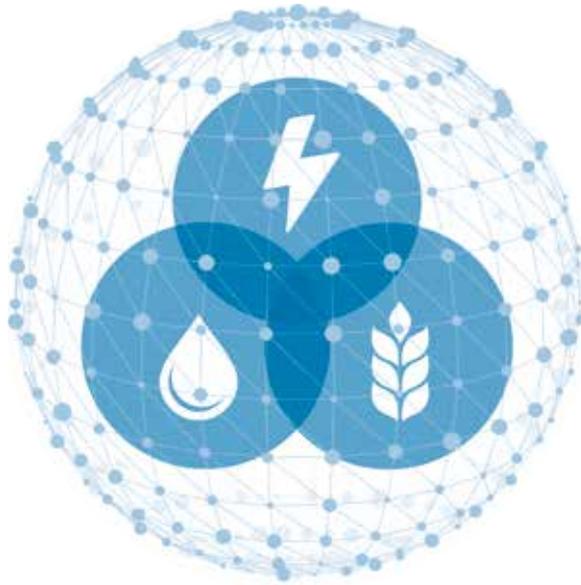
分析方法与参考文献

本报告所采用的具体分析方法请参见：

<http://chinawaterrisk.org/notices/cwr-irena-water-use-in-china-power-sector/>

- » BNEF (2013). *China's power utilities exposed to water disruption* (《中国电网企业面临用水困境》, 彭博新能源财经网) Retrieved from: <http://about.bnef.com/press-releases/chinas-power-utilities-exposed-to-water-disruption/>
- » CWR (2015). *Towards a Water & Energy Secure China: China Water Risk* (《中国的水资源与能源安全之路》, 中国水风险). Retrieved from: <http://chinawaterrisk.org/wp-content/uploads/2015/04/Towards-A-Water-Energy-Secure-China-CWR0415.pdf>
- » 国务院 (2012)。国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见。Retrieved from www.gov.cn/jwqk/2012-02/16/content_2067664.htm
- » IRENA (2015). *Renewable energy in the water, energy and food nexus* (《可再生能源与水、能源及食品生产的关系》). Abu Dhabi: IRENA. Retrieved from: www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_water_energy_food_nexus_2015.pdf
- » IRENA (2014). *Renewable Energy Prospects: China, REmap 2030 analysis* (《可再生能源发展前景：中国 REmap2030分析》). Abu Dhabi: IRENA. Retrieved from: http://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf
- » 水利部 (2013)。水利部办公厅关于做好大型煤电基地开发规划水资源论证的意见。Retrieved from www.mwr.gov.cn/jwzc/tzgg/tzgs/201312/t20131217_520799.html
- » UNFCCC (2015). *Enhanced Actions on Climate Change: China's Intended Nationally Determined Contributions* (《加强气候变化的应对行动：中国自主减排贡献》). Retrieved from: www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf
- » World Bank (2015), *Thirsty Energy Update* (《能源缺水现状》, 世界银行). Retrieved from: <http://pubdocs.worldbank.org/pubdocs/publicdoc/2015/7/557231435853181936/Thirsty-Energy-general-update-February-2015.pdf>
- » WRI (2015), *Opportunities to reduce water use and greenhouse gas emissions in the Chinese power sector* (《中国能源行业降低用水量以及温室气体排放的机遇》, 世界资源研究所). Retrieved from World Resources Institute: www.wri.org/sites/default/files/ghg-chinese-power-sector-issuebrief_1.pdf





Copyright © IRENA and China Water Risk 2016 (版权声明)

除非另行说明，这份概述其内容的版权属于国际可再生能源机构（IRENA）和“中国水风险”（China Water Risk）。本文内容可以免费使用、共享、拷贝、复制或转载，但须声明其属于国际可再生能源机构和“中国水风险”。本概述涉及到第三方的内容，可能会受到第三方的版权和使用和限制的单独的条款的规定。

关于中国水风险 (China Water Risk)

中国水风险是一个非营利性的倡议机构，致力于解决中国当前紧迫的水危机带来的环境和商业风险。通过与全球投资机构、商界的互动，中国水风险力图推动对中国水资源进行有效率和负责任的利用。

www.chinawaterrisk.org

关于国际可再生能源机构 (IRENA)

国际可再生能源机构（IRENA）作为一个政府间组织，为各国在可再生能源领域内提供重要的国际合作平台，卓越的研究团体以及有关可再生能源政策，技术，资源数据与融资方面的知识信息库，以促进全球向可持续能源社会的转型。

致谢

感谢为本概述提供了宝贵的反馈意见的人士：Diego J. Rodriguez、Anna Delgado 和 Antonia Sohns（世界银行）；Henning Wuester、Sakari Oksanen、Paul Komor 和 Deger Saygin（IRENA）。

本文作者： Hubert Thieriot 和 Debra Tan（“中国水风险”）； Divyam Nagpal 和 Rabia Ferroukhi（国际可再生能源机构）

欲提供进一步信息或反馈意见，请联系：publications@irena.org 或 info@chinawaterrisk.org

免责声明

本概述及其内容基于“原滋原味”的基础上撰写，不存在来自国际可再生能源机构或“中国水风险”、或者任何干事和代理机构的任何保证、明示或暗示，包括但不限于对其准确性、完整性或和适合特定目的或用途的保证。本文包含的信息并不一定代表国际可再生能源机构会员国的观点，不存在任何项目、产品或服务提供商的授权。本文采用的名称和材料陈述并不意味着国际可再生能源机构对任何国家、地区、城市或区域或其权威的法律地位或者对其边界或界限限定发表任何意见。

