



中国的新机遇： 可持续的 经济转型

如何筑建京津冀在转型中的领先地位

2015年10月



河北省张家口市风力资源丰富(封面及此处图片), 绿色的山岗上, 风力发动机的叶片徐徐转动。截至2015年, 河北省风电装机容量达到9吉瓦, 而到2015年9月, 全国风电装机总容量已经超过105吉瓦。



关于保尔森基金会

保尔森基金会由亨利·保尔森先生在2011年创立, 是一家“知行合一”的智库。基金会的使命是推动环境保护及中美两国的可持续发展, 并加强两国的经济互依关系, 推进跨界投资。基金会的工作基于以下原则: 只有中美两国互补协作, 才能应对当今最紧迫的经济和环境挑战。基金会是一个独立的非党派机构, 总部位于芝加哥大学, 同时在北京、旧金山、纽约和华盛顿设有工作团队。基金会的工作主要是通过项目、倡导和研究推动经济增长, 以创造工作机会、推动可持续城镇化发展、推行负责任的环境政策。智库发表的研究报告主要针对中国当前面临的最重要的宏观经济问题、能源战略及中美经济关系问题。更多信息请访问我们的网站 www.paulsoninstitute.org.cn。



关于中国国际经济交流中心 (中方支持单位)

中国国际经济交流中心(简称: 国经中心)成立于2009年3月20日, 是经民政部批复成立的社团组织, 主管部门为国家发展和改革委员会。主要业务是: 开展并组织研究重大国际国内经济问题, 广泛开展国际交流与合作, 为政府部门提供智力支持, 为企业和社会各界提供经济交流平台。

国经中心以服务国家发展、增进人民福祉、促进交流合作为宗旨, 坚持中国特色社会主义理论体系, 秉承“创新、求实、睿智、兼容”的理念, 积极开展国际国内重大理论问题、战略问题、热点问题和全局性问题的研究, 努力建设高水平和有国际影响力的中国特色新型智库, 汇集社会智力资源, 为国家和地方、企业决策提供智力支持与咨询服务, 为增强国家软实力做贡献。国经中心编辑《研究报告》、《智库言论》、《信息反映》等内参, 出版《全球化》杂志。请访问网站 (www.cciee.org.cn) 了解更多信息。

中国的新机遇：可持续的经济转型

如何筑建京津冀在转型中的领先地位

合作作者

Anders Hove (侯安德), Merisha Enoe (尹美霞)

Kate Gordon (成可黛)

保尔森基金会

报告外审专家

李俊峰	国家应对气候变化战略 研究和国际合作中心
倪维斗 麻林巍	清华大学
黄永富	中国国际经济交流中心
Hal Harvey (何豪)	能源创新公司
Jeremy Schreifels	美国环保署

对上述顾问和专家的致谢不代表他们赞同本报告所陈述的全部观点。



保尔森基金会
PAULSON INSTITUTE



中国一家燃煤电厂的夜景。中国正在向多元化、低碳和创新型经济模式过渡。这一转变将促使碳排放降低，为治理空气污染和应对气候变化做贡献。

前言

尊敬的读者：

我深信，中美关系是全球最重要的双边关系，两国通过合作来解决全球最重要的几大难题，这一点至关重要。当下最严峻的挑战之一是如何找到新的经济增长模式，同时维护环境的可持续性。对中国来说，空气污染正在危害公众的健康和生活质量；而气候变化则危及中国的未来。这并不是单纯的环保问题，而是关系到中国经济和长期繁荣的重大威胁。

为此，我很荣幸地向大家介绍保尔森基金会最新研究报告：《中国的新机遇：可持续的经济转型》。这份报告探讨了中国经济的可持续增长之道，将空气质量和气候变化纳入总体战略，让中国经济摆脱以往对重工业的过分依赖，走上多元化发展之路。京津冀是一个多元化的地区，既有扩张中的城市、快速城镇化的郊区和农村地区，也有河北省这样的钢铁工业重地。为此，报告以京津冀地区为重点，介绍了地区概况，阐述了制定更加可持续的经济增长战略的必要性，并且着重分析了当前几个重点排放行业的情况。

作为保尔森基金会京津冀系列的第一篇，该报告将说明：可持续的经济转型不仅是该地区的必要之举，也是完全可以实现的目标。如今，中国在清洁能源技术的许多领域都已经走在世界前列，京津冀地区也同样有潜力发挥带头作用，向人们展示如何帮助诸如河北省当前的几大行业在内的传统产业提高效率、降低污染；同时吸引新的可再生能源和能效技术，打造未来经济引擎。

我们并不想只描绘美好的画面，我们承认中国的可持续经济转型在很多方面都极具挑战性，尤其是对于那些重工业城市的领导们。为此，我们在报告中介绍了美国几个城市的经验，他们通过包括清洁技术的生产和应用在内的多元化经济发展战略，成功地抵御了传统行业衰退所造成的冲击。

这只是个开始。明年，保尔森基金会将对京津冀地区几个具体行业进行深入分析，并提出具体的转型战略建议。同时，我们将继续与为京津冀领导层出谋划策的中美两国领导和专家深化往来，巩固联系。

我相信，这份报告和报告做出的结论将成为中美两国加深了解、加强合作的基础。两国都面临着经济和环境的双重挑战，携手合作是最佳选择。值此报告发布之际，我们诚邀各位共同参与，一起走向更加稳定、更加繁荣的未来！



亨利·保尔森

主席

致谢

保尔森基金会衷心感谢以下专家和机构对本报告提供的支持和建议。

能源创新公司钢铁行业排放建模

能源创新公司的Jeff Rissman提供了关于中国钢铁行业增效对减排的影响的建模分析。

清华大学空气质量建模

清华大学环境学院师生提供了关于空气质量模拟分析的模型, 分析京津冀地区减排对空气质量的影响。团队成员包括:

常兴、贺克斌、王书肖、吴文景、张强和赵斌。

建模审阅

麻省理工学院的Valerie Karplus在报告起草阶段提供了宝贵建议。

中国案例研究

以下专家为中国案例研究提供了支持, 这些案例彰显了促进中国可持续经济转型的积极实践。参与访谈的专家包括:

中国建筑科学研究院的张时聪、邯郸纺织的刘振波、奥润顺达窗业集团的魏贺东、力诺瑞特新能源有限公司的马光柏、工业生产力研究所的万扬、中国水泥协会的曾学敏、中国社会科学院的张莹、希翼新兴能源的Rosie Pidcock、昱能的凌志敏、浦发银行的黄佳妮、北京市住建委的田桂清、远大能源利用公司的冯阳。

美国案例研究

以下美国专家审阅了美国案例研究部分, 并提出意见和建议。这些案例总结了美国铁锈地带和加利福尼亚州部分城市经济转型的经验和教训。参与访谈的专家包括:

托莱多大学Frank Calzonetti、卡内基梅隆大学Karen Clay、加州空气资源委员会Ryan McCarthy、美国忧思科学家联盟Adrienne Alvord、克利夫兰州立大学Jim Russell、匹兹堡大学Sabina Deitrick、曼哈顿政策研究所Aaron Renn、原俄亥俄州政府官员Mark Shanahan、克利夫兰州立大学Richey Piiparinen。

制作

保尔森基金会的工作团队成员包括: Elle Carberry (柯凯丽)、Chelsea Eakin (艾巧思)、Dinda Elliott (艾鼎德)、Hortense Halle-Yang (海棠)、Ben Herst (何杰明)、姜新燕、娄雪莲和万婧。

照片

照片来自Creative Commons, 由Flickr用户egorgrebnev、Daniel Parks、Remaking Cities、t3hWIT、David Grant和Louis Raphael提供。

目录

前言	1
致谢	2
1 导言及执行摘要	4
2 改善环境是中国经济转型的必要条件	7
2.1 转型可以确保清洁且可持续的增长	7
2.2 空气污染和气候变化对经济影响巨大	7
2.3 更加严格的环境标准可以提高竞争力	9
2.4 中国的可持续发展已经到了一个转折点	10
2.5 中国现有政策为可持续的经济转型提供了框架	11
3 工业转型、更清洁的空气、绿色发展	12
3.1 工业增效和经济转型是京津冀地区的重要起点	12
3.2 优先发展工业减排和提高工业能效	12
3.3 每个行业都存在节能减排的巨大潜力	16
3.4 新兴清洁能源产业正在推动可持续的经济增长	19
4 美国经济转型案例对京津冀地区的启示	26
4.1 匹兹堡：定向研发支出与公私合作	28
4.2 俄亥俄州：可再生能源投资和综合就业培训计划是成功转型的关键	33
4.3 加利福尼亚州：清洁和多元化增长	36
5 结论	41
作者简介	42
参考与注释	43

导言及执行摘要

短期的空气质量问题以及长期的气候变化风险已成为中国亟需应对的当务之急。显而易见，中国需要进行经济转型，向多元化、低碳和创新型经济过渡，也就是转向经济和环境都更加可持续的增长模式。同时，作为世界第二大经济体和最大的二氧化碳排放国，中国的发展决策有着深远的影响。¹

我们希望通过本报告描绘出京津冀地区可持续经济转型的愿景，并最终为全国范围的经济转型提供启示。

根据保尔森基金会的定义，可持续经济转型是指经济与产业的转型，摒弃从前高污染重工业的发展，以低碳、高效利用资源、涵盖服务型产业的多元化模式发展，以大批人才推动创新为支撑。这种转型与实现中国的经济和环境目标休戚相关，符合国家空气质量目标和应对气候变化的要求。举例来说，“十二五”规划（2011-2015年）要求优化战略性发展、有效利用资源和优先推动低碳发展，即将公布的“十三五”规划（2016-2020年）很可能再次强调这一指导思想。

针对总体的空气质量问题，中国在2013年颁布《大气污染防治行动计划》，为治理大气污染设立了框架，同时对包含京津冀在内的三大重点区域制定了详细的步骤和目标。² 2014年发布的《国家应对气候变化规划（2014-2020）》对减少碳强度，并为中国在2030年左右达到二氧化碳排放峰值的目标做出了新的全国性规划，细化了国家对低碳发展的承诺。³ 随后，根据《联合国气候变化框架公约》，中国在2015年6月发布《中国国家自主贡献》（INDC）文件，正式确定了到2030年的各项自主行动目标。⁴ 中国正面临环境污染、快速城镇化以及经济下行压力，需要促进工业多元化发展，不再以高污染重工业为基础。为此，中国正在优先考虑经济转型，以期解决这些问题，并为其他国家做示范。

北京、天津、河北（简称京津冀地区）突出代表了可持续经济转型过程中的机遇和挑战。京津冀地处华北，是一个快速发展中的经济集群，总人口1.3亿，2014年GDP约占全国的10%。⁵ 最近，中国政府将京津冀经济协同发展列为重点，以期带动地方发展。⁶ 这是一个多元化的地区，既有工业集中地区、现代化城市中心，也有力图抵制城市扩张、保持乡村特色的郊区。河北省拥有中国规模最大的几个钢铁企业，也有全球污染最严重的几个城市，已成为政府提高产业效率、控制空气污染的重点地区。

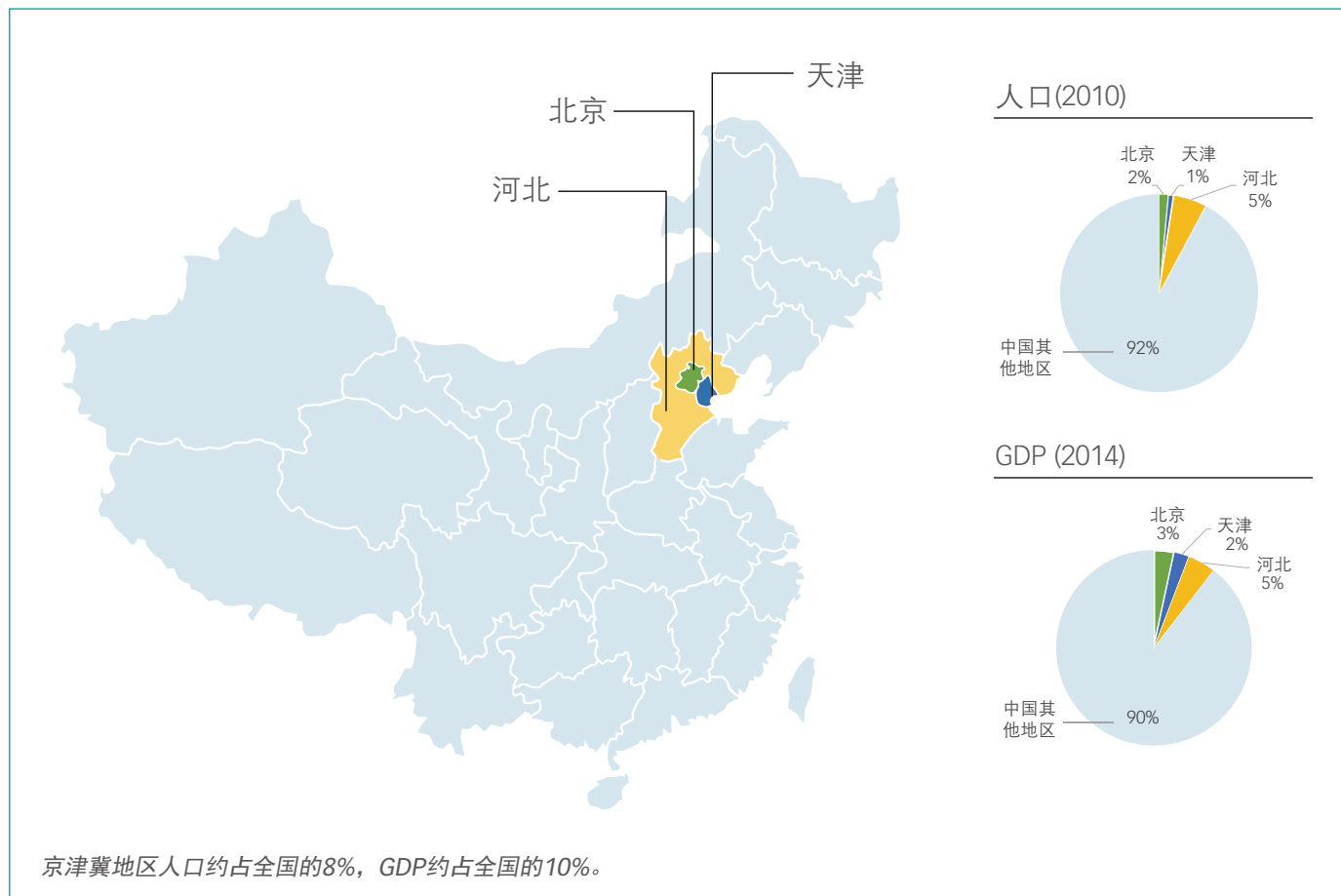
鉴于其多元化经济构成、强有力的政策和监管环境，以及在中国的中心位置，京津冀地区有望大幅度减少污染排放，为全国范围内推广可持续增长

模式的变革奠定基础。如果能脚踏实地落实政府的宏伟目标，那么京津冀此刻正在发生的积极变化也将在全国铺开。

我们希望通过本报告描绘出京津冀地区可持续经济转型的愿景，并最终为全国范围的经济转型提供启示。本报告简要介绍了中美两国的几个转型案例，这些转型已经创造出新的就业机会和新的产业。在此基础上，保尔森基金会针对如何在京津冀地区带来类似的变革展开了深入分析。本报告通过这些案例强调：**强有力的政策框架可以激励私营部门的创新和投资，进而一起为可持续的、富有成效的、繁荣的经济夯实基础。**

报告第二章综述各种宏观因素，表明经济转型和环境质量在中国目前的发展阶段能够携手共赢。其他国家数十年的经验表明，明智的政策可以促进更高质量的增长，同时满足环境和经济目标。（在此前发表的《气候变化，空气质量与经济》报告中，我们概述了通过国家政策和执法以取得这一成果多种途径。）

京津冀与全国的关系：地理位置，人口及GDP



资料来源：国家统计局，2014年

第三章详细分析了排放、空气质量和能效数据，由此得出的结论是，产业转型是改善空气质量和降低二氧化碳排放的关键，通过产业升级和提高能效可以完成部分转型。本章还总结了京津冀地区的城市和企业向更可持续的增长模式转变的步骤。京津冀地区的许多城市正面临严重的经济倒退，因为他们长期过度依赖如钢铁这类高污染的重工业，而现在又要摆脱这种发展模式。而另一些城市，由于及早开始多元化经济发展，早期就推行诸如太阳能和风能等全新的低碳技术，目前正处于相对优势地位。本章提出以下政策建议：

- 基于环境空气质量和碳排放的相对影响，主管环境和经济的官员应该优先考虑**在京津冀地区的工业和公共供暖部门降低排放和提高效率**。
- 应该**优先考虑钢铁和冶金行业的减排**，例如“万家企业节能低碳行动”。尽管摆脱对钢铁行业固定资产投资的依赖并削减过剩产能有助于减排，但在此基础上，通过能效措施降低钢铁行业的PM2.5和碳排放仍有很大空间。
- 河北应该进一步重视**促进可再生能源和能效服务的政策**，因为这两个行业有着强劲的增长和创造就业的潜力。

第四章着重研究美国的案例，介绍曾经的工业城市/州如何在追求经济增长的同时解决环境和气候问题。我们选取了美国的加利福尼亚州和匹兹堡、克利夫兰及托莱多三个铁锈地带城市。本章提出以下政策建议：

- 市政府官员必须尽早**识别新的增长行业**，而不是力求振兴衰退行业及落后的燃料来源。同样是受到传统行业自动化普及和全面裁员影响的铁锈地带城市，如果能及早认识到经济多元化的必要性，就会比那些努力保护传统行业就业机会的城市，拥有更好的开端。
- **对研发的战略投资**，通过与当地高等教育机构挂钩，可以有效地培育出新的产业或服务集群。关键是要根据现有资产和基础设施，确定适当的研发重点，而不是全面投资高等教育，也不是升级改造现存的传统制造业中心。
- **整合国家、区域和地方层面的政策目标**，这是确保环境 and 经济共同繁荣的关键。区域层面如果能带头制定和执行严格的环境标准和能源政策，就可以鼓励创新和培育新的产业。

虽然美国案例的背景与中国迥然不同，但仍可以在如何最大程度地减少经济转型可能带来的短期不利后果方面，为决策者提供重要的启示。

河北应该进一步重视促进可再生能源和能效服务的政策，因为这两个行业有着强劲的增长和创造就业的潜力。

2 改善环境是中国经济转型的必要条件

2.1 转型可以确保清洁且可持续的增长

中国的工业增速和基础设施投资都在放缓，以削减钢铁、水泥和玻璃等制造业的过剩产能。京津冀所处的河北省及其他省份，由于经济过度依赖制造业，正面临增速放缓的冲击；但同时也为中国发展包括可再生能源和能效在内的新兴低碳产业创造了经济机遇。

尽管短期内经济增长放缓，但京津冀地区正借机探索发展机遇，以实现技术跨越、创建标准、加强环保执法，走向更清洁、更优质的增长。中央政府也在制定政策、支持可持续经济转型方面取得了重要进展，推出了促进可再生能源和能效的激励措施。中国新的《环境保护法》和更严格的地方执法正在推动中国大部分工业地区转向更清洁的发展模式，仍有很多机会可以加快转变。中国领导人和企业应该确定几个重点领域，让政策和私营部门投资发挥最大影响力，改善技术部署、集群发展并促进低碳经济增长。

中国经济发展到当前阶段，已经开始受阻于环境污染。

2.2 空气污染和气候变化对经济影响巨大

中国经济发展到当前阶段，已经开始受阻于环境污染。包括二氧化硫(SO₂)和氮氧化物(NO_x)这两个PM2.5污染的主要前体物在内，常规大气污染物在短期内就可以影响到人体健康，导致劳动力和生态系统受损。大多数中国大城市的污染程度远高于国际卫生专家认为可接受的水平：2014年，中国的74个大城市中仅有8个达到国家空气质量标准。⁷ 另据清华大学和北京大学2014年的一项联合研究，2012年，煤炭消费产生大气污染而导致的超额死亡人数约为67万。⁸

气候变化和空气污染还会对社会和经济产生长远影响。二氧化碳可以在大气中存留几百年，二氧化碳水平的不断上升已经导致中国面临气候变化带来的巨大风险，包括极端天气事件增加，干旱更加频繁和长久，影响到中国的粮食供应和农村经济。中国有多达6000万人生活在易受水患侵袭的沿海低洼地区，这一数字超过任何其它国家。⁹ 除了显而易见的公众健康和生活质量因素之外，中国亟需改善环境还有一个重要原因，就是要吸引和留住国际人才。虽然每年都有大批留学生回国，但统计显示也有大量人才离开。根据中国教育部的统计，2008年，仅6.9万海外华人回国，到2013年已经稳步增长到35万以上。但令人不安的是，许多归国人士因为对污染等问题的担忧而再次离开中国。实际上，多达半数的新“海归”可能在6个月内再次离开

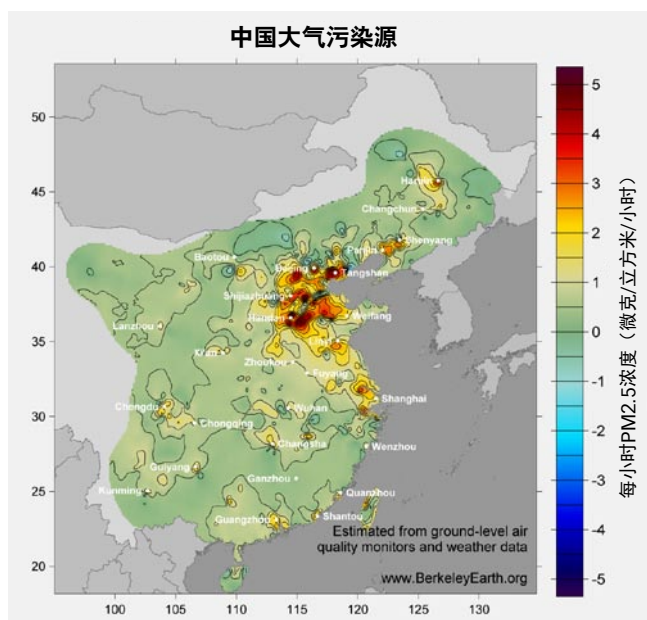
除了显而易见的公众健康和生活方式因素之外，中国亟需改善环境还有一个重要原因，就是要吸引和留住国际人才。

中国。¹⁰ 2014年胡润百富对中国富人（胡润百富定义为资产超过1000万元人民币的个人）的一项研究发现，60%的“海归”因污染、食品安全和子女教育问题而考虑离开中国。¹¹ 此外，招聘公司也表示，中国难以吸引全球顶尖人才的主要原因是空气质量不理想。¹² 外企有时会提高艰苦地区津贴或提供额外假期等福利，鼓励人才留驻中国；¹³ 某些情况下，这些津贴高达基本薪酬的10%。¹⁴

有明显迹象表明，空气质量正对京津冀地区人才去留产生影响。据报道，有企业由于污染问题不愿意在北京设立办事处，¹⁵ 在某些情况下是因为管理层不愿意来中国工作。污染也影响到已经在中国开展业务的企业家的决定：中国招商银行和贝恩咨询公司2011年的一项研究显示，资产超过1亿元人民币的中国企业家中，27%已经移民，47%正在考虑移民。¹⁶

人才的去留决定很重要，因为人力资本是经济向先进技术和高收益模式转型的关键因素。高素质人才由于商业或经济活动的原因，在某一特定地理区域集中起来（“集群”），这在全球人员流动的年代尤其重要。多种趋势表明，文化和自然条件优越的地方通常会形成技术集群。一旦形成集群，该地区往往会从高技术区的知识溢出现象中受益。¹⁷ 尽管中国市场容量大而且增长快，有望在短期内保持对全球人才的吸引力，但有明显迹象显示，污染——尤其是空气质量——正日益左右人们的去留决定。¹⁸

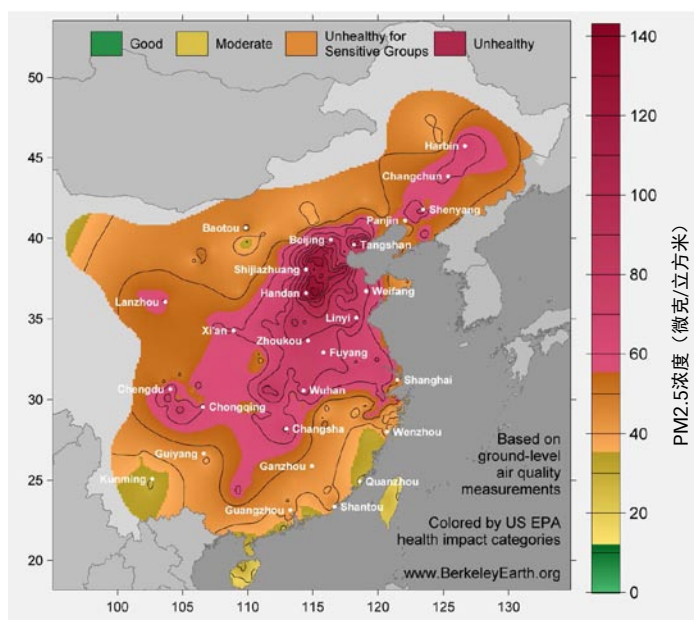
中国大气污染源



资料来源：Berkeley Earth, 2015年

PM2.5污染源集中在京津冀及周边地区

全国环境PM2.5浓度



资料来源：Berkeley Earth, 2015年

尽管京津冀地区的PM2.5浓度最高，但影响范围远超于此

2.3 更加严格的环境标准可以提高竞争力

强有力的政策和严格的环境标准在减少排放、促进有竞争力的低碳经济增长方面发挥着重要作用。虽然现有产业常常说环保法规妨碍企业成长，但实际上，环境标准既能促进创新，又能赋予企业超越同行的技术先发优势。¹⁹

更严格的环境标准和执法能够从多方面提高产业绩效。最直接的好处是鼓励创新：法规促使企业增加研发支出以降低减排成本，调整生产技术，提高生产效率并降低污染。²⁰ 美国电力行业就有这样的创新实例。1990年代，由于美国的二氧化硫排放法规日趋严格，刺激企业开发了更廉价、更有效的洗涤技术，使用排放量更低的新混合燃油。²¹ 虽然有人说清洁能源创新限制了其它领域的投资，例如，从2005年至2014年国际原油价格上涨，促使汽车行业研发资金从传统发动机领域转向电池和混合动力领域，²² 但这种转移有可能催生全新的技术发展路线。举个类似的例子，在1990年代至2000年代，中国的东风日产公司在新的车辆排放标准颁布后开发了清洁燃料车辆及尾气排放控制技术。²³

传统观点认为，放松监管会吸引企业，而加强监管会导致企业逃至“污染避难所”。事实上，中国有时候就被称为这样的避难所。但这种说法其实站不住脚，从国家层面来看，劳动力成本和资本成本等因素可能是更重要的原因。²⁴ 例如，在中国的东北工业区，重污染产业当初兴旺的部分原因是资金成本相对低廉，建设速度快，国有企业融资条件优惠等因素，并没有多少海外企业因环境监管宽松而受到吸引。²⁵ 现在，这样的快速发展已导致国内钢铁、玻璃和水泥行业产能过剩。

实际上，更加严格的环保法规不仅可以推动创新，也有助于提升企业的竞争力，因为企业会加大教育、培训和早期研发投入。²⁶ 再加上设备现代化投资，就能降低劳动力和能源成本，产生长期的经济效益。

最重要的也许是，环保法规可以让某些企业和地区在新技术、产品和商业模式上获得先发优势。这种例子比比皆是：1970年代，欧洲汽车制造商在安全性能上领先一筹时，日本的汽车行业却在排放标准上拥有了过人之处；1980年代，为满足当地更严格的排放标准，洛杉矶的炼油厂进行了技术升级，后来在生产率增幅和利润方面皆领先于德克萨斯州和路易斯安那州的同行；²⁷ 加州特斯拉汽车公司的案例说明，环保法规能够催生出一个电动汽车制造业的龙头，这里的法规包括低碳燃料标准、电动汽车购买定向激励措施，以及碳排放限额和排放权交易系统。



雾霾：2014年，中国74个大城市中仅有8个达到国家空气质量标准。

2.4 中国的可持续发展已经到了一个转折点

中国经济已经发展到中上等收入阶段，拥有解决环境污染的资源。²⁸ 随着收入的增加，人们对生活质量的要求也提高了，公众、领导人和企业都期望有一个更清洁的环境。²⁹ 由于其它国家已经开发了应对空气污染的技术并已实现商业化，中国可以加以利用，并在扩大技术部署和可持续增长战略方面成为其他国家的典范。尽管中国能源系统的快速变革遭遇结构性因素的阻碍，比如煤炭占能源的主导地位和国内天然气相对缺乏，但也已经开始向更清洁的低碳模式转型。

我们认为，在目前的发展阶段，中国既有资金也有技术渠道，可以研究和利用工业化国家已经研发并应用的空气质量治理方案。中国的经济学家们一致认同中国的人均收入已跨越一个门槛，此后环境质量应当随着经济的持续增长而改善，这个概念通常被称为“环境库兹涅茨曲线”。³⁰ 根据清华大学2012年的研究，环境和科学意识的提高，以及对美国和其它发达国家技术经验的借鉴，有望使中国降低环境污染的收入水平比其他国家更低。³¹ 中国采用先进技术的好处已经有所体现。例如，在国内太阳能政策的支持下，中国太阳能制造业的成本急剧下降，拉动全球太阳能光伏需求增长，³² 同时也在国内创造了一个清洁能源行业及就业机会。



人才流失：中国难以吸引海外人才，留学归国人才也在大量离去。

2.5 中国现有政策为可持续的经济转型提供了框架

中国政府已经制定了支持可持续经济转型的政策框架。中国正在努力成为一个经济繁荣、技术先进和富于创新的国家，在促进高技术、环境友好型行业发展的同时，对老旧工业进行升级换代。除了先进技术，政策还强调创新、可持续发展和人才培养。最高领导层通过中央计划会议、公开渠道（如媒体）等多种渠道传达这些目标。

中央领导人最近在国家发展建设中越来越强调“生态文明”，十八届三中全会公报将其定义为“环境可持续、资源节约利用以及降低环境污染”。会上，政府公布了几项主要目标，包括使市场在资源配置中起决定性作用，完善环境与能源政策等。³³

中央的政策目标是促使经济向清洁、低碳和创新模式转变。其中，清洁空气是当务之急。下文进一步阐述改善空气质量对于中国可持续经济转型的重要性。

中央颁布的与经济转型相关的重大政策

创新：“十二五”规划（2011-2015年）重点强调先进技术，确定了七大战略性新兴产业：节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车。³⁴ 与环保相关的低碳技术成为中国经济转型的重要内容。³⁵ 为了摆脱对制造业的过度依赖，国家还推动向消费经济和服务经济逐渐转型。³⁶

创新：中国以前埋头追赶先进技术，但创新才能推动经济持续增长。³⁷ 因此，2006年《国家中长期科学和技术发展规划纲要》将促进自主创新上升到国家战略的高度。³⁸ 李克强总理指出，中国应通过提升市场作用，为企业家创造更具包容性的增长环境，以推动技术创新。³⁹

可持续增长：近年来，中国领导人多次指出不能单纯追求GDP增长率，而应当考虑包括环境在内的经济福祉的所有方面。习近平主席在2013年指出，“增长必须是实实在在和没有水分的增长，是有效益、有质量、可持续的增长”。⁴⁰ 为了实现可持续的发展目标，中国强调

循环经济的重要性，这种经济发展模式“旨在通过资源保护、回收和循环利用，尽可能减少污染源，降低单位产出的整体浪费，从而达到保护环境，防止污染和可持续发展的目的。”⁴¹

人才：中国提出要在2020年成为“人才强国”，力求吸引海外顶尖人才，增加人力资本投入，提高人力资本在经济增长中的比重。⁴² 2015年2月，人力资源和社会保障部发布战略，指出了中国在培养人才以支持地方创新和经济增长方面需要采取的步骤，⁴³ 强调了创新、技术开发和技能培训等几项关键内容。

技术、创新、可持续增长和人才这四个领域相辅相成：要提高创新能力，需要培养并留住人才。丰富的人才基础有助于促进经济向高技术产业转型。清洁健康的环境有利于经济转型，并帮助留住人才。由此可见，国家领导人认为经济发展和环境保护可以并行不悖。

3. 工业转型、更清洁的空气、绿色发展

3.1 工业增效和经济转型是京津冀地区的重要起点

重工业引领中国走过了举世瞩目的30年经济发展历程，但也是空气污染的最大来源，已成为阻碍中国未来发展的主要障碍。例如，钢铁、焦炭和水泥行业已成为全国最大的常规污染物和温室气体污染源，在京津冀地区尤甚。⁴⁴ 近年来，政府已经采取了严厉措施，减少对高污染重工业的依赖，削减过剩产能，将不经济的、低效率的制造过程减到最低。⁴⁵

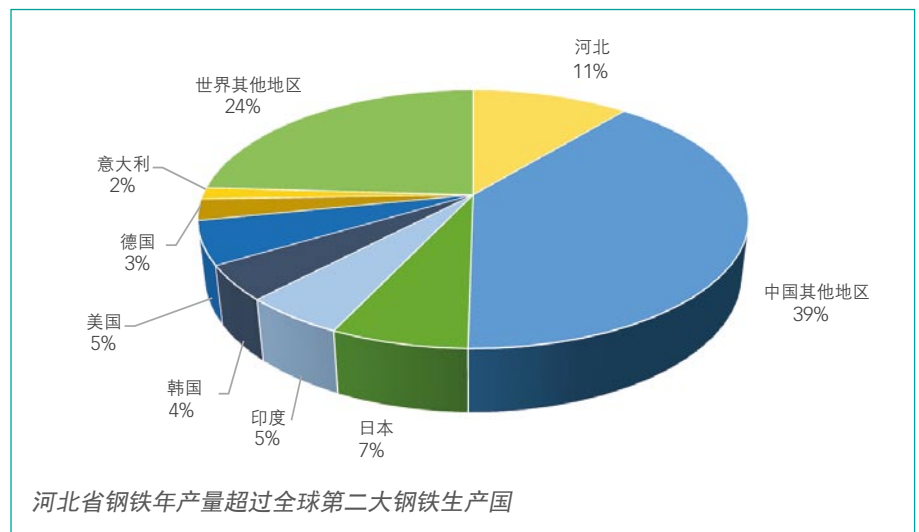
京津冀地区的经济结构如今一分为二：北京和天津的城市经济相对集中于服务业和政府，经济较落后的河北省严重依赖于工业。

由于重工业是京津冀地区经济的核心，提高工业效率和促进经济转型的政策势必产生深远的影响。京津冀地区的经济结构如今一分为二：北京和天津的城市经济相对集中于服务业和政府，经济较落后的河北省严重依赖于工业。2014年，河北省GDP中第一产业和第二产业分别占6%和41%，⁴⁶ 截至2012年，两大产业约占全省总就业率的三分之二。⁴⁷ 省内的主要制造业为钢铁，建筑材料包括水泥、玻璃等也占据重要地位。2013年，仅这三大行业即占河北省GDP的大约三分之一。⁴⁸ 河北也是中国最大的钢铁制造省份，占2014年全国钢铁产量的28%；⁴⁹ 该省每年的钢铁产量超过世界第二大钢铁生产国日本。⁵⁰

3.2 优先发展工业减排和提高工业能效

根据保尔森基金会和清华大学的一项合作研究，中国，尤其是京津冀地

河北省钢产量



资料来源：中国钢铁工业协会，2014年

区，有充分理由把治理污染的重点放在提高工业、建筑和交通的能效上。该研究涉及五大领域*：建筑物、电力、工业、交通运输和农业，分析了各领域减排对京津冀地区空气质量的相对影响；⁵¹并以京津冀地区8个城市为例，具体分析了每个领域减排（涉及所有污染物，包括但不限于一次PM2.5，即粒径小于等于2.5微米的颗粒物，学者认为这种颗粒物对人类健康极为有害）对环境PM2.5浓度的影响。鉴于工业是京津冀地区最大的排放源，该模型还进一步分析了工业内部子行业减排的影响。

总体而言，研究结果显示，减少工业排放和建筑物排放（主要因供热导致）对空气质量的影响最大，但在不同的城市和不同的季节会有变化。**研究表明，除了季节因素以外，从当地（城市）和整个地区的角度来控制空气质量也很重要。

清华大学的分析揭示了不同季节的减排工作应考虑的不同细节。在公共供暖达到高峰的冬季，家庭部门减少30%的排放会对京津冀大多数城市的PM2.5浓度产生相对最大影响。（家庭部门包括民用及商用的公共供暖、烹饪、溶剂使用，但不包括用电。河北省95%的公共供暖使用煤炭；北京和天津已逐步采用天然气取代煤炭。⁵²）工业减排30%对冬季PM2.5浓度的影响略小于家庭部门（主要是供暖）。但在夏季，工业减排30%对京津冀所有城市空气质量的影响远远超过其它部门。

无论冬夏，农业减排的影响排第三；但北京和天津等大城市例外，这些城市的交通运输业在夏季的减排影响排第三。在冬季和夏季，电力部门的减排对空气质量的影响最小。该地区大多数热电厂已经安装了先进的排放控制设备。⁵³

需要指出的是，分析结果取决于所使用的排放清单的准确性。例如，分析认为交通运输部门减排的影响较低，这也许是因为模型假设中包含了对车辆尾气排放控制技术的假设，从而导致低估。⁵⁴

研究进一步分析了工业部门各子行业，即钢铁、冶金、水泥、化工和玻璃行业，对空气质量的影响。结果表明，对京津冀地区城市空气质量潜在影响最大的是钢铁和冶金。对重工业城市（例如石家庄、保定和唐山）而言，钢铁行业减排30%将使空气质量改善3.5%（考虑所有污染物），效果远超其它子行业。

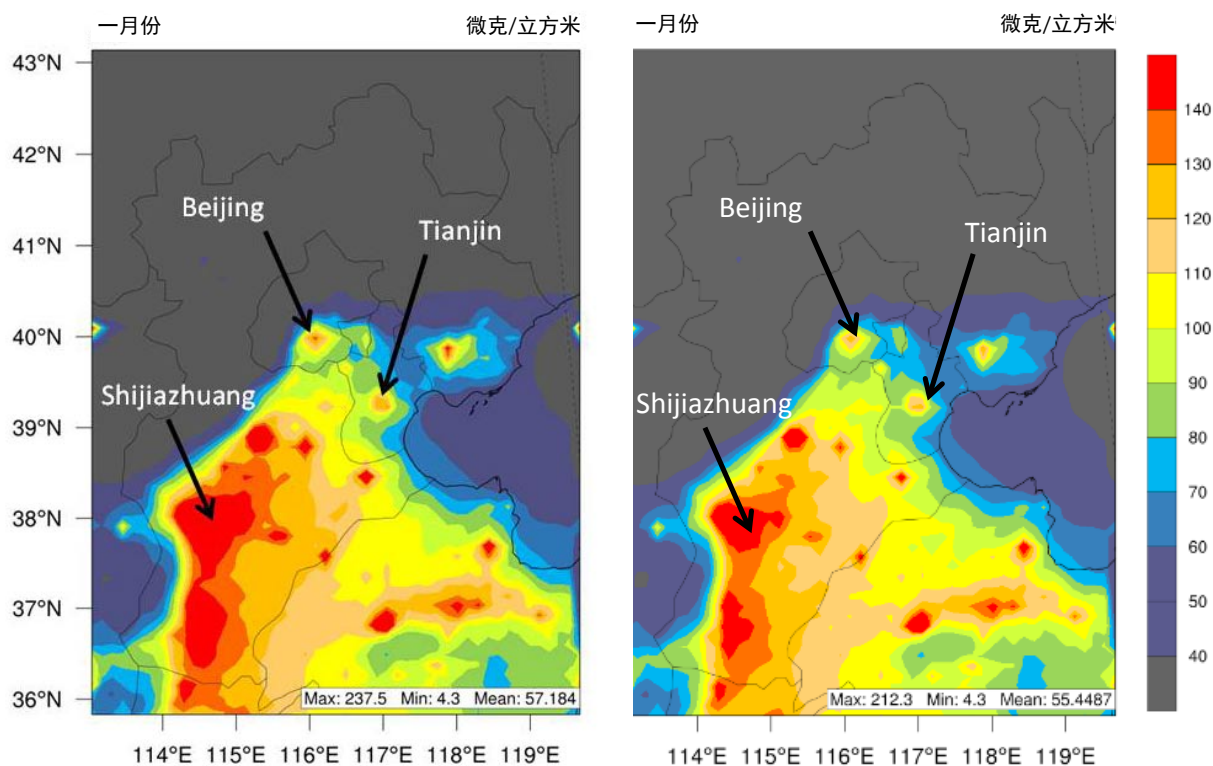
* 工业包括工业生产（钢铁、有色金属、建筑材料、炼焦、炼油、化学合成、原油/汽油/柴油经销、化石燃料开采、黑炭生产、精细化工、食品加工，以及制药等其它工业生产过程）、工业燃烧（提供工业热水或热气的燃烧过程）、工业溶剂使用（涂料、印刷、粘合剂、木材防护，以及脱脂）。电力包括燃煤发电、燃油发电、燃气发电、核电，以及水电、风电、太阳能电厂，以及生物质能和潮汐能发电。建筑排放包括家庭采暖（炉灶、热水器、采暖器和分区供暖）的燃烧过程中的排放，家用电器和商业楼宇中的电气设备使用的排放，以及废水和固体废物处理及回收、排烟、烹饪、溶剂（木器涂料、杀虫剂、个人护理和干洗用品）使用中的排放。农业排放包括耕种、畜牧、和肥料使用相关的排放。交通运输包括路上交通（柴油、汽油、压缩天然气、液化天然气、电动、混合动力的卡车、公共汽车、轿车和摩托车）以及非路上交通（拖拉机、建筑设备、铁路交通和内陆航运）的排放。

** 按照2013年中国《大气污染防治行动计划》所设立的目标，保尔森基金会和清华大学以30%的减排为例，以可视化方式显示合理减少各产业一次排放对空气质量的影响。

研究结果为全国、地区和大城市的决策者提供了有用的参考。**首先，研究结果强调了减少工业和公共供暖排放对改善空气质量的重要影响。**尽管公众通常关注最明显的污染源，如北京、天津等大城市交通拥堵时的汽车尾气排放，但清华大学的研究结果显示，交通运输部门减排的效果远远低于工业减排。此外，调整公共采暖政策，例如用天然气或电力取代煤炭供暖，也将对减排产生明显影响。这项研究没有讨论不同减排措施的成本效益，虽说这也是政策考虑的主要因素之一，但我们注意到，已经有些研究指出了工业部门以经济的方式降低排放有很大空间。⁵⁵ 应当结合成本综合考虑各种减排措施，找到最经济的解决方案。

其次，决策层应重点识别钢铁和冶金行业最经济的减排方案，因为这两个行业对京津冀地区大部分工业城市（例如石家庄）的空气PM2.5浓度影响最大。

一月份，减排30%对京津冀环境PM2.5的影响



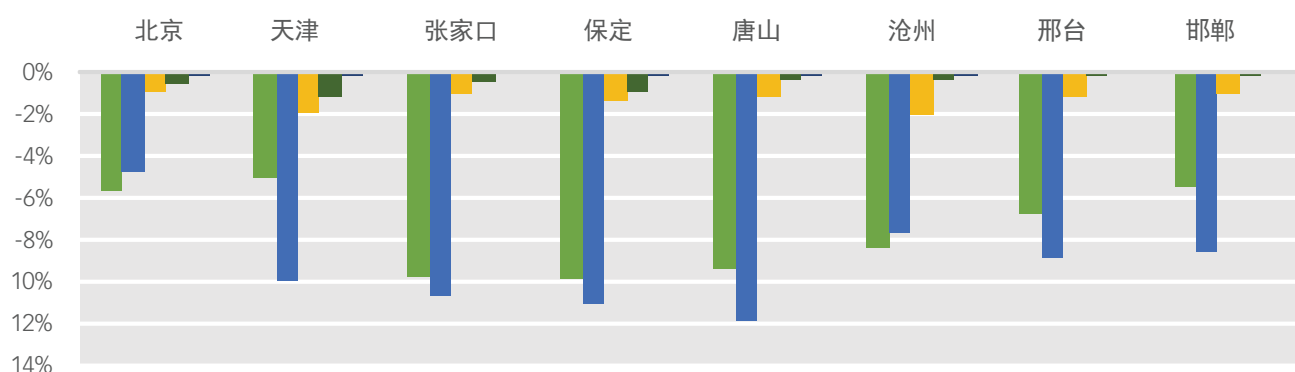
清华大学利用复杂的空气质量模拟软件，对空气质量的相对改善进行了敏感性分析，分析假定各经济领域都有一定程度的减排。上图反映的是1月份空气质量的监测结果，1月份是历来污染最严重的月份之一。左图是京津冀地区环境PM2.5浓度的基准情形，表明最脏空气聚集在诸如河北石家庄、北京、天津这类主要城市。工业减排对该地区环境PM2.5浓度有显著影响，如右图城市地区略浅的橘黄色所示（在下面几页的条形图中更为明显。）

资料来源：清华大学，2015年

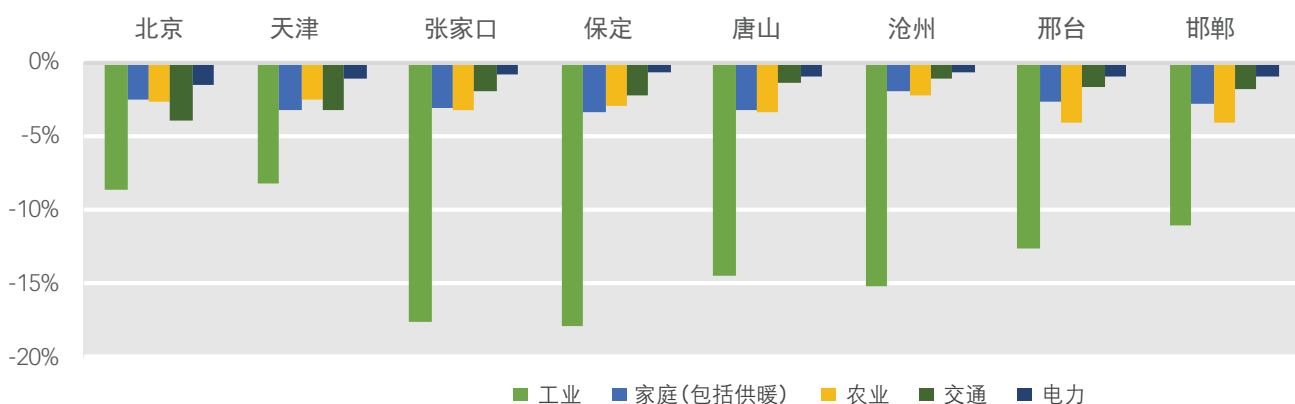
总体而言，研究结果凸显了京津冀地区摆脱高污染重工业，进行长期工业转型的重要性。几十年前，当京津冀地区开始工业化之际，从经济 and 规划的角度看，围绕大城市、铁路沿线和港口城市发展重工业是合理的。但现在，华北地区空气污染已经威胁到人们的健康和经济前景，京津冀地区人口不断膨胀，有必要将发展重心转向更清洁的产业和服务，逐步远离高污染钢铁、水泥、玻璃等最初推动中国城镇化战略的原材料产业。

京津冀地区城市减少30%的一次排放对PM2.5浓度的影响

一月



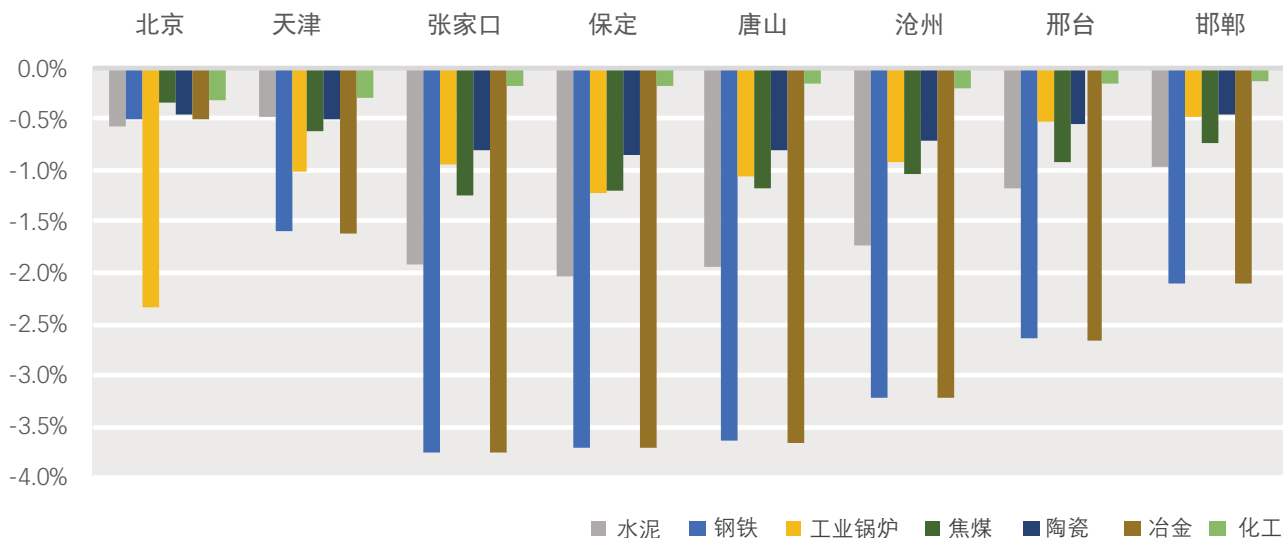
七月



这项由清华大学进行的敏感性分析评估了各单一领域减排30%对区域空气质量的影响，这些领域包括工业、家庭（包括供暖）、农业、交通和电力。分析采用区域空气质量模拟软件，选取京津冀地区的8个城市，评估了各领域减排对空气质量的影响。1月份，工业和家庭部门（主要是公共供暖）的减排改善空气质量的效果最为显著（本图中以当地大气环境PM2.5浓度为衡量标准）。7月份，工业减排改善空气质量的效果最为显著。

资料来源：清华大学，2015年

京津冀地区城市各子行业减少30%的一次排放对PM2.5浓度的影响



清华大学的分析表明，京津冀地区各子行业中，钢铁和冶金行业减排改善空气质量的效果最为显著。

资料来源：清华大学，2015年

3.3 每个行业都存在节能减排的巨大潜力

虽然有人认为，减少工业排放的唯一方法是抑制经济增长，但事实上，减排与发展经济完全可以相互促进。工业部门增效不仅可以减少排放（以及相关的宏观经济成本）；而且可以通过减少燃料支出来节约开支。为增效而进行设备升级还可以减少维修支出并延长设备的使用寿命。由于中国经济过度依赖重工业和投资，因此向服务和消费行业过渡不但具有减排潜力，还可以促进经济多元化发展及长期增长。

如前所述，钢铁行业是节能减排政策的合理首选。近20年来，中国一直是全球最大的钢铁生产国，到2010年，炼钢消耗的一次能源占全国制造业的27%。⁵⁶

与中国能源研究所（ERI）及国家应对气候变化战略和国际合作中心（NCSC）合作，美国的能源创新公司（Energy Innovation）就中国钢铁行业增效如何影响全国的PM2.5和二氧化碳等污染物的排放进行了建模分析。^{*}他们设想了几十种排放政策和监管法规的情景，分析了不同情景对排放的影响，包括提高炼钢设备的效率、以清洁能源代替煤炭、提前退役老旧或低

^{*} 各领域全部的模拟结果，请查阅 <http://china.energypolicy.solutions/>。

效工厂、某些工厂的余热回收以及对某些设施的效率瓶颈进行补救等。

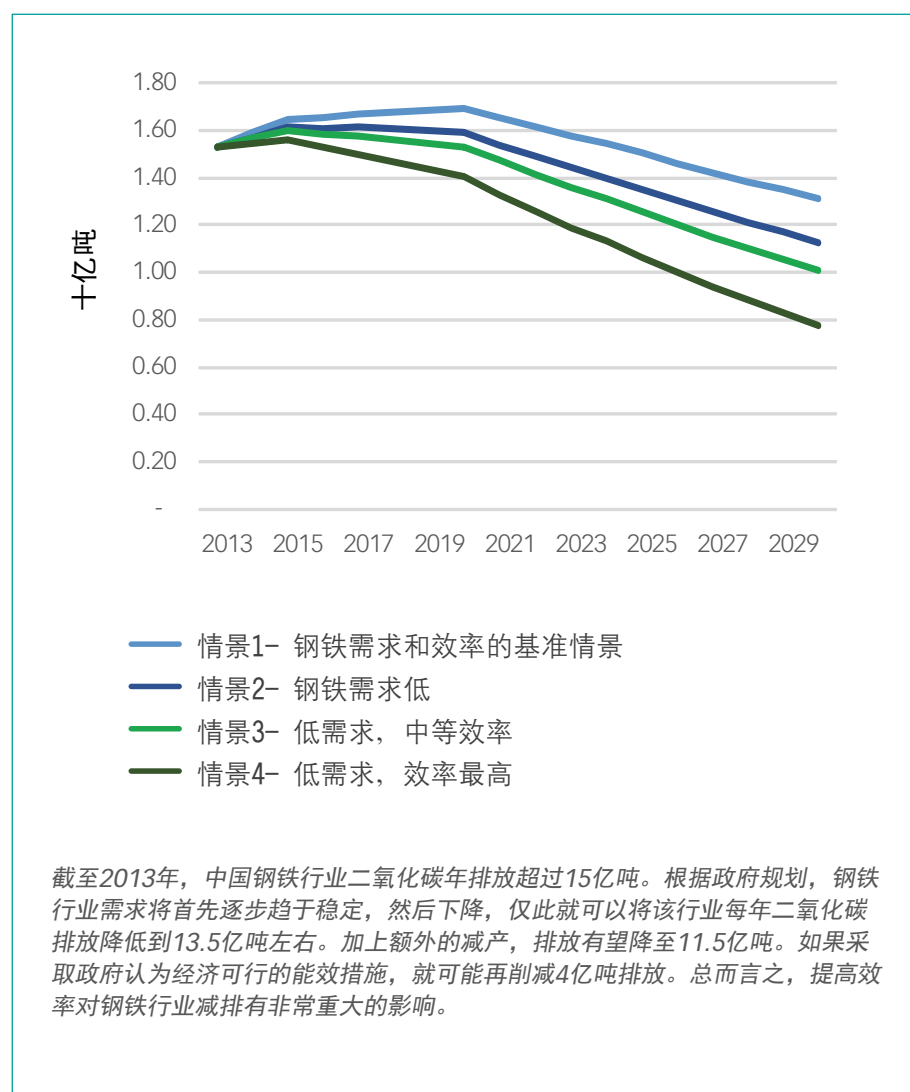
能源创新公司还根据中国投资导向型经济向消费导向型经济转变的既定目标，分析了降低基本工业产品的整体需求对钢铁行业排放所产生的影响。

我们在其中选择了4个具体情景加以说明：基准情景（情景1）、钢铁终端需求较低的情景（情景2）；另外两个情景设置与情景2形成对比，即工业设施效率适度提高（情景3）和大幅提高的情景（情景4）。

基准情景已经包含了部分增效和钢铁产品需求进一步减少的假设，但在此基础上，钢铁行业增效仍将对PM2.5 和二氧化碳减排产生深远影响。到2030年，最先进的增效措施加上钢铁需求的减少，将令钢铁行业的二氧化碳排放比基准情景减少41%。超过三分之二的减排都来自节能增效措施。

虽然有人认为，减少工业排放的唯一方法是抑制经济增长，但事实上，减排与发展经济完全可以相互促进。

到2030年，钢铁行业的二氧化碳减排潜力



资料来源：能源创新公司，国家气候中心，国家发改委能源研究所，2015年

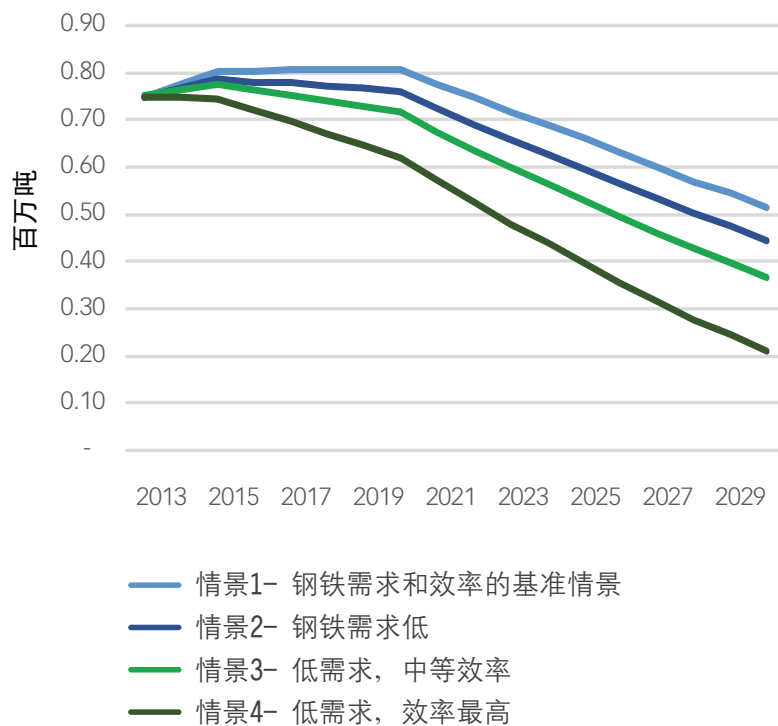
增效在PM2.5减排方面的效果更为显著。钢铁行业增效与需求降低相结合，将导致PM2.5排放减少59%。不考虑需求降低的影响，钢铁行业增效和改用清洁燃料带来的二氧化碳和PM2.5排放就将比基准情景分别降低31%和52%，相当于全国二氧化碳和PM2.5排放比基准情景降低了3%和9%。

对严重依赖钢铁行业的京津冀地区而言，该行业的升级对改善京津冀地区空气质量尤其重要。1990年代以来，通过节能技术和行业优化提高效率（许多是政府强制项目），全国钢铁制造业的能耗都有所降低。⁵⁷ 根据2012年对50家钢铁企业的分析，在1994年至2003年期间，钢铁部门的能源效率提高了60%，而且仍有继续提高的巨大空间。⁵⁸ 鼓励进一步技术升级和提高能效的政策措施，包括余热回收、提高生产和监控的自动化程度，以及预防性维护等，都是优化工艺流程及减少碳排放的可选办法。⁵⁹

中国还可以在“十一五”和“十二五”规划的基础上，继续提高钢铁制造业的能源效率；例如，国家发改委的“千家企业节能行动”和“万家企业

不考虑需求降低的影响，钢铁行业增效和改用清洁燃料带来的二氧化碳和PM2.5排放就将比基准情景分别降低31%和52%。

到2030年，钢铁行业的PM2.5 减排潜力



截至2013年，钢铁行业每年排放的PM2.5超过75万吨。根据政府规划，钢铁行业需求将首先逐步趋于稳定，然后下降，仅此就可以将该行业每年的PM2.5排放降低到50万吨左右。加上额外的减产，排放有望降至43万吨。如果采取政府认为经济可行的能效措施，就可能再削减23万吨排放。总而言之，提高效率对钢铁行业减排有非常重大的影响。

资料来源：能源创新公司，国家气候中心，国家发改委能源研究所，2015年

节能低碳行动”。⁶⁰ 生产自动化将在这个过程中发挥重要作用。研究预测，在2014年至2018年期间，中国将在制造业自动化项目上投资9000亿元人民币，相当于中国的工厂自动化市场规模在3-4年内增长一倍。⁶¹

3.4 新兴清洁能源产业正在推动可持续的经济增长

如前所述，以更加清洁、自动化程度更高为导向的产业升级是向清洁、繁荣的经济转型的根本途径。除了提高产业效率以外，新兴产业也正在为中国的经济增长做出越来越大的贡献，并形成了一个良性循环：执行环境政策和鼓励清洁产业发展的政策既有利于减排，又能帮助当地的经济多元发展，进而鼓励更多清洁产业和服务入驻该地区。这些新兴产业包括了可再生能源和能效，将在下文详述。这些领域的发展趋势有助于逐步减排和向清洁经济转型，带来更大的增长。

中国已经是可再生能源开发这个重要新兴产业的全球领先者。通过政策、项目与基建投资，在减少对化石燃料的依赖并建立一个不断扩大的清洁和低碳能源系统方面，中国取得了令人瞩目的成就。事实胜于雄辩。2014年，中国在可再生能源总装机容量上排名世界第一，其中水力、风能、太阳热能和地热能源的装机容量均居全球首位。⁶² 2014年，在太阳能光伏发电方面，中国仅次于德国，排名全球第二。⁶³

中国的可再生能源政策和装机容量的快速增长推动了可再生能源的增长。2012年8月，国家能源局发布的《可再生能源发展“十二五”规划》制定了宏伟目标：到2015年，水电、并网风电和太阳能发电装机容量分别达到290吉瓦、100吉瓦和21吉瓦。⁶⁴ 国家发改委在2014年11月发布的《国家应对气候变化规划（2014-2020）》中制定了更远大的目标，将2020年前的风能和太阳能发电装机容量目标提高到了200吉瓦和100吉瓦。⁶⁵

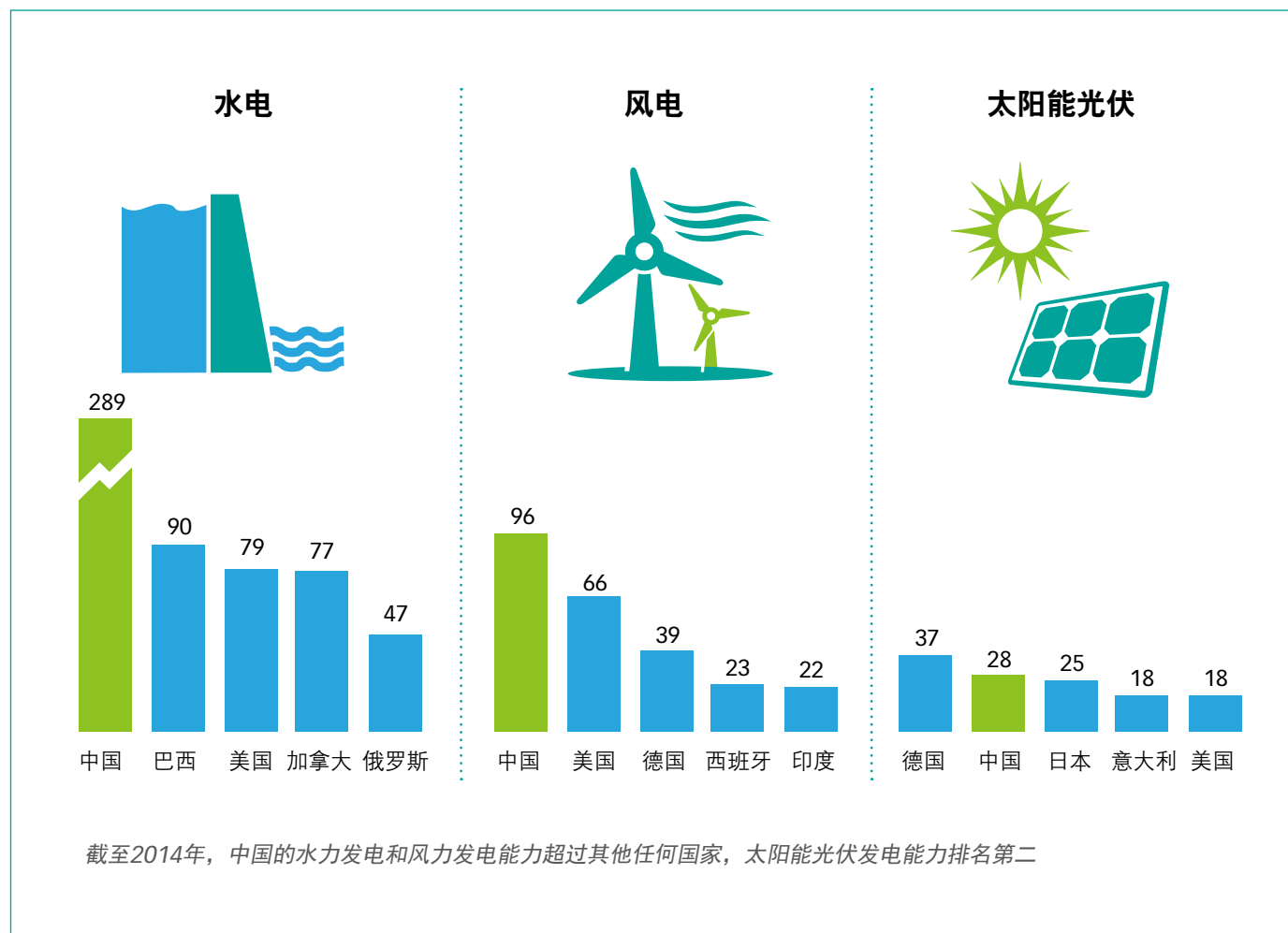
为实现这些目标，中国投资于整个可再生能源产业链，在研发、制造、运营和维护领域创造就业机会。这种增长及由此产生的投资商机获得了国际市场的认可。例如，安永（E&Y）在2014年9月发布了“可再生能源国家吸引力指数”，该指数根据一系列因素，包括自然资源、融资、电网互联和政治支持度，将中国评为可再生能源投资和部署吸引力排名第一的国家。⁶⁶ 同样，Clean Edge分析公司在2014年指出，中国已经成为太阳能和风能装机第一大国，并且仍将是所有清洁能源技术的主要投资者。⁶⁷

除了政府的政策支持以外，与可再生能源开发相关的成本日益下降也促进了中国的清洁能源发展和相应的绿色就业增长。得益于可再生能源制造业的规模化扩张和优先部署，中国已经成为国内和全球太阳能价格下降的主要贡献者。⁶⁸

中国已经是可再生能源开发这个重要新兴产业的全球领先者。

这些产业转型都是有代价的。自动化和关闭落后产能意味着河北及中国其它地方工人的失业。新行业可能永远无法完全弥补这些工作机会，但是，清洁能源有充分的就业创造潜力。根据中国社会科学院（CASS）城市发展与环境研究所（IUE）2010年的一项研究，投资可再生能源技术和节能技术这样的绿色发展政策，将创造3000万个直接或间接工作岗位。^{*} 尽管关闭小型煤电厂会减少80万个工作岗位，但社科院预测，到2020年，排放控制和高效率燃煤电厂及供应商将创造逾100万个岗位，可再生能源将创造逾400万个新岗位。⁶⁹ 同样地，自然资源保护协会（NRDC）2015年对中国煤控政策的研究表明，煤控政策将促使就业大幅增长。⁷⁰

截至 2014 年底各国可再生能源总装机容量 (单位: 吉瓦)



资料来源：2015可再生能源全球现状报告，中国风电容量稍作调整，只有年末并网容量的数据。

* 岗位增加总数。

低碳发展促使中国电力行业增加的岗位总数（2005-2020）

到2020年之前，新增直接和间接工作岗位将达到900万个			
	直接就业	间接就业	合计
火电	251,000	29,000	279,000
风电	848,000	2,309,000	3,157,000
太阳能发电	50,000	1,237,000	1,287,000

资料来源：中国社会科学院

中国发展可再生能源以满足能源需求，风电和太阳能领域就业增长迅速。风电行业的新增岗位数量几乎是太阳能的两倍。

国际经验证明了以上预测，并说明可再生能源发展和能效投资对就业和整体经济增长持续产生积极影响。这是因为，可再生能源成本下降，促使清洁能源变得更具竞争力，对清洁高效的能源产品的需求相应增长，安装、运营和维护等相应领域的就业机会也随之增加。⁷¹ 国际可再生能源署（IRENA）预计，到2030年，可再生能源占全球能源利用的比例有望增长一倍，创造逾1600万个直接和间接的就业机会。⁷² 虽然这些有关就业的研究并不充分，但也说明经济转型与就业增长之间存在正相关关系，并说明向清洁能源产业的转型会带来潜在收益。然而，重工业领域就业相应减少也说明，在失业率高的社区，需要提供转型援助和职业培训服务。

除了更快地增加就业，清洁能源发展还将促进中国的经济转型。美国落基山研究所（RMI）的研究报告《重塑能源：中国》阐述了可再生能源和能效的重要作用，即有助于经济增长与能源密集型工业脱钩。⁷³ 根据这项研究，中国可以摆脱对化石燃料的依赖，同时在工业、建筑物、交通运输和电力部门提高效率并使用更清洁的燃料，部分措施包括超轻汽车材料、工业和民用设施和建筑的一体化设计、小额储能系统支持下的高渗透率风电和太阳能等。⁷⁴

新的就业岗位并不一定对工人有利，他们可能因为从事传统行业而面临失业的风险。就业的积极影响可能体现在地区和国家层面。但在地方层面，很可能还需要特殊的培训或安置政策来解决短期混乱状况。同样值得注意的是，许多高排放重工业行业的失业与自动化和关闭过时产能有关，环境政策只是二级或三级影响因素。因此，京津冀地区不会面临“就业还是环境”的选择，而是一个更长期的、区域经济升级和多元化综合的转型。

3.4.1 可再生能源已在京津冀站稳脚跟

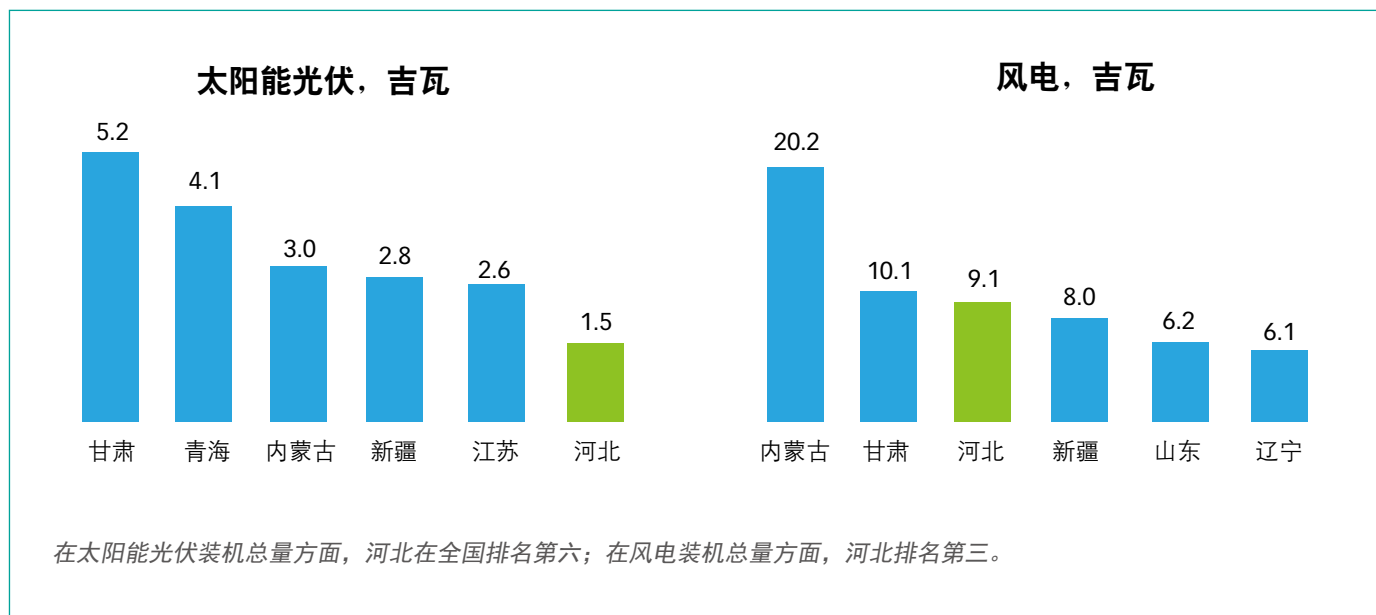
不断扩大可再生能源产能和部署，有望在京津冀地区转型成为一个低碳的、先进的经济中心的过程中发挥重要作用。虽然中国在可再生能源制造

和部署方面领先于世界，但在京津冀地区增长缓慢。不过，一些城市开始认识到清洁能源的价值，并从这个方向开始多元化发展。

鉴于河北省本地需求较高，风能与太阳能资源丰富，输电网与邻近省份互联较好，因此有望从风能和太阳能加大投资中获得经济与环境的双重效益。河北已经具备大量的可再生能源产能，但可再生能源只占该省能源消耗的一小部分。从能源构成来看，河北省严重依赖化石燃料，90%的电力源自燃煤发电，⁷⁵ 煤炭、玻璃和冶金行业几乎都以煤炭为唯一燃料。可再生能源在河北省的能源构成中只占很小一部分，大部分的风能安装在风力资源丰富的承德市和张家口市。河北省到2015年的风电装机容量只有9吉瓦，而到2015年9月，全国风电装机总容量已经超过105吉瓦。⁷⁶ 同样地，河北的太阳能资源和西班牙中部地区不相上下⁷⁷，而且享受较高的太阳能上网电价（中国大部分的大型太阳能电厂都建在相对偏远和人口稀少的省市，如新疆、青海和甘肃等地⁷⁸）。但截至2015年春，河北在省级太阳能装机容量排名中排第六，在全国太阳能光伏装机总量中仅占4.6%。⁷⁹ 2015年，国家能源局为河北的太阳能新增装机容量定下了1吉瓦的目标，如果能够实现，河北将成为最重要的国内太阳能市场之一。⁸⁰

为了实现空气质量目标，京津冀地区积极投资清洁能源。在这个过程中，分布式太阳能的发展印证了能源系统从依赖煤电的集中式向基于用户位置的分布式的转变。例如，分布式光伏发电可以帮助京津冀地区满足电网灵活性的要求，提高电网稳定性。

2014年河北可再生能源总装机容量与其他省的比较



资料来源：保尔森基金会，基于国家能源局2015年的数据

尽管中央政策鼓励推广分布式能源（包括屋顶式太阳能发电），并且沿海省份拥有比德国和英国等其它领先的太阳能国家更丰富的阳光资源，但是这几个经济大省的太阳能部署都较为滞后。分析师指出，多种障碍导致了分布式太阳能普及缓慢，这些障碍包括审批流程拖沓，太阳能发电并网的补贴和支付程序繁琐，甚至空气污染本身也会阻隔阳光。⁸¹

随着分布式太阳能经济效益的提高，这些障碍也在被逐渐克服。河北省的邯郸以煤炭、钢铁产业和严重的空气污染而闻名，邯郸纺织公司决定走出跨越式的一步，投资建设屋顶式太阳能设施。与其他分布式太阳能项目不同，这不是一个由政府主导的示范项目，而是企业基于实际现金回报的商业决策。此外，中央政府为分布式太阳能提供0.42元人民币/千瓦时的补贴，也是这项投资决定的一个因素。该公司开展了可行性研究，并对河北和浙江生产的太阳能光伏板进行了现场测试，决定在2014年全面安装太阳能光伏板。公司的一位高级管理人员说：“这完全是公司的自主决定。”⁸²

项目效果令人期待：公司的独立可行性报告认为该项目可以获得16%的现金回报，但公司的管理层认为，由于太阳能发电超过预期和经常除尘维护，公司获得了20%以上的回报。

邯郸纺织公司的案例说明，政府政策可以与技术推广相互促进，通过理论结合实践、知识溢出和有效的市场营销，可以促进清洁能源产业的增长。

邯郸纺织公司屋顶太阳能装置



地点：河北邯郸

建设时段：2014年-2015年

输出：1.5兆瓦

采用的技术：太阳能光伏板，逆变器以及相关的功率控制器

经济效益：投资回报率预计在15-20%

邯郸纺织投资屋顶太阳能以节约开支并帮助地方就业。太阳能板（如图）提供了工厂大约7-8%的电力需求。在阳光充足的夏日午后，太阳能可以为这家拥有280名员工的纺纱织造厂提供高达三分之一的用电。

建筑环境是中国在技术开发和利用、创新、就业等方面增长最快的一个领域。

不过，河北省普及分布式太阳能仍有不少障碍。目前，如果没有政府的补贴，分布式太阳能光伏的成本仍然过高，不像世界有些地区太阳能已经达到终端用户电网平价。造成这种情况的部分原因是中国的电价相对较低，特别是在一些地区，当地政府为吸引工业投资而提供对常规能源的补贴。

3.4.2 中国正在逐步掌握绿色建筑技术领域的知识和经验

建筑业能源消费约占中国一次能源消费的三分之一（包括工业建筑）。中国的建筑面积以每年20亿平方米的速度增长，能源消费总量及由此产生的碳排放也随之增长。⁸³ 提升建筑能效已成为中国节能减排的重点之一。建筑环境是中国在技术开发和利用、创新、就业等方面增长最快的一个领域。

节能技术、节能材料和集成设计都可以用来降低建筑的能源消费。但是，除非开发商看到节能带来实际经济效益，否则，建筑环境的排放可能还会继续增加。目前，开发商、投资商和业主常常表示，在推进低能耗和可持续性建筑方面缺乏真正的动力。此外，推广专业技能和向用户展示新技术魅力都有困难，也阻碍了节能措施的推广与实施。

中国建筑科学研究院的近零能耗示范楼说明，政府示范项目可以从两方面克服上述障碍：首先，该示范楼采用了大量性价比高且适合中国的先进技术和材料，尤其适合北京的气候条件和低层办公楼使用。其次，通过与众多利益相关方的协作，包括开发商、技术供应商和国际合作伙伴（比如中美

中国建筑科学研究院近零能耗示范建筑



地点：北京

完成时间：2014年

建筑面积：4025 平方米

采用技术：太阳能（太阳能光伏和光热用于制冷/热）蓄能供热系统、导光管和采光，三层低辐射玻璃，LED照明、辐射制冷/热末端，地源热泵系统

经济效益：4000元/m²，增量成本15%，投资回报期为5-8年

中国建筑科学研究院在北京的近零能耗示范建筑（上图），其能源消耗比北京地区同类办公建筑低75%。

清洁能源联合研究中心建筑节能合作项目 (CERC-BEE))，中国建筑科学研究院实现了技术推广，既包括国际技术供应商和研究机构的技术转移，也包括与中国供应商、设计师和开发商合作提供的教学实践机会。

示范建筑面向中国建筑节能技术发展的核心问题，秉承“被动优先，主动优化，经济实用”的原则，集成展示28项世界前沿的建筑节能和环境控制技术，示范建筑第一年的用能计划为每平方米25千瓦时，可以达到“冬季不使用传统能源供热、夏季供冷能耗降低50%，建筑照明能耗降低75%”的能耗控制指标，控制指标达到“国内领先、国际一流”水平。

根据“经济实用”的原则，该建筑的预算目标是节能增量成本控制在15%以内。中国建筑科学研究院将其技术选择和设计过程称为“大胆、有效”：竣工后的成本估计为每平方米4000元，在能源与运营成本上节约的资金可以使优质设备和材料的投资回收期缩短到5-8年。

与之类似的先进节能建筑对节能窗产品的需求正在拉动玻璃制造业（包括河北的玻璃制造业）的产业升级。例如，示范楼的窗户是三层、低辐射中空玻璃结构，由河北保定奥润顺达窗业集团生产。该公司从一家仅有十几名员工、手工制作玻璃制品的小公司，成长为拥有超过3000名员工、专门制造节能玻璃产品的窗业公司。中国几家最大的房地产开发商，比如万科和保利集团，以及欧美的多个被动式建筑项目都采用该公司生产的节能门窗产品。

虽然中国的楼宇已经普遍安装了太阳能热水供热系统，屋顶式太阳能光伏板也已商业化并可能广泛应用，但太阳能光热吸收式制冷供暖系统的应用在中国还处于起步阶段。中国建筑科学研究院的近零能耗示范楼采用了一系列安装在楼顶，接近水平的低倍聚光板，每年夏季能产生约1.3万千瓦时热能，用于加热或冷却水。建筑楼层的顶棚天花板内安装预制式毛细管，冬季则用地板辐射末端加热。物业管理单位可以用先进设备监控房间的占用、通风率、温度设定和窗户开阖，最大限度地节约能源，同时确保宜人的温度和湿度。

太阳能光热制冷供暖系统是具有大规模发展潜力的新兴技术的范例，对河北等地的就业可产生实质性的影响。中国建筑科学研究院的太阳能光热制冷供暖系统供应商是山东力诺瑞特新能源有限公司，该公司目前约有1000名员工，包括数百名市场营销、制造和供应链管理人员。

总之，通过建筑产品和服务供应链上的连锁反应，建筑节能可以为业主和租户节约资金。当开发商及供应商掌握采用这些技术的技能和经验时，不但能降低单位经济产出的能耗，又能带来技术创新和出口，提升建筑材料和服务的竞争力，带来可持续的经济增长。

太阳能光热制冷供暖系统是具有大规模发展潜力的新兴技术的范例，对河北等地的就业可产生实质性的影响。

4. 美国经济转型案例对京津冀地区的启示

中国面临着独一无二的现状和挑战，但国家领导人和学术界都承认，世界其他地区和城市摆脱对制造业和固定资产投资的依赖，实现转型和减排的经验可以为中国带来启示。京津冀地区的城市领导层可以从美国部分地区和城市的转型案例中汲取经验和教训。例如：宾夕法尼亚州的匹兹堡、俄亥俄州的托莱多和克利夫兰，以及加利福尼亚州。某些案例，比如加州，提供的主要是正面的经验：城市可以在清洁环境的同时促进经济增长。但在其他情况下，比如美国铁锈地带的案例，则提示要避免重蹈覆辙。（铁锈地带位于美国东北部地区，在1950年代至1980年代由于工业衰退而出现了严重的失业现象。）

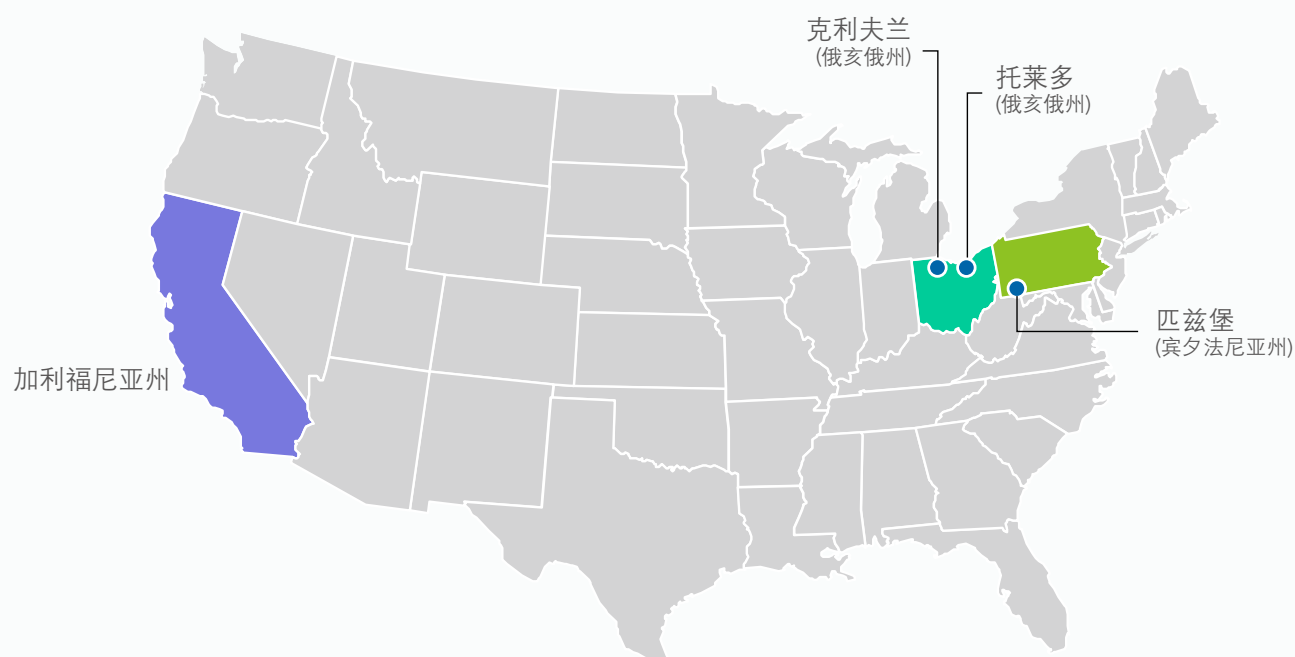
- 美国的铁锈地带城市**匹兹堡**在1970年代因为钢铁行业的崩溃陷入衰退。如今，匹兹堡经济复苏的成功经验常被人引用，说明一座富有活力、有强大机构支持的城市可以重生为服务与创新中心。匹兹堡过去二十年的复苏与该市的教育机构及非营利部门紧密相关，特别是针对计算机科学和医疗保健的研发支出；也得益于地方政府和慈善机构的扶持合作政策。匹兹堡的案例说明经济多元化、技术集群战略和积极应对变化的态度都很重要。
- **俄亥俄州**是美国铁锈地带的的一个州，其转型经验说明产业升级和可再生能源政策有助于促进清洁能源领域的投资和就业。特别是，俄亥俄州在玻璃制造业方面的专门知识在发展当地太阳能集群时起到了关键作用。和匹兹堡一样，俄亥俄州的教育机构也发挥了重要作用。虽然美国中西部的制造业恢复不可能完全替代转型过程中消失的工作岗位，但推进清洁能源依然对增长有利。
- **加利福尼亚州**的案例说明，前瞻性的环境和能源政策可以促进清洁能源产业的增长，推动创新和创造就业机会。加州的案例也凸显了在适当的条件下，私营部门在投资清洁能源技术上具有巨大潜力。在加州，这些条件不仅仅是环境政策，还包括一个多元化的产业结构以及就业培训和研发资源。最重要的是，加州案例显示可以从率先制定环境政策中受益，而不是坐等其它方先行尝试。*

本章将深入研究每一个案例并进行详细总结。

加州案例说明，前瞻性的环境和能源政策可以促进清洁能源产业的增长，推动创新和创造就业机会。

* 保尔森基金会总部位于芝加哥，与全美各地，包括上述地区的领导层和专家均有联系。在撰写本报告的过程中，我们听取了多名专家的深刻见解。更多采访和发现参见本报告链接 bit.ly/ChinasNextOpportunityCN。

美国经济转型案例



加利福尼亚州

人口：3900万人 (1970年2000万)
 人口州排名：第一
 GDP：2.2 万亿美元 (占全美GDP的13%)
 人均GDP：3.9万美元
 对京津冀地区的启示

- 经济和环境可以共同繁荣
- 能源和环境的一体化政策很重要
- 政策领导和要求能引导创新

匹兹堡都市地区

人口：240万人 (1970年280万)
 人口州排名：第二十二
 GDP：1130亿美元
 人均GDP：4.7万美元
 对京津冀地区的启示

- 研发支出集中在该市主要的研究型大学，帮助加快经济转型
- 小规模公私合作帮助推进新的产业

克利夫兰都市地区

人口：210万人 (1970年230万)
 人口州排名：第二十九
 GDP：1340亿美元
 人均GDP：2.6万美元
 对京津冀地区的启示

- 教育机构能在转型、培育产业集群及人力资本方面发挥重要的作用
- 对企业和企业家而言，教育机构担当中立“东道主”的角色，这一点很关键

托莱多都市地区

人口：65万人 (1970年64.4万)
 人口州排名：第八十一
 GDP：240亿美元
 人均GDP：3.7万美元
 对京津冀地区的启示

- 现有产业优势有助于催生更先进、更清洁的产业
- 顶尖的教育机构在培训和创造当地新的清洁技术产业方面能发挥作用

4.1 匹兹堡：定向研发支出与公私合作

正如今天河北省以全球钢铁制造中心闻名一样，仅在半个世纪以前，美国宾夕法尼亚州的匹兹堡也被称为世界钢都。这座城市坐落在几条流入密西西比河、俄亥俄河和五大湖的小河流的交汇处。匹兹堡面西，背靠阿巴拉契亚山脉，与东海岸及大西洋分隔。在货运还主要依靠河流的年代，这种地理优势使匹兹堡成为19世纪和20世纪美国中西部的工业和制造业中心。⁸⁴ 随工业化的发展，污染接踵而至：一位19世纪的作家称匹兹堡为“活地狱”。⁸⁵

20世纪初，匹兹堡地区发现的煤层为工业生产提供了廉价燃料，带动了匹兹堡工业的崛起。铁路行业的相应成长大幅拓展了美国的钢铁市场，匹兹堡因此成为美国的钢铁之都。到1910年，全国60%以上的钢铁是由匹兹堡生产的。⁸⁶ 其它行业也相继发展起来，尤其是依赖于燃煤的重工业，但也包括亨氏公司这样的消费品企业。到1970年，匹兹堡已成为美国第三大企业总部集聚地。⁸⁷

20世纪后半叶，全球竞争使钢铁价格下跌，匹兹堡与美国铁锈地带其它城市一样，开始走上了下坡路。炼钢燃煤对环境的影响也使美国公众抵制钢铁行业。匹兹堡在20世纪中期因严重的空气污染而恶名远播，由于工业烟雾

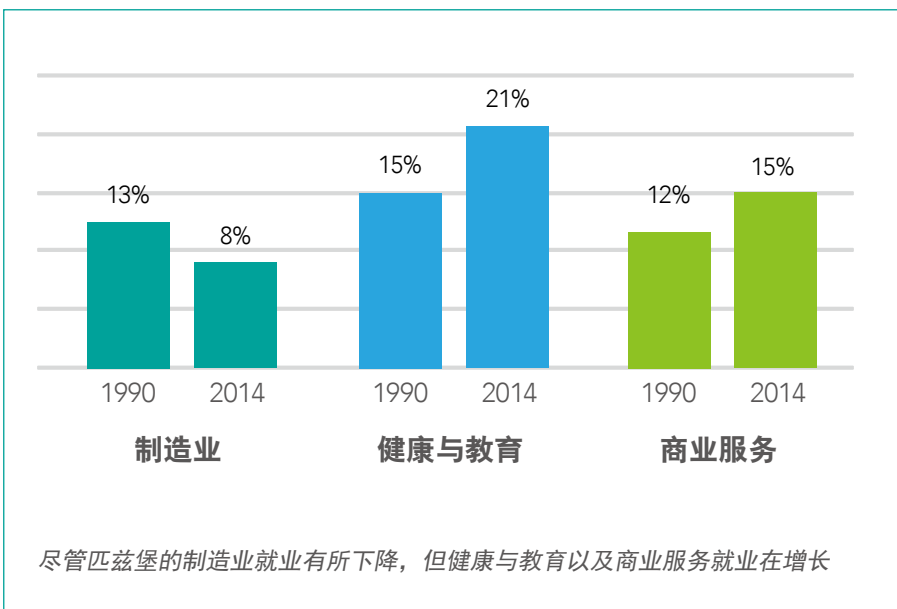
匹兹堡案例研究结果：

问题：1970年代，钢铁制造业的严重衰退导致高失业。严重的空气和水污染。

解决方案：研发支出集中在该市主要的研究型大学，在计算机科学、机器人技术和医疗健康领域帮助创建新的产业集群。公私合作帮助市领导从战略上推进新的产业集群形成。州和联邦层面的立法推动该地区的空气净化处理。

结果：服务和知识经济产业在降低匹兹堡的失业和吸引新产业方面做出了主要的贡献。空气质量改善促使城市形象成功转变，并吸引企业。

匹兹堡各领域就业比例变化（1990-2014）



资料来源：美国劳工部及圣路易斯联储银行，2015年

笼罩，白天也不得不打开路灯。⁸⁸ 1948年，在匹兹堡市郊的多诺拉小镇，一场极为严重的烟雾事件造成20人死亡以及半数居民生病，最终促使州领导层采用了清洁空气条例。⁸⁹ 经济和环境的现实迫使匹兹堡转向其它行业，尤其是计算机科学、机器人及医疗健康领域，寻求21世纪的经济增长点。⁹⁰

匹兹堡成功做到了这一点。匹兹堡的经济发生了翻天覆地的变化，成为美国其它铁锈地带城市和全球工业城市的榜样。在1990年至2013年期间，大匹兹堡都市区增加了近11.8万个就业机会，目前的劳动力市场已非常多元化，仅7.7%的劳动力从事制造业工作（远低于1990年的12.6%），⁹¹ 而教育、卫生和商业服务等知识经济行业的从业人员远远超过四分之一。

“在匹兹堡，钢铁行业的突然崩溃为迅速重组创造了政策空间。匹兹堡之所以早于底特律及其他城市开始复苏，是因为钢铁行业崩溃得更早更彻底。而底特律的领导层在远离他们的优势产业，也就是汽车制造业时，意志不够坚定。”

— Jim Russell, 克利夫兰州立大学人口动态中心，研究员



匹兹堡还在绿色建筑等环境可持续的经济活动中领先发展。例如，该市创造性地将被称为“棕地”的受污染工业废墟转变为绿色建筑，其中包括一座获得LEED金牌认证的会展中心。⁹² 这类开发适用“密度奖励”等政策，即节能建筑限高比常规建筑高20%。⁹³ 此外，宾夕法尼亚州还在过去几十年中积极发展可再生能源工业，利用强大的制造业劳动力和地理优势，引进了西班牙的跨国风力涡轮机制造商Gamesa和Iberdrola。⁹⁴

匹兹堡成功的关键是什么？克利夫兰州立大学和城市企业高管（CEOs for Cities）最近的报告《从金属到智力：铁锈地带的经济结构调整》认为，匹兹堡利用了强大的教育机构来巩固新的经济发展。⁹⁵ 作者用“派对东道主”作比，大学院校是东道主，欢迎新企业加入，并将它们介绍给研究、开发、技术部署、教育和服务行业的其它企业。与这种方法相对的是“派对生命力”战略，按照这种战略，大学院校力争为所有研发把关，控制本地经济的准入，只让合作伙伴公司进驻。⁹⁶

教育机构的基础作用：匹兹堡的“派对东道主”之一是卡内基梅隆大学。在1980年代，该大学的早期计算机科学课程是有志学习私营企业和政府之间技术转让的学生和企业领导人的必修课。这种声誉吸引了世界级研究人员和学者，也带来了希望靠近这些人才的企业。⁹⁷ 如今，入驻匹兹堡的企业

包括谷歌、苹果、微软、英特尔、甲骨文和雅虎等许多公司。另一个“派对东道主”是生命科学研究领域的领先者匹兹堡大学。匹兹堡大学的医学中心拥有超过5.5万名员工，既是经济发展的基石，也是未来增长的种子。⁹⁸

以这两所大学为基础，匹兹堡在1980年代和1990年代重点发展高技术生物医学集群。如今，匹兹堡的医院和医疗中心所雇用的员工总数比钢铁工业鼎盛时期还要多。⁹⁹ 尽管人口有所下降，但匹兹堡的收入增长了，人均收入在美国前51个都市区中排位第六。¹⁰⁰

公私合作是匹兹堡成功的一个关键因素。匹兹堡政府与私营领域携手合作，将城区改造为新技术区。匹兹堡翻新了市中心的纳贝斯克（Nabisco）旧厂区，改造成技术和医疗企业孵化区，称为“面包坊”。这是一栋LEED认证的绿色建筑，项目进展极为成功，目前已启动第二期规划。¹⁰¹ 与洛杉矶和纽约相比，匹兹堡城市规模相对较小，由政府、学术界和商界组成的核心领导层相对紧凑，能够经常会面，协调活动、评估进展，就增长战略努力达成共识。

匹兹堡和其它许多美国中西部城市历来都有**强大的当地慈善机构**为经济转型做贡献。卡内基基金会（The Carnegie Endowment）一直在支持一个由非政府组织和私营公司组成的网络，与政府及社区领导人一起为经济转型政策把握方向，并为留住工人或创业指导提供资金。匹兹堡社区转投资



遗迹：Carrie Furnace是匹兹堡附近的一座高炉，巅峰时期日产1000-1250吨铁，现已停产，成为供游人参观的历史遗迹。

专家见解：铁锈地带

如果没有更清洁、更有吸引力的环境，匹兹堡的复兴在什么程度上不会发生？

Karen Clay: 没有环境治理，匹兹堡的复兴绝对不可能发生。即使经过了环境治理，匹兹堡因为地理位置所在，依然有轻微的空气质量问题。但随着煤电厂逐渐关闭并让位给天然气电厂，空气质量不断改善。与此同时，匹兹堡的水质也在不断改善。此外，对河边公园和自行车道等城市景观，也投入了大量资金。

Jim Russell: 可持续性和环境质量对经济的直接影响关系到健康及工人的生产力，而治理环境的更大好处是人们的印象会改变，从而为经济转变提供支撑。如果市民或外人觉得这个城市很脏，那他们会认为这个城市毫无希望。如果能改变这种印象，让市民感觉这个城市值得保护和改变，这才是价值所在。

在铁锈地带城市复兴的这些年，市领导们都犯过哪些错误？

Sabina Deitrick: 我想指出的是，一些复兴战略总体上有所滞后。这是因为政府领导层想保护传统行业的就业。匹兹堡一些顶尖的经济学家早在1960年代就提出，这座城市终将改变发展方向，但领导层不听。那个时候，即使钢铁行业已经在萎缩，但仍是主角。底特律也是如此，领导层倾向于认为经济低迷不过是汽车行业盛衰期的一部分。

Jim Russell: 最严重的错误说起来很抽象，是一种观念，认为总能找到一些当地政策来解决问题。真是狂妄自大。强大的宏观经济力量才是城市真正的驱动力，但市领导往往不在意。为阻止“人才流失”，以免受过教育的市民纷纷离开，市领导和公私合作机构往往启动大型资本项目，将本地税收用于机场、会展中心、轻轨及体育场的建设。但其实，他们应该把钱花在基础研究上，选择一个技术集群并设立目标，像德州大力发展癌症研究并从其他地区挖来癌症研究人员。这才是成功的调整手段。

Aaron Renn: 在我看来，最大的问题是，城市领导层没有从战略角度来处理城市规划和城市问题。克利夫兰、托莱多、匹兹堡及芝加哥四个城市的情况完全不同，但学者和领导者提出的解决方案往往如出一辙。



Aaron Renn
曼哈顿政策研究所
高级研究员



Jim Russell
克利夫兰州立大学人口
动态中心研究员



Karen Clay
卡内基梅隆大学
经济学副教授



Sabina Deitrick
匹兹堡大学公共与国际
事务研究院副教授

集团 (PCRG) 等民间组织则帮助企业领导人与负责地区经济规划的官员建立联系。¹⁰²

经济多元化也是匹兹堡转型的一个因素。虽然该市以钢铁出名,但制造业已变得更加多元化,包括了各种不同专业和技术的企业。因此,一些公司已经能够开始向先进制造业过渡。如今,这座城市不仅是主要的生物医药集群,还是新兴机器人产业中心。包含卡内基梅隆大学的机器人研究所在内,诸多相关教育机构和企业形成了“机器人走廊”科技区。匹兹堡有许多从事机器人开发的新创公司,研发各种用途的机器人,从制造汽车、帮助困倦司机、建筑物内搬运建筑材料到探测炸弹。¹⁰³ 金融和专业服务也是如今匹兹堡经济的主要元素。¹⁰⁴

作为一个最初依靠采掘业和基础制造业而建的城市,匹兹堡努力实现多元化,迈向一个融知识经济和低碳产业于一体的更具可持续性的综合城市。对正在寻求更加可持续、多元化“新常态”的中国城市而言,匹兹堡案例提供了多方面的借鉴:包括公私合作在城市经济规划中的作用;当地的慈善和教育机构在吸引人才和创意方面的力量;通过定向研发和投资,培育目标新产业集群的重要性。利用这些优势,匹兹堡实现了向“服务和创新”领导者的华丽转身。



棕地变绿地: 匹兹堡David L. Lawrence会展中心在一块棕地上建成, 是美国第一座获得LEED金牌认证的会展中心。

4.2 俄亥俄州：可再生能源投资和综合就业培训计划是成功转型的关键

美国的俄亥俄州具有悠久的重工业和制造业历史。俄亥俄州是美国中西部五大湖畔铁锈地带的一个关键区域，该地区曾在20世纪的大部分时间里主导了美国的制造业。在1950年代，这一地区提供了美国一半以上的制造业岗位，占全美就业岗位的40%以上。¹⁰⁵ 在俄亥俄州，这些工作岗位主要与汽车制造、钢铁和玻璃业相关。¹⁰⁶ 但在后来几十年里，由于国内外竞争加剧，以及制造业向自动化过渡的总趋势的影响，制造业严重衰退，对该地区造成沉重打击。此外，重工业的环境危害也令俄亥俄州的制造业在整个20世纪的下半叶倍感压力，俄亥俄州凯霍加河流域的大火令全国瞩目，抗议之声最终导致美国颁布了几项重要的环境政策，包括《净水法案》、《清洁空气法》，并创立了环境保护署。¹⁰⁷

对于俄亥俄州来说，21世纪的问题是，是否要抛弃过去一个世纪建立起来的传统制造业，还是在一个世纪积累起来的、现有的基础设施和资产基础上，建立更清洁、更可持续的新经济增长模式。¹⁰⁸ 这与今天中国一些城市所面临的挑战非常类似，特别是在河北省的工业密集地区。尽管河北仍然是主要的钢铁产地，钢铁产量超过全国的四分之一，但该省面临的压力与上个世纪俄亥俄州的经历非常相似：钢铁价格低迷，钢铁行业效率低下，产能过剩，决策层和公众要求改善严重污染的空气质量。¹⁰⁹ 中国决策层也采取了前瞻性的态度，促使基于制造业的经济模式转向一个“新常态”，调整经济结构，走向更加多元化和可持续的增长模式。有鉴于此，俄亥俄州重工业模式的转变可以为河北省提供重要借鉴。

托莱多：从玻璃窗到太阳能

托莱多位于伊利湖的西侧，坐落在航运和铁路线的交汇点上，在19世纪以制造业中心而闻名。托莱多的重点产业是玻璃，欧文斯科宁 (Owens Corning) 就发源于此，利比玻璃公司 (Libbey Glass) 也在创建后搬迁至此。这座城市很快又兼营汽车制造业。但在20世纪后期铁锈地带制造业开始衰退时，托莱多也受到重创，失去了几千个就业机会以及宝贵的专业知识和技术诀窍。2010年，托莱多艺术博物馆拟斥资3000万美元建一座玻璃展馆时，却必须从深圳进口展馆弧形窗所需的特种玻璃。这种玻璃的生产工艺最初是在托莱多加以完善的，但现在美国已经没有哪家公司能生产了。¹¹⁰

如上所述，托莱多拥有制造业基础设施和熟练的技术工人，还有托莱多大学，在此基础上打造了该市21世纪新的经济增长点：太阳能电池板制造和销售。在1970年代末和1980年代，托莱多的玻璃行业专家们开始实验在玻璃上沉积太阳能材料薄膜的技术。1984年，根据与托莱多大学的一项合

托莱多案例研究结果：

问题：1970年代，汽车和玻璃制造业的严重衰退导致大量失业。

解决方案：研发支出集中在托莱多大学，利用该市的产业专长——太阳能光伏——帮助催生了新的产业并且吸引了太阳能产业链上相关的公司。

结果：尽管托莱多至今还未从产业衰退中复原，但在太阳能行业已经有大批公司和大量的工作岗位。

在1950年代，铁锈地带提供了美国一半以上的制造业岗位，占全美就业岗位的40%以上。

作研究以及政府的资助，第一太阳能公司（原Glasstech Solar）在托莱多成立。该公司制造薄膜太阳能电池板，目前总部设在亚利桑那州，但在托莱多工厂仍有1000多名员工。¹¹¹ 托莱多的玻璃业专业技术和地方教育机构的支持是第一太阳能公司成功的关键，使其掌握了在玻璃基材上沉积太阳能材料碲化镉这一挑战性工艺的制造技术。

第一太阳能公司远非托莱多地区唯一从事太阳能研究和技术开发的公司。在俄亥俄州，有217家与太阳能相关的公司汇聚在托莱多周边，这些公司分布在整条产业链的各个环节。根据美国太阳能产业协会（Solar Energy Industry Association）的信息，俄亥俄共有93家制造商、56处生产厂、62家承包商/设备安装公司、14个项目开发商、11家经销商和37家太阳能相关业务的其他公司，包括金融、工程和法务支持公司。¹¹²

太阳能行业齐聚该州的一个重要原因是俄亥俄州注重对太阳能产业工人的培训：托莱多大学现设有太阳能和先进可再生能源学院，光伏创新和商业化中心，还为有志于创建和经营太阳能公司的物理和工程系学生设立了相当于MBA的学位。欧文斯社区大学还为新员工和需要再培训的老员工提供太阳能专业的定制培训课程。¹¹³ 这些课程源源不断地输送着训练有素且了解整个太阳能产业链的熟练工人，成为俄亥俄州从上世纪的玻璃制造中心成功转型为本世纪的太阳能之都的关键。

托莱多的另一条经验是公私领域针对经济转型进行专门合作。当托莱多的工业刚开始衰退时，政府官员和其他社区领导人关注的是如何留住该市几家最大的雇主企业。直到转型显然无可避免时，政府、商界和学术界才联合起来探索新策略。三方领导人开始每月碰面，探讨思路和策略，在太阳能等目标新兴产业展开合作。¹¹⁴

然而，俄亥俄州太阳能产业的未来尚不明朗，因为该州的先进能源产业政策不够平衡。第一太阳能成立之初，该州制定了一系列支持可再生能源的政策，包括一套可再生能源标准，要求到2027年，俄亥俄州电力公司所售电力的12.5%必须来自于可再生能源发电，而在这12.5%中，至少0.5%必须来自于太阳能发电。¹¹⁵ 但现任州长在2014年搁置了这套标准，给太阳能产品的未来市场带来不确定性，已经导致该行业受损。¹¹⁶ 俄亥俄州还在考虑延迟实施能效标准，这将打击该州的另一个新兴清洁能源产业，即热电联产产业。¹¹⁷

最后，需要注意的是，托莱多的新能源经济可能永远都无法弥补自城市鼎盛时期以来消失的制造业工作岗位。自动化与国际竞争意味着即使俄亥俄州工业复苏，制造业工作增长也不会很显著。今天的托莱多是一个65万人口的小型都会，在俄亥俄州仅排名第六。托莱多的经济复苏不如周边的匹兹

堡和克利夫兰那么令人印象深刻，城市规模不大是原因之一。匹兹堡和克利夫兰都有更多人口和更多元的文化、更多研究机构与建筑设施。这些大城市对于人才和企业家的吸引力，在整个地区，甚至全球都首屈一指。

“作为大学，我们最大的贡献是一直在与政府和商界领袖合作，构思如何从社区角度促进经济多元化。我们一直在问：“怎样通过合作提升劳动力水平，促使领导人与创新的经济网络联系？”

— Frank Calzonetti, 托莱多大学，地理学教授



然而，托莱多的经历可以为中国工业区带来希望，也能提供经验教训。首先，托莱多的案例彰显了这样一个事实：强大的制造业基础设施，包括工厂、机器以及从研发到生产的熟练工人，可以成为向更新、更先进、更清洁的制造业转型的基础。但托莱多案例也说明，强大而且连贯的政策环境很重要，可以为新兴能源产品营造市场机会。

克利夫兰：知识型产业

克利夫兰位于托莱多以东，同样也在伊利湖畔。该市的经济转型略有不同：从制造业转向一系列包含医疗和教育在内的新型知识型产业。

在国际制造业竞争以及1980年代和1990年代的经济衰退期间，克利夫兰遭受了巨大打击。在过去23年里，大克利夫兰市区失去了近9万个制造业工作岗位，几乎都是与汽车制造业相关的岗位。¹¹⁸ 1990年，克利夫兰20%以上的工人集中在制造行业（同为钢铁城市的匹兹堡的比例为12.6%，全美约为9%），地区经济遭受的打击尤其沉重。事实上，专家们指出，克利夫兰在20世纪末过度集中于制造业，因此在21世纪初的复苏和向新产业及经济增长战略的转移尤其缓慢。¹¹⁹

然而，克利夫兰州立大学和城市企业高管的报告《从金属到智力：铁锈地带的经济结构调整》显示，克利夫兰正在缓慢地向新的知识型经济过渡。克利夫兰有两所主要大学（凯斯西储大学（Case Western Reserve）和克利夫兰州立大学）和两家大医院，已形成了一个侧重于医疗技术的新经济发展模式。¹²⁰ 该市拥有一支高学历的劳动大军（克利夫兰的大学毕业生占当地人口比例在全美排第十¹²¹），医院岗位数量在全美城市中排第六，仅次于洛杉矶、芝加哥、休斯敦、纽约和波士顿这些大都市。

得益于有针对性的研发支出和实力雄厚的现有教育和医疗机构，克利夫兰成功地创建了一个医疗产业集群，类似于硅谷的高科技经济集群和北卡罗来纳州三角研究园的生物科技集群。《从金属到智力》一书谈到飞利

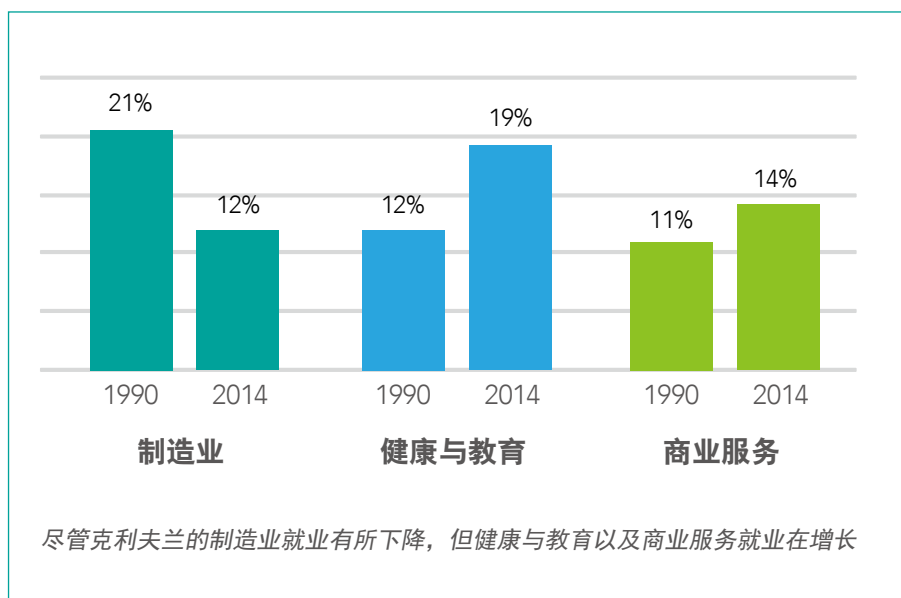
克利夫兰案例研究结果：

问题：1970年代，汽车制造业的严重衰退导致大量失业。

解决方案：研发支出集中在该地区研究型大学与医疗机构，在制造业衰退前就已存在的、现有的机构优势的基础上，创立了地区医疗产业集群。

结果：克利夫兰已经成为全美领先的医疗服务中心，吸引了周边地区的企业和人才。围绕克利夫兰诊所和凯斯西储大学的医疗供应链集群已成为就业的主要来源，带来收入增长。

克利夫兰各领域就业比例变化（1990-2014）



资料来源：美国劳工部及圣路易斯联邦储备银行，2015年

加州案例研究结果：

问题：主要城市污染严重，气候变化对该州供水造成严重影响。

解决方案：颁布一系列相关政策来调整该州的能源结构，鼓励摒弃化石燃料。从减少汽车尾气排放以及推动可再生能源发展开始，最近的政策重点是二氧化碳排放权交易以及储能和汽车电气化。

结果：加州不仅成为了可再生能源部署的领跑者，还说明积极的环境政策能极大刺激经济发展。加州的政策推动了技术创新，如催化转换器技术，以及汇总储能来源，支持可再生能源发电的先进信息技术。

浦医疗公司 (Phillips Healthcare) 从加州的圣何塞迁址克利夫兰时指出：“该公司的迁址策略在于，靠近知识储备丰厚的克利夫兰教育机构，特别是凯斯西储大学、克利夫兰诊所 (Cleveland Clinic) 和大学医院 (University Hospital)。”¹²² 该市与一个叫做“剧院广场” (PlayHouse Square) 的私有表演艺术中心合作，在闹市区投入大量资金，也吸引了年轻和受过良好教育的从业者回归市中心。¹²³

克利夫兰从严重依赖制造业、多元化程度不高的经济模式转向技术和服务型模式，可以为同样在规划“新常态”的部分京津冀地区树立一个良好的榜样。克利夫兰的经验是，必须为经济转型奠定适当的基础：优秀的大学和医院构成了克利夫兰复兴的基础。同样，强大的教育中心和相关产业集群也可以帮助京津冀地区实现经济转型。

4.3 加利福尼亚州：清洁和多元化增长

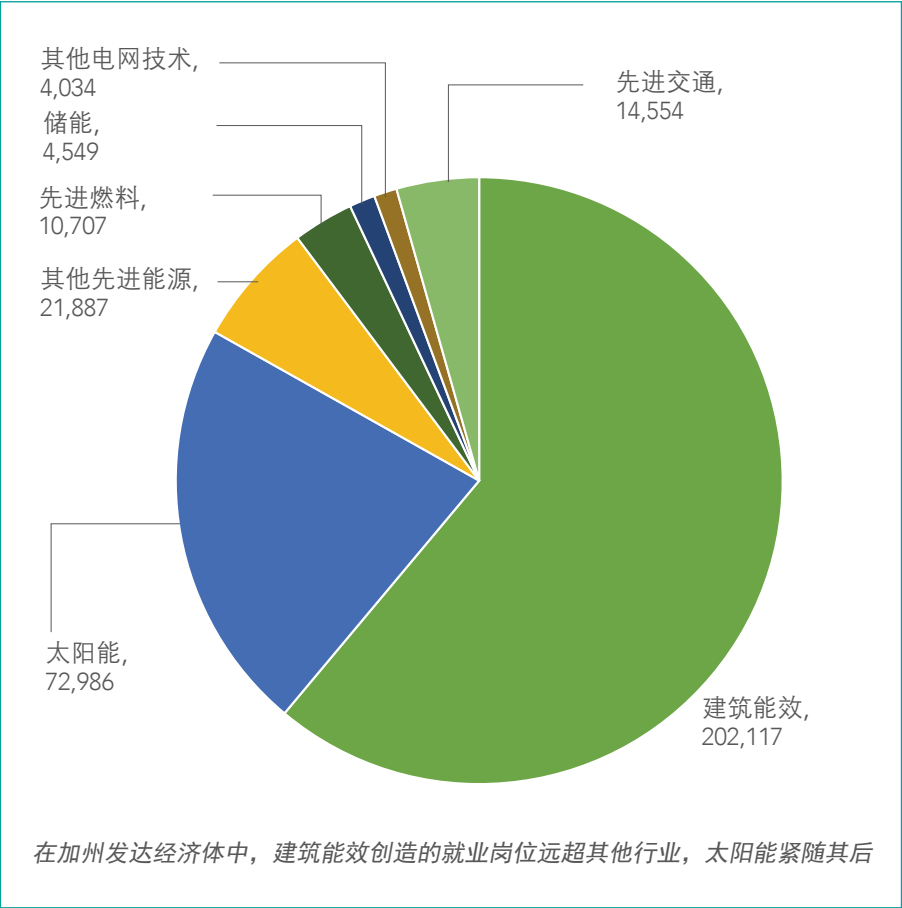
如果将加利福尼亚州看作一个国家，其2.31万亿美元生产总值堪比世界第八大经济体，仅次于巴西，领先于印度、加拿大和俄罗斯。¹²⁴ 2014年，加州的经济表现超过美国整体经济，就业岗位增加2.8%（全美增加1.8%）。虽然加州人口仅占美国总人口的12%，但新增就业机会却占全国的17%以上。¹²⁵

加州在实现经济增长的优异表现的同时，一直在实施全球最具深远影响的气候和能源政策。事实上，加州的前瞻性政策正是其清洁技术领域增长的关键因素，清洁技术领域的增长又进一步促进了加州经济的多元化，巩

固了加州的经济实力。因此，加州是政府致力于真正可持续经济增长模式的重要典范。

分析加州的炼油和汽车产业可见，环境监管能与改革创新齐头并进，并不损害工业和经济繁荣。以石油产业为例，该产业曾强烈反对管制汽车废气排放或燃油质量，但法律法规迫使石油产业开发了更清洁的燃料，比如新配方汽油和无铅汽油。¹²⁶ 对洛杉矶几家炼油厂的研究显示，在1979年至1992年期间，每家炼油厂为达到空气质量法规要求而被迫支付300万至800万美元，但即使这样，炼油厂的同期生产率增幅仍远高于法规宽松的美国墨西哥湾沿岸地区的同类工厂。¹²⁷ 同样，为达到最初汽车公司认为遥不可及的全国排放标准，汽车产业与科宁（Corning）及庄信万丰（Johnson Matthey）等公司合作，开发了集陶瓷、贵金属催化器、传感器和燃油喷射器于一体的催化转换器，¹²⁸ 并取得了突破性的技术创新。在随后的几年里，尾气排放控制技术政策逐步稳定地改进。¹²⁹ 汽车行业为应对未来变化增加了研发开支，但与监管机构最初的估计相似，所有这些成本被转嫁到消费者头上，并没有对汽车销售或行业利润产生明显影响。¹³⁰

加州先进能源构成，2014年



资料来源：加州先进能源构成调查，2014年

2006年，加州立法机构通过了《全球变暖解决方案法案》（AB 32），要求加州监管机构实现温室气体减排约25%，降至1990年水平的目标。该法案最重要的两项内容是：（1）制定全州排放上限，允许排放单位为达到排放目标而参与排放权交易；（2）制定低碳燃料标准，要求在2020年前，将加州的燃料碳强度降低10%。¹³¹ 此外，适用于全州的可再生能源标准要求加州销售的电力中有33%来自于可再生能源（不含核能和大型水电），¹³² 再加上1977年以来执行的建筑能效标准，¹³³ 多项政策结合使加州成为创新型低碳技术和服务的主要市场。在此基础上，2015年9月，加州制定了新的目标，即到2030年实现50%的可再生能源发电。

估计清洁能源就业岗位是研究人员共同的难题，因为许多工作岗位都包含了清洁能源的元素（例如，电工岗位可能包括太阳能电池板的安装，但也可能是基本布线），而且不同分析模型对“清洁能源”的定义也不同。不过，非政府组织先进能源经济（AEE）于2014年进行的一项企业调查显示，加州拥有全美最多的“先进能源”就业岗位，超过43万个岗位分布在可再生能源、能效和清洁运输部门。^{*} 其中，建筑能效领域的岗位超过30万个，证明加州有严格的建筑规范和标准。¹³⁴ 该调查预计，2015年先进能源部门的总体就业增长率将达到17%左右，而全州的预期就业增长率仅为1%左右。¹³⁵ 加州清洁能源部门表现优异的另一项指标是，2014年，加州的清洁能源技术专利申请数量领先全美，当年共提交385项专利申请。¹³⁶

加州通过政策和法规创建了一个强大的清洁能源技术市场。在AEE调查的公司中，以加州客户为主的公司占到77%。¹³⁷ 在保尔森基金会召集的硅谷企业家和投资人与中国浙江省部分市政府官员的讨论会上，加州的商界领袖们指出，强大的政策为商业创新和经济增长创造积极条件至关重要。在研讨会上，有两家清洁技术企业的领导人表示，如果不是因为这些驱动市场的政策，尤其是能效领域的政策，他们的公司不会落户加州。¹³⁸

清洁能源政策促使加州的经济更加多元化。以往，加州也曾过度依赖某些产业并深受其害。20世纪末，房地产是加州经济的支柱，到2008年，房地产行业占加州经济的16%。但后来房地产泡沫的破灭以及接踵而至的经济衰退使加州遭受沉重打击。¹³⁹ 但今天，加州“先进产业”（布鲁金斯学会定义）的份额，包括先进能源产业的份额，都有所扩大。这些产业依靠高技能工人，往往包括研发活动，是过去几年美国经济复苏的中流砥柱。¹⁴⁰ 加州的两个主要都市区，旧金山湾区和大洛杉矶区，也是全美“先进产业”最集中之地。在布鲁金斯学会研究的50个“先进产业”中，加州在14个产业中占有重要地位。¹⁴¹

^{*} 在调查中，AEE将先进能源企业定义为与以下内容直接相关的企业：研究、开发、生产、制造、经销或销售与替代燃料和车辆相关的商品和零部件，或提供相关服务；能效；可再生能源、核能及天然气发电；智能电网和其它相关技术。

加州是最广义的可持续性经济（环保及经济同步增长）的代表。因此，加州为期望经济多元化和脱碳发展的中国省区提供了宝贵的经验。尤其是，加州强有力的能源和气候政策框架为新型和新兴清洁能源企业的产品创造了广阔的市场，使这个拥有3800万人口的大州成为全世界清洁能源新创公司的首选之地。

河北从美国加州和铁锈地带所能汲取的经验教训多种多样。在许多情况下，匹兹堡市、俄亥俄州和加州的不同经历来源于各地在资源和经济上的基本差异。保尔森基金会认为，案例研究揭示的以下经验教训值得河北在经济转型过程中加以借鉴：

专家见解：加州

是什么原因使加州成为全国清洁能源领域的领袖？

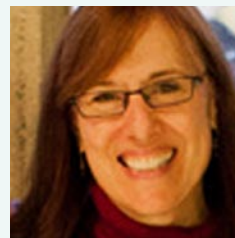
Ryan McCarthy: 这是因为我们历来就是空气质量监管的领先者。加州的空气污染一直是全国最严重的，也是第一个启动空气污染源治理的州。1970年签署的联邦清洁空气法案赋予我们一项独有的权力，可以制定自己的清洁空气标准并采取相应措施。^{*} 我们现在的空气质量仍然是全国最糟糕的，也必须带头采取措施，促进清洁技术发展，以达到联邦标准。加州空气污染和自然美景并存的这段历史，推动我们的生活方式发生改变，也促使从政界到各领域人士为清洁能源行动提供各类支持。



Ryan McCarthy
加州空气资源委员会，
科学与技术政策顾问

排放政策在多大程度上引导了投资和创新？

Adrienne Alvord: 2006年AB 32法案通过后，大批资金涌入加州。该法案要求加州制定相应的法规，以确保到2020年将温室气体的排放下降到1990年的水平。成群结队的风险投资家来加州投资清洁能源，包括生物燃料、能源效率和太阳能。我们的政策也吸引了很多人才，他们带来新颖的能源技术构想。这一切皆因加州向人们证明了我们是在认真对待减排。



Adrienne Alvord
美国忧思科学家联盟，
加州及西部各州总监

Ryan McCarthy: 我们所有的监管政策相辅相成。人们也许觉得空气质量和气候变化是两个需要分别处理的任务，但放在一起处理更合乎情理。例如，我们调整交通和气候变化的政策，确保它们互为辅助。正是由于这些联合政策，为公交先导发展、低碳交通、高速铁路和自然资源这些需要减排的领域带来巨大的投资机会。

^{*} 时至今日，加州仍可以制定比联邦标准更严格的汽车尾气排放标准。一旦联邦政府许可，其他州也可以选择采用这些更严格的加州标准。

- **多元化是经济转型的重要因素。**经济结构过于单一有风险，涉及到大批受教育水平较低的工人时尤其如此。自动化与国际竞争对美国中西部的打击格外严重，克利夫兰与匹兹堡这样的城市用了数十年时间，才意识到制造业的工作永远都不会恢复到先前水平，他们必须从其他行业寻求发展。
- **领先的教育机构以及公私合作有助于加快转型。**不是所有的城市都有发展成为高科技集群的必要资源。兼具教育机构、领先企业，以及创业文化的城市更有可能成功。顶尖教育机构经过深思熟虑后制定的有针对性的研发支出决策，在创立成功的区域产业集群方面有决定性作用，正如托莱多的太阳能产业以及匹兹堡的计算机科学和医疗健康产业。在匹兹堡和克利夫兰，常规性的公私合作有助于建立地域性和区域性的规划策略，是吸引合适的人才和劳动力，并促使经济成功转型的关键。
- **能源和环境方面的政策领导可以创造新的经济机遇。**加州在过去几年经历了快速增长，同时也实施了一系列影响广泛的能源和环境政策。加州没有坐等太阳能、能量储存或电动汽车等技术发展成熟，而是远远早于其他地区，实施了一系列深思熟虑的能源与环境指令，并与行业协调，确保目标可以实现。加州的环境政策也与新能源创新相协调，用排放权拍卖筹到的资金支持太阳能和电动汽车充电站的部署。



经济和环境和谐共生：加州的环境法规促进了行业创新，加州的经济表现也领先全美各州。

5. 结论

上述中美两国的案例阐明了两个主题：首先，经济与环境可以共同走向繁荣。第二，工业经济的转型是中国实现环境目标的关键。本报告研究了中国现行的成功举措，以及美国在经济转型和环境改善上的成功案例，认为中国领导层有能力加快推进京津冀地区的经济转型，走向更清洁、也更繁荣的未来。

在某种程度上，中国的环境与能源政策与力量更大的经济因素密不可分。中国已经启动了一项宏伟的计划，目标是清洁空气，远离煤炭和其他污染型工业，将中国转变为一个高科技、高创新、高收入的新型经济体。工业转型也是京津冀地区实现环境目标的关键。正如本报告所述，减少工业排放对京津冀地区空气质量的影响最大，超过任何指向其他领域的政策。更重要的是，虽然很多人可能认为减排的唯一途径是减产，但基于中国工业数据建立的模型显示，工业领域的增效和生产率提高对PM2.5和二氧化碳排放有显著影响。

不仅现有工业可以变得更清洁，新工业也在逐渐兴起，为更清洁的中国经济做出贡献。中国已经在实施多种支持清洁能源的政策，其中诸如分布式太阳能和建筑节能技术已经在京津冀地区发展起来。虽然中国已经在清洁能源发展的许多领域中居领先地位，地方政府领导依然可以从美国的经济与环境政策转型案例中汲取经验。美国的经验说明，能源和环境政策的结合可以推动长期发展，并且创造新的工作岗位。¹⁴²

京津冀地区有可能以兼顾经济和环境的方式实现转型。我们乐于见到京津冀地区政府在推动规划、为人民创造美好未来的过程中取得积极的进步。

京津冀地区有可能以
兼顾经济和环境的方式
实现转型。

作者简介

Anders Hove (侯安德)

侯安德是保尔森基金会的研究部副主任。他负责领导基金会涉及中国空气质量和气候变化的研究工作，提供与政策、市场和技术解决方案相关的真知灼见。他还为基金会的其他项目提供研究支持。侯安德在能源政策和市场方面拥有超过15年的公共和私营部门工作经验，其中包括9年华尔街工作经验和4年在华工作经验。他的职业生涯始于在华盛顿特区的兰德公司担任能源政策分析师，后来在德意志银行和杰富瑞投资银行从事电力公司和石油服务行业的股票研究。2007年，在太阳能热潮的初期阶段，侯安德曾为一家对冲基金工作，进行清洁能源技术和项目的私募股权投资，尤其是太阳能领域。2010年，侯安德迁往北京，开始担任中国绿色科技的研究分析总监。2012年，侯安德加入安元易如，负责管理清洁科技咨询团队，咨询项目的重点是储能、太阳能、风能和智能电网技术。侯安德拥有麻省理工学院政治学专业学士学位和硕士学位，他还是一名特许金融分析师。他著有大量关于中国能源行业的研究报告和论文。

Merisha Enoe (尹美霞)

尹美霞女士是保尔森基金会的研究部经理，主要负责气候变化和空气质量项目的研究工作，致力于改善京津冀地区的空气质量并提出政策及经济建议。在加入保尔森基金会之前，尹美霞女士曾在中国绿色科技工作，担任高级分析师，领导编制《中国绿色科技报告》以及多个专题的研究工作，包括中国的页岩气发展趋势和国家政策对普及采纳清洁技术的影响。尹美霞拥有米德尔伯里学院生物化学与中文双学士学位及耶鲁大学的环境管理专业硕士学位。

Kate Gordon (成可黛)

成可黛是保尔森基金会负责气候变化和可持续城镇化项目的副主席，为基金会在中美两国开展的气候变化、空气质量及可持续城镇化项目提供总体策略和组织协调。她还是美国进步中心的高级研究员并作为《华尔街日报》的“能源专家”之一定期为该报撰稿。

成可黛是全美公认的清洁能源与经济发展交叉学科领域专家。加入保尔森基金会之前，她曾在总部设在旧金山的非党派智库“下一代”担任负责气候与能源项目的高级副总裁，致力于美国加州的政策制定以及大型全国性交流和研究项目。在“下一代”工作期间，她协助推出并领导了由迈克尔·布隆伯格、亨利·保尔森和汤姆·斯泰尔共同主持的“商业风险项目”，重点研究因气候变化得不到缓和而使美国面临的经济风险。

在她的职业生涯早期，成可黛曾在总部设在华盛顿特区的美国进步中心担任负责能源与环境项目的副总裁，协助制定和撰写与国会的总量控制与排放权交易谈判、墨西哥湾漏油事件及《美国复苏与再投资法案》的实施相关的政策建议。在美国进步中心工作之前，成可黛曾是全国性行业组织“阿波罗联盟”（现已并入“蓝绿联盟”）的联席主任。她目前仍担任“阿波罗联盟”和“力挺太阳能”组织的理事。

成可黛拥有加州大学伯克利分校法学学位和城市规划专业硕士学位以及卫斯理大学学士学位。

参考与注释

1. Elisabeth Rosenthal, "China Increases Lead as Biggest Carbon Dioxide Emitter," New York Times, June 14, 2008, accessed at http://www.nytimes.com/2008/06/14/world/asia/14china.html?_r=0; "Global Greenhouse Gas Emissions Data, 2008 Global CO2 Emissions from Fossil Fuel Combustion and Some Industrial Processes," United States Environmental Protection Agency, accessed on July 29, 2015 at <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>.
2. "大气污染防治行动计划" [Air Pollution Prevention Action Plan], September 10, 2013, accessed at http://www.gov.cn/zw/gk/2013-09/12/content_2486773.htm.
3. "国家应对气候变化规划 (2014-2020)" [The National Plan on Climate Change (2014-2020)], National Development and Reform Commission November 2014, accessed at http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfbh/wqfbh/2014/20141125/xgzc32142/Document/1387125/1387125_2.htm.
4. "强化应对气候变化行动-中国国家自主贡献" [Strengthen Action on Addressing Climate Change-Intended Nationally Determined Contributions], June 30, 2015, accessed at http://www.gov.cn/xinwen/2015-06/30/content_2887330.htm.
5. National Bureau of Statistics, accessed on August 20, 2015 at <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=%E6%B2%B3%E5%8C%972014%E5%B9%B4%E4%BA%A7%E5%80%BC>, <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=%E5%A4%A9%E6%B4%A52014%E5%B9%B4%E4%BA%A7%E5%80%BC> and <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=%E5%8C%97%E4%BA%AC2014%E5%B9%B4%E4%BA%A7%E5%80%BC>.
6. "Introducing China's Future Megalopolis: The Jing-Jin-Ji," Wall Street Journal, April 4, 2014, accessed at <http://blogs.wsj.com/chinarealtime/2014/04/04/chinas-big-ambitions-for-the-jing-jin-ji/>.
7. "Most China cities fail to meet air quality standards," BBC, February 3, 2015, accessed at <http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-china-31110408>; "环境保护部发布2014年重点区域和74个城市空气质量状况," Ministry of Environmental Protection, February 2, 2015, accessed at http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/qt/201502/t20150202_295333.htm.
8. Teng Fei, "The True Cost of Coal," Natural Resources Defense Council, November 6, 2014, accessed at <http://www.nrdc.org/coalcap/console/Public/Uploads/2014/11/06/%E6%8A%A5%E5%91%8A%EF%BC%9A2012%E7%85%A4%E7%82%AD%E7%9A%84%E7%9C%9F%E5%AE%9E%E6%88%90%E6%9C%AC.pdf>.
9. Benjamin Strauss, "New Analysis Shows Global Exposure to Sea Level Rise," Climate Central, September 23, 2014, accessed at <http://www.climatecentral.org/news/new-analysis-global-exposure-to-sea-level-rise-flooding-18066>; Robert E. Kopp et al., "Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites," Earth's Future, 2 (8), August 2014, accessed at <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014EF000239/full>.
10. Rachel Lu, "March of the Sea Turtles," Foreign Policy, Tea Leaf Nation, January 29, 2014, accessed at http://www.foreignpolicy.com/articles/2014/01/29/march_of_the_sea_turtles_chinese_returnees_leaving_again. (See also "为防止“海归”再“归海” 海外引才需以法留人," Sina, April 13, 2012, accessed at <http://edu.sina.com.cn/a/2012-04-13/1514214304.shtml>.)
11. Scott Cendrowski, "Why China's Rich are Leaving," Fortune, June 5, 2014, accessed at <http://fortune.com/2014/06/05/china-rich-immigration/>. "People moved because they wanted better options for their children's education; they were distressed about the growing pollution problems plaguing China's cities; and they were concerned about food safety in the country, which in the latest scare involved tainted dog treats."
12. Peter Ford, "Beijing is booming, but talent is leaving due to bad air," Christian Science Monitor, April 4, 2013, accessed at <http://www.csmonitor.com/World/Asia-Pacific/2013/0404/Beijing-is-booming-but-talent-is-leaving-due-to-bad-air>. "China's Smog Splits Expatriate Families as Companies Pay for Fresh Air," Bloomberg, April 8, 2013, accessed at <http://www.bloomberg.com/news/2014-04-07/china-s-smog-splits-families-as-toxic-pollution-extracts-costs.html>.
13. "China's Smog Splits Expatriate Families as Companies Pay for Fresh Air," Bloomberg, April 8, 2013, accessed at <http://www.bloomberg.com/news/2014-04-07/china-s-smog-splits-families-as-toxic-pollution-extracts-costs.html>.
14. "日企向在华员工发雾霾补贴: 中国员工不得申请," Xinhua News, April 4, 2014, accessed at <http://www.qh.xinhuanet.com/2014-04/04/>

c_1110098864.htm

15. Linda Yu, "Trouble in the Air," American Chamber of Commerce, July/August 2013, accessed at http://www.amcham-shanghai.org/amchamportal/InfoVault_Library/2013/INSIGHT-Trouble-in-the-Air.pdf.
16. Rachel Wang, "Why China's Rich Want to Leave," The Atlantic, April 11, 2013, accessed at <http://www.theatlantic.com/china/archive/2013/04/why-chinas-rich-want-to-leave/274920/>. "The rich and the highly educated account for the largest group in this emigration trend, according to the infographic. As revealed in a report by China Merchants Bank and Bain & Company, 'Among those mainland business owners who possess over 100 million RMB (about \$16 million), 27 percent have already emigrated, while another 47 percent are considering emigrating.'"
17. Edward L. Glaeser et al., "Clusters of entrepreneurship," Journal of Urban Economics 67, 150–168, 2010.
18. Peter Ford, "Beijing is booming, but talent is leaving due to bad air," Christian Science Monitor, April 4, 2013, accessed at <http://www.csmonitor.com/World/Asia-Pacific/2013/0404/Beijing-is-booming-but-talent-is-leaving-due-to-bad-air>; "China's Smog Splits Expatriate Families as Companies Pay for Fresh Air," Bloomberg, April 8, 2013, accessed at <http://www.bloomberg.com/news/2014-04-07/china-s-smog-splits-families-as-toxic-pollution-extracts-costs.html>. "Top Challenge: Two-thirds identify air quality as the top challenge in attracting foreign talent. About 48 percent of respondents to a survey in 2014 by the American Chamber of Commerce for Beijing and Northeastern China said they had difficulties recruiting or retaining senior executives in China due to the pollution."
19. Stefan Ambec et al., "The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?" Review of Environmental Economics and Policy, January 4, 2013, accessed at <http://www.louisbachelier.org/sites/default/files/pdf/The%20Porter%20Hypothesis%20at%2020.pdf>.
20. Stefan Ambec et al., "The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?" Review of Environmental Economics and Policy, January 4, 2013, accessed at <http://www.louisbachelier.org/sites/default/files/pdf/The%20Porter%20Hypothesis%20at%2020.pdf>.
21. Dallas Burtraw, "Innovation under the tradable sulfur dioxide emission permits program in the U.S. electricity sector," Resources for the Future, Discussion Paper 00-38, 2000, accessed at <http://www.rff.org/documents/RFF-DP-00-38.pdf>.
22. Philippe Aghion et al., "Carbon Taxes, Path Dependency and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry," National Bureau of Economic Research, NBER Working Paper No. 18596, December 2012, accessed at <http://www.nber.org/papers/w18596>. "We show that firms tend to innovate relatively more in clean technologies when they face higher tax-inclusive fuel prices."
23. Bo Jingyan, "环境规制对企业竞争力的影响: 对波特假说的检验——以东风日产乘用车公司开展节能减排为例," China Industry Security Guide, February 2, 2012, accessed at <http://www.acs.gov.cn/sites/aqzn/jrywry.jsp?contentid=2660582825880>.
24. Antoine Dechezleprêtre and Misato Sato, "The impacts of environmental regulations on competitiveness," London School of Economics, November 2014, accessed at http://personal.lse.ac.uk/dechezle/Impacts_of_Environmental_Regulations.pdf. See page 17.
25. Daniel H. Rosen and Trevor Houser, "China Energy A Guide for the Perplexed," Peterson Institute for International Economics, May 2007, accessed at <http://www.iie.com/publications/papers/rosen0507.pdf>. See page 18.
26. Antoine Dechezleprêtre and Misato Sato, "The impacts of environmental regulations on competitiveness," London School of Economics, November 2014, accessed at http://personal.lse.ac.uk/dechezle/Impacts_of_Environmental_Regulations.pdf.
27. Tanikawa Hiroya, "Environmental Issues and Technological Innovation - The Relevance the Porter Hypothesis has Today," Research Institute of Economy Trade and Industry (RIETI), October 28, 2003, accessed at http://www.rieti.go.jp/en/columns/a01_0103.html?stylesheet=print.
28. "Country Income Groups (World Bank Classification)," World Bank, accessed September 14, 2015 at <http://chartsbin.com/view/2438>. See also David I. Stern, "The Environmental Kuznets Curve," Internet Encyclopaedia of Ecological Economics, International Society for Ecological Economics, 2003, accessed at <http://isecoeco.org/pdf/stern.pdf>.
29. "China Says Air Pollution Affecting Physical, Mental Health of Citizens," Shanghai Daily, November 6, 2013, accessed at <http://www.shanghaidaily.com/national/China-says-air-pollution-affecting-physical-mental-health-of-citizens/shdaily.shtml>.
30. David I. Stern, "The Environmental Kuznets Curve," Internet

Encyclopaedia of Ecological Economics, International Society for Ecological Economics, 2003, accessed at <http://lsecocoe.org/pdf/stern.pdf>. "The EKC is named for Kuznets (1955) who hypothesized income inequality first rises and then falls as economic development proceeds;" James Van Alstine and Eric Neumayer, "The Environmental Kuznets Curve," accessed October 30, 2014, at <http://www.lse.ac.uk/geographyAndEnvironment/whosWho/profiles/neumayer/pdf/EKC.pdf>.

31. Zheng Siqi and Sun Cong, "中国环境库兹涅茨曲线的平移机会," Tsinghua University, China Academic Journal Electronic Publishing House, October 2012, accessed at <http://www.tsinghua.edu.cn/publish/7312/2013/20130313171109417671818/20130313171328746680952.pdf>. "EKC曲线的拐点开始出现, 并存在向左下方平移的发展前景。反思改革开放以来的城市化历程, 怎样减少后发劣势, 积累后发优势, 并发挥特有制度因素和发展路径中所蕴含的正向力量, 对未来的城市化和环境的可持续发展具有关键性意义。"

32. "Fueled by Cheap Chinese Panels, U.S. Solar Use Soars," Wall Street Journal, September 9, 2012, accessed at <http://www.wsj.com/articles/SB1000872396390443589304577637333545350176>.

33. "Decision of the Central Committee of the Communist Party of China on Some Major Issues Concerning Comprehensively Deepening the Reform," China.org.cn, January 16, 2014, accessed at http://www.china.org.cn/china/third_plenary_session/2014-01/16/content_31212602.htm. See also Nargiza Salidjanova and Jacob Koch-Weser, "Third Plenum Economic Reform Proposals: A Scorecard," U.S.-China Economic and Security Review Commission, November 19, 2013, accessed at [http://origin.www.uscc.gov/sites/default/files/Research/Backgrounder_Third%20Plenum%20Economic%20Reform%20Proposals--A%20Scorecard%20\(2\).pdf](http://origin.www.uscc.gov/sites/default/files/Research/Backgrounder_Third%20Plenum%20Economic%20Reform%20Proposals--A%20Scorecard%20(2).pdf).

34. "国务院关于印发“十二五”国家战略性新兴产业发展规划的通知," China State Council, 2012, accessed at http://www.gov.cn/jwqk/2012-07/20/content_2187770.htm.

35. "万钢: “十二五”科技发展推动建设创新型国家," China Daily, November 3, 2010, accessed at http://www.chinadaily.com.cn/dfpd/2010-11/03/content_11494658.htm.

36. "“十二五”时期经济社会发展的国内环境," Xinhua, November 9, 2010, accessed at http://news.xinhuanet.com/observation/2010-11/09/c_12752000.htm.

37. "How Government Policies and Processes Are Hurting Innovation in China," Knowledge@Wharton, December 20, 2013, accessed at <http://knowledge.wharton.upenn.edu/article/government-policies-processes-hurting-innovation-china/>.

38. "How Government Policies and Processes Are Hurting Innovation in China," Knowledge@Wharton, December 20, 2013, accessed at <http://knowledge.wharton.upenn.edu/article/government-policies-processes-hurting-innovation-china/>.

39. "Open innovation important in promoting common development, prosperity: Chinese premier," Xinhua, October 15, 2014, accessed at http://news.xinhuanet.com/english/china/2014-10/15/c_133716620_2.htm.

40. "China shifts from GDP primacy to quality growth," Xinhua, December 12, 2013, accessed at http://news.xinhuanet.com/english/china/2013-12/12/c_132963098.htm.

41. "Report on Circular Economy," China Council for International Cooperation on Environmental Development (CCICED), November 20, 2005, accessed at http://www.cciced.net/enciced/policyresearch/report/201205/t20120529_230487.html.

42. Sheng Ruowei and Du Rong, "人才强国: 跨越发展的中国资源," CPCNews, November 2, 2012, accessed at <http://cpc.people.com.cn/n/2012/1102/c244349-19470189-2.html>.

43. 《大力实施人才强国战略》[Strategy for Becoming a Talent Rich Country], Ministry of Human Resources and Social Security, February 3, 2015, accessed at http://www.mohrss.gov.cn/SYrlzyhshbzb/dongtaixinwen/buneyiaowen/201502/t20150203_151105.htm.

44. Hongyou Lu and Lynn Price, "China's Industrial Carbon Dioxide Emissions in Manufacturing Subsectors and in Selected Provinces," Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-5575E, June 2012, accessed at <https://china.lbl.gov/sites/all/files/lbl-5575e-industrial-co2-emissionsjune-2012.pdf>; He Kebin, "Analysis of PM2.5 Pollution Characteristics and Control Strategies in Jing-Jin-Ji Region," School of Environment, Tsinghua University, November 16, 2013, accessed at http://www.efchina.org/Attachments/Activity/restoringbluesky-en/7%20He%20Kebin_EN.pdf. See pages 17 and 18.

45. 《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》[Detailed Regulations for Implementation of the Action Plan for Air Pollution Prevention and Control in Jing-Jin-Ji and Surrounding Regions], State Council, September 17, 2013, accessed at http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201309/t20130918_260414.htm; "环保部公布2014年京津冀钢铁企业大气污染治理名单" [MEP Announces the 2014 Air Pollution Governance List for Steel Companies in Jing-Jin-Ji], August 1, 2014, International Iron

and Steel Information, accessed at http://www.csteelnews.com/xwzx/djbd/201408/t20140801_251514.html.

46. China Bureau of Statistics, 2015, accessed at <http://data.stats.gov.cn/>.

47. Zhihao Su and Yajuan Chen, "Research on Strategies of Optimizing Industrial Structure in Hebei Province," Paper Presented at the International Conference on Global Economy, Commerce and Service Science, 2014.

48. Zhang Yu, "Hebei looks to relocate its largest and most polluting industries abroad," Global Times, December 22, 2014.

49. China Bureau of Statistics, 2015, accessed at <http://data.stats.gov.cn/>.

50. "Crude Steel Production 2014-2015," World Steel Association, accessed on August 6, 2015 at <http://www.worldsteel.org/statistics/crude-steel-production.html>.

51. Based on a 2014 Tsinghua study, Beijing, Hebei and Tianjin would need to reduce primary PM2.5 emissions by 31.3%, 25.9% and 25.5%, respectively in order to achieve the 2017 ambient air quality targets outlined in the Air Pollution Action Plan. To evaluate the impact of emissions reductions in different sectors on ambient air quality in the Jing-Jin-Ji region, Tsinghua University's School of Environment ran a series of simulations. The simulations employed version 5.0 of the Community Multi-scale Air Quality (CMAQ) model to simulate emissions reductions and their impact on ambient air quality spatially across the Jing-Jin-Ji region. The CMAQ model system simultaneously models multiple air pollutants, including ozone, particulate matter, SO₂, NO_x, and other primary pollutants that contribute to ambient air quality problems such as PM2.5. For spatial mapping, the simulations used double nesting with resolutions of 36 kilometers (for China) and 12 kilometers (for the JJJ-region). The simulations employed emissions inventories from 2012, using emissions inventories developed at Tsinghua University. The simulations compared ambient air quality of a base case against modelled cases where all primary emissions for each individual sector were uniformly reduced by 30% compared to the base case, while emissions from other sectors were held constant.

52. "基本解决城乡供热瓶颈," Beijing Municipal Commission on Development and Reform, accessed August 27, 2015 at http://www.bjpc.gov.cn/zt/125ny/nygh/sizhang_ny/201106/t821417.htm; "薛惠娟: '为蓝天白云不懈努力,'" Hebei News, December 7, 2014, accessed at http://hbrb.hebnews.cn/html/2014-12/07/content_44076.htm.

53. Email communications, Jeremy Schreifels, U.S. Environmental Protection Agency, September 2015.

54. Email communications, Jeremy Schreifels, U.S. Environmental Protection Agency, September 2015.

55. David Fridley et al., "China Energy and Emissions Paths to 2030," Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-4866E, August 2012, accessed at <http://eaei.lbl.gov/sites/all/files/lbl-4866e-rite-modelaugust2012.pdf>.

56. Ali Hasanbeigi, Zeyi Jiang, and Lynn Price, "Analysis of the Past and Future Trends of Energy Use in Key Medium-and Large-Sized Chinese Steel Enterprises 2000-2030," August 2013, Lawrence Berkeley National Laboratory, accessed at https://china.lbl.gov/sites/all/files/steel_decom_analysis.pdf.

57. Ali Hasanbeigi, Zeyi Jiang, and Lynn Price, "Analysis of the Past and Future Trends of Energy Use in Key Medium-and Large-Sized Chinese Steel Enterprises 2000-2030," Lawrence Berkeley National Laboratory, August 2013, accessed at https://china.lbl.gov/sites/all/files/steel_decom_analysis.pdf. "China's energy consumption per tonne of steel has declined significantly, especially since the 1990s, largely due to process restructuring and optimization and phasing out of inefficient backward technologies."

58. Ali Hasanbeigi, Zeyi Jiang, and Lynn Price, "Analysis of the Past and Future Trends of Energy Use in Key Medium-and Large-Sized Chinese Steel Enterprises 2000-2030," Lawrence Berkeley National Laboratory, August 2013, accessed at https://china.lbl.gov/sites/all/files/steel_decom_analysis.pdf.

59. Ali Hasanbeigi et al., "Assessment of Energy Efficiency Improvement and CO₂ Emission Reduction Potentials in the Iron and Steel Industry in China," Lawrence Berkeley National Laboratory, November 2012, accessed at http://www.iipnetwork.org/CSC_steelindustry.pdf.

60. Ali Hasanbeigi, Zeyi Jiang, and Lynn Price, "Analysis of the Past and Future Trends of Energy Use in Key Medium-and Large-Sized Chinese Steel Enterprises 2000-2030," Lawrence Berkeley National Laboratory, August 2013, accessed at https://china.lbl.gov/sites/all/files/steel_decom_analysis.pdf.

61. Franc Kaiser, Jan Borgonjon, and James Tang, "China's Automation Tsunami," Inter China Consulting, March 2015, accessed at http://www.interchinaconsulting.com/files/interchina_insight_-_whitepaper_-_automation_tsunami.pdf.

62. "Renewables 2015 Global Status Report," REN21, accessed at http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/06/GSR2015_KeyFindings_lowres.pdf.
63. "Renewables 2015 Global Status Report," REN21, accessed at http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/06/GSR2015_KeyFindings_lowres.pdf.
64. "可再生能源发展“十二五”规划” [12thFive-Year Plan on Renewable Energy Development], National Energy Administration, August 8, 2012, accessed at http://www.nea.gov.cn/2012-08/08/c_131767651.htm.
65. “国家应对气候变化规划（2014-2020）” [The National Plan on Climate Change (2014-2020)], National Development and Reform Commission, November 2014, accessed at http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/2014/20141125/xgzc32142/Document/1387125/1387125_2.htm.
66. “RenewableEnergyCountryAttractivenessIndex (RECAI),” Ernst & Young (EY), September 2014, accessed at [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index-42-September-2014-cn/\\$FILE/EY-Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index-42-September-2014-cn.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index-42-September-2014-cn/$FILE/EY-Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index-42-September-2014-cn.pdf). Page 33.
67. Ron Pernick et al., “Clean Energy Trends 2014,” Clean Edge, March 2014, accessed at <http://cleanedge.com/reports/Clean-Energy-Trends-2014>.
68. “Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy,” International Energy Agency, 2014, accessed at https://www.iea.org/media/freepublications/technologyroadmaps/solar/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf.
69. Pan Jiahua et al., “Study on Low Carbon Development and Green Employment in China,” Institute for Urban and Environmental Studies (IUE) and China Academy of Social Sciences (CASS), 2010, accessed at http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-beijing/documents/publication/wcms_155390.pdf. Page 85.
70. “China’s Coal Cap Policy Will Increase Country’s Clean Energy Jobs,” Natural Resources Defense Council, March 26, 2015, accessed at <http://www.nrdc.org/media/2015/150326.asp>.
71. “Renewable Power Generation Costs in 2014,” International Renewable Energy Agency, January 2015, accessed at http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf.
72. “可再生能源创造巨大就业机会” [Renewable Energy Creates Huge Opportunity for Employment], China Energy Newspaper, June 8, 2015, accessed at http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2015-06/08/content_1574803.htm.
73. Amory B. Lovins and Jon C. Creyts, “Reinventing Fire: Three Energy Gamechangers for China and the World,” Rocky Mountain Institute, November 15, 2013, accessed at http://www.rmi.org/Content/Files/20131115_China_Policy_Review-Reinventing_Fire.pdf.
74. Amory Lovins, “Amory Lovins: A 40-Year Plan for Energy,” TED Talks, March 2012, accessed at http://www.ted.com/talks/amory_lovins_a_50_year_plan_for_energy#; Reinventing Fire: China Official Launch, Rocky Mountain Institute, accessed on July 31, 2015 at http://www.rmi.org/reinventing_fire_china.
75. “Coal consumption in Beijing, Tianjin, Hebei,” China Daily, November 14, 2014, http://www.chinadaily.com.cn/beijing/2014-11/14/content_18912728.htm. Figures are for 2012.
76. “2015年上半年全国风电并网运行情况,” National Energy Administration, July 27, 2015, accessed at http://www.nea.gov.cn/2015-07/27/c_134451678.htm.
77. According to maps available at <http://solargis.info/>, the Central Spain region between Valladolid and Zaragoza has average annual solar irradiation of between 1500-1725 kWh/m², whereas the northern half of Hebei has average annual solar irradiation of 1500-1700 kWh/m².
78. “一季度全国新增光伏发电并网装机容量504万千瓦,” National Energy Administration, April 20, 2015, accessed at http://www.nea.gov.cn/2015-04/20/c_134165328.htm.
79. “一季度河北新增光伏发电并网装机容量2万千瓦,” People.com, April 21, 2015, accessed at <http://he.people.com.cn/n/2015/0421/c192235-24575130.html>.
80. “能源局下发2015年光伏年度计划征求意见稿新增并网15GW,” Linuo PV News, January 29, 2015, accessed at <http://www.linuopv.com/news-look.aspx?id=540>.
81. Stephen Lacey, “China is Falling Short on its Distributed Solar Goals,” Greentech Media, January 21, 2015, accessed at <http://www.greentechmedia.com/articles/read/china-is-falling-short-on-its-distributed-solar-goals>.
82. Paulson Institute interview, August 4, 2015, Handan Textile, Handan Hebei.
83. J. Eon et al., “China’s Building Energy Use: A Long-Term Perspective based on a Detailed Assessment,” Pacific Northwest National Laboratory, PNNL-21073, January 2012, accessed at http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-21073.pdf. Wei Feng et al., “Evaluation of Energy Savings of the New Chinese Commercial Building Energy Standard,” Lawrence Berkeley National Lab and China Academy of Building Research, 2014, accessed at <http://aceee.org/files/proceedings/2014/data/papers/4-761.pdf>.
84. William S. Dietrich, “A Very Brief History of Pittsburgh,” Pittsburgh Quarterly, Fall 2008, accessed at <http://www.pittsburghquarterly.com/index.php/Region/a-very-brief-history-of-pittsburgh.html>.
85. Tim Reed, “Pittsburgh Bound: Greenville Chamber of Commerce Quarterly Update,” Greenville Business Magazine, July 1, 2013, accessed at <http://www.greenvillebusinessmag.com/View-Article/ArticleID/4433/Pittsburgh-Bound.aspx>.
86. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, “From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt,” April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.
87. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, “From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt,” April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.
88. Joel Tarr, “The Changing Face of Pittsburgh, A Historical Perspective, Ensuring Environmental Health in Postindustrial Cities: Workshop Summary,” National Academies Press, 2003, accessed at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222035/>.
89. “The Donora Smog Disaster October 30-31, 1948,” Pennsylvania Historical and Museum Commission, accessed September 12, 2015, at http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/documents_from_1946_-_present/20426/donora_smog_disaster/999079.
90. Joel Tarr, “The Changing Face of Pittsburgh, A Historical Perspective, Ensuring Environmental Health in Postindustrial Cities: Workshop Summary,” National Academies Press, 2003, accessed at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222035/>.
91. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, “From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt,” April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.
92. “Reinventing Pittsburgh as a Green City,” Union of Concerned Scientists, accessed on July 22, 2015 at http://www.ucsusa.org/global_warming/solutions/reduce-emissions/reinventing-pittsburgh.html#.VayPCPIViko.
93. “Reinventing Pittsburgh as a Green City,” Union of Concerned Scientists, accessed on July 22, 2015 at http://www.ucsusa.org/global_warming/solutions/reduce-emissions/reinventing-pittsburgh.html#.VayPCPIViko.
94. Rick Stouffer, “Wind Turbine Maker Plants Firm Foot in State,” Tribe Live, June 7, 2009, accessed at http://tribelive.com/x/pittsburghtrib/business/s_628426.html#axzz3gbwAY4Qp.
95. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, “From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt,” April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.
96. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, “From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt,” April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.
97. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, “From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt,” April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.
98. Tim Reed, “Pittsburgh Bound: Greenville Chamber of Commerce Quarterly Update,” Greenville Business Magazine, July 1, 2013, accessed at <http://www.greenvillebusinessmag.com/View-Article/ArticleID/4433/Pittsburgh-Bound.aspx>.
99. Harold Miller, “Thank Seniors for Helping Us Get Through the Recession,” December 5, 2010, accessed at <http://pittsburghfuture.blogspot.com/2010/12/thank-seniors-for-helping-us-get.html>. “Today, over 116,000 jobs – one-tenth of all jobs in the Pittsburgh region – are in hospitals, outpatient clinics, and doctors’ offices. That’s both more jobs and a higher share of the region’s total employment than the steel industry represented in the 1970s.”
100. Richey Piiparinen, “Population growth as the cure for the incredible shrinking city?,” New Geography, May 17, 2014, accessed at <http://www>.

newgeography.com/content/004316-population-growth-cure-incredible-shrinking-city. The 40% figure is derived from the graph. "...Ranking the nation's largest metros (over 1 million people), the highest real per capita metros were Hartford, Boston, and San Francisco, followed by Pittsburgh 6th and Cleveland 11th. Not bad for "dying" metros. Columbus clocked in at 28th, while peer Rust Belt metro Detroit was 44th out of 51."

101. Tim Reed, "Pittsburgh Bound: Greenville Chamber of Commerce Quarterly Update," Greenville Business Magazine, July 1, 2013, accessed at <http://www.greenvillebusinessmag.com/View-Article/ArticleID/4433/Pittsburgh-Bound.aspx>.

102. "About," Pittsburgh Community Reinvestment Group, accessed January 6, 2015, at <http://www.pcrp.org/about/>.

103. "Robotics in the Pittsburgh Region," Pittsburgh Technology Council, June 12, 2014, accessed at <http://www.pgtech.org/news-publications/state-of-the-industry-report/robotics-in-the-pittsburgh-region.aspx#.VK4u1CuUfDY>.

104. "Job Creation in the Pittsburgh Region," Pittsburgh's Future, accessed January 6, 2015, at <http://www.pittsburghfuture.com/economy.html>.

105. "Competition and the Decline of the Rust Belt," Federal Reserve Bank of Minneapolis, December 20, 2014, accessed at <https://www.minneapolisfed.org/research/economic-policy-papers/competition-and-the-decline-of-the-rust-belt>.

106. "Ohio's Cloudy Future: The Decline of the Big Eight," The Hampton Institute, August 22, 2015, accessed at <http://www.hamptoninstitute.org/bigeight.html#.VagjNPiViko>.

107. "Cuyahoga River," United States Environmental Protection Agency, accessed on July 22, 2015 at <http://www.epa.gov/greatlakes/aoc/cuyahoga/>.

108. "Restoring Prosperity: Transforming Ohio's Communities for the Next Economy," The Brookings Institution Metropolitan Policy Program, 2010, accessed at http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Reports/2010/2/22-ohio-prosperity/ohio_report.PDF.

109. "China's Hebei Province to Shut More Steel Capacity if Conditions Allow," Reuters, March 7, 2014, accessed at <http://www.reuters.com/article/2014/03/07/china-steel-hebei-idUSL3N0M42R020140307>.

110. James T. Areddy, "In Toledo, the 'Glass City,' New Label: Made in China," Wall Street Journal, August 29, 2010, accessed at <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052748703428604575418680197041878>.

111. Judy Keen, "Toledo Reinvests Itself as a Solar Power Innovator," USA Today, June 15, 2010, accessed at http://usatoday30.usatoday.com/money/industries/energy/2010-06-15-toledo15_CV_N.htm.

112. "Ohio Solar," Solar Energy Industries Association, accessed on July 22, 2015 at <http://www.seia.org/state-solar-policy/ohio>.

113. Judy Keen, "Toledo reinvents itself as a solar-power innovator," USA Today, June 10, 2015, accessed at http://usatoday30.usatoday.com/money/industries/energy/2010-06-15-toledo15_CV_N.htm.

114. Judy Keen, "Toledo reinvents itself as a solar-power innovator," USA Today, June 10, 2015, accessed at http://usatoday30.usatoday.com/money/industries/energy/2010-06-15-toledo15_CV_N.htm.

115. "Ohio's Renewable Energy Portfolio Standard," The Public Utilities Commission of Ohio, accessed on July 22, 2015 at <http://www.puco.ohio.gov/puco/index.cfm/industry-information/industry-topics/ohioe28099s-renewable-and-advanced-energy-portfolio-standard/#sthash.2GAcoPcV.dpbs>.

116. Tyrel Linkhorn, "Solar Specialists Optimistic of Industry Developments," June 17, 2015, accessed at <http://www.toledoblade.com/Energy/2015/06/17/Solar-specialists-optimistic-of-industry-developments.html>.

117. Kathiann M. Kowalski, "Combined Heat and Power has Promise, Faces Hurdles in Ohio," Midwest Energy News, April 11, 2014, accessed at <http://midwestenergynews.com/2014/04/11/combined-heat-and-power-has-promise-faces-hurdles-in-ohio/>; Capturing Energy Waste in Ohio: Using Combined Heat and Power to Upgrade our Electric System, Policy Matters Ohio, March 8, 2012, accessed at <http://www.policymattersohio.org/combined-heat-power-march2012>.

118. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, "From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt," April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.

119. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, "From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt," April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.

120. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, "From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt," April 2015, accessed at

<http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.

121. Douglas J. Guth, "'Cluster Economy' can Create a Critical Mass of Expertise in Cleveland," Freshwater, November 11, 2014, accessed at <http://www.freshwatercleveland.com/features/piiparinen111114.aspx>.

122. Richey Piiparinen, Jim Russell, and Charlie Post, "From Metals to Minds, Economic Restructuring in the Rust Belt," April 2015, accessed at <http://ceosforcitiesworkshop.org/wp-content/uploads/2015/05/From-Metals-to-Minds.pdf>.

123. Alexis Stephens, "There's a Reason you're Hearing So Much about Cleveland These Days," Next City, September 19, 2014, accessed at <https://nextcity.org/daily/entry/cleveland-downtown-playhouse-square-arts-culture>.

124. "Gross Domestic Product 2014," World Development Indicators Database, World Bank, July 1, 2015, accessed at <http://databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf>.

125. David Cay Johnston, "State's Job Growth Defies Predictions after Tax Increases," Sacramento Bee, July 20, 2014, accessed at <http://www.sacbee.com/opinion/california-forum/article2604184.html>.

126. "The Southland's War on Smog: Fifty Years of Progress toward Clean Air (through May 1997)," South Coast Air Quality Management District, accessed January 8, 2015, at <http://www.aqmd.gov/home/library/public-information/publications/50-years-of-progress>.

127. Eli Berman and Linda T. M. Bui, "Environmental Regulation and Productivity: Evidence from Oil Refineries," Review of Economics and Statistics, MIT Press, Vol. 83, No. 3, Pages 498-510, August 2001, accessed at <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/00346530152480144#.VK3x6iUfDY>.

128. Lan Tao et al., "Innovation as response to emissions legislation: Revisiting the automotive catalytic converter at Johnson Matthey," Institute for Manufacturing, Centre for Technology Management, February 2009, accessed at http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/CTM/Resources/09_03_tao_ridgman.pdf.

129. Lan Tao et al., "Innovation as response to emissions legislation: Revisiting the automotive catalytic converter at Johnson Matthey," Institute for Manufacturing, Centre for Technology Management, February 2009, accessed at http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/CTM/Resources/09_03_tao_ridgman.pdf. "From the first two-way oxidation catalysts to today's advanced three-way catalysts, a discontinuous innovation has been followed up by a series of incremental innovations as regulations were further tightened."

130. Belinda Chen et al., "Effect of Emissions Regulation on Vehicle Attributes, Cost, and Price," Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, October 18, 2004, accessed at http://www.its.ucdavis.edu/wp-content/themes/ucdavis/pubs/download_pdf.php?id=200. See page 14 for cost estimates and graphs on page 18 for corporate profits and page 22 for vehicle sales.

131. "Assembly Bill 32 Overview," California Environmental Protection Agency Air Resources Board, September 27, 2006, accessed at <http://www.arb.ca.gov/cc/ab32/ab32.htm>.

132. "California's Commitment to Renewable Energy," Union of Concerned Scientists, accessed on July 27, 2015 at http://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/renewable-energy-in-california.html#.VbKwgfViko.

133. "California's Energy Efficiency Standards Have Saved US\$ 74 Billion," California Energy Commission, accessed on July 27, 2015 at <http://www.energy.ca.gov/efficiency/savings.html>.

134. "California has Largest Advanced Energy Industry in U.S., with Over 430,000 Workers, According to First-Ever State Employment Survey," Advanced Energy Economy Institute, December 4, 2014, accessed at <https://www.aee.net/articles/california-has-largest-advanced-energy-industry-in-u-s-with-over-430-000-workers-according-to-first-ever-state-employment-survey>.

135. "California has Largest Advanced Energy Industry in U.S., with Over 430,000 Workers, According to First-Ever State Employment Survey," Advanced Energy Economy Institute, December 4, 2014, accessed at <http://info.aee.net/hs-fs/hub/211732/file-2173902479-pdf/PDF/aee-california-advanced-energy-employment-survey-fnl.pdf>.

136. "Clean Energy Patent Growth Index," Heslin Rothenberg Farley & Mesiti, April 17, 2015, accessed at <http://www.cepgi.com/2015/04/2014-year-end.html>.

137. "California has Largest Advanced Energy Industry in U.S., with Over 430,000 Workers, According to First-Ever State Employment Survey," Advanced Energy Economy Institute, December 4, 2014, accessed at <http://>

info.aee.net/hs-fs/hub/211732/file-2173902479-pdf/PDF/aeei-california-advanced-energy-employment-survey-fnl.pdf.

138. Based on closed door discussion hosted by the Paulson Institute in Los Altos, California on July 23, 2015.

139. Vauhini Vara, "How California Bested Texas," The New Yorker, January 8, 2015, accessed at <http://www.newyorker.com/business/currency/california-bested-texas>.

140. Mark Muro, Jonathan Rothwell, Scott Andes, Kenan Fikri, and Siddharth Kulkarni, "America's Advanced Industries: What they are, Where they are, and Why they Matter," Brookings Institute, February 2015, accessed at <http://www.brookings.edu/research/reports2/2015/02/03-advanced-industries#/M10420>.

141. Mark Muro, Jonathan Rothwell, Scott Andes, Kenan Fikri, and Siddharth Kulkarni, "America's Advanced Industries: What they are, Where they are, and Why they Matter," Brookings Institute, February 2015, accessed at <http://www.brookings.edu/research/reports2/2015/02/03-advanced-industries#/M10420>.

142. "California has Largest Advanced Energy Industry in U.S., with Over 430,000 Workers, According to First-Ever State Employment Survey," Advanced Energy Economy Institute, December 4, 2014, accessed at <https://www.aee.net/articles/california-has-largest-advanced-energy-industry-in-u-s-with-over-430-000-workers-according-to-first-ever-state-employment-survey>. "Advanced energy jobs grew 5 percent in the past year – more than double the overall state job growth rate – and is on track to grow 17 percent in the coming year, to more than 500,000 workers, based on employer hiring plans."

