第六章 “一带一路”投融资绿色化

小节：亚洲重点国家的绿色电力投资[1]

郭虹宇、白韫雯[2]

1 “一带一路”绿色电力投资的背景

自上世纪五十年代，以化石燃料为主的能源生产与消费推动了全球经济的腾飞，但对当地大气、地下水以及生态环境造成了严重的污染与影响，其温室气体排放也加剧了气候变化问题。随着全球经济发展方式的转变以及环境约束的增强，全球能源生产与消费结构正在升级，能源合作尤其是电力投资正在向绿色、低碳、清洁方向转型。

作为世界第二大经济体和最大的碳排放国，随着国内工业化与城镇化进程的加速，以及通过 “走出去”和双多边合作更加积极地参与全球投资、贸易与金融活动，中国在全球的生态足迹与碳足迹将日益增加。其中中国电力对外投资活动将对投资所在国的低碳发展路径及其环境与气候保护目标带来不容忽视的影响。因此，中国电力对外投资项目开发首先需要确保项目具有环境与社会可持续性，减少对项目所在国的环境和社会造成不利影响。其次，由于项目周期较长，电力对外投资项目需避免因采用高碳高排放的落后技术将项目所在国锁定在高碳排放的发展路径上，确保投资活动与全球气候保护目标相协调。

1.1 中国绿色政策要求

中国通过粗放型发展实现了经济的快速发展，但随之而来的资源短缺、生态环境退化、以及环境污染需要中国经济从规模速度型粗放增长转向质量效率型集约增长。中国是受气候极端天气和灾害影响最严重的国家之一，同时还面临着国内治理空气污染、保障能源安全、经济结构转型等发展需要。对此，中国先后制定了生态文明建设与环境保护系列政策要求，推动经济转型升级，实现低碳可持续发展。

中国已经将生态文明建设纳入国家宪法及顶层政策规划。十八大以来，中国提出生态文明建设和生态环境保护系列要求。国家“十三五”规划首次纳入生态文明建设。十九大期间，习近平指出，要提高污染排放标准，强化排污者责任，健全环保信用评价、信息强制性披露、严惩重罚等制度。构建政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的环境治理体系。积极参与全球环境治理，落实减排承诺。2018 年 3 月，第十三届全国人民代表大会第一次会议通过宪法修正案，将生态文明建设纳入宪法第八十九条第六项。

为应对气候变化引发极端天气的不利影响，中国**制定了 2030 年温室气体控排目标**。展开气候变化行

[1] 本文修改后发表于《2018 绿色金融年度报告》第六章 6.3.3 推动“一带一路”亚洲电力投资绿色化。第 220 页。
[2] 郭虹宇，创绿研究院 气候项目经理
白韫雯，创绿研究院 主任、研究员

动是全球责任，更是中国基于自身利益的考量。中国在 2015 年向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交了NDC,承诺二氧化碳排放在2030年左右达到峰值并争取尽早达峰;单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降 60%-65%，非化石能源占一次能源消费比重达到 20%左右。

为应对大气污染，保障能源安全与低碳转型，中国正在大力推进清洁能源革命，淘汰落后产能。2013 年国家出台了有史以来最严的“大气十条”[3]，控制煤炭消费总量，严格投资项目节能环保准入，并严格限制在生态脆弱或环境敏感地区建设“两高”行业项目。2014 年中国提出能源消费、能源供给、能源技术和能源体制四方面的“能源革命”，并于 2016 年发布《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》[4]。《战略》提出能源消费总量控制在 50 亿吨标准煤以内，煤炭消费比重进一步降低，非化石能源占比 15%。2018 年，**可再生能源新政密集落地，促进清洁能源消纳。**2018 年，两部委印发了《关于提升电力系统调节能力的指导意见》[5]，旨在实现中国提出的 2020 年、2030 年非化石能源消费比重目标，保障电力安全供应和民生用热需求。国家能源局也公布了《可再生能源电力配额及考核办法（征求意见稿）》，办法明确了 2018 年和 2020 年各省的可再生能源电力总量配额指标，以解决水电、风电、太阳能发电的电网接入和市场消纳问题。

通过建立绿色金融政策体系并发起海外投资环境风险管理倡议，中国积极引导和撬动公共和私营资金在国内外投资活动中流向绿色领域。“十三五”发展规划首次纳入绿色金融。中国银监会于 2012 年发布了《绿色信贷指引》，第 21 条要求银行业金融机构应当加强对拟授信境外项目的环境社会风险管理，确保项目发起人遵守项目所在国家或地区有关环保、土地、健康、安全等相关法律法规。对拟授信的境外项目公开承诺采用相关国际惯例或准则，确保对拟授信项目的操作与国际良好做法在实质上保持一致。2017 年 9 月 5 日，由中国金融学会绿色金融专业委员会、中国投资协会、中国银行业协会等机构共同向参与对外投资的中国金融机构和企业发起《**中国对外投资环境风险管理倡议**》[6]（简称《倡议》）。《倡议》鼓励企业充分了解、防范和管理对外投资项目涉及的环境和社会风险，强化环境信息披露，利用绿色融资工具和环境责任保险，推动贸易融资和供应链融资的绿色化，加强环境风险管理方面的能力建设。

1.2 国际环境：可持续发展议程和《巴黎协定》及国际清洁能源转型趋势

2015 年联合国可持续发展峰会上通过的《变革我们的世界：2030 年可持续发展议程》（简称《议程》），并提出了 17 个可持续发展目标（SDGs），其中目标 7 是确保人人获得负担得起的、可靠的和可持续的现代能源，并指出应对气候变化是消除极端贫困与不平等，实现可持续发展的必要条件。2015 年底巴黎气候大会通过的《巴黎协定》（简称《协定》）明确提出控制全球平均气温比工业化前水平升高幅度不超过 2℃，努力限制在 1.5℃以内；并首次要求资本流动要符合低碳和气候适应型发展的路径。各国分别根据自己的国情制定了自主贡献方案（NDC），作为落实《协定》长期目标的主要行动方案。SDGs 与《协定》为全球经济去碳化制定了长期目标，但若要落实《协定》需要每个国家在国内行动与国际合作方面不断提高行动目标。目前各国提出的 NDC 目标并不足以实现《协定》的 2° C 温控目标，更不用提 1.5° C。研究显示，到

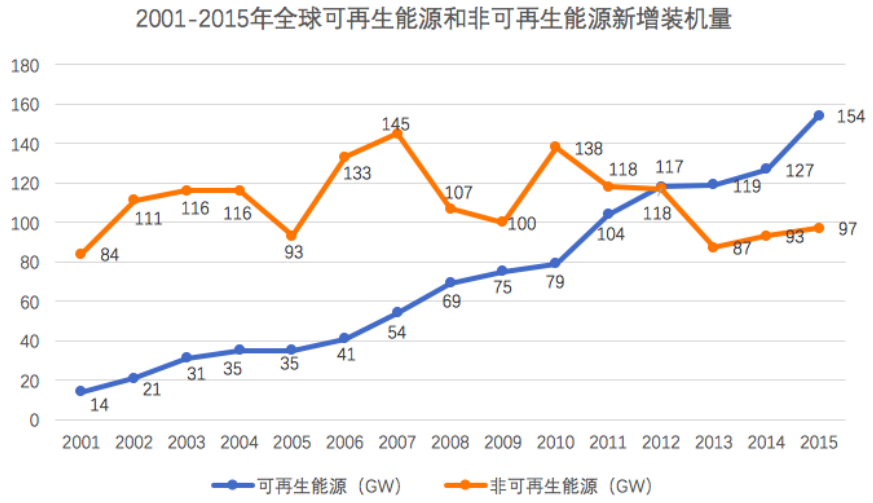
[3] 中国国务院：《大气污染防治行动计划》，2013 年。
[4] 国家发展改革委、国家能源局：《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》，2016 年。
[5] 国家发展改革委、国家能源局：《关于提升电力系统调节能力的指导意见》，2018 年。
[6] 中国金融学会绿色金融专业委员会、中国投资协会、中国银行业协会、中国证券投资基金业协会、中国保险资产管理业协会、中国信托业协会、环境保护部环境保护对外合作中心：《中国对外投资环境风险管理倡议》，2017 年。

2030 年，落实现有 NDC 后全球碳排放水平与 2° C 目标所要求的排放水平相比将高出 110-135 亿吨/年[7]。

落实人人享有可负担的清洁能源将成为全球能源发展的主要驱动力之一。SDG 提出，到 2030 年，确保人人都能获得负担得起的、可靠的现代能源服务。目前全球超过 10 亿人口面临缺电问题，主要集中在非洲、印度及亚洲其他发展中国家[8]。到 2040 年时，电力会占到最终能源消费增量的 40%——相当于石油在过去 25 年能源消费增长中的占比[9]。

全球能源结构正经历快速转型期，可再生能源加速发展，化石能源需求疲软。根据 SDG 目标，到 2030 年，大幅增加可再生能源在全球能源结构中的比例。国际能源署（IEA）报告[10]显示，2015 年可再生能源已经超过煤炭，成为了全球范围内发电装机容量的最大来源。这一趋势在 2016 年进一步明显。BP 指出，2016 年可再生能源在所有能源中增幅最大，达到创纪录的 12%[11]。风电和太阳能占可再生能源增长的一半以上。研究[12]显示，随着中国严格限制新建煤电项目以及印度私营资本从煤电撤资，全球煤电建设速度连续两年大幅缩减。中国自 2016 年起共计有 444GW 煤电项目被暂停，以解决电力行业产能过剩问题。IEA《2017 世界能源展望》[13]预计，从现在到 2040 年，全球新增的燃煤发电装机将只有 400GW，其中大部分新增装机量是如今在建的。

图 1 2001-2015 年全球可再生能源和非可再生能源新增装机量（GW）

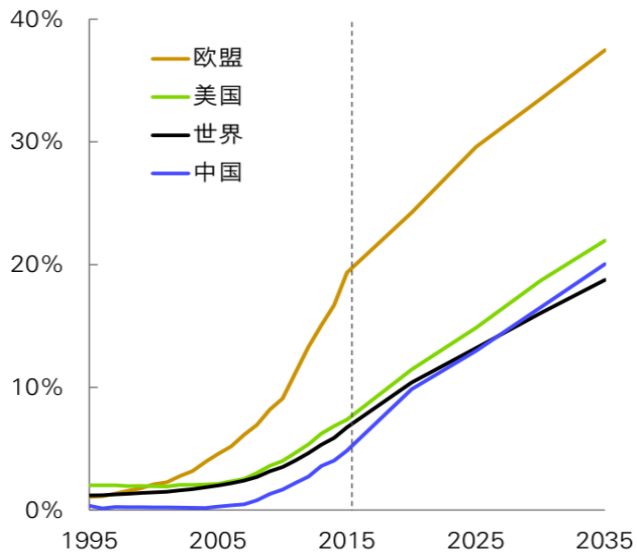


数据来源：IRENA[14]

注：可再生能源包括太阳能、风能、水电、海洋能、地热能和生物能

图 2 可再生能源在发电中的占比[15]

7 联合国环境署：《排放差距报告 2017》，2017。
8 英国石油公司：《BP 世界能源展望》，2017 年，第 19 页。
9 国际能源署：《世界能源展望 2017》，2017 年，第 5 页。
10 第一财经：《首次超越！可再生能源取代煤炭成为全球最大电力来源》，2016 年 10 月 26 日，见 http://www.yicai.com/news/5143637.html。
11 英国石油公司：《BP 世界能源统计年鉴》，2017 年，第 3 页。
12 绿色和平、塞拉俱乐部、全球煤炭网络：《繁荣与衰落 2018：追踪全球燃煤发电厂》，2018 年。
13 国际能源署：《2017 世界能源展望》，2017 年，第 2 页。
14 国际可再生能源署：《REthinking Energy 2017》，2017 年，第 19 页。
15 英国石油公司：《BP 世界能源展望》，2017 年，第 40 页。



各国政府与工商界从煤电撤资的趋势日益显著。为落实 SDGs 与《协定》目标，2017 年 9 月英国政府宣布在 2025 年前淘汰现有煤电厂。英国已经关闭多家火电站或将其转为使用生物能源发电，并于 2017 年 4 月 21 日创造了自工业革命以来全天零燃煤发电的纪录。研究[16]显示，大部分 OECD 国家在逐步摆脱对煤电的依赖。加拿大和法国已经宣布淘汰煤电。到 2030 年芬兰将实现可再生能源占比超过 50%的目标。除了各国政府，工商界也在逐步从煤电撤资。2015 年挪威主权财富基金(NPF)宣布从 2016 年起终止对涉煤业务收入占比超过 30%的公司进行投资，这个规模达 9000 亿美元的世界最大主权财富基金此次撤出资金高达 55 亿美元，包括中国神华，德国莱茵集团，美国杜克能源公司，澳大利亚能源公司等企业面临撤资风险。

得益于技术成本下降，全球对风能和太阳能的投资总体呈上升趋势[17]。190 多个国家通过的 SDGs 提出，到 2030 年，加强国际合作，促进获取清洁能源的研究和技术，包括可再生能源、能效，以及先进和更清洁的化石燃料技术，并促进对能源基础设施和清洁能源技术的投资。可再生能源发电装机的投资量已连续五年是化石能源发电装机投资的两倍，对太阳能和风能的投资占了总投资的约 94%。2015 年，发展中国家的可再生能源投资额首次超过发达国家，中国和印度是主要贡献者。

2 “一带一路”中国电力对外投资

2.1 中国电力行业对外投资现状

随着国内电力市场趋于饱和以及“一带一路”倡议的逐步推进，中国电力企业加快了“走出去”的步伐。近几年中国电力行业对外投资显著增加。中国电力企业联合会发布的《中国电力行业年度发展报告 2017》[18]显示，截止 2016 年，“一带一路”建设投资成为投资亮点，我国电力企业已在 52 个“一带一路”沿线国家开展投资业务和项目承包工程，其中大型承包项目 120 个、涉及国家 29 个合同金额 275 亿美元。

中国“走出去”的电力企业对外投资形式主要为对外直接投资、对外工程承包与电力设备和技术出口。

[16] E3G：《OECD 国家淘汰煤电进展情况简报》，2017 年。
[17] REN21：《2017 全球可再生能源现状报告》，2017 年，第 111 页。
[18] 中国电力企业联合会：《中国电力行业年度发展报告 2017》，2017 年，第 10 页。

2015 年，我国直接对外投资的 68 例重点电力项目涉及输变电、火电、水电、新能源、矿产资源等多个领域，其中 3000 万美元以上投资项目，输变电项目共 4 例，火电项目 5 例，水电项目 7 例，风电项目 3 例，其他类型 4 例。从地区来看，2015 年电力投资主要分布在南美洲、亚洲、欧洲、非洲等地区，其中巴西有 8 例，越南、老挝与香港地区各有 2 例，法国、巴基斯坦、俄罗斯、印尼、加拿大、南非、缅甸、纳米比亚和以色列等地均有 1 例。对外承包项目领域主要集中在火电站、输变电、水电站、市政工程等能源与基础设施项目。2015 年，中国电力企业主要以 EPC 总工程承包模式开展传统燃煤电厂及清洁能源（核能、风电）等项目。电力设备和技术出口规模增长较快。设备出口及技术服务地区主要集中在亚洲、非洲、欧洲、南美洲等地。2015 年，我国电力设备和技术出口金额为 136.59 亿美元，同比增加约 153%。[19]

可再生能源在中国电力对外投资中的比例逐渐上升，中国成为世界可再生能源投资的引领者。2015 年，中国的电力企业海内外可再生能源投资总额达 1029 亿美元（除了大水电），比 2014 年增长 14%，占全球投资总额超过三分之一[20]。过去几年，随着可再生能源成本的下降，以及国际社会和在地国对低碳能源的重视程度提高，国内企业的投资逐步向可再生能源领域倾斜，其投资规模从 2012 年的 250MW 迅速增长到 2015 年的 1546MW，涨幅近六倍。根据美国的能源经济和金融分析研究所[21]的数据，在海外清洁能源项目领域，中国电力企业 2016 年投资的高于 10 亿美元的项目价值总和为 320 亿美元，2017 年再次创下历史新高，达 440 亿美元。在“一带一路”框架下，中国出口的太阳能设备已达 80 亿美元，超过美国和德国成为世界第一大环境商品和服务出口国。

中国煤电对外投资项目集中在南亚和东南亚。据统计[22]，截止 2016 年底中国在“一带一路”沿线二十多个国家以各种方式参建的煤电项目超过 240 个，总装机达到 25 万兆瓦。从地理分布来看，南亚和东南亚是中国煤电海外投资项目的重点地区，特别是印度、印度尼西亚、巴基斯坦、老挝等国家。尽管这些国家在逐步提高在建和新建火电厂的平均能效，但一半以上的已建和在建项目采用的效率较低的亚临界机组。

中国在“一带一路”沿线地区开展电力输配合作。“一带一路”倡议下，中国已与俄罗斯、蒙古、吉尔吉斯斯坦、越南、老挝、缅甸等实现电网互联互通。同时，电网行业正在研究与巴基斯坦、尼泊尔、哈萨克斯坦等国电网互联以及东北亚电网互联的可行性。国家电网公司已建成中俄、中蒙、中吉等十条跨国输电线路，并在埃塞、波兰、缅甸、老挝等国家展开电网项目。

2.2 中国电力行业对外投资的风险与挑战

电力行业“走出去”的过程中，仍存在诸多风险与挑战。例如，投资高碳行业的产能合作、高碳强度、技术陈旧的工业设施以及服务于高碳强度产业的基础设施有可能将项目所在国锁定在一条与全球气候保护目标相违背的高碳道路上。同时，随着全球气候变化和极端事件突发，气象灾害的强度、频度和范围都随之发生变化，给对外投资项目的工程技术标准、和安全运行等带来新的挑战。

首先，气候变化导致的极端天气事件有可能对电力基础设施项目造成不利影响，进而使项目遭受财务损失。工商界已连续三年将气候变化相关风险列为威胁经贸活动与金融系统稳定的最大风险之一。在《2018 全球风险报告》中，世界工商界领袖将极端天气等三个与气候变化相关的风险列为发生概率最大的前五个

19 中华人民共和国商务部：《中国对外投资合作发展报告 2016》，2016 年，第 105 页。
20 能源经济与金融分析研究所：《中国可再生能源的全球扩张》，2018 年，第 5 页。
21 能源经济与金融分析研究所：《中国可再生能源的全球扩张》，2018 年，第 2-3 页。
22 数据来源：Coal Swarm、Global Coal Plant Tracker

风险。而在影响力最大的五个威胁中，有四个与气候变化相关，分别是极端天气事件、自然灾害、气候变化与应对措施失败以及水资源危机。“一带一路”沿线国家基础设施相对落后，易受气候变化的不利影响。以越南为例，极端暴雨、洪水及海平面上升对越南电力运行、输配电系统、油井设备、以及油气管道等造成不利影响。由于异常的降雨会，水电站蓄水池无法有效调节水位，进而威胁到低地地区。降雨与暴雨会导致泥石流，损毁堤坝和水电站系统，造成大范围的环境影响。[23]

其次，对外投资项目有可能因为投资所在国不断提升的气候保护目标与环境标准而面临政策与声誉风险。带路沿线国家地形复杂、水土流失较为严重，生态环境敏感。气候变化和生物多样性保护给对外投资项目增添了新的挑战。带路沿线国家的生物多样性丰富，具有国际重要性的濒危和迁移物种较多，重要保护区和栖息地众多，易与项目工程冲突。对外投资项目由于不熟悉投资所在地的环境、气候等法律法规，导致其项目面临合规风险，甚至有可能因当地社区的抵制而遭受巨额经济损失和名誉损失。

最后，中资金融机构的环境风险评估和管理尚处于发展阶段，需要进一步改进和完善。研究[24]显示，如其环境风险评估主要依赖于环保部门的环境评价，内部尚未建立系统的环境风险评价及管理的有效制度、流程和标准。同时，也缺乏转移环境风险的金融创新产品等。中国参与或主导的金融机构在海外环境与社会风险应对上的信息披露并不充分，现有管理机制也不健全。一般来讲，根据大型国有控股商业银行每年发布的企业社会责任报告，大多会提及其海外投资所造成的环境和社会影响，并介绍自身已承担的责任，例如对投资所在国，特别是发展中或欠发达国家，开展或支持的慈善活动。从这点来看，环境及社会影响的考量更多还是被金融机构列为在主营金融业务之外的履行社会责任的表现，并没有将其上升到一定需要重视管理的风险部分。对已纳入风险考量的机构来讲，也缺少对此类风险的进一步识别和管理。

3 推动“一带一路”亚洲电力投资绿色化

“一带一路”倡议定位是构建“绿色、健康、智力、和平的”丝绸之路，并提出强化基础设施绿色低碳化建设和运营管理，在建设中充分考虑气候变化影响；在投资贸易中突出生态文明理念，加强生态环境、生物多样性和应对气候变化合作，共建绿色丝绸之路。

在“一带一路”倡议的实施过程中，中国电力企业将加快“走出去”的步伐。“一带一路”倡议沿线国家多处于发展阶段，其基础设施建设在未来几十年的资金需求巨大，主要来自中亚、东亚、南亚、北非等地区，涉及行业包括铁路、港口、高速公路、电网、能源基础设施、尤其运输通道、跨境电力和输电通道等。与此同时，这些国家也面临着生态环境脆弱、能源利用效率低、碳排放强度高、工业集中的城市空气污染严峻等挑战。作为“一带一路”倡议的重点合作领域之一，中国电力行业的对外投资活动与产能合作及共建绿色丝绸之路面临统筹环境保护、应对气候变化及能源转型的严峻挑战。

中国作为《巴黎协定》的积极促成者和签署国，以及全球生态文明建设与应对气候变化的参与者、贡献者与引领者，其投融资活动应该与《巴黎协定》的目标相一致，将气候变化应对纳入“带路”倡议建设的整体战略规划层面。在此背景下，2017 年 5 月 14 至 15 日，中国在北京主办“一带一路”国际合作高峰论坛，倡议建立“一带一路”绿色发展国际联盟，为相关国家应对气候变化提供援助。会前，中国环境保护部等四部委联合发布了《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》，对绿色“一带一路”建设的目标、

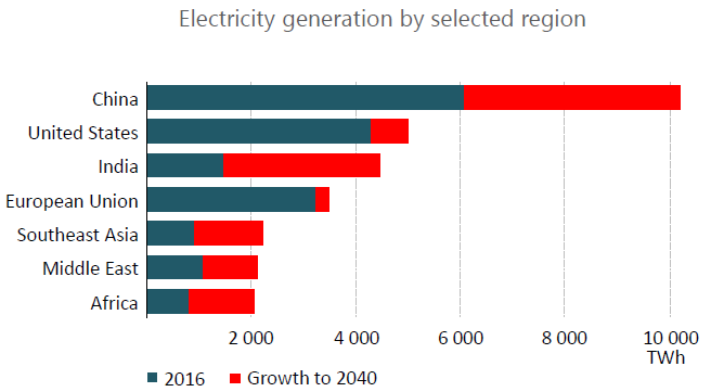
23 越南环保部：《国家环境状况 2010——气候变化、自然灾害、环境灾害与环境压力》，2009 年，第 35 页。
24 创绿研究院：《“一带一路”下金融机构的海外环境与社会风险管理初探》，2016 ，第 14 页。

顶层设计等做出战略性的规划和指导，推进绿色投资、绿色贸易和绿色金融体系发展，为绿色“一带一路”建设提供政策支持。

3.1 亚洲电力行业现状

“一带一路”沿线多为发展中和欠发达国家，电气化水平和人均用电量仍然较低，亚洲地区尤甚。其中，南亚仍有 5 亿人口目前仍然缺少电力供应，据世行统计，2016 年“一带一路”沿线国家人均用电量为 1453 千瓦时/年，南亚人均用电量仅为 752 千瓦时/年，远低于 2828 千瓦时/年的世界平均水平；而东南亚缺电人口虽然从 2000 年以来已经下降了三分之二，但仍有 1.2 亿人口生活在没有电力的环境中，占世界人口的 20%。如何以可承受的价格满足不断增长的电力需求是这些区域的国家首先需要考量的问题。据 IEA 预测，2016～2040 年“一带一路”沿线电力投资规模约 6.11 万亿美元，占世界的 31%，其中南亚电力投资规模最大，为 2.83 万亿美元，其后是东南亚。

图 部分地区电气化进程 2016-2040



来源：国际能源署《世界能源展望 2017》

现阶段，亚洲的能源结构以化石燃料为主，伴随着经济增长的是日益严重的空气污染，威胁公众健康。以东南亚为例，该地区超过 44%的电力来源于天然气发电，而石油、煤炭分别贡献 6%和 32%的电力。尽管东南亚火电厂的平均能效将逐步增加，但效率较低的亚临界技术将应用于超过一半的燃煤电厂，对低效燃煤的依赖导致亚洲面临严重的空气污染。据 WTO 测算，2013 年全球有大约 550 万人因室外和室内空气污染导致的疾病过早死亡，空气污染导致的主要损失在亚洲等发展中经济体上，严重阻碍经济发展[25]。因此，亚洲区域需要考虑清洁电力发展，以解决城市的空气污染问题，加速低碳城市建设。

许多亚洲发展中国家的可再生能源潜力巨大。但由于缺乏能力建设、环境问题、审批缓慢、能源价格偏低以及融资难题等问题，可再生能源仍处于起步阶段。例如，印尼拥有全世界 40%的地热资源，但在地热能的利用方面却进展缓慢[26]。此外，亚洲国家电力输配过程损耗较大，其中缅甸、柬埔寨以及印尼网损率超过 10%。南亚地区网损率区间在 7.88%-24.99%之间[27]。电网基础设施的不完善也限制了电力普及与清洁转型进程。

25 数据来源：世界银行
26 亚洲开发银行：《印尼能源部门评估、战略及路线图》，2015 年，第 2 页。
27 根据中国电力规划设计总院 2018 年测算。

3.2 《巴黎协定》对亚洲重点国家电力发展趋势的影响

清洁电力转型是亚洲国家实现《巴黎协定》目标的关键，未来二十年至关重要。降低能源利用的二氧化碳排放是实现《巴黎协定》目标的必要条件，电力和供热行业的排放贡献了全球碳排放的 25%，是温室气体减排领域的重点行业。在各国实现《协定》以及提升 NDC 目标的进程中，电力行业将受到愈加明显的减排压力。亚洲是未来全球碳排放增长最快地区，亚洲发展中国家占全球能源需求增长的三分之二，印度和东南亚是贡献于全球能源增长的巨擘[28]。本节将选取印度尼西亚、越南和印度作为重点国家，分析《协定》对其电力发展趋势的影响。

3.2.1 《协定》背景下亚洲地区电力发展总趋势

为落实《协定》目标，亚洲发展中国家可能会制定更有雄心的国家低碳发展规划，提升相关环境标准。为弥合实现《巴黎协定》长期气候保护目标的减排差距，各国将通过全球盘点每五年评估一次全球减排进程与 2° C 目标所需的减排量的差距，为各国在新的 NDC 中制定更高的目标提供参考。随着全球盘点，各国将不断提升其国家自主贡献方案的雄心，并倒逼该国环境与气候标准的提升。这将加速该国的清洁能源转型进程。

可再生能源发展是落实《协定》的重点领域之一，且增长中心向亚洲转移。IRENA 研究显示，109 个国家在 NDC 中提出了发展可再生能源的具体目标[29]。一些国家制定了具体的装机目标，全球太阳能市场装机容量潜力将达到 232GW，其中中国与印度分别计划发展 100GW 太阳能，并分别发展 100GW 和 60GW 的风能。IEA《世界能源展望 2017》[30]报告显示，到 2040 年，可再生能源会成为成本最低的新增发电能源，占全球电厂投资的三分之二。届时太阳能将成为最大的单一低碳发电能源，而可再生能源在总发电量的占比将达到 40%。大部分新增的可再生能源装机量集中在亚洲，其中中国将是未来 20 年可再生能源最大的增长源，其增量可超过美国和欧盟总和[31]。

新建煤电项目需采用清洁高效技术，并将应用碳捕集与封存技术（CCS）纳入煤电项目的考量，以避免因环境标准提升而面临财务损失的风险。目前各国对包括煤电在内的火电厂主要控制 SO2、NO_X、烟尘和汞及其化合物等排放污染物，这些污染物也造成严重的空气污染。为减缓空气污染对公众健康的威胁，未来煤电技术的清洁利用是大趋势。此外，《协定》提出在本世纪下半叶实现温室气体排放源与汇的平衡。由于煤电项目周期较长，已建成和新建的燃煤电厂项目将面临愈加严格的碳减排要求，不可避免地需要应用碳捕集利用及封存（CCUS）技术。

能效提升与发展智能电网将成为趋势。截至 2016 年，一共有 107 个国家在 NDC 中列出了不同的能效提升投资。提升能效将有效控制能源消费增长规模，进而压缩新增产能规模和投资需求。为了满足能源获取、清洁能源转型的需求，以及实现可再生能源发电占比提升的目标，发展中国家需要大力发展智能电网，推动各国实现人人享有可靠的低碳能源的目标。

越来越多国际投资者正逐步从化石燃料行业撤资。来自 76 个国家的投资者和机构先后承诺将高达 5

28 国际能源署：《世界能源展望 2017》，2017 年，第 5 页。
29 IRENA. 《未开发的气候行动潜力：国家自主贡献中的可再生能源》，2017 年，第 8 页。
30 国际能源署：《世界能源展望 2017》，2017 年，第 5 页。
31 英国石油公司：《BP 世界能源展望》，2017 年，第 41 页。

万亿美元[32]的资产从化石燃料产业撤出，以规避搁置资产风险。自 2015 年成立突破能源联盟后，马云与比尔盖茨等商界领袖于 2016 年底成立了资金超过 10 亿美元的突破能源基金，推动全球从根本上改变能源利用模式，构建零碳排放的未来。

3.2.2 《协定》对亚洲重点国家电力发展趋势的影响

印度尼西亚

印尼是世界第三大热带森林国家，森林砍伐严重。土地利用改变和林业（LUCF）和泥炭火灾以及能源是印尼温室气体排放的主要贡献者。目前印尼的电力装机结构以煤电为主（56.1%）,可再生能源发电量占比 10.4%，大部分来自于水电和地热。印尼电力供给成本高且不稳定，用电普及率不到 75%，且主要集中在国家的经济增长中心。由于缺乏能力建设、环境问题、审批缓慢以及能源价格偏低等因素，印尼在推广可再生能源利用方面进展比较慢，尤其是地热能。提升能效措施的落实缓慢，几乎所有主要的经济部门的节能情况都比潜力低 10-35%。

印尼 NDC 的目标包含自己无条件实现的目标以及在得到国际支持的情况下可以实现的有条件目标。

- 无条件减排目标为：与 BAU 情景相比，到 2020 年无条件减排 26%，到 2030 年减排 29%。
- 有条件减排目标为：如果得到充分的国际支持，到 2030 年，印尼实现比 BAU 情景减排 41%。

落实其气候目标的措施包括提高能源效率，转变能源消费模式，和发展可再生能源等。印尼在提出 NDC 目标后，国家电力规划文件《国家电力发展总计划（RUKN）》,《PLN 电力供应商业计划（RUPTL）》分别将印尼新能源和可再生能源占比目标从原来的 23%提升到 25%。印尼计划到 2020 年实现全国通电，确保所有人的能源可及。RUPTL 规划指出，为满足印尼年均 6.7%的经济增长，印尼需要在 10 年内新增装机 80.5GW,年均增加 8GW。到 2025 年，包括水电、地热、垃圾发电、太阳能等在内的新能源要占到印尼整个电力装机的 25%，其中水电在新能源中占比为 52%，计划新增装机 13000MW。[33]

越南

随着人口增长、生活水平提高以及经济发展，越南能源需求将逐年增加。在 NDC 中，越南承诺到 2030 年温室气体排放比基准线情景减少 8%，与 2010 年相比，单位国内生产总值的碳排放强度将下降 20%；如果得到国际资金和技术的支持，越南相较于基准线情景的温室气体减排目标可以提高到 25%，单位国内生产总值碳排放强度比 2010 年下降 30%。越南 NDC 预测未来将以煤电、水电和天然气满足主要的能源需求，并逐步由核电和可再生能源进行替代。

根据 NDC 目标，2016 年 3 月越南政府批准了《第七个越南电力发展规划（2011 年-2020 年）》的修订。修订后的规划调低了电力需求增长预期，将煤电的装机规模从原来计划的 76GW 降低到 55GW，并鼓励利用太阳能、生物质能和地热能等可再生能源发电。

越南在未来十五年里仍将主要依靠新增燃煤机组满足大部分新增电力需求。而且目前越南电力排放标准和燃煤发电效率较低。若要落实《协定》温室气体排放控制目标，越南需要以更高的火电技术标准满足其新增电力来源，减少煤电的带来的碳排放影响。此外，新建煤电项目需要将未来应用 CCS/CCUS 技术对煤

[32] 350.org:《全球化石能源撤资与清洁能源投资运动》，2016 年，第 1 页。
[33] 王树洪、徐庆元：《印尼电力投资市场分析》,《国际工程与劳务》2017 年第 3 期。

电厂规模和建设场地的要求纳入考量。根据 EVN 报告，未来几年，越南将建设配备先进技术的新增发电项目和电力传输与分配系统项目，并鼓励与国外投资者就设备生产与供应、电厂与电网的维修与维护服务、和智能电网与可再生能源的研究与开发方面展开合作。

印度

2015 年 10 月印度向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交的国家自主贡献方案（NDC），承诺到 2030 年，实现单位 GDP 碳排放强度比 2005 年水平下降 33-35%的目标；非化石能源装机在总装机量（约 400GW）的占比达到 40%左右。印度落实 NDC 目标的措施包括：在火力发电中应用更有效更清洁的新型技术；促进可再生能源发电，增加能源结构中替代能源的占比；提升经济部门，尤其是工业、交通、建筑与家电的能源效率；发展具有气候韧性的基础设施建设。印度强调减缓和适应计划的成功落实需要发达国家在技术转让和能力建设上给予支持。

印度非化石能源占比目标主要由发展可再生能源实现。印度计划到 2022 年， 实现可再生能源装机量增加到 175GW（不包括大水电）的目标，其中太阳能装机量为 100GW，风电装机量为 60GW，其他由生物质能等贡献。2016 年 12 月，印度政府发布《第三个国家电力规划（NEP3）》（2017-2027）草案，以落实印度 NDC 目标。NEP3 提出到 2027 年印度非化石能源装机量占比将达到 56.5%，高于此前 NDC 的 2030 年装机占比目标。

3.3 亚洲重点国家绿色电力投资的需求、风险及挑战

3.3.1 亚洲绿色电力投资需求综述

总体而言，亚洲地区电力部门基础设施投资需求巨大。由于亚洲地区缺电人口众多，为普及电力供给，投资需求巨大。亚开行报告[34]显示，从 2016 年到 2030 年间，亚太地区基础设施投资需求约为 22.6 万亿美元，其中 51.8%来自于电力行业，达到 11.7 万亿美元。南亚和东南亚是亚洲基础设施投资需求最大的两个地区，分别为 9.84 万亿美元和 3.8 万亿美元。若要纳入应对气候变化的减缓与适应成本，亚太地区电力投资需求达到 14.73 万亿美元，其中南亚达到 11.49 万亿美元，东南亚达到 4.36 万亿美元。

亚洲是全球可再生能源投资需求最大的地区。根据 REN21《2017 全球可再生能源报告》[35]，预计 2015 年至 2021 年间，太阳能光伏的成本预计下降四分之一，陆上风力发电成本下降 15%。IRENA 报告显示，各国 NDC 中可再生能源发展投资需求达到 1.7 万亿美元，其中 70%用于该国需无条件实现的目标。仅亚洲地区的可再生能源投资需求就达到 1.1 万亿美元[36]，是全是需求最大的地区。

对于新增煤电规模较大的国家，提升燃煤发电效率，优化技术水平是未来的趋势。许多发展中国家 NDC 规划中仍大力发展煤电。但为落实《协定》温控目标，许多新建煤电项目需要采用高效低排的最新煤电技术，控制新增煤电带来的碳排放增幅。此外，新建煤电项目需要将未来应用 CCS/CCUS 技术对煤电厂规模和建设场地的要求纳入考量。

34 亚洲开发银行：《基础设施需求特别报告》，2017 年，第 XIV 页。
35 REN21：《2017 全球可再生能源现状报告》，2017 年，第 91 页。
36 IRENA：《未开发的气候行动潜力：国家自主贡献中的可再生能源》，2017 年，第 7-8 页。

高效低排煤电技术是煤电项目合作重点。随着应对气候变化和治理空气污染力度加大，亚洲国家煤电能效标准会逐步提高。现有落后的煤电机组需要被淘汰或升级改造，新建煤电项目需采用超超临界、超临界的高效煤电技术。中国在清洁煤技术上处于世界领先的位置，中国电力行业对外投资在此领域的市场空间广阔。

建设因地制宜的智能电网的需求巨大。绿色电力投资还需要着眼电力输配建设，因地制宜地推动跨国电网互联互通，建设以特高压电网为网架、输送清洁能源为主导的智能电网。研究显示，2016 至 2020 年期间，带路沿线相关国家的电力装机需求约为 4.2 亿千瓦，将拉动电源电网建设投资超过 1.2 万亿美元[37]。

3.3.2 中国对亚洲重点国家电力投资的机遇与风险

结合上文分析了《协定》对印度尼西亚、越南和印度三国电力发展的影响，以及亚洲区域电力投资的整体趋势，本节对在这三个国家展开电力投资的机遇和风险做进一步阐述。

印度尼西亚

由于 NDC 目标将于 2023 年其每五年基于全球盘点的信息而逐步提升，未来印尼政府有可能会提高环境与气候标准。最为气候脆弱性最高的发展中国家之一，印尼已经根据现有 NDC 目标降低了国内电力发展规划中对于新增煤电装机的目标。随着全球应对气候变化力度的增加，印度政府有可能随着《协定》五年全球盘点机制逐步增强其减排目标与环境标准。

印尼电力缺口较大，煤电是其满足新增电力需求的主要电源，但技术标准提升空间较大。为普及电力供给，其电力总投资需求约为 1537 亿美元，所需 IPP 投资超过 1000 亿美元（按照 70%新增装机由独立发电商 IPP 投资来考虑）。煤电是目前主要的电力供应来源，也是满足其新增电力需求的主要电源。但煤电技术较低，需要获得高效低排的技术与运维经验，以控制其大力发展煤电而造成电力行业的碳排放增长趋势。

印尼地热能发展前景广阔，分布式可再生能源可提升其独立电网供电能力。印尼得天独厚的地理位置，使其拥有丰富的太阳能、生物质能及地热能资源，其中地热能潜能世界第一，仍待进一步开发。分布式可再生能源可以有效提升为印尼 600 多个独立电网的供电能力，解决缺电问题。

“千岛之国”需要新建满足复杂地理环境的电网基础设施，提高电力普及程度。DG Electricity 2015 年预测，印尼需要 109 亿美元用于建设电力传输基础设施，和 84 亿美元用于建设配电站。具体而言，到 2024 年印尼将新建 59272km 的输电线路和 145399MVA 的变电容量，其中爪哇-巴厘岛电网 500kV 和 135kV 输电网，东印尼和西印尼的 500kV，275kV 和 70kV 的输电网[38]。

越南

越南电力投资需求巨大。根据 2016 年修订国家电力发展总体规划的预测，从 2014 年到 2030 年电力资源开发和电网投资需求约为 1306.4 亿美元，其中发电投资需求为 941.2 亿美元。到 2020 年，独立电力生产生投资需求达 80 亿美元，BOT 投资需求为 164 亿美元。

越南将大力发展煤电，为实现减排目标，越南提升燃煤发电效率势在必行。尽管越南在修订的电力发展规划中减少了新增燃煤发电装机规模，未来 15 年里越南将主要依靠新增燃煤机组满足大部分新增电力需

[37] 根据中国电力规划设计总院 2016 年测算。
[38] 根据中国电力规划设计总院 2018 年测算。

求。目前越南电力排放标准和燃煤发电效率较低。中国具有煤电清洁技术优势，可以通过产能合作，采用高效低排的最新煤电技术，越南以更高的火电技术标准满足其新增电力来源，减少煤电的带来的碳排放影响。此外，新建煤电项目需要将未来应用 CCS/CCUS 技术对煤电厂规模和建设场地的要求纳入考量。

越南可再生能源发展潜力巨大。IFC 研究预测，到 2030 年越南的可再生能源投资需求约为 590 亿美元，其中光伏项目和小水电项目的投资需求分别为 310 亿美元和 190 亿美元。

印度

印度可再生能源发展前景巨大。印度计划到 2022 年实现 175GW 可再生能源装机量的目标，2017 年全国可再生能源装机量仅达到 50GW。其中分布式可再生能源可以缓解偏远地区因电网基础设施不完善而面临的电力供应短缺。这为中国可再生能源企业“走出去”提供了巨大的机遇。

印度新增燃煤发电装机规模有限，且清洁利用技术是煤电合作重点。印度在 2025 年前不需要新增燃煤电厂，而随着应对气候变化和治理空气污染力度加大，印度煤电减排要求和能效标准会逐步提高。现有落后的煤电机组需要被淘汰或升级改造，新建煤电项目需采用超超临界、超临界的高效煤电技术。中国在清洁煤技术上处于世界领先的位置，中印双方在此领域合作空间广阔。

印度电价很低，投资回报风险较高。印度燃煤供应紧张，上网电价比较低，煤电厂利润难以保证，当地的电力企业常常面临亏本的情况。中国企业对印投资煤电时需要谨慎。

建设智能电网基础设施空间较大。印度电力基础设施建设落后，总体供电状况仍不稳定，电网输配电损耗率高，电力设备和电力线路老化严重，且偷电现象普遍。印度在输配电环节的损耗率高达 24.99%，部分地区的输配电损耗率甚至超过 50%。中国在特高压输电技术即 1000 千伏及以上交流和±800 千伏及以上直流输电技术已走在世界领先地位，为中国企业对印投资打下了坚实基础。

4 结论与建议

在应对气候变化，实现可持续发展目标的国际背景下，全球电力行业正在从传统基于化石能源的电源建设转向以构建清洁、可再生能源全产业链的方向转变。中国已成为全球生态文明建设与应对气候变化的参与者、贡献者与引领者，需要把经济与气候领域的发展目标相结合，确保投资战略与《协定》长期气候目标相匹配。基于自身低碳发展进程中在机制建设、政策规划、资金与技术方面积累的经验与教训，中国可以帮助通过绿色电力投资，带动沿线发展中国家探索一条可持续发展道路，构建“绿色”丝绸之路，共同落实《协定》长期气候目标。中国在带路国家电力行业投资活动，需要将投资所在国中短期电力规划纳入前期投资规划与考量，避免因投资所在国清洁电力转型目标提升产生的投资风险，并识别出电力投资的新机遇。对于参与 “一带一路”对外投资的金融机构和企业，在亚洲区域进行电力投资时需关注以下方面：

一、了解气候变化的发生对投资所在地电力基础设施的影响，并将其纳入项目可行性评估体系；了解该国为落实《巴黎协定》和国家自主贡献方案对电力行业发展的影响，合理评估新增发电容量，避免因气候与环境标准提升而使项目运营和汇报造成损失。

二、大力推进可再生能源的开发与利用，增加电源的多元化发展以及电力普及。作为可再生能源发展大国，中国应将可再生能源作为对“一带一路”电力投资的重点合作领域，推动中国战略新型产

业“走出去”。对于以煤炭、油气供能为主的国家，发展可再生能源可以帮助其增加电力供应方式的多元化发展，加强能源安全。对于缺电人口众多的发展中国家，发展分布式能源有助于推动能源获取率，消除贫困。

三、有选择地投资新增煤电项目，并确保采用高效低排的煤电技术，且将 CCS 技术纳入考量。中国具有煤电清洁技术的优势，可以通过产能合作，采用高效低排的最新煤电技术，以更高的煤电技术标准满足其新增电力需求，最大程度控制新增煤电带来的碳排放增幅。此外，新建煤电项目需要将未来应用 CCS/CCUS 技术对煤电厂规模和建设场地的要求纳入考量。

四、推进能效提升的投资。发展中国家仍有巨大的能效提升空间，在其快速工业化和城镇化进程中，提升能效将有效控制能源消费增长规模，进而压缩新增产能规模和投资需求。中国在电力行业的节能减排方面取得了卓越的进展。在对外投资活动中，应将能效提升的技术推广到发展中国家，帮助其更低能耗的路径实现工业化、城镇化与绿色经济转型。

五、智能电网以及区域电网互联互通发展空间巨大。发展中国家的电力输配系统仍然是制约其普及现代电力服务和电力行业发展的重要因素。中国在智能电网建设的投资规模、技术创新与应用在全球遥遥领先，参与对外投资的金融机构和企业应因地制宜地推动跨国电网互联互通，建设以特高压电网为网架、输送清洁能源为主导的智能电网。