

能源 工业革命

全球能源互联网简史

陈富强◎著

Energy Industry Revolution

A Brief History of Global Energy Interconnection



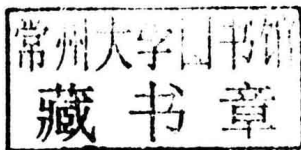
ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

能源工业革命

全球能源互联网简史

陈富强◎著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

能源工业革命：全球能源互联网简史 / 陈富强著.
—杭州：浙江大学出版社，2018.5(2018.5重印)
ISBN 978-7-308-17937-9

I. ①能… II. ①陈… III. ①互联网—应用—能源
发展—概况—世界 IV. ①F416.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第015402号

能源工业革命

——全球能源互联网简史

陈富强 著

责任编辑 姜井勇(jiangjingyong@zju.edu.cn)

责任校对 张培洁 杨利军

封面设计 周 灵

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码310007)

(网址：<http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 浙江印刷集团有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 20.5

字 数 379千

版 次 2018年5月第1版 2018年5月第2次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-17937-9

定 价 48.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式 (0571)88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>



序 章

中国倡议 / 1

绪言 / 1

中国方案 / 3

联合国秘书长的期待 / 4

阿里巴巴和日本软银 / 7

传说中的孙正义 / 10

电是没有边界的 / 12

全球能源互联网的“根”在哪里 / 15



第一章

电的由来 / 18

电的出现改变了人类生活 / 18

闪电的本质就是电 / 19

火在电的演变历史中扮演了极其重要的角色 / 21

人类对于电的认识和鱼有关 / 24

灯塔的历史,几乎就是一部电的简史 / 26

他们的名字如星光般闪耀 / 28

电流之战 / 33

创造出 20 世纪的人 / 34

中国大地上诞生的第一盏电灯 / 36



第二章

1949 年是个分水岭 / 39

- 上海：中国电力工业的发祥地 / 39
- 云南府：中国第一座水电站 / 42
- 水面下曾有绵延千年的人文繁华 / 44
- 将军治水 / 49
- 长江三峡的试验田 / 50
- 我还是有一点历史责任感的 / 52
- 一个政府官员的电力情结 / 54
- 中国，已经成为名副其实的世界电力大国 / 56



第三章

地球在变暖 / 59

- 警惕：二氧化碳排放量增加 / 59
- 地球超载日 / 60
- 地球升温的后果 / 61
- 厄尔尼诺与热岛效应 / 65
- 中国近代地理学和气象学的奠基者 / 66
- 气候对战争的影响 / 68
- 霾的形成与污染物的排放密切相关 / 69
- 煤是主要污染源 / 72
- 谁将成为下一个“恐龙” / 74
- “特高压治霾” / 77



第四章

人类需要万分之五 / 81

- 传统的化石能源是有限的 / 81
- 风能大约是人类最早利用的新能源 / 83
- 太阳能是大自然赐予人类的永恒礼物 / 87
- 人类要像叶绿素一样利用太阳能 / 92

- 岸电,水的福音 / 94
- 陆上三峡及其他 / 96
- 解决西部“三弃”问题的根本之道 / 100
- 中国的水电超级工程 / 103
- 核电的全球能源版图 / 106
- 谁将引领第三次工业革命 / 109
- 1000年的时光对于人类而言足够漫长 / 111
- 清洁能源对于人类的伟大贡献 / 114

第五章**电究竟能输送多远 / 119**

- 输电能力是一个梯级提升的过程 / 119
- 电力系统是一个复杂的技术集成 / 120
- 特高压电网的最大特点 / 122
- 潘家铮:中国要不要搞特高压 / 123
- 北戴河会议:一个重要的转折点 / 124
- 中国进入特高压电网时代 / 126
- 中国能源互联网的示范区域 / 128
- 它所经过的地方,山高水长 / 131
- 特高压堪当大任 / 132
- 大国工匠 / 134
- 特高压之恋 / 135
- 电的输送距离,可以无限远 / 137

第六章**解析智能电网 / 139**

- 什么是智能电网 / 139
- 智能电网最初的萌芽 / 140
- 电是可以储存的 / 142
- 智能电网的产业链 / 144

- 微电网:小型发配电系统 / 145
- 中国首个离网型海岛供电范本 / 148
- 南麂守网人 / 150
- 鹿西岛微网:863 计划项目的核心研究内容 / 153
- 中国:坚强智能电网计划 / 156
- 智能电网的西方版图 / 157
- 智能电网:世界电网发展的重要方向 / 159

第七章

能源论道 / 160

- 我们打算用电梯把鱼送上去 / 160
- 水电资源的国际之争 / 161
- 她的复调书写,是对我们时代的苦难与勇气的纪念 / 163
- 用于核电站的反应堆并不是核武器 / 167
- 中国核电路线图 / 169
- 如果有一堵高墙和一个碰墙的鸡蛋 / 173
- 一场反对交流特高压的战役 / 175
- 从台湾大停电分析孤岛电网的解困路径 / 178

第八章

大国央企 / 182

- 《财富》杂志的“终极榜单” / 182
- 电网巨子的逐梦之路 / 185
- 央企必须承担更多的责任 / 187
- “电力天路”和孟良崮的一根电线 / 189
- 铁腕治企 / 192
- 应对气候变化挑战的道路创新 / 194
- 突出重围 / 196
- 开弓没有回头箭 / 198
- 辛勤的布道者 / 200

- 国企教材样本 / 202
能源战略思维三部曲 / 203
全球能源互联网理论体系的确立 / 206

第九章**来自联合国的消息 / 209**

- 能源互联网时代 / 209
地球一小时与寂静的春天 / 211
中国如何成为全球气候治理领导者 / 212
G20 杭州峰会:全球能源治理架构 / 215
这是世界难过的一天 / 218
全球应对气候变化的重要方案 / 219
非洲大陆的期待 / 221
互联的能源市场:使世界更加和谐 / 223

第十章**电的世界地理 / 227**

- 超级大国的第三世界电网 / 227
世界著名的大停电事故 / 229
卡灵顿事件 / 232
美国需要特高压电网吗 / 233
以苏联等国家为例 / 234
巴基斯坦的“三峡工程” / 236
中国旋风 / 238
巨系统的全球角色 / 240

第十一章**能源联网版图 / 243**

- 东北亚构想 / 243
未来亚洲集体的能源策略 / 246

- “5+1”亚洲电力联网络局 / 248
- 海上能源互联 / 249
- 广域能源联网版图在扩大 / 252
- 美国的教训 / 255
- 欧洲超级电网 / 256
- 超级电网的未来,取决于政治家们的智慧 / 258

第十二章

一极一道 / 260

- 北极在北,赤道在南 / 260
- 中央之国 / 262
- 北极:一个 21 世纪重要的能源命题 / 263
- 丝绸之路 / 264
- “一带一路” / 266
- “一带一路”能源互联网 / 267
- 全球能源观 / 270
- 互联互通决定命运 / 272
- 北极的风,赤道的太阳 / 275

尾 章

电就是未来 / 277

- 互联网+ / 277
- 互联网+智慧能源 / 278
- 我们生活在一个高度互联的世界 / 279
- 能源互联网+车辆互联网 / 280
- 全球能源互联网发展合作组织 / 282
- 能源的未来 / 284
- 这是最好的时代,这是智慧的时代 / 286
- 国际舞台的启幕之作 / 287
- 能源大时代 / 289

- 只有能源互联网能拯救世界 / 290
中国底气 / 291
投资全球能源互联网就是投资未来 / 293
我们正在渐渐进入全球能源互联网时代 / 295
全球化对于世界而言是一件伟大的事情 / 297
打造新一代电力系统 / 298
完整的全球能源互联网版图 / 303
电就是未来 / 304



后 记 再过 46 亿年 / 307



- 全球能源互联网发展合作宣言 / 316
主要参考文献 / 318

序 章

中国倡议

绪 言

如果以《联合国宪章》生效日作为联合国正式成立的标志,那么 1945 年 10 月 24 日,对于全球所有主权国家来说,是一个具有里程碑意义的日子。事实上,联合国的由来要早于 1945 年。回顾历史,我们会发现,这个至高无上的国际组织,其诞生的背景颇为悲壮。在第二次世界大战纷飞的战火中,为对付轴心国,联合国的前身,也就是国际联盟首次使用了联合国之名。这个名称的产生,与二战时期两位著名的政治家有关,他们分别是美国总统富兰克林·罗斯福和英国首相温斯顿·丘吉尔。1942 年,罗斯福建议丘吉尔将原定的“二战盟国”改为“联合国”。丘吉尔显然认同这个听起来不错的建议。他告诉罗斯福,英国诗人拜伦在长篇叙事诗《恰尔德·哈罗德游记》中,曾用此名来描述滑铁卢战役中的盟国:“这里,联合国剑已出鞘,同胞将于彼日踏上战场!这一切都将亘古永存。”1942 年 1 月 1 日,《联合国宣言》公布,联合国一词首次正式启用。其时,正值第二次世界大战,有 26 个国家派出的代表承诺其政府将继续共同对轴心国作战。从此,联合国开始在全球承诺并力行其“一个国际机构维持世界和平与安全”的决心。

就地理概念而言,联合国总部所在地纽约与北京分属东西半球,相距遥远,这两座城市在很长一段时期内,也是西方和东方的象征。但是,作为联合国创始成员国,中国与联合国又近在咫尺,由东方中国发出的声音始终广受关注。在可追溯的联合国历史上,中国最高领导人走上联合国总部讲台发表公开演讲

的次数屈指可数,但是每次演讲都足以吸引全球的目光。比如,最近一次是2015年9月中国国家主席习近平对联合国的首次访问,他在出席联合国发展峰会时做了一次演讲。据联合国副秘书长吴红波回忆:“在习近平主席演讲结束后,二三十位国家元首等在走廊外与他握手。这是联合国发展峰会开幕一天半以来,第一次有国家元首排队等待与另一位国家元首握手。”就在这次对于国际社会来说举足轻重的会议上,习近平主席首次提出:中国倡议探讨构建全球能源互联网,推动以清洁和绿色方式满足全球电力的需求。

时隔不到两年,在北京举行的“一带一路”国际合作高峰论坛开幕式上,习近平主席发表了演讲。在这次赢得满堂彩的演讲中,习近平主席再次就全球能源互联网发出中国声音:要抓住新一轮能源结构调整和能源技术变革趋势,建设全球能源互联网,实现绿色低碳发展。

这是中国最高领导人连续两次在重大国际场合提出全球能源互联网的战略构想,而且用词也出现了递进,第一次是“倡议”,第二次则是“建设”。这个讯息对于从事能源互联网研究与实践的团队而言,太振奋人心了。这等于在他们前进的海洋上,矗立了一座灯塔,安上了一根定海神针。从更高层面的意义上



联合国副秘书长吴红波出席2016全球能源互联网大会

来说,全球能源互联网从战略构想上升为国家倡议,将推动世界各国加快能源互联互通的步伐。随着蓝图进一步清晰,共识进一步凝聚,全球能源互联网将引领世界各国共同行动,搭建起世界能源转型发展的全新格局,为人类清晰地勾勒出一条安全、清洁、可持续发展的能源发展之路,让人人享有清洁、绿色、可持续发展的能源。许多研究气候变化的学者更是颇为乐观,他们把这个构想看作应对气候变化的“中国方案”。

中国方案

必须承认,全球能源互联网作为应对气候变化的中国方案,其战略思维是超前而积极的,但是,它的终极目的所涉及的范畴要宽泛得多。比如,美国联邦能源监管委员会主席诺曼·贝的观点更侧重于政治,他认为,构建全球能源互联网是具有远见卓识的战略,意义非常重大。全球能源互联网在美国政界,特别是能源界和工业界,反响很大,影响广泛。虽然全球能源互联网面临着经济、技术和政治的挑战,但是经济和技术都不是问题,相信全球能源互联网能够建成。构建全球能源互联网,将把全人类紧紧地团结在一起,促进全球各国及地区和平共处。

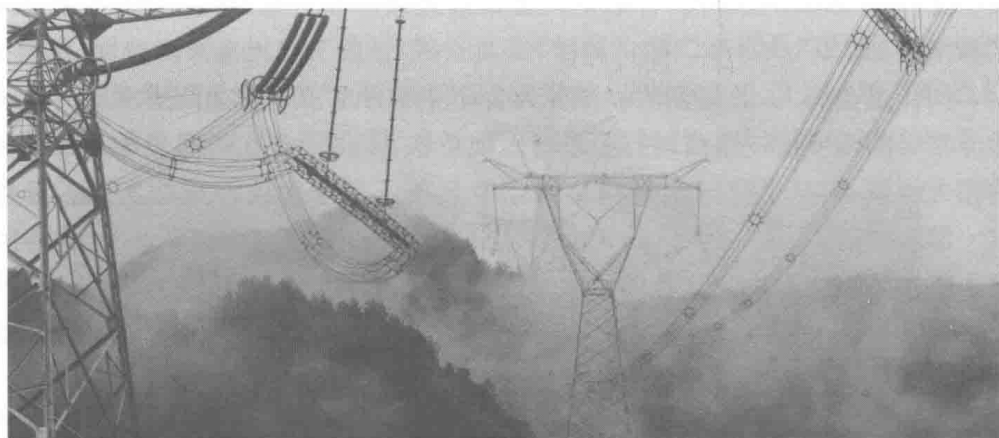
同样是美国人,美国剑桥能源咨询公司主席丹尼尔·耶金则更多地从全球能源格局的改变这一角度进行了思考。他承认,全球能源互联网是极具开创性的伟大构想,而且中国国家电网公司已经具备了显著优势与成功实践。丹尼尔·耶金相信,全球能源互联网在解决全球能源安全、环境污染、气候变化等问题上将发挥重要作用。从专业角度来说,特高压输电距离能达到5000千米,可以实现大洲之间的电网连接,比如从亚洲到欧洲甚至更远地区,这有助于重塑后化石能源时代全球能源新格局。

实际上,全球能源互联网已经不仅仅是一种纸上构想。联合国助理秘书长帕兹托的观点比较客观,在这位助理秘书长看来,全球能源互联网的理念出自中国并非偶然。构建全球能源互联网最重要的关键技术——特高压交直流输电技术,在中国已经发展成熟,且具有大批成功实践。

众所周知,中国是世界上最大的发展中国家,也是最大的能源生产国和消费国,能源环境问题尤为突出。近年来,中国大力推动特高压、智能电网、清洁能源发展,而国家电网公司立足中国基本国情和能源资源禀赋,加快建设以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强智能电网,推动能源资源在全国范围内优化配置,已经成功掌握特高压交直流输电技术,实现了“中国创造”和“中国引领”。中国已经建成世界风电并网规模最大、光伏发电增长最快的电网,中国的电网技术装备和安全运行水平已经进入国际先进行列,并已完成“三交四直”7项特高压工程,且运行情况稳定良好。这不仅解决了各类能源大规模开发、远距离输送的关键难题,产生了重要的经济社会效益,而且全面验

证了特高压输电的安全性、经济性和环境友好性。

基于特高压技术在中国的成功实践,全球能源互联网前景被广泛看好也就在情理之中了。国际能源署署长法提赫·比罗尔也对这项技术表现出浓厚的兴趣,并且予以肯定。他认为,中国特高压以及智能电网的发展,为全球能源互联网奠定了良好的基础,提供了现实可行的解决方案和技术保障。1000千伏特高压交流输电距离达到1500千米,±1100千伏特高压直流输电距离可达5000千米,全球各大清洁能源基地与负荷中心之间的距离都在特高压输送范围内。比罗尔的想法似乎更加激进,在他看来,在获得更多可靠的技术数据后,基于对清洁能源的充分利用,输电系统必须适应可持续可再生能源,尤其是太阳能和风能的发展,在不同的时间段、不同的区域,情况都不一样,所以我们必须重新设计、重新建立我们的电力系统。



穿越高山无人区的特高压输电线路

电网互联在世界范围内并非中国首创,事实上,目前全球已形成北美、欧洲、俄罗斯—波罗的海3个特大型互联电网。欧洲超级电网、东北亚互联电网、北非向欧洲输电的“沙漠计划”等电网互联计划正在积极推进,这些都将成为全球能源互联网的重要组成部分。

联合国秘书长的期待

联合国前秘书长潘基文也对全球能源互联网产生了浓厚兴趣。这位熟悉

东方文化,对中国儒家文化钦佩有加,能说一口流利汉语的韩国人,似乎更加善于和中国人打交道。香港凤凰卫视在联合国秘书长办公室的协助下,拍摄了一部非常好看的纪录片《潘基文的一天》。记者跟踪拍摄了潘基文在2016年3月14日的一天工作,秘书长的的工作堪称日理万机。2016年年底,潘基文离开工作10年的联合国总部,卸任秘书长职务。他在任期间要做的事情千头万绪,但他还是腾出很大精力来处理全球气候变化问题。他甚至在2009年去了一趟北极,察看冰川运动情况,因为在秘书长看来,气候变化事关人类的可持续发展。

2014年11月5日,潘基文特别致信中国国家电网公司董事长、党组书记刘振亚,感谢刘振亚在2014年联合国气候峰会上做出的宝贵贡献,并充分肯定了刘振亚“构建全球能源互联网、促进绿色低碳发展”的主题发言,认为其代表了能源企业为应对全球气候变化做出的前瞻性承诺。在致信中,潘基文秘书长表示将积极引导在联合国气候峰会上产生的这股强大政治动力,推动各国政府达成一个富有意义的、通用的全球气候协议。他十分期待刘振亚与中国国家电网公司在应对全球气候变化挑战方面的进一步积极领导和热忱参与。

潘基文撰写这封信的起因,要从联合国气候峰会说起。2014年9月23日,刘振亚在联合国气候峰会企业论坛上做主题发言,引起参会代表的热烈讨论与共鸣。此次气候峰会聚集了数量空前的来自政府、民间团体和私营部门的领导人,很多新的联盟得到组建,这些联盟将采取大胆措施,使全球气温上升幅度保持在 2°C 以内和加强气候适应力。潘基文在获悉刘振亚的发言内容后,认为刘振亚提出的“全球能源互联网”是一个伟大的构想。

显然,刘振亚没有让潘基文失望。2015年5月21日,在巴黎召开的气候变化世界商业峰会上,刘振亚诚恳地回应了潘基文的这份期待。他颇有信心地提出,全球能源互联网是安全可靠、经济高效、互动性好的能源优化配置平台,能够连接“一极一道”和各大洲、各国大型能源基地及各类分布式电源,能够将存在时区差、季节差的各大洲电网连接起来,突破资源瓶颈、环境约束和时空限制,将太阳能、风能、水能、海洋能等清洁能源转化为电能送达各类用户,实现风光互补、地区互济,保障能源供应、提高经济效益、减少环境污染、降低社会成本,有效解决能源安全发展、清洁发展、高效发展、可持续发展问题,使全世界成为一个能源充足、天蓝地绿、亮亮堂堂、和平和谐的“地球村”。这也是刘振亚第一次在国际场合如此清晰、全面地阐述构建全球能源互联网的内涵与意义。

在潘基文看来,与刘振亚面对面交流或许是一种更好的方式。于是,在联合国气候峰会召开时隔一年后,即2015年9月14日上午,潘基文在纽约联合国总部会见了刘振亚,刘振亚向秘书长赠送了他的两部重要英文版著作,分别

是《全球能源互联网》和《特高压交直流电网》。他们之间的话题主要围绕世界能源发展有关重大问题展开,潘基文再次肯定了全球能源互联网战略构想。作为联合国掌门人,潘基文更加关注气候变化给人类生存带来的威胁,应对气候变化也是联合国最重要的任务之一,而全球能源互联网在应对气候变化中能够发挥重要作用。为了表明对刘振亚提出的全球能源互联网战略构想及其发展路径和前景的重视,潘基文当场安排专人负责与中国国家电网公司进行沟通联系,并表示将发挥联合国的重要作用,大力支持和推动构建全球能源互联网,共同促进人类社会的可持续发展。在现场见证这一重要时刻的还有联合国副秘书长吴洪波和金焕珠。

联合国全球契约组织总干事乔治·科尔也同意潘基文秘书长对全球能源互联网的评价,他认为,“全球能源互联网”无疑是一个面向未来的、极具远见的、宏伟的、可以付诸实践的伟大构想,这为正在陷入困局的世界构建了一种全新的能源结构和能源经济模式,为人们描绘了一个可以触及的美好未来。



刘振亚向时任联合国秘书长潘基文赠送英文版
《全球能源互联网》和《特高压交直流电网》

全球能源互联网的构想,也获得了国际能源署(IEA)署长玛丽亚·范德胡芬的赞赏。范德胡芬认为,现在正是推进全球能源互联网建设的最好时机。因为未来人类社会的发展将完全建立在能源尤其是电力的基础上,全球能源互联网则代表了未来能源的发展方向,而国家电网公司在特高压与智能电网方面已经具备了显著的技术优势并将其成功付诸实践。

联合国的官员们之所以对全球能源互联网的战略构想大加赞赏,与世界气候变化不无关系。全球能源互联网的实质是“智能电网+特高压电网+清洁能源”,智能电网是基础,特高压电网是关键,清洁能源是根本。从理论上来说,只有构建全球能源互联网,才能实现清洁能源的大规模开发、配置和高效利用,从而加快“两个替代”,即:在能源开发上实施清洁替代,以水能、太阳能、风能等清洁能源替代化石能源,推动能源结构从以化石能源为主向以清洁能源为主转变;在能源消费上实施电能替代,以电代煤、以电代油,电从远方来,来的是清洁发电,提高电能终端能源消费中的比重。作为解决世界能源安全、环境污染

和温室气体排放等问题的治本之策,这个策略得到了包括联合国在内的许多国际组织和其他国家的认同。据估计,到 2050 年,也就是全球能源互联网建成之际,每年可替代相当于 240 亿吨标准煤的化石能源,减排二氧化碳 670 亿吨,碳排放可控制在 115 亿吨左右,仅为 1990 年的一半。如果这个设想得以实现,就能够实现把全球温升控制在 2℃ 以内的目标。实现这个目标,显然也是联合国和潘基文秘书长所期待的。在潘基文看来,全球温升控制在 2℃ 以内的目标如果能够实现,全球能源互联网将功德无量。

阿里巴巴和日本软银

为了更清晰地阐述全球能源互联网,我们先要从人人皆知的互联网说起。就理论脉络而言,没有互联网的发展,也就不可能产生能源互联网的构想,所以互联网与能源互联网存在源头上的理念互通。互联网的发展时间并不长,满打满算不足 50 年。然而,没有人会否认,互联网已经彻底改变了人类的生活,其意义不亚于电的发现与利用。互联网,英语名称 Internet,也称网际网络。始于 1969 年美国的阿帕网算得上是互联网的始祖,它最初被应用于军事领域,后来人们又将美国西南部加利福尼亚大学洛杉矶分校、斯坦福大学研究学院和犹他州立大学的 4 台主要的计算机连接起来,形成互联网的雏形。互联网也可理解为网络与网络之间所串联而成的庞大网络,这些网络以一组通用的协议相连,形成逻辑上的单一巨大国际网络。这种将计算机网络互相连接在一起的方法可被称作“网络互联”,在这基础上发展出覆盖全世界的全球性互联网络称互联网,即互相连接在一起的网络结构。在这个网络中,有交换机、路由器等网络设备,各种不同的连接线路,种类繁多的服务器和数不尽的计算机、终端设备。通过互联网可以将信息瞬间传递给千里之外的人,这是互联网最鲜明的特征,也是信息社会的基础。

作为一个能够相互交流沟通、相互参与的互动平台,互联网的应用模式,通常可分为一级应用模式和二级网络应用模式。在一级层次,互联网应用模式可划分为网络信息获取应用模式、电子商务应用模式、网络交流互动应用模式、网络娱乐应用模式和电子政务应用模式。对于普通网民而言,在这个一级层次,常常会见到一个十分熟悉的名词,那就是电子商务应用模式。如果对电子商务应用模式进行细究,就会发现一个利用互联网几乎到了极致的人物,一个叫马