

PV Powers China

让光伏

余圣秀 ◆ 著

驱动中国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

让光伏驱动中国

余圣秀 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从当下面临的环境和气候问题入手,分析了控制化石能源使用的有效途径,和清洁可再生能源特别是太阳能的开发和利用。本书以解构光伏发电系统为主线,深入浅出地介绍了光伏发电原理、光伏电站的基本类型、基本构成以及工作机理。作者通过亲自参与我国第一个光伏发电示范项目的特许权招标、项目设计、工程建设以及生产运维全过程,分析指出在中国发展太阳能光伏发电的机会之窗已经开启,并乐观判断大型荒漠光伏电站与传统发电同网同价的时刻即将到来。同时,作者通过开展“光伏+”项目建设、农村绿色能源建设以及实施光伏产业从“中国制造”到“中国创造”的行动计划,分析指出在能源供给和创造新的经济增长方面,光伏不但可以挑起大梁并驱动中国,而且有望迎来中国引领世界的一场工业革命!

本书适合于关心太阳能行业发展的各界人士,从事太阳能光伏发电行业、电力行业、能源工业及与之相关的规划、设计等技术人员和管理人员阅读,也适合于高等学校电力类、能源与动力类专业学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

让光伏驱动中国 / 余圣秀著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016.2
ISBN 978-7-5170-4114-6

I. ①让… II. ①余… III. ①太阳能发电—电力工业—产业发展—研究—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第030523号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 时羽佳 封面设计: 梁 燕

书 名	让光伏驱动中国
作 者	余圣秀 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 16.5印张 257千字
版 次	2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

从全国第一个并网光伏发电示范项目——敦煌光伏发电特许权招标项目建设至今，短短不过 5 年时间，但光伏发电在中国得到了飞速发展。截止到 2015 年上半年，中国的光伏发电装机已经达到 3900 万千瓦，而 2015 年一年，国家两次下达光伏发电计划指标，按计划全年将新增装机 1780 万千瓦！这在中国发展可再生能源特别是太阳能光伏方面是令世人惊叹的速度！鉴于太阳能光伏发电已经逐渐被国人所熟知，业内外的许多人士都希望了解或系统掌握光伏发电的基本原理和光伏行业的发展现状。本书就是为了满足这方面需求而作的一部普及性专业读物，希望能使大家有所获益。

本书共有十六章。第一章到第四章，描述了我国当前所面临的环境、气候及能源安全等问题，分析了控制化石能源使用和加快开发利用可再生能源特别是太阳能的可能性与有效途径；第五章介绍了敦煌光伏发电示范项目的招标、设计、施工和生产运营情况；第六章通过解构光伏发电系统，分析与解剖了光伏发电的系统构成、发电过程以及设计、施工应掌握的有关事项；第七章对敦煌示范项目的典型设计进行了系统分析；第九章、第十章、第十一章分别介绍了“光伏+”发展前景、光伏给微网运行提供正能量以及光伏将为农村绿色能源建设发挥大作用等方面，全方位呈现了光伏发电在中国的发展现状与未来趋势；第八章、第十二章、第十三章从中国的光资源分布情况，光伏发电的投资成本走向，以及中国目前所具备的特高压设计、施工、运维与设备制造的能力方面，指出中国开发建设大型荒漠光伏电站的时机已经成熟，并指出我国荒漠光伏电站与传统发电同网同价的时刻即将来临；第十四章讲述了光伏产业从“中国制造”到“中国创造”的过程；第十五章指出光伏发电有望引领世界的一场工业革命。

光伏可以驱动中国。这是本书所要表达的主要意思，希望读者也能同意并支持这个观点。当然，太阳能光伏发电技术发展迅速，本书中如相关论述如有不当之处，希望读者能批评指正！

在此，还要特别感谢武汉大学方彦军教授的鼓励与支持，是他让我坚持并顺利完成本书的写作。谢谢！

作 者

2015 年 10 月于福州

目 录

前言

第一章 从 2013 年雾霾说起.....	1
第一节 雾霾频密来袭.....	1
第二节 沙尘暴雪上加霜.....	3
第三节 空气污染日益严重.....	4
第四节 多地区出现普遍性缺水.....	5
第五节 西北部沙漠化持续扩散.....	6
第六节 区域发展陷于“超载”.....	7
第二章 追根溯源明真相，能源优化是关键.....	9
第一节 粗放低效的能源结构.....	9
第二节 能源资源配置欠优化.....	11
第三节 燃煤污染认识不到位.....	12
第四节 燃油品质提升不及时.....	14
第五节 可持续发展难以为继.....	16
第六节 能源安全面临威胁.....	17
第七节 转变观念，控制化石能源使用.....	17
第八节 开拓创新，实施能源优化替代.....	19
第三章 控制温室效应，世人当务之急.....	21
第一节 相信科学，不争论.....	21
第二节 迎接挑战，不质疑.....	24
第四章 众里寻它急，光伏初亮相.....	30
第一节 从普罗米修斯盗火到瑞士小镇借光.....	30
第二节 从后羿射日到当代农业种植大棚.....	31
第三节 从聚光取能到太阳能热电站.....	31
第四节 从透镜取火到分解水中氢能.....	33

第五节 光伏飘然而至, 来而不迟	34
第五章 成功试金的敦煌光伏发电	36
第一节 全国第一个光伏发电示范项目	36
第二节 示范项目投标方案与项目实施	39
第三节 敦煌示范项目投运三年来的基本情况	41
第四节 示范项目建设后评价	43
第五节 项目示范带动作用	46
第六节 值得关注的经验和体会	48
第六章 解构光伏发电系统	51
第一节 光伏效应及发电原理	51
第二节 光伏发电系统类型	52
第三节 光伏阵列布设	54
第四节 逆变并网系统及其构成	65
第五节 电气二次及系统构成	68
第六节 光伏发电系统的效率计算	70
第七节 光伏发电量的估算	71
第八节 光伏发电节能减排效益计算	71
第九节 光伏发电的造价及成本构成	72
第十节 光伏发电的同网同价路径	74
第七章 敦煌示范项目典型设计分析	76
第一节 综合说明	77
第二节 示范项目总体设计方案	89
第三节 示范项目的技术设计	95
第八章 光伏可以驱动中国	149
第一节 中国太阳能资源分布情况	149
第二节 中国太阳能资源几大特点	151
第三节 中国太阳能资源的可开发潜力	152
第四节 甘肃省太阳能资源	154
第五节 敦煌示范项目对太阳辐射数据的选取	158
第六节 中国光伏发电能挑大梁	164

第九章	“光伏+”发展前景美好	167
第一节	“光伏+种植”提高土地利用效率	167
第二节	“光伏+养殖”拓展产业发展空间	169
第三节	“光伏+沼气”促进农村能源绿色化	171
第四节	“光伏+热水器”实现家用太阳能最大化	172
第五节	“光伏+困难户”达到快速有效扶贫	173
第六节	“光伏+互联网”能源互联网的今天明天	174
第十章	光伏给微网运行提供正能量	179
第一节	只要有阳光的地方就能用上电	179
第二节	光伏微网为海上孤岛解决供电难题	180
第三节	光伏微网给内陆无电村镇带来光明	181
第四节	光伏微网强化“电力孤岛”供电模式	182
第五节	光伏微网优化区域电力系统资源配置	183
第十一章	光伏为农村绿色能源建设发挥大作用	186
第一节	“绿色能源示范县”建设应包括光伏发电	186
第二节	绿色能源建设宜化县为镇贴近乡村	187
第三节	绿色能源建设必须既能实施又可持续	189
第四节	绿色能源建设应与高效农业发展互为依托	193
第五节	绿色能源建设应与城镇化建设紧密结合	195
第六节	绿色能源建设应坚持专业化开发市场化运作	197
第十二章	光伏发电机会之窗已经开启	199
第一节	光伏发电成本已经处于煤电社会成本中位	199
第二节	光伏等可再生能源发电成本解读	204
第三节	光伏产业链成龙配套占据高位	215
第四节	光伏发电设计、施工、运营、维护人才齐备	217
第五节	光伏发电远距离大容量输送能力已经具备	218
第六节	光伏发电电网系统储能方式有望突破	219
第七节	光伏发电能够满足电力安全生产要求	220
第十三章	掘金荒漠不是梦	226
第一节	荒漠地开发光伏电站的经济价值分析	226

第二节	荒漠太阳能电站的近期开发设想.....	227
第三节	北电南送的资源调配	228
第四节	东西互送的时差搭配	229
第五节	水光互补的峰谷调剂	230
第六节	抽蓄联调的保障供给	231
第七节	分布集中的经济互补	233
第十四章	光伏要从“中国制造”走向“中国创造”	235
第一节	光伏产业面临的“形势和环境”	235
第二节	光伏产业应清楚的“战略定位”	236
第三节	光伏产业应承接的“战略任务”	237
第四节	光伏产业应明确的“战略目标”	239
第五节	光伏产业应寻求的“战略支撑”	241
第六节	跨越“中国制造”到“中国创造”	243
第十五章	有望引领世界的一场工业革命	245
第一节	加快光伏发电同价并网	245
第二节	促进更加安全高效的电能输送设施建设	246
第三节	推动电能存储技术不断进步	247
第四节	推进分布式光伏发电全面发展	248
第五节	带动清洁交通工具普及应用	249
第六节	助力百姓养成更健康的饮食烹饪习惯.....	251
第十六章	结束语.....	253
参考文献		256

第一章 从 2013 年雾霾说起

2013 年第一季度尚未结束，北京所在的华北地区已出现了本世纪以来最严重的持续空气污染事件。据中国科学院大气物理研究所检测数据统计，2013 年 1 月份京津冀共发生 5 次强霾污染。北京大学环境科学与工程学院有关专家表示，华北地区已是全球空气污染最严重的地区之一。

时任环境保护部副部长的吴晓青表示，近年来，我国有些地区每年出现霾的天数在 100 天以上，个别城市甚至超过 200 天。吴晓青说，京津冀、长三角、珠三角地区二氧化硫、氮氧化物和烟尘排放量均占全国的 30%，单位平方公里污染物排放量是其他地区 5 倍以上。吴晓青的此番讲话在当时正在北京召开的两会上，引发了两会代表对雾霾治理的热议。

全方位治霾，我们真的已无退路。

第一节 雾霾频密来袭

2013 年初的中东部平原大地，涉及近 6 亿人口的地区三天两头处在云遮雾罩的雾霾天气之中，北京也不例外。一时间，所有人都在忧心地谈论着雾霾天，关注着 PM_{2.5}（空气中漂浮的直径小等于 2.5 微米的可吸入颗粒物）。进入三月初，天气依然没有好转，此时正值全国政协、人大两会在北京召开，许多代表委员更是建议将抗击 PM_{2.5} 等污染源上升为国家战略。

雾霾天气本是一种自然现象，但由于这种天气气流相对“静止”，使得现代社会生活、生产活动中产生的一些可吸入颗粒物会滞留在空气中，令人呼吸不适甚或影响身体健康。也因为这些可吸入颗粒物大多是人为因素造成的，所以一些相关行业备受指责。实际上，造成我国中东部地区带污染的雾霾天气原因很多。但据分析，主要的污染贡献者还是工业排放的废气、民用燃煤、汽车尾气、煤电烟尘以及交通运行过程中产生的扬尘，甚至包括居民和餐饮行业炒菜做饭的油烟等。因此，这些不利健康的可吸入颗粒物是多行业多领

域未加严格控制而排入空中的废弃物。

2013 年一季度的雾霾天气多，不仅限于我国的东中部地区。据报道，就 3 月份而言，全国雾霾天数为 3.3 天，较之常年同期偏多 1.1 天，创了 52 年以来新高。对此，有关专家解释说，3 月份，我国大部分地区受高空的高压脊控制，大气环流形势和大气层结相对稳定，冷空气势力不强，缺乏“大风”这一驱散雾霾的动力条件，容易形成雾霾天气并持续。与常年相比，华北东中部和西南部、长江流域大部分地区雾霾天数为 5 至 15 天，普遍偏多 2 至 8 天，局部偏多超过 10 天以上。

雾霾的频密来袭不仅影响着我们的日常生活与身心健康，同时也给我们带来很多负面的影响。比如，2014 年 10 月份在北京举行的国际马拉松比赛，正好赶上一次严重的雾霾天气，空气污染指数高达 400（严重污染），一场 3 万人参加的比赛始终在“云遮雾罩”中进行着，许多参赛选手为此特意带着口罩上场参加比赛，瞬间将北京的雾霾天空随着比赛实况传遍了世界各地。

实际上，空气污染特别是因工业化污染并非是某个国家所特有，历史上，伦敦、东京、纽约、洛杉矶等国际大都市也都曾经出现过类似北京污染严重的雾霾天气，甚至还造成了大量的人员死亡。1952 年 12 月初，伦敦受到一场有毒雾霾的严重袭击，造成了 4000 人死亡。在雾霾消散之后的两个月内，又有 8000 人死于呼吸系统疾病。当时，由于受到逆温层笼罩，伦敦连日寂静无风，工厂、居民燃烧煤炭产生的粉尘、有毒气体和污染物在城市上空蓄积，整个伦敦笼罩在“臭鸡蛋”气味的雾霾之中。12 月 5 日，伦敦正在举办一场牛展览会，参展的 350 头牛中有 52 头牛当即发生严重中毒，14 头奄奄一息，1 头当场死亡。无数伦敦市民呼吸困难、交通瘫痪多日，数百万人受影响。一时间，这场“毒雾事件”震惊了全世界！

20 世纪中叶，美国洛杉矶也由于发生光化学烟雾污染事件，导致 800 多人丧生。这是在第二次世界大战期间的 1943 年 7 月，美国西岸加利福尼亚州南部城市洛杉矶遭到一场严重的雾霾袭击，数千人出现咳嗽、流泪、打喷嚏的症状，严重者眼睛刺痛、呼吸不适，甚至头晕恶心。对此有毒雾霾，人们谣言疯传是日本人针对洛杉矶的“毒气攻击”。但研究证明，这场有毒雾霾并非来自外敌所为，而是来自当地的光化学烟雾污染事件。

光化学烟雾主要是由汽车排放的氮氧化物在阳光照射下发生光化学反应

造成的。光化学烟雾中除氮氧化物等污染物外，主要含臭氧和醛类物质等，也有细颗粒物，因而对人体呼吸系统有直接影响。由此，洛杉矶开始了一场治理空气污染之战。但谁也没有想到，这场战争会持续几十年，至今仍在继续。据报道，洛杉矶仍是美国目前空气质量最差的地区。尽管这一地区的污染颗粒物全年平均值已达标，但有关部门仍把洛杉矶的臭氧超标天数和污染颗粒物超标天数列为不合格。于是，美国自然资源保护委员会等数家环保组织于 2011 年 7 月把美国环保署因未采取切实措施限制洛杉矶地区的臭氧排放而告上法庭。

空气污染不是中国的发展模式所特有。专门研究空气污染并共同参与主持了联合国环境规划署全球有毒化学物监测计划的生物学家拉蒙·加丹斯表示，中国几个地区空气中数种污染物的浓度无疑与 20 世纪 70 年代前欧洲和北美一些高度工业化区域的水平相当。但是平均到经济产值和个人头上，当时欧美这些污染物排放量总体上远远高于中国当前的量，总体来说，现在也是。加丹斯说，美国和欧洲为了达到工业化付出了更高的代价。

美国专家阿伦·鲁本说道，档案记录显示，在整个 20 世纪 60 年代，洛杉矶 PM10 平均水平通常都超过每立方米 600 微克。作为一个面积不到北京十分之一的城市，这种水平是非常高的；实际上，比北京通常的日平均水平（低于 100 微克）都高得多，远远超过目前可以接受的水平。

鲁本说，即使在中国污染最严重的城市，年均 PM10 水平通常也比上报纸头条的顶峰水平低得多。例如，兰州（中国污染最严重的城市之一）2010 年的年平均 PM10 水平为 150 毫克/立方米，排名第二的西宁为 141 毫克/立方米。而且也很难对历史上的户外空气污染数据进行比较，因为很多污染物，包括细颗粒物，都是到最近才开始广泛监测的。

但是，不管怎么说，我国的空气污染即便不是全球最严重的，也不能丝毫减轻或放慢我们采取全面治理的决心和行动，因为它已经到了影响和危害百姓身心健康的警戒程度。“不要金山银山，宁要绿水青山”的民众心底呼声，我们不能坐视不管。

第二节 沙尘暴雪上加霜

雾霾天的经常出现，使我们失去了本该在大部分时间里都能看到的山青

水秀、蓝天白云。而沙尘暴的肆虐，给北方地区带来的更是尘土飞扬、天昏地暗的生活。2013 年第一季度，华北地区出现多起沙尘暴侵袭，北京也来过两次，一时间给城市市容、居民身心造成不小的影响，尤其是在严重的雾霾天气里重叠着沙尘暴的来袭，对居民健康的危害真可谓雪上加霜！

令人稍感欣慰的是，据报道 2013 年春季，我国沙尘天气比常年同期略有减少。年初，国家林业局与中国气象局联合就春季沙尘暴趋势会商结果，预计了 2013 年春季我国北方沙尘天气次数为 12 至 16 次，较常年同期（17 次）偏少，但多于 2012 年同期（10 次）。实际情况确实如此。由于近年来政府和民间对西北地区土地荒漠化治理力度的不断加大，我国境内每年发生的沙尘天气虽然还是不少，但相对有减缓的趋势。

沙尘、雾霾天气不仅给人们的身体健康带来威胁，对农业生产也会造成巨大损失。据报道，2013 年一季度河北涿州地区以南雾霾严重，给当地的日光温室蔬菜生产造成了很大影响。村民们反映，从 2012 年 12 月到 2013 年 1 月，河北望都柳陀村只有 9 天见到太阳，当时正是西红柿挂果成熟期，没有阳光照射，西红柿红不了，不少西红柿因挂果时间过长，都掉下来烂在地里。村民们说，秋茬的西红柿按说亩产是 1.2 万到 1.3 万，但受到雾霾和沙尘天气影响，产量连一半都没达到。即使成熟了，西红柿也是不够红，大小不一，卖出去的价格也不好。

雾霾走了沙尘来。北方十几个省区市连年遭受雾霾、沙尘的轮番袭击，脆弱的环境给民众的生产生活乃至身心健康带来了很大伤害。尽管环境问题原因复杂，有人为的也有自然的，但大气环境关乎每一个人的健康，每个人都要呼吸、无法躲避。为此，民众强烈呼吁：我们必须迎难而上，敢于治理，不能因为复杂就少作为甚至不作为。

第三节 空气污染日益严重

空气污染是工业化过程很难规避的产物，如不预先或及时加以防治，必将给人类带来灾难。改革开放以来，我国经济快速发展，工业化水平不断提升，但随之而来的空气污染也日益加剧。实际上，目前在我国许多地区的空气污染中，除了现在人们所熟悉的 PM2.5、PM10 之外，还有二氧化硫、二氧

化氮以及臭氧等常见的空气污染物。因此这些污染物的含量高低，也就表明了当地空气质量的好坏程度。

2014 年 3 月 25 日，我国环境保护部发布了 2013 年空气质量状况，在所发布的京津冀、长三角、珠三角区域及直辖市、省会城市、计划单列市等 74 个城市中，仅有海口、舟山和拉萨 3 个城市的空气质量达标，由此可见我国空气污染的普遍情况与严重程度。

从监测结果来看，74 个城市细颗粒物（PM_{2.5}）达标率最低，仅拉萨、海口和舟山三个城市达标，达标城市比例为 4.1%；其次为可吸入颗粒物（PM₁₀），达标率也不高，仅有 11 个城市达标，达标率 14.9%；二氧化氮的污染程度也不容忽视，74 个城市中只有 29 个城市达标，达标城市比例仅为 39.2%。

从区域污染情况来看，京津冀地区的空气污染最为严重，而且呈现出复合型污染的特征，即污染物出现传统煤烟型、汽车尾气污染以及二次污染物相互叠加所带来的可吸入颗粒物、二氧化氮以及臭氧等不同程度超标的情况。据中科院《京津冀 2013 年元月强霾污染事件过程分析》报告指出，燃煤和机动车是京津冀当年年初雾霾天气的首要元凶。京津冀 PM_{2.5} 来源解析中，燃煤占 34%，机动车占 16%，其余 50% 来源于工业、外来输送等。科学研究表明，燃煤排放的一次粒子和 SO₂、NO_x 等多种污染物之间复杂反应产生的二次颗粒物是形成“霾”的关键，因此要控制 PM_{2.5}，同时也要协同治理工业燃煤产生的多种污染物。

第四节 多地区出现普遍性缺水

中国是世界上严重缺水的地区之一。京津冀地区的缺水，不完全是经济社会发展过度造成的，主要原因还是华北地区本身少水所致。“三北”地区除了东北北部区域略好外，其余地区都缺水，尤其是西北地区，缺水特别严重，不但工农业用水缺乏，人畜饮用水都极其有限。对此，国家每年都拨出专款予以扶持，同时还成立找水打井专业队伍给以帮助和支持。

原本我国“三北”和部分中原地区缺水或严重缺水，其他地区水资源情况还是比较好的。但近几年情况有点异常，原来水资源较为丰沛的西南地区，如贵州、云南等地也因多年连续干旱而严重缺水。遭受干旱的地区，农耕地

因缺水而荒芜，许多林地也因干旱无水而枯萎，部分干旱重灾区人畜饮用水都面临困难。据报道，有的村民为获取必要的饮用水，每天徒步翻山越岭到7~8公里外的深山地下岩洞去找水、背水，有的甚至为此献出了宝贵的生命。

从长远来看，世界各地不断缺水是个趋势，我国也不例外。最近有个报道，表明近30年来我国有超过2.7万条河流从版图上“消失”了。30年前，我国曾作过一次统计，显示我国拥有5万多条流域面积超过100平方公里的河流。而根据中国水利部、国家统计局2013年3月26日公布的《第一次全国水利普查公报》显示，如今只剩下22909条河流。有关专家解释说，这其中虽然有过去的调查统计精确度不高的缘故，但主要原因还是由于气候变化、地球变暖以及经济和社会发展所致。为此，经过对最新的地形测量图进行分析发现，大多数河流所幸并未消失，但水量大幅减少了。

近年来，联合国发表报告说，因气候变化而进一步恶化的水供应面临的压力可能会导致全球各地过多的冲突，水资源应被视为与安全防务同样重要的事情来对待。该报告说，气候变化所带来一个最常见的破坏性影响就是在水资源供应方面。水资源供应目前正受到全球70多亿人的需求，到2050年可能将达到90亿人的需求，为人们的生活带来了很大的压力。

显然，我国与世界水资源供应日趋短缺的国家和地区一样，正在承受着水资源供应不足的巨大压力。

第五节 西北部沙漠化持续扩散

沙漠化是环境的退化现象，它对农业生产发展是一种重大威胁。有关研究表明，气候变化是引起土地沙漠化的主要因素之一。我国西北部地区，由于深居大陆腹地，常年降水量少、蒸发量大，而气候变暖、降水量减少，加剧了该区域气候和土壤的干旱化。这使得该区域的植被覆盖度降低，裸露的土壤经过风吹日晒，加速了土地的荒漠化。同时气候变暖、冰川退缩、河流水量减少甚至断流、湖泊萎缩甚至干涸、地下水位下降，导致大面积的植被因缺水而死亡。失去的植被也就失去了保护地表土壤的功能，从而加速了河道及其两侧沙化土地的扩展及沙漠边缘沙丘的活动，使沙漠化面积不断扩大。

据国家林业局提供的资料显示，我国是受土地荒漠化危害最为严重的国

家之一，受影响人口达 4 亿之多，每年直接经济损失达 540 多亿元。20 世纪末，我国土地沙化以每年 3436 平方公里的速度扩展，每 5 年就有一个相当于北京市行政区划大小的国土面积因沙化而失去利用价值，全国受沙漠化影响的人口达 1.7 亿。20 世纪 50 年代以来，我国已有 67 万公顷耕地、235 万公顷草地和 639 万公顷林地变成了沙地。

土地荒漠化的存在和持续扩散，还导致了自然灾害如沙尘暴的产生和频发。

有幸的是，据报道我国近年来土地沙化速度有所减缓，已从上世纪末年均扩展 3436 平方公里转变为现在的年均缩减 1717 平方公里，沙区生态状况逐渐好转。这里必须指出的是，近年来我国土地沙化情况有所好转，是由于从国家到各级政府层面和民间组织对治理土地沙化工作的重视，加大了对沙化治理的投入，创造了各具特色的治理模式所致，而并非大自然气候的真正好转。

第六节 区域发展陷于“超载”

由于历史和地理区位优势，我国沿海及中东部地区历来就比其他地区发展得快。改革开放后，珠三角、长三角以及京津冀地区更是得到了快速发展，广州、上海、北京也发展成世界级的超大城市。但区域经济的高度发展，让这些地区尤其是大城市陷入了“超载”的困境。据京津冀（2013）发展报告指出，北京、天津的城市综合承载力已突破极限，河北逼近警戒线。报告在考虑区域资源、人口、基础设施、生态环境基础上建立了承载力模型，并计算了城市的承载力分值，警戒线为 1。北京的分值已达 1.38，天津的分值略大于 1，河北的分值为 0.96。人口密度，北京 2011 年为 1230 人/平方公里，天津 2011 年为 1134 人/平方公里，已接近可承受极限。人均水资源占有量，2011 年，北京、天津分别为 119 立方米和 116 立方米，河北省绝大部分地市行政区水资源也极为贫乏。由于人口迁入规模增加过快，北京、天津的交通设施、生态承载能力达到极限。报告指出，水资源、生态、土地、交通设施等尤其成为制约京津冀地区发展的短板。

长三角、珠三角地区，除水资源较为丰富外，其他各项指标也不比京津冀地区好多少。其中能源尤其是电力，已经极大地制约着这两个地区的进一

步发展。历史上由于这两个地区缺煤少油，几乎全靠外面大量运入煤炭、石油等一次能源支撑经济社会发展，但随着这两个地区经济体量的快速增大，给交通运输带来了极大压力。同时，由于经济社会的高度发展，该区域内如火电、核电等可供进一步开发利用的电源站址已经稀少，为保持区域经济可持续发展，能源支撑主要依靠外部电力的输入。

中国已经建成了各省或区域间的 220kV 高压电网，有些区域或区域间联结的是 500kV 超高压输电线路，而 750kV 和 1000kV 特高压输电线路及 800kV 直流特高压输电线路则多用于远距离跨区域网际间电力输送或点对点输送。从每天的电网间电力电量调度情况可以看到，如 2013 年一季度，长三角地区的江苏、浙江、上海每天的受电量一般分别都在 2500 万千瓦时到 20000 万千瓦时之间，而珠三角地区的广东则高达 25000 万千瓦时！这是一个什么概念？一天 25000 万千瓦时受电量，相当于区外要用当前最大的火电单机 100 万千瓦机组 10 台左右满负荷运行向广东送电！由此可见，目前长三角、珠三角地区的电力短缺程度。

以上区外向广东的输电量如果从一次能源煤炭的铁路运输来看，那就更加惊人了！以当前百万机组最好的标煤耗水平即 280 克/千瓦时计算，25000 万千瓦时的电量所需天然煤就是 92450 吨。若每个车皮装满 60 吨，一列火车挂 26 节计算，那就相当于区外每天大约要额外增加 60 列的运煤火车进入广东！

从空气质量来看，情况也令人忧心。京津冀、长三角、珠三角，加起来只占全国面积的 8%，但二氧化硫、氮氧化物、工业粉尘排放量却占全国的 30%。其中，京津冀地区在 2013 年的空气质量监测统计中，平均达标天数比例仅为 37.5%，较之 74 个城市的均值低 23 个百分点。这些数据给我们以警醒：全国各区域发展的不平衡，也给我们带来了经济发达地区对环境保护的巨大压力。