

煤炭资源开采对植被影响综述

叶瑶^{1,2}, 全占军², 肖能文², 韩煜², 王琦², 付梦娣², 李俊生^{2*}

(1. 南京农业大学, 江苏南京 210095; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要 介绍了我国采煤塌陷的现状、类型、形态, 以及采煤塌陷对植被的直接和间接影响。采煤塌陷直接导致植被景观被破坏, 导致地表变形而产生地下水位改变、土壤侵蚀、水土流失, 间接阻碍植被对水分和养分的吸收, 破坏植被生长。采煤塌陷对植被产生的影响严重而深远, 因此矿区植被的修复对矿区生态环境的恢复有重要意义。

关键词 采煤塌陷; 植被; 生态环境; 矿区修复

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)26-10796-03

A Review of Impact of Coal Mining on Vegetation

YE Yao et al (Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

Abstract The present situation, types and forms of coal mining in China were introduced, as well as the impact of mining subsidence on vegetation in direct and indirect manner. Coal mining subsidence directly led to the destruction of vegetation landscape, and damage to vegetation growth by indirectly hinder the vegetation to absorb water and nutrients through the ground deformation caused by groundwater level change, soil erosion, soil and water loss. So the impact of mining subsidence on vegetation is serious and far-reaching, thus the vegetation restoration of mining area has important significance on ecological environment recovery of the mining area.

Key words Coal mining subsidence; Vegetation; Ecological environment; Restoration in mining area

我国是采煤塌陷大国, 目前采煤塌陷现象日益严重, 很多学者在采煤塌陷领域做过关于植被、土壤的研究。研究结果均表明, 随着采煤塌陷时间的推移, 研究区域植被的物种多样性均较未塌陷区有所改变, 植被发生退化, 采煤塌陷对植被造成了不可逆的影响。随着采煤塌陷区域的扩大, 采煤塌陷带来的一系列影响不容小觑。基于探索采煤塌陷植被退化的原因, 笔者就采煤塌陷对植被的影响展开了探索和讨论。

1 我国采煤塌陷概况

1.1 我国煤矿分布情况 我国煤炭资源分布广泛但不均匀^[1]。在全国煤炭地质总储量中, 以大别山-秦岭-昆仑山为分界线, 北部区域煤炭资源量大大多于南方, 67% 分布在西北干旱半干旱地区, 20% 分布在西南山区^[2]。北方包括东北、华北、西北和苏北、鲁、皖北、豫西 17 个省市区, 国土面积 $5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国总面积 52%, 煤炭地质储量占全国的 93.5%; 南方包括西南、两湖、两广、海南和赣、浙、沪、闽 14 个省市区, 国土面积 $4.6 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国总面积的 48%, 煤炭地质储量仅占全国的 6.5%。在南方区域, 煤炭资源又主要集中在云、贵、川三省, 煤炭地质储量占南方总储量的 90%。以京广铁路为分界线, 西部区域煤炭资源大大多于东部。西部包括西北、西南和晋、蒙西、豫西 13 个省市区, 国土面积约 $6.1 \times 10^6 \text{ km}^2$, 煤炭地质储量占全国的 85%; 西部地区煤炭资源又主要集中在以山西为中心的周边地区, 国土面积 $1.1 \times 10^6 \text{ km}^2$, 煤炭地质储量占全国的 51%。东部地区 18 个省市区, 国土面积 $3.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 煤炭地质储量仅占全国的 15%。

从省区来看, 新疆、内蒙古、山西和陕西四省区的煤炭地质储量占全国的 81.3%; 东北三省占 1.6%; 华东七省市区占 2.8%, 江南九省占 1.5%。

1.2 我国采煤塌陷情况 采矿给人类带来巨大财富的同时也给环境造成了不可逆的影响, 最直观的影响即是采煤塌陷。采煤塌陷是指地下煤层采出后, 采空区围岩体内原有的应力失去平衡, 出现应力集中现象, 经过一段时间后, 集中应力超过岩石的强度时, 顶板岩层开始断裂、冒落, 形成冒落带。冒落后, 上部岩层也随后断裂, 在上部岩层发生弯曲。随着采空区的扩大, 地表开始移动, 形成沉降波, 致使地表发生变形、破坏, 形成一系列裂缝、塌陷盆地等^[3]。

采煤塌陷是人为引发的地质灾害, 我国是采煤塌陷面积最大的国家之一。我国煤炭开采基本以井下开采为主。截至 1995 年, 我国已有 43 个矿区 120 个矿井开采煤矿超过 600 m, 13 个矿区 25 个矿井开采超过 800 m。预计至 2015 年, 我国 80% 的矿井将达到 800~1500 m。根据有关调查, 我国每开采 1 万 t 煤, 沉陷的面积大约有 0.2 hm^2 ^[4-5]。我国目前采煤土地破坏面积有 400 万 hm^2 , 并且每年以 $3.3 \sim 4.7 \text{ hm}^2$ 的速度增加, 严重破坏了矿区的生态环境, 塌陷面积一般占井下每天开发区总土地破坏面积的 80% 以上。白中科等研究表明, 采煤后山西大同塔山矿 88.80% 土地发生不同程度的塌陷^[6]。

1.3 采煤塌陷的类型及形态 采煤塌陷分 3 种: 一是浅层塌陷, 是指煤层厚度 3 m 以下, 煤炭采空后地面沉降 2 m 以内的采煤塌陷地。地面倾斜, 水系破坏, 地表无积水, 农田排灌设施及农田道路等轻微损坏; 二是中度塌陷, 是指煤层厚度 3~5 m, 煤炭采空后地面沉降 2~4 m 的采煤塌陷地。地貌特征主要表现为落差较大的斜坡地和季节性积水的塌陷坑, 农田基础设施和农田道路等全部遭到破坏; 三是深度塌陷, 是指煤层厚度在 5 m 以上, 煤炭采空后地面沉降 4 m 以上的采煤塌陷地。地貌特征主要表现为少量的陡坡和大面

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务专项 (2013-YSKY-14, gyk12611303)。

作者简介 叶瑶 (1989-), 女, 江苏泰兴人, 硕士研究生, 研究方向: 生态风险环评, E-mail: yeyao2012@gmail.com。* 通讯作者, 研究员, 博士, 从事生物多样性、生物安全、生态系统风险评估与管理技术等方面的研究, E-mail: lijsh@cras.org.cn。

收稿日期 2013-08-06

积的常年积水的塌陷坑,生态环境均遭破坏。

地表塌陷^[7]按其形态分为两大类:第一类是漏斗状塌陷坑和台阶状断裂,主要为开采浅部急倾斜煤层或开采深度与煤层开采厚度之比 <20 的缓倾斜煤层所引起的;第二类是地面平缓的塌陷盆地,主要为开采深部急倾斜煤层或开采深度与煤层开采厚度之比 >20 的缓倾斜煤层所引起的。塌陷形成过程一般从开始下沉到最终稳定需 $1\sim3$ 年,地表塌陷最大深度约为煤层开采深度的 $0.7\sim0.8$ 倍,塌陷体积约为煤层开采体积的 $0.6\sim0.7$ 倍,塌陷面积约为煤层开采水平投影面积的 1.2 倍。

2 采煤塌陷对植被的影响

矿区由于其脆弱的生态环境,野生植被覆盖度较低,以中高覆盖度和低覆盖度植被为主。植被可以涵养水源,改良土壤,增加地面覆盖、防止土壤侵蚀进而减少土壤养分流失。植被是生态系统进行物质循环和能量交换的枢纽,是防止生态退化的物质基础。植被在水土保持方面有巨大作用,尤其是植被的根系是改善土壤侵蚀环境的重要因素^[8]。矿区植被类型以矮半灌木为主的沙生植被为主,无国家地方野生保护植物。灌丛为矿区优势植被群落,农作物植被次之,草丛、乔木林较少。由于采煤塌陷使得矿区植被遭受不可逆转的创伤,一般采煤塌陷对植被的影响分为直接影响和间接影响两种。

2.1 采煤塌陷对植被的直接影响

(1) 植被景观遭到破坏。通常一个矿区在开采前都是被植被覆盖的山体,一旦经过开采,发生采煤塌陷,表面覆盖的植被根部被拉扯拉断,直接导致植被枯萎死亡,植被减少^[9]。有关研究表明,煤炭开采造成的地表沉陷,地表植被景观破碎及隔离程度严重,原有的稳定态景观格局被打破并且难以恢复,塌陷区沙蒿死亡率比非塌陷区高出 16% 。植被生长状况和不同塌陷强度呈负相关,塌陷强度越小,植被生长状况越好,反之则生长状况不良;植被死亡率随着塌陷强度的减小而减小,随着塌陷程度越来越严重,矿区景观格局逐渐被改变^[10-13]。

(2) 采煤塌陷造成季节性积水,破坏植被生长。当采煤塌陷程度较大时,潜水位相对上升^[14]。由于雨季大气降水汇集到塌陷处,造成地表低陷处出现季节性积水,抑制植被根系呼吸,影响植被对水分和养分吸收,加之雨季过去地表低洼处积水消失,加速土壤盐渍化进程,更加破坏植被生长。

(3) 采煤塌陷造成地表常年积水,陆生生态系统遭到破坏。当采煤塌陷程度极大时,地下水位高出地表,地下水将长期露出地表,淹没地表植被,地表土壤含水量接近或达到饱和,致使土壤中缺乏空气,阻碍植被对水分和土壤养分吸收,抑制根系生长,造成植被死亡,正常的陆生生态系统完全消亡,将转为半封闭性的沼泽或者水生生态系统。

2.2 采煤塌陷对植被的间接影响

(1) 地下水位下降,影响植物生长。地下水是处在一个不断运动、发展和交替的过程,但是由于煤矿开采的扰动以及违背客观规律的矿井疏排水,采矿后发生冒落和塌陷,破

坏了地下水的径流平衡,改变了地表水径流和汇水条件^[15],使得地下水位大幅度下降,地表水系流量减小,甚至干涸^[16]。另外,采煤塌陷产生的裂缝使得地表潜水沿着裂缝逐渐下渗,间接地通过地下水影响植被的生长,并且这种影响是长期的。张茂省等指出,影响植被生态的地下水位阈值:水生植物的临界水位埋深为 0.2 m ,土壤盐渍化的极限水位埋深为 1.2 m ,当地优势植物适生的水位埋深区间为 $1.2\sim3.8\text{ m}$,中生植物能够生存但长势较差的水位埋深区间为 $3.8\sim7.0\text{ m}$,仅旱生植物和靠灌溉才能生存的植物的水位埋深 $>7.0\text{ m}$ ^[17]。草本植物的根系基本分布于土层 1 m 以内,该类植物的生长主要靠大气降水;主要灌木和草本植物的根系主要分布在土层 8 m 以上的部分,且水平分布较垂直分布发达。如果该地的潜水位加上毛管上升高度能够达到 8 m 左右,则植物可以利用到潜水,否则该类植物的生长也同样主要利用的是大气降水。杨树等深根性乔木树种根深可达 10 m 以上,主要利用地下潜水,地下水水位的高低决定了其生存与否。可见塌陷对乔木影响显著,基本在塌陷产生后 $2\sim3$ 年内批量死亡,对于草本及灌木植被短期影响不显著,从长远来看,会造成草本及灌木退化。有研究表明,当地下水位埋深较小时,所有植被的长势都较好,而随着地下水位埋深增加,植被的长势变差或根本无法生存^[18]。靠单纯的灌溉不能改变我国西部干旱地区的荒漠植被的水分状况,而保持地下水位稳定才对维持植被正常生长至关重要,干旱区荒漠植物生长对地下水有很强的依赖性^[19]。

(2) 地表裂缝加速土壤深层水分蒸发,影响植物生长。采煤塌陷导致地表产生裂隙,其深度都在 $1.5\sim2.0\text{ m}$ 以上。当春季或大风季节,通过裂隙蒸发作用,使土壤深层水分迅速散失,土壤含水量下降(有裂隙的土壤比无裂隙土壤多了两个蒸发面),导致下层土壤含水量低于上层土壤含水量,二者土壤含水量可相差 1.5% 左右,降低了土壤的抗旱能力,尤其是在干旱年份里,必然影响植被的生长。

(3) 地表土沙移动加速水土流失导致土壤沙化,影响植被生长。煤炭开采后形成地表沉陷,会使地表潜水沿裂缝下渗,同时地表会出现更多的土沙移动,加速水土流失和土壤沙化,不利于地表植被的生长。在我国的干旱半干旱地区,土壤水分来源主要是降水和地下水补给的凝结水,由于地下水过多渗漏损失,降水形式是暴雨,且降水间隔时间较长,风沙土的持水能力较差,造成植物缺水,影响植被正常生长。

另外采煤塌陷导致地表沙土松动,并产生一些大小不等的裂缝,使得裂缝处原有的优势物种受到损伤。原来埋在地下的种子有机会受到光照,从而萌发生成植株。新增物种大多为二一年生草本,这既抑制了植物种群的竞争势,又为其他物种的入侵和种群扩大创造了机会,从而导致物种组成和多样性发生了变化。有研究表明,采煤沉陷后,植被群落物种组成以及群落优势种发生明显改变,植物多样性提高,但是群落优势层由乔木向草本变化,植物群落发生次生演替现象^[20-22]。

(4) 地面变形进一步加剧土壤侵蚀,影响植被生长。采

煤塌陷造成了地面变形,尤其在西北干旱半干旱地区,进一步加剧了土壤侵蚀,对土壤保持养分和水分的功能造成极大的威胁,减弱了土壤持水能力和通气状况,破坏了微生物适宜的生存环境,减少了腐殖质的分解,在土壤养分流失和养分供应减少的双重压力下,植被必然会生长不良^[23]。另外在一些潜水位较高的地区发生采煤塌陷时,潜水位接近地表,潜水蒸发量增加,加速农田土壤盐渍化过程。土壤发生盐渍化的另一个因素是土壤中无机盐的含量。当地表沉降后,地下潜水位所处深度使得地下水盐分能够补充土壤水盐分时,就可能发生土壤盐渍化。土壤盐渍化进一步加剧土壤的退化,破坏植被的生态环境,影响植被的生长。

3 小结

综上所述,矿区的生态环境恶化严重,采煤塌陷直接破坏植被景观,在潜水位高的地区塌陷导致地表被淹,其他地区塌陷引起地下水位下降,对植被供水不足,加之地表裂缝、地表土沙移动、地面变形以及土壤盐渍化加剧了水分的蒸发散失和土壤养分流失,采煤塌陷同时也可使土壤松动,使得埋在原有土壤的其他植物种子有萌芽的机会,但是由于采煤塌陷区恶劣的生态环境,水分和养分双重流失,植被生长不良。由此可见,采煤塌陷对植被的破坏严重。基于植被的重要作用,对矿区生态环境的修复首当其冲是对植被的修复,因此对采煤塌陷区植被的变化研究对于植被的修复以及矿区的生态恢复有重要意义。

参考文献

- [1] 李凤明. 我国采煤沉陷区治理技术现状及发展趋势[J]. 煤矿开采, 2011(3): 8-10.
- [2] PAN L, LIU P, MA L, et al. A supply chain based assessment of water issues in the coal industry in China [J]. Energy Policy, 2012, 48: 93-102.
- [3] 张平仓, 王文龙, 唐克丽, 等. 神府一东胜矿区采煤塌陷及其对环境的影响初探 [J]. 水土保持研究, 1994(4): 35-44.
- [4] 孟俊, 姚多喜. 煤矿塌陷区及复垦区的植物修复研究进展[J]. 环境科

- 学导刊, 2009(3): 32-34.
- [5] 孙玉成. 采煤沉陷对环境的危害及对策浅析[J]. 科技创新导报, 2012(14): 147.
- [6] 白中科, 段亚红, 杨红云, 等. 采煤沉陷对土壤侵蚀与土地利用的影响预测[J]. 农业工程学报, 2006(6): 67-70.
- [7] 秦胜, 田莉雅, 张剑, 等. 兖州矿区采煤塌陷地现状分析[J]. 中国矿业, 2011(1): 61-63, 99.
- [8] 邹慧, 毕银丽, 金晶晶, 等. 采煤沉陷对植被土壤容重和水分入渗规律的影响[J]. 煤炭科学技术, 2013(3): 125-128.
- [9] TOOMIK A, LIBLIK V. Oil shale mining and processing impact on landscapes in north-east Estonia[J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 41(3): 285-292.
- [10] 全占军, 程宏, 于云江, 等. 煤矿井田区地表沉陷对植被景观的影响——以山西省晋城市东大煤矿为例[J]. 植物生态学报, 2006(3): 414-420.
- [11] 赵国平, 封斌, 徐连秀, 等. 半干旱风沙区采煤塌陷对植被群落变化影响研究[J]. 西北林学院学报, 2010(1): 52-56, 85.
- [12] 杨选民, 丁长印. 神府东胜矿区生态环境问题及对策[J]. 煤矿环境保护, 2000(1): 69-72.
- [13] 郭友红, 李树志, 高均海. 采煤塌陷区景观演变特征研究[J]. 矿山测量, 2009(2): 72-75.
- [14] 张锦瑞, 陈娟浓, 岳志新. 河北采煤塌陷区的环境治理[J]. 中国矿业, 2007(4): 43-45.
- [15] 许凯. 煤矿开采沉陷分析及其防治措施研究[J]. 中国科技信息, 2011(18): 62.
- [16] 甘兵勇. 采煤塌陷对生态环境的影响及对策[J]. 能源环境保护, 2003(3): 45-47.
- [17] 张茂省, 卢娜, 陈劲松. 陕北能源化工基地地下水开发的植被生态效应及对策[J]. 地质通报, 2008(8): 1299-1312.
- [18] 杨泽元, 王文科, 黄金廷, 等. 陕北风沙滩地区生态安全地下水埋深研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006(8): 67-74.
- [19] 张惠昌. 干旱区地下水生态平衡埋深[J]. 勘察科学技术, 1992(6): 9-13.
- [20] 郭友红. 煤炭开采沉陷对矿区植物多样性的影响[J]. 矿山测量, 2009(6): 13-15, 51.
- [21] 谢元贵, 孙文博, 龙秀琴, 等. 采煤塌陷前后植物群落对比研究——以百里杜鹃化育煤矿为例[J]. 江苏农业科学, 2012(7): 332-334.
- [22] 周莹, 贺晓, 徐军, 等. 半干旱区采煤沉陷对地表植被组成及多样性的影响[J]. 生态学报, 2009(8): 4517-4525.
- [23] 史同广, 李其旻. 采煤塌陷区土地生态系统的演变及重建[J]. 国土与自然资源研究, 1997(3): 27-30.

(上接第 10751 页)

成陆面上气温日变化大、水面上气温日变化小的特点。湍流和对流运动均使水中的热量进行上下交换,使水库表面吸收的太阳辐射储存到内部深处,夏季水域上气温低于陆地上的气温、冬季则因水库储存的热量向外释放,水域上的气温高于陆地上的气温。所以水域面上气温的年变化远小于陆面气温的年变化。因此,思林水电站水库周围夏季气温降低,冬季气温将偏高,气温的年较差减小,形成了“冬无严寒,夏无酷暑”的局地小气候。

3.2 降水及相对湿度变化分析 蓄水后,由于水面积增大,水蒸气蒸发到空气中,使得相对湿度增加,加上思南县山脉绵延起伏、沟壑纵横交错,地形起伏,阻力较大,对风的削弱较明显,不利于水汽的水平运输,而思南县城处于水库边缘的不远处,因此,其降水和相对湿度均在蓄水后增大。

3.3 增发量变化分析 由于思南地形起伏,风速不大,空气中的相对湿度较大,蓄水后气温较之前低,因此蓄水后增发

量比蓄水前少。

4 结论

通过对比思南国家气象基本站的气象资料,发现思林水电站水库蓄水后,年降水量增加,相对湿度增大,平均气温和平均最高、最低气温基本呈上升趋势,夏季气温降低,干燥季节的降水和年降水均增加,空气湿润,蒸发减少。可见,该水库附近气候条件不仅促进了周边农作物的生长,其气候条件也朝着对人类有利的方向发展。

参考文献

- [1] 郭生练. 气候变化对东江六月水文的影响[C]//马恩波. 全国博士后首届学术大会论文集. 北京: 国防工业出版社, 1993.
- [2] 郭生练. 气候变化与水面蒸发计算[J]. 武汉水利水电大学学报, 1994, 27(1): 99-106.
- [3] WAGGONER P E. Climate change and U. S. water resources [M]. United States: John Wiley and Sons, 1990.
- [4] 陈永琼, 李卓楠, 杜成勋, 等. 二滩水电站水库对局地气候影响分析[J]. 攀枝花科技与信息, 2010(3): 49-53.
- [5] 杨启彬, 刘佳. 兴建龙滩水库对罗甸气候影响浅析[J]. 贵州气象, 2006(S1): 20-21.