

风沙区煤炭开采对土壤物理性质和结皮的影响

魏婷婷¹, 胡振琪¹, 曹远博², 李星宇¹, 陈超¹

[1. 中国矿业大学(北京) 土地复垦与生态重建研究所, 北京 100083; 2. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083]

摘要: [目的] 为了准确了解煤炭开采对脆弱生态环境造成的影响。[方法] 通过样地调查和室内分析, 对毛乌素风沙区超大工作面煤炭开采当年和 3 a 后的土壤物理性质和结皮情况进行分析。[结果] 开切点土壤物理性质受到采矿的影响强于开采面, 开采面土壤的修复能力优于开切点, 且采煤对土壤物理性质的影响 3 a 后仍未消除; 各采样点的土壤温度不仅与对照存在差异性 ($p < 0.05$), 而且各土壤温度在空间和时间跨度上也存在差异性 ($p < 0.05$); 20 cm 处的土壤容重、孔隙度和含水率与土壤温度均存在负相关, 含水率与土壤温度存在显著负相关 ($p < 0.05$); 结皮的厚度和覆盖度受到采煤的影响, 结皮含水率和结皮持水能力在 3 a 内均未恢复到采煤前。[结论] 风沙区超大工作面采煤对土壤物理性质和结皮会造成破坏, 且在无人干扰的情况下土壤将进行自我修复, 但 3 a 的修复效果与对照组仍存在一定差异。

关键词: 风沙区; 超大工作面; 煤炭开采; 土壤物理性质; 结皮

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0106-05

中图分类号: TD88, X37

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.02.020

Effect of Coal Mining on Soil Physical Properties and Soil Crust in Windy Desert Area

WEI Tingting¹, HU Zhenqi¹, CAO Yuanbo², LI Xingyu¹, CHEN Chao¹

[1. Institute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China]

Abstract: [Objective] To accurately understand the effects of coal mining on vulnerable ecological environment. [Methods] Soil physical properties and soil crust in current and three years later after ultra wide fully-mechanized coal mining in Mu Us desert were analyzed with sample plot survey and indoor element content analysis. [Results] The soil physical properties in fracture zone affected by coal mining were stronger than mined-out area, but the soil repairing ability in mined-out area was better than fracture zone, and coal mining effects on soil physical properties still exist after three years later. The soil temperatures of each sampling point not only have differences with the control group, but also have differences in spatial and temporal span. Soil bulk density, porosity and moisture content in twenty centimeters were negatively correlated with soil temperatures, and the soil moisture content had a significant correlation with soil temperature. Thickness and coverage of soil crust were affected by coal mining, and soil crust moisture content and water holding ability didn't return to the level before coal mining within three years. [Conclusion] The coal mining with ultra wide fully-mechanized cause damage on soil physical properties and soil crust, and the soil will be self-restored in the absence of human disturbance, but there is a certain difference between the effect of three years restoration and control.

Keywords: windy desert area; ultra wide fully-mechanized; coal mining; soil physical properties; soil crust

煤炭在中国能源生产与消费构成中占有主导地位。国家煤炭开采战略西移、集群化、高强度的开采方式,使得地表生态环境的破坏范围广、速度快、形式多、时空差异大,矿区的地表生态环境呈现出强烈扰动的态势,主要表现为地表裂缝、植物损伤、水土流失等。神东矿区位于黄土丘陵与毛乌素沙地之间,生态

环境一旦遭到破坏就很难对其进行恢复^[1]。由于神东矿区本身生态阈值较低,抗扰动能力差,沙漠多次侵扰,形成独特的土壤理化性质,土壤颗粒组成较粗、疏松无结构、储水保肥能力差。地下煤炭采出后,不可避免引起上覆岩层的垮落变形、进而引起地表变形,矿山开采对生态环境的影响首先表现在地表的移

收稿日期:2014-10-10

修回日期:2014-11-20

资助项目:国家自然科学基金委员会—神华集团有限公司煤炭联合基金资助项目“风沙区超大工作面开采的土地损伤规律及生态修复方法”(U1361203)

第一作者:魏婷婷(1988—),女(汉族),湖北省荆州市人,博士研究生,研究方向为土地复垦与生态重建。E-mail:sally1988tt@foxmail.com。
通信作者:胡振琪(1963—),男(汉族),安徽省五河县人,教授,博士生导师,从事土地复垦与生态重建方面的研究。E-mail:huzq@cumtb.edu.cn。

动变形,进而影响到植被和土壤的理化性质的变化。胡振琪^[2]等利用 TM 影像和 ERDAS 软件对神府矿区 1986—2006 年 20 a 间的植被覆盖度进行研究,定量结果表明矿区的植被覆盖度整体提高,但在局部矿区则有所降低。赵红梅^[3]研究了神东矿区采煤塌陷条件下包气带土壤水分布及动态变化特征,研究表明:塌陷区土壤含水量与非塌陷区相比在 0—60 cm 的各个深度上均明显减少;塌陷非稳定区裂缝部位与非裂缝部位存在明显差异^[4],说明裂缝对含水量有较大影响;但目前仍未有学者针对风沙区超大工作面上采煤对土壤温度和结皮的影响进行系统的研究。

笔者在毛乌素沙地东南缘大柳塔矿区的 12 个采空区样地、6 个裂缝区样地和 6 个对照区样地,进行采煤对土壤的物理性质、对不同层土壤温度和对结皮的影响分析,探讨采煤扰动和无干扰自修复过程中土壤理化性质和结皮情况的差异性,以期为这一地区的生态治理提供理论依据,同时也为矿区的生态环境重建提供依据。

1 研究区概况和方法

1.1 样地布设和样地基本情况

神东矿区大柳塔煤矿位于黄土高原丘陵区 and 毛

乌素沙地过渡地带。地势西高东低,东部为丘陵沟壑区,西部为波状高原区,北部地表多为流动性或半固定波状沙丘覆盖,地形呈波浪状起伏。区内的岩性由第四系全新统冲积含砾细砂(Q_4^{al})、风积粉细砂(Q_4^{eol})和第四系下更新统三门组合砾细砂(Q_1s)组成。该区属中温带半干旱偏干大陆性季风气候区,气候干燥,大风沙频繁,昼夜温差悬殊。年平均气温为 7.2 °C,无霜期约 156 d,年降水量为 421.4 mm,降水主要集中在 7—9 月份,年内变率与年际间变率均很大,年蒸发量为 1 952.6 mm,季风多集中在春季,年平均风速 2.3 m/s,最大风速可达 20 m/s 以上。

研究区植被类型有干草原型、落叶阔叶灌木丛型和沙生类型,其中沙地植被占绝对优势。土地类型为沙地、乔灌木林地、天然草地、裸岩地等。以沙蒿(*Artemisia desteriorum* Spreng)、沙柳(*Salix cheilophila*)、柠条(*Caragana microphylla*)为代表的沙生植被组合,主要生长于半固定沙地、固定沙地和沙地沙丘间低地。研究区内环境因素波动性大,环境敏感性强,承受能力及抗干扰的能力差,因而具有生态脆弱性和环境问题的严酷性,水资源短缺、生态环境脆弱成为约束该区大规模煤炭资源开发的不利条件之一。试验地基本情况如表 1 所示。

表 1 试验样地基本情况

样地个数	坡度/°	土壤类型	沉陷程度	植物覆盖度/%	海拔/m	pH 值	TN/(g·kg ⁻¹)	速效氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	有机质含量/(g·kg ⁻¹)
24 个	23~29	风沙土	中度	17~55	1 164~1207	7.959~7.996	0.017~0.028	1.382~2.121	11.103~18.442	2.568~3.781

1.2 数据采集与处理

试验设置 24 个样地,样地均分布于同一开采面的阴坡,对每个样地坡顶、坡中、坡底和坡间低地的土壤容重、孔隙度、含水率、硬度和结皮情况进行采集和测定,土壤容重、孔隙度和含水率值均为 20 cm 深度测定,硬度在土壤表层测定;土壤的物理指标和土壤温度分别在 2011 年 5 月 30 日和 2014 年 6 月 1 日进行测定。土壤容重、孔隙度、硬度分别用:环刀法、容重换算法、土壤硬度计直接测定,利用土壤温湿度仪(DH8 902,中国)测定土壤温度(测定深度为 20,40,60 cm),用 TSC-V 型土壤水分测试仪测定土壤含水率,结皮覆盖度用样地法测定,结皮的厚度用游标卡尺测定,以上各项测量均有 5 个重复。利用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 对数据进行分析。

2 结果分析

由表 2 分析得知,CKP 和 CKN 的容重、孔隙度、含水率、硬度均不存在显著差异。KQP 和 KQN 坡

顶、坡中、坡底、丘间低地的各项土壤物理指标均与 CK 的存在显著差异,整体表现为容重减小(KQP-坡中容重减小 7.2%)、孔隙度增大(KQP-坡中增大 14.8%)、含水率降低(KQP-坡顶降低 22.4%)、硬度减小(KQP-坡顶减小 41.8%);采矿后沉降稳定,KQN 各个位置的土壤物理指标与 KQP 比较均有所修复:容重增大(丘间低地除外),孔隙度显著降低,含水率和硬度增大。KC 区也受到采矿的影响,各项土壤物理指标与 CK 比较也存在显著差异:容重最多减少 6.0%,孔隙度最大提高 8.4%,含水率最多减少 16.7%,硬度最多减小 31.3%;同样,随着采矿扰动的停止和受生态环境的影响,KCN 较 KCP 的各项土壤物理指标均有所修复。由表 2 也可知 KQP 和 KCP, KQN 和 KCN 各空间位置的土壤物理指标存在显著差异性,表现为:一是 KQ 点受到采矿的影响强于 KC 区,即 KQ 点土壤物理性质受到采矿的破坏更严重;二是 KC 区土壤的修复能力优于 KQ 点,三是采矿对土壤物理性质的影响 3 a 年后仍未消除。

表 2 土壤物理性质和结皮变化

样地	容重/(g·cm ⁻³)	孔隙度/%	含水率/%	硬度/(kg·cm ⁻²)	结皮情况
CKP	1.67±0.02 ^a	35.7±0.80 ^l	4.92±0.46 ^a	2.01±0.27 ^a	++O++
CKN	1.67±0.05 ^a	35.9±0.73 ^l	5.11±1.01 ^a	2.00±0.31 ^a	++O++
KQP-坡顶	1.60±0.03 ^{bc}	38.6±1.21 ^d	3.82±0.51 ^d	1.17±0.22 ^{kl}	—
KQP-坡中	1.55±0.04 ^c	41.3±1.03 ^a	3.91±0.23 ^{de}	1.42±0.17 ^{gh}	—
KQP-坡底	1.59±0.03 ^b	40.2±0.84 ^c	4.02±0.14 ^{de}	1.36±0.15 ^{gj}	++×—
KQP-丘间低地	1.63±0.04 ^d	38.1±0.95 ^e	4.07±0.34 ^{ce}	1.29±0.37 ^{ij}	++×+
KQN-坡顶	1.62±0.03 ^{de}	37.9±1.41 ^{ef}	3.93±0.26 ^{de}	1.25±0.46 ^{il}	—
KQN-坡中	1.56±0.07 ^c	40.5±1.28 ^b	4.08±0.49 ^{ce}	1.47±0.18 ^{dh}	—
KQN-坡底	1.61±0.05 ^b	40.0±1.30 ^c	4.14±0.33 ^{ce}	1.53±0.47 ^{djh}	++×+
KQN-丘间低地	1.62±0.04 ^{de}	37.7±1.71 ^f	4.11±0.16 ^{ce}	1.61±0.33 ^{cef}	++×+
KCP-坡顶	1.64±0.02 ^{df}	37.3±1.49 ^{gij}	4.13±0.26 ^{ce}	1.44±0.16 ^{gh}	—
KCP-坡中	1.57±0.03 ^{bc}	38.7±1.53 ^d	4.10±0.37 ^{ce}	1.49±0.29 ^{dh}	—
KCP-坡底	1.62±0.05 ^{de}	38.1±1.22 ^e	4.23±0.41 ^c	1.38±0.37 ^{gj}	++×+
KCP-丘间低地	1.63±0.05 ^d	37.1±1.44 ^h	4.22±0.51 ^c	1.73±0.28 ^{bc}	++×+
KCN-坡顶	1.66±0.03 ^{af}	36.9±1.26 ^k	4.17±0.36 ^c	1.68±0.25 ^c	—
KCN-坡中	1.59±0.04 ^b	37.5±1.66 ^{gij}	4.25±0.28 ^c	1.66±0.39 ^{ce}	—
KCN-坡底	1.62±0.02 ^{de}	37.2±1.27 ^{hi}	4.46±0.19 ^b	1.55±0.21 ^{de}	++O++
KCN-丘间低地	1.64±0.04 ^{df}	37.0±1.38 ^h	4.46±0.26 ^b	1.83±0.30 ^b	++O++

注:表中CK表示对照区,KQ表示开切点,KC表示开采面,P为2011年6月,N表示2014年6月;不同小写字母表示纵向比较显著差异($p < 0.05$);++表示结皮覆盖度 $\geq 35\%$,+表示结皮覆盖度 $< 35\%$,—表示无结皮,O表示结皮未受到采矿的影响,×表示结皮受到采矿的影响。

土壤温度是植物生长的重要生态因子,对植物的生长发育具有重要的影响(表3)。沙漠地区的生态环境相对脆弱,在采煤的扰动下,土壤的理化性质“平衡”更易被打破,这必将影响土壤的温度的变化,进而影响植物的生长发育。20 cm,6:00时KQP,KQN,KCP和KCN的温度低于CK,14:00时,KQP,KQN,KCP和KCN的坡顶和坡中温度多数高于CK,坡底与丘间低地的温度均小于CK。40 cm,6:00时KQ点的温度高于CK,KC面的温度略低于CK,14:00时只有KQP的坡顶和坡中的温度高于CK,其它点的温度均低于CK。60 cm,6:00时和14:00时大多数采样点的温度高于CK。各采样点的温度不仅与CK存在差异性,而且在空间和时间跨度上也存在差异性。

空间上差异性表现在KQ点与KC面之间比较,土壤不同深度间的比较。20 cm,清晨KQ点相对应各坡位的土壤温度显著低于KC面,最大对应温差为1.1℃,正午KQ点相对应坡位的温度高于KC面;40 cm,清晨KQ点的土壤温度高于相对应的KC面,正午,KQ点与KC面相对应的土壤温差进一步扩大,差异性显著;60 cm,清晨和正午KQ点相对应土壤的温度均低于KC面。6:00,相同坡位相对应的不同深

度(D)土壤的温度整体趋势存在: $D_{20\text{ cm}} < D_{40\text{ cm}} < D_{60\text{ cm}}$,存在显著差异性,差异性参考表3;14:00,存在 $D_{60\text{ cm}} < D_{40\text{ cm}} < D_{20\text{ cm}}$ (KCN-坡底和KCN-丘间低地的 $D_{60\text{ cm}}$ 和 $D_{40\text{ cm}}$ 除外),存在显著差异性。同一天不同时间段,土壤温度(T)也存在差异性,相同土壤层存在 $T_{14:00} > T_{6:00}$,且随着深度的加深,6:00到14:00的温度增加量逐渐减小;土壤经过三年的沉降和外界非人为因素的作用,在6:00,KQN和KCN的土壤温度分别高于KQP和KCP,在14:00,KQN和KCN的土壤温度分别低于KQP和KCP,且差异性显著。

选用样地坡底20 cm处土壤的温度与土壤容重、孔隙度和含水率进行相关性分析,是因为坡底生物群落分布密集,且草本和小灌木根系主要分布于浅层土壤,浅层土壤同样是微生物活动较为活跃的场所以。对其相关性进行详尽的研究,能够为采煤对土壤温度的影响进行更深入的分析。从表4分析得知,3个土壤物理指标与20 cm处土壤温湿度均存在负相关关系,特别是CK含水率与土壤温度存在显著负相关,在KQP-坡底和KCP-坡底与土壤温度的负相关与CK相比有所减小,显著性不明显,而在3a之后KQN-坡底和KCN-坡底与土壤温度的负相关性有所增加,达到显著相关,但仍小于CK与土温的极显著相关。

表 3 采煤对土壤温度的影响

°C

样地	20 cm		40 cm		60 cm	
	6:00	14:00	6:00	14:00	6:00	14:00
	CKP	24.3±0.30 ^{aA}	28.6±0.37 ^{agB}	24.5±0.18 ^{acA}	26.9±0.14 ^{ac}	24.1±0.08 ^{aA}
CKN	23.9±0.25 ^{adD}	28.4±0.25 ^{abC}	24.1±0.23 ^{ad}	26.9±0.24 ^{ab}	24.6±0.13 ^{bA}	24.7±0.17 ^{bA}
KQP-坡顶	22.4±0.42 ^{bb}	29.1±0.36 ^{bc}	24.8±0.36 ^{bcA}	27.3±0.11 ^{ad}	24.8±0.16 ^{bcA}	25.1±0.18 ^{bcdA}
KQP-坡中	22.5±0.36 ^{be}	29.0±0.14 ^{agC}	24.5±0.18 ^{acA}	27.0±0.10 ^{ad}	24.6±0.11 ^{bA}	25.1±0.11 ^{bcdB}
KQP-坡底	22.5±0.31 ^{bd}	28.1±0.21 ^{chC}	24.4±0.25 ^{acA}	26.3±0.17 ^{bb}	24.6±0.21 ^{bA}	24.6±0.13 ^{aeA}
KQP-丘间低地	22.8±0.24 ^{be}	27.6±0.44 ^{dd}	24.5±0.33 ^{acC}	26.4±0.16 ^{bcB}	25.1±0.29 ^{cdA}	25.1±0.09 ^{bcA}
KQN-坡顶	23.3±0.41 ^{cd}	28.7±0.39 ^{cC}	24.5±0.16 ^{aA}	26.8±0.13 ^{aeB}	24.2±0.07 ^{aA}	24.4±0.21 ^{aeA}
KQN-坡中	23.3±0.28 ^{cd}	28.4±0.36 ^{ac}	24.9±0.14 ^{bcA}	26.8±0.23 ^{aeB}	24.5±0.11 ^{bA}	24.8±0.18 ^{bdeA}
KQN-坡底	23.5±0.47 ^{ce}	27.8±0.21 ^{cdD}	24.5±0.11 ^{acB}	25.6±0.27 ^{cC}	24.9±0.17 ^{bcA}	24.8±0.11 ^{bcdAB}
KQN-丘间低地	23.9±0.32 ^{cd}	27.4±0.10 ^{deC}	24.8±0.17 ^{bcA}	25.4±0.13 ^{cb}	24.9±0.17 ^{bcA}	24.8±0.12 ^{bdeA}
KCP-坡顶	23.1±0.21 ^{cC}	28.5±0.14 ^{ahD}	23.1±0.22 ^{dC}	26.9±0.24 ^{ab}	24.3±0.24 ^{aA}	24.3±0.24 ^{aA}
KCP-坡中	23.1±0.12 ^{cb}	28.5±0.22 ^{ahC}	23.4±0.26 ^{dB}	26.8±0.17 ^{aeD}	24.5±0.21 ^{abA}	24.5±0.14 ^{aeA}
KCP-坡底	23.6±0.27 ^{cd}	27.5±0.21 ^{deC}	24.1±0.24 ^{ab}	24.9±0.09 ^{dA}	24.7±0.10 ^{bcA}	24.7±0.17 ^{bcA}
KCP-丘间低地	24.1±0.36 ^{aA}	27.1±0.19 ^{cC}	24.2±0.31 ^{aA}	24.9±0.14 ^{db}	24.5b±0.08 ^{aAB}	24.4±0.05 ^{aeA}
KCN-坡顶	23.4±0.25 ^{cC}	28.0±0.36 ^{dd}	23.5±0.18 ^{dfC}	26.3±0.22 ^{bb}	25.1±0.14 ^{cdA}	25.1±0.21 ^{bcdA}
KCN-坡中	23.5±0.19 ^{cC}	27.7±0.31 ^{dd}	23.6±0.17 ^{efC}	25.8±0.17 ^{cb}	25.2±0.18 ^{cdA}	25.1±0.18 ^{bcdA}
KCN-坡底	23.8±0.23 ^{cdD}	27.3±0.26 ^{deC}	24.5±0.21 ^{acB}	24.9±0.33 ^{dAB}	25.0±0.22 ^{cdA}	25.0±0.11 ^{bcdA}
KCN-丘间低地	24.1±0.18 ^{ab}	26.5±0.11 ^{fd}	24.5±0.17 ^{acBC}	24.7±0.25 ^{db}	25.4±0.13 ^{dA}	25.3±0.10 ^{ca}

注:不同小写字母表示纵向比较显著差异($p < 0.05$),不同大写字母表示横向比较显著差异($p < 0.05$)。

表 4 20 cm 处土壤温度与土壤物理性质的相关关系

Pearson 相关性	土壤容重		孔隙度		含水率	
	R^2	N	R^2	N	R^2	N
CK	-0.231	24	-0.291	24	-0.548**	24
KQP-坡底	-0.201	24	-0.176	24	-0.376	24
KQN-坡底	-0.213	24	-0.203	24	-0.501*	24
KCP-坡底	-0.224	24	-0.217	24	-0.397	24
KCN-坡底	-0.226	24	-0.238	24	-0.514*	24

注:**在 0.01 水平(双侧)上极显著相关,*在 0.05 水平(双侧)上显著相关,N 为样品数。

大面积采煤对风沙区土壤生物结皮具有较大的破坏(表 5)。采煤当年和现在的结皮厚度和覆盖度均小于 CK,特别是采煤当年,生物结皮和物理结皮的覆盖度急剧下降,经过 3 a 无人干扰的恢复,结皮覆盖

度仍小于 CK。

另外调查发现,生物结皮的含水率从开采前的 33.17% 下降到开采当年的 15.03%,现在又恢复到 27.36%;单位面积生物结皮的持水能力(饱和吸水重量)从 1.34 g/cm³ 下降到采矿当年的 0.61 g/cm³,下降比例达到 54.48%,现在恢复到 0.83 g/cm³,仅为采煤前的 61.94%。

3 结论与讨论

本研究表明风沙区超大工作面采煤对土壤物理性质和结皮具有不同程度的影响和破坏,在开采当年对其影响较大,经过 3 a 的自修复,各项指标逐渐接近开采前,但与开采前仍存在一定差异。

表 5 采矿对生物结皮的影响

类型	厚度/mm				覆盖度/%			
	CKP	CKN	P	N	CKP	CKN	P	N
生物结皮	10.3±2.4	10.7±3.9	9.9±4.2	10.1±2.8	63.2±4.3	63.7±3.9	36.7±5.1	50.7±2.8
物理结皮	6.1±1.6	6.0±1.1	6.3±1.3	6.6±1.9	31.7±2.1	34.2±4.0	11.3±3.5	30.6±3.3

2011 年对照区和 2014 年对照区的容重、孔隙度、含水率、硬度均不存在显著差异,但是开采当年开切点和开采面的容重相较对照区减小,孔隙度增大,含水率降低,硬度减小,此结果与臧荫桐^[5]等对采煤

沉陷后风沙土理化性质研究结果相似,造成此结果的原因可能是在采煤的过程中经历多次裂隙出现—发育—修复—再出现—再发育—完全闭合的复杂过程^[6],造成土层的扰动,并且对土壤稳定性造成破坏,

出现大孔隙或者裂缝,表层土随土壤裂隙进入深层土壤,随之土壤的机械组成发生变化,这必将改变土壤最基本的物理性质。开切点受到采矿的影响强于开采面,且开采面土壤的自修复能力优于开切点,可能因为开采面的土层多是整体下沉,而开切点的土层经过多次沉降且在下沉过程中受剪力作用,土层多被破坏,即造成此结果,表现为受破坏更严重的土壤为开切点,从而受破坏更严重的开切点的土壤的理化性质也更难修复。

随土壤物理性质变化,各土层的温度不仅与对照存在差异性,而且在空间和时间跨度上也存在差异性。根据公式 $C_g = \rho \cdot c \{C_g$ ——土壤体积热容量[J/($m^3 \cdot K$)]; ρ ——土壤密度(g/cm^3); c ——土壤比热容[J/($kg \cdot ^\circ C$)]}^[7-8] 及热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ (Q ——热量; m ——质量; Δt ——温度变化),可推导出公式: $\Delta t = Q/C_g \cdot v$ ^[9]。试验中各个点均处于同一个开采面,并且保证样地均为阴坡,在日照辐射时数相同情况下,沙土获得的热量也基本相同,所以可以认为沙土的温度的变化由土壤体积热容量决定。土壤的热容量是土壤本身特有的属性,土壤的三相结构影响着热容量^[10],结合表 2 知,由于采矿对土壤层造成大面积的扰动,改变了土壤的机械组成,进而改变了土壤的三相结构,这必将影响土壤温度变化。结合表 2 和表 4,也可以推断土壤容重、孔隙度和土壤含水率共同影响着土壤的固气液的组成比例,均与土温存在负相关关系,并且土壤温度受土壤含水率的影响更大,表现为极显著负相关。

从表 2 和表 5 可知,受采煤的影响,无论是生物结皮还是物理结皮均受到不同程度的破坏,表现为结皮厚度减小和结皮覆盖度降低,随之生物结皮的持水能力急剧下降,这可能是两个原因共同作用造成的,一是受到生物结皮自身的厚度影响,厚度的减小和覆

盖度的降低必将造成“储水空间”减小,二是结皮下层沙土理化性质造成破坏,水分无法存蓄而更易发生渗漏。

综上所述,风沙区超大工作面采煤对土壤物理性质和结皮会造成破坏,且土壤在无人干扰的情况下将进行自修复,但 3 a 的修复效果与对照组仍存在一定差异。

[参 考 文 献]

- [1] 王琦,全占军,韩煜,等.采煤塌陷对风沙区土壤性质的影响[J].中国水土保持科学,2013,11(6):110-118.
- [2] 胡振琪,陈涛.基于 ERDAS 的矿区植被覆盖度遥感信息提取研究[J].西北林学院学报,2008,23(2):164-167.
- [3] 赵红梅.采矿塌陷条件下包气带土壤水分分布与动态变化特征研究[D].北京:中国地质科学院,2006.
- [4] 侯新伟,张发旺,韩占涛,等.神府东胜矿区生态环境脆弱性成因分析[J].干旱区资源与环境,2006,20(3):54-57.
- [5] 臧荫桐,汪季,丁国栋,等.采煤沉陷后风沙土理化性质变化及其评价研究[J].土壤学报,2010,47(2):262-269.
- [6] 李全生,贺安民,曹志国.神东矿区现代煤炭开采技术下地表生态自修复研究[J].煤炭工程,2012,(12):120-122.
- [7] 王琳琳,高志球,沈新勇,等.土壤水分的垂直运动对黄土高原糜田土壤温度的影响[J].南京气象学院学报,2008,31(3):363-368.
- [8] 李慧星,夏自强,马广慧.含水量变化对土壤温度和水分交换的影响研究[J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(2):172-175.
- [9] 杨永胜,卜崇峰,高国雄.毛乌素沙地生物结皮对土壤温度的影响[J].干旱区研究,2012,29(1):352-359.
- [10] 陈继康,李素娟,张宇,等.不同耕作方式麦田土壤温度及其对气温的响应特征:土壤温度日变化及其对气温的响应[J].中国农业科学,2009,42(7):2593-2600.