

青岛市新机场建设耕作层土壤质量 评价与剥离深度的确定

曲雪光^{1,2}, 孙义晓^{1,2}, 傅希琰^{1,2}

(1. 青岛市勘察测绘研究院, 山东 青岛 266032;

2. 海陆地理信息集成与应用国家地方联合工程研究中心, 山东 青岛 266032)

摘要: [目的] 探索青岛市新机场耕作层土壤剥离的土壤质量评价方法, 并根据土壤质量等级确定耕作层土壤剥离深度, 为编制耕作层土壤剥离利用方案提供基础。[方法] 依据指标设计原则, 对耕作层土壤剥离理念及其目标要求进行分析, 提出土壤质量评价指标体系。采用模糊隶属度模型评价土壤肥力, 采用内梅罗综合污染指数评价土壤重金属及有机物污染状况, 采用 SQI 指数对土壤综合质量进行评价, 划分土壤质量等级, 从而确定耕作层土壤剥离深度。[结果] 1, 3, 4, 5, 8, 11, 12 号采样点耕作层土壤质量等级为一级, 2, 6, 9 号采样点耕作层土壤质量等级为二级, 7, 10 号采样点耕作层土壤质量等级为三级。[结论] 一级土壤质量最好, 耕作层平均厚度为 20 cm。建议的土壤剥离深度为 30 cm; 二级土壤质量较好, 耕作层平均厚度为 20 cm, 建议对新机场建设项目损毁占用土地的耕作层土壤剥离, 土壤剥离深度为 20 cm; 三级土壤质量中等, 耕作层平均厚度为 20 cm, 选择性的对新机场建设项目损毁占用土地的部分优质耕作层土壤按层次剥离, 土壤剥离深度为 10 cm。

关键词: 耕作层; 土壤剥离; 质量评价; 指标构建; 剥离深度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)04-0202-05

中图分类号: X825

文献参数: 曲雪光, 孙义晓, 傅希琰. 青岛市新机场建设耕作层土壤质量评价与剥离深度的确定[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4):202-206. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.04.033. Qu Xueguang, Sun Yixiao, Fu Xiyan. Soil quality and stripping depth evaluation of tillage layer for construction of qingdao new airport [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4):202-206.

Soil Quality and Stripping Depth Evaluation of Tillage Layer for Construction of Qingdao New Airport

QU Xueguang^{1,2}, SUN Yixiao^{1,2}, FU Xiyan^{1,2}

(1. Qingdao Geotechnical Investigation & Surveying Research Institute, Qingdao,

Shandong 266032, China; 2. State and Local Joint Engineering Research Center for the

Integration and Application of Sea-Land Geographical Information, Qingdao, Shandong 266032, China)

Abstract: [Objective] To explore the soil quality evaluation method of soil stripping in tillage layer in building Qingdao New Airport, and to determine the soil stripping depth of the tillage layer according to the soil quality grade, so as to provide the basis for the soil stripping utilization scheme of the tillage layer. [Methods] According to index design principles, we analyzed the concept and the demand of the tillage layer stripping and drew a conclusion of soil quality evaluation system. The fuzzy membership model was used to estimate the soil fertility. The Nemerow multi-factor index was used to estimate the soil contaminating degree of the heavy metal and organism. The comprehensive quality of soil was evaluated by soil quality index to rank soil quality, then the stripping depth of tillage layer is achieved. [Results] Soil quality grade of tillage layer was achieved, that sample points of 1, 3, 4, 5, 8, 11, 12 were the first, sample points 2, 6, 9 are the second, sample points 7, 10 were the third. [Conclusion] The first grade soil quality is the best, and the average thickness of tillage layer is 20 cm. The recommended soil stripping depth is 30 cm. The second grade soil quality is the better, and the average thickness of tillage layer is 20 cm. The recommended soil stripping depth of the occupied and

收稿日期: 2017-04-07

修回日期: 2017-05-24

资助项目: 青岛国际机场集团有限公司委托项目“青岛新机场建设项目耕作层土壤剥离利用方案编制”(C2016-2199)

第一作者: 曲雪光(1984—), 女(汉族), 山东省莱州市人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为土地规划、土地整理。E-mail: qdkeyrs@163.com。

damaged tillage layer is 20 cm for the new airport construction project. The third grade soil quality is medium, the average thickness of tillage layer is 20 cm. It is suggested to select part of damaged and occupied tillage layer with high quality to strip for the new airport construction project. The recommended soil stripping depth is 10 cm.

Keywords: tillage layer; soil stripping; quality evaluation; index constitution; stripping depth

耕作层土壤是耕地资源最宝贵的组成部分,来之不易,形成1 cm厚耕作层约需200~400 a,具有一定的不可再生性^[1-2]。在中国城镇化和工业化建设过程中,由于耕作层土壤资源的重要性认识不够,导致耕作层土壤资源破坏十分严重,对耕作层土壤的再利用率也较低,严重影响着我国的耕地安全、粮食安全和生态安全。因此,为了保护稀缺的耕作层土壤资源,在各种生产建设中项目必须科学地进行耕作层土壤剥离^[3-4]。开展建设占用耕地耕作层土壤剥离工作,不仅是我国法律规定用地单位的一项基本义务,也是严格耕地保护的一项重要措施,对保护土地资源,提高新增耕地质量,坚守耕地红线和保障国家粮食安全意义重大^[5]。目前,耕作层土壤剥离形成了较为成熟的制度,但针对耕作层土壤剥离深度确定的方法还不完善。本文通过研究青岛市新机场建设耕作层土壤剥离质量评价工作,积极探索耕作层土壤剥离的土壤质量评价方法,根据土壤质量等级确定耕作层土壤剥离深度,为编制耕作层土壤剥离利用方案提供基础。

1 青岛新机场建设耕作层土壤剥离工程概况

青岛市新机场位于青岛市西北方向大沽河西岸,胶州市东北11 km处的胶东街道办事处辖区内,距离青岛市中心约40 km。地处北温带季风区域,属暖温带半湿润季风气候区,主要土壤类型为潮土,土壤厚度100—150 cm。河流属沿海近缘水系,河流流量明显受降水控制,季节性变化明显,属季节性河流。植物种类以人工种植乔灌木、野生草本为主。地貌类型为剥蚀堆积准平原地貌,河流堆积地貌主要为冲洪积平原,所处大地构造单元相对稳定。工程建设包括飞行区、航站区、工作及附属区,占地总面积为1 542.65 hm²,是国家民航“十二五”规划建设重点工程。

2 土壤质量评价指标设计原则及评价指标的构建

2.1 土壤质量评价指标设计原则

土壤质量评价指标是土壤质量评价的具体形式。土壤质量评价指标的选取应遵循以下原则:①有效性原则。选取的指标应能正确反映出土壤的基本功能,是土壤中决定物理、化学及生物学过程的主要特性,对表征土壤功能是有用的。②敏感性原则。选取

的土壤质量指标对土壤利用方式、人为扰动过程、土壤侵蚀强度及程度的变化有足够敏感的反应。指标的敏感性要以监测土壤质量变化的时间尺度而定。③实用性原则。选取的土壤质量指标要易于定量测定,简便实用。在田间或实验室测定时,测定过程应稳定、误差低,具有较高的再现性与适宜的精度水平。④通用性原则。坚持综合、系统的观点,通过分析各种土壤特性在土壤质量形成中的主次作用,选取有重要影响的指标,不能遗漏制约土壤生产力的主要指标,也不能无限制地扩大指标的选择面,使整个指标体系复杂化。

2.2 土壤质量评价指标的构建

根据指标设计原则,对耕作层土壤剥离理念及其目标要求进行深入分析,结合耕作层土壤剥离项目特点,提出土壤质量评价指标体系^[6]。土壤质量评价指标体系可分为两大类,一类是描述性指标,即定性指标;另一类是分析性定量指标,选择土壤的各种属性进行定量分析,确定数据指标的阈值和最适值。根据分析性定量指标的性质,土壤质量的评价指标分为土壤物理指标、土壤化学指标、土壤生物学指标,它们的不同组合可以反映出土壤维持和促进植物生长、抵抗侵蚀、促进人体和动植物健康和维持土壤生态系统稳定的功能。具体可以分为3个方面:①土壤理化性质指标。土壤物理状况对植物生长和环境质量有直接或间接的影响。土壤物理指标包括土壤质地、粒径分布、土层厚度、根系深度等。②土壤肥力指标。土壤中各种养分包括土壤有机质、氮、磷、钾的有效量、土壤pH值等。③土壤污染指标。土壤中存在不同重金属含量及农药残留,直接影响耕作层土壤的利用及后期植物生长、动物和人类健康。土壤污染指标包括铅、铬、镉、砷、汞、铜、六六六、滴滴涕等。

3 土壤质量评价方法

3.1 土壤肥力质量评价方法

选取有机质、有效磷、速效钾、全氮4个因子作为评价指标,模糊隶属度模型作为评价方法。采用相关系数法确定评价因子的权重,即将单项评价指标间的相关系数平均值占所有指标相关系数平均值总和的比重,作为该项指标的权重。用戒上型隶属度函数作为土壤有机质、有效磷、速效钾、全氮隶属度函数,其

相应的隶属度函数 $I(X)^{[7]}$ 为:

$$I(X) = \begin{cases} 1.0 & (X \geq X_2) \\ \frac{0.9(X-X_1)}{X_2-X_1} + 0.1 & (X_1 \leq X \leq X_2) \\ 0.1 & (X < X_1) \end{cases} \quad (1)$$

$$PI = \begin{cases} C_i/C_1 & (0 < C_i < C_1) \\ 1 + (C_i - C_1)/(C_2 - C_1) & (C_1 < C_i < C_2) \\ 2 + (C_i - C_2)/(C_3 - C_2) & (C_2 < C_i < C_3) \end{cases}$$

$$PN = \sqrt{\frac{PI_{Ave}^2 + PI_{Max}^2}{2}} \quad (3)$$

根据全国第二次土壤普查养分分级标准,参照其他省市耕地土壤养分分等定级标准,以养分指标定级标准中的极低水平的 0.5 倍作为函数的转折点 X_1 的值,高级水平的下限值定为函数的转折点 X_2 的值,各指标隶属度函数转折点 X_1, X_2 (表 1)。

表 1 耕地土壤养分分等定级标准 g/kg

指标	有机质 质量分数	有效磷 质量分数	速效钾 质量分数	全氮 质量分数
X_1	5	7.5	35	0.325
X_2	20	60	125	1

根据各指标的权重和隶属度计算土壤肥力质量指数

$$IFI = \sum W_r \times I_i \quad (2)$$

式中:IFI——土壤肥力综合指标值,取值为 0~1 之间,其值越高,表明土壤肥力质量越好; W_i, I_i —— i 指标权重值和隶属度值 ($\sum W_i = 1$)。

3.2 土壤重金属及有机物污染评价方法

选取铅、镉、汞、砷、铬、铜 6 项重金属和六六六、滴滴涕 2 项难降解的有机物作为污染评价指标,采用单因子污染指数(PI)和内梅罗综合污染指数(PN)分别进行评价^[8],按公式(3)计算

$$SQI = \begin{cases} 0 & (PI_{Ave} > 1) \\ \sqrt{(SFI_{Min}^2 + SFI_{Ave}^2)/(PI_{Max}^2 + PI_{Ave}^2)} & (0.4 < PI_{Ave} < 1) \\ 1.5 \sqrt{SFI_{Min}^2 + SFI_{Ave}^2} & (PI_{Ave} < 0.4) \end{cases} \quad (4)$$

式中:SQI——土壤综合质量指数;SFI——土壤养分指数,计算方法为:SFI=土壤养分的实测值 S_i /国家养分指标定级标准中高级标准下限值 X_2 (见表 1); SFI_{Min} ——SFI 最小值; SFI_{Ave} ——SFI 均值;PI——土壤污染物的实测值 C_i /国家土壤环境质量标准中的一级标准值 C_1 。

表 3 土壤质量指数(SQI)评价标准

等级	SQI 指数	土壤综合质量等级
I	$SQI \leq 0.4$	极低
II	$0.4 < SQI \leq 0.5$	低
III	$0.5 < SQI \leq 0.6$	中
IV	$0.6 < SQI \leq 1.0$	高
V	$SQI > 1.0$	极高

式中:PI——单项污染指数; C_i ——土壤 i 元素实测值; C_1, C_2, C_3 ——国家土壤环境质量标准中的 1, 2 和 3 级标准值^[9]; PN——内梅罗污染指数; PI_{Ave} ——单项污染指数均值; PI_{Max} ——单项污染指数最大值。

根据内梅罗污染指数将土壤划分为不同污染等级(表 2)。

表 2 土壤重金属及有机物污染等级划分

等级	内梅罗污染指数	污染等级
I	$PN \leq 0.7$	清洁(安全)
II	$0.7 < PN \leq 1.0$	尚清洁(警戒限)
III	$1.0 < PN \leq 2.0$	轻度污染
IV	$2.0 < PN \leq 3.0$	中度污染
V	$PN > 3.0$	重污染

3.3 SQI 指数综合评价方法

以土壤肥力对土壤综合质量的正面贡献、土壤重金属及难降解的有机物对土壤综合质量的负面影响为基本依据,结合最小养分定律及土壤重金属及有机物污染评价方法,采用了 SQI 指数法(公式 4)评价土壤综合质量,评价标准详见表 3。

4 青岛新机场建设耕作层土壤质量评价与剥离深度的确定

4.1 土壤踏勘、调查

实地踏勘剥离区、存储区、回覆区地形和地类情况,依据土地利用现状图、土地利用总体规划、耕地地力调查结果、耕地地力等级分布等资料,初步判定污染状况、耕作层厚度、土壤质量、容重、pH 值、有机质、地类分布、土壤类型、耕地等级等基本情况。

4.2 土壤采样点的选择及测试

项目区地貌类型为剥蚀堆积准平原地貌、土地利用类型以耕地和园地为主,依据《胶州市耕地地力调查点点位图》,项目区耕地地力等级主要为 1—4 级,无 5 和 6 级耕地。根据胶州市耕地等别划分,项目区

耕地国家利用等别为 6—9 等(全国耕地按照 1—4 等、5—8 等、9—12 等、13—15 等划分为优等地、高等地、中等地和低等地)。考虑以上因素,初步判定项目区耕地地力等级总体水平较好,土壤肥力较好,没有受污染的土壤,因此不需要加大取样点密度。依据土地利用现状图,结合图斑或耕作田块单元,采用棋盘式布设方式,在空间上均匀选择 12 个采样点,覆盖不同的地貌单元。采样点主要分布于水浇地和果园地类区域,1—8 号采样点的地类为水浇地,9,11 号采样

点的地类为果园,10,12 号采样点的地类为水浇地。严格按照土壤调查原则及要求,测试化验土壤 pH 值、土壤有机质、土壤有效磷、土壤速效钾、全氮 5 项结构指标;铅、镉、汞、砷、铬、铜、六六六、滴滴涕 8 项污染指标,共 13 项指标。

4.3 土壤养分等级划分

对所测土壤样本的数据与国家标准进行对照,按照土壤养分等级,“极高、较高、高、中、低、极低”6 个等级进行评价(表 4)。

表 4 土壤养分含量分级标准

土壤养分级别	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
有机质/(g·kg ⁻¹)	>40	30~40	20~30	10~20	6~10	<6
全氮/(g·kg ⁻¹)	>2	1.5~2	1~1.5	0.75~1	0.5~0.75	<0.5
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	>40	20~40	10~20	5~10	3~5	<3
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	>200	150~200	100~150	50~100	30~50	<30
评价等级	极高	很高	高	中	低	极低

4.4 确定权重

根据土壤养分特点和各养分指标在土壤肥力构成中的贡献,参考历史资料和有关专家的意见确定土壤养分各参评指标权重值(W),结果分别为:有机质 0.3,全氮(N)0.25,有效磷(P)0.25,速效钾(K)0.2。

4.5 土壤肥力评价

根据各采样点数据得到的评分及指标权重,采用土壤肥力质量评价法,得到 IMF 指数评价土壤肥力(表 5)。

表 5 土壤肥力评价结果

样点编号	pH 值	土壤养分	综合肥力评价
1	中性	IMF:0.886 3 肥力较高水平	好
2	中性	IMF:0.854 7 肥力较高水平	好
3	弱碱	IMF:1 肥力极高水平	好
4	中性	IMF:0.873 5 肥力较高水平	好
5	酸	IMF:0.969 6 肥力极高水平	较差
6	弱酸	IMF:0.625 1 肥力中等水平	较好
7	弱碱	IMF:0.391 8 肥力较差水平	差
8	弱碱	IMF:0.851 6 肥力较高水平	好
9	弱碱	IMF:0.817 4 肥力较高水平	好
10	弱碱	IMF:0.535 3 肥力中等水平	较差
11	弱碱	IMF:0.624 5 肥力中等水平	较好
12	弱酸	IMF:1 肥力极高水平	好

4.6 土壤污染指数评价

采用土壤重金属污染评价方法,得到内梅罗污染指数 PN。依据土壤重金属及有机物污染等级划分表(表 2),评价本项目土壤调查的 12 个采样点的污染等

级(表 6),土壤污染等级为尚清洁和清洁,项目区无污染土地,符合机场建设要求以及项目区耕作层土壤剥离利用要求,可以对项目区耕作层土壤实行剥离储存及利用。

表 6 土壤污染指数评价结果

采样点	内梅罗污染指数	污染等级
1	0.567 4	清洁(安全)
2	0.810 3	尚清洁(警戒线)
3	0.846 0	尚清洁(警戒线)
4	0.834 2	尚清洁(警戒线)
5	0.593 4	清洁(安全)
6	0.593 5	清洁(安全)
7	0.554 7	清洁(安全)
8	0.510 1	清洁(安全)
9	0.617 7	清洁(安全)
10	0.540 9	清洁(安全)
11	0.520 9	清洁(安全)
12	0.568 6	清洁(安全)

4.7 土壤肥力综合评价

采用 SQI 指数综合评价法评价土壤综合质量,计算土壤肥力质量综合评价指标值。根据该模型求得土壤养分质量综合评价指标。并结合土壤 pH 值、土壤容重及土壤机械组成评价结果得到土壤肥力综合评价指数。按照土壤质量指数(SQI)评价标准(表 3)确定土壤综合质量等级,并进行土壤质量分类。土壤质量等级从 I—V 依次降低,即土壤质量等级 I 为质量最好的土壤,而土壤质量等级 V 的土壤质量相对最差。根据土壤结构指标及土壤污染指标对本项目区 12 个采样点的土壤进行评价及其结果(表 7)。

表 7 土壤质量综合评价结果

采样点	SQI 指数	土壤综合质量等级	土壤质量分类	执行标准	土壤可利用方向
1	1.337 2	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平
2	0.822 5	高	II	二	一般农田蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤
3	1.614 6	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平
4	1.032 8	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平
5	1.605 3	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平
6	0.867 8	高	II	二	一般农田蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤
7	0.371 4	极低	III	三	适用于林地土壤及污染物溶量较大的高背景值土壤和矿产附近等地的农田土壤(蔬菜除外)
8	1.557 0	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平
9	0.997 5	高	II	二	一般农田蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤
10	0.314 8	极低	III	三	适用于林地土壤及污染物溶量较大的高背景值土壤和矿产附近等地的农田土壤(蔬菜除外)
11	1.070 2	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平
12	2.571 6	极高	I	一	适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平

4.8 耕作层剥离深度的确定

以土壤肥力综合评价指数为基础,按照《土壤质量指数(SQI)评价标准表》划分土壤综合质量等级,进行土壤质量分类,确定执行标准及土壤可利用方向。其中 1,3,4,5,8,11,12 号采样点耕作层土壤质量等级为一级,2,6,9 号采样点耕作层土壤质量等级为二级,7,10 号采样点耕作层土壤质量等级为三级,与《胶州耕地》以及胶州市耕地国家利用等别划分(土地分等定级)的土壤调查结果一致。不同质量等级的耕作层厚度不同,土壤剥离的深度也有所不同。根据耕作层土壤质量等级,参考国家、各省市相关政策和耕作层剥离相关经验确定土壤剥离深度。其中,一级土壤质量最好,耕作层平均厚度为 20 cm,建议的土壤剥离深度为 30 cm;二级土壤质量较好,耕作层平均厚度为 20 cm,建议对新机场建设项目损毁占用土地的耕作层土壤剥离,土壤剥离深度为 20 cm;三级土壤质量中等,耕作层平均厚度为 20 cm,选择性的对新机场建设项目损毁占用土地的部分优质耕作层土壤按层次剥离^[10],土壤剥离深度为 10 cm。

5 结论

(1) 采用土壤重金属污染评价方法,得到内梅罗污染指数 PN。参照土壤重金属及有机物污染等级划分表,评价本项目土壤调查的 12 个采样点的污染等级为尚清洁和清洁,项目区无污染土地,符合机场建设要求以及项目区耕作层土壤剥离利用要求,可以对项目区耕作层土壤实行剥离全部离储存及利用。

(2) 以土壤肥力对土壤综合质量的正面贡献、土壤重金属及难降解的有机物对土壤综合质量的负面影响为基本依据,结合最小养分定律及土壤重金属及有机物污染评价方法,采用了 SQI 指数综合评价法评价土壤综合质量。并结合土壤 pH 值、土壤容重及土壤机械组成评价结果得到土壤肥力综合评价指数。按照土壤质量指数(SQI)评价标准确定土壤综合质量等级,进行土壤质量分类。项目区耕作层土壤质量等级多数为一、二级,部分区域为三级,与《胶州耕地》以及胶州市耕地国家利用等别划分(土地分等定级)的土壤调查结果一致。

(下转第 214 页)

- 190-196.
- [11] 邱彭华,徐颂军,谢跟踪,等.基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J].生态学报,2007(4):1257-1264.
- [12] 王丽婧,席春燕,付青,等.基于景观格局的三峡库区生态脆弱性评价[J].环境科学研究,2010,23(10):1268-1273.
- [13] 卢远,苏文静,华瑾.基于景观格局和生态敏感性的左江流域生态脆弱性分析[J].水土保持研究,2011,18(3):78-82.
- [14] 刘晶,刘学录,侯莉敏.祁连山东段山地景观格局变化及其生态脆弱性分析[J].干旱区地理,2012,35(5):795-805.
- [15] 封建民,郭玲霞,李晓华.基于景观格局的榆阳区生态脆弱性评价[J].水土保持研究,2016,23(6):179-184.
- [16] 许倍慎,周勇,徐理,等.湖北省潜江市土地生态脆弱性时空分析[J].中国土地科学,2011,25(7):80-85.
- [17] 陈百明,周小萍.《土地利用现状分类》国家标准的解读[J].自然资源学报,2007,22(6):994-1003.
- [18] Rempel R, Kaukinen D, Carr A. Patch Analyst and Patch Grid [C]. Ontario Ministry of Natural Resources. Thunder Bay, Ontario: Centre for Northern Forest Ecosystem Research, 2012.
- [19] 曹运江,宋伟,冯少真,等.贵州广致煤矿矿山环境影响范围与程度界定研究[J].湖南科技大学学报:自然科学版,2010,25(3):36-41.
- [20] 刘正佳,于兴修,李蕾,等.基于 SRP 概念模型的沂蒙山区生态环境脆弱性评价[J].应用生态学报,2011,22(8):2084-2090.
- [21] 崔晓临,赵娟,白红英,等.基于 MODIS NDVI 的陕西省植被覆盖变化分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2013,41(5):87-93.
- [22] 滕玲.基于时序 Landsat 解析合肥市植被覆盖度动态变化研究[D].安徽 合肥:安徽大学,2016.
- [23] 李克让,曹明奎,於琰,等.中国自然生态系统对气候变化的脆弱性评估[J].地理研究,2005,24(5):653-663.
- [24] 孙才志,闫晓露,钟敬秋.下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局[J].生态学报,2014,34(2):247-257.
- [25] 贾艳红,赵军,南忠仁,等.熵权法在草原生态安全评价研究中的应用:以甘肃牧区为例[J].干旱区资源与环境,2007,21(1):17-21.
- [26] 贺祥.基于熵权灰色关联法的贵州岩溶山区人地耦合系统脆弱性分析[J].水土保持研究,2014,21(1):283-289.
- [27] 张燕,徐建华,曾刚,等.中国区域发展潜力与资源环境承载力的空间关系分析[J].资源科学,2009,31(8):1328-1334.
- [28] 夏浩,苑韶峰,杨丽霞.浙江县域土地经济效益空间格局演变及驱动因素研究[J].长江流域资源与环境,2017,26(3):341-349.

(上接第 206 页)

(3) 根据实地踏勘剥离区、存储区、回覆区地形和地类情况,依据土地利用现状图、土地利用总体规划、耕地地力调查结果、耕地地力等级分布等资料,初步判定耕作层厚度。根据耕作层土壤质量等级,参考国家、各省市相关政策和耕作层剥离相关经验确定土壤剥离深度。一级土壤质量,耕作层厚度为 20 cm,土壤剥离深度为 30 cm;二级土壤质量,耕作层厚度为 20 cm,土壤剥离深度为 20 cm;三级土壤质量,耕作层厚度为 20 cm,土壤剥离深度为 10 cm。为后续编制耕作层土壤剥离利用方案,指导耕作层土壤的剥离、运输、存储和回覆等工作打好基础。

[参 考 文 献]

- [1] 陈鑫.山东省耕作层土壤剥离利用情况分析和建议[J].安徽农学通报,2016,22(13):78-80.
- [2] 程从坤.耕作层土壤剥离再利用模式研究:以安徽省为例[J].安徽农业科学,2014,42(23):8017-8019.
- [3] 牛光辉,彭梓滢,谭晓,等.关于表土剥离有关问题的探讨[J].中国水土保持,2014(4):20-22.
- [4] 焦建国,张智丽,陈雅楠,等.关于巴彦淖尔市生产建设项目表土剥离的探讨[J].水土保持通报,2015(5):67-68.
- [5] 杨军明,侯登平,王锐,等.表土剥离再利用工程绩效评价:以重庆市三峡库区移土培肥工程为例[J].水土保持通报,2012,32(5):49-51.
- [6] 陈光银,张孝成,范喜秋,等.文登市建设用地耕作层土壤剥离工作探讨[J].山东国土资源,2011,27(5):239-243.
- [7] 张汪寿,李晓秀,黄文江,等.不同土地利用条件下土壤质量综合评价方法[J].农业工程学报,2010,26(12):311-318.
- [8] 郭笑笑,刘丛强,朱兆洲,等.土壤重金属污染评价方法[J].生态学杂志,2011,30(5):889-896.
- [9] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局.GB15618-2008.土壤环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [10] 董雪.吉林省黑土区村庄表土剥离技术集成方案[D].吉林 长春:吉林农业大学,2012.