秦岭山区不同闭矿年限尾矿库植被恢复调查

杨维鸽[1], 赵 培[1], 党丽丽[1], 叶媛媛[2]

(1.商洛学院 城乡规划与建筑工程学院, 陕西 商洛 726000; 2.商洛学院 化学工程与现代材料学院, 陕西 商洛 726000)

摘 要:[目的] 对秦岭山区不同闭矿年限尾矿库植被恢复情况进行调查研究,可为矿区植被恢复与重建提供理论依据。[方法] 以秦岭山区 4 个不同闭矿年限(2,3,6 和 14 a)的金尾矿库为研究对象,在尾矿库的库顶和边坡设置样方,对样方内植被种类、高度、密度、盖度、优势度进行调查。[结果] 闭矿 6 a 的尾矿库植被种类最多,其次是闭矿 14,3 和 2 a 的植被种类;闭矿 14 a 的尾矿库植被相对高度最高,其次是闭矿 6,3 和 2 a 的植被相对较高;闭矿 6 a 的尾矿库植被相对密度最高,其次是闭矿 14,3 和 2 a 的植被相对密度;闭矿 14 a 的尾矿库植被盖度最高,其次是闭矿 6,3 和 2 a 的植被盖度;尾矿库植被主要为菊科植物和禾本科植物,闭矿 6 a 的尾矿库植被优势度最高,其次是闭矿 14,3 和 2 a 的植被优势度。[结论] 金尾矿库区自然恢复植被生长情况与闭矿年限有密切关系;人工覆土可以显著增加尾矿库区自然恢复植被种类的多样性。

关键词:植被恢复; 不同年限; 尾矿库; 调查; 秦岭山区

文献标识码:A **文章编号**:1000-288X(2019)04-0281-07 **中图分类号**:S719

文献参数:杨维鸽, 赵培, 党丽丽, 等.秦岭山区不同闭矿年限尾矿库植被恢复调查[J].水土保持通报, 2019,39(4):281-287. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.04.044; Yang Weige, Zhao Pei, Dang Lili, et al. Investigation on vegetation restoration after different closure years in tailing ponds of Qinling mining areas [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019,39(4):281-287.

Investigation on Vegetation Restoration After Different Closure Years in Tailing Ponds of Qinling Mining Areas

Yang Weige[1], Zhao Pei[1], Dang Lili[1], Ye Yuanyuan[2]

(1. *College of Rural Planning and Architectural Engineering, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi* 726000, *China*; 2. *College of Chemical Engineering and Modern Materials, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi* 726000, *China*)

Abstract: [Objective] The vegetation in the tailing ponds of Qinling mining areas was investigated in order to provide theoretical basis for vegetation restoration and reconstruction in mining areas. [Methods] Four sites of goal tailing ponds after closures of 2, 3, 6 and 14 years in Shangzhou District, Shaanxi Province were taken as the research objects. The top and slope of the tailing tailing ponds sites were investigated, mainly referring to 5 indexes of floral name, height, density, coverage, dominance. [Results] ① The relative height of tailing ponds after 6 years closure was the highest, followed by the ones after 14, 3 and 2 years closures. ② The relative density was the highest after 14 years closure, followed by that after 6, 3 and 2 years closures. ③ The highest vegetation coverage was observed in 6 years closed mine, followed by the ones of 14, 3 and 2 years closed mines. ④ The 14 years closed mine tailing pond had the highest vegetation coverage, followed by the 6 years, 3 years and 2 years closed mine tailing ponds. ⑤ Plants of the Compositae and Gramineae were the majority in the tailing ponds. The 6 years closed mine had the highest dominance, followed by ones of 14, 3 and 2 years closed mines. [Conclusion] The restoration of natural vegetation in the gold tailings reservoir area is closely related to the closure years. Artificial soil covering can significantly increase the diversity of

收稿日期:2018-12-24 **修回日期**:2019-01-25

资助项目:陕西教育厅科研计划项目"南水北调中线矿区土壤质量评价及修复研究"(19JK0254); 商洛学院科学与技术研究项目(16SKY0290)。

第一作者:杨维鸽(1983—),女(汉族),陕西省武功县人,博士,讲师,主要从事土壤侵蚀环境效应评价方面的研究。E-mail:yangweige121@163.com。

通讯作者:赵培(1982—),男(满族),吉林省磐石市人,博士,教授,主要从事土壤水文及其环境效应研究。E-mail:626268@qq.com。

natural restoration vegetation types.

Keywords: vegetation restoration; different years; tailing ponds; investigation; Qinling Mountains

矿区植被恢复起着构建矿区退化生态系统初始植物群落的作用,还能促进矿区土壤结构与肥力的恢复,从而促进整个生态系统结构与功能的恢复与重建[1-2]。目前,学者已对矿区植被恢复理论[3-6]和促进技术[7-9]、影响矿区植被恢复的环境因子[10]、植被对矿区废弃地改良效果[11-15]等进行了研究。但对矿区植被恢复的研究主要集中在煤矿区和铜矿区[16],对不通年限金尾矿区植被恢复的研究鲜有报道。商洛地处秦岭腹地,是我国金属和非金属矿产资源的主要富集区。随着长期对矿产资源的开发和利用,出现了一系列的生态环境问题。陕西省商洛地区现有各种金属和非金属尾矿、矿山和冶炼渣场 316 座(处),其中尾矿库 109 座,占陕西省的 37.7%,占全国的比例接近 1%,堆积量高达 4.30×10^7 t,不仅占用大量土地,植被恢复困难[17],而且污染环境。鉴于此,本文以金属尾矿库为研究区,研究不同年限金属尾矿库的植被恢复情况,包括植被种类、高度、密度、盖度、优势度,以期为矿区植被恢复与重建提供理论依据,对促进区域环境和经济协调发展提供科学支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区陕西省商洛市商州区位于 33°63′—34°18′N,109°50′—110°25′E,地处秦岭南坡,面积约 2 672 km^2。属于暖温带半湿润季风山地气候,年相对气温 13.5 ℃,年降水量 758 mm。全区已探明的矿产有金、银、铅、锌、钼等 21 种,产地 65 处。本研究通过对实地充分调查,结合地质条件、土壤类型、坡向、海拔、坡度等多因子,选取商州区典型的 4 个金矿尾矿库(A,B,C,D)作为研究区(图 1)。A 尾矿库地处商州区牧户关镇秦政村董家沟,闭矿 2 a,设计库容 3.00×10^5 m^3;库顶为细沙,无植被生长,边坡土质疏松,生长少量的草本植物。B 尾矿库地处商州区黑龙口镇铁炉子村,闭矿 3 a,设计库容 3.47×10^5 m^3;库顶为尾矿渣,无土壤覆盖和植被生长,边坡自然恢复的植被大部分为草本植物,生长稀疏。C 尾矿库地处商州区杨斜镇小柿沟,闭矿 6 a,设计库容 1.80×10^5 m^3;库顶部分地方有人工覆土,种植杨树和柳树,部分地方为细沙,植被为较稀疏的一年生草本植物,边坡自然恢复的植被尤为茂盛。D 尾矿库地处商州区孝义镇甘河口村,闭矿 14 a,设计库容 3.20×10^5 m^3;库顶土壤为细沙或厚约 0.5 cm 土壤,有较茂密的一年生草本植被生长;边坡植被茂盛,既有一年生的草本植物,也有人工种植的乔木刺槐林,尾矿库周围山头复垦率达到 90%,主要种植白芍和玉米等作物。

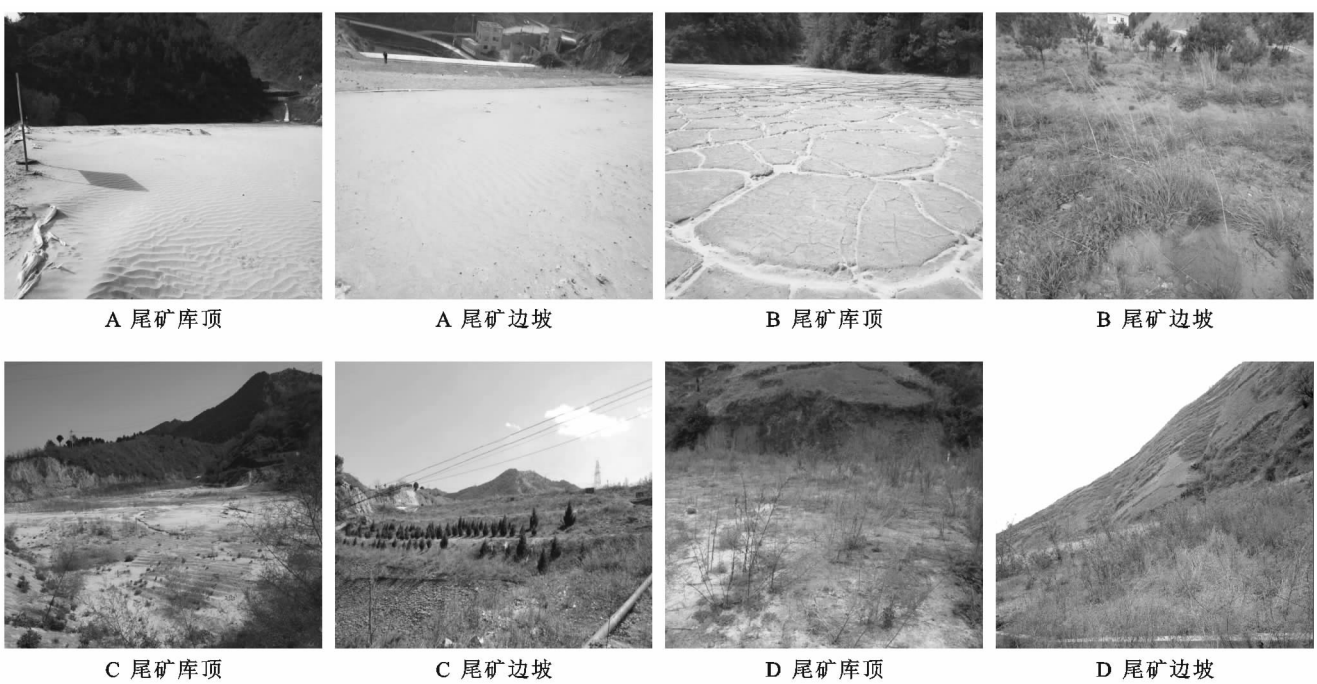


图 1 商州区 4 个典型金尾矿库景观

1.2　研究方法

1.2.1　植被调查　2018 年 4 月,在 4 个尾矿库库顶和边坡分别随机取 5 个 1 m×1 m 的样方进行植被调查。记录每个样方自然恢复的草本植被种类、每种的个数、密度、盖度、高度。

1.2.2　数据处理　根据植被样方调查数据,计算植被相对高度、密度、盖度、优势度。计算公式为:

相对高度＝某一植物种群的平均高度/各植物种总平均高度之和×100%

相对密度＝某一植物种群的个体数/全部植物种群的个体数之和×100%

相对盖度＝某一植物种群的平均盖度/各植物种群的平均盖度之和×100%

优势度＝(相对高度＋相对密度＋相对盖度)/3

2　结果与分析

2.1　植被恢复种类调查

尾矿库库顶植被种类随着闭矿年限增加而增加。闭矿 2 a 和 3 a 尾矿库库顶无植被生长;闭矿 6 a 尾矿库库顶内出现植物 5 科 10 属 10 种,分别为禾本科、菊科、黍亚科、罂粟科、豆科,其中禾本科和菊科植物优势度较高;闭矿 14 a 尾矿库库顶内出现植物 4 科 6 属 7 种,分别为菊科、蝴蝶花科、禾本科、木贼科,菊科植物和禾本科植物优势度较高(表 1)。尾矿库边坡植被种类也随着闭矿年限增加而增加。闭矿 2 a 尾矿库边坡出现 7 科 9 属 9 种植物,分别为菊科、蝴蝶花科、车前草科、堇菜科、黍亚科、景天科、茄科,菊科植物优势度较高;闭矿 3 a 尾矿库的边坡出现 9 科 12 属 12 种植物,分别为豆科、罂粟科、黍亚科、番杏科、毛茛科、菊科、禾本科、松科,菊科植物优势度较高;闭矿 6 a 尾矿库的边坡出现 12 科 16 属 17 种植物,分别为菊科、禾本科、蝴蝶花科、灯心草科、罂粟科、黍亚科、豆科植物、堇菜科、茄科植物、牻牛儿苗科、葱科、萝藦科,菊科植物优势度较高;闭矿 14 a 尾矿库的边坡植物出现 6 科 11 属 13 种植物,分别为菊科、禾本科、唇形科、蔷薇科、紫草科、紫草科,菊科植物和禾本科植物优势度较高(表 1)。闭矿 14 a 尾矿库库顶和边坡植被种类均少于闭矿 6 a 植物种,主要是因为闭矿 6 a 的尾矿库有人工覆土,能够增加植物种类的存活率。

由以上分析可见,人工覆土可以明显增加矿区植被种类丰富度。

表 1　不同年限尾矿库库顶植物种类、相对高度、密度、盖度和优势度统计

闭矿年限	植物名称	科名	属名	相对高度/cm	相对密度/%	相对盖度/%	优势度/%
2 a	无	无	无	无	无	无	无
3 a	无	无	无	无	无	无	无
6 a	白茅	禾本科	白茅属	13.91	12.65	56.59	16.38
	毛莲菜	菊科	毛连菜属	5.75	1.58	22.57	2.94
	狗牙草	画眉草亚科	狗牙草属	5.50	0.79	5.99	2.16
	茵陈蒿	菊科	蒿属	7.29	5.53	5.18	23.14
	小蓬草	菊科	白酒草属	2.05	75.88	2.91	27.70
	尖裂假还阳参	菊科	假还阳参属	26.00	0.79	2.67	9.58
	胡枝子	豆科	胡枝子属	7.00	0.40	1.94	3.44
	漏芦	菊科	蓝刺头属	14.00	0.40	1.49	6.80
	博落茴	罂粟科	博落茴属	4.50	1.58	0.47	2.92
	牛筋草	禾本科	穇属	14.00	0.40	0.20	4.96
14 a	狗尾草	禾本科	狗尾草属	13.42	27.74	6.75	16.18
	艾蒿	菊科	蒿属	10.90	49.62	59.09	40.04
	茵陈蒿	菊科	蒿属	8.00	0.76	1.32	3.48
	野苜蓿	豆科	苜蓿属	16.00	1.53	27.57	15.28
	小蓬草	菊科	白酒草属	3.29	1.78	0.56	1.93
	节节草	木贼科	胡枝子属	11.97	18.07	4.61	11.73
	芦苇	禾本科	芦苇属	32.00	0.51	0.11	11.37

2.2　植物恢复高度调查

群落高度可以表示生长情况生长势,以及竞争和适应能力[18]。闭矿 14 a 的尾矿库植被相对高度最高,其次是闭矿 6,3 和 2 a。闭矿 2 和 3 a 尾矿库库顶无植被生长;闭矿 6 a 的尾矿库库顶植被相对高度从高到低依次为:尖裂假还阳参＞漏芦＞牛筋草＞白茅＞茵陈蒿＞胡枝子＞毛莲菜＞狗牙草＞博落茴＞小蓬草;闭矿 14 a 尾矿库库顶植被相对高度从高到低

依次是:芦苇>野苜蓿>狗尾草>节节草>艾>茵陈蒿>小蓬草(表 1)。闭矿 2 a 尾矿库边坡植被相对高度从高到低依次是:野苜蓿>枸杞>紫花地丁>蒲公英>佛甲草>茵陈蒿>狗牙草>车前草>小蓬草;闭矿 3 a 尾矿库边坡植被相对高度从高到低依次是:狗牙草>唐松草>博落茴>白茅>漏芦>松树>锦鸡儿>茵陈蒿>白头翁>龙牙草>石头花>大丁草;闭矿 6 a 尾矿库边坡植被相对高度从高到低依次是地梢瓜>灯芯草>枸杞>野葱>尖裂假还阳参>博落茴>白茅>野豌豆>马兰>狗芽草>野苜蓿>小蓬草>艾>紫花地丁>茵陈蒿>老鹳草>蒲公英;闭矿 14 a 尾矿库边坡植被相对高度从高到低依次是:艾>白茅>黑麦草>狗尾草>节节草>茅莓>少花米口袋>一年蓬>花叶滇苦菜>小蓬草>大丁草>盾果草>茵陈蒿(表 1)。闭矿 14 a 的尾矿库库顶和边坡植被高度高差分别为 28.71 和 38.27 cm,高于闭矿 6 a的尾矿库库顶和边坡的植被高差(23.95,19.86 cm)。闭矿 3 a 的尾矿库边坡植被较高且高差较大(24.38 cm),是因为边坡土壤层较厚,水分较多,利于植被生长。闭矿 2 a 的尾矿库边坡植被较少且高度较低(9.00 cm),主要原因是矿区边坡为矿渣覆盖,不利于植被生长。可见,植被高度随着闭矿年限的增加而增高,主要是因为闭矿年限越长,尾矿库库顶和边坡土层越厚,土壤腐殖质越多,有利于植被生存和生长。

2.3 植被恢复密度调查

闭矿 6 a 的尾矿库植被相对密度最高,其次是闭矿 14,3 和 2 a。闭矿 2 a 和 3 a 的尾矿库库顶无植被生长;闭矿 6 a 的尾矿库库顶植被相对密度从高到低依次为:小蓬草>白茅>茵陈蒿>毛莲菜>博落茴>尖裂假还阳参>狗牙草>漏芦>牛筋草>胡枝子;闭矿14 a 尾矿库库顶植被相对密度从高到低依次为:艾>狗尾草>节节草>小蓬草>野苜蓿>茵陈蒿>芦苇(表 1)。闭矿 2 a 尾矿库边坡植被相对密度从高到低依次为:茵陈蒿>狗牙草>车前草>紫花地丁>苜蓿>蒲公英>佛甲草>小蓬草>枸杞;闭矿 3 a 尾矿库边坡植被相对密度从高到低依次为:茵陈蒿>白头翁>龙牙草>石头花>白茅>大丁草>博落茴>狗牙草>漏芦>锦鸡儿>唐松草>松树;闭矿 6 a 尾矿库边坡植被相对密度从高到低依次为:白茅>灯芯草>艾>小蓬草>紫花地丁>野豌豆>茵陈篙>野苜蓿>老鹳草>狗牙草>蒲公英>马兰>野葱>博落回>枸杞>地梢瓜>尖裂假还阳参;闭矿 14 a 尾矿库边坡植被相对密度从高到低依次为:白茅>少花米口袋>盾果草>花叶滇口袋>节节草>大丁草>狗尾草>茅梅>茵陈篙>艾>黑麦草>小蓬草>一年蓬。(表 2)。

表 2 不同年限尾矿库边坡植物种类、相对高度、密度、盖度和优势度统计

闭矿年限	植物名称	科名	属名	相对高度/cm	相对密度/%	相对盖度/%	优势度/%
2 a	茵陈蒿	菊科	蒿属	3.75	61.82	71.00	47.30
	车前草	车前科	车前属	2.14	12.73	4.03	7.31
	狗牙草	画眉草亚科	狗牙草属	2.43	12.73	3.31	7.31
	紫花地丁	堇菜科	堇菜属	4.50	3.64	7.43	7.32
	野苜蓿	豆科	苜蓿属	10.00	1.82	7.77	9.02
	蒲公英	菊科	蒲公英属	4.00	1.82	1.04	4.18
	佛甲草	景天科	景天属	4.00	1.82	1.10	4.20
	小蓬草	菊科	白酒草属	1.00	1.82	0.28	2.75
	枸杞	茄科	枸杞属	9.50	1.82	4.02	9.61
3 a	狗牙草	画眉草亚科	狗牙草属	27.60	4.28	4.54	9.64
	唐松草	毛茛科	唐松草属	22.00	0.85	1.01	5.96
	博落茴	罂粟科	博落茴属	21.14	5.98	19.66	13.68
	白茅	禾本科	白茅属	13.70	8.55	7.22	8.58
	漏芦	菊科	蓝刺头属	11.00	3.42	2.00	4.47
	松树	松科	松属	10.00	0.85	0.86	3.00
	锦鸡儿属	豆科	锦鸡儿属	8.50	3.42	2.83	4.15
	茵陈蒿	菊科	蒿属	7.14	17.95	5.15	9.43
	白头翁	毛茛科	白头翁属	4.78	17.95	3.46	8.30
	龙牙草	蔷薇科	龙芽草属	4.30	17.09	10.96	10.39
	石头花	石竹科	石头花属	4.00	11.97	40.91	18.60
	大丁草	菊科	大丁草属	3.22	7.69	1.40	3.81

续表 2

闭矿年限	植物名称	科名	属名	相对高度/cm	相对密度/%	相对盖度/%	优势度/%
	狗牙草	画眉草亚科	狗牙草属	9.89	1.05	1.48	2.56
	茵陈蒿	菊科	蒿属	4.79	2.21	1.13	1.94
	尖裂假还阳参	菊科	假还阳参属	15.50	0.23	0.23	2.84
	小蓬草	菊科	白酒草属	8.86	9.42	4.10	6.04
	艾	菊科	蒿属	7.24	18.26	32.85	18.29
	白茅	禾本科	白茅属	14.10	34.07	24.01	21.80
	野苜蓿	蝴蝶花科	苜蓿属	9.81	1.86	1.20	2.72
	灯芯草	灯心草科	灯心草属	18.26	22.91	29.07	20.49
6 a	博落茴	罂粟科	博落茴属	15.00	0.58	2.23	3.54
	野豌豆	豆科	野豌豆属	13.00	2.33	1.48	3.52
	紫花地丁	堇菜科	堇菜属	6.64	2.44	0.87	2.25
	枸杞	茄科	枸杞属	17.50	0.23	0.24	3.19
	老鹳草	牻牛儿苗科	老鹳草属	3.58	1.86	0.09	1.27
	野葱	葱科	葱属	15.67	0.35	0.25	2.92
	马兰	菊科	马兰属	10.38	0.93	0.26	2.20
	蒲公英	菊科	蒲公英属	1.14	1.05	0.20	0.61
	地梢瓜	萝藦科	鹅绒藤属	21.00	0.23	0.31	3.82
	艾蒿	菊科	蒿属	42.60	1.03	13.24	12.26
	狗尾草	禾本科	狗尾草属	19.14	3.61	1.43	5.05
	花叶滇苦菜	菊科	苦苣菜属	6.18	7.22	4.86	5.12
	少花米口袋	唇形科	芒毛苣苔属	13.00	19.07	20.58	15.51
	小蓬草	菊科	白酒草属	6.00	0.52	0.11	1.27
	白茅	禾本科	白茅属	24.76	47.42	40.12	33.54
14 a	茵陈蒿	菊科	蒿属	4.33	1.55	0.46	1.43
	大丁草	菊科	大丁草属	5.71	3.61	0.21	2.28
	茅莓	蔷薇科	悬钩子属	13.33	2.58	1.31	3.65
	黑麦草	禾本科	黑麦草属	24.00	1.03	14.61	9.44
	节节草	菊科	白酒草属	15.88	4.12	1.02	4.51
	一年蓬	菊科	飞蓬属	9.00	0.52	1.38	2.22
	盾果草	紫草科	盾果草属	5.27	7.73	0.67	3.73

注:各物种拉丁学名为:白茅(*Imperata cylindrica*),毛莲菜(*Picris hieracioides*),狗牙草(*Sedum sarmentosum*),茵陈蒿(*Artemisia capillaris*),小蓬草(*Conyza canadensis*),尖裂假还阳参(*Crepidiastrum sonchifolium*),胡枝子(*Lespedeza bicolor*),漏芦(*Stemmacantha uniflora*),博落茴(*Macleaya cordata*),牛筋草(*Eleusine indica*),狗尾草(*Setaria viridis*),艾蒿(*Artemisia argyi*),野苜蓿(*Medicago falcata*),节节草(*Equisetum ramosissimum*),芦苇(*Phragmites australis*),车前草(*Plantago asiatica*),紫花地丁(*Viola philippica*),蒲公英(*Taraxacum mongolicum*),佛甲草(*Sedum lineare*),枸杞(*Lycium chinense*),唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*),松树(*Pinus massoniana*),锦鸡儿属(*Caragana*),白头翁(*Pulsatilla chinensis*),龙牙草(*Agrimonia pilosa*),石头花(*Gypsophila*),大丁草(*Gerbera anandria*),灯芯草(*Juncus effusus*),野豌豆(*Vicia sepium*),老鹳草(*Geranium wilfordii*),野葱(*Allium chrysanthum*),马兰(*Kalimeris indica*),地梢瓜(*Cynanchum thesioides*),花叶滇苦菜(*Sonchus asper*),少花米口袋(*Gueldenstaedtia verna*),茅莓(*Rubus parvifolius*),黑麦草(*Lolium perenne*),一年蓬(*Erigeron annuus*),盾果草(*Thyrocarpus sampsonii*)。

2.4　植被恢复盖度调查

植物盖度是表明物种在植被群落中重要性的指标,它能反映植被的茂密程度。

闭矿 14 a 的尾矿库植被盖度最高,其次是闭矿 6,3 和 2 a 尾矿库植被盖度。闭矿 2 和 3 a 尾矿库库顶无植被生长;闭矿 6 a 尾矿库库顶植被相对盖度从高到低依次为:白茅>毛莲草>狗牙草>茵陈蒿>小蓬草>尖裂假还阳参>胡枝子>漏芦>博落回>牛筋草;闭矿 14 a 尾矿库库顶植被相对盖度从高到低依次为:艾>野苜蓿>狗尾草>节节草>茵陈蒿>小蓬草>芦苇(表 1)。闭矿 2 a 尾矿库边坡植被相对盖度从高到低依次为:茵陈蒿>野苜蓿>紫花地丁>车前草>枸杞>狗牙草>佛甲草>蒲公英>小蓬草;闭矿 3 a 尾矿库边坡植被相对盖度从高到低依次为:石头花>博落茴>龙牙草>白茅>茵陈蒿>狗牙草>白头翁>锦鸡儿>漏芦>大丁草>唐松草>松树;闭矿

6 a尾矿库边坡植被相对盖度从高到低依次为:艾>灯芯草>白茅>小蓬草>博落茴>狗芽草>野豌豆>野苜蓿>茵陈蒿>紫花地丁>地梢瓜>马兰>野葱>枸杞>尖裂假还阳参>蒲公英>老鹳草;闭矿14 a尾矿库边坡植被相对盖度从高到低依次为:白茅>少花米口袋>黑麦草>艾>花叶滇苦菜>狗尾草>一年蓬>茅莓>节节草>盾果草>茵陈蒿>大丁草>小蓬草(表3)。

表3 不同年限的尾矿库植物多样性变化

植被种类	闭矿2 a		闭矿3 a		闭矿6 a		闭矿14 a		总计
	库顶	边坡	库顶	边坡	库顶	边坡	库顶	边坡	
茵陈蒿		√		√	√	√	√	√	6
小蓬草		√			√	√	√	√	5
狗牙草		√		√	√	√			4
白茅				√	√	√		√	4
野苜蓿		√				√	√		3
博落茴				√	√	√			3
艾蒿						√	√	√	3
枸杞		√				√			2
紫花地丁		√				√			2
蒲公英		√				√			2
漏芦				√	√				2
大丁草				√				√	2
尖裂假还阳参					√	√			2
狗尾草							√	√	2
节节草							√	√	2
车前草		√							1
佛甲草		√							1
石头花				√					1
龙牙草				√					1
白头翁				√					1
唐松草				√					1
锦鸡儿属				√					1
松树				√					1
灯芯草						√			1
地梢瓜						√			1
野豌豆						√			1
野葱						√			1
马兰						√			1
老鹳草						√			1
少花米口袋								√	1
黑麦草								√	1
花叶滇苦菜								√	1
盾果草								√	1
茅莓								√	1
一年蓬								√	1
牛筋草					√				1
胡枝子					√				1
毛莲菜					√				1
芦苇							√		1
总计	0	9	0	12	10	17	7	13	

2.5 植被恢复优势度调查

尾矿库自然恢复的植被优势度较高的是菊科植物和禾本科植物(表1)。闭矿2和3 a尾矿库库顶无植被生长;闭矿6 a尾矿库库顶植被相对优势度从高到低依次为:小蓬草>茵陈蒿>白茅>尖裂假还阳参>漏芦>牛筋草>胡枝子>毛莲菜>博落茴>狗牙草;闭矿14 a尾矿库库顶植被相对优势度从高到低依次为:艾>狗尾草>野苜蓿>节节草>芦苇>茵陈蒿>小蓬草(表1)。闭矿2 a尾矿库边坡植被相对优势度从高到低依次为:茵陈蒿>枸杞>野苜蓿>紫花

地丁>车前草>狗牙草>佛甲草>蒲公英>小蓬草;闭矿 3 a 尾矿库边坡植被相对优势度从高到低依次为:石头花>博落回>龙牙草>狗牙草>茵陈蒿>白茅>白头翁>唐松草>漏芦>锦鸡儿>大丁草>松树;闭矿 6 a 尾矿库边坡植被相对优势度从高到低依次为:白茅>灯芯草>艾>小蓬草>地梢瓜>博落茴>野豌豆>枸杞>野葱>尖裂假还阳参>野苜蓿>狗芽草>紫花地丁>马兰>茵陈蒿>老鹳草>蒲公英;闭矿 14 a 尾矿库边坡植被相对优势度从高到低依次为:白茅>少花米口袋>艾>黑麦草>花叶滇苦菜>狗尾草>节节草>盾果草>茅莓>大丁草>一年蓬>茵陈蒿>小蓬草(表 1)。闭矿 14 a 尾矿库库顶植被优势度极值(38.11%)大于闭矿 6 a 尾矿库库顶植被优势度极值(25.54%)。闭矿 2 a 尾矿库边坡植被优势度极值较大(44.55%),其次是闭矿 14 a 尾矿库边坡植被优势度极值(32.27%)和闭矿 6 a 尾矿库边坡植被优势度极值(21.19%),闭矿 3 a 尾矿库边坡植被优势度极值最小(15.00%)(表 1)。

2.6　植物恢复的种类多样性变化

4 个尾矿库中共出现了 39 种植被类型,茵陈蒿,小蓬草,狗牙草,白茅,野苜蓿,博落茴,艾等植物出现的较多,车前草,佛甲草,石头花,龙牙草,白头翁,唐松草,锦鸡儿,松树,灯芯草,地梢瓜等一年生植物出现的少(表 2)。此外,闭矿 2 a 尾矿库有 9 种植被,闭矿 3 a 尾矿库有 12 种植被,闭矿 6 a 尾矿库有 21 种植物,闭矿 14 a 尾矿库有 15 种植物(表 2)。闭矿 6 a 尾矿库植被多样性大于闭矿 14 a 尾矿库,主要是因为闭矿 6 a 的尾矿库有人工覆土。可见,闭矿年限越长,植被种类越多。此外,人工覆土也可显著增加矿区自然恢复植被种类的多样性。

3　结 论

(1) 尾矿库库顶和边坡植被种类随着闭矿年限增加而增加。闭矿 6 a 的植被种类最丰富,库顶和边坡植被共计 21 种,其次是闭矿 14 a 为 15 种,3 a 为 12 种,2 a 为 9 种。

(2) 闭矿 14 a 尾矿库植被相对高度最高,其次是闭矿 6 a,闭矿 3 和 2 a 的植被相对高度最低。

(3) 闭矿 6 a 尾矿库植被相对密度最高,其次是闭矿 14,3 和 2 a;

(4) 闭矿 14 a 的尾矿库植被盖度最高,其次是闭矿 6,3 和 2 a。

(5) 尾矿库植被主要为菊科植物和禾本科植物。闭矿 6 a 尾矿库植被优势度最高,其次是闭矿 14 和 3 a,闭矿 2 a 最低。

[参 考 文 献]

[1] 李莲华,高海英. 矿山开采的环境问题及生态恢复研究[J]. 现代矿业,2009(2):28-30.

[2] 倪应才. 大红山矿区植被恢复措施[J]. 林业调查规划[J]. 2012,37(5):95-99.

[3] 刘飞,陆林. 采煤塌陷区的生态恢复研究进展[J]. 自然资源学报,2009,24(4):612-620.

[4] 王友保,刘登义,张莉,等. 铜陵市狮子山铜尾矿废弃地生态恢复过程中植被演替规律[J]. 植物学报,2004,46(7):780-787.

[5] 谢元贵,龙秀琴,刘济明,等. 采煤塌陷对百里杜鹃林区植物群落特征的影响[J]. 南京林业大学学报,2012,36(6):37-41.

[6] 董鹏,刘均洪,张广柱. 尾矿污染区的植物修复研究进展[J]. 矿产综合利用, 2009,6(3):43-46.

[7] 杨修,高林. 德兴铜矿矿山废弃地植被恢复与重建研究[J]. 生态学报,2001,21(11):1932-1940.

[8] 刘英琴. 矿山废弃地植被恢复技术研究[J]. 湖南有色金属,2010,26(4):50-53.

[9] 魏怀建,李玉成,王宁, 等. 不同植被恢复模式下煤矸石充填复垦土壤物理性质与有机无机复合体的关系[J]. 水土保持通报, 2015,35(6):207-212.

[10] Frost SM, Stahl P D, Williams S E. Long-term reestablishment of arbuscular mycorrhizal fungi in a drastically disturbed semiarid surface mine soil[J]. Arid Land Research and Management, 2001,15(1) 3-12.

[11] 宋凤敏,张兴昌,刘瑾,等. 铁尾矿库区白茅对重金属的吸收与富集特征[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2019,47(4):83-100.

[12] 陆金,赵兴青,黄健,等. 铜陵狮子山矿区尾矿库及周边 17 种乡土植物重金属含量及富集特征[J]. 环境化学,2019,38(1):78-86.

[13] 袁剑刚,周先叶,陈彦,等. 采石场悬崖生态系统自然演替初期土壤和植被特征[J]. 生态学报,2004,25(6):1517-1522.

[14] Shaltout K H, Galal T M, El-Komi T M. Phenology, biomass and nutrients of *Imperata cylindrica* and *Desmostach yabipinnata* along the water courses in Nile Delta, Egypt[J]. Rendiconti Lincei, 2016, 27(2):215-228.

[15] 肖舒,邓湘雯,黄志宏,等. 栾树对湘潭锰尾矿土不同处理方式下植被修复盆栽实验[J]. 环境科学学报,2017,37(7):2721-2727.

[16] 朱文武,赵琨. 矿山采空区植被恢复研究进展[J]. 水土保持应用技术,2013(1):27-29.

[17] 路思祺. 关于商洛市创建国家尾矿资源综合利用示范基地工作的调查[J],中国经贸导刊,2012(25):64-65.

[18] 道日娜. 陕西神木县大柳塔地区不同年代的地下开矿区地表植被的恢复现状研究[D]. 内蒙古 呼和浩特:内蒙古师范大学,2014.