

采煤对太原市西山油松人工林树木个体生长的影响

赵娟, 李新平

(山西省林业科学研究院, 山西 太原 030012)

摘要: 对太原市西山 3 种不同开采梯度下油松人工林树木个体生长进行了研究。从树高、胸径、材积 3 方面初步揭示了煤炭开采对油松人工林树木个体生长的影响, 旨在为研究地区植被恢复和生态重建提供理论依据。结果表明, 煤炭开采对油松林木的树高、胸径、材积的生长都有明显的影响。在 3 个不同的开采强度下, 油松树高、胸径、材积的总生长量差异显著, 随着开采强度的增加, 油松树高、胸径、材积的总生长量降低。3 个开采强度下近 30 a 树高、胸径的连年生长量与同时期的煤炭开采量具有显著的拟合效果 ($p < 0.05$), 且后者至少可解释前者年际间生长变化 50% 的原因。

关键词: 煤炭开采; 油松; 树高; 胸径; 材积

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)03-0086-05

中图分类号: S728.9

Impacts of Coal Mining on Individual Tree Growth of *Pinus Tablaeformis* Plantation in Western Mountains of Taiyuan City

ZHAO Juan, LI Xin-ping

(Shanxi Academy of Forestry Sciences, Taiyuan, Shanxi 030012, China)

Abstract: Through the study of individual tree growth of *Pinus tablaeformis* plantation under three different gradients of coal mining conditions, the impacts of coal mining on individual tree growth of *Pinus tablaeformis* plantation are primarily revealed from the three aspects of height, diameter at breast height (DBH), and volume so as to provide a theoretical basis for the study of regional vegetation rehabilitation and biological reconstruction. Results show that the impacts of coal mining on total growth of tree height, DBH and volume of *Pinus tablaeformis* are significant. Under the three different coal mining extents, all the tree height, DBH and volume of *Pinus tablaeformis* have a significant difference in total growth, which decreases with the increase in mining extent. The annual successive growth of tree height and DBH of *Pinus tablaeformis* in recent 30 years has a significant fitting result ($p < 0.05$) with the coal extraction during the same period. The latter can explain about 50% of the former inter-annual growth variation at least.

Keywords: coal mining extent; *Pinus tablaeformis*; tree height; diameter at breast height (DBH); volume

林木生长量是森林生态系统中最主要组分(乔木)生长的反映,对树高、胸径、材积的生长过程的分析能够准确、可靠地评价立地质量^[1]。研究林木生长规律不仅可以评价林木生长的立地适应性,为选择植被恢复方案和配置合理结构提供依据,而且对评价林分的生长效应和生态效应具有重要参考价值^[2]。很多学者对树木个体生长规律和生物量进行过研究^[3-6],分析树高、胸径、材积的动态变化过程,以掌握树木个体生长的基本规律。

在水热条件具有代表性的山西省中部,选择了太原市西山矿区受煤炭开采影响比较明显但开采强度

不同的 3 个区域进行研究,运用梯度分析方法,对西山林区同一立地类型不同开采强度的人工林进行全面调查,选择有代表性的植株,通过树干解析对其树高、胸径和材积的生长过程进行分析,以揭示在不同的开采强度下油松人工林树木个体生长的差异,为研究地区植被恢复和生态重建提供理论依据。

1 研究区概况

试验观测地点选在太原市西山的杜儿坪矿、西铭矿和西曲矿(均属西山矿区境内),地理坐标为 $112^{\circ}19' - 112^{\circ}21' E, 37^{\circ}48' - 37^{\circ}50' N$,海拔 1 470~1 576 m。

在山西省森林区划中,西山林区属于北暖温带落叶松栎林亚地带。该区位于太原市西部,属温带大陆性季风气候区,冬季干冷,多晴天气;春季升温快,日差较大,干旱多风沙天气。年平均气温 7~10℃,年均降水量 400~500 mm,约 60%集中于 7—9 月。无霜期 90~170 d。土壤以淡褐土为主。

2 研究方法

2.1 标准地的设置与调查

在选定试验点之前,先全面踏查了西山矿区,以

保证选定样地的代表性。根据研究需要,将研究地依据西曲矿、杜儿坪矿、西铭矿的煤炭开采的统计资料从单位面积上的开采量(t/km^2)为标准划分为 3 个梯度 T_1, T_2, T_3 。在这 3 个矿境内选取试验点,并各建立 30 m×40 m 的具有代表性的标准地(表 1—2)。

2.2 标准木的调查和选取

对样地内所有林木进行每木检尺,实测并记录树号、树高(H)、胸径(D)、冠幅及活枝下高。各径阶选取两株样木进行树干解析,绘制直径、树高、材积平均生长及连年生长曲线图。

表 1 标准地基本情况

样地号	地点	面积/ m^2	海拔高度/km	坡度	坡向	坡位
T_1	西曲矿	30×40	1 538	15°	WS32°	中坡
T_2	杜尔平矿	30×40	1 520	17°	WS50°	中坡
T_3	西铭矿	30×40	1 500	16°	WS40°	中上坡

表 2 标准地林分基本情况

样地号	林龄/a	密度/(株· hm^{-2})	郁闭度
T_1	53	375	0.7
T_2	56	383	0.6
T_3	55	350	0.5

注:森林类型为人工林;土壤为山地褐土;质地为砂壤。

3 结果与分析

3.1 不同开采强度林木树高比

在 3 个开采强度下,树高的连年生长量曲线整体呈现出先升高后下降的趋势(图 1),这符合树木的一般生长规律。总体来看,随着开采强度的增加,油松树高的连年生长量降低。3 个开采强度下,油松树高都是在第 8 a 时进入高速生长期。 T_1 开采强度下,油松树高的高速生长期维持时间较长,在 18 a 时才出现明显的减缓,而且减缓的速率小于其他 2 个梯度。 T_2, T_3 开采强度下,油松的连年生长量都是在经过 5 a 的高速生长期后,于 13 a 时进入生长衰退期,从 28 a 开始,油松树高在较低的连年生长量水平上波动式下降。由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3 个开采梯度下的树高连年生长量无差异($p>0.05$)。

为了进一步分析煤炭开采对林木连年生长量的关系,对 3 个开采强度下近 30 a 的树高的连年生长量与同时期的煤炭开采量进行了线性模型拟合。二者间呈显著的一次函数关系,从 3 个一次函数的拟合方程的值来看, T_1 的 $R_1^2=0.723(P_1=0.032)$, T_2 的 $R_2^2=0.6202(P_2=0.036)$, T_3 的 $R_3^2=0.6103(P_3=0.038)$,由此可以推论,煤炭开采量解释了林木高生长年际变异的 60% 以上的原因。

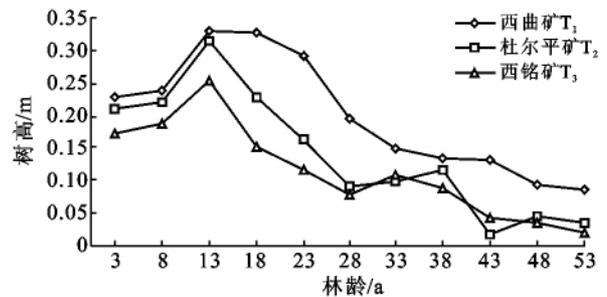


图 1 标准样地树高连年生长量变化

在 3 个开采强度下,树高的平均生长量曲线整体呈现出先升高后下降的趋势(图 2)。 T_1 开采强度下,油松树高的平均生长量在 25 a 时达到最大值,远高于 T_2 开采强度的 20 a 和 T_3 开采强度的 10 a。 T_3 开采强度下的油松在进入树高生长减缓期后,树高的平均生长量波动不大,这可能是由于煤炭的开采对油松树高的生长产生了较大的抑制作用,使其不能按照一般的树高生长规律生长。但从总体上来看,树高的平均生长量为 $T_1>T_2>T_3$ 。

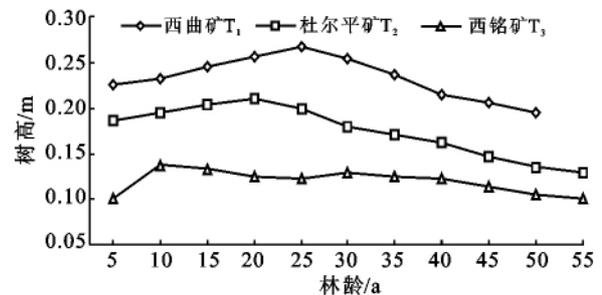


图 2 标准样地树高平均生长量变化

由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3 个开采梯度下树高的平均生长量有显著差异 ($p<0.05$)。经 LSD 检验可以得出, T_1, T_2 之间, T_1, T_3 之间树高的平均生长量差异性显著 ($p<0.01$), T_2, T_3 之间的树高平均生长量则无显著差异 ($p>0.05$)。

在 3 个开采强度下,树高随时间的总生长量整体呈上升趋势,但增加速度有不同程度的放缓(图 3)。 T_1 开采强度下,油松树高的生长速度随时间的增加变缓不明显,始终保持较高且较一致的增长速度。 T_2, T_3 开采强度下的树高生长曲线变化趋势类似,但 T_2 开采强度下的数值整体高于 T_3 开采强度的。因此,总的来说,随着树龄的增加,油松树高逐渐增加,但其生长速度逐步变缓;随着开采程度的加深,油松树高值降低,尤其在油松生长的后期表现尤为明显。

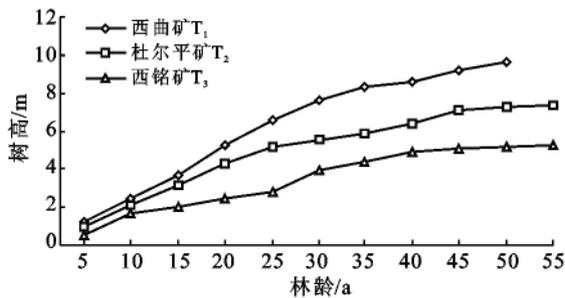


图 3 标准样地树高总生长量变化

由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3 个开采强度下树高的总生长量有显著差异 ($p<0.05$)。

经 LSD 分析, T_1 与 T_2 开采强度下,树高的总生长量无显著差异 ($p>0.05$)。这可能是由于 T_1 和 T_2 梯度的开采强度并未达到影响树高生长的程度,而这 2 个开采强度下的树高总生长量的变化可能是由于气候等其他因素所引起的。在 T_1 与 T_3 开采强度下,树高的总生长量方差分析显示 $p=0.009<0.01$,说明这 2 个强度下的树高总生长量差异极显著,而进一步分析,当煤炭开采强度达到 T_3 时,可能就对树高生长的总生长量产生了影响。

3.2 不同开采强度林木胸径比较

随着树龄的增加,油松胸径的连年生长量总体呈先升高后下降的趋势,这符合一般树木的生长规律(图 4)。 T_1, T_3 这 2 个开采强度下的胸径连年生长量变化趋势比较一致,且差异不大,两者都有约 40 a 的胸径生长稳定期,大约出现在 5~45 a 这一树龄段,在 43 a 后,胸径的连年生长量开始降低。 T_2 开采强度下油松的胸径生长在前 23 a 呈现剧烈波动,随后开始在较低的水平上维持波动。由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3 个开采强度下胸径的连年生长量没有显著差异 ($p>0.05$)。

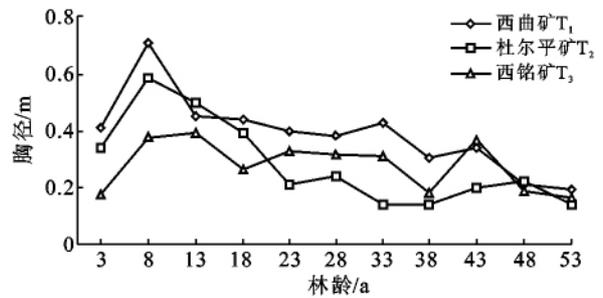


图 4 标准样地胸径连年生长量变化

为了进一步分析煤炭开采对林木连年生长量的关系,对 3 个开采强度下近 30 a 的胸径的连年生长量与同时期的煤炭开采量做了线性模型拟合。3 个开采强度的煤炭开采量与林木胸径的连年生长量均呈现负一次函数的关系 ($p<0.05$),表明胸径的连年生长量也是随着煤炭开采量的增加而不断下降的,这与树高生长呈现的变异是一致的。但从 3 个梯度一次函数的拟合方程的 R^2 值来看, T_1 的 $R_1^2=0.538$ ($P_1=0.097$), T_2 的 $R_2^2=0.572$ ($P_2=0.082$), T_3 的 $R_3^2=0.6603$ ($P_3=0.026$),其中只有 T_3 强度的 p 值 <0.05 ,但就 R^2 来看,仍然可以推论,煤炭开采量解释了林木胸径生长变异的 50% 以上的原因。

T_2, T_3 这 2 个开采强度下,油松胸径的平均生长量呈现先增长后稳定的趋势(图 5)。这符合一般林木的生长规律。 T_2 开采强度下的油松胸径平均生长量高于 T_3 开采强度下的油松,说明开采强度越大,其胸径的平均生长量越小。 T_1 开采强度下的油松胸径平均生长量远高于其他 2 个强度,这可能与其在生长初期相对较低的开采强度有关系。从 15 a 开始, T_1 开采强度下的油松胸径平均生长量随时间急剧下降,但始终保持在相对较高的水平上。

由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3 个开采强度下胸径的平均生长量有显著差异 ($p<0.05$)。

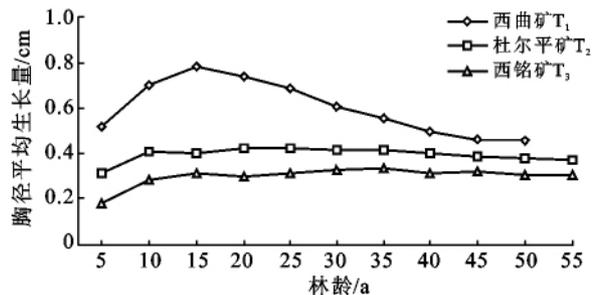


图 5 标准样地胸径平均生长量变化

经 LSD 分析, T_1, T_2 之间胸径的平均生长量存在显著差异 ($p<0.05$); T_1, T_3 之间胸径的平均生长量存在极显著差异 ($p<0.05$); 而 T_2, T_3 之间胸径的

平均生长量无显著差异($p>0.05$)。以上的差异性结果表明,无论从某个开采强度下来说还是从不同开采强度的对比角度来说,随着开采强度的增加,胸径的平均生长量均呈现下降趋势。

不同开采强度下,油松的胸径的总生长量随着树龄的增加均呈现增加趋势(图6)。在 T_1 开采强度下,油松胸径的总生长量大于其他2个梯度。这说明煤炭开采强度的增加可能会对油松胸径总的生长量产生削弱作用。

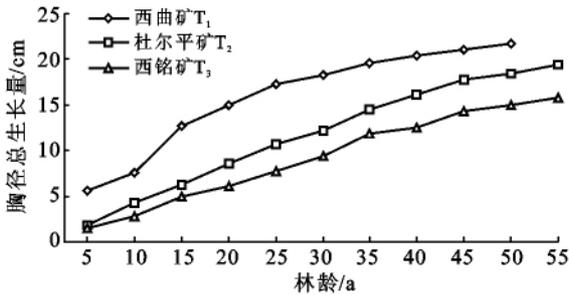


图6 标准样地胸径总生长量变化

由方差分析,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3个开采强度下胸径的总生长量有显著差异($p<0.05$)。经LSD分析得出, T_1, T_2 之间胸径的总生长量有显著差异($p<0.05$), T_2, T_3 之间胸径的总生长量没有显著差异($p>0.05$),这说明煤炭开采强度达到 T_2 时,就已经对油松胸径总生长量产生明显影响。

3.3 不同开采强度林木材积比较

T_1 开采强度下,油松在13a时,材积的增长进入到生长加速期,且加速生长期较长,持续大约30a。 T_2 开采强度下,油松材积的生长在8a时进入加速生长期,大约持续了15a左右后开始下降,随后的时间里材积的增长速度比 T_1 要缓得多。 T_3 开采强度下,材积连年生长量明显低于其他2个梯度,且材积连年生长进入加速生长期大约在23a时,持续大约5a后保持较缓的增长速度生长;48a开始材积的连年生长量急剧下降(图7)。由此可见,随着开采强度的增加,油松材积的连年生长进入加速生长期推迟,且加速生长期的持续时间缩短。

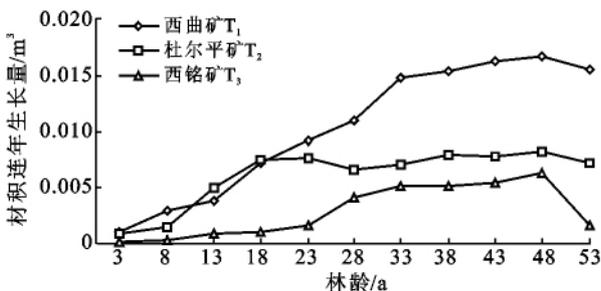


图7 标准样地材积连年生长量变化

由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3个开采梯度下材积的连年生长量差异性显著($p<0.05$)。

经LSD分析, T_1, T_2 之间材积的连年生长量有显著差异($p>0.05$); T_1, T_3 之间材积的连年生长量有显著差异($p<0.05$); T_2, T_3 之间材积的连年生长量有显著差异($p<0.05$)。由此可见,这3者之间的差异性大小符合开采梯度变化规律,且随着开采梯度的进一步加深,其显著性增加。

在3个开采强度下,材积的平均生长量随时间的变化趋势中 T_2, T_3 差异不大,只是在数值上 T_3 开采强度下的材积连年生长量低于 T_2 开采强度的。 T_1 开采强度下的材积连年生长量随树龄的变化与其他2个梯度有明显差异,不仅表现在数值上最终超过其他2个,在生长的趋势上也有明显差异,其始终保持较高的增长速度,并没有明显地表现出受到煤炭开采的影响。 T_1 开采强度下,材积的平均生长量一直保持持续增长,这说明当煤炭开采强度达到 T_2 时,油松的材积平均生长量受到明显的抑制,且强度越大,抑制作用越明显(图8)。

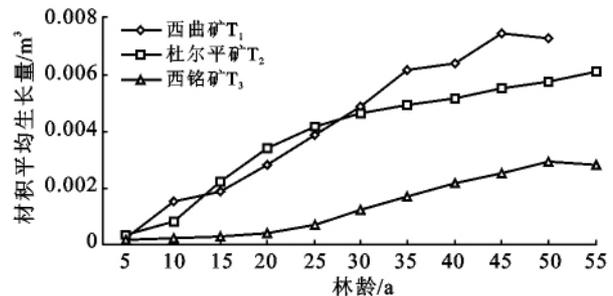


图8 标准样地材积平均生长量变化

由方差分析得出,在 $\alpha=0.05$ 水平上,2个开采强度下材积的平均生长量有显著差异($p<0.05$)。

经LSD检验, T_1, T_2 之间材积的平均生长量有显著差异($p<0.05$); T_1, T_3 之间材积的平均生长量有显著差异($p<0.05$)。 T_2, T_3 之间材积的平均生长量差异不显著($p>0.05$)。

随着树木年龄的增加,3个开采强度下油松材积总体呈现上升趋势。 T_1 开采强度下,油松总材积量一直维持在较高水平上,且随着年龄的增加, T_1 与 T_2 之间的差值进一步增加。 T_2 开采梯度下油松在前期有较大的生长量可能是由于早期受煤炭开采的影响较小。 T_3 开采强度下的材积量低于其他2个强度,且增长速度逐渐放缓。说明随着开采强度的增加,油松材积的总生长量的累积速度逐步降低。

由方差分析,在 $\alpha=0.05$ 水平上,3个开采强度下材积的总生长量有显著差异($p<0.05$)。经LSD

分析, T_1, T_2 之间材积的总生长量没有显著差异 ($p > 0.05$); 而 T_2, T_3 之间材积的总生长量有显著差异 ($p < 0.05$)。说明当煤炭开采量达到 T_3 开采强度时, 对油松材积的积累产生明显的抑制作用。

4 结论

(1) 在 3 个不同的开采强度下, 油松树高、胸径、材积的总生长量差异显著, 随着开采强度的增加, 油松树高、胸径、材积的总生长量降低。3 个开采强度下近 30 a 树高、胸径的连年生长量与同时期的煤炭开采量具有显著的拟合效果 ($p < 0.05$), 且后者至少可解释前者年际间生长变化 50% 的原因。

(2) 已有研究结果表明, 在一般立地环境下, 油松林分从 4~5 a 林龄开始加速高生长, 速生期持续时间一直维持到 30 a 左右, 连年生长量可达 $0.4 \sim 0.7 \text{ m/a}^{[7-8]}$ 。本研究试验地 3 个开采梯度下油松林的树高的初期生长量与一般立地环境下的油松生长基本接近, 但 16 年生以后生长量开始逐渐下降, 速生期提前结束。这表明树高生长受到一定程度的限制, 而且随着开采强度的增加, 树高生长受到抑制而下降的趋势也逐渐明显。此结论与有关干扰对树高生长影响的报道结果相一致^[9]。

(3) 一般立地条件下, 油松的胸径生长高峰一般出现在 15~20 a 林龄以后, 连年生长量可达 1.0 cm 左右^[7-8]。本研究结果表明, 在所测定的林龄范围内, 3 个试验点的林分的胸径生长基本符合上述节律。而 20 年生以后, 连年生长量与平均生长量开始逐渐下降, 表明其胸径受到抑制。这可能也与立地环境, 如水分或养分的缺乏有关。

(4) 一般来讲, 在相同立地条件下, 材积生长节律常常反映出林分经济价值的大小。本研究中, 在开采强度较轻的立地条件下的林分进入生长旺期的年龄早, 生长旺期持续时间也很长, 进入生长衰退期较晚。而在开采轻度严重的立地环境下的林分进入生长旺盛期晚, 而且生长旺期很快结束, 衰退得比较快。本研究结果也得到了对其他树种同类研究的证实^[10-12]。

(5) 本研究通过对煤炭开采量与树高、胸径的连年生长量进行一次线性函数的拟合, 表明随着煤炭开采量的逐年增加, 林木树高、胸径均呈现不同程度的

下降趋势。尤其是煤炭开采量已经可以解释林木高生长年际变化的 60% 以上, 而对胸径连年生长量的拟合也可以解释其 50% 以上的原因 (在开采强度最大的 T_3 梯度也已经达到 60% 以上且 $p < 0.05$)。由此看来, 林木的树高、胸径生长除了受到气候、温度等因素的影响外, 煤炭开采也是其生长的重要控制因子之一, 这也意味着煤炭开采对太原西山地区油松林的健康生长的影响应当该引起我们的高度重视。

[参 考 文 献]

- [1] 郭晋平, 张浩宇, 张芸香. 森林立地质量评价的可变生长截距模型与应用[J]. 林业科学, 2007, 43(10): 8-13.
- [2] 张光灿, 刘霞, 周泽福. 黄土丘陵区油松水土保持林生长过程与直径结构[J]. 应用生态学报, 2007, 18(4): 728-734.
- [3] 吴端云, 杨维平. 不同杨树新品系生长量的方差分析[J]. 中南民族学院学报: 自然科学版, 1998, 17(4): 16-18.
- [4] 徐有明. 河南火炬松种源中龄林生长量、干形特征的差异分析[J]. 华中农业大学学报, 2000, 19(1): 79-83.
- [5] 荆涛, 张林玉. 水曲柳的生长规律[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2004(1): 41-44.
- [6] 王利兵, 李钢铁, 胡小龙, 等. 两种不同人工林树木个体生长规律的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(1): 46-50.
- [7] 曹云, 杨劼, 宋炳煜, 等. 人工抚育措施对油松林生长及结构特征的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(3): 2-7.
- [8] 杨建伟, 梁宗锁, 韩蕊莲, 等. 土壤干旱对油松生长及水分利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(4): 89-93.
- [9] 杨梅. 不同强度人为干扰对马尾松生长的影响[J]. 福建林业科技, 2004, 31(2): 68-71.
- [10] Down C G. The relationship between colliery waste particle sizes and plant growth[J]. Environmental Conservation, 1974, 1(1): 281-284.
- [11] Molyneux J K. Some ecological aspect of colliery waste heaps around wiga, South ancashire[J]. Journal of Ecology, 1963, 51(2): 315-321.
- [12] Bell T J, Ungar I A. Factor affecting the establishment of natural vegetation on a coal strip mine spoil bank in south eastern Ohio[J]. American Midland Naturalist, 1981, 105(1): 19-31.