

松华坝水源地不同植被土壤特性及水源涵养功能

苗武, 史正涛, 陈骏, 韦海波

(云南师范大学 旅游与地理科学学院, 昆明 650500)

摘要: 根据松华坝水源地的实际情况, 按不同植被类型选择了次生林地、人工林地、园地、耕地四种类型, 共挖取 36 个典型剖面进行采样调查, 分别对其进行土壤物理性质、有机质和贮水特性的测定。结果表明, 次生林地的水源涵养功能最好, 人工林地的最差; 次生林转变为人工林、园地的植被变化过程是流域内水源涵养功能恶化的主因。

关键词: 松华坝水源地; 植被类型; 土壤物理性质; 土壤有机质; 水源涵养功能

中图分类号: S714.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)04-0131-04

The Soil Properties and Water Conservation Function of Different Vegetations in Songhuaba Water Source

MIAO Wu, SHI Zheng-tao, CHEN Jun, WEI Hai-bo

(College of Tourism and Geographical Science, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract: According to the actual situation of Songhuaba water source and the different vegetation types, 36 typical soil profile samples were collected in secondary forest, artificial forest, garden and cultivated land. And the physical property, the organic matter and water storage characteristics of soils were determined. The result shows the water conservation function of secondary forest land was the best, the artificial forest land was the worst; the major cause of water conservation function change in the basin was conversion the secondary forest into artificial forest and garden.

Key words: Songhua water source; vegetation types; soil physical properties; soil organic matter; function of water conservation

水库水源地是云南高原盆地的主要饮用水供给源, 是城市社会经济发达的命脉。随着社会经济的快速发展及全球气候变化, 水资源变得异常紧缺, 频频出现河流断流, 水库缺水的情况, 水资源供需矛盾较突出, 保护城市水源地的重要性已提上了议案。松华坝水源区主要以大气降水补充水源, 现主要有次生林、人工林、园地和耕地四种植被, 区内下垫面变化对水资源的影响很大。森林是一个多功能的生态系统, 在涵养水源方面作用巨大。目前, 国内外学者对次生林不同林种, 人工林不同林种, 同种林中不同坡位、不同坡度森林水源涵养功能的差异, 天然次生林和混交林水源涵养功能的对比等方面都进行了详细系统的研究^[1-4]。李红等^[5]、王志强^[6]对不同植被土壤的贮水性能也进行了研究。但对低纬度高海拔区域水源

地相关方面的研究还不多见。本文从高原盆地城市水源地次生林地、人工林地、园地、耕地四种植被土壤特性着手, 研究各因素变化对水源涵养能力的影响和不同植被土壤的水源涵养功能的差异, 分析森林植被转变为耕地、园地和人工林的过程中, 土壤特性的改变及水源涵养能力的变化。以期为高原盆地城市水源地脆弱性诊断研究提供科学的数据和理论依据, 为水源地水源涵养功能修复提供策略。

1 研究区概况

松华坝水源区是昆明市最重要的饮用水源地, 位于昆明市主城区东北部 13 km 处, 地处东经 102°45′—102°59′, 北纬 25°08′—25°27′。流域面积为 629.8 km², 主要河流有牧羊河和冷水河, 多年平均径流量

收稿日期: 2012-11-27

修回日期: 2013-01-23

资助项目: 水利部公益性行业资助项目“高原盆地城市水源地保护和恢复技术研究”(201101042); 云南省社会发展科技项目(2011FB042)

作者简介: 苗武(1985—), 男, 陕西榆林人, 硕士, 主要从事水土资源研究。E-mail: miaowu504@163.com

通信作者: 史正涛(1964—), 男, 甘肃宁县人, 教授, 博士生导师, 主要从事自然地理、地质灾害防治及遥感应用方面的教学和研究工作。E-mail: shizhengtao@163.com

为 8 900 万 km³。全区以浅切割的中山山地为主体,分布有面积不大的河谷阶地、断陷盆地、溶蚀洼地。整个地势由东北向西南逐渐倾斜,境内海拔 2 840~1 917 m,相对高差 923 m^[7]。气候属中亚热带季风气候,年均温 15℃,多年平均降雨量 900 mm。土壤以红壤为主,分布有少部分的黄棕壤、棕壤和水稻土。流域内总林地达 378.16 km²,约占土地总面积的 60.2%,亚热带针叶林是区内的主要森林植被,以云南松林为主,此外还有以滇石栎为主的常绿阔叶林、以栓皮栎、旱冬瓜为主的落叶阔叶林,灌木林和华山松林也有少量分布。人工林主要有华山松林、云南松林、旱冬瓜以及圣诞树林等。园地面积 68.86 km²,约占 10.9%;耕地面积 50.43 km²,约占 8%^[8]。库区内有白邑、阿子营、大哨、双哨、小河、龙泉等 7 个镇 267 个自然村小组,共 18 326 户、75 145 人。

2 研究方法

2.1 样本采集

选择次生林地、人工林地、耕地、园地四种植被类型,设置 9 组样地,每组样地中对每种植被类型各挖取土壤剖面一个,共对 36 个土壤剖面进行采样研究,每个采样点的各标准地立地条件(包括坡度、微地形、土壤类型等)相对一致。各剖面以相同的方法分别进行采样。每个土壤剖面挖成 1.5 m×1 m×0.8 m 的长方形土壤剖面,用环刀法^[9]分别按 0—20、20—40、40—60 cm 共 3 个土壤层次采取自然状态土样,每层重复 3 次,用于测定土壤容重、孔隙度等。同时每层采取铝盒样品和散样样品,用于测定土壤含水量、有机质和其他土壤特性及临时备用。

2.2 土壤各项指标测定

利用烘干法测定土壤含水量;采用环刀法测定土壤容重、孔隙度和饱和含水量;采用高温外热重铬酸钾氧化—容量法测定土壤有机质含量;采用土壤非毛管孔隙度、总孔隙度和土壤层厚度计算土壤蓄水量。

即:土壤的非毛管孔隙贮水量

$$V_{\text{非}} = 10000 P_{\text{非}} \cdot D$$

式中: $V_{\text{非}}$ ——土壤的非毛管孔隙贮水量(t/hm²);
 $P_{\text{非}}$ ——非毛管孔隙度(%); D ——土层深度(m)。

土壤的最大贮水量

$$V = 10000 P \cdot D$$

式中: V ——土壤的最大贮水量(t/hm²); P ——土壤的总毛管孔隙度(%); D ——土层深度(m),本文按 0.6 m 计算^[10]。

3 结果与分析

3.1 不同植被类型下的土壤物理性质

土壤的物理性质直接影响着土壤的水源涵养功能,尤其是土壤容重和孔隙度。土壤容重的大小与土壤紧实致密情况密切相关,在一定程度上能够反映土壤的孔隙状况和贮水能力。土壤容重较低,意味着土壤越疏松、孔隙较多,水源涵养和水土保持能力较高;反之亦然。而土壤孔隙度的大小决定着土壤的通气状况和积水能力,对生物的生长有着重要作用。一般把总孔隙度中的非毛管贮水称为有效贮水量,非毛管孔隙度大,涵养水源的效益高,反之则低^[11-12]。

从样品各指标测定的数据来看(表 1—2),次生林地、人工林地、园地和耕地四种植被下土壤的自然含水量均表现为随着土层深度的增加而逐渐增高,0—60 cm 的平均含水量从大到小的顺序为:次生林>耕地>园地>人工林,次生林高达 38.16%,人工林仅为 11.81%。土壤的饱和含水量大体表现为 0—20 cm 最大,0—40 cm 最小,0—60 cm 的平均值从大到小的顺序为:耕地>次生林>园地>人工林。土壤的容重均表现为随着土层深度的增加而逐渐增大,0—60 cm 的平均值从大到小的顺序为:人工林>园地>耕地>次生林,分别为 1.69,1.41,1.23,1.14 g/cm³。土壤的总孔隙度则与容重相反,次生林最大,人工林最小,分别为 57.06%,53.46%,48.25%和 36.40%。土壤的非毛管孔隙度也表现为随土层深度的增加而逐渐降低,0—60 cm 的平均值从大到小的顺序为:次生林地>耕地>园地>人工林,分别为 16.02%,13.40%,9.06%和 8.41%。

综合分析可知,次生林植被下有利于土壤涵养水源的相关物理特性最好,耕地次之,人工林地最差。

3.2 不同植被类型下的土壤有机质含量

土壤有机质是土壤中最重要的重要组成部分之一,其含量的高低在一定程度上反映了地上植被的发育状况。其可改善土壤结构、降低土壤容重、增加土壤孔隙度,对土壤的水源涵养功能产生作用。

由表 1—2 可见,四种植被下土壤的有机质含量均表现为随着土层深度的增加而递减,其中 0—20 cm 土层中递减的幅度较小,40—60 cm 土层递减的幅度很大。在 0—20 cm 土层中次生林的有机质含量明显高于其他三种,比次高的人工林高 34.9%,比最低的耕地高 74.4%。在 0—60 cm 的整个土层中有有机质的平均值从大到小的顺序为:次生林>耕地>园地>人工林,分别为 0.90%,0.86%,0.83 和 0.59%。综合分析可知,次生林植被下土壤的有机质含量最高,耕地和园地的相对较少,人工林地最差。

表 1 不同植被土壤各指标

植被类型	土层深度/ cm	含水量/ %	饱和含 水量/%	容重/ (g·cm ⁻³)	有机质/ %	总孔隙度/ %	非毛管孔 隙度/%	有效贮水量/ (t·hm ⁻²)	最大贮水量/ (t·hm ⁻²)
次生 林地	0—20	36.75	61.08	1.11	1.43	58.30	22.82	456.40	1166.00
	20—40	37.94	55.73	1.15	0.85	56.69	13.29	265.80	1133.80
	40—60	39.79	53.84	1.16	0.43	56.20	11.94	238.80	1124.00
人工 林地	0—20	8.46	31.94	1.47	1.06	44.59	10.02	200.40	891.80
	20—40	10.37	18.82	1.74	0.37	34.25	8.19	163.80	685.00
	40—60	12.79	22.51	1.80	0.34	31.98	7.02	140.40	639.60
园地	0—20	16.10	33.96	1.31	0.84	50.75	10.08	201.60	1015.00
	20—40	17.35	41.96	1.39	0.83	47.60	8.62	172.40	952.00
	40—60	17.94	37.32	1.42	0.82	46.41	8.48	169.60	928.20
耕地	0—20	34.13	70.36	1.05	0.82	60.38	15.09	301.80	1207.60
	20—40	34.66	58.03	1.27	0.80	52.08	14.48	289.60	1041.60
	40—60	45.16	63.16	1.38	0.48	47.92	10.62	212.40	958.40

表 2 0—60 cm 土壤各指标的平均值

植被类型	自然含 水量/%	饱和含 水量/%	容重/ (g·cm ⁻³)	有机质/%	总孔隙度/%	非毛管孔 隙度/%
次生林地	38.16	56.88	1.14	0.90	57.06	16.02
人工林地	11.81	24.18	1.69	0.59	36.40	8.41
园地	18.30	37.75	1.41	0.83	48.25	9.06
耕地	37.98	63.85	1.23	0.86	53.46	13.40

3.3 不同植被类型下的土壤贮水能力

土壤的贮水量是土壤水源涵养功能的直接数据表现。土壤的有效贮水量是土壤中非毛管孔隙或大孔隙中在下大雨时贮存的水分,能够减少地表径流,向深层下渗,补充地下水,参与径流循环系统。最大贮水量则包含有效贮水量和毛管持水量,后者主要供给植物根系吸收,叶面蒸腾和蒸发,是植物正常生长和生态功能的保证。土壤有效贮水量和最大贮水量是评价土壤水源涵养功能的最终指标。

从表 3、图 1—2 可知,不同植被土壤的有效贮水量和最大贮水量均表现出随着土层深度的增加而逐渐递减的趋势,但递减的幅度各不相同,同种植被下在不同的土层中递减的幅度也有差异。不同植被在 0—60 cm 土层内的有效贮水量和最大贮水量从大到小的顺序均表现为:次生林>耕地>园地>人工林,有效贮水量分别为 961.00,803.80,543.60 t/hm²和 504.60 t/hm²,最大贮水量分别为 3 423.80,3 207.60,2 895.20 t/hm²和 2 216.40 t/hm²。次生林地土壤的有效贮水量要比人工林地高出 90.56%,最大贮水量高出 54.48%;耕地土壤的有效贮水量要比人工林地高出 59.29%,最大贮水量高出 44.72%;园地土壤的有效贮水量要比人工林地高出 7.73%,最大贮水量高出 30.63%;次生林地土壤的有效贮水量要比耕地高出 19.56%,最大贮水量高出 6.74%;次生林地土壤的有效贮水量要比园地高出 76.78%,最大贮水量高出 20.54%;耕地土壤的有效贮水量要

比园地高出 47.87%,最大贮水量高出 10.79%。

表 3 土壤贮水量(0—60 cm)

植被类型	有效贮水量/ (t·hm ⁻²)	最大贮水量/ (t·hm ⁻²)
次生林地	961.00	3423.80
人工林地	504.60	2216.40
园地	543.60	2895.20
耕地	803.80	3207.60

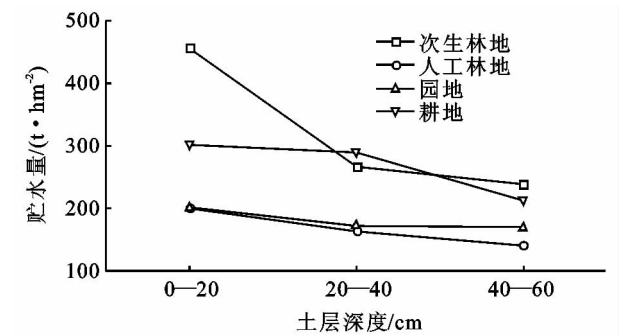


图 1 不同植被 0—60 cm 土层内土壤有效贮水量

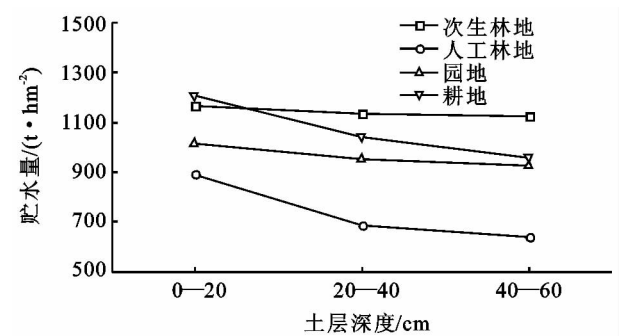


图 2 不同植被 0—60 cm 土层内土壤最大贮水量

上述结果表明:(1)4种植被下有效贮水量和最大贮水量从大到小的顺序均表现为:次生林>耕地>园地>人工林。(2)从次生林、耕地转变为人工林的过程中土壤的有效贮水量和最大贮水量变化幅度都很大,次生林转变为园地的过程中变化次之,次生林转变为耕地和园地转变为人工林地的过程中变化较小。

4 讨论

不同的植被,上层林冠、地表的枯落物以及土壤根系发达程度有所差异,土壤的物理性质和有机质含量各不相同,从而导致土壤的水源涵养效益有很大差距^[13-14]。梁超等^[15]认为,植被群落也会影响到土壤水分含量的变化,并对这方面进行了详细的研究。邹俊亮等^[16]则研究了不同植被和土壤类型下土壤水分剖面的分异,发现同一土壤类型下植被类型的不同主要对深层土壤水分的垂直分布产生影响,得出农地和草地下的土壤水分状况好于灌木和乔木。

结合前人的研究,本文分析得知,次生林的土壤物理特性、有机质含量、有效贮水量和最大贮水量均表现为最好,耕地次之,人工林地表现最差,这与梁超等^[15]的研究结果相吻合,但与邹俊亮等^[16]研究的结果有所差异。对以上规律进行综合分析:次生林植被良好,高大的树冠可涵养、调节水源和减少下垫面蒸发,丰富的枯落物和发达的根系使得土壤的有机质多,土质疏松,容重小,孔隙度大,有效贮水量和最大贮水量也最高。耕地和园地的各指标优于人工林的原因完全是人为因素的干扰。农业中的“中耕保墒”很好地解释了这两种植被土壤各指标良好。人为的耕种、松土、施粪等都在很大程度上影响着这两种植被的水源涵养能力。人工林各项指标较差的原因是因为树苗较小,覆盖度低,不仅发挥不了森林系统的功能,还强有力地吸取土壤的养分和水分供其快速生长,是典型的强有力的植物抽水机。加之林下有机质少,土质密实,容重大,孔隙度小,有效贮水量和最大贮水量都很低。

流域内林地约占土地总面积的60.2%,加之从次生林转变为人工林的过程中土壤的贮水量变化幅度大,次生林转变为园地的过程中变化次之的特点可以得知,这两种植被的转变是流域内水源涵养功能变化的主因。园地转变为人工林地的过程中土壤贮水量变化较小,它在一定程度上也影响着水源涵养能力。耕地约占8%,所占的比例相对较小,加之耕地变率较小及在与其他植被的转变过程中变化幅度不大,总体来说对整个区域内水源涵养功能的影响不大。

上述结果表明,次生林地的土壤水源涵养功能最

好,人工林地的最差;次生林转变为人工林、园地的植被变化过程是水源地水源涵养功能变化的主因。证实了把人工林和园地恢复成次生林是改善水源地水源涵养功能的有效途径和正确抉择,全面地肯定了相关单位在水源区所做的恢复林地的有关工作。

5 结论

(1)4种植被土壤的容重均表现为随着土层深度的增加而逐渐增大,0—60 cm的平均值从大到小的顺序为人工林>园地>耕地>次生林,分别为1.69, 1.41, 1.23, 1.14 g/cm³。土壤的非毛管孔隙度和总孔隙度则与容重相反,表现为随土层深度的增加而逐渐降低,0—60 cm的平均值分别为16.02%, 13.40%, 9.06%, 8.41%和57.06%, 53.46%, 48.25%, 36.40%。土壤的有机质含量均表现为随着土层深度的增加而递减,40—60 cm土层递减的幅度很大,0—20 cm土层中次生林的土壤有机质含量明显高于其他3种,0—60 cm的平均值从大到小的顺序为次生林>耕地>园地>人工林,分别0.90%, 0.86%, 0.83%和0.59%。

总体而言,次生林植被下有利于土壤涵养水源的相关物理特性最好,耕地次之,人工林地最差。次生林植被土壤的有机质含量最高,耕地和园地的相对较低,人工林地最低。

(2)4种植被的有效贮水量和最大贮水量从大到小的依次均表现为:次生林>耕地>园地>人工林。从次生林、耕地转变为人工林的过程中土壤的有效贮水量和最大贮水量变化幅度都很大,次生林转变为园地的过程中变化次之,次生林转变为耕地和园地转变为人工林地的过程中变化较小。

(3)次生林地的水源涵养功能最好,人工林地最差;次生林转变为人工林、园地的植被变化过程是水源地水源涵养功能变化的主因;目前把人工林和园地恢复成次生林是改善水源地水源涵养功能的有效途径和正确抉择。

参考文献:

- [1] 于法展,李保杰.徐州泉山自然保护区人工林下土壤容重与孔隙度时空变化研究[J].水土保持研究,2007,14(6):164-166.
- [2] 李海防,杨章旗.广西华山林场5种典型人工林水文功能评价[J].安徽农业大学学报,2011,38(2):170-175.
- [3] Pang X Y, Bao W K. The effects of clear-felling subalpine coniferous forests on soil physical and chemical properties in the eastern Tibetan[J]. Soil Use and Management, 2011, 27(2): 213-220.

- [9] 高贤明,马克平,陈灵芝. 暖温带若干落叶阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系[J]. 植物生态学报, 2001,25(3):283-290.
- [10] May R M. Will a large complex system be stable[J]. Nature,1972,238:413-414.
- [11] Pfisterer A B, Schmid B. Diversity-dependent production can decrease the stability of ecosystem functioning[J]. Nature,2002,416:84-86.
- [12] 周国英,陈桂琛,赵以莲,等. 施肥和围栏封育对青海湖地区高寒草原影响的比较研究[J]. 草业学报,2004,13(1):26-31.
- [13] 李迪强,蒋志刚,王祖望. 青海湖地区生物多样性的空间特征与 GAP 分析[J]. 自然资源学报,1998,14(1):47-54.
- [14] 宋成刚,张发伟,刘吉宏,等. 青海湖东北岸草甸化草原植物群落特征及多样性分析[J]. 草业科学,2011,28(7):352-1356.
- [15] 马克平. 生物群落多样性的测度方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1994:141-165.
- [16] 郑元润. 森林群落稳定性研究方法初探[J]. 林业科学,2000,36(5):28-32.
- [17] Michel Loreau, NaraLyan Behera. Phenotypic diversity and stability of ecosystem process[J]. Theoretical Population Biology,1999,2(1):29-47.
- [18] 赵哈林,张铜会,赵学勇,等. 放牧对沙质草地生态系统组分的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(3):420-424.
- [19] 李凯辉,胡玉昆,阿德力·麦地,等. 草地植物群落多样性研究进展[J]. 干旱区研究,2005,22(4):581-585.
- [20] Steed J M, Patricia M H, Morin P J. Biodiversity regulates ecosystem predictability[J]. Nature,1997,390:162-165.
- [21] Michel Loreau. Biodiversity and ecosystem function: recent theoretical advance[J]. Oikos,2000,91:3-17.
- [22] 杨学民,杨瑞卿,张慧,等. 徐州市城郊森林生态系统健康评价及管理对策[J]. 中国城市林业,2007,5(1):39-41.
- [23] Begoña Peco, Isabel de Pablos, Juan Traba, et al. The effect of grazing abandonment on species composition and functional traits: the case of grassland[J]. Basic & Appl. Ecol.,2005,6(2):175-183.
- [24] Begoña Peco, Ana M Sánchezb, Francisco M Azcáratea. Abandonment in grazing systems: consequences for vegetation and soil[J]. Agric. Ecosyst & Environ.,2006,113(1/4):284-294.
- [25] Juha Pykälä. Plant species responses to cattle grazing in mesic semi-natural grassland[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2005,108(2):109-117.
- [26] 高润梅,石晓东,郭跃东. 山西文峪河上游河岸林群落稳定性评价[J]. 植物生态学报,2012,36(6):491-503.
- [27] 石福孙,吴宁,罗鹏,等. 围栏禁牧对川西北亚高山高寒草甸群落结构的影响[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(6):767-770.
- [28] Pimm S L. The complexity and stability of ecosystems[J]. Nature,1984,307:321-326.

(上接第134页)

- [4] Neves C S V J, Feller C, Guimaraes M F. Soil bulk density and porosity of homogeneous morphological units identified by the cropping profile method in clayey Oxisols in Brazil[J]. Soil & Tillage Research,2003,71(2):109-119.
- [5] 李红,范素芳. 黄土丘陵区退耕还林后不同林地土壤孔隙与贮水特性[J]. 水土保持通报,2010,30(1):27-30.
- [6] 王志强,刘宝元. 不同植被类型对厚层黄土剖面水分含量的影响[J]. 地理学报,2008,63(7):704-710.
- [7] 董铭,史正涛. 松华坝水源保护区土地利用/土地覆被变化研究[J]. 云南师范大学学报,2011,31(2):72-77.
- [8] 关品高. 昆明市松华坝水源区森林植被类型及水源涵养量估算[J]. 山东林业科技,2011(2):57-59.
- [9] 杜森,高祥照. 土壤分析技术规范[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [10] 邓坤枚,谢高地. 长江上游森林生态系统水源涵养量与价值的研究[J]. 资源科学,2002,24(6):68-73.
- [11] 徐洪亮,满秀玲,盛后财. 大兴安岭不同类型落叶松天然林水源涵养功能研究[J]. 水土保持研究,2011,18(4):92-97.
- [12] Kay B D, Vanden A J, Aygaart B. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter[J]. Soil & Tillage Research,2002,66(2):107-118.
- [13] 孙昌平,刘贤德,雷蕾,等. 祁连山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持通报,2010,30(4):68-77.
- [14] 莫菲,李叙勇,贺淑霞. 东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价[J]. 生态学报,2011,31(17):5010-5016.
- [15] 梁超,郝文芳,袁丁. 黄土丘陵区不同植被群落土壤水分研究[J]. 水土保持研究,2011,18(2):103-107.
- [16] 邹俊亮,邵明安,龚时慧. 不同植被和土壤类型下土壤水分剖面的分异[J]. 水土保持研究,2011,18(6):12-18.