

黄土高原不同退耕还林地森林植被改良土壤特性研究

杨 光, 匡 栋, 常国梁, 杨 莉

(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘 要: 对比研究了青海省大通县不同类型退耕还林地、草地、农田的土壤性质, 包括土壤容重、土壤孔隙度、土壤水稳性团粒结构、土壤饱和导水率。结果表明: 华北落叶松容重最小, 为农田容重的 62%, 青杨青海云杉混交林是农田土壤容重的 83%; 0~15 cm 土层青海云杉混交林 > 0.25 mm 的团粒结构含量为 45.21%, 草坡、耕地分别为 32.18%、20.81%; 北落叶松纯林的最小饱和导水率是 1.22 mm/min, 林地中饱和导水率最小的是落叶松青海云杉混交林, 为 0.17 mm/min, 草地和农田分别为 0.11 mm/min、0.09 mm/min。退耕还林后, 与农田相比, 林地土壤物理性质得到明显改善, 针阔混交林改良土壤特性作用较好, 除了华北落叶松纯林和华北落叶松青海云杉混交林外, 针阔混交林的土壤物理性质好于阔叶纯林和针叶纯林, 草坡和农田较差, 草坡略好于农田。

关键词: 退耕还林; 容重; 孔隙度; 水稳性团粒结构; 饱和导水率

中图分类号: S714.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0204-04

Study on Improving Soil Properties of Forest Vegetation in Different Land Where Returning Farmland to Forests in Loess Plateau

YANG Guang, DING Guo-dong, CHANG Guo-liang, YANG Li

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The soil characteristics of different land where returning farmland to forests, grass land and farmland were contrasted and researched, including soil bulk density, soil porosity, soil water stable aggregate structure and soil saturated hydraulic conductivity in Datong county of Qinghai province. The results showed that for the soil bulk density, the least is *Larix principis-rupprechtii*, occupying 62% of that in farmland, while *P. cathayana* and *Picea crassifolia* mixed plantation occupied 83%; For *Picea crassifolia* mixed plantation, the content of aggregate structure which is larger than 0.25 mm is 45.21% in the soil layer from 0 to 15cm, for grass slope and cultivated land it is respectively 32.18% and 20.81%; the minimum saturated hydraulic conductivity of the north *Larix gmelini* pure plantation is 1.22 mm/min, the saturated hydraulic conductivity of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea crassifolia* mixed plantation is 0.17 mm/min which is the least in the forest land, grass land and farmland is respectively 0.11 mm/min and 0.09 mm/min. Compared with farmland, the soil physical characteristics of forest land have greatly improved after returning farmland to forest, the effect of coniferous and broad-leaved mixed plantation on soil amelioration is better than others, except *Larix principis-rupprechtii* pure plantation and *Larix principis-rupprechtii* and *Picea crassifolia* mixed plantation, the soil physical characteristics of coniferous and broad-leaved mixed plantation is better than that of coniferous pure plantation and broad-leaved pure plantation, both grass slope and farmland are not good, but grass slope is slightly better than farmland.

Key words: returning farmland to forest; bulk density; porosity; water stable aggregate structure; saturated hydraulic conductivity

黄土高原以其严重的水土流失为世人所注目, 造成这一生态失调的原因, 除自然因素外, 人类社会的经济活动起着主导和决定作用, 其中植被的破坏更加速了这一进程^[1], 连年耕作会严重破坏土壤结构, 导致土壤肥力下降, 减少土壤有机质含量, 增加水土流失量^[2], 严重的水土流失不仅使土壤营养元素大量流失, 土壤物理性质下降, 而且使土壤水分状况急剧恶化。目前, 以西北黄土高原为主要代表的我国生态重点治理工程区, 实施了大规模的退耕还林还草工程, 取得了显著的成效。

然而, 黄土高原区退耕还林后, 大多数有关黄土高原退耕还林的研究主要集中在土壤侵蚀及水土流失控制等方面^[3-5], 不同森林植被类型对土壤的改良效果究竟如何, 目

前尚缺乏定量分析和研究。为此, 本文在野外实验的基础上, 对不同退耕还林地森林植被的土壤特性进行了研究, 以期对我国西部地区退耕还林工程提供理论参考和科学依据。

1 试验条件和方法

1.1 试验地概况

大通县位于青海省东部, 北纬 36°43' ~ 37°23', 东经 100°51' ~ 101°56', 总面积约 3 090 km²。境内山峦起伏, 沟壑纵横, 地形复杂。整个地势西北高、东南低, 由西北向东南倾斜。最高海拔 4 622 m, 最低海拔 2 280 m, 相对高差 2 342 m。主要河流有北川河及其支流黑林河、宝库河、东峡河。海拔 2 280~2 800 m 为主要产粮区, 海拔 2 700~3 200 m 为

农牧交错带, 3 200~ 4 000 m 的中高山地区是以灌丛草场和草甸草场为主的放牧地和水源涵养林区。试验地位于大通县中腹的塔儿镇塔儿沟村, 地处半浅山半脑山地区, 平均海拔 2 660 m。该地区属暖温带大陆性季风气候, 干燥度 0. 71, 多年平均降水量 457. 8 mm, 且年内分配极不均, 6~ 9 月份降水占全年的 71%, 无霜期 97 d, 多年平均水面蒸发量 834. 2 mm, 最大蒸发出现在 4~ 6 月, 表现出典型的北方春旱的特征。试验区土壤类型为黄土母质上发育的山地棕褐土和栗钙土, 土壤深厚。

1.2 试验方法

土壤容重采用环刀法取高 10. 5 cm、直径 10 cm 的原状土进行测定。土壤孔隙度采用高 10. 5 cm、直径 10 cm 的环刀取原状土进行测定, 原状土先吸水达到饱和状态并称其重量, 然后控水 8~ 10 h 后再进行称重, 同时测定土壤含水量。土壤水稳性团粒结构取原状土样室内风干后, 用湿筛法测定^[6], 粒径大小分别为 > 2 mm、2~ 1 mm、1~ 0. 5 mm、0. 5~ 0. 25 mm(沙维诺夫法)。

土壤饱和导水率利用玛立奥特瓶定水头供水渗透仪法测定, 土样为用高 10. 5 cm、直径 10 cm 环刀采集的原状土样^[7](见图 1)。

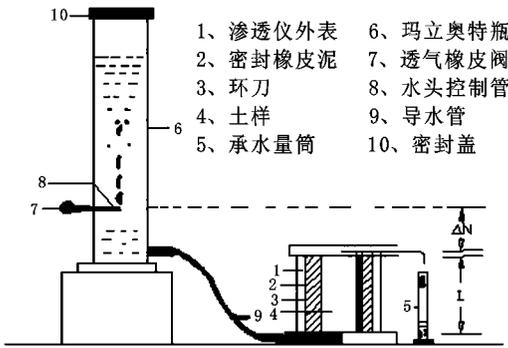


图 1 饱和导水率测定装置

2 结果与分析

2.1 退耕还林地土壤物理性质的变化

表 1 不同样地土壤物理性质

样地类型	容重/(g·cm ⁻³)	样地与			总孔隙度/%	样地与农
		农田比值	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%		
华北落叶松	0.82	0.62	15.72	50.38	66.10	1.66
青杨+ 青海云杉	1.09	0.83	13.00	46.30	59.30	1.49
白桦+ 青海云杉	1.10	0.84	12.08	45.49	57.57	1.45
云杉+ 白桦+ 沙棘	1.15	0.88	10.96	44.76	55.72	1.40
青杨	1.17	0.89	10.34	44.15	54.49	1.37
白桦	1.18	0.90	10.33	43.28	53.61	1.35
紫果云杉	1.19	0.91	9.73	42.46	52.19	1.31
青杨+ 沙棘	1.20	0.91	9.03	42.41	51.45	1.29
杂灌丛	1.20	0.92	8.19	42.27	50.45	1.27
沙棘	1.23	0.94	8.63	41.04	49.67	1.25
落叶松+ 青海云杉	1.24	0.94	7.21	40.22	47.43	1.19
草坡	1.27	0.97	5.96	38.34	44.30	1.11
农田	1.31	1.00	5.05	34.73	39.78	1.00

由表 1 可以看出, 从 18 年林龄的华北落叶松到农田土壤容重依次增加。其中华北落叶松容重最小, 仅为农田土壤

容重的 62%, 青杨+ 青海云杉为 83%, 杂灌丛为 92%。沙棘、落叶松+ 青海云杉土壤容重都是农田土壤的 94%, 与农地土壤容重接近的主要原因是这两个样地是放牧地。草坡的容重与土壤接近, 草坡主要集中在耕地和林地的交界处, 行人、牲畜践踏使其容重与土壤容重相差不大, 显然也说明草坡的土壤容重好于耕地。

林地的总孔隙度明显高于草地和农田。由调查可知: 总孔隙度大的都是成熟林, 其原因为随林龄的增长, 林地地表覆盖大量枯枝落叶层, 增加了土壤有机质, 经微生物分解后, 形成腐殖质, 加大了土壤孔隙度, 表现出林地具有较强改善土壤孔隙状况的能力, 而各种演替阶段林地的孔隙度与团粒结构一样区别不很明显。华北落叶松纯林总孔隙度明显高于其他林地, 草坡的总孔隙度稍大于农田。可见, 林地的土壤物理性质较好, 草坡和农田较差, 草坡稍好于农田。

2.2 退耕还林地土壤水稳性团粒结构的变化

林地通过改善土壤的团粒结构, 既增加水分的入渗, 减少地表径流, 又增强土壤抵抗径流对土粒分散、悬浮和运移的能力, 因而土壤的水稳性团聚体数量也是表征土壤抗侵蚀能力的重要指标^[8]。

表 2 0~ 15 cm 不同样地水稳性团粒体组成 %

样地类型	水稳性团粒体大小				
	> 2 mm	2~ 1 mm	1~ 0. 5 mm	0. 5~ 0. 25 mm	> 0. 25 mm
华北落叶松	17.73	14.48	11.89	5.09	60.11
青杨+ 青海云杉	11.77	4.70	6.37	3.57	26.41
白桦+ 青海云杉	7.64	11.61	17.35	8.60	45.21
云杉+ 白桦+ 沙棘	6.83	5.12	8.78	13.76	34.49
青杨	6.47	8.17	17.91	15.52	48.07
白桦	4.45	4.65	9.99	11.75	30.84
紫果云杉	3.99	3.14	5.68	5.78	18.59
青杨+ 沙棘	3.96	3.06	7.27	12.30	26.59
杂灌丛	2.82	4.22	5.80	9.42	22.25
沙棘	2.09	1.68	3.48	6.20	13.43
落叶松+ 青海云杉	1.61	4.43	11.85	16.79	34.69
草坡	1.43	4.88	13.61	12.26	32.18
农田	1.32	1.95	6.14	11.39	20.81

表 3 15~ 30 cm 不同样地水稳性团粒体组成 %

样地类型	水稳性团粒体大小				
	> 2 mm	2~ 1 mm	1~ 0. 5 mm	0. 5~ 0. 25 mm	> 0. 25 mm
华北落叶松	6.47	8.17	17.91	15.52	48.07
青杨+ 青海云杉	3.27	4.36	6.57	6.87	21.07
白桦+ 青海云杉	3.21	0.83	2.61	11.86	15.31
云杉+ 白桦+ 沙棘	2.73	4.74	10.77	11.80	30.03
青杨	1.94	3.61	8.92	14.69	29.85
白桦	1.62	4.26	13.47	11.67	31.02
紫果云杉	0.85	1.45	4.75	9.36	16.41
青杨+ 沙棘	1.27	2.55	5.55	8.26	17.63
杂灌丛	1.20	2.17	7.90	18.22	29.49
沙棘	1.15	2.28	7.47	14.85	25.74
落叶松+ 青海云杉	0.93	2.71	5.07	10.36	19.07
草坡	0.63	0.97	1.92	4.62	8.14
农田	0.54	2.04	5.13	10.33	18.04

表 4 30~45 cm 不同样地水稳性团粒体组成 %

样地类型	> 2 mm	2~ 1 mm	1~ 0.5 mm	0.5~ 0.25 mm	> 0.25 mm
华北落叶松	6.79	7.17	15.24	18.24	47.45
青杨+ 青海云杉	3.02	7.18	18.37	16.80	45.36
白桦+ 云杉	1.57	4.19	7.93	16.86	30.55
云杉+ 白桦+ 沙棘	1.53	2.25	11.45	17.21	32.43
青杨	1.25	3.11	8.86	13.72	26.94
白桦	1.00	2.15	6.35	12.32	21.81
紫果云杉	1.19	2.17	7.52	14.81	25.97
青杨+ 沙棘	1.02	3.47	12.80	16.19	33.47
杂灌丛	0.82	1.25	3.28	7.48	12.84
沙棘	0.54	0.59	1.74	9.12	11.45
落叶松+ 青海云杉	0.29	1.08	4.20	7.35	12.92
草坡	0.18	0.54	1.72	12.40	14.84
农田	0.10	0.35	2.20	12.52	15.16

表 5 45~60 cm 不同样地水稳性团粒体组成 %

样地类型	> 2 mm	2~ 1 mm	1~ 0.5 mm	0.5~ 0.25 mm	> 0.25 mm
华北落叶松	8.23	6.57	10.57	12.15	37.53
青杨+ 青海云杉	3.91	10.43	18.50	11.57	44.41
白桦+ 青海云杉	1.84	4.18	10.86	15.34	32.22
云杉+ 白桦+ 沙棘	1.02	1.96	6.32	12.27	21.57
青杨	1.29	3.68	12.74	17.97	35.67
白桦	1.23	0.37	1.04	4.73	7.37
紫果云杉	1.37	4.06	7.72	6.58	19.72
青杨+ 沙棘	0.75	1.06	1.21	2.08	5.11
杂灌丛	0.56	1.57	4.90	12.23	19.26
沙棘	0.46	1.87	9.51	22.73	34.57
落叶松+ 青海云杉	0.25	1.41	5.12	14.41	20.94
草坡	0.20	0.98	4.29	10.91	16.39
农田	0.06	1.06	3.24	5.12	9.48

水稳性团粒结构测定结果表明:华北落叶松纯林除了 45~60 cm 土层外,其他土层中不同粒径的水稳性团粒结构含量都是最高的,0~60 cm 土层中>0.25 mm 的团粒体也是最多的,0~15 cm 土层中>1 mm 的团粒结构达到 14.48%,其原因是华北落叶松纯林下有较厚枯枝落叶层,经微生物分解后的腐殖质增加了土壤水稳性团粒结构含量。草坡、农田依次仅为 4.88%、1.95%。农田 0~15 cm 土层中 0.25~0.5 mm 的粒径百分含量远远大于>1 mm 的粒径百分含量,而 0~15 cm 正是耕作层,其原因是经常耕作破坏了其 0~15 cm 土层中>1 mm 粒径的土壤水稳性团粒体结构。草坡 15~45 cm 土层中团粒结构次于农田,这可能与多年前土地利用状况有关。但草坡 0~15 cm 土层的各粒径团粒结构明显高于农地各粒径的团粒结构百分含量。各林地比较:0~60 cm 团粒结构百分含量最差的是落叶松×云杉样地,其各土层不同粒径团粒结构百分含量也优于草地和农田。结果表明林地各层土壤不同粒径的土壤团粒结构百分含量高于相应的草坡和农田,而在 0~15 cm 的土层中草坡优于农地。

2.3 土壤饱和导水率

土壤饱和导水率综合反映了土壤理化性质的好坏^[9],饱和导水率由于土壤质地、容重、孔隙分布以及有机质含量等空间变量的影响空间变异强烈^[10-11]。由表 6 看出,饱和导水率从华北落叶松纯林到农田减小,各样地 0~60 cm 饱和导水率的最小值分别分布在 15~30 cm、30~45 cm 两层中,

可见土壤水分下渗速率主要由 15~45 cm 土层决定,草坡和农田的最小饱和导水率分布在 15~30 cm 土层中,分别为 0.11 mm/min、0.09 mm/min,华北落叶松的最小饱和导水率是 1.22 mm/min,林地中饱和导水率最小的是落叶松×青海云杉混交为 0.17 mm/min,比草坡和农田的都大。

表 6 不同样地土壤饱和导水率

样地类型	0~ 15 cm	15~ 30 cm	30~ 45 cm	45~ 60 cm
华北落叶松	2.06	1.22	1.59	1.45
青杨+ 青海云杉	1.80	1.79	1.21	1.49
白桦+ 青海云杉	1.77	1.58	1.03	1.30
云杉+ 白桦+ 沙棘	1.73	1.56	0.90	1.30
青杨	1.70	1.41	0.87	1.22
白桦	1.32	0.90	0.67	0.86
紫果云杉	1.10	0.62	0.85	0.77
青杨+ 沙棘	0.92	0.74	0.53	0.57
杂灌丛	0.51	0.51	0.42	0.43
沙棘	0.42	0.36	0.38	0.42
落叶松+ 青海云杉	0.34	0.17	0.24	0.32
草坡	0.31	0.11	0.15	0.12
农田	0.21	0.09	0.05	0.07

2.4 土壤水稳性团粒结构和饱和导水率比较

图 2、图 3 中 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M 分别表示华北落叶松、青杨×青海云杉、白桦×青海云杉、云杉×白桦×沙棘、青杨、白桦、紫果云杉、青杨×沙棘、杂灌丛、沙棘、华北落叶松×青海云杉、草坡、农田。

由图 2、图 3 可知,0~15 cm 土层水稳性团粒结构从华北落叶松到农田依次递减,华北落叶松纯林地几乎没有人为干扰,土壤腐殖质层较厚,活地被物较多,因此其水稳性团粒结构明显高于其他林地、草地和农地。土层中水稳性团粒结构含量多少是影响饱和导水率的一个重要因素^[12-13],从图 3 可知土壤饱和导水率 0~15 cm、15~30 cm、30~45 cm、45~60 cm 的变化趋势与对应土层土壤水稳性团粒结构含量变化趋势基本一致。林地水稳性团粒结构、饱和导水率都大于同土层中的草地和农田。

3 结论

(1)与农田相比,退耕还林后林地土壤容重明显减小,幅度在 6%~38%,其中华北落叶松纯林的容重最小,为农田的 62%;落叶松×云杉混交林的容重最大,为农田的 94%;草地的土壤容重与农田相差不大,除华北落叶松封育较好外,针阔混交林的土壤容重小于纯林,纯林小于草地和农田。

(2)退耕还林后,与农田相比,林地的土壤孔隙度显著增加,范围在 19%~66%,其中 18 年生华北落叶松纯林总孔隙度比农田的总孔隙度增加了 66%,林地中,总孔隙度最小的华北落叶松×青海云杉混交林比农田土壤总孔隙度增加了 19%,草地的土壤总孔隙度比农地仅增加了 1%。除华北落叶松外,混交林、纯林的总孔隙度依次减小,草地和农田总孔隙度最小,二者接近。

(3)退耕还林后,林地土壤水稳性团粒结构有明显增加,各样地 0~15 cm 土层水稳性团粒结构明显好于其他 3 层。土壤团粒结构较好的几个基本上都是混交林,纯林和杂灌丛次之,各林地不同土层、不同粒径的水稳性团粒结构都明显高于草地和农田,而在 0~15 cm 的土层中草坡优于农地。>2 mm 的土壤水稳性团粒结构变化趋势与土壤容重的变

化趋势相反, 与孔隙度的变化趋势相同, > 1 mm 水稳性团

粒结构能很好的反映土壤质量的好坏。

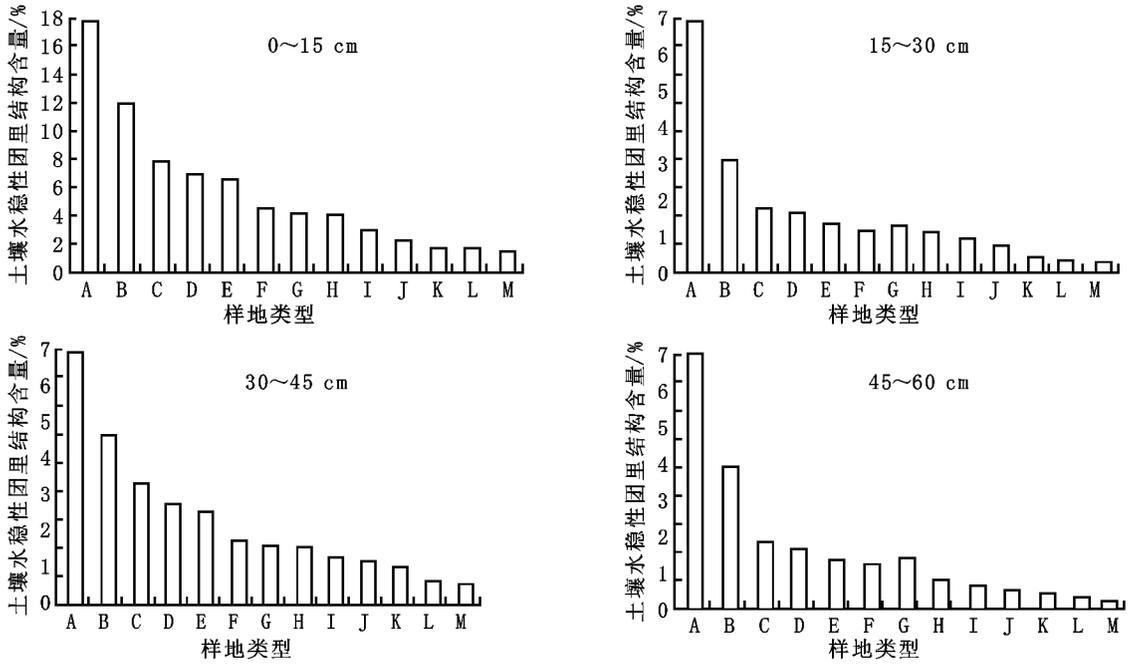


图 2 各样地 > 2 mm 粒径土壤团粒结构

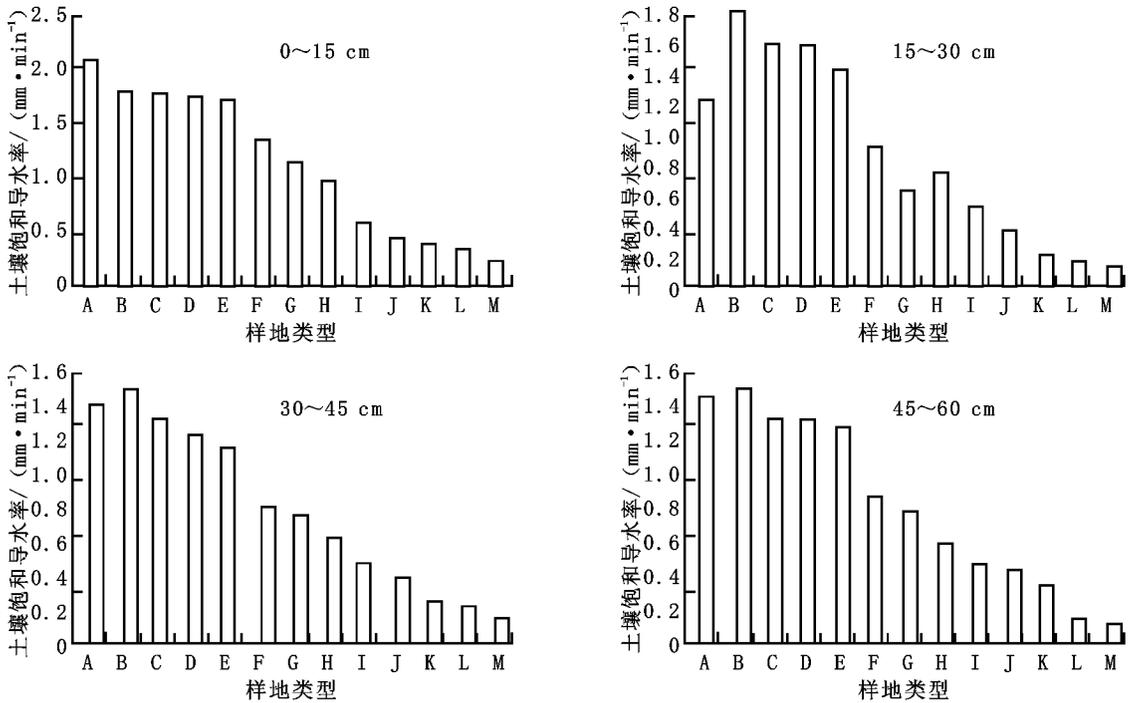


图 3 各样地土壤饱和和导水率

(4) 0~60 cm 的土壤饱和和导水率的控制层集中在 15~45 cm 之间, 所以要增加土壤饱和和导水率的关键在于改良这一土层段的土壤特性, 农田的饱和和导水率的控制层在 15~30 cm, 而各种混交林因其改良土壤性质作用较好, 控制层大都在 30~45 cm 段。与农田相比, 林地土壤饱和和导水率明显增大, 与各林地土壤容重变化趋势相反, 与孔隙度、水稳性团

粒结构变化趋势基本一致。其值变化范围为 1.22 mm/min (华北落叶松)~0.09 mm/min (农田), 针阔混交林大都集中在 1.0 mm/min 左右。除了华北落叶松纯林和华北落叶松×青海云杉混交林外, 基本上是针阔混交林的饱和和导水率大于阔叶纯林和针叶纯林, 草地与农田的饱和和导水率相差不多, 草地略好于农田, 分别为 0.11 mm/min、0.09 mm/min。

参考文献:

- [1] 吴钦孝, 汪有科, 韩冰, 等. 黄土高原水土流失区的林草资源和植被建设[J]. 水土保持研究, 1994, 1(1): 2-13.
- [2] 杨瑞珍. 我国耕地水土流失及其防治措施[J]. 水土保持通报, 1994, 14(2): 32-36.
- [3] 张翼. 黄土高原丘陵沟壑区土壤侵蚀研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2): 39-47.

(下转第 210 页)

损失将是无法估量的,甚至是毁灭性的,这要求数据存储系统具有卓越的系统可靠性。因此数据的备份及恢复等技术日益变得重要。数据备份包括增量备份和完全备份两种选择。此外,在备份时不应该中断正在进行的数据库操作,数据恢复时则需要停止所有的数据库操作。

3.3 数据维护

建立新库文件、修改已有库文件结构,数据的增、删、修改等编辑及录入等功能。

3.4 数据查询与分析

各类滑坡因子数据按不同条件检索与查询、统计及初步分析,输出到文件或打印输出。

3.5 文献资料的管理

滑坡研究以开展多年,各研究单位均积攒了大量的研究文献,如何将此类文献存入服务器供多人检索查阅,从前的滑坡数据库系统均未能涉及到该功能。本处拟在服务器端开设 FTP 服务,从而可以进行滑坡研究文献的管理及传输,文件名及关键词、摘要等存入数据表中作为索引。

3.6 滑坡图形、图像的查询与管理

(1) 用数据库内资料绘制各种统计分析图;

(2) 利用新一代数据库软件普遍支持图形及大容量字段的特性进行已有图形、图像及照片等在程序中的直接调用并显示。同时,图名及描述信息存入数据表中作为索引。另外,可根据实际需求决定是否加入在滑坡分布图上实时显示并查询各滑坡点的各种灾害信息。

数据库设计的重点是符合滑坡特点的数据项的设置,这里采用的是《中国滑坡数据库编目》中所推荐的编目方案,便于推广应用。

4 数据库平台及开发工具平台选择

服务器上运行的网络操作系统可以是 Unix、Linux、Windows NT/2000/XP/2003 Server 等。服务器上需要安装能够支持 C/S 系统的数据库管理系统软件,如 Sybase SQL、Microsoft SQL Server、Oracle 和 Informix 等。

参考文献:

- [1] 林立相,王成华.中国滑坡数据库系统[A].中国泥石流滑坡编目数据库与区域规律研究[M].成都:四川科学技术出版社,1998.25.
- [2] 晏小明,蔡耀军,王秋明,等.滑坡监测预测预报数据库的开发与应用研究[J].水文地质工程地质,1996,(1):6-7.
- [3] 吴益平,殷坤龙.滑坡数据库管理信息系统[J].水文地质工程地质,1997,(1):14-15.
- [4] 王世梅,杨耀.清江流域水库滑坡数据库系统开发[J].水文地质工程地质,2001,(3):59.
- [5] 陈灿煌.C++ Builder6 彻底研究[M].北京:中国铁道出版社,2003.316-317.
- [6] 余彤鹰.为什么采用 C/S 体系结构[EB/OL].<http://www.ee-forum.org/whycs.html>.
- [7] 施伯乐,丁宝康.数据库技术[M].北京:科学出版社,2002.226-231.
- [8] 马一力,傅湘林,韩晓明,等.存储与计算的分离[J].世界电信,2004,17(8):24-32.

(上接第 207 页)

- [4] 穆兴民,徐学选,王文龙.黄土高原沟壑区小流域水土流失治理对径流的效应[J].干旱区资源与环境,1998,12(4):119-126.
- [5] 杨华,刘家玲.黄土区切沟治理水土保持效益的研究[J].北京林业大学学报,2001,23(2):49-52.
- [6] 李西开.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983.
- [7] 贺康宁.水土保持林地土壤水分物理性质的研究[J].北京林业大学学报,1995,17(3):44-50.
- [8] 高维森,等.土壤抗蚀性研究综述[J].水土保持通报,1992,12(5):59-63.
- [9] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[M].北京:科学出版社,2000.
- [10] Jury W A, Gardner W R, Gardner W H. Soil Physics[J]. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- [11] Warrick A W, Nielsen D R. Spatial variability of soil physical properties in the field[A]. In: Hillel D (ed.). Applications of Soil Physics[M]. New York: Academic Press, 1980. 319-344.
- [12] 孙立达,朱金兆.水土保持林体系综合效益研究与评价[M].北京:中国科学技术出版社,1995.
- [13] 马履一,翟名普,王勇.京西山地棕壤和淋溶褐土饱和导水率的分析[J].林业科学,1999,35(3):109-112.

客户机上运行的操作系统可以是 DOS、Windows、Unix、Linux 等。客户机上还安装有用于数据库应用开发的工具软件,如 Sybase 公司的 Power Builder, Oracle 公司的 Developer/2000, Microsoft 公司的 Visual Basic, Borland 公司的 Delphi、C++ Builder 等。这些工具都具有友好的用户界面和高效的应用开发功能,为用户提供应用程序开发和运行环境,具有面向对象、可视化、窗口等特点。

本例中的程序开发采用 Borland C++ Builder6 为程序开发工具,具有极强的数据库开发功能;客户端操作系统可以为一般常用的 MS Windows9X、2K、XP 等。服务器端操作系统为 Windows2000/2003 Server,数据库为 MS SQL Server2000。

5 未来需求预测及下步开发方向

下一步开发更多的、更具专业性、更深入的应用项目,包括基于 Arc Info 的空间分析功能,从而加大对数据的分析力度及应用深度。由于本数据库系统的设计是模块化的,比较容易添加新模块。如果有更大范围的应用需求,可以把客户端更改为基于 B/S(Browser/Server)结构的动态网页技术,如 ASP(Active Server Page)、JSP(Java Script Page)、PHP(Hypertext Preprocessor Page)等的基础上开发的基于国际互联网 Internet 上的大范围的浏览与查询,而服务器端数据库可以保持不变。

6 结论

但是随着用户数据总量的不断增长,数据类型的日趋复杂,以及对数据共享要求的不断提高,人们早已意识到了数据集中的必要性。经过存储系统厂商的努力,使用户数据逐渐地从传统的计算机系统中分离出来,集中存储,统一备份和容灾,形成了现在所谓的集中存储、分布式计算的计算机应用模式。这种模式不管在数据安全性还是在可使用性上都向前迈进了一大步^[8]。滑坡数据库的发展应紧随计算机技术发展的步伐,以提供更加方便、迅捷的服务。