

黄土丘陵沟壑区不同土地利用方式的土壤水分效应

张北赢, 徐学选, 刘江华

(中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用定位监测法, 对黄土丘陵沟壑区的延安燕沟不同土地利用方式下土壤水分动态变化规律进行了系统分析。结果表明, 在 2002 年降雨前期较多后期较少的情况下, 土壤水分 4—10 月间呈现总体下降趋势, 降雨对土壤水分的补偿效应明显不足; 不同植被下土壤水分季节变化存在明显差异, 苹果园和退耕坡地土壤水分衰减幅度小, 林灌草地则水分逐渐减小, 变化幅度较大; 植被对土壤水分的差异性利用使得土壤平均水分含量以及水分剖面分层均存在差异。各层土壤水分变异系数的垂直变化也因植被类型的不同而存在差异。除浅层 0—10 cm 外, 不同层次土壤水分变化趋势较缓和, 较一致。土壤含水量逐月下降, 个别月份水分略有升高, 说明降雨对土壤水分的补偿作用在该降雨年型下表现微弱。

关键词: 黄土丘陵沟壑区; 土壤水分; 不同土地利用; 动态

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2005)06—0005—05

中图分类号: S152.7

Soil Moisture Dynamics Under Different Land Uses in Hilly and Gully Area on Loess Plateau

ZHANG Bei-ying, XU Xue-xuan, LIU Jiang-hua

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Based on data collected by random survey of soil moisture in loess hilly and gully region, the authors analyzed the soil moisture dynamics of different land uses. The study showed that land uses resulted in the differences of dynamic characteristics of soil moisture. The crop land and the apple-orchard land had the same dynamics variation. With the process of time, soil moisture increased gradually and then fell. The lands without human husbandry, such as forest, shrub and grass land had the different trend. The soil moisture reduced gradually with time. In rainy season, soil moisture appreciably increased, but its extent was not markedly. At the same time, land uses also made the dynamic characteristics of soil moisture profile different. The authors used standard deviation to separate the layer of the soil vertical moisture variation. The result indicated that the active moisture layer of farm land was markedly shallow. Land uses of different types made the variation coefficients and their variety different. Except for the 0—10 cm layer, the variation trend of different layers is accordant. As a whole, soil moisture reduced gradually month by month. The expiation of rainfall was impaired by vegetation transpiration and soil evaporation.

Keywords: loess hilly and gully region; soil moisture; land use; dynamics law

土壤水分是土壤—植被—大气连续体的一个关键因子, 是土壤系统养分循环和流动的载体, 它不仅直接影响土壤的特性和植物的生长, 而且间接影响植物分布和在一定程度上影响小气候的变化^[1]。长期以来, 对该区土壤水分的研究是水分利用和环境整治的主要内容之一^[2—3]。

土壤水分状况是所有影响土壤水分因子的综合效应。本试验以陕西省延安市燕沟小流域不同地类土壤水分观测为基础, 系统研究了黄土高原丘陵沟壑

区土壤水分动态变化和时空分布格局, 揭示了不同土地利用类型对其水环境的影响, 为该区生态恢复与土壤水资源的合理利用提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区选在黄土高原丘陵沟壑区第 1 副区的延安市燕沟流域, 位于延安市南 10 km 处。处于暖温带半湿润气候向半干旱气候过渡带, 年平均气温 9.8℃,

收稿日期: 2005-04-20

资助项目: 国家自然科学基金项目(40471126, 90202011); 国家十五科技攻关项目(2004BA508B14); 中科院西部之光人才培养计划项目

作者简介: 张北赢(1981—), 女(汉族), 甘肃兰州人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与荒漠化防治专业。电话(029) 87019357, E-mail: zhangbeiyong@163.com。

多年平均降水量为 558.4 mm,其中,6—9 月份降水量占全年降水量的 70%以上,且多以暴雨形式出现,年际变化也很大;年蒸发量 1 000 mm 左右。

2002 年降雨量为 538.5 mm,略低于多年平均水平,但降雨分布与多年平均状况有显著差异。延安地区降水一般特点为 4—6 月干旱少雨,7—9 月降水较多,降水峰期多始于 7 月。而 2002 年 4—6 月降水量偏高,为 263.2 mm;7—9 月偏低,为 193 mm。整个生长季降水量分配极不均匀,6 月最多,达到 191.4 mm,而 4 月降水量仅为 27 mm,7—9 月降水量之和仅达到 6 月水平。年内分配则有明显前多后少特征。试验测定在黄绵土土壤进行。

1.2 研究方法

运用土钻法实行定位监测。以南北向、西向 3 个大断面测定农、林、草、灌土壤水分,布设 28 个采样点。定位监测每月 1 次(4—10 月),其中,4 月和 10 月测深为 400 cm,5—9 月测深为 200 cm。0—1 m 每 10 cm 取样,1 m 以下每 20 cm 取样。土样用烘箱在 105 ~ 110 °C 下烘干计算水分,用重量百分比表示。

2 结果分析

2.1 土壤水分总体特征

从整体上看,2002 年土壤水分呈现与往年、与以往研究存在显著的不一致。由于降水多集中在 6 月之前,后期降水较往年少,土壤水分从 4—10 月基本走势为全面下降,尽管有波动,但下降为主要特征。由于前期降水增加促进林草植被前期生长会较往年为盛,全年土壤水分下降,与以往土壤水分呈“V”型趋势明显不同。

2.2 不同植被类型土壤水分季节动态

对于黄土丘陵区土壤水分的动态研究已经比较深入^[4-8]。尽管明确了在植被参与下(农作物和林草植被)土壤水分的季节动态会产生显著差异,但在降雨年内分配发生明显前移情况下,植被地土壤水分如何尚应未见报道。

2.2.1 林灌草地土壤水分季节变化 如图 1 所示,林灌草地土壤水分的季节变化有着较一致的趋势,在 2002 年降雨条件下,土壤水分在 4—10 月期间呈现总体下降的总趋势,只是 9—10 月略有回升。说明植被与土壤水分互动作用中降雨特征对土壤水分影响的重要性。4—8 月由于气温回升很快,表层土壤蒸发潜力很大,另外植物蒸腾作用强,大量消耗土壤水分,此时段土壤水分消耗大于补给,为土壤含水量消耗阶段;从 8—10 月为土壤水分补给期。在此期间,一般年份降雨量显著增多,降雨入渗使得土壤水

分得到补给,但由于试验年降雨特殊,以及林草植被在此期间的生理活动也达到全年最旺盛的时期,因此降水的补偿并没有使土壤水分恢复到 4 月份的水平。疏林草地和沙棘林地 9—10 月份还出现了一个土壤水分消退期。同时,因植被种类不同,加之坡向、坡位和植被覆盖度的影响,消耗期和补给期的时间界限并不严格一致。刺槐林土壤水分 5—8 月持续降低,至 8 月达到最低,整个土壤剖面水分平均值低于 8%,以后逐渐恢复。沙棘林地自 4—8 月土壤水分持续降低,9 月有所恢复,10 月又稍有下降。人工柠条灌丛 6 月土壤含水量最低,以后在波动中逐渐上升,与其它灌丛植被差异明显,这可能是因为柠条前期生长迅速,耗水量大,6 月后柠条林发生了严重的虫灾,蒸腾耗水量下降,故土壤含水量逐渐升高。疏林草地和黄蒿草地的土壤水分最低值都出现在 8 月份,白羊草地这一值出现在 9 月份。

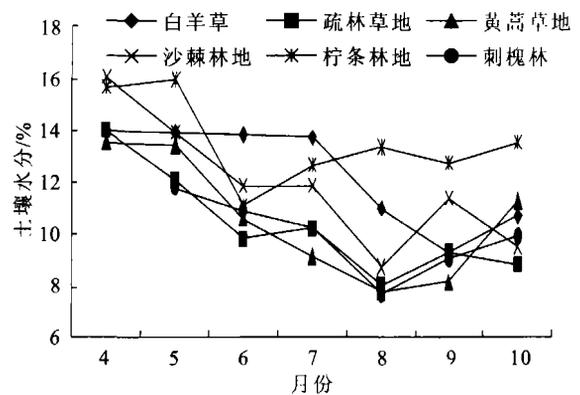


图 1 林灌草地土壤水分季节动态

2.2.2 苹果园与退耕坡地土壤水分季节动态 从图 2 可以看出,苹果园与退耕坡地的土壤水分季节变化与林灌草地不同。苹果园的变化幅度明显比退耕坡地大,其 4—6 月份土壤水分逐渐增大,至降雨量最多的 6 月达最大值,7—9 月生长形成凹形。因为 4,5 月份苹果树处于展叶开花期,叶幕还未形成,且气温较低,土壤水分消耗相对较少。至 6 月降雨量显著增多,土壤水分也上升至最高水平。6—8 月土壤水分骤降,此时苹果树叶幕形成,进入果实膨大期,需要消耗大量水分,加之气温高,植被耗水和土壤蒸发引起总蒸散量远远大于降雨量。9 月土壤水分略有回升,但仍未恢复到 6 月的水平。退耕坡地与苹果园略有不同,因其无任何植被措施,土壤水分的损失主要取决于天气状况引起的土壤蒸发,7 月气温最高时土壤含水量降低,至 9 月略有回升,但由于无植被引起的蒸腾损失,整个生长季土壤水分的变化趋势平缓,4—6 月和 8—10 月土壤含水量与降雨量的变化趋势一致。

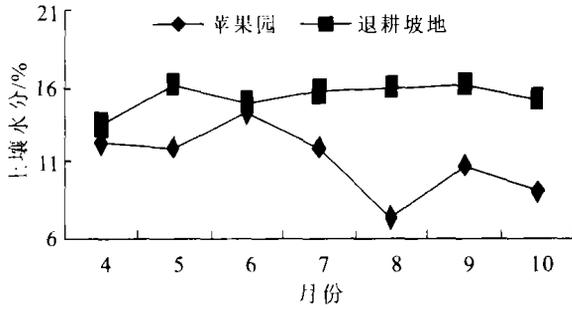


图 2 退耕坡地与苹果园土壤水分季节动态

2.3 不同植被类型土壤水分垂直动态

2.3.1 土壤水分垂直变化层次划分 对于土壤水分垂直变化层次的划分,前人已作了较系统的研究。韩仕峰^[10]研究了黄土区裸地土壤剖面的水分分布特征,将其分为速变层、活跃层、次活跃层和相对稳定层 4 个层次;王孟本等^[11]考虑了林草的作用,根据土壤含水量标准差 (S_D) 判别法,将林下土壤水分分布分为活跃层 ($S_D > 1.5$)、次活跃层 (S_D 在 1 ~ 1.5) 和相对稳定层 ($S_D < 1$) 3 个层次。表 1 是根据标准差判别法划分的不同植被类型下 0—200 cm 土层土壤水分垂直变化层次。

从表 1 可以看出,不同植被类型的土壤水分分层差异很大,但植被盖度、坡度和坡向与土壤水分分层没有明显的关系。退耕坡地的土壤水分活跃层明显

比其它植被类型浅,100 cm 以下均为土壤水分相对稳定层,说明由气象条件引起的土面蒸发对 0—60 cm 土层土壤水分产生显著影响,而对 100 cm 以下土层影响甚微。其余植被类型的土壤水分活跃层均达到 120 cm,有的甚至深入到 200 cm,这是因为植物的根系延伸比作物深,其蒸腾耗水引起根际土壤水分波动,导致深层土壤水分的季节变化明显。

表 1 2002 年不同植被类型土壤水分垂直分层

植被类型	植被盖度/%	坡度/度	坡向	土壤水分活跃层/cm	土壤水分次活跃层/cm	土壤水分相对稳定层/cm
沙棘灌丛	80	25	W	0—180	180—200	—
柠条灌丛	55	30	NW	0—200	—	—
刺槐林	65	10	S	0—140	140—200	—
黄蒿草地	85	18	NW	0—200	—	—
疏林草地	70	5	NW	0—180	—	180—200
白羊草草地	95	25	S	0—120	120—200	—
苹果园	50	10	W	0—200	—	—
退耕坡地	5	15	NW	0—60	60—100	100—200

2.3.2 土壤水分的垂直变化 为了反映土壤水分垂直变化情况,用变异系数 (C_V) 表示其变化情况。整个生长季(4—10 月)不同植被类型土壤剖面水分的平均值和变异系数见表 2。

表 2 不同植被类型各层次土壤水分的平均值与变异系数

土层深度/cm		10	30	50	70	90	120	160	200
刺槐林	平均值	10.730	10.430	9.820	9.540	9.840	9.480	9.570	9.630
	C_V	0.338	0.191	0.221	0.242	0.228	0.224	0.123	0.146
沙棘灌丛	平均值	13.480	12.590	11.530	11.390	11.480	11.470	11.740	11.180
	C_V	0.268	0.248	0.315	0.327	0.278	0.216	0.172	0.119
柠条灌丛	平均值	12.740	14.570	13.360	12.840	13.060	13.680	13.800	12.860
	C_V	0.345	0.103	0.146	0.170	0.172	0.167	0.177	0.139
白羊草草地	平均值	11.290	12.690	11.240	11.950	12.220	12.820	13.200	12.960
	C_V	0.312	0.200	0.236	0.286	0.252	0.186	0.171	0.184
黄蒿草地	平均值	11.820	10.660	9.470	9.660	9.830	10.500	11.470	11.420
	C_V	0.437	0.240	0.307	0.260	0.254	0.229	0.241	0.258
苹果园	平均值	12.450	10.090	10.250	10.020	10.680	11.720	12.290	12.260
	C_V	0.331	0.241	0.224	0.241	0.220	0.219	0.182	0.259
退耕坡地	平均值	13.380	14.870	16.100	18.960	15.500	15.390	15.910	15.990
	C_V	0.255	0.177	0.187	0.088	0.056	0.036	0.055	0.091

从表 2 可以看出,刺槐林、沙棘灌丛土壤水分平均值随土层深度的增加而逐渐减小,刺槐林较沙棘林地其值偏低。但由于柠条灌丛长势不好,造成土壤水分平均值随深度变化波动。草地土壤水分的垂直变化与乔灌有较大差别,表现为随着土层深度的增加,

土壤水分平均值动态呈凹型,如白羊草地、黄蒿草地。苹果园与退耕坡地虽同受人类管理措施的影响,但二者土壤水分的垂直变化并不一致。退耕坡地整个土壤剖面上的土壤含水量都较高,表层至 70 cm 土壤含水量平均值逐渐增加,90 cm 以下土壤水分平均值变

化平缓。苹果园 30—120 cm 土壤含水量平均值相对较低。从变异系数来看,表层 10 cm 土壤水分变异系数均较大,一般在 0.255~0.437 之间。因为该层土壤受降雨、温度、风力等气象因子影响,其水分的变化剧烈。与其它植被类型相比,退耕坡地整个土壤剖面上的土壤水分变异系数明显较小,其它植被下 C_v 值

差异规律不明显。

另外,土壤水分变异较大的层次与植被根系分布有着较一致的趋势,由浅至深依次为草地、灌丛、乔木(柠条因其长势较差而不符合这一规律)。

2.3.3 不同层次土壤水分动态 图 3 所示的是不同土地利用条件下不同层次的土壤水分季节变化。

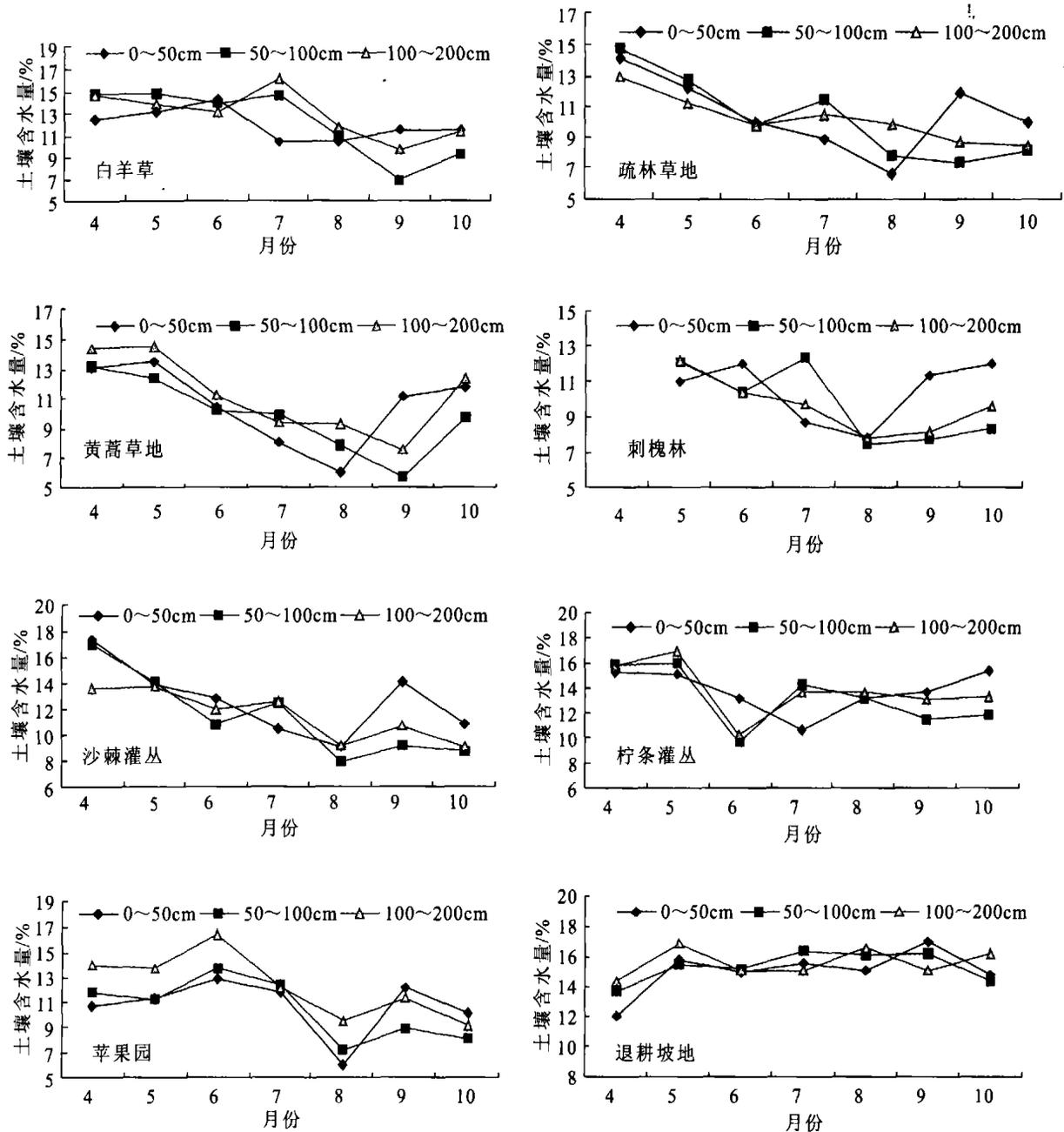


图 3 不同植被不同层次土壤水分季节变化

从图中可以看出,表层和各植被类型的土壤水分利用层变化最为剧烈,深层土壤水分季节变化趋势相对平稳。乔木和灌丛的水分利用层较深,故其植被深层水分消耗大,表现为 100—200 cm 土壤含水量低于浅层 50—100 cm 含水量;而草地和农田水分利用层较浅,故浅层含水量低,而深层含水量较高。

从变化趋势来看,林灌草地除 0—50 cm 外,其它各层土壤水分季节变化呈现出较一致的趋势,都是随着时间推移逐渐减少,7 月和 10 月土壤水分略有回升,但幅度不大。苹果园地在 6 月份出现第一个峰值,而非 7 月,而且苹果园、沙棘林、退耕农地 9 月土壤水分达到最高。

3 结 论

在研究年(2002年)降雨分配明显前期多后期少的情况下,土壤水分动态不同于以往研究,表现为整个生长季内土壤水分总体呈现下降趋势,降雨对土壤水分的补偿效应明显不足。林灌草与人工管理措施影响下的果园和退耕坡地土壤水分季节变化趋势存在明显差异。降雨对农业用地土壤水分的补偿作用明显好于植被自然生长的土壤。

不同土地利用方式引起土壤水分垂直分层差异,同时也会影响土壤水分垂直方向上的季节变化。基本无植被覆盖的退耕坡地土壤水分活跃层明显较其它地类浅,说明植被会产生土壤水分的垂直差异性利用。不同植被各层土壤水分变异系数不同,而变异系数的垂直变化也因植被类型的不同存在差异。

除浅层0—50 cm外,不同植被不同层次土壤水分变化趋势较一致(退耕坡地除外)。随时间推移,总体趋势是土壤含水量逐渐下降,但仍存在水分略有升高的点,说明降雨对土壤水分有补偿作用,只是这种补偿作用因植被蒸腾和土壤蒸发而削弱了。

[参 考 文 献]

[1] 何其华,何永华,包维措.干旱半干旱区山地土壤水分动

态变化[J].山地学报,2003,21(2):149—156.

- [2] 魏天兴,朱金兆.黄土区人工林地水分供耗特点与林分生产力研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):45—51.
- [3] 刘康,陈一鹤.黄土高原沟壑区刺槐林水分动态与生产力的研究[J].水土保持通报,1990,10(6):66—71.
- [4] 王斌瑞,王百田.黄土高原径流林业[M].北京:中国林业出版社,1996.17—31.
- [5] 孙立达,朱金兆,等.水土保持林体系综合效益研究与分析[M].北京:中国科学技术出版社,1995.
- [6] 韩仕峰,等.黄土高原综合治理评价[M].北京:科学出版社,1992.241—291.
- [7] 王克勤,王斌瑞.集水造林防止人工林植被土壤干化的初步研究[J].林业科学,1998,34(4):14—21.
- [8] 王百田,等.集水技术与林木生长的土壤水环境研究[J].水土保持通报,1997,17(6):7—14.
- [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,2000.95—97.
- [10] 韩仕峰.黄土高原土壤水分性质[J].水土保持通报,1990,10(1):36—42.
- [11] 王孟本,李洪建.晋西北黄土区人工林土壤水分动态的定量研究[J].生态学报,1995,15(2):178—184.
- [12] 邱扬,傅伯杰,王军,等.黄土丘陵小流域土壤水分的空间异质性及其影响因子[J].应用生态学报,2001,12(5):715—720.

《水土保持通报》第四届编委会成员名单

编委会主任

李 锐 中国科学院水利部水土保持研究所 所长 研究员

编委会副主任

刘 震 水利部水土保持司

郭索彦 水利部水土保持监测中心

刘国彬 中国科学院水利部水土保持研究所

王 修 中国科学院水利部水土保持研究所《水土保持通报》编辑部

编委成员(按姓氏笔划排序)

卜崇德	山 仑	于振江	马为民	马志尊	王 鑫	王彦成	王海宁	王建林
王 修	王丽槐	田均良	史学正	朱显谟	冯明汉	安芷生	刘昌明	刘宝元
刘国彬	刘 震	李 锐	李占斌	李相玺	李 靖	李日生	李定强	李胜利
李智广	邵明安	吴发启	吴普特	张效武	张信宝	张建华	张殿发	陈循谦
赵其国	赵光耀	周伏建	周万龙	郭索彦	范允安	唐克丽	景 可	章明奎
程国栋	崔中兴	蔡建勤	Chir-hua Huang(美国)	D. E. Walling(英国)	D. A. Lobb(加拿大)			
Robert Horton(美国)		T. A. Quine(英国)						