

一种新型人工降雨入渗实验系统研制

杨默远¹,王中根²,潘兴瑶¹,刘昌明²

(1.北京市水科学技术研究所,北京 100048;

2.中国科学院地理科学与资源研究所,陆地水循环及地表过程重点实验室,北京 100101)

摘要:人工降雨入渗实验是产流过程与机理研究的重要手段之一。为了提高人工实验观测的精度和可靠性,通过技术升级改造,研制了一种新型人工降雨入渗实验系统,主要包括下垫面系统、人工降雨系统和数据观测记录系统三部分。开展了25场人工降雨入渗实验对该系统的各项指标和功能进行验证。并用Horton下渗公式对各场次下渗过程线进行拟合,各场次的拟合结果良好,均方根误差小于0.15,相关系数和纳西效率系数分别在0.97和0.95左右。研究结果表明该系统在降雨时间过程的平稳性与空间分布的均匀性、流量观测的精度与时间分辨率、系统的自动化程度与便携性等方面表现优异,能够为降雨入渗产流机理研究提供重要的技术支撑。

关键词:水文实验;降雨入渗;产流过程;实验系统

中图分类号:P334.2

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)01-0039-07

1 引言

受地表特征^[1-2]、土壤特征^[3]、降雨特性^[4]和前期土壤含水量条件^[5-6]等多种因素影响^[7-8],降雨入渗产流过程十分复杂,一直以来都是水文学研究的难点与核心问题之一,并贯穿水文学的发展^[9-15]。人工降雨入渗实验是开展产流研究的重要手段之一,早在20世纪30年代Horton基于入渗实验提出了著名的超渗产流机理及下渗能力曲线,为入渗机理研究奠定了基础^[10, 16-17]。20世纪70年代,刘昌明等利用自主研发的便携式人工降雨器,在野外不同下垫面类型与土壤湿度条件下进行了数百场人工降雨入渗产流实验,得到了考虑降雨、前期土壤含水量和土地利用类型的下渗计算公式,为资料稀缺地区小流域暴雨径流计算与预报做出了打下了良好基础^[13, 18]。人工降雨入渗产流过程的水文实验一般可为两种:一种是野外径流小区和小流域的综合观测;另一种是室内坡面和点尺度的产流过程精细观测。野外实验观测可研究各要素对产流过程的综合作用,更加接近自然状态但较为宏观,难以

定量分离各要素对产流过程的影响;室内实验可以针对不同研究目的,设计并控制理想的实验条件,精确观测各产流关键变量(地表径流、壤中流、地下径流、土壤含水量等)的变化过程^[15, 19-29],有助于产流入渗过程与机理的认识,是水文基础研究不可缺少的技术支撑。

目前实验技术与观测手段的不断发展,为实验系统的改进与完善提供了基础。当前有必要在应用先进仪器设备与开发新的观测手段的基础上,设计开发一套更为理想的人工降雨入渗实验系统,以提高人工降雨器的稳定性、均匀性与控制精确性,流量与土壤含水量观测的精度与时间分辨率,实验系统的便捷性、可靠性及自动化程度,为获取入渗产流过程中更加细节的数据和信息提供保障,促进产流入渗机理的研究。

2 实验系统

从科研实际需要出发,本文设计了一种新型室内人工降雨入渗产流实验系统,用于研究土壤类型、土地覆被、前期土壤含水量和雨强等因素对产流过程的影响,主要包括下垫面系统、人工降雨系统和数据观测记

收稿日期:2016-02-18

基金项目:国家自然科学基金项目(41301019);北京市科委重大项目(D161100005916003);国家自然科学基金项目(41330529,41271048)

作者简介:杨默远(1989-),男,河南开封人,博士,主要从事水文水资源研究。E-mail:ymoyuan@163.com

通讯作者:潘兴瑶(1980-),男,河北邢台人,博士,高级工程师,主要从事城市水文学研究。E-mail:041087@163.com

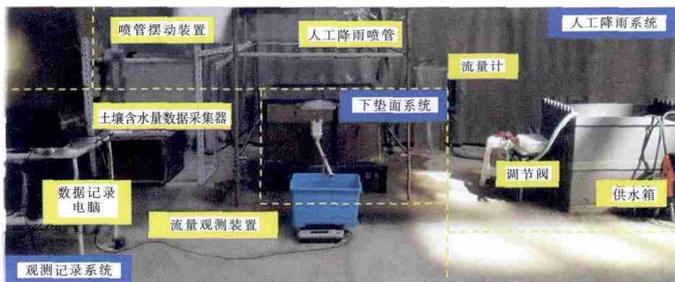


图1 实验系统实物图

Fig.1 The objects of the experimental system

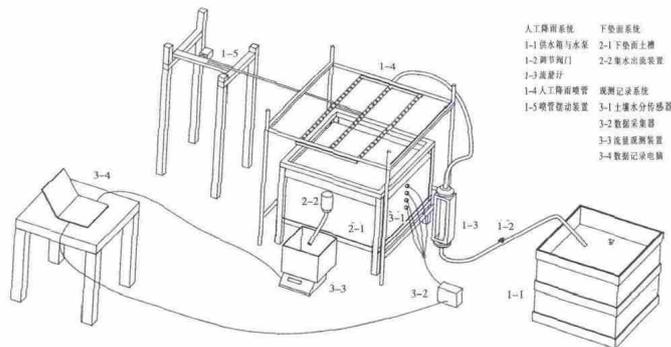


图2 实验系统示意图

Fig.2 Schematic diagram of the experimental system

录系统(见图1,图2)。

2.1 下垫面系统

下垫面系统包括土槽与土体。下垫面土槽的主体由一个有机玻璃箱构成,其底面为边长1m的正方形,高度为0.7m,四角由立柱支撑,离地高度0.3m,便于土槽的移动和土体的排水(见图2,2-1)。土槽侧壁选用机玻璃材质,便于观察整个土体状况和湿润锋转移情况,有机玻璃板的厚度为8mm,四周由不锈钢角铁加固,保证了土槽整体强度。土槽底部为孔径2cm的方形高强度不锈钢网,上覆200目筛网,既保证了底面的承重,又可以在整个土体水分饱和时充分排水。在侧壁上预留了土壤水分传感器数据线所需圆孔,直径15mm。在土槽下游设有集水出流装置,地表积水溢流进塑料瓶,再通过水管引流以便测量,这样可以有效的避免地表径流对出口处土体的冲刷侵蚀(见图2,2-2)。

下垫面土体类型可根据研究目的进行选择,可选用均质或分层土壤进行装填,并且可以在土体表面设

置不同的地形、植被类型等条件,从而研究各要素对入渗产流过程的影响。在本文对实验系统的验证中,下垫面土质地均一,为北京市大兴区的天然沙壤土,且在填土前过筛以去除杂质。选用沙壤土是因为其黏粒含量较少且下渗能力适中,具有代表性。烘干后用排水法测得的干土密度为 $2.83\text{g}/\text{cm}^3$ 。用激光粒度仪测试实验用土,得到其粒径分布,表现为明显的单峰分布,平均粒径为 $89\mu\text{m}$ (见图3a)。

土体装填时采用分层装填的方法,每10cm为一层,进行压实和打毛处理后装填下一层。装填过程中,在对应深度的中心位置埋设土壤水分传感器。填土深度为50cm,土体表面压实后找平,修出很小的坡度(小于 3°),使得出口处土体表面略低于土体上游,保证产流过程形成的地表径流从出口处顺利流出。用环刀对装填完成的土体进行取样,烘干法测得的土壤容重为 $1.64\text{g}/\text{cm}^3$,孔隙度为0.41,用离心机测得的土水曲线结果见图3b。

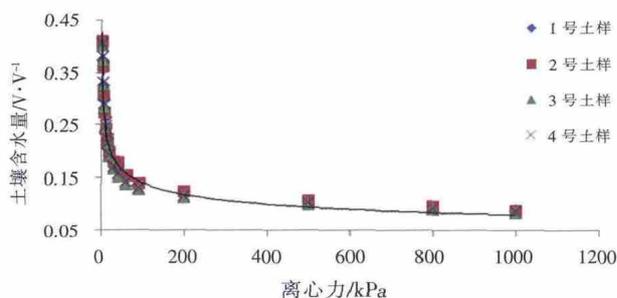
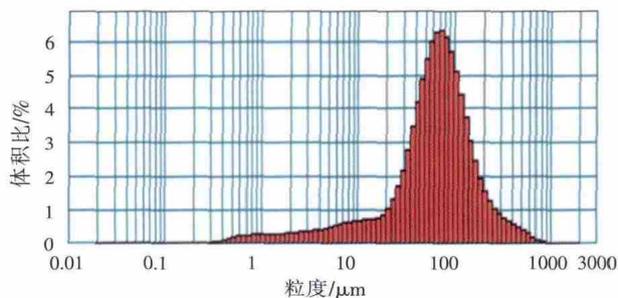


图3 实验用土粒径分布图(a)和土水曲线(b)

Fig.3 Particle size distribution of the experimental soil (a) and soil-water characteristic curve (b)

2.2 人工降雨系统

本实验采用的人工降雨模拟系统,是在中国科学院地理科学与资源研究所刘昌明团队自主研发的针管桁架式降雨模拟装置的基础上改进而成的。主要包括

以下子系统:

(1)供水系统(见图2,1-1):供水系统主要由直流水泵和减压阀组成。所选用的水泵额定电压12V,功率恒定为120W,扬程可达5m,最大流量为1.5t/h,保证

了降雨所需的最大水压和流量;减压阀能够在管道流量较大时消减可能产生的水压波动,保证供水量的稳定。这一供水系统在供水量稳定的基础上,实现了供水量的快速调节,且设备便携,自动化程度高。

(2)雨强调节系统(见图2,1-2、1-3、1-4):采用玻璃转子流量计结合旋转式截止阀的方法直接控制雨强,流量计的量为100~1000L/h,分度值为20L/h。根据雨强大小选择合适的喷头种类,选用工业上标准规格的不锈钢点胶针头作为降雨器喷头,保证了喷头的品质与通用性。本次实验所使用的喷头如表1所列,适用于30~500mm/h的雨强。

表1 人工降雨系统所用喷头规格

Table1 Specification of the spray nozzles for artificial rainfall system

规格	内径/mm	颜色
16G	1.25	黑色
18G	0.84	绿色
19G	0.75	白色
20G	0.60	粉红色
21G	0.51	紫色
22G	0.41	蓝色
23G	0.34	橙色

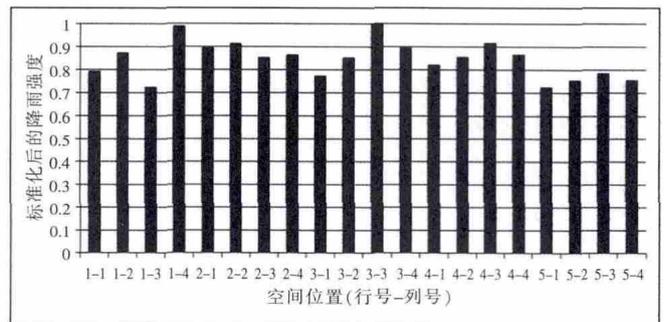
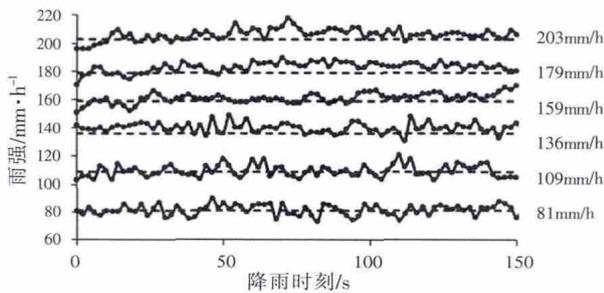


图4 雨强时间过程平稳性(a)和空间分布均匀性(b)标定结果

Fig.4 Calibration of time course stability (a) and spatial uniformity (b) of rainfall intensity

2.3 数据观测记录系统

2.3.1 高精度测流系统

小流量坡面漫流的测量是水文实验径流观测中的一大难题,针对本次实验,研制开发了一套新的径流收集与观测系统(见图2,3-3、3-4)。在土槽下游与土体表面高度一致的位置设有溢流口,当产流发生时,土体表面形成积水层,高于土体表面的地表径流迅速溢流进集水装置中,通过水管流入放置于电子秤上的集水箱内,各时刻电子秤测得的累计径流重量数据通过串口线传输到电脑,并通过定制的VB程序实现数据的自动记录。流量数据记录的时间间隔为1s,精确到1cm³/s。

(3)喷管摆动系统(见图2,1-5):人工降雨器用3个喷管喷水来模拟自然界降雨,通过喷管摆动实现降雨空间分布的均匀性。本试验系统利用步进电机滑台带动喷管,保证了喷管摆动的范围、周期、速度的自动控制。

在人工降雨系统调试完成后,对其进行标定与验证工作:①雨强时间过程的平稳性:在土槽上覆盖塑料布,收集并测量各时刻的降雨量,各雨强条件下的降雨过程线如图4a所示,在选择合适喷头类型的前提下,降雨过程线比较平稳,波动范围小于±10%,较为理想;②雨强空间分布的均匀性:在降雨区内均匀放置20个小桶(4排、5列),收集不同位置的降雨,降雨过程结束后,称量各桶中的水量,进而定量雨强的空间分布,结果如图4b所示,降雨的空间分布均匀,波动范围小于±10%,较为理想。

综合起来,这套人工降雨系统,自动化程度较高,雨强调节准确便捷,雨强的时间平稳性和空间分布均匀性较高。能满足大多数室内和野外小型人工降雨实验的需求。

电子秤的量为30kg。

该地表径流测定记录系统较传统的体积法测流(借助量筒或者水位计),具有以下优点:①数据连续,时间间隔短(1s),传统的用量筒测体积方法得到的数据不连续,数据间隔较长(几分钟);②数据波动小,传统的测水位推求流量的方法,由于不可避免的水位波动会造成数据的波动较大;③数据精度高,数据精度为1cm³/s,高于传统方法;④数据自动采集与记录。

2.3.2 土壤含水量测定系统

在本实验条件下,实验结束时湿润锋所能到达的

深度小于 20cm,因此为了获取分层土壤含水量变化过程,在土体的表层和深度为 5、10、15 和 20cm 处共布设了 5 个土壤水分传感器。实时的土壤含水数据(电压值)通过配套的数据采集器记录并传输到电脑,数据采集的时间间隔为 1min(见图 2,3-2,3-4)。在实验开始前需要对土壤水分传感器进行标定,得到土壤含水量与电压的关系。标定结果如图所示,效果较好, R^2 大于 0.9(见图 5)。

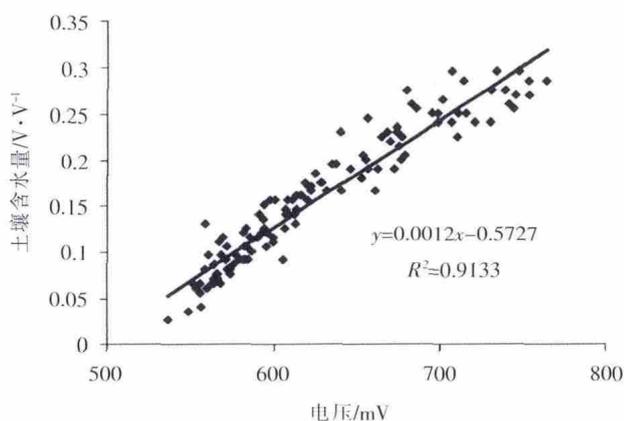


图 5 土壤水分传感器标定结果
Fig.5 Calibration of the soil moisture sensor

3 实验系统验证

3.1 实验数据处理

利用这套实验系统,进行了 25 场均匀雨强条件下裸土下垫面的人工降雨入渗产流实验,雨强的变化范

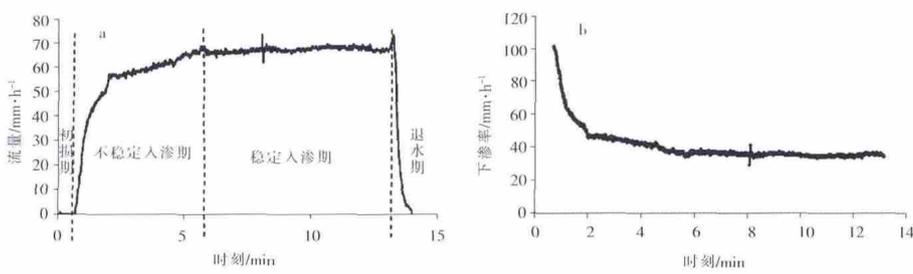


图 7 典型试验场次流量(a)、下渗率(b)和土壤含水量(c)过程线
Fig.7 The flow process (a), infiltration rate (b) and soil moisture (c) of the typical experimental session

3.2 Horton 下渗公式拟合

Horton 公式是水文学中最著名的经验下渗公式,自提出以来得到了广泛的应用与发展^[30-32]。Horton 通过实验数据分析,发现产流过程中土壤下渗率随时间呈指数变化,公式如下:

$$f(t)=f_c+(f_0-f_c)e^{-kt} \quad (1)$$

围为 0.8~3.2mm/min,前期土壤含水量的变化范围为 0.17~0.30(体积土壤含水量),各场次具体的实验条件如图 6 所示。选取一场实验作为典型实验场次(雨强为 1.7mm/min,前期土壤含水量为 0.21),其流量过程线如图 7a 所示,数据时间间隔为 1s。流量过程线包括开始产流前的初损期,开始产流后流量不断增加的不稳定入渗期、流量达到稳定后的稳定入渗期以及降雨停止后的退水期。根据水量平衡,由降雨减去径流求得下渗率,典型场次的下渗率过程线如图 7b 所示,随着产流过程的进行,下渗率不断减少随后趋于定值(稳渗率)。典型实验场次的分层土壤含水量过程线如图 7c 所示,数据时间间隔为 1min。土壤含水量过程线为降雨开始后,5 个深度的土壤水分传感器测得的土壤含水量变化过程。随着降雨过程的进行,各深度土壤含水量依次增加之后趋于饱和。

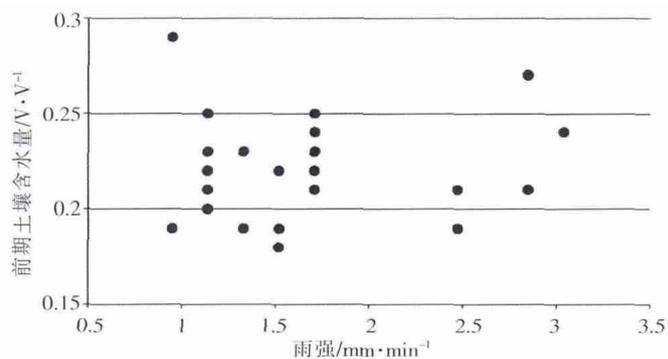
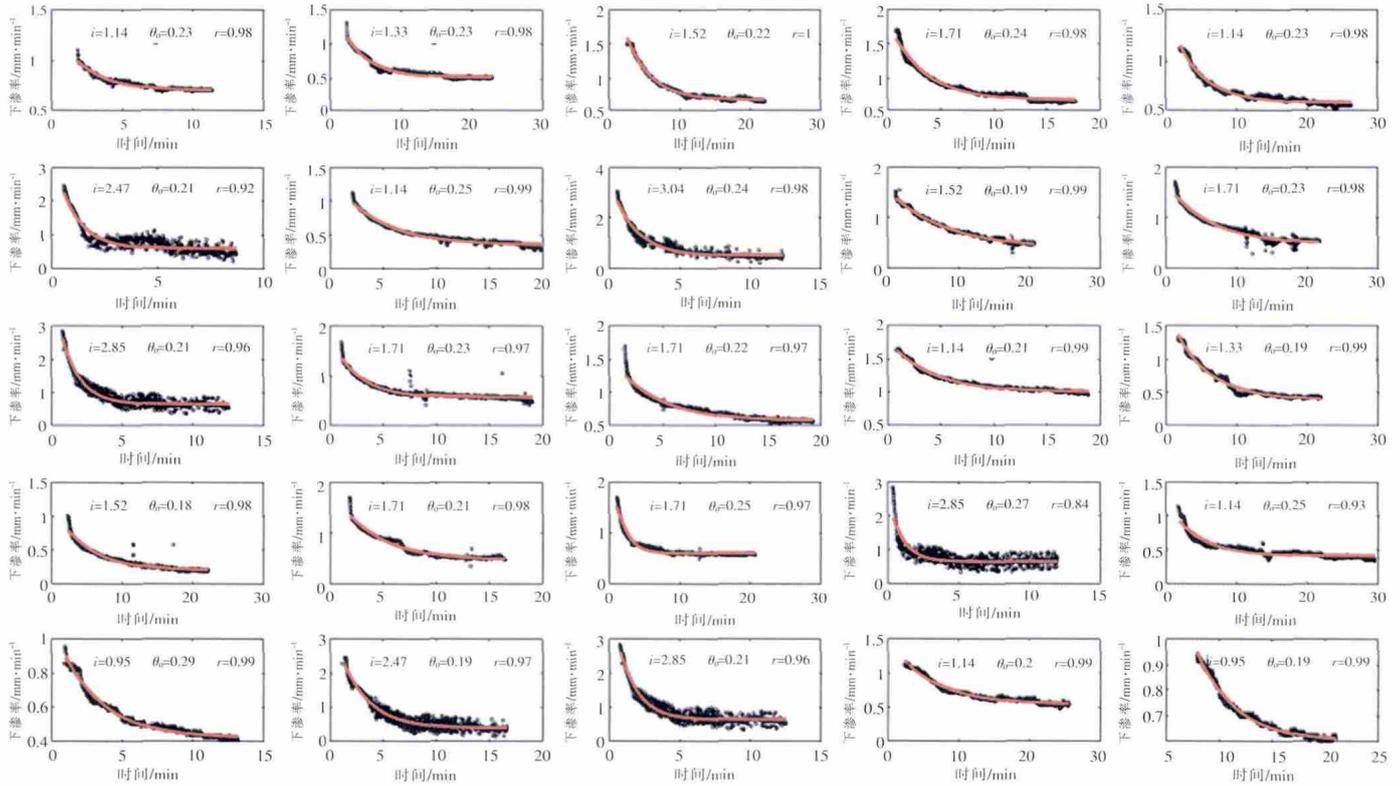


图 6 各场次前期土壤含水量与雨强条件
Fig.6 The antecedent soil moisture and rainfall intensity of the various experimental sessions

式中: $f(t)$ 为 t 时刻的下渗率; f_c 和 f_0 分别为稳定下渗率和初始下渗率; k 为参数。 f_c 、 f_0 和 k 均需率定。

用 Horton 公式对实验数据进行拟合,25 场的下渗率过程线拟合结果如图 8 所示,拟合效果如表 2 所示。整体拟合结果较好,均方根误差小于 0.15,相关系数和纳西效率系数分别在 0.97 和 0.95 左右,并且拟合得到的参数取值满足物理意义。



注: i 为雨强, 单位 mm/min ; θ_0 为前期土壤含水量, 无量纲; r 为拟合结果的相关系数

图 8 下渗过程线拟合结果

Fig.8 The infiltration rate fitting curves

表2 Horton公式参数及拟合效果

Table2 The Horton's infiltration model parameters and fitting results

场次编号	Horton 公式参数			均方根误差	拟合效果	
	初始下渗率 $f_0/\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	稳渗率 $f_s/\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	k		相关系数	纳西效率系数
1	1.35	0.71	0.43	0.02	0.98	0.95
2	1.68	0.53	0.29	0.03	0.98	0.97
3	2.53	0.67	0.28	0.02	1.00	0.99
4	1.82	0.66	0.29	0.04	0.98	0.97
5	1.49	0.58	0.23	0.03	0.98	0.96
6	4.32	0.63	1.26	0.15	0.92	0.85
7	1.38	0.35	0.24	0.03	0.99	0.97
8	3.53	0.54	0.60	0.11	0.98	0.95
9	1.39	0.43	0.23	0.03	0.98	0.96
10	1.66	0.50	0.16	0.05	0.98	0.96
11	3.73	0.80	0.89	0.15	0.91	0.81
12	1.78	0.57	0.38	0.04	0.97	0.94
13	1.56	0.57	0.25	0.04	0.97	0.95
14	1.29	0.51	0.25	0.02	0.99	0.99
15	1.74	0.39	0.20	0.04	0.99	0.98
16	1.63	0.69	0.20	0.03	0.98	0.95
17	1.89	0.47	0.26	0.05	0.98	0.96
18	2.48	0.60	0.65	0.04	0.97	0.95
19	6.12	0.69	2.68	0.14	0.88	0.77
20	1.18	0.42	0.23	0.04	0.93	0.87
21	1.08	0.42	0.34	0.02	0.99	0.98
22	3.52	0.40	0.38	0.11	0.97	0.94
23	4.17	0.65	0.76	0.12	0.96	0.92
24	1.50	0.54	0.17	0.03	0.99	0.97
25	3.49	0.60	0.27	0.01	0.99	0.99

4 结论

水文学的发展在宏观和微观两个尺度上不断深入发展,其中微观尺度上更加强调产汇流过程机理与实验研究。室内人工降雨入渗实验室是研究产流过程与机理的重要手段,为了提高人工实验观测的精度和可靠性,在自主研发的传统人工降雨入渗装置系统基础上,通过技术升级改造,研制了一种新型人工降雨入渗实验系统,主要包括下垫面系统、人工降雨系统和数据观测记录系统三部分。开展了25场人工降雨入渗实验对该系统的各项指标和功能进行了验证。并用Horton下渗公式对各场次下渗过程线进行拟合,各场次的拟合结果良好,均方根误差小于0.15,相关系数和纳西效率系数分别在0.97和0.95左右。研究结果表明该系统在降雨时间过程的平稳性与空间分布的均匀性、流量观测的精度与时间分辨率、系统的自动化程度与便携性等方面表现优异,能够为降雨入渗产流机理研究提供更加准确和可靠的实验数据。

参考文献:

- [1] Philip J. Hillslope infiltration: planar slopes [J]. *Water Resources Research*, 1991,27(1):109-117.
- [2] Ng C., Zhan L., Bao C., et al. Performance of an unsaturated expansive soil slope subjected to artificial rainfall infiltration[J]. *Geotechnique*, 2003,53(2):143-157.
- [3] Helalia A. M. The relation between soil infiltration and effective porosity in different soils [J]. *Agricultural Water Management*, 1993,24(1):39-47.
- [4] Chu S. T. Infiltration during an unsteady rain [J]. *Water Resources Research*, 1978,14(3):461-466.
- [5] Philip J. The theory of infiltration: the influence of the initial moisture content[J]. *Soil Science*, 1957,84(4):329-340.
- [6] McDowell R., Sharpley A. The effect of antecedent moisture conditions on sediment and phosphorus loss during overland flow: Mahantango Creek catchment, Pennsylvania, USA [J]. *Hydrological Processes*, 2002,16(15):3037-3050.
- [7] 刘贤赵, 康绍忠. 降雨入渗和产流问题研究的若干进展及评述 [J]. *水土保持通报*, 1999,19(2):60-65. (LIU Xianzhao, KANG Shaozhong. Some developments and review of rainfall-infiltration-runoff yield research[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1999,19(2):60-65. (in Chinese))
- [8] Singh V. P., Woolhiser D. A. Mathematical modeling of watershed hydrology[J]. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2002,7(4):270-292.
- [9] Green W. H., Ampt G. The flow of air and water through soils[J]. *J Agric Sci*, 1911,4(1):1-24.
- [10] Horton R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle[J]. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 1933,14 (1):446-460.
- [11] Philip J. The infiltration equation and its solution[J]. *Soil Science*, 1957,83(5):345-358.
- [12] Musgrave G., Holtan H. *Handbook of Applied Hydrology* [M]. McGraw-Hill, New York. 1964.
- [13] Liu C., Wang G. The estimation of small watershed peak flows in China[J]. *Water Resources Research*, 1980,16(5):881-886.
- [14] 芮孝芳. 关于降雨产流机制的几个问题的讨论 [J]. *水利学报*, 1996,(9):22-26. (RUI Xiaofang. Discussion of some problems on mechanism of runoff yield [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1996,(9):22-26. (in Chinese))
- [15] Ran Q., Su D., Li P., et al. Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion [J]. *Journal of Hydrology*, 2012,424:99-111.
- [16] Horton R. E. Analysis of runoff plat experiments with varying infiltration-capacity [J]. *Transactions American Geophysical Union*, 1939,20(4):693-711.
- [17] Horton R. E. An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1941,5(C):399-417.
- [18] 李军,刘昌明,王中根,等. 现行普适降水入渗产流模型比较研究: SCS与LCM[J]. *地理学报*, 2014,69(7):926-932. (LI Jun, LIU Changming, WANG Zhonggen. Two universal runoff yield models: SCS vs. LCM[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014,69(7):926-932. (in Chinese))
- [19] 唐海行, 张和平. 人工降雨条件下土柱入渗的实验研究 [J]. *水文*, 1987,(2):1-7. (TANG Haixing, ZHANG Heping. Study on infiltration into soil column under simulated rainfall[J]. *Journal of China Hydrology*, 1987,(2):1-7. (in Chinese))
- [20] 余新晓,陈丽华. 人工降雨条件下的入渗实验研究 [J]. *水土保持学报*, 1989,3(4):15-22. (YU Xinxiao, CHEN Lihua. Study on infiltration under simulated rainfall [J]. *Acta Conservation Soil Et Aquae Sinica*, 1989,3(4):15-22. (in Chinese))
- [21] 李刚. 降雨入渗实验研究——黄土高原坡地改良基础研究之一[J]. *地理研究*, 1994,13(3):115. (LI Gang. Experimental study on rainfallinfiltration—one of the fundamentals of hillslope amelioration in Loess plateau[J]. *Geographical Research*, 1994,13(3): 115. (in Chinese))
- [22] 唐海行,苏逸深,刘炳敖. 土壤包气带中气体对入渗水流运动影响的实验研究[J]. *水科学进展*, 1995,6(4):263-269. (TANG Haixing, SU Yishen, LIU Bing'ao. Laboratory study for influence of air on the infiltration flow in the soil unsaturated zone [J]. *Advances in Water Science*, 1995,6(4):263-269. (in Chinese))
- [23] 袁建平,蒋定生,文妙霞. 坡地土壤降雨入渗试验装置研究[J]. *水土保持通报*, 1999,19(1):27-30+45. (YUAN Jianping, JIANG Dingsheng, WEN Miaoxia. Research on rainfall penetration testing device of slopeland [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1999,19(1):27-30,45. (in Chinese))
- [24] 邵明安,王全九, Horton R. 推求土壤水分运动参数的简单入渗法—

- .实验验证[J]. 土壤学报, 2000,37(2):217-224. (SHAO Ming'an, WANG Quanju, ROBERT Horton. A simple infiltration method for estimating soil hydraulic properties of unsaturated soils . experimental results[J]. Acta Pedologica Sinica, 2000,37(2):217-224. (in Chinese))
- [25] 汪志荣,王文焰,王全九,等. 点源入渗土壤水分运动规律实验研究[J]. 水利学报, 2000,(6):39-44. (WANG Zhirong, WANG Wenyan, WANG Quanju, et al. Experimental study on soil water movement from a point source [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000,(6):39-44. (in Chinese))
- [26] 李毅,邵明安. 人工草地覆盖条件下降雨入渗影响因素的实验研究[J]. 农业工程学报, 2007,23(3):18-23. (LI Yi, SHAO Mingan. Experimental study on influence factors of rainfall and infiltration under artificial grassland coverage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007,23(3):18-23.(in Chinese))
- [27] 王春颖,毛晓敏,赵兵. 层状夹砂土柱室内积水入渗试验及模拟[J]. 农业工程学报, 2010,26(11):61-67. (WANG Chunying, MAO Xiaomin, ZHAO Bing. Experiments and simulation on infiltration into layered soil column with sand interlayer under ponding condition [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010,26(11):61-67. (in Chinese))
- [28] 王建新,王恩志,王思敬. 降雨自由入渗阶段试验研究及其过程的水势描述[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2010,50(12):1920-1924. (WANG Jianxin, WANG Enzhi, WANG Sijing. Potential description of rainfall free infiltration phase [J]. Journal of Tsinghua University(Science and Technology), 2010,50(12):1920-1924. (in Chinese))
- [29] 包含,侯立柱,刘江涛,等. 室内模拟降雨条件下土壤水分入渗及再分布试验[J]. 农业工程学报, 2011,27(7):70-75. (BAO Han, HOU Lizhu, LIU Jiangtao, et al. Experiment on process of soil water infiltration and redistribution under simulated rainfall [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011,27(7):70-75. (in Chinese))
- [30] Philip J. R. Sorptivity and algebraic infiltration equations [J]. Soil Science, 1957,84(3):257-264.
- [31] BAUER S. W. A modified Horton equation for infiltration during intermittent rainfall [J]. Hydrological Sciences Journal, 1974,19(2): 219-225.
- [32] Zhenghui X., Fengge S., Xu L., et al. Applications of a surface runoff model with Horton and Dunne runoff for VIC [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2003,20(2):165-172.

Research and Development of A New Artificial Rainfall-infiltration Experiment System

YANG Moyuan¹, WANG Zhonggen², Pan Xingyao¹, LIU Changming²

(1. *Beijing Water Sciences and Technology Institute, Beijing 100048, China;*

2. *Key Laboratory of Water Cycle & Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)*

Abstract: Artificial rainfall-infiltration experiment is an important study means of runoff process and mechanism. In order to improve the accuracy and reliability of artificial experimental observation, through technological upgrading, this paper developed a new type of artificial rainfall-infiltration experiment system, including three parts of underlying surface system, artificial rainfall observation system and data recording system. 25 artificial rainfall-infiltration experiments were conducted to verify indicators and features of the system. And Horton's infiltration model was employed in infiltration process line fitting of each experimental session. The fitting result is good, the root mean square error is less than 0.15, the correlation coefficient and Nash efficiency coefficient is about 0.97 and 0.95, respectively. The results show the excellent performance of the system in stability on the time course and spatial uniformity of rainfall, accuracy and time resolution of flow observation, automation degree and portability, which can provide important technical support for rainfall infiltration runoff mechanism research.

Key words: hydrological experiment; rainfall infiltration; runoff process; experimental system