

文章编号: 1000-2022(2002) 05-0625-08

不同下垫面条件下土壤含水量时空变化特征的对比分析

谢志清¹, 裕国¹, 刘晶淼²

(1. 南京气象学院 环境科学系, 江苏 南京 210044; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘 要: 根据淮河三站 1998-05-21—08-31 逐日土壤水分 6 层观测资料和黑河 1991-06-20—08-21、1990-12-17—1991-02-15 逐日土壤水分 4 层观测资料, 分析了邻近绿洲的沙漠区、河网区(湿润区)几种典型下垫面土壤水分含量的时空变化特征。结果表明, 不同类型的下垫面条件下, 夏季土壤水分在湿润研究区呈明显的单峰偏态分布, 且以 β 分布拟合效果为最好; 而在邻近绿洲的沙漠研究区则呈多峰分布, 冬季呈 Γ 分布, 且湿润的研究区域夏季土壤水分在时间上呈显著的 10 ~25 d 的周期变化。

关键词: 土壤水分含量; 沙漠; 绿洲; 湿润研究区; 时空变化特征

中图分类号: P461.4 **文献标识码:** A

土壤湿度在陆面水文过程的参数化中始终是一个非常重要而又难以量化的因子^[1]。目前, 气候模式中有关陆面物理过程模式最为严重的缺陷之一就是次网格尺度的各种非均匀性。在非均匀地表条件下, 土壤表层水分分布的空间变率相当大, 即使在同一种下垫面条件下, 土壤水分分布的不均匀性也普遍存在。然而, 长期以来, 由于土壤水分观测资料的匮乏以及土壤水分时空分布具有相当大的变率的特点, 人们对于土壤水分大范围时空分布特征的研究工作开展得很少, 大多数学者仅根据少数试验点的观测资料研究局地范围内土壤水分的时空变异特征^[2-6], 对于大范围非均匀地表条件下, 土壤湿度时空分布类型及其变化规律的研究一直是一个薄弱环节。基于上述情况, 目前大多数陆面过程模式都假设土壤水分在水平方向为均匀分布, 但实际上, 根据观测资料发现, 土壤含水量具有明显的各向异性的特点, 甚至在小到 10 m² 的面积上也呈现明显的空间变异性^[7]。因此, 系统地分析非均匀下垫面条件下, 土壤水分的时空分布特征对于陆面过程水分循环或水文过程参数化有着极其重要的意义。

本文利用统计学的方法分析不同地区的几种典型下垫面条件下土壤表层水分的时空分布特征。比较土壤含水量时间分布类型、空间分布特征以及土壤水分随时间的演变规律。

1 资料与分析方法

1.1 资 料

(1) 本文根据淮河流域能量与水循环试验(HUBEX)项目外场观测试验区所得 1998 年 5

收稿日期: 2001-12-06; 改回日期: 2002-04-09

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 49899270; 国家重点基础研究发展规划项目 G1998040911

第一作者简介: 谢志清(1977-), 男, 四川资阳人, 硕士, 研究方向: 陆面水文过程参数化。

月 21 日到 1998 年 8 月 31 日淮河史灌河流域土壤水分的加密观测资料(逐日资料),及中国科学院黑河综合试验区所得 1991 年 6 月 20 日到 1991 年 8 月 21 日、1990 年 12 月 17 日到 1991 年 2 月 15 日半小时一次的沙漠及干旱区土壤水分资料,作为研究湿润区与沙漠干旱区典型下垫面条件土壤水分时空分布的观测资料基础。

(2) 史灌河是淮河流域南部的重要分支,淮河流域能量与水循环试验工作中,将其作为特别观测试验区^[3]。其中安徽梅山、河南鲇鱼山和蒋集三个站分布在史灌河流域的不同地段上。黑河试验区位于河西走廊黑河流域中段,年降水量 150 mm 以下,属于寒温带干旱气候区,它西南靠祁连山、北东部邻近沙漠、戈壁,是山区气候与极干旱气候的过渡带^[8]。本文所选资料的观测点位于邻近绿洲的沙漠地区,夏季土壤水分受绿洲影响大,冬季绿洲植被枯萎,地表状况单一。

1.2 分析方法

一般地说,一地土壤湿度的变化过程具有振幅域、时间域、频率域和垂直一维空间域(不同深度的土层)等变化分量。为此,本文采用如下一些分析方法。

(1) 振幅域的概率分布模式拟合

研究表明,不同深度土层的含水量变化过程的振幅域大多并非对称分布。因此,分别对其拟合相应的非正态概率分布模型较为适当,其试验的概率分布模型有^[9]:) Weibull 分布模式;) β 分布模式;) Γ 分布模式。这三种概率模型都可用矩估计法或其他方法(如极大似然法)估计其参数。具体公式参阅文献[9]。

(2) 时频域的滤波与功率谱分析

研究表明^[8],土壤含水量序列具有高度的自相关,且随着时间的变化呈现出多周期变化趋势。为了能提取出资料系列中的主周期,可对原序列进行分段滤波,分析各频率段对原序列贡献大小,从而识别出原序列中的主周期。对土壤水分时间序列变化曲线的初步分析中可大致估计其主周期长度,在此基础上,采用如下带通滤波器(中心频率为 $1/25 \text{ d}^{-1}$,周期在 12.5 ~ 50 d)

$$H(f) = \begin{cases} 0, & 0 < f < 1/50; \\ 0.5 + 0.5\cos(50\pi f), & 1/50 \leq f < 1/25; \\ 0.5 - 0.5\cos(25\pi f), & 1/25 \leq f < 2/25; \\ 0, & 2/25 \leq f < 1/2. \end{cases} \quad (1)$$

分别对各组(外场土壤水分观测站)土壤含水量时间序列做带通滤波分析。与此同时,对其进行功率谱及最大熵谱分析,从中提取土壤含水量的时频域特征。

2 不同下垫面条件下土壤水分的时域变化特征

由观测资料可见,土壤水分随时间振动的振幅有其特定的分布律(即服从一定的概率密度函数,简称 PDF,下同)。根据观测资料,在同一地区的研究站点的各层土壤中,水分呈明显的正(负)偏态分布,在同一层上不同站点的土壤含水量也呈明显的正(负)偏态分布。文中用 β 、Weibull 和 Γ 分布函数拟合各层土壤水分的 PDF 曲线,就三种分布函数的拟合效果比较而言,推断各地区各层土壤含水量服从的分布类型,进而比较不同下垫面条件下的土壤水分随时间的分布类型的异同点。

(1) 湿润研究区(夏季)

根据实际资料用矩估计法计算两种分布模式的分布密度函数参数列于表 1 中:除梅山站

的 60 cm 层之外, 两种分布模式的拟合结果都通过了 0.05 的显著性检验(检验方法为柯尔莫哥洛夫检验法)。在两种模拟模式中, β 分布模式的模拟结果与样本实际概率偏差的方差明显比 Weibull 分布模拟的小, 理论分布与实际分布的最大偏差也小, 可以认为南方湿润研究区土壤含水量的时间分布模型服从 β 分布。从三个站同一时段的分布密度参数来看存在较大的差别, 梅山和鲇鱼山的 0 cm、15 cm 层的土壤水分呈正偏态($\alpha < \beta$), 30 cm 以下的土壤水分呈负偏态($\alpha > \beta$), 而蒋集从地表开始就呈现负偏态($\alpha > \beta$), 同一研究区域土壤水分量值在空间水平的分布存在明显差异; 这与各站的土壤质地、地下水位有很大的关系, 蒋集的观测场地位于潮土分布区, 该区土壤中流沙与胶泥层层叠叠, 土体疏松, 空隙度大, 土壤含水量也较大, 梅山观测场的土壤空隙度与蒋集相仿^[2], 故土壤含水量随时间分布规律基本相同; 但三站土壤含水量的时间分布类型相同, 从垂直变化来看, 频数峰值有一个逐步向右偏的过程, 即土壤含水量各层的众数在观测范围内(0 ~ 90 cm) 随深度增加而增加。

表 1 不同深度土壤含水量 PDF 参数估计结果对比

Table 1 PDF parameters of soil moistures in different depths

深度/ cm	形状参数 α		尺度参数 β		误差均方差		
	Weibull	β	Weibull	β	Weibull	β	
梅山	0	2.057	2.017	15.826	2.486	0.235	0.148
	15	1.952	1.529	13.432	1.463	0.267	0.067
	30	2.044	1.762 ¹⁾	13.410	1.753 ¹⁾	0.315	0.123
	45	2.176	2.022	13.448	2.002	0.487	0.281
	60	2.185	1.965	14.092	1.877	0.495	0.281
	90	2.4035	2.206	17.936	1.970	0.458	0.275
鲇鱼山	0	1.571	1.075	12.336	1.253	0.173	0.042
	15	1.443	0.926	10.614	1.122	0.402	0.147
	30	2.360	2.185 ¹⁾	15.301	1.956 ¹⁾	0.274	0.128
	45	2.543	2.579	14.995	2.304	0.251	0.117
	60	4.153	4.321	16.469	2.033	0.132	0.078
	90	4.314	5.457	14.928	3.056	0.570	0.468
蒋集	0	2.574	1.979 ¹⁾	23.312	1.348 ¹⁾	0.320	0.108
	15	2.860	1.705	25.617	0.782	0.518	0.136
	30	2.633	1.462	23.814	0.701	0.915	0.370
	45	3.451	2.617	24.425	1.173	0.507	0.223
	60	2.716	1.719	21.741	0.878	0.624	0.238
	90	3.070	2.317	22.853	1.201	0.363	0.115

1) 表示从本层开始向下的各观测层土壤水分呈负偏态($\alpha > \beta$)。

(2) 邻近绿洲的沙漠研究区(冬、夏季)

根据资料计算得出邻近绿洲的沙漠地区研究区冬季土壤含水量的时间分布模型服从 Γ 分布(表 2), 夏季则呈多峰分布状态(表略)。冬季土壤含水量随时间分布均左偏, 随着深度增加, 频数峰值先右移然后左偏, 80 cm 处几乎为正态分布。与夏季呈多峰分布有很大差别。这与冬夏季的下垫面状况和周围环境变化有关。沙漠研究区地下水位较深, 地下水补给可以忽略,

夏季离观测点不到 2 km 有绿洲存在, 由于绿洲的调节作用, 在一段时间内, 土壤水分呈现从一个平衡态过渡到另一个平衡态, 从而使得夏季在该地区的土壤水分呈多峰状态分布。此外, 胡隐樵等指出, 近绿洲的沙漠地区近地层空气湿度出现逆湿现象, 水汽向下输送^[11-12], 使得表层沙质土壤湿度增加, 加上土壤表层水分水平通量较深层大和温度梯度变化的影响, 土壤水分与近地层空气湿度一样出现逆湿现象。冬季植被枯萎, 观测点所在沙漠地表状况单一, 基本是裸土, 土壤含水量变化相对平稳, 具有明显左偏单峰型分布。说明干旱地区在基本无降水的情况下(在观测时段内冬夏季均无降水), 下垫面的非均匀性、土壤热通量的变化对土壤含水量的分布类型、量值随时间的变化有着较大的影响。

表 2 邻近绿洲的沙漠研究区冬季土壤水分 Γ 分布密度参数

Table 2 Parameters of Γ -distribution density of soil moisture in desert area in the vicinity of oases

参数	10 cm	20 cm	40 cm	80 cm
α	1.784	5.803	4.089	52.394
β	0.200 5	0.280	0.489	2.601

3 不同下垫面条件下土壤水分的振动频率特征

3.1 湿润研究区(夏季)

土壤表层水分含量始终处于波动之中。揭示这种振荡变化特征, 不但对于计算土壤表层水分通量具有重要意义, 而且对于充分地利用土壤中的水分资源更具有指示意义。文献[10]据试验认为, 土壤含水量序列一般为自相关序列, 从淮河流域的 3 个代表站土壤含水量随时间的变化趋势来看(图 1), 它们确实存在着明显的日际准周期变化。为了提取序列内的准周期信号, 对该序列可作功率谱分析。但是由于土壤表层含水量受下垫面性质影响较大, 尤其是太阳辐射日变化导致不同下垫面土壤加热与放射长波辐射的逐日循环变化的各自特殊性, 并伴随着土壤水分蒸发、潜感热输送等一系列陆面物理过程, 加之降水、地下水位和周围环境的影响, 致使土壤表层水分呈现出既有明显的日变化又迭加着各种日际准周期变化的特征。为了显示土壤水分的日际变化规律性, 必须排除日变化分量的影响。为此, 采用(1)式的带通滤波器首先过滤掉日变化分量。

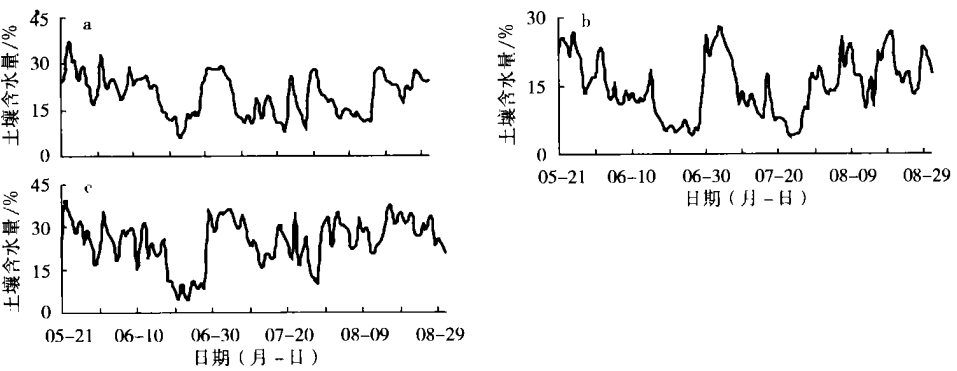


图 1 梅山(a), 鲇鱼山(b)和蒋集(c)3 站地表 0 cm 土壤含水量时间变化曲线

Fig. 1 Temporal variation of soil moisture on surface in Meishan(a), Nianyushan(b) and Jiangji(c)

从图 2 可见, 滤波前的功率谱图中很难识别出该时间序列的主周期, 且功率谱值高值区出

现在波数较小部分, 说明时间序列中主周期较长, 可能有长于该时间序列的周期存在, 通过分析得出该序列为红躁声序列。为了能提取出资料系列中的主周期, 对原序列进行分段滤波, 分析各频率段对原序列贡献大小, 从而识别出原序列中的主周期。从时间序列的变化曲线中可以看出原序列存在 10 ~ 40 d 主周期。文中采用带通滤波器滤出该频率段振动(图 3)。并设中心频率为 $1/25\text{ d}^{-1}$, 周期在 12.5 ~ 50 d。

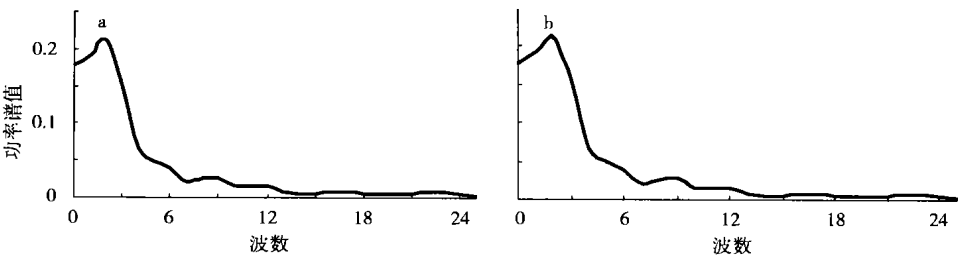


图 2 梅山地表 0 cm 土壤含水量滤波前功率谱
a. 最大后延时间 17 d; b. 最大后延时间 25 d

Fig.2 Power spectrum of soil water content on surface in Meishan before band-pass filtering
a. the maximum lag time is 17 days; b. the maximum lag time is 25 days

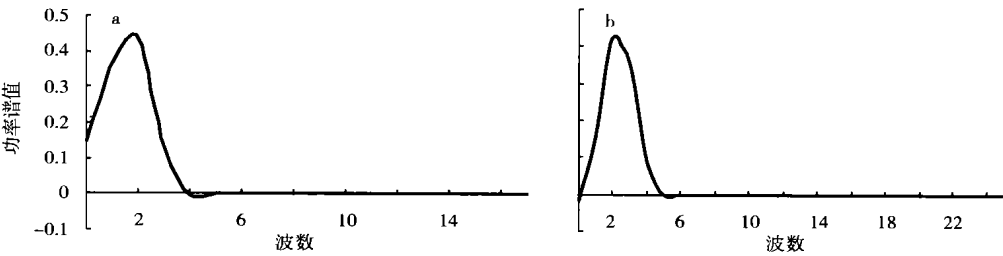


图 3 梅山站地表 0 cm 滤波后土壤含水量的功率谱
a. 最大后延时间 17 d; b. 最大后延时间 25 d

Fig. 3 Power spectrum of soil water content on surface in Meishan after band-pass filtering
a. the maximum lag time is 17 days; b. the maximum lag time is 25 days

将滤波后的谱分析曲线与滤波前的谱分析曲线作一比较可见, 12.5 ~ 50 d 的周期被保留下来, 并基本去除了低于 12.5 d 和高于 50 d 周期的扰动影响。滤波后该时段有显著谱峰值, 与实际序列存在的周期相符, 滤波效果较好。表 3 列出了最大后延为 25 d 的各站显著周期信号(均通过 0.05 显著性检验)。由表 3 可见, 滤波后的最大后延 25 d 功率谱分析表明, 通过 0.05 显著性的周期值在 10 ~ 34 d 之间, 其主周期除鲇鱼山的 60 cm 层为 17 d 外其余均为 25 d, 次主周期为 17 d, 与实际观测资料的周期估计基本相符。为了验证结果的可靠性, 取不同的最大后延(如 10、15、17、18、20 d)分别作功率谱分析, 结果也表明, 主周期仍在 25 ~ 40 d 范围内, 且以 25、34 d 居多。对滤波后的序列作了最大熵谱分析, 也得到同样的结果。

此外, 对原时间序列减去带通时间序列后得的序列做功率谱分析, 同样取不同的最大后延时间, 通过 0.05 显著性的长周期仅蒋集 60 cm 层存在一个 50 d 周期, 短周期为 1 ~ 3 d, 与土壤含水量的日变化特征基本一致, 滤波的效果非常好。根据滤波前的功率谱分析值得到, 时间序列以准三周的周期为主。在这三站土壤含水量的观测期间, 共有 5 次主要降水过程, 分别是 5 月 22—23 日、5 月 31 日、6 月 29 日—7 月 1 日、7 月 28—29 日、8 月 15—16 日^[2], 周期分别

为 8、28 d 左右, 而通过功率谱分析得出的土壤含水量变化的主周期为 25 d, 次主周期为 17 d, 可见研究区域的土壤含水量的变化周期与降水的周期基本一致, 而且 Nash 等人研究表明^[13], 降水对土壤含水量的影响深度至少可达 130 cm; 又依据文献[3] 知该研究区在观测期间地下水位变化不大, 平均深达 82. 15 m, 可以认为在湿润研究区距地面 1 m 深的地表层土壤含水量受地下水位影响较小。因此, 根据该地区的土壤含水量变化的周期与降水周期配合较好这一事实, 得出该地区土壤含水量的可能主要影响因子是降水。

表 3 带通滤波结果(最大后延时间为 25 d, 中心频率为 1/25 d⁻¹)

Table 3 Band-pass filtering with the maximum twenty five days lagged

层数	梅山		鲇鱼山		蒋集		层数	梅山		鲇鱼山		蒋集	
	周期/d	谱值	周期/d	谱值	周期/d	谱值		周期/d	谱值	周期/d	谱值	周期/d	谱值
0 cm	25. 0	0. 401 ¹⁾	25. 0	0. 359 ¹⁾	25. 0	0. 368	45 cm	25. 0	0. 381 ¹⁾	25. 0	0. 339 ¹⁾	25. 0	0. 375 ¹⁾
	16. 7	0. 331	16. 7	0. 252	16. 7	0. 296		16. 7	0. 277	16. 7	0. 243	16. 7	0. 233
	12. 5	0. 092	12. 5	0. 089	12. 5	0. 098		12. 5	0. 089	12. 5	0. 103	12. 5	0. 059
15 cm	25. 0	0. 402 ¹⁾	25. 0	0. 323 ¹⁾	25. 0	0. 378 ¹⁾	60 cm	25. 0	0. 327 ¹⁾	25. 0	0. 218	25. 0	0. 368 ¹⁾
	16. 7	0. 306	16. 7	0. 235	16. 7	0. 270		16. 7	0. 304	16. 7	0. 356 ¹⁾	16. 7	0. 262
	12. 5	0. 084	12. 5	0. 112	12. 5	0. 074		12. 5	0. 140	12. 5	0. 271	12. 5	0. 095
30 cm	25. 0	0. 398 ¹⁾	25. 0	0. 371 ¹⁾	25. 0	0. 374 ¹⁾	90 cm	25. 0	0. 332 ¹⁾	16. 7	0. 313 ¹⁾	25. 0	0. 380 ¹⁾
	16. 7	0. 295	16. 7	0. 216	16. 7	0. 227		16. 7	0. 244	12. 5	0. 286	16. 7	0. 208
	12. 5	0. 083	12. 5	0. 075	12. 5	0. 064		12. 5	0. 109	10. 0	0. 073	12. 5	0. 054

1) 表示该层次的最大谱值。

3. 2 邻近绿洲的沙漠研究区域(冬、夏季)

观测资料表明, 邻近绿洲沙漠的研究区域冬夏季土壤含水量在序列长度内并无显著的长周期, 但土壤含水量随时间有快速的波动增幅趋势, 这可能是因该沙漠观测点靠近绿洲, 处于沙漠和绿洲过渡带和土壤温度梯度变化大的缘故。沙漠地区观测时段内无降水, 地下水位又较深, 土壤含水量变化的主要影响因子可能来自于周围环境土壤水分的水平输送、各土层之间的垂直输送。受温度梯度变化的影响, 夏季在靠近绿洲的过渡带, 来自绿洲的土壤水分的水平通量变化大, 土壤含水量呈突变趋势(图 4)。冬季受绿洲影响较小, 土壤含水量变化相对较平稳, 后期升温, 由于 80 cm 层土壤温度均在零度以上, 在土壤融冻过程中存在向下的温度梯度, 水分向上移动积聚, 土壤水分在除 80 cm 层略降外, 其余呈增加趋势(图 5)。总之, 不论是冬季还是夏季, 在季的时间尺度内该研究区域的土壤含水量并无明显的周期变化, 这与湿润研究区有着显著差别。当然, 本文所取观测点的资料, 未必能完整地代表所有邻近绿洲沙漠地区土壤水分的全部特征, 但它至少部分表明了近沙漠地区下垫面土壤水分的特征。

4 土壤水分的一维空间变化特征

由于观测资料所限, 不可能对土壤含水量的两三维空间特征作出准确的分析。但可对土壤水分的一维空间变化特征进行对比。从表 4 中可以看出, 湿润研究区(如梅山和鲇鱼山站, 夏季)的土壤含水量平均随深度的增加而增加, 蒋集土壤含水量随深度先增加而后略降, 然后再增加, 这与观测点的土壤性质、地下水位和地表覆盖物有关。总体上表明, 湿润研究区的平均土壤含水量随深度的增加而增加。从前面计算的各层土壤含水量变化周期来看, 各层土壤水分

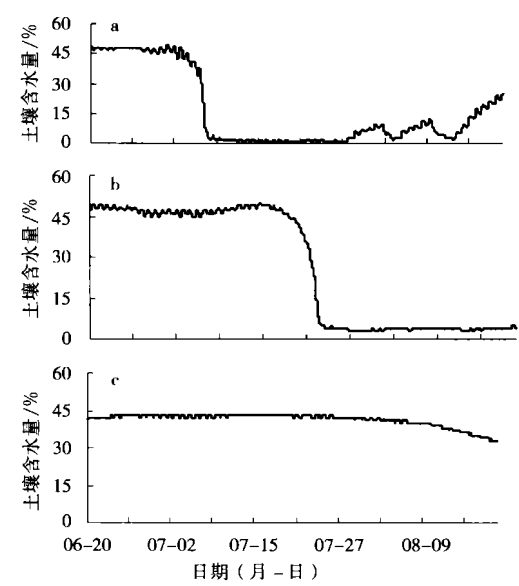


图 4 黑河地区夏季土壤各层含水量随时间变化
a. 10 cm; b. 20 cm; c. 40 cm

Fig. 4 Summer content of soil water in different depths varying with time in Heihe region
a. 10 cm; b. 20 cm; c. 40 cm

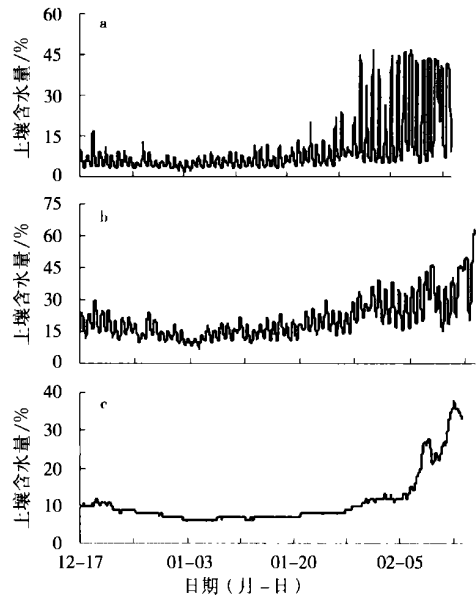


图 5 黑河地区冬季土壤各层含水量随时间变化
a. 10 cm; b. 20 cm; c. 40 cm

Fig. 5 Winter content of soil water in different depths varying with time in Heihe region
a. 10 cm; b. 20 cm; c. 40 cm

并无明显差异,可见在湿润研究区土壤有较为均匀的水分渗透能力。

而在邻近绿洲的沙漠研究区域,情况则较为复杂。冬季 10 cm、20 cm、40 cm 三层土壤水分随时间变化趋势基本一致,80 cm 层在观测时段内一直呈下降趋势,变幅随深度增加而减小。夏季 10 cm、20 cm 层土壤水分随时间变化趋势基本一致,受土壤水分水平通量、土壤热通量影响较大,40 cm 层变幅较小,80 cm 层基本保持常数,前段时期内,沙漠土壤水分随深度出现逆湿现象,这与该地区温度梯度变化和近地层水汽向下输送有关。冬夏季土壤水分随深度先增加后减小,与湿润研究区有明显差异。

表 4 淮河流域(湿润区)三站夏季各层土壤含水量的平均值对比
Table 4 Mean values of soil moisture in different depths in Meishan, Nianyushan and Jiangji of Huaihe River Basin in summer

	0 cm	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm	90 cm
梅山	20.02	22.51	23.58	24.71	25.78	26.30
鲇鱼山	15.08	16.63	19.96	22.11	24.76	26.99
蒋集	24.90	28.63	31.16	30.66	30.03	30.92

5 结论和讨论

(1) 不同下垫面条件下的土壤水分的时空变化规律不相同,本文从实际观测资料出发,发现具有同一下垫面性质的研究区域,土壤含水量在季度时间尺度内具有相同的分布类型,湿润研究区土壤含水量时间变化服从 β 分布,邻近绿洲的沙漠研究区冬季服从 Γ 分布,夏季呈现

多峰状态。(2) 湿润研究区, 夏季各层的土壤含水量功率谱曲线基本相同, 均存在明显的 25 d 左右的主周期。这表明, 该研究区域的土壤含水量随时间变化的周期在夏季存在准三周的周期, 与该地区降水周期基本一致。而邻近绿洲的沙漠研究区冬夏季均无明显周期, 土壤含水量主要受周围环境、土壤水热通量变化的影响。(3) 无论是从功率谱极值还是从频率分布上看, 可以认为湿润研究区土壤水分随时间变化类型相同。(4) 土壤水分垂直变化的幅度和变化趋势在研究区域内存在显著差异, 邻近绿洲的沙漠研究区一段时间内出现逆湿现象。(5) 湿润研究区土壤含水量随时间变化在量值上基本是连续平稳的, 但在邻近绿洲的沙漠研究区夏季则具有某种突变性, 至少现在还不能肯定这种现象在近沙漠地区或近绿洲地区是否普遍存在。

参考文献:

- [1] Shao Yaping, Irannejad Parviz. On the choice of soil hydraulic models in land surface schemes[J]. Boundary-Layer Meteorol, 1999, 90(1): 83-115.
- [2] 彭顺风. 淮河史灌河流域土壤含水量分析[A]. 淮河流域能量与水分循环研究(一)[C]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [3] 徐 慧, 钱名开, 杨民钦. 淮河史灌河流域加密观测主要水文要素初步分析[A]. 淮河流域能量与水分循环研究(一)[C]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [4] 李 毅, 刘建军. 土壤空间变异性研究方法[J]. 石河子大学学报, 2000, 4(4): 331-337.
- [5] 艾里·库, 李良序. 利用土壤水分遥感监测系统分析昌吉地区土壤水分分布特征[J]. 新疆气象, 1996, 19(1): 18-21.
- [6] 马孝义, 李新平, 赵延凤. 土壤含水量的 Kriging 和 Cokriging 估值研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 59-62.
- [7] 夏自强. 土壤水资源特性分析[J]. 河海大学学报, 2001, 29(4): 23-26.
- [8] 汤懋苍, 郑 光. 黑河实验区的自然地理状况及气候背景[J]. 高原气象, 1994, 13(3): 237-245.
- [9] 么枕生, 丁裕国. 气候统计[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [10] 周列宗, 陈志雄, 周凌云, 等. 土壤水分的时序分析研究[J]. 土壤, 1998, 30(4): 188-193.
- [11] 胡隐樵, 左洪超. 黑河实验(HEIFE)研究获重大成果[J]. 中国科学院院刊, 1996, 11(6): 447-451.
- [12] 胡隐樵, 高由禧, 王介民, 等. 黑河实验的一些研究成果[J]. 高原气象, 1994, 13(3): 225-236.
- [13] Nash M S, Wierenga P J, Gutjahr A. Time series analysis of soil moisture and rainfall along a line transect in arid rangeland[J]. Soil Science, 1991, 152(3): 189-198.

Contrast Analysis of Spatial-Temporal Distribution of Soil Moisture of Heterogeneous Surface

XIE Zhi-qing¹, DING Yu-guo¹, LIU Jing-miao²

(1. Department of Environmental Science, NIM, Nanjing 210044, China;

2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: On the basis of observed data, spatial-temporal variation characteristics of soil moistures is studied for several kinds of typical underlying surface in humid area and desert region near oasis. The results show that soil moisture follows a β distribution in the humid area in summer, while it does Γ distribution in the desert area in the vicinity of oasis in winter. It also shows that there exists a periodic variation of soil water content ranging from ten to twenty five days in the humid area in summer.

Key words: soil moisture; desert; oasis; humid area; spatial-temporal variation