

中国土壤湿度的垂直变化特征^{*}

张秀芝 吴迅英

(国家气候中心, 北京, 100081)

何金海

(南京气象学院, 南京, 210044)

摘 要

使用中国 57 个站 1981~2000 年 0~100 cm 的土壤湿度资料, 逐站进行了垂直方向土壤湿度的诊断分析, 根据湿度的垂直分布形态归纳为 3 种主要类型: 夏季均匀型、急剧变化型和季节差异型; 分析土壤湿度的年际变化发现: 多数测站湿度的距平符号在垂直方向是一致的, 变化趋势以长时间持续干和湿以及 3~4 a 振荡周期为主; 进一步对干和湿期土壤湿度和降水量进行合成, 发现湿期和干期的土壤湿度垂直分布多数情况下保持了气候态的基本特征, 湿期减干期的土壤湿度差与降水差有很好的对应关系。

关键词: 土壤湿度, 垂直分布, 年际变化。

1 引 言

土壤水分对土壤生产力和植物的生理活动起着重要作用, 因此不同的土壤湿度状况导致不同的生态系统分布。同时土壤水分可改变土壤的反照率, 影响土壤的热容量。这些变化会引起地表能量收支失衡, 最终导致气候的改变。土壤湿度的作用已被大量的模拟实验所证实, Shukla 和 Mintz^[1] 的对比实验表明, 干、湿土壤对后期降水和气温的影响有较大差异, 其持续期可达几个月; 游性恬等^[2] 也指出, 亚洲春季异常地面湿度对其后 4 个月的气候参数有影响, Yeh 等^[3] 的模拟结果指出, 增加土壤含水量会使降水增加、气温降低; 刘永强和叶笃正^[4] 的模拟结果表明, 土壤湿度变化在短期气候异常的持续过程中起着主导作用, 而土壤热力状况的影响相对较小; 土壤湿度的初值在模式中的记忆时间很长, 对模拟结果影响很大^[5]。遗憾的是目前中国陆面过程模式中关于土壤湿度的参数和初值采用的基本上是国外的观测数据和研究成果, 主要原因是土壤湿度观测起步较晚(1981 年), 对土壤湿度资料的诊断分析近几年才有一些, 如马柱国^[6] 使用 1981~1991 年

中国东部 98 个站的资料分析了土壤湿度变化及其与气候变率的关系, 指出土壤湿度与降水呈正相关, 与气温呈反相关; 深层土壤 40°N 以南逐渐干化, 40°N 以北在变湿。而中国土壤湿度的垂直分布分析方面仍为空白。本文旨在分析土壤湿度的垂直分布特征及其与土壤质地的关系, 揭示土壤湿度垂直分布的年际变化规律及其与降水的关系, 为改善陆面过程模式中土壤湿度参数提供可靠依据, 为短期气候预测提供中国土壤湿度垂直分布的气候背景。

文中使用国家气象中心整理的土壤湿度资料(土壤含水量占干土质量的百分比, %), 资料年代为 1981~2000 年, 共 10 层, 分别是 0~10, 10~20, 20~30, 30~40, 40~50, 50~60, 60~70, 70~80, 80~90, 90~100 cm。中国共 178 个测站, 从中挑选了 10 层资料完整的 57 个站(图 1), 其中绝大部分测站具有 17 a 以上资料, 主要集中在三江平原、松辽平原、黄河中游、新疆西部和黄淮平原; 广西地区的测站(1981~1989 年)、山东和河北的测站(1990~2000 年)较短; 测站分别位于副热带湿润和半湿润, 温带半湿润、半干旱和干旱等气候区内, 涉及黑土、漠土、棕壤土、红壤土等多种类型, 具有较好的代表性。

* 初稿时间: 2003 年 7 月 16 日; 修改稿时间: 2003 年 9 月 15 日。

资助课题: 南京气象学院 KLME 开放试验室, 中国气象局气候研究实验室开放课题。

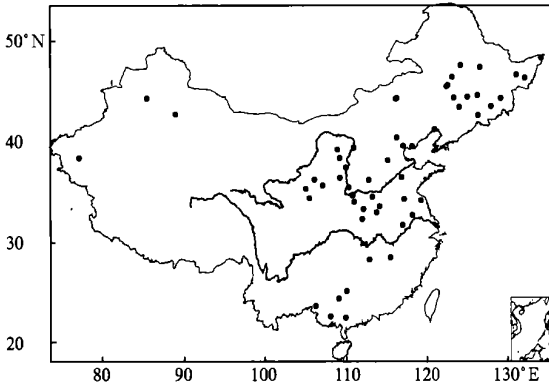


图 1 57 个土壤湿度观测站分布

Fig. 1 57 observational stations of soil moisture at 0~100 cm in China

2 土壤湿度垂直分布类型

考虑到使用资料站点分布不太均匀,因此本节从单站土壤湿度的垂直分布分析入手,按垂直分布特征归纳为几种分布型,分析其不同地域和土壤类型的差别。

2.1 夏季垂直均匀型

该分布型的主要特征是夏季土壤湿度小且垂直分布较一致,春季和秋季上下层湿度具有一定差异。该分布型一般为壤土和沙壤土,分布于新疆、甘肃西部、宁夏、河南以及江南北部。

土壤质地为壤土的地区,4月中旬到7月中旬,从表层到100 cm 湿度均较其他月份小,垂直分布较均匀(图2a),湿度变化由上到下滞后约一个月,宁夏固源站由于是黄壤土,湿度减少相对慢一些,达2个月左右。7月下旬到9月上旬,由于降水增多,上层土壤湿度增加并向下渗透。秋、冬季上下层出现几种不同的分布形式,西锋镇为30~40 cm 较干,其上和下较湿;固源30~70 cm 湿,其上和下干;山西万荣站10~40 cm 湿,其上和下干;天水为40 cm 以上湿,40 cm 以下干;河南卢氏站30 cm 以上干,30 cm 以下湿。

南阳4~5月上层湿度最小,向下的延伸滞后约1旬,其他月份上干下湿,但梯度很小(图2b)。江苏

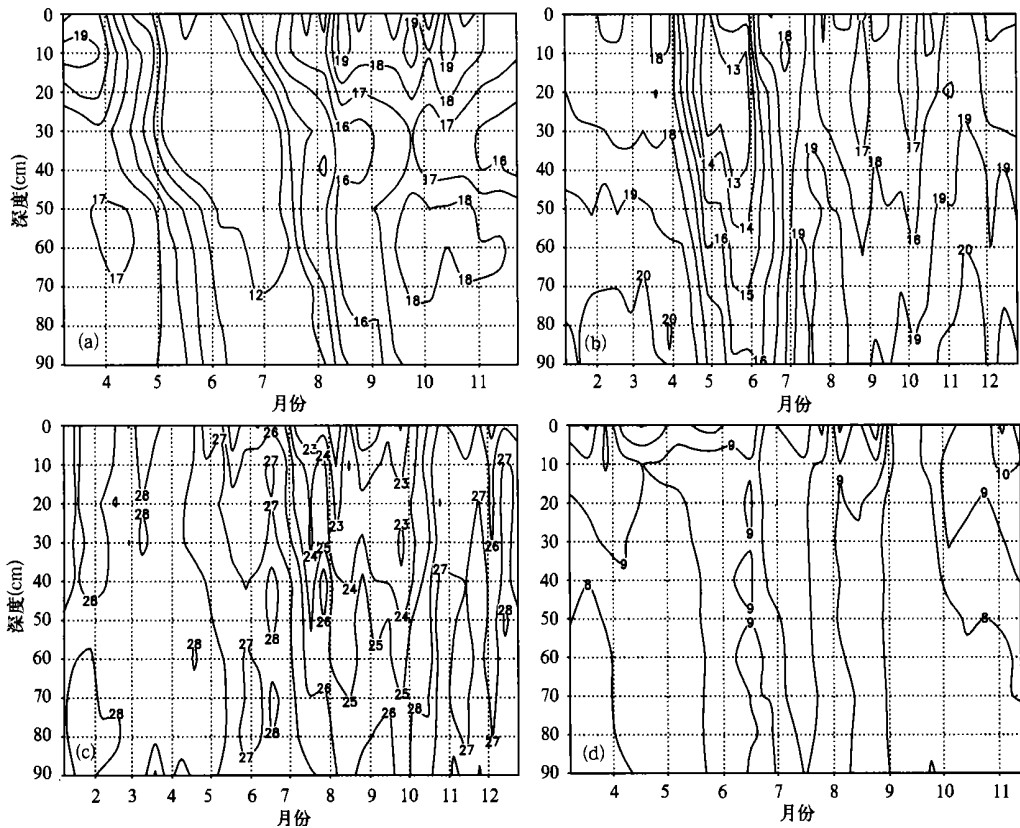


图 2 垂直均匀型土壤湿度垂直分布

(a. 西锋镇, b. 南阳, c. 长沙马坡店, d. 绥德)

Fig. 2 The soil moisture distribution of summer vertical uniformly distributed type

(a. Xifengzhen, b. Nanyang, c. Mapedian in Changsha, d. Shuide)

盱眙站土壤质地为粘土含黑沙粒和卵石, 0~ 20 cm 湿度垂直梯度大一些, 之下垂直分布很均匀, 且 1~ 4, 10~ 12 月湿度最大; 4 月中旬到 6 月上旬湿度最小, 向下的延伸滞后约一个月。

江南北部的两个站另具特色, 长沙马坡店(红壤土) 1~ 6 和 10~ 12 月土壤湿度较大, 垂直分布也很均匀, 7~ 9 月由于蒸发量增大, 上层湿度减少, 湿度的垂直变化增大, 尤其是 20 cm 以上(图 2c), 以下湿度分布仍较均匀。南昌县(沙壤土) 土壤湿度的分布特征类似于马坡店, 只是 1~ 6 和 10~ 12 月湿度的垂直变化略大一些。

另外, 对于北方土壤质地为沙壤土和粉壤土的地区, 其土壤湿度较同地区其他质地的土壤干燥, 土壤湿度的垂直变化和季节变化都很小, 一般为 1%~ 3%, 如绥德(图 2d)、延安、甘肃通渭、黑龙江富裕、吉林白城。河曲、榆林除了 0~ 20 cm 湿度垂直梯度较大外, 中下层垂直差别不大, 但季节差异明显, 5~ 8 月较其他季节湿。新疆沙车、山东泰安则表现出土壤水分快速渗透的特征。

2.2 垂直急剧变化型

该分布型的土壤湿度呈上干下湿, 并且存在湿度跃层(这里定义终年存在的湿度垂直梯度最大层为湿度跃层, 下同), 湿度跃层所处深度以及湿度垂直梯度的大小因土壤质地差别而异。

上部垂直梯度大。广西地区棕色土质, 40 cm 以上湿度的垂直梯度较大, 40 cm 以下垂直分布趋于均匀; 湿度跃层随时间变化, 上半年一般位于 30 cm 以上, 下半年在 40 cm 以上; 湿度的垂直梯度下半年比上半年大(图 3a)。百色湿度跃层略浅一些(30 cm 以上), 30~ 60 cm 间的湿度较小, 10~ 20 cm 之间 5~ 11 月存在一高湿度层。襄阳吕堰驿站有类似的分布型, 只是湿度跃层位于 20~ 30 cm, 30 cm 以下湿度垂直分布较均匀。东北个别测站也具有该分布特点, 吉林长岭 0~ 30 cm 为粉壤土, 30 cm 以下为粘土, 20 cm 以上湿度垂直梯度较大, 20 cm 以下湿度分布很均匀(图 4b), 泰来也基本如此。锦州 0~ 30 cm 为中壤土, 30 cm 以下为重壤土, 因此 40 cm 以下湿度分布较均匀, 所不同的是上层垂直梯度大小随时间改变: 3~ 4 月 20 cm 以上垂直梯度很大, 5~ 6 月 40 cm 以上、9~ 10 月 50 cm 以上土壤湿度垂直梯度明显减小。

垂直梯度分布均匀。吐鲁番为沙壤土, 湿度的垂直梯度较大且分布较匀(图 3c)。吉林延吉为酸

性粘壤土, 50~ 70 cm 之间湿度略大, 从 50 cm 向上和 70 cm 向下湿度呈递减状态, 但梯度值差别不大。

中下部垂直梯度较大。内蒙乌审召为沙土, 30 cm 以下湿度的垂直梯度很大, 湿度跃层位于中、下层, 且随季节向深层发展, 3~ 6 月位于 30~ 40 cm 之间, 8 月以后则下降至 50 cm 以下(图 3d); 上层较干, 3~ 5 月 20 cm 以上湿度为 6%~ 7%, 6 月开始干层快速向下发展, 8 月 6% 线达 30 cm。北京密云和吉林桦甸由于冬季土壤冻结, 4 月之前在 10~ 60 cm 存在高水层, 4~ 6 和 9~ 11 月上层为两个明显的干期, 60 cm 以下存在明显的垂直梯度。

中部垂直梯度较大。郑州为沙壤土, 30 cm 以上和 60 cm 以下湿度垂直分布相对较均匀, 中部存在湿度跃层(图 3e); 湿度随季节变化明显, 4~ 6 月为干期, 30 cm 以上最明显, 主要原因是这一时期蒸发大; 1~ 3, 10~ 12 月为湿期, 主要表现在 60 cm 以下。江苏滨海上层为粘土, 中层为混合土, 40 cm 以下为细沙土, 因此, 10 cm 以上湿度垂直梯度较大, 中层湿度垂直分布相对均匀, 50~ 70 cm 存在弱的湿度跃层, 70 cm 以下分布较均匀; 4~ 6 月湿度较小。

驻马店、徐州东贺村和天津宝坻站则有别于上述各站, 4~ 6 月土壤湿度最小, 并且可直达底层; 1~ 3 月 30 cm 湿度的垂直分布较均匀, 30~ 50 cm 垂直变化较大; 7~ 12 月 30~ 40 cm 湿度的垂直变化显著, 40 cm 以下为分布相对均匀的高湿层(图 3f)。

2.3 季节差异型

该类分布型多为北方测站, 其主要特点是冬半年中上层土壤湿度较大, 6~ 7 月湿度最小, 但由于地区和土壤质地不同, 湿度较大层所处的深度存有差别。

黑龙江及吉林的部分测站(抚远、海伦、呼马、集贤、宁安、宝清和敦化), 上层一般为黑壤土, 下层为黄土或黄粘土, 冬季上层土壤冻结和积雪覆盖, 土壤水分得以很好地保持, 春季融冻后易在 10~ 40 cm 形成一年中最高的含水层(图 4a); 6~ 7 月由于蒸发增加, 土壤湿度迅速减少, 湿度值达一年中最小; 7 月底 8 月初随着东北雨季开始, 土壤湿度增加, 9 月以后, 由于温度降低土壤逐渐冻结, 土壤中的水分得以保持, 土壤含水量于 12 月接近或达到最大。

吉林、内蒙、河北的部分壤土测站(榆树、梨树、农安、唐山), 春季融冻后高含水层开始在 10~ 40 cm

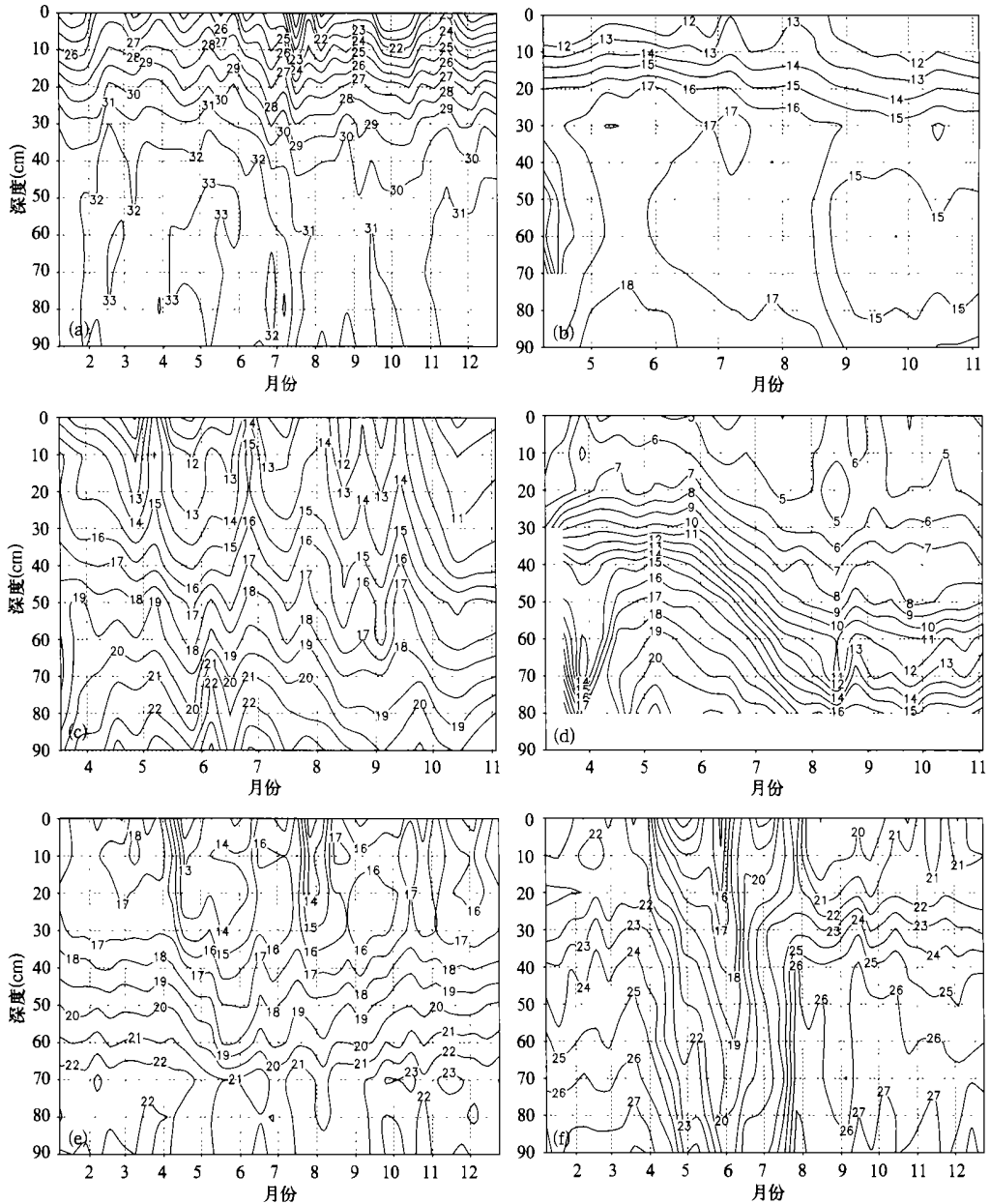


图3 垂直急剧变化型土壤湿度垂直分布

(a. 桂林雁山, b. 长岭, c. 吐鲁番, d. 乌审召, e. 郑州农试站, f. 徐州东贺)

Fig. 3 The soil moisture distribution of rapid vertically changing type

(a. Yanshan in Guilin, b. Changling, c. Tulufan, d. Wushenzhao, e. Zhengzhou agrometeorological experiment station, f. Donghuocun in Xuzhou)

形成,随后向深层发展,5月可达100 cm;与此同时,由于春季蒸发增大,表层湿度减少较快,在10 cm左右出现强的湿度垂直梯度(图4b);6月底7月初土壤湿度达最低,而且可达最底层;7月底华北雨季开始,土壤湿度再度增加,但高含水层不在表层,而是在20~60 cm之间,并且一直维持到10~11月。内

蒙古巴盟另具特色,4~10月20~70 cm存在明显的30~40 d的变化特征,其中4月湿度最大,7月最小;70 cm以下湿度明显大于上层(图4c)。

西北地区的测站多为沙壤土,4月融冻后40 cm以上土壤含水量最高,之后迅速减少,6月达到最低,7月上部的土壤湿度开始增大,而9月中旬增加比较

明显(图 4d)。宁夏永宁站 4 和 7 月土壤湿度最低,而且 30 cm 以上最明显;5 和 8 月分别在 20 cm 以上和 50 cm 以下出现两个湿度大值区(图 4e)。

河南黄泛区(0~ 30 cm 为沙壤土,40~ 50 cm 为沙土,其中有薄的粘土层)土壤湿度的分布很特殊,80 cm 以下湿度最大,1~ 3 和 7~ 12 月在 20~ 40 cm 有一湿度次大层;40~ 70 cm 为干层,以 4~ 6 月

最为明显(图 4f)。

综上所述,土壤湿度垂直分布具有明显的地域和土壤质地差异,夏季垂直均匀型多见于新疆和黄河中游,以壤土和沙壤土为主;季节差异型多为北方冬季土壤冻结的地区;垂直急剧变化型多存在湿度跃层,多见于广西棕色土、黄淮和东北地区上下层土壤质地不同的测站。

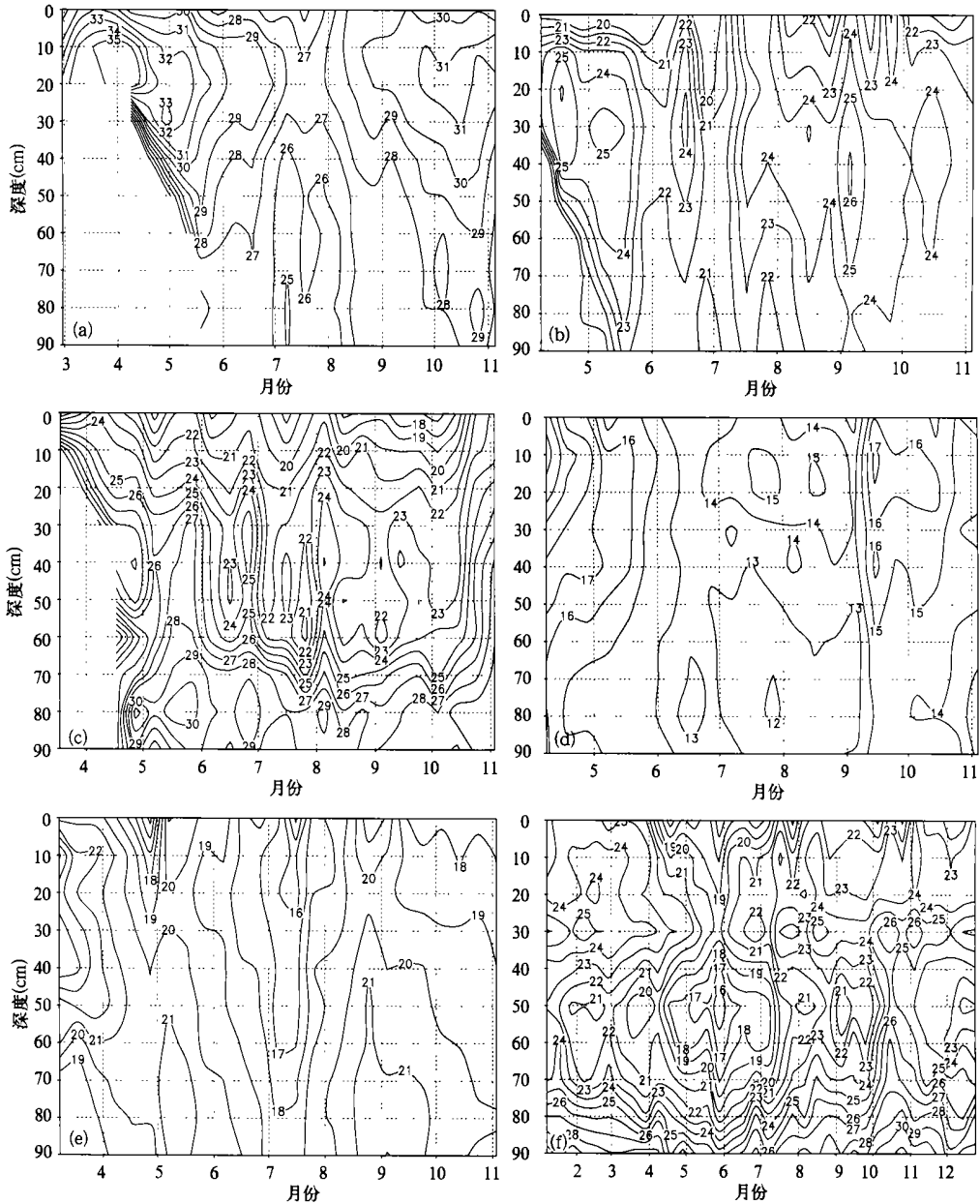


图 4 季节差异型土壤湿度垂直分布

(a. 海伦, b. 榆树, c. 巴盟, d. 乌拉乌苏, e. 永宁, f. 黄泛区)

Fig. 4 The soil moisture distribution of seasonally differing type

(a. Hailun, b. Yushu, c. Bameng, d. Wulawusu, e. Yongning, f. Huangfanqu)

3 土壤湿度垂直分布的年际变化特征

由上述分析可见,中国土壤湿度的垂直分布相当复杂,既存在地域差别,又存在土质差别。那么土壤湿度垂直分布的年际变化具有何种特征?各层的变化是否一致?与地域和土质是否有关?针对这些问题,计算了具有 17 a 以上观测资料的 35 个测站各层年平均土壤湿度距平,分析其年际变化特征。

3.1 垂直方向湿度变化的一致性比较

分析 35 个站年平均土壤湿度深度-时间演变发现,多数测站土壤湿度的年际变化沿垂直方向是比较一致的(图 5a, h),部分测站上部和下部的变化是反相的,并且它们上下层的土壤质地往往不同,如长岭 0~30 cm 为粉壤土,40~100 cm 为粘土,1986~1997 年 30 cm 以上为负的湿度距平,30 cm 以下为正距平;抚远上层为黑壤土,下层为粘土,在准 3 a 的振荡周期变化中上下层的距平符号却是相反的,20 cm 以上为负距平,20~50 cm 为正距平(图 5b);合肥 0~35 cm 为灰壤土,35 cm 以下为黄或灰粘土,30 cm 以下 1985 年以后为负距平,而 30 cm 以上则出现 1985~1989,1997~2000 年两段正距平。但并非土壤质地上下层不同都会出现湿度年际变化上下反相的现象,其中有 11 个上下土壤质地不同的测站土壤湿度年际变化在垂直方向却是一致的。

3.2 湿度变化显著区的深度比较

针对那些湿度年际变化较大的测站,比较其大的土壤湿度距平发生的深度,如抚远 20 cm 以上湿度的年际变化达 -6%~18%;延吉主要表现在 40 cm 以下,年际变化达 -10%~8%;合肥则在 30~80 cm 之间;徐州东贺村湿度变化显著区所处深度随时间而变,1987 年以前 50 cm 以下出现 -2% 的湿度距平,1987 年以后,正或负的湿度距平中心出现在 30~60 cm(图 5c)。

3.3 长期持续干和湿

这里着重分析湿度距平的长期变化特征。35 个站中有一部分测站自 20 世纪 80 年代中期或后期以来持续干旱,如合肥 30 cm 以下,郑州 40 cm 以上,敦化、富裕、呼玛、犁树、海伦、宝坻持续负的湿度距平(图 5d)。另一部分测站由持续的湿转为持续的干,如吐鲁番、乌拉乌苏(图 5e)和密云 1994 年之前为正距平,之后为负距平;南阳 1991 年之前湿,之后变干;榆林 1997 年之前以湿为主,之后偏干。也有由持续的干转为持续的湿,桦甸 1985~1993 年

干,1994~2000 年湿;集贤 1986 年之前干,之后湿(图 5f);锡林浩特 1984~1994 年干,1994 年之后湿。此外还有一些测站的湿度大致为 3 段,如延吉 1987 年前干,1988~1995 年湿,1995 年之后干(图 6g),类似的还有永宁;盱眙 1987 年前湿,1987~1996 年干,1996 年之后又变湿;莎车 1984~1987 年干,1988~1997 年湿,1998 年转为干。比较了这些测站的土壤质地,发现这种长时间持续干和湿与土壤质地没有太大关系。

3.4 3~4 a 变化周期

除了长时间干和湿的变化特征外,一些站的湿度距平具有 3~4 a 的变化周期,它们分别是锦州、农安、泰来、白城、乌审召、天水、通渭、延安(图 5a, h),以及抚远 20 cm 以上的湿度距平,与马柱国的分析结果相同。从土壤质地看,这些站一般为壤土、沙壤土和沙土,并且除锦州外各站均上下土壤质地一致。

综上所述,东北、华北多数测站自 20 世纪 80 年代中期以来持续干旱,部分基本遵循 3~4 a 的变化周期。新疆西北部 1994 年之前湿,之后干,而西南部 1994 年之前干,之后湿。河南、湖南和安徽北部 1991 年后以干为主,江苏 1996 年以后变湿。土壤湿度的年际变化与土壤质地关系不大。

4 长期持续干、湿期土壤湿度合成分析

针对部分测站土壤湿度出现的长时间持续干和湿这一现象,分别进行了干和湿期土壤湿度合成,比较其垂直分布的差异,对其中有降水资料的测站也进行了干和湿期降水量(与土壤湿度时间同步,每月 29~8, 9~18, 19~28 日)合成,探讨干、湿期土壤湿度垂直分布与降水的关系。

西锋镇、南阳、盱眙、天水、莎车和榆林是夏季垂直均匀分布型中土壤湿度出现长时间干和湿且有降水资料的测站,从湿和干期土壤湿度合成图看,除了莎车、榆林干期合成和盱眙湿期合成的湿度垂直分布与气候态(图 2)有较大差异外,其余无太大改变,但湿度差(湿期减干期,下同)却是很明显的,并且与降水有关。如西锋镇 3~4 月存在 3%~5% 的湿度差,这除了与 1 月中下旬、2 月下旬和 3 月中旬微弱的正降水差有关外,前一年 8~9 月大的正降水差可能也是一重要的因素,与马柱国的分析结果相吻合;9 月上旬湿度差高达 6%~11%,对应着 12 mm 的降水差,并且这一大的湿度差在底层一直延续到 12

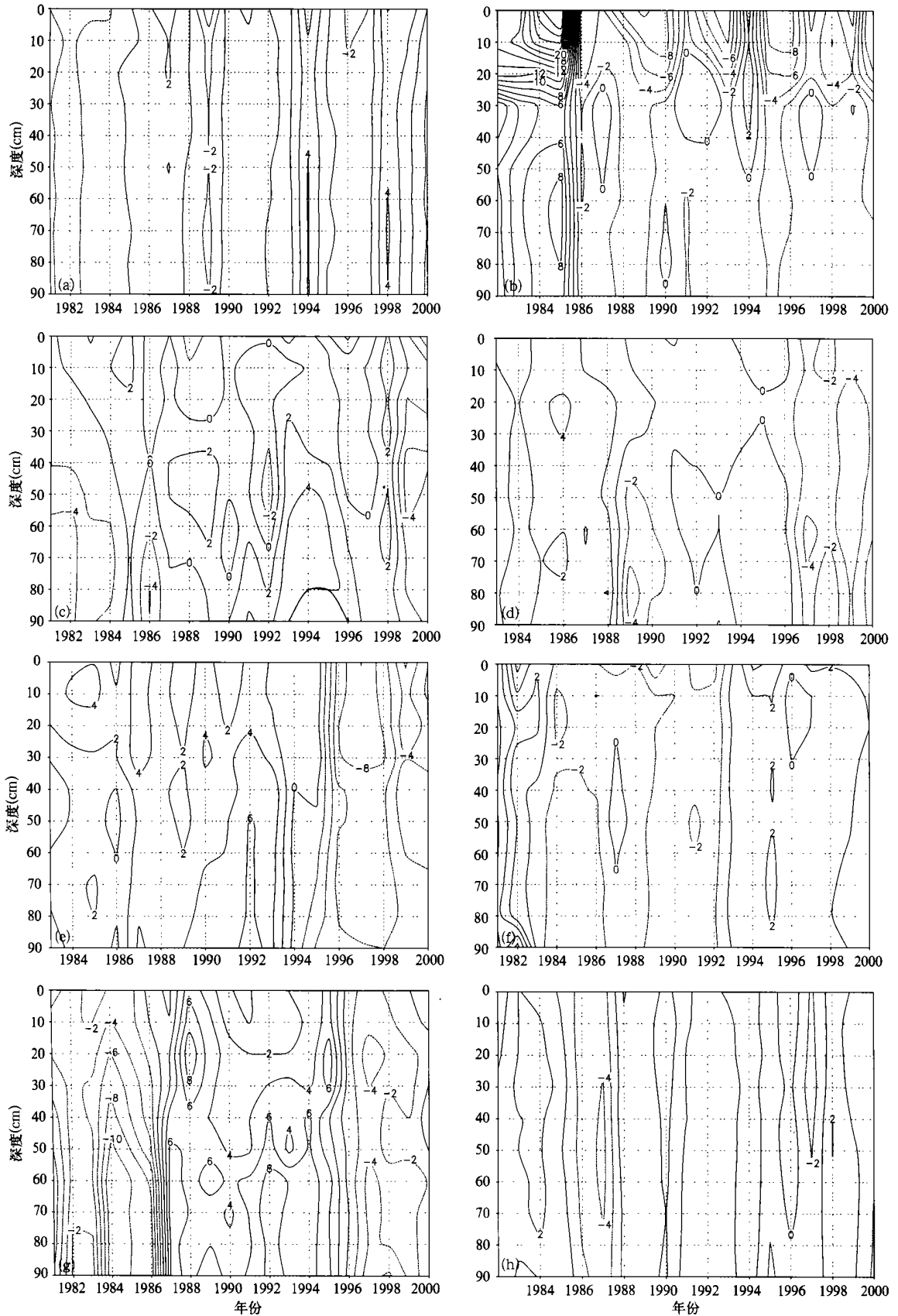


图 5 年平均土壤湿度深度 时间演变

(a. 农安, b. 抚远, c. 东贺, d. 宝坻, e. 乌拉乌苏, f. 集贤, g. 延吉, h. 延安)

Fig. 5 The depth-time sections of the soil moisture anomalies

(a. Nongan, b. Fuyuan, c. Donghuocun in Xuzhou, d. Baodi, e. Wulawusu, f. Jixian, g. Yanji, h. Yanan)

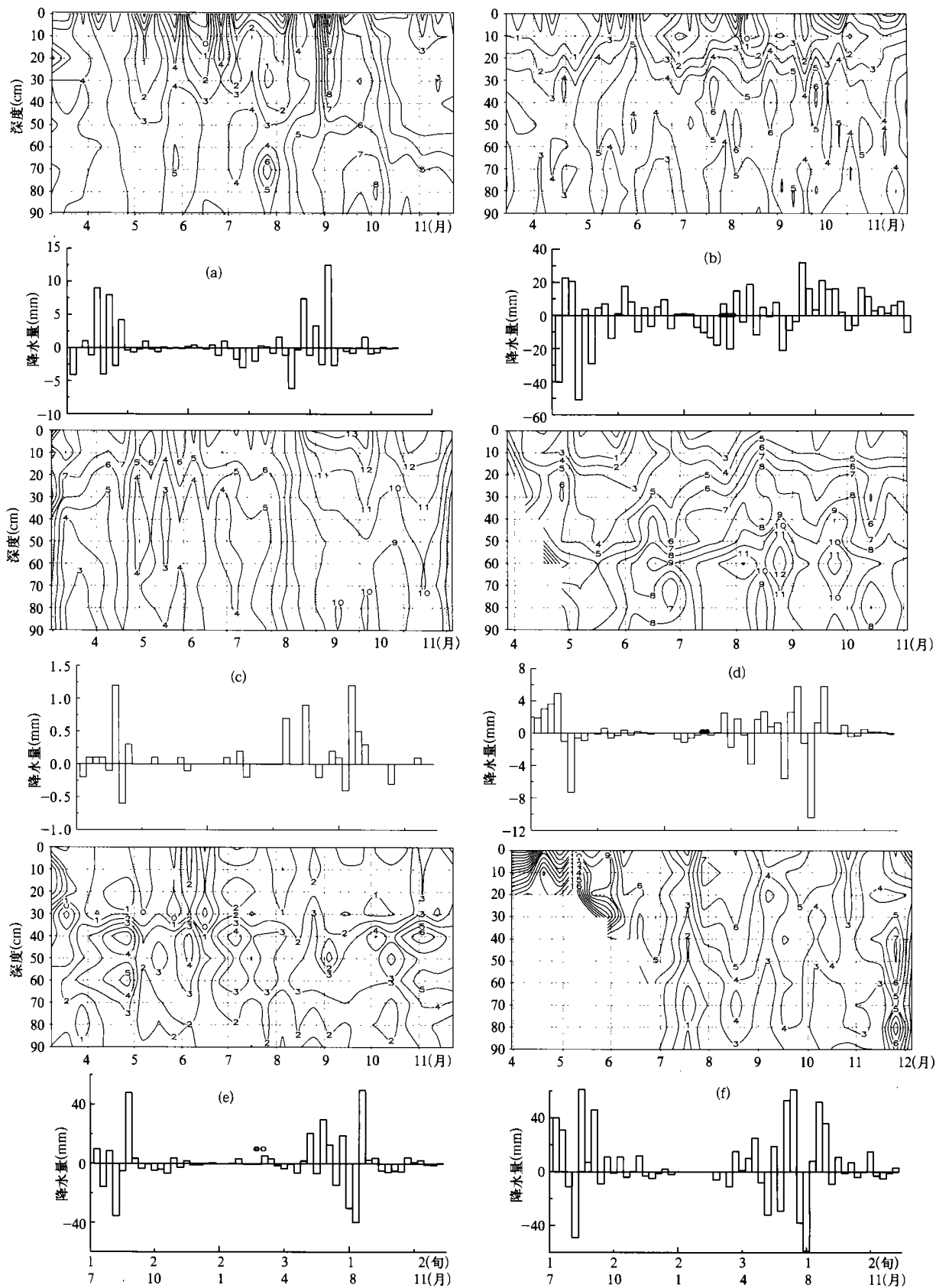


图 6 湿期减干期土壤湿度差和降水差分布(等值线图为湿度差,柱型图为降水差)

(a. 西锋镇, b. 盱眙, c. 莎车, d. 延吉, e. 密云, f. 海伦)

Fig. 6 The soil moisture difference and precipitation difference between wet and dry periods (The isoline charts are soil moisture difference and the columar charts are precipitation difference) .

(a. Xifengzhen, b. Xuyi, c. Shache, d. Yanji, e. Miyun, f. Hailun)

月; 5 月上旬、6 月上旬、7 月上旬和 8 月上旬在表层分别出现负的湿度差, 并且均对应着负的降水差(图 6a)。南阳的 1~2 月和 10~12 月为正的湿度差, 并且 20 cm 以下较大; 5 月是湿度差最大的时期, 主要由于自 4 月底持续的正降水距平, 而 6 和 8 月的负降水距平则使得这两个时段出现负湿度差。盱眙湿期的土壤湿度垂直分布与气候态有明显差别, 主要在 10~20 cm 有很强的垂直梯度, 20 cm 以下分别出现 4~5 月、7 月~9 月中旬、10~12 月 3 个明显的高湿期, 因此便有 4 月、7~8 月、10 月 3 个明显的湿度差, 并且均与正的降水差相匹配(图 6b)。

天水 2~6 月 20~70 cm 之间湿度差接近于 0, 8~10 月较大(2%~4%), 7 月在 0~20 cm 为负的湿度差, 令人费解的是 7 月为正的降水差, 其原因有待进一步探讨。榆林干期的土壤湿度垂直分布与气候态发生了明显的改变, 气候态 7 月为全年最湿, 干期合成却为最干, 故 7 月湿度差最大(3%~6%), 并对应较大的正降水差; 5 月中旬、6 月下旬、9 月中下旬表层出现负的湿度差, 并分别对应着负的降水差。莎车的土壤湿度差全为正, 并且 30 cm 以上的湿度差大于下部, 8 月之后的湿度差比之前的大约 1 倍(10%~13%), 这与自 8 月下旬至 9 月中旬连续的正降水差有关(图 6c)。上述分析可以看到, 在夏季垂直均匀分布型的地区, 即使在持续干旱期, 也常会出现短期的降水偏多, 从而造成表层土壤湿度较大的现象。

垂直急剧变化型的代表站有延吉、密云和天津宝坻。延吉湿和干期的土壤湿度垂直分布与气候态发生了明显的改变, 气候态中 6~9 月位于中下部的高湿度层呈随时间变薄之势, 而湿期合成图该高湿度层的厚度则保持不变, 同时 0~60 cm 间的湿度垂直梯度显著增大; 气候态中、下部高湿度层在干期有所加厚(40~80 cm), 但强度减弱, 且时间缩短(5 月底和 6 月), 同时 7~10 月湿度的垂直梯度变的很小; 由此, 引发 6~11 月在 40~80 cm 之间出现 8%~12% 湿度差, 与之对应的是 6~9 月多正降水差; 另外从 3~4 月仅有的几层看, 湿度差较大, 而 2~3 月的降水差却为负, 这与前一年 7~8 月大的正降水差以及冬季弱的正降水差有关(图 6d)。密云干、湿期的土壤湿度大致保持了气候态的特征, 由于湿期在 30~50 cm 之间分别于 4 月下旬到 6 月上旬、7 月和 8 月上旬、10 月下旬至 11 月底出现明显的湿

度增大现象, 因此干、湿期的差别主要在 30~70 cm, 2%~6% 的湿度差贯穿始终, 其中 4 月湿度差较大, 这与 3 月下旬和 4 月上旬正降水差以及融冻后土壤水分下渗有关; 6 月上旬、6 月下旬至 7 月底较大的湿度差对应着较强的降水距平(图 6e); 11 月的湿度差最大, 尽管降水距平也为正, 但较夏季则小得多, 推测其原因可能有三: 此时太阳辐射减弱, 蒸发减弱有利于土壤水分保持; 地温降低, 土壤中的物质交换减缓, 深层土壤水分容易保持; 由于土壤湿度变化缓慢, 前期已较湿的土壤无疑是一种叠加作用。宝坻湿期的土壤湿度保持了气候态基本特征, 即 5 月下旬到 6 月底最干, 且可达最底层, 差别在于 3~4 月和 7~11 月 30 cm 以下的湿度呈均匀分布; 干期 5 月下旬到 6 月底的湿度已不为最干, 因此, 便形成了 4 月下旬、7 月中旬、8~9 月和 11 月上旬在 20~50 cm 出现较大的正湿度差。

季节差异型有 4 个测站出现长时间持续干和湿, 其湿度差全部为正, 即湿期的土壤湿度比干期大。4 个站中有 3 个湿和干期土壤湿度的垂直分布基本维持气候态, 但差值分布却不同, 如海伦 3~5 月的湿度差最大(9%~15%), 这与前一年 7~10 月湿期的旬降水比干期大有关, 10 月下旬较大的湿度差的成因与密云相似, 6 月下旬和 7 月的湿度差则与 7 月很强的降水差有关(图 6f)。宝清 4 月下旬~5 月底、6 月下旬~7 月底、8 月中下旬 3 个时段的湿度差为 3%~6%。乌拉乌苏则分两个层面, 30 cm 以上 6 月下旬~7 月底和 9 月中旬至 10 月中旬湿度差大于 9%, 60 cm 以下 4~10 月上旬湿度差大于 8%。集贤湿、干期土壤湿度的垂直分布则发生了很大的变化, 主要表现在湿期, 合成后全年的湿度保持 28%~30%, 并且垂直分布比较均匀, 气候态中春季和秋冬季在 10~40 cm 的高含水层已显现不出; 干期的土壤湿度垂直分布大致维持气候态; 大的湿度差主要发生在 3~5 月且只限于表层, 其次是 7 月下旬至 8 月中旬。

由上述分析可以看到, 湿期和干期的土壤湿度垂直分布多数情况下保持了气候态的基本特征; 湿度差多数为正, 且对应正降水差, 只有黄河中游的几个站春季和夏季上层会出现负的湿度差, 并且都对应负降水差; 北方春季出现的湿度差除了与当时的正降水差有关外, 还可能受前一年的夏、秋季降水偏多的影响, 前期较高的土壤水分在土壤冻结后得以保持, 春季融冻后使土壤湿度增大。北方一些站在

秋末冬初出现降水略偏多,会导致比夏季还大的湿度差,可能与该时期蒸发减弱、地温降低、前期土壤较湿有关,确切的原因有待进一步研究。

5 结 论

(1) 中国土壤湿度垂直分布存在 3 种主要类型:夏季垂直均匀型、垂直急剧变化型和季节差异型,其中夏季垂直均匀型多见于新疆和黄河中游,以壤土和沙壤土为主;季节差异型多为北方冬季土壤冻结的地区;垂直急剧变化型一般存在湿度跃层,多见于广西棕色土、黄淮和东北地区上下层土壤质地

不同的测站。

(2) 东北、华北多数测站自 20 世纪 80 年代中期以来持续干旱,一部分测站土壤水分垂直分布遵循 3~ 4 a 的变化周期。新疆西北地区 1994 年之前湿、之后干,西南一带则正好相反。河南、湖南和安徽北部 1991 年后以干为主。

(3) 多数测站干、湿期的垂直分布仍保持气候态的基本特征,湿度差与降水差密切相关;北方测站春季的湿度差除了与当时的降水差有关外,还与前期的降水有关。

参考文献

- 1 Shukla J, Mintz Y. The influence of land surface evaporation on the earth's climate. *Science*, 1982, 215(19): 1498~ 1501
- 2 游性恬,熊廷南, Yasunari T 等. 春季亚洲地区地面湿度异常对月、季气候影响的模拟研究. *大气科学*, 2000, 24(5): 660~ 668
- 3 Yeh T C, Wetherald R I, Manabe S. The effect of soil moisture on the short term climate and hydrology change: A numerical experiment. *Mon Wea Rev*, 1984, 112: 474~ 490
- 4 刘永强,叶笃正,季劲钧. 土壤湿度和植被对气候的影响 I: 短期气候异常持续性的理论分析. *中国科学 B 辑*, 1992, (4): 441~ 560
- 5 张晶,丁一汇. 一个改进的陆面过程模式及其模拟试验研究第一部分: 陆面过程模式及其独立(off-line)模拟试验和模式性能分析. *气象学报*, 1998, 56(1): 1~ 18
- 6 马柱国,魏和林,符凉斌. 中国东部区域土壤湿度的变化及其与气候变率的关系. *气象学报*, 2000, 58(3): 278~ 287

VERTICAL CHARACTER OF SOIL MOISTURE IN CHINA

Zhang Xiuzhi Wu Xunying

(*National Climate Center, Beijing 100081*)

He Jinhai

(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044*)

Abstract

Towards the vertical characteristics of soil moisture, a series of analyses were carried out, based on the moisture data of layer 0– 100 cm soil collected at 57 meteorological stations from 1981– 2000 in China. According to the distribution of moisture along the vertical direction, the changes in soil moisture can be categorized into 3 types: (1) summer vertical uniformly distributed, rapid vertically changing, and seasonally differencing type. The main characteristics of the first type are low moisture in summer seasons and relative uniformity in distribution, as well as certain differences in vertical direction in the spring and fall seasons. This type is mainly seen in Xinjiang and Ningxia Autonomous Regions, the east of Gansu and Henan provinces, where the soil is loam or sand soil; (2) The rapid vertically changing type locates in areas known as moisture jumping layer (defined as the layer where perennially existing the largest vertical difference in soil moisture), which the moisture in the top is smaller than the bottom layer. Based on the density of vertical gradients and relative depth, there are three subgroups, which are large upper vertical gradient, large middle and lower vertical gradient, as well as uniformly distributed vertical gradient. This type is mainly distributed in Guangxi Autonomous Regions, Intersection area of Yellow River and Huai River, and some areas in the Northeast China where different upper and lower soil layer are found; (3) Seasonally differencing type, appears mainly in northern areas where the soil is frozen during the winter seasons. Although this type is characterized by larger soil moisture in middle and upper layers during the winter seasons, the depth of the high-humid layer differs from soil in different areas and with different compositions.

When analyzing the depth / time sections of the soil moisture anomalies, signs of the moisture anomalies tested at most observation stations are vertically consistent, signs are the reverse of the upper and lower layers in some stations. The changing characteristics here were represented by long-run consistent dry or humid, as well as 3– 4a cyclical trends. When integrating the soil moisture and precipitation during dry and humid periods, the vertical distribution is found to remain in its original climate state at most observation stations. And there exists a well-defined corresponding relationship between the difference of moisture and the difference of precipitation for dry and humid periods.

Key words: Soil moisture, Vertical distribution, Interannual change.