中国暴雨面雨量极值分布*

王家祁　　　　胡明思
(水利部南京水文水资源研究所　南京 210024)　(水利部暴雨洪水分析计算工作协调小组办公室　北京 100011)

提要　研究了暴雨面积、面平均雨深、暴雨降水总量等有关面暴雨量极值的主要内容；给出了最大时面深记录等各种雨量极值；探讨了面暴雨极值的地域分布规律和影响因素。

关键词　面暴雨量极值　时面深记录　地域分布

1 前　言

在文献[1]中，阐述了暴雨极值分析对水利工程设计和暴雨规律研究的重要意义。对于一个流域的设计暴雨计算及一次暴雨的全面分析，仅研究点暴雨量极值是不够的，还需分析研究面暴雨量的极值。

对一次暴雨的面雨量一般需分析各标准历时等雨深线所包围的面积及其面平均雨深，即时面深关系(历时-面积-雨深)。从1945年开始，美国对重大暴雨逐次编制暴雨概况(Storm Rainfall in the United States)，加拿大也进行了类似的工作。美国在400多次暴雨资料分析的基础上整理了最大暴雨时面深记录[2]，列出了各标准历时标准面积的最大雨深值；印度[3]对长历时暴雨也给出了类似成果。

我国原水利电力部暴雨洪水分析计算工作协调小组办公室在1976年～1982年间，组织分析了全国930次暴雨的时面深关系；1984年编制了《中国暴雨历时面积雨深资料》。水利部南京水文水资源研究所在分区暴雨特性分析中对一些大面积暴雨进行了分析，同时又增补了一些台湾省的暴雨资料[4,5]。在上述基础上，对中国南北方(以秦岭-淮河为界)最大暴雨面积、面平均雨深、降水总量作了全面分析，研究了这些暴雨极值的地域分布规律和影响因素。

2 最大暴雨面积

2·1 最大24h暴雨面积的地域分布

暴雨面积一般采用外围闭合等雨深线包围面积表示。图1为24h雨深等于50mm的最大暴雨面积$A_{24,50}$的分布，它显示各地区24h 50mm等雨深线连片包围面积最大值的分布情况。该图显示，最大暴雨面积的地区差异远远大于暴雨中心雨深[1]的差异。如$A_{24,50}$的变幅为

本文于1989年12月5日收到，1992年9月17日收到修改稿。

*本文采用了各地区协作研究设计暴雨及水利部南京水文水资源研究所分区暴雨研究中的部分成果。

103～217000km²，而24h最大点雨量的变幅为70～1673mm。因而，影响各地区大范围降水总量差别的主要因素是降雨面积，其次才是暴雨中心雨深。

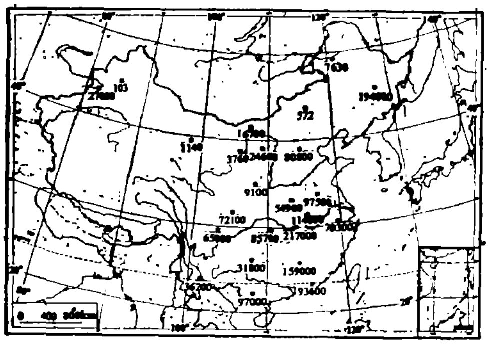

图 1 24h 50mm等雨深线最大包围面积(km²)
Fig. 1. Maximum enclosed area (km²) of the isoheyt for 24h 50mm

2·2 最大一次暴雨面积的地域分布

一次暴雨指在一个较大的地区或流域内持续多日的降水过程，该降水可形成较大河流的一次洪水过程。由于一次降水过程的历时具有较大的地区差异，故其降水面积的地区变化比24h降雨面积更为剧烈。图2列出了全国各地区众多大暴雨的等雨深线脊线，图3则为代表性大暴雨一次降水过程(1～10d)100mm、200mm、500mm等雨深线的概况，该两图反映了中国主要大暴雨空间尺度的分布。与图1比较，干旱半干旱地区一次降水200mm等雨深线包围面积$A_{次,200}$远小于$A_{24,50}$。东部地区$A_{次,200}$一般也小于$A_{24,50}$，但也有个别暴雨有所增大。江淮地区切变线暴雨历时较长，$A_{次,200}$明显大于热带气旋暴雨面积．如1969年7月长江中下游7d暴雨面积为240000km²，而1956年9月福建热带气旋暴雨(8d)面积为101000km²。

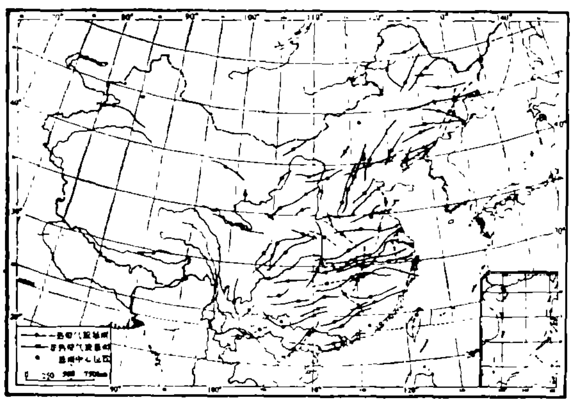

图 2 中国主要大暴雨等雨深线脊线
Fig. 2. Isohyet ridge lines of China's main rainstorms

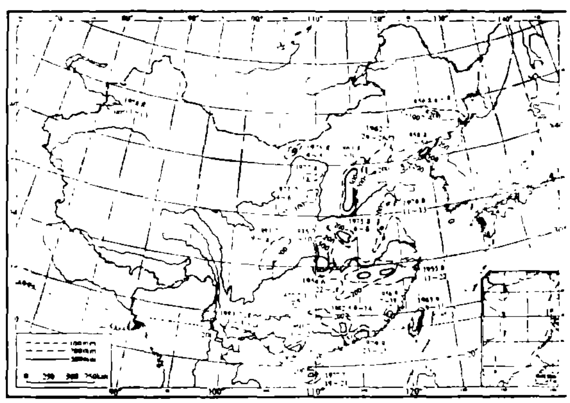

图 3 中国典型大暴雨等雨深线
Fig. 3. Isohyets of China's typical rainstorms

2·3 最大暴雨面积的有关因素

(1) 暴雨天气系统的尺度影响明显，干旱地区局地暴雨面积最小，大多在几千km²以下，热带气旋和一般锋面暴雨面积可达几万km²；江淮切变线暴雨面积最大，可超过10万km²。

(2) 地形对暴雨脊线的长度和面积有较大影响，如太行山、东南沿海山脉(图2)，如与天

气系统有利配合，可产生大面积暴雨。

（3）历时较短的暴雨，24h和一次暴雨的面积相近。有些暴雨历时很长，次雨面积比 24h 暴雨面积有大幅度增加，如江淮暴雨。

（4）不同雨深的暴雨面积特性有差异。如24h雨深小于100mm的等雨深线，江淮暴雨面积特别大；但大于200mm时，热带气旋暴雨面积较大。

3　最大面平均雨深

各标准面积平均雨深极值的地域分布和点雨量极值的分布[1]有一定程度类似，但随着面积的增大，又出现一些差异。

（1）小面积（一般指 1000km² 以下）最大面平均雨深的分布和点雨量极值的分布比较一致。东部地区南北方暴雨都较大。24h 1000km²平均雨深，南方最大 1060mm（1963年，台湾白石），北方最大738mm（1975年，河南林庄），干旱半干旱地区最大 675mm（1977年，内蒙古木多才当）。一次降雨过程 1000km²面平均雨深则以1963年河北獐犺的 1573mm 为最大，干旱半干旱地区仍以675mm为最大。

（2）中等面积（以10000km² 为代表）面平均雨深极值的地域分布（图4）与点雨量极值分布已有明显不同。干旱半干旱地区面雨极值明显降低，木多才当暴雨面雨量为212mm，低于大多湿润地区省区同面积雨量记录。1935年湘鄂西暴雨和1975年河南暴雨的 24h 10000km² 面雨量都超过了400mm。一次暴雨 10000km² 面雨量记录的东西差异更加明显，1935年湘鄂西暴雨和1963年河北暴雨记录都大于1000mm。

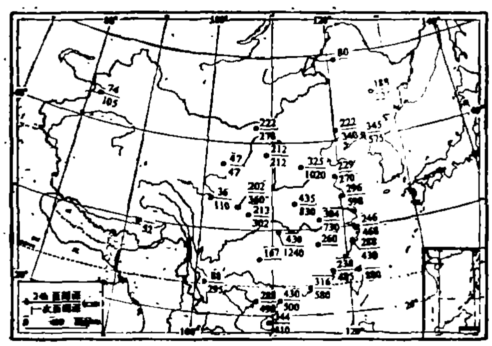

图 4　10,000km²面平均雨深最大记录

Fig. 4.　Maximum area average rainfall depths with a area of 10000 km²

（3）大面积（以 100000km² 为代表）面平均雨深极值的地域分布与中小面积分布又有差异，大暴雨集中于江淮、华南、海河、四川、东北等地区。东部地区南北方最大24h 面雨量记录都在100mm以上，以1935年湘鄂西暴雨155mm为最大。一次降雨过程 100000km² 面雨极值仍以1935年暴雨为最大，达590mm；1977年木多才当暴雨仅47mm。

最大面平均雨深记录地域分布与最大点雨量和最大暴雨面积的地域分布有关。面积愈大，面雨记录与暴雨面积记录的分布更趋一致。同时，一次暴雨面雨量极值的东西向差别以及长江、海河地区与华南、东北地区的南北向差别比 24h 面雨极值地区差更大，比点雨量的地区差也更为明显。这些差异是由地理及天气条件所形成。

4　一次暴雨降水总量

一次暴雨降水总量为外围闭合等雨深线内的降水体积，以m^3或km^3计。

4·1　主要大暴雨降水总量

水利工程关心的是一次暴雨的降水总量。现根据各地区已有特大暴雨分析成果整理了我国主要大暴雨的综合情况表(表1)，该表列举了各次降水过程外围等雨深线内的降水总量。

表1　中国主要大暴雨降水总量

Table 1.　Total rainfall volumes of main rainstorms in China

地　区	地　点	年　月　日	降水过程 (d)	中心雨深 (mm)	外围等雨深线(mm)	面　积 (km^2)	降水总量 (km^3)
东　北	二　河	1966-7-29	1	480*	50	194,000	18.6
	邢家堡子	1958-8-3～5	3	803	100	57,500	17.4
海　河	狮子坪	1956-7-31～8-5	6	774	50	753,000	98.4
	獐　犸	1963-8-2～8	7	2050	100	153,000	60.0
黄河上游	果　洛	1981-8-31～9-6	7	120	50	135,000	10.0
黄河中游	张家房子	1959-7-19	1	620*	100	940	0.2
	木多才当	1977-8-1	1	1400*	50	24,600	3.2
	职　田	1960-7-4	1	298	50	9,100	1.0
黄　淮	石　埚	1982-7-27～8-4	9	922	200	53,300	16.6
	林　庄	1975-8-4～8	5	1631	200	43,800	20.1
	大丰闸	1965-8-19～21	3	917	50	177,000	30.3
长江上游	上　寺	1981-7-9～14	6	490	50	348,000	41.4
长江中下游	泥　市	1935-7-1～10	10	1650*	200	124,000	65.2
	广　福	1954-6-22～28	7	487	100	691,000	126.9
	黄　山	1954-5-19～26	8	628	50	1,273,000	160.5
	大水河	1969-7-10～16	7	1205	100	482,000	116.5
东南沿海	画　龙	1963-9-10～14	5	756	200	77,800	24.0
	凤　巢	1956-9-17～24	8	940	100	203,000	49.4
华　南	际　头	1966-6-21	1	491	50	39,500	10.7
	石下山	1979-9-23～25	3	947	100	59,300	15.3
	小　峰	1967-8-5～7	3	908	100	95,000	18.4
云　贵	白　道	1970-7-11	1	299	50	31,800	3.3
	骑马坝	1983-7-28～8-3	7	446	150	112,000	24.6
	天　保	1969-8-15	1	240	50	2,700	0.2
西　北	库克苏	1958-8-11～13	3	81	50	63,000	4.5
	安集海	1981-6-29	1	240*	50	103	0.01

* 调查值

4·2　降水总量极值的地域分布

一次暴雨降水总量极值以江淮梅雨为最大。梅雨历时长、面积广，降水总量超过100km的暴雨已多次出现，如1954年5月19日～26日，50mm等雨深线包围面积达127.3万km^2，其中降水总量达160.5km^3，远远超过了其他地区的最高记录。海河、四川等受西南涡和切变线影

响的大暴雨降水总量也可达40～60km³。特大热带气旋暴雨降水总量多次达到20～50km³，1956年8月初的降水总量竟达98.4km³。东北、华南沿海和滇南降水量极值为10～20km³左右。西北地区长历时大范围低强度降水量可达5～10km³。干旱半干旱地区降水大多历时短，面积小。虽然暴雨中心雨深记录非常高，但降水总量除个别暴雨达到3km³外，一般在1km³以下。

4·3　影响一次暴雨总量极值的因素

一次暴雨降水总量取决于降水历时、笼罩面积及相应雨深，但降水历时和面积都有较大的地域变化，并受天气系统时间和空间尺度的控制。

形成大流域洪水的持续降水历时以长江中下游和海河流域的低涡切变线暴雨最长，有时包括两个以上天气过程，连续降雨一周以上。热带气旋暴雨一般持续2～3d。西北地区冷锋暴雨和东北地区气旋暴雨一般持时仅1d左右。干旱半干旱地区局地暴雨历时甚短，大多在10h以内，有的不足1h。

一次暴雨笼罩面积在江淮地区可超过30万km²，个别可达100万km²以上。热带气旋暴雨面积一般在10万km²以下，个别暴雨则已达75万km²。干旱半干旱地区暴雨面积最小，往往不足1000km²，甚至只有100km²左右。

5　最大暴雨时面深记录

5·1　我国南北方暴雨时面深记录

最大暴雨时面深记录为一个大范围地区内各标准历时标准面积相应的最大面平均雨深。在估算可能最大暴雨和稀遇设计暴雨时，该记录是重要的依据和参考资料。目前世界上只有少数国家[4]作过大面积最大时面深分析。将各地区大量暴雨时面深资料按统一方法、统一标准历时和标准面积制作了中国南北方最大和接近最大暴雨时面深记录（表2）。构成该记录的各暴雨中心地点的位置如图5所示。

表2　中国南北方最大和接近最大暴雨时面深记录

Table 2. Maximum and near maximum depth-area-duration records of rainstorms for the Southen and Northen China

（a）面平均雨深　　　　单位：mm

历时	地区	点	面积 (km²) 100	300	1000	3000	10000	30000	100000
1 h	北方	401 A	267 B	167 B	107 C				
		253 D	155 E	121 E	95 F				
	南方	245 a	185 b	111 c	85 c	41 d			
		165 e	125 f	105 f	83 g				
3 h	北方	600 G	447 C	399 C	297 C	120 H			
		495 C	422 I	316 I	204 J	98 K			
	南方	435 a	328 b	264 f	203 h	105 d			
		325 f	300 f	260 h	199 f	94 i			
6 h	北方	840 H	723 C	643 C	503 C	240 H	127 H		
		830 C	630 H	512 H	405 H	239 L			

续表 2（a）

历时	地区	面积 (km²) 点	100	300	1000	3000	10000	30000	100000
	南方	689 a	526 j	520 j	470 j	360 j			
		526 j	512 a	390 k	292 l	218 m			
12 h	北方	1400H	1050H	854H	675H	400H	212H		
		954 C	833 C	763 C	658 C	310 L			
	南方	779 l	750 n	710 n	640 n	570 n			
		771 n	688 l	614 l	478 l	350 m			
24 h	北方	1400H	1050H	854H	738 C	629 C	435 C	214M	122 N
		1060 C	929 C	850 C	675H	496M	345 O	200 P	120 P
	南方	1673 o	1200 n	1150 n	1060 n	830 n	430 p	306 p	155 p
		962 k	872 k	765 k	683 m	572 m	344 c	206 q	145 r
3 d	北方	1605 C	1554 C	1442 C	1280 C	1080 C	805 C	535 C	245M
		1457M	1340M	1272M	1139M	947M	692M	450M	135 Q
	南方	2749 o	1730 n	1700 n	1550 n	1270 n	940 p	715 p	420 p
		1396 s	1260 p	1160 p	1090 p	1060 p	880 n	515 n	272 t
7 d	北方	2050M	1805M	1720M	1573M	1345M	1020M	780M	524M
		1631 C	1554 C	1445 C	1300 C	1095 C	830 C	545 C	275 R
	南方	2749 o	1730 n	1700 n	1550 n	1350 p	1200 p	960 p	570 p
		1600 p	1530 p	1470 p	1400 p	1270 n	880 n	589 u	440 u

注：南北方以秦岭-淮河为界。英文字母大写代表北方，小写代表南方。

（b）暴雨中心情况

南方（秦岭-淮河以南）				北方（秦岭-淮河以北）			
符号	地点	省区	年 月 日	符号	地点	省 区	年 月 日
a	东溪口	广东	1979-6-10	A*	上地	内蒙古	1975-7-3
b	茅洞水库	广东	1979-5-12	B*	高家河	甘肃	1985-8-12
c	志道	海南	1977-7-20	C	林庄	河南	1975-8-7
d	潭头	浙江	1973-8-27	D	六石槽	陕西	1981-6-20
e	埭溪	浙江	1964-9-10	E	缸窑岭	辽宁	1978-7-11
f	老虎滩	广西	1960-7-11	F*	唐家屯	辽宁	1981-7-27
g	化州	广东	1969-7-29	G*	段家庄	河北	1973-6-28
h	黎班	海南	1977-7-20	H*	木多才当	内蒙古	1977-8-1
i	黄山	安徽	1954-5-19	I*	张家房子	内蒙古	1959-7-19
j	大湖山	台湾	1959-8-7	J	大张庄	天津	1978-7-25
k	天池	海南	1983-7-17	K	药王庙	辽宁	1963-7-19
l*	吴阳	广东	1976-9-21	L	界首	安徽	1972-7-1
m	潮桥	江苏	1960-8-4	M	獐狉	河北	1963-8-4
n	白石	台湾	1963-9-10	N*	二河	黑龙江	1966-7-29
o	新寮	台湾	1967-10-17	O	荒沟	辽宁	1958-8-4
p*	泥市	湖南	1935-7-4	P	刘圩	安徽	1974-8-12
q	东乡	江西	1953-8-17	Q	七里二	吉林	1956-8-6
r	螺山	湖北	1954-6-25	R	狮子坪	河北	1956-8-3
s	康垌	广东	1965-9-29				
t	柯坦	安徽	1969-7-14				
u	大水河	安徽	1969-7-13				

* 调查暴雨

图 5 显示，我国最大暴雨时面深记录的暴雨中心地点都在东部地区，主要集中于三个地带：从广西到台湾的华南沿海地带；从湖北到江苏的江淮地带；从黄河河套到辽宁南部的北

方地带。

5.2 最大时面深记录主要发生地区与天气系统

(1) 短历时(1～3h)暴雨记录，在北方以1975年8月河南暴雨为主，华北及黄河中游干旱半干旱地区亦较大；南方以1979年6月、1979年5月广东暴雨和1977年7月海南暴雨最大。北方短历时暴雨记录普遍高于南方。暴雨天气系统比较复杂，有西北局地暴雨、东部热带气旋暴雨和华南前汛期暴雨。

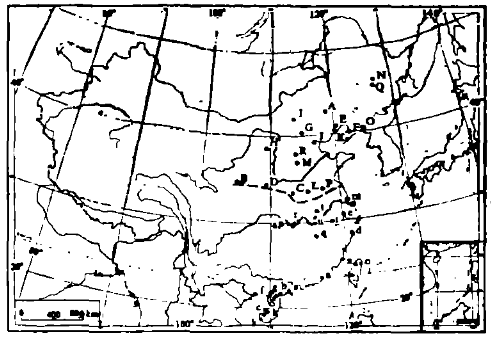

图5　暴雨中心地点分布
Fig. 5. Distribution of the location of rainstorm centers

(2) 中等历时(6～24h)暴雨记录，北方大多为1977年8月内蒙古暴雨和1975年8月河南暴雨所控制，大面积暴雨记录还包括有海河和东北暴雨；南方暴雨记录主要有1963年9月和1959年8月台湾暴雨、1960年8月江苏暴雨和1976年9月广东暴雨。南北方记录互有大小，面积较大时南方记录稍大，面积较小历时较短时北方记录较大。中等历时暴雨记录中热带气旋暴雨占有较大优势。

(3) 长历时(3～7d)暴雨记录，北方以1975年8月河南暴雨和1963年8月海河暴雨为最大；南方则以1963年9月台湾暴雨、1935年7月和1969年7月长江暴雨领先。不同面积的南北方记录互有大小。大面积暴雨南方较大，小面积暴雨北方一般稍大。西南涡、江淮低涡切变暴雨的大面积雨量记录突出，中小面积热带气旋暴雨也十分强烈。

表3　中国、美国、印度最大暴雨时面深记录
Table 3. Maximum depth-area-duration records of rainstorms for China, USA and India

单位：mm

		面积 (km²)							
历时	国家	点	100	300	1000	3000	10000	30000	100000
1 h	中	401	267	167	107	41			
	美	224	178	150	125	96			
3 h	中	600	447	399	297	120			
	美	478	410	370	315	245			
6 h	中	840	723	643	503	360	127		
	美	627	550	490	410	325	228	135	73
12 h	中	1400	1050	854	675	570	212		
	美	757	700	660	630	540	325	190	118
24 h	中	1673	1200	1150	1060	830	435	306	155
	美	983	930	880	850	740	460	290	180
	印	987		940	850	720	540	365	
3 d	中	2749	1730	1700	1550	1270	940	715	420
	美	1148	1080	1020	970	860	660	520	365
	印	1448		1400	1340	1240	1040	750	
5 d	印	1615		1510	1420	1330	1180	900	
7 d	中	2749	1730	1700	1550	1350	1200	960	570

(4) 长江流域1954年发生了特长历时特大面积暴雨①，6月13日～19日(7d)30万km^2面平均雨深232mm，5月19日～26日(8d)100万km^2面平均雨深143mm，都是其他地区特大暴雨所无法与之比拟的。

5.3 中国与国外时面深记录的比较

将中国暴雨的最大时面深记录与美国[2]、印度[3]的同类暴雨记录作比较(表3)可见，我国暴雨中心雨量和小面积面雨量大于美国和印度；面积较大的短历时雨量小于美国；大面积长历时雨量大于美国，但小于印度。

6 结 语

(1) 面暴雨量极值分析对较大水利工程的设计和暴雨的全面分析有重要意义。它与点暴雨量极值既有联系但又有区别，应单独对其分析研究。

(2) 最大暴雨面积的地区差异远远大于暴雨中心雨深极值的地区差异，东西之间差别极大。一次暴雨面积极值的地区差异又比24h暴雨面积差异更大，江淮梅雨笼罩面积尤为突出。最大面平均雨深极值的地域分布类似于暴雨面积极值的分布。大面积次雨量的南北差异也较明显，江淮与海河地区最大，华南和东北次之，干旱半干旱地区最小。

(3) 一次暴雨降水总量以江淮低涡切变线暴雨最大，四川、海河的西南涡和切变线暴雨其次，东部地区热带气旋暴雨一般小于低涡切变线暴雨，干旱半干旱地区局地暴雨降水总量最小。

(4) 我国暴雨最大时面深记录与国外记录比较表明，暴雨中心雨量和小面积雨量大于美国和印度；面积较大时，短历时雨量小于美国，长历时雨量大于美国小于印度。

参 考 文 献

1 王家祁，胡明思.中国点暴雨量极值的分布.水科学进展.1990，1(1)：2～12

2 Linsley R K Jr, M A Kohler, J L H Paulhus. Hydrology for Engineers. 2nd ed. McGraw-Hill, 1975. 89～93

3 Dhar O N, A K Kulkarni, B N Mandal. The most severs rainstorm of India. Hydrol Scien J 1984 29(2):219～229

4 WMO. Manual for estimation of probable maximum precipitation. 2nd ed. Secretariat of theWMO, 1986. 256～263

5 须洪熙.水文与工程.台北：中国工程师学会，1986，54

① 郑似苹，王家祁，杨景勋．1954年江淮地区特大暴雨．水利部南京水文水资源研究所．1989

Distribution of Extreme Values of Areal Rainstorms in China

Wang Jiaqi Hu Mingsi

(Nanjing Institute of Hydrology and Water Resources) (Office of Storm andFlood)

Abstract: The main contents of this paper are to study the extreme values of areal rainstorm, including storm area, area average rainfall depth, total precipitation volume, etc. The maximum depth-area-duration records and other extreme rainfall values are given herein. The regional distribution and some factors influencing areal rainfall rainstorm extreme values are also investigated.

Key words: extreme values of areal rainfall; depth-area-duration record; regional distribution.

《水科学进展》征稿启事

《水科学进展》是经国家科委和国家新闻出版署批准，国内外公开发行的学术期刊。《水科学进展》以水为论述主题，涉及与水有关的所有学科。《水科学进展》突出"新"字，把"综合性"、"交叉性"和"前沿性"作为办刊特色，即：把地球水圈视为地球系统的子系统，全方位报导关于她的研究成果；推动学科间的渗透，促进边缘学科的发展；鼓励开拓科学前沿，支持在科学探索中揭示的新事实和阐发的新思想。

《水科学进展》创刊以来，受到了广大水科学工作者的欢迎。她已被中国科技情报研究所选为我国科技情报分析的"源刊"，并被确认为对联合国教科文组织国际水文计划(IHP/UNESCO)的贡献，她每期的论文题要都被世界主要科技情报检索系统收编，英文目录刊布在联合国教科文组织国际水文计划的出版物"IHP INFORMATION"上，因而是国际学术交流的重要渠道。

本刊热诚欢迎广大水科学工作者踊跃投稿。尤其欢迎以下几方面的稿件：

1. 题材较重大，能为国家对与水有关的重大问题的决策提供科学依据的稿件；
2. 反映水科学各分支学科重要研究成果尤其是前沿课题的稿件；
3. 探讨水圈与地球其他圈层相互关系及水与社会发展相互关系等宏观科学问题的稿件。
4. 报道对推动水科学发展有重要意义的新事实、新概念、新途径的稿件。
5. 运用多学科的理论与方法探讨水科学基础理论(尤其是跨学科的生长点)与实际问题的稿件。
6. 介绍有推广价值，思路新颖的技术方法和经验的稿件。

来稿请寄南京西康路1号，水利部南京水文水资源研究所内《水科学进展》编辑部，邮政编码：210024。

《水科学进展》编辑部