1

强地震影响年降水量的统计分析

汤懋苍 胡宗海*

(中国科学院兰州高原大气物理研究所)

摘要

分析我国大陆1951—1988年的7级以上地震及降水资料发现,从上年10月 至当年8月之间发生的7级以上强震会使本地区当年的降水增多,且在震中附 近有正降水距平中心。本文还分析了"地震群"与降水的关系,发现绝大部分 "群震区"当年是多雨区。最后从地热通量的变化,初步分析了地震引起降水 偏多的可能原因。

关于降水与地震的关系问题,国内外不少学者对此进行过研究^[1-8],尽管所得结论不 一致,甚至有相互矛盾之处,但有一点认识是共同的,即地震之前降水有明显的异常。但 是,地震之后降水是否会有变化,对此问题几乎无人论及。本文拟对这一问题进行一些统计 分析。

一、M≥7级地震与降水的关系

1.资料

1951—1988年我国(除台湾以外)境内共发生M≥7.0级地震28次,其中有5次是同一 年发生在同一地点的"双震"(注:本文将上年10月至当年8月之间发生的地震定义为同一 年的地震),1988年11月6日发生在云南澜沧和耿马的两次强震(分别为7.5级和7.1级)震 中相距不到100km,也将其算作一次震例。另外东北有两次 M≥7.0级地震,因震源深度太 深(>590km),它与降水的相关性在时间尺度上应与浅源地震不一样,本文暂不作分析。 这样本文分析的震例共20次,详见表1。

我们发现,出现在10月以后的强震对年降水量的影响与次年上半年发生的强震效果是基本相同的。故规定,凡上年10月至当年8月之间发生的地震称为"当年地震"。我们分析了这20次强震的当年及前一年震中区附近的年降水量距平分布。其中1951年当雄地震的当年(1952年)在震区附近只有拉萨一个气象台站的资料,1955年乌恰地震只有喀什和巴楚两个台的资料可供参考,这两年震区的降水距平图无法绘制。另外,80年代的3次地震,因尚未收集到足够的降水资料,详细的距平图亦无法绘制。对其余的15次地震,绘制出了其震中区

*现在湖北省气象局工作。

备注

(双震)

(双震)

(双度)

(双度)

(双震)

两次

X

阿藏当雄

山丹东北

胎格里沙漠

定

恰

沲

海

穒

恰

Щ

潘

恰

沧

店古拉山

地

).jį

 f_{T}

泑

湹

炉

<u>14</u>

唐

松

ŗ,

λ.

云南大关 辽宁海城 云南龙陵

阿兰湖

河北宁晋

表 1	1951-	-1988年「	中国大陆.	EM≥7.0≇	及地震 目
库 县	र्ध्व स्व	震中位	<u>گ</u>	震级	(km)
,, ,		北纬	东经	(Ms)	震调深度
1	1951年11月18日	31°.1	91°.4	8,7.5	
2	1954年 2 月11日	39°.0	101°.3	$.7\frac{1}{4}$	
3	1954年7月31日	38°.8	104°.2	7	
4	1955年4月14日	30°.0	101°.8	$7\frac{1}{2}$	
5	1955年4月15日	39°.9	74°.6	7,7	
6	1963年4月19日	35°.7	97°.0	7	地壳内
7	1966年8月22日	37°.5	11 5° .1	7.2	
8	1969年7月18日	38°.2	119°.4	7.4	35
9	1970年1月5日	24°12′	102°41′	7.8	13
10	1973年2月6日	31°.3	100°.7	7.6	11
11	1973年7月14日	35°.1	86°.5	7.3	
12	1974年8月11日。	39°.4	73°.8	7.3	
13	1974年 5 月11日	2 8°,2	104°.1	7.1	14
14	1975年4月4日	40°.7	122°8	7.3	16
15	1976年5月29日	24°.5	99°.0	7.4	24
16	1976年7月28日	39°.4	118°.0	7.8	22
17	1976年8月23日	32°.6	104°.1	7.2	15
18	1985年 8 月23日	39°24′	75°36′	7.4	

日录

降水距平图, 共14幅(其中1954年河西走廊的两次地震合为一幅图)。为了节省篇幅, 本文 只给出了其中7幅图,图1为地震当年震中区降水距平百分率图,图2为地震前一年的降水 距平百分率图。

91°.9

99°43′

7

7.1

7.5

34°.0

22°50′

2.强地震与年降水量的关系

1988年11月5日

1988年11月6日

19

20

分析图 1、图 2 及中央气象台绘制的1984与1985年和1988与1989年的年降水距平百分率 图,可以得到如下几点认识(见表2):

(1)20次地震中有16次的震中处在当年多雨(正距平)区中,也就是震中区当年多雨 的机率是80%。1966年河北(图1(2))和1973年炉霍(图1(4))两次地震虽处在负 距平(-5%)区,但实际上仍是处在降水的相对高值区中。1966年是我国东部的大旱年, 这应该是由大尺度环流条件所决定的。1973年在炉霍以东 约 300km 的川西平原出现了一个 "地震群",使川西平原多雨,这可能是川西高原大范围少雨的原因。1985年乌恰震中区亦 少雨,这也是因为该年在新疆、青海和西藏交界区出现了一个"地震群",使多雨区出现在

1

3

r



(1)1954年甘肃河西地区



(2)1966年河北及其邻近地区



(8)1970年云南部分地区 图 1



o... 5

118

38"

120

013

1161



111°E

Fig. 1 The anomaly percent of annual precipitation around the seismic center area in the year of earthquakes ($Ms \ge 7,0$) occurrence

Ĉ



(1)1953年甘肃等地



(2)1965年河北及其邻近地区



(8)1969年云南部分地区



(4)1972年四川部分地区



(5)1973年新疆部分地区



(6)1974年辽宁部分地区



(7)1975年河北地区 图 2 M≥7级地震前一年震中区降水距平百分率图 Fig. 2 The same as fig. 1 but for the last year

۳

-	
宠	2

(

7级以上强震震中区当年及前一年降水统计

	时间	间地区		当 年		前一年			备注
			P	R	a _{\$}	P	R	α _Ø	
1	1951年11月18日	西藏当雄	+10	无资料	无资料	无资料	无资料	无资料	根据拉萨 记 录
2	1954年2月11日	山丹东北	+ 30	0 -50 km	0 °30° *	+ 0	0 -50 km	0 °−30**έ	
8	1954年7月31日	腾格里沙漠	+10	5 0— 100 km	无资料	-15	0 -50 km	无资料	
4	1955年4月14日	康定折多塘	+ 5	0 — 50 km	无资料	+ 20	050 km	无资料	
5	1955年4月15日	鸟恰	+ 54	无资料	无资料	+ 25	无资料	无资料	由喀什、 巴楚平均 而 得
6	1966年3月22日	青海阿兰湖	+ 20	50—100 km	30°—60°•	- 25	0 — 50 km	30°—60°°	
7	1966年8月22日	河北宁晋	~ 5	50-100 km	0°-30°	- 45	50—100 km	0 °—30。	
8	1969年7月18日	渤海	+10	50—100 km	0 °30°	- 25	50—100 km	0°-30.	
9	1970年1月5日	云南通海	+ 25	050 km	0°—30°	- 25	0 50 km	0 °30.	
10	1973年2月6日	四川炉套	~ 5 .	0 -50 km	0°-30°	- 20	0 5.0 km	0°-30.	
11	1973年7月14日	西戴	+ 30	50—100km	无资料	-10	50—100 km	无资料	
12	1974年 5 月11日	云南永善大关	+ 5	0 50 km	0°-30°	⊾+30	200-300km	60	
19	1974年8月11日	新驅乌恰	+ 60	0 —50 km	0 °30°	- 40	0 — 50 km	0 30 -	
14	1975年 2 月11日	辽宁海城	+ 20	0-50 km	60°-90*	- 5	0 —50 km	60°—9 0 °	
15	1976年 5 月29日	云南龙陵	+ 25	0 —50 km	0°-30°	- 10	50—100 km	0 °30°	
16	1976年7日28月	河北唐山	+ 10	0 -50 km	0 -30.	-19	0 —50 km	0 °	
17	1976年8月16月	四川松潘平武	+15	0 — 50 km	30°60°	- 0	0 - 50km	30°-60°	
18	1985年8日23月	鸟 恰	- 50			- 20			
1.9	1988年11日5月	唐古拉	+10			- 10			
20	1988年11日6月	潮沧耿马	- 10			- 20			

符号说明, P为震中区降水距平百分率, R_彩为震中与多雨轴线距离, R_少为震中与少调轴线 距离, α_多 和α_少分别为多雨轴线和少雨轴线与"余震走向"的夹角,带*号的表示多雨轴或少 雨 轴与 等烈度线走向的夹角

高原上。从以上分析我们可以认为,绝大部分强震的震中区当年多雨,震中区少雨的情况发 生在大尺度气候背景有利于干旱或震中区水汽来源的上风方向有"地震群"出现之时。1988 年11月的澜沧地震有待进一步分析。

(2)在图1中,通过各次地震震中区的多雨区或相对高值区,都存在一条相对高值轴 线。我们统计了15次地震的震中位置与此高值轴线之间的距离,发现都在100km以内,其 中10次在50km以内(见表2)。考虑到雨量测站的密度和一定的分析误差,可以认为,相 对多雨轴线总是通过震中区。

(3)绝大多数强震都有一余震群,可划出一条余震走向,少数强震划不出余震走向, 但等烈度线呈椭圆形,我们称此椭圆的长轴方向为"余震走向"。对图1中的余震走向与多 雨轴线两者之间的夹角进行统计,发现有3/4的震例此夹角小于30°,交角大于60°者只占1/12 (图1(6))。这表明余震走向与多雨轴线走向是基本一致的。

(4)我们同样统计了震中位置、余震走向与前一年降水的关系,结果列于表2中。由 表2可见,19次地震中有15次地震的震中区在地震的前一年位于少雨区中,其余4次有3次 处在多雨区中,1955年四川康定地震的前一年(1954年)是我国长江流域的特多降水年, 1974年云南永善地震的前一年(1973年)正好位于"群震区"中,因而多雨。我们似乎可以 认为,在强震的震中区,其前一年一般少雨。但当其前一年位于一"群震区"中或气象条件 (如大气环流)使该区降水特多时,震中区在前一年也可表现为多雨。

(5)在图 2 中画出了通过震中的少雨区的轴线。我们统计了震中位异与少雨轴线之间的 距离,发现有14次地震的这一距离在100km以内。唯一例外的是1974年云南永善地震,可能 是因为1973年该地区有"地震群"影响之故。这个统计事实对地震预报有一定的参考价值, 即当预报某地区次年将有强震发生时,它可帮助预测震中区的位置。

(6)少雨轴线与余震走向之间的夹角小于30°者占地震总数的 2/3,大于 60°者只占 1/6。可见多数的少雨轴线与次年的余震走向是一致的。

从对以上事实的分析可见, 7级以上强震的震中区,在震前一年表现为干旱少雨, 地震 当年表现为多雨, 符合"旱一震一涝"模式。

1957年12月在蒙古人民共和国境内发生了一次8级大震,震前两年(1956、1957年)我国 西北沿中蒙边境一带均为大旱区(图略,见文献〔9〕),震后3-4年(1958—1960年)沿中 蒙边境西段都是多雨区。图3是我国最靠近震中区的哈密和老东庙两个4(象站年降水距平百



图 3 1955—1963年哈密和老东庙两站 年降水距平百分率的年际变化 Fig. 8 Interannual variation of precipitation of Hami and Landongmiao in 1955—1963

分率的年际变化曲线。由图可见,1957年以前降水是负距平,1958—1960年连续三年都是正 距平。根据苏联和我国的资料,绘出了蒙古附近1959年的年降水距平百分率分布图(图4)。 由图可见,在震中区及其以东有一长约2000km的降水距平大于50%的多雨区,1958年的多 雨区的范围与强度与1959年相仿(图略),可见8级地震影响降水的强度更大,时间亦更 长。我们也统计分析了我国大陆上6.5—6.9级地震与年降水量的关系,得到的结果与7级以 上地震基本相同,而6级以下的地震对年降水量的影响一般不明显。



图 4 1959年蒙古附近年降水距平百分率分布图 Fig. 4 The anomaly percent of annual precipitation around Mongolia in 1959

二、"地震群"对年降水量的影响

我们统计了1951—1988年全国各地在2.5°×2.5°经纬度网格内发生的 M≥4 $\frac{3}{4}$ 级地震的次数,绘成图 5.。由图 5 可见,在我国大陆有 5 个地震多发区,分别是华北、川滇、西藏东部、西藏西南部和帕米尔天山区。吉林、黑龙江的东边境也是一个地震相对多发区,但此区 地震皆为深源地震,其影响气候的时间尺度与浅源地震不同,本文暂不讨论。由图还可见, 105°E以东、35°N以南的我国东南地区地震很少,但这一地区的地震对 降水亦有明显的影响。因此,我们规定;(1)对如上 所述的我国东南地区,凡前一年10月至当年8月在不同地区发生 3 次以上M≥4.0级地震(所有余震均不计入),且相邻两个震中位 置之间相距不超过500km者,即称这些地震为当年发生的"地震群";(2)对其余地区,凡前一年10月至当年8月在不同地区发生 5 次以上M≥4.5级地震(所有余震均不计入),且相邻两个属中位置之间相距不超过300km者,即称这些地震为当年发生的"地震群"。按以上定义,我们统计了我国大陆上除新疆、东北两地区之外,1954—1988年"地震群"的发生情况,结果列于表 3 中。

从表 3 可看出,我国大陆(除新 疆、东北 外)1954—1988 年共 发生"群震"27次,除1957年的甘、青"群震区"和1970年四川、甘肃"群震区"当年对应少雨区外,其余25次 "群震区"对应的都是当年的多雨区。上述1957年和1970年两个"群震区"的共同特点是该 年冬季0.8—3.2m的地温距平均是负值,且处在一低温中心区内。这表明如果"群震区"的 浅层土壤冬季是低温,则"群震区"当年不一定多雨;如果其浅层是高温区,则几乎可以肯 定当年多雨。如1961年在内蒙、甘肃、宁夏、青海一带大致是100°—105E,31°—42°N之间 的地区有一"群震区",该区恰好也是冬季(1960.12——1961.2)1.6m和3.2m 地温的高 值区(图略),因此该区当年雨量特别多,该年气候特别反常,长江流域和华北北部、东北 大部为千旱少雨区。1954年2月在极少发生地震的湖北省,发生了一次4级地震,6月安徽 也发生一次5级地震,加上2月在河北南部发生的4级地震构成了一"地震群"。长江流域



M≥4^{:3}级地震次数的分布图

Fig. 5 Earthquake number of $M \ge 4 - \frac{8}{4}$ in a 2.5°×2.5° Lat-long. area during 1951-1988

1954年出现了百年不遇的大涝,可能与此"地震群"有关。1973年4-8 月 在 川 西平原的 103°-105E,27.5°-34°N的狭长带发生了 6 次4.5 级 以上的地震(图略),它们组成了一 "地震群",使当年的多雨区出现在川西平原,以至于川西高原的炉霜、甘孜一带虽有 7 级 地震发生,也只表现为一相对多雨区(绝对数仍为负值,见表 2)。在此"地震群"区中的 次年(1974年)发生了大关 7 级地震,这样大关地震的前一年(1973年)就不是表现为少雨 干旱,反而是多雨(见表 2)。可见同一地区不同时间或不同地区同一时间出现的地震对降 水的影响是会相互干扰的。

三、地震影响降水的原因浅析

我们从中国地震目录(顾功叙主编)中选取了108次有等烈度线图的地震(1954—1980年),分析这些地震发生前后当地的0.8m地温变化情况。並规定凡在震中区周围半径为100km范围内的气象站当年地温距平值△T>+1.0℃,或是持续时间虽不超过半年,但有一季的地温距平值△T>+2.0℃以上,称为地震区"地温异常"。在这些地震中只有45次地震有0.8m地温资料,共有42次地震伴随有"地温异常",3次没有地温异常(见表4)。由此可见,绝大多数地震都会引起浅层地温升高。在42个伴随有地温异常的地震中,除有两个4—5级地震和一个5.9级地震震中区当年少雨外,其它地震当年都多雨。这似乎表明,地震发生前后在地球深部有较多地热放出。为了分析地震区地热通量的年际 变化,我们选取了

s

ŕ

- 表 3

1954—1988年我国大陆"群震区"当年降水情况

年代	群熊所在范围		Ho IX	震群区 当年降水距平符号		
	经度	纬度		we all leaves -1 be viewer 1, 10, 2		
1954	112.5°-11 .5°E	27°.5-40°N	华中、华北	+		
1955	100°192°E	25°-30°N	川 渡	+		
1957	96°100°E	86°-41°N	甘背西部			
1958	100°105°E	36°-40'N	四川、甘肃	+		
1959	102°.5-107°Eî	27°.5-42°.5N	云南、四川、甘、宁、蒙	+		
1960	99°-107°E	32°.5-42°.5N	川、甘、紫	+		
1961	97°.5-107.5°E	30°- 42°.5N	川、甘、宁、育、紫	+		
1962	104°-118'E	23°-25°N	广西、广东	+ ′		
1963	95°103.5°E	35°-38°N	青海	+		
1963	115°122°.5E	30°9/°.5N	江苏、安徽、 山东	+ '		
1964	98°113°E	38°-40°N	陕、甘、 宁、晋	+		
1966	100°-105°E	25°-32.5°N	川、滇	+		
1969	111°117.5°E	3038°N	华中(鄂、鲁等地)	+		
1970	100°105°E	27°.5-35° N	四川、甘肃			
1971	92*-98*E	38°36°N	青 海	+		
1972	108°120°E	22-24°N	广东、广西	+ .		
1973	100°-105°E	27 . 5-35° N	云南、四川、甘肃	+		
1974	97°.5-105°E	27°.5–33°N	川滇	4 · · · ·		
1975	93°-98°E	33°-43°N	青海、甘肃	+		
1.977	97°.5-105°E	27°.5–33°N	云南、四川	•		
1978	100°-105°E	30°-35°N	甘、青、川	•		
1979	110°-120°E	31'-34'N	华中一带	+		
1980	87°-99°E	30°—40°N	青海、西藏	+		
1983	100°-107.5°E	22°-26°N	云南、贵州、广西	+		
1985	83°-96'E	31°-36°N	西藏、青海	+		
1986	100°105°E	23°—27'N	云南、四川	+		
1986	80°-92°E	32°-35°N	西藏	+		

1958年四川茂汶6.2级和1965年云南景洪6.1级地震,计算了与震中相距在100km左右的地温 测站(分别为成都和景洪)在地震前后各年0.8—3.2m之间地热 通量的距平值(Q'),计 算方法见文献〔10〕,结果分别列于表5和表6中。由表5、表6可见,地 震之前 Q'逐年 增大,地震之后Q'逐年减少,甚至变为负值。地震当年Q'达到极大(取向上为正),其变 化的量级达10⁻⁵卡/cm²·s,这与气候的年际变化所要求的能量量级是相同的^[11]。通过以 上分析,我们可以对地震影响降水的机制设想如下: 临震前和地震发生后,地球内部向外的 热通量强度增加,使浅层地温升高,进而使降水增多。

-	
	л
-AXC	-

有等震线图的震例及其0.8米地温异常情况

震级改数	4 — 5 级	56级	6 级以上
总地震次数	14	45	49
有地温异常地震次数	8	16	18
没有地温异常震次	0	3	0
没地温资料的地震次数	6	26	31

表 5 四川茂汶1958年6.2级地震前后成都各年Q′值变化(单位: 10^{~。}Cal/cm²・s)

年代	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Q'	-0.5771	0.6787	1.042	0.6437	-0.1667	-0.2333	0.3727

表6 云南景洪1965年6.1级地震前景洪站各年Q/值(单位: 10⁻⁵Cal/cm² • s)

年 代	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Q′	-1.033	-7.180	-4.379	4.829	4.929	4.987

〔注〕: 景洪站1966年停止了3.2m地温观测

四、结 论

通过对我国大陆7级以上强震与年降水量的相关分析,可以得出以下结果:

(1)强震的震中区当年(以头年10月一当年8月为"当年")降水为正距平的约占 80%,其前一年降水为负距平的亦约占80%。这表明地震与降水的关系是:"早一震— 涝"。

(2)地震震中与当年多雨轴线的间距一般小于100km,多雨轴线的走向与余震分布的 走向或等烈度线的走向一般是一致的。这表明强震活动与降水密切相关。

(3)当考虑到相邻地震之间和前后地震之间的相互作用或大尺度气候特别异常时〔如 Elnino〕,上述两条一般规律会被打破。

(4)在同一年内某一地区有多个地震发生组成一"地震群"时,会使该地区当年降水 量较多,但当该"群震区"冬季浅层地温为低值区时,则其年降水距平仍可能是负值。

(5)地震影响降水的原因可能是: 临震前和震后向上的地热通量增大, 使浅层地温升高, 並影响到后期降水。

(本文1989年11月6日收到)

多考 文 献

〔1〕耿庆国,中国旱震关系研究,海洋出版社,1985.

〔2〕马宗晋等,1966—1976年中国九大地震,地震出版社,1985.

〔8〕兰州地震大队气象与地震组,气象与地震,地震出版社,1976.

〔4〕赵洪声,中国强震前中期旱涝异常概貌,地震研究,Vol.6,No.3,1983.

〔5〕刘德富》 气候多雨与强震发生的延时关系,地球物理学报, Vol.30, No.5,483-493,1987.

(6)Huang Li-Sheng等,南加利福尼亚大地震与降水关系的初步研究,大气激励与地球响应,180-190, 气象出版社,1989.

〔7〕Cornea, I., 罗马尼亚降水与强震的关系,大气激励与地球响应,191—197,气象出版社,1989.

〔8〕尾池和夫,关于降雨与地震发生的关系,大气激励与地球响应,198-206,气象出版社,1989.

[9]国家气象局气象科学研究院,500年旱涝图集,地图出版社,1981.

(10)周亚军、汤懋苍,用地温做年度降水预报的一种改进,高原气象,Vol.8,No.3,228-240,1989.

(11)汤瑟苍等,下垫面能量储放与天气变化,高原气象, Vol.1, No.1, 24-33, 1982.

A STATISTICAL ANALYSIS OF ANNUAL PRECIPITATION EFFECTED BY DESTRUCTIVE EARTHQUAKE

Tang Maocang, Hu Zonghai

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Academia Sinica, Lanzhou, China)

Abstract

After analysing the data of annual precipitation and the destructive earthquakes $(M, \ge 7.0)$ in mainland of China during 1951-1988, the following conclusion is obtained. When the earthquake $(M, \ge 7.0)$ occurred during last year October to next August, the seismic center area will be wet (more precipitation) in this year and appeared as drought last? year. So the order of three biggest disasters is as" drought--earthquake--flood". The relation between the seismic swarm and precipitation is also analysed. Finally, from the variation of the geothermal flux, the possible causes of more precipitation caused by earthquake are preliminarily analysed.