全球地震活动性与太阳活动及大气过程的关系

【苏】A.Д.瑟京斯基 著　　赵洪声 译

地震出版社

全球地震活动性
与
太阳活动及大气过程的关系

〔苏〕A.Д.瑟京斯基 著
赵洪声 译
谭承业 吴铭蟾 校

地震出版社
1991

内 容 提 要

本书总结了全球地震活动与太阳活动、大气过程的关系的研究成果。作者指出，全球的乃至局部的地震活动均与太阳活动11年周期的位相有关，而强震暴发期与受太阳活动激发的流动于行星际之间的、并同时或稍滞后到达地球上的太阳风有关系。建立了这样的模式——太阳活动对全球地震活动性的影响是通过大气过程来实现的。区域大气过程是强震发生的必要条件，同时其地震强度与区域大气过程的尺度有关。既然本已显露的全球地震活动性同太阳活动和星际空间环境状态有关系，那么，探讨太阳活动对地球低层大气环流影响的机理就被看作是重要的课题。

Связь сейсмичности Земли с солнечной активностью
и атмосферными процессами
А.Д.Сытинский
Гидрометеиздат Ленинград 1987
全球地震活动性与太阳活动及大气过程的关系
А.Д.瑟京斯基 著
赵洪声 译
责任编辑：商宏宽
责任校对：孔景宽

地震出版社 出版
北京民族学院南路9号
朝阳展望印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 3.5印张 94千字
1991年8月第一版 1991年8月第一次印刷
印数：0001—1500
ISBN 7-5028-0455-2/P·293
(843) 定价：2.50元

序

通过对每年破坏性地震总能量和次数表示的全球地震活动特征的分析，查明了全球地震活动性依赖于太阳活动11年周期的位相。

地震活动性的能量特征依赖于太阳活动这一事实，使我们得以考虑地震与太阳上和行星际空间某些过程存在着切实的关系。这导致了对太阳、地球周围空间和大气中一些现象对地震的影响作更加广泛的研究，以及对这一影响的物理机制的探索。

整个说来，此项工作的目的在于揭示和研究地球各圈层及宇宙空间之间存在着的综合关系。最近，也恰是这个问题引起更多研究者的注意。在本书中，收入了作者对此问题的若干研究成果，包括早些时候已发表过的著述在内。

北极和南极研究所

前　言

在现代地球物理学的一些最重要问题中，天气预报和地震预报占据着特殊的地位，这些问题的解决不仅对科学，而且对国民经济都有重大意义。上述问题的成功解决依赖于查明那些控制大气过程和地震发生过程的一般物理规律。阐明和认识这些规律性需要综合研究各种(相对地球而言，不只有外部的，也有内部的)因素，特别是能对大气现象和地震现象发生影响的因素。

通过可变的太阳辐射诸分量对地球过程施加影响的太阳活动，可能是这类因素之一。

目前，太阳活动对地球磁层和上部大气的影响已被普遍承认。全球地震活动性与太阳活动关系的存在，不是从传统的地震成因观念得出来的结论。传统观点认为，地震的发生依赖于地质构造运动，这一运动又仅决定于地球内部正在进行的物理-化学过程。

早些时候，某些研究者曾试图找出全球地震活动性与太阳活动11年周期的关系。但是这些企图，由于缺乏长期、可靠的地震仪器观测资料和选择地震活动性特征的不够得体(没有考虑到地震能级，指古登堡和李克特把地震观测系统化[110, 111]和引入震级概念以前进行的工作)，而未能得出明确的结论，因为所得到的乃是些不一致的结果[53, 105, 119, 128, 130]。

关于地震发生时间与太阳上和行星际空间中一些过程的关系问题，过去根本没有研究，因此无论是全球地震活动与太阳活动关系的可靠性，还是这种关系的特征，以前都不明确。

地震与大气过程的关系问题，也没有全面研究过，尽管地震学经典作家加里津、康拉德和古登堡早就指出过存在这种关系的

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

可能性[15, 20, 130]。因此，在解释地震起因的各种地质-地球物理假说中，都未考虑地震活动性与太阳活动和大气过程的关系，在研究地震预报方法时也没有予以考虑。

目前，随着地震仪器观测资料的积累，以及由于用人造卫星和其他宇宙装置对太阳活动和行星际空间现象的最新研究，使地震活动性与太阳活动关系的研究出现了新的可能性。毫无疑问，借助于火箭和卫星的观测，正为了解太阳-大气关系创造着新的可能性。伴随气象观测和高空观测的扩展和质量的改善，以及天气信息质量的相应改善，地震与大气过程关系的研究同样出现了新的可能性。

总体上说，目前我们所拥有的和正在获得的信息，不仅有可能确定地震活动性与太阳活动、与行星际环境状态和大气过程的关系，而且有可能解释这些关系的物理实质。

本书根据观测资料确定了全球地震活动性与太阳活动和行星际环境状态的关系。并证明，这一关系是通过大气过程实现的。这就需要研究太阳活动影响低层大气环流的机制。因此，本书把两个重要问题：地震物理和预报、以及太阳-大气关系物理统一起来，开辟了地震与太阳-大气现象研究的新方向。

这个方向涉及到不同的科学分支，故本书研究了来自相邻学科的广泛问题。但是仍有许多问题，不管与前面所指出的复杂问题怎样有关，按我们的意见，在本阶段并不具有头等重要性，故未提及。

作者认为，尽管大气过程（包括对流层的）与太阳活动的关系已被严格确定，然而本书的某些结果仍可以看做是证实太阳活动不仅对上层大气，而且对低层大气过程有作用的独立的补充材料。

日-地物理学书目，包括太阳-大气关系方面的文献十分广泛，因此本书仅提及一些述评性的文章和专著。

目　录

序 ……（Ⅱ）
前言 ……（Ⅴ）
第一章　全球地震活动特征和太阳活动特征……（1）
全球地震活动特征 ……（1）
太阳活动特征 ……（8）
第二章　全球地震活动性与太阳活动的关系……（12）
全球地震活动性对太阳活动11年周期位相的依赖关系 ……（12）
强烈地震发生时间与太阳活动过程的关系 ……（24）
地震与太阳风参数的关系 ……（30）
地震与地磁活动 ……（32）
第三章　全球地震活动性与大气过程的关系……（36）
地震与行星大气过程的关系 ……（36）
地震与区域大气过程的关系 ……（45）
千岛—堪察加地带 ……（50）
中亚和哈萨克地区 ……（59）
第四章　太阳活动影响大气和地震现象的机制 ……（64）
太阳活动影响低层大气环流的机制 ……（64）

大气各等压面高度的变化及其与太阳活动指数和
太阳风参数的关系 ……(72)
低层大气中一些物理过程与太阳活动11年周期的
关系 ……(77)
太阳活动影响地震现象的机制 ……(84)
第五章　预报意义 ……(89)
概况 ……(89)
全球地震活动性趋势预报 ……(90)
强烈地震发生时间的预报 ……(91)
结论 ……(95)
参考文献 ……(96)

第一章　全球地震活动特征和太阳活动特征

全球地震活动特征

每次地震都发生在一定的地点并可看做是空间中的一个独立事件，这基本决定了把地震作为一种非常局部的现象来研究。不久前气象学还完全不靠行星大气环流而研究任一指定地区的气象过程的时候，也曾存在过类似的情况。

由于地震仪器观测资料的积累，除了研究震中区[1]物理过程以外，尚出现了以全球观点去查明地震活动性的可能性。有种种理由说明这个观点是有前途的。例如，古登堡[108]在使用仪器资料且考虑了地震的能量特征(震级)去研究全球地震活动性时，发现了地震活动性在19世纪末到20世纪初有明显增强。他指出，如果能找到这种增强的原因，那末就可大体解决地震的本质问题。贝尼奥夫发现的结果亦是有一定意义的，即震级为8和稍高一点的所有浅源地震[2]都归附于一个统一的构造活动系统，因而单个地震并不是独立事件[98]。应当指出正是这个事实，才使地震与诸如自由章动和地球自转角速度变化等全球现象之间的正相关得以发现[22, 98, 116, 126]。这些现象特别重要，因其强度已超过所观测

1) 地震震源在地球表面的投影称为震中。

2) 按震源深度 h 将地震分成浅源（或正常深度）地震（$h<70$km）、中源地震（$70\leqslant h\leqslant 300$km）、深源地震（$h>300$km）。

到的那些构造过程[65]。从另一方面来说，根据地质资料，整个地球上高的和低的地质构造活动时期始终在交替变换，即同样具有行星特征。此时，应该考虑到全球构造或板块构造假说之成立。在确定以全球观点研究地球地震活动性的诸多原因中，最近出现的将整个地球地震活动性与其他天体、特别是月球和火星的地震活动性作比较的可能性，也是一个重要的原因。

从全球角度研究地震活动性方法，从物理上讲，也是有意义的，因为显而易见，地球总的能量状态不能不反映在大地构造过程的强度上，其中包括它所引起的地震。这一观点早就被用到天文学中，特别是太阳物理研究中。例如，在考查太阳活动性时，所研究的不仅是个别的黑子群或者黑子，而且研究总的活动。这才能划分出太阳上的周期过程等等。

下面将阐明，前所提出的研究地震的全球观点可给出建立全球地震活动性与太阳活动关系的可能性。一些研究者已着手处理这个问题。但由于种种原因，主要是由于缺少适当的地震活动性特征样本或地震活动指数，致使无论是这种关系的特征、还是这种关系的可靠性，都没有被确定下来。因此，首先要研究全球地震活动性特征问题。为了解决所提出的任务，选择的指数要能相当可靠地表征出地震活动性，这就必须：第一，从全球过程出发，因为应该想到，太阳活动能够对全球地震活动性施加影响。在这种情况下，个别地区所获得的结果，便不可能推广到整个地球。第二，必须从研究中排除掉次级运动。

不难证实，满足所提要求的全球地震活动性指数只能在考虑了地震能量分类的仪器地震观测的基础上获得。确实，仪器地震观测以前，地震仅根据它们在地面上的直观现象被记录下来，发生在无人居住地区的许多地震则没有统计。

这样，便有发生在仪器记录以前时期的大量地震没有被列入任何地震目录中。而且，在这些目录中，也漏掉了许多最强烈的

地震，它们大都与太平洋地震带有联系且经常发生在海洋中。故而，仪器以前时期的地震目录没有客观地反映全球地震活动性，对于寻找控制全球地震活动性随时间变化的规律性，这些资料的价值也自然是十分令人怀疑的。

在仪器观测地震的初期，地震活动性特征是否反映了全球地震过程强度随时间的实际变化问题，同样是个复杂的悬案。当然，随着高灵敏度地震仪的出现，记录到的地震数目急剧增多了。问题是部署在地震活动区中的地震台站，一日内常常记到若干微弱的不易察觉的地震。但许多弱震乃是某些次级运动的结果。如已知，主震以后，相当长时间内还会记到一串串较弱的地震，即余震。此外，尚存在着引起弱震的各种次要原因。例如，水库蓄满水时观测到的地震，月球上显示出的由引潮力所致的弱震现象等。

不但如此，而且正象下面将表明的那样，就能量而言，地震间的差别确实非常大。因此，仅按频数去统计地震，而不考虑能级，不能认为是正确的。李克特在其专题学术著作中为此写道："1931年，设在帕萨迪纳的地震中心已准备好要出版自己的第一本南加里福尼亚地震目录。每年有二百或三百个收进目录的地震未标明数值，导致了解释上的一些严重错误，而且也未必有可能按强度(烈度)分类。许多地震没有有感的报道，可是某些地震显然有大的强度，只不过传到远离震中的一些地点时，已几乎无法察觉，这些地震可能位于人烟稀少的荒漠、山区或者是海洋中。因此才制定出了在比人为判断较客观的基础上划分强震和弱震的计划"(见[51])。1935年，李克特提出了地震震级概念—M[121]。之后，古登堡和李克特[109,112]以及其他研究者[86,89,96,102,118]又深入研究了震级标度。

在地震震级概念的基础上，根据物理学中提出的著名的弹性波能量E对其振幅A与周期T之比值的平方成比例的性质，即

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

$E \sim A^2/T^2$，得到$\lg E \sim \lg A/T$。原则上，$\lg A/T$考虑了对震中距、震源深度等的修正，并决定着地震震级。因为A和T是按地震图上的地震记录测定的，那么震级便是在仪器资料基础上得到的地震能量特征。

目前，在确定正常震源深度的地震震级时所使用的公式具有如下形式

$$M = \lg(A/T)_{max} + \sigma(\Delta) \tag{1}$$

式中A——最大的土层位移；T——相应的波的周期；$\sigma(\Delta)$——依赖于震中距离Δ和据经验资料确定的标定函数。对于深震，还引入了对深度的相应修正[36]。

对于标定函数为已知的所有的波（体波和面波），可用比值$(A/T)_{max}$确定震级。如同观测所证实的[36]，按面波确定的震级M是最均匀的。因此，这类震级将被做为本书的基础。

关于震级标度的引入，李克特写道："震级标度为统计学提供了新的基础，它远较以前的任何标度都同一得多"（见[51]）。

正是由震级规定本身应该得出：$M \sim \lg E$。对于地震能量目前一般采用公式

$$\lg E = 11.8 + 1.5M \tag{2}$$

震级的引入给出了根据仪器资料客观评定每次地震能量和将地震按能级进行比较的可能性。

此外，震级的引入，使在观测资料的基础上有可能确定出地震频度N随能级的分布，也就是古登堡和李克特[110, 111]获得的公式：

$$\lg N = a - bM. \tag{3}$$

它无论是用于整个地球，还是用于个别地区，都能与资料很好地符合。对于全球资料，可较好地演算出这样的关系式：

$$\left.\begin{aligned} \lg N &= 8.2 - 1.1M \quad M \geqslant 7.3 \\ \lg N &= 4.6 - 0.6M \quad 5.8 < M < 7.3 \end{aligned}\right\} \tag{3a}$$

古登堡和李克特，以及兰德列娃(据较晚的1963—1972年资料)所获得的关系式$N=f(M)$的图形已示于图1。从图1可得出，

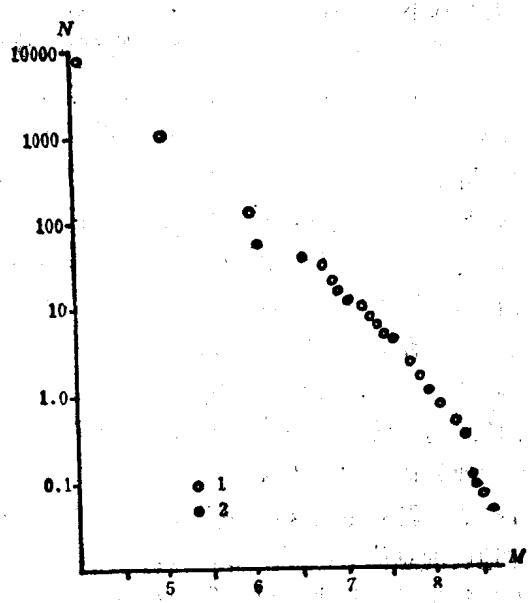

图 1 地震的频度[24]

1——古登堡和李克特的资料；2——《苏联基准地震台网地震公报》的资料

当M变化一个单位，全球年地震频数N便大约要变化一个量级。但是不难证实，地震频度随M减小虽有这样的增加，可是总的地震能量主要还是依靠一些最强烈地震释放出来。实际上，从式(2)可知，M变化一个单位，E便要变化1.5个量级。

举例来说，智利8.5级地震(1960年5月)就比象阿什哈巴德$M=7.2$(1948年10月)、加兹利$M=7.0$(1976年5月)、罗马尼亚$M=7.0$(1977年3月)那样出名的破坏性地震强烈100倍，同时比

塔什干$M=5.1$地震(1966年4月)大约强100000倍。不过，图1表明，平均说来地球上每年记到的$M\geqslant7.0$地震约20个左右，$M\geqslant6.0$地震约100个左右，$M\geqslant5.0$地震约1000个左右。因此，尽管地震频数随震级的减小呈指数性迅速增长，可地球的地震总能量仍主要决定于一些毁灭性地震($M\geqslant7.5$)能量的总和。故而靠使用弱震而使统计资料增加或者N增加，将会导致巨大的错误，因为$N(M\geqslant7.0)\ll N(M\geqslant6.0)\ll N(M\geqslant5.0)$，所以此时基本上已不能考虑强震的作用了。此外，许多弱震系由于次级运动而发生(余震，火山地震及其他)。这样，根据已叙述的情况便能断定，统计学的"权"和地震的物理涵义远非相同。因此，若仅仅考虑地震频数而不考虑它们的能级，则问题的解是不可能正确的。

利用每年地球释放的全部地震能量ΣE作为全球地震活动性特征值，从物理上是可以解释的。在这种情况下，ΣE显然可被看做是整个地球构造活动的某种全球性定量指数，因为大家都知道，地震乃大地构造运动的表现之一。

既然$M<7$地震的能量仅占ΣE的百分之几，而ΣE基本上决定于毁灭性地震的总能量，那么这类地震的数目同样能取做全球地震活动性的特征量。看来，对于先决条件为独立事件的各类问题，可以考虑采用较低能级如$M\geqslant6.5$或者$M\geqslant6.0$的地震指数N。但是，正象已指出过的，应该始终注意，这类地震的许多属于余震，反映的是次级过程，而靠用弱震使统计量增加的企图则可能导致大错误。

1949年，古登堡和李克特[110]发表了1904—1946年的强震目录，这是在考虑到地震震级的仪器观测基础上编成的。该目录后来又被原作者延长到1952年，附于文献[111]内。在古登堡和李克特的这一专著中，首次公布了1904—1952年地震总能量ΣE的逐年值，该值是他们依据公式

$$\lg E=12+1.8M \tag{2a}$$

表1 地震总能量ΣE(单位:10^{26}erg)*和沃尔夫数W的逐年值

年	ΣE	W	年	ΣE	W	年	ΣE	W
1904	14.5	42.0	1929	8.6	65.0	1954	2.8	4.4
1905	23.1	63.5	1930	1.5	35.7	1955	4.2	38.0
1906	59.7	53.8	1931	10.0	21.2	1956	2.2	141.7
1907	10.8	62.0	1932	9.9	11.1	1957	17.7	189.9
1908	3.5	48.5	1933	21.1	5.7	1958	6.5	184.8
1909	6.5	43.9	1934	17.6	8.7	1959	4.9	159.0
1910	9.8	18.6	1935	6.1	36.1	1960	22.0	112.3
1911	27.7	5.7	1936	2.8	79.7	1961	1.6	53.9
1912	6.8	3.6	1937	4.9	114.4	1962	1.1	37.5
1913	6.4	1.4	1938	20.0	109.6	1963	8.1	27.9
1914	9.2	9.6	1939	11.4	88.6	1964	16.0	10.2
1915	7.8	47.4	1940	5.8	67.8	1965	2.5	16.1
1916	5.7	57.1	1941	15.5	47.5	1966	2.7	46.9
1917	15.1	103.9	1942	10.5	30.6	1967	0.5	93.7
1918	20.8	80.6	1943	11.8	16.3	1968	9.9	105.9
1919	13.1	63.6	1944	6.4	9.6	1969	13.1	105.5
1920	26.8	37.6	1945	9.7	33.2	1970	2.5	104.7
1921	3.5	26.1	1946	17.2	92.6	1971	6.6	66.6
1922	11.0	14.2	1947	4.7	151.6	1972	5.2	68.9
1923	18.6	5.8	1948	10.6	136.2	1973	3.4	38.1
1924	11.1	16.7	1949	10.4	135.1	1974	7.1	34.4
1925	2.7	44.3	1950	39.6	83.9	1975	8.5	15.5
1926	4.8	63.9	1951	4.9	69.4	1976	5.0	12.6
1927	4.1	69.0	1952	11.4	31.4	1977	4.1	27.5
1928	6.9	77.8	1953	12.9	13.9			

* 1erg=10^{-7}J——译注。

计算出来的。式中E——单个地震的能量。此后，鲁塞(1953—1965年)[122]和高鲁别娃（1953年至1967年）[18]继续收集了强震（$M \geqslant 6.0$)资料并对它们做了加工整理。至于以后历年的地震资料则可从各种地震公报和目录[57, 106, 107]中获得。所有上述的文献资料都能用来计算全球地震活动性指数ΣE和N。

本书中使用的1904—1977年ΣE数据已列于表1。其中1904—1952年的ΣE值早由古登堡和李克特算出[111]。此后的ΣE的确定系作者所完成，其中1953—1967年的ΣE值用帕萨迪纳地震中心的资料和高鲁别娃的目录[18]算得，1968—1977年的ΣE值根据多种报告和《苏联地震》汇编[57]中公布的世界强震目录资料求出。在这种情况下，既然感兴趣的是地震活动性随时间的变化，即ΣE的变化部分，那么为了增加序列长度和保持序列均一性就要照古登堡和李克特文章[110, 111]中所说的，按公式(2a)、而不是按公式(2)算出E值。这一点，在解释所获结果时将被考虑到。本书中所用的N值和所有其他地震资料，同样是根据上面所述的那些报告而得。除此以外，为检验所获结果，也曾使用了其他一些目录[106, 107]，以及海啸资料[60—62]。在研究苏联地震活动区的地震活动性变化和发生强震的太阳-大气条件时还使用了《苏联领域新强震目录》[44]。

太阳活动特征

现在我们来确定最有效的太阳活动指数。在研究太阳活动对地球物理过程的影响时，存在着某些困难。大部分太阳活动指数都只是针对太阳上可见事件的特征而制定的，没有考虑太阳上各种物理过程的多样性，亦没考虑太阳活动对地球现象的影响。

关于太阳活动及其对各种地球物理过程影响的著作，已发表很多[10—12, 27, 41, 52, 58, 87]。我们不对这些论著作评述，只是简要地

研究一下太阳物理和日-地物理的现代基本概念[10—12, 27, 87]。

自从发现太阳黑子(伽里略，1611年)后，在进一步研究它们时，又确定了太阳黑子数及其大小在不断变化。所以，随之出现的"太阳活动"这一术语实际上意味着黑子形成的太阳活动，于是太阳黑子特征也就被选为太阳活动的量度。

1848年，瑞士天文学家沃尔夫引入了太阳黑子相对数W，即沃尔夫数作为太阳活动的量度，定义为

$$W = K(10g + f) \tag{4}$$

式中g——太阳视面上的黑子群数；f——所有黑子群内的黑子(包括所有的本影和小孔)数。系数K由不同观测资料的比较中求得。

这样，太阳黑子相对数在某种程度上是一个主观的量，如从式(4)可以看出，太阳活动的这个指数显著提高了单个小黑子的作用，认为群特征是由它们中的每一个造成的。

还曾建立过一系列太阳活动的其他指数，它们的基础同样是太阳黑子，例如，在太阳圆面上所有被观测到的黑子的总面积S等[10, 11, 52]。所有这些由黑子观测资料而得的指数，都未考虑太阳上的具体物理过程，且如已指出过的那样，也没有考虑太阳活动对地球现象的影响，仅反映太阳黑子结构的活动，具有定性特征。这些指数难于和物理研究方法中所运用的各种过程的定量特征联系起来。但是，沃尔夫数$W(t)$(从1749年始)和太阳活动其他指数具有很长的观测序列，才使施瓦布能够在19世纪中期，随后沃尔夫能最终地定出太阳活动的循环变化具有11.1年的平均周期(施瓦布-沃尔夫定律)。在$W(t)$序列的统计分析中又发现了一些其他周期，例如5—6年、80—90年等周期[9, 10, 12, 40]。然而通常认为，只有11年和22年周期在物理上是可以解释的[10]。太阳物理的进一步研究导致"太阳活动"这一术语把发生在光球层、色球层和日冕中的一系列完整的物理过程统一起来了。

20世纪50年代末至60年代初，由于借助于人造卫星和其他宇

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com