

# 北纬 35° 为地震多发带原因探析

沈明军

(兰州煤气工程指挥部)

## 摘 要

本文将地震现象与材料的静力破坏特点、疲劳破坏特点相比较, 确认产生地震的岩石断裂和错动属于疲劳破坏。根据作者 70 年代末研究受压容器、化工机械疲劳破坏规律的成果, 将地球作为一个球形薄壁容器进行了认真计算, 结果表明: 地球无论在自转离心力的作用下, 还是在太阳系内任一天体的万有引力作用下, 35°N 地带的疲劳破坏均最严重。从而揭示了 35°N 地带地震活动性高的原因。

## 一、概 述

以 35°N 为中心线的地带, 其地震活动性高。全球 70% 的破坏性地震发生在 35°±10°N 地带中, 其死亡人数占地震全部死亡人数的 90%; 在 35°±5°N 地带内, 破坏性地震总数占全球的 45%, 死亡人数占 80%<sup>(1)</sup>。另外, 自古以来, 人类都喜欢在该地带生息。因此该地带人口稠密, 历史悠久, 文化古老。上述特点引起了众多科学家的注意。关于该地带的研究成果纷纷发表。例如:

1、通过地球表面吸收太阳辐射热能的研究, 出现了德国鲍尔的年辐射平衡温度表(详见表 1)。表中的差值主要是高低纬度之间热量交换的结果。不难看出, 在南北纬度 35° 附近, 差值为零, 即在这里两种温度相等<sup>(2)</sup>。这就科学地说明了 35°N 是热量“有余”和“不足”的交界线和交换中心线, 揭示了该地带“气候宜人”, 人类自古以来喜欢生息的原因。

表 1 德国鲍尔的年辐射平衡温度表

纬 度	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
辐射平衡温度℃	39	36	32	22	8	-6	-20	-32	-41	-44
实际温度℃	26	27	25	20	14	6	-1	-9	-18	-22
差 值℃	-13	-9	-7	-2	+6	+12	+19	+23	+23	+22

2、法国著名数学家 A·微隆内 1912 年发表博士论文指出, 岁差引起地表层内南北向的

切应力(靠近纬度 $\pm 35^\circ$ 区域压缩—伸张),纬度 $\pm 35^\circ$ 必将成为地壳的断裂位移带(准确点说是 $\pm 35^\circ 15' 52''$ )。假如椭球体变形,该纬度将是同体积的球面和椭球体相交的圆,也就是椭球体变形时不动的线<sup>[3]</sup>。

3、苏联 M·B·斯托瓦斯对地球自转不平衡性进行研究后,于1959年指出,在临界纬度( $\pm 35^\circ$ )线上,扁率改变时纬线长短不变。由于地球深处物质的流动和岁差波动的结果,产生南北向的切应力,这种应力在两极及临界纬度 $\pm 35^\circ$ 上有极大值(纬度 $\pm 35^\circ$ 是应力正负号改变的地方)<sup>[3]</sup>。

无独有偶,长林顿发现太阳黑子群的平均纬度在11年周期中有很规则的变化:周期开始时,黑子群的平均纬度大约为 $35^\circ$ ,黑子数目也很少;以后黑子群的出现越来越趋向赤道带。<sup>[4]</sup>这就是说,太阳的纬度 $\pm 35^\circ$ 区域也是很特殊的。

对此,地震学家郭增建曾指出,纬度 $\pm 35^\circ$ 是天体的黄金分割线。

本文在前人研究的基础上,根据作者多年来从事材料疲劳破坏研究的实践,讨论了地球上北纬 $35^\circ$ 地带为地震多发区的原因。

## 二、产生地震的岩石断裂和错动属于疲劳破坏

要了解地震的成因,最关键的第一步是判明产生地震的岩石破坏的种属。

众所周知,材料或构件的破坏有两种:一种是静力破坏,一种是疲劳破坏。它们有着本质的区别。传统静力破坏是外力使材料的应力达到屈服极限 $\sigma_y$ ,构件产生塑性变形;达到材料的强度极限 $\sigma_b$ ,构件产生“颈缩”现象,很快断裂。该破坏具有应力大、时间短、形变明显、断口单一而无规律、决定因素少等特点。疲劳破坏正好相反,具有应力小、时间长、形变量小、断口复杂而有规律,决定因素多等特点。

产生地震的岩石断裂和错动的特点是:

1、平均应力小。各学派为了寻找岩石产生破坏的力创立了各种假说,意大利学者研究地震已两个世纪,日本学者研究地震已一个多世纪,但结果甚微,几乎都没有找到足以使岩石产生静力破坏的外力。虽然称为“地质学与地球物理学中的一场革命”的板块学说,好象找到了这种静力破坏的力,但它对板内(如中国大陆)的大地震无法解释,并自1967年以来没有使地震学的发展取得多大的成就。所以说产生地震的平均应力是小的,远小于岩石的屈服强度 $\sigma_y$ 和极限强度 $\sigma_b$ 。地应力测量的资料也说明了这一点。

2、间隔时间长。虽然全球每年大约发生地震五百万次左右,但对同一地区的较大地震来说间隔时间是相当长的。如宁夏西海固地区历史上多次发生破坏性地震,时间间隔约300年;美国加利福尼亚州大地震的时间间隔约34年;南斯拉夫南部斯科普里城地区地震间隔期为400多年。

3、形变微。地震前地壳在宏观上通常没有显著的变形迹象,就如脆性破坏一样,事先不易觉察出来,充分表现在地震的突然性上。

4、断口有规律。如全球95%的地震是浅震,一般在地壳上层五至十公里的较多,也有二十公里的。

5、对外界环境敏感。如水库地震。

从静力破坏和疲劳破坏的区别,再将地震时岩石破坏的特点与其比较,便可判明:产生地震的岩石断裂和错动属于疲劳破坏。

### 三、疲劳破坏的两个规律与正地球纬度 ±35°

对于静力破坏规律的研究现已相当完善。对于疲劳破坏的规律,知道者则不多。这是因为在第二次世界大战后,随着工业的兴起和发展,人们才普遍感到疲劳破坏的威胁,世界各国研究疲劳破坏的机构近一、二十年才大量建立,对于疲劳问题的研究基本处于实验研究和经验公式阶段,对于疲劳理论和机理的研究还处于摸索阶段<sup>(5)</sup>。因此本文所研究的疲劳破坏规律是作者长期以来研究疲劳破坏于 1979 年所取得的成果。

疲劳破坏的第一规律:有关决定材料和构件疲劳破坏的因素为一定值  $a_1$  时,构件在外力  $F$  作用下,各部位耗损于疲劳破坏的功  $W_{w1}$  与作用力  $F$  的平方成正比,与作用力  $F$  和构件部位表面夹角  $\alpha$  的正弦和余弦的积成正比<sup>(6)</sup>。表达式为:

$$W_{w1} = a_1 F^2 \sin\alpha \cos\alpha \quad (1)$$

(1) 式与斜抛物体的射程公式  $x = \frac{2}{g} v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha$  相似。

疲劳破坏的第二规律:有关决定材料和构件疲劳破坏的因素为一定值  $a_2$  时,构件各部位耗损于疲劳破坏的功  $W_{w2}$  与各部位在均布定值力矩  $M$  作用下的变形位能  $U$  的大小成反比<sup>(6)</sup>。表达式为:

$$W_{w2} = \frac{a_2}{U} \quad (2)$$

1、假如地球是个理想的正球体,各部分介质一样、地壳厚度相等为一定值,则地球自转时单位质量物体 ( $m=1$ ) 产生的离心力如图 1 所示(以下式中  $A_x$ 、 $a_x$  均代表定值):即

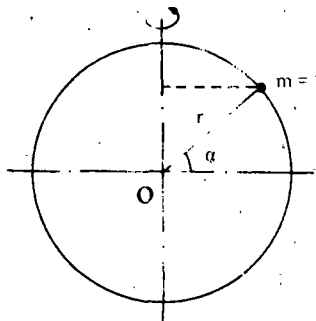


图 1

$$F = r\omega^2 \cos\alpha \quad (3)$$

将 (3) 式代入 (1) 式得

$$W_{w1} = a_1 r^2 \omega^4 \sin\alpha \cos^3\alpha$$

因正地球的  $r$  为不变值;角速度  $\omega$  虽随时间有一定变化,但对全球固体地壳的各个部位则每时每刻是相等的。因此,在比较地壳某个部位的  $W_{w1}$  大小时, $\omega$  可按常数或定值处理, $W_{w1}$  就仅是正地球纬度  $\alpha$  的函数,上式可写成:

$$W_{w1} = a_3 \sin\alpha \cos^3\alpha \quad (4)$$

因地壳厚度  $h$  同地球半径  $r$  相比非常小,所以地球可视为一球形薄壁容器。按材料力学的原理,地壳纬度  $\alpha$  单位地带的变形位能:

$$U = \frac{12\pi r M^2 (1 - \mu^2) \cos \alpha}{E h^3} \quad (5)$$

将(5)式代入(2)式得

$$W_{u2} = \frac{a_2 E h^3}{12\pi r M^2 (1 - \mu^2) \cos \alpha}$$

按疲劳破坏规律的条件和正地球的假设, 弹性模数  $E$ 、地壳厚度  $h$ 、地球半径  $r$ 、力矩  $M$ 、泊松系数  $\mu$  均为定值, 则上式为:

$$W_{u2} = a_4 \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (6)$$

根据疲劳破坏规律的条件, (6)式中的  $\frac{1}{\cos \alpha}$  使(4)式中的  $a_3$  成为变量, 即

$$a_3 = A_1 \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (7)$$

同样, (4)式中的  $\sin \alpha \cos^3 \alpha$  使(6)式中的  $a_4$  成为变量, 即

$$a_4 = A_1 \sin \alpha \cos^3 \alpha \quad (8)$$

将(7)式、(8)式分别代入(4)式、(6)式, 均得

$$W_{u3} = A_1 \sin \alpha \cos^2 \alpha \quad (9)$$

这就是正地球在自转离心力的作用下, 疲劳破坏功在地壳各部位的分布式。

求(9)式的极值:

$$\begin{aligned} \text{因} \quad & \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha, \\ & W_{u3}' = A_1 (1 - 3 \sin^2 \alpha), \\ \text{令} \quad & 1 - 3 \sin^2 \alpha = 0, \\ \text{得} \quad & \sin \alpha = \frac{\pm 1}{\sqrt{3}}, \\ \text{故} \quad & \alpha \approx \pm 35.26439^\circ \approx \pm 35^\circ 15' 52'' \end{aligned}$$

时,  $W_{u3}$  离有最大值。

法国著名数学家 A·微隆内 1910 年根据地球岁差研究出的结果, 也正好等于该值:  $\pm 35^\circ 15' 52''$ 。

这样, 就从理论上论证了正地球自转时, 使纬度  $\pm 35^\circ$  处的地壳产生的疲劳破坏最严重。

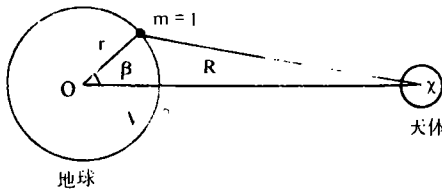


图2

的作用力:

$$F_{ax} = \mu_0 \left[ \frac{M_1 (R - r \cos \beta)}{(R^2 + r^2 - 2Rr \cos \beta)^{\frac{3}{2}}} + \frac{(M_0 + M_1) r \cos \beta}{R^3} - \frac{M_1}{R^2} \right] \quad (10)$$

(10)式的惯性离心力部分, 是以月球绕地球, 火星一、火星二绕火星旋转为准旋转, 即同一侧面始终向着相互作用的天体来立式的, 没有采用所谓的旋转运动是一种平动的定义。

2、同样假定地球为正球体。根据潮汐学可知, 任一天体对地球上任一单位质量物体的作用力等于该天体对物体的引力和物体绕地球和天体共同质心运动的惯性离心力之差。如图2所示, 任一天体对地壳上单位质量物体 ( $m=1$ ) 在  $ox$  联线上的

当  $\alpha x$  联线在地球的赤道面上时, 根据 (1) 式、(6) 式, 天体作用于地球上的力对地壳各部位所做的疲劳破坏功:

$$W_{\text{max}} = \frac{a_5 F_a^2 \sin \beta \cos \beta}{\cos \alpha} \quad (\alpha \leq \beta) .$$

因  $\mu_0$  为万有引力常数, 将 (10) 式代入为:

$$W_{\text{max}} = A_2 \left[ \frac{M_x (R - r \cos \beta)}{(R^2 + r^2 - 2Rr \cos \beta)^{\frac{3}{2}}} + \frac{(M_0 + M_x) r \cos \beta}{R^3} - \frac{M_x}{R^2} \right]^2 \frac{\sin \beta \cos \beta}{\cos \alpha} \quad (\alpha \leq \beta) . \quad (11)$$

这就是正地球在任一天体的作用下, 疲劳破坏功在地壳各部位的分布式。

由于 (11) 式的计算精确性要求高, 因此各天体的质量  $M_x$  和地球的质量  $M_0$  均以月球的质量  $M_{\text{月}}$  进行了修正; 各天体与地球的距离  $R$  以一天文单位为基准进行了修正。各具体取值和  $W_{\text{max}}$  极大时  $\alpha$ 、 $\beta$  的值均列入表 2。

表 2 的数据表明, 正地球在月球、太阳等 10 个太阳系中的天体的作用下, 均是使纬度  $\pm 35^\circ$  处的地壳产生的疲劳破坏最严重。

疲劳破坏的规律就这样以精确的数字证明: 正地球无论是在自转离心力的作用下, 还是在太阳系中 10 个天体的作用下, 均会产生以纬度  $\pm 35^\circ$  为中心线的地震带。

表 2 (11) 式中的取值和  $W_{\text{max}}$  最大值时的计算结果明细表

天		体		$W_{\text{max}}$ 最大值时地球上	
名称	质量 $M_x$ (kg)	与地球距离 $R$ (m)		面向天体时 $\alpha = \beta$	背向天体时 $\alpha = 180^\circ - \beta$
月亮	7.35 × 10 <sup>22</sup>	最近	3.564 × 10 <sup>8</sup>	35.24795°	35.2796°
		最远	4.067 × 10 <sup>8</sup>	35.25015°	35.27765°
太阳	1.989631649 × 10 <sup>30</sup>	最近	1.470871857 × 10 <sup>11</sup>	35.27°	35.27°
		最远	1.521085983 × 10 <sup>11</sup>	35.27°	35.27°
水星	3.310495419 × 10 <sup>23</sup>	最近	7.274686938 × 10 <sup>10</sup>	35.265°	35.26°
		最远	2.219255445 × 10 <sup>11</sup>	35.26°	35.26°
金星	4.870133153 × 10 <sup>24</sup>	最近	3.814382918 × 10 <sup>10</sup>	35.27°	35.27°
		最远	2.610519548 × 10 <sup>11</sup>	35.26°	35.26°
火星	6.423795263 × 10 <sup>23</sup>	最近	5.454793448 × 10 <sup>10</sup>	35.27°	35.27°
		最远	4.013340205 × 10 <sup>11</sup>	35.25°	35.25°
木星	1.899602417 × 10 <sup>27</sup>	最近	5.885099173 × 10 <sup>11</sup>	35.25°	35.25°
		最远	9.681471487 × 10 <sup>11</sup>	35.26°	35.26°
土星	5.687050092 × 10 <sup>26</sup>	最近	1.195471502 × 10 <sup>11</sup>	35.26°	35.26°
		最远	1.658512934 × 10 <sup>12</sup>	35.25°	35.26°
天王星	8.689436569 × 10 <sup>25</sup>	最近	2.581924278 × 10 <sup>12</sup>	35.26°	35.26°
		最远	3.157260568 × 10 <sup>12</sup>	35.26°	35.26°
海王星	1.030999929 × 10 <sup>26</sup>	最近	4.305877001 × 10 <sup>12</sup>	35.25°	35.25°
		最远	4.687255274 × 10 <sup>12</sup>	35.25°	35.21°
冥王星	1.015855995 × 10 <sup>24</sup>	最近	4.272850585 × 10 <sup>12</sup>	35.25°	35.24°
		最远	7.527040573 × 10 <sup>12</sup>	35.25°	35.43°
备注	地球质量 $M_0 = 5.9756235 \times 10^{24}$ kg 地球半径 $r = 6.37103 \times 10^6$ m			平均值	$\bar{\alpha} = 35.26197174^\circ$ $= 35^\circ 15' 43.1''$

## 四、实际地壳厚度差与 35°N

上面的计算都是以地球为理想的正球体，全球地壳厚度相同来进行的。而实际上地球是个梨形，全球地壳厚度各异。好在地球扁平率小（1/298.257），以上计算基本相符。但实际地壳厚度  $h$  变化很大，使（5）式中的  $h$  不是定值了，而是一个变量，则（9）式、（11）式应是：

$$W_{\text{max}} = A_3 h^3 \sin \alpha \cos^2 \alpha ; \quad (12)$$

$$W_{\text{uv}} = A_4 h^3 \left[ \frac{M_z(R - r \cos \beta)}{(R^2 + r^2 - 2Rr \cos \beta)^{\frac{3}{2}}} + \frac{(M_0 + M_x)}{R^3} - \frac{M_z}{R^2} \right]^2 \frac{\sin \beta \cos \beta}{\cos \alpha} \quad (\alpha \leq \beta) . \quad (13)$$

现将各纬度  $\alpha$  的地壳平均厚度代入（12）式、（13）式计算，其结果见表 3。

表 3

纬度 $\alpha$	地壳平均厚度 $\bar{h}(\text{m})$	$W_{\text{max}}$ ( $A_3 \times 10^{10} \text{m}^3$ )	$W_{\text{uv}} (A_4 \times 10^6 \text{kg}^2/\text{m})$		
			$\beta$	X 为月 $R_{\text{月}} = 3.546 \times 10^8$	X 为日 $R_{\text{日}} = 1.470871857 \times 10^{11}$
60°N	35133.6	938.9416365	60°	7137103.799	1340.857197
40°N	25843.0	651.0348134	40°	4953488.239	929.7748079
35°N	28229.1	865.7877501	35°	6588530.061	1236.486391
20°N	21993.2	321.2836228	30°	2798196.672	525.0775329
0°	17473.5	0	30°	1318677.191	247.4478557
20°S	18393.6	187.9418644	30°	1636866.190	307.1555582
35°S	11464.6	57.99586905	35°	441340.9158	82.82757848
40°S	10044.0	38.22042764	40°	290805.3992	54.58447081
60°S	6345.98	5.533077299	60°	42058.14875	7.901520426

从表 3 明显看出，实际地球 35°S 因地壳薄，疲劳破坏功的转化率太低，其  $W_{\text{max}}$  不仅远低于 35°N，还低于纬度  $\pm 20^\circ$ ；35°S 的  $W_{\text{uv}}$  不仅低于 35°N 的值，甚至比纬度 0° 处的值还低。因此只有 35°N 才能成为地震带的中心线。这就是 35°N 地带地震活动性高的原因。至于表 3 中 60°N 的  $W_{\text{max}}$ 、 $W_{\text{uv}}$  是最大的，而没有形成地震带的问题，作者将用疲劳破坏的第三规律另文讨论。

(本文 1991 年 9 月 20 日收到)

### 参考文献

- 〔1〕 M·巴特, 地震学引论, 许立达等译, 地震出版社, 1978.
- 〔2〕 张家诚等, 气候变迁及其原因, 科学出版社, 1976.
- 〔3〕 M·B·斯托瓦斯, 地球自转的不均衡性——地球形态及大地构造的因素, 张宏仁等译, 地质力学丛刊, No. 1, 1959.
- 〔4〕 徐振韬等, 太阳黑子与人类, 天津科学技术出版社, 1986.
- 〔5〕 曾春华, 奇妙的疲劳现象, 科学出版社, 1986.
- 〔6〕 沈明军, 1<sup>r</sup>型压缩机曲轴咬蚀断裂与避免, 压缩机技术, No. 4, 1983.

### A PRELIMINARY STUDY ON THE CAUSE OF FREQUENT EARTHQUAKE OCCURRENCE ON 35 DEGREE LINE OF NORTH LATITUDE

Shen Mingjun

(Lanzhou Coal Gas Engineering Headquarter)

#### Abstract

Comparing the earthquake phenomena with the characteristics of static force breaking and fatigue breaking, the author considers that the fracture and faulting in rock causing earthquake are fatigue breaking. Based on some results about studying fatigue fracture law of compressed vessel and chemical machines at the end of 1970s, the author has calculated conscientiously, regarding the earth as a spherical vessel with thin wall. The results show that fatigue breaking in 35°N zone of the earth is the most severe, regardless of the action of centrifugal force of the earth rotation or the gravitation of any celestial body in the solar system. Thus, the cause of intense seismicity in 35°N zone is revealed.