

# 新疆活断层和强震

柏美祥

(新疆维吾尔自治区地震局)

## 摘要

新疆6.5级以上地震与16条活断层有关。查明主要活断层的活动率，与地震断距对比，可确定强震复现期。据实际资料总结的3个经验公式，对新疆及其毗邻地区29条活断层的强震复现期逐条作出估计。未来20年内，昆仑山山前活断层、帕米尔-喀喇昆仑活断层和霍尔果斯-吐鲁番活断层是会发生6.9级以上地震的警戒断层。

## 一、引言

研究全新世(距今10000—12000年)以来活断层的动态，特别注意它们所发生过的6.5级以上地震，是判定今后有强震危险的活断层的重要依据之一。许多地方的古地震研究(冯先岳等，1982)表明，全新世以来，在强烈活动的活断层的不同地段，强震重复不断地发生。本文就新疆主要活断层及其发生强震的实际资料，着重探讨活断层发生强震的复现周期问题，提出需要“警戒”的几条活断层。

## 二、资料

现将从地质地貌资料估算的，以及我局十几年来重复短水准测量的新疆及毗邻地区33条活断层的活动速率与断层两侧现代垂直差异运动的速度梯度在表1中简要地列出(图1)。

新疆主要活断层的走向多为近东西向和北东东向。此外，还有北西西向或北西向。倾向北或南。绝大多数活断层的倾角在45度以上，尤其是55度和70度倾角的活断层所占比例较大。新疆及毗邻地区主要活断层的长度，在100—500km区间内比较集中。这些活断层大部分是倾滑型的逆断层，个别为横断型的走滑断层，如发生1931年8级大震的可可托海-二台活断层。长达600km以上的活断层的数量较少。不过，1000km以上的活断层，多数是走滑型断层。譬如，有名的阿尔金断层。

新疆主要活断层一般具有明显的继承性的活动，它们的形成时代往往较老，多在中生代以前就有其踪迹。从中生代至今多次活动，将来这些活断层也均有发生强震的危险。少数与上地壳褶皱伴生的表皮活断层，具有突出的新生性，如秋立塔克活断层。新疆大多

本文1984年4月12日收到，1985年3月18日收到修改稿。

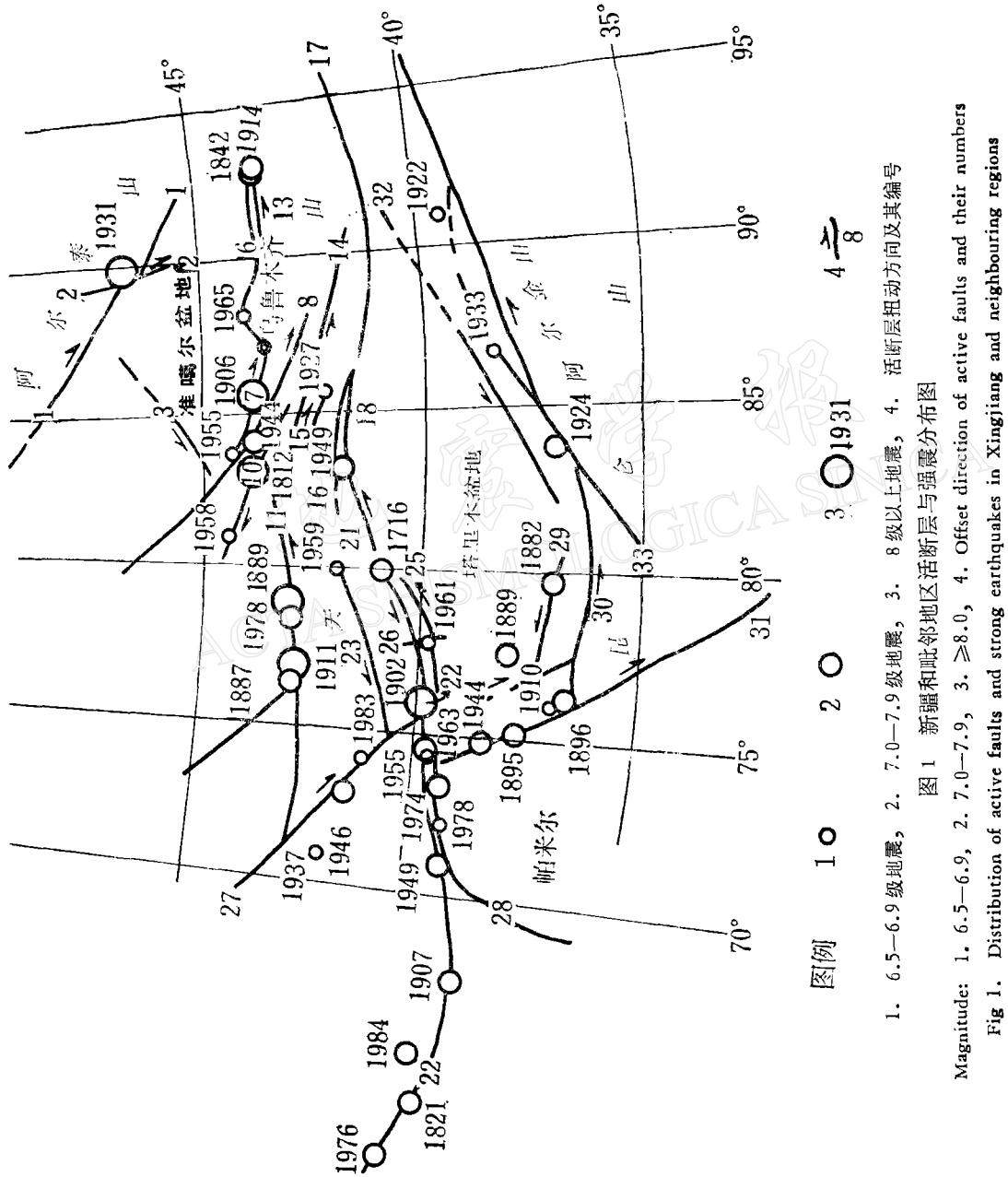
表 1 新疆 33 条活断层活动状况对比表  
Table 1 State of activity of 33 faults in Xinjiang

| 编<br>号 | 活断层名称                                   | 走向(°)       | 倾向(°)     | 倾角(°) | 长度(km) | 性 质                     | 断层深度 | 断距(km)    | 活动速率<br>(mm/a) | 速度梯度<br>(10 <sup>-7</sup> /a) | 已发 强 震    |                            |                          | 文献         |          |                                  |
|--------|---|-------------|-----------|-------|--------|-------------------------|------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|------------|----------|----------------------------------|
|        |   |             |           |       |        |                         |      |           |                |                               | 水平        | 垂 直                        | 时间<br>a. m. d.           | 地 点        | 震 级<br>M | 震源<br>深度<br>(km)                 |
| 1      | 额尔齐斯                                    | 北 60 西      | 北 30 东    | 80    | 400    | 右旋逆走滑                   | 超岩石圈 | 0.5       | 0.2            | 4.6                           | 0.18      |                            |                          |            |          | [10]                             |
| 2      | 可可托海-二台                                 | 北 15 西      | 北 75 东    | 60—85 | 200    | 右旋逆走滑                   | 下地壳  | 26        |                | 21.6                          | 1.27      |                            | 1931.8.11.               | 宣蕴         | 8        | 19<br>[1]<br>[5]<br>[16]<br>[21] |
| 3      | 达拉布特                                    | 北 40—70 东   | 北 20—50 西 | 70—75 | 353    | 左旋逆走滑                   | 岩石圈  | 60.0—63.5 |                | 20                            |           |                            |                          |            |          | [14]                             |
| 4      | 独山子                                     | 北西西向        | 南         | 75    | 20     | 逆断层                     | 上地壳  |           |                | 2.14                          | 1.91      |                            |                          |            |          |                                  |
| 5      | 霍尔果斯-吐鲁番<br>(红山嘴、玛纳斯)                   | 北 85 西      | 南 15 西    | 50—60 | 115    | 右旋逆走滑                   | 上地壳  |           | 1              | 55                            | 0.61—2.01 | 0.96—1.03                  |                          |            |          |                                  |
| 6      | 东天山北缘 (妖魔<br>山、七道沟、井子沟、<br>巴里坤、塔格, 洛色泉) | 近东西向        | 南         | 70—80 | 450    | 逆断层, 西段<br>左旋, 东段右<br>旋 | 中地壳  |           | 2.25           | 2.66—3.15                     | 1.11—2.40 | 1842.6.11.                 | 巴里坤                      | 7.0        |          | [19]                             |
| 7      | 阿拉山口-清水河<br>子(准噶尔盆地南<br>缘, 天山北缘)        | 北 77 西      | 南 13 西    | 60—80 | 460    | 右旋逆断层,<br>局部左旋          | 下地壳  | 1.5—2.5   | >2             | 0.83                          | 0.18—1.50 | 0.20—1.61<br>水平梯度为<br>0.68 | 1906.12.<br>23.          | 玛纳斯        | 8        | 24<br>[8]                        |
| 8      | 博罗霍洛                                    | 北西向         | 南西        | 75—80 | 900    | 右旋逆冲走滑                  | 岩石圈  | 1—2       | 6.3            |                               |           |                            | 1944.3.<br>10.           | 新源         | 7.2      | 27                               |
| 9      | 科古琴                                     | 北西西向        | 南         | 陡     | 90     | 右旋逆冲                    | 中地壳  |           |                |                               |           |                            | 1955.4.24.<br>1958.12.21 | 精河<br>赛里木湖 | 6.5      |                                  |
| 10     | 伊犁盆地北缘 (松<br>格达坂、喀什河)                   | 北西-近东<br>西向 | 北东或北      | 陡     | 360    | 右旋逆冲                    | 中地壳  |           |                | 0.01—2.19                     | 0.04—4.06 | 1812.3.8.                  | 尼勒克                      | 8.0        | 25       |                                  |

|     |                               |               |               |            |      |                  |      |      |                           |                      |  |                          |                          |                           |
|-----|-------------------------------|---------------|---------------|------------|------|------------------|------|------|---------------------------|----------------------|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1.1 | 那拉提<br>(阿拉木图)                 | 北东东向          | 南             | 60°<br>70° | 900  | 左旋逆冲倾滑           | 下地壳  | 2    | 0.8                       | 0.7                  | 1887.6.8.<br>1889.7.11.<br>1911.1.3.<br>1978.3.25. | 韦尔内<br>契利克<br>克明<br>阿拉木图 | 7.3<br>8.3<br>8.2<br>7.2 | [23]                      |
| 12  | 那拉提<br>(哈里克套北坡)               | 北75东          | 南或北15<br>西    | 70         | 428  | 左旋逆冲             | 超岩石圈 | 3.2  |                           |                      |  |                          |                          |                           |
| 13  | 柳树沟                           | 近东西向          | 北             | 100        |      | 左旋逆冲             | 岩石圈  | 5.3  | 0.8                       |                      |  |                          |                          |                           |
| 14  | 包尔图-黑尖山(中<br>天山结晶带北界)         | 北80西          | 北10东          | >70        | 975  | 左旋逆冲             | 岩石圈  | 2.8  | 0.6                       |                      |  |                          |                          |                           |
| 15  | 开都河(松树达坂-<br>红木沟)             | 西北西向          | 北             | 60-75      | 180  | 右旋逆冲             | 中地壳  | 4-7  | 60                        | 1.8                  |  | 1927.9.23.               | 和静西                      | 6 3/4                     |
| 16  | 铁门关                           | 北70西          | 西段北倾,<br>东段南倾 | 50         | 480  | 右旋逆断层            | 下地壳  |      |                           | 0.88                 | 6.29   |                          |                          |                           |
| 17  | 兴地                            | 北75东或<br>北75西 | 北             | 70         | 473  | 右旋逆冲,<br>近期左旋    | 中地壳  | 7-68 | 0.4                       | 4.0                  |  |                          |                          |                           |
| 18  | 北轮台                           | 北75东或<br>北85西 | 北             | 50         | 255  | 右旋逆断层            | 中地壳  |      |                           | 0.16-<br>0.93        | 0.57-<br>11.25                                     |                          |                          |                           |
| 19  | 依奇克里克                         | 近东西向          | 北             | 20         |      | 逆断层              | 上地壳  |      |                           | 0.26                 | 2.36   |                          |                          |                           |
| 20  | 黑孜                            | 北60-65<br>东   | 南             | 19-23      | 70   | 左旋逆冲             | 中地壳  |      |                           | 0.48-<br>0.38        | 58.3-<br>125.0                                     |                          |                          |                           |
| 21  | 秋立塔克                          | 北65东          | 西段南倾,<br>东段北倾 | 50-73      | 360  | 左旋逆滑             | 中地壳  | 12   | 西段<br>-4.0<br>0.3-<br>1.0 | 4.0<br>0.73-<br>2.00 | 2.28-<br>11.11                                     | 1949.2.24.               | 库车                       | 7 1/4                     |
| 22  | 吉萨尔-阔克萨勒<br>(托特-拜孜-阿尔<br>帕勒克) | 北西至北<br>东向    | 北,东段偏<br>分南倾  | 50-60      | 1040 | 逆断层西段右<br>旋,东段左旋 | 岩石圈  | 3-83 | 32                        | 14.0                 | 0.58   | 1716.<br>1821.           | 阿克苏<br>布哈尔               | 7.5<br>7.0<br>8 1/4<br>55 |
|     |                               |               |               |            |      |                  |      |      |                           |                      |  | 1902.8.22.<br>21.        | 阿图什                      | 30                        |
|     |                               |               |               |            |      |                  |      |      |                           |                      |  | 1907.10.<br>21.          | 喀拉塔克                     | 7.4<br>35                 |
|     |                               |               |               |            |      |                  |      |      |                           |                      |  | 1949.7.10.<br>1955.4.15. | 哈伊特<br>乌恰                | 16<br>7.0<br>6 1/2<br>25  |
|     |                               |               |               |            |      |                  |      |      |                           |                      |  | 1963.8.29.               | 乌恰                       | 7.3                       |
|     |                               |               |               |            |      |                  |      |      |                           |                      |  | 1976.4.8.<br>1984.3.20   | 加兹里<br>塔什干               | 7.5                       |

表 1 (续)

| 编<br>号 | 活断层名称                           | 走向(°)   | 倾向(°)     | 倾角(°) | 长度(km) | 性 质            | 断层深度 | 断距(km)     | 活动速率<br>(mm/a)        | 已发强震       |                                |                 | 文献  |                |                  |
|--------|---------------------------------|---------|-----------|-------|--------|----------------|------|------------|-----------------------|------------|--------------------------------|-----------------|---|----------------|------------------|
|        |                                 |         |           |       |        |                |      |            |                       | 水平         | 垂直                             | 时间<br>a.m.d.    | 地 点   | 震 级<br>M       | 震源<br>深度<br>(km) |
| 23     | 麦丹塔克                            | 北东东向    | 北         | 50    | 430    | 左旋逆走滑          | 下地壳  | 0.5        | 0.46                  | 1959.6.28. | 温宿                             | 6 $\frac{3}{4}$ |   |                |                  |
| 24     | 阿图什                             | 近东西向    | 北         | 50~60 | 100    | 左旋逆断层          | 上地壳  | 1.5        | 1.5~2.0               | 10.00      |                                |                 |   |                | [2]              |
| 25     | 柯坪                              | 北东东向    | 北西        | 30~80 | 580    | 左旋逆断层          | 岩石圈  |            | 0.23~2.94             | 2.56~8.91  |                                |                 |   |                |                  |
| 26     | 皮羌                              | 北15西    | 北75东      | 近于直立  | 158    | 走滑断层,北段左旋,南段右旋 | 中地壳  | 7.0<br>0.8 | 4.0~1.0~3.0<br>(0.73) | 0.20       | 2.86                           | 1961.4.14.      | 巴楚  | 6.8            |                  |
| 27     | 卡拉别克切尔(塔拉斯-费尔干纳)                | 北60~70西 | 北段东倾,南段西倾 | 25~80 | 900    | 右旋走滑           | 岩石圈  |            | 0.7                   |            | 1937.12.18.                    | 普斯凯特            | 6.5   | 25             | [31]             |
| 28     | 达尔瓦兹-卡拉库尔(西昆仑-北喀喇汗,北帕米尔-克里雅,北阳) | 弧形新疆境内  | 南西        | 15~80 | 1440   | 逆走滑,西段右旋,东段左旋  | 岩石圈  | 6~16       | >6                    | 3.7~10~15  | 1946.11.2.1983.2.13.           | 索特卡尔乌恰托云        | 7.5<br>6.8  | 30~35          | [26][28][20]     |
| 29     | 昆仑山山前                           | 东西向     | 南         | 陡     | 684    | 左旋逆走滑          | 下地壳  | 70         |                       | 23.0       | 1889.1574.8.11.1978.11.1.      | 叶城<br>鸟恰<br>扎里  | 7.0<br>7.3<br>6.7                                     |                | [27]             |
| 30     | 康西瓦(南昆仑)                        | 近东西向    | 南         | 陡     | 600    | 左旋逆断层          | 超岩石圈 | 3          |                       | 0.5        |                                |                 |   |                | [3]              |
| 31     | 帕米尔-喀喇昆仑(阿格勒达坂,中帕米尔,林济塘)        | 北北西向    | 东         | 45    | 972    | 右旋走滑,第四纪左旋     | 下地壳  | 75         |                       | 25.0       | 1895.7.5.1896.3.4.             | 塔什库尔干<br>乌如克    | 7.0<br>7.1  | 130<br>40      |                  |
| 32     | 且末河                             | 北东东向    | 南         | 陡     | 1000   | 左旋走滑           | 下地壳  | 0.2        |                       | 2.0        | 1910.7.12.1944.9.28.           | 乌如克             | 6 $\frac{3}{4}$                                       | 120            |                  |
| 33     | 阿尔金                             | 北50~70东 | 北昆仑山北麓南倾  | 45~70 | 1500   | 左旋逆走滑          | 岩石圈  | 51         | 0.025                 | 3.8        | 1922.10.17.1924.7.3.1933.9.26. | 罗布泊<br>民丰<br>若羌 | 6 $\frac{1}{2}$<br>7 $\frac{1}{4}$<br>6 $\frac{3}{4}$ | 33<br>33<br>58 | [12]             |



数活断层的破裂深度达到下地壳或中地壳,个别达上地幔软流层。正是由于活断层的多次继承性活动,因而断距较大。水平断距常达几十公里,而垂直断距只有几公里。据断错水系(丁国瑜,1982)等确定的活断层最新活动的水平速率为几至几十  $\text{mm/a}$ ,由重复短水准测量和地质地貌方法测出的活断层现代垂直活动的速率则只有  $0.2\text{--}4.1\text{mm/a}$ 。活断层的水平活动速率是垂直活动的几倍。我局十几年来在天山南北测量资料算得新疆活断层两侧垂直差异运动的速度梯度值,大多数在  $10 \times 10^{-7}\text{km/(km}\cdot\text{a)}$  以内,这些数值与苏联天山地区现代构造活动的速度梯度值大体相当(M. B. Гзовский, 1975)。

以日本地震地质学家松田时彦(1976)的活断层水平活动速率分类标准衡量,新疆活断层主要是A类活断层(占45%±),其次是B类活断层(占40%),AA类活断层较少(占15%±);每类活断层的活动速率,与相邻一类差一个数量级。A类活断层的活动速率为 $1\text{--}10\text{mm/a}$ 。

近270年来,除16条活断层缺少6.5级以上地震记载以外,其余均发生过强震和大震。

### 三、活断层的强震复发周期

利用活断层的位移资料,从已发生过的6.5级以上强震入手,结合地震断层的位移,再充分运用古地震研究成果,是确定活断层的强震复发周期的重要途径。这种想法的依据是强震的重复性。

新疆及毗邻地区的强震震例表明,东天山北缘活断层、博罗霍洛活断层、那拉提北麓活断层、吉萨尔-阔克萨勒活断层、塔拉斯-费尔干纳活断层、达尔瓦兹-卡拉库尔活断层、帕米尔-喀喇昆仑活断层以及阿尔金活断层,这8条活断层在不同地段均发生过两次以上大于或等于6.5级的地震,其复现期一般为50年左右,短的仅几年,长的达百年。活断层的强震复发周期的长短,与所在区域现代活动性的强烈程度密切相关。例如,西昆仑和南天山地区受印度板块周期性地碰撞的影响,强震复现期多在10年左右;而北天山和阿尔泰山的强震复现期,因受印度板块碰撞的影响较小,或主要是来自西伯利亚块体南移的作用,则长达半个世纪以上。

利用活断层的活动速率,结合地震断层的位移量,可以估算同一条活断层产生相应强震的复现期。譬如,可可托海-二台活断层,其全新世以来水平和垂直活动速率分别为 $21.6$ 与 $2.19\text{mm/a}$ ,1931年它发生8级地震时形成的地震断层的最大水平和垂直位移量为 $14.0$ 与 $2.3\text{m}$ 。如果将来再发生一次8级地震,按照这条活断层的活动速率,要积累相应的能量则需 $648\text{--}1050$ 年,平均约为849年。这同地表测量确定的复现期在同一个数量级。依此道理,对发生过8级地震的阿拉山口-清水河子活断层以及伊犁盆地北缘等活断层分别计算,则可发现8级地震的复现期均在千年以上,这同世界上对此问题的认识基本一致(闻学泽,1982)。

鉴于新疆地震断层的数量有限,其位移资料更是屈指可数。为确实弄清楚不同震级的强震复现期,则必须引用毗邻地区或世界上不同震级的强震所产生的地震断层的位移量,然后与新疆发生过6.5级以上地震的活断层的活动速率分别地进行计算。计算时均

表 2 新疆 6.5 级以上地震复现期计算结果比较

Table 2 Comparison of recurrence periods estimated for earthquakes of  $M \geq 6.5$  in Xinjiang

| 强震<br>震级 | 相应的地震断层<br>(年.月.日)   | 地震断距<br>(m) |       | 新疆 活断层                    |            | 活动速率<br>(mm/a) |      | 强震复现<br>期 (a)        | 备注   |
|----------|--|-------------|-------|---------------------------|------------|----------------|------|----------------------|------|
|          |  | 水平          | 垂直    | 水平                        | 垂直         | 水平             | 垂直   |                      |      |
| 6.5      | 1934 年美国内华达  |             | 0.10  | 吉萨尔-阔克萨勒、科古琴              |            | 14.00          | 0.58 | 172                  |      |
| 6.6      | 1934.3.12. 美国犹他州, 1954.7.6. 内华达  |             | 0.53  | 东天山北缘                     |            | 3.15           | 168  |                      |      |
| 6.7      | 1888.9.1. 新西兰, 1968.10.12. 美国加利福尼亚   | 2.60        | 0.30  | 达尔瓦兹-卡拉库尔                 |            | 15.00          | 2.00 | 157<br>(150—173)     |      |
| 6 3/4    | 1906.3.17. 台湾嘉义, 1946.12.5. 台南   | 2.40        | 1.80  | 开都河、麦丹塔克、阿尔金              |            | 1.80           | 0.20 | 5167<br>(1333—9000)  |      |
| 6.8      | 1928.4.14. 和 18. 保加利亚, 1938.4.19. 土耳其,<br>1954.8.23. 12.26. 美国内华达, 1956.2.9. 墨西哥,<br>1961.4.14. 巴楚, 1966.8.19. 土耳其 | 1.10        | 7.50  | 皮羌                        |            | 4.00           | 0.20 | 18868<br>(275—37500) |      |
| 7.0      | 1887.3.3. 墨西哥, 1896.8.31. 日本陆羽, 1928.1.6.<br>肯尼亚, 1930.11.25. 日本北伊豆, 1945.1.13. 日本三<br>河, 1968.10.14. 澳大利亚         | 2.70        | 7.90  | 昆仑山山前, 帕米尔-喀喇昆仑、<br>东天山北缘 |            | 25.00          | 3.15 | 1308<br>(108—2508)   |      |
| 7.1      | 1888.10.19. 新西兰, 1935.4.21. 台湾苗栗, 1940.5.<br>18. 加利福尼亚, 1942.6.24. 新西兰, 1954.12.16. 内<br>华达                        | 6.10        | 10.00 | 帕米尔-喀喇昆仑                  |            | 25.00          |      | 244                  |      |
| 7.2      | 1957.5.26. 土耳其, 1978.1.14. 日本伊豆大岛  |             | 1.60  | 0.40                      | 博罗霍洛、那拉提北麓 |                | 6.30 | 0.70<br>(254—571)    |      |
| 7 1/4    | 1951.10.22. 台湾凤林, 1954.2.11. 甘肃山丹, 1959.<br>8.17. 美国蒙大拿  | 3.10        | 6.40  | 祁连山麓、阿尔金                  |            | 4.00           | 2.00 | 1988<br>(775—3200)   | [15] |

表 2 (续)

| 强震级 | 相应的地震断层<br>(年.月.日)   | 地震断距<br>(m) |       | 新疆活断层                    |    | 活动速率<br>(mm/a) | 强震复现<br>期(a)          | 备注    |
|-----|--|-------------|-------|--------------------------|----|----------------|-----------------------|-------|
|     |  | 水平          | 垂直    | 水平                       | 垂直 |                |                       |       |
| 7.3 | 1942.12.20. 土耳其, 1946.11.10. 秘鲁 <sup>2</sup> , 1948.6.28. 日本福井 <sup>1</sup> 0.15. 伊朗, 1953.3.18. 土耳其 <sup>2</sup> , 1962.9.1. 伊朗, 1968.8.31. 伊朗, 1975.2.4. 海城  | 4.55        | 3.50  | 达尔瓦兹-卡拉库尔                |    | 15.00          | 2.00<br>(303—1750)    | 1027  |
| 7.4 | 1847.5.8. 日本善光寺 <sup>2</sup> , 1943.9.10. 日本鸟取, 1954. 8.23. 内华达, 1964.6.16. 日本福泻   | 4.00        | 7.00  | 吉萨尔-阔克萨勒                 |    | 14.00          | 0.58<br>(286—12069)   | 6178  |
| 7.5 | 1937.1.7. 青海阿兰湖, 1967.1.5. 蒙古, 1976.2.4. 危地马拉  | 8.00        | 6.50  | 东天山北缘、塔拉斯-费尔干纳           |    | 0.70           | 3.15<br>(1143—2064)   | 1604  |
| 8.0 | 1739.1.3. 宁夏平罗, 1811.12.16. 北美密西西比河<br>里, 1812.3.8. 尼勒克, 1819.6.16. 印度, 1855.1.25. 新西兰 <sup>2</sup> , 1872.3.26. 加利福尼亚 <sup>2</sup> , 1906.12.23. 鸽纲断; 1927.5.23. 古根, 1931.8.11. 富蕴, 1939.12.27. 土耳其, 1951.11.18. 当雄 | 14.00       | 10.00 | 可可托海-二台、阿拉山口-清水河子、伊犁盆地北缘 |    | 21.60          | 2.19<br>(648—4566)    | 2607  |
| 8.2 | 1857.1.9. 加利福尼亚 <sup>2</sup> , 1911.1.3. 俄国克明  | 9.00        | 2.70  | 那拉提北麓                    |    | 0.80           | 0.70<br>(3857—11250)  | 7554  |
| 8.3 | 1905.7.9. 蒙古, 1906.4.18. 旧金山, 1957.12.4. 戈壁阿尔泰   | 8.85        | 9.20  | 那拉提北麓                    |    | 0.80           | 0.70<br>(11063—13143) | 12103 |

表 3 新疆某些活断层发震危险和发生时间对比表

Table 3 Comparison between seismic risk and estimated occurrence time at some active faults in Xinjiang

| 活断层类型 | 名称       | 长度(km) | 估算最大震级(M <sub>max</sub> ) | 活动速率(mm/a) |      | 相关地震断层(年.月.日)                                       | 断距(m) |      | 发震时间(a)               |
|-------|----------|--------|---------------------------|------------|------|---|-------|------|-----------------------|
|       |          |        |                           | 水平         | 垂直   |   | 水平    | 垂直   |                       |
| 倾滑型   | 那拉提      | 428    | 7.7                       | 3.0        |      | 1978.9.16. 伊朗塔巴斯                                    | 3.0   | 1.5  | 1000                  |
|       | 柳树沟      | 100    | 6.5                       | 0.8        |      | 1934 年美国内华达   |       | 0.1  |                       |
|       | 包尔图-黑尖山  | 975    | 8.3                       | 0.6        |      | 1905.7.9. 蒙古等                                       | 8.85  | 9.20 | 14750                 |
|       | 铁门关      | 480    | 7.8                       |            | 0.88 | 1903.2.1. 蒙古, 1970.1.5. 云南通海, 1976.7.28. 河北唐山       | 2.2   | 3.0  | 3409                  |
|       | 兴地       | 473    | 7.7                       | 4.0        |      | 1978.9.16. 伊朗塔巴斯                                    | 3.0   | 1.5  | 750                   |
|       | 北轮台      | 255    | 7.2                       |            | 0.93 | 1957.5.26. 土耳其等                                     | 1.6   | 0.4  | 430                   |
|       | 阿图什      | 100    | 6.5                       | 0.5        | 0.20 | 1934 年内华达   |       | 0.1  | 500                   |
|       | 柯坪       | 580    | 7.9                       |            | 2.94 | 1891.10.28. 日本浓尾, 1927.3.7. 日本丹后, 1958.7.10. 美国阿拉斯加 | 8.0   | 1.82 | 619                   |
|       | 康西瓦      | 600    | 7.9                       | 0.5        |      | 1891.10.28. 浓尾等                                     | 8.0   | 1.82 | 16000                 |
|       | 额尔齐斯     | 400    | 7.1                       | 4.6        | 0.18 | 1948.10.19. 新西兰等                                    | 6.1   | 10.0 | 28441<br>(1326—55556) |
| 走滑型   | 达拉布特     | 353    | 7.1                       | 20.0       |      | 1948.10.19. 新西兰等                                    | 6.1   | 10.0 | 305                   |
|       | 霍尔果斯-吐鲁番 | 115    | 6.9                       | 55.0       | 2.01 | 1974.5.9. 日本石廊崎, 1981.1.24. 四川道孚                    | 1.1   |      | 20                    |
|       | 且末河      | 1000   | 7.2                       | 2.0        |      | 1957.5.26. 土耳其等                                     | 1.6   | 0.4  | 800                   |

采用极大值, 其结果如表 2 所示. 由于对历史地震研究的局限, 以及地震震源深度的不同, 地震断层的断距不一定完全随着震级的加大而变大. 表 2 计算结果只是表示若干地震震级的强震的大致复现期. 这些数值均为平均值. 实际上, 各级强震的复现期, 因采用的数值多数由水平和垂直两个方向分别计算出, 一般均有一个区间. 具体运用时应具体分析.

对于迄今所知, 无历史强震记载的 16 条新疆活断层, 按照已发生过 6.5 级以上地震的新疆 17 条活断层的类型, 尤其是它们的长度和强震震级之间的经验关系, 可以类比求出 13 条活断层今后发生强震的震级(表 3), 以及发震时间. 新疆倾滑型活断层, 其长度与强震震级有如下经验关系:

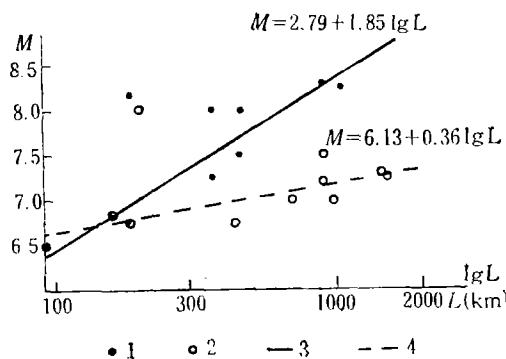
$$M = 2.79 + 1.85 \lg L, \text{ 相关系数为 } 0.93 \quad (1)$$

走滑型活断层长度与强震之间的经验关系式为:

$$M = 6.13 + 0.36 \lg L \quad (2)$$

上述公式中  $M$  为震级,  $L$  为活断层长度, 单位: km. (2)式相关性略差(图 2).

综合表 2 和表 3 所列出的新疆及其毗邻地区已发生的强震震级与复现期的关系, 以及所推测的某些活断层的最大地震震级与复现期的关系, 发现强震震级与复现期之间可



1. 倾滑型断层；2. 走滑型断层；3. 倾滑曲线；4. 走滑曲线。

图 2 新疆倾滑型活断层和走滑型活断层, 断层长度与强震震级线性关系图

1. dip-slip fault 2. strike-slip fault 3. curve for dip-slip fault 4. curve for strike-slip fault

Fig. 2. Length of active fault versus strong earthquake magnitude

以如下关系来表示, 即:

$$M = 6.18 + 0.36 \lg T \quad (3)$$

(3) 式中  $T$  为复现期, 单位为年。 (3) 式表明, 新疆及毗邻地区, 以最短地震复现期或其平均值而论, 6.5 级地震的复现期一般为 7—8 年, 7 级地震的复现期在 190 年左右, 而 7.5 级以上地震的复现期则长达千年以上。

下面将新疆及其毗邻地区 29 条主要活断层的强震复现情况, 逐条按时间序列绘图 (图 3)。该图说明, 未来 20 年内, 昆仑山山前活断层和帕米尔—喀喇昆仑活断层有发生 7 级地震的危险, 估计分别于 1999 年和 2003 年(或 1993 年)左右发生。霍尔果斯—吐鲁番活断层可能于 2004 年发生 6.9 级地震。之所以说可能, 是因为目前激光测距结果表明这条活断层的活动速率很大。以后是否还以此速率活动, 尚难判断。达拉布特活断层在未来 30 年内有发生 7.1 级地震的危险。未来 70 年内, 开都河活断层和丹麦塔克活断层, 于 2023 年和 2055 年可能发生  $6\frac{3}{4}$  级地震。阿拉山口—清水河子活断层在 2027 年前后可能发生 8 级左右的大震。

#### 四、讨论和结论

本文从地震是一种地质现象出发, 试图抓住地震的发震构造, 讨论新疆及其毗邻地区活断层与 6.5 级以上地震的关系。由于活断层两盘相对运动的复杂性, 以及不同时期活

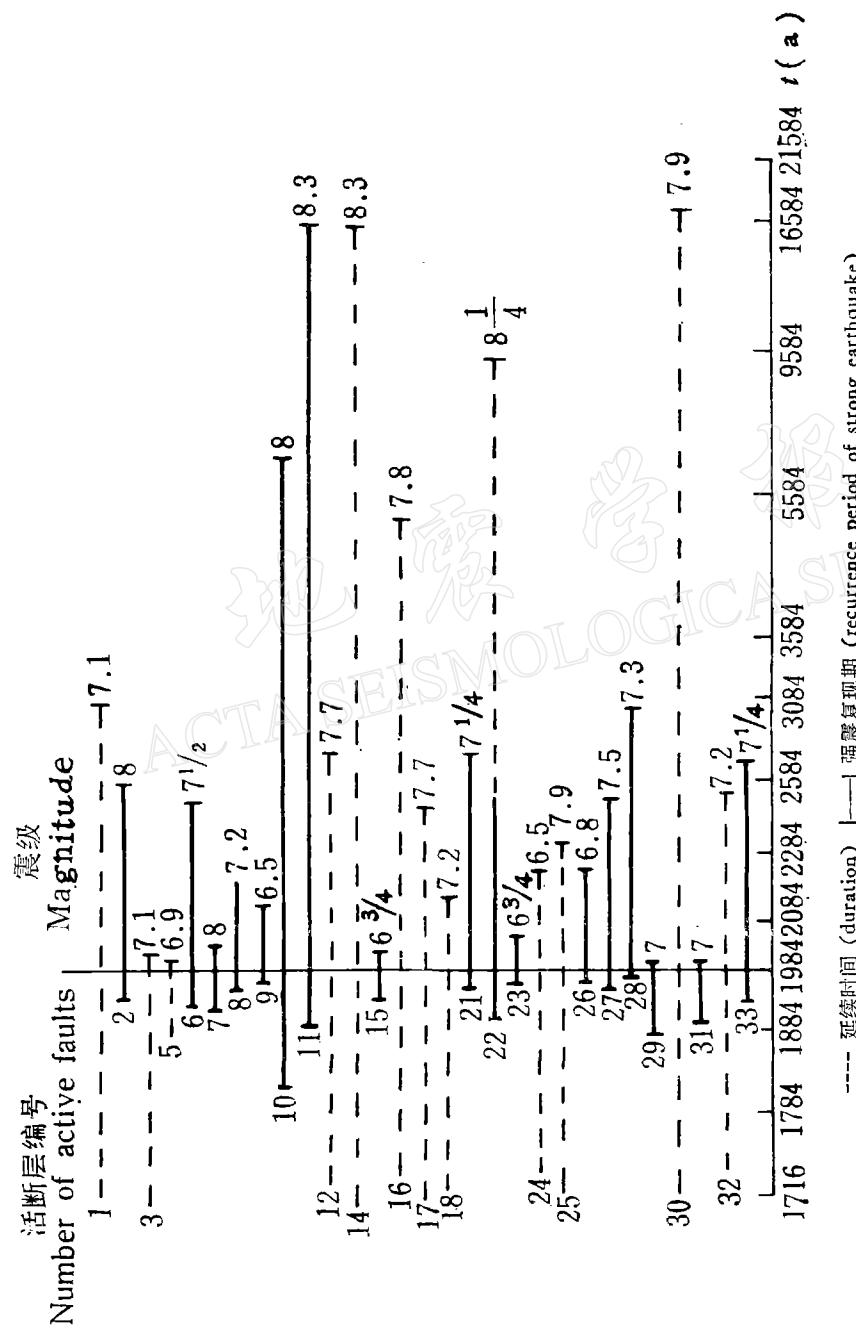


图 3 新疆及毗邻地区主要活断层发生 6.5 级以上地震复现期图  
Fig. 3. Recurrence period for an earthquake of magnitude  $\geq 6.5$  along the main active faults in Xinjiang and neighbouring regions

断层的动活状况往往变化很大, 所以对活断层类型的划分比较困难。经常见到的新疆活断层是既有走向滑动, 又有倾向滑动。本文对活断层类型的划分, 主要看哪一个方向的运动分量为主。从总体上看, 准噶尔块体和塔里木块体东西两侧多数是走滑断层; 而天山南北, 受印度板块和西伯利亚块体碰撞的影响, 一般为倾滑断层。

活断层的活动速率是活断层未来发生强震的重要参数。表 1 列出了新疆活断层的近代活动资料, 遗憾的是缺少近代水平活动材料。为此, 据断错水系等地质地貌现象, 给出了一些水平活动速率的数据。全新世时活动速率的研究较为详细。有的则是晚更新世时期或整个更新世时期的平均活动速率。由于原始材料的来源不同, 对于一些活断层活动速率的判定会受到影响。但总的来看, 就水平活动速率而言, 新疆活断层主要是 A 级活断层。

研究强震复现期时考虑的另一个重要参数就是地震断层的断距。世界上 6.5 级以上的浅源地震一般均能在地表形成地震断层。地震断层经常能提供震源错动的信息。实际观测资料表明, 除东天山北缘山前活断层的个别地段, 如妖魔山活断层和黑孜活断层有无震蠕滑破裂以外, 新疆活断层的现代破裂方式基本上是有震的粘滑破裂。地震断层的断距就是发生强震时的活断层的粘滑破裂量。显而易见, 要造成有断距的地震断层, 蕴震需些时日。鉴于新疆地震断层的局限, 本文运用了世界上一些地震断层的资料。由于这些资料差别很大, 特别是垂直断距可能与地震断层坎的高度相混淆, 因此, 在计算强震复现期时, 与水平断距计算相比较, 也往往不同。

本文讨论的强震复现期, 系指活断层某段原地重复发震的时间。实际上, 活断层的破裂总有一定的方向性, 这由地震迁移的方向以及余震的展布趋势均可看出。一条活断层在不同地段破裂时, 其强震复现期一般较原地强震复现期略短。此外, 某条活断层发生最大地震的能力多数可以估计。最大地震的复现期比其它强震的复现期长。

笔者认为, 尽管对活断层强震复现期的计算比较简单, 实际情况要比所设想的复杂得多。但是, 提出昆仑山山前活断层、帕米尔-喀喇昆仑活断层和霍尔果斯-吐鲁番活断层是新疆未来 20 年内有发生 6.9 级以上地震危险的警戒断层, 与青藏高原地震活动趋势的判断大体吻合。而独山子活断层、依奇克里克活断层和黑孜活断层则不会发生 6.5 级以上地震。

在本文成文过程中, 多处引用了我局测量队和刘景元的工作成果, 参阅了杨章的资料, 计算时谷建忠、胥颐给予帮助, 此外, 对戈澍、金仲明、李军的帮忙, 在此一并表示感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 李善邦, 新疆地震, 国立北平研究院院务汇报, 5, 1—22, 1934.
- [2] 刘一鸣、姚虹、周海南, 新疆柯坪断裂带地震活动的特征及趋势分析, 地球物理学报, 18, 39—51, 1975.
- [3] 张文佑、钟嘉猷, 中国断裂构造体系的发展, 地质科学, 1977, 3: 197—209.
- [4] 北京大学地理系地貌专业遥感研究组, 地球资源卫星象片的地质解释, 地质出版社, 1978.
- [5] 杨 章、戈澍, 对 1931 年新疆富蕴地震断裂带及构造运动特征的初步认识, 地震地质, 2, 31—37, 1980.
- [6] 毛德华, 新疆南天山西部乌恰地区新地质构造运动与地震活动, 中国地理学会 1977 年地貌学术讨论会文集, 229—234, 科学出版社, 1981.

- [7] 柏美祥、方志强, 1906 年玛纳斯西南 8 级地震地表破坏现象与地质构造的关系, 西北地震学报, 3, 100—102, 1981.
- [8] 柏美祥, 玛纳斯八级地震, 地震, 1981, 3: 46—48.
- [9] 国家地震局地质研究所, 亚欧地震构造图说明书, 地图出版社, 1981.
- [10] 任纪舜、秦德余、张正坤、姜春发, 中国的深断裂, 中国及其邻区大地构造论文集, 22—41, 地质出版社, 1981.
- [11] 丁国瑜, 活动走滑断裂带的断错水系与地震, 地震, 1982, 1: 3—8.
- [12] 冯先岳, 阿尔金断裂带, 中国活动断裂, 219—225, 地震出版社, 1982.
- [13] 冯先岳、宋和平, 新疆古地震遗迹鉴别标志, 史前地震与第四纪地质文集, 32—47, 陕西科学技术出版社, 1982.
- [14] 国家地震局地震研究所、国家地震局地质研究所, 中国活动构造典型卫星影象集, 地震出版社, 1982.
- [15] 邓起东, 中国的活动断裂, 中国活动断裂, 19—27, 地震出版社, 1982.
- [16] 杨 章、戈澍漠, 中国富蕴地震断裂带的研究, 国际地震动态, 1982, 9: 17—18.
- [17] 闻学泽, 活断层的滑动速率与地震的重复周期, 世界地震译丛, 1982, 11: 21—24.
- [18] 吴裕文、范福田、柏美祥、陈松涛、丁德轩、刘景元, 秋立塔格-北轮台活动断裂带, 中国活动断裂, 231—235, 地震出版社, 1982.
- [19] 顾功叙、林庭煌、时振梁、李 群、武焕英、卢寿德、杨玉林、陈海通、汪素云, 中国地震目录, 科学出版社, 1983.
- [20] 强祖基、张立人, 中国第四纪活动断裂分区与地震活动性, 地质学报, 57, 358—368, 1983.
- [21] 石鉴邦、冯先岳、戈澍漠、杨 章、柏美祥、胡 军, 新疆富蕴地震断裂带, 大陆地震活动和地震预报国际学术讨论会论文集, 193—210, 地震出版社, 1984.
- [22] 彭树森、于振贵, 新疆黑孜水库形变资料初步分析, 地壳形变与地震, 4, 246—251, 1984.
- [23] АН СССР, Сейсмическое районирование территории СССР, Изд. «Наука», Москва. 1980.
- [24] Гзовский М. В., Основы Тектонофизики, Изд. «Наука», Москва, 1975.
- [25] Крестников, В. Н., Д. В. Штанге, О четвертичной истории и сейсмичности зоны Талассо-Ферганского разлома, *Физика Земли*, 1979, 5: 31—46.
- [26] Кучай, В. К., В. Г. Трифонов, Молодой сдвиг левый в зоне Дарваз-Каракульского разлома, *Геотектоника*, 1977, 3: 91—105.
- [27] Спесивцева, В. П., Историко-статистические материалы по сейсмичности Средней Азии, Труды сейсмологического института АН СССР, № 34., Материалы по сейсмотектонике, вып. 2, Ленинград, 33—59, Изд. АН СССР, 1933.
- [28] Широкова, Е. И., Механизм Марканской землетрясения 1974 г. и его артершоков. *Физика Земли*, 1981.1: 72—80.
- [29] Kondorskaya, N. V., N. V. Shebalin, New catalog of strong earthquakes in the U. S. S. R. from ancient times through 1977, World data center A for solid Earth geophysics, report SE-31, July, U. S. Department of Commerce, 1982.
- [30] Kristry, M. J., D. W. Simpson, Seismicity changes preceding Central Asia earthquakes *J. Geophys. Res.*, 85, 4829—4837, 1980.
- [31] Wallace, R. E., The Talas-Fergana fault, Kirgiz and Kazakh, USSR, Abstracts with programs, p. 418, 1976.
- [32] 松田時彦, 活断層と地震——その地質學的研究, 地質學論集, 第 12 號, 15—32, 1976.

# ACTIVE FAULTS AND STRONG MOTION EARTHQUAKES IN XINJIANG

BAI MEIXIANG

(Seismological Bureau of the Xinjiang Uygur Autonomous Region)

## Abstract

In Xinjiang, the occurrence of earthquakes of  $M \geq 6.5$  is concerned with the 16 active faults. So, the periodicity of strong motion earthquakes can be predicted by comparing the rate of activity of the main active faults with the seismic displacement. According to the three empirical formulas derived from the study of practical data, estimates of the repetition periods of strong motion earthquakes for each of the 29 active faults in Xinjiang and neighbouring areas have been made respectively. In the coming two decades, the active faults along the piedmont of the Kunlun Mountains, the Pamir-Kalakunlun and the Huoerguosi-Tugulu will be the warning faults where earthquakes of  $M \geq 6.9$  may take place.