

鄂西三峡地区航磁异常与地震活动

申重阳 李安然 甘家思

(国家地震局地震研究所)

提要 本文研究了鄂西三峡地区航磁异常特征及与地震活动的相关性,得出该区中强地震($M_s > 1.7$)和台网观测3级以上地震活动与航磁异常的对应关系,并指出了该区未来地震活动应注意地段,这可作为划分潜在震源区的参考。

鄂西三峡地区是一个重要的工程建设地区,这里的地震与深部构造关系一直令世人瞩目。近年来,相继开展了重力场、人工地震测深等工作,并探讨了深部地震构造条件^[1,2],但对航磁异常与地震相关性则研究甚少,故本文主要利用航磁资料,试就长江鄂西三峡地区地震活动与磁场之间的依附关系作一粗浅讨论。

一、区域磁场特征

航空磁测常常是较大区域居里面——结晶基底磁性层及其构造特征的综合反映。这里采用向上延拓30km航磁化极磁场¹⁾,它清楚地揭示了深部磁力异常特征和深部的磁性块体轮廓,由此可相应划分出五个磁异常区(图1):

1) 巫溪——秭归——宜昌正异常区(I区):以巴东与秭归之间的南北方向为线分为东西两部分:东部长轴走向NW,显示其磁性块体以NW向为主;西部长轴走向NW,显示其磁性块体以NW向为主。

2) 南漳——远安——当阳负异常区(II区):区内磁异常变化梯度中间小而四周大,异常走向分布表明磁性块体以近南北向为主。尤其两侧磁异常梯度变化剧烈,形成明显的近南北向线性急变带和向东的弧形弯曲。

3) 宜城——钟祥——潜江正异常区(III区):异常等值线以NNW走向延伸,区内磁异常梯度较大,尤其西侧变化剧烈而形成一较宽的线性急变带。

4) 恩施——长阳——松滋负异常区(IV区):异常走向近东西向,梯度变化平缓,惟其北侧出现梯变急变带。

5) 石门——监利——沙市正异常区(V区):该区西部异常变化十分平缓;东部异常梯度较大,走向NW。尤其是与上述磁异常区交接部位出现NWW突变低值带。

1) 湖北省物探队,湖北省航磁化极磁场垂直分量 $\Delta T_{1D}=30\text{km}$ 平面图(1/100万)1981。

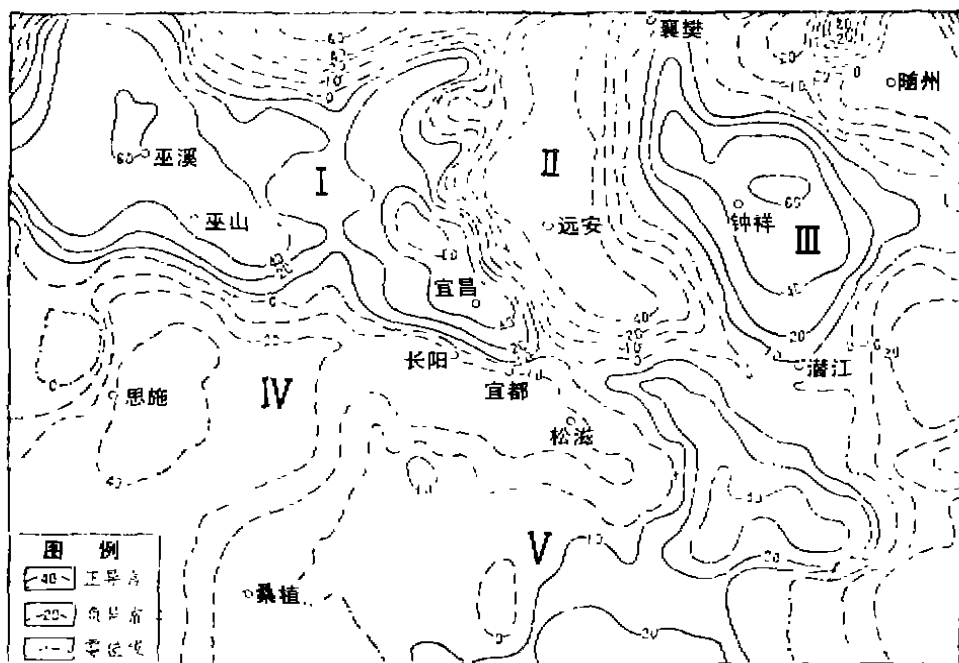


图1 鄂西三峡地区航磁场平面图

Fig. 1 The plane diagram of airborne magnetized polar magnetic field in the Three-Gorge region, west of Hubei province

三、地震活动分布

地震是地壳深部的地球动力学过程的产物，因此，地震活动强度和空间分布无疑与深部构造环境有着密切的联系。

图2为该区内中强地震分布和1959年以来台网观测地震 ($3.0 \leq M_s \leq 4.7$) 分布图。由此可看出，长江三峡地区的地震活动一直是以中小地震为主，据文献记载1351~1958年的中强地震23次，1958~1988年 $3.0 \leq M_s \leq 4.7$ 级地震22次，无6级以上地震。该区地震活动在空间上的分布特点是震源偏浅，一般在8~16km，尤以13km左右为多，因而震源分布基本上是在低速层上部，亦相当于结晶基底——居里面磁性块体的上部，即与结晶基底的顶面相当¹⁾。总体看来，该区地震震中很分散， $M_s \geq 3.0$ 级地震主要分布在黄陵地穹两侧的远安、荆门、钟祥和巴东、秭归等地，它们明显和区域内NNW向断裂相依附²⁾。常德、安乡间的中强地震与太阳山断裂带有关²⁾。下面具体讨论这些地震分布与磁异常的对应关系：

从地震频次及震中平面分布来看，约37%的中强地震分布在负异常地区，约50%的 $3.0 \leq M_s \leq 4.7$ 的台网观测地震分布在负异常地区。总体看来，以正异常地区居多。表1详细给出了地震在磁异常分区的分布情况。由表可看出，中强地震以Ⅲ区、V区居多，且Ⅲ区中强地震较集中在钟祥附近（4次），处于Ⅱ、Ⅲ区宽大线性异常带的东侧，靠近高异常部

1) 据陈步云资料结果

2) 湖北省地震局，荆江大堤沿线地震基本烈度复核报告，1988。

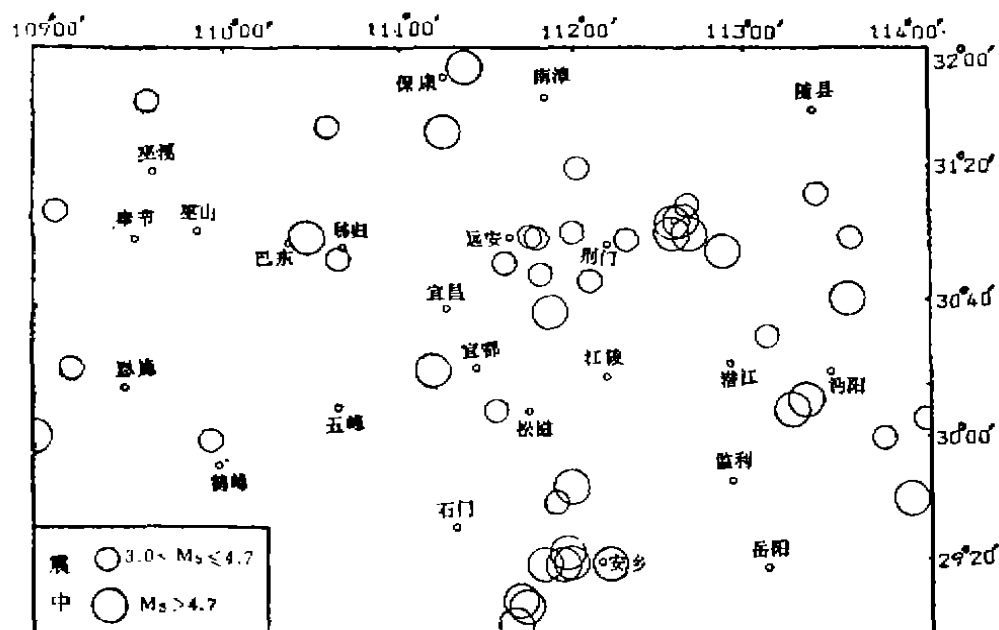


图2 鄂西三峡地区地震震中分布图

Fig. 2 The epicentre distribution in the Three-Gorge region, west of Hubei province

表1 各磁异常分区的地震分布

Table I The earthquake distribution at the region of magnetic anomaly

磁异常区	I (+)	II (-)	III (+)	IV (-)	V (+)
中强地震次数 ($M_s > 4.7$)	1	3	5	3	8
台测地震次数 ($3.0 \leq M_s \leq 4.7$)	4	7	5	3	1

位, V区的中强地震均分布在常德——安乡条带上,位于V区西部异常平稳区和东部异常较高区的过渡地带,且位于后者一侧; I区仅在巴东——秭归间南北方向的线性正异常低值带上发生一次中强地震(1979年5月22日秭归 $M_s=5.1$ 级地震); II区有两次中强地震分别发生在保康马良坪和黄化,位于与I区交界的低值线性急变带上且处于磁力等值线转弯位置,另一次发生在南端,位于I、II、IV区交界的宽缓低值带的北侧; IV区在宜都潘家湾北发生一次4.9级地震,位于与I区毗邻的线性急变带上,在公安西南有一次中强地震,位于该区异常东部顶端和V区正磁力线转弯部位的西侧,还有一次地震在利川清坪,处于IV区内部线性负异常等值线的条带上。而 $3.0 \leq M_s \leq 4.7$ 的台网观测地震多分布在与II区(正异常区)邻接的线性低值带附近,以II区为最多,分布在它的南部,多靠近与II区邻接的宽缓线性梯变带; I区有2次位于巴东——秭归间南北方向的线性异常低值带上,其它两次位于西部异常区边缘线性低值带附近; II区钟祥附近只1次3级多地震, V区仅在与IV区邻接的零值线

附近有一次4级地震,震中均在异常区内部。总之,地震多发生于磁力等值线线性低值带附近和异常等值线急变条带上,特别是正异常区地震较多,且较集中在某一位置附近(如钟祥)和某一条带(如常德——安乡间)上。

从发震强度看,以常德——安乡间为最大(最大震级为 $M_s=6.75$),其次为钟祥地区(最大 $M_s=5.5$)。前者在磁力等值线狭窄地带,亦处于正异常区内平稳地区向较高异常区的过渡地带,后者在异常等值线线性带的边缘,这两地均处在正异常内部,并非是磁力等值线急变地带,因此这两地的发震强度可能主要是受非磁力异常所显示的线性构造因素所控制。有趣的是,现代台网观测中强地震均发生在Ⅰ区东部(相当黄陵地穹周缘),有感地震多发生在Ⅱ区和Ⅲ边区缘地带,与深部航磁异常特征密切相关,均为研究区磁力线低值和线性走向急变地带,说明这些地区的磁力异常所显示的线性构造因素是不可忽视的发震因素。

从震源深度看,研究区的震源大都在结晶基底——居里面磁性块体上部。区域的结晶基底最小埋深大致在 $0\sim 5\text{ km}$,居里面约 30 km 左右,接近该区的莫霍面深度¹⁾。因此,研究磁异常特征及其机制有其特殊意义。

四、分析和讨论

地震是由于不同构造体系在受地应力作用后,经过应力集中,能量积累引起岩体运动的差异而造成,那么反映地下构造形体和岩体磁性特征以及各构造体之间的接触关系的航磁异常就应与地震分布有一定联系。各磁异常分区大致勾绘出相应的磁性块体轮廓,其中宽缓的正异常区可能是前寒武纪形成的结晶基底构造隆起或盆地内基底浅埋区的反映,宽缓的负异常区为结晶基底拗陷区。变化幅度大的局部异常区为中新世火山岩类区及古老结晶基底凸起。磁力异常急变的线性梯级带、线性低值带及磁力等值线明显错开地带,往往是断裂构造的反映,易成为能量积累和释放的地震地带。Ⅰ、Ⅱ区之间,Ⅱ、Ⅲ区之间和Ⅰ、Ⅳ之间存在明显的线性异常带,可能对应深部线性构造,为易发震地段。异常梯度越大,说明隆起和凹陷构造过渡地带差异越大,发震可能性越大。除了这些与地表断裂对应较好的磁异常外,还有几处值得注意的地带,一是Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ区交汇部位形成二零值线相夹的线性带(磁异常变化低值带),说明当阳至公安一线可能有一NWW向断裂存在,1351年4.3级地震就发生在此地带北面Ⅱ区一侧;二是巴东与秭归间正异常等值线低值带,明显成SN向错动,这可能与南北向挤压作用有关。在磁性体内部,经过强烈的挤压、摩擦和断裂作用,可使磁性体磁性减弱而成为低值带,特别是在正磁异常体内部,凝聚力强,应力较高,往往释放出较大能量而酿成较大地震。1979年在秭归龙会镇发生了迄今为止该区台网观测最大的地震($M_s 5.1$ 级),很可能是基于这一原因。

在航磁化极向上延拓 30 km 图上,可以看出区内近东西向的磁性块体从鄂西山地连续延伸到江汉盆地内部(图1),因而在江汉盆地西缘看不出有一近NNE向深部活动断裂存在,这与重力、人工地震资料所得结果一致^(1,2,4)。但航磁资料对远安断裂、荆门断裂和天阳坪断裂有较清楚的显示,并且在当阳至公安一带和黄陵地穹西侧也有可能深部构造存在。

1) 据陈步云资料

该区正处在自华北太行山强震发生地带延伸来的NNE向重力梯级带(即中国东部重力梯级带上,其区域重力场以长阳、襄樊一线为界分为东西两部分:东部主要是江汉平原地区,重力异常等值线孤立零星、方向性不明显,多封闭呈短轴形状,异常值一般-10~30毫伽;西部山区的重力等值线连续性强,形成一条总体方向呈NNE向延伸的异常梯级带,该带大致在宜都和秭归之间通过,异常值-25~-120毫伽^[1]。结合本区地震活动特征,即震源浅、频度低以及地震活动在空间分布上与区域NNE向重力梯级带不相依附等事实,在东部似乎不存在与此重力梯级带相对应的活动发震构造^[4]。另外,李安然等根据卫星影象判读并结合野外裂隙测量得出^[1]:在重力梯级带附近,鄂西山地前缘即研究区以东,新老地层中的断层裂隙以NNW向为主,亦不存在与重力梯级带相一致的构造破裂。不难看出,这些构造与航磁异常吻合较好,因此,该区的磁性发震构造比重力发震构造往往更有意义、更重要。

从上部地质构造与地壳运动特征看:鄂西三峡地区地表构造格局,在黄陵地穹西侧以北东—北北东向为主,在黄陵地穹及其东侧则主要是北北西向的^[6]。黄陵地穹南面,近南北向的一组断裂似乎应是主要活动发震构造^[6],这些与航磁异常有一定的对应关系。

天然地震和人工地震^[2]资料表明,本区震源深大多为十公里左右,大致位于低速层顶部界面附近,深部缺乏强震孕育的构造条件的。因此,主要反映地壳浅层结构的磁性异常对研究孕育地震构造环境有着重要意义。

综上所述,可概略得出本区中强地震地震活动与航磁异常之间存在下列对应关系:中强地震主要发生在①正负航磁异常交接的线性梯级带且与地表断裂(块)或地形地貌变异带大致对应的地带;②异常区内部磁力等值线明显低值成线性地带;③异常区内部低值平稳区向较高异常过渡且有明显线性特征的地带;④磁异常双零值线相夹的线性低值地带。

据此,我们考虑以下几个地段似应值得注意:

i) 黄陵背斜两侧:西侧航磁异常明显低值成线性带;东侧的远安——保康地带两边的航磁异常明显为急变梯级带和低值带,且异常等值线有向东呈弧形弯曲趋势,反映断裂挤压拉张作用。

ii) 荆门——钟祥地段:航磁异常为宽缓的磁力等值线密集带和正负异常过渡的低值带。

iii) 宜昌——长阳地带:航磁异常明显急变,是正负异常过渡的低值带。

iv) 常德——安乡地带:正异常区内部低值平稳区与高值异常区过渡线性地带。

以上是通过航磁异常与地震活动的相关性研究,用以探寻潜在地震活动的磁场标志的一种尝试。当然,这项工作若能结合其他地球物理场和地质构造等进行综合分析,则更能提高确定潜在震源的准确性。

参 考 文 献

〔1〕李安然等,鄂西三峡区域重力场特征及其地震构造意义,地震地质,Vol. 9, No. 3, 1987.

〔2〕陈步云、高文海,贾家湾——沙园剖面地壳结构的初步研究,地壳形变与地震,Vol. 6, No. 1, 1986.

〔3〕李安然等,三峡水库诱发地震的总体环境组合条件,长江三峡工程对生态与环境影响及其对策研

究论文集, 科学出版社, 1987.

- (4) Li, A. , Xu, Y. and Han, X. , Regional gravity anomaly and seismic activity in the case of the gravity gradient belt of eastern China, Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 11, 1985.
- (5) 韩晓光等, 鄂西三峡地区地表破裂系统与现代地震活动, 华南地震, Vol. 6, No. 2, 1986.
- (6) 李安然等, 长江三峡东缘活动发震构造, 大地构造与成矿学, Vol. 10, No. 1, 1986.

AIRBORNE MAGNETIC ANOMALY AND SEISMIC ACTIVITY IN THE THREE-GORGE REGION, WEST OF HUBEI PROVINCE

Shen Chongyang, Li Anran, Gan Jiasi

(Seismological institute, SSB)

[Abstract] Based on studying the character of airborne magnetic anomaly and its relation to seismic activity, we found out that the moderate seismicity ($M_s > 4.7$) and earthquake of $M_s \geq 3.0$ recorded by station net correspond with airborne magnetic anomaly. According to this regular correlation, the future seismicity of this region and its potential earthquake source can be roughly determined.

.....

(上接第96页)

[Abstract] By reviewing the working practice in the key seismic monitoring region of Xinjiang, it thinks that the key seismic monitoring region should be stable and should combine with the experiment and the study of earthquake prediction. It also points out that the basic task is to raise the abilities of seismic surveillance and it also considers that making and carrying out the plan of earthquake emergency during violent earthquake and policymaking plan of short-term and impending earthquake prediction are also the important part of this task.