

区域地震台网合理布局问题的探讨

刘多棣 石特临 马业新

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

从地震仪配套的角度讨论了区域地震台网合理布局的问题, 得出:

(1) 在台网内相邻台站之间的台距为50公里左右的台站上配备 $V_0 = 1.0 \times 10^5$, 1.5×10^4 , 2.5×10^3 , 4.0×10^2 四种短周期可见记录地震仪, 同时给台距不大于200公里的台站配备 $V_0 = 50$ 的中强震仪, 能够测定网内 $M_s = 1$ 级以上地震的震源位置。

(2) 如果台距不超过150公里, 按上述仪器配备, 可测定网内 $M_s = 1.5$ 级以上地震的震源位置。

根据上述结果, 结合甘肃省现有地震台站的台址状况, 提出了甘肃省地震台网合理布局的方案。按照这一方案布局, 甘肃省东部地区基本上能定出台网内部发生的 $M_s = 1.5$ 级以上地震的震源位置, 而河西地区就只能基本定出嘉峪关以东沿走廊的长条地带发生的 $M_s = 2.0$ 级以上地震的震源位置。

一、问题的提出

地震台站观测是地震学的基础。区域地震台网的设立, 是为了精确测定地震的基本参数, 掌握某一区域的地震活动性, 开展有关地震学和地震预报的研究工作。这就要求台网在其控制范围内完整地记录到不同大小的地震, 通过地震记录图分析测定出地震发生的震源位置。由于小地震发生的次数多, 如果能尽量多的记录到它们, 得到地震活动的空间分布图案, 将是有益的。

为达此目的, 区域地震台网应怎样合理布局呢? 最好的办法是在地震活动区设立密集台网, 集中记录和处理。如果这种办法暂时不能实现, 也可以在现有台网的基础上考虑仪器配套, 尽可能多的定出台网内小震的震源位置, 并完整地记录到较大的地震。

在美国, 就设置有台距较密的区域密集地震台网。如门罗公园国家地震研究中心在加利福尼亚州中部, 沿圣安德烈斯断层宽100公里、长400公里的范围内, 布设了124个台站。台距由几公里至20公里。台站上装有固有频率为1赫的短周期垂直向地震计。所拾取的地震讯号用多路调频的方法经电话线传送至该中心的中心记录室进行集中记录和处理。该台网对地方震的检测能力, 网内是零级以上地震, 网外在台网附近是1级以上地震。所定震源位置的精度最好的约为200至300米, 而准确度, 震中位置定得最好的是差1公里, 震源深度是差2公里。

根据我国的具体情况,目前宜采用仪器配套的方法使现有区域地震台网提高其监测地震的能力。甘肃省区域地震台网的现状是,有些台站仪器放大倍数在5万倍以上,但缺少低放大倍数的仪器;有的台站可以架设高放大倍数的仪器,但只有放大2万倍左右的短周期地震仪;中强震仪的设置太少。因而,很多小的地震只有个别台站能记到,而较大地震又记录出格,如礼县发生一次4.7级地震,150公里范围内的台站记录均出格,对中强震更是如此。这样,在现有台站上考虑仪器配套是大有潜力的。

二、地震仪的配套

一个好的区域地震台网,应该能观测到网内发生的小震及中强震。根据现有台网的情况,我们以 $M_s \geq 1$ 为标准来探讨地震仪的合理配套问题。

1. 确定震中位置

我国地震台使用的短周期可见记录地震仪(573型、473型、B73型、DD—1型),其最大双振幅 $2y_{max} = 60\text{mm}$,中强地震仪(如513型)则为 $2y_{max} = 100\text{mm}$ 。如地震波到达后,仪器记录双振幅大于上述幅度,通常称之为“出格”。严格地说,不能用“出格”的地震图测定震级,在过度“出格”的情况下,也不能测定震中距。

对于近震和地方震,垂直向记录的 \bar{S} 、 \bar{P} 振幅比一般为3〔1〕。若考虑 \bar{P} 的双振幅为1毫米时尚清晰可辨,则 \bar{S} 的振幅可达3毫米左右。而最大振幅在水平分向的横波段,可按10毫米来考虑。因此可以认为,当水平分向记录双振幅 $2y_{min} = 10\text{mm}$ 时,能较好的记录到 \bar{P} 和 \bar{S} 。

这样,短周期及中强震可见记录地震仪的有效记录幅度分别为:

$$60\text{mm} > 2y > 10\text{mm} \quad \text{及} \quad 100\text{mm} > 2y > 10\text{mm}$$

如不考虑台站对震级的校正,有

$$M_L = \text{Log} A_\mu + R(\Delta) \quad (1)$$

式中 A_μ 为地动位移,以微米为单位, $R(\Delta)$ 为震级 M_L 的起算函数,它与震中距离有关〔2〕。

M_L 与 M_s 的关系为

$$M_s = 1.13M_L - 1.08 \quad (2)$$

据此,下面估算放大率 $V_0 = 10^5$ 的短周期地震仪,对于 $M_s = 1$ (即 $M_L = 1.8$)的弱震,能控制多远距离,它的最佳观测区间有多大。

由短周期可见记录地震仪的有效记录幅度范围,有

$$A_{\mu_{max}} = \frac{y_{max} \times 1000}{V_0} = \frac{30 \times 1000}{10^5} = 0.3\mu$$

$$A_{\mu_{min}} = \frac{y_{min} \times 1000}{V_0} = \frac{5 \times 1000}{10^5} = 0.05\mu$$

将它们分别代入(1)式,得

$$R(\Delta)_{max} = 2.3$$

$$R(\Delta)_{min} = 3.1$$

查“近震起算函数表”,对应于它们的震中距分别为25公里和55公里

这就是说,用 $V_0 = 10^5$ 短周期可见记录地震仪观测 $M_s = 1$ 级地震,如震中距小于25公

里，记录图要“出格”，如大于55公里，记录的震相不清晰。所以，它的最佳观测区间是：

55公里 $> \Delta >$ 25公里

对于放大率 V_0 不同的地震仪，按照上述方法可估算出它们对于 $M_s = 1 \sim 7$ 级地震的最佳观测区间。这里选出一些较好的结果列入表 1。为方便，根据表 1 的数据，绘出不同 V_0 的地震仪对地震的有效控制区间示意图，如图 1 所示。

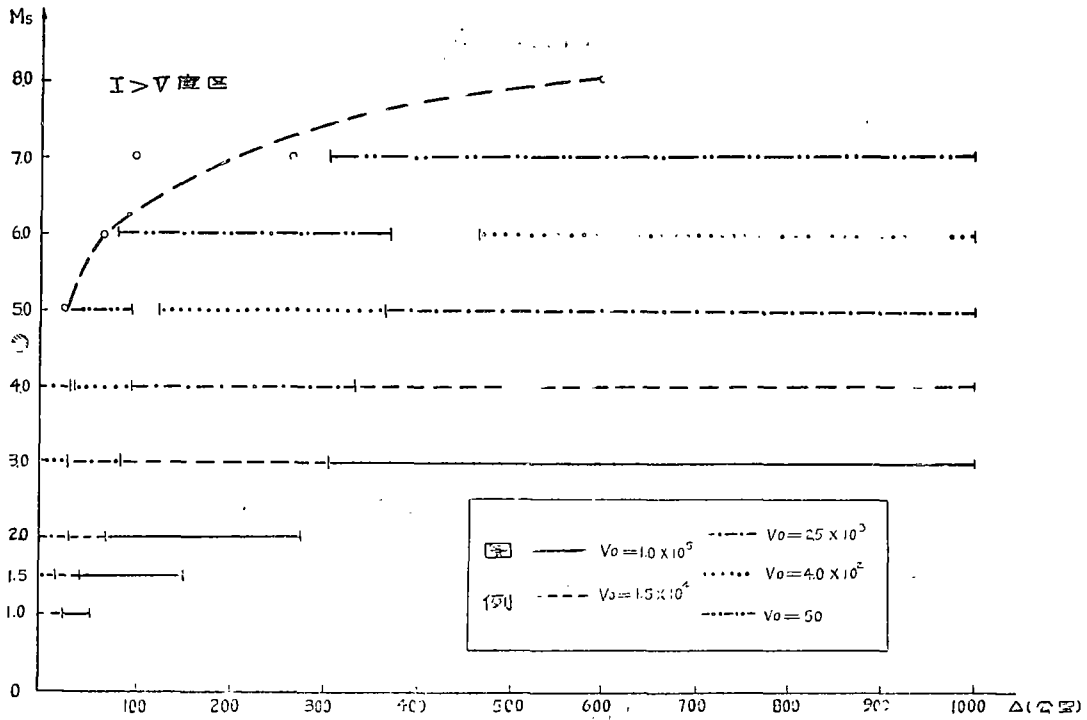


图 1

表 1

最佳观测区间 Δ (公里)	V_0						
M_s	1.0×10^5	5×10^4	2×10^4	1.5×10^4	2.5×10^3	4×10^2	50
1	55 $> \Delta >$ 25	40 $> \Delta >$ 15	30 $> \Delta$	25 $> \Delta$	/	/	/
1.5	155 $> \Delta >$ 40	85 $> \Delta >$ 30	45 $> \Delta >$ 20	40 $> \Delta >$ 15	15 $> \Delta$	/	/
2	275 $> \Delta >$ 65	185 $> \Delta >$ 45	85 $> \Delta >$ 30	65 $> \Delta >$ 30	30 $> \Delta$	/	/
3	1000 $> \Delta >$ 305	630 $> \Delta >$ 215	335 $> \Delta >$ 95	305 $> \Delta >$ 85	85 $> \Delta >$ 30	30 $> \Delta$	/
4	/	1000 $> \Delta >$ > 750	1000 $> \Delta >$ > 370	1000 $> \Delta >$ > 335	335 $> \Delta >$ 95	95 $> \Delta >$ 35	30 $> \Delta$
5	/	/	/	/	1000 $> \Delta >$ 370	370 $> \Delta >$ 125	95 $> \Delta >$ 30
6	/	/	/	/	/	1000 $> \Delta >$ > 465	370 $> \Delta >$ 80
7	/	/	/	/	/	/	1000 $> \Delta >$ > 305

由图 1, 如果不考虑台址的土质条件, 可以看出:

(1) 如在相邻台站之间的台距为 50 公里左右的台站上配备 $V_0 = 1.0 \times 10^5, 1.5 \times 10^4, 2.5 \times 10^3, 4.0 \times 10^2$ 四种短周期可见记录地震仪, 同时给台距不大于 200 公里的台站配备 $V_0 = 50$ 的中强震仪, 就能较好的定出该地区 $M_s \geq 1$ 级地震的震中位置。

(2) 如相邻台站之间的台距不超过 150 公里, 配备上述仪器, 或台距虽为 50 公里左右但最高放大倍数只能达 5×10^4 倍, 就只能定出该区 $M_s \geq 1.5$ 级地震的震中位置

(3) 如相邻台站之间的台距超过 250 公里, 虽然配备上述五种仪器, 也只能定出该区 $M_s \geq 2.0$ 级地震的震中位置了。

(4) 短周期地震仪一般适宜于观测 300 公里以内的地震。至于 300 公里以外、1000 公里以内的近震, 必须依靠近震仪。因此, 需要在每 300 公里的台站上安装 $V_0 = 5 \times 10^4, 1 \times 10^4, 2 \times 10^3$ 等三种近震仪。

2. 确定震源位置

问题的关键还不在于确定地震发生的震中位置, 而是要确定其震源位置。这就需要在上述地震仪配套的基础上, 根据测定近震震源位置的要求进一步讨论。

通常测定近震的震源位置是用和达法、石川法或高桥法, 也可用纵波到时进行计算。这些方法一般都需要四个以上的台的 \bar{P} 和 \bar{S} 波的到时, 震中要被台站三面或四面包围, 而且仪器时间服务的精度要比较高。

一般来说, 对于台网内部的地震, 震中被台站三面或四面包围的条件是能够满足的。但是, 仪器时间服务的精度却是一个比较困难的问题, 在台站观测方面, 它主要取决于两个因素, 一个是时间信号是否准确, 另一个是记录器运转是否均匀。为此, 需要在台站配备具有“零”钟差和自动对时的装置, 同时应有良好的记录器和零配件。

按照单层地壳模型的理论, 当 $\Delta < 230$ 公里时, \bar{P} 和 \bar{S} 分别为纵波和横波中第一个到达的震相*。这样, 对于台距为 50 公里左右的台网, 按上述仪器配备, 是能够测定网内 1 级以上地震的震源位置的。如果台距不超过 150 公里, 尚可测定网内 1.5 级以上地震的震源位置。倘若台距大于 200 公里, 要测定地震的震源位置就有困难了, 因为并不是网内所有地震的 \bar{P} 和 \bar{S} 同时被四个台记录为纵波、横波第一个到达的震相, 一般也就不能用上述方法来测定地震的震源位置了。

3. 关于配备强震仪的问题

大震发生时, 如果台站所在地的烈度达到五度以上, 地震仪能否正常工作?

根据《新的中国地震烈度表》〔8〕, 五度区内, “……悬挂物明显摇摆。挂钟停摆。……

表 2

M_s	震中烈度 I_0	五度等震线至震中的平均距离 (Km)	
5	六, 七	25,	30
6	八	65	
7	九, 十	100,	270
8	十一	600	

架上放置不稳的器物翻倒或落下。……”这时, 地震仪往往不能正常工作。至于高烈度区, 情况更加严重。而从仪器原理上来说, 短周期地震仪是不能记录强震的。

五度区的范围究竟多大呢? 根据康哲民同志对我省及邻近地区破坏性地震所做的工作, 可以估算出五度等震线至震中的平均距

* 原国家地震局兰州地震大队前兆队 1972 年测震讲义 (分析部分) (内部)

离, 结果列于表 2。

由表 2 可以看出, $M_s = 5 \sim 6$ 级地震, 五度以上的烈度区, 范围较小, 关键是 7 级以上大震。7 级大震, 五度等震线至震中的平均距离为 100~270 公里。当发生 7 级地震时, 震中距离小于 100~270 公里的台站, 均不能获得可靠的记录。至于 7 级以上特大地震, 范围比这要大得多。因此, 给强震活动带附近的台站配备强震仪, 就显得十分必要了。

三、甘肃省地震台网合理布局的方案

根据上述结果, 现在从仪器配套的角度来讨论甘肃省及邻近地区台网合理布局的方案。下面分两个地区, 从现有台站的台址状况和现有仪器设备出发来讨论。

1. 东部地区

甘肃东部地区地质构造复杂, 南北地震带从中穿越。从公元前 780 年至公元 1976 年的二千七百余年中, 据历史记载, 先后发生 6 级以上破坏性地震 31 次, 其中发生在本世纪者 7 次。这一地区我们作为重点来考虑。

在这一地区的台站有二十四个, 与其毗邻的还应考虑宁夏的西、海、固地区的三个台。这些台站中, 相邻两台站的距离一般在 100 公里左右, 比较密集。

按照以上仪器配套, 並考虑到现有台站台址的状况, 这一地区只能基本上定出网内 1.5 级以上地震的震源位置。如果考虑邻省的台站, 控制范围有可能略有增大。

2. 河西地区

甘肃河西地区同样是一个地震活动区, 自公元 180 年以来, 共发生 6 级以上地震 14 次。但由于地形限制, 人烟较少, 地震台站比较稀少且地理分布为一长条形, 因此要控制这一地区的地震就有很大的困难。

该区现有十二个台(其中有两个为东部与河西两区公用的台站)。它们分布在长 800 公里、宽 100 公里的狭长地带中。

如果按以上仪器配套, 嘉峪关以东沿河西走廊地区也只能基本上定出 2.0 级以上地震的震源位置。

以上布局方案是基于甘肃省现有地震台站的现状而提出来的, 还有待于实际观测资料的检验。如果预报、科研任务有需要, 可以设立流动加密台网与固定台网配合来完成。一旦采用新技术, 适当加密台站, 就更能提高台网的效能。

(1980年6月 收到)

参 考 文 献

- [1] 冯德益 近地震 \bar{S} 、 \bar{P} 波振幅比异常与地震预报 地球物理学报 17 卷 3 期 (1974)
- [2] 中国科学院地球物理研究所编著 地震学基础 科学出版社 1977 年
- [3] 谢毓寿 新的中国地震烈度表 地球物理学报 6 卷 1 期 (1957)

A STUDY ON THE REASONABLE DISTRIBUTION OF THE REGIONAL SEISMOLOGICAL STATION NET

Liu Duo-yu Shi Te-Ling Ma Ye-xing
(The Seismological Institute of Lanzhou,)
State Seismological Bureau

Abstract

discusses
In this paper the reasonable distribution of the regional station net ~~has been discussed~~ in view of furnishing with seismographs, and ~~the results have been~~ ^{are} obtained ~~as follows:~~ ^{are}

(1) If each station of the network, in which the distance between neighboring stations is about 50 kilometres, is furnished with four visible short period recording seismographs ($V_0 = 1.0 \times 10^5, 1.5 \times 10^4, 2.5 \times 10^3, 4.0 \times 10^2$), and if at the same time, several stations, the distance between which is less than 200 kilometres, are furnished with one moderately strong-motion seismograph of $V_0 = 50$ each, the hypocentres of the earthquakes with magnitude over 1 ($M_s \geq 1$) within the network may be determined.

(2) If the distance between neighboring stations is less than 150 kilometres and all of them have been furnished with the above-mentioned instruments, the hypocentres of the earthquakes with $M_s \geq 1.5$ may be determined.

On the basis of the ~~above-mentioned~~ results and the present station conditions in Gansu province, the project of the reasonable distribution of the station nets in Gansu has ~~been~~ ^{been} suggested. According to this project, in the station net of the east region of Gansu, the hypocentres of the earthquakes with $M_s \geq 1.5$ can be probably determined, but in the Gansu Corridor (the western part of Gansu), the hypocentres of the earthquakes with $M_s \geq 2.0$ which occur along the long-corridor zone in the east region to Jaryuguan (嘉峪关) can be determined probably.