

测震台网监测能力的评价研究及其在 西北四省(区)台网建设中的应用

邓明德

(国家地震局综合观测队)

摘 要

本文详细地研究了陕、甘、宁、青四省(区)测震台网的监测能力,并给出了台网对不同震级的地震的监测能力图,为研究人员选取震级下限提供了依据。本文还提出了对四省(区)台站的调整的建议。

一、测震台网(近震)监测能力评价研究的意义和方法

1. 对台网监测能力评定的意义

微震研究是目前地震预报研究的一个重要方面,研究微震首先要知道某一地区能监测到微震的震级,这就需要对台网的监测能力进行研究并作出评定。因此台网的监测能力是在微震及地震活动性等研究中选取震级下限的依据,又是台站调整的重要依据。

台网能监测到的震级越低说明其监测能力就越高,反之就低。台网监测能力强弱取决于台站的密度、布局以及仪器的放大倍数及频率特性。

2. 监测能力评定的方法

台网监测能力评定通常有三种方法,即:理论计算法、b值法、面积法。由于后两种方法都需要积累长时间的观测资料,而且只能给出一个大致的范围,不能给出监测能力的明确地理界线,因此本文采用理论计算作图法,它的优点是不需要长时间的资料积累,不仅能明确地给出台网对不同震级的地震的监测能力的地理界线,而且可以据此分析台网中台站的布局是否合理。

(1) 单台的最大记录半径

目前国内通用的近震震级公式为

$$M_L = \lg\left(\frac{A}{V}\right) + R(\Delta) \quad (1)$$

式中 M_L 为震级, A 为水平分向记录S波最大单振幅, V 为地震仪动态放大倍数, $R(\Delta)$ 为起算函数。

使用(1)式计算时,关键问题是 A 的取值,其取值必须满足记录到清晰可辨的P波初

(区)台网建设中的应用

动震相。有人统计过,在华北地区当 $\Delta < 100$ 公里时, $\overline{S}$ 波最大单振幅为 0.5mm 时,仍有可辨认的P波初动;当 $\Delta > 100$ 公里时,S波最大单振幅为 $1\text{--}3\text{mm}$,P波初动清晰可辨^[1]。本文取 A 为 3mm 代入(1)式计算,计算出的 Δ 就是台站对相应震级的地震的最大记录半径。计算出的 Δ 仅是一个理论值,由于地壳介质的不均匀性,震源的力学性质不同及台站所处方位不同等因素的影响,有时会出现对某次地震按理论计算某台应该记录到而实际没有记录到的情况。在计算监测能力时,我们把台网作为一个整体来考虑,不考虑这些个别情况。另外最大记录半径还与地震波的卓越周期有关,表1是短周期地震仪的卓越周期与距离的关系。这是一个统计关系,对不同仪器不同地区,统计结果也不完全一样。

 Δ 与卓越周期 T 的关系

表1

Δ (公里)	0—30	30—60	60—100	100—200	200—250	250—300	300—350	350—400	400—450	450—500	500—600	600—700	700—800	800—900	900—1000
T (秒)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0

现西北四省(区)地震台一般使用维开克、65型、64型、DD—1型短周期地震仪,其频率特性曲线的平直部分的上限周期在 $0.8\text{--}1.0$ 秒左右,当地震波的周期超过 1.0 秒后放大倍数急速下降,这时记录图上的最大振幅不一定是最大地动位移,从而造成记录失真。由表1可知,当震中距达到 $450\text{--}500$ 公里时,波的卓越周期为 1.0 秒,因此,使用 $\Delta > 450$ 公里台站的记录图必须用动态放大倍数而不能用静态放大倍数。各台记录不同震级地震的最大记录半径见表2,表中最大有效记录半径上限取 500 公里,超过这个距离的记录已开始失真。

(2) 台网有效记录面积

对于已知地震波速度的地区,有三个台的清晰记录即可确定地震的基本参数,西北四省(区)已作出本区域走时表,为已知速度区,所以在讨论台网的监测能力时只需有三个台的记录即可。我们将四省(区)有效记录面积定义为:在某一个面积内,如果有三个台同时清晰记录到某一震级的地震,这个面积就称为台网对该震级的地震的有效记录面积,即台网对该震级的地震的监视面积。

(3) 台网监测能力图的绘制

首先把台站位置标于比例尺为 $1:400$ 万的地图上,由(1)式计算出单台对于不同震级的地震的最大记录半径,并以台站为圆心,以最大记录半径为半径画圆,找出台网对不同震级地震的有效监测面积,再勾画出有效记录面积边界线,这样就绘制出了台网对不同震级的地震的监测等震级线,即台网监测能力图。

二、西北四省区现有台网监测能力的评价

陕、甘、宁、青四省(区)现有台站67个,其中陕西18个,甘肃27个,宁夏12个,青海10个。陕西的延安台和甘肃的定西台停记,现实际工作的台站为65个。西北四省(区)台网监测能力评价的主要结果如图1所示(所用资料截止到86年12月),以下拟分省进行讨论。

四省区各台对不同震级地震的最大有效记录半径 Δ

表 2

序号	台 名	Δ (公里) V_0	M_L	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
	陕西台网									
1	西 安	8.35×10^4		25	45	100	200	320	500	
2	宝 鸡	5.77×10^4		25	40	85	180	300	500	
3	汉 中	3.24×10^4		15	30	50	120	220	370	500
4	韩 城	5.13×10^4		20	35	70	160	280	420	500
5	华 县	2.63×10^4		10	25	45	100	200	320	500
6	商 县	8.40×10^4		25	45	100	200	320	500	
7	周 至	1.63×10^5		35	70	160	280	420	500	
8	彬 县	9.00×10^4		30	50	110	220	340	500	
9	泾 阳	1.28×10^5		30	55	140	260	390	500	
10	宁 陕	1.62×10^5		35	70	160	280	420	500	
11	蒲 城	5.92×10^4		25	40	85	180	300	500	
12	安 康	7.00×10^4		25	45	100	200	320	500	
13	乾 县	1.75×10^5		40	85	180	280	500		
14	榆 林	4.77×10^4		20	35	70	160	280	420	500
15	陇 县	1.52×10^5		35	70	160	280	420	500	
16	潼 关	9.63×10^4		30	50	120	220	370	500	
17	铜 川	1.59×10^5		35	70	160	280	420	500	
18	延 安	停 记								
	甘肃台网									
1	兰 州	3.74×10^4		20	30	55	140	260	390	500
2	高 台	2.72×10^5		50	100	220	320	500		
3	嘉峪关	2.5×10^4		10	25	45	100	200	320	500
4	安 西	4.0×10^4		20	30	55	140	260	390	500
5	镜铁山	2.47×10^4		10	25	45	100	200	320	500
6	张 掖	4.77×10^4		20	35	70	160	280	420	500
7	肃 南	2.12×10^4		5	25	40	85	180	300	500
8	山 丹	3.00×10^4		15	30	50	120	220	370	500
9	河西堡	2.15×10^4		5	25	40	85	180	300	500
10	景 泰	2.89×10^4		15	30	50	120	220	370	500
11	刘家峡	2.39×10^4		10	25	45	100	200	320	500
12	临 夏	2.44×10^4		10	25	45	100	200	320	500
13	合 作	1.12×10^5		30	55	140	260	390	500	

续表 2

序号	台 名	$\Delta(\text{公里})$ V_0	M_L	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
14	定 西	停 记								
15	通 渭	6.41×10^4		25	40	85	180	300	500	
16	靖 远	2.19×10^4		5	25	40	85	180	300	500
17	天 水	2.35×10^4		10	25	45	100	200	300	500
18	甘 谷	1.99×10^4		5	25	40	85	180	300	500
19	张家川	7.27×10^4		25	45	100	200	320	500	
20	礼 县	3.5×10^4		20	35	55	140	260	390	500
21	武 都	2.46×10^4		10	25	45	100	200	320	500
22	岷 县	2.34×10^4		10	25	45	100	200	320	500
23	文 县	1.04×10^5		30	50	120	220	370	500	
24	成 县	9.76×10^4		30	50	120	220	370	500	
25	平 凉	4.67×10^4		20	35	70	160	280	420	500
26	静 宁	2.30×10^4		10	25	45	100	200	320	500
27	西 峰	0.5×10^4		/	/	20	35	70	160	280
	宁夏台网									
1	小口子	8.61×10^4		30	50	120	220	370	500	
2	石咀山	2.98×10^4		15	30	50	120	220	370	500
8	灵 武	1.59×10^4		/	20	35	70	160	280	420
4	中 卫	3.09×10^4		15	30	50	120	220	370	500
5	盐 池	3.66×10^4		15	30	55	140	260	390	500
6	同 心	1.47×10^5		35	70	160	280	420	500	
7	固 原	0.5×10^4		/	/	20	35	70	160	280
8	海 原	2.48×10^4		10	25	45	100	200	320	500
9	西 吉	0.5×10^4		/	/	20	35	70	160	280
10	泾 源	6.7×10^4		25	40	85	180	300	500	
11	宗别立	1.42×10^5		35	70	160	280	420	500	
12	隆 德	$\sim 5 \times 10^4$		20	35	70	160	280	420	500
	青海台网									
1	格尔木	1.3×10^4		/	20	30	55	140	260	390
2	香日德	1.0×10^5		30	50	120	220	370	500	
8	大 武	2.9×10^4		15	30	50	120	220	370	500
4	湟 源	1.58×10^5		35	70	160	280	420	500	
5	门 源	2.28×10^5		45	100	200	320	500		
6	西 宁	1.46×10^4		/	20	35	70	160	280	420
7	德令哈	1.88×10^5		40	85	180	300	500		
8	乐 都	7.39×10^4		25	45	100	200	320	500	
9	玉 树	1.43×10^5		35	70	160	280	420	500	
10	龙羊峡	4.11×10^4		20	30	55	140	260	390	500

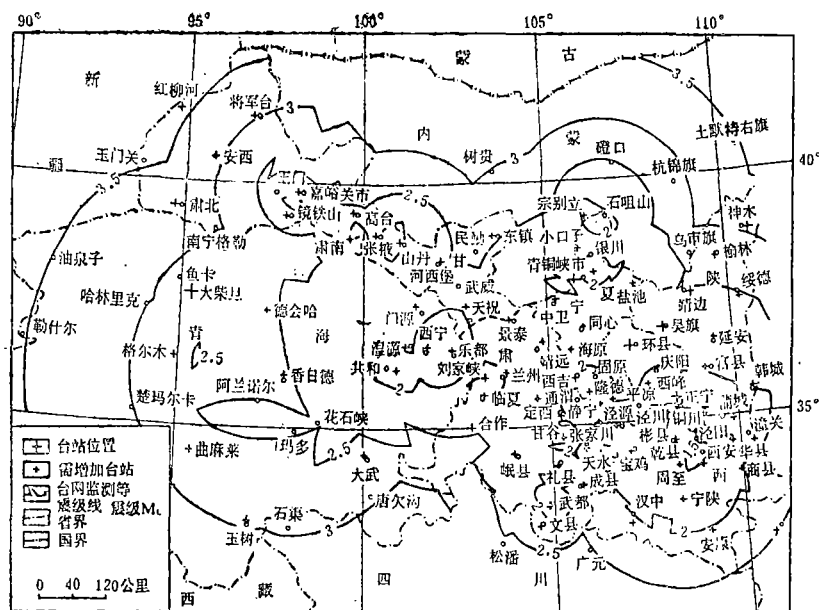


图1 陕、甘、宁、青四省(区)测震台网监测能力图

Fig. 1 Premonitoring ability sketch of seismic network in Shaanxi, Gansu, Qinghai and Ningxia area

陕西省: 陕西台网记录不到 $M_L \leq 1.0$ 级的地震。在铜川以西, 彬县以东, 泾阳以北长约80公里宽约40公里的地带, 以及在西安以西长约60公里宽约30公里的范围内能监测到 $M_L = 1.5$ 级的地震。 $M_L = 2.0$ 级地震的监测范围是富县、韩城、潼关、商县、安康、汉中、凤县、陇县及甘肃的泾川、庆阳所围成的区域。 $M_L = 2.5$ 级地震的监测范围是靖边、绥德以南广大地区。在陕西境内任何地点发生的 $M_L \geq 3.5$ 级地震陕西台网均可记到。总之, 陕西台网的监测能力在陕南为 $M_L = 2.0$ 级, 陕北为 $M_L = 2.5$ 级, 全省为 $M_L = 3.5$ 级。

宁夏: 宁夏台网记录不到 $M_L \leq 1.5$ 级地震。在银川以南中卫、青铜峡市以北地区及石咀山以南小口子以北地区能监测到 $M_L = 2.0$ 级地震, 在西吉、固原、泾源和甘肃的通渭所围成的区域内, 只有把隆德、泾源、通渭、静宁四个台的数据共同使用才能监测到该区域 $M_L = 2.0$ 级地震, 否则监测不到。宁夏台网对于宁夏境内发生的 $M_L \geq 2.5$ 级地震均可记到。

甘肃: 甘肃台网观测不到 $M_L \leq 1.5$ 级地震。在武都周围、甘谷至天水间、兰州—刘家峡—临夏、山丹—张掖等几个地区能监测到 $M_L = 2.0$ 级地震, 但在庆阳以南西峰镇、泾川以东地区台网监测不到 $M_L = 2.0$ 级地震, 在该地区只有陕西台网能监测到 $M_L = 2.0$ 级地震。对于 $M_L = 2.5$ 级地震, 除河西的早峡、饮马场以西, 金塔、高台以北及民勤地区外的甘肃其它地区台网均能监测到。但是在河西堡、九条岭以东, 景泰以西地带(图中虚线包围部分), 甘肃台网监测不到 $M_L = 2.5$ 级地震, 只有青海台网能监测到。在泾川以东及以北地区(图中虚线以东、以北)即宁县、正宁、庆阳、环县、华池诸县, 甘肃台网监测不到 $M_L = 2.5$ 级地震, 只有宁夏、陕西台网能监测到。将军台、安西、南宁格勒以东的甘肃境内能监测到 $M_L = 3.0$ 级地震。总之, 甘肃全省的监测能力为 $M_L = 3.5$ 级, 不包括河西马莲泉、玉门关以西地带。

青海: 青海台网监测不到 $M_L \leq 1.5$ 级地震。门源以南, 湟源、三塔拉、贵德、化隆和甘肃的天祝所围成的区域能监测 $M_L = 2.0$ 级地震。盐坎、德令哈、都兰、珠脱卡伦、楚河滩、

玛多、花石峡、才日哇、和日所围成的区域能监测到 $M_L=2.5$ 级地震,东经 95° 以东的广大地区(玉树以南地区除外)能监测到 $M_L=3.0$ 级地震。总之,青海台网对全省的监测能力为 $M_L=3.5$ 级,不包括油泉子、勒什尔、可可西里湖、雁石坪以西地带。

陕南台站的密度与甘肃台站的密度大体相当,而陕南的监测能力却比甘肃高0.5级,青海都兰以东台站密度比甘肃台站的密度小得多,而监测能力相同,其原因是陕南台网和青海台网中有一批高放大倍台站,而这些高放大倍台站能构成组合,甘肃台网中的台站绝大多数为低放大倍台站,只有高台、合作、文县、成县四个台的放大倍数较高,但这四个台彼此孤立构不成组合,发挥不了作用,这是甘肃台网台站数量不少而监测能力却不高的原因,宁夏台网的情况也是如此。由上述分析得出:在考虑台网布局、台站调整和选台时一定要让高放大倍数台站构成组合(相邻的三个或四个台)。

三、对西北四省(区)台站调整的建议

我们在讨论中,对需增加的台站的放大倍数均以10万倍为准;陕南台网的监测能力为2.0级,陕西台网增加台站的台距取120公里左右;甘、宁、青台网的监测能力为2.5级,增加台站的台距取200公里左右;台网中需要调整、增加台站的布局法采用正方形和正三角形布局法〔4〕。

(1) 陕西台网:蒲城、华县两个台分别处在由高放大倍数的铜川、潼关、韩城三个台和由铜川、潼关、西安三个台分别围成的两个近似正三角形之内(图1)。铜川、潼关、西安、韩城四个台站方位分布均匀,台距几乎相等,它们所起的作用完全代替了蒲城、华县两个台,因此这两个台可以撤销。

宝鸡台处在陕南台网的西端,它的存在对于提高发生在这一带的地震的定位精度很重要,鉴于此,宝鸡台应调整到凤县更为适宜,这时它和陇县、彬县、周至四个台构成一个近似的正方形优化布局〔4〕。

泾阳台处在由铜川、彬县、西安三个台围成的等腰三角形内,其台距分别为90、120公里,这三个台的作用完全代替了泾阳台。乾县台几乎处在由周至、彬县、陇县、凤县四个台围成的近似正方形一条边上,乾县台的作用完全被这四个台所代替。因此,泾阳、乾县两个台可以撤销。

我们认为,在陕北需增加富县、吴旗、靖边、绥德、神木五个台站,并需将汉中台的放大倍数提高。

经过这样调整,陕西台网的布局更为合理,全省的监测能力将达到2.0级(M_L),而且将可以提高对陕北地区地震的基本参数的测定精度。

(2) 甘肃台网:甘谷、静宁两个台处在岷县、礼县、天水、张家川、平凉、定西、通渭等七个台的包围之中,而且这七个台的台距均在70—90公里之间,方位分布也较均匀,甘谷、静宁两台的作用完全被这七个台所代替,因此,甘谷、静宁两台可以撤销。

西峰台放大倍数虽低,但所处位置重要,应将这个台调整到正宁,另在环县增加一个台站,这样由平凉、正宁、环县三个台构成一个近似正三角形布局,这时这一地区的监测能力将达到2.5级(M_L),而且对这一地区地震的定位精度也将提高。

在河西需增加古浪、民勤的东镇、肃北、红柳河、将军台五个台站。这样由河西堡、古浪、东镇三个台及嘉峪关、肃北、将军台三个台分别构成两个近似正三角形布局,而安西台则处在嘉峪关、肃北、红柳河、将军台四个台构成的四边形中间,亦构成优化布局。另外还需再将嘉峪关、河西堡、平凉三个台的放大倍数提高到10万倍级。

甘肃台网经过这样调整后,其监测能力将达到2.5级(M_L),对地震的基本参数的测定精度也将提高。

(3)宁夏台网:灵武台处在中卫、盐池、小口子三个台构成的近似三角形的中心部位,这三个台的台距在140—190公里之间,而且放大倍数都比灵武台高,因此,灵武台可以撤销。

西吉、固原两台放大倍数虽低,但所处地位重要,应改善该两台的观测条件,提高放大倍数。隆德台处在由西吉、固原、泾源三个台构成的近似等腰三角形的顶部,待西吉、固原两台的放大倍数提高后,隆德台可以撤销。

(4)青海台网:西宁台不但放大倍数低,而且它正处在由门源、湟源、乐都这三个高大倍数台构成的等腰三角形的一条边上,这三个台的台距为108、112、132公里,无论从监测能力还是从合理布局方面考虑,这个台都应撤销。

龙羊峡台应调整到泽库,该台调整后与湟源、乐都三个台构成一等腰三角形布局。再增加曲麻莱、大柴旦两台,这时由格尔木、曲麻莱、香日德三个台,格尔木、香日德、德令哈三个台,格尔木、德令哈、大柴旦三个台分别构成三个近似正三角形的优化布局,但格尔木台的放大倍数应提高到10万倍级左右。

青海台网经过这样调整之后,对东经 95° 以东的整个青海地区(哈拉湖以北地区除外)的监测能力将达到2.5级(M_L),而且对青海西部地区的地震定位精度也将提高。

我们提出对西北四省(区)台站调整建议是基于即不增加许多台站而又能使台站达到布局更为合理,从而提高台网整体监测能力,提高对地震基本参数的测定精度的目的来考虑的,究竟台网监测能力需要提高到何种程度,对于每个地区需要监测到多低震级的地震为宜,这需要根据预报和研究的需要来确定。

西北四省(区)有关部门及个人提供了台站情况和资料,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 焦远碧、吴开统等,华北地区测震台网的监测能力,地震, No. 1, 1986.
- [2] 吴开统等,论中国地震台网的监测效能,地震研究, Vol. 4, No. 1, 1981.
- [3] 国家地震局地球物理研究所,近震分析,地震出版社,1978.
- [4] 邓明德,区域测震台网优化布局研究,地震地磁观测与研究,待发表.
- [5] 中国科学院地球物理研究所,地震仪器概论,科学出版社,1975.

RESEARCH AND EVALUATION ON PREMONITORING ABILITY FOR SEISMIC
NETWORK AND ITS APPLICATION IN CONSTRUCTION OF SEISMIC
NETWORK IN SHAANXI, GANSU, NINGXIA AND QINGHAI AREA

Deng Mingde

(*Comprehensive Observation Brigade, State Seismological Bureau*)

Abstract

This paper studies premonitoring ability of seismic network in Shaanxi, Gansu, Ningxia and Qinghai area in detail and drew figure for premonitoring ability. It provides basis for selecting lower limit of magnitude. Finally, this paper offeres proposals of adjusting stations in above mentioned four areas.