

陶志刚, 邹锐, 刘春国, 等. 2024. 我国市县地球物理监测资源评估. 中国地震, 40(2): 458~469.

# 我国市县地球物理监测资源评估

陶志刚<sup>1)</sup> 邹锐<sup>1)</sup> 刘春国<sup>1)</sup> 师宏波<sup>1)</sup> 唐磊<sup>1)</sup> 叶青<sup>1)</sup>  
张燕<sup>2)</sup> 张素琴<sup>3)</sup> 樊春燕<sup>1)</sup> 韩宇飞<sup>1)</sup>

1) 中国地震台网中心, 北京 100045

2) 中国地震局大地测量重点实验室, 武汉 430071

3) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

**摘要** 我国地球物理监测站网主要由 GNSS、定点形变、重力、地电、地磁、地下流体六大观测站网组成, 由国家站、省级站和市县站构成基本监测单元。市县站观测手段多、站点数量庞大, 是地球物理监测站网的重要组成部分。为摸清市县站监测资源底数、统筹利用市县监测数据, 中国地震局历时 2 年完成了我国市县地震监测资源评估工作。基于此项工作, 本文从观测环境、观测系统、数据质量和预报应用四个方面对我国市县地球物理监测资源进行简要分析, 评估结果显示: 37.8% 的测项评估为合格, 可直接纳入国家地球物理数据库管理, 47.9% 的测项评估为基本合格, 可纳入国家市县数据库管理, 14.3% 的测项评估为不合格, 需要停测或者优化改造。针对评估结果, 简要分析了市县监测运维工作存在的主要问题并提出具体可行的解决建议, 为提升市县站监测质量提供参考。

**关键词:** 地球物理 市县站 监测站网 资源评估

[文章编号] 1001-4683(2024)02-0458-12 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

我国地球物理监测站网主要由 GNSS、定点形变、重力、地电、地磁、地下流体六大观测站网组成, 汇集了全国地震系统高精度、高时空分辨力的地球物理观测数据, 包括 GNSS、地倾斜、地应变、跨断层水准观测数据, 绝对重力和相对重力观测数据, 绝对地磁、相对地磁、地电阻率、地电场、电磁扰动和极低频观测数据, 水位、水温、氦、汞、氢、氩等观测数据。该监测站网主要目的是监测我国大陆地区地球物理背景场及构造应力变化, 为揭示地壳运动及地震孕育、发震和震后调整全过程提供基础数据支撑, 同时广泛服务于经济建设、科学研究和国防领域。

我国地球物理监测站网规模大、覆盖面广、观测项目多(周克昌等, 2009; 刘春国等, 2015a), 主要由国家站、省级站和市县站构成基本监测单元, 国家站和省级站是由国家或省政府出资建设的地震监测站, 由省地震局统一管理; 市县站则是由市县市政府利用本级财政

[收稿日期] 2023-09-27 [修定日期] 2024-02-15

[项目类别] 中国地震局市县资源评估(123504111)资助

[作者简介] 陶志刚, 男, 1986 年生, 高级工程师, 主要从事地震地下流体监测及相关研究工作。E-mail: 464788781@qq.com

资金投资建设的监测站,由地方应急管理局统一管理,市县站主要服务于地方政府及地震监测预报工作。我国地球物理市县监测工作始于 20 世纪 60 年代,经过五十多年的不懈努力,在观测技术、观测仪器、观测手段、站点数量等方面有了明显进步,已经成为我国地球物理监测站网的重要组成部分。与国、省地震监测站相比,市县站行政管理职能较多,但专业技术水平相对较低(徐芳芳等,2016),如何将市县站管理好、建设好、发展好,进一步发挥市县地震台站监测效能是急需探究的问题(杨亚运等,2020)。为摸清我国地球物理市县地震监测资源底数,加强市县地震监测资源统筹和管理,利用好市县地震监测站点产出的观测数据,为地震预报、应急响应和科学研究提供更多的数据支撑,中国地震局于 2022 年首次启动了全国范围的市县监测资源评估工作,评估范围涉及 GNSS、定点形变、重力、地电、地磁、地下流体六大学科站网的主要观测项目,在六大学科专家组以及各省地震局监测人员的共同努力下,于 2023 年完成了评估工作。本文基于市县监测资源评估结果,从观测环境、观测系统、数据质量、预报应用四个方面进行简要分析,针对市县监测运维工作存在的问题提出了具体可行的解决建议,为提升市县监测质量提供参考。

## 1 市县站网基本情况

### 1.1 市县站分布

经初步统计,全国共有地球物理市县监测站 1340 个,涉及 30 个省市 2283 个观测项目。按照要求,本次有 29 个省(市、自治区)地震局参与市县资源评估,涉及监测站点 930 个,观测项目 1626 个。其中,地下流体学科参评测项最多,达到 1096 个测项,另外,定点形变有 267 个测项,GNSS 有 183 个测项,地磁 44 个测项,地电 32 个测项,重力 4 个测项。从站点分布情况来看,云南省地震局参评测项最多,达到 332 个,四川局次之,有 123 个测项,福建局 111 个测项,甘肃局、上海局和贵州局相对较少,西藏局和江西局没有参评测项,具体见表 1。市县监测站主要沿地震带分布,总体上呈现东部密集、西部稀疏现象。

### 1.2 观测仪器

观测仪器是地震监测最为重要的观测设施,本次市县资源评估总共涉及 1626 套观测仪器,仪器平均运行约 7.9 年,其中约有 33% 的仪器运行时间在 1~5 年内,平均运行 3.1 年;约 44% 的仪器运行 6~10 年,平均运行 7.9 年;约 21% 的仪器运行 11~20 年,平均运行 13.6 年;约 2% 的仪器运行 20 年以上,并有 17 套仪器运行 30 年以上,部分观测仪器老旧且备机、备件较少。

市县观测仪器型号众多,共涉及 90 余种型号。其中,地下流体观测包括 50 余种仪器型号, SZW 系列水温仪器、SWY 系列水位仪、ZKGD3000 系列水温水位综合观测仪器、DRSW 系列水温水位综合观测仪器占比较多; GNSS 观测包括 4 种仪器型号,天宝(Trimble)、拓普康(Topcon)、瑞士徕卡(LACAI)占比较多;地磁观测包括 7 种仪器型号, GM4-XL 磁通门磁力仪、Overhauser 磁力仪、FHD-2B 质子矢量磁力仪占比较多;地电观测包括 5 种仪器型号, ZD9A-2 地电场仪和 ZD8M 地电仪占比较多;定点形变观测包括 20 种仪器型号, CZB-2A 竖直摆钻孔倾斜仪、SKZ-3 和 YRY-4 分量式钻孔应变仪、TJ-2 体积式钻孔应变仪占比较多;重力仪器型号主要为 DZW 和 gPhone 相对重力仪。大部分观测设备型号通过了仪器定型测试,仪器采样率、观测精度、分辨力等技术指标能够满足地球物理监测需求。

表 1 地球物理市县观测项目参评清单

序号	省(市、自治区)	台站数量	测项数量	各学科参评测项					
				GNSS	地磁	地电	定点形变	地下流体	重力
1	北京	18	25					25	
2	天津	14	20	8				12	
3	河北	24	48			1		47	
4	山西	46	57		1	4	26	26	
5	内蒙	30	54				4	50	
6	辽宁	31	67	5	3	7	9	43	
7	吉林	10	22			4	3	15	
8	黑龙江	15	38		2	5	3	28	
9	上海	7	7					7	
10	浙江	46	58	24		2	16	15	1
11	江苏	20	39		1	1	6	31	
12	安徽	46	77				28	49	
13	福建	85	111	56			1	54	
14	山东	43	77	14	4		7	52	
15	河南	38	52				26	26	
16	湖北	16	34		4		7	22	1
17	湖南	21	34		1		10	23	
18	广东	42	87	8		1	6	72	
19	广西	19	39	6	2		3	28	
20	海南	9	18	2				16	
21	重庆	16	16	16					
22	四川	64	123		6		30	85	2
23	贵州	6	7	1			5	1	
24	云南	135	332	24	14	3	27	264	
25	陕西	51	56	19			11	26	
26	甘肃	5	8				5	3	
27	青海	13	32		4	1	8	19	
28	宁夏	18	21		2		4	15	
29	新疆	42	67			3	22	42	
	合计	930	1626	183	44	32	267	1096	4

### 1.3 市县站管理

目前,我国地球物理市县监测站大部分采取“属地为主、分级管理”的建设和运行模式。各省地震台负责全省地震监测站网的运维保障工作;市县地震局(地震办公室)、防震减灾中心或应急管理局等市县地震部门负责辖区范围内的地震监测设施运行维护、升级改造、观测环境保护和地震科普等工作;地震监测中心站对辖区内市县地震工作给予技术指导。部分市县站为提升监测质量与中心站开展了业务合作。

(1) 共维共享模式。中心站对监测效能好的市县站进行标准化改造,主要包括观测场地(井、泉、山洞等)、基础设施(机柜、通讯、供电、避雷)、观测系统(观测仪器、观测装置)等方面,改造完成后中心站负责设备运行维护、数据分析处理、预报会商、观测资料评比等工作,市县地震部门负责观测房、供电、通讯、场地看护等工作。双方共享监测成果,共同参与预报会商以及异常核实等工作。例如,成都中心站与市县站开展了共维共享合作模式。

(2) 深度融合模式。中心站与市县地震部门在管理、业务、后勤保障等方面深度融合。中心站和市县站互派领导干部双向挂职,相似业务科室进行整合,建立统一的业务工作制度和工作流程,共同开展台站建设、观测运维、地震科普、地震应急等工作,在公务用车、办公场地等方面共享后勤保障资源。深度融合模式的前提是中心站与市县地震部门在同一个地点办公,共同完成辖区内所有的地震监测工作。例如,四川自贡中心站与自贡市应急管理局开展了深度融合模式。

(3) 业务委托模式。如果市县地震部门人员少、技术力量薄弱,可以直接与中心站签订合作协议,委托中心站负责全部监测运维工作,市县站定期支付运维经费,例如,辽宁锦州中心站与盘锦市应急管理服务中心开展了该合作模式;市县地震部门也可以委托第三方企业负责台站的全部监测运维工作,例如甘孜州应急管理局。

当市县地震部门的人员、技术、经费能够得到充分保障,市县站运维管理、数据处理、产品产出等工作均能按照《国家地球物理站网运行管理技术要求》<sup>①</sup>执行,市县站可以独立自主开展地震监测工作,中心站给予适当的技术指导,例如雅安市应急管理局、唐山市应急管理局。

## 2 评估内容分析

为了准确评估市县监测资源质量,统一评估尺度,GNSS、定点形变、地电、地磁、重力、地下流体六大学科专家组联合制定了《市县站观测质量评估指标及评估标准》<sup>②</sup>,评估内容包括观测环境、观测系统、数据质量和预报应用四个方面,明确了合格、基本合格和不合格的具体等级划分标准。依据评估标准,首先由全国各省地震局开展辖区范围内的自评工作,在此基础上,由六大学科组主要成员进行全国汇总,并对评估结果审核后形成最终评估结果。

### 2.1 观测环境

观测环境是指保障地震监测设施得以正常发挥工作效能的周围各种因素的总体<sup>③</sup>,观测环境的好坏直接关系到观测数据是否准确、可靠(程鑫等,2017)。观测环境评价指标主要包括观测背景环境、观测场地、基础设施和站点布局等方面,各学科观测环境评价指标见表2。

市县站观测环境干扰相对较严重,平均合格率仅为45.58%。地下流体观测环境评价结果为合格的有477个测项,评价为基本合格的有471个测项,评价为不合格的有148个测项,不合格占比13.50%,观测环境不合格的原因主要包括观测井受降雨、地下水开采、地表水体涨落等干扰;部分观测井为非承压井,观测井止水条件不好、封闭性较差,个别观测井

① 中国地震局监测预报司. 2022.《国家地球物理站网运行管理技术要求》.

② 中国地震台网中心. 2022.《市县站观测质量评估指标及评估标准》.

③ 国务院. 1994. 中华人民共和国国务院令(第140号)《地震监测设施和地震观测环境保护条例》.

表 2 各学科观测环境指标

学科名称	观测环境评价指标
GNSS	站点位置及周边地质情况描述;建站过程文件;通过图片或影像等排查测站周边是否有新的工业开采区域、建筑工地、无线电台、高压线、高大建筑或树木遮挡等
定点形变	观测背景环境、观测场地和基础设施
地电	观测背景环境、观测场地、基础设施和站点布局
地磁	观测背景环境、观测场地和基础设施
重力	观测背景环境、观测场地和基础设施
地下流体	观测背景环境、观测场地、基础设施和站点布局

受到井壁破裂、井孔堵塞等影响,观测数据不能真实反映地下流体介质对应力应变的响应。定点形变观测环境评价结果为合格的有 111 个测项,评价为基本合格的有 123 个测项,评价为不合格的有 33 个测项,不合格占比 12.36%,不合格的原因主要是站点附近存在抽水、施工等干扰,观测山洞不符合地震台站观测环境技术要求(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等,2004)。大部分 GNSS 站点观测环境较好,仅有 2 个站点因受周围山体或树木遮挡导致评价结果不合格。地磁观测环境评估结果为合格的有 6 个测项,基本合格的有 27 个测项,不合格的有 11 个测项,不合格占比 25%,不合格的原因主要包括:受地铁轻轨类轨道交通干扰或长期且频繁的车辆干扰,记录室温度变化范围超过仪器要求正常工作范围,记录墩墩面总强度  $F$  的梯度不达标或墩体建设不规范。地电观测环境评估结果为合格的有 18 个测项,基本合格的有 9 个测项,不合格的有 5 个测项,不合格占比 15.6%,不合格的原因主要包括:部分站点缺少电测深结果或者工频干扰、非工频干扰测试结果不合格,站点周边存在地铁干扰、金属管线等干扰。重力观测仅有 4 个测项参评,观测环境相对较好。各学科具体观测环境评价结果见表 3。

表 3 各学科观测环境评价结果

学科名称	观测环境评价结果			
	合格测项数	基本合格测项数	不合格测项数	合格率
GNSS	128	53	2	69.95%
定点形变	111	123	33	41.57%
地电	18	9	5	56.25%
地磁	6	27	11	13.64%
重力	3	1	0	75.00%
流体	477	471	148	43.36%
合计	743	684	199	45.58%

## 2.2 观测系统

观测系统评价内容主要包括观测仪器、观测装置、配套设备、观测系统运行、观测运维等方面,各学科观测系统评价指标见表 4。

从评估结果(表 5)来看,观测系统合格率相对较高,有 1019 个测项的观测系统评价为

表 4 各学科观测系统指标

学科名称	观测系统评价指标
地下流体	观测仪器、观测装置、配套设备、观测运维
定点形变	观测仪器、配套设备、观测系统运维
GNSS	观测墩基础、运维保障能力
地磁	观测仪器、观测系统运行、观测系统运维
地电	观测仪器、观测装置、配套设备、观测系统运行、观测系统运维
重力	观测仪器、配套设备、观测系统运行、观测系统运维

表 5 各学科观测系统评价结果

学科名称	观测系统评价结果			
	合格测项数	基本合格测项数	不合格测项数	合格率
GNSS	169	12	2	92.35%
定点形变	127	130	10	47.57%
地电	17	5	10	53.13%
地磁	26	12	6	59.09%
重力	1	2	1	25.00%
流体	679	311	106	61.95%
合计	1019	472	135	62.67%

合格,472 个测项评价为基本合格,135 个测项评价为不合格,其中 GNSS 观测系统合格率最高,达到 92.35%,地下流体观测系统合格率为 61.95%,地磁观测系统合格率为 59.09%,地电观测系统合格率为 53.13%,定点形变观测系统合格率为 47.57%,重力观测系统合格率为 25%,各学科观测系统平均合格率为 62.67%。地下流体观测有 106 个测项的观测系统不合格,定点形变观测有 10 个测项不合格,GNSS 观测有 2 个测项不合格,地磁观测有 6 个测项不合格,地电观测有 10 个测项不合格,重力观测有 1 个测项不合格。导致不合格的主要原因是部分观测仪器未通过定型测试,仪器技术指标不满足地震监测需求(中国地震局,2008a、2008b、2008c);未定期开展仪器运行维护、校标等工作,仪器故障频发、维修周期较长等;观测站未配套气象三要素等辅助设备;无专门的机构、运行经费和技术人员对观测站定期开展运行维护工作。此外,有 2 个 GNSS 站点为房顶标墩,观测墩稳定性较差,地下流体部分井口装置设计不合理,地电观测装置布板、外线路等不规范,严重影响观测数据动态变化特征。

### 2.3 数据质量

数据质量优秀的基本标准为观测数据能真实反映观测量,动态变化背景清晰,具有记录到地震、构造活动或其他地球物理事件的能力(刘春国等,2017)。综合六大学科数据质量评价指标,本次市县资源评估主要从数据完整性、噪声水平、固体潮参数、观测背景水平等方面进行评价(表 6)。

表 6 各学科数据质量指标

学科名称	数据质量评价指标
地下流体	数据完整性、噪声水平(标准差、相对标准差、超差数)、固体潮参数(M2 潮汐因子、M2 潮汐因子相对中误差)、观测背景水平
定点形变	数据完整率、相对噪声水平、M2 潮汐因子均方差、M2 潮汐因子相对中误差、自检信度
GNSS	信息完整性、数据完整率、数据有效率、多路径效应效应 MPk2、观测周跳比、单日解重复性精度
地磁	数据有效率、预处理情况
地电	数据完整性、相对标准差、相关系数、差值
重力	数据完整率、M2 潮汐因子中误差、Nakai 检验参数

数据质量评价主要对2021年或2022年的观测数据进行评价,评价时间尺度为1年,评价为合格的有788个测项,评价为基本合格的有376个测项,评价为不合格的有462个测项。其中,GNSS数据质量合格率最高,为69.95%,地下流体数据质量合格率为50.09%,地磁数据质量合格率为45.45%,地电数据质量合格率为34.38%,定点形变数据质量合格率为29.59%,重力数据质量合格率为25%,各学科平均数据质量合格率仅为48.46%,相对较低(表7)。数据质量较差的主要原因为部分台站仪器故障频发导致数据的完整率较低;台站没有预处理数据,未在原始数据的基础上对故障、突跳、错误等数据进行预处理,导致计算结果不合格。此外,因受观测环境、观测系统不合格的影响,部分测项的背景噪声水平、标准差、超差数、相对标准差、潮汐因子、多路径效应等指标不合格。各项指标计算方法主要依据《市县站观测质量评估指标及评估标准》。

表 7 各学科数据质量评价结果

学科名称	数据质量评价结果			
	合格测项数	基本合格测项数	不合格测项数	合格率
GNSS	128	43	12	69.95%
定点形变	79	61	127	29.59%
地电	11	14	7	34.38%
地磁	20	15	9	45.45%
重力	1	2	1	25.00%
流体	549	241	306	50.09%
合计	788	376	462	48.46%

#### 2.4 预报应用

预报应用评价是由各省地震局预报人员根据观测资料的映震效能以及在地震分析预测预报中的应用情况给出合格、基本合格和不合格三个评估等级。评估结果显示,有146个测项的预报应用结果为合格,占比8.98%,1163个测项评价为基本合格,占比71.53%,317个测项评价为不合格,占比19.49%。市县站预报应用合格率整体较低,但是部分站点在地震前记录到了典型的前兆异常变化。在对2021年玛多 $M_s 7.4$ 地震震后梳理总结中发现,地下流体有4个台站5个测项出现了异常,分别为玉树水温,共和气氦、水温,佐署水位,门源水

位(钟骏等,2021),其中玉树、佐署、共和3个台站均为市县站,且玉树水温在多次地震前出现了显著异常变化。对历史资料分析显示,玉树水温异常一般出现在震前1~3个月,异常持续时间在12~41天,基本上遵循下降—上升的“V”字形变化过程,重复性较好(王博等,2016),该异常曾在2008年汶川 $M_s$ 8.0、2010年玉树 $M_s$ 7.1、2015年尼泊尔 $M_s$ 8.1、2016年门源 $M_s$ 6.4和2016年杂多 $M_s$ 6.2等地震前出现。2021年3月15日玉树水温在正常背景下出现快速下降,幅度约0.0027℃,16日开始转折上升,3月21日受异常核实取水样影响再次出现下降变化,降幅约0.0023℃,3月22日再次转折上升,至4月23日恢复至正常背景,29天后发生玛多 $M_s$ 7.4地震,异常过程整体表现出不规则的“V”字形变化特征,属于典型的前兆异常变化(图1)。对2021年漾濞 $M_s$ 6.4地震进行震后梳理总结,地下流体有5个台站7个测项出现了异常变化(付虹等,2021),其中龙陵市县站的水氡、水温、流量记录到了异常变化。对2022年门源 $M_s$ 6.9地震进行震后梳理总结,地下流体有7个台站9个测项出现了异常变化(冯丽丽等,2022),其中有3个台站4个测项为市县站,分别为佐署水位、水温,共和水温,乐都逸出气氡(图2)。

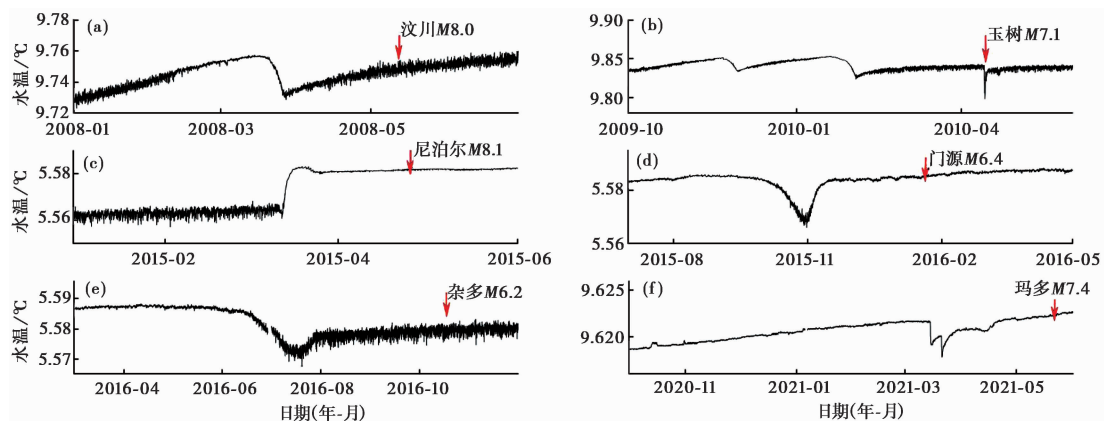


图1 青海玉树水温典型前兆异常变化曲线

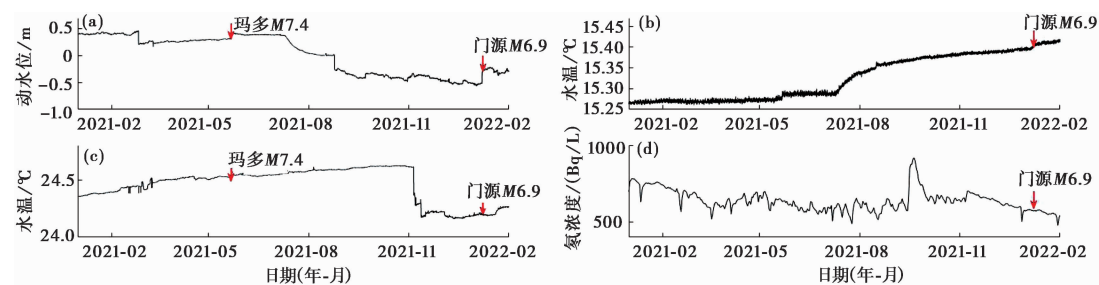


图2 佐署水位(a)、水温(b)、共和水温(c)、乐都水氡(d)异常变化曲线

部分市县站在一些中强地震预报中发挥了作用,但是整体预报效能相对较低,主要原因是一些市县站的观测数据未纳入常规预报会商应用中,市县监测人员技术力量薄弱,对数据异常变化的分析、前兆异常性质的判定能力不足;地震发生概率具有不均一性,部分站点周边自监测以来未发生中强以上地震,记录前兆异常的能力未能充分体现;此外,由于受到观



测环境干扰和观测系统不稳定等因素影响,增加了对地震前兆异常判断的难度,影响观测资料在地震预报中的应用。

### 3 评估结果与建议

综合评价结果是根据观测环境、观测系统和数据质量评估结果进行等级划分,划分等级为合格(观测环境为基本合格以上,观测系统、数据质量均为合格)、基本合格(观测环境基本合格以上,观测系统与数据质量至少有1项为基本合格以上)和不合格(不满足合格与基本合格要求)。预报应用为合格的测项,其综合评价结果可提升一个等级。综合评价结果显示,有615个测项的评价结果为合格,占比37.8%,779个测项评价结果为基本合格,占比47.9%,232个测项评价为不合格,占比14.3%。从学科来看,GNSS观测综合评价的合格率最高,达到66.1%,地电观测综合评价合格率为43.8%,地下流体为35.9%,定点形变为27.3%,重力为25%,地磁为27.3%,各学科市县监测资源综合评估结果见图3。

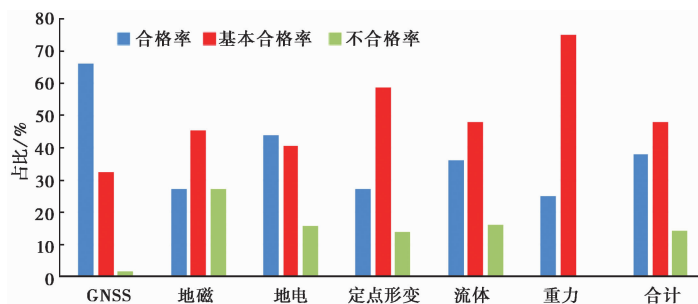


图3 各学科综合评估结果

评估结果是在特定评估标准下对地震监测效能的体现,总体来看,我国市县监测评估结果相对较差,主要体现在以下几个方面:

(1) 市县地震部门对监测工作重视程度不够。多震区与少震区差异大,尤其是市县地震部门划归应急体系管理后,当地政府更侧重防火、防汛以及震后灾害应急工作。部分市县站人员少、技术力量薄弱、经费不足,改革后市县地震部门保留了编制,但是缺乏从事地震监测运维的人员,监测人员除了承担地震监测工作外,还承担或参与执法、防火、防汛等应急工作。

(2) 市县地震监测质量不高。台站建设不规范,观测场地遴选较少考虑地震、地质和构造等因素,观测井、山洞、观测墩等建设不符合台站建设规范要求(中国地震局,2004a、2004b、2004c、2006a、2006b、2006c)。观测环境干扰严重,观测场地易受大气降水、井泉抽水、地表水体涨落、轨道交通、工程施工、树木遮挡等环境干扰,特别在国家经济建设突飞猛进的新形势下,工业和人类活动对地球物理监测的干扰越发严重,观测场地难以满足地震观测环境技术要求。观测系统不规范,部分站点未配置观测房、仪器室、防雷、通讯、不间断电源等基础设施,未配置气象三要素等辅助观测设备,地下流体井口装置、集气脱气装置、地电极距、布极方式设计不合理。观测仪器种类繁多,部分观测仪器未通过定型测试,仪器运维不规范,未定期开展仪器检查、校标工作,仪器设备老旧、故障率高,备机、备件严重不足。数据质量较差,市县站数据完整率相对较低,观测数据的背景噪声水平、相对标准差、超差数、

固体潮参数、多路径效应等指标不合格,数据内在质量较差。大部分市县站未开展数据预处理、观测日志记录、数据跟踪分析等日常工作。基础信息缺失严重,观测井、山洞等观测场地信息不全,GNSS 点之记不规范,个别台站无台站代码、测点、测项等信息,严重影响观测数据的应用。

(3) 市县站服务能力不足。由于市县地震监测人员科研力量相对薄弱,大部分市县站仅产出观测数据,未对观测数据进行加工、处理和分析,没有相关地震产品支撑地震监测任务。地震发生后没有产出地震应急相关产品,震后对本级政府的服务能力不足。市县站缺少统一的管理制度,目前还没有针对市县站制定地球物理市县站网管理办法,大部分市县站参照《国家地球物理站网运行管理技术要求》开展工作,但监测运维不规范。市县监测资源定期评估和分级分类管理机制尚未建立,部分站点共享观测数据的主动性、积极性不高。

市县评估最终目的是解决市县在地震监测工作中存在的问题,针对市县监测现状以及存在的主要问题,提出以下建议:

(1) 加强对市县地震部门的指导。各学科专家组、各省地震局为市县地震部门提供台站建设方面的专业技术服务,新建站点要以弥补国家监测站网空白、捕捉地震前兆异常信息为主要目标,在主要活动断裂带附近进行布设,优先发展预报效能好的观测项目。做好各类站点的勘选工作,确保新建、改建地球物理监测站点场址符合台站建设规范要求。加强仪器设备标准化管理,确保市县站新购置设备满足仪器入网定型标准。通过技术指导和业务培训等措施(刘春国等,2015b),尽快提高业务人员的台站运维和数据处理分析能力。

(2) 加强对市县地震部门的管理。通过政策鼓励市县监测数据纳入国家监测台网管理,建立地球物理市县站网运行管理办法,定期开展监测效能评估,完善市县地震监测站点准入和退出工作机制。建立分级、分类的管理制度,将综合评估结果为合格的站点尽快纳入国家地球物理数据库进行统一管理,评级为基本合格的站点接入国家市县数据库,对于评级为不合格站点,向市县地震部门提出整改或者停测建议。提升市县地震部门服务能力,确保市县地震部门能够从中国地震台网中心和省地震局获得快速、准确、权威的地震信息和地震应急产品并及时服务本级政府。将市县数据接入地球物理各学科站网管理与产品服务平台,产出市县地震监测产品,提升市县地震监测工作的信息化程度。

(3) 鼓励监测中心站与市县站开展合作。中心站具有专业团队和技术人员,地震监测运维经验丰富,可以借助中心站的技术力量提升市县站的监测质量,中心站技术力量向市县站辐射,市县站监测运维水平向中心站看齐(陶志刚等,2023)。优先选择可以填补国家站网空白、距离活动断裂较近、观测环境评价为基本合格以上、预报效能为基本合格以上的站点进行优化改造,鼓励中心站与市县站互动融合,积极探索站点托管、新站共建、信息共享工作机制,联合开展仪器巡检、震情分析等工作,鼓励中心站与市县站签署合作协议,因地制宜开展共维共享、深度融合、业务委托等合作模式,提升市县站的监测质量。

## 4 结语

通过全国市县地震监测资源评估,我国地球物理监测数据资源得到了极大丰富,中国地震台网中心为此专门建立了市县资源数据库,汇集全国市县监测数据并且已经服务于地震预报业务,为震情跟踪提供数据支撑。同时,市县资源评估结果已为 2024 年开展的巨灾防

范工程和监测站网规划落地实施提供了依据。与国、省监测站相比,我国市县地球物理监测质量相对较低,存在诸多问题,但也具备一定优势。市县站可以协助中心站开展地震监测环境执法保护(程树岐等,2022;肖蕊,2017),部分市县站具有较好的观测场地,台站观测设施健全,办公条件便利;站点位置距离活动断裂较近,可以弥补国家站网空白;市县站点数量大、观测手段多,可以显著增加国家监测站网的覆盖度。今后将有更多的市县站将观测数据汇集到中国地震台网中心,为地震监测预报提供更多的数据支撑。

本文基于市县资源评估初步结果以及存在的主要问题给出了解决建议,市县监测效能的提升任重道远,需要中国地震局进行全面统筹规划,尤其是在站网布局、优化改造等重大项目上兼顾市县站;需要各学科组专家成员在台站建设、数据处理、产品产出等方面给予专业的技术指导;需要省地震局和监测人员在观测环境保护、数据质量监控、仪器运行维护等方面共同努力,才能不断提升市县站监测质量,充分发挥监测效能。

**致谢:**全国市县资源评估工作是在中国地震局的统一部署下,由中国地震台网中心组织 GNSS、定点形变、重力、地电、地磁、地下流体六大学科专家组成员以及全国各省、市、自治区地震局所有监测人员共同努力完成的,在此向所有参与市县资源评估的工作人员表示感谢。

## 参考文献

- 程树岐,王西宝. 2022. 四级业务架构下一般监测站运维管理对策研究. 地震科学进展, **52**(11):543~546.
- 程鑫,吴雯雯,张佑龙,等. 2017. 安徽省地震观测环境保护对策研究. 防灾减灾学报, **33**(4):74~80.
- 冯丽丽,李霞,赵玉红,等. 2022. 2022年1月8日青海门源6.9级地震短临异常跟踪分析. 中国地震, **38**(1):12~20.
- 付虹,刘自凤,胡小静,等. 2021. 2021年云南漾濞 $M_s$ 6.4地震异常跟踪分析. 地震研究, **44**(3):301~308.
- 刘春国,李正媛,王军,等. 2015a. 地震前兆台网产出与服务进展. 地震研究, **38**(2):313~319.
- 刘春国,孔令昌,杨竹转,等. 2015b. 我国地震井水位观测网监测效能评估. 中国地震, **31**(2):329~337.
- 刘春国,李正媛,吕品姬,等. 2017. 数字化地震前兆台网观测数据质量评价方法. 中国地震, **33**(1):112~121.
- 陶志刚,刘春国,樊春燕,等. 2023. 我国地震地下流体市县监测资源评估. 地震地磁观测与研究, **44**(6):123~130.
- 王博,马玉川,马玉虎. 2016. 玉树台井水温变化及其与青藏块体周缘大地震间的关系. 中国地震, **32**(3):563~570.
- 肖蕊. 2017. 市县地震部门与省属地震台站融合式发展的对策建议——以徐州市地震局探索双方融合发展方式为例. 淮海文汇, (2):50~51,63.
- 徐芳芳,崔居全,荆强. 2016. 浅析专业地震台站在市县防震减灾工作发展中的作用. 国际地震动态, (1):28~31.
- 杨亚运,马伟,汪建. 2020. 浅谈新形势下地震台站管理与发展. 防灾减灾学报, **36**(2):67~74.
- 中国地震局. 2004a. DB/T 8.1-2003 地震台站建设规范 地形变台站 第1部分:洞室地倾斜和地应变台站. 北京:地震出版社.
- 中国地震局. 2004b. DB/T 8.2-2003 地震台站建设规范 地形变台站 第2部分:钻孔地倾斜和地应变台站. 北京:地震出版社.
- 中国地震局. 2004c. DB/T 9-2004 地震台站建设规范 地磁台站. 北京:地震出版社.
- 中国地震局. 2006a. DB/T 18.1-2006 地震台站建设规范 地电台站 第1部分:地电阻率台站. 北京:地震出版社.
- 中国地震局. 2006b. DB/T 18.2-2006 地震台站建设规范 地电台站 第2部分:地电场台站. 北京:地震出版社.
- 中国地震局. 2006c. DB/T 20.1-2006 地震台站建设规范 地下流体台站 第1部分:水位和水温台站. 北京:地震出版社.
- 中国地震局. 2008a. DB/T 31.1-2008 地震观测仪器进网技术要求 地壳形变观测仪 第1部分:倾斜仪. 北京:中国标准出版社.
- 中国地震局. 2008b. DB/T 31.2-2008 地震观测仪器进网技术要求 地壳形变观测仪 第2部分:应变仪. 北京:中国标准出版社.

中国地震局. 2008c. DB/T 32.1-2008 地震观测仪器进网技术要求 地下流体观测仪 第1部分：压力式水位仪. 北京：中国标准出版社.

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 2004. GB/T 19531.3-2004 地震台站观测环境技术要求 第3部分：地壳形变观测. 北京：中国标准出版社.

钟骏, 王博, 周志华, 等. 2021. 2021年青海玛多  $M_s 7.4$  地震前地下流体异常特征分析. 中国地震, **37**(3):574~585.

周克昌, 张崇立, 纪寿文, 等. 2009. 中国地震前兆台网主要问题探讨. 地震地磁观测与研究, **30**(1):76~80.

## The Evaluation of Local Resources for Geophysical Observation in China

Tao Zhigang<sup>1)</sup>, Zou Rui<sup>1)</sup>, Liu Chunguo<sup>1)</sup>, Shi Hongbo<sup>1)</sup>, Tang Lei<sup>1)</sup>, Ye Qing<sup>1)</sup>, Zhang Yan<sup>2)</sup>, Zhang Suqin<sup>3)</sup>, Fan Chunyan<sup>1)</sup>, Han Yufei<sup>1)</sup>

1) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

2) Key Laboratory of Earthquake Geodesy, CEA, Wuhan 430071, China

3) Institute of Geophysics, CEA, Beijing 100081, China

**Abstract** Local monitoring stations are a crucial component of China's geophysical monitoring network. To assess the number of local monitoring stations and optimize the use of monitoring data, the China Earthquake Administration conducted the first local monitoring resource assessment. This article briefly analyzes the monitoring resources of local stations, focusing on observation environment, observation system, data quality, and prediction application. The evaluation results indicate that 33.87% of the measurement items are qualified and can be directly included in the national database management. Additionally, 50.93% of the measurement items are deemed basically qualified and can be incorporated into the national local database management. However, 15.2% of the items are unqualified and require cessation of observation or modification. The article also analyzes the issues found in the basically qualified and unqualified measurement items and proposes specific feasible solutions to improve the quality of local monitoring.

**Keywords:** Geophysics; Local monitoring stations; Monitoring station network; Resource evaluation