

张彬, 赵刚, 杨选辉, 刘耀炜, 刘春国, 范雪芳, 樊春燕, 2015. 地热观测台网监测效能评估综合分析. 震灾防御技术, 10 (增刊): 770—776. doi: 10.11899/zzfy2015s108

地热观测台网监测效能评估综合分析¹

张彬^{1,2)} 赵刚¹⁾ 杨选辉¹⁾ 刘耀炜¹⁾ 刘春国³⁾ 范雪芳⁴⁾ 樊春燕³⁾

1) 中国地震局地壳应力研究所, 壳动力学重点实验室, 北京 100085

2) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

3) 中国地震台网中心, 北京 100029

4) 山西省地震局, 太原 030002

摘要 地热观测台网监测效能评估是优化与完善前兆观测系统、提高在地热观测台网在防震减灾中效能的重要环节。评估内容主要包括观测环境、观测系统、观测质量和观测资料应用等方面, 以省局和台站自评为基础, 学科组结合日常管理对各测点进行综合分析, 找出影响地热观测台网监测效能的主要因素, 并相应地提出了合理解决方案。

关键词: 地热观测台网 效能评估 观测环境 观测系统 观测质量

引言

地热观测台网(包括井水温、泉温和地温)是地震地下流体观测台网的重要组成部分, 以井水温观测为主, 其在地震监测预报特别是短临预报中发挥了重要作用(车用太等, 1996; 2008; 刘耀炜等, 2006; 2008; 赵刚等, 2009; 张彬等, 2013)。为进一步优化和完善地震前兆观测系统, 更好地发挥前兆台网效益, 根据中国地震局中震测函[2010]153号《关于开展第一批地震前兆台网监测效能评估工作的通知》和中震测函[2011]95号《关于开展第二批地震前兆台网监测效能评估工作的通知》要求, 全国共计有34个单位(市、自治区和直属单位)开展了地热观测台网效能评估工作。评估内容主要包括台站的观测环境、观测系统、观测数据质量和观测资料应用等几个方面。地下流体技术管理组在省局评估的基础上, 根据日常监控、年度评比和数据应用等情况对其进行进一步补充、核实和分析, 完成我国地热观测网中341个观测点(343套仪器)的评估工作。监测效能评估工作开展可以了解目前地热观测台网运行状况以及存在的问题, 为今后开展观测台网布控、观测系统更新、数据科学管理及服务等提供了重要依据。

1 地热观测台网

全国地热观测台网经过几十年的建设, 基本实现中国大陆各省的覆盖, 在一定程度上能够对地震重点危险区进行监测。参加地热观测台网测项数有341个测点, 台点空间分布见图

1 基金项目 国家自然科学基金项目(41404036)

[收稿日期] 2015-06-10

[作者简介] 张彬, 男, 生于1981年。副研究员。主要从事地震监测预测和地下流体动力学方面研究。Email: zhangbin150006@163.com

1. 从空间图中可以看出，台点主要分布在中国大陆东部和南北地震带，而幅员辽阔的新疆、西藏、青海和内蒙等地台点密度较小，这与这些区域的观测环境有很大关系，首都圈和云南地区地热台网密度相对较高。

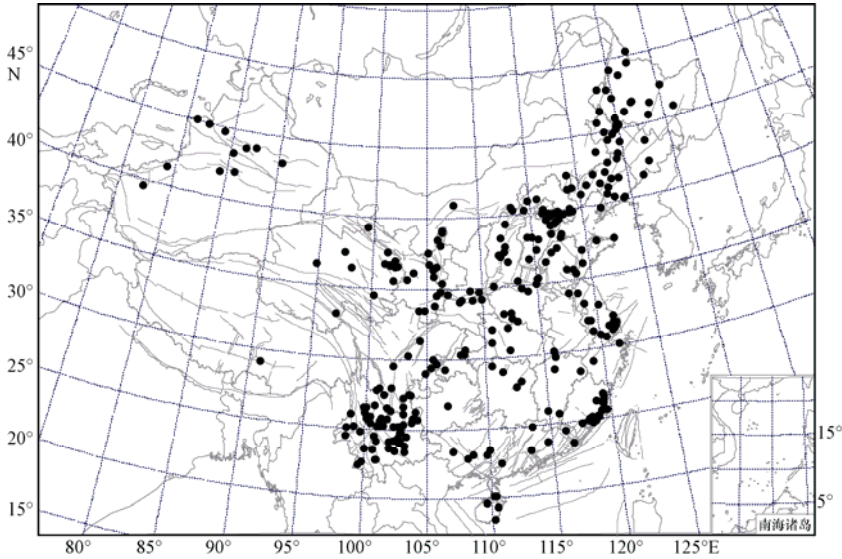


图 1 参评地热观测台网监测效能评估测点分布图

Fig.1 The spatial distribution of measuring points for monitoring efficiency evaluation of geothermal observation network

地热观测台网观测仪器几十年来也进行了更新换代，经历从直接打印到数字传输。参评地热观测台网仪器主要有中国地震局地壳应力研究所生产的 SWZ 系列水温仪、泰德公司生产的 TDT 水温仪、中科光大研发的 ZKGD 综合观测仪以及其它型号的水温仪。从图 2 中可以看出，目前地热观测台网以 SWZ 系列水温仪为主。

2 地热观测台网效能评估

地热监测效能评估主要从观测环境、观测系统、观测质量以及观测数据应用四个方面分别评价，并在此基础上对各台点观测情况进行综合评价。

2.1 观测环境

对 340 个水温测项观测环境做了基本评价(仅 1 个台点没有提供相应资料),其中观测环境优秀为 77 个,占 22.65%;合格为 189 个,占 55.59%;基本合格为 48 个,占 14.12%;不合格为 26 个,占 7.65% (图 3a)。统计结果表明,大部分地

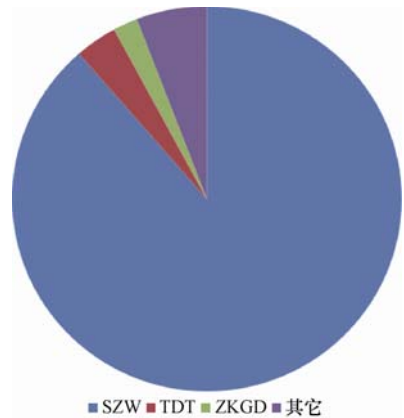


图 2 地热观测台网中不同观测仪器占比示意图

Fig.2 The percentage of different observation instruments used in geothermal observation network

热观测台站观测环境是合格的，适合开展地震水温观测。观测环境评估中，主要问题是观测点受周围工业与农业抽水及降雨等因素影响。

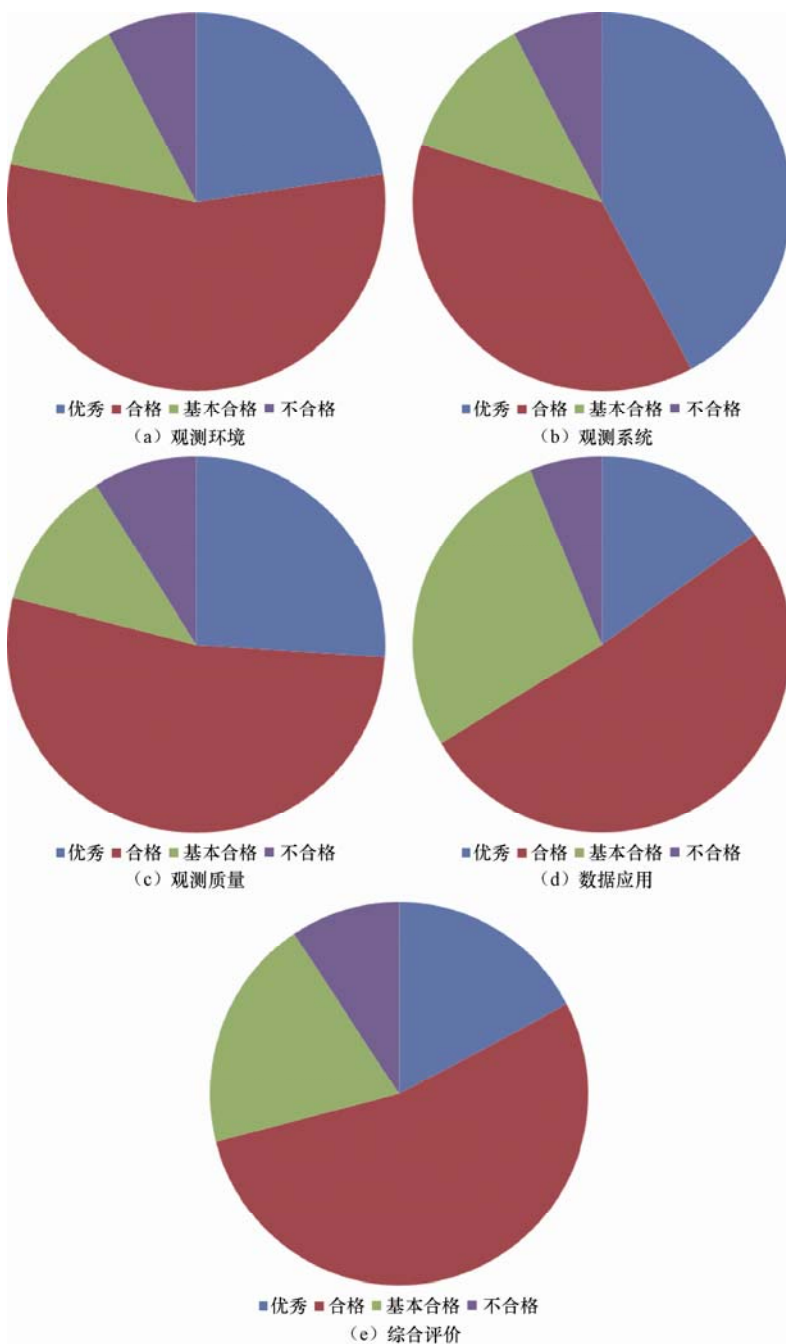


图3 对各项评估内容的评价结果

Fig.3 The evaluation results of the different assessment content

2.2 观测质量

考虑到观测质量评价可能受人为因素影响，观测质量评价以 2009 年和 2010 年地下流体学科或省局年度质量评比为评价依据。其中有 3 个测点即没有参加省局年度评比，也没有参加学科年度评比，实际观测质量参评测点有 338 个。整体来说，近 80% 的参评测点质量达到了合格或优秀（图 3b）。

2.3 观测系统

观测系统评价的主要参考依据是观测数据的完整率，同时考虑仪器的稳定性和抗干扰性等因素。在对 338 套仪器统计中，观测仪器优秀的为 143 套，占 42.31%；观测系统合格为 128 套，占 37.87%；基本合格为 42 套，占 12.43%；不合格为 26 套，占 7.69%（图 3c），不合格主要是安装相对较早的仪器（“九五”和首都圈安装的仪器），仪器严重老化，稳定性差。还有部分是新安装的设备，由于供电环境或其它因素，导致仪器工作不正常，维修次数过多、周期过长。

2.4 数据应用

水温观测不仅为地震预测预报和科学研究提供服务，而且在国民经济建设服务的领域应用也非常广，可为深层地下水资源的开发提供科学依据，本评价主要以在地震领域应用为依据，包括地震监测预报、地震谣言平息和科学研究等。各单位共给出 340 个水温测项在日常会商和趋势判断中的应用，大部分观测资料被用于年度、年中或日常会商。同时，同震效应和固体潮效应也是评价水温观测效果的重要参考，很多水温在汶川 M8.0、玉树 M7.1 和日本 M9.0 等地震时具有明显的同震或震后效应。观测数据应用统计结果如图 3d 所示，其中优秀为 51 个，占 15%；合格为 174 个，占 51.18%；基本合格为 94 个，占 27.65%；不合格为 21 个，占 6.18%。由于受观测环境和观测系统的影响，很多水温在观测过程中出现了明显异常，经异常核实后也很难确定原因，这给利用水温资料预测地震带来很大困扰。

2.5 综合评价

根据观测环境、观测质量、观测系统和数据应用效能评估结果，地下流体技术管理组在省局综合评价基础上给出 340 个测项综合效能结果（图 3e），其中 59 个观测站达到优秀，占 17.35%；合格有 183 个测点，占 53.82%；基本合格有 67 个测点，占 19.71%；不合格 32 个，占 9.41%。

3 地热观测台网监测效能综合处理意见

监测效能评估工作的目的是为了科学完善地热观测台网，更好地发挥其应有效能，需要给出综合处理意见，如环境改造（包括井孔改造、井口改造、井房改造、观测公共环境改造等）、观测仪器更新或备份、加强日常管理与数据应用以及对观测效能较差测点的拆迁或停测。

通过对 341 个地热（水温）测点的观测环境、观测质量、观测仪器评估，给出各测点综合处理意见，继续运行 207 个，占 60.70%；加强管理或改造环境 47 个，占 13.78%。其中 13 个观测站需要改造，改造包括井孔改造、清洗井改造。16 个可以通过加强维护管理来解决，约 19 个需要对供电、接地、布线等公共观测环境进行改造；更新或备用仪器 71 个，占 20.82%；拆迁或停测 7 个，占 2%。

4 效能评估中存在的问题和建议

效能评估的目的是发现问题，进行梳理和总结，并提出了相应的改进建议。在条件允许的情况下加以改进与完善，提高观测数据质量，在地震监测预报中发挥更大效能。

4.1 观测环境

虽然大部分台站在评估报告中评价了台站观测环境,但很多台点的环境描述过于简单,需要进一步查阅相关资料或现场落实。同时,很多水温观测使用的是石油、水文地质等部门废弃闲置井,水文地质基础资料很少或没有,部分新钻井堪选的条件不理想,观测环境干扰严重。

(1) 开展台站观测环境调查,进一步完善水文地质与井孔基础资料

通过本次评估发现有相当数量的井孔,观测资料无规律可循,在历次地震中既没有前兆异常,甚至也没有同震响应,受到干扰比较严重,产出观测数据质量差。开展干扰环境变化状况的调查,重点是对已经利用的其它部门的废弃井,搞清楚其井孔资料以及水文地质情况,对于不符合地震监测的要求,应搬迁或停测。对现有观测条件较差,环境干扰严重,不能发挥监测效能的水温测点,应采取井孔改造或选点新建等措施。未来应用于水温观测的新钻井或选择其它用途的观测井应严格按照地下流体观测井勘选要求进行选址。同时,尽可能采用专用深井开展地下流体观测,减少环境干扰。同时,对于缺少温度梯度资料的台站,应予以补全。

(2) 加强台站观测公共环境建设

通过本次评估发现,仪器出现的故障多为雷击和供电电源引起的故障,分析其原因可能主要有以下两方面造成:第一,井房的避雷设施不完善,造成仪器或传感器受雷击产生故障;第二,偏僻地区的台站其供电电源不稳,造成电源短路产生故障。地震台站多年的运行经验表明,配电系统不完善和线路布设不规范等一系列地震台观测公共环境方面存在的问题是产生故障隐患的重要原因。进一步加强台站综合布线、公共电源和避雷、公共信号以及接地电阻等台站观测公共环境进行改造和升级,提高仪器防雷击能力,尽量减少雷电对观测的影响,保证观测数据的连续和可靠。

(3) 开展观测井孔的清理任务

我国绝大多数观测井的深度为完钻时的深度,由于多年未得到清洗,井孔底部淤堵严重,在不确切了解井孔深度的情况下,观测资料的质量得不到保证,前兆信息更不能确认。建议对目前台网中的井孔进行一次摸底检查,对井孔自身条件不好,内部有阻塞的水温观测井孔,进行必要的洗井改造。

4.2 观测系统

水温观测仪器存在的问题主要是长时间运行仪器老化严重,故障率偏高,零配件缺乏,维修困难,备份仪器较少。

(1) 建立观测仪器更新机制

建立观测仪器更新机制,对一些运行时间长、老化问题严重、故障率高的仪器进行更新;从长期角度来说,应尽快建立在网仪器的定期更新机制,从制度上保障观测资料的连续产出。

(2) 建立观测仪器的备份机制

目前,不少区域台网没有备份仪器,一旦出现故障,运输和维修时间较长,会影响正常观测。建议加快建立观测仪器的备份机制,以专项形式分片区(或省),根据观测仪器的数量,按照学科组的要求,配备一定数量的备用仪器。

(3) 建立维修维护等管理机制

通过本次评估发现,由于各种原因,仪器维修得不到保障等因素,直接影响到仪器整体运行,缺乏维修维护机制的保障。建议建立健全仪器维修维护机制,提高仪器设备的维修效率。

4.3 观测质量

水温观测质量好坏与观测环境、观测系统和台站运行管理密切相关。数据完整率是评价

观测质量的重要指标，观测仪器的好坏直接影响到观测质量；仪器运行管理水平，对观测质量影响比较大，对于管理维护好的台站，观测质量也较好。进一步建立台站管理的激励制度，调动观测人员的积极性和主动性，对于管理好的台站要予精神和物质上的奖励。

评估中也发现有一些台站仪器日常维护、数据处理与运行管理中存在问题，其制约了观测质量的提高。建议加大对台站人员的培训力度，特别是仪器日常维护、观测技术、数据处理方面的培训，规范化运行管理，进一步提高水温的观测质量。

4.4 数据应用

预报与应用分析评估结果基本上以各省局预报人员的评价为依据，不同单位评价尺度可能出现偏差，并且很多台站没有给出地震前兆、同震变化或震后效应等震例。对于一些没有给出意见的测点，评估组是以汶川、玉树、日本等地震综合反应为参考依据进行评估。

目前地震台网产出主要为工作日志、观测数据、均值等常规数据产品和基础资料产品，还缺少具有物理含义和应用前景的成熟产品和深层次数据分析产品，水温数据处理方法和数据处理模型研究还需进一步提高。

致谢：省局和台站工作人员对全国地热观测台网监测效能评估工作给予了大力支持，并付出了辛勤劳动，在此深表感谢。

参考文献

- 车用太，鱼金子，刘春国，1996. 我国地震地下水温动态观测与研究. 水文地质工程地质，(4): 34—37.
- 车用太，刘成龙，鱼金子，2008. 井水温度微动态及其形成机制. 地震，27(4): 20—28.
- 刘耀炜，陈华静，车用太，2006. 我国地震地下流体观测研究40年发展与展望. 国际地震动态，(7): 3—12.
- 刘耀炜，孙小龙，王世芹，等，2008. 井孔水温异常与2007年宁洱6.4级地震关系分析. 地震研究，31(4): 347—353.
- 张彬，刘耀炜，杨选辉，2013. 中国大陆井水温对汶川8.0级、玉树7.1级、庐山7.0及和岷县6.6及地震响应特征的对比研究. 地震工程学报，35(3): 535—541.
- 赵刚，王军，何案华等，2009. 地热正常动态特征的研究. 地震，29(3): 109—116.

Comprehensive Analysis on Monitoring Efficiency Evaluation of Geothermal Observation Network

Zhang Bin^{1, 2)}, Zhao Gang¹⁾, Yang Xuanhui¹⁾, Liu Yaowei¹⁾, Liu Chunguo³⁾,
Fan Xuefang⁴⁾ and Fan Chunyan³⁾

1) Key Laboratory of Crustal Dynamics, Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing 100085, China

2) Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing 100081, China

3) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

4) Earthquake Administration of Shanxi Province, Taiyuan 030002, China

Abstract The monitoring efficiency evaluation of geothermal observation network plays an important role in optimizing and improving precursor observation system and improving efficiency in earthquake prevention and disaster reduction. Such evaluation includes aspects of observation environment, observation system, monitoring data quality and data application. On the basis of assessment by provincial bureau and station, we conducted a comprehensive analysis on each measuring point with the daily management and found major factors of influencing monitoring efficiency evaluation. In the end, we proposed a reasonable solution to solve the problems accordingly.

Key words: Geothermal observation network; Effectiveness evaluation; Observing environment; Observing systems; Observation quality