



哈萨克斯坦与中国新疆地震 地下流体监测现状与对比

高小其¹, 刘耀炜², 陆明勇³, 王 琼¹, 杨晓芳¹, 朱成英¹,
陈 玲¹, 李艳萍¹, 李新勇¹, 许秋龙¹, 史 杰¹, 郭伟英¹

(1. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐市 830011;

2. 中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085; 3. 中国地震应急搜救中心, 北京 100049)

摘要: 哈萨克斯坦是世界上最早从事地震地下流体前兆研究的国家之一。本文介绍了哈萨克斯坦地震地下流体观测的发展历史和研究现状, 并和中国新疆开展的该项工作进行了对比, 分析了双方的优势和特点。

关键词: 哈萨克斯坦; 新疆; 地下流体; 观测; 对比

中图分类号: P315.72⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2007)03-0279-07

Present Situation and Comparison of the Underground Fluid Monitoring between Kazakhstan and Chinese Xinjiang

GAO Xiao-qi¹, LIU Yao-wei², LU Ming-yong³, WANG Qiong¹,
YANG Xiao-fang¹, ZHU Chen-yong¹, CHENG Ling¹, LI Yan-ping¹,
LI Xin-yong¹, XU Qiu-long¹, SHI Jie¹, GUO Wei-ying¹

(1. Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China;

2. Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China;

3. National Earthquake Response Support Service, CEA, Beijing 100049, China)

Abstract: Kazakhstan is one of the country which earliest engaged in the researching precursor of seismic underground fluid. In this paper the developing history and present situation of seismic underground fluid monitoring in Kazakhstan are introduced. It is also compared that this work in Kazakhstan and in Chinese Xinjiang area. The advantages in both side are analyzed at last.

Key words: Kazakhstan; Xinjiang; Underground fluid; Observation; Comparison

0 引言

哈萨克斯坦是世界大陆地震活动最强烈的地区之一, 也是世界地震流体前兆研究的发源地。自 1966 年塔什干地震以来, 哈萨克斯坦相继成立了科技教育部地震研究所及阿拉木图地震预测实验场。

中国新疆与哈萨克斯坦比邻, 随着中哈两国关系的进一步改善和发展, 中国新疆维吾尔自治区地震局与哈萨克斯坦地震研究所近年来开始了更深入的交流与地震科技合作。

随着科学技术的发展、地震预测经验的积累以

收稿日期: 2006-11-30

基金项目: 基金项目; 地震科学联合基金(A07094); “十一五”国家科技支撑项目(2006BAC01B02-03-04); 新疆科技厅项目(200623104)

作者简介: 高小其(1967-), 男(汉族), 山东菏泽人, 副研究员, 主要从事地震地下流体的研究。

及对地震认识的进一步深化,哈萨克斯坦和中国新疆地震地下流体建设的指导思想、布局原则、建设方式等均发生了巨大的变化。因此,对哈萨克斯坦和中国新疆地震地下流体观测现状进行总结并予以对比分析,对于促进中哈两国地震地下流体领域的国际交流与合作,不断发展和完善监测系统,提高监测预报效能等无疑具有重要的促进意义^[1]。

1 两地地震地下流体监测的发展历史和现状

1.1 哈萨克斯坦地震地下流体监测的发展历史

哈萨克斯坦地震地下流体监测的发展史从侧面反映了前苏联在该方面研究及发展的历程。其原则一般由苏联牵头研究所、地球化学研究所、地球物理研究所提出设计要求,采用统一的布点原则、统一的观测方法、统一选配仪器、统一使用新技术等进行观测和分析。哈萨克斯坦地震地下流体的观测始于 1963 年,40 多年来经过了初期建设、系统清理、政策调整和优化提高 4 个阶段,逐步形成了现有的地下流体地震前兆观测系统^[2]。

1.2 哈萨克斯坦地震地下流体观测的地位与现状

目前,哈萨克斯坦地震研究所的地震前兆监测有地球物理(地磁、地电)、地下流体(水、气、油)、形变(形变、钻空应变)、地震生物学(动物)等 4 大前兆测项,其中地震地下流体日常监测台项是排在前兆测项的第 1 位。

1.2.1 观测项目、方法及仪器

截止到 2004 年底,哈萨克斯坦的地震地下流体观测项目有 35 种,其中地下流体水化学测项 28 种,水动态 4 种及气象三要素。水化学以水氨、氮气、甲烷、二氧化碳、钙离子、镁离子、钠离子、钾离子、氯离子、碳酸根离子、硫酸根离子、二氧化硅等为主,水动态以水位、水温、流量、压力为主(表 1)。

台站所有地球化学测项和物理参数都是每天定时定点进行测量,每月还定时把所有的分析水样送研究所考察队中心实验室进行复测,对比台站原始测值和中心实验室分析结果的吻合程度,以检查有关误差和仪器的工作状态。在地震危险性加大或资料出现异常期间,台站将自动加密观测(包括模拟观测)。

表 1 哈萨克斯坦流体观测项目及观测仪器

主要指标	项目	测量方式	仪器(产地)
普通物理	$T^{\circ}\text{C}$ 、pH、Eh、 T_w 、 T_g	自动测定	НаЯнда 水化综合测试仪(捷克、哈)
化学指标	ρ	模拟测定	电导仪等
主要离子—盐成分	Na ⁺ 、K ⁺	模拟	ПАж-1 和 ПФМ 火焰光度计(苏)
	SO ₄ ²⁻ 、H ₄ SiO ₄	模拟	СФ-46、ФзК-56M 型光电比色计
	Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、CL ⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、CO ₃ ⁻	模拟	化学滴定法
微量组分	Hg	自动	АГГ-01 型
	Ar ⁴⁰ /Ar ³⁶	模拟	МП-120B(乌克兰)
	Br ⁻ 、I ⁻ 、B、Li	模拟	离子选择性电极电位测定等
气体组分	Rn	连续自动	НаЯнда 水化综合测试仪(捷克、哈)
含量	He、H ₂ 、O ₂ 、CO ₂ 、CH ₄ 、Ar、N ₂	He 做载气测 CO ₂ , Ar 做载气分析 He、H ₂ 、O ₂ 、CH ₄ 、N ₂ 模拟	CHROM5、ЛХМ-8МД 型色谱仪(苏)、 uБЕТ-800 型色谱仪(俄)(哈)
水动力学参数	H、Q、P	连续自动	
外部因素相关参数	气压、气温、降雨	自动	水位计、流量计、压力连续记录仪 气压计、温度计、雨量计

1.2.2 台网的组成与分布

目前哈萨克斯坦地震地下流体监测点基本上全部位于阿拉木图地震预测实验场,其中水化学和水物理综合观测站 11 个(下卡姆卡、阿尔玛—阿拉善、戈列尔尼克、伊兹威茨科瓦亚、塔乌—土尔盖、库拉姆、楚什卡里、卡尔坎、扎尔干特—阿拉善、卡帕尔—阿拉善、麦尔克),水物理观测站 9 个(卡斯切克、麦迪奥、卡扎奇卡、卡斯克林、科帕、博古特、巴拉托帕尔、阿克科尔、萨里扎斯)。

哈萨克斯坦水文地球化学及水文地球动力学观

测网的区域面积基本上在 10 000 km²。近年来随着国际交流与合作的加强,阿拉木图预地震测试验场的地下流体观测网在哈萨克斯坦西南与吉尔吉斯斯坦流体观测网(阿拉麦金、伊塞克—阿塔、卡拉—奥依、捷蒂—奥古兹)相联系,准噶尔构造和东天山地区与中国的北天山地下流体监测网相连接(温泉、乌苏、呼图壁、乌鲁木齐),这样哈萨克斯坦地震研究所可以分析的地下流体观测面积达 100 000 km²。

1.2.3 地下流体观测网井(泉)简介(表 2)

1.3 中国新疆地震地下流体的地位及现状

目前中国新疆地震前兆监测有形变(倾斜、GPS、

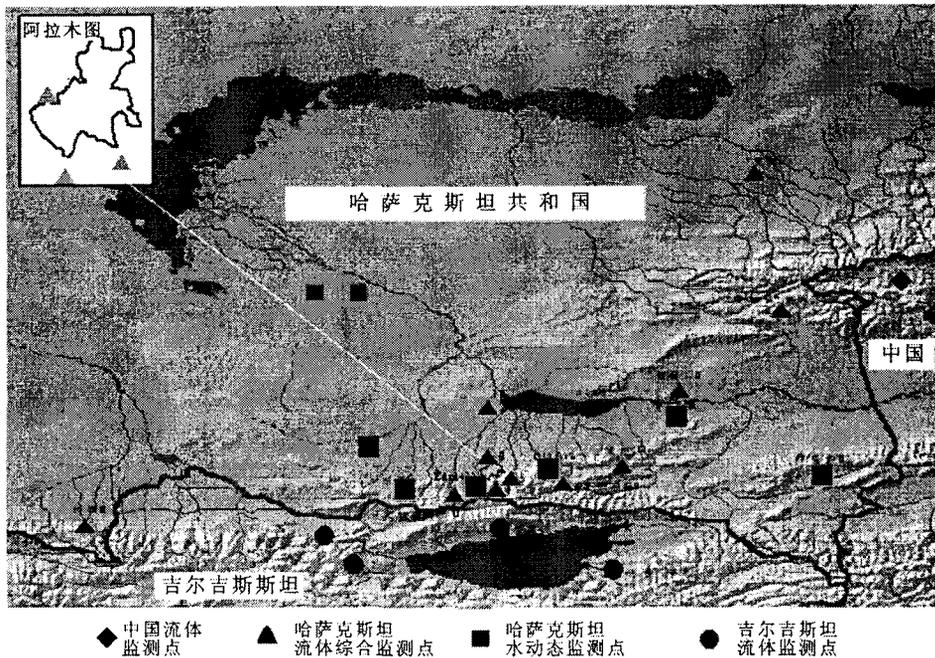


图 1 哈萨克斯坦地震地下流体监测点分布图

Fig. 1 Distribution of underground fluid monitoring sites in Kazakhstan.

表 2 阿拉木图地震预报试验场水文地球化学、水文地球动力学观测网情况简介

序号	台站名称	井孔编号	井深/m	围岩,时代	水温 T/°C	矿化度 /g · l ⁻¹	水的类型 化学成分
1	阿尔玛-阿拉善	3	479	花岗闪长岩, O ₃	35	0.25	HCO ₃ -SO ₄ -Na
2	戈列尔尼克	33	630	花岗闪长岩, O ₃	27	0.16	HCO ₃ -Na
3	伊兹威茨科瓦亚	No.1	170	花岗闪长岩, O ₃	19	0.37	HCO ₃ -SO ₄ -Na-Ca
4	* 下卡姆卡	5-T	2 730	砂岩, N ₁	54	5.76	CL-Na-Ca
5	楚什卡里	14	110	喷发岩, C ₂	15	5.207	SO ₄ -CL-Na
6	塔乌-土尔盖	48	340	花岗闪长岩, O ₃	28	1.42	SO ₄ -Na
7	卡尔坎	141	641	砂、砂岩, K	33	5.001	SO ₄ -CL-Na
8	库拉姆	6(泉)井、1584	306 500	砾岩, 喷发岩, Pz	21	1.53	CL-SO ₄ -Na-Ca
9	麦尔克		320	花岗岩 C ₁	28	0.276	HCO ₃ -SO ₄ -Na
10	* 扎尔干特-阿拉善	No.30	300	花岗岩、斑岩 Pz	37	0.8	SO ₄ -CL-Na
11	* 卡帕尔-阿拉善	4	150	花岗岩	30	0.5	SO ₄ -CL-Na-Ca
12	卡斯切克	No.3	200	花岗闪长岩, O ₃			
13	卡扎奇卡	2612	498	花岗闪长岩, O ₃			
14	麦迪奥	2606	300	花岗闪长岩, O ₃			
15	科帕	2605	460	砂质泥岩, N ₁			
16	* 博古特	2604	120	砂质细砾岩, Q ₄			
17	卡斯克林	No.2	170	花岗岩, O ₃			
18	* 萨里扎斯	2618	130	砂岩, K			
19	阿克科尔	2602	500	砂岩、细砾岩 P			
20	巴拉托帕尔	2603	415	砂岩, J			

注: * 表示该监测点和新疆地震局进行着资料交换。

应变、水准、重力等)、地下流体(水、气、油)、地球物理(地磁、地电)等,以 2005 年度新疆地震观测资料评比参评台项为准,地下流体有 48 台套,形变有 39 台套,地球物理 4 台套。因此从地下流体日常监测台项来看,地震地下流体排在前兆测项的第 1 位。

截止到 2004 年底,新疆地区地震地下流体观测项目共有 30 种,包括地下流体水化学测项 23 种,水动态 4 种及气象三要素。水化学以水氨、水汞、氮气、甲烷、二氧化碳、钙离子、镁离子、氟离子、氯离子、碳酸根离子、硫酸根离子等为主,水动态以水位、

表 3 中国新疆地震地下流体主要观测项目及仪器情况

主要指标	项目	测量方式	仪器或方法
普通物理 化学指标	T	自动	SZW-1A 水温仪
	ρ	模拟	DDS-11A 电导率仪
	pH, Eh	模拟	
主要离子 —盐成分	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}_4\text{SiO}_4$	模拟	容量法、酸碱中和滴定法等
	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{CO}_3^{2-}$	模拟	
微量组分	F ⁻	模拟	
	Hg	模拟	XG-4 型测汞仪
气体组分 含量	Rn	数字化	SD-3A 测氡仪
	$\text{He}, \text{H}_2, \text{O}_2, \text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{Ar}, \text{N}_2, \text{He}$	模拟	FD-125 钽钨分析器
		数字化	SP-2304, SP-2305
		数字化	WGK-1 测氮仪
水动力学 参数	H	数字化	LN-3 型水位仪
		模拟	SZW-1 型水位仪
		模拟	红旗-1 型水位仪
	Q	模拟	三角堰、三角堰及 LN-3 型水位仪
P	数字化	DY-2 型油气井压力自动化测量仪	
外部因素相关参数	气压、气温、降雨	数字化	气象三要素测量仪

水温、流量、压力为主(表 3)。

新疆幅员辽阔,地震活动遍及阿尔泰山、天山、昆仑山和阿尔金山,大范围地组织地震前兆监测和地震预报尚存在很大困难。根据目前的人、财、物条件和地震活动的规律,新疆地下流体监测网建设和前兆研究以天山地震带为主体,坚持一“点”两“线”的原则,即指以乌鲁木齐市及其附近地区和北天山吐鲁番—奎屯—温泉一线及南天山库尔勒—阿克苏—喀什一线。在地质构造上以监测天山山前地震断裂带及山前拗陷带的活动为主;地下流体侧重选择那些构造条件,热力条件、物质条件和地下水运动条件相对灵敏的不稳定点,以温泉、石油深井和深层断

裂水为主要观测对象;观测项目因井、泉具体条件而定,注意综合对比观测。其中水化学观测点 7 个,水动态观测点 13 个。

2001 年后,为了弥补新疆地区地下流体监测点密度过低的不足,新疆地区又建立了断层气 CO₂ 监测网,目前已有监测点 20 个。

新疆地震流体监测井(泉)简介见表 4。

2 两地监测网对比与分析

2.1 监测台网基本情况方面

表 5~8 简要介绍了哈萨克斯坦和新疆地下流体监测网的部分基本情况。

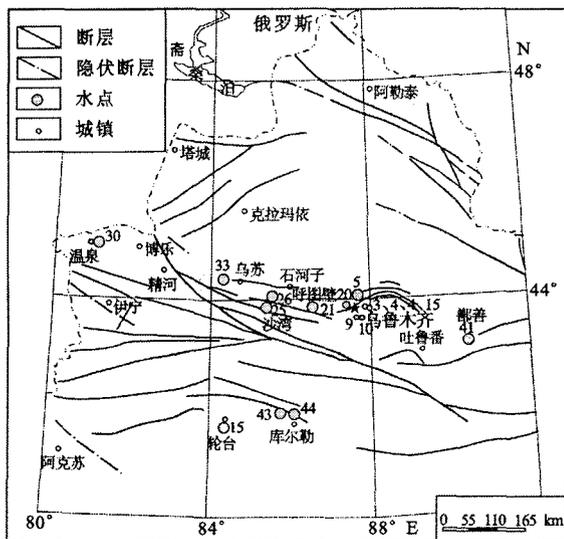


图 2 中国新疆地震地下流体监测点分布图

Fig. 2 Distribution of underground fluid monitoring sites in Xinjiang, China.

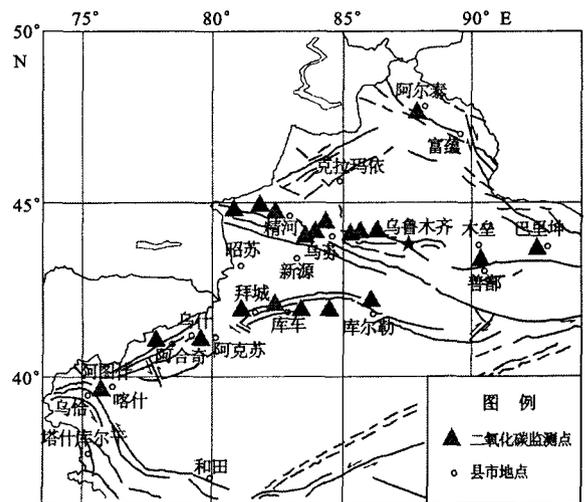


图 3 中国新疆地震断层气二氧化碳监测点分布图

Fig. 3 Distribution of monitoring sites for the CO₂ from fault gas in Xinjiang, China.

从表 5~8 的统计结果来看, 哈萨克斯坦的地下流体台网全部由监测井组成(如遇热水泉则进行专门钻井), 中国新疆地下流体台网中监测井所占比例仅有 50%(45% 为自流泉, 5% 为断层气孔)。哈萨克斯坦地下流体监测网中深井所占比例达 95%, 深井所占比例为 5%; 而新疆地区地下流体监测网浅

井、中深井、深井所占比例为: 20%、30%、50%。哈萨克斯坦地下流体监测网中(已经搜集到水文地球化学背景的监测点)绝大多数为低温热水井; 而中国新疆地下流体监测网中绝大多数为冷水监测点。从水中矿化度来看, 双方基本上都是淡水或微咸水监测点。

表 4 新疆地震地下流体水文地球化学、水文地球动力学观测网情况简介

序号	台站	井孔编号	井深/m	围岩, 时代	水温 T/°C	矿化度 /g · L ⁻¹	水的类型 化学成分
1	乌鲁木齐 流体综合台	新 03 井	200	三叠系泥岩、砂岩、砾岩	11.3	0.78	SO ₄ -HCO ₃ -Na
		新 04 井	145.5	二叠系油页岩和硅质砂岩	19.6	1.66	CO ₃ -HCO ₃ -Cl-Na
		新 04 泉		二叠系油页岩和硅质砂岩	20.0	7.98	CO ₃ -HCO ₃ -Na
		新 05 井	2 260	侏罗系砂岩、泥岩、粉砂岩	17.4	12.96	Cl-Na
		新 09 泉		二叠系砂岩, 砾岩	10.6	0.86	SO ₄ -HCO ₃ -Na
		新 10 泉		二叠系砂岩, 砾岩和少量油页岩	11.2	1.04	HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Na
		新 10 井	28	叠系硅质砂岩, 砾岩	11.5	0.85	HCO ₃ -SO ₄ -Na-Mg
2	乌鲁木齐地震局	新 15 泉		二叠系砂岩及薄层灰岩	10.0	0.87	HCO ₃ -Cl-Ca-Na
3	呼图壁县地震办公室	新 20 井	76.5	侏罗系砂岩, 泥岩和砾岩	12.3	1.78	Cl-SO ₄ -HCO ₃ -Na
4	塔城地区地震局	新 21 泉		石炭系火山凝灰岩和凝灰质角砾岩	35.8	0.44	Cl-Na
		新 25 泉		中石炭系前峡组凝灰岩、凝灰质粉砂岩、凝灰砂岩	48	0.5	SO ₄ -HCO ₃ -Na
5	温泉地震台	新 26 泉		第三系紫红色泥岩, 粉砂岩			Cl-Na
		新 30 井	18	石炭系硅质细砂岩, 粉砂岩	32	0.86	SO ₄ -Cl-Na-Ca
6	乌鲁木齐市地震局	新 30 泉		石炭系硅质细砂岩, 粉砂岩	32	0.86	SO ₄ -Cl-Na-Ca
		新 33 井	5 010	石炭系凝灰质砂岩	11.7	9.9	Cl-HCO ₃ -Na
7	善都县地震局	新 41 井	4 000	下部中侏罗系		3.32	
8	巴州地震局	新 43 泉		元古代片麻花岗岩和第三系页岩	20	1.7	SO ₄ -Cl-Na-Ca
9	库尔勒地震台	新 44 点		第三系砾岩			断层气 Rn
10	轮台县地震局	新 45 井	6 401	三叠系泥岩, 砂岩, 砾岩和奥陶系灰岩	24.7	1.48	Cl-Na-Mg
11	独山子地震台	新 185 井	1 050	砂岩、细砾岩, P	11.0	0.21	Cl-SO ₄ -Na

表 5 观测井(泉)类型对比

国家或地区	观测井		观测泉		情况不明	
	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆
数量/个	20	10	0	9	0	1
占全部流体点百分比/%	100	50.0	0	45.0	0	5.0

表 6 观测井深度对比

国家或地区	浅井		中深井				深井			
	<100 m		100~500 m		501~1 000 m		1 000~5 000 m		>5 000 m	
	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆
数量	0	2	17	3	2	0	1	3	0	2
占全部监测井百分比/%	0	20	85	30	10	0	10	30	0	20

表 7 观测井(泉)水温度对比

国家或地区	冷水 (<20 °C)		低温热水 (21~40 °C)		中温热水 (41~60 °C)		高温热水 (>60 °C)		未搜集到数据	
	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆
井泉数/个	2	14	8	2	1	3	0	0	9	0
占已知井泉的百分比	18.1%	70%	72.7%	10%	9.1%	15%	0	0	45%	0

表 8 观测井地下水矿化度对比

国家或地区	淡水		微咸水		咸水		未搜集到数据	
	<1		1~3		3~15		哈国	新疆
井泉数	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆	哈国	新疆
井泉数	6	8	2	5	3	6	9	0
占已知井泉的百分比	54.5%	40%	18.1%	25%	27.3%	30%	45%	0

2.2 监测台网布设思路方面

哈萨克斯坦的地下流体台网基本上集中在阿拉木图实验场,其建网原则是区域性及科学实验型的,因此具有很强科学目标和明确的布网指导思想。网的结构很精细,且绝大多数观测井都是专为地震预报而钻的地震专用井。目前哈萨克斯坦的地下流体观测网就有两格经向剖面 and 三个纬向剖面组成。经向剖面包括一个中央剖面和 一个东部剖面,它们从北到南横跨天山地震带;三个纬向剖面与经向剖面交叉,沿着强地震活动 VIII~X 度烈度区主要地震构造带分布。这些剖面交汇地带正好处在历史最强地震震源区(如维尔年地震、契里克地震、克缅地震、别罗茨地震、麦尔克地震等),也是未来强震最有可能发生的地区。

中国新疆地下流体监测网的布设则基本上强调布设在经济及人员较为密集地区或多震强震区,沿活动断裂布设;以温泉、石油深井和深层断裂水为主要观测对象,观测项目因井、泉具体条件而定,注意综合对比观测;布点基本上是坚持一“点”两“线”的原则。

2.3 监测管理与数据分析方面

哈萨克斯坦地下流体台网的日常监测、数据的收集、传递、存储及质量管理由地震考察队负责,数据处理、分析及地震预测等则由地震研究中心来完成。而中国新疆地下流体监测网的日常监测基本上是有监测预报处负责,数据处理、分析及地震预测等,基本上都由新疆地震局地下水研究中心来负责。中央以下各级地方政府均无任何机构参与和管理地下流体资料的日常监测,群众性地震地下流体预报工作基本上处于无政府状态。

2.4 观测项目与观测技术水平方面

观测项目:地下流体水动态观测项目哈萨克斯坦和中国新疆地震局两方观测项目相当;而地下流体水化学项目则是哈方略高于新疆地震局。重点监测项目:哈萨克斯坦在地下流体水动态观测项目上以水位、水温为重点,和中国新疆相同;哈萨克斯坦在地下流体水化学观测项目上以离子(Ca²⁺、Cl⁻、H₄SiO₄、SO₄²⁻)及溶解气(He、CO₂、Rn)为重点,而中国新疆地区则以 Rn、Hg 为重点(主测项)。

观测技术:20 世纪 90 年代哈萨克斯坦地震地下流体观测技术明显优于中国新疆地区,相继生产了自动测氮、测氦和水化综合观测仪。但是中国新疆地震局经过“九五”、“十五”数字化改造,地震地下流体观测基本进入了数字化阶段,主要标志是全面推广数字化观测技术,初步建成学科前兆台网中心,目前已拥有水位、水温、水氢、氦气、水电流等数字化观测仪器(可以采样到分钟值),实现了数据的自动化采集和远程传输,基本上实现了自动化、台站无人值守^[3-4]。而哈萨克斯坦在数字化观测方面由于技术及经费等原因,目前仍然处于经验积累阶段,还没有全面推广。经过近年来的观测和实践检验,中国新疆地区的水位、水温数字化观测技术已经基本成熟,而水化学观测中则还存在着一些需要完善和改进的地方。

2.5 观测点布设密度方面

中国新疆地震地下流体台网布设密度和哈萨克斯坦地震地下流体台网密度相当,每百万平方公里一般仅有 10 个监测点左右,都相对较低。如果叠加上土壤气二氧化碳监测网,则中国新疆地下流体台网布设密度明显高于哈萨克斯坦,每百万平方公里可以达到 25 个监测点(表 9)。

表 9 哈萨克斯坦和中国新疆地震地下流体监测台网对比表

国家或地区	总面积 /10 ⁴ km ²	监测点 总数/个	密度/ 个·[10 ⁴ km ²] ⁻¹	日常测项	观测技术
中国新疆	160	20	12.5	HCO ₃ ⁻ 、CO ₃ ⁻ 、F ⁻ 、Hg、Rn、O ₂ 、He、CO ₂ 、CH ₄ 、ρ、Ar、N ₂ 、H ₂ 、气体总量	部分现场观测; 部分现场采样送实验室测试; 部分现场自动测试记录; 模拟自动记录;
		20	12.5	H、Q、P、T 及气象要素 土壤气二氧化碳	自动记录,有线或无线传输; 现场观测
哈萨克斯坦	272	20	7.4	Ca ₂ ⁺ 、Mg ₂ ⁺ 、Na ⁺ 、K ⁺ 、SO ₄ ²⁻ 、CL ⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、CO ₃ ⁻ 、F ⁻ 、H ₄ SiO ₄ 、Br ⁻ 、I ⁻ 、B、Li、Sr、Hg、Rn、O ₂ 、He、CO ₂ 、CH ₄ 、Ar、N ₂ 、H ₂ 、气体总量 ρ、pH、Eh H、Q、P、T 及气象要素	部分现场观测; 部分现场采样送实验室测试; 1、模拟自动记录; 2、自动记录,有线传输

3 结语

通过对比与分析,哈萨克斯坦和中国新疆地区的地震地下流体监测各有特点。比如哈萨克斯坦地震地下流体的建网原则(区域及科学实验型)及开展广泛的国际合作(中国新疆、乌孜别克斯坦、吉尔吉斯斯坦)方面就值得中国新疆地区借鉴。但在地震地下流体日常监测上新疆地震局除了有地下水研究中心外,省级以下各级地方政府大都还有机构参与管理和研究,群众性地震地下流体工作基本上是有秩序的。还有在数字化观测方面中国新疆地区的技术相对更为成熟一些等。

众所周知,天山是中亚巨大山系之一,东西延伸达 2 500 km,南北宽超过 600 km,以汗腾格里峰为分界,可分为东、西两部分,西部基本位于吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦境内,而整个东部则位于中国新疆维吾尔自治区境内。由于天山的地质构造发展史是统一的,其活动断裂、地震构造带和构造区的发展规律也是协调的,因此把天山东、西两部分作为一个整体进行研究,无疑有利于人们进一步了解天山地区强震的发生规律。如 1990 年斋桑 7.3 级地震前后新疆境内的不少地下流体资料都出现了不同程度的异常;2003 年 12 月 1 日中国昭苏 6.1 级地震前哈萨克斯坦流体监测网中多个监测点也出现了明显前兆异常。

随着“上海合作组织”的进一步巩固及中亚政治和经济局势的稳定,中国地震局同中亚国家在地震

监测、地震工程技术培训、应急救援等方面的合作在中亚国家产生了巨大的反响,普遍受到中亚国家的重视和支持。本着从整体进行统一研究这一目的,中、哈两国从 2004 年开始了部分台站的测震、流体、形变、地磁地电等资料的交换工作。目前哈萨克斯坦的地震交换资料已经进入了新疆地震局的地震定位、年度和日常会商,但是从地震研究的角度来看,交换的资料还太少,还有待进一步扩大和丰富。而就天山地区的地震研究来说,加强中哈、中吉、中乌、中塔、中土之间的资料交换和人员往来,将对整个天山地区的地震监测与预报起到积极的作用^[5]。

[参考文献]

- [1] 王海涛,王满达,沈军,等. 第五届中哈现代地球动力学和中亚地震危险国际学术研讨会在哈萨克斯坦举行[J]. 国际地震动态,2003,(12):22-24.
- [2] 高小其,魏若平,鲁娜,哈萨克斯坦地震地下流体监测的现状[J]. 国际地震动态,2006,(3):19-23.
- [3] 高小其,邓志辉,车用太. 我国地震地下流体数字化监测的现状[J]. 内陆地震,2004,18(4):317-324.
- [4] 高小其,杨晓芳,魏若平,等. 哈萨克斯坦扎尔干特——阿拉善 30 井前兆异常特征[J]. 内陆地震,2006,20(1):48-56.
- [5] 高小其,王道,许秋龙,等. 对哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦两国地小流体资料的初步分析[J]. 内陆地震,1999,13(3):243-252
- [6] 刘耀炜,陈华静,车用太. 我国地震地下流体观测研究 40 年发展与展望[J]. 国际地震动态,2006,(7):3-12.
- [7] 张慧,梁子彬. 固体孕震模式下地下流体异常时空演化的数值模拟[J]. 地震学报,2000,22(2):176-182.