

序 言

我退休离开地震地下流体学科探索的岗位已近 20 年，但退休之后一直关注这个学科的发展。近日得知《地震研究》期刊要出“地震地下流体监测预报理论及技术应用”的专辑，十分高兴，而且因编辑部委托我为此专辑写序感到十分荣幸，尽管水平与能力有限，心中有些不安，但还是壮着胆子应允了。

研究生毕业后，我主要从事工程地质领域的科研与教学，调入地震部门后领导要求改行做地震地下流体监测预报研究，虽不如愿但还是踏入了这个领域。入行后不久，我渐渐发现这是一个新的科学领地，有很多的问题有待去探索，于是便有了兴趣，而且逐渐热爱上了，一千几十年，一直到现在，成为我人生的主题。

我一直认为地震是有前兆的，可以预测预报的，但近十几年来由于受到国外某些学者“地震不可预报论”的影响，特别是因在 2008 年汶川 8.0 级地震前未能作出预报，我国地震预测预报的科学探索与实践陷入了低谷，地震地下流体学科的发展也严重受挫。在这样困难的时候，《地震研究》期刊编辑出版这个专辑是值得大大庆贺的喜事，我衷心祝福专辑顺利出版发行。本专辑计划刊登 18 篇论文，我有幸先粗阅，感到内容丰富，有不少新的研究成果，其中，有 7 篇涉及到地震预测，足见新一代流体人对地震预测科学探索的执着；有关断层气观测与研究的有 5 篇，反映了我国地下流体学科发展的新趋势，特别是反映了断层气观测与研究由构造地球化学推进到地震地球化学的新阶段，开拓了地震危险区预测的新途径；特别值得关注的是水-岩反应影响离子浓度震前异常特征的实验研究与井水位同震响应机理的数值模拟研究；专辑中还有全国台网现状与发展方向的介绍，井-含水层系统的条件影响，井水位对降雨、大气压力等作用响应特征的研究结果等其他领域的研究成果与进展，值得流体人认真学习领会与借鉴。

地震流体学科的诞生是地震预测科学探索与实践的需求，学科的发展仍然离不开地震预测，地震预测尤其是短临预测的实践是学科存在与发展的根本。我希望流体人不要忘记学科的初心，继续进行深入探索并勇于实践，为此提出几点想法：

第一点是不断优化台网。经过几代人的努力，我国已建成了拥有近千口观测井与观测泉的地下流体观测台网，不仅规模大，观测技术也先进，在地震监测预测实践中发挥着应有的作用。但其效能不强，远远满足不了地震预测的实际需求，震前捕捉到的异常信息不仅数量不多，质量也不高。要改变这种现状，必须不断优化台网，调整布局，提高观测井的内在质量，产出高质量的观测数据，特别是必须捕捉到震源的异常信息。基于这样的认识，我认为应重建新的三级台网。第一级是国家台网，在活动块体理论指导下在全国范围内布设，观测井泉主要布设在块体的边缘，监控活动块体的活动，承担大陆范围内强震（ ≥ 7 级）的中长期预测任务。第二级是区域台网，应布设在主要的地震活动带内，承担区域范围内中强以上地震（ ≥ 6 级）的中短期预测任务。第三级是地方台网，只布设在未来十年有可能发生破坏性地震（ ≥ 5 级）的位置，观测点布设在潜在震源区或断层闭锁段内，要高密度布网，测点间距控制在 10 ~ 20 km，测项以断层带释放气与断层摩擦热为主。国家台网与区域台网中的测项还是以井水位、井泉水流量与温度、水氦、水汞为主。

第二点是完善观测技术。首先是现有仪器的改进与完善，要显著提高仪器长期的稳定性与产出数据的可靠性，适当降低灵敏度与精度要求，降低采样率，仪器的各项技术指标要以能捕捉到地震前异常信息为依据。其次是引进与研发适用于台站连续定点观测的断层气与断层热的仪器。

第三点是强化震前异常信息的识别与落实技术。地下流体观测数据的内涵往往是复杂的，有震前异常信息，也更有多种干扰信息，有有规律的干扰，也有无规律的干扰，而且各自的分量与频带不同，在这样复杂的数据系列中分辨出震前异常信息是非常困难的。我认为要识别出异常，主要精力应放在正常动态规律的研究上，要分多年、年、月、周等不同时间尺度建立与掌握正常变化的规律及其影响因素，才有可能识别出异常。当然识别出来的异常未必是地震异常，观测环境、观测条件、观测技术系统的非正常改变也会引起观测数据的异常变化，这就要求对发现的异常进行落实，通过现场调查与分析，找出有可能引起异常变化的干扰因素，查清这种因素作用的地点、时间及其强度随时间的变化，再与异常的时、空、强度特征进行对比分析，有条件时还可以进行有关的实验验证，才可判别是不是干扰异常。在确认不是干扰异常之后，则可视为地震异常并跟踪，一直到发生地震；然而，这样的异常也未必是必震异常，因为现今的异常观测，其本质多是构造活动的信息观测，而构造活动未必一定引发地震。因此，异常信息的识别与落实应是地震监测预测工作永恒的工作主题，要日常化、规范化，制度上要规定未经落实的异常不能做为震情分析与预测的依据，严防将似是而非的异常用于震情分析，努力提高预测成功的概率。

第四点是强化研究。地震监测预测，在科学与技术上仍处在初级阶段，无论在理论上还是实践中仍有很多基本问题没有得到解决，特别是地震与前兆异常的关系仍然十分模糊，因此必须强化研究，尽早改变盲人摸象似的现状。这种研究大体上可归纳为理论研究、观测研究与实（试）验研究三类。理论研究，除了地震科学的基本问题如前兆异常的生成、传递、表现机理等之外，还要结合流体学科的实际研究各项流体动态对构造活动与地震活动的响应机理及其方程与模型，由于构造活动与地震活动的动力作用至今仍不清楚，研究中只能假设；当前比较现实的是对动力作用清楚的问题进行研究，如潮汐作用、大气压力作用、地表荷载作用、地震波作用等，甚至大气降雨的补给作用，研究不同的井-含水层条件（含水层的埋藏类型与规模、含水层的渗透性、孔隙性、弹性模量及井孔的结构等）及观测装置下，各类测项动态应表现出的形态、幅度、时间等的理论特征。观测技术与观测数据的研究问题已在前面做了说明。实（试）验研究是特别需要加强的领域，实验指室内的样品、试件、模型方面的研究，如不同温压条件下的水-岩相互作用实验、岩石力学实验、水动力模型试验，等等；试验研究指野外现场条件下进行的大型观测研究，如大气降雨对不同井-含水层条件的井各测项动态影响的试验观测，人类的大型活动如采矿与抽水、爆破、各类建设工程等对邻近观测井泉各测项动态影响的试验观测等；通过这样的实（试）验研究才可以验证我们的某些科学认识，促进学科发展的科学化，监测与预测才能有坚实的基础。

第五点是发挥学科的优势与特色。目前地震监测与预测是基于地震的孕育与发生，是由于地壳应力的增强引起的认识，因此监测与预测过分关注地壳应力的变化。其实，在地震的孕育与发生过程中还有另一种因素在起作用，那就是地壳介质的强度弱化，这种弱化常常是由于地壳深部热物质的迁移或上涌引起的，在地表的表现就是地下水中出现深部流体的组分或断层气与热（温度）的变化，而这种异常信息的观测应是流体学科发展的新方向，可惜的是这类测项观测的技术还不能完全满足台站连续观测的需求，这是亟待攻关的技术。

总而言之，学科要发展、台网要优化、观测技术要改进，要加强地震异常的落实与科学研究，要发挥学科的优势与特色，努力提高地震监测与预测能力，在防震减灾事业中做出更大的贡献。最后，祝流体学科前程灿烂辉煌！



2022年4月于北京