



健康地质： 探究地质环境与人类健康关系的新兴学科

文图 / 张隆隆 黄园英 郝景燕 蔡敬怡

第一作者简介 张隆隆，高级工程师、硕士研究生导师，主要从事矿山治理、土壤修复、边坡植被恢复、国土空间生态规划、生态地质与健康地质调查、盐碱地改良和生态质量评价等方面的研究工作。主持项目10余项，编写专著2部、编写《健康地质100例》《大地质支撑健康中国》《健康地质这样做》等健康地质与生态修复领域科普报告5部，发表论文（第一作者）6篇，授权发明专利2项。

随着经济社会的不断发展，不当的人类活动对地球环境的破坏加剧，气候变化、环境污染、资源枯竭、物种多样性锐减、湿地退化等系列生态问题日益凸显。《健康星球，健康人类》指出，全球每年23%的死亡人口（其中28%为5岁以下的儿童），是由于自然环境因素改变导致不健康的生态环境及

突发性疾病造成的，如空气污染导致世界每年700万人死亡，化学品暴露（石棉、铅中毒）导致世界每年死亡超百万人，人类所有传染病中，大约60%是人畜共患病，占新发传染疾病的75%。世界卫生组织（WHO）预估2030—2050年间，每年会有额外的25万人死亡，主要死于由气候变化导致的营养不良、疟疾、腹泻和热应力造成的。生态资源的消耗及人类活动污染足迹的快速扩增，使人类在生命健康和社会福祉方面承担日益增长的成本。空气污染、化学品暴露及自然资源开采等，都是以消耗自然生态系统——人类生命的支持体系为代价的。

为了赢得未来对突发性灾难、病毒性疾病斗争的胜利，同时确保地球上后代生物的完整性、多样性，需要跨学科、跨部门地思考应对方法。

为贯彻落实“健康中国”战略，中国地质调查局国家地质实验测试中心发挥地质行业的专业



＞绿水青山 摄图网 / 供

优势，将人类演化史置于地质历史时期中统一思考，积极探索构建健康地质新学科研究体系。健康地质，是对人类健康永续发展与地球生态宜居关系的探索；是数字化变革下，在人类健康、生物健康、系统健康、行星健康等共有健康视角下，地质新研究范式的尝试；是地质调查转型到大地质、大调查、大资源、大视野、大数据、大重构、大服务新时期的具体体现；是运用系统地球科学方法，研究元素、空间、地质过程、资源等对人类健康的影响，以此来监测、评估、预测、防控与预警；是着力解决制约经济社会高质量发展的重大资源、环境、生态、灾害与疾病等问题，全面落实“健康中国”与“美丽中国”战略。

健康地质起源于医学地质

希波克拉底（Hippocrates，公元前 460 年—约公元前 370 年，古希腊医师，被西方尊为“医学之

父”）在其著作《空气，水与地方》（*Airs, Waters and Places*）中写道：“如果你想知道一个地方人群的健康状况，就去观察他们呼吸的空气，饮用的水和居住的地方。”探讨了气候、土壤、水源等环境因素对人类疾病的影响。尽管水、空气和土壤都与地质过程、物质状态与属性有关，人类也一直在利用矿物治愈疾病，改善健康。但是很长一段时间内，人们并没有将地质与人体健康建立联系。因为当时科学技术所限，人类的许多认知基于直接观察，直观体验和生活经验，而当时地球科学和地质学还尚未成形，未将元素等核心概念纳入研究范畴，其研究仅限于矿物和金属的一些物理属性和岩层的绘制等。

1997 年，国际地质科学联合会（International Union of Geological Sciences）在第四次研讨会上正式提出“医学地质”（Medical Geology），并将其定义为：“研究常见的环境因素对人类和动物健



＞ 污染物（元素、有机物）对人类健康的主要影响（各个器官或系统的损伤）（据《全球土壤污染评估》修改，2021）

康问题空间分布影响的科学”。医学地质的出现，代表着人们对地球系统有了深入了解后，对人类与地球关系的一种认知程度。2003 年，瑞典地质调查局的地质学家 Olle Selinus 将医学地质定义为：“处理自然地质因素与动物和人类健康的科学，理解常见的环境因素对人类和动物健康问题空间分布影响的科学”，并强调需要多学科领域研究者来参与，这表明科学家开始关注人类及动植物和地质环境的相互作用，以及人类与动物活动对地质环境的影响。

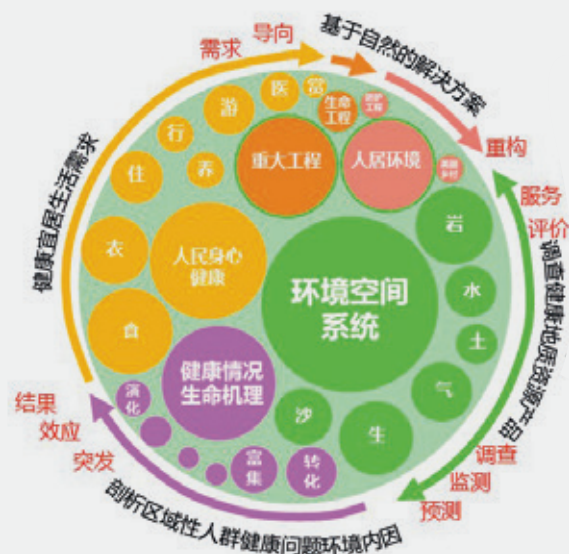
科学技术的革新推动着科学家们尝试去拓展医学地质的内涵与外延，而目前医学地质大量研究仍集中在化学元素影响人体健康的作用机理上。例如，硒与克山病的关系；锂、锶与各种精神障碍和绝经后骨质疏松症的关系；铀与肾脏损害、患癌风险，以及危害发育和生殖健康的关系；氟化物和氟斑牙的关系；炭疽感染可能受到土壤中某些元素（如钙、锰、磷、锶）浓度的影响，等等。

随着科技智能化向智慧化转型，尤其是人工智能的深入应用，人类的认知视野和认知模式出现了深刻的拓展与变化，人们对人类与自然及地球的关系认识达到了前所未有的广度和高度。因此，研究地质—健康关联的学科更需要将地球的大气圈、水圈、生物圈、岩石圈、地幔和地核，以及近地空间视作一个密切联系的整体环

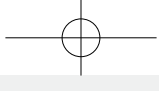
境空间，积极探索它们相互作用的机理及作用过程，追求人类健康、生物健康、系统健康、行星健康等共有健康，健康地质应运而生。

健康地质的核心要义

“人的命脉在田，田的命脉在水，水的命脉在山，山的命脉在土，土的命脉在树”诠释了人与自然的内在联系。地质构造在一定程度上控制着地形地貌与地层岩性，地貌与地层一



＞ 健康地质研究思维导图



定程度上影响着土壤类型、地下水、河流与地表植被，其综合作用影响着人类居住的健康生存环境。健康地质研究扩展地质空间研究对象，与医学地质研究领域相比范围更宽泛。健康地质既是理论与研究方法的创新，又是对生命体与地球物质之间关系的一种全新思维模式，是地球科学与医学、生态学、农学、土壤学、园林景观、环境科学、植物营养学等相结合，系统性研究的新兴交叉学科；聚焦研究生命体健康与地球空间的结构、组分与交互关系，揭示人类健康与疾病问题的起源、分布、预测与防控的规律；着重探讨改善区域环境、预警预测未来趋势，协调平衡发展的机理与前景应用；揭示山、水、林、田、湖、草、沙等空间载体的演化与利用，聚焦人类的饮食、住行、医疗、康养、赏游、认知探索等方面。

健康地质就是去揭示饮食源头的秘密，为大众饮食健康进行过程追溯、情景分析及科学建言。

世界卫生组织（WHO）发布的健康公式指出，在人类健康影响因素中，生活方式占60%，环境占17%，因此，住行环境和条件对人体健康的影响起着关键性作用。健康地质就是解析地质环境、自然生态中各要素的规律，不断提高我们对自身住行环境的认知和把控，以便合理开发和利用“好的”，有效防治和改良“差的”，让“山水林田湖草沙”生命共同体更加具有完整性与连续性。同时，让南水北调、退耕还林、国家储备林建设等改造工程，始终围绕“面向人民生命健康”开展，方便住行，改善环境，让大自然充分“做功”，让人民大众天然“享用”。

健康地质就是解析地质环境、自然生态中各要素的规律，不断提高我们对自身住行环境的认知和把控，以便合理开发和利用“好的”，有效防治和改良“差的”，让“山水林田湖草沙”生命共同体更加具有完整性与连续性。同时，让南水北调、退耕还林、国家储备林建设等改造工程，始终围绕“面向人民生命健康”开展，方便住行，改善环境，让大自然充分“做功”，让人民大众天然“享用”。

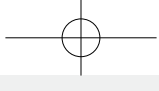
人体的元素构成与地壳中的元素分布高度相似、紧密相连，人的生命健康与所在的居住环境、活动空间息息相关。一些自然元素对于人类必不可少，适度摄取、合理使用才益于健康，若摄入量（即使是有益的“硒”，）对人体健康也会有害。如人体缺硒是克山病、大骨节病的重要病因，但人体摄入过量硒，也会出现手指变形、硒中毒等危害。健康地质致力于破解地球化学元素与生命健康之间的联系，揭示地质材料与地质过程对公众健康的影响，为一些疾病防控、致病溯源提供依据和支撑。

人们享受天然有益物质组分或养分的滋养，达到愉悦心情、平衡心态的作用。健康地质调查发现，长寿之乡、森林康养地、温泉疗养池、自然风景区、道地药材等，均是让大自然抚慰心灵、祛除病痛的康养胜地与保健品。

人们享受天然有益物质组分或养分的滋养，达到愉悦心情、平衡心态的作用。健康地质调查发现，长寿之乡、森林康养地、温泉疗养池、自然风景区、道地药材等，均是让大自然抚慰心灵、祛除病痛的康养胜地与保健品。



健康地质与人类衣食住行游赏养医等生活需求关系



赏游方面 丰富多彩、赏心悦目的地质环境、地质遗迹属于“天工造物”，具有美妙绝伦、犹如置身仙境的功能与奇效。健康地质发掘这些在漫长地质演化历史时期，逐步形成、发展并遗留下来的自然产物。地质环境、地质遗迹大多以不同的美学形式和空间感官来增强人类的身心愉悦感，以实现游览、观赏、追求高品质生活之目的，如怪石嶙峋的黄山，苍翠欲滴的九寨沟等，其不仅是自然资源的重要组成部分，更是珍贵的健康地质遗产。

认知探索方面 人类健康受何因素影响、生存宜居空间如何、地球未来向着何方去等重大课题提上议事日程。智慧化时代推动我们的生活方式深刻变革，让大尺度、大空间、长时序的地球系统科学与小尺度、高精度的生命科学彼此清晰地联结，推动人类演化与地质历史过程的科学模拟与探索。面向小到元素、大到行星宇宙，我们既可在微观世界钻研探秘，揭示生命之源，也可以仰望天空，进行生命体与自然平衡、和谐共处的遨游畅想。如英国科学家利用金属同位素技术，血检锌含量可发现早期乳腺癌。健康地质，目标就是模拟预测生命之过程，探索生命之未来，掌控生命之本身。

健康大地质调查

健康地质调查，以研究人类与自然相互作用关系为核心，聚焦受人类改造从弱到强的三类自然状态（即原始的自然环境，改造的自然环境和损毁的自然环境），调查原始的自然环境，如山川河流、地球化学背景、土壤质量、健康地质资源等，及广大乡村与自然的融合发展状态，以期充分了解自然资源禀赋，最大程度上实现生态产品的价值转化。核查自然背景与人类活动长期影响后的容量差异及对未来人类健康的影响。关注改造的自然环境，解析城区、乡村等人居环境、城市变迁与选址、超级生命工程优劣，剖析重点工程、生产生活改造后的

自然环境对健康人居环境的影响。聚焦损毁的自然环境，重塑矿集区、自然灾害区与农业区的认知资源方式、产业结构与种植习惯，采用新兴技术与地球科学思维去设计损毁区的资源、产业的转型之路，深度思考破坏后再利用与居住群体健康之间的关系。以此为基，强化健康地质的人才团队建设、技术设备发展、大数据引领下的智慧服务，为大众对健康的关注带来强有力的技术、科普文化教育等支撑。

过去百年，地质调查积累的海量数据通过全新的研究范式，进行数据汇总、分类、深度学习、大模型学习等有效手段，获得进一步的模拟过程，理解地球系统要素关联过程，提高对未来预测的能力。未来健康地质调查将应对近地表空间的多要素、多界面、多介质、多层次的全方位、立体化调查，必然要转型为大地质、大调查、大资源、大视野、大数据、大重构、大服务的新时期大地质调查，用“数据-专业知识”一体化解决人类健康、动植物健康与区域生态健康问题，重构更广泛的地学场景。

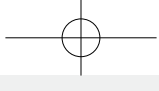
大地质 从地下、地表、近地表空间，用地球科学系统性思维解析“水—土—气—岩—沙—生—人”等多要素的空间状态、物质组成、能量交换与动力过程。

大调查 依据国家重大战略需要，从矿产勘查、地球化学等传统地质调查，积极拓展土壤质量、生态地质、元素生物有效性及健康宜居区等综合调查评价。

大资源 随着技术进步，不仅要重新界定传统资源的可采界限，还要发掘利于人类健康的林草资源、长寿康养区、非常规能源（页岩气等）、清洁能源（风能、太阳能等）、地质遗迹、自然风景，等等。

大视野 用地球系统科学领域视角，进行区域生态、社会环境与产业经济评价与国土空间规划，从国家或省域层面提出改善区域受损生态或人类活动所造成污染的措施。

大数据 传统的CS端（专用网络，小范围的



数据展示)全面地向BS/CS(客户/服务器)端发展,开展地质数据大模型的预测、模拟、决策、咨询、设计等扩展服务。

大重构 将原来所关注的地质年代、地质历史转向人类活动历史。不仅关注传统的石油、有色金属、非金属的勘查评价,同时更注重新兴资源、道地药材、有机农业、土地利用转化、废弃资源再利用等调查、设计、利用的解决方案。

大服务 以地表生态环境宜居、人类健康为目标,进行国土空间健康地质评价,全面构建体系化的调查—评价—设计—咨询服务。

健康地质的践行

健康地质正是在地质学发展过程中,充分顺应国家政策导向,将全民健康、生态文明建设与地质充分联系起来,把人民健康放在优先发展的战略地位,做好四个践行。

一是,健康组织践行。健全政绩考核体系,增加人居环境优良在经济社会评价体系中的权重,把资源消耗、环境损毁、生态效益与人民健康纳入经济社会发展的评价体系,形成绿色GDP的考核体系,从地球系统科学的角度考量,全面整合学科发展,从人—生物—土壤—水—气—岩等自然资源全要素系统的思考,全面解析人与自然的关系,编制区域国土空间、产业、资源等发展规划的顶层设计。

二是,健康环境践行。根据人类健康的需求,制定系列有针对性,区域性的提升人居环境或者保

障人类健康的具体措施,如家园行动计划、长江大保护、黄河流域综合治理、净土行动计划、蓝天行动计划与千万工程等。

三是,健康产业践行。利用好大数据、人工智能等新兴技术,重新去界定与利用资源,加大清洁能源、战略资源的利用程度,用新的产业去改变矿集区等损毁地区的产业形态,从根本上改善人居环境。

四是,健康文化践行。广泛开展健康地质、绿色低碳等方面的科普教育活动,积极培育全民健康文化、健康道德与健康生态的生活意识。

健康地质作为一门新兴学科,还需要广大学者进行大胆探索与实践研究。期待青年学者广泛吸取各个学科的养料,接受并思考数字化变革,发展好健康地质,形成聚合研究效应,争取让健康地质未来成为为人类与大自然“诊脉”与“疗伤”的基础性学科。 

本文由中国地质调查局“典型硫化物矿集区生态地质调查与修复技术支撑(编号:DD20230754)”和中国地质科学院基本科研业务经费“健康地质品牌报告编写设计与指标评价数字化标准分级分类体系构架”(编号:CSJ-2021-07)项目联合资助。

第一作者单位/国家地质实验测试中心

自然资源部生态地球化学重点实验室

(本文编辑:陈 慧)

