

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2006年11月15日 第4期（总第4期）

地球科学专辑

中国科学院规划战略局

中国科学院资源环境科学与技术局

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆 甘肃省兰州市天水中路8号
邮编：730000 电话：0931-8271552 电子邮件：gaofeng@lzb.ac.cn; anpj@llas.ac.cn

目 录

国际科学计划

国际地球科学计划申请指南..... 1

固体地球科学

表面活性剂对气藏近井区域润湿性的影响.....9

国际科学计划

国际地球科学计划申请指南

1 前言

2006年7月31日，国际地球科学计划（International Geoscience Programme, IGCP）¹开始征集项目建议书。该申请指南及申请表格已经过修改，目的是使之与UNESCO（联合国教科文组织）及IUGS（国际地球科学委员会）的战略计划的要求保持一致，其中UNESCO及IUGS是两个提供赞助的合作伙伴。新的国际计划指南项目涉及到的人员不只是地球科学界，还包括决策者、政府规划者及政策制定者。而且新的IGCP涉及到很多自然交叉学科，尤其是以下主题：水循环的地球科学、地质灾害、地球资源，全球变化及生物进化，地球深部及其他与基础应用地球科学相关的专题。

2 IGCP的宗旨和目标

IGCP的主要宗旨是促进世界各国科学家在地质问题研究上的国际合作，尤其是那些来自工业化程度更高的国家的个别科学家和发展中国家科学家之间的合作。IGCP的目的就是通过长期的共同研究工作、会议、实地考察以及讲习班等形式，达到在解决全球所面临的问题时促进对地球科学的利用。这些全球问题包括，当然并不局限于持续发展、人类的健康与安全、减少自然灾害的负面影响及资源的开采等。

IGCP是一个国际多学科交叉计划，它涉及到地球科学的不同领域，并与UNESCO和IUGS的其他计划紧密结合。它支持学科的交叉互动，如水文学、生态学、海洋学、大气学及生物学。已经证明IGCP通过在发展中国家增加地球科学的知识以发挥其优势来促进可持续发展是一种成本低、效率高的成功的方法。

IGCP追求更广泛的目标：①提高我们对影响全球环境的地球科学因素的理解以改善人类生活环境；②制定更有效的方法去寻找并可持续开采矿产、能源及地下水等自然资源；③提高对地质过程及其全球重要性概念的理解，包括与社会相关的问题；④提高地质研究的水平、方法和技术，包括工业化国家和发展中国家地质和岩土知识的交流。

3 操作方针

IGCP的目标是通过单个项目来实现的。在每一个特定年有效项目的数量取决于UNESCO和IUGS的当前优势、资金的多寡、已存项目的成功和进展以及新提交项目建议书的质量和优点。

¹ 国际地球科学计划由UNESCO（联合国教科文组织）和IUGS（国际地质科学委员会）联合发起，前身为国际地质对比计划，2002年改为国际地球科学计划。本计划所关注的地球科学（geoscience），更多情况下指的是以地质学为主的固体地球科学。

背景：计划和单个项目的成功是项目管理者的敬业奉献及全世界地球科学家的热情支持、参与的结果。这些项目通常是在参与国已存工作的基础上建立起来的，并从政府和其他部门吸收额外的资金。

项目建议者应该能够指明他们的工作与社会可能存在的联系，解决发展中国家能力建设的问题，注重教育和培训，包括把无权人群（如年轻一代、妇女、少数民族）等作为考虑的重点。

期限：IGCP 项目的允许期限是 5 年。每年都会对各项目审查一次，根据审查结果，对表现不良的项目可能会终止。

资金支持：每年对各项目的支持力度取决于项目质量，而对已经获得资金支持的项目则取决于它在过去一年的表现。每年 UNESCO 和 IUGS 向 IGCP 项目提供的资金支持包括了在组织或管理与项目有关的科研、会议、讲习班，以及促进发展中国家参与方面的费用。这些有限的资金作为“种子资金”弥补了其他来源获得的额外资金的不足。过去的经验表明，成功的 IGCP 项目是能够保证从其他来源获得大量额外资金的。每年向 IGCP 项目提供的资金的实际数量是由 UNESCO 和 IUGS 共同决定的。

评价：IGCP 项目必须成功地达到以下标准：①注重与 IGCP 的科学目标有关的高质量科学的研究；②满足国际重要性和社会相关性的需要；③注重多学科交叉合作；④构成全球参与模式，包括来自发展中国家的科学家；⑤说明地球科学和/或社会的长期和短期的潜在利益关系；⑥明确申明 UNESCO、IUGS 和 IGCP 的支持；⑦提高全球地球科学的透明度，比如说，把科学成果在国际会议的期刊或媒体上发表出来。

UNESCO 和 IUGS 共同委任 IGCP 科学小组委员。单个的建议书和年度报告分发到重要的成员手中，以初步评估它们的科学价值及与 IGCP 目标的相关性。选拔出来的 IGCP 科学小组委员共同考虑初步评估和经费优先申请的决定。

4 IGCP 项目建议书专题

IGCP 欢迎下列专题的建议书：①IGCP 非常感兴趣的专题（如下文所列）；②UNESCO 和 IUGS 每年指定的专题；③其他与基础和应用地球科学相关的专题。

IGCP 非常感兴趣的专题：

(1) 水循环的地球科学

地球上的生物依赖水而生存。水资源能否持续利用是维持人类存在的关键所在。地球上的水资源包括地表/地下水、海洋水及冰川。对地球水资源的研究包括了解和管理地表水及地下水系统，如水资源、污染、脆弱性及其历史。

(2) 地质灾害：降低风险（减轻灾害）

地质灾害包括地震、火山活动、滑坡、海啸、洪水、陨石撞击以及地质材料的损坏风险。地质灾害可以是局部的，比如坍塌、海岸侵蚀，也有威胁到人类的事件

(如超级火山的爆发或者陨石的撞击)。地球科学家正在进行研究如何更好的理解这样的灾害，并尽量降低风险。

(3) 地球资源：维系社会的存在

地球资源包括矿产、碳氢化合物、地热能、空气和水资源。未来社会的健康以及这些资源的持续利用。对地球科学研究来说，如何从保护环境的角度考虑，对这些资源进行负责任的开采，是一项挑战。技术的发展与进步也是以此为前提的。

(4) 全球变化和生命演化：地质记录的证据

地球气候及地球生物的变化都记录在岩石中：冰川和尘埃记录、陆地和海洋的沉积物以及植物和动物的化石组合序列都成了该地质记录的一部分。生物影响了地球大气圈、海洋及大陆表层。一些重要生物的灭绝延缓了地球的历史。这些灭绝事件都与剧烈的环境和生态系统的变化有关。过去的环境教训揭示了现在和未来将要面临的挑战。

(5) 地壳深部：是如何控制环境的

地球表层，包括我们居住的环境，是深部地球作用的产物，同时也受控于它。环境的研究（从地球磁场的变化到地球构造特征）增加了我们对地球系统如何工作的理解，其中用到的方法很多，比如地球物理技术和地质力学方法。

专题每年确定一次，UNESCO、IUGS 和 IGCP 科学小组每年对各专题共同确定，且不管哪一年，上述专题都具有时间相关性。

其他与地球科学的基础应用相关的专题，IGCP 鼓励与地球科学有关的各种项目建议书的提交，前提是它们都符合 IGCP 要求。

5 项目建议书

IGCP 项目建议书可以个人名义，也可以团体名义提交。IGCP 科学小组会不时建议项目负责人，让他们考虑科学质量、内容、范围、可行性、预算和与潜在项目建议书的相关性(如让他们考虑有资质科学家的参与，引进他们的创新性及其成果)。

对新的 IGCP 项目建议书（和现行项目的年度报告）的评价每年举行一次，参加评估者为 IGCP 科学小组的代表，通常是在二月份的上半月进行。评价以 IGCP 的标准和目标为基础（比如项目建议书的潜力和灵活性、对 IGCP 总目标的坚持、建议者的资格、项目的科学进展、成果的重大意义、坚持核定预算等）。项目受资助等级有三个：高、中、低。

新项目建议书的提交及 IGCP 秘书处接收的最晚日期是每年 10 月 15 日。每个项目领导者必须拥有一份来自他或她所代表的 IGCP 或 IUGS 国家委员会的推荐信。IGCP 秘书处考虑项目建议书的情况将会及时通知建议书的发起者。

项目建议书表格可以从 IGCP 秘书处获得，也可以从以下网站下载：

<http://www.unesco.org/science/earth/igcp.shtml>

6 青年科学家计划

IGCP 青年科学家项目旨在促进发展中国家和发达国家的有潜质的科学家在他们事业早期进行国际合作。人们希望通过该项目招募和培训青年科学家建立未来合作项目。建议书和项目均应符合以下条件：

①建议者应该获得博士学位不应超过 10 年；②建议者应提供一份个人简历，其中至少包括一份在国际上经过同行评议文章的复印件；③鼓励建议者（并不要求）找一名有经验的科学家作为顾问以指导项目；④建议者因项目的期限问题，应说明其与研究机构、大学、地质研究所或有关组织的关系；⑤项目可以，但是并不是必须与已存 IGCP 项目有某种关系；⑥项目的期限是 3 年，项目应该包括从两个国家来的至少 3 个青年科学家，且主要建议者必须来自发展中国家；⑦青年科学家项目每年受资助额最多 5,000 美元；⑧所提供的这些资金用来资助。

- 至少有 5 人参加的学术界会议，包括组织的领导；
- 参加 IGCP 组织的或其他国际科学会议；
- 参加培训课程；
- 科研设备（占所拨资金的 40%）。

7 项目结构与活动

7.1 管理与责任

项目管理为建议书的一部分。IGCP 项目至少有一个以上的管理者，理想一点包括从欠发达国家来的领导及合作者。项目领导是 IGCP 秘书处、UNESCO 和 IUGS 的主要联络者。

成功的 IGCP 项目都明确规定了他们的工作结构、领导者，并注重内部多学科交叉的工作计划。

参与单个项目的科学家应能把他们的进展，向各自所在的国家 IGCP 和 IUGS 委员会及 UNESCO 的国家委员会汇报。

7.2 合并计划

可能会发生这样的事情：有些项目建议书于与已存项目旨在解决相同的问题，或这些问题关系密切。在这种情况下，要求项目结构足够灵活以吸收新的参与者，并且对科研工作相同基础下给以新的适当指导。

7.3 项目活动延期到第 6 年

第 5 年底，IGCP 科学界会建议 IUGS 和 UNESCO 对一些项目延期 1 年。这样的 IGCP “延期”项目在运作过程中是得不到 IGCP 额外的资金支持的。这些项目还将继续向 IGCP 秘书处和 IUGS 常设秘书处提供一份简短的年度报告和所有已发表文章的复印件。他们拥有使用 IGCP 项目标识的权利。

8 资金

在活动的第3年，根据单个项目进展及科学价值（低、中、高），IGCP 科学小组对所有新的或正在进行的 IGCP 项目进行评估，每年一次。IGCP 科学界向 IGCP 秘书处提交 1 份大致的需优先考虑的项目清单。各项目的资金拨款情况随后由 UNESCO 和 IUGS 共同决定。

在 IGCP 整个工作计划允许的情况下，可以通过 IGCP 财务处或 UNESCO 办公室领取拨款。为获得金融支持，要求项目领导人在项目会议召开前至少提前两个月向 IGCP 秘书处提交一份文件，应包括以下详细信息：年度工作计划，会议日期与地点，将获金融支持的参与方的名称、机构及国家，以及用于转账的银行账户号。

所有科学价值为“中”的新项目在前两年可以得到资金支持。目前 IGCP 项目的平均资助水平为 5,000~10,000 美元。

为达到资金要求，必须符合以下条件：

①所拨资金应该严格用于项目方主办的讲习班及会议受邀者的旅程和生活费用。这些资金不应仅用于项目负责人的交通费用；②秘书处/管理费用不应该超出拨款总额的 40%；③拨款不包括出版费用；④原则上讲，每年所拨款项不得拖到下一年；⑤所有与项目有关的成果（出版物、赠阅本等）应该能够清楚看到 IGCP 标识，年度报告中必须附一份详细的资金说明，并申明金融支持方为 UNESCO 和 IUGS。

9 报告

IGCP 秘书处会把年度报告表格发至各项目领导者手中。年度报告（正式英语中用 IGCP 格式）是随后对 IGCP 项目进行资金分配（高、中、低）基础。项目领导者必须在 10 月 15 日之前提交到 IGCP 秘书处。年度报告及其他文件是 IGCP 科学界用来评估时用的。

年度报告是对过去一年活动的简要说明。包括但不限于事件（如会议主题、日期，参加者数量等）、科研活动（如野外和实验室研究等）、培训（如讲习班及小的课题，地点、日期等）、预算和支出的详要（接收单位、接收者的名字）、发表的文章和其他成果及以后的计划。项目负责人应明确表明并举出实例说明在所有与 IGCP 项目活动中，IGCP、UNESCO 和 IUGS 是如何被大家承认和信赖的。年度报告的重点应放在科学成果上，与之相比，会议则显得逊了些。

年度报告是总结的基础。IGCP 秘书处、UNESCO 和 IUGS 用于其他目的，以利于全球地球科学团体合作，并将用于出版地质联系的文章。

活动的最后一年，即项目终止前，项目负责人应提交一份最终报告。要简明，语法正确且详尽。除了科学成果外，最终报告应表明是如何实施科学计划的，并指出科学成果的实际应用。

10 IGCP 项目的成功经验

经验表明，成功的项目具有如下特点：①把重点明确放在具体的科学问题上；②及时发现问题的新思路、新技术及新发现的证据和结果；③为野外、室内和理论研究三者结果提供了工具；④为以后的学习和培训奠定了基础；⑤培养了一批高质量和国际公认的项目组织者，他们忠实、积极、高效、富有建设性，并对公平合作真正感兴趣；⑥确定并整合项目的“基础”和“应用”部分；⑦及时通过国际会议和出版物的形式公布结果；⑧以国际项目负责人和成员的参与为特征，特别是包括了来自发展中国家的个人；⑨建立项目网站，能保持定期更新，并可与 IGCP 主页相链接。

11 IGCP 与社会的相关性

下面是现存 IGCP 项目的概要，都强调了社会相关性，可以作为个人在申请 IGCP 项目的指南。

455 项——基底火山的相互作用和人类活动（2001—2005 年）

该项目的重点是大型火山构造在重力稳定的前提下基底岩性的作用。主要部分是：①火山及相关地质灾害的研究，特别是火山塌陷、喷发、滑坡和地震的减轻方面。②减轻火山喷发影响的技术和技巧的开发和传播。该项目成果包括：①建立了一个数据库，把以前通过合适的岩土、岩石地球化学、同位素技术进行统计分析的分散资料进行汇总。②调查环太平洋板块交汇地区、东非裂谷的新近活动的火山地区及一些老的、深部侵蚀火山遗迹；大西洋、亚洲和北极地区的海洋及大陆内部板块火山区；地中海地区的复杂的板块边界；以及人口密集区的灾害分布图。该项目将建立一个与基底火山稳定性评价相关的标准化观测目录，这将成为没有进行过深入研究的火山的参照。项目的社会相关部分就是对申请地热能、矿产和水资源开发方面的项目的课题是有用的。

487 项——拉丁美洲城市的地震微缩

从某种意义上说，该项目是最近刚完成的一个联合国国际自然灾害十年减少计划即 RADIUS 的一个继续。解决的是防灾工作：预测地震对拉丁美洲的重要城市可能造成的影响，目的是减少大地震的影响。该预测包括两部分：①确定最有可能对一个城市造成影响的地震（或在某种情况下震级最大），比如地震灾害评价（确定性或概率）用数值来表示地震对一个地区特殊土的影响。②评价建在沉积盆地上的城市变化。不同地区影响不同，该现象普遍存在。目前，第一部分在拉丁美洲地区十分有名，因为在国家或地区范围内进行了 20 多年的地质灾害评估，其研究成果构成了该项目的基础。第二部分更复杂一些，主要从事“地震微缩”工作，通常需要一批大的科研所队伍，使用的设备也十分昂贵，而且还要对一个地区的地震或者微震进行长期观测。因为该项目的研究费用之高，其工作的展开比预想的要小得多。

490 项——环境灾变（2003—2007 年）

该项目的重点是：对全新世地质灾变从学科交叉的角度进行研究，这对生态文明建设是重要的。目前，从国家或国际角度来说，还没有哪个组织能够公平对待这个问题。参加一些国际组织的工作，比如 IUGS、国际第四纪组织 (INQUA)、UNESCO 和国际地圈—生物圈计划，将会创造一个新的社会合作格局。该项目主要考虑的是从全新世开始（最近 11,500 年）以来的环境事件，不包括冰期—间冰期的影响。分三个时期来考虑：①全新世的重大自然灾害大部分可从沉积记录中获悉；②最近的 5,000~4,000 年有了文字记录；③最近几百年来产生了仪器记录。重要的是该项目将查明生态文明是如何快速地从灾难事件中恢复过来的。随着人们逐渐意识到重大自然事件会对全球产生突然的影响，该项目刚好就是评价现代社会对极端自然灾害/威胁的灵敏度的。参与到该项目的有地球科学团体，也有生物学家、考古学家、历史学家、气象学家和天体物理学家。

499 项——泥盆纪时期生态和气候的演化

泥盆纪是一个重要的时期：陆地上的动物和植物大量出现，从温暖期向寒冷期气候发生快速转变，这都影响着大陆和海洋的沉积及生物多样性。该项目包括对国际上一些具体案例的研究，需要多学科工作人员合作，比如在同一小组泥盆纪地层中就涉及到沉积学，古生物学、地层学、古气候学、构造地质学、古化学、古海洋学、古地质学。该项目成果将有助于人们对有重要经济价值的泥盆纪岩层的开发：①碎屑岩和碳酸盐岩是汽油和/或天然气的富集岩区，并可能赋存有重要的地下水资源；②赤铁矿，沉寂铅锌矿及结晶岩（如硬石膏，石膏等）。该项目成果对参与到其中的发展中国家和快速发展的国家来说是有利的。对泥盆纪海洋和陆地生态系统的演化和相互作用的研究有助于我们理解现在和以后影响气候和生态系统的因素。理解泥盆纪气候的动力学特点有助于改善现在的气候模式。

500 项——西风和季风：对气候变化及干旱环境、水和人类变迁的影响

该项目有三个主要的目的：①通过更好地理解从数千年到年际尺度的气候变化和变率、环境改变及重要资源的驱动因素，提高干旱地区人口的福利待遇。②研究主要干旱区景观及资源的动力特征，特别是水动力和风系统动力，及其在整个第四纪（已持续了 11,500 年）与人类在使用旱地过程中的相互影响及相互作用。理解千万年来水对干旱气候改变时的响应；确定所引起的生态系统的改变，更好的理解第四纪的干旱陆地历史，并提高人们对千万年来干旱大陆变化的反应。③通过评价和评估在有代表性的不同古环境中的旱地上测年技术的使用，不同组织和团体之间研究思路、方法和成果的交流，达到提高旱地前沿科学的能力。其工作包括交叉学科协作，提高发展中国家在旱地研究上的科研能力，包括对研究生和其他高级人才的培训。

523 项——GROWNET: 全球地下水网络系统

地下水的管理包括对地下水的质量和数量进行开采、评估、持续利用和保护,许多发展中国家和低收入国家,存在着一些对地下水管理的很好的例子,是通过非政府组织尽心工作及当地人民的参与来实现的。城市地区一些使用屋顶积水及承压水获得成功的例子。该项目计划建立一个网站和一个通讯社以传播地下水管理的成功经验,召开地区专家会议讨论方法、成功的经验和存在的不足。我们打算让 GROWNET 成为东南亚、非洲、撒哈拉以南以及拉丁美洲在能力建设、地下水获得良好管理的信息传播上的一个有效、透明、可靠、灵敏度高的网络工程。

12 成功的 IGCP 项目都非常注重基础研究

440 项——亚超大陆的汇聚与解体

该项目的目的是勾画出现在分裂的晚中元古代—早新元古代时期罗得尼亚超级大陆(冈瓦纳超级大陆的前身)的分布图,并通过交叉学科的学习,使超级大陆中元古代时期的增生和新元古代时期的解体理论形成文件,以确定古元古代古陆核是老的、前罗得尼亚超级大陆的解体形成的,还是陆壳的分离部分。该项目的最终成果将在《罗得尼亚超级大陆地球动力学图集》上发表。罗得尼亚超级大陆的重建将解释以前连续的中元古代成矿省目前却呈分离块体的原因,这将为一些国家的矿产开采计划以地球的整个进化过程提供了强大的概念背景。440 号项目是 IGCP 最成功的项目之一,每年在很有知名度的期刊上发表的论文有 50 篇左右,如《前寒武纪研究》、《地质》、《地球和行星科学代码》、《伦敦地质学会期刊》及《冈瓦纳研究》。此外,一些书籍及野外考察指南也已经出版。来自 40 多个国家 300 多名科学家参加了这个项目。包括从拉丁美洲、非洲、中东和亚洲来的发展中国家广泛参与了该项目。它的活动涉及到所有大陆的科学家——这是一个真正意义上的 IGCP 项目。该项目极大地促进了地球科学领域内各学科之间的交叉,值得注意的是地质学、同位素和古地磁学。该项目对来自不同国家和不同机构的科学家进行了研究生培训,促进了其在使用科研设备(如岩石测年仪、质谱仪)时的合作。该项目促进了同位素技术的发展,特别是单锆石测年技术,如 SGRIMP 和结晶技术该项目的另一个贡献就是它提高了古地磁分析技术的精度。此项目把“异质碎屑和大颗粒的异质碎屑”放在了元古代超级大陆(如罗得尼亚和冈瓦纳)的地球动力学模式中去。该项目最突出的成就是《Rodinia 超级大陆地球动力学图集》,目前正处于出版的最后阶段。

(侯春梅 张志强 编译)

译自: International Geoscience Programme(IGCP) Guidelines, Episodes, 2006, 29(3): 218-225

检索日期: 2006 年 10 月 18 日

固体地球科学

编者按：随着我国油气工业的发展，国内高孔隙、高渗透的油气田大多已进入勘探开发晚期，虽然采取了多种措施，但已很难在产量上有所突破，但小而复杂的低渗透油田的比例却越来越大，近5年新增探明储量中低渗透油储量的比重已增至50%~60%，剩余石油资源中低渗透油田储量也占到76.5%。就已开发油田的采收率而言，全国平均为33.2%，而低渗透油田仅为24.7%，仍有很大潜力可挖。因此，研究国外在低渗透油气田勘探开发中所采用的新技术、新工艺对我国低渗透油气田的有效勘探开发，保障国家能源安全具有重要意义。本篇译文主要介绍了以增加气体生产力为目的的一项表面活性剂应用比较试验。

表面活性剂对气藏近井区域润湿性的影响

1 引言

许多气藏具有低渗透性，因此需对它们进行水力压裂。由于与烃流体相比低价和安全，添加了稠化剂的盐水被作为水力压裂处理的传统载体流体。在压裂期间，一些载体流体遗漏进储层。典型的气藏是水润湿的，由于在水润湿性多孔介质中具有正毛细管压力，致使一部分泄漏的盐水保留在破裂面附近。如果生产压力高于毛细管压力，则水的滞留力低。否则，遗留的盐水可以锁住气流从而削弱生产力。如果气藏产水量小，那么水同样可以在破裂面附近聚集。

在气井中，毛细管压力为跳过水—气弯曲面的压力。杨—拉普拉斯方程给出了水—气界面张力、接触角和界面曲率平均半径之间的关系，如下所示：

$$P_c = \frac{2\gamma \cos \theta}{r_m}$$

如果能增加接触角，那么就能减小毛细管压力，因而可以降低积聚在破裂面附近的盐水饱和度。通过加入如甲醇等挥发性溶剂，可以减少水的集结。但同时发现润湿性的变化改善了负荷水的恢复。虽然甲醇可引起压裂工作水采收加快，但由于从气藏运移来的水，这一过程不能减少破裂面附近水的聚集。一个有效减少破裂面或井孔附近水饱和度的方法可能是改变润湿性，从而达到减少破裂面或井孔附近的水饱和度。图1描述了表面活性剂处理之前井孔附近的似真实饱和度剖面。

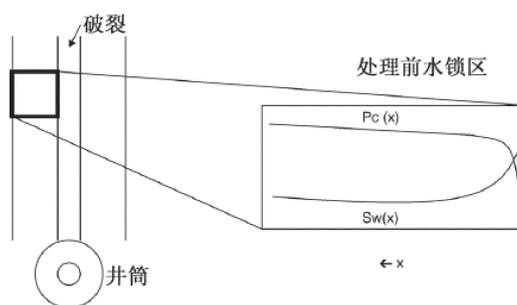


图1 破裂面附近水饱和度和毛细管终端效应示意

此项工作的目的是发现成本有效的表面活性剂以改变气井的润湿性，从水润湿到中性润湿。试验者已经对一些由表面活性剂引起的变化开展了研究。本项试验的研究方法将在第二节进行描述，第三节进行结果讨论，文章最后对我们的观测结果进行总结。

2 实验过程

实验室研究在两种尺度下进行。首先，实验在矿物切片尺度进行，用表面活性剂溶液在碳酸盐表面（方解石和大理石）和硅酸盐表面（云母和硅晶片）处理以研究它们对润湿性的影响。其次，在岩芯尺度（灰岩岩芯）做实验以研究表面活性剂对相对渗透率和自吸的影响。

2.1 使用的流体

用于本项实验的表面活性剂列于表1（略）之中。实验中，研究了5种氟硅烷（分别命名为A到E）和测试了2种来自石化技术的被称做OSA(油溶性胺)和WSA(水溶性胺)的胺。同时也测试了阳离子表面活性剂(DTAB)、氟化表面活性剂(Forafac)和氟化聚合物(FluoroPel)。氟硅烷和OSA是不溶于水的，他们被制成乙醇溶液。在表2（略）中列出了用于一些实验中的油田盐水组成。实验是在室温下进行的，温度变化范围为22℃~24℃。用空气作为气相，对实验用的托盘采用干燥空气风干。

2.2 润湿性测量

通过测量接触角来确定表面活性剂对润湿性的影响。使用计算机辅助测角器来确定普通表面上的推进和均衡接触角。用以下过程来确定接触角。

通过在菱形托盘上对切片的研磨，含方解石和大理石的碳酸岩表面变得平滑。这一过程也暴露出了岩石表面的矿物未被污染的层。用合成盐水（0.1 N NaCl盐水）对矿物切片平衡1天，然后在测量未处理表面、水和空气初始接触角之前进行干燥。针对砂岩样品，采用新鲜的云母表面（纳米级光滑）作为模型表面，在合成盐水中沿用老化的云母测量初始接触角。由于云母具有与硅晶片类似的特性，因而在我们最初的实验中使用了云母，新鲜的裂开云母是分子级光滑的。

在测量完初始接触角后，将岩石切片浸入表面活性剂溶液（选定的浓度）中浸泡1天。将切片从溶液中取出并在空气中干燥。再次测量处理表面、水和空气之间的接触角。将切片浸回表面活性剂溶液测试附加的沉积物和老化的影响。将处理托盘分别放入合成盐水和油田盐水中研究苛刻条件下沉积层的稳定性。

2.3 吸收研究

从切片研究的尺度选择出2种好的表面活性剂，氟化聚合物(FluoroPel)和活性剂D，用于更进一步的大尺度研究。这些表面活性剂被用于岩芯尺度润湿性变化研究。下面的过程是研究在岩芯尺度润湿性变化的影响。对碳酸盐岩岩芯在真空中干燥后充分浸入合成盐水(0.1 N NaCl)中，测量盐水的渗透率。接着在10~14 psi/ft压力梯度下用潮湿的N₂气冲洗岩芯形成残余盐水饱和度，并测量这种残余饱和度下气体的

渗透率。然后将岩芯从另一端用6 PV乙醇淹没排驱残余的盐水。

将岩芯淹没在3 PV表面活性剂溶液并在室温下老化24小时。将老化的样品再次淹没在6 PV乙醇中，紧接着用6 PV合成盐水分别除去未吸附的表面活性剂和乙醇。然后在10~14 psi/ft压力梯度下用潮湿的N₂气冲洗岩芯形成残余盐水饱和度。

在100 psi/ft的高压力梯度下将岩芯淹没在干燥的N₂气中，紧接着将岩芯从固定器中拿出浸入盐水，监测盐水的自然吸收。同时用一个未进行表面活性剂处理的参考岩芯研究盐水的吸收。在自然吸收后，再次将岩芯完全浸入盐水中（从真空到100%盐水饱和度）。然后在10~14 psi/ft压力梯度下用潮湿N₂气冲洗形成剩余盐水饱和度，以获得剩余饱和度下的气体渗透率。

3 结果与讨论

在所有接触角测量的情形中，观察到高的初始接触角在几分钟内减小为较小的平衡接触角。FluoroPel没有改变云母的接触角。在这些实验中用于处理的表面活性剂的浓度为4%（质量百分比，下同），表面活性剂为含甲氧基或乙氧基的硅烷。云母样品润湿性变化的机制可能是由于硅石/云母表面硅烷基团和Si-OH基团的键合，氟骨架暴露在表面，氟骨架给表面提供了抗水性。方解石表面润湿性变化的机制还没有研究清楚。

通过在表面活性剂溶液中老化6天后，将切片浸入油田盐水中一周，测试油田盐水中吸附的氟硅烷表面活性剂的稳定性。与此前相比，在油田盐水中浸湿后接触角并没有太大的不同。可以推断，一旦表面活性剂沉积，其可以在油田盐水条件下稳定一周。

研究了氟硅烷C、D和E（它们可以成功地使岩石表面变为中性润湿）表面活性剂浓度对润湿性变化的影响。对表面活性剂D和E而言，1%的溶液比4%的在改变润湿性方面更有效。

在上述条件下表面活性剂E形成溶胶，而表面活性剂C和D形成悬浮液。将方解石和云母切片浸入上述溶液中保持老化1天。在表面活性剂D的情况下，生成白色沉淀物并包裹了部分矿物表面。但是在没有沉淀物的区域，发现接触角没有改变。由水中硅烷水解形成的沉淀物结构具有天然防水性，而这些沉淀物并不是我们希望的，因为在处理期间它们会堵塞孔隙介质。

对水溶液硅烷表面活性剂水解稳定性或降解产品的性能了解甚少。Grüning和Koerner (1989)指出在pH为7~9范围，三硅氧烷的水解非常缓慢。Retter 等 (1998)发现对硅氧烷烷基氨基盐基溴化物而言，随链长度增加水解降低，随支链的增加水解增加。他们也发现了水解产品的催化过程。对这些表面活性剂水解稳定性更彻底的研究需要进行长期的野外应用。

OSA表面活性剂不能改变云母的润湿性。WSA、DTAB 和 Forafac 可以改变云母

的润湿性，但不能改变方解石的。推断这些表面活性剂可以将阳离子吸附在云母表面。

在FluoroPel研究中，可以看出剩余盐水饱和度适当改变(~25%)，在处理之后气体相对渗透率几乎增加160倍。将盐水滴放在经FluoroPel处理后的岩芯顶部，发现盐水没有被吸收进岩芯，形成的表面接触角大约为113°，指示出表面润湿性的变化。在表面活性剂D的情形中，残余盐水饱和度减少了约10%，气体相对渗透率增加因素约为30%。这些非常有意义，但比FluoroPel的情况低。注意到FluoroPel处理的岩芯两面都为中性润湿，但经表面活性剂D处理的岩芯仅有表面活性剂注入一面为中性润湿。在切片尺度和岩芯尺度实验中，润湿性改变的方法是不同的。在切片实验中，切片在处理之后风干。然而在岩芯实验情形中，经过表面活性剂处理后岩芯被完全淹没在乙醇和盐水中。将来可以改进岩芯浸没的次序，以便获得更均一的润湿性改变。

对未做处理的岩芯，约20小时盐水吸收量为（适当原始气体）67.5%OGIP。对经表面活性剂D处理的岩芯，盐水吸收量为40%OGIP。对经FluoroPel处理的岩芯，盐水吸收量减少到7.5% OGIP。FluoroPel成功地改变了岩芯的润湿性，增加了残余盐水饱和度下气体的渗透率。

残余渗透率是指残余盐水饱和度下的有效气体渗透率。在同样的压力梯度下可以观察到，经过处理的岩芯比未处理的岩芯显示出较高的相对渗透率。在低的压力梯度下（如14 psi/ft），气体渗透率的增加比高的压力梯度下的要高。处理的岩芯具有较高的残余渗透率主要是由于残余水饱和度的原因。水润湿情况下水饱和度高是由于毛细管的末端影响，其随压力梯度的增加而降低。

一旦岩芯变为较低水润湿，那么气体相对渗透率就会下降。当流体变得较润湿时，它占据了相对小的孔隙，从而造成较低的相对渗透率。同时注意到，对处理的岩芯，当压力梯度增加时，残余水饱和度降低。在200 psi/ft压力梯度下，毛细管数（定义为 $N_c = \frac{\Delta P k}{\sigma L}$ ）为 0×10^{-5} 。故毛细管数在 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ 区间内变化。因此，在中性润湿情况下残余水饱和度在该区间内变化。

4 结论

鉴别出多种在水—气—岩系统中可以将碳酸盐岩和砂岩从水润湿改变为中性润湿的表面活性剂。在氟硅烷中，随氟基团的增加，岩石水润湿性降低。在1%的表面活性剂浓度下老化一天足以改变岩石的润湿性。表面活性剂与油田盐水的相互作用，在选择合适的表面活性剂中具有重要意义。润湿性的更改可以降低水力压裂面附近的盐水饱和度，增加气体生产力。气体相对渗透率的增加是由润湿性的变化引起的，润湿性是压力梯度的函数。要了解气藏尺度润湿性改变的机制、润湿性的长期稳定性及其影响，则需要用低渗透岩石进行进一步的研究。

（郑军卫 编译，江厚顺 校对）

摘译自：Effect of surfactants on wettability of near-wellbore regions of gas reservoirs
Journal of Petroleum Science and Engineering, 2006, 52: 227-236.

检索日期：2006年10月26日

版权及合理使用声明

本快报遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将本快报用于任何商业或其他营利性用途。同时本快报支持用于个人学习、研究目的，不得对本快报内容包含的版权提示信息进行删改，在合理使用范围内请注明信息来源。

欢迎对本快报提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

NATIONAL SCIENCE LIBRARY OF CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

“科学研究动态监测快报”是由中国科学院国家科学图书馆编辑出版，由相关中国科学院规划战略局等中科院的职能局和专业局支持指导的信息报道类刊物，于2004年12月正式启动。目标是瞄准基础科学、资源环境科学、生命科学和战略高新技术等科学领域，针对中国科学院1+10科技创新基地，以及重大的科技政策、科技发展战略、科技预测、科技规划、科研计划与项目、重大科研成果等对其进行持续跟踪和快速报道，送院领导、规划战略局、计划局、各专业局和其他相关局，并送相关研究所和有关科技机构。每月1日和15日出版。

本系列快报共分12个专辑，分别为由中国科学院国家科学图书馆承担的交叉前沿·大装置·空间科技专辑、纳米观察专辑、现代农业科技专辑、科技战略与政策专辑；由兰州分馆承担的资源环境科学专辑、地球科学专辑；由成都分馆承担的先进工业生物科技专辑、信息科技专辑；由武汉分馆承担的先进能源科技专辑、生物安全专辑、先进制造与新材料科技专辑；由上海生命科学信息中心承担的生命科学专辑。

编辑出版：中国科学院国家科学图书馆

联系地址：北京市海淀区北四环西路33号（100080）

联系人：冷伏海 朱相丽

电话：（010）62538705、62539101

电子邮件：lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn

地球科学专辑

联系人：高峰 安培浚

电话：（0931）8270322、8271552

电子邮件：gaofeng@lzb.ac.cn; anpj@llas.ac.cn