



深海光电传输有了“避水诀”

■本报记者 严涛 ■张行勇



①海试布放。 ②吴国俊(左二)和团队在工作中。 ③海底实时照片。



课题组供图

我国四大名著之一的《西游记》中，孙悟空有一种神奇法术叫“避水诀”。书中第43回写道：“(行者)捻了避水诀，分开波浪。”孙悟空口念此诀进入水中即可畅通无阻。

如今，《西游记》中的情节正在变为现实。中国科学院西安光学精密机械研究所(以下简称西安光机所)联合中国科学院声学研究所、沈阳自动化研究所、长春应用化学研究所，以及崂山实验室等多家单位研发的我国首套深海光电复合型水下湿插拔连接器近日通过验收，并已在1620米的深海中正常试运行超过70天。这套湿插拔连接器可以根据要求实现“水密”，不惧海水的高压和腐蚀干扰，念起“避水诀”，在深海中实现光电传输。

在深海中“裸奔”还能滴水不漏

为什么叫“湿插拔连接器”？设备研制负责人、西安光机所海洋光学技术研究室主任吴国俊介绍，这套水下湿插拔连接器分为两部分，相当于家庭使用的电器插头和插座。在进行水下工程建设时，不采取任何防水措施，通过接驳站等设施在水下将其中一头固定，再将另外一头插入，进行结合。

“在对接过程中，要保证光和电的导通，并保持‘水密’，也就是不能漏水。连接成功后，在这种状态下长期工作同样要一直保持‘水密’。”吴国俊说，因此如何确保连接器在深海“裸奔”的情况下还能做到滴水不漏很重要。

由于连接器中光纤的芯径很小，只有9微米，因此任何水中悬浮颗粒物都可能干扰光纤连接。哪怕误差只有1微米，也会导致不小的光纤通信损耗，从而无法正常运行。怎样保证多个光纤通道在深海实现同步高精度对接，是团队要解决的核心问题。

吴国俊和团队的做法是在整个对接过程中，建立一个通道，以起到完全“水密”的作用，保证光纤可以从其中一侧顺利通过，与另外一侧的光纤对接。

西安光机所海洋光学技术研究室副主任吴亚风介绍，团队采用充油方式解决该问题。“我们首先在密封箱内充满特殊的硅油，确保外界压力和内部硅油压力平衡，避免直接承受深海高压。密封腔体充满硅油还有助于保护光纤和电插芯不与海水直接接触。”吴亚风说。

研究人员介绍，一般水下大型工程，不能整体建造，需要一块一块“丢”下水去组建。比如铺设海底光电缆时，由于很多时候不铺设一条光缆，光缆上会连接很多接驳站、主机站、接驳盒和潜标等装置，所以只能分开布放。

“我们可以将带有湿插拔连接器一端插头的部分先布放，然后再放另一端，最后通过湿插拔连接器连接通电源和信号的采集传输。如果没有它，我们很多大的深海工程就无法实现。”吴国俊告诉《中国科学报》。

在人的指甲盖上放一辆摩托车

相关资料显示，人类在有装备的情况下潜水最深记录是332米。而湿插拔连接器在1000多米的深海工作，远超人力实地接触范围，因此只能靠ROV机械手来操作。连接器进行湿插拔工作时，机械手可以通过在连接器一端预留的把手，将其推进连接器另一端，从而实现连接。

深海水下操作难度比陆地上大得多。在连接过程中，除了要求“水密”，还要使机械手的插拔力不过大。然而，困难不止于此，确保精度才是深海水下连接面临的最大难题。

光纤实现的是9微米的连接精度，但操作手的精度没有这么高，这就要求操作中有较大的冗余度，实现多级导引，通过简单的操作实现精确对接。

团队一开始在浅水中观察漏水情况，相对压力小，风险比较低。但随着压力增大，摩擦力会增加。连接器在水下是“动密封”，要同时解决压力和摩擦力的问题。这是吴国俊和团队都比较“挠头”的地方。

浅水中无法模仿这个状态，为了完成实验，团队开发了一套不同于机械手的插拔装置。这套装置将连接器固定在直线导轨上，保证了更高的对接精度，并可放在打压罐中，模拟在一定压力下的插拔过程。

吴国俊回忆说，连接器在加压罐中各方面的状态与在浅水中完全不同。有一次测试时由于限位装置出了问题，连接器在导轨上走过了头，直接顶坏了。监测的所有信号都出了问题，“不是连接器出了问题，而是辅助设备出了问题，出现这样的状况让人很郁闷”。于是在随后的模拟实验中，研究团队“精雕细琢”，不断解决

问题，最终连接器的海试进展顺利，实现了深海1620米的成功插拔及电能和数据的传输，这个深度的压力相当于人的指甲盖承受一辆中型摩托车的重量。

目前连接器已经正常运行近3个月，吴国俊和他的团队终于做到了。

大幅降低我国深海工程建造成本

据了解，目前我国的深海连接器及相关产品几乎全部依赖进口，国外公司一个光电复合型水下湿插拔连接器售价达80万元，而一项大型深海工程需要数百个连接器。

我国在电连接方面已有一些研究基础，但光连接方面几乎是空白。这次吴国俊团队研发的光电复合型连接器，同时解决了光和电两方面的问题，实现大数据量光电信号的传输，完全能够满足深海工作需要。

既然一次性解决了光电传输的问题，这套湿插拔连接器是否处于国际领先地位？吴国俊坦言，国际上在湿插拔连接器领域已经研究了十几年，很多问题是在使用过程中才逐渐暴露的，然后不断解决。

“我们研发的这套湿插拔连接器虽然目前为止运行正常，技术原理也算走通了，一些核心指标达到了国际先进产品的水平，但这不代表彻底解决了可靠性方面的问题。”吴国俊告诉《中国科学报》，这套湿插拔连接器可以满足深海环境下的使用要求，但一般连接器的工作时间长达20年，由于深海和陆地环境不同，高压和盐腐蚀环境时刻都在考验连接器的材料和结构，它的长期可靠性还需要进一步检验和完善，团队会在在这方面持续开展研究。

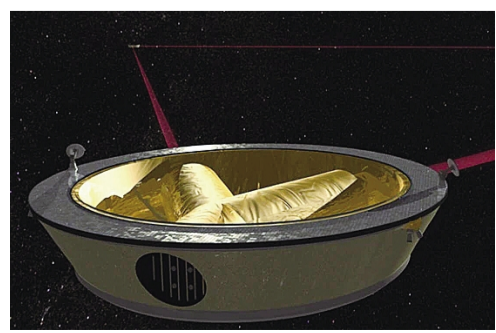
吴国俊介绍，有了这套连接器，我国才有可能采用自主设备完成一些水下大型工程。

“此次我们成功研制出国内首套光电复合型水下湿插拔连接器，将为我国大型深海工程提供关键基础部件支撑，化解该类产品长期严重依赖国外的风险，同时大幅降低我国深海工程建造成本。”西安光机所所长马彩文说。

“目前该项目已通过验收，评审会上几乎所有专家都表示要加快其产业化。产生的成果只放在实验室是没有意义的，存在的不足可以在产业化和产品化过程中完善。”吴国俊说。

挑战性，但从许多方面来看，在太空中比在地球上更容易实现这一测量。”Danzmann说。

除了引力波外，LISA还能够捕捉到全新现象。Korol介绍，天文学家希望这一实验能探测到早期宇宙中产生的引力波背景，甚至探测到来自第一个黑洞的信号。科学家还希望LISA的数据能帮助测量宇宙膨胀率的变化。(王方)



LISA任务想象图。 图片来源：NASA

捕捉时空涟漪 LISA项目启动



比在地球上观测到的低得多，它发现的黑洞等现象的质量比地面激光干涉仪引力波天文台(LIGO)观测到的更大，距离也更远。

这项任务已经酝酿了很长时间。LISA负责人、德国马普引力物理研究所所长Karsten Danzmann第一次为LISA写建议书是在31年前。该实验涉及测量激光在两个相距数百万公里的天体间传播的距离，精度为万亿分之一米，而除了时空本身之外，没有什么能影响天体运动。“人们认为这很荒谬，我说‘你等着瞧吧’。”Danzmann说。

LISA将由3个相同的航天器组成，每个航天器都有一个4.6厘米由金和铂打造的漂浮立方体，以等边三角形的队形绕太阳轨道飞行。它将使用激光精确测量每个航天器中立方体的距离，从而判断引力波何时在它们之间以皮米的尺度拉伸时空。信号中的细微变化将使LISA能够精确定位引力波的来源。“这几乎是一种科幻仪器。”Korol说。

“在这个距离上进行如此精确的测量极具

中晚期早产儿神经发育风险不容忽视

本报讯(记者朱斌 通讯员朱嘉豪)中山大学公共卫生学院(深圳)副教授陈若青与瑞典卡罗林斯卡医学院的研究人员合作，发现中晚期早产儿神经发育的长期健康风险不容忽视，家长应留心并重视，医疗与公共卫生体系也应加强随访。相关研究近日发表于《英国医学杂志》。

“上述研究结论是对瑞典1998年至2012年出生的128万名儿童平均长达13年的长期随访得出的。这些儿童出生胎龄在32至41周。”论文通讯作者陈若青希望，这次国际合作可以助力推动未来的中瑞合作项目，加强关于早产儿随访和医疗保健体系建设的交流，拓展儿童神经心理发育领域的科学研究。

目前，全世界每年约有1300万早产儿出生，占新生儿总数的10%以上。相对于不足32周出生的超早产儿和极早产儿，出生胎龄在32到36周的中晚期早产儿虽然占有早产儿的80%左右，但因为出生情况较好，往往被认为存在的健康风险较低，很多国家没有对其进行系统随访予以重视。

“然而，我们的研究显示，出生胎龄在32至33周的中晚期早产儿和出生胎龄在34至36周的晚期早产儿，出现神经发育障碍的比例分别高达11%和8%，在成长过程中出现运动、认知、视力和听力等神经发育障碍的比例高于足月儿。出生胎龄越小，发病风险越高，比如32周出生的儿童发生运动障碍的风险是40周出生的儿童的近5倍。”陈若青说。

该研究提示，早产儿随访中应关注中晚期早产儿的神经发育状况，医生和家长应注意儿童发育情况，若发现异常应及时转诊进行干预治疗。研究结果还显示，即使已经足月，出生胎龄在37至38周的早期足月儿，患神经发育障碍的风险也高于出生胎龄在39至40周的完全足月儿，比例为每1万名儿童中约57名。

“应该避免非医学原因的提前分娩，必要时采取分娩延迟，以降低提前分娩对胎儿健康的不良影响。”陈若青说。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1136/bmj-2023-075630>

二氧化锰电解水催化剂在酸性环境中“稳了”

本报讯(见习记者孙丹丹)中国科学院大连化学物理研究所研究员肖建平团队与日本理化学研究所研究员李爱龙、教授中村龙平团队，在电解水材料设计研究中取得新进展。他们制备了不同晶格氧结构的 γ -二氧化锰(MnO_2)材料，获得了安培级电流密度的电解水活性，同时该材料在酸性环境中实现了超长电解稳定性。相关研究成果近日发表于《自然-催化》。

制备酸性条件下具有高活性和高稳定性的非贵金属电催化水氧化(OER)催化剂是清洁能源利用领域中的研发重点。在前期工作中，肖建平团队与合作者通过理论计算解释了不同OER催化剂的活性、稳定性趋势及反应机理，取得了一系列研究成果。

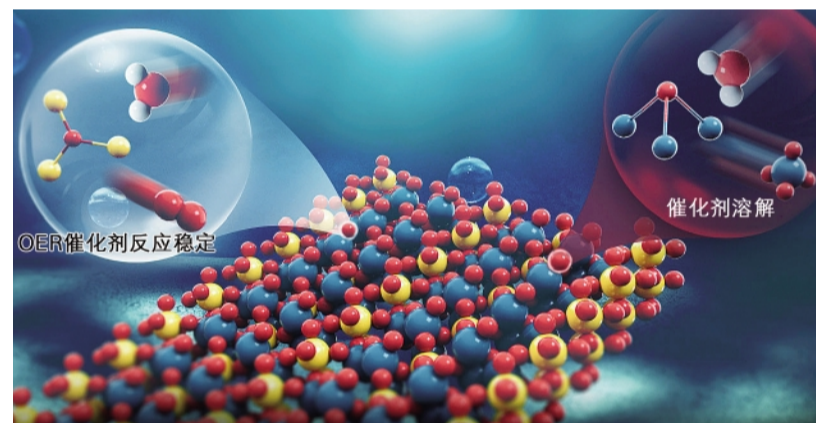
在 γ - MnO_2 催化剂中，存在着两种不同的晶格氧，即平面配位结构(O_{ph})和三角锥配

位结构(O_{tr})的晶格氧。在该研究中，肖建平团队通过构建不同 O_{ph} 含量的 γ - MnO_2 模型，研究了 γ - MnO_2 稳定性与 O_{ph} 含量的关系。对于 γ - MnO_2 的溶解，团队提出了 O_{ph} 和 O_{tr} 两种溶解机理，并通过热力学计算对比了两种机理的反应能变，发现了 O_{ph} 和 O_{tr} 的羟基化分别是两种机理的限制步骤。团队通过电化学生能垒计算证明， O_{ph} 比 O_{tr} 更难溶解，说明增加 O_{ph} 含量可以提高 γ - MnO_2 的稳定性。

通过计算不同 O_{ph} 含量 γ - MnO_2 的溶解速率，研究团队对 γ - MnO_2 的稳定性趋势进行了半定量解析，为高稳定性OER催化剂的设计提供了理论见解。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41929-023-01091-3>



OER催化剂反应稳定 酸性环境中二氧化锰电解水催化剂示意图。 中国科学院大连化学物理研究所供图

科研是乐趣，他86岁申请项目

■本报记者 李思辉 实习生 田理

32岁质疑百年权威，86岁申请国家自然科学基金，91岁提交结项报告……中国地质大学(武汉)退休教授陈崇希的故事引发广泛关注。近日，在接受《中国科学报》采访，谈及为什么九旬高龄还坚持做课题时，91岁的陈崇希把原因总结为两个词——“兴趣”和“责任”。

32岁质疑百年经典模型

陈崇希退休前曾任中国地质大学(武汉)环境地质研究所所长，长期从事地下水动力学与数值模拟等方面的教学和科研工作。

他回忆，自己做教师初期的目标是讲好课，编出一本理论联系实际的好教材。本着认真、负责、严谨的学术态度，陈崇希不盲从苏联教材上的理论模型，而是对其进行深入思考。

地下水动力学领域有两个非常重要的模型：一个是法国科学家Dupuit在1863年提出的地下水稳定井流模型，这是地下水动力学经典模型；另一个是美国科学家Theis在1935年提出的“Theis不稳定井流模型”。

1966年，32岁的陈崇希对“影响半径稳定井流”模型提出质疑，从理论上证明了该模型不仅在原假定的初始水头水平、无人渗补给(地下水静止)条件下不可能形成稳定井流，而且在初始地下水流动(存在补给的径流场)条件下开采地下水也不可能形成稳定井流。

1974年，他提出，Dupuit方程的应用条件应该是“圆岛模型”。他跑遍了全国各大图书馆，也没能找到Dupuit的原著加以求证，直至1981年底，他托同事刘存富从法国巴黎国家图书馆复印了原著。原著所表述的正是陈崇希1974年提出的“圆岛模型”，而非所谓的“影响半径稳定井流”模型。

从1966年开始，陈崇希用10多年时间，终于还原了百年经典理论的原貌，纠正了长期以来水文地质文献中误传、误用的“影响半径稳定井流”模型。

2018年，85岁的陈崇希在研究中发现了前文提到的Dupuit模型和Theis模型存在一个共同的缺陷——没有考虑降雨入渗补给地下水，这是水文地质学中极为重要的要素。

具体来说，地下水资源不同于固体的矿产资源，它是可以得到补给的，是可再生资源。降



退休后，陈崇希把科研当成乐趣。受访者供图

雨入渗补给是地下水最重要的补给来源。然而上述两个经典模型并未考虑这个要素。

2019年，86岁的陈崇希提出的关于“Dupuit稳定井流模型及Theis不稳定井流模型的改进——具入渗补给条件及其拓展探索”的研究被列入国家自然科学基金项目。今年1月15日，陈崇希向中国地质大学(武汉)提交了结项报告。学校审核后，已将这一结项报告提交至国家自然科学基金委员会。

退休后科研成了乐趣

“退休前，科研是我的工作和应承担的责任。退休后，科研成了我事业的一种继续，也成了我生活的一大乐趣。”陈崇希告诉《中国科学报》。

退休后他已发表或与他的“老学生”共同发表论文18篇，出版了《地下水动力学》(第五版)、《地下水数值模拟理论方法及模型设计》及《地下水溶质运移理论与水质模型》(第三版)等3本教材。

“当科研成了一种乐趣，你根本停不下来。而这何尝不是一件令人快乐的事？”陈崇希说。

陈崇希的老伴儿告诉《中国科学报》，科研是陈崇希的兴趣之一，除了科研，退休后他还特别喜欢唱歌，尤其爱唱需要运用大气量的歌，比如意大利歌曲《我的太阳》。

在陈崇希看来，科研和唱歌一样，都是一件让人快乐的事。他常跟年轻人说，发现科学问题，提出科学问题，以及解决科学问题的过程，是一个艰难探索突破的过程，同时也是个不断收获快乐的过程。做科研要耐得住苦闷和孤独，因为那是快乐如期而至的前奏。