

回忆黄昆先生的宗师风范

朱邦芬

2005年7月6日，黄昆先生于北京逝世。他离开我们已将近5年了。1941年黄昆燕京大学物理系本科毕业后，到昆明任国立西南联合大学物理系助教。1942~1944年他在西南联大读研究生，导师是吴大猷先生。黄先生自1951年回国到2005年去世，半个多世纪以来他先后在北京大学和中国科学院半导体研究所工作，但是他的影响力遍及全国乃至全世界。1981年3月，我研究生毕业到中科院半导体所物理研究室理论组工作，有幸成为黄先生的学生和助手。从1986年起到2000年，我一直与黄先生在同一个办公室工作，从学术到人生，从历史到现实，天天讨论共同有兴趣的问题。应该说我是世界上有幸得到黄先生教诲最多的一个人。5年过去了，黄先生的音容举止仍历历在目，先生的谆谆教诲更是铭记在心（图1）。本文追忆黄先生在教育和培养人方面给我印象最深的几个片断，以纪念先生。

考试

我第一次与黄先生面对面谈话是在1981年3月的一天，我到半导体所理论组黄先生办公室接受他的“面试”。我记得，当我说到“晶格弛豫”时，黄先生问得十分仔细，追问我对晶格弛豫概念的理解。他的问题一个接一个，就像剥笋一样，层层深入，一直问到我答不上来。黄先生这次口试给我留下十分深刻的印象，使我深深体会到，理解一个概念，不能浅尝辄止；只有深入理解、多角度理解、真正掌握了它，才有可能很好地运用。以后我招收研究生，我也学习黄先生，面试时提出一个简单的物理问题，追问下去，以求测试出学生的真正水准，也不怕同学在网上公布考题。

黄先生考试不拘一格。平时我们讨论问题时，每当讨论一些似是而非的问题而获得比较简单和清晰的理解后，黄先生总喜欢说，“这是一个考研究生的好题目”。记得20世纪90年代，有一本国内出版



图1 固体物理学家——黄昆。
(侯艺兵摄于1992年)

的固体物理教科书，黄先生翻阅以后，发现里面错误概念比较多。黄先生把书递给我，说“这本书是考研究生的好题目。可以把这本书给学生半个小时，让他（她）说出里面错误或不准确的概念，说得越多，说得越深刻，给分越高”。在黄先生心目中，研究生不单纯是学生，而是已经掌握了比较扎实基础知识、能开展独立研究的“研究工作者”，因此他对研究生的要求是比较高的。黄先生的考题灵活多变、可深可浅，能真正筛选出优秀的研究生，而不利于应试教育培养出来的、靠大量做题训练出来的高

分考生。

选题

物理学大师费米曾经说过，学生的任务是解决问题，研究人员的任务是提出问题。黄昆先生经常说：“我带的研究生比较少，不会当导师，也不知道怎样教导别人。如果说有一些成绩的话，那主要在于他们自己的努力。”黄先生一生招的研究生也只要一打左右。他觉得自己不善于给研究生出论文题目。有的论文题目没有把握能在规定时限内做出来，他担心研究生不能按时毕业；而有把握在规定时间内做出来的选题，往往他自己已经把关键点弄清楚了。因此，他宁愿与年轻人合作做研究，探索问题不受时间的限制。这固然出自于黄先生的谦虚，另一方面，也反映出他对于研究生论文选题的重视和谨慎。

黄先生研究选题大多不是从文献中来。他也不喜欢随大流赶时髦，跟着别人做热门课题。他认为，物理问题无论是热门还是冷门，无论是大还是小，关键是该问题是否真正在科学上有意义。一般说来，他不喜欢做大题目，而偏好研究比较具体的问题。确实，真理都是具体的。他曾开玩笑地说，“年纪越小，学历越低，往往想要研究的问题越大。”他认为，“有些题目看起来确实很小，但深入研究下去，就

现代物理知识

可以从中发现很大的问题。这就如同看到一个细小的洞口，下决心钻进去，会发现里面存在广阔的天地。”另一方面，一般而言，他也不喜欢研究十分冷僻的材料系统，而是研究典型的系统。例如，研究半导体物理他基本上就集中研究锗、硅和砷化镓这“老三样”。黄先生经常教导我，如果想到一个科学上有意思的问题，一时解决不了，可以搁置一段时间以后再回过头来想，不要轻易放弃。这是他研究品格弛豫和多声子跃迁问题的切身体会。

黄先生研究题目很多是从实验现象和与同事讨论中产生出来的，而不是闭门造车。例如，“黄方程”的提出，来自他的英国同事喝下午茶时对晶体形状对声子频率影响的讨论，极化激元概念来自他对同事误用磁推迟效应解释晶体光学振动中纵、横光学声子频率分裂而启发的思考，而多声子跃迁理论的建立，则来自他听学术报告时对一个实验疑难问题锲而不舍地探索。这里可以清楚地看到，一个好的研究群体对其中成员发现和提出好的研究题目的激励和启示作用。这种在创造性的科学研究环境中所提出和从实验中发现的理论问题，往往是人们所关心的真正有意义的问题。

讨论

黄昆思想活跃，特别喜欢讨论以至辩论问题。1989年，应《现代物理知识》编辑吴水清先生的邀请，我写了一篇祝贺黄先生70寿辰的文章，请他过目。我文中曾写道：“黄昆从小喜欢争论”，他把“喜欢”两字划掉，改为“酷爱”。黄先生对讨论和争论问题的钟情，由此可见一斑。西南联大时期，黄昆、杨振宁、张守廉三个人是西南联大十分著名的“三剑客”（图2）。他们的课余主要是泡在茶馆里讨论问题。杨振宁在题为《现代物理和热情的友谊》文章内，曾生动地描述了他们辩论量子力学中“测量”的意义的情形。

黄先生喜欢对学术问题追根究底的习惯一直保持到晚年。他喜欢从基础上提问题，更喜欢和年轻人讨论物理问题，甚至展开争论。他的办公室可以什么都没有，但必须要有一块小黑板（后来变为了一块小白板）。他认为，讨论问题时最能激发人的思考和辨析，学术空气沉闷只能是思维的窒息。他跟我说过，他的切身体会是，一个人独自想问题，有时会想不清楚；而在讨论中，边清理思路边表达，或者在回答别人的质疑时，往往能发现问题关键所在。

这就是黄先生之所以酷爱争论和讨论问题的原因所在。黄先生之所以善于提出和发现科学上有重要性的问题，除开他个人的努力程度外，与他科学上的品味（Taste）和敏锐性有关，更与他酷爱讨论和辩论分不开。我们合作做了一系列研究，研究题目也大多来自我们之间的讨论。



图2 当年西南联大时期的三剑客：杨振宁（右），张守廉（中）和黄昆（左）三位老友重逢一起，留下了一张珍贵的合影。（沈克琦摄于1992年6月1日）

黄先生是一位有声望的科学家，但在讨论时，从不以权威自居，即使与初出茅庐的年青人讨论，也虚怀若谷、平等待人。黄先生和我在同一个办公室工作有十几年之久。我们几乎每天一上班就先讨论各种问题，特别当研究工作正进入状态的时候，讨论物理问题十分热烈（图3）。每天一早的讨论往往是对前一天思考的回顾和小结，又经常成为新的一天研究的开始。讨论时，黄先生思维敏捷，善于在讨论中提出问题，也善于抓住要害问题而使讨论深入。有时我们辩论得很激烈，彼此毫不留情地抓住对方论据中的漏洞，加以辩驳。多数辩论，他的观点正确，但也经常会出现我的意见正确的情形。虽然黄先生不轻易放弃自己的观点，但一旦认识自己观点有瑕疵，他会很痛快地接受。有时，我们会经历否定之否定。前一天刚达成共识，第二天却又翻案。有一次，我们辩论多时，最后把自己比作金庸武侠小说“笑傲江湖”中的桃谷六仙，自嘲辩论起来翻来覆去，纠缠不清。

作为年轻人，与黄先生在一个办公室工作，既是向黄先生求教的最好机会，也是一种无形的鞭策，迫使自己学得更多一些，想得更深入一些。无形之中，得到了更好的成长机遇。



图3 黄昆与朱邦芬在办公室讨论研究工作

讲课

黄昆先生经常批评我“讲东西别人不容易听懂”。这除了我准备不够认真不够充分外，还有不善于讲解的缺点。有的人讲问题，把简单的问题讲得很复杂，不容易懂。黄先生则不然，对他而言，真理是朴素和简明的。他的讲课风格，如同他写的《晶格动力学理论》这本书的第一部分，抓住复杂问题的实质，返璞归真，使人明明白白，容易理解。

黄先生对如何讲好课，做好报告，有他自己独特的想法和做法。

一方面，他听别人作学术报告，以至听讲课，经常感觉听不懂。他觉得自己跟随报告人演讲进程而思考的能力很差，往往在一个环节上卡壳，后面就觉得没法听下去了；不像许多人，往往先跳过卡壳的地方，听个大概意思，以后再慢慢琢磨。黄先生发现一个对他很有用的听报告的规律：听讲效果随离开报告人的距离以指数形式衰减。因而，他参加学术会议，可能的话，总是选择坐第一排。即便坐第一排，他也觉得自己听懂别人讲问题的能力非常有限。因此，设身处地，他自己讲课和作报告，一定要从头起把问题彻底交代清楚。他讲课作报告的经验是“假定听讲人对所讲问题一无所知，而且反应又比较慢”。这里前半句话来源于法拉第的演讲经验，而后半句话则是黄先生根据自己体会的进一步发挥。黄先生讲问题决不用“很明显……”此类的话把问题糊弄过去。有意思的是，他又认为，自己这个优点也带来负面影响：使自己听懂别人讲问题的能力变得更差。他经常为琢磨讲演者一些不严谨的说法而分散了注意力，妨碍继续听下去并抓住讲演者的主要想法。

另一方面，黄先生认为，学校过去传统的教学，是从学知识到学知识，没有培养学生运用知识的能力，更谈不上创造知识。他认为，物理学的讲授不能把讲授局限于一些定义的说明和公式的推演。他强调要引导学生对物理问题有深入的理解，应该“对于所讨论的问题给予一般性的说明，提出问题中的关键性的因素，并且在具体推导过程中尽可能地暴露这些因素”。

黄先生讲课可真称得上全力以赴。20世纪50年代初黄先生刚回国在北大物理系讲普通物理这门课时，每周讲3次，一共6个学时，可是每周用于备课的时间要50至60个小时。不仅普通物理这门课，不论讲什么课，不论这堂课的内容已讲过多少次，也不论听众是谁，黄先生每讲一节课都必定要重新写讲稿，而且每次写讲稿都要认真地推敲。他经常在讲课或报告前作试讲，从中发现问题和把握讲解节奏。他每次公开讲话，作报告，都事先写好稿子，并试讲几次。越是重要场合，他准备报告的时间提前量越大，试讲次数越多。20世纪八九十年代以后，随着技术的发展，黄先生演讲的准备工作也与时俱进。他试讲时不再是先一人面壁，而是用录音机录下来，然后重复放。每听一次，改进一次，直到他觉得可以了，再请别人来试听。他的夫人李爱扶先生通常是第一个听众，而我也常常有幸成为他试讲的第二个听众。随着时间推进，他准备讲稿也不单是纸和笔，还包括透明片，后来还用上电脑。即使用上透明片和电脑，他依然习惯于每作一次报告仍须重新备课，重要的报告依然写讲稿，依然多次修改讲稿。在我印象中，1991年他应邀在密歇根大学“吴大猷研讨会”上作题为《轻重空穴混合对半导体量子阱光学过程的效应》的报告，这是他准备时间花得最多的一次学术报告。他半年以前就开始准备这次报告，光讲演的透明片，他就做了好几版，第一版是手写的，最后一版是把word文件复印到透明片上。由于复印后的曲线和文字都是黑白的，黄先生不满意，再用彩笔描了几张曲线图。他还构思了一张艺术图，描述他当年在西南联大时住在吴大猷家研究拉曼散射的情景（图4）。这张图在报告中产生了很好的效果。当时在听众席上的李政道先生问黄昆，“Where is the pig?”黄先生早有准备，指着图左上角放大图中画着的那头猪，大声回答“Here it is”，顿时满堂大笑。原来，黄昆在西南联

大一段时间住吴大猷家中，帮吴大猷养猪，是那个艰苦岁月众所周知的一个花絮故事。

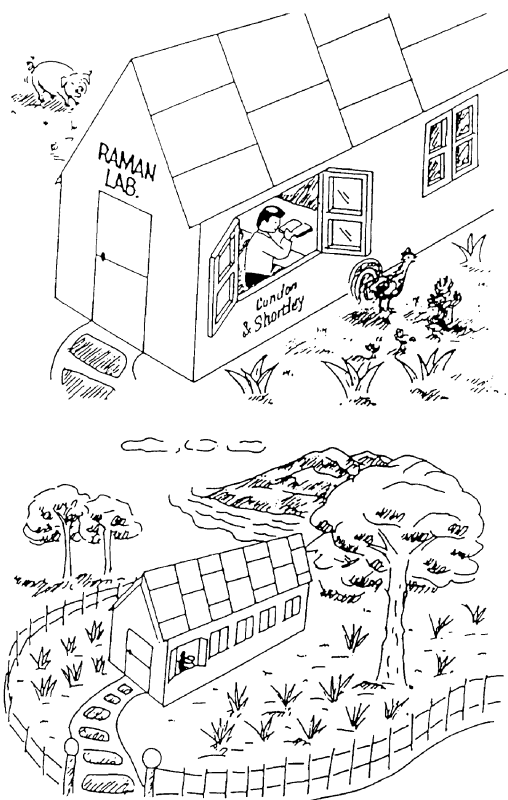


图4 黄先生构思的艺术图

以从事科学研究的態度来教学，再加上极端认真的精神，这就是黄昆成为有口皆碑的教学名师的秘密。

写作

黄昆先生对自己的论著在学术上力求完美，觉得意思不大的一些著作往往被他束之高阁。他主张每篇论文都要切实解决一个或几个物理问题，而非非常不赞成有的人发表了许多篇文章，却没有真正解决一个问题。听黄先生回忆说，他在英国六年发表论文十几篇，还接近完成一本专著，这在他刚回到北大时，被认为是异乎寻常的高产。他认为，一个理论物理学家，必须要全力以赴，一年才能完成二到三项研究，自己在英国六年的研究，是尽了全力的。目前国内有的人每年完成十几乃至几十篇论文，他一方面对这些人的干劲很佩服；另一方面，对这些论文的学术上真正的含金量，存有疑问。

即使在论文文字表达上，黄先生也字斟句酌，数易其稿，力求完美。他不仅自己身体力行，也严格要求他手下的中青年科研人员，对他们撰写的英

文论文，往往修改多次，每次还喜欢用不同颜色的笔，以至有时五颜六色、密密麻麻的修改意见把原稿全掩盖住了。黄昆先生和他的夫人李爱扶先生帮人修改英文文章的风格非常不一样。李先生修改文章时，尽量保留原作者的原文；黄先生则喜欢按他自己的行文风格修改。我写的英文论文请黄先生改，他总是十分认真地推敲，注意上下文之间的逻辑关系，有时甚至一大段重写。那时我们还没有微软 word 软件的英文单词拼写和语法检查，黄先生发现我的拼写错误时，经常十分认真地查字典。他常常批评我写的英文论文没头没脑，上句与下句的逻辑推理是跳跃式的，不够严密。有段时间，我想英文反正有黄先生把关，撰写初稿更加不仔细推敲，天马行空，随心所欲。黄先生在开玩笑中批评我说，“以后你当导师，你的学生的英文论文怎么办呢？”此事使我深深感到内疚，自此之后，有所进步。

黄先生一贯反对抄抄摘摘地所谓编写教材，他认为，“对于科学著作，特别是具有教材性质的书籍，一项起码的要求是，问题的讲解必须明确具体，基本概念和理论的阐述必须明确”。1995年，夏建白院士和我合作撰写一本“半导体超晶格物理”，旨在总结我们在黄先生领导下研究半导体超晶格物理的成果。书稿完成后，黄先生一章一章认真地审阅了全部书稿。对每一章，他都提出了至少几十条、多达一二百条的意见。意见包括选材内容，系统安排，概念阐述，直到公式和语句上的错误，密密麻麻地写满好几页稿纸。对于我所撰写的三章10万字，黄先生的评论是，一章比一章写得有进步。可是按我对内容的熟悉程度而言，一章比一章不熟悉。我告诉黄先生这一点，黄先生很得意。这似乎验证了他的一个观点，写书的质量，不仅与作者对内容的把握有关，还与写作经验的积累和认真程度相关。

创造知识

黄昆先生认为，对一个做科学研究工作的人来讲，“一是要学习知识，二是要创造知识。归根结底在于创造知识”。他把自己治学经验归纳成两句打上他的鲜明烙印的名言：

(1)“学习知识不是越多越好，越深越好，而是要服从于应用，要与自己驾驭知识的能力相匹配。”

(2)“对于创造知识，就是要在科研工作中有所作为，真正做出点有价值的研究成果。为此，要

做到三个‘善于’，即要善于发现和提出问题，尤其是要提出在科学上有意义的问题；要善于提出模型或方法去解决问题，因为只提出问题而不去解决问题，所提问题就失去实际意义；还要善于作出最重要、最有意义的结论。”

就学习知识而言，黄昆从中学到博士毕业，都在主动地学习。不仅上课，而且看文献听报告，黄先生都十分珍惜主动性。我曾概括为，任何新的知识，都必须经过他的“免疫系统”检查。只有被他的“免疫系统”识别，并在他自己的知识体系中定位以后，新的知识才被黄先生接受，变为他自己能驾驭的知识；否则，他一概排除。他认为，有的人驾驭知识的能力强，可以多学一些知识；而对于他自己，与其多学一些，不如“少而精”。与此作为对照，国内传统教育比较重视知识的记忆与积累，忽视创造力与实际能力的培养，结果是，许多优秀学者，人非常聪明，学习成绩门门优秀，知识也非常渊博，然而自己的创造力反而被这些知识所束缚，一生未能有重要的学术上的建树。

黄先生每研究一个问题，都喜欢“从第一原理出发”，即先不看已有文献，独立地从最基本的概念开始想。这样，黄先生觉得思路不易受他人的束缚，研究有了主动性。正是这种“从第一原理出发”的治学风格，使黄先生的研究工作往往具有学术上的开创性与重要性，凡以他姓氏命名的理论皆是例证。他说，“我文献看得比较少，因为那样容易被人牵着鼻子走，变成书本的奴隶。自己创造的东西和接受别人的意见，对我来说，后者要困难得多。学别人的东西很难，而自己一旦抓住线索，知道怎么做，工作就会进展很顺利。”与所有一流物理学大师们相同，黄先生对他人的理论文章往往持有保守的怀疑态度；即便阅读很少一些论文时，基本上也是以批判的眼光来读，以读实验论文为主。例如，1987年初，他开始研究半导体超晶格的光学声子问题，在他已有初步看法后，再向我要了两篇有关拉曼散射的实验文章仔细阅读。

固体物理研究对象是数目为 10^{23} 以上的大量粒子。要善于解决问题，在某种意义上，就是要善于做出近似，提出简化模型。黄先生特别善于用简单模型解决复杂的问题，例如提出黄方程、求解声子极化激元、用少数几个平面波展开求解复杂空穴态的方法、建立量子阱中二维激子旋量态理论、利用

“黄昆偶极子点阵”模型最终确立准二维系统光学声子模式，等等。我与黄先生一起工作十余年，深深体会到他作近似本领的高强。量子力学这门课他主要是自学的，他运用量子力学微扰论到了炉火纯青的程度。我曾开玩笑说，“赵普是‘半部论语治天下’，你是一部微扰论做物理。”每着手处理一个问题，我往往喜欢先考虑最一般的情形，然后再过渡到具体物理问题；而黄先生则喜欢从研究一个十分具体的特例开始，得到结果，然后再思考更普遍的情形。

黄先生切身体会到，要“善于作出最重要、最有意义的结论”。从某种意义上说，这是黄先生总结的经验教训。黄先生在谈到自己科研上的两个活跃时期时说：“年轻时（指在英国6年）我的工作特色鲜明，但是没有再往下深入；后来（指文革后的10年）在深度上比以前要好，解决问题的复杂性要比年轻时强”。黄先生作研究，年轻时是“一剑封喉”，一篇论文得到了最重要和最有意义的结论，然而还不善于扩大战果，与“夫里德耳振荡”失之交臂，就是一个例子；60岁后的黄昆在研究深度上比以前要好，但他总觉得自己还可以做得更好一些。

言教与身教

黄昆先生指导研究生主要是通过自己的言教和身教，身教重于言教。黄先生不喜欢说空洞的大道理，而是通过自己的一举一动，默默地影响学生。

例如，处理个人利益与国家利益关系问题。黄先生始终认为，在中国培养一支科技队伍的重要性远远超过个人在学术上的成就。早在1947年，他在留英期间写给杨振宁的一封长信里就提到在中国组织一个真正独立的物理中心的重要性应该比个人得诺贝尔奖还高。他写道：“像他（指莫特）这样的少数几个人就支住了整个英国的科学研究，假如你对科学研究本身还有 faith（信仰）的话，能比 build up（创建）一个中国物理研究中心再富于 adventure（挑战）和 excitement（令人兴奋的）还有甚么呢！？我相信你一定多少存有这样的雄图，那么甚么事又该能使你 disillusion（幻灭）呢？我觉得只要人能把雄心放在超出自己以外的 Abstraction（抽象目标）上，人格的力量立刻就增加，没有 disillusion（幻灭）只有 fresh challenge（新的挑战）。……这种看法我相信你一定以为正确，你的地位岂不是恰好可以接受这个 positive solution（有益的解决方案）。

Consistently (自洽) 的发展这想法, 比方说, successfully (成功地) 组织一个真正独立的物理中心在你的重要性应该比得一个 Nobel Prize (诺贝尔奖) 还高。同时在这步骤中, devotion to the cause (献身于该事业) 的心也一定要驾于 achieve (实现) 自己地位之上。”



图5 2002年2月1日, 全国科学技术奖励大会上, 胡锦涛同志与黄昆亲切握手

又如, 对待教学与研究关系问题。通常在研究领域取得成就的人对研究工作具有自发的浓厚的兴趣, 而把教学看成是付出很多而收获很少的额外负担。许多人认为, 黄昆先生如果 1951 年回国后一直从事科学研究, 而不是以主要精力从事教学, 他学术上的成就将会更大。黄先生却不以为然, 他说: “近些年来, 新闻界的人士多次问我: ‘你没把研究工作长期搞下来, 是不是一个很大的损失?’ 我一直不同

意这种看法。因为回国后全力以赴搞教学工作, 是客观形势发展的需要, 是一个服从国家大局的问题。这也并非我事业上的牺牲, 因为搞教学工作并没影响我发挥聪明才智, 而是从另一方面增长了才干, 实现了自身价值。”应该说, 黄先生上面这番话, 是他的真实想法。在 20 世纪 50 年代中国的具体环境中, 黄昆先生开创了我国固体物理、半导体物理学科, 培养了整整几代人, 对国家而言, 这远比他个人学术上的贡献更为重要。

黄昆先生常以自己个人经历与体会, 教导我们树立为中国科学技术奋斗终身的信念。针对“文革”后研究生中的出国热, 黄先生强调出国留学要有目标有方向, 要奔高明的导师而去。他极不赞成有的人盲目地为出国而出国, 也不赞成为金钱而出国替别人打工, 认为那样做, 只会白白浪费自己最宝贵的青春年华。他特别强调要充分认识到 30 岁左右这个年龄段的可贵, 认识到这个时期在科研上可以大有作为, 会对一辈子的工作奠定重要的基础。黄昆自己的留学经历以及他的谆谆教导, 对我影响很大。1985 年, 我在国外时, 一位教授主动邀请我去美国读学位。想到黄先生的言教特别他的身教, 我决定留在国内跟着黄先生做研究。历史证明, 我的这一选择是正确的。

(北京清华大学物理系 100084)

本文原载《名师风范——忆黄昆》, 陈辰嘉、虞丽生编, 北京大学出版社, 2008 年, 转载时作者作了修改。



科苑快讯

偷走真菌基因的变色蚜虫

动物吃什么就会变成什么颜色, 比如火烈鸟吃红色的小虾而使羽毛呈现美丽的粉红色, 人类如果吃过多的胡萝卜和番茄也会使皮肤变黄, 这一切都源于一种叫做类胡萝卜素的色素。

不过科学家发现一种蚜虫(图中最大者)在漫长的进化过程中, 从真菌那里获得了产生类胡萝卜素的基因, 它也成为已知的第一种能够自体产生类胡萝卜素的动物。研究者很好奇——是否其他动物也能产生类胡萝卜素, 类胡萝卜素是否有重要功能, 比如增强它们的免疫系统。



(高凌云编译自 2010 年 4 月 29 日
www.sciencemag.org 新闻)