
韩启德：学科交叉成功的几个要素|科学的担当

作者：北大科技医史系 来源：北京大学科学技术与医学史系

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/topnews/9583.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

韩启德：学科交叉成功的几个要素|科学的担当。导读 今日文章为“科学的担当”专栏第10篇，是中国科学院院士、中国科学技术协会名誉主席、北京大学前沿交叉学科研究院院长、北京大学科学技术与医学史创系主任韩启德近日关于交叉学科的一个讲座实录。

5月10日晚20:00，韩启德以线上讲座的形式，主讲“学科交叉的魅力”名师系列讲座第一讲，他的题目为“漫谈学科交叉”。讲座由中国科学院院士、北京大学讲席教授、北京大学前沿交叉学科研究院执行院长、北京大学定量生物学中心主任汤超主持。

在讲座中，韩启德指出科学源于不分科，分科后的学科交叉催生了累累硕果，他还从亲身经历出发，充分阐述推动学科交叉研究的巨大价值。同时，韩启德认为，作为文理交叉的典型学科——科学史，它的学习与研究，是任何一门科学发展必经的道路，他呼吁，科学史理应成为大学教育中的基础必修课。



漫谈学科交叉

北京大学前沿交叉学科研究院举办的“学科交叉的魅力”名师系列讲座，对于推动学科交叉研究、提高原始创新能力将起到积极作用。我作为前沿交叉学科研究院的院长，理应大力支持，今天来谈下自己的一些体会，算是为系列讲座敲的开场锣鼓吧。

我准备讲四个方面的内容：1. 学科交叉是科学的题中应有之义；2. 我对学科交叉的亲身体验；3. 北京大学在学科交叉方面所做的努力；4. 关于取得学科交叉成功的要素。

1 学科交叉是科学的题中应有之义

首先，援引前沿交叉学科研究院的执行院长汤超院士在工作总结时的一段发言：“学科交叉，已经逐渐变成了科技创新的一个主要源泉，成为这个科学时代一个不可替代的研究范式。”他还列举了2017年的诺贝尔化学奖就颁给了物理学家，以此来奖励他们解决了生物学的问题。汤超老师还提到，“世界科技强国多年来持续对重点学科领域的前沿交叉与融合发展进行了前瞻性的布局；我国当前总体上处于积极探索阶段；目前教育部、科技部和国家自然科学基金委等部门，都在对传统学科分类模式进行改革，大力推动学科交叉融合。”在此，我想做进一步的补充，那就是：学科交叉不仅仅是当今时代科技创新的源泉，其实历来如此，它是科学的题中应有之义。

科学细分学科实为晚近之事。

科学起源于古希腊时期，那时虽然也分所谓的

“四艺”（算术、几何、天文学、音乐），及至中世纪时欧洲博雅教育中的“七艺”（再加文法、逻辑、修辞），这些完全不是科学意义上的分科。一直到近代科学革命后的相当长时期内，科学仍是不分科的。尽管后来逐渐产生了很多数的领域很宽、界限模糊的学科，但人们还是常常把自然科学仅分成自然哲学(Natural Philosophy)和博物学(Natural History)两大类。牛顿最重要的著作《自然哲学的数学原理》，从现在看来基本都是物理学或者力学的内容，但17世纪时还只是归于自然哲学。达尔文在1859年出版的《物种起源》，当时虽然已有生物学乃至更细的分科，但仍被归入博物学的著作。

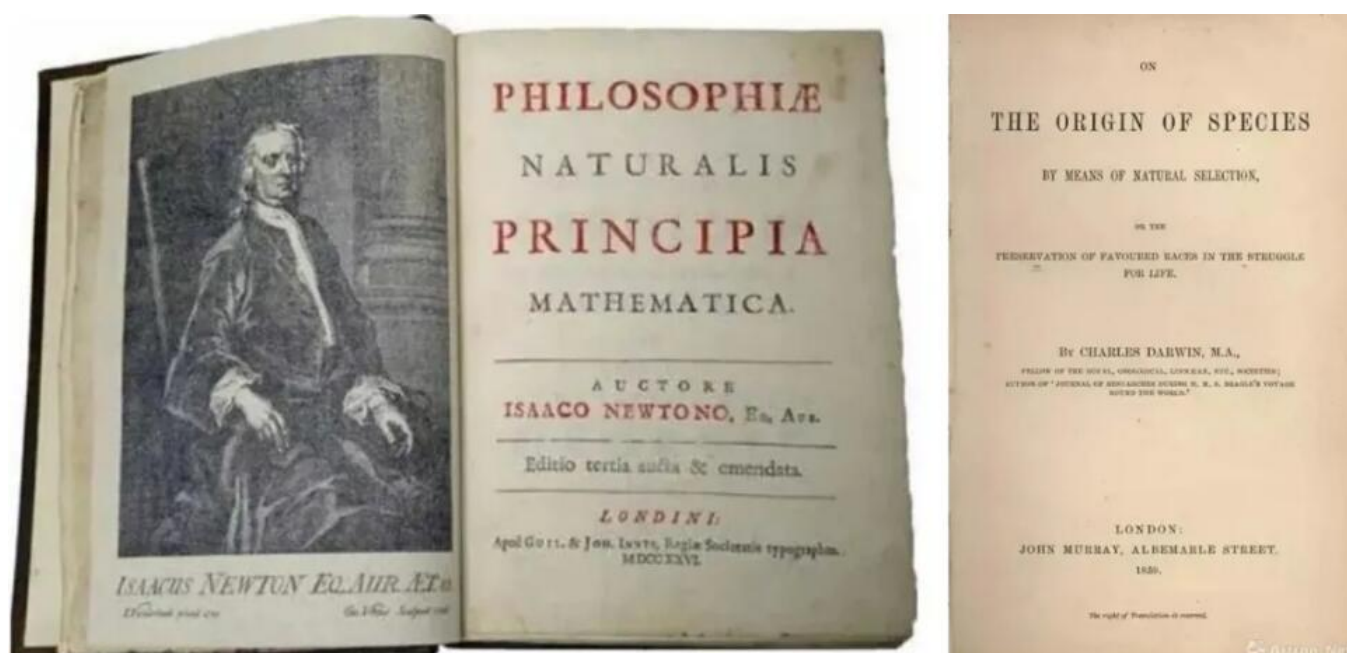


图2：左：《自然哲学的数学原理》 右：《物种起源》

直到19世纪，科学分支和分科才越来越多，同时 Science 这个英文词才被广泛使用。19世纪60年代，日本明治维新在引进欧洲科学时，由于那时欧洲的 Science 已经形成分科的局面，日本人依照自己的理解把 Science 译成了日文的“科学”两字。后来中国从日文直接引进，也使用了“科学”来表示 Science。

“科学”这个名词，使得我们更容易以为科学就是分科之学，然而分科却远远不是科学真正的内涵。即使在19世纪科学分科格局基本形成以后，学科的边界也总是模糊的、不确定的。不同学科之间总是在交叉、融合中改变自己的研究内容和方法，或者形成新的学科。

下面我以生物学为例来说明这一点。生物学(Biology)这个名词是在19世纪开端时才产生的，当时主要包含已有的动物学、植物学、生理学、地质学与古生物学，来研究所有生物的结构、功能和相互关系，从研究内容和方法来看，除生理学之外，仍属于博物学的范畴。

在1859年达尔文的《物种起源》发表后，赞成与反对达尔文思想的两方面观点激烈争论，使得生物进化问题很快成为科学界集中研究的焦点。人们注意到胚胎的发育过程在相当程度上重复物种演化过程，从而促进了胚胎学(系统发育学)的形成和发展。但进化的关键，不仅仅在于变异如何产生，更关键的在于变异能不能遗传以及如何通过遗传保留变异，由此又促进了遗传学的形成与快速发展。而在遗传学种群的研究中，又牵涉到了大量数据的分析处理(例如孟德尔豌豆试验中需要处理2.8万株植物、4万朵花以及40万颗种子的数据;摩尔根要统计上千种突变体和数以万计的果蝇的数据)，因此生物统计学又应运而生。

上述多学科经过近40年的发展和聚焦性研究，达尔文的进化思想已经在科学界取得了几乎一致的认同，人们对遗传规律也有了较前更为深入的了解。但是遗传物质基础这个长期的瓶颈问题仍然没有得到破解。

生物学界的年轻一代不满足前辈们基于形态、观察、描述和归纳的研究模式。从20世纪开始，他们把物质科学基于实验的研究模式引入生物学，建立起了生物化学、生物物理学、细胞生物学。

同时胚胎学的重点转移到实验胚胎学，遗传学的重点转移到分子遗传学。1953年 DNA双螺旋结构破解后分子生物学兴起，学科结构和边界再一次迅速变动，形成以基因研究为主导、分子生物学研究为中心的生命科学学科结构。有趣的是，最终解开遗传物质DNA结构奥秘的人，除了沃森，其他都不是生物学家，而是物理学家和化学家。

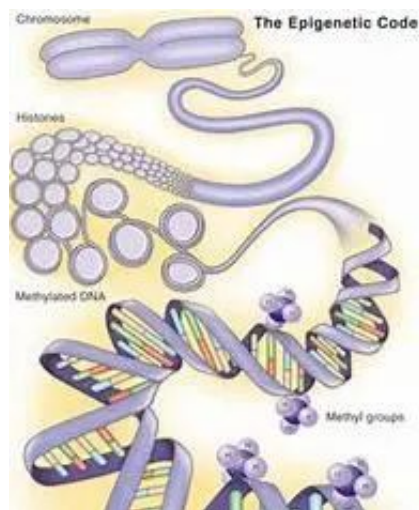


图3：遗传物质的结构

回望近两个世纪以来生物学的发展历程，可以看到在生物学范围内的学科之间，从来就没有固定的界限，它们总是处于不断的流动之中，在相互交叉与融合过程中发展，而重大颠覆性创新多数发生在不同学科的交界处。学科发展的总体趋势是从博物学方法到实验方法，从形态到功能，从整体到分子；学科不断细分，而同时又保持着从分到合、从还原到综合的一定张力。近年来热门的大数据研究、真实世界研究、虚拟真实性(Virtual Reality, VR)、冷冻显微电镜技术的发展就是明证。

学科交叉是科学题中应有之义，是科学发展的必然，同时也确确实实是颠覆性创新的重要途径。

我本人学医，就从医学发展史的角度来举两个方面的例子。

1. 化学推动病原微生物学和药学发展。

18世纪蒸汽机的发明和应用引发了英国工业革命，煤炭和煤气的使用产生了大量的污染废物——煤焦油，如何处理煤焦油则成为一大难题。需求推动了创新，化学家从煤焦油中提炼出蓝色的苯胺以及各种颜色的苯环芳香族衍生化合物。在此基础上，19世纪德国染料工业技术兴起，发明出更多的染料。随之，细菌学家们发现有的染料可以选择性地使某些细菌染上颜色，甚至让细菌的细胞核与细胞质染上不同的颜色，这样便容易发现病原细菌，并直观地看清细菌的结构。在此基础上，法国的巴斯德、德国的科赫相继在病原微生物学上取得划时代成就。例如巴斯德揭示了发酵原理，发明了狂犬病与鸡霍乱疫苗；科赫分离出结核与伤寒杆菌，发现炭疽杆菌与霍乱弧菌，定义了判断病原微生物的四大原则，等等。后来，科学家发现如果在特异作用于病原菌的染料上连接毒性化合物，能杀灭病原菌而不损害人体。利用这个原理，1910年埃尔利希发明“撒尔佛散”(Salvarsan, 又称606)成功治疗梅毒，成为人类首创的化学合成药物。

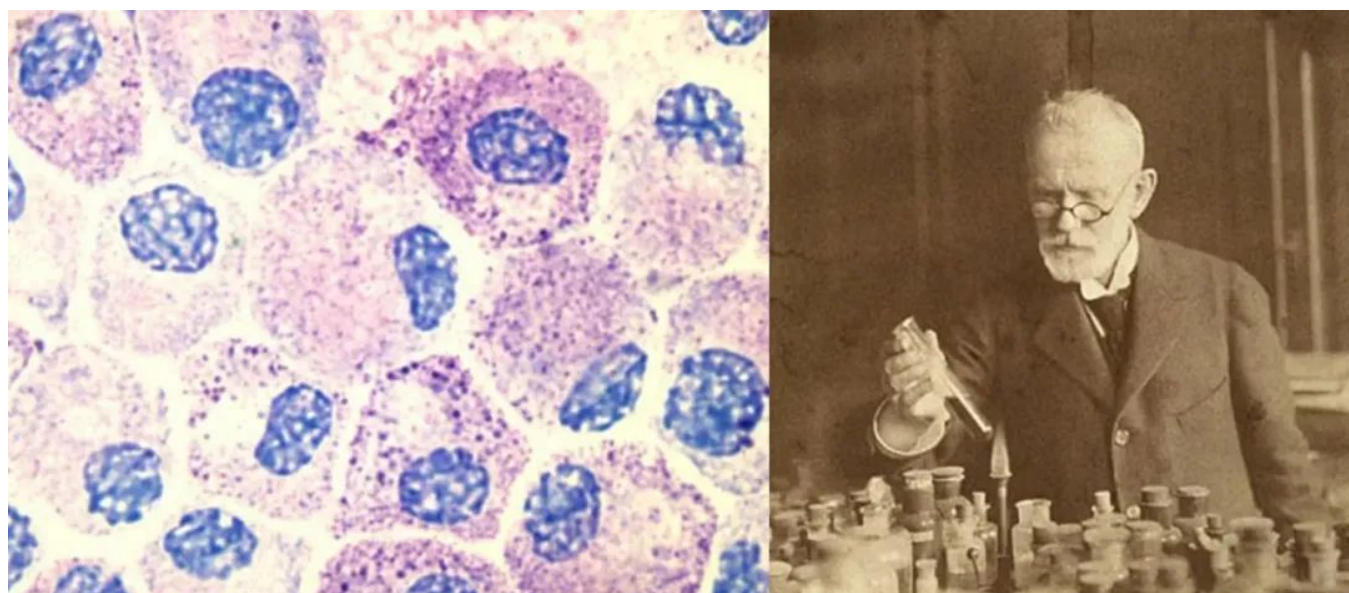


图4：用托尔蓝染色的肥大细胞&正在做实验的埃尔利希

化学促成药物发展的另外一个例子是阿司匹林的发明。18世纪中叶英国的爱德华·斯通(Edward Stone)，看到沼泽地区多发疟疾发热病人，而沼泽地区总是柳树丛生，由此他联想到柳树皮是否能退热？后来经过试验，果然发现柳树皮干粉能使一些发热病人退热。随后也是由于化学的进步，到1828年后的十年间，德国、意大利和法国化学家先后从柳树皮当中分离出具有退热作用的水杨苷和水杨酸。1853年，德国化学家科尔贝(Hermann Kolbe)从煤焦油中提炼出水杨酸，并于1874年实现产业化生产。但由于水杨酸对胃肠道的腐蚀性太强，会产生胃肠道出血、腹泻等严重副作用，从而妨碍了其临床应用。最终在1897年，德国的拜耳公司由水杨酸得到了其衍生物乙酰水杨酸，即阿司匹林。由于阿司匹林不仅有确切有效的解热镇痛的作用而且对胃肠道的副作用大大减弱，并且后来发现它还具有抗凝血与对心脏的保护作用，至今阿司匹林仍为临床应用最广泛、疗效最确切的化学合成药物。



图5：阿司匹林与其发明者费利克斯·霍夫曼

这样的例子还有很多，如果没有化学的发展和化学家的努力，就不可能有现代药物学的发展。

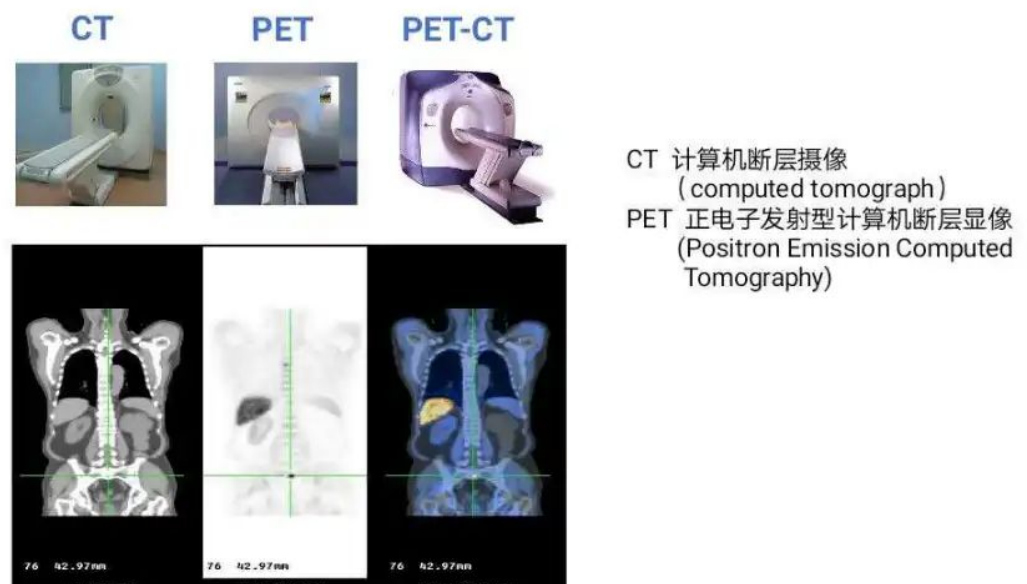
2. 物理学推动临床影像诊断的发展。

1895年物理学家伦琴发现X射线，并于第二年将其应用到医学影像。伦琴拍摄的第一张X射线影像照片便是他夫人的手掌，他利用不同组织X射线的穿透力不同，在胶片上产生影像。其后X射线在医学影像上的应用越来越广泛，又与计算机技术相结合研发出电子计算机断层扫描摄像(Computed Tomography, CT)。CT可以把人体的内脏结构更加清晰、直观地体现出来，大大推动了医学影像的发展。发明与推广应用这项技术的物理学家和电机工程师在1979年获得诺贝尔医学或生理学奖。



图6：X射线的发明者伦琴与第一张X射线医学影像照片

科学家们还发现，可以将能发射正电子的化合物(如碳14标记的葡萄糖分子上)通过静脉注射到达人体各个组织，血液循环最多的部位与代谢率最旺盛的地方带有正电子的化合物葡萄糖就越多，发射的正电子就越多，利用这个原理成像的技术即正电子发射型计算机断层显像(Positron Emission Computed Tomography, PET)。PET的敏感度很高，尤其有利于发现恶性肿瘤。例如一个病人的PET检查发现耻骨附近有一个高强度的亮点，但无法明确它位于哪个器官。将PET与CT进行结合，就可以确定这是前列腺的一个直径不到1厘米的癌症。



CT获得1979年诺贝尔医学或生理学奖（获奖者为物理学家与电机工程师）

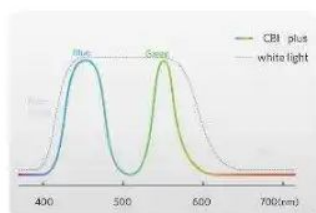
图7：CT、PET与PET-CT

此外，核磁共振成像(Nuclear Magnetic Resonance Imaging，NMRI)的发明也与物理学家的努力密不可分。它的原理简单来说是被检查的组织细胞内的氢原子核在强大的磁场作用下发生共振，通过记录共振时所产生的波谱并经过计算机对数据重建，得到非常准确的、立体的人体脏器组织和病灶的影像。核磁成像技术发展很快，现在已经发展到四维成像，即随时间动态显示图像，比如心脏动态核磁共振检查不仅可以清晰显示心室、心房、瓣膜和冠状动脉的结构，而且能显示心脏搏动时的动态图像，甚至可以结合人工智能技术来评判冠状动脉血流状况。发明NMRI这项技术的物理学家在2003年获得了诺贝尔医学或生理学奖。

内窥镜的应用也对医学影像起到了重大推动作用，如今已可应用到人体几乎所有部位。这里我给大家讲一个学科交叉研究的例子，我认识一位清华大学精密仪器系毕业的学生，他去日本学习，后来到世界光学技术龙头企业奥林巴斯工作，并做到该公司医学内窥镜方面的技术主管。他决定回国发展时，所有在日本开展过的研究都不允许在中国开展。我问他：“那你怎么办呢？”他说：“没问题，我做在日本没做过的研究。”后来，他自主研发了内窥镜的分光成像技术。原先的胃镜成像发射单色光，而他研制的胃镜发出绿光和蓝光两种波长的光，胃表面黏膜对绿光的吸收最好，而黏膜下的血管对蓝光的吸收最好，这样发现病灶的能力就得到明显的提高。那么，两种光如何一起工作呢？我去参观过他的工厂，其实原理非常简单：导管尖端安置的两个光源快速转动，类似救护车上的转灯，使被观察部位几乎同时受到两种光谱的照射。他说：“这对我们工科的人来说很简单”。后来他又采用激光图像传输和无线供电等技术，使胃镜的功能不断得到改进，目前产品已经畅销国内外。

内窥镜

胃镜 -- 分光成像；激光传输；
无线供电



机器人内窥镜

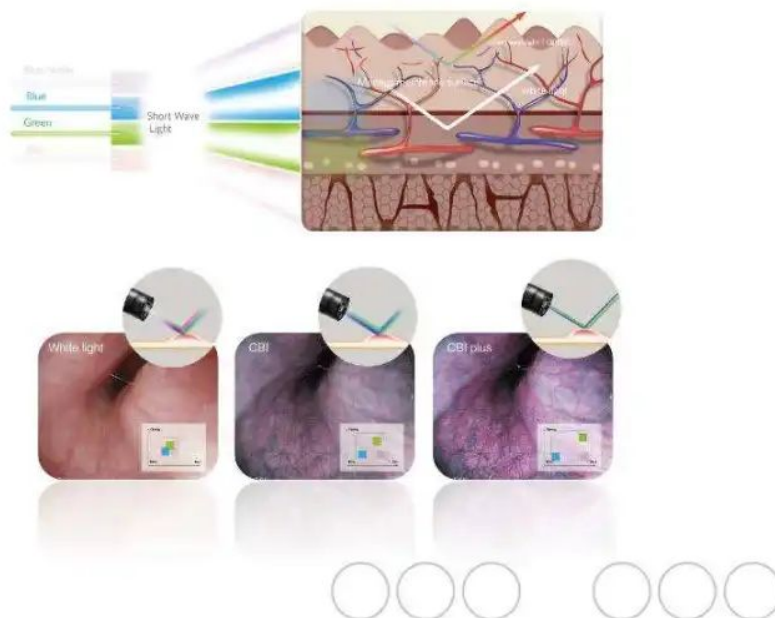


图8：内窥镜的成像原理。

总体来说，由于医学成像的发展，医生能够直接透过体表看到身体内部，不仅对内脏结构了如指掌，更能直指病灶，进而大大推动了临床外科的发展。可以说，20世纪医学所取得的巨大飞跃在很大程度上应该归功于医学成像，但这个飞跃不是由生物学家或医学家、而是由物理学家来推动的。

2 我对学科交叉的亲身体验。

1962年，我考取上海第一医学院(现为复旦大学上海医学院)医学系，开始了我的医学生涯。1968年我毕业后分配到陕西省临潼县的一个农村公社卫生院当临床医生。当时卫生所的全部建筑只有一排平房，包含门诊、药房、注射室和职工宿舍。卫生所只有我一个医学院校毕业生，我得接诊内科、外科、妇科、儿科、五官科等所有的病人。上世纪60年代，农村妇女生孩子基本还由接生婆接生，分娩时会阴保护做得不好，有的产妇会阴撕裂严重，又不修补，造成阴道-肛门瘘，十分痛苦。当时一心想解除她们的痛苦，自己动脑筋想办法，居然成功地为她们做了手术。后来北医三院成形科大夫告诉我，即使在大医院的成形外科，这样的手术也不算简单呢。

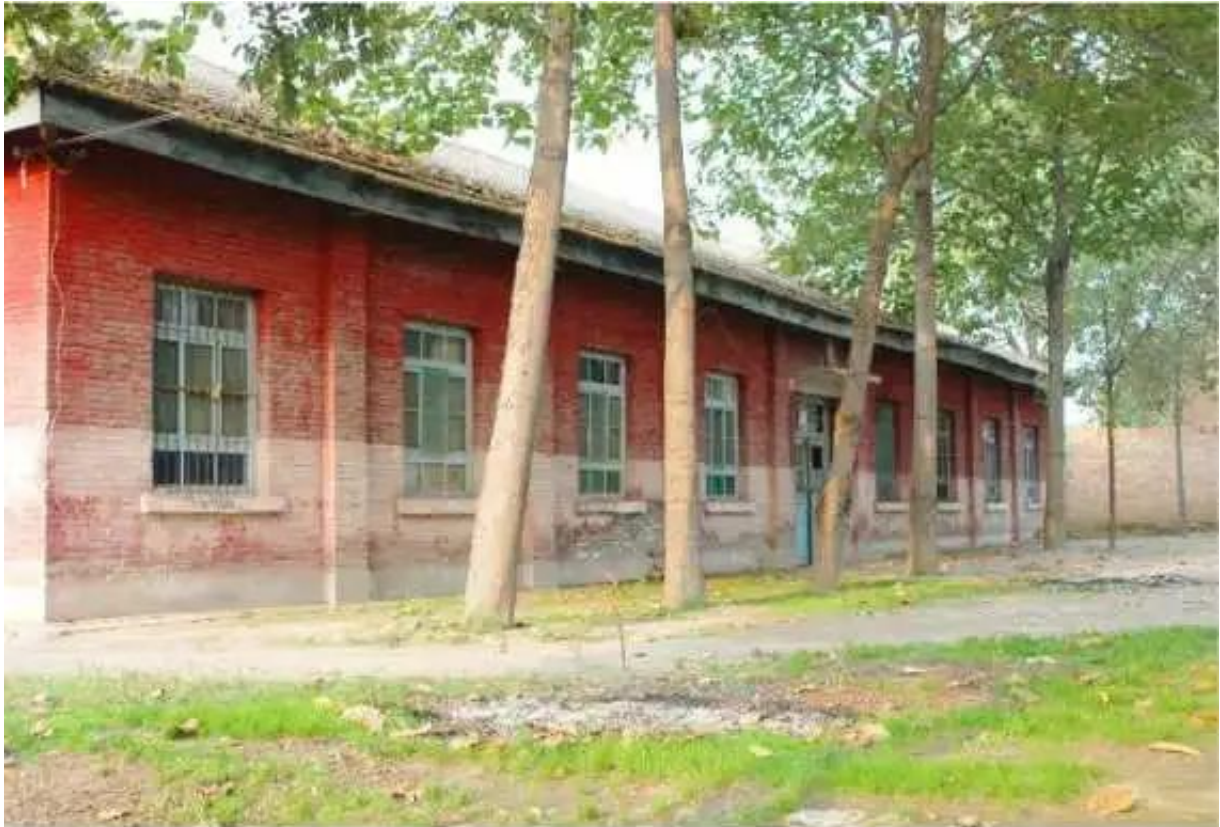


图9：陕西农村公社卫生院

除了常见病之外，我还要面对许多千奇百怪的疑难杂症。有不少农民习惯于中医诊治，我就学习中医中药与针灸。比如说农民因发烧就诊时，需要医生能尽快退烧，否则他就不相信你。而退烧快就只能选择打退烧针或者吃退烧药，但有好多病人退烧以后几个星期、几个月还是不断出汗。对此西医无计可施，后来我采用中医治疗，效果相当好。还有一些年轻人长期严重遗精，对此西医也没有好的诊疗方法，但我采用中医治疗也取得了效果。农村年富力壮的妇女产后奶下不来，我采用服中药加针灸治疗，效果特别好，乃至很远地方的病人都闻讯赶来求治。类似的例子还有很多。

改革开放让我获得了攻读研究生的机会，从一名临床医生转行成为一名基础科学研究者，这里也有背后的故事。1977年底，我参加陕西省冠心病、高血压的学习班，到西安医学院第一附属医院进修，才第一次了解到收住入院的心肌梗塞病人实际上没有任何有效的治疗方法，只能企望病人通过严格休息自愈，眼看着不少病人去世，这给我带来了很大的刺激。我感到了前所未有的使命

感，认为自己有责任去研究到底采用什么办法可以挽救这些病人。所以当时一有考取研究生的机会，我就下定决心投身冠心病相关的基础研究。



图10：攻读研究生期间，与卢兴教授合影

西安医学院的卢兴教授在冠心病、心血管的病理生理学方面是专家，我慕名而成为了他的研究生。我研究的课题是《大鼠心肌梗塞面积和心功能的关系和影响因素》。当时科研条件比较简陋，实验室就只有一个多导生理记录仪，其它设备则需要自己创造。

我那时遇到的一个最棘手的问题是，测到的心室压力如何才能反映心脏的功能？要知道评估心功能的强弱并不在于心室内压力的大小，而在于压力变化的速度，这里就牵涉到数学微分算法。为此我认真学习了数学中的相关内容，后来我们建立的一套心功能测定方法，还推广到全国。

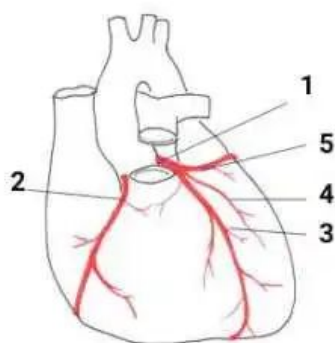
我的研究需要测定心肌梗塞范围，当时还没有现成的方法我将大鼠的心脏组织做成切片，在组织显微镜下能区分出正常和梗死的心肌组织，但如何测定梗死面积呢？后来我们找到地质研究所，向他们讨教地图面积的测定方法并成功应用到心肌梗塞面积的测定上，这也算是一些小小的学科交叉。由此，我从一个临床的全科医生转换成了一个研究冠心病和心脏病的发生机制和影响因素的基础科学研究者。



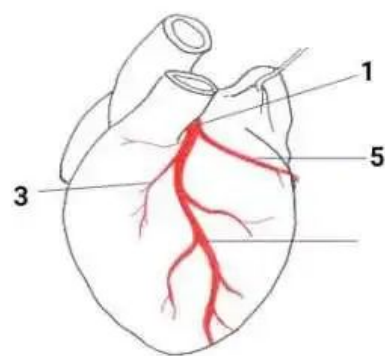
神经肽Y（NPY）对冠状动脉的作用



人心的冠脉铸型



人冠状动脉



兔左冠状动脉

1. 左冠状动脉主干 2. 右冠状动脉 3. 前室间支（前降支）
4. 对角支（即动物的左室支） 5. 旋支（左旋支）

图11-12：在埃默里大学进行NPY相关研究

1985年我有幸赴美国埃默里大学做访问学者，并以此为契机从病理生理学转换到分子药理学研究。我刚到那里的时候，他们正在研究一个新发现的36肽 Neuropeptide Y(NPY)对冠状动脉的作

用，已经研究了几个月，但没有取得进展。我提议将实验对象从狗换成兔。他们课题组里都是P hD，没有人了解兔的冠状动脉结构，但我很熟悉。为什么呢？因为我在做研究生的时候，经常和解剖学的研究生在一起交流和学习，当时我们一起做过人、狗、兔子和大鼠冠状动脉的比较解剖学研究。得益于解剖学的交叉背景，将实验对象换成兔后，果然发现NPY对冠状动脉具有很强的收缩作用，并能增强其他缩血管物质的效应，并发表了文章。接下来，我又证明NPY对大鼠脑血管具有同样的效应。联想到临床上有的脑溢血病人在抢救成功，症状显著好转后一周时，突发严重的脑血管痉挛死亡，我想到是否NPY会参与这个病理机制呢？后来我的研究证实了这个假设，发表了比较好的文章。我的临床医学背景、病理生理学背景在研究药理学的时候显示出了学科交叉的优越性。

后来我又转到了另外一个研究分子药理学的实验室。非常有幸，在后来的肾上腺素受体研究中我得以采用生理学、药理学与生物化学结合的方法，在国际上首次证明 $\alpha 1$ 肾上腺素受体包含不同亚型，相关结果发表在《Nature》杂志上，成为一个经典发现，在肾上腺素受体领域发展中起到了比较大的作用，受到广泛的认同。



转向分子药理学— $\alpha 1$ 肾上腺素受体亚 型研究

Han C, Abel PW, Minneman KP $\alpha 1$ -Adrenoceptor Subtypes Linked to Different Mechanisms for Increasing Intracellular Ca^{2+} in Smooth Muscle Nature 1987;329:6137

在我1987年回国后的七年内，我每年有三个月时间可以回到美国的实验室进行访问交流。我在北医建起了自己的实验室，把受体研究和心血管病理生理研究结合在一起，取得了一些国外同行无法得到的研究结果。随着研究的深入，我们开始探究肾上腺素受体的脱敏问题，通过荧光标记测定激动剂作用后受体在活细胞中的行动轨迹。为了解析行动轨迹背后的活动规律，我们跟北大化学系、电子学系、生命科学院、中科院的物理所合作，采用宽场成像方法，开展光学单粒子追踪实验。实时观察到单个受体的移动轨迹，发现肾上腺素受体的1A和1B两种亚型在受到激动剂作用后向细胞内移动的速度不同，分别为平均每秒0.3微米和1.08微米。更有意思的是，当放大运动轨迹时，发现移动是步进式的，每跳一步的距离是33纳米，而33纳米恰恰是肌球蛋白沿着肌纤蛋白移动的距离。由此我们提出了受体内陷后用肌动蛋白作为马达沿着肌纤蛋白移动的假说。这些研究在国际肾上腺素受体会议报告的时候，产生了比较大的反响。此外，我们还进行了其他的一些跨学科研究，比如通过蛋白组学的方法探究心肌重塑、心肌肥大时心肌受体信号转导分子的相互作用网络等。

2003年到2018年，我相继担任九三学社中央主席、全国人大常委会副委员长、全国政协副主席、中国科协主席、欧美同学会长等职位。由于分身乏术，我只能停下了自己的科研工作，由我的实验室同道继续努力，取得了一些成绩。虽然无法继续我的生物医学研究，但我还是力所能及地从其它角度开展学科交叉的探索。例如，2003年非典疫情暴发时，我受邀到中央电视台《百家讲坛》做讲座，回顾传染病的历史。为了这次讲座，我恶补医学史的相关知识，也在此过程中得到了启发，从那以后我开启了医学史和医学人文的研究。我担任的各项职务多数都与科技工作有关，都需要为国家科技体制改革和科技管理建言献策，同时也获得了更多调研与学习的机会。在此过程中我深深体会到，我国科学技术的发展虽快，但科学文化还很落后，而这反过来在一定程度上又制约了科学技术的发展。

2018年3月我从领导岗位退下来之后，积极推动北京大学和中国科协联合成立了科学文化研究院，又领导成立了北京大学科学技术与医学史系，着力结合科学与人文，结合科学史、科学哲学、社会学、传播学等各个学科，来共同研究科学发展的规律，研究如何推进科学文化建设，培育更好的科学技术发展的土壤。这些，其实是在更加广阔的范围内开展学科交叉研究。



图13：成立北京大学科学技术与医学史系

回顾自身经历，自己在学科交叉方面做了一些工作，但远远不够。归纳起来大概有以下几点原因：一是上世纪90年代刚开始做学科交叉研究时条件受限，缺乏经费与设备。二是在自主创建实验方法做得不够。虽然应用了一些跨学科的方法，但基本还是别的学科现成的方法，没有根据需要来发展建立独创的技术。三是自己数理化的基础太差，妨碍了自己做更大跨度的学科交叉研究。归根结底，还是因为自己搞科学研究的志向还不够高远，视野还不够宽广。

3 北京大学支持学科交叉的积极努力。

2000年，北京医科大学与北京大学合并。当时我担任常务副校长兼研究生院院长，王选院士嘱托我在担任副校长期间，一定要组织好学科交叉。所以我在校长办公会上主动提出负责建立生物医学跨学科中心。2000年12月生物医学跨学科中心正式成立，每周三在本部、医学部各进行一场跨学科的讲座，并且不间断地举办一些小型的跨学科研讨会。当时我的实验室开展近场光学等跨学科合作研究，都是在这样的研讨会上萌生的。

2006年4月4日，北京大学正式成立前沿交叉学科研究院，并持续在发展和壮大。在2000年生物医学跨学科中心成立之前，北京大学在1997年就成立了纳米科学与技术研究中心。2001年又在汤超老师的带领下成立理论生物学中心，随后又相继成立另外7个跨学科中心，还推动建立磁共振成像平台、高性能计算机平台两个服务学科交叉的公用平台。2014年前沿交叉学科研究院还成立了全国高校中第一个交叉学科学位分会，大大地推动了交叉学科的发展。目前研究院有来自全校26个单位的教师和学生，教师分为双聘和专聘两类，通过严格的评估决定是否续聘。

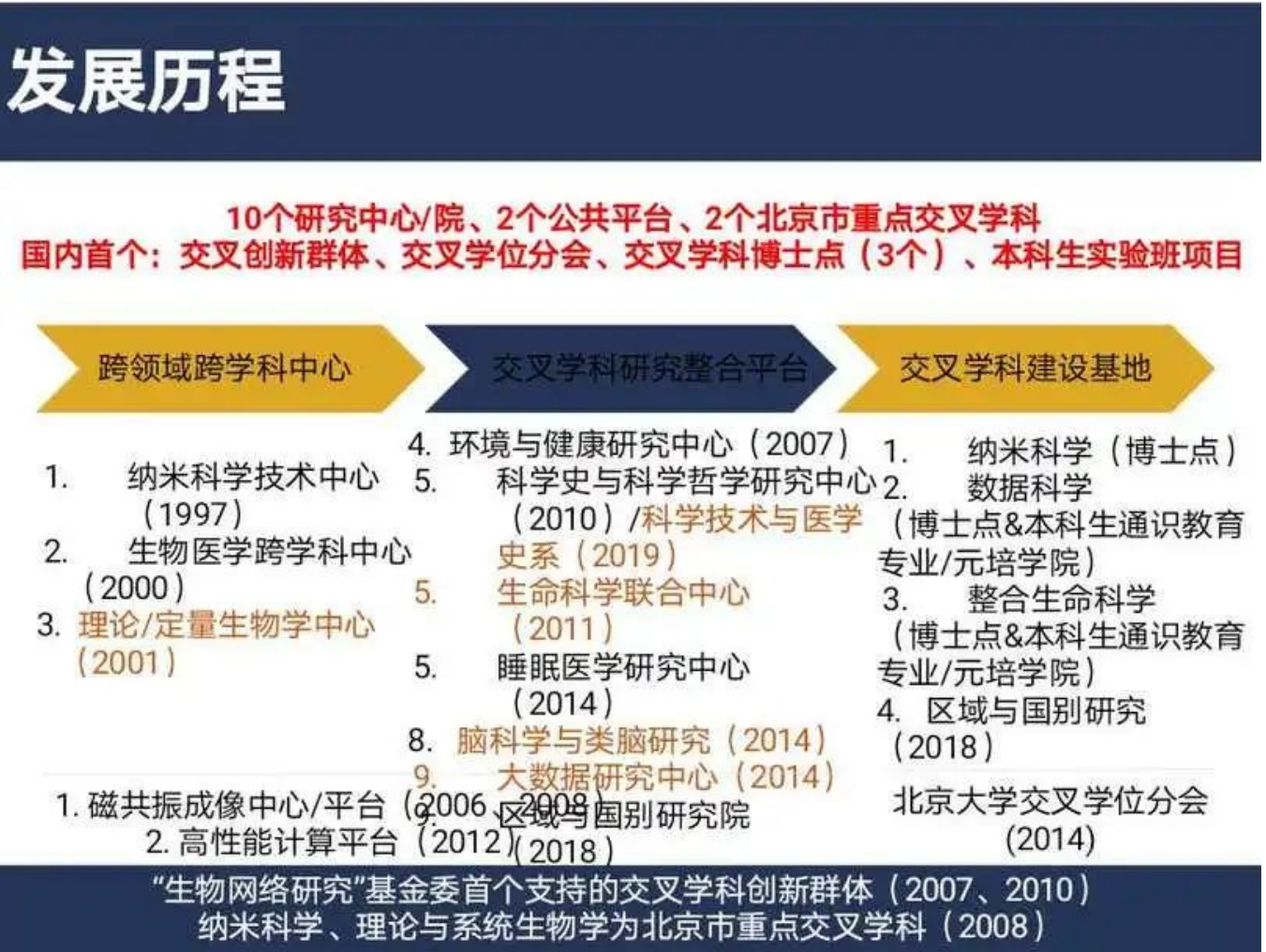


图14：前沿学科交叉研究院的发展历程

研究院在学科交叉方面取得了一系列的成果。比如说生命科学与物理学交叉，为体细胞转化成干细胞建立理论模型和预测;生命科学与化学交叉，建立在活细胞水平的蛋白质化学研究;医学与生

物技术交叉，完成单细胞基因组测序技术，提高试管婴儿、人工辅助生育的成功率，并完成世界上首个人类早期胚胎DNA甲基化的全景观图谱;医学与生物交叉，完成微小RNA参与心衰早期结构重塑和功能改变的研究;环境与生殖医学交叉，完成持久性有机污染物暴露和胎儿神经管畸形相关性的研究;化学与物理交叉，为新型材料的制备和新奇物理性质的探索提供新的研究模式。

总之，从成立到现在，前沿交叉学科研究院经过十几年的努力，不仅在科学研究方面取得了优秀成果，而且在管理模式和组织方式上也积累了经验。

4 取得学科交叉成功的要素。

01 科研志向。

一是有志于盖新房，还是仅仅增砖添瓦？

“盖新房”就是去做从0到1的原始创新的研究，去争取获得基本概念或者重大技术方法的突破，开辟出一片新的研究领域;“增砖添瓦”就是在人家已经打好地基，大家正在盖房时去增添一砖一瓦。增砖添瓦当然也需要，增添的砖瓦还有大小的区别。但只有当你有志于盖新房时，才会大大增强学科交叉的动力。

二是自己创造方法，还是仅仅采用现成的方法？

如果采用大家都在用的现成的实验方法，要取得独创性的研究成果非常不容易，因为一般来说你能想到的，别人也能想到，凭什么你能做得比人家好呢?本领域的老大难问题往往是受制于方法上的限制，跨界从别的学科获取研究方法和技术，就容易取得研究的突破。

三是精益求精，还是见异思迁？

有的同学担心自己去跨学科，结果别的学科没学到，本学科也耽搁了。这是有可能的，这样的担心不无道理。我认为关键在于要打牢本学科的基础，要在本学科的某个问题上钻研得特别深，或者在本学科的某项技术或实验方法上有“一招鲜”。这样不仅“保了底”，而且有了跨学科“本”，别的学科研究者也会更愿意与你合作。跨学科不是见异思迁，这山望着那山高，根本在于对自己从事的研究内容和所用方法精益求精，无论是本学科的还是所跨学科的。

最后，最重要的是把科学当作自身的追求，还是仅仅当作求名求利的敲门砖？

这是决定一个人科研志向的根本因素，道理显而易见，我就不再展开讲了，但这确实是最重要的，当下很多人不敢去跨学科，或者迈开了一步却走不下去，都是因为没解决这一条。

02 知识结构。

我自己数理化生的基础太差，到需要做学科交叉研究时就感觉非常困难。我殷切希望现在年轻的一代一定要把数理化生的地基打好，所谓地基就是基本理论、基本知识、基本技术。比如说生物学，我们至少要对遗传学，对基因知识和技术有比较深入的了解。地基的厚度决定将来交叉学科跨越的广度和科研成就的高度。我现在对钱学森之问的体会越来越深，在应试教育下，中小学生学习负担越来越重，学的科学知识越来越多，但离科学精神、思想和方法越来越远。看起来数理化生课程学得不少，却没有掌握精髓，没有内化成自己的思想，不会应用。所以我们的教育必须

真正的改革了!当然我们大家不能只是等待改革的完成，即使今天改革正在进行时，现在的年轻人仍然是可以有所作为的。像北京大学等等一些走在前面的大学，就一直在鼓励学科交叉研究，我们不能等待，要往前走。

这里我想特别强调一下学习科学史的重要性。从事科学研究，一定要了解科学是什么?科学是如何一步一步发展到今天的?自己从事的专业，研究的领域乃至正在研究的课题是如何发展而来的?学习这些不仅可以加深我们对自己面对科学问题的理解，更重要的是能更加深入理解科学精神、思想和方法，提高自己的科学素养。我认为科学史应该成为大学教育中的基础必修学科。

最近我读了美国穆克吉医生写的《基因传》这本书，收获很大，更加体会到了科学发展的历程，可以加深对学科交叉的理解，激发出更大的动力。我建议大家来读一读这本书。

03 政策导向。

- 1、国家在制定科技规划和设置科研项目时，要充分考虑到学科交叉，加强鼓励和引导。
- 2、完善学科交叉的同行评议。同行评议现在存在很多问题，涉及交叉学科时问题更大。我们做了一些相关研究，提出在进行交叉学科同行评议时，要特别值得注意以下四个方面：1)要注意评议专家的选择。要选择对学科交叉有兴趣且有一定基础的专家。2)评议时要给予答辩和充分讨论的机会。3)对评议结果要设立申诉机制。4)事先对评委进行培训。在国家自然科学基金委员会，国家科技部等组织重大项目评议时，建议事先对评委就交叉学科如何评议进行培训。
- 3、完善教师学术评价机制。对教师学术水平的评价不能仅仅依靠论文，乃至CNS的文章发表情况，而是从学科高度和是否具有原创性来进行评估，要给学科交叉研究成果更大权重
- 4、完善研究生毕业论文与发表论文的要求。研究生的教育理念对学科交叉建设存在着巨大的影响。例如现在的研究生毕业，要求发表论文，顶尖的高校还要求发表比较好的论文。而交叉学科的学生本来就要花费更多的时间和精力来完成课题研究，发表论文更难。因此在制定研究生毕业论文与论文发表的要求方面，对学科交叉应有特殊的政策。

04 组织管理。

- 1、重点高校和科研院所所有必要建立专门的独立的交叉科研机构并且给予重点扶持。北京大学建立和支持前沿交叉学科研究院的做法，值得推广。
- 2、交叉科研机构一定要处理好虚体和实体的关系。全世界的交叉研究机构都存在这个问题，如果做成实体，往往面不够广;如果都是虚体，往往推不动发展。所以如何通过虚实结合，达到既有实体的推动力又能在面上拉动更多的人来进入学科交叉，是需要研究和实践的一个重要问题。
- 3、交叉科研机构需要设置独立的学术委员会和学位委员会。
- 4、要完善兼职教授、双聘教授制度。既要落实他们的责任，又不能造成过度的负担;既要有激励机制，也要有规范和限制性的制度。
- 5、做好研究生的管理服务。交叉研究机构的研究生如何做好双重管理?既要有统一管理，又不导致他们脱离所在学科的研究集体，还需要不断探索。

6、建设与用好公用研究设备平台。既要制定合理的制度和办法，提供方便和服务，让更多的人来用这些设备，又要维护好设备，保证可持续运转;要防止平台成为少数人专用的，又要不让设备空转。这些都需要在实践中摸索经验。

05 文化和土壤。

1、培育追求真理、讲求品味的氛围。核心是提倡竺可桢先生所主张的从事科学要“只问是非，不计利害”。要讲求优秀科学家的脾性和品味，包括好奇心、激情、专注、执着、诚实，遵守科研规范和道德。

2、推崇和而不同、兼容并包的氛围。学科交叉要鼓励打破常规，允许失败。学科交叉成功的人，往往是特别聪明的人，他们可能在性格上乃至精神上有点特别，对他们要给予包容。美国的分子生物学奇才Kraig Venter，总是特立独行，四面树敌，他甚至说“我最引以为荣的成就当属被商界与学术圈嫉恨”，像他那样的人都能继续获得发挥才能的空间，这方面值得我们学习。这样的天才应当得到包容。美国学术圈有更好的学科交叉氛围和科学文化土壤，这是还需要我们努力追赶的地方。我们要鼓励不同观点同时存在，视不同意见为珍宝，各美其美，美人之美。我认同美国诗人华莱士·史蒂文斯所说：“不完善，才是我们的天堂”。

3、建立合作交流，平等互利的氛围。科学史上可以举出很多例子，在某个小型学术会议上，乃至是喝咖啡、闲聊散步时，科学家之间互相交流，突然得到启发，产生灵感，从而做出重大的创新。现在我们的好多学术会议缺乏真正的学术交流，已经变了味，我们要让它们回归本源。我主张多一些有目的的学术访问，以此加强交流。在科研合作中要相互谦让，多做贡献，少要所得，同时注意签订必要的合作协议，有时“丑话说在头里”“亲兄弟明算账”反而能避免不必要的矛盾，使合作关系更加和谐和长久。

4、传播优秀经验，创造舆论。这次办好“学科交叉的魅力”名师系列讲座，就是为提倡学科交叉制造舆论的一种努力。希望大家齐心协力，把系列讲座的节目做好，推广好，扩大影响，同时反过来促进讲座得到良性发展。我预祝名师系列讲座取得圆满成功。

专家对谈。

汤超

：感谢韩老师为我们带来的精彩演讲，大家也踊跃提问，我选择几个请韩老师解答。第一个问题是，作为前沿交叉学科研究院的学生，通过学习发现，自己实际上只是对一个学科有深刻了解，对其他学科多半只是稍有耳闻。那么在研究过程中应该如何确定一个合适的学科交叉的课题？一个相关的问题是如何平衡学科交叉所需要的知识的广和深，会不会出现科科都精通，科科都不精的现象？

韩启德

：这个问题在我刚才讲的内容里也包含一些，其实学科交叉应该是自然发生的，也就是说你有高远的科研志向，希望做出原始创新，以解决问题为导向去做研究，很可能自然会用到跨学科的知识和方法。学科交叉是否成功还取决于几个方面：第一、你地基打的好不好？像我这样的地基，就很困难了。如果从事生物医学研究的你碰到微积分、碰到电子设备和电路设计、碰到软件编程都只得跳过去，乃至遇到重组DNA、转基因也只能跳过去，对遗传学的基础知识也不甚了了，要想做出像样的跨学科研究就困难了。第二、在打好地基的条件下，要提出好的问题，提出好的问题是成功的一半。第三、必须扩大视野，要解决问题不能仅限于现有的技术和方法，要善于

借助于其它学科的方法，甚至于自己建立新方法。但这件事情绝对不容易。首先你要找到合作的伙伴、学习的对象，然后将学习到的知识和方法应用到你自己的领域里解决问题。

刚才还问到如何确定一个合适的学科交叉课题?会不会存在自己的学科不精通，交叉学科也失败了的情况?我认为做学科交叉研究还是有一定的风险的，但只要你提出的科学问题是好的，那你总能找到好的办法。另外做学科交叉还有一点，精通本领域的研究非常重要。参考遗传学发展的历史过程，几个重大的发现也都是学科交叉的成果，而进行学科交叉研究的科学家都是在各自的领域里做得最好的，比如弗兰克林特别擅长X衍射晶体实验，她能把DNA样本的晶体照片拍到极致，尽管她非常孤傲，同系的威尔金斯虽然与她不和，但还得与她合作，后来沃森和克里克也得与她合作，他们各自发挥所长，才最终破解了DNA双螺旋结构的奥秘。所以我认为搞好本专业和进行学科交叉是不矛盾的。

汤超

：这确实是一个非常交叉非常复杂的问题。正好这里有一个相关的问题，请问理工科与人文社会科学交叉的难点是什么?

韩启德

：刚才提到我2018年从领导岗位退下来以后，开始从事科学文化和科学史的研究，这是典型的理工科和文科交叉。自然科学背景的科学家书写的科学史，往往被称为“内史”比如说爱因斯坦如何发现相对论?遗传学如何发展到人类基因组计划?历史学家书写的科学史是往往被称为“外史”，比如科学家做出科学成果的时候受到什么样的背景推动?做出的科学成果对社会有何影响?他们重视史料，也往往擅长写故事，但往往对科学理解不够深。我刚刚推荐大家读的《基因传》，之所以好，是因为做到了“内史”和“外史”的结合。我很佩服这位作者，他是印度裔的美国肿瘤专家，能将从摩尔根、孟德尔开始的近两个世纪遗传学发展的每一个环节，其生物学的原理说得清晰明了，又能与生动的人物故事以及社会背景巧妙地融合在一起。我认为没有同时具备文科和理科交叉的学术背景是完成不了这样的著作的。所以学科交叉不仅仅是理工科间的交叉，文科也不能缺席。科学史研究迫切需要自然科学、社会科学与人文领域的专家联合在一起来推动。现在存在的问题是，有自然科学背景的人去做科学史，缺乏史学的功底;而学历史出身的人来研究，有不少科学方面的知识他也不容易补课。我们现在从高中开始就分文科、理科了，到大学专业分科更细，使得优秀科技史研究者很难产生。所以我认为教育一定要改革，这也是推动学科交叉的一个非常重要的基础性工作。

汤超

：好，没有看过刚才韩老师推荐的《基因传》的同学，建议去阅读下这本书。下面一个问题跟刚才的问题其实有点关系。您在讲座中有不少科学史内容，也谈到了科学文化，您觉得科学史的教育是否应该更早开始?怎么样推广科学文化?怎么样让学生更早的了解和学习科学精神?

韩启德

：我关于这方面的体会很多，牵涉到方方面面。我着重讲自己最深的体会。大学生、研究生如何学习科学?现在老师在课堂上基本上都只是传授知识，我认为这样教出来的学生并不一定对教授的知识有深刻的理解，更不容易掌握学科的基本思想与方法。反过来，我在设想教学如果从科学史讲起。比如现在医学生学习糖尿病，都是从解剖学、组织学、生理学、药理学、内科学分门别类地学习相应知识，前后经过3-5年时间，最后可能只记得临床上用得着的一些知识点。而如果我们沿着胰腺、胰岛、胰岛素、糖尿病、糖尿病治疗、糖尿病分子遗传机制发现的科学史脉络来学习，不仅能提高学习兴趣和效率，增强知识系统性，更重要的是能使学生在这样的学习中更好地理解科学精神、科学思想和科学方法，提高科学思维的能力。所以我认为我们一方面要普及科学

通史教学，另一方面一定要在各门学科的教学 中贯穿科学史教育，把科学史融入课程。我还认为不仅理工科和医科的学生要学习科学史，文科学生也必须学习科学史。现代化是由科学技术来推动的，我们说人文是科学技术发展的方向盘和刹车，但如果刹车和方向盘不在车上，怎么起作用呢？所以我主张把科学史列为高校本科生的必修课，这也是北京大学科学技术与医学史系努力的一个方向，希望越来越多的同道能接受这样的观念。

汤超

：好，下面这个问题和机器人有关，您如何看待现在医疗机器人的水平？比如说现在达芬奇机器人，他们的发展趋势如何？能否完全实现远程手术及手术室中具体操作全由机器进行？

韩启德

：我想把这个复杂问题简单化，机器人在医学上应用越来越广，这是大势所趋。比如说达芬奇机器人完全可以操作得比人更精细，甚至可以完成外科医生难以操作的一些手术，但是机器人永远代替不了人。为什么？因为机器人的程序是人为设定的，即使可以进行自我学习也还是不能脱离人的掌控。我举个最简单的例子——读片（CT、磁共振等成像的片子）诊断，机器人通过程序设定，再加上海量数据的训练和自我学习，读片诊断的准确率可以做到高于临床医生的平均水平。但是机器人的诊断标准是人规定的，而人凭什么设定标准呢？凭概率。每个人都不一样，生的病也不完全一样。外科大家吴阶平院士说，他做了一辈子外科大夫，就算是阑尾炎那么简单的疾病，每个病人也都不完全一样，共性与特殊性并存，标准只能按照最大概率来确定，但不一定符合所有病人。还拿读片来说，一张疑难胸片拿给钟南山院士诊断，也许他会说，感觉好像有点问题。这种“感觉”到底是什么？人的意识、感觉、情感是人类和机器根本性的区别。万物遵守一般的规律，但经常有一些超乎规律以外的东西，要凭人类的经验和感觉来判断，我相信机器人无法解决。

汤超

：最后一个问题，您提到18世纪英国科学家发现柳树皮能退烧。是一段非常有趣的故事，您自己也做过中医，那么您觉得是否可以用学科交叉的方法来研究中药？

韩启德

：这个问题提得好。爱德华·斯通发现柳树皮能退烧很可能运气的成分比较大。但是以前科学不发达的时候，很多重要的成果可不就是这样发现的吗？中医里类似的事情比较多，比如打嗝（呃逆）怎么治？不是气往上冲吗？那就用重的东西来压一压，什么东西？用赭石，有时还真管用。又比如咳嗽，痰咳不出来，怎么治？不是因为细小气管不通畅吗？用橘络，它很像肺部的气管树分布呀，有时也还真有点效果。但究竟有没有效果？有多大效果？什么情况下有效，什么样情况下无效？要回答这些问题就必须采用现代临床流行病学方法来设计随机、双盲、多中心的临床试验，获得确切的循证依据。如果有效，还需要进一步研究产生疗效的机制，以及究竟是什么成分发挥的作用。中药多数是植物药或动物药，化学组成非常复杂，更不要说中医常常要用复方才有效果，要从中鉴别出有效成分乃至化合物是一件十分困难的事情，需要化学家甚至物理学家和计算机专家的努力。中医药是个伟大的宝库，但要从中真正挖出珍宝，需要现代科学多学科的交叉研究，可以说这也能成为促进学科交叉研究的重要途径。

汤超

：好，谢谢韩老师。我们今天讲座就到这里，敬请大家继续关注我们系列的讲座，来领略学科交叉的魅力。

更多 科研头条 请访问 <https://www.iikx.com/news/topnews/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发