# 世界高水平大学基础学科建设路径探索

**张晓晴1\* 员荣平1 苏原正2**

（1、北京化工大学 规划与学科建设办公室，北京 100029；2、北京师范大学教育学部， 北京 100091）

**中图分类号：G640**

摘要：基础学科在整个学科体系中属于先导性和决定性的元素，是国家科技战略发展的基础与后盾，基础学科建设的重点任务是围绕拔尖创新人才培养，对标国家战略需求与人才培养的核心价值取向，不断提高人才培养水平和质量。本文选取了五所世界高水平大学基础学科建设路径作为研究对象，围绕其在数学、物理、化学学科领域的人才培养理念、研究团队、重点学科方向、支撑平台等维度进行归纳总结，并从基础学科的“前沿布局、平台建设、交叉融合、人才培养”四个方面进行了分析。对“双一流”建设新形势下我国高校的基础学科建设与发展具有一定参考意义。

关键词：基础学科、人才培养、“双一流”建设、建设路径、交叉学科

**Explore the path of building basic disciplines in world-class universities**

**Zhang Xiaoqing1\* Yuan Rongping1  Su Yuanzheng2**

(1.Beijing university of chemical technology, Office of Planning and Discipline Development, Beijing, 100029；2. Faculty of Education, Beijing Normal University Beijing, 100091)

**Abstract：**As a leading and decisive element in the whole discipline system, basic disciplines are the foundation and backing for the development of national science and technology strategy. The key task of the construction of basic disciplines is to constantly improve the level and quality of talent training by focusing on the cultivation of innovative talents, marking the national strategic needs and the core value orientation of talent training. This paper selects the basic discipline construction paradigm of five world-class universities as the research object, analyzes their talent cultivation concept, research team, key discipline direction and supporting platform in the fields of mathematics, physics and chemistry, and summarizes from the four aspects of "discipline frontier layout, discipline platform construction, interdisciplinary integration and talent cultivation". It is of some reference significance to the construction and development of basic discipline in the universities of double - first-class construction under the new situation.

Keyword**：**Basic disciplines； talent cultivation； "double first-class" construction； construction path； interdisciplinary disciplines

\*【通讯作者】：张晓晴（1987-），女，新疆乌鲁木齐市人。工学博士学位，助理研究员，主要研究方向为高等教育管理、“双一流”学科建设与评价，电子邮箱：zhangxiaoqing@mail.buct.edu.cn 电话：17828005726；

员荣平（1980-），男，山西太谷人。工学博士学位，规划与学科建设办公室副主任，主要研究方向为学科建设与评价、科技创新与技术转移等，电子邮箱：yuanrp@mail.buct.edu.cn 电话：18600016521；

苏原正（1991-），男，吉林通化人。主要研究方向为高等教育管理、高校学科建设与评价，电子邮箱：mj5809@sina.cn 电话：18519100178。

【基金资助】本研究受到北京化工大学研究生教育教学改革项目资助，项目名称《“双一流”建设下学科绩效评估体系研究》，项目编号：G-JG-PTPG202108；项目名称《行业特色高校交叉学科培育机制与建设成效评价研究》，项目编号：G-JG-ZD202103。

## 引言

学科建设是高等教育发展的核心所在，而基础学科在整个学科体系中属于先导性和决定性的元素，也是国家科技战略发展的基础与后盾[1, 2]。基础学科主要包含数学、逻辑学、物理学、天文学和天体物理学、地球科学、化学、生命科学、心理学、基础医学、哲学等。作为技术与工程学科发展的重要基石，数学（mathematics）、物理学(physics)、化学(chemistry)这三门典型的基础学科对于整个高等教育学科体系的构建与发展意义重大[3, 4]。钱学森在《现代自然科学中的基础学科》一文中更是提出“数学、物理是基础的基础”[5, 6]。

2020年，教育部印发了《关于在部分高校开展基础学科招生改革试点工作的意见》（也称“强基计划”），该计划旨在积极建立多维度考核评价学生的招生模式，逐步形成基础学科拔尖创新人才选拔培养的有效机制；2022年教育部、财政部、国家发改委发布《关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见》，该意见将“夯实基础学科建设”作为服务新发展格局，优化学科专业布局的重要举措之一，指出要实施“基础学科深化建设行动”，布局一批基础学科研究中心、扶持一批“绝学”、冷门学科、建设一批基础学科培养基地等；加强基础学科人才培养是加快建设世界重要人才中心和创新高地的内在要求与必然选择，是实现高水平科技自立自强、推动高质量发展的重要基石。近十年来，教育部持续深化基础学科建设，全面启动基础学科拔尖计划2.0，在77所高校布局建设了288个学生培养基地，探索基础学科拔尖人才培养的“中国范式”，累计吸引了1万余名优秀学生投身基础学科，形成基础学科拔尖人才的“梯队网络”，为构建世界重要人才中心和创新高地筑牢基础。

基础学科建设与发展不是一蹴而就的，需要花长周期、大力气，不断试错，甚至面临着学科建设范式的变革[7]。随着科技革命和科研范式的不断变革，传统意义上的基础学科与应用研究、产业化发展之间的边界趋于模糊，基础科学已经深入到科技产业创新的方方面面[4, 8] ，发达国家和国际知名大学在不断深化基础学科发展战略布局，全球科学研究热点逐步聚焦于基础科学问题的突破[9-11]，第二轮“双一流”建设正值我国“十四五”发展时期，对我国高等教育发展至关重要[12-14]，当下应尤为正视在基础学科建设领域所面临的挑战：一是基础学科“从0到1”的原始创新力还不足，聚焦芯片、“双碳”、生命科学等关键领域的诸多“卡脖子”问题，亟需夯实研究根基，从根本上突破核心关键技术，着力缩短我国与世界科技强国在基础研究领域的差距[15, 16]；二是基础学科建设保障机制还不够完善，基础学科建设具有要求更高、投入更大、周期更长、见效更慢等特点，因此须向基础学科汇聚更多优质资源，进一步优化学科生态[17, 18]；三是基础学科人才培养质量亟待提升，须全方位谋划基础学科人才培养，优化结构布局和培养规模，着力培养一批国家创新发展亟需的基础研究人才[19, 20]。

## 世界高水平大学基础学科建设路径

学科建设是高校学术发展的重要牵引，而基础学科的建设与发展决定了高校研究水平的上限，基础学科属于“硬科学”范畴，具有国际共识性强、范式统一、成果通用型强等特点，因此通过探索世界高水平大学在基础学科建设方面的丰富实践经验，对我国基础学科建设与发展具有较强的借鉴价值。本文选取了哈佛大学、麻省理工学院、剑桥大学、斯坦福大学、清华大学等5所世界高水平研究型大学，重点围绕其在数学、物理学、化学三大基础学科领域的建设路径作为研究对象，为“双一流”建设新形势下我国基础学科建设与发展提供参考。

### （一）哈佛大学基础学科建设举措及成效

哈佛大学基础学科主要归属于哈佛文理学院（FAS：Harvard Faculty of Arts and Science），FAS成立于1872年，拥有40个学术部门、30多个研究中心、10个博物馆和25个图书馆，致力于培养对人类社会和环境充满好奇心、对知识和真理保持永久热忱、具备卓越领导力的全球领军人才。1873年，威廉·艾尔伍德·拜利（William Elwood Byerly）成为第一位哈佛大学数学博士学位获得者，自此哈佛大学数学系成为了全球领先的纯理论数学研究中心之一[21]。目前哈佛大学数学系[22]是由20名资深学者、20名研究员和博士后学者、20名讲师、60名研究生以及270名本科生构成的小而精的研究社区，有超过1800名哈佛学生注册了数学系的相关课程。数学系的教师包括菲尔兹奖、诺贝尔奖、沃尔夫奖、邵逸夫奖、斯蒂尔奖、凡勃伦奖和玛丽亚姆·米尔扎哈尼奖得主，同时包括国家科学奖章、麦克阿瑟奖、古根海姆奖学金的授予者。哈佛大学通过学术社区的理念来打造学科，师生可以体验不同形式的教学方式。数学研究中心核心内容如下表：

**表 1 哈佛大学数学研究中心核心内容**

|  |  |
| --- | --- |
| **数学兴趣****Affinity Groups**  | 不同身份的数学爱好者在这里分享其对某一特定领域的数学见解，共同探讨教育理念、项目推进等。 |
| **数学思维****Math Myths** | 数学思维和其它技能一样，是可以通过练习加强和深化的，思维练习越多，对于数学概念的理解就越深，研究数学需要“成长型的思维模式”。 |
| **包容性课堂Inclusive Classrooms** | 课程作业是学生体验的核心，包容性课堂是数学系老师为学生制定的包容性、多样性和归属感的学习策略。包括主动学习训练、成长型思维训练、课外训练，深度阅读、专题分享等。 |

哈佛大学物理系[23]目前拥有50名教职员工，约170名本科生，250名研究生，120名博士及其它学者，物理系聚焦探索和解释宇宙发展的基本问题，例如与宇宙起源相关的弦理论、宇宙学和天体物理学，从可见的胶体世界到不断缩小的微观世界，从中尺度到纳米尺度领域的凝聚态物理、原子、分子和粒子物理学，通过打造活跃的学术环境，教育和培养学生成为下一代前沿物理学家。物理系拥有10位诺贝尔奖获得者。同剑桥大学、费米国家加速实验室、日内瓦欧洲核子研究中心、康奈尔威尔逊同步加速实验室、斯坦福线性加速器中心等世界级研究中心构建了深度合作关系，同时物理系与天文学系、生物物理学系、化学与化学生物学系、分子与细胞生物系都有深度的联系，例如与约翰·a·保尔森工程与应用科学学院联合进行计算物理、电气工程和纳米技术方面的交叉研究，与麻省理工学院构建了知名的超冷原子中心。

表 2 哈佛大学物理系代表性研究中心

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **研究中心名称** | **简介** |
| 1 | 黑洞计划研究中心（BHT）Black Hole Initiative | BHI是属于跨学科研究中心，涉及天文学、物理学、数学和哲学领域的主要研究人员，它是世界上第一个专注于黑洞研究的中心。 |
| 2 | 集成量子材料中心（CIQM）Center for Integrated Quantum Materials | 集成量子材料中心由哈佛大学、霍华德大学、麻省理工学院和波士顿科学博物馆合作成立，旨在研究具有惊人“非常规”特性的非凡新型量子材料，并有望改变信号处理和计算。 |
| 3 | 纳米系统中心(CNS) Center for Nanoscale Systems | CNS的研究重点是如何将纳米级组件集成到大型复杂的交互系统中。它汇集了化学、物理、工程学、材料科学、地质学、生物学和医学等学科。CNS设施不仅供哈佛的研究人员使用，而且供国内任何学术或非学术研究人员使用。 |
| 4 | 自然基本定律中心Center for the Fundamental Laws of Nature |  该中心属于跨学科理论研究中心，旨在通过物理学家、数学家和宇宙学科家的互动合作来提高人类对宇宙基本知识的认知。 |
| 5 | 超冷原子中心（CUA）Center for Ultracold Atoms | CUA汇集了来自哈佛大学和麻省理工学院(MIT)的科学家家，致力于超冷原子和量子气体所开辟的新领域研究。 |
| 6 | 凝聚态理论研究中心Condensed Matter Theory Group | 该研究小组在硬和软凝聚态物理理论领域开展广泛研究。 |
| 7 | 哈佛-史密森天体物理中心（CFA）Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics | CFA结合了哈佛大学天文台和史密森天体物理天文台的资源和研究设施，研究决定宇宙性质和演化的基本物理过程。其中一些开创性的成就包括: 空间轨道天文台仪器的发展;地面伽玛射线天文学;应用计算机解决理论天体物理学问题，特别是恒星大气问题. |
| 8 | 马克斯普朗克哈佛量子光学研究中心Max Planck Harvard Research Center for Quantum Optics | 该研究中心是马克斯·普朗克量子光学研究所(德国)和哈佛物理系的共同创建的交流平台，旨在量子科学的跨学科领域，完成无法由单个团队单独解决的前沿研究。 |
| 9 | 理论原子和分子物理研究所（ITAMP）Institute for Theoretical Atomic and Molecular Physics | 该中心重点解决全国主要大学原子和分子物理学理论家的严重短缺问题。吸引和培养理论原子、分子和光学物理方面高质量的研究生，保持活跃的访问学者计划，建立强大的博士后奖学金计划，为大学培养潜在的理论物理教师。 |
| 10 | 粒子物理与宇宙学实验室（LPPC）Laboratory for Particle Physics and Cosmology | 粒子物理和宇宙学实验室开展高能物理研究的前沿项目，并为学生提供一流的教育机会。LPPC的实验项目在世界各地的主要加速器中心进行。2023年LPPC将其项目扩展到天体物理学，目的是研究暗能量的基本性质。 |

哈佛大学化学与化学生物学系[24]（CCB）采用跨学科研究的方式，旨在构建一个包容性、支持性和创新性的化学研究社区，培养下一代创新科学家和教育工作者。CCB坚持科学探索是为人类服务的，而学科的多样性、背景及视角是科学研究成功的关键因素。1819年美国第一本化学教科书《化学科学的要素》（The elements of chemical science）由哈佛大学出版；1850年哈佛大学建立了第一个用于本科生教学的化学实验室；1860年哈佛大学欧文化学教授西亚·帕森斯·库克撰写了美国第一本化学物理杂志《Elements of Chemical Physics》;1877年哈佛大学授予了第一个化学博士；1914年西奥多·威廉·理查兹因其在确定原子量方面的工作而成为第一位获得诺贝尔化学奖的美国人，截止目前CCB共有诺贝尔获奖者7人，沃尔夫化学奖获得者3人，美国国家科学奖章授予者9人，普里斯特利勋章获得者5人。目前有超过500人在CCB进行工作、研究和学习。化学与化学生物系的研究具备高度的交叉学科属性，其学科建设的本质是创新、合作与跨学科。CCB共有11个主要学科方向，其具体研究内容如下表所示：

表 3 哈佛大学化学学科主要研究方向

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分析化学 Analytical Chemistry | 生物物理学Biophysics | 催化Catalysis |
| * 基于质谱的代谢组学和肽组学方法
* 纳米晶体光学传感器
* 微流控芯片
* 液体多相系统
 | * 活细胞的基因表达
* 蛋白质与核酸的相互作用
* 蛋白质折叠
* 疏水效应
 | * 新型催化剂设计
* 多相和均相催化剂设计
* 水的催化分解
* 单晶氧化物制备
 |
| 生物化学Chemical Biology | 能源Energy | 无机化学Inorganic Chemistry |
| * 单分子测量
* 单细胞成像
* 细胞分子的外源调控
 | * 光合复合体、酶和超催化表面的能量转换机制
* 纳米结构仿生器件
* 人工光合作用
 | * 固相和液相合成方法
* 激光光谱下质子耦合电子转移的机理研究
* 无机晶体生长
 |
| 材料化学Materials | 有机化学Organic Chemistry | 金属有机化学Organometallics |
| * 新型材料设计
* 纳米线
* 薄膜
* 光子电路
* 调节网络
* 液体表面
* 热可逆材料
* 软机器人
 | * 有机合成方法开发
* 分子探针技术
* 抗生素合成
* 超分子组装技术
 | * 过渡金属配合物设计
* 电子转移活性机理
* 工业催化剂设计
* 金属-金属作用机理
 |
| 物理化学Physical Chemistry | 理论化学Theoretical Chemistry |  |
| * 量子自旋液
* 实验物理化学
* 单细胞工作机理表征
 | * 电子结构理论
* 进化与量子信息学
* 蛋白质折叠动力学
 |  |

### （二）麻省理工学院基础学科建设举措及成效

麻省理工理论数学与应用数学全球研究中心（ A world center in Pure and Applied Mathematics）是世界顶尖的数学研究中心[25]，目前拥有50名教师，35名博士后及讲师。自MIT成立以来，数学系在其发展历程中发挥了重要作用，在学院建立之初，数学的教学工作由MIT院长John D. Runkle亲自督查，他认为数学是工程师的“保障学科”。1933年，时任数学系主任Frederick Woods组织数学从通识教育的大类学科中分离出来，成为独立的学科。二十世纪五十年代，在系主任William (Ted) Martin的带领下，MIT数学系发展成为全球顶尖的数学研究中心，获得了包括阿贝尔奖、国家科学奖章、麦克阿瑟奖等众多全球顶尖荣誉。

MIT数学系主要研究方向划分为理论研究和应用研究，理论研究的主要方向有代数与代数几何、代数拓扑、分析与偏微分方程、几何与拓扑、数学逻辑与基础、数论、概率与统计、表象理论；应用研究主要通过寻求数学与其他学科之间的联系，从而激发有趣或者有用的数学推理及应用，主要研究方向有组合学、计算生物学、物理应用数学、计算科学与数值分析、理论计算机科学、理论物理。在过去40年间，MIT数学系始终处于全球领先水平，通过发展组合学、交换代数、代数几何之间的联系，奠定了枚举-代数组合学在数学领域的重要地位，同时也是极端、概率和算法组合学的全球领导者；通过发展计算生物学和生物信息学，构建了先进的数学建模技术和算法，在蛋白质折叠、生物网络分析和分子机械模拟领域解决了诸多关键性问题，相关技术被广泛的应用于靶点精准定位、分子生物活性筛选和药物开发领域，类似的前沿颠覆性技术不胜枚举。

MIT物理系[26]以研究与教学为主体，主要研究方向有天体物理学和宇宙学、核理论与粒子物理、核实验与粒子物理、原子、生物、凝聚态和等离子体物理。目前物理系有教职工约100人，研究生270人，本科生190人。物理系有14名校友和8名教师（包括4名现任教师）获得了诺贝尔物理学奖。物理系始终致力于物理领域的前沿探索研究，从单个原子到复杂的材料，例如高温超导体和生物材料等，通过不断挑战研究极限来发现新的物理原理。物理系与全球顶尖的研究机构构建了深度合作，包括南极洲的冰块中微子天文台、智利拉斯坎帕纳斯天文台的麦哲伦项目，瑞士欧洲核子研究中心的大型强子对撞机，以及路易斯安那州(利文斯顿)和华盛顿州(汉福德)的激光干涉仪引力波天文台，以下列举6个MIT物理系的特色研究领域：

表 4 MIT物理学科特色研究领域

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **领域** | **主要研究内容** |
| 1 | 天体物理观测、仪器与实验（Astrophysics Observation, Instrumentation, and Experiment） | 重点研究宇宙学，包括结构形成和再电离时期的研究，河外和星系天体物理学，第一代恒星，中子星和黑洞，以及系外行星，积极开发新的仪器和技术，探索研究前沿。 |
| 2 | 天体理论物理学（Astrophysics Theory） | 重点研究宇宙学、星系的生长和进化、广义相对论和引力波、暗物质和系外行星。其中大部分工作涉及大规模计算，使用麻省理工学院卡弗里天体物理和空间研究所(MKI)内的中型计算集群以及各种更大规模的麻省理工学院和国家设施完成。 |
| 3 | 原子物理学（Atomic Physics） | 在最小的尺度上理解和控制物质的量子行为。解析单个原子、离子、分子和光子的基本性质，通过控制量子特性来设计精准系统，比如精确的时钟、新型传感器、开拓量子计算的新范式。 |
| 4 | 生物物理学（Biophysics） | 将严格的物理训练与跨学科的方法结合起来，解决生物物理学中的现代问题，例如从聚合物的组织结构到种群的进化和生态动力学。 |
| 5 | 高能粒子理论（High Energy and Particle Theory） | 高能粒子理论研究的目标是通过对标准模型本身的精确测试和对可能出现的新现象的详细研究，在标准模型(BSM)之外发现物理学。研究人员在暗物质探测实验、宇宙学天文台、加速器(如大型强子对撞机)、高强度实验和小规模桌面设备中研究可能的新物理特征。 |
| 6 | 量子信息科学（Quantum Information Science） | 该领域始于1981年费曼在麻省理工学院恩迪科特学院(MIT Endicott House)提出的建造一台量子力学计算机的建议，主要研究主题包括量子算法和复杂性、量子信息理论、测量与控制、应用程序与联结。 |

MIT化学系[27]是一个包容、互助和创新的学术社区，其建设宗旨是创造新的化学知识，发掘和培养具备定义化学研究前沿潜能的下一代优秀人才，是全球公认的顶尖化学系，目前为本科生开设化学相关课程65门，在读研究生235名，有120名博士后和访问学者。秉承MIT一贯卓越的研究历程，化学系在实验和理论研究方面完成了诸多突破性的研究进展，例如发现新的化学合成方法，创造可持续能源，揭示自然系统的生化复杂性，环境监测与改善、疾病治疗，以及开发新功能材料。化学系的研究也体现了高度的跨学科特点，因此其与MIT能源学院、材料科学与工程中心、科赫综合癌症研究所、医学工程与科学研究所、等离子体聚变中心、电子研究实验室、林肯实验室、激光生物医学研究中心、布罗德研究所、纳米技术研究所、诺华研发中心等研究机构建立深度合作交流，为师生提供机会熟悉化学以外学科的研究工作，例如化学系的研究生同时要学习生物物理学、生物技术、微生物学和聚合物科学等学科。

表 5 MIT化学学科主要研究方向

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **学科方向** | **研究内容** |
| 1 | 生物化学 （Chemical Biology） | 培养研究生掌握解决化学生物学交叉学科问题。重点研究发生在人类、植物、微生物细胞以及病毒和动物体内的分子过程。 |
| 2 | 计算化学与理论化学（Computational & Theoretical） | 利用计算机破译分子行为的奥秘，利用收集到的化学、生物和物理学的大量数据，构建预测模型，模拟设计新材料等。 |
| 3 | 能源化学与可持续发展（Energy & Sustainability） | 致力于面向环境可持续发展的新技术开发，主要研究主题包括绿色化学、大气化学、环境因子对人类生命健康的影响以及开发环境友好的化学合成新方法。 |
| 4 | 无机化学（Inorganic） | 重点研究无机物理、无机合成、金属与生物无机化学，旨在解决现代医学和生物学，能量存储和消耗，材料合成，光和电化学均相和多相催化，过渡金属和主基团有机金属化学，固体和表面化学的相关技术。 |
| 5 | 材料与纳米科学（Materials & Nanoscience） | 材料化学的研究打破了化学传统分支学科之间的界限，将有机、无机、聚合物、物理、生物和分析化学相结合。 |
| 6 | 有机化学（Organic） | 重点围绕新反应的设计与研发，以及有机化学与生物学、医学、材料科学和纳米技术的界面研究。 |

### （三）剑桥大学基础学科建设举措及成效

剑桥大学理论物理和应用数学归属于应用数学与理论物理研究中心[28]（Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics）。该研究中心包含八大学科领域：应用于计算分析、天体物理学、地球物理学、流体与固体力学、数学生物学、量子信息、高能物理学、广义相对论和宇宙学。以上学科领域之间并没有明确的界限，而是随着研究人员的研究兴趣和时间逐步推移和演变的，多数研究人员都在不止一个研究领域中取得了突出的成就。

剑桥大学鼓励数学学科与其他学科交叉融合发展，从而激发本学科的学术活力。其建设宗旨是培养现代数据科学理论与实践的前沿引领者，包含两个重点研究方向：一是应用数学及理论物理研究，主要包括流体和固体力学、波、非线性动力学、数值分析、数学与计算生物学、高能物理学、地球物理学、量子信息、相对论与宇宙学等[29]；二是理论数学与数理统计研究，主要包括代数、分析、范畴逻辑、组合学、几何与拓扑、运筹学与金融数学、统计学等。围绕重点研究方向，剑桥建立了量子信息与基金会中心、计算生物学研究中心、金融研究中心、理论宇宙学中心等9个交叉学科研究中心。同时通过开设短期和长期的研究项目，为学生提供到工业界实习的机会，锻炼学生用数学方法解决实际问题的能力；为工科、文科和其它研究机构的学生开设暑期交流项目，每个项目都会聘请业内顶尖的数学家和物理学家作为导师，让学生充分体验科学研究与创新的过程。

化学学科[30]同样为剑桥大学一流学术环境的打造提供了重要支撑，化学系拥有世界一流的教学和研究中心，其在新药研发、石油重复利用、能源研究、燃料电池与锂电池、合成医学、计算机存储与传感器等创新研究方面的成就享誉世界。化学学科目前有大约200名博士研究人员、250名研究生和60名学者，拥有全球最高水平的研究团队。剑桥化学系在保持核心领域强大影响力的同时，也与其它高水平研究团队和机构进行深度合作。化学学科划分了五大特色学科方向：生物化学、材料化学、物理化学、合成化学、理论化学；在合作研究领域，开拓了健康化学、可持续能源与环境、新型分子与材料设计三个主体方向。因其在化学领域卓越的研究成果和超高的人才培养质量，自2018年起剑桥化学学科就位列《全球大学指南》首位，在泰晤士大学排名、QS大学排名等世界大学排名体系中，剑桥化学系始终保持在前五位，与化学相关的学 科或者研究结构共诞生了26位诺贝尔奖获得者。

### （四）斯坦福大学基础学科建设举措及成效

斯坦福大学数学、物理和化学等基础学科归属于人文科学学院（Humanities & Science）[31]。每个学科依托独立的研究中心进行建设与发展，例如数学研究中心主要研究方向为偏微分方程解析、应用数学、组合学、数论、金融数学等10个方向，重点支持教师、博士后研究人员在纯数学理论和应用数学方面的研究，通过邀请世界顶尖的数学家来斯坦福大学交流合作，组织开展各类学术研讨会为研究人员介绍数学领域的前沿研究热点。斯坦福为本科生提供物理专业辅修，但是不设物理学的学士学位，只设硕士和博士学位，物理系以培养学生定量推理和解决问题的能力为目标，师生可以聚焦天体物理、宇宙学、粒子物理、凝聚态物理等方面的基础研究，或者是可再生能源、量子信息科学、材料开发、医学物理学等领域的应用研究。值得一提的是斯坦福专门设立了物理科学教育研究，该研究方向重点探索不同年龄和教育背景的学生所使用的物理学教材和指导方式，从而更有效的提高学生对于物理知识的掌握程度。

化学系是斯坦福大学创始之初的25个系之一，于1891年开始招生，1960年起跻身于世界顶尖化学系。目前化学系有教教职员工24人，其中18人是终身教授，1位是诺贝尔奖得主，1位是国家科学奖章获得者。化学系平均每年招收40名博士，目前有250名左右在读博士生，同时有80名博士后研究人员。化学系为全校提供本科教育专业服务，在本科开设化学相关课程47门，每年有3000名左右的本科生会参加化学课程培养。化学系的主要研究方向为有机化学、无机化学、物理化学、理论化学、化学生物学、材料化学、催化，并依托Sarafan ChEM-H、同步辐射光源（SLAC）等先进的仪器平台支撑其高水平研究工作的开展。化学系旨在通过学术研究的创新发现和深度合作，构建创新文化平台，大胆探索和推进在生命科学、物理科学、医学、能源、材料与环境等领域的新化学前沿，例如设计和模拟可以调节生物过程的分子，发明用于能量存储、药物输送和分子成像的材料，探索微观电子结构对材料功能的影响机制等。

### （五）清华大学基础学科技建设举措及成效

自主培养基础学科拔尖创新人才培养，是一项基础性和先导性的重要工作。清华大学始终高度重视基础学科拔尖创先人才的培养，始终为我国高水平人才高地的建设提供有力的支撑保障，始终坚信“中国教育是能够培养出大师来的”。清华大学于2009年在数学、物理、化学等基础学科推出了基础学科拔尖人才专项计划“学堂计划”，并于2010年首批入选“拔尖计划”。“学堂计划”通过大胆创新、深入改革，秉持因材施教的理念，十余年来已经培养毕业生超过1400名；为落地落实“国家强基计划”，清华相继成立了致理、日新、未央、探微、行健五个实体书院，为我国基础学科培养优秀战略人才[32]。

清华数学学院[33]近十年来由国际数学大师丘成桐先生亲自指导与带领，其数学学科已经涵盖了核心数学的各个方向以及数学与交叉科学的许多分支，并产出了世界一流的科研成果，有一大批世界顶尖高校的杰出学者加盟清华大学数学研究团队。目前数学学院主要包括微分几何与几何分析、计算数学、概率、统计与金融数学、数学物理、交叉学科、运筹学等核心研究团队。

清华大学物理系[34]是目前国内发展最快、最好的物理系之一，涵盖了凝聚态物理、原子分子与光物理、粒子物理、核物理、天体物理以及生物物理等多个学科方向，拥有凝聚态物理、粒子物理核物理天体物理、原子分子与光物理3个研究所，低维量子物理国家重点实验室和6个跨学科研究实验室。物理系有95名教师，其中有9人为中国科学院院士。物理系设置了物理学和天文学两个一级学科，同时面向全校学生开设了各类普及化和专门化的物理学课程。2013 年薛其坤院士研究团队首次在实验上发现量子反常霍尔效应，成为国际上该领域的一项重要科学突破。2014年，“低维材料中新奇量子现象及其调控的机理研究”项目获得国家自然科学二等奖；2017年，“高温超导滤波器技术及应用”获得国家技术发明二等奖；2018年，“量子反常霍尔效应的实验发现”项目获得国家自然科学一等奖。

清华大学化学系[35]始建于1926年，作为国内高校师资力量雄厚、学术水平最高的化学系之一，化学系设有无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、高分子化学与物理五个研究所，此外建设了纳米与材料化学、化学生物学、有机电子学、理论化学和超分子化学五个交叉学科。同时围绕生命过程中的化学问题、新型晶体功能材料的设计、新能源与环境保护等应用领域产出了一系列标志性的成果。依托清华学堂人才培养计划，探索和实践交叉型科研人才的培养，鼓励研究生直接参与国际前沿课题的研究，通过举办各类学术交流活动，不断拓展研究生的科学视野。同时，化学学院高度重视教学质量的提升，不断探索将最先进和前言的教学模式引入到课程上，深入教学研究与改革，实施开放实验室管理，推行研究型的教学模式，建设国家级精品课程，为培养高素质的化学创新人才夯实基础。

## 对我国基础学科建设的建议

通过探索世界高水平大学基础学科建设路径可以看出高水平研究型大学在基础研究创新体系中具有不可替代的优势：一是研究型大学的基础学科往往历史悠久、根基深厚，学科布局及体系搭建完善，是基础研究人才及创新人才的摇篮；二是研究型大学具有学科交叉的天然条件，尤其是多学科的综合型大学具备学科间交流合作的天然土壤[36]。面对新一轮“双一流”建设的新形势，研究型大学应主动担当起在基础学科建设方面的主力军角色和功能，充分发掘“从0到1”原创性研究的潜能。具体建议如下：

### （一）加紧基础学科前沿布局

基础学科要做好前沿研究与探索，首先要客观认识到自身的优势和特色，将已有的学科优势和特色作为前沿研究的土壤，结合国家重大战略和发展需求，结合亟待解决的现实问题，最大程度的发挥基础学科在前沿布局中的潜能[37-39]。围绕信息科学、物质科学、宇宙学、合成生物学、绿色材料与能源等激发重大科学问题的领域组织大团队开展高水平系统性的研究。例如哈佛大学依托在弦理论、宇宙学和天体物理学方面的强大研究团队，重点布局了黑洞研究中心、粒子物理和宇宙实验室、暗能量的基本性质等前沿研究方向；麻省理工学院作为组合学的全球领导者，发展出计算生物学和生物信息学，在蛋白质折叠、生物网络分析等领域解决了诸多关键问题；剑桥大学化学系依托其一流的化学研究中心，在新药研发、合成医学等领域取得了原创性突破；斯坦福大学依托其交叉学科研究中心，促进数理化基础学科融合发展，布局了金融数学、医学物理学、化学生物学等前沿研究方向；清华大学则依托在凝聚态物理、粒子物理、原子分子物理的特色优势，布局了低维材料机理、高温超导滤波器技术等前沿领域。

### （二）加强基础学科平台建设

工欲善其事必先利其器，基础学科建设与发展离不开高水平的研究平台。高校重大科技基础设施的布局能够有效提升基础学科探索未知世界、发现自然规律和实现科技变革的能力[40-42]。本文所例举的世界高水平大学都高度重视先进研究平台的建设，围绕经济社会发展、国家安全等战略性、基础性和前瞻性的科技问题投资建设或者自主设计仪器平台，同时加强与全球顶尖研究机构的交流合作。例如哈佛大学依托量子计划（HQI）平台帮助科学家和工程师将量子理论转化为有用的系统和设备，在GPS导航、通信以及核磁成像等领域取得了突破性成果；剑桥大学依托数学和物理学科构建了金融研究中心、理论宇宙学研究中心、计算生物学研究所等9个交叉学科平台，其中计算生物学研究所利用数学建模和计算方法处理海量复杂的生物学信息数据，借助计算机在短时间内解决需要在实验室花费几个月时间的问题，该平台为数学、基因组学和医学提供了高效的对接窗口；斯坦福大学依托化学与生物学构建了Bio-X、化学药品研究所、神经科学研究所等6个平台，通过战略性研究项目将基础学科与应用学科的研究人员聚集在一起，进而在环境、能源、生命健康等领域不断产出标志性成果；麻省理工学院物理系通过与南极洲中微子天文台、智利拉斯坎帕纳斯天文台、欧洲核子研究中心以及华盛顿激光干涉引力波天文台的合作，在高温超导体、物质的能量、结构和行为理论等前沿领域成为全球研究的领导者；清华大学于2009年成立了数学科学中心，该中心在高端人才引进、杰出教学人才培养、高水平学术研究和数学学科建设方面等取得了跨越式发展，成为我国基础科学人才培养和学术研究的重要基地。

### （三）重视学科交叉融合发展

随着科技进步、产业变革，人类面对的综合性问题越来越复杂，传统内敛式的学科建设已经无法满足科技前沿和产业一线的创新需求，基础学科建设同样需要通过学科解构与重组，不断发掘学科自身的潜能[43,44]。以基础学科为主导布局新兴交叉学科是提升学科建设水平的重要契机。纵览本文所例举的世界高水平大学均高度重视基础学科领域的交叉融合发展，例如哈佛大学学科建设的关键词是“包容性”，在数理化学科领域除了纯理论研究和实验研究，还包含了生物物理学、材料化学、生物化学、金融数学等交叉学科方向；同样的，麻省理工学院构建了量子信息科学、计算化学、物理应用数学等交叉学科方向，剑桥大学构建了金融数学、能源、合成医学等交叉学科方向，斯坦福大学构建了基础学科与医学、能源科学、材料与环境等交叉学科方向，清华大学构建了数学物理交叉学科、纳米材料、物理化学等交叉学科方向。基础学科交叉融合发展不是目的，而是促进学科内涵式高质量发展的重要手段，也是突破人类社会和全球环境中亟待解决问题的关键举措。只有通过打破基础学科之间，基础学科与应用学科之间的研究壁垒，拓展基础学科的研究边界，产出标志性的学科建设成果，才能从根本上激发基础学科的原生动力与潜能。

### （四）强化基础学科人才培养

加强基础学科人才培养是面向国家发展战略、顺应高等教育基本规律的关键举措。基础学科人才须具备两个特点：一是需要学习研究的持久性，基础学科研究不是一蹴而就的，需要研究者专注于某一领域潜心研究；二是要求学习者对知识的储备度和探索性，具备扎实的学科知识、探索精神和创新能力[45-47]。基础学科人才培养要注重厚积薄发，应围绕“时间”与“空间”两个关键词展开，在时间维度为基础学科人才提供长期潜心研究的条件，在空间维度为其提供丰富多元的学科平台支撑[48-50]。例如哈佛大学通过定期组织化学、生物化学、生物物理、材料与能源等丰富的专题研讨会或者非正式论坛，为师生提供学术交流的机会，其化学系的学生被要求学习好化学课程之外，也要掌握物理学、生物学、数学、工程学和计算机科学的相关知识，学生在毕业之前必须参与一项完整的深度研究工作；麻省理工大学以培养全球领军人物为目标搭建人才培养模式，提出了构建——思考——实现——运作的教育理念，其中基础学科作为其工程教育的核心，以培养学生的创新意识和创造力为根本理念；剑桥大学数学系为学生提供全球顶尖的教育与研究资源，同时也为学生提供自由的学习空间，本科生阶段前三年不设置必修课，学生可以根据自身兴趣灵活选择课程，研究生阶段不限定毕业考核题目，学生可以根据自己当下感兴趣的话题提交论文和口头报告；斯坦福大学始终秉承着高等教育的多样性和包容性原则，通过打造各类社群促进本硕博、博士后、研究人员之间的交流与互动，鼓励师生研究前人没有研究过的问题，充分尊重每位个体的学术思考；清华大学一贯高度重视基础学科拔尖创新人才的培养，杨振宁、丘成桐、姚期智三位大师级人物都对清华基础学科人才培养倾注了心血，同时通过改革课程体系，培养学生深厚的科学、人文基础与核心专业素养，为有学术潜力的人才提供“一人一策”的个性化培养方案，率先开展本研贯通的培养工作，充分发掘基础学科人才的潜能。

## 结论

党的二十大报告明确提出了教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑，基础学科发展关乎高水平科技自立自强、综合国力竞争和民族复兴伟业，是中国特色、世界一流大学建设的支撑保障。纵观世界高水平大学基础学科建设举措，其共性特征包括“自由、包容、创新”的学术研究氛围，追求卓越的研究团队、聚焦前沿的先进研究平台和深度融合的交叉学科布局，在此基础上以基础学科拔尖创新人才培养为核心，对标国家战略需求与人才培养的核心价值取向，不断提高人才培养的水平和质量。随着我国对基础学科建设的高度重视和大力投入，在取得显著成效的同时我们也应正视存在的问题和不足，科学汲取世界高水平大学的建设经验，探索适应于本土化的基础学科建设路径，对接国家战略发展的重大需求，培养心怀“国之大者”的基础学科拔尖人才。

## 参考文献

[1] 吉祥佩, 李宜江. 蔡元培的大学学科建设思想及其当代价值 [J]. 中国人民大学教育学刊, 2022, 01): 161-80.

[2] 吴朝晖. 强化高水平大学的基础研究主力军作用 为建设世界科技强国提供基础性战略性支撑 [J]. 科教发展研究, 2022, 2(04): 1-11.

[3] GRCAR J F. Mathematics turned inside out: the intensive faculty versus the extensive faculty [J]. Higher Education, 2011, 61(6): 693-720.

[4] MERVIS J. NSF Goes Back to Basics To Preserve Basic Research [J]. SCIENCE, 2011, 334(6057): 756-7.

[5] 甘德炎. 现代自然科学中的基础学科 [J]. 语文教学与研究, 1985, 09): 47-8.

[6] WANG H. Education: a discipline or a field? [J]. Frontiers of Education in China, 2007, 2(1): 63-73.

[7] 杨炯, 熊思东. 以战略远见促进基础学科人才培养 [J]. 北京教育(高教), 2022, 12): 6-7.

[8] NIESWANDT M, BARRETT S E, MCENEANEY E H. Predictors of Science Subject Discipline Identities: A Statistical Analysis [J]. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 2013, 13(1): 90-110.

[9] 任少波. 面向世界科技前沿 探索引领性创新道路 [J]. 中国高等教育, 2022, 20): 4-6.

[10] 任少波. 在服务中国式现代化中探索世界一流大学建设新路 [J]. 教育研究, 2022, 43(12): 19-22.

[11] 徐洪, 李文, 陈志娟, et al. 浅析强化基础学科建设背景下的高校学科交叉融合发展 [J]. 大学与学科, 2022, 3(02): 13-22.

[12] 张坤. 新一轮“双一流”建设背景下学科建设与学院治理的再审视 [J]. 上海教育评估研究, 2022, 11(05): 7-12.

[13] 张雷生. 扎实推进新一轮“双一流”建设 [J]. 教书育人(高教论坛), 2022, 15): 1.

[14] 赵婀娜. 深入推进新一轮“双一流”建设 [N]. 2022-02-22.

[15] 刘永林, 张敏, 刘泽政. “双一流”建设背景下高校原始创新能力的提升路径 [J]. 科学管理研究, 2020, 38(05): 45-9.

[16] 刘引鸽, 张永刚. 基于原始创新和科学积累的科教兴国教育思想探讨 [J]. 时代教育教育教学, 2012, 05): 75.

[17] 周合兵, 毕宇龙, 陈先哲. “双一流”背景下高校学科资源配置的策略选择与反思——基于三所大学的案例研究 [J]. 教育发展研究, 2022, 42(17): 26-33.

[18] 宋亚峰, 王世斌, 潘海生. 一流大学建设高校的学科生态与治理逻辑 [J]. 高等教育研究, 2019, 40(12): 26-34.

[19] 彭刚, 程曦. 探索拔尖人才培养新模式 培育基础学科未来“领跑者” [J]. 北京教育(高教), 2023, 01): 14-5.

[20] 郑庆华. 打造“不设天花板”的基础学科拔尖创新人才培养空间 [J]. 中国高等教育, 2022, 12): 27-9.

[21] Harvard Faculty of Arts and Science.[EB/OL].[2023-4-18].https://www.fas.harvard.edu/

[22]Department of Mathematics Havard University.[EB/OL].[2023-4-18].https://www.math.harvard.edu/

[23] Department of Physics Harvard University.[EB/OL].[2023-4-18].https://www.physics.harvard.edu/

[24] Department of Chemisty and Chmical Biology.[EB/OL].[2023-4-18].https://chemistry.harvard.edu/

[25] MIT mathmatics.[EB/OL].[2023-4-18].https://math.mit.edu/

[26] MIT physics.[EB/OL].[2023-4-18].https://physics.mit.edu/

[27] MIT chemistry.[EB/OL].[2023-4-18].https://chemistry.mit.edu/

[28] Mathematics in Cambridge.[EB/OL].[2023-4-18].https://www.maths.cam.ac.uk/

[29]Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics.[EB/OL].[2023-5-10].https://www.damtp.cam.ac.uk/research

[30] Chemistry.[EB/OL].[2023-4-18].https://www.cam.ac.uk/topics/Chemistry

[31] School of Humanities and Science.[EB/OL].[2023-4-18].https://humsci.stanford.edu/academics-and-research

[32] 许路阳,胡皖琪,兰陆红,王刚.透视强基计划内涵：从“强化”到“自强”——以清华大学为例[J].创新人才教育,2020(03):57-63.

[33] 清华大学数学科学系.[EB/OL].[2023-4-18].https://math.tsinghua.edu.cn/

[34] 清华大学物理系.[EB/OL].[2023-4-18].https://www.phys.tsinghua.edu.cn/

[35] 清华大学化学系.[EB/OL].[2023-4-18].chem.tsinghua.edu.cn

[36] 徐翠华. 英美一流高校的学科建设与启示[J]. 江苏高教,2013,(06):155-157.

[37] 殷朝晖,郑雅匀. 知识生产模式转型与一流学科建设探索——基于哈佛大学学科建设的实践[J]. 教育发展研究,2019,39(Z1):37-44.

[38] 刘忠晖, 李有增. “双一流”建设学科布局优化路径探析 [J]. 中国高等教育, 2022, Z2): 54-6.

[39] 王孜丹, 孙粒, 杜鹏. 学科布局的思路与出路——基于“卡脖子”问题的若干思考 [J]. 科学与社会, 2020, 10(04): 25-34.

[40] 张惠,朱春雨. 世界一流大学跨学科研究平台的促进机制——以京都大学iCeMS为例[J]. 高等工程教育研究,2022,(06):172-179.

[41] 蔡晚拴. 国家一流学科背景下大型仪器开放共享平台建设 [J]. 实验科学与技术, 2023, 21(01): 152-6.

[42] 周宏敏, 熊文, 陈伟, et al. “双一流”背景下的一流学科平台建设思考 [J]. 实验技术与管理, 2018, 35(03): 23-4+8.

[43] 陈顺, 金维才. “双一流”推进背景下交叉学科建设的实然之困与应然之径 [J]. 高等理科教育, 2023, 02): 43-50.

[44] 崔育宝, 陈伟, 戴非凡. 交叉学科建设成效评价：国外经验与启示 [J]. 学位与研究生教育, 2023, 04): 78-83.

[45] 阎琨, 吴菡. “强基计划”实施的动因、优势、挑战及政策优化研究 [J]. 江苏高教, 2021, 03): 59-67.

[46] 叶俊飞. 从“少年班”“基地班”到“拔尖计划”的实施——35年来我国基础学科拔尖人才培养的回溯与前瞻 [J]. 中国高教研究, 2014, 04): 13-9.

[47] WINSTONE N E, BALLOO K, CARLESS D. Discipline-specific feedback literacies: A framework for curriculum design [J]. Higher Education, 2022, 83(1): 57-77.

[48] 刘继安, 徐艳茹. “钱学森之问”的国家答卷——基于基础学科人才培养政策与实践的回顾 [J]. 中国人才, 2022, 07): 9-11.

[49] 邬大光, 叶美金. 基础学科拔尖人才培养的“道”与“术” [J]. 中国高等教育, 2022, 08): 18-20.

[50] 陶宇斐. 我国本科基础学科拔尖人才培养改革的回眸、反思与建议 [J]. 高校教育管理, 2023, 03): 1-12.