



清华大学工程物理系
Department of Engineering Physics, Tsinghua University



清华大学工程物理系
Department of Engineering Physics, Tsinghua University

2020 科研简报

SCIENTIFIC RESEARCH BRIEFING

科技创新助力疫情防控

安全团队教师为湖北省应急厅提供技术支持

2020年新年伊始,新型冠状病毒突如其来并迅速席卷全国,清华大学工程物理系公共安全研究团队为新冠肺炎精准防控提供技术支撑和决策支持。在近三个月的时间里,开展了深入的理论研究、快速的技术研发、高效的产品服务和积极的海外援助。研究团队为多个国家部委提供了科学的疫情分析报告、政策研究报告,同时还为全国16个省及40多个地市(区县)的疫情应急指挥工作提供系统部署,获得多地政府的好评。2020年4月4日,国家卫生健康委员会办公厅发来感谢信,对研究团队所付出的努力和贡献表示衷心感谢。

理工
结合
又红
又专



清华大学工程物理系
Department of Engineering Physics, Tsinghua University

1.1 科技创新助力疫情防控

国内首创方舱式加速器辐照灭菌器

4月启动，8月研制成功并在江苏金坛医院示范应用。方舱式电子辐照灭菌器具有安全、快速、高效以及设备体积小、可移动等特点，用于紧急状态下，医用物资（防护服）消毒回收，医疗废物处理。该项目由清华大学工程物理系、同方威视技术股份有限公司、江苏同威信达技术股份有限公司联合技术研发，可作为医院、疫情防控特殊区域的可移动自屏蔽辐照灭菌器，是核技术应用领域、高科技技术在疫情防控方面的重大贡献。



1 | 2

- 1.方舱式辐照灭菌器
- 2.经方舱式灭菌器处理的防护服

防疫系列产品



为应对突如其来的新冠肺炎疫情，清华大学工程物理系及其成果转化单位同方威视股份有限公司合作开发防疫系列产品，包括采样工作仓、消毒系统、隔离单元、测温系列和消杀系列等。疫情暴发以来，同方威视公司积极支持学校的疫情防控工作，捐赠疫情防控设备和提供技术保障，为疫情防控期间学校的正常运行做出贡献。

采样工作仓系列

1 | 2 | 3

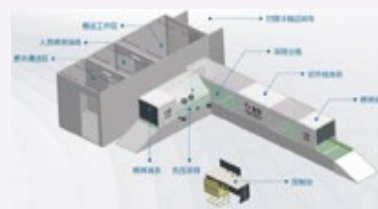
- 1.移动式采样
- 2.简易采样
- 3.固定式采样



卫室系列

1 | 2 | 3

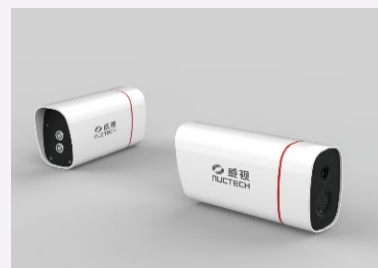
- 1.通用消毒柜
- 2.公共防疫隔离单元
- 3.工装制服消毒柜



消毒机系列

1 | 2 | 3

- 1.组合式冷链食品采样消毒系统
- 2.雾化消毒机
- 3.移动消毒机



测温系列



消杀系列

成都机场ATRS消毒模块

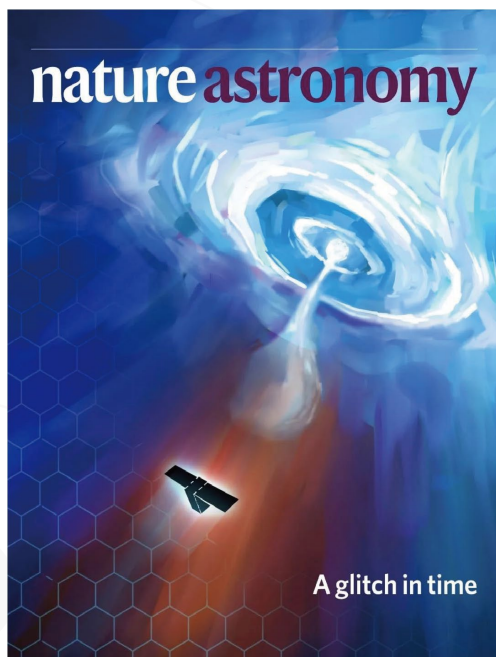
1
2 | 3 | 4



1.2 半个世纪等待后 这支清华团队重启天文软X射线偏振探测窗口

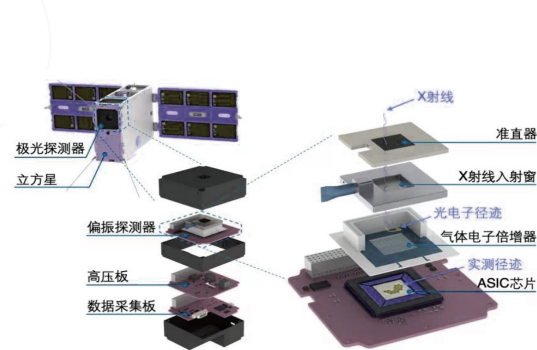
2018年10月29日，清华大学主导的空间天文项目“极光计划”发射升空。同年12月18日，极光计划的探测器开启高压投入运行，成功探测到了空间X射线。作为一门观测驱动的科学，天文学的发展在很大程度上依赖新的观测方法和手段。清华大学天文系及工物系冯骅教授研究团队十年磨一剑，成功通过立方星发射并运行近半个世纪以来第一个专门的空间软X射线偏振探测器。这也是工物系过去10年不断发展高能天体物理、推动学科交叉的结果。

2019年7月23日，蟹状星云脉冲星发生了一次自转突变。探测器捕捉到偏振信号变化。2020年5月11日，《自然·天文》杂志封面刊登冯骅课题组与合作者共同完成的最新成果：在卫星上经过一年的观测，X射线偏振探测器探测到来自蟹状星云及脉冲星的软X射线偏振信号，并首次发现了脉冲星自转突变和恢复过程中X射线偏振信号的变化，说明在此过程中脉冲星磁场发生了变化。这一探测结果也标志着，由于技术困难停滞了40多年的天文软X射线偏振探测窗口重新开启。



《自然·天文》杂志封面

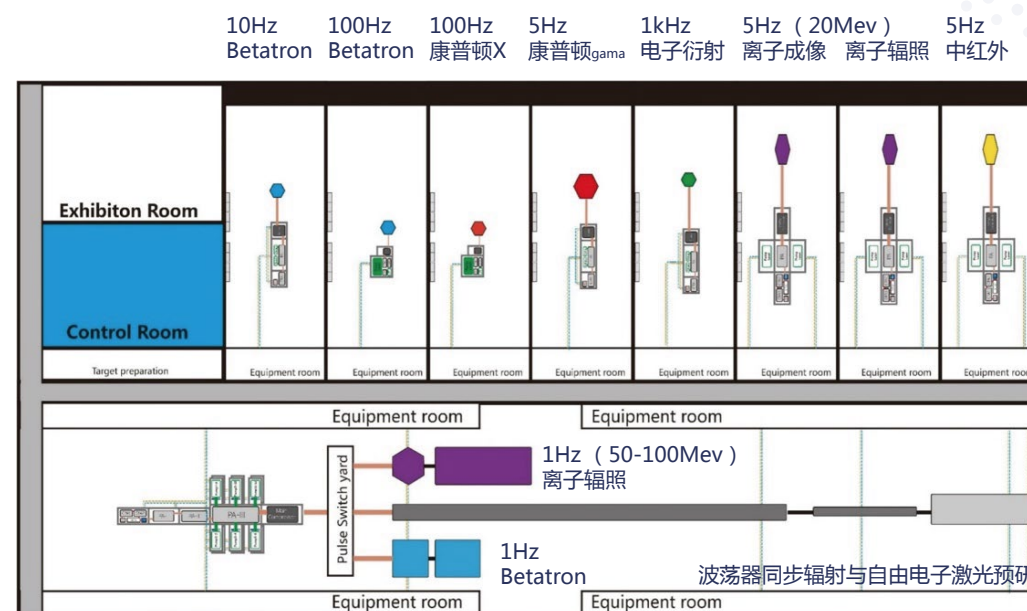
“极光计划”之名PolarLight，缩写自轻型偏振仪（Polarimeter Light），也源于其研究对象偏振这一“极化的光线”的简称——极光。以此为名，希望利用微纳卫星平台在卫星轨道上直接验证X射线偏振探测技术，从而提高技术成熟度，为未来的空间天文探测所用。“极光计划”所采取的技术，将被应用到预计2027年发射的我国下一代大科学工程“增强型X射线时变与偏振天文台(eXTP)”上。



“极光计划”立方星和探测器结构示意图

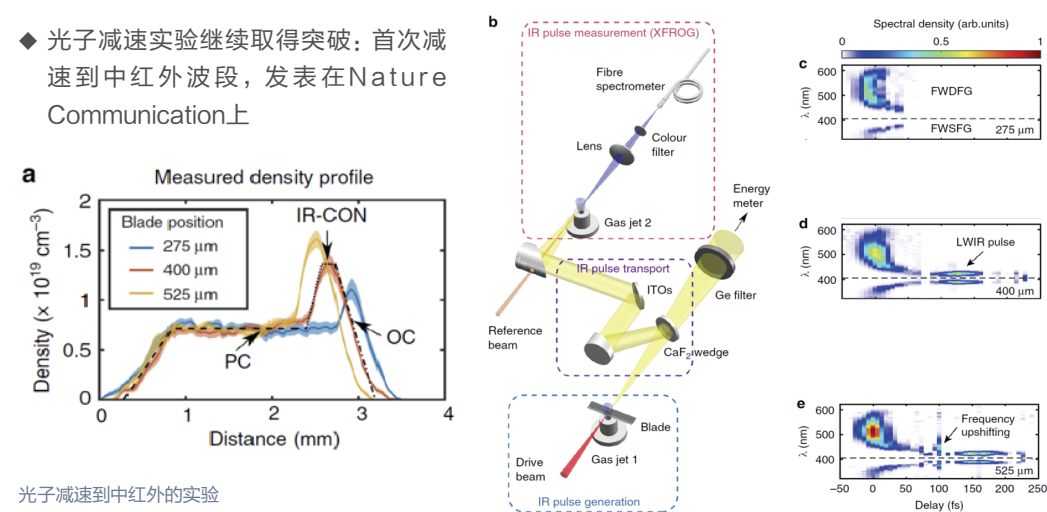
1.3 激光等离子体加速器技术的发展与应用

◆“中原光源”：建设世界领先的超强激光平台+超快光源先进科学装置。



中原光源装置示意图

◆光子减速实验继续取得突破：首次减速到中红外波段，发表在Nature Communication上



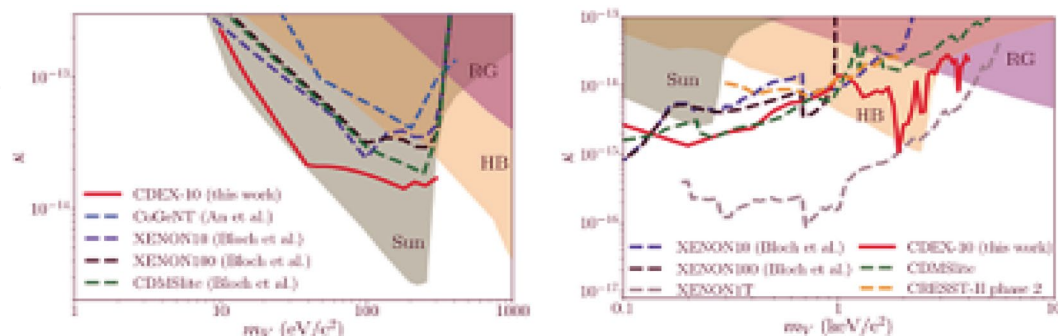
光子减速到中红外的实验

1.4 CDEX合作组取得暗光子研究新进展

4月13日, 英国科技新闻网站 (Phys.org) 采用新闻特写 (Feature) 形式以“Research identifies detection constraints for dark photons”为题报道了工物系牵头的中国暗物质实验 (China Dark matter Experiment, CDEX) 合作组在暗光子直接探测领域取得的重要进展。

相关成果以“在中国锦屏地下实验室中基于CDEX-10实验的暗光子直接探测实验限制 (Direct Detection Constraints on Dark Photons with CDEX-10 Experiment at the China Jinping Underground Laboratory)”为题, 于2020年3月17日发表于《物理评论快报》(Physical Review Letters), 获得了在10到300电子伏特质量区间上对太阳暗光子的动量混合参数国际上最强的直接探测实验限制。

论文链接 : <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.111301>



太阳暗光子的排除曲线 (左), 暗光子暗物质的排除曲线 (右)

1.5 高能物理实验创新成果

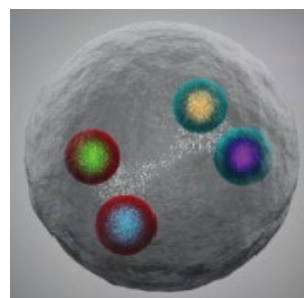
LHCb实验:

首次发现四粲夸克态

欧洲核子研究中心大型强子对撞机上的底夸克实验 (LHCb) 在双 J/ψ 介子系统中发现了一种质量约为 $6900 \text{ MeV}/c^2$ 的全新粒子。这个新粒子被命名为 $X(6900)$, 其性质与由四个粲夸克构成的奇特强子相符。工物系团队做出贡献。

论文链接:

LHCb collaboration, Observation of structure in the J/ψ -pair mass spectrum, Science Bulletin, doi: 10.1016/j.scib.2020.08.032
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095927320305685>



四粲夸克态示意图

- ◆ STAR实验:
发现了夸克胶子等离子体中的色屏蔽效应及对介子 Υ 各量子态产额顺次压低现象。
- ◆ 大亚湾实验:
寻找引力波示例关联的反电子中微子信号, 结果入选为《中国物理C》杂志封面文章。
- ◆ 锦屏中微子实验:
完成了锦屏实验室首个物理测量: 锦屏实验室宇宙线通量。国际上第一次定量给出隧道型实验室和矿井型实验室在屏蔽宇宙线方面的区别。天体物理学家 John Beacom 评论: “给出了两类实验室差异的物理解释——有效深度的换算关系”。

1.6 Ge同位素分离取得突破

- ◆ Ge-72同位素在芯片产业中有重要应用, 其生产目前为国外垄断
- ◆ 利用480台离心分离级联平台, 开展了Ge同位素分离实验
- ◆ 制备出2kg丰度大于50%的 $^{72}\text{GeF}_4$ 样品
- ◆ 可以与Ge-76同位素的分离相结合, 降低Ge-76同位素的制备成本

1.7 自准直单光发射计算机断层像术 (SPECT) 取得进展

- ◆ 原创自准直成像思想—发现探测器阵列间自准直效应
- ◆ 突破传统SPECT机械准直的分辨率-效率互锁
- ◆ 在原理装置上, 同时实现了分辨率和探测效率的量级提升, 超过目前世界纪录



自准直SPECT原理装置

- ◆ 空间分辨率/探测效率:
自准直原理装置 $0.001 \text{ mm}^3 / 0.14\%$
目前世界纪录: $0.015 \text{ mm}^3 / 0.038\%$
- ◆ IEEE TMI 匿名审稿人评论: “This work can serve as the foundation of an entire line of research”

1.8 城市生命线风险监测预警系统

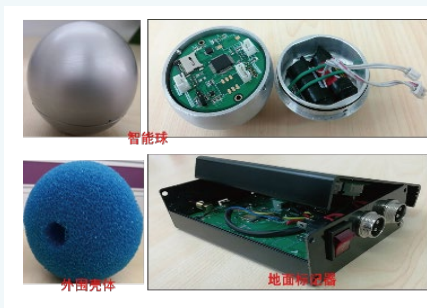
形成安全韧性城市评估与构建的标准化技术指南与成套化系统装备，构建“平台系统+运营机制”的韧性保障体系，减少重大灾害环境下的基础设施破坏和人员伤亡，提高主动防控和应急救援能力，为建设更高水平的平安中国提供科技支撑。



可燃气体监测仪，精度：0.01%VOL，适用地下恶劣环境，寿命长达6-10年



水污染预警溯源仪，水污染早期预警、排放源识别



供水检测智能球，泄漏长度20km，定位精度2m



排水管网清淤自主式机器人，代替人工实现管道清淤、检测自动一体化

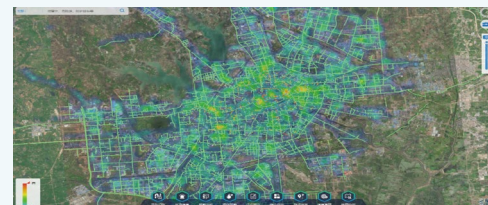


管道雷达机器人，对排水管道拱顶腐蚀、相邻地下空洞进行检测

基于实时监测数据的安全运行状态及风险分布和次生衍生灾害模拟仿真，实现城市生命线安全韧性实时监测评估以及结果动态展示，辅助城市生命线安全管理从被动应对向主动预防转换。



风险监测、韧性评估及增强协同系统平台

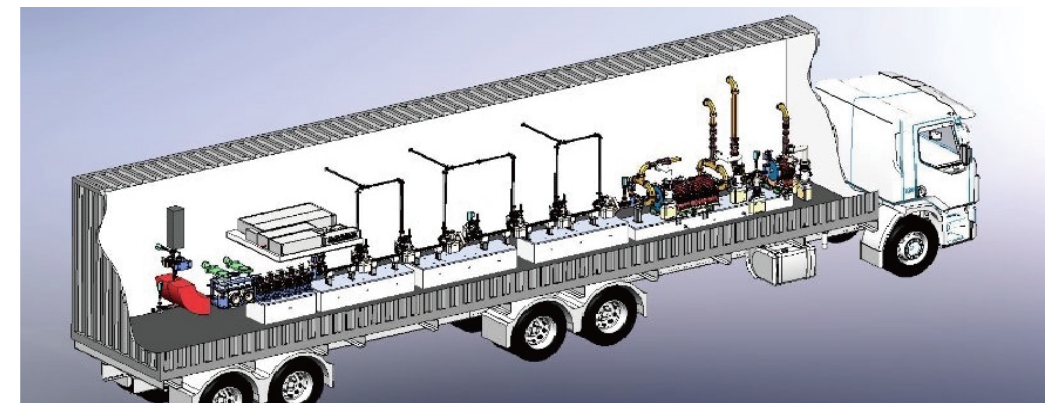


韧性评估模型

1.9 获得国家重大科研仪器(部门推荐)资助—紧凑型准单能 γ 光源

能量达MeV量级的逆康普顿散射紧凑 γ 射线源

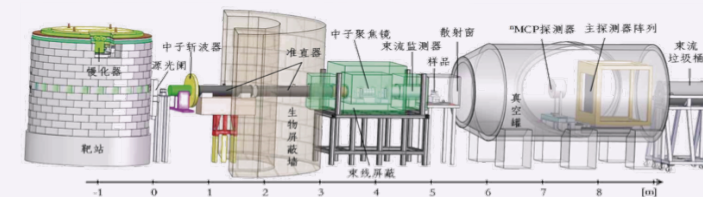
- ◆ 单色：带宽 $\leq 1.5\%$
- ◆ 光子通量： $>1.0 \times 10^8$ phs./s
- ◆ 能量可调：0.2-4.8MeV
- ◆ 结构紧凑： ~ 12 m



光源主体结构可装入标准集装箱

1.10 获得国家重大科研仪器(自由申请)资助—紧凑型聚焦小角中子散射谱仪

- ◆ 提供高效能小角中子散射 (SANS) 实验能力
- ◆ 与大型中子源互补配合，提高创新效率
- ◆ 引领紧凑型聚焦谱仪技术发展，拓展小型加速器中子源的科学价值



- ◆ 基于微型脉冲强子源 (CPHS) 研制具有高流强增益和宽测量范围的紧凑型聚焦SANS谱仪

1.11 高纯锗探测器研究取得重大进展 谱仪系统工程化进展顺利

◆ 研制出第一个反向同轴探测器，该探测器兼顾大体积、小电容的优点，是未来基于Ge-76的无中微子双贝塔衰变实验探测器的最佳方案，初步测试性能良好。

◆ 2019年研制的点电极HPGe探测器经过11个月的液氮浸泡后，目前性能良好。



- ◆ 已经从“工程化研究”走向“产品化”，3套谱仪已经交付用户，性能优异。
- ◆ 小型杜瓦制冷系统已基本完成工程化，系统性能指标达到国际水平
- ◆ 小型电制冷系统正在进行工程化，关键指标已接近国际水平，有广阔的应用前景



实验室高纯锗谱仪



便携式谱仪



便携式谱仪

1.12 下一代连续波高重频光阴极微波电子枪

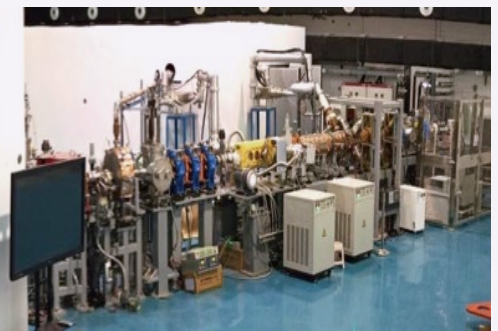
- ◆ 上海硬X射线自由电子激光 (SHINE) 装置的高重频电子枪及测试束线
- ◆ 国内首个，国际上第二个常温连续波高梯度光阴极微波电子枪
- ◆ 未来国内规划的多个高亮度装置，该电子枪是关键技术



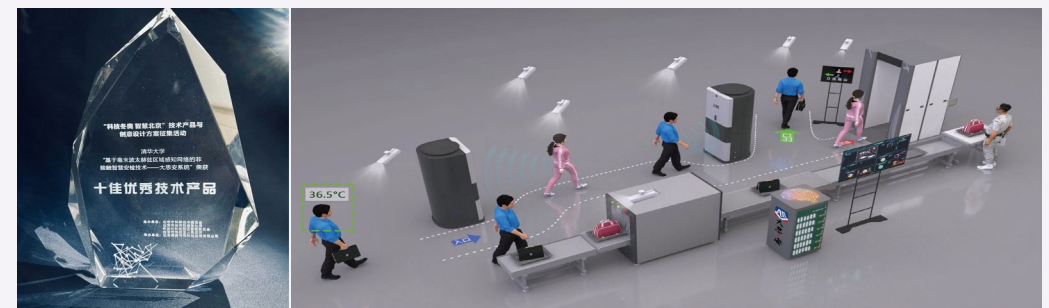
高重频光阴极微波电子枪

1.13 西安质子应用装置

- ◆ 1月，完成西安质子应用装置 (XIPAF) 输运线和同步环调束大纲评审，完成中能束流传输线 (MEBT) 和同步环的第一轮调束，实现60MeV，单周期 $\sim 10^9$ 质子束引出，并完成涡流束流实验
- ◆ 4~6月，进行MEBT、同步环和高能束流传输线 (HEBT) 整体调束，完成了60、100和200 MeV等不同能量束流的引出，并传送到实验站，开展用户实验。60和100MeV的粒子数大于 2×10^9 ，200MeV的粒子数大于 1×10^9
- ◆ 11~12月，配合西北核技术研究院完成国家专项项目验收



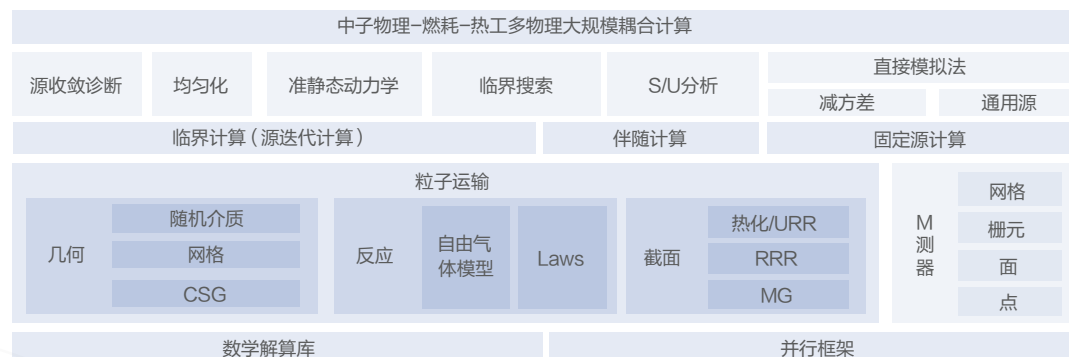
1.14 服务于科技冬奥的非接触智慧安检



- ◆ 基于MMW/THz区域感知网络的非接触智慧安检获“科技冬奥、智慧北京”十佳优秀技术产品

1.15 反应堆蒙特卡罗程序（RMC）持续发展助力华龙

- ◆ 基于RMC承担挑战计划院外最大课题，解决极端条件下中子输运问题；成为中国数值堆（CVR）的蒙卡核心。
- ◆ 通过核安全局认证，助力华龙“走出去”。



RMC3.5架构及主要功能

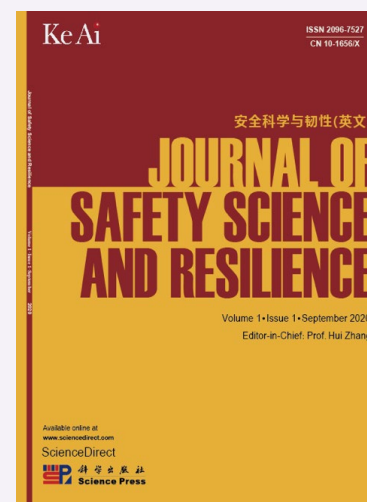
1.16 全景式放射性物质成像定位仪实现装机

- ◆ 超越编码孔相机的视野限制和康普顿相机的能段限制，首次达到全能段（50keV-1.5MeV）全景视野（ 4π ）成像
- ◆ 完成样机研发，进入市场应用



装机深圳罗湖口岸

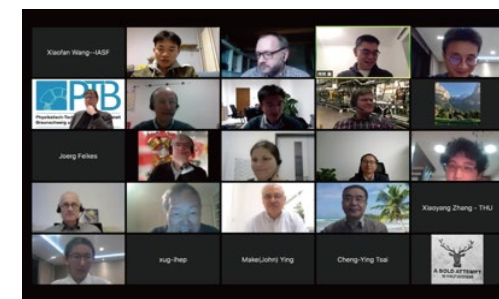
2.1 安全科学领域国际学术期刊发刊



- ◆ 加强安全科学领域的学术交流平台建设，创办安全科学领域的国际学术期刊《安全科学与韧性》2020第1辑发刊，并获“New Comer Award”。

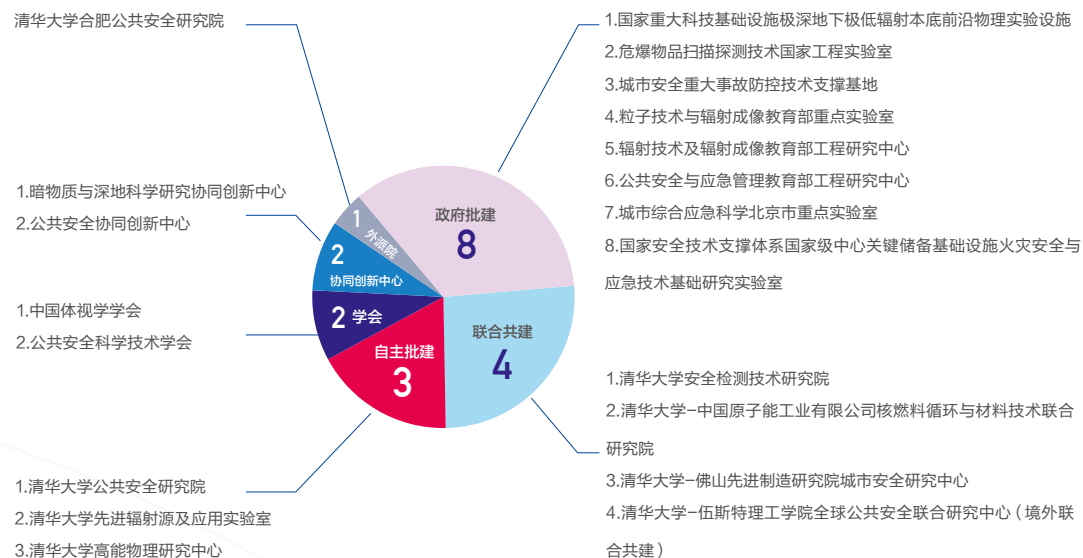
2.2 稳态微聚束光源线上国际研讨会顺利召开

- ◆ 12月7日至9日，由清华大学工物系主办的“稳态微聚束光源线上研讨会（SSMB Light Source online Workshop）”通过网络会议的形式顺利召开。本次会议是针对稳态微聚束新型光源召开的第一次研讨会，吸引了来自7个国家和地区的20多家高校与科研院所、超过70位加速器和极紫外光刻领域的专家学者参会讨论。
- ◆ 报告主要围绕稳态微聚束光源的原理性验证实验、物理设计、技术挑战和研发、以及与稳态微聚束相关的新型光源现状与发展展开。
- ◆ 本次会议对于稳态微聚束这一新概念光源的学术研究与项目推进具有十分积极的促进作用。



3.1 科研机构支持可持续发展

◆ 截止2020年底，工程物理系共有各级各类科研机构20个，运行良好。



3.2 锦屏大设施建设开工仪式

9月4日，“清华大学与雅砻江流域水电开发有限公司战略合作协议”签字仪式在主楼举行。12月20日，国家重大科技基础设施——“极深地下极低辐射本底前沿物理实验设施”（简称锦屏大设施）在雅砻江锦屏水电站正式开工建设，标志着由清华大学和雅砻江流域水电开发有限公司共同建设的中国首个、世界最深的极深地下实验室——“中国锦屏地下实验室”（二期）进入工程建设新阶段。



锦屏大设施开工仪式



战略合作协议签约仪式

3.3 城市安全重大事故防控技术支撑基地

城市安全重大事故防控技术支撑基地



基础综合部（本校区）
基础、共性、交叉、综合、管理

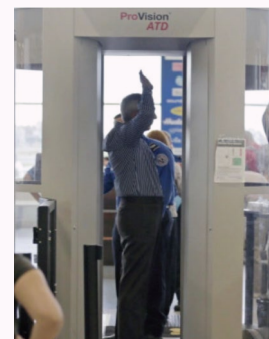


大型实验部（昌平校区）
大尺度、全尺寸实验

12月1日，国家发展改革委完成了城市安全重大事故防控技术支撑基地建设项目初步设计概算投资核定（发改投资〔2020〕1821号），中央财政投资8.5876亿元。

3.4 国家工程实验室成果丰硕，顺利通过验收

- ◆ 主动式毫米波人身安检技术批量应用，得到学术界、产业界和市场多方认可。
- ◆ 该技术获得2019年度北京市科技进步一等奖、第二十一届中国专利优秀奖。



美国技术：旅客举起双手



英国技术：举起双手，原地转圈



中国技术：双手自然张开即可

3.5 第七届全国治理高峰论坛年会暨2020应急管理峰会在京召开

11月20-21日，由人民论坛杂志社、清华大学国家治理与全球治理研究院、公共安全应急管理教育部工程研究中心共同主办的“第七届全国治理高峰论坛年会暨2020应急管理峰会”在京召开。围绕“新时代应急管理与中国制度优势”、“完善疫情防控体制机制与公共卫生应急管理”、“科技强国与应急管理科学化”、“统筹发展与安全，建设平安中国”等议题展开深入研讨及对话交流。对于大力发展国家安全应急产业，建立健全国家公共安全体系，具有十分重大的理论意义和实践意义。



《2020中国应急管理发展研究报告》成果发布

3.6 巨灾科学中心正式揭牌、灾害环境人员安全安徽省重点实验室获批、合肥院二期启动园区建设



11月，巨灾科学中心正式揭牌，成为合肥综合性国家科学中心-交叉前沿研究及产业创新转化平台，创建国际一流的公共安全科技创新和产业发展基地。



灾害环境人员安全安徽省重点实验室已纳入合肥综合性国家科学中心交叉前沿及产业创新平台-巨灾科学中心建设范围。

合肥院二期占地149.7亩，建筑面积为22万平方米，2020年12月动工建设。围绕技术、管理和文化等三个支柱要素，建设成为国家级公共安全技术创新先导区、产业发展示范区、文化培育引领区。

3.7 清华-佛山城市安全研究中心

为灾害事故台风“鹦鹉”、“海高斯”，南海区西樵山突发山火提供科学决策依据、实现扁平化可视指挥，以及建立与现场指挥部的联系，实现前后方指挥人员的音视频连线指挥。



研究中心搭建安全大数据平台

2020年新上200万以上国家重大/重点项目

◆ 2020年我系在研项目（负责）共计399项，包括延续项目266项、新上项目133项。在研项目中包括重点研发计划111项、国家自然科学基金项目87项、省部委项目68项，横向合作项目93项、专项项目36项，国际合作项目4项。

◆ 许多项目取得了令人振奋的进展与成果。

序号	项目名称	项目来源	来源人	联系方式
1	兆瓦级智能模块化金属弥散管反应堆移动核电源系统	重点研发计划	王侃	wangkan@tsinghua.edu.cn
2	国产超高速全数字化专用芯片关键技术与产业化	重点研发计划	官辉	gonghui@tsinghua.edu.cn
3	冬奥全球传播服务平台研究及应用示范	重点研发计划	钟茂华	mhzong@tsinghua.edu.cn
4	冬奥赛事全球传播数据融合与资源库构建	重点研发计划	钟茂华	mhzong@tsinghua.edu.cn
5	社区安全风险智能感知与综合防控技术研究及应用示范	重点研发计划	陈建国	chenjianguo@tsinghua.edu.cn
6	公共安全成果集成与科普及关键技术研究	重点研发计划	陈涛	chentao.a@tsinghua.edu.cn
7	城市安全成果集成及展示关键技术与装备研究	重点研发计划	陈涛	chentao.a@tsinghua.edu.cn
8	NICA-MPD新型电磁量能器关键技术合作研究	重点研发计划	王义	yiwang@tsinghua.edu.cn
9	高密度环境下高时间分辨飞行时间探测器研制	重点研发计划	韩冬	handong@tsinghua.edu.cn
10	民用航空器火灾二次引燃机理与控制方法研究	国家基金委	杨锐	ryang@mail.tsinghua.edu.cn
11	应对风险的城市基础设施韧性评估与管理	国家基金委	黄弘	hhong@tsinghua.edu.cn
12	紧凑型单能伽马源	国家基金委	唐传祥	tang.xuh@tsinghua.edu.cn
13	口腔锥束CT能谱成像关键技术研究	国家基金委	高河伟	hwgao@tsinghua.edu.cn
14	基于小型中子源研制具有宽Q范围和高流强增益的紧凑型聚焦小角中子散射谱仪	国家基金委	王学武	wangxuewu@tsinghua.edu.cn
15	融合动态频谱与个性化建模的冠状动脉容积成像方法与关键技术	国家基金委	张丽	zli@tsinghua.edu.cn
16	自然灾害诱发的技术灾难风险管理理论与方法	国家基金委	翁文国	wgweng@tsinghua.edu.cn
17	具有稳态微聚束结构的储存环物理和关键技术研究	国家基金委	黄文会	huangwh@tsinghua.edu.cn
18	CEPC等质子注入器方案研究	中国科学院高能物理研究所	鲁巍	weilu@tsinghua.edu.cn
19	中国自然灾害数据库建设	北京辰安信息科技有限公司	孙占辉	zhsun@tsinghua.edu.cn
20	10kw级电功率一体化核电源研究	北京金航智造科技有限公司	王侃	wangkan@tsinghua.edu.cn
21	光学探针式早期火灾探测技术研究	清华大学合肥公共安全研究院	陈涛	chentao.b@tsinghua.edu.cn

2020年，工程物理系荣获国家级奖励1项，其他奖励3项

序号	获奖单位	成果名称	奖励名称及等级
1	首都医科大学附属北京友谊医院（1） 首都医科大学附属北京同仁医院（2） 工程物理系（3） 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院（4）	耳科影像学关键技术创新和应用	国家科学技术进步二等奖
2	同方威视技术股份有限公司（1） 工程物理系（2）	电磁波成像系统及天线阵列信号校正方法	北京市发明专利二等奖
3	中国建筑科学研究院有限公司（1） 工程物理系（2） 北京城市系统工程研究中心（3） 中国标准化研究院（4） 辰安天泽智联技术有限公司（5）	大型人员密集场所安全风险防控关键技术研究及应用	华夏建设科学技术三等奖
4	北京市城市规划设计研究院（1） 工程物理系（2） 中国科学院地理科学与资源研究所（3） 北京爱特拉斯信息科技有限公司（4）	北京韧性城市规划纲要研究	全国优秀城市规划设计一等奖

◆ 约稿启事

工程物理系《科研简报》主要包括五大板块：年度亮点、科研项目、科研机构、科研成果、学术交流，以年刊的形式出版。《科研简报》电子版请扫描右下方二维码下载。

本刊由科研管理办公室负责组稿与编辑，稿件的电子文本请以附件形式发到 gwkybgs@tsinghua.edu.cn。

我们收到来稿后，将尽快审读处理，进行必要的格式更改、文字润饰，并请供稿者审核。

感谢您对本刊的支持！我们将竭诚为您服务！
咨询电话：010-62783901



清华大学工程物理系
官方网站