

公示内容

- **项目名称：**激光驱动离子加速器的理论和方法研究
- **提名者：**中国物理学会
- **提名意见：**

粒子加速器是前沿物理研究中最重要基本工具之一。常规加速器目前面临着尺寸造价问题。由于激光加速梯度比常规加速器高千倍以上，可将加速器的尺寸显著缩小，对推动加速器科学的发展具有重要意义。该项目重点围绕激光驱动新型离子加速的理论和方法展开，其主要原创性的成果包括：1) 在国际上首次提出和证实光压稳相加速方法，解决了激光驱动离子能量低、品质差的关键物理问题。国际上现有 500MeV 碳离子和 93MeV 质子加速记录使用了光压加速方案，对推动离子走向应用具有重要的科学意义和应用价值。2) 针对光压稳相加速过程中普遍存在的加速稳定性问题，提出纳库级自聚焦 GeV 质子束加速新方案，理论上可以解决中心击穿的重要物理问题。提出临界密度等离子体透镜新途径，显著提升离子加速效率。3) 制备出平均密度约为 1% 固体密度的碳纳米管泡沫薄膜用于离子加速实验，实验证实可以提高离子加速效率三倍以上。相关研究成果均发表在 *Phys. Rev. Lett.*、*Nano. Lett* 等著名学术期刊上，受到国内外知名学者的大量正面引用与评价，八篇代表性论文他引 905 次 (SCI 839 次)，并且在很大程度上引领了相关领域的研究热点。

鉴于此，中国物理学会郑重提名该项目申报国家自然科学奖二等奖。

● 项目简介

激光加速梯度比射频加速高千倍以上，尾场加速可以在 9cm 距离内产生 >4GeV 电子束。然而离子通常比电子重 1800 倍以上，难以直接被尾场加速，因此需要其他新的离子加速机制。本项目提出光压加速和临界密度等离子体透镜等新方法，可实现大梯度、低能散和高效率的离子加速，对于推动学科发展具有重要的科学意义和应用价值。主要成果如下：

1) 针对激光驱动离子束能量低、能散大等物理问题，在国际上首次提出和证实了激光光压稳相加速机制和临界密度等离子体透镜方法。采用超强激光与纳米级薄膜靶作用来加速离子，显著提高离子能量和改善了束流品质，解决了激光驱动离子能量低、品质差的关键物理问题。俄罗斯 Sergeev(Phys. Rev. Lett., 102, 184801, 2009) 和美国 UCLA 的 Joshi (Nat. Phys. 8, 2011) 等给予了大篇幅引用。现有 500MeV 碳离子和 93MeV 质子激光加速的能量记录采用了光压加速机制。目前世界上已经广泛开展了激光驱动质子用于肿瘤细胞辐照和温稠密态产生的研究，也初步证实产生的大能散束流有望解决马克装置堆芯内部磁场诊断的瓶颈问题。单篇论文 SCI 他引 188 次。

2) 采用超高亮度激光与 5nm 类金刚石薄膜靶作用，获得了 30MeV 准单能碳离子，首次证实了光压稳相加速。针对光压稳相加速中普遍存在的中心击穿和不稳定性问题，进一步提出纳库级自聚焦 GeV 质子束加速新方案，解决中心击穿的关键物理问题。意大利 Macchi 在权威综述期刊《Rev. Mod. Phys., 85, 2013》进行了大篇幅引用。单篇论文 SCI 他引 223 次。

3) 制备近临界密度等离子体均匀靶材是目前的一个技术难点。利用化学气相沉积技术，制备出平均密度约为 1% 固体密度的碳纳米管泡沫薄膜。权威综述论文《Chem. Rev.》等进行了大篇幅引用。已有实验证实该纳米泡沫等离子体透镜可提高离子能量 3-4 倍。单篇论文 SCI 他引 154 次。

自上个世纪以来加速器物理与应用相关研究产生了大量的诺贝尔奖，它是前沿物理研究中最重要基本工具。常规加速器面临尺寸造价问题，激光等离子体加速将有望成为新一代的加速方法。本项目研究成果被欧、美、俄等国家/地区的知名学者作为重要进展写入专著或综述论文，8 篇代表性文章共被他引 905 次（SCI 839 次），其中光压加速文章入选 ESI 高被引论文榜。这些工作是对激光加速理论的发展，对于激光离子加速理论和应用起到了重要的指导作用。

● 客观评价

该项目针对激光驱动离子加速方法开展了深入和系统的研究。8 篇代表论文他引 905 次 (SCI 839 次), 其中光压加速文章入选 ESI 高被引论文榜 (代表论文 2)。他引论文源自 *Rev. Mod. Phys.*, *Rep. Prog. Phys.* 和 *Chem. Rev.* 等权威综述期刊和 *Nat. Phys.*、*Phys. Rev. Lett.*、*Nano Lett.* 和 *Advanced Material* 等著名期刊。引用者包括美/欧/俄等国家的顶尖科学家。很多本领域国际权威专家都大篇幅引用了该项目的研究成果。具体举例如下:

俄罗斯科学院 Sergeev 教授 (*Phys. Rev. Lett.*, 102, 184801, 2009) 认为文章 1 提出的光压稳相加速的概念不同于传统的 TNSA 加速, 这种新机制的加速场基于激光有质动力产生的整体电荷分离, 激光能量到离子能量的转换效率远高于 TNSA 机制, 特别是使用功率密度为 10^{21} – 10^{22} W/cm² 的圆偏振激光时。("Last year a few papers were published where new mechanisms of ion acceleration for 10^{21} – 10^{22} W/cm² laser pulses were actively discussed. Unlike the TNSA regime, the proposed techniques are based on electron charge displacement due to ponderomotive force of laser radiation which is much more effective when circularly polarized light is used."). 模型不仅可以定性描述激光薄膜靶的基本作用过程, 而且能够提供定量的描述 ("not only well describes the fundamental features of the laser-foil interaction but is capable of providing quantitative description as well")。

密西根大学 Krushelnick 教授 (*Phys. Rev. Lett.*, 108, 175005, 2012) 在文章中引用了文章 1 得到的最佳靶厚的公式, 并应用于激光归一化强度 $a = 20$ 的情况, 可以产生低能散离子束。("In this model, ion energies are optimized when the foil thickness is $L \approx \frac{a_0 n_{\text{crit}}}{\pi n_e} \lambda$, ... For $a_0 = 20$ at solid density the optimal thickness is calculated to be 15 nm [17]").

日本 Daido 教授 (*Rep. Prog. Phys.* 75, 056401, 2012) 认为代表文章 2 圆偏振激光加速得到的 30 MeV 碳离子能谱具有准单能的特点, 激光到离子能量的转换效率超过 2.5%, 而线偏振激光没有产生单能峰, 这与理论推导的光压加速 (RPA) 机制的结果相互印证。("reproducible quasi-monoenergetic features appeared in the carbon ion energy spectra, figure 42(b), which were absent in the case of linear polarization. This peak (20–40 MeV) contained a significant portion of the laser pulse energy (2.5%).")

美国 UCLA 的 Joshi 教授 (Nat. Phys. 8, 2011) 提到, 尽管在理论上对 RPA 加速机制做了一系列的研究, 但是在实验方面, 截至 2011 年只有代表文章 2 中得到的 30MeV, 50%能散的碳离子验证了利用 RPA 机制可以得到单能离子束的理论, 这是世界上首个实验证据。" The radiation-pressure acceleration mechanism has the potential to generate narrow-energy-spread ion beams, but the data are scant, with the only result reported so far yielding C6+ ions with an energy of ~30MeV and a $\Delta E/E_{FWHM} \sim 50\%$ (ref. 24)."

意大利 Macchi 教授在权威物理综述期刊 (Rev. Mod. Phys., 85, 2013) 中评价代表文章 3 在之前平顶形状激光研究工作的基础上, 开创性地采用了更符合实验的高斯型激光包络, 并且首次发现通过自组织机制可以得到低能散的高能离子束。"In contrast to these studies Yan et al. (2009b) used a Gaussian intensity profile and found the formation of a narrow, high-energy ion bunch via a self-organization mechanism..."

英国 McKenna 教授 (Nat. Phys. 12, 2016) 指出, 在相对论自透明等离子体的一系列研究中, 代表文章 4 阐明了这一过程中激光前沿陡化和自调整的物理过程, 这对于离子加速和辐射产生的新机制研究十分重要。美国 M. Hegelich 等证实激光可以通过等离子体透镜得到整形变陡 (Nat. Phys. 8,763,2012)。

澳大利亚弗林德斯大学 Joseph Shapter 教授在文章中 (Chem. Rev., 116, 13413–13453, 2016) 提到“马等人制备的 SWCNT 膜, 具有面积大 ($5 \times 10 \text{cm}$) 等特点”(Ma et al. prepared SWCNT films with large area ($5 \times 10 \text{cm}$))。特拉华大学 Tsu-Wei Chou 教授在文章 (Advanced Materials 24 (14):1805, 2012) 中提到“首次使用浮动催化剂 CVD 法制备了具有网状结构的 SWCNT 膜”(The SWCNT film with a reticulate architecture is first prepared by a floating catalyst CVD method)。

代表性文章发表之后, 引起同行的关注。项目组成员受邀为《加速器科学与应用》撰写了综述文章《激光加速器用于癌症治疗》。

项目组通过竞争获得机时, 在卢瑟福实验室和韩国光州大学开展了临界密度等离子体透镜离子加速实验, 首次证实该透镜可以显著提高碳离子的加速效率 3 倍。该工作为 Editor Suggestion 发表在物理评论快报 (Phys. Rev. Lett., 115, 064801) 后, 引起了广泛关注。APS 专门撰写了“Bringing Ions up to Speed”的专题报道。

● 代表性论文专著目录

1. X. Q. Yan*, C. Lin, Z. M. Sheng, Z. Y. Guo, B. C. Liu, Y. R. Lu, J. X. Fang, and J. E. Chen, High current and monoenergetic proton beams generated by a circularly-polarized laser pulse in the phase-stable acceleration (PSA) regime, Phys. Rev. Lett. 100, 135003 (2008)

2. A. Henig*, S. Steinke, M. Schnuerer, T. Sokollik, P. V. Nickles, D. Jung, D. Kiefer, J. Schreiber, T. Tajima, X. Q. Yan*, M. Hegelich, W. Sandner, and D. Habs, Radiation pressure acceleration of ion beams driven by circularly polarized laser pulses, Phys. Rev. Lett. 103, 245003 (2009)

3. X. Q. Yan*, H. C. Wu, Z. M. Sheng, J. E. Chen and J. Meyer-ter-Vehn, Self-organizing GeV nano-Coulomb collimated proton beam from laser foil interaction at 7×10^{21} W/cm², Phys. Rev. Lett. 103, 135001 (2009)

4. H. Y. Wang, C. Lin*, Z. M. Sheng, B. Liu, S. Zhao, Z. Y. Guo, Y. R. Lu, X. T. He, J. E. Chen, and X. Q. Yan*, Laser Shaping of a Relativistic Intense, Short Gaussian Pulse by a Plasma Lens, Phys. Rev. Lett. 107, 265002 (2011)

5. Wang, H. Y.; Yan, X. Q.*; Chen, J. E.; He, X. T.; Ma, W. J. *; Bin, J. H.; Schreiber, J.; Tajima, T.; Habs, D., Efficient and stable proton acceleration by irradiating a two-layer target with a linearly polarized laser pulse, PHYSICS OF PLASMAS, 20, 013101 (2013)

6. Directly synthesized strong, highly conducting, transparent single-walled carbon nanotube films, Ma, Wenjun; Song, Li; Yang, Rong; Zhang, Taihua; Zhao, Yuanchun; Sun, Lianfeng; Ren, Yan; Liu, Dongfang; Liu, Lifeng; Shen, Jun; Zhang, Zhengxing; Xiang, Yanjuan; Zhou, Weiya; Xie, SiShen, Nano Letters, 7, 2307 (2007)

7. High-strength composite fibers: realizing true potential of carbon nanotubes in polymer matrix through continuous reticulate architecture and molecular level couplings, Ma, Wenjun; Liu, Luqi; Zhang, Zhong; Yang, Rong; Liu, Gang; Zhang, Taihua; An, Xuefeng; Yi, Xiaosu; Ren, Yan; Niu, Zhiqiang; Li, Jinzhu; Dong, Haibo; Zhou, Weiya; Ajayan, Pulickel M.; Xie Sishen, Nano Letters, 9, 2855 (2009)

8. Monitoring a micromechanical process in macroscale carbon nanotube films and fibers, Ma, Wenjun; Liu, Luqi; Yang, Rong; Zhang, Taihua; Zhang, Zhong; Song, Li; Ren, Yan; Shen, Jun; Niu, Zhiqiang; Zhou, Weiya; Xie, Sishen, Advanced material, 21, 603 (2009)

● 主要完成人情况表

姓名	颜学庆	性别	男	排名	1	国籍	中国
出生年月	*****			出生地	湖南	民族	汉
身份证号	*****			归国人员	是	归国时间	2010
技术职称	教授			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	北京大学			毕业时间	2004	所学专业	粒子物理核物理
电子邮箱	*****			办公电话	*****	移动电话	*****
通讯地址	北京海淀区成府路 201 号					邮政编码	100871
工作单位	北京大学					行政职务	物理学院重离子所所长
二级单位	物理学院					党派	群众
完成单位	北京大学					所在地	北京
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间	2007.01.01 至 2013.01.03						
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对项目重要发现一、二和三做出了重要贡献，是代表性论文 1 的第一和通讯作者，论文 2, 3, 4 和 5 的通讯作者，提出和证实了光压稳相加速机制和临界密度等离子体透镜方法，给出了抑制不稳定性的方法，大幅度提高了光压稳相离子加速的效率。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名,遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p>					<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p>		

姓名	马文君	性别	男	排名	2	国籍	中国
出生年月	1981.09.21			出生地	内蒙古	民族	汉
身份证号	*****			归国人员	是	归国时间	2015
技术职称	特聘研究员			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	中科院物理所			毕业时间	2009	所学专业	凝聚态物理
电子邮箱	*****			办公电话	62760722	移动电话	*****
通讯地址	中关村北二街3号					邮政编码	100871
工作单位	北京大学					行政职务	无
二级单位	物理学院					党派	无
完成单位	北京大学					所在地	北京
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间	2007.01.01 至 2013.01.03						
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对重要发现四做出了主要贡献，作为代表性论文 6, 7, 8 的第一作者，开展了自支撑碳纳米管超薄薄膜及衍生材料的制备方法及物性研究，发展了具有临界密度的碳纳米管薄膜的制备方法并将其应用到激光离子加速当中。对重要发现三做出了重要贡献，作为代表性论文 5 的共同通讯作者，提出双层靶可以提高离子的加速时间和有效加速长度，大幅度提高激光离子加速的能量及数目。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p>					<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p>		

姓名	盛政明	性别	男	排名	3	国籍	中国
出生年月	1966-07-10			出生地	浙江	民族	汉
身份证号	*****			归国人员	是	归国时间	2001-04-01
技术职称	教授			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	中科院上海光机所			毕业时间	1993	所学专业	光学
电子邮箱	*****			办公电话	02134204629	移动电话	
通讯地址	上海市东川路 800 号激光等离子体实验室					邮政编码	200240
工作单位	上海交通大学					行政职务	
二级单位	物理与天文系					党派	中共党员
完成单位	上海交通大学					所在地	上海
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间	2007.01.01 至			2013.01.03			
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对激光驱动离子加速的理论和方法做出了重要贡献，是代表性论文 1、3 和 4 的第三作者，在项目进展过程中发展了 PIC 数值模拟方法，成功地利用数值模拟验证和证实光压稳相加速机制，获得了圆偏振激光与薄膜靶作用的能量定标率。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>2006 年“超强激光与等离子体相互作用中超热电子的产生和传输”国家自然科学基金二等奖（第二获奖人），证书编号 Z-102-2-02。</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p>					<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p>		

姓名	解思深	性别	男	排名	4	国籍	中国
出生年月	1942.2.18		出生地	山东省	民族	汉	
身份证号	*****		归国人员	是	归国时间	1986.10	
技术职称	研究员		最高学历	大学本科	最高学位	博士	
毕业学校	北京大学		毕业时间	1965	所学专业	凝聚态物理	
电子邮箱	*****		办公电话	82649081	移动电话	*****	
通讯地址	北京中关村南三街八号				邮政编码	100871	
工作单位	中科院物理所				行政职务	无	
二级单位					党派	中共党员	
完成单位	物理所				所在地		
					单位性质	事业单位	
参加本项目的起止时间	2007.01.01 至			2013.01.03			
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对重要发现四做出了重要贡献，作为代表性论文 6, 7, 8 的通讯作者，指导马文君开展了自支撑碳纳米管超薄薄膜及衍生材料的制备方法及物性研究</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>2002 年国家自然科学二等奖(第一完成人)，证书编号 Z-102-2-01。2000 年何梁何利科学技术进步奖。</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名, 遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p>				<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p>			

姓名	陈佳洱	性别	男	排名	5	国籍	中国
出生年月	1934-10-01			出生地	上海	民族	汉
身份证号	*****			归国人员	是	归国时间	1984-02-01
技术职称	教授			最高学历	大学本科	最高学位	学士
毕业学校	吉林大学			毕业时间	1954-07-01	所学专业	粒子物理与核物理
电子邮箱	*****			办公电话	62769960	移动电话	*****
通讯地址	北京市海淀区蓝旗营 12-4-501					邮政编码	100871
工作单位	北京大学					行政职务	
二级单位	物理学院					党派	中共党员
完成单位	北京大学					所在地	北京
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间		2007.01.01			至	2013.01.03	
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对项目重要发现一和二做出了重要贡献，作为代表性论文 1 的第八作者、论文 3 的第 4 作者、论文 4 的第 9 作者和论文 5 的第 3 作者，一起提出和发展了光压稳相离子加速方法，采用常规加速器的动力学方法，给出了稳相加速过程中的物理图像，完善了稳相加速的理论和方法。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>2001 年获何梁何利基金科技进步奖，2008 年德意志联邦功勋十字勋章。</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p>					<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p>		
<p>本人签名：</p>					<p>单位（盖章）</p>		
<p>年 月 日</p>					<p>年 月 日</p>		

完成人合作关系说明

“激光驱动离子加速器的理论和方法研究”是北京大学、中国科学院物理所和上海交大合作完成的，是项目完成人颜学庆、马文君、盛政明、解思深、陈佳洱密切合作的科研成果。

颜学庆从1999 年跟随陈佳洱院士攻读博士学位，从事新型加速器的探索研究。2004年博士毕业之后留校开始从事激光驱动离子加速的理论和方法研究，2008-2010 在德国做洪堡访问学者，之后回到北京大学建立激光加速器实验室，开始负责组织本项目的具体研究工作。项目合作成果体现在代表性论文1、2、3、4、5，为项目的第一完成人。

自2006 年起，颜学庆和陈佳洱院士带领研究生林晨、刘必成、祝娇、符合振等在激光薄膜靶离子加速领域开展了国际上有重要影响的工作，2010 年后颜学庆又带领博士生王鸿勇、王大辉、耿易星、李荣凤、周美林、祝军高、高树超、胡荣豪、寿寅任等在临界密度等离子体透镜粒子加速和辐射等方面进行了深入研究。

马文君2009 年在解思深院士指导下获得博士学位，读研期间在中科院物理所从事碳纳米管的制备与表征等研究工作。博士毕业后去马普量子光学所和慕尼黑大学从事新型粒子加速与辐射的实验研究工作。同时，与王鸿勇在理论上开展了临界密度等离子体用于离子加速的方案研究，2013年在卢瑟福实验室完成了实验验证工作。2015年他入选中组部青年千人计划，作为北京大学特聘研究员正式加入北京大学物理学院。项目合作成果体现在代表性论文5、6、7、8，为项目的第二完成人。

盛政明2006年受聘为北京大学客座教授，开展和推广激光等离子体数值模拟方法的研究。2006年和颜学庆一起在PIC模拟中确认了稳相加速的原理，建立了理论模型，共同发表了第一篇光压稳相加速的理论文章。由于当时北大没有实验条件，2008 年9月他推荐颜学庆带着课题去德国马普量子光学所和慕尼黑大学做洪堡访问，与德方的Henig Andreas和Juergen Meyer-ter-Vehn一起合作完成了首个光压加速的验证实验。项目合作成果体现在代表性论文1、3、4，为项目的第三完成人。

解思深院士带领课题组从上个世纪90年代中后期就把科研工作的重点集中到碳纳米材料的制备、表征和应用的理论和实验研究。指导博士生马文君利用化学气相沉积（CVD）技术，制备出平均密度为1%-5%固体密度的碳纳米管泡沫薄膜。在国

实际上首次制备出了超薄的自支撑碳纳米管泡沫靶，成功用于离子加速实验。合作成果体现在代表论文6,7,8，为项目的第四完成人。

陈佳洱院士带领课题组的老师和学生长期从事新型加速器的理论和实验研究，他是研究团队的学术引领者。研究团队的老师和学生们在陈佳洱院士的带领下密切合作，在本领域合作发表近百篇学术论文，共同承担国家重大仪器开发专项、基金和973课题项目，近年来基于激光与薄膜靶的加速机制，建成了第一台1%能散/能量可精确调节的10MeV激光质子加速器，取得了丰硕的科研成果。曾经获何梁何利基金科技进步奖和德意志联邦功勋十字勋章。项目合作成果体现在代表论文1, 3,4,5，为项目的第五完成人。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：颜学庆

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	颜学庆(第一)、盛政明(第三)、陈佳洱(第五)	2007年-2014年	1) High current and monoenergetic proton beams generated by a circularly-polarized laser pulse in the phase-stable acceleration (PSA) regime; 2) Self-Organizing GeV, Nanocoulomb, Collimated Proton Beam from Laser Foil Interaction at 7×10^{21} W/cm ² ; 3) Laser Shaping of a Relativistic Intense, Short Gaussian Pulse by a Plasma Lens	代表论文 1,3,4	
2	论文合著	颜学庆(第一)、马文君(第二)、陈佳洱(第五)	2010年-2014年	Efficient and stable proton acceleration by irradiating a two-layer target with a linearly polarized laser pulse	代表论文: 5	
3	论文合著	马文君((第二)、解思深(第四)	2007年-2013年	1) Directly synthesized strong, highly conducting, transparent single-walled carbon nanotube films; 2) High-Strength Composite Fibers: Realizing True Potential of Carbon Nanotubes in Polymer Matrix through Continuous Reticulate Architecture and Molecular Level Couplings; 3) Monitoring a Micromechanical Process in Macroscale Carbon Nanotube Films and Fibers	代表论文: 6,7,8	

国家自然科学基金知情同意书

项目名称： 激光驱动离子加速器的理论和方法研究

候选人姓名： 颜学庆、马文君、盛政明、解思深、陈佳洱

声明：本项目拟参加 2018 年度国家自然科学基金申报，本人作为下列代表性论文的第一作者/通讯作者之一，知悉此事，并充分了解国家自然科学基金申报相关规定。本人同意本项目使用下列相关论文报奖，且本人不作为候选人参加此次报奖，特此申请。

代表性论文/期刊/作者	候选人及其贡献	非候选人	非候选人签名
代表文章 4: Laser Shaping of a Relativistic Intense, Short Gaussian Pulse by a Plasma Lens/ PHYSICAL REVIEW LETTERS/ Wang, H. Y.;Lin, C. *;Sheng, Z. M.;Liu, B.;Zhao, S.;Guo, Z. Y.;Lu, Y. R.;He, X. T.;Chen, J. E.;Yan, X. Q. *	颜学庆和林晨为共同通讯作者；王鸿勇为第一作者。颜学庆提出想法，林晨参与了讨论和文章的撰写，给出了具体建议，王鸿勇完成具体工作。	王鸿勇（第一作者）	王鸿勇
		林晨（共同通讯作者）	林晨
代表文章 5: Efficient and stable proton acceleration by irradiating a two-layer target with a linearly polarized laser pulse/ PHYSICS OF PLASMAS/ Wang, H. Y.;Yan, X. Q. *;Chen, J. E.;He, X. T.;Ma*, W. J.;Bin, J. H.;Schreiber, J.;Tajima, T.;Habs, D.	颜学庆和马文君为共同通讯作者；王鸿勇为第一作者。颜学庆提出想法，马文君参与了讨论和文章的撰写，指导王鸿勇完成模拟工作。	王鸿勇（第一作者）	王鸿勇

国家自然科学基金知情同意书

项目名称： 激光驱动离子加速器的理论和方法研究

候选人姓名： 颜学庆、马文君、盛政明、解思深、陈佳洱

声明：本项目拟参加2018年度国家自然科学基金申报，本人作为下列代表性论文的第一作者/通讯作者之一，知悉此事，并充分了解国家自然科学基金申报相关规定。本人同意本项目使用下列相关论文报奖，且本人不作为候选人参加此次报奖，特此申请。

代表性论文/期刊/作者	候选人及其贡献	非候选人	非候选人签名
代表文章8： Monitoring a Micromechanical Process in Macroscale Carbon Nanotube Films and Fibers / ADVANCED MATERIALS/Ma, Wenjun; Liu, Luqi; Yang, Rong; Zhang, Taihua; Zhang, Zhong*; Song, Li; Ren, Yan; Shen, Jun; Niu, Zhiqiang; Zhou, Weiya; Xie, Sishen*	解思深和张忠为共同通讯作者； 马文君为第一作者。解思深与张忠对工作给予了指导，马文君完成了具体的工作。	张忠	

国家自然科学基金知情同意书
International cooperation certificate & Informed consent
for the National Natural Science Award

项目名称: 激光驱动离子加速器的理论和方法研究
 候选人姓名: 颜学庆、马文君、盛政明、解思深、陈佳洱
 Project: Theory and method of laser driven ion acceleration
 Names of candidate: Yan, X.Q., Wen, J.M., Sheng, Z.M., Xie, S.S, Chen, J.E.

声明: 本项目拟参加 2018 年度国家自然科学基金申报, 本人作为下列代表性论文的第一作者/通讯作者之一, 知悉此事, 并充分了解国家自然科学基金申报相关规定。本人同意本项目使用下列相关论文报奖, 且本人不作为候选人参加此次报奖, 特此申请。

Statement: this project is going to participate in the 2018 National Natural Science Award. I am one of the first author / corresponding author of the following representative papers. I know this and know the related regulations of the National Natural Science Award. I agree to the project using the following related paper, and I am not be a candidate for the award, hereby apply for.

Representative papers / Journals / Authors	Candidates and their contributions	Non candidate	Signature of the Non candidate
Radiation pressure acceleration of ion beams driven by circularly polarized laser pulses/ PHYSICAL REVIEW LETTERS/Henig, A.*;Steinke, S.;Schnuerer, M.;Sokollik, T.;Hoerlein, R.;Kiefer, D.;Jung, D.;Schreiber, J.;Hegelich, B. M.;Yan, X. Q.*;Meyer-ter-Vehn, J.;Tajima, T.;Nickles, P. V.;Sandner, W.;Habs, D.	Henig, A. is the first author and one of the corresponding author. Yan X.Q. is one of the corresponding author; Yan X.Q. put forward the theory and prediction, Henig, A. completed the experiment under the guidance of theory, and Yan, X.Q. completed numerical simulation and theoretical explanation for this paper. The article was written based on the theory and experiments.	Henig, A. (The first author and the co-corresponding author)	