

# 中国科学院院士增选 被推荐人附件材料

(本附件材料的内容不得涉及国家秘密)

被推荐人姓名: 张晓

专 业: 基础数学

工 作 单 位: 中国科学院数学与系统科学研  
究院

推 荐 学 部: 数学物理学部

填 表 日 期: 2019-01-28

全国学会负责人: \_\_\_\_\_

中国科学院学部工作局印制

## 附件 1：被推荐人基本情况表

### 一、个人信息

姓名	张晓	性别	男	出生年月日	1965-04-05
国籍	中国	民族	汉族	党派	群众
出生地	江苏省 连云港市			籍贯	江苏省 连云港市
身份证件名称	身份证	证件编号	320705196504050514		
专业	基础数学		专业技术职务	研究员	
工作单位与行政职务	中国科学院数学与系统科学研究院 无		通信地址及邮政编码	北京市海淀区中关村东路 55 号 100190	
单位电话	010-82541521		住宅电话	13691540938	
电子邮箱	xzhang@amss. ac. cn		传真	010-82541591	

### 二、主要学历（6 项以内）

起止年月	校（院）、系及专业	学 位
1983年9月至1987年7月	复旦大学数学数学	学士
1993年1月至1996年1月	香港中文大学数学数学	博士



## 五、在科学技术方面的主要成就和贡献（3000 字以内）

编辑

导入

填写 2-3 项反映被推荐人系统的、创造性的学术成就和体现重大贡献和学术水平的主要工作。说明在学科领域所起的作用、在学术界的影响和评价，以及（或）在国民经济和社会发展中的作用和贡献（系统引用 10 篇代表性论著和附件 5、附件 6 等材料）。

张晓主要研究数学物理，在广义相对论正能量定理和引力形变量子化两个方向都作出了重要贡献。在前一方向，正能量定理是 Yau 和 Witten 获得菲尔兹奖的主要工作之一，而在剩下的四维物理时空正能量重要问题的解决上，张晓作出了最突出的贡献，参见他在[论文 8]的研究总结。在后一方向，他在合作提出的数学模型中证明存在与时间无关、一直存在的量子黑洞，提供了量子黑洞不可蒸发的数学依据。

### 1 广义相对论正能量定理

广义相对论自洽性要求宇宙 ADM 总能量不小于总动量，称正能量猜想。

#### (1) 零宇宙常数 Kerr 约束 [论文 1、8]

零宇宙常数正能量猜想由 Schoen-Yau 首先证明，稍后 Witten 用另外方法证明，是 Yau 及 Witten 获菲尔兹奖主要工作之一。著名数学家 Atiyah 介绍 Witten 获奖工作时对正能量猜想的证明给予高度评价，并称是 leading in part to Yau's Fields Medal at the Warsaw Congress (Atiyah, On the work of Edward Witten, Proceedings of ICM 1990(I),p.33)。

在[论文 1]中，张晓给出总角动量的整体张量定义，找到了新的广义强制能量条件并在此条件下证明了总能量不小于总角动量的 Kerr 约束。

Schoen 等证明在保证正能量定理成立的强制能量条件下，总能量可以小于总角动量，这说明新的能量条件是必要的。

在[论文 1 评价-1]中，美国科学院院士、国际数学家大会两次一小时报告人 Schoen 曾在国际大会上综述了相对论中已解决的重要数学工作：第一个是他和 Yau 证明的正能量定理，第二个是张晓在[论文 1]中证明的 Kerr 约束。

在[论文 1 评价-2、-3]中，Schoen、Yau 分别在其论文和综述文章中指出张晓在[论文 1]中定义角动量密度并（在和其相关的能量条件下）证明了能量角动量不等式。

#### (2) 正宇宙常数正能量定理 [论文2、3、8]

1998年，科学家发现宇宙正在加速膨胀并被授予2011年诺贝尔物理学奖。宇宙常数为正时，理论上才能得出加速膨胀的宇宙模型。

在[论文2]中，当满足强制和广义强制能量条件的正宇宙常数渐近 de Sitter 时空的宇宙体积增长率（即 3 维空间在 4 维时空中的平均曲率）不大于对应的 de Sitter 时空的宇宙体积增长率时，张晓合作证明了对应于平直坐标的正能量定理和 Kerr 约束以及对应于双曲坐标的正能量定理。在[论文3]中，张晓合作构造一批负总能量的例子，这时定理所需的其他条件都满足，只是宇宙体积增长率在某些区域超过了对应的 de Sitter 时空的宇宙体积增长率。这样说明上述宇宙体积增长率的条件是充要的，从而彻底研究清楚该问题。

天文观测数据表明宇宙近似是一个  $\Lambda$  常数等于  $3H^2$  的平直坐标下的 de Sitter 时空，这

时宇宙常数  $\Lambda_0 = 0.6844 \times 3H^2$ ,  $H$ 是哈勃常数。宇宙体积增长率是一个平均意义下的值, 观察数据的均匀性表明其值等于 $H$ 。这样宇宙总能量为正。

在[论文 2 评价-1]中, 美国《数学评论》指出正能量定理是广义相对论最显著的数学结果之一, 但原来的结果无法应用到正宇宙常数, [论文 2]引入一个变换过程并证出正宇宙常数正能量定理。

[论文 2 评价-2, -3]的作者应用论文主要结果研究宇宙学。

### (3) 负宇宙常数正能量定理 [论文4、 8]

该情形正能量定理研究有很长历史。但直到 1985 年 Henneaux-Teitelboim 才给出总能量等十个守恒量数学上严格、完整的定义。同时, 他们指出以前的讨论都是形式上的。

在[论文 4]中, 张晓合作证明最一般情形下负宇宙常数正能量定理并定义负宇宙常数总质量。

Yau 在[论文 4 评价-1]中指出[论文 4]用不同方法定义总质量。 Khuri 在[论文 4 评价-2]中指出[论文 4]与其他 3 篇文章给出最一般的渐近 AdS 正能量定理。(注: 实际上, 其他 3 篇文章仍然是证明了特殊情形时的正能量定理。)

### (4) 引力波的 Bondi 能量动量 [论文 5、 6、 7、 8]

物理学家猜测引力波携带的能量不会超过系统的初始能量, 即证明 Bondi 能量的正性。该猜想在 1983 年左右分别由 Schoen-Yau 用几何分析方法以及物理学家用 Witten 方法给出证明框架。

应用 Witten 方法的关键是需要类光无穷远的正能量定理, 这时类空超曲面的度量和第二基本形式都渐近于双曲度量。但这样的定理在当时连数学上如何表述都不清楚。在[论文 5]中, 张晓给出类光无穷远正能量定理的数学表述和严格证明。在[论文 6]中(更准确的表述参见[论文 8]第 2.3 节), 张晓与合作者给出 Schoen-Yau 方法数学上完整、严格的证明, 同时应用[论文 5]中的类光无穷远正能量定理给出 Witten 方法数学上完整、严格的证明。

接下来的问题是 ADM 总能量和 Bondi 能量之间有什么关系? Ashtekar 等曾研究过。然而, 1986 年 Penrose 和 Rindler 在其经典专著《Spinors and Spacetime》第二卷 429 页上指出两者之间关系仍不清楚。

在[论文 7]中, 张晓合作在类空无穷远有波动时计算出了 ADM 总能量动量和 Bondi 能量动量的过去极限之间相差的量, 并证明一般无法扰动类空无穷远使得这些相差的量为零。当类空无穷远无波动时这些相差的量为零。

物理上, Bondi 能量正性要求 ADM 总能量守恒, 但在类空无穷远有波动时其并不守恒。这和[论文 6]发现需要在比以前猜想的条件更强时才能证明 Bondi 能量正性是相容的。

在[论文 5 评价-1、 -2]中, Wang-Yau、 Brendle 指出[论文 5]证明了更复杂的渐近双曲正能量定理, 论文的一些研究方法被 Wang-Yau 应用。

在[论文 6 评价-1]中, 美国《数学评论》指出[论文 6]给出 Bondi 能量正性完整证明。

在[论文 7 评价-1]中, 美国《数学评论》指出 ADM 能量动量与 Bondi 能量动量关系的研究由张晓开始, 他在[论文 7]中合作建立了两者之间新的关系, 在一定条件下 ADM 能量是

Bondi能量的过去极限，在一定条件下ADM动量是Bondi动量的过去极限，但无法让两者同时成立。

## 2 引力形变量子化与量子黑洞 [论文 9、10]

霍金在1975年发表于CMP的著名论文中,用数学上并不严格的推理得出Schwarzschild黑洞在半经典量子化下最终被蒸发。该工作影响巨大,被写入众多广义相对论教科书,被引用已超过一万次。但量子黑洞蒸发会导致严重物理后果,因而该理论的正确性引起了极大争议。

早些时候,张晓合作建立了数学上严格的引力形变量子化理论,提出了量子爱因斯坦场方程。在[论文 9]中,张晓合作发现 Schwarzschild 黑洞在该量子化下是与时间无关、一直存在的量子黑洞,提供了量子黑洞不可蒸发的数学依据。在[论文 10]中,张晓合作发现广义相对论平面波的形变量子化是量子爱因斯坦场方程真空精确解。

[论文 9 评价-1, -2]分别指出[论文 9]被英国物理学会的引力国际权威杂志 CQG 评为2008-2009 年度亮点文章之一,以及是研究非交换黑洞两篇文献之一,另一篇是[论文 9]投稿前非交换黑洞研究状况的综述文章。

[论文 10 评价-1]将[论文 10]和广义相对论爱因斯坦场方程精确解的经典文献并列,其中一篇是 1919 年 5 月 29 日观察日全食发现太阳的引力使光线弯曲、证实爱因斯坦广义相对论的英国科学家爱丁顿教授在 1924 年由剑桥大学出版社出版的专著。

## 六、10 篇（册）以内代表性论文、著作（包括教材）、研究技术报告、重要学术会议邀请报告（全文作为附件 3）

原则上应有一篇或以上在《中国科学》《科学通报》或其他中国优秀期刊上发表。每篇（册）应说明被推荐人的主要贡献，包括：提出的学术思想、创造性、研究工作的参与程度、学术刊物中的主要引用及评价情况等（200 字以内）。证明材料和评价说明放入附件 5 中，此处可引用附件 5。

按以下顺序填写：

论文：作者（按原排序），题目，期刊名称，卷（期）（年），起止页码；

著作：作者（按原排序），著作名称，出版社，出版年份，出版地；

研究技术报告（未公开发表的重要报告）：作者（按原排序），报告题目，完成年份；

重要学术会议邀请报告：作者（按原排序），报告题目，报告年份，会议名称、地点。

序号	代表性论文、著作(包括教材)、研究技术报告、重要学术会议邀请报告
1	<p>论文：作者：Xiao Zhang；题目：Angular momentum and positive mass theorem；期刊名称：Communications in Mathematical Physics；卷(期)(年)：206(1999)；起止页码：第 137 页至第 155 页</p> <p>主要贡献及引用评价情况： 独立完成，定义角动量密度和总角动量、找到新能量条件并在该条件下证明能量角动量不等式的 Kerr 约束。美国科学院院士、国际数学家大会两次 1 小时报告人 Schoen 在[论文 1 评价-1]中综述了相对论中已解决的重要数学工作：第一个是他和 Yau 证明的正能量定理，第二个是该论文证明的 Kerr 约束。Schoen 及 Yau 在[论文 1 评价-2、-3]中分别指出该论文定义角动量（密度）并证明能量角动量不等式。</p>
2	<p>论文：作者：Mingxing Luo, Naqing Xie, Xiao Zhang；题目：Positive mass theorems for asymptotically de Sitter spacetimes；期刊名称：Nuclear Physics B；卷(期)(年)：825(2010)；起止页码：第 98 页至第 118 页</p> <p>主要贡献及引用评价情况： 证明宇宙体积增长率不大于对应的 de Sitter 时空宇宙体积增长率时的正宇宙常数正能量定理和 Kerr 约束。在该研究中提出主要研究思想、给出定理表述、完成论文写作及参与数学证明推导。美国《数学评论》[论文 2 评价-1]指出正能量定理是广义相对论最显著的数学结果之一，但原来的结果无法应用到正宇宙常数，该论文引入一个变换过程并证出正宇宙常数正能量定理。论文主要结果被用于宇宙学研究[论文 2 评价-2、-3]。</p>
3	<p>论文：作者：Zhuobin Liang, Xiao Zhang；题目：Spacelike hypersurfaces with negative total energy in de Sitter spacetime；期刊名称：Journal of Mathematical Physics；卷(期)(年)：53(2012)；起止页码：第 0225021 页至第 02250210 页</p>

	<p>主要贡献及引用评价情况： 宇宙体积增长率（平均曲率）在某些区域大于对应的 de Sitter 时空宇宙体积增长率时构造了正宇宙常数正能量猜想的反例。在该研究工作中提出研究思想、给出定理表述、完成论文写作。美国《数学评论》[论文 3 评价-1]指出该论文在平均曲率违背量定理中的条件时构造量负总能量的例子。</p>
	<p>论文：作者：Yaohua Wang, Naqing Xie, Xiao Zhang；题目：The positive energy theorem for asymptotically anti-de Sitter spacetimes；期刊名称：Communications in Contemporary Mathematics；卷(期)(年)：17(2015)；起止页码：第 15500151 页至第 155001524 页</p>
4	<p>主要贡献及引用评价情况： 证明负宇宙常数正能量定理并定义负宇宙常数总质量。在该研究中提出研究思想、给出定理表述、完成论文写作及参与数学证明推导。Yau 在[论文 4 评价-1]中指出该论文用不同方法定义总质量。Khuri 在[论文 4 评价-2]中指出该论文与其他 3 篇文章给出最一般的渐近 AdS 初始数据集正能量定理。（注：实际上，其他 3 篇文章仍然是证明了特殊情形的正能量定理。）</p>
	<p>论文：作者：Xiao Zhang；题目：A definition of total energy-momenta and the positive mass theorem on asymptotically hyperbolic 3-manifolds. I；期刊名称：Communications in Mathematical Physics；卷(期)(年)：249(2004)；起止页码：第 529 页至第 548 页</p>
5	<p>主要贡献及引用评价情况： 独立完成，证明零宇宙常数类光无穷远正能量定理。Yau、Brendle 分别在[论文 5 评价-1, -2]中指出该论文证明了更复杂的渐近双曲正能量定理，该论文的一些研究方法被 Wang-Yau 应用。</p>
	<p>论文：作者：Wen-ling Huang, Shing-Tung Yau, Xiao Zhang；题目：Positivity of the Bondi mass in Bondi's radiating spacetimes；期刊名称：Rend. Lincei Mat. Appl.；卷(期)(年)：17(2006)；起止页码：第 335 页至第 349 页</p>
6	<p>主要贡献及引用评价情况： 1983 年左右分别由 Schoen-Yau 用几何分析方法以及物理学家用 Witten 方法给出引力波 Bondi 能量正性的证明框架。该论文对这两种方法给出数学上完整、严格的证明，特别地，应用[论文 5]中的类光无穷远正能量定理给出 Bondi 能量正性的 spinor 证明。在该研究中给出定理表述、完成论文写作及参与主要数学证明推导。美国《数学评论》[论文 6 评价-1]指出该论文给出 Bondi 能量正性的完整证明。</p>
	<p>论文：作者：Wen-ling Huang, Xiao Zhang；题目：On the relation between ADM and Bondi energy-momenta III-perturbed radiative spatial infinity；期刊名称：Science in China Series A: Mathematics (中国优秀期刊)；卷(期)(年)：50(2007)；起止页码：第 1316 页至第 1324 页</p>
7	<p>主要贡献及引用评价情况： 在类空无穷远有波动时计算出了 ADM 总能量动量和 Bondi 能量动量的过去极限之间相差的量。在该研究中提出研究思想、给出定理表述、完成论文写作及参与数学证明推导。美国《数学评论》[论文 7 评价-1]指出 ADM 能量动量与 Bondi 能量</p>



	<p>动量关系的研究由被推荐人开始。该文在一定条件下 ADM 能量是 Bondi 能量的过去极限，在一定条件下 ADM 动量是 Bondi 动量的过去极限，但无法让两者同时成立。</p>
8	<p>论文：作者：张晓；题目：广义相对论正能量定理；期刊名称：中国科学 数学；卷(期)(年)：47(6)(2017)；起止页码：第 673 页至第 688 页</p> <p>主要贡献及引用评价情况： 独立完成，综述广义相对论正能量定理研究。</p>
9	<p>论文：作者：Ding Wang, R. B. Zhang, Xiao Zhang；题目：Quantum deformations of Schwarzschild and Schwarzschild-de Sitter spacetimes；期刊名称：Classical and Quantum Gravity；卷(期)(年)：26(2009)；起止页码：第 0850141 页至第 08501414 页</p> <p>主要贡献及引用评价情况： 在提出非交换量子爱因斯坦场方程工程中给出主要思想，提议研究 Schwarzschild 黑洞形变量子化并发现其为于时间无关、不可蒸发的量子黑洞，参与主要数学推导及论文写作。[论文 9 评价-1]指出该论文被英国物理学会出版的引力国际权威杂志 CQG 评为 2008-2009 年度亮点文章之一。[论文 9 评价-2]将该论文列入研究非交换黑洞两篇文献之一，另一篇综述了该论文投稿前非交换黑洞的研究状况。</p>
10	<p>论文：作者：Ding Wang, R. B. Zhang, Xiao Zhang；题目：Exact solutions of noncommutative vacuum Einstein field equations and plane-fronted gravitational waves；期刊名称：The European Physical Journal C；卷(期)(年)：64(2009)；起止页码：第 439 页至第 444 页</p> <p>主要贡献及引用评价情况： 提议研究广义相对论平面波的形变量子化并发现其为量子爱因斯坦场方程真空精确解，参与数学推导及论文写作。[论文 10 评价-1]将该论文和广义相对论爱因斯坦场方程精确解的经典文献并列，其中一篇是 1919 年 5 月 29 日观察日全食发现太阳的引力使光线弯曲、证实爱因斯坦广义相对论的英国科学家爱丁顿教授在 1924 年由剑桥大学出版社出版的专著。</p>

## 七、发明专利情况（10 项以内）

请按顺序填写专利申报人（按原排序），专利名称，申请年份，申请号，批准年份，专利号。并分别简述专利实施情况和被推荐人在专利发明和实施中的主要贡献（100 字以内）。实施情况及相关证明材料放入附件 6，此处可引用附件 6。若无实施证明材料则视为专利未实施。

序号	发明专利情况
1	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
2	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
3	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
4	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
5	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
6	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
7	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
8	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
9	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：
10	专利实施情况和被推荐人的主要贡献：

## 八、重要科技奖项情况（10项以内）

按顺序填写全部获奖人姓名（按原排序），获奖项目名称，获奖年份、类别及等级（如：1999年国家自然科学基金二等奖，1998年中国科学院科技进步一等奖等），并简述被推荐人的主要贡献（限100字），相关证明材料放入附件6，此处引用附件6。

序号	重要科技奖项
1	被推荐人主要贡献：
2	被推荐人主要贡献：
3	被推荐人主要贡献：
4	被推荐人主要贡献：
5	被推荐人主要贡献：
6	被推荐人主要贡献：
7	被推荐人主要贡献：
8	被推荐人主要贡献：
9	被推荐人主要贡献：
10	被推荐人主要贡献：