

# 公示材料：附件 1

国家自然科学奖提名公示内容包括：项目名称、提名者及提名意见、项目简介、客观评价、代表性论文专著目录、主要完成人情况、完成人合作关系说明。

## 一、项目名称

前寒武纪重大事件与成矿演化

## 二、提名者及提名意见

提名者	中国科学院
<p>前寒武纪地质是固体地球科学领域最基础和最前沿的学科之一。该项目建立了“大陆演化不可逆转”的学术思想和以“重大地质事件动态规律”为导向的研究方法。构建了大陆形成和生长的多阶段模式，提出古元古代早期板块构造新理论和中-新元古代地球岩石圈调整期新概念，推动了地球早期陆壳演化的研究；提出和揭示了大陆成矿与陆壳生长、构造体制转变以及地球环境同步演化的内在规律与控制机理，建立了矿产资源随地球演化的时控性和不可重复性的理论框架。项目做出创新性学术贡献，8篇代表性论文被他引1883次，5篇为期刊高引或者热点论文。2016年据ESI统计，“华北克拉通前寒武纪地质”研究在全球地球科学领域504个“研究前沿”中排名第3，在我国所有自然科学基础研究领域44个“研究前沿”中排名第1。2017年中国科学院与科睿唯安联合发布研究前沿，“华北克拉通前寒武纪地质”在全球地球科学十大热点前沿领域中排名第2，并被评为中国最活跃前沿研究领域。8篇代表性论文代表了该研究前沿中的主要成果。主要完成人长期密切合作，形成团结协作的团队。项目选题前沿，起点高，显示度强，成果对于理解大陆演化和矿产资源的富集机理等意义重大，大大推动了前寒武纪地质研究，提升了我国在该领域的国际地位与影响力，为前寒武纪地质学成为我国固体地球科学在国际上处于领先地位的为数不多的领域之一做出了实质性贡献。</p> <p>提名该项目为国家自然科学奖奖<u>一</u>等奖。</p>	

### 三、项目简介

地球上何时出现陆壳以及它是如何生长并稳定化的？这是当前地球科学的基础和前沿问题，在几乎各国的研究计划和白皮书书中都列为第一项研究课题。前寒武纪占地质历史的85%以上，形成了大陆地壳的主体；前寒武纪地质体中赋存着丰富的矿产资源，一些重要矿产的资源量远大于其它地质时代。揭示前寒武纪大陆演化的过程以及它们与元素巨量聚集的内在联系，具有重大的理论意义和实际意义。

本项目创造性建立了“大陆演化不可逆转”的学术思想和以“重大地质事件动态规律”为导向的学术思维和研究方法，围绕早期大陆演化的关键地质事件与成矿的科学问题，以华北古大陆前寒武纪地质与特色矿产为突破口，并对全球其它主要古陆开展对比研究，取得系列重要发现和理论成果：

#### 1. 系统认识和率先提出前寒武纪重大地质事件的性质与时空格架。

1) 首次在秦岭的火山岩中发现大于40亿年的锆石，揭示华北古大陆的陆壳在冥古宙早期已形成，北秦岭深部可能是目前世界上最古老陆壳保留的地区。2) 创新性地提出华北古大陆经历两期克拉通化，指出克拉通化导致大陆稳定，在地球演化历史上未见重复。华北新太古代微陆块拼合为理解早期陆壳的形成与演化提供了难得的实例。3) 首次识别出19~18亿年前晋豫、胶辽和丰镇三个活动带类似于现代陆-陆碰撞型的造山带，并经历高温高压麻粒岩相变质作用，以此作为板块聚合的标志，创新性提出早期板块构造理论。4) 由燕辽多期裂谷研究提出中新元古代“中年期”是地球岩石圈调整期和现代板块构造准备期的新概念，厘定了前寒武纪大陆演化时空格架。

#### 2. 建立前寒武纪重大地质-成矿事件序列，创建矿产资源与大陆地壳同步演化以及不可重复的理论框架。

1) 系统总结了华北以及全球的前寒武纪优势矿产成矿系列，建立了动态重大地质事件序列和前寒武纪四大成矿体系，揭示了地质事件与成矿体系的对应规律，以及大陆物质演化与成矿之间的内在联系与控制机理。2) 提出地球演化与成矿时代专属性的不可重复性理论框架，指出大陆成矿的时控性与不可逆性受控于陆壳物质巨量生长、构造体制转变与地球环境巨变等重大地质事件，是地球演化的物质表现；大陆成矿作用在成矿物质来源、矿产种类、矿床类型上都表现出明确的演化规律。

上述成果通过深刻阐述对华北古大陆的研究，揭示了前寒武纪重大地质事件的基本规律和原理，具有普适性；为前寒武纪大型/超大型矿产资源的分布规律的研究提供了理论依据，增添了新的科学内涵，推动了前寒武纪地质理论研究。本项研究引起国际关注，并得到国外其它研究的引用和证实，推动了前寒武纪地质与大陆成矿理论的发展。

8篇代表性论文他引1883次，5篇Top1%或者期刊热点论文。2016年据ESI统计，“华北克拉通前寒武纪地质”研究在全球地球科学领域504个“研究前沿”中排名第3，在我国所有自然科学基础研究领域44个“研究前沿”中排名第1。2017年中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学院文献情报中心与科睿唯安公司联合发布科学前沿，该项研究在全球地球科学前沿中十大热点领域排名第2，并被评为中国最活跃前沿研究领域。在前沿领域发布词中，提到翟明国院士等2011年发表的文章被引频次最高，该文提出和全面总结了华北克拉通前寒武纪地质的重大科学问题，在国际上有重大影响，受到科学界的极大关注，使得中国在该学科前沿占有绝对优势地位。

## 四、客观评价

### 1. 研究成果科学价值以及国内外公认度

该项目的研究成果发表后（附件 1-8），在前寒武纪地质学术界产生了重要的影响。研究成果被国际上同领域研究论文和专著多处正面引述，8 篇代表性论文被重要期刊他引 1883 次（附件 9），其中 5 篇论文被评为期刊高引或者地球科学领域热点论文（附件 10、11、12、13）。项目主要完成人翟明国、郭敬辉、彭澎、第五春荣分别入选 ISI 全球地球科学高引用率科学家排名第 268、301、1516、2527 名（附件 14、15、16、17）。

2012 年科技部启动了“华北克拉通前寒武纪重大地质事件与成矿”的基础研究重点项目。2013 年翟明国、郭敬辉、彭澎完成的项目“华北克拉通早期陆壳形成与演化”荣获国家自然科学基金二等奖（附件 18、19、20）。2015 年翟明国因在“前寒武纪地质与变质地质学”方面的研究工作取得重要成果而荣获度何梁何利基金“科学与技术进步奖”（地球科学奖）（附件 21）。2017 年翟明国作为第二完成人的项目“古元古代大氧化事件与成矿响应研究”荣获教育部自然科学一等奖（附件 22）。

本项目针对华北古陆早期陆壳的形成与生长、早期大陆的结构与成分、大陆成矿演化等前沿科学问题，集中研究华北及中国和欧亚相邻地区，并进行全球对比，取得诸多系统性研究成果。为此，由国际有关科学家推荐和国际出版社多次来函和派人来当面邀请，翟明国分别于 2015、2016 年主持由 Springer 出版社出版的《Precambrian Geology of China》、《Main Tectonic Events and Metallogeny of the North China Craton》2 部科学专著。2018 年又主持由《科学出版社》出版《华北克拉通前寒武纪重大地质事件与成矿》中文科学专著。（附件 23、24）

2016 年,据 ESI 统计,“华北前寒武纪地质”研究在全球地球科学领域 504 个“研究前沿”中排名第 3（附件 26），在我国所有自然科学基础研究领域 44 个“研究前沿”中排名第 1（附件 27）。2017 年,中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学院文献情报中心与科睿唯安（汤森路透）公司联合举办研究前沿发布暨研讨会。“华北前寒武纪地质”在全球地球科学前沿中排名第 2，评为中国最活跃前沿研究领域。（附件 28）

2017 年中国科学院科技战略咨询研究院《2017 地球科学领域研究前沿》与《2017 地球科学领域研究前沿指数》将“华北前寒武纪地质演化研究”列为中国科学热点研究前沿，进入全球地球科学领域十大热点前沿（排名第 2），该研究前沿中,“中国科学院地质与地球物理研究所翟明国院士等人发表的“华北克拉通前寒武纪地质学概述”一文被引频次最高”，受到科学界的极大关注，使得中国在该前沿占有绝对优势地位。（附件 28）

### 2. 国内外同行学术性评价

重要科学发现一中，研究团队首次在华北古陆发现冥古宙地壳物质。众所周知，地球的形成年龄为 45.6 亿年。由于地壳早期岩石经历了漫长多期的地质演化和改造，并遭受了长期风化剥蚀，使得许多古老岩石现今已不复存在。因此使得地球形成后最初十亿年的地壳物质在世界上保存非常有限，因为人们只能通过这些残存的矿物或岩石去探索地球最初形成、演化的历史。Kusky 等在 2016 年《Earth-Science Reviews》引用此成果来探讨华北早期形成和演化“Old detrital zircons in Paleozoic rocks surrounding the NCC, especially in the Qinling orogen on

the southern margin of the NCC have yielded detrital zircons of up to 4.1 Ga with cores that possibly reach back to 4.45 Ga (Diwu et al., 2010, 2013) suggesting that there may yet be other regions of very ancient crust to be discovered in the NCC” (华北周边古生代岩石中古老的碎屑锆石, 尤其是华北南缘秦岭造山带发现的年龄为 41 亿年, 且核部的年龄可能达到 44.5 亿年的碎屑锆石揭示在华北古陆其他地区也有可能发现非常古老的地壳)。(引用代表性成果 1, 附件 29)

项目提出华北古陆早前寒武纪陆壳经历了三阶段构造演化模式, 该模式已经成为主要模式之一和区域研究的一个重要的工作模型, 正在促进和指导相关科学研究工作, 更加、充实和推动了我国前寒武纪地质的发展。如香港大学的赵国春和英国 Peter Cawood (2012) 在其综述文章中以此来解释华北构造演化问题“An alternative model proposes that the three Paleoproterozoic orogenic belts in the NCC developed as a consequence of continental rifting of a continent, which was cratonized through fusing Archean microcontinental blocks at ~2.5 Ga, followed by the development of incipient oceanic basins which themselves were closed in the Paleoproterozoic through subduction and collision (Zhai et al., 2010; Zhai and Santosh, 2011; Zhai, 2011).”(另一种可能的模式是各微陆块在 25 亿年拼贴完成克拉通后, 华北经历陆内拉伸-破裂, 以及洋盆的初始形成和其后俯冲-碰撞最终通过三个古元古代造山带形成华北古陆)。(引用代表性成果 1,4, 附件 30)

对于华北古陆 25 亿年特殊而强烈构造-热事件, 法国著名学者 Nicholas Arndt 和 Anne Davaille 教授 (2013) 在其综述性文章中肯定并引用此研究成果。原文为: “In contrast to the 2.7 Ga peak, the younger events are not global but are restricted to specific parts of the present-day continental crust. The 2.5 Ga event is well represented in China (Diwu et al., 2011) and India (Mojzsis et al., 2003) as well as in isolated areas such as the Gawler Craton of Australia (Fraser and Neumann, 2010)”。他们认为虽然在全球性的太古宙地壳生长时期发生在 27 亿年, 可是一些克拉通, 比如中国、印度和澳大利亚的 Gawler 克拉通~25 亿年的地壳生长事件更为突出。(引用代表性成果 3, 附件 31)

香港大学赵国春博士(Zhao and Cawood, 2012)在总结中国前寒武地质一文中, 应用了本研究成果所提出的在土贵乌拉发现的超高温变质作用与华北古陆东西部陆块之间古海洋洋中脊向西俯冲相联系的观点, 如“*This led Peng et al. (2010, 2011) to postulate that UHT metamorphism at Tuguiwula in the Jining Complex was the result of westward ridge subduction of an old ocean between the Eastern and Western blocks*”(Peng et al. (2010, 2011)提出土贵乌拉的超高温变质作用与华北东西部陆块之间洋脊的向西俯冲相关)。(引用代表性成果 6, 附件 32)

在成矿理论方面, 本项目提出矿产资源与大陆地壳同步演化以及不可重复的理论框架; 建立了华北古陆重大地质-成矿事件序列, 提出前寒武纪四大成矿体系。印度的 Asthana et al. (2016)在采用代表性论文 2 提出的成矿理论来解释印度中部约 25 亿年 Malanjkhand 斑岩铜矿成因-“*Underplating of mafic magmas and associated fluids could have caused reactivation of Archean crust resulting in reworking and possible mineralization as documented in North China Craton (Zhai and Santosh, 2013).*”(正如华北古陆所记录那样镁铁质岩浆的侵位并伴随流体会导致太古宙下地壳再造和矿化)。(引用代表性论文 2, 附件 33)

## 五、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码	国内作者	他引总数
1	The early Precambrian odyssey of the North China Craton: A synoptic overview/ Gondwana Research/Zhai MG, Santosh, M.	5.657	2011年20卷6-25页	翟明国	669
2	Metallogeny of the North China Craton: Link with secular changes in the evolving Earth/ Gondwana Research/Zhai MG, Santosh, M	5.657	2013年24卷275-297页	翟明国	254
3	Crustal growth in the North China Craton at similar to 2.5 Ga: Evidence from in situ zircon U-Pb ages, Hf isotopes and whole-rock geochemistry of the Dengfeng complex/ Gondwana Research/Diwu CR, Sun Y, Guo AL, Wang HL, Liu XM	5.657	2011年20卷149-170页	第五春荣, 孙勇, 郭安林, 王洪亮, 柳小明	164
4	Cratonization and the Ancient North China Continent: A summary and review/ Science China (Earth Science)/Zhai MG	2.058	2011年54卷1110-1120页	翟明国	148
5	Paleoproterozoic gabbro-noritic and granitic magmatism in the northern margin of the North China craton: Evidence of crust-mantle interaction/ Precambrian Research/Peng P/Guo J/Zhai M/Bleeker W	3.907	2010年183卷	彭澎, 郭敬辉, 翟明国	99
6	华北克拉通的形成演化与成矿作用/ 矿床地质/翟明国		2010年39卷24-36页	翟明国	168
7	UHT sapphirine granulite metamorphism at 1.93-1.92 Ga caused by gabbro-norite intrusions: Implications for tectonic evolution of the northern margin of the North China Craton/ Precambrian Research/Guo J/Peng P/Chen Y/Jiao S/Windley B	3.907	2012年222-223卷124-1142页	郭敬辉, 彭澎, 陈意, 焦淑娟	169
8	华北克拉通古元古代构造事件/ 岩石学报/翟明国, 彭澎	1.238	2007年23卷2665-2682页	翟明国, 彭澎	212

## 六、主要完成人情况

公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

**翟明国**，排名第一，研究员，工作单位：中国科学院地质与地球物理研究所；完成单位：中国科学院地质与地球物理研究所

对本项目的贡献：对科学发现 1、2 的主要部分做出了创造性贡献：1) 系统认识和归纳了华北克拉通前寒武纪重大地质事件的性质与时空演化格架，提出了多阶段克拉通化概念。2) 建立华北克拉通前寒武纪重大地质-成矿事件序列，系统总结了矿产资源与大陆地壳同步演化以及不可重复的理论框架，提出了前寒武纪重大地质事件与成矿内在联系的理论框架。代表性论文之 1、2、4、6、8 的第一完成人，代表性成果 3、5 的主要参与者。

**第五春荣**，排名第二，教授，工作单位：西北大学；完成单位：西北大学

对本项目的贡献：对科学发现 1 的主要部分做出了创造性贡献：在华北克拉通发现冥古宙地壳物质，揭示出北秦岭是目前世界上除 Jack Hills 之外可以证明在地球形成初期就存在地壳物质的地区之一；发现并提出华北克拉通南缘在所谓的全球陆壳生长“沉寂期（2.45~2.0 Ga）”岩浆活动异常发育，从而对所谓全球构造演化“沉寂期”的观点提出修正。代表性论文之 3 的第一完成人。

**彭澎**，排名第三，研究员，所长学术助理，工作单位：中国科学院地质与地球物理研究所；完成单位：中国科学院地质与地球物理研究所

对本项目的贡献：对科学发现 1 的主要部分做出了创造性贡献：系统研究了华北克拉通前寒武纪重大地质事件的性质与时空格架；提出了华北克拉通古元古代构造演化模型。代表性成果 5 的第一完成人，代表性成果 7、8 的主要参与者。

**孙勇**，排名第四，教授，工作单位：西北大学；完成单位：西北大学

对本项目的贡献：对科学发现 1 的做出了创造性贡献：开展了华北克拉通西南缘—北秦岭西段前寒武纪地壳的形成演化，冥古界地壳物质探索；系统研究华北克拉通南部重大地质事件，并对比研究华北克拉通南部及全球典型克拉通地壳生长和演化的规律。代表性论文之 3 的主要完成人之一。

**郭敬辉**，排名第五，研究员，工作单位：中国科学院地质与地球物理研究所；完成单位：中国科学院地质与地球物理研究所

对本项目的贡献：对科学发现 1 做出了创造性贡献：对华北克拉通古元古代高压麻粒岩进行了系统的研究，揭示了区域构造-热演化历史，对华北克拉通中部大陆俯冲、碰撞和抬升过程进行了阐述。代表性成果 7 的第一完成人，代表性成果 5 的主要参与者。

## 七、完成人合作关系说明

第一完成人翟明国与郭敬辉、彭澎为岩石圈演化国家重点实验室同一个学科组（前寒武纪地质学科组）同事，第一完成人与孙勇、第五春荣均为大陆动力学国家重点实验室同事（第一完成人于 2011-2016 年间担任该实验室主任）。其中，彭澎为第一完成人翟明国的博士研究生（2000-2005 年）；第五春荣为主要完成人孙勇的博士研究生（2002-2010 年）。

第一完成人于其他完成人共同立项了多项科研项目，2013 年第一完成人翟明国与主要完成人郭敬辉、彭澎完成的项目“华北克拉通早期陆壳形成与演化”获得国家自然科学二等奖（附件 18、19、20）。其中，2011 年，第一完成人翟明国与其他完成人（第五春荣、彭澎、孙勇、郭敬辉）等共同申请了国家重点基础研究发展计划项目——华北克拉通前寒武纪重大地质事件与成矿，该项目获得批准，项目编号（2012CB416600），第一完成人为项目首席科学家（附件 34）。该项目也是本项重要科学发现的重要经费来源。2006 年，第一完成人翟明国与主要完成人郭敬辉共同申请了国家自然科学基金委员会基金创新群体项目：碰撞与俯冲的岩石学过程（项目编号：40721062）（附件 35）。

本项目的代表性成果 5 由第一完成人翟明国与主要完成人彭澎、郭敬辉共同完成（附件 5）；代表性成果 8 由第一完成人翟明国与主要完成人彭澎共同完成（附件 8）；代表性成果 3 由主要完成人第五春荣和孙勇共同完成（附件 3）；代表性成果 7 由主要完成人郭敬辉和彭澎共同完成（附件 7）。

### 完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同立项	翟明国、第五春荣、彭澎、孙勇、郭敬辉	2011-2016	国家重点基础研究发展计划项目——华北克拉通前寒武纪重大地质事件与成矿（项目编号：2012CB416600）	附件 34	
2	共同立项	翟明国、郭敬辉	2006-2011	国家自然科学基金委员会基金创新群体项目：碰撞与俯冲的岩石学过程（项目编号：40721062）	附件 35	
3	共同撰写论著	彭澎、郭敬辉、翟明国	2010	Crustal growth in the North China Craton at similar to 2.5 Ga: Evidence from in situ zircon U-Pb ages, Hf isotopes and whole-rock geochemistry of the Dengfeng complex	附件 5	
4	共同撰写论著	翟明国、彭澎	2007	华北克拉通古元古代构造事件	附件 8	
5	共同撰写论著	郭敬辉、彭澎	2012	UHT sapphirine granulite metamorphism at 1.93-1.92 Ga caused by gabbro intrusions: Implications for tectonic evolution of the northern margin of the North China Craton	附件 7	
6	共同撰写论著	第五春荣、孙勇	2011	Crustal growth in the North China Craton at similar to 2.5 Ga: Evidence from in situ zircon U-Pb ages, Hf isotopes and whole-rock geochemistry of the Dengfeng complex	附件 3	