

# 国家自然科学基金项目申请之路

——认识现象·探索规律

王来贵 朱旺喜 著



科学出版社

# 国家自然科学基金项目申请之路

## ——认识现象·探索规律

王来贵 朱旺喜 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是关于探索从事科学研究,特别是从事基础科学研究与应用基础研究的方法论,主要包括基础研究与应用基础研究内涵、科学研究的选题、科学研究方法、国家自然科学基金项目申请书四部分内容。在阐明科学研究中系统哲学思维、创新思维的基础上,论述了工程系统演化过程的研究内涵、科学问题、关键学术问题、工程项目中的科学问题及案例分析等内容;阐述了基础科学研究中的组合概念法、特征结构法、非线性问题、科学假说、反问题等研究方法;论述了国家自然科学基金项目研究中的因果关系与统计规律以及实验研究的科学本质;探讨了“机理”类、“模型”类等国家自然科学基金项目的研究内涵,分析了国家自然科学基金项目申请书中各个部分的基本要求、逻辑关系,并提出了书写建议。对国家自然科学基金项目申请书中题目的拟定、摘要的格式、立项依据的内涵、研究内容的要求等进行了案例分析。

本书可为从事科学研究特别是申请国家自然科学基金项目的高校教师和科研院所的科研人员提供参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

国家自然科学基金项目申请之路:认识现象·探索规律 / 王来贵, 朱旺喜著. —北京:科学出版社, 2019. 3

ISBN 978-7-03-060241-1

I. ①国… II. ①王… ②朱… III. ①中国国家自然科学基金委员会—科研项目—申请—研究 IV. ①N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 293091 号

责任编辑:刘宝莉 / 责任校对:郭瑞芝  
责任印制:师艳茹 / 封面设计:正典设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2019 年 4 月第二次印刷 印张:19 3/4

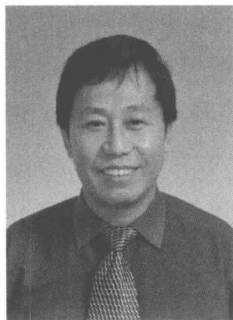
字数:398 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 作者简介

王来贵,男,工学博士,辽宁工程技术大学二级教授、博士生导师,全国优秀教师。1984年、1988年毕业于阜新矿业学院(现为辽宁工程技术大学),分别获工学学士学位和工学硕士学位;1995年毕业于东北大学工程力学专业,获工学博士学位;1998年在成都理工大学完成博士后研究工作;2010~2011年在英国牛津大学做访问学者。主要从事岩石力学系统稳定性理论、环境与灾害岩石力学及应用研究。



朱旺喜,男,工学博士,研究员。1982年毕业于东北工学院(现为东北大学),1982~1985年在西安冶金建筑学院(现为西安建筑科技大学)任教,1988年、1992年毕业于东北工学院,分别获工学硕士学位和工学博士学位;1992~1999年任职于北京矿冶研究总院(现为北京矿冶科技集团有限公司);1999年任职于国家自然科学基金委员会工程与材料科学部,2017年起在化学科学部就职。曾作为高级访问学者工作于美国威斯康星大学麦迪逊分校、加拿大阿尔伯塔大学。主要从事冶金与材料工程科研管理研究。

## 序

国家自然科学基金在国家创新发展战略中的重要性是不言而喻的。如何申请国家自然科学基金项目,每位科技工作者都有自己的体会。网络上有各式各样的观点,《中国科学基金》《中国基础科学》《科技导报》等学术期刊刊登了大量的文章,从不同的角度交流国家自然科学基金项目的申请经验。但从系统科学哲学的视角,以系统科学哲学的思维方式透过现象看本质,思考科学问题,探讨科学研究方法,指导如何撰写国家自然科学基金项目申请书,并形成比较完整体系的著作尚不多见。

《国家自然科学基金项目申请之路——认识现象·探索规律》一书首先提出,从事科学研究要从学会做人起步;在继承和弘扬科技文化的基础上,提出科研活动是一项崇高快乐的事业,要将高尚的人格与远大理想相结合,将科学精神与坚定信念相统一;掌握科学研究的规律性,把握科学理论的内涵及其认识路线,选择具有特色鲜明、优势明显、适宜自身情境的科研方向,以解决科学问题、工程问题、技术问题、方法问题或综合性问题为研究目标,为科研人员、特别是青年科研人员选择科学研究方向提供了帮助。

该书采用系统科学哲学的思维方式,将各种工程(科学、管理、经济等)背景等研究对象视为一个系统,依据系统科学原理,从时空演化的角度,分析系统结构、边界、环境构成,阐述了推动系统结构演化的内外动力、内外动力联合或耦合动力,提出了要研究系统不同演化阶段的不同演化机理及系统演化趋势、不同演化阶段的激扰响应关系与相互作用原理;并以科学问题为导向,将系统所遇到的问题划分为系统结构类、系统环境类、系统演化机理类、系统演化模型类、研究方法类以及系统调控原理类问题等,进而将国家自然科学基金项目划分为相应的不同类型,为从生产与社会实践中凝练科学问题提供了思路。

建立科学理论是基础研究与应用基础研究的一项重要任务。作者强调

基础科学研究中的概念组合与概念拓展,提出了基础科学研究中的特征结构法,阐述了科学研究中的结构非线性、环境非线性、结构响应非线性等问题的研究思路;针对申请国家自然科学基金项目,提出了结构假说、环境假说、结构响应假说及综合假说的观点,拓展了科学假说的内涵;同时对国家自然科学基金项目申请中的反问题、因果关系与统计规律、实验研究中的理论模型等一系列问题进行了详细的论述。理解和掌握这些科学概念、研究方法,对申请、评审甚至完成国家自然科学基金项目具有重要意义。

如何申请国家自然科学基金项目,这是广大科技工作者、特别是青年科技人员关注的热点问题之一。作者深入阐释了国家自然科学基金“机理”类、“模型”类项目的科学内涵;介绍了国家自然科学基金项目申请书中各个部分之间的逻辑关系与申请书中各个部分的书写要求。对国家自然科学基金项目申请书中题目、摘要、立项依据、研究内容等部分分别给出了案例分析。这些工作对国家自然科学基金项目申请书的撰写具有直接的指导作用。

该书沿袭系统科学哲学的逻辑思路,抓住事物发生现象的科学本质,以生产与社会实践中的主要矛盾与关键科技问题为主线,将研究对象或研究背景视为一个系统,提倡研究系统的结构问题、边界问题、环境问题、演化动力问题及其孕育、潜伏、发生、爆发、持续、衰减、终止等演化过程问题、演化趋向问题与演化机理问题,提出系统的结构模型、边界模型、环境模型、演化动力模型及演化过程模型,采用相应的科学方法验证并优化模型,寻求系统的控制变量与演化规律,建立科学理论与控制原理,最终应用于现场实际,提出在研究系统结构、系统环境、系统结构与系统环境相互作用机理以及控制原理等方面进行创新。这种研究思路是将事物的内因(系统结构)、外因(系统环境)、系统内外因相互作用过程的哲学分析思路进一步具体深化,符合科学研究的基本规律,是科学研究的普适性指导思路,不仅适用于研究工程技术中凝练的科学问题,而且对于数学、物理学、化学、生物学、医学、地学等基础学科或应用基础学科、交叉学科的研究也有普遍的参考价值。

基础研究是以认识自然现象,探索本质规律,获取新知识、新原理、新方法等为基本使命,目的在于发现新的科学研究领域,为新的技术发明和革新

提供理论指导。最近,国家自然科学基金委员会对科学基金提出四类科学问题属性,即:鼓励探索、突出原创,聚焦前沿、独辟蹊径,需求牵引、突破瓶颈,共性导向、交叉融通。该书的出版,是对这四类科学问题属性的进一步支持,将对申请国家自然科学基金项目、深化基础科学或应用基础科学研究起到重要的推动作用。

该书的两位作者均是国家自然科学基金项目研究与国家自然科学基金项目管理的一线工作者,能够将国家自然科学基金项目研究与国家自然科学基金项目管理的经验进行总结、并成体系地汇总成册实属不易。相信读者在阅读的过程中一定会迸发灵感,凝练科学问题,掌握行之有效的科学方法,认识自然现象,探索科学规律,为国家自然科学基金项目的申请、评审及完成做出贡献。

中国工程院院士



2019年1月16日

# 前 言

国家自然科学基金主要资助基础科学研究和应用基础科学研究项目，而基础科学研究和应用基础科学研究是科技源头创新。作为科技工作者，特别是有志于从事基础科学研究或应用基础科学研究的年轻人，当然要与国家科技发展战略规划相衔接，实现自己的科研梦。申请并完成国家自然科学基金项目，就是积极参与国家科技源头创新、实现自己科研目标的具体实践。

科技工作者在积极参与科学研究的同时，更应脚踏实地地走好科学研究的每一步。而申请国家自然科学基金项目，是从事基础科学研究或应用基础科学研究的第一步。如何理解科学研究、选择合适的科研方向，进而凝练科学问题、掌握必要的科学研究方法去申请国家自然科学基金项目，构筑国家自然科学基金的研究体系，是本书试图探讨、回答的问题。本书包含四部分内容，即关于科学研究、关于科学研究的选题、关于科学研究方法、关于国家自然科学基金项目申请书。

申请国家自然科学基金项目，首先要深刻理解基础科学研究与应用基础科学研究内涵，将科研活动视为一项崇高而快乐的事业，要拥有系统科学哲学的思维方式，时刻不能忘记从系统的时空结构构成、系统的环境及系统结构与系统环境相互作用过程的角度出发，掌握必要的科学研究方法，围绕关键科技问题，抓住科技创新，认识自然现象，探索科学规律，揭示自然界固有的本质奥秘。

选题是科学研究中最重要的第一步。好的选题，就是成功的一半，是科学研究重要的起点。因此，掌握科学问题的凝练机制是科研工作的重要环节。除了国家的战略需求外，科学家的研究兴趣、学术研究热点及学术前沿、学科交叉融合是科学问题的重要来源。但最为重要的是生产一线、社会实践是科学问题的源泉，工程与技术需求是科学研究的原动力。因此，科学



研究需要到生产一线去实践,察标求本,寻流溯源,要知其然,更要知其所以然。从实践中发现并认识自然现象、探索科学实质,从中凝练、抽象出科学问题;通过解决科学问题,遵循自然法则,最终返回到生产中指导人们的生产实践活动。因此,申请国家自然科学基金项目,就要在掌握系统科学哲学思维的基础上,遵循认识路线和科学研究的基本规律,分析工程系统与技术系统的演化过程,将工程技术中出现的自然现象分门别类,抓住发生这些现象的科学本质,凝练成为相应的科学问题进行深入研究。

科学方法是一种系统地寻求知识的程序,一般遵循问题的认知与表述、实验数据的收集、假说的构成与测试三个步骤。科学研究要顺利进行,就要有行之有效的科学方法。因此,科学研究必须要定义或限定、归纳或总结重要的科学概念,或者定义科研对象的组合概念与概念拓展,形成科学问题或建立科学假说这个研究主线的逻辑起点和逻辑节点。基础科学研究中,可以研究组成系统的特征结构与系统结构,要在掌握线性问题特征的基础上深入研究非线性问题,进而建立系统的结构假说、环境假说、相互作用假说及组合假说。而国家自然科学基金项目申请中常常遇见的反问题、因果关系与统计规律、实验研究中如何建立理论模型、思想实验对科学研究的指导作用等问题都是国家自然科学基金项目申请中必须思考的重要课题。

申请国家自然科学基金项目,就要对国家自然科学基金项目的类别、内涵、申请书的基本格式、要求与“技巧”等有深刻的理解,特别是要掌握国家自然科学基金项目中最常见的“机理”类、“模型”类项目的研究内涵。要厘清国家自然科学基金项目申请书中的各个部分之间的逻辑关系,掌握申请书中各个部分的内涵与基本要求。要对国家自然科学基金项目申请书中题目的拟定、摘要的格式、立项依据的内涵、研究内容的要求等问题有深刻的理解。分析国家自然科学基金项目申请书中的常见问题,总结经验,以利于国家自然科学基金项目的申请、评审与实施。

本书是作者多年来对国家自然科学基金项目申请、评审、研究、管理的思考和收获。作者近年来在《中国科学基金》《中国基础科学》《科技导报》等学术期刊上发表了18篇关于如何申请科学基金、从事科学研究的文章,此次成书是在这些文章的基础上进行了系统性的归纳总结;同时对具体的国

国家自然科学基金申请书主要部分的案例进行点评分析。可以说与很多的科研工作者一样,作者也是伴随着国家自然科学基金项目在成长,在成长的过程中充满了艰辛与迷茫、痛苦与快乐;在申请国家自然科学基金项目的征程中,不断地认识自然现象,探索科学规律。因此,本书的题目定为“国家自然科学基金项目申请之路——认识现象·探索规律”,表达了作者在学习掌握系统科学哲学知识的基础上,对科研人生的审视,对科研理念的理解,对提出科学问题的思考,对科研方法的探讨,对申请国家自然科学基金项目的建议,对表述和发表科研成果的期望。如果能使读者更加关注“科学研究与国家自然科学基金项目申请”“学术创新与学术积累”等议题,对读者有所启示,就达到了出版本书的目的。

在书稿完成的过程中,参考、摘录了部分申请者的国家自然科学基金项目申请书初稿,以及许多学者的观点、博文或发表的论著,并多次向相关教授请教;同时,在附录中收集了国家自然科学基金项目同行评议要点。在此对为本书提供帮助的相关专家、基金申请者及朋友们表示衷心的感谢!

尽管作者做出了努力,但书中仍难免存在不妥之处。欢迎各位专家指正,并就相关观点进行深入讨论,不断改进,以利广大读者理解科学研究与国家自然科学基金的内涵。

# 目 录

序

前言

<b>第 1 章 关于科学研究</b> .....	1
1.1 自然科学与国家自然科学基金 .....	3
1.2 科研活动是一项崇高而快乐的事业 .....	14
1.3 科学研究中的系统哲学思维 .....	22
1.4 基础研究与应用基础研究中的创新 .....	33
1.5 青年教师如何选择科学研究方向 .....	41
1.6 科学研究要围绕关键学术问题展开 .....	48
1.7 申请国家自然科学基金项目的预备知识与能力 .....	54
1.8 如何做好国家自然科学基金项目 .....	61
1.9 给青年教师科学研究工作的建议 .....	66
1.10 国家自然科学基金资助对学科建设的推动作用 .....	76
<b>第 2 章 关于科学研究的选题</b> .....	85
2.1 工程与技术需求是科学研究的动力源泉 .....	87
2.2 工程系统演化过程研究内涵 .....	93
2.3 科学问题与国家自然科学基金项目 .....	101
2.4 国家自然科学基金工程科学项目的选题 .....	109
2.5 工程实际中科学问题的凝练及案例分析 .....	118
<b>第 3 章 关于科学研究方法</b> .....	125
3.1 基础科学研究中的组合概念与概念拓展 .....	127
3.2 国家自然科学基金项目申请中的重要科学概念 .....	135
3.3 科学研究中的特征结构法 .....	144
3.4 科学研究中的非线性问题 .....	151

3.5	基于假说的国家自然科学基金项目 .....	158
3.6	国家自然科学基金项目申请中的反问题 .....	167
3.7	国家自然科学基金项目中的因果关系与统计规律 .....	174
3.8	从材料破坏的强度假说探析实验研究方法 .....	184
3.9	科学研究中的学术思想与思想实验 .....	190
<b>第4章</b>	<b>关于国家自然科学基金项目申请书 .....</b>	<b>197</b>
4.1	国家自然科学基金“机理”类项目研究内涵 .....	199
4.2	国家自然科学基金“模型”类项目研究内涵 .....	207
4.3	国家自然科学基金项目申请书中的逻辑关系 .....	215
4.4	国家自然科学基金工程科学项目申请书书写建议 .....	227
4.5	国家自然科学基金项目申请书题目的拟定 .....	238
4.6	国家自然科学基金项目申请书摘要书写案例分析 .....	246
4.7	国家自然科学基金项目申请书立项依据案例分析 .....	253
4.8	国家自然科学基金项目申请书研究内容案例分析 .....	264
4.9	国家自然科学基金项目申请书中的常见问题 .....	272
<b>参考文献</b>	.....	<b>277</b>
<b>附录</b>	<b>国家自然科学基金项目同行评议要点 .....</b>	<b>279</b>
附录 A	国家自然科学基金青年科学基金项目同行评议要点 .....	281
附录 B	国家自然科学基金面上项目同行评议要点 .....	282
附录 C	国家自然科学基金地区科学基金项目同行评议要点 .....	284
附录 D	国家自然科学基金优秀青年科学基金项目同行评议要点 .....	286
附录 E	国家自然科学基金国家杰出青年科学基金项目同行评议 要点 .....	287
附录 F	国家自然科学基金国家重大科研仪器设备研制专项项目同行 评议要点 .....	289
附录 G	国家自然科学基金重点项目同行评议要点 .....	291
附录 H	国家自然科学基金联合基金同行评议要点 .....	293
附录 I	国家自然科学基金国际(地区)合作研究项目同行评议函 .....	298

# 第 1 章 关于科学研究



## 1.1 自然科学与国家自然科学基金

**摘要:**从科学的定义、“科学”一词的演变、科学的分类、自然科学与自然规律、科学问题、科学研究及其类型、科学研究的目的是、科学方法、科学思维、科学理论等方面介绍了科学、自然科学及科学研究的基本内涵;分别从国家自然科学基金的设立、评审原则与运行机制、资助类别、主要任务、资助方式的原则、规章制度等方面介绍了国家自然科学基金的基本情况。

从事科学研究,特别是进行国家自然科学基金项目研究的学者,需要具备一定的自然科学哲学初步知识。深入地思考科学、自然科学、科学研究、科学研究类型、科学方法及科学思维等概念,有助于对科学概念、科学理论的理解,因此有必要将这些自然科学的相关概念进行归纳。对国家自然科学基金的基本情况进行梳理,有助于了解与深化科学研究的全过程。

### 1. 科学、自然科学与科学研究<sup>[1~3]</sup>

#### 1) 科学的定义

什么是科学?到目前为止尚无一个公认的统一定义。不同的国家、不同的学者,对“科学”有着不同的理解和解释。

英国科学家贝尔纳认为:科学是人类智慧的最高贵的成果。法国《百科全书》定义:科学首先不同于常识,科学通过分类,以寻求事物之中的条理。此外,科学通过揭示支配事物的规律,以求说明事物的本质。我国《辞海》(1999年版)定义:科学是运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质规律的知识体系。

从各种对于“科学”定义的不同表述中,可以找出基本的、共同的概念:科学是一种理论知识体系,是人类对于客观世界本质规律的正确反映,是人

类认识世界和改造世界的社会实践经验的概括和总结,同时,科学又是为社会实践服务的。

## 2)“科学”一词的演变

在欧洲近代早期,“科学”(science)和“自然哲学”(natural philosophy)有时可以互换使用。在欧洲直到17世纪,自然哲学(自然科学)被认为是哲学的一个独立的科学分支,与唯物同源。牛顿1687年出版的《自然哲学的数学原理》中“自然哲学”实质上就是自然界最高的学问,即“科学”。在19世纪演变过程中,“科学”一词变得越来越与科学方法本身相关联,以研究自然世界有规律的方法,包括物理学、化学、地质学和生物学等。

中国古代将自然之物所得的学问采用“格致”来表明。“格致”即格物致知的略语,最早来源于《礼记·大学》,指考察事物的原理法则而总结为理性知识,致知在格物,物格而后知至。“科学”一词是由近代日本学界译自英文中的“science”,意为“知识”“学问”。许多人认为,中国最早使用“科学”一词的学者是康有为,他出版的《日本书目志》中就列举了《科学入门》《科学之原理》等书目。辛亥革命时期,中国人使用“科学”一词的频率逐渐增多,出现了“科学”与“格致”两词并存的局面。随后,通过“中国科学社”的科学传播活动,“科学”一词才取代“格致”。

## 3)科学的分类

一般来说,学者们把科学分成自然科学、社会科学、思维科学、哲学及数学。自然科学研究自然界运动规律,社会科学研究社会运动规律,思维科学研究人类思维活动规律,哲学是研究自然科学、社会科学和思维科学这三大领域最一般规律的科学,而数学则研究自然科学、社会科学、思维科学这三大领域共同具有的“数量”逻辑关系。因此,现代科学概括成自然科学、社会科学、思维科学、哲学和数学,共五大领域。20世纪90年代,我国著名科学家钱学森把现代科学分为自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、文艺理论、地理科学及行为科学,共计十大学科门类。

## 4)自然科学与自然规律

自然科学是研究大自然中有机或无机的事物和现象的科学,包括天文



学、物理学、化学、地球科学、生物学和地理学等。自然科学是认识自然现象、揭示自然现象发生过程的实质,把握自然现象和过程的规律性,预见新的现象和过程,为在社会实践中合理而有目的地利用自然规律开辟各种可能的途径。

自然规律是指不经人为干预,客观事物自身运动、变化和发展的内在必然联系,也称为自然法则。自然规律是物质运动固有的、本质的、稳定的联系,表现为只要对应客观条件具备这一规律即起作用且具有不变性,反之这一规律即会失效,各类规律互不干扰,其不以人的意志为转移,社会规律亦如此。现代自然科学所揭示的规律可以分为两类:

(1)机械决定论规律。按照这种规律,物质系统在每一时刻的状态都是由系统的初始状态和边界条件单值地决定的。由微分方程式表达的动力学规律是这种规律的典型表现,解的单值性取决于系统的初始条件和边界条件。

(2)统计学规律。统计学规律是由大量要素组成的系统的整体性特征,而系统中的任一单个要素仍然服从机械决定论的规律。统计物理学方程是这种规律性的典型表现,它的解取决于初始时刻系统各要素的相应动力学量的统计平均值。

### 5)科学问题

问题是指提出疑问要求回答的思维形式。科学问题是指研究中主体与客体、已知与未知的矛盾。科学问题包括“是什么(what)”、“怎么样(how)”和“为什么(why)”三种主要形式。科学问题规定着科学研究的内容、方向、途径、方法和手段,决定着科学研究的结果和价值。科学研究起始于提出科学问题,以解决科学问题为阶段任务。科学问题主要来自以下五个方面:

- (1)从实践与实践之间的矛盾产生科学问题。
- (2)从实践与理论之间的矛盾产生科学问题。
- (3)从理论与理论之间的矛盾产生科学问题。
- (4)从理论自身的逻辑矛盾产生科学问题。
- (5)从社会实践需要与现有技术手段不能满足这种需要的矛盾中产生