

· 专题:科学基金申请书撰写与表达 ·

# 如何写好科学基金的立项依据和研究方案

车成卫\*

(国家自然科学基金委员会工程与材料科学部, 北京 100085)

[摘要] 立项依据和研究方案是科学基金申请书中需要给以特别关注并且要下足功夫进行撰写的重要部分,因为立项依据是选题、立题论证之根本,研究方案是研究目标和研究内容能够得以实现的基本保证。本文尝试通过一些实例来探讨更符合科学基金价值的撰写方式和方法,从而使整个申请书所涉及的科学问题和研究思路能够写得好、立得住。文中观点只是个人的一些看法,仅供参考,希望对大家有所帮助。

[关键词] 科学基金;立项依据;研究方案

DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.2017.06.006

撰写出高质量的基金申请书,是基金申请的第一步,所以每个申请者都会在项目申请书的撰写上下很大功夫。关于如何写出一份好的基金申请书,其实有很多文章见诸于书籍、报纸、期刊和网络<sup>[1-5]</sup>。这些文章从不同的角度畅谈基金撰写体会,各有其参考价值。从这些文章中,处于不同学术生涯阶段的学者可以采撷和吸收到各自所需要的养分。本文着重探讨如何写好基金申请书中的立项依据和研究方案,余者不论。

立项依据撰写中最常见的叙述套路是两种“三段体”格式,即“意义—现状—拟研究……”和“热点—意义—拟研究……”<sup>[2]</sup>。其实,“三段体”式的论述是远远不够的,因为这种方式不能让评审专家清楚地了解申请者拟开展研究的价值究竟几何。在文献阅读没有遗漏的前提下,这种表述最多只是让评审专家知道某个领域或方向上的研究热点和重要进展,而专家特别想要了解和把握的申请者自己的想法和思路却论述不够充分。因此,申请者在问题的提出、思路的凝练,以及论证过程逻辑上的连贯和推进的严密性方面需要下更大的功夫。

很多申请书的研究方案部分写得平淡而缺乏特色。写法中常见的套路是先堆砌实验手段和方法,接着罗列很多“高、精、尖”仪器,然后画上带有一定程序性、指向性的框图谓之技术路线,最后再添上一段试验方案叙述和无关痛痒的可行性分析。其实,

研究方案部分是大有文章可做的,好的研究方案不但能够为申请书增添光彩,同时也是创新性工作的重要保障。

## 1 立项依据撰写的基本思路

科学基金的灵魂是创新,这就要求申请者在立项依据中能够对自己拟开展研究工作的创新性给出科学的、符合逻辑的和严密的论证。高质量的立项依据一定要有确切的科学问题和凝练得令人信服的研究思路,并要围绕上述科学问题展开论述申请人是如何认识和理解这个问题的,以及解决该问题的新想法。通过摆事实、讲道理,获得评议人对自己研究工作科学价值的认同。换言之,立项依据必须回答如下问题:拟开展的研究是否会对所在领域做出新的贡献?拟开展的研究有何预期意义和影响?是否会增进所在领域的知识?拟开展的研究是否有明确的研究目的和长远的目标?

再进一步说,立项依据撰写中,需要对下面五个问题给出令人满意的回答和交代。首先研究者需明确拟开展的研究究竟是个什么样的问题(what),为什么要研究它(why),从何处入手(where),有什么对策、如何破解(how),谁来做最合适(who)。问题和思路如何进行思考?思辩如何全面而透彻?论述如何符合逻辑?在这个过程中申请者要能够做到视野再阔一分,洞察再深一层,远见再进一步。如果对

收稿日期:2017-08-14;修回日期:2017-09-30

\* 通信作者,Email: checwei@nsfc.gov.cn

上述五个问题能够给出清晰、透彻的论述，那么立项依据的功课就基本做到位了。

爱因斯坦曾经说过：“Logic will get you from A to B. Imagination will take you everywhere.” 提出问题需要想象力，但论证需要严密的逻辑过程。要在真正理解和吃透的基础上，以事实为依据，以想象力为翅膀，将科学问题论述透彻，把为什么这样解决的道理讲清楚，把来龙去脉说明白，把自己的思路和想法叙述到位，把研究的问题所涉及因素的本质和因素之间的关系梳理清楚。唯此，才有可能获得评议人的支持。

下面就举一些实际例子来说明如何更好地撰写立项依据。

首先，提出科学问题和研究思路。科学问题可以从实验现象中来。在卢瑟福发现  $\alpha$  粒子的大角散射实验中，用某种放射性物质发射出来的高能  $\alpha$  粒子轰击一层薄箔时， $\alpha$  粒子有时被完全弹回。卢瑟福经过仔细思考后，意识到这种反方向的散射肯定是出自某种单一的碰撞。经过计算他发现除非重建一个原子模型，在新模型中原子的绝大部分质量都应集中在一个很小的核上，否则就不可能得到这种数量级的散射。正是从那时起，他认为原子有个很小但很重的带电质心。这些看法后被盖革和马斯顿的一系列实验所验证，从而建立了新的原子模型<sup>[6]</sup>。

霍尔医生对于神经系统波蠕动的发现很偶然。当时他致力于梭尾螺的肺部循环问题研究。一次，他正要把砍去头的梭尾螺的尾巴剥离出来，可是不小心却把外壳扎破了。他发现梭尾螺仍在蠕动，并变换出各种形状。之前，可能也有人看到过这一现象，但只有霍尔抓住了机会。他想知道这种现象背后的成因是什么，并成为第一个开展这项研究的人，把现象变成了问题，把偶然变成了必然<sup>[7]</sup>。

再比如大气层高度的问题。如果去爬山或去一个高海拔的地方，随着高处的空气变得稀薄，人的呼吸也会变得困难起来。在不能呼吸之前，人可以达到多高？换言之，可供人们呼吸的大气层究竟有多高？11 世纪的一个科学家 Ibn Mu'adh 巧妙地解决了这个问题。经分析推理，他认为暮光的出现是即将消失的太阳光线被大气层高处的水蒸气反射的结果。通过观察黄昏太阳落山的速度，他指出暮光中的太阳应该在水平线以下 19 度的位置。由此他计算得出大气层的高度是 52 英里，很接近我们现在知道的准确值 62 英里<sup>[8]</sup>。

当然，问题也可以从其他人的研究工作中来。

在材料科学领域中，金属非晶形成的判据问题、脆性问题都是领域中大家公认的科学问题。很多学者致力于这方面的研究，并提出自己的见解，比如判据的弹性模量唯象模型<sup>[9]</sup>、双弛豫模型<sup>[10]</sup>等。从而，推动了对这些问题本质的进一步理解和认识。

其次，论证所提出的科学问题和研究思路。问题的提出和切入可以是千差万别的，例子也不胜枚举，但核心要义是在自己的研究生涯中不但要学会勤于观察和思考，还要能做到善于观察和思考，更要深度挖掘藏在表象背后的本质，发现和理解事物之间的关联和区别，这样才能从必然王国走向自由王国。

对于研究思路的论证，需要一个相对完整的思辨和缜密的逻辑演进过程，这其中涉及到诸如看事物的切入点和角度问题分析、认识、理解和把握。以前述的原子模型问题来说，给定角度的散射粒子数与箔的厚度、核电量、粒子速度之间的关系都应该是要考虑的基本要素。非晶形成判据可以是热力学意义上的熵关联问题，也可以从弹性模量的角度去寻找内在联系。再比如纳米材料中的 Hall-Petch 关系究竟是否存在临界晶粒尺寸拐点。这些都是非常好的切入点，需要相当篇幅的论述才能让评议人了解和认同这样的切入，才能让评议人明白申请者的思路究竟好在哪里？如何进行研究才能把这些问题微观机理揭示出来？已有的研究表明，广义上的界面特征和行为是其中的关键<sup>[11,12]</sup>。

一个符合逻辑发展的思路，一定是从 A 点到 B 点缜密而又线性的推进过程。这里引用一段关于万有引力定律的论述，相信读者能够体会到逻辑的这种线性力量。众所周知，地球上所有物体都要受到一个指向地心的引力作用，那么这种引力能够影响到多大范围呢？它能影响到月亮那么远的地方吗？根据伽利略的论证，要改变匀速直线运动和静止物体的自然状态就需要施加外力作用，牛顿假定月亮不受任何力的作用，那么它将脱离轨道而沿轨道的瞬时切线方向离去。如果月亮的运动是受地球引力影响的，那么这种引力的作用就会把月亮从瞬时切线方向拉到轨道上运动。由于月亮绕地球转动的周期和距离都是已知的，所以很容易算出月亮由切线落下的速度。将其和自由落体的速度相比较之后，牛顿发现两者之比为 1:3600，又因为月亮到地心的距离是地球表面上物体到地心距离的 60 倍，这就意味着存在一个与距离平方成反比的力<sup>[6]</sup>。

在申请者对一个问题和相应的研究思路进行了

透彻、充分和令人信服的论述之后,如果自己还有一些相关的前期工作基础作为铺垫,评议人自然就认为申请者是开展这项工作的最佳人选。

## 2 研究方案撰写的基本思路

关于研究方案的撰写,申请者需要对其中一些重要事项有总体把握和认识。例如,拟采用的研究方法是否正确和新颖?研究方案的必要性和可行性如何?所提到的研究方法能否保证目标的实现?其中不但要保证相关的宏观思路是确切的,对于实验过程中所涉及的细节也需要申请者深思熟虑。

那么,如何撰写研究方案才能使人印象深刻呢?首先,要针对研究目标和研究内容,提出有针对性的方案设想。对于特定的拟揭示的科学问题、要达到的科学目标、拟开展的研究内容,采用什么样的具体思路去实现预期目标。研究方案是保障创新性思路得以实现的具体实施路径,申请人需要对方案的总体设想和具体细节两方面都要有所把握。总体把握要能够洞察到研究的命门所在,并给出方案对策,新颖和独特的思路应该是首先要考虑的;具体技术细节的把握则重在高招、窍门和另辟蹊径;此外,还要对思路和细节上的可行性给予论述。总之,研究方案一定要体现独一无二的特性,不能让评议人读起来感觉张三的研究能用,李四的研究也能用,从而失去了研究方案的应有独特价值。

下面也试举几例来说明研究方案应该如何撰写更能体现其价值。

大约在公元前 250 年,阿基米德遇到了一个难题,就是要帮助国王测量出王冠的体积。可是王冠的形状不规则,无法进行测量。一天,阿基米德在洗澡时发现,当他进到澡盆时,浴盆里的水面就上升了一些,他的身体挤占了水占有的一部分空间。他由此想到了测量王冠体积的方法。阿基米德先把王冠放进盛水的容器中,然后再测量所排除的水之体积,从而解决了这个难题<sup>[13]</sup>。1665 年,牛顿关于太阳光谱的实验方法也是很巧妙的。他只是使用了一种叫做棱镜的三角形玻璃,就把太阳光这种复色光的本质揭示了出来。

1860 年和 1861 年德国化学家本生和基尔霍夫利用光谱分析方法发现了铯和铷这两种新元素<sup>[14]</sup>,光谱上铯的谱线是独特的蓝色,铷则是深红色,而在光谱分析方法出现以前,化学分析方法是无法做到这一点的。由此可见,正确的实验方法至关重要,是

研究方案中的首要问题。

在材料科学研究过程中,既有材料制备的种种实验方法,也有做结构和性能表征的各种方法。如果研究者想知道孪晶界面对纳米金属材料性能的影响,就得首先找到合适的材料制备方法把各种尺寸、不同数量的孪晶制备出来,然后才能进行孪晶界面的结构特征、行为及其对性能的影响研究。

同样,如果研究者打算理解某种特定微观结构的演变规律及其对材料性能的影响机制,必然要使用电子显微镜、电子探针、X 射线衍射、拉伸性能试验、纳米力学探针等方法来观察和分析所获得的图像信息、数据,以求理解事物的本质。这不是简单看几张数据图片、分析几条谱线、解释一下加载卸载曲线就可以达成的事情。需要从科学层面深度挖掘材料的晶体学信息、材料制备过程各种可能的物理、化学过程、冷热加工可能带来的热力学和动力学变化,进行综合分析和深入考虑后,才有可能把握研究方案的正确方向和思路,并制订出可行的具体实施细节。

例如,透射电子显微镜可以做很多深入细致的分析工作,对很多学科来说都是非常有效的研究手段。对材料科学而言,诸如相变过程、位错行为、再结晶、析出、界面结构等,都可以用透射电镜进行深入的分析和研究,但一定要对具体问题的相关过程给以充分的描述,既有思路上的考虑,也包括具体技术细节,否则评议人不知道申请人能否实施相关研究,所谓细节决定成败。

Gordon 对高纯铜进行了变形和退火,并测量了热功率和时间的关系,由此可以对其再结晶过程进行分析,因为热功率严格对应再结晶发生的比例。量热分析还可以用来开展非晶或纳米晶退火的研究,因为通过对等温曲线的分析可以区分晶体相的形核与生长和预先存在的纳米晶结构的生长<sup>[15]</sup>。这样的实验过程都需要深入细致的考虑才能制订出有价值的、可行的方案。

精心准备的研究方案一方面在篇幅上要有所保证,另一方面还要言之有物,使之能够充分体现申请者对方案的深思熟虑和关键点的把握。在撰写的形式上,不必拘泥于特定的套路,只要能够反映前述各要素的价值和可行性就可以了。

## 3 结 语

在申请书撰写的过程中,项目申请人可以通过不同的方式进行表述,但立项依据和研究方案中涉

及到的要素、核心内涵及其价值必须给予足够坚实和充分的论述。在提出新思路、新想法之后,论述过程演进的逻辑线必须是连续的,不能有破点,论据必须是坚固的,不能有断点;方案的制订能够体现针对性、整体性、完整性,思路上的独到性和可行性,还要特别注意技术上的细节是否能够支撑得起整个方案,不要因小失大而留下遗憾。

这里很愿意和读者分享几句来自欧盟资助机构的撰写窍门,在此不做翻译,以便读者充分体会其中的蕴意。

Don't write too little, cover what is requested. Don't write too much. Don't leave reviewers to figure out why it's good. Tell them why it's good. Leave nothing to the imagination.

最后,大家不妨以爱因斯坦之语作为国家自然科学基金撰写质量的一个度量:“If you can't explain it simply, you don't understand it well enough.”。

### 参 考 文 献

- [1] 靳达申,车成卫. 如何提高国家自然科学基金申请质量. 上海:上海科学技术文献出版社,2003:2—40.
- [2] 车成卫. 写好项目申请书,避免非学术失败. 科学时报,2008,2:17.
- [3] 车成卫. 国家自然科学基金申请书撰写. 科技导报,2009,27(1—4):112.
- [4] 车成卫. 把握细节 始于锤炼 成于超越——再谈如何写好自然科学基金项目申请书. 中国科学报,2012,1:13.
- [5] 任胜利. 基金申请. 科学网 <http://bbs. sciencenet. cn/thread-534809-1-1. html>.
- [6] 钱德拉塞卡 S,杨建邨,王晓明 等译. 真理和美. 长沙:湖南科学技术出版社,1995.
- [7] 塞缪尔·斯迈尔斯,马大路 译. 自己拯救自己. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2003:172.
- [8] Bynum W. A Little History of Science. Yale University Press, 2013: 36—37.
- [9] Wang WH. Metallic glasses: Family Traits. Nature Materials, 2012, 11(4): 275—276.
- [10] Luo P, Wen P, Bai HY, Ruta B, Wang WH. Relaxation decoupling in metallic glasses at low temperatures. Physical Review Letters, 2017, 118(22): 225901.
- [11] Liu XC, Zhang HW, Lu K. Strain-Induced ultrahard and ultrastable nanolaminated structure in nickel. Science, 2013, 342(6156): 337—340.
- [12] Hu J, Shi YN, Sauvage X, Sha G, Lu K. Grain boundary stability governs hardening and softening in extremely fine nanograined metals. Science, 2017, 355 ( 6331 ): 1292—1296.
- [13] Tomecek SM, Johnson RL, Phelan G 著,李英,熊宇,黄江岩译. 物理科学. 北京:外语教学与研究出版社,2004,9:98.
- [14] <http://www. zycang. com/question/f33f4937516bdfdec5889a1b1fcd46d1. html>.
- [15] Cahn RW. The Coming of Materials Science. Pergamon, 2001: 242—243.

## How to write a good case for support and research program of NSFC proposals

Che Chengwei

(Department of Engineering and Materials Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

**Key words** NSFC proposal; research background; research plans