

怎样撰写科技论文

闵勇 乔颖

(清华大学电机系, 北京 100084)

科学技术论文简称科技论文,是在科学研究、科学实验的基础上,为了对自然科学和专业技术领域里的某些现象或问题进行专题研究、分析和阐述,揭示这些现象或问题的本质及其规律性而撰写的文章。科技论文的具体形式有报刊科技论文、会议论文、毕业论文、学位论文等。

科技论文撰写是所有科技工作者的必修课程。优秀的科技论文不仅能够帮助推广科技成果,增进信息交流,促进全社会科技进步,而且也是体现科研单位和个人研究工作水平的重要证据,是考核科技人员业绩的主要标准之一。过硬的科技论文写作能力是科技工作者必须具备的基本功。

1 科技论文的特点

科技论文有两个最主要的特点:学术性(即科学性)与创造性。通俗地来讲,就是科技论文应具有“深度”和“新意”。

科技论文与其它文体的根本区别在于其学术性(科学性)。科技论文要求运用科学的原理和方法,对自然科学领域或者工程领域中的新问题进行科学分析和严密论证。科技论文不是对客观事物的外观形态和过程的简单描述,也不是就事论事的介绍和叙述(即应有别于产品说明书、操作指南或工程总结报告),而是要有深度,要对现象经过整理、提炼、加工,从理论上进行升华和提高。

科技论文的核心价值体现在其创造性上,也就是说,科技论文不能是简单地介绍已有的观点和知识,而是必须有作者自己发现、发明或者总结得到的新的东西。一般来说,新创造、新见解、新发现、新发明等都可以成为科技论文的支撑点。

对创造性成果的描述和传播是撰写科技论文的目的,而学术性的要求则是为了使这种描述更加全面、准确、客观、可信。

2 科技论文写作的基本要求

科技论文作为实用文体的一种,应符合若干既定的、规范化的要求。简单来讲,一篇好的科技论文应做到选题恰当、结构完整、写作规范、真实可靠、文字简练且具有启发性。

2.1 科技论文选题

选题是科技论文工作的起点,选题是否合适不仅决定了论文工作是否能够顺利开展,而且在某种程度上决定了整篇论文的价值。科技论文选题时一般需要注意以下几点:

①有价值,即论文工作成果应该具有一定的理论价值或者实用价值。

②有新意,包括新发现、新发明、新创造或者新应用等,在生产一线的科技工作者尤其需要注意,在选题时应广泛征求意见、查询资料,确保研究工作的新意。

③要符合研究者自身的特点，包括自己的专业特长和研究兴趣等，尽量避免在不熟悉或者不擅长的领域开展研究工作。

④要有可行性。在全面开展论文工作前，应做好调研工作，确保论文在原理上可行，以免误入歧途或事倍功半；要注意了解并协调本单位和相关单位的科研资源，保证研究工作所需的仪器条件、实验环境和分析工具能够满足要求；同时还要量力而行，合理调整自己的工作安排，保证可以在科研工作中投入足够的时间与精力。

2.2 科技论文结构与写作要求

科技论文不同于文学作品，**不主张别出心裁，切忌思维跳跃**。一般来说，科技论文写作具有一定的格式规范，这些规范是在近现代科学发展过程中，随着科学研究专门化、社会化的不断深入而逐渐固定下来的，被公认为是最有利于发挥科技论文“学术交流”作用的形式。

完整的科技论文应包含**标题（中英文）、作者信息、摘要（中英文）、关键词、引言、正文、参考文献和致谢**等部分。

2.2.1 标题

论文标题要以最恰当、最简明的词语组合反映论文中最重要的内容。论文标题给出了论文涉及的范围与水平的第一个重要信息，要准确得体、简短精练，外延和内涵要恰如其分。

例如论文《级联相关的神经网络模型在边际电价预测中的应用》，从其标题中读者便可以了解该文属于什么类型（偏应用）、研究的是什么问题（边际电价的预测）、采用的是什么方法（级联相关的神经网络模型），从而可以马上判断是否需要花费更多的精力和时间去进一步阅读。如果把标题换为《基于神经网络模型的边际电价预测》，显然所提供的信息就要少得多了，如果再简化成《边际电价预测研究》，所涉及的研究范围就更大了，读者很难据此判断这篇论文是否值得一读。

但是另一方面，也不要为了尽可能准确地描述论文研究内容而采用过长的标题，因为几乎所有的科技类刊物对标题的字数都有严格的限制（比如不超过 22 个字，参照各刊物的具体规定）。同时还要注意科技论文的标题中不要使用文学语言，少用副标题，少用符号和特殊术语。

2.2.2 论文署名

科技论文的署名客观记录了作者的劳动，应按对论文的贡献程度给出合理的作者排名（有些学科中也有按姓氏笔画或者字母顺序署名的惯例，如数学类的一些国际刊物）。不提倡按作者身份高低排名次的做法。尤其需要指出的是，论文署名体现的是文责自负的精神，署名作者在分享论文成果及其带来的荣誉的同时，也需要承担某些情况下论文所带来的不良影响，比如一旦论文涉及某种学术不端行为，署名作者也需承担相应的责任。

科技论文的署名一般均采用个人名义，特殊情况下也可用集体名称。另外，在科技论文写作中，惯例是只署真实姓名，不可使用笔名、网名或别名。对于只参加了某一部分工作、某一实验以及对研究工作予以资助的人员或者单位，视情况可不署名，而放在致谢部分。为便于和读者交流，还应写明作者联系方式。

2.2.3 摘要和关键词

科技论文摘要是对论文内容的简短陈述，常常需要中英文两个版本。摘要的目的在于帮助读者在不阅读论文全文的情况下即能获得必要的信息。一般来说，摘要应包括：**①研究的**

目的和重要性；②研究的主要内容，包括采用了什么方法、做了什么工作；③获得的研究成果，特别要强调论文的新意；④结论，一般是陈述研究结果的意义。

从上面对摘要内容的要求可以看到，摘要不等于论文提纲，一般建议在全文完稿后才撰写摘要。在文体上，摘要通常是一篇采用第三人称写法的独立的短文，字数一般在 300 字左右，所以措辞必须简练。摘要中不要举例，不讲具体研究过程，也不要作自我评价。同时中英文摘要的内容应基本保持一致。

关键词一般紧跟在摘要后面，是标示文献关键主题内容的、未经规范处理的词汇，通常是从论文中选取出来用以表示全文主要研究内容的单词或术语。各刊物对关键词数都有要求，但不尽相同，一般在 5 个左右。

设定关键词的目的是便于读者通过各种检索工具查找特定研究方向的文章。关键词选取是否恰当在某种程度上会影响论文的传播范围，比如前面举的关于标题的例子中，如果将“边际电价”作为关键词，那么所有以这个词进行检索的读者就都会发现这篇文章。因此，关键词应该尽可能使用公认的词汇，避免自己造词。

2.2.4 引言

引言又称前言，属于整篇论文的引论部分。内容一般包括：①课题的背景、性质、范围、研究目的及其重要性；②前人的研究成果、存在的问题及评价；③本研究中采用的方法、预期的结果及其在相关领域里的地位、作用和意义。引言撰写应简洁扼要，客观公正，自我评价要实事求是。引言篇幅一般不宜超过全文的 20%。

引言中最重要的部分是对前人工作的总结和评价。论文研究成果是否有新意通常是相对于相同研究方向已有的研究成果而言的，因此这一部分内容通常都建立在对有关参考文献广泛阅读并正确理解的基础上，不仅需要肯定已经取得的成果，而且需要指出其中的不足，从而引出作者所进行的研究工作的必要性。

2.2.5 正文

正文是一篇论文的主体，占据论文的主要篇幅，论文所体现的创造性成果或新的研究结论都将在这一部分得到充分的反映。正文写作要求内容充实、论据充分可靠、论证严密、主题明确。在撰写中一般习惯将正文分成若干节，具体的划分方法视文章的性质与内容略有差异，但一般都包含介绍论文研究目的、研究基础、研究过程与结果分析等环节。

- 研究目的部分有时也合并引言部分。实验性强的论文，写为什么要进行这个实验，通过实验要达到的目的是什么；理论性强的论文，则要写清楚准备解决的问题以及解决问题的基本思路。特别当课题涉及面较广，而论文只涉及其中某一方面时，特别要交代本文着重探索的是哪一方面的问题，并说明理由。
- 科技论文一定要交代清楚研究基础，以便他人据此重复验证。这是撰写论文经验不足的作者较容易忽视的部分。实验性论文要说明选用的材料、设备和实验（观测）的方法等（电力系统数值仿真也需交代清楚仿真条件、仿真的系统规模、参数和基本运行方式等）；理论性论文要说明基本假设、已有的结论、所采用的模型和算法等。
- 研究过程是科技论文的重头戏，也常是创新点所在。实验性论文要说明实验的设计与操作程序或步骤等；理论性论文则需突出结论推导过程。典型的、简单的过程可以不写，或以参考文献的形式交代，有自己特点的则要重点突出。
- 结果分析部分是整篇论文的核心，应该充分表达，并且采用表格、图解、照片等手段帮助读者理解。结果分析要突出自己的新发现或新发明，要从原理、概念等方面分析本文研究结果的正确性。如果是方法研究类的论文，还要给出对本研究结果与

他人结果的异同的说明。在优秀的科技论文中，结果分析不仅是验证和再现前文已经介绍的研究过程，更包括对仿真或者实验结果进行的精辟分析，以及对理论推导结果的总结升华，同时还可以通过本研究提出需进一步探索的问题，给读者展现新的研究空间。

2.2.6 结论

结论是整个课题研究的总结，是全篇论文的归宿，起着画龙点睛的作用。结论中不仅需要研究的全过程、实验的结果、数据等进一步认真地加以综合分析，而且要对论证的素材、选用的实例等进行总结。在一些初学者的论文里，结论部分经常会成为正文各小段的重复，这是应当避免的。结论不仅要与正文相呼应，更是对整篇文章的学术思考，应包含更丰富的信息，如**对研究对象进行考察和实验得到的结果所揭示的原理及其普遍性的讨论、研究中有无发现例外或对本文中难以解释和解决的问题的交代、论文在理论上和实用上的意义与价值总结、新研究展望等等。**

2.2.7 参考文献

参考文献也是科技论文的基本组成部分之一。凡是引用他人的观点、数据、材料、成果等都应按特定规则排列标注在文中相应处（常见的有按出现先后顺序排列的“顺序编码制”和按作者出版年排序的“著作-出版年制”两种，一般刊物编辑部都有详细的要求）。参考文献要按规范给出篇名、作者、文献出处等完整信息。所有列入的参考文献，作者都应详细阅读过，而且是真正使用的文献，不能列入未曾阅读的文献。尽可能不附正文未明确引用过的参考文献。推荐精选近期公开出版的期刊文献。一些非公开出版的内部参考文献尽可能不要列入参考文献。为便于读者更系统和全面地了解相关研究成果，获取更多的研究灵感，可适当增加阅读型文献的引用。

2.3 其它需要注意的地方

图表通常是科技论文的亮点，但是处理不好也易变成画蛇添足。为配合文字说明而设计的图表，**图表中出现的标识应与文字一一对应**；为展示实验结果而设计的图表，图表展现的内容也是论据的一部分，是为支持论点而存在的，所以应直观准确、突出重点。避免不必要的图表。**有坐标轴的图务必标明坐标轴的含义、单位。**

恰当使用符号。合理使用符号语言可以使论文的表达更准确，逻辑更严密，从而使论文的理论层次得到提升；但是不加说明地滥用符号则会大大降低文章的可读性，因此科技论文写作中应注意：①对任何符号都应先定义后使用（公认的符号，如圆周率 π ，可以不定义直接使用），或者在使用后马上进行说明。如有必要，在定义或说明中还需注明所使用的量纲；②不定义在推理中从不使用的符号；③在同一论文中上下文符号意义应保持一致；④相似的符号应予以特别区分等。

术语及缩略语是科技论文的又一要素。科技论文中术语的使用应遵循两个原则：①一致性，即全文对同一概念尽量使用同一术语；②规范性，尽可能使用规范的、公认的术语，避免自己造词；如果是作者提出的新概念，应先定义后使用。缩略语的使用要注意：应先在正文中给出全称后再使用。

3 科技论文的写作过程

实验或理论性研究有阶段性成果之后，就可以开始考虑动手撰写科技论文。推荐的科技论文写作过程是：拟写提纲、撰写文章、修改文章、适当搁置、精调文章、最终定稿。

在撰写文章之前，最好先拟写提纲。拟提纲有助于我们组织好论文的结构，还可以帮助自己先弄清楚一系列问题，如**为什么要从事这项研究，目的是什么；前人在这个领域做过哪些工作，还存在哪些问题；研究工作基础（已有的结论或者假设）是什么；我的过程是怎样的，得到了何种结果，研究有何意义等**，这些都是科技论文中的基本问题，清晰、简练的回答将成为文章的亮点。**在一个好的论文提纲的基础上可以直接得到文章的各级标题。**

撰写文章因个人的写作习惯而异，但确保一段连续的时间以集中精力完成写作可能更有利于作者控制文章的结构、逻辑的严密性和文字的流畅性。另外，**写文章和做研究也是个反复迭代的过程**，常有在撰写文章的过程中发现需要补充实验结果，或在研究中发现了与初衷不完全一致而需要调整写作思路的情况，这时需要实事求是，切忌为写论文而写论文。

“文章不厌百回改”，科技论文尤其是如此。修改是提升科技论文质量非常重要的一环，作者可依据从整体到局部，从框架到细节的方法修改自己的论文。首先纵观整个论文，检查结构完整性、是否按照推理顺序组织论文，是否逻辑严密，然后再推敲局部段落是否论述清楚、用词妥帖，最后再调整格式，检查有无错别字、符号遗漏等现象。

适当搁置论文指在投稿之前，先把论文冷处理一段时间，生疏一下。人皆有敝帚自珍的习性，对“新鲜出炉”的工作成果尤其是这样，因而在论文刚完成写作时常常不容易发现论文中某些隐藏的问题。对论文的适当生疏，可使我们用类似读者的眼光来评价自己的论文，在投稿之前及时发现不足并修改。

精调文章是论文投稿之前的最后一道工序，特别应该注意检查图表的标注、符号说明、术语缩写等这些容易忽略、又容易出错的地方。

投稿特别是向期刊投稿，需要注意期刊的特点，了解它对接收稿件的研究领域的要求以及近期的关注热点等，做到有针对性的投稿。

4 遵守学术规范

科技论文写作需遵守学术规范，这是对科研工作者的基本要求。虽然并没有一份权威性的文件规定什么是学术规范，但是在绝大部分科研工作者看来，以下行为都属于典型的不符合学术规范的行为，或者说属于学术不端行为，是我们在科研工作和论文撰写中要特别注意的。

4.1 抄袭或剽窃

目前关于什么样的行为属于抄袭或者剽窃在法律上还没有明确的界定。抄袭通常是指在使用其他人的语句、图表或者数据时没有加以适当的说明或引用，比如将他人论文的全部或部分内容原封不动或稍作改动后作为自己的论文发表的行为。剽窃则指通过删节、补充等隐蔽手段将他人论文乔装打扮，或窃取他人未发表的成果作为自己的论文发表。但是目前也有很多学者把抄袭和剽窃当成同义词使用。

比较常见的一种抄袭或剽窃行为是在文中故意（或非故意）遗漏了重要的参考文献，以此来显示文章的“新意”。对刚开始学习写作科技论文的作者来说，在这个方面尤其需要注意的是如何避免这种“非故意”的情况。首先，做工作之前一定要详细检索别人已有的工作，

不仅是了解目前本方向的研究进展，而且也是为了避免重复别人的工作，背上抄袭的嫌疑；其次，论文中涉及他人研究成果的地方原则上都要以参考文献的形式进行标注，不标注往往会让人误以为是你自己的东西，也会有可能被指控为抄袭。关于后一条，有一个例外，即对于已经成为学术界的常识、即使不做说明也不会产生误会的观点，可以不注明出处，比如说文章中列出一个电力系统常规的潮流方程，经常没有必要表明出处，但是如果给出的是一种来源于某篇文章或著作的比较特殊的形式，那就应该标注。

4.2 伪造或篡改实验数据或计算结果

研究结果应该是建立在真实的实验或者计算分析的基础上的，不能有虚假成分。如果科研人员根本没有做过相应的实验或者仿真，或者虽然做过实验或者仿真，但是在文章中对发表出来的数据进行了篡改或按某种目的进行了挑选，则是严重的学术不端行为。

4.3 其他学术不端行为

除了上面两类比较典型的学术不端行为之外，还有一些比较边缘化的行为，严格地说也属于学术不端行为的范畴。比较典型的是论文署名方面，前文已经谈到，论文署名要真实反映作者的贡献，只有对论文工作做出了实质性贡献的人员才有资格出现在论文的署名中，并且署名的顺序应该反映作者贡献的大小，不论是在论文署名中加入与论文工作无关的人名，还是故意遗漏对论文成果做出实质贡献的人名，在某种程度上都属于学术不端行为。

另外一种比较常见的行为则是一稿多投。就是将同一篇稿件（或者基本相同的稿件）投给不同的刊物，这是应该避免的。

5 结束语

本文的目的是帮助那些科研道路上的新朋友和论文写作中遇到障碍的朋友，希望他们能够尽快熟悉科技论文写作的一般方法和注意事项。由于不同学科、不同方向的科研工作各有其自身的特点，本文限于篇幅，也限于作者的水平，很多方面没有深入展开，也不可能面面俱到，只能起到帮助各位入门的作用。要想把科技论文真正写好，首先是要重视，要像重视科研工作本身一样重视论文的写作，还有就是要多阅读文献，学习别人写作论文的思路和技巧。

文中最后讨论的学术规范问题，需要引起我们全行业科研人员的重视。一方面，每个作者都应该用基本的学术规范和学术道德来要求自己，尽量避免学术不端行为的发生；另一方面，对于在行业内发现的学术不端行为，不要姑息，要敢于揭发，要严肃处理。恪守学术道德，遵守学术规范，杜绝不端行为，是我们每一个科研人员的责任和义务。

作者简介：

闵勇（1963-），男，清华大学教授、博士生导师。1984年清华大学电机系本科毕业，1990年在清华大学电机系获博士学位。曾任清华大学电机系柔性输电系统研究所所长、电力系统研究所所长，现为清华大学电机系主任、清华大学电气工程学科学位分委员会主席。主要从事电力系统动态过程分析和微电网技术方面的研究工作。在国内外期刊和会议上共发表论文120多篇，曾获国家科技进步二等奖一项，省部级科技进步二等奖两项。

乔颖（1981-），女，清华大学电机系，博士。2002年上海交通大学本科毕业，2008年于清华大学电机系获博士学位。主要从事新能源发电、电力系统分析与控制研究。

闵勇, 陈磊, 侯凯元. 一种求解电力系统稳定边界上不稳定平衡点的方法[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(16): 7-12.

摘要: 提出一种基于伴随系统和变号系统的求解电力系统经典模型稳定边界上不稳定平衡点的方法。对于一个非线性自治动力系统, 存在一个伴随系统, 该伴随系统是一个梯度系统, 原始系统的所有平衡点都是伴随系统的渐近稳定平衡点, 并且每一平衡点存在解析形式的Lyapunov函数。变号系统能将电力系统经典模型降维系统的稳定平衡点变为I型不稳定平衡点, 利用该平衡点的1维不稳定流形, 生成一族轨迹, 沿轨迹寻找伴随系统Lyapunov函数达到极小值的点, 这些点一般位于某平衡点伴随系统的稳定域内。以该点为初值对伴随系统进行积分即可收敛到该平衡点。该方法能快速有效的寻找到稳定边界上的不稳定平衡点。在IEEE-10机39节点系统和IEEE-17机162节点系统上仿真, 验证了该方法的有效性。

关键词: 电力工程; 电力系统; 非线性自治动力系统; 平衡点; 稳定边界; 伴随系统; 变号系统

引言

电力系统暂态稳定分析的基本任务就是确定故障后的初始状态是否位于故障后系统稳定平衡点的稳定域内。根据非线性动力系统稳定域和稳定边界拓扑理论, 稳定边界由该稳定边界上所有不稳定平衡点的稳定流形的并集构成^[1-3]。因此, 在稳定域的分析中, 稳定边界上不稳定平衡点的求解是关键问题。电力系统暂态稳定分析直接法中的最近不稳定平衡点法^[4]、主导不稳定平衡点法^[5]、BCU法^[6-7], 都需要求解稳定边界上的不稳定平衡点。

求解非线性动力系统的平衡点实质上就是非线性方程组的求解问题。长期以来, 迭代法一直是解决这一问题的主要计算方法, 其中牛顿-拉夫逊法由于其良好的收敛性和较快的计算速度占据了统治地位。但是牛顿-拉夫逊法对迭代初值有较高的要求, 当初值选择不适当时, 可能不收敛, 或收敛到其它不满足实际需要的解。因而在应用牛顿-拉夫逊法时, 必须提供较准确的迭代初值, 然而对于电力系统这样的非线性大系统, 如何为待求解的平衡点提供一个合适的迭代初值是非常困难的。这使牛顿-拉夫逊法的应用受到了限制, 特别是需要同时求解多个平衡点时, 对迭代初值的选择更加困难。在电力系统稳定域分析中, 有一种从电力系统物理背景出发的角点法, 是一种为电力系统经典模型提供迭代初值的常用办法, 然而其缺乏严格的理论基础, 且实际仿真结果表明在很多情况下该方法只能确定稳定边界上的一部分不稳定平衡点。

同时, 近年发展起来的同伦算法^[8-9]是一种克服迭代法局部收敛缺点的求解方法, 理论上它通过同伦曲线可以找到非线性方程组的全部解。但是, 随着系统维数的增加, 需要计算数以万计的同伦曲线, 使问题变得异常复杂。因而到目前为止, 对于求解非线性大系统平衡点, 特别是在实际工程应用中, 同伦算法不是行之有效的方法。文献[9]给出了一种奇异点同伦算法来求解最近不稳定平衡点, 采用奇异点策略快速地确定一个收敛于I型不稳定平衡点的初值集合。该方法可以求得稳定边界上的多个I型不稳定平衡点, 然而该方法是否可以应用于非线性大系统还有待研究。

在电力系统暂态稳定分析中, 一般稳定平衡点较容易得到, 因此, 本文的思路是从稳定平衡点出发, 寻找其稳定边界上的不稳定平衡点。首先, 介绍了非线性自治动力系统的伴随系统及其性质。进而根据电力系统经典模型的特点, 构造了经典模型降阶系统的变号系统, 使原系统的稳定平衡点在该变号系统中具有不稳定流形。然后沿着不稳定流形, 利用伴随系统的性质, 寻找稳定边界上不稳定平衡点。实际仿真结果表明, 适当地结合牛顿-拉夫逊法, 提出的方法可以快速求得稳定边界上相当多数目的平衡点, 并以IEEE-10机39节点系统和IEEE-17机162节点系统验证了提出的方法。

结论

利用非线性自治动力系统的伴随系统及电力系统经典模型降阶系统的变号系统, 提出了一种求解电力系统经典模型稳定边界上不稳定平衡点的方法。仿真结果表明, 该方法能有效地寻找到稳定边界上的不稳定平衡点, 一方面很少得到不在稳定边界上的平衡点, 另一方面能够计算出稳定边界上相当多的平衡点, 同时计算时间短, 计算方法稳定可靠。

利用本文提出的方法, 能够有效地计算出稳定边界上的不稳定平衡点, 对于基于边界上不稳定平衡点的暂态稳定直接法, 具有重要意义, 也有助于更加有效的分析理解电力系统暂态稳定边界的构成。同时,

该方法可以不仅仅局限于电力系统经典模型，经过适当改进后，对于一大类非线性自治系统的平衡点求解都是有效的^[14]。但是，由于求解非线性方程组所有解问题的复杂性，如何搜索求得所有不稳定平衡点仍是一个有挑战性的问题，有待进一步的研究。