

同工科研究生談談如何做研究（二）

中國科學院 鄒謀炎

＊ 如何做研究

1. 博士生必須有完全獨立研究的思想準備。能得到指導教授指導是你的福氣，但得不到指導教授指導並非無福。指導教授的基本作用是為你提供一個研究機會和基本條件；給你指定一個研究領域；能夠聽你的報告，理解你對研究問題的考慮；能夠對你的研究結果（包括中間結果）做出恰當的評判，以便幫助你調整或繼續你的研究計畫；能夠審查你的研究論文，幫助你改進論文的表述。做到了這些，就是一個基本合格的指導教授。

2. 研究生論文，特別是博士論文最看重理論上的創新。因此，根據文獻調查中發現的數學和專業理論需求補充數學是非常重要的環節。注意：不是無限制地大量補充數學，你的研究生週期不容許你那樣做。

另一方面，豐富的數學思想會增加你的靈感。堅持不懈地補充數學知識是提升研究者能力的最有效方法。

3. 在工程研究繁重的單位，有的指導教授年復一年地重複相同或類似的題目讓研究生做，其實這種現象不能說有大問題，因為題目相同不等於不能創新。問題的關鍵是要探索新的概念和方法。不少學生的做法是用新近發展的數學概念和方法改進其他人的工作，作為研究生論文這自然可行，有可能產生出一個及格論文，但產生創新性高的論文有困難，除非你在數學概念和方法上有創新性高的發展。

4. 面向一個科學問題，有兩種不同的思路。不少研究者想到的是從較新發展的數學手段出發來解決提出的問題，如在資訊處理相關領域中的小波、分形、神經網路、高階統計、粒子濾波等等。這種思路的缺點是容易造成本末倒置，忽視科學問題本身的特殊性，最後難以達到實質的創新性。另一種思路是從科學問題本身出發，也就是從原始的物理事實出發來思考問題。一個很基本的原則是：你擬定的任何解決方法是不是正確，必須先從物理和數學概念上想清楚。如果你達不到這個理解，你的解決方法就必須調整。從原始的物理事實出發，容許你通過自己的理解，重新審視和改造描述問題的數學模型和處理方法。這種思路比較容易獲得創新性結果。如果你的數學功底好，可以在廣大得多的數學領域中尋找工具，可能達到理論和實踐的良好結合。

5. 對研究生而言，常規的研究工作步驟可以是：

- ◇ 藉由文獻調查，擬定選題和研究目標；
- ◇ 對研究題目涉及的關鍵問題進行數學推演以及資料綜合論證；
- ◇ 進行實驗、電腦仿真和實例考察，對推演和論證結果進行驗證；
- ◇ 改進和寬展數學推演和論證的結果，並進行進一步的實驗、模擬和考察研究；
- ◇ 提升研究結果的等級，包括使用更一般或更專業的問題描述，更高雅的數學描述，和擴展牽連的問題和領域，為此常常需要進行擴展的文獻調查、學習和推演；
- ◇ 論文總結。



許多研究生可以做到以上 1、2、3、6 步，忽視或難以實施 4、5 步。如果你能夠抑制浮躁情緒，一定能夠做得更好。要實施第 5 步，需要對專業領域有廣泛深入的理解和適當良好的數學背景。而這一步對你將來在研究上繼續發展非常有意義。

6. 提升研究結果的等級通常需要付出艱辛的勞動。有以下幾個方面可以參考。

◇ 推廣和深化已有的研究結果：

對資訊處理和自動控制專業的研究生，可能給你的工作帶來改進的方法例子如：將一維問題推廣到多維；將標量問題推廣到向量和張量問題；將靜態問題變成虛擬時間的動態演化結果；將常規的梯度尋優演算法變成流型上的自然梯度演算法；使用更高級的概率估計方法；從複雜現象中抽取主流現象；使用新近報導的數學化技術方法。

可能給你的工作帶來創新點的方法例子：使用穩健估計代替常規的概率或非概率估計；在求解問題中增加對解性質的限制（規整化技術、複雜性限制、特定約束等）；對複雜問題和觀測使用含隱層的數學模型；用廣義測度處理那些無法用常規測度描述的性質；增加應用環境的複雜性、過程分歧和資料融合。

◇ 專業化和以物理模型為參考：

用專業術語和表達方法寫專業論文容易使你的論文得到專業同行（包括國際同行）的認可。各個專業都有自己慣用的表達方法，就是所謂「道可道，非常道」。使用慣用語、充分引用行業標準和典型資料可以幫助

你達到這個目的。例如你研究資料壓縮，應該和一個通訊標準或一個實際需求的通訊系統聯繫起來；如果你研究穩健控制，應該和一個實際控制系統相聯繫。

工程學科中的理論研究，應該至少與一個物理模型相聯繫。如果你自己說不清楚研究結果的物理含義和應用，就應該懷疑你是否還處於研究之門以外。與物理模型聯繫不僅能清晰地表現你研究的科學意義，而且能夠幫助你更深入地進行思考和更準確地把握研究方向。

◇ 採用高雅的數學描述：

高雅的數學描述會提高你論文的等級和加強評審人對你基礎功底的認可。例如泛函分析、集合、測度、度量空間和拓撲空間、現代代數、微分幾何等數學方面的入門知識和表達方法對工科研究者大有意義。只要用得恰當，會取得良好效果；自然，這要求研究者具有較深入的數學背景。決定於你的數學背景，把握數學描述技巧的伸縮性可以很大，此處僅僅能舉一點點例子供參考，譬如習慣於用集合、空間、映射的表達方法；習慣於用數學分析的方法證明你研究的問題，而不是簡單地套用現有結果；盡可能掌握如何證明序列的收斂、解的存在和唯一性之方法和技巧；用泛函變分、Fréchet 導數的觀點處理泛函極值，而不是簡單地引用優化理論結果；學會用Ляпунов直接法和方向導數法研究穩定性問題；自動控制專業的研究生不要忘記Понтрягин、Bellman、Kalman 關於最優控制的經典理論；試一試能否將逐步線性化迭代演算法用同倫的觀點來解釋；試一試能否將分段平滑近似求解演算法用 Sobolev 空間的描述方法；學習使用流型 (manifolds) 相關理論和廣泛應用 (參數估計、模式識別、盲源分離、受限制優化、降維技術等等)；學習使用群、張量的理論和方法來描述多重變換的性質和結果。

當你使用高雅的數學描述方法時，一個最緊要的要求就是準確。如果你還沒有把握好，寧可不用，不可濫用。否則會弄巧成拙，造成對你工作的傷害。

對希望提高數學水準的研究生，此處推薦 Choquet-Bruhat Y., DeWitt-Morette C., Dillard-Bleick M. *Analysis, manifolds and physics, vol.1. Basics (2ed., Elsevier, 1982)* (ISBN 0444860177)。這是一本面向工程和物理研究者寫的數學書，從基礎講起，內容覆蓋了分析和流型相關的重要題目，對基礎較好的工科研究生應該不難讀。

6. 實際的研究方法和過程是千差萬別的，不可能有固定的模式。許多研究者相信「靈感」，事實上許多重要的科學發現和創新性思想是靈感而發，但若基礎不足、思考簡單，所謂靈感恐怕只是異想，或「小兒科」的機巧。研究

生和研究人員需要不斷積累知識，才可能在研究領域中產生出科學性靈感。

工科研究生們需要瞭解的是，我們從事的學科稱為工程學科或應用學科，它從人類實踐活動中產生，又服務於改善人類的生存條件。我們的研究只要符合這個基本思路就是對的。希望這個理解能夠幫助你在選題過程中有更高的自由度。

* 如何寫論文

1. 站在審稿員的角度，最重要的是論文中什麼是你做出的創新點以及這些創新點有何科學意義。因此，如何把這些要點講清楚是你寫論文時一刻也不能忘記的事。

如果你是新手，為了寫好你的論文，一個可行辦法是認真讀幾篇文獻上類似論題的英文文章。從寫作的角度理解一下那些文章的內容安排、陳述方法、用詞技巧等等。先不妨在風格上進行模仿（切忌抄襲！），你會逐步掌握寫作方法。

2. 雖然論文提要放在文章的開頭，但你可以將論文其他部分完成後再來寫。因為這時，你對你的工作才達到了最好的把握，可以將提要寫得言簡意賅。提要的文詞必須鮮明、準確。準確性要求至為重要。特別是中國研究者的論文，出現誇大其詞的情況比較多。誇大其詞的效果是讓審稿員心生厭惡。另一方面，該鮮明肯定的新觀點或結果不敢肯定，審稿員只能認為你的認知沒有達到相應的程度。所以，如何達到鮮明準確，是你需要努力追求的目標。

3. 論文的前言部分是審稿員和讀者都可能認真讀的部分，你必須動用你的文筆將他們帶進你的文章中。必須很精簡地介紹你的論題的科學意義和在領域中的位置。為此，你需要重點地綜述前人的相關工作；說明你選題研究的必要性和重要性；介紹你取得的重要結果；說明你的論文安排。重點、恰當地引用前人的結果是非常必要的，你必須注明這些引用。這既是學術道德所必須，同時也表明你對領域的豐富瞭解。介紹你的成果時需要與現有成果進行比較，所用的詞語應該多加推敲，力求準確。如果你的結果不能一般地優勝於前人工作，要客觀地說明各自的優缺點。一個「不同的工作」，其科學意義常常是可以接受的，不需要誇大其詞。

5. 研究生論文的第一章通常用來進行文獻綜述。利用文獻綜述，你需要表達你對領域的全面和深度瞭解；你對領域研究的歸納、分類和重點把握能力；你的論題在領域中所處的重點位置；你的論題在領域中的發展現狀、動態和當前關心的關鍵問題。闡明這些問題都只是為了一個目標，說明你的研究選題的重要性和你已經作的研究準備。做到這些並不難，因為已經有許多綜述文章供你參考。只是你需要將綜述的內容引導到你關心的題目上去。

(下期待續)