**专业探索-电机（电气工程及其自动化）**

作者：张同学，清华大学电机系本科毕业，美术学院硕士在读。

# 关于学科本身

电气工程可以理解为做各种和电有关工程的学科，更偏向于强电，高电压大电流的场景下的研究和应用。发电-输电-配电-用电是电能逻辑路径，也是我们研究的主要问题。

很多人对电气学科有一种误解，经常把电机系与电子系搞混，但这两个学科实际上完全不是一回事。简单来说，电机系做的是强电，直观理解是220V-1000kV这种电压等级或者10A+大电流，电子系则是弱电，典型是3.3V-5V-12V这种电压等级。

高中课本里经常把电能比作水流，但是水资源可以在水库、大海等地点实现较低成本的存储，而电能的存储成本相比之下非常之高，因此**人们一向希望电网中发出来的电要每时每刻基本等于用掉的电**：过剩的电力还可以暂时存放在储能设施中（这些储能设施的规模一般也是有限的），少了就会导致一部分地区停电甚至是电网波动导致更大面积的停电。

电机系要解决的问题就是如何用更具性价比的方案，提供和使用电能，同时要确保相当程度的稳定性和安全性。电机系负责对全国乃至全球的电力系统的稳定性建模、预测、分析、调控。电网系统作为人类历史上最复杂的单一系统，关系到国家安全和百姓生产生活，在过去的几十年中历经几代科学家和工程师改进与创新，至今也仍在为实现更加稳定、安全的运行不断进行着技术升级。

宏观来说，整个电网系统具有相对完整的计算体系，任意节点的故障或变化都会牵一发而动全身，造成全局性的复杂影响。这就是电力系统所要研究的问题。

微观上，发电机如何做到安全高效、电动机能不能做的能量密度更高、发热量更小、更省电是**电机学**要解决的问题。每个高压电塔上面导线对地的电压会达到几百千伏，怎么能做好绝缘，减少放电的损耗（实际上平时听到高压线的滋滋响声就是高压线路对空气放电的声音）是**高电压工程**要解决的问题。电动汽车充电桩怎么才能在有限体积内提供更大的充电功率，同时减轻电网负担，是**电力电子技术**所要解决的问题

对电气工程这个一级学科，不同学校对其的理解有着不小的区别，所以可以看到很多高校的相关院系命名比较混乱。有些学校将这个专业分在电机、能源动力、电气工程这类看起来属于传统工科的院系名下；另一些学校将其归在电子信息、自动化、系统工程等看起来更接近计算机类专业的院系下面。

目前国内顶尖的电气工程系在以下几所学校（排名分先后，结合在圈内的名气个人看法）：清华、西安交大、华北电力、华中科技大、哈工大、浙大、重庆大学。

# 学科的知识结构

## 培养方案

各学校的培养方案略有出入，越是顶尖的学校，本科的知识面越广，课内学的东西也越深入，通俗来说就是会越累，学到的东西也更多。总的来说，像所有工科学科一样，电气工程学科中的课程可以被分为理论和实践两个方面。各个学校的课程也是两方面结合进一步开展的。下面列出的课程大多基于清华电机系的培养方案，其中主要包括基础课程/通识类课程和专业课两方面：

* 基础课程：基础课程很多是工科院系或者全校范围内的通选课，主要放在大一，用于打好数理基础
  + 数学课程：高等数学、线性代数、复变函数、概率论与数理统计
  + 物理课程：大学物理（力学、电磁学、光学、热力学、近代物理），大学物理实验
* 核心专业课：专业课课程分布在大二、大三两年，若学有余力或希望在本科接触科研也可以提前选课或自学。总体而言课程内容较为丰富，难度也相对高，需要付出相当的精力去学习与理解才能获得高分。近年来各校保研政策收紧，GPA和保研资格和名额几乎强绑定，所以大家的专业课GPA也水涨船高，俗称卷成绩。
  + 工科通用专业课：机械设计基础、计算机程序设计基础（C语言）、嵌入式系统实践
  + 电路方向专业课：电路原理、模拟电子技术基础、数字电子技术基础、电子电路实验、电力电子技术基础
  + 电机学专业课：电机学、电磁场、电机学实验
  + 系统论相关课程：信号与系统、自动控制原理、电力系统分析
* 选修课：一般分布在大三大四两年。视各细分方向具体选择，因此相当繁杂，主要是一些概论性质或实践性质的课程：
  + 电力系统继电保护、发电厂工程、电力系统稳定与控制、电力系统调度自动化、电力市场概论、过电压及其防护、直流输电技术、电力传动与控制、电力电子仿真设计、微特电机、电介质材料与绝缘技术、信息论与电力系统等。

## 细分方向

学科内部的细分方向相当之多，其中最主干的方向约四个方向，分别是：

* 电力系统：电力系统解决的是人类历史上最复杂的单一系统——电网，所以会用到不少数学和算法的知识，系统所很多是基础理论研究，研究我国电力系统运行和发展中的重要理论课题，在解决大型复杂互联电力系统安全经济运行的基础理论问题方面进行了大量探索性的前沿工作。
* 柔性交流输配电系统：主要做的是柔性输电和电力系统稳定性相关的研究，具体来说是进行现代通信技术的电力系统稳定控制新理论和新应用的研究，电力系统实时仿真之类的研究。**会用到信号与系统知识的同时综合了电网中存在的各种不稳定因素的研究和控制。**另外国家近年来也在积极推进新能源和储能，电网输配电在其中扮演重要角色。
* 高电压及绝缘技术：高电压顾名思义，主要研究高电压应用和绝缘防护，兼顾电力和电工两大领域的发展，形成了高电压绝缘技术、高压输电与电磁环境技术、脉冲功率及等离子体技术、电器设备及智能化、高压测试及诊断技术、高电压技术在环保及生物领域中应用等六个核心研究方向。可能会在高压所做高压试验，对动手能力和数学物理理论基础兼有要求。
* 电力电子与电机系统：这个方向很杂，可以进一步分为交流电机系统分析、特种电机系统及其控制、电力电子与电机系统集成、电力电子功率变换系统、交流电力传动与控制和新型大容量功率电器装置等6个主要学科发展方向，主要研究交流电机系统的动态过程及其控制，特种电机及其系统的分析、设计与控制方法，高性能、大容量、全数字化交流电机控制系统的理论和应用研究，电力电子变流装置的拓扑结构、控制方法、驱动保护技术、电磁兼容、热损耗与效率，现代电力电子技术与电机及其控制的一体化技术等问题。电力电子很多课题对于动手能力要求很高，经常需要亲自画大功率电路板、做实验和测试。

## 交叉学科

目前电气工程学科与其它各领域的交叉越来越多，比如电力系统x计算机、电力市场x经管、智能电网x深度学习等方向。一些同学在学习电机系本行知识的时候还有辅修二学位，以求在未被充分探索的交叉学科有更多机会。

正如上面提到的，电网作为人类历史上最复杂的单一系统，在互联网时代在其中可以做的事情只增不减。比如近些年在提到的智能电网建设就旨在使用机器学习来预测和模拟电网稳定性问题，这种跨学科的研究更容易出颠覆性的成果。

# 前景：深造与就业

经常有人会有这样的误解：电机系出来就去国网上班。但其实电机系毕业之后，只有不到一半的同学去到国网、南网等电网体制内工作，不少同学选择去外企、互联网企业、或者是出去创业，很多人并不是直接做电力行业相关的工作。

电机系的同学在硬件系统方面实力过硬，在近几年的互联网大潮中也很容易找到适合自己的开发/研发岗位，也就是硬件岗。这一方面的工作基本上是开发一些家用或商用的电器，比如扫地机器人、吸尘器、智能家居物联网设备等。简而言之，硬件岗需要很多兼具软硬件协同开发能力和互联网产品思维的人，在这条路上走到最后的成功人士中也不乏来自电机系等传统工科专业的毕业生。

## 本科生毕业去向

总结来说，本科毕业出路大约分为就业和升学，其中升学又细分为本系保研、外系保研、外校保研和出国留学。

对除清北外其他学校的学生而言，想要拿到保研资格是相对有挑战性的，可能需要成绩在全年级前20-30%以上。假如你本科上了清北，保研率会稍高一些，大约50-60%，当然和你竞争保研资格的人也是最强的这批人。

而随着近年来政策的收紧，就连清北学生想拿到保研的资格和名额也越发困难，使得本科生开始注重比拼成绩（俗称卷GPA）的同时，也让更多的同学选择提前准备考研。对希望深造的其它院校的学生而言，考研更是很难逃过的宿命。

受疫情和国际局势影响，最近本科出国留学的人数锐减，电机系也不例外。

直接就业方面，有相当一部分同学去往电网企业或相关行业，从事基层或中高层的工作。但其实电机系的毕业生并不一定全是去国网或者电力研究院，相当一部分同学去了互联网企业、金融行业、政府、高校、中学等。

## 科研与业界

对于大部分同学来说，毕业之后是去电网企业/互联网上班，还是留在科研岗位在高校任教或者去研究院当研究员，是一个很重要的选择。

电网企业特别是国网，管理层有相当一部分是清华、华电、西交校友，虽然初始工资不高，但是一段时间之后顺利的话可以升任管理层，会比较安稳；互联网相对来说工资较高，但可能会加班，找到一个能用到自己专业知识的岗位也不是特别容易；

其实只有一小部分人适合科研，特别是在决定读博之前，最好在本科有一个比较清晰的自我认知，否则博士会读的比较痛苦（论文写不出来、出不了成果、甚至毕不了业）。

# 专业整体的文化氛围

电机学作为历史悠久的传统工科，整体的学风还是非常务实的。本科生以学到知识和能力为目的，课程体系几乎涵盖了强电弱电编程一整套东西，使得学生的能力很全面，如果想要创业的话会有不小的优势。

各个学校一般在高年级如大三暑假会有一次一个月的系里面安排的暑期实习，算学分，可以选择去外企、私企或者国企，去体验一下朝九晚五的上班生活。