

研究生课程考试成绩单

（试卷封面）

院 系	电气工程学院	专 业	电气工程		
学生姓名	焦蔚然	学 号	192787		
课程名称	职业素质教育				
授课时间	2019 年 09 月至 2019 年 12 月	周学时	2	学分	1
简 要 评 语					
考核论题	职业素质教育课程笔记及心得				
总评成绩 (含平时成绩)					
备注					

任课教师签名：_____

日期：_____

- 注：1. 以论文或大作业为考核方式的课程必须填此表，综合考试可不填。“简要评语”栏缺填无效。
2. 任课教师填写后与试卷一起送院系研究生秘书处。
3. 学位课总评成绩以百分制。

目录

1 笔记一：电气技术专业学生成长及职业素养	1
1.1 嘉宾介绍.....	1
1.2 工程师的技能.....	1
1.3 技术能力.....	3
1.4 方法论.....	4
2 笔记二：电力电子技术在电力系统中的应用	9
2.1 引言.....	9
2.2 电力电子技术.....	9
2.3 相关技术应用.....	12
2.4 未来之路.....	16
3 《职业素质教育》心得体会	17

1 笔记一：电气技术专业学生成长及职业素养

主讲人：陈新之 东南大学电气工程学院工程博士在读

1.1 嘉宾介绍

陈新之，东南大学电机与电器硕士，东南大学电气工程学院工程博士在读。曾任南京国电南自自动化有限公司产品管理中心产品管理部主任，CIGRE B5.60、B5.70 工作组成员，系统分析师，PMP、ACP、PBA、NPDP，参与了国电南自三代继电保护及自动装置平台开发，参与了我国第一个 IEC 61850 数字化变电站设备开发，参与了国电南自电子式互感器开发，参与了国电南自智能变电站设备开发。已从事嵌入式系统开发 19 年，目前参与国家重点项目“电力系统终端嵌入式组件和控制单元安全防护技术”开发。

1.2 工程师的技能

1.2.1 知止而后有定

在这个变化迅猛的世界，我们需要知道什么是正确的事，然后才能确定正确的目标，去做正确的事并把事情做正确。

在去做一件事情之前，我们需要问自己这样五个问题：

- (1) 什么样的目标？
- (2) 为什么要达到这样的目标？
- (3) 什么时候达到这个目标？
- (4) 怎么达到这个目标？
- (5) 怎么判断已经达到了这个目标？

1.2.2 5W2H 分析法

5W2H 分析法是指发明者用五个以 W 开头的英语单词和两个以 H 开头的英语单词进行设问，发现解决问题的线索，寻找发明思路，进行设计构思，从而创造新的发明项目的方法，也被称作七问分析法。

5W2H 分析法是二战中由美国陆军兵器修理部首创。它简单、方便，易于理

解、使用，富有启发意义，因此被广泛用于企业管理和技术活动，对于决策和执行活动措施非常有帮助，有助于弥补考虑问题的疏漏。

5W2H 分析法的具体内容见表 1.1。

表 1.1 5W2H 分析法

5W	
Why	原因
What	什么事情
When	什么时候
Where	什么地点
Who	责任人
2H	
How	如何
How much	要花多少钱

1.2.3 马斯洛需要层次理论 Maslow's Hierarchy of Needs

马斯洛需要层次理论是亚伯拉罕·马斯洛于 1943 年提出，其基本内容是将人的需求从低到高依次分为生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求。

马斯洛需要层次理论是人本主义科学的理论之一，在现代行为科学中占有重要地位。其不仅是动机理论，同时也是一种人性论和价值论。

需要注意的是，需要(needs)和需求(demands)是不同的两个概念。正所谓“欲望无限，需要有限”，马斯洛需要层次理论主要探讨的是人在需要方面的交集。

1.2.4 目标管理——SMART 原则

SMART 原则是为了利于员工更加明确高效地工作，更是为了管理者将来对员工实施绩效考核提供了考核目标和考核标准，使考核更加科学化、规范化，更能保证考核的公正、公开与公平。

SMART 原则要求无论是制定团队的工作目标还是员工的绩效目标都必须符合基本原则，五个原则缺一不可。而 SMART 原则制定的过程也是自身能力不断增长的过程，在不断制定高绩效目标的过程中，所有员工的绩效能力会共同提高。

SMART 原则的具体内容见表 1.2。

表 1.2 SMART 原则

字母	内涵
S	目标必须是具体的 (Specific)
M	目标必须是可以衡量的 (Measurable)
A	目标必须是可以达到的 (Attainable)
R	目标必须和其他目标具有相关性 (Relevant)
T	目标必须具有明确的截止日期 (Time-based)

1.3 技术能力

作为电气工程专业的学生，我们主要需要掌握如下 3 种技术能力。

(1)基础知识：物理、化学、机械等专业能够在课堂上学到的学科基础知识。

(2)专业知识：电机、电力系统分析、微机原理等电气专业相关的学科基础知识。

(3)IT 能力：

①Excel 技能：提高 Excel 的应用能力，可以让文章、汇报等更具说服力。

参考书籍：伍昊《你早该这么玩 Excel》。

②PPT 遵循利他性原则：从对方的角度出发,方便他人；在制作 PPT 时，做到看得见、看得懂。

③Windows 下的快速搜索工具 Everything：可短时间内检索电脑内相关文档，网站为 <http://www.voidtools.com/>。

④Windows 下的文档内容搜索工具 Agent Ransack：可快速搜索文档内的文本内容，提高文本检索效率，网站为 <http://www.mythicsoft.com/agentransack/>。

⑤Windows 下的文本比较工具 WinMerge：比较不同文本的差异处，便于检索和更新文本，网站为 <http://winmerge.org/>。

⑥方便的文本编辑器 Notepad++：网站为 <https://notepad-plus-plus.org/>。

⑦方便的云笔记：常用有道云笔记，网站为 <http://note.youdao.com/>。

⑧图片处理工具：光影魔术手，网站为 <http://www.neoimaging.cn/>。

⑨统计工具：问卷网，网站为 <http://www.wenjuan.com/>。

⑩共同编辑文档：多人处理同一文档，可在线实时更新，如腾讯文档。

1.4 方法论

方法论是关于人们认识世界、改造世界的方法的理论。方法论用来描述人们用什么样的方式、方法来观察事物和处理问题。概括地说，世界观主要解决世界“是什么”的问题，方法论主要解决“怎么办”的问题。

研究方法论的意义是：①有基本规范可循，可以少走弯路，提供工作效率；②可以鉴别别人研究成果的好坏；③有规范就有共同语言，便于相互交流和沟通，便于学术交流。

1.4.1 MECE 方法

MECE 分析法，全称为 Mutually Exclusive Collectively Exhaustive，中文意思是“相互独立，完全穷尽”。也就是说，对于一个重大的议题，我们必须能够做到不重叠、不遗漏的分类，且能够借此有效把握问题的核心并解决问题。MECE 分析法由原麦肯锡公司的咨询顾问巴巴拉·明托提出，并在她的著作《金字塔原理》中进行了详细的描述。

使用 MECE 方法的必备软件包括：① XMind 绘图软件，网站为 <http://www.xmind.net/>；②百度脑图工具，网站为 <http://naotu.baidu.com>。

1.4.2 TRIZ 理论

TRIZ 的含义是发明问题解决理论，俄文：теории решения изобретательских задач 俄语缩写“ТРИЗ”翻译为“发明家式的解决任务理论”，用英语标音可读为 Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch，缩写为 TRIZ。英文说法：Theory of Inventive Problem Solving，TIPS，在欧美国家也可缩写为 TIPS。

TRIZ 理论是由前苏联发明家阿利赫舒列尔(G. S. Altshuller)在 1946 年创立的，Altshuller 也被尊称为 TRIZ 之父。在苏联专利局工作的阿奇舒勒通过研究 4 万多件专利，总计出了发明的结构化理论，包括 39 个通用参数、40 个发明原理、物场模型等。

发现一：技术进化模式在工业和科学技术领域是重复出现的。

发现二：问题和解决问题的思路在工业和科学技术领域是重复出现的。

发现三：高水平创新所依据的原理往往是专业领域以外的领域。

TRIZ 理论有如下内涵：

(1)工程冲突是指在一个技术系统中，当采用常用的技术方案试图去改善它

的一个参数时，其它参数会出现恶化的问题情景。

(2)工程参数是阿奇舒勒等人归纳出来的用来描述一个技术系统性能的 39 个参数。

(3)发明原理是在对全世界专利进行分析研究的基础上，阿奇舒勒等人从归纳出来的 40 条解决问题的思路。

(4)冲突矩阵是针对工程冲突的问题解决工具，在该矩阵中通过对改善和恶化参数的定义针对工程冲突推荐出一组发明原理的问题解决工具。

综上所述，针对发明问题的通用方法是：具体问题抽象化→找到抽象问题的解→抽象解具体化。

1.4.3 自我管理和处世能力

作为青年大学生，提高自我管理和处世能力是非常必要的。人是环境的产物，需要接受团队的影响和教育才能成长。一个人的能力需要一个平台去体现和发挥。团队合作可以使组织产生整合效应，个人的价值可以实现倍增放大。

实现自我管理的第一步，就是学会目标管理，做到要事第一。通常，目标管理有以下几种管理方法。

(1)GROW 模型：①Goal Setting 目标设定；②Reality 现状分析；③Will 行动计划；④Options 发展路径。

(2)PDCA 循环：①Plan 计划；②Do 行动；③Check(Study)学习；④Act(Improve)提升。PDCA 循环是美国质量管理专家休哈特博士首先提出的，由戴明采纳、宣传，获得普及，所以又称戴明环。

(3)STAR 方法：①Situation 情景；②Task 任务；③Action 行动；④Result 结果。

1.4.4 GTD 与时间管理

为什么需要时间管理？人生最宝贵的两项资产，一项是头脑，一项是时间。无论你做什么事情，即使不用脑子，也要花费时间。因此，管理时间的水平高低，会决定你事业和生活的成败。若时间管理不合理，则会因为工作内容多、缺少闲暇时间，工作压力巨大，工作不能按时完成。

GTD 是指 Getting Things Done，其核心理念是清空大脑后，按照设定的路线去努力执行，五个核心原则为收集、整理、组织、回顾、执行。

GTD 的四象限法则是指：①根据自己的职业价值观评估某件事务的重要程度；②根据事务的截止日期判断事务的紧迫程度；③应将自己所有的日常事务放到四象限中分析；④对四个象限内的事务有不同的处理方法和原则；⑤应该将主要精力集中在解决第二象限内的事务；⑥平时经常制定的工作计划和工作目标都是相对于第二象限来说的。四象限法则的工具为日事清，网站为www.rishiqing.com。

四象限法则的具体内容见图 1.1。

I.重要-紧急 •处理方法:立即去做。 •原则:越少越好，很多第一象限的事情是因为它们在第二象限时没有被很好地处理。	II.重要-不紧急 •处理方法:有计划去做。 •原则:集中精力处理，投资于第二象限，做好计划，先紧后松。
III.不重要-紧急 •处理方法:交给别人去做。 •原则:放权交给别人去做。	IV.不重要-不紧急 •处理方法:尽量别做。 •原则:可以当做调节身心，但是一定不能沉溺于这个象限。

图 1.1 GTD 四象限法则

番茄工作法是由弗朗西斯科·西里洛(Francesco Carrillo)于 1992 年创立的一种时间管理方法，其基本原则是：①选择一个待完成的任务；②将番茄时间设为 25 分钟并开始计时；③专注工作直到番茄时钟响起；④休息 5 分钟；⑤4 个番茄时间后休息长一些。番茄工作法的工具为番茄土豆，网站为www.pomotodo.com。

1.4.5 3F 倾听法

3F 倾听法有 3 个不同的层次，自下而上分别是：①第一层次——以自我为中心的倾听，以自己的观点进行判断，按照自己的意愿倾听；②第二层次——以对方为中心的倾听，集中在对方，根据对方的语气、速度、态度等给出反应，眼神行动交流；③第三层次——倾听，倾听对方真正的情感与意图，根据直觉与洞察力倾听对方的优点或卓越性。

1.5 处世能力

要想取得成功不仅要靠顽强拼搏，艰苦奋斗，还要看生活中是否懂得与他人相处。处世能力是一把双刃剑，运用得当时，生活会一帆风顺，运用不当时，利剑反而会刺向自己。

有能力的人往往都精通人与人之间的相处之道，他们在为人处事方面更能得到别人的青睐，更加能够受到他人的欢迎。

1.5.1 非暴力沟通

常言道，“良言一句三冬暖，恶语伤人六月寒。”

异化的沟通方式分为 4 种：第一种是道德评判，第二种是进行比较，第三种是回避责任，第四种是强人所难。

非暴力沟通的四要素为：观察、感受、需要、请求。

非暴力沟通的第一个要素是观察。仔细观察正在发生的事情，并清楚地说出观察结果。需要注意的是，观察只是发现客观现象，不是评论。

非暴力沟通的第二个要素是感受。要善于体会和表达感受，通过建立表达感受的词汇表，由此可以更清楚地表达感受，从而使沟通更为顺畅。

非暴力沟通的第三个要素是需要。我们的需要和期待以及对他人言行的看法，导致了我们的感受。指责、批评、评论往往暗含着期待。对他人的批评实际上间接表达了我们的需求。如果我们通过批评来提出主张，人们的反应常常是申辩或反击。反之，如果我们直接说出需要，其他人就较有可能做出积极的回应。

非暴力沟通的第四个要素是请求。清楚地告诉对方，希望他们做什么，才更容易得到积极的回应。应该避免使用抽象的语言，借助具体的描述来提出要求。在发言时，把自己想要的回应讲的越清楚，就越有可能得到回应。但有时我们表达的意思可能与别人的理解不一致，这就需要我们请求他人的反馈。特别是在集体讨论中发言时，更要清楚地表明自己的期待。

综上所述，非暴力沟通的四个步骤依次是：陈述事实→表达感受→说明需要→提出请求。

1.5.2 4D 方法

4D 方法有助于实现个人和团队的成功。

早期，NASA 前天文物理学部门主任查理·佩勒林博士在领导建造哈勃太空望远镜项目时出现了问题，通过沟通和研究，找到了问题的根本原因是供应商的沟通。于是，他领导了新的项目，修复了哈勃望远镜的 bug。在此之后，查理以荣格的性格行为学理论基础，根据做决策是用“情感”还是“逻辑”，获取信息是根

据“直觉”还是“感觉”，画出了 4 个维度(Dimension)，即 4D 理论。

4D 方法包括如图 1.2 所示的 4 个维度。其中，绿色充满了生命，黄色是暖色，蓝色代表天空的颜色，橙色像阳光的颜色。

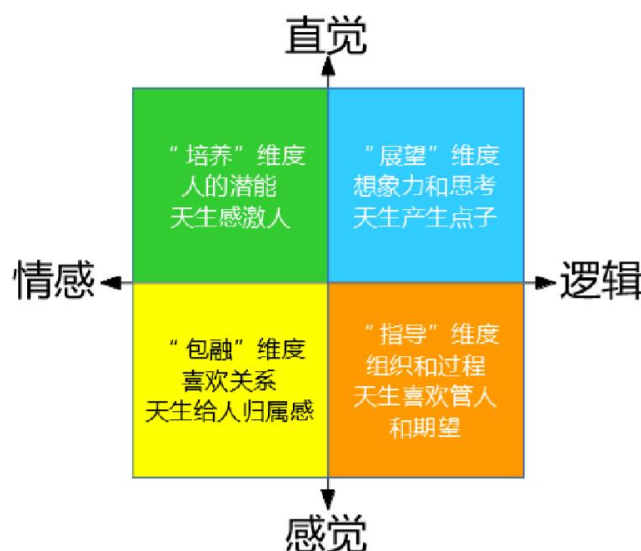


图 1.2 4D 理论

在 4D 方法中，要将个人特性和组织及客户的特性匹配，并遵循 AMBR 流程。AMBR 流程依次是：①你的关注点(Attention)；②加上你的心态(Mindset)；③影响你的行为(Behaviors)；④产生你要的结果(Results)。

4D 方法的 8 个行为包括：①表达真诚感激；②关注共同利益；③适度包容他人；④信守所有约定；⑤基于现实的乐观；⑥百分百地投入；⑦避免指责和抱怨；⑧理清角色、责任和授权。

1.6 小结

根据本次讲座的介绍和分析，电气工程专业的学生想要成为一个优秀的工程师，需要掌握的技能排序依次处世能力 > 方法论 > 技术能力

项目是为创造独特的产品、服务或成果而进行的临时性工作。

项目管理项目管理是运用管理的知识、工具和技术于项目活动上，来达成解决项目的问题或达成项目的需求。

优秀的电气工程师，需要做好面对各种项目的准备，不断提升自身知识储备。

2 笔记二：电力电子技术在电力系统中的应用

主讲人：史明明 国网江苏省电力有限公司电力科学研究院

2.1 引言

电气工程 (Electrical Engineering), 简称 EE。传统的电气工程定义为用于创造产生电气与电子系统的有关学科的总和。电气工程对应的二级学科为电机与电器、电力系统及其自动化、高电压与绝缘技术、电力电子与电气传动、电工理论与新技术。正是电子技术的巨大进步才推动了以计算机网络为基础的信息时代的到来, 并将改变人类的生活工作模式等等。美国大学的电气工程学科, 又称电气工程系、电气工程与信息科学系、电气工程与计算机科学系等, 主要以计算机和信息技术为研究方向和重点。

因此, 电气工程的定义本十分宽泛。但随着科学技术的飞速发展, 21 世纪的电气工程概念已经远远超出上述定义的范畴。斯坦福大学教授指出: 当今电气工程涵盖了几乎所有与电子、光子有关的工程行为。

2.2 电力电子技术

电力技术基于电路、磁路、电磁场理论, 使用电机、开关、变压器、电感、电容、输电线为设备, 主要完成发电、输电、配电、用电功能。

电子技术基于电路、磁路、电磁场理论, 使用晶体管、场效应管、集成电路、微处理器、电容、电感为设备, 主要完成信号产生、变换、存储、发送、接受功能。

电力电子技术基于电路、磁路、电磁场理论, 使用晶体管、场效应管、集成电路、微处理器、电容、电感为设备, 主要完成发电、输电、配电、用电中的电能变换与控制功能。

2.2.1 电力电子技术发展史

电力电子技术的发展史以电力电子器件的发展史为纲。

一般认为, 电力电子技术的诞生是以 1957 年美国通用电气公司研制出第一个晶闸管为标志的。但在晶闸管出现以前, 用于电力变换的电子技术就已经存在

了。晶闸管出现前的时期可称为电力电子技术的史前期或黎明期。

1904 年出现了电子管，它能在真空中对电子流进行控制，并应用于通信和无线电，从而开启了电子技术用于电力领域的先河。后来出现了水银整流器，把水银封于管内，利用对其蒸气的点弧可控制大电流，其性能和晶闸管已经非常相似。20 世纪 30 年代至 50 年代，是水银整流器发展迅速并大量应用的时期。在这一时期，水银整流器广泛用于电化学工业、电气铁道直流变电所以及轧钢用直流电动机的传动，甚至用于直流输电。这一时期，各种整流电路、逆变电路、周波变流电路的理论已经发展成熟并广为应用。在晶闸管出现以后的相当长一段时期内，所使用的电路形式仍然是这些形式。

在这一时期，把交流变为直流的方法除水银整流器外，还有发展更早的电动机-直流发电机组，即变流机组。和旋转变流机组相对应，静止变流器的称呼从水银整流器开始而沿用至今。

1947 年，美国著名的贝尔实验室发明晶体管，引发了电子技术的一场革命。最先用于电力领域的半导体器件是硅二极管。晶体管出现后，由于其优越的电气性能和控制性能，很快就取代了水银整流器和旋转变流机组，并且其应用范围迅速扩大。电化学工业、铁道电气机车、钢铁工业（轧钢用电气传动、感应加热等）、电力工业（直流输电、无功补偿等）的迅速发展也给晶闸管的发展提供了用武之地。电力电子技术的概念和基础就是由于晶闸管及晶闸管变流技术的发展而确立的。

晶闸管是通过对门极的控制能够使其导通而不能使其关断的器件，属于半控型器件。对晶闸管电路的控制方式主要是相位控制方式，简称相控方式。晶闸管的关断通常依靠电网电压等外部条件来实现。这就使得晶闸管的应用受到了很大的局限。

20 世纪 70 年代后期，以门极可关断晶闸管（GTO）、电力双极型晶体管（BJT）和电力场效应晶体管（Power-MOSFET）为代表的全控型器件迅速发展。这些器件都属于全控型器件。全控型器件的特点是通过对其门极（基极、栅极）的控制，既可使其开通又可使其关断。此外，这些器件的开关速度普遍高于晶闸管，可用于开关频率较高的电路。这些优越的特性使电力电子技术的面貌焕然一新，把电力电子技术推进到一个新的发展阶段。

与晶闸管电路的相位控制方式相对应,采用全控型器件的电路的主要控制方式为脉冲宽度调制(PWM)方式。相对于相位控制方式,可称之为斩波控制方式,简称斩控方式。PWM 控制技术在电力电子变流技术中占有十分重要的位置,它在逆变、直流斩波、整流、交流-交流控制等所有电力电子电路中均可应用。它使电路的控制性能大为改善,使以前难以实现的功能也得以实现,对电力电子技术的发展产生了深远的影响。

在 20 世纪 80 年代后期,以绝缘栅极双极型晶体管(IGBT)为代表的复合型器件异军突起。IGBT 属于全控型器件,它是 MOSFET 和 BJT 的复合。它把 MOSFET 的驱动功率小、开关速度快的优点和 BJT 的通态压降小、载流能力大、可承受电压高的优点集于一身,性能十分优越,使之成为现代电力电子技术的主导器件。与 IGBT 相对应,MOS 控制晶闸管(MCT)和集成门极换流晶闸管(IGCT)都是 MOSFET 和 GTO 的复合,它们也综合了 MOSFET 和 GTO 两种器件的优点。其中 IGCT 也取得了相当的成功,已经获得大量应用。

为了使电力电子装置的结构紧凑、体积减小,常常把若干个电力电子器件及必要的辅助元件做成模块的形式,给应用带来了很大的方便。后来,又把驱动、控制、保护电路和电力电子器件集成在一起,构成电力电子集成电路(PIC)。目前电力电子集成电路的功率都还较小,电压也较低,它面临着电压隔离(主电路为高压,而控制电路为低压)、热隔离(主电路发热严重)、电磁干扰(开关器件通断高压大电流,它和控制电路处于同一芯片)等几大难题,但这代表了电力电子技术发展的一个重要方向。

目前,电力电子集成技术的发展十分迅速,除以 PC 为代表的单片集成技术外,电力电子集成技术发展的焦点是混合集成技术,即把不同的单个芯片集成封装在一起。虽然功率密度不如单片集成,却为解决上述几大难题提供了很大的方便。除单片集成和混合集成外,系统集成也是电力电子集成技术的一个重要方面,特别是对于超大功率集成技术更是如此。

2.2.2 电力电子技术的发展背景

风电和光伏建设周期日渐缩短,目前规模在 50MW 以下的风电项目建设周期为几个月到一年,地面兆瓦级光伏电站在施工期的建设周期一般在 4 至 6 个月,使得新能源并网装机占比迅速提高。

众筹、互联网金融、实物融资租赁等开发模式将加快新能源发展。新能源发展集中大规模开发和分布式开发并举。

《中国电力行业年度发展报告 2019》中指出，全国规模以上电厂新能源发电量 5435 亿千瓦时，占比 7.8%，风电、光伏发电量分别为 3660 亿千瓦时和 1775 亿千瓦时。2018 年三峡电站发电量达到 1016 亿千瓦时，2018 年全国新能源发电装机首次超过水电。新能源电能转换效率每提升 1%，节约电能超过 500 亿 kWh，相当于三峡半年的发电量。

目前，终端负荷直流化趋势明显。地铁、通信、数据中心、电动汽车等均为直流供电，工厂电机、空调系统等传统工频交流电机负荷变频改造趋势显著。终端负荷直流化占比逐渐提高，相关研究机构指出，终端负荷中直流约占总比例的 70%。

2.3 相关技术应用

2.3.1 动态无功补偿技术

无功补偿的 3 种方式：

(1)并联电容器、电抗器：提供（容性/感性）无功功率。不适合负载变化频繁的场所，容易产生欠补或者过补偿，造成电网电压波动，损坏用电设备。

(2)同步调相机：当同步电动机不带负载而空载运行，专门向电网输送无功功率时，称为同步调相机。主要装于枢纽变电所。

(3)静止无功补偿装置：基于电力电子技术发展起来的无功补偿设备，可对任何负载情况进行实时快速补偿，如 SVC、SVG。

电容器可发出无功功率，电抗器可吸收无功功率。将二者结合，配以适当的调节装置，就能够平滑地改变输出（或吸收）的无功功率。

基本结构：两个并联的晶闸管与一个电抗器串联，而三相多采用三角形联结。相当于电感负载的交流调压电路。触发角有效移相范围 90-180 度，基波电流都是无功电流。

技术特点：将 IGBT 全控电路通过电抗并联在电网上，适当的调节桥式电路交流输出电压的相位和幅值，或控制其交流侧电流，就可以使该电路吸收或发出无功电流实现动态无功补偿。

2.3.2 高压直流输电工程

高压直流输电与相同输送功率的交流线路相比，直流架空线造假减少约 1/3。所需的输电走廊明显减少，征地费用随之降低。但直流输电换流站造价高昂。

晶闸管换流阀结构中，双重阀阀塔即每个阀塔包含 2 个单阀，四重阀塔即每个阀塔包含 4 个单阀。

高压直流输电的不足之处：

(1)常规直流由于可控硅关断需要依靠反向电压来截止直流电流，在逆变侧交流系统发生故障导致电压畸变时，很容易发生换相失败。

(2)常规直流依赖交流电源进行换相，为保证换相的可靠性网侧电源必须提供足够的短路比（正常不低于 3）。

(3)常规直流换流过程中需要吸收大量无功，数值约为直流功率的 40%-60%。

(4)常规直流换相会产生大量谐波，谐波电流约占基波电流的 10-15%，必须配置相当容量的滤波器。

2.3.3 柔性直流输电工程

20 世纪 90 年代发展起来的基于全控型器件绝缘栅双极晶体管（IGBT）的新一代直流输电技术，国际学术界将此项技术称为电压源换流器型高压直流输电，ABB、Siemens 公司分别将该项输电技术命名为轻型直流输电和新型直流输电，我国将其命名为柔性直流输电，主要应用于新电源并网、海上平台供电、区域电网互联等场合。

舟山柔直工程是世界上最大的多端柔性直流工程，工程包含 5 个换流站，系统总容量 1000MW，直流电压等级 ±200kV，其中最大换流站容量 400MW。五端换流站分别位于舟山本岛（定海）、岱山岛、衢山岛、泗礁岛及洋山岛，各换流站采用模块化多电平换流器，各换流站间通过总计 140km 海缆连接。

模块化多电平换流器有六个桥臂，桥臂采用多个独立子模块串联的方式，每个子模块采用半个 H 桥结构。目前国内的柔性直流工程换流器都是采用此结构。

换流阀是交直流转换的关键设备，基于模块化多电平换流器（MMC）拓扑结构的换流阀由子模块、阀段、阀塔逐步搭积构成，通过合理安排上下桥臂上子模块的投入个数，在交流侧形成多电平组成的阶梯波来逼近期望实现的参考波，避免了开关器件直接串联存在的均压问题，适用于高压大容量应用的场合。

根据所需输出的正弦电压幅值，在对应的时间投入相应数量的子模块构成阶梯波，来等效输出所期望的正弦波。

2.3.4 同一潮流控制器示范工程

对于东龙分区的潮流，西环网主要输电通道潮流不均衡：龙王山变向西环网的 220kV 输电通道潮流偏重，而东善桥变向西环网的 220kV 输电通道潮流较轻；220kV 晓庄南送下关、中央门断面潮流过重问题严重；晓庄南送断面存在 N-1 过载问题；2016 年夏高，500kV 秦淮变升压，不能投运配套的 220kV 秦淮一滨南第二通道，常规措施无法满足西环网负荷的增长。

控制保护系统是整个统一潮流控制器系统的大脑，实现对整个系统及所有设备的控制、监视和保护。

串联变压器是换流器与交流系统交换功率的枢纽，主要功能包括：联结 UPFC 成套装置和线路，并对 UPFC 装置和交流系统电气隔离；限制系统短路故障电流和换流阀桥臂电流，保护换流阀；缓冲抑制经交流系统侵入的雷电或操作冲击过电压。

快速旁路技术是 UPFC 的关键保护技术。在换流器故障时，保证交流线路不受故障影响，在交流故障时，保护换流器不受交流系统故障的影响。在工程应用中设计基于机械旁路开关晶闸管旁路开关（TBS）互相配合的快速旁路装置。先通过 TBS 的快速导通来短时隔离故障，再通过机械快速旁路开关来长时间承受故障电流。

MMC 的每个桥臂串联有一个电抗器，称为桥臂电抗器，是电压源换流站的一个关键部分。和交流侧变压器的漏抗共同作用成为换流电抗，是换流器与交流系统之间功率传输的纽带，起到控制功率传输、滤波和抑制交流侧电流波动的作用。

换流阀是换流站的核心元件，在正常运行时，由于阀组件通过的大电流会产生高热量，导致温度急剧上升，可能会导致电力电子器件被烧坏，因此需要与之相四配的阀水冷系统对其进行冷却。通常，冷却水系统分为内冷水系统和外冷水系统。

2.3.5 储能调峰调频工程

以 2017 年最大峰谷差日 8 月 28 日为例，当日最低负荷出现在 4:25 分，最低负荷为 6532 万千瓦，最高负荷出现在 13:25 分，最高负荷为 9499 万千瓦。当日峰谷差达到 2967 万千瓦，峰谷差率达到 3124%。

以该日为例，全省储能装置若达到 1500 万千瓦，则具备完全平抑峰谷差的能力。理论上可以将负荷线平滑为一条直线，将峰谷降为 0。

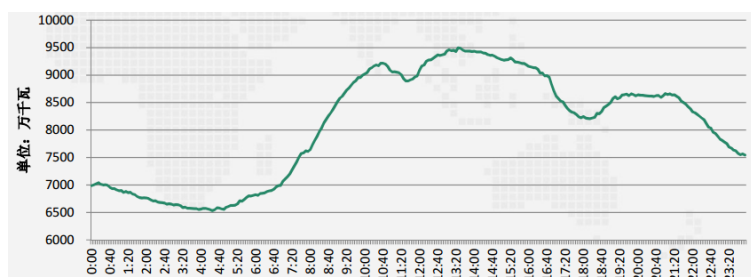


图 2.1 2017 年 8 月 28 日全省日负荷曲线

2.3.6 交直流混合配电示范工程

同里示范工程是江苏省政府和国家电网公司共同打造的未来城市能源示范园，示范园建有风电、光伏、光热发电等可再生能源，直流数据中心、直流充电桩等直流负荷。

截止到 2019 年 5 月，已建成系统总容量 4.38MW，系统带负荷持续运行。建成光伏、风电和光热等多类型可再生能源 2.901MW，建成直流数据中心、直流小区和直流充电桩等多样性直流负荷 2.681MW、交流负荷 0.97MW，已建成储能 0.725MW。

考虑适应多种应用场景，研制 1 台 3MVA 硅基电力电子变压器和 1 台 3*1MVA 碳化硅电力电子变压器，分别采用大容量集中式和小容量分体式的技术方案，全面适应高密度集中型和低密度分散型的能量调配应用场景，通过协调 2 台电力电子变压器实现了园区全工况范围的高效可靠运行。

为实现直流线路故障限流、分断，同时具备对负载电压补偿能力，提出了故障电流控制器一体化拓扑结构，并联侧采用 DAB 结构，串联侧采用全桥结构，并通过对滤波器件和限流器件硬件电路复用和参数优化设计，实现多功能集成复用。

故障电流控制器在同里示范工程中突破了传统断路器与主电源串联的连接方式，跨接在两段 750V 直流母线上。故障时，故障电流控制器起快速限流分断

作用，保证供电可靠性；正常运行时，故障电流控制器起调压作用，保证敏感负荷的高精度供电需求。

针对直流配网故障机理复杂、故障特征持续时间短、故障定位困难的难题，提出基于直流网路拓扑的多边界保护技术方案；基于全局模型的 GOOSE 高速实时通信技术，实现了故障的快速识别和精准切除，且不受运行方式多变的影响，解决了直流配电网保护的难题。

针对同里工程 PET 和 VSC 满载对拖运行中 750V 直流侧发生的 4Hz 左右振荡现象，经多级联系统的阻抗理论建模及宽频带阻抗扫描，发现阻抗等效的电源侧输出阻抗在低频段具有明显波峰，易与负载侧等效输入阻抗相交且相位裕度不足；通过参数优化重塑多级联系统阻抗特性，提高了系统稳定裕度，成功解决了 750V 直流母线的振荡现象，保证了多级联交直流混合系统的稳定运行。

2.4 未来之路

新能源、直流、电力电子负荷快速发展，使得故障对系统的冲击全局化，稳定破坏风险增大；电网惯量水平相对下降，频率稳定问题突出；电网无功调节能力不足，电压稳定问题凸显；直流新能源快速发展，电力电子化特征显著。

此外，分布式光伏、电能替代的出力不确定性和电动汽车的时空不确定性将引入更多变量，应当考虑是否用人工智能和电力大数据解决问题。

3 《职业素质教育》心得体会

本学期，通过本学期《职业素质教育》课程，我收益良多。

本课程一共开展了 7 次讲座，邀请了各行各业优秀前辈与我们分享他们的实践经验和生活感悟。从工程师的技术素养，到电机、电力系统以及电力电子技术等方向的前沿技术，再到就业实现的经历分享，多个维度展开职业素质教育。我们不仅在聆听讲座的过程中学到了专业知识，还了解了克服学习、科研、生活中问题的方法。

每一次讲座都各有侧重点，层层递进。下面谈一谈我对于这些讲座的理解与感悟：

(1) 电气技术专业学生成长及职业素养

陈新之老师向我们介绍了电气技术专业学生成长及职业素养。他以风趣幽默的漫画为引入，由浅入深，详细介绍了他的学习杂谈和他眼中工程师的技能要求。其中，GTD 四象限法则、非暴力沟通、3F 倾听法等都令人印象深刻。

陈新之老师强调，专业能力是我们的立身之本，但作为一个电气工程专业的学生，优秀的处世能力同样重要。善于倾听，耐心沟通，与他人友好相处，往往能带来意想不到的收获。只有先学会处世，改善做事方法，不断提高技术能力，才会成为优秀的工程师。

(2) 电力电子技术在电力系统中的应用

史明明老师向我们介绍了电力电子技术在电力系统中的应用。他以电气工程的定义为引入，从电力电子技术的定义、作用、应用和未来 4 个方面深刻介绍了电力电气技术。其中，在电力电子技术的应用部分，史明明老师向我们介绍了 6 个典型应用工程，分别为动态无功补偿技术、高压直流输电工程、柔性直流输电工程、统一潮流控制器示范工程、储能调峰调频工程、交直流混合配电示范工程。

本学期，我还学习了《现代电力电子电路》课程，学习了多种多样的电力电子电路。通过本次讲座的介绍，我对这些电路的实际应用有了更为深刻的理解。对行业的现状和前景有了进一步的认知。

此外，史明明老师还强调，未来人工智能和电力大数据将发挥更为广泛的作

用，帮助解决电力电子技术发展中遇到的问题。

(3)氮化镓功率器件特性与应用

李全春老师向我们介绍了氮化镓功率器件的特性与应用。他从半导体的发展历史开始，逐步介绍了氮化镓功率器件的器件特性及其优势。氮化镓功率器件可以提高电源的效率，降低电路的损耗，减小体积，提高功率密度，降低整机 BOM 的成本。他说，创新是多维度、多角度、多层面的，电气技术的创新不仅局限于技术能力的创新，电力电子器件本身的材质也值得探索。

同时，李全春老师介绍了电源芯片及功率器件应用工程师基本要求：①专业技能上，要求有相关电源变换器的设计经验；②文档处理上，要求善于撰写应用文档、培训资料等技术文档；③交流沟通上，对英语水平和沟通能力也有一定要求。

(4)永磁同步电机

朱宏伟老师向我们介绍了永磁同步电机。他从电机运行的基础原理和基本控制策略切入，用生动形象的动画视频，阐释了电机运行过程中各类参数的变化情况，通俗易懂。接着，他又系统地向我们介绍了电机学科的现状和研究成果。

此外，朱宏伟老师给我们推荐了几本电机方向的英文参考书，便于我们学习和理解。虽然我不是电机方向的学生，但本次讲座帮助我完善了对于电机方向的专业构架，拓宽了学科专业的眼界。

(5)销售变革

徐焱炜老师向我们介绍了米其林集团作为全球轮胎科技领导者的运营模式、战略核心和产品理念。自 1889 年至今，在漫长的历程中，米其林集团从发明首条自行车可拆卸轮胎到 1895 年发明首条轿车用充气轮胎，始终在轮胎科技与制造方面不断发明创新，靠的就是踏实钻研，以轮胎的品质说话。

徐焱炜老师说，任何人要想在行业上取得突破和进展，都必须从基本的小事做起。他曾在宝洁公司担任销售，受尽冷眼旁观；也曾在米其林下过工厂车间，全身都是混合着汗水的机油。但这些经历让他变得更踏实，脚踏实地争取机会，也让他对自己有了更为清晰的定位和规划。

(6)我的职业生涯

刘菁老师与我们分享了她的职业生涯。她层层剖析了自己的择业过程和人生选择，详细介绍了各类企业的优势和弱势，分享了很多社交技巧。

在她的讲述中，我对于取舍和权衡有了更深刻的理解。正所谓“鱼和熊掌不可兼得”，想清楚自己最想要什么，最应该去争取什么，舍去次要因素，有目标、有选择地主动出击，才能收获自己想要的资源和成果。

(7)电动汽车充换电基础设施技术现状与商业模式

郑隽一老师主要讲授了电动汽车充换电基础设施技术现状与商业模式。他分别介绍了换电技术现状、充电技术现状和充电主要的商业模式，并针对性地提出了电动汽车发展中存在的问题。

郑隽一老师还给我们分享了一个职业规划大纲：制定职业生涯总体目标→确认阶段性方向→分析社会环境和职业环境→放手去做。他说，市场是始终具有不确定性的，只有明确了自己的职业方向和总体目标，才能更好地制定职业规划，顺应市场潮流。

通过以上讲座的学习，我总结出以下几点心得体会：

(1)善处世。良好的工作关系、家庭关系会让我们保持身心愉悦，对工作投入更大的热情。耐心倾听他人的想法，细心谨慎思考问题，娓娓表达自己的见解，对工作伙伴谦虚谨慎，用欣赏和学习的眼光看待身边的人，才能结交到良师益友，在交流沟通中提升自己的人际交往能力和职业魅力。

(2)有目标。在本学期的课程中，很多老师都提到了要明确职业目标，制定职业规划。我们东南大学的校训是“止于至善”，也强调了要以尽善尽美的境界作为目标，不断追求卓越。在今后的职业生涯中，最终想要达到什么目标、需要向着什么职业方向努力、如何准备以实现目标等等，都是我们应当终身思考、终身探索的问题。

(3)有规划。学会时间管理的方法，养成计划与总结的习惯，合理地进行时间规划和任务管理。做任何事情，无论大小，都去制定一个计划，并严格按照计划去实施。在按照规划执行任务的过程中，逐渐找到自己做事的节奏。每做完一件事，都要及时总结归纳自己的改进和不足，争取长足的进步。

(4)有态度。学海无涯，在任何工作岗位上，都要虚心学习，主动吸收课本上、同事同行中、项目过程里的知识，保持谦虚的心态，保有乐观平和的职业心理，尽自己的最大努力去工作。对每一份工作都心存敬畏，做一个敬业而优秀的人，为了自己的目标全力以赴。

综上所述，通过本学期《职业素质教育》课程的学习，我不仅收获了专业知识拓展，还学到了待人处世的方法，更懂得了许多实用的职场法则。在社会分工日趋细化的今天，扎实的职业技能和职业素养，可以帮助我们获得更多的发展机会和更广阔的发展前景。作为一名电气工程专业的研究生，我相信，只要明确目标并为之付出努力，学好、学实专业技能，积极参加课内外实践活动，不断提高自身综合素质，就一定能够成为有担当、成大事的优秀工程师，为实现中华民族的伟大中国梦贡献力量！

最后，对于本课程我还有一个建议。每次讲座后，老师们都给我们提供了向主讲老师交流学习的机会，但由于我们对讲座内容不太熟悉，往往一知半解，因此有时很难提出我们真正需要了解的问题。希望在讲座开始前，老师们可以提供一些讲座介绍供我们提前对讲座做准备功课，梳理自己需要重点了解的方面，更好地向主讲老师学习请教。

非常感谢本学期《职业素质教育》课程老师们的辛苦付出！