

工程硕士专业学位标准

(试行)

领域名称：电子与通信工程

领域代码：430109

全国工程硕士专业学位教育指导委员会

2007年10月

前 言

本标准由全国工程硕士专业学位教育指导委员会提出。

本标准由全国工程硕士专业学位教育指导委员会电子与通信工程领域教育协作组领域学位标准研究课题组起草。

本标准由全国工程硕士专业学位教育指导委员会秘书处归口。

本标准由全国工程硕士专业学位教育指导委员会解释。

本标准由全国工程硕士专业学位教育指导委员会自 2007 年 10 月 20 日发布, 2007 年 10 月 20 日开始实施。

目 录

1. 前言.....	1
2. 领域覆盖范围.....	1
2.1 电子与通信工程领域的定义.....	1
2.2 电子与通信工程领域的特征.....	1
3. 学科基础.....	2
3.1 电子与通信工程领域的理学学科基础.....	2
3.2 电子与通信工程领域的工学学科基础.....	2
3.3 电子与通信工程领域的人文学科基础.....	2
4. 培养目标.....	2
5. 知识结构.....	2
5.1 基础知识.....	2
5.2 专门知识.....	2
5.3 人文知识.....	3
5.4 工具性知识.....	3
6. 能力要求.....	3
6.1 获取知识能力.....	3
6.2 应用知识能力.....	3
6.3 工程实践能力.....	3
6.4 开拓创新能力.....	4
6.5 组织协调能力.....	4
7. 素质要求.....	4
8. 学位论文.....	4
8.1 选题要求.....	4
8.2 形式要求.....	5
8.3 内容要求.....	5
8.4 质量要求.....	5
9. 学位授予.....	6
附录一 电子与通信工程领域工程硕士的培养要点.....	7
1. 电子与通信工程领域工程硕士的培养特色.....	7
1.1 工程硕士研究生培养的共性特色.....	7
1.2 电子与通信工程领域工程硕士培养的领域特色.....	7
2. 电子与通信工程领域工程硕士的生源要求.....	7

3. 电子与通信工程领域工程硕士的入学要求.....	7
4. 电子与通信工程领域工程硕士的培养年限.....	8
5. 电子与通信工程领域工程硕士的课程体系与核心课程.....	8
5.1 政治理论课程.....	8
5.2 英语课程.....	8
5.3 工程应用数学、物理类课程.....	8
5.4 专业基础课程.....	8
5.5 专业技术课程.....	9
5.6 前沿技术讲座.....	9
5.7 经济与管理基础类课程.....	9
5.8 核心课程.....	9
6. 电子与通信工程领域工程硕士的导师及其职责.....	9
7. 电子与通信工程领域工程硕士的学位论文工作.....	10
7.1 学位论文的开题报告.....	10
7.2 工程硕士学位论文的中期检查.....	11
7.3 工程硕士学位论文的内容要求.....	11
7.4 对不同领域或形式的论文要求如下：.....	11
7.5 电子与通信工程领域工程硕士学位论文的预审.....	12
7.6 电子与通信工程领域工程硕士学位论文的答辩.....	12
7.7 电子与通信工程领域工程硕士学位论文的评分标准.....	12
8. 电子与通信工程领域工程硕士的学位申请、授予与管理.....	13
8.1 电子与通信工程领域工程硕士专业学位的申请.....	13
8.2 电子与通信工程领域工程硕士学位授予条件.....	14
8.3 电子与通信工程领域工程硕士学位授予.....	14
8.4 电子与通信工程领域工程硕士学位管理.....	14
附录二 电子与通信工程领域工程硕士的培养质量评估.....	15
1. 评估所需的材料.....	15
2. 评估方案.....	15
3. 培养质量评估的组织与实施.....	15
3.1 评估专家的组成.....	15
3.2 评估程序.....	16
3.3 培养质量自评估.....	16
3.4 培养质量抽查评估.....	16
附录三 电子与通信工程领域的发展沿革与发展方向.....	20
1. 电子与通信技术的发展沿革.....	20

2. 电子与通信技术的发展趋势.....	22
2.1 电子元件技术的发展趋势.....	22
2.2 半导体与集成电路技术的发展趋势.....	23
2.3 信息技术的发展趋势.....	25

电子与通信工程领域工程硕士专业学位标准（试行）

1. 前言

电子与通信工程领域工程硕士专业学位是与本工程领域任职资格相联系的专业性学位。

为明确电子与通信工程领域工程硕士的培养要求，保证培养质量，促进本领域工程硕士教育的发展，依据《中华人民共和国学位条例》，制定本标准。

本标准对电子与通信工程领域工程硕士培养工作具有共性的专业学位标准提出了基本要求，是本领域工程硕士培养的指导性文件。

各培养单位应参照本标准，并根据各自特点和企业需求，制定出更为详尽、更具特色的培养方案和实施办法。

2. 领域覆盖范围

2.1 电子与通信工程领域的定义

电子与通信工程领域是电子技术与信息技术相结合的构建现代信息社会的工程领域。

2.2 电子与通信工程领域的特征

（1）电子与通信工程领域的学科特征

电子与通信工程领域涉及了信息与通信工程和电子科学与技术两个一级学科及其所属二级学科：通信与信息系统、信号与信息处理、电路与系统、电磁场与微波技术、物理电子与光电子学、微电子学与固体电子学。

（2）电子与通信工程领域的技术特征

电子技术利用微波、物理电子、光电子、微纳电子等基础理论研究电子元器件、集成电路、计算机等的设计和制造等理论与工程技术问题；信息技术研究信号检测、信息获取、信息传输、信息交换、信息处理与应用，通信、计算机及电子系统的设计和制造等理论与工程技术问题。

（3）电子与通信工程领域的行业特征

电子与通信工程领域的行业覆盖面为：通信与网络，雷达与导航，广播电视，消费类电子，电子仪器与设备，半导体与集成电路，固体电子器件，电真空器件，微波器件，电子材料与微纳米材料等行业。

3. 学科基础

3.1 电子与通信工程领域的理学学科基础

电子与通信工程领域的理学学科基础是数学、物理学和化学。

3.2 电子与通信工程领域的工学学科基础

电子与通信工程领域的工学学科基础是电子科学与技术、信息与通信工程、光学工程、材料科学与工程、生物医学工程等。

3.3 电子与通信工程领域的人文学科基础

电子与通信工程领域的人文学科基础是哲学、理论经济学、法学、政治学、中国语言文学、外国语言文学、管理科学与工程等。

4. 培养目标

电子与通信工程领域培养基础扎实、素质全面、工程实践能力强并具有一定创新能力的应用型、复合型高层次工程技术和工程管理人才。

所培养的工程硕士研究生应拥护党的基本路线和方针政策，热爱祖国，遵纪守法，具有良好的职业道德和敬业精神，具有科学严谨和求真务实的学习态度和工作作风。

应掌握电子与通信工程领域的基础理论、先进技术方法和现代技术手段，了解本领域的技术现状和发展趋势，在本领域的某一方向具有独立从事工程设计与运行、分析与集成、研究与开发、管理与决策能力。能够胜任电子与通信工程领域高层次工程技术和工程管理工作。同时，应掌握一门外语技能，能够顺利阅读本领域国内外科技资料和文献。

5. 知识结构

5.1 基础知识

本领域的工程硕士不仅要求掌握工科大学毕业生所必须掌握的数学和物理知识，还要根据电子与通信工程领域的特点及自己的研究方向，通过有选择性地学习高等代数、矩阵理论、随机过程与排队论、计算方法、应用泛函分析、数值分析、优化理论与方法等高等工程数学，提高科学思维和逻辑推理能力；能够运用数学语言，描述工程实际问题，建立适当的数学模型，运用必要的计算软件，进行科学与工程的分析 and 处理。

5.2 专门知识

本领域的工程硕士要求掌握电子与通信工程领域某个学科方向较为系统深入的专业基础知识及较为全面先进的专业技术知识。

获取本领域专业基础知识的核心课程有：应用信息论基础、统计信号处理、数字通信、通信网理论基础、数字信号处理、信号检测与估值理论、微波电路理论、高等电磁场理论、导波原理与方法、导波光学、半导体光电子学导论、半导体器件物理、集成电路设计基础、电路的优化设计、电子设计自动化、VLSI 系统设计基础、固体电子学、电子信息材料与技术、液晶物理、液晶化学与材料、现代材料分析技术等。

随着领域外延的进一步扩大，学科与领域间的交叉进一步加深，工程硕士研究生还可以根据自身的特点，从其他专业基础课程获取所需的专业基础知识以及与自己的研究方向容易形成交叉的学科知识。

5.3 人文知识

本领域的工程硕士要求通过学习自然辩证法、科学社会主义理论和管理科学等人文社科知识，培养工程硕士的人文精神、哲学思维和科学方法，用科学发展观指导工程实践。

5.4 工具性知识

(1) 外语知识

本领域的工程硕士要求具有较熟练的阅读理解能力，一定的翻译写作能力和基本的听说交际能力，以适应在本学科研究中查阅国外文献和进行对外交流的需要。

(2) 计算机知识

本领域的工程硕士要求至少掌握一种计算机程序语言及编程方法，同时还要求能够熟练运用计算机操作系统和文献检索工具浏览与查询技术文献和资料。

6. 能力要求

电子与通信工程领域的工程硕士要求具有以下 5 个方面的能力：

6.1 获取知识能力

要求本领域的工程硕士具有从书本、媒体、期刊、报告、计算机网络等一切可能的途径快速获取能够符合自己需求的信息，并善于自学、总结与归纳的能力。

6.2 应用知识能力

要求本领域的工程硕士能够综合运用所学的知识，解决电子与通信工程领域的工程实际问题。

6.3 工程实践能力

要求本领域的工程硕士能够解决电子与通信工程领域的工程项目、规划、研究、设计与

开发、组织与实施等实际问题。

6.4 开拓创新能力

要求本领域的工程硕士能够在工程技术发展中善于创造性思维、勇于开展创新试验、创新开发和创新研究。

6.5 组织协调能力

要求本领域的工程硕士具有良好的协调、联络、技术洽谈和国际交流能力，能够高效地组织与领导实施科技项目开发，解决科技开发项目进展过程中所遇到的各种问题。

7. 素质要求

要求本领域的工程硕士具有高度的社会责任感和历史使命感，坚决维护国家和人民的根本利益。

具有科学精神，掌握科学的思想和方法，坚持实事求是、严谨勤奋、勇于创新，富有合作精神。

具有强烈的事业心，爱岗敬业，诚实守信，遵守职业道德和工程伦理，能够正确处理国家、单位、个人三者之间的关系。

具有良好的身心素质和环境适应能力，注重人文精神与科学精神的结合，保持平和的心理状态，能够正确对待成功与失败，正确处理人与人、人与社会及人与自然的的关系。

8. 学位论文

8.1 选题要求

电子与通信工程领域工程硕士专业学位论文选题应直接来源于生产实际或具有明确的工程背景，其研究成果要有实际应用价值，拟解决的问题要有一定的技术难度和工作量，选题要具有一定的理论深度和先进性。具体可从以下方面选取：

- (1) 技术攻关、技术改造、技术推广与应用；
- (2) 新工艺、新材料、新产品、新设备的研制与开发；
- (3) 引进、消化、吸收和应用国外先进技术项目；
- (4) 应用基础性研究、预研专题；
- (5) 一个较为完整的工程技术项目或工程管理项目的规划或研究；
- (6) 工程设计与实施；

(7) 技术标准制定。

8.2 形式要求

根据 8.1 节的选题要求,电子与通信工程领域工程硕士专业学位论文的形式可以是工程研究、工程设计、工程规划、工程管理等。

8.3 内容要求

电子与通信工程领域的工程硕士学位论文应包括以下内容:

- (1) 题目、作者、导师;
- (2) 中英文摘要与关键词;
- (3) 独立完成与诚信声明;
- (4) 选题的依据与意义;
- (5) 国内外文献资料综述;
- (6) 论文主体部分: 研究内容、设计方案、分析计算、实验研究、研究成果等;
- (7) 结论;
- (8) 参考文献;
- (9) 致谢;
- (10) 英文缩略语表;
- (11) 必要的附录(包括企业应用证明、项目鉴定报告、获奖成果证书、设计图纸、程序源代码、论文发表等)。

8.4 质量要求

- (1) 论文选题有明确的工程应用背景,论文工作有一定的技术难度或理论深度,论文成果具有一定的先进性和实用性;
- (2) 论文工作应在导师指导下独立完成。论文工作量饱满,一般应至少有一年的论文实际工作时间;
- (3) 文献综述应对选题所涉及的工程技术问题或研究课题的国内外状况有清晰的描述与分析;
- (4) 论文的正文应综合应用基础理论、科学方法、专业知识和技术手段对所解决的工程实际问题进行分析研究,并能在某些方面提出独立见解或有所创新;

(5) 论文写作要求概念清晰，结构合理，层次分明，文理通顺，版式规范。

9. 学位授予

电子与通信工程领域的工程硕士研究生，修满培养方案规定的课程和学分，成绩合格，完成学位论文工作，提出学位申请，通过论文答辩，经过学位评定委员会的审定达到培养目标，可被授予本领域工程硕士专业学位。

工程硕士专业学位证书由国务院学位委员会办公室统一制定，学位获得者的学位证书由经国务院学位委员会办公室同意的电子与通信领域工程硕士专业学位授予单位颁发。

附录一，电子与通信工程领域工程硕士的培养要点

附录二，电子与通信工程领域工程硕士培养质量评估

附录三，电子与通信工程领域的发展沿革与发展方向

附录一 电子与通信工程领域工程硕士的培养要点

1. 电子与通信工程领域工程硕士的培养特色

1.1 工程硕士研究生培养的共性特色

- (1) 工程硕士生源绝大部分来源于企业。
- (2) 工程硕士培养应用型、开发型、复合型高级工程技术与工程管理人才，这与工学硕士不同。工学硕士培养科学型、研究型高级科学技术人才。两者在培养目标上有区别。这个区别决定了教学计划、课程内容、学习方式、学位论文等各个环节都有区别。
- (3) 工程硕士研究生在学习期间进校不离岗，主要用业余时间或适当集中的工作时间学习课程。
- (4) 工程硕士研究生的培养方案要求满足生源单位对专业人才的需求，具有针对性。
- (5) 工程硕士的学位论文选题以技术开发与技术改造课题为主，强调应用性、开发性、创新性，强调论文的应用效果和应用价值。

1.2 电子与通信工程领域工程硕士培养的领域特色

- (1) 本领域工程硕士生源相对比较充足，且基础普遍较好。
- (2) 本领域工程硕士的所在单位不论在其规模和单位性质上都呈多样性。
- (3) 本领域是一个高科技领域，科学与技术高速发展的特征要求工程硕士研究生的培养方案与专业课程设置也能体现与时俱进。

2. 电子与通信工程领域工程硕士的生源要求

本领域工程硕士研究生的基本生源应该来自企业和研究机构，从事工程技术方面工作的教育部门、行政机关和军队单位的生源也可报考。

本领域工程硕士研究生报考者的本科专业要求与电子与通信领域紧密相关。如果本科专业与电子与通信工程领域跨度较大但报考时已经从事电子与通信工程领域工作者也可以报考。

本领域工程硕士研究生的招收对象为获得学士学位的本科毕业生。工作业绩突出、未获得学士学位但具有本科毕业文凭的也可以被录取，但这部分人员占全部录取人员的比例不能高于10%。

3. 电子与通信工程领域工程硕士的入学要求

本领域工程硕士研究生入学考试的科目为国家联考的 GCT 和由培养单位自行组织的专业综合考试。

GCT 考试的成绩可在各培养学校通用两次，每年只能用于一个学校，2 年内（含 2 年）有效。专业综合考试的形式由各培养单位自行决定，面试由培养单位组织专家小组进行，重点测试考生解决工程实际问题的能力。

GCT 考试的录取分数线由各培养单位自行决定，专业综合考试不及格者不能被录取。

4. 电子与通信工程领域工程硕士的培养年限

本领域工程硕士研究生的培养年限一般为 2 年半，其中学位论文工作时间不得少于 1 年。

允许并鼓励工程硕士研究生从入学起就开始（或延续）与工程硕士学位论文紧密相关的工作，优秀的工程硕士研究生可以申请提前答辩，但总年限不得低于 2 年，其中学位论文阶段（从完成开题报告开始）不得少于 10 个月。

本领域工程硕士研究生的培养年限最长不得超过 6 年。

5. 电子与通信工程领域工程硕士的课程体系与核心课程

本领域工程硕士的课程体系包括：政治理论课程、英语课程、工程应用数学及物理类课程、专业基础课程、专业技术课程、前沿技术讲座、经济与管理类基础课程等，总学分不能低于 32。

5.1 政治理论课程

政治理论课程包含自然辩证法、科学社会主义理论等，学分数为 2-3。

5.2 英语课程

英语课程包含基础英语和专业英语。基础英语 3 学分，学时数不超过 108；专业英语 1 学分，学时数为 16-20。

5.3 工程应用数学、物理类课程

工程应用数学课程包括高等代数、矩阵理论、随机过程与排队论、计算方法、数值分析、应用泛函分析、优化理论与方法等课程。工程应用数学课程的学分不低于 3 学分。

物理类课程可根据具体需求确定内容和学分。

5.4 专业基础课程

本领域工程硕士研究生的专业基础课程包括：通信系统与理论、通信网络理论基础、应用信息论基础、数字信号处理、统计信号处理、信息战导论、高等电磁场理论、天线理论、电磁兼容理论及应用、微波电路理论、集成电路设计基础、电路最优化设计方法、导波原理与方法、导波光学、半导体光电子学导论、半导体器件物理、固体电子学、电子信息材料与技术、现代材料分析技术等。

专业基础课程学分要求不低于 8 个学分，课程门数不少于 3 门。

各培养单位还可以根据用人单位的需求及技术的发展，对以上所列专业基础课程进行补充或调整。

5.5 专业技术课程

专业技术课程可由各培养单位根据各自的培养方向和行业实际需要设置，学分要求不低于 12 个学分，课程门数不少于 5 门。

5.6 前沿技术讲座

- (1) 本领域工程硕士研究生的课程设置中要求开展前沿技术讲座。各培养单位要指定专门的教师负责前沿技术讲座的安排。
- (2) 每届工程硕士研究生参与前沿技术讲座的次数不应少于 5 次，学分数为 2 个学分。
- (3) 讲座的形式以本领域的专家演讲为主，研究生可以参加讨论。
- (4) 讲座的内容主要是介绍本领域各学科的科学技术发展动态、与本领域紧密相关的国家科技政策、最新的研究成果、系统、产品及市场动态等。
- (5) 考核形式为提交一份结合前沿技术讲座内容的读书报告，报告内容应有一定的深度。报告要有专门的教师负责批阅并客观地给出成绩。

5.7 经济与管理基础类课程

经济与管理学基础课程包含管理学、管理经济学等课程，各培养单位可根据学员的要求决定是否开设该类课程。

5.8 核心课程

电子与通信工程领域工程硕士研究生的核心课程包括：应用信息论基础、统计信号处理、数字通信、通信网理论基础、数字信号处理、信号检测与估值理论、微波电路理论、高等电磁场理论、导波原理与方法、导波光学、半导体光电子学导论、半导体器件物理、集成电路设计基础、电路的优化设计、电子设计自动化、VLSI 系统设计基础、固体电子学、电子信息材料与材料、液晶物理、液晶化学与材料、现代材料分析技术等。

除了以上安排的课程内容以外，还可以由培养单位与合作企业选定或增设其他课程内容。

6. 电子与通信工程领域工程硕士的导师及其职责

本领域工程硕士研究生实行双导师制，两位导师都必须具有高级职称或已经获得相关领域博士学位，其中一位导师来自培养学校，即学校导师，也称第一导师；另一位导师原则上要求来自研究生所在的单位，称为企业导师或第二导师。

工程硕士研究生的导师要求在学位论文开题报告前已经确认。

学校导师（第一导师）负有工程硕士研究生指导的主要责任。其主要职责包括：

- （1）关心工程硕士研究生的学习和工作；
- （2）指导研究生制定培养计划；
- （3）与企业导师共同商议、指导研究生选择工程硕士学位论文的研究课题；
- （4）指导研究生开展学位论文研究并进行阶段性的检查与考核，负责组织实施工程硕士学位论文的开题报告、中期考核；
- （5）指导研究生撰写学术论文和学位论文, 组织实施学位论文答辩，防范学术论文和学位论文发生抄袭他人材料、剽窃他人成果和虚假实验数据等不良现象，严把学位论文质量关。

6.1 企业导师（第二导师）配合学校导师指导工程硕士研究生，其主要职责有：

- （1）关心工程硕士研究生的学习和工作，帮助研究生落实完成学位论文所需要的时间；
- （2）推荐或提供单位可供选择的工程研究（或设计）课题；
- （3）指导工程硕士学位论文研究；
- （4）协助学校导师指导研究生撰写学位论文，把握学位论文中实验数据的真实性；
- （5）防止学位论文中泄露涉及企业技术机密的资料和数据，以免对企业造成利益损害。防范和杜绝学术论文和学位论文发生抄袭他人材料、剽窃他人成果和虚假实验数据等不良现象，严把学位论文质量关。

7. 电子与通信工程领域工程硕士的学位论文工作

7.1 学位论文的开题报告

- （1）工程硕士的学位论文应按本领域的学位标准要求进行选题并进行开题报告。开题报告一般要求在第三学期结束前完成。
- （2）进行开题报告前，工程硕士研究生要通过广泛地阅读相关资料对选题内容进行深入的了解。阅读的文献总数不应少于 15 篇，其中外文资料不能少于 3 篇。在此基础上写出与学位论文紧密相关的文献综述。综述的内容包括：国内外的研究现状、尚需进一步研究和开发的问题和内容等。
- （3）各培养单位对工程硕士学位论文开题报告的格式要有统一的要求，内容包括：题目、课题来源、文献综述、研究内容、拟采取的技术路线和实施方法、进度安排及学分完成情况等。当研究的课题是一个集体项目时，需要在开题报告中说明本人在其中承担的内容和估计工作量。

- (4) 开题报告的字数不应少于 5000 字，并按规范引用和列出参考文献。
- (5) 开题报告中要列出准备中期检查的计划内容和时间安排。
- (6) 开题报告要求有 3-5 位具有高级技术职称的教师组成专家组，组长不能由该研究生的导师担任。

7.2 工程硕士学位论文的中期检查

- (1) 工程硕士学位论文的中期检查一般安排在开题报告半年以后进行。
- (2) 培养学校要组织 3-5 位具有高级技术职称的老师参加中期检查。被检查研究生的导师不能担任检查小组组长。检查过程包括：听取工程硕士研究生汇报课题进展情况、运用科学理论解决工程实际问题的能力、后阶段工作技术问题的预测和拟采用的技术路线以及课题结束日期的计划等。
- (3) 中期检查小组要根据研究生的论文研究中期报告写出评语，并给出具体的考核成绩。考核成绩包括通过和不通过两种。
- (4) 对于未通过中期检查的工程硕士研究生，指导老师要帮助其分析原因，提出相应的改进研究措施和要求。

7.3 工程硕士学位论文的内容要求

- (1) 本领域工程硕士的学位论文应包含学位标准规定的：题目、作者与导师，中英文摘要与关键词，独立完成与诚信声明，选题的依据与意义，国内外文献资料综述，主体部分，结论，参考文献，致谢，英文缩略语表，必要的附录等。
- (2) 文献综述应对选题所涉及的工程技术问题或研究课题的国内外状况有清晰的描述与分析。
- (3) 主体部分要综合运用基础理论、科学方法、专业知识和技术手段对所解决的工程实际问题进行分析研究，并能在某方面提出独立见解。论文反映的内容具有一定的技术难度或理论深度，工作量饱满。论文成果具有先进性和实用性。

7.4 对不同领域或形式的论文要求如下：

- (1) 工程研究类（包括应用基础研究、应用研究、预研究、实验研究、系统研究等）项目论文，要求综合应用基础理论与专业知识，分析过程正确，实验方法科学，实验结果可信，论文成果具有先进性和实用性。
- (2) 工程设计类论文，应以解决生产或工程实际问题为重点，设计方案正确，布局及设计结构合理，数据准确，设计符合行业标准，技术文档齐全，设计结果投入了实施或通过了相关业务部门的评估。

- (3) 工程规划类论文，要求需求分析合理，数据样本可靠，论证充分严密，总体规划正确，具有前瞻性，体现科学发展思想。
- (4) 工程管理类论文，应有明确的工程应用背景，研究成果应具有一定经济或社会效益，统计或收集的数据充分可靠，理论建模和分析方法科学正确。

7.5 电子与通信工程领域工程硕士学位论文的预审

- (1) 本领域工程硕士学位论文在申请答辩前必须经过预审。
- (2) 参加预审的人员应该是本领域的专家，具有高级职称，并具有丰富的研究生培养经验，人数不少于 2 人。
- (3) 工程硕士学位论文预审的形式可以是明审，也可以是盲审。明审专家要求有 1 位是校外的，盲审专家应该都是校外的。
- (4) 只有通过预审的论文才能提出申请学位论文答辩。
- (5) 未通过预审的论文，应根据专家在预审评语上指出的问题，在导师的督促和指导下，由论文作者本人进行修改，在 3 个月内递交论文的复审稿进行复审。如果发现存在较大差距，则必须继续进行论文工作，重新撰写论文，并再次进行复审。
- (6) 复审后仍未通过的论文，其作者在半年内不得向学位授予单位递交《申请工程硕士专业学位论文答辩》申请书。

7.6 电子与通信工程领域工程硕士学位论文的答辩

- (1) 学位论文通过预审的工程硕士研究生可以申请学位论文答辩。
- (2) 学位论文答辩的申请必须经学科负责人或院（系）的学位委员会主席批准。
- (3) 申请答辩的研究生已完成至少 1 篇与学位论文紧密相关的、规范的学术论文或技术报告，并将其提交答辩委员会。
- (4) 提交答辩的学位论文以及所附的学术论文或技术报告必须经 2 名高级技术职称的专家评阅，并同意论文作者进行学位论文答辩。
- (5) 答辩委员会由 3-5 名具有高级技术职称的专家组成。如果答辩委员会成员不足 5 人，则参加答辩研究生的导师不能担任答辩委员会成员；答辩委员会成员超过 5 人（含 5 人），则参加答辩研究生的导师可以担任答辩委员会委员，但不能担任答辩委员会主席。

7.7 电子与通信工程领域工程硕士学位论文的评分标准

参照全国工程硕士教育指导委员会“关于工程硕士专业学位论文基本要求的通知”（指导委[2005]第 2 号），本领域工程硕士学位论文的评分分成工程设计类与研究论文类。评分细则如下：

(1) 工程设计类工程硕士学位论文评分表

评审项目	权重	评审内容
选题	10%	解决工程实际问题，明确的工程应用背景和应用价值。
文献综述	10%	对国内外文献资料的分析与综述水平。
技术难度与工作量	20%	一定的技术难度，论文实际工作量不少于一年。
设计内容与方法	20%	设计方案合理，设计结构正确，设计依据详实、可靠，设计方法体现一定的先进性，附表完整。
知识水平	20%	综合运用基础理论、专业知识、科学方法和技术手段分析和解决工程实际问题的水平。
成果评价	10%	新颖性、先进性、实用性；经济效益和社会效益。
论文写作	10%	概念清晰、结构合理、层次分明、文理通顺，版式规范。

(2) 研究论文类工程硕士学位论文评分表

评审项目	权重	评审内容
选题	10%	解决工程实际问题，明确的工程应用背景和应用价值。
文献综述	10%	对国内外文献资料的阅读量、分析与综述水平。
技术难度与工作量	20%	一定的技术难度，论文实际工作量不少于一年。
技术的先进性	15%	先进技术方法和现代技术手段的运用；新思想、新方法、新工艺、新材料的应用。
理论水平	15%	理论推导、分析的严密性和完整性；综合运用基础理论和专业知识解决工程实际问题的水平。
成果效益	15%	论文成果的经济效益和社会效益；论文成果的学术贡献。
创新性或独立见解	5%	创新性成果或独立见解。
论文写作	10%	论文的系统性、逻辑性、图文规范性和写作水平。

8. 电子与通信工程领域工程硕士的学位申请、授予与管理

8.1 电子与通信工程领域工程硕士专业学位的申请

电子与通信工程领域的工程硕士研究生，修满培养方案规定的课程和学分，成绩合格，完成学位论文工作后，可向培养学校提出工程硕士专业学位申请。

8.2 电子与通信工程领域工程硕士学位授予条件

电子与通信工程领域的工程硕士专业学位授予应满足以下条件：

- (1) 完成工程硕士的学分要求；
- (2) 完成工程硕士学位论文的各个环节要求；
- (3) 通过工程硕士学位论文答辩；
- (4) 通过各级学位委员会的审查。

8.3 电子与通信工程领域工程硕士学位授予

满足工程硕士专业学位授予条件的研究生可由经国务院学位委员会办公室同意的电子与通信领域工程硕士专业学位授予学校授予本领域工程硕士专业学位，发放学位证书。学位证书由国务院学位委员会办公室统一制定。

8.4 电子与通信工程领域工程硕士学位管理

电子与通信工程领域工程硕士研究生培养单位的学位管理人员对每位研究生学位论文各个环节的文档要保存完好，不得缺损。

附录二 电子与通信工程领域工程硕士的培养质量评估（实行稿）

为了不断提高工程硕士的培养质量，电子与通信工程领域工程硕士教育指导组要求各培养单位每隔 5 年进行一次本单位工程硕士培养质量的总结与评估。评估工作以自评为主，领域指导组将在各单位实施客观自评的基础上组织专家进行抽评，被抽到的培养学校应做好相应的准备，积极支持由本领域指导组安排的评估。

1. 评估所需的材料

- (1) 学校制定的工程硕士教育的管理文件
- (2) 电子与通信工程领域工程硕士培养方案
- (3) 电子与通信工程领域工程硕士课程的教学大纲
- (4) 电子与通信工程领域近 2 年工程硕士考生报名登记表
- (5) 电子与通信工程领域近 2 年工程硕士入学综合考试试卷
- (6) 电子与通信工程领域工程硕士近 2 年每学期的各教学点课程表
- (7) 电子与通信工程领域工程硕士近 2 年各门课的试卷和答卷
- (8) 电子与通信工程领域工程硕士开题报告、中期考核表
- (9) 电子与通信工程领域工程硕士预审及正式答辩纪录
- (10) 电子与通信工程领域工程硕士学位论文
- (11) 本单位电子与通信工程领域工程硕士培养总结

2. 评估方案

电子与通信工程领域工程硕士培养质量的评估方案由 4 个部分组成。包括：招生（20 分）、课程教育（30 分）、学位论文（30 分）和管理（20 分）等，办学特色与效果（10 分）作为附加部分内容。评估方案见附件 2-1，“电子与通信工程领域工程硕士专业学位研究生培养质量评估方案”（实行稿）。

3. 培养质量评估的组织与实施

3.1 评估专家的组成

工程硕士培养质量的评估专家应由研究生管理部门、培养院系的负责人及具有丰富经验的研究生导师组成，人数为 5-7 人。培养单位组织的自评估专家可以全部来自本校，也可以聘请兄弟院校或当地企业的专家。抽评专家由本领域工程硕士教育指导组安排。

3.2 评估程序

电子与通信工程领域工程硕士培养质量评估一般进行以下程序：

- (1) 听取被评估单位的培养工作总结，评估专家与培养单位人员交流提问；
- (2) 评估专家参观校外培养点，分别召开研究生选送单位领导与研究生座谈会以及任课教师座谈会，了解他们对培养质量的评价，并听取有关建议与意见；
- (3) 评估专家看材料；
- (4) 评估专家进行讨论，汇总有关意见和建议并根据评估方案进行评分，形成评估结论并向被评估单位领导及相关人员报告。

3.3 培养质量自评

电子与通信工程领域工程硕士培养质量自评工作应在本领域规定的时间内，由各培养单位自行安排。

各培养单位应该把开展自评作为一次提高工程硕士培养质量的契机，整理完善管理文件及相关资料，参照评估方案写出总结报告。

评估专家应按照评估程序的安排实施评估，对照评估方案给出评估成绩，并形成评估结论。

自评结束以后，培养单位一方面要对存在的问题提出整改措施，另一方面要在规定的期限内将总结报告、评估结论（含各块打分）递交本领域教育指导组组长。

3.4 培养质量抽查评估

电子与通信工程领域工程硕士培养质量的抽查评估工作在完成本轮自评工作的基础上进行。

各单位自评结束以后，本领域工程硕士教育指导小组适时召开会议，认真检查自评情况，并根据自评情况决定是否需要抽选复评。

参加复评的专家由指导组安排，原则上由本领域教育指导小组中的部分成员组成。

复评结束以后，指导组应将电子与通信工程领域本轮培养质量评估情况写成书面总结报告分发到各培养单位，同时呈报全国工程硕士教育指导员委员会秘书处。

电子与通信工程领域工程硕士教育指导组

2005年11月

附件 2-1 电子与通信工程领域工程硕士专业学位研究生培养质量评估方案（实行稿）

一级指标	二级指标	评估内容	最高得分	实际得分
招生 (20 分)	报考条件 (5 分)	考生全部符合基本报考条件。考生中每出现一个不符合基本报考条件者扣 1 分，最多扣到 20 分为止。	5	
	考生来源 (4 分)	录取的考生来自企业或研究院所，且相对集中。	4	
		录取的考生分散，不便于组织教学且无有效措施。	0	
	专业基础与综合考试 (4 分)	考试科目体现专业特色，命题、评卷与管理规范，考试成绩分布合理。	4	
		考试科目不体现专业特色，命题、评卷与管理不规范。	0	
	全国联考课程成绩 (7 分)	联考课程成绩在平均分以上，且未录取超低分考生。	7	
		联考课程成绩在平均分以下，且成绩排位不属于后 20%，录取超低分考生人数低于录取总数的 3%。	4	
		联考课程成绩在平均分以下，且成绩排位不属于后 10%，录取超低分考生人数低于录取总数的 5%。	1	
		全国联考课程成绩平均分过低或录取超低分考生人数超过录取总数的 5%。	0	
	课程教学 (30 分)	教学文件 (4 分)	培养方案、培养计划、教学大纲等文件齐全规范	4
教学文件不齐全、不规范。			0	
课程设置 (6 分)		课程设置合理科学，体现研究生水平、专业特色和工程性、实践性、应用性。	6	
		课程设置不合理科学，不能体现研究生水平、专业特色和工程性、实践性、应用性。	0	

	课程建设 (4分)	具有适合于工程硕士生教学的教材、课件、实验环节等。	4	
		不具有适合于工程硕士生教学的教材、课件、实验环节等。	0	
	授课教师 (6分)	授课教师工程实践能力强且多数具有高级职称；聘有企业的高水平教师开设课程、讲座或报告。	6	
		授课教师工程实践能力一般，高级职称少；基本没有聘请企业高水平教师。	2	
	教学组织与 实施 (6分)	教学条件好，有适合于工程硕士特点的授课方式，开设有高水平学术讲座，在校学习累计半年以上，执行工程硕士教学计划，考核严格。	6	
		未能执行工程硕士教学计划，考核不严格。	0	
	教学效果 (4分)	专家评判、学生反映、企业评价好。	4	
		专家评判、学生反映、企业评价一般。	2	
学位论文 (30分)	选题 (5分)	80%以上论文选题来自于企业实践，工程背景明确，应用性强。	5	
		65%以上论文选题来自于企业实践，工程背景较明确，应用性较强。	4	
		50%以上论文选题来自于企业实践，工程背景较明确，应用性较强。	3	
		35%以上论文选题来自于企业实践，工程背景和应用性一般。	2	
		80%以上论文选题不是来自于企业实践，工程背景和应用性不明确。	0	
	指导与研究 条件 (5分)	实行学校和企业双导师制，且导师认真负责，研究经费充足，工作条件好，时间可以保证。	5	
		未实行学校和企业双导师制，指导力量弱，研究经费不足，工作条件差，时间难以保证。	0	
	工作环节	开题报告认真，中期检查落实，答辩程序规范，有企业专家参加，把关严格。	5	

	(5分)	开题报告、中期检查和答辩等环节不完备，把关不严格。	0	
	质 量 (15分)	格式规范，条理清楚，表达准确，内容充实，工作量饱满，技术含量高，有很好的社会评价（已在公开刊物发表、获奖、获得专利、通过鉴定，应用于工程实际等）。	15	
		学位论文达不到工程硕士的基本要求。	0	
管理 (20分)	管理机构 (5分)	管理机构健全，责任落实。	5	
		管理机构不健全，责任不落实。	0	
	规章制度 (5分)	规章制度健全，文件齐全，执行好。	5	
		规章制度不健全，文件不齐全，执行不好。	0	
	档案管理 (10分)	招生、教学、学位档案齐全，管理规范。	10	
		招生、教学、学位档案不齐全，管理不规范。	0	
附加分（由评估专家从严掌握）				
一级指标	二级指标	评估内容	最高得分	实际得分
办学特色 与效果 (10分)	办学特色 (5分)	明显	5	
		不明显	0	
	毕业生成就 与社会评价 (5分)	毕业生成就突出，社会评价好。	5	
		毕业生成就突出，社会评价一般。	0	

附录三 电子与通信工程领域的发展沿革与发展方向

1. 电子与通信技术的发展沿革

电子与通信技术的发展是从电的产生开始的。

1752年，富兰克林把电从天空引下来；1785年，库伦提出电荷相互作用定律；1819年，丹麦物理学家汉斯·奥斯特（Hans Oerster）证明通电导体周围存在磁场；1831年，迈克尔·法拉第（M. Faraday）发现，当一个磁体在一个导线圈内相对运动时，会在导线内产生电流，电的时代从此拉开序幕。

1837年，画家莫尔斯（Morse）改进了电报机。1844年，他又用电报机在华盛顿特区和马里兰州的巴尔的摩之间发送了内容为“上帝创造了何等的奇迹啊（What hath God Wrought）”的信息，从而引发了实时远距离通信方式的彻底革命。

1864年，麦克斯韦建立了光的电磁理论并预言了无线电波的存在。紧接着，1887年赫兹用实验验证了麦克斯韦的预言。Oliver Lodge 又于1894年展示了相当短距离内（150yd）的无线通信；再到1901年底时，Guglielmo Marconi 在纽芬兰的 Signal 山接收到了来自1700英里外的英国 Cornwall 发送的无线电信号，此举极大地拓宽了通信的范围。1906年，Reginald Fessenden 历史性地进行了第一次无线电广播。

1875年，贝尔发明了电话，从而使语音实时传输成为现实。

1904年，John Ambrose Fleming 发明了真空两极管，为1906年 Lee de Forest 发明真空三极管开辟了道路。真空三极管的发明促进了1913年洲际电话的开发，标志着无线有声通信的来临，因为在晶体管出现和完善之前，针孔三极管是设计电扬声器的最佳器件。

1918年，Edwin H. Armstrong 发明了超外差式无线电接收机，并于1933年再度发明调频收音机。于是从30年代后期开始，调频成了世界移动通信系统中使用的主要调制技术。第二次世界大战加速了制造及小型化技术的提高，这在战后大量的单向和双向无线电以及电视系统中得到了应用。1928年 Philo T. Farnsworth 首次展示了全电子电视系统，到1939年，英国广播公司（BBC）开始发送电视信号，进行商业运作。50年代，彩色电视在世界上兴起，历时半个世纪，技术上不断有显著改进，直到现在仍然有大量的用户使用着模拟电视。

1937年发明的 PCM 数字编码，翻开了数字技术的篇章。1948年，香农的论文“ A Mathematical Theory of Communication”为数字通信奠定了理论基础。同年，在贝尔实验室发明的晶体管激发了电路在交换与数字通信中的应用。又是在贝尔实验室，1958年3月，第一次通过存储程序系统拨通了电话，也就是我们当今的程控电话。随着信息处理与传输的数字化程度不断提高，信道传输的单纯电话业务已经逐步转化为综合数据业务。到20世纪90年代中期，传统的模拟电视进化为数字电视（DVB），电视的图像和伴音质量都得

到了极大地改善，高清晰数字电视（HDTV）系统也已在少数国家投入商业运行。

雷达是在二次大战期间发展起来的。毫米波的发展，使雷达又向前进了一大步。现在的雷达不但可以看出有无目的物，而且还可以分辨出物体的大致形状，例如是轰炸机还是歼击机。可以用雷达直接观测几百公里范围内的云雨情况，舰船上装有雷达，可以使它在夜间或大雾中看到港口或河道上的障碍物及船只。

第一片被称为第三代电子器件的硅芯片集成电路是在 1958 年由 Robert Noyce 制成的。这一由固态物质和集成电路构成的划时代的新发明也促进了包含 1000 个以上晶体管或器件的大规模集成电路（第四代电子器件，于 1967-1968 年间诞生）以及包含十万个以上晶体管或器件的超大规模集成电路（第五代电子器件，1977 年诞生）的发展。20 世纪七、八十年代以来，电子器件被不断地小型化和微型化，从而使其性能不断提高，成本不断降低，而应用领域则不断拓宽。

第一台电子数字计算机诞生于 1943 至 1946 年间。John von Neumann 为早期数字计算机理论、设计和应用做出了重大贡献。20 世纪 70 年代，推出了微处理器控制的计算机，到了 80 年代，个人计算机已经成为家庭和工作场所必须的物品。然而，由于大型计算机、小型计算机和计算机终端的数量呈指数增加，形成了相互之间交换信息的巨大需求，因此对数据通信电路、网络 and 系统的需求也快速增加。

20 世纪 50 年代早期，计算机和终端之间开始了远距离通信。到了 60 年代，批处理系统被在线处理系统所取代，数据信息可以通过串联或并联通信线路直接连接到计算机的终端。1950 年至 1970 年间，人们对计算机网络进行了各种研究。1971 年投入使用的 ARPANET 是这些研究产生的最重要成果。该网于 1985 年更名为因特网(Internet)。1990 年，Tim Berners-Lee 在因特网中加入超媒体软件接口，于是诞生了万维网(www 网)。

利用卫星进行通信是 John P. Pierce 于 1955 年提出的建议。1957 年，苏联发射了 Sputnik I 卫星。该卫星可传送遥测信号达 21 天之久。美国于 1958 年发射了 Explorer I 卫星，该卫星可传送遥测信号近 5 个月。1962 年 7 月发射的 Telstar I 卫星能够实现跨大西洋的电视信号转发，从而使卫星通信迈出了重大步伐。

无线通信由于其相关技术的保障，正在经历着有史以来发展最快的时期。以前的移动通信领域发展是缓慢的，向所有人提供无线通信能力的方案一直没有被人们构想出来。直到 20 世纪六、七十年代，贝尔实验室提出了蜂窝的概念，并随着 70 年代高度可靠的、小型化的晶体射频电路的发展，无线通信的时代才真正到来。最近，全球蜂窝和个人通信系统接近指数曲线的发展，直接归功于 70 年代的新技术，现在只不过是发展更为成熟而已。

尽管利用光学原理传输信息的技术可以追溯到史前时代，但直到 1966 年，由于英国标准电话实验室的 K. C. Kao 和 G. A. Hochham 提出用涂层玻璃纤维作为一种绝缘体波导，

光通信才有了突破性的发展。此后，多模光纤和单模光纤、短波长和长波长先后问世，并经过多方面试验比较，表明单模光纤在长波长时对长距离通信传输最为合适。1978 开始，国际上普遍推广使用光纤传输线路，不仅在市话网，而且在长途网上陆续替代和淘汰原有的明线和电缆线路。进入 20 世纪 90 年代，光的波分多路技术开始成熟，在光纤线路上装用非常合适，这样在广大通信网的传输线路上，原来安装的多路频分复用（FDM）系统的铜线线路就以很快的速度被装有光纤的波分多路复用（WDM）系统的光纤线路所替代或淘汰。

2. 电子与通信技术的发展趋势

现代信息技术的发展表明，微电子技术、软件技术、计算机技术、通信技术、广播电视技术等多专业技术彼此联系、相互结合、互为支撑的趋势日渐明显，集成电路、整机、系统之间的界限日渐模糊，电信网、电视网、计算机网的信息化功能日趋统一。数字技术、网络技术以及综合化技术已成为信息技术发展的三个显著特点。

现代通信技术总体发展趋势是高速、宽带、大容量与综合化、智能化与个人化。传统的电路交换网逐渐向宽带分组网过渡，大容量高速光纤通信技术的创新将为高速宽带信息基础设施网的建设奠定基础；新一代移动通信系统与IP的结合将进一步推动移动通信的发展；卫星通信向移动和宽带发展；网络管理走向综合和基于策略的管理。

以下是电子与通信工程一些主要技术领域的发展趋势介绍。不过由于本领域发展极快，若干年以后势必出现许多新的发展方向，形成新的发展趋势。

2.1 电子元件技术的发展趋势

21 世纪即将进入网络时代。超高速计算机，移动通信和数字化视听产品将彻底改变电子元件的结构、特征尺寸、性能和在整机中占的份额。传统意义上的分立元器件将被超微化、片式化、模块化、数字化、多功能化、智能化、绿色化、高频、高速、高可靠和低功耗的复合器件所取代。核心器件—芯片必须具有强大的数据存储和处理能力。嵌入式 Flash 存储（闪存存储）技术和高性能 DSP，可以使芯片不会因强存储和高速处理而功耗上升。为了适应数字电视广播要求以及与 PC 和互联网兼容进行多媒体显示和同步处理活动图像和计算机图像，PDP 等新型离子显示器将取代 LCD 液晶显示器。

长期以来“硅”一直在半导体材料中居于霸主地位。目前，单晶硅正向大直径、高纯度、高均匀无缺陷方向发展。最大硅片直径已达 300 毫米，其纯度为每 1000 亿个原子中才有 1 个杂质原子，这已接近理论极限。随着计算机技术的发展，半导体材料将告别硅时代而被化合物、自体愈合材料（如铜、铟、镓二硒化合物）、多孔硅材料和纳米管材料所代替。这些新材料相对硅的最大特点是耐高温、耐高压、低功耗、高速度、在极端条件下原子间结合牢固并具有在固态材料中自我修复功能。用它们可制造电子开关、光存储器、太阳能电池、光 / 电转换器件、稳定、低耗、高集成的微芯片等。

微电子技术一直是电子信息产业和元器件产业发展的强大技术支撑。特别是微电子技术遵循的摩尔定律使整机和元器件，尤其是芯片的特征尺寸一小再小，将微细加工几乎推到登峰造极的地步（目前已可达 $0.18\mu\text{m}$ ）。然而进入 21 世纪，科学家断言，2010 年芯片特征尺寸（即微细加工线宽）达到 $0.05\mu\text{m}$ 即 50nm 时，物质原子将进入凝聚物理态。在这个连续介质物理学和量子物理学之间过渡和交叉区域中的原子将出现光、磁、电、化学、机械性质的奇异变化，很多传统物理原则将不复存在，构成了一个新的“介观物理”领域。这意味着微电子技术赖以生存的以平面硅为基础的微细光刻技术已到了极限。如晶体管到 $0.05\mu\text{m}$ 时不再具有开关特性，并且以控制电子数量来实现信号处理的传统作法也不灵了，目前的硅和砷化镓无论如何改进，其响应速度也只能达到 10—12 微秒，功耗低至 $1\mu\text{w}$ 。这对于超高速计算机已极为不利。如何超越这个极限，发展新一代元器件支撑计算机技术和网络技术的发展，现在看来只有纳米电子学才能解决这个难题。

纳米电子学利用纳米结构（ $0.1\text{nm}\sim 100\text{nm}$ ）的量子效应和特殊性能研究开发新一代元器件——介观电子器件。如双电子层隧道晶体管（DELTT），它由两片厚 15nm 的砷化镓中间夹有 12.5nm 厚的铝砷化镓阻挡层构成，运行速度达每秒 1 万亿次，是现行最快晶体管的十倍。用纳米材料制作的巨磁阻磁头 GMR 硬盘 IBM DeskStar 14GXP，其信息存储量高达 14.4GB ，平均寻道时间达 9.1ms ，持续传输最高可达 13Bps ，是目前最快、储存量最大的硬盘，并可消除 PC 部件普遍存在的“电子噪音”的干扰。纳米电子学还可以开发原子级的极限存储器系统，目前市场上的 64MDRAM 制造线宽在 $0.3\sim 0.35\mu\text{m}$ 时，在 198mm^2 的晶片上可集成 10^8 个元件，而纳米电子技术在 100mm^2 晶片上就可集成 10^{15} 量级的元件。

另外，无线射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术是近年来业界关注的热点。目前 RFID 技术已应用于我们日常生活中的非接触式就餐卡、车辆防盗系统、道路自动收费系统、门禁系统、身份识别系统等。特别是随着近几年零售和物流行业信息化的不断深入，这些行业越来越依赖于应用信息技术来控制库存、改善供应链管理、降低成本、提高工作效率，这为 RFID 技术的应用和快速发展提供了极大的市场空间。RFID 技术除了能为这些行业节省成本、提高效率外，它的推广还将带动一个巨大的市场，并将给人们日常生活的某些方面带来革命性的变化。

2.2 半导体与集成电路技术的发展趋势

（1）半导体技术的发展趋势

整个半导体工艺技术的发展随着晶体管栅长及光刻间距持续地缩小，使得芯片能够在面积越来越小的同时，获得较快的运行速度，同时也使得一个晶圆所能产生的芯片数目越来越多，大幅提高晶圆工艺的生产力。整个半导体工艺技术的发展仍是呈现持续加速的状态，特别是在 DRAM、MPU 等领域，而光刻等微细加工技术则呈现出稳定的发展。

半导体工艺结构发生了深刻的变化。设计、制造、封装三业鼎立，集成器件制造商专注于加强力量，减小产品门类。代工(foundry)模式不断发展，无生产线(fabless)公司出现，无芯片(chipless)设计公司激增。

在电路设计中更重视系统设计、IP的开发与复用、软硬件协同设计、先进设计语言的推广、设计流程与工具的开发、片上系统(SOC)设计平台的开发、低功耗设计、可测性设计、可靠性设计等。

为了在一块芯片上实现完整的系统，需要各种兼容技术。包括常规CMOS 数字电路与存储器(如RRPROM、Flash memory、DRAM等)的兼容技术；CMOS与双极的兼容技术；高压与低压兼容技术、数字与模拟兼容技术、高频与低频兼容技术等。

为适应技术的发展，极限紫外线、X射线、准分子激光等超微细图形曝光技术等将成为今后几年主要的工艺技术而获得更广泛的应用，先进的集群式全自动智能化综合加工系统将成为新一代的IC制造设备。

(2) 集成电路技术的发展趋势

随着集成方法学和微细加工技术的持续成熟和不断发展，应用领域的不断扩大，集成电路技术的主要发展方向为：

(a) 器件的特征尺寸不断缩小

自1965年提出摩尔定律以来，集成电路持续地按此定律增长，即集成电路中晶体管的数目每18个月增加一倍。每2-3年制造技术更新一代，这是基于栅长不断缩小的结果，器件栅长的缩小又基本上依照等比例缩小的原则，促进其它工艺参数的提高。预计未来10-15年摩尔定律仍将是集成电路发展所遵循的一条定律。按此规律，在21世纪初集成电路的基本单元CMOS器件将从亚半微米进入纳米时代(即器件的栅长小于100nm，2010年后将小于50nm)。

(b) 系统集成芯片

沿着上述持续缩小尺寸途径发展、随着集成方法学和微细加工技术的持续成熟，应用领域的不断扩大，不同类型的集成电路相互镶嵌，形成了各种嵌入式系统(Embedded System)和片上系统(System on Chip即SOC)。在实现从集成电路(IC)到系统集成(IS)过渡中，“硅知识产权(IP)模块”和“软、硬件协同设计”技术兴起，可以将一个电子子系统或整个电子系统“集成”在一个硅芯片上，完成信息加工与处理的功能。

系统集成芯片主要有三个关键的支持技术：①软、硬件的协同设计技术：面向不同系统的软件和硬件的功能划分理论，硬件和软件更加紧密结合不仅是系统集成芯片的重要特点，也是21世纪IT业发展的一大的趋势；②IP模块库：IP模块有三种，即软核(主要是功能描述)、固核(主要为结构设计)和硬核(基于工艺的物理设计，与工艺相关，并经过工艺和实

际应用考验过的)。其中以硬核使用价值最高。CMOS的CPU、DRAM、SRAM、E2PROM和Flash Memory以及A/D、D/A等都可以成为硬核，其中尤以基于超深亚微米的器件模型和电路模拟基础上在速度与功耗上经过优化并有最大工艺容差的模块最有价值；③模块界面间的综合分析技术：这主要包括IP模块间的胶联逻辑技术和IP模块综合分析及其实现技术等。

通过以上三个支持技术的创新，必将导致又一次以系统芯片为特色的信息技术上的革命。目前SOC技术已经崭露头角，21世纪将是SOC技术真正快速发展的时期。

2.3 信息技术的发展趋势

在未来一个时期，多媒体和因特网技术，有线、无线通讯和卫星通信技术以及新型接入网技术等将是信息科技发展的关键；计算机网、电话网和电视网的融合是必然的发展趋势。随着信息科学的发展，对多媒体信息的传输、交换与检索等技术要求越来越高，能够支持多媒体业务，与因特网相结合的网络与无线通信是该领域的重要研究内容。

(1) 据通信及通信网络技术的发展趋势

在未来的信息社会，人们需要有更多、更快、更直接的信息交流，这就是所谓同时包括语音、图象和数据在内的多媒体技术。多媒体技术对通信的要求就是高速、宽带的信息传输网络。而目前规模最大的三大信息传输网是电信网、有线电视网（CATV）和计算机网。

电信网的优势在于覆盖面广、管理严密，具有长期积累的大型网络设计与运营经验。电信网目前仍主要以传送电话业务为主要业务，呼叫成本基于距离和时间，同时也开展了数据业务，但效率较低，传输成本和交换成本高。

有线电视网的优势是普及率高、接入带宽较大。目前，有线电视网利用 10-30Mbit/s 的较高带宽和低廉的包月租费的双重优势谋求在 IP 数据市场的发展，并逐渐开发 VoIP 电话业务和其他 MMoIP 多媒体业务。随着数字电视技术快速发展，该网具有三网融合的基础。

因特网的主要特点是采用无连接的 IP 分组交换形式，结构简单、网络资源利用率高，成本低，信令、计费 and 网管简单；因特网的最大优势在于 TCP/IP 是目前唯一可为三大网共同接受的通信协议，并通过数据来逐渐吸收和融合公众电话和图像业务。因特网的主要问题是端到端性能无法保障、难以实现统一的管理和保证实时业务质量，无法满足电信级网的要求。

随着电信与信息技术的飞速发展，以传统电信网、计算机网（主要指因特网）和有线电视网为代表的固网正在相互渗透，逐渐融合。三网融合已成为未来信息业发展的重要趋势。其目的已不是为了简单消除底层电信网、有线电视网和因特网的独立存在，而是为了在业务层和应用层繁衍出大量新的业务和应用。图像、话音和数据也不是简单地融合在一个传统终端（电视、电话和计算机）中，而是通过更加有机地融合衍生出多样化、特色化和个性化的终端来，三网本身将通过不同的途径向融合的可可持续发展的全业务网方向演进。

在技术层面，通信网的发展趋势是宽带化、智能化、个人化和综合化，能够支持各类窄带和宽带、实时和非实时、恒定速率和可变速率，尤其是多媒体业务。

(2) 无线及移动通信技术的发展趋势

移动通信是实现未来理想的个人通信服务的必由之路。在信息支撑技术、市场竞争和需求的共同作用下，移动通信技术的发展更是突飞猛进，呈现出以下几大趋势：网络业务数据化、分组化；网络技术宽带化、智能化；更高的频段，更有效利用频率；各种网络趋于融合。

移动通信下一阶段将向无线数据乃至个人移动多媒体发展。在个人多媒体世界里，语音邮件和电子邮件被传送到移动多媒体信箱中；短信将成为带有照片和视频内容的电子明信片；语音呼叫将与实时图像相结合，产生大量的可视移动电话，还将实现移动因特网和万维网浏览。像无线会议电视这样的应用将随处可见，电子商务将蓬勃开展。对于运动中的用户还有随时随地的各种信箱和娱乐服务。

伴随着用户对数据、多媒体业务需求的增加，网络业务将向数据化、分组化发展，移动网络必然走向宽带化。高速数据分组接入(HSDPA)、1xEV-DOA 版本、WiMAX、E3G 和 B3G 等技术商用化或标准化进程在加快，移动宽带化和宽带移动的趋势已经愈加明显。同时，用多种无线接入技术和固定接入技术将是实现上述目标的必由之路，包括蜂窝移动通信技术(广域网)、宽带无线接入技术(城域网)和各种短距离无线技术(如 RFID、UWB 和蓝牙等技术)，他们与各种固定的宽带接入共同接入基于 IP 的同一个核心网络平台，通过网络的无缝切换，实现无处不在的最佳服务。

总之，未来移动网的发展方向将以提高传输带宽，实现数据传输、分组交换为基础，并保证 VoIP 和 MoIP 业务的 QoS 要求为重点。从而通过宽带移动通信网将与固定网的共同配合，真正实现无缝隙的全球化个人通信。

(3) 网络技术的发展趋势

光网络技术的发展通常取决于光传输技术、光节点技术和光接入技术的发展，它们之间有交叉和融合。

光传输技术解决干线网所需的容量，而超大容量将成为下一代网络的基本特征。光传输系统的主要和成熟的技术是密集波分复用(DWDM)技术。该技术的进一步发展趋势是：扩展传输光纤的可用带宽；压缩相邻光波长之间的间隔；单波长传输速率不断提高等。

具有全光交换能力的光交换节点，未来研究将主要集中在光交叉连接器(OXC)、光分插复用器(OADM)器件以及由这些器件构成的系统上，它可以在此基础上形成具有全光交换能力的产品。

光交换技术可分成光路光交换类型和分组光交换类型，前者可利用光分插复用器

(OADM)、光交叉连接器 (OXC) 等设备来实现, 而后者对光部件的性能要求更高。由于目前光逻辑器件的功能还较简单, 不能完成控制部分复杂的逻辑处理功能, 因此国际上现有的分组光交换单元还要由电信号来控制, 即所谓的电控光交换。随着光器件技术的发展, 光交换技术的最终发展趋势将是光控光交换。

光纤接入技术已广泛应用到汇聚层, 而应用到接入终端, 即光纤到户 (FTTH) 是发展目标。可以分为有源光纤接入和无源光纤接入两类。有源光纤接入类似铜线以太网的接入技术。无源接入主要有采用 ATM 技术的 APON、采用以太网技术 (EPON) 和采用 GFP 封装的 GPON, 统称为 xPON。

光网络技术的发展体现在两个方面。在硬技术实现上是全光网, 在软技术实现上是智能网。全光网的发展, 包括光纤放大器与光纤激光器、光纤光栅光子器件、光子回路、全光纤集成等。在这方面, 很多进展取决与光器件的进展。智能光网络是光网络的技术发展方向, 通过研究智能化的光联网技术, 可以解决面向未来互联网在光层上动态、灵活、高效的组网问题。具体体现就是自动交换光网络 (ASON) 技术。现在主要研究的问题集中在多粒度光交换、动态波长选路与连接类型、接口单元 (NNI、UNI)、业务适配与接入、自动资源发现、控制协议、接口与信令、链路监控与管理、组网与生存性、核心功能软件与网络管理系统等关键技术。

(4) 下一代核心网 (NGN)

未来数据通信的发展趋势决定了未来网络的演进方向。未来网络将是一个不同于目前一代的、大量采用创新技术、以 IP 为中心、呼叫控制与承载相分离、同时可以支持语音、数据和多媒体业务、可与现有网络互通、支持移动性等的融合网络。下一代网络 (NGN) 的出现将为未来网络建设提供一个整体的解决方案。在未来 NGN 的松散概念中, 固定网络将形成一个带宽、IP 化、具有强 QoS 保证的信息通信网络平台。在这一平台上, 各种接入手段将成为网络的触手, 向各个应用领域延伸。而 3G 和 B3G、宽带固定无线接入、各种无线局域网或城域网方案, 都将成为大 NGN 平台的延伸部分。从而形成集固定无线手段于一体, 各种接入方式综合发挥效用, 各种业务形成全网络配置的一体化综合网络。

(5) 音视频技术的发展趋势

在视听传输方面, 随着通信网建设快速发展, 网络的带宽和容量也在大大提升, 因此也就有能力对各种视频通信的自然度、高效率和灵活性三方面作出显著改进。自然度的提高可以给人们以立体图视效果, 光偏振器图面透视技术、图视序列屏幕复合技术、自动立体图视技术都将可能应用于改进图像的自然度。频谱效率的提高一方面仍然依赖于各种不断改进的图像压缩编解码技术, 另一方面还会依赖更有效的误差复原技术。

近年来发展的 MPEG-IV 音像压缩标准是以对象为基础的压缩, 声音和图像的信号分开传输,

让接收端用户灵活地组成最终需要的图视节目，并允许在组成最后的图视时使用或更换其他对象，从这种新的功能可以推向让用户使用交互通信的灵活系统。最新研究的MPEG-VII 标准将作为三维立体和多面图像的音视表达压缩标准。

为了丰富人们的教育和娱乐生活，依托宽带网络和计算机技术，一种单向传送或播放的“大量图视流 (Large-scale Streaming Media)” (亦称流媒体)正在推广。流媒体的内容主要是图像，也可能包含少量话音。流媒体技术是可视电话、点播电视和图视广播等各种图视传送技术的融合，代表了音视频技术的发展方向。

在显示技术方面，平板显示已成为了全球彩电厂商数字化道路上竞争的“主战场”，成为彩电产业新的增长点。在中小屏平板电视市场上，液晶电视一路高歌猛进，越来越多的走进百姓家庭。等离子电视则立足于大屏领域，占有了大屏领域 90% 的市场份额，同时等离子显示还在寻求新的技术突破点，抓住数字高清电视发展契机，大力发展等离子高清技术。有机电致发光显示 (Organic Electro Luminescence Display, OLED)，因其发光机理与发光二极管 (LED) 相似，所以又称之为OLED (Organic Light Emitting Diode)。由于OLED在技术上拥有很多优势，具有突出的显示性能，如超轻薄、自发光、响应速度快、视角宽、温度特性好、可实现柔软显示等，因此，被业内认为是最理想和最具发展前景的新一代显示技术。

(6) 计算机及其网络技术的发展趋势

当今的因特网及其能力面临两个挑战，一个是网络已存在的规模将面对更大的用户群；二是随之而来新的复杂在线应用需要一个新的网络体系结构。要加快新的网络协议（协议描述、验证）的开发和研究，改进目前因特网“尽力交付”的服务。采用形式化——数学的方法描述网络协议和协议的实现过程。计算机网络发展的基本方向是开放（标准化）、集成（各种服务）、高性能（高速）和智能化（友好的用户接口）。三种基本网络传输模式为同步传输模式STM、分组传输模式PTM和异步传输模式ATM，适合多媒体信息传输的是ATM。网络技术研究集中在六个主题：新的网络应用、中间件、服务质量、因特网流量工程、安全和体系结构。

计算机网络技术发展的基本方向是一个目标，全球完善的信息基础设施；两个支撑，微电子技术和光技术；三个融合，计算机、通信、信息；四个热点，多媒体、宽带、移动通信和信息安全。

目前计算机网络技术研究的热点包括：无线网络技术（移动）研究，IEEE802.11n 标准，数据传输率可以支持 100Mbps. 对等网 (p2p) 应用研究；网络内容分布、网络信息的检索与利用研究，涉及网络中的信息表示技术，研究不同媒体之间的关系；网络技术研究，网络是以网络服务 (WebService) 为基础的虚拟组织实现，实现固有的资源共享和协同工作能

力；IPv4 与 IPv6 过渡中的问题研究，IPv6 的应用及产品研究；家庭网络设计研究，数字家庭的核心概念是传统家电、计算机和通信设备的数字化和互联、互通；还有光通信和光交换技术研究、以及支持多媒体数据安全的数字水印技术研究等。

许多下一代因特网（NGI）可能出现的情况已超出了我们目前对网络设计的理解，只有通过基础研究，才能有助于达到认识这些可能性的水平。

（注：本文引用了大量的资料，由于版式关系未一一列出。在此，对相关的作者一并表示感谢。）

2006 年 10 月