# 基础研究规划的战略研究报告（信息领域）

指导思想：把世界科技前沿同国家重大战略需求和经济社会发展目标结合，把握国际基础科学发展趋势，分析我国基础研究现状、问题和重大需求，强化前瞻性、战略性、系统性布局，下好先手棋，提出未来五到十年我国基础研究的重点领域方向和重大任务部署。

## 所属研究领域介绍

**研究领域涉及科学理论与技术应用，关联信息科学，连接全球科技前沿，支持国家战略需求与经济社会发展目标**

通感算

移动信息网络是以6G技术为核心面向信息服务全过程的新一代移动通信网络，以通信网络技术为主，融合先进计算、人工智能、大数据等技术，实现无所不在的网络化极致连接能力，提供通信以及感知、算力、AI、数据等一体化信息服务，全面支撑未来智慧社会的发展。移动通信网络在引领科技创新、推动社会高质量发展、建立国家安全保障体系中扮演着至关重要的角色，是建设网络强国、数字中国等国家重大战略需求的重要支撑。

移动信息网络在技术发展推动、应用需求拉动双向合力下，以通信为核心主轴，与感知、计算、智能、数据等技术领域横向融合，进而突破信息传输领域边界，拓展到信息产生、获取、存储、处理、安全、利用等更多环节，为全社会、各行业提供无所不在的综合性“移动信息”服务，支撑国家实现“网络强国”战略目标，加速数字经济社会发展。

## 研判领域的国际基础科学发展趋势

**包括提出潜在风险挑战，加强对美、德、日、英、法等科技强国基础研究政策的分析，预测未来五年的国际竞争态势**

当前移动通信基础理论的发展面临很多潜在的风险挑战，很多工程实践中信息传输性能已逼近经典信息论体系下的极限，在现有框架体系内进一步提高通信性能难度越来越大。在数学层面，对于经典通信目标的检测与估计已经几乎达到理论上最优，在现有目标下突破难度极大。在物理层面，移动通信的介质电磁波的所有独立维度已几乎被彻底开发，很难从中发现新的自由度来进一步提升通信容量。现有框架的束缚已成为移动通信理论发展的最大障碍，其在根本上限制了突破性理论的出现。

目前，包括美、德、日、英等科技强国已在未来移动通信基础理论研究方向做出部署。其中美国通过国家科学基金会（NSF）等机构资助前沿科研项目；同时加强与盟友的合作，比如成立Next G联盟；德国借助工业4.0框架下开展应用研究，特别重视通信与传统产业的融合；英国设立专门基金支持大学及科研院所开展相关研究，同时强化跨学科协作。

未来五年是下一代移动通信标准制定的黄金期，国际各大通信强国和企业竞争将日益加剧。预计国际电信联盟（ITU）及其他标准化组织会加速推进6G相关的规范制定工作，其中关键技术指标的协议选取成为各国竞争的关键。为应对共同挑战，不同国家和地区间可能会形成更多形式的合作机制，部分先行者可能开始测试或推出初步的6G服务，尤其是在特定行业应用方面，一些发展中国家也可能抓住机遇参与到6G产业链中，形成新的经济增长点。

## 研判我国在该领域的科技发展方向

**研判并提出未来五年我国在该领域的基础研究发展的战略目标、思路和方向**

通感算的内容

移动通信网络的发展离不开一系列基础理论的支持，未来五年我国在移动通信基础理论的发展战略和目标主要包括以下几点。

基础理论创新带动产业全局革命。基础理论的创新，使移动通信网络支持更高的数据传输速度和更大的网络容量，实现更低的时延和更高的可靠性，从而支持更多的垂直应用，推动新兴产业兴起于传统产业转型升级。

工程实践应用反推基础理论研究。工程实践中可以验证基础理论的可行性和有效性，为基础理论提供具体的场景、条件和约束，促进基础理论研究方向与实际需要相适应，推动基础理论研究成果转化落地。

基础理论体系架构跨领域融合发展。工程实践中遇到的问题常常需要跨学科的解决方案，如通信理论与计算机理论、数据科学、人工智能等多学科协同配合，这种跨领域的融合进一步推动了基础理论的创新，促进整个通信产业的可持续创新发展。

## 基础研究关键科学问题凝练

**提出所属领域的明确前沿科学问题或关键共性技术背后的科学难题**

通感算融合基础研究

通感 通算 通感算 基础理论

移动通信基础理论的关键共性技术是信息论，包括经典香农信息论、网络信息论、安全通信理论、计算信息论等。

经典香农信息论刻画了点到点通信中的数学原理，并给出了利用时间和频率两个维度能够实现的通信极限。当前已经有信道编译码方法等创新技术可以在实际通信中获得逼近该极限的传输性能，这在一定程度上也意味着对于时间和频率两个维度的进一步挖掘空间有限。随着多天线传输系统的出现，经典香农信息理论也拓展到了空间维度，通过延拓超短码通信信息理论，解决超短码“容量崩塌”效应，实现超高可靠低时延通信传输。

网络信息论作为专门研究空间维度通信的基础理论，其将经典香农信息论扩展到由相互连接的节点组成的网络中，以确定网络的容量上界，定义网络中所有通信可实现的速率集合。网络信息论涵盖了各种多用户通信场景，如多址信道、广播信道、干扰信道、中继信道等。当前网络信息论对几种特定场景有部分结论，对于更为普适的通用场景仍无法给出理论框架，急需突破蜂窝架构无线传输瓶颈，构建网络级传输理论。

计算信息论考虑研究特殊场景下的特殊通信任务，通过发掘具体通信任务中的特殊性，实现更高的通信容量。这一理论框架通过探索通信复杂性和数据处理的关系，为解决诸如传感器网络等领域中的实际问题提供了理论依据，有助于降低移动信息网络中的通信成本、提高数据处理效率。

## 重点部署任务和方向

**加强技术预测，研判提出领域发展的若干重点方向，及重点部署的任务建议**

5-6点

基础理论的发展是一个系统性工程，发展的重点方向在于对现有技术框架进行抽象归纳实现理论创新，以及对原本的理论体系进行革命实现理论逻辑跨越式发展。

一是，考虑信息传递的目的通常是广义计算任务，计算信息论研究如何结合这些广义任务的特殊性降低所需通信速率。在分布式网络中，多个节点能够在不同的信息和条件下达成一致，从而实现有效的分布式计算和决策过程，计算信息论通过网络编码来减少数据传输的冗余和通信开销，提高网络带宽的利用率和数据传输的可靠性。

二是，延拓到经典信息论尚未探及到的有限码长极致通信场景。当前物联网、传感器网等新应用场景对于时延指标极其敏感，这些新需求使移动通信基础理论对于低时延的研究成为趋势。低时延对移动通信系统的设计提出了许多挑战，诸如有限码长性能界等很多具体问题在传统通信理论中均未涉及。有限码长理论通过研究码长、速率、错误率三者间的数学关系，评估低时延低码长场景下的通信性能，指导通信系统设计。

三是，将物理世界的电磁学与数学世界的信息论交叉融合，联系新电磁通信架构与实际信息传输，形成电磁信息论，指导未来移动通信系统设计，获得更好的通信性能。电磁信息论通过与通信电路理论紧密联系天线理论、电磁波与信息容量，从自由度角度寻找优化信息容量的方法，推动大规模密集天线的研究，进一步突破多输入多输出通信的信息传输极限。

## 支持领域发展政策建议

**围绕体制机制、经费投入、队伍建设、环境营造等方面，提出政策措施建议**

扎实推进移动通信基础理论持续发展，并新设立一批周期长、适用宽的基础理论前沿研究项目，用于支持对传统信息论的延伸和延拓。推动通信学科与其他包括数学、物理等基础学科的交流合作，合力破解通信基础理论中存在的一些数理问题。加强对通信基础理论研究工作者的培养，提供稳定长周期的支持，确保研究工作者有充足的时间和资源进行深入研究。增加校企合作，进一步扩大知识成果转化率，使理论探索与工程实践相结合。