

# 新型基础测绘论坛

## 信息化测绘时代 测绘科技发展预测分析

报告人：闫 利



武汉大学测绘学院

SCHOOL OF GEODESY AND GEOMATICS

# 关于本报告

## 报告背景：

- (1) 中国工程院2035新技术预测---测绘技术
- (2) 向国内外150多位专家学者发出了调查问卷，返回77份
- (3) 测绘学院多次研讨

## 资料来源：

- (1) 中国工程院相关报告
- (2) 77份调查问卷
- (3) 相关领域十三五研讨

对于引用资料，一并感谢！

# 报告提纲

---

- 1、测绘遥感技术预测
- 2、测绘技术创新发展：问题与对策
- 3、测绘学科现状

# 1、测绘遥感技术预测：新技术革命主要观点

---

(1) 经历了蒸汽机、电气化时代，到今天信息技术的大量应用，促使以美国为主的西方主要发达工业化国家的工业界和学术界等提出“第三次工业革命”的概念。

(2) 美国经济学家Brian Auther提出了第二经济（second economy）的概念，指出由处理器、链接器、传感器、执行器以及运行在其上的经济活动，形成了人们熟知的物理经济（第一经济）之外的第二经济（不是虚拟经济）。信息技术的价值并不只是传统的硬件、软件和服务，信息技术融入人类社会和物理世界具有大得多的价值空间。

(3) 美国2020-2025的Cyber战略谋划。核心要素是：不仅要增强信息的物理层和传输层的功能，更应重视信息的认知层和决策层的功能和充分发挥人在Cyberspace中的作用。

# 1、测绘遥感技术预测：新技术革命主要观点

**共性：** 不仅仅要提高信息技术物理层和传输层的功能，更应增强信息技术认知层和决策层的功能。

- 大数据的要害是如何从大量的“数据”中按照人的需求快速提炼出有效的“决策”；
- 物联网的关键不仅是把“物”联起来，而是确保“异构信息融合”和“时空一致”地实现“人机（物）和谐”
- 对信息安全与可信的需求将发生质的变化，云计算将成为安全和可信最应关注的领域；
- 国家级的信息基础设施的关键是应具有“自主可控”、“自适应”、“自修复”的性能。

# 1、测绘遥感技术预测：新技术革命主要观点

分析国内外技术发展，未来相当长时间将处于以先进信息技术为驱动的信息时代。重要特征：

- 最近十年，学科之间、技术之间的界限模糊，交叉融合成为显著趋势
- 新一代传感器技术、物联网、大数据技术、移动技术、云计算、知识工程技术为代表的新一代信息技术
- 掀起一场全新的智能化科技革命，表现为传统技术与信息技术的深度融合、高度分化后的再发展
- 信息技术革命的演化过程是随着技术革新、产业变迁、融合应用和制度变迁逐步发展起来的,信息技术的快速扩散，打破原有的经济模式，通过与经济和社会生活的重新组合，发展成为一种新的经济形态

# 1、测绘遥感技术预测：测绘技术发展综述

历次工业革命直至目前的信息技术革命，对测绘技术进步产生了里程碑式的深刻影响，传统测绘、数字化测绘、信息化测绘三阶段技术革命的发展脉络可总结为：

## 技术

- 空间
- 传感器
- 网络通讯
- 先进计算



对 象：地表-空间-深空-地球系统

任 务：纸图测绘-数据生产-信息服务

内 容：几何测量-几何+物理-时变

观测手段：地面观测-航空摄影-卫星遥感-临近空间

工 具：简单工具-光学-光机电-传感器-传感器网络

技术形态：静态-动态-快速-实时

组织模式：人工-单机-网络-云

工期时效：低效（天）-高效（天/小时）-实时

# 1、测绘遥感技术预测：测绘技术发展综述

- 总体上，历经20多年，全数字摄影测量、卫星导航定位、高分辨率遥感对地观测、数字高程基准、地理信息系统、内外业一体化测图、数字制图等理论和技术的提出与发展，将传统测绘推向数字测绘和信息化测绘
- 传统测绘固有的技术体系思维尚需进一步突破，相当一部分只是利用数字技术实现了传统测绘的高效生产以及测绘成果的数字表达

# 1.1 测绘遥感技术预测：导航与位置服务

## 1. 室内外一体化高精度定位技术

GNSS卫星定位，室内定位技术（WiFi、RFID、UWB、视觉、伪卫星）。采用一台GNSS接收机实现室内室外的无缝定位。

## 2. 厘米级微型GNSS定位技术及应用

用于移动设备，广泛应用于基于位置的服务、高精度无缝导航、虚拟三维现实等。

## 3. 精密协同导航定位技术

以GNSS四大系统为基础，集成惯性、卫星、无线电、量子、重力、天文、仿生等多种导航手段，实现“有源与无源”集成导航，实现全天候的实时连续无缝协同导航定位。

# 1.1 测绘遥感技术预测：导航与位置服务

## 4. 感知定位融合智能导航技术

CPH三元空间依赖位置与导航技术。集成多感知传感器（视觉相机、激光雷达、GNSS/INS），在线构建环境特征地图，实现移动载体智能导航。智能车辆和智慧机器人等产业的核心竞争技术。

## 4. 面向立体交通的三维智能地图与导航定位服务

交通方式将从平面向立体发展。研究三维智能地图与导航定位服务技术。

## 5. 基于云计算的无人驾驶汽车导航技术

无人驾驶汽车技术于21世纪初呈现出接近实用化的趋势，高精度导航技术是无人驾驶汽车实现的关键

# 1.1 测绘遥感技术预测：导航与位置服务

---

## 7. 新概念导航

- 量子导航定位
- 原子陀螺导航
- 仿生导航
- 全天候天文导航
- 基于混杂场效应的全天时立体无缝导航
- 全源导航
- 星际导航技术
- 基于星间链路的地月系导航星座/编队

## 1.2 测绘遥感技术预测：新型遥感探测技术

### 1. 无人机众源传感网云聚合摄影测量处理系统

构建无人机影像云聚合服务平台，用户可以在云端获得所需的众源数据，在任务智能适配的界面下完成测量作业，并向对应的数据提供者支付费用。

### 2. 遥感视频实时处理分析技术

以凝视卫星、浮空器、悬停无人机等平台获取的多尺度遥感视频为数据源，实现自然和人工变化现象的直播式监测、态势分析和决策支持。

### 3. 合成孔径声呐（SAS）技术

重点突破SAS传感器系统、SAS成像技术、SAS影像几何处理技术、SAS干涉测量技术、SAS图像解译与目标识别技术研究。用于海底地质勘探、海底地形地貌测绘、水下物体探测等

## 1.2 测绘遥感技术预测：新型遥感探测技术

### 4. 合成孔径激光雷达

以激光器作辐射源的一种新体制激光雷达。适合大面积的对地观测与成像。

### 5. 光声耦合海底地形测量技术

在一定的波长和能量条件下，激光束和水面相互作用激发声波，形成激光声源。将此声源作为声纳测深声源信号。使用一个激光源实现陆海一体的连续地形测量。

### 6. 机载新型探地雷达

机载探地雷达采用低频，对地穿透能力高，解决若干与军事（地下军事目标，掩体，雷场等）、环境（极地环境，沙漠含水量，浅层地质构造等）、浅部矿产资源等有关的问题。

## 1.2 测绘遥感技术预测：新型遥感探测技术

### 7. 高分辨率遥感的辐亮度基准建立与监测应用

将月球作为辐亮度定标基准，美国NASA估测其年稳定度达 $10^{-8}$ （即3 Byte能量级别度量），可实现辐亮度、光谱不确定度1-2%，高几何、高光谱分辨率指标度量。因此，采用偏振手段建立月球辐亮度长期监测与基准校正技术成为高分辨率遥感定量化应用的标尺。

### 8. InSAR反演大气技术

将InSAR干涉图中由大气引起的相位变化作为研究对象，InSAR技术则为大气对流层和电离层时空分布精细反演提供了一个新技术。特别是随着SAR数据的时空分辨率的不断提升，InSAR可以实时或近实时的反演米级分辨率的大气时空分布，这将进一步推动大气研究乃至气象学的发展。

## 1.2 测绘遥感技术预测：新型遥感探测技术

### 7. 新概念遥感技术

#### (1) 空间三维数字成像技术

Flash LiDAR等技术的发展，三维激光成像（非脉冲扫描）技术成为可能，与光学成像技术融合，实现三维目标到直接三维成像。

#### (2) 全息干涉测量

全息干涉测量技术是利用光的干涉和衍射原理，进行物体的信息记录和重建真三维立体图像。大场景、大视角数字全息技术的发展，可用于地形测量、形变测量等

#### (3) GNSS遥感

采用GNSS双静态散射机理实现高时空分辨率海面风场测量，预测海洋热带气旋。（NASA将于2016年发射卫星）

# 1.3 测绘遥感技术预测：概念创新

## 1. 测绘机器人

以地面运动机器人和飞行机器人为平台，集成CCD、雷达、激光扫描、免棱镜全站仪、高精度GNSS等传感器，集成无线通信、智能控制等技术，形成可进行低空遥感测绘和地面移动测绘的两栖测绘机器人。

## 2. 云测绘技术

以航天器、飞行器、车辆、单人等动态载体和各种静态监控装置为搭载平台，以相机、测距仪、深度相机、测量雷达等测量传感器为数据源，利用无线宽带网络进行数据传输，通过高性能网络服务器进行测绘信息云处理，构成移动物联网云测绘系统，实现对地形和目标的尺度、分辨率、精度、全方位、动态精细测绘。

# 1.3 测绘遥感技术预测：概念创新

---

## 3. 面向时空大数据的智慧地图技术

新一代空间认知服务中，不仅解决在何处有何物的基本空间问题，更要通过视觉语言和视觉认知思维探求时空格局、规律、趋势与机理，让地图充满“智慧”，传统“地图”将演变成为一种地理环境信息综合表达与深度智能服务集成的“智慧地图”。

# 1.4 测绘遥感技术预测：时空数据处理理论与技术

## 1. 时空大数据数据库管理系统技术

突破跨结构一体化时空大数据存储模型、GeoBigSQL分布式并行查询处理、In-Database时空大数据扩展建模与分析、时空大数据高安全管理、系统规模纵横弹性可扩展及按需服务（DBaaS）等系列关键技术，研制高安全时空大数据管理系统。

## 2. 时空大数据的获取、管理与应用技术

跨结构一体化时空大数据存储模型、分布式并行查询处理、时空大数据扩展建模与分析、时空大数据安全管理等。

## 3. 多源地理空间大数据的集成

时空大数据管理机制；语义信息、时空轨迹、社交网络提取；多源数据集成机制

# 1.4 测绘遥感技术预测：时空数据处理理论与技术

## 4. 时空样本数据变尺度统计推断技术

突破样本采集尺度进行多个尺度的时空总体统计和推断，获取多尺度的时空总量或时空分布。

## 5. 地理空间数据智能理论及技术

现有数据挖掘及分析技术面向具体目标或任务，不具备普遍性和知识的组织性。生成基本“连接元”集，这些“连接元”以自适应的方式将异地和异构包含或隐含在大数据中地理空间数据连接起来，输出可以有效利用的地理空间信息和知识。

## 6. 地理社交（GeoSocail）分析

通过社交媒体反映人的信息进而探测地理信息的技术，称为地理社交分析。从目前全球各类新媒体、社交媒体的调查分析入手，基于此类网络信息研究开发大数据分析、数据挖掘技术。

# 1.5 测绘遥感技术预测：地理信息服务

## 1. Geo+ 技术

时空信息与多领域的与时空信息分布有关的专题信息的深度融合，促使信息时代的各种分析决策、服务模式、经济行为产生根本性的转变，地理关联、地理空间分析、地理设计、地理诊断等技术的出现已经印证了这一发展趋势，将时空信息技术与多领域信息技术的结合，可概括为Geo+ 技术。

## 2. 泛在空间位置融合计算与智能地图服务技术

随着移动网络技术的发展，位置服务中的位置由单纯几何坐标衍生至虚拟地理空间、位置传感网路、社交网络等泛在空间中的各类位置，服务内容由位置导航服务延伸至基于位置的地理信息服务，服务对象由专业应用为主拓展到政务协同及公众生活，与其相应的关键技术包括泛在异质空间位置融合计算与表达、泛在空间位置协同与智能地图服务等。（城市数据自动语义关联和动态融合技术）

## 1.5 测绘遥感技术预测：地理信息服务

### 3. 基于多源网络的地理空间信息变化主动感知与智能处理技术

针对来源于互联网、传感器网、对地观测网的各种类型的地理空间信息，面向特定的自然和人文地理实体，或根据不同的应用目标，主动感知其变化。

### 4. 面向决策的地理信息动态服务技术

面向决策的空间信息众源获取与语义融合技术，实现多源异构地理空间决策支持信息的主动发现、持续汇聚、实体构建、增量更新、语义整合和海量管理，构建基于地理信息的“感知化、互联化、智能化”的决策服务系统。

### 5. 微型POS集成的可穿戴增强现实GIS技术

具有高分辨率显示功能的眼镜作为载体，内置高精度微型POS，通过无线关联城市全息数据库，以增强现实方式以观察者位姿信息投影叠加显示地物目标信息。

# 1.6 测绘遥感技术预测：新需求

## 1. 地理世情监测

满足国家“走出去”以及“大国责任”战略、海外权益维护、全球环境变化研究的需要，全球治理、传统与非传统安全等重大国际事务上的话语权与主动权。

## 2. 区域生态环境的监测技术

利用遥感技术，如重力、高光谱、热红外、微波等卫星数据，研究地表植被、土地利用、地下水资源储量、土壤、地貌、碳源与碳汇等生态环境因子的演变规律，揭示生态环境变化的驱动机理和环境累积效应。

## 3. 高速轨道交通精确动态监测技术

集成惯性测量、激光雷达测量、室内定位技术、物联网等技术，形成高速动态变形监测技术体系

## 1.6 测绘遥感技术预测：新需求

### 4. 地下空间与深水工程全生命期的几何测控技术

地下空间和远海深水工程需要，对测量时空基准传递和非常规环境条件下的几何形态测量和检测技术提出了新挑战。

### 5. 基于物联网和多传感器集成的工程可视化智能安全预警技术

建立一个基于物联网和多传感器集成的工程智能安全预警系统，包含了整体的几何物理监测预警系统、设备运行参数状态监测预警系统、外部多种影响因子监测预警系统等，并以三维可视化的方式实时进行整体结构变形的自动监测与预警

### 6. 矿山灾害实时监测与预警

兼容多种卫星系统信号的联合监测系统，将灾害信息预警系统，由单一变量分析模式发展为多源信息综合分析模式，提升矿山灾害监测预警信息的正确性与及时性

## 1.6 测绘遥感技术预测：新需求

---

### 7. 矿山遥感监测

集成矿区泛在物联网、大数据、云计算等技术，发展矿山广义遥感。对矿产资源开发、加工、转化、利用全过程的物质流、能量流及信息流进行连续精准监测与实时综合分析，包括矿区地层、地表及大气环境的几何与理化参数及其动态变化。

### 8. 时空农情监测技术

实现遥感、物联网等多源数据的自动关联并融合，形成一体化的综合农情诊断时空数据基础，提升农情和农业灾害的准确实时监测。突破多源多尺度时空农情监测数据智能化检索技术、自动关联与匹配技术等。

# 1.7 测绘遥感技术预测：新思想

## 1. 地球协同感知

多尺度、多圈层、多模式地球复杂系统耦合过程的协同感知，是未来地球系统过程与全球变化研究的重要内容与技术基础。随着测绘遥感、地球物理、物联网、大数据技术的融合渗透，地球协同感知将是未来趋势。地球协同感知将利用地下、地表、天空及卫星/行星等综合对地观测技术，实现对地球系统全覆盖、全参量、多粒度、高精度连续观测，精确获取地球系统多圈层变化状态，准确感知地球内部、表层及大气灾变孕育过程，快速识别灾变前兆特征，为人地环境协调发展、地球系统减灾调控提供全面的数据与信息支持。

## 2. 地球归一化工程

地球一体化模型：包括大气、海洋、陆地动态模型，及其相互耦合模型。

## 1.7 测绘遥感技术预测：新思想

---

### 3. 几何物理信息融合感知测量技术

现有测量技术仅能单独获取待测目标的几何或物理信息，未来的测量技术将向融合几何物理信息的一体化测量发展。一体化测量技术可实时获取目标点的空间坐标、重磁和地球动力学等重要几何物理信息。

### 4. 三轴分层地球自转模型及气候变化

地球自转与地球系统物质迁移、地球动力学过程、地球环境及气候变化等密切相关。随着观测精度的提高，建立三轴分层地球自转模型。

## 1.7 测绘遥感技术预测：总体分析

---

### 特点：

1. “地图-数据-地理信息服务”是测绘领域发展的趋势，“测绘”概念的内涵将得到极大的丰富
2. 科学驱动、思维驱动、技术驱动、需求驱动，明显侧重于技术驱动，**缺乏新思维驱动**
3. 连续性技术，缺乏革命性的创新，以技术集成为主
4. 导航定位、地理信息服务方面相对活跃
5. “大智移云”与时空信息技术结合

## 2、测绘技术创新发展：问题与对策

国家发展改革委与国家测绘地理信息局组织编制的《国家地理信息产业发展规划(2014-2020)》发布。

- 2020年总产值超过8000亿元
- 科技创新能力显著增强，核心关键技术研发应用取得重大突破，形成一批具有较强国际竞争力的龙头企业和较好成长性的创新型中小企业，拥有一批具有国际影响力的自主知名品牌

发展道路：科技创新、技术驱动、产业模式（经济模式）——保密、自主

两个思考：强调技术转化，但可转化的技术储备有多少？

强调创新人才价值，但创新人才在哪里？

## 2、测绘技术创新发展：问题与对策

### 1. 从测图为主发展到以地理信息服务为主，测绘生产和测绘成果应用过程中并未彻底打破旧技术体系的束缚

- ▶ 一张图：“比例尺-精度-地物综合”三者约束关系中，形成了以比例尺为核心
- ▶ 测图内容：主要是面向军事、基础建设等，尽管做了扩展要素采集，但仍然不够
- ▶ 三维地理信息二维表示。主要是纸质载体无法表示三维信息，至今没有三维DLG，但在目前的空间数据库中仍然是二维线划图，舍弃了采集过程中的高程信息，很可惜！
- ▶ 数字高程模型精度不高。由于从纸质地形图或者摄影测量手段获取的DEM精度不高，导致了DEM工程价值不高
- ▶ 数字正射影像匀光，改善了视觉效果，但失去了地物反演的辐射传输关系，基本上只能作为各类工作底图使用
- ▶ .....

## 2、测绘技术创新发展：问题与对策

### 2. 缺乏对重复测量成果或者重复观测成果使用依据和机制

- ▶ 航测成果，基本上总是外业控制开始
- ▶ 地物分类，目前高可靠性地物分类是难题，但经过人工编辑完成的准确地物分类成果，在后续工作中缺乏充分利用的机制，总是从无先验信息条件下开始计算机或人工分类
- ▶ 地学统计分析，重复观测成果统计分析的价值远远没有挖掘。

### 3. 测绘成果缺乏质量有效期，将制约地理信息服务

- ▶ 生产过程中，质检合格就意味着永远合格，规避了由于成果更新带来的一切问题。这个问题在过去低效率生产时代是难以解决的，目前具备了解决这个问题的技术条件。
- ▶ 地理信息服务不仅面向公益，还要面向市场需求，一旦进入市场，就可能要承担质量责任。
- ▶ 尽快建立测绘成果出库前或者提交前的质量检验技术体系和管理体系
- ▶ 策划与时效性和生产周期关联的测绘地理信息成果和产品种类，满足快速需求

## 2、测绘技术创新发展：问题与对策

### 4. 进一步加强地理信息资源建设能力

▶ 尽管初步建立了卫星航空遥感影像获取体系，但面对重大工程、突出事件等需求，仍存在相当差距，特别是我国大国责任和义务、全球化发展国策带来的测绘地理信息保障新需求

▶ 目前主要是国内陆地测量，陆地向海洋、国内向国外、静态向动态等将是发展必然

▶ 欧美已具备日度影像获取能力，按照地理信息需求和世界发展水平，规划我国的多层次时相尺度地理信息服务能力建设，并在获取、处理和服务各个层次上做好规划，逐步推进。

① 实时能力：实时获取、实时处理、实时分析、实时服务

② 全球能力：从国内到全球，中国的全球化发展以及大国责任

③ 服务能力：从地图服务、到数据服务、发展到信息服务

④ 创造能力：从技术追赶、到中国制造、发展到中国创造

## 2、测绘技术创新发展：问题与对策

### 5. 数字城市地理空间框架建设的后续规划

- 完成300多个城市，而且已经启动智慧城市时空信息云平台建设工程，但做好数字城市后续规划具有重要意义
- 每个城市3-5个典型示范没有形成星火燎原之势，缺乏主动发展的愿望和能力
- 总体上依赖政府投入，缺乏自主发展能力

### 6. 从现代测绘技术体系整体出发，梳理、修订和规划测绘地理信息标准

- 打破大地测量、航空摄影测量和地图制图与地理信息工程等各自发展过程中形成的界限，整体考虑设计生产方式、技术方法、技术指标以及质量控制等体系
- 修订由于过去技术和生产条件限制造成的不合理技术指标
- 新技术、新产品、新需求发展很快，加快标准制定。

## 2、测绘技术创新发展：问题与对策

### 7. 信息化测绘的进一步发展

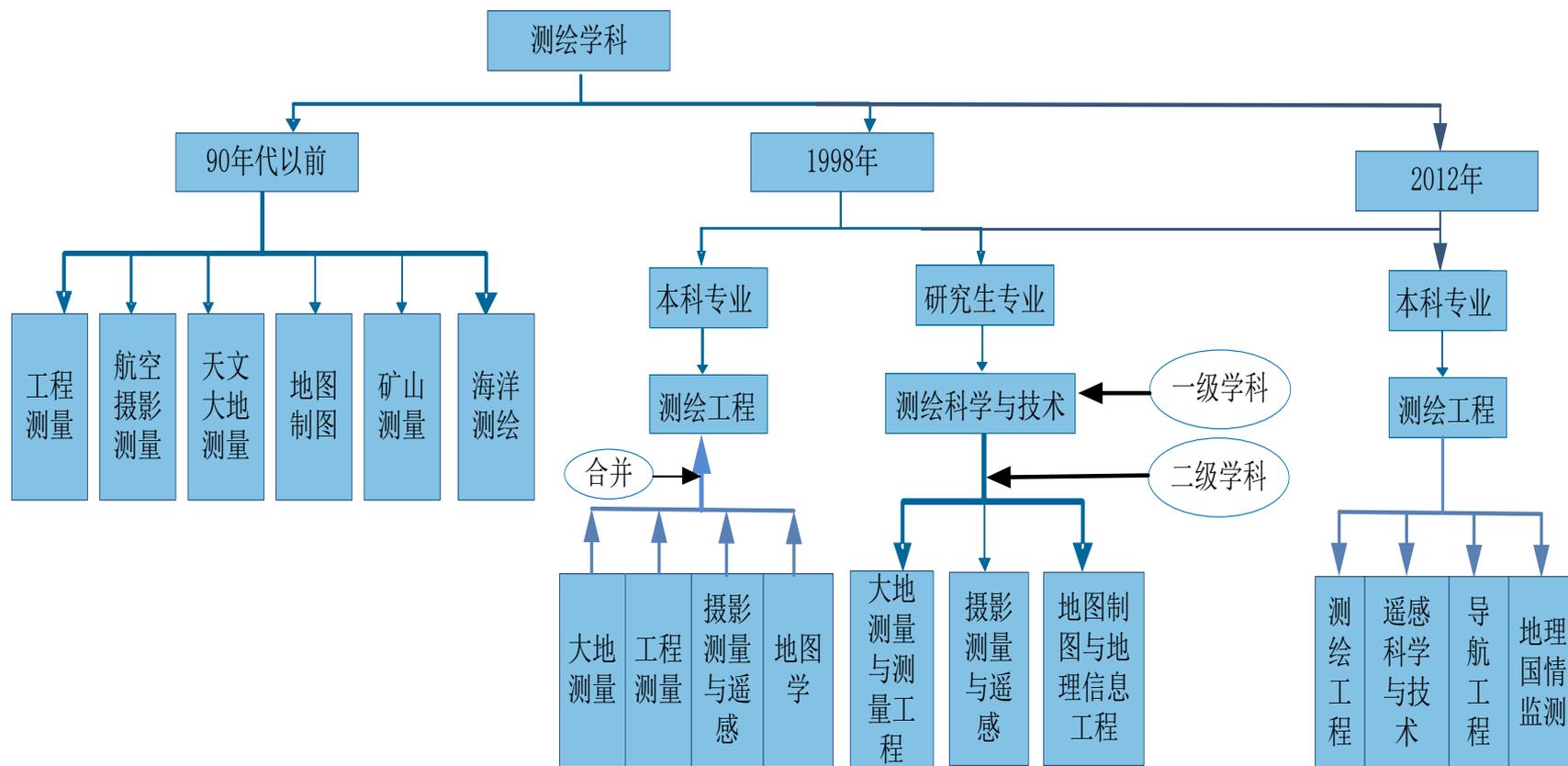
➤ 尽管一些专家、学者提出和探索“智能化测绘”体系，但是信息技术革命远没有完成，因此，信息化测绘体系建设还将持续相当长时期。根据技术和需求，应该规划信息化测绘的阶段发展目标。

2012年12月，美国国家情报委员会最新发布的《全球趋势2030》指出，对全球经济发展最具影响力的四类技术是信息、自动化和制造、资源以及健康技术，其中智慧城市作为信息技术的重要内容

➤ 目前正在享受过去提出的新思想带来的技术红利。目前测绘地理信息发展是过去20-30年甚至更长时间内，在卫星导航、遥感、地理信息等领域提出的新思想产生的技术推动

➤ 抓住大数据、智慧城市、移动技术、云计算“大智移云”战略发展机遇，按照时空基准体系、地理空间信息实时获取体系、地理空间信息自动化快速处理体系、地理空间信息网络化服务体系四个体系规划信息化测绘发展目标

# 3、测绘学科现状



# 3、测绘学科现状

**0816 一级学科：测绘科学与技术**

081601 大地测量学与测量工程

081602 摄影测量与遥感

081603 地图制图学与地理信息工程

**0705 一级学科：地理学**

**070503 地图学与地理信息系统**

**0812 测绘类（2012年）**

081201 测绘工程

081202 遥感科学与技术

081203T 导航工程

081204T 地理国情监测

2014年国务院学位委员会测绘科学与技术学科组拟增设3个二级学科：

- 导航与定位服务
- 矿山与地下测量
- 海洋测量

---

**敬请批评指正！**

---