

学习“钱学森的科学思想”

——从“德、智、功、爱、康”到“开放的复杂巨系统”

马蔼乃

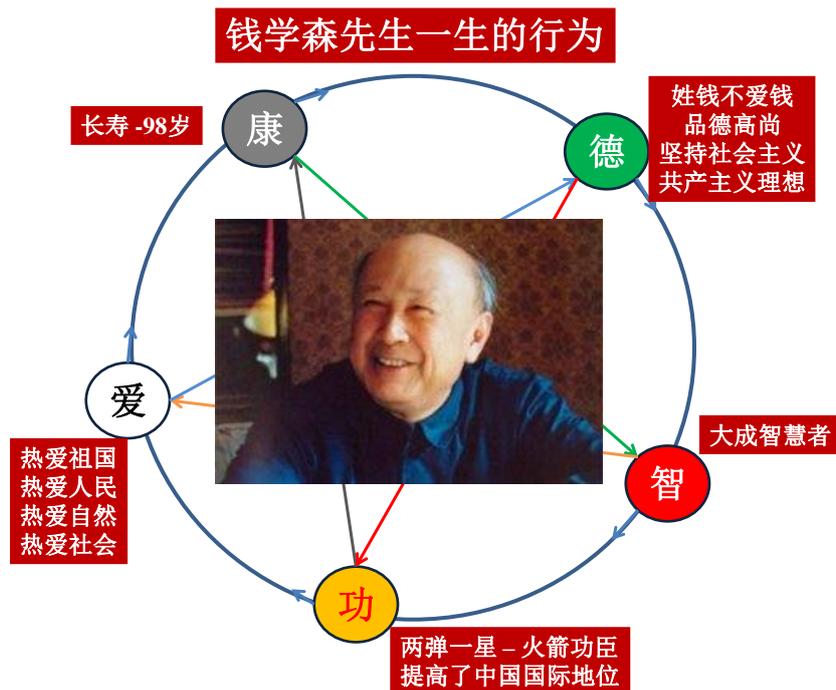
- (1) 德、智、功、爱、康
- (2) 现代科学技术体系
- (3) 社会系统工程
- (4) 大成智慧教育
- (5) 从定性到定量综合集成法
- (6) 综合集成研讨厅
- (7) 开放的复杂巨系统

(1) 德、智、功、爱、康

“钱学森的科学思想”是现代中国人的精神财富，中国人继承与发扬这种精神，有利于中国哲学、文化、科学、艺术的发现与创新。钱学森（1911-2009）的一生是“淡泊名利”、“虚怀若谷”、“实践检验”、“一心求真”、“健康长寿”的“大成智慧者”，本节探讨了钱学森的德、智、功、爱、康的个人修养，推而广之是政治文明、科技文明、物质文明、精神文明、生态文明的社会文明。

众所周知，钱学森是“火箭”专家，是“两弹一星”的功臣。鲜为人知的是，他还是一位现代科学技术体系的原创者，社会系统工程的提倡者，开放的复杂巨系统的创新者，从定性到定量综合集成的开创者，总之是一位大成智慧者。本文对于众所周知的钱学森事迹就不阐述了，直接进入鲜为人知的事迹，重点阐述大成智慧方面的事迹。

衡量一个人的人生价值，一般说，这个人三维人才，“德、智、体”全面发展；后来又说，是四维人才，“德、智、体、美”全面发展；现在根据中国古代的“阴阳”、“五行”原理，将其现代化，我们提出“德、智、功、爱、康”的五维人才标准。钱学森是典型的五维人才，现代世界上少有的帅才。纵观历史，中国数百年才能出现的人才；横比世界，没有能够超越钱学森的大师。图 1 表示了钱学森的人品。



钱学森道德高尚“姓钱不爱钱”，坚持社会主义和共产主义的理想；是绝顶聪明的“大成智慧者”；为发射“两弹一星”做出了卓越的贡献，提出了“现代科学技术体系”的框架和社会主义建设的社会系统工程，这些理念至少领先世界科技半个世纪；他热爱自然、热爱社会、热爱祖国、热爱人民，义无反顾地离开美国优越的物质生活，冲破重重阻力，回到解放后的中国，为人民服务；高尚的钱学森也是高寿的，健康地活到 98 岁，自然衰老，可以说是无疾而终。

德、智、功、爱、康是相生相克的。相生：只有道德高尚的人，才会有大智慧，因为在无我的沉静中，智慧才能升华；有了智慧是要去建功立业的；建功立业为人民服务是产生大爱的根源；只有大爱的人才能获得大康；大康的人产生正能量，品德才能提升。相克：德克功，讲大道大德的人是不会追逐功名利禄的；功克康，过分的追逐功名，会损伤健康；康克智，俗话说：“四肢发达，头脑简单”，就说康克智的表现；智克爱，一个理智的人是不会产生“溺爱”心理的；爱克德，一个纵欲的人，道德败坏。所以说德、智、功、爱、康是相生相克的。

将个人的行为规范，扩展到社会文明准则，就是政治文明，科技文明，物质文明，精神文明和生态文明，见图 2 所示，图 2 中将个人行为准则与社会文明准则一起表示。

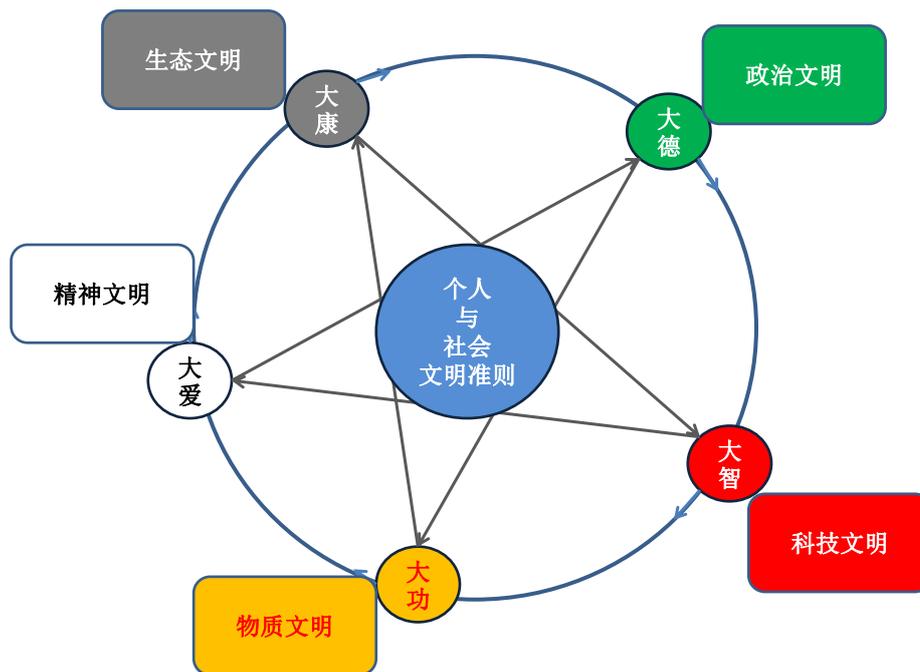


图 2 社会文明准则

经过历届中共中央代表大会，逐步提出了物质文明，精神文明，政治文明，生态文明，社会文明。实际上，社会文明是一个体系，社会文明系统中，包括物质文明，精神文明，政治文明，生态文明和科技文明，目前科技文明尚未被党代会提出，但是提出了科学发展观。科技实际上是双刃剑，科技发展一方面能够造福于人民，另一方面也能祸害于人民，众所周知，火药的发明，既能够开山凿岭，用于建设；也能制造枪炮，残害于人。现代城市的工业化，一方面促进了生产，一方面又污染了环境。因此科技文明迟早是要提到日程上来的，在科技发展时，要考虑双刃剑的两面，尽可能地发挥有利的一面，抑制有害的一面。

政治文明、科技文明、物质文明、精神文明、生态文明也是相生相克的。相生：政治文明有利于科技创新，科技发展有利于物质的丰富，物质转化为精神，物质文明有利于精神文明，精神文明推动生态文明，生态系统优化促进政治文明建设；相克：过分强调政治挂帅，影响了物质生产，过分的物质享乐，破坏了生态环境，生态环境的修复，需要投入大量的科技力量，科技是双刃剑，可以促进物质生产，也会腐蚀精神，萎靡的精神促使政治腐败。

横比世界，英国的历史学家汤恩比（Arnold Toynbee, 1889-1975）著有《人类与大地母亲》、《历史研究》、《展望 21 世纪》等著作；法国的哲学家莫兰（Edgar Morin, 1921-）著有《复杂思想-自觉的科学》、《复杂性理论与教育问题》、《复杂性范式-发生主体论》《方法：思想观念》、《地球-祖国》等著作；美国哲学家拉茨洛（László Ervin, 1932-）著有《世界的未来》、《广义进化论研究》、《新科学》、《人类的内在限度》等著作；中国的人民科学家钱学森（1911-2009）著有《钱学森书信》10 余册，与广泛的群众通信。从涉及的领域来看，钱学森远远地比当代世界顶尖人物宽广得多。

(2) 现代科学技术体系

本节探讨的是钱学森（1911-2009）的现代科学技术体系。从现代科学技术体系，可

以看到钱学森的真知灼见、高瞻远瞩。

钱学森的现代科学技术体系按照矛盾论的矛盾特殊性，分为 11 个门类，按照实践论的观念，分为 6 个层次。11 个门类分数学科学、自然科学、地理科学、社会科学、建筑科学、军事科学、人体科学、思维科学、行为科学、系统科学和美学；6 个层次分马克思主义哲学、各个门类的部门桥梁哲学、各个科学的基础理论、技术科学、工程实践和尚未成章的前科学。见图 1 所示。

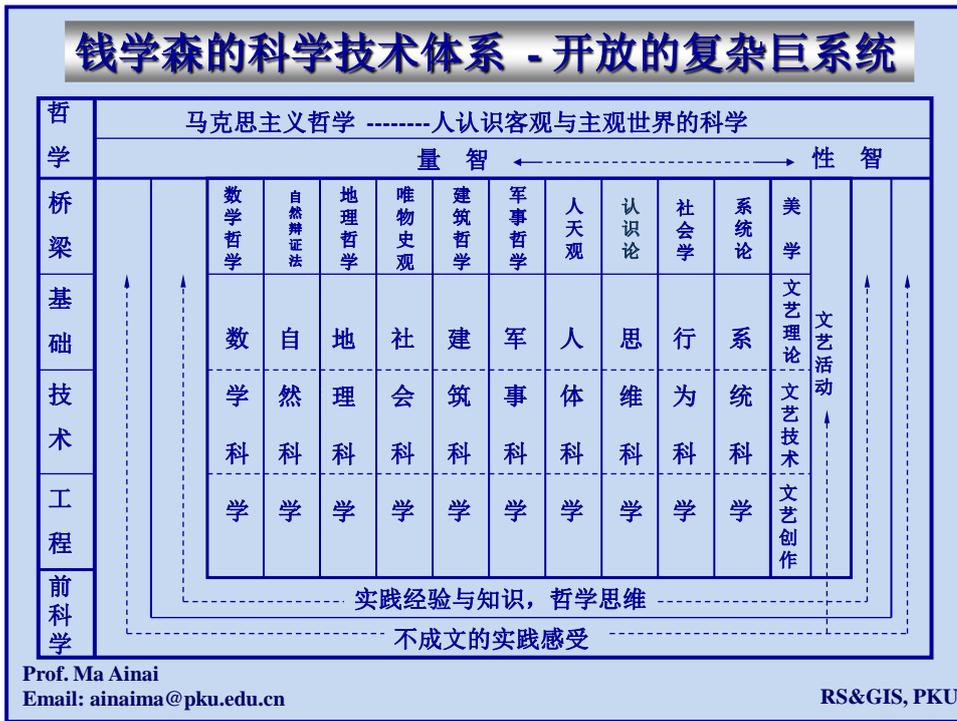


图 1 钱学森现代科学技术体系

有些人不理解钱学森的思想，认为钱学森这 11 个门类是没有组织、没有逻辑的“一孔之见”，与现代科学技术大多数人的认识“大相径庭”，这也是可以理解的。因为当前大多数科学家，专家、学者都是“还原论”培养出来的，20 世纪 50-60 年代的学科分类就是理科和文科，理科分数、理、化、天、地、生、人；文科分文、史、哲、政、经、法、图。80-90 年代理科又分为基础理论科学和工程技术科学；文科分为社会科学与人文学科。按照这样的分科，就很难理解钱学森的体系，数学、地理是属于自然科学的，为什么提出来与自然科学并列？人体属于生物研究对象，思维属于心理学研究对象，系统属于物理学研究对象，建筑属于工程科学研究对象，军事属于社会科学研究对象，等等，总之，是难以接受这个科学技术体系的。如何解读钱学森的这个体系，就成为研究钱学森思想的关键问题了。

2009 年 12 月，和 2010 年 6 月我们两次解读钱学森的现代科学技术体系，见图 2 和图 3。

解读 I
2009.12.8

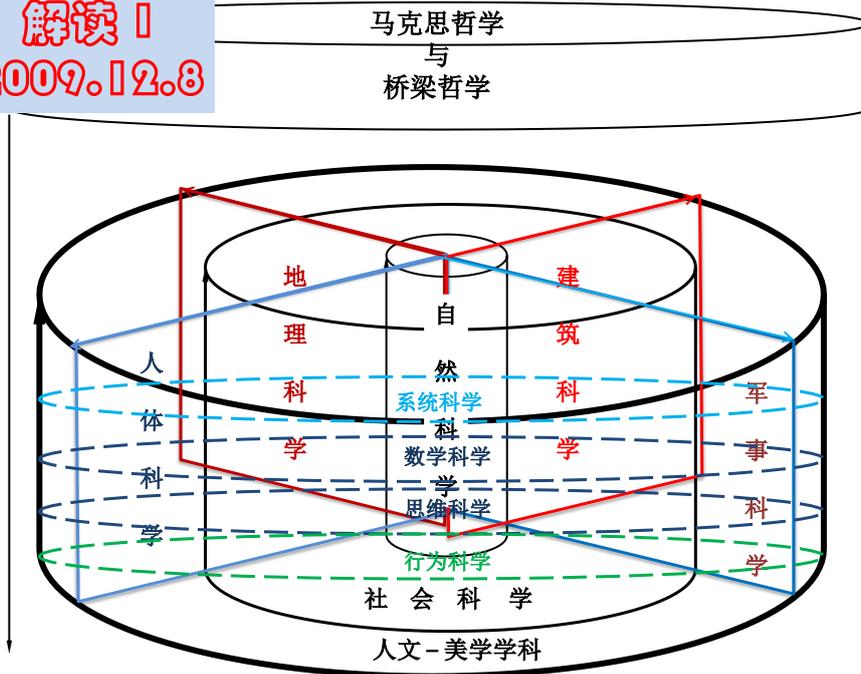


图 2 现代科学技术体系解读 1

解读 2
2010.6.29

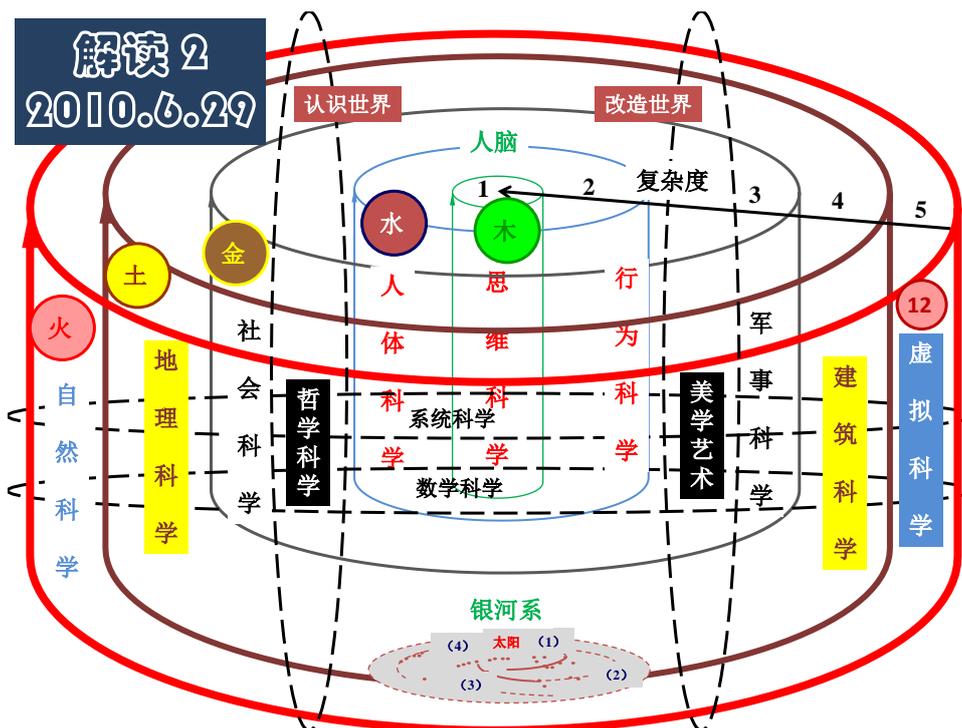


图 3 现代科学技术体系解读 2

现代科学技术体系解读 1，是按照系统工程思想的结构进行解读的。将自然科学（物理、化学、生物、天文等）作为最内层的圆柱，社会科学（经济、政治、管理等）作为中间层的圆柱，人文学科（文学、历史、哲学等）作为最外层的圆柱；地理科学、建筑科学、人体科学、军事科学都是贯穿自然科学、社会科学、人文学科的科学，例如地理科学有自然地理、经济地理、人文地理等，建筑科学、人体科学、军事科学也都有自然科学、社会科学、人文

学科分支；而系统科学、数学科学、思维科学、行为科学是所有上述科学都会应用的科学；哲学与美学是所有科学与学科的高层概括。

现代科学技术体系解读 2，是按照“五行”的系统结构进行解读的。地理科学属“土”，土生金，社会科学是“金”，金生水，人体科学是“水”，水生木，思维科学是“木”，木生火，自然科学是“火”，火生土，这是相生相克的一个循环；对应人体科学的是行为科学，对应社会科学的是军事科学，对应地理科学的是建筑科学，对应自然科学的是虚拟科学。前者，都是认识世界的科学，属“阳”；后者，都是改造世界的科学，属“阴”。自然科学（力学有 3 个独立量纲，即质量、时间、空间；物理学有 7 个独立量纲，在力学三个独立量纲基础上增加热量、电量、磁量、放射量）基础上产生地理科学，地理科学（9 个独立量纲，在 7 个独立量纲基础上增加人单位、货币单位）基础上产生社会科学，社会科学（12 个独立量纲，在前 9 个独立量纲基础上增加权力单位、财力单位、智力单位）基础上产生人体科学，人体科学基础上产生思维科学，从自然科学到思维科学，复杂度越来越高。自然科学有 7 个独立量纲可以从定性到定量计算，地理科学有 9 个独立量纲，也已经可以从定性到定量计算，社会科学预测有 12 个独立量纲，还没有完全可以从定性到定量进行计算，人体科学和思维科学应该有多少个独立量纲，研究工作还没有深入到从定性到定量的程度，但是可以预见一个更比一个复杂。哲学与美学都是贯穿在所有的学科中间的。

意识科学是 20 世纪末 21 世纪初从哲学中提炼出来的，由于意识科学包含了思维科学，因此可以将意识科学替代思维科学，于是有图 4 与图 5。

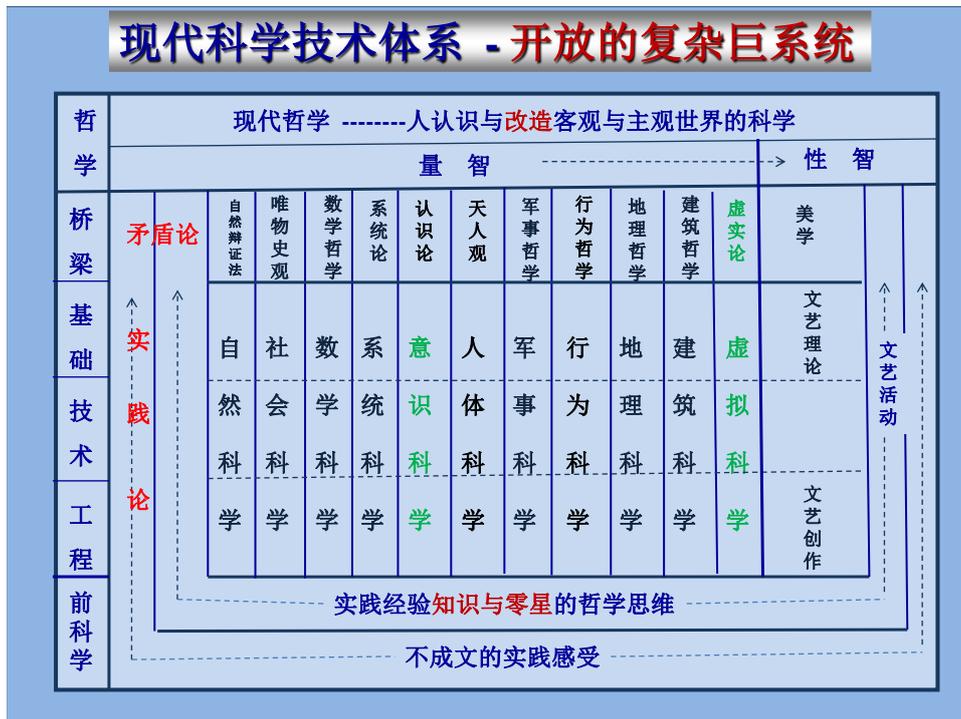


图 4 现代科学技术体系

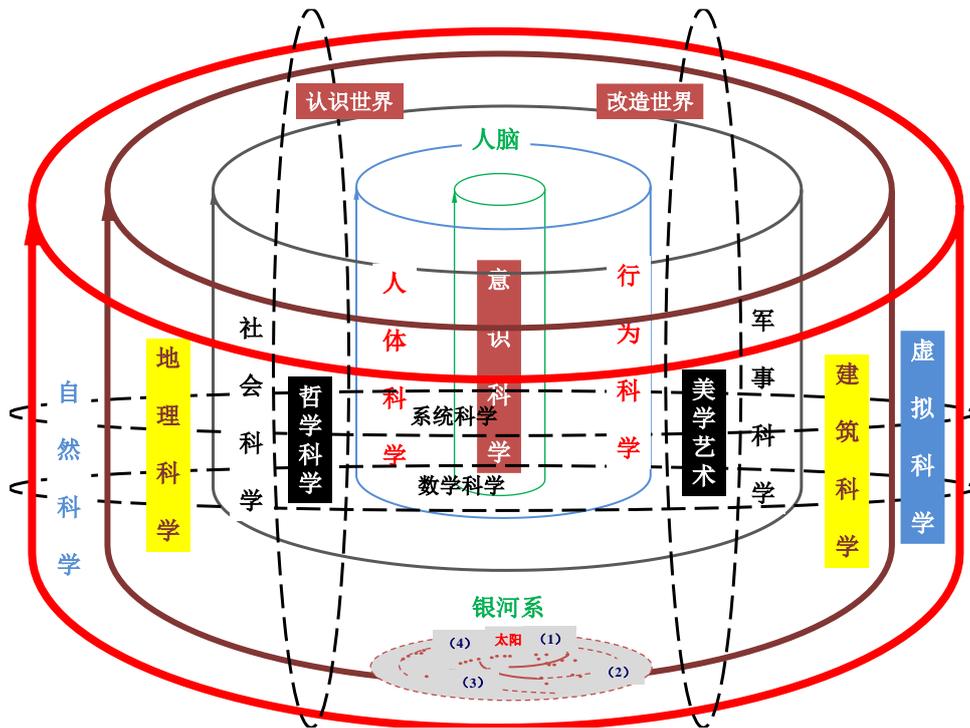


图5 解读现代科学体系

图4和图5中将意识科学替代了思维科学。

总之，钱学森的科技体系对于哲学科学做了深入的分析研究，对于美学艺术没有进一步的展开。

“接着说”我们给出美学体系，如下图6所示：

| 美学（哲学层次） | | | | | | | | | |
|----------|------------------|--------------|-------|--------------|------|------------------|------|------|--|
| 拟态化 | | | | | 数字化 | | | | |
| 基础理论 | 文学理论 | 绘画理论 | 雕塑理论 | 音乐理论 | 舞蹈理论 | 话剧小品 | 影视理论 | 数字艺术 | |
| 技术方法 | 语言文字 | 水墨彩色 | 刻刀材质 | 发声乐器 | 人体语言 | 人体综合 | 综合技术 | 数字技术 | |
| 应用赏析 | 诗歌、散文、 短中长篇小说 | 中国国画 西洋油画 | 雕塑艺术品 | 音乐乐谱 音乐录音 | 舞蹈表演 | 相声、小品、 话剧、地方剧 | 电影电视 | 网络艺术 | |
| 民间艺术 | 民间艺术 | | | | | | | | |

图6 美学体系

美学体系包括 8 个类型，6 个层次。8 个类型是文学、绘画、雕塑、音乐、舞蹈、话剧、影视、数字多媒体；6 个层次与科学技术相同，也是哲学层次、拟态化-数字化层次、基础理论层次、技术方法层次、应用赏析层次、民间艺术层次。

8 种类型：

(1) 文学

包括世界各个国家，各个民族，各种语言，各种文字的文学作品。

(2) 绘画

包括世界各个国家，各个民族，各种绘画工具制作的二维艺术品。

(3) 雕塑

包括世界各个国家，各个民族，各种手工制作的三维艺术品。

(4) 音乐

包括世界各个国家，各个民族，各种乐器，各种唱腔的音乐。

(5) 舞蹈

包括世界各个国家，各个民族，各种肢体语言，也包括各种武术。

(6) 话剧

包括世界各个国家，各个民族，各种舞台艺术，除话剧外，例如：小品、哑剧等。

(7) 影视

包括世界各个国家，各个民族的电视、电影等。

(8) 数字多媒体

上述各种类型，数字化后，都可以在计算机网络上传播。

(3) 社会系统工程

本节探讨的是钱学森（1911-2009）的社会系统工程。从社会系统工程的设计中，可以看到钱学森的真知灼见、高瞻远瞩。

钱学森的社会系统工程分社会系统和地理建设两部分。社会系统中分三部分：政治文明建设、物质文明建设、精神文明建设。政治文明建设中有民主建设、体制建设、法制建设；物质文明建设中有经济建设和人民体质建设；精神文明建设中思想建设与文化建设；地理建设中有基础实施建设，生态系统建设和环境治理建设，见图 1 所示。

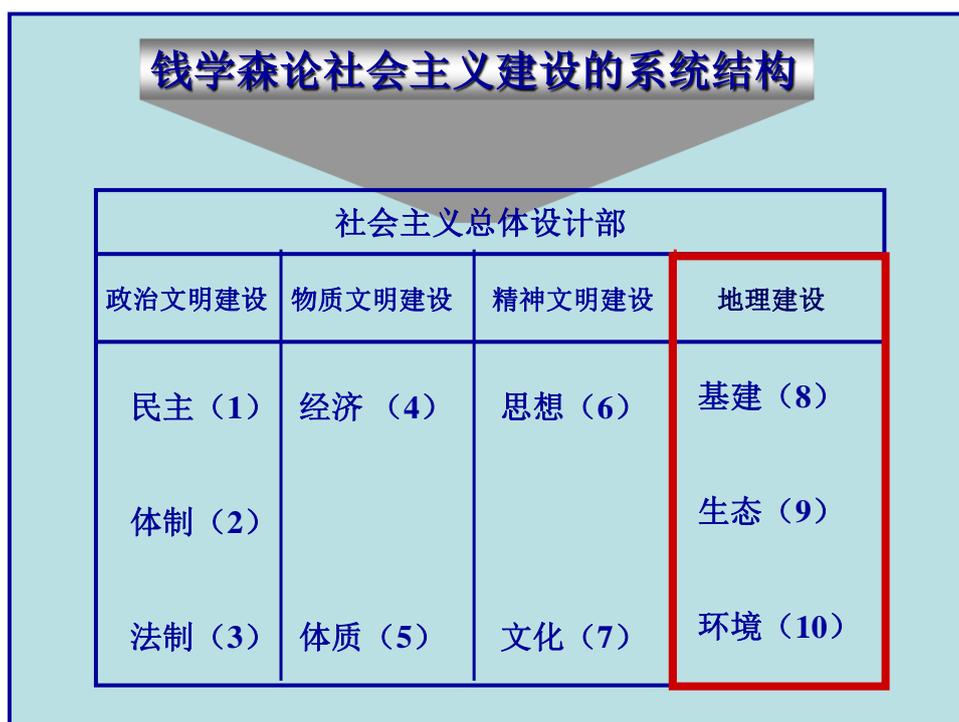


图 1 钱学森的社会主义建设总体设计部

1996年马蔼乃在北京大学学报（自然科学版）发表了《论地理科学的发展》，对地理建设提出了8个方面的建设，即人口、城镇、基建、生态、资源、环境、防灾、产业方面的建设，钱学森看后表示赞同。因此，对于社会主义建设总体设计部，做了一些修改，在物质文明建设中增加了人口建设；在精神文明建设中增加了科技文明建设；在地理建设中增加了城镇建设、资源开发建设、灾害防治建设、产业结构建设。由此从10个方面的建设增加到了16个方面的建设，见图2所示。



图 2 社会主义总体设计部

国家的机制体制改革，如果能够按照钱学森的思路进行，从顶层设计开始，是有可能精兵简政的。社会文明包括政治文明、物质文明、精神文明、生态文明、科技文明 5 个方面的建设，按照当前科学技术发展的水平，至少可以列出 23 个方面的建设，见图 3 所示。

| 社会主义建设总体设计部 | | | | |
|-------------|----------|---------|---------|-----------|
| 政治文明建设 | 物质文明建设 | 精神文明建设 | 生态文明建设 | 科技文明建设 |
| 民主 (1) | 宏观经济 (5) | 思想 (9) | 生态 (13) | 基础科学 (20) |
| 体制 (2) | 微观经济 (6) | 媒体 (10) | 城镇 (14) | 应用科学 (21) |
| 法制 (3) | 人口 (7) | 教育 (11) | 基建 (15) | 技术科学 (22) |
| 军事 (4) | 体质 (8) | 文化 (12) | 资源 (16) | 工程技术 (23) |
| | | | 环境 (17) | |
| | | | 灾害 (18) | |
| | | | 产业 (19) | |

图 3 社会主义总体设计部

政治文明建设包括民主建设、体制建设、法制建设、军事建设；物质文明建设包括宏观经济建设、微观经济建设、人口调控建设、人民健康建设；精神文明建设包括思想建设、媒体建设、教育建设、文化建设；生态文明建设包括生态系统建设、城镇系统建设、基础实施系统建设、资源开发系统建设、环境保护系统建设、灾害防护体系建设、产业结构系统建设；科技文明建设包括基础科学研究体系建设、应用科学推广体系建设、技术科学体系建设、工程技术体系建设。

按照系统工程顶层设计的理念，进行社会系统工程的建设，定能达到事半功倍的效用。学习钱学森的科学思想，继承与发展钱学森的科学思想，不只是一要“照着说”，更重要的是要“接着说”。

(4) 大成智慧教育

本节探讨的是钱学森（1911-2009）的大成智慧教育。从大成智慧教育的设想中，可以看到钱学森的真知灼见、高瞻远瞩。

众所周知，21 世纪的钱学森之问，“为什么我们的学校总是培养不出杰出人才？”实际上钱学森自己是有答案的，2005 年 7 月 30 日，钱学森曾向温家宝总理进言：“现在中国没有完全发展起来，一个重要原因是没有一所大学能够按照培养科学技术发明创造人才的模式

去办学，没有自己独特的创新的东西，老是‘冒’不出杰出人才。这是很大的问题。”

钱学森认为“大成智慧教育应该是熟悉科学技术体系，熟悉马克思主义哲学，理、工、文、艺结合，有智慧；熟悉信息网络，善于用电子计算机处理知识，用一周的时间就能掌握新专业。”所谓熟悉科学技术体系，就是熟悉钱学森的现代科学技术体系；熟悉信息网络，善于用电子计算机处理知识，就是应用现代大数据库、云计算等信息网络，随着科技的发展，还会有新的计算技术出现，必须与时俱进地掌握新技术、新手段；用一周的时间就能掌握新专业，这个要求有点高，如果是相邻的科学是有可能的，如果跨度太大，例如让一个学文的人转业医学，绝不是一周就可以转业的。反之，历史上孙中山学医转为从政，鲁迅学医转为文学，倒是当机立断就可以转向的。

公民义务教育可行性研究，钱学森提出了“4岁到12岁初级教育，13岁到17岁中高级教育，18岁社会实践，写论文，论文应达到硕士水平。”北京大学的徐光宪与马蔼乃讨论过钱学森的这个设想，认为这个设想是可以实现的。为此马蔼乃还进行了逐年的课程设计，见图1至图14。依照钱学森的科学思想进行教育改革，没有经验可循，下述设想是否可行，也只有在实践中经过时间的考验，才能决定。新鲜的是“第一个吃螃蟹的人”，总要有有人拿出一个靶子，让大家评头品足，一边进行理论讨论，一边进行具体实践，逐渐提高认识，深化教育改革。

8 年初级教育 - 第一年 (4-5岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|------------|---|------------|
| 一年级 (上) 数学 (一维线性为主) (加、减、负数、代数、线段) | 冬令营 | 一年级 (下) 数学 (二维平面为主) (乘、除、分数、代数、几何、解析几何) | 夏令营 |
| 计算机 (打字、做题) | | 计算机 (运用简单数据库、图形库) | |
| 语文 (看图识字, 拼音) 达到400字 外语 (与语文同步) 故事性短文 (贯彻礼貌教育) (中英对照) | 冰 雪 | 语文 (看图识字, 方块字) 达到1000字 外语 (与语文同步) 故事性短文 (自爱、爱家、爱国、爱人民教育) (中英文对照) | 游 泳 |
| 书画 (描红、描画) | | 书画 (难字描红、略复杂描画) | |
| 音乐 (唱歌、一种乐器) | | 音乐 (识谱、弹奏简单歌曲) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |
| 每天4节课，每节课20分钟，每周5天上课，周六、周日家长教育 | | | |

图1 第一年 4-5岁

8 年初级教育 - 第二年 (5-6岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|------------|--|------------|
| 二年级 (上) 数学 (三维立体为主) (乘方、开方、分子数、代数几何) | 冬令营 | 二年级 (下) 数学 (四维时空为主) (运动、物理力学) | 夏令营 |
| 计算机 (运用数据库、图像库) | | 计算机 (方向、定位、运动) | |
| 语文 (抽象文字, 恢复形象) 达到2000字, 造句 外语 (与语文同步) 故事性长、短文 (公民道德教育) (中英对照) | 冰 雪 | 语文 (抽象文字, 恢复形象) 达到3000字, 造句 外语 (与语文同步) 故事性长、短文 (公民法律教育) (中英文对照) | 游 泳 |
| 书画 (临摹书法、绘画) | | 书画 (临摹书法、绘画) | |
| 音乐 (弹唱结合) | | 音乐 (组织小乐队) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |
| 每天4节课, 每节课25分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育 | | | |

图 2 第二年 5-6 岁

8 年初级教育 - 第三年 (6-7岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|------------|--|------------|
| 三年级 (上) 数学 (四维中增加1个属性) (解方程, 结合物理) | 冬令营 | 三年级 (下) 数学 (四维中增加1个属性) (解方程, 结合物理) | 夏令营 |
| 计算机 (运用数据库、图像库) | | 计算机 (方向、定位、运动) | |
| 语文 (抽象文字, 恢复形象) 达到3200字, 作文 外语 (与语文同步) 故事性长、短文 (公民社会教育) (中英对照) | 冰 雪 | 语文 (抽象文字, 恢复形象) 达到3500字, 作文 外语 (与语文同步) 故事性长、短文 (公民政治教育) (中英文对照) | 游 泳 |
| 书画 (临摹书法、绘画) | | 书画 (临摹书法、绘画) | |
| 音乐 (组织小乐队) | | 音乐 (组织小乐队) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |
| 每天6节课, 每节课30分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育 | | | |

图 3 第三年 6-7 岁

8 年初级教育 - 第四年 (7-8岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|-----|---|-----|
| 四年级 (上) 数学 (四维中增加2个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 冬令营 | 四年级 (下) 数学 (四维中增加2个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 夏令营 |
| 计算机 (读地图) | | 计算机 (遥感图像) | |
| 双语 (抽象文字, 恢复形象) 作文 | 骑 | 双语 (抽象文字, 恢复形象) 作文 | 骑 |
| 历史 (古文、河图太极) | 车 | 历史 (洛书五行) | 马 |
| 地理 (自然环境) | | 地理 (人工环境) | |
| 书画 (临摹书法、绘画) | | 书画 (临摹书法、绘画) | |
| 音乐 (组织小乐队) | | 音乐 (组织小乐队) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |
| 每天6节课, 每节课40分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育 | | | |

图 4 第四年 7-8 岁

8 年初级教育 - 第五年 (8-9岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|-----|---|-----|
| 五年级 (上) 数学 (四维中增加3个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 冬令营 | 五年级 (下) 数学 (四维中增加3个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 夏令营 |
| 计算机 (Google/Earth, 中国) | | 计算机 (Google/Earth, 中国) | |
| 双语 (文学赏析, 中国) 作文 | 爬 | 双语 (文学赏析, 中国) 作文 | 远 |
| 历史 (孔子) | 山 | 历史 (老子) | 足 |
| 地理 (资源) | | 地理 (灾害) | |
| 书画 (书法、绘画-素描) | | 书画 (书法、绘画-素描) | |
| 音乐 (组织小国乐队) | | 音乐 (组织小国乐队) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |
| 每天6节课, 每节课40分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育 | | | |

图 5 第五年 8-9 岁

8 年初级教育 - 第六年 (9-10岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|-----|--|-----|
| 六年级 (上) 数学 (四维中增加 N个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 冬令营 | 六年级 (下) 数学 (四维中增加 N个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 夏令营 |
| 计算机 (Google/Earth, 中国) | | 计算机 (Google/Earth, 中国) | |
| 双语 (文学赏析, 中国) 作文 | 参 | 双语 (文学赏析, 中国) 作文 | 参 |
| 生物 (植物) | 观 | 生物 (动物) | 观 |
| 历史 (中国历史) | | 历史 (中国历史) | |
| 地理 (环境) | | 地理 (生态) | |
| 书画 (书法、绘画-国画) | | 书画 (书法、绘画-国画) | |
| 音乐 (国乐) | | 音乐 (国乐) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |

每天6节课, 每节课40分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 6 第六年 9-10 岁

8 年初级教育 - 第七年 (10-11岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|-----|--|-----|
| 七年级 (上) 数学 (四维中增加 N个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 冬令营 | 七年级 (下) 数学 (四维中增加 N个属性) (解方程, 结合物理、化学) | 夏令营 |
| 计算机 (Google/Earth, 世界) | | 计算机 (Google/Earth, 世界) | |
| 双语 (文学赏析, 世界) 作文 | 参 | 双语 (文学赏析, 世界) 作文 | 参 |
| 历史 (世界历史) | 观 | 历史 (世界历史) | 观 |
| 地理 (城市) | | 地理 (人口) | |
| 生物 (微生物) | | 生物 (人体) | |
| 书画 (书法、绘画-西洋画) | | 书画 (书法、绘画-西洋画) | |
| 音乐 (组织小交响乐队) | | 音乐 (组织小交响乐队) | |
| 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 体育 (体育、舞蹈、武术) | |

每天6节课, 每节课40分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 7 第七年 10-11 岁

8 年初级教育 - 第八年 (11-12岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|-----|--|-----|
| 八年级 (上) 数学 (四维中增加 N个属性) (解方程, 结合物理、化学) 计算机 (Google/Earth, 世界) | 冬令营 | 八年级 (下) 数学 (四维中增加 N个属性) (解方程, 结合物理、化学) 计算机 (Google/Earth, 世界) | 夏令营 |
| 双语 (文学赏析, 世界) 作文 | 参 | 双语 (文学赏析, 世界) 作文 | 参 |
| 历史 (世界历史) | 观 | 历史 (世界历史) | 观 |
| 地理 (基础建设) | | 地理 (产业) | |
| 生物 (微生物) | | 生物 (人体) | |
| 书画 (书法、绘画-西洋画) 音乐 (组织小交响乐队) 体育 (舞蹈、体育、武术) | | 书画 (书法、绘画-西洋画) 音乐 (组织小交响乐队) 体育 (体育、舞蹈、武术) | |
| 每天6节课, 每节课40分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育 | | | |

图 8 第八年 11-12 岁

5 年中高级教育 - 按照专业分科 - 公共课程 (12-13岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|-----|-----------------------|-----|
| 九年级 (上) 一义序 (形式逻辑) | 冬令营 | 九年级 (下) 一义序 (形式逻辑) | 夏令营 |
| 数学 (对数) | | 数学 (代数、矩阵) | |
| 修身 (道德) | | | |
| 专业课程 1、天文与地球 2、地质与矿产 3、地形与地貌 4、计算机 (Google/Earth, 世界, 遥感, 编程) | | | |
| 社会实践 | 学农 | | 学农 |

每天6节课, 每节课50分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 9 中高级教育公共课程 12-13 岁

5 年中高级教育 - 按照专业分科 - 公共课程 (13-14岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|-----|-----------------------|-----|
| 十年级 (上) 逻辑学 (形式逻辑) | 冬令营 | 十年级 (下) 逻辑学 (形式逻辑) | 夏令营 |
| 数学 (三角) | | 数学 (几何 - 平面、立体) | |
| 修身 (道德) | | | |
| 专业课程 1、气候与水文 2、土壤与植被 3、自然地理实验 4、计算机 (Google/Earth, 世界, 地理信息系统, 编程) | | | |
| 社会实践 | 学工 | | 学工 |

每天6节课, 每节课50分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 10 中高级教育公共课程 13-14 岁

5 年中高级教育 - 按照专业分科 - 公共课程 (14-15岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|-----|------------------------|-----|
| 十一年级 (上) 中国古文化 (辨证) | 冬令营 | 十一年级 (下) 中国古文化 (辨证) | 夏令营 |
| 数学 (解析几何) | | 数学 (解析几何) | |
| 齐家 (道德、法律) | | | |
| 专业课程 1、人类与社会 2、资源与环境 3、生态与灾害 4、计算机 (Google/Earth, 世界, 全球定位系统, 编程设计) | | | |
| 社会实践 | 学军 | | 学军 |

每天6节课, 每节课50分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 11 中高级教育公共课程 14-15 岁

5 年中高级教育 - 按照专业分科 - 公共课程 (15-16岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|---|-----|------------------------|-----|
| 十二年级 (上) 二极序 (辩证逻辑) | 冬令营 | 十二年级 (下) 二极序 (辩证逻辑) | 夏令营 |
| 数学 (微积分) | | 数学 (微积分) | |
| 齐家 | | | |
| 专业课程 1、经济与法律 2、城镇与农村 3、基建与产业 4、计算机 (Google/Earth, 世界, 全球通讯系统, 编程设计) | | | |
| 社会实践 | 志愿者 | | 志愿者 |

每天6节课, 每节课50分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 12 中高级教育公共课程 15-16 岁

5 年中高级教育 - 按照专业分科 - 公共课程 (16-17岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|-----|---------------------|-----|
| 十三年級 (上) 马克思主义哲学 | 冬令营 | 十三年級 (下) 马克思主义哲学 | 夏令营 |
| 数学 (数理统计) | | 数学 (数理统计) | |
| 治国 (道德、法律) | | | |
| 专业课程 1、地理哲学 2、理论地理科学 3、地理系统工程 (区域) 4、计算机 (Google/Earth, 世界, 天地人机信息一体化网络系统, 软件设计) | | | |
| 社会实践 | 志愿者 | | 志愿者 |

每天6节课, 每节课50分钟, 每周5天上课, 周六、周日家长教育

图 13 中高级教育公共课程 16-17 岁

5 年中高级教育 - 按照专业分科 - 硕士论文 (17-18岁)

| 第一学期 (9月 - 1月) | 寒假 | 第二学期 (3月 - 7月) | 暑假 |
|--|-----|----------------|----------------|
| 十四年级 (上) 现代科学技术体系 | 冬令营 | 十四年级 (下) | 夏令营 |
| 平天下 (道德、法律) | | | |
| 论文选题、开题、准备 | 论文 | | 答辩 |
| 生物量遥感信息模型 (区域) 计算 区域地理信息编码模型 XXX城市发展规划 | | | 硕士 硕士 硕士 |

每天6节课，每节课50分钟，每周5天上课，周六、周日家长教育

图 14 中高级教育硕士论文 17-18 岁

需要说明的是，由于作者是地理遥感专业的背景，因此，专业方面属于地理遥感学科，上述设计在公共课程方面具有通用性，在专业方面尚需各个学科自行设计，需要各个领域的专家、学者“接着说”。

(5) 从定性到定量综合集成法

本节探讨的是钱学森 (1911-2009) 的从定性到定量的综合集成法。在定性到定量综合集成法的设想中，可以看到钱学森的真知灼见，我们应该继承钱学森的设想，脚踏实地地做一些研究。

一般认为定性与定量相结合的方法是把“学科”提高到“科学”的有效途径，钱学森早期也是这样认为的。但是，很快他就意识到这种定性与定量结合的方法，往往是对一个定性问题，去寻找已经存在的定量方法，勉强“对号入座”，例如大气圈中热量平衡，水圈中的水量平衡、水热平衡、水盐平衡、水沙平衡等等，都是将复杂的大气问题、水问题，还原成简单的物理问题来处理的。因此，20 世纪 80 年代他就对地理学界的研究人员提出，地理学有没有应用“相似理论”的问题。因为对与确定性理论问题可以使用微积分方程的方法；对于黑箱问题可以使用数理统计方法。而对于半经验半理论的复杂问题，只有应用相似理论的方法。地理现象恰好是“灰色、模糊”问题，既确定，又不确定，既有灰色性又有模糊性。在他看来，这种半经验、半理论的问题，应该使用相似理论和相似准则。当然钱学森不是地理学家，他不可能亲自研究地理学中的问题。因此，他提出了在一些尚未定量计算的学科中，应该走一条“从定性到定量”的道路，而不是“定性与定量结合”。换句话说，地理科学不能套用物理公式，而是要发展适合地理现象的数学。这种高瞻远瞩的观点，引起地理学界的关注，最为典型的地理数学模型，是马蔼乃所著《动力地貌学概论》中的一批数学模型。

这些模型已经有了通用的一般方程，见图 1。

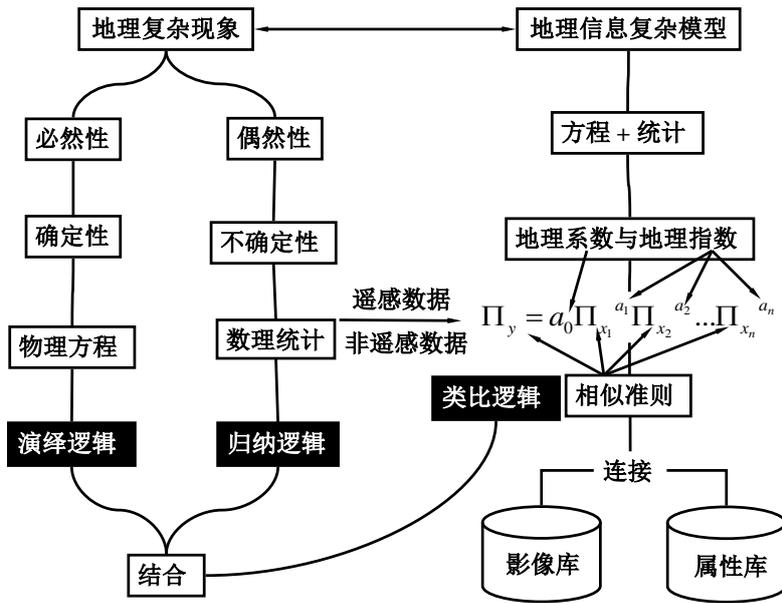


图 1 地理模型图解

即有

$$\pi_y = a_0 \pi_{x_1}^{a_1} \pi_{x_2}^{a_2} \dots \pi_{x_n}^{a_n} \quad (1)$$

式中 $\pi_y, \pi_{x_1}, \pi_{x_2}, \dots, \pi_{x_n}$ 是白化了的相似准则， $a_0 = f(x, z, y, t, \pi_{x_3} \dots \pi_{x_{n-1}})$ ， $a_1, a_2, \dots, a_n = f(x, y, z, t)$ ，都是时空的函数。这就是在钱学森的从定性到定量思想指导下，产生的地理数学模型。

所谓相似准则，在《动力地貌学概论》中有如表 1 中所示：

表 1 地理相似准则

| 分类 | 序号 | 相似准则名称 | π | 相似准则公式表述 |
|----|----|----------------|---------|--|
| 时空 | 1 | 空间比例尺 | π_L | $\frac{l_i}{L}$ |
| | 2 | 时间比例尺 | π_t | $\frac{t_i}{\tau}$ |
| | 3 | 速度比，坡度比 | π_v | $\frac{v_i}{V} = \left(\frac{\partial l_i}{\partial t}\right) / V$ |
| | | | π_s | $\frac{v_i}{V_s} = \left(\frac{\partial l_i}{\partial h}\right) / V_s$ |
| | 4 | 加速度比 当地加速度比 | π_a | $\frac{a_i}{A} = \left(\frac{\partial v_i}{\partial t}\right) / A$ |

| | | | | |
|-----|----|-----------------|-------------------|--|
| | | | π_w | $\frac{w_i}{W} = \left(\frac{\partial v_i}{\partial l}\right) / W$ |
| 大气圈 | 5 | 昼夜温差 | π_T | $\frac{T_d - T_n}{T_m}$ |
| | 6 | 降雨强度 | π_I | $\frac{I}{I - I_0}$ |
| | 7 | 气压 | π_P | $\frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_m}$ |
| | 8 | 反照率 | π_A | $\frac{\phi_A}{\Phi}$ |
| 水圈 | 9 | 雷诺数 | π_{Re} | $\frac{vh}{\nu}$ |
| | 10 | 动能势能比 (弗劳德数) | π_{Fr} | $\frac{v}{\sqrt{ghJ}}$ |
| 土圈 | 11 | 粗糙度 | π_{Δ} | $\frac{d}{h}$ |
| | 12 | 相对土层厚度 | $\pi_{D/d}$ | $\frac{D}{d}$ |
| 地貌 | 13 | 挟沙力 | π_{S_0} | $\frac{v^3}{gh\omega}$ |
| | 14 | 河相关系 | $\pi_{R_b/h}$ | $\frac{B}{hJ}$ |
| | 15 | 水系分支比 | π_c | $\frac{N_c}{N_{c+1}}$ |
| | 16 | 水系交汇角 | $\pi_{con\theta}$ | $\frac{h_{c+1} \text{Sin}\alpha_c}{h_c \text{Sin}\alpha_{c+1}}$ |
| 生物圈 | 17 | 植被覆盖度 | π_{V_c} | $\frac{V_A}{A}$ |
| | 18 | 植物水势 | π_{ET} | $\frac{ET}{ET_N}$ |
| | 19 | “绿度” | π_{NDVI} | $\frac{IR - R}{IR + R}$ |
| | 20 | 初级生产力 | π_{ps} | $\frac{y}{R^{1/3} CO_2^{2/3}}$ |

| | | | | |
|------|----|----------|---------------|--|
| 环境污染 | 21 | 尾气浓度 | π_c | $\frac{CvI^2}{Q}$ |
| 产业 | 22 | 人口与活动面积 | π_{pA} | $D_p \cdot A_p$ |
| | 23 | 存储与运输力 | π_{DT} | $\frac{D_T}{T_T}$ |
| | 24 | 旅游-餐饮业产值 | $\pi_{T\&M}$ | $\frac{T_c}{M_c}$ |
| 信息 | 25 | 波段比值 | π_{ratio} | 例如： $\frac{IR}{R}, \frac{B}{R}, \frac{G}{R}$ 等 |

从表中不难看出，所有的相似准则都是无单位的，量纲等于 1 的数值。这样就极大地便于相似现象之间的比较了。

地理遥感方面已经有了从定性到定量研究的实践，由于专业的局限性，不能以偏代全，尚需各个专业自行研究适合自身规律的相似准则。

(6) 综合集成研讨厅

本节探讨的是钱学森（1911-2009）的综合集成研讨厅。从综合集成研讨厅的设想中，可以看出钱学森理论思想的实践方法。

综合集成研讨厅体系是钱学森提出的处理开放复杂巨系统的一种方法，是人机结合的巨型智能系统和问题求解系统。其核心是将专家群体、统计数据 and 文字档案资料、计算机技术这三者结合起来。钱学森认为：“开放的复杂巨系统，由于其开放性和复杂性，我们不能用还原论的办法来处理它，不能像经典统计物理以及由此派生的处理开放的简单巨系统的方法那样来处理，我们必须用依靠宏观观察，只求解决一定时期的发展变化的方法。因此对开放的复杂巨系统，只能作比较短期的预测计算，过了一定时期，要根据新的宏观观察，对方法作新的调整。这样说来，开放的复杂巨系统理论及方法有其局限性，但这样认识是实事求是的，这种理论和方法也是有效的，因为它比那些脱离现实的所谓‘理论’更合乎实际。”实际上对于许多复杂性的现象，是多网络、多系统、多结构、多层次的，只能用半经验半理论的方法来解决，开放的复杂巨系统恰好满足了这个需要。综合集成研讨厅，由专家群体、云数据库、计算网络构成

(1) 专家群体

多学科专家参加研讨厅，例如：大成智慧教育研究，需要自然科学家、社会科学家、系统科学家、数学科学家、人体科学家、思维科学家、行为科学家、军事科学家、地理科学家、建筑科学家、虚拟科学家、哲学家、美学家等参加研讨。

(2) 云数据库

各个专家都有整套的数据与资料，将自然科学、社会科学、系统科学、数学科学、

人体科学、思维科学、行为科学、军事科学、地理科学、建筑科学、虚拟科学、哲学、美学分门别类地存入数据库，建设“云数据库”，将所有数据与档案集中起来，并和计算机网络连接。

(3) 计算机网络

连接云数据库的计算机网络，其终端构成连接各个自然科学家、社会科学家、系统科学家、数学科学家、人体科学家、思维科学家、行为科学家、军事科学家、地理科学家、建筑科学家、虚拟科学家、哲学家、美学家的硬件。各位专家可以不同时在线，任何时间上线，都能够通过云数据库与其他专家沟通。

国家与区域综合集成研讨厅信息系统的总体设计，见图 1 所示。由底部向上共分 8 层，(1) 计算机网络及硬件平台（网络系统层）、(2) 现代科学与技术数据中心层（包括人才库和知识库）、(3) 云数据库层、(4) 天地人机信息一体化网络系统软件层（包括从定性到定量综合集成的数学模型）、(5) 各部门各级专家群体层、(6) 社会与军事信息系统和地理与建筑信息系统层、(7) 内联网与外联网层、(8) 各部门各级领导群及总设计师层。该系统需要保障和安全 2 个方面的维护。保障包括政策、法规、标准、规范、组织、设计、技术等；安全包括用户行为安全、应用权限安全、系统访问安全、数据安全、计算机网络安全等。



图 1 综合集成研讨厅

这个综合集成研讨厅是与时俱进的，图中计算机网络硬件平台、云数据库、专家群体是钱学森已经考虑到的核心层，实际上还需要天地人机信息一体化网络系统的软件支撑，没有软件支撑，就无法运作，社会与军事信息系统和地理与建筑信息系统也是软件。这样的综合集成研讨厅是可以实用的。

(7) 开放的复杂巨系统

本节探讨的是钱学森（1911-2009）的开放的复杂巨系统。从开放的复杂巨系统的设想中，可以看到钱学森的真知灼见、高瞻远瞩。

首先，分析系统的概念，见图 1 所示：

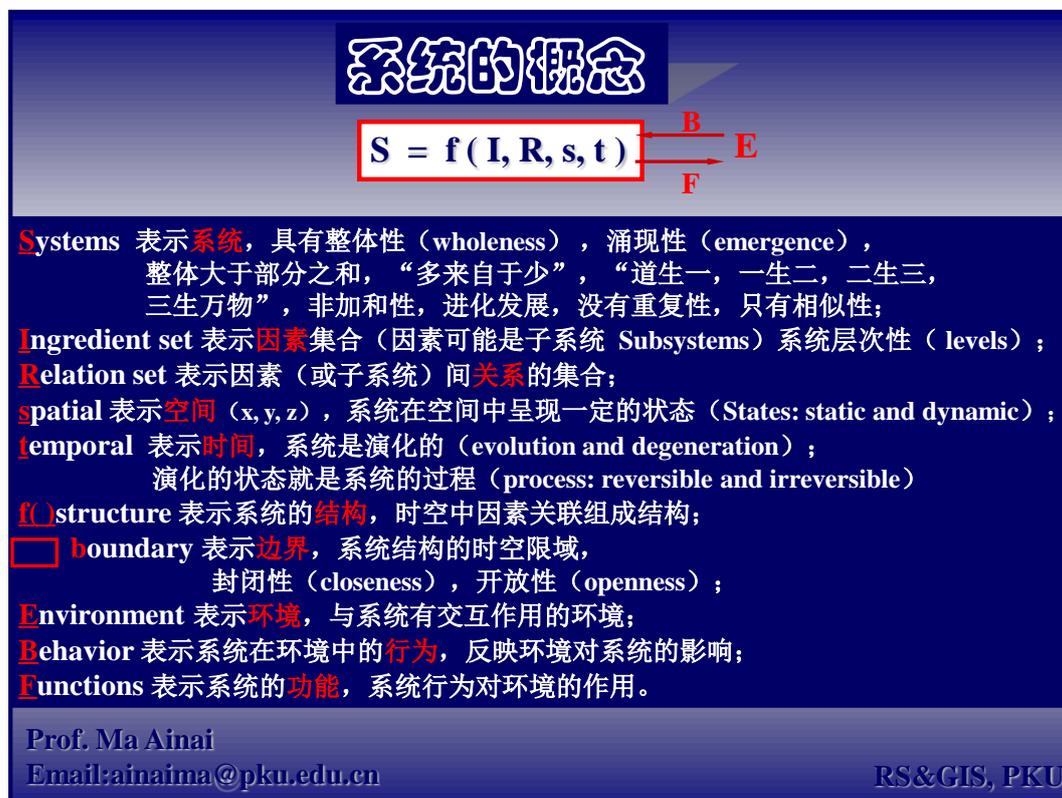


图 1 系统的概念

一个系统（Systems）是多因素集合（Ingredient set）与各因素之间的关系集合（Relation set），在时间（t），空间（s）中运动的结构（即函数）。系统是在环境（Environment）中存在的，系统在环境中的行为（Behavior），表现为系统的功能（Functions）。

其次，分析系统的分类，系统类型，第一个层次是分，简单系统和复杂系统，由于复杂的程度是不同的，因此就有复杂系统与复杂巨系统之分；在简单系统中，根据系统的大小，可以分小系统、大系统、巨系统；巨系统中又分，简单的和复杂的；在复杂的巨系统中，实际上都是开放的，只有小系统、大系统有可能是封闭的；开放的复杂巨系统（Opening Complexity Giant Systems）在系统分类中的地位。由于社会系统是多维、多层次、跨层次的网络结构，钱学森称之为特别复杂的巨系统，见图 2 所示。

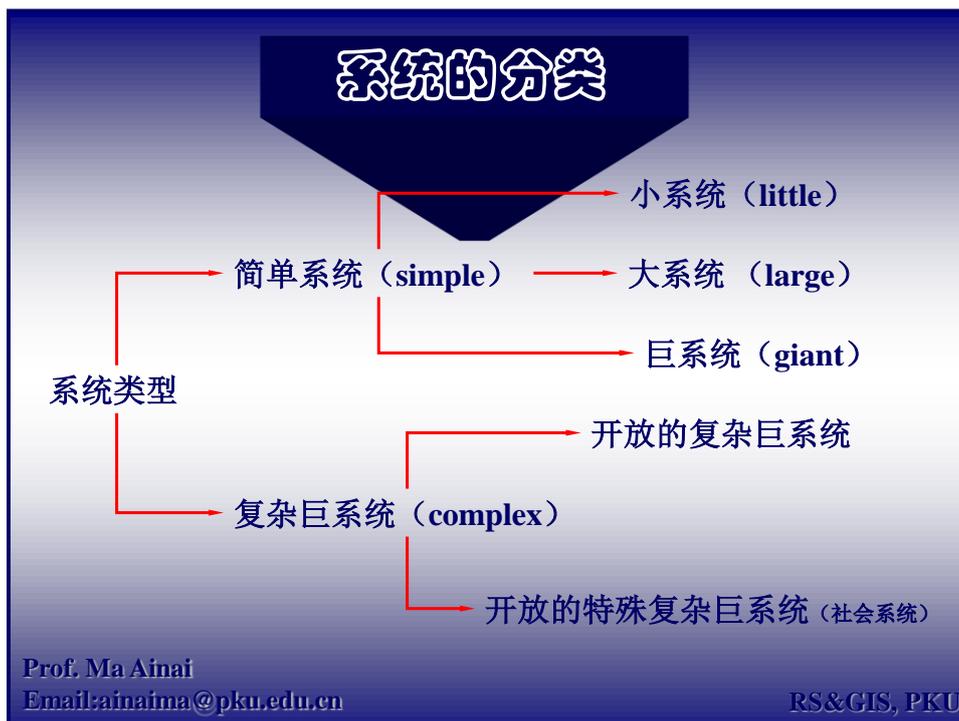


图 2 系统的分类

第三，比较简单系统与复杂巨系统之间的关系，见图 3 所示。

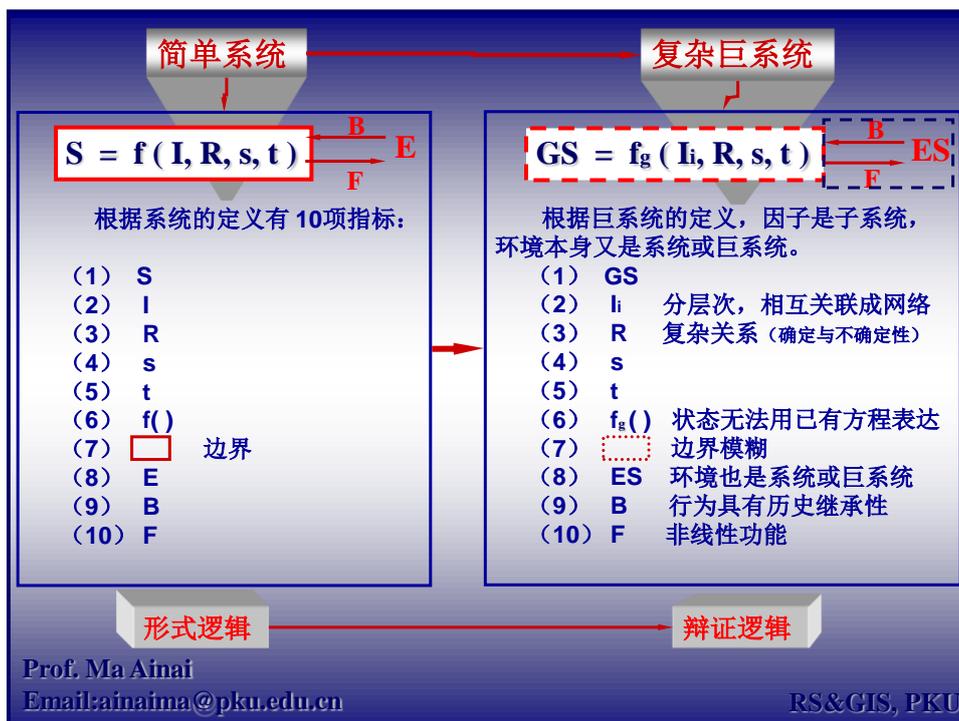


图 3 简单系统与复杂巨系统对比

香山科学会议第 68 次学术讨论会于 1997 年 1 月 6—9 日在北京香山举行，会议主题为“开放的复杂巨系统的理论与实践”。会议由宋健和戴汝为两位院士担任执行主席。参加讨论会的有钱学森、许国志、曾庆存、陈能宽、周干峙、张钹、汪成为、赵玉芬等 10 位院士和来

自系统科学、数学、物理、生物、化学、计算机、软科学、军事、经济、气象、石油、化工、建筑、材料、认知科学、人工智能、社会科学、哲学等领域的近 50 名专家学者。这是一次学科跨度很大的探讨 21 世纪科学发展的讨论会。

开放的复杂巨系统的概念是钱学森于 80 年代末总结和提炼出来的。以钱学森、于景元、戴汝为 3 人署名的论文《一个科学新领域—开放的复杂巨系统及其方法论》在《自然杂志》1990 年第 1 期发表，首次向世人公布了这一新的科学领域及其基本观点：对于自然界和人类社会一些极其复杂的事物，从系统学的观点来看，可以用开放的复杂巨系统来描述。处理这种开放的复杂巨系统，在目前只能用从定性到定量的综合集成法。1992 年初，钱学森提出建立从定性到定量综合集成研讨厅体系，这就使得综合集成法有了一个可操作的具体系统。1992 年底进一步提出“要把人的思维、思维的成果、人的知识、智慧以及各种情报、资料统统集成起来，可以叫大成智慧工程”，可见开放的复杂巨系统是大成智慧工程的工具。

开放的复杂巨系统的特点，见图 4 所示：

开放的复杂巨系统特点

- (1) 因素组分足够大（巨），传统形式化不可行，例如不能用微分方程表达；
- (2) 每一个组分（子系统）对整体系统没有“相同性”只有“相似性”；
- (3) 组分之间动态变化地相互作用；
- (4) 相互作用一般是非线性的；
- (5) 一个组分与多个组分互为确定与不确定关系（随机、模糊、灰色、分形）；
- (6) 一个组分仅与邻近的局域组分相互作用，得到提高或者压缩；
- (7) 相互作用中存在多线路的反馈回路（Multi Feedback, recurrence）；
- (8) 复杂系统是开放的，边界常常是模糊的；
- (9) 复杂系统不平衡、不稳定、一般是比较耗散结构更加复杂的结构；
- (10) 复杂系统具有传承性，过去的结构-状态-功能影响现在的结构-状态-功能。

图 4 开放的复杂巨系统的特点

研究开放的复杂巨系统的方法也是复杂的，需要突破还原论，用还原与整体辩证统一的系统论方法；实证科学与体证感悟结合的心物辩证法；抽象思维与形象思维结合的意象思维方法；从定性到定量综合集成的模型法；物质、能量、信息、时间、空间 5 位一体的研究方法等，联合运用才能获得既符合客观规律，又符合主观满意的效果。

（作者为北京大学地球与空间科学学院遥感与地理信息系统所教授）