

经济社会发展中注重运用“三论” 进行科学调控

黄奇帆 中国国家创新与发展战略研究会

2026年5月16日，在第十届中国系统科学大会上，笔者围绕“经济社会发展中注重运用‘三论’进行科学调控”这一主题作了报告。应《系统与控制纵横》编辑部之邀，现将报告内容整理成文，以飨读者。

本文主要讨论两个问题：第一，系统论、控制论在小系统和巨系统治理中的适用边界；第二，从“三论”视角分析我国城乡融合发展战略和人工智能自身发展的五个层次。

一、系统论、控制论在小系统和巨系统治理中的适用边界问题

（一）不同复杂度系统需要不同方法论重点

系统论与控制论都是现代科学方法论的重要组成部分。系统论强调整体性、结构性、层次性、关联性和功能性，主要解决复杂对象“由什么构

成、如何组织、整体功能如何形成”的问题。控制论强调目标、反馈、偏差、调节和稳定，主要解决系统“如何运行、如何纠偏、如何达成目标”的问题。从实践看，不同类型的系统，对两种理论的依赖程度确实不同。

经济社会是一个巨系统，空间站建设是一个复杂工程系统，但相对经济社会这个“大系统”而言，空间站建设只能算是个“小系统”。所谓巨系统，是指变量极多、层级复杂、主体多元、边界开放、周期漫长、不确定性强、外部扰动频繁的系统。国家宏观经济系统就是典型巨系统。这里所说的“小系统”，不是指规模一定小，而是指其边界较清晰、目标较明确、变量较有限、结构较可控、功能较确定的系统。空间站虽然工程规模极其庞大，但从系统类型上看，它仍然属于边界相对明确的复杂工程系统，而不是开放社会巨

系统。

对于空间站、飞机、高铁、电网局部工程、重大装备制造等工程系统而言，其边界相对清晰，目标相对明确，变量相对可识别，运行规律相对可建模，设计周期和建设周期相对可控。因此，这类系统更适合首先运用系统论进行总体设计、模块分解、接口协调、结构集成和功能优化。对于国家宏观经济、超大城市治理、金融系统稳定、生态环境治理、人口结构变化、产业链供应链安全等巨系统而言，其变量众多、周期漫长、边界开放、条件变化频繁、主体行为复杂，且存在强烈的不确定性和非线性。因此，仅靠一次性的系统设计远远不够，更需要运用控制论建立动态监测、反馈调节、风险预警和政策纠偏机制。这正是“小系统重系统设计，巨系统重反馈控制”的基本逻辑。

（二）小系统为什么更适合以系统论为主

1. 小系统具有较清晰的系统边界。系统论首先要求明确系统边界。只有边界清楚，才能确定哪些要素属于系统内部，哪些属于外部环境。以空间站建设为例，其系统边界相对明确，包括：载人飞船、核心舱、实验舱、能源、生命保障、测控通信、轨道控制、航天员保障、地面指挥等分系统。这些分系统虽然高度复杂，但可通过工程设计、技术标准和任务规划进行边界划分，非常适合系统论中的“整体—部分—结构—功能”分析方法。

2. 小系统目标较明确，功能可分解。空间站建设目标明确，即在轨长期稳定运行，保障航天员生存、科学实验、轨道维护、天地通信和安全返回。总目标可以分解为：安全、能源、通信、生命保障、姿态控制、实验任务、维护、应急等子目标。系统论很适合进行这种目标与功能分解。将复杂总体分解为多个功能模块，再通过接口设

计集成为整体，实现复杂工程的可管理化。

3. 小系统变量相对有限，可进行工程建模。小系统的变量虽然较多，但大多属于技术、结构、工程和环境变量，可测量、可模拟、可验证。空间站运行中涉及轨道高度、姿态角、温度、压力、氧气浓度、电力负荷、通信信号、燃料余量、设备状态等参数，可通过工程模型、仿真、传感器监测和地面试验进行分析。相比社会经济系统中人的预期、市场情绪、国际冲突、制度变化等变量，工程系统变量的不确定性相对较低。系统论在小系统中可以充分发挥“总体设计、系统集成、结构优化、可靠性设计”的优势。

4. 小系统更强调结构匹配和功能集成。系统论认为，系统功能不是要素简单相加，而是要素之间的结构关系决定。空间站建设不是简单把舱段、太阳翼、机械臂、实验设备、生命保障装置拼在一起，而是要使各子系统之间实现结构、接口、功能和运行匹配。例如：能源系统必须满足生命保障、实验设备、姿态控制和通信系统的用电需求；温控系统必须适应舱内设备运行、航天员活动和外部空间环境变化；测控通信系统必须保障天地信息实时传输；机械臂系统必须与舱段结构、航天员出舱、设备维护相协调。这正是系统论最典型的应用：通过整体设计和结构集成，使复杂工程形成整体功能。

（三）巨系统为什么必须突出控制论

国家宏观调控之所以更需要控制论，是因为宏观经济运行不是一次设计就可以完成的，而是一个持续演化、不断波动、需要动态调节的过程。

1. 巨系统变量多，难以完全预先设计。宏观经济系统包含生产、消费、投资、出口、就业、财政、金融、产业、房地产、价格、收入分配、人口、科技、国际贸易、资本流动等众多变量。这些变量之间不是简单线性关系，而是高度耦合、相互

影响。房地产下行会影响地方财政、银行资产质量、居民财富预期、建筑业、钢铁水泥建材、消费信心和就业；利率调整会影响企业融资、居民购房、资本市场、汇率和银行利润；人口老龄化会影响消费结构、储蓄率、财政支出、劳动力供给和产业结构。这种巨系统不可能像空间站那样进行完全确定性的总体设计，必须依靠运行中的动态监测和反馈调节。

2. 巨系统周期长，必须重视阶段性调整。工程系统通常有较明确的设计、建设、试验、运行周期。宏观经济系统则是长期连续运行的，没有一个明确的终点。国家发展战略可能跨越十年，甚至更长周期。期间国际政治格局、技术革命、产业竞争、人口结构、资源环境、金融风险、社会预期也会不断变化。因此，宏观调控不能寄希望于一次性政策设计，而要根据经济运行状态不断修正政策力度、节奏和组合。这正是控制论的基本逻辑：设定目标、监测状态、识别偏差、反馈调节、再次评估。

3. 巨系统边界开放，外部冲击难以预测。国家宏观经济受全球金融危机、国际能源价格波动、地缘政治冲突、贸易保护主义、汇率波动、跨国资本流动、全球供应链重构、重大公共卫生事件、极端气候灾害等外部冲击影响，这些无法完全纳入事前规划。面对开放巨系统，关键不是保证系统永远不受冲击，而是提高系统的适应性、韧性和反馈调节能力。控制论在这里发挥的作用，就是通过监测预警和动态调节，使系统在冲击中保持基本稳定。

4. 巨系统存在非线性和滞后效应。宏观调控最难的地方之一，是政策效果往往存在滞后性、传导性和非线性。货币政策调整并不会马上影响实体经济，而是通过银行信贷、企业投资、居民消费、资产价格、市场预期等环节逐步传导；财

政政策也不是资金投下去马上产生同等经济效果，其乘数效应受项目质量、地方执行力、市场预期、居民消费倾向等因素影响。因此，宏观调控不是简单的“投入—产出”关系，而是复杂的“政策—传导—反馈—再调节”关系。控制论正适合处理这种动态调节问题。

5. 巨系统需要防止系统性风险。巨系统的风险不是局部故障那么简单，而可能具有传染性、放大性和连锁性。金融系统中的局部信用风险，如果处置不当，可能传导为流动性风险、市场信心风险、银行资产风险甚至系统性金融风险；房地产风险、地方债风险、中小金融机构风险、资本市场风险、汇率风险之间也可能相互传导。这类问题不能只靠系统设计，还必须建立风险监测、压力测试、预警响应、隔离处置和政策纠偏机制。这正是控制论的优势所在。

（四）不能简单说“小系统只适用系统论，巨系统只适用控制论”

我们需要避免一种误区：把系统论和控制论看成彼此替代的关系。实际上，二者不是替代关系，而是层次关系和互补关系。

1. 巨系统首先也必须用系统论。国家宏观调控虽然高度依赖控制论，但绝不能离开系统论。如果没有系统论，宏观调控就可能变成单点刺激、局部纠偏、短期应急，甚至出现“按下葫芦浮起瓢”的问题。只刺激房地产，可能短期拉动投资，但长期加重债务和资产泡沫；只扩大基建投资，可能稳定增长，但如果缺乏产业和人口支撑，会形成低效资产；只强调金融去杠杆，可能压缩风险，但如果力度不当，也可能冲击实体经济；只强调环保约束，如果忽视能源安全和产业承受能力，也可能造成供给波动。因此，宏观调控必须首先有系统论视角，要统筹增长、就业、物价、国际收支、金融稳定、产业升级、生态约束、民生保

障和长期发展。控制论负责“动态调节”，但调节什么、往哪里调、如何把握整体平衡，仍然离不开系统论。

2. 小系统也离不开控制论。空间站建设适合系统论，但空间站运行同样离不开控制论。例如：轨道姿态需要实时控制；舱内温度、湿度、压力、氧气浓度需要自动调节；能源供给需要根据太阳翼状态和设备负载进行动态分配；飞行姿态需要根据轨道环境不断修正；故障发生后需要监测、诊断、反馈和应急处置。所以，空间站建设阶段更突出系统论，空间站运行阶段则高度依赖控制论。更准确地说，系统论偏重设计逻辑，控制论偏重运行逻辑。工程小系统在设计阶段主要依靠系统论，在运行阶段也需要控制论。社会巨系统在总体战略上必须依靠系统论，在日常治理和动态调节上更加依赖控制论。

3. 系统越复杂，越需要系统论与控制论结合。系统复杂度提高后，不是系统论退场、控制论入场，而是二者都变得更加重要。对于复杂巨系统，系统论回答：系统边界在哪里？关键变量是什么？子系统之间如何关联？哪些结构决定长期功能？哪些局部风险可能演变为全局风险？哪些政策可能产生跨领域影响？控制论回答：目标如何设定？指标如何监测？偏差如何识别？政策如何调节？风险如何预警？调控效果如何评估？下一轮政策如何优化？因此，越是巨系统，越要先用系统论把整体看清，再用控制论进行动态治理。

（五）三种系统类型与方法论匹配

为了更准确理解，可以把系统分为三类。

1. 简单系统：适合机械因果分析。简单系统变量少、关系明确、结果可预测。例如普通机械装置、小型生产流程、简单行政流程等。这类系统主要用线性分析、流程管理和标准化方法即可。

2. 复杂工程系统：适合系统论和系统工程。

复杂工程系统变量较多，但目标明确、边界清楚、规律可建模。例如空间站、高铁、核电站、航空母舰、大型水利工程、工业生产等。这类系统主要需要系统论、系统工程、可靠性工程、项目管理和控制技术。

3. 开放复杂巨系统：适合系统论、控制论、信息论综合应用。开放复杂巨系统变量极多，边界开放，主体多元，目标多重，不确定性强。例如国家经济、金融体系、超大城市、全球供应链、生态气候系统、社会治理系统等。这类系统必须综合运用系统论看整体结构和相互关系；信息论提高数据采集、传输和认知能力；控制论建立反馈调节和动态纠偏机制。因此，对于国家宏观调控来说，最完整的方法不是单一控制论，而是：系统论定框架，信息论供认知，控制论管调节。

（六）对国家宏观调控的控制论解释

国家宏观调控可以被看作一个典型控制系统。其基本结构为：发展目标—经济监测—偏差识别—政策工具—传导机制—效果反馈—政策修正。

1. 目标系统。宏观调控不是单一目标，而是多目标系统，包括：经济增长、充分就业、物价稳定、国际收支平衡、金融稳定、产业升级、民生改善、生态约束、风险防控等。这使得宏观调控比一般工程控制复杂得多，因为不同目标之间可能存在张力。例如，刺激经济增长可能增加债务压力；控制通胀可能抑制投资和消费；去杠杆可能短期影响增长；环保约束可能影响部分行业供给。

2. 监测系统。宏观调控必须依靠大量信息，包括：GDP、工业增加值、服务业增加值、固定资产投资、社会消费品零售、进出口、就业、物价、财政收入、信贷、社融、汇率、资本市场、房地产、企业利润、居民收入、预期指数等。这些指标构

成宏观调控的信息基础。

3. 偏差识别系统。控制论的核心是识别实际状态与目标状态之间的偏差。例如：经济增长低于潜在增速；就业压力上升；物价偏低或偏高；信贷传导不畅；房地产风险扩散；地方债压力加大；外需下滑；企业投资意愿不足。只有识别偏差，才能进行政策调节。

4. 政策调节系统。政策工具包括：财政、货币、产业、就业、消费、房地产、外贸、汇率、金融监管、区域政策等。这些工具并不是孤立使用，而是形成政策组合。

5. 反馈评估系统。政策出台后，还要观察效果：投资是否回升、消费是否改善、就业是否稳定、企业信心是否恢复、金融风险是否缓释、物价是否回到合理区间、市场预期是否改善。如果效果不足，就要加力；如果副作用明显，就要修正；如果出现新风险，就要调整政策组合。这就是宏观调控的控制论本质。

（七）更严谨的命题表达

小系统、工程系统、边界清晰系统，因变量相对有限、目标相对明确、结构相对可设计，更适合突出系统论，通过总体设计、结构优化、功能分解和系统集成来实现整体效能。巨系统、社会经济系统、开放复杂系统，因变量众多、周期漫长、边界开放、外部扰动频繁、主体行为复杂，更需要在系统论总体框架下突出控制论，通过目标设定、状态监测、反馈调节、风险预警和动态纠偏来维持系统稳定并推动系统优化。

最关键的判断是：系统论解决复杂对象的整体认知问题，控制论解决复杂系统的动态治理问题。因此，空间站建设可以说是“以系统论为主、控制论为辅”的复杂工程系统；国家宏观调控则是“以系统论为基础、以控制论为核心、以信息论为支撑”的开放复杂巨系统治理。

用一句更凝练的话概括：小系统重在设计，故系统论优势突出；巨系统重在运行，故控制论不可或缺。但任何复杂系统都不能只靠一种理论，系统论、控制论、信息论必须协同使用。

二、“三论”视角下的国民经济发展案例

案例一：在城乡融合发展中实现共同富裕

党的二十届三中全会对完善城乡融合发展体制机制明确了改革任务。可概括为“一个目标、两个红利、五项关键改革”：“一个目标”即到2040年我国户籍城镇化率达到80%，实现共同富裕；“两个红利”为释放新型城镇化与乡村振兴双重红利；“五项关键改革”涵盖户籍制度、农村“三块地”、地方政府收储商品房、增加农民财产性收入、两万余个镇体制改革。



（一）系统论视角：城乡融合发展的整体结构分析

城乡融合发展战略本质上是一个开放复杂巨系统，涵盖人口、土地、收入、住房、财政、产业、制度、公共服务、城镇化、乡村振兴等多个子系统，各子系统要素相互耦合、制约，共同决定着共同富裕的实现路径。

1. 系统的结构诊断：城乡二元架构的失衡状态

从系统论看，当前城乡关系的核心症结在于

城乡二元架构导致的结构性失衡。这种失衡体现在三个方面：

其一，人口与土地要素的空间错配。我国存在一条“胡焕庸线”，北起黑龙江黑河、南至云南腾冲。线东南侧 410 万平方公里、占国土 43% 的区域，聚集 94% 人口，气候湿润、地势宜居；线西北侧 550 万平方公里、占国土 57% 的区域，仅居住 6% 人口，以高原山地为主、降水稀少，生存条件恶劣。与此同时，截至 2024 年底，全国耕地面积 19.4 亿亩。当前常住城镇化率 68%，但户籍城镇化率仅 48%，仍有 52% 农村人口共计 7.3 亿人分摊耕地，人均耕地仅 2.7 亩，户均不足 8 亩，远低于联合国认定人均 10 亩、户均 30 亩的小农经济标准。这意味着人口集聚区与土地资源的空间分布存在结构性矛盾。

其二，收入子系统间的巨大落差。2024 年农村居民人均务农收入 7845 元，三口农户家庭种地年收入仅 23535 元，亩均收益约 2942 元。对比来看，日韩农户平均耕地分别达 30 亩、22.5 亩，美国农场平均 2550 亩，加拿大家庭农场平均超 4000 亩。我国农民人多地少的格局，成为制约其增收致富的根本瓶颈。另外，我国农民财产性收入严重偏低。2023 年农村居民财产净收入仅 540 元，占可支配收入 2.49%；城镇居民财产净收入 5392 元，占比达 10.41%，城乡财产收入差距悬殊。我国虽已打赢脱贫攻坚战，彻底消除近 1 亿人人均年收入 2700 元标准的绝对贫困。但当前仍有 6 亿农民年收入仅 1 万元，相对贫困问题凸显且治理难度远超绝对贫困。

其三，要素配置扭曲。当前，农村深度老龄化加剧。七普数据显示，农村 60 岁及以上人口占比 23.81%，65 岁及以上占比 17.72%，显著高于全社会 18.70%、13.50% 的平均水平，已迈入深度老龄化社会，农村缺乏人才活力。再有就是资本下

乡动力不足。政策扶持力度不足，叠加农业投资周期长、市场风险高，社会资本投资三农意愿低迷。同时农村信贷资源配置失衡，2025 年底农村贷款余额、农户贷款余额占社会融资规模比重仅 8.9%、4.2%，金融赋能乡村发展力度不足，支持乡村振兴的通道严重不畅。

2. 改革设计的系统逻辑：以要素重组实现结构跃迁

从系统功能看，城乡融合改革的目标不是局部修补，而是通过要素重组实现城乡系统的结构跃迁，使系统从低水平均衡跃升至高水平均衡。二十届三中全会提出的 35 条具体举措，系统性地瞄准了“人、地、钱”三大要素的流动障碍。“一个目标”——2040 年户籍城镇化率达到 80%——是系统目标函数的明确设定。“两个红利”——新型城镇化红利与乡村振兴红利——则揭示了城乡系统内部的正反馈机制：加快农民市民化不仅能释放城镇化红利，还能通过减少农业人口、扩大户均耕地规模，为乡村振兴创造条件。这种结构变迁正是系统论所追求的“整体大于部分之和”的涌现效应。

第一，农民进城落户，将进一步释放乡村振兴的红利。到 2040 年户籍城镇化率达到 80%，未来十五年将有 4.3 亿多农民进城落户，除现有 2.8 亿农民工外，还将新增 1.5 亿农村人口有序入城。大规模农民进城将重塑农村耕地格局：进城农民可流转腾出 12 亿亩土地，留守农民人均耕地将从 2.7 亩增至 7 亩；宅基地及农村建设用地复垦可新增 3 亿亩耕地，人均再增 1 亩、达到 8 亩。伴随人口自然缩减与土地整治开发，有望实现农民人均 10 亩、户均 30 亩的规模化经营标准。耕地规模化经营将赋能农业现代化，助力农业延伸为一二三产融合的“六次产业”，构建全产业链供应链。按现有亩均 3000 余元收益测算，户均 30 亩

耕地年收入可达 10 万元, 相较当前 2 万余元务农收入大幅提升, 基本追平城市家庭收入水平, 有效缩小城乡收入差距, 筑牢共同富裕物质根基。

第二, 农民进城落户, 将进一步释放新型城镇化的红利。当前我国常住城镇化率与户籍城镇化率存在约 20 个百分点差距, 涉及约 2.8 亿人口, 长期处于半市民化“两栖”生活状态, 衍生多重社会经济隐患。一方面造成劳动力资源严重浪费, 企业普遍不愿聘用 45 岁以上农民工, 加之春运周期性人口流动, 农民工有效工作时间远低于城镇居民; 另一方面大量常住人口处于不稳定状态, 消费潜力难以释放, 城乡双重占地问题突出。我国已进入总人口负增长阶段, 人口若无法有效集聚, 既有城镇化基建投资难以摊薄成本, 还会制约产业升级与城市繁荣。加快农业转移人口市民化势在必行, 若 2035 年前实现 2.8 亿流动人口全部城镇落户, 既能补充城市劳动力、消化房地产库存、摊薄基建成本, 还将催生一批新的超大城市、特大城市, 优化城镇空间格局。

(二) 控制论视角: 城乡融合发展的目标设定与动态调节

城乡融合发展涉及长期周期、多元主体、多重目标和频繁的外部扰动, 必须在系统论确立的整体框架下, 运用控制论进行动态调节。

1. 放开城市户籍, 加快推动农民工进城落户

坚持以人为核心的新型城镇化, 把农业转移人口市民化作为户籍制度改革、要素流动和扩大内需的关键抓手。二十届三中全会提出推行常住地登记户口、均等提供基本公共服务的改革方向。按照国务院新型城镇化五年行动计划要求, 分类放开放宽落户限制: 全面取消 300 万以下城区城市落户门槛, 放宽 300 万至 500 万大城市落户条件; 优化 500 万以上超大特大城市积分落户政策, 逐步取消落户名额限制。通过改革抹平常住

与户籍城镇化率近 20 个百分点差距。从发展历程看, 1978 年十一届三中全会开启城镇化 1.0 版本, 四十余年户籍城镇化率从 18% 升至 48%; 二十届三中全会开启城镇化 2.0 版本, 预计十五年内再提升 30 个百分点, 到 2040 年实现 80% 户籍城镇化率, 夯实中国式现代化城乡发展基础。

2. 保护农民进城后“三块地”利益, 消除落户顾虑

承包经营权、宅基地使用权、集体收益分配权是农民核心财产权益, 若强制进城落户退出“三块地”, 将大幅降低农民落户意愿。严禁以退出“三块地”作为进城落户前置条件, 探索建立自愿有偿退出机制, 充分保障农民财产权益。坚持农村土地集体所有制不变, 推行所有权、承包权、经营权三权分立。依据民法典相关规定, 保障农民依法流转承包地、出租入股经营权, 规范宅基地转让、抵押、出租等盘活方式, 让进城农民依托土地权益获得稳定财产收入, 打消落户后顾之忧。

3. 发行超长期特别国债, 收购商品房转为保障性住房

构建政府保障基本住房、市场满足多元需求的住房供应体系, 是实现住有所居、共享发展成果的重要举措。我国城市保障性住房仅覆盖 5% 居民, 远低于 20% 的合理保障标准, 缺口巨大。当前房地产进入结构性调整阶段, 全国约 30 亿平方米商品房库存亟待消化。国家通过发行超长期特别国债, 支持地方政府以折价收购存量商品房, 转化为公租房、廉租房, 实现一举三得: 政府低成本补充保障房房源, 为进城农民提供廉价居住选择; 盘活房地产存量资产, 化解行业三角债, 助力房地产市场企稳复苏; 完善住房保障体系, 夯实城镇化民生基础。

4. 构建统一土地交易市场, 拓宽农民财产性收入渠道

农村“三块地”是农民最大资产, 但长期难以盘活变现、缺乏现金流收益, 是农民财产性收入偏低的核心症结。落实三中全会部署, 要健全城乡建设用地增减挂钩、补充耕地指标全国统一交易市场, 放开农村农房出租、入股、合作盘活限制, 有序推进集体经营性建设用地入市, 完善土地增值收益分配机制。实行集体经营性建设用地与国有土地同地同权同价, 土地流转收益 85% 分配给农民、15% 留存村集体用于乡村基建。4.3 亿农民进城后可复垦 2.5 亿亩宅基地, 按每亩 30 万元最低调剂价测算, 潜在市场价值达 75 万亿元。统一土地市场可激活农村土地存量价值, 分摊市民化成本, 持续增加农民财产性收入、壮大集体经济, 推动城乡区域协调均衡发展。

5. 推进特大镇管理权限改革, 完善新型城镇化体系

全国现有近 2 万个建制镇, 聚集约 2 亿人口, 处于城乡发展夹层, 公共服务配套不足、管理权限受限, 发展潜力未能释放。推进特大镇改革, 赋予其与人口、经济规模匹配的经济社会管理权限, 定位为城乡要素双向流动、以城带乡的重要载体。分类推进特大镇转型发展, 部分升级为特别市、部分并入县城改为街道、部分纳入城市群都市圈枢纽节点, 赋予县市级管理权限。同步完善特大镇基础设施、教育医疗、就业养老等公共服务, 实现与都市圈同城化发展。此项改革既能吸纳农村人口、赋能乡村振兴、完善城市群格局, 还能激活基建、建材、消费等市场潜力, 畅通国内大循环, 助力经济高质量发展。

总之, 用系统论看, 城乡融合是人口、土地、住房、产业、金融、公共服务、区域空间和治理体制共同构成的复杂系统工程, 不能孤立推进某

一项改革, 必须统筹推进。用控制论看, 改革必须围绕 2040 年户籍城市化率 80% 和共同富裕目标, 建立人口转移、土地权益保护、住房保障、财产收益分配和特大镇赋权的反馈调节机制。用信息论看, 城乡融合的关键在于把人口、土地、收入、住房、融资、公共服务和空间布局等数据转化为政策决策信息, 再通过制度设计转化为发展红利。

综合运用系统论、控制论、信息论审视城乡融合发展, 可以得出清晰的改革逻辑: 以户籍改革推动人口系统重组, 以土地改革推动资源系统优化, 以住房改革推动城市承载能力提升, 以财产权益改革推动农民增收, 以特大镇改革推动城乡空间结构升级, 最终在城乡融合发展中夯实共同富裕的物质基础和制度基础。

案例二: 人工智能自身发展的五个层次

在全球新一轮科技革命浪潮下, 人工智能已成为重塑文明形态的核心驱动力。人工智能是庞大复杂的系统工程, 其发展包含芯片、算力基础设施、数据、算法模型、能源电力五个内在层次。五者由微观到宏观、硬件到软件、物质到能量依次排布, 如同数字物种的心脏、骨骼血管、五脏六腑、大脑灵魂与生命底盘, 构成人工智能完整发展体系, 也是当前大国科技竞争的核心战略版图。这一判断, 本身具有鲜明的系统论特征: 人工智能不是单一的技术突破, 而是多层次、多要素、多环节耦合形成的开放复杂的巨系统工程。

(一) 芯片: 人工智能的“心脏基因”

从系统论看, 芯片是人工智能系统中最底层、最微观、最基础的物质单元。从控制论看, 芯片决定人工智能系统的响应速度、运行效力和反馈能力。从信息论看, 芯片是信息处理的物理载体。

1. 芯片的本质与战略地位

芯片虽然只是整个 AI 体系中的一个子系统,

却具有基础性、牵引性和决定性作用。人工智能的训练、推理、部署、应用，都必须通过芯片完成最基本的逻辑运算和矩阵计算。因此，芯片不是孤立的电子元器件，而是人工智能巨系统的“心脏基因”。大模型训练本质上是不断输入数据、计算参数、比较误差、修正权重的反馈过程；推理过程则是模型根据输入信息快速生成输出结果的响应过程。芯片的算力密度、能效比和互联带宽越高，AI 系统完成反馈调节的速度就越快，运行稳定性和规模化应用能力也越强。晶体管的开关状态构成了数字信息的基本表达，数百亿晶体管的高速开合，实质上就是对信息进行编码、传输、计算和转换。人工智能时代，芯片不再只是通用计算工具，而是智能信息处理的核心引擎。谁掌握先进芯片，谁就掌握了智能时代信息处理能力的底层主动权。

2. 制程工艺演进与物理极限

芯片制程从 28 纳米、14 纳米、7 纳米、5 纳米、3 纳米到 2 纳米的演进，不只是晶体管尺寸的缩小，而是材料、工艺、封装、内存、散热、架构等多个子系统协同优化的结果。英伟达 H100、H200、B200 等 GPU 之所以能够支撑前沿大模型训练，是因为先进制程、高带宽内存、CoWoS 封装和高速互联共同构成了高性能 AI 芯片系统。芯片发展正在遭遇物理边界的强约束。量子隧穿、漏电流、散热密度等问题，意味着过去单纯依靠制程压缩提升性能的路径越来越难以持续。系统在逼近边界条件时，必须进行结构性调节。因此，芯片革命将从单纯制程演进转向材料体系、器件架构和封装形态的系统性跃迁。“内存墙”问题本质上是计算能力与信息传输能力之间的不匹配。AI 计算不仅需要强大的运算能力，还需要高效的数据搬运能力。先进封装和高带宽内存的意义，就在于缩短信息传输路径，提高数据交换效率，降低信

息流动中的能耗和延迟。

3. 下一代芯片技术路径

下一代芯片技术不是单一路径，而是多条技术路线并行探索，包括碳基芯片、存算一体、三维堆叠封装、小芯片技术和量子计算芯片。这些路线分别从材料、架构、封装和计算范式层面对传统硅基芯片系统进行重构。这些技术路径都是对现有芯片系统瓶颈的反馈性调节。碳基芯片回应硅材料物理极限问题，存算一体回应冯·诺依曼架构下数据搬运能耗过高问题，三维堆叠和小芯片技术回应平面集成度和成本约束问题，量子计算芯片则试图突破经典计算在特定问题上的能力边界。下一代芯片竞争的核心是提高信息处理效率。存算一体是在存储器内部直接运算，减少信息在计算单元和存储单元之间的往返搬运；三维堆叠缩短信号传输距离；量子计算则试图利用量子叠加和纠缠实现新的信息处理方式。其共同目标，都是以更低能耗、更高速度、更高密度处理复杂信息。

4. 中国芯片产业的挑战与突围

中国芯片产业面临的挑战不是单点短板，而是全产业链系统性约束，包括 EDA 软件、光刻机、关键材料、制造工艺、封装测试、芯片架构和产业生态等多个环节。因此，芯片突围不能依赖单一企业或单项技术，而必须形成国家战略、企业创新、产业链协同、开放合作共同推进的系统工程。外部限制构成了中国人工智能发展的强约束，也形成了倒逼机制。华为海思昇腾、寒武纪、地平线、壁仞科技等企业的探索，以及 RISC-V、存算一体等方向的布局，正是产业系统在外部压力下进行自主调节和路径重构的表现。芯片自主可控关系到智能系统的信息安全和技术主权。如果底层芯片、指令体系和关键工具链受制于人，人工智能系统的信息处理链条就存在基础风险。因

此，构建安全可控的算力底座，不仅是产业问题，也是国家智能能力和信息主权问题。

（二）算力基础设施：人工智能的“骨骼与血管”

从系统论看，算力基础设施是把单个芯片组织成大规模智能计算能力的结构系统。从控制论看，智算中心本身就是一个复杂控制系统。从信息论看，算力基础设施承担着大规模信息流动和处理功能。

1. 从云计算到智算中心的范式转变

如果说芯片是心脏，那么数据中心、智算中心和通信网络就是支撑身体运行的骨骼和血管。传统云计算强调资源弹性和虚拟化，现代智算中心则强调高密度 GPU 集群、高速互联网络、液冷散热和 AI 训练推理能力。数以万计的 GPU 协同运行，必须解决任务调度、故障恢复、网络拥塞、散热控制、能耗管理和安全防护等问题。任何节点故障或网络延迟，都可能造成训练中断和巨大损失。因此，算力基础设施的关键不只是规模，更是稳定性、可控性和调度效率。数据在服务器、GPU、存储系统、云端、边缘终端之间高速传输，带宽、时延、同步能力和数据交换效率，直接决定人工智能系统的信息处理质量。

2. 算力基础设施的三大维度

第一，数据中心的规模化集群。超大规模智算中心是国家人工智能能力的重要基础节点。美国“星际之门”计划、中国“东数西算”工程，以及阿里、腾讯、华为等企业自建智算平台，本质上都是在重构国家和企业层面的算力空间布局。算力已经成为数字时代的重要基础设施和战略资源。

第二，服务器与高速互联网络。万亿参数级大模型训练需要大量 GPU 长时间协同工作，对集群稳定性、互联带宽、低延迟和任务调度要求极高。NVLink、InfiniBand、RoCE 等技术不只是连接工具，

而是确保 AI 计算集群形成协同控制能力的重要通道。

第三，通信网络的底层支撑。5G、6G 以及未来天地一体化网络，是人工智能信息流动的基础信道。边缘计算、工业互联网、自动驾驶等场景都依赖低时延、高带宽、高可靠的信息传输体系。通信网络质量直接决定 AI 服务的响应速度、覆盖范围和实时应用能力。

3. 算力竞争的深层逻辑

算力竞争表面是资本投入，实质是技术体系整合能力的竞争。它涉及芯片、服务器、操作系统、调度算法、冷却技术、安全体系、能源配套和数据中心布局等多个子系统。算力基础设施竞争的关键是资源调度和成本控制。谁能以更高能效比、更低延迟、更高可靠性组织算力，谁就能降低 AI 训练和推理成本，获得持续迭代优势。算力是人工智能处理信息的能力上限。构建自主可控算力集群，实质是构建国家级智能信息处理能力，是人工智能产业竞争的基础性工程。

（三）数据：人工智能的“五脏六腑”

从系统论看，数据是人工智能系统的营养系统和内部器官。从信息论看，数据是人工智能处理的原始信息。从控制论看，数据既是输入，也是反馈。

1. 数据的战略意义：从资源到资产

芯片和算力提供计算能力，但模型能否形成智能，取决于输入什么数据、数据质量如何、数据结构是否丰富、数据能否流通和复用。大语言模型通过海量文本、代码、论文、书籍、网页等数据进行预训练，本质是从人类知识资产中提取统计规律、语义结构和推理模式。数据规模决定模型知识面的广度，数据质量、多样性和低噪声程度决定模型能力的深度和可靠性。模型训练通过数据输入、误差比较和参数修正不断优化；合

成数据和强化学习则进一步形成“以 AI 哺育 AI”的反馈飞轮。AlphaGo 通过自我博弈生成棋局数据，大模型通过思维链和强化学习提升推理能力，都体现了数据反馈对智能演化的推动作用。

数据战略意义包括三个层面：社会数据的规模积累与质量治理、工业数据与垂直领域专业数据的深度开发、人工智能自生成数据的飞轮效应。用系统论看，这三个层面分别对应通用知识系统、行业知识系统和自我进化系统。用信息论看，它们分别解决信息覆盖、专业信息深度和新信息供给问题。用控制论看，它们分别决定模型训练质量、行业适配能力和持续迭代速度。

2. 数据要素市场化配置

数据价值不在于静态占有，而在于流动、共享、融合和再利用。中国探索数据要素市场化配置，建设数据交易平台，完善确权、定价、交易机制，就是要将分散沉睡的数据资源转化为可流通、可配置、可增值的数据资产。数据市场必须在效率、安全、隐私之间建立平衡机制。数据要流动，但不能失控；数据要开放，但不能泄露；数据要使用，但必须明确权责。因此，确权、定价、监管、隐私保护和审计，构成数据要素市场运行的控制体系。区块链、隐私计算、数据“可用不可见”等技术，是在保障信息安全的前提下提高信息流通效率。其意义在于打破数据孤岛，降低信息不对称，提高人工智能训练和应用所需信息的可获得性。

（四）算法模型：人工智能的“大脑与灵魂”

从系统论看，算法模型是人工智能五层体系中的核心转换系统。从控制论看，算法模型是人工智能的决策中枢。从信息论看，算法模型的本质是从海量数据中提取、压缩、编码和重组信息，形成可迁移、可推理、可生成的知识结构。

1. 算法模型的核心地位

芯片、算力、数据、能源都是支撑条件，算法模型则把这些条件转化为智能能力。没有先进算法，算力只是空转机器，数据只是杂乱信息。模型训练过程依赖误差反馈，推理过程依赖输入响应，强化学习依赖奖励反馈，Agent 系统依赖感知—规划—行动—反馈闭环。算法越先进，系统越能在复杂环境中进行自我调节和任务执行。因此，模型能力取决于它对信息的抽象能力、泛化能力和生成能力。

2. 算法模型关键演进脉络

第一，大模型范式的确立与深化。

Transformer 架构使 AI 从专用模型走向通用认知基础设施。ChatGPT 的出现，标志着人工智能不再只是单一任务工具，而是具备跨领域迁移、知识整合和复杂任务规划能力的通用智能引擎。

第二，规模定律与效率突破的辩证演进。大模型发展面临算力成本、能源消耗和高质量数据稀缺等约束，必须通过算法创新进行反馈调节。DeepSeek 通过混合专家架构、注意力机制创新和强化学习优化，以较低资源实现高水平推理性能，说明算法效率可以改变资源约束下的竞争格局。

第三，多模态融合与现实世界感知。多模态模型是在文本、图像、音频、视频、代码、结构化数据和空间信息之间建立统一表示。它使 AI 从符号世界走向物理世界感知，为工业互联网、智能制造和具身智能奠定基础。

第四，推理能力强化与慢思考范式兴起。慢思考推理是在推理阶段增加中间反馈链条，使模型面对复杂问题时不再只依赖快速检索，而是通过步骤化推理、搜索和校正提高输出质量。从信息论看，这是对问题信息进行多轮加工、展开、验证和重组。

第五，Agent 化与具身智能成为战略前沿。



AI Agent 和具身智能意味着人工智能从数字系统扩展到现实行动系统。其核心是感知、规划、行动、反馈、自主学习的闭环形成。这是信息从语言符号转化为工具调用、任务执行和物理行为的过程。

（五）能源电力：人工智能的“底盘”

从系统论看，能源电力是人工智能巨系统的生命底盘。从控制论看，能源供给已经成为 AI 规模化发展的硬约束。从信息论看，人工智能所有信息处理活动都需要能源支撑。

1. 能源是战略硬约束

芯片运行、数据中心运转、模型训练、推理服务、通信传输都离不开稳定电力。能源不是外部附属条件，而是 AI 系统持续运行的基础层。全球数据中心用电需求高速增长，电力短缺、电价高企、供应不稳定，都可能限制算力扩张和模型迭代。能源约束会反过来调节 AI 产业布局、数据中心选址和技术路线选择。每一次计算、传输、训练和推理，都对应能量消耗。因此，AI 竞争不

仅是信息处理能力竞争，也是单位能耗信息处理效率的竞争。

2. 中国独特的能源优势

中国能源电力体系具有规模大、网络强、结构持续优化的综合优势。特高压直流输电网络把西部清洁能源输送到东部算力需求集中地区，实现能源空间调配与算力空间布局的系统协同。智慧电网通过 AI 算法预测负荷、优化调度、平衡供需、提高稳定性，形成“以能源支撑 AI、以 AI 优化能源”的正向循环。这种反馈机制使能源系统和人工智能系统相互增强。智慧电网本身就是大规模信息系统。它需要实时采集发电、输电、储能、负荷和价格信息，再通过算法处理形成调度决策。能源系统数字化越强，对 AI 算力体系的支撑能力越高。

3. 未来能源发展方向

未来超大规模算力集群需要稳定、清洁、高密度能源供给。小型模块化反应堆、新型储能、

清洁能源和智能电网共同构成未来 AI 能源底盘。可再生能源具有间歇性和波动性，必须依靠储能、核能和智能调度进行平衡。小型模块化反应堆能够提供稳定基荷电力，有助于解决算力集群连续供电问题。未来全球算力地理格局将越来越受能源供给、能源成本和碳约束影响。哪里能够稳定、低碳、低成本地供电，哪里就更可能成为 AI 算力中心。

总之，芯片是人工智能的心脏，算力基础设施是骨骼血管，数据是五脏六腑，算法模型是大脑灵魂，能源电力是底层生命底盘。五者并非孤立存在，而是相互依存、相互制约、相互促进、协同演进的有机整体。从系统论看，人工智能是由底层硬件、基础设施、数据资源、算法模型、能源支撑共同构成的复杂巨系统。任何一个层次出现短板，都会削弱整体功能。从控制论看，人工智能发展是在芯片约束、算力成本、数据质量、算法效率、能源供给之间持续反馈调节的动态过程。未来竞争不只是资源堆砌，而是约束条件下的系统优化能力。从信息论看，人工智能的本质是信息处理、信息压缩、信息生成和信息反馈。芯片处理信息，算力承载信息，数据提供信息，算法理解和生成信息，能源支撑信息处理过程。

因此，要掌握人工智能时代的发展主动权，不能只追求某一环节的单点突破，而要统筹芯片、算力基础设施、数据、算法模型、能源电力五大层次，形成自主可控、协同高效、反馈优化、持续演进的人工智能发展体系。只有这样，才能在新一轮科技革命和数字文明竞争中真正把握主动、赢得未来。



【作者简介】黄奇帆，研究员。中国国家创新与发展战略研究会学术委员会常务副主席、中国金融 40 人论坛学术顾问，重庆市原市长。著有《重组与突破》《战略与路径》《分析与思考》《结构性改革》《数字经济》《谈浦东开发的战略、政策及其管理》等著作。