

2025-2026 学年全国青少年科学探究建模能力大赛

基础科学探究创想建模（系统科学专题）

一、赛项背景

我们身处的世界是一个由无数相互关联、相互作用的要素构成的复杂系统。从早高峰车流无端地走走停停，到节假日景区人潮的聚散；从蚂蚁群落无师自通的寻路本领，到城市热岛效应的加剧——这些看似毫无关联的现象背后，都隐藏着系统科学的共同密码：局部个体的简单行为，可能在宏观层面“涌现”出纷繁复杂的集体模式？

系统科学，正是这样一门探索整体与部分关系，探究系统结构、环境与功能普适关系、演化和调控的一般规律的交叉学科。它不将世界看作孤立零件的堆砌，而是视作动态演化的有机整体，探究各组成部分和要素之间的反馈、适应、突变与自组织以及和环境的互动。这一视角，为我们理解气候变化、公共安全、生态平衡、信息传播等全球性挑战，提供了一种超越传统学科边界的思维利器。

本赛项旨在引导同学们跳出机械记忆，从简单的个体规则出发，走进系统科学研究的新范式；用探究建模解析涌现现象，用仿真实验揭示演化过程，用系统思维理解整体与局部的关系，在实践中体悟系统科学的综合性、交叉性与普适性，直面社会重大需求和科学前沿，树立系统观念，探寻优化复杂系统的解决方案。

二、竞赛目标

赛事立足生活中的真实问题，不求复杂公式，带领学生在“观察—抽象—建

模—验证—优化”的完整探究循环中，亲身感受系统科学独特的思维方式：从整体出发，理解要素间的相互关联如何塑造系统的行为；在动态中观察，发现反馈回路如何驱动系统的演化；从简单中洞见复杂，体会局部规则如何涌现出令人惊叹的全局模式；从渐变中识别突变，把握临界阈值附近的非线性效应。通过经历从定义简单规则到模拟复杂现象再到预测与优化系统行为的完整过程，学生将逐步建立起看待世界的新眼光——不再将事物视为孤立零件的堆砌，而是视作相互依存、动态演化的有机整体。赛事期望在青少年心中播下系统观念的种子，引导他们理解“多即不同、整体大于部分之和”，欣赏“复杂世界，普适规律”的科学之美，成长为具有系统观念，以相互联系的眼光审视真实挑战、以动态演化的思维探寻可持续方案、以谦逊审慎的态度践行人与自然和谐共生的新时代创造者。

三、竞赛内容

本赛项以“探究复杂世界，创想人与自然的和谐”为核心导向。要求参赛队伍采用团队协作与项目式学习模式，聚焦真实世界问题开展系统性研究，按照不同的组别要求，分设两个专题的赛题。

主题一：复杂系统涌现与智能（拔尖创新类：高中组）

以交通流、人群疏散、群体智能、城市气候、非线性动力学为核心，开展复杂系统建模与优化探究。

题目1：交通流相变——从自由流到拥堵波的临界点

核心挑战：高速路上车流逐渐增大，突然某个时刻没有任何征兆就开始走走停停。本任务需建立一维元胞自动机或基于智能体的跟驰模型，扫描车辆密度从低到高的全过程，绘制“流

量—密度”基本图，识别临界密度，验证交通流从自由相到拥堵相的“相变”特征。进一步探究自动驾驶车辆渗透率对临界密度的提升效果，并解释其非线性作用机制。

深度思考：为什么极少量的自动驾驶车就能显著推迟拥堵发生？模型中的“亚稳态”和“回滞”现象说明了什么？能否用数学语言描述“反应时间越长，临界密度越低”的关系？

泛化能力：交通流相变思想能否用于分析信息流拥堵、物流供应链中断？实时动态限速、匝道控制等管理措施，在相变理论下如何理解？

题目 2：人群湍流——高密度下的自组织与踩踏风险

核心挑战：大型活动散场时，人密集到一定程度会像水流一样出现不自主的推挤波浪。本任务需采用常见的人群运动模拟方法（如社会力模型或格子气模型），模拟高密度人群的移动。改变人群密度、期望速度、出口宽度，观察“走走停停波”和“人群推挤”的出现条件。量化出口前的“拱形堵塞”对疏散快慢的影响，验证“越着急越慢”的效应，并评估不同引导方式（指示牌、电子屏、分段放行）的效果。

深度思考：为什么人群速度与密度不是简单的反比关系？极高密度下速度的剧烈涨落反映了什么？出口流率为什么存在上限？排队论和瓶颈效应如何解释？“信息引导”在系统层面是一种什么性质的调控？

泛化能力：该模型思路能否用于研究动物群迁移、细胞迁移、舆论传播中的“拥挤”现象？如何利用模型结论优化大型公共场所的出入口和缓冲区设计？

题目 3：沙堆的雪崩——自组织临界性与幂律分布

核心挑战：在沙滩上堆沙堆，加一粒沙可能什么事都没有，也可能引发小沙崩，甚至偶尔引发整个沙堆一侧的大塌方。这种“小事件频繁、大事件稀少”的模式，与地震、森林火灾的统计规律惊人相似。本任务需构建一个简单的沙堆计算机模型（二维网格，随机加沙，坡度太陡就向邻格崩塌），记录每次崩塌的规模，统计不同规模的崩塌各发生多少次，在双对数坐标纸上画图，看看是否近似一条直线。改变崩塌的触发条件，观察这条直线的倾斜程度如何变化。

深度思考：为什么沙堆模型不需要人为调整任何参数，自己就会演化到“随时可能发生大崩塌”的状态？“某次大崩塌何时发生无法预测”与“大小崩塌发生的整体比例有规律”，这两者矛盾吗？这给地震研究带来了什么启示？在这种系统中，为什么一个微小的扰动（加一粒沙）有时能引发巨大的连锁反应？

泛化能力：你能在身边找到可能遵循幂律分布的现象吗（如：城市规模、词语使用频率）？理解自组织临界性，对设计更鲁棒的电网、互联网有什么启发？

题目 4：蚁群算法实验室——信息素挥发与探索-利用平衡

核心挑战：蚂蚁通过留下和追踪气味（信息素）来实现无需指挥的路径优化。本任务需编写一个简单的蚁群寻路程序（如求解旅行商问题或迷宫最短路径），系统改变信息素的挥发速度和蚂蚁选择路径时“对气味的依赖程度”，记录蚁群找到最短路线所需的时间和最终路线的质量。识别出“过早死守一条次优路线”和“永远犹豫不决定不下来”两种失败情况，分析它们在什么条件下出现。

深度思考：信息素挥发得快或慢，如何影响蚁群在“走已知的好路”和“探索可能的新路”之间的选择？为什么真实蚂蚁的信息素会慢慢消失？这对整个蚁群的生存有什么好处？这种依靠简单个体和间接交流（气味）来协同工作的方式，与我们常见的集中控制方式相比，各有什么优缺点？

泛化能力：蚁群算法已应用于车辆路径规划、芯片布线、网络路由。能否设计一个针对校园快递柜布局优化的蚁群模型？“无中心协同”的思想，对设计未来的无人系统集群有何价值？

题目 5：鸟群与鱼群的“默契”——集群运动的简单规则

核心挑战：成千上万的椋鸟在空中变换队形，鱼群遇险瞬间转向却从不碰撞。本任务需实现经典的集群运动计算机模型（Boids 模型，包含分离、对齐、靠近三条简单规则），观察群体队形的自发形成。改变三条规则的重要程度、个体的感知范围，记录群体的整齐程度和疏密分布。模拟有“危险”靠近时群体的反应，观察“信息”是如何在群体中由前向后传递的。

深度思考：只用三条简单规则，为什么能产生如此丰富的集群形态？“局部感知”与“全局有序”之间如何建立联系？在集群中加入少数“知情个体”，能否引导整个群体？

泛化能力：Boids 模型思想在计算机动画、机器人集群控制中已有应用。你能用它模拟校园运动会散场时的人流方向调整吗？在无人机组队表演中，如何借鉴鸟群规则避免碰撞并保持队形？

题目 6：混沌摆——为什么初始差一点点，结果完全不一样？

核心挑战：两个完全相同的摆（如双节棍一样的双摆），从几乎一模一样的位置释放，几十

秒后它们的摆动方向却天差地别。天气预报说“超过两周就不可预测”，背后也是同一个道理。本任务需搭建或计算机模拟一个双摆或磁力混沌摆，用手机拍摄运动轨迹。人为制造两次释放时的微小差异（比如相差1毫米），记录两段轨迹是如何从几乎重合到迅速分道扬镳的。观察系统从有规律的摆动进入杂乱无章运动的整个过程

深度思考：混沌系统是“完全随机”的吗？它与抛硬币的随机性有何本质区别？既然混沌不可长期预测，为什么我们还能做短期天气预报？在看似杂乱的运动中，是否隐藏着某种更深层的、肉眼不易察觉的规律结构？

泛化能力：这种“差之毫厘，谬以千里”的特性，对理解心律不齐、股市波动、生物种群数量变化有什么启发？我们能否反过来利用这种特性，比如用它来产生无法破解的随机密码？

题目 7：量不完的海岸线与花椰菜——尺子越短，长度越长？

核心挑战：地图上标注我国大陆海岸线长约 1.8 万公里，但若用更精细的尺子沿着每一个小海湾去量，测出的长度会远大于此。一颗花椰菜的表面积也遇到了同样的麻烦——每一个小花球上还有更小的花球，越量越细，面积似乎没有尽头。本任务需选择一段弯曲的自然岸线（卫星图）或一颗花椰菜，用不同“粗心程度”的尺子去测量：对岸线，用不同跨度的圆规去卡；对花椰菜，用不同大小的方格网去覆盖。记录“尺子长短”与“测得总长（或总面积）”的对应关系，画在双对数坐标纸上。如果数据点能连成一条斜线，那么你就发现了**分形**的数学特征——计算这条线的斜率，就能知道它有多“曲折”。

深度思考：为什么用越精细的尺子，测量结果越大？这个增长有极限吗？花椰菜、雪花、闪电、血管网络，它们的复杂形态为什么都能用简单的分形规则生成？

泛化能力：分形几何已被用于医学（估算肺膜面积）、通讯（分形天线）、电影特效（生成山脉）。你能想象如何用分形思想设计一个更吸音的剧场墙壁吗？理解分形，如何改变了我们对“测量”本身的看法？

题目 8：平底锅里的“蜂巢”——粥面为什么会自己画画？

核心挑战：用平底锅热粥或热牛奶，表面会自发出现六边形或条状的蜂窝花纹，中间还咕嘟冒泡。这是流体在被从底部加热时自发形成的有序结构（贝纳德对流）。本任务需在干净平底锅中加热一层薄薄的淀粉糊或牛奶，用手机俯拍花纹从无到有的过程。改变火力大小和液层厚度，观察花纹出现的时机、六边形的大小和排列的规整程度。尝试在表面撒一点点粉末（如可可粉）来显示流动方向，观察热流从哪里上升、冷流从哪里下降。

深度思考：为什么静止的液体加热到一定程度，会突然“动起来”并自动排列成规则的图案？为什么形成的图案常常是近似六边形的？大自然中还有哪些地方能见到这种“最省材

料”的六边形排列？如果把火开得很大，六边形花纹会变成什么样？是否进入了湍流状态？

泛化能力：这种从稳定到斑图的转变，在气象学（云街）、地质学（岩石节理）、群体行为中都有体现。你能举出另一个自组织斑图的例子吗？工程师如何利用或抑制这种对流不稳定性？（例如：晶体生长、涂层干燥）

题目 9：揉面与混沌——为什么面团能记住拉伸的历史？

核心挑战：要把一小撮盐均匀揉进一大团面里，老师傅会反复将面团拉长、折叠、再拉长。数学上，这个过程被称为“面包师变换”，它能让开始时紧挨着的两颗盐粒，揉了几次后就变得天各一方，再也找不到原来的邻居。这正是混沌系统的一个典型特征。本任务需用两种颜色的橡皮泥或面团（如原色和加了酱油的）来模拟盐粒在面团中的运动。设计一个办法，观察两种颜色是如何在拉伸-折叠的过程中从泾渭分明到相互交错，最终形成细密的大理石花纹的。尝试追踪一小块标记过的色点，看它的位置如何经过几次折叠后变得难以预测。

深度思考：为什么简单的“拉伸+折叠”是非常高效的混合方式之一？这个揉面过程在数学上展示了混沌的一个重要性质——一个点经过反复拉伸折叠，可以跑到几乎整个区域内的任何地方。这对理解长期天气预报的极限有什么启发？如果每次折叠的方向不是完全对齐的，混合效率会更高还是更低？

泛化能力：海洋中的浮游生物，都是通过类似的“拉伸-折叠-剪切”过程在全球混合的。在工业上，如何利用混沌混合原理设计一个超级省电的静态混合器？

主题二：生活系统·知行实践（普及类：初中组）

以交通流动、人群疏散、群体网络、反馈调节、尺度效应为核心，开展贴近生活的系统建模与优化探究。

题目 10：幽灵堵车破解者——路上没事故，为啥突然停停走走？

核心挑战：在计算机里搭建一条环形马路，放上一些“小车”，给每辆车定几条简单规则（前面空就加速、太近就减速、偶尔走神慢一下）。改变司机平均反应时间、加入几辆“反应超快”的自动驾驶车，观察堵车何时消失。画出“路上车数量——平均车速”关系图，找到让畅通变拥堵的“临界点”。

深度思考：为什么前面司机轻轻点一下刹车，后面几公里外的车却要完全停下来？假如加 10%的自动驾驶车，为什么效果可能不是改善 10%，而是畅通了一倍？

泛化能力：这个方法能用来研究超市收银台排队、景区游客流动吗？如果你是交通局长，

除了加自动驾驶车，还有什么不花钱的办法能缓解幽灵堵车？

题目 11：不夜城的呼吸——人山人海时，怎么疏散最安全？

核心挑战：在电脑里画一个广场，只开一个出口，放上一群“小人”，给小人定规则：人少就走快，人多就走慢，总想往出口挤。改变出口宽度、总人数、引导员数量，记录所有人撤离需要的时间。观察出口前为什么会自然形成一个半圆形的“人墙拱门”。

深度思考：为什么大家明明看到出口，却还是堵在门口出不去？出口从1米变成2米，疏散时间缩短一半吗？如果不是，为什么？如果人群里有人突然恐慌乱跑，模型会发生什么？

泛化能力：这种模拟能用来设计学校地震逃生路线吗？除了加宽出口、加引导员，还有什么低成本的办法能让人流更顺畅？

题目 12：谣言跑得比真相快？——信息传播的模型实验

核心挑战：在纸上或电脑上画一个朋友圈网络：每个人是圆点，连线代表是好友。制定传播规则：一个人听到消息后，有一定概率相信并转发给好友；看到多人转发的消息，相信的概率更高。比较“真消息”和“假消息”的传播速度，看看什么样的网络结构（比如有无“大V”）会让谣言爆发得更快。

深度思考：为什么“大家都这么说”会让人更容易相信？如果在网络里安排几个“辟谣员”，放在什么位置效果最好？你的模型里，什么情况下谣言会自己停下来？

泛化能力：这个模型能用来研究新产品口碑传播、病毒扩散吗？作为普通人，从模型结果看，怎样做最能阻止谣言传播？

题目 13：夏天走马路，为啥深色沥青比浅色地砖烫脚？

核心挑战：用温度计（或红外测温枪）在同一个时段测量不同地面的表面温度：深色沥青、浅色水泥、草地、水面。记录从早到晚的温度变化，画出“时间——温度”曲线。比较不同地面的升温速度和降温速度，尝试解释：为什么有的地面“吸热快、散热也快”，有的则“吸热慢、保温久”。

深度思考：如果给深色路面刷一层白漆，中午能凉快多少？晚上会不会更冷？草地的温度变化为什么和水泥地完全不同？（提示：草会“出汗”吗？）城市里到处都是深色路面和深色屋顶，这会不会让整个城市比郊区更热？如果屋顶都铺上太阳能光伏发电板对城市气

温有什么影响？

泛化能力：这种测量方法能用来比较不同颜色屋顶的隔热效果吗？如果要给学校操场做降温改造，你推荐刷白漆还是种草坪？为什么？

题目 14：越着急越做不好？——压力与表现的“倒 U 形”曲线

核心挑战：设计一个简单任务（如：30 秒内用筷子夹豆子），让同伴在不同“压力条件”下完成（无压力、轻微压力、高压）。记录每次成绩，画出“压力程度——任务表现”的关系图。寻找是否存在一个“最佳压力点”，让表现最好。

深度思考：你的数据里，压力和表现是直线关系吗？还是先升后降的“倒 U 形”？不同的人、不同的任务，最佳压力点一样吗？这个规律背后可能的生理原因是什么？

泛化能力：教练如何利用这个规律帮运动员调整赛前状态？如果你是老师，如何设计一场让学生既重视又不至于崩溃的考试？

考题 15：空调开太低，为啥反而更热？——目标与反馈的震荡

核心挑战：用一杯热水和一杯冷水模拟房间温度：往热水杯里加冷水，目标是让水温稳定在 40℃。比较两种策略：①每次加固定量冷水；②根据当前水温离 40℃ 多远决定加多少冷水。记录水温变化曲线，观察哪种策略更容易“过头”或“震荡”。

深度思考：为什么反应太强烈（一热就猛加冷水）反而会让温度来回波动？恒温器（比如智能空调）是如何避免这种震荡的？它用了什么“聪明”的策略？生活中有没有类似的“用力过猛反而来回摆动”的例子？

泛化能力：这种“反馈控制”思想，在开车、淋浴调水温中有哪些应用？如果要你设计一个自动浇花系统，怎么避免“旱死”和“涝死”来回跳？

题目 16：拉面里的“消失”之谜——拉得越细，吃到的越少？

核心挑战：用一块固定重量的面团模拟拉面过程：反复拉伸，每次拉伸后掐掉两端不规则的面头，记录掐掉的面头重量。对比两个策略：①拉伸到很细（毛细）；②拉伸到中等粗细就停止（柳叶）。称量最终留在手中的“成品面团”重量，计算损耗率，解释拉得越细总损耗

越大的原因。

深度思考：除了被掐掉的面头，拉面过程中还有哪些地方会让面团“变少”？如果把拉面过程看作一个系统，它的“输出”（面条）和“损耗”（面头）之间有什么样的关系？

泛化能力：在金属拉丝、光纤制造中，同样存在材料利用率随直径减小而下降的问题。工程师如何从系统层面减少这种损耗？

四、比赛形式

本赛项参赛对象分初中组（7-9 年级）、高中组（10-12 年级）；团队赛，每队 2-3 人。采用“初赛—复赛—国赛”阶梯式晋级模式。

初赛：统一组织线上能力答题测试，考察基本观察力、简单逻辑推理与建模常识；按测试成绩择优晋级复赛。

复赛：参赛队伍从赛题中任选一个，线上提交建模项目成果材料。根据实际情况，线上或线下进行作品展示与答辩，经综合评审后择优晋级国赛。

国赛：参赛队伍线上提交项目成果材料，线下举办展评活动与答辩，通过项目汇报、队伍间展示互评、现场问辩答辩等环节进行综合评审，最终确定奖项等次。

五、提交作品要求

参赛作品需围绕项目开展，包括但不限于：研究报告、科学日志、模型原型、项目展板、展示视频等。

六、评审标准

评审以参赛作品材料提交为核心，结合展示与答辩环节同步开展，涵盖书面材料评审、现场成果展示、项目汇报、专家问答，以及总决赛专属的队伍互评等环节，全面考察参赛团队的专业素养、实践能力及综合协作能力。具体评分标准及要求如下表：

评价维度	权重占比	评价细则	内容	占比
科学探究	50%	问题与任务明确具体性	考察问题是否紧扣主题、任务表述是否清晰可探究，是否能结合真实场景精准提炼核心问题	10
		设计规划可行性	考察方案规划设计是否合理，是否具有可实施性	10
		实践实施完整性	考察操作是否按方案完成，实验设计是否科学，数据记录是否真实、完整、规范，是否进行了必要的重复验证	10
		解释论证合理性	考察推导结论的逻辑性，是否能基于实验数据或科学原理进行合理分析与论证，解释是否准确、全面	10
		过程反思与改进性	考察过程中对问题/方案的调整、反思与改进是否及时、有效，是否能从失败中总结经验，持续优化项目	10
成果（工程模型/研究报告）质量	30%	成果创新性	考察成果的设计规划、实践实施的创新性，是否提出了新的思路、方法或技术，成果对创新逻辑的呈现效果是否清晰	20
		科学日志/报告质量	考查科学日志的内容完整性、表述合理性、记录规范性；研究报告的结构完整性、逻辑严谨性、数据支撑力度、语言表达准确性	10
团队协作与答辩表现	20%	团队分工协作	分工合理性、成员配合流畅度、全员参与度，是否能充分发挥每个成员的优势，高效完成项目任务	5
		展示与答辩	项目展示清晰度，答辩流畅度、核心内容传递精准度、阐述的通俗易懂理解性	15

七、器材要求

鼓励使用生活中常见的、低成本、方便易得的材料，以及免费、开源的软件工具。所有器材需符合环保、安全要求。

八、其他事项

参赛作品须为原创，不得抄袭；引用他人成果需注明出处；使用 AI 需说明范围；户外探究须有成人陪同；其余事项同大赛统一规定。