

# 察标求本 寻流溯源

——如何申请国家自然科学基金项目

王来贵 教授

信箱: 1611525041@qq.com 电话及微信: 13804184318

辽宁工程技术大学

## 相关论文目录：

- [1] 王来贵, 潘一山, 梁冰. 国家自然科学基金资助对学科建设的推动作用分析[J]. 中国科学基金, **2005**, 19 (3) : 174-176.
- [2] 王来贵, 朱旺喜. 申报国家自然科学基金项目要以科学问题为主线[J]. 中国科学基金, **2007**, 21 (1) : 39-42.
- [3] 王来贵, 朱旺喜. 浅析国家自然科学基金“机理”类项目的研究内涵[J]. 中国科学基金, 2009, 23 (1) : 47-49.
- [4] 王来贵, 朱旺喜. 探究国家自然科学基金“模型”类项目的研究内涵[J]. 中国科学基金, 2010, 24 (3) : 175-178.
- [5] 王来贵, 朱旺喜. 探讨国家自然科学基金工程科学项目的选题[J]. 中国科学基金, 2011, 23 (4) : 244-246.
- [6] 王来贵, 朱旺喜. 试论工程系统演化过程研究内涵[J]. 中国基础科学研究, 2013, 15 (2) : 3-6.
- [7] 王来贵, 朱旺喜. 国家自然科学基金工程科学项目申请书书写建议( I ) [J]. 科技导报, 2014, 32(34), 89.
- [8] 王来贵, 朱旺喜. 国家自然科学基金工程科学项目申请书书写建议( II ) [J]. 科技导报, 2014, 32(35): 89.
- [9] 王来贵, 朱旺喜. 国家自然科学基金工程科学项目申请书书写建议( III ) [J]. 科技导报, 2015, 33(1): 127.
- [10] 朱旺喜, 王来贵. 基于假说的自然科学基金申请[J]. 科技导报, 2014, 32(12): 89.
- [11] 朱旺喜, 王来贵. 科学基金申请中科学假说的研究内涵[J]. 科技导报, 2014, 32(13): 89.
- [12] 朱旺喜, 王来贵. 科学基金申请中科学假说的论证和检验[J]. 科技导报, 2014, 32(14): 88.
- [13] 王来贵, 朱旺喜. 科学基金申请中几个重要科学概念探析[J]. 中国科学基金, 2015, 29 (1) : 37-41.
- [14] 王来贵, 朱旺喜. 科研活动是一项崇高的事业[J]. 中国基础科学, 2015, 17 (2) , 63-64.
- [15] 王来贵, 朱旺喜. 科学研究要拥有系统哲学思维[J]. 中国基础科学, 2015, 17 (3) , 60-62.
- [16] 王来贵, 朱旺喜. 工程技术需求是科学研究的动力源泉[J]. 中国基础科学, 2015, 17 (4) : 61-62.
- [17] 王来贵, 朱旺喜. 科学研究工作要围绕关键学术问题展开[J]. 中国基础科学, 2015, 17 (6) : 61-62.
- [18] 王来贵, 朱旺喜. 自然科学基金申报中的反问题研究内涵[J]. 中国科学基金, 2016, 30 (1) : 85-88.

国家自然科学基金项目申请之路——认识现象·探索规律

# 国家自然科学基金项目申请之路

——认识现象·探索规律

王来贵 朱旺喜 著



科学出版社



科学出版社



# 目 录

序

前言

## 第1章 关于科学研究

- 1.1 自然科学与国家自然科学基金
- 1.2 科研活动是一项崇高而快乐的事业
- 1.3 科学研究中的系统哲学思维
- 1.4 基础研究与应用基础研究中的创新
- 1.5 青年教师如何选择科学研究方向
- 1.6 科学研究要围绕关键学术问题展开
- 1.7 申请国家自然科学基金项目的预备知识与能力
- 1.8 如何做好国家自然科学基金项目
- 1.9 给青年教师科学研究工作的建议
- 1.10 国家自然科学基金资助对学科建设的推动作用

## 第2章 关于科学研究的选题

- 2.1 工程与技术需求是科学研究的动力源泉
- 2.2 工程系统演化过程研究内涵
- 2.3 科学问题与国家自然科学基金项目
- 2.4 国家自然科学基金工程科学项目的选题
- 2.5 工程实际中科学问题的凝练及案例分析

## 第3章 关于科学研究方法

- 3.1 基础科学研究中的组合概念与概念拓展
- 3.2 国家自然科学基金项目申请中的重要科学概念
- 3.3 科学研究中的特征结构法
- 3.4 科学研究中的非线性问题
- 3.5 基于假说的国家自然科学基金项目

3.6 国家自然科学基金项目申请中的反问题

3.7 国家自然科学基金项目中的因果关系与统计规律

3.8 从材料破坏的强度假说探析实验研究方法

3.9 科学研究中的学术思想与思想实验

## 第4章 关于国家自然科学基金项目申请书

4.1 国家自然科学基金“机理”类项目研究内涵

4.2 国家自然科学基金“模型”类项目研究内涵

4.3 国家自然科学基金项目申请书中的逻辑关系

4.4 国家自然科学基金工程科学项目申请书书写建议

4.5 国家自然科学基金项目申请书题目的拟定

4.6 国家自然科学基金项目申请书摘要书写案例分析

4.7 国家自然科学基金项目申请书立项依据案例分析

4.8 国家自然科学基金项目申请书研究内容案例分析

4.9 国家自然科学基金项目申请书中的常见问题

参考文献

## 附录 国家自然科学基金项目同行评议要点

附录 A 青年科学基金项目同行评议要点

附录 B 面上项目同行评议要点

附录 C 地区科学基金项目同行评议要点

附录 D 优秀青年科学基金项目同行评议要点

附录 E 国家杰出青年科学基金项目同行评议要点

附录 F 国家重大科研仪器设备研制专项项目同行评议要点

附录 G 重点项目同行评议要点

附录 H 联合基金同行评议要点

附录 I 国际(地区)合作研究项目同行评议函

# 申请自然科学基金项目需要哪些 预备知识、能力

- (1) 专业知识+**基础科学知识**
- (2) 工程(经济、管理、科学)等学术背景知识
- (3) 自然哲学的基本知识
- (4) 系统科学哲学思维方式
- (5) 实验理论与技能
- (6) 计算理论与技能
- (7) 科学表达能力

**自然科学基金申请：实力？技巧？关系？**

# 提 纲

- 1 科学与国家自然科学基金项目
- 2 国家自然科学基金项目选题
- 3 自然科学研究方法
- 4 国家自然科学基金项目申报书
- 5 注意事项与建议

# 提 纲

- 1 科学与国家自然科学基金项目
- 2 国家自然科学基金项目选题
- 3 自然科学研究方法
- 4 国家自然科学基金项目申报书
- 5 注意事项与建议

# (1) 科学

关于自然、社会和思维的知识体系。是应人们改造自然和社会的需要而产生和发展，是实践经验的结晶。

科学可分为自然科学和社会科学两大类，哲学是二者的概括和总结。

科学以逻辑和概念等抽象形式反映世界，任务是揭示事物发展的客观规律，探究客观真理，作为人们改造世界的指南。

关于自然世界的知识（科学的知识）。

关于科学的方法（科学方法）。

关于科学的态度（兴趣、态度、责任）。

## (2) 科学研究分类

- **基础研究**是对新知识、新理论、新原理的探索。
- **应用研究**是把基础研究发现的新知识、新理论用于特定目标的研究。它是基础研究与开发研究之间的桥梁。
- **开发研究**又称技术开发，是把应用研究的成果直接用于生产实践的研究。

### (3) 科学理论

定义：

由一系列特定的**概念**、原理（命题）以及对这些**概念**、原理（命题）的严密论证组成的知识体系。

基本特征：

- ① 严密的逻辑性
- ② 全面性
- ③ 统一性
- ④ 简单性

**科学理论具有层次性、演化性。**

## (4) 科学概念

定义：

在认识过程中，从感性认识上升到理性认识，把所感知事物的共同本质特点抽象出来，反映事物本质属性的思维形式。

基本特征：

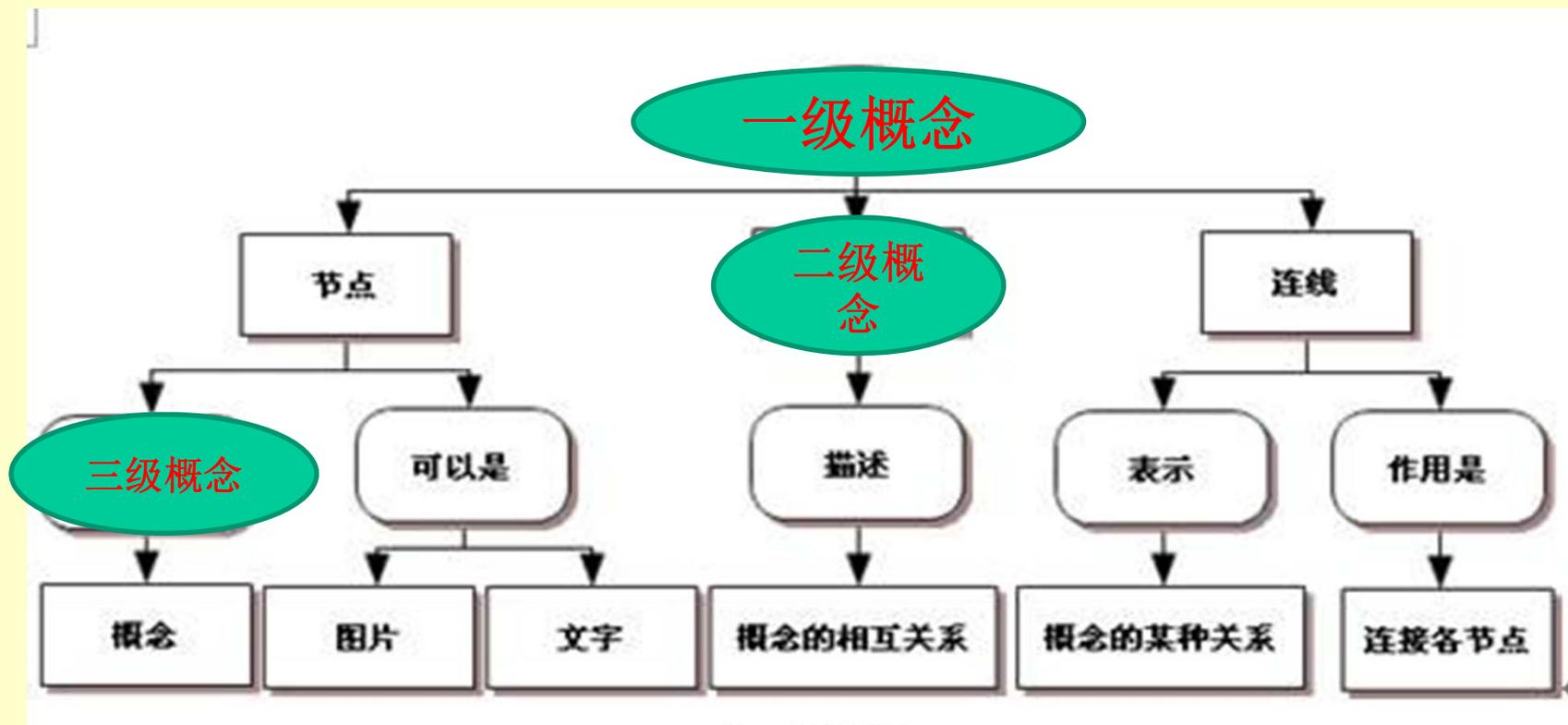
概念的内涵：概念所反映的事物对象所特有的属性（质）。

概念的外延：概念所反映的事物对象的范围（量）。

科学概念具有层次性、演化性。

## (4) 科学概念

科学概念是科学理论的逻辑起点、逻辑节点。



## (5) 科学规律

定义：

事物之间的**内在的必然联系**，决定着事物发展的必然趋向。规律是客观的，不以人的意志为转移。

特点：

- ① 必然性
- ② 普遍性
- ③ 客观性
- ④ 永恒性

## (6) 联系

定义：事物或现象之间以及事物内部要素之间相互连结、相互依赖、相互影响、相互作用、相互转化等**相互关系**。

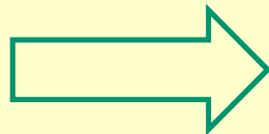
普遍性联系：任何事物都具有内在的结构；任何事物都不能孤立存在；世界是相互联系的整体。

## (6) 联系

- ① 内部联系与外部联系
- ② 主要联系与次要联系
- ③ 偶然联系与必然联系
- ④ 直接联系与间接联系
- ⑤ 本质联系与非本质联系

- ⑥ 系统结构层次之间的联系
- ⑦ 系统结构与系统环境之间联系
- ⑧ 系统存在状态和发展趋势联系

科学研究关注

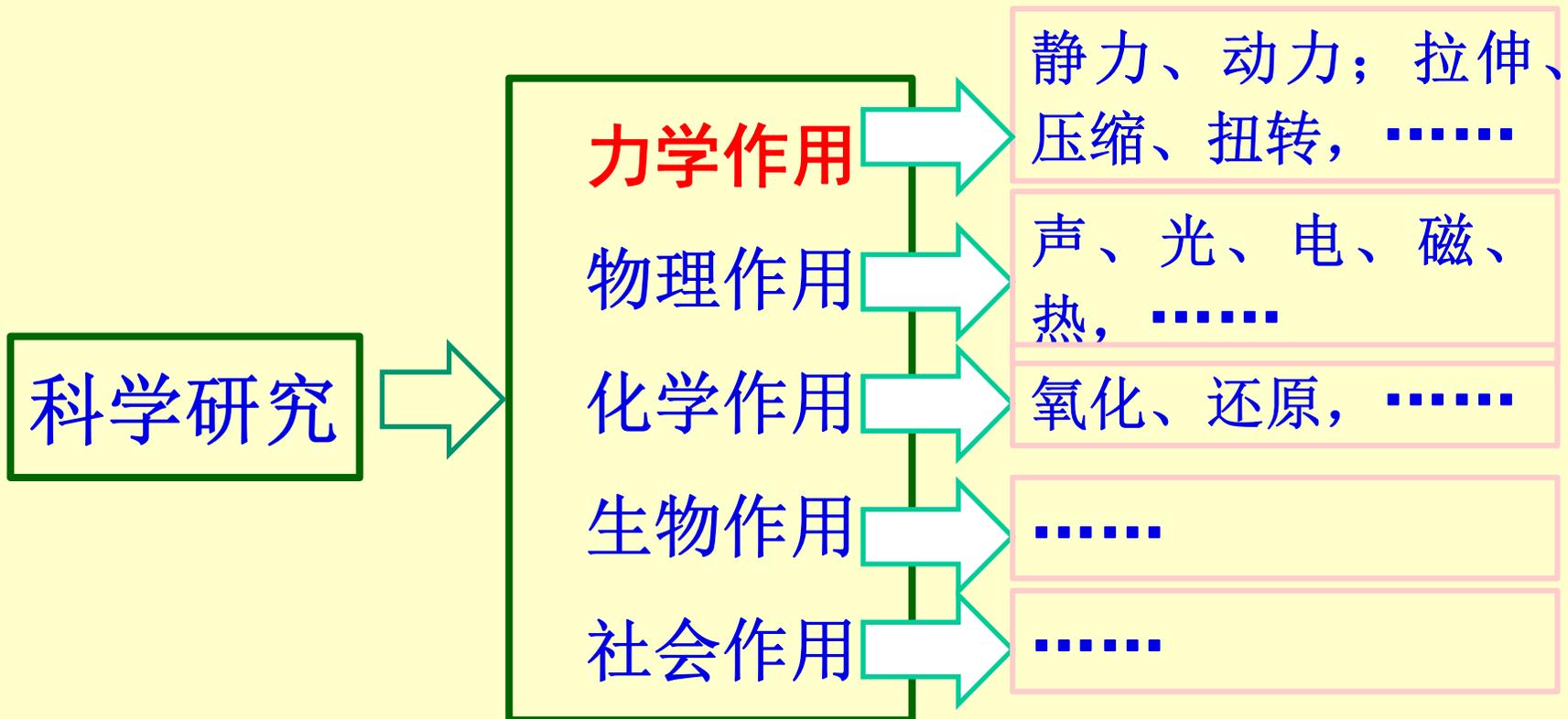


因素之间的逻辑联系

## (7) 作用

基本解释：对事物产生的影响、效果；

衍生解释：有作为、努力、用意、施行法术等。



## (8) 现象与本质

定义：

**现象**是事物的外在方面的联系，是表面的、多变的、丰富多彩的；现象是可以直接认识。

**本质**是事物的内在方面的联系，是深藏的、相对稳定的、比较深刻、单纯的。本质则只能间接地被认识。



科学研究：透过现象看本质。

一个现象只有被理解了才能被观察到。

——Albert Einstein

## (9) 辩证思维

### 二大特征：

联系的观点

发展的观点

### 三大规律：

质量互变规律

对立统一规律

否定之否定规律

### 五大范畴：

现象与本质

原因与结果

必然与偶然

可能性与现实性

内容与形式

## (10) 逻辑思维

**定义：**在认识过程中借助于概念、判断、推理等思维形式能动地反映客观现实的理性认识过程，符合事物之间合乎自然规律的思维方式。

**逻辑思维：**

- (1) 同一律
- (2) 矛盾律
- (3) 排中律
- (4) 辩证逻辑的对立统一
- (5) 质量互变
- (6) 否定之否定等

**不能：**

- (7) 偷换概念
- (8) 偷换论题
- (9) 自相矛盾
- (10) 形而上学等

**罗素：**

逻辑是哲学的本质。

## 逻辑顺序主要分成12种

从原因到结果  
从主要到次要  
从整体到部分  
从概括到具体  
从现象到本质  
从特殊到一般

从结果到原因  
从次要到主要  
从部分到整体  
从具体到概括  
从本质到现象  
从一般到特殊

### 概念间的逻辑关系：

相容关系（同一关系、包含关系和交叉关系。）

不相容关系（全异关系、矛盾关系和反对关系。）

# (11) 因果关系

## 定义:

任何现象的出现总是由另一现象引起，引起后一现象的现象称为原因，被引起的现象称为结果，二者之间的关系就是因果关系。

## 因果关系特点:

- ① 客观性
- ② 特定性
- ③ 时间序列性
- ④ 条件性和具体性
- ⑤ 复杂性

## 因果关系形式:

- ① 一因一果
- ② 一因多果
- ③ 多因一果
- ④ 多因多果
- ⑤ 互为因果等

## (12) 统计规律

### 定义：

统计规律是对大量偶然事件整体起作用的规律，不是单个随机事件特点的简单叠加，表现事物整体的本质和必然的联系。

### 特点：

- ① 大量随机事件在过程的多次重复中的概率分布。
- ② 反映着各种随机过程和随机变量的相关函数关系。

## (13) 统计规律与因果关系的联系

① 本质上不同。因果关系：确定性；  
统计规律：随机性。

② 统计规律为因果关系的研究提供思考方向。

③ 统计方法通过对数据的深入分析，揭示事物发生、发展的规律性，而不涉及事物质的规定性。因果关系是寻求本质联系。

## (14) 认识路线与科学方法

### 认识路线：

实践、认识，再实践、再认识；循环往复、螺旋式上升，波浪式前进，逐渐逼近真理。

### 科学方法：

在认识和改造世界中遵循或运用的、符合科学一般原则的各种途径和手段，包括在理论研究、应用研究、开发推广等科学活动过程中采用的思路、程序、规则、技巧和模式。

科学方法可分为归纳法、演绎法和类比法等。

## (15) 科学研究的一般规律

- ① 观察社会、自然和思维现象；
- ② 将现象抽象成为学术问题；
- ③ 提出科学假设，模型化；
- ④ 利用实践、实验或逻辑方法进行验证；
- ⑤ 对结果分析和总结，寻求事物发展的规律；
- ⑥ 归纳为理论。

## (16) 系统哲学思维

系统系统思维：

结构、环境及结构在环境作用下演化过程。  
整体性、有序性、反馈性等。

### 哲学思维与系统思维之间的对应关系

哲学思维：	系统思维：
内因	结构
外因	环境
内外因相互作用	结构在环境作用下演化过程

## (17) 创新

**科学理论：** 概念、原理（命题）、方法、知识体系



**创 新：** 概念创新、原理创新、方法思路创新

**系统思维：** 结构、环境、结构与环境相互作用

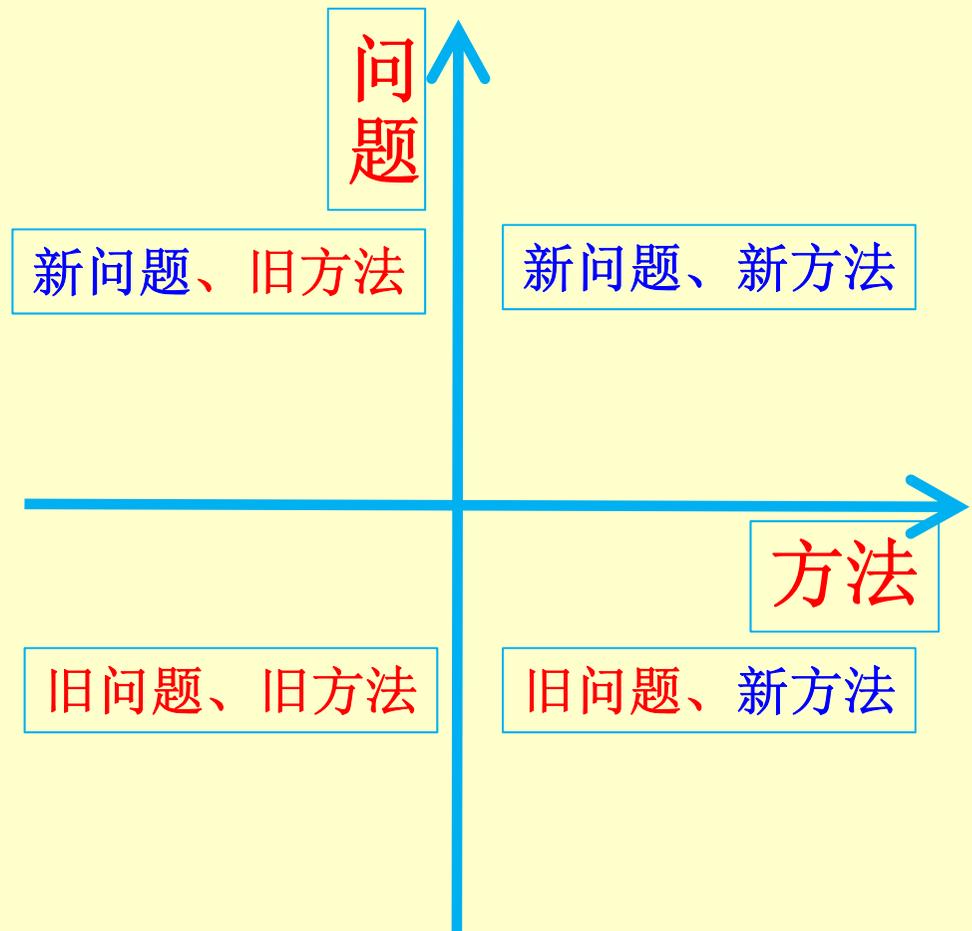


**创 新：** 新结构、新环境、新原理（机理）

# 科学研究的创新

创新：问题与方法之间关系

- 老问题新方法
- 新问题新方法
- 新问题老方法



## (18) 国家自然科学基金项目特征

**基础研究以认识自然现象，探索自然规律，获取新知识、新原理、新方法等为基本使命。**

- ① **基础性：**是揭示自然界普遍规律、基本原理和自然现象运动本质的理论性工作。
- ② **交叉性：**在学科边缘具有交叉、融合的部分，具有高度的抽象性的公共理论问题。
- ③ **创新性：**具有探索未知事物、揭示自然规律的观点和原理。
- ④ **科学性：**选题内容真实可靠，得出事物本质和普遍规律的理论知识；并在表述方法、书写结构、语言格式等方面符合逻辑、规范。
- ⑤ **前瞻性：**基础研究的性质决定着理论研究的超前性。

对未来最大的慷慨，

是把一切献给现在！

——加缪

## (19) 国家自然科学基金 青年科学基金项目同行评议要点

综合评价等级参考标准：

优：申请人有较强的创新潜力和创新思维；申请项目创新性强，具有重要的科学意义或应用前景，研究内容恰当，总体研究方案合理可行。

良：申请人具有一定的创新思维；申请项目立意新颖，有较重要的科学意义或应用前景，研究内容和总体研究方案较好。

中：申请人创新思维一般；申请项目具有一定的科学研究价值或应用前景，研究内容和总体研究方案尚可，但需修改。

差：申请人和申请项目某些关键方面有明显不足。

## (19) 国家自然科学基金 面上项目同行评议要点

综合评价等级参考标准：

优：创新性强，具有重要的科学意义或应用前景，研究目标明确，研究内容恰当，总体研究方案合理可行，具有较好的研究基础，研究方案较好，有一定的研究基础和条件。

良：立意新颖，有较重要的科学意义或应用前景。研究内容和总体研究方案较好，有一定的研究基础和条件。

中：具有一定的科学研究价值或应用前景。研究内容和总体研究方案尚可，但需修改。

差：某些关键方面有明显不足。

# (20) 2019年科学基金改革举措

## 国家自然科学基金深化改革要点



## 2019年科学基金改革举措：

### 资助导向：

- ① 鼓励探索，突出**原创**。
- ② 聚焦**前沿**，独辟蹊径。
- ③ **需求**牵引，突破瓶颈。
- ④ 共性导向，**交叉**融通。

### 新模式下联合基金架构：

- ① 企业创新发展联合基金。
- ② 区域创新发展联合基金。
- ③ 与行业部门联合基金。

### 申请国家自然科学基金项目：

察标求本、寻流溯源；  
认识现象、探索规律。

# 2019年科学基金改革举措：试点分类申请与评审的范围

## 重点项目、部分学科面上项目

### 面上项目分类申请与评审的试点学科

科学部	试点一级申请代码	一级申请代码相应的学科名称
数理	A04	物理学I
化学	B01-B08	合成化学、催化与表界面化学、化学理论与机制、化学测量学、材料化学与能源化学、环境化学、化学生物学、化学工程与工业化学
生命	C07	细胞生物学
地球	D05	大气科学
工材	E01、E06	金属材料、工程热物理与能源利用
信息	F04、F05	半导体科学与信息器件、光学和光电子学
管理	G03	经济科学
医学	H16	肿瘤学

# 提 纲

- 1 科学与国家自然科学基金项目
- 2 国家自然科学基金项目选题
- 3 自然科学研究方法
- 4 国家自然科学基金项目申报书
- 5 注意事项与建议

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

2.6 研究方法

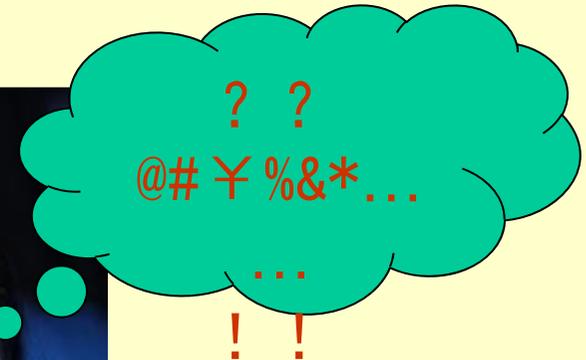
2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

2.9 实例

## 2.1 问题提出

选题是成功的一半，应该花多少时间？  
从哪儿入手？





孩子写日记：“夜深了，妈妈在打麻将，爸爸在网上……”

爸爸看到了，不满这样写，就说：“日记要源于生活，高于生活！”

孩子马上修改为：“夜深了，妈妈在赌钱，爸爸在网恋……”

爸爸更不满了，说：“要正面宣传为主，要正能量！你去看人家中央电视台、官方报纸是咋写的！”

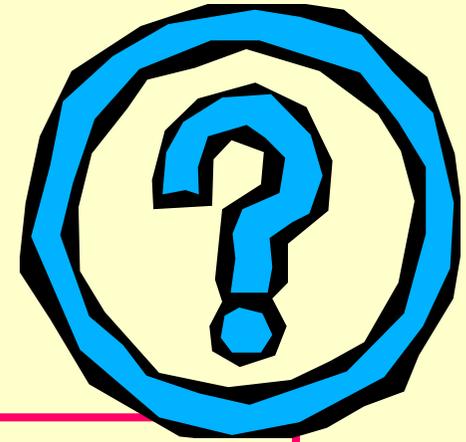
孩子再修改为：“夜深了，妈妈在研究经济，爸爸在研究互联网+生活……”

爸爸说，还不够，以后你长大了申报国家自然科学基金项目，你就知道应该这么写了：“妈妈在研究信息不对称状态下的动态零和博弈，爸爸研究人工智能与情感供给侧的新兴组合。”

高度  
抽象



# 科学问题的来源



《自然辩证法》教科书：

- (1) 旧理论与新事实的矛盾中产生。
- (2) 不同学派和理论的矛盾中产生。
- (3) 科学理论内部的矛盾中产生。
- (4) 不同学科的理论体系的矛盾产生。
- (5) 社会实践的需要与现有技术手段不能  
满足这种需要的矛盾中产生。

# 选题来源

- (1) 国家的战略需求、工程（技术、管理、经济）特别是重大工程、技术、管理、经济需求
- (2) 学术界的研究热点与学术前沿问题
- (3) 综述性文献、学术交流发现新的研究方向或主题
- (4) 实验中、理论研究中发现、提炼新的科学问题
- (5) 刚刚起步、前沿性研究与中国现实问题相结合
- (6) 各个学科公共交叉的本质问题

归纳抽象

(7) 依据科学原理选择科学问题

演绎概括

## 系统科学思维下，选择科学问题 目的：

(1) 科学选题：提出问题；

(2) 前提条件：科学选题思路；

(7) 逻辑思维；

(8) 系统思维；

(9) 发现问题；

(10) 解决问题。

培  
养  
能  
力

(3) 比较通用；

(4) 比较好用；

(5) 新颖创新；

(6) 符合逻辑；

审视所处世界：

自然界演化  
人类社会发展  
思维过程

研究对象（或事物）的特征：

- (1) 存在有一定边界的结构；
- (2) 与外界相互联系、相互作用的有机整体；
- (3) 结构具有一定的功能特性；
- (4) 结构与功能特性不断地演化。

系统

研究对象（或事物）就是一个系统，当然可采用系统科学的思路进行研究。

# 系统科学的基本概念

系统结构：元素(因素)之间的一切联系。

系统环境：系统之外的所有因素。

系统边界：系统结构与系统环境的交界处。

系统演化：系统中(结构环境功能特性)的任何变化。

演化动因：各种内部、外部矛盾的相互作用。

演化动力：元素(因素)之间、子系统之间、系统与环境  
的相互作用。包括内动力、外动力。

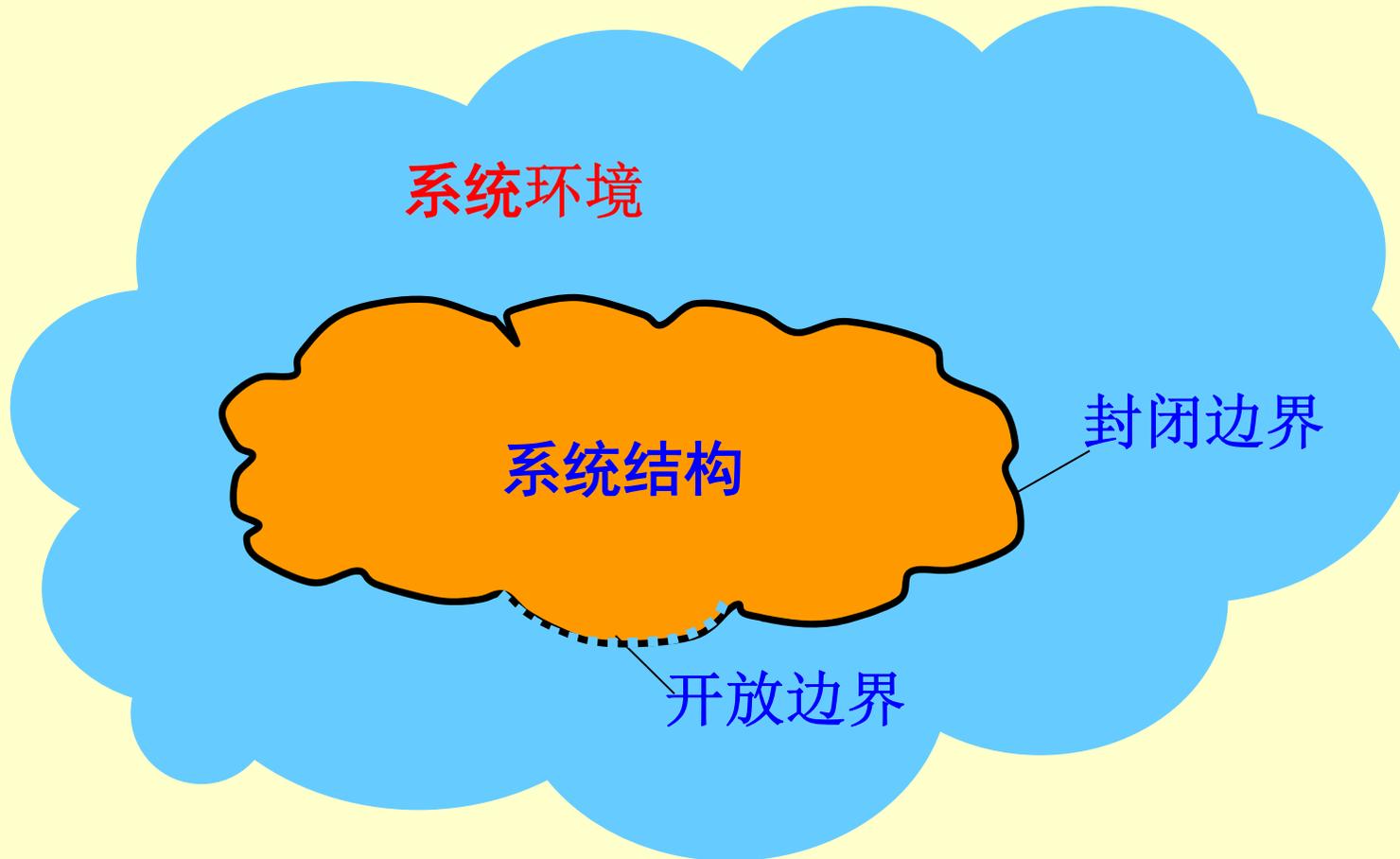
演化方向：无序到有序(进化)；有序到无序(退化)。

演化标度：系统结构、环境、边界变化过程中的度量  
量度方法与手段。

控制变量：连续缓慢地变化，控制着系统的演化进程  
与演化方向。

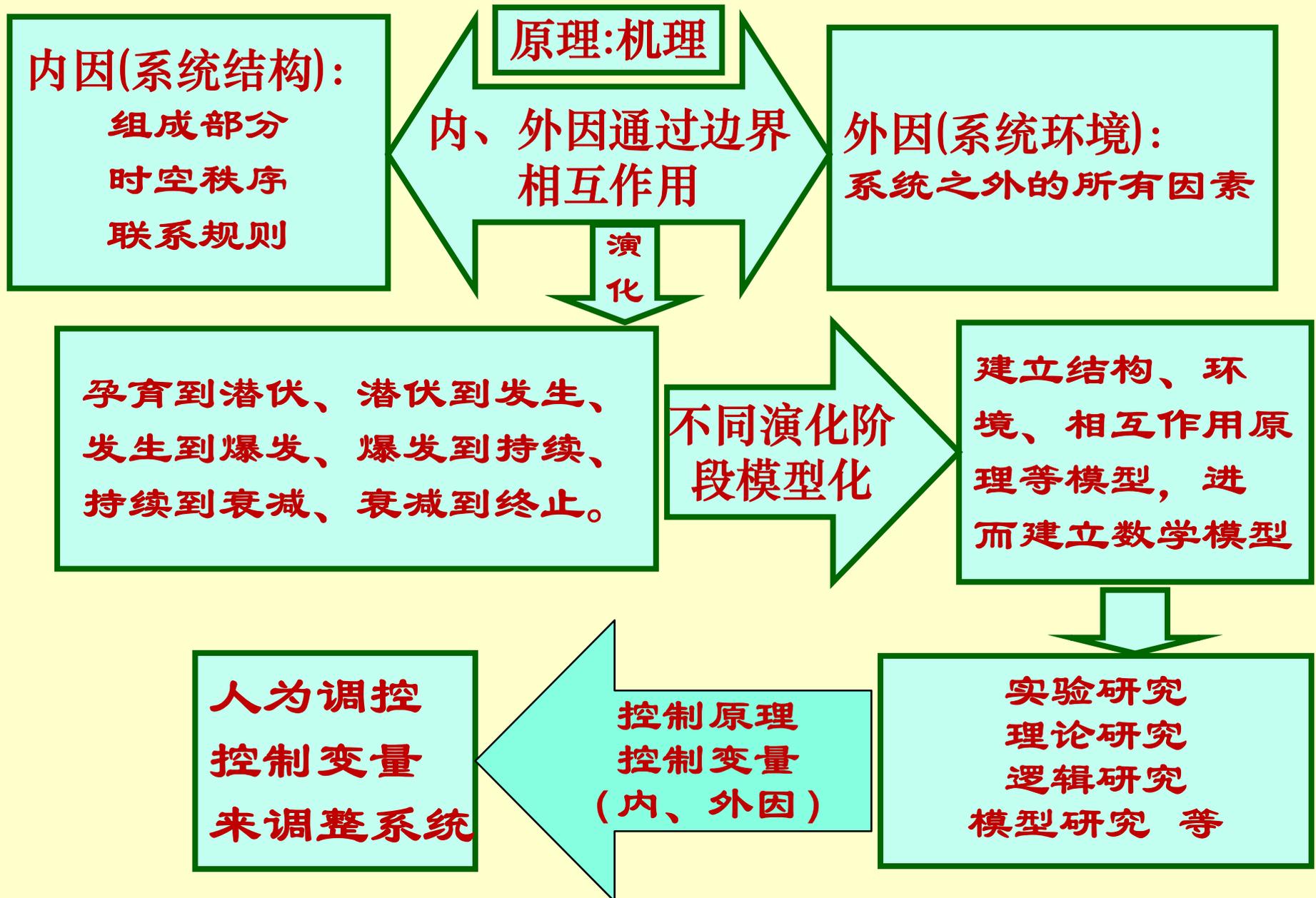
状态变量：可能发生突变。

# 系统结构、边界、环境



如何在系统科学思维  
指导下提出科学问题？

# 科学问题的系统哲学研究思路



# 系统科学思维下的科学问题类型

- (1) 系统结构（边界）或内因类；
- (2) 系统环境或外因类；
- (3) 系统演化机理类；
- (4) 模型类；
- (5) 研究方法类(理论、实验、模拟、逻辑等)；
- (6) 控制理论与方法类；
- (7) 综合与其他类。

工程问题？技术问题？社会问题？  
经济问题？管理问题？.....

科学问题？

# 科学问题

系统科学思维下，科学问题：

研究中主体与客体、已知与未知的矛盾。

科学问题的三种形式：

- (1) 是什么(**what**)的陈述型；
- (2) 为什么(**why**)的因果型；
- (3) 怎么样(**how**)的过程型。

科学问题是科学研究的核心。  
科学始于问题。  
科学研究的过程，就是对科学问题作出解答的过程。



申报者要提出  
科学问题。



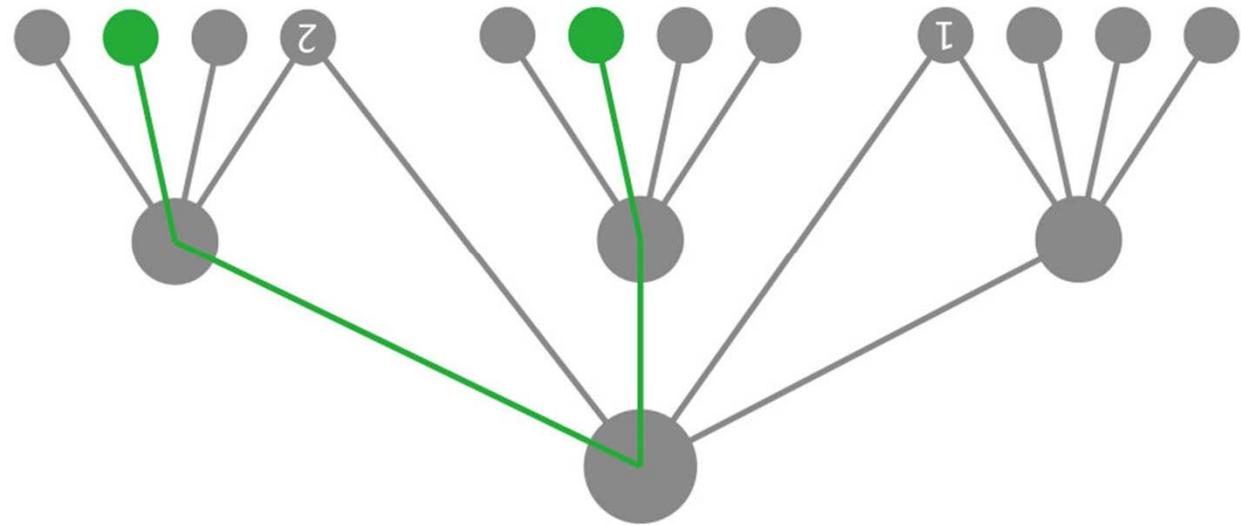
# 科学问题

问题树、问题链或问题网

特征：多层次、交叉融合、动态变化。

更低层次问题

子问题



总问题

# 科学问题的类型



- (1) 系统结构
- (2) 系统环境（边界）
- (3) 系统演化机理
- (4) 系统模型
- (5) 研究方法
- (6) 系统控制理论与方法
- (7) 系统综合性问题

科学  
问  
题

是什么？  
为什么？  
怎么样？

系统的科学问题：问题链、问题网、问题树。

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

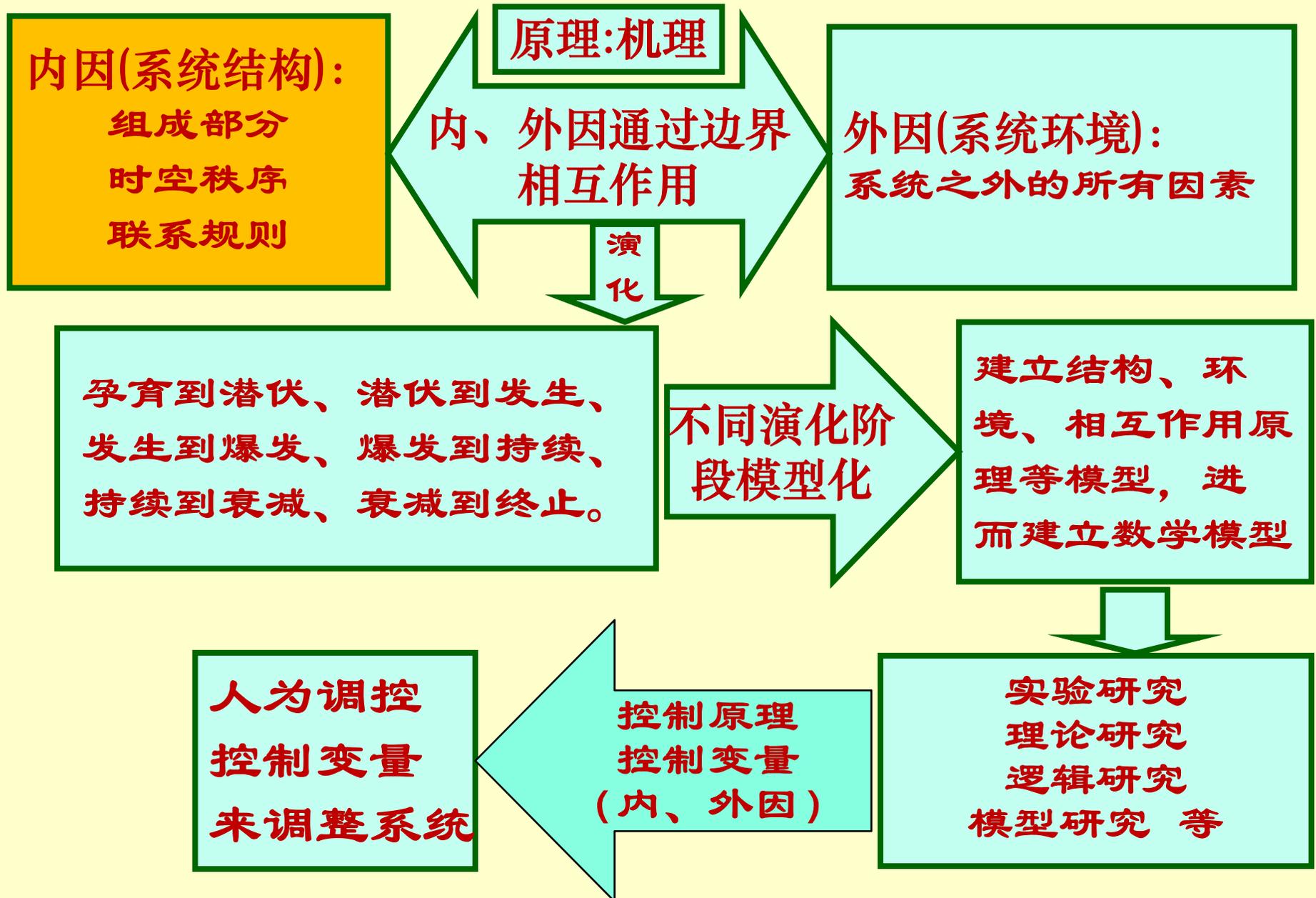
2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

2.9 实例

# 科学问题的系统哲学研究思路



# 系统结构的构成

**系统结构：元素(因素)之间的一切联系。系统结构决定着系统的功能特性。**

**系统结构(内因)组成：**

- (1) 组成部分  
特征结构(基因)。**
- (2) 时空秩序  
因素排列和组合。**
- (3) 联系规则  
自然或人为规定方式。**

科学问题

是什么?  
为什么?  
怎么样?



# 系统结构的特性

## 特性:

- |          |           |
|----------|-----------|
| (1) 整体性  | (8) 相似性   |
| (2) 层次性  | (9) 支配性   |
| (3) 开放性  | (10) 复杂性  |
| (4) 目的性  | (11) 不可逆性 |
| (5) 自组织性 | (12) 非均匀性 |
| (6) 稳定性  | (13) 非线性  |
| (7) 突变性  | (14) 随机性  |
|          | (15) 耦合性  |
|          | (16) 反馈性  |

科学问题

微观?  
细观?  
介观?  
宏观?

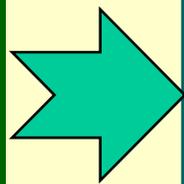
是什么?  
为什么?  
怎么样?

构成排列组合?  
多尺度?  
演化过程?

系统结构中往往有一个或几个子结构支配着整个系统的演化特性，该子结构叫做该系统的主导子结构，即主要矛盾或矛盾的主要方面。

如：顺倾边坡中的弱面、断层，煤矿冲击地压研究中的煤层厚度变化等。

主导子结构  
非主导结构



是什么？  
为什么？  
怎么样？



# 原型与模型对应

原型结构→模型结构→结构模型  
(组成部分、时空秩序、联系规则)

结构模型：

组成部分、时空秩序和联系规则等；

宏观模型、细观模型、介观模型、微观模型；

地图(导图)模型、组织结构模型等；

静态结构模型、动态结构模型、随机结构模型等；

时空边界模型。

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

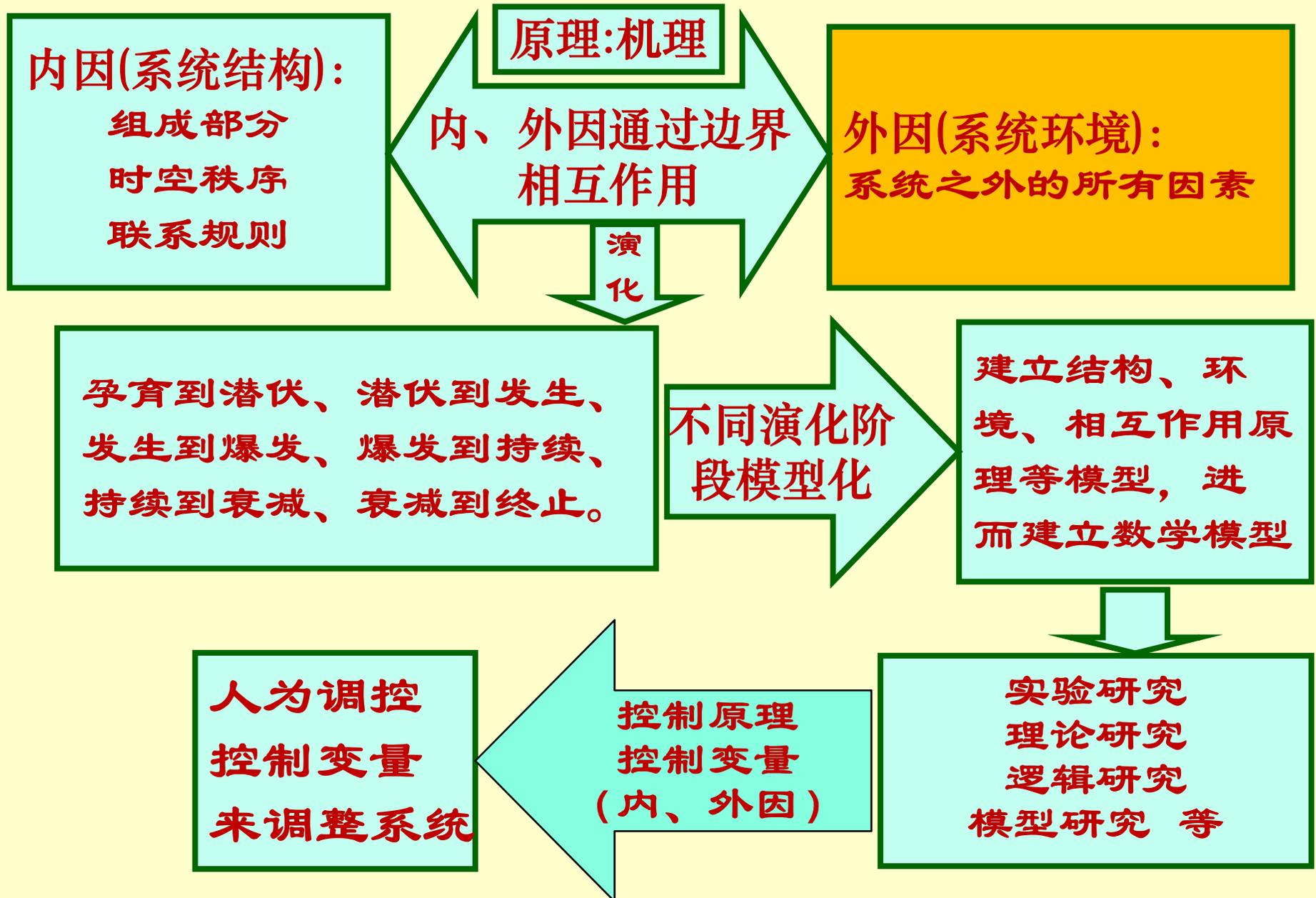
2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

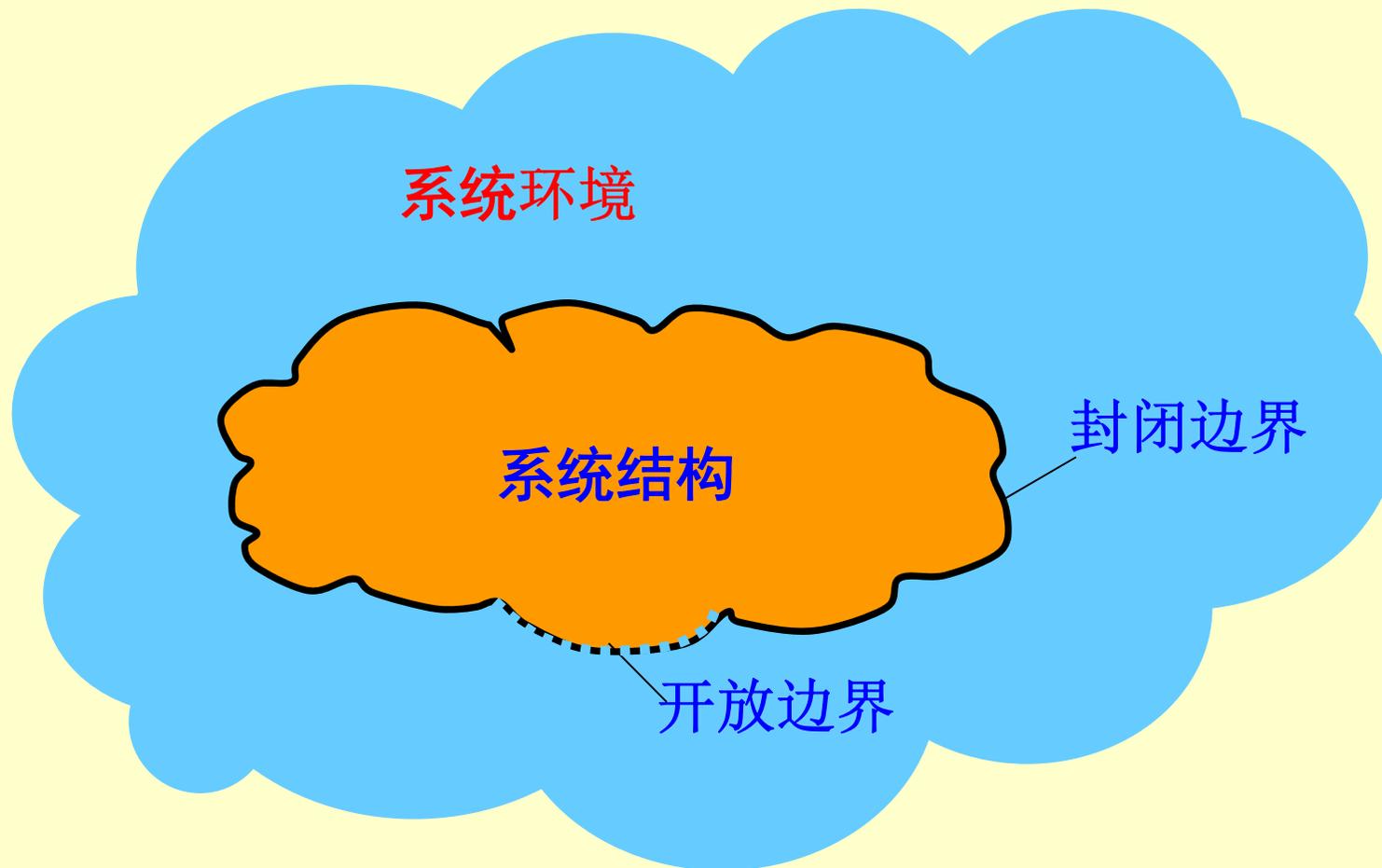
2.8 系统综合问题

2.9 实例

# 科学问题的系统哲学研究思路



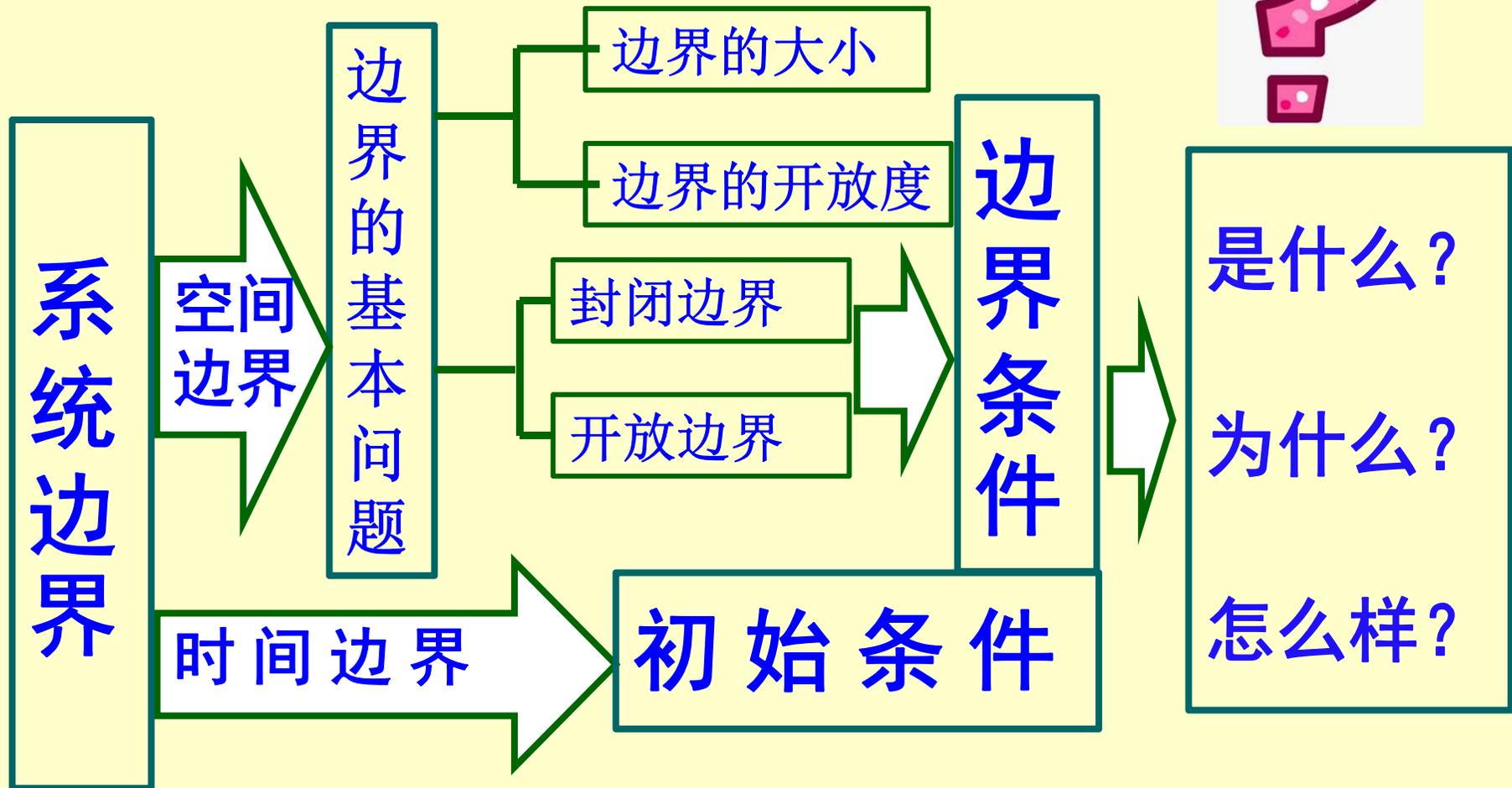
# 系统边界、环境



**系统环境：系统之外的所有因素。**

**系统边界：系统结构与系统环境的交界处。**

# 系统的边界



# 时空边界的复杂性

边界的开放性

边界的模糊性

边界的随机性

边界的非线性

边界的动态性

边界的演化性

不同因素（如水、固体）边界的差异性

不同尺度岩体边界的选取

时间边界与空间边界的耦合协同

时空边界条件的复杂性：

时、空边界条件**如何选取？**



# 系统的内部环境、外部环境

外部环境：力学、物理、化学、生物等。

系统内部环境：内部因素的差异。力学、物理、化学、生物等。

封闭边界

开放边界

# 系统结构的外因-系统环境

系统环境的分类：天然环境、人工环境。

## 系统环境分析：

内部环境：**内部动力**

外部环境：**外部动力**

如：非均质性



## 系统环境作用：

**机械（力学）**

**物理**

**化学**

**生物**

**社会**

**综合或耦合**

是什么？

为什么？

怎么样？

**原型环境**

→ **模型环境**

→ **环境模型**

力学环境模型  
物理环境模型  
化学环境模型  
生物环境模型  
联合、耦合作用模型

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

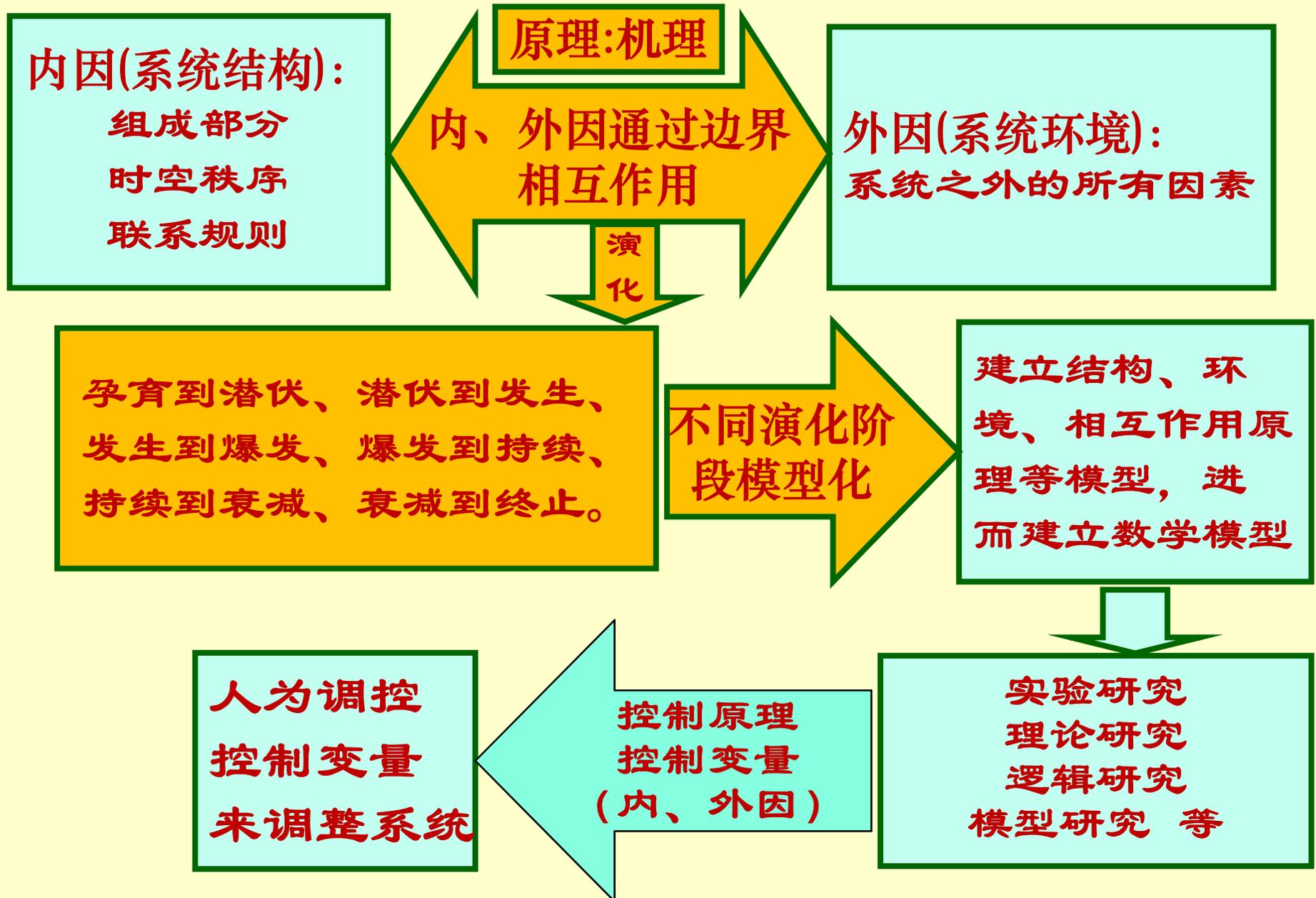
2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

2.9 实例

# 科学问题的系统哲学研究思路



# 系统的演化时间序列与演化阶段

系统演化机理：

环境通过边界与结构相互作用的原理。

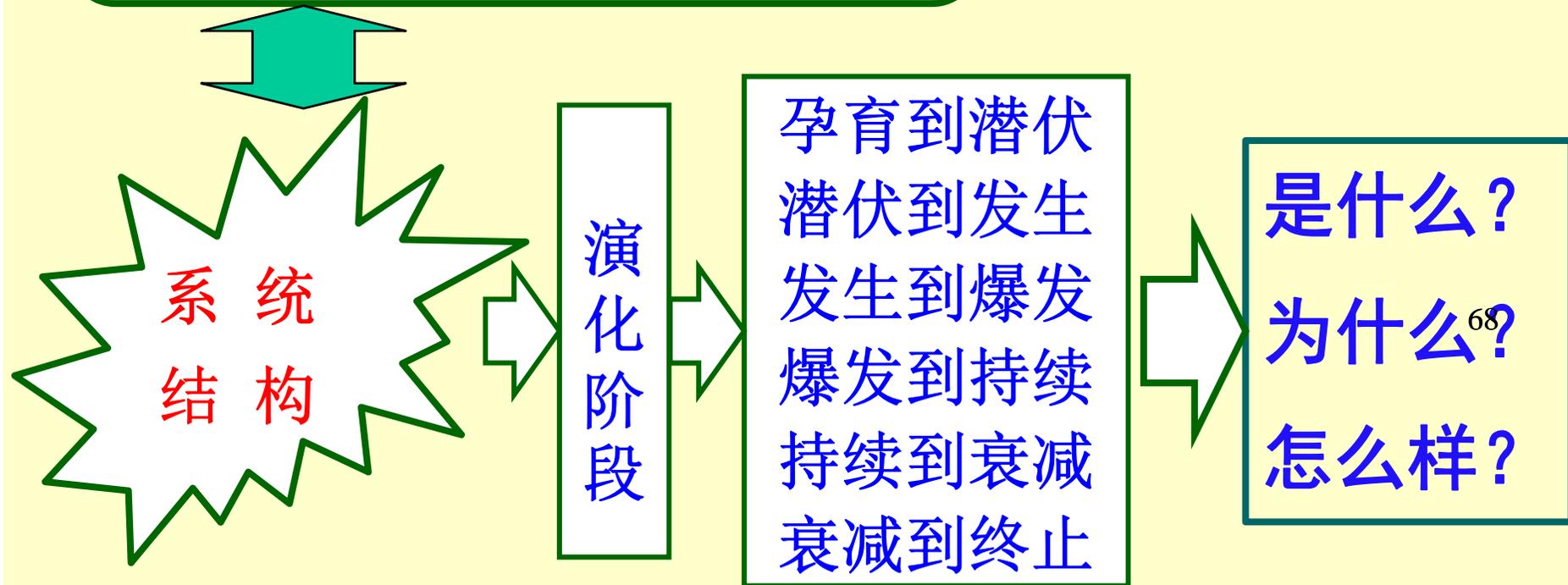


演化阶段：

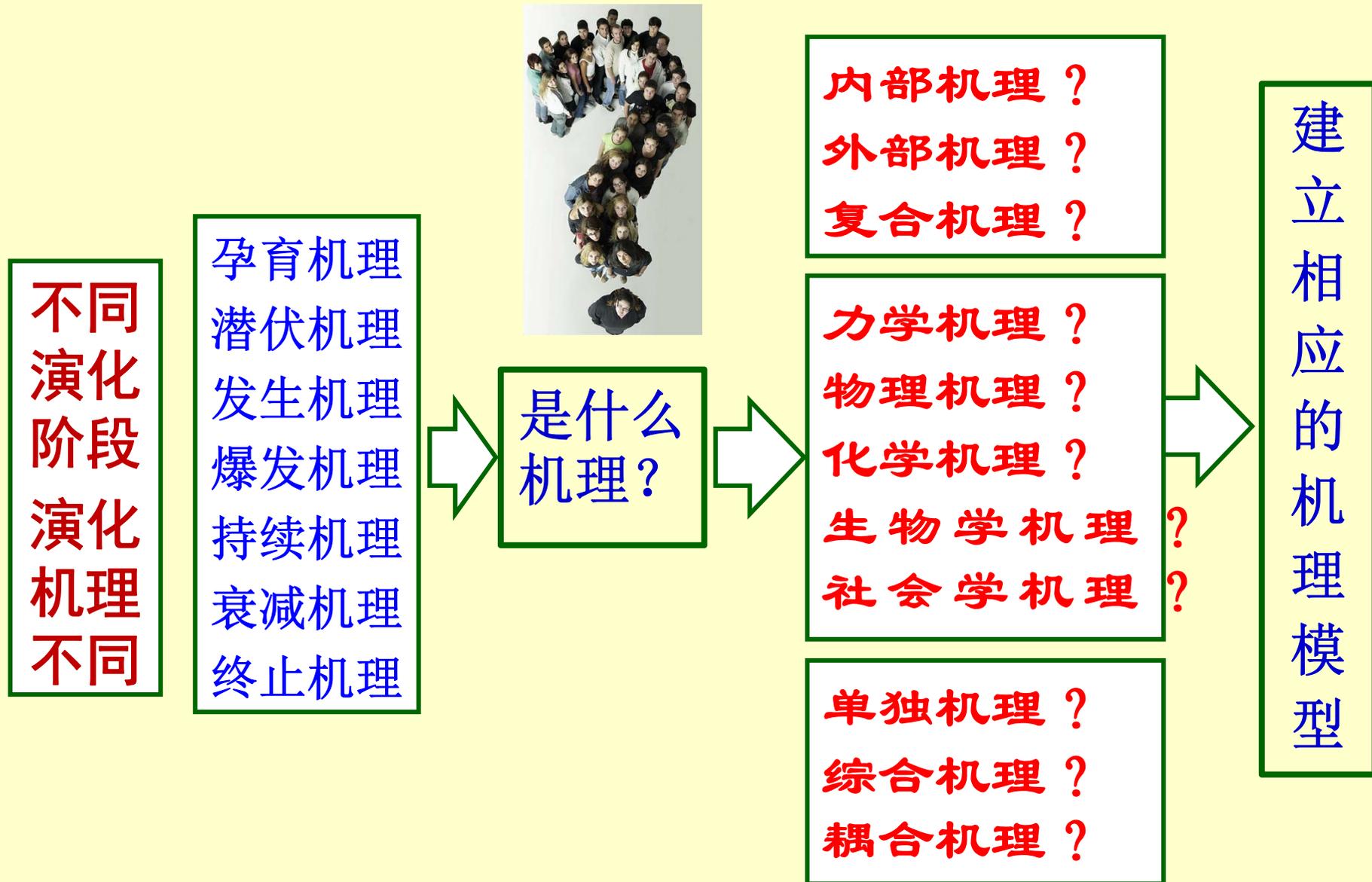
孕育到潜伏、潜伏到发生、  
发生到爆发、爆发到持续、  
持续到衰减、衰减到终止。

# 系统的演化时间序列与演化阶段

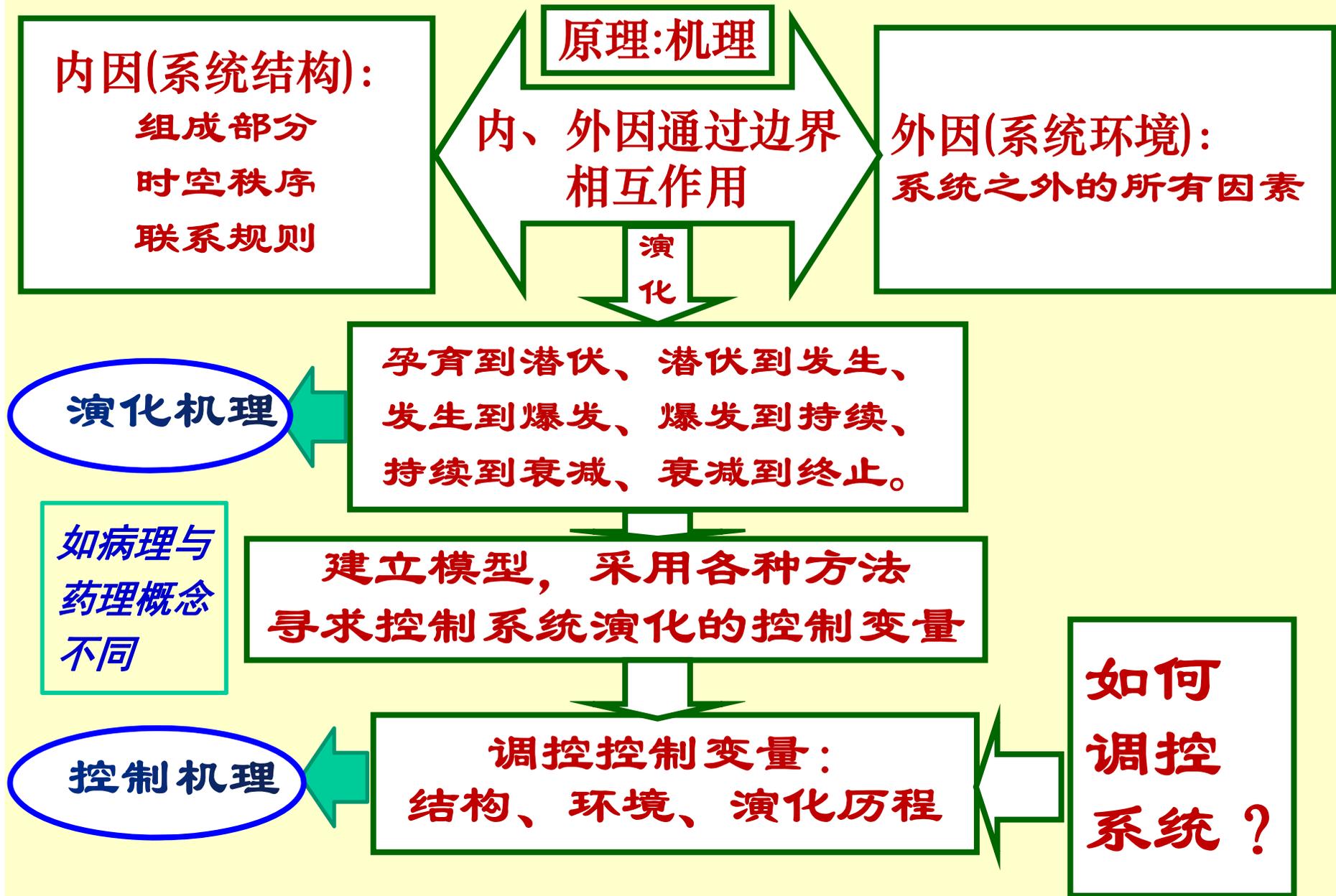
内部动力、外部动力（包括：  
机械、物理、化学、生物、  
社会）单独、综合或耦合作用。



# 系统的演化时间序列与演化阶段



# 演化机理与控制机理是不同的科学问题



## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

**2.5 系统模型**

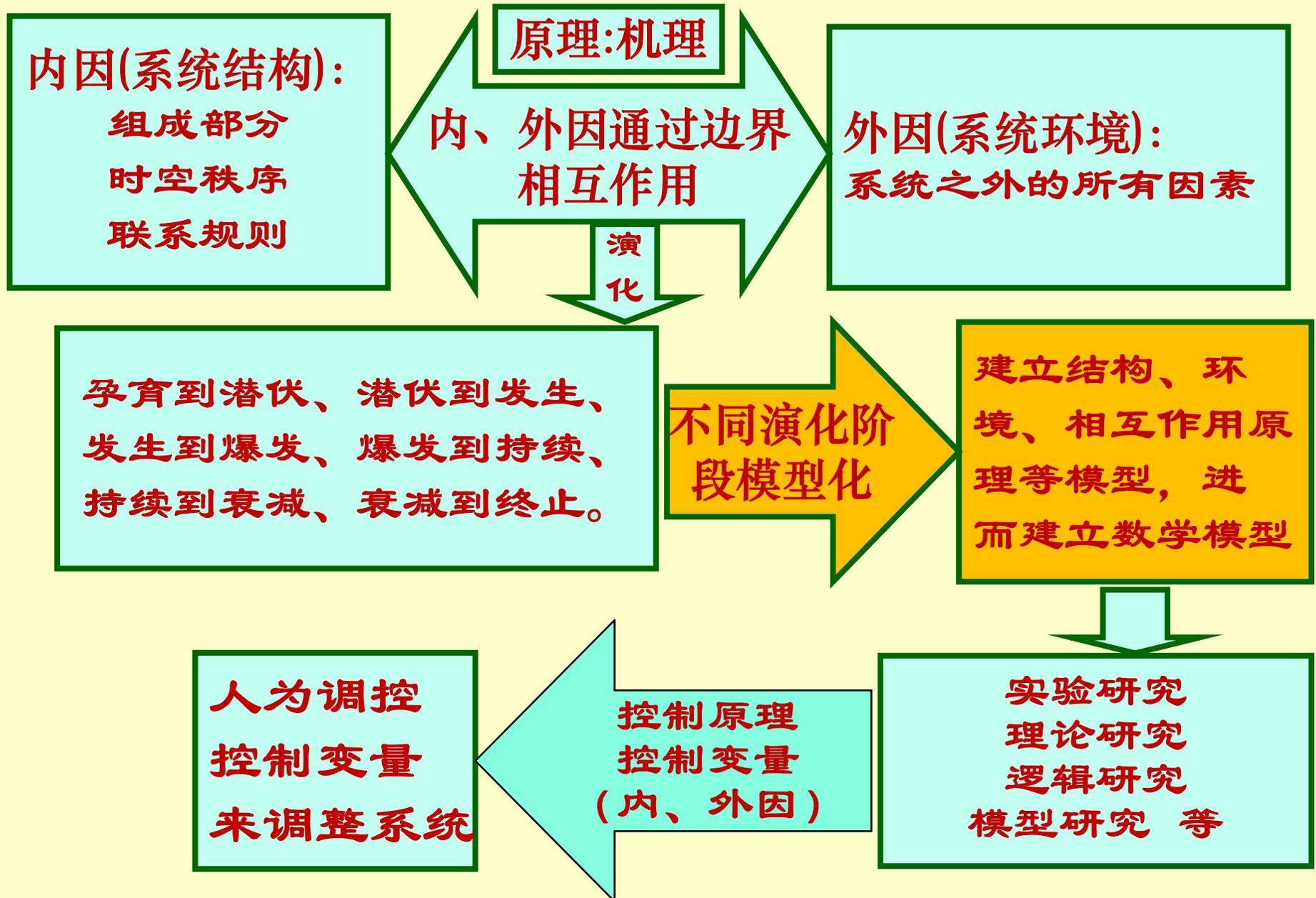
2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

2.9 实例

# 科学问题的系统哲学研究思路



# 模型分类

## (1) 结构模型

组成部分、时空秩序和联系规则等；  
宏观模型、细观模型、介观模型、微观模型；  
地图(导图)模型、组织结构模型等；  
静态结构模型、动态结构模型、随机结构模型等；  
**时空边界模型。**

## (2) 系统环境作用非线性模型

① 力学环境模型；② 物理环境模型；  
③ 化学环境模型；④ 生物环境模型；  
⑤ 力学、物理、化学、生物等联合、耦合作用模型。

## (3) 系统结构与系统环境相互作用本构模型

① 力学模型；② 物理模型；③ 化学模型；④ 生物模型；  
⑤ 力学、物理、化学、生物等联合、耦合作用模型。

# 模型分类

## (4) 依据演化过程时间序列和作用类型

- ① 孕育模型； ② 潜伏模型； ③ 发生模型；
- ④ 爆发模型； ⑤ 持续模型； ⑥ 衰减模型； ⑦ 终止模型。
- ① 力学模型； ② 物理模型； ③ 化学模型； ④ 生物模型；
- ⑤ 力学、物理、化学、生物等联合、耦合响应模型。

## (5) 防控模型(控制模型、调控模型、整治模型)

- ① 调控结构(组成部分、时空秩序、联系规则)模型；
- ② 调控环境(力学、物理、化学、生物等环境)模型；
- ③ 复合调控模型。

## (6) 其他

- ① 概念模型、数学模型； ② 线性模型、非线性模型；
- ③ 实体模型、虚拟模型。

结构模型?  
环境模型?  
边界模型?

模型是什么?

建立模型：  
化学模型  
生物学模型

提出  
不同  
演化  
阶段  
不同  
演化  
机理

不同演化阶  
段模型化

孕育模型  
潜伏模型  
发生模型  
爆发模型  
持续模型  
衰减模型  
终止模型

力学模型  
物理学模型  
社会学模型

综合模型  
耦合模型

建立  
数学  
模型

数学模型：

假设、状态方程、判据、  
初始条件边界条件、模型优化。

# 非线性模型

非线性：数学模型中，变量之间的数学关系不是简单的直线、平面关系，而是曲线、折线、间断线或曲面、折面、间断面甚至不确定的属性。

## 非线性问题基本特性：

- ① 变比特性
- ② 饱和特性
- ③ 非单调特性
- ④ 振荡特性
- ⑤ 多值性
- ⑥ 循环特性
- ⑦ 间断特性
- ⑧ 失灵特性
- ⑨ 折叠特性
- ⑩ 滞后特性

## 非线性模型：

### ① 非线性结构模型

组成部分、时空秩序、联系规则。

### ② 非线性环境模型

力学、物理、化学、生物、社会等。

### ③ 非线性相互作用模型

通常为本构关系。

### ④ 组合模型

## 本构关系

### 结构与环境相互作用的响应及建立本构关系

- ① 系统与机械（力学）因素作用
- ② 系统与物理因素作用
- ③ 系统与化学因素作用
- ④ 系统与生物因素作用
- ⑤ 系统与社会因素作用
- ⑥ 系统与综合因素（机械（力学）、物理、化学、生物甚至社会）因素联合、耦合作用

# 耦合模型

耦合：系统内部各元素之间、系统之间以及系统与环境之间的相互关系，通常是以交互、互动等方式存在并相互依赖、互联作用、相互反馈、互为因果。

耦合作用方式：系统内元素、系统之间以及系统与环境之间的相互影响过程可以是单向的、双向的或随机的。

## ① 内耦合模型

系统内各元素、因素与系统之间的互联作用。

## ② 外耦合模型

系统与系统之间、系统与环境之间的相互影响。

## ③ 流固耦合模型

流体模型中含有固体应力信息，同时固体模型中含有流体压力信息。

# 数学模型

- ① 实际问题的凝练：科学问题；
- ② 基本假设；
- ③ 状态（控制）方程：一般用微分方程来描述；
- ④ 本构关系及其拐点、极值点、转化或转换点（处）判据；
- ⑤ 定解条件（时空边界模型，即演化历程起点：初始条件；外界环境对结构体作用：边界条件）；
- ⑥ 模型求解（解析方法、数值方法）；
- ⑦ 检验与评价、修正与优化；
- ⑧ 应用。

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

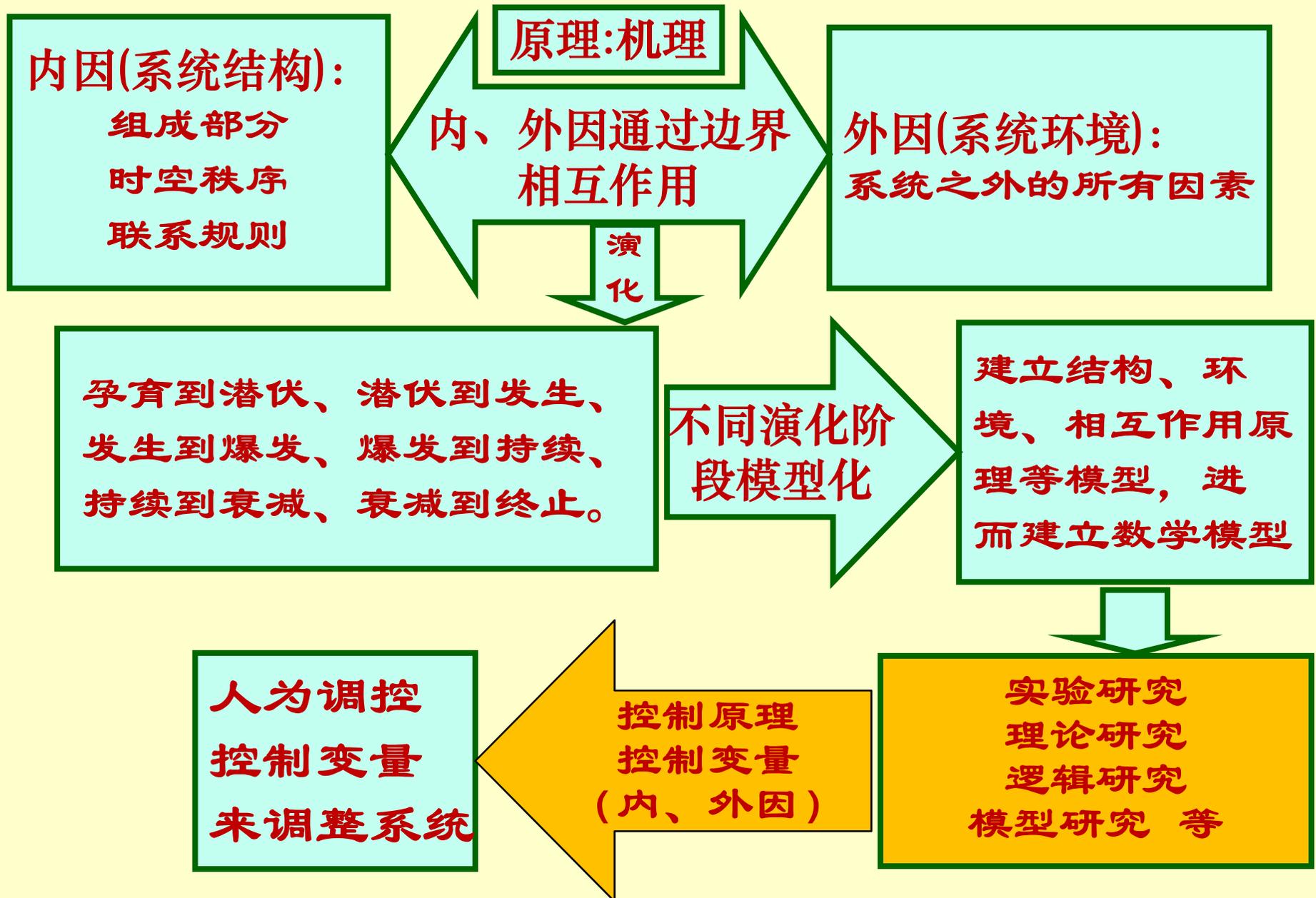
2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

2.9 实例

# 科学问题的系统哲学研究思路



建立相应的理论

验证、揭示、阐述演化机理

采用什么研究方法：

孕育模型  
潜伏模型  
发生模型  
爆发模型  
持续模型  
衰减模型  
终止模型

化学模型  
生物学模型

力学模型  
物理模型  
社会学模型

综合模型  
耦合模型

建立数学模型

实验研究：

模型实验  
试件测试 ...

理论研究

力学理论  
物理学理论  
化学理论 ...

逻辑研究

演绎法  
归纳法  
对比法...

模拟研究

数值模拟  
物理模拟...

研究结果验证、  
修正、优化模型

寻求控制变量

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

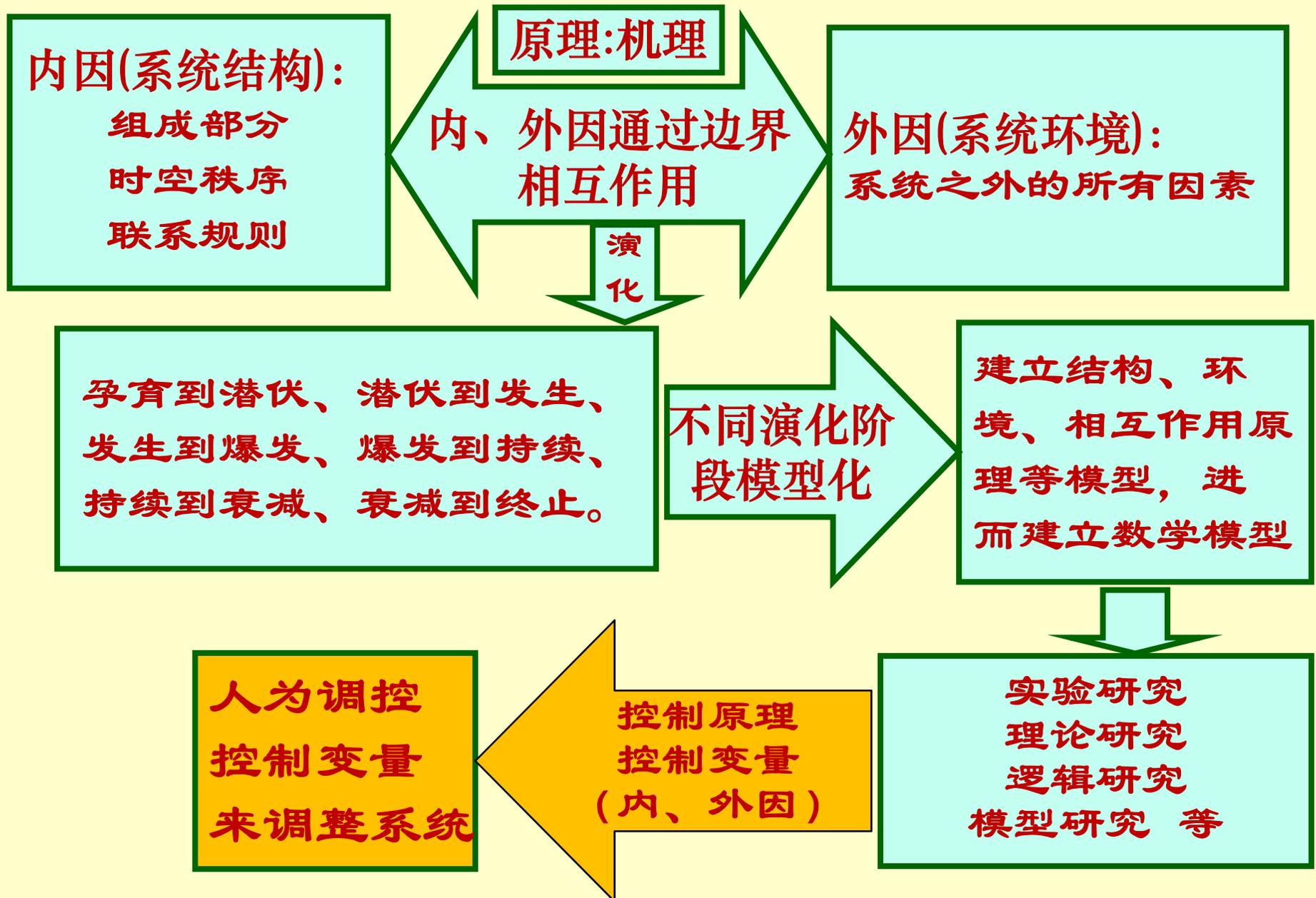
2.6 研究方法

**2.7 系统控制理论与方法**

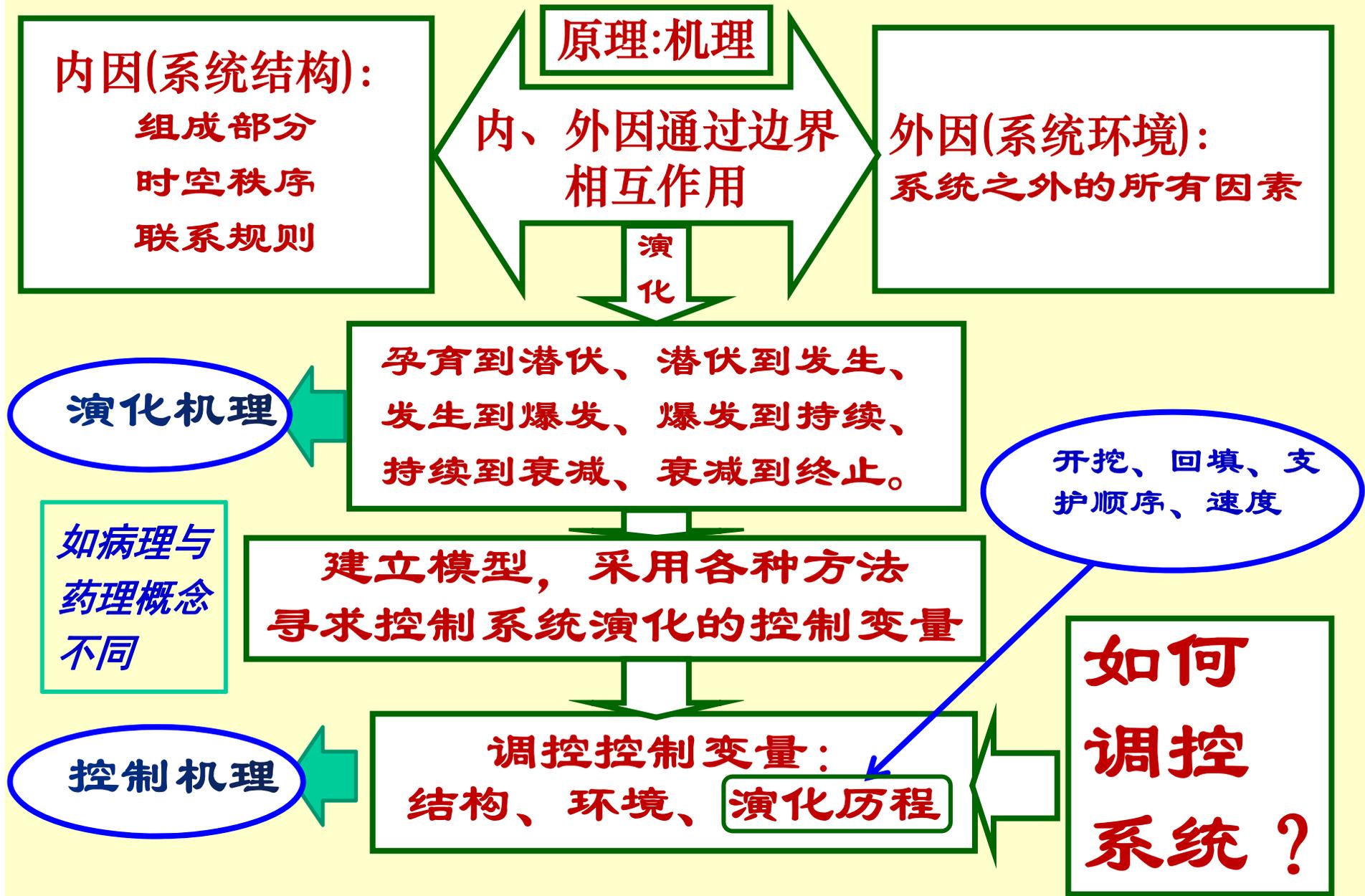
2.8 系统综合问题

2.9 实例

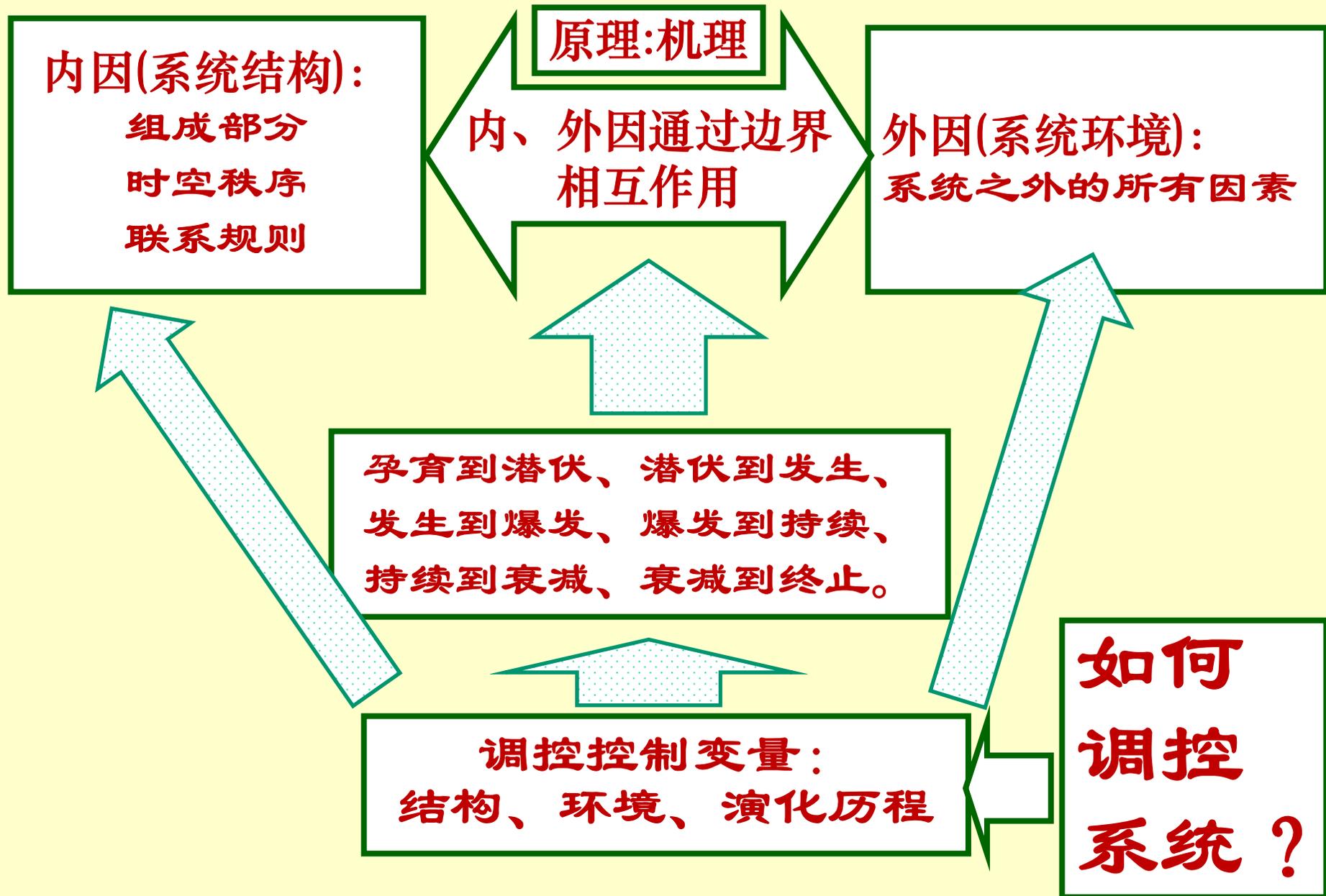
# 科学问题的系统哲学研究思路



# 科学问题的系统哲学研究思路



# 调控系统的研究思路



## 寻求控制变量(主要矛盾): 原因分析

(1) 系统的结构: 组成部分? 时空秩序? 联系规则? 即软件、硬件?

(2) 系统的边界: 大小? 开放边界? 封闭边界?

(3) 系统的环境: 内部环境、外部环境?

力学? 物理? 化学? 生物? 社会? 综合? 耦合?

(4) 系统的演化阶段: 初始状态? 孕育? 潜伏? 发生? 爆发? 持续? 衰减? 终止?

控制行为: 补偿、调节、校正、操纵等。

控制方式: 简单控制、补偿控制、反馈控制、镇定控制、复合控制等。

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

2.9 实例

# 综合性科学问题的类型



- (1) 系统结构
- (2) 系统环境（边界）
- (3) 系统演化机理
- (4) 系统模型
- (5) 研究方法
- (6) 系统控制理论与方法
- (7) 系统综合性问题

两个  
或两个  
以上科  
学问题  
组合问  
题

是什么？  
为什么？  
怎么样？

建立综合性科学问题相应的组合或耦合模型。

# 结构与环境的响应及建立本构关系

- (1) 系统与机械（力学）因素作用
- (2) 系统与物理因素作用
- (3) 系统与化学因素作用
- (4) 系统与生物因素作用
- (5) 系统与社会因素作用

(6) 系统与综合因素联合、耦合作用

## 演化过程中再思考

变结构、变环境如何考虑？

相态（固体、液体、气体）改变与转化如何考虑？

反馈过程与反馈特性如何考虑？

内耦合、外耦合特性如何考虑？

## 2 国家自然科学基金项目选题提纲

2.1 问题提出

2.2 系统结构

2.3 系统环境（边界）

2.4 系统演化机理

2.5 系统模型

2.6 研究方法

2.7 系统控制理论与方法

2.8 系统综合问题

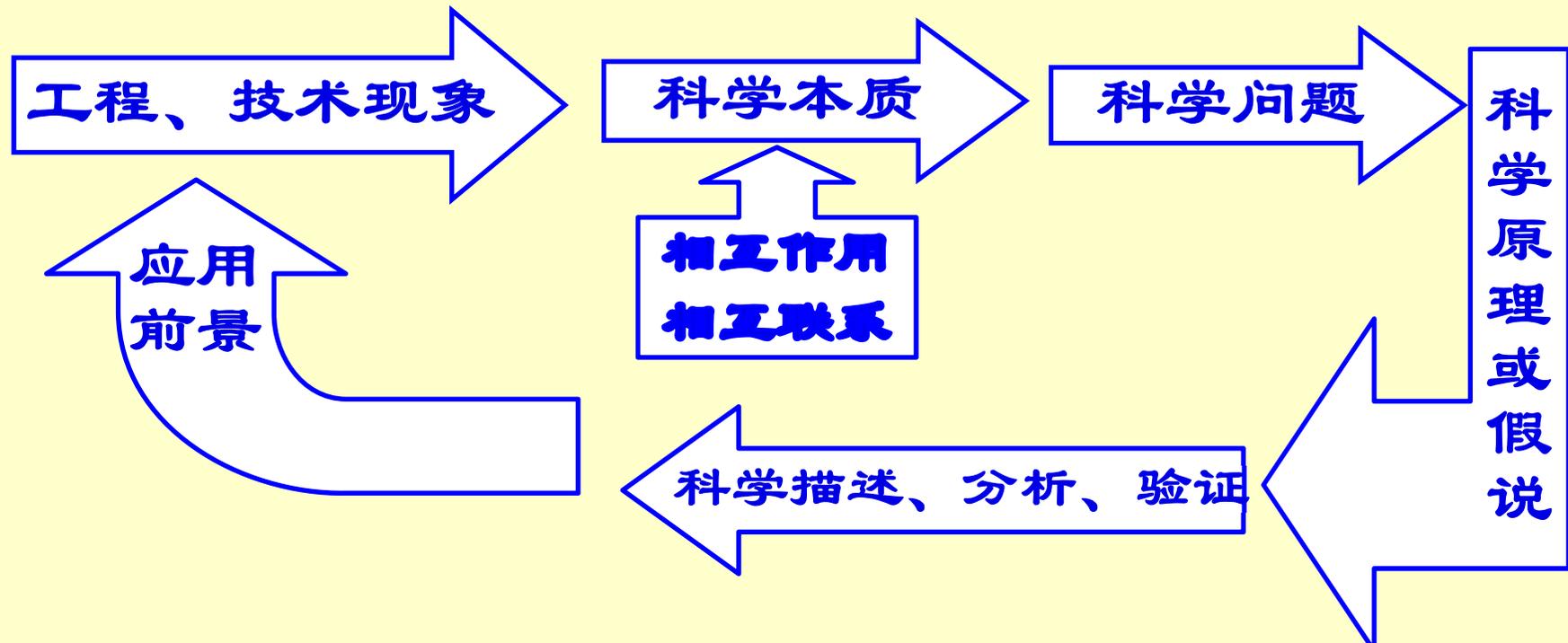
2.9 实例

## 工程、技术需求及相应科学问题凝练

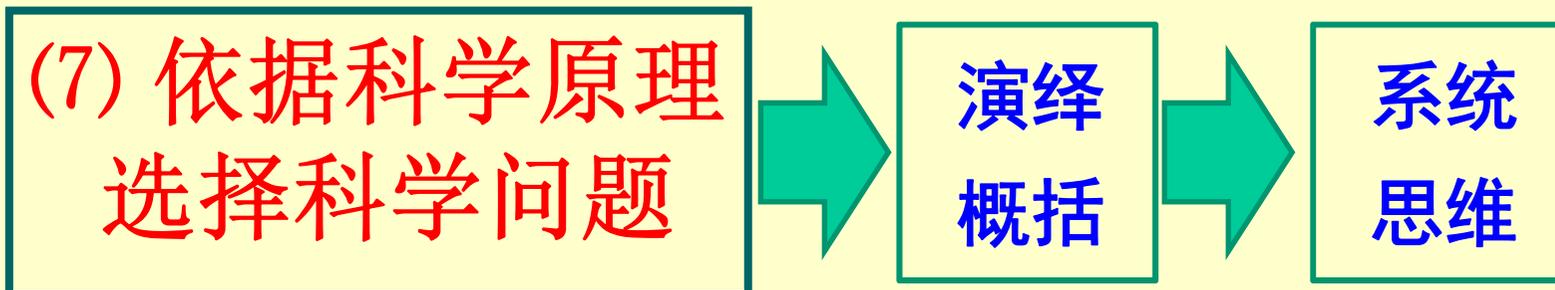
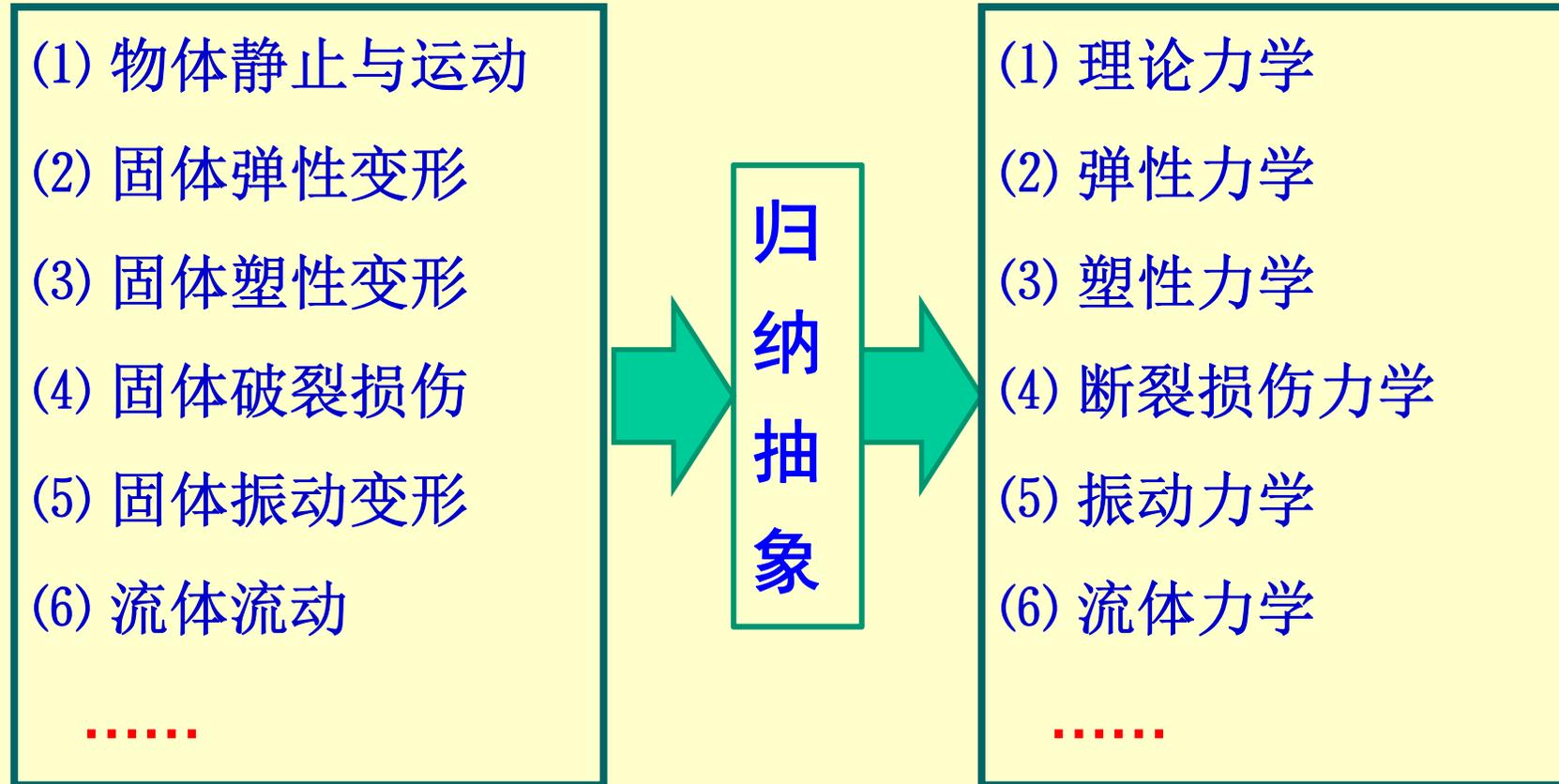
工程需求:外在现象（如工程、技术、经济、管理等）。

科学本质:内在的**相互作用、相互联系**。

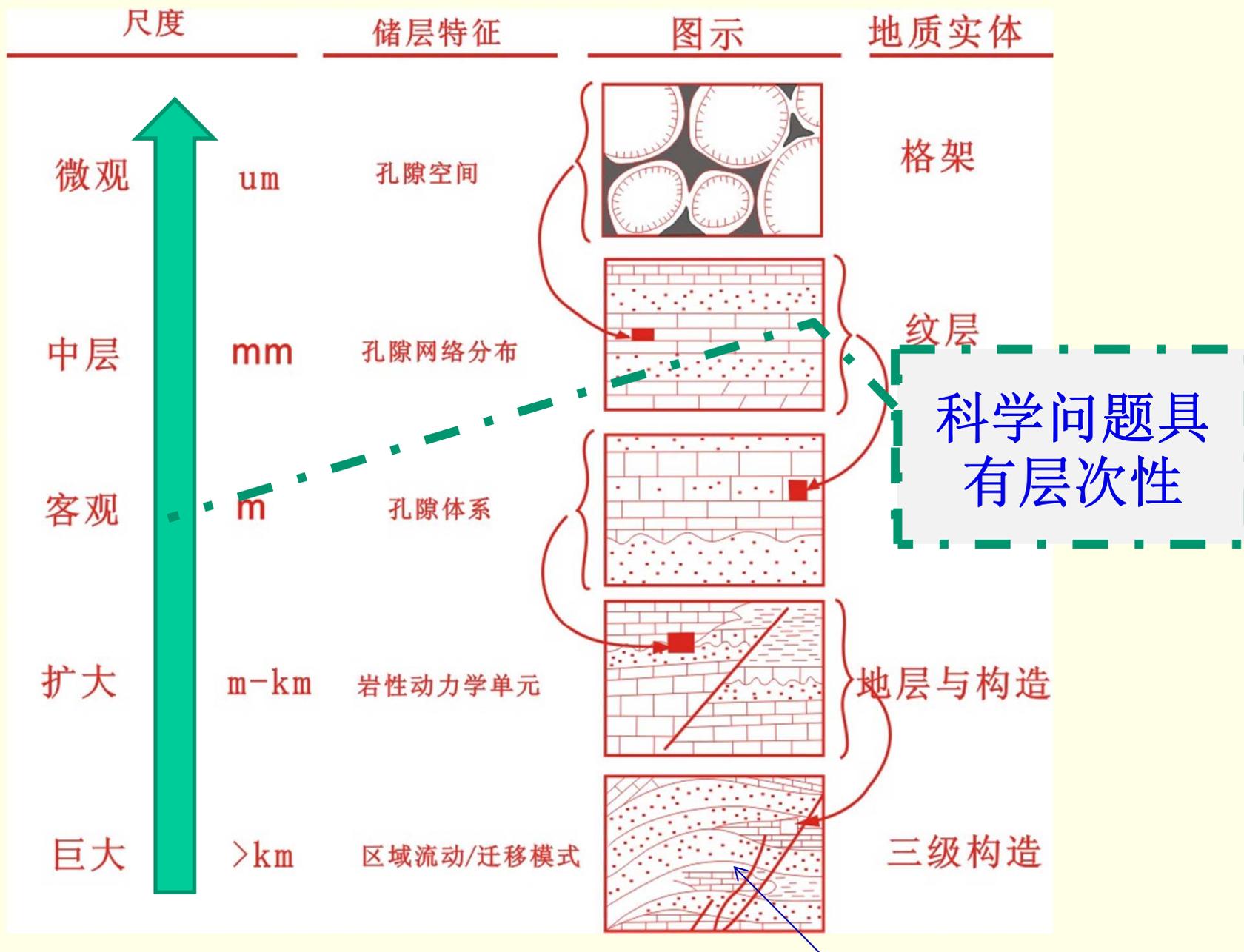
科学问题:结构、环境分析及其相互作用原理与相互关系描述。



# 选题思考



# (1) 地质体结构多尺度分析



## (2) 工程、技术需求及相应科学问题凝练

工程（自然）问题 工程（自然）现象	科学实质	科学领域	科学描述
物体静止、变形、 破坏、运动	物质(体)间的相互作用	力学	力学+物理学 +化学+数学 等
彩虹	光与大气（云）的相互 作用	物理学	物理学+力学 +数学等
燃烧、爆炸	新物质的产生或原物质的 灭失，物质间的相互作用	化学	化学+数学等
动物、植物、微生物 的生长与灭亡	生物体的结构、功能、发 生和发展	生物学	生物学+化学 +物理学+数 学等
人、财、物的组织 和配置	人、财、物的相互作用与 联系	管理学	管理学+数学 等

(3) 案例-工程技术背景对应的科学问题：  
不同结构尺度分析(内因)

工程需求	科学实质	单元结构尺 (内因)	科学问题	应用前景
瓦斯抽采	瓦斯与煤体相互作用	微观、细观、宏观	瓦斯的吸附-解析运移规律	煤层气、页岩气抽采
大同坚硬砂岩顶板破断	从砂岩颗粒间的破裂开始，形成宏观断裂	细观、宏观	坚硬砂岩的细观损伤与破裂	砂岩破坏
围岩与采场的支护	岩石变形、破坏与支架的相互作用	宏观	围岩变形、破坏与支架相互作用原理	采场围及其岩支护

## (4) 案例-工程技术背景对应的科学问题： 极端环境作用分析(外因)、特殊结构(内因)分析

工程需求	科学实质	极端外界环境与特殊结构	科学问题	应用前景
冻泥粘连运输皮带	冻土与皮带的相互作用	低温(-45°)	冻土的粘连机理	冻土粘连皮带、翻斗车
强震导致滑坡	地震力作用下超过坡体强度	强震(超过6级)	强震诱发滑坡机理	山区地震滑坡、露天矿滑坡、道路滑坡
雨季滑坡	水作用下坡体内孔隙压作用、强度降低	长时间雨水	雨季滑坡机理	山区雨季滑坡、露天矿滑坡、道路滑坡
急倾斜煤层开采顶板破断	开采后顶板与围岩、支护的相互作用	煤层急倾斜赋存结构	急倾斜煤层开采顶板与围岩、支护作用机理	急倾斜煤层开采顶板支护

## (5) 演化机理（防治机理）研究思路

- ① 实验测定(理论研究、资料统计、观察分析), 获得相应的实验信息, **发现现象**信息;
- ② 分析实验现象, 寻求因素之间变化的**基本规律**;
- ③ 研究导致实验现象的**因果关系**;
- ④ 提出**演化机理(假说)/防治机理** (假说);
- ⑤ 建立**演化模型/防治(控制)模型**;
- ⑥ 通过实验、现场测试或逻辑等方法来**验证、修正与优化**所建立演化模型/防治(控制)模型;
- ⑦ 建立**理论并应用**。

发现现象

寻求规律

因果关系

提出机理

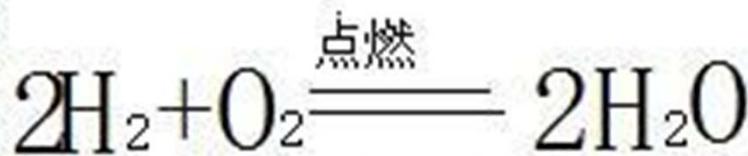
建立模型

修正优化

建立理论

# 演化机理

H<sub>2</sub> 燃烧成水。



化学机理

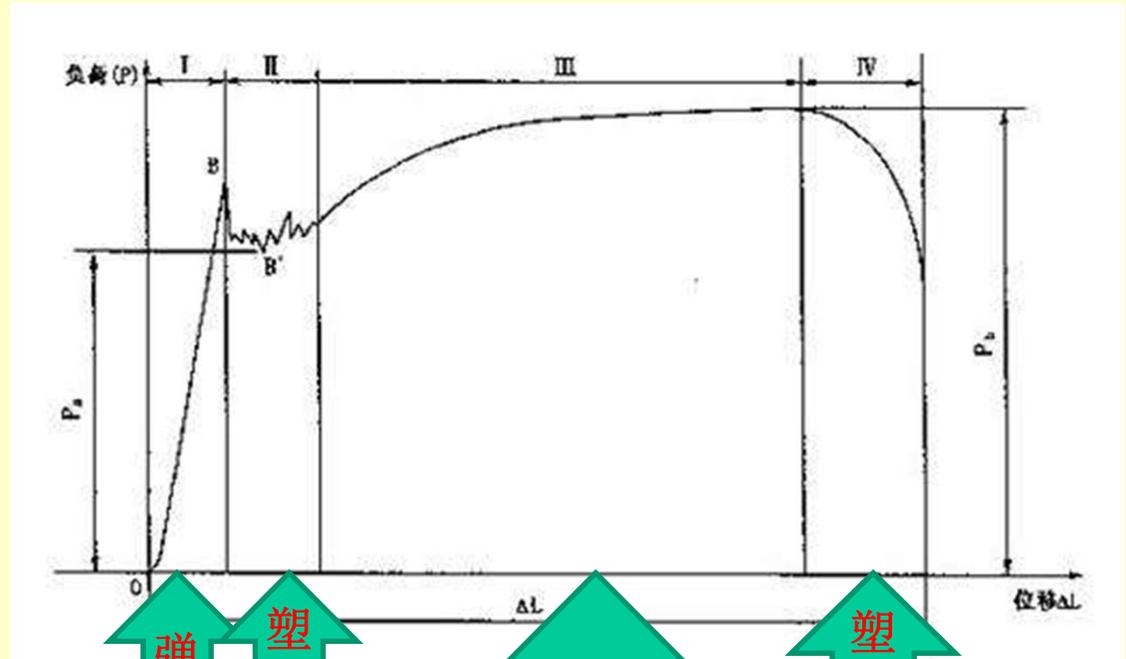
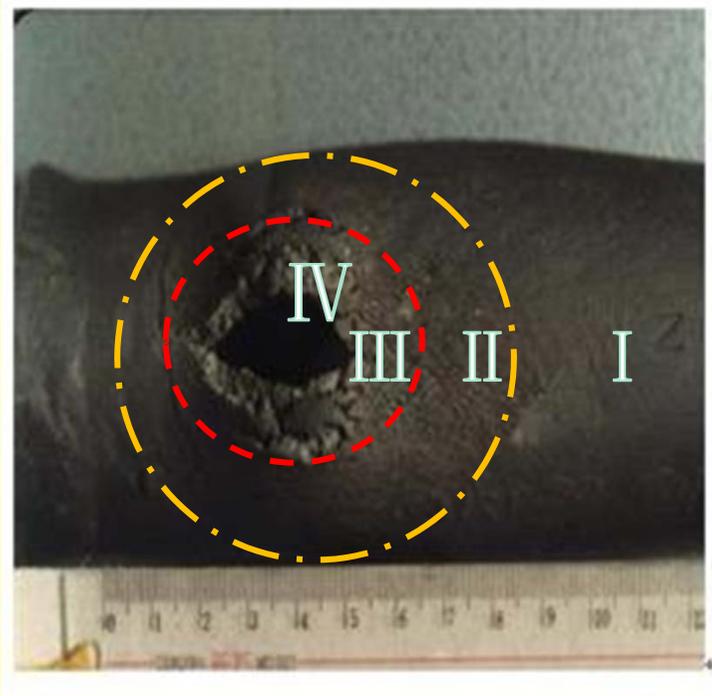


物理机理

力学机理

- (1)、H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub>O 的物理、化学、力学等性质完全不同。
- (2)、不同温度下 H<sub>2</sub>O 的物理机理不同，相应的力学性质也不同。

# 演化机理



弹性机理

塑性流动机理

塑性强化机理

塑性软化机理

对于同一系统(对象):

- (1) 不同子系统(区域)可能具有不同的演化机理;
- (2) 不同子系统(区域)可能处于不同的演化阶段。

(5) 工程技术背景对应的科学问题：  
瓦斯爆炸(内外因相互作用)

工程现象： 瓦斯爆炸

科学实质： 瓦斯与氧气在一定的条件下剧烈化学反应



需要解决  
科学问题：

瓦斯源  
运移规  
律、开  
采与瓦  
斯的相  
互关系  
、瓦斯  
地质特  
性.....

风流  
运移  
规律、  
通风  
网络系  
统规律  
.....

采场温  
度条件  
、其他  
气体产  
生机理  
、火花  
产生的  
条件  
.....

实质： 瓦斯与  
氧气互为内外  
因，在火花诱  
发下发生剧烈  
化学反应。

## (6) 控制类的科学问题：控制煤炭自燃原理

控制原理：  
调控  
系统继续  
演化而采  
取的控制  
科学原理。

煤炭自燃满足内外因条件：  
煤自燃倾向性（内因）；  
连续供氧（外因）；  
热量积聚（内外因相互作用）。

煤炭自燃机理？

病理

控制煤炭自燃原理：  
控制煤本身自燃倾向性的原理；  
阻断连续供氧；  
消散煤炭本身的热量的机理。

药理

# 提 纲

- 1 科学与国家自然科学基金项目
- 2 国家自然科学基金项目选题
- 3 自然科学研究方法**
- 4 国家自然科学基金项目申报书
- 5 注意事项与建议

# 研究方法

逻辑方法：

归纳与演绎、分析与综合、抽象与概况、比较与类比。

理论方法、实验方法、模拟方法。

求解方法、测试方法、模拟法、比拟法等。

物理方法、力学方法、数学方法、化学方法、生物方法。

定量方法、定性方法等。

线性分析方法、非线性分析方法等。

解析方法、数值方法等。

统计方法、因果方法等。

## (1) 研究思路、方法

主要方法：

理论研究、实验研究、模拟研究。

发挥各自的优势、各有侧重；实验、理论与模拟研究内容相互对应、相辅相成。

## (2) 理论研究：

对于一维或简单问题，尽量采用解析分析，寻找因果关系、控制(耦合控制)变量或敏感参数。

三维或耦合等复杂问题，一般采用解耦方法，并采用数值分析或数值实验。

### (3) 实验研究

- ① 结构构成（包括组成部分、时空秩序、联系规则）；
- ② 环境（或者是事物的外因）；
- ③ 在简单实验环境下测定系统结构的演化特性；
- ④ 寻找演化规律，确定因果关系，并建立相应的模型；
- ⑤ 在比较复杂实验环境下测定系统结构的演化特性，验证模型的正确性；
- ⑥ 将实验数据进行科学分析、总结，修正优化模型，建立相应的理论。
- ⑦ 特别注意：一定要观察实验现象，揭示本质特性。

### (3) 实验研究：岩石力学实验目的

- ① 岩石的结构组成
- ② 岩石的力学、物理、化学、生物及其组合特性
- ③ 确定理论模型参数
- ④ 验证基础理论（假说）
- ⑤ 发现新现象、建立新理论、阐述新机理

### (3) 实验研究：岩石力学实验分类

#### ① 岩石的结构组成

微观结构、细观结构、宏观结构、多尺度结构。

问题：各种尺度结构之间的联系与推广  
时间尺度推广

#### ② 岩石的特性

微观层次结构的特性、细观层次结构的特性、宏观层次结构的特性、多尺度结构的特性

问题：各种尺度结构特性之间的联系

## (3) 实验研究：岩石力学实验分类

### ③ 岩石特性的分类

力学特性、物理特性、化学特性、生物特性、组合特性

问题：各种特性之间的联系

### ④ 岩石实验位置的分类

实验室实验及现场原位实验、测试

### ⑤ 岩石实验室实验

实验室试件实验、模型模拟实验（量纲分析与模拟实验）

### (3) 实验研究：思路

一般实验到理论要经过四个阶段：

① 实验目的、仪器设备、方法、原理、步骤、方案及过程等相关问题的讨论，这个阶段以实验现象、实验结果描述为主，这是实践的第一个过程。

② 从实验现象、实验结果中分析事物发生的本质，提炼出来一些理论，寻找因果关系，叫作唯象理论，此时要建立假说，这是认识的第一个过程。

③ 将所认识的唯象理论进一步通过实验验证、理论修正，抽取其中的精华，确定因果关系，验证假说，形成理论架构，是再实践、再认识的过程。

④ 将形成的理论架构建立相应的数学模型，描述因果关系。是形成科学理论的过程。

## (4) 数值方法

### 常用的数值方法

#### ① 连续介质方法:

有限差分法 (FDM), 有限单元法 (FEM), 和边界元法 (BEM)。

#### ② 离散介质方法:

离散单元法 (DEM), 离散裂缝网络方法 (DFN)。

#### ③ 混合介质方法

连续/离散方法。

## (4) 数值方法

- 非线性问题（复杂结构及其边界、复杂环境作用、复杂本构关系问题、复杂演化过程问题）
- 动态问题
- 多场相互作用、耦合作用问题
- 多相作用问题
- 多尺度问题
- 随机问题
- 连续-非连续问题
- 稳定性问题
- 多刚体-多柔体问题
- 多种方案比较与优化问题

## (5) 反问题分析方法

定义：

根据工程系统或技术系统中观测到的复杂现象，反过来由现象来探求事物的内部规律与所受的外部影响因素，即去寻求产生这些复杂现象所涉及的内因、外因和相互作用原理，由表及里，索隐探秘，倒果求因，这类问题属于工程技术系统中的反（逆）问题。

分析方法：

- ① 因果分析法；
- ② 类比法；
- ③ 激扰法；
- ④ 示踪法；
- ⑤ 试凑法；
- ⑥ 反（逆）推法；
- ⑦ 综合分析法。

## (5) 反问题分析方法

定义：

根据工程系统或技术系统中观测到的复杂现象，依据结构特性、环境特性、结构与环境相互作用及其演化响应特性，形成假说：

- ① 结构假说；
- ② 环境假说；
- ③ 结构与环境相互作用及其演化响应假说；
- ④ 综合假说。



**本质：微分方程解的适定性**

## (6) 概念拓展方法

定义：

反映事物本质属性的思维形式。概念有内涵和外延两个基本特征。

概念的内涵：概念所反映的事物对象所特有的属性（质）。

概念的外延：概念所反映的事物对象的范围（量）。

概念具有层次性。

“稳定性”概念延伸：

① 平衡系统；② 固体破坏；③ 流体流动；④ 滑动系统；

⑤ 滚动系统；⑥ 流变系统；⑦ 动力系统；⑧ 运动系统。

其他学科：控制系统、社会系统、生态系统、电力系统等。

可以是新概念及其组合、旧概念的组合成新概念。

## (7) 特征单元法

定义：

特征单元，即基本单元，或基元、基因。  
构成系统具有普遍基本特性的结构要素。

系统三要素：组成部分、时空秩序、联系规则。

特征单元：组成部分为基本单元，不能再分割。

如语句中，一个字、双字词、三字词、四字词（成语）、俗语、惯用法、固定用法等等，均可能为基本的语言单元。

如：**26**个英文字母，排列组合，组成英语语言的各种不同的含义。

# 例子：2014年个人总结

- 存在问题：好喝酒；
  - 问题分析：酒好喝；
  - 总结经验：喝酒好；
  - 整改情况：酒喝好；
  - 努力方向：喝好酒。
- 组成部分的  
基本单元：  
酒、好、喝

如：中国科学院武汉岩土力学研究所

组成部分的基本单元：中、国、科、学、院、武、汉、岩、土、力、学、研、究、所。

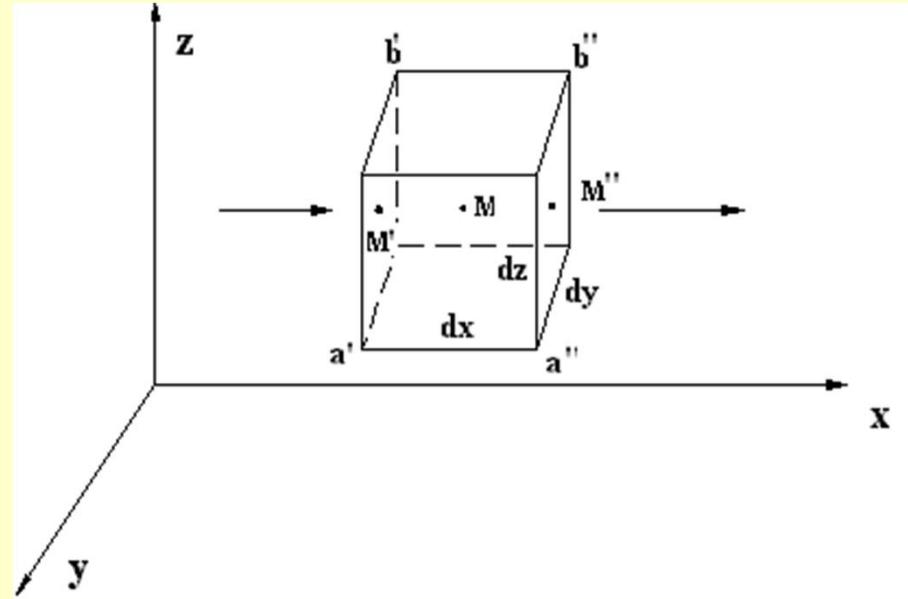
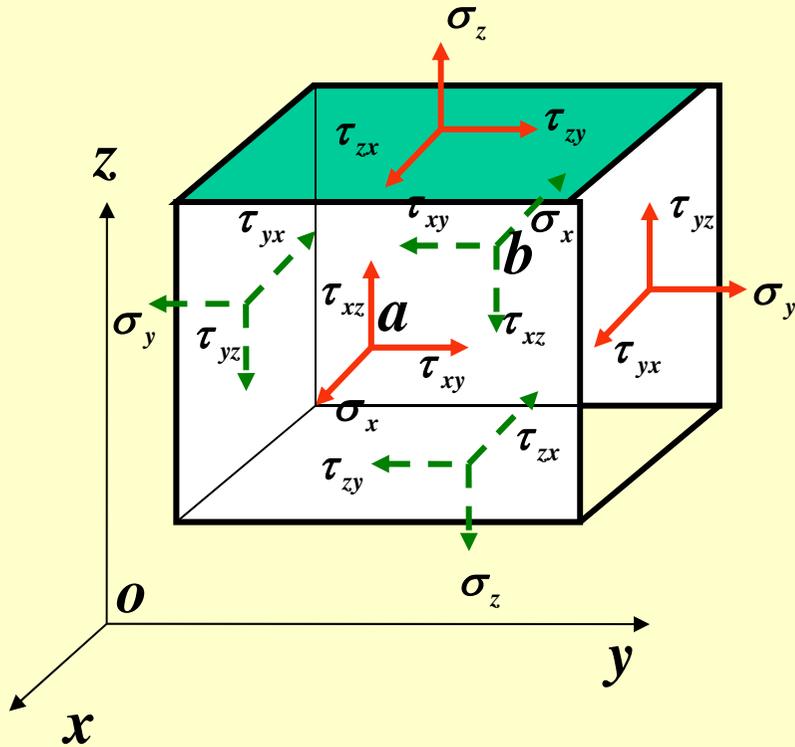
另外：中国科学院、武汉、岩土力学、研究所

例子：“钱、是、没、有、问、题”

就这六个字的组词成句，可以变成不同意思的句子！哈哈，伟大的语文能力！

钱是没有问题， 问题是没有钱，  
有钱是没问题， 没有钱是问题，  
问题是钱没有， 钱没有是问题，  
钱有没是问题， 是有钱没问题，  
是没钱有问题， 是钱没有问题，  
有问题是没钱， 没问题是有钱  
没钱是有问题。

# 例子：连续介质变形体力学的基本结构：特征单元体



弹性力学、塑性力学、流体力学、岩体力学、渗流力学、连续介质力学

连续介质：宏观上无限小，微观上无限大。

# 例子：岩石变形与破坏的微观机制

## 水作用下岩石破坏微观机制

### 泥岩改性前后膨胀机理物理模型

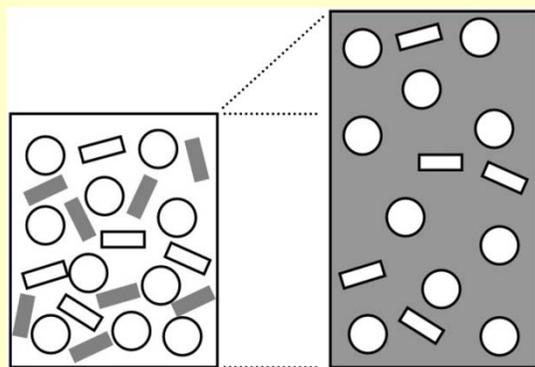


特征单元：石英

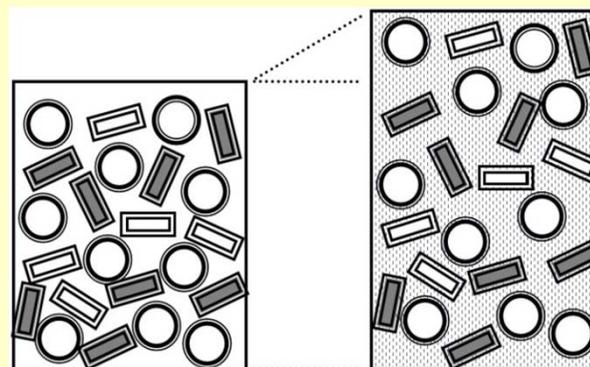
非膨胀性粘土

膨胀性粘土

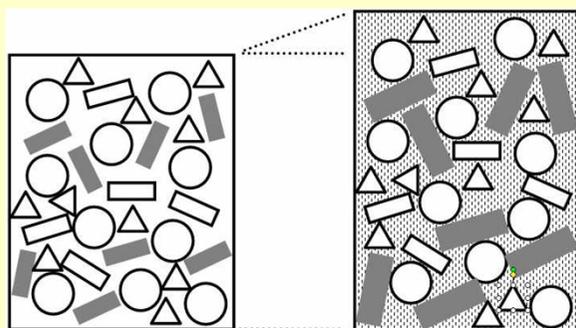
凝胶颗粒



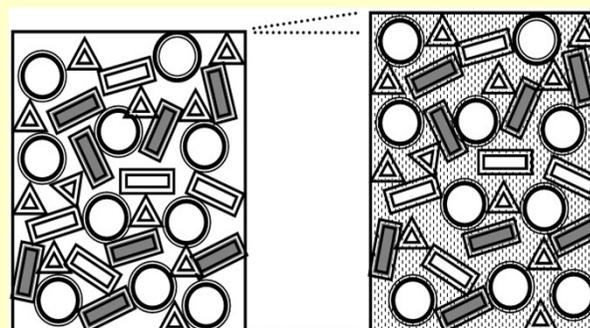
(a) 改性前泥岩遇水



(b) 有机改性后泥岩遇水



(c) 无机改性后泥岩遇水



(d) 双重改性后泥岩遇水

# 提 纲

- 1 科学与国家自然科学基金项目
- 2 国家自然科学基金项目选题
- 3 自然科学研究方法
- 4 国家自然科学基金项目申报书
- 5 注意事项与建议

# 申请表填写内容

## (一) 简 表

## (二) 立项依据与研究内容

- 1、项目的立项依据
- 2、项目的研究内容、研究目标,以及拟解决的关键问题
- 3、拟采取的研究方案及可行性分析
- 4、本项目的特色与创新之处
- 5、年度研究计划及预期研究成果

## (三) 研究基础与工作条件

- 1、工作基础
- 2、工作条件
- 3、申请人简历
- 4、承担科研项目情况
- 5、完成自然科学基金项目情况

## (四) 经费预算

## 4.1 申报题目：凝练准确的科学问题

① 申报题目本身就是一个科学问题，或者是从几个科学问题中凝练出的精华。

② 宜：准确恰当，简明具体，醒目规范，主题明了，字数适中。

③ 忌：皮大馅小，盲目拔高，词语重复，语序错乱。

④ 围绕所要研究关键科学问题中的“中心词”，对“关键词”进行逻辑组合。

⑤ 可能引起歧义和误解的需在立项依据中解释清楚。

# 例子

- (1) 国家自然科学基金重点项目：与环境协调的煤炭资源开采关键科学问题研究（2005—2008年，批准号：50434020）
- (2) 国家自然科学基金面上项目：复杂环境作用下大面积采动地层演化规律研究（2004—2006年，批准号：50374042）
- (3) 国家自然科学基金面上项目：大型煤（岩）试样复杂受力破坏过程红外信息研究（2000—2002年，批准号：59974012）
- (4) 国家自然科学基金国际合作项目：大型煤（岩）试样复杂受力破坏过程红外信息研究（2001年，批准号：5010140093）
- (5) 国家自然科学基金面上项目：强震诱发复杂结构斜坡塌滑机理研究（批准号：10972096），2010-2012，主持人。
- (6) 国家自然科学基金面上项目：废弃煤矿结构演化与水系调整规律研究（批准号：51274110），2013—2016，主持人。
- (7) 受载岩体变形、滑动过程中反馈特性研究，2015—2018，主持人。

## (1) 分类

结构类、环境类、机理类、模型类、方法类、控制类等。

## (2) 题目中存在的问题

### ① 太宽泛、内涵不清

如：基础研究、技术基础、关键问题、新型……。

### ② 概念重复

如：探讨与分析、探讨与研究，机理与原理、机制、理论，作用与影响等。

### ③ 概念的包含与覆盖

如：强度规律与力学特性等；破裂特性与机制研究等等。

### ④ 资助范围之外

如工程应用、技术革新、工艺改造、规范制定等等。

### ⑤ 不同层面概念过多，混淆层次。

基于计算实验方法的公司治理与信任机制交互作用对创新的影响研究

公司治理信任制度与企业创新互馈机制计算实验研究

### ⑥ 介词词组

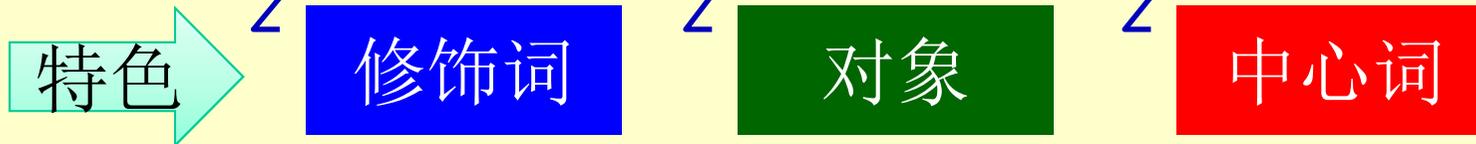
……对……特性影响研究 改为：……影响……特性研究

### (3) 题目中围绕中心词（组）进行逻辑排列 例子：

① 复杂环境作用下 大面积采动地层 演化规律 研究

② 强震诱发 复杂结构斜坡 塌滑机理 研究

③ 充水 软岩边坡 蠕变规律 研究



题目中特殊性：结构类、环境类、机理类、模型类、方法类等。

## 4.2 摘要：科学问题、研究方法、内容、目的与应用前景

① 摘要是缩减的申请书。

② 格式建议：

项目研究工作的学术背景、科学实质及对应的科学问题（100字以内）；方法、内容（200字以上）；目的、应用前景（100字以内）。

③ 注意：

第三人称，不列举例证，不描述研究过程，不自我评价，不用图、表、化学结构式及数学公式等。

点题。

不要与研究目标雷同。

# 受载岩体变形、滑动过程中反馈特性研究

## (2014年)

采矿工程中众多动力灾害发生的实质是煤（岩）体在各种内外因素相互作用下发生正反馈效应。项目采用高速、高倍照相机，测定岩石试件表面的裂纹数量随加载变形过程的非线性增长关系，分别确定岩体试件单轴压缩、单轴压缩蠕变、对径压缩拉伸蠕变等过程中有效承载面积的变化规律；利用底摩擦实验测定滑动试件滑面的粗糙度、阻尼系数变化规律。利用系统动力学方法确立载荷与有效承载面积之比随变形变化的反馈环与反馈关系，分别建立单轴压缩与变形、压缩蠕变、对径压缩拉伸蠕变、剪切蠕变变形、软岩蠕变等变形与时间之间的加载系统正反馈发生条件与判据；确立滑动阻力、位移、滑动速度与时间之间的反馈环与反馈关系，建立滑动试件正反馈发生条件与判据。分别研究两个、三个及多个复杂岩体结构及压剪统一、岩体剪断后形成弧面、穿层滑面等复杂滑面滑动过程及对应的正、负反馈特性；为揭示矿山动力灾害发生机理，预测、预报、治理灾害发生提供理论基础。

## 摘要可参考如下格式书写：

摘要：描述学术背景（现象），提出与学术背景对应的科学实质、科学问题（题目）。项目采用……方法，测试……物理量（内容1）；采用……方法，建立……模型（内容2）；采用……方法，求解……方程（内容3）；采用……方法，研究……问题（内容4）。达到……目的，为……应用提供理论基础，在……领域有规范应有前景或……科学意义。

## 4.3 关键词：申请书中主题内容的单词或词组

① 从申请书中萃取出的、表示主题内容信息、能反映申请书主题概念的条目和单词、词组或术语。

② 一级学科名词如动物学、物理学、力学等及意义宽泛的词汇如安全、保护、表达等不宜作为关键词。

③ 关键词串起来就是申请书全文中心思想。

## 4.4 立项依据

### ——回答为什么要选择该科学问题

六个问题：

- (1) 确定工程（或者管理、科学）背景问题；
- (2) 凝练该工程问题所对应的科学实质及科学问题；
- (3) 该科学问题前人已经解决了什么问题；
- (4) 前人没有解决即存在什么问题；
- (5) 在存在问题中申请者拟解决什么科学问题；
- (6) 申请者拟解决什么关键科学或技术问题。

## 4.4 立项依据

### ——回答为什么要选择该科学问题

研究意义、国内外研究现状及发展动态分析，需结合科学研究发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录。

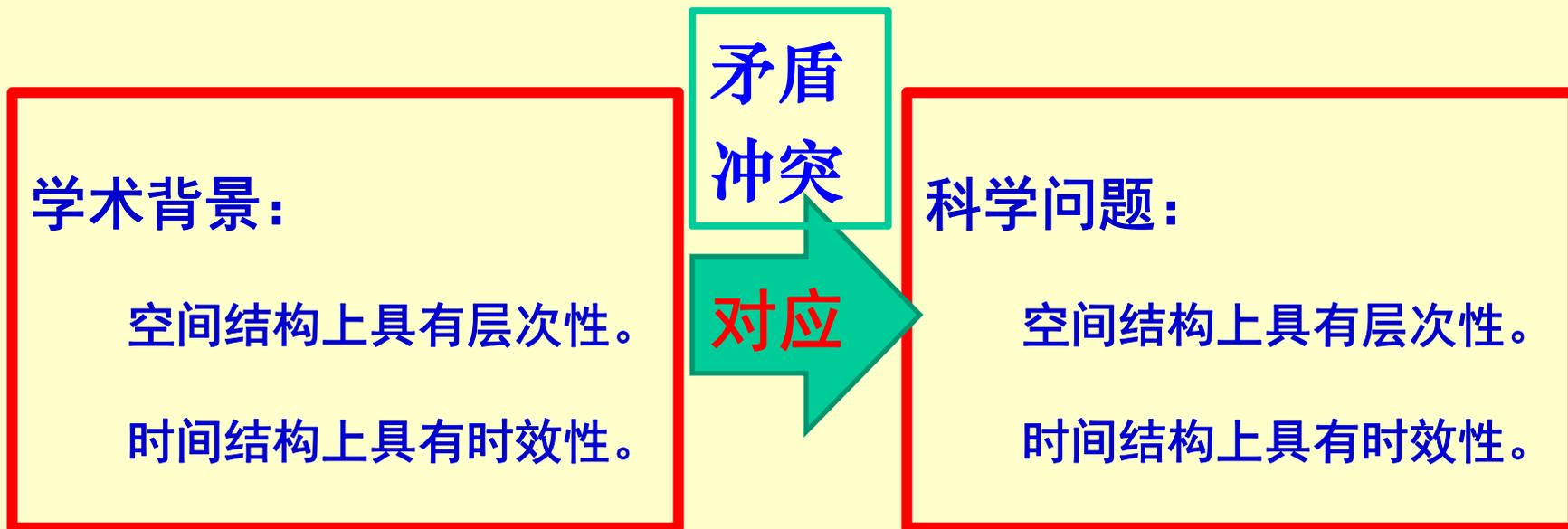
分条目：

- (1) 学术（工程、科学、管理等）背景及对应的科学问题
- (2) 研究现状评述及拟解决的科学问题
- (3) 科学意义
- (4) 研究设想
- (5) 应用前景

# 4.4 立项依据

## ——回答为什么要选择该科学问题

### 学术背景及对应的科学问题



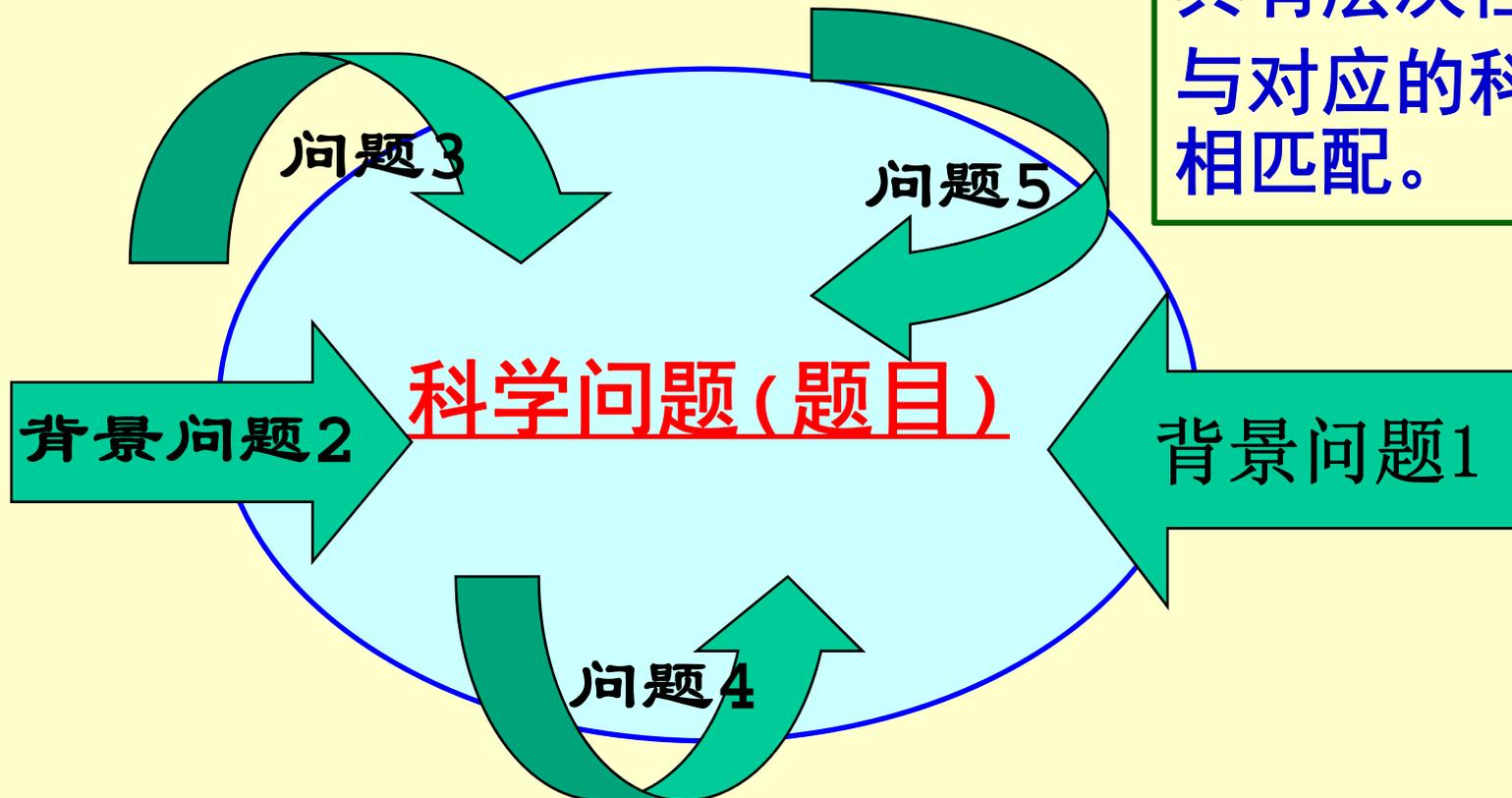
**学术背景与对应的科学问题相匹配:**

形成问题链、问题网、问题树。

## 4.4 立项依据

### ——回答为什么要选择该科学问题

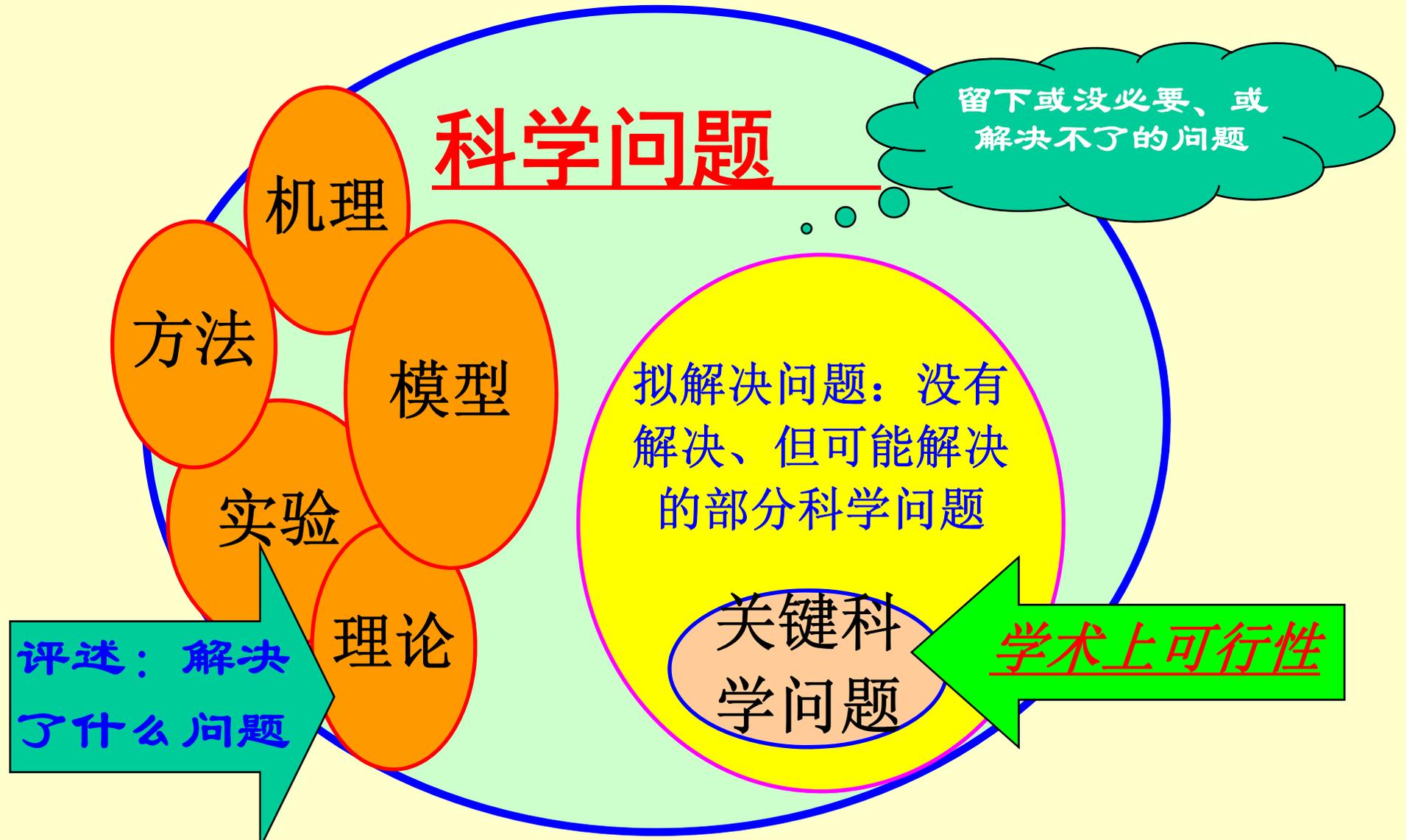
学术背景及对应的科学问题



学术背景：问题链、问题网、问题树。  
具有层次性。  
与对应的科学问题相匹配。

## 4.4 立项依据

### ——回答为什么要选择该科学问题



逻辑关系（因果关系或特殊联系）

(1) 学术背景及对应的科学问题

(2) 研究现状 评述 及 拟解决的问题

- ① 理论
- ② 实验
- ③ 方法
- ④ 模型
- ⑤ 机理
- ⑥ 模拟
- ⑦ .....

解决了什么问题

- ① } 关键
- ② } 问题
- ③ } (可行性、
- ④ ... 特色与创新)
- ⑤ ...
- ⑥ ...

科学意义（概念、理论、实验、方法、模型、机理、规律）在学术上作用、地位、影响

应用前景不等于应用

(3) 科学意义

(4) 研究设想  
(技术路线)

(5) 应用前景

## 注意：

- (1) 背景有**层次性**，没有背景，就没有科学问题。
- (2) 针对性要强，开门见山。
- (3) 题目可能引起**歧义**的必须要在立项依据中解释清晰，不能有多解，引起误解。
- (4) 建议不采用“随着……”“理论(研究)缺乏……”“……刚刚起步”“……研究热点”等句式。
- (5) 参考文献要新、要经典、要与前面科学方法、模型建立、数值模拟、实验手段、演化机理、结果结论等的分类相对应。

## 回答：

为什么要选择该科学问题？

该科学问题国内、外处于什么地位？

要研究什么？能做什么工作？

## 4.5 研究内容

回答对关键科学问题具体、深入、创新性地做什么。

将凝练的科学问题分解并具体化的过程，是回答如何具体揭示现象是什么、怎么样去用各种方法去分析和完成为什么会发生这种现象等问题。

- (1) 依据现象，提出机理；
- (2) 实验（试验）研究；
- (3) 规律；
- (4) 理论（模型）研究；
- (5) 模型求解；
- (6) 数值方法 .....
- (7) 归题。

必须要有侧重，要有深度，对研究内容有深的理解和认识。研究内容要细化、要具体、要深入、要创新。

落脚点：题目（关键科学问题）

## 研究内容与做饭：

分享一段夫妻在餐桌上有趣的对话：

夫：粥里咋没枣？

妻：你也没说放枣呀！

夫：今天的粥太稠了。

妻不高兴，道：你也没说放多少水呀！每天不就这么吃嘛！

过一会儿，夫道：粥太烂糊了。

妻怒，道：你也没说煮多长时间呀！爱吃不吃！

.....

做饭要让主妇知道“做什么”（内容），才能知道“怎么做”（方案）。

# 研究内容与做饭：

做饭中“做什么”包含以下必不可少的“内容信息”：

- ① 做饭的名称（如八宝粥）。
- ② 饭的总量（几个人吃）。
- ③ 饭的主要成分（八宝粥是以粳米、糯米或黑糯米为主料，再添加如绿豆、赤豆、扁豆、白扁豆、红枣、桃仁、花生、莲子、桂圆、松籽仁、山药、百合，枸杞子、芡实、薏仁米等辅料）及比例。
- ④ 放水量。
- ⑤ 熬制时间长短等因素。
- ⑥ 特色与功用。

方案要求“怎么做”，做饭包括：

购买、称量、淘米、泡、煮（先煮、后煮）、时间等等。

# 研究内容一般可采用：

## 实验研究：

- (1) 测定什么物理、力学、化学信息，用什么变量来表征；
- (2) 归纳、提出或建立什么量与另外什么量之间什么规律、关系；
- (3) 提出、研究、分析什么量与另外什么量之间相互作用的原理（假说、机制、机理）等；
- (4) 构建什么因素与另外什么因素之间什么样的联系（模型）。

## 理论研究：

- (5) 建立以什么量与什么量之间的什么方程；
- (6) 建立以什么方程为联系的什么变量为基础的什么判据；
- (7) 建立以什么控制方程、什么定解条件联立的数学模型；
- (8) 采用具体的求解方法。

# 研究内容要具体、深入、创新，注意：

(1) 数学模型一般为非线性模型性。要具体到微分方程？积分方程还是能量方程？什么判据（几何尺度、存在状态、化学反应等）、什么解法等。

(2) 不要动不动就非线性科学、系统科学、协同学、突变理论、采矿学、地质学等，要聚焦到一个点。不要再说明思路、研究现状评述，不要与研究目标混淆。

(3) 实验要具体到利用什么原理，具体测试什么变量，什么量与什么量之间是什么关系等。

(4) 一般不采用“文献[\*\*\*]研究了……”；“以……为……，通过……”；“寻求……，探求(探索、探寻、探讨)……，揭示……，为……”等句式。

## 研究内容中常用的动词：

### (1) 具体性较强的词汇：

研究、建立、测得、求解、搭建、构建、对比、查清、确定、获得、提炼、提取、推演、采用、掌握、归纳、提出、分析、剖析、开发、摸清、厘清、理清、验证、拟合、深究、得出、找出等。

## 研究目标中常用的动词：

### (2) 具体性较弱的词汇：

探讨、探究、探索、探析、明晰、考察、考查、观察、开展、拓展、摸索、拓宽、实现、突破、整合、借助、阐释、寻找、揭示、以期等。

## 4.6 研究目标

### 回答关键科学问题解决后达到的科学目的

针对所研究的科学问题，通过理论、实验及数值模拟研究，回答：

从分  
目标  
或阶  
段目  
标到  
达总  
目标

- (1) 探讨、揭示什么规律或发生机理；
- (2) 提出、建立什么理论（模型、判据）；
- (3) 阐明、阐述什么原理；
- (4) 利用什么方法求解方程或证实什么结果；
- (5) 通过什么手段，解决什么问题；
- (6) 通过什么研究，达到什么科学目的(点题)。

## 4.7 关键科学问题

### 回答解决科学问题中的难点、重点问题

关键科学问题：

是对于已经分解的科学问题中的研究难点或重点问题，研究过程中对达预期目标有重要影响的某些关键研究内容或因素，为达预期目标所必须掌握的关键技术或研究手段。

关键科学问题，即为研究内容中主要矛盾或矛盾的主要方面。

一般**2-3**条。用问题的形式列出条目；说明为什么是关键科学问题。

## 4.8 研究方案和可行性分析

- 研究方案：包括围绕科学问题，采用的研究方法、技术路线、实验手段和关键技术等，**回答如何具体做。**

(1) 研究方法：一般都是“采取调研与现场考察、理论分析、数值模拟、实验研究、现场应用和综合分析相结合的研究方法。”说明具体方法原理、方案等等。

**例如：理论分析方法**如数学方法如微分方程、积分方程、数值方法、混沌方法、遗传算法、小波分析、模糊分析等；还有如归纳方法，演绎方法等；还有统计分析法、经验与半经验分析法，非线性分析法如系统整合法、因果反馈法、信息演绎法、目标优化法、突变理论法、协同理论法等；

**实验分析方法**如物理方法，力学方法，化学方法，生物方法等；**模拟方法**如物理模拟、数值模拟、比拟的方法等。

## 4.8 研究方案和可行性分析

(2) **技术路线**：强调以科学问题为主线，完成项目研究内容的流程、顺序、各项研究内容间的**内在逻辑关系和步骤**。

一般采用**叙述过程+流程图**。

(3) **实验手段**：采用何种具体的实验方法、手段，在阐明实验基本原理的基础上，利用何种实验材料，测试何种物理、力学、化学等量，宜适当介绍。

(4) **关键技术**：研究方案、特别是实验中的**难点、重点问题**，即**主要矛盾或矛盾的主要方面**。

## 4.8 研究方案和可行性分析

(5) 可行性：回答是否具备完成项目研究的环境和条件

① 主观条件：指项目主持人和项目组成员的知识结构、科学品格、兴趣爱好、献身精神、学术专长等。要求主持人不仅具有专深专业知识、宽广的相关知识，还应具有良好的科学品德、组织协调能力和战略远见。

② 客观条件：包括与项目相关的文献资料、实验设备、时间、经费、技术、学术信誉等方面的条件；已有的研究基础。

③ 学术上的可行性（难关）：解决关键科学、关键技术问题的可能性。即解决主要矛盾（矛盾主要方面）的可行性。

④ 如果条件不具备，采用何种方法解决。

## 4.9 特色与创新之处

### 要解决科学问题中的学术创新

- 围绕科学问题的提出在拟研究项目中的科学问题、研究内容、研究目标、研究方法或预期成果等方面的特色和**在学术上的新颖性**。
- **特色**：可参考**题目中的修饰词**（特殊的结构、环境、机理、方法、控制等，与其他研究的不同）。
- **创新之处**：发现新问题、提出新概念、采用新方法、设计新实验、论证新定理、建立新模型、验证新原理、寻求新规律、解释新现象、得到新结果等。可参考**关键科学问题、关键技术问题**。说明为什么选择该创新点。

## 4.10 年度研究计划及预期研究成果

(1) 年度研究计划：要有稍具体的设想

(2) 预期研究成果

- 研究成果要与预期目标相吻合
- 成果要有力度，有数量，更重质量，但要显得可实现，不要过高
- 理论成果：学术论文、著作、自然科学奖
- 专利是对知识产权的保护，难以表征学术水平高低
- 如果是应用基础研究，一定要有比较明确的应用目标。应用成果以经济、社会效益衡量。

(3) 新增加：拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等

## 4.11 研究基础与工作条件

- 1) 工作基础
- 2) 工作条件
- 3) 申请人简历
- 4) 承担科研项目情况
- 5) 完成自然科学基金项目情况

## 工作基础

非常重要  
认真对待

(与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩)

- (1) 与本项目有关的工作积累和成绩：工作积累，越近的工作越好。若是全新的工作，主要看以前的工作背景；要实事求是地反映情况。
- (2) 虽然工作基础越多越好，但要避免让评审人误会所申请的内容已经完成。
- (3) 不要试图用别人的工作或单位的成绩来充实申请书。

## 工作条件

- 包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家重点实验室和部门开放实验室的计划与落实情况。
- 本校能使用的仪器都列上，没有的仪器要写明解决的办法或合作的学校（单位）。
- 尚缺少的实验条件避而不谈不是好办法。

# 申请人简历

包括申请者和项目组主要成员的学历和研究工作经历，近期已发表与本项目有关的主要论著目录和获得学术奖励情况及在本项目中承担的任务。

- ✦ 申请人和主要成员情况都要介绍。
- ✦ 背景情况尽可能具体，符合申请书要求及本学科的特殊要求。申请人不具备的某些研究背景更需要主要成员上得到体现。
- ✦ 务必在申请书内注明项目组成员曾在SCI等收录的期刊杂志中发表论文的情况以及发表论著近期被国内外同行专家引用情况和过去曾承担的基金项目所取得的研究成果。越多越好。

**与本项目关系不大(相关)重要文章要给出。**

## 承担科研项目情况

申请者和项目组主要成员正在承担的科研项目情况，包括自然科学基金的项目，要注明项目的名称和编号、经费来源、起止年月、负责的内容等。

- ✦ 不说不是好办法
- ✦ 应适当说明与本申请的关系和区别

## 完成自然科学基金项目情况

对申请者负责的前一个已结题科学基金项目（项目名称及批准号）完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该已结题项目研究工作总结摘要和相关成果的详细目录。

完成情况应列出明确的内容如：论文发表及引用情况、获奖情况、人才培养情况等等

三篇主要论文首页必须反映是基金资助项目，否则，应附上能反映基金资助的一页。

## 4.12 经费预算

(1) 科学基金的经费主要支持研究项目的科研活动，原则上不资助购买设备。购买小型设备或易耗设备，仪器改造和实验室改造可占用少量经费。设备费比例大会被认为是“不具备项目实施的条件”！

(2) 经费、劳务费、管理费开支范围和开支标准国际合作与交流有规定

(3) 能源费列入科研业务费。

(4) 科研业务费中其他可以列支教师加班费

**直接、间接费用**

# 提 纲

- 1 科学与国家自然科学基金项目
- 2 国家自然科学基金项目选题
- 3 自然科学研究方法
- 4 国家自然科学基金项目申报书
- 5 **注意事项与建议**

## 5.1 选题

选题就是选择一个合理、准确、明晰的科学问题。

- 避免选题太大（**有限目标**），不要和已资助的基金重名。
- 注意科学问题的凝炼（**敢想、提炼、提高**）。
- 强调应用**基础研究**，防止被划为应用、技术研究。
- 多学科交叉，不是**简单地**应用其他学科知识。
- 不模仿、不重复专利、不报导师的课题。
- 同一单位要避免内容的冲突。

# 5.1 选题

- (1) 国家的战略需求
- (2) 学术界的研究热点与学术前沿问题
- (3) 工程、技术特别是重大工程、技术需求
- (4) 国内外文献（综述性文章）发现新的研究方向或研究主题
- (5) 各种形式的学术交流，发现新的研究动向
- (6) 实验中发现、提炼新的科学问题
- (7) 理论研究中发现的新问题
- (8) 从国际性前沿研究与中国现实问题的结合来进行提炼
- (9) 对于国际上研究刚刚起步的主题，在此基础上进行扩展研究
- (10) 国际上较为公认的、有挑战性的问题
- (11) 依据科学原理选择科学问题

## 5.2 申请报告的整体性

- 国家自然科学基金申请报告，是一个以科学问题为主线的有机整体。
- 研究目标避免过大或空泛，避免非学术目标。
- 报告的各个部分，要紧扣科学问题的红线，贯穿始终，首尾呼应。
- 逻辑性：研究内容、目标、关键问题、可行性、技术路线等每一部分都从不同的角度回答题目中的“科学问题”。
- 研究内容、研究目标反对“大题小做”，提倡“小题深做”、“小题精做”和“小题新作”；关键问题精炼，与研究内容相区别。
- 科学问题适中，科学目标明确，立论依据充分完整。

# 申请书的整体性

科学问题	研究内容	研究目标	关键问题	特色创新	研究方法
理论研究	内容(1)	目标(1)	关键问题 (1)	特色创新 (1)	方法(1)
	内容(2)				方法(2)
	内容(3)	目标(2)	关键问题 (2)	特色创新 (2)	方法(3)
实验研究	内容(4)	目标(3)			方法(4)
	内容(5)				
模型研究	内容(6)	目标(4)	方法(5)		
	内容	关键问题 (3)		特色创新 (3)	
.....	内容...		目标(5)		方法(6)

# 科学问题

立项依据：为什么要选择该科学问题

研究内容：对科学问题具体做什么。

科学目标：科学问题解决后达到的科学目的。

关键问题：解决科学问题中的难点、重点问题。

研究方案：回答怎样做完成科学问题。

技术路线：完成科学问题途径、步骤、方法与内容上的逻辑性。

可行性：回答科学问题主、客观条件与学术上的可能性。

特色：解决科学问题中的学术特点。

# 处理好十大关系

- (1) 题目与特色
- (2) 摘要与申请书
- (3) 立项依据与题目
- (4) 立项依据与关键学术问题
- (5) 研究内容与研究目标
- (6) 研究内容与研究方案
- (7) 研究内容与技术路线
- (8) 可行性与研究基础、工作条件
- (9) 可行性与关键学术问题
- (10) 创新与关键学术问题

逻辑思维：同一律、矛盾律、排中律、辩证逻辑的对立统一、质量互变、否定之否定等。

不能：偷换概念，偷换论题、自相矛盾、形而上学等。

罗素：逻辑是哲学的本质。

## 5.3 撰写语言规范、科学、符合逻辑

撰写语言要求规范、准确、科学。

- 包括参考文献引用，西文字母大小写和正斜体，物理量及单位，数字的使用，公式、表格、化学表达式等规范书写。
- 文字精炼，避免繁琐，杜绝口语化语言，采用科学语言。不宜过多使用“本文”、“本（该）项目或本课题”、“其”、“针对”、“基于”、“我们”和“笔者”、“的”、“人们”等字样。
- 避免用：大概、可能、**10余项（篇）**、一定的、较多（少）等。

# 语言、逻辑上例子

## 为人民服务

我们的共产党和共产党所领导的八路军、新四军，是革命的队伍。我们这个队伍完全是为着解放人民的，是彻底地为人民的利益工作的。张思德同志就是我们这个队伍中的一个同志。

人总是要死的，但死的意义有不同。中国古时候有个文学家叫做司马迁的说过：“人固有一死，或重于泰山，或轻于鸿毛。”为人民利益而死，就比泰山还重；替法西斯卖力，替剥削人民和压迫人民的人去死，就比鸿毛还轻。张思德同志是为人民利益而死的，他的死是比泰山还要重的。

## 5.4 特别强调几个概念

机理、稳定性、耦合、非线性、  
数学模型、力学模型、**本构关系**、  
判据（极值点、状态改变点、判别指标）。  
微观、细观、宏观之间的联系。  
动力学与系统动力学；传热学与热力学。  
工程概念与科学概念的区别：  
**稳定性与强度，卸荷与加载 等等。**

## 5.5 参考文献

参考文献：

(1) 科学问题研究中所对应的、主要的、有代表性的、尽量新的国内外文献或专利。

(2) 可包括申请者在该研究领域的成果。

(3) 参考文献的录入宜参考科技论文书写中参考文献的规范要求。

## 5.6 初筛中常见问题

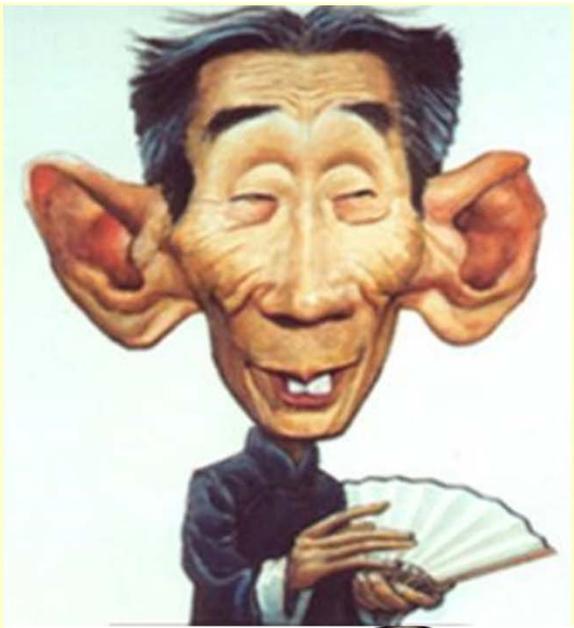
- ① 项目不属于所选择的申请代码所在学科指南的资助范畴。
- ② 依托单位或合作研究单位未盖公章，非原件或名称与公章不一致。
- ③ 申请书缺页或缺项，缺少主要参与者简历。
- ④ 研究期限填写不符合要求。
- ⑤ 纸质文件与电子文件版本号不一致。
- ⑥ 纸质文件使用 A4 纸双面打印，没有合作单位的项目一式一份；有合作单位的项目一式两份。
- ⑦ 申请人、项目组成员身份证号码、职称、年龄、学位、合作单位信息等不准确、有错误。
- ⑧ 申请人或主要参与者未签名或签名与基本信息表中人员姓名不一致。

## 5.6 初筛中常见问题

- ⑨ 申请代码或研究领域选择错误。
- ⑩ 申请人或主要参与者职称信息不一致。
- ⑪ 无高级职称且无博士学位的申请人未提供专家推荐信或推荐信不符合要求。
- ⑫ 在职研究生未提供导师同意函。
- ⑬ 申请人或主要参与者申请超项。
- ⑭ “二违反”即违反国家自然科学基金项目管理规定，违反国家自然科学基金项目管理办法。
- ⑮ “三不”即不具备申请资格，不属于申请学科的资助范围，经费预算不合理。
- ⑯ “四无”即无签字、无盖章、无推荐信、无合作协议。

## 5.7 特别注意

- (1) 拥有系统哲学思维，掌握必要的科学研究方法；
- (2) 开放的学术思维（交叉融合、交流合作），融入学术圈子；
- (3) 时时刻刻思考、要想成为科学家首先要成为思想家，把科学问题融入血液中；
- (4) 抓住**关键科学问题、关键技术问题**；
- (5) 申请书要做到：**具体（聚焦）、深入（挖井）、创新（独一无二）**；
- (6) 从**模仿中开始，在思考中深化，在升华中创新**；
- (7) 反复思考讲座内容。



喜欢听相声

——不等于会说相声



# 体会：

(1) 汝果欲学诗，工（功）夫在诗外。

无用之大用，无为而无不为。

(2) 只有初恋般的热情和宗教般的意志，人才有可能成就某种事业。

(3) 疯就疯到极致，做就做到最好！

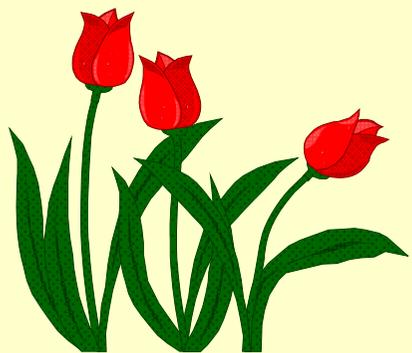
(4) 屡战屡败，屡败屡战，必成其事！

**丘吉尔名言：**

- (1) Never, never, never, never give up!**
- (2) Courage(胆魄) is going from failure to failure without losing enthusiasm.**
- (3) I like a man who grins when he fights.**
- (4) Success is going from failure to failure without losing enthusiasm.**

**斯坦福大学(Leland Stanford Junior University)：**

- (1) Nothing is a mistake,there's no win or fail.  
There's only MAKE .**
- (2) The only way to do it is to do it .**



*Possible but challenging !*

**申请书要做到：**

**外行看了有兴趣，内行看了有水平！**

**谢 谢 大 家！**

**并预祝各位NSFC申请成功！**

国家自然科学基金项目申请之路——认识现象·探索规律

# 国家自然科学基金项目申请之路

——认识现象·探索规律

王来贵 朱旺喜 著

 科学出版社

科学出版社

