

---

## 协同治理视角下的疫苗管理体制改革和机制优化研究

---

## 研究内容及研究方案

本课题基于健康治理、规制经济以及监管科学等前沿交叉学科的理论和分析框架，综合运用回声访谈（Echo）、社会网络分析（SNA）、定性比较分析（QCA）以及强化学习等交叉学科的研究方法和前沿的技术手段，从跨政府部门和跨政府层级以及多元参与主体的多重视角，通过分析国内外各国以及典型地区的疫苗管理制度及其演变规律，明晰实现疫苗全生命周期管理多重目标的体制要素和动力机制，探索并提出适应中国新发展阶段的协同治理优化路径以及体制改革的战略性对策，为全面优化疫苗管理、加速创新疫苗研发以及促进疫苗产业发展等提供理论、方法和目标战略。

### 2.1 研究目标、内容及拟解决的关键问题；

#### 2.1.1 研究目标

运用系统科学的理论和方法研究阐释疫苗管理体制及其演变规律，识别我国当前疫苗管理体制、机制和制度方面存在的问题，从整体思维出发研究疫苗管理体制优化，管理制度完善，动力机制和管理能力现代化是本项研究的主旨和依归。

（1）全面阐述疫苗管理复杂系统的产生与发展，比较国内外疫苗管理体制中的机构与组织体系、管理层级、跨部门协调机制、全生命周期管理职责分工、管理目标设定等；

（2）系统识别疫苗管理复杂系统多重目标下的关键体制要素，确定多元参与主体网络的构成和动态反馈关系，分析疫苗全生命周期管理的核心要素及条件组合，探讨协同治理的瓶颈与困境；

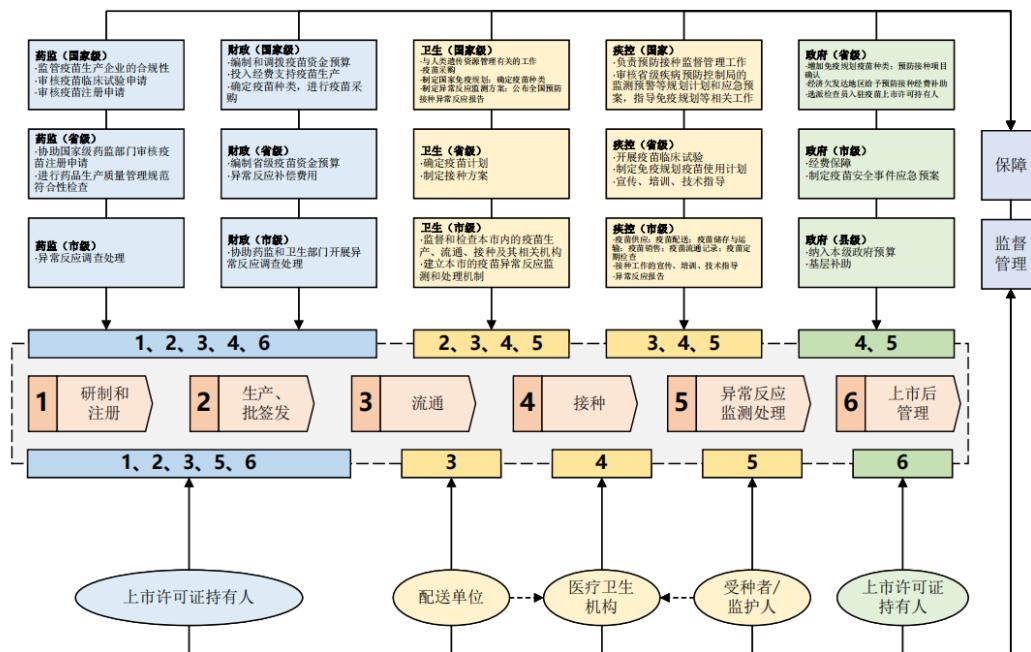
（3）探索构建疫苗全生命周期管理复杂系统，构建疫苗流程中识别出的参与主体为原型的多智能主体的仿真模型，形成疫苗流程管理中各主体在多目标下的决策模拟和优化；

（4）深入分析疫苗全生命周期的管理制度，包括疫苗研制创新与注册管理制度、疫苗生产监管制度、疫苗上市后监管制度的体制性障碍和内在逻辑；

（5）具体提出多重目标下疫苗全生命周期体制改革和开展协同治理的战略性对策，以及疫苗全生命周期管理的机制优化路径和实施建议。

#### 2.1.2 研究内容

疫苗管理系统是围绕疫苗管理多重目标和功能，以疫苗公共卫生事务和产业发展等为主要内容的体系、制度和机制。 本课题在前期研究成果的基础上（图 1），重点研究以下内容：



## 1、全面阐述疫苗管理复杂系统的产生与发展，比较国内外疫苗管理体制中的机构与组织体系、管理层级、跨部门协调机制、全生命周期管理职责分工、管理目标设定等

在全面了解国内外疫苗管理产生的背景和发展历史的基础上，理清疫苗管理复杂系统的外在环境和系统的内部构成。其中，疫苗管理复杂系统的外在环境包括政治、经济、文化以及人口、卫生健康和传染病防控体制等，以及相应的疫苗管理复杂系统所需要实现的多重目标和系统功能；疫苗管理复杂系统的内部构成包括疫苗产品的供应管理、疫苗的接种服务管理、疫苗不良反应的监测管理以及信息和经费保障管理等子系统构成。

研究各子系统中更基础的要素组成，包括多元参与的主体以及相关的法律法规、政策文件以及制度机制等。其中多元参与的主体不仅包括各级政府以及各级级的行政管理部门、市场监管部门、疾病防控部门和司法部门，而且还涉及财政、医保、科技、生物安全、发改以及经信等其他政府职能部门；同时，疫苗上市许可人、研发生产和流通企业、各级接种单位、医疗机构、高校、科研机构、以及国内和国际的社会组织如行业联盟、公共平台、媒体等都起着重要的作用。

分析比较国内外疫苗全生命周期管理的复杂系统及其子系统构成和演变的异同，包括中国、典型发达国家以及发展中国家疫苗管理体制的异同。重点研究管理机构与组织体系、管理层级、跨部门协调、全生命周期管理职责分工、管理目标设定等方面，尤其是监管部门、行业管理部门和疾病预防控制等部门和层级的组织结构、相关人事管理、财政分配以及政府跨部门和跨层级的组织协调机制等；并在此基础上，基于制度变迁等理论，探讨总结目前我国疫苗管理体制面临的主要问题和体制性的障碍。

---

## 2、识别疫苗管理复杂系统多重目标下的关键体制要素，确定多元参与主体网络的构成和动态反馈关系，分析疫苗全生命周期管理的核心要素及条件组合，探讨协同治理的瓶颈与困境

如图 1 所示，疫苗管理中的多元参与主体体系庞大，主体之间也形成了复杂的网络体系。同时，疫苗管理各子系统体系不是相互独立的，而是相互依存、相辅相成的。因此，在研究内容 1 的基础上，进一步分析构成疫苗管理的复杂网络系统及其动态变化有助于深入探讨疫苗管理体制改革的机制优化的路径。

在分析社会变迁、经济发展、国际环境等外在环境对疫苗管理体制影响的基础上，具体识别疫苗全生命周期管理中研制、生产、流通、采购、接种使用以及上市后的异常反应流程中的关键要素以及多元主体间的动态博弈行为和复杂的反馈循环关联关系。主要包括疫苗管理中政府管理的体系结构、管理层级、目标设定、职责分工、人员分配和信息共享机制以及其他协调机制等，其中各参与主体针对职、权、责、利开展的动态博弈行为和复杂的反馈循环关联关系构成是分析疫苗管理复杂网络的重点。

运用政策文本和社会网络分析（SNA）的方法，分析疫苗全生命周期管理整体网络和各参与主体的特征。通过测算网络密度和凝聚子群等参数，探讨疫苗管理网络的整体特征，即疫苗管理网络的联系程度、凝聚力和传输效率等；再通过测算个体中心网络节点的中心度和中心势等参数，探讨各参与主体在网络中的位置和重要性，如领导作用和桥梁作用等。最后，通过构建 ERGM 模型分析疫苗管理网络形成和演变的机制。

运用模糊集定性比较分析（fsQCA）和必要条件分析（NCA）等方法，疫苗管理体制及其障碍背后的因果复杂性。识别探讨实现有效疫苗管理的必要和充分条件，这些条件包括前面运用社会网络分析方法提炼的关键的网络关系要素，以及垂直管理、属地化管理和区域管理等制度要素。并分析这些要素之间的因果路径和相互作用等。其中案例的选择主要是中国、美国、欧盟、日本等发达国家和印度、巴西和越南等发展中国家，以及这些国家典型地区。

## 3、探索构建疫苗全生命周期管理复杂系统，构建疫苗流程中识别出的参与主体为原型的多智能主体的仿真模型，形成疫苗流程管理中各主体在多目标下的决策模拟和优化

基于研究内容 1 和 2 的结果，设计复杂模型及多方群体智能决策过程，通过捕捉多个参与方（如政策制定者、生产者、使用者等）之间的激励及反馈作用，为多方参与主体提供更有针对性的决策支持，有助于实现更全面和可持续的政策制定与实施。

构建系统主体，量化激励和反馈关系。基于研究一、二厘清并量化主体之间的结构，通过编写系统方程并确定激励和反馈的参数值阈值；在此基础上，设计多智能体强化学习框架，建模型嵌入到多智能体强化学习（MARL）框架中。在这个过程中，每个智能主体（例如，政

---

策制定部门、监管部门、疫苗授权持有者、疫苗生产者、疫苗接种者、医疗实施者等）定义智能体、状态空间（系统的状态变量）、动作空间（决策选项）和奖励函数（各参与方目标的度量）；

训练多智能体深度强化学习模型：使用多智能体强化学习算法（如 Multi-Agent DDPG、Multi-Agent DQN 等）来训练多个智能体，使它们能够在给定的目标和环境下找到实现各自主体目标的最优策略。评估和验证：在训练过程中，定期评估多智能体强化学习模型的性能，以确保其收敛于最佳策略。可以使用现有数据或实际案例来验证所得到的策略的有效性。

多目标下的策略模拟与优化。输入多智能体强化学习得到的策略，使用系统动力学等模型，通过调整多重目标的权重、制度要素的参数以及多元参与主体的博弈规则和行为，模拟仿真不同情境下多元参与主体的策略和效果，比较和识别疫苗全生命周期管理多重目标的条件和路径。并对模型的关键参数进行敏感性分析，以了解参数变化对政策效果的影响。这有助于识别潜在的不确定性和风险，从而优化政策制定过程。

#### **4、深入分析疫苗全生命周期的管理制度，包括疫苗研制创新与注册管理制度、疫苗生产监管制度、疫苗上市后监管制度的体制性障碍和内在逻辑**

《药品管理法》和《疫苗管理法》中规定了疫苗全生命周期的管理制度，主要包括疫苗研制创新与注册管理制度、疫苗上市许可持有人管理制度与疫苗生产监管制度（生产许可、规模化生产、委托生产、分段生产、工艺过程变更）、疫苗上市后监管制度（接种异常反应监测、疫苗上市后研究与再评价、异常反应补偿），其中，疫苗上市许可持有人管理制度是两法的基本制度和核心制度。本部分主要通过回声法，针对各参与主体开展结构化和非结构化访谈和实地调研，分析制度设计和实施过程中的问题和挑战，根源并寻求制度完善的路径。具体研究分为：

（1）中美欧日等国家和地区的疫苗上市许可持有人制度研究。从鼓励创新、优化资源配置、强化主体责任、创新监管方式四个维度，重点研究持有人的资质和条件、主体责任、主要义务法定要求，监管机构对疫苗持有人的监管模式创新，包括场地管理、检查、批签发等；持有人主体责任承担的方式，与研发、生产、经营和配送合作方的协议与责任分担机制，境外持有人在本地义务和责任承担。深入研究持有人制度在疫苗方面实现鼓励创新和优化资源配置目标的动力机制。

（2）疫苗研制创新与注册管理制度研究。从鼓励新型技术路线和多联多价疫苗创新角度出发，研究疫苗研发注册管理制度中的路径障碍，以及影响疫苗研发创新和更新换代的关键性制约因素，包括人类遗传资源备案管理要求、疫苗非临床研究中 3R 原则的应用、疫苗临床试验管理要求、疫苗加速注册程序、佐剂注册、多联多价疫苗注册管理技术指导原则、疫苗拓展性临床试验、疫苗紧急授权管理路径和程序要求等。

---

（3）疫苗生产监管制度研究。从鼓励创新，同时确保疫苗质量和安全的角度出发，重点研究疫苗生产许可、疫苗委托生产、分段生产，疫苗上市后生产变更管理要求的不匹配路径障碍和关键性制约因素，结合特定新型技术路线和多联多价探索疫苗生产管理路径和程序的优化，以及生产监管模式的创新。

（4）疫苗上市后管理制度研究。创新疫苗可能依赖有限的证据通过紧急授权、附条件批准、特殊审批等加速路径加快疫苗接种使用和上市。疫苗上市后需要继续开展上市后研究，持续累积安全性和有效性数据，本部分研究重点是疫苗上市后研究、疫苗异常反应监测与说明书修改等风险控制措施、疫苗异常反应补偿程序等存在的路径和程序障碍，影响疫苗上市后安全性有效性评价的关键问题，提出具体的程序和路径优化建议。

## **5、具体提出多重目标下疫苗全生命周期体制改革和开展协同治理的战略性对策，以及疫苗全生命周期管理的机制优化路径和实施建议**

在研究内容 1-4 的基础上，进一步结合模拟仿真结果以及协同治理等理论，从主体协同、机制协同、权责协同等方面，全面分析疫苗全生命周期体制改革的动力，探索疫苗管理体制变革和机制优化的理念、体系、机制和工具等。

在宏观层面，结合国家治理体系的特征和治理能力现代化的要求，从疫苗管理体制的结构和职能划分，协同治理的程序、模式、以及绩效等治理行为，多部门法律、法规和政策制定、执行和评估，以及平台的建设（信息系统、融资平台等）、综合监管和保障体系等方面提出协同发展的战略性对策框架；

在微观层面，主要从组织结构、部门职能以及人员配置等方面，提出决策、参与、沟通协调、共享以及谈判等机制建设以及多元参与主体协同的行为规范和相应的激励机制，阐述加强政府内部职能的整合协调，理顺中央地方各层级的协同关系，以及发挥市场机制和社会主体作用的战略性对策，并提出实现疫苗全生命周期管理多重目标的优化路径，以及从政府、市场以及社会组织和个人等多元参与主体的视角共建共享的协同治理模式。

### **2.1.3 关键问题**

- （1）明晰疫苗管理政府跨部门、跨层级以及其他参与主体的职、权、责、利等关系
- （2）识别疫苗管理体制改革的内在环境和内在动力的多条件组合和路径
- （3）构建仿真模型分析多元参与主体博弈的策略和内在逻辑
- （4）把握疫苗管理多重目标协调发展和治理的机制和方法

---

## 2.2 拟采取的研究方案、技术路线及可行性分析；

### 2.2.1 研究方案

收集整理中国典型省市和地区参与疫苗全生命周期管理的部门以及相关的政策网络主体等相关数据；分析比较关键制度因素的数据，包括监管框架、组织结构和利益相关者参与机制等。

#### 1、数据来源

1) 梳理疫苗管理的政策法规和相关文献。本文的研究样本为 1978—2023 年国务院直属机构、中共中央直属机构等国家机关颁布的疫苗管理相关政策，数据来源是北大法宝数据库、北大法意数据库以及政府官方网站。

在数据搜集之前，需要确定检索词，才能在上述数据库及网站中搜集创新创业政策。本文依据疫苗管理政策的定义并经过多轮讨论与商榷后确定检索词。也正因如此，所选择的检索词能够确保政策数据的科学性和有效性。在进行政策文本筛选与引文关系标记时，随机选取部分政策进行二次筛选与标记。两次标记结果相同，证明了本文政策样本选择的客观性与标记结果的一致性。数据的搜集过程最终形成了包含本课题疫苗管理政策文档的政策语料库。

2) 收集中国典型省市和地区参与疫苗全生命周期管理的部门以及相关的政策网络主体；包括疫苗管理制度、框架、组织结构和利益相关者参与机制。

3) 收集美国以及欧盟等联邦和地方政府和国际组织的有关疫苗管理的数据库，包括疫苗管理制度、框架、组织结构和利益相关者参与机制等。

4) 社交媒体数据微博和推特中关于疫苗政策和疫苗接种关注度等数据

#### 2、质性分析方法（研究目标 1、2、3、4）

在传统的德尔菲和焦点访谈等方法的基础上，重点运用回声法（Echo Approach）开展访谈和分析，从多元参与主体每一方的角度收集有关各方的实际行为数据，全面了解疫苗管理体制及存在的问题。

首先，确定管理网络中在特定角色中与之互动的最重要的其他人。例如对于疫苗相关政府监管部门工作人员来讲，其所交往的最重要的其他人可能是同事、上级、监管企业等，这些就形成了此工作人员的社会互动网络，构建疫苗全周期体系中某个人的社会互动网络，确定对个人情况影响最大的重要人物和团体。并且通过“具体的行动实例”继续找出网络中的每个人或团体是如何影响该个人的。

---

接下来,根据疫苗全生命周期不同环节特点针对不同人群设计完整访谈提纲并实施访谈,包括背景信息、社会网络信息和行为信息等。其中多元参与主体的行为信息主要采用事例描述而非主观感受。

最后,资料整理及分析。汇总数据并进行分组(如疫苗企业上市许可环节中职能相似工作人员对同一事件的观点),并从不同网络节点、角度调查等将分类资料进行相关定量分析,确定权重等。

### 3、量化分析方法

#### (1) 政策文本量化分析(研究目标 1、2、3、4、5)

政策体系是一项复杂的领域,其复杂性不仅体现在政策领域、目标或工具的多样性上,还体现在政策之间错综复杂的联系和相互作用上。本课题从疫苗管理政策组合的视角来考虑政策内容的多样性和政策结构的复杂性。本课题首先对疫苗管理政策体系的内容进行梳理,从政策目的(policy rationale)、政策领域(policy domain)、政策工具(policy instrument)和政策行动者(policy actor)四个角度总结分析政策体系的变化,探讨现阶段政策的薄弱环节以及政策掣肘的原因。并从政策力度的角度出发,分析政策演进过程中政策与政策之间的交互作用,进而识别出中国疫苗管理政策体系中的核心政策。

政策文本为 1949—2023 年国务院直属机构、中共中央直属机构等国家机关颁布的疫苗管理相关政策,以及近 10 年国家和地方的相关政策文本。数据来源是北大法宝数据库、北大法意数据库以及政府官方网站。政策文本内容分析出现在某一政策文献中的高频词汇及其词频信息,可以将该政策的主要信息表达出来,这样的高频词被称为“主题词”。通过主题词之间关联强度构建的主题词共现网络,能够挖掘政策的主题内容并刻画政策的演化进程。在利用自然语言处理技术对政策文本内容分析之前,需要构建语料库以及进行文本分词、去除停止词等数据清洗操作,以便从杂乱的文本信息中提取主题词及其词频信息。主题词共现网络的构建方法如下:基于 TF-IDF 加权算法构建“主题词—文档”矩阵,并基于该矩阵计算主题词之间的最大信息系数(MIC),可以构建主题词共现矩阵。根据该矩阵,可以画出以主题词为节点、以主题词之间 MIC 为边权重的主题词共现网络。

#### (2) 社会网络分析(多元参与主体的复杂关系)(研究目标 2、3)

运用社会网络分析的方法,研究疫苗管理多元参与主体的复杂网络,除了联合发文的方法,重点分析文本内容,文本分析主要通过主题词之间的关系内涵,也就是节点之间的关系。

首先,运用社会网络分析软件,构建疫苗管理体制的政策网络,并计算整体网络结构指标,对疫苗管理政策网络进行基本的描述性统计。其次,使用 ERGM 分析疫苗管理政策网



---

络构型和节点属性变量对组织间连接概率的影响，并通过模型估计系数，判断这些因素对节点连接概率的影响程度。ERGM 的一般形式为：


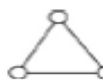

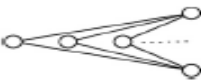
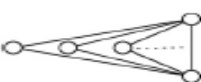


$$P(Y|y) = \frac{\exp\{\theta_t g(y, X)\}}{k} \quad (1)$$

式中，Y 表示疫苗管理政策网络随机网络集合，当任意两点 i 和 j 之间存在联系时，Y =1，否则 Y =0；y 表示网络中的某个具体实现，即观测到的真实网络结构；X 表示疫苗管理政策网络中的外生变量，本研究指的是各节点属性变量；g(y,X)表示各统计量构成的向量，包括网络构型(边、三角结构、星型结构等)内生变量和节点属性(疫苗管理政策能力、合作广度、合作深度)及节点属性交互(组织类型同配、隶属区域同配)；k 表示常数，保证疫苗管理政策网络结构形成概率在 0~1 之间； $\theta_t$ 表示待估计参数(t 表示第几个待估计参数)，即对应网络结构统计量的参数，是后续实证研究中主要关注的参数，通过 $\theta_t$ 的显著性与取值大小，来判断不同因素对疫苗管理政策网络形成的影响程度。此外，通过 AIC 与 BIC 指标判断模型的拟合优度，两个指标的数值越小，说明模型拟合越接近真实观测的疫苗管理政策网络。本研究使用 R 语言中的 Statnet 程序包，构建指数随机图模型与模型拟合，使用的方法为马尔可夫链蒙特卡洛最大似然估计。

模型中变量的选取遵循两个原则：①综合考虑内生变量和外生变量在疫苗管理政策网络形成中的影响；②优化模型拟合效果，防止网络退化。由此，本课题选取以下变量进行后续的实证分析：内生变量包括各网络构型，外生变量包括各节点属性特征。首先，内生网络构型变量。结合本研究疫苗管理政策网络特征，并借鉴以往研究，选择现有研究中比较典型的网络构型指标作为内生变量。其中，边( $E_D$ )的数量在网络建模中是控制变量，在各模型中起着参照作用；交互三角结构( $T_R$ )、几何加权度( $G_W$ )、几何加权边共享伙伴( $G_E$ )和几何加权二元合作伙伴( $G_D$ )是网络构型中的依赖关系项，这些结构的存在可以防止网络退化。交互三角结构刻画的是 3 个节点形成连通性三角结构的倾向，即疫苗管理政策网络中 3 个节点互为伙伴关系的结构，能够影响网络边形成的概率；几何加权度观测网络的扩张效应和星型结构，即网络中形成冗余关系的程度，在疫苗管理政策网络中表示每个政府职能部门（上市许可人或社会组织机构）作为中心节点直接与其他多个节点联系的倾向；几何加权度从不同角度刻画网络中聚类对应的传递性特征，指一个节点与其他多个节点形成三角结构和共享边的情况；几何加权二元合作伙伴衡量的是具有共享伙伴关系的二元组的数量，指的是政府职能部门、上市许可人、社会组织机构之间至少存在一条路径为 2 的网络连接倾向，或节点在网络中作为中介的倾向。然后，外生节点属性变量。节点属性变量中，既有衡量节点自身特征的变量，又有能够反映网络中两个相互联系的成员互动特征的交互项，节点的这些特征在疫苗管理政策网络的形成中起着不同的作用。由此，外生因素从节点自身特征和特征交互项两个

方面考虑。首先,节点自身属性变量选择疫苗管理政策能力( $N_I$ )、合作广度( $N_D$ )与合作深度( $N_N$ )3个变量,原因在于疫苗管理政策网络重点关注的就是参与主体间的相互协作,疫苗管理政策能力反映组织资源整合与吸收能力,而合作广度与合作深度是衡量其合作开放度的重要指标;政策网络主体构建与其资源整合、吸收能力相匹配的合作开放度,才能充分发挥其在协同网络中的资源与位置优势。其中,疫苗管理政策能力用节点拥有的合作数量表示,指标越大,越容易吸引更多节点与之联系;网络中节点的合作广度指与之联系的节点数量,合作深度指该节点与其他所有节点联系的次数。其次,从节点属性交互项选择组织类型同配( $N_C$ )与隶属区域同配( $N_R$ )两个变量,原因在于参与协作的主体具有相同或不同的组织类型和隶属区域,相同的组织类型使其拥有相近的组织目标,而隶属区域相同使其获得不同资源的机会相同,这些政策主体在网络中寻求合作的意愿就会更加相近。其中,组织类型同配,指两个节点同属于政府职能部门(上市许可人或社会组织机构);隶属区域同配,则是两个节点处于同一省份。各变量的具体表示与测量方法,即 ERGM 的变量说明见表 1。

表 1 ERGM 的变量说明

变量	图例/含义	效应	测量方法
内生网络结构型变量			
$E_D$ 边		/	网络边的数量
$T_R$ 交互三角		闭合性	拥有交互三角形的数量
$G_W$ 几何加权重度		扩张性	网络形成星型结构的数量
$G_D$ 几何加权二元共享伙伴		中介性	网络中存在节点承担中介功能的结构数量
$G_E$ 几何加权边共享伙伴		传递性	两个组织拥有共同伙伴的结构数量
外生节点属性变量			
$N_I$ 协同创新能力	测度一个组织与其他组织的专利合作能力	马太效应	节点拥有的合作授权专利数量
$N_D$ 合作广度	测度一个组织合作伙伴的多样性		去重边的节点度数
$N_N$ 合作深度	测度一个组织与其他组织合作的平均次数		非去重边的节点度数除以合作广度
$N_C$ 组织类型同配(企业,大学和研究院)		同配性	两端点属于同类组织的边的数量
$N_R$ 隶属区域同配			两端点隶属同一省份的边的数量

注:○表示相同或不同类型的节点;●表示相同类型的节点。

---

### （3）组态制度分析 QCA （影响疫苗管理效能的制度条件组合）（研究目标 2、3、4）

运用模糊集定性比较分析（fsQCA）和必要条件分析（NCA）等方法，采用整体视角和组态思维来分析探讨疫苗管理体制及其障碍背后的因果复杂性。该方法结合了定量分析聚焦于从大样本中发现可推广的模式，以及对个案的独特性和深度分析的特点。既适合于分析比较 10 以下案例较少的不同国家和中国省级的研究，也适合开展案例规模较多（10-50 个案例）的市区县级别的比较和分析。

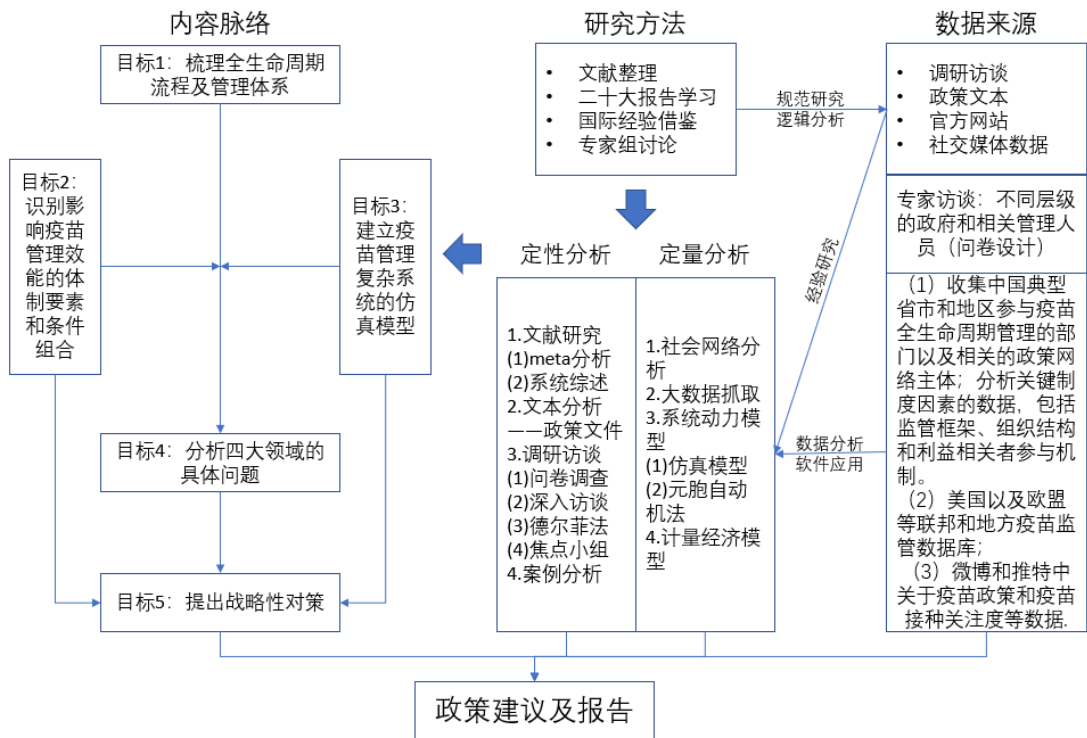
首先，基于目标 2 的研究结果，提取影响疫苗管理的多元主体关系和制度要素；接着建立真值表，通过布尔代数算法简化这些原因特征组合，分析要素和条件的组合。最后结合分享共有条件组态结果的**覆盖率（coverage）**和一致性程度（consistency）等，识别探讨实现有效疫苗管理的必要和充分条件，包括关键的网络关系以及制度因素，并分析他们之间的因果路径和相互作用、制度因素的相对重要性等。

### （5）强化机器学习

强化学习作为一种用于解决无模型序列决策问题的方法已经有数十年的历史，最近数年的深度学习方法使得强化学习方法能够在复杂高维的多智能体系统提供优化的决策策略。强化学习的核心是建立一个智能体（agent），通过执行行动（action）在环境中进行探索，获得的反馈（reward）用来评估其行动的优劣，以此来不断更新和优化其行动策略。深度强化学习（Deep Reinforcement Learning，简称 DRL）是在强化学习的基础上，引入了深度学习的技術。深度学习可以用来表示和学习复杂、大规模、甚至是连续的状态空间或动作空间，使得强化学习能够被应用在更复杂和更广泛的问题上。比如本疫苗项目中，每个智能主体（例如，政策制定部门、监管部门、疫苗授权持有者、疫苗生产者、疫苗接种者、医疗实施者等）可以被视为一个强化学习的“agent”，他们或独立或集中在一定的环境中决策信息共享。这个环境中的每个状态可以被视为智能主体面临的一个决策点，例如当前疫苗的生产量、分配策略、接种率等。在每个状态下，智能主体可以采取不同的动作，例如加快授权发放或加快生产、更改分配策略等。强化学习通过与环境的交互，学习一个策略，使得智能主体能够在长期中获取最大的奖励。本项目中，奖励可能会被定义为达到某个全局目标的程度，例如快速提高全社会接种率等。通过试错学习（Trial and Error）和延迟奖励（Delayed Reward）来进行的。这意味着，智能主体不仅要考虑当前的奖励，还要考虑未来的奖励。例如，一个智能主体可能选择牺牲一些即时的奖励（如增加生产成本），以获得更大的未来奖励（如更高的接种率）。

总体而言，该研究全面运用文献综述、调研访谈、社会网络分析、fsQCA 和 NCA 等方法，针对疫苗全生命周期管理的多重目标、多元参与主体以及动态交换等特点，分析疫苗管理体制改革和机制问题，并提出战略性对策和优化路径。。

### 2.2.2 技术路线



### 2.2.3 可行性分析

#### 1、视角和理论的前瞻性

本课题从整体思维的视角, 结合前沿系统科学的理论, 研究疫苗管理复杂网络系统中的体制改革和机制优化问题。这些视角和理论打破了传统基于还原论和机械论来研究疫苗管理体制和机制问题的不足。除了从静态的视角研究疫苗管理问题的复杂性、疫苗管理主体的多元性、以及疫苗管理内容的综合性外, 更侧重从动态的视角分析疫苗管理过程的时空性、疫苗管理机制的协同性和疫苗管理手段的综合性。

#### 2、方法的适用性

本研究综合运用回声访谈 (Echo)、社会网络分析 (SNA)、定性比较分析 (QCA) 以及强化学习等交叉学科的研究方法和前沿的技术手段。这些方法与手段已经比较成熟, 并逐渐用于分析管理学和社会学等领域中的复杂网络系统问题。由于疫苗管理是一项系统工程, 因此, 这些研究的应用弥补了传统疫苗管理研究的不足。其中, 回声访谈 (Echo) 比传统的访谈法更加严谨深入; 社会网络分析 (SNA) 和定性比较分析 (QCA) 打破了传统基于还原论的线性回归方法, 将案例分析、质性研究、以及量化分析有机地融合再一起, 弥补了单一适用或组合使用这些方法的不足。强化学习方法作为一种用于解决无模型序列决策问题的方法已经有数十年的历史, 相关仿真模型的构建非常适用于分析疫苗管理复杂高维的多智能体系统中多元主体的博弈和决策过程以及解决疫苗管理体制和机制优化问题。

#### 3、数据的可获得性

---

项目负责人和课题组主要成员，参与了与该项目密切相关的课题研究，例如疫苗法的起草课题的评审工作，以及我国卫生健康政策网络的结构特征及其演变的课题研究，对本课题所需的国内外相关的法律法规和政策文本以及数据清理和系统建模等比较熟悉，并开展了大量的研究工作；另外，项目负责人和课题组主要成员在前期工作中与国家和地方政府、卫生健康行政部门、药品监管部门、医疗保险部门，以及基层机构建立了长期稳定的合作关系，在获得可靠数据、政策信息协助指导以及组织调查方面有切实的保证。

#### 4、团队的合理性

本课题拥有一支跨地区、跨学科、国际化程度高、经验丰富、成果丰硕并具有长期合作基础的学术团队。本课题组成员均为中青年高校教师和博士生，具有经济学、系统科学、管理学、公共卫生学等学科交叉背景以及专长，专职于科研和学术，成员知识结构较为全面，搭配合理，具有较强的互补优势和跨学科综合研究的能力，在相关领域均已取得了一定的研究成果。

#### 4、扎实的研究基础

前期项目组主要成员共同撰写完成了两部专著。其中《健康治理学导论》（西南财经大学出版社，中国，成都，2023 年 2 月）是国内外第一本系统阐述健康治理学的教材，对于凝练健康治理的基础理论、传播健康治理理念和策略措施，以及健康治理领域构建中国自主体系都具有重要的意义。另一本《新中国卫生健康制度变迁》（西南财经大学出版社，中国，成都，2019 年 12 月），系统梳理了包括健康治理、公共卫生、医疗服务、药品监督保障、以及医疗保障制度在内的卫生健康制度的历史变迁、特点和动力。另外，团队在国内外顶尖学术期刊也发表了系列关于健康经济、公共卫生以及公共治理等文章，为本课题深入研究和分析疫苗管理体制和机制问题奠定了坚实的基础。

## 2.3. 合作方式：课题设置、研究重点及双方分工