

文章编号: 1007-4619 (2003) 04-0266-07

SARS 空间传播模式及其在疫情 监控信息系统设计中的应用

阎守邕¹, 刘亚岚¹, 李小文¹, 曹春香¹, 金水高²

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101;

2. 中国疾病预防控制中心, 北京 100050)

摘要: 在中国控制 SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) 疫情扩散与蔓延的大量科学实践活动基础上, 从人地系统科学的理论和观点出发, 提出了各种致病因子在人地互动过程中转移路径的逻辑模型, 进而又提出了控制 SARS 疫情发展的人地互动逻辑模型。从后一个模型出发, 把中国 SARS 疫情的发展规律归纳为 5 种传播模式, 即异类病毒转移传播模式、家庭和社区接触传播模式、医院和门诊感染传播模式、市内随机扩散传播模式和飞点跳跃跨区传播模式。其中, 跨区传播模式的影响最广泛、危害最巨大、控制起来最艰巨、复杂, 是建立中国突发公共卫生事件应急机制、增强应急能力需要解决的主要问题和关键内容。为此, 作者对中国的疫情控制应急机制及其实现提出了一些具体的看法和建议, 包括对现有疫情系统进行技术改造和创新的建议, 在全新运作机制和高技术基础上建立应急疫情监测控制信息系统的概念结构等内容。

关键词: SARS; 传染病; 流行病学; 人地系统; 传播模式; 逻辑模型; 监测控制信息系统; 应急机制; 数码身份证

中图分类号: R181. 8/N945. 28 **文献标识码:** A

1 引言

自 2002 年 11 月开始, SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) 作为一种新型的传染病出现。在短短几个月的时间里, 迅速地蔓延到一些国家并在国内一些地方流行起来。SARS 疫情的肆虐, 使数千人患病、数百人死亡, 给诸多方面造成了严重损失。中国政府和国家领导人高度重视疫情发展, 及时、果断地采取了各种可以采取的有效措施; 社会各界和人民群众, 尤其是广大医护人员积极投身于抗击 SARS 的斗争。经过举国同心、全民动员的努力, 很快使疫情得到了有效控制, 目前正处在稳定下降的过程中。作者从人地系统科学和流行病学领域出发, 也力所能及地参与了这场抗击 SARS 的斗争。本文将对此所遇到的问题及其解决办法做进一步的思考和总结。它们涉及到 SARS 流行的人地系统背景、SARS 控制的人地互动模型以及 SARS 控制的应急机制及其能力形成等方面的内容。

2 SARS 流行的人地系统背景

疾病控制作为人地互动过程中出现的一个重要问题, 不仅是医学及其相关学科领域研究的对象和内容, 而且也是专题人地系统科学里的诸多研究对象和内容之一, 如图 1 中带阴影的小椭圆所示^[1,2]。这样, 对于疾病控制的研究, 就需要把它们放在人地系统的大背景里进行。为此, 可以把标有“疾病控制”字样的小椭圆放大或细化, 以建立起它们的逻辑模型, 如图 2 所示^[3-5]。图中细线方框为自然界或人类以外的产物, 属“地”的方面; 粗线方框为健康、高危和患病人群, 属“人”的方面; 而椭圆框是人类行为、活动及其物化结果, 连接人地双方。各种框之间的箭头线代表了致病因子在其中的移动方向或转移途径。由此而生产的疾病在表 1 中给出^[3,4]。它们主要涉及到地方病、职业病、公害病、传染病和食物中毒等疾病。其中以各种传染病的影响面最广泛、

收稿日期: 2003-06-02; 修订日期: 2003-06-07

基金项目: 863 计划课题“SARS 流行病学资料的实时收集、分析和趋势预测”(编号 2003AA208401) 资助。

作者简介: 阎守邕(1939—), 男, 中国科学院遥感应用研究所研究员、博士生导师, 北京大学地质地理系地貌专业毕业, 现从事遥感、地理信息系统、空间决策支持系统、国家空间信息基础设施以及人地系统科学等领域的科学研究工作, 已发表论文 120 篇, 出版专著、论文集 16 部。

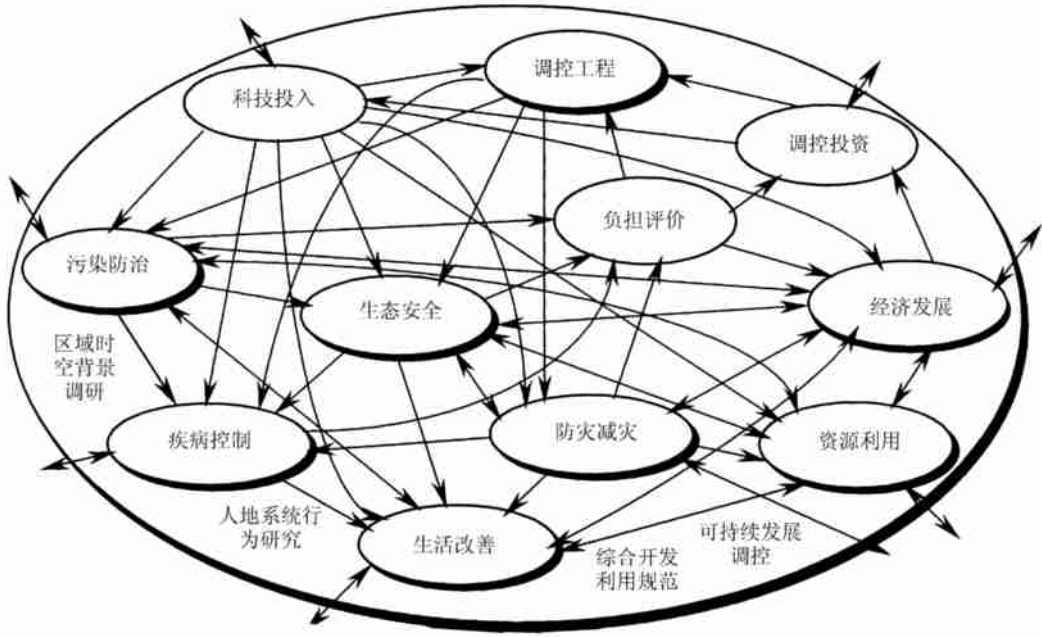


图 1 人地系统科学的概念模型

Fig. 1 The Conceptual Model of Human and Earth System Science(HESS)

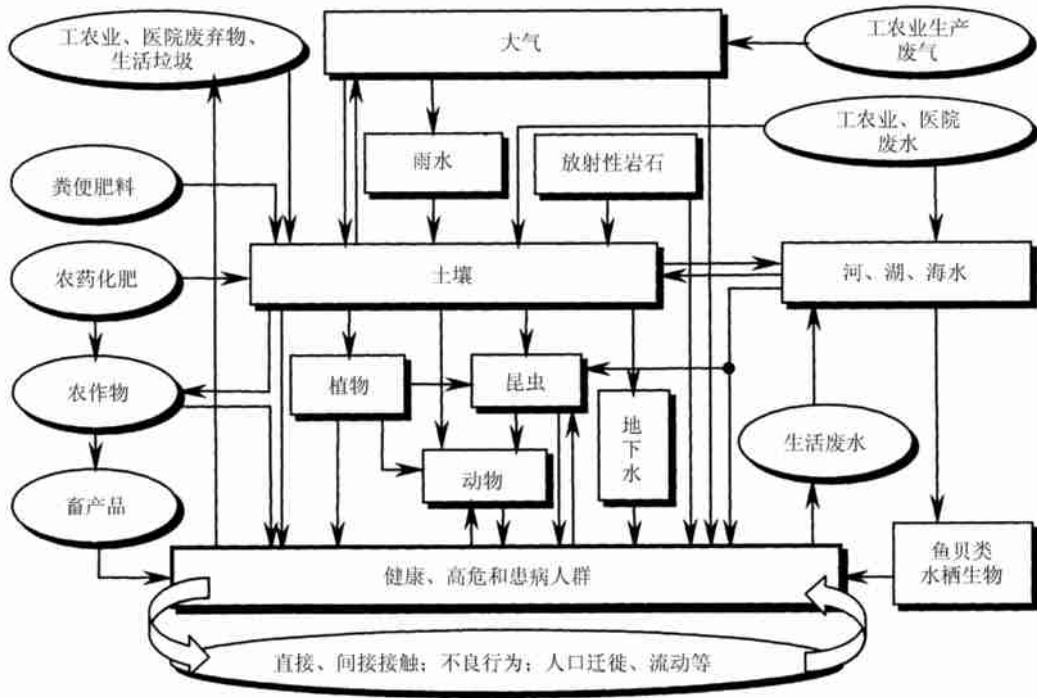


图 2 致病因子在人地互动过程中转移路径的逻辑模型

Fig. 2 A Logic Model of Transmission Channels of Pathogenic Factors in Interacting between Human and Earth

危害性最严重。SARS 就是最新出现、扩散蔓延迅速、危害广泛而深重的一种传染病。尽管对这种病

至今尚未能充分认识、有效预防,但是其基本规律、人地系统背景、控制方法,与其他传染病还是有许多

表 1 人地互动致病的疾病类型、名称及其主要病因

Table 1 Types, Names and Causes of Diseases Caused by Interaction between Human and Earth

类 型	名 称	病 因
地方病	地方性甲状腺肿和克汀病、地方性氟病、地方性砷中毒、克山病等	区域性地球化学异常引起
职业病	职业中毒、职业性的肺病(矽肺等)、皮肤病、眼病、耳鼻喉病、肿瘤等以及物理因素职业病(如放射病等)和其他职业病	生产环境中有害因素造成
公害病*	烟雾中毒、光化学烟雾中毒、痛痛病、水俣病、哮喘病、米糠油中毒、奶粉中毒、印度博泊尔异氰酸甲脂中毒、苏联切尔诺贝利核辐射等	环境污染造成的地区性中毒
传染病	鼠疫、霍乱、天花、疟疾、结核、血吸虫、黑热病、病毒性肝炎、流行性出血热、感染性腹泻、脊髓灰质炎、流行性乙型脑炎、SARS、性病、艾滋病、库鲁病等	病原体(病毒、立克次体、细菌、螺旋体等)感染人体
食物中毒	细菌性食物中毒、动植物性食物中毒、化学性食物中毒、原因不明的食物中毒等	有毒食物造成的局部性中毒

*由各种公害事件造成,患病、死亡人数众多

相通之处。

3 SARS 控制的人地互动模型

在人们对 SARS 发生原因、发展规律不完全清楚,而且也没有特效的预防、诊断、治疗措施的情况下,如果能够及时、准确地控制 SARS 传染源、切断其传播途径,也能有效地控制疫情的扩散与蔓延。为此,在流行病学规律、图 2 的逻辑模型以及国内 SARS 疫情发展及防治措施与经验的基础上,提出了控制 SARS 疫情发展的人地互动逻辑模型,如图 3 所示。在这个以人为本的模型中,粗线方框代表对于 SARS 而言处在不同状态下的人群;细线方框代表人群生存、活动的地球环境要素以及可能的异类传染来源;椭圆框代表人地互动的物化产物,是传播 SARS 病原体的重要介质,也是 SARS 传染途径中的一些基本环节;菱形框代表的是各种人群的活动与行为;箭头线代表各种“框”之间的相互关系。它们和有关“框”组合起来,就构成了 SARS 不同类型的传播模式。由于不同类型的传播模式,有着不同的传播规律。它们只有分别采用不同的控制策略与办法,才能取得事半功倍的效果。为此我国 SARS 流行的传染源、传播途径及其易感人群的特点,可以将其传播模式划分为 5 种类型。

(1) 异类病毒转移传播模式。它主要是病原体从动物、昆虫或鱼贝类、水栖生物等,向人类转移的一种异类之间的传播模式,如图 3 中的左上部所示。对于 SARS 而言,根据广东省流行病学组对河源、佛山、顺德、中山 6 位非典首发病人进行了追踪调查,发现他们都在发病前 20 天内分别吃过或处理过野生动物,特别是蛇^[9]。2003 年 5 月,深港两地科研

人员对果子狸标本中分离出 SARS 样病毒基因进行了全序列测定。分析结果显示:这种 SARS 样病毒与人类 SARS 病毒有 99% 以上的同源性。而且动物的 SARS 样病毒比人类的 SARS 病毒要多 29 个核苷酸。这种情况只在广州一位早期患者的病毒中发现过^[7]。为此,广东、香港等地已经采取措施,禁止宰杀和食用野生动物,以控制 SARS 的来源。至于引发 SARS 的病毒究竟从何种野生动物而来,至今尚无法做出最后的结论。

(2) 家庭和社区接触传播模式。这是在家庭、居民楼以及社区里出现 SARS 患者或带毒者后,通过密切接触、水源或空气污染等途径,在较小范围内造成疫情暴发的一种传播模式,如图 3 中的右下部所示。香港淘大花园某居民楼里疫情的暴发就是这种传播模式的典型例证。在那里,一个来访 SARS 患者造成了 300 多人染病、30 多人死亡。为此,香港特区政府采取了全楼居民紧急搬出隔离、进行彻底消毒、改造排水和通风系统等措施,有效地控制了疫情的进一步恶化和蔓延。在这种模式里,早发现、早报告、早隔离、早治疗,切断传播途径,防止扩散极为重要。否则的话,就会在患病人群和健康人群之间造成恶性循环,使疫情迅速扩大和暴发。

(3) 医院和门诊感染传播模式。这是 SARS 患者或带毒者在医院看病、住院、治疗过程中,使医护人员和其他就诊者、来访者感染、发病的一种传播模式,如图 3 中的左下部所示。医院是 SARS 病人、疑似病人、普通患者及其他相关人员和医护人员高度集中、密切接触、长期相伴的地方。医护人员和非 SARS 病人在医院感染、发病的几率,要比其他任何地方都高。因此,采取一切可以采取的防护措施以减少在医院里,尤其是医护人员的发病率,是控制疫

情发展的重要环节。其中,指定 SARS 专门医院、加强对医护人员的防护、严格诊断和治疗的操作规程、开设和规范发烧门诊、疑似病人单间分治等都是切实可行、行之有效的措施和办法。

(4) 市内随机扩散传播模式。这是 SARS 患者或带毒者在一个城市范围里,搭乘不同交通工具(地铁、公共汽车、出租车等)或徒步游逛、看病、访友等活动,而造成疫情扩散、蔓延的一种传播模式,如图 3 中的中部所示。市内由于交通四通八达可以看成是一个

各向均匀、连续的环境。患者在其中的行动可以近似为一种随机运动,用适当的物理模型加以描述。然而,这种传播模式所具有的随机性,是不明传染来源患者产生的主要原因,使相关疫情的具体防范和有针对性的控制,变得比较复杂和困难。为此,北京市采取了诸如指定 SARS 专门医院、专车接送 SARS 患者和疑似病人、开展卫生教育和宣传、改善全市的卫生状况、加强全体市民的防范意识、培养良好的卫生习惯等一系列措施,收到了良好的效果。

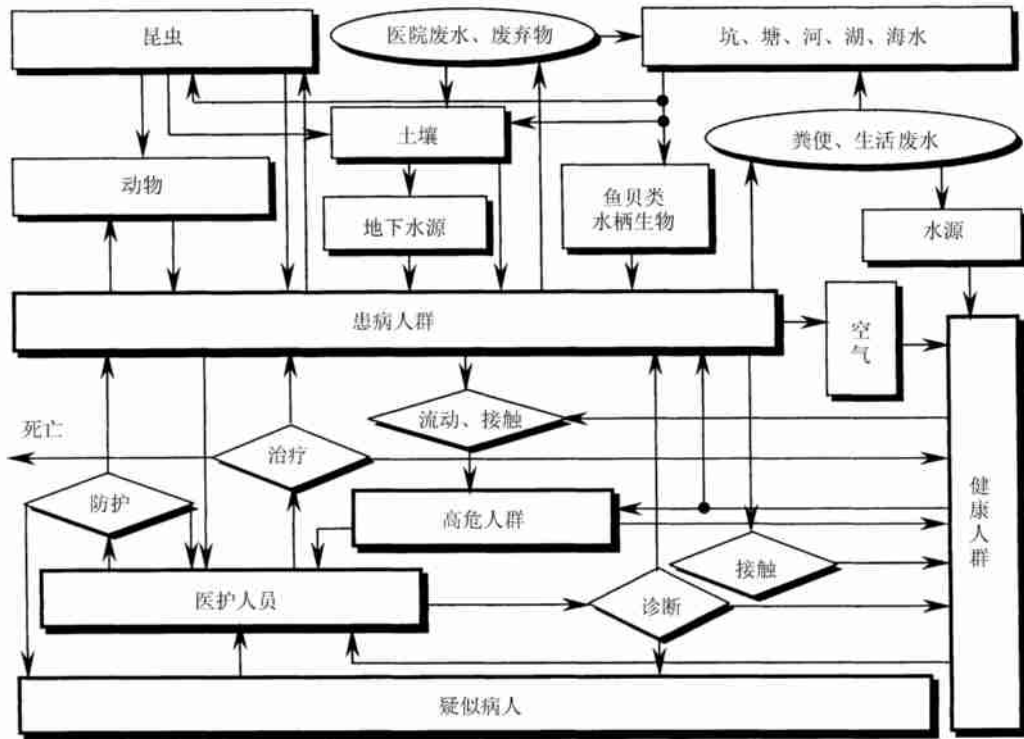


图 3 SARS 控制的人地互动逻辑模型

Fig. 3 Logic Model of Interaction between Human and Earth for SARS Control

(5) 飞点跳跃跨区传播模式¹⁾。这是 SARS 患者或带毒者搭乘飞机、火车、长途汽车等交通工具,进行远距离、跨省市、跨国家流动,而造成疫情扩散、蔓延的一种传播模式,如图 3 中的中部所示。对于作为传染源的 SARS 患者或带毒者而言,他们的流动就像到处乱飞的点子一样,不仅其运动方向、目的地没有规律可循,个性化、不连续性和不确定性的特点明显,而且其运动速度极快、波及范围甚广,尤其在全球一体化的情况下,就更是如此了。因此,SARS 疫情在一个国家或全球范围里流行,其最大危险以及对这种疫情控制所遇到的最大困难,都来自这种传播模式及其影

响。换言之,能否准确追踪流动 SARS 患者及其密切接触接触者、及时向有关方面通报这种信息,进而全部、有效地把他们隔离起来,是当前所面临的最为复杂、最为困难的问题。当然,这样做也是控制疫情大范围流行的最为关键、最为有效的措施和办法。

4 疫情控制应急机制及其实现

从 SARS 的人地互动逻辑模型可以看出:在 SARS 的各种传播模式里,以飞点跳跃跨区传播模式的危害最深重、影响最巨大,而且要想控制其后果所

1)“飞点跳跃跨区传播”的概念,由中国科学院遥感应用研究所李小文院士提出。

遇到的困难也最多、最复杂。从中国 SARS 疫情的发展过程及对其控制的实践活动来看,情况确实也是如此。因为,要想控制这种传播模式的影响、阻断疫情向其他地方或国家的进一步扩散与蔓延,就必须追踪某个或某几个已知的 SARS 患者和他们的所有密切接触者,以便在最短时间里从全国乃至全球成千上万的流动人口里,准确地把他们都找出来并实施有效的隔离。与此同时,还要及时地向有关地方或国家通报进入其控制范围里的被追踪对象的疫情信息,以便帮助他们采取必要的预防和控制措施。这种任务的艰巨性、复杂性就可想而知了。尽管如此,它又是一个必须快速、准确完成的任务。因此,SARS 疫情控制的应急机制及其能力,从某种意义上说,主要应该体现在控制 SARS 飞点跳跃跨区传播模式及其影响的实际效果上。

(1) SARS 疫情控制的应急机制^{8,9}

通过早发现、早报告、早隔离、早治疗的措施,可以控制大多数疫情传播模式在一个区域或城市里的影响,有效地防止疫情的扩散和蔓延。然而,对于 SARS 飞点跳跃跨区传播模式而言,尽管可以通过宏观人口流动规律的分析 and 预测,对疫情发展有一个大概和趋势性的认识,对疫情控制决策从战略上有所帮助。但是到了具体采取行动控制疫情的时候,这种信息就显得概念化、一般化,使人难以准确下手、具体切入。因此,如何使中国 SARS 疫情,尤其是飞点跳跃跨区传播的 SARS 疫情信息和流动人口信息,真正做到个性化、动态化和公开化,或者说使这些信息具体、及时、准确、透明?就成为建立中国 SARS 应急机制的关键所在。为此,中国疫情监测控制信息系统必须在全新的运作机制和高新技术基础上,实现以下方面的改造和创新。

第一,建立基于数码身份证的信息网络系统。目前,中国已有比较完善的、以报表为基础的卫生防疫信息系统。它们应该尽快向基于数码身份证系统转移。其主要目的是为了以后能够从各有关部门所管辖的派出所、海关、民航售票站、火车售票站、长途汽车售票站以及旅馆、医院等单位,通过刷卡而获得 SARS 患者及其密切接触者分别在国内、外流动以及在城市里行踪的具体数据,以便及时、准确地完成追踪和隔离他们、迅速控制疫情发展的任务。

第二,实现流行病学数据的空间整合和应用。目前的流行病学调查数据绝大多数以表格方式保存。尽管表中有被调查对象的地址和门牌号码,但很难直接标定在全国统一使用的标准地图上。因

此,必须想方设法把他们的地址转化为地图上的坐标或地理坐标。这样流行病学调查数据就可以和其他来源的资源环境、社会经济数据从空间上整合在一起,进行时、空规律方面的综合分析、研究和应用,做出合理决策、采用妥当措施,控制疫情的扩散与蔓延。

第三,利用数码技术改造疫情监测控制信息系统。在许多环节都由人工完成的信息系统里,不仅工作效率低、劳动强度大,而且容易出错、质量没有保证。它们经过数码技术改造后,一方面可以盘活大量调查数据、提高它们的利用效率,另一方面还可以进行许多深入、综合的分析研究工作,完成各种应用任务。其中,包括疫情时、空变化规律研究、疫情发展趋势预测、疫情控制的空间决策以及各种信息的查询、检索和发布等任务。

第四,发挥网络信息共享、应用和服务优势。互联网技术使原来彼此分散、独立、具有立体结构的部门系统和区域系统,变成了相互连接、资源共享、具有统一标准、平面结构的部门-区域混合系统。这就为疫情信息的快速汇总与反馈、各部门/地区信息的交流共享、社会公众积极参与疫情控制、疫情信息的分析研究和决策支持等活动,创造了前所未有的工作环境,提供了充满生气的活动平台。互联网络各种优势的发挥,必然会给疫情监测控制信息系统带来新的活力和效益。

第五,鼓励公众积极参与疫情控制对话互动。SARS 疫情的扩散与蔓延,威胁着每一个人,不论他们的年龄、性别、职业和地位如何,概莫能外。因此,疫情监测控制信息系统必须能够通过对话和互动,使社会公众积极参与疫情控制的各种活动。这样,他们既能了解 SARS 疫情的真相,又有为控制 SARS 疫情做贡献(包括提供疫情信息)的渠道。为此,在系统里要引入 Web GIS 技术,以实现这种重要变革。

(2) 疫情应急能力的形成途径

为了实现 SARS 疫情控制的应急机制,上述技术改造和创新的要求,必须构造一个全新的 SARS 疫情监测控制信息系统,其概念结构可以用图 4 来表达。其主要功能和概念结构,不仅要满足 SARS 飞点跳跃跨区传播模式疫情控制的需要,而且也要满足其他 4 种传播模式疫情控制的需要。为此,这种系统必须全部建立在国家空间信息基础设施上,具体由国家疫情应急空间决策支持系统、省县乡村四级疫情监测控制信息系统、社会公众对话互动疫情信息系统、刷卡人口空间信息互联网络系统等四个部分组成。

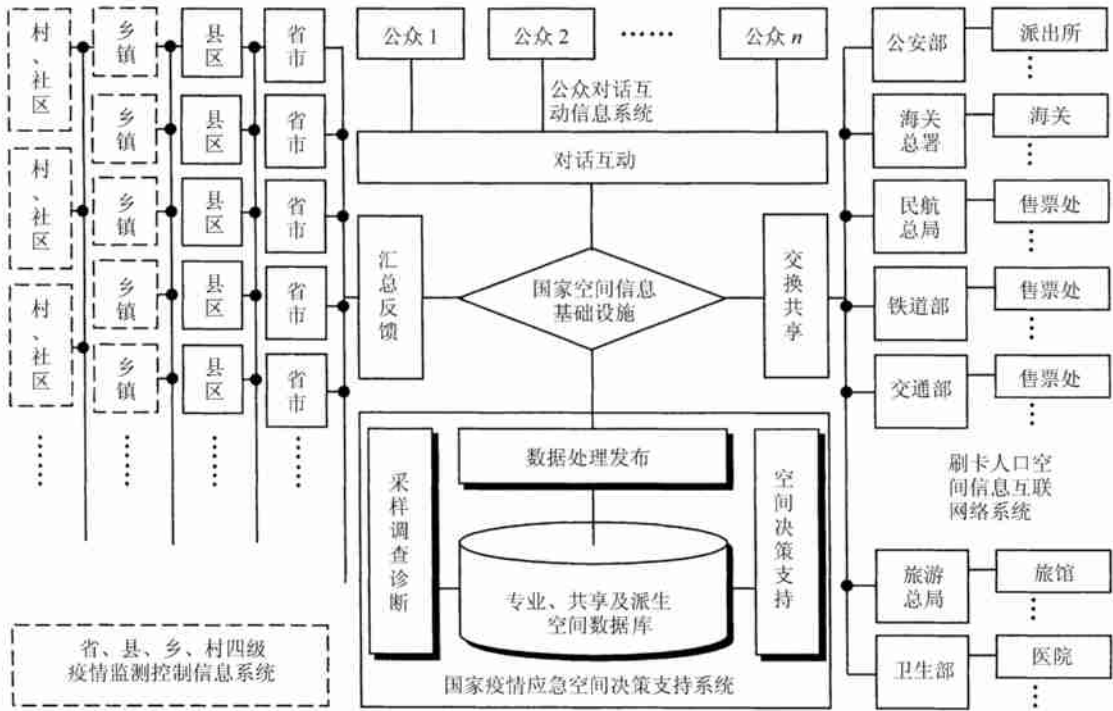


图 4 SARS 疫情监测控制信息系统的概念结构

Fig. 4 Conceptual structure of SARS surveillance and control information system

1) 国家疫情应急空间决策支持系统^[10, 11]

该系统是整个国家疫情监测控制信息系统的核心, 建在国家疾病控制中心, 并由他们日常管理和业务运行。它要为国务院、卫生部进行疫情控制, 从信息和技术等方面提供决策支持。该系统在专业、共享及派生空间数据库基础上, 将具有数据处理发布、采用调查诊断和空间决策支持等功能, 确保对省县乡村四级疫情监测控制信息系统的信息汇总和指导反馈、与国内有关单位进行数据交流共享和社会公众进行对话互动以及归口向国外通报和交流疫情信息等任务的完成。

2) 省县乡村四级监测控制信息系统

它是一个由省市、县区、乡镇和村庄/社区等四个层次所构成的、覆盖全国范围的疫情监测控制信息系统。它既有收集、报告疫情信息的功能, 也有实现控制疫情的功能。其中, 省市级的疫情监测控制信息系统具有与国家疫情应急空间决策支持系统类似的结构与功能, 只是其管辖的空间范围小了一些。在图中, 虚线框表示部分的计算机化, 可以根据各地的实际情况逐步实现。

3) 社会公众对话互动疫情信息系统

它是为社会公众能够与国家或省市级疾病预防控制中心之间进行疫情对话和互动, 而建立的一个

具有浏览器/服务器结构、以 Web GIS 为核心技术的互联网络系统^[12]。这个系统的主要功能就是要保证疫情信息的公开化和透明度, 调动各方面的积极性参与疫情信息采集、疫情控制等活动, 并为之做出自己应有的贡献。

4) 刷卡人口空间信息互联网络系统

它是一个基于数码身份证、涉及众多部门和单位、覆盖全国范围、实时或准实时的流动人口空间信息网络系统。这个系统不仅可以为各种疫情控制的应急服务, 还可以为社会治安、计划生育、税收保险、个人储蓄、社会保障等众多领域以及在全国范围里对人口空间信息进行查询、互访等活动服务。其中, 数码身份证在全国范围里的推广应用, 更是一项涉及到每个公民、众多专业领域, 尤其是信息领域, 使我国信息化进入一个新阶段的重大战略举措。当然, 它也是国家空间信息基础设施建设中需要立项和急待实施的重大系统工程项目。

参考文献 (References)

[1] S.Y.Yan, Human-Earth System Science and its Applications to Development of NSII [C]. Proceedings of Workshop on Geospatial Information Management and Coordination, the Office of National Geospatial Information Coordination Committee, 2002, 10, 98—109. [阎守邕, 人地系统科学及其在国家空间信息基础设施

- 建设中的应用[C]. 地理空间信息管理协调工作研讨班资料汇编, 国家地理空间信息协调委员会办公室, 2003, 10, 98—109.]
- [2] S. Y. Yan, L. Zeng, F. Xu, *et al.* Network for Resource, Environment and Regional Economy Distributed Information Sharing and Applications [M]. Ocean Press, 2002, 7, 1—230. [阎守邕、曾澜、徐枫等著, 资源环境和区域经济空间信息共享网络 [M], 海洋出版社, 2002, 7, 1—230.]
- [3] X. P. Wang (Chief Editor), Public Health [M]. (3rd edition), Publishing House of People's Health, 1979, 4, 3—212 [王翔朴主编, 卫生学 [M]. (第三版), 人民卫生出版社, 1979, 4, 3—212]
- [4] W. W. Peng (Chief Editor), Infectious Diseases [M]. (3rd edition), Publishing House of People's Health, March 1995, 3, 1—14. [彭文伟主编, 传染病学 [M]. (第三版), 人民卫生出版社, 1995, 3, 1—14.]
- [5] Y. Qian, X. Y. Tang, Environment Protection and Sustainable Development [M]. Publication House of University Education, March 2003, 3, 50—85. [钱易、唐孝炎主编, 环境保护与可持续发展 [M]. 高等教育出版社, 2003, 3, 50—85.]
- [6] South Daily, The group of people, who contact with wild animals, has higher possibility to be infected by SARS [R], May 26, 2003. [南方日报, 最新研究表明接触野生动物人员感染病毒机会偏高 [R], 2003, 5, 26.]
- [7] Medical Network: Searching of the original source of SARS coronavirus from 8 categories of mammalian animals [R]. 2003, 5, 27. <http://www.em800.com/n/ca16373.htm>. [医药网, 8 类哺乳类动物 SARS 毒源的发现 [R]. 2003, 5, 27. <http://www.em800.com/n/ca16373.htm>.]
- [8] Law on Prevention and Control of Infectious Diseases of the People's Republic of China [M]. 1989, 2, 21. [中华人民共和国传染病防治法 [M]. 1989, 2, 21.]
- [9] The Order of the State Council, Regulation on Public Health Emergencies [M]. 2003, 5, 7. [国务院令, 突发公共卫生事件应急条例 [M]. 2003, 5, 7.]
- [10] S. Y. Yan, *et al.* Development of General Software Tool for Spatial Decision Support System [J]. Environment Remote Sensing, 1996, 11(1): 69—78. [阎守邕等, 空间决策支持系统通用软件工具的试验研究 [J]. 环境遥感, 1996, 11(1): 69—78.]
- [11] S. Y. Yan and W. W. Chen, Spatial Decision Support System Platform and its Application [J]. Journal of Remote Sensing, 2000, 4(3): 239—244. [阎守邕、陈文伟, 空间决策支持系统开发平台及其应用实例 [J]. 遥感学报, 2000, 4(3): 239—244.]
- [12] IRSA/CAS, SARS Web/GIS [R]. 2003, 4. <http://news.sina.com.cn/duihua/sars/default.html> [中国科学院遥感应用研究所, 非典网络地理信息系统 [R], 2003, 4, <http://news.sina.com.cn/duihua/sars/default.html>]

SARS Spatial Transmission Pattern and Its Application to Design of Disease Surveillance and Control Information System

YAN Shou-yong¹, LIU Ya-lan¹, LI Xiao-wen¹, CAO Chun-xiang¹, JIN Shui-gao²

(1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Chinese Center of Disease Prevention and Control, Beijing 100050, China)

Abstract: Based on activities of SARS control in China and theory of human-earth systems science, a logic model of transmission channels of pathogenic factors in the processes of interaction between human and earth, and a logic model of interaction between human and earth for SARS control are sequentially presented. According to the latter, the spatial transmission patterns of SARS in China are separated into 5 modes: 1) pathogen transferring mode from wild animals to human beings; 2) contact infectious mode in family and community; 3) infectious mode in hospitals and clinics; 4) random diffusion mode in urban area, and 5) jumping transmission mode among cities, regions and countries. The last one among them is a very complicated and difficult one to be controlled. Therefore, the mode is the most important target and task to be controlled in SARS outbreak. Correspondingly, a recommendation on the response mechanism of public health emergencies in China and the conceptual structure of surveillance and control information system with the mechanism are presented in order to control the effects caused by the mode mainly and efficiently.

Key words: SARS, infectious diseases, epidemiology, human-earth system, transmission patterns, logic model, surveillance and control information system, emergency control mechanism, digital ID card