

传染病预警 理论与实践

Early Warning of Infectious Disease
Theory and Practice

主编/杨维中



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

传染病预警

理论与实践

Early Warning of Infectious Disease
Theory and Practice

◆主 编 杨维中 ◆副主编 兰亚佳 孙 乔 吕 炜

编委会（按姓氏笔画排序）

马家奇	王 锐	王世文	王汉章	王劲峰	叶楚楚	冯子健
兰亚佳	邢慧娴	吕 炜	刘文华	刘起勇	刘继增	刘新凤
孙 乔	李小洲	李中杰	李克莉	杨维中	肖革新	吴淑燕
何 涛	张 勤	张业武	张洪龙	陈裕旭	罗海琼	金连梅
周鼎伦	庞星火	赵 丹	胡世雄	胡茂桂	祖荣强	袁政安
倪大新	唐 镠	涂文校	戚晓鹏	董柏青	傅益飞	赖圣杰
廖一兰	阚 彪	熊玮仪	魏善波			

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

传染病预警理论与实践/杨维中主编. —北京:
人民卫生出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-117-16391-0

I. ①传… II. ①杨… III. ①传染病防治-预警
系统 IV. ①R183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 216463 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中 医、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

传染病预警理论与实践

主 编: 杨维中

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23

字 数: 574 千字

版 次: 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-16391-0/R · 16392

定 价: 98.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

序

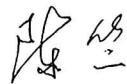
传染病暴发不仅直接影响着公众的生命与健康,还会对社会经济发展,乃至对国家安全产生严重影响。这一问题受到越来越多的决策者、科技工作者、社会工作者及普通大众的强烈关注。在我国社会、经济快速发展的同时,传染病防控工作也不断面临着新的挑战。防控传染病的关键策略之一是尽早发现传染病异常发生与增加的苗头,而传染病监测与预警是实现这种策略的核心技术。

监测作为传染病预防控制的一项传统基础性工作,近年来在理论、技术、方法上得到迅速发展。网络技术、通信技术、地理信息技术等技术方法的建立和应用,使得全球性、区域性传染病监测系统实现了监测数据的实时采集、快速传输和处理。数据挖掘、人工智能建模、时空信息综合分析等技术方法的建立和应用,使其对海量的传染病监测数据分析实现了实时动态、高速便捷和人工智能。同时,这些新理论、新技术与新方法也促进了传染病预警理论与技术的快速发展。

传染病监测预警以早期发现传染病异常为目标,为处置生物恐怖、控制传染病扩散赢得宝贵时间。纵观我国传染病监测预警工作的发展轨迹,以 20 世纪 50 年代初建立的国家传染病报告制度为标志,初步建立了全国性的传染病监测系统。经过近 60 年的应用和不断改进、完善,该系统目前已经发展成为覆盖 39 种传染病,具有数据实时采集、在线分析、能与突发公共卫生事件报告系统和重点疾病专报系统互联互通的现代化监测系统。从传染病预警的角度来看,2004 年实现传染病网络直报和 2008 年正式启用国家传染病自动预警系统(CI-DARS)是两件具有里程碑意义的事件,实现了传染病监测信息与预警技术的结合,在传染病疫情早期发现的实践工作中发挥了重要的作用,对提高我国传染病风险评估、监测信息利用和现场快速处置等核心能力具有重要意义。

近年来,传染病预警技术的研究在全球逐步成为一个新的热点领域,我国在传染病预警方面发表的学术论文数量也在逐步增加,但我国在传染病预警领域的研究总体上仍处于起步阶段,尤其是缺乏针对预警理论、方法与技术进行系统阐述的学术专著。因此,我欣喜地看到由中国疾病预防控制中心杨维中教授主编的《传染病预警理论与实践》一书正式出版。杨维中教授长期致力于传染病监测预警的研究与实践工作,从 2002 年开始带领研究团队开展传染病预警技术研究,并成功建立了我国首个覆盖全国范围的传染病自动预警系统。本书编写组主要成员均来自该研究团队,在科研和工作实践的过程中积累了丰富的研究成果与实践案例素材,为编写内容充实、学术性强的学术专著奠定了坚实的基础。该书聚焦于传染病预警的理论、技术与方法,同时结合作者的研究工作提供了实践案例与多视角的学术探

索。因此,我有理由相信该书会成为我国传染病领域的卫生管理人员、传染病防控专业人员和研究者的重要参考用书。最后,衷心祝愿我国传染病预警技术的研究能够不断取得新的成绩,为我国传染病防控事业作出更大的贡献。



2012 年 8 月

前 言

2001 年美国的炭疽邮包事件,敲响了当今人类面临生物恐怖威胁的警钟。2003 年迅速蔓延全球的严重急性呼吸综合征(SARS)疫情再一次警示人们,传染病的暴发、流行会给社会经济与生活造成巨大冲击。随后更多的传染病暴发流行事件,如人感染高致病性禽流感、人感染猪链球菌病、手足口病、新型甲型 H1N1 流感大流行等,让我们更加清醒地认识到,传染病仍然是人类健康的重大威胁,任何对防范传染病掉以轻心的行为,都可能导致灾难性后果。

新发传染病出现往往表现出突发性特征。日益频繁的交往和方便快捷的现代交通,增加了传染病暴发、流行的突然性,增大了将全人类置于同一传染病事件共同影响之下的风险。由新病原引起的新发传染病暴发、流行随时都可能发生,由恐怖袭击者制造的烈性传染病事件难以预料。只有采取更加主动、及时和有效的行动,才可能防范这些令人担忧的灾难事件,或者将事件造成的冲击局限在最小范围。毫无疑问,有效行动的重要前提是尽早发现,这正是传染病预警工作需要尽力完成的核心任务,也是传染病监测预警理论、技术与方法在全球得以迅速发展的内在动因。

2003 年,中国疾病预防控制中心开始组建多学科专家团队和全国性的研究网络,开展传染病监测预警的研究工作,目标是建立覆盖全国的传染病自动监测预警系统,以适应国家传染病防控战略的现实需要。该团队研发的国家传染病自动预警系统(China Infectious Diseases Automated-alert and Response System, CIDARS),历经多年的研究、开发与测试,于 2008 年 4 月成功地在全国范围内运行,它在国家传染病防控工作中正显现出不可替代的作用。此项研究及工作实践在规范传染病监测预警工作和提高传染病防控管理水平的时候,还有力推进了全国传染病预警理论、技术的研究。来自各领域的专家学者不断进入传染病预警研究领域,逐渐形成了我国传染病监测预警的专业人才队伍,他们在建立适合各地需要的各类传染病监测预警网络,以及在建立如 2008 年北京奥运会、2010 年上海世博会等针对大型人群聚集活动传染病预警系统的工作中积极探索,丰富了传染病预警的学术内容。

随着传染病预警研究与工作实践的深入,我和几位主要研究人员都有一种越来越强烈的感受,这就是需要撰写一本以传染病预警为主题的学术著作,一方面是介绍当今预警研究和实践工作的进展,另一方面是作者团队与同道分享预警工作中探索积累的经验、体会,以及遇到的问题和解决的方法。本书编写小组于 2004 年就开始构思写作,然而当时所能用于写作的信息资料十分有限,加之对预警工作缺乏必要的经验和体会,所以此事一直未能如愿。而现在本书得以顺利完成,受益于近年来国内外监测预警方面的学术研究迅速发展,监测预警相关学术论文、专著快速增加,以及国内传染病预警工作实践经验的积累。本书不同于已有监测预警相关专著之处在于两个方面:一是它将学术焦点聚集

于传染病预警这一主题,而不是监测技术;二是大量纳入国内预警研究与应用实践的例子,尽管这些例子呈现的工作并不一定完美,但正是期望读者在分析这些优缺点的过程中获得借鉴和启示。

本书专注于传染病预警的理论和方法,希望能为工作在传染病控制领域的专家、学者和业务人员提供实用的预警技术参考。特别对于传染病监测预警系统的设计、实施和使用者,在参阅各类实践案例的过程中将会获得直接的启示与经验。本书精心组织的内容也非常适于作为监测预警人员的培训与教学材料,它既提供了系统的理论介绍,也纳入丰富的实践和研究实例。书中涉及的理论与技术都是针对传染病的,但并不意味着它仅能用于传染病。事实上,众多涉及预警需要的学科领域,如非传染病控制、突发公共事件防范、灾害预防,甚至经济、金融等领域的预警,都能够从本书内容中获取直接或间接的参考信息。

本书分为三篇,第一篇为预警基础理论与关键技术。介绍了传染病监测和预警的基本原理,分析了监测与预警的关系,对预警研究与工作实践的关键要素作了详细阐述,包括预警系统设计与开发、数据分析、预警响应、预警系统评价等。第二篇为预警实践案例。提供了CIDARS和“世博会”浦东症状监测预警系统建立、运行和使用中的技术细节,不少内容还未在公开发表物中报道。四川省汶川特大地震后的传染病监测预警实践也作为自然灾害发生后传染病预警的例子进行了介绍。此外,本部分还简要介绍了国内外开展的关于呼吸、消化系统疾病的预警实践工作,以及基于互联网信息的传染病预警。第三篇为预警技术的探索性研究。收录了国内在传染病预警领域开展的一些有益的探索性的研究工作,内容涉及预警哨点设置、数据分析、影响因素研究、预警模型运算与评价等。

不同读者有不同的需求,因此在使用本书时可以采用不同的方法。第一篇涉及的第一章到第六章,内容比较系统完整,是传染病预警最重要、最基本的内容。对于将要从事传染病预警工作,但对有关知识完全不了解或所知甚少的读者,通过阅读前六章内容,可以迅速了解传染病监测预警的现代理论与方法体系。对于从事多年传染病预警工作的学者,也可以从前六章的阅读中获取较为系统的预警知识信息。第二、三篇包含第七章至第十九章,内容相对独立,读者可根据自己业务、研究、培训工作的内容来选读,也可以根据自己的兴趣选读。

向读者提供一本内容结构合理、学术质量高的专业参考书,是本书编写组努力追求的目标,但是我们发现要做到这一点其实并不容易。在书稿终审的时候,我们仍然发现书中存在不少的疏漏和错误,另外还有许多学术上难以界定的地方,我们真切期望读者提出宝贵修改意见,以便在后续版本中修正完善。本书注意了搜集国内外传染病监测预警研究与实践的成果,例如在预警系统评估章节中,有关评估框架的重要内容参考了美国疾病预防控制中心发布的监测系统评估指南。我们力图将传染病预警研究的最新成果反映到本书中,但实际上这也很难做到,其原因:一是传染病预警的理论体系还远未成熟,仍然处于快速发展阶段;二是这一领域是跨学科知识应用的典型代表,现代网络技术、高级数据处理技术、现代生物技术、计算机技术、地理信息、遥感技术等,无不牵涉其中;三是信息量太大,杂志上公开发表的传染病预警相关文章逐年呈几何级数增长。鉴于这些原因,书中内容挂一漏万的情况在所难免。

作为本书的作者,我对传染病预警领域的专家、学者和工作人员怀有由衷敬意,是他们的辛勤工作推动了传染病预警理论、技术与方法的发展。此书得到了科技部社会公益研究

专项、国家科技支撑计划、国家传染病科技重大专项、卫生部卫生行业专项以及世界卫生组织的合作项目的支持,四川大学兰亚佳教授在成书过程中付出了极大的心血,编写组外的不少专家也参与了书稿的讨论与审校,在此一并表示衷心感谢。最后,我代表本书的全体作者,衷心感谢卫生部陈竺部长在百忙之中为本书作序,对从事传染病监测预警的工作人员们给予了极大的鼓励和鞭策。



2012年8月

目 录

第一篇 预警基础理论与关键技术

第一章 绪论	2
基本术语:监测、预警与预测	2
预警的概念框架	5
预警的分类	9
传染病监测预警的意义	12
传染病监测预警的现状与趋势	15
参考文献	20
第二章 传染病监测	21
监测的定义与概念	22
病例监测	26
事件监测	29
症状监测	33
影响因素监测	40
实验室监测	47
食源性疾病监测	51
参考文献	54
第三章 预警模型与数据分析	56
预警模型的种类	57
常用预警模型的计算原理	60
监测数据特征分析	77
模型评价的统计方法	87
参考文献	96
第四章 预警系统的开发与实现	98
传染病监测系统建设	99
传染病预警系统建设	102
传染病预警系统的开发过程	106

我国现有传染病监测与预警信息系统的设计与实现	115
参考文献	126
第五章 预警响应	127
预警信息的调查核实	127
风险评估	134
预警报告与发布	139
采取预防控制措施	143
参考文献	146
第六章 预警系统的评价	148
预警系统评价的工作内容	148
预警系统评价指标	153
监测数据质量评价	158
参考文献	162
第二篇 预警实践案例	
第七章 国家传染病自动预警系统	164
发展过程	164
预警系统设计框架	165
预警病种与方法	166
预警信号发送	170
预警信号响应	170
预警信息系统管理功能	171
预警系统应用效果分析	174
CIDARS 主要特点	176
挑战与展望	177
参考文献	178
第八章 上海世博会浦东症状监测预警系统	179
系统目标	179
系统架构	180
监测实施	181
预警信号响应	200
系统运行结果	202
系统评价	212
参考文献	215

第九章 群体集会传染病预警实践 217

 澳大利亚悉尼奥运会健康监测系统 218

 美国盐湖城冬奥会症状监测系统 219

 希腊雅典奥运会症状监测系统 221

 苏格兰八国峰会症状监测系统 223

 中国北京奥运会症状监测系统 223

 其他大型集会症状监测 226

 参考文献 227

第十章 基层传染病监测预警实践 228

 软件开发背景与过程 228

 预警原理与方法 229

 工作机制 234

 预警结果 236

 应用效果分析 238

 改进考虑和展望 239

 参考文献 240

第十一章 汶川地震后的传染病监测与预警 241

 背景 241

 灾后传染病流行风险评估 242

 灾后应急强化监测系统 244

 灾后传染病预警 248

 经验小结 249

 参考文献 250

第十二章 非传统监测的预警实践 251

 疫情情报电子收集系统——ProMED-mail 251

 媒体监测及风险追踪系统——GPHIN、TTT 253

 全球疫情警报和反应网络——GOARN 254

 互联网时代的传染病预警新方式——GFT 255

 参考文献 256

第三篇 预警技术的探索性研究

第十三章 医院传染病多源监测数据相关性研究 258

 研究问题 258

 研究设计 258

结果	259
讨论	271
参考文献	272
第十四章 比数图法与控制图法预警效能的比较	273
研究问题及设计	273
研究方法	274
结果	276
讨论	286
参考文献	288
第十五章 手足口病预警模型的系列研究	289
短基线时间预警模型的应用探索	290
时空扫描统计量的应用探索	292
时间预警模型影响因素研究	296
参考文献	301
第十六章 传染病时空预警模型应用效果评价	302
研究内容	302
研究方法	303
研究结果	306
讨论	311
参考文献	312
第十七章 症状监测数据特征分析	313
资料与方法	313
结果	315
讨论	324
参考文献	324
第十八章 空间扫描统计量的新探索	326
问题的提出	326
连续的空间扫描统计量	327
探测多重聚集的空间扫描统计量	327
性能评估	330
一个真实的案例	336
不确定性讨论和结论	337
参考文献	338

第十九章 监测哨点选择与偏性校正 339

 异质表面均值估计:MSN 法 339

 基于哨点监测数据估计区域疾病流行率:B-SHADE 法 345

 时空 BME-S 方法 349

 参考文献 355

→ 第一篇

预警基础理论与关键技术

预警基础理论与关键技术篇包含第一章至第六章,系统介绍了传染病监测和预警的基本原理,分析了监测与预警的关系,对预警工作的关键要素作了详细阐述。对于将要从事传染病预警工作,但对有关知识完全不了解或所知甚少的读者,通过阅读本篇内容可以迅速了解传染病监测预警的现代理论与方法体系。对于正在从事传染病预警工作的学者,也可以从中获取较为系统的预警知识信息。

第一章是传染病预警基本理论的概述性介绍,内容主要涉及传染病预警定义、预警的特点、预警的概念框架、预警分类,对传染病预警工作的意义、现状与趋势也作了分析。第二章系统介绍了传染病监测的基本原理、分类及技术要素,同时简要介绍了国内外具有代表性的监测系统。第三章涉及传染病预警相关的数据分析技术,介绍了常用预警模型的计算原理、监测数据特征分析方法,以及预警模型评价方法。第四章介绍了监测预警信息系统开发相关的知识,包括系统设计原则、功能结构、开发步骤等,同时还介绍了我国主要监测预警信息系统的系统特征、功能结构及实现的方法。第五章的内容涉及在获得预警信号后应该如何采取相应的响应行动,包括预警信息核实的方法、步骤,预警信息发布的原则、方式,以及针对预警事件采取的预防控制措施。第六章为预警系统评价,关注预警系统整体运行效能状态,内容涉及预警系统评价的工作内容及评价指标体系,还特别讨论了传染病监测数据的质量评价问题。

第一章

绪 论

杨维中 兰亚佳 孙乔

基本术语：监测、预警与预测 · 预警的概念框架 · 预警的分类 · 传染病监测预警的意义 · 传染病监测预警的现状与趋势

传染病的预防控制是当今人类面临的重大挑战，WHO 在 2007 年的世界卫生报告中提出，现今快速流动的、相互依赖和相互关联的世界为传染病的快速传播、核放射以及有毒物质的威胁创造了无数机会。传染病从地理学角度上讲比历史任何时候传播的速度都要快。据估计，2006 年有 21 亿人次的航空旅客；所以世界上任何一个地方一旦发生传染病暴发或流行，那么仅仅几小时后就会使其他地区大难临头。及早发现并识别出疫情的异常升高，是有效控制传染病暴发、新发传染病和不明原因疾病流行的现实需要，传染病监测预警技术正是在这一现实需要的推动下发展起来的。

传染病监测预警实际上是“监测”与“预警”两种技术在传染病预防控制领域的结合，监测是通过有计划地收集、分析传染病相关资料，提供有决策价值的信息来帮助疾病防控人员采取应对行动。预警则是采用专门的预警分析技术来对监测的信息进行分析，以及早识别出传染病的异常增高。“监测”与“预警”之间存在着密切的关系，预警是监测的重要应用领域。受益于相关学科理论与技术的发展与渗透，如流行病学、人工智能、微生物学、计算机科学、统计学、系统工程学、医学、兽医学等，监测预警技术得到快速发展，并在传染病控制领域发挥越来越重要的作用，其应用范围逐渐由传染病领域扩展到非传染病领域乃至整个公共卫生领域。

基本术语：监测、预警与预测

疾病监测通常是指连续地、系统地收集、分析、解读疾病发生及相关影响因素的资料，并将其发现用于指导疾病控制实践活动。传染病监测是疾病监测中应用得最早，也是应用最普遍的领域。监测最基本的应用包括描述传染病流行水平与特征，对传染病流行趋势进行预测，对传染病暴发流行事件进行预警，发现新的传染病等，监测结果直接用于指导传染病控制计划的制订、实施和评估，帮助决策者合理规划疾病防控资源，还应用于大众健康教育等。

传染病预警是在传染病暴发流行事件发生前或发生早期发出信号，以警示该事件可能发生或其发生的范围、程度等可能扩大。在英文文献中有不同术语描述传染病预警，最常用

的是“暴发探测”(outbreak detection)、“异常探测”(detection of aberration)和“早期预警”(early warning)。传染病预警是突发公共卫生事件预警的重要内容,《中华人民共和国突发事件应对法》对自然灾害、事故灾难和突发公共卫生事件预警作了相关规定,并且在法律条文释义对“预警”一词做了定义:“所谓预警,是指在已经发现可能引发突发事件的某些征兆,但突发事件仍未发生前所采取的管理措施”,即对监测到的事件信息进行分析,对发现到的征兆或异常现象,依据有关法律法规、应急预案中的相关规定,及时发布警报,并提出相关应急措施建议。

- 传染病预警是突发公共卫生应急工作的重要组成部分,在实施过程中表现出四个特点:
- (1) 以传染病监测为基础:预警是传染病监测的重要应用领域之一,科学的预警应该建立在监测信息的基础之上。通过各种有效的监测系统和信息收集渠道,收集传染病发生及其影响因素的资料,运用科学的分析方法,揭示传染病的发生、发展和流行规律,尽早发现疫情“异常增加”,对可能的传染病流行或暴发及时向相关责任部门和机构及可能受事件影响的人群发出警报,以便及时采取相应防控措施,控制和消除疫情。
 - (2) 信息指导行动:传染病预警目的是为了指导响应行动,以控制传染病暴发流行事件的发生,或者将暴发流行事件的影响减小到最低程度,因此预警与响应通常是紧密联系在一起的,这就是所谓的“信息指导行动”(information for action)的原则,这种将预警信息用于指导响应行动的系统模式可以称为“预警-响应”模式。世界卫生组织倡导建立的传染病早期预警与响应系统(Early Warning and Response System,EWARS)是这一模式的具体体现,图 1-1 提供了这一模式的结构示意。

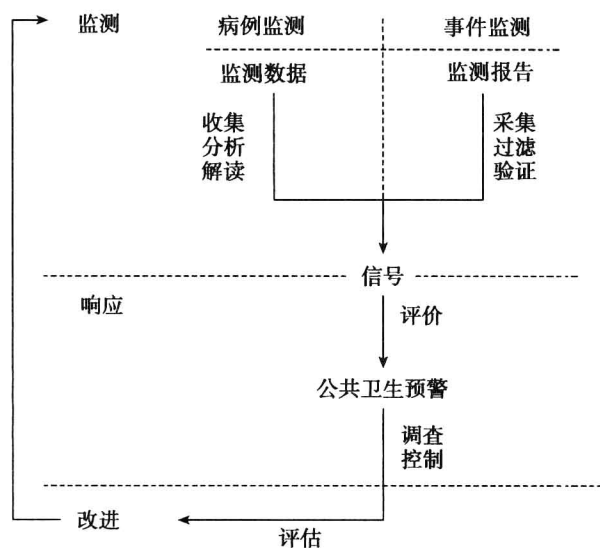


图 1-1 传染病早期预警与响应模式示意

(3) 及时性要求:在暴发流行事件的早期及时发现并发出警示信息,是传染病预警最基本的要求。在暴发事件发生时,传染病造成的危害与损失将随着事件发生时间的推移迅速增加,如图 1-2 所示,当生物恐怖者在人群中释放炭疽病菌后,感染病菌而死亡的人数将会快速增加。早期预警将为早期采取应对措施提供可能,若不能及时预警将失去控制疫情的机遇期。对于特定的预警系统来说,及时性采用暴发开始时间点与预警系统探测到暴发的

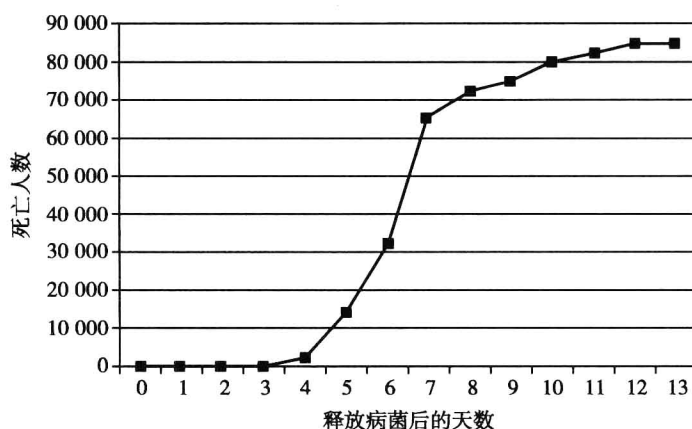


图 1-2 释放炭疽病菌造成人群感染死亡的模拟发生曲线
(来源:Wagner MM. Handbook of Biosurveillance)

时间点之间的滞后时间来表示,增加预警系统及时性就意味着减少滞后时间,可以通过应用不同的数据类型、改进监测数据收集的及时性、采用优化的预警算法等方式来提高预警的及时性。

(4) 信息不充分性:在传染病暴发事件发生的早期要做出响应决策往往有较大的时间压力,此时掌握的信息非常有限。同样,根据传染病疫情波动或病原、流行因素的微小变动来进行预警,也经常信息不足,对暴发事件的相关因素尚难以建立因果联系,也缺乏剂量-反应关系证据。因此在实施预警过程中,需要在考虑资料的不完全性和危害不确定性之后,在需要采取措施的地方进行危害警告。

与预警密切相关的一个概念是预测(prediction),它是对未来不确定事件的一种推测和描述,是人们对客观世界的未来发展变化趋向以及对人类实践活动的后果,事先所作的分析与估计。预测是为了探求客观事物未来的发展变化趋向,以达到指导行动,取得良好结局的目的。在概念上,预测与预报(forecast)基本上含义相同,只是后者更强调对预测结果的发布。

传染病预测最常见于对传染病未来的疫情水平和趋势做出判断,这需要以已有的与传染病流行密切相关的信息为基础,比如疫情监测资料、致病因子资料、宿主资料、环境资料等,采用一定的预测模型进行模拟分析,对未来传染病疫情的趋势、规模做出描述,如图 1-3 所示。根据预测时期的长短,预测可以分为长期预测(5~10 年)、中期预测(3~4 年)和短期预测(1~2 年),预测的信息主要用于指导传染病防治中长期规划和短期工作计划的制订。



图 1-3 传染病预测过程示意图