

莱茵河警报模型的开发与应用

胡苏萍

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024)

摘要 :受第 8 次莱茵河沿岸国家部长级会议的委托, 保护莱茵河国际委员会和莱茵河流域水文国际委员会于 1990 年共同开发了莱茵河警报模型。1998 ~ 1999 年荷兰代尔夫特水力学研究所对模型进行了改进, 开发了可以计算河流横断面上污染物浓度分布的二维模块。利用目前最新版本的莱茵河警报模型, 能够可靠地预报污染物的扩散进程。

关键词 :莱茵河; 警报模型; 污染物浓度; 污染物扩散

中图分类号 :X52 **文献标识码** :B **文章编号** :1004-693X(2009)03-0085-03

Development and application of the Rhine alarm model

HU Su-ping

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China)

Abstract :Commissioned by the 8th conference of Rhine ministers, the ICPR and the CHR jointly developed the alarm model for the Rhine in 1990. WL Delft Hydraulics improved the model in 1998 and 1999. It can now be run with the Windows operating system and includes two-dimensional modules that also calculate the concentration distribution of pollutants in a cross section of the river. The current Windows version of the alarm model can be used to accurately predict the dispersion of harmful substances in the Rhine.

Key words :Rhine; alarm model; pollutant concentration; pollutant dispersion

莱茵河发源于瑞士山区的融雪和冰川, 流经奥地利、德国、法国和卢森堡, 进入荷兰的三角洲地区后分为几条支流流入北海。莱茵河流域面积约为 18.5 万 km², 多年平均流量为 2 200 m³/s, 是欧洲最重要的流域之一。

1986 年 11 月 1 日瑞士巴塞尔附近桑多兹公司化学品仓库失火爆炸后, 约有 30 t 杀虫剂、杀真菌剂和除草剂等高毒性污染物随着灭火剂流入莱茵河, 造成 40 ~ 70 km 长的有毒水波, 对莱茵河水质和生态系统产生了巨大的影响^[1]。在此背景下, 莱茵河沿岸国家的部长们决定委托保护莱茵河国际委员会和莱茵河流域水文国际委员会开发莱茵河警报模型, 对莱茵河污染物的传播时间和浓度分布进行可靠预报。

1 模型的开发

开发莱茵河警报模型必须满足以下 3 个基本条件: ①警报模型能够在突发事故下运行, 即必须迅速提供计算结果; ②警报模型基于实时输入的数据, 包括有关污染事故的信息以及水位或流量, 这些数据由预警中心利用远程传输从测站获取; ③模型力求设计简单, 能够在 PC 机上运行, 以确保所有预警中心可以方便地使用警报模型。

在模型开发初期采用简单方式模拟污染物自然净化过程, 例如假设只有纵向扩散, 污染物完全直接与下泄的侧向来水混合, 水流稳定, 污染物仅作线性分解。在第 1 个警报模型中运用了一维对流扩散方程, 该方程以水流状况和纵向扩散为基础描述河道中的污染物输移。对第 1 个模型变量进行验证, 结

果表明,该模型可以准确地预测污染水体的传播时间,但是污染物最大浓度的计算结果不能令人满意,并且在某一段时间内污染物浓度分布与实测结果不一致。在天然情况下,经常发现污染物浓度分布不均,而一维模型无法对此进行模拟。为此在原模型中加入了静水区域的影响,将一维模型转变为“准二维模型”^[2]。

为率定和验证警报模型,在莱茵河及其主要支流上进行了示踪试验。与其他方法相比,示踪试验能够进行1:1的物质扩散试验模拟,从而为模型提供有用的参数。

最初于1988年完成的莱茵河警报模型1.0版未经校验。1990年开发的2.0校验版考虑了所谓“静水区域”对污染物输移的影响。“静水区域”指沿河床和河岸分布的几乎静止的水域和无净流量的区域,如自然形成的蜿蜒河道、植被以及人为形成的丁坝间区段。

2.0版警报模型扩充了自莱茵河畔施泰因开始的莱茵河流经瑞士的部分,临时增加了比尔湖下游的阿勒河。原先临时加入警报模型的摩泽尔河由新的德国摩泽尔河段模型分支取代(图1)。从2.0版起可以注明流入的污染物是否为漂浮物,如油。在2.1版中,临时加入的阿勒河由比尔湖至流入莱茵河的河段模型分支取代(图1)。2.0版和2.1版在DOS系统下运行。

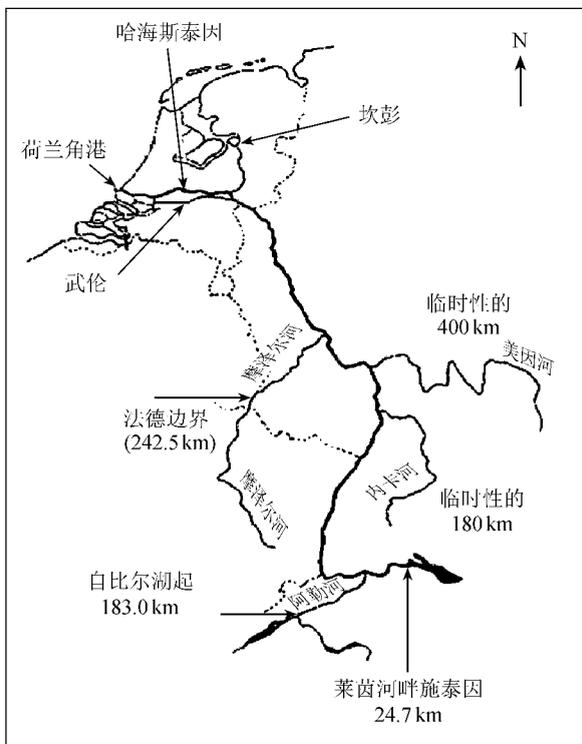


图1 莱茵河警报模型网络

1998年开发出Windows 3.0版警报模型,加入

了二维模块,可以计算沿河宽的污染物输移。此外还增加了位于哈海斯泰因和荷兰角港之间的荷兰三角洲的支流(图1)。通过试验计算以及与示踪试验和实际事故测量结果的比较,证明二维模块能够提供可靠的计算结果,尤其是在河流分叉和汇合条件下可以较好地模拟污染物的质量分布^[3],从而更准确地预报污染物的输移时间。

为便于更新流量数据,在Windows版本中最多可以输入10种流量状况。模型确定每一时间步长(大都为1d)污染水波在流域中的位置,并利用所输入的当地流量状况进行污染物输移计算。采用Windows版警报模型还可以储存流量数据,即不用当时实际的流量数据,而采用特定的流量数据,对污染水波抵达时间进行初步估算。因为莱茵河中实际的流量变化很慢,采用平均流量能够得到较准确的预报结果。由于摩泽尔河的水流动力作用,与采用污染事故发生时测得的流量相比,采用特定的流量情况反而能够更为可靠地预报污染物最早和最晚的抵达时间。

为提高预报的准确性,尤其是在低水和壅水条件下的预报精度,在Windows版本中加入的阿纳姆下游荷兰境内的莱茵河段更为详细。在该区域内由于壅水的缘故,流量与水位之间不存在明确的关系,因此,在壅水条件下除流量外,还可输入水位。在难以获得水位数据的情况下,可以建立与其他相邻测站的流量关系。

2 模型的应用

莱茵河警报模型模拟自博登湖至北海的莱茵河,包括支流阿勒河、内卡河、美因河和摩泽尔河。模型计算时必须考虑污染物泄入地点、初始污染的情形、降解率、流量和/或水位,以及地形和消散等因素。莱茵河警报模型可以计算出输入地点污染物浓度随时间的变化以及河流中出现污染物最大浓度的时间和分布范围,需要时还可以显示污染水波从源头至北海的行进过程。污染物行进时间的预报精确度约为98%,污染物浓度的计算精确度约为95%。

莱茵河沿岸的瑞士、法国、德国和荷兰均设有国际预警中心(图2),各中心24h有人值班,一旦发生污染事故,就启用莱茵河警报模型预报污染物的扩散,并及时向下游预警中心发布信息,自来水厂和水管理部门可以根据预报结果采取相应的措施,如关闭取水口。

目前通用的Windows 3.06.03.1版莱茵河警报模型的用户界面友好,适用于莱茵河各河系或运河网。所开发的模型可供用户在预警系统框架内运



图2 莱茵河国际预警和警报系统

行。模型包括两个部分：①为基于地理位置的用户界面，包括有关事故和水文数据的输入界面以及显示计算结果的输出界面；②为计算模块。

在基于地理位置的用户界面上，用户可以在地图上标明事故地点和需要计算的位置。其他输入数据包括事故时间、泄入的污染物数量以及污染物泄入点的河岸（二维选项），另外还可以输入水文数据，即某些测站测得的水位和流量，以及流量调控选项（即是否筑坝壅水）。

模型输出结果包括：①污染水波输移和扩散的地理位置显示；②某一测点污染物浓度变化过程（用图表表示）；③污染物最大浓度以及达到污染物最大浓度时沿河流的输移时间（用图表表示）；④河流横断面上污染物浓度的变化过程（用图表表示）。

校验结果表明，在流量与实际相符的条件下，莱茵河警报模型预报污染水波抵达时间的误差小于5%。图3所示为1993年6月莱茵河污染事故的监测结果。当时在3h内约有3t可降解的硝基苯从莱茵河左岸433.2km处流入莱茵河。图3中所示为混合试样的测量结果，即污染物浓度变化原则上仅为近似测量结果，因此与莱茵河警报模型比较仅为指示性的。因为模型对近岸区流速较慢未予考虑，所以模型预测的污染水波抵达附近地区的时间过早（参见图3，美因兹测站位于污染物泄入点下游65km），比较时考虑了污染物的横向分布，降解系数确定为0.25。由图3可知仅相距约2.5km的洛比特和比门2个测站的测量精度。

结果表明，要准确预报污染水波抵达各测站的时间，需要准确说明污染物泄入的时间和历时以及污染物数量和降解系数。然而在大多数情况下缺少这些条件，因此莱茵河警报模型主要用于确定污染水波的通过时间。

3 结语

莱茵河警报模型可以对莱茵河中污染水波的抵达时间和扩散过程进行预报。在发生污染事故时可立即启用警报模型，该模型作为莱茵河预警系统的永久组成部分为污染事故监测提供技术支持。多年来，莱茵河警报模型一直由莱茵河流域水文国际委员会负责管理、维护和更新。1993年开发的2.1版警报模型在DOS下运行，主要以对流扩散输移方程为依据进行一维计算，计算时各河段沿流向采用变化的参数。1998年开发的3.0版警报模型在Windows下运行，可以更精确地输入地形和水文数据。另外还开发了二维模块，可以计算污染物沿河流宽度的横向扩散。采用二维模块明显提高了计算结果的可靠性，尤其是在河流分叉和汇合条件下可以更精确地计算出污染物的质量分布。

可靠的预报结果有助于自来水厂和水管理部门

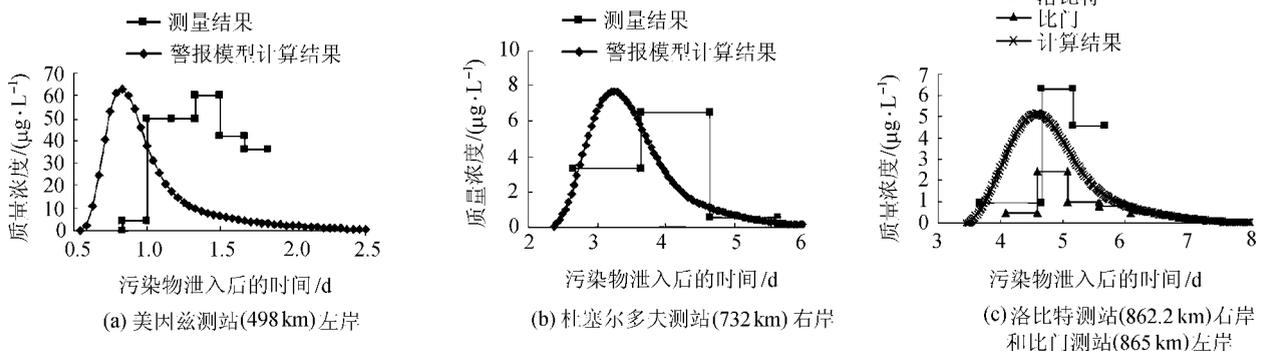


图3 莱茵河警报模型预报结果与实测污染物浓度的比较

b. 短期的节水措施。在建设节水型社会初期,可采取一些暂时的强制性措施:例如,免费赠送安装节水器具,征收节水型水费;在农民可承受范围内,开始征收农业水费^[4]。建议节水型水价构成如下:①自来水公司水价构成为:“水资源费(A)+水利工程水费(B)+企业运行费用(C)+微利(D)+超额加价部分(E)”三部分之和;②自备水源水价构成^[5]为:“水资源费(A)+管理费(F)+超额加价部分(E)”三者之和。

关于A:水资源费重点考虑水资源本身价值和环境价格(污水处理费)。水资源费随着用水方式、用水户对象、水资源短缺程度不同而略有区别。

关于B、C、F:采取技术和管理等措施,尽力减少该部分实际费用,以保证正常运行。

关于D:目前,大多水厂并不盈利,技术、设备更新困难。节水型水价要求提高D,提高水厂生产积极性,提高供水质量,保障用水安全。

关于E:属于强制性的节水性收费,主要手段是定额收费、超额加价的水价制度。

以下几个问题值得注意:①要制定合理的用水定额和合理的基础水价,保障人民基本生活用水要求;②必须量化自备水源;③承受价格可按水费所占比重计算,建设初期,可取其上限定价。

3.3 节水型社会机制建设探讨

节水型社会机制主要包括投资机制、激励与补偿机制、参与和监督机制以及配套制度建设等,这里

不作详细探讨。

4 结 语

中小城镇是我国未来节水型社会建设的重点,本文将中小城镇节水型社会建设模式分为5种类型。实践中应结合城镇特点确定适宜的建设模式。海城市节水型社会建设侧重于确定合理用水比例,保障生态用水,采用可持续污水处理模式加强中小城镇污水处理,充分利用经济手段,制定节水型水价等。

建议在未来的中小城镇节水型社会建设中应加强水资源承载能力及水资源承载能力的定量研究,为节水治污提供基础依据。加强农村饮水安全研究、乡镇企业清洁生产实践研究、工业与农业间循环经济发展研究等。

参考文献:

- [1] 贾 骥. 县域节水型社会建设的实践与探索[J]. 节水灌溉, 2006(3): 44-45, 48.
- [2] 褚俊英, 秦大庸, 王建华, 等. 我国节水型社会建设的模式研究[J]. 中国水利, 2006(23): 36-39.
- [3] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- [4] 张明斌. 县域供水价格存在的问题及其改革建议[J]. 中国农村水利水电, 2005(5): 46-47, 51.
- [5] 苗慧英, 付燕. 基于水资源环境价值论的水价确定方法与例证[J]. 南水北调与水利科技, 2005, 3(3): 44-48.

(收稿日期: 2008-05-21 编辑: 徐娟)

(上接第 87 页)

在发生严重污染事故时及时采取相应的限制性措施。2006年莱茵河流域水文国际委员会开始对是否进一步扩充莱茵河警报模型的功能进行讨论,目前存在对模拟热排放模型的需求。

参考文献:

- [1] 刘恒, 陈霁巍, 胡苏萍. 莱茵河水污染事件回顾与启示[J]. 中国水利, 2006(7): 55-58.
- [2] 董哲仁. 莱茵河——治理保护与国际合作[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2005: 12-24.
- [3] Van MAZIJK A, Van GILS J A G, WEITBRECHT V. Analyse und Evaluierung der 2-D-Module zur Berechnung des Stofftransportes in der Windows-Version des Rheinalarmmodells in Theorie und Praxis[R]. Lelystad: Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, 2000.

(收稿日期: 2007-11-29 编辑: 高渭文)

· 简讯 ·

中俄 2009 年跨界水体水质联合监测 涉及 5 个跨界水体

中俄 2009 年跨界水体水质联合监测近日在鸡西市正式启动。2009 年中俄跨界水体水质联合监测涉及 5 个跨界水体。根据中俄双方约定,在 5 月 14 日至 5 月 22 日期间,中俄双方将在水体交界的 9 个断面进行 9 次联合监测。

为改善中俄两国跨界水体的水质,中俄两国于 2006 年制定了《中俄跨界水体水质联合监测计划》。这一计划提出在中俄界河已经开展的监测工作基础上,对跨界水体黑龙江、乌苏里江、额尔古纳河、绥芬河和兴凯湖水体开展联合监测。根据规划,联合监测自 2007 年开始,为期 5 年。

作为中俄环保合作的重要组成部分,中俄跨界水体水质联合监测工作自 2006 年计划开展以来,取得了良好成效。跨界水体水质监测工作取得的成果,受到中俄环保合作分委会的高度评价。

(本刊编辑部 供稿)