

# 兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统

王 勇<sup>1</sup>, 李晓霞<sup>1</sup>, 李晓苹<sup>2</sup>

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省气象信息技术装备保障中心, 甘肃 兰州 730020)

**摘 要:**介绍了兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统的结构设计、数据流程、系统特点、功能研究成果。该系统利用网络技术,为兰州铁路局防洪指挥提供高效、优质、及时的服务平台。系统提供实时气象资料查询 72 h 站点精细化预报、每日 3 次线路预报、中期预报及沿线管界图、灾害库等资料信息。另外,统计分析了 2002~2007 年历年兰州铁路局水害的详细资料及气象资料后,分别给出了铁路沿线的水害时空分布特征及不同降水类型、量级影响下发生水害的特征,建立了 5 级预警等级,并以此为基础分别为 15 段铁路线路发布铁路水害预报预警信号。

**关键词:**铁路防洪;气象预警;水害分布特征;水害灾害库

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

## 引 言

兰州铁路局营业里程 3 851 km,线路总延展 6 490 km,以兰州为枢纽,由陇海线西段、包兰线南段、兰新线东段、宝中线北段和兰青、青藏、干武等 7 条干线及白宝、镜铁山等 10 条支线构成了西北铁路的基本框架,是亚欧大陆桥在我国境内的重要通道。铁路沿线各地气候气象变化较大,地貌、地质和人文活动差异尤甚,特别是个别地段水灾发生频率高,持续时间长,造成的经济损失重,社会影响大<sup>[1]</sup>。张清、陈亚宁等曾深入地分析了我国交通运输气候灾害的形成、类型和分布<sup>[2]</sup>,就气候异常对其影响作了诊断分析<sup>[3]</sup>。结果表明,在影响我国交通运输的各种气候灾害中,以暴雨洪水灾害最为严重,影响范围也最广。铁路运输是我国交通运输的骨干,为确保铁路行车安全和运输畅通,有效预防、控制暴雨和洪水灾害以及由此引发的山体崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害,提高灾害发生后的应急反应能力,减轻灾害对运输秩序的影响和对运输设备造成的损害,随时掌握灾情水情,指导防洪抢险,尽快恢复正常运输秩序,及时有效地将气象预警服务信息传达到兰州铁路局指挥系统,提早预防由此产生的灾害损失及人员伤亡,我们利用目前已经应用比较成熟的 WEB 技术,建立了兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统。该系统在业务中的投入和使用,对提高我省专业气

象服务水平和为兰州铁路局提供高效的服务将起到很好的作用。

## 1 系统体系结构

兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统借鉴了国外、国内 Web 技术的先进经验,以文本、图表、图像及 WEBGIS 的服务产品显示方式,采用完全基于网络应用的结构<sup>[4]</sup>。

(1)产品制作端采用 Client / Server 框架结构,用 Intranet 技术。包括服务器端和客户端 2 部分。服务器端主要进行后台管理;客户端负责数据的管理工作,气象资料的入库和更新,预报制作和预警信息的发布等都在客户端进行。

(2)产品显示端采用 Browse / Server 框架结构,采用 Internet/Intranet 技术。服务器端安装相应的软件,客户端是靠浏览器软件登陆服务器进行的。客户端在浏览器里实现预报、预警,资料查询等任务。服务器端保存数据库并完成大部分的计算工作,这对用户的软硬件要求不高,方便调阅,易于操作。

(3)后台数据库采用 SQL 数据库和 Access 数据库相结合的方式。站点精细化预报模块数据库采用 SQL 数据库,数据库建立了站点气象要素数据库表,包括站号、站名、天气现象、最高气温、最低气温、风速等要素,采用 SQL 数据库安全,可靠性高,并且易

于维护。系统其它静态数据采用 Access 数据库,其中包括历年水害库、路段预报、路段预警等数据,这种方式界面友好、易操作,并且能处理多种数据信息。

## 2 系统的数据流程

### 2.1 监测信息采集及入库

系统采集自动站、雷达、卫星云图等实时气象资料入库。自动站资料来自甘肃省自动站数据,从数据库中调取显示每小时的温度、湿度、风速、风向、降水量等要素。卫星云图是接收 FY-2C/2D 卫星云图,然后生成 JPEG 格式的图片,从客户端显示给用户使用;雷达产品通过后台算法后,生成甘肃省 4 部多普勒雷达的拼图,提供 JPEG 格式的文件显示出来。云图和雷达产品都是每小时一次,显示最新时刻的产品。

### 2.2 预警预报信息制作及入库

路段预警预报是以后台模型算法为基础,在 Access 数据库基础上进行运算,发布预警级别。图 1 为路段预警信息制作判别流程。

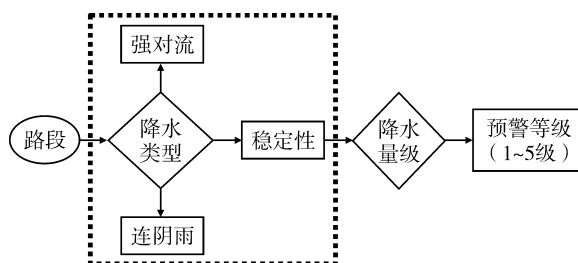


图 1 预警模型判别流程图

Fig. 1 The flow chart of the early warning model

### 2.3 系统数据流程图

系统主要路段预警预报、灾害库等采用 Access 和 SQL 后台数据库对资料数据进行管理,最终的产品以 WEB 的方式显示。系统数据流程图见图 2。

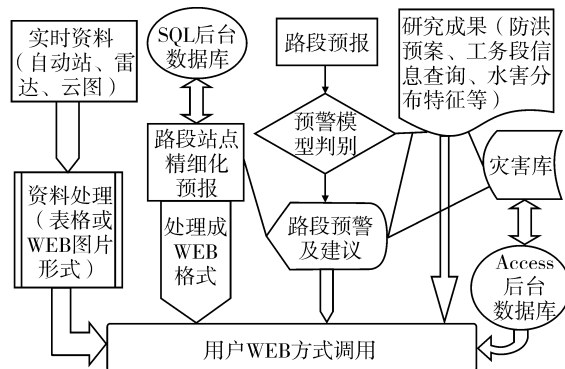


图 2 数据流程图

Fig. 2 Data flow model

料、最新的监测和预测产品。气象预报预警产品、工务段、防洪预案等左框架采用目录树回缩技术,使各类资料根据用户选择逐步展开,具有层次结构清晰、方便检索的特点。实时资料(卫星云图和雷达拼图)显示采用 windows 风格的下拉菜单技术,对各时段资料以列表方式供用户选择;自动站资料实现表格显示和在铁路沿线以图的方式显示,并提供数据查询功能。路段预警为客户提供前台选择功能,通过后台计算发布预警等级、预警信号并提出建议,以友好的方式显示。发出的预警信号、防洪建议等最新信息会以弹出菜单的形式在首页最前面弹出显示,提醒客户注意,达到及时服务的效果。

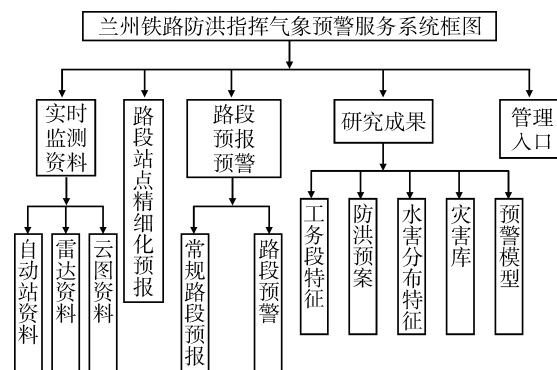


图 3 兰州铁路防洪指挥气象预警系统框图

Fig. 3 The frame diagram of Meteorology Warning and Commanding Service System for Lanzhou Railway Flood Prevention

## 3 系统设计和实现

### 3.1 系统模块的划分与设计

系统前台采用 B/S 结构,所有的用户操作系统都是在浏览器中完成,预报资料的维护后台采用 C/S 结构,整个系统结构分为:实时气象资料(自动站、云图、雷达拼图)、气象预报预警产品、防洪预案、工务段信息查询、水害分布特征、水害灾害库等模块(图 3)。系统采用 ACCESS、SQL 后台数据库对资料数据进行管理,并和互联网对接,以获取实时资

### 3.2 系统特点

预报预警信息、路段预报、站点精细预报、实时资料等部分内容每天更新。为了使用户看清楚天气系统的连续演变过程,对云图、雷达拼图、自动站等实况检测资料实现逐时显示,并提供查询功能。为了检索的方便,整体采用窗框的形式,下拉菜单的结

构。自动站及72 h精细化预报以列表和图2种方式显示,方便查阅。提供了管界图、兰州铁路局防洪预案等资料以及许多科研成果显示,包括历史水害灾害库、水害的时空分布特征、不同降水类型及量级对不同路段的水害预警等级等统计分析资料。另外,提供每天3次的线路预报、中期路段预报和短期气候预测以及发生灾害天气时的预警等级信号,预警以弹出菜单的形式在首页醒目显示,为用户提供服务。

### 3.3 系统功能

#### 3.3.1 实时资料

实时资料模块包括自动站资料显示、卫星云图显示和甘肃省雷达拼图显示3部分。自动站资料分别以表格和图2种方式显示,表格方式列出了铁路沿线最新时刻的自动站温度、湿度、风速风向、雨量等气象要素,并提供查询功能,可以选择单一站点某个时次的气象要素进行查询;图的方式是在首页的兰州铁路局管界图上,当鼠标移过站点时,就会以弹出菜单的形式显示站点的气象要素,方便用户访问查询。

卫星云图和雷达拼图的显示是以网页常用的JPG格式显示,当点击卫星云图和雷达拼图菜单时,就会显示最新时刻的卫星云图和雷达拼图资料,而且提供其他时刻资料的查询和动画功能,方便用户看清天气形势。

#### 3.3.2 站点预报及路段预报预警

站点预报在精细化预报的基础上,提供铁路沿线的气象站点的72 h精细化预报,分别以列表和图的方式为用户显示,提供查询。

在统计了铁路沿线不同气候地理背景及分析了历年水害发生特点后,将兰州铁路局所辖线路划分为:安北(安西北部)—酒泉、酒泉—临泽、临泽—武威、武威—天祝、天祝—兰州、兰州—定西、定西—天水、兰州—白银、白银—中卫、中卫—银川—石嘴山、中卫—固原、固原—平凉—安口(崇信)、白银—靖远—红会、嘉峪关—镜铁山、武南(武威南)—甘塘等15段线路分别做预报预警。路段预报每天提供早、中、晚3个时次的铁路沿线预报、中期10 d的线路预报和短期气候预测。

路段预警是建立在对兰州铁路局各运营线路不同的地理气候背景基础上,对2000年以来历次强对流、连阴雨、稳定性降水等不同降水类型在不同降水级别上所产生的水害情况做出统计分析后,建立预警等级模型,具体预警等级分为5级<sup>[2,5]</sup>:1级发生铁路水害可能性小,正常巡护;2级有发生铁路水害

的可能性,注意巡护;3级可能会发生铁路水害,加强巡护、排查安全隐患;4级发生铁路水害可能性大,重点看护;5级发生铁路水害可能性非常大,采取各种安全措施。将服务线路分为15段路线,对这15段线路分别做预警等级模型处理,确立等级算法。预报员只需要分别做出路段、降水类型及降水量级的选择,通过后台运算,就可以计算出预警级别,并且给出预防建议,不但减少了预报员的工作量,而且为用户提供人性化的显示界面。

#### 3.3.3 工务段信息查询和防洪预案

兰州铁路局工务段提供管界示意图包括固原工务段管界图、兰西工务段管界图、陇西工务段管界图、河口南工务段管界图、嘉峪关工务段管界图、张掖工务段管界图、武威南工务段管界图、银川工务段管界图等不同工务段内的管界详细示意图和情况介绍;防洪预案提供近年来兰州铁路局及其辖区内各线路的防洪应急预案。这些文件资料分类显示,有不同的菜单和目录可以调阅,方便用户查询。

#### 3.3.4 水害分布特征和灾害库

此部分内容为历年水害资料及气象资料统计分析基础上的科研成果,包括:水害时空分布特征、不同的降水对水害的影响、水害预警模型及水害灾害库。

(1)水害时空分布特征成果。近十几年来周华国<sup>[6]</sup>等做过不少我国铁路水害的时空统计特征的研究,而西北地区的分析资料较少。时空分布特征有时间分布特征和空间分布特征,从年际变化来看,断道次数与年降水量变化趋于平稳,而断道时间变率较大,最少11 h,最多可达56.5 h。分析表明,6 a间兰州铁路局的铁路水害合计126.8 h,84次,均发生在5~10月。其中以7~8月的断道时间和次数最多,分别占到全年的62%和77%;铁路水害主要集中在夏季6~8月,这与降水量的季变化十分一致。断道次数、断道时间和路段平均降水量的变化趋势基本一致,呈现出由西北向东南逐渐增多的趋势,断道时间变率大于降水量和断道次数。

(2)不同量级的降水对铁路水害的影响。比较不同量级降水与铁路水害影响表明:大雨、大到暴雨与铁路水害的相关性最好,大雨与断道次数的相关系数达到63%,与断道时间的相关系数达到61%;大到暴雨与断道次数、断道时间的相关系数在51%左右。暴雨与铁路水害的相关性并不好,这是因为暴雨在西北地区是小概率事件,样本数少,并不表明暴雨对铁路水害影响小。造成兰州铁路水害的强降水为:区域性大到暴雨天气、突发的强对流天气和秋

季连阴雨天气。2002~2007年间,共发生铁路水害85次,其中由强对流天气引起的铁路水害43次,断道占铁路水害的50.5%,由区域性大雨、暴雨引起的铁路水害是34次,占总水害次数的42%,连阴雨造成的水害8次,占水害总次数的9.5%。

(3)水害预警模型。强对流天气从小雨到暴雨均能引发铁路水害,其中,局地暴雨引发的水害最为严重,达51.7h,占总断道时间的33%;强对流天气易造成武威—天祝、天祝—兰州、兰州—定西、定西—天水、兰州—白银等路段发生较严重的铁路水害;中卫—固原段需提防强对流天气。区域性降水天气中雨以上就有可能引发铁路水害;辖区内的兰新段、陇海段过程性中雨会发生铁路水害,其余各段大雨以上降水将引发铁路水害。连阴雨天气中当站点雨量累计到大雨以上时易引发铁路水害,但是在兰新线天祝至兰州段,连阴雨累计到中雨时也会发生铁路水害。

(4)水害灾害库。灾害库统计分析了2002~2007年间的各路段所经过的气象站点发生灾害的时间、灾害的类型、灾害所造成的损失、发生灾害时的天气现象、当时的降水量和降水时间、抢救方案及所分的降水类型。将以上资料通过数据库形式建立了灾害库,提供查询,方便用户和预报员随时查阅历史的灾害情况,以便为用户做出及时准确的预报预警,做好服务。

## 4 系统应用情况

系统自2009年5月起在兰州铁路局进行了运行,通过此系统可以随时调阅雷达、卫星云图等资料,了解最新的天气信息,掌握路段水害预警等级和防洪提示;分析了兰州铁路局水害的时空分布变化,

结合各路段防洪预案,建立了水害预警模型。对于2009年的几次较大的降水都作出了及时准确地预测,起到了较好的服务效果。

## 5 结语

兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统是以计算机Web技术为基础,实现了专业铁路沿线实时气象资料显示及气象预报预警服务的科学化、动态化和可视化显示,并使气象预报资源合理、高效利用,已经投入业务运行。兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统有着良好的发展前景,如果把它与GIS等结合起来,应用前景将会更加广阔,这也是业务系统发展的方向和主流,可以更有效地发挥综合效益。为铁路部门减少水害引起的损失和人员伤亡提供一种高效快捷的服务途径,将提高甘肃省铁路沿线专业气象预报和服务水平,也使我省气象部门的专业气象预报现代化水平大大向前迈进了一步。

### 参考文献:

- [1] 汤家法,姚令侃,华明. 铁路汛期行车安全对策[J]. 自然灾害学报,2002,11(3):131-136.
- [2] 张清,黄朝迎. 我国铁路水害及其评估模型研究[J]. 应用气象学报,1999,10(4):498-502.
- [3] 陈亚宁. 新亚欧大陆桥新疆段地质灾害类型及时空分布研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,1999(4):68-74.
- [4] 张鸿,缪维,张铁军,等. 基于Web技术的西北指导预报系统的设计与实现[J]. 干旱气象,2006,24(3):75-79.
- [5] 汤家法,姚令侃,蒋良维,等. 成昆铁路(北段)汛期降水的时空统计特征及雨量警戒区段的划分[J]. 中国铁道科学,2002,6:95-99.
- [6] 周华国,魏庆朝,曾学贵,等. 近十几年来中国铁路水害的时空统计特征[J]. 自然灾害学报,1995,4:43-46.

## Meteorology Warning and Commanding Service System for Lanzhou Railway Flood Prevention

WANG Yong, LI Xiaoxia

(Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** The structure design, data flow frame, characteristic and function of the meteorology warning and commanding service system for Lanzhou railway flood prevention was introduced in this paper. By using network technology, the system provided a highly effective, high quality and prompt service platform for the Lanzhou Railroad Bureau. The system provides the real-time meteorological data, 72 hours fine prediction, three times line prediction in a day, mid-range weather forecast and the flood disaster information as well as jurisdictional boundary chart along the route. Moreover, based on statistics of all flood disaster information provided by Lanzhou Railroad Bureau and meteorological data during the period of 2002-2007, the temporal and spatial distribution of flood disaster along the railway route has been obtained, and the flood disaster features under the different type and magnitude of precipitation was also obtained and five grades warning ranks have been established, the railway line flood disaster warning signal is issued for 15 routes, respectively.

**Key words:** railroad flood prevention; meteorological warning; flood characteristic; flood disaster database