生态环境保护区域的地质灾害气象风险预警系统研究

邓嘉莉
四川九 0 九建设工程有限公司　四川绵阳　621000

【摘　要】本文设计了生态环保区地质灾害气象风险的预警系统，从而在最短时间对生态环保区地质灾害风险进行监测和预测，来降低灾害给人类所带来的损失。快速及时的、准确的预警信息能够为相关单位及人员提供及时的信息参考，从而做出适当的行为决策，进而降低人员伤亡和财产损失。以上研究内容客观反映了环境气候风险预警的研究成果，也反映目前国内外对于此方向上的研究热点和发展趋势，为我国地质灾害研究及预警服务水平的进步提供助力。

【关键词】生态环境保护区域；地质灾害；气象风险；预警系统

Research on Meteorological Risk Early Warning System for Geological Disasters in Ecological Conservation Areas

by Deng Jiali
Sichuan 909 Construction Engineering Co.，Ltd. Mianyang City，Sichuan Province　621000

【Abstract】This study designs a meteorological risk early warning system for geological disasters in ecological conservation areas，enabling rapid monitoring and prediction of such risks to minimize human losses. Timely and accurate early warnings provide critical references for relevant organizations and personnel，facilitating informed decision-making that reduces casualties and property damage. The research objectively reflects achievements in environmental climate risk early warning studies while highlighting current domestic and international research trends in this field，thereby advancing China's geological disaster research and early warning service capabilities.

【Key words】Ecological conservation areas；Geological disasters；Meteorological risk；Early warning system

引言：

我国的地形条件极为复杂，因此，如洪水、地震等对地质灾害具有影响作用的不利因素一直存在。再加上人工建筑活动的增加，尤其是面积和强度的增大，也加剧了地质灾害的出现几率。地质灾害是世界常见自然灾害的类型之一，其所带来的危害和威胁程度应引起重视。地质灾害的成因主要包括内生因子（如地势、地貌、地质结构、植被覆盖率、水文地质环境）和外生因子（即人为因素或自然因素，如开挖边坡、堆积或者移除沙土石头等，以及诸如暴雨、地震等自然因素），而降雨是诱发地质灾害频次最多和最易引发地质灾害的关键诱因之一。在发生灾害时，我们考虑更多是它的可性概率，而通过科技手段，我们的防护理念从亡羊补牢转变为了以预防为主。

1 生态环境保护区域

生态保护区域为具有完整的天然生态系统并能维持生物多样性的地区，有保持水分、涵养水源、调节气候的功能，包括地质、地貌、气候、水文、土壤和此地区上生活着的动植物等。自然综合体的各种元素组成的统一体。虽然这样环境自调节能力很强，但是对于地质灾害的发生仍然并不能完全抵抗。而地质灾害的发生主要受地质构造、地貌和水文地质、气象因素、自然条件等影响，而其中气候条件又在其中起着关键性作用。大地震发生时，由于地球表面运动产生的地质构造变化而引发地质灾害，也会诱发地下水变化[1]。常见的有：崩塌、泥石流、地面沉陷、地裂缝、地震、土地荒漠化/盐渍化、水土流失。除此之外，还可能直接或间接危害到人们的生命和经济发展，引起生态环境质量下降、生态失衡、破坏生态系统的某些功能。虽然灾害不可控，但灾害具有一定可控性。可调控因素主要包括地质构造、地形地貌、气象条件、水情、人为活动等。因此，本文基于其中的气象因素，制定地质灾害气象风险预警模型。

2.地质灾害预警预报系统的构建措施

2.1 科学构建高效稳定的应用平台

2.1.1 数据库作为核心要点的重要性

数据库在地质灾害预警预报系统中的作用在于为系统提供大量的地质资料和气候资料等信息存储，同时也为各种预警模型的解析和预估提供强大的基础。数据库优秀的结构化查询语言 SQL 能够提供可靠性、保密性、高效性等优点，从而为后续的预警预报工作提供高质量、可靠的数据库。与此同时随着科技的发展，数据库需要具备优秀的可扩容性和修复性，为后期数据量扩容和系统升级提供支持。

2.1.2 数据平台构建的关键环节

所谓先进的数据管理系统是应具备数据采集、存储、处理、分析和可视化的功能。在数据采集环节上要做到覆盖范围广泛和准确，并且保证较高的可靠性。在对数据的存储方面，应当选择合适的技术和设备，保证数据的安全和稳定性。而在数据处理和数据分析环节，运用先进的计算技术和处理模式分析和研究数据，挖掘出有效有用的信息；最后在数据可视化的领域内应当构建界面简单易用的可视化界面，让用户能简单直接地查看并分析数据。

2.1.3 确保数据的科学性与及时性

准确性主要是指数据来源确保来自权威且有严格的质量控制和检验的过程，从而确保数据的准确性和可靠性[2]。为此，我们应该建立全生命周期的数据采集、复查、更新流程，从源头保证数据的真实性、规范的操作过程。通过定期更新和交换来保证报文内容的时效性，向政府部门、社会公众提供及时、准确的预警服务。因此，在我们的地震灾害预报预警系统设计中一定要注重数据的准确性和时鲜性，只有这样才能使预警服务更有准确性。

2.2 确保系统的安全性与权威性。

2.2.1 系统整体维护与使用寿命延长

为确保体系能长期运行且具有良好地生命周期，需要做好整个体系的维护工作，具体包括对体系硬件系统进行定期的维护、检修和替换以维持良好地工作性能，对软件系统实施升级和打补丁等以修复安全漏洞及增加系统稳定性。同时，还需要制订一份系统故障应急处理方案，当系统出现故障时，能及时做出反应并恢复系统正常运行[3]。

2.2.2 系统间的紧密联系与协同运作

地质灾害预警预报系统虽然是独立存在的，但同时它也应当和有关联的系统展开深入互动协同工作[4]。这就要求形成一套有效的系统间的联系方法及一个统一的数据交换规范，在该系统与其他的系统（比如气象观测系统或地质调查系统等）联系相互传递数据及共享信息以后能获得更完整和准确的数据，从而提高该系统的预报准确率和有效程度。同时，这样的联动和合作，提高了整体的预警网络系统的工作效率，在地质灾害发生时能第一时间反应。

2.2.3 操作日志的记录与错误排查

对于操作日志的记录与故障解决对于维护地质灾害预报预警系统稳定性和可靠性具有很重要的意义[5]。详细的记录系统运行情况有助于通过系统运行过程中出现问题后的问题查询、追根溯源，能够迅速发现问题，并及时处理问题。当系统发生故障或产生预警错误的情况时，操作日志可以作为问题源的主要依据，有利于专业技术人员对错误进行及时和准确的定位处理。这样可以保证地质灾害预警预报系统的稳定性和可靠性。

2.3 地质灾害预警预报系统的监测。

2.3.1 系统构建的试点操作与效用观察

地质灾害预测预报系统的建设是个循序渐进的过程，只有进行试点试验才能检验系统所实现的功能及其表现[6]。选择典型地区作为试运行地，可以对系统整个运行状况进行监测，包括数据采集、传输、处理和分析。同时还要观察试验范围内地质灾害的预警预报情况，检测其准确性和时效性，有利于发现问题、改正问题，在试验运行的基础上支撑系统扩展，促进应用系统得到普及。

2.3.2 系统运行数据的记录与标准对比

对于地质灾害监测预警平台，其运行所产生的海量信息中既包括各个重要地质灾害参数的信息，又包括地质灾害监测预警平台的工作状态信息及其质量，这一类信息是相互交叉的。从获取信息的角度考虑，我们需要定位每一个信息的具体时间点、来源和质量等级。这一类数据有的来源于地质灾害危险区域分布范围广泛的各种监测装置，例如雨量计、土壤含水量计、地震仪等。这些不同的监测装置源源不断地向地质灾害监测预警平台发送着实时的地质环境监测信息，因此对于地质灾害预警平台的质量要求必须保障监测信息的准确性和完整性[7]。另外，我们还需要把这一类数据同前期设定标准的数据信息进行详细比对。这些标准通常是在数据资源、地质学科研究理论及地质灾害危险程度预测模型基础上经过以往的经验积累而得出的。对比当前数据与这些标准数据，可以帮助我们估算当前地质灾害危险程度并判断地质灾害监测预警平台的工作状态是否满足地质灾害预防工作要求。另外，存储的这些数据不仅仅是当前地质灾害预警工作的支撑，还可以为后期的平台改进和优化提供有价值的经验和教训[8]。当前，我们就可以马上采取措施，如检测传感器健康状况、修正预警算法配置、触发应急响应等等，来保护人民群众的生命财产安全。

2.3.3 问题排查与精确性保障

对于地质灾害预警预报系统的监视，首先需对全部系统硬件设备进行全面检查。这包括各个关键设备如传感器、数据采集器、通信设备等进行周期性测试与维护。因为这些设备通常处于易发生地质灾害区域，所以需定期测试其工作状态，保证其在恶劣环境下能保持正常的工作运行状态，并且能有效地得到和传输信息[9]。其次，地质灾害预警预报系统需要接收和处理大量的实时观测数据，对其执行复杂的模型分析，需要确保软件系统的安全性及其性能。如果出现软件故障或性能降低，则要及时分析与调整，确保及时性与准确性预警信息的传递。

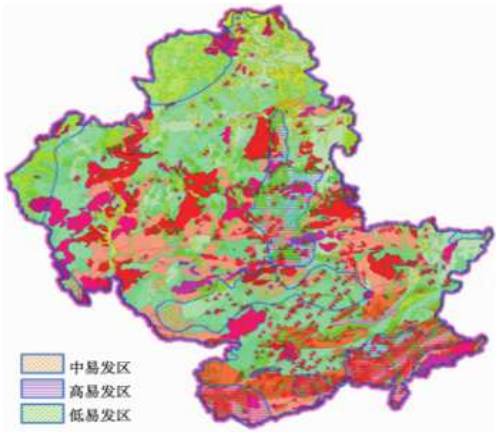

图 1　地质灾害易发程度

3 实例分析

为检验建立的多要素融合地质灾害气象风险预警系统的有效性，现设计以下方式作分析。以一个发生大型地质灾害基本上都是因为极端暴雨导致，这些雨通常都会限制事故地点的空间位置，因此选其进行分析。该地区的地质灾害易发程度如图 1 所示。

表 1　主要灾种和灾情

序号	日期	灾种和灾情
1	6 月 18 日	暴雨泥石流，冲垮 7.33hm2 良田
2	7 月 1 日	暴雨泥石流，房屋倒塌 3 间，冲垮 66.67hm2

3	7 月 9 日	暴雨滑坡，交通中断
4	7 月 10 日	暴雨泥石流，民房倒塌 3 间
5	7 月 10 日	暴雨泥石流，民房倒塌 1 间
6	7 月 15 日	暴雨泥石流，农作物被冲毁 80hm2
7	7 月 18 日	暴雨滑坡，挡墙倒塌 4m
8	10 月 8 日	暴雨滑坡，房屋倒塌 4 间，公路塌方 12m
9	10 月 10 日	暴雨滑坡，山墙压倒人，公路塌方 25m
10	10 月 10 日	暴雨滑坡，公路塌方 21km
11	10 月 10 日	暴雨滑坡，房屋损坏 4 间

由表 1 数据可知，该地区地灾天气危险事件高风险时段主要为 2006 年 6 月–10 月的暴雨导致的泥石流和滑坡情况发生，说明该地雨天常发生泥石流和滑坡自然灾害。信息量的方法评价在实际情况下的地灾情况，并研究各个因素对上述结果的影响程度[10]。在此工作中每个结果的影响变量的信息值 I 大小反映了其预见性水平，而在过程中有效变量越多，得出的结果就越可信。在对研究区的地质条件进行考虑时，将研究区用网格进行计算。计算方法见式（1）：

$$I=\sum_{i=1}^{n}\frac{N_i/N}{S_i/S} \qquad (1)$$

式中，I 为研究区域内总体的信息量值；Ni 为评价单元中地质灾害点的数量；N 为研究区域内包含的地质灾害点的总数；Si 为评价单元总面积；S 为研究区域的总面积。鉴于该地区的地质条件十分复杂，产生了诸多不同乃至复杂的地质灾害产生的因素，因此我们要将这些影响因素进行信息量的归纳和归类。通过公式（1）评估地质灾害影响因素，结果如表 2 所示。若得出的为正数，这代表着影响因素可能有助于地质灾害的发生；相反，则会限制这一现象发生的进展。将上述表 1 的历史统计数据作为其过去地质灾害的天气风险状况来当做警报的内容，表 2 中地质灾害影响因素的信息量值作为评估级别标准的依据。由此建立我们的预警体系对未来可能出现的灾害的程度做出预测。

4.结束语

总之，在地质灾害防灾减灾的预报中，充分利用天气条件预报地质灾害具有极大的意义。应当设立安全、运行高效的地质灾害预报技术体系；加强对地质灾害预警体系的监管，不断提升地质灾害预警体系建设。基于科学技术的发展与通力合作，地质灾害的预报体系可以更准确、及时地将预警信息向社会公布，从而减少地质灾害的破坏程度。

表 2 地质灾害影响因素信息量值

评价因子	分类标准	计算的信息量值		
		Ni	Si	Ii
灾情等级	4 级以下	164	15448	0.288974
	4 级	1236	102849	0.267815
	5 级	18	3056	–0.198566
	6 级及以上	1859	284057	–0.152447
坡度	<15°	924	72443	0.704258
	15° ~30°	1306	133247	0.293173
	30° ~45°	943	132761	–0.239813
	>45°	264	41368	–0.531928
高程	<1.0km	1523	79415	1.043587
	1.0~1.5km	1025	121473	0.143269
	1.5~2.0km	579	119243	–0.542813
	>2km	138	106394	–1.942751
地貌	侵蚀构造中山	760	126783	–0.385649
	剥蚀堆积盆地	542	36474	0.764826
	侵蚀堆积河谷	198	6940	1.654812
	构造剥蚀低中山	50	6423	0.034581
	侵蚀构造高中山	964	110284	–0.088452
	构造剥蚀低山丘	356	22410	0.847264
	侵蚀构造高山	105	22045	–0.56642
岩土体类型	花岗岩	88	26079	–1.159753
	碎屑岩	1655	15433	0.215871
	砂砾土层	196	10485	0.988472

参考文献

[1]井川，张秀娟.生态环境保护区域的地质灾害气象风险预警系统[J].能源与环保，2023，45（4）：32–38.
[2]杨凤娜，莫荣思.我国地质灾害气象风险研究分析[J].中国减灾，2025（2）：56–57.
[3]熊子良，何玉玺.对粤西山区地质灾害气象风险监测预警系统建设的建议[J].中国减灾，2024（23）：56–57.
[4]王亚娟.高性能计算平台在气象灾害预警系统中的应用[J].中国科技信息，2025（6）：82–84.
[5]王惠卿，肖锐铧，刘艳辉，陈春利，方志伟，苏永超.近 20 年地质灾害气象风险预警研究文献图谱可视化分析[J].中国地质灾害与防治学报，2024，35（2）：10–20.
[6]庞成，袁锋.地质测绘技术在地质灾害预警系统中的应用研究[J].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学，2024（11）：164–167.
[7]李巧媛.我国地质灾害气象风险研究的演变及趋势分析[J].绿色科技，2024，26（12）：27–35.
[8]王玉玲，孙悦，刘政华.基于气象因素的地质灾害预警预报系统探析[J].农业灾害研究，2024，14（6）：314–316.
[9]张李荪，吴元保，柯劲松，张飞，李桂香.基于无线通信的地质灾害监测预警系统的研究[J].江西水利科技，2020，46（3）：157–161.
[10]朱瑞兵，孙爱荣.综合地质灾害风险评估方法的研究与应用[J].农业灾害研究，2024，14（5）：302–304.
作者简介：邓嘉莉（1991 年 10 月），女，汉族，云南省曲靖市，大学本科，工程师，水文地质、工程地质与环境地质。