

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

地质灾害气象风险预警规范

Specification of geological hazard risk early warning based on meteorological factors

(报批稿)

****— 发布

****— 实施

目 次

前 言	I
引 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 目标、原则和要求	2
4.1 目标任务	2
4.2 基本要求	2
5 组织与工作方案	2
5.1 工作方案	2
5.2 模型和系统	2
6 产品制作与发布	3
6.1 工作流程	3
6.2 数据传输	3
6.3 模型计算	3
6.4 会商研判	3
6.5 产品制作	3
6.6 信息发布	3
6.7 数据备份	4
7 预警效果评价	4
附 录 A （规范性） 地质灾害气象风险预警等级划分表	5
附 录 B （资料性） 国家级地质灾害气象风险预警业务相关约定	6
附 录 C （资料性） 国家级地质灾害气象风险预警值班制度	8
附 录 D （资料性） 地质灾害气象风险预警模型	9
附 录 E （资料性） 地质灾害气象风险预警产品样式	12
附 录 F （资料性） 地质灾害气象风险预警效果评价模型	13
参 考 文 献	15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC93）归口。

本文件起草单位：中国地质环境监测院（自然资源部地质灾害技术指导中心）、国家气象中心（中央气象台）、四川省国土空间生态修复与地质灾害防治研究院、福建省地质环境监测中心、陕西省地质环境监测总站（陕西省地质灾害中心）。

本文件主要起草人：肖锐铨，刘艳辉，徐为，徐辉，苏永超，陈春利，狄靖月，梁宏锟，杨寅，方志伟，许凤雯、李宇梅、包红军、屈伯强、黄俊宝、陶虹、张浴阳、江峰、王月。

引 言

地质灾害气象风险预警业务自2003年启动以来,逐步形成了国家级、省级、市县级的分级预警机制,对气象因素引发的地质灾害风险提前发布预警信息,警示地方政府和当地群众提前防灾避灾,对地质灾害的防灾减灾工作起到了重要支撑作用。为规范地质灾害气象风险预警业务的工作组织、技术方法、产品制作发布、预警效果评价,保障地质灾害气象风险预警业务有序高效开展,提升预警服务基层防灾避险能力,特制定本文件。

地质灾害气象风险预警规范

1 范围

本文件规定了地质灾害气象风险预警业务的工作组织、技术方法、产品制作发布、预警效果评价等方面的要求。

本文件适用于各级地质灾害气象风险预警业务工作，预警对象为降水引发的区域群发性崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地质灾害气象风险预警 geological hazard risk early warning based on meteorological factors

基于孕灾环境、前期过程降水量和预报降水量，开展的地质灾害发生可能性及成灾风险的预警预报工作。

3.2

预警等级 early warning grade

未来一定时段内，某区域发生地质灾害风险高低的一种量度。

3.3

预警区域 early warning area

未来一定时段内，达到地质灾害气象风险预警等级的区域。

3.4

预警区划 early warning zoning

根据历史地质灾害发生情况、地质灾害孕灾背景、气候特征及人类活动等因素，选取定性、半定量或定量评价方法，对工作区开展的地质灾害气象风险评价及预警区域划分工作。

3.5

预警模型 early warning model

基于区域地形地貌、地层岩性、地质构造、气候条件、人类活动、降水与地质灾害关系等分析研究，建立的降水引发地质灾害的分析评价方法。

3.6

预警阈值 early warning threshold

引发地质灾害的过程降水量、降水强度或有效降水量等指标的临界值。

3.7

预警会商 early warning consultation

自然资源主管部门与气象、水利、应急管理等相关管理部门之间或行业内预警业务单位之间的相关人员讨论、分析预警范围和预警等级的过程。

3.8

预警产品 early warning products

表达地质灾害可能发生的时间区间、空间范围和成灾风险高低的图片、文字、音频和视频材料的统称。

3.9

预警发布 early warning release

利用电视台、网站、短信、微博、报纸等媒介公开发布预警产品的行为。

4 目标、原则和要求

4.1 目标任务

4.1.1 地质灾害气象风险预警的目标是在区域尺度上对降水引发地质灾害的可能性及成灾风险做出预判，为提前规避灾害风险提供警示。

4.1.2 地质灾害气象风险预警的任务是根据地质灾害孕灾环境，结合降水等引发因素的实况和预报情况，预测可能引发地质灾害的时间区间、空间范围和预警等级等。

4.2 基本要求

4.2.1 根据预警需求，应按行政区划分级开展预警工作，具体可分为国家级、省级、市级、县级预警。

4.2.2 地质灾害气象风险预警等级划分为四个级别，分别为Ⅰ级（红色预警）、Ⅱ级（橙色预警）、Ⅲ级（黄色预警）和Ⅳ级（蓝色预警），分别表示气象因素致地质灾害发生风险很高、高、较高和有一定风险。按照附录 A 执行。

4.2.3 地质灾害气象风险预警产品应由预报词和预报图联合表达，应包括发布机关、发布时间、预警对象、预警时段、预警区域、预警等级和防御建议等。

4.2.4 汛期每日应开展预警工作。遇台风登陆、强降水、地震或重大地质灾害过程等应启动加密预警工作。加密预警的启动和具体工作时段可根据实际情况自主协商确定。

4.2.5 非汛期遇台风登陆、强降水、地震或重大地质灾害过程等宜启动应急预警工作。应急预警的启动和具体工作时段可根据实际情况自主协商确定。

4.2.6 汛期预警时段应为当日 20 时至次日 20 时（24h 预警）；其他预警时段（如当日 8 时至次日 8 时或未来 1h、3h、6h 时间尺度的预警等），可根据业务需求自行调整。

4.2.7 国家级预警落区应具体到省级的某个区域；省级预警落区应具体到地市级的某个区域；地市级预警落区应具体到县级的某个区域；县级预警落区应具体到乡镇的某个区域。

5 组织与工作方案

5.1 工作方案

5.1.1 同级预警业务单位间应建立预警工作机制，不同部门间应有合作协议和合作细则。合作协议应明确各业务单位工作职责、工作流程、运维管理、制度保障、经费保障等。合作细则应明确数据传输内容、传输方式、传输时间、会商机制和工作联系人等。预警合作细则可参照附录 B。

5.1.2 各级预警业务单位应编制预警值班制度。预警值班制度一般应包含值班时段、值班地点、值班要求、值班流程和人员责任等。预警值班制度可参照附录 C。

5.1.3 每年年初应编制年度预警工作方案，用于指导全年预警工作。工作方案宜包括年度目标任务、技术方法、工作流程、效果评价、人员安排、经费预算等方面的内容。

5.1.4 年度预警结束后，应对全年预警工作进行总结，编制年度总结报告。工作总结宜包括预警服务情况、预警效果分析、模型修正与完善、存在问题与下一步工作等。

5.2 模型和系统

5.2.1 预警模型的建立应在掌握辖区内的地质灾害调查评价、孕灾环境等成果和降水监测数据基础上进行。

5.2.2 常用预警模型主要包括临界降水阈值模型、基于地质灾害危险性的阈值模型和动力预警模型等。地质灾害气象风险预警模型可参照附录 D。预警模型选择具体要求如下：

5.2.2.1 预警模型宜采用基于地质灾害危险性的阈值模型。随着地质灾害调查评价精度的提高，预警模型宜及时更新。

5.2.2.2 辖区面积较小或地质环境条件较单一时，可采用临界降水阈值模型。

5.2.2.3 辖区面积较大或地质环境条件较复杂时，应在预警区划的基础上，分区建立临界降水阈值模型。

5.2.2.4 辖区为小流域或特别重要的局部区域，可在地质灾害孕灾环境精细化调查研究基础上采用动力预警模型。

5.2.3 预警模型应随着地质灾害调查和预警工作的深入及时优化完善。

5.2.4 国家级、省级和市级预警业务应建设预警系统，县级预警业务宜建设预警系统。

5.2.5 预警系统应包括预警数据库、预警模型和预警系统软件等。预警数据库应包括基础资料库、预警产品库、反馈信息库等。预警系统软件应具备自动导入数据、数据存储及同步备份、查询、预警分析、自动生成预警产品、会商修订、签批、产品发布等功能。

6 产品制作与发布

6.1 工作流程

产品制作与发布的工作流程宜包括数据传输、模型计算、会商研判、产品制作、信息发布、数据备份等。工作流程如图1所示。

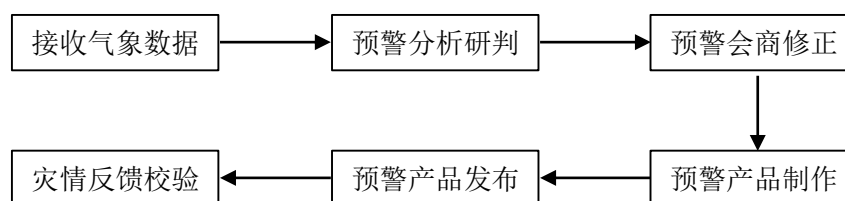


图1 地质灾害区域气象风险预警工作流程

6.2 数据传输

6.2.1 数据传输时间可由自然资源部门和气象部门预警业务单位根据实际情况自行约定。

6.2.2 数据传输内容应包括前期实况降水量、预报降水量、预警产品等内容。

6.2.3 数据传输格式应为矢量数据及相关文字说明等。

6.2.4 数据传输渠道应以安全、便捷为原则，宜多样化。

6.3 模型计算

6.3.1 预警值班时应首先通过预警系统软件，采用内嵌的预警模型自动计算，形成初步预警结果。

6.3.2 值班员应根据降水、地质灾害孕灾环境，对初步预警结果进行完善，形成初步预警产品。

6.4 会商研判

6.4.1 预警会商指不同预警业务单位间的会商。当达到Ⅲ级（黄色预警）预警等级时，宜开展预警会商。当达到Ⅱ级（橙色预警）以上预警等级时，应开展预警会商。

6.4.2 预警会商内容应包括降水情况、地质灾害孕灾环境、以往地质灾害发生情况、目前灾害发生情况等。预警会商宜做好会商记录。

6.4.3 会商时间可根据本地实际情况由同级预警业务单位协商确定，一般在每日的 14:00-17:30，遇台风登陆、强降水、地震或重大地质灾害过程等可随时开展会商。

6.4.4 预警会商后形成最终预警结果。

6.5 产品制作

6.5.1 预警产品内容应包括发布机关、发布时间、预警对象、预警时段、预警区域、预警等级和防御建议等。

6.5.2 预警产品表达形式应具有图片、符号和文字说明等。地质灾害气象风险预警产品样式宜参照附录 E。

6.5.3 值班员、预警业务负责人应签字确认形成最终预警产品。

6.6 信息发布

6.6.1 预警产品应及时发布。当预警结果达到Ⅲ级（黄色预警）及以上预警等级时，发布机关应向社

会公开发布。

6.6.2 公开发布的预警产品形式宜以图片和文字信息为主。

6.6.3 预警产品发布渠道可根据实际情况多样化选择，一般包括电视台、网站、传真、电话、短信、报纸和新媒体等媒介。

6.7 数据备份

6.7.1 预警产品制作与发布完成后，应做好数据备份。

6.7.2 数据备份内容应包括降水数据、预警产品数据等。

7 预警效果评价

7.1 应及时开展预警效果评价，对预警业务工作进行校验。

7.2 预警效果评价内容宜包括单次预警效果和某一时段预警效果。

7.3 预警效果评价指标宜包括准确率、漏报率、空报率或时间效果、空间效果和强度效果等。具体评价方法可参照附录 F。





7.4 预警效果评价结果宜作为预警模型优化的参考。

附录 A
(规范性)

地质灾害气象风险预警等级划分表

地质灾害气象风险预警的等级、色标、图标和发布要求见表A.1。

表A.1 地质灾害气象风险预警等级划分表

预警等级	风险等级	色标	图标
I	风险很高	红色 (R=255,G=0,B=0)	
II	风险高	橙色 (R=255,G=126,B=0)	
III	风险较高	黄色 (R=255,G=250,B=0)	
IV	有一定风险	蓝色 (R=0,G=102,B=255)	

附录 B (资料性)

国家级地质灾害气象风险预警业务相关约定

B.1 气象部门给自然资源部门提供的信息及传送方式具体要求如下：

B.1.1 数据传输方式如下：

ftp方式：ftp://*****

登录用户名：*****

登录密码：*****

E-Mail方式（备用）：*****

传真方式（备用）：*****

B.1.2 传送内容如下：

B.1.2.1 每日下午 16:00 前将下列数据以 ftp 方式传送给自然资源部门地质灾害气象预警业务单位“c 气象局\a 预报\mmdd”目录中（yyymmdd 或 mmdd 为当天日期，yy 为年份，mm 为月份，dd 为日期，下同）。

当天预报的未来24小时地质灾害气象等级客观预报数据文件，文件名为yyymmdd20.024，时界为20时，内容包括雨量站点编号、经度、纬度和预报等级。

当天08时24小时雨量实况数据文件，文件名为yyymmdd08.000，时界为08时。该文件所存雨量值为前一天08时至当天08时的24小时累计雨量，内容包括雨量站点编号、经度、纬度、海拔和降水量。

当天预报的未来24小时雨量数据文件，数据文件名为rrmmdd20.024，时界为20时。该文件所存信息为当天预报的未来24小时雨量，内容包括经度、纬度和预报雨量。

当天预报的未来24小时地质灾害气象等级和雨量预报图形文件，图形文件名为24小时地质灾害气象等级和雨量预报.doc。该文件所存信息为当天预报的未来24小时地质灾害气象等级客观预报和雨量预报图形。

当天14时6小时雨量实况数据文件，文件名为yyymmdd14.000。该文件所存雨量值为当天08时至当天14时的6小时累计雨量，内容包括雨量站点编号、经度、纬度、海拔和降水量。

B.1.2.2 下午 18:00 前将当日晚上 19:30 在气象台正式发布的地质灾害预报文件通过 ftp 方式传送给自然资源部门地质灾害气象预警业务单位“c 气象局\a 预报\yyymmdd”目录中。

数据文件名为hvyymmdd.doc，该数据文件是当日晚上19:30在气象台正式发布的地质灾害预警文件。

B.2 自然资源部门给气象部门提供的信息及传送方式具体要求如下：

B.2.1 数据传输方式如下：

ftp方式：ftp://*****

登录用户名：*****

登录密码：*****

E-Mail方式（备用）：*****

传真方式（备用）：*****

B.2.2 传送内容如下：

B.2.2.1 每日下午 18:00 前将下列数据通过 ftp 方式传送给气象部门“a 环境院\a 预报\mmdd”目录中。

当天的地质灾害预警结果数据文件，文件名为gtyymmdd.txt，内容包括预警等级、经度和纬度。

当天的地质灾害预警结果图片文件，文件名为gtyymmdd.doc，内容包括预警区域图形和文字描述信息。

B.2.2.2 不定期将调查的最新地质灾害反馈信息文件通过 ftp 方式传送给气象部门“a 环境院\f 反馈\yyymm”目录中。

“地质灾害信息反馈表”文件名为dzzhmm.xls（mm为月份），直接存放到“a环境院\f反馈”目录。该文件内容见附表“地质灾害信息反馈表”每周更新一次，最新灾情信息随到随传。

最新灾情信息的文字报告（word文档），存放到“a环境院\f反馈\yyyyymm”目录。

B.3 自然资源部门与气象部门的会商机制

当双方确定的预警区域和等级不同时，应开展会商并达成一致意见。

B.3.1 会商时间

日常业务为每日14:00-17:30会商，有特殊需要时，可随时电话会商或视频会议。

B.3.2 会商联系电话

自然资源部门地质灾害气象风险预警联系电话：略。

气象部门地质灾害气象风险预警联系电话：略。

B.4 业务紧急联系人及电话

自然资源部门地质灾害气象风险预警紧急联系人及电话：略。

气象部门地质灾害气象风险预警紧急联系人及电话：略。

附录 C

(资料性)

国家级地质灾害气象风险预警值班制度

C.1 值班时间如下：

***年汛期（5月1日-9月30日）每日14：00-17：30。

C.2 值班工作任务应包括如下内容：

- a) 接收、分析、处理气象部门发来的降水数据，初步制作预警产品。
- b) 与相关省级地质灾害气象预警业务单位就初步预警产品开展会商，并依据会商结果对初步预警产品进行修正，制作最终预警产品（图、表）。
- c) 填写预警产品签发单，报预警业务负责人审批；达红色预警标准的，报告主管领导审批。
- d) 在网络、电视台、微信等媒体发布预警产品。
- e) 采用手机群发短信形式，向主管部门、相关省份发送预警信息。
- f) 填写“预警情况记录表”。
- g) 备份降水及预警产品数据。

C.3 值班责任应包括如下内容：

a) 人员组织

5月1日-9月30日，安排专人值班，每日设预报员1名，校核员1名。

b) 值班员必须按时到岗，坚守岗位，认真履行职责。

c) 值班员分工职责

预报员对预警产品制作全过程负责，具体主要负责C.2中的a、b、c、d项工作；校核员对预警产品制作过程中的有关数据和结果进行校验，并主要负责C.2中的c、d、e、f、g项工作。

d) 预报员和校核员按时换班，并做好交接记录，提醒接班人员注意事项。

e) 值班员应做好安全、保密工作，遵照业务单位安全、保密相关规定开展工作。

C.4 及时讨论工作中发现的问题，研究解决办法。

附录 D
(资料性)
地质灾害气象风险预警模型

D.1 临界降水阈值模型把地质环境因素的作用隐含在降水参数中，某地区的预警判据中仅仅考虑降水参数建立模型，该模型一般适用于地质环境模式比较单一的小区域，区域较大时可先进行预警区划。

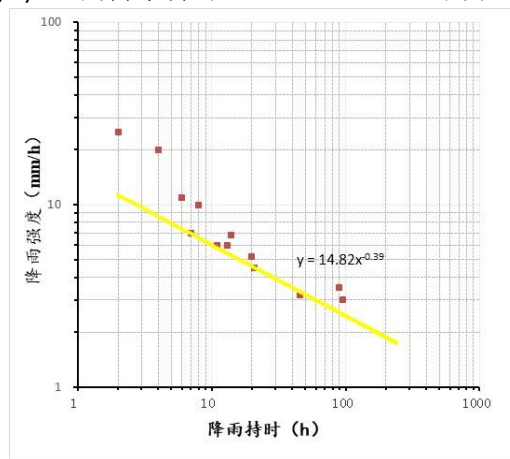
D.1.1 临界降水阈值模型考虑的降水参数包括年降水量、季度降水量、月降水量、多日降水量、日降水量、小时降水量和10分钟降水量等。实际应用时，一般只涉及到1~3个参数作为预报判据，如临界降水量、降水强度、有效降水量或等效降水量等。

D.1.2 常用临界降水阈值模型包括强度—历时临界降水判据、累计雨量—持时临界降水判据和激发雨量—前期有效雨量临界降水判据。具体模型方法如下：

D.1.2.1 降水强度—历时临界降水判据模型是国际上使用最广泛的模型。模型图示见图 D.1。模型通式如下：

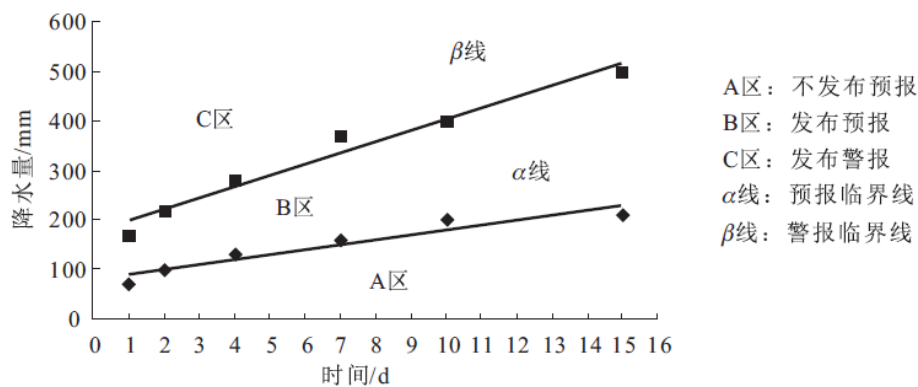
$$I = c + \alpha \times D^\beta \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：I为降水强度 (mm/h)；D为降水持时 (h)； α ， β ，c为统计参数。



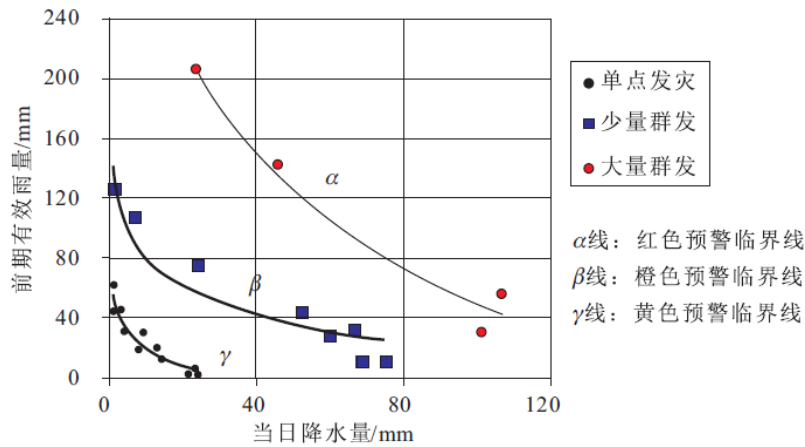
图D.1 降水强度-历时关系 (I-D) 阈值模型

D.1.2.2 累计雨量—持时临界降水判据是在各预警区范围内，根据地质灾害与降水关系的研究，采用统计分析方法，绘制地质灾害与降水之间的关系图，散点常集中成带分布，其上界表示为 β 线，下界表示为 α 线，据此建立了地质灾害气象风险预警判据模板，见图 D.2。



图D.2 累计雨量—持时临界降水判据

D.1.2.3 激发雨量—前期有效雨量临界降水判据模型图示见图 D.3。



图D.3 激发雨量—前期有效雨量临界降水判据

按照灾害点的群发程度进行预警等级的划分，一般黄色预警，为灾害点单点发生；橙色预警为灾害点少量群发；红色预警为灾害点大量群发。根据其临界雨量线，选择其临界下线进行拟合，据此建立不同等级（红色、橙色、黄色）预警判据分别为α线、β线、γ线。临界降水判据线可为指数函数、对数函数、线性函数或者多项式函数。模型通式如下：

$$z = f(R_d, R_p) \dots \dots \dots (D.2)$$

式中：z 为灾害点个数，表示灾害群发情况；R_d为激发雨量（mm），一般为灾害发生当日 24 小时降雨量；R_p为前期有效雨量（mm），是指在地质灾害发生前的降水过程，对灾害有影响的有效雨量。前期有效雨量计算可采取如下两种方法计算：

方法一：

$$R_p = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \times R_i \dots \dots \dots (D.3)$$

式中：R_p为前期有效雨量（mm）；R_i为前 i 日的日雨量（mm）；i 为降水日数编号，i=1,2,3...n；n 为有效降水日数（天）。据实践经验，一般取 n=6，即主要受到一周内雨量的影响。建议各辖区可结合实际降雨模式特征优化调整取值。

方法二：

$$R_p = \sum_{i=1}^n k^i \times R_i \dots \dots \dots (D.4)$$

式中：R_p为前期有效雨量（mm）；R_i为前 i 日的日雨量（mm）；i：降水日数编号，i=1,2,3...n；n 为有效降水日数（天）。据实践经验，一般取 n=6，即主要受到一周内雨量的影响。建议各辖区可结合实际降雨模式特征优化调整取值；k 为有效降水系数，一般取 0.84。

D.1.3 临界降水阈值模型把地质环境因素的作用隐含在降水参数中，某地区的预警判据中仅仅考虑降水参数建立模型，该模型一般适用于地质环境模式比较单一的小区域，区域较大时可先进行预警区划。

D.2 基于地质灾害危险性的预警模型是一种考虑地质环境变化与降水参数等多因素叠加建立预警判据模型的方法，由地质灾害危险性区划与空间预测转化而成，该方法可以随着调查研究精度的提高相应地提高地质灾害的空间预警精度。

D.2.1 基于地质灾害危险性的预警模型，一般适用于地质环境模式比较复杂的大区域。

D.2.2 基于地质灾害危险性的预警模型的模型通式如下：

$$T = G \times (R_d + R_p) \dots \dots \dots (D.5)$$

式中：T 为预警指数，据此确定地质灾害气象风险预警等级；G 为地质灾害危险性指标，地质环境

条件的量化指标； R_d 为地质灾害发生的激发雨量，预警分析时为预报雨量； R_p 为前期有效雨量，在地质灾害发生前的降水过程，对灾害有影响的有效雨量。

D.2.3 地质灾害危险性计算公式如下：

$$G = \sum_{j=1}^n a_j \times b_j \dots\dots\dots (D.6)$$

式中： G 为地质灾害危险性指标； a_j 为各评价因子的定量化取值； b_j 为各评价因子的权重； j 为评价因子编号； n 为评价因子个数。

D.2.4 地质灾害预警等级确定依据如下：

当 $T_i \geq T_r$ 时，发布地质灾害红色预警；当 $T_o \leq T_i < T_r$ 时，发布地质灾害橙色预警；当 $T_y \leq T_i < T_o$ 时，发布地质灾害黄色预警；当 $T_i < T_y$ 时，不发布预警。

其中： T_i 为第 i 个预警单元的地质灾害风险值； T_y 为黄色预警临界值； T_o 为橙色预警临界值； T_r 为红色预警临界值； i 为预警单元编号。

D.3 动力预警模型是一种考虑地质体在降水过程中气象、水文和地质耦合作用下研究对象自身动力变化过程而建立预警判据方程的方法，实质上是一种解析方法，预警结果是确定性的。

D.3.1 动力预警模型一般适用于单体试验区或特别重要的局部区域。


D.3.2 动力预警模型主要依据降水前、降水过程中和降水后降水入渗在斜坡体内的转化机制，具体描述整个过程斜坡体内地下水动力作用变化与斜坡体状态及其稳定性的对应关系。通过钻孔监测地下水位动态、渗透压力、孔隙水压力和斜坡应力一位移等，揭示降水前、降水过程中和降水后斜坡体内地下水的实时动态响应变化规律、整个斜坡体物理性状变化及其变形破坏过程的关系。在充分考虑含水量、基质吸力、孔隙水压力、渗透水压力、饱水带形成和滑坡~泥石流转化因素条件下，选用数学物理方程研究解析斜坡体内地下水动力场变化规律与斜坡稳定性的关系，确定多参数的预警阈值，从而实现地质灾害的实时动力预警。

D.3.3 动力预警模型的选取可参考目前常用方法，如基于无限斜坡模型的稳定性分析方法等。

附录 E
(资料性)
地质灾害气象风险预警产品样式

国家级地质灾害气象风险预警签批单样式见表E.1。

表E.1 国家级地质灾害气象风险预警签批单样式

收到气象资料时间	**时**分	发送地质灾害预警产品时间	**时**分
预警时段	**月**日**时 至 **月**日**时		
<p>自然资源部与中国气象局****年**月**日**时联合发布地质灾害气象风险预警：**月**日**时至**月**日**时，XX地区发生地质灾害的风险较高（黄色预警）；**地区发生地质灾害的风险高（橙色预警）；**地区发生地质灾害的风险很高（红色预警）。建议****。</p>			
<p>全国地质灾害气象预警结果 2020年08月03日 20:00~2020年08月04日 20:00</p> 			
预报员		校核员	
预警业务负责人		带班领导	
报告上级主管部门记录			

注：达到红色预警标准时，须请示带班领导，并报告上级主管部门。

附录 F

(资料性)

地质灾害气象风险预警效果评价模型

F.1 预警准确率评价可参考如下方法：

F.1.1 根据各地质灾害点具体的发生时间、地点，对照各地质灾害点是否落入预警区范围内，将落入预警区范围内的地质灾害点数除以总的地质灾害点数即为预警准确率，计算公式如下：

$$p = \frac{m}{n} \times 100\% \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：p 为准确率；m 为落入预警区的地质灾害点数；n 为总的地质灾害点数。

F.1.2 根据地质灾害点的发生情况确定，如果有地质灾害点落入预警区范围内，则表示此次预警准确，若无地质灾害点落入预警区范围内，则表示此次预警不准确。将预警准确的次数除以总的预警次数即为预警准确率，计算公式如下：

$$P = \frac{\sum m}{\sum n} \times 100\% \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：p 为预警准确率；m 为预警准确的次数；n 为预警次数。

F.1.3 这种计算方法首先确定一个目标值，然后计算实际值，根据目标值与实际值的比较确定预警的准确性。例如给定目标值为30%，根据计算，某一天总的地质灾害点数中如有大于或等于30%的地质灾害点落入预警区范围内，则表示这一次的预警准确，否则预警失败。根据预警准确的次数与总的预警次数的对比得出预警的准确率，计算公式与方法二相似。

F.2 基于时间、空间、强度三指标的预警效果评价可参考如下方法：

F.2.1 预警效果评价是预警时间效果评价、预警空间效果评价、预警强度效果评价的综合，理论上应该是时间、空间、强度三者均准确时才认为是准确，三者并非简单的相加或者相乘的关系，鉴于目前的工作程度和研究程度，建立预警效果准确率评价公式如下：

$$P = \frac{1}{3} \times (p_{时} + p_{空} + p_{强}) \dots\dots\dots (F.3)$$

式中：P 为预警效果准确率，取值范围为[0,1]，是预警时间准确率 $p_{时}$ 、预警空间准确率 $p_{空}$ 和预警强度准确率 $p_{强}$ 的平均值。

F.2.2 时间效果评价模型公式如下：

$$p_{时} = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^n (n_i \times \frac{T}{(t_i - t_0)})}{\sum_{j=1}^i N_j} & t \in [t_0, t_i] \dots\dots\dots (F.4) \\ 0 & t \notin [t_0, t_i] \end{cases}$$

式中： $p_{时}$ 为时间预警准确率，取值范围为[0,1]， n_i 为某预警时段预警区内灾害点数， $[t_0, t_i]$ 预警时段， N_i 为某预警时段内总灾害点数，n 为预警时段数，t 为灾害发生时间，T 为预警时间尺度，其值与预警时间精度相关，可取分钟、小时、天等。如果预警时间尺度为天，则 T 为 1d；如果预警时间尺度为 3 小时，则 T 为 3h。

F.2.3 空间效果评价模型公式如下：

$$p_{空} = \begin{cases} \frac{S_0}{S} \times \frac{n}{N} & n \times N > 0 \ \& \ S_0 \leq S \\ 0 & n \times N = 0 \\ \frac{n}{N} & n \times N > 0 \ \& \ S_0 > S \end{cases} \dots\dots\dots (F.5)$$

式中： $p_{空}$ 为空间预警准确率，取值范围为[0,1]， S_0 为预警空间尺度，n 为某预警时段预警区内灾害点数，N 为某预警时段总灾害点数，S 为预警区范围。预警空间尺度 S_0 的取值与预警区研究程度相关，

研究程度越高，取值越小，相反若研究程度越低，取值则越大。

F.2.4 强度效果评价模型公式如下：

$$p_{\text{强}} = \begin{cases} 0 & s \times S = 0 \\ \frac{s}{S} \div S_y & \frac{s}{S} \leq S_y \\ \frac{s}{S} \div S_o & S_y < \frac{s}{S} \leq S_o \dots\dots\dots (F.6) \\ \frac{s}{S} \div S_r & S_o < \frac{s}{S} \leq S_r \\ 1 & \frac{s}{S} > S_r \end{cases}$$

式中： $p_{\text{强}}$ 为预警强度准确率，取值范围为[0,1]， s 为预警区内灾害面积， S 为预警区面积， S_y 、 S_o 、 S_r 为黄色、橙色、红色预警强度评价标准，其取值受预警区研究程度、预警尺度、灾害类型等多个因素影响。如地质灾害气象风险预警的研究精度为1:500万， S_y 可取 $1\text{km}^2/(50\text{km} \times 50\text{km})$ ， S_o 可取 $10\text{km}^2/(50\text{km} \times 50\text{km})$ ， S_r 可取 $100\text{km}^2/(50\text{km} \times 50\text{km})$ 。

F.3 基于命中率、漏报率、空报率三指标的预警效果评价可参考如下方法：

F.3.1 评价某次地质灾害气象风险预警效果，可用命中率、空报率和漏报率三个指标定量表达，当有不同预警级别时，应分级进行评判。

F.3.2 命中率 ($P_{\text{命中}}$)，表达的是预警区范围内准确预警的灾害点所占比例。定义为地质灾害预警区内灾害点数 (N_A) 与研究区范围内灾害点总数 (N_A+N_B) 的比值。公式如下：

$$P_{\text{命中}} = \frac{N_A}{N_A+N_B} \dots\dots\dots (F.7)$$

式中： $P_{\text{命中}}$ 为地质灾害预警命中率； N_A 为地质灾害预警区内灾害点数； N_B 为地质灾害预警区外灾害点数。

F.3.3 漏报率 ($P_{\text{漏报}}$)，表达的是预警区范围外未能准确预警的灾害点所占比例。定义为地质灾害预警区外灾害点数 (N_B) 与研究区范围内灾害点总数 (N_A+N_B) 的比值。公式如下：

$$P_{\text{漏报}} = \frac{N_B}{N_A+N_B} \dots\dots\dots (F.8)$$

式中： $P_{\text{漏报}}$ 为地质灾害预警漏报率； N_A 为地质灾害预警区内灾害点数； N_B 为地质灾害预警区外灾害点数。

F.3.4 空报率 ($P_{\text{空报}}$)，表达的是某级别预警区内没有灾害发生的预警单元面积 ($S-S_A$) 与预警区总面积 (S) 的比值。公式如下：

$$P_{\text{空报}} = \frac{S-S_A}{S} \dots\dots\dots (F.9)$$

式中： $P_{\text{空报}}$ 为地质灾害预警空报率； S_A 为预警区内有灾害发生的预警单元面积； S 为预警区总面积。如目前国家级地质灾害气象风险预警的空间比例尺为 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 的网格预警单元，空报率也可表达为 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 网格单元个数的比值，即预警区内无灾害发生的网格单元个数除以预警区内网格单元个数总数。

参 考 文 献

- [1] 《国土资源部和中国气象局联合开展地质灾害气象预报预警工作协议》，2003年4月7日。
 - [2] 《国土资源部和中国气象局关于深化地质灾害气象预报预警工作合作的框架协议》，2010年10月14日。
 - [3] 《中国气象局应急减灾与公共服务司 国土资源部地质环境司关于调整地质灾害气象预报预警业务的函》（气减函[2013]39号），2013年4月28日。
 - [4] 地质灾害区域气象风险预警标准（试行），T/CAGHP 039-2018。
 - [5] 《自然资源部 中国气象局关于深化地质灾害气象风险预警工作的合作协议》，2021年6月3日。
-