

内蒙古山洪地质灾害风险区划研究

李兴华¹ 李彰俊² 刘惠忠³ 曹艳芳⁴ 韩 芳¹

(1. 内蒙古生态与农业气象中心,呼和浩特 010051; 2. 内蒙古气象局;
3. 内蒙古水文总局; 4. 内蒙古气象探测资料中心)

提 要

通过全面系统地分析 1950 年代以来内蒙古山洪灾害和降水资料,利用 GIS 技术对强降雨区和山洪地质灾害易发区进行了区划,并依据山洪地质灾害风险区划模型进行风险区划。最终得出一级重点防治区 629 个,面积为 81834.36 km^2 ,占总规划面积的 49%;二级重点防治区 205 个,面积为 31372.27 km^2 ,占总规划面积的 19%;一般防治区 488 个,面积为 54168.13 km^2 ,占总规划面积的 32%。这些研究结论为做好山洪地质灾害防治规划和预报打下了坚实的基础。

关键词: GIS 技术 山洪地质灾害 风险区划

引 言

内蒙古自治区属于温带大陆性气候,干旱少雨,气候干燥,但降水集中,因此内蒙古区的山洪地质灾害时有发生。据 1953—2004 年山洪灾害损失调查统计,山洪灾害受灾面积 $32.43 \times 10^4 \text{ km}^2$,受灾耕地 $278.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,受灾人数 1114.26 万人,死亡人数 1193 人,受灾损失 177.36 亿元,全区 1322 个规划小流域区平均每年发生山洪灾害 410 次,平均每个流域发生 9.3 次,每个小流域平均 3 年发生 1 次。由于山洪地质灾害的发生与地理空间信息和属性信息关系密切,而 GIS 软件又具有功能齐全的处理地理空间信息的能力和良好的模型结合与处理效果,因此,应用 GIS 软件可以大大地提高山洪地质灾害规划的精度和速度^[2]。

结合自治区的自然地理和气候特点,利用 GIS 技术做好内蒙古山洪地质灾害防治规划和风险区划工作,因地制宜,提出防治山洪灾害的对策措施,减少或减缓致灾因素向不利方向演变的趋势,建立和完善防灾减灾体系,提高防御山洪灾害的能力,减少山洪灾害导致的人员伤亡,促进和保障山丘区人口、

资源、环境和经济的协调发展具有重要意义。

1 内蒙古概况

1.1 地理概况

内蒙古自治区地处祖国北部边疆,东与黑龙江、吉林、辽宁三省接壤,南与河北、山西、陕西、宁夏相连,西与甘肃为邻,北与蒙古、俄罗斯两国交界,东西长约 2500km,南北宽约 1700km,总土地面积为 $118.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全自治区呈狭长弧形,由东北向西南方向延伸,以大兴安岭、燕山、阴山、贺兰山、龙首山、北山横贯全区,山地以北主要是内蒙古草原牧业区,山地以南主要以丘陵、山地和平原为主,全区山地面积 $24.66 \times 10^4 \text{ km}^2$,丘陵面积为 $19.0 \times 10^4 \text{ km}^2$,高平原面积 $38 \times 10^4 \text{ km}^2$,沙地和沙漠面积 $22.66 \times 10^4 \text{ km}^2$,平原和滩川面积 $10.0 \times 10^4 \text{ km}^2$,其它为 $4.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全区镶嵌分布着 $68.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的天然草场, $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的森林, $8.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 耕地,五大沙漠和五大沙地。

1.2 气候概况

内蒙古气候属于温带大陆性气候,气温变化大、日照时间长、降水量集中。春季多大风、沙尘暴,干旱少雨;夏季短促,降水集中,

雨热同期,有利于山洪地质灾害的发生;秋季昼夜温差大,霜冻时常发生;冬季漫长、严寒干燥。年平均降水量分布总趋势是自东北向西南递减;大兴安岭东麓和阴山山脉南麓平均年降水量最多,为400~500mm,到最西部的阿拉善盟减少到100mm以下,部分地区不足50mm。内蒙古各地暴雨日数远少于湿润地区,但由于地域广阔,地形复杂,盛夏季节冷暖空气交汇频繁,全区的暴雨频繁发生,降水历时短,强度(特别是相对强度)大,局部性强,多对流性暴雨。

2 数据资料和规划方法

2.1 数据资料

数据资料主要收集整理1949—2004年全区各个旗县的山洪灾害和泥石流资料、灾害损失资料、社会经济和人文信息;各个水文站的水文监测资料。各个气象站的最大降水自计资料、暴雨资料、气候资料和天气资料等,其中最大降雨量的特征值(10分钟、30分钟、1小时、3小时、6小时、24小时最大降雨量)及降雨过程。暴雨中心位置及笼罩面积等暴雨资料。

收集、整理规划区域的自然地理概况、流域及河道特征、土地利用、植被覆盖、道路交通资料,主要采用国家测绘局编制的1:25万地形图;内蒙古坡度分级图、地质岩性分区图、地貌图采用国家地质调查局编制的1:50万的数字地质图。规划采用的数据格式为Shape和Coverage。

2.2 规划方法

通过对内蒙古已发生山洪灾害的统计和气象、水文与地形地质条件的分析,研究山洪灾害发生的特点、规律;以相关分析为基础,分析山洪致灾过程的灾害危险性和受灾体易损度等,根据山洪灾害的严重程度,对可能出现的山洪后果做出风险评价,划分重点防治区和一般防治区,绘制典型区域山洪灾害风险图。与评价相关的因素包括地理环境因子、暴雨和洪水特征、区域社会经济发展状况等。这些因子均具有较强区域差异性,适宜

用空间数据表达,而地理信息系统作为空间数据管理与分析的重要技术方法,对山洪灾害规划评估有着极大的支持与辅助作用^[3]。规划的具体方法严格按照《全国山洪灾害防治规划技术大纲》的要求进行,以利于数据的可比性和格式的统一性。

3 山洪灾害风险区标准

危险区:为一级重点防治区域,是指山洪灾害发生频率较高,将直接造成规划区内房屋、公共设施的严重破坏以及人员伤亡的区域。该区为受10年一遇山洪及其诱发的泥石流、滑坡威胁的区域。

警戒区:为二级重点防治区域,是指介于常遇山洪和稀遇山洪影响范围之间的区域。该区域山洪灾害发生频率相对较低,在此居住和修建房屋必须要有防护措施,以减轻山洪、泥石流、滑坡灾害的危害。警戒区为危险区以外,受100年一遇山洪及其诱发的泥石流、滑坡威胁的区域。

安全区:为一般防治区域,是指不受稀遇洪水影响,地质结构比较稳定,可安全居住和生产活动的区域。安全区为不受100年一遇山洪及其诱发的泥石流、滑坡威胁的区域。

4 规划内容

4.1 小流域区划

根据《全国山洪灾害防治规划技术大纲》关于山丘区小流域面积原则上不超过200km²的规定,利用地理信息系统叠加自治区河流水系、地质地貌、人口分布、水文和气象观测站网的分布图层进行综合分析,在自治区共勾绘出小流域1322条,总面积16.73×10⁴km²,其中一级重点防治区629个,二级重点防治区205个,一般防治区488个。

4.2 降雨区划

根据《全国山洪灾害防治规划降雨区划技术细则》的要求,依据内蒙古年降水量大小确定一级分区,按24小时最大降雨量均值确定二级分区。

(1) 内蒙古自治区降水一级区划分

内蒙古自治区分为年降水量高值区、中

值区和低值区,具体划分标准如下。

I 区:年降水量 $\geq 400\text{mm}$ 的地区为年降水量高值区,主要分布在大兴安岭南麓、赤峰市南部、通辽市南部和北部、呼和浩特市南部和乌兰察布市南部。

II 区: $300\text{mm} \leq \text{年降水量} < 400\text{mm}$ 的区域为年降水中值区,主要分布在呼伦贝尔盟大兴安岭北麓,赤峰、通辽、呼市、包头市大部,乌兰察布市中部、锡林郭勒盟东部和南部、鄂尔多斯市东南部地区。

III 区:年降水量 $< 300\text{mm}$ 的区域为年降水量低值区,主要分布在乌兰察布市、锡林郭勒盟、包头市北部,鄂尔多斯市、阿拉善盟、巴彦淖尔市大部地区。

(2) 内蒙古自治区降雨二级区划分

以 24 小时年最大降雨量多年平均值为依据划分二级类型区,具体划分标准如下。

1 区:年最大 24 小时降水量均值 $R \geq 50\text{mm}$ 的区域为多降雨区。主要分布在大兴安岭南麓、赤峰市、通辽市、呼和浩特市大部和鄂尔多斯市东部和乌兰察布市西南部。

2 区: $35\text{mm} \leq R < 50\text{mm}$ 的区域为中降雨区。主要分布在大兴安岭北麓,锡林郭勒盟、乌兰察布市、包头市、鄂尔多斯和巴彦淖尔市大部。

3 区: $R < 35\text{mm}$ 的区域为低降雨区。主要分布在乌兰察布市、锡林郭勒盟、巴彦淖尔市、包头市北部,乌海市和阿拉善盟大部地区。

4.3 地形地质区划

4.3.1 坡度区划

内蒙古自治区地形坡度按 $< 10^\circ$ 、 $10^\circ \sim 25^\circ$ 、 $25^\circ \sim 45^\circ$ 、 $> 45^\circ$ 四个坡度区间进行坡度分级。坡度在 $0^\circ \sim 10^\circ$ 的区域占全区面积的 93.21%,主要分布在中、西部及东部以北局部地段。地貌形态以高平原及台地为主。坡度在 $10^\circ \sim 25^\circ$ 的区域占全区面积的 6.64%,主要分布在自治区东部的大兴安岭及中部接近东西走向的阴山山脉和西部的贺兰山低山丘陵地带,地貌形态以中山或低山为主。坡

度在 $25^\circ \sim 45^\circ$ 的区域面积仅占全区面积的 0.14%,在全区上述山脉中零星分布。坡度大于 45° 的区域面积只有 25.16km^2 ,分布在大兴安岭地区。

4.3.2 岩性区划

根据 1:50 万数字地图,按《山洪灾害防治规划技术大纲》,将内蒙古自治区岩性划分为 7 个类别,即极硬岩类石类、次硬岩石类、次软岩石类、极软岩石类、软硬相间岩类、各类土体。各类别岩组面积及其所占全区面积的百分比见表 1。

表 1 内蒙古自治区各类别岩组面积分布表

岩性 名称	极硬	次硬	软硬 相间	次软	极软	各类 土体
面积/ km^2	5.9	9.44	34.22	15.34	11.8	41.3
百分比/%	5	8.9	29	13	10	35

极硬岩石,主要分布在自治区东北部和中西部地区;次硬岩石,主要分布在自治区东部和中北部;软硬相间岩石,主要分布在自治区东部和中、西部;次软岩石,主要分布在自治区西北部和东部少数地区;极软岩石,主要分布在自治区中部地区;各类土地,主要分布在自治区中西部和通辽南部、呼伦贝尔盟西部地区。

4.4 山洪灾害易发程度区划

按照《山洪灾害防治规划技术大纲》规定,结合自治区具体特点,山洪灾害易发程度按表 2 指标进行区划。

4.4.1 溪河洪水易发程度区划

(1) 溪河洪水高易发区,在自治区溪河洪水高易发区面积为 77885.19km^2 ,占总规划区面积的 47%,主要分布在三个流域(图 1)。

① 黄河流域中大青山、乌拉山山前支流和伊盟十大孔兑处,此处人口密集,经济发达。② 属于辽河流域中的西拉木伦河与老哈河流域,此流域河网发育较密,降雨充沛,易发出山洪灾害。③ 嫩江右岸支流中兴安盟境内支流、通辽市霍林河市及呼伦贝尔盟境内

部分流域。

表2 内蒙古溪河洪水、泥石流、滑坡易发程度指标

分区	溪河洪水 (次/km ²)	泥石流 (次/km ²)	滑坡 (次/km ²)
高易发区	≥0.05	>0.015	>0.015
中易发区	0.01~0.05	0.005~0.015	0.005~0.015
低易发区	<0.01	<0.005	<0.005

内蒙古自治区溪河洪水灾害易发程度区划图

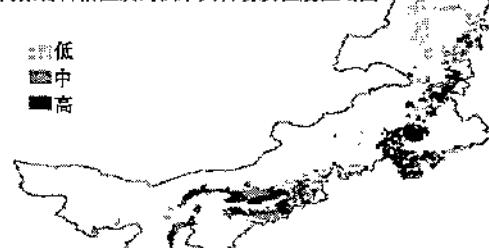


图1 内蒙古溪河洪水灾害易发程度分布图

(2) 溪河洪水中易发区,在自治区溪河洪水中易发区面积34067.68 km²,占总规划面积20%,主要分布在黄河流域中大青山北麓地区、鄂尔多斯市准旗境内支流及乌兰察布市境内大部分河流中。

(3) 溪河洪水低易发区,在自治区溪河洪水低易发区面积55421.89 km²,占总规划面积33%,主要分布在呼伦贝尔盟和通辽境内,及赤峰奈曼、库伦旗和乌兰察布市境内。

4.4.2 泥石流易发程度分区(图2)

(1) 泥石流高易发区,在内蒙古自治区泥石流高易发区面积为15455.38 km²,占总规划面积9%。主要分布在呼和浩特市、包头市大青山山前及兴安盟突泉县、呼盟扎兰屯、牙克石东南部地区。

(2) 泥石流中易发区,在内蒙古自治区泥石流中易发区面积为2624.02 km²,占规划区总面积2%,零星分布。

(3) 泥石流低易发区,在内蒙古自治区泥石流低易发区面积为149295.37 km²,占总规划面积的89%,本次规划区中大部分地区属于泥石流低易发区。

内蒙古自治区泥石流易发区划图



图2 内蒙古自治区泥石流易发程度分布图

4.4.3 滑坡易发程度分区

内蒙古自治区滑坡中、高易发区,只在本规划范围内零星分布,大部分地区属于滑坡低易发区。

4.5 经济社会区划

根据《山洪防治规划经济社会区划技术细则》规定,满足以下三条中任何一条即为重要经济社会区。

①受山洪威胁人口达400人以上或受山洪诱发的泥石流、滑坡威胁人口达200人以上;②区域内财产总值超过4000万元,有一定规模的工矿企业;③区域内有国家和省级重要基础设施(如过境铁路、公路等),除重要经济社会区以外的山洪灾害防治区为一般经济社会区。

内蒙古山洪规划共有1322个小流域,属受威胁人口在400人以上、有国家与自治区级重要基础设施的重要经济社会小流域为1308个,只有14个小流域为一般经济社会区。

4.6 山洪灾害重点防治区和一般防治区划分

根据《山洪灾害防治区划补充细则》的要求,结合小流域区划、降雨区划、地形地质区划、灾害易发程度区划和经济社会区划,综合考虑自治区的地形地貌,暴雨洪水特性及山洪灾害特点,将溪河洪水、泥石流、滑坡三类灾害易发程度(高、中、低)分区图层叠加综合,得出山洪灾害(含溪河洪水、泥石流、滑坡)易发程度分区图层。山洪灾害易发程度

分区以小流域为单元,依据溪河洪水、泥石流、滑坡的分区结果进行,其分区级别(高、中、低)的确定方法是:取同一小流域中溪河洪水、泥石流、滑坡分区易发程度最高的级别,作为对应小流域山洪灾害易发程度的分区级别。即只要三者中有一个被划为高易发区,则山洪灾害的分区也被划为高易发区——取高原则。依据原则,内蒙古自治区划分为一级重点防治区,二级重点防治区,一般防治区(图3)。

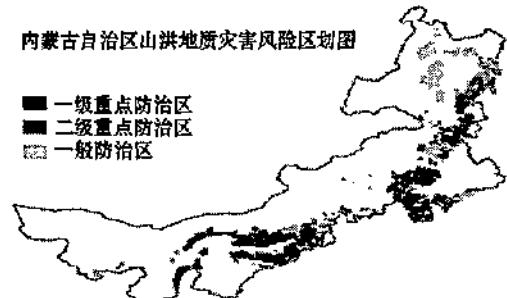


图3 内蒙古山洪地质灾害风险区划图

(1)一级重点防治区

内蒙古自治区一级重点防治区为溪河洪水及其诱发的泥石流、滑坡高易发区,同时是经济区划中的重要经济区。面积为 81834.36km^2 ,占总规划区的49%,主要分布在阴山山脉山前和黄河十大孔兑、老哈河、西拉木伦河流域及嫩江右岸兴安盟境内部分流域和呼伦贝尔盟境内部分流域。

(2)二级重点防治区

二级重点防治区为溪河洪水及其诱发的泥石流、滑坡中易发区和经济区划中的重要防治区,面积为 31372.27km^2 ,占总规划面积的19%,主要分布在阴山山脉北麓、鄂尔多斯准旗境内的黄河支流和乌兰察布境内部分地区。

(3)一般防治区

一般防治区为除一、二级重点防治区外的其它地区,主要分布在呼盟、通辽市境内及其它个别地区,面积为 54168.13km^2 ,占总规划面积的32%。

5 小结

通过对内蒙古山洪灾害历史资料的统计研究,建立了山洪灾害资料数据库,并利用GIS的空间数据处理分析方法制作了山洪地质灾害风险区划图。山洪灾害风险区划过程复杂,在危险性、易损性和最终的风险性评价因子选取上,应充分考虑其科学性、合理性和可操作性。最终得出一级重点防治区629个,面积为 81834.36km^2 ,占总规划区的49%;二级重点防治区205个,面积为 31372.27km^2 ,占总规划面积的19%;一般防治区488个,面积为 54168.13km^2 ,占总规划面积的32%。本次规划区为内蒙古自治区经济发达,人口密度较大的地区,主要位于黄河流域、西辽河流域及嫩江右岸支流,以溪河洪水灾害为主,泥石流和滑坡数量较少。涉及内蒙古自治区12个盟市75个旗县,人口784.22万人。这些研究结论为做好山洪地质灾害防治规划和山洪灾害预报打下坚实的基础,为防灾工作提供第一手的数据资料。

参考文献

- [1] Wei Yiming. A comprehensive methodology with analysis and evaluation integration for flood disaster [J]. Advances in Water Science, 1999, 10(1): 25-30.
- [2] 唐川,朱静. 基于GIS的山洪灾害风险区划[J]. 地理学报, 2005, 60(1): 87-94.
- [3] 汪扩军,潘志祥等. 内气象灾害监测预警与减灾评估技术[M]. 北京:气象出版社, 2005: 130-145.