

## 基于 GIS 技术的邢台市暴雨洪涝风险区划研究

赵志楠<sup>1</sup>, 孙晶<sup>1</sup>, 张兆博<sup>2</sup>, 何凯<sup>1</sup>, 李迪<sup>1</sup> (1. 邢台市气象灾害防御中心, 河北邢台 054000; 2. 平乡县气象局, 河北邢台 054500)

**摘要** 根据邢台市 1980—2019 年逐日降水数据、1:25 万高程数据以及相关社会、经济等基础资料, 利用 GIS 技术构建邢台市暴雨洪涝灾害风险综合评价模型, 从致灾因子的危险等级、孕灾环境、承灾体、防灾减灾能力 4 个方面对研究区域暴雨洪涝进行定量分析, 计算出全市范围暴雨洪涝灾害综合风险指数, 得到邢台市暴雨洪涝风险区划图。结果表明, 邢台县、沙河市、内丘县、临城县西部地区属于洪涝灾害风险最高的地区; 邢台市辖区和沙河市、临城县、内丘县、柏乡县大部分地区属于次高风险地区; 其余县市属于中等及以下风险水平。

**关键词** GIS; 暴雨洪涝; 风险区划; 邢台市

中图分类号 P 426.616 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)17-0217-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.17.055



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on the Risk Zoning of Rainstorm and Flood in Xingtai City Based on GIS Technology

ZHAO Zhi-nan<sup>1</sup>, SUN Jing<sup>1</sup>, ZHANG Zhao-bo<sup>2</sup> et al (1. Meteorological Disaster Defense Center of Xingtai City, Xingtai, Hebei 054000; 2. Pingxiang County Meteorological Bureau, Xingtai, Hebei 054500)

**Abstract** Based on the daily precipitation data, 1:250,000 elevation data and related social and economic data of Xingtai City from 1980 to 2019, a comprehensive risk assessment model of rainstorm and flood disasters in Xingtai City was established by using GIS technology. The regional rainstorm and flood were studied from four aspects: disaster-causing factors, disaster-pregnant environment, disaster-bearing bodies, disaster prevention and mitigation capabilities. The comprehensive risk index of rainstorm and flood disasters in the whole city was calculated by quantitative analysis of waterlogging, and the risk zoning map of rainstorm and flood in Xingtai City was obtained. The results showed that the western areas of Xingtai County, Shahe City, Neiqiu County and Lincheng County were the areas with the highest risk of flood disaster; most areas of Xingtai and Shahe City, Lincheng County, Neiqiu County and Baixiang County belong to the sub-high risk areas; the remaining counties and cities belong to the middle and lower risk levels.

**Key words** GIS; Rainstorm and flood; Risk zoning; Xingtai City

近年来,国内外众多学者就暴雨灾害发生的原因及评估指标、评估方法进行了研究,这些研究大都是在利用 ArcGIS 信息处理技术的基础上,得到研究区域不同等级的区划结果<sup>[1-8]</sup>。这些研究对于指导完成邢台市的暴雨灾害风险评估区划有着重要的指导意义。邢台市地处河北省中南部,位于太行山东部,毗邻山西省,地形复杂,自西向东山地、丘陵、平原呈阶梯状分布。邢台市气候类型为温带季风气候,雨热同期,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥。相对复杂多变的地形以及气候为邢台市暴雨灾害的发生创造了一定的条件,邢台市的暴雨灾害多发生在降雨相对较多的夏季,特别是 6—9 月份更是频发,暴雨灾害给邢台市人民的生命安全和财产带来了严重威胁。

目前专门针对邢台市暴雨洪涝的风险区划研究相对较少,笔者在前人研究成果的基础上<sup>[9-13]</sup>,利用 GIS 空间数据处理方法参照现有的气象灾害风险等级划分标准,构建了邢台市暴雨洪涝风险综合评价模型,对邢台市不同等级的暴雨洪涝灾害进行划分,得到该地区的暴雨洪涝灾害风险等级区划图。该区划结果对指导邢台市更好地防御暴雨灾害,指导有关部门出台相应的防洪规划,降低对该地区人民生命、财产以及地区经济发展带来的损失有一定的参考价值。

## 1 资料与方法

**1.1 数据来源** 气象数据:邢台市 17 个国家站 1980—2019 年逐日降水资料,邢台县数据通过拟合浆水无人站数据获取;致灾标准依据邢台市多年降水数据确定。地理信息数据:30 m×30 m 栅格数据。社会经济数据:2015—2019 年邢台市统计年鉴。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 数据一致化。**在对邢台市的暴雨洪涝灾害进行风险评估时,需要用到大量的空间地理数据,这些数据有着各自的栅格图层。不同指标参考值不一,因此为了保持这些数据的一致性,该研究应当采用合适的办法对其进行处理<sup>[14-15]</sup>。这些栅格数据必须有着统一的坐标系统和投影系统,只有这样才能保证栅格数据与实际地理范围的一致性<sup>[16-17]</sup>。只有在保证这些栅格数据一致的基本前提下,才能运用 ArcGIS 地图代数功能进行下一步的图层叠加等运算。由于该研究中不同的栅格数据像元大小不一,为了保持数据大小一致,将不同分辨率的空间数据均转换为 30 m×30 m 的栅格。

**1.2.2 指标归一化。**由于在进行评估时选择的各类指标评价因子不同,为了消除不同因子量纲影响,需要对其进行归一化处理,其计算公式如下<sup>[18]</sup>:

$$X'_i = 0.5 + 0.5 \times \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式中,  $X'_i$  与  $X_i$  分别为指标的量化值序列和原始值序列;  $X_{\max}$  为指标序列的最大值,  $X_{\min}$  为指标序列的最小值。

**1.2.3 加权综合评价法。**加权综合评价法(WCA)是综合考虑了各个因子对总体的影响程度,把各个具体的指标作用大

**基金项目** 邢台市科技局项目(2019ZC102);河北省科技厅重点研发项目(19275408D)。

**作者简介** 赵志楠(1990—),女,河北邢台人,工程师,硕士,从事气象灾害防御及风险区划方面的研究。

**收稿日期** 2021-02-03; **修回日期** 2021-03-20

小综合起来,用一个数量化指标加以集中,表示整个评价对象的优劣<sup>[18]</sup>。通过该方法计算得到各因子的指标与权重相加权,用评价因子总值  $C_{ij}$  表示,具体公式表达如下:

$$C_{ij} = \sum_{i=1}^m Q_{ij} W_{ci} \quad (2)$$

式中,  $C_{ij}$  是评价因子的总值;  $Q_{ij}$  是因子  $j$  的指标  $i$  的归一化值;  $W_{ci}$  是指标  $i$  的权重值,  $m$  是评价指标个数。

### 1.3 暴雨洪涝风险指标的选取与分析

**1.3.1 致灾因子危险性。**暴雨是引发邢台市洪涝灾害的主要原因,特别是在海拔较高的西部山区更为常见。当地的气候决定了每年的6—9月份是邢台市暴雨洪涝灾害多发的季节。一旦出现暴雨洪涝灾害,势必会给邢台市人民生命和财产安全带来巨大损害。依据当地多年降水情况,该研究用洪涝出现的频率和强度来表示邢台地区暴雨洪涝灾害致灾因子的危险程度。

**1.3.2 孕灾环境敏感性。**邢台市地形复杂,地势西高东低,西部山区海拔相对较高,受降水影响较大。特别是邢台西部地区河流众多,一旦出现短时强降水就会导致雨水在河道等低洼地区堆积,严重的会造成暴雨洪涝灾害的出现。东部地区海拔低,多为平原,受强降雨的影响较小,暴雨洪涝灾害发生的频率较低。为了更好地分析地形因素对邢台市暴雨洪涝灾害的影响,结合当地实际和现有气象资料,选取地形因子作为孕灾环境敏感性的分析指标。

**1.3.3 承灾体易损性。**邢台市暴雨洪涝灾害造成的危害程度与当地承灾体密切相关。同级别的暴雨人口数量大、产业密集、经济发达的地区受到的影响高于人口稀疏、经济落后的区域。该研究根据2015和2016年邢台市统计年鉴资料,采用地均GDP和地均人口作为承灾体易损性评价指标。

**1.3.4 防灾抗灾能力。**防灾抗灾能力的高低与当地经济实力、防灾抗灾投入、领导者管理水平密切相关。暴雨洪涝灾害防御工作的开展与落实需要当地政府投入大量的资金与技术支持,该研究选取邢台市2015和2016年的人均GDP作为评价当地应对暴雨洪涝灾害防灾抗灾能力高低的指标。

**1.4 综合评价模型的建立**在对邢台市4个评价指标进行定量分析和数据一致化处理的基础上得到邢台市暴雨洪涝灾害风险评价模型:

$$FDRI = (H^\alpha)(E^\beta)(S^\gamma)(1-R)^\delta \quad (3)$$

式中,FDRI为暴雨洪涝灾害风险指数,表示邢台市暴雨洪涝灾害风险等级,值越大受暴雨灾害的影响越大,风险等级越高;  $H$ 、 $E$ 、 $S$ 、 $R$ 分别表示风险评价模型中的致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力的指数;  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 是各评价因子的权重<sup>[8]</sup>。邢台市暴雨洪涝灾害风险评价指标及权重如图1所示。

## 2 结果与分析

**2.1 致灾因子危险性区划与分析**在对邢台市17个国家站1980—2019年常年降水情况进行统计与分析的基础上,最终确定以暴雨强度与频次作为邢台市暴雨洪涝致灾因子危险等级的评价指标。通过统计得到该市暴雨灾害出现的频率。依据邢台市常年降水数据和灾情数据,邢台市出现日

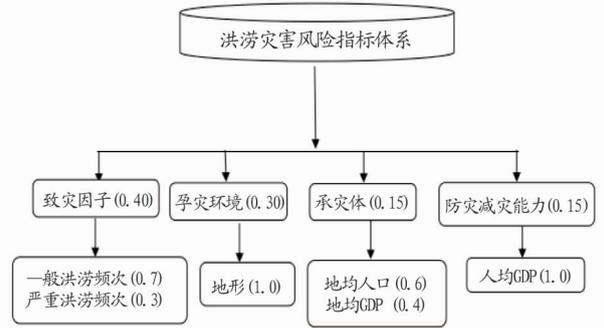


图1 邢台市暴雨洪涝灾害风险评价指标及权重

Fig. 1 Risk evaluation index and weight of rainstorm and flood disaster in Xingtai City

降水量 100.0~249.9 mm 或者连续3 d 总降水量为 150.0~349.9 mm 可认定为一般洪涝;日降水量  $\geq 250$  mm 或连续3 d 总降水量  $\geq 350$  mm 认定为严重洪涝;通过数理统计得到邢台市近40年17个国家站洪涝等级不同的暴雨频次(表1)。

表1 1980—2019年邢台市不同等级暴雨洪涝频次

Table 1 The frequency of rainstorms and floods of different levels in Xingtai City from 1980 to 2019

站点 Station	一般洪涝 General waterlogging	严重洪涝 Severe waterlogging
邢台 Xingtai	31	0
内丘 Neiqiu	30	0
临城 Lincheng	23	0
沙河 Shahe	18	0
柏乡 Baixiang	33	0
隆尧 Longyao	14	0
任县 Renxian	22	1
南和 Nanhe	22	0
宁晋 Ningjin	15	0
巨鹿 Julu	24	0
平乡 Pingxiang	15	0
广宗 Guangzong	15	4
威县 Weixian	15	3
新河 Xinhe	8	0
南宫 Nangong	14	0
清河 Qinghe	6	0
临西 Linxi	25	1

邢台市暴雨洪涝灾害致灾因子的确定基于当地的暴雨频次、强度以及历史灾情数据。该研究把一般洪涝和严重洪涝因子影响程度分别赋值为0.7、0.3,在此基础上利用GIS栅格计算器功能对2个影响因子数据进行叠加计算,依据自然断点法将风险等级由低到高依次划分5个等级,最终得到邢台市暴雨洪涝致灾因子危险性区划图(图2)。由图2可知,邢台市市区、邢台县西部地区以及柏乡县致灾因子为高危险区;内丘县、沙河市大部分地区、临城县、广宗县、临西县、任县部分地区属于次高危险区;其他地区危险性相对较低。

**2.2 孕灾环境敏感性区划与分析**作为诱发暴雨洪涝灾害的重要原因之一,某一区域海拔越高,地形越为复杂受洪水

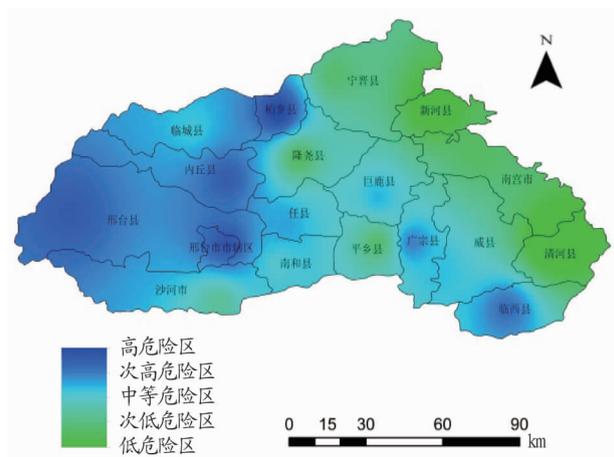


图2 邢台市致灾因子危险性区划

Fig. 2 Risk zoning of disaster-causing factors in Xingtai City

影响越大。高程数据从邢台市 1:25 万地形数据中提取,利用 GIS 空间分析功能,得到邢台市暴雨洪涝灾害孕灾环境敏感性区划结果(图 3)。从图 3 可以看出,邢台县、沙河市、内丘县、临城县西部地区属于高敏感区;其他地区敏感性较低。究其原因主要是因为邢台西部地区是邢台地区地形指数影响最大的区域,因此也是暴雨洪涝灾害发生最为敏感的区域。

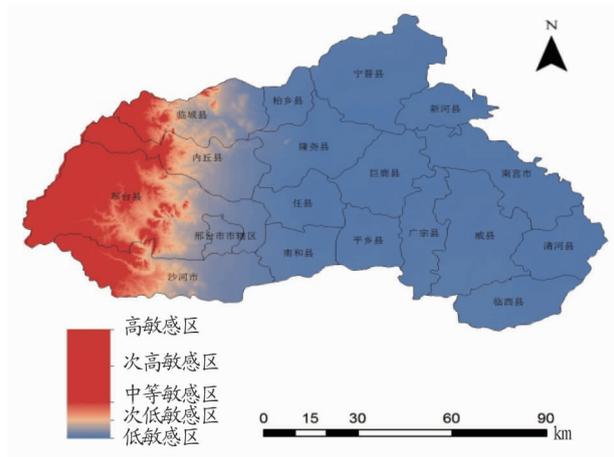


图3 邢台市孕灾环境敏感性区划

Fig. 3 Environmental sensitivity zoning of pregnancy disaster in Xingtai City

**2.3 承灾体易损性区划与分析** 查阅邢台市统计年鉴,结合本地经济实际,选取邢台市地均 GDP、地均人口作为承灾体易损性的评价指标,并对 2 个指标分别赋值 0.4、0.6。利用 ArcGIS 地图代数栅格计算器功能叠加 2 个评价指标图层数据,利用自然断点法将叠加后的区划图层由低到高分 5 个风险等级,得到邢台市暴雨洪涝承灾体易损性区划图(图 4)。从图 4 可以看出,由于邢台市市辖区经济发达、人口密集,所以邢台市市辖区易损性最高;清河县、宁晋县、柏乡县、隆尧县、平乡县、任县、南和县次之;沙河市、广宗县、威县、临西县、南宫市、巨鹿县位于中等易损区;内丘县、新和县易损性较低;邢台县地域辽阔,人口密度较小,易损性最低。

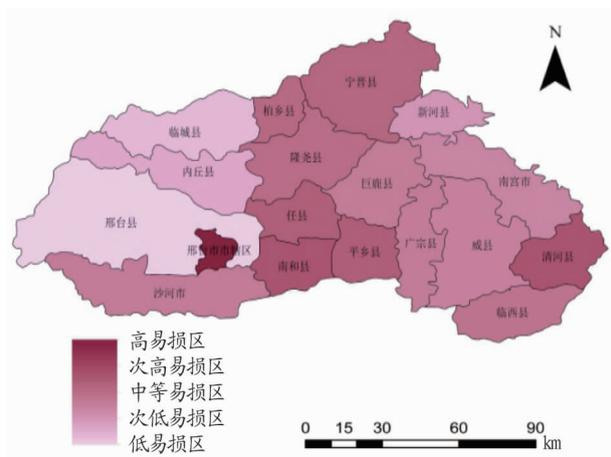


图4 邢台市承灾体易损性区划

Fig. 4 Vulnerability zoning of disaster-bearing body in Xingtai City

**2.4 防灾抗灾能力区划与分析** 防灾抗灾能力的大小与某一地区的经济水平密切相关,大量防御工程的建造需要充足的资金作保障,该研究选取人均 GDP 作为评估邢台市防灾抗灾能力强弱的重要指标。从图 5 可以看出,沙河市人均 GDP 最高,因此该市防灾抗灾能力最高;邢台市辖区、邢台县、清河县、临城县、宁晋县防灾抗灾能力次之;内丘县、隆尧县、平乡县、南宫县防灾抗灾能力中等;南和县、广宗县、巨鹿县、临西县、新和县、柏乡县防灾抗灾能力次低;任县、威县防灾抗灾能力最低。

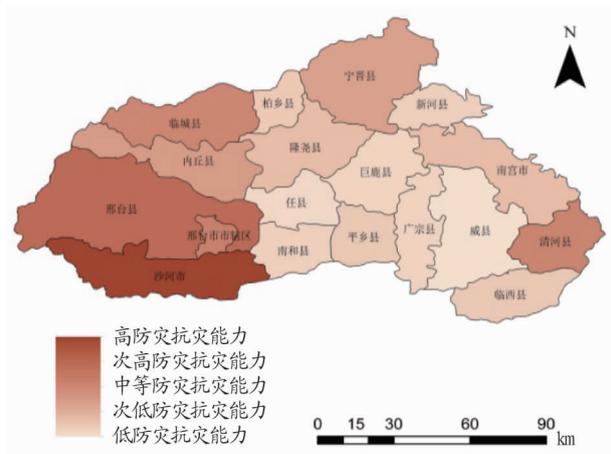


图5 邢台市防灾抗灾能力区划

Fig. 5 Division of disaster prevention and resistance ability in Xingtai City

**2.5 暴雨洪涝灾害综合风险区划与分析** 在对 4 种风险因子进行分析与处理的基础上,基于 GIS 空间分析功能通过叠加不同的栅格数据图层得到邢台市暴雨洪涝灾害风险区划图,并按照自然断点法将风险等级由低到高划分为高、次高、中等、次低和低 5 个风险等级(图 6)。从图 6 可以看出,邢台县、沙河市、内丘县、临城县西部地区属于洪涝灾害风险最高的地区,邢台市市辖区和沙河市、临城县、内丘县、柏乡县大部分地区属于次高风险区,这些区域多是人口稠密和地形复杂且为暴雨、大暴雨的多发区,因此风险相对其他县市较大;

邢台市东部其他县市多为平原地区,因此多为中等或者以下风险水平。

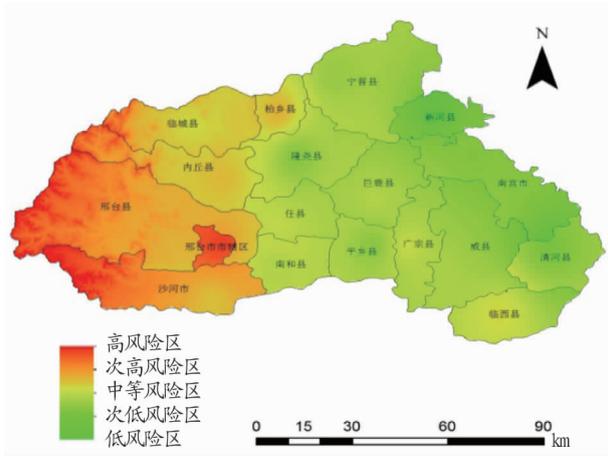


图6 邢台市暴雨洪涝灾害风险区划

Fig. 6 Risk zoning of rainstorm and flood disasters in Xingtai City

### 3 结论与讨论

该研究以邢台市为研究区域,利用自然灾害风险指数法,在前人现有研究的基础上,综合4类指标因子建立研究区域风险评估模型,利用GIS软件得到研究区域暴雨洪涝灾害风险区划图。研究结果基本符合实际情况,该研究结果对于指导相关部门开展暴雨防灾减灾工作有一定的参考意义与价值。由于地形、水文数据相对缺乏,该研究结果有一定的局限性,因此在今后的研究中应该获取更多的研究数据,特别是历史灾情数据对暴雨诱发的邢台地区的灾害程度进

行验证,使评价结果更加接近实际状况。

### 参考文献

- [1] 张继权,李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京:北京师范大学出版社,2007:123-174.
- [2] 李兰,彭涛,叶丽梅,等. 暴雨诱发富水流域洪涝灾害风险研究[J]. 暴雨灾害,2017,36(1):60-65.
- [3] 郭广芬,周月华,史瑞琴,等. 湖北省暴雨洪涝致灾指标研究[J]. 暴雨灾害,2009,28(4):357-361.
- [4] 胡波,丁焯毅,何利德,等. 基于模糊综合评价的宁波暴雨洪涝灾害风险区划[J]. 暴雨灾害,2014,33(4):380-385.
- [5] 孙建霞. 基于GIS和RS技术的吉林省暴雨洪涝灾害风险评价[D]. 长春:东北师范大学,2010:1-27.
- [6] 黄懿,代春梅. 基于GIS技术的乐山市暴雨洪涝灾害风险区划研究[J]. 高原山地气象研究,2014,34(1):62-67.
- [7] 王清川,寿绍文,许敏,等. 廊坊市暴雨洪涝灾害风险评估与区划[J]. 干旱气象,2010,28(4):475-482.
- [8] 高操,韩典辰,赵晓涵,等. 基于GIS的沧州市暴雨气象灾害风险评估[J]. 安徽农业科学,2019,47(22):210-213,249.
- [9] 李喜仓,白美兰,杨晶,等. 基于GIS技术的内蒙古地区暴雨洪涝灾害风险区划及评估研究[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(7):71-77.
- [10] 叶金玉. 基于GIS的闽江流域洪灾风险分析与区划研究[D]. 福州:福建师范大学,2003.
- [11] 李春梅,刘锦奎,潘蔚娟,等. 暴雨综合影响指标及其在灾情评估中的应用[J]. 广东气象,2008,30(4):1-4.
- [12] 樊运晓,罗云,陈庆寿. 区域承灾体脆弱性评价指标体系研究[J]. 现代地质,2001,15(1):113-116.
- [13] 王博,崔春光,彭涛,等. 暴雨灾害风险评估与区划的研究现状与进展[J]. 暴雨灾害,2007,26(3):281-286.
- [14] 刘琼. 基于层次分析法的风险评估系统的研究与设计[D]. 西安:西安电子科技大学,2009.
- [15] 王以彭,李结松,刘立元. 层次分析法在确定评价指标权重系数中的应用[J]. 第一军医大学学报,1999,19(4):377-379.
- [16] 汤国安,杨扬. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社,2006:109-111.
- [17] 周成虎,万庆,黄诗峰,等. 基于GIS的洪水灾害风险区划研究[J]. 地理学报,2000,55(1):15-24.
- [18] 刘晓冉,康俊,王颖,等. 基于GIS的重庆地区不同季节干旱灾害风险评估与区划[J]. 自然灾害学报,2019,28(2):92-100.

(上接第169页)

分析,探讨中医药的药效成分及其潜在的药理作用和临床应用,为新药研发和药物作用机制的研究提供了新思路。

### 参考文献

- [1] 李经纬,余瀛鳌,蔡景峰,等. 中医大辞典[M]. 2版. 北京:人民卫生出版社,2004:122.
- [2] 张涛. 山豆根药理作用与临床应用研究近况[J]. 广西中医学院学报,2008,11(3):110-111,117.
- [3] 丁佩兰,陈道峰. 中药山豆根及其制剂的药理作用、临床应用与不良反应[J]. 中国临床药理学杂志,2003,12(5):315-318.
- [4] 彭湘君. 山豆根多糖的提取工艺及抗肿瘤活性研究[D]. 赣州:赣南师范学院,2012.
- [5] 申晓东,宋关斌,严润彬,等. 苦参碱和氧化苦参碱抗肿瘤作用的研究进展[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2005,28(6):125-128.
- [6] 马玲娣. 中药苦参碱抗肿瘤作用的实验研究[D]. 重庆:重庆医科大学,

2005.

- [7] 何常明. 苦参和山豆根黄酮类成分及其生物活性的比较研究[D]. 上海:复旦大学,2010.
- [8] 卢祥之. 国医大师李济仁经验良方赏析[M]. 北京:人民军医出版社,2012:159-163.
- [9] 达瑞,刘永琦. 中西医结合治疗鼻咽癌的研究进展[J]. 亚太传统医药,2010,6(10):141-143.
- [10] 汤佩佩,白明,苗明三. 中医药研究与网络药理学[J]. 中医学报,2012,27(9):1112-1115.
- [11] 张贵彪,陈启龙,苏式兵. 中药网络药理学研究进展[J]. 中国中医药信息杂志,2013,20(8):103-106.
- [12] 刘璐,黄咏梅,王晖. 网络药理学研究进展[J]. 华西药理学杂志,2014,29(6):723-725.
- [13] 丁佩兰. 山豆根和苦参化学成分的比较研究[D]. 上海:复旦大学,2004.
- [14] 张红凯,陈杰. RAS-GTPase活化蛋白在肿瘤发生发展中作用的研究进展[J]. 中国医学科学院学报,2015,37(3):364-369.