4.3.2 本研究提出的方法

4.3.2.1 危险区类型

根据防护对象受灾害影响的程度，根据将危险区分为 3 种等级，如表 4-6 所示。

表 4-6 山洪及泥石流灾害危险区类型及其特征

Tab 4.6 The hazard zone types and its character of the flush flood and debris flow torrent

危险区	基本特征
红色危险区（最危险区）	山洪及泥石流灾害发生将引起房屋等建筑物的严重破坏和人员伤亡，红色区不允许人员居住和修建居民点及其它设施，是最危险的区域，是“禁止建筑区”
黄色危险区（次危险区）	山洪及泥石流灾害引起的破坏程度较轻，在此居住和修建房屋必须要有防护措施，以减轻灾害威胁
白色区（安全区）	荒溪活动引起的破坏轻微，不用任何防护措施即可安全居住和从事生产活动

4.3.2.2 危险区划分方法

北京山洪及泥石流危险区划分是通过对有荒溪沟道和荒溪冲积圆锥进行危险区制图来实现的。

1）荒溪沟道危险区制图

荒溪沟道危险区类型是根据设计频率暴雨产生的山洪泥石流洪峰流量淹没线的位置确定的。

红色区：在沟道防护对象处，50 年一遇暴雨产生的山洪泥石流洪峰流量 Q_{50} 淹没线以下区域范围，即红色区过流能力（Q_c）小于 50 年一遇暴雨的洪峰流量（Q_{50}），即 $Q_c<Q_{50}$。

黄色区：在沟道防护对象处，100 年一遇暴雨的洪峰流量（Q_{100}）淹没线以下，50 年一遇暴雨的洪峰流量（Q_{50}）淹没线以上区域，$Q_{50}<Q_c<Q_{100}$。

白色区：100 年一遇暴雨产生的洪峰流量淹没线以上的区域，$<Q_c<Q_{100}$。见图 4—5。

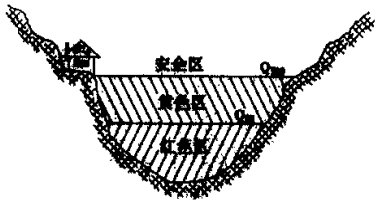


图 4—5 荒溪沟道危险区类型图

Fig 4.5 The hazard zone types map of the torrent channel

根据上述荒溪沟道危险区的定义，确定防护对象危险区类型和范围的方法是：

首先计算防护对象处 50 年一遇和 100 年一遇的洪峰流量 Q_{50} 和 Q_{100}；

其次计算防护对象处沟道断面山洪或泥石流的流速 Vc 和断面面积 Ac；

第三根据断面过流能力 $Qc=Vc \cdot Ac$ 判定防护对象危险区类型，并用试算法计算红色区和黄色区的边界范围。

危险区划分首先要计算暴雨设计频率的洪峰流量和山洪泥石流流速两个主要参

数，再确定危险区的类型和范围,其具体步骤如下：

①沟道防护对象处洪峰流量的确定

计算山洪泥石流洪峰流量方法很多，主要有配方法、洪痕调查法、综合成因法等。用配方法计算洪峰流量，因涉及的因素较少，推算值与实际结果差异较大，一般还得加上其他修正系数，故用者较小。洪痕调查法只能在洪痕比较明显的沟道中运用，但北京山区发生特大山洪泥石流的周期比较长，再加上人为活动频繁，已不容易找到洪痕，因此，此法运用也较少，只能作为参考。在七十年代，前苏联和中国提出一种计算山洪泥石流洪峰流量的最新方法，本法的优点是从成因上综合分析暴雨清水流量，比较符合实际或接近所发生的最大洪峰流量。因此，北京山区荒溪危险区划分选择综合指数成因法计算洪峰流量。

$$Q_P = \eta Q_b$$

式中：Q_p：一定频率的洪峰流量（m^3/s）；

η：荒溪综合指数；

Q_b：一定频率清水峰值流量。

荒溪综合指数，反映了影响山洪泥石流洪峰流量的各个因素。山洪或泥石流都是在一定降雨条件下形成的，并包含有更多的自然现象和形成因素，它在流动过成中，由于滑坡、崩塌等地质现象发生所产生的巨大固体物质来源或因流体阵流和暂时的阻塞而溃决形成的巨大补给量，从而形成比清水流量大得多的洪峰流量。影响荒溪综合指数的主要因素是荒溪类型和沟道弯曲度 K 值。

从理论上讲，泥石流的最大洪峰流量可以是清水流量的 10 倍以上。从表 4—7 中看出在北京山区泥石流洪峰流量和清水设计流量的比值 Q_p/Q_b 在 1.76～11.43 之间。

因荒溪的类型及荒溪沟道弯曲度的不同，荒溪流域综合指数也有很大差别，个别破坏力强的泥石流荒溪的荒溪综合指数可达 16 以上。我们选用表 4—8 的数值作为各种荒溪类型的荒溪综合指数值。

沟道防护对象断面处清水设计频率流量，选用北京市水文手册中小流域洪峰流量的径验公式计算：

$$Q_b = 2 \cdot \alpha N^e F^b$$

式中：Q_b：清水设计频率流量（m^3/s）；

N：暴雨设计周期，红色区范围时 N=50，黄色区范围时 N=100；

F：防护对象以上的流域面积 km^2；

e、b 为系数，不同类型取值不同；可查《北京市水文手册》

α 也为系数，流域面积＜$10km^2$ 时，α =1.10，否则 α =1

②山洪泥石流流速的计算

山洪泥石流流速计算公式，概括起来有两种：一是按水利学的谢才公式，根据野外实际观测资料，用统计方法计算公式的系数；二是根据推理公式和试验资料或试验资料与野外观测资料相结合，用数学分析建立山洪泥石流流速公式。北京山区山洪泥石流流速公式是在谢才——曼宁公式的基础上，考虑含沙水流运动阻力与水流运动阻力的差别，

表 4—7 北京山区山洪及泥石流最大流量（Q_p）与清水设计流量（Q_b）比值

Tab 4.7 The runoff ratio between the flush flood & debris flow and the flesh water in Beijing mountain region

泥石流发生地点	泥石流最大流量 (m^3/s)	形成泥石流的清水设计流量(m^3/s)	Q_p/Q_b
沙河长儿峪	254	38.5	6.59
琉璃河石渣沟	285	25.1	11.35
河防口大道班沟	36.7	14.8	2.47
沙河片石沟	72.2	7.0	10.30
怀河慕田峪	216	123	1.76
番字牌小西天	981.6	101.2	9.69
番字牌南化岭	732	64.04	11.43
关沟四桥子	800	394	2.03
番字牌石湖根	321.64	114.7	2.80

注：据北京市水文手册

表 4—8 荒溪综合指数

Tab 4.8 The torrent aggregative index number

荒溪类型	荒溪综合指数 η		
	K=1.0-1.5	K=1.5-2.0	K>2.0
破坏力强的泥石流荒溪	7-8	8-10	11-16
泥石流荒溪	5-6	6-7	7-11
高含沙山洪荒溪	2-3	3-4	4-5
一般山洪荒溪	1-1.05	1.05-1.1	1.1-1.15

并利用北京山区山洪泥石流实测资料进行适当地修改而建立的，流速公式为泥石流（破坏力强的泥石流和泥石流）和山洪（高含沙山洪、一般山洪）二类。

a.泥石流流速公式：

$$Vc=1/n \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

式中：Vc：泥石流平均流速（m/s）

n：沟道糙率系数；

R：沟道断面水力半径（m）

J：泥石流的泥面比降或沟底比降。

b.山洪流速公式：

$$Vc=1/\alpha n \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/10}$$

式中：Vc：山洪流速（m/s）

n：沟道糙率系数；

R：沟道断面水力半径（m）

J：水面或沟底比降；

α：山洪阻力系数，$\alpha=(\phi \cdot r_s+1)^{1/2}$；

φ：修正系数，$\phi=(r_c-1)/(r_s-r_c)$，r_c为山洪容重（t/m^3），r_s为泥沙比重（t/m^3）；

公式中φ、α值，见表 4—9；的沟道糙率系数，要根据沟道的特征进行选择，详见表 4—10。

③防护对象危险区确定

根据上述危险区类型和范围的划分方法，断面过流能力 $Q_c=V_c \cdot A_c$，若 $Q_c=Q_{50}$ 时，该淹没线以下为红色区；$Q_c=Q_{100}$ 时的淹没线与 $Q_c=Q_{50}$ 淹没线之间的部分为黄色区；$Q_c=Q_{100}$ 淹没线以上区域为安全区。设计暴雨洪峰流量的淹没线要用水利试算法

进行计算。

表 4-9 ϕ、α 值表

Tab 4.9 The numerical value of ϕ and α

$r_s(T/m^3)$ \ $r_C(T/m^3)$		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
2.4	ϕ	0	0.077	0.167	0.273	0.40	0.556	0.75	1.00	1.33
	α	1.0	1.09	1.18	1.29	1.40	1.53	1.67	1.84	2.05
2.5	ϕ	0	0.071	0.154	0.258	0.364	0.50	0.667	0.875	1.14
	α	1.0	1.09	1.18	1.27	1.38	1.50	1.63	1.79	1.96
2.6	ϕ	0	0.067	0.143	0.231	0.33	0.455	0.60	0.778	1.00
	α	1.0	1.08	1.17	1.26	1.37	1.48	1.60	1.74	1.90
2.7	ϕ	0	0.063	0.133	0.214	0.368	0.417	0.545	0.70	1.89
	α	1.0	1.08	1.17	1.26	1.35	1.46	1.57	1.70	1.84

表 4—10 沟道河床糙率值 n 表

Tab 4.10 The roughness of the stream channel

河床分类	沟道河床特征	沟道糙率系数	
		山洪 n 值	泥石流 n 值
1	河段顺直、河床平整、断面为矩形或抛物线形的漂石、砂卵石或黄土质河床，平均粒径 0.01—0.08m	0.133	0.043
2	河段较为顺直，由漂石、碎石组成的单式河床，河床质较均匀，大石块直径为 0.4—0.8m，或河床段弯曲，不太平整的 1 类河床	0.167	0.054
3	河段较为顺直，由漂石、碎石、卵石组成的单式河床，大石块平均直径为 0.1—1.4m，平均粒径为 0.1—0.4m 或较为弯曲不太平整的 2 类河床	0.208	0.060
4	河段较为顺直，河床不平整，由巨石、漂石组成的单式河床，河床大石块直径为 1.2—2.0m，平均粒径为 0.2—0.6m 或较为弯曲	0.263	0.063
5	河段严重弯曲，断面很不规则，有树木、植被、巨石严重阻塞河床	0.417	0.083

（2）冲积圆锥危险区制图

北京山区有冲积圆锥的荒溪主要分布于西山及北山延庆盆他、平谷盆地周围。尽管冲积圆锥上的防护对象在整个山区所占的比重较小，但山洪泥石流造成的灾害是严重的。因此，有必要对冲积圆锥危险区划分进行研究。

冲积圆锥是山洪泥石流由于沟口比降小，流体展宽，流速锐减，携带的泥沙石块大量淤落或堆积形成的扇状堆积体。冲积圆锥典型地反映了荒溪的特征，概括性地再现了荒溪活动历史，它是荒溪的一种“名片”，客观地描述了荒溪流域内疏松的土壤和岩石受到危险性水流浸蚀的时候，流域内起积极作用的地质、地貌、气象水文条件。冲积圆锥是了解山洪泥石流静力学和动力学过程，判断荒溪类型和规模的重要标志。调查分析冲积扇形成的特点、形态和泥沙、石块分布特征，是鉴定荒溪类型和危险区划分的重要依据。

冲积圆锥危险区是根据前期山洪泥石流灾害的遗迹，结合冲积圆锥地貌特征和侵蚀特征，采用危险区综合指数评判划分。基本原则和方法同荒溪类型判别相似。冲

积圆锥危险区是在冲积圆锥上选出若干点位，对每个点依据危险区划分综合指数进行危险性判别。

1） 危险区划分判别因素及指标评分

危险区划分判别因素要能反映出调查点受山洪泥石流冲刷、冲击、淹没等的危险性大小，并易于指数评定。因此，选用下列因素进行讨论和分析，确定各因素指标及分值。

①冲积圆锥上调查点周围冲出石块的最大体积

调查点石块体积能表明该点受山洪泥石流冲击力的大小。

冲击力公式：　　$P=G \cdot V_d/T \cdot \omega$

式中：G：石块重量，kg；

V_d：石块运动速度，m/s；

T：撞击时间，S；

ω：石块与被撞物体接触面积，m^2。

从式中看出，冲击力与石块重量成正比，石块重量与其体积成正比，石块体积越大，该点受山洪泥石流破坏力越大。因此，石块体积能说明调查点的危险程度。

按石块体积（W）指标评分如下：

a.$W \geqslant 1.0m^3$　　（4 分）

b.$0.2 \leqslant W < 1.0m^3$　　（3 分）

c.$0.01 \leqslant W < 0.2m^3$　　（2 分）

d.$W < 0.01m^3$　　（1 分）

②冲积圆锥上调查点可辨认的单次淤积的最大厚度

荒溪沟口冲积圆锥是由多次山洪或泥石流固体物质堆积而成，每次山洪泥石流的物质组成和规模等情况不同，淤积后形成的土体组成和结构也有差别，故在沉积剖面中可以划分出各层之间的界面。沉积层的厚度与流体的流量、粘稠度和颗粒粒径成正比，调查点单次淤积最大厚度，反映该点山洪泥石流的破坏力。

单次淤积最大厚度（H）指标评分

a.$H \geqslant 1m$　　(4 分)

b.$0.5 \leqslant H < 1m$　　(3 分)

c.$0.1 \leqslant H < 0.5m$　　(2 分)

d.$H < 0.1m$　　(1 分)

③冲积扇调查点周围的表面坡度

冲积扇表面坡度会影响到山洪或泥石流的流速及沉积作用。随着表面坡度的增加，山洪泥石流流速提高，沉积作用减少，冲击力加强。

冲积扇表面坡度（α）指标评分

a.$\alpha \geqslant 15\%(8.5^\circ)$　　(4 分)

b.7%(4°)≤α＜15% (3 分)

c.2%(1.1°) ≤α＜7% (2 分)

d.α＜2% (1 分)

④冲积扇调查点周围优势植物状况和土地利用情况

a.海拔高度＞800m，先锋植物乔木以胡桃楸、桦木为主；灌木以蚂蚱腿子、胡枝子、绣线菊等植物为主 (4 分)

b.有不同龄级的乔木出现 (3 分)

c.草场在面积上占优势，农田由石墙石阶分开 (2 分)

d.农田在面积上占优势，农田内没有石阶石墙 (1 分)

⑤冲积圆锥调查点侵蚀状况

a.调查点处在有大漂石留下的沟槽中，或有大块石滞溜 (4 分)

b.调查点处于砂砾在冲积扇扩散点上，说明山洪或泥石流存在再沉积与再扩散作用 (3 分)

c.调查点处于冲积扇冲沟旁的台地上，只有下游出口受到堵塞，才能受到山洪泥石流的影响 (2 分)

d.不会受到山洪泥石流的冲击，下游出口不可能被堵塞 (1 分)

⑥冲积扇周围径流状况（如小跨度的桥、小径涵洞、堤坝等）

a. 冲积扇上有严重阻碍径流的建筑物和其他阻水地形(狭窄又有急弯段，沟底坡度＜3%) (4 分)

b. 情况同 a 相似，只是在荒溪出口处，或圆锥上有倒木、大石块堵塞并有溃决的可能 (3 分)

c. 不存在阻水建筑物，有平缓的下切沟道，在汇合口处可能会造成淹没 (2 分)

d. 下游有输导工程可通过设计洪水，山洪或泥石流能顺畅地流入下游河道 (1 分)

2)冲积扇危险区划分模型和制图

冲击圆锥调查点危险区划分综合指数

$$P=\sum_{i=1}^{6}N_i/6$$

i：综合评判因子数，i=1……6

N_i：综合判判因子指标评分值

当：P≥2.6 时，调查点为红色区

1.6≤P<2.6 时，调查点属黄色区

P<1.6 时，调查点属白色区

根据地形图和实际地形，采用等值线法把属于同一类型的调查点连结起来，划出各类型危险区范围，完成防护对象的危险区制图。如冲积锥遭到部分破坏时，应根据沟道状况(堵塞，沉积)综合分析防护对象所属的危险等级。

4.3.3 各种方法之对比分析

现有危险区划分方法中，第一种方法以整条荒溪为尺度，可以确定荒溪的危险性，这只能作到对整条荒溪的保护对象的危险性有大致的了解，还不能准确判断其位置和数量，因此对山洪及泥石流灾害进行预警预报来说，其作用比本研究提出的方法要小。而且从现有的三种方法都只是对泥石流危险区进行了区化，而不包括山洪及高含沙山洪灾害。本研究方法提出的方法，不仅包含了山洪及泥石流灾害，而且是针对山洪及泥石流灾害实时预警，为确定预警对象而提出来的。因此，其研究危险区尺度比现有研究方法要小，可以准确判断预警对象位置和确定预警对象的数量，是山洪及泥石流灾害的实时预警的基础。

第二种方法和第三种方法提出的危险区划分，是基于大中尺度范围提出来的，对区域规划和宏观决策、投资分析等作用明显，但对荒溪内受灾害威胁的居民等预警对象来说，作用不大。而且谢选取 20 条泥石流沟将北京密云全县域划分为 5 个等级的危险区，笔者认为由于选取的泥石流沟毕竟占整个泥石流沟的比重很小，在一个县范围内容易选一定比重的典型泥石流，但在大范围内，其工作量太大，而选取的泥石流荒溪比重又是该方法精度的关键因素，因此该方法对县级尺度范围内效果较好，尺度范围过大，其可操作性和精确性会受到影响。刘希林等人在云南省昭通地区 10 县市通过对全县市 18 个具体指标的关联度分析选取其中 8 个指标，把昭通地区 10 县市划分为四级危险区。虽然选取的 8 个指标资料易采集，工作量不大，容易进行大尺度的泥石流区划。但把一个县或几个县都化为危险区，其减灾防灾的直接指导作用不是很明显。而本研究提出的方法，已在北京山区得到广泛应用，其研究成果已成为危险区移民的根据。

总之，目前我国在预警对象范围和数量确定研究方法即危险区划分其研究尺度都较大，还没有荒溪内预警对象分布确定的经验和方法可借鉴。本研究提出的方法，在传统荒溪分类按灾害等级和以中大尺度进行危险区划分的基础上，提出了根据荒溪类型和特点，通过对荒溪沟道内和冲积圆锥处进行荒溪危险区划分。荒溪危险区的划分是目前国内研究的空白，是目前准确确定预警对象中最好的方法，本研究对此作了尝试性的工作。