

ICS 01.040.03
A 24

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 602—2013

防洪风险评价导则

Guidelines for assessment of flood control risk

2013-02-04 发布

2013-05-04 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
(防洪风险评价导则)

2013年第19号

中华人民共和国水利部批准《防洪风险评价导则》
(SL 602—2013)标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	防洪风险评价导则	SL 602—2013		2013. 2. 4	2013. 5. 4

水利部

2013年2月4日

水利造价信息网
http://www.sljz.com.cn

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求，编制本导则。

本导则主要包括以下内容：

- 防洪风险评价的总体原则及一般规定；
- 基本资料的收集；
- 洪水风险分析；
- 防洪风险指标分析计算与评价。

本导则为全文推荐

本导则批准部门：中华人民共和国水利部

本导则主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本导则解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本导则主编单位：长江勘测规划设计研究院

水利部水利水电规划设计总院

本导则参编单位：中国水利水电科学研究院

本导则出版、发行单位：中国水利水电出版社

本导则主要起草人：仲志余 李原圆 胡维忠 宁 磊

沈福新 陈肃利 余启辉 李 娜

王艳艳 郭铁女 陈艺伟 霍凤霖

王翠平 向 锋

本导则审查会议技术负责人：梅锦山

本导则体例格式审查人：陈 昊

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本资料	3
4 洪水风险分析	4
4.1 一般规定	4
4.2 洪水淹没分析	4
4.3 灾情分析	4
4.4 损失计算	4
4.5 洪水风险估算	5
5 防洪风险指标分析计算与评价	5
5.1 防洪风险评价指标	6
5.2 防洪风险评价	6
标准用词说明	7
条文说明	8

1 总 则

- 1.0.1 为规范我国流域或区域防洪规划、防洪工程规划设计以及防洪管理中的防洪风险评价工作，明确其主要内容、评价方法和技术要求，制定本导则。
- 1.0.2 本导则适用于已建、在建和拟建的防洪工程或防洪工程体系对流域或区域的防洪风险评价。
- 1.0.3 防洪风险评价工作应结合流域或区域防洪工程实际状况，进行系统、客观、科学的评价。
- 1.0.4 防洪风险评价应以洪水风险分析为基础，进行防洪风险指标计算及评价，为防洪规划、工程建设和管理提供依据。
- 1.0.5 本导则的引用标准主要有以下标准：
《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL 44)
《已成防洪工程经济效益分析计算及评价规范》(SL 206)
- 1.0.6 防洪风险评价除应符合本导则的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1

2 术 语

- 2.0.1 洪水风险 flood risk
不同程度内洪水事件发生的可能性及其后果的组合，也可称为洪水期望损失，宜以洪水事件的频率分布及其严重程度来表示。
- 2.0.2 洪水风险区 flood risk area
受洪水威胁、存在洪水风险的区域。
- 2.0.3 洪水风险估算 flood risk estimation
分析和预测洪水风险的大小。
- 2.0.4 洪水风险图 flood risk mapping guidelines
直观反映某一区域洪水风险信息的专题地图。
- 2.0.5 防洪风险评价 flood control risk assessment
根据洪水风险估算结果，评价防洪工程或防洪工程体系建设对流域或区域洪水风险的影响程度。
- 2.0.6 防洪风险改善率 improvement rate of flood control risk
某种防洪工程建设对流域或区域洪水风险的改善程度，用有该工程状态下的洪水风险减少值与无该工程状态下洪水风险区洪水风险的比值来表示。
- 2.0.7 防洪保护改善率 improvement rate of flood control protection
某种防洪工程建设对流域或区域资产保护的改善程度，用有该工程状态下保护资产的增加数与无该工程状态下洪水风险区的资产数的比值来表示。

2

3 基本资料

- 3.0.1 自然地理资料主要包括：流域或区域水系，防洪（潮）保护区、洪泛区、蓄滞洪区的地形地质资料及河道断面资料等。
- 3.0.2 水文及洪水资料包括：降雨、洪水、泥沙、潮汐等实测资料，历史典型暴雨、洪水和风暴潮资料，暴雨、洪水和风暴潮频率分析资料及设计暴雨、设计洪水成果资料，反映河道、分洪道、湖泊、水库和蓄滞洪区蓄泄特征的资料。
- 3.0.3 社会经济资料包括：面积、人口、耕地、固定资产、地区生产总值等基本统计指标以及重要基础设施、城市生命线工程、地下工程、重点防洪保护对象资料等。
- 3.0.4 防洪规划资料包括：现状防洪能力、防洪标准、防洪总体布局、防洪规划方案等。
- 3.0.5 工程资料包括：堤防、水库、蓄滞洪区、河道整治工程、分洪道闸坝、泵站等防洪排涝工程现状、设计以及运行管理资料和对洪水水力特性有较大影响的铁路、公路、桥梁等构筑物资料。
- 3.0.6 防洪非工程措施资料包括：水情测报预报、洪水调度方案、超标准洪水防御及应急预案、洪水风险图、政策法规等。
- 3.0.7 灾情资料包括：洪水淹没的范围、水深、历时等淹没特征，人员伤亡，居民财产、农林牧渔、工业信息、交通运输、水利设施等方面的受灾损失情况。
- 3.0.8 其他相关资料包括：防洪风险评价范围内行政区域的土地利用规划、经济社会发展规划、城市总体规划及其他相关行业专业规划等。

3

4 洪水风险分析

4.1 一般规定

- 4.1.1 洪水风险分析应包括：水文分析、洪水淹没分析、灾情分析、损失计算和风险估算等内容。
- 4.1.2 水文分析计算应按 SL 44 的规定执行。
- 4.1.3 洪水风险分析应采用同一基准年的社会经济指标。

4.2 洪水淹没分析

- 4.2.1 洪水淹没分析方法包括：水文学法、水力学法、实际水灾法等，根据研究对象特点、资料条件、评价要求等选用。
- 4.2.2 应采用适当的方法，通过分析和计算，得到流域或区域的淹没范围、水深及历时等洪水淹没特征值。

4.3 灾情分析

- 4.3.1 灾情分析方法包括：实地调查法、模拟分析法等，应根据研究对象特点、资料条件等选用。
- 4.3.2 应通过灾情分析掌握不同水深淹没区内的人口、耕地、固定资产、地区生产总值、交通干线等灾害损失情况。

4.4 损失计算

- 4.4.1 损失计算包括对洪水导致的居民财产、农林牧渔、工业信息、交通运输、水利设施等方面的直接损失和间接损失的估算。
- 4.4.2 直接损失计算可采用分类损失率法、单位面积综合损失法和人均综合损失法。
- 4.4.3 间接损失计算可采用统计计算法和经验系数法。
- 4.4.4 直接损失和间接损失计算应符合 SL 206 的要求。

4

4.5 洪水风险估算

4.5.1 洪水风险可按公式 (4.5.1) 估算:

$$R = \int D_p dp \approx \sum_{i=1}^N (D_{i+1} + D_i)(p_{i+1} - p_i)/2 \quad (4.5.1)$$

式中 R ——洪水风险;

D_p ——洪水发生频率为 P 时的洪灾损失;

p_i 、 p_{i+1} ——洪水发生的频率;

D_i 、 D_{i+1} ——洪水发生频率分别为 P_i 、 P_{i+1} 时的洪灾损失;

N ——选取的洪水频率曲线分段的个数;

4.5.2 洪水频率曲线分段的个数, 应依据各流域或区域的具体情况确定。



5 防洪风险指标分析计算与评价

5.1 防洪风险评价指标

5.1.1 防洪风险改善率可按公式 (5.1.1) 估算:

$$I_{Rsp} = 1 - R_r / R \quad (5.1.1)$$

式中 I_{Rsp} ——防洪风险改善率;

R_r ——有该工程状态下洪水风险区的洪水风险;

R ——无该工程状态下洪水风险区的洪水风险。

5.1.2 防洪保护改善率可按公式 (5.1.2) 估算:

$$I_{Rsp} = 1 - C_r / C \quad (5.1.2)$$

$$C_r = \sum_{i=1}^K A_i S_i$$

$$C = \sum_{i=1}^N A_i S_i$$

式中 I_{Rsp} ——防洪保护改善率;

C_r ——有该工程状态下洪水风险区资产数;

A_i ——第 i 类面积 ($i=1, 2, \dots, k$);

S_i —— i 类面积上的单位面积资产数 ($i=1, 2, \dots, k$);

C ——无该工程状态洪水风险区资产数, $N \geq K$ 。

5.2 防洪风险评价

5.2.1 防洪工程或防洪工程体系的防洪风险评价的主要指标为防洪风险改善率, 对于资料缺乏地区也可采用防洪保护改善率作为主要指标。

5.2.2 防洪工程或防洪工程体系的防洪风险和保护的改善程度, 可根据不同地区不同工程的具体情况划分不同级别。

5.2.3 资料及基础条件好的流域或区域, 可拟定多个方案制作风险—费用图, 评价流域或区域防洪规划方案的合理性。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	强制性程度
宜	有必要、要求、安、只有……才允许	强 制
不应	不允许、不允许、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不应	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	
不必	不需要、不要求	允 许

<https://www.szjxx.com/>
 水利造价信息网

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网



中华人民共和国水利行业标准

防洪风险评价导则

SL 602—2013

条文说明



<https://www.sizjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1 总则.....	11
3 基本资料.....	13
4 洪水风险分析.....	16
5 防洪风险指标分析计算与评价.....	22

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 本条主要说明防洪风险评价导则编制的目的。

当前我国大江大河基本建立了综合防洪体系，面对新的社会经济发展和洪灾态势，国家着手对防洪方略进行调整，逐步实现由控制洪水向洪水管理转变，洪水管理是柔性协调人与洪水的关系，承担适应风险，规范洪水调控行为，合理利用洪水资源，以满足社会经济可持续发展需要等一系列活动的总称。洪水管理中的一项重要内容就是对防洪工程及防洪体系进行防洪风险评价。

任何防洪措施的采取，无论是工程的还是非工程的，都将不同程度地改变原有洪水风险态势和利害关系。如堤防工程兴建后，会提高某一区域的防洪能力，但可能使洪水输送到其下游或抬高上游水位，并产生堤防溃决、增大洪水破坏力的风险；水闸的建设减轻了其下游的洪水风险，同时将造成上游更多的淹没，水库应急泄洪甚至溃坝也可能导致毁灭性灾难的风险；蓄滞洪区的开辟降低了防洪保护区的洪水风险，但其本身风险加大等。因而对防洪工程及防洪体系进行全面的防洪风险评价，将是今后进行流域或区域防洪规划、防洪工程建设 and 防洪管理的重要内容，其评价结果将是进行防洪规划、防洪工程建设和防洪管理的重要依据。由于洪水风险管理的研究在我国处于起步阶段，目前对防洪工程及防洪体系进行防洪风险评价在方法和标准等方面均存在差异，给洪水风险管理带来困难，为此编制本导则用以统一和规范防洪风险评价前内容、方法和技术要求。

1.0.2 本条说明防洪风险评价导则的适用范围，即已经建成、正在建设或规划将要建设的防洪工程或防洪工程体系。防洪工程、防洪工程体系的风险包括工程建设减少的洪水风险区的洪水风险、工程本身因各种因素影响可能破坏而存在的风险。本导则

只列前者即防洪工程或防洪工程体系建设减少的洪水风险进行评价。

1.0.3 防洪工程或防洪工程体系的风险因子复杂，防洪风险分析工作应结合流域或区域的实际情况，采用洪水风险分析的方法，定量计算已经建成的、正在建设的或规划将实施的防洪工程措施或防洪工程体系对洪水风险的影响，以对防洪工程进行较为系统、客观和科学的评价，为防洪工程规划、建设和管理提供技术支持。

1.0.5 按本导则进行防洪风险评价时，其中的水文分析部分应按《水利水电工程设计洪水计算规划》(SL 44)的规定执行；损失计算部分应按《已成防洪工程经济效益分析及评价规范》(SL 208)的规定执行。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

3 基本资料

3.0.1 自然地理资料应尽量收集最新资料，有条件的地区可直接采用电子地图，没有电子地图的地区可收集纸质地图进行数字化。

3.0.2 水文及洪水资料主要指反映水文、洪水特性的有关基础数据。

有关降雨、洪水、泥沙、潮汐等实测及调查资料，其系列年限需符合有关专业规范的要求。

需要收集可能造成评价区域淹没的所有河道上下游及其间的控制站点的设计洪水（风暴雨）资料，水位流量关系，历史典型洪水流量过程、水位过程。

对于受当地降水影响较大的区域，需要收集区域内或其周边雨量站的设计暴雨和典型降雨资料。

反映河道、湖泊蓄泄特征的资料包括地形资料、河道纵横断面资料、河道泄流能力、河道情势曲线、控制断面水位流量关系、水位—面积关系和水位—容积关系等资料。

3.0.3 社会经济资料主要指标参见表 1。

表 1 社会经济资料主要指标内容

类别	内容
人口	农业/非农业人口户数；农业/非农业人口数
地区生产总值	GDP
农业	种植业、林业、畜牧业、渔业产值
工业/建筑业	企业单位数、固定资产净值、工业总产值
第三产业	企业单位数、固定资产净值、主营收入
交通运输业	公路里程、铁路里程、油、气、水、电管线等
价格水平	主要工农业产品、建筑材料等的市场价格

社会经济数据以国家公布的数据源为准，采用权威机构发布的最新统计资料，包括县级以上统计部门刊布的统计年鉴和有关部门刊布的统计资料、年报等，所有社会经济数据均要求统计年份一致，并注明统计年份。

社会经济分类资料缺乏地区，可收集整理地区生产总值等宏观数据。

有条件的地区，社会经济数据还可包括进行防洪风险评估的流域或区域的行政区划图，标明居民地、耕地、工矿企业用地、企事业单位分布、交通运输等主要基础设施线路位置的土地利用分布图。

对所依据的资料，需进行合理性和可靠度的分析评价，可靠性较差的应进行复查核实，不足的应设法进行补充收集。

3.0.4 防洪规划资料包括已经批复的或正在研究但得到相关权威部门认可的流域或区域的现状防洪能力、防洪标准、防洪总体布局、防洪规划方案等资料。如果评价区域的防洪能力依靠本身的防洪措施不能满足，尚需依靠整个流域的防洪体系来提高，还需收集整个流域的防洪总体布局、防洪规划方案等相关资料。

3.0.5 防淤排涝工程资料包括反映各类防淤排涝工程现状、设计以及运行管理的数据，具体内容见表 2。

表 2 防洪排涝工程资料主要内容

工程类别	资 料
堤防	堤防等级、堤防现状防洪能力、堤防保护范围、历史出险情况等基本资料
水闸	水闸的基本特征值、泄流能力曲线、防洪调度运行方式、水闸所在河流的防洪任务及防洪要求
蓄滞洪区	蓄滞洪区蓄滞洪容量、蓄滞水位、人口、耕地、进区排洪（出口）的工程规模、区内安全建设工程现状、分蓄洪运用条件及调度方案等
河道整治工程	河道泄流能力、历史淤积情况、河道历史及现状淤积情况、河道整治及河势控制方案等

表 2 (续)

工程类别	资 料
分洪道	河道泄流能力, 分洪运用条件及调度方案
闸坝	闸坝工程布置、规模、泄洪运用能力、设计水位、功能及运用要求等资料
泵站	泵站的位置、规模、设计排水能力及运用规则等资料

铁路、高速公路、桥梁等对洪水水力特性有较大影响的构筑物资料包括构筑物位置、结构尺寸、高程及设计的防御洪水标准等。

3.0.6 防洪非工程措施资料包括流域或区域的水雨情监测及预报资料、洪水调度方案、超标准洪水的防御预案、应对突发事件的应急预案, 以及已编制完成的洪水风险图以及与洪水管理相关的法律、法规、条例、办法、制度等。

3.0.7 灾情资料主要包括进行防洪风险评价的流域或区域历史上各场次典型大洪水、暴雨、风暴潮造成的灾害影响和损失资料等。

洪涝灾害资料收集的主要内容内容包括洪水淹没范围、水深、淹没历时等淹没特征, 农田淹没、农作物减产、人员伤亡、基础设施受损、水毁水利工程等直接和间接经济损失。

历史洪涝灾害资料可通过受灾区域民政部门、水利部门、农业部门、交通管理部门等的历史灾情统计和调查资料, 历史水文出版文献及保险部门的赔偿记录等获取。

3.0.8 其他相关资料主要包括已经批复或被授权部门认可的土地利用规划、经济社会发展规划、城市总体规划及其他诸如交通、防灾减灾规划等相关资料。

4 洪水风险分析

4.1 一般规定

4.1.1 本导则所指的洪水风险分析工作是在确定分析范围并和资料收集与整编之后,开展的水文分析、洪水淹没分析、灾情分析、损失计算和风险估算等工作。

4.1.2 洪水风险分析中所需的水文分析计算均按《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL 44)的规定执行,还可采用《水利水电工程水文计算规范》(SL 278)等规范规定的计算方法。如有成熟的水文分析成果可直接采用。

4.1.3 进行洪水风险分析时所取用的社会经济资料的基准年,可依据各评价区的具体情况确定,尽量与评价时的年份接近。

4.2 洪水淹没分析

4.2.1 进行防洪风险评估时可根据评价对象特点、资料条件、评价要求等选用洪水淹没分析方法。

(1) 水文学法:主要包括降雨产汇流方法、河道洪水演算方法并计算封闭区域淹没范围、水深的水量平衡方法等。

降雨产汇流方法可用于暴雨内涝洪水的分析计算。在无设计洪水成果时,降雨产汇流方法也可用于计算河道上游入流点的洪水过程,作为河道洪水水力学法或水文学法计算的上边界条件。

河道洪水演算方法推荐采用乌斯京根方法推求流量,并通过水位流量关系获得河道水面线,以此沿程在垂直于河道水流方向水平外延至陆地或挡水建筑物(例如堤防)得到洪水淹没范围,该方法适用于山丘区河道和平原河道两堤之间的洪水淹没范围的确定。

当已知流入封闭区域的水量或流量过程(通常需采用河道洪水水力学计算得到)时,可根据水量平衡原理,结合区域地形

分析，得到封闭区域内的淹没范围和水深分布情况，该方法适用于面积较小的封闭区域。

(2) 水力学法：通过数值求解一维或二维水动力学方程进行洪水分析，获得水位、流量、流速及其随时间的变化过程。河道洪水可采用一维或二维水力学法分析，泛濫洪水采用二维水力学法分析。

①一维水力学方法，河道非恒定流的水动力学模拟基于圣维南方程。

连续方程：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

动量方程：

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + \beta A \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) + \beta A S_f - uq = 0 \quad (2)$$

$$S_f = \frac{Q |Q|}{K^2 R^{4/3}} = \frac{u^2 |u|}{R^{4/3}} \quad (3)$$

式中 A——河道过水面积；

Q——流量；

u——侧向来流在河道方向的流速；

t——时间；

x——沿水流方向的水平坐标；

q——河道的侧向来流量；

α ——动量修正系数；

β ——重力加速度；

y——水位；

S_f ——摩阻坡降。

②二维水力学方法，与一维数学模型相比，二维数学模型能够提供更加详细的洪水淹没信息，如洪水淹没范围、水深、历时、流速、到达时间等多种特征值，可以更全面准确地反映洪水自然特性。二维水动力学模型的控制方程如下所示：

连续方程：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = q \quad (4)$$

动量方程:

$$\frac{\partial M}{\partial t} - \frac{\partial(uM)}{\partial x} - \frac{\partial(vM)}{\partial y} + gH \frac{\partial Z}{\partial x} + g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{H^{1.48}} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} - \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} + gH \frac{\partial Z}{\partial y} - g \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{H^{1.48}} = 0 \quad (6)$$

式中 H ——水深;

Z ——水位, $Z=H+B$, B 为地面高程;

M 、 N —— x 、 y 方向的单宽流量;

u 、 v —— x 、 y 方向上的流速分量;

n ——糙率系数;

g ——重力加速度;

q ——源汇项。

在选择水力学模型时,对于峡谷河段,可用一维非恒定流模型;宽阔地带用二维非恒定流模型;必要时需考虑用一维、二维混合非恒定流模型进行洪水分析。水力学方法采用离散方法对微分方程进行求解,对水情、地形等资料要求较高。详细解法按有关专业规范进行。

(3) 实际水灾法:对于发生过实际水灾的区域,可通过分析淹没区曾经发生的系列洪水淹没资料(包括实际洪水的标准、淹没范围、特征点水深等),结合淹没区地形分析,得到系列洪水淹没资料所覆盖频率范围内的典型频率洪水的淹没情况。该方法适用于实际淹没场次较多,实际洪水覆盖频率范围较广,且可能影响洪水运动特性的工程上下游基本无明显变化的区域。当评价范围内资料条件较差时,多选用实际水灾法。

在进行洪水淹没分析时,应尽可能采用能够反映实际情况变化影响预测洪水风险特征的水文学法、水力学法。若评价范围内资料条件较差,发生过实际洪水并可获得有关淹没数据,且上下游面以及工程变化不大,可采用实际水灾法。

4.2.2 洪水淹没分析的水深、流速等要素除应统计分析其区域平均值，还应分析最大水深、最大流速等要素，作为下一步洪灾损失估算的参考依据。流速的计算可根据评价要求采用水文学方法、二维水力学计算方法。

4.3 灾情分析

4.3.1 实地调查包括全面调查和抽样调查两种。全面调查是通过发放调查问卷、调查表格以及现场踏勘等方式全面掌握淹没范围内的社会经济状况；抽样调查则是抽取洪水淹没范围内的样本进行调查后，结合调查范围内县（市、区）的最新统计年鉴、乡（镇）、行政村的最新统计资料等推算洪水淹没范围内的社会经济总体情况及分布。

模糊分析方法是通过对土地利用矢量数据和洪水淹没矢量数据进行空间分析，从而对受影响的 socioeconomic 状况进行分类统计。灾情模糊分析存储在 GIS 平台上实现，受灾对象以点图层、点图层或线图层形式存储，见表 3。在分别与淹没范围面图层进行叠加分析计算之后，推求受淹没影响的人口、资产、重要设施情况。

表 3 洪水淹没区受灾信息统计类别及 GIS 存储对象

GIS 存储对象	灾情统计类别
面图层	行政区划、围堤边线、淹没范围、居民地
线图层	道路交通
点图层	学校、库、水利设施

4.4 损失计算

4.4.2 洪灾直接损失由城乡居民财产、农林牧渔业、工业信息交通运输业、水利设施等方面洪灾损失累加得出。

分类损失率法通常分行政区按类别进行累加计算洪灾损失，公式如下：

$$D = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l V_{ijk} \quad (7)$$

式中 R_i ——第 i 个行政分区内各类财产损失总值，元；

R_{ij} ——第 i 个行政分区内，第 j 类财产的损失值，元；

V_{ijk} ——第 i 个行政分区内，第 k 级淹没水深下，第 j 类资产价值，元；

η_{ijk} ——第 i 个行政分区内，第 k 级淹没水深下，第 j 类资产
淹没损失率，%；

n ——行政分区数；

m ——资产种类数；

l ——淹没水深等级数。

式(7)中的淹没损失率是描述洪灾直接经济损失的一个相对指标，通常指各类财产损失的价值与灾前或正常年份原有各类资产价值之比。影响淹没损失率的因素很多，如地形、地貌、淹没程度(水深、历时等)、财产类型、或灾季节、抢救措施等。

淹没损失率的确定通常是选取具有代表性的典型地区、典型部门等分类作调查统计，根据调查资料估算不同淹没水深(历时、流速等)条件下，各类资产淹没损失率，建立淹没水深(历时、流速等)与各类资产淹没损失率的相关关系(相关曲线、关系表或回归方程)。

对于资料缺乏，不足以建立淹没损失率关系的地区，可根据农业种植结构、经济发展规模、经济结构类型等，参考附近其他地区分类资产淹没损失率，近似确定本区域淹没损失率关系。

根据淹没损失计算的要求和掌握资料的情况，如果评价区域各类财产损失不够全面；淹没直接损失也可采用单位面积综合损失法或人均综合损失法进行匡算。即用综合平均的方法确定面上综合淹没损失指标；单位面积损失值(万元/km²)指标，人均损失值(元/人)指标，然后根据淹没面积或受灾人口与面上淹没损失指标的乘积求取洪灾直接经济损失。

4.4.3 洪灾间接损失主要包括：①因农作物受灾可能减少的农

产品损失；②企业停产可能带来的工业产品损失；③因停电、断电、交通运输中断等可能带来的经济损失；④因抗洪救灾的投入费用；⑤因洪水泥沙、污染物造成的环境影响及次生灾害等。间接损失的评估可采用统计计算法和经验系数法。

(1) 统计计算法：通过实地调查受灾区在各种洪水条件下社会经济受洪灾影响的程度，在相关的社会经济统计资料基础上，运用数理统计及时间序列分析方法直接估算受灾区的间接损失。

(2) 经验系数法：通过典型区域抽样调查，对抽样的数据进行处理和分析，分析间接损失与直接损失之间的关系，得到间接损失与直接损失的经验折算系数，在直接损失计算结果的基础上进行间接损失的估算。

4.5 洪水风险估算

4.5.2 洪水风险值为不同频率洪水的洪水损失与相应频率之积的和。通常用数值离散的方式，选取一定频率的洪水进行风险估算。一般选取的频率系列为 50%、20%、10%、5%、2%、1%、0.5%、0.2%、0.1%等，即 2 年、5 年、10 年、20 年、50 年、100 年、200 年、500 年、1000 年一遇洪水等。也可绘制损失与洪水发生频率的关系曲线。通过对曲线与坐标轴包围部分面积的估算求取相应的洪水风险。

5 防洪风险指标分析计算与评价

5.1 防洪风险评价指标

5.1.1 防洪风险改善率是衡量某项防洪工程建设对洪水风险影响程度的指标。防洪风险改善率用某项防洪工程建成后相对于无该项工程情况下洪水风险的减少值与无该工程状态下评价区洪水风险的比值来表示。防洪风险改善率的取值在 0~1.0 之间，其值越趋近于 0，表明该项防洪工程对评价区域防洪能力的影响程度越低；其值越趋近于 1.0，表明某项防洪工程对评价区域防洪能力的改善程度越大。

5.1.2 防洪保护改善率是衡量某项防洪工程建设对洪水风险影响程度的简化指标。防洪保护改善率用某项防洪工程建成后得到保护的资产数与无该工程条件下洪水风险区内的资产总数之比，是防洪风险改善率的简化计算。

5.2 防洪风险评价

5.2.1 防洪保护改善率与防洪风险改善率都可以表达防洪工程建设后评价区域洪水风险的改善程度。用防洪风险改善率来进行评价，采用的资料要求较高，评价较为全面；而防洪保护改善率，只是防洪风险改善率的一种简化计算，仅用资产这个因素来进行评价，只能用于水文及洪水资料、社会经济资料等缺乏及不具备进行防洪风险改善率计算的地区。

5.2.2 防洪工程的防洪风险和保护改善程度可根据不同地区不同工程的具体情况划分为不同级别，如可对防洪工程的防洪风险改善程度进行高、较高、中等、较低、低等 5 级划分，也可以进行高、较高、较低、低等 4 级划分。

5.2.3 一般而言，某项措施或综合措施的实施可降低风险 R_i ，且提高一些年费用 C_i ，将所有的措施及所需费用分别点绘

在风险—费用图上（见图 1），选定这群点的下轮廓线为一条曲线，即最佳风险减小曲线。该曲线对应所有工程措施获得的最低风险，或者对应某一给定风险所需要的最低费用。最佳风险减小曲线展示了系统内怎样使用合理措施以减小风险。

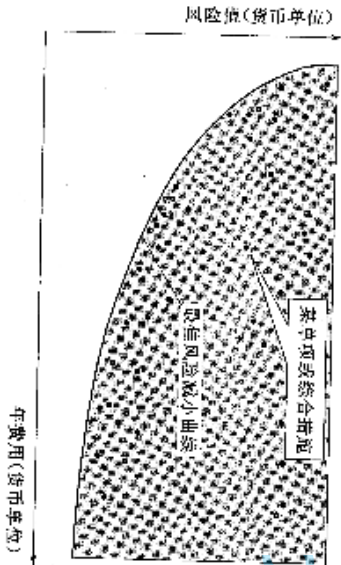


图 1 包含最佳风险减小曲线和理论上所有措施(阴影部分)的风险—费用图

风险—费用图中包括了四个效益区（见图 2），分别为：

- ① 不充分措施区，即左上方区域，在这个区域清楚地看到很少的费用增加可获得明显的风险减小，依据风险减小曲线可得到需要增加工程措施的投资；
- ② 过度措施区，即右下方区域，这个区域明显地说明工程费用的增加只能获取很少的风险减小；
- ③ 无效益措施区，即上方区域，这个区的点说明相同的措施费用可以显著地减小风险，或相同的风险减小可以通过较低费用措施实现；
- ④ 最佳措施区：即沿着风险减小曲线的中部，费用与风险两者之间达到最佳组合。

在风险—费用图中，如果某项工程措施或综合措施的费用 C_i 和风险 R_i 都用货币单位表示，最佳点出现在最佳风险减小曲线上切线角度为 -45° （即斜率为 -1 ）的地方（如图 3 所示）。在最佳点处，每一个货币单位的增加支出都会得到一个货币单位的风险减小。如果支出超过此点，每一个货币单位的支出只会得

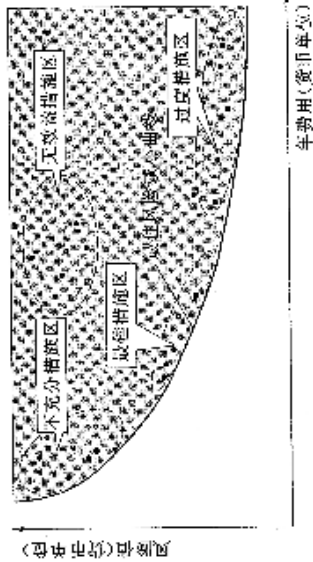


图2 包含最佳风险减小曲线和四个致险区的风险—费用图

到少于一个货币单位的风险减小，这将会是不相称的（即不合算）。相反，如果支出低于这点，每一个货币单位的支出会得到多于一个货币单位的风险减小，这说明投入是不充分的。

通过风险—费用图，可以进行工程措施或综合工程措施的风险评价，也可以从风险和费用的角度确定出最佳的工程措施或综合工程措施方案。

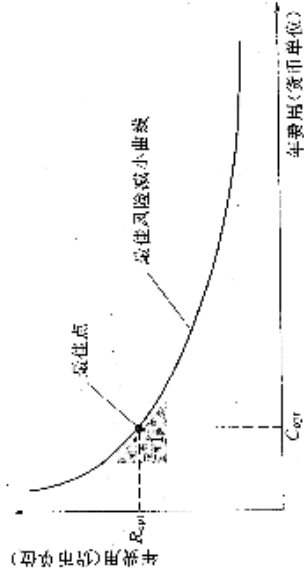


图3 包含最佳措施的风险减小曲线

