

荷兰洪水风险管理的弹性策略

黄波¹,马广州²,王俊峰³

(1. 山东黄河勘测设计研究院, 山东 济南 250011; 2. 黄河水利委员会新闻宣传出版中心, 河南 郑州 450003;
3. 国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心, 北京 100083)

摘要:加高堤防是洪水防御的主要方式,也是洪水管理的主要措施,但是其在提高防洪安全、减小洪灾概率的同时,洪灾的潜在损失却越来越大,洪水风险越来越高。面临洪水威胁的荷兰,随着防洪标准的不断提高,持续的加高堤防遇到越来越多的争议和挑战,防洪观念和洪水管理策略需寻求改变。洪水风险管理的弹性策略是以现有堤防为基础,通过调整土地利用方式、分区滞洪及设置绿色河流等措施,达到提高河流泄洪流量、降低洪峰水位、减小洪灾损失和降低洪水风险的目标。弹性策略与加高堤防相比在提高防洪安全、减小灾害损失以及改善生态和可持续发展方面具有明显优势,对我国大河的洪水风险管理提供了有益的借鉴和启发。

关键词:洪水灾害;风险管理;弹性策略;分区蓄洪;绿色河流;荷兰

中图分类号:TV877;TV122 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)05-0006-05

Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands//HUANG Bo¹, MA Guangzhou², WANG Junfeng³
(1. Shandong Yellow River Institute of Reconnaissance, Design and Research, Ji'nan 250013, China; 2. News Media and Press Center, Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450003, China; 3. Patent Examination Cooperation Center of the Patent office, SIPO, Beijing 100083, China)

Abstract: Dike heightening is a major method of flood prevention, and is also a major measure of flood management. By using this method, the safety standard of flood control can be raised and the flooding probability can be reduced with an increase in the potential damage and the flood risk. The Netherlands, facing with flood threats and rising standards of flood control, is encountering more and more disputes and challenges for continuous dike heightening. Its flood control concepts and management strategies demand changes. Resilience strategies for flood risk management are based on the current dike system. The objectives such as increasing discharge capacity, reducing peak level, decreasing flood damage and flood risk can be achieved by adjusting the ways of land use, flood detention with dike-ring compartmentalization and green river strategies. Comparing to the dike heightening, resilience strategies have more advantages on increasing flood control safety, decreasing flood damage, improving ecosystem and sustainable development. The resilience strategies can provide a useful reference and inspiration on the river flood risk management in China.

Key words: flood hazard; risk management; resilience strategy; retention in compartments; green river; the Netherlands

荷兰位于莱茵河三角洲,是典型的低地国家,全国 25% 的土地位于海平面以下,超过一半的土地需要人工堤防来确保防洪安全,防洪区内居住着大约 1 000 万人口,并分布着大量的工业企业。洪水风险始终是荷兰始终面临的挑战,但是他们以独有的勤劳和智慧历经一个多世纪的艰苦努力,到 20 世纪末已建成了高标准的洪水防御工程体系,同时,完善的预警预报、堤防安全检查与评估体系以及先进的管理手段确保了整个三角洲的防洪安全。

然而,洪水风险依然存在,高标准的堤防依然面临考验。1995 年莱茵河遭遇了有历史记录以来的

第二大洪水,河口的洪峰流量达到 12 060 m³/s,仅次于 1926 年的 12 600 m³/s,洪峰水位几乎与堤顶持平,因无法确保堤防安全,沿岸 25 万居民进行了紧急疏散。另外,一项预测显示,由于全球气候变化的影响,莱茵河的设计流量(洪水频率为 1/1 250 的洪峰流量)将会从 20 世纪 90 年代的 15 000 m³/s 提高到 2100 年的 16 800 ~ 18 000 m³/s^[1],那么,堤防是不是还需要继续加高?

除了气候和环境方面的变化之外,经济的发展和人口的变化也使越来越多的人和财产面临洪水的风险。1900 年荷兰的人口是 500 万,而到 2001

年已达到 1 600 万;1900 年时绝大多数居民都集中居住在少数几个城市,而现在人们对居住环境、经济活动、休闲娱乐的期望和需求都在改变,这就导致人口分布更广,区域人口密度更大,防洪压力也就越来越大。有研究部门对沿河最大的一个围区进行了洪水灾害后的经济损失估算,在 1990 年时的经济损失不到 700 万欧元,但是随着经济的发展到 2000 年的经济损失已经超过 1 000 万欧元。如果以每年 2% 的经济增长率计算,洪水灾害的潜在损失约 30 a 就要翻一番。

随着洪水防御手段的发展和进步,洪水灾害发生的频率在不断降低,但是灾害损失却随着经济的发展而急剧增大,这就使得人们对当前的河流管理和防洪策略进行思考并寻求改变,一方面需要“还河流更大空间”,如降低滩区、清除河道障碍来增大泄洪能力;另一方面需要进行总体的防洪规划,通过控制性的洪水减小总体风险和灾害损失,实现“与洪水共存”,也就是洪水风险管理中的弹性策略^[1]。

1 荷兰洪水风险管理的历史及现状

公元 1000 年之前,莱茵河三角洲区域完全处于自由的状态,人们居住在自然形成的高地或堤坝上,频繁的洪水成了人们日常生活的一部分。之后,人们开始逐渐修筑堤坝保护相对较小的生活区域,直到公元 1400 年,基本形成了沿莱茵河两岸封闭的堤防。在之后的时间里,莱茵河堤防经历了无数次的决口、修复、加高、加固的循环过程,形成了目前保障荷兰安全的洪水防御系统。现在的荷兰,全国由 53 个围区(由堤坝围成的防洪区域)组成,其中 10 个围区毗邻莱茵河的 3 条分支。在过去的 2 个世纪,莱茵河在三角洲地区经历了多次大规模的河道及河床的整治和改造工程,使莱茵河现在完全被控制在狭窄的河槽当中。

随着社会的发展和无数次大洪水的考验,莱茵河的堤防也在不断地加高。起初,堤防的高度仅是为了满足防御最近经历的一次最大洪水的要求,但是,从 20 世纪 50 年代开始采用一个可接受的洪水频率来确定安全标准,即将洪水频率为 1/1250 (1250 年一遇) 的洪峰流量作为防洪设计流量 (15 000 m³/s),该流量是对近 100 年来有历史记录的洪水进行统计分析的基础上计算而来的。然而 1995 年的大洪水,使莱茵河堤防经历了极其严峻的考验,25 万人因洪水威胁紧急撤离。此后,通过重新统计计算,将洪水频率为 1/1 250 洪水的设防流量从 15 000 m³/s 提高到了 16 000 m³/s。这就说明了这种统计方法对气候的波动异常敏感,不管是局

部的还是全球性的变化。另外,以 100 a 的统计数据对极小概率事件进行预测具有极大的不确定性,据估测,洪水频率为 1/1 250 的洪峰流量在 13 500 ~ 18 000 m³/s 之间的准确率只有 90%^[2]。

在荷兰众多的围区当中,有的是完全由堤环封闭而成,有的则与高地连接,覆盖面积从最小 35 km² 到最大 600 km² 不等,那么潜在的洪水损失单从量级上看就会有显著的差异。同时,潜在的淹没水深差别也明显,与高地毗连的围区淹没水深不足 2 m,而下游沿岸的某些围区淹没水深会超过 6 m,如果考虑经济地位、发展状况等因素,洪水损失的差异更是巨大。

虽然目前的防洪安全远未达到理想的状态,但是进一步加高堤防还是遇到了巨大的阻力,一方面人们有个普遍的共识就是“堤防越高,灾难越重”,同时防洪工程对自然、文化和景观都会产生负面的影响;另一方面,防洪标准的提高会激发受保护地区的经济投资,而社会公众“安全意识”的提高又会对堤防提出新的要求,因此,为了避免这种负面的循环,迫切需要改变防洪的发展方向,寻求一种可持续的、更符合未来发展需要的洪水风险管理策略。

2 洪水风险及弹性策略

2.1 洪水风险

风险一般被定义为是危害性及其后果的产物。当自然现象不能对人或财产发生影响时,风险就不存在,只有当人或财产受到损失时,灾难才会发生。洪水如果发生在无人居住也无人类财产的地区,就不会造成灾难;大洪水如果发生在事先准备充分的地区,也不会造成灾难性后果;反之,在准备不足的地区即便是中度的洪水,也会造成破坏性的灾难。因此,风险通常由三大因素决定:①危害事件,即具有威胁性的自然事件,包括事件发生概率;②环境因素,即生活在有关地区的人员及其财产;③脆弱程度,即对灾害的破坏性力量缺乏抗拒能力^[3]。用最简单的形式表达,洪水风险就是洪水发生概率与洪灾损失的乘积,因此,洪灾发生概率的确定以及洪灾发生后果的评估是洪水风险管理的两个主要方面,这种评估洪水风险的方法就为降低洪水风险及洪水风险管理指明了方向:一方面是降低洪灾发生的概率,这就是传统的加高加固堤防和控制洪水的策略;另一方面就是减小洪灾造成的破坏和损失,这就需要采取相应的措施,如进行防洪区的空间规划,调整土地的利用方式,增大泄洪流量,降低洪水水位,减小淹没水深等。

2.2 弹性策略

弹性是指在经历干扰和影响之后,系统恢复到早期平衡状态和发展模式的能力。弹性是一个动态的变化过程,应具备在外力干扰下的抵抗能力(稳定性)以及外力撤销后的恢复能力(可持续性)。在洪水风险管理中,弹性是指包括社会、经济、自然生态和河流在内的整个系统在洪水中的抵抗及恢复能力^[3]。因此,与传统的洪水管理概念中的“防御”与“控制”相比,弹性策略是一个综合的、广泛的概念,涉及洪水影响区域的社会、经济、自然、地理等各个层面。

在河流的下游地区洪水风险是永远存在的,而且随着社会、经济的发展,物质财富不断积累,防御措施不断强化,洪水灾害的潜在损失越来越大,洪水的风险没有降低反而不断提高。因此,采取相应的弹性策略,使整个系统保持应有的“弹性”,在保持对洪水一定抵抗能力的同时,力求在灾害中使损失最小并且能迅速恢复应有的功能,这是洪水风险管理所追求的目标。

近年来荷兰倡导的“弹性”的洪水风险管理,就是在现有的防洪工程体系以及防洪安全标准的基础上,调整局部地区的土地利用方式,给河流更大的空间,以“与洪水共存”的理念灵活应对超设防标准的洪水。在无需加高堤防的情况下,通过区域的空间规划,对围区进行分割及功能划分,以有限区域内的暂时性的洪水来达到削减洪峰、增大流量、降低水位的目标,从而在总体上减小灾害损失,降低洪水风险。

3 弹性的洪水风险管理策略

根据荷兰洪水风险管理的历史及现状,在当前的防洪安全标准下,洪水风险主要表现在两个方面:一是发生超设防标准洪水的风险,即发生流量大于 $16\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水;二是洪水流量低于设防标准,在高水位状态下堤防出现破坏的风险。第一种风险涉及整个三角洲的防洪标准以及空间规划,属于防洪策略或理念的范畴;第二种风险对应的洪水管理主要属于技术性的范畴,即如何加固堤防,发现并消除堤防的薄弱环节等。目前荷兰对全国 53 个围区的堤防进行详细的安全检测和风险评估,每 5 年发布 1 次风险评估报告,确定每个围区的风险点及风险程度并提出应对措施,这是当前降低洪水风险的重要措施之一。

弹性的洪水风险管理策略针对的是第一种风险,就是在当前的防洪安全标准下,如何应对未来超设防标准的洪水。目前的大型围区,只有 1 道大堤防线,一旦发生洪灾将全部被淹没,灾后损失巨大。若对围区进一步区划并分割成若干较小的部分,当

发生超设防标准洪水时根据其当前土地利用的类型及现状,确定不同分区的淹没顺序、淹没水深及淹没频率,来达到滞洪、削峰或增大泄洪流量的效果,这样在不加高堤防的情况下,通过局部控制洪水,提高总体安全标准,减小总体损失,降低洪水风险,这就是弹性的洪水风险管理。当前在荷兰倡导的通过空间规划来降低洪水风险的弹性管理策略主要为分区滞洪策略和绿色河流策略^[4]。

3.1 分区滞洪策略

分区滞洪策略就是通过模拟各种超设防标准洪水的发展过程并对灾害损失进行测算,然后将沿岸的所有围区进一步划分,并将一部分列为滞洪区,确定分区的淹没顺序、淹没水深及淹没频率,使其他区域洪水频率达到极小($<1/10\,000$),达到比之前更高的安全标准。

分区的主要目的是实现滞洪和削峰,那么分区的淹没顺序应该是从上游到下游,因为不可能通过下游分洪来保护上游区域。这样从上而下堤防的设防标准也会逐渐提高,比如德国北部为 $1/200$,荷兰南部为 $1/500$,荷兰东部为 $1/1\,250 \sim 1/2\,000$,河口及沿海地区达到 $1/10\,000$ 。围区的总体规划需遵循以下原则:土地的利用方式需优先符合防洪功能的需要,但土地现有的开发利用状态也是决定围区规划的决定性因素。发展成熟、建设开发密集的城区不可能允许发生人为性的洪水,一些对国计民生非常重要的基础设施也不允许经常遭受洪水的影响。

根据不同的洪水频率,将沿河的大型围区进一步分割,这样就将大片的连续区域分化成更多较小的区块,因而缩小了洪水的影响范围,减小了洪水造成的损失。当遭遇高水位洪水时,分割后的围区将按照既定的预案按顺序进行分洪,并控制淹没水深。蓄滞洪围区的数量由洪峰的水位以及洪水的持续时间决定,实施顺序首先从上游开始,通过上游削减洪峰来减小下游流量,降低下游水位。为了减小损失,高频率滞洪区应设在经济破坏较小的地区,如农业或自然保护区,而城市则应该位于洪水淹没频率较小的区域。表 1 为分区面积和灾害经济损失的对比。

由表 1 可以看出,绝大多数的灾害损失发生在少部分区域,即大部分区域受洪水影响较小,比如 41 号围区,一半的面积承受了 95% 的损失,而其余部分只遭受了 5% 的损失。从表 1 还可以看出,一些分区的目的是用来削减洪峰,以较小的代价换取其余地区更高的安全标准,比如 43 号围区的 1、2、3 分区单位面积的损失量非常小,其余地区的单位面积损失量极高,但是得到了极好的保护(洪水频率小于 $1/10\,000$)^[5]。

表 1 分区面积与灾害经济损失对比 ^[5]						
围区	分区	面积对比		经济损失对比		
		面积/ hm ²	所占 百分比/%	经济 损失/ 亿欧元	所占 百分比/%	单位面积 损失/(万 欧元·hm ⁻²)
41	1	13 050	47	14	5	11.0
	其余地区	14 852	53	263	95	177.1
42	1	2 650	79	1	10	3.8
	其余地区	725	21	9	90	124.1
43	1	2 675	4	6	2	22.4
	2	5 200	8	6	2	11.5
	3	4 950	8	7	2	14.1
	4	8 325	13	22	7	26.4
	5	32 725	52	147	45	44.9
	其余地区	8 697	14	14	43	161.0
48	1	2 800	10	2	1	7.1
	2	4 950	17	18	9	36.5
	其余地区	20 959	73	176	90	83.8

将来的土地利用方式需逐步适应新的洪灾发生概率,但是在实施这项措施的时候,经济还是优先考虑的因素,滞洪或生态的功能位于其次,对于某些被保护的区域土地利用方式还是以经济发展为主导。这样,在规划确定洪水频率时就应该和地区的发展类型相结合,比如在粗放型的农业区、休闲度假区或自然生态区洪水频率大于 1/100,精细农业区为 1/100~1/500,园艺种植或小规模居住区为 1/500~1/2 000,工业和居住区应处于最高的保护范围之内(<1/2 000)。

3.2 绿色河流策略

绿色河流策略也是依靠控制性的洪水来达到减少受淹面积、降低灾后损失的目的,但是与分区滞洪策略不同,它是通过在河槽以外划定一个较宽敞、狭长的区域作为分洪道,进行控制性分洪,来增大泄洪流量,降低主槽的洪峰水位。绿色河流通常为沿河的自然保护区或农业区,其淹没损失较小并可在洪水过后迅速恢复,除了在泄洪时期以外,它常年保持绿色和无水状态,因此被称为绿色河流。

绿色河流通常设定在淹没损失最低的区域,其淹没概率会比当前的状态显著增大,但是对其余地区的贡献也非常明显。表 2 为几个代表性围区中绿色河流与其余地区在面积及淹没损失方面的对比,可以看出绿色河流所发挥的作用,如 43 号围区,绿色河流区域占了围区面积的 12%,但可以挽救全区 97%的淹没损失;下游的 24 号、38 号、41 号围区则分别以 23%、67%和 40%的面积保护了 95%、80%和 95%的经济价值^[5]。

绿色河流在应用时具有 3 种不同的模式:自然发展型、生物多样性及多功能型。自然发展型除了发挥绿色河流泄洪功能所必需的堤坝或进、出水口建筑物之外,不需要建设其他工程,而且此区域不需

表 2 绿色河流与其余地区面积及淹没经济损失对比 ^[5]						
围区	分区	面积对比		经济损失对比		
		面积/ hm ²	所占 百分比/%	经济 损失/ 亿欧元	所占 百分比/%	单位面积 损失/(万 欧元·hm ⁻²)
24	绿色河流	3 800	23	3	5	7.9
	其余地区	12 629	77	61	95	48.3
38	绿色河流	7 225	67	12	20	16.7
	其余地区	3 621	33	47	80	129.8
41	绿色河流	11 275	40	13	5	11.6
	其余地区	16 627	60	264	95	158.9
43	绿色河流	7 350	12	9	3	12.2
	其余地区	55 222	88	319	97	57.7
48	绿色河流	2 400	8	2	1	8.3
	其余地区	26 309	92	193	99	73.4

要进行主动性的管理工作,可以在没有人为干预的情况下自然发展;生物多样性需要人为的干预措施,例如修筑低坝或者开挖水道以促进在当前水域较为稀有的植物和在此栖息的物种的生存和发展;多功能型除了其本身具有的自然功能之外还可以发挥其他功能,例如休闲、运动或者农业等。以上 3 种绿色河流模式在洪水中的损失情况差异明显,对于自然发展型和生物多样性,由于区域内没有居民以及农业活动,其洪水破坏或损失几乎减小为零;而对于多功能型,由于区域内允许一定数量的居民生活并且可以从事农业活动,洪水对其造成的破坏或损失要视洪水情况以及土地利用方式对洪水的适应程度而定。

3.3 对比和评价

以上两种弹性洪水风险管理策略与传统的洪水管理方法(加高加固堤防)相比,从开始实施到完全建立是一个漫长的过程,对实施后的可持续性进行评估也需要相当长的时间。弹性策略的可持续性评价通常包含以下几个方面:成本(投资和维护)、灵活性(对外部和内部环境变化的适应性)、洪水风险(预期的总体损失)、对经济与生态的影响、环境质量等^[6]。

a. 在成本方面,两种弹性策略所需的工程费用相对较高,它需要修筑大量新的堤坝,调整铁路、公路与堤坝的交叉连接,对淹没频率增高地区的居民或土地所有者进行经济补偿等,但总体安全标准会显著提高;持续的加高加固堤防策略成本比较低,可在随后的某些阶段灵活实施,但其成本也会大幅度地逐步提高,随着气候的不断变化也具有极大的不确定性,而且将来会留下巨大的隐患。

b. 在洪水风险方面,不同策略之间差异明显。堤防加高策略的洪灾概率基本保持稳定,但是潜在的损失会不断增加;分区滞洪策略意味着在当前围区的某些区域洪水频率会增大,但围区总体的淹没损失会很小,结果会引导经济投资向受保护的区域转移,总体的洪水风险会显著降低,但是从经济角度

看,短期成本远大于经济收益^[7]。绿色河流策略可以降低洪水水位和淹没水深,但同时也把大的围区分割开来,另外,土地利用方式的调整以及向受保护地区的转移也涉及成本的问题。

c. 对经济发展的机遇及影响方面,不同的策略因所处地区的不同差别也较大。堤防加高策略可以将投资分散在整个区域,而另外两个策略可以集中在受保护的区域,这取决于工农业发展的总体状况,对大区域宏观经济的影响差别不大。

d. 在环境及景观方面,加高加固堤防的策略越来越受到公众的指责和批评,古老的堤防以及沿河两侧很多的文化遗产被忽视,同时也破坏了荷兰典型的河道景观。弹性的洪水管理策略虽然也需要修筑大量的堤坝,但是它通常位于生态功能区或河流原有故道,而且通过精细规划和采取不同的方式可以使堤坝与现有的自然地形和景观相融合。

通过以上的对比可以看出,如果发生超设防标准的洪水(洪峰流量大于 $18\,000\text{ m}^3/\text{s}$),弹性策略的总体损失会明显小于传统的防洪策略,尤其是绿色河流策略,虽然短期内其实施的成本巨大,但是从长期来看其平均成本会逐渐降低,而且在改善生态、提高环境质量以及可持续发展方面具有明显优势^[8]。

4 结 语

荷兰及莱茵河三角洲与其他的大河下游及三角洲相比,在洪水风险方面都面临类似的问题,在社会、经济发展和洪水管理方面也存在相似的矛盾。比如黄河,下游防洪管理也采用历史统计的方法确定一个设防流量(郑州花园口为 $22\,000\text{ m}^3/\text{s}$),并以此为基础确定下游的堤防高度和设防标准,随着小浪底水库的运用(2001年)以及下游标准化堤防的建设,目前的防洪标准已经达到了 $1/1\,000$ 的水平,但洪水风险依然在逐步提高并存在极大的不确定性,荷兰倡导的弹性的洪水管理策略可以为黄河的洪水风险管理提供某些借鉴和启发:

a. 从目前来看,黄河中游干流水库的兴建将在未来的一段时期内继续发挥防洪减淤的功能,并对遏制下游河槽的淤积抬高、改善下游河道的泄洪能力发挥重要作用,但是中游地区特有的水土易流失性以及水土保持工作的艰巨性决定了下游河槽长期淤积抬高的趋势很难逆转,加上气候变化造成的洪水流量的不确定性,未来下游堤防仍然存在不满足设防标准的必然性,洪水风险依然巨大,那么继续加高需要的成本以及造成的问题、矛盾和影响更是无法预测。因此,从长远来看弹性的洪水管理策略是必需的和必要的,这需要下游长远的、总体的防洪

及发展规划。

b. 黄河下游两岸之间的广阔滩区,在遭遇大洪水时,发挥着滞洪、泄洪的重要功能,但是滩内约180万居民的生命财产安全也面临重大威胁,滩区的防洪功能为下游地区的安全提供了保障,但是较高的洪水频率也对滩区群众造成巨大损失,这就需要弹性的防洪策略将风险和损失减到最小,对滩区进行防洪和安全的总体规划,一方面要在有条件的地区尽可能地将群众迁至滩外,以充分发挥滩区在滞洪和泄洪方面的功能;另一方面对没有条件实施移民的区域要确保群众的生命财产安全,如加强安全撤退道路建设,确保大洪水时人员及时疏散和撤离,对滩内的村庄进行相对集中的标准化建设,加高加固房台抵御中小洪水的破坏及减小损失等;同时还应尽快制定和实施对滩区群众的洪水赔偿和补偿政策以及与洪水相关的人身、财产、医疗保险等,以确保滩区群众的生产生活和正常发展。

参考文献:

- [1] VIS M, KLIJN F, de BRUIJN K M. Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands [J]. *Intl J River Basin Management*, 2003, 1(1): 33-40.
- [2] de BRUIJN K M, GREEN C, JOHNSON C, et al. Evolving concept in flood risk management: searching for a common language [C]//BEGUM S, STIVE M J F, HALL J W. *Flood Risk Management in Europe*. Berlin: Springer Netherlands, 2007: 61-75.
- [3] BAAN P, KLIJN F. Flood risk perception and implication for flood risk management in the Netherlands [J]. *Intl J River Basin Management*, 2004, 2(2): 113-122.
- [4] VIS M, KLIJN F, van BUUREN M. Living with floods: resilience strategies for flood risk management and multiple land use in the lower rhine river basin [M]. Delft: NCR Publication, 2001.
- [5] KLIJN F, van BUUREN M, van ROOIJ A M. Flood-risk management strategies for an uncertain future: living with Rhine river floods in the Netherlands? [J] *Ambio*, 2004, 3(3): 33.
- [6] PLATE J. Flood risk and flood management [J]. *Journal of Hydrology*, 2002, 267: 2-11.
- [7] MIDDELKOOP H, RIZA, I, NCR N, et al. The impact of climate change on the river Rhine and the implications for water management in the Netherlands [M]. Lelystad: RIZA, 2000.
- [8] Flood risks and safety in the Netherlands (Floris), Floris [R]. Delft: Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2005.

(收稿日期: 2013-03-15 编辑: 熊水斌)