

突变理论在堤防安全综合评价中的应用

刘亚莲¹, 周翠英²

(1. 广东水利电力职业技术学院, 广东 广州 510635; 2. 中山大学工学院 岩土工程与信息技术研究中心, 广东 广州 510275)

摘要: 堤防工程安全受洪水、地震、堤身土质及堤基结构等多种因素影响, 且其作用机理复杂, 一旦失事危害巨大. 将突变理论引入堤防工程安全评价中, 根据突变评价原理, 建立了堤防工程安全综合评价指标体系, 参照大坝安全评价标准, 结合堤防工程特点, 建立了堤防工程安全等级划分标准, 利用突变评价的归一公式计算了北江大堤石角堤段设计洪水情况的安全评价指标值, 根据等级划分标准, 从计算结果分析得知该段堤防在设计洪水工况下安全性较高, 为堤防工程安全管理提供科学依据.

关 键 词: 突变理论; 堤防; 安全评价; 指标体系

中图分类号: TV314

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2011)01-0060-06

堤防是防洪工程体系的重要组成部分, 是抵御洪水和保障两岸人民生命财产安全的基本设施和最后屏障. 因现有堤防大多由民垸、旧堤经多次加高培厚而形成, 隐患多、质量较差, 1998 年洪水后, 国家投入巨资对长江、黄河等重大堤防进行除险加固, 使一部分堤防的防洪标准提高到 50 ~ 100 年一遇, 但由于我国堤防岸线长, 加固任务还很艰巨. 安全评价是堤防加固设计前期工作的重要组成部分, 也是加固后堤防工程安全运行管理的重要依据. 在日本、荷兰、澳大利亚等发达国家, 堤防工程安全评价体系比较完善; 在我国还刚刚起步, 比较零散, 没有形成较完整的理论体系. 2001 年, 李青云等^[1-3]分析了安全评价的重要性和必要性, 并提出了开展长江堤防工程安全评价研究的设想和思路; 2004 年, 胡韬等^[2]开发了长江堤防工程安全性综合评价系统软件; 2005 年, 丁丽等^[4]将未确知数学应用于堤防工程安全评价中, 用盲数和未确知有理数处理堤防安全评价指标的取值, 经过与常规赋值方法计算结果比较, 证明是合理可行的; 2006 年, 王俊等^[5]提出了用土力学评价法、事故树法和危险水位评价法对黄河堤防工程进行安全评价; 2007 年, 李舒瑶等^[6]用堤顶高程、堤防渗透坡降和抗滑稳定系数对黄河堤防工程的几段重要堤段进行了安全评价. 以上研究主要阐述了开展堤防工程安全评价的思路和设想, 或对某一堤防的某一方面进行了基于历史资料的安全分析和评价; 在研究方法上, 应用比较多的是层次分析法和事故树法. 这些方法从不同的角度对堤防工程安全进行了研究, 但如何合理地确定综合评判体系中各层指标的权重却十分困难, 具有较强的主观性.

突变理论是 20 世纪 70 年代在拓扑学、奇点理论和结构稳定性等数学分支基础上发展起来主要用于对不连续现象作定性研究的一种新的数学理论^[7]. 突变评价法又称突变模糊隶属函数, 它把受多个控制变量影响的复杂系统看成一个矛盾体系, 把系统的各控制变量看成内部矛盾的诸方面, 系统状态是它们斗争统一的结果, 根据它们对状态变量作用的不同, 可把它们分为矛盾的主、次方面^[8-9]. 施玉群等^[10]将突变评价法评价结果与改进层次分析法的评价结果进行比较, 得出突变评价法评价结果可靠的结论; 周绍江^[11]将突变评价法用于环境影响评价中; 李继清等^[12]将其用于长江流域洪灾综合风险社会评价中; 梁桂兰^[13]利用突变评价法对边坡稳定性进行综合评判.

收稿日期: 2010-04-02

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(07006119)

作者简介: 刘亚莲(1966-), 女, 广东广州人, 副教授, 博士, 主要从事水工结构、岩土工程研究.

E-mail: liuyla306@163.com

实践证明堤防工程是一个复杂系统,其安全性受洪水、地震、堤身填土质量、堤基结构和类型、河道水流条件等诸多因素影响,堤防工程安全评价属于多层次、多目标的综合评价。目前还没有将突变评价法应用于堤防工程安全性评价的文献。本文将突变理论引入堤防工程安全评价中,首先根据突变评价原理和堤防工程安全机制构建了堤防工程安全评价指标体系,以此为基础,以北江大堤石角堤段安全评价为例,采用专家打分法获得了各底层评价指标的评价值,并根据各指标的性质分别按“越大越优”或“越小越优”的原则采用隶属度函数法将各指标的原始数值转换为0~1的突变级数,然后利用突变评价的各归一公式由底层逐层向上进行归一化计算,最后得到最高层评价指标,即为堤防工程安全的总的隶属函数,据此可对堤防工程安全进行评价。该方法意在为堤防工程安全评价和安全管理提供一种新途径。

1 突变评价基本原理及准则

利用突变理论对系统或目标进行评价或判断,首先必须对评价目标逐层次进行主次矛盾的分解,将每层各因素按先主后次排列成树状目标层次结构。因上层指标一般比较综合和抽象,难以量化,故对其进行层次分解,根据底层可以量化的指标逐层向上归纳,最后得到最上层指标的量化值。

R. Thom 等通过研究认为:当系统控制变量不超过4个,可以归纳出7种初等突变模型,常用的有尖点突变模型、燕尾突变模型和蝴蝶突变模型。突变评价法将系统状态变量和控制变量分别看成矛盾的两个方面,而各控制变量之间又相互作用构成矛盾,系统所处状态既是状态变量和控制变量矛盾的统一,也是诸控制变量之间矛盾的统一^[13]。

1.1 归一公式推导

通过对突变模型的势函数求一阶导数 $V'(x)=0$ 可求得系统的平衡曲面方程,由二阶导数 $V''(x)=0$ 可求得平衡曲面的奇点集,联立求解一阶导数方程 $V'(x)=0$ 和二阶导数方程 $V''(x)=0$ 可得分解形式的分歧方程,分歧方程表明诸控制变量满足此方程时,系统就会发生突变^[8-13]。例如,尖点突变模型的分解形式的分歧集方程为:

$$x_a = \sqrt{\frac{a}{-6}}, \quad x_b = \sqrt[3]{\frac{b}{8}} \quad (1)$$

式中: x_a 和 x_b 为对应于 a, b 的 x 值。如果令 x 的绝对值为1,则有 $a=-6, b=8$ 。这样就确定了状态变量 x 和控制变量 a, b 的取值范围。为了实际运算方便必须把各突变模型中状态变量和控制变量的取值范围限制在0~1之间。为此,将 a 缩小为0.6, b 缩小为0.8,即进行归一化处理。经过归一化处理,状态变量和控制变量的取值范围均为0~1,而把定义在0~1范围的状态变量、控制变量的值称为突变级数或突变模糊隶属函数。因此可以将其与表示模糊隶属度的模糊隶属函数联系起来,突变评价法正是利用这一原理对系统进行综合评价。各模型的归一公式见表1。其中 $V(x)$ 表示系统的势函数, x 为系统的状态变量, a, b, c, d 为控制变量,一般其排列顺序代表其对状态变量影响的主次关系。

表1 常用的3种突变模型及归一公式

Tab. 1 Three common catastrophe models and normalized formulas

突变模型	势函数	归一公式
尖点突变模型	$V_{ab}(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}ax^2 + bx$	$x_a = a^{\frac{1}{2}}, \quad x_b = b^{\frac{1}{3}}$
燕尾突变模型	$V_{abc}(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{3}ax^3 + \frac{1}{2}bx^2 + cx$	$x_a = a^{\frac{1}{2}}, \quad x_b = b^{\frac{1}{3}}, \quad x_c = c^{\frac{1}{4}}$
蝴蝶突变模型	$V_{abcd}(x) = \frac{1}{6}x^6 + \frac{1}{4}ax^4 + \frac{1}{3}bx^3 + \frac{1}{2}cx^2 + dx$	$x_a = a^{\frac{1}{2}}, \quad x_b = b^{\frac{1}{3}}, \quad x_c = c^{\frac{1}{4}}, \quad x_d = d^{\frac{1}{5}}$

1.2 评价准则

利用突变理论进行综合评价时,常用的评价准则有3种:(1)非互补准则:当各控制变量对状态变量的作用不可替代,即不可相互弥补时,按“大中取小”原则选取状态变量 x 值;(2)互补准则:当各控制变量对状态变量的作用可以相互替代,即可以相互弥补其不足时,取各控制变量计算得的状态变量的平均值作为 x 的

计算结果;(3)过阀互补准则:当各控制变量要求过一定阈值后才能相互弥补其不足时,按过阈值后取平均值的原则选取 x 值。

2 基于突变理论的堤防安全评价

2.1 评价指标体系

堤防是一个复杂的系统工程,影响堤防安全的因素很多,有外部因素和内部因素,有自然因素和非自然因素,不同堤防由于其所处环境和历史年限不同,其安全影响因素的种类、数量和主次关系都有差别,本文以广东省北江大堤为研究背景,通过对其主要失事模式的分析,确定堤防工程安全影响因素和评价指标体系。根据资料调查,北江大堤的主要险情有洪水漫顶、堤岸崩塌(岸坡失稳)、堤基管涌及穿堤建筑物破坏。引起洪水漫顶的主要原因是部分堤段堤顶高程不足或洪水位太高(超过设计标准)而抢险条件差或抢险不及时;堤岸崩塌或堤坡失稳的主要原因有:岸(边)坡太陡、堤身填土质量差、洪水位太高或水位变化太快、遭遇地震等极端荷载、河道水流顶冲以及由于渗流破坏而引起滑坡失稳等;堤基渗透破坏的主要原因有:河道洪水位太高而使渗透坡降太大、堤地质条件差或有隐患、堤基结构不利或覆盖层破坏以及穿堤建筑物与堤防接触处理不当而引起接触冲刷等渗透变形。综合以上分析,本文将影响堤防安全状态的控制变量分为 3 个层次,归结为外部荷载、工程特性及其他条件 3 大类,共 19 项基础指标。控制变量涵盖了洪水、地震、堤身、地基及抢险条件等多个方面,根据突变理论的基本原理,将重要性大的指标放在前面,重要性小的指标放在后面,如图 1 所示。

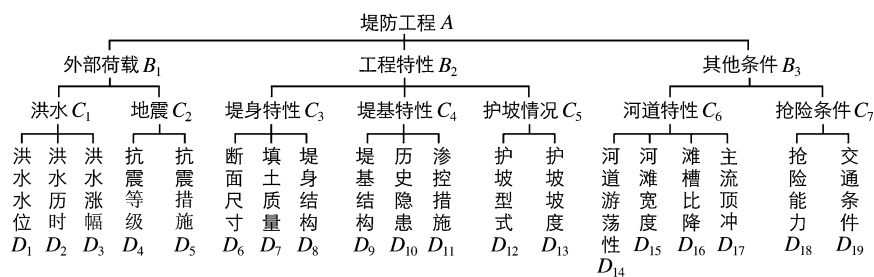


图 1 堤防工程安全评价指标体系

Fig. 1 Safety evaluation index system of embankment project

2.2 底层基础指标评价确定

选用北江大堤的石角堤段(桩号 5+776~11+316)为研究对象,该堤段全长 5 540 m,属险工堤段,曾多次出现险情,经多次除险加固达标建设,现大堤抗洪能力得到了较大提高。对该堤段加固后在设计洪水位下的安全性进行评价。

由图 1 可知,堤防工程安全性评价指标中 $D_1, D_2, D_3, D_4, D_{13}, D_{15}, D_{16}$ 为定量指标,其余为定性指标。对于定性指标,其指标值具有模糊性和非量化特点,很难用精确的数学值来表示,只能采用模糊数学的方法对模糊信息进行量化处理。目前主要有等比重法、专家打分法、集值统计法,其中,专家打分法以其简捷、实用性强等特点,在工程界许多定性问题的处理中得到了广泛的应用。本文选择了 5 位专家根据该堤段现场调查结果对定性指标进行评分,对于定量指标可以通过设计资料或技术手段获得其数值。

2.3 基础指标的突变级数转换

堤防安全评价指标体系中,有正向指标(越大越优)和逆向指标(越小越优),对于抗震等级、抗震措施、堤身断面、堤身土质、堤基结构、渗控措施、护坡型式、河滩宽度、抢险能力、交通条件等越大越优型正向指标在按式(2)将各指标的原始数值采用隶属度函数法转换为 0~1 的突变级数;对于洪水水位、洪水历时、洪水涨幅、堤身隐患、堤基历史隐患、护坡坡度、河道游荡性、河滩横比降、主流顶冲等越小越优型逆向指标按式(3)转换为 0~1 的突变级数。转换后各基础指标的突变级数见表 2。

$$Y_1 = \begin{cases} 1, & x \geq x_{\max} \\ \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x < x_{\max} \\ 0, & x \leq x_{\min} \end{cases} \quad (2)$$

$$Y_2 = \begin{cases} 1, & x \leq x_{\max} \\ \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x < x_{\max} \\ 0, & x \geq x_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

表2 堤防安全评价基础指标专家评价值

Tab. 2 Expert assessment values of the basic embankment safety evaluation index

基础指标	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}
评价值	0.655	0.623	0.56	0.7	0.78	0.85	0.89	0.73	0.86	0.67
基础指标	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}	D_{19}	
评价值	0.75	0.88	0.82	0.89	0.86	0.76	0.83	0.85	0.87	

2.4 堤防工程安全等级划分

在堤防的安全评价中,安全等级的划分是评价的基本工作,只有在评价等级确定的基础上,才能进行准确评价,目前我国堤防安全评价还处于起步阶段,对堤防工程安全等级划分还没有统一的标准,本文参照大坝安全评价标准,结合堤防工程特点,将堤防安全等级划分为安全性高、安全性较高、安全性一般和不安全4个等级,各等级对应的安全性综合评价值按如下方法确定:当各底层指标评价值为1时,综合评价值 $A=1$,表示堤防工程安全;当各底层指标值为0时,综合评价值 $A=0$,表示堤防不安全或已破坏;中间各等级对应的值,根据人们一般的观念,各底层指标评价值等于或小于0.6时,为不安全,此时计算得 $A=0.77$ 。同理,分别取底层指标为0.8,0.9,计算得 $A=0.89$ 和 $A=0.95$ 。堤防工程安全等级划分及涵义见表3。

表3 堤防工程安全等级划分及涵义

Tab. 3 Classification and implication of the embankment project safety level

安全等级	评价值	涵义
安全性高	(0.95, 1.00]	堤防工程各项指标达到或超过现行规程、规范要求,在设计洪水位下堤防能够正常运行。
安全性较高	(0.89, 0.95]	堤防工程各项指标达到现行规程、规范要求,在设计洪水位下,可能出现险情,但按照常规的运行方式和抢险条件可以保证堤防工程的安全性。
安全性一般	(0.77, 0.89]	堤防工程各项指标基本达到现行规程、规范要求,汛期的险情较多,部分工程不能正常运行,但在设计洪水情况下基本能保证工程整体安全。
不安全	(0, 0.77]	堤防工程存在危及安全的严重缺陷,汛期运行中易出现重大险情,必须采取除险加固措施。

2.5 归一化计算

利用突变评价的各归一公式由底层逐层向上进行归一化计算,可得到最高层评价指标,下面以工程特性为例阐述其归一化计算过程。由图1可知, D_6, D_7, D_8 3个控制变量构成燕尾突变模型,由归一公式得: $x_{D_6} = D_6^{\frac{1}{2}} = 0.922, x_{D_7} = D_7^{\frac{1}{3}} = 0.962, x_{D_8} = D_8^{\frac{1}{4}} = 0.962$ 。因 D_6, D_7, D_8 为互补型,依据互补原则,采用“取平均”,所以 $C_3 = 0.936$ 。同理,对于 D_9, D_{10}, D_{11} 有: $x_{D_9} = 0.927, x_{D_{10}} = 0.875, x_{D_{11}} = 0.931$ 。因 D_9, D_{10}, D_{11} 为非互补型,依据非互补原则,采用“大中取小”,所以 $C_4 = 0.875$ 。 D_{12}, D_{13} 两个控制变量构成尖点突变模型,由归一公式得: $x_{D_{12}} = D_{12}^{\frac{1}{2}} = 0.938, x_{D_{13}} = D_{13}^{\frac{1}{3}} = 0.936$ 。因 D_{12}, D_{13} 为互补型,依据互补原则,采用“取平均”,所以 $C_5 = 0.937$ 。又对 C_3, C_4, C_5 采用燕尾突变模型进行归一计算得: $x_{C_3} = C_3^{\frac{1}{2}} = (0.936)^{0.5} = 0.967, x_{C_4} = C_4^{\frac{1}{3}} = (0.875)^{\frac{1}{3}} = 0.956, x_{C_5} = C_5^{\frac{1}{4}} = (0.937)^{0.5} = 0.984$ 。依据非互补原则,采用“大中取小”,所以 $B_2 = 0.956$ 。

对 D_1, D_2, D_3 采用燕尾突变模型进行归一计算后,依据互补原则,采用“取平均”得 $C_1 = 0.84$ 。对 D_4, D_5

采用尖点突变模型进行归一计算后,依据互补原则,采用“取平均”得 $C_2=0.88$. 对 C_1, C_2 采用尖点突变模型进行归一计算后,依据非互补原则,采用“大中取小”得 $B_1=0.92$. 对 $D_{14}, D_{15}, D_{16}, D_{17}$ 采用蝴蝶突变模型进行归一计算后,依据非互补原则,采用“大中取小”得 $C_6=0.934$. 对 D_{18}, D_{19} 采用尖点突变模型进行归一计算后,依据非互补原则,采用“大中取小”得 $C_7=0.922$. 对 C_6, C_7 采用尖点突变模型进行归一计算后,依据非互补原则,采用“大中取小”得 $B_3=0.966$. 最后对 B_1, B_2, B_3 采用燕尾突变模型进行归一计算后,依据非互补原则,采用“大中取小”得 $A=0.96$.

2.6 结果分析

(1) 根据表 3 中堤防工程等级划分标准,计算结果表明,加固后该段堤防在设计洪水情况下安全性较高.

(2) 实际工程中,因各洪水水位、洪水历时、洪水涨幅及堤身土质等指标都是动态变化的,因此,堤防工程安全性也是一个动态指标. 堤防管理部门应建立健全堤防工程安全评价及预警系统,根据实测资料及工程变化情况对堤防安全进行动态评价,为堤防安全管理提供决策依据.

3 结 语

(1) 堤防工程安全评价是属于多指标、多层次、多准则的综合评价问题. 本文将突变理论应用于堤防工程安全评价中,利用各指标在归一公式中的内在矛盾地位和机制决定其重要性,减少了评价中的主观性,且计算简单、方便,为堤防工程安全评价提供一种新途径.

(2) 通过对堤防工程主要失事模式及其影响因素的分析,建立了堤防工程安全评价指标体系,并根据突变理论的基本原理,对各影响因素按其对堤防工程安全的重要性进行排序,将重要性大的指标放在前面,重要性小的指标放在后面.

(3) 参照大坝安全评价标准,结合堤防工程特点,将堤防安全等级划分为安全性高、安全性较高、安全性一般和不安全 4 个等级,并根据人们的一般观念结合突变评价原理确定了各安全等级对应的突变级数范围.

(4) 将突变评价法应用于北江大堤石角堤段的安全评价中,根据现场调查,采用专家打分法对各底层评价指标进行评分,然后根据各指标的性质分别按“越大越优”或“越小越优”的原则采用隶属度函数法将各指标的原始数值转换为 0~1 的突变级数,进而利用突变评价的各归一公式由底层逐层向上进行归一化计算,最后得到最高层评价指标结果表明该堤段在设计洪水情况下安全性高.

(5) 利用突变评价法对堤防工程安全性进行综合评价是一种新的尝试,在底层指标的评分、层次的分解、同层指标间重要性的排序以及各指标的互补与非互补关系等方面,需进一步研究和完善.

参 考 文 献:

- [1] 李青云,张建民,包承纲,等. 关于开展长江堤防工程安全评价研究的探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(增1): 893-897. (LI Qing-yun, ZHANG Jian-min, BAO Cheng-gang, et al. Discussion on the safety assessment research of the Yangtze River dike[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2001, 20(Suppl): 893-897. (in Chinese))
- [2] 胡韬,李青云,介玉新,等. 长江堤防工程安全性综合评价系统开发[J]. 长江科学院院报, 2004, 21(3): 36-40. (HU Tao, LI Qing-yun, JIE Yu-xin, et al. Development of safety assessment system of Yangtze dike[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2004, 21(3): 36-40. (in Chinese))
- [3] 李青云,张建民. 长江堤防安全评价的理论、方法和实现策略[J]. 中国工程科学, 2005, 7(6): 7-13. (LI Qing-yun, ZHANG Jian-min. On the theory, methodology and the realization strategy of safety assessment of the Yangtze dikes[J]. Engineering Science, 2005, 7(6): 7-13. (in Chinese))
- [4] 丁丽,顾冲时,孙杰,等. 未确知数学在堤防工程安全评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2005, 23(4): 29-32. (DING Li, GU Chong-shi, SUN Jie, et al. The application of unascertained mathematics in the safety assessment of embankment engineering[J]. Water Resources and Power, 2005, 23(4): 29-32. (in Chinese))
- [5] 王俊,李舒瑶,白领群. 黄河堤防安全评价系统开发研究[J]. 人民黄河, 2006, 28(12): 14-16. (WANG Jun, LI Shu-yao, BAI Ling-qun. The dike safety evaluation system research and development of the Yellow River[J]. Yellow River, 2006, 28(12): 14-16. (in Chinese))
- [6] 李舒瑶,王俊. 黄河下游堤防安全评价系统分析[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2007, 37(5): 538-540. (LI Shu-

- yao, WANG Jun. The analysis of the methodology for safety assessment of the dikes along the Yellow River lower reaches[J]. Journal of Henan University (Natural Science), 2007, 37(5): 538-540. (in Chinese))
- [7] 凌复华. 突变理论及其应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1988: 12-46. (LING Fu-hua. Catastrophe theory and its application[M]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 1988: 12-46. (in Chinese))
- [8] 都兴富. 多目标评价决策的突变数学模型—突变级数法[J]. 科学管理咨询, 1989(12): 23-28. (DU Xing-fu. Mathematical model of mutation of multi-objective evaluation and decision-catastrophe progression method[J]. Scientific Management and Consulting, 1989(12): 23-28. (in Chinese))
- [9] 都兴富. 突变理论在经济领域的应用(下)[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1994. (DU Xing-fu. Application of catastrophe theory in the economic field(next)[M]. Chengdu: Electronic Technology University Press, 1994. (in Chinese))
- [10] 施玉群, 刘亚莲, 何金平. 关于突变评价法几个问题的进一步研究[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2003, 36(4): 132-136. (SHI Yu-qun, LIU Ya-lian, HE Jin-ping. Further study on some questions of catastrophe evaluation method[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2003, 36(4): 132-136. (in Chinese))
- [11] 周绍江. 突变理论在环境影响评价中的应用[J]. 人民长江, 2003, 34(2): 52-54. (ZHOU Shao-jiang. Application of catastrophe theory in the environmental impact assessment[J]. Yangtze River, 2003, 34(2): 52-54. (in Chinese))
- [12] 李继清, 张玉山, 纪昌明, 等. 突变理论在长江流域洪灾综合风险社会评价中的应用[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2007, 40(4): 26-30. (LI Ji-qing, ZHANG Yu-shan, JI Chang-ming, et al. Application of catastrophe theory to social assessment of integrated flood disaster risks in Yangtze River[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2007, 40(4): 26-30. (in Chinese))
- [13] 梁桂兰, 徐卫亚, 何育智, 等. 突变级数法在边坡稳定综合评判中的应用[J]. 岩土力学, 2008, 289(7): 1895-1899. (LIANG Gui-lan, XU Wei-ya, HE Yu-zhi, et al. Application of catastrophe progression method to comprehensive evaluation of slope stability[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 289(7): 1895-1899. (in Chinese))
- [14] 张秀勇. 黄河下游堤防破坏机理与安全评价方法的研究[D]. 南京: 河海大学, 2005. (ZHANG Xiu-yong. The failure mechanism of lower Yellow River dike and safety evaluation method[D]. Nanjing: Hohai University, 2005. (in Chinese))

Application of catastrophe theory to comprehensive evaluation of safety of levee construction

LIU Ya-lian¹, ZHOU Cui-ying²

(1. Guangdong Technical College of Water Resources and Electric Engineering, Guangzhou 510635, China; 2. School of Engineering Research Center for Geotechnical Engineering & Information Technology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The safety of dike is affected by flood, earthquake, the soil of the levee, the structure of the levee foundation and many other factors; moreover, its mechanism is rather complex. Because any accident of it will result in a huge catastrophe, the safety of levee construction has been a matter of common concern and a hot research topic in the field of engineering. The mutation theory is introduced to the safety evaluation of embankment. A comprehensive assessment indicator system of the safety of dike, based on catastrophe evaluation theory with the application of catastrophe theory, is constructed. With reference to dam safety evaluation standards, combined with the levee features, we set up a dike safety rating standard. The safety evaluation index value of the designed flood regime in the Shijiao section of Beijiang dike is educed by applying the normalization formula of catastrophe evaluation. According to the standard for grade classification, the levee in Shijiao section under designed flood regime is relatively safe with the analysis of computed results, which hare provided the safety management of levee construction with scientific evidence.

Key words: catastrophe theorem; dike; safety evaluation; index system