

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2023.02.014

高校体育安全事件演变机制及安全管理水平评价

邱家凯¹, 商勇^{2*}, 鲁志勇³, 徐家林¹, 李影¹

(1.安徽科技学院体育教学部,安徽滁州 233100;2.中国石油大学(华东)体育教学部,山东青岛 266580;
3.潍坊工程职业学院安全保卫处,山东潍坊 262500)

摘要:厘清高校体育安全事件的演变机制是预防和控制体育安全事件发生的前提和基础。采用突变级数法和问卷调查法,基于突变理论,构建了高校体育安全事件尖点突变模型,阐述了高校体育安全事件的非线性演变机制;将突变理论和模糊数学理论相结合,建立了高校体育安全管理水平评价的突变级数模型。结果表明:高校体育安全事件具有突发性、多模态、滞后性等突变特征,事件演变的过程包括稳定量变、失稳质变和稳定恢复3个阶段,只有在稳定量变阶段和失稳质变阶段之间建立起避免机制,才能避免系统朝着不安全状态演变;采用突变级数法对高校体育安全管理水平进行评价,评价的准确性更高,可以帮助高校管理者明确当前高校体育安全管理的水平,有效预防和规避高校体育安全事件的发生。

关键词:高校体育安全事件;突变理论;安全管理水平;突变级数模型

中图分类号:G807.4 文献标志码:A 文章编号:1673-1891(2023)02-0086-08

Evolution Mechanism of Sports Security Events in Colleges and Universities and Evaluation of Security Management Level

QIU Jiakai¹, SHANG Yong^{2*}, LU Zhiyong³, XU Jialin¹, LI Ying¹

(1.Department of Physical Education, Anhui Science and Technology University, Chuzhou, Anhui 233100, China;
2.Department of Physical Education, China University of Petroleum (East China), Qingdao, Shandong 266580, China;
3.Security Department, Weifang Engineer Vocational College, Weifang, Shandong 262500, China)

Abstract: Clarifying the evolution mechanism of sports security events in colleges and universities is the premise and basis for preventing and controlling sports security events. Based on the catastrophe theory, the catastrophe progression model of college sports safety events is constructed by using the methods of catastrophe progression and questionnaire survey, and the nonlinear evolution mechanism of college sports safety events is expounded. By combining catastrophe theory with fuzzy mathematics theory, a catastrophe progression model for the evaluation of college sports safety control level is established. The results show that college sports safety events have mutative characteristics such as accidentalness, multimode and hysteresis. The evolution process of events includes three stages: stable quantitative change, unstable qualitative change, and stable recovery. Only by establishing an avoidance mechanism between the stable quantitative change stage and the unstable qualitative change stage can the system avoid evolving towards an unsafe state. The method of mutation progression is used to evaluate the level of college sports safety management. As a result, the accuracy of evaluation is higher, which can help college administrators to define the current level of college sports safety management, and effectively prevent the occurrence of college sports security events.

Keywords: college sports security events; catastrophe theory; safety management level; catastrophe progression model

收稿日期:2022-12-05

基金项目:山东省本科教改研究面上项目(M2021194);安徽科技学院校级科研项目(2021rwyb09);安徽省重点教研项目(2021jyxm0320);安徽科技学院质量工程重点项目(排球,Xj2021023);安徽省教育工委深化新时代教育评价改革试点项目(皖教组秘电[2021]23号-2-50)。

作者简介:邱家凯(1992—),男,山东枣庄人,讲师,硕士,主要研究方向:学校体育。*通信作者:商勇(1968—),男,山东汶上人,教授,硕士,主要研究方向:体育系统工程。

0 引言

高校体育安全事件是指高校学生在参加学校职责管辖范围内的体育活动中,因学生自身、教师、场地器械等原因造成学生受伤、引起突发性疾病或者心理及财产受到损害的事件^[1]。随着高校体育改革工作的不断深入^[2],大学生体育锻炼意识逐步增强,锻炼群体规模不断扩大,高校体育安全事件也日益增多。高校体育安全事件愈发成了影响高校正常学习秩序和社会稳定的重要因素,严重损害了学生的身体健康乃至生命安全。因此,开展高校体育安全事件演变机制的研究,厘清高校体育安全事件发生、发展阶段,对高校体育安全管理水平进行评价显得尤为重要。

目前,井艳红等^[3]基于生命安全教育视角,构建了高校体育风险保障体系;郑洪波^[4]在对高校体育课程安全保障体系必要性分析的基础上,提出了高校体育课程安全保障体系的实施策略;何立等^[5]采用层次分析法等方法,调查和识别了高校体育设施安全事故的诱发因素及危害源,构建了高校体育设施安全评价指标体系,并通过权重系数对评价指标的重要性进行了判定;周建华^[6]采用案例分析法对学校体育伤害事故的类型、特征、成因以及风险防范进行了探讨,提出了有效降低事故的方法与途径;王青采用模糊综合评价法,专家访谈法引入“三标一体”的管理评估理念,构建了学校体育安全评估体系的框架^[7]。

以上学者采用了不同的理论和方法对高校体育安全的保障体系、影响因素、评价模型、预测预警等不同维度展开了研究,对高校体育安全事件的管理和预防具有一定的现实意义。但以上研究侧重于现状调查、影响因素分析以及指标体系的构建,对高校体育安全事件的发生机制、发展阶段研究较少,提出的意见和建议缺乏理论依据,造成所提出的应对策略缺乏实效性。在对高校体育安全事件管理水平进行评价时,多采用专家打分法,容易受到主观因素的干扰,很难合理地对各指标赋予恰当的权重。从非线性数学角度来看,高校体育安全事件的发生是一种偏离平衡态的非线性演变过程,突发性是高校体育安全事件的主要特征。而突变理论则主要应用于研究动态系统在连续渐变过程中出现的突然变化的情况,在解释非线性演变过程方面具有独特的优势。在评价方面,突变级数法则汲取了层次分析法、效用函数法以及模糊评价法的长处,并未对指标赋予权重,只是考虑了每个评价指

标的相对重要性,能够有效克服人为因素带来的偏差,评价的准确性更高。目前突变理论已经应用到社会安全事件发生机制^[8]、高校突发事件应急管理评价^[9]、建筑工人不安全行为研究^[10]、突发群体事件演化机制^[11]、企业员工冲突行为^[12]、生态系统脆弱性、适应性^[13],涉及社会科学、生物科学、管理科学等诸多领域,证明了突变理论具有较好的适用性。基于此,本文在对高校体育安全事件的特征、影响因素、演化规律等问题进行分析的基础上,借助突变理论,阐述高校体育安全事件的演变机制,构建高校体育安全事件安全管理水平评价的突变级数模型,并结合实例进行说明,以期对高校管理部门科学应对体育安全突发事件提供参考。

1 高校体育安全事件突变特征

经验方法是突变理论在体育科学领域研究的重要方法,即首先分析系统的性质是否发生突变,然后根据系统的状态变量、控制变量选择相应的突变模型^[14]。突变现象具有突跳性、滞后性、发散性、多模态性和不可达性5种基本特征^[15]。一般来讲,当研究对象具备2种以上的特征时,就可以采用突变模型对系统定性分析^[16]。通过案例分析、文献资料整理发现,高校体育安全事件具有明显的突变特征:(1)多模态。系统的状态存在2种或2种以上的情况。例如,高校体育安全事件具有爆发前的安全状态和爆发后的不安全状态2种完全不同的稳态。(2)突跳。系统在经过临界点时,控制变量的微小变化就会导致状态变量的突然变化。受某一因素的影响,高校体育事件的变化不一定是线性连续的,可能会出现由未爆发到爆发的突然跃迁。(3)不可达性。系统中存在不稳定位置,这种不稳定态在实际中不可能达到。体育安全突发事件由未爆发到爆发时间很短,几乎没有能够采取措施中间状态。未爆发时到爆发后的稳态中间存在着一个不稳定的状态,但这种状态很难停留,因此具有不可达性。(4)发散性。在分歧点附近,控制变量变化路径的微小不同能够引起状态变量的巨大不同。当体育安全事件未爆发时,如果及时发现并采取一系列有效措施,则可能减小甚至避免突发事件造成的损害;如果未及时干预任由事态发展,则可能造成严重的体育安全伤害事故。(5)滞后性。系统在临界点的突跳存在不一致性,有滞后现象,其过程也存在不可逆的特征。高校体育安全事件的爆发有突然性,高校管理者在应对时需要一定的反应时间,在判断决策上存在迟滞的情况;并且事件发生

造成受害人的瘫痪、猝死等诸多情况,很难通过各种措施恢复到之前的稳态,因此具有不可逆性。

2 高校体育安全事件的突变机制

2.1 高校体育安全事件影响因素

影响高校体育安全事件的因素是一个多维度、多层次的复杂结构,主要有人的因素、物的因素和管理的因素3个方面^[17-18]。人的因素主要包括学生个体层面和教师层面。学生个体层面主要包括学生参加体育锻炼的安全意识、纪律意识以及对自身身体状况的认知;教师层面主要包括教师对学生身体状况的了解、教学组织能力、安全知识和意识、责任心等方面。物的因素则包括场地器械、自然环境、班级人数、运动项目等方面。管理因素主要包括学校体育安全管理制度、安全检查制度、风险防范制度、学校对体育工作的重视程度以及经费保障等方面。对于高校体育安全事件,不论该事件处于爆发的非安全状态还是未爆发的安全状态,一般都是由学生个体内部因素和外部环境因素共同作用的结果,因此,为了从更高维度揭示高校体育安全事件的发展规律,结合前人研究成果^[19]和本研究的需要,抽象出学生个体内部因素和外部环境因素2个具有代表性的影响因素。借助突变理论,将学生个体内部因素和外部环境因素作为控制变量,将高校体育安全事件作为状态变量。

2.2 高校体育安全事件尖点突变模型的建立

从高校体育安全事件突变特征分析可知,高校体育安全事件具备突跳性、滞后性、多模态性等突变特征,可以借助突变理论来分析其演变机制。此外,通过2.1高校体育安全事件影响因素的分析,归纳出了高校体育安全事件这1个状态变量,学生个体内部因素和外部环境因素这2个控制变量。根据托姆的研究^[16],控制变量及状态变量的个数决定了突变模型的种类,2个控制变量、1个状态变量,属于尖点突变模型,因此,需要借助尖点突变模型对高校体育安全事件演变机制进行分析。

设定高校体育安全事件为 x ,学生个体内部因素为 u ,外部环境因素为 v ,建立高校体育安全事件尖点突变模型的势函数 $Q(x)$ ^[20],如式(1)所示。

$$Q(x) = \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{2}ux^2 - vx \quad (1)$$

对变量 x 求导,得到高校体育安全事件突变模型平衡曲面函数 M ,如式(2)所示。

$$M = \frac{dQ(x)}{dx} = x^3 - ux - v = 0 \quad (2)$$

为得到状态变量发生突变的范围(即平衡曲面上的奇点集合),求式(1)关于变量 x 的二阶导数,可得到奇点方程,如式(3)所示。

$$3x^2 - u = 0 \quad (3)$$

高校体育安全事件在突变模型的奇点集合发生突跳,故该集合上的所有点都满足式(2)和式(3),联立式(2)和式(3),求得2个控制变量与状态变量间的函数关系,如式(4)所示。

$$\begin{cases} u = 3x^2 \\ v = -2x^3 \end{cases} \quad (4)$$

为求得奇点集合在控制平面上的投影,即分歧点集,通过将式(4)中的状态变量 x 消元,可求得奇点集合在控制平面 S 上的投影,得到分歧点方程,如式(5)所示。

$$27v^2 - 4u^3 = 0 \quad (5)$$

根据式(1)~(5),用MATLAB软件绘出高校体育安全事件尖点突变模型(三维图),如图1所示。

2.3 高校体育安全事件非线性演化机制

由图1可知,高校体育安全事件平衡曲面存在2种完全不同的状态,即位于上叶曲面(黄色)高校体育安全事件未爆发的安全状态和位于下叶曲面(紫色)高校体育安全事件爆发后的不安全状态。上、下叶曲面之间的折叠曲面为曲面中叶(褶皱部分),系统处在该叶面为不稳定状态。控制平面的2个坐标轴分别为学生个体内部因素和外部环境因素。当 $u < 0$ 时, $27v^2 - 4u^3 > 0$ 恒成立,式(3)无解,表明随着 v 的变化,系统连续发生变化,系统处于稳定状态,不会产生突变;当 $u > 0$,则式(3)可能有解,表明随着 v 的变化, u, v 可能经过分歧点集,导致系统发生突变。由此可知,学生个体内部因素决定了高校体育安全事件是否发生,外部环境因素决定了高校体育安全事件在什么条件下发生。

2.4 高校体育安全事件演变途径

借助高校体育安全事件尖点突变模型,可以有效描述高校体育安全事件的演化途径,演化示意如图2所示。由图2可知, $a_i, b_i, c_i (i = 0, 1, 2)$ 为平衡曲面上叶、下叶的点,表示高校体育安全事件某种状态。 a_i^*, b_i^*, c_i^* 分别是 a_i, b_i, c_i 在控制平面的投影。当学生个体内部因素和外部环境因素发生变化,投影曲线经过分歧点集,即系统状态从上叶曲面经过上叶与中叶曲面的交汇部分,直接跳跃至平衡曲面上叶时,高校体育安全事件突然爆发,系统状态由未爆发的安全状态转变为爆发后的不安全状态。

1)上叶曲面 $a_0 \rightarrow b_0$ 过程。 $a_0 \rightarrow b_0$ 在控制平面

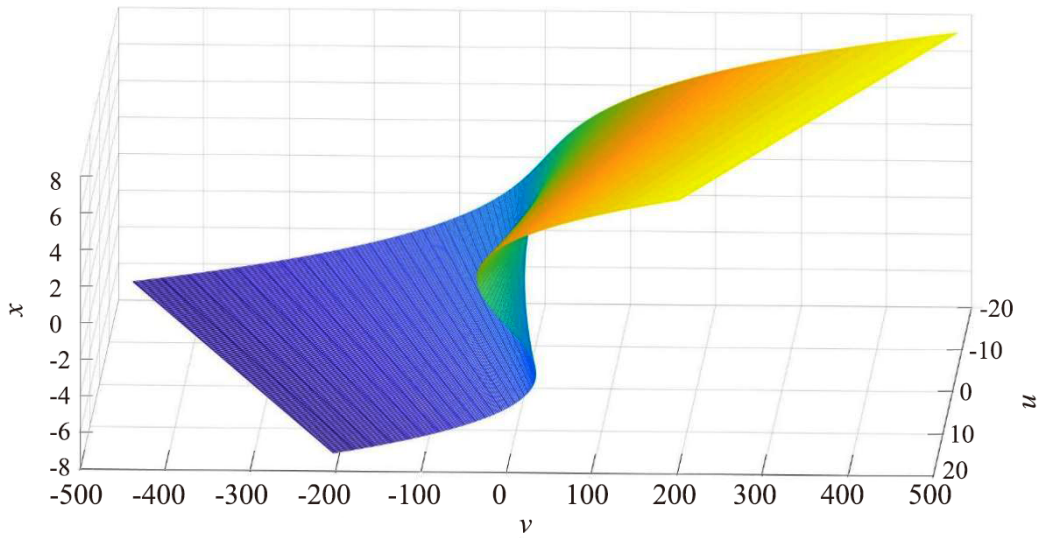
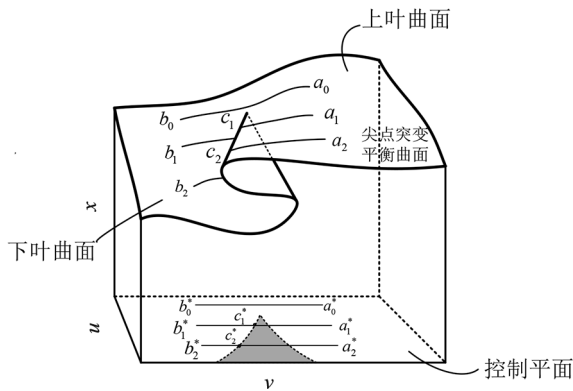


图 1 高校体育安全事件尖点突变模型

的投影远离分歧点集,为高校体育安全事件未爆发的安全状态。此时,大学生自我健康状况以及安全意识较好,即使外界环境出现危险因素,学生也能够及时识别并采取措施,因此不会造成高校体育安全事件的发生,只会增加事件发生的可能性,属于可控状态。

$a_1 \rightarrow b_1$ 的位移长度。在突变理论中,位移长度的大小和系统状态的差异性成正相关,表明 $a_1 \rightarrow b_1$ 演化过程所出现的高校体育安全事件危害程度较轻,可能仅仅造成学生运动损伤,身体不适等情况,而 $a_2 \rightarrow b_2$ 演化过程中出现的高校体育安全事件危害程度更大,可能造成学生的猝死、致残等非可逆的伤害。



注:分歧点集为控制平面阴影外围的虚线部分。

图 2 高校体育安全事件演化阶段示意图

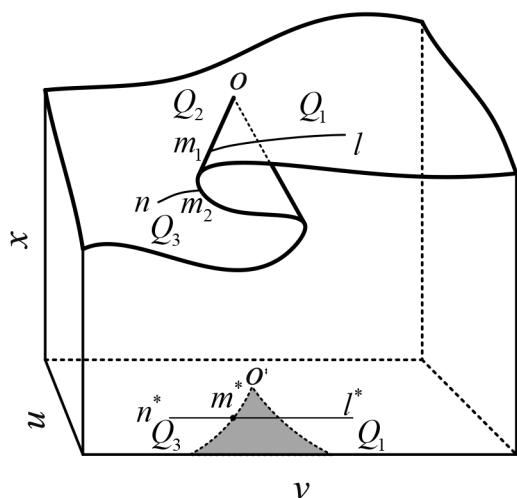
2.5 高校体育安全事件控制策略

在对高校体育安全事件突变特征、影响因素进行分析的基础上,基于突变理论,建立了高校体育安全事件的尖点突变模型,阐述了事件的发生机制及演化途径。通过以上分析,绘制高校体育安全事件控制策略图,如图 3 所示,将系统非线性突变过程中的曲线 $l \rightarrow m_1, m_1 \rightarrow m_2, m_2 \rightarrow n$ 阶段分别定义为高校体育安全事件发展的稳定量变阶段(Q_1)、失稳质变阶段(Q_2)、稳定恢复阶段(Q_3)^[21],即 $Q_1 = \{(x, u, v) | x > 0, u > 0\}$; $Q_2 = \{(x, u, v) | u > 0, \Delta = 0\}$; $Q_3 = \{(x, u, v) | x < 0, u > 0, v < 0\}$ 。 Q_2 为平衡曲面的分歧点集,该位置具有不可达的特性,系统若经过此位置将会发生突变,造成系统状态发生突变,即高校体育安全事件爆发,系统由安全状态转变为不安全状态;平衡曲面位于 Q_1 位置,表明高校体育安全事件没有发生,学生处于安全状态;当平衡曲面位于 Q_3 时,说明高校体育安全事件已经发生,并已经对学生造成伤害。因此,当系统由 Q_2 演变成 Q_3 状态时,高校安全事件已经发生,在此阶段只能采取补救策略,故只能在 Q_1 阶段和 Q_2 阶段建立起避免机制,及时发现并采取措施,避免系统朝着不安

2) 上叶曲面 $a_1 \rightarrow b_1$ 过程。 $a_1 \rightarrow b_1$ 的演化途径在控制平面的投影经过分歧点集,此时,大学生个体内部因素存在安全意识、纪律意识以及自我意识差等诸多方面的问题,随着外部环境不利因素的影响到达分歧点集的不稳定点,造成系统发生突跳,从而爆发高校体育安全事件,给学生造成伤害。

3) 上叶曲面 $a_2 \rightarrow b_2$ 过程。 $a_2 \rightarrow b_2$ 的演化过程与 $a_1 \rightarrow b_1$ 类似,均造成了系统发生突变,但二者在控制平面中的演化曲线与分歧点集相交所形成的位移长度明显不同, $a_2 \rightarrow b_2$ 的位移长度大于

全状态演变。



注： Q_2 位于左半部分的分歧点集；突变模型的原点位于平衡曲面 o 点处，该点在控制平面上的投影为 o^* 。

图3 高校体育安全事件控制策略示意图

下面根据事件演变的3个阶段来探讨高校体育安全事件的控制策略。

1) 稳定量变阶段(Q_1)可以看作高校体育安全事件突发的前兆。在此阶段,内外部风险因素逐渐累积,导致系统内部的能量不断聚集,若任由事件自由发展不加以干预,则随着能量的聚集,系统将打破原有的稳态发生突变,导致高校体育安全事件突发。为避免系统由稳定量变走向失稳质变,需要对学生个体内部因素和外部环境因素同时采取措施,避免内因外因同时发生产生合力,延缓或者阻碍系统能量的聚集。具体应对措施包括:一是通过多种渠道对学生进行体育安全教育,增强学生安全意识,提高学生身体素质,全面提升学生应对高校体育安全事件突发的能力;二是提升体育教师安全风险意识和应对突发事件的能力;三是创造安全优越的锻炼环境,完善高校体育安全应急管理制度。

2) 失稳质变阶段(Q_2)可以看作高校体育安全事件发生的过程。由于该阶段位于分歧点集,突变在此位置发生失稳质变的过程极短,且很难停留,因此该阶段留给高校管理者有效应对突发安全事件的时间较短,需要高校管理者提前对不同的体育安全突发事件进行研判、分析,制定紧急预案,定期进行体育安全教育培训,开展体育安全应急演练。由前文的分析可知,不同的位置经过分歧点集所形成的位移不同,系统突变造成的危害也不相同。在事件发生时,为减轻高校体育安全事件造成的危害程度,把对学生的伤害降到最低,应果断采取应急

预案,重点保障学生的生命安全,及时化解造成系统突变的内因、外因,防止事态进一步恶化。

3) 稳定恢复阶段(Q_3)可以看作高校体育安全事件突发后的补救过程。高校体育安全事件爆发后,会在短时间内由爆发前的稳态转变为爆发后的稳态,由于系统突变具有滞后性、不可逆性等特征,打破现有的稳态减少系统突变带来的不良影响需要付出长时间的巨大努力。当高校体育安全事件突发后,简单地采取应对措施,修复给学生造成伤害的外部环境因素,并不能有效推动系统由不安全状态向安全状态转变,还需进一步采取措施,稳定学生情绪,做好受伤后的心理疏导和健康治疗,避免由于善后工作不到位产生新的不安全因素。同时,高校应积极总结经验教训,完善应急预案和应急处理措施,提高高校体育安全事件发生的事前预警、事中应对以及事后处理的能力。

3 基于突变级数法的高校体育安全管理水平评价突变模型

3.1 高校体育安全管理水平评价指标体系

依据国家相关政策文件,基于系统工程学理论,在遵循评价指标体系构建系统性、科学性、可操作性、方向性以及针对性的基础上,参考相关学者^[19]的研究成果,结合突变级数法的评价要求,建立了高校体育安全管理水平评价体系指标体系,包括4个一级指标、8个二级指标、18个三级指标,并采用文献资料法和专家调查法方法对各项指标的重要性进行了排序,具体如表1所示。

3.2 高校体育安全管理水平评价各层指标值的确定

根据突变级数计算结果的特性,结合常规的分级标准,制定适合高校体育安全事件安全管理水平的分级标准。参考已有研究,将高校体育安全事件安全管理水平分为I(优秀)、II(良好)、III(中等)、IV(达标)和V(较差)这5个等级,不同等级所对应的分值如表2所示。

采用发放问卷的方式,聘请高校体育安全管理者、专家结合高校实际情况以及等级划分标准和要求,对高校体育安全事件安全管理水平评价相关指标进行打分,打分标准采用百分制,然后求出每个指标的平均分,作为该指标的评价数据,最后对所有评价数据进行无量纲化处理,将其转化为取值范围[0, 1]的无量纲值。设专家给 n 个指标进行打分,则得到 n 个评价数据,其中, y_i 为第 i 个指标的评价数据, y_{\min} 为所有评价数据中的最小值, y_{\max} 为所有评

表 1 高校体育安全管理水平评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	三级指标	
高校体育安全管理水平评价(X)	学生体育安全管理(A1)	学生教育培训(B1)	体育安全知识培训(C1)	
			体育安全意识教育、培养(C2)	
			体育安全技能培训(C3)	
			机体功能(C4)	
		体质健康(B2)	身体素质(C5)	
			体育教师教育培训(B3)	体育教学安全意识(C6)
				体育安全教育培训(C7)
				组织管理(B4)
	教学组织能力(C9)			
	体育安全管理制度(A3)	医疗保障制度(B5)	定期对学生体检(C10)	
			建立学生医疗档案(C11)	
		安全管理制度(B6)	体育安检制度(C12)	
			体育安全管理制度(C13)	
	运动教学环境(A4)	运动场地(B7)	体育安全预警及应急预案(C14)	
			器材设施安全(C15)	
		气候空间情况(B8)	活动场地条件(C16)	
天气条件(C17)				
空气质量(C18)				

表 2 高校体育安全管理水平等级划分

等级	I (优秀)	II (良好)	III (中等)	IV (达标)	V (较差)
分值	[0.90,1.00]	[0.80,0.90]	[0.70,0.80]	[0.60,0.70]	[0.00,0.60]

价数据中的最大值,则第*i*个指标无量纲值 z_i 的计算公式为: $z_i = \frac{y_i - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}$ 。然后按照评价指标框架与归一化公式从三级指标到一级指标逐级计算隶属度。若控制变量之间相互独立,则按照“非互补”原则大中取小确定突变级数;若控制变量之间相互关

联,则按“互补”原则取平均值确定突变级数^[22]。

3.3 高校体育安全管理水平突变级数模型的构建

根据突变理论,通过归一化公式可以计算各指标的突变级数值,依据划分好的评价等级可以确定评价结果^[22]。常见的突变模型包括折叠突变模型、尖点突变模型、燕尾突变模型、蝴蝶突变模型、椭圆脐点突变模型、双曲脐点突变模型、抛物脐点突变模型等^[22]。本研究主要使用其中的3种突变级数模型,其对应的状态变量、控制变量、归一化公式等具体如表3所示。

表 3 不同突变模型类型

突变模型	状态变量		控制变量		控制变量的归一化公式	状态变量的突变级数值计算公式
	数量	符号	数量	符号		
尖点突变模型	1	x	2	α, β	$g_\alpha = z_\alpha^{1/2}, g_\beta = z_\beta^{1/3}$	$Y_x = 1/2(g_\alpha + g_\beta)$
燕尾突变模型	1	x	3	α, β, γ	$g_\alpha = z_\alpha^{1/2}, g_\beta = z_\beta^{1/3}, g_\gamma = z_\gamma^{1/4}$	$Y_x = 1/3(g_\alpha + g_\beta + g_\gamma)$
蝴蝶突变模型	1	x	4	$\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$	$g_\alpha = z_\alpha^{1/2}, g_\beta = z_\beta^{1/3}, g_\gamma = z_\gamma^{1/4}, g_\varepsilon = z_\varepsilon^{1/5}$	$Y_x = 1/4(g_\alpha + g_\beta + g_\gamma + g_\varepsilon)$

注: $z_\alpha, z_\beta, z_\gamma, z_\varepsilon$ 分别为 $\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$ 指标的无量纲值。

突变级数模型的建立过程中,状态变量和控制变量是相对的,上级指标是状态变量,下级指标是控制变量;上级评价指标的数量即为突变模型中状态变量的个数,下级子指标的数量对应于控制变量的个数。根据评价指标的个数可确定该评价指标与其子指标所对应的突变系统的类型。例如,高校体育安全管理水平评价(X)下有4个一级指标(A1、A2、A3、A2),X的突变级数值的计算公式采用蝴蝶突变模型;一级指标A1下有2个二级指标(B1、B2),A1的突变级数值的计算公式采用尖点突变模型;二级

指标B1下有3个三级指标(C1、C2、C3),B1的突变级数值的计算公式采用燕尾突变模型。

4 高校体育安全管理水平评价实例分析

为了对高校体育安全管理水平开展突变级数评价,需要对定性的评价指标进行量化。选取某一高校,聘请8位高校体育安全研究领域的专家,对该高校体育安全管理水平评价三级指标进行打分,并进行无量纲化处理,具体打分和无量纲值如表4所示。

表4 某高校体育安全管理水平评价三级指标专家打分和无量纲值

专家	打分																	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
专家1	75	80	85	75	70	80	75	95	95	85	95	90	90	90	80	80	85	85
专家2	80	85	80	80	75	90	90	95	95	85	90	95	90	80	80	75	85	90
专家3	60	60	60	80	80	70	70	90	90	60	60	60	60	60	65	65	65	65
专家4	85	81	75	88	86	87	75	85	84	75	74	82	81	76	88	90	82	83
专家5	90	85	85	80	80	90	95	90	88	80	90	80	90	80	90	85	85	70
专家6	80	80	75	70	60	60	65	90	85	80	88	75	85	85	81	50	70	68
专家7	85	92	93	65	75	96	90	100	100	90	90	90	99	86	85	80	82	85
专家8	60	70	60	80	70	70	75	80	85	60	50	65	75	70	80	70	60	65
均值	76.88	79.13	76.63	77.25	74.50	80.38	79.38	90.63	90.25	76.88	79.63	79.63	83.75	78.38	81.13	74.38	76.75	76.38
无量纲值	0.15	0.29	0.14	0.18	0.01	0.37	0.31	1.00	0.98	0.15	0.32	0.32	0.58	0.25	0.42	0.00	0.15	0.12

根据表2不同突变模型的归一化公式和突变级数计算公式,逐层向上计算各级指标控制变量的突变级数值。根据突变级数法计算要求和无量纲化处理思想,如果各指标间为“非互补”指标,则采用“大中取小”原则,各指标间如果为“互补”指标,则采用取“平均值”原则。由于A层指标(一级指标)、B层指标(二级指标)、C层指标(三级指标)之间均属于“互补性”指标,因此按照“互补”原则,取平均值。具体计算过程以指标A1的突变级数值为例进行说明。

二级指标B1对应的三级指标为C1、C2和C3,故B1的突变级数值采用燕尾突变模型计算:

$$Y_{B1} = \frac{1}{3}(z_{C1}^{1/2} + z_{C2}^{1/3} + z_{C3}^{1/4}) = \frac{1}{3}(0.15^{1/2} + 0.29^{1/3} + 0.14^{1/4}) = 0.56 \quad (6)$$

与二级指标B2相对应的三级指标为C4和C5,故B2的突变级数值采用尖点突变模型计算:

$$Y_{B2} = \frac{1}{2}(z_{C4}^{1/2} + z_{C5}^{1/3}) = \frac{1}{2}(0.18^{1/2} + 0.01^{1/3}) = 0.31 \quad (7)$$

一级指标A1与二级指标B1、B2相对应,结合尖点突变模型,由式(6)和(7)可得:

$$Y_{A1} = \frac{1}{2}(z_{B1}^{1/2} + z_{B2}^{1/3}) = \frac{1}{2}(0.56^{1/2} + 0.31^{1/3}) = 0.71。$$

同理,通过计算可得所有指标的突变级数值,计算结果如下:

$$Y_{B3} = 0.64, Y_{B4} = 1, Y_{B5} = 0.54, Y_{B6} = 0.70, Y_{B7} = 0.32, Y_{B8} = 0.44, Y_{A2} = 0.90, Y_{A3} = 0.81, Y_{A4} = 0.66。$$

最终计算得出该高校体育安全管理水平突变级数值 Y_X :

$$Y_X = \frac{1}{4}(x_{A1}^{1/2} + x_{A2}^{1/3} + x_{A3}^{1/4} + x_{A4}^{1/5}) = \frac{1}{4}(0.71^{1/2} + 0.90^{1/3} + 0.81^{1/4} + 0.66^{1/5}) = 0.92。$$

由上述计算可知,最终高校体育安全管理水平突变级数值为0.92,根据表3高校体育安全管理水平等级划分标准,可以得出,该高校体育安全管理水平为I(优秀)等级,其中学生体育安全管理等级为II(良好),体育教师体育安全管理为等级I(优秀),体育安全管理制度为等级II(良好),运动教学环境为等级III(中等)。由此可知,该高校体育教师体育安全管理较强,而运动教学环境管理较差,应重点对高校运动教学环境进行管理,加强校园场地环境建设,进而有效预防高校体育安全事件的发生。

5 结语

从非线性视角,分析了高校体育安全事件演变过程中突跳性、滞后性、发散性、多模态性和不可达性五种基本特征,说明利用尖点突变模型揭示高校体育安全事件演化机制的合理性。基于突变理论,建立了高校体育安全事件的尖点突变模型,阐述了

事件的发生机制及演化途径。高校体育安全事件的演变是一个由渐变到突变的过程,学生的个体内部因素和外部环境因素决定了高校体育安全事件的发展状态和演化程度,其中学生个体内部因素决定了高校体育安全事件是否发生,外部环境因素决定了高校体育安全事件在什么条件下发生。验证了高校体育安全事件的演化是一种非线性突变过程,并将该过程划分为稳定量变阶段、失稳质变阶段、稳定恢复阶段3个阶段,指出高校体育安全事件的防控关键在于针对特定的阶段采取特定的避免机制和补救策略。

借鉴前人研究成果,建立了高校体育安全管理水平评价指标体系,在此基础上,基于突变级数法,构建了高校体育安全管理水平评价的突变级数模型。通过计算各指标的突变级数值,判断和识别了有待加强的指标以及当前高校体育安全管理水平的等级,评价的准确性较高,为高校体育安全管理水平的提升提供了参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 卢轩.校园体育伤害事故特征分析与预防措施研究[D].哈尔滨:哈尔滨师范大学,2022.
- [2] 潘凌云,王健.改革开放40年我国学校体育改革与发展的政策审思[J].体育科学,2019,39(5):13-25.
- [3] 井红艳,张胜华,李良胤.高校体育风险保障体系构建研究——基于生命安全教育视角[J].哈尔滨体育学院学报,2016,34(5):56-60.
- [4] 郑红波.高校体育课程安全保障体系实施策略研究[J].吉首大学学报(社会科学版),2017,38(S2):221-223.
- [5] 何立,李峰,杨华薇.高校体育设施安全评价指标体系研究[J].西安体育学院学报,2020,37(4):505-512.
- [6] 周建华.学校体育伤害事故:类型·特征·成因·风险防范[J].吉首大学学报(自然科学版),2018,39(6):74-77.
- [7] 王青.学校体育安全保障体系构建与运行控制管理[D].南昌:南昌航空大学,2017.
- [8] 朱正威,胡永涛,郭雪松.基于尖点突变模型的社会安全事件发生机理分析[J].西安交通大学学报(社会科学版),2011,31(3):51-55.
- [9] 李玉飞,李婵娟,刘晓云,等.基于突变级数法的高校突发事件应急管理评价模型[J].实验室研究与探索,2020,39(11):262-265+293.
- [10] 陈伟珂,武晓燕.基于突变理论的建筑工人不安全行为研究[J].安全与环境学报,2017,17(5):1838-1843.
- [11] 李乃文,王悦惠.突变理论视角下突发群体事件演化机理研究[J].中国安全科学学报,2015,25(2):159-164.
- [12] 徐岩,胡斌,王元元,等.基于随机尖点突变理论的心理契约研究[J].管理科学学报,2014,17(4):34-46.
- [13] 徐兴良,于贵瑞.基于生态系统演变机理的生态系统脆弱性、适应性与突变理论[J].应用生态学报,2022,33(3):623-628.
- [14] 邱家凯,商勇.突变理论及其在我国体育科学研究中的应用综述[J].军事体育学报,2018,37(3):45-49.
- [15] P.T.桑博德[英]突变理论入门[M].凌复华,译.上海:上海科学技术文献出版社,1983.
- [16] 姜璐,于连宇.初等突变理论在社会科学中的应用[J].系统工程理论与实践,2002(10):113-117.
- [17] 商全乐.沧州市高校体育安全现状的调查与分析[D].北京:首都体育学院,2015.
- [18] 王雨桐.成都市小学体育运动伤害的成因与风险管控研究[D].宜宾:西华大学,2021.
- [19] 钱兴.杭州市初级中学学校体育安全评价指标体系的构建研究[D].杭州:杭州师范大学,2017.
- [20] 邱家凯,商勇,骆玉峰.基于突变理论的大学生体育锻炼行为研究[J].西昌学院学报(自然科学版),2021,35(4):81-86.
- [21] 李玉飞,刘晓云,刘洋.高校突发事件演变机理与应急管理评价[J].实验室研究与探索,2021,40(9):290-295.
- [22] 杨丽君,刘琳.基于突变级数的应用技术型高校学生学习质量评价研究与实践[J].黑龙江高教研究,2022,40(9):21-29.