

## 对“基于突变理论的高拱坝失稳判据研究”讨论的答复

郑东健，雷 霆

(河海大学水利水电学院，江苏 南京 210098)

中图分类号：TV641

文献标识码：A

文章编号：1000-4548(2012)05-0968-01

作者简介：郑东健(1965-)男，福建闽清人，教授，博士生导师，从事水工建筑物安全监控理论与应用研究。E-mail：zhengdj@hhu.edu.cn。

### Reply to discussion on “Instability criteria for high arch dams using catastrophe theory”

ZHENG Dong-jian, LEI Ting

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

在“基于突变理论的高拱坝失稳判据研究”一文的<sup>[1]</sup>（以下简称原文）主要目的是讨论拱坝稳定数值计算分析中采用的失稳判据问题。通过分析比较塑性区贯通、位移突变和塑性区总应变能突变判据的特点，讨论相应判据分析结果的适用性，为这些典型判据的使用提供借鉴。数值分析中，首先是根据位移和塑性区总应变能变化过程判断高拱坝是否处于失稳状态，并尝试用突变理论进行验证，由此引起潘岳老师的关注，很高兴在这里做些讨论和说明。

凌复华先生在“突变理论—历史、现状和展望”一文中指出，突变理论(Catastrophe Theory)发展的目的，“是为了对一个光滑(理解为无限次可微)系统中可能出现的突然变化作出适当的、主要是定性的数学描述。与数学中的大多数新发展不同，突变理论在其开创初期就是旨在应用的。”潘岳老师对原文的主要争议是在能否用突变理论分析拱坝稳定以及如何严谨地应用。原文一开始就说明“拱坝与坝基整体失稳机理分析成果表明，拱坝的可能破坏形式有拱坝拱座失稳、拱坝坝体的屈曲和强度破坏以及坝肩岩体过大的压缩变形引起的破坏”，这与拱坝结构的工作特点有关。拱坝通过拱梁联合作用承受外部荷载，超载能力强且容许一定范围的拉应力。许多拱坝在出现了较多裂缝，甚至贯穿性裂缝后，仍能继续工作。从完整状态到不同的开裂状态，表明拱坝有不同的稳定状态。这种状态是在拱座、坝体屈曲和强度以及坝肩岩体变形等多种失稳模式之间变化的。讨论一文⑤中“拱坝失稳…不可逆”似是而非，含义模糊。拱座和坝肩岩体变形过大常为拱坝破坏的诱因，坝体屈曲和强度破坏却常为拱坝破坏的外部表现。利用点位移、塑性区总应变能变化作为考察量，原文认为能反映拱坝失稳的复杂过程。这种失稳考察函数虽然是连续的，但从失稳过程分析看，失稳考察函数很可能不满足无限次可微或高阶连续，应是分段光滑的函数，各分段反映不同失稳模式的失稳考察量变化过程。实际工程的高边坡和深基坑稳定监测也常“以监测项目的累计变化量和变化速率值两个值控制”(建筑基坑

工程监测技术规范 GB50497—2009)，将点位移及其变换是否突变作为稳定考察量之一已得到实际工程检验，而这种稳定状态也能用初等突变理论进行判断( $\Delta \rightarrow 0$ )，这是原文验证的结论。拱坝不同的稳定状态可能有不同的突变模型，但不影响实际工程的应用。但正如潘岳老师关于突变理论应用的十几篇类似讨论文章观点，理论上不是简单地符合初等突变理论基本原理。看来初等突变理论中的稳定状态与实际土木工程的稳定状态内涵有所不同。理论和实践的辩证关系，应是相互促进，已得到实际验证若不满足现有理论原理，是理论发展的机遇。对讨论一文中②、④中“连续变化的参数…出现跳跃”和 $\Delta \rightarrow 0$ 作为不稳定判据是否成立以及①“随意截断”但结果却能符合实际工程情况问题，应通过进一步完善发展突变理论，加强鼓励相关理论的实践应用探索进行研究解决。

讨论一文中图B将原文四次多项式拟合式(11)进行随意外延并光滑不适当，由于样本点有限，用拟合式计算值进行讨论应在样本所在领域较为稳妥。考虑拱坝稳定的复杂性，稳定考察函数变化曲线运动趋势难以预知，用四次多项式主要是为了避免出现龙格现象，其它类型突变模型适用性和效果也值得进一步研究。 $k=2.89$ 是塑性区应变能函数关系(原文式(12))得到的，其余是由位移函数得到的，讨论一文中将其混淆代入原文式(12)不恰当，原文式(12)中， $k=1\sim 2.89$ ，即 $r=2.628k-1.845k-2.22$ 。讨论一文中“⑤尖点突变基本指征与采空区拱坝失稳原型特性的比较”，“采空区”应是笔误与原文无关。

### 参考文献：

- [1] 郑东健，雷 霆. 基于突变理论的高拱坝失稳判据研究[J]. 岩土工程学报, 2011, 33(1): 23-27. (ZHENG Dong-jian, LEI Ting, Instability criteria for high arch dams using catastrophe theory[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2011, 33(1): 23-27. (in Chinese))



