

安宁河断裂带应力集中与发震机制的数值模拟分析

房冬恒, 王运生, 乔国文

(成都理工大学环境土木工程学院, 成都 610059)

摘要: 安宁河地区是我国地震活动的多发地带。通过对安宁河断裂带构造格架的研究, 对发震机制进行了分析, 在分析概念地质模型的基础上, 进行三维数值模拟, 证实了在现今区域应力场作用下, 在5~10 km深度范围内于断层交汇部位应力高度集中, 因此, 安宁河断裂带强震主要局限在于其它方向断层的交汇部位。

关键词: 安宁河断裂带; 应力集中; 发震机制; 数值模拟

中图分类号: P553

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005) 02-0077-03

Using the Numerical Simulation to Analyze the Concentration of Stress and the Cause of Earthquake in Anning-River Fault Zone

FANG Dong-heng, WANG Yun-sheng, QIAO Guo-wen

(College of Environment and Civil Engineering in Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The Anning River region is an area where seismic activities occur frequently in our country. By studying the structure and the framework of the Anning River fault zone, the cause of the earthquakes in this area was analyzed, and the three-dimensional geological numerical simulation was used to prove that under the present regional stress there are concentrations of stress in the crossing of faults below the earth's surface about 5~10 km, based on the studying of the notional geologic model. Hence the strong-motion earthquakes of the Anning River fault zone distribute the area where other faults with different direction joined in.

Key words: the Anning River fault zone; concentration of stress; cause of the earthquake; numerical simulation

安宁河地区是川西——六盘水经济开发区的重点建设区域。然而, 由于纵贯安宁河谷地带的安宁河断裂带的活动及其所产生的地震灾害, 在一定程度上制约了该区的经济发展。前人曾对该区进行研究, 通过二维平面数值分析研究发震与地应力集中的关系。但发震是空间问题, 由于该区历史上发生的地震以浅源地震为主, 本文试图通过三维模型模拟在现今应力场作用下安宁河地区上地壳应力的分布规律, 从而客观揭示历史地震的发震机制, 圈定潜在震源区, 为安宁河地区的区域经济规划提供科学依据, 具有重大的现实意义。

1 地质原型分析

1.1 区域构造格架

研究区地处“川滇菱形断块”东部边缘, 该断块的东部边界由鲜水河断裂、安宁河断裂、则木河断裂及小江断裂等深大断裂带构成。安宁河断裂带位于“川滇菱形断块”东缘的中段。该断裂带于西昌附近被活动性较强的北西向则木河断裂左旋切错, 致使断块东部边界在这里由南北向转为北西向。断裂的新活动性表现出具有较大的逆冲分量的左旋走向滑

动^[1](见图1)。

在青藏断块东部特殊的岩石圈——地壳构造条件下, 由于印度洋板块向欧亚板块的强烈推挤, 致使在青藏高原急剧抬升的同时, 岩石圈物质向东及南东方向侧向挤出。由此而驱动“川滇菱形断块”向南东向楔入推移, 导致各边界断裂发生强烈的水平剪切错移, 并成为现代地震活动的发震构造。该断块实际上是甘孜—松潘地槽的一部分, 由厚达万米以上的复理石建造等组成, 具有明显弹塑性特征^[2]。

1.2 安宁河断裂带发育特征

安宁河断裂带由东、西两支组成(见图1)。其中西支呈现隐伏于河谷西缘第四系之下, 控制着河谷西侧地貌及水系的发育, 在大桥和冕宁分别被北西向和北北东向次级断层切错, 其活动性相对较弱; 东支沿河谷东缘及山麓地带发育, 石龙以北由两条南北向断层组成, 石龙以南由三条断层组成, 在石龙以北受到北东向次级断层的右旋切错, 在石龙南受到北西向次级断层的左旋切错。向南延至西昌西附近被活动性较强的北西向则木河断裂左旋切错, 另外在礼州还受到北东向次级断层的右旋切错, 在西昌东侧既受到北东向次级断层的右旋切错, 又受到北西向次级断层的左旋切错, 导致安

① 收稿日期: 2004-05-17

作者简介: 房冬恒(1978-), 男, 成都理工大学环境土木工程学院硕士研究生, 研究方向: 地质工程岩体与区域地质稳定。

宁河断裂带南段(西昌以北)活动性明显减弱。

1.3 地震分布与断层组合的对应关系

潜在走滑型应力状态区在我国的中西部广大地区分布,安宁河断裂带为左旋活断裂。

历史上发生在安宁河地区的强震(> 7级)是安宁河断裂带的黏滑造成的。从图1可以看出,大于5级以上的地震基本在安宁河断裂与北东和北西向的次级断层交汇部位发生,而且主要集中在楔形断块的端部。在现今北北西向应力场作用下,由于不同方向的断层活动性不同,导致断层间错动速率的差异,如研究区北西向、北北西向断层以及北东向断层移速率要高于安宁河断裂,这样导致主干断裂因次级断层切错而锁固,应力在锁固段高度集中,当应力积累到足以剪断锁固段时,断裂因黏滑作用而发震。在楔形块体的端部,由于地震后应变能的释放,端部的松弛环境有利于楔形体的再次楔入,导致应力的反复积累,从而可以在同一地点发生多次强震活动。

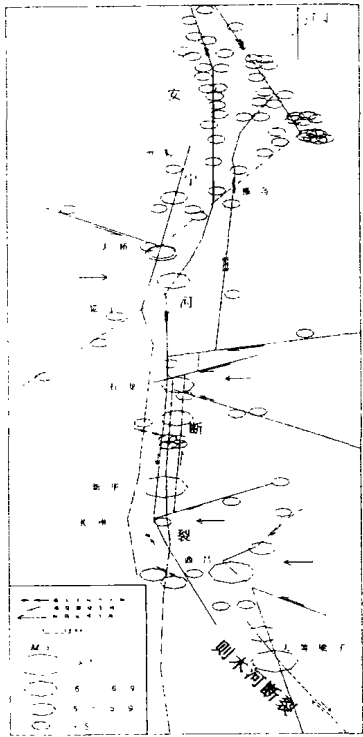


图1 安宁河断裂带地震构造图

安宁河断裂带上顺直段,由于无次级断层切错,缺乏坚强的锁固段,以稳滑为主,仅有一些中、小震(< 5级)随机分布(见图1)。这些中、小震破坏力较低。

2 模拟安宁河区域地应力分布

上述发震机制的定性分析,可采用多种方式对其验证与分析,而三维数值无疑是一种最为简便与经济的方法。数值模拟在一定程度上简化地质原型,通过实测应力点的反复拟合所得到的应力分布情况,可以直观地揭示大小主应力和剪应力集中规律,从而对研究区发震规律做出合理解释。

2.1 计算模型与参数

本次计算的几何模型以安宁河断裂带为中心,东西长约60 km,南北长约120 km,延地表向下延伸10 km的立方体区

域。

建立计算模型时,因此模型要正确的反映地应力与地震地关系,关键在于模型要能正确反映各条断裂的分布与力学性质。安宁河地区的地震活动具有明显的规律性,这主要表现在地震活动明显的受断裂控制,其强度由北向南逐渐降低的趋势。

按地震活动及其与断裂构造的关系,可将研究区分为三段:

一是普格-西昌段。为强震活动段,主要受则木河断裂控制。历史上多次发生7级以上的强震。它们均发生在则木河主干断裂与其它方向断裂相交汇的部位。

二是西昌-冕宁大桥段。为较强地震活动段,主要受安宁河断裂强烈活动段的控制,历史上强震及中强震均发生在由次级北西及北东向断层所切出的楔形断块尖端楔入安宁河断裂的部位,且强度由南向北逐渐降低。

三是冕宁大桥-石棉段。为弱震频繁活动地区,此区段历史地震的最大强度未超过4.5级。弱震活动大体上延断裂带随机分布,但在断裂带转折和端部的压、张应力集中区域内,发震频率相对较高。

因此断裂带的力学参数,按其上所分析的情况,大体分为三种不同情况取值。具体取值见表1。

表1 介质力学参数

介质类型	E/MPa	μ	C/MPa	f/MPa	T/MPa	γ/MPa
断层()	8000	0.28	0.3	26	0	0.023
断层()	6000	0.3	0.2	25	0	0.022
断层()	5000	0.31	0.1	24	0	0.021
岩体	25000	0.22	6.5	35	3	0.026
岩桥	26000	0.22	7.5	36	3	0.026

模型的边界条件考虑是该地区是一个相对封闭的区域,模型仅在垂直地心方向上有一个自由凌空面,其余方向上均有约束。所以模型设计上采用底部约束,南北与东西方向上约束一面,令一面施加应力,以拟合现今的地应力场(图2)。

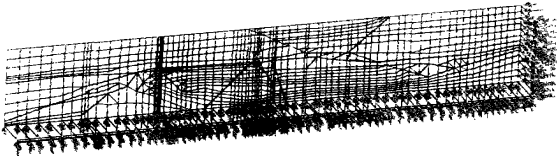


图2 安宁河地区地质数值模型图

计算区共划分5 580个单元,29 920个节点。单元的划分原则是断层及其附近划分较小,其他区域单元较大,以提高研究区域的计算精度。为了准确反映断层及岩体的产状对地应力的影响,建立模型时,按断层的产状及相交关系进行分块。区域现今的地应力场的模拟,采用日本软脑株式会社(Japanese Software CO.)的大型有限元计算软件进行计算。计算模型采用弹性体计算模型。

2.2 计算结果分析

从图3 可明显看到剪应力的集中地带基本上是沿断层交汇区域分布。基本上分为三个区域(普洛—西昌, 西昌—冕宁大桥, 冕宁大桥—石棉)。这与前面所分析的结论一致。

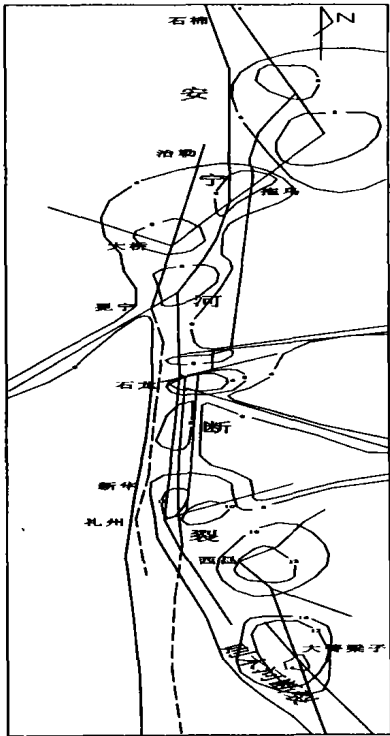


图3 地表下9 km 最大剪应力图

普洛—西昌段内则木河断裂与其他断裂在地表以下5 ~ 10 km 相交汇处剪应力非常集中, 而其他断裂带处剪应力

参考文献:

[1] 王士天, 黄润秋, 李渝生. 雅砻江锦屏水电站重大工程地质问题研究[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1998. 31.
[2] 车自成, 刘良, 罗金海. 中国及其邻近区域大地构造学[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 425.

(上接第76 页)

水土保持产业。使群众在水土保持建设中获得实惠, 促进地方经济发展。水土保持是一项与当地人民切身利益联系的公益性强的事业, 既需要政府的推动与引导, 又需要市场的调节与激励。承包、拍卖、租赁、股份合作等形式只要群众认同, 都可推广。在实行过程中, 要注意保持政策的连续性和稳定性, 允许治理开发成果继承转让, 让治理开发者安心投入资金去治理水土流失。在水土保持生态建设中, 还可以实行生态移民策略。东北黑土区相对与国内其他地区, 人口密度小, 村镇稀疏, 广大农村难以发展规模性产业。在水土保持治理

参考文献:

[1] 熊毅, 李庆逵. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
[2] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查数据[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
[3] 蔡强国, 范昊明, 沈波. 松辽流域土壤侵蚀危险性分析与防治对策研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3) : 21- 24.
[4] 中国科学院林业土壤研究所. 中国东北土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
[5] 谢军. 黑土地的危机及治理对策[A]. 中国土地退化防治研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990.
[6] 景国臣. 冻融侵蚀类型及其特征研究[J]. 中国水土保持, 2003, (10) : 17- 18.

集中情况不明显, 表明该处的地震主要受则木河断裂的控制。在西昌—冕宁大桥段内, 地表下9 km 处剪应力集中的地带是由次级的东北及北西间断层所切出的楔形体尖端楔入安宁河断裂的部位。而历史上这些部位正是强震与中强震发生的地段。这表明剪应力的集中及应力大小, 控制着该地段的 地震情况, 而安宁河断裂带及其次生的断层的活动情况又控制着剪应力的集中情况与应力大小。因此监测该地区断裂新活动是该地震监测有效的手段。

冕宁大桥—石棉段内区域最大剪应力值较小, 应力集中地带多在断层交汇处, 没有控制强震的剪应力集中地带, 因此该区段由断裂带控制的地震的强度不会很大。

3 结 语

区内最大剪应力分布与断层新活动性和强弱地震活动有很好的对应关系。最大剪应力的总体分布上以冕宁大桥为界, 南高北低, 这与断层活动性分段和地震分区完全一致; 剪应力低值区对应断层的历史平均错动速率最低, 且属弱震活动的区段; 而剪应力高值区则对应断层历史平均错动速率较高, 且有强震活动的区段。在安宁河断裂中段, 延断层特定部位的局部剪应力集中, 与强震的发生有着密切的关系。局部剪应力集中区主要分布在由规模较小的北西及东北向断层切出的楔形断块尖端强力楔入安宁河断裂带的部位附近, 这里也正是历史强震的发震部位。从岩体力学的观点, 这种机制是易于理解的, 因为旁侧的楔形断块在东西向挤压力作用下强力的楔入并错断安宁河断裂, 必然使该断裂的走滑活动于这些部位受阻, 形成局部锁固及相应的剪应力集中区, 而且随着时间的推移这些部位的最大剪应力值不断积累增大, 一旦剪应力超过该处的岩体或结构强度, 强震即随之发生。

过程中, 对于一些生存条件恶劣、位置偏僻的小村, 可以进行移民, 将其搬到一些条件好的村镇, 通过人口的聚集, 推动当地各产业发展, 从而推动黑土区的小城镇发展。

4 结 语

黑土区水土流失治理是一项长期的任务, 必须采用多种手段, 通过综合措施解决人与自然的矛盾, 灵活运用因地制宜的原则, 充分发挥各种防治措施的优点, 促使黑土区的经济、环境走上可持续发展的道路。