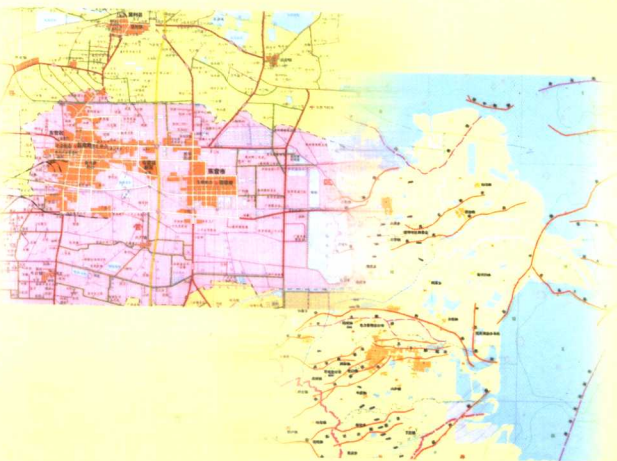


东营市 中心城区断层分布特征 与地震危险性评价研究

DONGYINGSHI
ZHONGXIN CHENGQU DUANCENG FENBU TEZHENG
YU DIZHEN WEIXIANXING PINGJIA YANJIU



杨占宝 朱明芝 周斌 尹志清 著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

东营市中心城区断层 分布特征与地震危险性评价研究

杨占宝 朱明芝 周斌 尹志清 著

中国科学技术出版社

CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

• 北 京 •

BEIJING

图书在版编目(CIP)数据

东营市中心城区断层分布特征与地震危险性评价研究 / 杨占宝, 朱明芝, 周斌, 尹志清著. —北京: 中国科学技术出版社, 2006. 7

ISBN 7-5046-4268-1

I. 东... II. 杨... III. ① 活动断层—研究—东营市 ② 地震活动性—研究—东营市
IV. ① P548.252.3 ② P315.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 002136 号

自 2005 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书

内 容 简 介

本书是“东营市中心城区断层分布特征与地震危险性评价”成果全面的总结, 反映了东营市隐伏活断层研究的新思路、新认识和新成果, 较为深入地分析和研究了东营市中心城区的地震地质构造环境、地震活动性特征、构造格局、成因机制、断层定位与活动性判定、隐伏活断层地震危险性评价等有关问题。在研究思路、方法、技术途径、评价模型应用等方面可为我国在平原区如何开展隐伏断裂地震活动性分析和地震危险性评价工作提供借鉴。

本书可供从事地震地质、工程地质、地震预报、工程勘探和城市规划的科技人员及有关院校师生参考。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

责任编辑 孙卫华 程安琦 责任校对 林 华

封面设计 鲁 筱 杨 军 责任印制 安利平

电话: 010-62103168 62103206 传真: 010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印制有限公司印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 8.75 插页: 3 字数: 200 千字

版次: 2006 年 7 月第 1 版 印次: 2006 年 7 月第 1 次印刷 定价: 16.00 元

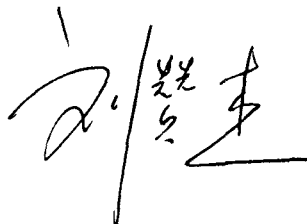
(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

序

地震是地壳运动的一种反映,它与地质构造条件,尤其是与断裂构造的活动有着密切关系。地震时由于活动断裂的强烈运动,对位于断裂附近的建(构)筑物所造成的损失极为严重。特别是随着经济的快速发展,城市化进程的不断加快,破坏性地震对城市造成损失将会更大。查明城市活断层准确的空间位置,评估活断层的地震危险性和危害程度,采取相应的减灾对策措施,已成为国内外大城市政府防震减灾、确保城市安全稳定与经济持续发展的共识。

对第四系厚层覆盖区隐伏断裂地震活动性分析和地震危险性评价是具有前瞻性的研究课题,但目前的研究程度相对较低。本书作者在分析大量的地质、地震地质、石油地质、工程地质、三维地震勘探、浅层人工地震勘探、地球化学勘探、地震活动性、历史地震等资料的基础上,首次较为系统地研究了东营市中心城区的构造格局、成因机制、断层分布特征、断层要素特征、构造动力学特征等问题;在活断层定位与定年工作的基础上,结合深部发震条件、现今地壳运动状态和构造应力场特征,用最大历史地震法定性的判定,并采用一些较为适合的定量经验统计公式,综合起来评价了东营市中心城区活断层发生城市“直下型”地震的危险性;首次提出了东营市第四纪早期(Q_{1-2})活动的断层可初步判定为地震活断层,能够孕发一定级别的地震的观点。

我相信本书的出版必将为我国在平原区如何开展隐伏断裂地震活动性分析和地震危险性评价工作提供一个典范,必将为地震预报、震害防御、防震减灾规划、土地利用的工程实践和科学研究起到重大的推动作用。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '刘兴' (Liu Xing), with a stylized flourish extending to the right.

2005 年 12 月

前 言

美国洛杉矶北岭、日本阪神等一系列城市地震的发生,世界各国政府越来越清楚地认识到城市活断层探测及其危险性研究的重要性和紧迫性,相继实施了大城市减灾项目,试图通过城市及其邻近地区有潜在发震危险的活断层探测和评价工作,更合理地进行城市规划和抗震设防,减轻城市可能遭遇的地震损失。

在我国,党中央和国务院领导非常关心和重视城市活断层探测与地震危险性评价工作。温家宝总理在 2000 年 1 月视察中国地震局时指出:“从土耳其、我国台湾地震造成的损失分析来看,科学规划城市建设、保证城市安全、抗御地震灾害迫在眉睫,首先要加强探明城市地下活动断层及其危害性评估工作”。《中华人民共和国防震减灾法》规定:“制定城市规划,应当充分考虑当地的地震构造环境。选择工程建设场地,必须避开活动断裂。”《国务院关于加强防震减灾工作的通知》(国发[2004]25 号)明确提出:“国土利用规划和城乡规划,必须依据地震活断层探测与地震安全性评价结果,充分考虑潜在的地震危险。”因此,查明城市活断层准确的空间位置,评估活断层的地震危险性和危害程度,采取相应的减灾对策措施,已成为国内外大城市政府防震减灾、确保城市安全稳定与经济持续发展的共识。

东营市位于山东省北部、渤海湾南岸和莱州湾西部,是胜利油田主产区,是“环渤海金项链”上重要的一环。目前,东营市已发展成一个有相当规模和特色的城市,并具令人振奋的发展前景。东营市与渤海强震多发区相邻,郯庐大断裂、燕山—渤海大断裂在此海域交汇,具备孕发大震的构造条件,大震的复发周期短。1969 年渤海 7.4 级大震,震中距东营市只有三十多千米;2001 年以来,东营市及邻近海域多次发生 ML4 级(ML 为地方震级)以上有感地震,如 2001 年渤海 ML4.8 级有感地震、2004 年河口新户乡 ML4.1 级有感地震等,震情形势不容乐观。因此,查明东营市地震活断层等不良地质条件黑线,系统地研究城市活断层发生“直下型”地震的危险程度,就能确定工程抗震的有利地段和不利地段,以便在城市规划和建设中合理避让,有效地预防大震时大批建筑物倒塌,最大限度减轻人员伤亡和经济损失,为城市经济的可持续发展及和谐社会的建立带来难以估量的效益。

第四系覆盖区的隐伏断裂地震活动性分析和地震危险性评价是一项难度很大的科研工作,在胜利油田开发之前,东营市地震地质研究资料很少,随着油田开发建设的逐步深入,物探、钻探、工程地震等项工作的广泛开展,积累了大量的基础资料。2005 年 1 月至 10 月,在东营市人民政府的资助下,经过科研人员近一年的共同努力,通过广泛搜集、整理山东省地震局、胜利油田地质科学研究院、物探研究院等部门有关地质构造、地震地质、

水文与工程地质、地球物理勘探、钻探、卫片解释、地温、测绘、工程地震等方面的大量资料,并进行了地球化学勘探等野外勘察工作,完成了“东营市中心城区断层分布特征研究与地震危险性评价”项目的研究工作。本书对该研究工作的内容、技术思路、研究成果进行了详细的论述,包括:东营市中心城区的地震地质构造环境、地震活动性、构造格局、成因机制、断层精确定位与活动性判定、隐伏活断层地震活动性分析和地震危险性评价等。

目前,城市地震隐伏活断层研究与地震危险性评价是一项全新的工作,没有现成的路子可走。近年来几次有影响破坏性地震发生后,一些发达国家陆续开展了这项工作。但由于地区、构造特征以及研究水平的差异,研究方法和途径也各不相同。“十五”期间,我国在福州等少数城市也开展了城市活断层探测与地震危险性评价工作,耗资巨大,取得了阶段性的成果。总体来说,目前国内外对地震活断层探测与地震危险性评价工作还处在不断地探索和实践之中,尤其是第四系厚层覆盖区地震活断层研究,国内尚未有这方面研究的专著。本书是国内第一部较为系统地研究第四系厚覆盖区断层分布特征与地震危险性评价的专著,是一次尝试性的工作。作为一名地震工作者,愿本书的出版能为我国在平原区开展隐伏地震活断层研究和地震危险性评价工作积累一定的资料和工作方法。本书研究过程中借鉴了大量的石油地质和石油物探资料,作者希望在石油地质资料合理应用于地震活断层研究方面能够给未来有关城市地震活断层研究提供一个思路和参考。

本书第一、二章由杨占宝撰写,第三章由朱明芝撰写,第四章由尹志清撰写,第五章、第六章、第七章由周斌撰写,书中图件由周斌清绘。

本书编写过程中得到山东省地震局的大力支持,该局王华林研究员、肖兰喜研究员给予指导,提出了许多宝贵的意见和建议。资料收集过程中,得到了胜利油田地科院东昌惠室和综合室、胜利油田物探研究院数据库室和调度室、胜利油田勘探项目管理部等单位的大力支持;野外勘探过程中,得到了中国地震局分析预报中心杨玉荣研究员、中国地震局地壳应力研究所牛玉海副研究员、山东省地震局刘元生研究员的帮助;在本书编纂过程中还得到了山东省地震台李先梅、彭正、刘江平、徐献花、吴孔兵、尤少燕、李庆红、高恒、赵辉、张英凯、吴春华等同志的支持和帮助。作者在此一并致谢。

最后,由于时间仓促,加之作者学识水平与经验有限,书中疏漏和不妥之处难免,敬请读者批评指正。

作 者

2005年12月

目 录

第一章 导论	1
第二章 区域地震地质构造环境	7
第一节 区域构造背景及演化特征	7
第二节 地球物理场及地壳结构特征	12
第三节 新构造运动特征	22
第四节 区域主要活动断裂带及渤海强震区	24
第三章 地震活动性分析	30
第一节 区域地震活动性	30
第二节 东营市地震活动特征	35
第三节 历史地震	41
第四章 东营地区现今地震构造特征与主要断裂活动性分析	47
第一节 现今地震地质构造特征	47
第二节 主要断裂的活动性	51
第五章 东营市中心城区地球化学探测	60
第一节 地球化学土壤氡探测原理	60
第二节 工作范围及工作量	61
第三节 探测剖面布设及探测数据分析	62
第四节 讨论	84
第六章 东营市中心城区现今构造及断层分布特征	86
第一节 构造层与基本构造格局	86
第二节 主要断裂分布特征及活动性	93
第三节 构造运动与东营凹陷的形成与演化	111
第七章 东营市中心城区断层危险性评价	115
第一节 现代构造应力场和震源错动性质	115
第二节 地震发生的构造条件分析	121

第三节 隐伏活断层判定问题的讨论.....	122
第四节 地震活断层危险性评价.....	125
第八章 结论	129
参考文献	131

第一章 导 论

一、研究概况

东营市位于山东省北部,渤海湾南岸和莱州湾西部的黄河三角洲上,是我国规划建设黄河三角洲中心城市,胜利油田主产区。全市辖东营、河口两区和垦利、广饶、利津三县。面积 8 053km²,人口 179.3 万。全市海岸线长 350km,是“环渤海金项链”上重要一环。1983 年东营建市后,地方、油田携手共进,目前已经形成油气开采、精细化工、建筑建材、机械加工制造、电子、轻工和农副产品加工、商饮服务等多个支柱产业,发展成为一个有相当规模和特色的大中型城市,并具有令人振奋的发展前景。

东营市与渤海强震多发区相邻。郯庐地震带、燕山—渤海地震带在此海域交汇,具有孕发大震的构造条件。东营市境内发育有 NW—NWW 向和近 EW 向多组断裂,如:埕子口断裂、广饶—齐河断裂、无棣—益都断裂、孤北断裂、孤南断裂、陈南断裂、胜北断裂、陈官断裂带、东营凹陷中央断裂带等。由于这些断裂位于第四纪松散沉积物覆盖区,断裂在地表没有露头,所以对这些断裂的空间位置、活动状况和地震危险性了解甚少,但这些断裂的活动可能对东营市城市的未来发展和建设构成潜在的地震危害。

东营市人民政府和胜利石油管理局历来十分重视防震减灾工作,曾先后多次组织专家对东营地区进行了地震烈度复核;对海港码头、黄河大桥、五号桩油库、飞机场、炼油厂、电厂、浅海人工岛等重大工程的场址进行了地震安全性评价;对油田基地、仙河镇等六个重点小区开展了地震小区划工作。1998 年市政府投入专项资金完成了“黄河三角洲地震地质特征研究”项目,2000 年由胜利石油管理局和山东省地震局共同投资,完成了“胜利石油管理局(东营市)防震减灾示范区研究”项目,取得了多项新的研究成果。以上工作为东营市中心城区断层分布特征研究与地震危险性评价提供了宝贵的经验和资料。

2002 年 10 月东营市政府专门请山东省地震工程研究院评价了“东营市中心城区断层分布特征与地震危险性评价项目”的可行性,论证了项目实施方案。2005 年 1 月该项目由东营市地震局、胜利油田地震台负责实施,成立专门的项目组和技术实施组,聘请了山东省地震工程研究院、中国地震局地质研究所有关知名专家为技术顾问。经历近一年的野外勘探和室内资料分析,项目于 2005 年 10 月底完成,取得了多项研究成果。

东营市中心城市断层分布特征与地震危险性评价的主要研究范围为东营市中心城区及外围 30km×35km 的区域(图 1-1)。研究主要目的就是要解决东营市中心城市断层精确定位问题,初步确定城市活断层是否存在发生“直下型”地震的可能,为城市规划、经济建设提供科学依据,使城市的新建工程,尤其是生命线工程和具有次生灾害的工程能够避开活断层,最大限度地减轻地震给人民生命和国家财产带来的危害。

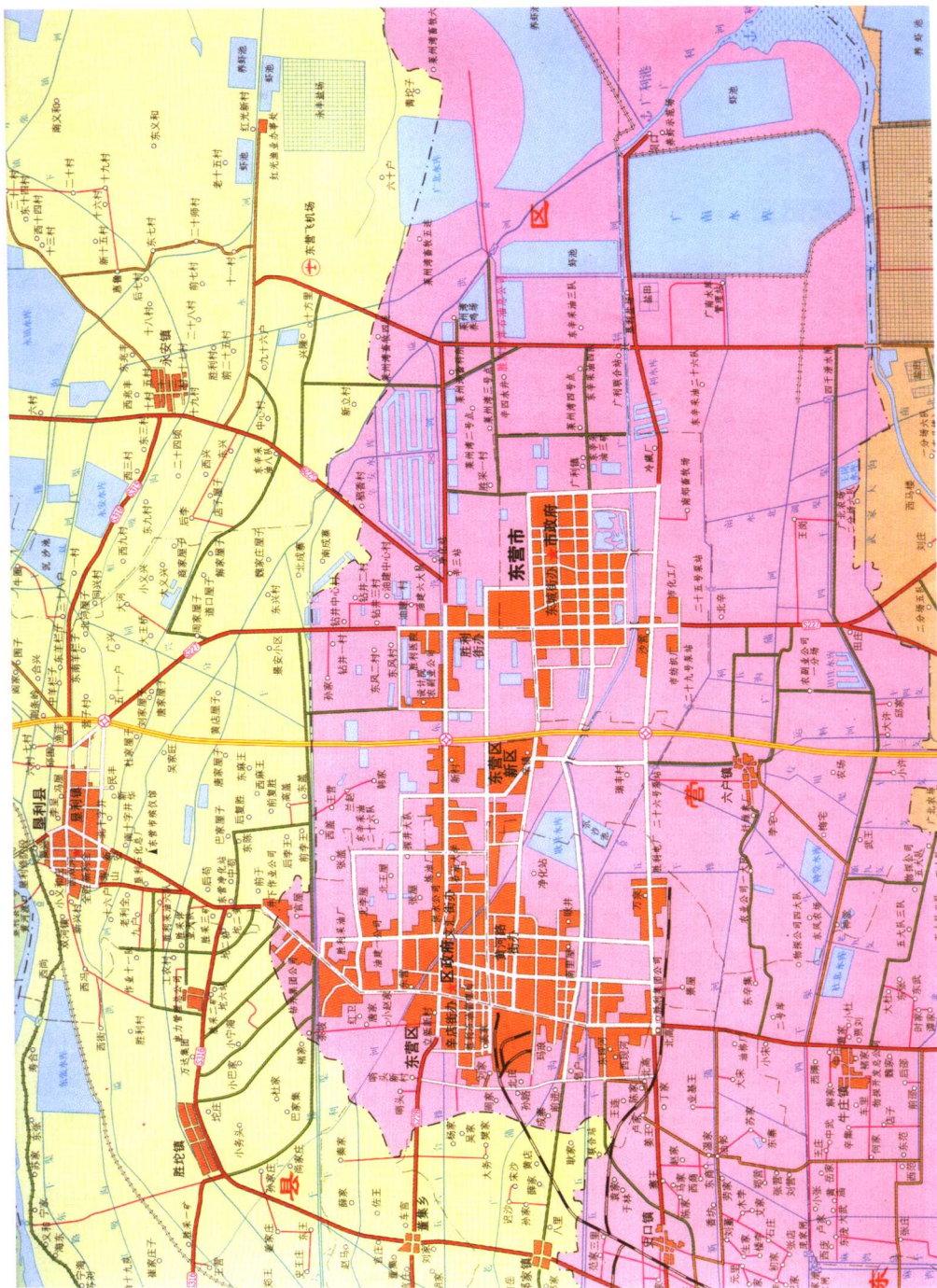


图 1-1 研究区范围

二、国内外研究现状

目前,城市地震隐伏活断层特征研究与地震危险性评价是一项全新的工作,没有现成的路子可走,国外也是在探索、实践之中。近年来几次有影响的破坏性地震发生后,一些发达国家陆续开展了这项工作。但由于地区、构造特征以及研究水平的差异,研究方法和途径也各不相同。

美国洛杉矶北岭、日本阪神等一系列城市地震的发生,世界各国政府越来越清楚地认识到城市活断层探测与研究的重要性和紧迫性,相继实施了大城市减灾项目,试图通过城市及其邻近地区有潜在发震危险的活断层探测,更合理地进行城市规划和抗震设防,减轻城市可能遭遇的地震损失。

1994年美国加州洛杉矶北岭地震后,美国政府立即组织在加州及其邻近海域开展大规模的城市活断层探测工作。1999年10月美国加州赫克托迈发生7.1级地震后,为了更准确地给出洛杉矶地区的活断层分布图,又在93个不同地点实施了人工地震探测,以确定未来可能威胁到洛杉矶市直下型地震的震源位置。

1995年阪神地震后,日本政府重新审查并修改了原有的防灾对策,加强了内陆活断层的研究,对全国活断层开展地球物理详查和人工探测等工作。为此,日本政府已在原有投入的基础上追加了67.9亿日元,作为1995~2000年期间活断层详细调查的补偿费用,对日本八个地区主要活断层进行紧急调查研究,并制定了首都圈、大阪、京都等大城市地区隐伏活断层的详细调查研究计划。

1999年9月我国台湾集集大地震发生后,鉴于活断层对地面建筑物的毁坏,台湾“国科会”决定用5年左右的时间,投资15亿新台币,实施“地震与活断层研究计划”,对集集大地震的发震断层以及嘉义—台南、新竹—苗栗等地区 and 台北市的活断层进行探测研究。

世界上的这种发展趋势已引起我国政府和地震学界的高度重视,“十五”期间我国在福州、潍坊等少数大中城市也开展了城市活断层探测与地震危险性评价工作,耗资巨大,取得了阶段性的成果。我国计划将于“十一五”期间陆续开展这项研究工作。

城市地震隐伏活断层特征研究与地震危险性评价是一项全新的工作,存在着以下科学技术上的难度:

- ◆ 隐伏活断层的三维精确定位;
- ◆ 隐伏活断层的准确定年;
- ◆ 活断层深浅孕震模式的建立;
- ◆ 隐伏活断层的破裂分段;
- ◆ 活断层的完整强震序列与强震复发模型的确定;
- ◆ 活断层系统运动学参数的获取;
- ◆ 活断层或活断层段震级上限的确定;
- ◆ 活断层未来强震地表再破裂规模的评定;
- ◆ 活断层未来强震中近断层强地面运动的计算等等。

以上罗列出的问题并非全无办法,这正是目前地震科学中正在开展研究的一些前沿性课题,实际上也摸索出了一些经验、理论、模式与技术路子。但困难在于各个城市地质

环境条件千差万别,我们要探索的不光是地表出露的活断层,而大多隐伏地下,这就要求我们在实施探测工程过程中要在科学技术上进行创新与开拓。

困难还来自于城市环境,城市中建筑物密集,天然地表缺少,可供地质地貌调查、钻槽探工程、物化探的施工场地少,这与活断层探测的高精度要求形成一对矛盾。

但是,社会需要是推动科学技术发展的巨大动力。我们正是在克服各种困难的情况下完成了本项目的规定目标、服务于社会需要的同时,把本地区地震科学技术也推进到一个新的发展阶段。

三、技术思路 and 主要研究内容

1. 技术思路

本项工作主要研究东营市城市断层的分布特征、断层的精确定位和活动年代的确定,判定城市活断层是否存在发生“直下型”地震的可能,项目总体技术思路是:由区域到局部,由深部到浅部,分步骤、按阶段实施。见图 1-2。

(1) 区域地震地质构造环境研究

系统地收集和借鉴以往的地质、地震地质、工程地质、地球化学探测、地球物理勘探、历史地震活动和古地震事件等资料,特别是油田地震三维勘探资料和探井岩芯资料,分析研究区域大地构造单元划分、构造背景及演化特征、地球物理场、新构造运动、历史地震和现代地震活动、构造应力场和震源错动性质,确定适合于本区地震发生的地震地质构造条件。

(2) 活动断层的空间精确定位与定年

由于东营市的断层均为被第四纪松散沉积物覆盖的隐伏断层,这就给断层的精确定位与定年带来了难度。鉴于项目经费的限制,活动断层的空间定位工作主要是对分析以往的资料基础上已初步确定为规模较大、破裂深度可能会达到第四系的断层,配合开展一部分地球化学(Rn)探测,并借鉴以往山东省地震局地震工程研究院在本地区进行的浅震和钻探工作取得的资料,进行断层的精确定位和活动时代确定。

(3) 活动断层的地震危险性评价

活动断层的地震危险性评价工作的主要任务是回答有关活动断层或断层某段落的未来可能发生地震的震级上限及发震概率。而做活动断层的地震危险性评价,光知道活动断层的静态形态学特征是不够的,必须了解活动断层的最新地质时期到现今的运动学特征及其地震习性,也就是活动断层的性质、活动方式、速率、古地震事件序列及强震复发间隔、最晚一次强震事件的年代及位移、破裂分段特征等。所有这些数据的获得不太容易,需依靠足够且细致的地质、钻探、槽探、物化探及测年工作。由于活动断层的地震危险性评价是一项崭新工作,东营地区可供借鉴的资料不多,加之经费限制,不可能开展更多的野外探测工作。对本项工作而言,只能在活断层定位与定年工作的基础上,结合东营及附近地区的构造应力场、震源机制解等资料,用定性分析和定量分析加权处理的方法初步提出活动断层的地震危险性,确定未来地震的发生地点、震级上限。

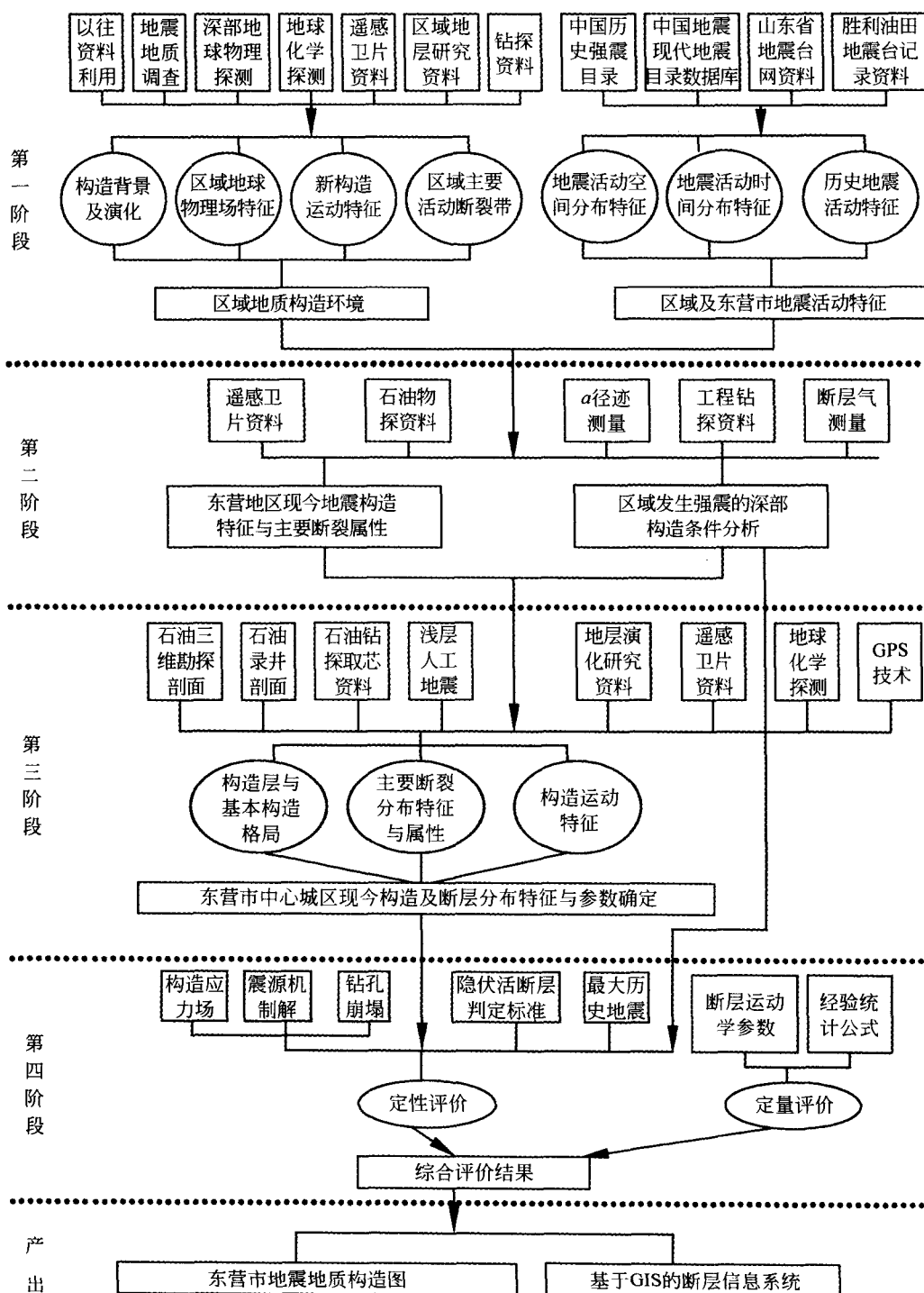


图 1-2 技术思路

2. 主要研究内容

- (1) 区域构造背景及演化;
- (2) 深部构造特征;
- (3) 地震活动特征与历史地震影响场分析;
- (4) 东营市地震地质特征;
- (5) 地球化学探测;
- (6) 地球物理探测资料分析;
- (7) 东营市中心城区断层分布及构造运动学特征;
- (8) 现代构造应力场与震源破裂性质;
- (9) 东营市中心城区断层地震危险性评价。

第二章 区域地震地质构造环境

第一节 区域构造背景及演化特征

地震的发生有其特定的地质构造条件。地震活动与地质构造关系十分密切,特别是6级以上地震与断裂活动和深部构造差异有较强的相关性,强震活动无论在空间上还是在时间上均表现出明显的非均匀性。通过区域构造背景及演化特征的研究,可为东营市中心城区断层分布特征及地震危险性评价工作中断层活动性及活动级别的确定提供宏观的依据。

一、大地构造位置及其构造单元划分

东营市在大地构造区划上属于华北断块区中济阳拗陷的东部。济阳拗陷是华北拗陷的一部分,周边为断裂所围限,北部和西北部以陵县断裂和埕子口断裂为界与埕宁弧形隆起毗邻,南部隔广饶—齐河断裂为鲁西隆起,东部为郯庐断裂带的北延入海段。拗陷西南部狭窄,向北东向逐渐撒开,呈略微向北突出的弧形。

与本区地震地质构造环境有关的构造单元主要有冀东—渤海、鲁西和胶辽等几个次级断块(图 2-1)。

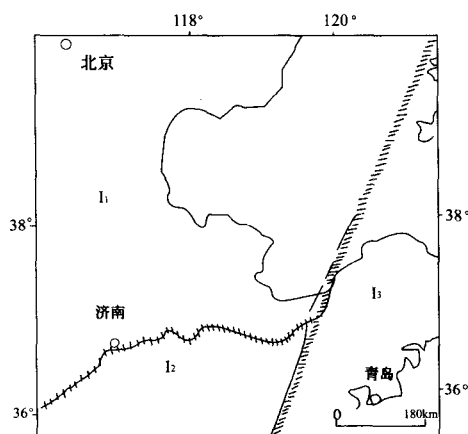


图 2-1 大地构造分区

I₁. 冀东-渤海断块; I₂. 鲁西断块; I₃. 胶辽断块

1. 冀东—渤海断块

东营市位于冀东—渤海断块区内。冀东—渤海断块的结晶基底和沉积盖层与鲁西断块大致相同。结晶基底由五台群变质岩组成,其上有古生代的碳酸岩和含煤建造。到中生代燕山运动晚期,地壳表现为张断活动。NE—NEE 向断裂发育,将断块切割成了 NE—NEE 向的次级断块,这些小的断块之间作差异沉降运动,于是形成了隆起与拗陷相间排列的雏形。其中在拗陷区内又有更次级 NE—NEE 向的断裂活动,形成更次一级的凸起和凹陷。上述隆起和拗陷的大规模发育主要发生在新生代时期。

早第三纪在中生代隆起区内次级断陷盆地十分发育,但大多数尚未连通,至晚第三纪

开始,这些孤立的小盆地进一步联合发展形成了统一的、内部结构复杂的复式断陷盆地,断陷内发育多组断裂,并被断裂围限成一些大小不等的块体。由于受一系列的 NNE 向的断裂带所控制,如沧东断裂带和聊考断裂带,形成了一系列的 NNE 向断块拗陷和隆起,由东向西有沧县隆起、黄骅拗陷和渤中拗陷等。由于其中次一级的 NNE 向断裂的活动,又形成了更次一级的拗陷与隆起,同时区内还有 EW 向活动断裂控制的次级隆起和拗陷与 NNE 向构造交汇。

区内地震活动具有强度大、频度高的特点,发生过 1976 年唐山 7.8 级以及渤海地区的 4 次 7 级以上地震和多次 6 级以上地震。

2. 鲁西断块

鲁西断块的地壳表层属典型的地台式结构,结晶基底由太古代下部的泰山群组成,总体来看是一套变质较深的片麻岩、片岩、变粒岩,混合岩化强烈,形成条带状混合岩类,形成年代距今约 25 亿年。主要构造线方向、片麻理走向以及紧密线型褶皱的轴向一致,大都为 NW 向。基底之上古生代沉积盖层发育,主要由寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系地层组成,中、新生代地层主要沉积于 NW 向长条形中、新生代沉积盆地之中。

新生代以来该区具有继承性差异运动和间歇性整体抬升的运动特点,泰山—鲁山—沂山、泰莱拗陷等构造格局主要在这一时期奠定。早第三纪时隆起,形成了一系列的 NW 向断裂及由它们所控制的断陷盆地,这些断陷盆地在新第三纪以来已回返上升,演化为侵蚀盆地,发育有不厚的第四系。泰山主峰高出山前平原达 1 300m,而泰莱盆地新生代沉积厚度可达 1 800m,第四系厚度可达 15m,大汶口盆地内第三系厚度可达 2 500m 以上,第四系厚度可达 20m。泰山地区可见谷中谷及扇中扇地形,平原内发育三级阶地,每级阶地都相对高出 4~6m,说明本区发生了多次升降运动。

区内地震活动水平较高,有史料记载以来,发生 6 级以上地震 3 次和多次 5 级以上地震。

3. 胶辽断块

胶辽断块的结晶基底岩系由晚元古代之前的粉子山群(辽河群)、胶东群(宽店群)和鞍山群组成,固结时期发生在距今约 17 亿年的中岳运动,构造线方向主要为 NEE—EW 向,整个结晶基底岩系的上部为浅变质的绿片岩相,中下部为中深变质的角闪岩相,下部属麻粒岩相,有两期以上混合岩化。该断块山东部分(鲁东断块)缺失古生代沉积盖层,中、新生界则主要发育于断块区的中南部,中生代以来的构造线主要为 NE 向。

新构造时期以来,构造活动的水平大大降低,一直以隆起为主,结晶基底大片出露。新生代时,除渤海海峡、北黄海及蓬黄地区下沉外,其余仍继续隆起。隆起具间歇性特征,表现为阶梯状地形、古剥夷面、海蚀平台、海蚀洞穴和河流基座—侵蚀阶地的发育。但断裂新活动、海蚀台地的分布和玄武岩喷发等新构造活动现象的分布范围都非常局限。在胶东地区,除个别断裂的局部段落外,多数断裂在第四纪晚期以来已停止活动;区内北部为长期缓慢上升的山地,表现为由北向南掀斜抬升的特点。南部为长期上升的五莲山脉及丘陵,均发育有唐县期和临城期夷平面。唐县期平面的抬升幅度仅达约 100m。中部为较为稳定的胶莱平原,长期受侵蚀,在第四纪晚期沿胶莱河仅有厚达 20m 左右的沉积物。

辽东断块地震活动水平较高,发生过 1975 年海城 7.3 级地震和多次 6 级以上地震。

二、地史演化过程

经大量地震勘探、钻探和区域地层研究证实,济阳坳陷所在的华北断块区乃至中国东部广大区域的地史演化可分为三个大的阶段:① 太古代—中元古代时期为地台结晶基底形成阶段;② 晚元古代—古生代时期为稳定地台盖层发育阶段;③ 中、新生代时期地台活化、断陷盆地发展阶段。这三个阶段的演化已由许多文献和著作专门讨论。本文则根据研究区及周边的地层建造、构造变形等特征扼要讨论上述三大阶段的区域构造演化。

1. 结晶基底形成阶段(太古代—中元古代)

东营市中心城区所在的东营凹陷乃至整个济阳坳陷全区仅见有太古界泰山群,之上缺失元古界。但在其周围,太古界之上有早、中元古界分布(表 2-1)。太古界泰山群是一套以片麻岩和麻砾岩为主的深变质岩系,并经历了混合岩化和花岗岩化作用,厚度 12 000m±。其原岩成分为碎屑岩、中基性火山岩及少量碳酸盐岩,周围的下、中元古界与本区泰山群一样,均为华北构造区的原地槽沉积物。经泰山运动回返上升,从褶皱、变质到隆起固结,完成了区域地台的克拉通过程,从而形成了稳定的结晶基底。

表 2-1 地台基底地层划分对比表(据任安身)

地区 地层	燕山	太行 山东 麓	冀中	黄骅	临清	渤中	济阳	辽东	鲁东	鲁西	河南
中元古界		溥沱群						辽河群	粉子山群		
下元古界	单塔子群	五台群	五台群					宽甸群	胶东群		
太古界	迁西群	阜平群	阜平群	阜平群	泰山群	泰山群	泰山群	鞍山群		泰山群	登封群

从前第三系地质图(图 2-2)和地层倾角测井及录井资料分析,埕宁隆起、陈庄凸起、石村断层上升盘以及平方王东部,皆在第三系之下即见泰山群,整个基底是由复背斜或复向斜组成的近 EW 向构造。

2. 地台盖层发育阶段(晚元古代—古生代)

地台盖层分为上元古界和古生界两个构造亚层。

上元古界是一套海相碎屑岩、硅镁质碳酸盐岩。由北部至河北蓟县向东南超覆,厚度