

东营市中心城区

地震危险性分析

唐为峰 尚耀宪 © 主编



东营市中心城区 地震危险性分析

唐为峰 尚耀宪 © 主编



图书在版编目(CIP)数据

东营市中心城区地震危险性分析 / 唐为峰, 尚耀宪

主编. — 东营: 中国石油大学出版社, 2016. 5

ISBN 978-7-5636-5229-7

I. ①东… II. ①唐… ②尚… III. ①地震活动性—
研究—东营市 IV. ①P315.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 091894 号

书 名: 东营市中心城区地震危险性分析
主 编: 唐为峰 尚耀宪

责任编辑: 秦晓霞(电话 0532—86983567)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 山东德州新华印务有限责任公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 86983437)

开 本: 185 mm × 260 mm 印张: 10.25 字数: 181 千字 插页: 4

版 次: 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 80.00 元

《东营市中心城区地震危险性分析》编委会

主 任 杨立亮

副 主 任 苏国权 高照祥

主 编 唐为峰 尚耀宪

副 主 编 杨凯凯

编 委 (按姓氏笔画排列)

王 干	王 春	王长华	王宝武	尹志清	邓文峰
申阔生	吕玉勇	刘天军	齐静静	李 朔	李进国
李春忠	杨姗姗	吴家才	张 臻	张景玉	范锦民
郑 乾	项国峰	郝学舜	顾 莹	高 鹏	高向阳
高辉辉	黄耀德	曹春霞	董慧君	韩 军	

主编单位 东营市住房和城乡建设局

东营市勘察测绘院

山东省建设工程勘察质量监督站东营分站

东营市位于郯庐断裂带,陆地地震总体活动水平较低,最大历史震级为5级,但地质构造为冲积式泥沙构造,土质松软,一旦发生大地震将会出现大面积冲击位移,引起海水反灌,甚至可能发生反灌式海啸。近年来,随着东营经济的快速发展,城市规模不断扩大,高层、超高层建筑及各类工业建筑日益增多,防震抗震工作不容小觑。特别是2008年汶川大地震和2010年的玉树大地震后,全社会的防震减灾意识明显增强,防震抗震已成为住房城乡建设管理工作的重中之重。

编委会组织相关专业技术人员历时两年,搜集了大量的地质资料和历史地震资料,进行了多次现场勘探实测,为本书的编纂奠定了坚实的基础。本书结合2016年6月1日启用的我国新版《中国地震动参数区划图》,对东营的地震危险性进行了系统分析与研究,并就东营抗震设防区划修订提出了参考性意见。本书具有以下鲜明特点:

(1)紧紧围绕东营地区的实际,在历史资料、前人研究成果基础上,加入了大量近年来工程实际数据及现场试验数据,较为系统地分析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,便于读者阅读、理解与参考。

(2)重点讨论了东营市中心城区范围内饱和粉土液化问题,为工程建设桩基设计和抗震设计提供了参考,有较强的实用性。

(3)收集和整理了东营市周围地区的地震地质及历史地震资料,依据其地震活动性等因素划分了潜在震源区并给出了潜在震源区的主要地震的活动性参数,进行了地震活动性分析和地震危险性评价,对科学编制城市规划、合理利用土地、合理确定抗震设防标准、提高城市综合抗震防灾能力提供了重要参考。

本书的出版,必将对东营市及类似条件地区防震抗震工作研究起到积极的推动作用,希望大家能从中获取知识并受到启发。

A low E

2016年5月

《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。”因此,准确定位城市活断层,评估活断层的地震危险性,并以此采取相应的减灾措施,已成为国内主要大城市抗震减灾、确保城市安全的共识。

近年来我国地震频发,造成的损失也十分巨大,政府部门越来越清楚地认识到城市中心城区地震危险性研究的重要性和紧迫性,各大城市也相继实施了城市减灾项目,目的是通过对城市及其邻近区域有潜在发震危险的活断层的探测和研究,合理地进行城市规划和抗震设防,减轻损失。

山东省委省政府高度重视建设工程抗震工作,《中共山东省委山东省人民政府关于改进和完善城乡规划工作的意见》(鲁发[2015]7号)指出:“落实抗震设防标准,按照不低于建筑所在地抗震设防烈度等级进行设计、施工。”郭树清省长对抗震防灾规划工作做出了“城乡建筑防震抗震的具体要求一定要明确,在下一步的文件及各地规划中得到体现”的批示。为贯彻落实鲁发[2015]7号文件精神和郭树清省长批示要求,进一步加强城乡抗震防灾规划编制和实施工作,山东省住房和城乡建设厅下发了《关于进一步加强城市抗震防灾规划工作的通知》。

为进一步做好东营市的抗震防灾,贯彻实施建设部有关城市抗震防灾的规定,早在2005年东营市建设委员会与中国建筑科学研究院工程抗震研究所就共同开展了东营市抗震设防区划的工作。但随着城市建设规模的不断扩大,原有的资料已不能满足城市建设的需要,对各项资料需要进行补充、修订。

第四系覆盖区的隐伏断裂地震活动性分析和地震危险性分析是难度很大的科研工作,东营市之前的地震地质研究资料很少,随着城市建设的逐步开展深入,物探、钻探、工程地震等工作的广泛开展,积累了大量的基础资料。2015年4月至2016年4月在东营市住房和城乡建设局的资金支持下,一线工程人员与

科研人员经过一年多的努力,通过广泛搜集、整理山东省地震局、胜利油田地质科学研究所等部门有关地质构造、地震地质、水文地质、钻探、地球物理勘探、测绘、工程地震等方面的大量资料,并在东营市中心城区范围内选取合理的范围进行的外业勘探工作,完成了“东营市中心城区抗震设防区划修订研究”的科研课题。本书对该课题研究的主要内容、技术思路、研究成果进行了详细的论述,主要包括: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、成因机制和地震危险性评价等。

本书由东营市勘察测绘院组织相关人员编写完成。东营市城乡和住房建设局领导对本书编写提供了大力支持;东营市地震局辛文山副局长和王建华高级工程师,中石化胜利技术检测中心尹志清主任对本书的编写提供了宝贵意见。在此对本书提供帮助的单位和个人一并表示感谢。

由于时间仓促,钻孔的位置选取及施工时监测数据的收集整理难度较大,部分内容有待补充、深化;加之作者知识水平和经验有限,书中疏漏和不妥之处难免,恳请读者批评指正。

《东营市中心城区地震危险性分析》编委会

2016年4月

CONTENTS 目 录

第1章 地震危险性分析	1
1.1 概 况	1
1.2 主要工作依据和工作内容	2
1.3 技术思路、工作重点与实施	3
1.4 技术成果	4
第2章 区域地震构造和地震活动性评价	5
2.1 区域地震构造	5
2.1.1 大地构造位置	5
2.1.2 新构造活动的基本特征	9
2.1.3 主要活动断裂带	15
2.1.4 区域主要盆地	25
2.1.5 活动断裂、活动盆地与中、强地震的关系	28
2.2 区域地震活动性分析	29
2.2.1 区域地震资料	29
2.2.2 区域地震活动的空间分布特征	34
2.2.3 与区域有关的地震带的划分	36
2.2.4 区域地震活动的时间分布特征	39
2.3 区域现代构造应力场与震源错动性质	43
2.3.1 区域现代构造应力场分布特征	43
2.3.2 区域震源破裂性质	45
2.4 历史地震活动对东营市中心城区的影响	46

2.5 区域发震构造标志分析	53
2.5.1 7.5 级以上地震	53
2.5.2 7.0~7.5 级地震	53
2.5.3 6.0~6.9 级地震	54
2.5.4 5.0~5.9 级地震	54
2.6 区域地震构造与地震活动性综合评价	54
第 3 章 近场区地震构造与地震活动性评价	56
3.1 近场区地震构造	56
3.1.1 近场区地貌及新构造特征	56
3.1.2 近场区断裂活动性特征	58
3.1.3 近场区地震构造条件综合评价	79
3.2 近场区地震活动性分析	80
3.2.1 近场区地震活动的空间分布特征	80
3.2.2 地震活动的时间分布特征	84
3.2.3 地震震源深度分布特征	84
3.3 近场区地震构造与地震活动性综合评价	85
第 4 章 地震危险性概率分析及地震动参数区划	86
4.1 地震危险性概率分析计算方法概述	86
4.1.1 地震统计单元——地震带对场点的地震危险性贡献	86
4.1.2 地震带内潜在震源区的地震危险性分析	87
4.1.3 不确定性校正	87
4.2 潜在震源区的划分	88
4.2.1 地震活动性参数	88
4.2.2 潜在震源区划分	91
4.2.3 地震活动空间分布系数	96
4.3 东营市中心城区地震动参数区划	97
4.3.1 地震动衰减关系	97
4.3.2 地震动峰值加速度区划	98
第 5 章 中心城区工程地质条件及地震地质特征	101
5.1 工程地质条件分析	102

5.1.1 中心城区域的地形、地貌	102
5.1.2 工程地质概况	102
5.2 土层剪切波速	115
5.2.1 测试目的	115
5.2.2 测试仪器、测试原理	115
5.2.3 计算方法及测试结果	116
5.3 土的动三轴试验	124
5.3.1 试样的制备	124
5.3.2 试验仪器	124
5.3.3 试验采用的参数及方法	125
5.3.4 试验计算方法与结果	125
5.4 研究区域与近场区地球物理勘探	129
5.4.1 勘探方法及原理	130
5.4.2 现场试验及地震数据采集	130
5.4.3 室内资料处理	132
5.4.4 资料分析与解释	133
5.5 中心城区域地震工程地质条件综合评价	137
5.6 中心城区域饱和粉土液化判别	137
第 6 章 主要结论与使用说明	148
6.1 主要结论	148
6.2 使用说明	150
参考文献	151

第 1 章

地震危险性分析

1.1 概 况

我国是破坏性地震多发的国家之一,地震灾害非常严重,8级以上强震除在西部地区发生外,在东部汾渭—燕山地震带、郯庐地震带、东南沿海地震带也有分布。全国60%以上的国土、80%以上的大中城市位于地震区,一旦发生破坏性地震,将造成非常巨大的损失。1976年7月28日发生的唐山7.0级地震,造成了24万人死亡,数以万计的人无家可归,给城市带来了毁灭性的影响。2008年5月12日四川汶川8.0级地震造成超过8.7万人死亡或失踪,37万人受伤,直接经济损失超过8451亿元人民币,占四川省2007年GDP的81%,占全国2007年GDP的3.7%,余震引起的经济损失更是难以估计。目前在科技还不能控制地震发生的情况下,地震预报和抗震防灾已成为人们与地震做斗争的主要对策。

对一个城市进行地震危险性分析和抗震设防区划研究是城市抗震防灾规划中一项重要的基础工作。近年来,在地震频发、工业发达的国家,如美国、日本等,以抗震设防为目的的抗震设防区划已成为城市规划中必不可少的内容。我国对此也进行了大量的研究和尝试,但由于抗震设防区划的研究涉及地震学、地震工程学、岩土工程学等许多领域,加之对城市地震影响各个环节的认识尚存不同的见解,所以城市抗震设防区划工作仍处在发展和完善阶段,但体现了总的发展趋势。对于一般的工业和民用建筑而言,中国地震动参数区划图编制的基本参数为场地地震动峰值加速度和场地地震动加速度反应谱特征周期。建筑抗震设计是城市防震减灾的重要环节,而地震动参数是工程抗震设计的依据。场地设计地震动参数的合理与否,将直接影响上部结构的抗震设防的安全与经济。

东营市政府对抗震防灾极为重视,为了减轻未来地震可能引起的灾害,从 20 世纪 90 年代以来在城市抗震防灾减灾方面做了大量的工作。2005 年东营市住房和城乡建设委员会联合中国建筑科学研究院工程抗震研究所进行了东营市抗震设防区划研究。随着东营城市建设的迅速发展,城市规模不断扩大(2015 年东营市中心城规划面积约为 486 km^2 ,范围如图 1-1 所示),而且 2016 年 6 月 1 日我国将使用新的《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015),这就要求对东营的地震危险性研究及抗震设防区划进行修订补充。

1.2 主要工作依据和工作内容

东营市位于山东省北部、黄河三角洲地区,是一座新兴的石油工业城市,是胜利石油管理局所在地,地处北纬 $36^{\circ}55' \sim 38^{\circ}15'$,东经 $118^{\circ}05' \sim 119^{\circ}15'$ 之间。西与滨州市的博兴县、沾化县相毗邻,南与淄博市的临淄区和潍坊市的青州市、寿光市接壤,北邻渤海湾,东靠莱州湾。根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)东营市中心城区属于 7 度区($0.10g$, g 为重力加速度),设计抗震分组为第二组。

地震危险性分析主要是在总结历史上大地震频发地区的地理、地质、构造环境,以及大震前后相当长时间尺度和相当大区域范围内的地震活动的基础上,深刻认识大地震发生的时间和空间分布条件,寻求其规律,以此预测、评价未来发生类似强地震的可能时间和地点,然后由点到面,将各个地区的地震危险程度以一定形式表示在图上,以全面衡量未来一定时间内各个地区的地震危险程度。

所谓抗震设防区划,就是根据建设场地的工程地质、抗震设防区划设计动参数确定方法分析研究地震地质、水文地质、地形地貌以及岩土特性等局部场地条件,对地面震动和地表的岩土地震稳定性进行小区域划分,为工程建设选择有利的场地和提供设计地震动参数。这样划分的小区域地带,在未来地震发生时,各种地震效应的威胁相对来讲是基本相同的。地震设防区划的主要任务:一方面为城市或企业土地利用场地的选择提供基础资料;另一方面为一般的抗震设计提供安全、经济、合理的设防依据。其主要内容包括两方面:一是设防烈度或设计地震动参数分布及量化;二是场地地震作用以及破坏程度分布。前者从定量的角度给出抗震设计的设防标准和依据,主要包括各种设防对象的设防烈度、加速度和反应谱以及对应的构造要求等。后者根据不同情况从定量或定性的角

度给出场地地震作用的规模和程度,主要包括破裂、斜坡和场地土质等方面效应,以及不同条件下的用地措施,为城市或企业土地利用规划和工程前期场地选择提供依据。上述两方面不仅较好地体现了抗震设防区划的目的,而且还能区分不同性质的地震破坏作用,从而可从宏观控制(土地利用)和微观制约(场地同结构动力特征合理搭配)上保证减轻城市地震灾害,为从场地选择和抗震验算角度保证单体工程的抗震能力奠定基础。

历次强震的震害经验表明,在一次地震中,一个大、中城市或更大的区域范围内,震害程度有时存在较大的差异。这种震害差异,在一个地区遭受的多次地震中,往往具有一定的重复性和规律性,局部场地条件对地震破坏效应有明显的影响,这种影响主要取决于场地的地形地貌、地震地质以及土质等场地条件的差异。因此,如何寻找和判断高烈度的异常区与低烈度的“安全岛”,就需要通过进行地震危险性分析和编制抗震设防区划来解决这一问题。

以往在一个城市或地区大面积范围内采用基本烈度为设防标准,这在科学上、经济上和工程安全性方面均不尽合理,而抗震设防区划就是旨在提供科学、合理、经济和安全的抗震设防标准。因此,抗震设防区划,不仅要考虑地震活动的危险水平,还应考虑社会经济条件、建筑经济政策以及风险评估与抗震设防决策分析等。为了能在抗震设计时考虑因不同场地条件引起的不同地震效应,尽量做到科学、经济又合理的抗震设防,我国从20世纪80年代末期明确规定,大、中城市要编制抗震设防区划,这是全面减轻工程以至城市地震灾害的一项重大决策。它改变了我国抗震设防工作在一个城市(或厂区)大面积范围内全部按基本烈度进行抗震设防的不合理状态。

1.3 技术思路、工作重点与实施

目前地震危险性评价仍是一项全新的工作,由于地区、构造特征及研究水平的差异,研究方法和途径也不同。我们采用的基本技术途径是:在地区性的地震构造及地震活动性的评价基础上,利用概率方法进行地震危险性分析,以概率的形式给出本地区基岩场地的加速度反应谱;将基岩场地的反应谱作为目标谱拟合人工地震波,确定土层地震反应的输入运动;为了考虑局部场地条件对地震的影响,进行土层地震反应分析,确定各个场地的地震动参数,进行地震动分区,并给出各个区的设计地震动参数及结构时程反应分析的地震波;在对地震及地面

破坏效应进行综合评价的基础上,给出土地利用抗震分区。

根据该场区抗震设防要求及场地的具体情况,确定该场地地震动参数评价的工作内容如下:

- (1) 研究区域地震活动性和地震构造。
- (2) 研究近场区范围内的地震活动和地震构造。
- (3) 研究场地地震工程地质条件和土层物理力学参数。
- (4) 对研究区域进行地震危险性概率分析和地震反应分析。

东营中心城区地震危险性分析主要开展了以下几个方面的研究工作:

- (1) 收集和调查了东营市周围地区的地震地质、地震活动性和历史地震资料,对发震构造的地震活动做了评价,依据其地震活动性等因素划分了潜在震源区并给出了潜在震源区的主要地震的活动性参数,对东营市可能遭受的地震危险性进行了分析。
- (2) 收集、补充土层钻孔和触探孔资料。
- (3) 利用土层非线性地震反应进行场址的动力分析,以此评价研究区域地震动特性。
- (4) 对东营中心城区范围内可能发生砂土液化的区域土样进行取样分析。

1.4 技术成果

本书参考 2005 年东营市住房与城乡建设委员会编写的《东营市抗震设防区划研究报告》及国内外关于场地分类和场地设计反应谱的最新研究成果,结合《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的有关条款,在对选取场址动力分析结果和研究区域的工程地质特征充分研究的基础上进行了抗震设防区划;并对东营市中心城区域范围内的砂土液化问题进行了研究。

第 2 章

区域地震构造和地震活动性评价

本章分析研究了东营市中心城区所处的大地构造位置、区域新构造运动特征、区域范围内主要断裂的活动特征、深部构造特点,以及强震活动与构造活动的关系,确定了强震发生的构造条件,可以为潜在震源区划分提供依据,对综合评价东营市中心城区地震危险性具有十分重要的意义。

本章考虑东营市中心城区周围地震地质构造和地震活动环境条件,不致遗漏对中心城区影响较大的历史地震(如 1668 年郯城 8½ 级地震),确定区域范围为 $116^{\circ}00'E \sim 121^{\circ}00'E$, $34^{\circ}48'N \sim 40^{\circ}00'N$ 。在讨论地震构造、地震活动性等相关问题时,可能会涉及更大的范围。

2.1 区域地震构造

2.1.1 大地构造位置

东营市中心城区在大地构造上位于冀东—渤海断块(图 2-1)。区域研究范围涉及冀东—渤海断块、鲁西断块、胶辽断块、苏北—胶南断块等几个次级断块。冀东—渤海断块、鲁西断块、胶辽断块属于华北断块区,苏北—胶南断块属于扬子断块区。

华北断块区与扬子断块区均经历了长期复杂的构造演化历史,大致经历了三个阶段:太古代至古元古代断块区结晶基底形成阶段,中、新元古代至古生代稳定地台盖层发育阶段,以及中、新生代地台解体、裂陷伸展、陆相盆地发育阶段。

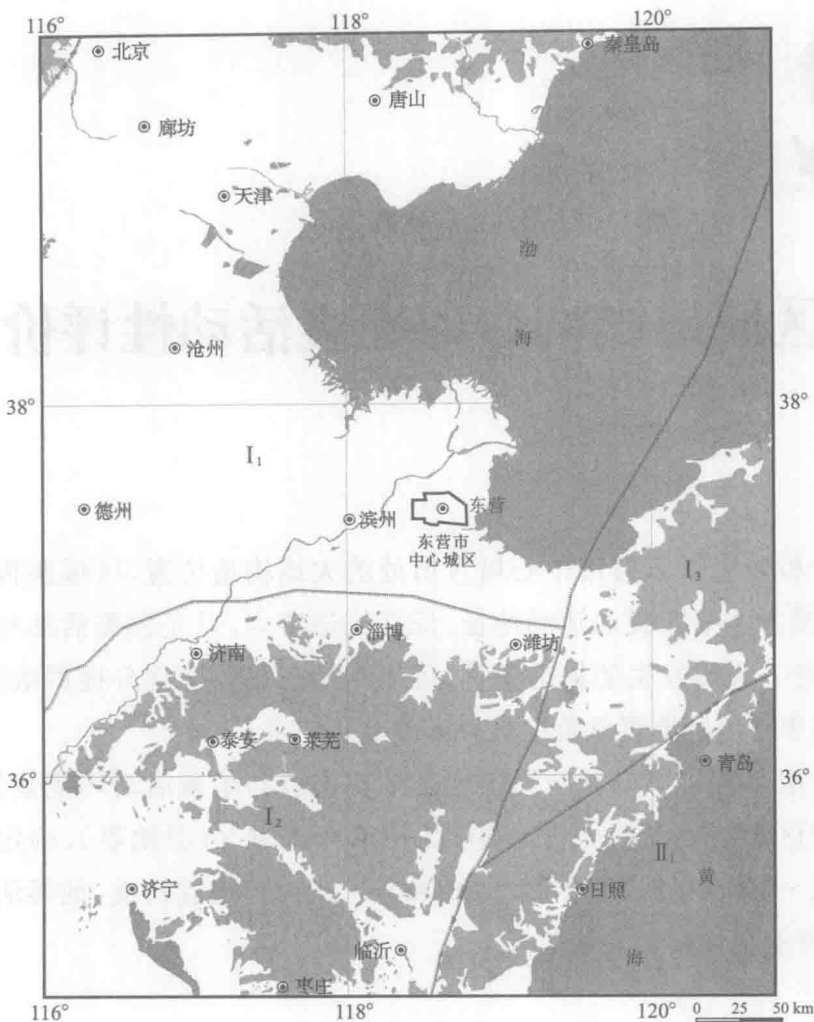


图 2-1 大地构造分区图

I₁—冀东—渤海断块；I₂—鲁西断块；I₃—胶辽断块；II₁—苏北—胶南断块

下面对区域范围内的几个断块的基本地质构造情况做一简要介绍。

(1) 冀东—渤海断块(I₁)。

该断块的结晶基底由五台群变质岩组成，其上的沉积盖层有古生代的碳酸盐岩和含煤建造。到中生代燕山运动晚期，地壳开始伸展构造活动。北东—北东东向断裂发育，将断块切割成了北东—北东东向的次级块体，这些小的块体之间做差异沉降运动，于是形成了隆起与拗陷相间排列的雏形。

上述隆起和拗陷的大规模发育主要发生在新生代，经历了古近纪的裂陷与新近纪、第四纪的后裂陷(拗陷)两个构造发展阶段。古近纪，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，至新近纪开始，这些孤立的小盆地