

中央高校基本科研业务费专项资金创新团队资助计划项目(ZY20120102)

松原市人民政府资助项目

“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”项目

松原市活断层探测 与地震危险性评价

沈 军 薄景山 主编

地震出版社

中央高校基本科研业务费专项资金创新团队资助计划项目(ZY20120102)

松原市人民政府资助项目

“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”项目

松原市活断层探测 与地震危险性评价

沈 军 薄景山 主编

地 震 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

松原市活断层探测与地震危险性评价 / 沈军, 薄景山

主编. — 北京: 地震出版社, 2016.11

ISBN 978-7-5028-4731-9

I. ①松… II. ①沈… ②薄… III. ①活动断层—探测—
松原市 ②地震活动性—研究—松原市 IV. ①P548.265.1
②P315.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第028299号

地震版 XM3767

松原市活断层探测与地震危险性评价

沈 军 薄景山 主编

责任编辑: 赵月华

责任校对: 凌 樱

出版发行: 地震出版社

北京市海淀区民族大学南路9号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68455221

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

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大天成印务有限公司

版(印)次: 2016年11月第一版 2016年11月第一次印刷

开本: 889×1194 1/16

字数: 508千字

印张: 19

书号: ISBN 978-7-5028-4731-9/P(5427)

定价: 98.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

主 编：沈 军 薄景山

编纂者：李莹甄 于晓辉 戴训也

尉 洋 邵 博 刘红帅

林玲玲 王 雷 万永魁

赵江涛 李 平 邓金宪

万永革

前言

0.1 项目背景

松原市是吉林省西部的重要城市，地处松嫩平原南端，坐落在美丽的松花江畔，处于长哈经济带中间，南与长春、四平市为邻，西与白城市、内蒙古通辽市接壤，北与黑龙江省肇源市隔江相望。松原市资源富集，风光秀丽，特产富饶，素有“粮仓、肉库、鱼乡、油海”之美誉。1992 年成立以来，发展迅速，与包头、呼和浩特、鄂尔多斯一起被称为“中国北方经济增长四小龙”。2013 年末，松原市总人口为 282.9 万；人均 GDP 达到 57 635 元；入选“2006 跨国公司眼中最具投资潜力的中国城市”（排名第 19 位），2007 年度被评选为国家园林城市，入选 2009 年中国魅力中小城市 200 强（排名第 29 位），入选 2009 年中国东北十大魅力城市（排名第 6）。

松原市有发生中强震的构造背景，地震危险性较高，在中国地震动区划图中松原市是东北地区仅有的 2 个设防烈度为Ⅷ度（地震动峰值加速度达到 0.2 g）的地区之一。历史上曾发生过 1119 年前郭尔罗斯蒙古族自治县（简称为前郭县）6¼ 级地震；2006 年 3 月 31 日和 2013 年 10~11 月间在松原市范围内多次发生 5 级以上地震，造成了严重灾害。

松原市位于松辽盆地中南部，经历了多期构造运动，发育了复杂的断裂构造，已有的地质资料显示有多组不同方向的隐伏断裂从市区通过，其中包括所谓的第二松花江断裂。有些学者从市区东南哈拉毛都地区出露的断层推测可能是全新世活断层。总之，松原市具备再次发生破坏性地震的地质构造条件。

已有的城市活断层探测工作表明，由于过去地震地质工作程度不高，有些前人推测的断层不存在或不活动，有些活断层可能没有被发现。松原市地震地质工作的程度较低，缺少可靠的资料说明到底存在哪些断裂，哪些断裂是活动的，可能发生的地震大小如何；这些是城市管理者、建设者和广大市民十分关心的急迫问题，解决这一问题就必须开展城市的活断层探测，并进行地震危险性评价。

2011 年 5 月 9 日，松原市人民政府在防震减灾会议上决定“组织实施松原市城区地下活动断层探测项目”，市政府第 27 次常委会议决定该项目由松原市地震局负责组织与实施，并对“松原市活断层探测与地震危险性评价”项目实行招标投标制，2012 年 5 月通过公开招标，确定防灾科技学院作为中标单位承担项目任务。2012 年 6 月 12 日，松原市地震局与防灾科技学院在河北燕郊签订项目合同，确定了“松原市活断层探测与地震危险性评价”项目的实施周期为两年，防灾科技学院具体承担探测施工任务，查明松原市范围内主要目标断层的位置，确定其第四纪以来的活动性，并评价其未来地震危险性。2014 年 12 月，项目完成，通过中国地震局组织的验收。我们根据验收专家提出的建议，修改补充，并将本次工作的成果以专著的形式出版，供城市规划建设及其他相关技术人员参考，并与全国其他同行在资料和方法上进行交流。

0.2 活断层探测技术

活断层探测是指利用先进的技术手段,确定活断层准确的空间位置及深部构造环境,获取其晚第四纪滑动类型、滑动速度、古地震事件、中强以上地震复发周期等参数,并对断裂活动可能产生的影响进行预测的过程。依据活断层探测和地震危险性评价结果,在城市规划和工程建设中,采取切实有效的防震减灾措施,可显著地提高我国大城市防御地震灾害的能力,从而有利于城市经济和社会的可持续发展,有利于城市的社会稳定与人民生命财产安全,是国家经济建设和保障社会可持续发展战略中不容迟缓的基础性工作,《中华人民共和国防震减灾法》(2008)中明确要求开展此项工作。

我国自2000年开始,先后在福州、乌鲁木齐等20多个省会城市开展了活断层探测与地震危险性评价工作,并作为“中国数字地震观测网络”工程的重要组成部分,成为建立“地震监测预报、震灾预防和紧急救援三大工作体系”之“震灾预防工作体系”的重要基础。2010年前后,该项工作进一步扩展至其他省会城市和区域性中心城市,目前开展和正在开展此项工作的城市达到70多个。为指导该项目的实施,中国地震局先后制定和颁布了相关技术规程和标准,如《大城市活断层探测与地震危险性评价》项目工作大纲,中华人民共和国地震行业标准(DB/T15—2009)《活断层探测》,中国数字地震观测网络技术规程(JSGC—04)《中国地震活动断层探测技术系统技术规程》,对本项工作的某些具体工作还依据了其他相关的标准和规程[如(GB17741—2005)《工程场地地震安全性评价技术规范》]。该项工作投入的技术力量较大,协调管理和技术难度较大,能够在全国逐渐推广和顺利实施,也向世界展示了中国政府极为重视防灾减灾工作,具有很高的效能,彰显了我国社会的文明程度。

活断层探测工作分为两个阶段,第一阶段是寻找断层,鉴定其是否为活断层。即首先解决“有没有”“活不活”和“深不深”的问题。活断层是指现今在持续活动的断层,或在人类历史时期或近期地质时期曾经活动过,极有可能在不远的将来重新活动的断层。所谓断层活动是指断层两盘相对运动,表现为黏滑和蠕滑两种情况。黏滑是断层平时保持不动,积累能量,当能量积累到能够克服断层间的摩擦力的时候,突然发生滑动,即断层两盘发生相对错动,从而发生地震;蠕滑则是断层持续缓慢滑动,无法积累大的能量,不会产生大的地震。绝大多数断层都是以黏滑的形式活动的,就是在平时,断层并没有显著的相对错动,甚至通过仪器,也很难观测到断层的明显活动。只有当断层突然发生大地震,产生错动,我们才能发现其明显地活动了。因此,判断一条断层是否是活断层,是否将来可能发生错动,并产生大地震,是依据此断裂过去活动的历史加以判断。大量的实例表明,大多数产生了地表破裂的大地震,都与晚更新世以来有过活动的断层有关;特别是许多7级以上地震的发震断层,都是全新世,即1~1.2万年以来有过活动的断层。因此,规定晚更新世以来造成过地表或近地表错动的断层称为活断层;在全新世(1~1.2万年)以前造成地表或近地表错动的断层称为全新世活断层。鉴定活断层是依据地质的标志,这些标志就是第四纪时期堆积的地层和第四纪时期剥蚀而形成的地貌面;如果断层错动了晚更新世以来堆积的地层或剥蚀形成的地貌面,就可鉴定为活断层;如果断层错动形成的最新断层泥,被测出年龄为晚更新世以来形成的,也可以判断其为活断层。

第二阶段工作是对已鉴定出的活断层未来的地震危险性进行评价。主要解决“震不震”的问题。这是一项综合性很强的工作。大致要做三个方面的工作。一是探测清楚研究区是否具备发生

大地震的深部构造条件,查清地震动力学环境,研究历史地震的活动性,对比分析其发生破坏性地震的可能性。二是探测清楚潜在发震断层的几何学与运动学特征,包括活断层的空间展布与分段特征,断层的滑动速率等,从可能发生破裂的断层的规模推测可能发生地震的大小。三是断层活动习性,即断层过去曾经发生过的古地震。古地震是指历史上没有记载,通过地质方法确定的地震事件,主要是通过探槽等方法揭露的地层位错,地表遗留的断层陡坎、冲沟错动以及喷水冒砂、砂土液化等地震遗迹来确定。古地震的大小和复发周期,是判断断层未来可能发生地震的震级大小和概率水平的重要依据。所以研究古地震是活断层探测的重要工作内容和关键技术环节。研究古地震一般要开挖探槽,如在乌鲁木齐城市活断层探测与地震危险性评价工作中开挖了许多古地震探槽(宋和平等,2009)。但是在城市地区,很多断层没有通到地表,埋藏比较深,需要在精细的地球物理探测的基础上,通过密集的钻孔探测进行揭露。有时需要在钻孔的基础上,再开挖探槽,如在银川开展的活断层探测与地震危险性评价工作(柴炽章等,2011)。

城市地区的活断层探测要直接为城市规划和建设提供用于抗震设防的定量参数。地震的破坏作用分为三类,一是地震产生的强烈振动使结构失效,二是地震断层地表错动对结构的损坏,三是地震诱发的地质灾害对结构的破坏。城市活断层探测与地震危险性评价工作需要对地震产生的地震动强度进行预测,并对是否可能产生地表断层、强变形带做出判断和预测,给出断裂附近的地震动强度及反应谱、强变形带宽度及避让距离等。按照规范要求,城市活断层探测及地震危险性评价项目还要建立一套标准的活断层数据库,为城市规划和建设服务,也可为其他后续工作提供丰富的资料。在活断层探测工作中往往需要对区域地质地貌、地震活动、深部构造等做新的研究,能取得新的资料和认识。因此,一项高质量的城市活断层探测是一项内容丰富的科研成果,有必要将它们通过专著分享给其他相关研究人员。

0.3 松原市活断层探测的特点

活断层探测与地震危险性评价有专门的标准和规范,对工作的范围、内容、方法和成果产出做出了明确规定,需要严格按照规范进行实施。但是,由于各个城市所处的地质环境和地震构造环境不同,已有的工作基础不同,经费支持力度也可能不同;方法、目标和内容必须因地制宜,量力而行,必须事先调研清楚目标城市的特殊问题和环境。松原市的城市活断层探测与地震危险性评价工作有以下四个方面的特点:

- ①位于大部分为第四系覆盖的平原区,以隐伏断层为主;必须以物探和钻探工作为主。
- ②研究区和目标区石油勘探积累了丰富的深部构造资料,本次工作充分地收集和利用了这些资料;将有限的探测工作量,用在关键部位,解决关键问题。
- ③1119年前郭尔罗斯蒙古族自治县大地震,东北地区历史纪录的最大地震,发震构造不够清晰;本次工作应当进一步研究。
- ④目标区有两条断层,其中第二松花江断裂有人认为是晚更新世活断层,也有人对其活动的证据提出了质疑;对其是否存在,是否为活断层,没有定论;本次工作要进一步研究。

0.3.1 目的和任务

根据活断层探测技术规程的要求,确定本项目工作区范围是以松原城区为中心约150 km ×

150 km 的矩形区域；目标区主要为松原市主城区，面积约为 $50\text{ km} \times 50\text{ km}$ （图 0-1）。根据松原市城市发展的需要及城市活断层探测项目技术规程，通过地质地貌、地球物理、钻孔探测和第四纪年代学测试等手段，完成对松原市活断层探测与地震危险性评价工作，最终完成了如下目标：

- ①查明目标区内断层的空间位置与活动性；
- ②确定重要目标断层未来潜在的最大地震震级等危险性参数；
- ③确定目标区内最大震级地震的危害；
- ④建立目标断层数据库与管理系统。

根据松原地区区域地质构造、断层发育特点、研究现状及工作目标，本项目工作的具体任务如下：

①通过已有地形地貌、地震、地质与地球物理等资料的收集、汇编、整理，第四系岩性、沉积厚度、沉积环境的分析对比，卫星影像的解读，编制区域地震构造图。

②采用人工地震等方法，结合区域地球物理资料、构造地貌的野外地震地质调查和对目标区已知主要断层空间位置的控制性人工地震探测等工作，初步确定松原地区主要断层的活动性；针对活断层的上断点埋深情况，以及区域第四纪最新地层褶皱层位，选择合适的部位，在断层两盘进行适当数量的钻孔探测。通过详细的岩心样品分析以及年龄样品测试，获取断层的活动年代、位错量等信息。

③最后依据各方面获取的定量数据，对各条活断层的地震危险性进行综合评价，确定未来地震的发生地点、震级上限以及发震概率；建立松原市活断层数据库和信息系統。

根据任务和项目实际工作要求，本项目设置了 12 个专题：

- ①松原区域石油物探资料收集与解译；
- ②遥感图像处理与活动构造解译；
- ③地震活动性分析与危险性初步评价；
- ④第二松花江断裂与 1119 年地震专题研究；
- ⑤ 1 : 250 000 区域地震构造图及说明书；
- ⑥控制性钻孔探测与第四系标准剖面建立；
- ⑦浅层人工地震探测；
- ⑧跨断层钻孔探测；
- ⑨目标区 1 : 50 000 活断层分布图及说明书；
- ⑩目标断层活动性鉴定与地震危险性评价；
- ⑪目标断层地震危害性评价；
- ⑫活动断层数据库建设。

此外，探测工作分初勘和详勘两个阶段，各阶段目标不同。在本项目实施之前，前人推测有两条断裂带可能穿过目标区，分别称之为第二松花江断裂和扶余—肇东断裂带。这是初勘阶段主要目标断层；通过第一阶段的工作，发现目标区内的断裂为扶余—肇东断裂带内的一段，扶余北断裂和江北断裂从目标区内通过，其位置和活动性、危险性、危害性成为详勘阶段的主要目标断层，而第二松花江断裂的存在性和活动性与 1119 年的发震构造是本次工作所要回答的问题。

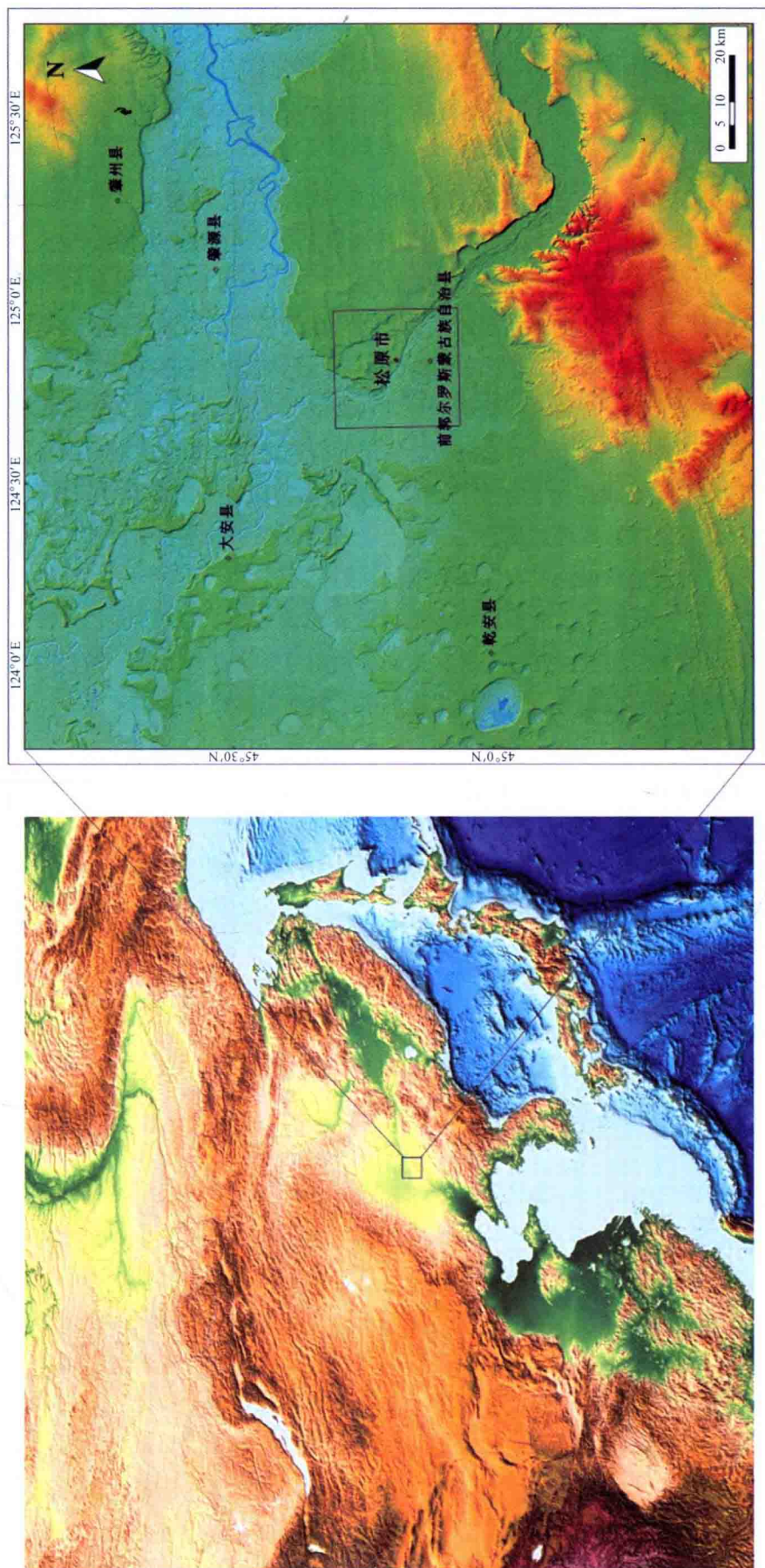


图 0-1 工作区和目标区地形地貌

0.3.2 实施过程

“松原市活断层探测与地震危险性评价”项目在 2012 年 7 月启动, 由防灾科技学院组织实施。学院先后有 50 余名教师和学生参加了本项目的工作。根据相关规范、技术规程要求及松原市工作区的具体情况, 分三个阶段开展工作。

第一阶段主要开展了工作区石油物探资料的收集与解译、空间基础数据平台建设、控制性钻孔探测、区域地震构造图编制、浅层人工地震探测等工作。由于松原市位于松辽盆地的南部, 属于含油气盆地, 吉林油田就坐落于此。在石油勘探中, 吉林油田做了大量的三维地震勘探工作, 基本覆盖了目标区及工作区的中西部地区, 因此收集研究区的石油物探资料对项目的进展显得尤为重要。项目组通过与政府、石油公司的多方协商, 最终收集了研究区丰富的石油物探资料。随后, 项目组立即组织人员对资料进行精细的处理和解译, 为后续的浅层人工地震探测和跨断层钻孔探测等工作奠定了基础; 基于石油物探资料确定的研究区主要断裂, 项目组在原有石油物探测线基础上进行浅层人工地震探测, 主要目的是弥补石油物探对于浅部信号弱甚至没有的缺陷。而后将完成的浅层地震勘探数据叠加到石油剖面上, 继而获得一条断裂由浅部到深部的完整反射剖面, 这样又弥补了浅层地震勘探没有深部数据的缺陷。

2014 年 9 月 15 日, 浅层人工地震探测专题通过专家验收, 共完成剖面 14 条, 总计 32 km 的人工地震探测剖面的施工和数据处理分析, 达到了预期目标。此外, 第一阶段的基础地理数据平台建设、目标区钻孔资料收集等也为后续工作提供了数据资料和分析基础。

第二阶段主要是开展跨断层钻孔探测工作。现场施工于 2012 年 8 月启动, 至 2014 年 7 月结束, 共完成了 3 个场地的 37 个钻孔, 总进尺 1 680 m, 对 2 条主要目标断层进行定位并获得了确定活动时代的基础数据。

第三阶段主要工作是开展目标区活断层分布图编制、地震危险性分析、地震危害性分析、活断层数据库与信息系统建设等工作。至 2014 年 12 月, 项目所有专题均通过验收, 项目主体工作基本完成。

2014 年 9~11 月, 项目组开展了项目集成与总报告编写工作, 完成了数据库与信息系统集成, 图件修编与报告编写工作, 对项目进行了收尾工作。

2014 年 12 月 26 日在吉林省松原市召开了项目验收会, 通过了由中国地震局、吉林省和松原市有关专家组成的专家组的验收。2015 年 4 月在松原市召开成果介绍会, 技术负责人沈军教授向松原市政府相关部门介绍了项目成果及其应用建议。

0.3.3 工作成果

根据工程设计方案, 针对区域地震构造环境, 本项目完成了控制性钻孔 2 个和 3 个场地的跨断层钻孔探测联合剖面, 总进尺 1 680 m, 获得了测试数据 50 件; 浅层地震反射测线 14 条, 总长度 32 km; 收集了研究区范围内的三维石油地震资料并设置专题进行资料解译, 获得了研究区断裂构造分布及平面构造发育特征; 建立了第四系层序分层数据库; 开展了目标区活断层地震危险性评价和近断层强地震动评价, 完成了施工设计规定的工作任务。

利用遥感图像解译、人工地震勘探、钻孔探测等技术获得的基础资料, 结合 ArcGIS 基础平台和数据集成技术, 编制完成了《1:250 000 区域地震构造图编制及说明书》《目标区 1:50 000 活断层分布图及说明书》。综合分析了松原地区构造特征, 判定了 3 条目标断层的活动性和地震

危险性,给出了主要目标断层最大潜在地震震级和发震概率,以及设定地震的地震动参数分布图。建立了具有数据管理、查询、分析等功能的活断层数据库与综合信息管理系统。

①控制性钻孔探测:控制性钻孔探测为项目首先启动的专题。其主要任务是目标区新构造单元内开展控制性钻孔探测,通过钻孔岩芯精细分层描述、采集并测定 ^{14}C 和热释光年龄、孢粉分析等,综合划分第四纪地层层序和重要第四纪地层分界面。该专题于2012年8月开展现场施工,之后进行了样品年龄测定和室内研究分析等工作,2013年5月通过专家验收。

②空间基础数据平台建设:空间基础数据平台建设为项目的基础性专题,其主要任务是通过项目工作区和目标区不同比例尺基础数据的收集和规范化处理,为其他子专题工作提供基础地理数据支持。该专题于2014年12月通过检测。

③石油地震勘探资料解译:该专题收集了研究区范围内的石油三维物探资料,并对资料进行了精细的解译,确定了研究区范围内的5条断层的位置、产状、性质等信息;该专题还针对断层展布区域进行了资料的重新解译,目的是强化断层的浅部反射信号,以获取断层的浅部活动信息。该专题于2013年5月通过专家验收。

④浅层人工地震探测:浅层人工地震探测是项目的核心专题,是以确定目标断层为核心的主要方法。该专题的主要任务是采用浅层地震多次覆盖反射纵波勘探方法,有针对性地布设浅层地震勘探剖面14条,合计长度32 km,调查扶余北、江北、孤店等3条目标断层的精确位置、产状及活动性等参数。浅层地震探测的数据采集工作于2012年9~10月和2014年4~5月两个阶段进行,整个野外工作历时112天。在施工过程中,由于局部特殊的地震地质条件,在部分测线上不能获得有效的地震反射记录,因此做了大量的实验工作,最终完成有效的测线总长度为32 km,达到了设计的工作量要求。该专题于2014年9月通过专家验收。

⑤跨断层钻孔探测与活动性分析:该专题也是项目的核心专题,是确定断层活动性的主要技术手段。专题以前期石油地震勘探解译、浅层人工地震勘探和控制性钻孔为依据,通过钻孔岩芯精细分层描述、采集并测定样品年龄,综合划分地层层序以及断层活动性初步鉴定,重点确定目标断层上断点埋深。该专题完成了3个场地、12个钻孔、总进尺1 680 m的跨断层钻孔探测工程,获得了测年数据50件,并对标准孔横波和纵波测井100 m。对扶余北断层和江北断层的综合分析表明:扶余北断裂走向EW,倾向南,正断层,断层最新活动时代为早—中更新世;江北断层的探测表明:断层走向EW,倾向南,正断层,断层最新活动时代为早—中更新世。该专题于2014年9月通过专家验收。

⑥区域地震构造图(1:250 000):该专题的主要任务是收集、分析和整理已有的地震、地质、地球物理、钻孔、地壳形变等方面的资料和成果,编制区域重力、航磁、地壳厚度、第四纪地层层厚度等图件,讨论区域地球物理场特征与活断层、地震的关系,分析研究区内断层的发育特征,编制区域地震构造图。该专题于2013年5月通过验收。

⑦目标区活断层分布图编制(1:50 000):专题的主要任务是完成松原市目标区范围内2条目标断层的编图工作,编制1:50 000松原市目标区断层分布图及说明书。查明主要断层的空间位置、展布、分段性及其几何学和运动学特征,初步查明松原市活断层探测目标区各断层的活动性。该专题于2014年9月通过验收。

⑧目标断层地震危险性评价:专题的主要任务是系统收集和综合分析区域地质构造特征、地球物理场、地壳形变场、地壳应力场及地震活动性,给出区域动力学环境和发震构造模型,为

目标断层地震危险性分析提供区域地震构造环境数据;利用浅层人工地震勘探、跨断层钻孔联合剖面探测专题的探测结果,对目标断层进行综合定位和活动性分析;在分析松原及周边中强地震震例基础上,总结中国东北地区中强地震活动区隐伏断层地震危险性评价的初步判别标准,给出目标断层的地震危险性评价结果;最后给出了目标区及邻区概率法地震危险性评价结果。该专题于2014年9月通过验收。

⑨目标区地震危害性评价:该专题是在活断层探测和危险性评价的基础上,根据松原地区强震记录,应用点源模型反演理论确定介质和震源参数,应用随机有限断层模型计算给出了目标区扶余北断裂和孤店断裂北段在设定地震的强地面运动的预测结果,给出了两条断裂的峰值加速度场、峰值速度场和峰值位移场的分布图,给出了4个区典型加速度时程和反应谱。

⑩遥感图像处理与活动构造解译:该专题的主要任务是通过对Spot5卫星遥感数据的综合分析,完成工作区的地形地貌、水系、湖泊的基础地理信息的绘图工作,通过数据的解译和野外调查验证,完成研究区第四纪地貌图的编制工作;在以上工作基础上,完成研究区的构造解译,为后续探测提供支持;此外,在项目进行中,针对哈拉毛都地区的特殊性,采购了分辨率更高的Quick bird影像,并进行构造解译,取得了较好的效果,同时也为后续的物探布线及探测工作打下良好的基础。该专题于2013年5月通过验收。

⑪第二松花江断裂与1119年地震:该专题的主要任务是对项目进行中存在的两个重要问题进行专门研究。对第二松花江断裂(扶余段),专题收集了前人关于该段断裂的论述资料,并结合石油地震勘探资料以及浅层地震勘探数据认为第二松花江断裂(扶余段)不发育;1119年前郭6 $\frac{1}{4}$ 级地震宏观震中前人认为在哈拉毛都附近,经过项目组对该地区的野外精细调查、Quick bird遥感影像解译、电法和浅层地震探测等手段,综合分析认为哈拉毛都附近发育的断裂为滑坡成因,宏观震中可能在孤店断裂附近。该专题于2014年9月通过验收。

⑫数据库与信息系统:根据国家活断层探测中给出的各阶段数据库的分类和内容标准,对项目涉及的11个专题的数据进行了重新分类和整理,建立了松原市活断层探测与地震危险性评价数据库,包括基础地理数据、编图数据、地质地球物理编图数据、危险性与危害性评价及参考文献等。

0.3.4 人员分工

本项工作由防灾科技学院承担。防灾科技学院院长薄景山教授担任项目总负责,组织项目的立项、总体工作的部署和各方协调工作。地震科学系沈军教授任技术负责人,全面组织项目技术路线的制订、实施和有关技术报告的编写。地震科学系李莹甄副教授负责《地震活动性分析研究》专题;于晓辉(讲师)负责《1:250 000区域地震构造图编制及说明书》《目标区1:5万活断层分布图及说明书》专题,以及《项目竣工工作报告》的统稿工作;戴训也(助教)负责《第二松花江断裂与1119年地震》专题报告的编写和项目档案工作报告;林玲玲(讲师)负责《遥感图像处理与活动构造解译》专题;李平(副教授,博士)负责《控制性钻孔探测与第四纪标准剖面建立》专题;邵博(研究生)负责《目标断层活动性鉴定与地震危险性评价》专题及工程技术总报告统稿的工作;尉洋(研究生)负责《松原区域石油物探资料收集与解译》报告的编写与《活动断层数据库建设》专题;王雷(研究生)和万永魁(研究生)负责《跨断层钻孔探测》专题的相关野外工作,及相关章节的编写。王伟(讲师,博士)参与了哈拉毛都地区的滑坡研究,刘智荣(副教授,博士)、黄静宜(讲师)参与地质地貌调查工作,白相东(讲师)参与部分野外断裂调查工作,邓金宪(教授)

作为松原市活断层探测与地震危险性评价项目顾问，负责地貌第四纪研究工作，承担相关章节的编写、图件的编制。吉林省地震局盛俭（高级工程师，博士）作为松原市地震局邀请的松原市活断层探测与地震危险性评价项目的顾问参与了项目实施过程，参与多个专题的工作。防灾科技学院的大批教师和学生参与了本项目的实施，如段玉石、刘小阳、万卫、孟健、李孝波、孙广通、孙青胜、袁俊枫、钱庚、张晓东、张兆鹏等，特别是向红丰作为本科生负责了资料收集、数据库建设的前期工作。通过本项目的实施，一批青年教师、研究生和本科生得到了培养。

参与本项目的协作单位有：

中国地震局地球物理勘探中心，参与浅层地震勘探（一），负责人为石金虎。

吉林省煤田地质物探公司，参与浅层地震勘探（二），负责人为李朝林。

中国地震局地壳运动监测工程中心，参与地震危害性专题，负责人为刘红帅。

吉林建设工程学院勘测公司，参与钻探探测专题，负责人为周涇泓。

松原市地震工程研究中心，参与资料收集、工作协调。

吉林华勘地球探测技术有限公司，参与哈拉毛都滑坡区物探。

在项目实施过程中，松原市地震局孟凡斌局长作为松原市本项目负责人，金显廷同志作为松原市本项目技术负责人以及其他人员参与了项目的施工和协调，监理专家杨主恩研究员、何正勤研究员给予了技术指导和热心帮助，松原市地震局原局长谢文在项目立项及实施初期以及吉林省地震局领导与专家给予了悉心指导和大力支持，松原市政府相关单位、吉林油田也给予了多方支持，历次评审、验收的专家也为项目的实施提出了很多建设性意见，防灾科技学院领导和各有关部门对本项目的实施给予了大力的支持，在此一并致以诚挚的谢意。

本书是在项目工作的基础上完成的，前言由沈军和薄景山执笔；第1章由于晓辉、尉洋执笔；第2章由李莹甄执笔，其中松原地区构造应力场由万永革执笔；第3章由于晓辉、尉洋、万永魁、李平、邓金宪执笔，其中地形地貌剖面由刘小阳带队测绘完成；第4章由戴训也、王雷、赵江涛执笔，其中哈拉毛都滑坡群实测地形图由王伟绘制，哈拉毛都一大两家子跨第二松花江实测地质剖面由刘智荣和黄静宜测绘完成；第5章由邵博执笔；第6章由刘红帅、薄景山执笔；第7章由尉洋执笔；全书由薄景山、沈军、赵江涛校核，薄景山、沈军修改定稿。

本书为上述所有人员共同成果。

目 录

第 1 章 区域地质地貌特征	1
1.1 区域地质构造	1
1.2 区域地球物理场及深部构造特征	8
1.3 区域地貌第四纪与新构造特征	12
1.4 区域主要断裂分布与特征	30
1.5 小结	41
第 2 章 地震活动性分析	43
2.1 工作目的和技术思路	43
2.2 东北地区、松辽盆地、松原地区地震活动特征分析	44
2.3 东北地区深浅部构造特征与地震分布	76
2.4 东北地区应力场特征	82
2.5 松原地区地震活动性与危险性初步分析	91
第 3 章 目标区断层综合探测与活动性鉴定	94
3.1 目标区地质地貌概况	94
3.2 标准钻孔及第四系标准剖面	99
3.3 地震勘探资料的衔接	112
3.4 浅层人工地震勘探	114
3.5 跨断层钻孔联合剖面及控制性钻孔探测	128
3.6 目标断层活动性分析	139
3.7 小结	143
第 4 章 第二松花江断裂、孤店断裂与 1119 年地震专题研究	145
4.1 目标区及哈拉毛都地区第二松花江断裂	145
4.2 孤店断裂的活动性鉴定	198
4.3 1119 年前郭 6 $\frac{3}{4}$ 级地震的发震构造	205

4.4 小结.....	212
第5章 目标断层的地震危险性评价	214
5.1 地震危险性评价技术路线.....	214
5.2 区域地球动力学环境.....	215
5.3 区域强震与中强地震震例与发震构造条件分析.....	221
5.4 目标断层的地震危险性评价.....	228
5.5 小结.....	235
第6章 目标区地震危害性评价.....	237
6.1 强地面运动预测方法.....	237
6.2 有限断层模型关键参数反演.....	241
6.3 目标区场地放大效应.....	246
6.4 震源模型的建立.....	250
6.5 强地震动计算结果.....	255
6.6 危害性评价结论与应用建议.....	265
第7章 松原市活断层数据库	268
7.1 数据库建设规范.....	268
7.2 数据库运行软、硬件环境.....	268
7.3 数据库结构与内容.....	269
7.4 技术路线.....	269
7.5 数据库建设.....	270
7.6 数据库管理与成果输出.....	283
7.7 组织管理及质量控制.....	287
7.8 小结.....	288

第1章 区域地质地貌特征

研究区位于松辽盆地的中南部，经历多期构造运动，第四纪以来构造活动强度有所减弱。本次通过资料收集、野外地质调查、室内资料解译与处理对研究区的区域地质、地球物理场、第四纪地貌与环境、区域新构造运动进行了分析和论述。基于以上研究，结合物探资料对研究区主要的断裂构造进行了初步分析和总结。

1.1 区域地质构造

松辽盆地在大构造上位于天山—兴蒙地槽褶皱系的东端，属于吉黑地槽褶皱系，西部为早海西褶皱带和晚海西印支褶皱带，东部是加里东增生褶皱带，南邻华北地台北缘—加里东增生褶皱带。盆地边界受深断裂控制，西部为嫩江断裂，南部为开源—赤峰断裂，东部为依兰—伊通断裂，北部受塔溪—鸡西断裂控制。

1.1.1 区域大地构造

松辽盆地是大型中生代具有断拗陷双重结构的复合型沉积盆地。盆地演化发育了具有“断”“拗”双层结构性质的沉积盖层。松辽盆地南部在断陷构造层内发育了梨树、德惠、王府和长岭等多个断陷，断陷之间主要以凸起相过渡，整体上形成断凸相间的构造格局。拗陷构造层在继承古构造的基础上，以平稳沉降为主，在拗陷构造层沉积末期，东南隆起区在挤压应力作用下整体反转抬升，并且持续至新近纪末，造成沉积盖层严重剥蚀，并且形成一系列的反转构造（图 1-1-1）。

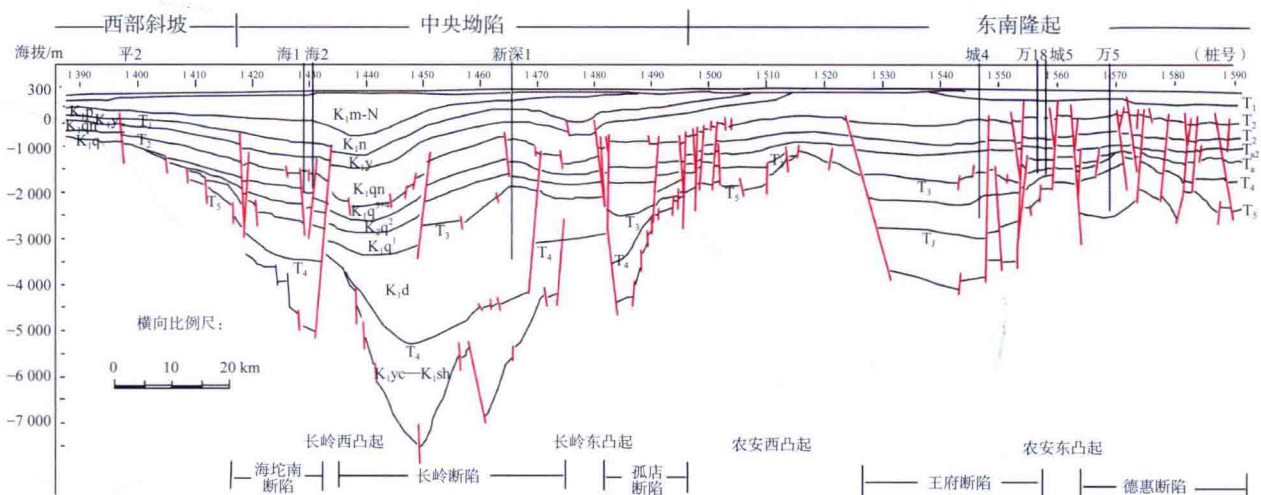


图 1-1-1 松辽盆地南部地质剖面 (568 测线) (王永春, 2001)

研究区在大地构造上（图 1-1-2 ），主要分为三个一级构造区，分别为西部斜坡带、中央坳陷区和东南隆起区（表 1-1-1 ）。

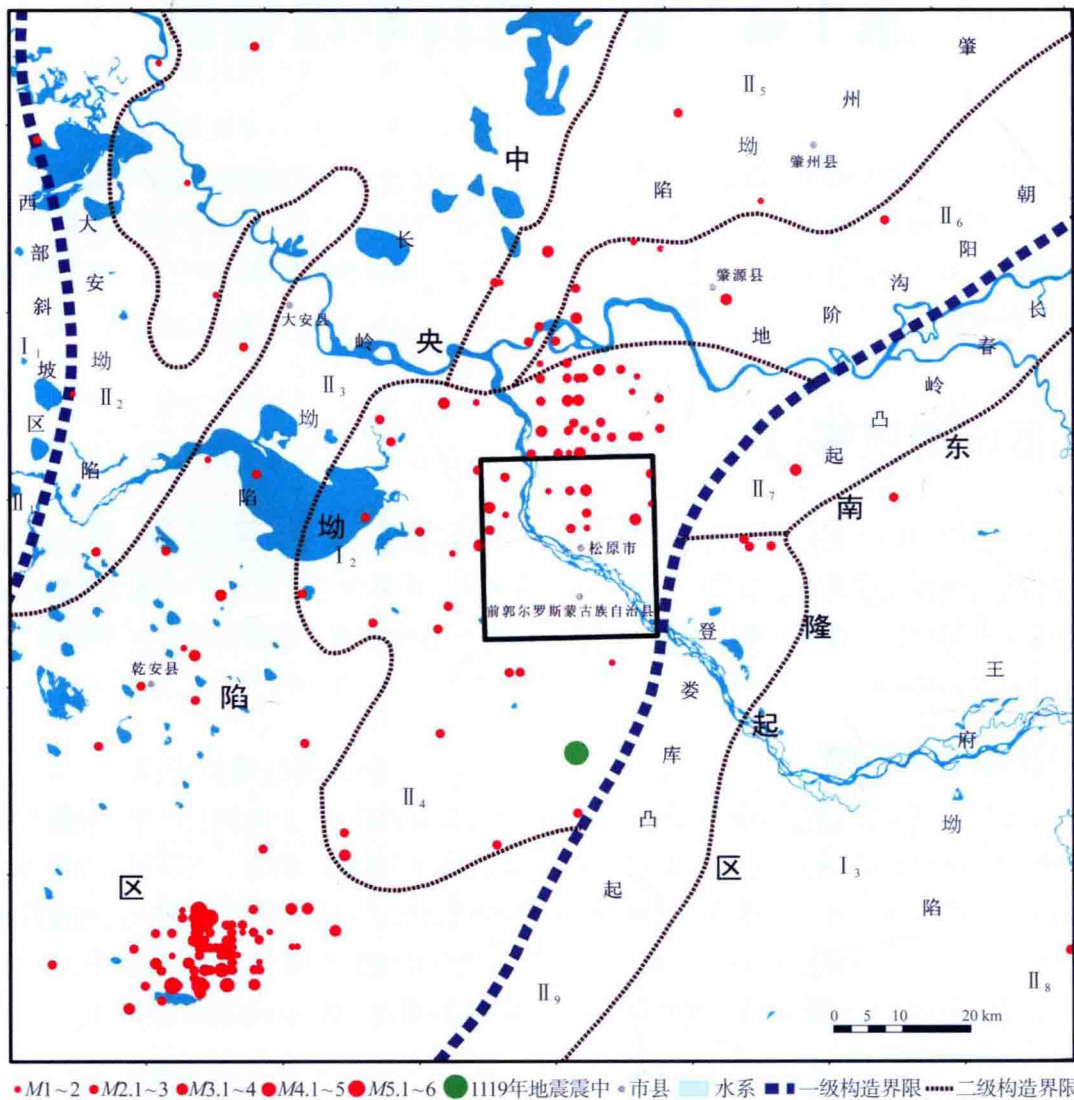


图 1-1-2 工作区大地构造分区图

表 1-1-1 工作区大地构造分区表

一级新构造单元	编号	二级新构造单元	编号
西部斜坡区	I ₁	西部斜坡区	II ₁
		大安坳陷	II ₂
		长岭坳陷	II ₃
中央坳陷区	I ₂	扶余凸起	II ₄
		肇州坳陷	II ₅
		朝阳沟阶地	II ₆
		长春岭凸起	II ₇
东南隆起区	I ₃	王府坳陷	II ₈
		登娄库凸起	II ₉