

沈北新区 地震环境评价

黄河 国艳 廖旭 著

地震出版社

沈北新区 地质环境评价

王 强 王 强 王 强

王 强 王 强 王 强

沈北新区地震环境评价

黄河 国艳 廖旭 著

地震出版社

图书在版编目(CIP)数据

沈北新区地震环境评价 / 黄河, 国艳, 廖旭著.

—北京: 地震出版社, 2011.5

ISBN 978-7-5028-3870-6

I. ①沈… II. ①黄…②国…③廖… III. ①地震—研究—沈阳市

IV. ①P316.231.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 053189 号

地震版 XM 2266

沈北新区地震环境评价

黄河 国艳 廖旭 著

责任编辑: 刘晶海

责任校对: 庞亚萍

出版发行: **地震出版社**

北京民族学院南路 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

专业图书室: 68467982 68721991

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

版(印)次: 2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 390 千字

印张: 15.25

印数: 001~400

书号: ISBN 978-7-5028-3870-6 / P(4511)

定价: 50.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

前 言

一、概述

沈北新区位于沈阳中心城区北部,处于东经 $123^{\circ}16' \sim 123^{\circ}48'$ 、北纬 $41^{\circ}54' \sim 42^{\circ}11'$ 之间,含辉山农高区、道义开发区、虎石台开发区、清水经济区、兴隆经济区和新城子现代副城等城市组团,总面积 1098km^2 ,是我国经国务院正式批准成立的四个新区之一,是辽宁省唯一的综合配套改革试验区。未来十年,沈北新区将创建新体制、打造新环境、培育新产业,成为经济发达、环境优美、文化繁荣、社会和谐、绿色生态城市,实现在沈阳北部再造一座“生态沈阳城”的目标。

沈北新区地处东北城市走廊的枢纽重地、辽宁中部城市群的核心区域,新区位置优势明显,交通方便快捷。沈北新区成立一年来,经济社会同步快速发展,城乡环境面貌日新月异,人民生活水平不断提高,现已成为全市经济建设的热点。沈北新区地势呈东高西低,东部为丘陵,逐渐向西过渡为平原,是国务院确定的地震重点监视防御区,地震灾害防御工作十分紧迫。对于沈北新区这样一个占地面积大、工程地质条件较好、经济发展潜力大的区域而言,开展沈北新区地震环境评价工作,可以为沈北新区土地利用和产业项目规划布局提供科学依据,为新区政府地震应急快速响应提供技术支撑,提升新区对外来项目的吸引力,进一步推进沈北新区地震安全环境建设,提升全区整体防震减灾能力,优化招商引资环境,积极推进社会经济可持续发展。

受沈阳市沈北新区地震局委托,辽宁省地震研究所承担了沈北新区地震环境评价工作。

二、工作内容及技术思路

根据双方的商定,本项工作内容主要为:分析区域和近场区的地质、地震与地球物理等资料,分析区域、近场区的地震活动特征和地震构造发育特点;调查和探测场地断裂发育特征;对沈北新区进行地震区划,即在地震危险性分析的基础上,给出场区地表地震动峰值加速度分区。在沈北新区新城子现代副城等城市组团的建筑物调查基础上,根据调查结果进行建筑物群体震害预测,建立沈北新区震害信息管理系统。

按照上述合同规定的内容,本工作可大致分为两部分,即沈北新区区域性地震区划及沈北新区建筑物震害预测。

沈北新区区域性地震区划部分将按照国家标准 GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》中的Ⅲ级工作标准进行。由于本工作区内以往的地震安全性评价工作较少,本次研究工作将着重对工作区内的地震活动、地震地质和场地地震工程地质条件等进行分析,确定场址基岩地震动参数,进行场地地震区划。工作遵循的技术思路见框图 1。

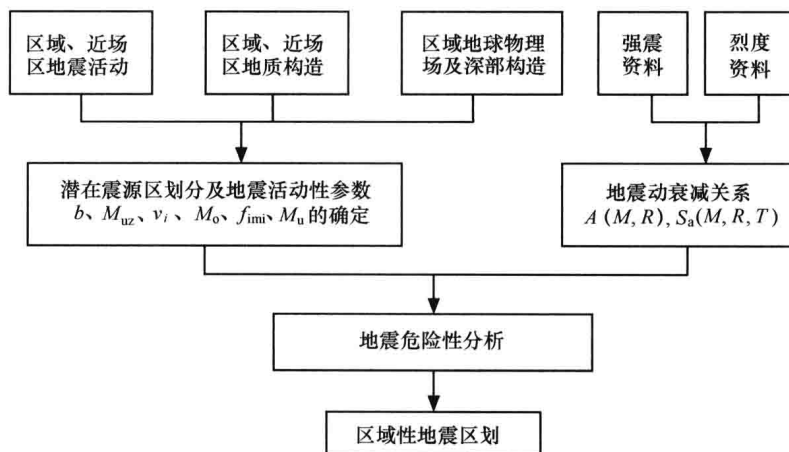


图1 场地地震区划工作框图

沈北新区建筑物震害预测将按照国家标准《地震灾害预测及其信息管理系统技术规范》中的丙级工作标准进行。经初步调查，在沈北新区新城子现代副城等城市组团共有各类建筑物 52011 栋，房屋总建筑面积 1073.57 万平方米，其中砖混房屋为 37093 栋、框架房屋 156 栋、单层厂房 458 栋、老旧房屋 1584 栋。

沈北新区建筑物震害预测研究的主要内容包括：沈北新区建筑物震害预测、经济损失及人员伤亡预测、建筑物震害预测信息管理系统。工作遵循的技术思路见框图 2。

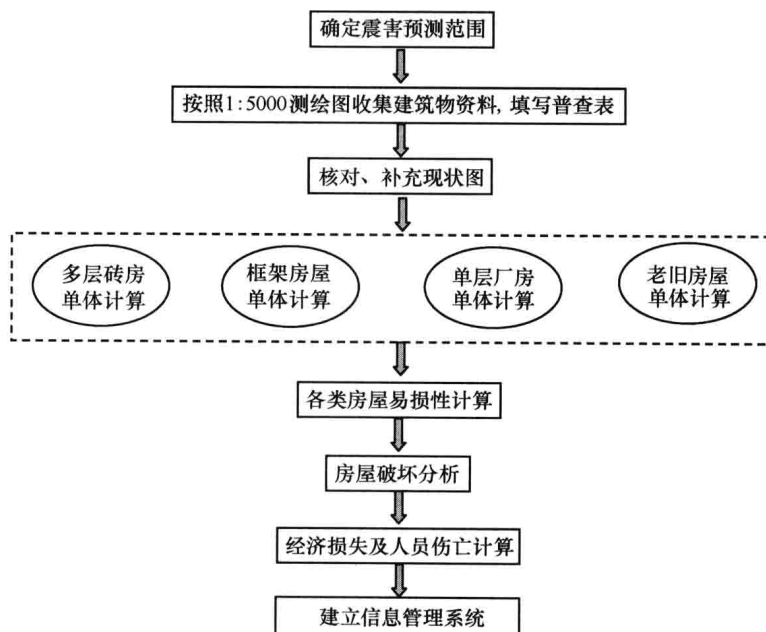


图2 沈北新区建筑物震害预测工作框图

三、项目组织实施

为完成本项地震环境评价任务，辽宁省地震研究所组织有关技术人员研究了区域及近

场区的地震活动、地球物理场和地震构造发育特征，对工程场地地震工程地质条件进行了分析，采用浅层地震及高密度电阻率等方法进行了场地及周围地质构造探查，通过室内分析计算，进行了地震区划；按甲方提供的电子底图，对工作区开展房屋调查、现场测试及计算分析，按甲方提出的技术要求完成了本项地震环境评价工作。本项目所完成的工作量见表 1。

表 1 主要完成工作量表

序 号	项 目	单 位	数 量
1	高密度电法测试	公里	9.0
2	地脉动测试	点	20
3	浅层地震	公里	8.55
4	野外地质调查	公里	350
5	地震危险性分析	点	850
6	钻探	孔	50
7	波速测试	米	1 300
8	卫片解译	幅	2
9	调查各类建筑物	栋	52 011
10	建筑物振动测试	栋	24
11	图件	幅	160
12	建筑物震害预测信息管理系统	套	1

本项工作分工：项目负责：黄河；地震活动环境：钟以章、黄河；区域地震地质环境：钟以章、万波；近场和场区地震地质环境：钟以章、齐鑫；地震危险性分析及地震动参数区划：赵晓辉、黄河；房屋调查：国艳、董晓燕；震害预测分析：国艳、董晓燕；震害预测信息管理系统：董晓燕、王超。

主要参加工作的人员还有孔繁强、戚建勋、梁放、王永江、袁景山、李子涛、刘永强、李振英、李爱民、丁浩、孙健、王中元、寇向超等同志。

目 录

上篇 沈北新区地震区划

第一章 区域及近场区地震活动	3
1.1 地震资料	3
1.2 区域地震空间分布特征	6
1.3 地震区与带的划分	7
1.4 地震活动的时间分布及未来趋势分析	9
1.5 区域现今构造应力场	12
1.6 历史地震对场区的影响	14
1.7 近场区及场区地震活动	16
1.8 地震活动环境评价	27
第二章 区域地震地质	28
2.1 区域地质构造背景	28
2.2 区域新构造运动	30
2.3 区域地球物理场与深部构造	33
2.4 区域主要断裂及其活动性分析	37
2.5 区域地震地质环境评价	44
第三章 近场区及场区地震地质	48
3.1 地质构造概况	48
3.2 地貌、第四纪地质及新构造运动	50
3.3 近场区遥感信息处理及解译	54
3.4 近场区及场区主要断裂活动性分析	57
3.5 近场区及场区地震构造条件评价	75
第四章 地震危险性分析及场地地震区划	76
4.1 地震危险性分析方法简介	76
4.2 潜在震源区划分	77
4.3 地震活动性参数的确定	82
4.4 地震动衰减关系	86
4.5 地震危险性分析结果	87
4.6 场地地震区划	88

第五章 场区地震工程地质条件及地震地质灾害评价	93
5.1 场区工程地质条件	93
5.2 场区内隐伏断裂探测	115
5.3 场区土动力参数	125
5.4 场地地震地质灾害评价	144
小结	147

下篇 沈北新区震害预测

第六章 沈北新区基础信息普查	151
6.1 沈北新区概况	151
6.2 沈北新区房屋普查结果	152
第七章 沈北新区震害预测	157
7.1 沈北新区震害预测框图及工作单元划分	157
7.2 建筑物震害预测方法	158
7.3 震害预测结果	167
第八章 经济损失及人员伤亡评估	201
8.1 预测方法	201
8.2 地震经济损失及人员伤亡预测结果	203
第九章 震害预测信息管理系统	213
9.1 系统软硬件平台	213
9.2 系统实现的关键技术	214
9.3 工作成果	215
9.4 系统使用说明	216
9.5 沈北新区震害预测小结	227
结论	233
参考文献	235

上 篇

沈北新区地震区划

第一章 区域及近场区地震活动

本章通过分析地震时、空分布，历史地震对场区影响、区域现代构造应力场和近场区地震活动等方面的资料对场地及周围的地震活动做出评价，为合理划分潜在震源区及地震活动性参数确定提供依据。

按规范规定，区域地震构造和地震环境评价范围不得小于场区周围 150km。根据场区周围的实际情况将区域确定为 150~200km 的范围，其地理坐标是 40°30′~43°30′N，121°00′~125°40′E。

1.1 地震资料

1.1.1 区域破坏性地震目录及震中分布图

区域地震目录包括 2 个时段的地震，1911 年以前的称历史地震，一般收集震级 $M_S \geq 4\frac{3}{4}$ 的地震资料。由于这些地震都是根据史料记载先评定震中烈度，然后按历史地震的震级—烈度关系换算成相应的震级。所以，震级精度较差，一般误差为 $\frac{1}{2}$ 级。对 1911 年以后有仪器记录的地震，其震级以仪器测定的为准，最小震级取 4.7 级，震级测定精度为 0.1 级。对同时具有仪器震中和宏观震中的地震，其震中位置以宏观考察的结果为准，仪器震中的测定精度在不同时期有所差别。总的来说，随着台网监测能力的提高，震中测定精度也不断提高。

本项工作所采用的地震资料来源于中国地震局震害防御司编的《中国历史强震目录》（公元前 23 世纪至公元 1911 年）和中国地震局分析预报中心汇编的《中国地震详目》（1970 年 1 月至 2001 年 4 月）、《中国近代地震目录》（ $M \geq 4.7$ ，公元 1912~1990）、辽宁省地震局编的《辽宁省地震目录》（公元 2 年—1994 年）、吴戈等编著的《东北大陆历史地震研究》以及辽宁地震台网的观测资料。

根据以上资料统计，区域内自 1318 年至今共有 $M_S \geq 4\frac{3}{4}$ 地震 24 次（不含海城 7.3 级地震的强余震），其中 7.3 级地震 1 次，6.0 级地震 2 次，5.0~5.9 级地震 11 次，4.7~4.9 级地震 10 次。通过汇集以上资料编制了区域破坏性地震目录及破坏性地震震中分布图（表 1-1，图 1-1）。

表 1-1 区域破坏性地震目录（1318~2007， $M_S \geq 4.7$ ）

序号	年	月	日	φ_N	λ_E	M	震中烈度	参考地点	精度
1	1318	02	21	42.6°	122.1°	5		辽宁阜新	4
2	1525	10	16	40.5°	121.5°	4 $\frac{3}{4}$		辽东湾	3
3	1552	11	16	41.7°	123.5°	4 $\frac{3}{4}$		沈阳南	4
4	1594	10	26	42.6°	124.0°	4 $\frac{3}{4}$		开原北	3
5	1596			42.6°	124.0°	5 $\frac{1}{2}$	VII	开原北	3

续表

序号	年	月	日	φ_N	λ_E	M	震中烈度	参考地点	精度
6	1599	05	01	41.6°	122.7°	4¾		北镇东	4
7	1618	10	01	40.6°	123.3°	4¾		海城东南	4
8	1698			41.5°	121.2°	5		义县	4
9	1765	03	15	41.8°	123.4°	5½	VII	沈阳	2
10	1775			42.3°	123.9°	5½	VII	铁岭	2
11	1779	04		42.7°	121.8°	5¾	VII	内蒙库伦旗	3
12	1859	09	19	40.7°	122.2°	5¼	VII	营口	3
13	1875			42.6°	124.0°	4¾		开原北	3
14	1885	04	07	40.7°	122.2°	5½	VII	营口	2
15	1940	01	19	42.7°	121.3°	6	VII	内蒙库仑	3
16	1941	12	15	42.3°	124.5°	4¾	VI	铁岭东	3
17	1942	07	09	43.5°	121.8°	6	VIII	内蒙通辽	3
18	1974	12	22	41°18′	123°36′	4.8	VI	辽宁葭窝水库	1
19	1975	02	04	40°42′	122°42′	7.3	IX	海城	1
20	1977	06	05	41°57′	121°18′	4.7	VI	辽宁阜新	1
21	1978	05	18	40°42′	122°36′	5.9	VII	大石桥官屯	1
22	1988	02	25	42°12′	122°30′	4.8	VI	彰武南	1
23	1999	11	29	40°32′	123°00′	5.4	VII	海城岫岩交界	1
24	2000	01	12	40°31′	123°03′	5.1	VII	海城岫岩交界	1

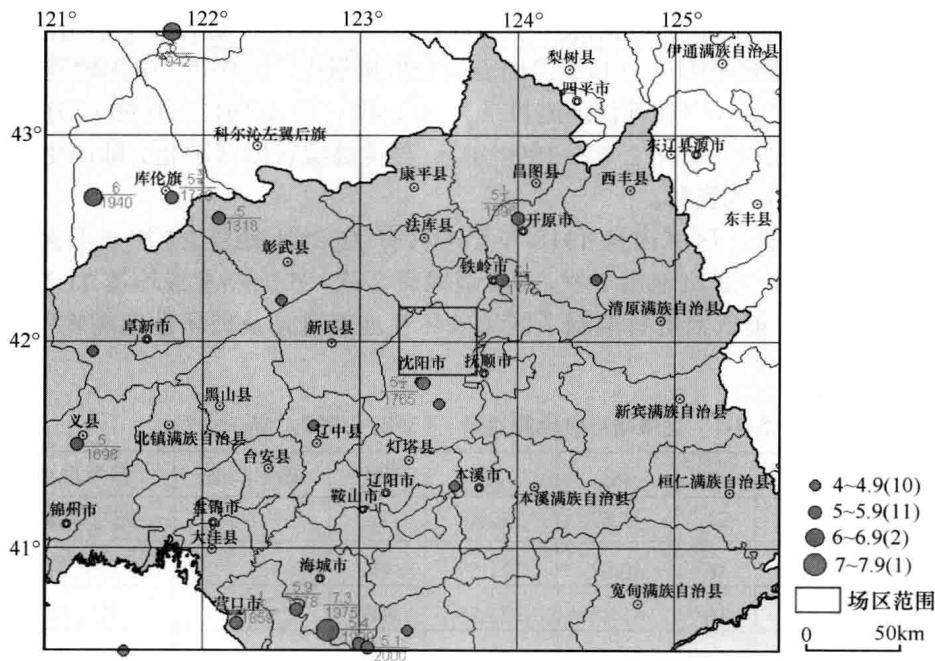


图 1-1 区域破坏性地震震中分布图

1.1.2 区域近期小震活动

区域近期小震主要指辽宁地震台网建立以来，即 1970 年至今所记录的震级为 $1.0 \leq M_L \leq 5.0$ 的地震。地震资料主要取自中国地震局分析预报中心汇编的《中国地震详目》、辽宁省地震局编的《辽宁省地震目录》、辽宁省地震台网观测资料，据不完全统计，这类小震总计达 21000 多次（含大地震的前、余震）（图 1-2）。

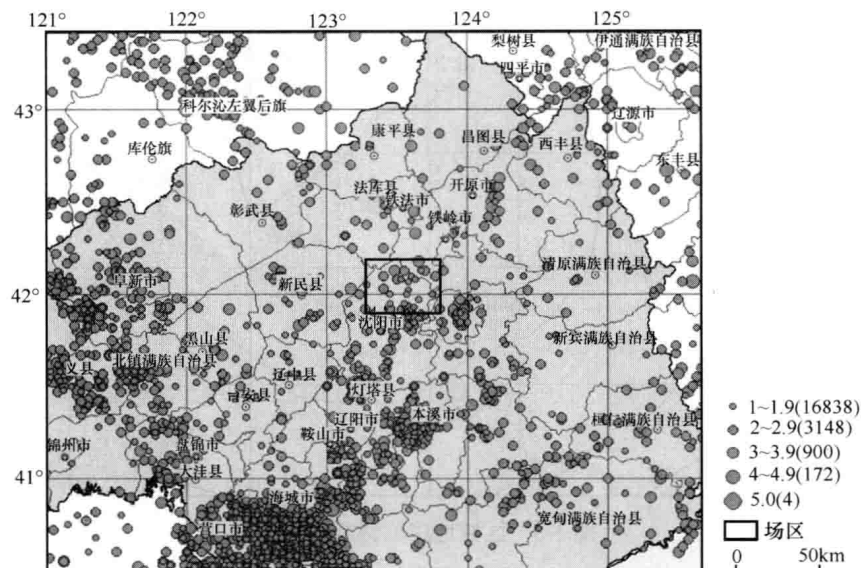


图 1-2 区域地震震中分布图 ($1.0 \leq M_L \leq 5.0$)

1.1.3 地震资料的完整性分析

区域大部分在华北地震区，区域西北有部分地区属东北地震区。根据黄玮琼等人（1994 年）研究，认为华北地震区（除海域和边远地区以外）自 1484 年以来 4¼级以上地震基本上不会遗漏。辽宁在历史上属边远地区，历史地震记载有遗漏，因此，将辽宁地区 4¼级地震记录的可信时段定在 1765 年沈阳 5½级地震以后是比较合适的。至于东北地震区历史地震被遗漏的现象更为严重，直到 1902 年以后，5 级以上地震的资料才比较完整，所以，地震记载的可信时段定在 1900 年以后。区域有很小一部分涉及到朝鲜半岛，从已有资料来看，朝鲜半岛及两侧海域从公元 13 年至 1989 已发现 2458 条地震记载，由于各时代情况不同，资料的可靠程度不一样，自李朝时代（1392）年以来，所记载的资料比较详细，其可信度时段也可以定到 1484 年以后，不过 1810~1900 年由于历史原因，朝鲜无地震记录，1905 年以后朝鲜才有了仪器记录资料。总的来看，朝鲜的地震资料不够完善。

辽宁地震台网是 1970 年开始组建的，起初只有 6 个台。到现在已发展到由 7 个国家基准台、11 个省级台、一个省级数字遥测台网和 4 个区域性地震遥测台网组成的监测系统，地震监测能力大大提高。目前在区域上可以控制全省 $M_L \geq 2.5$ 地震，其中 60%地区可监测到 $M_L \geq 2.0$ 地震，在沈阳、本溪一带可监测到 $M_L 1.0 \sim 1.5$ 地震（图 1-3）。由前述地震目录和辽宁地震台网提供的资料来看，可以满足本次地震活动性研究的需要。

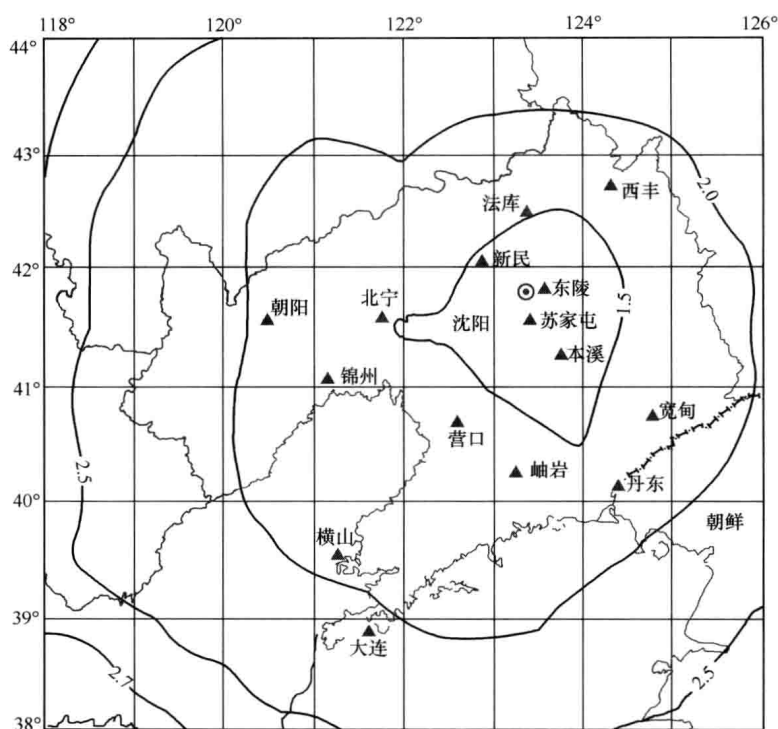


图 1-3 区域地震监测能力图

1.2 区域地震空间分布特征

从大的地震活动环境看，活动性较强的郯庐地震带从区域中部穿过，往北是东北地震区，属地震活动较弱地区。区域处在地震活动由强变弱的过渡部位，总体上地震活动水平属中等。

1.2.1 地震空间分布

地震活动的空间分布是不均匀的，但是，一旦地震分布的总体格局确定之后，其分布又具有相对的稳定性，这种稳定性一方面表现为地震在某些特定地区和地震带内集中分布，另一方面表现在这种分布状况在相当长的时期内基本保持不变。从区域破坏性地震震中分布图上可以看出，地震的空间分布具有明显的不均匀性和相对稳定性，一方面，4¾级以上的中强地震沿 NNE 方向展布，形成从沈阳，经营口、到金州的中强地震活动条带，大体与郯庐断裂带北段的位置一致。另一方面，一些 5 级左右和 6 级左右的地震往往在原地附近重复发生，例如，开原、营口都有 2 次以上 5 级左右地震的重复，鸭绿江口一带有 6 级以上地震重复。从更大的范围来看，地震有沿 NE 和 NW 两个方向呈定向排列，等间隔分布，相互交叉呈网络状分布的现象。在网络的结点部位往往有 7 级左右地震发生。在辽东半岛还有次级地震网络存在，在网络的结点部位有 6 级地震发生。从区域仪器记录地震震中分布图上看，小震相对密集呈团块状或条带状的地区是：海城 7.3 级地震的余震区，侵窝水库

地区、盖州—熊岳地区及辽西地区等，其他地区的小震呈零星分布。从小震的分布还可以看出区域上有密集的 NW 向小震活动条带，如海城—岫岩、北票—义县—大洼等条带。所以，区域上地震活动表现出有条带状、网络状和团块状等空间分布特征。

1.2.2 震源深度分布

区域及附近地区有 18 次 $M_S \geq 4\frac{3}{4}$ 和 1700 余次 $M_S \geq 1.0$ 地震有震源深度数据，统计这些资料可以看出（表 1-2），地震主要分布在地下 30km 范围内，其中位于 5~14km 的占总数的 82.9%，说明区域及附近地区的地震均属浅源地震。

表 1-2 震源深度分布

深度/km	0~4	5~9	10~14	15~19	20~24	25~29	≥ 30
地震个数	69	583	830	172	39	10	2
占总数百分比	4	34.2	48.7	10.1	2.3	0.6	0.1

1.3 地震区与带的划分

地震区是指地震活动性、地震孕育环境和地质构造条件相类似的地区，地震活动性包括地震活动强度、频度、重复、迁移等孕震环境。构造条件包括区域活动构造、地壳结构、区域应力场及地球动力学特征等。地震带一般是指地震集中成带分布的现象，并受活动构造带或地壳结构变异带控制，根据地震带的功能可将地震带分为“统计地震带”和“预测地震带”。

划分地震带是为了区分构造活动性及地震活动性的区域性差异。它是分析地震时间分布特征，估计未来地震活动趋势及地震危险性分析中地震活动性参数估计的基本统计单元。

划分地震（区）带的主要依据是：某些地区在地震活动性、新构造和现代构造运动性质、构造应力场和震源应力场、地震构造类型、地球物理场、地壳结构和大地构造属性等方面有较好的一致性或者类似性。全国地震动参数区划图编图小组对地震区（带）的划分已经有了明确意见，所以，本报告直接利用这一成果。

区域内主要涉及华北地震区郯庐地震带北段和朝鲜半岛地震带、东北地震区，下面着重讨论郯庐地震带、朝鲜半岛地震带和东北地震区的特点。

1.3.1 郯庐地震带

郯庐地震带是我国东部地震活动最强的地震活动带之一，与郯庐断裂及次级构造的展布范围大体一致。该断裂南起于湖北广济向北经安徽、江苏、山东、穿过渤海后，通过辽宁、吉林和黑龙江一直延伸到俄罗斯境内，在我国境内的延展长度可达 2000km 以上，断裂带由主干断裂和若干平行展布的分支断裂构成，主干断裂形成较早，经过多次构造运动。在新构造运动时期，断裂仍表现出有很强的活动性，地震活动也很强烈，据统计，自公元前 70 年至今，在该带已发生过 8.5 级地震 1 次，7.0~7.9 级地震 6 次，6.0~6.9 级地震 6 次（图 1-4）。

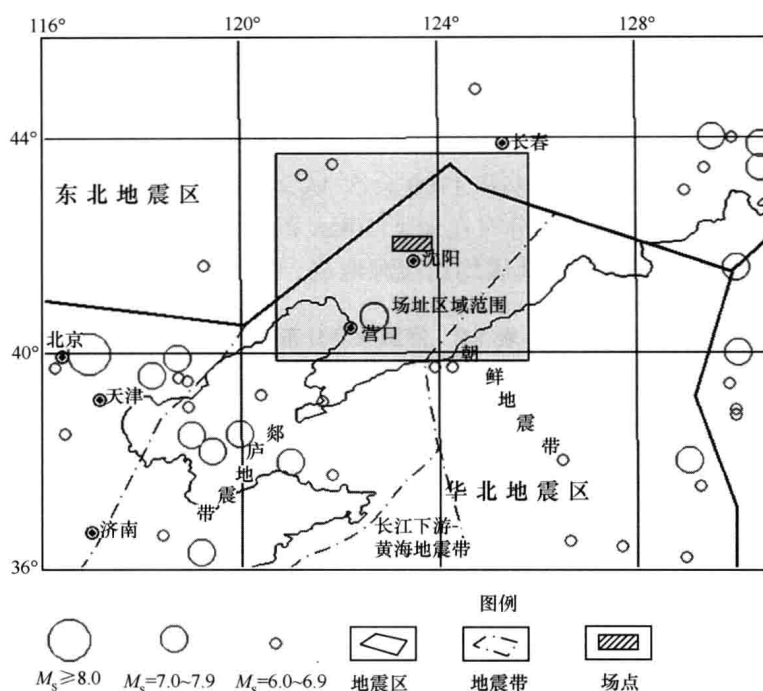


图 1-4 地震区及地震带划分图

由于该断裂发育历史长、规模大、延伸距离远，穿越了不同的地质构造单元，所以，断裂表现出有明显的分段性，有的研究者已将郯庐断裂分为 4 大段，区域主要涉及到开原—下辽河—莱州湾段。下辽河—莱州湾段的主要特点是沿断裂形成了裂谷型构造，内部充填有较厚的中、新生代沉积，详细研究该段的地震、地质特点还可以将该段进一步分为若干亚段，各亚段的构造活动性亦有明显的差异。以渤中坳陷为界，南、北两段的地震活动性有所不同，其中，南部莱州湾—渤海亚段的地震活动强度大、频度高，有多次 7.0 级以上地震发生。属于北段的渤中—下辽河亚段和沈阳—开原亚段（一般称之为郯庐带北段）的地震活动较弱，只有 1 次 7.3 级地震和 2 次 6~6.5 级地震及多次 5 级左右的地震发生。场区位于郯庐断裂带北段，该段的地震活动对场区的地震危险性评价有重要影响。

1.3.2 东北地震区

该区西部为内蒙古大兴安岭褶皱系，东部为吉黑褶皱系，其褶皱回返时间以华力西期为主。基底由前古生代、古生代的花岗岩、碎屑岩以及不同的变质岩组成。中生代构造活动强烈，松辽盆地内堆积厚约万米的侏罗系—白垩系。早第三纪构造运动以整体抬升为主，差异运动不明显，松辽盆地内的新生界厚度仅有数百米。而在同一时期依兰—伊通裂谷强烈下陷，堆积了数千米厚的沉积物，早第三纪晚期裂谷消亡。自新第三纪以来其差异升降运动强度明显变弱，火山活动却在加强，玄武岩分布广泛，发生多期喷溢直至现代。

东北地震区浅源地震活动较弱，该地震区自 1900 年以来，记录到 $M_s \geq 4\frac{3}{4}$ 地震 50 多次，其中 6 级以上地震 5 次，5.0~5.9 级地震 35 次，区域的一部分涉及东北地震区，东北地震区的地震活动对场区的地震危险性评价有一定影响。