

辽宁海城地震 冶金建筑震害调查报告

冶金部辽南地区冶金建筑震害调查组

(内部资料 注意保存)

冶金工业出版社

辽宁海城地震 冶金建筑震害调查报告

冶金部辽南地区冶金建筑震害调查组

冶金工业出版社

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

要认真总结经验。

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

总而言之，我们要有准备。有了准备，就能恰当地应付各种复杂的局面。

目 录

第一部分 冶金建筑震害调查及分析

一、地震及震害概况	(3)
(一) 地震参数	(3)
(二) 地震前兆及发震机制	(3)
(三) 烈度分布概貌	(4)
(四) 地表震害现象	(5)
(五) 城乡民用建筑震害概况	(6)
(六) 工业建筑震害概况	(7)
(七) 生产设备、动力设施及其它工业构筑物震害概况	(8)
二、地震区工业建筑主要震害现象及其分析	(9)
(一) 多层砖房和多层钢筋混凝土内框架房屋	(10)
(二) 单层砖柱厂房	(13)
(三) 单层钢厂房和钢筋混凝土厂房	(16)
(四) 多层钢筋混凝土框架房屋	(20)
(五) 烟囱	(21)
(六) 贮仓	(22)
(七) 通廊	(23)
(八) 桥梁	(25)

第二部分 关于冶金建筑抗震技术措施的若干建议

附录一 震害实例分析

一、多层砖房和多层钢筋混凝土内框架房屋	(33)
震害实例1 海城某厂球团转运站	(33)
震害实例2 海城某厂1号转运站	(34)
震害实例3 海城某厂总降压变电所	(34)
震害实例4 大石桥某厂化验室	(35)
震害实例5 大石桥某厂消防车库	(35)
震害实例6 大石桥某厂总降压高压配电室	(36)
震害实例7 大石桥某厂运输办公室	(37)
震害实例8 大石桥某厂镁砂拣选室	(38)
震害实例9 鞍山某厂第一硫酸盐车间	(39)
震害实例10 鞍山某厂三烧讯号楼	(39)
震害实例11 海城某厂子弟学校	(40)
震害实例12 海城某厂单身宿舍楼	(41)

二、单层砖柱厂房	(41)
震害实例13 大石桥某厂钳工间	(41)
震害实例14 海城某厂机修车间	(42)
震害实例15 大石桥某厂建筑修理间	(43)
震害实例16 营口市某厂铸造清砂车间	(44)
震害实例17 营口某厂加工车间	(45)
震害实例18 营口市某厂小型装配车间	(46)
震害实例19 营口市某造纸厂切苇车间	(46)
震害实例20 营口市某毛巾厂制造车间	(47)
震害实例21 大石桥某厂电气材料库	(47)
震害实例22 大石桥某厂电修车间	(48)
三、单层钢厂房和单层钢筋混凝土厂房	(49)
震害实例23 海城某厂机电修理车间	(49)
震害实例24 大石桥某厂粗破碎车间	(51)
震害实例25 营口某厂机修车间	(53)
震害实例26 营口冶金机械修造厂机修车间	(55)
震害实例27 营口某厂轧钢车间	(56)
震害实例28 营口市某厂大型装配车间	(57)
震害实例29 营口市某厂铸造车间	(58)
震害实例30 营口某厂三吨氧气转炉车间	(59)
震害实例31 鞍山某厂热轧车间	(60)
震害实例32 鞍山某厂成品跨	(60)
震害实例33 鞍山某厂北部铸钢车间主厂房	(61)
四、多层钢筋混凝土框架房屋	(62)
震害实例34 海城某厂破碎筛分车间	(62)
震害实例35 大石桥某厂镁砖车间压砖段	(63)
震害实例36 海城某厂球团车间	(63)
震害实例37 鞍山某厂北部锅炉房	(64)
震害实例38 鞍山某厂三烧配料间电磁站	(65)
震害实例39 鞍山某厂第三烧结厂主厂房	(65)
五、构筑物	(66)
震害实例40 大石桥某厂成品貯仓	(66)
震害实例41 鞍山某厂五炼焦貯焦槽	(67)
震害实例42 鞍山某厂五炼焦K—4 通廊	(68)
震害实例43 海城某厂烧结5号通廊	(69)
震害实例44 海城某厂输出通廊矿槽	(70)
震害实例45 大石桥某厂锅炉房35米砖烟囱	(70)
震害实例46 营口某厂45米加热炉砖烟囱	(71)
震害实例47 海城赵家堡子桥	(71)

震害实例48 析木桥.....	(72)
震害实例49 盘山公路桥.....	(73)
震害实例50 辽河公路桥.....	(74)
附录二 震害实例分析附图.....	(75)
附录三 震害照片	(162)

前 言

一九七五年二月四日，辽宁省南部海城、营口地区发生了一次七·三级强烈地震。地震后，毛主席和党中央对灾区人民极为关怀，中共中央发了慰问电，并派出了以华国锋同志为首的中央慰问团，到灾区进行慰问，给正在同严重自然灾害进行斗争的灾区人民以极大的鼓舞。

这次强烈地震发生在人口稠密、工业发达的地区，在我国历史上还是第一次。但由于预测、预报和预防等各方面工作做得较好，在各级党组织的一元化领导下，做到了震前有准备，临震有预报，震后有措施，因而大大减轻了伤亡和损失。这是贯彻执行抗震工作“在党的一元化领导下，以预防为主，专群结合，土洋结合，依靠广大群众，做好预测预防工作”方针的巨大胜利。

在毛主席、党中央亲切关怀和鼓舞下，经过无产阶级文化大革命和批林批孔运动锻炼的广大灾区人民，认真学习毛主席关于无产阶级专政的理论，以阶级斗争为纲，发挥人定胜天的无畏革命精神，艰苦奋斗，奋发图强，自力更生，发展生产，重建家园，取得了抗震救灾斗争的巨大胜利。如油田职工，在震后八小时内全部修复了破裂的油、气管；铁路职工在震后二十四小时内恢复了长大线的运行；鞍钢化工厂第五炼焦厂的职工，在大震方停、余震不断的情况下，立即着手清理与修复被震塌的运焦通廊，保证了焦炉的持续生产。地处震中的鞍钢、海城和大石桥两个镁矿，房屋和设备都受到了较大损坏，两矿职工在兄弟单位和亲人解放军的支援下，经过短期的突击抢修，迅速恢复了生产。位于极震区的海城县广大贫下中农，震后第二天即出工大搞农田基本建设，地大震，人大干，决心夺取当年农业新高产。他们提出“天崩地裂无所惧，泰山压顶不弯腰，重灾面前不低头，强渡长江志更坚”的战斗口号，力争当年农业生产出现更大的跃进。所有这些抗震救灾斗争的动人事迹，都充分地显示了我国社会主义制度的无比优越性。

为了从地震区建筑物的震害情况中取得冶金建筑的抗震经验，在海城地震发生后，冶金部决定组成建筑震害调查小组，到地震区调查冶金工厂各类建筑物和构筑物的震害情况，从中总结经验教训，并提出今后冶金建筑的抗震技术措施意见。参加调查小组工作的，有冶金系统十七个设计、施工、勘测和科研单位，并且邀请陕西省第一建筑设计院、中国科学院工程力学研究所和大连工学院的同志参加了调查。

调查小组全体同志，遵照伟大领袖毛主席“要认真总结经验”的教导，到地震区许多地方进行了建筑物实地调查，并召开了多次调查会、讨论会。时间约一个多月。在地震区各级党组织的领导和关怀下，在广大工人、贫下中农和技术人员的大力协作和支持下，顺利地结束了调研工作，学习到很多宝贵的经验。认识来源于实践，调查研究小组的多数同志过去没有接触过抗震工作，在这次调查研究中，对震害现象，积累了较多的感性认识，在毛主席的辩证唯物主义认识论指导下，把已经取得的大量感性认识，逐步地升为理性认识，对党的地震工作方针，也有了进一步的理解。通过调查我们体会到：

1. 在毛主席无产阶级革命路线指引下，由于认真贯彻执行了党的“以预防为主”的抗

震工作方针，我国的地震预测、预报工作，取得了巨大成就。这次海城地震能准确预报的事实，再次证明一切事物都是可以认识的这一客观真理。同时，也更加坚定了“人定胜天”战胜自然灾害的决心。

2. 我国是一个多地震的国家，总的来说，抗震设防要增加一些投资。但是，冶金建筑的大量震害事实表明，除去砖石房屋和构筑物的抗震安全储备较小以外，冶金工厂中绝大部分主要生产车间的房屋和构筑物，其主要承重构件通常都有一定的安全储备。因此，只要我们注意建筑结构的布置、造型、材料选择和构造措施等方面问题，“精心设计，精心施工”，就可以既能做到设防抗震，又不增加太多国家投资。

3. 结合对“抗震规范(TJ11-74)”的学习，我们认识到：对砖石承重结构，要从抗震验算和抗震构造两个方面特别加以注意。对钢和钢筋混凝土承重结构，则主要应在节点、构造、支承、连接上多下功夫。至于围护墙体，大量震害实例表明，砖墙抗震性能较差，应设法尽快创造出既符合现代建筑技术要求，又有良好抗震性能的各种墙体材料和构件。

4. 从某种程度上讲，地震所造成的次生灾害(停水、停电、火灾、水灾等)，对冶金工业生产和工人安全的危害，要比地震力对这些设施所直接造成的危害大得多，应特别加以预防。

5. 海城地震表明，不仅在大范围内普遍存在着烈度异常现象，就是在小范围内，烈度变化也很明显。因此，从震害现象中分析原因，找出规律，在厂址选择时从低烈度区避开高烈度建筑场地和在高烈度区注意寻找低烈度的建筑场地，是十分重要的，也是可能的。

6. 这次抗震经验表明，在震前做好预防工作是减少伤亡和损失的有效措施。在近期内可能发生地震的地区，对原有的部分主要建筑物进行抗震检查，采取必要的加固措施是十分必要的。

根据调查所得，我们整理、编写了这份调查报告，供有关部门参考。由于时间短促，我们调查的仅是震区的部分情况，对震害的整理分析和提出的抗震技术措施意见亦是一些初步的认识，还有待于进一步深化和提高。

本报告中参考并引用了国家地震局、辽宁省地震办公室、辽宁省冶金局、辽宁省交通局、地方有关党政部门和当地广大群众所提供的重要资料。

本报告主要有两部分：第一部分是冶金建筑震害调查和分析；第二部分是关于冶金建筑抗震技术措施的若干建议。此外，有三个附录：震害实例分析、震害实例分析附图和震害照片。

冶金部辽南地区冶金建筑震害调查组

一九七五年五月

第一部分

冶金建筑震害调查及分析

一、地震及震害概况

(一) 地震参数

时间：一九七五年二月四日十九时三十六分

震级：七·三级

震中位置：东经 $122^{\circ}41'$ ，北纬 $40^{\circ}42'$ （辽宁省海城县岔沟公社附近）

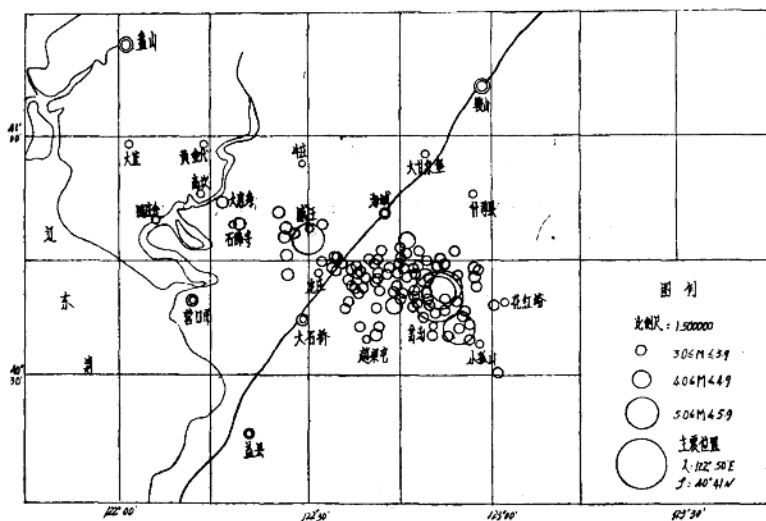
震中烈度：9度强

震源深度：约18公里

(二) 地震前兆及发震机制

地震前，在震区曾出现大量前兆。一九七四年十二月中旬，前兆异常开始由丹东、岫岩经海城、营口向盘锦一带发展。震前一个月，在这些地区先后出现井水上升、冬眠动物如蛇和青蛙出土等异常。震前半个月，又出现地面冒水现象。营口市周家公社冯家堡子大队，地处山坡，土地封冻，猪圈内突然冒水，流量达每分钟10公升左右。震前几天，辽宁省冶金勘探公司102勘探队业余测报组，利用晶体管自动补偿仪，一端放在坑道内，另一端放在废矿井深处，测量土地电位差，向当地地震台提供了重要资料。同时，专业台站也收集到了大量水氡、土地磁、地倾斜、地形变、地应力等前兆资料。二月二日，井水发浑冒泡并异常上升，土地电大幅度下降。三日出现小震，土地电、土地磁等异常进一步加大。四日出现频繁前震和大量动物异常反应：如鸡上树、鸭起飞、猪不进圈、猫狗狂叫。四日终于发生了强震。震区范围内的这些前兆现象，为地震预测、预报工作提供了丰富资料。

海城地震是一次构造地震。震区区域地质构造的特征：长大线以东的辽东山地属千山山系，呈北东向绵延，属岫岩鞍山隆起区。长大线以西为下辽河冲积平原，属下辽河中、新生代断陷盆地。控制震区新构造运动的有三组构造带：东西向构造带，北西向构造带和北北东向构造带。三组断裂互相切割，划分成为若干断块。中、新生代一直在活动的是北北东向构造，是本区域的控制性构造，但其活动缓慢。而北西向和东西向构造活动是间歇的，但活动性较强，目前正处于活动期。对这次地震发震机制的看法，目前尚无结论。多数的意见认为：近东西向的反扭地震断裂是在北西向一对反扭剪切应力作用下形成的，在北东——北东东向主压应力作用下，沿北西西向和北北东向产生两种构造活动，其中北西西向的构造活动对这次地震的发生起了主要的控制作用。这一认识合理地解释了出现在孤山公社北延伸不远的东西向地震断裂带和主要是北西西向分布的余震活动分布图（图1）。震前各种前兆反映的敏感区突出地呈北西西向分布，又从另一方面说明了这一点。此外，这次地震极震区的走向为北西西，八度区亦沿北西西方向延伸。等震线图（图2）的这一特征亦说明了北西西向构造活动对这次地震的控制作用。



注: M2.5.0的地震后至2月4日

图 1 海城7.3级地震余震震中分布图

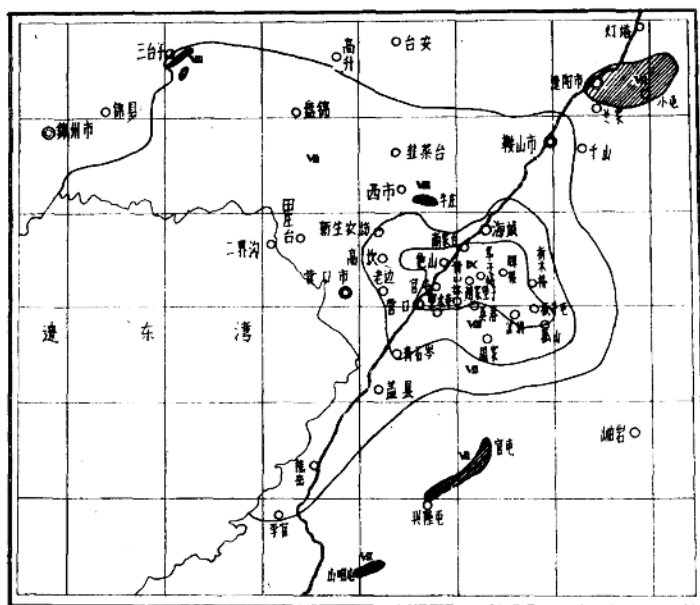


图 2 海城7.3级地震地震烈度分布图

(三) 烈度分布概貌

宏观震中位置在海城县英落公社赵家堡子东经 $122^{\circ}41'$ 北纬 $40^{\circ}42'$ 附近。

九度区大体上分布在由毛祁、虎庄、英落、孤山子所限定的范围内(如图2)。长轴长50公里,短轴长37公里,长轴方向为北西西。面积约760平方公里。八度区基本延续了九度区的方向和形状,面积约1690平方公里。七度区呈“十”字形分布,在北西西和北北东方向上

衰减较慢,说明了北西向和北北东向两组构造带的影响。七度区向西延伸至锦州东,向南延伸至熊岳南,面积约9200平方公里。烈度分布的这种畸变现象,一方面和上述构造带的影响有关,另一方面亦和本区地的工程地质条件有密切关系。震区的工程地质特征:长大线以东为由古老的变质岩和火成岩组成的低山丘陵,其间分布有小型的山间盆地,复盖层一般均不厚,地基条件主要属Ⅰ、Ⅱ类场地土。长大线以西为由低山丘陵过渡到退海之地的广大滨海平原,其间分布有洪积扇、古河道、牛轭湖、沼泽地等沉积层,地基条件主要属Ⅱ、Ⅲ类场地土。由于地基条件不同,烈度衰减在两个方向上差别较大。向东衰减甚速,延伸甚近,而向西则衰减较慢,延伸较远。

此外,尚有为数不少的烈度异常点和异常区,散布在各烈度区内。八度区内,海城镇出现九度异常,产生烈度异常的原因,可能是由于该城座落在海城河阶地和山前洪积扇的交接带上,土质条件较差;同时又位于北东向、北西向、东西向三条断裂带交汇的构造薄弱部位。七度区内,营口市、田庄台、二界沟、牛庄等地出现八度异常。在这些城镇的浅层地基中分别有滨海相、河漫滩相、牛轭湖相的粉细砂层,砂基液化是造成震害加重的主要原因。六度区内,辽阳市出现七度异常。该市位于太子河西岸阶地上,太子河断裂带在这里通过,海城地震前后,这里不断发生小震,这一构造条件可能是出现烈度异常的一个因素。

(四) 地表震害现象

这次地震在广大震区内出现了较多的地表震害现象,如地裂缝、山崩滚石、喷砂冒水、地坍塌、地变形和冰拱等。

1. 地裂缝

广泛成带出现的地裂缝是这次地震地表震害的主要现象之一。其表现形式,因各地地质、地形和地貌不同而有显著差异,时隐时现,有宽有窄,长短不一,形态多变。其分布范围,东起岫岩县偏岭,西至锦县八千,北自辽中县柳寨,西达渤海滨。东部地区,裂缝发育,但规模较小,长十几米,走向比较复杂。缝宽一般可达20~30厘米。西部地区,裂缝相对发育,但缝宽较大,一般宽十几厘米至几十厘米,最宽的达2~3米。长几米至几百米。裂缝方向多变,但较大裂缝的走向多数与河流大致平行(照片1~6)。

地裂缝按其性质可分为两类,一类是构造裂缝,它不受地形地貌的影响,系地震断裂在地表的反映。如出现在孤山公社北的裂缝带,即属于构造裂缝。该裂缝带总长约5.5公里,最大缝达宽40厘米,走向近东西,呈雁行排列。另一类是非构造裂缝,往往在某些特殊的地形、地貌部位出现,并受地下水及土质条件的影响,组合极不规则。西部地区的裂缝,大多是非构造裂缝。

地裂缝对建筑物的破坏有显著影响,只要是地裂缝经过之处,房屋、桥梁、堤坝等建筑物的破坏程度就显著增加。

2. 山崩滚石滑坡

在东部山区,局部有山崩滚石现象。如英落公社老刁山,地震时从山顶滚落大小石块数十块,最大的石块重达六十余吨(照片7)。

在盘锦古城子公社滑坡最大,裂缝达6.2米,标高下降2米,滑移面积百余亩。

3. 喷砂冒水

喷砂冒水是下辽河地区震后广泛出现的一种地表震害现象。全地区喷出的总砂量估计达五百万立方米。喷砂孔的分布,有成群出现的,有沿裂隙呈线状分布的,也有单个出现的

(照片8)。三种型式中以单喷孔分布为最广。孔口锥形堆积物, 锥高一般10~30厘米, 个别可达50厘米。喷出的砂量多者约达300立方米, 可覆盖一亩农田。辽河化肥厂, 震时曾由打入地下深达15米的钢筋混凝土空心桩中喷出大量的砂和水。喷出的砂粒主要是0.05~0.01毫米的粗粉砂。喷砂的同时, 常冒出大量的地下水。据分析, 冒出水中的氯盐含量最高可达千分之二十。

此次地震喷砂冒水的结果, 使一些建筑物遭到破坏, 灌溉渠道被淤塞, 加重了土地的盐碱化(照片9)。

4. 地坍塌

地震后, 在孤山、析木、英落公社等地, 相继出现大小不等的陷落坑约数百处(照片10~11)。这些地区陷落坑的分布大体上与石灰岩、大理岩的分布区是一致的。陷落坑的成因, 估计是由表土层下的岩溶洞受震后顶板破裂而形成。由于表土冻层的保护, 有的在震时并不立即陷落, 随着气候转暖, 冻土开化, 陷落坑的数量陆续增加。

另一种地面陷落现象发生在下辽河地区。地面发生喷砂冒水后, 地层下部被掏空, 因此喷砂冒水孔附近, 常伴随出现地面的坍塌。

此外, 在采空地区, 震后亦有局部坍塌现象, 如大石桥营口县化肥厂的一个仓库, 震后地坪出现一个陷落坑。据了解, 其下系以前金矿的废采矿坑道(照片12)。

5. 河岸滑坍

河的两岸地表土层有向河床主流道方向滑坍现象。如盘锦田庄台辽河两岸向河心的滑坍, 河岸沿河方向出现很多宽度不等的裂缝, 最宽裂缝达3米。这种滑坍现象, 对河边建筑物, 尤其桥梁危害很大(照片181)。

6. 地下土层变形

地震不仅使地表土层产生严重变形, 有些地区地表以下较深部位的土层也产生变形。如盘锦地区双台子河西岸有一油井, 震后地下7~11米处套管产生“S”形弯曲变形, 最大角变位达 $3^{\circ}30'$ 。油井套管的变形, 说明下部土层变形的存在。

7. 冰拱

冰拱是这次地震后出现的一种特殊地表现象。冰拱多数分布在河流主流槽上, 由两岸向中间推挤拱起, 断面形如窝棚, 宽达1.5米。最长的延伸达几公里(照片13)。有的地方冰拱被推挤到河的边岸上。

(五) 城乡民用建筑震害概况

本地区城镇及农村大多数民用房屋为平房。多层砖房多集中于几个较大的城市和工厂, 分布范围有限。平房结构在西部地区, 主要为水泥、石灰或粘土做盖的“平顶房”。中部、东部地区则主要为草、瓦做盖的“人字形”房屋。总的结构特点是: 一般均有木柱和盘山柱支承房盖, 大多数墙壁不承重, 这就增加了房屋的抗震性能, 在遭受地震破坏时, 常常是墙倒而房盖不落(照片15~16), 即使在极震区全部落顶的房屋也为数不多。不同烈度区城乡民用

注①: 农村民用房屋的分类主要系以房屋外墙为标准:

I类房屋: 堆石墙、泥浆砌筑的毛石墙或卵石墙, 夯土墙, 以及与此类似的墙;

II类房屋: 白灰砂浆砌筑的毛石墙或卵石墙、土坯墙, 以及与此类似墙;

III类房屋: 水泥砂浆砌筑的砖墙、块石墙, 以及与此类似的墙。

②: 房屋震害程度的统计指标: 少数: 指5~15%左右; 许多: 指20~40%左右; 大多数: 指50%以上。

建筑震害情况，大致可归纳如下：

1. 九度区：在农村，Ⅱ类房屋①大多数②倒坍③，许多破坏，少数损坏。Ⅲ类房屋许多倒坍，少数破坏。属于九度区的城镇有海城镇和大石桥镇，分别是海城县和营口市所在地。海城镇的平房：大多数倒坍，许多破坏，少数损坏，少数轻微损坏；多层砖房：少数倒坍，许多破坏，许多损坏。其中，县革委会招待所主楼局部倒坍，两翼三层楼房全部倒坍，破坏情况最为严重（照片29）。大石桥镇的平房：许多倒坍，许多破坏，少数损坏，少数轻微损坏；多层砖房：许多倒坍，许多破坏，许多损坏。完工仅四个月的百货大楼亦局部倒坍。城乡建筑突出屋面的烟囱几乎全部破坏。

2. 八度区：在农村，Ⅱ、Ⅲ类房屋，少数倒坍，大多数破坏，许多损坏。属于八度区的城市有营口市，许多房屋损坏，许多破坏，少数倒坍。城乡建筑突出屋面的烟囱：大多数倒坍，许多破坏。

3. 七度区：在农村，Ⅱ、Ⅲ类房屋，个别倒坍，少数破坏，少数损坏，大多数轻微损坏。属于七度区的城市有鞍山市和辽阳市。鞍山市少数房屋损坏，少数破坏，个别倒坍。辽阳市许多房屋损坏，少数破坏，个别倒坍。城乡建筑突出屋面的烟囱：许多倒坍，许多破坏。

（六）工业建筑震害概况

海城地震发生在工厂密集的工业发达地区。由于这里大部分地区过去均未考虑抗震设防的问题（基本烈度为六度），故震后各类工业建筑都遭到不同程度的破坏。据三市、二县、一地区的不完全统计，震区内工业建筑破坏总面积达120万平方米，其中倒坍和严重破坏的近20万平方米。有109个烟囱折断。鞍钢系统的51个厂矿，厂房破坏面积约为37万平方米，其中倒坍和严重破坏的近3万平方米。全厂266个烟囱，损坏的有36个。不同烈度区工业建筑的震害情况，大致可归纳如下：

1. 九度区：工业建筑在九度区还是很多的，分布在海城镇、大石桥镇、海城镁矿、梓子峪和青山怀等地。

九度区仅个别料仓棚、贮仓和厂房的屋架为钢结构的，其中除个别结构的支撑被压弯外，主要承重钢结构没有被损坏的。

单层钢筋混凝土厂房的承重结构震害亦较轻，仅在一些厂房中，构件的联结点处有损坏或破坏。

大多数单层厂房的砖围护墙都出现大面积倒塌和严重破坏，特别是墙的上部和山墙最容易遭到破坏。

单层砖厂房，墙身严重开裂，砖柱断裂或局部压碎现象很多，甚至个别达到墙（柱）倒塌。其中以变截面砖柱的上柱破坏为甚。

多层砖房，少数有局部倒塌或严重破坏，许多破坏，许多损坏。

多层钢筋混凝土框架房屋，仅有少数损坏。

砖通廊和转运站顶部砖房，大多数倒塌或严重破坏。

③：评定房屋震害程度的标准是：

倒坍：全部或三面墙倒坍，或虽部分倒坍，但主要承重结构已破坏；

破坏：山墙或前后墙破坏、倒坍或严重劈裂；

损坏：山墙或前后墙劈裂、倒山墙尖、墙角，倒间壁墙，局部掉瓦；

轻微损坏：细小裂纹，个别掉砖、掉瓦、局部墙面粉刷脱落；

基本完好：基本上没有损坏或局部有细小裂纹，不影响使用。

钢筋混凝土烟囱基本完好，砖烟囱则大多数倒塌，许多破坏。

2. 八度区：工业建筑在八度区主要分布在营口市、老边、圣水寺等地。

厂房中钢结构没有损坏。

单层钢筋混凝土厂房，除营口老边中板厂机修车间屋盖由于施工、设计存在较大缺陷而全部倒塌落地一例外，其它厂房的主要承重结构的震害情况与九度区相似，但震害情况更轻。

单层厂房砖围护墙的震害情况与九度区相似，仍很严重。

单层砖厂房虽有个别厂房倒塌，但一般震害比九度区轻。墙身开裂仍很普遍，砖柱开裂、变截面柱上柱压碎现象也常见到。

多层砖房有个别倒塌，少数破坏，许多损坏。

多层钢筋混凝土框架房屋，仅有个别损坏。

砖走廊和转运站顶部砖房，有不同程度的裂缝，未见倒塌现象。

钢筋混凝土烟囱基本完好，仅有少数解放前建造、钢筋和混凝土均有严重腐蚀情况的烟囱，个别折断，少数发现水平裂缝。砖烟囱大多数倒塌，许多破坏。

3. 七度区：七度区的工业建筑主要分布在鞍山市、辽阳市及盘锦地区。

钢结构和钢筋混凝土结构单层厂房的主要承重结构基本完好，但砖围护墙却有很多破坏。

砖承重房屋：个别破坏，少数损坏。多层钢筋混凝土框架房屋基本完好。砖走廊只有个别倒塌的。

钢筋混凝土烟囱均完好，砖烟囱则有少数破坏，许多损坏。位于桩基上的辽河化肥厂造粒塔，在地震时曾大幅度摆动，塔底安装螺栓拔出约6毫米，但未发现其他破坏。

(七) 生产设备、动力设施及其它工业构筑物震害概况

1. 生产设备

工矿企业的震害主要是厂房的破坏。由于厂房倒塌，也砸坏了部分设备。据统计，震区范围内，机械设备破坏共1817台，其中有617台完全报废。鞍钢厂内的主要生产设备，如高炉、平炉、转炉、烧结机、轧钢机等主要部位均无损坏。仅鞍钢炼铁厂部分高炉局部有所损坏，如8号高炉的热风炉内衬局部倒塌，4号、7号高炉小钟均压管及 $\phi 400$ 阀平台被震歪（照片17），三个高炉的探尺折断，多处管道焊缝被震裂等，经检修很快就恢复了生产。海城和大石桥两镁矿，是供应鞍钢和全国优质耐火材料的重要基地，其主要生产设备是烧结竖窑。地震时由于突然断电、被迫停水，20座竖窑中有12座竖窑的汽化冷却水管被烧坏，内衬脱落，造成较大损失。老边钢铁厂是营口市地方企业，地震时也由于突然停电、停水，高炉停炉，铁水凝结，对生产造成很大影响。

2. 供电

供电系统的震害主要是变电所房屋损坏，变压器移位，蓄电池、电容器、开关、磁瓶等电气设备被震坏（照片18~19）。此外，线路混相也烧坏了一些设备。如营口一次变电所一台8万千伏安变压器因变压器二次侧（66千伏）BC相出口处短路和内部故障而烧坏，其它变压器震移10~15厘米，整个地区13个二次变电所全部停电。海城一次变电所的6万千伏安变压器震移25厘米，22万伏变压器C相开关被震碎，电容器全部倾倒。由于供电系统遭受损坏，影响了这些地区的工业和居民用电，产生了一些次生灾害（如前述海城和大石桥镁矿的竖窑烧

坏),也给震后的恢复工作造成了较大困难。鞍山地区红旗堡一次变电所和鞍钢供电厂所属五十余个变电所,由于改造了瓦斯保护装置,地震时变压器免于跳闸,供电未有中断。

这个地区的输电线路,除个别有落线,线杆倾斜或下沉等情况外,基本保持完好。

3. 供水

供水系统的震害主要是泵站房屋损坏,电气设备损坏及管线断裂等。八、九度区的海城、营口和七度区的盘锦地区的供水管线,震后都有断裂漏水现象。如据营口市统计,该市供水管线共有三百六十多处受损,其中以铸铁管的损坏最严重,钢管、混凝土管、石棉水泥管、塑料管损坏较少。损坏形式,主要是在承插口处拔出或断裂,也有局部管段出现纵向裂缝的。七度区的鞍山市及鞍钢的供水系统,除部分泵站房屋有损坏,个别管段接头处被震裂外,震后基本保持完好。

4. 燃气管线

位于七度区的鞍钢厂内的煤气管线,在这次地震中,管道和支架均未有大的损坏。但也在七度区盘锦油田,管线却有多处断口(多在喷砂点处)。盘锦至鞍山的地下天然气管线,也有两处发生断裂,经抢修很快就恢复了输气。

5. 交通

铁路交通方面的震害,除房屋建筑外,桥梁、路基、路轨、通讯及讯号等亦都有破坏。铁路桥梁中以大石桥镁矿专用线上的西河桥破坏最为严重。地震后,四个桥墩中有三个发生断裂,两端梁跨向北位移50~200毫米,路基变形,护坡坍塌,路轨弯曲(照片187~192)。海沟线三岔河桥,16号桥墩支座螺栓被切断,梁向西位移335毫米。海沟线路基有16处下沉,最大下沉量为1米,5处开裂,裂缝最宽处达50厘米。局部路轨发生弯曲。长大线路基有9处下沉,最大下沉量为0.5米。上述两线的通讯均曾一度中断,部分讯号设施亦有损坏。这些震害曾使局部铁路暂时停运。

公路交通方面的震害主要是桥梁的破坏,震区内约有100座规模不等的桥梁受损,其中以盘锦地区辽河大桥(照片196~198)、双台河大桥和海城析木桥(照片193~195)破坏最为严重。

6. 水工构筑物

震区内共有8个中、小型水库受损。如石门岭土坝,由于地裂缝穿过土坝坝体,坝顶产生纵向裂缝,长达50多米。上游坡有两处滑落,坝体出现裂缝一处长24米,一处长35米。营口造纸厂水源地为一平原水库,由于横裂缝切开了土坝坝体,库水冲开一个20公尺宽的缺口,幸抢救及时,未造成巨大损失。盘锦地区有15个排灌站遭受损坏,其中以东风排灌站损坏最为严重。震后主体厂房开裂30厘米,水泵全部漏水,水泵出水口、插入口全部断裂,机排闸门不均匀下沉,下沉量50~75厘米,灌溉闸门下沉20厘米。

位于七度区内的鞍钢三个尾矿坝,坝体系由矸石堆成,震后基本完好。位于六度区内的鞍钢弓长岭尾矿坝,坝体系由尾矿粉堆成,震后坝体出现多条裂缝。

二、地震区工业建筑主要震害现象及其分析

在这次调查中,先后到了属于九度区的海城镇、大石桥镇、牌楼、青山怀、棒子峪,属于八度区的圣水寺、老边、营口市、田庄台和属于七度区的鞍山、盘锦等地。钢都鞍山是我国重要钢铁基地,鞍钢所属各工厂和矿山散布在上述一些地区。在这些地区,还有为数众多的地方工业企业。这次我们调查的,主要是冶金工厂和矿山的建筑物和构筑物,同时也涉及一些其它的工业建筑。大型工厂矿山,一般均有自成系统的生活福利设施,故对部分办公

楼、生活间、宿舍、学校、医院、俱乐部等建筑，亦进行了调查和分析。

这个地区的工业建筑，大部分是解放后新建的，也有为数不少的日伪时期留下的旧厂房。从结构类型上看，有钢筋混凝土结构，也有钢结构、砖混结构和砖木结构。从构造形式上看，大部分属于目前通用的。

由于过去这个地区的基本烈度属不设防区，除个别建筑物外，大部分建筑均未考虑抗震设防的问题，因此，在这次地震中许多建筑物和构筑物都遭受到了不同程度的破坏。现将各类建筑物和构筑物的震害现象及其分析分述如下。

(一) 多层砖房和多层钢筋混凝土内框架房屋

多层砖房，目前比较普遍。这类结构有一定抗震能力，但其自重大，延性小，整体性弱，砌体抗剪、抗拉强度低，因而抗震性能较差。调查情况表明，在地震区多层砖房的破坏程度较钢结构和钢筋混凝土框架结构要严重得多。

多层砖房，主要可分为砖混结构（砖墙承重，现浇或预制钢筋混凝土楼盖）和砖木结构（砖墙承重，木楼盖）两种类型。由于砖木结构大多是些早年的民用房屋，所以不作重点调查，这次着重调查砖混结构的多层砖房。

多层砖房在各烈度区的损坏程度，在前面已有记述，这次抽查的100多栋多层砖房其震害概率约为：九度区有35%左右局部倒塌或破坏，45%左右遭到损坏，20%左右轻微损坏和完好。八度区有10%左右局部倒塌，破坏、损坏、以及轻微损坏和完好的各占30%左右。七度区有5%左右房屋局部倒塌，10%左右破坏，25%左右损坏，60%左右轻微损坏和完好。

这次调查中，在八、九度区也看到一些平、立面比较规整，地基较好，楼层较低，横墙较密，构造合理，施工质量良好的多层砖房经受了强烈地震而仍保持完好。这说明精心设计和精心施工，对于保证多层砖房的抗震能力有很大关系。

多层钢筋混凝土内框架房屋就其震害特征而言大体上与多层砖房相似。由于内框架房屋是由两种材料构成，并且一般比较空旷，其刚度和整体性较多层砖房为差，所以震害程度也常较多层砖房稍重。

多层砖房和多层钢筋混凝土内框架房屋的主要震害现象及其原因可归纳如下：

1. 屋盖或楼盖下墙体的水平裂缝

不少房屋屋盖下，墙体有水平裂缝，一般位置在屋盖底下1~5皮砖范围内。现浇的钢筋混凝土屋盖下这种裂缝见到较多，严重时在九度区还伴随有整个屋盖的水平错动。如位于九度区的海城某厂球团转运站钢筋混凝土屋盖下墙体出现通长水平裂缝，里外贯通，屋盖向通廊侧位移20毫米（照片22、23）。位于八度区的大石桥某厂化验室，顶层现浇钢筋混凝土楼盖下墙体也出现沿外墙四周贯通的水平裂缝（照片24）。七度区有时也有这种裂缝的出现，但震害程度较轻。也有的砖房在楼盖下发现水平裂缝（照片25）。

上述水平裂缝主要是由于水平地震力沿水平砖缝造成的墙体剪切破坏。对于钢筋混凝土屋盖，由于砖墙和屋盖材料在干缩和温度等因素影响下的变形差异，两者之间在平时可能就有内应力或者裂缝存在，因此，在地震时更容易产生水平裂缝。

2. 纵墙水平裂缝、断裂或压碎

在震区这种现象多见于横墙间距较大的纵墙承重多层砖房，破坏部位常在窗间墙、楼板标高等位置。这种震害使墙体严重削弱，甚至丧失承载能力。如九度区华子峪家属宿舍，有一栋三层楼宿舍底层改为商店，取消了部分横墙，比较空旷。震后窗间墙的外墙面可见严重

的碎裂现象(照片26~28)。海城某厂厂区两栋二层砖柱楼房,在楼层标高处纵墙水平缝里外贯通,整个二楼向后明显倾斜(照片31~33)。八度区如大石桥某厂运输办公室,较空旷,在窗间墙部位也有贯通的水平裂缝(照片25)。在七度区,鞍钢技工学校三楼大厅窗台处也出现通长的水平裂缝但程度较轻。

上述震害的原因是由于横墙间距较大,因此楼盖或屋盖的刚度不足以将全部横向地震力传递给较远的横墙,或横墙强度不够使纵墙也承受很大的横向地震力。纵墙在平面外的刚度很小,在偏心受压时,受拉区极易产生水平裂缝,受压区在弯矩、竖向荷载和竖向地震力的综合作用下也易由于强度不够而压裂。海城县革委会招待所在这次地震中,两翼三层侧楼全部倒塌可能也是这种情况造成的(照片29、30)。

3. 墙体交接处的竖向裂缝

墙体交接处的竖向裂缝在七度区就有发生,在八度和九度区还常可见到有外墙外倾的现象。这种现象,一般以砖木房屋更为明显。如九度区的桦子峪新建家属宿舍内外墙交接处上部竖向裂缝达200毫米左右,外墙外倾也极为严重。八度区的大石桥某厂南楼家属宿舍,内外墙拉开达100毫米,外山墙倾塌,使屋盖局部塌下(照片34)。该幢宿舍屋盖采用苏式人字形木屋架,在地震作用下,对外墙和山墙有水平推力,使外墙遭到很大破坏。七度区的鞍山市原料协楼三楼层内外墙交接处竖向裂缝宽50毫米,外墙亦有轻微外倾。又如鞍山市二民房(照片35、36)也是如此。

产生上述震害的原因,都是由于纵墙受到较大的平面外水平地震力,而内外墙之间联结不好,又没有圈梁所致。就砖木结构来说,楼板刚度较小,纵墙承受的横向水平地震力相应增大,同时楼板对纵墙没有足够的侧向约束,从而加大了纵墙的楼层计算高度,因此墙体交接处竖向裂缝和外墙外倾现象表现更为明显。

4. 墙体的斜裂缝和交叉裂缝

纵、横墙体上的斜裂缝和交叉裂缝是地震区较普遍的震害现象之一,无论在九度区、八度区或七度区均经常可以见到。多数产生在外纵墙的窗间墙部位,窗肚墙处亦偶而可以见到。内纵墙多数是单斜的裂缝。横墙在底层出现的常呈对角线状,顶层裂缝斜度则较平缓,有的接近水平。上述裂缝一般情况是横墙较纵墙严重,底层较上层严重,但也有的顶层或中间层较为严重。如九度区的海城某厂办公楼和子弟学校均以二楼层横墙和山墙斜裂缝较为严重(照片49~54)而海城某厂金家堡子成球间顶层和底层墙面均有严重的斜裂缝和交叉裂缝,甚至有砌体产生错位的现象(照片37、39)。八度区的大石桥某厂镁砖车间压砖段和总降压变电所亦均有较为严重的斜裂缝和交叉裂缝(照片40、43)。在七度区亦可以见到很多类似的情况,不过程度上较轻。

产生上述裂缝的原因是,在纵、横水平地震力作用下,砖砌体平面内抗拉应力强度不足,因而产生剪切破坏。由于地震力是反复作用的,所以经常表现为“X”裂缝的形式。

5. 房屋四角外墙的破坏

房屋四角外墙常出现双向斜裂缝。当端墙较宽时表现为交叉裂缝。当端墙较窄时沿门窗角部出现横“V”字形的裂缝。这种裂缝通常在房屋的顶层较为严重。端墙越窄破坏越重。不少房屋的外墙尽端沿裂缝砌体还发生错动现象,甚至局部倒塌。如九度区的海城某厂金家堡子球团转运站和烧结1号转运站就是这样的例子(照片41)。八度区大石桥某厂镁砂拣选室顶层两侧端墙,一侧有“V”形裂缝并严重错位,另一侧角部砌体倒塌(照片44)。七度区