

包头6.4级地震灾害特点及城市地震对策

张建业, 樊迎春

(内蒙古自治区地震局, 内蒙古呼和浩特 010051)

摘要: 分析总结了1996年包头6.4级地震的地震地质背景、工程场地条件及地震灾害特点, 介绍了包头市的城市地震防御措施和应急对策, 提出城市地震应急对策的主要问题。

关键词: 包头地震; 灾害特点; 城市地震; 对策

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2005)04-0346-05

Disaster Characteristics of $M_s6.4$ Baotou Earthquake and Countermeasures of the City Earthquake

ZHANG Jian-ye, FAN Ying-chun

(Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010051, China)

Abstract: The seismo-geological background, site engineering condition and disaster characteristics of Baotou $M_s6.4$ earthquake in 1996 are analyzed and summarized. The prevention measures and emergency countermeasures for city earthquake event in Baotou city are introduced, and some problems in the countermeasure are put forward.

Key words: Baotou $M_s6.4$ earthquake; Disaster characteristics; City earthquake; Countermeasure

0 引言

1996年5月3日12时32分内蒙古包头西发生了 $M_s6.4$ 破坏性地震。这是我国境内继1976年唐山7.8级大地震后, 又一次发生在百万人口工业城市的地震。这次地震对包头市与周边村镇的建、构筑物造成了一定程度的破坏, 直接经济损失15亿元。

1 包头市概况

包头市是建国后国家首批建设的重工业基地。按照城市总体规划要求, 城市绝大部分建筑在有利于抗震地段上, 城市建、构筑物分阶段性地考虑了抗震设防和抗震加固。

1.1 地震地质背景与场地条件

包头市大地构造位置在鄂尔多斯地块与阴山断块之间, 位于河套断陷带内的白彦花盆地与呼和浩特盆地之间。属于华北地震区, 阴山—燕山地震亚区, 五原—呼和浩特地震带。河套断陷是新生代以

来形成的箕状盆地, 控制该盆地生成发展和地震活动的大断裂主要为狼山山前断裂、色尔腾山山前断裂、乌拉山山前断裂、大青山山前断裂、包头北东向断裂及乌兰格隆起北缘断裂。断裂活动将河套断陷盆地分割成三个次一级小盆地, 即临河盆地、白彦花盆地、呼和浩特盆地, 在包头市区形成了“一隆二凹”隐伏构造形态。城区以II类场地土居多, 个别III类土地段。

1.2 地震小区划

包头市小区划城区面积132 km²。小区划以地震危险性分析为依据, 以土层反应分析方法得到地面峰值加速度、加速度和位移谱, 结合工程地质、水文地质、场地卓越周期评价、局部场地条件对地震动的影响, 按PGV/PGA比值将市区划分为四类场地, 见表1。

1.3 震害预测

包头市震害预测以地震危险性分析和地震影响

收稿日期: 2005-07-25

基金项目: 地震科学联合基金(398013)

作者简介: 张建业(1957—), 男(汉族), 内蒙古呼和浩特人, 高级工程师, 现主要从事震害防御工作。

小区划结果为依据,充分考虑了地面运动强度PGA值和土层因素(岩土特性、覆盖层厚度及反应谱),结合房屋抗震性能,用模糊近似推断原理做出预测。预测结果表明,当遭遇基准期50年超越概率10%的地震影响时,市区建筑物严重破坏占22.7%,部分倒塌和倒塌占18%;死亡0.7万多人,伤1.8万人;停产20天,直接经济损失10.3亿元;京包铁路、包兰铁路可以安全通车,市区内道路桥梁不会遭到严重破坏;电力、邮电通信不会发生长时间中断。超越概率为3%时,严重破坏占24.6%;部分倒塌和倒塌占42.4%。

表1 包头市区地震小区划参数

场地类别	PGAC /[m·s ⁻²]	PGVC /[m·s ⁻¹]	PGV/PGA	T ₁ /s	T ₂ /s
I	186	10	0.05	0.07	0.2
II	196	14	0.07	0.09	0.3
III	236	21	0.09	0.12	0.4
IV	255	28	0.11	0.14	0.5

2 1996年包头6.4级地震特征

2.1 地震基本参数

震级: $M_s 6.4$; 发震时刻: 1996-05-03, 11:32:45.8; 震中位置: $N40^{\circ}42.7', E109^{\circ}36.9'$; 震源深度: 24 km; 主震纵波速度: $V_p = 6.08 \text{ km/s}$ 。

2.2 发震构造

本次地震震中位于控制临河断陷盆地的边界断裂带上,即乌拉山北缘断裂与色尔腾山山前断裂交汇复合部位。地震发生受到几组断裂的控制,力源较为复杂。从这次6.4级地震所处的构造部位、极震区(VIII度区)等震线形态特征、余震序列展布和震源机制解分析,乌拉山北缘活动断裂带为本次6.4级地震的发震构造。

2.3 地震序列特征

本次地震为典型的主震余震型序列特征。主震发生后,截止到6月1日共发生余震158次,其中 $M_L 4.0$ 以上余震6次,最大震级 $M_L 4.8$,主震释放能量占全序列的99%以上。

2.4 烈度分布特征

本次地震极震区烈度VIII度形态呈椭圆形,长轴方向北东向,长26 km,短轴长17 km,面积约360 km^2 。VII度、VI度区呈北西向椭圆形分布, VII度区面积约3 250 km^2 , VI度区面积约5 600 km^2 (图1)。

3 地震灾害损失与震害特点

3.1 地震灾害损失概况

这次6.4级破坏性地震造成了地面破裂、喷砂冒水;房屋局部倒塌与裂缝;地下地上管道线路网络局部损坏;部分厂矿、企业停水、停电、停气、停工、停产;公路桥梁受损,道路堵塞;农村牧区水利设施受损,水库坝堤滑坡、裂缝;矿山塌方;工厂仪器、仪表设备和基础设施受损。地震对老旧民房(平房)、无抗震设施建筑物、设计不合理和施工质量差的新建工程破坏较重,无法维修和使用。地震造成26人死亡,60人重伤,393人轻伤,无家可归者达196 633人。

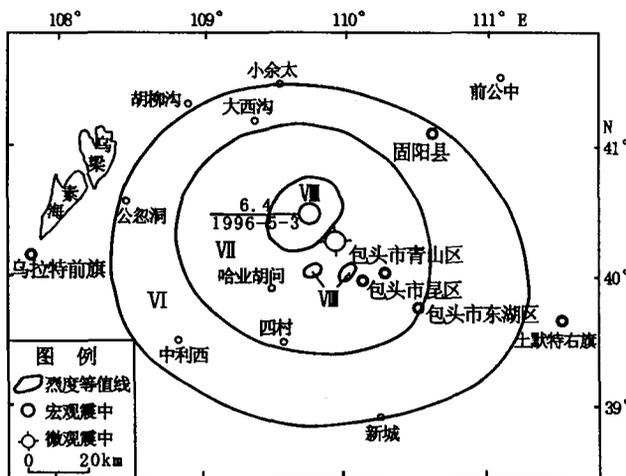


图1 包头6.4级地震等震线图

Fig.1 Isoseismic map of Baotou $M_s 6.4$ earthquake.

3.2 各类建、构筑物震害特点

3.2.1 多层砖房(砖混结构)

20世纪80年代以前建造的住宅一般为单层或3~4层砖混结构,在建造时未考虑抗震设防,80年代中后期按VIII度设防进行了抗震加固;80年代中后期建造的住宅楼(5~6层砖混结构)一般按设防烈度VIII度设计。建筑物破坏情况见表2。

表2 砖混结构震害统计

破坏等级	基本完好	轻微损坏	中等破坏	严重破坏	倒塌
栋数	33	34	20	11	0
百分比/%	33.6	34.7	20.4	11.3	0

震害特点为:

(1) 内墙破坏较重,其中门窗洞口开裂比较普遍,且多表现为斜向缝和竖向缝。

(2) 顶层破坏偏重并较为普遍,特别是在房屋端部较为突出。有的楼房在窗上檐口处出现很长的水平裂缝,几乎沿墙厚裂通。

(3) 承重梁下的砖墙出现“八”字缝,多位于在无梁垫或无圈梁处。

(4) 楼板梁出现竖向裂缝。其中某学校(五层)

顶层大房间采用井字梁,震后井字梁交叉点处多处开裂,支撑井字梁的墙体出现竖向裂缝。

(5) 房屋抗震缝由于施工中填死,致使缝的两侧出现挤压性开裂。

(6) 纵横墙联结处裂开,有竖向裂缝,外纵墙向外倾斜,楼梯间横墙明显裂缝。

(7) 楼房和平房的屋顶小烟囱断裂和倒塌,屋顶的女儿墙倒塌或裂缝。

(8) 承重横墙有 45° 斜裂缝,也有叉形裂缝。

(9) 吊顶震落破坏,伸缩缝处凡吊顶及装修未留缝而连在一起的均遭破坏。

3.2.2 框架结构

本次地震框架结构震害较轻微,主要震害特点:

(1) 框架节点破坏。如某七层商场角柱在二层节点处出现5 mm宽裂缝,原设计混凝土为 C_{30} ,震后进行强度检测三处,其强度等级分别为 C_{16} 、 C_{19} 、 C_{20} ;东河区粮油第一门市部为单层框架,有三榀框架的横梁在梁柱节点处断裂,缝宽达15 mm。

(2) 包头民航站导航塔框架柱在横梁底和窗台标高处出现水平裂缝。

(3) 框架梁支座附近出现斜裂缝,或在预板与梁搭接处沿梁长度方向出现通长的水平裂缝。

(4) 框架填充墙普遍开裂。如九星电子集团生产车间五层框架的东山墙砌块填充墙,出现交叉裂缝,局部砌体酥松。

3.2.3 排架结构

多为单层工业厂房,包括钢排架、混凝土结构排架和砖排架,震害不重。主要震害特点:

(1) 砼排架的轻钢屋架扭曲,砼排架的砼屋架下弦裂缝。

(2) 屋面薄腹梁出现垂直裂缝。

(3) 砼柱牛腿出现斜裂缝。

(4) 砖排架出现墙体开裂,砖柱顶部裂缝或压碎,并有个别屋顶塌落。

3.2.4 底层框架砖房

(1) 部分框架梁出现 45° 斜裂缝。

(2) 多层砖房破坏情况类似多层砖混结构,多数承重墙严重裂缝,部分柱裂缝。

(3) 承重墙门角砖墙裂缝,大房间梁下墙体八字形裂缝。

(4) 外墙向外闪。

3.2.5 内框架多层砖房

(1) 砼柱出现环形水平裂缝,顶层柱较为普遍。

(2) 梁端有斜裂缝,梁下墙体出现斜裂缝。

(3) 窗口下角有向下的斜裂缝,门上角出现斜裂缝和垂直裂缝。

3.2.6 其他构筑物及桥梁

(1) 烟囱。这次地震对钢筋混凝土烟囱和考虑了抗震设防或经过抗震加固的砖烟囱均未发生震害。而未进行加固的砖烟囱都发生上部断裂或掉头。有的上部 $1/4$ 高度处出现交叉裂缝;有的顶部甩掉,下部出现约20 m长的竖向裂缝(长征砖瓦厂45 m砖烟囱)。

(2) 砖筒水塔。包头地区多数为钢筋混凝土水塔,这种水塔未发生破坏。少量砖筒水塔建造时未考虑地震设防,也未进行抗震加固(如包头铁合金厂),一般在筒身中下部发生了水平裂缝和水平错动。

(3) 桥梁。在震中附近有三座跨越昆都仑河的钢筋混凝土桥。北桥离震中最近,震害也最重,中桥次之,南桥完好。北桥桥面钢筋混凝土梁出现竖向裂缝(其中一根梁竟出现70多条裂缝),三座桥墩在中间(跨中)部位出现1毫米以上的竖向裂缝,裂缝长度自墩顶直至河床面,成为危桥。

3.3 生命线工程及其它灾害

(1) 城市供水管网总长约1 100 km,震后部分管网与设施遭到破坏,市区 $\Phi 400$ mm以上口径管道损坏52处, $\Phi 400$ mm口径以下管道损坏20处。震害特点多数为管道接口松动或破裂,产生露水、冒水现象,使承压力下降。

(2) 电力设施。包头一、二、三电厂3台10万千瓦机组一度停机,多处供电设施和线路因地震破坏中断。主要震害为输变电设施被震坏,变压器倾斜,线路拉断。

(3) 供气、供热设施。包头市供热管线总长约320 km,二次管网阀门震裂9处,多处暖气沟被水灌,保温设施受损。煤气管道总长约460 km,15万立方米贮气灌地基变形裂缝,轻微沉陷,贮气灌体向北倾斜13 cm,灌体升降轨道变形。煤气管道局部刚性接口变形裂缝,出现漏气。

(4) 水利设施。昆都仑水库(按八度烈度设防)提水闸遭到轻度破坏,坝体局部产生微细斜裂缝。恩格贝水库土坝(属无设防的土坝)产生滑坡,使坝体原东西向的一排树转为南北向。坝体局部产生液化,出现渗漏水现象。

(5) 山体崩塌滑坡、地陷与喷砂冒水。哈德门金矿(露天)采石场沿基岩裂隙面发生滑坡塌方2 000余立方米,当场砸死矿工3人,重伤6人,轻伤15人。

乌拉山南侧,滑坡塌方,岩石崩落到处可见。哈德门沟、包头市区至固阳县、达茂旗公路因滑坡塌方,道路堵塞,交通中断。黄河两岸多处产生砂土液化和喷砂冒水处。从鄂尔多斯市解放滩向西经四村一带,地面产生大面积喷砂冒水与地裂缝,地裂缝断续长30 km,宽20~60 cm,局部地段产生地面隆起与凹陷(隆起高达40 cm,凹陷达30 cm)。

3.4 地震次生灾害

(1) 包头钢铁公司4号高炉28个风口因断电停水,失去冷却系统,高炉灌渣将设备烧毁,使整个厂区炼钢系统瘫痪,直接经济损失达8 000万元。

(2) 火灾。震后5月10日青山区民主路6号街坊一居民防震棚发生一起重大火灾事故,一名16岁、二名14岁男孩被烧死。昆区发生因吸烟引起的火灾,连续烧掉8个防震棚。

3.5 6.4级地震对包头市震害预测的检验

通过对包头市震害预测与6.4级地震震害评估结果的对比分析,震害预测依据的地震烈度略高于实际地震烈度。预测人员伤亡数字和部分类型建筑物破坏数量远大于震害评估结果;对其它类型建筑物,如多层砖房、平房及生命线工程的震害预测结果基本接近于震害评估结果。

4 地震对策与措施

4.1 震前防御

4.1.1 对未达到设防标准的建、构筑物进行抗震加固

包头市政府十分重视抗震设防工作,震前曾投入大量人力和物力对市区未设防的建、构筑物按照地震基本烈度Ⅷ度标准进行抗震加固。截止1996年5月,市区共加固建筑物面积达621万 m^2 ,占市区总建筑面积30%左右;加固烟囱128座、水塔25座、桥梁8座、桥涵21座。加固的建、构筑物基本符合《工业与民用建筑抗震鉴定标准》,可以保证人民正常的工作与生活。经6.4级地震实际检验,凡是按标准加固过的建、构筑物普遍震害较轻或完好。与此同时,严格加强对新建工程抗震设防的管理,保证新建工程按照《建筑抗震设计规范》进行设计与施工,确保施工质量。

4.1.2 编制实施《城市抗震防灾规划》

包头市于1990年编制了《包头市抗震防灾规划》,在防震减灾工作中起到了指导性的作用。各大型工矿企业和生命线系统单位结合各自的具体情况,也制定了详细的专业规划。在6.4级地震中,“防

灾规划”和“专业规划”在地震防御和应急中发挥了重要作用。如包头钢铁公司在1990年编制了钢铁公司的抗震防灾规划、地震救灾应急预案和包钢厂区地下管网地理数字信息图,组织了应急队伍,将地震应急工作落实到车间、班组和责任人。这种规划与方案相配套、组织与人员定职责的作法,平时可以有效地贯彻防震减灾工作方针政策,实施地震综合防御,震时在地震应急、抢险救灾以及减灾方面收到明显效果。

4.2 应急决策与指挥

包头市政府在震前3个月,对《包头市破坏性地震应急预案》进行了第二次修订。6.4级地震发生后15分钟,成立了包头市抗震救灾指挥部,并立即召开紧急会议研究抗震救灾工作。会后立即发出第1号公告,通报震情,稳定灾民,部署各项应急工作等。在这次地震应急工作中市抗震救灾指挥部共发出40号公告,其中当天发出五期。从包头市的应急工作、应急指挥机构及其组成人员可以看出,强制定科学的、符合实际的地震应急预案、有力的指挥机构是做好地震应急与救灾工作的关键。

4.3 抢险救灾与震后重建

4.3.1 抢险救灾

在抢险救灾中,全市各级党政组织、各条战线都按照市抗震救灾指挥部的指挥和部署,开展应急抢险工作。包钢在震后因电力设施遭破坏,陷入停电、断水、通讯中断、生产瘫痪状况,一些重要设备、设施随时可能发生毁坏甚至爆炸,情况万分危急。市政府、包钢领导按照预案,统一指挥,全厂分头行动,对炼钢高炉、煤气管道等险情严重和易爆易燃以及容易产生次生灾害的关键部位的设备采取了紧急防爆、防毁、控制等措施;电力部门组织了7支近500人的电力应急抢修队,重点抢修为包钢供电的两个变电站更换被毁的设备和变压器等,不到10小时之内就排除了主要故障,保证了包钢的供电和尽快恢复生产。煤气、水利、邮电等生命线工程部门分别按预案组成抢险应急抢修队和灾害调查队,分赴各重点灾区,排除险情,抢修被毁设施、设备。城建、交通、卫生、粮食等部门按照预案职责,分别行动。城建部门重点抢修市区供排水、供气设施、设备,组织开展建筑物调查与鉴定;交通部门立即排除公路障碍,抢修加固桥梁险段工程;园林部门开放公园、游园,提供避震疏散场所;公交汽车公司调集了120辆公交大客车,分赴三区为老弱病残提供避震场所;粮食部门所属16个馒头生产点昼夜加工馒头二万公斤,派出

93 辆车上街直接供应市民; 卫生部门组织医疗救护队, 组织药品、器械分赴重灾点抢修伤病员。公安、物价、消防等部门都在指挥部的统一领导下, 全力投入抗震救灾中, 为维护社会治安、稳定物价、保证市场商品供应、稳定灾民发挥了很好的作用。教育部门组织各类学校有秩序地安排疏散学生, 据震后调查, 全市 30 万在校中小学生、幼儿园幼儿无一人死亡, 也未发现教师擅离职守的现象。震后 50 天, 包头城市社会经济调查队向 1 000 名市民作了问卷调查, 95% 对震后采取的控制物价措施表示满意, 99.1% 的认为震后有安全感, 对采取的治安措施满意, 99.5% 的对食品供应表示满意。

4.3.2 震后重建

包头地震震后重建工作虽是局部性的, 但各级政府都很重视重建的科学规划和新建工程的抗震问题。一是按照科学的、长期的城市抗震防灾规划方案, 合理布局城市的建筑物; 二是注重开辟避震疏散场地; 在震后重建中规划安排了 10 个避震疏散场地; 三是严格新建工程的抗震设防; 四是科学地为农牧民设计既经济又具有抗震能力的样板房, 提高农村牧区房屋的抗震能力; 五是注重设备的抗震设防

问题, 在提高设备本身抗震能力的同时注重安装时的抗震问题。

5 结语

随着我国城市化进程的加速发展, 城市地震防御与对策已成为各级政府乃至全社会共同关注的一大课题。总结探讨城市和人口稠密地区地震应急与救灾的经验, 都不同程度地存在有诸多的问题。如城市抗震设防问题, 城市选址与规划问题, 城市功能布局问题, 城市防震减灾职能问题, 城市地震应急问题, 城市地震抢险与救助问题, 城市震后恢复与重建问题, 城市的防震减灾宣传问题等等。这些问题都需要在地震实践中加以总结和研究, 并不断完善。

[参考文献]

- [1] 丁国瑜主编. 中国岩石圈动力学概论[M]. 北京: 地震出版社, 1991.
- [2] 包头市人民政府办公厅编著. 包头“五·三”地震实录[M]. 呼和浩特: 内蒙古科技出版社, 1997.
- [3] 郭增建, 陈鑫连主编. 城市地震对策[M]. 北京: 地震出版社, 1991.