

内部资料
妥为保存

唐山地震震害調查 初步總結

中国科学院工程力学研究所^編
河北省地震局抗震组

地震出版社

唐山地震震害调查初步总结

中国科学院工程力学研究所^编
河北省地震局抗震组

地震出版社

1978

内 容 简 介

本书根据地震宏观调查结果，初步研究了1976年7月28日唐山地震的烈度分布和砂土液化等问题，初步总结了在这个地震中民用建筑、工业厂房、工业构筑物、桥梁以及水工建筑的震害经验。书中并提供了强震观测的一些结果。

本书可供工程技术人员以及地震研究工作者参考。

本书系内部资料，有关内容请勿随意引用公开发表。

唐山地震震害调查初步总结

中国科学院工程力学研究所编
河北省地震局抗震组

地震出版社出版

北京三里河路54号
黑龙江新华印刷厂印刷

[787×1096 1/16 4 3/4 印张113千字

1978年3月印刷

统一书号：13180·35 定价：1.50元

内部发行

目 录

绪论	(1)
第一章 唐山地震烈度分布的几个问题	(4)
第一节 唐山地震的宏观烈度标志	(4)
第二节 煤田采空区对震害的影响	(6)
第三节 砂土液化和地基失效对房屋震害的影响	(9)
第四节 地基土及地形对震害的影响	(10)
第五节 震害分布特点	(12)
第二章 强震观测	(15)
第一节 主震记录的初步分析	(15)
第二节 余震观测及其记录的初步分析	(22)
第三章 砂土液化及其震害	(31)
第一节 喷砂冒水的分布规律	(31)
第二节 砂土液化引起的震害	(35)
第四章 工业厂房	(41)
第一节 概况	(41)
第二节 工业厂房的破坏特点	(42)
第三节 在今后设计中应注意的几个问题	(44)
第五章 民用建筑	(45)
第一节 概况	(45)
第二节 各类结构房屋的震害	(46)
第三节 几点初步看法	(51)
第六章 工业构筑物	(52)
第一节 概况	(52)
第二节 震害特点及分析	(52)
第三节 震害的启示	(57)
第七章 桥梁	(58)
第一节 概况	(58)
第二节 震害分析	(59)
第三节 讨论	(61)
第八章 水工建筑	(61)
第一节 陡河水库	(61)
第二节 洋河水库	(62)
第三节 白官屯拦河闸	(63)

第四节	董各庄拦河闸	(63)
第五节	华新闸	(63)
第六节	杜家坎浮体闸	(64)
第七节	几点看法	(64)

附录：调查过的工业厂房情况表

照片集

绪 论

1976年7月28日3时42分,唐山、丰南一带发生了震级为7.8的强烈地震。极震区从丰南到古冶,烈度为十度,破坏中心为十一度,并波及到天津市、北京市,人民的生命财产遭受很大损失,尤其是唐山市区,灾情极为严重。震后,华主席亲自率领中央慰问团奔赴灾区,带去了伟大领袖毛主席和党中央对灾区人民的深切关怀。全国各地派来了宏大的抗震救灾队伍。在地方党委的一元化领导下,工程力学研究所和河北省地震局抗震组共同组成了一个调查组,怀着对灾区人民深厚的无产阶级感情,奔赴现场,进行震害调查工作。在唐山地震工作队现场指挥部的统一领导下,以毛主席革命科研路线为指针,学习灾区人民大地震、人大干的大无畏革命精神,发扬连续作战作风,在一个月时间内,初步调查总结了这次地震中各类建筑物的震害经验,并取得了一些强余震的地面运动加速度记录。

唐山地震发生在人口稠密、工业发达的城市里,使各类工业与民用建筑,特别是城市的多层砖混结构住宅和煤矿的地面建筑物,遭到了严重破坏。在极震区,经过正规设计的各类工业厂房和构筑物有70—80%倒塌或主体结构遭到严重破坏。巨额投资的生产设备许多遭到毁坏。多层砖混结构房屋有90%倒塌或遭到严重破坏。砖烟囱几乎全部倒平,砖筒壁水塔从根部倾倒;有的矿井井塔被震得歪斜或下沉,井下巷道内有大量地下水涌入。广大震区内路基塌陷裂缝,铁轨变形,毁坏或严重破坏的各种大中型桥梁占三分之一左右;喷砂冒水地区达24000平方公里,其中严重者达3000平方公里,淹盖了大量农田,堵塞了大量排灌渠道和井管,破坏了数万口农用机井;广泛地引起了房屋、桥、坝的地基失效。有的地方还发生了严重的次生灾害,如因房屋倒塌而引起剧毒气体扩散,易燃易爆物品爆炸燃烧等。震时正在生产的平炉、转炉、电炉、化铁炉因停电使钢水、铁水凝固炉内;煤矿井下作业工人因通风中断,濒临窒息及瓦斯爆炸的危险。所有这些严重的现象,在我国是前所未有的,亦为地震历史上所罕见。这次地震灾害之所以如此严重,主要是由于过去对这个地区的基本烈度估计过低,解放后新建工程(除个别外)均未按抗震要求设防,对老旧建筑亦缺乏检查加固。建筑物本身的弱点,如砖砌体强度不足、装配式结构的整体性欠佳等等,也加重了破坏。在南部滨海平原上,则由于第四纪沉积厚、地下水位浅,地基失效的影响占了主要地位。此外主震之后,同日下午发生了7.1级强余震,原来已经遭受破坏的结构再受到第二次打击,这种因积累效应而使灾情加重的情况,在东部地区最为显著。

唐山地震主震时,在京、津、石强震观测台网取得的记录,都有持续时间较长(120秒以上)、长周期振动分量随着震中距的增大而益见显著的特点。地面运动竖向分量普遍较大,约为水平分量的 $\frac{2}{3}$ 至1。上述地区地面运动加速度范围,在天津为20—100伽,在北京为47—60伽。根据震害评定的地震烈度,在天津为7至8度,在北京为6度。测得的运动加速度与评定的地震烈度基本上相适应的。

余震记录表明,唐山市区的地面运动竖向分量较大,为水平分量的0.68—0.74。在土层上(唐山机场)与在基岩上(唐山水泥厂)的最大加速度相差不太大,两台站所在地主震时的震害不重并相差不明显。

另一方面,唐山地震所提供的工程经验是丰富的,有许多问题值得进一步深入调查研究。

例如高烈度的宏观标志和物理指标，可以通过震害现象和强震观测资料来进行研究；场地条件对震害的影响可以通过烈度分布异常现象加以分析；砂土液化的危害性及其预测、防止方法可以通过震害经验的总结来寻求答案。唐山蒙受的灾难还给我们提出两个严重的科学问题，一个是如何比较准确地预测未来地震的烈度，亦即所谓基本烈度；一是如何设计在十度、十一度那样高的烈度下不至于倒塌而又经济可行的建筑结构。毫无疑问，唐山地震的沉痛教训将推动我国抗震工作加快步伐，向前迈进。

现在，唐山抗震救灾工作已经取得了伟大的胜利，建设更加美好的新唐山的任务已经提到日程上来了。为此，我们根据初步的经验总结写成本报告，并对重建新唐山的抗震措施提出下列意见，供各方参考讨论。

一、合理提高唐山地区的基本烈度

地震基本烈度是指一个地区在今后一个时期内（通常取一百年）可能遭遇的地震的最大烈度，它是这个地区地震灾害的长期预报。唐山地区由于过去把基本烈度定得偏低，从而加重了震害。这是一个沉痛的教训。现在，地震预报还没有完全过关，近年来不少破坏性大地震发生在原定的低烈度区，例如1966年邢台地震、1970年通海地震、1975年海城地震，以及这次唐山地震，都是如此。在没有准确评定基本烈度之前，唐山的重建应当按较高的烈度设防，使各类建筑物及工程设施具有较高的抗震能力。

二、勘查场地条件，因地制宜地进行建设。

合理地选择场地，是减轻震害的有效方法之一。在重建唐山的工作中，从城市规划至工程设计，都应从抗震角度进行场地选择。首先需要勾画出那些不宜于建设的地区，例如有严重液化危险的地区、活动断层的两侧地区以及煤矿采空区（尽管采空区对震害影响还不甚明显）。此外，尚须进一步总结这次地震烈度分布的经验和进行场地土质的勘探，为工程抗震设计提供必要的资料和数据。

三、树立“小震（相当于设计烈度的）不坏、大震（意外的）不垮”的设计思想，创造能抗御九度、十度地震的建筑结构形式。

对相当于设计烈度的地震，无疑应当保证建筑结构的完好，满足我国抗震设计规范所规定的不需修理或经一般修理仍可继续使用的要求。对于意外的大震，由于发生的概率很小，普遍按它设防是不经济的。合理的办法是降低抗震标准，容许有一定破坏，但保证不会倒塌，使人员和重要设备能够获得保全。因此唐山新建的建筑结构应当能够经得起高于基本烈度一、二度的地震的打击而不倒塌。

我国对于七、八度的抗震设计已有一定经验，但对于九度或十度地震，既缺乏经验，又缺乏实验研究。如何在现有的条件下，创造出经得起九度、十度地震的打击而且可以被广泛采用的结构形式是一个难题。根据现场考察，我们认为有下列途径可循：

（一）提高砌体强度。可以通过提高砖和砂浆的标号和保证施工质量的方法来实现；还可以发展轻质高强的大型砌块来达到此目的。

（二）装配式结构整体化。主要是加强构件之间的连接与支撑，使之成为整体。这次地震的一个沉痛的教训是预制板的塌落导致了大量伤亡。但是我们认为根本原因还在于墙体的破坏和倒塌，再则构件连接的脆弱和施工质量不能保证也加剧了破坏。如果在这几点上获得纠正，预制构件不是不能应用的。

（三）发展框架—填充墙结构。这种结构在这次地震中较少倒塌，主要是由于填充墙有抗侧力作用，框架有约束填充墙和提高结构延性的作用，两者相互结合，有利于抗震。

(四)尽可能采用连续性结构和现浇钢筋混凝土结构,因为这类结构的整体性和延性都较好,无疑对抗震是有利的。

(五)消除结构上的弱点,避免“牵一发而动全身”的不应有损失。例如这次地震中,有许多钢或钢筋混凝土结构厂房的倒塌是由于边跨屋架搁在外墙上面,因墙倒而牵动了整个厂房。如果增加几根边柱,这种破坏本来就可以避免。

(六)淘汰一些已经证明不能经受高烈度地震的结构形式,例如砖烟囱、砖筒壁支承水塔、砖柱厂房、低标号砂浆砌成的片石墙结构等。

四、确保一些重要的工程设施和建筑结构,防止次生灾害。

根据这次地震经验,大水库、重要桥梁、指挥系统、通信网、供电供水系统、医院等是需要确保安全的,否则会给抗震救灾、恢复生产带来很大困难。虽然这次地震没有发生很大的次生灾害,但是也有一些濒临事故的险境。次生灾害不可不防,在建设新唐山时必须加以考虑。

五、在城镇规划和建筑设计方面考虑抗震要求。

这方面可以采取的措施是很多的,例如对城市进行功能分区,用绿化地带或体育场、公园、广场等将各区分隔并加宽街道,以利于震时防火和紧急疏散;又如将重要工业和行政机构分散设置,以避免同时遭到破坏;再如设置备用的水源、电源及电讯联络系统,以利于震后救灾。

地下室可提高建筑物的抗震性,还可用作地震时暂避的场所。所以在有条件时最好设置地下室。在农村,可以在重建家园时有意识地建造一些安全房,以便于震时暂住。

六、适当提高住房的抗震设防标准。

这次地震的大量伤亡是由于住房倒塌带来的,这个教训必须记取。但在现行抗震设计规范中,住房列为一般建筑物,设防烈度可比基本烈度降低一度,这是很不合理的。而且住房由于为造价所限,强度潜力往往挖掘较深,不利于抗御意外的大震。今后有必要提高住房的抗震标准,并应着重考虑防止倒塌的措施。

七、根据抗震需要发展建筑材料工业和施工技术。

我国建筑物抗震的困难之处在于缺乏足够的抗震性能良好的建筑材料。木材与钢材都必须节约。比较有广阔发展前途的是水泥。如果有足够的水泥,那末就不难提高砌体强度,发展钢筋混凝土结构。此外,轻质高强材料对抗震是有利的。为此,建议建筑材料部门考虑抗震需要,大力发展水泥工业,利用地方原料和工业废物,因地制宜地扩大轻质高强建筑材料的生产。

保证施工质量是提高建筑结构抗震性能的一个重要方面。根据唐山的情况,似宜发展现浇混凝土机械化施工、打桩技术以及从施工方面保证砌体强度和现场焊接质量。

八、在基建投资上考虑经济与安全这两个方面的平衡,避免因小失大。

这次地震有些贵重的、关键的设备由于厂房倒塌而被砸坏。这些厂房,土建投资只占全部投资的一小部分,而抗震费用又只占土建投资的一个很小的部分。对于这类建筑,宜增加一点抗震费用,以保证设备安全。此外,也可以在建筑装修和基建面积方面节约一些,以弥补抗震费用的不足。群众反映说,“宁可住得挤些,也要保证安全”。这是合理的。

我们进行调查的时间很短,工作不够深入,以上认识都是极为初步的。谬误之处在所难免,希望读者给予批评指正。

第一章 唐山地震烈度分布的几个问题

第一节 唐山地震的宏观烈度标志

近二十年来,国内的历次地震调查都以《新的中国地震烈度表》^[1]为主要依据,结合当时的具体情况评定各个地点的地震烈度。经验表明,《新的中国地震烈度表》基本上反映了烈度与震害的关系,但也暴露出一些矛盾。这次地震使广大地区遭受巨大的灾害,大量的房屋建筑、厂矿企业、道路、桥梁、水坝、河堤等人工建筑遭到不同程度的破坏,地裂缝及喷砂冒水现象很普遍,为修改地震烈度表提供了丰富的资料。我们从看到的震害现象,结合过去的地震调查,粗略地归纳出烈度六至十度比较明显的宏观标志,列于附表中。

下面说明归纳时所考虑的几个问题:

一、宏观烈度标志的选择

我们认为,宏观地震烈度是指地面一定范围内平均的地震强弱程度在地震造成的灾害上的反映。因此从地震灾害来评定宏观地震烈度需要有一定数量的观察对象,否则就不能反映一个地区的平均趋势。为此,我们选择分布面较广、容易遇到、数量较多的房屋破坏现象作为主要的烈度标志。但是一般房屋在低烈度区没有破坏,在极高烈度区则完全倒毁,在这两种情形下丧失了对烈度的分辨能力。根据经验,以一般房屋破坏作为烈度标志主要适用于六至十度。另一方面,独立砖烟囱(照片 1·1—1·3)和砖砌筒壁水塔(照片 1.4, 1.5)虽然在一定地点为数不多,但其破坏特征可以反映地震动的强烈程度,同时分布面也较广,因而可以作为一种辅助的宏观标志。

虽然这次地震在广大地区有大量的桥梁遭到破坏,但绝大多数是地基失稳,桥墩、桥台向河心滑移及桥台后面填土下陷的后果。因此这种破坏主要决定于桥基的地质条件,很难表达地震动的强弱,因而不宜用作烈度的宏观标志。极震区唐山市内沿陡河的桥梁,除了胜利桥(照片 1·6)因地基液化、岸坡滑动而严重破坏外,其他桥梁破坏甚微(照片 1·7),而在远离震中的较低烈度区却有大量的桥梁遭到毁坏(照片 1·8, 1·9)这就说明桥梁的破坏若不细心区分其根源就很难取为烈度的标志。

二、房屋建筑的类型

《新的中国地震烈度表》把房屋建筑分成三大类,每大类包括耐震性相近的几种。I类包括简陋棚舍、拱窑及施工粗糙的简易房;II类包括土搁梁房、无正规木架的房屋及老旧的木架房屋;III类包括传统木架房、轻质外墙木架房及新式砖石房屋。应该指出,它未涉及现代工业厂房及构筑物,此外没有把砖石房屋细分,笼统地以“新式砖石房屋”出现在III类房屋中。

除了滦县部分地区外,由于本地区的基本烈度过去定为六度,绝大部分的建筑物是没有采取抗震措施的。

绝大多数的农村房屋及城镇民房属于II类房屋。其结构形式主要是单层、四梁八柱承重的不很规整的木架房,通常在山墙里设有盘山柱。有的为了节省木料省去山墙上的梁,改为硬山搁檩或盘山柱支承檩条(有的用钢筋混凝土檩条)。城镇民房还包括有泥浆或石灰砂浆砌筑的砖石房屋。屋面多为檩上置椽,然后铺木榻板、树枝、芦苇、泥、瓦(或炉灰渣)等

的双坡顶或平顶。这类房屋的墙体的抗震性能差异极大，干砌片石墙及乱石墙最不抗震，表砖（石）里坯、碎砖、毛石等墙体好些，但不如土坯、砖等墙体。

Ⅰ类房屋在这个地区为数极少。

我们把混合（石灰水泥）砂浆或水泥砂浆砌筑的新式砖石房屋、现代工业厂房、构筑物及有木架的庙宇等一律视为Ⅲ类，因为就这次地震的破坏现象来说，它们的抗震性的差异是看不清的。

当然，同一类型房屋的抗震性能差异很大，每一烈度所代表的影响也相差很大，评定烈度时不可避免地会出现矛盾。例如在丰南县化肥厂、唐山市油泵厂、唐山市化肥厂、荆各庄矿、吕家坨矿及范各庄矿等地工业厂房建筑破坏很重，震害现象高于九度，而办公室、宿舍等附属房屋却轻得多，只有七度左右（照片1·10—1·13）。它们都属Ⅲ类房屋，但如果分别评定烈度，可以相差两度之多。此外，按Ⅰ、Ⅲ类房屋分别评定同一地点的烈度也会有矛盾。例如，宁河县城关的Ⅰ类房屋基本上倒平，但Ⅲ类砖石房屋却破坏较轻，许多房屋仅仅出现裂缝而已。在滦县的马庄子公社和安各庄公社也有类似现象。7月28日两次强震造成的综合破坏现象，若按Ⅰ类房屋评定烈度，可得九度，而马庄子对面的解放军营房及安各庄邻近的唐山丝织厂的办公楼、宿舍等Ⅲ类房屋的破坏现象只能评为七度左右。这说明这种分类还存在一些缺点，它只好通过综合评定加以调和。

三、对几种宏观烈度标志的讨论

据铁路部门介绍，京山线北塘至滦县，通坨线丰润至坨子头，几乎每个区间钢轨均出现水平向局部弯曲。我们只调查了其中路牌244K到248K的一段。在244K+100附近的一列货车有几节车厢脱轨，其中一节油罐车翻倒（照片1·14）；在248K+150附近40次列车的几节车厢也脱轨，其中一节行李车翻倒、内燃机火车头着火（照片1·15,1·16）。两处铁轨均呈明显的水平向局部弯曲。另外，在246K+350及246K+900邻近的铁轨也明显地向西水平弯曲（照片1·17,1·18）。该处铁路西侧为侏子庄公社第一排水站（照片1·19）及青年点，东侧附近（约2公里）为侏子庄公社杨贵庄，烈度均为八度。在林西烟子场及宁河县车站也有铁轨弯曲。看来，铁轨弯曲与地基情况有很大关系，并非如《新的中国地震烈度表》所规定那样，一定是十、十一度的高烈度标志。

《新的中国地震烈度表》又规定，“地上裂缝宽几十厘米；个别情况下，达一米以上”及“路基和土堤毁坏。道路变形，并有很多裂缝”为十度现象。但地裂缝有构造地裂缝（断裂）及重力地裂缝，两种不能相提并论。构造地裂缝与地质构造密切相关，是地震断层错动在地表的痕迹，是极震区高烈度的标志。例如这次地震在唐山市路南发现有平行于京山线（北东40度左右）的右旋（顺时针）平推断裂痕迹，北起胜利桥附近，南至丰南县，在唐山市吉祥路东口附近把道旁树排、柏油马路、电线杆排及排水沟等错开，最大错距为一米左右（照片1·20,1·21）。重力地裂缝则是由于地面地质软硬不均及微地貌重力影响在地震动作用下形成的地裂缝。它的形成与震前的稳定状态密切相关，其规模不能反映地震动的强烈程度。例如，在乐亭县王滩公社的赵滩和王各庄也出现有张扭性右旋平推地裂缝，把机耕路面、两旁树排及玉米地垄沟错开。前者走向北西40度，最大错距为0.8米（照片1·22）；后者走向北西50度，最大错距为1.5米（照片1.23）。这两个自然村的烈度均为十度。显然不能凭该处地裂缝把烈度评为十度，虽然此处地裂缝是否重力断裂尚待研究。震区重力地裂缝分布极广。在七度区里的道路、河岸、古河道、河堤等处可以看到大量宽度在一米以上的这种地裂缝（照片1·24,1·25）。

这次地震在烈度大于或等于六度的广大地区出现了大量的喷砂冒水现象（面积达 24,000 平方公里），在烈度大于或等于七度的范围内有 3,000 平方公里喷砂冒水非常严重，大的喷砂口直径达六米（这可能是喷砂冒水过程中地下掏空陷落形成的（照片 1·26），真正的喷砂口不会这样大）。可以初步地说，六度和七度是喷砂冒水和严重喷砂冒水的界限；反过来喷砂冒水的严重程度就可以作为鉴别烈度的一种参考标志。

在唐山市北郊郑庄子公社的小屯有一个最大直径 30 米、深 10 余米的椭圆形大陷坑（7 月 31 日下午突然塌落形成的）（照片 1·27, 1·28）。在古冶附近的大庄坨公社也有十几处地陷坑（照片 1·29）。它们多为余震时形成的，很难与烈度相联系。

四、烈度的界限

大地震发生后，通常要求我们以最快的速度评定各个地方的地震烈度。到一个地方评定烈度，首先得到的印象是普遍发生的现象和个别突出的现象。从这些现象来区分烈度的大小比较直观，容易掌握，可以减少调查时间。所以可以选择某些观察对象的普遍反应和另一些对象的突出反应作为进入一定烈度的界限。从这个观点，根据我们考察所见，可以认为，Ⅱ类房屋基本上全部倒塌（包括墙倒架不塌的现象）是九度的界限标志；Ⅲ类房屋基本上全部倒塌是十度的界限标志；砖砌筒壁水塔落地或松软地区内铁轨弯曲至少是八度景象；喷砂冒水现象的发生标志着烈度在六度以上。不同烈度的一些宏观标志列于表 1·1。

表 1·1 不同烈度的一些标志

六 度	七 度	八 度	九 度	十 度
墙体出现裂缝； Ⅰ类房屋个别倒塌。	墙体普遍裂缝； Ⅰ类房屋个别倾倒， Ⅱ类房屋个别倒塌。	Ⅰ类房屋基本上全部倒塌； Ⅱ类房屋大多数破坏， Ⅲ类房屋个别倾倒。	Ⅰ类房屋基本上全部倒塌； Ⅱ类房屋大多数破坏。	Ⅲ类房屋基本上全部倒塌。
独立砖烟囱少数裂缝。	独立砖烟囱普遍裂缝、 顶部错位、掉头。 砖砌筒壁水塔少数底部裂缝。	砖砌筒壁水塔普遍裂缝， 个别落地。	独立砖烟囱普遍断成几节， 掉头。	独立砖烟囱普遍从根部落地， 局部倾倒者根部破坏。 砖砌筒壁水塔普遍落地。
可见到喷砂冒水现象。	喷砂冒水现象严重。	铁轨水平向局部弯曲。		

第二节 煤田采空区对震害的影响

开滦煤矿为我国重要煤炭工业基地，由唐山矿、荆各庄矿、马家沟矿、赵各庄矿、唐家庄矿、林西矿、吕家坨矿和范各庄矿等八个矿组成，位于河北省唐山市境内，北依燕山山脉，自东向西有巍峰山、城山、长山、巍山、凤山、唐山等构成矿区北部边缘，南临广阔的冲积平原，地跨丰润、丰南、滦县、滦南之间（图 1·1）。该煤田位于一北东向的向斜，其主轴线基本上沿着京山铁路线，西北翼较陡，东南翼较平缓，在马家沟附近倒转。第四系冲积层厚度为数十米至三百余米，其下为第三纪地层，以下为石炭二迭纪煤系地层，共含煤 10 余层，煤层总厚度为 10—14 米，属于缓倾斜、倾斜、急倾斜煤层，倾角大小不一。各矿目前主要开采深度达 500 米。

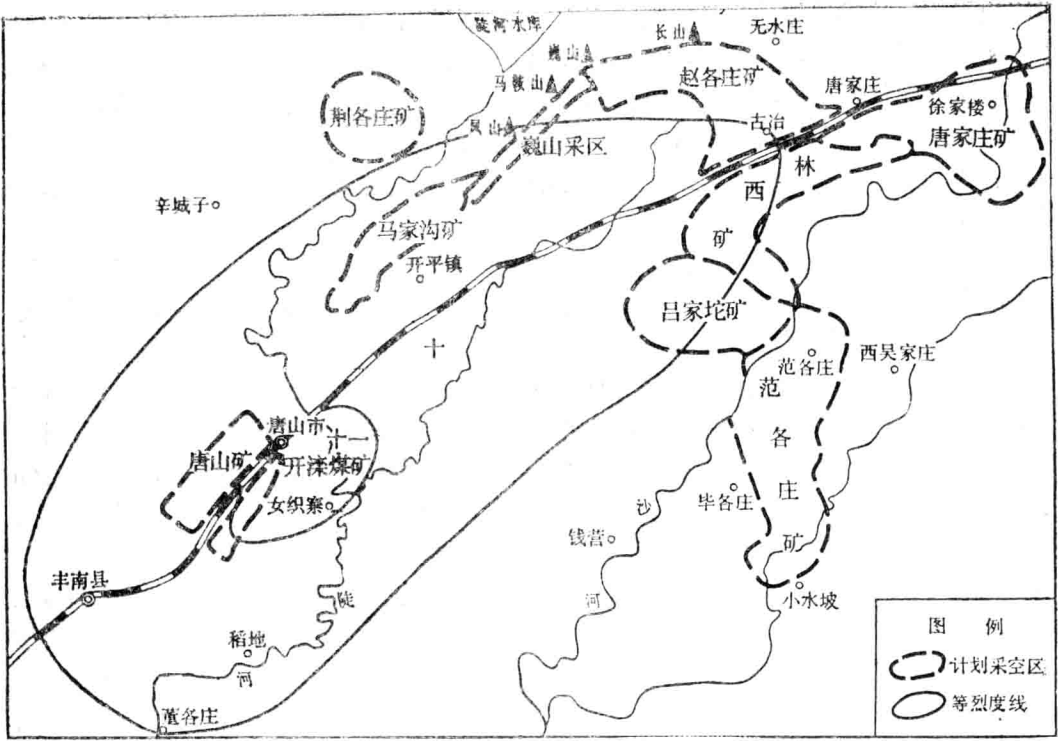


图 1·1 开滦煤矿各矿采空区分布示意图

在 7·8 级强烈地震及 7·1 级强余震作用下，开滦煤矿所属的八个矿均遭到不同程度的破坏（照片 1·30—1·33），很自然会提出这样的疑问，煤田采空区的存在对地面建筑物的破坏效应究竟产生多大影响？为此我们调查了开滦煤矿的八个矿的工业广场、采空区及其边缘的地面建筑物和地表现象，主要结果如下：

一、按《煤炭工业部煤矿设计规范》的规定，各矿区的工业广场均留有足够大小的保安煤柱。为了防止煤柱范围内的地面产生不均匀沉陷，确保矿山建筑物的安全，沿深度方向煤柱一般在冲积层按 30 度，在基岩内按 75 度往下放大。从这次地震造成的灾害来看，八个矿的工业构筑物及民用建筑的破坏程度都是相当严重的，但与同一烈度区内邻近的同类建筑物相比，没有多大差别，很难说采空区对工业广场上的震害有什么影响。作为一个例子，象 1976 年 3 月刚开始生产的荆各庄矿，五个月来的掘进范围十分有限，根本谈不上有多大的采空区存在，尽管厂房建筑都是新建的，质量较好，但破坏依然严重，只是一些施工质量良好的多层砖混结构的办公楼、宿舍等破坏较轻（照片 1·10—1·11）。开采了数十年的老矿的采空区范围虽然大得多，但震害也是这种程度。

二、按煤田开采规定，凡大规模地在城镇和建筑物下进行开采，必须首先将该地居民点迁出后才能进行，因为地下开采直接威胁着地面建筑物的安全，所以在调查中很难遇到直接位于采空区上的村庄，因而无法与邻近非采空区的村庄进行震害对比分析。例如在唐山矿的岳各庄附近的老采空区，开采影响到地表后，在采空区地面产生“洼地”，经过长期沉陷后，土层趋向稳定，形成了范围比煤层采空的面积大的水塘，此次地震使水塘外围的裂缝加重，但并不明显（照片 1·34），运送煤矸石的轻便铁路路基向水塘方向滑移，铁轨弯曲（照片 1·35）在古冶北面的北寺公园里，过去由于唐家庄矿采煤形成一个塌陷坑，后来林西矿开采

可能因边界重迭造成迭加影响而使陷坑有所发展，现积水面积达十几万平方米。这个地区是三个矿的共同开采边缘，经观察，震后地表无大的变动。唐山铁道学院地表因地下采煤下沉不匀，震后亦无加剧现象，院内建筑物几乎全部倒平，但与邻近建筑物破坏程度相比并无差异。直接位于采空区上的任家套村刚刚迁到铁路北新任家套村，原址房屋已拆除一空，未发现地表有什么变动，也没有发现采空区上有塌陷等现象，这可能与煤层埋藏深度较大，煤系地层上覆盖层较厚有关。

三、采空区外部边缘上的建筑物的震害没有明显加重，有的地方反而有减轻的现象。在赵各庄矿东门口采空区边缘上的八栋二层楼房全部倒平，与此相距约百余米，同样位于采空区边缘上的新洗煤厂，皮带通廊和煤仓等建筑的震害比矿区范围内同类建筑物要轻一些（照片 1·36）。范各庄矿采空区边缘的后仁里庄、排各庄、岳各庄、大李庄一带位于九度区的农村民房的震害普遍较轻，都不到八度。又如九度区唐家庄矿采空区南部边缘的七百户村，村的一半在采空区上，另一半下面为未开采区，该村房屋全部倒平，很难说地震时采空区的场地效应有多大。位于林西矿采空区的西南边缘上的双合村、小庄坨、大庄坨、黑丫子等村庄的震害与周围村庄相比也没有明显加重的迹象。

四、对八个矿的井下情况调查表明，处在数百米下的夜班工人在强烈地震作用下只是部份人有感，有的井下巷道支护发生声响，象是岩石压力突然增加。大部份人只是在地面设备遭到破坏，失去照明及通风后才意识到发生了地震，足见地下振动强度较弱。据各矿不完全统计，赵各庄矿 0597 工作面塌方，通道被堵塞，-730 米巷道支护部分倒塌，-460 米巷道有一段约二公里长的地方下沉；马家沟矿 -732 米工作面被堵塞，其余各矿的巷道均未发现明显的破坏现象，更没有影响到井口设备。唐山矿新风井的井口破坏则是由于 50 余米高的钢筋混凝土井塔根部折断后，原地错动滑落倾斜所引起（照片 1·37）。震后各矿井内普遍大量涌水，如赵各庄矿的最大水量从每分钟 34 吨急剧上升到每分钟 231 吨，造成排水困难，设备被淹，严重影响恢复生产。这可能因地下岩层产生断裂，以致地下水大量涌入矿井。

综上所述，煤田采空区的存在并没有明显地加重附近地区地面建筑物的破坏。这可以理解为，因为一次震级为 7.8 级的强烈地震所释放的能量是很大的，（如 Housner^[2] 指出，八级地震大约有 10^{23} 尔格的能量以地震波方式释放，它相当于 100×25 英里断层错动），所以唐山地震的释放应变能量的发震断层面积估计可达几百平方公里以上，在水平方向可以延伸数十公里，而煤田采空区的面积与发震断层面积相比较则要小得多。由于发震断层面本身就是能量释放中心，即使在它波及范围内有一些采空区的存在，它可能对局部地方的振动特性起着某种放大或减小的作用，但是采空区不能对由整个发震断层面所控制的地震动能量的传播产生重大影响。唐山市路南区地面稠密的建筑物压住了大量煤源，虽然几次计划，但至今仍然没有开采，路南震害较路北震害重这一事实支持了采空区对地面建筑物破坏影响不明显的观点。对于老矿区经过多年自然沉陷已经形成的稳定土层上的陷坑边缘，在地震作用下稍有破坏加重现象，这可用局部地形对地震动影响来解释，这也是理论上所证明了的^[3]。至于地面运动幅值随深度方向迅速衰减以致井下没有什么破坏，这完全是预计中的事，也为许多文献中的仪器观测资料所证实。以上推测是否正确，还有待于进一步研究证明。

尽管从这次唐山地震的调查结果看来，采空区对震害无明确加重的趋势，但当新选择居民点和工业企业场地时，应尽可能将新建项目避开采空区，因为这种影响目前还不十分清楚。当新建项目不得不布置在采空区时，应充分了解该区的煤田地质与开采情况，以考虑其合理性。

第三节 砂土液化和地基失效对房屋震害的影响

这次强烈地震时，砂土液化和地基失效对房屋震害的影响是显著的。地基失效一般会加重震害，但砂土液化并不一定加重房屋的震害。现分类叙述如下：

一、不稳固地基的失效

这次地震震害调查结果表明，有些回填土或不均匀地基会产生严重的不均匀沉陷，加重了房屋的震害。

丰润县泥河上杜家坎浮体闸，与一座三孔的钢筋混凝土梁式桥并排建筑在一起。桥的震害重，两个端孔落梁。闸门控制房为砖房，建在闸头，地基的一部分为人工回填土，房屋震害很严重，全部倒塌。距闸头数十米处河岸上的多间砖房，建于天然的地基土上，震害就轻微。

唐山市内凤凰山下交际处1号楼，为二层砖房，建筑质量精良，但震害严重，这是由于部分地区不稳固，加重了震害。

不稳固地基极不利于房屋抗震，这在唐山丰南震区不乏例证。

二、由于砂土液化导致的地基失效

这样的地基失效引起房屋破坏的现象极为显著，在滨海震区非常普遍。表现的形式有两类。一类是建筑物整体倾斜，多的可达10度以上(照片1·38,1·39)。还有一类竖向或斜向裂缝。当房屋两端下沉时，裂缝常呈倒八字形，上宽下窄；当房屋中部下沉时，裂缝常呈八字形，下宽上窄；当地裂缝穿过房屋时，裂缝大都是下宽上窄的。

如滦南县姜家泡地势低洼，震后地变形严重，有的洼地上升了，有的平地则明显地下降了，变化有多达一、二米的。村中建造房屋时挖土二尺打地基，而地下水就在地下三尺处。地震时出现地裂缝，大量冒水，喷出黄砂。许多房屋出现裂缝，有一些局部墙体破坏、掉落，少数歪扭(照片1·40)、倾斜和下陷(照片1·41,1·42)。

又如滦南县方各庄，与姜家泡情况相似，位于低洼地区。地震后地变形显著，地裂缝及喷砂冒水现象严重。公社房屋下陷，严重向前倾斜，房屋结构有破损(照片1·43)。方各庄小学房屋下陷，并有显著的歪扭，正面中间下沉多，两端下沉少。背面则是一端下沉多，另一端下沉少；房屋结构也有一些损坏。这是两所震害严重的房屋，其余房屋各有程度不同的震害，略同姜家泡。

再如坨里公社的吴庄子，震害情况与姜家泡、方各庄相似。

上述这类震害主要是由于地基失效的结果，当然房屋上的振动惯性力也起了一些作用。从上述作为例子的房屋结构震害尚不太严重(没有倒墙、落架)这一事实来推想，由于砂土液化，房屋上的振动惯性力较之地基未液化情形，看来是减少了一些。

经受这类震害的房屋显然难以修复，须拆除后重建。所幸的是这类震害一般不危及人身安全，并可保持砖、瓦材料不破碎，可于重建时使用。在这个意义上，有人把这种震害说成是较“轻”的震害。

三、湿震(砂土液化)不重于震重

1975年海城地震的震害调查分析结果^[4]指出，在海城以西滨海地区的某些震害地点，地面或接近地面处有粘土或亚粘土的覆盖层。当其下的饱和松散粉细砂层在地震作用下液化时，覆盖层会起到持力层的作用，持力层上的低矮房屋结构的振动减弱。因此，房屋的震害

很轻，裂缝微小，更没有倾斜、歪扭和倒塌的。这种现象被称为“湿震（砂土液化）不重于震重”。

这次震区中的天津市宁河县西关位于蓟运河西岸，地下水位浅，地震时出现严重地裂。顺村中公路出现的一条主要大裂缝宽约1米，竖向错移约10厘米。地震时大量冒水，喷出黑砂，淹没洼地。但房屋震害轻，一般仅是墙壁出现小裂缝，没有倒墙倒架的。全村人畜几无伤亡。

邻村张辛庄情况略似西关(照片1·44)。西关和张辛庄周围的村子，或者无地裂和喷砂冒水，或者地裂缝及喷砂冒水现象较西关和张辛庄要轻微得多。西关和张辛庄是“湿震(砂土液化)不重”的例子，周围村子是“干震重”的例子。

海城震区在渤海东部海滨，唐山、丰南震区在渤海西部海滨，两个震区中的某些地方地质背景大略相同。海城震区的“湿震不重于震重”现象再现于唐山丰南震区，这并不是意料之外的事情。

为了防止和减轻地基失效引起的震害，只能在地基上着眼，设法消除地基失效的根源或者避开地基可能失效的地点，仅仅加固房屋结构本身是无济于事的。

第四节 地基土及地形对震害的影响

一、地基土对震害的影响

在调查中发现，典型的地基土影响是在靠山的基岩或厚度不大的坡残积土上的房屋震害较轻，而河流两岸，在冲积、淤积的较软弱土层上的房屋震害较重，在松软冲积层较厚的山间盆地中央部分也较重。这里列举一些典型例子来说明这一点。

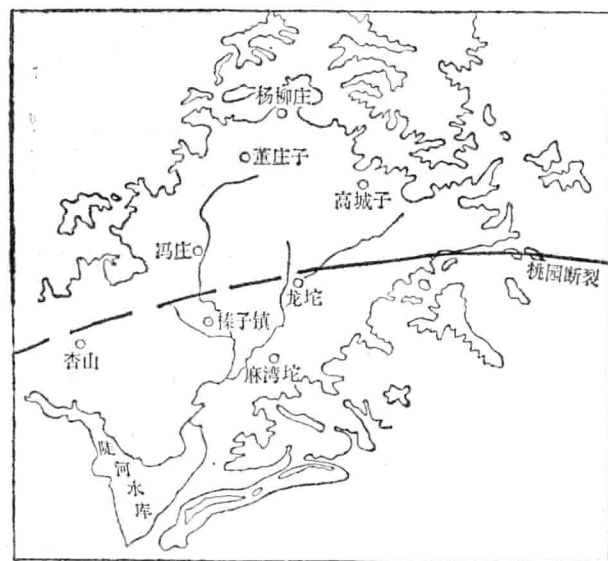


图1·2 榛子镇附近地形图

滦县榛子镇位于山间盆地中(图1·2)，四面环山。榛子镇工委所属的八个公社中，震害最重的有四个，即榛子镇、高城子、龙坨、麻湾坨，沿陡河上游两岸分布；震害一般的有二个公社，即冯庄、杏山，在陡河西侧近山；震害最轻的是靠山的两个公社，即杨柳庄、董庄子。桃园断裂在此地区呈北东东向，在榛子镇、麻湾坨之北，高城子之南穿过龙坨。而桃园断裂未见明显影响，因震害沿北东向呈条带形分布，与盆地主轴即陡河走向大体重合，而与桃园断裂走向不符。造成这些震害差异的主要原因是地基土的影响，例如龙坨的钻孔资料表明，在地下130米未见基岩，覆

盖土是含有贝壳的紫泥，属Ⅲ类土(地基分类见《工业与民用建筑抗震设计规范》，下同)。而靠山较近的杨柳庄、董庄子的基岩埋深较浅，属Ⅰ—Ⅱ类土。若以公社为单位的小范围来看，也是这样规律，靠山的大队震害轻，靠河的大队震害重。

在唐家庄矿，位于较厚覆盖土上的老工房及新工人村的大批矿工住房几乎全部倒平，但与

此相距不远位于山脚下的西北工房（照片 1·45）的同样石墙平房却只有轻微至中等破坏，落顶的不多，震害差异的原因主要是西北工房的地基土为石灰岩上覆盖 2 米左右的土层，属 I 类土。

又如唐山市路南区与路北区的震害差异大的原因，除了由于发震断层在路南区通过因而震害较重外，我们认为地基土的影响亦不容忽视。路北区覆盖层较薄，在大城山、凤凰山一带还有石灰岩出露，而路南区的覆盖层却厚达 100 余米，在石炭纪、二迭纪煤系地层上有一层卵石，上面为粘土及砂的互层。在路北区还有一些轻微损坏及比较完整的建筑物，特别是 422 水泥厂及炼铁厂一带靠近大城山，许多平房震害都并不很严重，烈度不到十度，水泥厂有两栋新盖的三层家属宿舍，砖混结构，尚未住人，震后仍基本完好。据钻孔资料，该处在 5—6 米深就见到灰岩，属 I—II 类地基。当然水泥厂所使用的 1 比 3 水泥砂浆砌筑的水泥矿渣砖墙，提高了砖砌体强度也可能是一个原因。类似的例子还有唐山钢厂、建筑陶瓷厂等。

迁西县三屯营公社西北的赵庄子、纪庄子、靴脱崖三个大队和白庙子公社廖庄子等七个大队的震害变化也说明了地基土的影响。赵庄子（六度）位于山沟的出口处附近，覆盖层较厚，沿着山沟往里，纪庄子（五度）覆盖层变薄，破坏程度逐步减轻。到了山沟上方的靴脱崖（五度），若不细心观察，基本上看不到震情，虽然它们都同属于七度区。这种震害由山沟出口处向山沟上方逐步变轻的现象也不是个别的。廖庄子等七个大队的情况也是如此。

二、地形对震害的影响

通海地震的大量宏观资料^[5]表明，孤突地形有使震害加重趋势，其影响程度与岩性、地形形状及高差有关。理论研究^[6]还证明，这种影响取决于地形特征尺寸与地震波波长的比值和波的入射角。

这次唐山地震所波及的北部地区，地处燕山山脉南部边缘，地形陡峻险要，起伏很大。村庄遍布沟坡及山麓周围，在山上、山下同时建有村庄的并不多，可以进行震害对比的例子很少。这里只举一个十分突出的例子，在迁西县三屯营公社的至山庄和白庙子公社的孟庄、廖庄子和南杨庄等（图 1·3）位于景忠山周围山麓，均建在基岩或较薄的覆盖坡积物上（南杨庄震害较重的一部分位于山前冲积扇上，覆盖层较厚），每个村子均有农村民房四、五百间，没有一户倒房的。少数石砌山墙倒外皮或山尖，震害很轻，估计为六度。村子所在地标高约为 220—250 米左右。而在标高为

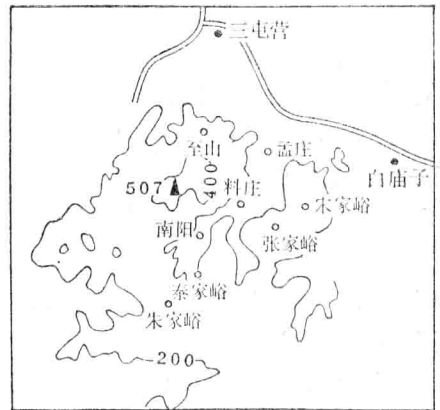


图 1·3 景忠山地形图

507 米的景忠山顶部基岩上，有明代修建的娘娘殿（最后一次翻修为 1957 年，属保护文物），为穿斗木屋架、琉璃瓦顶的庙宇式建筑，属 III 类房屋。正殿部分只山墙部分倒塌，外廊式直径为 35 厘米的石柱有一根断裂；其余建筑则严重破坏及倒塌（照片 1·45—1·50，图 1·4），如南斋堂墙体倒塌木架歪斜，三忠祠倒了三分之一，后佛殿、东经、西经、沙弥殿、南禅堂、许愿祠、还愿祠全部严重破坏以至倒平，连断面为 120×160 厘米四根砖柱组成的南天门牌楼亦遭水平剪断压酥，在 1 米余高度有水平裂缝一道，破坏程度达九度。在半山腰，标高约为 350 米处，有穿斗木屋架庙宇式建筑数座，墙体大部分倒塌。房架完好，震害程度介于山上与山下之间。可见该处地形对震害的影响是十分显著的。值得提出的是在景忠山东有一北东 50 度左右的断层通过，向山下至山庄以东延伸，可是这个断层的存在并没有加重周围村

庄的震害程度，因此山顶娘娘殿的严重破坏只能是地形的影响所造成的结果，这是不容怀疑的。

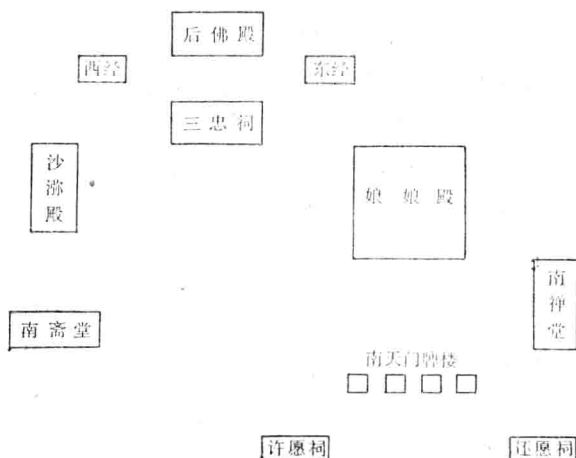


图 1·4 景忠山山顶建筑物分布示意图

第五节 震害分布特点

对照唐山地震的烈度分布图(图 1·5)、主要地质构造图(图 1·6)、地形图及第四系覆盖土等厚线图(图 1·7)可以看出，7.8 级主震的极震区位于山前平原，烈度从极震区向外逐步衰减。已查明的发震断层从唐山市到丰南县边界，长约 10 公里，走向北东，右旋。震害从平原地区穿过低山丘陵，波及到山区，其震害分布特点反映了地质背景的影响。除了强烈地震动的惯性力引起结构破坏外，在极震区的东南及西南的滨海平原上，由于第四系覆盖土很厚，表层埋有大量的砂层或淤泥，水系发育，地下水位又浅，在较厚的松软覆盖层上产生大量的砂土液化，导致地基失效，形成以结构不均匀下沉、倾斜为主要特征的另一种破坏型式，长周期振动分量还使远离震中一带破坏加重。如汉沽、宁河一带的钢筋混凝土柔性结构和厂房破坏较重，而周围一般民房破坏较轻。这种自振周期较长的结构在Ⅲ类地基上比自振周期较短的结构震害严重、且衰减得慢的现象，我们在海城地震中曾作了专门调查，这次唐山地震中，地震动的周期特性对震害的影响再一次显示出来，说明了这一种规律。在北部低山丘陵及山区，烈度衰减较快，这是由于多数居民点建在Ⅰ类或坚硬的Ⅱ类地基上，震害显著减轻。

地基土质的差异使整个烈度分布不均，形成不少低中有高、高中有低的烈度“异常区”。在一些地区，相隔不远的两个村庄的烈度显著不同，高低交错，当地群众称这种不均匀分布为梅花形。较大的低异常区在玉田县周围；高异常区在天津市及宁河县蓟运河一带，对于它们的成因还有待于进一步查清。

在滦县、迁安一带，加重的宏观震害现象是 7.8 级主震和当日 18 时 45 分 7.1 级强余震作用结果的叠加影响，很多工业与民用建筑物以及桥梁等，在主震时已遭到破坏，而强余震作用使破坏加剧，以至倒塌，破坏的积累效应十分明显。