

唐山地区 7、8 级地震工业厂房 及构筑物震害调查报告

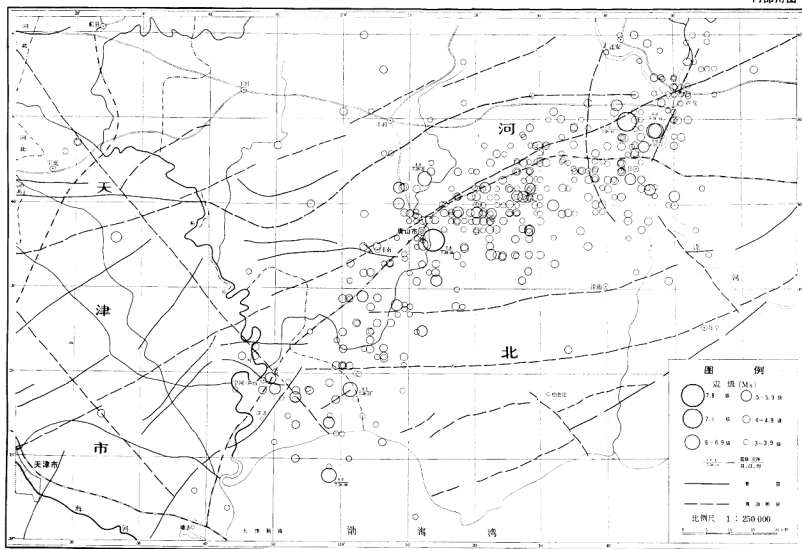
冶金工业部鞍山焦化耐火材料设计研究院
一九七六年十二月

唐山地区 7、8 级地震工业厂房 及构筑物震害调查报告

冶金工业部鞍山焦化耐火材料设计研究院
一九七六年十二月

唐山地震震中分布图

内部用图



唐山地震工作队 (国家地质部) 编

地质出版社印

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 基本情况	
第二节 地震烈度划分	
第三节 场地和地基土	
第二章 单层工业厂房	4
第一节 概述	
第二节 震害特点	
第三节 震害实例	
第四节 几点体会	
第三章 多层框架厂房	11
第一节 概述	
第二节 震害特点	
第三节 影响震害的几个因素	
第四节 震害实例	
第五节 几点体会	
第四章 高位料仓及筒仓	19
第一节 概述	
第二节 震害特点	
第三节 影响震害的几个因素	
第四节 震害实例	
第五节 几点体会	
第五章 带式输送机通廊	40
第一节 概述	
第二节 震害特点	
第三节 影响震害的几个因素	
第四节 震害实例	
第五节 几点体会	
第六章 烟囱	56
第一节 概述	
第二节 震害特点	
第三节 几点体会	
第七章 焦化厂耐火材料厂工业窑炉及其基础	59
第一节 概述	

第二节 焦炉及其基础

第三节 耐火材料厂的几种窑炉

第四节 几点体会

附录一、唐山单层工业厂房震害调查表·····	68
附录二、唐山砖烟囱震害调查表·····	78
附录三、唐山钢筋混凝土烟囱震害调查表·····	102
附录四、唐山多层工业厂房震害调查表·····	106
附录五、唐山厂矿通廊震害调查表·····	113
震害照片实录部分·····	119

第一章 概 况

第一节 基本情况

1976年7月28日,3时42分唐山丰南一带,发生了7.8级强烈地震。宏观震中位于唐山市东南女织寨、张丁庄,即唐山市内路南区(京山铁路线以南)。微观震中为东经118.2度,北纬39.4度,极震区烈度为11度,极震区其长轴方向为北东偏北,恰与唐山新老断层的方向一致。从7度到9度区的长轴被拉成东西向,与唐山丰南地质构造断层一致。此次震源深度为13~15公里。

这次地震在主震发生后,有多次强余震,至10月中旬为止,四级以上余震共发生453次,其中大于7级的1次;6至6.9级的5次;5至5.9级的29次;4~4.9级的417次。强余震大多数集中在8月5日以前,地震活动衰减比较快。其余余震中也多数分布在破坏区内(见图I-1)。最大的一次强余震7.1级,发生在7月28日下午18时45分,该宏观震中在滦县北面的西崔各庄,微观震中为东经118.5度,北纬39.6度,即迁安野鸡坨附近。其震中烈度为9度。该9度和8度区的长轴方向为南北向,与滦县、卢龙、桃园断层、滦南迁安断层相一致。

从这次地震的震害特点看,重叠震害较明显,如古冶以东以北地区,不少房屋是在主震时遭到破坏,在7.1级强余震时倒塌。这次震害极为严重,造成的损失是解放后多次强烈地震所没有过。

第二节 地震烈度划分

这次地震有感范围较广,北到哈尔滨、南到河南省黄河以北,西到山西省全境,东到渤海。详见图I-2。

一、唐山地震的极震区烈度为11度。分布范围是南至礼尚庄,东至胜利桥,西至矿冶学院,北至凤凰山。长向为12公里宽,窄向为4公里宽,面积约27.5平方公里。

极震区的房屋几乎全部倒塌,钢筋混凝土结构亦受到严重破坏,胜利桥的钢筋混凝土桥墩折断,桥面下落。该区内的吉祥路一带发现一条长达10公里与地质构造断裂一致的地面裂缝。方向沿北东40~50度,呈明显水平错动,其最大水平错距为130~150厘米,垂直错距30~40厘米。吉祥路面有明显错动,地面下沉,大量地裂并涌流出大量带有古沉积物的黑水等现象。见照片I-1、I-2-3。

二、10度区分布范围,西南至丰南一带,东到古冶,南到董各庄,稻地,北到付家屯,面积约367平方公里(其中包括11度区面积)。长轴方向为北东偏北,与唐山原有活动断裂的方向一致。

唐山钢铁公司处在该烈度区,全厂建筑面积约××多万平方米。其中生活设施约××万平方米,其中约有80%的建筑面积遭到破坏;厂房面积约××万平方米,遭严重破坏的占12%;局部破坏的占70%;较完好的约占18%。水电等动力系统的设备及厂房受到严重破坏,各种

类型的烟囱 45 座,均有不同程度的裂缝,倒塌情况。

三、9 度区: 东到雷庄,西到岳龙庄,南到小集,北到楦子镇,李庄子,面积约 1800 平方公里。

四、8 度区: 东到指挥,西到林廷口、黄庄,南到柏各庄,北到左家屋,火石营,本烈度区内有 9 度异常区,(以芦台、宁海为中心)。8 度区面积约为 7270 平方公里,长轴近东西向。

五、7 度区: 东到卢王庄、留守营,西到永乐店,南到渤海,北到长城,面积约 33300 平方公里。

第三节 场地和地基土

从唐山地震的发震构造来看,唐山地处阴山纬向构造带和新华夏系联合的特殊构造部位。在唐山一带的渤海沿岸是一条北东向的断裂,向北至唐山,是这次的主要发震构造。

这次地震震害严重,也由于有 5 条老断层通过该区,并都有不同程度的活动,因此加重了这次震害。其通过该区的断层有:

一、陡河断层:

自陡河水库上游到唐山市内,全长 20 余公里,在市内西缸窑地区还派生一系列平行的断裂。

二、丰南至凤凰山断层:

分布在京山铁路西北侧,自丰南经塌陷区,人民公园到凤凰山,全长 10 公里左右。该断层派生有二条断裂,二者平行相距 600~800 米,在地下深部则为一条。

三、安机寨至国各庄断层:

分布在唐山铁路线东南侧,自安机寨经礼尚庄、沿唐山市复兴路过陡河桥与国各庄断层束相连。全长 10 至 15 公里。

四、马家沟至魏山断层:

此断层是由与陡河断层平行的若干断层束组成。该断层均出露地面,而其它断层均隐伏于第四系之下。从魏山北北东向断层和鼓楼庄附近的東西向的断层分别水平错开,具有反时针扭动和挤压的特点。

震后由于基岩断裂,而出现大量的地表裂缝,都以裂隙带的形式出现,产生垂直错动和水平错动现象。如本章第一节中所述吉祥路路面错动就是此现象。

由于断层活动、造成大量的地表裂缝,喷砂冒水,地基不均沉陷和河岸塌滑等现象。从震害特点看凡是断层通过的地方,地面建筑震害就较严重。另外从场地土来看和全国其它几次地震震害特点大致相似。地震区所处的场地和地基土的好坏,对地面建(构)筑物的破坏程度关系密切。可使烈度提高或降低。因而出现“重中有轻,轻中有重”的情况。如国各庄矾土矿,和唐山焦化厂同处于 10 度区,由于场地土不同表现在震害上就存有明显区别。(以后章节中有详细介绍)。

国各庄地处开平盆地的西南边缘,复盖层较厚,均在 40 米左右,明显的表现出地基土的震动效应而加重了地面建(构)筑物破坏的程度,当然也包含着由于国各庄地区的地质构造有 5 条断层通过,而加重了地面建筑破坏的因素。

又如处于 10 度区的唐山市焦化厂,位于市内的弯豆山东侧,复盖层较薄,约为 12 米左右,

基岩为奥陶纪石灰岩,下卧层坚实,由于地基土较好,地面建(构)筑物的破坏较轻。例如该厂的带式输送机通廊(简称通廊)的震害,也表现较国各庄矾土矿的带式输送机通廊震害轻,其反梁预制钢筋混凝土结构的通廊3条,混合通廊2条,其破坏程度均在中等破坏以下,(破坏等级的划分均按以后章节中划分),尤其是在一条通廊的低端有3米高的砖拱通廊,仅在砖拱顶部的通廊底板处有一条水平裂缝,拱身有一条垂直裂缝,均属轻微破坏。此外在该厂长周期建(构)筑物的震害较刚性结构轻。例如该厂的煤塔(实测自震周期为0.5秒)和焦仓(为1.0秒),仅遭到中等程度的破坏,作一般修复即可使用。

另外从距震中约35公里的五七化肥厂,距震中较远,厂区地基土从已有钻孔资料来看,钻孔深度已超过40米尚未见基岩,基础下卧层比较软弱。地震时厂区内局部有喷砂冒水现象,近似Ⅲ类土,该厂区内的通廊,贮煤塔、贮焦仓全部倒塌,厂内其它一些类型的长周期建(构)筑物亦遭到严重破坏。该厂位置虽处9度区,但全厂的震害相当严重。此现象是否属于震中距远,但有松软的厚复盖层,在地震动的长周期分量的作用下,从而加重地面长周期建(构)筑物的震害影响的问题,有待进一步总结。但是从上述诸例可以说明地基土的好坏和场地选择对加重和降低建(构)筑物的烈度关系极为密切,应引起足够重视。特别是今后对工程地震地质的小区划分工作越显重要。

这次由于我们调查中涉及的范围较窄,在震害调查中由于缺乏对场地和地基土的影响诸因素作详细地调查,在本报告中难以对地基土等问题详细介绍,对此深感不足。

第二章 单层工业厂房

第一节 概 述

唐山市工业集中,有钢铁、机械、陶瓷、耐火材料,水泥等轻重工业。单层厂房的类型很多,这次地震是对各类型厂房的一次破坏性大检验。

钢结构厂房在这次地震中又一次经受了考验。除在 11 度区个别厂房由于设计构造不合理、构件的长细比过大,支撑设置不完善等原因致使整个厂房失稳倒塌外,设计比较合理的厂房一般都经受了地震的考验。在 10 度区,钢结构厂房的破坏主要表现为支撑弯曲和围护墙的倒塌,主体结构一般均较完好,破坏轻微。实践再一次说明钢结构的抗震潜力很大,抗震性能很好。

砖柱厂房由于砖砌体强度不够,大都倒塌落顶,破坏十分严重。但在马家沟耐火材料厂及唐钢耐火材料厂有十余个轻盖独立砖柱的原料棚,由于采用了钢筋混凝土夹心柱且屋盖较轻,只遭受中等程度的破坏。

钢筋混凝土柱厂房破坏严重,其抗震薄弱环节暴露得十分明显,为我们进一步认识其震害特征及破坏机制提供了进一步资料。重盖的钢筋混凝土柱厂房是我们这次调查的重点。

这次地震后,我们对 10 度区的唐山冶金矿山机械厂、水泥机械厂、马家沟和唐钢耐火材料厂、四二二水泥厂及唐钢部份车间作了调查。调查的厂房大部份是重盖的中小型厂房,厂房跨度一般为 15~24 米,屋架下弦标高在 16 米以下,吊车梁起重重一般均不超过 30 吨。其结构形式为:钢筋混凝土大屋面板;梯形、折线形及拱形钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土屋架;矩形、I 形、双肢柱及空腹 I 形柱;围护结构为砖墙。调查厂房共 28 座,其破坏程度见表 II-1。震害调查统计见附录一。

表 II-1

厂 房 类 型		数 量	倒 塌	严 重	中 等	轻 微	完 好
钢筋混凝土柱单层厂房	单跨	13	2 (15.4%)	4 (30.8%)	4 (30.8%)	1 (7.6%)	2 (15.4%)
	多跨	15	10(67.1%)	2 (13.1%)	2 (13.1%)	1 (6.7%)	—
	总计	28	12(43%)	6 (21.4%)	6(21.4%)	2 (7.1%)	2 (7.1%)

注:破坏程度按下列标准划分:

1. 倒塌: 主要承重结构严重破坏,屋盖系统大部份落顶。
2. 严重破坏: 主要承重结构破坏,建筑物虽未倒塌,但不易修复。
3. 中等破坏: 主要承重结构基本完好或轻微破坏,经一般修复还可使用。
4. 轻微破坏、主要承重结构完好,不加修理或稍加修理即可使用。

5. 基本完好: 基本上没有破坏或局部有较小裂缝, 不影响使用。

从表 II-1 中可以看出, 在 10 度区, 未经设防的钢筋混凝土厂房倒塌及严重破坏达 65%。除 2 座无围护墙的原料仓库基本完好外, 全部遭受不同程度的破坏。

带有抓斗吊车的原料仓库及露天栈桥, 由于柱有较大的抗侧力强度贮备, 地震后基本完好。

第二节 震害特点

一、屋盖系统

在这次地震中, 钢筋混凝土柱单层工业厂房的震害主要表现为屋盖系统的严重破坏和屋盖大面积倒塌落顶, 见照片 II-1、2, 倒塌率达 43%。从调查中可以看出, 屋盖坠落是由于屋盖的刚度、强度不足及联结构造不当等综合原因所致。现将其震害现象分述如下:

1. 屋面板的错动及坠落:

这次调查的厂房都是解放后新建。有 68% 的厂房均未设上弦横向水平支撑, 屋盖系统的水平刚度主要靠大型屋面板与屋架的联结。由于屋面与屋架的焊接不足导致屋面板坠落的例子很多。例如: 唐山水泥机械厂水爆清砂车间屋面板与屋架点焊, 且焊接质量不好, 地震后大部份屋面板坠落, 少数未掉下的屋面板在屋架上错位。见照片 II-3。又如该厂铆焊车间采用 1 米宽的三合一空心板, 而屋架埋设件间距为 1.5 米, 板与屋架的联结是先在屋架埋设件上点焊一条钢板带, 屋面板及天窗架均焊在钢板带上, 地震后该跨厂房半数以上屋盖坠落。又如冶金矿山机械厂一金工车间为 4 跨厂房, 其跨度分别为 18、18、18、24 米。据现场工人介绍 24 米跨厂房屋面板与屋架没有焊接, 从坠落的屋架及屋面板看, 大部分没有焊接的痕迹, 仅少部分屋面板点焊。地震后, 该跨屋盖全跨落顶, 而其 3 跨屋面除支撑失稳外, 破坏较轻。端跨为山墙承重的厂房多因山墙破坏而使边跨屋面板坠落。见照片 II-4。

2. 支撑失稳, 屋架倾斜: 在我们调查的厂房中, 除 I 形薄腹梁外, 梯形及拱形屋架均按规定设置垂直支撑, 其中有 3 座厂房在端跨或端第 2 跨设置上下弦横向水平支撑, 有 6 座厂房设有上弦横向水平支撑, 6 座厂房设有下弦横向水平支撑, 地震后其破坏情况见表 II-2。

表 II-2

支 撑 情 况	总 数	破 坏 程 度		
		倒 塌	严 重	中等以下
设上、下弦横向水平支撑及垂直支撑	3	—	1 (33%)	2 (67%)
设上弦横向水平支撑及垂直支撑	6	1 (17%)	2 (33%)	3 (50%)
设下弦横向水平支撑及垂直支撑	6	3 (50%)	2 (33%)	1 (17%)
设垂直支撑	10	5 (50%)	1 (10%)	4 (40%)

从表 II-2 中可以看出,设有屋架上弦横向水平支撑的厂房倒塌率占 17%,而未设上弦横向水平支撑的屋盖系统倒塌率占 50%。以上现象说明,保证屋面刚度对防止屋盖倒塌有重要作用。

屋架支撑失稳弯曲,联结节点被拉断等现象在过去地震中均存在,在这次地震中表现得更为明显,有的厂房因支撑破坏导致屋盖系统严重破坏。例如唐山冶金机械厂铸钢车间,地震后其天窗垂直支撑拔出,屋架垂直支撑系杆平面外失稳弯曲,因而使一个温度区段内的全部屋架均向平面外严重倾斜。又如该厂锻压车间屋架垂直支撑采用钢筋混凝土圆形架及钢筋混凝土系杆,地震后南面的圆形支撑架及部分系杆落地,见照片 II-5,部分混凝土系杆折断,全部屋架均向西倾斜。

3. 屋架破坏: 由于屋架强度破坏而导致整个屋架塌落的现象,在过去地震中很少见到。在这次调查中,我们从大片倒塌区中残留的屋架和一些严重破坏濒临倒塌的屋盖中可以看出,有些房屋的倒塌是由于屋架强度破坏所致。例如: 唐山水泥机械厂金工间端跨,从倒塌现场看,厂房的倒塌是屋架落顶,屋面板随同屋架整片垂直落下,砖墙倒在屋面板上,说明倒塌是最先由屋架破坏开始的。又如水泥机械厂铸钢清砂车间屋架倒塌落顶,有两块屋面板穿在小柱头上,见照片 II-6,而柱顶螺栓仍然直立在柱顶上。冶金矿山机械厂铆焊车间是钢筋混凝土拱形空腹桁架,其高跨屋架大部份落顶,见照片 II-7,残留的几榀屋架腹杆混凝土酥碎脱落露出钢筋。其低跨屋架虽未落顶,但有一榀屋架上弦在与第二根腹杆节点处断裂错位,腹杆折断,下弦断裂,屋架倾斜,已处于倒塌边缘。水泥机械厂铆焊车间折线形屋架端部支承大型屋面板的支墩折断。在 9 度区的陡河电厂灰浆泵房,端部屋架在与山墙柱联结处断裂错位,上弦出现多条裂缝。见照片 II-8、9。I 形薄腹梁则大部分在与柱接头处混凝土压碎脱落露筋。见照片 II-10。

二、柱

钢筋混凝土柱是厂房承受水平地震力的主要受力构件,在海城营口地震及过去 9 度区的调查中,钢筋混凝土柱厂房由于柱强度不足而破坏的占比例不大。钢筋混凝土柱除柱头破坏外,大部分是在柱下部及小柱根部出现水平裂缝,震害不严重。而在这次地震中,在 10 度及 11 度区,柱由于强度不足折断倾倒的例子很多,其破坏情况见表 II-3。

表 II-3

破坏部位	柱头	上柱		下柱	
		裂缝	折断	裂缝	折断
数量	9	4	8	9	2
占调查总数百分数	32%	15%	29%	32%	7%

现将柱震害现象分述如下:

1. 柱头破坏: 柱头是保证屋盖与柱联结的重要部位。由于屋盖的水平地震荷载作用于柱头的剪力很大,且在震中区受竖向震动的影 响,有的柱头在屋架联结处酥碎露筋,有的垂直劈裂,钢筋劈倒。如唐钢 650 中型车间柱头劈裂,混凝土破碎致使屋架局部下沉 630 毫米。见

照片 II-11。水泥机械厂铸钢车间柱头劈裂，钢筋拉出，屋架坠落。见照片 II-12。有的屋架在倒塌时连同柱埋设件把柱头拉掉。

2. 小柱破坏：小柱在变断面或吊车梁翼缘处有水平裂缝，有的沿小柱全高有均匀分布的水平裂缝。有的吊车梁与柱撞击使该处混凝土剥落露筋。高低跨共用的中间柱，由于柱两侧厂房周期不同，并受高振型的影响，且小柱比较薄弱，故破坏较严重。例如唐钢 3200 制氧车间，小柱与披屋梁连接处小柱折断，混凝土剥落，钢筋严重弯曲。见照片 II-13, 14, 15。

小柱因强度不够，在变断面处或在吊车梁顶处折断倾倒，是这次地震中柱破坏的一个特点，在调查的厂房中有 8 座厂房小柱折断，占调查总数的 29%。如水泥机械厂金工车间组装间小柱从根部折断。见照片 II-16, 17。铸钢车间模具段小柱从吊车梁顶部折断后沿厂房纵向倒于吊车梁上。见照片 II-18。其配料间角柱从中部折断。见照片 II-19, 20。应该指出的是，屋盖倒塌的厂房中有 75% 的小柱均折断倾倒。从现场倒塌的情况分析，小柱强度不足是屋盖倒塌的一个因素，而屋盖的倒塌反过来又加剧了柱的震害，二者之间是互为因果、互相联系的。

3. 大柱破坏：在调查的厂房中，除矿山机械厂铸钢车间为斜腹杆双肢柱、铆焊车间为空腹 I 形柱外，其余均为 I 形及矩形柱。其中有九个厂房大柱均有裂缝，约占调查总数的三分之一。大柱裂缝多出现于下部标高 0.5~2.0 米范围内，主要是因弯曲受拉出现的水平裂缝。另外在空腹 I 形柱的腹板处出现剪切裂缝。见照片 II-21, 22，个别的双肢柱肢杆折断。水泥机械厂铸铁车间在约两米高处钢筋变断面，（从 $5\phi 25$ 变为 $3\phi 25$ ），在该处混凝土压碎剥落露筋。陡河电厂翻车机室予制柱与捣制柱的联结采用了凸榫接头，由于凸榫面光滑，新旧混凝土结合不好，地震时接头后浇混凝土酥碎脱落露筋，钢筋弯曲。见照片 II-23, 24。

大柱从根部折断倒塌在调查中有两例，水泥机械厂铸钢车间模具段端部边柱从根部折断，柱身倾斜，柱顶靠在与其相邻的铸钢车间边柱上。见照片 II-25。该厂金工车间厂房柱从大柱根部倒塌。在 11 度区的齿轮厂及轻机械厂大柱从柱根部倒塌。见照片 II-26。

(三) 柱支撑

柱支撑的破坏与八、九度区的震害相同，表现为支撑平面内、外失稳弯曲，见照片 II-27。支撑拔出。在水泥机械厂铸钢、清砂及金工车间采用了钢筋混凝土柱支撑，地震后有支撑折断。见照片 II-28, 29。

(四) 围护结构

围护结构为砖墙的厂房，在地震中砖墙破坏严重，纵墙及山墙大面积倒塌，倒塌率占调查总数的 93%。

唐钢二炼钢车间采用大型墙板，地震后除部分接头处有松动外，破坏较轻。从海城地震及唐山地震实践看，墙板是一种抗震性能较好的围护结构。

第三节 震害实例

例 1：唐山冶金矿山机械厂铆焊车间

地点：唐山市路北區

烈度：10 度。

结构形式：大型屋面板、钢筋混凝土拱形空腹桁架、工形空腹柱；边柱 400×800 、中柱 500×1100 。屋架中部设垂直支撑，钢筋混凝土系杆。

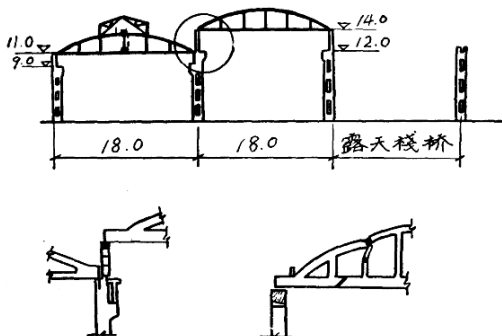


图 II-1

破坏情况:

1. 高跨厂房大部分落顶, 屋架屋面板垂直落下, 砖墙倒于屋面板上。残留几根屋架腹杆多处酥碎剥脱仅剩钢筋。见图 II-1。

2. 低跨屋架未落顶, 但西第三榀屋架拱形屋架上弦在第二根腹杆处断裂错位, 腹杆折断, 下弦裂缝, 小柱头折断倾斜。

3. 中柱柱头破坏, 混凝土酥碎露筋。

4. 中柱小柱柱身有多条水平裂缝, 在高跨吊车梁翼缘处混凝土酥碎。

破坏程度: 倒塌。

原因分析:

1. 屋架强度破坏, 从现场情况分析, 屋架先破坏, 屋面板随同屋架一起整片垂直落下, 屋架及屋面板落地后砖墙倒塌。

2. 中柱小柱受弯强度破坏。

例 2: 冶金矿山机械厂一金工车间

地点: 唐山市路北区

烈度: 10 度

结构形式: 大型屋面板, A-B 跨金属梯形屋架, 三道垂直支撑, 上弦设两道钢筋混凝土系

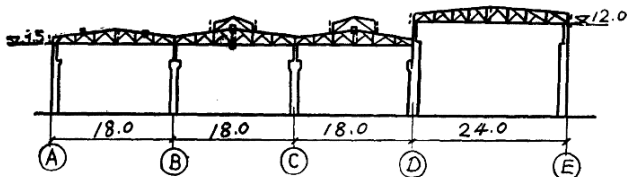


图 II-2

杆。B-C、C-D 跨 18 米予应力梯形屋架，6 米天窗。天窗两侧，屋架端部及中部设垂直支撑，屋架上弦中部设钢筋混凝土系杆一道。D-E 跨较邻跨高约 2.5 米。予应力钢筋混凝土梯形屋架，设三道垂直支撑，柱为工形柱，无柱间支撑。

破坏情况：

1. D-E 跨屋架及屋面面板倒塌落顶，落顶屋架埋设件拔出。
2. B-C 跨天窗垂直支撑平面外失稳，上弦杆拔出倾斜。
3. 高低跨的中柱支承低跨屋架的牛腿酥碎，在高跨吊车梁翼缘高处柱被撞碎掉混凝土。
4. 倒塌跨山墙柱小柱折断倾斜。
5. 南面纵墙在圈梁以上倒塌，山墙倒塌。

破坏程度：倒塌

原因分析：

1. 据现场工人反映，倒塌跨屋面面板与屋架间没有焊接。从倒塌的屋面看，大部份埋设件没有焊接痕迹，少数屋面面板点焊。
2. 高低跨厂房中柱一般震害较严重，说明在中柱两侧厂房由于周期不同，有高振型和应力集中的影响，在吊车梁翼缘处柱与梁撞击掉块。

例 3：唐山水泥机械厂铸钢车间模具段

地点：唐山市

烈度：10 度

结构形式：大型屋面板，钢筋混凝土梯形屋架，工形柱，钢筋混凝土柱支撑。

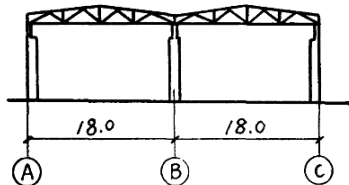


图 II-3

破坏情况：

1. 屋架全部落顶，仅一榀屋架落于吊车桥架上，屋面面板搭在桥架上。
2. A 列柱小柱从吊车梁顶部折断，小柱沿厂房纵向倒于吊车梁上。
3. A、B 列柱倾斜，柱底压酥破坏。中柱边柱从根部折断，柱顶靠在铸钢车间边柱上。
4. 吊车梁轨道沿纵向扭曲。

破坏程度：倒塌。

原因分析：柱强度破坏。

第四节 几点体会

一、唐山地震实践表明，钢结构的抗震潜力很大，抗震性能很好。钢材是延性材料，钢结

构能适应较大的塑性变形,因而有较大的能量贮备。而在现行抗震规范(TJ11-74)中,钢结构、钢筋混凝土结构、木结构的结构影响系数均采用同等数值,即 $C=0.3$,这与震害现象不大符合。从海城及唐山地震实践看,钢结构的结构影响系数可以作适当调整。

二、砖柱厂房由于砌体强度不足,砖墙倒塌破坏造成大量伤亡,是这次唐山地震的一个严重教训。因而今后在10度及10度以上的高烈度区应尽量避免采用砖柱厂房。对于一些不重要的建筑物,如原料备件库及原料棚等当必须采用砖柱时,应尽量采用轻型屋盖,提高砖及砂浆标号,保证施工质量,并可采用钢筋夹心组合砖柱的方法以提高结构的抗震性能。

三、单层钢筋混凝土柱厂房由于屋盖大面积倒塌落顶引起人员大量伤亡及设备的严重损坏,也是这次唐山地震中的一个严重教训。鉴于目前地震预报尚未能完全过关,因而在设计中应建立“小震不坏,大震不倒”的设计思想。使建筑物在遭遇的地震影响相当于设计烈度时,建筑物的损坏不致使人民生命和重要生产设备遭受危害,建筑物不需修理或经一般修理仍可继续使用,而在意外大震的打击下,建筑物不致倒塌。因此,在抗震设计中,必须首先着眼于提高厂房的总体抗震能力,除注意场地选择、地基稳定及保证施工质量外,在单层钢筋混凝土柱厂房的设计中还要注意以下几个方面:

1. 厂房设计力求体型简单、规则、对称。一般不应在钢筋混凝土厂房两侧设砖墙承重的披屋。在这次地震中,该类厂房由于主附跨刚度不同,周期不一致,披屋大都倒塌落顶。钢筋混凝土厂房端部应设屋架,不要采用山墙承重方案,以避免在地震时由于山墙倒塌导致屋面落顶。山墙是厂房抗震的薄弱部位,宜采用钢筋混凝土山墙柱。

高低跨厂房的震害一般较等跨厂房严重;在设计中尽可能少选用,如必须选用时宜尽量调整厂房高度,减少高差及采取构造措施加强中柱的刚度及强度。

生产厂房最好不和生活间毗连,如必须毗连时,宜设抗震缝隔开。

2. 保证屋面刚度及强度,保证屋面刚度对防止厂房倒塌有重要作用。要特别注意屋面板与屋架间的焊接质量,保证屋面板间填缝的饱满及密实,以保证屋面的整体刚度。

屋盖的支撑系统是保证屋面刚度重要构件。要注意垂直支撑的设置及联结,拱形及折线形屋架的端部宜增设垂直支撑以保证屋盖的整体刚度。屋架上弦横向水平支撑在保证屋面刚度方面有较明显的作用。

适当加大屋架杆件截面,保证屋架的刚度及强度。

3. 加强联结措施,保证构件联结部位的强度及刚度;要保证板与屋架屋架与柱及支撑的联结,除切实保证施工质量外,必须保证埋设件有足够的强度及锚固长度。柱头钢箍加密并增设横向焊接钢筋网2~4片,支承屋面梁或屋架的牛腿顶部埋设件的锚固筋应水平伸入柱内并有足够的锚固长度。(或与柱主筋焊接。)

第三章 多层框架厂房

第一节 概 述

这次共调查 12 个厂矿 39 座钢筋混凝土多层工业厂房, 分属于 5 种类型见表 III-1。结构形式均为现浇框架承重, 无抗震墙, 有砖填充墙的和无砖填充的两种型式。平面置布有一个柱距的也有几个柱距的, 其中等高的有 23 座, 有高低层的 16 座。

39 座多层工业厂房分别位于 9 度、10 度区。绝大多数是解放后兴建的, 其中 25 座是在一九七〇年前后施工的, 投产时间不超过 5 年, 建造最早的是林西煤矿 4 号付井, 它建于一九四七年。地基土的大致情况是 19 座建在 II 类场地上, 7 座建在接近 II~III 类场地上, 5 座建在 I 类场地上, 其余几座地质情况尚未查明。

厂矿类型、数量及名称

表 III-1

厂矿类别	数 量 (个)	厂 矿 名 称	场地烈度	建筑年限	场地土 (类别)
化工厂	3	五七化肥厂	9	72年	II
		唐山市焦化厂	10	70年	II
		唐山市合成化学厂	10	71年	II
耐火厂	2	温各庄矾土矿	10	68年	II
		唐钢耐火材料厂	10	55年	I
煤 矿	2	开滦煤矿唐山矿	10	74年	II
		开滦煤矿林西矿	10		II
水泥厂	2	四二二水泥厂	10		I
		四二二水泥厂碎石厂	9		I
冶金厂	3	唐钢炼铁厂	10		II
		唐钢二炼钢	10	70年后	I
		唐钢北石灰车间	10		I

调查的 39 座多层钢筋混凝土工业厂房, 震后均遭到不同程度的破坏, 有的甚至倒塌。多层钢筋混凝土厂房在不同场地烈度区城内的破坏统计见表 III-2