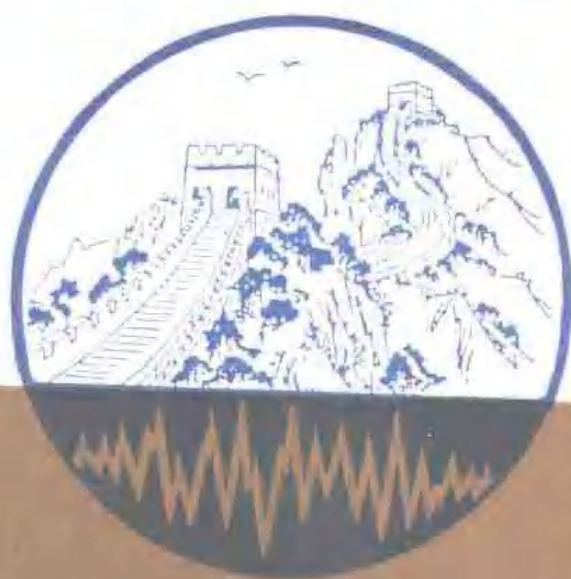


工程抗震与防灾

石油工业部抗震办公室

王优龙 主编



陕西科学技术出版社

86.218
8806707

工程抗震与防灾

石油工业部抗震办公室

王 优 龙 主 编

陕西科学技术出版社

工程抗震与防灾

石油工业部抗震办公室

王 优 龙 主编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

西安永新印刷厂印刷

787 × 1092 毫米 16 开本 19 印张 430 千字

1988 年 4 月第 1 版 1988 年 4 月 1 次印刷

印数: 1—4000

ISBN 7-5369-0162-3 / TV · 7

定价: 4.90 元

《工程抗震与防灾》

主 编：王优龙

编 委：王优龙 李康祺 胡明韬 项忠权

责任编辑：胡明韬

撰 稿 者：王优龙 周亮臣 任广宗 吴良玖
魏 珽 李康祺 李国朴 项忠权
孙纪安 陈国祥 李 明 耿树江
王意如 陈冠卿 程文江 耿文福
徐振贤 潘如钧 郭 非 陈绪忠

前 言

《工程抗震与防灾》是石油系统抗震防灾领域里的部分研究成果，由于国内外对本专论集提出的课题研究甚少，而这方面的研究成果对工程界又有较大的参考价值，所以这本专论集的出版定会受到广大学术界、工程界同行们的欢迎。

本集共收入廿二篇专论，内容涉及到建筑物、构筑物、设备、管道、井架、管架、海洋平台及地基基础的抗震设计、动力分析、计算方法及抗震措施，提出了工矿企业抗震加固存在的问题及改进意见，对工矿企业抗震防灾规划的一些作法阐述了作者的意见。全书共22篇专论，体现了八个方面的内容：

一、石油企业的抗震与防灾：作者从技术上总结了石油部抗震防灾的经验教训，指出了存在问题及改进意见；

二、地震工程综合研究：作者以“廊坊市地震烈度小区划研究”为题向读者提出了一个重要问题，即对大中型企业进行地震烈度复核及地震危险性分析可带来很大的经济效益和社会效益。

三、地基抗震：作者介绍了软弱地基及可液化地基的震害及其防治措施，对九度区可液化地基提出了一种振动挤密碎石桩的处理方法，试验数据完整、理论分析透彻，有较大的实用价值。

四、结构抗震：作者根据现行抗震设计规范的不足，提出了框架变形验算及相应塑性层间变形公式，使这种结构的抗震设计更为合理。另一篇论文提出了一种新颖的抗震结构体系——剪力墙式框架体系，使震害集中在连梁上，作者称之为“保险构件”，这种杆件的破坏可保全主体结构不致有大的损坏，是框架结构抗震理论的一种新见解。

五、结构震害的选择性和累积性：作者根据大震震害特点，阐述了结构震害的外因和内因，指出了震中距远近及地震动持时等因素对震害的重要影响，提出了趋利避害的措施。

六、设备、构架、埋地管道的抗震研究：这部分专论主要介绍了钢制储油罐、落地塔、加热炉、井架、管架、埋地管道的地震破坏机理振动反应规律、动力试验分析，分别提出了抗震近似计算方法和抗震技术措施，是突出反映石油特点的抗震研究成果，有明确的应用范围，对工业部门有十分重要的推广价值。

七、管道跨越工程抗震：作者推荐在大跨度管道跨越工程中采用斜拉索管桥结构，将管道受力由受压变成受拉，不仅充分发挥了钢材的受力性能，也增强了结构抗震抗风能力。此结构形式系国内首创，已引起国外工程界关注。

八、海洋平台抗震分析：作者对海洋平台型式进行了分析，指出这种平台对地震作用较敏感，抗震设计要保证甲板系统的整体性，要考虑地基刚度对平台地震反响的影响。

另外本集收入的底脚螺栓震害分析，八度区面粉厂的加固、金属软管在油罐抗震中的应用，抗震加固也应开展创优工程活动都各具特色，阅后谓之耳目一新。

本专论集内容丰富、涉及面广，既有新的探索又有较大应用价值，它将作为工程抗震领域里的一束鲜花奉献给读者们。

本集采用法定计量单位，但由于有的文章引用文献中的例题是根据SA p5程序计算的结果，故仍保留原有计量单位。

在这本专论编辑过程中得到刘红军同志、何方同志的大力支持，在此致谢。

《工程抗震与防灾》编委会

一九八八年二月

目 录

1. 石油企业的抗震与防灾·····	王优龙 (1)
2. 廊坊地震烈度和小区划的研究·····	周亮臣 (12)
3. 振动挤密碎石桩处理九度地震区可液化轻亚粘土地基·····	任广宗等 (26)
4. 结构震害的选择性和累积性·····	吴良玖等 (43)
5. 钢筋混凝土框架抗震设计方法·····	魏 璉 (80)
6. 高层建筑抗震结构新体系——剪力墙式框架结构·····	李康祺 (97)
7. 八度地震区面粉厂主厂房的加固·····	李国朴 (114)
8. 圆柱形储油罐的抗震性能·····	项忠权等 (120)
9. 储油罐鼓胀震害的分析·····	孙纪安等 (145)
10. 储油罐地震响应的微机有限元程序·····	陈国祥 (154)
11. 金属软管在钢制储罐抗震中的应用·····	王优龙等 (159)
12. 落地塔抗震计算的近似法·····	李 明等 (164)
13. 筒形塔类设备的随机地震反应分析·····	耿树江等 (175)
14. 方箱型立式加热炉的抗震分析·····	王意如等 (185)
15. 底脚螺栓震害分析及防治措施·····	吴良玖 (196)
16. 震害及长距离输油管道的抗震计算·····	陈冠卿 (228)
17. 大跨度斜拉索管桥选型和涡激振动的分析·····	程文江 (235)
18. 输油管线拱跨越的抗震分析·····	耿文福等 (244)
19. 管架抗震计算与分析·····	徐振贤等 (253)
20. 石油钻井井架抗震性能的分析·····	孙纪安 (265)
21. 钢筋混凝土海洋平台的抗震分析·····	潘如钧等 (274)
22. 抗震加固也应开展创优工程活动·····	王优龙等 (290)

1. 石油企业的抗震与防灾

石油部抗震办公室 王优龙

唐山大地震后不久石油系统全面开展了抗震防灾工作。从1977年到1987年大体上经历了三个阶段：建（构）筑物抗震加固阶段，工业设备抗震鉴定与加固阶段，石油工矿区抗震防灾规划阶段。从原来的单体抗震发展到今天的综合抗震经过了十年的探索和研究，采取了抗震措施的企事业单位有的已经遇上了4.8级至6.2级地震，没有发生大的破坏，有的研究成果如大型储罐抗震研究、埋地管道抗震研究、高层框架抗震保险构件的研究得到了国内外工程界的较高评价，我们最先开展的工业矿区抗震防灾规划试点已取得了典型经验并在面上全面推开，下面仅从三个方面谈谈石油工程建设、石油设备、石油矿区抗震防灾问题一些不成熟的看法，与同行们共勉，并欢迎批评指正。

一、石油工程建设抗震加固问题

石油系统有651万平方米需加固的建筑物分布在廿多个省市自治区七、八、九度地震区。从竣工检查验收的情况看，大部分加固工程符合鉴定标准，加固方案合理，加固质量是好的或比较好。有的加固工程经历了两次地震考验，完好无损，说明加固有效。但也存在不少问题并带有普遍性。归纳起来主要是加固超标准、加固不当、加固有害、加固标准偏低。现分述如下：

（一）单层工业厂房加固中存在的问题

1. 厂房砖柱用外包角铁加固，其上部不与屋面梁或屋架侧墙联结，下部不与基础联结，上下不生根，等于不加固。

2. 某机修厂房处在八度地震区，共八个节间，未按照“鉴定标准”规定增设柱间支撑。

3. 某厂主要通道口的山墙完全悬臂，没有抗风柱、没有圈梁，顶部卧梁屋盖没有任何拉结，这是十分危险的。

4. 某厂压缩机厂房，其窗间墙、山墙、支撑系统均不符合“鉴定标准”规定，也未做任何加固处理。

5. 某厂催化裂化车间冷热油泵房为炼油厂要害部门，仅在墙转角处加 $\phi 14$ “把锯拉条”，用手即可拔出，檐口部位仅用一根 $\angle 50 \times 5$ 角铁充当圈梁，起不到加固作用。

6. 某厂小泵房，采用摘制屋面，墙体质量也好，按“鉴定标准”不需加固，却在泵房四角加了钢筋混凝土包角柱，超过八度标准。

7. “鉴定标准”规定，钢筋混凝土大型屋面板支承长度不应小于5cm，当钢天窗架

上翼缘角钢 $\leq 75 \times 6$ 时,板支承长度达不到“鉴定标准”要求,有些单位均未检查也未做加固处理。

8. T型立柱的钢筋混凝土II型天窗架加固中存在三方面的问题:对原有垂直支撑不利用,全部新加异形支撑,既增加钢材消耗也没有必要;七、八度区对全部天窗架立柱都进行加固;6m跨钢筋混凝土天窗架加设上弦水平支撑及上弦脊点通长系杆,这些都超过“鉴定标准”的要求。

9. 矩形截面的钢筋混凝土天窗架立柱一般不需要加固,有的单位也加固了,超“鉴定标准”。

10. 屋面支撑系统没有按“鉴定标准”规定全面考虑,只加上弦横向水平支撑,忽略了跨中垂直支撑和下弦统长系杆。

11. 七、八度地震区,当抗风柱与屋架下弦不相联时,厂房单元两端不必增设下弦横向水平支撑,有的单位却设了。

12. 屋架下弦统长水平系杆应设在垂直支撑位置平面内,有的单位却设在垂直支撑两侧。多设了水平系杆,造成传力不顺,效果不好。

13. 八度和九度的地震区高低跨处的钢筋混凝土柱子,支承低跨屋架的牛腿和肩梁应进行验算,有的单位不验算就加固,难于确定是否合理。

14. 在砖壁柱厂房中,砖壁柱柱顶有女儿墙,在加固中应将砖壁柱与女儿墙一起加固。有的单位只加固到柱顶,对女儿墙不做加固处理。

15. 用型钢加固的砖抗风柱,柱顶要与屋面拉结。有些单位忽略了这一点,效果不好。

16. 在八度区砖抗风柱加固中仅加固上半段砖柱而不全加固,作用不大。

17. 在增设柱间支撑时,支撑只做到柱子中间离地面太远离吊车梁太远,离柱顶太远。

18. 独立砖柱纵向柱列间的抗震墙不到顶,地震时对砖柱很不利。

19. 用角钢加固山墙时,加固角钢未拉在抗风柱上柱而仅与屋架腹杆拉结,对屋架有害。

20. 对女儿墙高度理解不正确,多半是从屋面板板面算起,这是不对的。女儿墙高度应从圈梁顶面算起,超过500mm就应加固。

21. 采用竖角钢加固女儿墙又加了钢筋混凝土压顶,没有必要。压顶可以取消。

22. 车间内隔墙与柱子相联系时,内隔墙与柱子不等高,使柱子形成短柱,刚度剧增,对抗震不利。

23. 某厂6m进深的小库房处在七度地震区,经鉴定全部符合“鉴定标准”,但仍加了构造柱。

24. 有的单位对“鉴定标准”学习理解不够,对单层厂房的墙体也采用多层砖房的方法加构造柱、圈梁、拉杆,既浪费了材料又没有这个必要。

(二) 多层砖房加固中存在的问题

1. 当房屋总高度符合“鉴定标准”要求时,一般不必加构造柱,有的单位盲目加了构造柱,浪费了材料。

2. 构造柱的设置间距应按抗震设计规范TJ 11-78的规定当房屋总高≤10m时“鉴定标准”规定3m左右时每8m在内外墙交接处及外墙转角处设构造柱，当总高度超过“鉴定标准”规定6m时每隔4m在内外墙交接处及外墙转角处设构造柱。有的单位未按规范要求办事，构造柱不是过密就是过稀。

3. 对构造柱柱内配筋一般采用4 ϕ 12，箍筋 ϕ 6@250就可以了。有的单位竟比框架柱配筋都多，箍筋间距也过密，既浪费又没有必要。

4. 楼梯间是人流主要通道，设计一般是敞开式的，由踏步到平台再入走廊，不是实墙封闭。另外楼梯间顶层空旷，刚度质量分布不匀，空间刚度较弱。所以三层以上民用砖房在楼梯间四角处都要设构造柱。有的单位忽视了这一重要部位，未采取加固措施。

5. 两纵墙所加构造柱一定要对称设置，并且要求从基础到顶层不允许中断并与设圈梁同时考虑，有的单位加的构造柱两侧不对称，有的只设构造柱不设圈梁，这都起不到构造框架的作用。

6. 突出楼房平面的楼梯间，突出部分应按规定增设阴角柱、阳角柱。圈梁也应在此通过。有的单位未引起注意。

7. 圈梁的增设应按“鉴定标准”表七要求确定，不能不管原结构设计情况和所处的地区地震烈度，千篇一律层层设置。有的单位对原现浇楼板也加了外圈梁，有的处在七度区也层层加圈梁，没有必要。

8. 在设圈梁时只在楼层处设而屋盖处却不设(原屋盖处无圈梁)，不合理。

9. 在加外圈梁时怕麻烦图方便，在阳台处在楼梯间处不拉通，有的圈梁遇楼梯间窗洞绕过而无搭接长度，效果不好。

10. 外墙圈梁设置了内横墙不加拉杆或拉杆布置过稀，不合理。

11. 外圈梁设置离屋盖、楼面太远，传力效果不好。

12. 外圈梁采用 $\angle 50 \times 6$ 的单角钢，结合又不紧密，起不到加固作用。

13. 设置钢拉杆的位置不当，有的拉在12cm厚的墙上，很不可靠，有的拉在没有横墙与其交接的纵墙上，沿内纵墙设置的拉杆，只从山墙深入一个开间，有的还不到一个开间，有的却沿内纵墙全部拉通，拉杆设在离板底25cm处，这些作法效果不好甚至有害。

14. 外加圈梁在遇到变形缝时应分别拐入室内与另一侧的圈梁交圈。而有的单位却在变形缝处将圈梁连通，有的单位把圈梁在此处断开形成开口，这都不符合抗震要求。

15. 钢拉杆中部应设花篮螺栓，待钢筋混凝土圈梁达到设计强度后，转动花篮螺栓上紧拉杆，并每年检查松紧情况，这样拉杆才能在地震时起到作用。检查了一些单位发现拉杆不直不紧，有的中间未设花篮螺栓也没有其他拉紧措施。

16. 钢筋混凝土外圈梁在施工中往往忽视钢筋搭接长度，特别是圈梁在山墙转角处钢筋搭接长度不足，光面钢筋搭接处应做弯勾，变形钢筋应以做直勾以加强锚固，搭接部分处的钢箍应加密。不少单位对这一部分有所忽视。

17. 石油系统的不少房子是苏式人字屋盖，上有砖烟囱，在加固时有的未考虑这部分的加固措施，地震时必然要倒塌伤人。

(三) 对抗震加固措施的一些改进意见

根据石油系统抗震加固的实践及国内兄弟单位的经验总结,对今后抗震加固的一些做法有必要加以改进,现提出参考:

1. 屋架支撑节点用钢板连接受力后容易变形,宜改为角钢。
2. 八度区钢筋混凝土的组合屋架,在无檩体系中上弦横向水平支撑凡采用圆钢筋者宜改用角钢。
3. 砖扶壁柱加固,内外侧都用角钢,维护起来比较困难,不如外侧包钢筋混凝土内侧用型钢。
4. 内墙圈梁用钢拉杆代替时,宜采用两根钢筋组成的双拉杆布置在墙两侧,不宜采用单根钢筋的单拉杆。
5. 用型钢包砖柱做圈梁做构造柱,效果不好不宜推广。其原因是相对湿度大的地区钢材易锈蚀,维修困难;型钢难以保证与原结构结合紧密共同受力;用钢量大造价高。
6. 墙体强度不足时采用钢筋网水泥砂浆夹板墙的做法既不改变原建筑立面又起到了加固效果,是一种加固合理的方法。
7. 拆掉高女儿墙、假门脸、装饰物也是抗震加固的有效措施,不一定都去加固。
8. 单层空旷房屋如食堂、剧场、库房等,由于使用上不允许加抗震横墙,可采取在纵墙上加构造柱,组合柱形成框架结构比较合理。
9. 工业厂房增设支撑应按“鉴定标准”规定采用。安装支撑时宜先用螺栓定位,校正无误后再焊牢,焊缝长度应满焊。
10. 在加固檐墙与高低跨封墙时,采用外贴竖向角钢用螺栓将墙体与屋架及柱顶拉住,竖向角钢的长度必须伸至墙体顶部,否则地震时,角钢上部墙体仍会倒塌。
11. 山墙的加固要区分非承重与承重山墙,采取不同的加固方法。非承重山墙主要是防止悬墙倒塌,采取的措施是用外贴角钢用螺栓将墙体与抗风柱上柱拉紧;承重山墙是屋面板一端直接支承在山墙上,抗风柱是砖柱,为提高山墙的稳定性,除采用外贴角钢外,还要设拉杆将墙体与厂房第一榀屋架上弦牢固拉住,抗风柱内侧加包角角钢作为拉结墙体与屋架上弦间的扁担支座。当山墙顶部有卧梁时应在卧梁上下用螺栓与抗风柱拉结,使卧梁与抗风柱能起整体作用。
12. 加固设计尽量考虑少拆除或不破坏原有建筑物。如拆除了砖壁柱再浇灌钢筋混凝土构造柱,拆除水平遮阳板再加圈梁等现象,或者打孔凿洞太多过大损伤原有建筑物。加固设计要尽量保持原有建筑物的抗震强度和整体性。
13. 抗震加固要与生产相结合。如不能中断或停产后影响产值很大的车间可采用室内用钢结构加固室外用钢筋混凝土结构加固的联合加固方法。

随着工程抗震科学的日益发展,抗震科研的步步深入,抗震加固技术水平的逐步提高,加固施工管理的日臻完善,抗震加固质量已有了很大提高,加固方案考虑了立面美观、与厂容、市容的协调一致,加固与大修、装修、改造相结合等措施使抗震加固对提高经济效益、环境效益和社会效益愈来愈显示出它的重要作用。

二、石油设备抗震加固的作法

石油设备抗震加固开始于1979年,当时没有现成经验,我们采取了先试点推广后先重点设备后一般设备的办法逐步开展起来的。石油系统重要设备是塔器、储罐、加热炉、电器和管道五大部分。1983年我们编制了金属储罐、塔器、加热炉、电器设备抗震加固方案参考图,1987年重新修订正式出版。1987年编制了《埋地管道抗震设计规范》(送审稿,石油部标准),在这几年石油设备抗震工作中我大致有以下一些作法和体会:

(一)设备抗震加固首先要抓设备普查与鉴定

普查是指对在用工业设备进行较为详细的检查,搞清设备的结构尺寸、材质是否与原设计图纸相符,经过长期生产操作设备的腐蚀情况如何,设备各部件的安装紧固情况有何变化,设备基础的沉降情况怎样。

鉴定是依“工业设备抗震鉴定标准”为依据对设备进行外观检查、测厚、测量,通过计算和校核,确定是否满足当地地震基本烈度的要求。

设备普查与抗震鉴定是同时进行的。普查的目的是为了摸清设备的现状。我们大部分石油厂矿是五十年代六十年代建成投产的,经过多年运转再加上更新改造,在设备结构、尺寸、配件数量、腐蚀程度等方面都有很大变化,特别是经历了十年动乱,设备的变化未能完全反映到技术档案中去,有的出现档案丢失,图纸与实物不符的现象,因此,设备的普查不单是为抗震鉴定提供依据,也是进一步提高设备管理水平所必需的基础工作。

在设备抗震鉴定中,不一定对所有设备都进行抗震计算,例如,10m以下的塔和立式容器,按有关规定可不进行抗震能力校核和验算,对这类设备,重点是做外观检查鉴定,测量其垂直度、检查地脚螺栓松紧程度,基础质量的外观评定,设备壁厚及腐蚀情况等,10m以上的塔器,除外观检查鉴定外,还要按“鉴定标准”附录规定以设备所在地区的基本烈度,地震动参数,当地风压值作抗震验算和部分动力计算,有些设备在“鉴定标准”中没有明确规定,结合石油系统的实际情况,我们做了一些补充的鉴定内容。

例如各种泵和压缩机,数量大、型号杂、种类多,不必要也不可能逐台做全面鉴定,这类设备一般重心较低、基础较大、本身具有相当的抗震能力,这些设备一般都设专人管理、专人维修,我们就规定以外观鉴定为主,着重检查基础与地脚螺栓、管路阀门与机体的连接、油箱冷却器等附件的固定,各金属构件的连接强度等等。对于大型机泵还要检查是否具有断电停车,继续供油的装置。

通过普查和抗震鉴定,对某些设备进行抗震加固的问题便突出出来了,这必然涉及到有关抗震理论、抗震设计方法、构造措施等方面的问题,我国现行规范和标准对这些问题规定比较简单,有些方面没有反映出来,有些设备的抗震加固方案,实施起来有困难,特别是石油化工装置内防火防爆要求很高的设备,抗震加固施工在连续生产条件下是不可能进行的,有些设备牵扯多专业多部门,一个车间甚至一个单位是解决不了设备

抗震问题的，这就要具体情况具体对待。

在普查鉴定基础上要按照石油设备的种类和特点采取与之相应的抗震措施，我们石油系统在炼厂油田中的设备大概有以下几大类：

1. 容器类 容器类中包括五部分：

(1) 直立设备：炼油厂中的直立设备很多，如工艺塔、反应器、冷换设备等，多数是钢制的。从唐山海城地震调查中看出这些直立设备震害主要是设备位移，地脚螺栓拉长、剪断、管道连接部分拉断，设备本身震坏的很少见到。

(2) 大型储油罐：多半是钢制的，容量大小不一，其主要震害是罐壁底部圈板出现褶皱、油罐底部象足形鼓曲、罐体倾斜。

(3) 气柜（贮气罐）：这种设备震害主要是导轮脱轨，柜壁局部变形，柜体强度和刚度抗御地震的能力一般没有问题，主要是对导轨导轮要做仔细检查。

(4) 球形容器（球罐）：我国使用的球罐多数为地上高压赤道式球罐。罐体支撑在中间设有斜杆拉撑的钢立柱上，主要震害并不在罐体本身而是支撑系统，拉杆强度不足而被拉断。

(5) 卧式容器：卧式容器一般重心低，设计时考虑壳体与支座处的稳定，地震时一般不易损坏，但支座与基础要铆固好，不宜浮放在基础上。容器与管线连接时要有缓冲设施，不宜将管线直接焊在设备上，在高烈度区切忌用砖砌支座。

2. 通用机械设备 主要有四大部分：

(1) 压缩机和鼓风机：主要震害是地脚螺栓拉断，设备位移，进出口接管拉断，管路长期受气体腐蚀，严密性差，地震时管线破裂、漏气造成次生灾害。

(2) 空气分离设备：空气分离设备的震害多系厂房倒塌砸坏设备、地脚螺栓被拉弯剪断、基础倾斜所造成。这类设备种类和部件多，要注意采取防震措施及时检查部件的使用情况，防止次生灾害的发生。

(3) 泵类：泵类的震害也多系被砸或被管线拉坏，泵体本身有足够抗震能力。

(4) 各种机床：机床震害是厂房倒塌砸坏及地基变形引起机床精度变化。

3. 工业炉 石油化工厂用的管式加垫炉在7~9度地震时未发现震害。立式锅炉主要是地脚螺栓固定不好，地震时发生炉体位移，倾斜甚至倒塌。

在工业设备普查鉴定中不单要考虑单体设备抗震而还要考虑整个系统的抗震。例如电气系统、供排水系统等等，单体设备的抗震问题解决了，并不等于系统工程没有问题，这实际上是接触到了生命线地震工程问题。当前应特别强调提高企业的综合抗震能力，这里就包含了系统工程、生命线工程、设备抗震的内容。

地震给人类带来的灾难是深重的。人们为了与地震作斗争，做出了巨大努力，付出了血的代价。在工程抗震方面，通过对国内外地震实例分析，人们更加认识到当今提高企业、城市综合抗震能力的重要性。工程抗震逐步由单体抗震向综合抗震发展是必然的。我们今后的抗震工作要着眼于一个城市、一个企业、一个系统。采取一切有效措施提高城市、工厂、系统的综合抗震能力，这就不是加固一座房子，一个设备所能奏效的。

从抗震防灾的角度看，一座城市一个炼油厂，一个油田开发区，它本身是一个复

杂的系统，它处的地理位置、对外交通联系，物资吞吐能力、人口密度及分布状态、交通网络、供水、供电、供热、供气等基础设施；商业、科研、学校、文化设施、行政机构及管辖范围；通讯设施、医疗、防火、公安设施；建筑物和各种构筑物的特点都是构成城市或一个炼油厂、油田开发区的因素和部分。这些因素和部分相互联系、互相依存、互相制约，形成一个非农业人口为主的集居点，这个集居点发挥着行政指挥中心、工业、商业开发地，科学技术和教育发展的重要基地，可能遭到地震袭击的，就是这样一个极为复杂的系统。对于减轻地震灾害的两个重要环节——地震可能导致的灾害估计和选择抗震的防灾方案和措施，都必须强调全局、强调整体，强调互相联系的分析，强调提高城市、石油矿区的综合抗震能力。

（二）确定加固方案是搞好设备抗震的关键

鉴定不是目的而是手段，通过鉴定找出设备的薄弱环节，对症下药制定出合理的加固方案才是我们的目的。我们开始搞设备抗震加固时，面临的困难是缺乏参考资料，没有可借鉴的先例，国内外抗震理论方面的文献不少，但却很少见到工业设备抗震加固的实例，我们石油系统又缺乏这一方面的研究人员和实验手段，所以开展设备抗震加固工作，困难是很大的。1981年石油部抗震办公室经过反复研究决定一方面搞加固试点，一方面组织力量制定重要设备的加固方案，成立了四个方案编制组为面上开展抗震加固提供参考图集。在编制方案过程中我们一方面充分利用石油系统设计和科研方面的优势，一方面广泛与国内科研单位、大专院校协作，对重要设备用多种方法进行抗震计算、利用计算机进行大量的数据处理，并作了模型实验，从而得出较合理的加固方案。例如油罐抗震加固方案组在编制过程中对国内普遍采用的四种系列27种标准的立式金属油罐，使用我国“工业设备抗震鉴定标准”附录、美国的API-650附录E和日本的JISB8501三种设计计算方法，按照七、八、九三种地震烈度进行抗震计算，并对计算结果进行分析对比，以决定符合我国实际情况的抗震加固方案。

这些加固方案制定出来，我们用三种不同方法进行检验：第一种是计算模拟，也就是对计算的数学模型进行检验，第二种是实体模型实验，按相似原理，在震动台上用模型做振动试验，第三种是施工试点，按实际加固方案进行实验性施工。有的设备例如立式金属油罐，这三种方法都使用了，有的设备只用两种或一种方法进行检验。不论哪种设备，施工试点是必不可少的方法。第一种计算模拟是将这种设计计算方法编制成程序，以国内各厂在用的不同型式不同规格的设备数据输入计算机内，计算在各种地震烈度、各种场地上和各种使用条件下的地震力和设备各部位的最大应力，将计算所得的大量数据加以分析整理，总结出这类设备在不同地震烈度下的反应，也可以看出不同加固方案实际的效果。这种方法实际上是用计算机进行模拟。第二种模型实验是在专用振动试验台上以缩小的设备模型做振动试验。这种试验是由科研单位来完成的。例如立式金属油罐是用1:50的模型，加固和不加固的两种，在振动台上以不同的水平加速度做试验，直到模型失稳破坏为止。第三种施工试点，在一定范围内，对设备的加固方案进行试验性施工，目的在于检验抗震加固方案施工上的可行性。对于不同加固方案也可以在技术上、经济上进行分析对比。我们的作法是将不同的抗震加固方案集中放到相邻的设备上施

工, 然后组织设计施工管理单位的人员参观评议, 提出改进意见。

有些设备或设备的某些部份的抗震加固措施, 是不能通过设计计算来确定的。这就需要根据经验, 这些经验是在国内外历次震害记录中总结出来的, 并且已反应在各种抗震设计规范和标准中, 我们应该尊重这些经验并在抗震加固方案中贯彻执行。设计计算是科学的, 这些经验也是科学的, 我们编制的抗震加固方案就是以这些做为依据, 应该说是可靠的。

(三) 加强管理是搞好设备抗震工作的保证

1. 设备抗震工作的特点

通过几年的设备抗震工作实践, 我们体会到工业设备抗震加固与建筑物抗震加固相比有许多不同点, 主要有以下几方面:

(1) 工业设备抗震加固工作量相对地要小于建筑物加固工作量, 加固施工周期比建筑物也短的多。

(2) 工业设备抗震加固比建筑物抗震加固技术上要复杂些, 难度要大些。

(3) 工业设备抗震加固既有单体设备抗震加固又有整个系统及生命线工程的综合抗震加固, 既有点的问题又有面的问题。

(4) 石油化工设备的抗震加固一般要结合设备更新改造和设备检修进行, 设备运转过程中一般是不允许加固施工的, 所以设备加固要纳入整个设备管理范围内。

2. 设备抗震工作的程序

设备抗震加固同建筑物抗震加固一样要坚持按合理的工作程序办事。这个程序大致上包括普查鉴定、加固设计、施工、检查、验收五个环节。每一个设备加固工程都要做到有计划有图纸有预算, 重要的设备抗震加固设计要组织技术部门、机动部门、安全部门、施工单位、车间代表进行图纸会审, 计算书、施工图及有关技术文件要履行审核批准手续方可存档。

抗震办公室的职能主要是负责组织和协调各有关部门的工作, 承担抗震加固计划的编制和工程进度的统计, 组织加固设计图纸会审, 向施工单位进行技术交底, 组织并参加加固工程质量和竣工验收。

3. 设备抗震加固的施工

设备抗震加固工程一般是与大修、检修、设备更新改造结合起来进行施工, 时间短, 所以要求要做好充分准备, 落实施工图纸、材料配件、施工机具和施工方案。施工方案是施工的指导性文件, 包括施工程序、技术要求、质量标准、安全措施等内容, 施工程序对于某些工程量较大, 工序交接频繁的工程项目是很重要的。例如一个罐区的综合抗震治理, 可能包括罐体的抗震加固及管道、防火堤、接地、油漆防腐等内容, 没有一个合理的施工程序, 将会造成各工种的相互干扰, 影响抗震加固工程的施工质量。

设备抗震加固施工最好由本厂的机动部门承担, 因为他们对设备情况熟悉, 了解防火防爆等安全要求, 熟悉安全操作规程, 有完备的施工机具, 能合理的安排大修、检修与加固的施工程序。

在施工过程中同建筑物加固一样要注意资料的收集和整理, 例如设计变更单、施工

联系单、材料和配件的质量合格证、化学成份、机械性能测试报告、焊接质量的X光透视、超声探伤及其他检验报告、施工工序交接记录、隐蔽工程记录、竣工验收记录等，这些资料反映了工程质量好坏，是工程档案的重要组成部分，是工程竣工验收的重要依据，所以工程从始到终都要重视档案资料的收集和整理，避免工程竣工后再补资料的凑合现象。

(四) 对容易发生次生灾害的设备要有应急措施

石油设备在受到震损时容易发生次生灾害，例如油罐区就是要害设施，除了在设计规划、罐体抗震加固方面给予足够重视外，还要有对付地震的应急措施。临震预报后要降低液位，加强消防设施，健全监视系统，配备抢修队伍，对长输管道一般是隔一定距离在管道上增设紧急驱动切断装置，采用带压封堵器以防止油气外溢，配备管线抢修设备，制定模拟震害流程，训练队伍的应变能力等。由于设备的多样性，采取的应急措施也不可能一样，各单位都应把应急措施纳入设备抗震的管理工作之中。

设备抗震是一项十分复杂而技术性又很强的工作，虽然做了一些工作，但还拿不出更多的成熟经验，有些难题还没有解决。例如大型电子计算机减震问题，浮放设备隔震问题尚待研究，通过继续研究和实践，设备抗震的某些方面会有所突破。

三、工业矿区的抗震防灾规划问题

我国的抗震防灾工作是从城市开始的，八十年代初，我国先在烟台、徐州两市进行了城市抗震防灾规划的试点，后来发展到若干城市，并总结出了一套适合我国情况的城市抗震防灾规划的编制原则、程序、工作方法和规划内容。从城市入手由单体工程的抗震发展到一个城市的综合抗震，这不能不说是工程抗震方面的重大突破。但是工业矿区与城市有着许多不同的特点，行业不同，抗震防灾的重点也不尽相同，怎么搞好工业矿区的抗震防灾规划，大家都很关心，目前还拿不出一个具体办法来，可以说经验是不多的。1985年城乡建设环境保护部把我部独山子矿区作为开展工业矿区抗震防灾规划的试点，这个地区的规划工作已于1986年底全部完成并通过了评审。1986年底我们把秦皇岛输油管线作为石油部抗震防灾规划的试点，1987年上半年已开展了野外钻探工作，工作正在进行中。江苏油田的抗震防灾规划也在积极进行中。我们体会到要搞好工业矿区抗震防灾规划必须明确以下几个问题：

(一) 规划编制要在厂长(经理)直接领导下进行

因为抗震防灾规划是一项全局性的工作，它与许多专业许多部门都有直接关系。所以明确领导关系是搞好规划编制的^①关键。将要定稿的《工矿企业抗震防灾规划编制工作暂行规定》(讨论稿)明确了这一点。即：企业抗震防灾规划应在厂长(经理)直接领导下，组织有关部门进行编制，企业抗震防灾规划经所在城市抗震主管部门审批后，由厂长(经理)责成有关部门实施。为了使规划真正得到实施，我们有的单位成立了抗震防灾委员会或抗震防灾领导小组，这是个综合性机构，规划一旦审批，便由厂长(经理)授权这个部门组织有关部门进行实施。

(二) 明确规划的主要内容

规划的内容大致包括：规划纲要、土地利用、避震疏散、生命线工程、防止次生灾害、抗震加固、震前应急准备、震后抢险救灾等。生命线工程的含义大家都知道，但具体一点讲，因行业不同也不一样。对于石油企业生命线工程主要是指供水、供电、供气、供风、通讯、输气、储油、输气、电讯、消防。次生灾害对石油企业而言是指跑水、跑油、漏气、着火、爆炸、溢毒、放射性辐射等。抗震防灾规划的基础工作很重要，它是编制震害预测的重要依据，震害预测做的准不准，主要看我们的基础工作踏实不踏实。规划基础工作主要是详细的地质、工程地质资料、地震背景资料的分析，地震影响小区划、地震危险性分析。但是，目前有一种倾向值得注意，就是不加区别地通通不考虑地震地质情况，不做地震危险性分析，完全按国家地震局出版的地震烈度区划图做依据，这是不科学的。其原因有四点：其一是区划图给出的基本烈度与现行抗震设计规范不相协调，新修订的抗震设计规范是以概率为基础的，而我国第二代地震烈度区划图给出的基本烈度不含有明确的超越概率概念；其二是我国正在编制第三代地震烈度区划图，采用与目前国际地震预报科学水平相适应的地震危险性概率分析方法，用多参数多层次的系列图件，我们目前开展的工矿企业抗震防灾规划正处在两代区划图的交叉口，如果不注意这种新动向，仍然抱着第二代区划图不放，是不科学的；其三是第二代地震烈度区划图由于当时科技水平限制和区域性资料不平衡，再加上三百万分之一的比例局限，地震烈度值确定的比较粗，作为开展大中型企业抗震防灾规划的主要依据显得不足；其四是不要忘记历史地震的惨痛教训，建国以来在我国六度区发生了多次远高于六度的强震，由于不设防而伤亡惨重。所以我们在开展工业矿区抗震防灾规划中要注意以上这几种倾向，要不断吸收地震工程的新成果，把我们的规划建立在切实可靠的基础上。

(三) 抗震防灾工作要突出重点

哪些是抗震防灾规划的重点地区、重点工程、重点部位，因企业的性质而异。石油系统中油田的重点采油区、油田指挥中心、炼油装置区、油罐区、长输管道的首末站应该是重点地区。生命线工程、要害系统工程是工作的重点，这些工程所在的地下地震地质情况比较复杂又未搞清楚，抗震问题又没有考虑或者没有充分考虑，应该是工作的重点部位，这些工程或者工程的某一部位一旦遭到地震的袭击将会导致整个企业的瘫痪或产生严重的次生灾害。这些部位应该下大力气把工作做深做细。大家知道，石油系统的工业布局有大分散小集中的特点，一个油田面积大的有数百平方公里，涉及数十个县市甚至跨省市，长输管道长达数百公里以至数千公里，这些地区是不是都要做规划基础工作，我的看法既不现实也没有必要，还是要抓住重点地区，在开展重点地区规划基础工作时要结合企业的总体规划，既看到目前生产布局又要照顾长远发展，随着石油勘探的发展，石油建设也在发生变化。今天这里不是重点地区，过几年可能会发展成为重点石油基地，到那时再考虑做工作就会被动而且也浪费资金，这就是我们强调的开展企业抗震防灾规划要与长远规划相结合。

开展企业抗震防灾规划工作实质上是为了提高企业的综合抗震能力，抗震加固只解