

# 大连石化公司石油七厂 地震安全性评价与震害预测

高常波 钟以章 廖 旭 编著

地 震 出 版 社

# 大连石化公司石油七厂 地震安全性评价与震害预测

高常波 钟以章 廖 旭 编著

地 震 出 版 社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

大连石化公司石油七厂地震安全性评价与震害预测/

高常波, 钟以章, 廖旭编著. —北京: 地震出版社, 2000. 12

ISBN 7-5028-1833-2

I. 大… II. ①高…②钟…③廖… III. ①大连石化公司石油七厂-地震烈度小区域划分  
②大连石化公司石油七厂-地震预报 IV. P315

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 47532 号

**大连石化公司石油七厂  
地震安全性评价与震害预测**

高常波 钟以章 廖旭 编著

责任编辑: 蒋乃芳

责任校对: 王花芝

\*

**地震出版社** 出版

北京民族学院南路 9 号

北京地大彩印厂印刷

全国各地新华书店经售

\*

787×1092 1/16 10.875 印张 279 千字

2000 年 12 月第一版 2000 年 12 月第一次印刷

印数 001—200

ISBN 7-5028-1833-2/P·1063

(2368) 定价: 20.00 元

# 前 言

大连石油七厂位于辽东半岛南端大连市的东北部。辽东半岛及两侧海域近年来一直被列为全国地震重点监视区,在新编的《中国地震烈度区划图(1990)》上属于Ⅶ度区。大连石油七厂是生产汽油、柴油等成品油的大型国营企业。成品油生产线工艺流程复杂,管道系统多,并有大量的储罐,塔式、卧式容器和机电设备,在生产过程中,任何一个环节出现故障都会对整个生产线带来重大影响。另外,石油七厂历史悠久,老旧厂房和建筑物较多,抗震性能较差,在未来地震中容易遭受破坏。针对石油七厂的实际情况和大连市所面临的地震形势,大连石化公司十分重视石油七厂的防震减灾工作。为搞好震前的灾害预防,该公司于1995年委托辽宁省地震研究所承担了石油七厂的“地震安全性评价”和“震害预测”两项任务,其目的是为开展石油七厂的防震减灾工作提供基础资料。通过一年多的努力,辽宁省地震研究所的科技人员按照有关规范、标准以及双方的协议,于1996年按期安成了任务。辽宁省地震烈度评定委员会会同中国地震局工程力学研究所、天津大学、大连石油七厂和辽宁省建委抗震办的专家共同对工作成果进行了评审和验收。在实际应用中,石油七厂的安全技术管理部门认为,该项成果对保障安全生产,事先消除某些事故隐患和编制全厂的抗震防灾规划有重要的参考作用,取得了较明显的环境效益和经济效益。1998年,辽宁省科学技术委员会对该项目授予省政府科技进步三等奖。为了使该项成果能在石化企业的防震减灾工作中得到推广和应用,我们将工作报告进一步作了修改和补充,并编写成书,以便于读者利用和参考。

本书提到的场区是指大连市石油七厂的建成区和扩建区,面积约 $4.4\text{km}^2$ 。该厂位于大连市甘井子区海茂街一带,场区地理坐标为:东经 $121^{\circ}37'30''\sim 121^{\circ}39'41''$ ,北纬 $38^{\circ}57'51''\sim 38^{\circ}59'39''$ 。近场区是指以场区为中心,周围 $25\text{km}$ 的地区,这里是需要详细做野外地震地质调查的范围,地理坐标是:东经 $121^{\circ}21'\sim 121^{\circ}56'$ ,北纬 $38^{\circ}45'\sim 39^{\circ}12'$ 。为了研究区域构造背景,需要考虑一个较大的范围,于是,取以场区为圆心、半径 $210\text{km}$ 的范围作为研究地震构造环境的区域。

本书包括上下两篇,上篇为场区的地震动小区划和震害小区划,内容包括:区域及近场区地震地质背景分析,场区断裂勘察及活动性评价,场区地震危险性分析,场区工程地质条件评价及岩土体动力参数测定,场区地震地质灾害(如边坡、不均匀沉陷、软土震陷等研究)、场区地震动小区划和地震易损性分析。下篇为石油七厂石化设备抗震性能鉴定和建筑物及构筑物的震害预测,具体内容有:对全厂的立式储罐、塔式容器、球罐、圆筒式加热炉、卧式容器、各类管线和管架的抗震性能作验算,在对场区内的发电厂和各生产装置区主要的电气设备作全面调查的基础上,根据已有的震害经验进行抗震性能评定;另外,按常规方法对三个装置区的单层厂房和八个生产装置的各类框架平台作震害预测。工作结果表明,场区处于地震活动较为频繁的地区,所在的区域具备发生7.0级以上地震的构造背景。近场区存在发生5.0级以上破坏性地震的构造条件,但场区的构造较为简单,只有3条长度 $500\sim 1000\text{m}$ 的小断裂,最新活动时代分别属于中更新世或者前第四纪。地震危险性分析结果表明,场区的地震基本烈度为Ⅶ度,相应概率水平的基岩峰值加速度为 $111\text{cm/s}^2$ 。根据工程地质、地球

物理探测和场地岩土动力参数的测定结果，场区可分为 5 个工程地质区，按地震动参数可合并为 4 个区，场区在Ⅶ度地震作用下不会出现软土震陷和边坡失稳；只有遭遇Ⅷ度地震时，在个别地点有发生软土震陷和边坡失稳的可能。抗震验算结果表明，立式储罐、球罐、塔式容器、圆筒式加热炉、卧式容器、管架及架空管线和电气设备在Ⅶ度地震作用下均不会有损坏。单层厂房及框架结构平台均满足抗震设防要求，但是考虑到近场区发生 5.0 级以上地震时，烈度有可能达到Ⅷ度，如果按Ⅷ度进行抗震验算和震害预测，那么各类塔、罐、容器、管线、电气设备和建筑物均有不同程度的损坏。工作报告对可能出现损坏或破坏的部位都作了详细的论述。

本书是集体劳动成果的结晶，项目总负责由高常波担任，钟以章负责地震安全性评价工作，抗震鉴定及震害预测由廖旭负责，参加工作的有李长升（天津大学）和辽宁省地震研究所的赵松戈、王亚会、吴明大、万波、马宗顺、郑双成、孟琪、丑景俊、李东春、韩绍欣、田传禄、房贺岩、韩殿忠、高静、张海英、黄河、谷晓曦等。

本报告的编写、工作设计及计算工作分别得到天津大学项忠权教授和辽宁省地震局卢造勋研究员的悉心指导和帮助。

大连石化公司汪家琪经理、于连成处长、陈宗南处长、张聚生高级工程师和王正义同志等主持了项目的立项论证、方案设计等方面的工作，并由王正义同志代表石油七厂在项目执行过程中实行监督。工作过程中得到大连石化公司安技处、档案室及各生产车间的大力支持与帮助，作者对关心、支持和帮助本项目工作的领导、专家和有关同志深表谢意。

# 目 录

|     |       |
|-----|-------|
| 绪 论 | ( 1 ) |
|-----|-------|

## 上篇 地震安全性评价

|                    |         |
|--------------------|---------|
| 第一章 区域地震地质背景       | ( 7 )   |
| 第一节 区域大地构造         | ( 7 )   |
| 第二节 区域新构造运动        | ( 9 )   |
| 第三节 区域地球物理场及深部构造   | ( 14 )  |
| 第四节 区域活动断裂         | ( 19 )  |
| 第二章 区域地震活动性        | ( 30 )  |
| 第一节 地震区带的划分        | ( 30 )  |
| 第二节 区域地震活动背景       | ( 34 )  |
| 第三节 构造应力场特征分析      | ( 39 )  |
| 第四节 地震活动对场区的影响     | ( 42 )  |
| 第三章 地震危险性分析        | ( 47 )  |
| 第一节 地震危险性概率分析方法    | ( 47 )  |
| 第二节 潜在震源区的划分       | ( 48 )  |
| 第三节 地震活动性参数的确定     | ( 50 )  |
| 第四节 地震烈度及地震动衰减关系   | ( 57 )  |
| 第五节 地震危险性概率分析结果    | ( 59 )  |
| 第四章 场区地震工程地质条件     | ( 63 )  |
| 第一节 近场区及场区地震地质条件   | ( 63 )  |
| 第二节 场区地质、地貌概况      | ( 70 )  |
| 第三节 场区综合地球物理探测     | ( 74 )  |
| 第四节 场区地震工程地质条件     | ( 85 )  |
| 第五章 地震反应分析及地震易损性分析 | ( 90 )  |
| 第一节 地震反应分析         | ( 90 )  |
| 第二节 地震易损性分析        | ( 98 )  |
| 第三节 场区边坡稳定性与软土震陷   | ( 102 ) |
| 结 论                | ( 105 ) |
| 参考文献               | ( 106 ) |

## 下篇 震害预测

|              |         |
|--------------|---------|
| 第一章 单层厂房震害预测 | ( 107 ) |
| 第一节 震害等级的划分  | ( 107 ) |

|                     |                               |              |
|---------------------|-------------------------------|--------------|
| 第二节                 | 预测方法·····                     | (108)        |
| 第三节                 | 厂房震害预测·····                   | (110)        |
| <b>第二章</b>          | <b>工作平台框架结构抗震验算及震害预测·····</b> | <b>(116)</b> |
| 第一节                 | 四酮苯回收平台抗震验算·····              | (116)        |
| 第二节                 | 三酮苯空冷器基础框架抗震验算·····           | (123)        |
| 第三节                 | 气体分馏联合装置框架抗震验算·····           | (129)        |
| 第四节                 | 震害程度预测·····                   | (132)        |
| <b>第三章</b>          | <b>储罐与容器的抗震验算·····</b>        | <b>(139)</b> |
| 第一节                 | 立式储罐抗震验算·····                 | (139)        |
| 第二节                 | 塔式容器的抗震验算·····                | (145)        |
| 第三节                 | 球形储罐的抗震验算·····                | (151)        |
| 第四节                 | 卧式容器及管架的抗震验算·····             | (156)        |
| <b>第四章</b>          | <b>管式加热炉的抗震验算·····</b>        | <b>(158)</b> |
| 第一节                 | 验算方法·····                     | (158)        |
| 第二节                 | 验算结果·····                     | (160)        |
| <b>结    论</b> ····· |                               | <b>(162)</b> |
| <b>参考文献</b> ·····   |                               | <b>(164)</b> |

## 附    件

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 对“大连石化公司石油七厂场区地震安全性评价报告”的评审意见····· | (165) |
| 关于对“大连石化公司石油七厂震害预测报告”的审查验收意见·····  | (166) |
| 立式储罐测厚表·····                       | (167) |



# 绪 论

本书所述工作是遵照中国地震局颁发的《工程场地地震安全性评价技术规范 (DB 001—94)》、《石油化工设备抗震鉴定标准 (SH3001—92)》、《工业构筑物抗震鉴定标准 (GBJ117—88)》、《构筑物抗震设计规范 GB50191—93》等规范与标准开展的,在具体实施过程中,结合大连地区的地震地质、地震活动性方面的特点和大连石油七厂的实际,对重点问题作了深入研究,归纳起来有以下几个方面。

## 一、地震地质背景

辽东半岛临濒黄海、渤海,而渤海是 7 级以上地震的多发区。为了考虑远场强震对场区的影响,将区域地震地质背景的研究范围扩大到场区周围 210km 的地域。近场区是一个地震地质条件较为复杂的地区,历史上发生过 3 次 5.0 级左右的破坏性地震。于是,在利用原有 1:5 万和 1:20 万区域地质图的基础上,采用地质、地貌观察和年代学方法,对近场区 10 多条断裂的地质特征与活动性作了鉴定。研究结果表明,近场区内多数断裂为中更新世断裂。采用的年龄测定方法较多,有电子自旋共振法 (ESR)、热释光法 (TL)、石英颗粒形貌分析法 (SEM) 和  $^{14}\text{C}$  等方法,因此在同一断裂上多种方法鉴定所得到的结果不完全一致。从安全方面考虑,选用较新的年龄值。对于没有年代数据的断裂,则参考性质、方向相似断裂的年龄,作综合评定。

## 二、地震危险性分析

地震危险性分析包括潜在震源区划分、地震活动性参数和地震动衰减关系确定等步骤。工作过程中,着重研究了以下问题:

(1) 根据地震地质条件和地震危险性初步分析,认为对场区地震危险性影响最大的是离场区较近的金州 6.5 级潜在震源区。由于以前未详细做工作,原来划定的范围过大,而且边界不十分明确,因此在这次工作补充了划分潜在震源区的依据,并重新划定了该潜在震源区的具体界限。新划定的潜在震源区的长轴方向为 NW 向,面积比原来缩小约三分之一。

(2) 渤海地区的强震对场区地震危险性影响很大,主要的影响来自 NE 向郯庐地震带和 NW 向燕山—渤海地震带的活动。考虑到燕山—渤海地震带上的地震分别归属华北平原地震带和郯庐地震带,所以,该带不作为独立的统计单元,而只确定郯庐地震带的地震活动性参数。

(3) 地震烈度衰减关系采用《中国地震烈度区划图 (1990)》所使用的我国东部地区的烈度衰减关系式和霍金荣博士提出的地震动衰减公式。

## 三、场区地震工程地质条件

### 1. 工程地质条件研究

场区工程地质条件比较复杂,第四系沉积物类型多,回填土地基分布较广,沉积厚度为



0~20m, 同时有断裂发育。为了查明场区断裂的展布特征及活动性, 专门进行了地球物理探测和地震地质研究, 采用的方法有: 视电阻率联合剖面法、甚低频电磁法、电场比值法、电测深法、高密度电阻率法、人工浅层地震折射波法和地质雷达等方法, 用热释光等方法测定断裂的最新活动年代。综合地质、地貌、第四纪、岩土体类型和结构等方面的资料, 将场区分出 2 个工程地质区和 5 个工程地质亚区, 并对有可能出现不均匀沉陷、软土震陷和不稳定边坡的地区作了专门调查。

## 2. 地基土动力参数测定

场区大部分基岩裸露或者覆盖层很薄, 在覆盖层较厚的地区布设了 3 个钻孔, 用检层法测定土层的平均剪切波速。

地脉动可以反映地基的振动特性, 在 29 个测点作了地脉动测量。场区不同测点的地脉动周期有一定差别, 变化区间为 0.049~0.1463s。

由于大连市区进行过地震小区划工作, 因此土的非线性动力试验结果主要参考和应用大连城市地震小区划的资料, 并参考了规范中所推荐的数据。

# 四、地震动小区划与震害小区划

## 1. 地震动小区划

按《建筑抗震设计规范 (GBJ11—89)》三级抗震设防要求, 建筑物的地基抗震措施和结构抗震措施均以设防烈度为依据, 只有截面抗震验算和变形验算才使用地震动参数, 因此, 设计地震动小区划分别给出了 50 年 63%、10% 和 2% 三个超越概率水平的参数。

为了克服随机相位的影响, 对不同超越概率水平分别合成三个不同随机相位的 9 条人工地震波。按场区工程地质条件, 对覆盖层小于 5m 的场地均按基岩场地对待, 地震动反应分析主要针对覆盖层大于 5m 的场地。地震动小区划是在工程地质分区基础上进行的, 考虑加速度峰值、反应谱形状并结合场地条件, 对地震动小区划结果作了适当归并。

## 2. 震源小区划

场区回填面积大, 又靠近海滩, 存在不均匀沉陷、软土震陷、边坡失稳等不稳定因素。在这些工程地质条件复杂的场地作了专门调查和评价, 并按对抗震有利和不利的各种因素, 对场区作了易损性分析。

# 五、石油化工设备震害分析

## 1. 石油化工设备常见震害

石油化工企业的设备主要有立式储油罐, 高耸的塔、炉、球罐、气柜、卧罐等容器, 管线与管架以及电气设备等。

常压立式储油罐一般浮放在地面, 虽然有内储油压作用, 但设计罐壁仍然很薄, 在地震作用下, 容易发生破坏。国内外储油罐的震害实例表明, 储油罐的破坏形式有: “油罐漏油, 原油可以漫过防火堤, 淹没厂区, 罐的底部发生象足式破坏, 罐壁与管线相连处开裂, 罐壁与底板焊缝损坏, 罐底开裂基础下沉; 罐顶褶曲, 顶部平台支架脱落, 顶部附属设备破坏和顶部溢油等。油罐破坏可以引起爆炸和火灾等次生灾害。使油罐产生过不同程度破坏的地震有: 1964 年日本新潟 7.5 级地震, 1964 年美国阿拉斯加地震, 1979 年美国帝国谷地震, 1979 年日本宫城地震, 1983 年美国科林加地震和 1989 年美国洛马·普里埃塔地震等。我国 1975

年海城 7.3 级地震和 1976 年唐山 7.8 级地震也使储油罐遭受过破坏。地震时,接近满罐和储油高度与罐的直径比超过 0.5 的储油罐震害最为严重,例如,在洛马·普里埃塔地震中,一个直径为 16.8m,贮油高度为 10.4m 的 3000m<sup>3</sup> 油罐遭受严重破坏,而相邻贮油少的油罐只有轻微损坏。软地基也是使储油罐震害加重的原因之一。例如,1989 年美国洛马·普里埃塔地震的Ⅶ度区及其附近有 6 个炼油厂和 3 个储油库,拥有近千个储油罐,凡是震后有破坏的油罐全部在软土地基上。总的看来,储油罐的震害一般容易在Ⅷ度以上的高烈度区出现,Ⅶ度条件下储油罐只在软土地基上出现损坏现象。

高耸塔炉类设备的主要震害是地脚螺栓位移或拉长;支腿连接焊缝开裂,支撑架与底座间焊缝破裂。反应器顶部的桥式通道端点连接处开裂等。例如,美国某炼油厂有 50 多个高 10m 以上的立式容器,其中 20 多个容器在洛马·普里埃塔地震中遭受破坏,地脚螺栓拉伸 1.6~2.1mm;6 个反应器的支撑架与底座焊缝开裂,顶部桥式通道连接处明显裂缝。海城地震和唐山地震中塔炉类亦有类似破坏。一般说来,高耸的塔、炉类结构在Ⅶ度地震时可能有少量的地脚螺栓被拉长,而Ⅷ度地震时,类似震害会更多一些。

球罐、气柜和卧罐等容器的震害主要表现在:①球罐的高压管线拉裂,引起爆炸起火或者拉杆断裂;②气柜的导轨脱轨;③卧罐的支座或地脚螺栓损坏,有的甚至位移。在 1952 年美国克恩郡 7.7 级地震中,强震区的 5 座球罐有 2 座破坏;海城地震和唐山地震中也有类似破坏。

石油化工企业管线较多,一般为两类,一类是连接管线,另一类是距离较长的架空管线。大量震例说明,管线与管架被邻近倒塌建筑物砸坏的居多,管线本身发生破坏的实例很少。连接管线的震害曾在美国洛马·普里埃塔地震中有过报道:从高耸设备引出的直径 46cm 的主蒸气管线在 51m 处被撞弯,导向架与设备构架的平头焊缝断开。架空管线震害轻微,主要有管架损坏、管道位移和锈蚀的管道开裂。

石化企业电气设备种类繁多,主要震害是:①悬吊锅炉晃动过大,撞击支撑框架和平台,使结构柱弯曲;②变压器脱轨、位移、倾倒甚至短路起火,高低压套管错位或与硬母线联接处拉裂漏油;③变电所、开关站的断路器、高压隔离开关、避雷器、电流互感器等瓷质电器的根部开裂或折断。以上震害在美国洛马·普里埃塔地震和我国唐山地震中都出现过。一般情况下,Ⅶ度区电气设备可能出现损坏,Ⅷ度时损坏较为严重。

## 2. 石油七厂主要设备及震害分析方法

大连石油七厂是一个历史悠久的大型石化企业,大型设备和设施较多,但是又比较陈旧。

(1) 石油七厂立式储罐包括六大罐区,400 余个大小储罐,最小的 60m<sup>3</sup>,最大的 5000m<sup>3</sup>,主要用于存储原油、成品油以及各种添加剂等。从整体结构类型上看,主要包括以下几种:内浮顶、外浮顶、拱顶以及无力矩拱顶。从建筑年代上看,最早为 30 年代日制的,最新为 1994、1995 年建造。绝大部分储罐用保温层保温,少数建筑年代较早的罐用砖墙保温。

(2) 石油七厂共有各类塔式容器 120 余个,分布在各个生产装置区,高度最小的 5m,最高超过 60m,多数为联塔或复合塔,基本为 70 年代以后建造的,塔座钢结构出于防火考虑一般外包混凝土。

(3) 加热炉一般为圆筒式加热炉,共有各类炉近 40 个,热功率最小的 700Mcal<sup>1)</sup>/h,最

1) 1cal=4.18J。

大的 14000Mcal/h，分布在各生产装置区。

(4) 球罐主要位于石油七厂南部填海区及厂外气体车间，用于储存液化气，共计约有近 40 个球罐，其类型主要有四种： $1000\text{m}^3 2.2\text{MPa}$ ， $1000\text{m}^3 1.76\text{MPa}$ ， $400\text{m}^3 2.2\text{MPa}$ ， $650\text{m}^3 1.88\text{MPa}$ ，抗震验算针对每一种类型的球罐进行。

(5) 在各生产装置区各类卧式容器繁多，并且大小不等，相差很大，工作中主要以现场调查、抗震鉴定并辅以重点计算分析的方法进行，最终依据震害经验对全厂卧罐的抗震性能作评价。

(6) 全厂各类管架、管线数量很大，管架类型主要有钢结构及混凝土结构两种，管线一般均设有保温层，管架多数设有耳板等限位措施，以防止地震中管线从管架上脱落。由于无设计资料，管架抗震验算主要按最不利的情况进行。

(7) 全厂的电气设备主要集中在发电厂以及各生产装置区的变电所内，主要包括悬吊锅炉，电力变压器，高、低压套管，蓄电池，配电盘以及各种隔离开关、互感器等，由于种类繁多无法做详细抗震验算，因此，主要根据现场调查并依据震害经验来进行抗震评定。

(8) 全厂各生产装置均有各类框架结构工作平台，一般为一至四层，或为钢结构或为现浇钢筋混凝土结构，或者梁柱现浇而各层均铺钢板。钢结构框架梁柱截面一般为格构式组合截面，采用各类标准槽钢或工字钢。根据现场调查及资料收集情况，本次工作在八个生产装置选取了八个框架平台进行抗震验算及震害预测工作。这八个生产装置是：四酮苯、三酮苯、气体分馏、铂重整、二酮苯、一精制、二催化、三蒸馏。石油七厂的厂房基本为排架柱式单层厂房，基本为 80 年代建造。本次工作在三个装置区选取了三个单层厂房进行震害预测工作，这三个装置区是：柴油加氢、一催化和二催化。

## 六、震害预测工作的方法与步骤

大连石油七厂的震害预测工作包括建筑物的震害预测和构筑物及设备的抗震验算。震害预测主要采用目前公认的概率性预测方法，抗震验算工作主要依据《常压立式储罐抗震鉴定标准 (SHJ26—90)》、《石油化工设备抗震鉴定标准 (SH3001—92)》等行业标准和《建筑抗震设计规范 (GBJ11—89)》等进行，具体工作包括以下几个步骤。

### 1. 现场调查

调查工作涉及到全厂六大罐区，150 余个塔炉、容器，管道及管架，电气设备，发电厂和各种构筑物。工作结果表明，全厂绝大部分建筑物和构筑物以及主要设备在设计中考虑了按Ⅶ度设防或者作了抗震加固，因而抗震性能良好，但也发现了一些问题，现归纳如下：

(1) 在易燃区内，高度 10m 以上的塔式设备的裙座内外均设有防火层，但个别防火层有脱落现象，例如，二催化原料加热炉的北东向支柱防火层严重脱落，立柱及螺栓锈蚀。

(2) 个别卧罐的钢筋混凝土支座混凝土开裂，已露出钢筋。

(3) 铂重整混凝土管架多根主柱出现裂纹；一酮苯车间个别槽钢组合断面管架立柱有倾斜，托架有开焊现象；动力车间混凝土管架表层混凝土开裂和脱落；三蒸馏车间混凝土管架倾斜明显。

(4) 变电所的陶瓷避雷和羊角开关位置较高，地震时易发生危险。

### 2. 现场测试

对 38 座储油罐作了壁厚测量；对一些构筑物的钢架、立柱做了测厚；对管线、卧式容器、

钢框架等结构的尺寸作了现场测试；对塔、炉、厂房和框架的自振特性也做了测试。

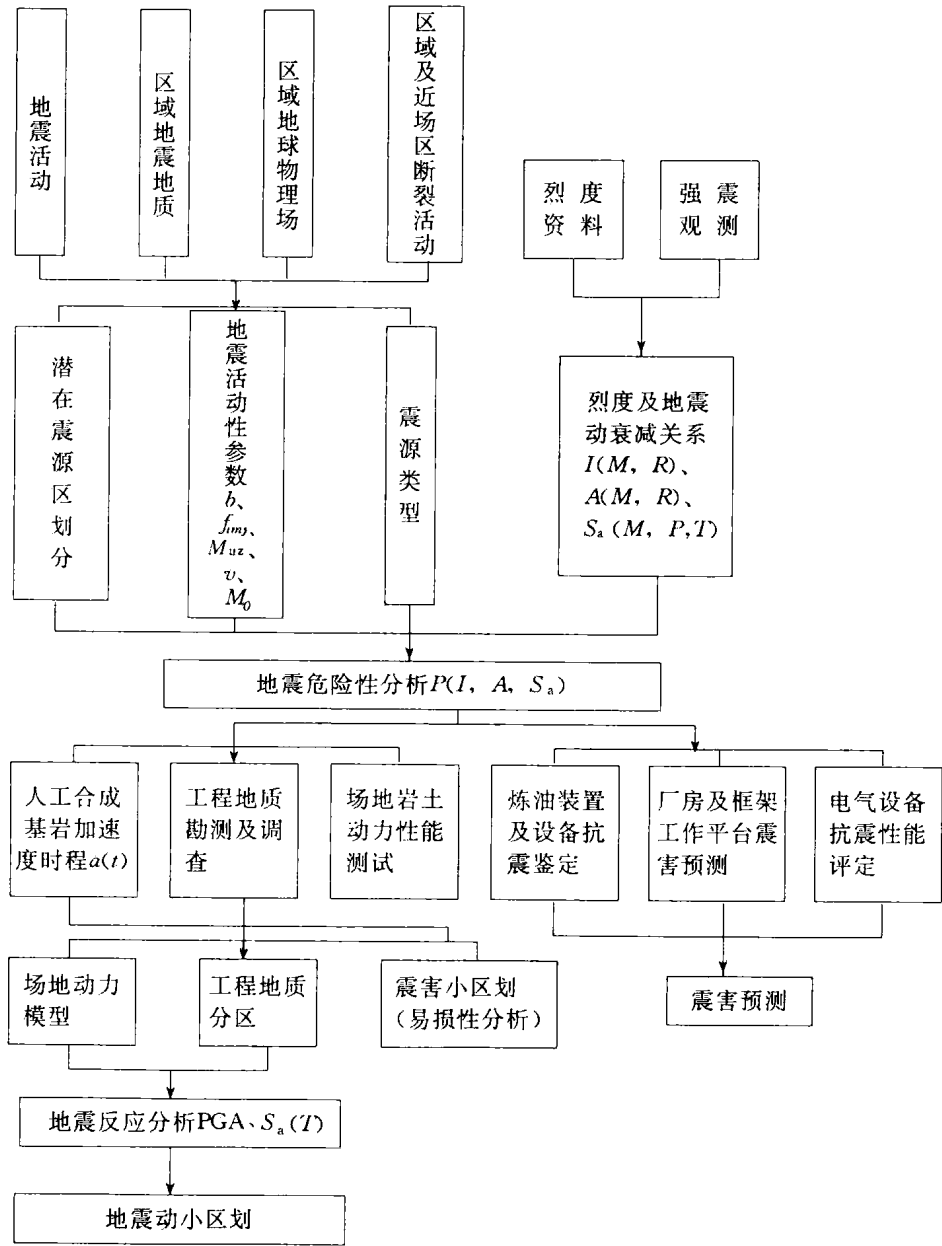
3. 抗震验算

对立式储罐、球罐、塔式设备、管式加热炉、卧式容器、管架及构筑物等进行了抗震验算。

4. 资料收集

为进行抗震验算收集了各种设备及构筑物结构的尺寸及各种设计参数。

本项研究工作的基本技术思路可见以下框图。





# 上篇 地震安全性评价

## 第一章 区域地震地质背景

### 第一节 区域大地构造

#### 一、区域地理及地质环境概况

大连石油七厂所在的大连市位于辽东半岛南端。大连市是东北地区最大的外贸、旅游和港口城市，也是辽宁重要的工业基地，它东、西两面分别临濒黄海和渤海，南隔渤海海峡与山东半岛相对。千山山系的余脉延至市区，山系中脊向南可以延伸到旅顺老铁山（海拔高程465m）。市区以低山、丘陵为主，地势中间高，四周低，海拔高程自0m至200m。市内地貌类型有多种，从低山、丘陵一直过渡到滨海平原，高程逐渐降低，阶梯状地貌景观显得十分明显。

地质构造上，大连市所在的区域处于中朝地台东北部，这里是一个长期隆起区，太古代和下元古代的结晶基底大面积裸露，辽东半岛与山东半岛虽然隔海相对，但地质发育历史和地质构造特征极为相似，它们共同构成了中朝地台东北部统一的二级大地构造单元——胶辽台隆。中、新生代时期，由于在台隆的中部发生了强烈的裂陷作用，形成了渤海海峡，才将这个统一的隆起区分隔开。在裂陷带内堆积了数千米的新生代沉积，与持续上升的胶东隆起和辽东隆起相对照，显示陆地与海域在新生代时期有明显的差异运动。辽东半岛隆起与黄海、渤海拗陷的差异运动也十分明显。所以，大连市所在的区域新构造运动比较强烈，地质构造背景较为复杂。

#### 二、构造层及区域构造演化

工作区处于中朝地台的东北部，依据地壳运动、沉积建造和沉积岩相等方面的特点，可将区域地层分为太古代构造层，下元古代构造层，中、上元古代—古生代构造层，中生代构造层和新生代构造层。

中朝地台是中国东部规模最大最古老的地台，按地质历史可以大体分为三个阶段：地台形成阶段、盖层发育阶段和重新复活阶段。工作区内太古代和早元古代的变质岩系共同构成了中朝地台的结晶基底。太古代是陆核的形成时期，鞍山运动使太古界地层发生了深变质作用，同时有强烈的混合岩化作用，形成了广泛分布的混合岩和混合花岗岩，致使太古代地层呈孤岛状残留在其中。太古代陆核形成之后，地壳尚未稳定。下元古代辽河运动使辽河群地层发生区域变质，并伴随有混合岩化作用。辽河运动以后，结束了地槽发展历史，使基底固结，形成中朝地台。

中元古代—中三叠世为盖层发育阶段。中、上元古界为第一套盖层，主要由陆屑式建造、陆源粘土建造和碳酸盐建造等组成。第二套沉积盖层为寒武系—中奥陶统，自下而上为陆屑式建造→碳酸盐建造→陆源粘土建造→碳酸盐建造。晚奥陶世—早石炭世地壳上升遭受剥蚀，尔后出现第三套沉积盖层，由中石炭统一三叠系的陆屑含煤建造和陆屑建造组成。

自印支运动晚期开始，地台区进入了重新活动时期，印支运动使地台盖层发生褶皱，形成台褶带。在此基础上，早白垩世末期的燕山运动使中元古代至中生代的沉积盖层甚至结晶基底发生明显变形，使台褶带进一步复杂化，形成了一系列 NNE—NE 向的断裂和断陷盆地，在盆地内有陆相侏罗系、白垩系地层发育。与此同时，伴随有大量的火山喷发和酸性岩浆侵入，形成了隆拗相间的构造格局。晚白垩世至古新世，地台区整体缓慢上升，遭受剥蚀。自始新世起，裂隙作用使原来已有的断裂活动和解体，从而进入了强烈断块差异分化的构造演化时期。总之，在中朝地台漫长的地质历史发展过程中，地壳构造运动在空间分布、活动性质、运动方式和强度等方面均在不同地区出现了差异，这种差异性的存在，为进一步划分地质构造单元提供了依据。

三、地质构造单元的划分

地壳演化方式是多种多样的，其总趋势遵循大陆开裂—大洋俯冲、碰撞—最后固结为新大陆这一发展过程。根据褶皱造山、固结成陆的时间可分为吕梁前、吕梁、晋宁、加里东、华力西、印支、燕山和喜山等七个构造阶段，一般将晋宁构造阶段以前形成的造山带称为地台。加里东运动以后形成的造山带统称为褶皱带。海域的构造分区称之为隆起、拗陷、海槽等。工作区只是中朝地台的一部分，所涉及的二级构造单元有胶辽台隆、燕山台褶带和华北断拗（表 1.1.1，图 1.1.1）。每一个二级构造单元又可分若干三级构造单元。

工程场区所在地所属的二级构造单元称胶辽台隆，在这个范围内所涉及的次级构造单元是营口—宽甸台拱和复州台陷。

营口—宽甸台拱最大特点是盖层沉积不发育，仅在步云山、桂云花山等地有上元古界底部的永宁组沉积，这是一套山间盆地型碎屑岩建造。中、上元古界和古生界地层基本缺失，中生界仅有上侏罗统和白垩系，为断陷盆地型火山沉积岩系，晚新生代地层分布在沿海和河流沟谷地带，区内岩浆活动强烈，尤其以印支期和燕山期的侵入活动最为剧烈。

表 1.1.1 地质构造单元划分

| 一级               | 二 级   | 三 级                |
|------------------|-------|--------------------|
| 中<br>朝<br>地<br>台 | 辽东台隆  | 营口—宽甸台拱，复州台陷，北黄海隆起 |
|                  | 燕山台褶带 | 辽西台陷，山海关台拱         |
|                  | 华北断拗  | 下辽河断陷，渤海拗陷，济阳拗陷    |
|                  | 胶东台隆  | 胶东台拱               |

复州台陷的基底主要由太古界鞍山群变质岩系组成，上元古界和古生界沉积盖层十分发育，中生界侏罗系地层仅出露在一些断陷盆地之中，中、上侏罗统为煤系及火山碎屑沉积，这个时期的岩浆活动比较剧烈，其中印支期的活动要强于燕山期。



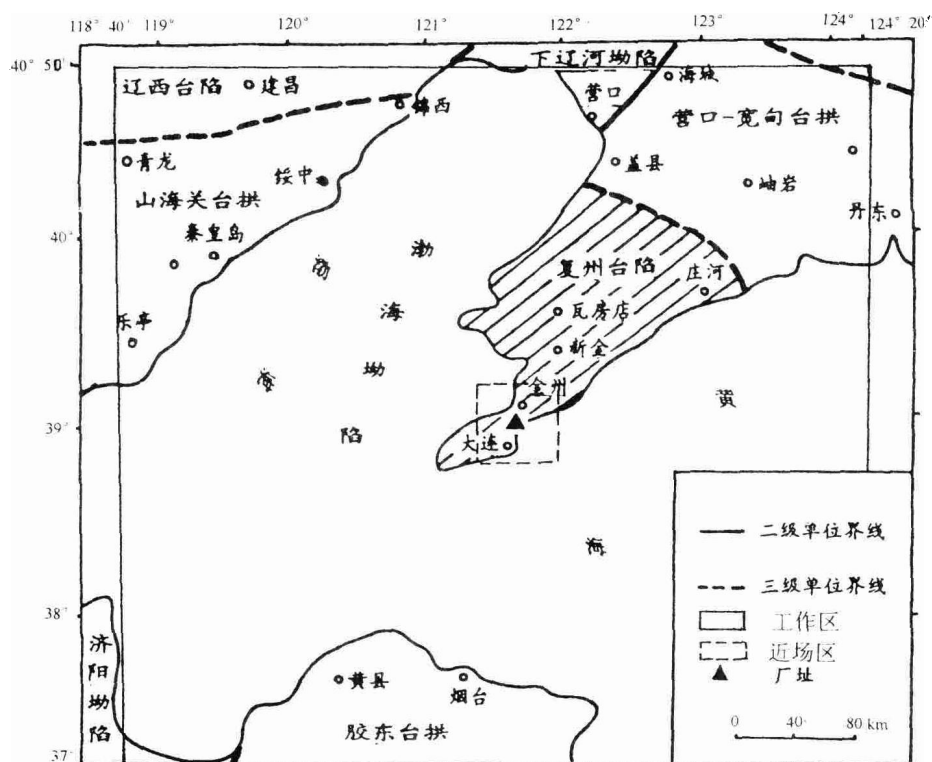


图 1.1.1 工作区地质构造单元划分图

## 第二节 区域新构造运动

### 一、新构造运动概况

新构造运动研究对阐述现代构造运动及地震活动特征有重要作用。本区的新构造运动继承了老构造运动的某些特点，它控制了一些主要山脉、水系和盆地的分布，新生代的裂陷作用导致本区地壳沿一些前新生代断裂开裂或解体。下辽河—辽东湾—渤海为区内最大的裂谷系，裂谷北延分为两支，东支为浑河谷地，抚顺地区裂陷最深；西支为沈北拗陷，向北与依兰—伊通地堑相连。在裂陷过程中有拉斑玄武岩喷溢，新第三纪进入了裂谷消亡期，变为整体凹陷。第四纪时期区内以间歇性升降运动为主，局部有基性岩浆喷溢活动。根据不同地区新构造运动性质、运动方式和强度等方面的差异，本区可划分为辽东上升隆起区、燕辽掀斜上升隆起区、华北平原裂陷区、胶东上升隆起区、辽东湾—渤海裂陷区等 5 个新构造运动区。

### 二、新构造运动分区

根据不同地区新构造运动强度和特征方面的差异，工作区内可划分出 5 个一级新构造运动区和 11 个二级新构造运动区（表 1.1.2，图 1.1.2）。各新构造运动的主要特征如下。

#### 1. 辽东上升隆起区（I）

该区位于工作区的东北部，地貌上属中、低山丘陵区、最高峰达 1000m 以上，燕山运动

表 1.1.2 新构造运动分区

| 一 级 区     | 代号  | 二 级 区          | 代 号              |
|-----------|-----|----------------|------------------|
| 辽东上升隆起区   | I   | 辽东半岛中部强上升区     | I <sub>1</sub>   |
|           |     | 瓦房店—凤城—盖县中等上升区 | I <sub>2</sub>   |
|           |     | 辽南缓慢上升区        | I <sub>3</sub>   |
|           |     | 滨海升降交替区        | I <sub>4</sub>   |
| 燕辽掀斜上升隆起区 | II  | 山海关强上升区        | II <sub>1</sub>  |
|           |     | 辽西掀斜上升区        | II <sub>2</sub>  |
| 华北平原裂陷区   | III | 济阳沉降区          | III <sub>1</sub> |
| 胶东上升隆起区   | IV  | 胶东中等隆起上升区      | IV <sub>1</sub>  |
|           |     | 黄县沉降区          | IV <sub>2</sub>  |
| 辽东湾—渤海裂陷区 | V   | 下辽河缓慢沉降区       | V <sub>1</sub>   |
|           |     | 渤海强烈沉降区        | V <sub>2</sub>   |

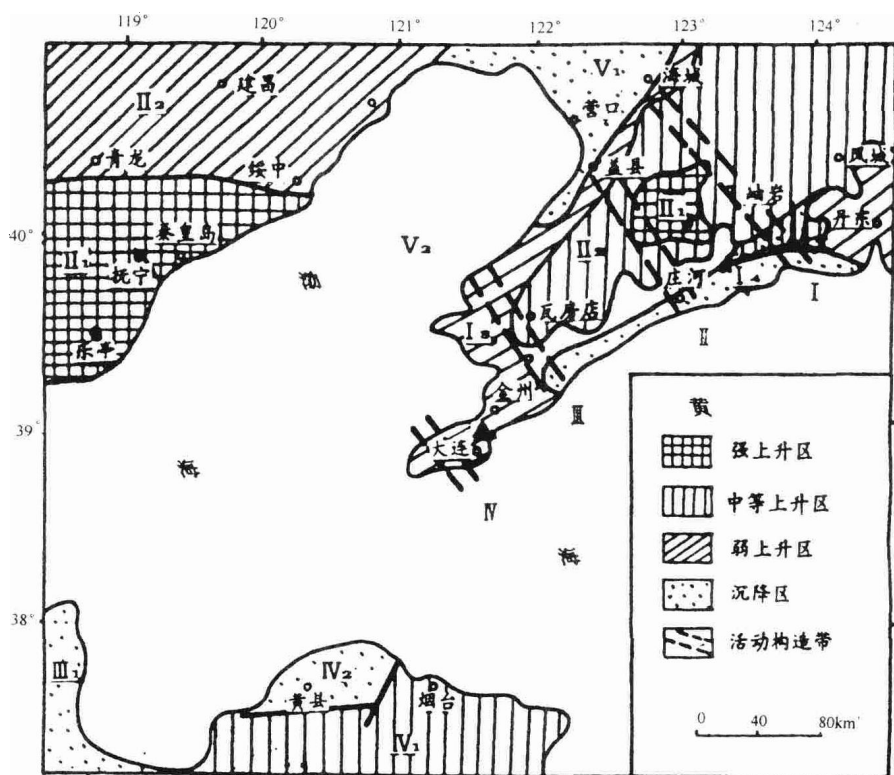


图 1.1.2 工作区新构造运动分区

时期形成的一系列北东向构造对新构造的格局起明显的控制作用。本区自晚第三纪以来一直表现为持续性上升，仅在沿海地带出现过升降交替的变化，按地貌形态变化和新构造运动差异，可进一步分为 4 个亚区，场区位于滨海升降交替区。由于持续性上升，除了缺失新第三系沉积外，第四系分布也很零星。

区域的上升运动可以从夷平面和阶地的发育状况来加以说明，本区存在 2~5 级夷平面，