

# 德令哈市地震小区划

DELINGHASHI DIZHENXIAOQUHUA

杨丽萍 主编 苏 旭 副主编



地震出版社

# 德令哈市地震小区划

杨丽萍 主 编

苏 旭 副主编

地 震 出 版 社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

德令哈市地震小区划 / 杨丽萍主编. — 北京: 地震出版社,  
2017.3

ISBN 978-7-5028-4765-4

I. ①德… II. ①杨… III. ①地震区划—研究—德令哈市  
IV. ①P315.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 143490 号

地震版 XM3830

## 德令哈市地震小区划

杨丽萍 主 编

苏 旭 副主编

责任编辑: 刘 丽

责任校对: 孔景宽

---

出版发行: 地震出版社

北京市海淀区民族大学南路 9 号

发行部: 68423031 68467993

门市部: 68467991

总编室: 68462709 68423029

<http://www.dzpress.com.cn>

邮编: 100081

传真: 88421706

传真: 68467991

传真: 68455221

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印有限公司

---

版 (印) 次: 2017 年 3 月第一版 2017 年 3 月第一次印刷

开本: 889 × 1194 1/16

字数: 456 千字

印张: 16.25

书号: ISBN 978-7-5028-4765-4/P (5461)

定价: 105.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

# 《德令哈市地震小区划》

## 编委会

主 编：杨丽萍

副 主 编：苏 旭

参加人员：姚生海 黄 伟 都昌庭 夏玉胜 绽蓓蕾

刘 炜 苏永奇 刘 薇 李智敏 涂德龙

张加庆 殷 翔 蔡丽雯 段永祥

# 前言

## 一、概述

“德令哈市活断层探测与地震小区划”项目的法人单位为海西州地震局，2011年由青海诚鑫招标有限公司公开招标，青海省地震局工程地震研究院为中标单位。2011年9月海西州地震局与青海省地震局工程地震研究院正式签订了技术服务合同。在项目实施过程中考虑到“活断层探测”和“地震小区划”的工作重点存在一定差异，执行的规范、标准有所不同，从二者的关系来说，活断层探测工作的结论是为地震小区划服务的，是地震小区划的基础工作之一。因此，将项目分解为两个相对独立的专题——“德令哈市活断层探测与地震危险性评价”和“德令哈市地震小区划”。本书是在“德令哈市地震小区划报告”的基础上编写而成的。

## 二、项目概况

“德令哈”系蒙古语，意为“金色的世界”。地处柴达木盆地东北边缘，辖区面积2.77万 $\text{km}^2$ ，属高原大陆性气候，四季不分明，太阳辐射强，昼夜温差大，干旱多风。

德令哈市是海西蒙古族藏族自治州首府，全州政治、教育、文化的中心，总人口近11万，有蒙古、藏、回、撒拉、土、汉等19个民族。市区海拔2980m，规划面积127 $\text{km}^2$ ，是青海省第三大城市，近年来，分别被命名为“全国双拥模范城”、“全省卫生城市”、“全省精神文明建设先进市、全国科技进步先进市”等荣誉称号。境内丰富的矿产水电资源、发达的交通通信设施和美丽神奇的旅游景点，使其具备了发展循环经济和高原生态旅游的独特优势条件。德令哈地区是柴达木循环经济试验区“一区四园”之一的盐碱化工工业园，也是柴达木循环经济试验区的中心枢纽，经济地位突出。

德令哈市地震小区划的目标是以德令哈市2011~2030年确定的城市总体规划范围（简称目标区）进行地震小区划（图0.1），给出德令哈市规划区范围的地震动峰值加速度区划图、地震动特征周期区划图和地震地质灾害区划图，并建立德令哈市地震小区划基础数据库。该项目是集研究和应用于一体的项目，其内容必须满足《工程场地地震安全性评价》（GB 17741—2005）的要求，其成果必须达到德令哈市规划区范围内一般工程抗震设防应用的目标。

# 德令哈市地震小区划

DELINGHASHIDIZHENXIAOQUHUA

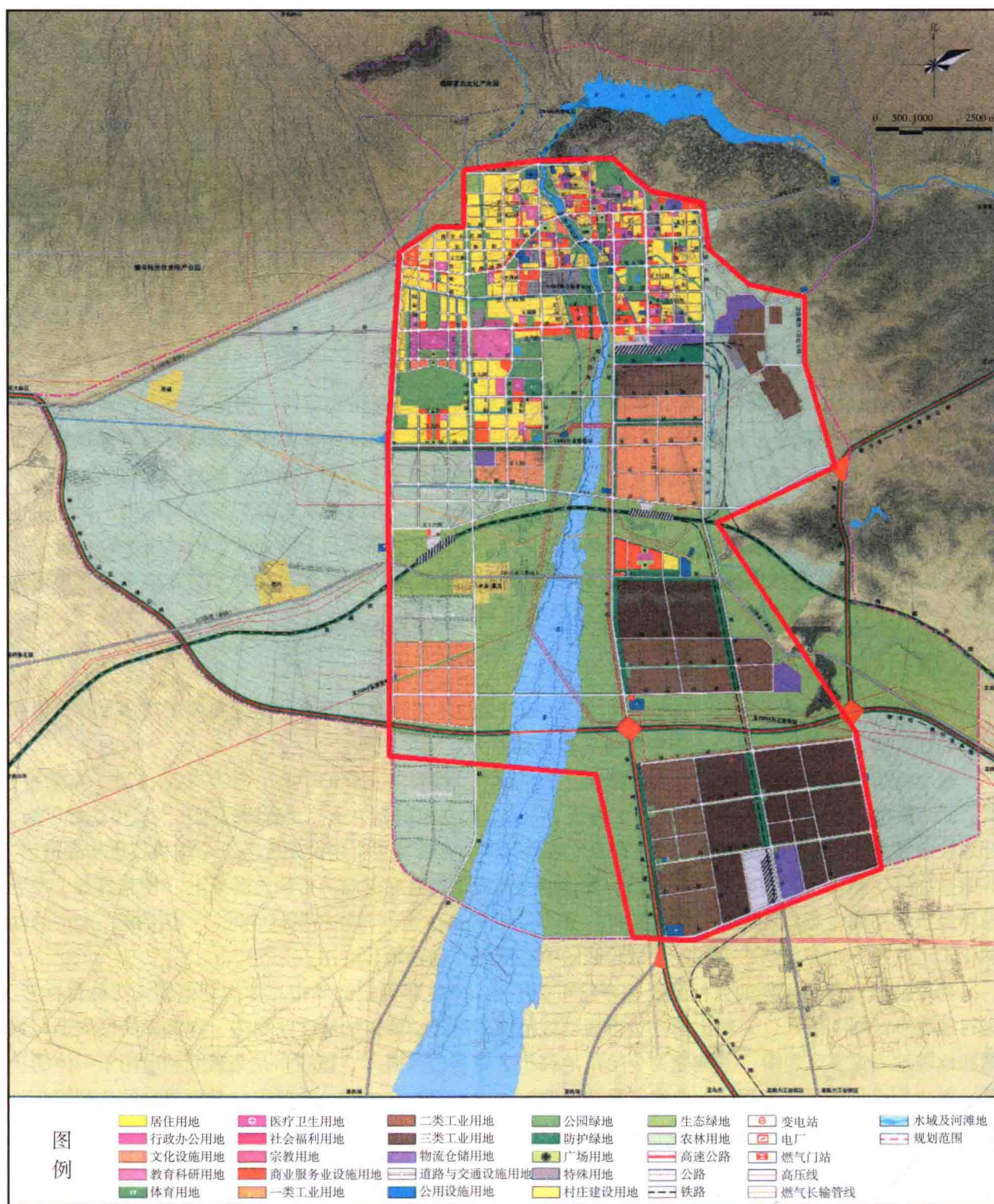


图 0.1 德令哈市地震小区划工作范围示意图 (2011 ~ 2030)

### 三、工作依据及技术规范

- (1)《工程场地地震安全性评价》(GB 17741—2005)
- (2)《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)
- (3)《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)
- (4)《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009版)

### 四、工作内容

根据《工程场地地震安全性评价》(GB 17741—2005)及招标文件、施工设计等要求,对目标区进行Ⅲ级地震小区划工作,其主要工作内容有:

- (1)区域地震活动特性和地震构造评价;
- (2)近场区地震活动特性和地震构造评价;
- (3)确定地震统计区域地震活动性参数;
- (4)确定场地周围潜在震源区划分方案,并确定其地震活动性参数;
- (5)确定适合本区的地震动衰减关系;
- (6)完成场地基岩地震危险性概率分析,给出场地基岩地震动参数;
- (7)目标区工程场地地震工程地质条件勘察,根据勘察结果进行工程地质分区,完成钻探、剪切波速测试、脉动测试、常规实验及其动力参数实验;
- (8)地震动小区划,即地震动峰值加速度及反应谱小区划:通过场地地震反应分析,确定各勘探控制点未来50a超越概率63%、10%和2%的地面设计地震动加速度峰值、反应谱特征周期,并结合工程地质分区,编制相应的地震动加速度峰值分区图、反应谱特征周期分区图及说明书;
- (9)地震地质灾害小区划:对目标区地震地质灾害的类型、程度及其分布特征进行综合评价,编制地震地质灾害小区划说明书。

### 五、工作量

#### 1. 评价范围

按照国家标准《工程场地地震安全性评价》(GB 17741—2005)的要求,本项目分区域、近场区和目标区三部分进行评价。区域范围是以目标区四周边界外延不小于150km的地区,其地理坐标范围为:35.80°~38.75°N, 95.60°~99.15°E;近场区范围是以目标区四周边界外延不小于25km的地区,其地理坐标范围为:36.99°~37.62°N, 97.03°~97.74°E;目标区的地理坐标范围为:37.229°~37.384°N, 97.319°~97.439°E,面积约127km<sup>2</sup>。

#### 2. 完成工作量

地震小区划工作的目的是为目标区的一般建设工程抗震设防标准的确定、抗震参数选取及防震减灾对策提供科学依据。与全国区划图不同,它更加注重场地工程地质条件特别是局部的场地条件在地震动作用下的反应,更为详细地研究周围的地震活动环境、地质构造环境对场地的影响,进行更为详细的地震危险性分析,并将地震环境与场地条件密切结合起来,选择更适合的计算模型进行土层反应分析。德令哈地区自2003年怀头他拉6.6级地震以后,分别于2008年和2009年在德令哈西北部发生6.3级和6.4级地震,2013年3月在德令哈可鲁克镇发生4.0级有感震群活动,显示地震活动水平增强的趋势。而对于德令哈地区的地震构造研究相对薄弱,因此本项工作首先是进行了德令哈地区活动断层探测工作的研究,对德令哈及周边地区的活动构造进行了较为详细的研究和调查,对德令哈起主要

作用的潜在震源区进行了厘定。在活断层探测工作的基础上在小区划目标区内开展了钻孔勘探和剪切波速原位测试，并保证每个孔揭露到坚硬土层( 剪切波速大于 500m/s )以下，且完成必要的动三轴试验。实际工作量见表 0.1。

表0.1 主要工作量一览表

|                 | 工作类别                             | 完成工作量                               |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 地震活动性评价         | 区域地震活动性                          | 1902 ~ 2014 年 3 月，区域震中分布图           |
|                 | 近场地震活动性                          | 1970 ~ 2014 年 3 月，近场震中分布图           |
|                 | 地震带研究                            | 2 个地震带                              |
|                 | 震源机制解                            | 143 个                               |
|                 | 小震精定位                            | 1268                                |
| 地震构造评价          | 地震活动性图件                          | 12 幅                                |
|                 | 遥感信息的处理与解释                       | 33 景                                |
|                 | 区域地震构造图                          | 100 万，11 条断裂                        |
|                 | 地质图数字化处理                         | 4 幅（20 万）                           |
|                 | 近场区活动断层调查和断层活动评价                 | 6 条断裂                               |
|                 | 探槽开挖                             | 7 个                                 |
|                 | 跨断层联合剖面钻孔                        | 12 个孔 /1 条剖面线                       |
|                 | 普通地质地貌调查点                        | 400 个                               |
|                 | 断层面露头调查点                         | 5 处                                 |
|                 | 浅层地震勘探                           | 89.72km                             |
|                 | 孢粉样品                             | 36 个                                |
|                 | 年龄样品（OSL/ ESR、 <sup>14</sup> C、） | 148 个                               |
| 场地工程地质<br>小区划   | 近场地震构造图                          | 1 幅（20 万）                           |
|                 | 勘察钻孔                             | 2655.4m/70 个                        |
|                 | 收集勘察钻孔                           | 5018.9m/604（49）个                    |
|                 | 动三轴试验样                           | 19 个                                |
|                 | 剪切波速测试                           | 2440.2m/66 个                        |
|                 | 地脉动测试                            | 44 个                                |
|                 | 室内土工试验                           | 常规试验（含密度、液塑限、固结、黄土湿陷性）20 件          |
|                 |                                  | 颗粒分析 484 件                          |
|                 |                                  | 含水量分析 159 件                         |
|                 |                                  | 黏粒含量分析 20 件                         |
| 地震危险性概率<br>分析计算 | 工程地质单元分区                         | 3 个区                                |
|                 | 地震动衰减关系                          | 1 套                                 |
|                 | 潜在震源区划分                          | 20 个潜源，重新厘定 2 个                     |
|                 | 危险性计算                            | 50 年超越概率 63%、10%、2%，3 个控制点          |
| 场地地震动参数<br>确定   | 人造地震动时程                          | 27 条                                |
|                 | 土层地震反应分析                         |                                     |
|                 | 场地地震动参数区划                        | 1 个分区，提供设计地震动参数                     |
| 地震地质灾害评价<br>数据库 | 场地地震地质灾害区划                       | 调查目标区 127km <sup>2</sup> 区域内的各类地质灾害 |
| 送审报告、正式报告       |                                  | 1 套                                 |
|                 |                                  | 报告各章节编写、汇总和修改，图件编制审定，编写总报告及评审、修改、定稿 |

## 六、技术思路

本次工作是在对区域和近场区地震地质条件、发震构造及地震活动性进行深入细致调查研究的基础上，确定出合理的潜在震源区和地震活动性参数，通过分段泊松模型概率方法，计算出不同给定概率水平条件下场地基岩水平峰值加速度和基岩加速度反应谱。依据场地工程地质条件，采用一维多质点非线性模型进行土层反应计算，给出场地设计地震动参数。主要工作流程及技术思路见图 0.2。

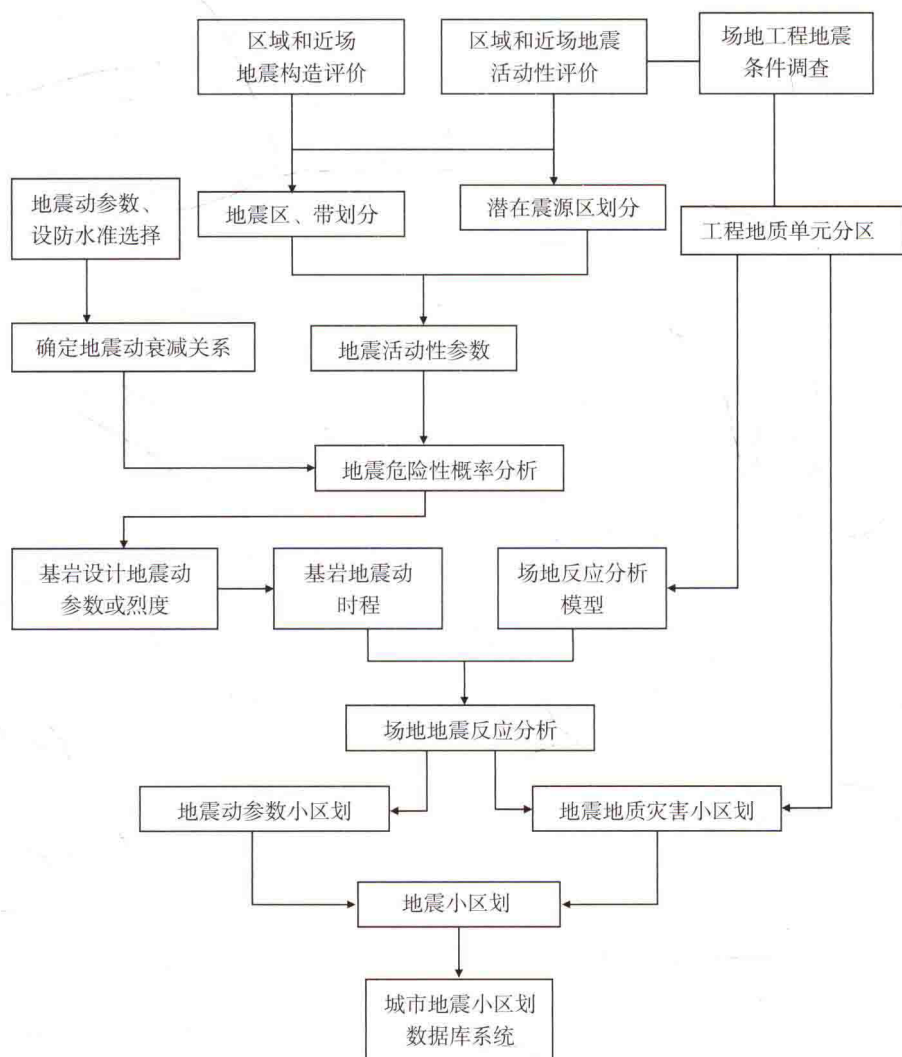


图 0.2 德令哈市地震小区划工作技术路线框图

### 1. 地震活动性评价

对区域和近场区范围的历史与现代地震进行核定、整理，编制地震目录，编制地震震中分布图，分析区域地震活动的时空分布特征，评估未来 100a 区域地震活动趋势。通过对震源机制解、活动构造的综合研究，确定区域现代构造应力场。收集破坏性地震资料，评价破坏性地震对场地影响。

### 2. 地震构造评价

在分析区域地质构造环境、地球物理场、现代构造运动特征的基础上，收集前人工作成果，对区域、近场区范围内主要发震构造进行实地追踪，运用测量、探槽、物探及第四纪年龄测定等多种手段，综

合确定断裂的几何学、运动学特征和断裂的活动特点以及与地震的关系，为潜在震源区的划分提供充分依据。

### 3. 地震危险性概率分析

划分场地所在区域的地震区、带及潜在震源区，确定潜在震源区的震级上限。根据地震活动的时空不均匀性，分别确定地震带及各潜在震源区地震活动性参数。利用国内外历史地震烈度影响和加速度记录资料，建立适合本区域的基岩峰值加速度及其反应谱的衰减关系，采用分段泊松模型的概率性方法计算场地不同概率水平下基岩加速度及反应谱。

### 4. 场地地震工程地质条件

收集、整理已有的水文地质、工程地质资料，采取必要的勘探、测试手段，调查了解场地地形地貌特征、地基土的物理力学性质和空间分布规律。按照场地地基土层性质和抗震性能进行工程地质分区，分析评价各工程地质单元地形地貌、工程地质与水文地质条件，划分场地土类型，编制场地大比例尺工程地质分区图。

### 5. 地震动小区划与地震地质灾害小区划

在地震危险性概率分析计算结果的基础上，根据场地地震工程地质条件勘测结果，采用一维多质点非线性模型，计算各控制点的地震反应，确定各控制点的地震动参数。综合分析各控制点的地震动参数，并结合场地工程地质单元分区结果，进行场地地震动参数小区划。根据地震动小区划结果，编制 50a 超越概率 10% 的场地地震动峰值加速度和反应谱分区图，并给出相应分区的设计地震动参数。

根据各工程地质单元地形地貌、工程地质与水文地质条件，参照地震动峰值加速度和反应谱分区结果，对场地地震地质灾害进行分区评价。

## 七、人员及分工

项目总负责：杨丽萍（高级工程师，国家一级注册地震安评师）

项目技术负责：苏旭（高级工程师，国家一级注册地震安评师）

地震活动性评价：杨丽萍、夏玉胜（高级工程师，国家二级注册地震安评师）、刘炜（工程师）

地震构造环境评级：苏永奇（副研究员，国家一级注册地震安评师）、姚生海（工程师，国家二级注册地震安评师）、李智敏（高级工程师，国家二级注册地震安评师）、殷翔（工程师）

地震危险性概率分析：苏旭、刘薇（工程师）、绽蓓蕾（工程师）

场地工程地质与地震地质灾害区划：黄伟（工程师，国家二级注册地震安评师）、都昌庭（高级工程师，国家二级注册地震安评师）、涂德龙（高级工程师）、张加庆（工程师，国家二级注册地震安评师）、邹海宁（工程师）

场地地震动参数区划：苏旭、刘薇、绽蓓蕾

## 致谢

本项目实施过程中，始终得到中国地震局震害防御司的大力支持，得到海西州人民政府、德令哈市人民政府、海西州地震局的大力支持，得到中国地震局地壳应力研究所、中国地震局地质研究所、北京震科工程监理有限责任公司、中煤科工集团西安研究院有限公司、甘肃省地震局、黑龙江第六地质勘察院、青海九零六工程勘察设计院物探分院等单位的大力支持与协助。在项目实施和验收过程中徐锡伟研究员、杨主恩研究员、袁道阳研究员多次亲临现场检查和指导工作。在此一并表示衷心感谢。

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第一章 区域地震活动环境</b>          | 1   |
| 1.1 地震资料概况                   | 1   |
| 1.2 地震区、带的划分                 | 3   |
| 1.3 地震活动的空间分布特征              | 5   |
| 1.4 地震活动的时间分布特征              | 9   |
| 1.5 历史地震对场地的影响               | 12  |
| 1.6 区域地震活动性综合评价              | 16  |
| <b>第二章 区域地震地质环境</b>          | 17  |
| 2.1 区域大地构造环境概述               | 17  |
| 2.2 区域地貌特征                   | 20  |
| 2.3 区域地球物理场及地壳结构特征           | 21  |
| 2.4 区域新构造运动特征                | 24  |
| 2.5 区域构造应力场特征                | 26  |
| 2.6 区域主要活动断裂带                | 28  |
| 2.7 区域地震构造特征                 | 58  |
| <b>第三章 近场区地震构造条件评价与地震活动性</b> | 60  |
| 3.1 近场区地貌、地层特征               | 60  |
| 3.2 近场区新构造运动特征               | 63  |
| 3.3 近场区主要断裂及活动性评价            | 64  |
| 3.4 近场区地震活动性特征               | 95  |
| 3.5 近场地震地质与地震活动环境综合评价        | 97  |
| <b>第四章 地震危险性分析</b>           | 98  |
| 4.1 分析方法概述                   | 98  |
| 4.2 潜在震源区的综合判定               | 99  |
| 4.3 地震活动性参数的确定               | 105 |
| 4.4 地震动衰减关系                  | 110 |
| 4.5 地震危险性分析结果                | 113 |
| <b>第五章 场地地震工程地质条件</b>        | 121 |
| 5.1 场地概况                     | 121 |

|             |                       |            |
|-------------|-----------------------|------------|
| 5.2         | 地形地貌 .....            | 121        |
| 5.3         | 第四纪沉积环境特征 .....       | 122        |
| 5.4         | 浅层地震勘探和钻探 .....       | 124        |
| 5.5         | 工程地质分区 .....          | 135        |
| 5.6         | 目标区场地土层剪切波速测试 .....   | 138        |
| 5.7         | 地脉动测试 .....           | 191        |
| <b>第六章</b>  | <b>地震地质灾害评价 .....</b> | <b>194</b> |
| 6.1         | 德令哈小区划目标区地质地貌概况 ..... | 194        |
| 6.2         | 气象、水文特征 .....         | 195        |
| 6.3         | 砂土液化判别 .....          | 196        |
| 6.4         | 软土震陷判别 .....          | 198        |
| 6.5         | 滑坡、崩塌、泥石流 .....       | 199        |
| 6.6         | 断层影响评价 .....          | 201        |
| <b>第七章</b>  | <b>场地地震反应分析 .....</b> | <b>202</b> |
| 7.1         | 基岩输入地震动的确定 .....      | 203        |
| 7.2         | 场地地震反应分析计算 .....      | 206        |
| 7.3         | 场地地震反应计算结果 .....      | 208        |
| <b>第八章</b>  | <b>地震小区划 .....</b>    | <b>234</b> |
| 8.1         | 地震动参数小区划 .....        | 234        |
| 8.2         | 地震动小区划图说明书 .....      | 236        |
| 8.3         | 地震地质灾害区划 .....        | 236        |
| <b>第九章</b>  | <b>结 论 .....</b>      | <b>238</b> |
| 9.1         | 区域地震活动性 .....         | 238        |
| 9.2         | 区域地震构造环境 .....        | 238        |
| 9.3         | 近场区地震构造 .....         | 239        |
| 9.4         | 地震危险性概率分析 .....       | 239        |
| 9.5         | 场地地震工程地质条件评价 .....    | 239        |
| 9.6         | 场地地震动参数确定 .....       | 240        |
| 9.7         | 地震地质灾害分区评价 .....      | 240        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>          | <b>241</b> |

# 第一章 区域地震活动环境

地震活动性研究主要是通过对工程场地区域和近场地震活动在空间和时间上的分布特征、历史地震对场地的影响等,对工程场地的地震活动做出评价,为合理划分潜在震源区和确定地震活动性参数提供依据。

## 1.1 地震资料概况

### 1.1.1 资料范围

德令哈市位于青海省西部地区。根据《工程场地地震安全性评价》(GB 17741—2005)的要求,区域的范围为德令哈规划区外延不小于 150km 的范围,近场区为工程场地外延不小于 25km 的范围,本次德令哈市地震小区划工作的区域范围为:  $35.80^{\circ} \sim 38.75^{\circ}\text{N}$ ,  $95.60^{\circ} \sim 99.15^{\circ}\text{E}$ ; 近场范围为:  $36.99^{\circ} \sim 37.62^{\circ}\text{N}$ ,  $97.03^{\circ} \sim 97.74^{\circ}\text{E}$ 。该区位于青藏地震区西北部的青海省境内。在进行地震时、空分布特征分析时,地震资料的整理与搜集将以区域所跨各地震带作为空间范围。

### 1.1.2 资料来源

地震资料主要以目前最新的正式地震目录为主,对于关键地震事件依据不同版本的地震目录及有关文献进行对比确定地震参数,地震目录包括历史地震目录和现代小震目录。

(1) 强震资料: 2010 年 5 月以前取自《中国地震目录》(中国地震局监测预报司预报管理处整编)、中国地震台网中心强震目录; 2010 年 6 月 ~ 2014 年 4 月取自中国地震台网中心的地震数据库。

(2) 近代小地震资料 (1970 年 ~ 2014 年 4 月): 取自中国地震台网中心的地震数据库。

### 1.1.3 资料概况

(1) 区域地震监测概况: 我国于 20 世纪 50 年代着手建立全国基准台网, 70 年代后区域地震台网逐步完善。据青海省地震局统计分析, “九五”前全省监测能力  $M_L 4.5$ , “九五”期间全省大部分地区监测能力达到  $M_L 3.5$ , 海东地区地震监测能力达到  $M_L 2.5$ 。在“十五”期间进行了全省台网数字化改造, 增设了多个台点, 大大提高了资料的完整性和可靠性, 全省监测能力  $M_L 3.5$ , 西部地区地震监测能力可达到  $M_L 3.0$  (图 1.1)。区域及周围现有都兰、德令哈、格尔木等地震台, 1970 年以来  $M_L 3.0$  以上地震基本不漏记。

(2) 震级标度: 震级是衡量地震大小的标度。以往历史地震震级采用的是  $M_S$ , 这部分地震为  $M_S \geq 4.7$  以上地震。其中, 无仪器记录的地震, 其震级的确定均由史料记载评定其震中烈度, 再按震

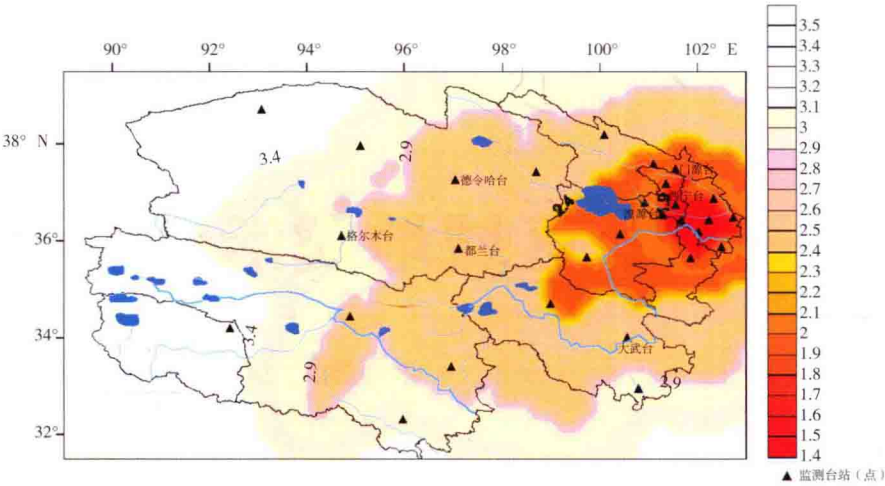


图 1.1 青海省地震监控能力图

级 ( $M_s$ )与震中烈度的经验关系换算出;凡有仪器记录的地震,其震级以仪器测定的为准。现代小震震级多采用  $M_L$ 。

由于以上两种不同震级标度的目录经常需要统一使用,这就存在由  $M_L$  转换为  $M_s$  的问题。自 20 世纪 70 年代以来,国内普遍采用 1971 年郭履灿等根据邢台地震余震资料得出的经验关系进行  $M_s$  与  $M_L$  之间的转换,见式 (1.1)。

$$M_s=1.13M_L-1.08$$

(1.1)

2010 年,汪素云等根据 1990 ~ 2000 年《中国地震年报》和 2001 ~ 2008 年《中国数字地震台网观测报告》的大量数据,研究了测定面波震级  $M_s$  与近震震级  $M_L$  的不确定性;采用双随机变量的回归方法,重新统计回归了  $M_s$  与  $M_L$  的转换关系,见式 (1.2)。

$$M_s=0.03+0.98M_L$$

(1.2)

该转换关系已为第五代中国地震动参数区划图所使用。按该转换关系  $M_s$  与  $M_L$  的差别很小,可以近似的认为  $M_s=M_L$ 。地震活动性分析和参数统计中,现代小震的震级  $M_L$  将不再转换为  $M_s$  而直接使用,且统一表示成  $M$ 。

(3)区域地震记录概况:本区域位于青藏地震区的西北部,历史地震记录不全。区内最早记载到也是最大地震为 1902 年 11 月 4 日青海秀沟 6.9 级地震。自有记录以来区域内共记录到  $M_s \geq 4.7$  地震 58 次;1970 年以来(截至 2014 年 4 月)记录到  $3.0 \leq M \leq 5.0$  小震 811 次;各震级档次地震频次的分布情况见表 1.1。

表1.1 地震在不同震级档的分布

| $M \geq 4.7$ |      | $3.0 \leq M \leq 5.0$ |      |
|--------------|------|-----------------------|------|
| 震级档          | 地震数目 | 震级档                   | 地震数目 |
| 4.7 ~ 4.9    | 10   | 3.0 ~ 3.9             | 692  |
| 5.0 ~ 5.9    | 37   | 4.0 ~ 4.9             | 114  |
| 6.0 ~ 6.9    | 11   | 5.0                   | 5    |
| 总计           | 58   | 总计                    | 811  |

## 1.2 地震区、带的划分

划分地震区、带是为了反映地震活动在空间上的不均匀性。同一地震区、带地震活动特点和地震构造条件都密切相关,因而它常作为地震活动性参数的统计单元,也是地震发震构造条件和震级上限确定的构造类比单元。

### 1.2.1 地震区、带划分的原则

#### 1. 地震区划分的原则

(1) 地震活动性相似的区域。包括地震活动的强弱程度大致相近、地震活动重复周期大致相同、8½级地震和一组 7½ ~ 8 级地震与其他次级地震间具有明显的比例关系和成因上的联系等。

(2) 现代构造应力场和现代构造变形特征相似的区域。包括现代构造应力场方向相同或由一组相对独立的应力场所控制、现代构造变形特征相一致,往往由一组统一的变形场分布单元所控制等。

(3) 新构造活动性相似的区域。包括活动断裂的区域分布特征、活动性质和强度相似,以及新构造运动的强度、活动性质的分区相一致。

(4) 大地构造、地壳结构和地球物理场相似的区域。大地构造、地壳结构和地球物理场是地壳长期运动和发展的产物,地震关系不如以上几点密切,但地壳结构、地球物理场和大地构造的分布格局,对地震的分区仍具有一定的控制作用。

#### 2. 地震带划分的原则

地震带是地震区内的次级地震统计单元,其划分依据除与地震区划分依据相同外,地震带内的地震活动和地质构造的特征更趋一致。

(1) 地震活动性的一致性。包括地震活动空间上连接成带或相对集中;带内地震活动具有相同的地震活动期和平静期,一个或一组 7 ~ 8 级地震与带内其他地震之间具有较好的比例关系和成因上的联系。

(2) 现代构造应力场和变形场特征的一致性。包括由一组单一的现代构造应力场和变形场所控制;现代构造变形场特征相一致。

(3) 新构造运动的性质和强度大致相同。

(4) 发震断裂运动特征和运动性质相一致。

#### 3. 地震区、带边界确定的原则

(1) 活动构造单元的外界。

(2) 活动构造单元的转折带。

(3) 中强地震及小地震活动密集分布区的外界。

### 1.2.2 地震区、带划分结果

根据上述划分原则,参照中国地震动参数区划图提供的全国地震区、带的划分方案,将本地区划分如下结果(表 1.2 和图 1.2)。

区域内主要涉及青藏地震区内青藏高原北部地震亚区的六盘山—祁连山地震带(V2-2)和柴达木—阿尔金地震带(V2-3)。故在此将这两个地震带的基本特征分别进行阐述:

表1.2 区域地震区、带划分

| 地 震 区   |               | 地 震 带           |
|---------|---------------|-----------------|
| 青藏地震区 V | 青藏高原北部地震亚区 V2 | 龙门山地震带 V2-1     |
|         |               | 六盘山—祁连山地震带 V2-2 |
|         |               | 柴达木—阿尔金地震带 V2-3 |
|         | 青藏高原中部地震亚区 V3 | 巴颜喀拉山地震带 V3-1   |
|         |               | 鲜水河—滇东地震带 V3-2  |
|         |               | 喜马拉雅地震带 V4-1    |
|         | 青藏高原南部地震亚区 V4 | 滇西南地震带 V4-2     |
|         |               | 藏中地震带 V4-3      |

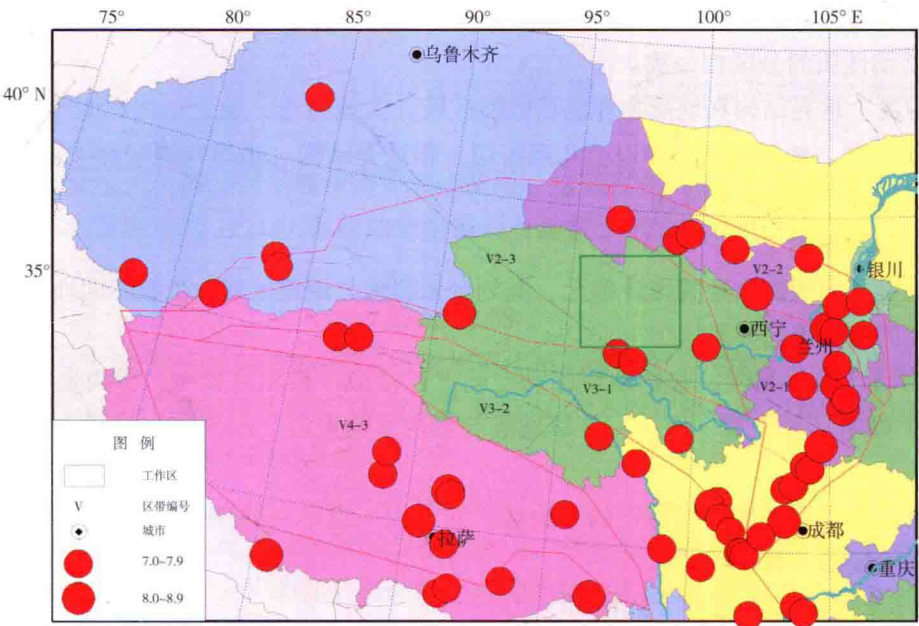


图 1.2 区域地震区、带划分简图

1. 柴达木—阿尔金地震带（V2-3）

柴达木—阿尔金地震带位于青藏地震区青藏高原北部地震亚区的西部，包括阿尔金山、柴达木盆地、共和盆地、祁曼塔格山和甘肃敦煌等地区。

该带边缘大都为重力异常梯度带，分布有以正异常为主的宽缓高磁异常，地壳厚度为 43 ~ 53km，带内新构造运动强烈。地震带内沿 NWW 向展布的断裂有柴达木盆地北缘断裂带、柴达木盆地两条中央断裂带、哇玉香卡—拉干隐伏断裂带等；沿 NEE 向展布的断裂有阿尔金断裂带等。

柴达木—阿尔金地震带 20 世纪前地震记载缺失严重，1832 年至 2014 年 4 月共记载到  $M \geq 5$  地震 139 次，其中  $M 5.0 \sim 5.9$  地震 111 次， $M 6.0 \sim 6.9$  地震 23 次， $M 7.0 \sim 7.9$  地震 5 次，最大地震为 2008 年 3 月 21 日新疆西藏交界（新疆于田南）的  $M 7.3$  地震。带内以中强地震活动为主，在空间上具有成带分布的特征，集中分布在阿尔金断裂带、柴达木盆地南侧的茫崖—乌图美仁及北侧的达布逊湖—北霍布逊湖、共和盆地的哇玉香卡—拉干隐伏断裂带的东段等。区域涉及柴达木—阿尔金地震带的东端。

2. 六盘山—祁连山地震带 (V2-2)

该地震带处于青藏地震区青藏高原北部地震亚区的东北缘，包括整个祁连山地区及河西走廊、六盘山、宁夏南部的中宁、海原、固原等地，其总体位于加里东期地槽褶皱系内，属加里东期中朝准地台西南边缘的裂陷带。沿祁连山重力异常梯级带宽达 300km，也是青藏高原地区东北边缘的地壳厚度变异带，地壳厚度平均约 55km。带内新构造运动强烈，以挤压褶皱、高角度逆冲断裂为主要特征。该地震带内的主要活动断裂带分 NWW 和 NNW 两个方向组，前者如北部的河西走廊活动断裂系的榆木山北缘断裂、祁连山北缘断裂、皇城—双塔断裂等；后者如东部的庄浪河断裂等。

公元 180 年至 2014 年 4 月共记载到  $M5$  以上地震 96 次，其中  $M5 \sim 5.9$  地震 66 次， $M6 \sim 6.9$  地震 19 次， $M7 \sim 7.9$  地震 9 次， $M8 \sim 8.9$  地震 2 次，最大的为 1920 年 12 月 16 日海原 8.5 级地震。带内地震活动强度大、频度高，具有成带分布特征。区域涉及六盘山—祁连山地震带西北部。

1.3 地震活动的空间分布特征

1.3.1 地震震中的平面分布特征

图 1.3 为区域强震震中平面分布图。区域范围内  $M4.7$  以上破坏性地震共 58 次，其中， $6.0 \sim 6.9$  地震 11 次， $5.0 \sim 5.9$  地震 37 次， $4.7 \sim 4.9$  地震 10 次，强震目录见表 1.3。

由图 1.3 中可以看出区域内地震活动在空间上呈明显的不均匀分布，场地的北部和西部地震活动频繁，东部、南部地震活动较弱，地震集中分布在三湖地区及附近、德令哈西北和哈拉湖东部地区。

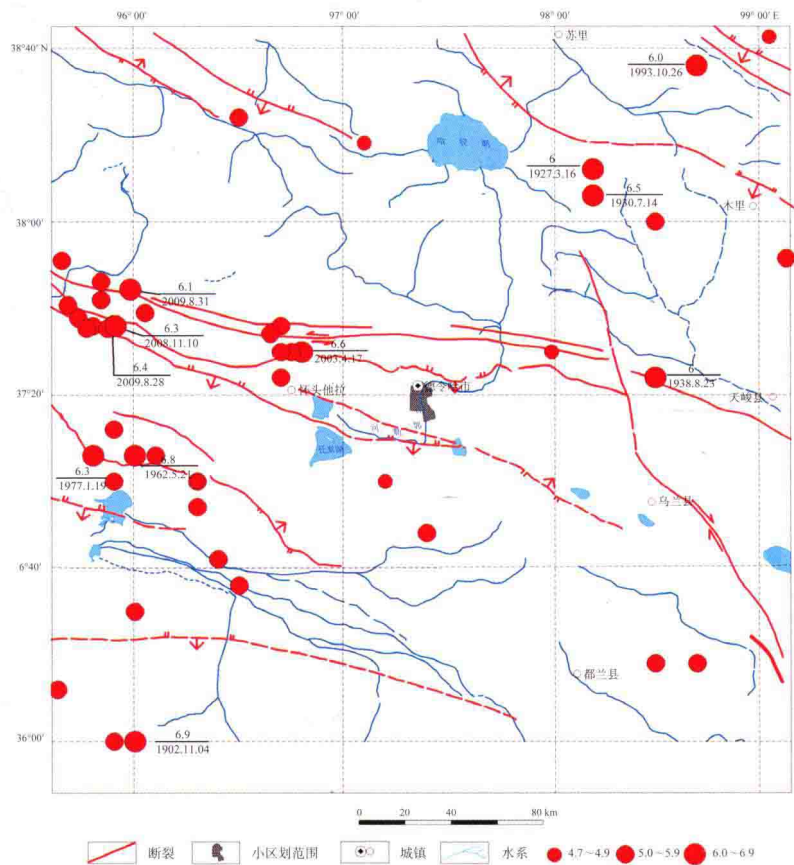


图 1.3 区域破坏性地震震中分布图