



Bin Hai Di Qu Gao Su Gong Lu
Lu Ji Xiu Zhu
Ji Shu Yan Jiu

滨海地区高速公路 路基修筑技术研究

王立新 李淑杰 梁宁 编著
杨广庆 丁军霞



人民交通出版社

Bin Hai Di Qu Gao Su Gong Lu
Lu Ji Xiu Zhu
Ji Shu Yan Jiu

滨海地区高速公路 路基修筑技术研究

王立新 李淑杰 梁宁 编著
杨广庆 丁军霞



人民交通出版社

内 容 提 要

本书以滨海地区河北省沧州至黄骅港高速公路工程为依托,对滨海地区高速公路路基地基处理与优化技术、提高路基耐水分迁移和干湿循环性能、电石灰改良盐渍土路基设计与施工技术等关键技术进行了系统研究。

全书共分9章,主要包括滨海地区软土地基处理技术、高速公路路基土中水分迁移规律研究、滨海盐渍土基本工程特性研究、滨海盐渍土用作高速公路路基填料改良试验研究、高速公路路基土干湿循环试验研究、电石灰改良滨海地区盐渍土路基施工技术研究、盐渍土路基施工质量控制与检测技术研究和滨海地区高速公路路基长期稳定性控制技术等内容。

本书可供从事公路工程设计、施工、管理、监理及养护的技术人员和管理人员参考,也可作为高等院校相关专业师生学习参考用书和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

滨海地区高速公路路基修筑技术研究/王立新等编
著. —北京:人民交通出版社, 2011.7
ISBN 978-7-114-09214-5

I. ①滨… II. ①王… III. ①滨海盐土—高速公路—
公路路基—路基工程 IV. ①U416.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第118940号

书 名: 滨海地区高速公路路基修筑技术研究
著 作 者: 王立新 李淑杰 梁 宁 杨广庆 丁军霞
责任编辑: 刘彩云
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网 址: <http://www.ccpress.com.cn>
销售电话: (010) 59757969, 59757973
总 经 销: 人民交通出版社发行部
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 13.5
字 数: 319 千
版 次: 2011年7月 第1版
印 次: 2011年7月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-09214-5
定 价: 45.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

滨海地区盐渍土具有融陷、盐胀、腐蚀等不良的工程特性和高水位的特殊环境,盐渍土地地区路基修筑技术已成为公路建设需要解决的重大岩土工程问题之一。如处理不当,路基在水分迁移和干湿循环的不良环境中,在车辆荷载的反复作用下,路用性能会逐渐衰减,继而引起路面结构层弯拉应力增大及路基边坡稳定性不足,导致路基路面病害,将严重影响道路的长期稳定性和行车安全。

为了满足滨海地区河北省沧州至黄骅港高速公路工程建设需要,推动科学技术进步,在河北省交通运输厅资助下,河北省高速公路石黄管理处和石家庄铁道大学对滨海地区高速公路软土地基处理、盐渍土路基修筑和长期稳定性等关键技术进行了研究,本书是对河北省沧黄高速公路路基建设过程中所取得科研成果的系统总结。

本书第1章阐述了滨海地区河北省沧州至黄骅港高速公路盐渍土赋存环境和路基修筑面临的问题。第2章介绍了滨海地区软土地基处理技术。第3章介绍了滨海地区高速公路路基土中水分迁移规律。第4章分析了滨海盐渍土的工程性质。第5章介绍了电石灰改良滨海盐渍土路基技术。第6章介绍了滨海盐渍土路基的干湿循环特性。第7章介绍了电石灰改良盐渍土路基施工技术。第8章介绍了电石灰改良滨海地区盐渍土路基施工质量控制与检测技术。第9章介绍了滨海地区高速公路路基长期稳定性控制技术等内容。

本书由河北省高速公路石黄管理处王立新、李淑杰、梁宁和石家庄铁道大学杨广庆、丁军霞编著,编写分工如下:第1章由王立新、杨广庆编写;第2章由李淑杰、杨广庆编写;第3章由丁军霞、梁宁编写;第4章由王立新、李淑杰编写;第5章由梁宁、丁军霞、王生俊编写;第6章由杨广庆、丁军霞编写;第7章由王立新、梁宁编写;第8章由王立新、李淑杰、梁宁编写;第9章由李淑杰、梁宁编写。此外,本书的撰写与出版也得到了多方面的关心与支持,谨表谢意。

由于作者水平有限,书中遗漏、不足之处在所难免,敬请各位专家和广大读者批评、指正。

编 者

2011年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 依托工程项目概况	1
1.2 渤海西岸滨海盐渍土赋存环境	1
1.3 滨海地区高速公路路基修筑面临的问题	14
1.4 本书的研究目的和内容	18
第2章 滨海地区软土地基处理技术研究	19
2.1 滨海地区软土地基的特点	19
2.2 天然双层软土地基硬壳层的作用机理	22
2.3 天然双层软土地基硬壳层的工程应用特点	26
2.4 天然双层软土地基硬壳层应力扩散理论	26
2.5 天然双层软土地基上路堤工程特性研究	33
2.6 硬壳层对滨海地区公路路基工程特性影响的数值分析	39
2.7 滨海地区高速公路天然双层软土地基优化处理现场试验研究	54
2.8 小结	73
第3章 滨海地区高速公路路基土中水分迁移规律研究	74
3.1 路基土中水分主要来源	74
3.2 滨海地区路基土中水分迁移机理	74
3.3 滨海地区土水特征曲线研究及湿化变形机理	81
3.4 滨海地区路基土强度研究	89
3.5 小结	98
第4章 滨海盐渍土基本工程特性	100
4.1 研究区概况	100
4.2 滨海盐渍土物理性质	103
4.3 滨海盐渍土化学性质及分类	106
4.4 滨海盐渍土水理性质	108
4.5 滨海盐渍土的力学性质	111
第5章 滨海盐渍土用作高速公路路基填料改良试验	118
5.1 高速公路路基填料的基本要求	118

5.2	高速公路路基填料的改良	119
5.3	电石灰材料的基本性能	119
5.4	电石灰改良滨海盐渍土的试验方案	120
5.5	电石灰改良滨海盐渍土的基本工程特性	122
5.6	电石灰改良盐渍土的强度与变形特性	126
5.7	电石灰改良盐渍土强度形成机理及特点	140
5.8	小结	144
第 6 章	滨海地区高速公路路基土干湿循环试验研究	145
6.1	盐渍土的干湿循环试验	145
6.2	石灰改良土的干湿循环试验	147
6.3	干湿循环条件下路基填料破坏过程	150
6.4	干湿循环条件下路基填料强度衰减机理	150
6.5	小结	151
第 7 章	电石灰改良滨海地区盐渍土路基施工技术研究	152
7.1	现有高速公路路基施工规范要求	152
7.2	试验路段施工概述	153
7.3	电石灰改良盐渍土路基施工准备	155
7.4	电石灰改良盐渍土路基施工技术研究	157
7.5	路基压实理论	159
7.6	影响路基压实效果的因素分析	163
7.7	最佳施工参数的现场试验研究	167
7.8	小结	176
第 8 章	盐渍土路基施工质量控制与检测技术研究	178
8.1	改良渍土路基填筑质量检测与控制	178
8.2	改良盐渍土路基压实质量检测与控制	179
8.3	改良盐渍土路基强度检测	187
8.4	改良盐渍土路堤沉降观测与分析	196
8.5	小结	200
第 9 章	滨海地区高速公路路基长期稳定性控制技术	202
9.1	影响路基长期稳定性因素分析	202
9.2	滨海地区高速公路路基长期稳定性的控制措施	205
9.3	小结	207
参考文献		208

第 1 章 绪 论

1.1 依托工程项目概况

石黄高速公路沧州至黄骅港段是河北省高速公路路网布局规划“五纵六横七条线”中第四横的重要组成部分,是省会石家庄联系衡水、沧州、黄骅港的重要通道,是河北省“十一五”期间重点公路建设项目。该段公路的建设,将进一步完善和提高国家及河北省公路网的功能和服务水平。对实施环渤海开发战略,发挥沿海优势,加快黄骅港和临港产业的开发建设,加强沿海与内陆地区的联系,促进经济发展具有十分重要的意义。

该项目路线西起京沪高速公路,与已建石黄高速公路相连,向东跨津沪铁路和 104 国道,至沧县汪家铺跨省道沧乐线,在大流口村跨南排河,向北跨黄浪渠和新南黄排干渠,在东常庄跨 205 国道,过八里庄向东与沿海公路相连,路线全长 93.255km。全线设置互通式立交桥 5 座,分离式立交桥 11 座,天桥 20 座,大、中桥 11 座,小桥、涵洞及通道 151 处。这一项目按双向四车道高速公路标准建设,计算行车速度 120km/h,路基宽 27.5m,工程概算总投资约 26.4 亿元,计划 2005 年年底建成沧州至黄骅段,2006 年 12 月全线建成通车。作为连接沧州和黄骅港的重要通道,沧黄高速公路的建设,对充分发挥黄骅港这一北方新兴港口在环渤海经济圈中的前沿作用,使之成为沧州城市发展和临港工业的重要依托,进而带动沧州及河北省中南部的社会、经济快速发展,具有十分重要的意义。

沧黄高速公路地处渤海西岸滨海地区,地下水位比较浅,矿化度高,气候干燥,蒸发量大。土壤中盐分含量普遍较高,尤其在地势低洼处和边沟内,随处可见地表有一层白霜盐皮。该高速公路东部地下水位较高,长期受海水浸泡,水分蒸发后土壤盐渍化较为严重。目前滨海盐渍土地区高速公路建设领域许多问题有待研究,尤其是盐渍土改良后用作高速公路路基填料的应用研究相对不足。为此,结合高速公路工程实体,进行滨海地区高速公路路基修筑技术研究具有重要的现实意义。研究成果不仅可以沿线的滨海盐渍土用于沧黄高速公路路基的建设,节省投资,少占农业用地,同时也可以填补滨海盐渍土地区高速公路建设的空白,对指导我国东部沿海地区类似工程的建设具有重要意义。

1.2 渤海西岸滨海盐渍土赋存环境

滨海盐渍土是在滨海地区特定自然环境中形成的,研究滨海盐渍土的工程特性应该查明其赋存环境。本书研究的滨海地区是特指渤海湾西岸地区,尤其是天津和河北沿海地区。

1.2.1 地理位置

渤海西岸地区地处中纬度欧亚大陆东岸,北接内蒙古高原,南连黄淮平原,西倚太行山脉,东濒渤海。位于北纬 $36^{\circ}03' \sim 42^{\circ}40'$ 、东经 $113^{\circ}27' \sim 119^{\circ}50'$,南北长约 750km,东西长约 650km。面积为 187693km^2 ,其中山区面积 115919km^2 (包括高原区),平原区面积 71773km^2 。该地区包括天津 1 个省级市,秦皇岛、唐山、沧州 3 个地级市,昌黎、乐亭、滦南、唐海、丰南、黄骅、海兴 7 个县,海岸线长 326km。

1.2.2 气候、气象

渤海西岸属于温带半湿润半干旱大陆性季风气候,四季分明。冬季寒冷干燥、雨雪稀少;春季冷暖多变、干旱多风;夏季炎热潮湿、雨量集中;秋季风和日丽、凉爽少雨。海岸带具有海洋性气候的特征。海岸带是指沿海岸线垂直方向,向陆延伸 10km,向海至水深 15m 等深线以内的浅海之间的狭长地带。海岸带和海岛由于受海洋影响较大,具有大陆性与海洋性过渡型气候,与内陆相比,具有以下特征:①气温冬秋偏暖、春夏偏凉、气温日较差及年较差偏小,大陆度偏小;②降水量略少,有夜雨现象;③强对流性天气较少;④风速大,大风日数多,有海陆风。

(1) 由于纬度跨度较大,沿海地区具有温度南高北低,温差较大的特点。地区年平均气温为 $10 \sim 13^{\circ}\text{C}$,月平均气温南北最大温差为 3°C 。1 月份为本区全年最冷月,各地平均气温均低于 0°C ,其中唐秦一带为 $-5 \sim -7^{\circ}\text{C}$,沧州为 -4°C ;7 月份为全年最热月,唐秦一带为 $24 \sim 25^{\circ}\text{C}$,沧州为 $26 \sim 27^{\circ}\text{C}$ 。极端最高气温出现在 5~7 月份,其中秦皇岛极端最高气温为 39°C ,沧州南部为 41°C (见图 1-1);极端最低气温出现在 12~2 月份,主要出现在 1 月份(占 47%),其次为 2 月份(占 33%),其中秦皇岛极端最低气温为 -22°C ,沧州南部为 -20°C (见图 1-2)。

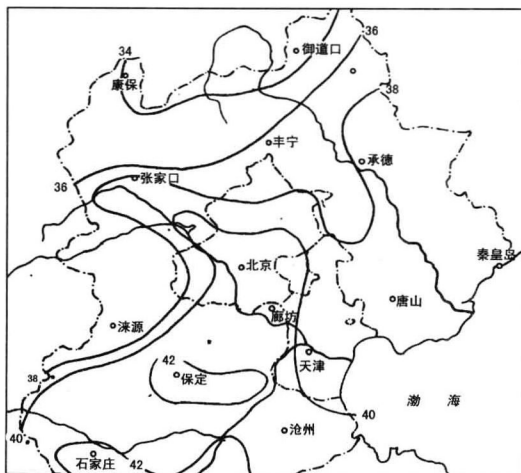


图 1-1 渤海西岸极端最高气温

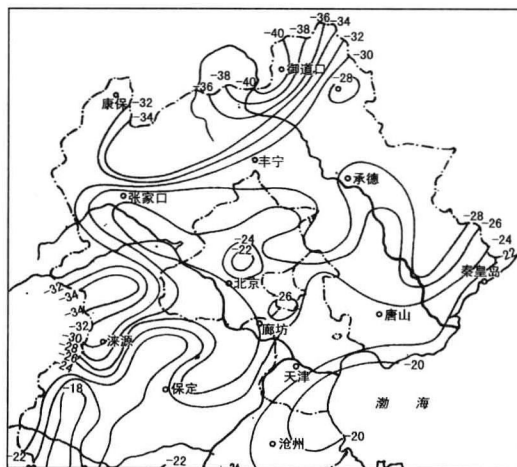


图 1-2 渤海西岸极端最低气温

(2) 沿海地区是河北省降水量最大的地区,在地域上相差不大,平均年降水量为 600~700mm,其中唐秦地区大于沧州(见图 1-3)。本区降水具有季节分配不均、降水变化率高、年际变化大等特点,降水主要集中在夏季,60%~75%集中在 6~9 月份,冬季降水量最小。年干燥度 K 在 1.0~1.3 之间,属于较湿润类型(见图 1-4)。年平均无霜期 147~200d。

(3) 本区地处东亚季风区, 冬夏风向有明显的季节转换。冬季盛行偏北风, 春季盛行偏南风, 夏季盛行南到东南风, 秋季又开始盛行偏北风, 在海岸带还常见海陆风。本区年平均风速 $2.8 \sim 5\text{m/s}$, 随季节变化, 大部分地区以春季最大, 冬季次之, 夏季最少。各月份风速以 4 月份最大, 8、9 月份最小。最大风速分布与平均风速相似, 风速 $18 \sim 27\text{m/s}$ 。

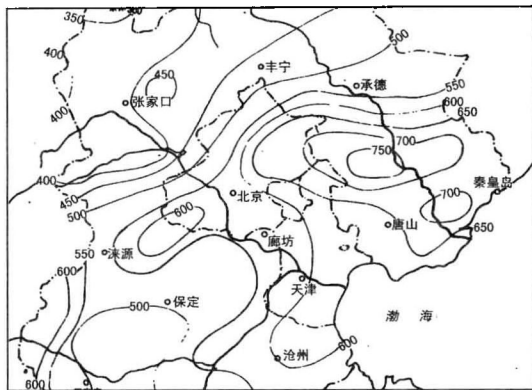


图 1-3 渤海西岸平均年降水量

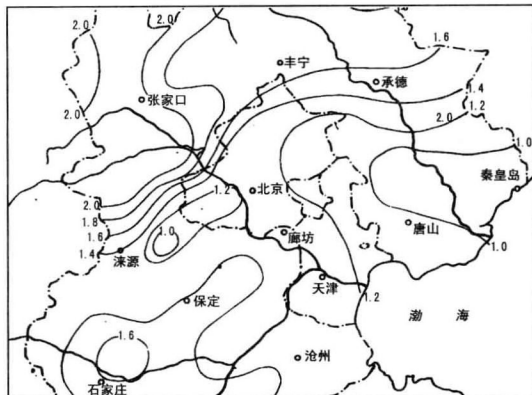


图 1-4 渤海西岸年干燥度

1.2.3 地形、地貌

渤海西岸地区除秦皇岛北部为丘陵地区, 地势稍有起伏外, 其他地区均较平坦, 基本上由内陆向渤海, 地势由高到低, 海拔从 10m 左右到海平面 (见图 1-5)。滨海地带属于Ⅲ₃ 滨海平原亚区。该区分布于渤海湾沿岸的滨海地带, 主要为海浪冲击作用, 以粉砂及淤泥质土沉积为主, 结构松散, 固结差, 地下水埋藏极浅, 是不良的工程地质地段。渤海西岸地区的洼地也很多, 面积很大, 多是古代消失的湖泊 (见图 1-6) 淤积而成, 多为季节盐积水洼地, 主要堆积物为一般黏性土和淤泥质土, 有沼泽化和盐渍化现象。

1.2.4 大地构造与前第四系地层

根据黄汲清、任纪舜等《1:400 万中国大地构造图》, 渤海西岸含两个迥然不同的Ⅰ级构造单元 (见图 1-7)。大致以北纬 42° 线的康保—围场深断裂为界, 其北为具活动性的内蒙—大兴安岭地槽褶皱系 (I_1), 其质变主旋回为华力西期; 以南属中朝准地台 (I_2), 它与典型地台的区别主要在于后期中、新生代的剧烈活动性。渤海西岸地区位于中朝准地台 (I_2) 的东侧, 跨越两个Ⅱ级构造单元, 即Ⅱ₂² 燕山台褶带和Ⅱ₁² 华北断拗, 次一级的又包括 3 个Ⅲ级构造单元。

1) Ⅲ₂⁸ 山海关台拱

Ⅲ₂⁸ 山海关台拱属于Ⅱ₂² 燕山台褶带的次一级构造单元, 位于秦皇岛和唐山东北部, 北、西、南三侧均以断裂为界, 平面略呈指向西南的锐角三角形, 向东延入辽宁。西界的北北东向的青龙—滦县大断裂, 是当时燕山海槽东部边缘的一个重要的同生生长断裂, 在断裂西侧地区大幅度拗陷的中元古代, 以东的山海关台拱区则基本保持了正性状态, 直到晚远古代长龙山期才遭遇海侵。因此, 该区主要由太古代基底组成, 整体为一硕大的紫苏花岗片麻岩—混合花岗岩穹隆, 直径 $60 \sim 70\text{km}$, 燕山旋回的岩浆侵入及喷发活动均较强烈。本区范围内未划分Ⅳ级

构造单元。

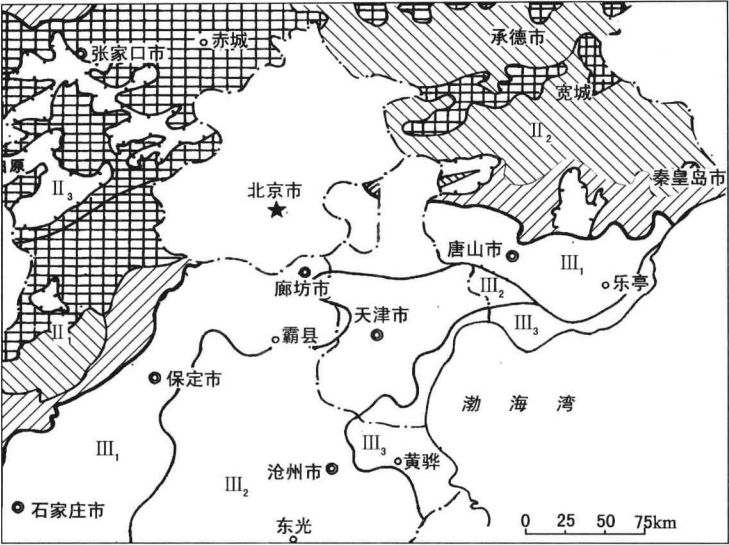
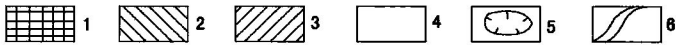


图1-5 渤海西岸地貌分区略图



1-中山; 2-低山; 3-丘陵; 4-平原及波状平原; 5-盆地; 6-区及亚区界线

- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| I 内蒙古高原区; | II 燕山—太行山中低山区; | III 河北平原区; |
| I ₁ 康保丘陵亚区; | II ₁ 冀北中山亚区; | III ₁ 山前倾斜平原亚区; |
| I ₂ 大青沟—沽源波状平原亚区; | II ₂ 燕山中低山区; | III ₂ 中部低平原亚区; |
| I ₃ 张北—御道口低山丘陵亚区; | II ₃ 冀西北山间盆地亚区; | III ₃ 滨海平原亚区; |
| | II ₄ 太行山中低山区; | |

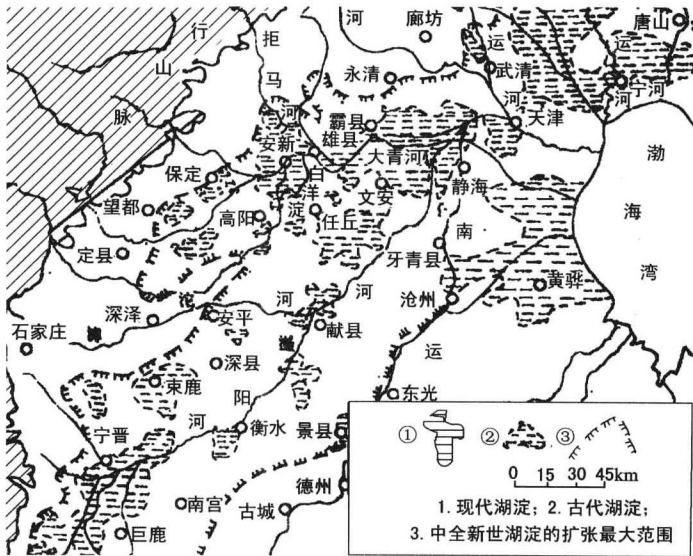


图 1-6 渤海西岸古代湖泊分布图

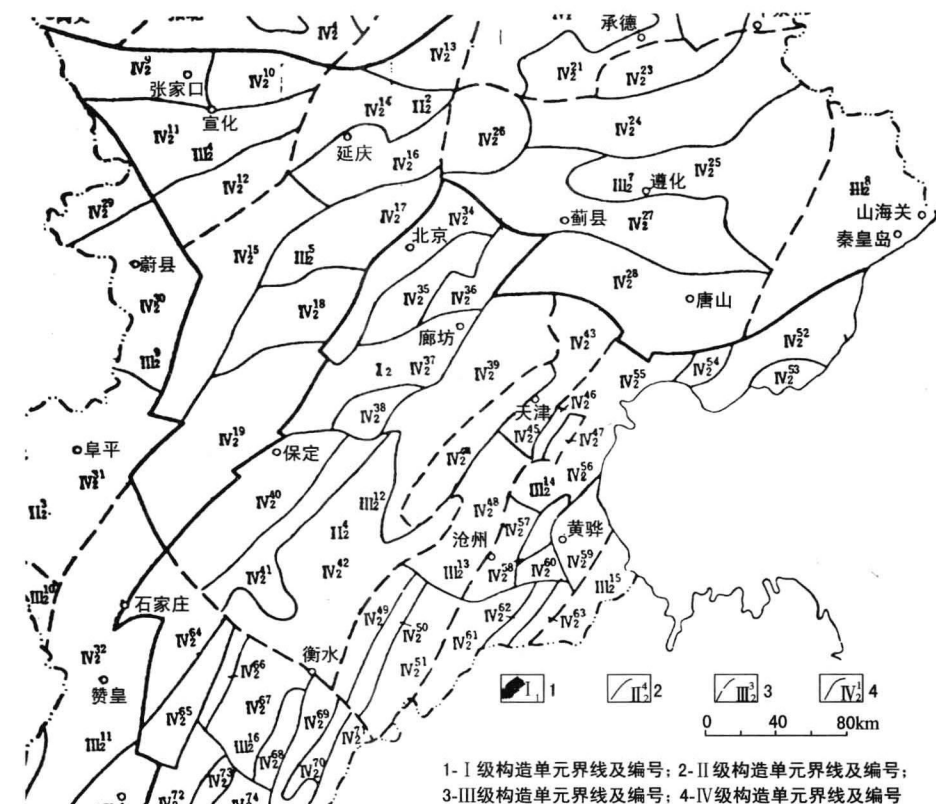


图 1-7 京津冀构造单元分区图

2) III_2^{14} 黄骅台陷

III_2^{14} 黄骅台陷主要包括渤海湾北、西两侧的滨海地带及部分水域,平面呈自南而北由北北东向转为北东东向的弧形,南段收拢,北段撒开,周边被断裂围限。该区的前新生界基岩发育齐全,自中—上元古界至侏罗、白垩系积厚逾万米。新生代,由北东、北西两组断裂相互交切形成的级别不等、形态不同的断块活动剧烈,最大堆积厚度可达 8000m。其次一级(IV)构造单元特征见表 1-1。

黄骅台陷 IV 级构造单元特征简表

表 1-1

编号	名 称	面积(km^2)	走 向	新生界最大厚度(m)		基 岩
				Q + N	E	
IV_2^{52}	南堡断凹	1300	NEE	3000	5000	Mz 、 Pz
IV_2^{53}	马头营台凸	450	EW	2000	0	Mz
IV_2^{54}	柏各庄断凸	300	NE	1500	0	Pz
IV_2^{55}	北塘段凹	1400	NEE	2000	4000	Mz 、 Pz
IV_2^{56}	板桥断凹	1150	NNE	2200	5400	Mz 、 Pz_2
IV_2^{57}	沧东断凹	500	NNE	1600	3600	Mz
IV_2^{58}	齐务家台凸	250	NE	1500	0	Mz

续上表

编号	名 称	面积(km ²)	走 向	新生界最大厚度(m)		基 岩
				Q + N	E	
Ⅳ ₂ ⁵⁹	岐口断凹	900	NE	2200	3000	Mz、Pz ₂
Ⅳ ₂ ⁶⁰	孔店台凸	600	NE	1600	0	Mz、Pz ₂
Ⅳ ₂ ⁶¹	南皮断凹	2000	NNE	1800	3000	Mz
Ⅳ ₂ ⁶²	徐里台凸	500	NE	1250	0	Mz、Pz、Ar
Ⅳ ₂ ⁶³	盐山断凹	650	NE	1800	2300	Mz、Pz ₂

3) Ⅲ₂¹⁵ 埕宁台拱

Ⅲ₂¹⁵ 埕宁台拱仅跨占渤海西南岸的河北省一隅,主体在山东界内。该区上第三系直接覆盖于太古界或下古生界之上,早第三纪相对隆起。

1.2.5 第四纪地层

渤海西岸地区第四纪地层厚度大,总厚度 20 ~ 500m;成因类型复杂,以冲积、洪积、海积、湖积及其过渡类型为主,间有风积等类型。其下为第三纪地层,基底为中生代和古生代古老地层,其分布参见京津冀地质略图(见图 1-8)和渤海西岸第四纪堆积物分布图(见图 1-9)。

依该地区第四纪地层层序、厚度及地貌、构造等特征,其第四纪地层划分为三个区十个小区(见图 1-10)。沿海地区包括在Ⅲ河北平原区的Ⅲ₁、山海关小区、Ⅲ₃ 黄骅小区和Ⅲ₄ 埕宁小区中。

1) Ⅲ₁ 山海关小区

山海关小区包括滦县至昌黎、秦皇岛以南的山前平原地区,南与黄骅小区相接,西与唐山小区相邻。本小区第四系一般厚 20 ~ 80m,局部达 100m,下伏古生代前地层。一般缺失杨柳青组及固安组。区内第四系以冲洪积为主,其间夹海相层。在秦皇岛至北戴河一带的全新统中,海相层厚度较大,占本统厚度的 80% ~ 90%。上更新统(相当于欧庄组)为冲积亚砂土夹砂砾石层,砂砾石层延伸到海岸线水面以下。全新统为冲积、洪积相及泻湖、海相沉积物及风成砂,冲洪积相中夹层位不稳定的泥煤。昌黎县杨古庄柱状剖面自上而下为:

- ①棕黄色亚黏土含小角砾,角砾直径 0.3 ~ 5cm,厚 1 ~ 3.5m;
- ②灰黄色含砂亚黏土,略显水平层理,厚 2m;
- ③灰黑色黏土含微量石英砂砾,黏性大,可塑性差,厚 1 ~ 3.5m;
- ④灰色含黏土的粉砂,厚 1 ~ 3.5m;
- ⑤黑色泥煤,质地松轻,细腻有滑感,易碎裂,厚 1 ~ 3.5m;
- ⑥黑色含贝壳亚黏土,含多种贝壳化石,厚 1 ~ 3.5m;
- ⑦黑色泥煤,特征同⑤,厚 1 ~ 3.5m;
- ⑧灰黑色含贝壳亚黏土,特征同⑥,厚 1 ~ 3.5m。

泻湖相分布在秦皇岛东南李庄至王家庄一带,面积约 20km²。李庄钻孔地层剖面多为灰

色、黄色细砂、泥质粉砂及粉砂层。在海岸一级阶地、海岸前沿及海滩,可见海岸和海岸堤沉积。

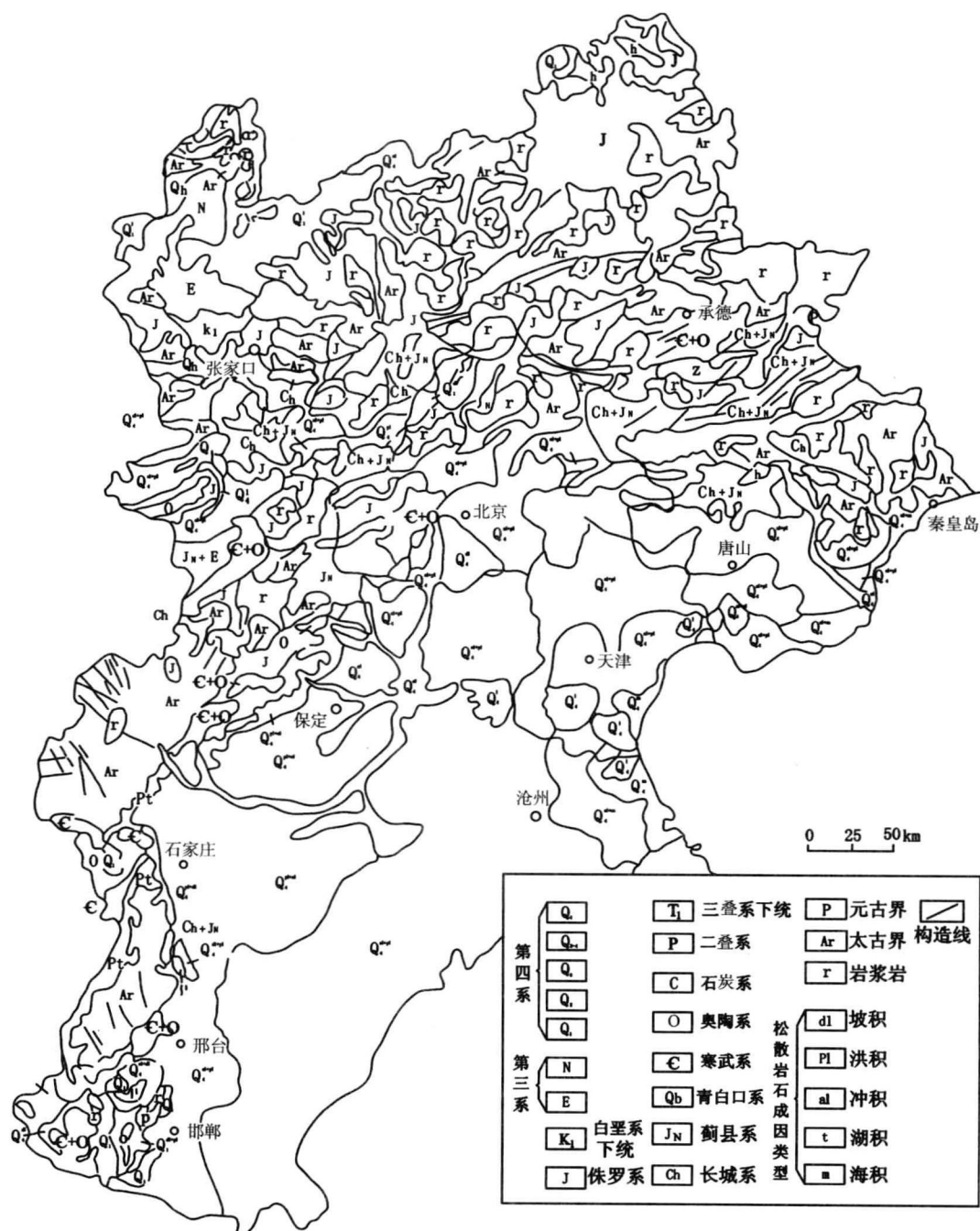


图 1-8 京津冀地质略图

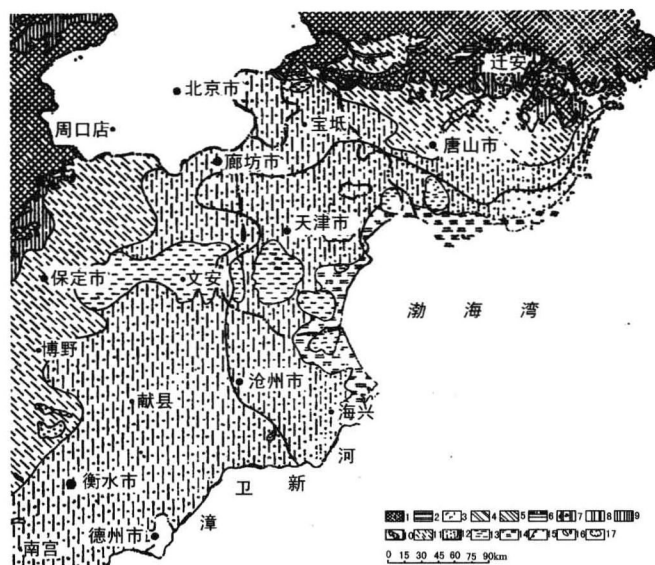


图 1-9 渤海西岸第四纪堆积物分布图

1-第三纪前基岩(G);2-老第三纪砂砾岩;3-老第三纪玄武岩(E_3);4-中新世泥岩夹砂岩(N_1);5-上新世泥岩(N_2);6-早更新世冰川—冰水堆积(Q_1);7-中更新世冰川—冰水堆积(Q_2);8-中更新世红黄土堆积(Q_2^2);9-晚更新世黄土堆积(Q_3);10-全新世河谷冲积层;11-全新世山前冲积、洪积层;12-全新世平原冲积、湖积层;13-全新世平原湖沼堆积层;14-全新世海积层;15-全新世地层夹有海积层的分布范围;16-第四纪玄武岩;17-风成砂丘

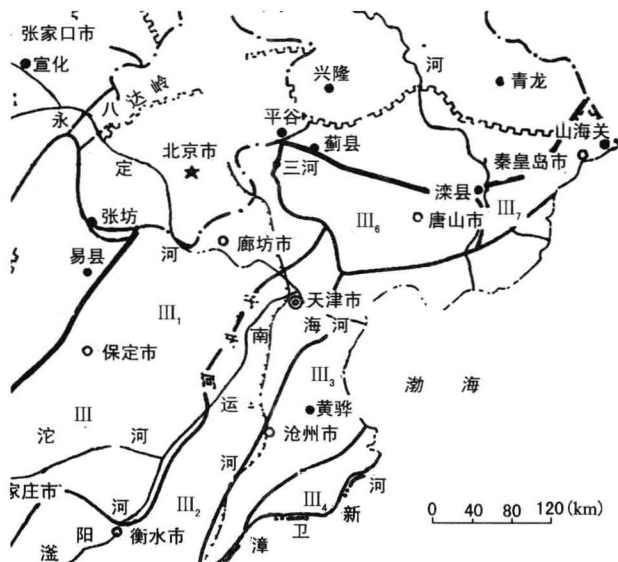


图 1-10 渤海西岸第四纪地层分区略图

I 内蒙古高原区;

II 燕山、太行山区;

II₁ 冀西北山间盆地小区;

II₂ 燕山小区;

II₃ 太行山小区;

III 河北平原区;

III₁ 冀中小区;

III₂ 天津—南官小区;

III₃ 黄骅小区;

III₄ 埕宁小区;

III₅ 邱县—临清小区;

III₆ 唐山小区;

III₇ 山海关小区

2) III₃ 黄骅小区

黄骅小区位于宁河至滦南一线以南,沧州至东光一线以东,南到省界,东南与埕宁小区相邻,北达渤海湾。本小区为拗陷地带,第四纪厚度一般 450 ~ 550m。假整合覆于第三系之上。本区第三系有以下特征:

(1)以三角洲相、河道带相及湖相地层为主要海相层,并广布全区。根据本区地层特征分为三个地段:渤海湾北岸陡河河口以东、唐山至乐亭以南的滨海地区属滦河三角洲平原,第四系厚度 450 ~ 500m,为灰、灰黄色亚黏土与砂层交替堆积;在深度 250 ~ 300m 以上见 3 ~ 5 层海相层或海陆过渡层,含丰富的有孔虫及海相介形虫类;陆相地层中则以河流相三角洲相及湖泊相为特征。渤海湾西岸黄骅至宁河一带为海河河口三角洲地带,包括北大港及南大港,深度 100 ~ 150m 以上为灰、灰黄色堆积物,之下为褐棕黄色堆积物。黄骅以南以冲积、湖积地层为主,在深度 100 ~ 150m 以上普遍存在 3 层海相层,在近岸地带深度 150m 以下可能存在 2 层海陆过渡相地层。此外,还见 2 ~ 4 层火山碎屑层及玄武岩。

(2)地表有两道可作为海退标志的贝壳堤。

(3)本小区南部可能为古黄河泛滥区,在深度 100m 以上有多层棕红色、质纯、细腻的黏土夹层,并含大量粉土质。

3) III₄ 埕宁小区

埕宁小区位于盐山、吴桥以东地区,北邻渤海湾,东南延伸到山东境内。本小区为隆起区,第四系厚一般为 350 ~ 375m,下伏第三系,厚度也较薄。第四系以三角洲相与湖相为主,在深度 250m 以上有 3 ~ 4 层海相层,属浅海相沉积环境,产丰富的有孔虫。由上而下可分出灰黄、棕黄、棕色、棕红及紫红色段。杨柳青组及固安组为厚层黏土夹薄砂层为主,反映以湖相沉积为主。海兴县小山有火山熔岩及火山碎屑成之穹丘。

1.2.6 地质构造

该区域内展布有多种构造体系,彼此间关系复杂,联合复合现象皆存在。它们在漫长的地质历史发展过程中,经历了多次构造变动,是不同时期不同构造运动的产物。按其类型可分为纬向构造体系、经向构造体系、华夏构造体系、新华夏构造体系、山字形构造体系。其中纬向构造体系、华夏构造体系 and 新华夏构造体系是主要的构造体系,它们分布广、规模大、影响深,彼此间互相交切,共同组成了本区的基本构造格架。它们在不同地区不同程度地控制着不同时期的沉积作用、变质作用、岩浆活动,甚至现今地貌景观山丘、平原、水系分布以及地震活动规律等都明显的受此构造格架制约(见图 1-11)。

新华夏构造体系,分布广、规模大,影响深,走向多为北北东向。以压扭性断裂为主,褶皱次之,与同体系相派生的北西向或北西西向断裂互相交切,并被后者切割、推移发生偏转,显现出多字形排列的特征。按其类型本区新华夏构造体系大致可分为岩石圈断裂、地壳断裂和基底断裂。主要有沧东断裂、滦水断裂、牛家桥一百尺口断裂、陡河断裂、桃园断裂等。

1.2.7 活断裂与地震

渤海西岸地区属新华夏系北东向断裂构造的黄骅凹陷和埕宁隆起区。凹陷西侧与沧县隆

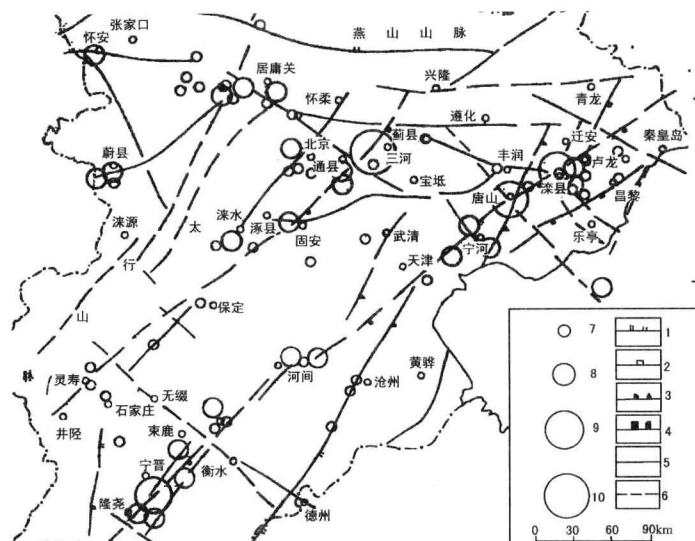


图 1-11 渤海西岸地区构造体系与强震中分布图

1-纬向构造体系;2-经向构造体系;3-新华夏构造体系;4-华夏系构造;5-断裂;6-推断断裂;7-5~5.9 级地震;8-6~6.9 级地震;9-7~7.9 级地震;10->8 级地震

起相邻,东侧北段濒临渤海,东侧南段以赵家堡—盐山断裂与埕宁隆起分开,在凹陷内部,平行于凹陷轴向的张性断裂发育。自吕梁运动后,区域内地壳逐步稳定,存在一条北北东向的基底隆起,并接受了震旦纪及古生代地层沉积。在古生代与华北凹陷区一起整体下沉,接受了寒武—奥陶纪的碳酸盐沉积,中奥陶纪末,加里东运动使区域内地台整体抬升,缺失上奥陶—下石炭系地层,中石炭纪—二叠纪为海陆交互相逐步转变为陆相。中生代,燕山运动是华北地区又一次大规模运动,产生了规模宏大的北东—北北东向的新华夏结构,地台破碎,岩浆侵入,火山喷发,生成众多的断陷盆地,黄骅凹陷区属于这一类型。新华夏构造体系挽近期以来活动性强,断裂带规模大,影响地壳较深,它不仅影响和控制着河北平原沉降区新生界的沉积厚度,而且也影响了河北平原地震的发生,当此构造与华夏系和纬向构造体系的构造带相交或复合时,易发生大地震。这是华夏构造体系挽近期构造的主要特征。总体来说,控制本区地质构造的断裂主要有沧州—大明深断裂、海兴—宁津大断裂、孟村西断裂、青龙—滦县大断裂、固安—昌黎大断裂及陡河大断裂,这些断裂均为潜伏性活动断裂(见图 1-12)。

1) 沧州—大明深断裂

该断裂为平原区的一条重要的潜伏性断裂。断裂北起丰润、唐山之间,向南经天津、沧州、德州、大明延入河南,总体走向北东 30° 左右,长约 500km。该断裂在沧州以北,走向有所变化,在天津界被近东西向的固安—昌黎大断裂水平错移。该断裂切穿整个地壳,属硅镁层断裂;断裂两盘的新生界发育程度差异明显,断面向南东陡倾,为中生代继承性活动的正断层。

2) 海兴—宁津大断裂

该断裂为一条北北东走向的大断裂,它位于沧州—大明深断裂的东侧,两者近似平行分布,平面相距 55km 左右,倾向相对,共同组成中新世代的带状地堑。该断裂向北进入渤海湾水域,向南延入山东,长 80km 左右,海兴小山一带的中更新世火山碎屑岩的堆积,显示了断裂

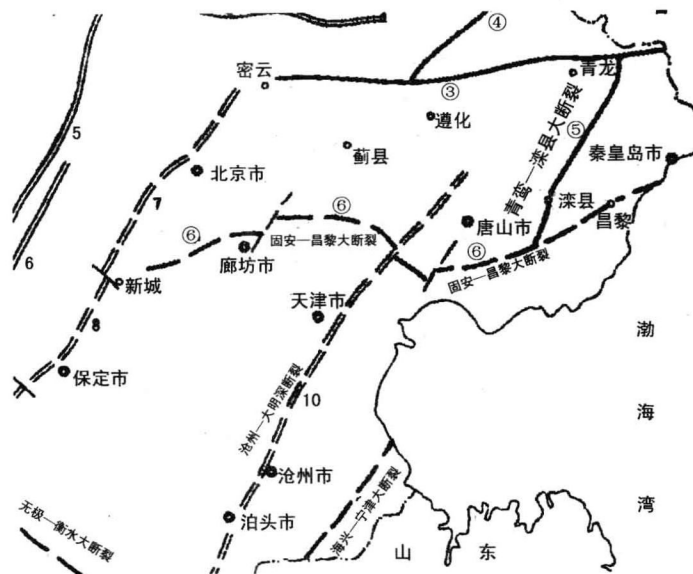


图 1-12 渤海西岸地区活动断裂分布图

在晚近时期的活动性。

3) 孟村西断裂

该断裂走向呈北北东向,与沧州一大明、海兴—宁津两条深大断裂平行,介于两者之间,根据所搜集资料发现,该断裂倾向北西,属正断层性质,属于深大断裂派生的次生小规模断裂,延伸长度 55km 左右,其活动性相对较弱。

4) 青龙—滦县大断裂

该断裂北起青龙扎兰杖子,向南沿青龙河谷经卢龙、滦县隐入华北平原,总体走向北东 25° 左右,向北西陡倾,长 150km 以上。属压扭性断裂。断裂向南,隔渤海湾同海兴—宁津大断裂遥遥相接。

5) 固安—昌黎大断裂

该断裂位于燕山山前平原区,全线隐伏。西起固安,向东经廊坊、宝坻、昌黎,再东入渤海。走向近东西,长约 320km。断裂活动西弱东强,属中新世继承性活动的正断层。

6) 陡河大断裂

新华夏系陡河断裂大体沿陡河展布。北由榛子镇,经唐山延至塘沽一带,长百余公里,为震区内显要的构造形迹。走向北东 30° ,倾向北东,倾角 70° ,断面陡立。陡河断裂历史地震活跃,1934 年以来小震活动增强,发生过 1970 年丰南 4.8 级地震,最大震级就是 1976 年唐山 7.8 级地震。陡河断裂近期活动强烈,断裂带上第四纪以来新活动的痕迹屡见不鲜。

华北东部是我国多震地区,据《中国地震动参数区划图》统计,全区大于等于 VII 度的面积比率约为 1/2。成灾地震绝大多数是构造地震,构造地震是地质构造活动引起的,渤海西岸地区的地震活动多是由上述活动断裂影响和控制的。根据《中国地震动参数区划图》,河北省渤海西岸地区 3 市 7 县的地震烈度及动峰值加速度见图 1-13 和表 1-2。