

分类号_____

UDC _____ 编号_____



学 位 论 文

胶州湾地质构造特征及成因研究

支鹏遥

指导教师 刘保华 研究员 国家海洋局第一海洋研究所

申请学位级别 硕 士 学科专业名称 海洋地质

论文提交日期 2008 年 5 月 论文答辩日期 2008 年 5 月

学位授予单位 国家海洋局第一海洋研究所

国家海洋局第一海洋研究所

二〇〇八年五月

胶州湾地质构造特征及成因研究

学位论文完成日期: 2008.5.1

指导教师签字: 刘保华

答辩委员会成员签字: 吴斌

李洪

李定忠

刘忠臣

王增平

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

论文作者签名：支明尧

日期：2008年5月13日

学位论文使用授权说明

本人完全了解国家海洋局第一海洋研究所关于收集、保存、使用学位论文的规定，即：
按照本所要求提交学位论文的印刷本和电子版本；
研究所有权保存学位论文的印刷本和电子版，并提供目录检索与阅览服务；
研究所可以采用影印、缩印、数字化或其它复制手段保存论文；
研究所同时授权中国科学技术信息研究所将本学位论文收录到《中国学位论文全文数据库》，并通过网络向社会公众提供信息服务。

（保密论文在解密后遵守此规定）

论文作者签名：支明尧

导师签名：

日期：2008年5月13日

胶州湾地质构造特征及成因研究

摘要

随着经济快速发展的需要,胶州湾近岸及浅海工程建设项目日益增多。为实现海洋工程活动与海洋地质条件的相互协调并避免地质灾害发生,以及为胶州湾开发、工程建设提供必要的地质依据,特写作本文。

本文以国家海洋局第一海洋研究所近年来在胶州湾内开展的“青岛胶州湾湾口海底隧道工程地质物探勘查”、“青岛海湾大桥工程勘察”、“青岛市活断层探测与地震危险性评价”三个项目为依托,利用海洋地磁、单道地震、钻孔等手段获取翔实的一手资料,并结合其他学者的研究资料,分别对胶州湾的地震地层、断裂特征、基岩和成因等问题进行了研究,研究表明:

1) 胶州湾内地震剖面识别出 R0、R1、R2、3 个具有区域意义的波阻抗界面。其中 R0 为海底反射界面, R1 为全新世与晚更新世的的分界面, R2 为声学基底。

2) 胶州湾内可划分三个地震地层单元 U1、U2、U3。其中 U1 为全新世海相层,岩性以青灰色淤泥和淤泥质亚粘土为主; U2 层为晚更新世陆相层,岩性以颗粒较粗的砂砾和亚粘土互层为主; U3 层为该区的基岩层,岩性复杂,包括白垩纪沉积岩、火山岩、火山碎屑岩以及花岗岩。

3) 胶州湾内主要发育有 NE、NW、EW 向三组断裂,与邻近区域有继承性特征。其中 NE 向沧口断裂北段为白垩系与崂山花岗岩的分界线,南段发育在崂山——小珠山花岗岩之中; NW 向大沽河——朝连岛南断裂分为三段,北段呈阶梯状向湾内下降,为白垩系与胶南群片麻岩的分界断裂; EW 向郝官庄断裂于湾口北侧向东延伸收敛于沧口断裂; NE、NW 向两组断裂分别沿平行于胶州湾东岸、西岸方向沿伸呈扇形展布收敛于湾口。

4) 胶州湾基岩埋深总体呈“三凸四凹”格局,受 NE、NW、EW 向三组断裂的控制,基岩埋深北浅南深,西浅东深,湾口处基岩最深。

5) 胶州湾内可划分为四个 V 级构造单元:青岛——崂山凸起、即墨——沧口断陷带、小珠山凸起、胶州湾断陷盆地。

6) 胶州湾为受 NE、NW、EW 向三组断裂控制的断陷盆地。

关键词: 胶州湾 断裂 基岩

The geological and structural characteristics and origin of the jiaozhou bay

Abstract

As economies develop dramatically fast, more and more engineering projects are being constructed near jiaozhou bay and offshore areas. The paper is written to harmonize marine engineering activities with marine geological condition and avoid the unfavorable effects that may be brought about by these faults happening ,as well as to provide reliable fundamental data for exploitation and utilization of jiaozhou bay.

The paper is supported by several geological and geophysical exploration surveys taken by FIO recent years. many means are applied to gain detailed first-hand data, including marine magnetic anomaly map、 single-channel seismic profile and drilling core data, many other researchers' data are also combined in this paper. It includes the following aspects of the bay: regional geology, topography and geomorphy, seismic stratum, fault feature, bedrock and origin of the bay. The study shows that:

1) Three regional acoustic impedance boundaries in jiaozhou bay are recognized, including R0——the seabed reflection interface, R1——the interface between Holocene and Late Pleistocene,R2——the bedrock reflection interface.

2) In jiaozhou bay, three seismic stratigraphic units are classified, including U1——the Holocene marine which is mainly the blue silt and clayey soil,U2——the Late Pleistocene bedland formation which is mainly grit and clayey soil, U3——the bedrock, which is mainly Cretaceous sedimentary rock, volcanic rock, athrogenic rock and granite.

3) In jiaozhou bay, there are three group fault including NE-trending、 NW-trending、 EW-trending, which are inherited with the land faults. The north part of the cangkou fault is the boundary of the Cretaceous and lao mountain granite, and the south is between the lao mountain ——xiao zhu mountain granite.The NW-trending Dagou river-Chaoliandao fault is divided into three parts, the north part drawdowning turn northeast step-shapedly is the boundary of the gneiss and Cretaceous. The EW-trending Haoguanzhuang fault converges to the cangkou fault. In short , the NE-trending and

NW-trending faults converge to the mouth of the jiaozhou bay with fan-shaped.

4) The bedrock cover depth behaves three convexes and four concaves in overall tendency. Controlled by the faults, as the same as the east and the west, it behaves the south is deeper than the north, with the deepest point at the mouth of the jiaozhou bay.

5) It can be divided into four V-level building unit: qingdao-laoshan bulge, jimo-cangkou fault zone, jiaozhou bay fault basin, xiaozhu mountain bulge.

6) Jiaozhou bay is a faulted basin that controlled by the three NE-trending, NW-trending, EW-trending faults.

Key words: jiaozhou bay fault bedrock

目 录

1 绪论	1
1.1 研究意义	2
1.2 研究现状及存在问题	4
1.3 研究内容	4
1.4 资料来源	4
1.5 技术路线	4
2 区域地质	6
2.1 区域地层	6
2.2 岩浆岩	8
2.3 区域地球物理场	9
2.4 构造	10
3 地形地貌	13
3.1 海底地形特征	13
3.2 海底地貌特征	14
4 声学地层	17
4.1 声学地层的识别	17
4.2 地层单元的划分	24
4.3 地层岩性的时代划分	26
5 断裂构造	32
5.1 NE 断裂	32
5.2 EW 向断裂	52
5.3 NW 向断裂	54
6 基岩	56
6.1 基岩埋深	56
6.2 基岩岩性	58
7 胶州湾的成因	59
7.1 构造单元的划分	59
7.2 成因讨论	61
8 结论	63
参考文献	64
致谢	67

1 绪论

1.1 研究意义

胶州湾位于黄海之滨，山东半岛的南岸(120°04'—120°23'E, 35°58'—36°18'N)，为一个深入内陆的天然海湾，其东西宽约 28 公里，南北长约 33 公里。胶州湾位置图见图 1-1。

胶州湾是青岛市形成和发展的摇篮。围绕“全国重点中心城市、世界知名特色城市”的建设目标，青岛市制定了“三点布局、一线展开、组团发展”的城市整体布局，在胶州湾地区形成“一环、一桥、一隧”的道路交通体系，在湾内加快各种工程建筑设施，如各类码头港口工程、填海工程、护岸工程、通讯电缆、排海管道等的建设。为实现海洋工程活动与断裂构造条件的相互协调，避免地质灾害的发生，为工程项目的前期工作提供可靠的基础地质资料，这就要求对胶州湾最基础的地质构造问题的准确了解认识，为 2008 扬帆青岛，构建魅力青岛开创良好条件。

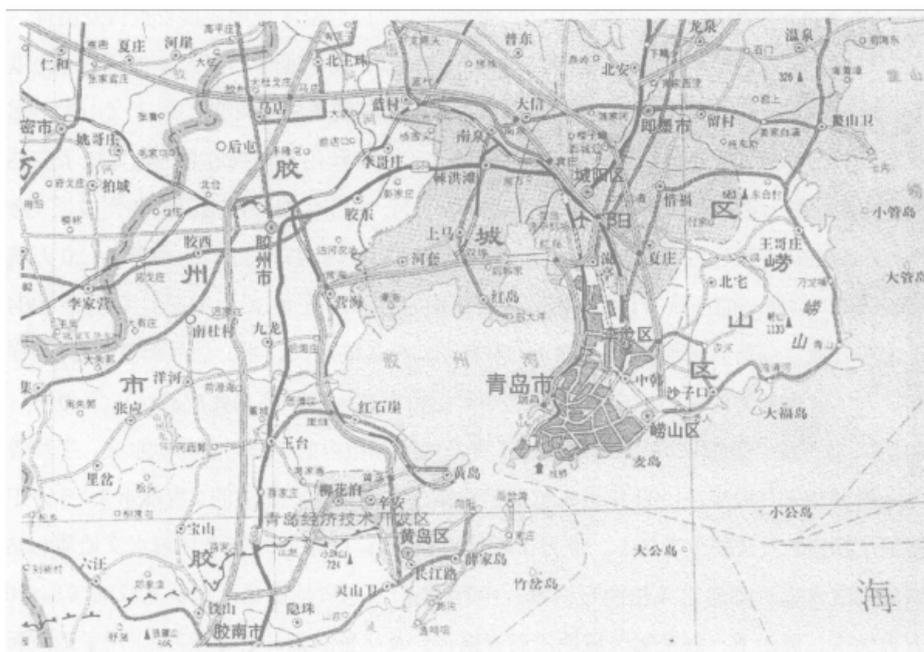


图 1-1 胶州湾地理位置图

本文从构造地质角度，综合分析近年来在胶州湾获得的各种地球物理资料，对胶州湾的地震地层、断裂特征、构造单元、基岩、成因作一个较系统的认识，为胶州湾周边地区地质构造体系研究提供科学依据，也为胶州湾地区开展海洋工

程建设提供现实材料,为城市经济发展服务。

1.2 研究现状及存在问题

胶州湾的调查研究工作始于德国人李希霍芬,调查方面涉及到气象学、物理海洋学、海洋化学、海洋生物学、现代沉积动力、海洋地质学、海洋地球化学等多学科多领域。其中海洋地质领域的工作主要体现在:

地貌方面:国家海洋局第一海洋研究所胶州湾自然环境编写组对胶州湾地貌进行了详细的研究。王文海、李善为等1982——1984年划分了海底地貌(1983)。提出海底有4条呈辐射状延伸的水道,之间为规模较大的潮流沙脊。海岸地貌包括海蚀地貌(海蚀崖、海蚀平台),海积地貌(海积平原、潮滩、沙嘴、沿岸堤)和人工地貌。海底地貌包括海蚀地貌(侵蚀海槽、侵蚀洼地、侵蚀平台和暗礁),海积地貌(水下浅滩、河流三角洲、潮流脊)。阎新兴(2000)据1977年海图分析了各水深面积,讨论了海底地貌的继承性。赵月霞(2006)利用多波束、侧扫声纳以及单道地震资料对胶州湾湾口潮流作用下形成的典型海底沙波地貌的平面形态、剖面特征和分布特点进行了分析研究。

地层划分方面:吴桑云等(1995)根据湾内钻孔孢粉资料将胶州湾内第四纪地层划分为大窑组(Q_3^3)下段(20——15 ^{14}C ka B.P.)和上段(15——11 ka B.P.)、海西组(Q_4^1)(11——8.5 ka B.P.)、大沽河组(Q_4^2)下段(8.5——5.5 ka B.P.)和上段(5.5——2.5 ka B.P.)及胶州湾组(Q_4^2)(2.5——0ka B.P.)。其中,大窑组是陆相地层,全新统则以海相为主。地层界面清晰,可与渤海第四纪地层进行区域对比。

沉积动力学方面:王文海等(1982)的研究表明、在胶州湾内,沉积物种类较多,包括基岩石块、砂砾——砾砂、粗砂、砂、细砂、薪土粉砂质砂、粉砂豁土质砂、砂豁土质粉砂、豁土质粉砂、粉砂质勃土等;从湾口向湾外、湾内沉积物均变细,这种分布形式主要与沉积物来源和水动力情况有关。高抒,汪亚平(2000)对胶州湾的沉积物类型及平面分布进行了划分,并对沉积物运移趋势进行了分析。得出胶州湾沉积速率为0.25(内湾东部)——3.7(西北地区)mm/a。水动力作用的结果是将沉积物内外交换、混合。边淑华(2004, 博士学位论文)指出胶州湾海底沉积物净运移趋势指向湾内。

断裂分布方面:梁瑞才(2004)分析了胶州湾区域磁场,认为胶州湾断裂构造比较发育,在NE向断裂构造大背景下,磁异常分布图中可以清楚地判别出NW向及近东西向断裂分布;裴彦良(2006)通过对胶州湾湾口海区磁力异常的定性

定量揭示,认为湾口存在在1条NW向断裂、2条WNW向断裂及3条NE向断裂。

构造演化方面:赵奎寰(1998)认为鲁东地区及半岛的海域部分,NE向断裂最为发育,其中牟平——即墨断裂规模最大,组成该断裂带的向西南延伸的断裂构成胶州湾的主要断裂,如即墨——红岛断裂、东温泉——灵山卫断裂、李村——劈石口断裂等。EW向断裂主要有胶县断裂、百尺河断裂,向西延伸与郊庐断裂相交。NW、EW、NE断裂构成棋盘格状剪切网络,构造体系表明受到近WE向水平压应力和近SN向张应力的作用。

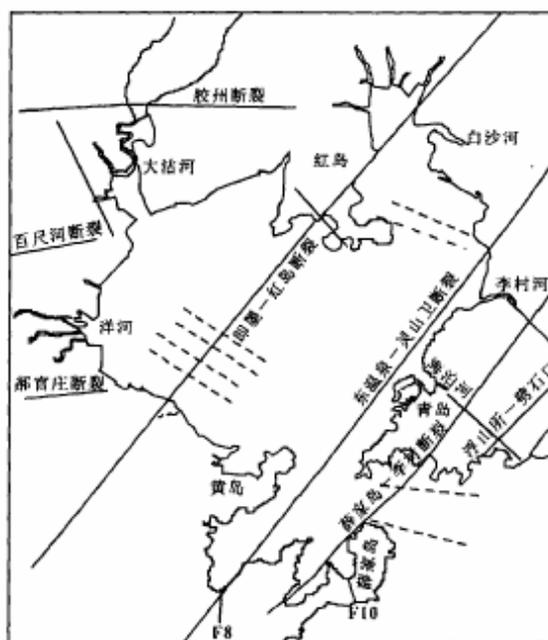


图 1-2 胶州湾地区断裂构造图(据赵奎寰 1998 年修改)

胶州湾地区地质发展史方面:赵奎寰(1998)探讨了胶州湾地质历史发展阶段。在太古代——元古代结晶基底形成。蓬莱运动结束地槽发展,开始地台发展时期,整体抬升剥蚀使得缺失古生代和前白垩纪中生代的地层,基底遭受变质作用。在中生代印支运动期,太平洋板块俯冲挤压欧亚板块,使鲁东隆起区破裂,分化为二垄一拗(胶北、胶南隆起,胶莱凹陷),胶州湾位于胶南隆起和胶莱凹陷之间。燕山运动早期隆起,晚期时发生大型NE向隆起和凹陷,沿结合地带发育大量火山,形成青山群地层,构造进一步强化,形成东南部花岗岩带。白垩世陆相湖泊和河流相堆积形成王氏群地层。在新生代,早喜马拉雅期,胶州湾地区地长期稳定,夷平作用形成大面积胶莱平原,晚喜马拉雅期,几条主要NE、EW向断裂复活发生差异活动,陆域变质岩、花岗岩区继续抬升平移,海域下陷形成胶州湾断陷盆地。海西湾内黄胶 2 孔 13.1——13.3m沉积物¹⁴C年龄为 18800 ± 200 a B.P.,显示末次

冰期低海面时,胶州湾地区沉积物主要为河湖相沉积,该层以下基岩面之上覆盖厚度不大的残坡积物。

针对胶州湾的大型调查研究项目自 1863 年首次开展以来,至今已经有不下 15 项调查研究工作,也取得了丰富的基础资料与研究成果。然而运用地球物理手段结合地质资料对湾内沉积层的全区识别还是空白,尤其是对断裂构造的研究还局限于陆域向海域的推测,本文通过地球物理与地质钻孔资料结合手段对胶州湾的断裂特征进行研究,并进一步讨论其成因,丰富基础地质认识。

1.3 研究内容

- 1) 研究胶州湾海域第四纪沉积物地震地层特征
- 2) 研究胶州湾海域的断裂构造特征
- 3) 探讨胶州湾的成因

1.4 资料情况

本文主要使用的资料为国家海洋局第一海洋研究所近年来在胶州湾获得的高分辨率单道地震资料、浅层钻孔资料以及磁力资料,其中:

磁力资料主侧线沿东西方向布设,测线间距为 500m,并沿南北方向布设联络测线 4 条(图 1-3),本文引用资料为网格化后的数据。

单道地震资料共计 300km(1-4),地震数据采集软件为 ELICS 公司的 DELPHWIN 采集系统,震源发射能量为 500J,放炮间隔为 1s,采样频率为 5000Hz,剖面记录长度为 300ms,走航速度为 5kn。对单道地震资料主要进行了涌浪滤波、带通滤波、时变滤波、自动增益、水平叠加、预测反褶积等处理。

钻孔资料共计 50 口,其中由江苏省水文地质工程勘察设计院和青岛海洋工程地质勘察设计院提供的大桥区钻孔 28 口(陆上孔 2 口),黄岛前湾海域沧口断裂两侧钻孔 5 口,青岛造船厂——黄岛黄山嘴连线海域钻孔 12 口,团岛——薛家岛隧道区钻孔 5 口(图 1-4)。

1.5 技术路线

- ①用高分辨率单道地震资料结合钻孔资料,追踪地震地层界面,进行地震地层划分,并确定地震地层的年代。
- ②根据地震剖面揭示的断点位置、断裂的剖面形态,结合磁力异常(ΔT)平面图,确定断裂的分布规律。

③根据断裂构造特征和基岩岩性划分构造单元，讨论构造与胶州湾成因的关系。

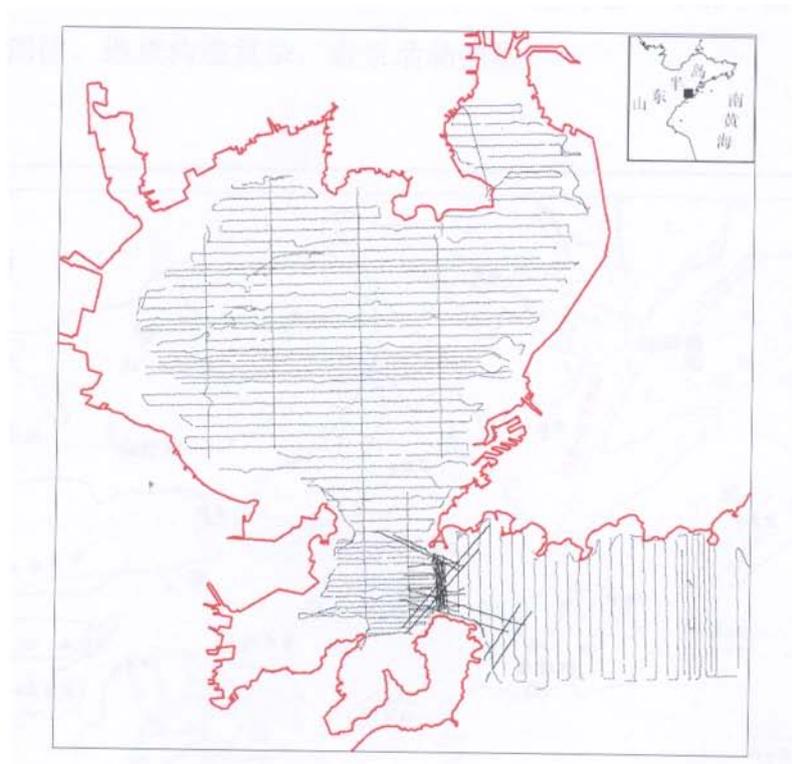


图 1-3 磁力测线图

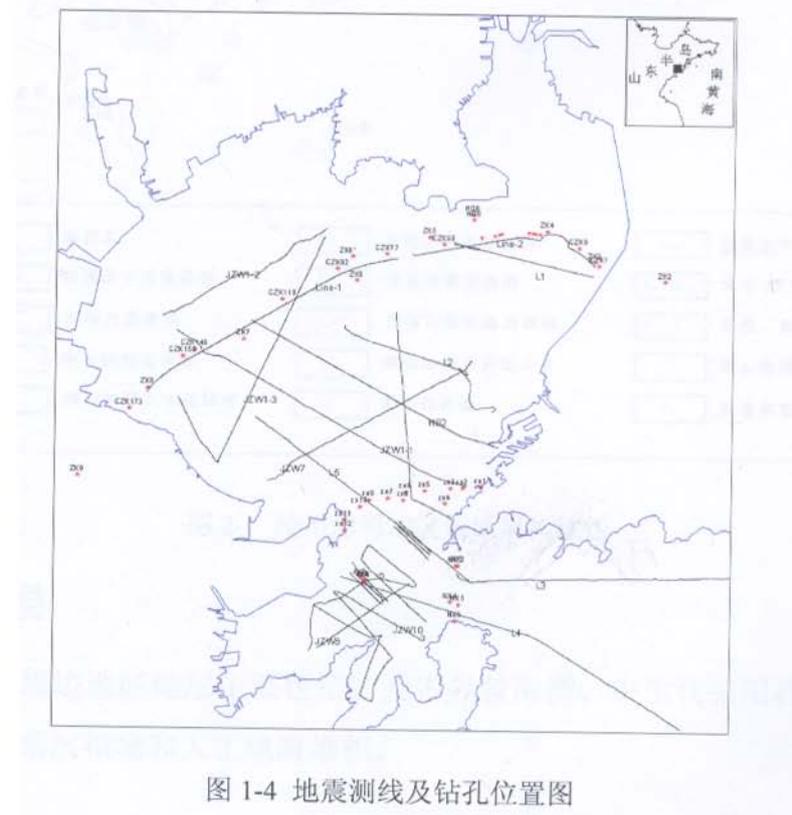


图 1-4 地震测线及钻孔位置图

2 区域地质背景

胶州湾及周边地区在大地构造上位于胶南—威海造山带的中部与胶莱拗陷东南缘的复合部位。地质构造复杂，岩浆活动强烈。

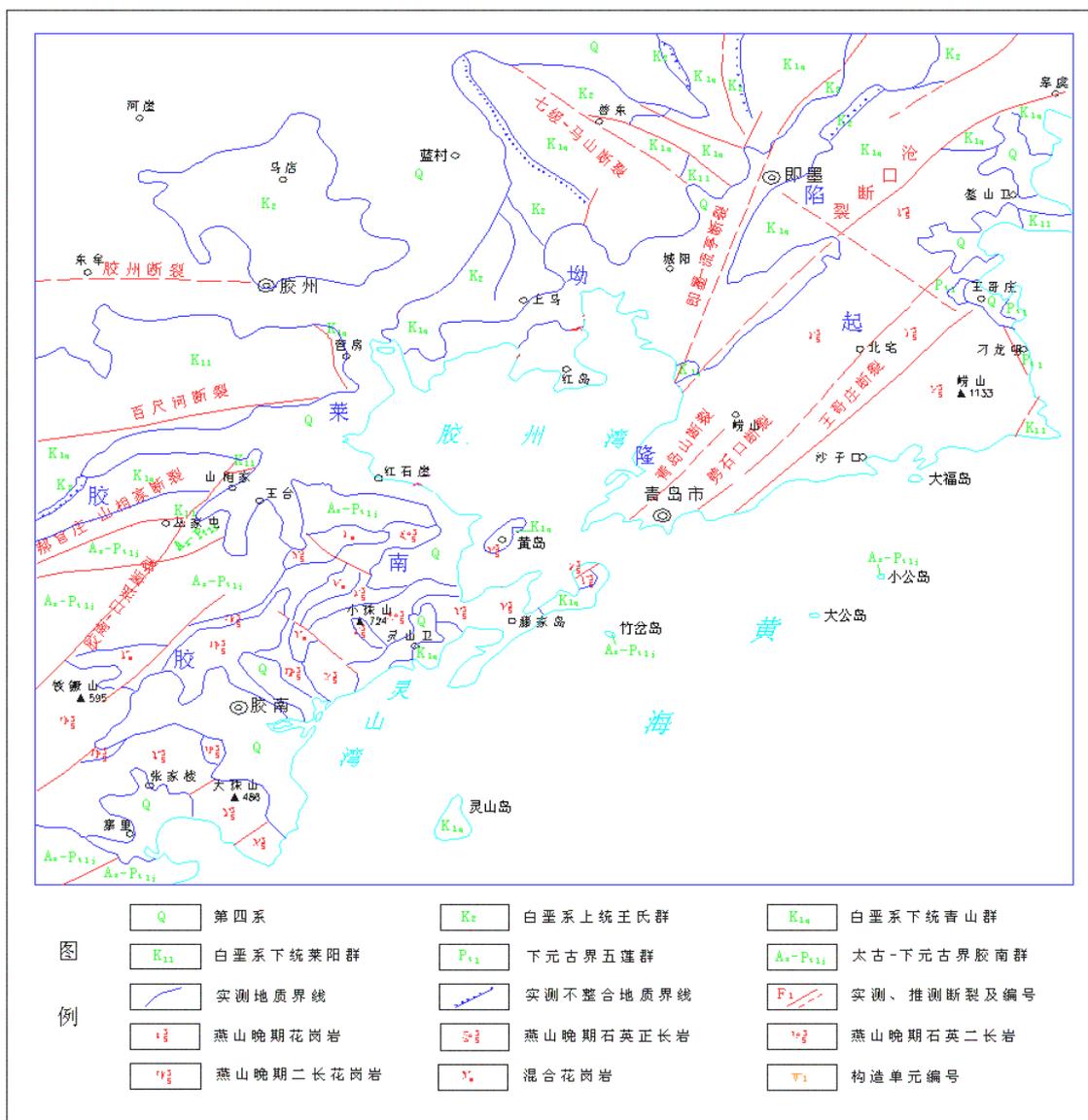


图 2-1 胶州湾周边区域地质构造图

2.1 区域地层

胶州湾及周边地区地层主要包括古元古界胶南群、中生代莱阳群、青山群、王氏群及第四系沉积物和人工填海堆积。

2.1.1 元古界

胶南群 (Ptjn): 零星分布于黄岛区的柳花泊、薛家岛、崂山东麓的峰山前、小管岛、兔子岛一带, 呈包体状, 出露面积较小, 主要岩性为云母斜长片麻岩等为代表的变质岩。在胶州湾内也有分布。

2.1.2 中生界

中生代地层集中分布于胶州市、城阳区、王哥庄镇及太清宫等地, 总体表现为一套陆源碎屑岩——火山岩沉积建造, 自下而上划分为莱阳群、青山群及王氏群。

(1) 莱阳群 (K₁L):

莱阳群为一套河湖相沉积碎屑岩组合, 主要分布于红石崖镇、营海镇、城阳区及王戈庄等地, 在海岛上也有零星分布。

(2) 青山群 (K₁q):

沧口断裂以西的胶州、城阳、上马镇、惜福镇、河套镇以及洋河下游青山群大面积出露, 是区域出露较广的地层之一。时代为下白垩, 自上而下分为后乔组 (KqH)、石前庄组 (KqS)、八亩地组 (KqB)、南龙埠组 (KqN)、方戈庄组 (KqF)。主要岩性为凝灰岩、流纹岩、安山岩、少量玄武岩、火山角砾岩、火山集块岩, 夹有粘土岩和粉砂岩。

(3) 王氏群 (K₂w):

王氏群以一套河湖相沉积的砖红—紫红色细—粉砂质页岩夹橄榄玄武岩为特征, 主要分布于胶州市马戈庄乡及胶州市南部, 时代为晚白垩世。

2.1.3 新生界

本区内第四纪地层发育, 主要分布于河流两侧、山间凹地, 近海岸边、山麓以及胶州湾及滨海一带, 具有分布面积广, 厚度变化大的特征, 主要包括第四纪早期河流相冲洪积、残坡积物; 中期湖沼相沉积物; 晚期海陆交互相、浅海相沉积物及沿海大面积的人工填海堆积。根据岩性特征、时代及成因类型, 可将区内第四系自下而上划分为大站组、楼山组、临沂组、沂河组和胶州湾组。

2.2 岩浆岩

胶州湾周边地区侵入岩十分发育, 岩石类别从超基性—基性—中性—酸性—碱性均有出露, 形成时代自中元古代至新生代, 其中以新元古代晋宁期、震旦期和中生代燕山晚期的中酸性侵入岩最为发育。

2.2.1 中元古代变质深成岩

中元古代变质深成岩是胶州湾周边地区是最古老的侵入岩, 归属海阳所超单元, 该岩体规模小, 分布零星, 多以 NE 向带状及小岩株状分布, 主要见有通海单元、老黄山单元、大张八单元三个单元, 其中通海单元距胶州湾较远, 位于崂山一带。

2.2.2 新元古代变质深成岩

新元古代变质深成岩, 主要见有晋宁期荣成超单元、月季山超单元及震旦期铁山超单元, 集中分布于龙雀山——陡楼山一带。岩石强烈变质变形, 片麻状及片状构造发育, 片麻理方向多以 NE、NEE 向, 呈岩株状、带状展布。

2.2.3 中生代侵入岩

中生代侵入岩主要分布于崂山——小珠山一带, 常构成陡峻的山峰(如大顶和崂顶), 岩体大多 NE 向展布, 规模较大, 酸性岩脉及构造较发育, 是胶州湾周边地区最为重要的一期构造岩浆活动事件。

2.2.4 脉岩

胶州湾周边地区脉岩十分发育, 分布广泛, 大多以 NE 向脉状产出, 最为集中的分布于崂山——小珠山侵入岩中, 称之为崂山—大珠山脉岩带, 该脉岩带大多呈 NE45-60° 方向展布, 产状近直立, 主要岩性有闪斜煌斑岩、花岗斑岩等, 以石英正长斑岩和花岗斑岩为主要脉岩。

薛家岛工区和团岛工区主要见有花岗斑岩 ($\tau\pi_5^3$)、正长斑岩 ($\xi\pi_5^3$)、石英正长斑岩 ($\xi O\pi_5^3$), 偶见闪长玢岩 ($\delta\mu_5^3$) 和辉绿玢岩 ($\beta\mu_5^3$)。脉岩走向多为北东 60° 左右, 宽数米—数十米, 长数百米以上, 向北西或南东倾斜, 受北东向节理制约。岩石致密坚硬, 难风化, 往往形成山脊和陇岗地貌, 其节理十分发育。

2.3 区域地球物理场

2.3.1 重力场

区域布格重力异常总的趋势是东高西低（图 2-2），表明地壳由东向西逐渐变厚。沂沭断裂带的布格重力异常处在 NNE 走向的宽幅重力梯度带上，鲁西地区正负重力场异常各有分布。其中，鲁西北的北部为高值区，鲁西中部为负重力场。鲁东为平稳升高的重力场。黄海重力场特征表现为陆架海的特征，且呈 NE-NEE 向宽广块状分布。胶南造山带的低重力异常沿 NE40°~50°方向成带分布，并可以分成三段。在不同的次一级构造单元上，分布有正负相间的重力异常带。地震往往发生在重力等值线梯度带上或者扭曲、畸变的部位上。

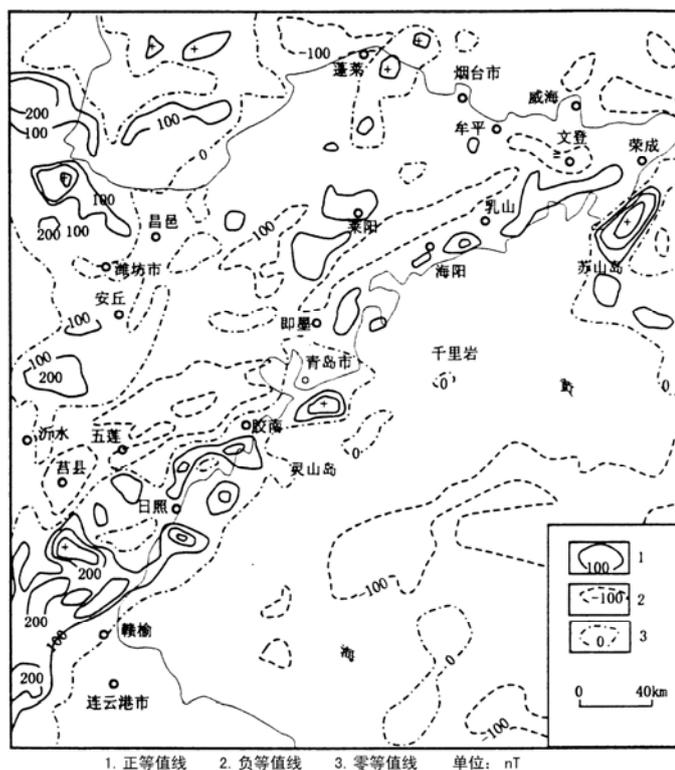


图 2-2 区域地磁异常分布图

2.3.2 地磁场

区域地磁场总的特征是以沂沭断裂带为界，东部为负异常，西部为正异常，磁场分布如图 2-3 所示。沿沂沭断裂带表现为 NNE 向的正磁异常梯度带，鲁东断块存在宽大的正负异常相间区，走向为 NE 向。胶南造山带为一系列 NE 向分布的

团块状正磁异常，磁异常与重力异常有负相关性。磁力高异常带呈雁行状左行排列。地震活动带与航磁异常带大多吻合，地震往往发生在异常梯度较大的部位，例如异常的端部、分叉、畸变扭曲的部位。

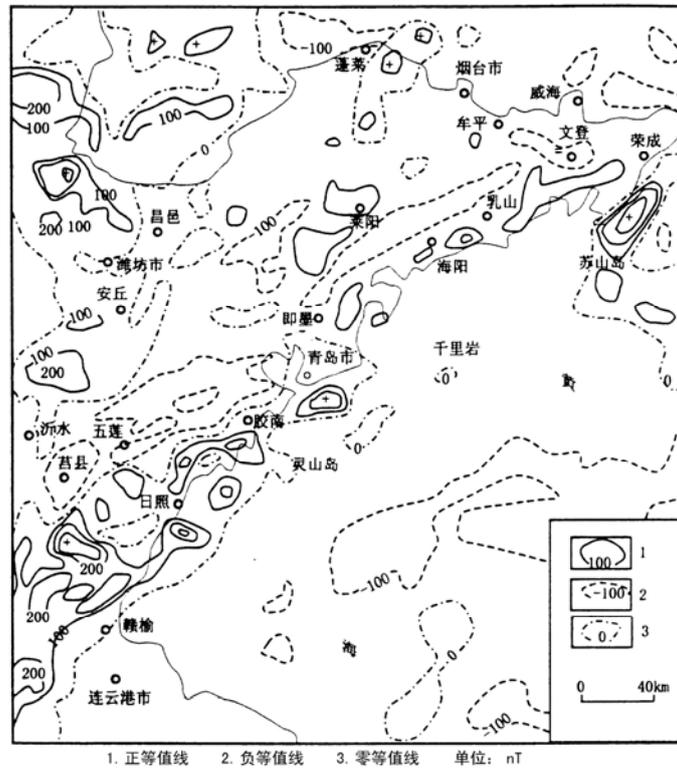


图 2-3 区域地磁异常分布图

2.4 构造

胶州湾及周边地区的断裂以 NE 向为主,另外还有 NEE—EW 向和 NW—NWW 向断裂 (图 2-1)。

2.4.1 NE 向断裂

(1) 沧口断裂

沧口断裂是区内规模最大的一条断裂。断裂长约 57km, 总体走向 45°左右, 由两条近平行的斜列断层段组成, 北段自七口, 经远洪沟至温泉东, 长 26km, 主要发育于白垩系莱阳组和青山组地层中, 破碎带宽度达 15m 左右。南段自温泉向南延伸, 经大埠、窑上、拖车芥、石原、窝落子、南岭, 在南岭西南隐伏于第四系之下, 长约 31km, 主要发育于西侧白垩系和东侧燕山晚期花岗岩之间。该断裂

的破碎带宽可达 25m, 以倾向 SE 为主, 倾角多在 70°以上, 局部倾向 NW, 倾角 60°~70°。该断裂发育历史较长, 具多次活动特征, 断裂在宏观地貌上构成东侧崂山山地与西侧准平原分界线。

(2) 劈石口断裂

劈石口断裂北起即墨鳌山卫东侧, SW 向延伸, 经马山后、黄石崖、劈石口至青岛浮山所一带, 走向 N30°~40°E, 两端进入海域, 陆地出露长约 30km, 断裂带宽 30-90m 不等。断裂发育在花岗岩内, 多表现为破碎带, 地貌上显示为负地形, 断裂带内发育碎裂岩化花岗岩、碎裂及密集的破裂面以及煌斑岩带。

(3) 王哥庄断裂

王哥庄断裂位于劈石口断裂东侧, 基本上与之平行。北起岙山卫乡前马连沟, 向 SW 延伸经马头涧、河东、小巴豆、彭家庄, 到王家村南海边, 全长 37km, 总体走向 40°左右, 断层面倾向 SE 为主, 倾角多在 70°以上。

(4) 即墨断裂

即墨断裂又称即墨—唐家庄断裂, 该断裂北起躬家庄以北, 向 SW 断续出露, 经唐家庄、朱家后戈庄、即墨市区。过即墨市区则没入第四系和海湾之中。长约 50km。断裂总体走向 30°, 倾向 SE, 倾角 55°~65°。

(5) 胶南—日照断裂

胶南—日照断裂北起胶南山相家, 向 SW 延伸, 经大袁家沟、山周、到日照附近, 全长 96km, 总体走向 35°左右, 断层面倾向 SE 为主, 倾角多在 65°~75°。

(7) 青岛山断裂

青岛山断裂经由信号山、青岛山、徐家村等地, 长度约 9km, 走向北东 67°, 倾向 NNW, 倾角约 61°左右。该断裂主要发育于崂山花岗岩之中, 在西部错断了 NE 向李村断裂, 在北 NW 部终止于劈石口断裂。

2.4.2 NEE—EW 向断裂

(1) 胶州断裂

该断裂分布于胶州市区北侧, 沿走向呈波状弯曲, 总体走向约 280°, 倾向 S, 倾角 56°~85°。

(2) 百尺河断裂

百尺河断裂西起诸城市百尺河, 向东经胶州市铺集、二十五里乔至后海庄,

全长 70km, 断裂走向近 EW 向(北东 85°左右), 倾向 S, 倾角 70°~74°。

该断裂的北盘为侏罗系莱阳组砂砾岩, 南侧为王氏组砂页岩, 青山组火山岩局部分布于断层附近。该断裂以正断活动为主, 兼有左行平移。该断裂出露较好的位置在百尺河—红卫段, 红卫—铺集段断层隐伏。

百尺河断裂组成诸城盆地的北界, 在地形上有所反映, 其北侧形成一条近东西向的低山梁, 高差约 50m 左右。大致以断裂线为界, 其北冲沟发育, 其南冲沟很快消失于平原之中, 说明北侧有相对上升活动, 但跨过断裂的冲沟及由晚更新世沉积组成的夷平面未见错动, 表明该断裂晚更新世以来没有活动。

(3) 山相家—郝官庄断裂

山相家—郝官庄断裂是胶莱拗陷与胶南隆起的分界断层, 全长 80km 左右, 总体走向 NEE65°左右, 倾向 NW, 倾角多在 65°以上。该断裂切割了莱阳群和青山群地层, 中酸性岩脉沿断裂带发育, 在后期的构造运动中发生了挤压破碎。

2.4.3 NW—NWW 向断裂

(1) 七级—马山断裂带

该断裂带是研究内主要的北西向断裂带, 总体呈 310°, 长约 50km, 宽 2km, 实际出露 20km。单条断层走向 300°~325°, 产状为 30°~60°∠62°~70°, 长 18~21 公里, 宽 20~30m。

(2) 芝坊—刁龙咀断裂

该断层呈 NW 向延伸, 在王哥庄晓望村南可见断层出露, 断层结构面显示先压后张的构造运动。断层面上有挤压牵引构造, 沿断层充填有煌斑岩脉, 断面呈舒缓波状, 断层面上的阶步指示断层具有左旋运动性质。

3 地形地貌

3.1 海底地形特征

胶州湾周围地势是从西北向东南逐渐增高,西北为平坦开阔的大沽河冲积平原,东部(青岛市区)为花岗岩丘陵区,西南部是较高的低山丘陵。

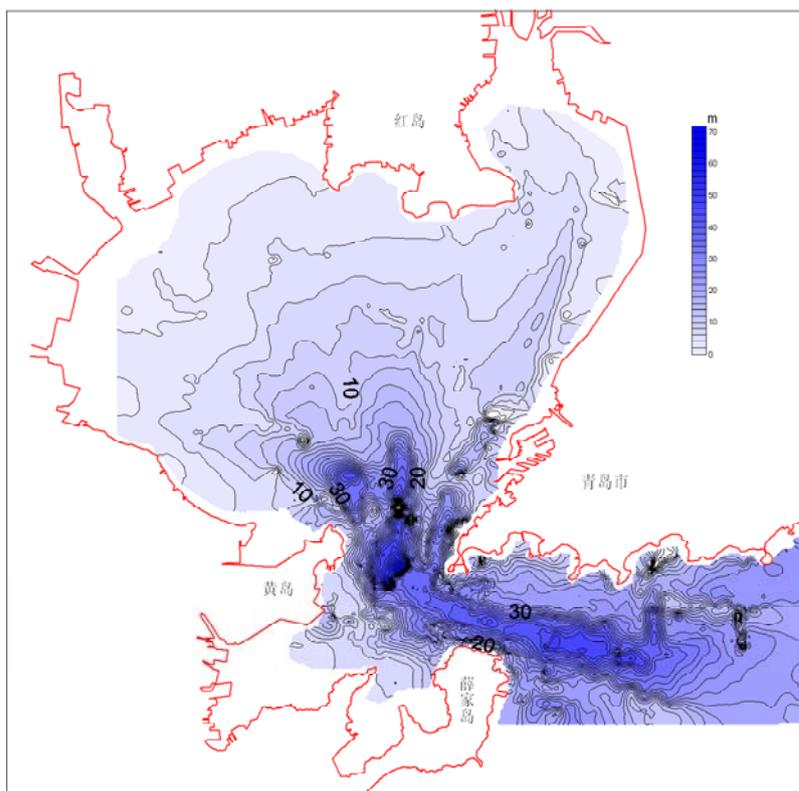


图 3-1 胶州湾水深图

胶州湾的水下地形,从总的形势来看西北浅,东南深,海底地势自北向南倾斜,腹大口小(图3-1)。海湾西北部有7-8km宽的潮间滩地和宽阔的浅水区,水深0~2m的面积约有115km²,占胶州湾总面积的38.5%,主要分布在胶州湾的西北和北部。5m以浅水深的面积为198km²,占胶州湾总面积的66.44%,也主要分布在胶州湾的西北部 and 北部。

在胶州湾湾口地形起伏最大。湾口一条深30—40m的深水槽呈北北西向深入湾内,该深水槽在黄岛与团岛之间转向朝北,转折处形成水深达67m的深水潭,其东南受沧口断裂的影响形成陡坎,是湾内最深的地区。在中砂礁西北侧也有一个40m深的洼地。

胶州湾的内湾有4条水道和湾口相通，从东向西分别为沧口水道、中央水道、大沽河水道和岛耳河(洋河)水道，这些水道呈指状散开，延伸方向为北北东、北和西北方向。

这些水道在团岛和黄岛间汇合后通向外海，水道之间为凸起的正地形，地形起伏较大。这些水道是胶州湾内潮水涨落的主要通道，其水深由30m逐渐变浅，水道形态消失。其中以沧口水道延伸最远，6.0m等深线圈定的长度为11km，宽约0.6—1.8km。湾内其它地方地势较平坦。海湾北部因沉积物的淤积，地形平坦。在水深小于5—10m的区域，形成大片浅水滩地，地形坡度一般小于13度。

黄岛前湾和海西湾海底地形单调，大部分水深小于5m，海底坡度平缓，平均坡降为1.0‰～1.25‰。

3.2 海底地貌特征

根据地貌类型成因分类原则，湾内海底地貌可以分为两大类：海蚀地貌和海积地貌。海蚀地貌包括侵蚀深槽、侵蚀洼地等；海积地貌包括潮流沙脊、水下堆积平原等，见图3-2。胶州湾次级微地貌包括波痕、槽沟、块状堆积、条带脊、冲刷迁移、海蚀平台(石坡)和礁石等。

3.2.1 海蚀地貌

主要分布在湾口、潮流通道及两侧。

(1) 侵蚀深槽

这种地貌主要分布在胶州湾口和湾内的四条水道，是潮流的主要通道。湾口处水深大于39m深槽内地形平坦，为一近东西走向的航道；湾内水道处由于底流不断冲刷湾底形成镰刀形的谷地和“v”字形侵蚀(下蚀)地形，是湾内的主要负地形。这种地貌系在原始海底地形、地质构造控制之下，由强劲的潮流冲刷作用而形成冲刷槽。该冲刷槽体系自湾口以东经湾口向北延展。冲刷槽在湾口水深最深，冲刷槽向北延伸，进入湾内后，沿前述4个水道呈指状散开，水深渐变浅为11—13m。

(2) 侵蚀洼地

侵蚀洼地系潮流通道内个别地段由于水动力条件较强或是受构造、岩性等因素的影响，侵蚀速度较快而形成的面积较小，深度较大的负地形。胶州湾内有两个侵蚀洼地。一是在黄岛与团岛之间的湾口处，呈椭圆形，最大水深64m，36m水深以

深面积为3.3km²。另一个在中砂礁西北，也呈椭圆形，水深在30—40m左右，30m水深以深面积为1.2km²。

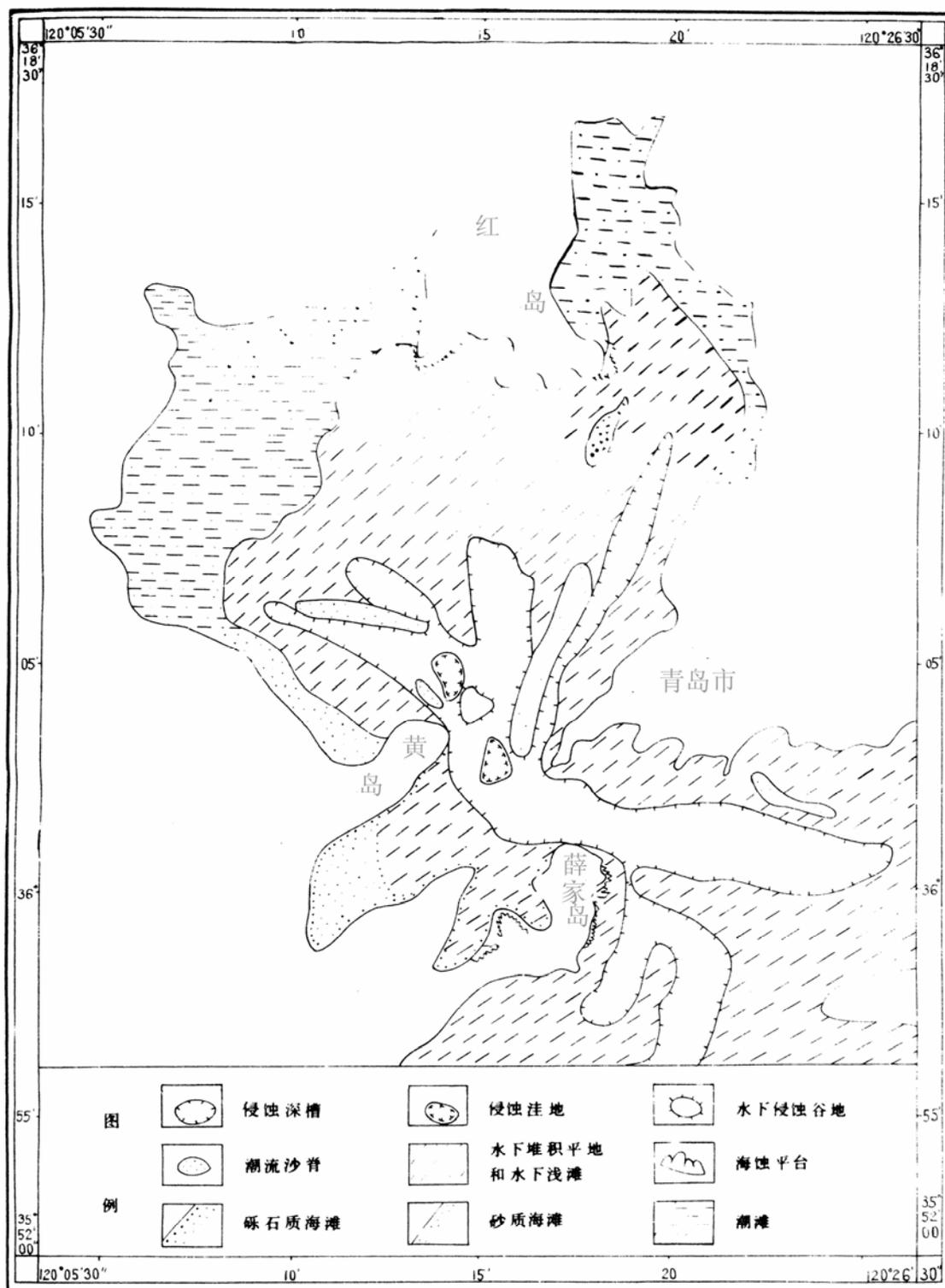


图 3-2 胶州湾地貌类型图 (据贾永刚)

(3) 水下侵蚀台地和岩礁

岩礁大部分在沿海区，也有位于冲蚀海槽内，由基岩组成。胶州湾内有许多大大小小的礁石和水下侵蚀平台，如：马蹄礁、安湖石、黑孤石、大孤石等。这些岩礁原为山体的一部分，受构造控制，后因地壳下降，海水入侵沉入水中，经海水动力作用，侵蚀而形成目前的形态。

胶州湾内最大的侵蚀平台是中砂礁，位于黄岛东北部，据黄岛1.9km。中砂礁20m水深以浅的面积为1.05km²，它原为黄岛岩体的一部分，由崂山期花岗岩组成。

3.2.2 堆积地貌

主要分布在海湾顶部水动力条件较弱地段，主要有潮流沙脊、水下堆积平原、水下浅滩等。

(1) 潮流沙脊

分布于潮流通道和水道两侧，成长条状，规模大小不一。潮流沙脊由潮流在运动中产生分流或水流扩散造成的水流减缓而形成的堆积体。其组成物质以中粗砂为主混有一定量的粘土。湾内最大的沙脊位于沧口水道西侧的中央沙脊，南北长约15km，东西宽约1.5—2km，两侧地形高差可达20m。

(2) 水下堆积平地 and 浅滩

主要分布在近岸浅水地带，这些海区水动力条件较弱，周围河流和岸段冲刷带来大量泥沙，形成细粒堆积区。其特点是海底地形平坦，坡度很小，组成物质很细，多为淤泥质粉砂。

(3) 潮滩

由于胶州湾是属于半封闭式的海湾，故形成了一种以潮汐的作用为主的海岸地貌——潮滩，其主要分布在胶州湾北部洋河、大沽河、白沙河和墨水河入海口处。

4 声学地层

4.1 声学界面的识别

4.1.1 识别依据

声学界面的划分主要采用整合、顶超、削蚀、上超等反射终止模式，依据地层及其内部波阻抗差异形成的地震反射波阻的连续性、频率的高低、振幅的强弱等特征进行识别。

4.1.2 声学界面的识别

通过对地震剖面的反射波阻抗特征进行分析对比，可识别 3 个具有区域意义的波阻抗界面，自上而下为 R0、R1、R2。

R0 为海底反射界面，以高能量、强振幅为特征，在全区均可连续追踪。

R1 界面以中高能量、中强振幅、连续性好为特征，与下伏地层呈侵蚀不整合接触。R1 界面在胶州湾内地震测线line-1、line-2、L1、HB2、JZW1-1（图 4-2）上均可以连续追踪，在黄岛前湾海域沧口断裂北西盘由于人工挖掘而在部分区域缺失（图 4-1）。地震剖面Line- 1 上R0 与R1 界面间可识别一水平的整合反射界面 R_1^1 （图 4-2a）。



图 4-1a 黄岛前湾人工挖掘



图 4-1b jzw10-1 解释剖面

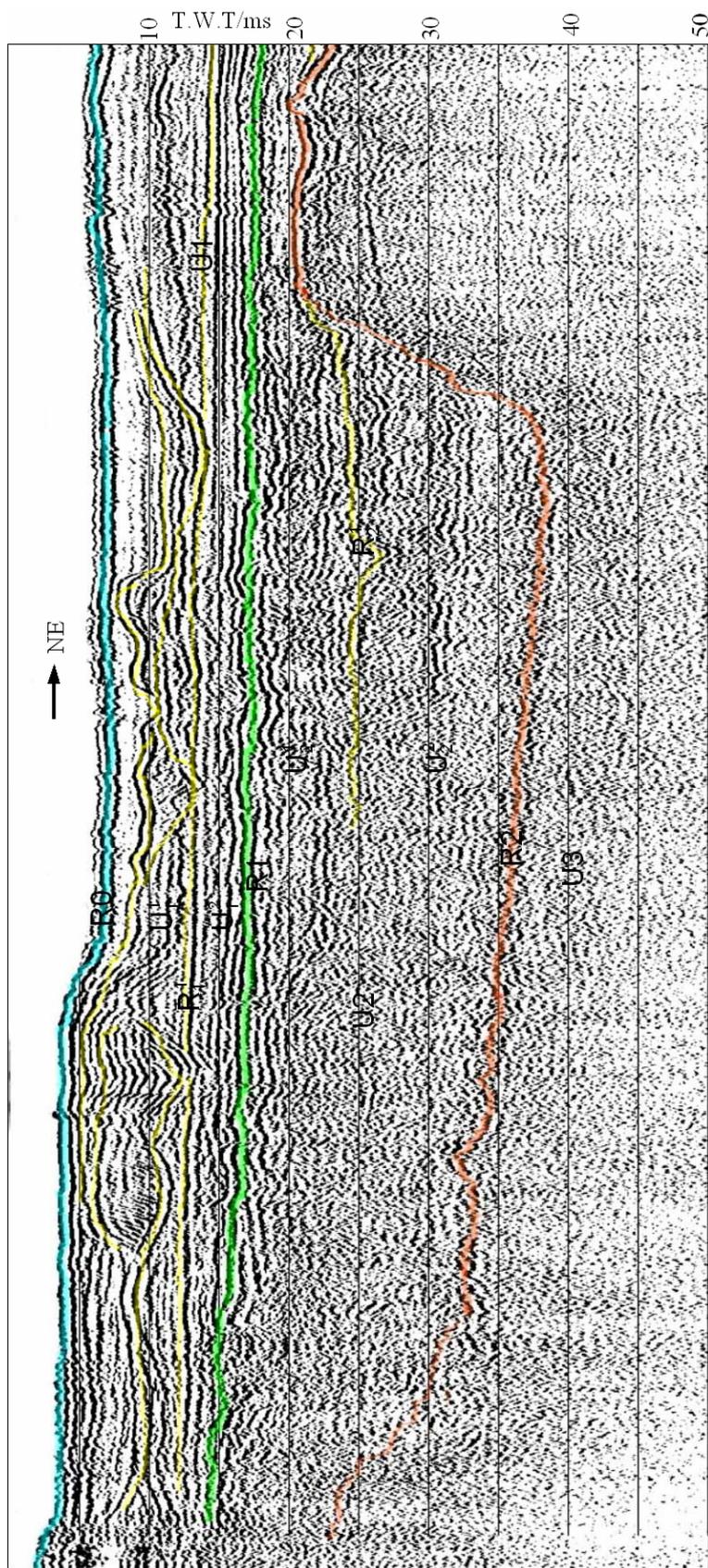


图 4-2a line-1 解释剖面

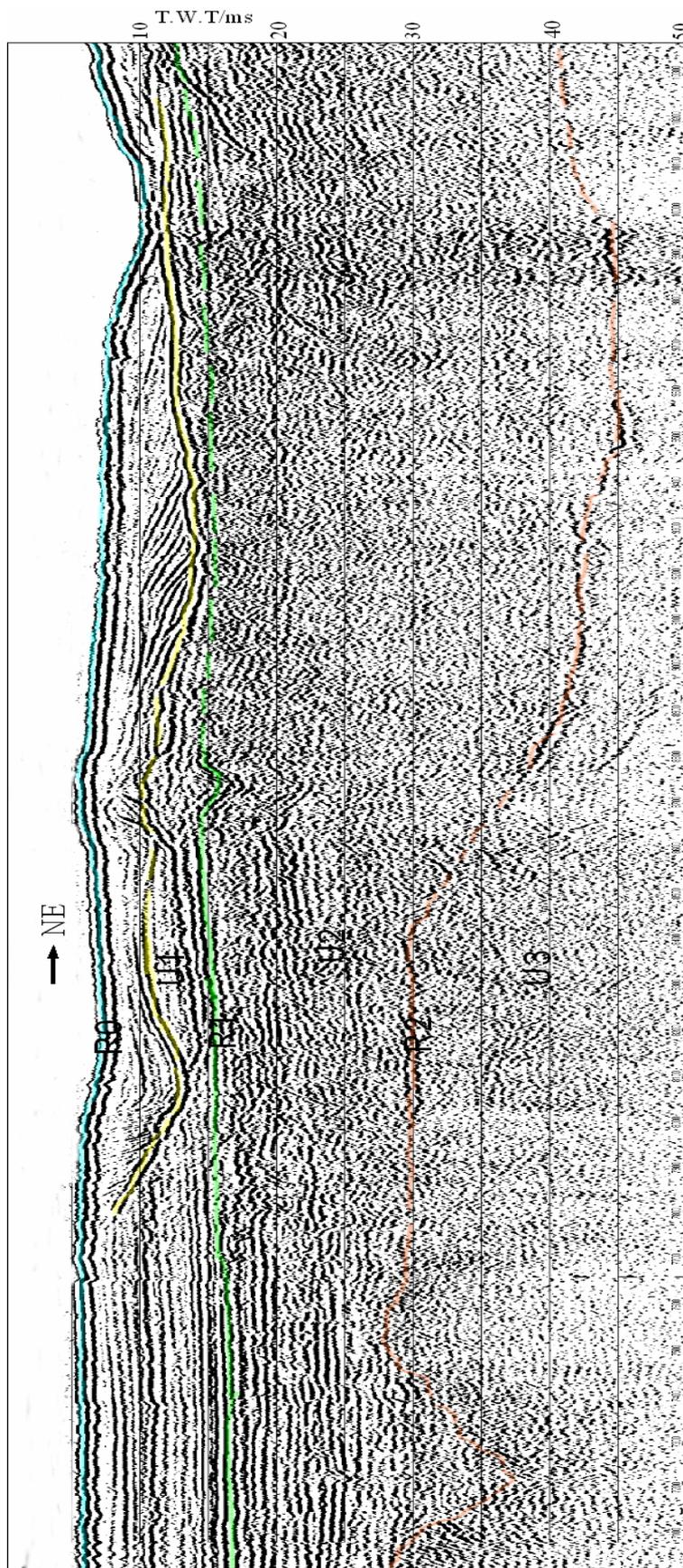


图 4-2b line-2 解释剖面

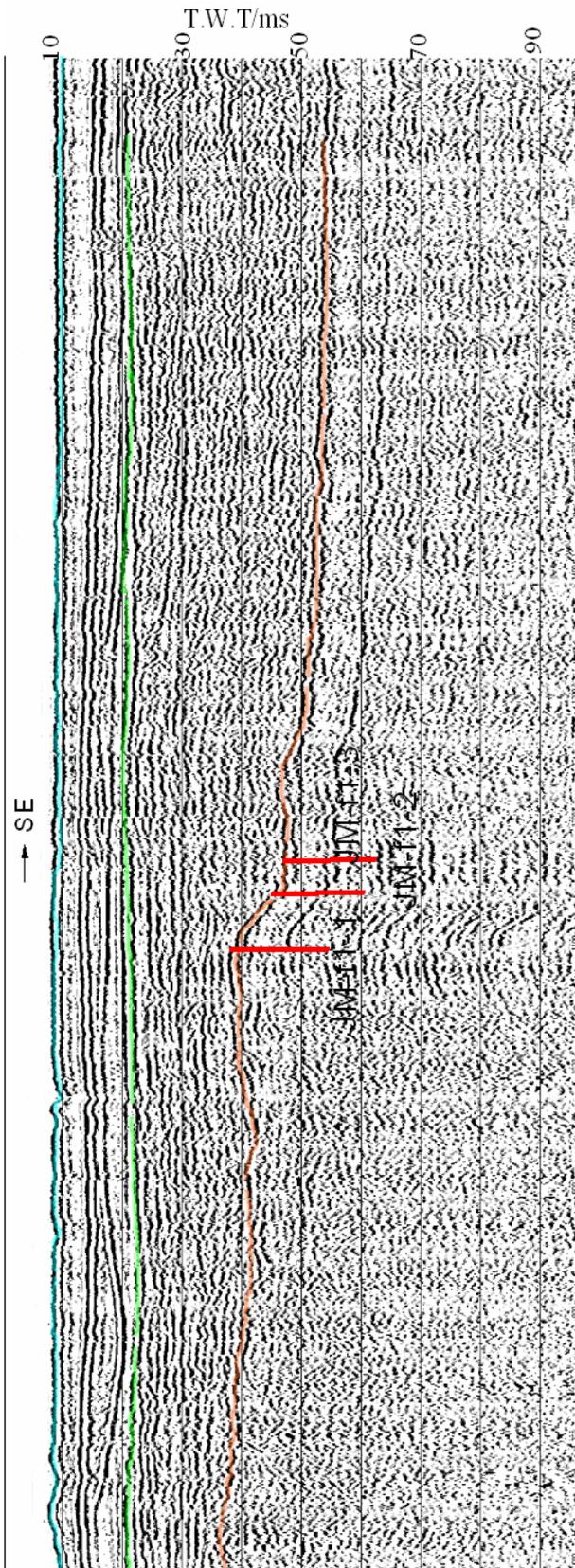


图 4-2 c L1 解释剖面

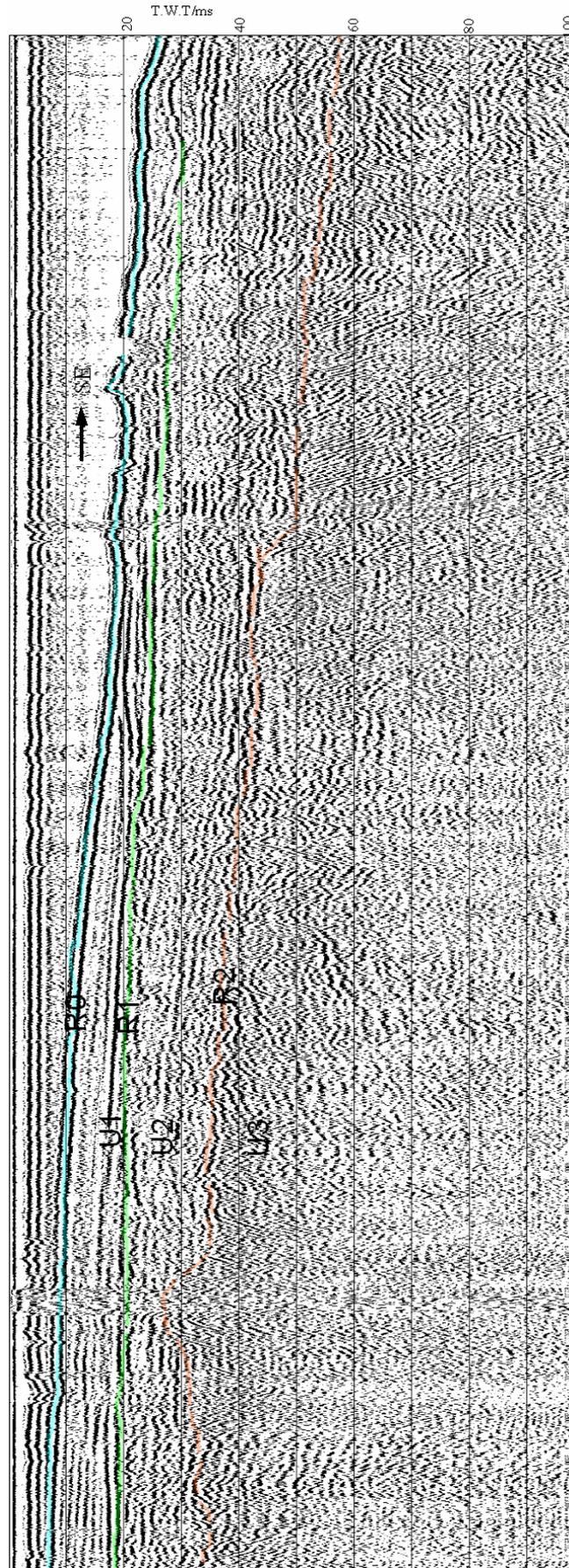


图 4-2d HB2 解释剖面

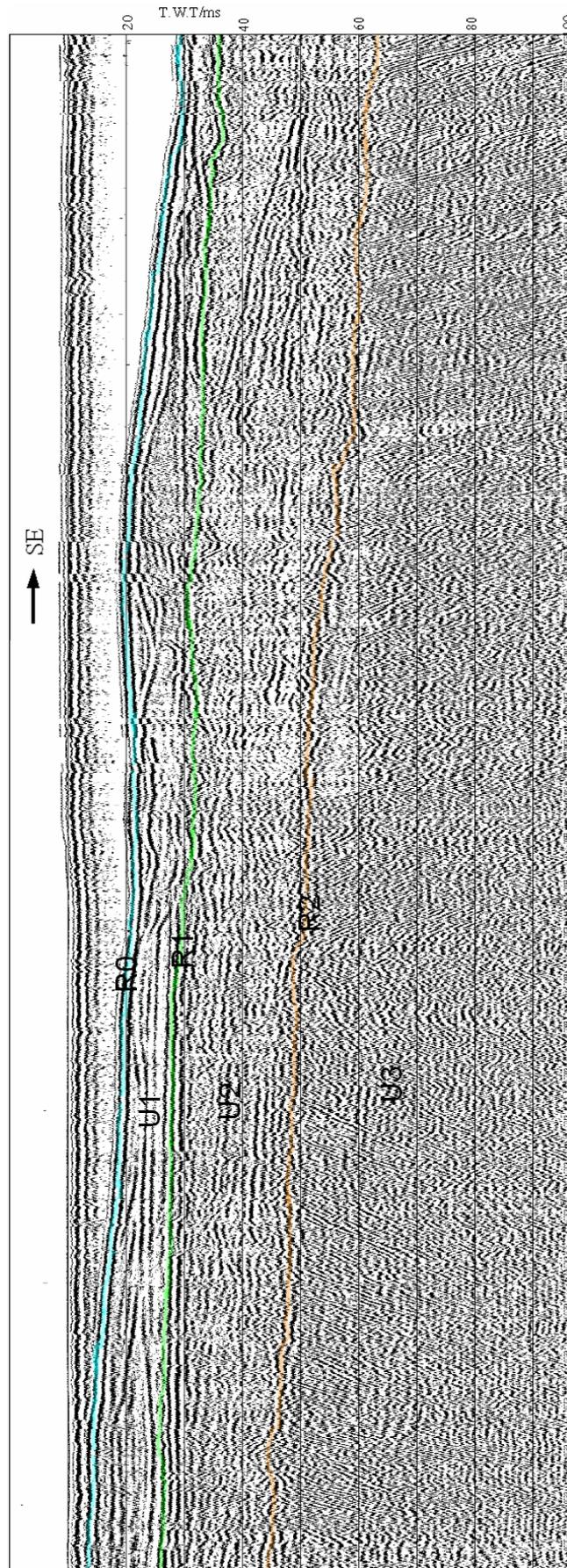


图 4-2e JZW1-1 解释剖面

R2 界面为本区的声学基底。界面以高能量、强振幅为特征。部分地震剖面中可以看到R1 与R2 之间含有内反射层 R_2^1 ，其可以分为两类，一类为连续性较好的内反射界面，主要见于黄岛前湾海域地震剖面line-7、line-8、Line-9（图 5-12 5-13 5-14）；第二类为分布在基岩界面以上的凹坑内，具能量低、连续性差等特征，在湾内北部海域地震剖面Line -1 上可以断续的识别到（图 4-2a）。

4.2 地层单元的划分

通过上述三个区域性反射界面的识别，研究区共划分为三个地震地层单元，由新到老分别命名为 U1、U2、U3（表 4-2）。

（1）地震地层单元 U1

U1 单元为胶州湾区最年轻的一套地层，该套地层发育于海底反射界面 R0 之下，单元的底界面 R1 为区域性不整合侵蚀面。

胶州湾北部测线line-1 上（图 4-2a）地层单元U1 可以划分为两个亚相：地层单元 U_1^1 发育于水平整合面 R_1^1 之上，呈水平透明状，局部发育有前积结构、发散结构、复合结构等内部反射的沉积体；地层单元 U_1^2 内部为中高频水平反射结构，连续性好，厚度均匀，披覆于界面R1 之上。

胶州湾南部和中部测线 jzw1-1、HB2 测线上（图 4-2d、4-2e）地层单元 U1 内部以平行、亚平行的反射为主，弱反射。

（2）地震地层单元 U2

该套单元以侵蚀不整合面 R1 与上覆地层 U1 不整合接触，因侵蚀不整合面 R2 上覆于基岩之上，内部表现为不连续的强反射或者杂乱反射。

根据地震反射特征该地层单元在部分地震测线上可以划分为两个亚相：

地震地层单元 U_2^1 发育于不整合面R1 和内反射层 R_2^1 之间，内部以不连续的强反射和杂乱反射为主，在胶州湾北部局部区域见河道充填。

地震地层单元 U_2^2 ，发育于内反射层 R_2^1 和基底反射界面R2 之间，内部以杂乱反射为主。

（3）声学基底 U3

声学基底 U3 以侵蚀不整合面 R2 下伏于地层单元 U1、U2 之下。

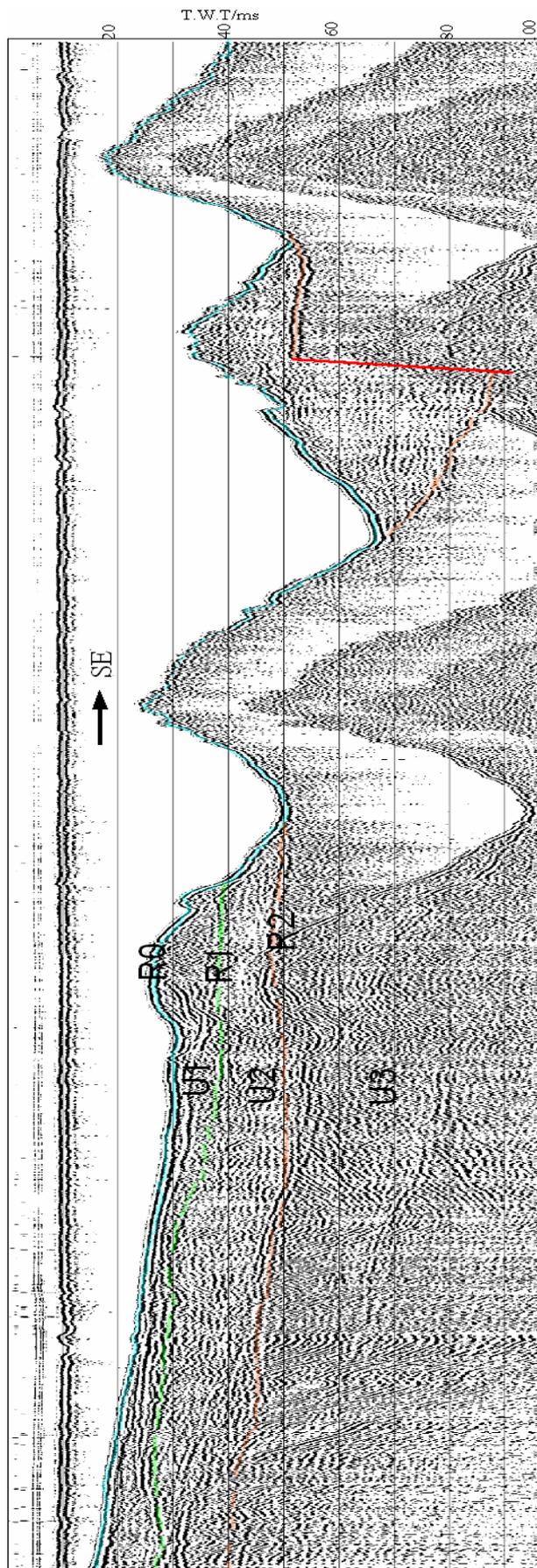


图 4-3 L5 解释剖面

胶州湾中部地震剖面 HB2、JZW1-1 上 (图 4-2d、4-2e) 显示 U3 内部以强发射为主, 呈斜层理状。

胶州湾南部 U3 内部以空白反射和杂乱反射为主, 在湾口处基岩直接出露海底 (图 4-3)。

4.3 地层岩性及时代划分

地震地层时代的确定, 主要是利用沿沧口断裂最新获得的 5 口钻孔测年数据, 结合沉积物特征以及以往在胶州湾海域获得的钻孔资料进行推断。

4.3.1 钻孔资料的分析

对 ZK1、ZK2 两个钻孔共计 14 个样品进行了热释光地质年代测定, 由中国地震局地壳应力研究所热释光实验室完成。样品采集在钻孔编录同时完成, 样品包装采用密封金属罐, 并保证样品在采集和运输过程中无曝光。取样层位、年代测定结果及误差如下表:

序号	样品编号	取样层位	样品年龄	样品编号	取样层位	样品年龄
1	ZK1-TL1	0.45~0.50m	16.83±1.43Ka	ZK2-TL1	2.01~2.06m	25.18±2.14Ka
2	ZK1-TL2	2.97~3.02m	30.56±2.59Ka	ZK2-TL6	7.69~7.74m	38.94±3.31Ka
3	ZK1-TL3	4.70~4.75m	34.42±2.93Ka	ZK2-TL7	9.64~9.69m	44.64±3.79Ka
4	ZK1-TL4	5.40~5.45m	41.05±3.49Ka	ZK2-TL9	11.38~11.43m	46.57±3.96Ka
5	ZK1-TL5	6.18~6.23m	48.18±4.10Ka	ZK2-TL10	12.65~12.70m	48.54±4.13Ka
6	ZK1-TL9	11.10~11.15m	50.23±4.27Ka	ZK2-TL13	16.45~16.50m	52.52±4.46Ka
7	ZK1-TL12	14.25~14.30m	55.38±4.71Ka	ZK2-TL23	30.18~30.23m	62.49±5.31Ka

表 4-1 钻孔测年结果

钻孔可以划分为下部的陆相沉积和上部的海相沉积两大层。两者的界限明显; ZK1 孔界限深度未知, ZK2 孔界限位于 1.43m, ZK3 孔界限位于 0.15m, ZK4 孔界限位于 1.20m, ZK5 孔界限位于 12.7m, 其中 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 该层厚度薄, 与周围地层对比推测该区域海相层可能遭受了人工挖掘, 仅有的不足 1m 的海相沉积可能是残留或者现今动力作用下冲淤形成, 在地震剖面上无法识别, 不具有对比性; ZK5 孔揭示海相层对应地震地层单元 U1, 底界为 R1, 该层内部岩性

特征以细颗粒的青灰色淤泥质亚粘土为主，含完整的蛤类贝壳及贝壳碎片，但 ZK1 孔 0.45-0.5m 之间 ZK1-TL1 测年数据为 $16.83 \pm 1.43\text{Ka}$ ，利用地震剖面对比，R1 反射界面的形成时代较 ZK1 孔揭示的地层时代新，根据吴桑云等（1995）胶州湾岩芯海相层即为全新统，因此地震地层单元 U1 即代表全新统，R1 为全新世地层的底界（表 4-2）。

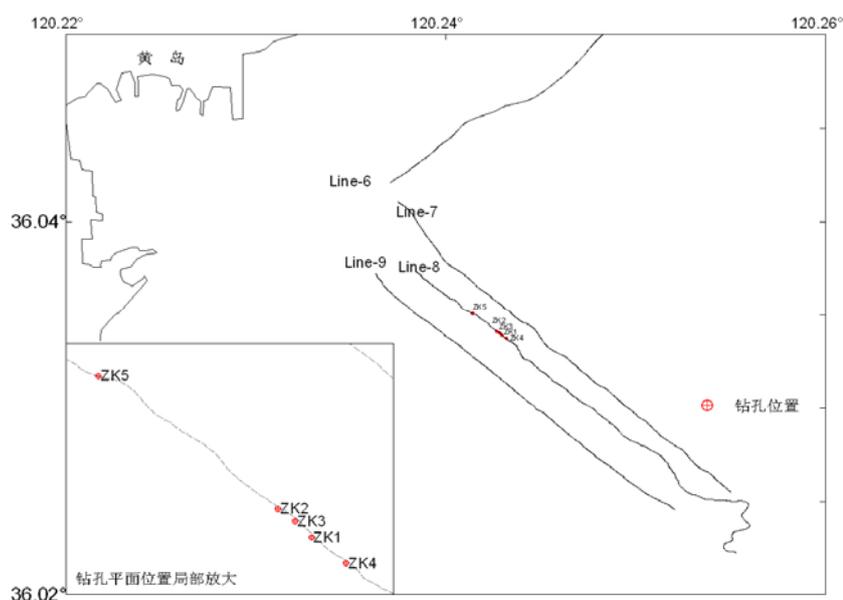


图 4-4a 钻孔位置图

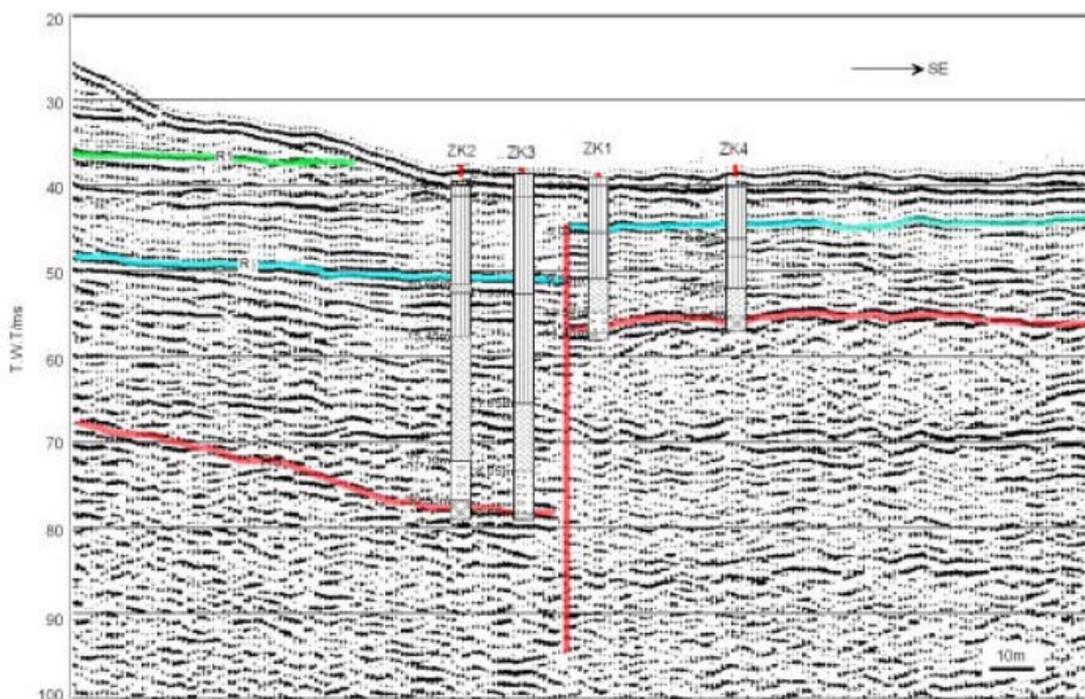


图 4-4b 地震测线 Line-8 与钻孔对比图

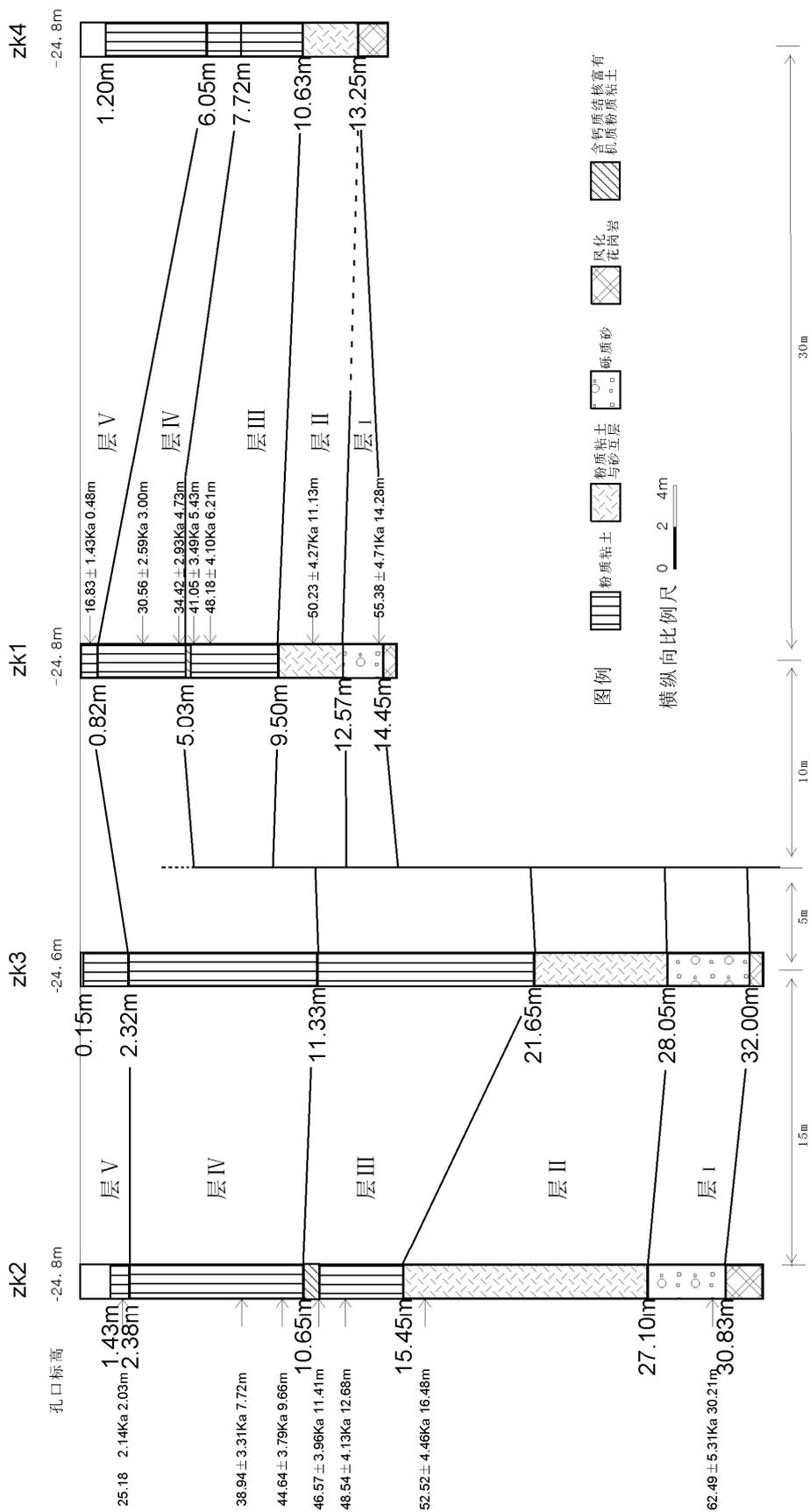


图 4-5 钻孔联合剖面图

本次获得的测年数据, ZK1 孔 30.18-30.23m 之间 ZK1-TL12 测年结果为 $62.49 \pm 5.31 \text{ka}$, 据此推断胶州湾内下部的陆相沉积均为晚更新世地层。根据钻孔的沉积岩相特征和测年数据结果, 结合青岛地区陆域第四纪沉积物的划分情况, 由下往上大体可以划分为五个亚层(图 4-5)。

地层 I 以粗砾砂为特征, 测年数据表明, ZK1 孔和 ZK2 孔该层时代大致都在距今 5~6 万年之间。从沉积环境上看应属于洪坡积相。

地层 II 表现为若干砂层与粉质粘土层的互层, 测年数据表明, ZK1 孔和 ZK2 孔该层时代大致均为距今 5 万年左右。是晚更新中期形成的冲洪积产物, 隶属于大站组地层。

地层 III 和地层 IV 以粉砂质粘土为特征和顶部的地层 V 表现为一套砂层与粉质粘土层的互层, 为晚更新世晚期冲洪积的产物, 隶属于楼山组地层。

地层 III, 为一套颜色斑杂的粉质粘土。测年数据表明, ZK1 孔和 ZK2 孔该层时代大致均在距今 4~5 万年之间。从沉积环境上看大体仍属于冲积相。

地层 IV, 为一套颜色均一的粉质粘土, 上覆地层为一套颜色均一、分选较好的中、粗砂。测年数据表明不同钻孔该层时代不尽相同, ZK1 孔该层时代大致在距今 2~3 万年之间, ZK2 孔该层时代大致为距今 3~4 万年之间。从沉积环境上看明显与下伏地层不同, 属于湖沼相。

地层 V, 该层大体与地层 IV 相似, 表现为一套砂层与粉质粘土层的互层, 上覆地层为一套海相淤泥层。ZK1 孔和 ZK2 孔该层时代相差较大, ZK1 孔 0.48m 处样品测年结果为 $16.83 \pm 1.43 \text{Ka}$, ZK2 孔 2.03m 处样品测年结果为 $25.18 \pm 2.14 \text{Ka}$ 。从沉积环境上看大体属于冲积相。

4.3.1 地层岩性与时代

(1) 地震地层单元 U1

该套地层主要发育于湾内, 湾口处该层很薄甚至缺失, 黄岛前湾海域由于人工挖掘而部分缺失, 钻孔 ZK7、CZK55 显示岩性以青灰色淤泥和淤泥质亚粘土为主, 土质均匀, 根据上述特征该层为属于胶州湾组海相沉积层。

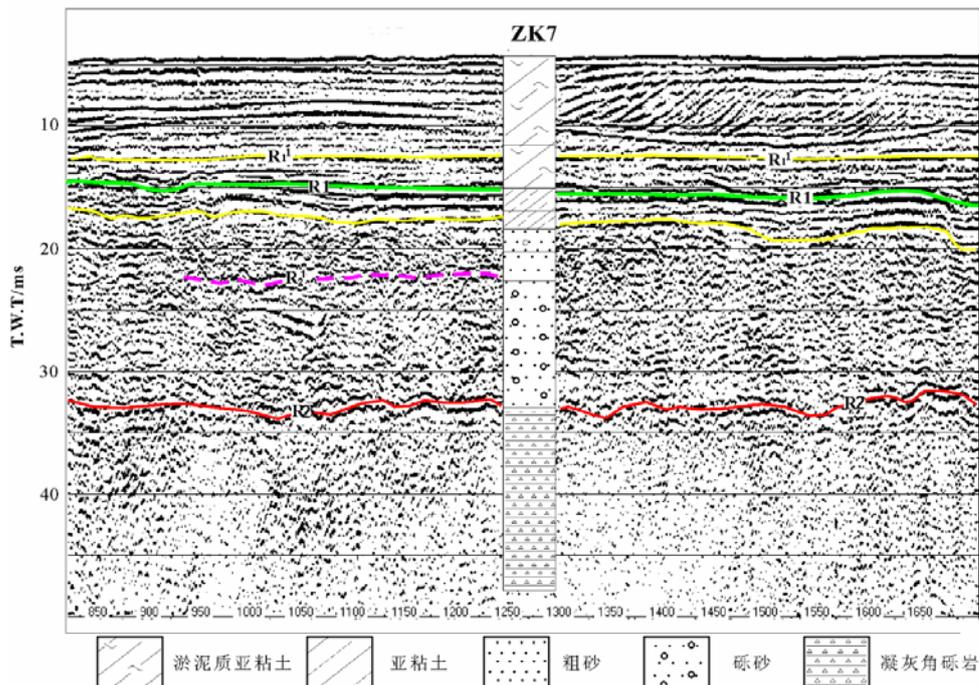


图 4-6 ZK7 孔和地震剖面 line-1 对比图

(2) 地震地层单元 U2

晚更新世陆相层，岩性以颗粒较粗的砂砾和亚粘土互层为主。该套地层在湾内比较发育，向南逐渐加厚，湾口附近海域厚度变化较大，具体表现为受沧口断裂影响，断裂西北盘大于东南盘。结合测年资料地层单元U₂¹，属于楼山组陆相地层，地层单元U₂²属于大站组陆相地层。

(3) 地震地层单元 U3

胶州湾内基岩岩性复杂，白垩纪沉积岩、火山岩、火山碎屑岩以及花岗岩均有分布，具体见第六章。

地震单元	反射界面	地震反射特征	岩性特征	地质时代
U1	侵蚀不整合	半透明平行、亚平行反射为主，弱反射	淤泥、淤泥质亚粘土	全新世
U2		不连续的强反射和杂乱反射	颗粒较粗的砂和亚粘土	晚更新世
U2		杂乱反射		
U3	侵蚀不整合	杂乱反射	火山岩、碎屑岩、花岗岩	白垩纪

表 4-2 地震地层层序划分

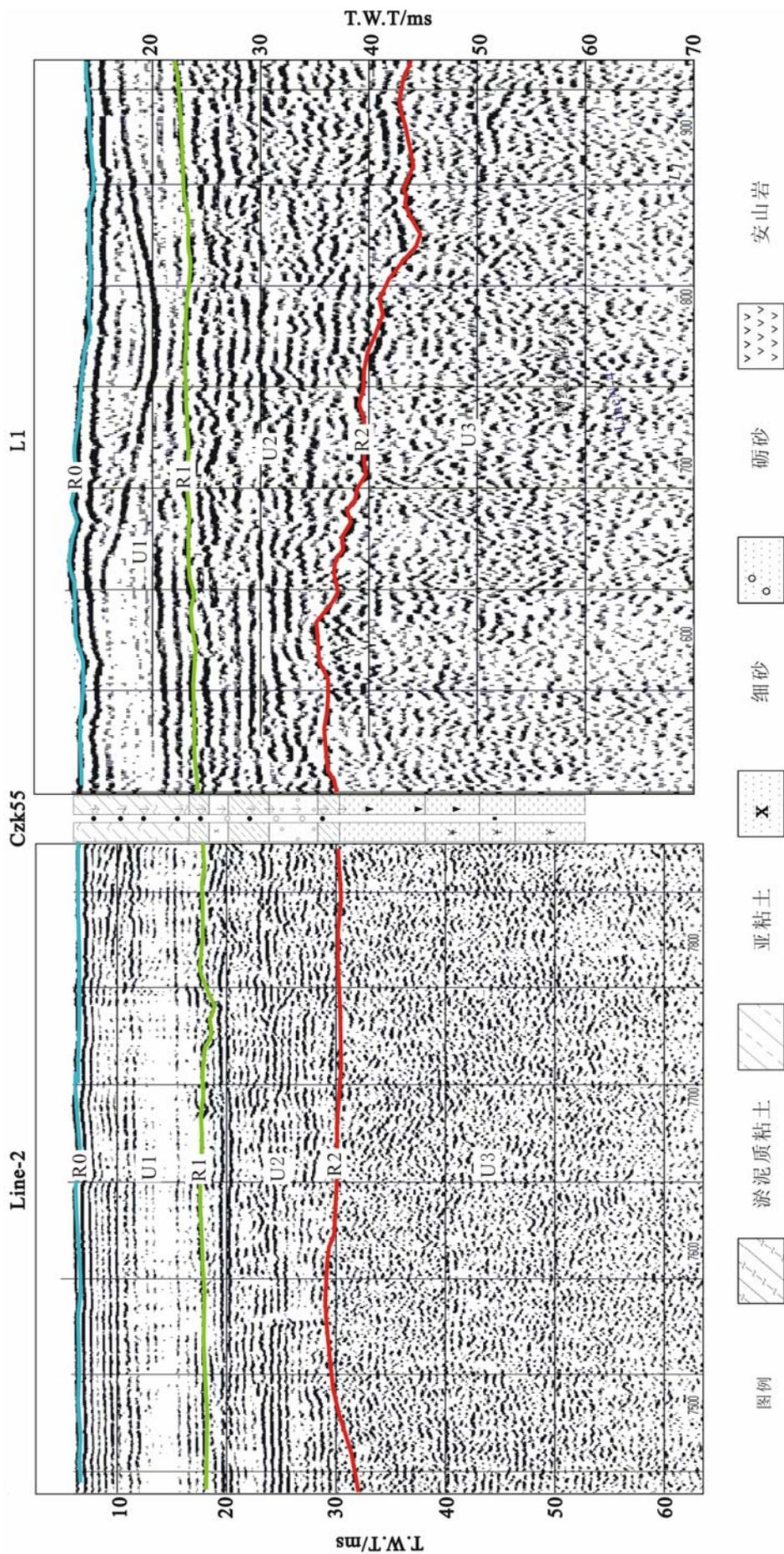


图 4-7 Czk55 孔与地震剖面对比图

5 断裂构造

区域地质资料和最新调查表明,胶州湾及周边的断裂构造主要有 NE、NW、EW 向三组。NE 向断裂主要有即墨断裂、沧口断裂、青岛山断裂、辟石口断裂;近 EW 向断裂主要有郝官庄断裂;NW 向断裂主要有大沽河——朝连岛南断裂。上述断裂构造具有多期性活动的特点,对胶州湾及其周边地区的地形地貌起着重要的控制作用。

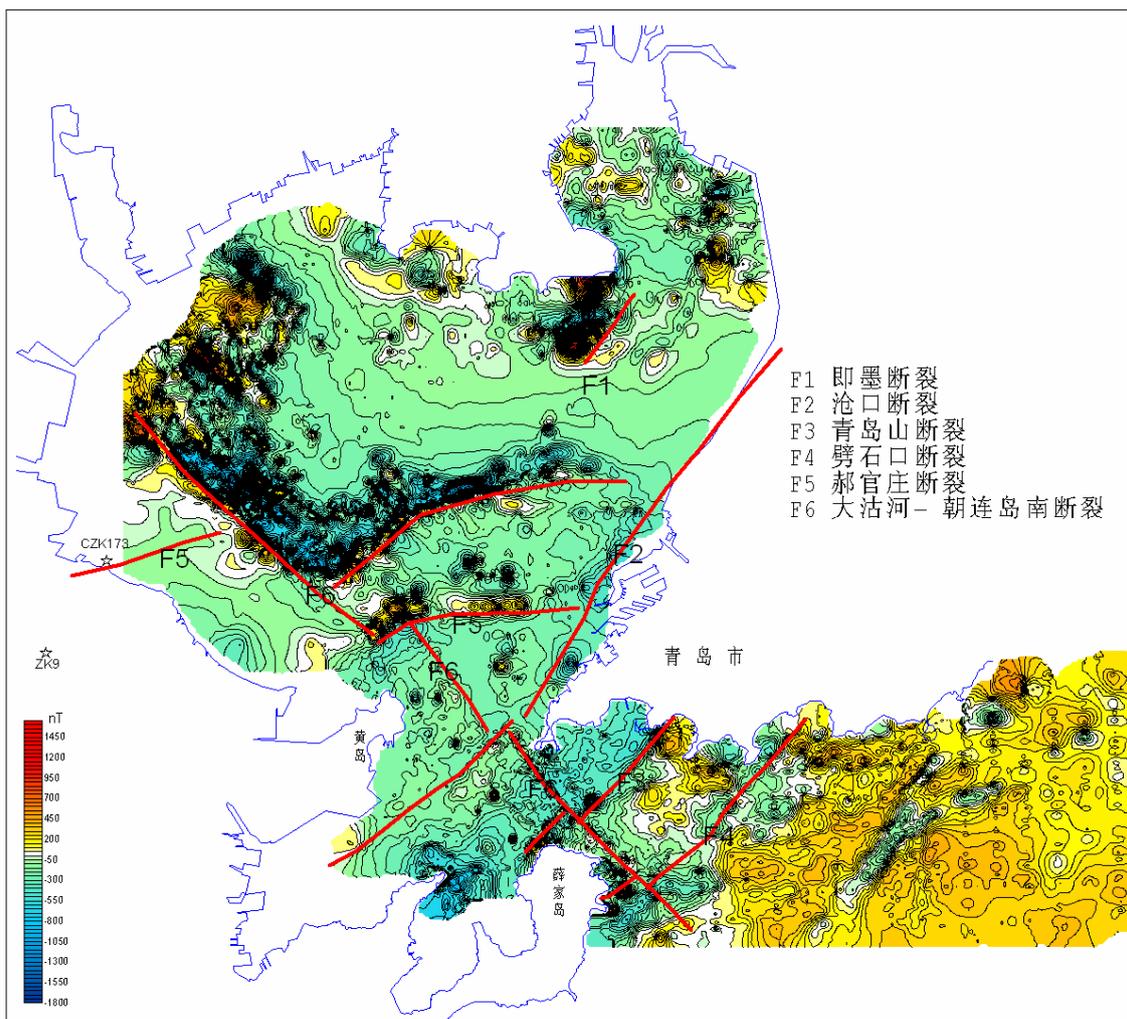


图 5-1 胶州湾海域磁力异常平面图及断裂分布

5.1 NE 断裂

5.1.1 即墨断裂

即墨断裂陆域段在即墨以北断续出露,过即墨市区后没入第四系地层之下,据断裂的总体延伸方向,推测在城阳西南进入胶州湾。

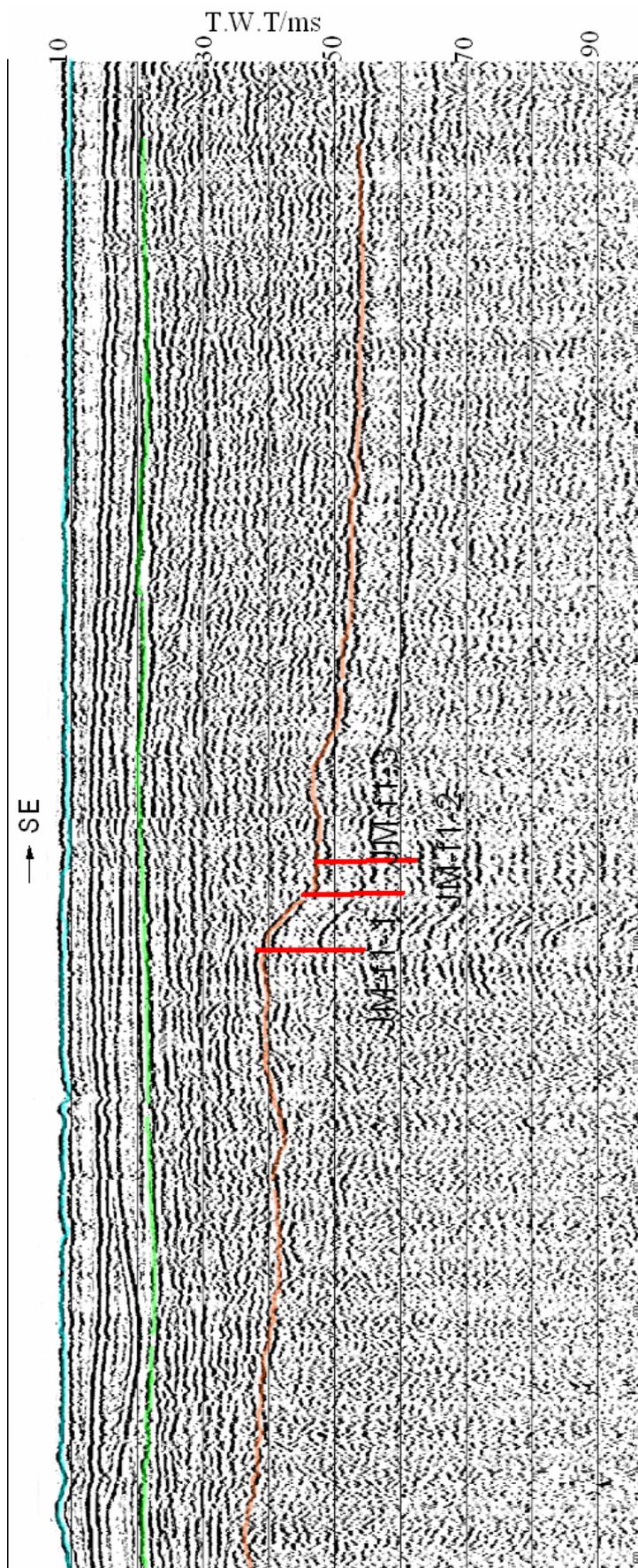


图 5-2 地震剖面 L1 揭示的断层 JM-f1

5.1.1.1 断裂的磁力异常特征

胶州湾海域磁力异常平面图上(图 5-1), 红岛以南附近的区域存在一条 NE 向磁异常带, 异常变化强烈, 正负磁异常呈串珠状沿 NE 向延伸。异常西侧表现为正、负强度变化磁异常, 异常变化在 1500nT 以上, 异常东侧以负异常为主, 变化幅度约 100nT 推测此异常带为即墨断裂延伸入胶州湾后在磁场上的反映。

5.1.1.2 断裂在地震剖面上的产状特征

该断裂在地震剖面 L1 上表现为一组断点(表 5-1), 有 JM-f1-1、JM-f1-2、JM-f1-3 三个断点组成(图 5-2), 断点表现为基岩面反射波组发生错断, 两盘落差 1~2m。

断层编号		上断点位置				视倾向	上断点埋深/m	置性度
		测线	炮号	地理坐标(西安 80)				
				经度(E)	纬度(N)			
JM-f1	JM-f1-1	L1	1090	120.302379	36.166445	E	26	确定
	JM-f1-2		1135	120.303744	36.16618	E	29	确定
	JM-f1-3		1150	120.304237	36.166082	E	30	确定

表 5-1 地震剖面揭示的即墨断裂的断点属性

5.1.1.3 断裂空间展布

综合断裂的磁异常特征和陆域断裂的延伸方向, 断裂在城阳西南进入胶州湾后, 呈北东方向沿伸, 据钻孔资料, 南东断裂盘基岩为酸性的流纹岩夹正长斑岩, 北西盘孔基岩为中基性的安山岩和玄武岩类, 判断该断裂为一个岩性分界线, 断裂附近钻孔资料(CZK41 孔、CZK42 孔)揭示基岩均发生不同程度的破碎, 裂隙发育, 并可见方解石充填物和蚀变现象。

5.1.2 沧口断裂

沧口断裂是胶州湾地区最重要的 NE 向断裂之一, 是胶莱坳陷和胶南隆起的分界线, 对胶州湾东南岸的岸线形态和地貌发育起控制作用。

5.1.2.1 断裂的磁力异常特征

从胶州湾磁力异常平面图中可以看到, 沧口断裂在进入胶州湾后, 沿胶州湾东侧沧口水道一线, 磁力异常图上表现为一负异常带, 推测为断裂在异常图中的反映, 在团岛造船厂外侧海域向南西方向, 断裂表现为串珠状高异常圈闭, 总体呈北东走向。

5.1.2.2 断裂在地震剖面上的产状特征

从搜集的地震资料中共揭示了沧口断裂海域的 16 个断点（图 5-3），很好的反映了海域沧口断裂的产状特征，由北向南各地震剖面揭示的断点位置及产状特征分述如下：

地震剖面 L1 上没有发现沧口断裂的存在，据钻孔资料，钻孔 CZK1、ZK3 揭示基岩岩性以凝灰岩、泥岩、角砾岩以及玄武岩和安山岩等为主的中生代火山岩和火山碎屑岩，钻孔 ZK2 基岩岩性主要为燕山期花岗岩系，结合陆域资料，沧口断裂发育于西侧白垩系和东侧燕山晚期花岗岩之间，故推断断裂应从 CZK1 与 ZK2 之间某处进入胶州湾。

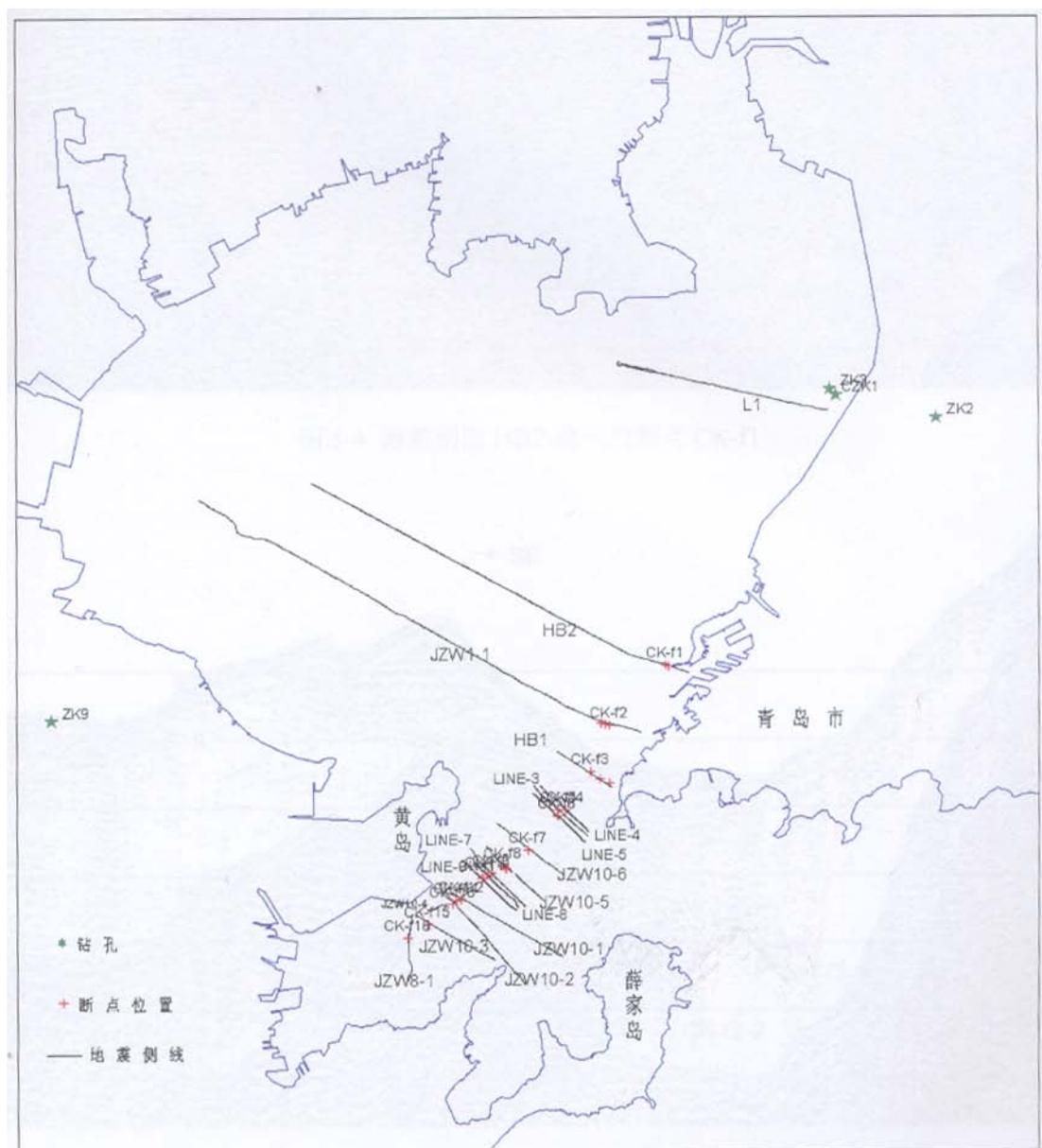


图 5-3 地震剖面揭示的沧口断裂断点位置图

地震剖面 HB2 揭示一组断点 CK-f1 (图 5-4), 有两个断点 CK-f1-1、CK-f1-2 组成, 视倾向 NW, 其中 CK-f1-1 上断点位于 1870 炮, 上盘基岩埋深约 13m, 落差约 6m; CK-f1-2 是沧口断裂的主断点, 岩石基底被明显错断, 上断点位于 1917 炮, 埋深约 18m, 基岩落差约 42m。上覆地层未发现明显的错动迹象, 断裂带宽度约 890m。

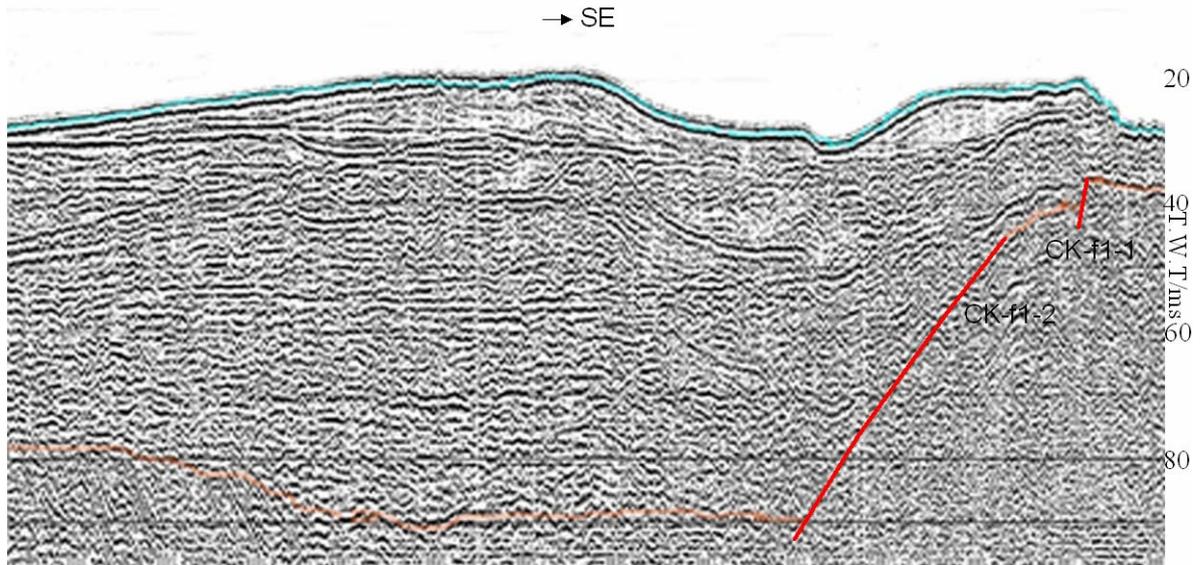


图 5-4 地震剖面 HB2 揭示的断点 CK-f1

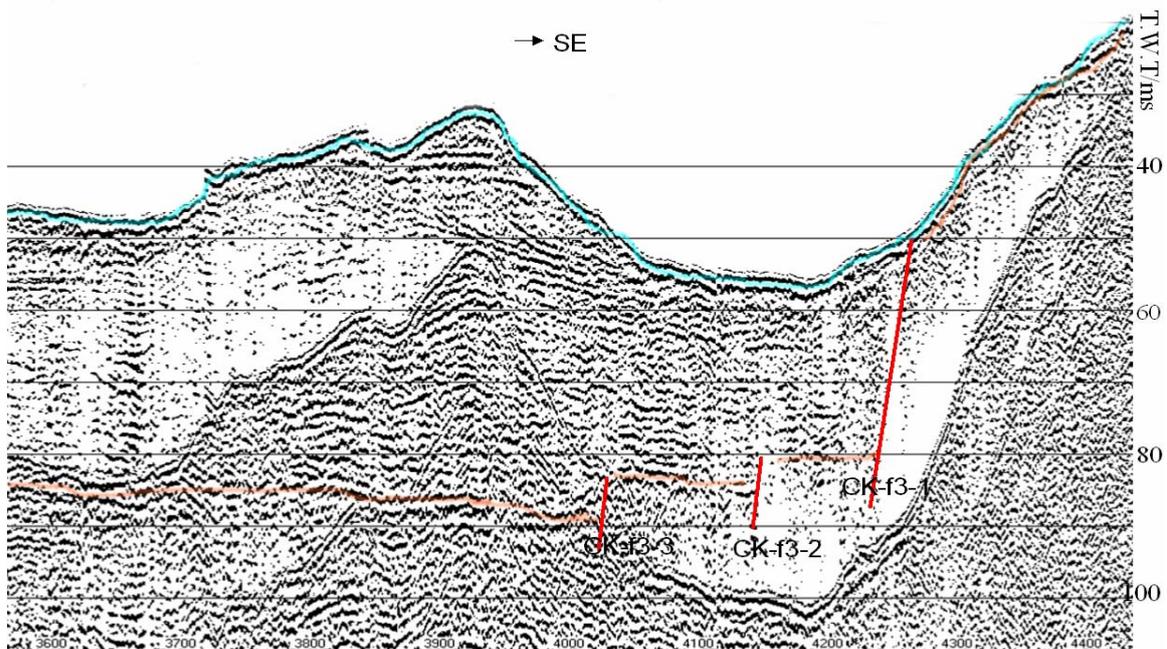


图 5-6 地震剖面 HB1 揭示的断点 CK-f3

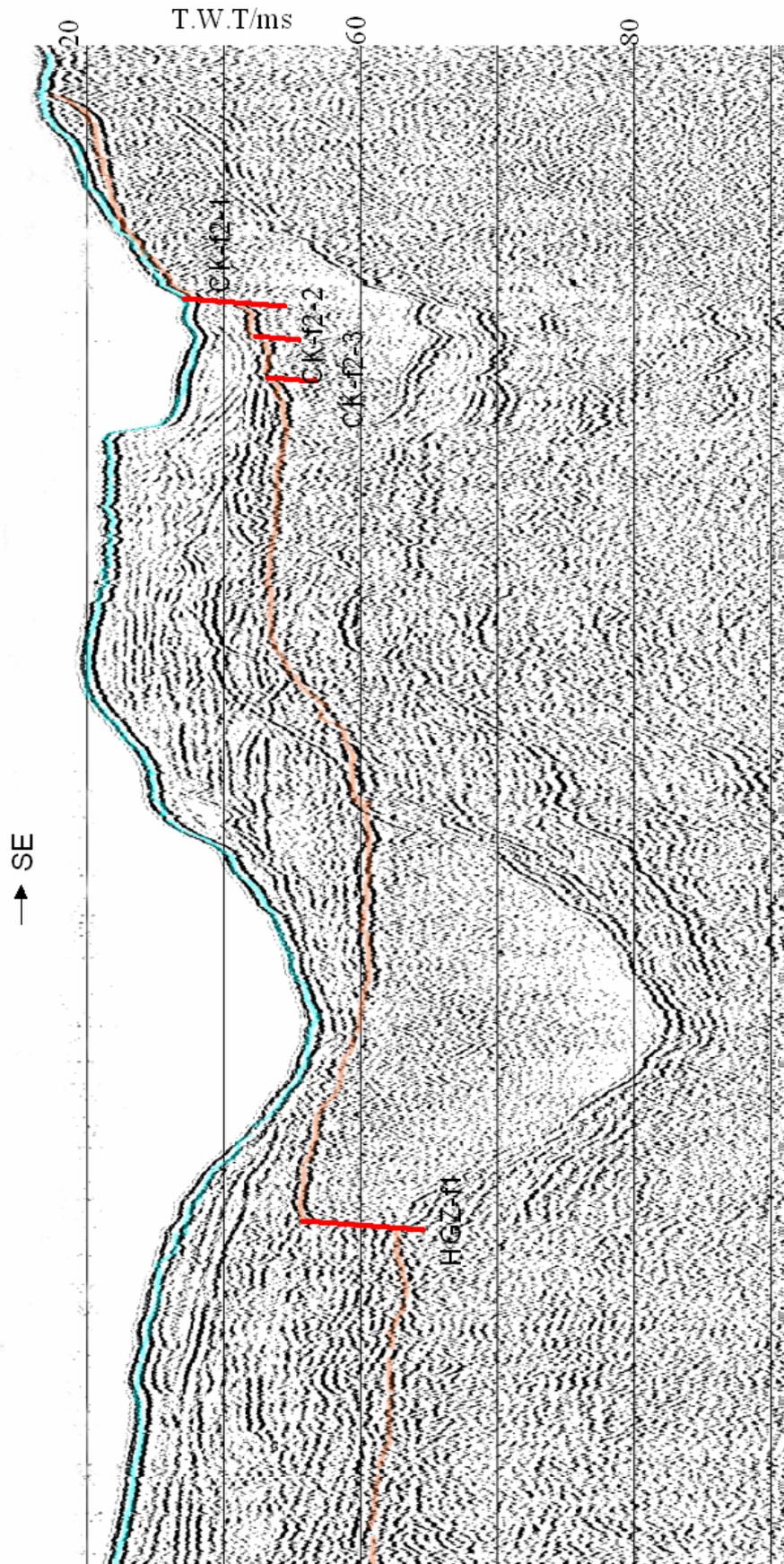


图 5-5 地震剖面 JZW1-1 揭示的断点 CK-f2

地震剖面 JZW1-1 揭示一组断点 CK-f2(图 5-5), 由三个断点 CK-f2-1、CK-f2-2、CK-f2-3 组成, 视倾向 NW, 在地震剖面上表现为基岩反射波组不连续, 断点 CK-f2-1 东侧的基岩直接出露海底, 向北西方向呈阶梯状下降, 基岩落差分别为 6.4m, 1.4m, 1.5m; 上覆地层内部反射无规律, 未见到被错动的迹象。

地震剖面 HB1 揭示一组断点(图 5-6)分别命名为 CK-f3-1、CK-f3-2、CK-f3-3, 断点 CK-f3-1 是沧口断裂的主断点, 位于 4260 炮, 视倾向 NW, 断层的东盘基岩直接出露海底, 西盘基岩上覆二十多米厚的沉积物, 基岩落差达 29m; CK-f3-2 位于 4144 炮, 上断点埋深 22m, 基岩落差约 4m; CK-f3-3 位于 4023 炮, 上断点埋深 27m, 基岩落差约 5m。断裂带宽度约 980m。

航道北侧沙坝上获得的 LINE3 (图 5-7), LINE4 (图 5-8), LINE5 (图 5-9) 三条地震测线上揭示了 CK-f4、CK-f5、CK-f6 三个断点, 上断点炮号: 900、815、959, 埋深: 15.6m、6.9m、7.5m 不等; 断层面近直立, 视倾向 NW; 断点两侧基岩落差大, 分别为 28.6 m、28.6 m、31.2m。由于断裂两侧的基岩起伏变化大, 上覆的沉积厚度东薄西厚, 相差近三十米。沉积层内部以杂乱反射为主, 且该区域地层无法对比, 无法确定断层向上错动的最新地层。

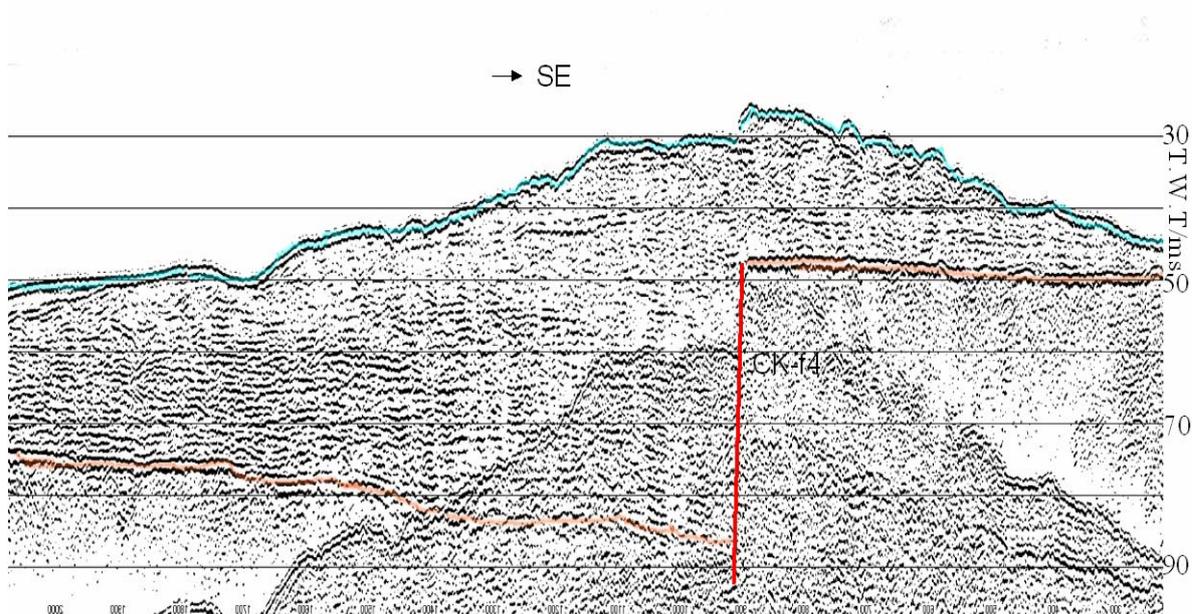


图 5-7 地震剖面 LINE3 揭示的断点 CK-f4

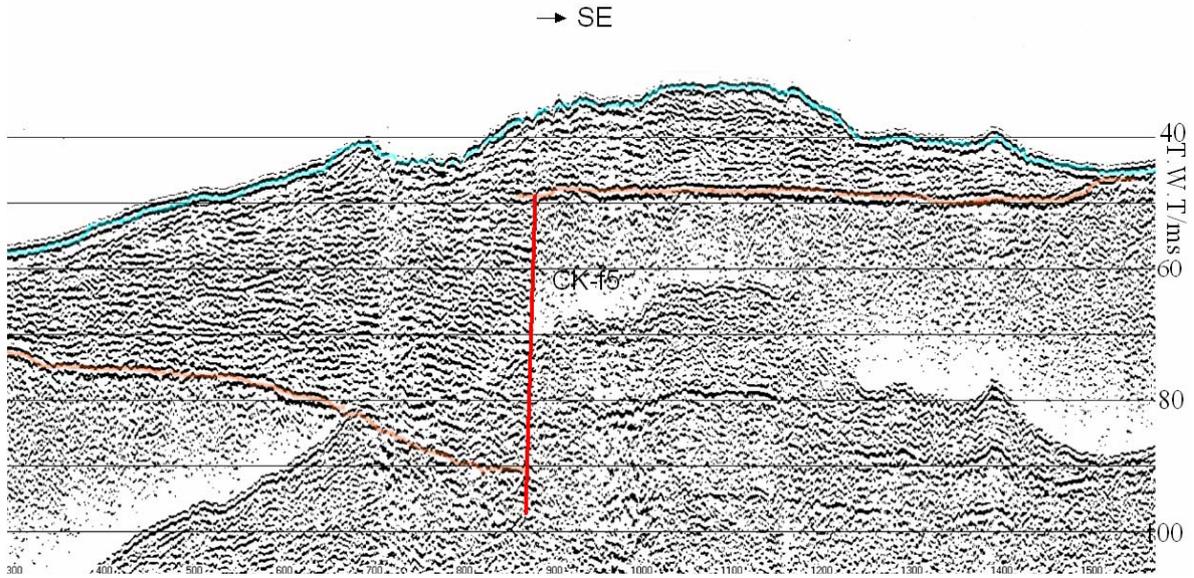


图 5-8 地震剖面 LINE4 揭示的断点 CK-f5

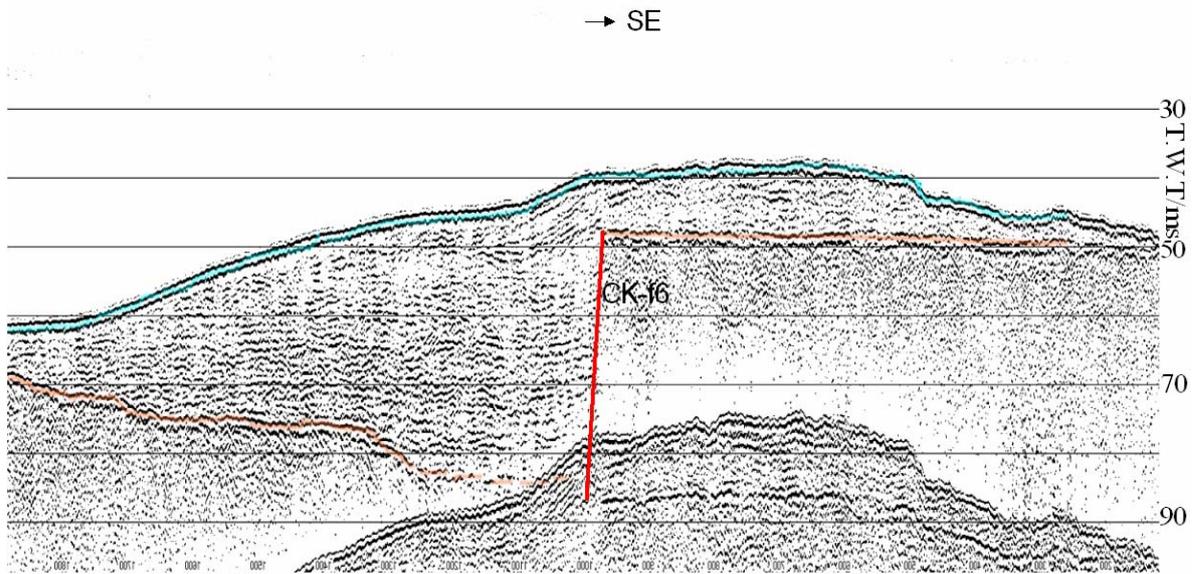


图 5-9 地震剖面 LINE5 揭示的断点 CK-f6

航道附近获得的单道地震剖面 JZW10-5 (图 5-10) 揭示断点 CK-f7, 该区域受水动力的控制基岩裸露, 沧口断裂表现为一落差 27.3m 的基岩起伏, 基岩错落面出露海底, 视倾向 NW, 倾角 30 度。

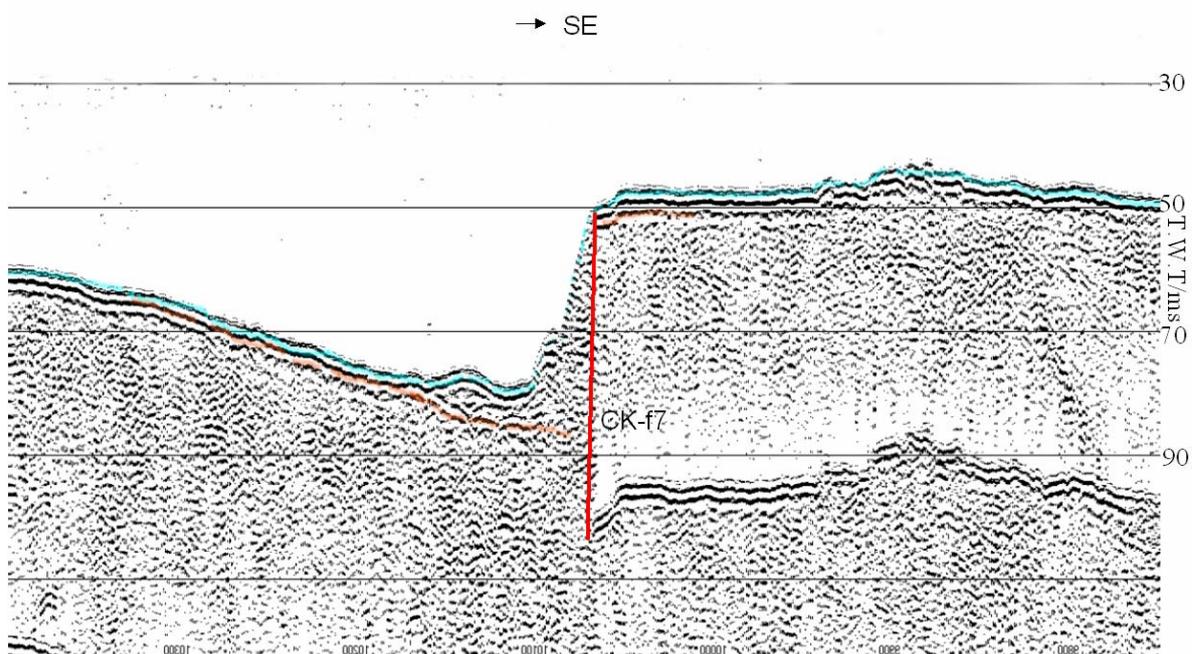


图 5-10 地震剖面 JZW10-5 揭示的断点 CK-f7

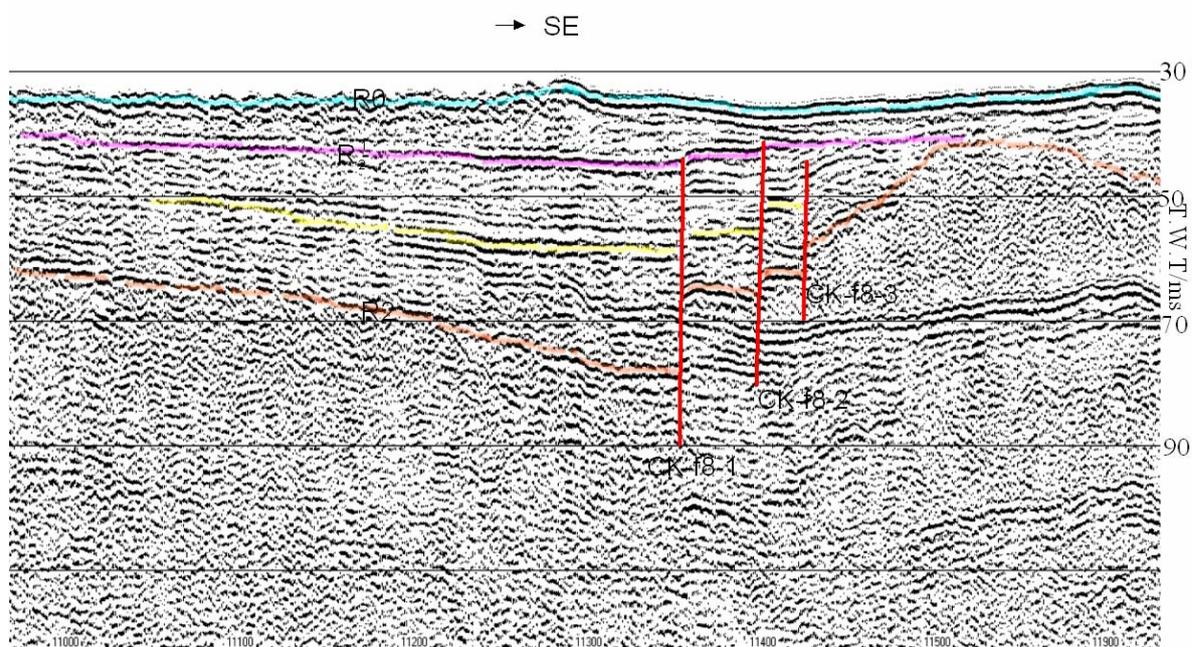


图 5-11 地震剖面 JZW10-6 揭示的断点 CK-f8

地震剖面JZW10-6 很好的揭示沧口断裂在该处表现为一组断点CK-f8-1、CK-f8-2、CK-f8-3 组成的断裂带（图 5-11），断裂带视宽度 150m左右，该组断点断层面近直立，向上切割到 R_2^1 ，倾向NW。其中CK-f8-1 上断点位于 11348 炮，埋深 7m，下断点位于 11345 炮，埋深 5.7m，落差 0.7m，基岩落差 10.7m；CK-f8-2 上断点位于 11390 炮，埋深 3.6m，视断距 0.4m，基岩落差 1.5m；CK-f8-3 位于 11413 炮，在断裂的作用下，上覆地层受牵引变形，断点东侧的地层受断层的牵引作用，具斜层理，倾向北西，断距不明显，基岩落差在 2.9m。

地震剖面LINE7(图 5-12)上的断点CK-f9，上断点位于 695 炮，断层面近直立，断裂西降东升，在基岩上表现为落差近 16m的基岩陡坎，其下的 R_2^1 界面在断裂的西盘可连续追踪，向东反射波组突然中断，无法追踪，R1 反射界面连续，在断点上方没有被错动的迹象。

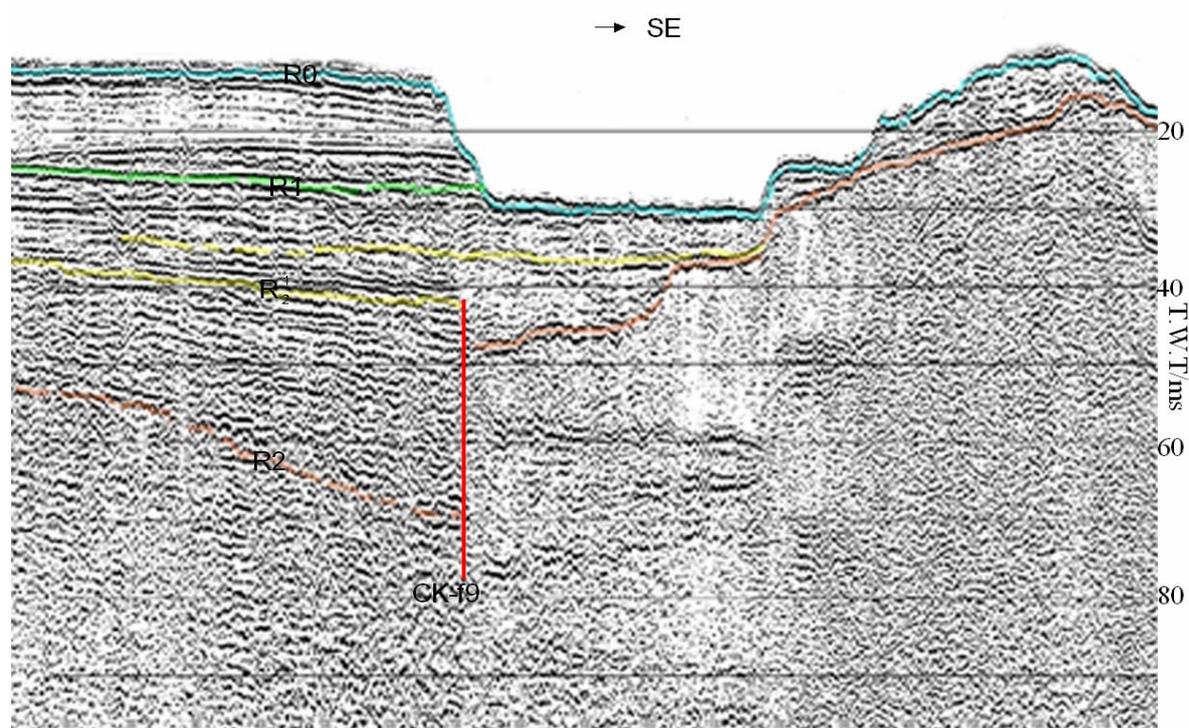


图 5-12 地震剖面 LINE7 揭示的断 CK-f9

地震剖面LINE8（图 5-13）揭示断点CK-f10，位于 1758 炮，断层面近直立，地震反射波组R1 在断点上方受人为破坏作用，无法追踪；地震反射波组 R_2^1 被错断，上断点埋深 4.6m，落差 5m，视倾向北西，基岩落差 17m。

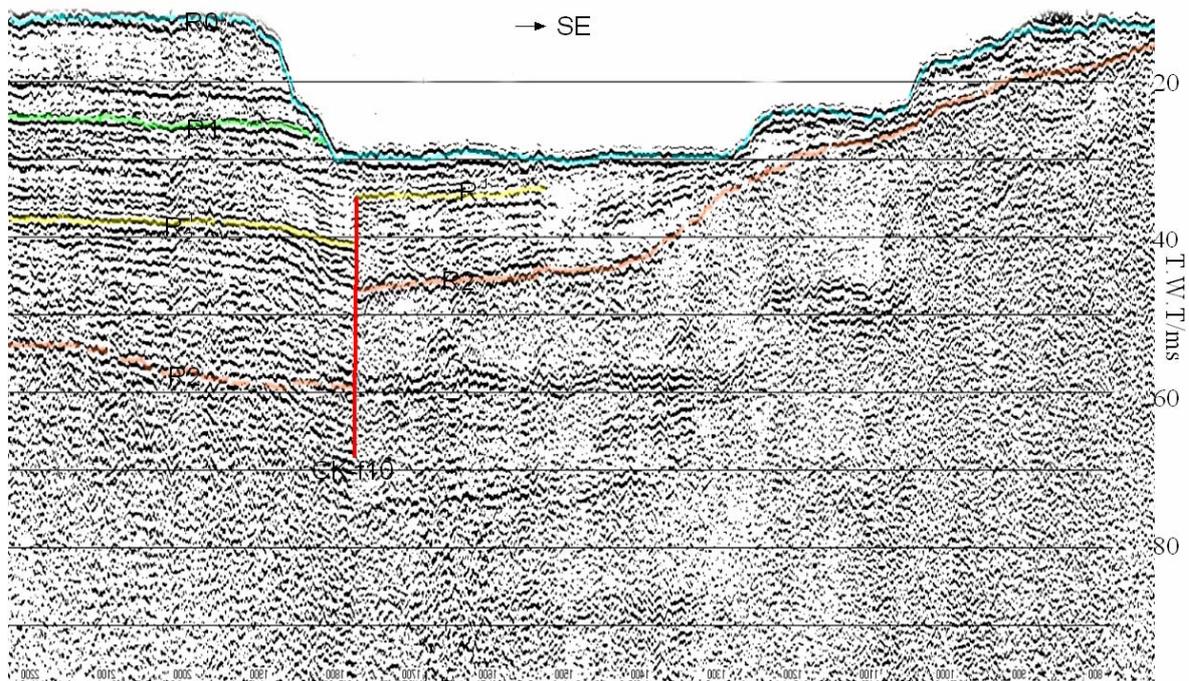


图 5-13 地震剖面 LINE8 揭示的断点 CK-f10

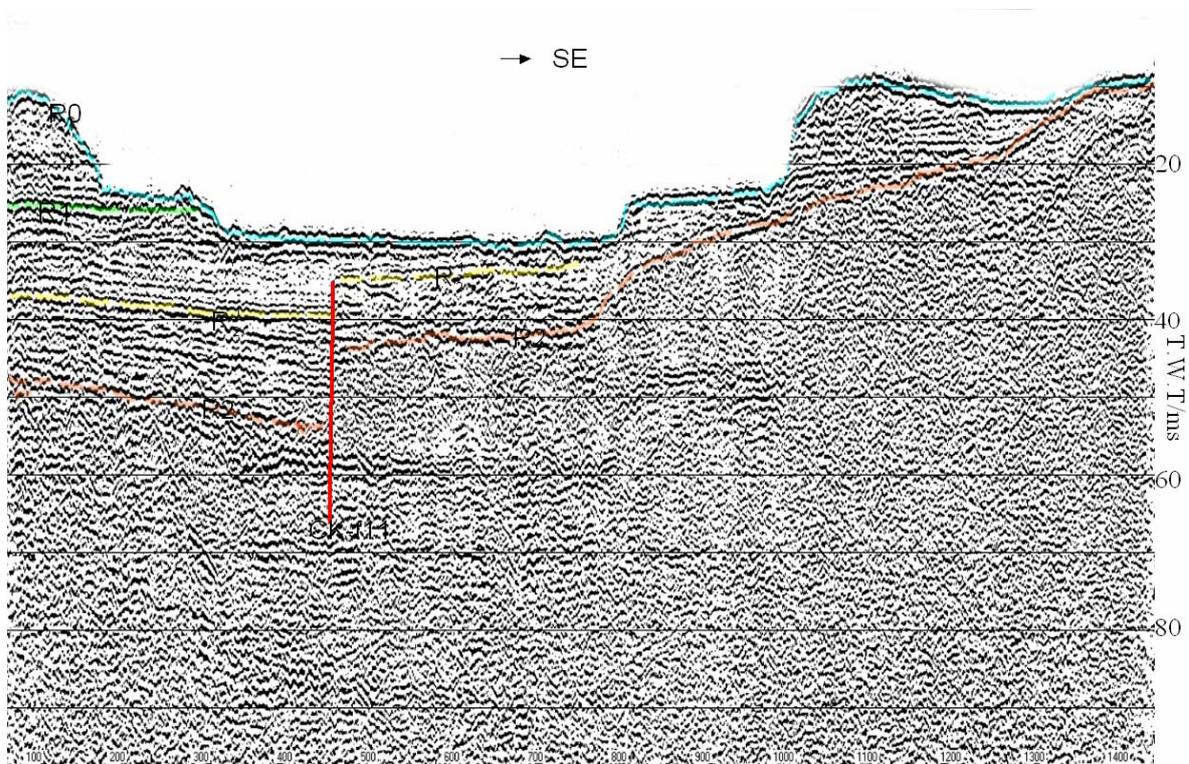


图 5-14 地震剖面 LINE9 揭示的断点 CK-f11

地震剖面 LINE9 (图 5-14) 揭示断点 CK-f11, 上断点位于 451 炮, 埋深 3.6m, 视倾向北西, 断裂向上错动地层, 落差 3.6m, 基岩起伏落差 8.2m。

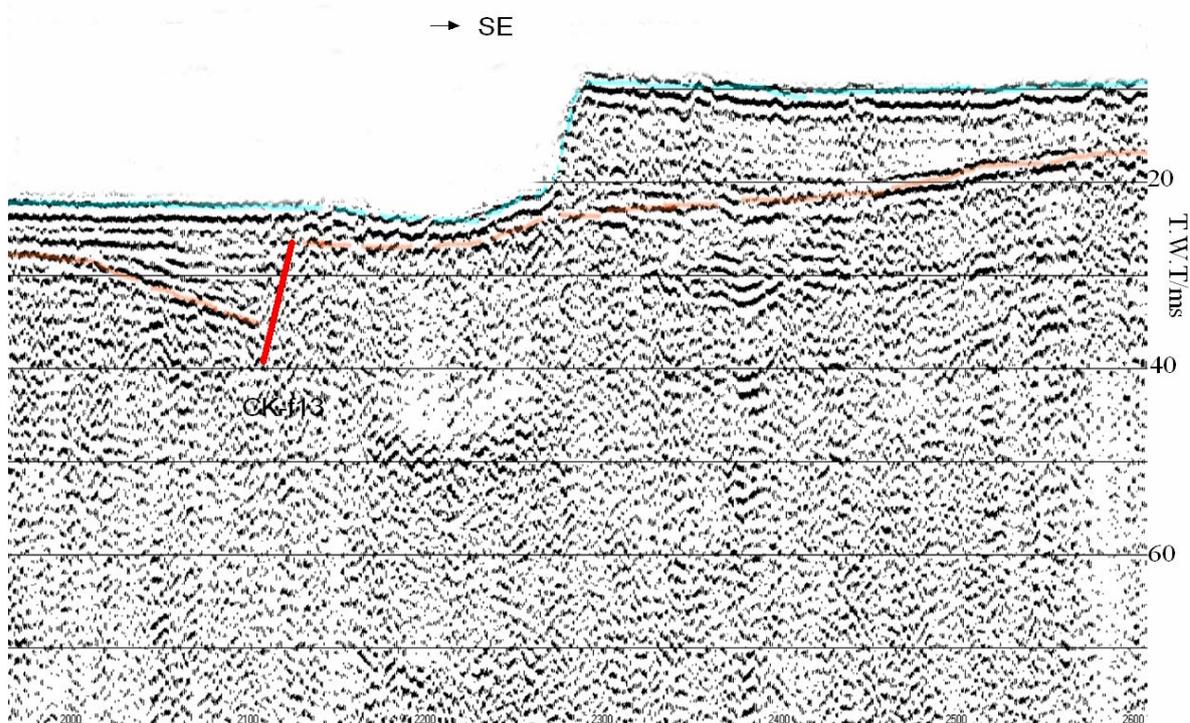


图 5-15 地震剖面 JZW10-2 揭示的断点 CK-f13

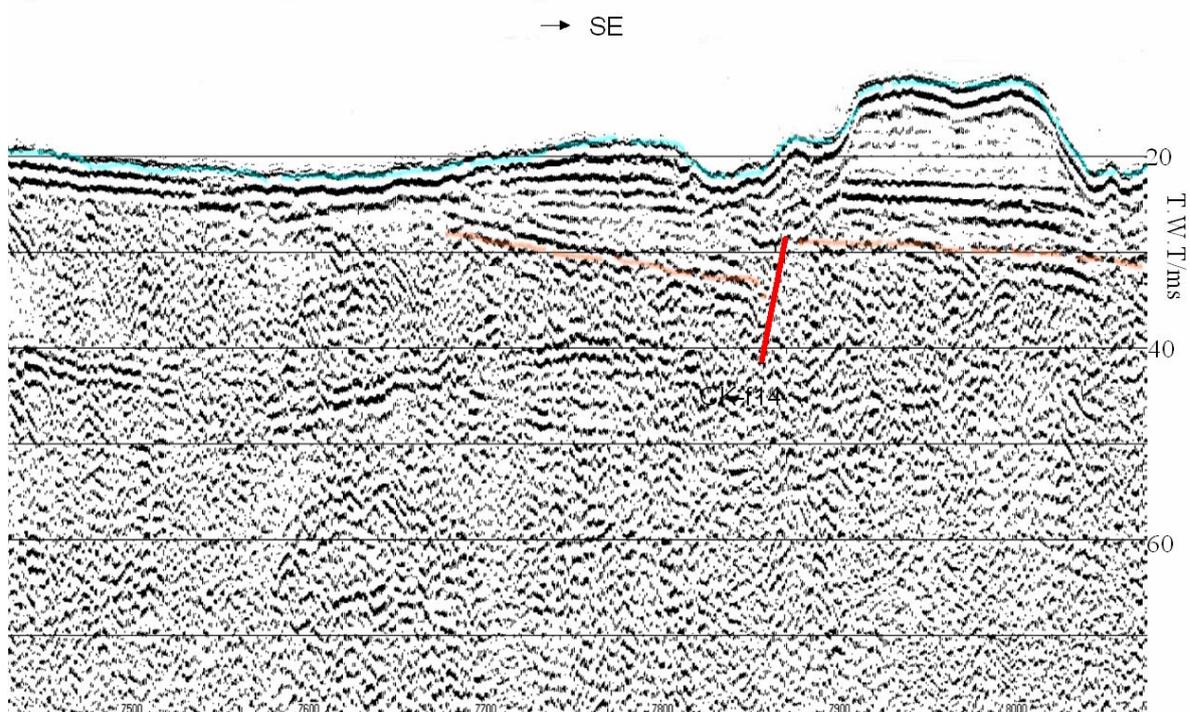


图 5-16 地震剖面 JZW10-4 揭示的断点 CK-f14

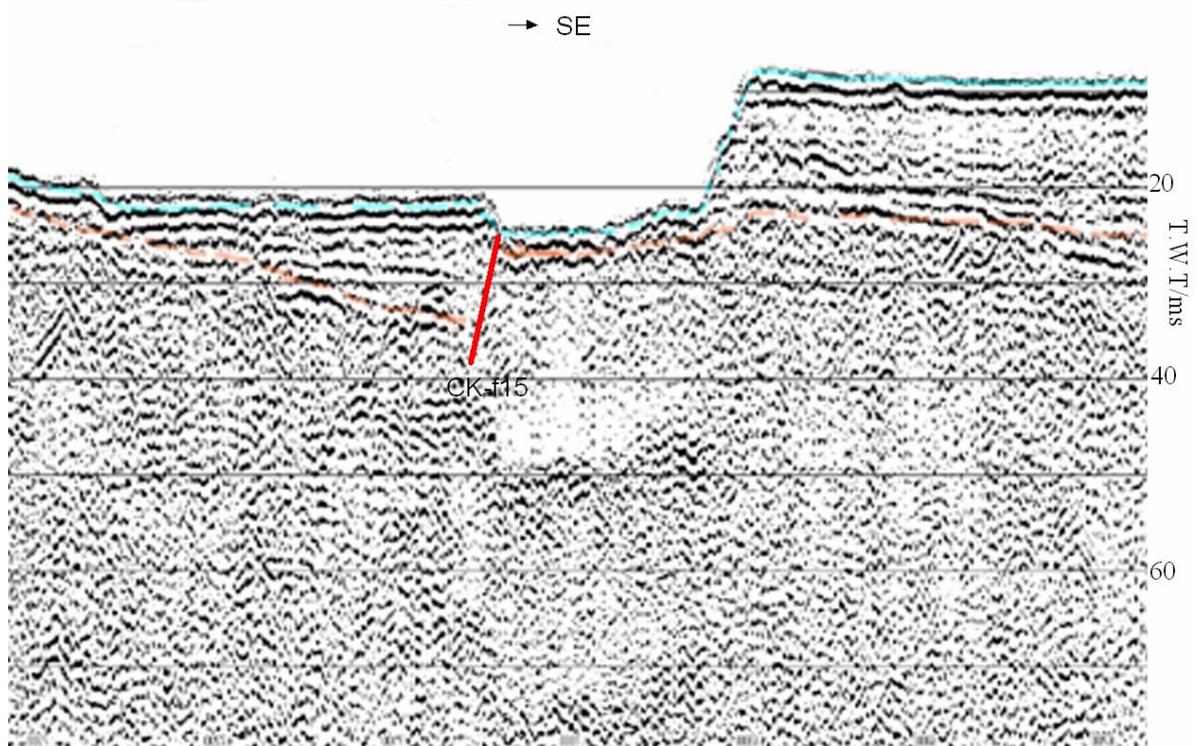


图 5-17 地震剖面 JZW10-3 揭示的断点 CK-f15

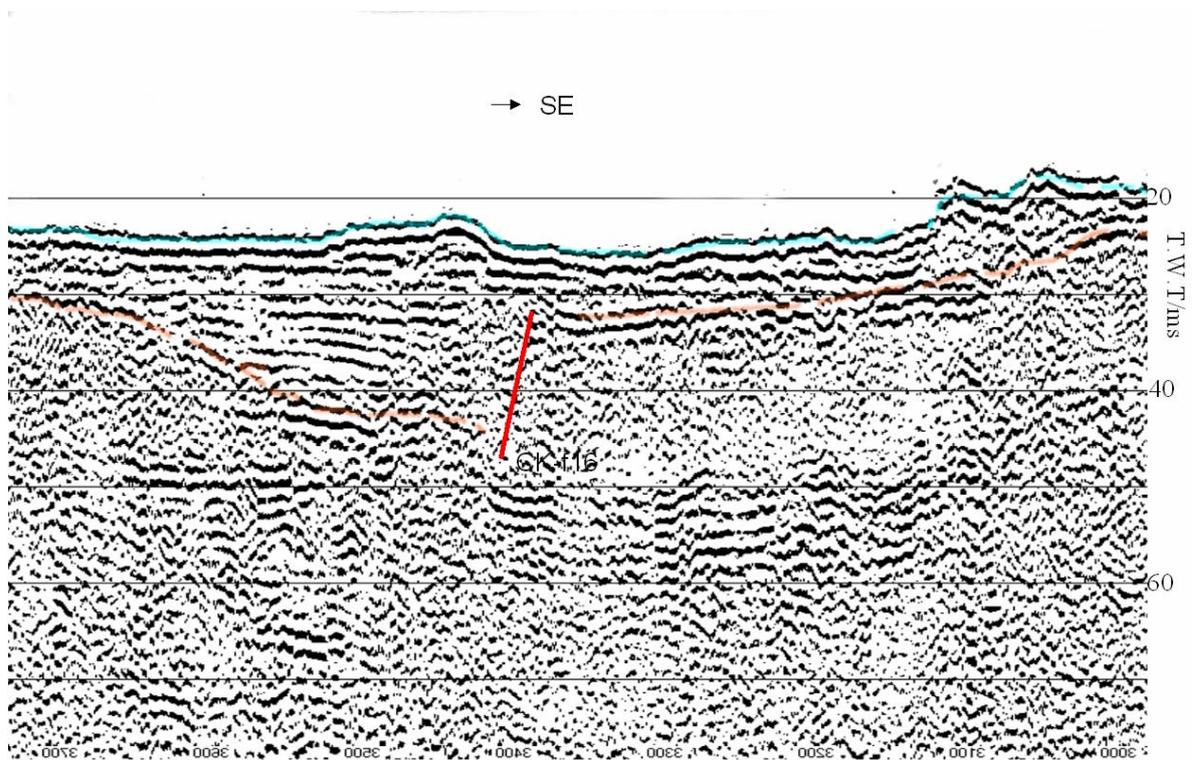


图 5-18 地震剖面 JZW8-1 揭示的断点 CK-f16

向南由于受到人为的破坏，沧口断裂延伸方向上的沉积地层受到不同程度的破坏，绝大多数区域断层东盘基岩直接出露，或者仅剩很薄的沉积物，给断点的识别带来了很大的困难。根据断裂的走向，断裂在基岩上的特征，在 JZW10-1 (图 4-1b), JZW10-2 (图 5-15), JZW10-4 (图 5-16), JZW10-3 (图 5-17) 以及 JZW8-1 (图 5-18) 上分别识别出沧口断裂的断点 CK-f12、CK-f13、CK-f14、CK-f15、CK-f16，各断点的特征相似，主要表现为基岩的落差，分别为 7m、8.3m、6.2m、6.1m、10m。与北侧的断点相比，向南基岩落差减小，且断层面逐渐平缓，靠近断层面，地震反射波组中断，表现为杂乱相，上下断点不清晰。

断层编号		上断点位置				视倾向	上断点埋深/m	R ₂ ¹ 落差/m	基岩落差/m	置信度
		测线	炮号	地理坐标 (西安 80)						
				经度 (E)	纬度 (N)					
CK-f1	CK-f1-1	HB2	1870	120.301714	36.099369	NW	13	/	6	确定
	CK-f1-2		1917	120.300574	36.089642	NW	18	/	42	确定
CK-f2	CK-f2-1	JZW1-1	792	120.282432	36.073749	NW	0	/	6.4	确定
	CK-f2-2		838	120.281047	36.074033	NW	6.1	/	1.4	确定
	CK-f2-1		880	120.279812	36.074317	NW	9.1	/	1.5	确定
CK-f3	CK-f3-1	HB1	4260	120.28218	36.0582	NW	0	/	29	确定
	CK-f3-2		4144	120.27914	36.05956	NW	22	/	4	确定
	CK-f3-3		4023	120.27609	36.061421	NW	27	/	5	确定
CK-f4		LINE3	900	120.268095	36.051334	NW	15.6	/	28.6	确定
CK-f5		LINE4	815	120.265894	36.051293	NW	6.9	/	28.6	确定
CK-f6		LINE5	959	120.265345	36.04961	NW	7.5	/	31.2	确定
CK-f7		JZW10-5	10060	120.255821	36.040594	NW	/	/	27.3	确定
CK-f8	CK-f8-1	JZW10-6	11348	120.247709	36.036432	NW	5.7	0.7	10.7	确定
	CK-f8-2		11390	120.248492	36.035913	NW	3.7	0.4	1.5	确定
	CK-f8-3		11413	120.248912	36.035618	NW	/	/	2.9	确定
CK-f9		LINE7	695	120.243976	36.034639	NW	14.9	/	16	确定
CK-f10		LINE8	1758	120.24289	36.033967	NW	4.6	5	17	确定
CK-f11		LINE9	451	120.240992	36.033102	NW	3.6	3.6	8.2	确定
CK-f12		JZW10-1	2562	120.234335	36.027362	NW	/	/	7	一般
CK-f13		JZW10-2	2124	120.231594	36.026213	NW	/	/	8.3	一般
CK-f14		JZW10-4	7882	120.232745	36.027095	NW	17.6	/	6.2	一般
CK-f15		JZW10-3	586	120.223355	36.020953	NW	/	/	6.1	一般
CK-f16		JZW8-1	3448	120.217007	36.017307	NW	6.6	/	10	一般

表 5-2 地震剖面揭示的沧口断裂的断点属性

5.1.2.3 断裂的空间展布

综合沧口断裂在陆域的延伸方向、断裂在胶州湾海域磁力异常特征以及断裂的地震剖面产状特征，推断该断裂在青岛沧口一带入海，向西南方向延伸，在黄岛前湾一带登陆，总体呈北东走向。

断裂北段在地震剖面上表现为一条主干断裂和若干次生小断层组成的断裂带（HB2，HB1，JZW1-1 剖面），为白垩纪沉积岩地层与崂山花岗岩的分界线；断裂中部和南部发育在崂山——小珠山花岗岩之中，表现为正断层，倾向北西，倾角较陡，近于直立，受断裂的控制基岩西降东升呈陡坎状，中段落差最大处达三十余米，向两侧逐渐减小到 6-10m。

断裂在团岛外侧海域与北西向断裂切割，受其影响断裂向西南方向错移近 500 米，断裂同样将北西向断裂向南错移，说明了沧口断裂在早期具有左旋特点。

5.1.3 青岛山断裂

5.1.3.1 断裂的空间展布

该断裂在历史资料中有记载，但由于地面建筑物和第四纪沉积物的覆盖，未对其进行详细勘察研究，青岛胶州湾湾口海底隧道工程地质勘探报告（国家海洋局第一海洋研究所，2004）曾将其命名为李沧区政府——汇泉角断裂，认为该断裂在陆上是位于崂山花岗岩体内的一条断裂，断裂起始于李沧区政府附近，NE 向延伸。

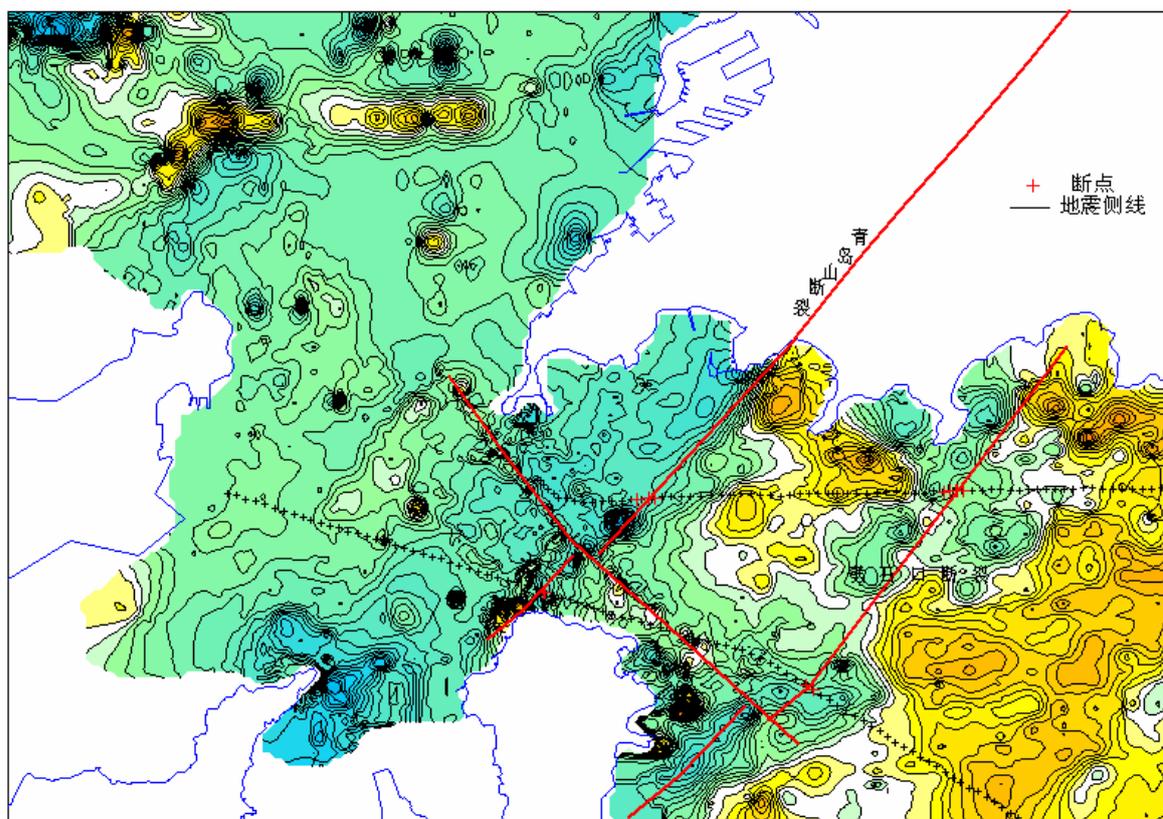


图 5-19 胶州湾湾口区磁力异常图

从胶州湾海域磁力异常图（图 5-19）中知，在团岛和薛家岛之间的湾口区为一强负磁异常带，异常带呈 NE 向延伸，宽约 2km，大部分区域异常值低于 -300nT，据钻孔资料显示该带主要分布安山岩，并伴有基性和酸性火山岩；在异常带以东青岛市以南海域，以块状正异常为主，异常值在 200nT 左右，块状磁异常通常被 NE、NW 向线状异常带切割，推测其磁性基底以崂山花岗岩为主。

在强负磁异常带与块状磁异常的结合部位，有一强变化的磁异常梯度带，梯度最大处接近 2nT/m，梯度带走向北东，推测为青岛山断裂在海域的延伸。

断裂中段与一条北西向正磁异常线形带相交，受其影响，断裂南段被向西错移约 700m。断裂南段在磁异常图上表现为 NE 向的串珠状异常，延伸至薛家岛湾内。

综合各段特征，青岛山断裂在汇泉角附近入海，总体呈北东向延伸，倾向北西，沿断裂有岩脉侵入，在海域为崂山花岗岩和青山群的分界线。

5.1.3.2 断裂在地震剖面上的产状特征

青岛山断裂在地震剖面 L3 上表现为一组断点 QDS-f1（表 5-3），自西向东依次命名为 QDS-f1-1、QDS-f1-2 和 QDS-f1-3（图 5-20），其中 QDS-f1-2 和 QDS-f1-3 为主断点。QDS-f1-1 处表现为基岩面反射波发生相位突变，上断点位于海底面以下约 13 m，东盘上升，西盘下降，基岩落差 1 m；断面 QDS-f1-2 和 QDS-f1-3 之间基岩面反射波组杂乱，并出现空白带，推测为断裂运动产生的破碎带（图 5-20）。由于破碎带处基岩面无法识别，因此这两个断面的断距难以确定。QDS-f1-2 上断点埋深约 12m，QDS-f1-3 上断点埋深约 7m。

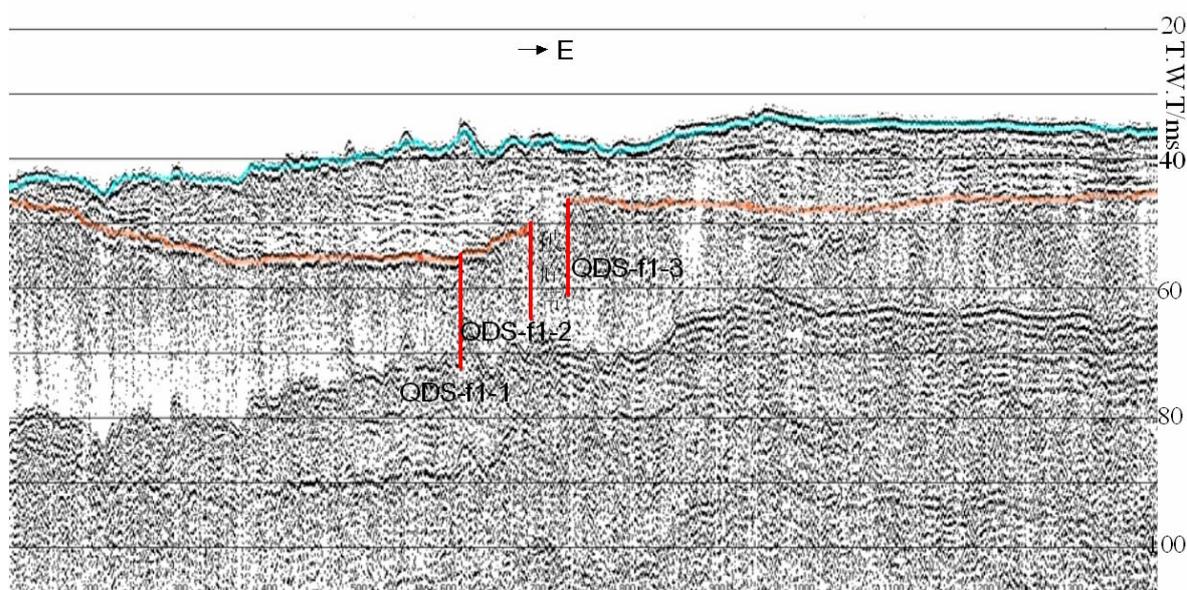


图 5-20 地震剖面 L3 揭示的断点 QDS-f1

在地震剖面 L4 上，发现断点 QDS-f2（图 5-21）。这一段剖面上未揭示沉积层反射波组，表明基岩直接出露于海底。断点 QDS-f2 处的基岩面反射波组呈现明显的向下弯曲，较两侧基岩面增加 2~3m，考虑到湾口附近较强的水动力条件，推测此基岩凹陷可能是断裂产生的基岩薄弱带受底层水流冲刷所致。

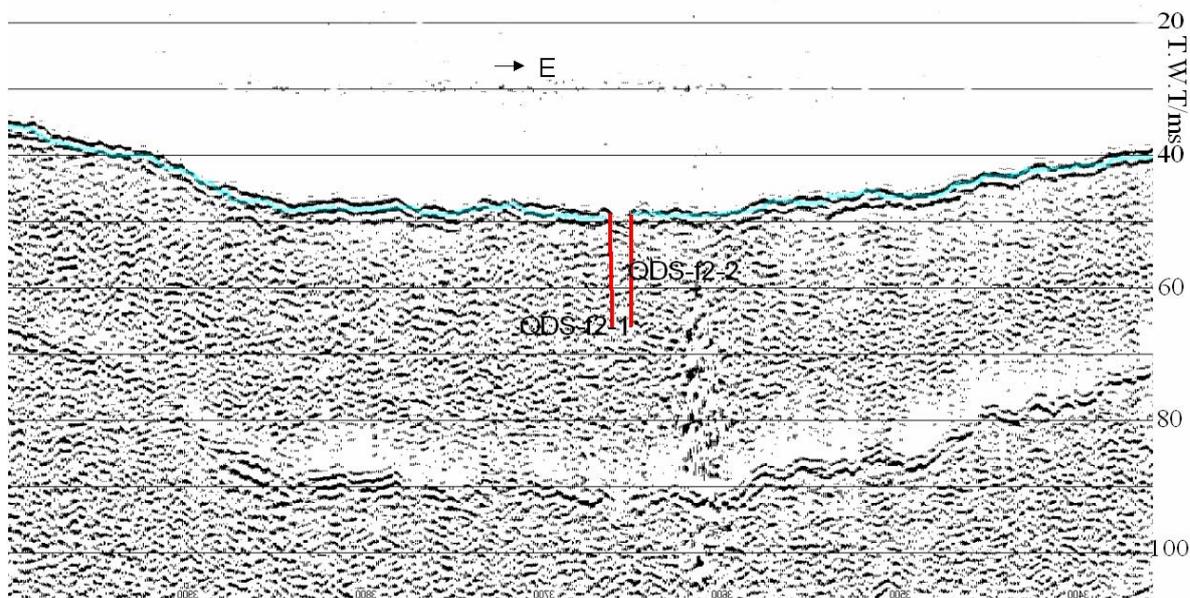


图 5-21 地震剖面 L4 揭示的断点 QDS-f2

断层编号		上断点位置				视倾向	上断点埋深 /m	置性度
		测线	炮号	地理坐标 (西安 80)				
				经度 (E)	纬度 (N)			
QDS-f1	QDS-f1-1	L3	630	120.304868	36.033857	W	13	确定
	QDS-f1-2		688	120.306912	36.03399	E	12	确定
	QDS-f1-3		718	120.307998	36.034058	W	7	确定
QDS-f2	QDS-f2-1	L4	3650	120.288619	36.020495	E	基岩出露	需进一步验证
	QDS-f2-2		3660	120.288317	36.020571	W	基岩出露	需进一步验证

表 5-3 地震剖面揭示的青岛山断裂断点属性

5.1.4 劈石口断裂

5.1.4.1 断裂空间展布

该断裂北起即墨鳌山卫东侧，向西南延伸，经马山后、黄石崖、劈石口至青岛浮山所一带，走向 N30°~40°E，两端进入海域，陆地出露长约 30km，断裂带宽 30-90m 不等。断裂发育在花岗岩内，多表现为破碎带，地貌上显示为负地形，断裂带内发育碎裂岩化花岗岩、碎裂及密集的破裂面以及煌斑岩带。

据胶州湾海域磁异常图（图 5-19），在太平角以东和以南的海域，磁异常形态为块状正异常背景上的一 NE 向的串珠状异常带，以负异常为主，最大负异常位于太平角东侧，异常值小于-400nT。根据其规模、位置和走向等特征推测该异常带可能是劈石口断裂在磁场图上的表现。该断裂可能在五四广场附近入海，向 SW 方

向延伸，至薛家岛东北海域受大沽河口-朝连岛南断裂截切，使断裂向西错移约 800m，在磁场图上表现为 NE 向的串珠状异常带被 NW 向的正磁异常线性带错开。

5.1.4.2 断裂在地震剖面上的产状特征

断裂在地震剖面 L3 上表现为一组断点 PSK-f1（表 5-4），由 PSK-f1-1、PSK-f1-2、PSK-f1-3、PSK-f1-4、PSK-f1-5 组成（图 5-22），断裂带宽度近 300m，断裂错断基岩程度不同，基岩面上沉积物内部反射零乱，连续性差，不易连续追踪；其中断点 PSK-f1-3、PSK-f1-4、PSK-f1-5 所在断面为主断面，切割基岩成深槽，槽内为杂乱反射相。

断层编号		上断点位置				视倾向	上断点埋深 /m	置信度
		测线	炮号	地理坐标（西安 80）				
				经度（E）	纬度（N）			
PSK-f1	PSK-f1-1	L3	2206	120.358827	36.034788	E	5	确定
	PSK-f1-2		2242	120.360022	36.034946	E	6	确定
	PSK-f1-3		2269	120.360984	36.034939	E	8	确定
	PSK-f1-4		2280	120.361334	36.034904	W	11	确定
	PSK-f1-5		2306	120.362242	36.034888	W	10	确定
PSK-f2	PSK-f2-1	L4	2150	120.335682	36.006385	W	10.5	确定
	PSK-f2-2		2189	120.334534	36.006965	E	16.7	确定

表 5-4 地震剖面揭示的劈石口断裂断点属性

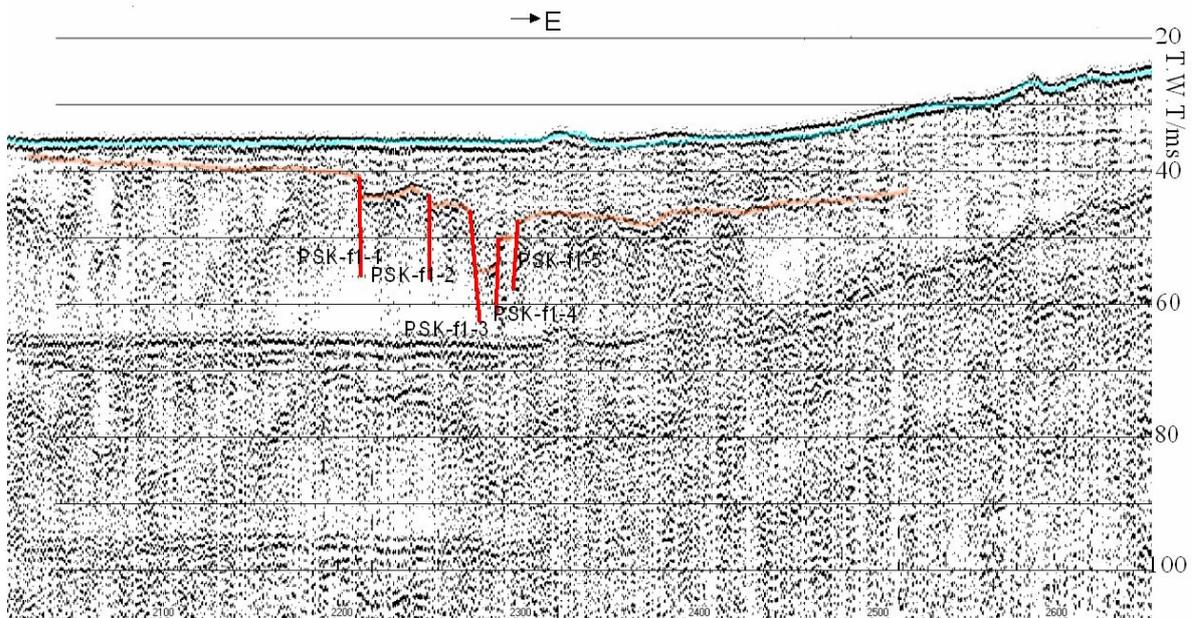


图 5-22 地震剖面 L3 揭示的断点 PSK-f1

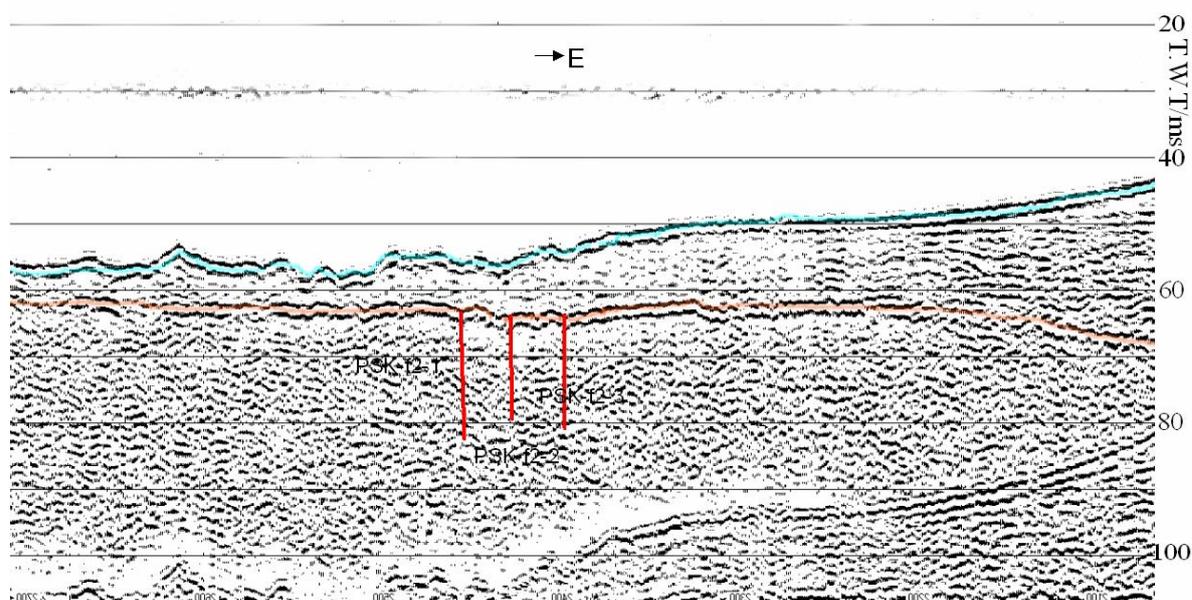


图 5-23 地震剖面 L4 揭示的断点 PSK-f2

断裂在地震剖面 L4 上表现同 L3 基本类似，发现 PSK-f2-1 和 PSK-f2-2 两个断点，断裂带宽度超过 100m，基岩面上反射波组轻微错断（图 5-23）。断面埋深不超过 10m，基岩面相对落差 1m 左右。断裂面以上的沉积物反射波杂乱，难以连续追踪。

5.2 EW 向断裂

5.2.1 断裂的磁异常特征

胶州湾海域中部磁力异常图中有两条近东西向延伸的磁异常场变化带，北边一条为 V 字型磁异常的右枝，此磁异常梯度变化很大，推测为一条较大的东西向断裂，该断裂南部亦存在一近东西向延伸的正高异常圈闭，结合地震资料推断该异常为郝官庄断裂在海域的延伸。

5.2.2 郝官庄断裂

根据区域资料，郝官庄断裂为一条区域性的大断裂，是 III 级构造单元胶莱坳陷与胶南隆起的分界断裂，处于长期上升和沉降的交汇部位。

郝官庄断裂总体走向近 EW 向，倾向 NW，倾角 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。断裂性质为张扭性正断层，上盘为中生界白垩系地层，下盘为太古-元古界胶南群地层。

根据陆域资料，郝官庄断裂经王台，至红石崖附近伸入胶州湾内。结合钻孔资料，钻孔 CZK173 处基岩岩性为泥岩和泥质砂岩，而钻孔 ZK9 处基岩岩性为以千枚岩为主的古老变质岩，据此推断作为基岩岩性界限的郝官庄断裂应从位于这两个钻孔之间某处延伸进入胶州湾。

从胶州湾海域磁力异常图中可知，郝官庄断裂在延伸入海域后受到北西向断裂切割，向南错移 5 公里之多，在磁异常图中表现为近 EW 向延伸的正高异常圈闭，并可能终止于沧口断裂。在断裂北侧由于无钻孔资料，根据地震剖面中基岩的反射特征，基岩反射层理为右倾斜层理，推测为白垩纪陆相沉积，断裂南侧根据钻孔资料为小珠山花岗岩。

过该断裂的地震剖面也很好的揭示了郝官庄断裂的产状特征。

从地震剖面上揭示郝官庄断裂的产状特征如下：

地震剖面 jzw1-1(图 5-5) 揭示断点 HGZ-f1, 上断点位于炮 1885 处，断裂错段两侧基岩，基岩落差 12.8m。

地震剖面 HB1(图 5-24) 揭示断点 HGZ-f2, 上断点位于炮 2800 处，断裂错段两侧基岩，基岩落差 22.4m。

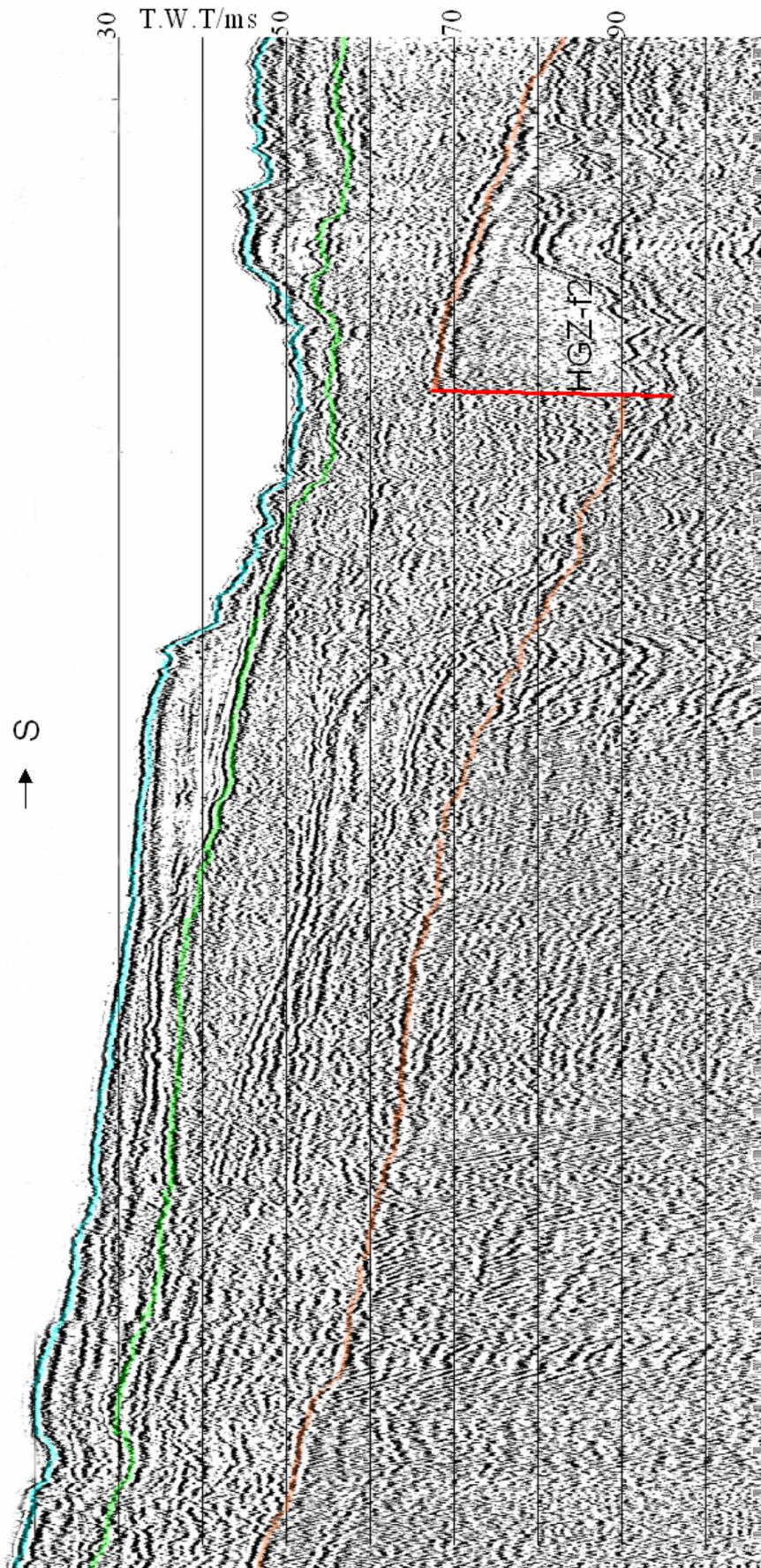


图 5-24 地震剖面 HB1 揭示的断点 HGZ-f2

5.3 NW 向断裂

大沽河—朝连岛南断裂

据资料该断裂在湾口外侧海域的航磁资料显示为一串珠状高磁异常圈闭(李昭荣, 1983), 由靠近朝连岛南部海域 NW 向延伸至胶州湾湾口, 在胶州湾海域磁异常 (ΔT) 平面等值线图(图 5-1)上, 该断裂被 NE 向沧口断裂和近 EW 向的郝官庄断裂分成三段:

南段: 从与沧口断裂交会处向东, 断裂在磁异常图(图 5-19)中表现为 NW 方向延伸的线性串珠状正高异常圈闭, 最大值高于背景值约 300~500nT。断裂带宽度在 90-100m 左右, 断裂带内主要被后期具磁性的侵入岩脉所充填, 倾向北东、倾角约 50° , 侵入岩脉宽度约 80m, 并由北西向南东逐渐变窄, 顶界埋深(自海底面算起)约 30~42m, 并向东南逐步加深。断裂在海底与 NW—SE 向海底沟谷重合(图 5-25), 沟谷的最宽处约 100m, 深 10m 左右。

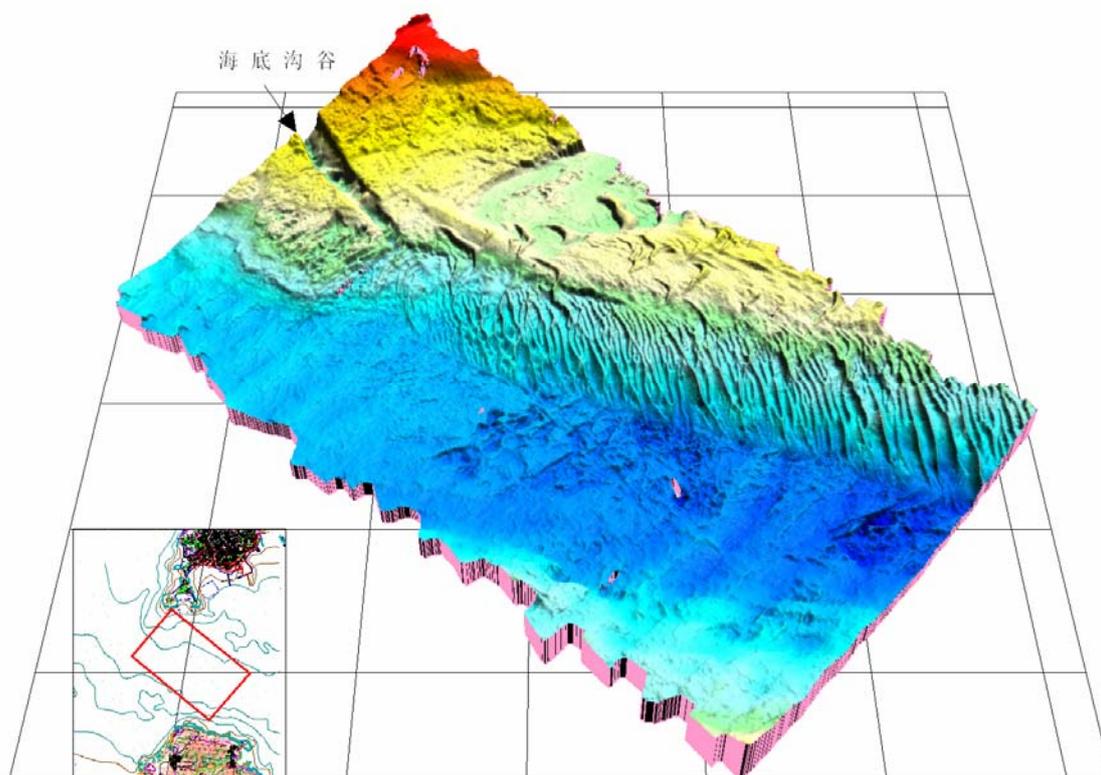


图 5-25 胶州湾湾口区地形图

中段：从沧口断裂向西北到与郝官庄断裂交汇处，其性质可能与南段相似。

北段：从郝官庄断裂向西北，沿“V”字型磁异常的左枝（NW向）延伸。

断裂北段在磁异常图中变化比较强烈，异常西侧表现为宽缓的负磁异常变化，据陆域钻孔 ZK9 推测为胶南群片麻岩，而剧烈变化的磁异常推测是由沿断裂发育的青山群的安山岩和玄武岩引起的，火山岩的宽度约 3km，这与胶州湾西部陆域断裂带常被青山群火山岩充填一致，异常东侧推测为白垩纪沉积岩。

断裂在地震剖面上表现为一组断点（f6、f7、f8、f9），呈阶梯状向北东方向下降，在地震剖面上 f6、f7、f8 和 f9 的反射波组发生明显错断。其中 f6 上断面埋深约 24m，断距约 1m，倾向 NE；f7 上断面埋深约 23m，断距约 2m，倾向 NE；f8 上断面埋深约 17m，断距约 5m，倾向 NE；f9 上断面埋深约 9m，断距约 4m，倾向 NE（图 5-26）。根据钻孔资料，断点 f9 上盘为玄武岩和泥岩、角砾岩互层，下盘则为泥岩和泥质砂岩。

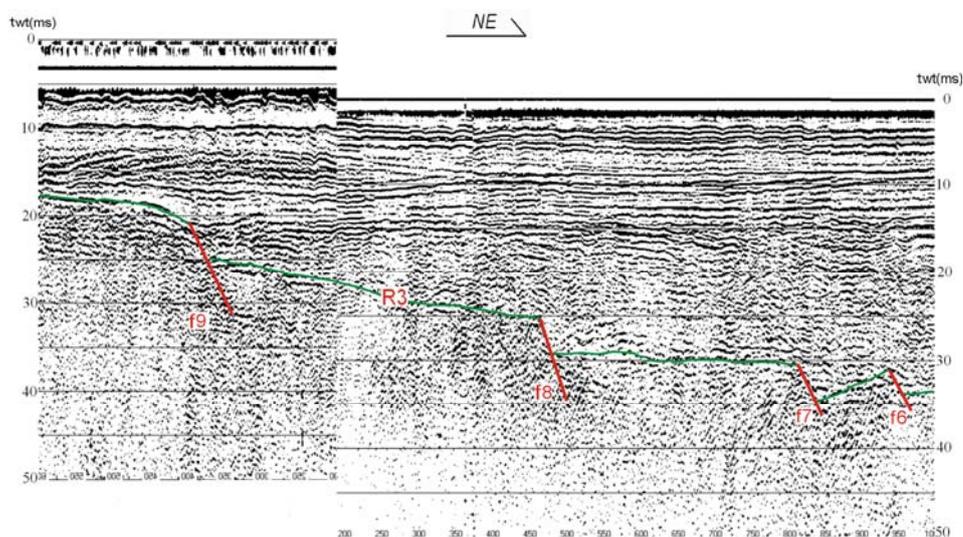


图 5-26 地震剖面 Line-1 揭示的断点位置

综合三段可知大沽河口—朝连岛南断裂总体上呈北西—南东方向延伸，走向约 NW320°，断裂被北东向沧口断裂错断，并向南错移了 650m，这与沧口断裂左旋性质相吻合。也表明该断裂活动要比沧口断裂早。

6 基岩

6.1 基岩埋深

根据搜集的 300km 地震资料, 本文取海水层速度为 1500m/s, 沉积层平均速度为 1600m/s, 计算得到胶州湾海域基岩埋深等值线图 (图 6-1)。由图可知, 胶州湾北部和西部海区基岩埋深较浅, 向湾口方向基岩逐渐变深, 在湾内中部海区基岩埋深中间深两侧浅, 至湾口团岛与黄岛连线区域, 基岩等深线呈北东——北北东向延伸, 且基岩大面积出露, 推测与湾口处水动力作用有关; 黄岛前湾海域基岩埋深中间浅, 两侧深, 等值线呈北东向延伸, 海西湾区基岩变化规则, 基本上是自北向南逐渐加深。从基岩埋深的变化趋势看, 可以简单概括为“三凸四凹”来讨论。

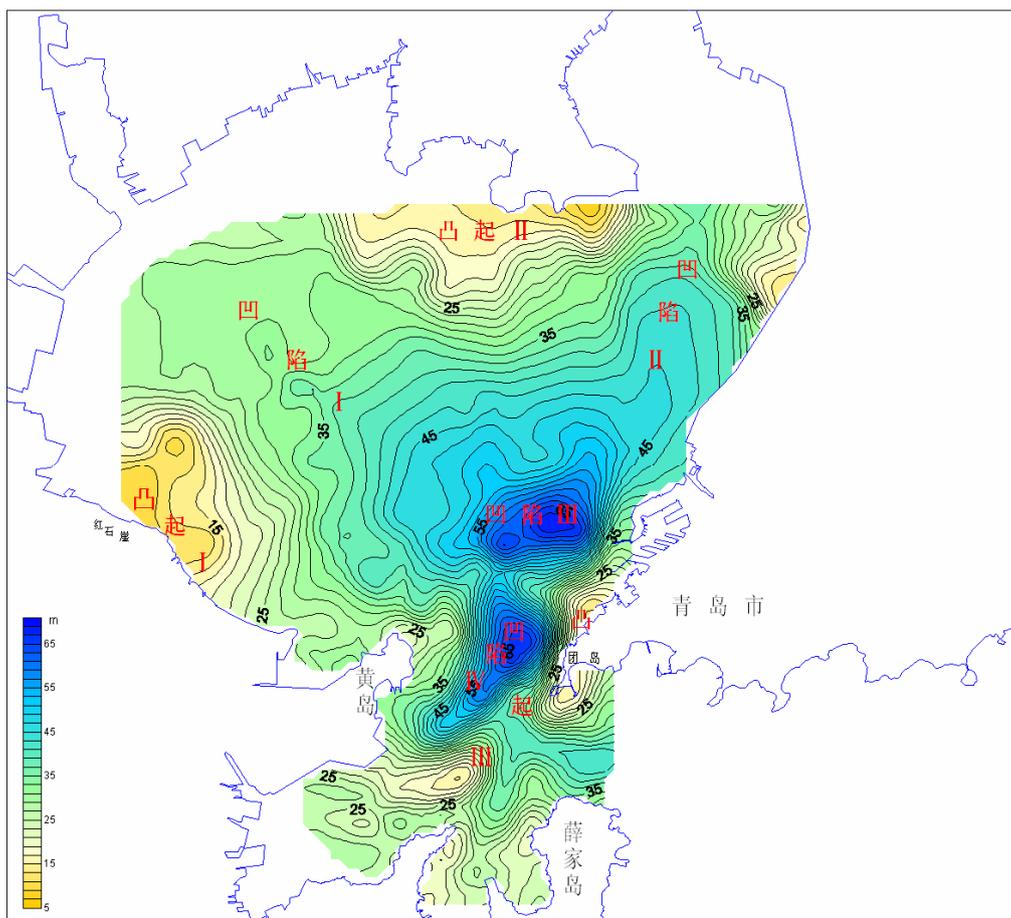


图 6-1 胶州湾基岩埋深等值线图

6.1.1 凸起 I

红石崖与黄岛连线海域外侧，位于胶州湾内的西南部，基岩埋深 25m 以浅，等深线大致呈北西走向，愈近岸埋深愈浅，向湾内基岩逐渐变深，结合第五章胶州湾断裂特征的讨论，判断该凸起边界为郝官庄断裂和大沽河——朝连岛南断裂的北段，据胶州湾海域磁异常特征，结合陆域钻孔资料 ZK9，推测此凸起为元古界胶南群片麻岩在海域的延伸。

6.1.2 凸起 II

位于红岛外侧海域，基岩等深线与岸线基本吻合，基岩总体埋深不超过 20m，据钻孔资料，凸起的东部为玄武岩和安山岩，推测为红岛火山岩向海域的延伸；西部则为泥岩和角砾岩。

6.1.3 凸起 III

位于湾口区团岛外侧海域，结合地震剖面（图 4-4）基岩出露，向岸侧基岩急剧变浅，据钻孔资料推测为崂山期花岗岩，基岩埋深明显受沧口断裂控制。

6.1.4 凹陷 I

位于胶州湾的西北海域，大沽河——朝连岛南断裂北段以东区域，基岩起伏相对平缓，自北向南逐渐加深，据钻孔资料基底岩性为泥岩、角砾岩和玄武岩。

6.1.5 凹陷 II

位于胶州湾东北海域，即墨断裂东南部，基岩起伏相对平缓，自北向南基岩逐渐加深，据钻孔资料基岩岩性为流纹岩、泥岩以及角砾岩，同时局部发育石英正长斑岩等中酸性侵入岩脉。

6.1.6 凹陷 III

位于湾口北部海域，郝官庄断裂北部，沧口断裂西北，基岩埋深 50m 以深，变化剧烈，为一深槽，深槽近 EW 走向，推测受郝官庄断裂与沧口断裂的影响。由于无钻孔资料，经过该区的地震剖面显示基岩表现为具倾斜层理的强反射，推测基岩为白垩纪沉积岩。

6.1.7 凹陷 IV

位于湾口区，郝官庄断裂以南，沧口断裂西北盘，受沧口断裂的影响，基岩

等深线总体成北东——北北东向延伸，基岩埋深在 50m 以深，亦为一深槽，向黄岛岸侧基岩急剧变浅，据钻孔资料基岩为花岗岩基底。

6.2 基岩岩性

从上一节的讨论中，胶州湾的基岩埋深主要受湾内北东、北西和东西向断裂的控制，其中凹陷 I、凹陷 II、凹陷 III、凸起 II 各区基岩在 seismic 剖面上基岩反射为具斜层理的强反射，结合各区的钻孔资料推测这四个区基岩为白垩纪沉积岩、火山岩以及火山碎屑岩；凸起 II 据钻孔 ZK9 与陆域资料判断基岩为胶南群片麻岩；凸起 III 据钻孔资料 ZX2、ZX4 基岩为花岗岩，湾口区团岛——薛家岛连线区，有钻孔资料 NX2、NX3、NX4、NX5 显示基岩为火山岩。

综合以上讨论，胶州湾的基岩岩性主要以区内断裂为边界，湾内大部分为白垩纪沉积岩、火山岩以及火山碎屑岩，推测为胶莱盆地的一部分，在湾内东南海域分布胶南群片麻岩，而湾口区大部分为崂山——小珠山花岗岩，团岛与薛家岛连线区部分出露火山岩（图 6-2）。

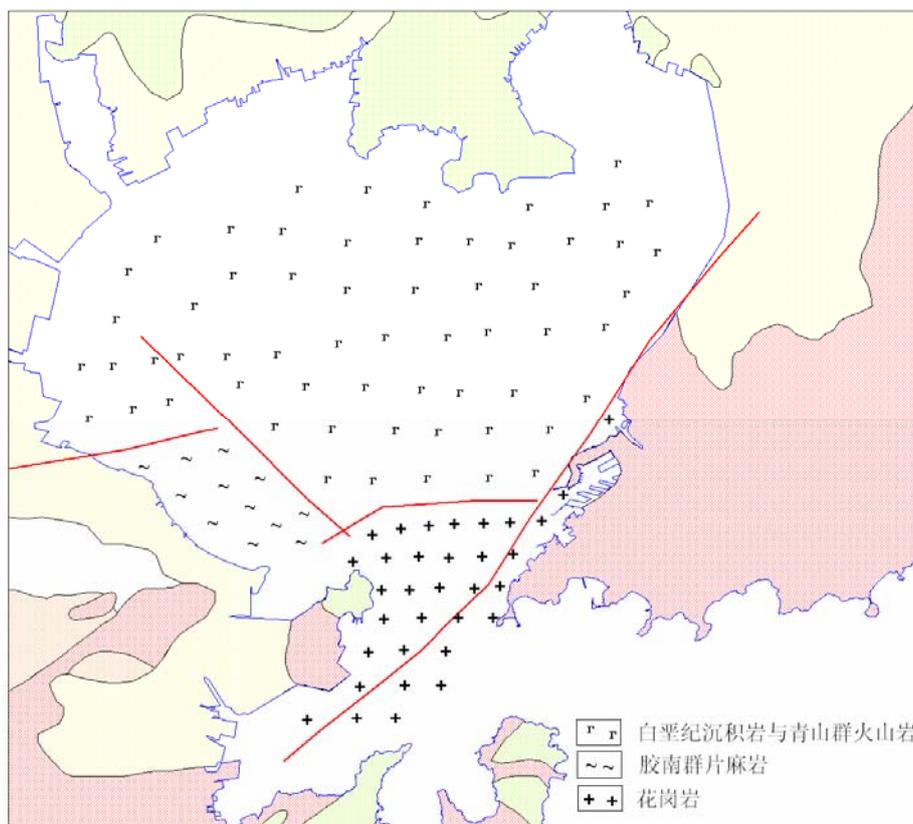


图 6-2 胶州湾基岩岩性分布图

7 胶州湾的成因

7.1 构造单元划分

胶州湾在大地构造上属于一级构造单元华北板块和胶南——临津江带的结合部位，二级构造单元胶北地块中南部和胶南——威海造山带的中北部，三级构造单元胶莱盆地的中南部和胶南隆起的东北部，四级构造单元即墨凹陷南部和胶南凸起的东北部。

贾永刚根据地层、岩性分布规律及断裂带的组合特征，将胶州湾及周边区域进一步划分为四个V级构造单元，即胶州——王台凹陷、即墨——沧口凹陷、小珠山凸起以及青岛——崂山凸起。

栾光忠根据胶州湾地层、岩性分布规律和断裂组合特征，将胶州湾周边划分为七个V级构造单元（见图7-1）。

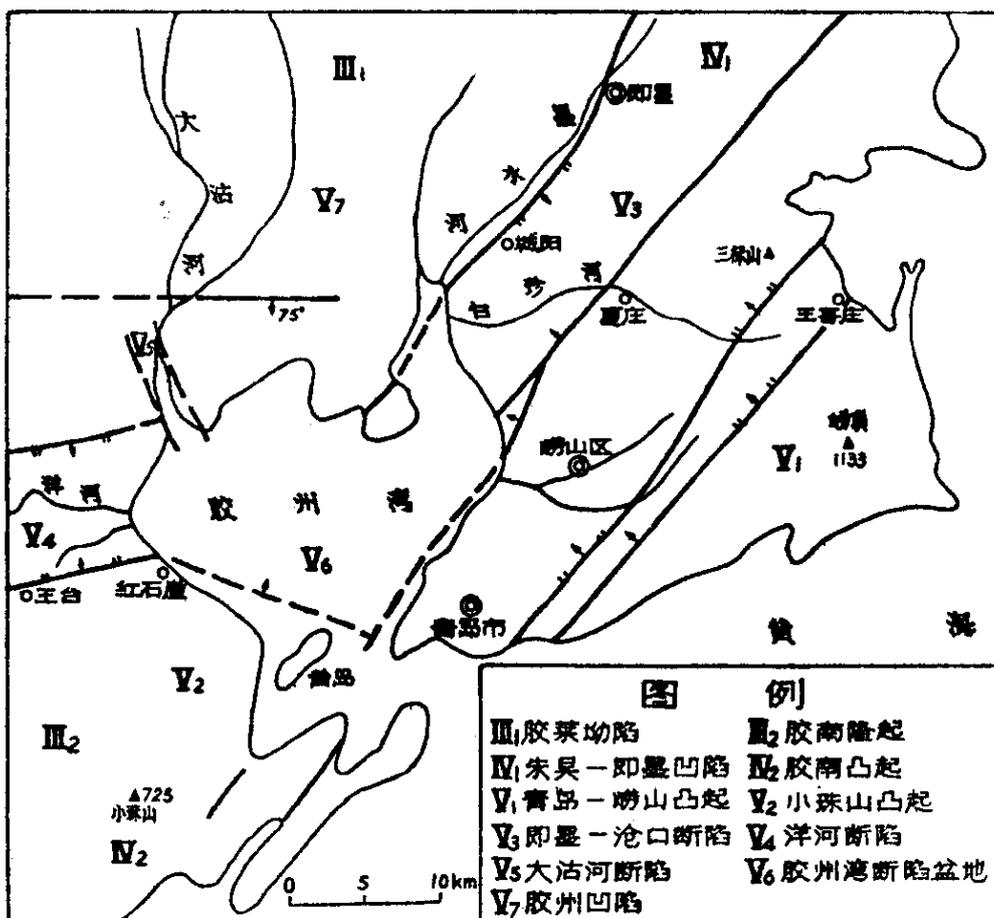


图 7-1 胶州湾构造单元分区图（据栾光忠 1998）

本文根据胶州湾基岩岩性分布特点和断裂构造组合特征，将胶州湾划分为如下四个V级构造单元：

青岛——崂山凸起（V₁）：位于沧口断裂东南，受断裂控制海域基岩相对邻区凸起（凸起III）岩性为花岗岩，沉积层很薄，陆域零星出露胶南群、莱阳组、青山组，广泛出露燕山期花岗岩。平均海拔高度在 300-400m，区内发育 I、II、III 级海蚀阶地，反映出本构造单元第四纪以来持续上升活动为主。

即墨——沧口断陷带（V₂）：即墨断裂以东，沧口断裂以西，受断裂控制，该区相对凹陷（凹陷II），基岩岩性为泥岩、角砾岩等白垩纪沉积岩。

小珠山凸起（V₃）：北部以郝官庄断裂为界，北东以大沽河——朝连岛南断裂为界，陆域出露地层为胶南群和青山组，岩石为花岗岩和正长岩，海域大沽河——朝连岛南断裂以西基岩岩性为胶南群片麻岩，沧口断裂以北为花岗岩，继承陆域岩石地层特点，沉积层主要分布在在黄岛前湾区。

胶州湾断陷盆地（V₄）：胶州湾大部分位于该区，西南以大沽河——朝连岛南断裂北段为界，南东以沧口断裂为界，南以郝官庄断裂为界，判断为属于胶莱盆地的一部分。水下地层为青山组、王氏组和晚更新世以及全新世胶州湾组。

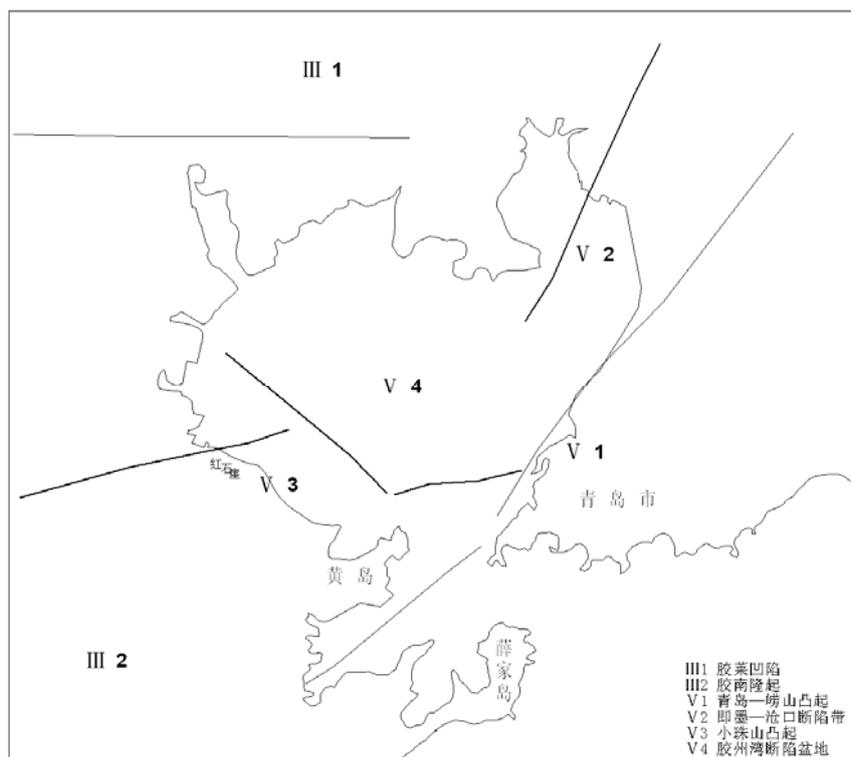


图 7-2 胶州湾构造单元划分 30 图

7.2 成因讨论

有关胶州湾的成因,不少学者都进行过讨论,提出过不同的假说。其中,最早的假说是1930年叶良辅和喻德渊提出的风化侵蚀成因说,他们认为胶州湾地区的岩石松软,经风化侵蚀后形成盆地,海水进侵而形成胶州湾。

郭计民和刘洪滨通过对青岛地区的调查,提出了破火山口成因说,认为胶州湾是在白垩纪破火山口形成火山沉陷的基础上经改造形成的海湾。

成国栋等1980年提出了构造成因说,认为胶州湾是燕山运动时期的旋卷构造漩涡,又经喜山运动的北东向构造切割而形成的。

而后,赵奎寰和栾光忠等学者认为胶州湾为一断陷盆地,其中赵奎寰认为胶州湾棋盘格式构造起着主要控制作用,栾光忠认为胶州湾的陷落是受沧口断裂以及新华夏系几组断裂控制的。

近期,吕洪波提出胶州湾冰川成因说,认为胶州湾是更新世晚期覆盖山东半岛的大陆冰川向黄海运移过程中挖掘出来的峡湾。

综合前人的研究,对于胶州湾的成因迄今为止,主要有侵蚀成因、破火山口成因、构造成因、冰川成因等几种。

本文在前人研究成果的基础上,认为胶州湾是一个断陷盆地,主要证据如下:

- 1) 胶州湾湾内主要发育NE、NW、EW向三组断裂,总体上看,NE、NW向两组断裂呈扇形展布收敛于湾口。其中NE向沧口断裂倾向南西,沿平行于胶州湾东部岸线向西南方向延伸,断裂北段错断两侧测基岩42m,断裂中段(湾口处)错断基岩三十余米,向南逐渐减小到6-10m;NW向大沽河——朝连岛南断裂北段倾向北东,沿平行胶州湾西部岸线向东南方向延伸,且断裂呈阶梯状向湾内下降;EW向郝官庄断裂倾向北,受NW向断裂切割向南错移约5公里,于湾口北侧向东延伸收敛于沧口断裂。
- 2) 从胶州湾基岩埋深特点看,受NE、NW向断裂的控制,胶州湾西南部、东部基岩相对凸起,湾内基岩相对凹陷(图7-3),基岩埋深北部浅,南部深,至湾口处基岩达到最深,西部浅,东部深,断裂的控制作用不同。从基岩的岩性分布特点看,北东向沧口断裂北段为青岛花岗岩与胶州湾内青山群的岩性边界,北西向大沽河——朝连岛南断裂北段为胶南群片麻岩与白垩系的分界线,东西向的郝官庄断裂作为区域性大断裂,在胶州湾内是白垩系与花岗岩的岩性边界。

综合胶州湾的断裂分布特点，以及基岩埋深和基岩岩性特点，本文认为胶州湾是受多组断裂控制的断陷盆地。

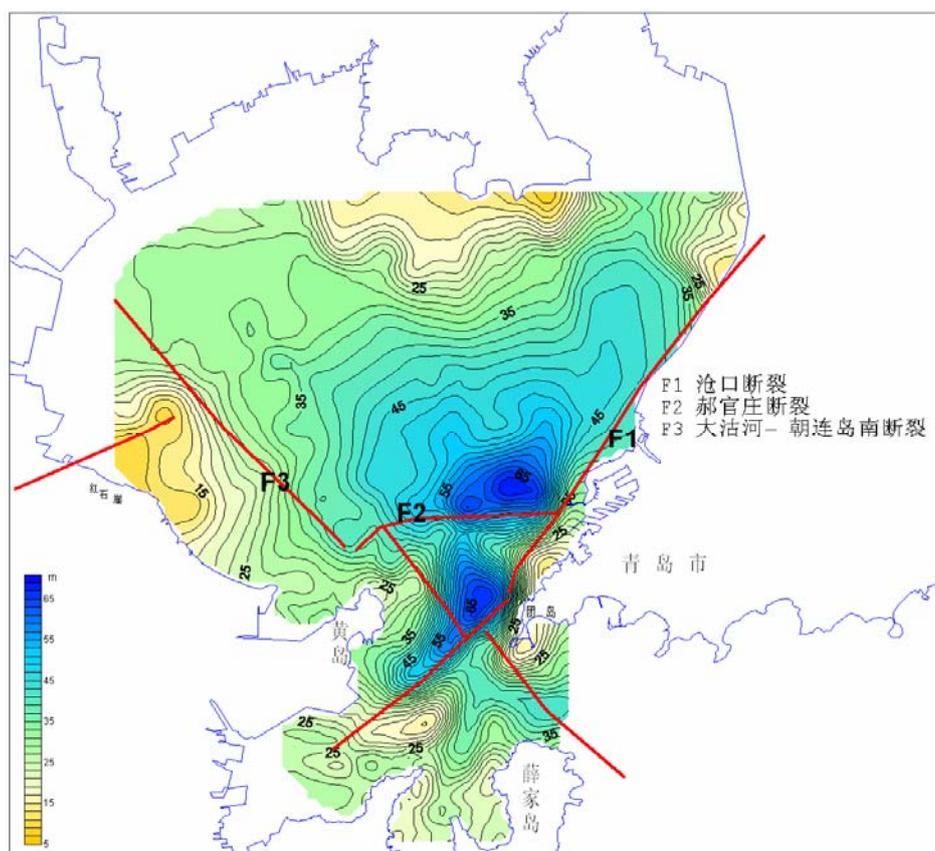


图 7-3 胶州湾基岩埋深图

8 结论与认识

通过对胶州湾已有的地球物理和地质资料的分析,结合有关文献资料,形成本文,通过上述研究,获得以下几点认识。

1) 通过对胶州湾湾内地震剖面的追踪对比,对胶州湾的声学地层进行划分,共识别出 R0、R1、R2、3 个具有区域意义的波阻抗界面。其中 R0 为海底反射界面,以高能量、强振幅为特征,在全区可连续追踪;R1 为全新世与晚更新世的的分界面,以高能量、中强振幅、连续性好为特征,主要发育与胶州湾内,在黄岛前湾海域由于人工挖掘而部分缺失;R2 为声学基底。

2) 结合钻孔资料,划分了三个地震地层单元为 U1、U2、U3。其中 U1 为胶州湾内最年轻的一套地层,为全新世海相层,岩性以青灰色淤泥和淤泥质亚粘土为主;U2 层为晚更新世陆相层,岩性以颗粒较粗的砂砾和亚粘土互层为主;U3 层为该区的基岩层,岩性复杂,包括白垩纪沉积岩、火山岩、碎屑岩以及花岗岩。

3) 通过胶州湾磁力异常特征和地震剖面上断裂断点的识别,胶州湾内主要发育有 NE、NW、EW 向三组断裂,与其邻近区域有继承性特征。其中 NE 向断裂包括有即墨断裂、沧口断裂、青岛山断裂、辟石口断裂,即墨断裂发育于白垩纪地层中,为青山群与王氏群的分界断裂;沧口断裂北段为白垩系与崂山花岗岩的分界线,南段发育在崂山——小珠山花岗岩之中;NW 向大沽河——朝连岛南断裂被 NE 向沧口断裂和近 EW 向的郝官庄断裂分成三段,北段呈阶梯状向湾内下降,为白垩系与胶南群片麻岩的分界断裂;EW 向郝官庄断裂受 NW 向断裂切割向南错移约 5 公里,并收敛于沧口断裂;NE、NW 向两组断裂分别沿胶州湾东岸、西岸沿伸呈扇形展布收敛于湾口。

4) 胶州湾基岩埋深总体呈“三凸四凹”格局,受 NE、NW、EW 向三组断裂的控制,基岩埋深北浅南深,西浅东深,湾口处基岩最深。

5) 胶州湾内可划分为四个 V 级构造单元:青岛——崂山凸起、即墨——沧口断陷带、小珠山凸起、胶州湾断陷盆地。

6) 综合胶州湾的断裂特征和基岩埋深特点,胶州湾是受 NE、NW、EW 向三组断裂控制的断陷盆地。

参考文献

- [1]中国海湾志编委会.中国海湾志（第四分册）.北京：海洋出版社，1993.
- [2]贾永刚，谭长伟，刘红军等.青岛城市工程地质.青岛：青岛海洋大学出版社，1995.
- [3]国家海洋局第一海洋研究所.胶州湾自然环境.北京：海洋出版社，1984.
- [4]李乃胜，于洪军等.胶州湾自然环境与地质演化.北京：海洋出版社，2006.
- [5]吴桑云，王文海，蔡文宝.胶州湾第四系的划分.海洋学报.1995.vol.17.No.4
- [6]汪亚平，高抒.胶州湾沉积动力学及相关领域研究进展.研究综述
- [7]董贺平，李春，赵铁虎，李绍全.青岛近海潜在地质灾害因素.海洋地质与第四纪地质.2007.vol.27， sup.
- [8]蔡龙宝，亓发庆.胶州湾海底地形地貌继承性研究.海岸工程.1993.vol.12， No.2
- [9]阎新兴，吴明阳，刘国亭.胶州湾地貌特征及海床演变分析.水道港口.2000.No.4
- [10]肖菲，尹延鸿.青岛海岸带及邻近海域地形和沉积物类型研究.海洋地质动态.2006， vol.22， No.10
- [11]刘怀山，周青春，童思友等.近海湾口潮汐沉积地球物理特征研究——以胶州湾口为例.中国海洋大学学报.2006， vol.36， No.1
- [12]赵月霞，刘保华，李西双等.胶州湾湾口海底沙波地形地貌特征及其活动性研究.海洋与湖沼.2006， vol37， No.5
- [13]赵铁虎，李春等.青岛近岸海区海底地貌类型及声学特征.海洋测绘.vol.25， No.1
- [14]边淑华，夏东兴，陈义兰，赵月霞.胶州湾口海底沙波的类型、特征及发育影响因素.中国海洋大学学报.2006， vol36， No.2
- [15]边淑华，夏东兴，李朝新.胶州湾潮汐通道地貌体系.海洋科学进展.2005， vol.23， No.2
- [16]边淑华，胡泽建，丰爱平，夏东兴.近 130 年胶州湾自然形态和冲淤演变探讨.黄渤海海洋.2001.vol.19， No.3
- [17]尹延鸿，薛春汀，山东崂山劈石口断裂的活动特征.海洋地质与第四纪地质.1987， vol.7， No.1
- [18]李桂群.青岛区域构造特征及其与地震的关系.海洋湖沼通报.1994， No.3
- [19]陶建文.青岛地区北东向断层的成因研究.青岛大学师范学院学报.1998， vol.15， No.2
- [20]栾光忠，吕明进，范德江，杨荣民.青岛地区北北西向断裂及其地质意义.海洋湖沼通报.1998， No.4

- [21]李昭荣. 胶州湾航磁测量及地质特征.山东海洋学院学报.1983.vol.13, No.3
- [22]栾光忠, 任鲁川, 段本春.青岛及邻区 NE、NW 向断裂的活动性研究.青岛海洋大学学报.1999, Vol.29, No.4.
- [23]王志才, 晁洪太, 崔昭文, 李家灵, 石荣会. 青岛及邻区 NE 向断裂的第四纪活动性及控震意义.地震地质.2001, Vol.24, No.2.
- [24]栾光忠, 张海平.青岛沧口——温泉断裂的空间展布及现代活动性研究.地震地质.2001, Vol.23, No.1.
- [25]栾光忠, 刘红军, 刘冬雁. 青岛胶州湾3.2级地震构造背景与控震断裂. 青岛海洋大学学报. 2002, Vol.32, No.5.
- [26]梁瑞才, 王挨洋, 郑彦鹏等.胶州湾地磁场特征及其工程地质意义, 海洋科学进展, 2004, Vol.22, No, 3.
- [27]裴彦良, 刘保华, 李西双等.胶州湾口海区磁力异常特征及构造解释.海洋科学进展.2006. Vol.21, No.3.
- [28]郭玉贵, 邓志辉等. 青岛沧口断裂的地质构造特征与第四纪活动性研究. 震灾防御技术. 2007, Vol.2, No.2.
- [29]王红霞, 郭玉贵.青岛马山——王哥庄断裂带构造活动性分析.地球物理学进展.2005. Vol.20, No.3
- [30]郭晓玉, 刘保华, 李三忠等.多波束资料在胶州湾口海底节理构造研究中的应用.海洋科学进展.2005. Vol.23, No.3.
- [31]刘志杰, 庄振业, 韩德亮等.全新世胶州湾海侵及大沽河古河口湾的形成和演变.海岸工程. Vol.23, No.1.
- [32]董贺平.青岛海滩沉积构造及其底形特征.海洋地质动态.2004.vol.20, No.12
- [33]潘元升, 李彬, 宋德史等.2004年11月1日青岛崂山3.6级震群概况.国际地震动态.2005.vol.318, No.6
- [34]潘元升, 侯海锋等.2003年6月青岛崂山4级震群序列初步分析.内陆地震.2004.vol.18, No.1
- [35]潘元升, 颜景连等.2003年6月5日青岛崂山4.1级震群概述. 国际地震动态.2003.vol.299, No.11
- [36]栾光忠, 刘光军, 范德江.青岛胶州湾地质特征及其成因.海洋湖沼通报.1998.No.3

- [37]赵奎寰.胶州湾的成因及演变.黄渤海海洋.1998.vol.16, No.1
- [38]叶良辅, 喻德渊.山东海岸变迁之初步观察及青岛火成岩之研究, 国立中央研究十九年度总报告, 1930
- [39]李善为.从海湾沉积物特征看胶州湾的形成演变.海洋学报.vol.5, No.3
- [40]成国栋.胶州湾地质构造特征及其成因.青岛市地质学会第三届(1979)学术会议论文集汇编
- [41]刘洪滨.胶州湾成因的讨论.海洋地质与第四纪地质.1986.vol.6, No.3
- [42]LU Hongbo. Quaternary glacio-erosional landforms in Laoshan Mountain and their constraints on the origin of Jiaozhou Bay, Qingdao, east of China. Chinese journal of Oceanology and Limnology. 2007. Vol. 25, No. 2
- [43]唐华风, 程日辉, 白云风, 孔庆莹.胶莱盆地构造演化规律.世界地质.2003.vol.23, No.3
- [44]李桂群, 范德江.胶莱盆地构造单元划分及其特征.青岛海洋大学学报.1994.vol.24, No.2
- [45]廖远涛.胶莱盆地的盆地样式及构造演化.新疆石油地质.2002.vol.23, No.4
- [46]国家海洋局第一海洋研究所.青岛海湾大桥工程地质物探勘察报告, 2000.
- [47]国家海洋局第一海洋研究所.青岛胶州湾湾口海底隧道工程地质物探报告, 2004
- [48]国家海洋局第一海洋研究所.青岛海湾大桥一期工程初步设计阶段工程物理勘察报告, 2005
- [49]国家海洋局第一海洋研究所.青岛胶州湾湾口海底隧道工程 F3 断裂报告, 2004.
- [50]国家海洋局第一海洋研究所.青岛市活动断层探测与地震危险性评价项目报告, 2005.
- [51]国家海洋局第一海洋研究所.青岛海湾大桥(北桥位)工程初步设计阶段勘察报告, 2005.
- [52]韩有松, 孟广兰.胶州湾地区全新世海侵及其海平面变化.1984.No.20
- [53]翟慎德.胶莱盆地莱阳凹陷构造特征及演化.石油试验地质.2003.vol.25, No.2
- [54]黄太岭.胶莱盆地区域地球物理场特征及构造单元划分.山东地质.2000.vol.16, No.3
- [55]贾永刚, 孙永福, 谭长伟.胶州湾环境与工程建设.海岸工程.1996.vol.15, No.2

致谢

首先向我的导师刘保华研究员致以诚挚的谢意，本文是在刘老师的精心指导、关心和帮助下完成的。

刘保华老师知识渊博、思想深邃、治学严谨、平易近人，在这三年里不仅传授给我系统的科学研究方法，而且其实事求是的科学态度，严谨认真的科学作风都深深影响了我，在培养我的科学素质上一丝不苟，在提高我的业务水平上海人不懈，对论文的选题及质量严格要求，使我获益匪浅。对导师的传道解惑再次表示感谢！

感谢吴金龙研究员在论文的选题方向上给予我很大的启发。

感谢国家海洋局第一海洋研究所王揆洋研究员、梁瑞才研究员、韩国忠研究员等在硕士学习中给予的指导。

感谢郑彦鹏、李官保、李西双、刘晨光、裴彦良、赵月霞、苏天赞、阚光明、王立明、华清峰、韩同城、李正光、陶倩倩等师兄弟在三年硕士生活中的关心和帮助。

感谢李西双博士对论文选题的建议以及学业上的支持。

感谢师姐赵月霞在室内资料分析过程中给予的帮助。

感谢我的同学石丰登、刘永刚、张中杰、韩同城、谭军等在我的学业及论文上给予的支持。

感谢海洋一所研究生处的杨军老师、刘丽玲老师在三年硕士生活、学习中给与的关心和帮助。

感谢中国海洋大学地球科学学院老师在硕士读书期间给与的教导和关怀。

感谢江苏省水文地质工程地质勘察设计院和青岛海洋工程地质勘察设计院提供的钻孔资料。

感谢我的家人给予我的理解、关心和支持！

最后在本文完稿之际，向所有给予支持和鼓励的各位同仁表示最诚挚的感谢和深深的敬意。

支鹏遥

2008年5月于海洋一所