



Selection of
Hydrogeology and
Engineering Geology

水文地质工程地质
论丛

2

地质出版社

P60-53
4.0(2)

水文地质工程地质论丛

(2)

6477/01

《水文地质工程地质》编辑部

地质出版社

· 379309

水文地质工程地质论丛

(2)

《水文地质工程地质》编辑部

责任编辑：阎锡珩 汪福炘 黎青宁

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张14³/₈ 字数：339,000
1987年3月北京第一版·1987年3月北京第一次印刷
印数 1—2,000册 国内定价：3.40元
统一书号：13038·新377

目 录

我国海岸带及海岛地下水资源开发与环境保护.....	肖楠森 (1)
中国地热发现开发利用史.....	李仲均 (17)
承压含水层中井附近地下水流的对数插值法.....	薛禹群 谢春红 (27)
关于潜水井的渗出面,水力梯度,非完整性及砂槽试验.....	陈雨孙 张子文 (37)
溶液流在固体表面处的溶质质量分布——对流扩散方程的渐近解.....	柏 瑞 (55)
暴雨对煤矿的危害及防范.....	李金凯 (67)
多层空间曲面渗流模型计算方法.....	姜 本 刘志中 (77)
土壤非饱和纵向和横向弥散系数确定方法的研究.....	杨金忠 (91)
抽水试验反求水文地质参数的最优化方法.....	范家爵 (103)
粘性土微结构名词术语.....	薄遵昭 李生林 秦素娟 (117)
兰州晚更新世黄土的微结构特征与湿陷性.....	雷祥义 王书洁 (129)
新滩滑坡研究.....	薛果夫 吕贵芳 任 江 (141)
长江新滩—广家崖岸坡变形破坏机制及发育过程分析.....	胡海涛 钟立勋 (167)
砖红色粘土岩工程地质力学特性研究.....	周瑞光 (179)
长江水下三角洲区沉积相序及其发育特征.....	杨文达 陈中原 丁培民 (191)
长江水下三角洲全新世地层的初步研究.....	管一平 唐保根 (205)
地质力学模型试验中的某些模拟技术问题.....	王兰生 沈 泰 (217)

CONTENTS

On the Development and Environment of the Groundwater Resources in the Coast and Islands of our Country	<i>Xiao Nansen</i> (1)
The History of Discovery, Exploitation and Utilization of Geothermics in China	<i>Li Zhongjun</i> (17)
Logarithmic Interpolation for Confined Groundwater Flow near Wells	<i>Xue Yuqun Xie Chunhong</i> (27)
Seepage Surface, Hydraulic Gradient and Nonpenetration of Uncon- fined Water well, and Sand Tank Experiment.....
.....	<i>Chen Yusun Zhang Ziwen</i> (37)
Mass Concentration Distribution of Solution Flow near Boundary Sur- face of a Solid—Asymptotic Solution of the Convective Diffusion Equation	<i>Bo Rui</i> (55)
Rainstorm Endangering Mine Development and Its preventive Measu- res	<i>Li Jinkai</i> (67)
Calculation Method for a Multi-layer Curved-surface Seepage Model	<i>Jiang Ben Liu Zhi Zhong</i> (77)
Determination of Lateral and Longitudinal Dispersion Coefficient for Unsaturated Soil	<i>Yang Jinzhong</i> (91)
An Optimization Method of Inverse Operation is Determine Hydro- geological Parameter of the of Pumping Test	<i>Fan Jiajue</i> (103)
The Terminology For Clayey Soil Structures.....
.....	<i>Bo Zunzhao Li Shenglin Qin Suquan</i> (117)
Microtexture Characteristics and Slumping Property of the Late Pleistocene Loess in Lanzhou Area.....	<i>Lei Xiangyi Wang Shujie</i> (129)
A Study on Xintan Landslide.....	<i>Xue Guofu Lu Guifang Ren Jiang</i> (141)
Analysis on the Development Process and Deformation-Mechanism and Failure of XinTan—GuangJiaYa Slope of Yangtzi River Valley	<i>Hu Haitao Zhong Lixun</i> (167)
Engineering Geomechanic Behaviour Brick-Red Claystone.....
.....	<i>Zhou Ruiguang</i> (179)
Sedimentary-Facies Sequence and Development Characteristics of the Subaqueous Chang jiang River Delta.....
.....	<i>Yiang Wenda Chen Zhongyuan Ding Paiming</i> (191)
Prelimin Study on Holocene Strata of the Submerged Changjing River Delta.....	<i>Zan Yiping Tang Paoken</i> (205)
Some Technical Problems in Geomechanical Modelling
.....	<i>Wang Lansheng Shen Tai</i> (217)



我国海岸带及海岛 地下水资源开发与环境保护

肖楠森

(南京大学地质学系)

提 要

从地质和水文地质的观点来看,我国的海岸带及海岛可以分为两个类型,即松软的与坚硬的沉积岩类型和风化与新鲜的火成岩(包括少部分变质岩)类型。不管这些岩石中地下水资源赋存状态是如何的大不相同,其中大多数是受新构造所控制,特别是新构造断裂中的张扭性断裂所支配。新生代松软岩石中的孔隙水资源常常赋存在新构造断裂的下降一侧或者在新构造断裂带的地堑型槽带之中,新生代以前的坚硬岩石中裂隙水资源又常常赋存于新构造断裂的张扭性裂隙之中。在新构造裂隙中的淡水或者饮用矿泉水常埋藏在地面以下几米至几百米的范围之内,并且可以划分为三个带:即上部的入渗带,中部的渗流带和下部的滞流带,在这三个带中水量和水质都有所不同,因此,在这些地带的地下水资源开发和环境保护的水文地质调查和地下水勘探,如果采用新构造控制地下水资源分布的理论和分析勘察方法,则可以得到较好的成效和较多的经济利益。

一、前 言

我国海岸带很长,海岛也很多,自北向南跨越寒温带、温带、亚热带和热带等四个不同气候带,其间水文、土壤、植被、地形、地貌和地质等条件差异较大,各个地段地下水的形成、发展以及补给、渗流、储存和排泄等过程互不一致,开发利用与环境保护也受到很大的制约。目前,除部分地段新生代松软岩石中的孔隙水有所开发利用外,大部分基岩海岸带及海岛中的地下水资源还有待于详细调查研究,合理地进行开发利用和有效地进行环境保护。

我们参加海岸带及海岛的水文地质工作的时间较早,五十年代初期,就曾在江苏连云港及黄海中的一部分海岛进行过水文地质勘察,但由于思想方法和科学技术落后,没有取得什么成效。1976年为了解决青岛市的紧迫缺水问题,在进行胶州湾海湾水库工程地质勘察的同时,也曾对青岛市内的花岗岩和火山岩中的裂隙水进行过勘察,到1979年已先后进行过三次勘察,取得了一些可喜的成绩,也遇到了不少的问题。

近年来,我们又先后在辽宁、山东、江苏、浙江、福建和广东等地的海岸带及海岛进行地下水资源勘察,又获得了一些新的成果和认识。工作中我们深刻地体会到采取有效的工作方法和正确认识水文地质条件十分重要,对新构造断裂控制地下水资源分布机理的认识及采取的勘察技术,在海岸带及海岛地下水资源的开发利用中还是一个薄弱环节,如果得不到及时解决,工作就很难开展,更谈不上能取得什么成效。

随着我国对外开放对内搞活经济政策的深入贯彻,我国海岸带与海岛已经成为我国经济振兴的前哨和内外交流的重要基地。由于这些地区具有特殊的自然环境和水文地质条件,地下水资源的开发利用和环境保护中突出地存在下列两方面的问题。一方面是一部分地段已经开发利用的新生代松软沉积层中的孔隙水资源,因供水井的布局不合理和地下水资源的过量开发,已引起了地面沉降,地下水水位大幅度持续下降,地下水资源衰竭,水质受到污染恶化或海水入侵等一系列不良后果,严重地影响了这些地段人民的生活生产,海港建设和国防建设,如何合理地开发利用这些地区的地下水资源和有效地进行地下水的的环境保护已是当务之急;另一方面由于对基岩裂隙水资源,特别是对新构造裂隙水资源的认识不足,大部分海岸带和海岛中的基岩裂隙水资源,没有很好地开发利用,以致使一些地区严重缺水或者无水的问题长期得不到解决,也严重地影响了当地人民的生活和生产以及经济建设和国防建设。由于这些情况的存在和出现,人们普遍地关心着我国海岸带与海岛中地下水资源的开发利用究竟有多大前景,应如何合理开发利用和进行环境保护,以充分发挥这些地区地下水资源的潜力,取得最大限度的经济效益和社会效益等问题。

本文试图对这些问题从理论上和实践上进行一些探讨,意在抛砖引玉,最终目的是希望更多的水文地质工作者来研究和进行这一项工作,为四化多作贡献。文中不妥之处,请多批评指正!

二、我国海岸带及海岛发展的地质历史、 地层岩性和地质构造特征

从地质发展的历史来讲,我国位于欧亚大陆板块的东缘,长期以来,我国海岸带及海岛处于受太平洋板块挤压的过程中,也就是说地壳相对收敛地带的边缘。因此,我国海岸带及海岛大都处于由陆而海的历史过程之中,无论是不断上升遭受侵蚀剥离的基岩丘陵海岸和海岛,或者是不断下降接受陆源堆积的泥沙滩地和海岛,在一定的深度内都有陆相地层存在,这对于我国海岸带及海岛中一定深度范围内地下淡水和饮用矿泉水的形成和发展是有利的。而对于新生代一些松软岩石中孔隙水资源的形成、发展和保护是不利的。有些地方还会有原生污染和导致海水入侵等危害。例如渤海口的庙岛群岛,过去曾是纵贯渤海冲积平原和黄海滨海平原之间的一条低山丘陵组成的山地,各个山谷之间以及山体的周边都堆积有较多较厚的洪积冲积层,并储存有舌状的或透镜状的淡水体,但在晚更新世末至全新世初,由于海水水面的上升和地表面的沉降,这条山脉及其山前平原便相继淹没于渤海和黄海之中,并形成一些串珠状的岛屿,其上部或周边都覆盖有海水和海相沉积,这些基岩海岛中的裂隙水和冲积洪积层中的舌状淡水体便成为地质历史时期中遗留下来的宝贵水资源,如何根据这些海岛的地质发展历史特点,进行合理开发和环境保护是十分重要的问题,尤其是目前这些海岛中的淡水资源已由于不合理的开发利用而遭受不同程度的破坏,问题的严重性是十分突出的。下面从我国海岸带及海岛的地质发展历史,地层岩性和地质构造特点出发,阐述这方面的一些基本情况。

1. 古老的变质岩及混合岩所组成的海岸带及海岛

自辽宁的丹东市至江苏的连云港市一带,海岸带及海岛中除了一部分是中新世和震

且纪的地层岩石分布外, 大部分的基岩海岸带及海岛主要由前震旦纪的变质岩及混合岩所组成, 经受的构造运动很多, 地层岩石的形变比较复杂, 从附近的新生代地层中的构造形迹来看, 断裂活动仍很普遍, 大部古老地层和古老的构造均受新构造断裂的切割, 并常以北北东走向左行压扭性断裂伴随有北西西走向左行的张扭性断裂活动为主, 由于气候条件比较干寒, 侵蚀剥蚀作用比较强烈, 大多新鲜基岩裸露, 风化岩石较少。河北省的北戴河和山海关, 辽宁省绥中县的台子里, 兴城县的新立屯, 菊花岛、锦西县的葫芦岛以及复县的温坨子岛、山东省烟台市的芝罘岛、牟平、威海卫、荣城、石岛、海阳、即墨、胶南、日照、江苏省赣榆、东海、连云港及灌云大伊山等处的基岩海岸带及海岛中均有这种断裂的反映(图1), 有些地方十分明显, 其中辽宁兴城新立屯钓鱼台最为典型, 如图2所示。

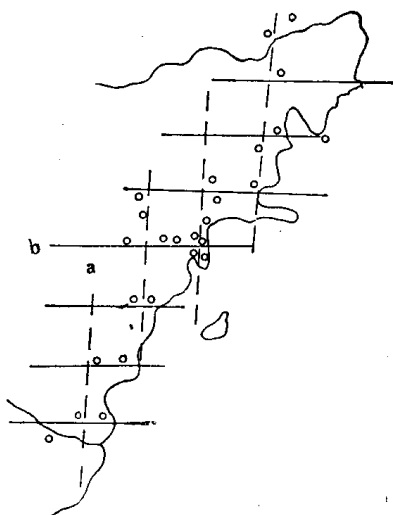


图1 渤海湾西海岸带新构造断裂格架
a—NNE走向以左行压扭性断裂为主; b—NWW走向以左行张扭性断裂为主; ○—新构造断裂的观察地点

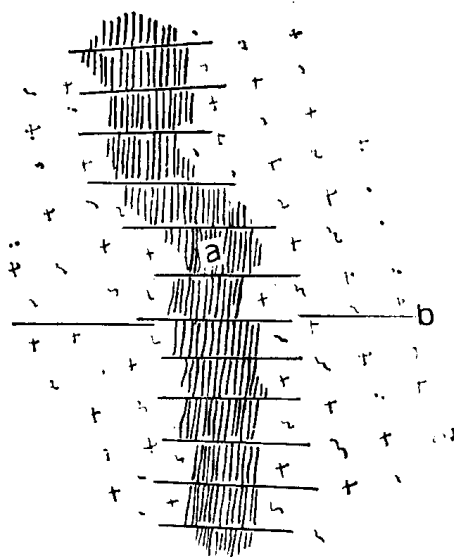
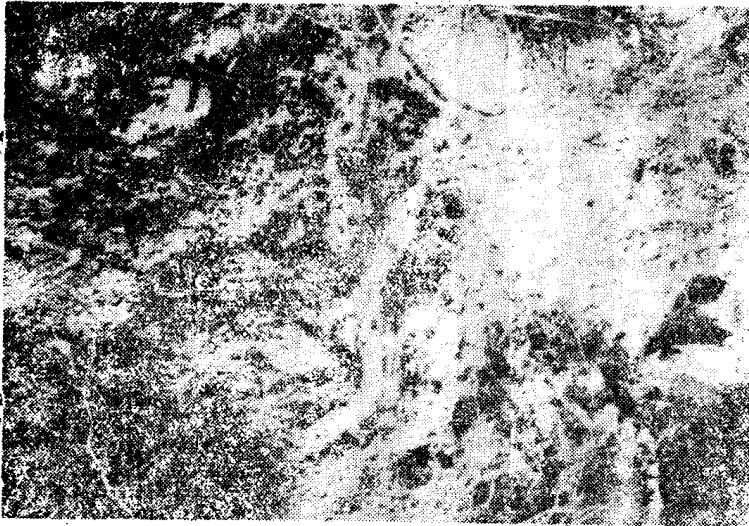


图2 辽宁省兴城县新立屯钓鱼台片麻岩中的新构造断裂
a—NNE走向左行压扭性挤压破碎带; b—NWW走向左行张扭性裂隙

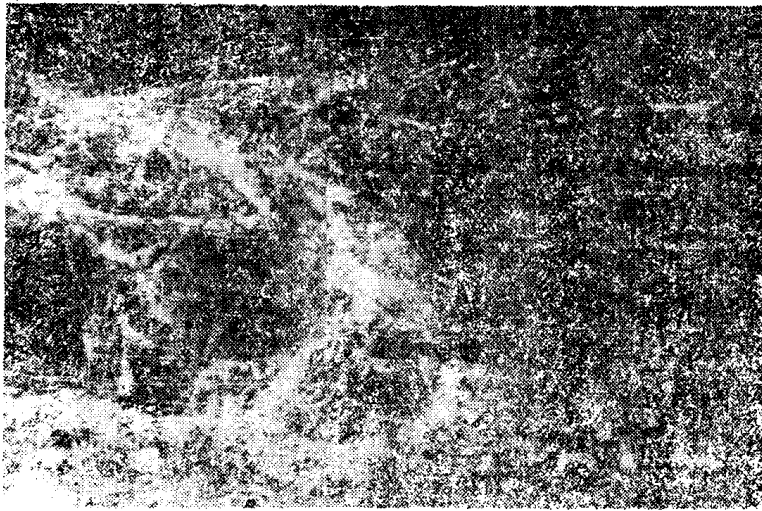
2. 下部古生代(部分前震旦纪)坚硬的沉积岩及变质岩所组成的基岩海岸带及海岛

这类海岸带及海岛多位于上述古老变质岩及混合岩海岸带及海岛之上或其附近, 辽宁省锦西县葫芦岛、兴城的首山、复县的温坨子岛、大连市的棒锤岛, 旅顺、老虎滩、黑石礁、长山列岛、山东省长山县的南长山, 北长山、大竹山、小竹山、北隍城、南隍城、陀机岛、高山岛、大钦岛、小钦岛、大黑山、小黑山及庙岛, 蓬莱县的蓬莱阁, 烟台市的芝罘岛以及青岛市的薛家岛等处均有这类地层岩石分布, 大部分是浅变质的含砾石英岩及石英片岩、片状砂岩、云母石英片岩、云母片岩、含砾千枚岩、千枚岩及板岩等, 原生层理保存十分清晰、地层产状平缓, 常形成NEE走向的短轴背斜和向斜, 纵向和横向断裂十分发育, 规模也比较大, 有各种中酸性岩岩脉和石英脉贯入, 与围岩接触牢固。在辽宁省兴城县北郊首山附近, 有辉绿岩及玄武岩沿NNE走向及NWW走向的断裂侵入于震旦纪下部石英岩中, 山东省长山县大黑山岛西部见有橄欖玄武岩脉贯入于震旦纪变质岩中的NNE走向的断裂带内, 在蓬莱县南郊又见到这种岩脉贯入第三纪红色砂砾岩中的NNE走向断

裂带内，青岛市崂山劈石口有橄榄玄武岩沿NWW走向及NNE走向的断裂带贯入，经山东海洋学院的研究认为这里的玄武岩系第三纪至第四纪初期的产物。在长山县小竹山岛震旦纪石英岩内及其上覆的中更新世网纹状红土中出现有NNE走向的张扭性断裂（照片1）和NWW走向的压扭性断裂（照片2）。在七十年代我国地震活动高潮中岛上的坑道也被这种断裂活动错动达60厘米，可见这里的新构造断裂还有很大的活动性。



照片 1 山东省长山县小竹山岛中更新世地层中NNE走向张扭性新构造断裂。
照片中近垂直的新构造断裂有淋漓的铁、锰物质及风化蚀变的现象



照片 2 山东省长山县小竹山岛中更新世地层中NWW走向左行的压扭性断裂及
断裂面近水平的压扭性擦痕及风化退色的现象

3. 中生代沉积岩及火山岩组成的海岸带及海岛

在我国北方的基岩海岸带及海岛中的中生代沉积岩及火山岩岩性主要为暗红色砾岩，砂砾岩、含砾砂岩、粗砂岩、砂质页岩、页岩及火山凝灰质碎屑岩、玄武岩、安山玄武岩、安山岩及安山岩质火山集块岩等。分布在山东省海阳，莱阳、莱西、即墨、崂山、胶南和胶县等处，地层产状平缓，多为NEE走向宽阔的向斜或背斜，其中纵向和横向的断

裂构造很发育, 常有中酸性岩岩脉贯入, NNE走向和NWW走向的断裂也很常见, 有玄武岩岩脉贯入, 还有重晶石、萤石、石膏、方解石和褐铁矿出现, 并有淋滤的铁、锰等的化合物沿张扭性裂隙充填(参见照片1、2)。

在我国南方中生代火山岩及伴生的火山碎屑沉积岩和沉积岩岩性主要为暗红色砂砾岩、砂岩和页岩、火山角砾岩、块集岩、凝灰质页岩、安山岩和流纹岩等, 分布于浙江、福建和广东沿海地段, 地层产状亦较平缓, 多形成宽阔的向斜和背斜, 呈NEE走向分布, 在广东东部和福建南部沿海一带褶皱较为强烈, 部分地段如广东海丰、陆丰、揭阳、潮安、丰顺、饶平以及福建平和、云霄、漳浦和厦门一带有轻度变质现象, NEE走向和NNW走向的断裂十分发育, 而且规模很大, 有大量花岗岩贯入, 并出现各种金属矿脉和石英岩砾石。

无论是在北方或南方中生代火山岩及沉积岩中均有NWW走向和NNE走向的新构造断裂切割燕山期的各种岩层岩体和构造以及矿脉和矿体。

4. 各种不同时代的花岗岩等所组成的海岸及海岛

在我国海岸带及海岛中, 除了在北部地区的青岛、崂山、即墨、日照、荣城以及辽宁复县和绥中等处有少量花岗岩出露外, 大量的花岗岩海岸带及海岛主要是分布在福州以南地段, 如福建的莆田、惠安、泉州、晋江、同安、厦门、海澄、漳浦、诏安以及广东的饶平、潮安、汕头、潮阳、晋宁、陆丰、海丰、惠东、惠阳、东莞、宝安、深圳、珠海、中山、顺德、南海、广州、禺字、江门、阳江和阳春等地以及香港和澳门等处, 均有花岗岩分布。

无论哪处哪一种时代的花岗岩类或者哪一种大小的岩体中, 断裂构造均很发育, 其中新构造断裂也很显著。例如辽宁绥中台子里的花岗岩体与第四纪地层呈NNE走向断层接触, 复县温坨子前震旦纪古老花岗岩体与中更新世地层呈NWW走向断层接触, 青岛市劈石口崂山花岗岩体中有新第三纪至第四纪早期的橄辉玄武岩脉沿NWW走向断裂带入侵, 深圳莘丽路、黄贝岭和梧桐山等处中更新世网纹红色粘土层中的NWW走向断裂均向下伏花岗岩延伸, 惠阳南郊老第三纪红色砾岩中NNE走向的断裂向下延伸入燕山期花岗岩中, 广州、从化、阳江和阳春一带花岗岩中NWW走向和NNE走向的新构造断裂也十分发育。

5. 新生代沉积岩及火山岩组成的海岸带及海岛

我国海岸带及海岛除台湾有大量新生代沉积及火山岩分布外, 新生代松散沉积物分布在辽宁、河北、山东北部、江苏、浙江北部和广东南部, 主要是辽河、黄河、长江、钱塘江、韩江和珠江的河口三角洲地带, 其形成和发展过程中由于海面 and 地面的升降运动促使沉积物常具海陆相交替交错的特点, 并受新构造断裂活动的影响, 呈带状、槽状、箕状和帚状等不均一和不均匀的分布特点, 例如苏北海岸带中的新生代沉积便具有这种特点。

第三纪至第四纪早期的火山熔岩和火山碎屑岩除山东蓬莱, 招远和福建东山有小面积分布外, 在台湾北部, 澎湖列岛, 海南岛北部以及雷州半岛有较大面积的分布。主要是玄武岩和玄武岩质火山碎屑岩, 并有少量砂、页岩夹层, 其中新构造断裂十分发育, 以NNE走向左行压扭性断裂和NWW走向左行张扭性断裂为多, 有些地段有转换交替出现的象征, 以台北基隆附近(图3、图4), 广东茂名、海口十字路, 湛江屋山等较为明显, 在这些地段还伴随有火山活动, 如台北基隆的火山, 海口附近的雷呼岭, 湛江的湖光岩和福

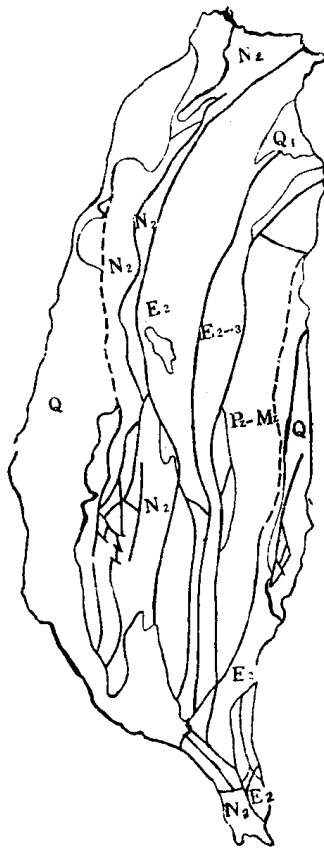


图 3 台湾本岛的新构造断裂平面示意图

P₂-M₂ 古生代至中生代复层岩, E₂ 及 E₂₋₃—老第三地层, N₂—新第三纪地层, Q₁, Q—第四纪地层

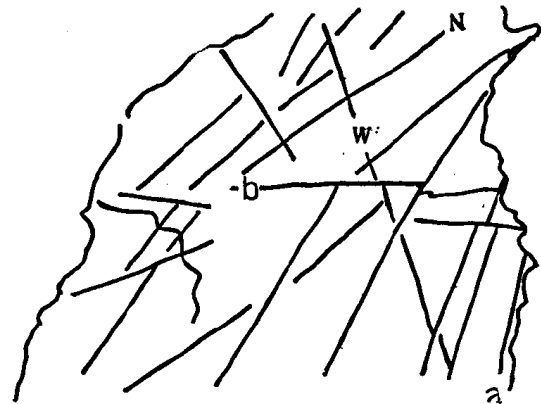


图 4 台湾北部的新构造断裂分析

a—NNE 走向以左行压扭性断裂为主, 伴随有褶皱作用; b—NWW 走向以左行张扭性断裂为主
N—NEE 走向压扭性断裂为主, 为下伏老构造再活动的构造形迹; W—NNW 走向张扭性断裂为主, 亦为下伏老构造再活动的构造形迹

建的东山火山的活动都较晚, 有的在人类历史时期还相当活动。湛江的湖光岩在隋代便有过喷发活动, 台北基隆火山也是如此。

新生代沉积岩和火山岩的分布不但在发生发展中受新构造活动的控制, 在成岩及火山喷发之后, 也常受到后期新构造断裂活动的破坏和改造, 并延伸至下伏的基岩之中。

三、我国海岸带及海岛地下水的 基本类型及其形成、分布的控制因素

上述我国各种海岸带及海岛中地下水资源主要是赋存在陆相地层岩石的孔隙和裂隙中, 绝大部分是承压水、少部分是上层滞水和潜水, 其中以承压水水资源的开发利用和保护条件较好, 主要是受大陆或者海岛内部大气降水及地表水的补给, 有些承压水在海下冒顶越流泄入海水中, 多为隐蔽在海湾中的上升泉, 如山东崂山青山湾中的上升泉, 福建厦门钟宅湾的上升温泉和广东湛江广州湾硃洲岛附近的承压水钻井, 常出现在近期沉降的海岸带及海岛中。海岸带及海岛中的上层滞水及潜水常在岸边或潮间带溢出成泉, 如广东海南岛文昌县的浮粟泉, 浙江宁波阿育王庙的母乳泉, 山东烟台市的虎头岩泉以及辽宁兴城的菊花岛泉等, 多出现在近期上升的基岩海岸带及海岛中, 都是新构造断裂活动对海岸带及海岛

中地下水排泄所起的控制作用而形成。要真正理解新构造对海岸带及海岛中地下水所起的作用，还要从海岸带及海岛中地下水形成，分布、储存和移运的特点和所受到的具体的控制因素来分析研究。

(一) 沉降堆积海岸带和海岛

无论是长时期沉降堆积的海岸带及海岛或者是近期沉降堆积的海岸带及海岛，都会在陆地上形成一些洪积冲积层以及基岩风壳和残积坡积层，在这些沉积物及基岩风化壳中都能获得由大气降水下渗和地表水入渗补给的淡水或者同生水，在一定的水动力作用下，产生地下水的渗流、移运、储存和水的交替循环作用，在上部弱透水层或者不透水层的掩盖保护下，成为埋藏的淡水储水构造（图5），具有一定的承压水头，而且是越向深处水头越高，并通过微弱的渗透长时期冒顶上升越流补给上覆地层中的地下水，在地面不断蒸发作用或海潮的侵灌作用下，由浅到深，沉积物由细而粗，透水性由小而大，地下水水质由咸

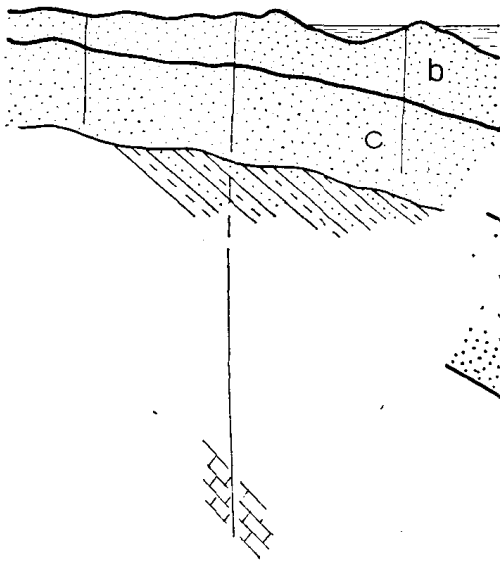


图5 沉积海岸带承压储水构造示意剖面图

b—弱透水或不透水的沉积物；c—透水性较好的细沙或中粗砂含水层

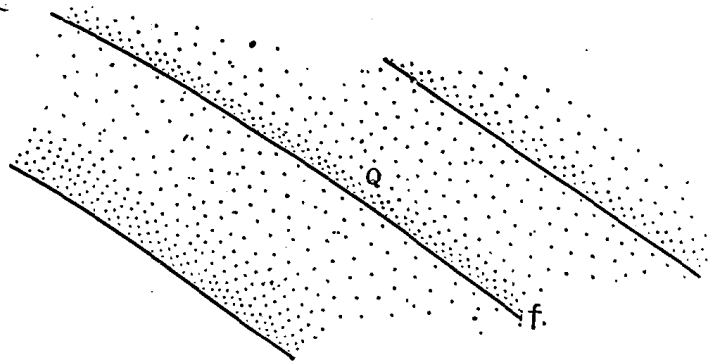


图6 沉积层海岸带中斜列槽状储水构造示意图

f—新构造断裂带，q—新构造断裂带中槽状松散沉积储水构造

而淡，承压水水头由低而高，有时通过新构造断裂导水上升或由钻孔上升，成为自流泉或者承压水井，这种情况在华北滨海平原、苏北滨海平原，台湾西部滨海平原、雷州半岛及海南岛北部滨海平原中的海岸带及海岛中经常可以遇到。这种储水构造及其中的地下水资源是在长期的地质作用过程中才形成发展起来的，是海岸带及海岛难得的宝贵的水资源，在地表水少或者引水十分困难的地方，尤为可贵。不幸的是有些地方对于这种水资源的形成发展的历史过程不认识，往往过量开采或不合理的开采，造成难以挽回的损失，例如山东长山县南隍城岛洪积冲积层中有一个舌状淡水体，其中有一口生活饮用水井，由于过量开采用以抗旱保苗灌溉，引起海水入侵，以致整个淡水储水构造遭受了不可恢复的破坏而带来巨大的损失。沉降堆积海岸带及海岛中地下水的储水构造的形态，常随所在地区新构造运动的形式如升降、翘起、扭动等而有所不同。按新构造运动，特别是新构造运动中的断裂活动所造成的地下水储水构造的形态可以有以下几种：

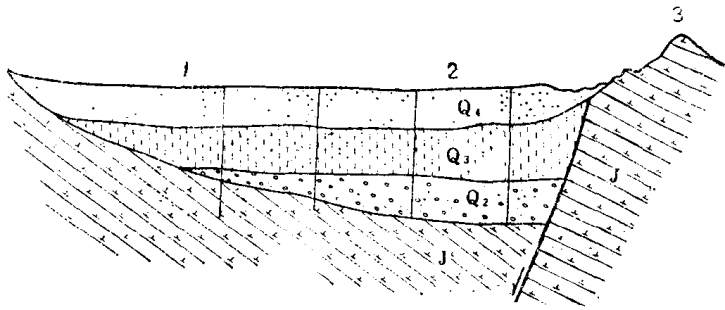


图7 青岛市流亭新构造断裂形成的地堑槽状储水构造

1—2—地堑型槽状储水构造的剖面。3—槽状储水构造旁边的丘陵；J₃—晚侏罗纪安山岩火山岩；Q₂—中更新世砂砾含水层；Q₃—晚更新世亚粘土层；Q₁—全新世亚粘土及亚砂土层

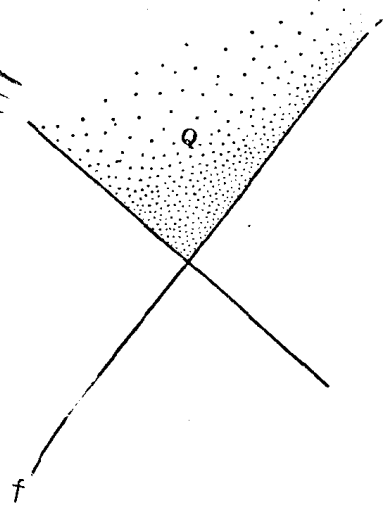


图8 沉积海岸带中新构造断裂带交接形成的箕状储水构造示意图

f—沉积海岸带中新构造断裂；Q—沉积海岸带中箕状储水构造

1. 槽状储水构造

槽状储水构造常出现在新构造断裂活动所形成的地堑中，当这种断裂活动长时期处于同一位置或者较为接近时，则形成叠置的齿状储水构造带，当断裂活动同时期在水平方向分开，则形成平铺的齿状储水构造带，当断裂活动随时间向一个方向转移时，便形成斜列的槽状储水构造带图（图6），如果海岸带的走向与新构造断裂带互相平行时，则储水构造与海岸带的沉积物的特点紧密相联，如果新构造断裂带的走向垂直于或者近于垂直于海岸带时，储水构造常与陆地古河道的沉积物相联系，如山东青岛市流亭（图7，招远县龙口以及河北沧县等处都可以遇到这种储水构造。

2. 桌状储水构造

桌状储水构造不常见，常发生在新构造断裂带的地垒上，在近期沉降的海岸带中，由于新构造断裂带中各个断块的升降不一致，有的凸起为地垒断裂，例如山东潍坊市潍北农场恰位于郯庐断裂带向北延伸的地垒断块上，便在潍北农场以南的地段形成一个南北方向延长的鼻状隆起。其上的陆相沉积物中出现有孔隙淡水体而在基岩中也同样形成裂隙水网格，并通过陆相沉积物中的孔隙以及基岩中的裂隙网接受自内陆由南向北流动的地表水和地下水的补给。雷州半岛也可以说是一个桌状的储水构造，突出在我国南海之中。它的发生发展也与NNE走向的新构造断裂有关。

3. 箕状储水构造

由于新构造断裂活动的双向翘起和扭动的幅度不一致，在两个或者两组断裂相交的地方，可以见到箕状的储水构造（图8）。大型的箕状储水构造如果与河流或者海流的方向一致，便会形成一些串珠状、链状或者放射状的流水沉积物，酷似山前洪积冲积扇被淹没的情况，在海岸带及海下的放射状含水沉积物，目前仍不断在发展，例如江苏北部海岸带与沙岛以及放射状的沙洲的发生发展便是这种情况。

(二) 上升剥蚀的基岩海岸带及海岛

由于新构造运动中的双间扭动作用,在时间和空间上又均有所差异,特别是方位上常有显著的不同,使基岩中裂隙水系发生偏流,即偏向一个方向流动,我国的海岸带及海岛均位于北太平洋的西岸,由于太平洋的海底扩张和地球自转减速的惯性作用,上地幔及地壳长时期处于NWW方向压扭和NNE方向张扭的状况,因而形成NNE走向的左行压扭性断裂作用和NWW走向的左行的张扭性断裂作用(图9),但有时有的地方也会出现相反的情况以及两相交替出现的情况,在这些断裂带处于张扭性作用的时期或者长时期处于张扭性的状况时,便使地下水,特别是裂隙水沿着张扭性断裂带方向偏流,因此,我们可以把断裂富水带分为下列三个主要类型:

1. NWW方向偏流的断裂富水带

在我国海岸带及海岛基岩中主要是NWW走向左行的张扭性断裂,其切割性和连通性均较好。张开性和透水性也均较强,在其中的地下水流循环交替的条件较优,也是我国海岸带及海岛中开发利用地下水的一个非常重要的条件。如果再结合其他有利条件,则找水打井的成功率是较好的。近年来我们在辽宁省兴城沿海地带、山东省长山庙岛群岛,青岛,江苏省连云港市(图9)及赣榆县沿海地带、浙江省宁波市沿海地带,福建省厦门市以及广东省沿海的部分地带,沿NWW走向左行张扭性断裂带上所设计和施工的钻井,均取得了较好的成效。而在这些地带NEE走向左行压扭性断裂带上所设计和施工的钻井,则取得的成效不好。因为前者是尊重客观的自然规律,争取了主动,而后者是违反了客观的自然规律,便陷入被动。

2. NNE方向偏流的断裂富水带

我国海岸带及海岛中有的地段也出现有NNE走向左行的张扭性新构造断裂带,这时无论是海岸带还是海岛中的地下水便跟随这种张扭断裂带呈NNE方向偏流,例如在广东惠州、惠东及博罗一带,NNE走向的新构造断裂多为张扭性,各种基岩中的裂隙水多沿着这一控制性和偏向性的张扭性裂隙渗流,裂隙上层滞水泉和裂隙潜水泉常沿这种裂隙泄出,沿这种断裂带所打的钻井的出水量也较好,水质多符合饮用水卫生标准,有的是淡味矿泉饮料水。其他地方如广东省东部的大埔茶阳一带,福建省南部的厦门,漳浦和云霄一带、浙江宁波东部和青岛的东南部都有类似的情况,这里不再详细介绍。

3. 两个方向导流的断裂富水带

我国海岸带和海岛中有的地方出现有NWW和NNE两个方向张扭性和压扭性互相交替和相互交接的情况,其中地下水也随之而偏向运移。有的还追迹再活动的NEE走向或NNW走向的老构造张扭性断裂偏流,情况虽然更为复杂,但为数不多。山东青岛市的西北部,江苏连云港市的西部以及浙江杭州市的附近曾见到这种情况。例如我们在青岛市红岛工作时,在东大洋村附近侏罗纪火山岩中,见到NNE张裂扭性裂隙及NWW张扭性裂隙,还有一些复活的NEE和NNW方向的张扭性裂隙,在各组裂隙中均有一定的富水性,开挖大井取水时,可以看到各组均涌水,但深挖时,则再活动的NEE和NNW裂隙的涌水量逐渐有减少的趋向,后来沿NWW张扭性断裂钻井,便出现有自流水,沿着这些复杂的断裂所打的大井均获得了一定数量的供水水源(图10)。湛山的矿泉水井也是多种方向裂隙流出的水。

从上述几种情况,可以清楚地看出,新构造运动,特别是新构造断裂活动以及受其影

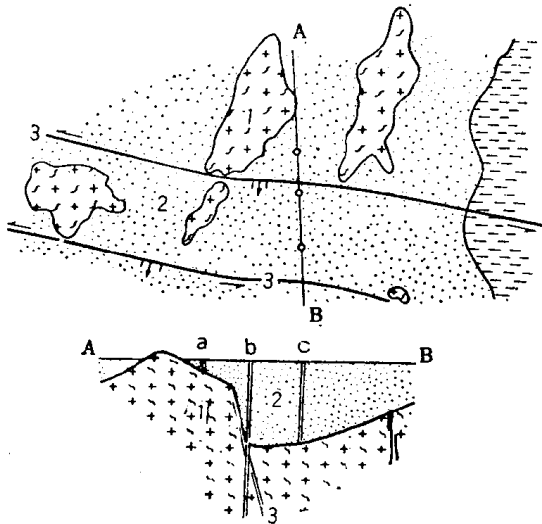


图9 连云港市云台山锦屏山储水构造

1—片麻岩；2—洪积冲积层及海淤层；3—新构造断裂富水带；A—B南北向地质剖面；a、b和c钻井

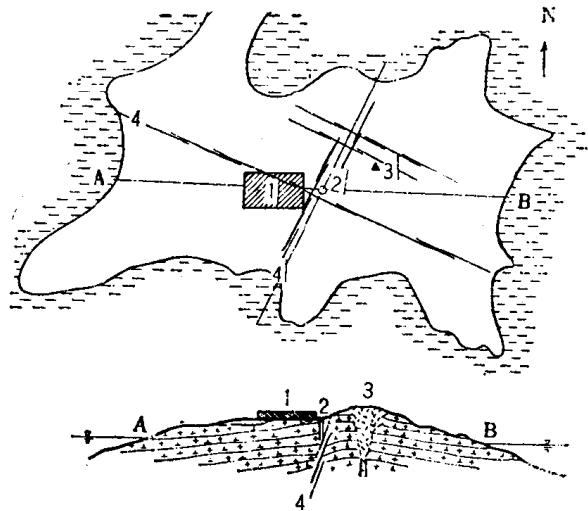


图10 青岛市红岛新构造断裂富水带

1—村落；2—供水井；3—火山口；4—新构造断裂；A—B剖面线

响而再活动的老构造断裂，均有一定的富水性，按照新构造，特别是新构造断裂活动控制地下水资源形成和分布的理论，以及应用新构造断裂分析方法勘探我国海岸带及海岛中的基岩裂隙水资源，可以收到较好的社会效益和经济效益，也可以使基岩裂隙水的开发利用和环境保护进入一个新阶段。

四、海岸带及海岛中地下水 资源开发利用与环境保护

海岸带及海岛大多数是人口稠密，生产发达，经济繁荣和交通方便的地方，淡水资源，特别是当地地下水资源、矿泉水资源十分宝贵，如何合理开发利用和进行环境保护，就显得更为重要。我国海岸带及海岛基岩中不但有裂隙淡水资源，还有许多矿泉水资源，如山东省青岛市有崂山矿泉水、烟台市有虎头岩矿泉水，威海市也发现有矿泉水，浙江省杭州市有虎跑矿泉水，福建省云霄县将军山矿泉水，广东省大埔县茶阳有鹤鼎矿泉水，潮安桑浦山有东山湖矿泉，广州市白云山有竹园矿泉水、南湖矿泉水，从化九里步有云台山矿泉以及清远龙塘有银校矿泉水等都是正在开发利用中的矿泉水资源。不管海岸带及海岛的地下水资源开发利用出于哪一种目的，处于什么样的经济技术状况，都必须从客观实际出发，因地制宜，因时制宜，因势利导，针对所在地区的地质发展历史以及地下水的形成、分布、储存、径流和排泄等具体条件，采取相应的开采利用方式和方法，以便达到最大限度地开发利用地下水资源的目，还能有效地进行环境保护，做到有利无弊，造福人类。我们在海岸带及海岛工作中，按照不同类型、性质和范围的海岸带及海岛地下水资源的特点，逐步摸索和总结了一些与之相适应的开采方式和方法以及进行环境保护的措施。现分别介绍于下：

1. 面积小于2—3平方公里的基岩海岛

凡是面积不大于2—3平方公里的基岩海岛，如山东省长山县的庙岛群岛中的大竹山

岛、小竹山岛、高山岛及候矶岛等，基岩裂隙中所储存的地下水大部分是长时期以来留存的，少部分是当地大气降水和地表水入渗补给的水，汇集径流于较大的张扭性新构造裂隙中，并沿着岛上的新构造裂隙系统的主导方向产生偏流，如大竹山岛和小竹山岛中的地下水主要是南北方向偏流，而高山岛中的地下水主要是东西方向偏流，形成相互平行分布的裂隙水网络或者脉流。海岛中心的地形高，雨水中渗补给和地下水储存的数量多，渗流排泄的过程也较缓，与一般沙岛中的地下水水位一样，岛屿中心的地下水水位高于当地平均的海水水位，高差的大小取决裂隙透水性及海岛周边裂隙充填物质的多少与坚实程度，如果基岩裂隙的透水性小而且岛屿周边基岩裂隙中充填物质多而坚实，则储聚和拦蓄在海岛中的地下水多而且水位高，反之则低。总之、基岩海岛中地下水开采利用的方式应不同于沙岛中地下水开发利用的方法。在一些较小而较高的基岩海岛中开始我们曾采用机械作井，首先是运输困难，笨重的机件装船过海遇到不少困难，修路上山安装又遇到一些困难，钻井施工和终孔试水更遇到了供水不足的困难，总之，在基岩小岛上作深机井的许多困难是无法避免的。后来改为垂直断裂富水带开挖躺井，即在岛边陡岸高潮位以上4—5米的地方，开挖—25°斜井进入岛内，该井深（垂直高度）达到岛内地下水位以下3—5米后，转向垂直断裂带开挖平巷100—200米，开挖断面按4平方米设计和施工，则一个200米长的躺井，可以储聚地下水800立方米，足可以解决岛上的小型供水问题。七十年代末，青岛市自来水厂为了解决青岛市紧急供水问题，曾垂直NWW断裂带开挖了一个500米长的地下水储水库，位于当地平均海面以下14米，在500米的平巷中曾遇到三个断裂富水带，地下水沿断裂进入巷道，2—3天便可储满这一地下水库，而且进入地下水库的基岩裂隙水全是优质淡味饮料水。由此看出，这种躺井供水工程在基岩岛上可行的，主要的问题是正确地设计和耐心的施工，这种躺井的施工只需要少量的人工，钻孔设备，炸药和简单提升卷扬设备，工程投资少，供水安全可靠，并可以就地组织人力施工。对于远离海岸带的海岛更为有利，有的地方和单位正在组织力量设备和施工，预计可以收到一定的成效，可以为海岛渔民以及国防部队驻军就地提供一定数量的地下水资源。

2. 面积大于2—3平方公里的基岩海岛

这类海岛的面积较大，特别是在降水量较多的地带，岛内大气降水下渗补给地下水的数量较多，可以根据基岩海岛的地形，岩性以及断裂构造的特性等具体情况，采用机井或躺井供水，如山东省庙岛群中的北隍城岛，江苏连云港市的東西连岛、东云台山、浙江省宁波市的大榭岛，福建省厦门市的南普陀山以及广东省珠海市的石景山等处均可采用机井或躺井供水，如前面所说的青岛市地下水库一样，建立汇水储水的供水工程建设，以解决城市供水之不足。又如福建省厦门市曾在南普陀山南开挖一马蹄型的坑道，在东边出口处遇到一条NNE走向的新构造断裂富水带，每天可以获得几十立方米的基岩裂隙水，目前已为厦门大学所引用。如果这个坑道的标高降低便可以获更多的地下水供水。成为一优质的躺井供水工程。

如果基岩海岛面积在10平方公里以上，则完全有条件在岛上找寻新构造断裂富水带打机井供水。我们曾在山东省长山县南长山岛的中部沿震旦纪石英岩NWW走向的张扭性断裂带上设计和施工了三个机井，井深一般在150米左右，也就是深入新构造断裂富水的径流段下部，每天可以获得200—300立方米的优质供水，完全满足建井单位对供水数量和质量的要求。

要求。在福建省厦门市观音山花岗岩中NNE走向的新构造断裂富水带上布的两口机井,设计和施工深度在200米以内,分别得到每天86立方米和140立方米的地下水供水,解决了厦门大学留学生宿舍的临时供水需要。还将作为矿泉开发利用。

在面积更大的基岩海岛中,山谷和沟谷中可以有洪积冲积层以及基岩风化壳中舌状淡水水体,例如山东省长山县南隍城岛中部的山谷中的洪积冲积层中有一口水质很好的大口供水井,多年来一直为岛上居民赖以生活饮用的水源,前已说过,1978年为抗旱保苗,大量抽汲大口井中的地下水灌溉土地,结果导致海水入侵,全部淡水遭受了污染和破坏,以致水井报废,这完全是由于当地居民对于所在地地下水的形成和发展历史以及过量开采地下水会引起海水入侵的情况不了解不认识的缘故。浙江宁波市大榭岛在洪积冲积层所打的水井以及福建省厦门市厦门大学在河谷中冲积层内所打的水井,也都因过量开采地下水以及井位太低太近海岸以致引起海水入侵的污染而遭受损害,因此,在海岛中选定井位时,应在较高的山坡上或者河谷的上游,一方面可以减少当地地表水下渗的污染,另一方面可以减少或者避免海水入侵的污染。

3. 基岩海岸带岩石裸露的高地

地形较高的基岩海岸带,常是坚硬致密的裸露岩石丘陵,供水十分困难,例如辽宁省兴城县新立屯一带,海岸带基岩裸露,风景幽美,许多单位均在那里建立疗养基地,但因供水不足,发展受到很大影响,1984年我们受教育部疗养院和八一疗养院的委托寻找地下水源,起初我们看到首先地势较高,在震旦纪石英岩及前震旦纪片麻岩中NNE走向的断裂很发育,并认为是新构造断裂富水带,从地形和地质构造的情况来看,补给、径流和排泄条件也是较好的,同时做了物探和化探,反映也较好,于是在一条反应最好的NNE向新构造断裂带上布置井位,设计井型和井深,但施工的结果都很不理想,针对这种情况我们又到锦州、锦西、兴城和绥中等地海岸带做了大量的调查工作,同时又在新立屯附近做了较深较深入的地面地质工作,得知该处NNE走向的断裂主要是压扭性的,而NWW走向的断裂是张扭性的,虽然规模不大,但数量较多,大部分切割了NNE走向的压扭性断裂(如图2),连贯性和透水性均较好,附近一带的温泉和冷泉均出露在这些断裂带上,物探化探反映也同样较好,在这些断裂带上所设计和施工的四个钻井,均获得了满意的效果,及时地解决了这两个疗养院的生活用水问题。这一实例表明,在基岩海岸带寻找地下水源,只要有正确的理论指导,深入细致的地质调查和物探化探工作,经过精心设计和施工,在许多困难的条件下,仍然可以找到一定的地下水供水水源。例如在青岛市黄岛的小珠山花岗岩中,江苏省赣榆县的盘古岑片麻岩中以及广东省广州市及惠州市一带的花岗岩中,在左行的张扭性断裂富水带上所设计和施工的钻井,均获得了成功。虽然地形较低的基岩海岸带可以找到一定数量的地下水源,但是还存在有一个水质问题,很值得注意,有些人认识不足,习惯地把井位选择那些较低沟谷和低洼地带,由于这些地方常有不厚的全新世冲积、海积、残积和坡积等,因为地势低洼,地下水运动微弱,长时期处于还原环境,加之沉积物中有机物较多,地下水中含过量铁、锰、砷及氟等元素,有时还受海潮的影响,氯化物的含量也较多,不能满足生活用水和矿泉饮料用水的要求。例如辽宁省大连市自来水厂的部分水井、复州湾粘土矿的部分水井,兴城新立屯滨海公园的水井,山东省招远龙口附近的水井,江苏省连云港墟沟的部分供水井,浙江宁波市柴桥附近的部分供水井,福建厦门市的部分供