

以龙海糖厂等为例 浅论工程抗震的重要性

陈 园 田

(福建省地震局地震综合队)

B159

提要 在我国大陆地震进入一个新的活动时期的形势下,在实行对外开放的福建沿海,认真做好工程抗震工作,具有重大的社会、经济意义。本文通过三个实例,浅论了工程抗震的重要性。

关键词 工程抗震、工程开发

福建,地壳运动,地震灾害,沿海地区

福建沿海地壳运动较为强烈,地震活动较为频繁,地质灾害较为严重。随着我国进一步的改革开放,正吸引着越来越多的台商、港商、华侨和外商前来投资办厂。面对这种大好机遇,认真做好工程抗震工作,具有重大的经济效益和社会效益。

一、福建沿海的地质环境

1. 福建沿海的地壳运动较为强烈

地处大陆边缘的福建沿海,是欧亚大陆板块和太平洋菲律宾海板块的接合地带,地壳运动较为强烈。

近20年来的地震地质调查表明,福建沿海的断裂具有多期活动的特征,晚更新世晚期以来的活动性质以高角度倾滑型为主。推测台湾海峡的断裂也是这种活动方式,因为展布于海峡西侧海域40—50米等深线附近的平潭牛山岛—东山兄弟屿北东向断裂也是高角度正断层。晚更新世晚期以来活动的高角度正断层导致福建沿海和台湾海峡的地壳运动以升降运动为主。距今15000年以前的玉木冰期鼎盛时期,我国东部沿海的海平面位于现今海平面以下150—160m,幅员辽阔的渤海、黄海、东海和南海大陆架都出露成陆,唯独面积狭小的台湾海峡仍被海水淹没。其原因是晚更新世晚期的台湾海峡发生了大幅度下降运动,地壳下降部分抵消了玉木冰期鼎盛时期海平面下降的幅度,才使台湾海峡没有出露成陆。

根据对福建沿海上百个晚第四纪海相地层 ^{14}C 测年样品的年代数据(部分剖面同时获得海相化石)和台湾海峡5个晚第四纪滨海相地层的 ^{14}C 测年资料,可以用地质方法粗略计算出1.5万年以来福建沿海和台湾海峡在垂直方向上的地壳运动平均速率各为1.2—6.3mm/a,和2.9—7.3mm/a。即福建沿海与台湾海峡之间的差异运动速率其峰值为13.6mm/a(表1)。据美国学者的研究,我国大陆上地壳上升运动最强烈的珠穆朗玛峰每年上升12.7mm/a,可见福建沿海与台湾海峡之间的断块差异运动相当强烈。

2. 福建沿海的地震活动较为频繁

福建沿海及邻近海域是我国东部沿海地震活动较为强烈的地方。在广阔的渤海、黄海、

表1. 福建沿海和台湾海峡部分地段的地壳年平均升降速率
Tab. 1 Up and-down rate of the crust in yearly average at the coast of Fujian and some area of Taiwan Straits

福 建 沿 海							
序号	地 点		样 品	^{14}C 年代 (距今计算)	海拔高程 (m)	上升速率 (mm/a)	文献
1	福建连江官岭		贝 壳	3400	5—7	1.5—2.0	(1)
2	平潭岛瓦窑寨		淤 泥	12050 ± 300	15	1.2	本队
3	福清三山东园		泥 炭	19052 ± 559	30	1.5	(2)
4	莆田湄洲岛日本坑		泥 炭	12250 ± 192	40	3.3	本队
5	莆田湄洲岛上白石		贝 壳	3645 ± 80	17	4.7	(3)
6	莆田忠门苦鹤头		海滩岩	2614 ± 137	12	4.5	(2)
7	莆田南日岛镜仔村		海滩岩	3150 ± 180	7	2.2	
8	惠安场站		淤 泥	17830 ± 891	34	1.9	(4)
9	惠安张坂社内		淤 泥	16040 ± 395	30	1.9	本队
10	厦门岛圆山东北		淤 泥	5200 ± 190	23.5	4.5	(3)
11	金门岛后龙农场		泥 炭	4690 ± 280	29.5	6.3	(4)
12	龙海角美光龙		贝 壳	1870 ± 100	4.4	2.4	
13	漳浦古雷半岛油沃		海滩岩	1980 ± 100	7	3.5	(5)
14	诏安汾水关		淤 泥	16560 ± 1400	38	2.3	本队
15	东山岛官前村		海滩岩	2735 ± 85	6	2.2	(6)
台 湾 海 峡							
站号	位 置		样品	^{14}C 年代 (距今计算)	深度(m)	下降速率 (mm/a)	文献
	东 经	北 纬					
5202	$120^{\circ}15'$	$25^{\circ}58'$	贝壳	7690 ± 200	55.60	7.2	
5214	$120^{\circ}16'$	$25^{\circ}00'$	贝壳	9390 ± 750	68.35	7.3	
5216	$118^{\circ}42'$	$24^{\circ}30'$	贝壳	13950 ± 350	40.00	2.9	(7)
5218	$119^{\circ}16'$	$24^{\circ}31'$	贝壳	15335 ± 320	69.75	4.5	
	台湾浅滩 海滩岩			8420 ± 270	25	3.0	(8)

(1) 林观得, 1980, (2) 国家海洋局第三海洋研究所, 1986, 福建省海岸带地质地貌综合调查报 (第三册. 沉积), (3) 毕福志, 1984, (4) 据福建省水文地质工程地质队。

东海和南海, 除了渤海有7级以上地震以外, 其余海域均无7级以上地震, 唯独狭小的台湾海峡西侧海域发生过3次7—8级地震, 7次5—6级地震, 其强度远远大于海峡东侧海域, 后者7级以上地震只有1次, 其原因可能是受到台湾岛弧地震带的“屏蔽”作用。据记载自1445年漳州发生6级地震以来, 福建沿海曾发生十多次5—6级地震。

综上所述, 作者认为, 福建沿海及邻近海域始终存在着发生破坏性地震的构造背景。据研究, 该地区发生大地震的周期为300年左右, 1604年泉州海外8级大震至今已逾300年¹⁾,

1) 据1990年12月“福建省减轻地震灾害学术讨论会”的材料

故我们决不能掉以轻心。

3. 福建沿海的地质灾害较为严重

福建沿海人多地少，土地资源十分宝贵，为了节省耕地，许多工程建设都尽量放在山坡地上。而福建沿海的构造地貌非常发育，许多山脉的山前地带有活动断裂通过，面对这种不利条件，更加需要我们重视工程地震地质勘察工作。查明厂址区是否有活动断裂通过，是否有滑坡、崩塌等地质灾害，并进行地震危险性分析。避免工程竣工后因地震、滑坡等自然灾害而陷入进退维谷的困难境地。现以龙海糖厂、水口电站、安溪电冶厂为例，浅论工程抗震的重要性。

二、龙海糖厂的沉痛教训

龙海糖厂位于漳州盆地观音西南坡坡麓，漳州盆地是福建省最大的断陷盆地。历史上发生2次5—6级地震，是福建省陆地上历史强震震级最大、次数最多的地方，在1975年春的几天内，连续发生几百次小地震。观音山海拔165m，出露的地层为上侏罗统南园组暗灰色流纹质凝灰熔岩，山坡呈凸形，坡度20—30度。据野外调查，观音山地区有北东、北西和近西向三组断裂通过，其中以北东向白云山断裂和北西向九龙江下游断裂较为活动。观音山的长轴方向为北西向，九龙江西溪流经观音山北侧时其流向由东北拐向东南（图1）。

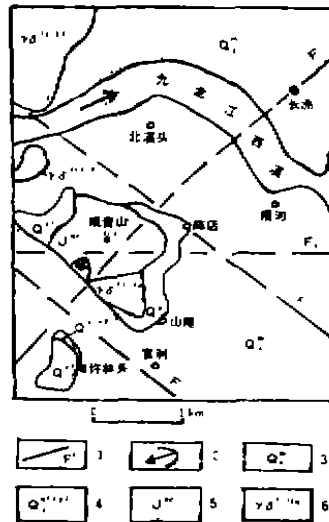


图1. 观音山地质略图

(据文献〔9〕图3修编)。

Fig. 1 The geologic sketch in
Guanyin Mountain

1. 断裂；2. 滑坡；3. 全新统海积层；4. 晚更新统冲洪积层；5. 上侏罗纪流纹质凝灰熔岩；6. 燕山晚期花岗闪长岩；7. Q^{el} 第四纪残积层

龙海糖厂建于1978年，动工兴建前没有进行工程地震地质勘察，仓促地采取了边设计、边施工、狠抓当年投产的建厂方案。其结果是把糖厂建在一个古滑坡体的滑舌上。成品库附近钻孔里见有灰黑色淤泥，说明古滑坡体的前缘已推移到古河道之上。由于在古滑坡体上进行开挖、平整，搞基建，使本来就摇摇欲滑的古滑坡体迅速复活起来。滑坡先从古滑坡体两侧发生小滑坡（I号和IV号滑坡），然后牵引了其他小滑坡，最终发生大滑坡，并使古滑坡复活（图2）。从1978—1983年共发生5次滑坡^{〔1〕}。

第一次滑坡（1978年5—12月），5月开挖平整地基，IV号滑坡滑动。土方量4000m³，7月发现干煤棚后山坡两道裂缝，长75cm，宽9cm，接着发生I号滑坡，在成品库后山坡出现两道裂缝，长度分别为50m和40m，宽度均为13cm。被迫放弃二级水处理区位置，损失了土地平整费。

第二次滑坡（1979年4—6月），4月I号滑坡体上又出现两道长40m、宽15cm的裂缝，6月的一场暴雨，使I号滑坡体的主裂缝加宽至40cm，错落40cm，造成整体滑动，导

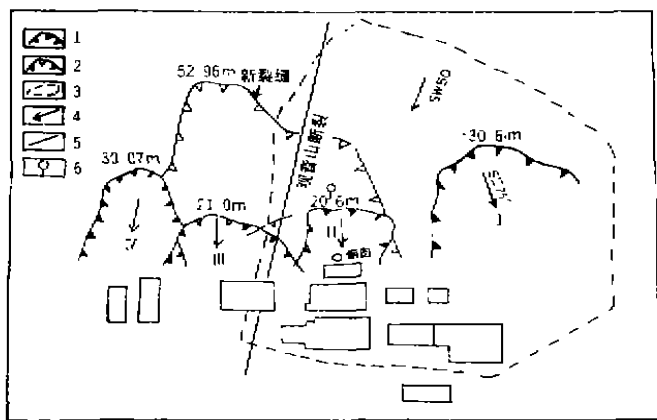


图2. 龙海糖厂观音山滑坡示意图(据文献〔9〕图4)

Fig. 2 The sketch map of slide at Guanyin

Mountain of Longhai Sugar refinery

1. 新滑坡; 2. 古滑坡复活范围; 3. 古滑坡范围;
4. 滑坡滑动方向; 5. 断裂; 6. 泉点;

致成品仓库水平移位 30cm, 地面鼓起, 被迫第二次拆迁二级泵房。

第三次滑坡(1979年7月), 干煤棚后山坡, III号滑坡体发生大滑动。边坡上拦洪沟平移、断裂, 并错落80cm, 往下滑动的土方冲破挡土墙和排水沟, 干煤棚石柱被顶高并断裂, 钢筋混凝土连系梁被剪断, 混凝土地面鼓起50cm, 石拱挡墙多处产生开放性裂缝, 风机房东面地面开裂鼓起。

第四次滑坡(1980年5—8月), 5月1号滑坡进一步扩大, 主裂缝加大, 错落100cm。变压器房围墙倒塌, 铸铁输水管被剪断, 排水沟平移, 成品仓库变形加速。

6月IV号滑坡体迅速下滑, 滑坡体后壁错落3—4m, 坡前大量塌方, 土方急速滑至机修车间山墙。堆成2m高的土堆。

第五次滑坡(1983年3—4月), II、III、IV号滑坡区外围扩展成大面积滑坡体, 其面积约25500m², 土方量约20多万m³。东面的I号滑坡亦有移动。挡土墙鼓胀, 抗滑桩位移(最大位移量61.5cm), 滑坡体前方的压条石堆垛下沉, 厂房和设备不同程度受损、开裂和位移。

频频发生的滑坡严重影响生产并威胁着工人的生命安全。在搬迁还是整治滑坡的痛苦选择面前, 先后召开三次会议, 邀请省内外的专家、学者, 共商对策。权衡利弊后, 选择了整治滑坡的方案。鉴于厂址区所在的漳州盆地地震活动水平较高, 厂址区附近又有活动断裂通过, 不得不提高整治滑坡的设防标准。耗资200多万元, 超过当年建厂时的土建投资。给人们留下了沉痛的教训, 这是应当认真记取的。作者1990年12月底路过该厂时, 了解到工厂虽能正常运转, 但滑坡尚未得到根治。众所周知, 要治理好一个大型滑坡是相当困难的。

三、水口电站的有益经验

水口电站位于闽江中游, 装机容量140万千瓦, 总投资数十亿元, 是华东地区最大的河川电站, 属国家重点建设工程。

水电部华东勘测设计院在该电站选址时, 勘测了下澳、安仁溪、水磨三处坝址(图3)。它们都座落在燕山期安仁溪花岗岩体上, 岩石完整、新鲜, 节理、裂隙不发育。总的看来, 三处坝址的地面工程地质条件相当优越。为查明坝址区水下工程地质条件, 在上述三个地方进行了钻探。其结果是, 三处坝址河床中第四纪沉积物厚度较大, 最厚为36.88m; 基岩埋藏较深, 最深达海平面以下36.27m。用电法测深测得安仁溪坝址在河床沙滩下游第四纪沉积物最厚46.90m。而且, 三处坝址离闽江出海口的直线距离都大于100km, 而河床的海拔竟接近于零。在分析这些现象的原因时, 有人担心它是坝址区附近断裂活动引起的。这就涉

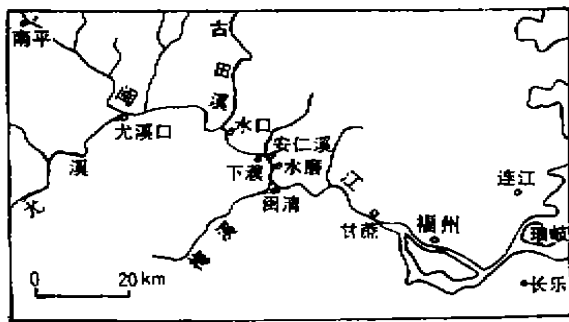


图3 闽江水口电站位置示意图

Fig. 3 The sketch map of the power station at the river of Fujian

及到水库地震的发震构造问题。鉴于事关电站大坝的安危，需要进一步开展工作。

作者1978年参加该电站的地震基本烈度鉴定工作。对闽江中下游（南平—闽江口）的河谷地貌和新构造运动进行了调查研究。大量资料表明，电站坝址上游的南平—水口河段的新构造运动表现为第四纪以来的持续上升；电站坝址所在的水口—甘蔗河段，表现为升降交替的振荡运动，且下降幅度远远大于上升幅度；电站坝址下游的甘蔗—闽江口河段，表现为晚更新世以来的持续下降，幅度较大。并且，从电站坝址到闽江口，河床或河谷中第四纪

沉积物厚度逐渐加大，基岩埋藏深度逐步加深。因此，电站坝址河床中第四纪沉积物厚度较大、基岩埋藏较深的原因，不是电站坝址附近断裂活动引起的，而是区域性新构造下降运动造成的〔10〕。

水电部华东勘测设计院的有关专业技术人员赞同我们的看法。为慎重起见，我们先在本队征求意见。随后分别在1979年3月的“福建省水文地质工程地质专业学术讨论会”和同年6月的“福建省地质学会第二届会员代表大会暨学术讨论会”的水文地质工程地质专业组会议上作了详细的专题发言，获得与会者的赞同……在广泛征求省内外专家的意见后，我们再根据水口电站所在地区历史上没有破坏性地震发生，现今小震活动水平很低，将该电站的地震基本烈度确定为Ⅵ度，为国家节省了大量投资。

四、安溪电冶厂的补救措施

该厂位于安溪县城西北约24km的湖头镇，是1955年兴建的老厂。限于当时的条件，建厂前没有进行工程地震地质勘察。30多年来倒也安然无恙。1987年拟新建碳素车间，投资600万元，已向有关厂家预订数百万元设备，并按规定支付了数十万元的预订款。该厂委托泉州市水电工程勘察队对拟建的碳素车间建筑场地进行工程地质勘察。该队在“安溪电冶厂碳素车间厂房工程地质勘察报告”中提出：“据区域地质资料，该区处在永安—晋江北西向断裂带上，此断裂带在晚近地质时代仍有活动。另据地表观察，该厂发电车间北面出露的石英砂岩中，有北西向断裂形迹。结合钻探过程中发现建筑场地基岩破碎，裂隙发育及地貌特征推断，该场地基岩中存在一条北西向的压扭性断裂”。承担设计任务的福建省石油化学工业设计院根据上述报告中的内容，向福建省地震局所属的地震工程技术咨询公司查问。据该公司经理称：该厂所处的湖头盆地确有一条断裂带通过，碳素车间的场地地震烈度是否高于Ⅵ度，需地震部门派人到现场勘测后才能确定。为此，该院要求安溪电冶厂尽早委托地震部门对碳素车间建筑场地的地震基本烈度进行鉴定。待地震基本烈度确定后，方能决定是否在该处兴建。这时厂方焦急万分，担心数十万设备预订款蒙受损失。

经实地调查，晋江—永安北西向断裂从厂址区以北400—500m处通过。它所形成的断层

角砾岩已胶结得坚硬如铁，我们在现场用铁锤难以敲下来。据当地老乡反映，用土炸药也不能炸开。显示该断裂形成以后，没有明显的复活现象。而且，断裂穿过的湖头盆地，晚第四纪地层没有明显移位；在湖头以西至水春横口、湖头以东到安溪城关，循该断裂发育的晋江西溪河谷其两岸的晚第四纪地层没有明显移位，表明该断裂在上述地段第四纪晚期以来没有明显的活动迹象（图4）。据此，我们结合地震活动资料，将碳素车间建筑场地的地震基本烈度确定为Ⅵ度。

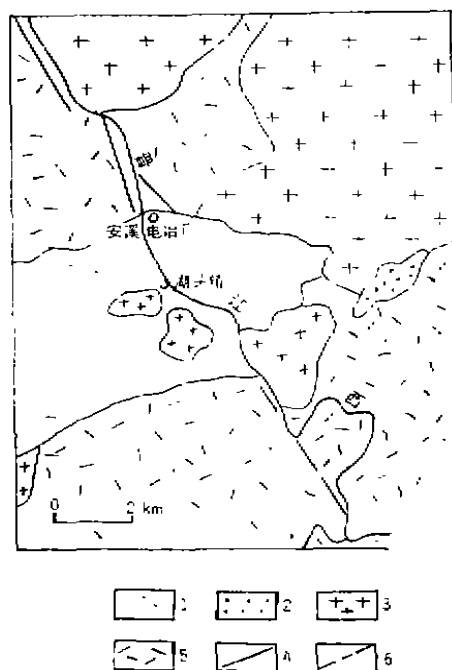


图4 安溪电冶厂碳素车间建筑场地地质构造略图（据厦门地震科技咨询服务公司，1987年该厂址地震烈度鉴定报告）

Fig. 4 The sketch of geologic structure at the carbon workshop of Anxi Electrometallurgy Factory

1. 第四纪盆地；2. P_2-T_2 盆地；3. 燕山期花岗岩；4. 侏罗纪火山岩；5. 断裂；6. 推测断裂。

称醉汉林）。应当说，若建厂前能进行工程地震地质勘察，是不难发现的。退一步说，即使到了动工兴建时，Ⅵ号滑坡发生，滑动的土方量达4000m³，这时如能另择厂址，虽然为时晚了一些，但还不致于造成现在那么严重损失。

（2）作为地震工作者，在工程抗震工作中，应采取慎重、客观的态度。由于种种原因，以往在福建安排国家重点建设工程少。当国家决定建设水口电站时，大家都希望水口电站能顺利动工。当出现不利于电站建设的某些地质现象时，经广泛征求意见，反复论证，审慎地作出了符合客观实际的结论。

总之，只要我们认真、慎重、客观地开展工作，就能找到既保证工程建设安全可靠，又能为国家节省投资的科学途径。

在开展国际减灾10年，我国大陆地震进入一个新的活动时期之际，作者谨以此文提请人

此外，我们还对泉州市水电工程勘测队在“安溪电冶厂碳素车间厂房工程地质勘察报告”中提出的“结合钻探过程中发现建筑场地基岩岩石破碎、裂隙发育”措词进行澄清。因该队提交的勘察报告表明：他们的工程地质钻探并未打穿第四系，不可能见到基岩岩石破碎、裂隙发育。为此，我们走访了该队，经说明情况后，由他们作了更正。

我们提交的“安溪电冶厂厂区地震基本烈度鉴定报告”经福建省地震局学术委员会有关专家审定后，由福建省地震局转发给安溪电冶厂。该厂的碳素车间顺利动工兴建，避免了该厂数十万元设备预订款蒙受损失。

五、结 语

（1）做好工程抗震工作，关键的一条是提高全民族尤其是各级党政领导的抗震防灾意识，克服侥幸心理。龙海糖厂的教训是沉痛的。据实地考察，该厂所处的古滑坡体有明显的地貌特征、圈椅状的错动痕迹和马刀树（亦

们正视自然灾害对我们的挑战。

参 考 文 献

- [1] 陈国田, 台湾海峡和福建沿海晚更新世晚期海相地层, 第13届国际第四纪地质大会学术论文, 中国第四纪学术研讨会论文集, 1991, 科学出版社。
- [2] 谢在田等, 福建全新世海滩与海平面变化, 台湾海峡, 1983, 2, (1)。
- [3] 福建省地质矿产局区域地质调队, 厦门地质图(1:5万), 1983, 地质出版社。
- [4] 赵希涛, 台湾海峡两岸全新世地质对比, 中国海岸演变研究, 1984, 福建科技出版社。
- [5] 陈承惠等, 闽南沿海全新世地质年代学研究, 台湾海峡, 1982, 1, (2)。
- [6] 张景文等, 闽南粤东沿海晚第四纪地层与新构造运动的年代学研究, 地震地质, 1982, 4, (3)。
- [7] 福建海洋研究所, 台湾海峡中、北部海洋综合调查研究报告, 1988, 科学出版社。
- [8] 李平日, 华南全新世海滩岩及其古地理意义, 海洋地质与第四纪地质, 1988, 8, (4)。
- [9] 王惠霖, 闽南斜坡破坏实例分析, 福建地质, 1986, 5, (4)。
- [10] 陈国田, 闽江水口电站地震地质研究, 华南地震, 1984, 4, (3)。

THE PRELIMINARY DISCUSSION ON THE IMPORTANCE TO ENGINEERING ANTIVIBRATION BY THE EXAMPLE OF LONGHAI SUGAR REFINERY

Chen Yuantian

(Comprehensive Brigade of Fujian Seismological Bureau)

[Abstract] Under the situation of new seismicity period in Chinese continent, doing a good job in engineering antivibration is of great benefit to the social economics. By using three examples, the importance of engineering antivibration is discussed in this paper.

[Key words] Engineering; Engineering development