

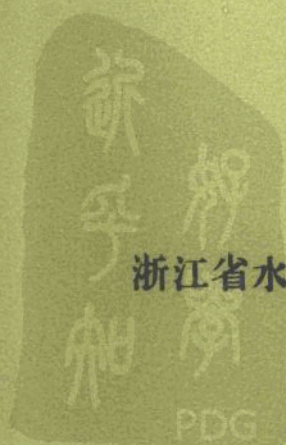
P64
3391

浙江省 工程地质图说明书

1 : 500000

10024 - 01 - 001

4
1



浙江省水文地质工程地质大队

PDG

浙江省 工程地质图说明书

1 : 500000

浙江省水文地质工程地质大队

一九七五年四月初稿

一九七八年六月定稿

浙江省地质局文件

浙地地(79)60号

批转浙江省1:50万工程地质图成果验收决议书

浙江省水文地质大队:

局同意《浙江省1:50万工程地质图成果验收决议书》，希按决议意见，组织出版。

附件：如文

一九七九年十月十二日

浙江省1:50万工程地质图成果验收决议书

浙江省地质局于1978年3月在杭州召开了图件评审会议。会议邀请国家地质总局水文局有关技术负责人和江西、江苏、安徽、福建、上海市等地质局、队的代表，以及建字730部队、省水电设计院、水电部十二局、浙江大学、杭州大学、省属各野外队的代表参加，共同对浙江省1:50万工程地质图进行了评审验收。会议认为：浙江省1:50万工程地质图，在收集现有水文、工程地质资料的基础上，重点对平原和滨海地区进行了整理分析研究，作了工程地质分区和工程地质岩类、岩组的划分，同时对区域稳定性作出评价，较直观地反映了区域工程地质条件，可供工业、民用建筑、海港工程、铁路、桥梁以及水利工程建设部门的参考。

图面反映的内容比较丰富，色谱比较谐调，层次比较分明。

会议认为：由于地貌、第四纪地质、地质构造和新构造运动等基础地质资料收集分析较差，影响对基岩山区工程地质条件的论证与评价，对水库病害分析及有关的工程地质问题缺乏详细的评述。

通过评议认为：浙江省1:50万工程地质图及其说明书，基本上能起到供国民经济建设和国防建设规划的参考作用，建议出版。

评议小组成员：

陈梦熊	侯青田	张学项
高忠坛	陆志坚	董永福
徐迎璋	毛瑞	张雪尧

目 录

第一节 前言.....	(1)
第二节 区域自然地理	(1)
第三节 区域地质	(4)
一、地质结构.....	(4)
二、新构造和地震地质.....	(5)
第四节 土、石工程地质分组及建筑材料.....	(8)
一、软土工程地质分组.....	(8)
二、基岩工程地质分组.....	(17)
三、建筑材料.....	(24)
第五节 动力地质和水文地质.....	(24)
一、地貌和自然地质作用.....	(24)
二、水文地质作用.....	(29)
三、工程地质作用.....	(30)
第六节 工程地质区划.....	(31)
一、区划原则.....	(31)
二、分区工程地质评价.....	(32)
主要参考材料.....	(38)

第一节 前 言

浙江省地处我国东南沿海，在祖国的工农业建设和国防建设上都具有重要意义。本图反映我省区域工程地质特征，并概要地讨论各地区的区域工程地质条件，为国民经济发展规划及国防建设规划提供工程地质依据。

本图以我队1965年编制的1:50万浙江省综合工程地质图为基础，参考、利用无产阶级文化大革命以来到1974年为止的大量区域性研究成果和各类工程的勘测、施工资料，历时14个月，于1975年4月编成。编图工作得到省内外各有关单位热情支持和帮助，提供了大量的素材和建议。尤其是浙江省工业设计院勘测队，浙江省水电设计院地质队，国家地震局南京地震大队等。谨向他们诚致谢意。

1978年3月省地质局在杭州召开审图会议，1978年5月根据评审修改意见对图面和说明书略作修改和补充。

第二节 区域自然地理

浙江省大部份位于我国东南丘陵的北端，北部平原属长江中下游平原下缘长江三角洲的一部份。全省以丘陵地形为主。地势自西南向北东微倾。千米以上中山见于浙西和浙南，北部丘陵、盆地标高多在500米以下。

主要山脉呈北东西走向，大致可分为由西北向东南排列的三枝。西北部天目山脉为黄山向北东方向延伸在我省的余枝，西天目山主峰海拔1547米，为浙西北地区制高点。中部有仙霞岭——天台山脉，主峰黄茅尖标高1921米，为浙江最高峰，另有百祖山海拔1857米，为闽赣边境的武夷山脉在我省的延伸部分，在浙北分为大致呈南北伸展的二枝——四明山和会稽山。天目山脉和仙霞岭间为浅丘起伏的微向北东倾伏的丘陵盆地。包括金衢盆地及一系列小盆地。宽15—30公里不等，海拔50—250米，相对高度30—50米。东南枝（洞宫山）——雁荡山脉，屹立于东海之滨，景色甚为壮观。各山脉斜贯全省，构成我省地形骨架。

浙北平原包括杭嘉湖平原、萧绍平原和宁奉平原。杭嘉湖平原为长江三角洲的一部份，地势平坦、水网密布，土地肥沃，物产丰富，素有“鱼米之乡”之称。除陆屿残丘外，海拔多在10米以下（本图全部采用吴淞标高系统）。其中钱塘江河口、杭州湾二侧平原，包括乔司地区（北沙地区）、钱江农场地区（南沙地区）、萧山头蓬地区和慈溪北部平原地区，形成历史较晚，多为人类历史时期以来钱塘江涌潮形成，地面标高5—7米，且由湾顶向杭州湾下缘渐降低。杭嘉湖平原东部为长江三角洲沙咀区，地面标高3—4.5米。西部，尤其是山前区，地势低洼，标高2.5—4米，构成向太湖为中心倾斜的“碟形洼地”一部分。肖山——绍兴——余姚一带地面标高2.5—4米。

浙东沿海线曲折、港叉纵深，发育有数十平方公里至上千平方公里大小不一的海积平原。以温（岭）黄（岩）平原和温（州）瑞（安）平原为著。一般宽度不大（小于20公里），地形平坦，水渠纵横。海涂淤涨迅速。沿海人民因势利导，堆土筑坝，向海争田取利。三门湾为界，北部各海湾平原标高和浙北平原相当，一般为2.5—4米，南部标

高多在5—6米,普遍较北部高1—2米,山前地段显低洼趋势。各平原标高见表1。

东部海域以舟山群岛为首的岛屿星罗棋布,在二千个以上,约占全国岛屿总数的三分之一。这里是我国最大渔场,也是水上交通枢纽和国防要塞。

温暖湿润的亚热带季风气候为浙江省气候基本特色。四季分明,雨量充沛,常年降水量1200—2000毫米。空气湿润,相对湿度为80%左右。各地雨量分配受地形和纬度控制:沿海地区最高,年降水量1800—2200毫米,西南部山区1600—2000毫米,北部丘陵1400—1600毫米,平原地区最低为1200—1600毫米,其中南部略高。

平原标高统计表

表1

平原名称	杭嘉湖平原东部	杭嘉湖平原西部	乔司—头蓬区	慈溪北部平原	萧绍姚甬区	象山港北各海湾平原	温平黄原	温平瑞原	数平江原
平均标高(米)	3—4.5	2.5—4	5—7	5—6	2.5—4	3—4	5—6	5—5.5	5—6

春末夏初的霉雨期和夏秋季台风雨为我省集中降水期。此时雨量占全年降水量的65—75%,且常以连绵阴雨和暴雨形式出现,东部沿海及北部山区易暴发山洪,下游平原地区易生水涝。如1969年7月天目山区分水江支流昌化江特大洪水,洪峰流量达7200秒公方,桐庐县南堡地区深受其害。又如杭嘉湖平原西部,地势低洼,地面标高仅2.5—4米,据嘉兴地区水利局介绍,集中降水100毫米即现涝情,涝灾是我省这个最大商品粮基地的主要灾害。目前,杭嘉湖平原排涝工程正作为我省水利建设重点工程,加速施工。每年七、八月盛夏季节,除东部时受台风雨影响外,全省受副热带高压控制,天气以晴热为主,为我省干旱季节。此时,不少地表水体干涸,地下水位急剧下降,特别是中部盆地地区易现旱情。与杭嘉湖平原相反,为将金(华)衢(县)盆地建为我省第二个商品粮基地,省内正勘察施工乌溪江引水工程,以根除金衢盆地的旱情。

受北方西风带和太平洋亚热带环流交互影响,风的季节变化明显。冬季盛行较强的西北风,夏季多东南风。夏秋季在我省登陆台风,常年登陆2—3次,最大风力可达十二级,并伴暴雨。与其同时海浪凶猛,是沿海岛屿和滨海平原地区常遇的灾害性天气。对滨海地区工程建设,尤其是海涂围垦及港工建设威胁甚大。

年平均温度在16—19℃,浙南高于浙北,年平均等温线基本上和纬度平行。气温年较差20—25℃,沿海略小于内陆,浙南小于浙北。每年1—2月最冷,平均气温3—8℃,浙北偏低,尤其是浙西北天目山区,极端最低温度可达-10℃以下。七、八月份最热,平均气温28—30℃,尤其是中部盆地地区极端气温可达42℃。

年平均地温比气温高2—3℃,其分布大致和气温相应,南高北低。每年一月份地温最低,个别年份北部平原土壤暂时冷结深度可达10厘米左右。浙西北中低山区每年11月至次年2月为封冻期,土壤冻结深度较大。

总之,本省气候特征较严格地受地理位置和纬度控制。浙南和浙北、沿海和内陆、平原和山区以至迎风坡和背风坡均有较明显的区域性的差异(见图1)。

我省山区水系的发育受构造和原始地形的控制,构成似格子状水系。平原水网受人类活动深刻影响,随开发时间的早晚呈网状或梳状。主要水系有太湖(苕溪)、钱塘江、曹娥江、甬江、椒江、甌江、飞云江和敖江等。大气降水为主要补给水源,流量丰富,水位季节变化

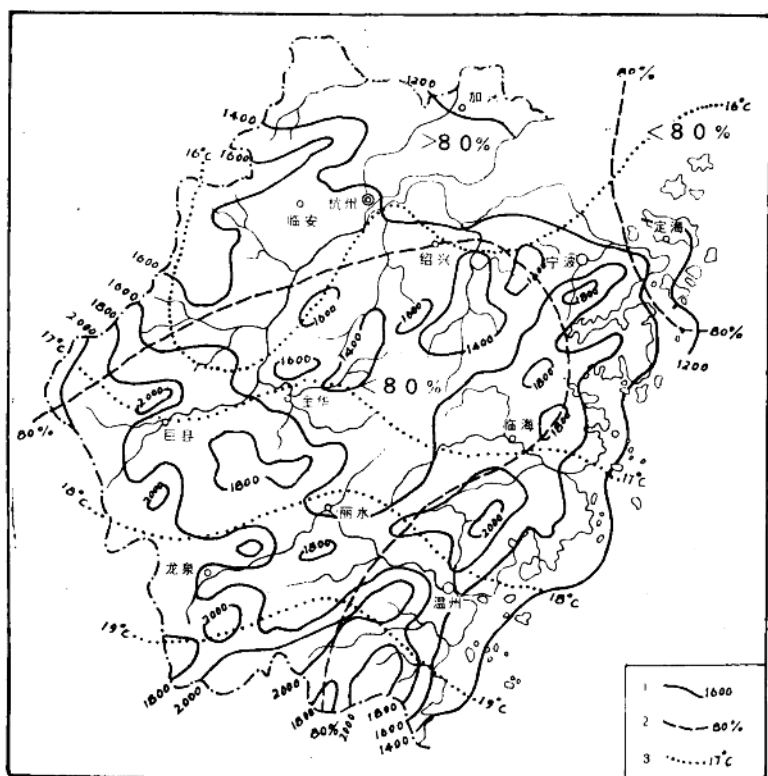


图1 浙江省历年平均气象要素分布图

1.降雨量; 2.相对湿度; 3.温度

显著。多属山溪性河流，源短流急，深切割，比降大，水力资源丰富。除苕溪水系汇入太湖外，各河系均独流入海，为感潮河流。其下游深受潮汐影响，潮区间深入河口以上150公里以远。各水系潮流界和潮区界限见表2。

各水系潮流界、潮区界一览表 表2

水 系	潮 流 界	潮 区 界
钱塘江	闻家堰	桐庐芦茨埠
浦阳江	—	诸暨渼池
曹娥江	百官镇	上虞章镇
甬 江	全 江	感 潮
会稽江	由姚江大闸截断	
奉化江	鄞江桥肖王庙(闸)	鄞县樟村
灵 江	汛 桥	临海白水洋
瓯 江	梅 香	青 田
飞云江	马 屿	平阳坑以上
敖 江	麻 步	南水头、北水头

浙江沿海属半日潮区，一般每日有二潮。高潮位一般出现在8、9、10三个季节，与季风影响有关。镇海水域尚受冬季季风影响。各河口潮位沿潮汐基本要素具潮汐特征因地而异，平均潮差较小，杭州湾涌潮明显，钱塘江涌潮最为壮观。钱塘江水清彻为我省水系又一特色。发育或者是岩石坚硬不... 流速平缓，水流冲刷力弱... 影响甚微，一般有出入，一般均在

沿海潮位站潮汐特征统计表

表3

要素	双益殿 (曹娥江口)	激浦 (杭州湾)	乍浦 (杭州湾)	镇海 (甬江口)	海门 (椒江口)	温州 (瓯江口)	瑞安 (飞云江口)	敖江 (敖江口)
最高潮位	7.86	7.23	6.55	4.93	6.22	6.46	6.01	6.78
最低潮位	2.45	-2.52	-2.17	0.06	-0.89	-1.11	-0.88	-1.61
最大潮差	4.27	8.93	7.57	3.51	6.30	6.06	6.24	6.41
最小潮差	0.00	1.47	0.95	0.01	0.81	0.78	1.14	1.10
平均潮差	5	8.63	5.91	1.80	4.04	4.03	4	4.16

潮位、潮差以米计

1/万—1/10万以下。东海沿岸流将长江口泥沙大量搬运南移，成为我省东部海涂不断扩大、岸线迅速东移的物质来源的一部份。以杭州湾为例，近600年来海湾面积日益缩小，净积泥沙中有400万方（占淤积总量的40%）主要来自长江。

杭嘉湖平原发育网状水系，水网密度达10%，尤其是西部山前地区，池沼遍布，局部地区陆地呈岛状。绍兴、余姚一带与之相似。杭州湾二侧的南沙、北沙、头蓬和慈北平原地区以及东部沿海各海积平原，成陆时间较短，发育与岸线近似垂向分布的互相平行的梳状水系，彼此以横向渠道相通。横向渠道的平面布列反映了滨海平原向海扩展的过程。

第三节 区域地质

一、地质构造

浙江省位于我国东部新华夏系一级隆起带上。界于秦岭、南岭二个东西向复杂构造带之间。以“多”字型构造为骨架，相应发育“山”字型、东西向和旋卷构造等多个体系的构造形迹。常经历多期构造运动，有些可能在晚近期仍有微弱的活动。表现为强度不大、频度甚低的地震，中低温热(矿)水等。各体系构造形迹间存在着迁就、归并、交接等复合关系和联合现象。

绍兴——江山深断裂为我省规模最大的深断裂带。运用板块理论分析可认为它是浙西北和浙东南新老板块的碰撞带。沿着这个时代较老的板块碰撞带发育有录色片岩带、混杂岩和蛇录岩系以及与之伴生的深成基性岩浆矿床。据航磁及卫星照片分析，除绍兴——江山深断裂带外，还存在着一些新华夏系深断裂带及东西向深断裂带。其中，上虞——庆元断裂带为福建政和——华安断裂带在我省的延伸部分。黄汲清先生将它统称为丽水——海丰断裂，是我国东南沿海地区一条区域性深断裂。在闽粤一带，它将地块分成地质结构回异的二部份：西部以古生代地层为主，发育大量花岗岩体，东部大片出露中生代火山岩系。沿深断裂带地震活动较频繁，并有大量热(矿)水分布。但在我省，除构造形迹还隐约可见外，在地层出露以至地热、地震等标志均不很明显。沿东部海岸线可能也存在新华夏系深断裂，和福建的长安——诏安断裂带相连，并继续南伸。参与组成我国东南沿海深断裂系统。东西向区域断裂带以沿北纬30°偏北和北纬29°偏北二带最为明显。它控制了舟山群岛众多的岛屿普遍呈东西向布列，

金华——兰溪一带使古生代地层走向呈明显的东西向偏转。它与华夏、新华夏系呈复合系，交接带常为地震震中所在。

我省地层发育齐全。元古界多为变质较深的硅质、泥质岩类，岩石坚硬，片状构造发育。古生代末期有不厚的浅海相硅质碳酸盐类沉积。下古生界以浅海——滨海相类复理石建造为主，并发育不纯的钙质地层，岩性较软弱。上古生界为滨海——浅海相砂页岩建造、碳酸盐建造和含煤建造，部份地区延续至中生代早期。中生代以强烈的火山活动为特征，早期为火山质的内陆湖盆堆积，嗣后为厚达万米的火山岩系，大致有三——五个喷发旋回，有熔岩、凝灰岩类，有时夹有沉积地层。中生代末期堆积内陆湖盆相红色砂页岩、砂砾岩夹少量火碎屑岩，钙质、泥质含量较高。新第三纪——第四纪玄武岩的分布局限于东部新昌、嵊县一和三门湾附近，夹有多层粘性土、砂砾石及褐煤。第四纪松散堆积物因地而异。山麓、谷及山间盆地发育多期陆相粘性土和砂砾石，厚0—20米不等。平原地区第四系厚50—200，为多种成因类型的粘性土和砂砾石的综合体。在不同深度上存在着多层固结良好的硬粘土层，中等——低压缩性，较硬，常作为划分地层的标志层，在工程上则是良好的持力层。

区内存在多期侵入体，以燕山晚期最为发育。规模较小，多呈岩株、岩枝产出，亦见岩和个别岩基。以中——深成的酸——中酸性花岗岩、花岗闪长岩类为主，火山岩地区尚见量潜火山岩体。

绍兴——江山深断裂带将我省分为西北和东南二个具有不同的地质形成和形变过程的地。浙西北为古生代拗陷区，古生界地层发育齐全。受华夏——新华夏系构造控制，多呈北东—南西向条带状分布，组成紧密的线状复式褶皱，即所谓的“钱塘江复向斜”。岩层倾向陡，一般在40—60°，局部直立或倒转。受多体系、多序次构造控制，地层破碎，纵横向变化复杂。浙东南地区古生界基本上缺失，前震旦纪变质岩基底大多被巨厚的中生代火山岩系复盖。火山岩系产状平缓、呈大片分布。破裂构造以华夏——新华夏系高角度断裂为主，褶曲面开阔。局部地段存在东西向构造、山字型构造和旋卷构造等。沿破裂构造发育有大小不同的中生代构造盆地四十余个，盆地内堆积白垩系红层。

二、新构造和地震地质

地质结构在各地区差异，同样也反映在新构造运动的方向和幅度上。

浙西北山区继承了印支运动以来长期上升的特征，表现为间歇性的掀升运动，形成多级向北东方向倾斜的夷平面。第四纪以来河流下切，河谷地区发育多级阶梯地形（图2）。

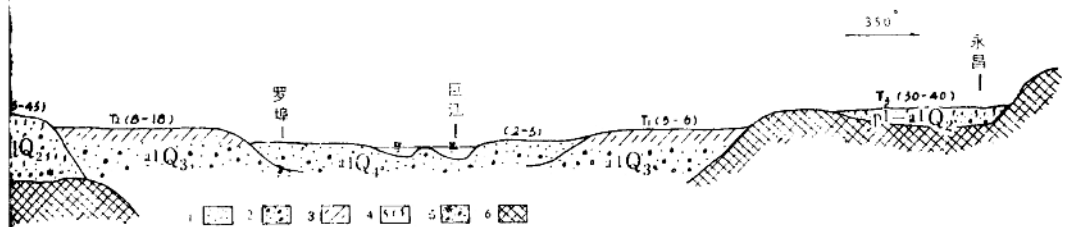


图2 汤溪附近衢江河谷（示意）剖面图

1. 砂 2. 砂砾石 3. 亚粘土 4. 网纹红土 5. 胶结砂砾石 6. 基岩

普遍表现出由西南向东北倾斜趋势。更新世以来抬升强度逐渐减弱,表现为早,中更新世的侵蚀阶地、基座阶地为堆积阶地的沉积物所复盖。各期堆积物叠置关系也由内迭演变为上迭关系。第四系总厚度一般不超过十余米。

浙东南山区以断块升降伴岩浆活动为特征。沿海山麓似有数级海蚀阶地和夷平面。更新世早、中期上升幅度较大,缺失相应堆积物。晚更新世以来上升幅度显著减弱,山间沟谷中一般发育厚仅数米的 $Q_{3,4}$ 堆积物及很狭窄的堆积地形。

平原地区第四纪以来以振荡式沉降为特征。浙北平原表现为较稳定下沉,第四纪各期堆积物总厚达200米以上。东部滨海平原仅发育晚更新统和全新统。尤其是三门湾以南地区,反映在全新世地层厚度可达三、四十米或更多,远远超过浙北平原(一般小于二十米)。古地理堆积环境也反映出浙南较宁静,海水深度较大。第四纪以来沿海基底大幅度沉降也反映在我省岸线具有相对沉降地区溺谷式海岸的特征。

近代构造运动(最新构造运动)和区域工程规划的关系密切。但是,下列各类宏观现象可以证明我省近代构造运动表现为十分宁静、迟缓,很不明显,区域稳定性良好:

1. 人类历史时期以来,未见到火山活动,平面图上所标均为“古火山口”。

2. 在地热资源丰富的我国东南丘陵地区,唯我省地热点少、温度低。虽经大量普查、勘探工作,但全省已查明的地热资源点仍少于十个,多是中低温热水,一般仅三、四十度,水化学异常不明显,多属浅循环水。泰顺雅洋温泉为我省目前已发现的温度最高的地热点,水温仅 62°C 。

3. 越来越多的资料证明我省沿海各段岸线的近代变迁,多与气象、水文及人类活动有关。最新构造运动的影响甚为微弱(详见第五节)。

4. 从上述新构造运动强度由强逐渐减弱的趋向,可推断近代构造运动是十分微弱的。此外,我省至今尚未发现一条证据确凿的第四纪活动断层。

5. 地震强度不大,频度甚低,地应力分布处于相对均衡稳定状态。

此外,人类历史时期虽有数千年,但在漫长的地质历史时期中仅是短暂的一瞬,在这一瞬间诸如气象、水文,特别是人的力量显得如此活跃,相应之下最新构造运动则显得多么地迟缓。因而,在区域工程地质条件评价中,我们更有理由认为我省近期构造运动是十分宁静和稳定的。

根据国家地震局南京地震大队研究统计,在公元1935年前的一千六百多年内,我省共发生有感地震356次。其中,震中烈度接近或大于Ⅵ度的破坏性地震仅十一次(表4)。解放以来,仅在舟山及附近海域发生有感地震四次,震级均小于或等于5级。邻区地震对我省影响亦微。如1974年4月22日上午江苏溧阳上沛地震,震中距长兴县城北偏西约60公里,震级5.5级,震中烈度Ⅵ度强,造成一定伤亡。这也是解放以来邻区发生的震级最大的一次地震。但在我省,仅西北部(嘉兴、湖州、建德一带)略感“房屋摇晃,门窗作响”,杭州、绍兴一带仅有微感。1971年初,中街山列岛北水域中地震,震级4.0级,舟山、宁波一带影响烈度仅Ⅲ—Ⅳ度。

编图过程中曾走访省内各设计单位,据了解我省以往工程设计中一般均不采取防震措施。新安江水库混凝土高坝设计时曾专函询问中国科学院地球物理研究所李善帮先生,取基本烈度亦为Ⅵ度。

浙江省地震目录 ($M_s \geq 3.6$)

表 4

发震时间	震中位置			震级	震中烈度
	纬度	经度	地点		
1213.6.26	29.6°	119.0°	淳安	(4 ¾)	VI
1523.8.14	30.0°	122.1°	定海	(5 ½)	VII
1574	27.6°	119.1°	庆元	(5 ½)	VII
1678.5.26	30.5°	121.0°	海盐	(4 ¾)	VI
1813.10.17	28.0°	120.7°	温州	(4 ¾)	V—VI
1855.2.27	30.1°	122.0°	富阳	(5)	VI
1866.9.21	28.0°	119.6°	景宁	(5)	VI
1867.9	30°26′	120°36′	盐官	(5)	VI
1918.6.7.12:54′45″	27.0°	121.1°	东海	5	
1919.3.11.6:19′46″	27.5°	123.5°	东海	6	
1926.6.29.10:22′10″	27.0°	121.0°	东海	4 ¾	
1960.7.21.8:7′28″	27.3°	121.8°	东海	5	
1969.11.30.9:5′58″	30.0°	122.3°	普陀	4.0	
1971.2.9.7:51′	30.2°	122.7°	舟山	4.0	
1971.2.11.22:37′	39.2°	122.7°	舟山	3.6	

摘自南京地震大队1974年编“苏、浙、皖、沪地区地震目录”。

根据全国地震区划，以绍兴——江山深断裂带为界，我省西北部属长江中下游Ⅲ等地震区上海——上饶地震带，浙东南属东南沿海Ⅱ等地震区的北段。

我省发生地震均为浅源构造地震。震源深度在十至二十公里。地震的发生多与区域性华夏、新华夏系的深断裂带与东西向区域性挤压构造带的活动有关。震中多于上述二组区域性断裂带的交点附近。除发生于省内的地震外，浙西北尚受到郯庐地震带活动的影响。郯城——庐江深断裂系统是我国东部地区（陆上部分）规模最大的深断裂带，它向北穿过山东半岛西部，越过渤海，沿松辽平原东缘直伸至松嫩平原中苏边境以远。它也是我国东南大陆活动性最强烈的现代地震活动带。据记载，1668年7月25日曾发生强震，震中在山东省郯城附近，震级在8级以上，震中强度Ⅺ—Ⅻ度。其破坏影响波及华北、华东大部份地区。福建省沿海地区地震（如泉州——汕头断裂带的活动）可对浙南地区造成威胁（见图3）。

注：全国地震区划中地震区等级的划分，据各区地震活动的强度和频度确定，共分成四等：

Ⅰ等区内大于和等于七级震较多，或仅有一定量的大于和等于七级震，但六级震频度较大，或有八级震。

Ⅱ等区内大于和等于六级震较多，频度较大，仅个别或少数七级以上地震。

Ⅲ等区内有一定量大于或等于六级震，频度小，无大于或等于七级震或仅个别存在。

Ⅳ等区内无大于和等于七级震，大于或等于六级震也很少。

根据地震地质条件研究和历史地震资料的分析，南京地震大队认为未来百年内杭州——

富阳地区、兰溪地区、舟山——镇海地区和峡石——嘉兴地区可能发生4¼—5级地震，相应划出了四个地震危险区。但发震机率预测的可靠性不大。如杭州富阳危险区，讨论了危险区确定的地质依据和历史依据后，在时间的确定中写道：“根据线性预测与马尔可夫链方法的计算预报。本地震带未来百年发生4½—5½（或5¼）级震时间段如下：1975年、1977年、1981年、1991—1996年、2007—2012年、2025—2031年、2036—2037年、2045—2046年、2057—2058年、2065—2066年。但本带无明显周期性，350年内始终平缓，故难定论，本危险区精度Ⅱ类。”

据上述分析，作有1：350万地震烈度图为平面图让图。由图可见我省各地地震烈度均在V—Ⅵ度，一般工程毋需采取专门的防震措施。浙东南淤泥质软土地区、杭州湾一带易液化的粉土地区以及基岩山区构造破碎带应力集中地段，地层的抗震性能较差，工程建筑的场地烈度将高于基本烈度，可达Ⅵ度强。

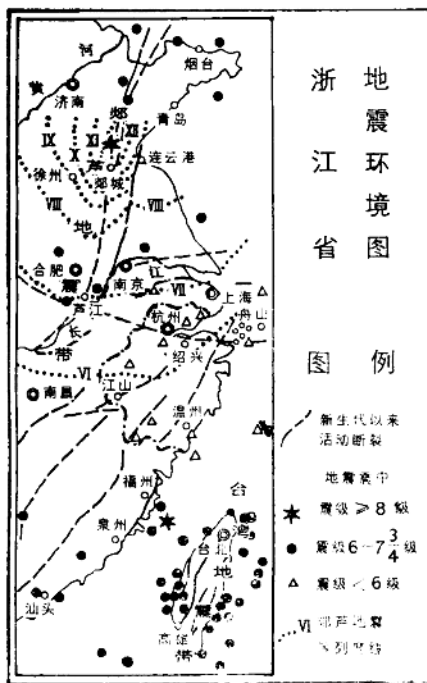


图3 浙江省地震环境图

第四节 土、石工程地质分组及建筑材料

本图分别对软土和基岩进行二级工程地质分组，以深入讨论各类土、石的工程地质特征。一级分组称之为（综合）工程地质岩（土）类，二级称为工程地质岩（土）组。

一、软土工程地质分组

大致水平成层的第四纪软土工程地质条件研究，应当从当前我国建筑工程技术要求出发，不局限于地表出露的一些土层，而是一定深度范围内不同性质土层组合的结构特征及其工程地质性质，即需采用“综合工程地质分组”方法。讨论深度随工程规模及类型而异，应与作为各种类型地基的持力层范围，砂土地基的渗透边界及作为地下建筑结构的环境相适应，亦与各地软土层浅部结构有关。本图在浙北平原东部讨论深度为10—20米，其西及东部滨海平原为20—40米，沟谷地区一般在10米范围内。

成因类型不同的软土组合，其物质组成不同，具有各自的工程地质特征，分布在各自特有的地貌位置上。现从土的成因类型出发，结合考虑各软土组合体所特有的工程地质特性对软土进行综合工程地质土类和土组的划分。并以成因、成分和工程地质特性给予相应特征性的

命名。将软土分为四个综合工程地质土类和二个工程地质土组（表5）。

各综合工程地质土类（组）

特征分述如下：

软土工程地质分组 表5

饱水的疏松土类（W）
分布于潮间浅滩的软土。

饱水的疏松土类 (W)	易液化的粉土质土组 (Wa)
	易触变的淤泥质土组 (Wm)
滨海淤积相高压缩性的软粘土类 (L)	
海相—冲海相易液化的松散土类 (A)	
陆相松软土类 (C)	

随潮汐涨落受海水反复浸淹。疏松、饱水、未固结为本土类基本工程地质特征。承载力低，稳定性差，包含高矿化的咸水，有硫酸盐侵蚀性，施工条件也

差。工程实例较少，研究程度较差。根据物质组成的差异细分为二个工程地质土组。

易液化的粉土质土组（Wa）

组成杭州湾二侧的潮间浅滩及水中沙滩，系杭州湾江潮动力在全新世以来的产物。为厚层的粉土质亚砂土和粉砂。由湾口向上颗粒变粗，泥质含量减少。灰——黄色，饱水，松散——稍密。在动力作用下易液化。单人徒手行进时下陷深度2—10厘米，估计天然地基承载力小于10吨/平方米。一般厚20米以上。金山、平湖一带仅2—5米，底部为硬塑状态的粘性土，天然地基条件较好。

易触变的淤泥质土组（Wm）

组成东部沿海潮间浅滩。粉土质淤泥质亚粘土，灰色、饱水、未固结，软塑——流动状态。含有机质约6—8%。高压缩性，承载力很低，地基土容许承载力约1.5—2.5吨/平方米。灵敏度高，易触变，尤其是潮沟附近多为流塑状态的淤泥，土的工程地质性质极差。根据沿海调查资料，淤泥质浅滩上通行条件十分困难，单人徒手行进时下陷深度为30—40厘米。高潮浅以上部分为草滩龟裂带，多为围垦对象，受海水浸淹机会很少，表部土层略有固结、龟裂。据围垦海堤工程调查，东部沿海浅滩围堤高度在2—3米，堤顶宽约3米，底宽约28米，堤坡在1:3左右。块石护坡时，坡度可加大。由于作为地基土体淤泥质软土的承载力低，海堤施工时常控制堆土进程，在一年或多年内施工兴建，尚有较大沉降量。海堤闸门荷载较大，且多座于潮沟上，往往需要采用木桩或石桩基础，桩深一般为3—5米，但仍有一定量沉降，施工或处理不当易发生堤体塌毁事故。

滨海淤积相高压缩性的软粘土类（L）

我省平原地区浅部分布最广泛的一套软土地层，也就是我国东南沿海平原分布的工程地质性质很复杂的淤泥质软土层。多是晚更新世末期以来淤积物。具有较典型的三层结构。上部为不厚的表土层（硬壳层），中部厚层淤泥质土（淤泥层），下部常有固结程度较高的硬壳层。硬土层以下，作为下卧层软粘土类的大多是厚层淤泥质粘性土，性质和软粘土类的淤泥层相仿。仅局部地段为粉土、粉砂或砂砾。

硬壳层（硬壳层）以黄——褐黄色亚粘土为主，含云母、氧化铁，偶有铁锰质渲染或结块。土质很湿，可塑，可溶盐含量0.01—0.1%左右。厚1.5—4米不等，浙北较浙南厚，可塑性与早晚有关。同一地区厚度差异与地面标高、地势起伏有关。平原西部山前低洼地区，

地下水位较高，水网密布，厚度较小。区域分布稳定，土的工程地质性质较好，地基土容许承载力10—16吨/平方米。被复于厚层淤泥质软土之上，故工程部门常称之为“硬壳层”。有认为系淤泥质软土成陆后氧化所致，亦有“氧化层”之称。

褐黄色表土层在局部地段常被人工土不同程度地取代。包括由人类活动所形成的古文化层（古井、古墓），水利工程土，工业废土及居民点附近的碎砖烂瓦等等。土的组成、性质，在空间分布上特征极不规则，往往大大地复杂了表土层的工程地质条件。以余姚县城内东风化纤厂为例，维尼纶车间的合成塔基础分跨于淤泥质土和旧余姚县城城墙基础上，后者承载力远远大于淤泥质土。不均匀沉降的结果，高十余米的合成塔体倾斜16厘米。

厚层淤泥质土为三层结构的中层。灰色的亚粘土为主。含少量有机质（0—4%），亦见云母、贝壳等，有腐臭，可溶盐含量0.2—0.3%。很湿——饱和，可塑——软可塑。低强度，易触变，高压缩性，土的工程地质性质很差。地基土容许承载力4—8吨/平方米，各地略有差异。厚10—30米不等。以三门湾以南各平原最厚，可达40—50米，且土的含水量高，承载力很低。三门湾以北厚度较小（10—20米），杭嘉湖平原东部最薄，仅厚2—5米（可能层位上不完全相当）。有时含泥炭质土、淤泥和粉土质土等不良工程地质夹层，使厚层淤泥质土的工程地质性质更为复杂化。

泥炭质土为灰黑——黄棕色，含大量木炭和未炭化的植物残体，很湿——饱和，软塑状态。广泛分布于我省平原西部地势低洼的山前地带，与平原形成过程中古泻湖的形成与退缩有关。厚0.1—0.5米，一般见一层，有些地区可有二、三层。埋深1米左右。浙江平原大致沿湖州——德清——余杭——萧山——上虞——余姚——奉化一带呈片状分布，离山体有一定距离，分布较零散，以炭化的草本植物为主。浙南地区则多集中分布在平原边缘拗谷或沟谷地带，如路桥、柳市、灵溪、曹村等地。泥炭层的厚度较大，炭化程度较低，除草本植物外，尚见有未炭化的粗大树干。这种过饱和的有机土承载力极低，稳定性很差，不宜作为天然地基。泥炭质土分布地区施工不慎常会发生不良的工程地质问题。如杭（州）——长（兴）铁路在长兴县蒿箕垅地区路堤高仅二米，但因淤泥质软土地基中夹有泥炭层，致路堤建成后不久地基破坏，路堤整体坍塌，损失很大。

软塑——流塑状态的淤泥呈灰黑——黑褐色，多为过饱和状态，含大量腐殖质，有腐臭。常以透镜体或夹层形式存在于淤泥质软土中。其形成及分布和不同地质历史时期的积水洼地、河沟、水道的存在有关。浅处还时常会遇到近期人类活动填没的暗沟、池沼淤泥及人工回填的瓦砾、垃圾等密实度很差的人工土。使建筑物局部地段的地基性能极差。如杭州市武林门火车站附近1971年新建四层楼房一幢，建成后不久建筑物迅速严重开裂，居民不敢迁入新居。究其原因系楼房东北角有暗河，为淤泥及人工土地基，作为部分桩基础的软弱持力层明显压缩导致建筑物显著的不均匀沉降。

砂性土夹层或透镜体颗粒细，以亚砂土和粉细砂为主。松散——稍密，饱水。其空间分布似和淤泥质土堆积过程中陆源砂性物质沿沟、溪向下游的搬运、积聚有关，常零星地分布于（古）山前地段。东部滨海平原原有以埋藏砂堤、砂坝形式存在。平面图上以控制钻孔反映其存在及埋藏深度。饱水的粉土质土受渗流或震动等动力作用，易液化形成流砂，从而恶化土的工程地质条件。如海宁县许家浜地区淤泥质土中含有粉土透镜体，为疏浚河道将渠水疏干，周围粉土中地下水在水头差的作用下迅速向疏干区汇集，强渗流的动水压力作用使离疏干

20米外抽水机埠下作为地基持力层的粉砂土层液化为流砂，地基承载力急剧降低，引起抽水机埠建筑物整体坍塌。但在正常情况下粉土质土的工程地质性质尚好，地基土容许承载力10—14吨/平方米，在厚层淤泥质土分布地区，有时可取其为建筑物主要持力层。但施工时应谨防流砂现象的产生。

三层结构的下层硬粘性土以暗绿、黄褐色为主，色较杂，尤其在山前地带，粘土——亚粘土，颗粒成分比上部淤泥质土略细。含云母、氧化铁、铁锰质结核、姜结核及高岭土等，有时还夹有少量有机质或砂土。稍湿——湿，可塑——硬可塑，分布较稳定，规律性较清楚，一般厚2—5米。地基土容许承载力15—30吨/平方米，常作为淤泥质土分布地区重型和永久性工程的主要持力层或地下建筑的环境。如嘉兴、宁波等城市防空设施均建于该土层中。是淤泥质软土工程地质研究时的重点层位。

基于各平原区古地理条件以及浅部地层结构的差异，限于本图对土层研究仅达地面下第一个硬粘性土层。我省平原第四纪土层中尚存在着多层固结程度较高的工程地质性质良好的硬粘性土，第四纪地质研究中常将其作为标志层。如宁波市附近存在三层，分别位于20米，80米及100米左右深度。根据我省平原区第四纪地层划分，全新世地层(Q₄)称为“滨海组”(和上海地区的“上海组”相当)。晚更新世末期地层(Q₃³)为“宁波组”(和上海的“南汇组”相当)。上述软粘土类(L)三层结构下部硬粘性土层，多为“宁波组”的上部(Q₃³)。但在有些地区全新世“滨海组”地层中亦存在一层硬粘性土，厚度不大(小于5米)，分布范围也较宁波组小，地层研究中有将它作为Q₄¹顶板(图4)。这种现象在我省见于杭嘉湖平原东部的平湖、嘉善、桐乡一带，浙北平原南部的萧山、绍兴、慈溪及穿山半岛等地。由于Q₄¹硬粘性土的存在，本文所讨论的三层结构在这一带显得特别薄，硬粘性土顶板埋藏很浅。

对固结程度良好的硬粘性土成因看法各异。多数人从土的成分、状态及结构分析认为应属陆相古土壤层，亦有认为系冲积物(宁波一带)，少数解释为冰川堆积(上海地区)。我们认为基于更新世末期各地古地理条件的差异，在同一地质历史时期中允许有不同相的物质堆积。但是，铁锰质及钙质淋积物的发育，植物根系由硬土层表部的存在向深部的消失，土的固结程度普遍较一般土层高，以及硬土层的发育和空间分布上受古地理条件严格控制等特征，可认为是沉积间断土层淋滤氧化的标志。大理冰期世界洋面大幅度降低，为土层后期氧化淋滤提供了充分的条件。

据调查，浙北平原硬粘性土层发育较普遍和完整。其上部为暗绿色粘土(亚粘土)，厚0.5—2米，下部为黄——棕黄色，厚2—3米。总厚度不大，一般在2—5米。土的工程地质性质良好。平湖、嘉善、桐乡一带，硬粘性土顶板标高在零米左右，埋深3—5米，硬土层和上海青浦、松江一带连成一片。如前述，根据区域对比，很可能是Q₄¹顶板。杭嘉湖平原西部山

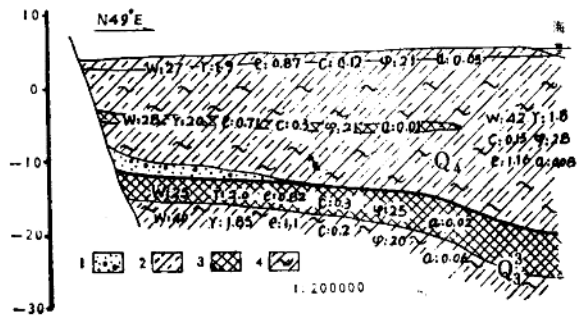


图4 镇海大碶一带软土剖面图

1. 含砾砂; 2. 亚粘土; 3. 硬粘土; 4. 淤泥质亚粘土

前地带如吴兴、德清、余杭、杭州等地，硬土层顶板起伏很大。由山麓向盆地中心顶板标高由零米降为负15米或更深，见杭嘉湖平原硬土层顶板标高分布图（图5）。由图可见，大理

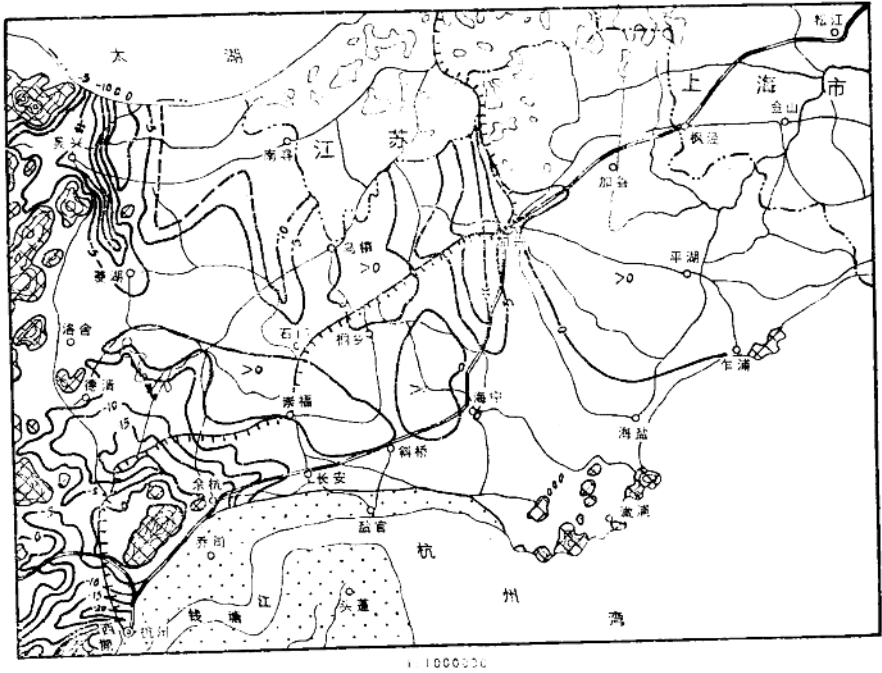


图5 杭嘉湖平原硬土层顶板标高分布图

冰期末平原西部各地自成小盆地，湖州一带水流由菱湖经吴兴北流德清、余杭一带呈向东南方向汇集的小汇水盆地；杭州以西为小规模的山间盆地，水流由西向杭州汇集流入古钱塘江。硬土层的发育受古地形的严格控制，这也是硬土层系大陆古土壤化成因的佐证。杭州湾以南平原硬土层特征基本相类似。但分布较零散。有时缺失硬粘性土的上部暗绿色层，仅见黄色硬土层。山前地带浅部可遇到一或二层。上层埋藏浅（约5米上下），如陶堰、绍兴、余姚等地。下层埋深约20米，向山体方向迅速抬高。有些地区颗粒很粗为胶结砂或胶结的含泥砂砾石等，对此类地层，有称之为“铁板砂”。如曹娥江两岸在曹娥、百官以至江口一带钻孔中普遍有胶结砂砾石揭露。在杭州湾二侧，软粘土类(L)三层结构多和其外侧松散土类(A)厚层粉土呈截接关系(图6)。

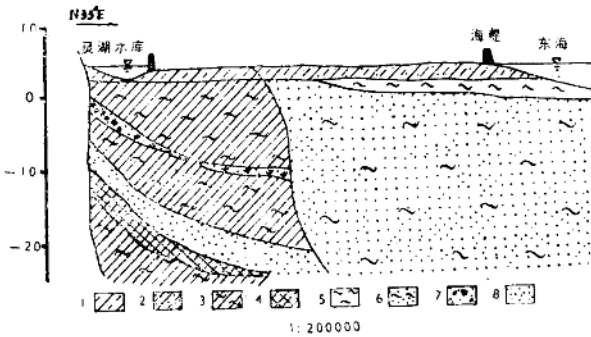


图6 慈溪灵湖水库——五洞闸剖面图

1. 灰黄色亚粘土； 2. 灰黄色轻亚粘土； 3. 淤泥质粘土；
4. 灰绿色硬粘土； 5. 淤泥； 6. 淤泥质亚砂土； 7. 胶结含砾砂； 8. 粉质一砂质土

色硬土层。山前地带浅部可遇到一或二层。上层埋藏浅（约5米上下），如陶堰、绍兴、余姚等地。下层埋深约20米，向山体方向迅速抬高。有些地区颗粒很粗为胶结砂或胶结的含泥砂砾石等，对此类地层，有称之为“铁板砂”。如曹娥江两岸在曹娥、百官以至江口一带钻孔中普遍有胶结砂砾石揭露。在杭州湾二侧，软粘土类(L)三层结构多和其外侧松散土类(A)厚层粉土呈截接关系(图6)。

硬粘性土在宁(波)奉(化)平原较为特殊。为厚层的黄褐色粉土质

粘性土和粉土为主。厚度大，如宁波市区一般厚0—10米，最厚可达20余米。颜色单调，很少见暗绿色，几乎全部为褐黄色，故当地称之为“黄色硬土层”。颗粒粗，粉土含量高，一般上部为粉土质亚粘土，下部为亚砂土夹粉细砂。铁锰质强烈渲染、淀积，常见铁锰结核及形如姜结石的钙质铁质胶结体。黄色硬土层顶板明显受河流侵蚀、切割，起伏不平，并具有由山前向下游缓倾斜深埋的趋势（图7）。据镇海地区勘探资料，硬土层在镇海码头附近仍有残留，但受周围山体及后期江湖切割的控制，显得十分零乱，复杂。

浙南地区下部硬土层研究程度较差。从不多的资料可知，浙南硬土层不如浙北发育，厚度小、埋藏深、固结程度差，工程地质条件不如浙北地区（图8）。在各平原西部山前地带，硬土层埋深10—20米，土的固结程度尚好，地基土容许承载力10—20吨/平方米。平原东部埋深达30—40米。灰黄—灰绿色，有少量铁锰质淋积薄膜或结核以及贝壳碎片、植物残体等。厚0—5米。土体略固结，地基土容许承载力10—15吨/平方米。由于和其顶部底部淤泥质粘土的性质相差无几，勘探中若不取芯，

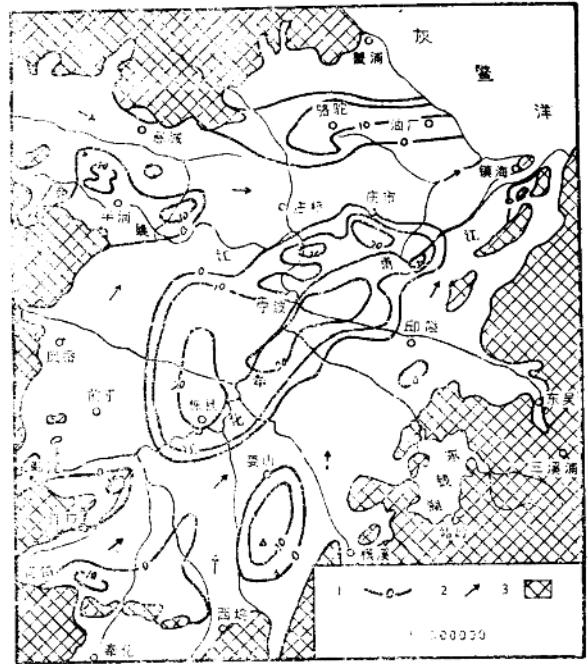


图7 宁奉平原硬土层等厚度图

1. 硬土层等厚度线（米）； 2. 晚更新世各古河道地表水流向； 3. 山丘

稍为疏忽很易出现漏层现象。

总之，具有三层结构的软粘土类，成份上以厚层的淤泥质粘土为主，工程地质特征上表现为承载力低，高压缩性，低强度，不稳定，易触变。经常会产生地基沉降、建筑变形、边坡坍塌等不良工程地质现象。如杭长铁路杭州—湖州段路堤高仅2—3米，由于作为地基土的软粘土类高压缩性，且常夹有泥炭质土和粉土透镜体，铁路运行一年后，路堤沉降量普遍达30—40厘米，且多发生路堤坍塌、桥涵毁坏等严重病害。温州华侨饭店建筑物上部荷载量约10吨/平方米，由于设计和施工不当引起大幅度沉降，建成后总沉降量达一米余。

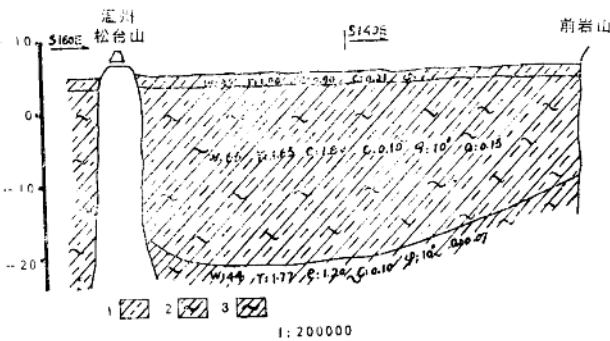


图8 温州市附近软土剖面

1. 亚粘土 2. 淤泥质亚粘土 3. 淤泥质粘土

温州华侨饭店建筑物上部荷载量约10吨/平方米，由于设计和施工不当引起大幅度沉降，建成后总沉降量达一米余。