

第七届全国岩土工程实录交流会

岩土工程实录集

(上册)

中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会
中国建筑学会工程勘察分会 编
国防机械工业工程勘察科技情报网



中国建筑工业出版社

第七届全国岩土工程实录交流会

岩土工程实录集

(上册)

中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会

中国建筑学会工程勘察分会 编

国防机械工业工程勘察科技情报网

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程实录集/中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会等编. —北京:中国建筑业出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-112-18033-2

I. ①岩… II. ①中… III. ①岩土工程-文集
IV. ①TU4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 079846 号

本书汇集了全国各系统、各地区的岩土工程勘察、设计、施工、科研单位和高等院校撰写的论文 144 篇,包括岩土工程勘察、检测与监测,边坡与基坑工程、地基处理与桩基等方面内容,其中有全国优秀工程奖和省部级优秀工程奖项岩土工程实录 29 篇。本书反映了第六届全国岩土工程实录交流会以来,岩土工程新技术、新方法、新经验,代表了当前我国岩土工程的技术水平。

本书可供从事岩土工程勘察、设计、施工、检测、监理的工程技术人员和高等院校有关专业师生参考。

责任编辑:王 梅 杨 允

责任设计:董建平

责任校对:陈晶晶 党 蕾

第七届全国岩土工程实录交流会 岩土工程实录集

中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会

中国建筑学会工程勘察分会 编

国防机械工业工程勘察科技情报网

*

中国建筑业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:78¼ 字数:1945 千字

2015 年 11 月第一版 2015 年 11 月第一次印刷

定价:180.00 元(上、下册)

ISBN 978-7-112-18033-2

(27255)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

主办单位:

中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会
中国建筑学会工程勘察分会
国防机械工业工程勘察科技情报网

承办单位:

中兵勘察设计研究院

协办单位: (排名不分先后)

《岩土工程技术》杂志社
中国五洲工程设计集团有限公司
中兵勘察设计研究院
北京市勘察设计研究院有限公司
机械工业勘察设计院有限公司
建设综合勘察研究设计院有限公司
中船勘察设计院有限公司
机械工业第四设计研究院有限公司
中航勘察设计院有限公司
北京航天勘察设计院有限公司
中国兵器工业北方勘察设计院有限公司
浙江恒辉勘测设计有限公司
中节能建设工程设计院有限公司
中机三勘岩土工程有限公司
北京城建勘测设计研究院有限责任公司
福建省建筑设计研究院
广西华蓝岩土工程有限公司
河北建设勘察研究院有限公司
天津市勘察院
中国建筑西南勘察设计院有限公司
华北有色工程勘察院有限公司
辽宁有色勘察研究院
深圳市勘察测绘院有限公司
西北综合勘察设计院
中勘冶金勘察设计院有限责任公司
浙江省工程勘察院
杭州市勘测设计研究院
浙江大学建筑设计研究院有限公司
浙江省工程物探勘察院
中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
新疆建筑设计研究院

顾问委员会

主席：张苏民
委员：（排名不分先后）
项 勃 顾宝和 萧汉英 张旷成 张文龙 莫群欢 卞昭庆
翁鹿年 袁炳麟 黄志仑 王志智

学术委员会

主任：沈小克
副主任委员：宁俊栋 张 炜 顾国荣 戴一鸣 梁金国 徐张建 武 威
许再良
委员：（排名不分先后）
化建新 王笃礼 闫德刚 周宏磊 郑建国 许丽萍 孙宏伟
李振明 刘成田 温国炫 刘景言 陈追田 刘荣毅 周玉明
陈冬贵 丘建金 杨书涛 王中平 陈殿强 董忠级 杨国兴
高文新 张海东 王鸿胤 蒋建良 周爱其 周群建 单治刚
楼新涛 刘新社 丁 冰

组织委员会

主任：孟 云
副主任委员：严金森 徐 前 林忠伟
委员：（排名不分先后）
李耀刚 杨俊峰 郭中泽 王长科 唐祥达 金 淮 李连营
崔永圣 燕建龙 李哲生 赵在立 葛民辉 卢玉南 康景文
刘云祯 张立勇 岑仰润 胡根兴 吴关叶 蔡伟忠 李蕴雷
张长城 张维正 马海志 张素兰

编 委 会

主编：化建新
副主编：林忠伟 王鸿胤 徐 前
编委：（排名不分先后）
武 威 梁金国 宁俊栋 孟 云 化建新 徐 前 唐建华
王笃礼 周玉凤 闫德刚 孙宏伟 李连营 杨建生 林忠伟
王鸿胤 王志智 张素兰 陈智良 刘 岩

前 言

由中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会、中国建筑学会工程勘察分会、国防机械工业工程勘察科技情报网共同举办的第七届全国岩土工程实录交流会即将召开。为了推动我国岩土工程事业的提高和发展,我们曾于1988、1990、1993、1997、2000和2004年举办了六次全国岩土工程实录交流会,对我国岩土工程技术的提高起到了一定的促进作用。

21世纪我国经济面临更大的发展,岩土工程将会遇到更多新的、难的课题,要求我国岩土工程界必须以新的姿态迎接新的机遇和挑战。

为了展示第六届全国岩土工程实录交流会以来我国岩土工程技术和实践水平以及科技创新成就,我们在前六届实录交流会经验基础上,召开第七届全国岩土工程实录交流会。

本届交流会汇集了近年来国内外岩土工程有关实录论文144篇,其中获全国优秀工程奖和省部级优秀工程奖项论文29篇。这些论文可分为六大类,计:

- (1) 岩土工程勘察(工业与民用建筑)类36篇;
- (2) 岩土工程勘察(市政、电力、水利、尾矿坝、不良地质作用等)类26篇;
- (3) 岩土工程检测与监测类10篇;
- (4) 基坑与边坡工程类38篇;
- (5) 地基处理与桩基类24篇;
- (6) 其他类10篇。

为了便利代表们的交流与阅读,会议秘书处编辑出版了《第七届全国岩土工程实录交流会岩土工程实录集》。

为了保证实录集的质量,专门邀请了化建新、武威、梁金国、宁俊栋、唐建华、王笃礼、周玉凤、闫德刚、孙宏伟、李连营、杨建生等专家对稿件进行了认真的审查。

本次会议实录集主要由《岩土工程技术》杂志社编辑部承担具体的稿件征集工作,国防机械工业工程勘察科技情报网承担会议筹备工作,中兵勘察设计研究院及其他30家单位共同举办实录集交流会。

为了保证实录集的按时出版,委托中国建筑工业出版社进行编辑出版工作,《岩土工程技术》杂志社编辑部对岩土专业内容进行校对。

在实录集的征稿、审稿、编辑与出版,及会议的筹办过程中,得到了协办单位的大力支持和赞助,特此致谢!

由于时间和编辑水平有限,难免有错漏处,欢迎论文作者和读者批评指正。有关意见和建议请寄《岩土工程技术》编辑部。地址:北京573信箱 邮编100053。

化建新

2015年7月15日

目 录

(上册)

岩土工程勘察 (工业与民用建筑)

沙特 RABIGH 2×660 MW 机组燃油电站岩土工程勘察与分析评价实录	刘志伟等 (3)
江苏大唐吕四港电厂岩土工程勘察设计实录	杨绪军 高倚山 (13)
福州江岸豪庭岩土工程勘察	何书全 (20)
津塔项目岩土工程实录	陈润桥等 (31)
吉林省广电中心岩土工程勘察实录	周景宏等 (40)
郑州国际会展中心岩土工程勘察实录	范寒光等 (50)
浙江光彩国际商务大厦岩土工程勘察实录	章 杰 吴发荣 (59)
广西信发铝电有限公司厂址岩土工程勘察与治理工程实录	贾向新等 (71)
福州太平洋广场岩土工程勘察实录	刘俊龙 (84)
太阳园住宅区综合岩土工程实录	范铁强等 (97)
国家体育馆项目岩土工程勘察实录	黄溯航 (107)
数字北京大厦岩土工程勘察实录	黄溯航 刘 蕊 (117)
北京某试验工程楼岩土工程勘察实录	郭宏云等 (126)
某办公住宅楼岩土工程实录	王新波等 (133)
成都龙湖世纪城项目岩土工程实录	颜光辉等 (140)
轨道交通及高端环保装备制造产业园建设项目岩土工程勘察实录	常思源等 (148)
阳朔瑞盛索道项目岩土工程勘察实录	苟家满等 (154)
六里屯垃圾填埋场工程 (东区) 勘察实录	何建勇等 (163)
北京顺义奥林匹克运动会水上公园岩土工程勘察实录	李世梅等 (175)
北京国锐广场岩土工程勘察实录	刘东好 (184)
房山区良乡高教园区中央设施区西区北侧住宅 混合公建项目岩土工程勘察实录	聂淑贞等 (189)
铜陵大市场五期工程—新时代家居生活广场岩土工程实录	孙永俊等 (199)
东方·普罗旺斯高层住宅楼岩土工程勘察实录	吴伟良等 (206)
西溪路办公楼岩土工程勘察实录	胡根兴等 (212)
杭州尊宝大厦工程岩土工程勘察实录	胡根兴等 (217)
绿城·碧水清风项目岩土工程勘察实录	楼新涛等 (224)

陈塘庄热电厂三期扩建工程岩土工程勘察实录	任大龙等 (236)
多孔状玄武岩风化土的工程地质特征	
——从蔡氏住宅楼事故案例谈起	张平新 劳作优 (241)
国电北仑电厂三期扩建岩土工程勘察实录	邹信华 陆武萍 (246)
国电泰州电厂岩土工程勘察实录	邹信华 高倚山 (254)
内蒙古乌海市甘德尔山生态旅游风景区成吉思汗	
大型雕塑及博物馆岩土工程勘察实录	吴铭炳 戴一鸣 (262)
北京五棵松文化体育中心岩土工程勘察	侯东利等 (270)
望京国际商业中心岩土工程勘察	李 军等 (283)
北京中关村科技大厦岩土工程勘察	谢 宾等 (293)
深厚砂卵石地基超高层建筑岩土工程勘察实践	郭红梅 (303)
居然之家昌平培训中心岩土工程勘察实录	王年康 (312)
岩土工程勘察 (市政、电力、水利、尾矿坝、不良地质作用等)	
湖南某工厂生产生活区地质灾害勘查评价实录	刘 春等 (325)
国家矿山公园海州露天矿地质环境治理工程实录	陈殿强等 (333)
福建昙石山遗址保护岩土工程勘察实录	王文辉 吴铭炳 (344)
三峡库区忠县黎家山滑坡工程勘察	吴言军等 (350)
四川德阳什邡市木瓜坪崩塌群应急勘查实录	黄来源等 (360)
西藏玉龙铜矿玉龙沟尾矿库水文地质、工程地质勘察实录	刘新社等 (376)
北京奥林匹克森林公园工程水文地质勘察	王 峰等 (385)
青藏直联网线路岩土工程勘测与冻土研究实录	刘志伟等 (395)
崇明至启东长江公路通道 (上海段) 工程岩土工程勘察实录	帅常娥等 (405)
沈阳地铁一号线 I 标岩土工程勘察实录	郑 奕等 (416)
泸州市茜草长江大桥工程地质勘察实录	赵德骥 罗 伟 (426)
北京地铁昌平线一期岩土工程勘察实录	谢 峰等 (437)
青草沙水库及取输水泵闸工程岩土工程实录	李燕杰等 (449)
平推式岩质滑坡稳定性分析及治理	梁恩正 (459)
乾源矿业尾矿库岩土工程勘察及稳定性分析实录	张友财等 (465)
山西省陵川县崇文镇小泊池滑坡勘查及治理设计实录	徐金格 张 英 (474)
重庆三峡库区涉水库岸工程地质灾害勘查实录	王 浩等 (478)
林家崖 II 滑坡治理设计工程	代庆礼 周金喜 (487)
萧围北线外六至外八工段标准塘工程岩土工程实录	徐志明 陆绍胜 (495)
杭州市庆春路过江隧道岩土工程勘察实录	史平扬 魏志范 (500)
舟山大陆连岛工程西堠门大桥工程勘察实录	潘永坚等 (514)

瓯海大道西段快速路工程（高架部分）工程地质勘察实录	楼新涛 余节考 (526)
北京地铁十号线一期岩土工程勘察实录	程海陆等 (538)
乌鲁木齐轨道交通 1 号线工程采空区专项勘察工程实录	王增良等 (547)
关于一老厂水资源调查工程实例	李洪远等 (556)
北京地铁 6 号线郝家府站—玉带河大街站区间 2 号联络通道 位置地下水流速流向测试分析	任 强等 (567)

岩土工程检测与监测

中石化（仪征） $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 大型浮顶油罐地基与基础监测实录	荆少东 (579)
浅埋暗挖法地铁车站沉降监测分析	陈 岩 李国超 (590)
浅谈温度对钢支撑轴力监测的影响	冯文辰等 (596)
福州国际机场高速公路工程软基施工监测	王文辉 (601)
铜川某铝业公司技改项目复合地基试验与检测工程实录	王东红等 (609)
地质雷达在树木根系探测调查中的应用	张开伟等 (617)
长安街（五棵松桥—大望路）阅兵道路沿线地下病害综合检测工程实录	贾 辉等 (622)
改进型电磁激振器在地基土动力测试中的应用	张开伟等 (631)
动力触探及静载试验在重庆填土地基中的应用分析	李海波等 (636)
首开国风海岸（联排区域 2、3、4）填土地基原位测试检测实录	刘 音等 (643)

（下册）

基坑与边坡工程

南宁嘉和城 F-6 地块下丹河生态挡土墙工程实录	卢玉南 (657)
北京海关地下车库基坑工程实录	傅志斌等 (665)
华能大厦基坑工程及其对北京地铁一号线影响分析	武 威等 (672)
某直立式锚索格构挡墙工程实录	马永琪等 (679)
某山地项目挡墙支护工程实录	吴 兰等 (687)
河北省园博园山体边坡土工格栅加筋土挡墙设计实录	贾文华等 (696)
基岩地区高边坡稳定性评价实录	丁月双等 (701)
中铁锦江国际城项目深基坑支护工程实录	吴志坚等 (708)
甘肃省西南地区供气管道工程洮河穿越基坑支护施工图设计	袁 勇等 (714)
基坑开挖对临近地铁隧道影响的数值分析	晁 凯 (721)
北京市朝阳区某深基坑降水与支护工程实录	姚 峰等 (729)
砂质河床上钢板桩围堰底面导渗处理机制及工程应用	袁 野 尹一鸣 (740)
河北医科大学第四医院新建医技病房楼工程基坑支护设计实录	武文娟等 (746)

石景山银河商务区 E 地块商业金融项目深基坑综合支护工程实录	赵东杰等 (754)
兵器工业卫生研究所职业病诊治大楼一期基坑支护工程设计施工实录	赵志伟等 (762)
北京航空航天大学附属中学新建教学楼深基坑工程实录	朱海涛等 (769)
全钢结构围护在萧山中学扩建工程中的应用	陈 磊 徐志明 (774)
炬日大厦地下室基坑支护工程实录分析	徐柯犊等 (781)
广乐安置小区基坑支护工程实录	徐志明等 (789)
深圳华润中心项目基坑支护工程	吕 晶等 (796)
壹方商业中心项目基坑支护工程	吕 晶等 (806)
深圳大冲旧改项目一期一标段基坑支护工程	武文全等 (818)
深圳中海油大厦基坑支护工程	张鑫海等 (827)
某商住楼深基坑支护降水设计与施工工程实录	党智荣 杨丽娜 (836)
中旅城二期深基坑工程实录	吴铭炳 (845)
HCMW 工法工程应用实录	徐汉东 滕 坤 (852)
联合支护在大直径竖井中的应用	陈德军等 (860)
总体设计与验证大楼深基坑支护工程实录	胡峰华等 (866)
某中心综合楼基坑降水、支护工程实录	刘文彬等 (873)
某中央广场项目基坑支护工程实录	王书行等 (878)
北京某地下车库基坑支护及止水帷幕工程实录	张冬辉等 (886)
复合土钉墙在卵石地层深基坑中的应用	张利梅等 (896)
阜成路 8 号院换热站基坑支护工程实录	赵青年 王 炜 (904)
近邻建筑物深基坑支护实录及险情分析	张怀文等 (912)
北京地区暴雨对基坑的影响	韩 非 (920)
基坑边坡演变滑坡的机制及治理工程实例	胡 熠等 (924)
某膨胀土基坑大变形原因分析及加固处理	王 新等 (930)
复杂环境下砂土地基深基坑支护变形控制实例分析	李慧慧等 (940)

地基处理与桩基

北京建外 SOHO 四期地基处理及桩土应力比大型原位试验研究工程实录	吴民利等 (949)
丹尼斯高层商住楼组合型复合地基工程实录	方向明 雷斌峰 (956)
真空预压加固对周围土体变形的影响分析	杜 超等 (963)
软岩素混凝土桩复合地基承载特性现场试验研究	胡 熠等 (973)
川沙 A ₁ 地块场地形成及土方优化调配工程实录	胡志刚等 (980)
半岛城邦三期含膏泥岩溶蚀孔洞地基综合处理工程实录	张军新等 (987)
软基预处理在沿海大型电厂中的应用研究	邓立立 吴 刚 (997)
CFG 桩复合地基技术在高层建筑地基处理中的设计与应用	法立滕 (1007)

通州区宋庄镇 C-02 地块新近回填土地基处理实录	张 丹等 (1013)
昌平新城 0302-122 地块政策双限房项目地基处理实录	张 丹等 (1022)
乌鲁木齐深厚采砂坑填埋区处理实录	丁 冰 谢茂平 (1028)
天然地基在某超高层建筑中的应用	寇杨军 (1034)
浩润嘉苑 2 号坑新填土加固实录	叶竞雄等 (1041)
永光车业车间二局部软基用粉喷桩加固处理的工程实录	周 斌等 (1049)
鄂尔多斯市北骄热电厂场平及地基处理工程实录	陈军红等 (1058)
长沙北辰项目超高大楼软岩工程特性评价与地基基础设计实录	孙宏伟等 (1066)
亦庄 D3F1 地块深基坑内超长 CFG 桩岩土工程实录	刘广成等 (1079)
旋挖钻孔工艺在岩溶地区的应用	侯英杰等 (1085)
某山地项目桩基工程施工浅析	雷阳军 (1091)
某工程钢筋混凝土灌注桩试验桩试验工程实录	马大岩等 (1102)
水下灌注不留施工缝的高承台桩施工实录	戴光寿等 (1111)
滨海强腐蚀地区钻孔灌注桩工程施工实录	王国辉等 (1116)
唐山新世界中心岩溶地质桩基勘察设计实录	孙宏伟等 (1123)
某楼盘桩基础质量事故分析及补强施工技术	黄奕芳 (1135)

其 他

多层地下水情况下基底浮力计算模型的确定	
——以郑州市南四环至郑州南站城郊铁路工程为例	徐永亮等 (1145)
盖挖逆作法在城市地下空间开发中的应用实例	纪凡季等 (1152)
穿越断层条件下的地下管线安全性影响因素分析	李业繁 海 强 (1160)
某煤矿固体充填开采投料井工程实录	杨海朋等 (1169)
平岗岭隧道施工工艺研究	王常金 (1176)
某地下室局部隆起开裂原因及加固设计实录	刘 宇等 (1186)
某高层住宅楼倾斜原因调查与分析实录	张东明等 (1195)
故宫建筑群防雷体系模拟展示和整体评价	齐 飞等 (1206)
故宫三台现状初步调查实录	齐 飞等 (1215)
杭州来福士广场项目岩土工程勘察实录	谌 剑 沈华骏 (1224)

岩土工程勘察

(工业与民用建筑)

沙特 RABIGH 2×660 MW 机组燃油电站 岩土工程勘察与分析评价实录*

刘志伟 李 灿 胡 昕 杨生彬

(中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司, 陕西西安 710032)

1 工程概况

沙特 RABIGH 2×660 MW 燃油电站项目位于沙特吉达市以北 145 km 的拉比格, 为沙特电力公司 (SEC) 新建的电厂工程 (Rabigh IPP), 其装机容量为两台 660 MW 机组。拉比格处在沙特西南部红海东岸沿岸平原上, 工程场地宽度约 450 m, 长度 550 m。

该项目由山东电建三公司承建, 是中国电站 EPC 总承包商首次打破欧美、日韩企业垄断局面进入沙特市场的第一个工程。目前是中东市场单机容量最大的电站机组, 也是世界上单机容量最大的燃油机组, 电厂采用国际标准设计。本工程岩土工程勘察由西北电力设计院技术总负责, 现场勘测及室内岩土试验为承包方招标确认的当地勘察公司按照西北电力设计院编制的岩土工程勘察大纲及技术指导下完成, 勘测工作于 2009 年 2 月开始, 结束于 2010 年 5 月, 期间对关键环节和中间成果进行了多次沟通和反馈, 以达到勘测内容和深度满足设计要求。

沙特 RABIGH 2×660 MW 燃油电站地基岩土由珊瑚礁礁灰岩组成。珊瑚礁是指造礁石珊瑚群体死后, 其骨骼和外壳聚集在一起形成的地质沉积建造。全球现代珊瑚礁主要分布在南北回归线之间的热带海洋中^[1-2]。珊瑚礁是一种特殊的岩土类型。一是由于其组成物质的特殊性; 二是由于其发育环境的特殊性。礁灰岩的工程性质包括孔隙性、水理性、变形特性、强度特性、弹性参数及岩体结构特征等^[3]。对于珊瑚岩的岩土特性和工程应用, 目前国内外的研究资料甚少, 工程中运用现场钻探、标准贯入试验、波速测试、平板载荷试验等勘探手段和方法, 进行了含水率、重度、抗压强度等室内岩土特性试验, 对沙特红海珊瑚礁礁灰岩的物理力学性质及相关关系、地基基础方案等进行了分析评价^[4]。

本工程岩土工程勘察成果获得英国 BV 公司作为业主咨询工程师的认可, 为涉外项目岩土勘察积累了经验并起到示范作用, 成功解决了岩土勘察成果应用于国际标准设计的接口问题。1 号机组于 2012 年 12 月 15 日投入商业运行, 各项经济技术指标优良, 2 号机组也于 2013 年 1 月 20 日投入商业运行。沙特 RABIGH 2×660 MW 燃油电站项目获 2013 年度电力行业优秀境外工程设计一等奖及 2013—2014 年度国家优质工程 (境外工程) 金质奖。

2 勘察方案

2.1 勘察目的和任务

岩土工程勘察工作依据初步设计和施工图设计两个阶段对勘察内容的要求进行, 主要

* 获奖项目: 荣获 2013 年度电力行业境外工程设计一等奖及 2013—2014 年度国家优质工程 (境外工程) 金质奖

目的是为最终确定主要建筑物和辅助建筑物地基基础方案设计、不良地质作用的整治等,提供岩土工程勘察资料。勘察任务为:

- (1) 查明厂区地形地貌和地层的分布、成因、类别、时代及岩土物理力学性质;
- (2) 查明地基岩土中溶洞、溶蚀裂隙的大小、充填、分布及其发育情况;
- (3) 查明厂区不良地质作用的成因、类别、范围、性质、发展趋势及危害程度等,并对其整治方案进行论证;
- (4) 查明厂区范围内地下水的类型、埋藏条件及变化规律,分析地下水对施工可能产生的影响,提出防治措施,并对地下水、土的腐蚀性作出评价;
- (5) 明确厂区的抗震设计参数;地震基本烈度为 6 度及以上时,应对场地内饱和砂土和饱和粉土进行地震液化判定与评价,并确定液化等级;
- (6) 根据场地岩土工程条件,提供地基基础方案设计所需计算参数;
- (7) 提供深基坑开挖施工所需的稳定性计算和支护设计所需的岩土工程参数,论证和评价基坑开挖和降水等对邻近建(构)筑物和周围环境的影响;
- (8) 分析和预测工程施工和运行中可能引起的地质环境问题,并提出防治措施。

2.2 勘探点布置原则

按照建筑物的轮廓进行勘探点的布置,勘探点间距 30~70 m;在主要建筑地段及地基岩性变化地段勘探点适当加密,一般性钻孔深度在 10~35 m,控制性钻孔深度为 40~50 m。厂区的勘察工作总体上考虑按一次性勘察进行,由于初步设计完成后,对总平面图进行了调整,在原有勘察的基础上,又增加了部分工作量,这部分勘察工作是基于初步设计后的总平面布置图进行,最终完成了厂区全部的岩土工程勘察工作。

2.3 勘察手段及完成的工作量

勘察手段主要采用工程地质调查、钻探、现场原位测试、工程物探、室内岩土试验等。

(1) 钻探:采用 4 台车载钻探设备,钻探过程采用膨润土泥浆护壁,回旋匀速钻进,共完成钻孔 274 个,总进尺 8275.7 m。

(2) 标准贯入试验:3262 次,在钻孔记录中把 45 cm 分成 3 个间隔记录击数,在遇到密实的岩土时,记录初始贯入 15 cm 深度内的 50 击。在贯入初始的 15 cm 时,击数超过 50 击,而且无法贯入,放弃本次取样和试验。

(3) 抽水试验:3 组,采用非完整井,带观测孔抽水。

(4) 跨孔法波速测试:跨孔法波速测试采用相邻 3 个钻孔布置在一条直线上,每个孔的深度为 20 m 左右,相邻两个钻孔的距离为 10 英尺(约 3 m),在主厂房地段和附属建筑物地段共进行了 5 组。

(5) 浅层平板载荷试验:布置 7 点载荷试验,即表层砂土 4 点和珊瑚状灰岩 3 点,承压板直径 764 mm,观测标准按中国规范要求进行,采用分级加压慢速维荷法进行试验。

(6) 电阻率层析成像:结合钻探资料对地基土进行电测深探测,以便了解地下珊瑚状灰岩中溶洞的大小、充填、分布的规律性,为评价场地稳定性提供依据。测量使用直流电法勘探类的对称四极电测深法,最大供电电极距 $AB/2=150$ m,完成 21 条剖面。

(7) 土壤电阻率测试:采用对称四极电测深法(或温纳四极法),电极距 $AB/2\geq 100$ m,共测试 207 点。

(8) 地基土的物理性质试验主要有:颗分 71 组,含水量、密度 278 组,比重试验 81

件, 渗透试验 5 组, 击实试验 26 组; 强度试验: 直剪试验 20 组, 抗压强度试验 196 组和点载荷试验 5 点; 地下水腐蚀性测试 3 组, 土化学成分测试 6 组。

3 场地岩土工程条件

3.1 区域地质环境与场地地形地貌

拉比格位于沙特阿拉伯红海海岸延伸段的沿岸平原上。在拉比格地区, 沿岸平原大约 20 km 宽, 东部以阿拉伯盾地断崖为界, 盾地由稳定的基底结晶复合岩石组成, 沿岸平原由第三系中上新世灰岩构成的台地, 在此堆积的厚度超过 2000 m, 在红海裂谷向下扭曲变形初期阶段, 沉积物为基底变质复合岩石和风化的火成岩形成的砂和碎石上覆于灰岩之上。此外, 在海上浸没期间, 沿岸平原形成包括碳酸盐和珊瑚礁。

场地地面高程在 1.67~5.59 m 之间, 地势大致向海岸倾斜, 场地已被粗平, 无任何建筑物, 厂区内属荒漠地带, 植被发育很少。西侧与红海接壤, 易受海浪的冲蚀, 需要修建防波堤。

3.2 地层岩性

在勘探深度 50 m 范围内, 地层主要由第四纪全新世新近风积和海相沉积形成的珊瑚砂和更新世海相沉积形成的珊瑚礁、珊瑚状碎屑岩及珊瑚状灰岩组成。

珊瑚砂: 主要由造礁珊瑚碎屑组成, 黄褐色—浅黄色, 松散—密实; 颗粒粒径变化在粉砂—砾砂之间, 级配较差, 混有大量的海相生物碎屑 (蚌壳、牡蛎及贝壳类) 和少量的碎石颗粒, 该层下部含珊瑚礁碎块。厚度在 0~9.5 m, 平均厚度 3.3 m。

珊瑚礁、珊瑚碎屑岩和珊瑚状石灰岩: 在平面和垂向深度内无规律性, 根据当地区域资料, 形成时间约 4 万年。顶面起伏较大, 分布稳定, 厚度大于 45 m, 在 29 m 以下夹有半钙质胶结或者微胶结的粉细砂岩层, 厚度 0.2~1.0 m 之间。该层的物理特性主要表现为多孔性, 不同的岩质其孔隙表现不同。根据钻探和物探资料, 在 50 m 的勘察深度内, 其溶穴直径小于 15 mm, 未见大的溶穴存在, 对建筑物的整体稳定性不会构成危害。在珊瑚礁中, 空隙直径在 1~8 mm 之间, 空隙呈管状、放射状、纤维状分布, 连通性很好, 无充填。空穴主要分布在珊瑚状碎屑岩中, 直径在 5~15 mm 之间, 空穴无规则, 无充填。溶穴主要分布在地面以下约 8.5 m 以上的珊瑚状灰岩中, 溶穴直径小于 15 mm, 分布无规律性, 连通性一般, 无充填, 上部节理裂隙发育, 见图 1。

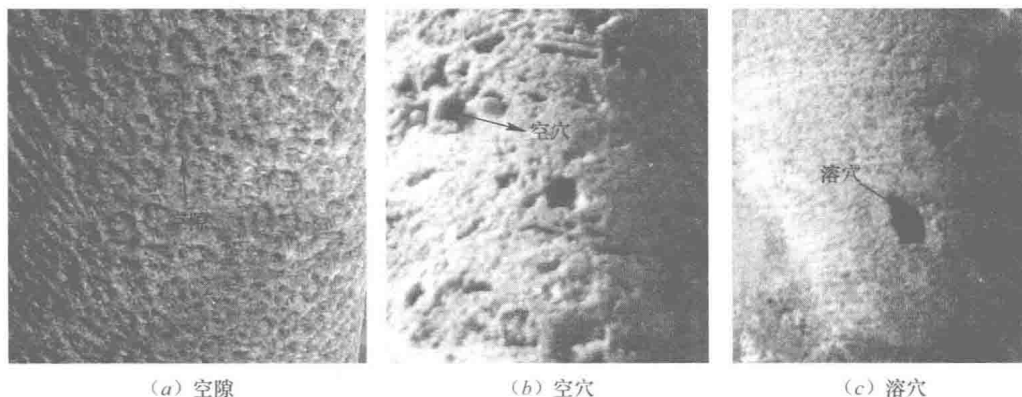


图 1 珊瑚礁礁灰岩中的孔穴

珊瑚礁：颜色呈灰白色—乳白色，由珊瑚和一些珊瑚藻自然生长形成，呈砾块结构，大小混杂的珊瑚骨骼碎块杂乱堆积，砾块之间可充填细砾和砂，断面呈乳白色，形似莲藕或微孔海绵，连通性很好；珊瑚碎屑岩呈浅灰色，呈块状构造，碎屑、钙质粗粒和石灰质细粒结构，颗粒成分构成主要有珊瑚、大量的生物碎屑（蚌壳、牡蛎及贝壳类）、结晶钙质砂颗粒及石灰质细颗粒混合，经自然重力作用沉积而成，钙质胶结，胶结状态属中等—微胶结；珊瑚状石灰岩颜色呈乳白色，块状结构，由结晶的碳酸盐质粗细粒颗粒粘结而成或较大块体紧密连接的珊瑚骨骼组成，不显碎块状。

3.3 地下水

地下水一般赋存于第四系松散堆积物孔隙和岩石裂隙和空穴中，其类型属潜水，水位埋深在 0.72~5.4 m 之间。由于当地属严重干旱气候区，年平均降雨量 51.7 mm，且年蒸发量远大于降雨量，所以地下水的补给主要靠海水侧向补给。

室内试验对表层珊瑚砂进行了渗透试验，其渗透系数在 $1.09 \times 10^{-4} \sim 5.75 \times 10^{-4}$ cm/s，平均值为 3.6×10^{-4} cm/s，由于黏粒含量较高，渗透系数相对较小。地下水基本富存于珊瑚或者珊瑚状碎屑岩和珊瑚状灰岩中，抽水试验所反映出该层的渗透系数在 37.7~102.8 m/d 之间，平均值为 76.8 m/d，为强透水层，这表明珊瑚岩中孔隙、裂隙发育，而且连通性较好，这为施工降水带来较大的难度。

场地 3 组地下水进行室内化学成分测试表明， SO_4^{2-} 在 1000~4000 mg/L， Cl^- 在 2955~24900 mg/L，总矿化度在 6640~49900 mg/L，判定地下水对混凝土结构具有强腐蚀性，对钢筋混凝土中的钢筋具有强腐蚀性。

4 场地岩土工程性能测试

4.1 室内岩土试验指标

珊瑚砂物理力学性质指标见表 1，珊瑚礁礁灰岩进行了大量的含水率、重度、抗压强度等测试，各项指标统计成果见表 2。从表 2 中可以看出，礁灰岩干重度变化在 12.0~20.0 kN/m³，平均值 15.7 kN/m³，明显小于一般灰岩重度（22~25 kN/m³）。抗压强度试验值离散性较大，范围值在 1.0~17.2 MPa 之间，不均匀性非常明显，孔洞少的强度大，孔洞多的强度小。

珊瑚砂物理力学性质指标				表 1
指标项	样本数	变异系数	范围值	平均值
天然含水量 $w(\%)$	119	0.230	4.3~29.1	19.1
干重度 $\gamma_d(\text{kN/m}^3)$	119	0.070	11.0~19.0	15.9
比重 G_s	124	0.029	2.44~2.92	2.70
孔隙比 e	松散	119	0.44~0.66	0.57
	捣实	119	0.31~0.57	0.47
细颗粒含量 $(\%)$	116	0.382	3.0~33.9	16.9

珊瑚礁礁灰岩主要物理力学性质指标				表 2
指标项	样本数	变异系数	范围值	平均值
天然含水率 $w(\%)$	191	1.047	0.2~13.2	2.5
干重度 $\gamma_d(\text{kN/m}^3)$	191	0.103	12.0~20.0	15.7
抗压强度 UCS (MPa)	188	0.664	1.00~17.2	4.16
点荷载强度 (MPa)	5	0.944	0.04~1.25	0.46