

住房和城乡建设部备案号：

海南省工程建设地方标准

HN

DBJ46-xxx-xxxx

西沙群岛珊瑚礁岩土工程勘察规范

2021-xx-xx发布

2021-xx-xx实施

海南省住房和城乡建设厅

发布

海南省工程建设地方标准

西沙群岛珊瑚礁岩土工程勘察规范

DBJ*****—

批准部门：海南省住房和城乡建设厅

实施日期：202×年×月×日

前 言

为规范海南省西沙群岛珊瑚礁地区岩土工程勘察工作，提升技术水平，保证工程质量，根据海南省住房和城乡建设厅的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结西沙群岛有关的岩土工程勘察项目实践经验和研究成果，进行了资料收集、分析及研究工作，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规范。

本规范修订的主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.地貌、岩土分类与描述；5.地下水；6.原位测试与室内试验；7.地基承载力与变形；8.岩土工程分析评价和成果报告。

本标准由海南省住房和城乡建设厅负责管理，由海南省建设标准定额站负责日常管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有意见或建议，请随时将有关意见和建议反馈至海南省建设标准定额站（地址：海南省海口市美兰区白龙南路 77 号，邮编：570203，电话：0898-65359219，电子邮箱：bzk_dez@hainan.gov.cn），以供今后修订时参考。

参加本规范制定的单位和人员名单如下：

本规范主编单位：

本规范参编单位：

本规范主要起草人：

本规范主要审查人：

目 录

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术 语.....	2
2.2	符 号.....	3
3	地貌、岩土分类与描述.....	5
3.1	地貌.....	5
3.2	岩石分类.....	5
3.3	土的分类.....	6
3.4	岩土的描述.....	7
4	勘察基本要求.....	10
4.1	一般规定.....	10
4.2	建筑工程.....	10
4.3	基坑工程.....	13
4.4	疏浚工程.....	14
4.5	地基处理.....	14
4.6	边坡工程.....	16
5	地下水.....	18
5.1	一般规定.....	18
5.2	地下水的勘察要求.....	18
5.3	水文地质参数的测定.....	20
5.4	地下水的作用.....	22
5.5	地下水控制.....	23
6	原位测试与室内试验.....	26
6.1	一般规定.....	26
6.2	原位测试.....	26
6.3	室内试验.....	27
7	地基承载力与变形.....	29
7.1	一般规定.....	29
7.2	标准贯入试验评价法.....	30

7.3	重型动力触探试验评价法.....	33
8	岩土工程分析评价和成果报告.....	36
8.1	一般规定.....	36
8.2	岩土参数的分析和选定.....	36
8.3	岩土工程评价.....	37
8.4	岩土工程勘察报告.....	39
附录 B	单轴抗压强度与岩块纵波波速关系表.....	42
附录 C	碎石土的密实度.....	43
附录 D	常用地质符号与色标	46
附录 E	常用图例	49

1 总则

1.0.1 为规范海南省西沙群岛珊瑚礁地区岩土工程勘察工作，做到安全适用、保护环境、确保质量、技术先进、经济合理，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于海南省西沙群岛珊瑚礁地区各类建（构）筑物岩土工程勘察工作。

1.0.3 岩土工程勘察工作必须坚持建设程序，按工程建设各勘察阶段的要求，充分利用、搜集已有的勘察、设计、施工与工程周边环境资料及经验，应采用各种有效的勘察方法，提供资料完整、数据可靠、评价正确的勘察报告。

1.0.4 本规范为地区性规范，对本规范未作阐明与规定的事项和问题，应按国家现行有关标准、规范的规定执行。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 岩土工程勘察 geotechnical investigation

根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。

2.1.2 岩土工程勘探 geotechnical exploration

岩土工程勘察的一种手段，包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等。

2.1.3 原位测试 in-situ tests

在岩土体所处的位置，基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态，对岩土体进行的测试。

2.1.4 珊瑚

由许多同种（属）珊瑚水螅体所形成的独立的集合体。

2.1.5 珊瑚礁

造礁石珊瑚群体死亡后其遗骸经过漫长的地质作用形成的岩土体。

2.1.6 珊瑚碎屑

珊瑚礁、死亡的珊瑚和贝壳等被海水冲击破碎沉积后的碎屑物。

2.1.7 珊瑚礁灰岩

珊瑚礁在岩石学上的统称。

2.1.8 地面沉降 ground subsidence, land subsidence

大面积区域性的地面下沉，一般由地下水过量抽吸产生区域性降落漏斗引起。

2.1.9 岩土参数标准值 standard value of a geotechnical parameter

岩土参数的基本代表值，通常取概率分布的 0.05 分位数。

2.2 符 号

a	——压缩系数
c	——粘聚力
E_o	——变形模量
E_s	——压缩模量
e	——孔隙比
f_c	——岩石天然单轴抗压强度
f_r	——岩石饱和单轴抗压强度
H	——高度
I_L	——土的液性指数
I_P	——土的塑性指数
K_o	——静止土压力系数
K_a	——主动土压力系数
K_p	——被动土压力系数
k	——渗透系数
N	——标准贯入试验锤击数
N_{10}	——轻型动力触探锤击数
$N_{63.5}$	——重型动力触探锤击数
N_{120}	——超重型动力触探锤击数
s	——沉降量
S_r	——饱和度
S_t	——灵敏度
V	——地下水流速
v_p	——压缩波波速
v_s	——剪切波波速
w	——含水量，含水率
w_L	——液限
w_p	——塑限
ν	——泊松比

ρ ——密度

φ ——内摩擦角

3 地貌、岩土分类与描述

3.1 地貌

3.1.1 西沙群岛珊瑚礁海岸地貌可根据其特征和成因与岛屿类型划分地貌单元，并按表 3.1.1 的规定执行。

表3.1.1 西沙群岛珊瑚礁海岸地貌分类

珊瑚礁海岸地貌	地貌类型		特点
岛屿海岸地貌	侵蚀地貌	海蚀洞、海蚀崖、海蚀柱、海蚀台、海蚀台阶	发育于岩石岛屿，机械冲击作用、磨蚀、溶蚀作用发育
	堆积地貌	沙嘴、海滩、沙堤、泻湖、洼地、海积阶地	发育于松散沉积物堆积而成的岛屿，形态多变
礁坪地貌	礁前斜坡、礁缘平台、礁顶砾滩、后礁坪、礁内泻湖		波浪、水流能量低，水的循环受到限制

3.2 岩石分类

3.2.1 西沙群岛地区常见分布的岩层主要为珊瑚礁灰岩、珊瑚贝壳碎屑灰岩和海滩岩，上述第三~四纪岩层可不划分风化程度。

3.2.2 岩石坚硬程度应按表 3.2.2 分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩。

表3.2.2 岩石坚硬程度的划分

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 f_t (MPa)	>60	$30 < f_t \leq 60$	$15 < f_t \leq 30$	$5 < f_t \leq 15$	≤ 5

注：1 当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按现行国家标准《工程岩体分级标准》（GB50218）执行；

2 岩石单轴干燥抗压强度和单轴饱和抗压强度可分别根据干燥、饱和岩块纵波波速进行估算，具体详见附录B；

3 当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

3.2.3 当软化系数等于或小于 0.75 时，应定为软化岩石。当岩石具有特殊成份、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石。

3.2.4 根据岩石质量指标 RQD，可分为好的(RQD>90)、较好的(RQD=75~ 90)、

较差的(RQD=50~ 75)、差的(RQD=25 ~50)和极差的(RQD<25)。

3.2.5 岩体的完整程度根据完整性指数可按表 3.1.5 进行分类。

表3.1.5 岩体完整程度分类

完整程度	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极破碎
完整性指数	>0.75	0.75~0.55	0.55~0.35	0.35~0.15	<0.15

注：完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时，应注意其代表性。

3.2.6 岩体基本质量等级分类应根据岩石的坚硬程度和岩体的完整程度按表 3.2.6进行分类。

表3.2.6 岩体基本质量等级分类

完整程度 坚硬程度	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软 岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

3.3 土的分类

3.3.1 土按沉积年代划分为老沉积土、一般沉积土、新近沉积土并应符合下列规定：

- 1 老沉积土：第四纪晚更新世（Q3）及其以前的土。
- 2 一般沉积土：第四纪全新世早期沉积的土。
- 3 新近沉积土：第四纪全新世中、晚期沉积的土。

3.3.2 西沙群岛地区的土层按地质成因主要分为海积土和生物沉积土。

3.3.3 西沙群岛地区的土层以粗颗粒为主，粗颗粒土按颗粒级配分为碎石土、砂土。

3.3.4 粒径大于 2mm 颗粒的质量超过总质量 50%的土，应定名为碎石土，并

按表 3.3.4 进一步分类。

表3.3.4 碎石土的分类

土的名称	颗粒形状	颗粒含量
漂石	圆形和亚圆形为主	粒径大于 200mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形和亚圆形为主	粒径大于 20mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形和亚圆形为主	粒径大于 2mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
角砾	棱角形为主	

注：分类时应根据粒组含量由大到小，以最先符合者确定。

3.3.5 粒径大于 2mm 颗粒的质量少于总质量 50%且粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量 50%的土，应定名为砂土，并按表 3.3.5 进一步分类。

表 3.3.5 砂土的分类

土的名称	颗粒含量
砾 砂	粒径大于 2mm 颗粒的质量占总质量大于 25%，且小于 50%
粗 砂	粒径大于 0.5mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
中 砂	粒径大于 0.25mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
细 砂	粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量的 85%
粉 砂	粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量的 50%

注：分类时应根据粒组含量由大到小，以最先符合者确定。

3.3.6 西沙群岛地区的土层通常含大量珊瑚碎屑物，珊瑚碎屑含量大于 50%时，在碎石土或砂土定名前缀冠以珊瑚碎屑，如珊瑚碎屑角砾、珊瑚碎屑粗砂等。

3.4 岩土的描述

3.4.1 珊瑚类岩石应着重描述造礁珊瑚的类型、形状、致密性、胶结物成份、胶结程度、孔洞大小及其贯通性等，其余描述内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。

3.4.2 珊瑚礁类碎石土和砂土的描述应符合下列规定：

- 1 碎石土宜描述颜色、珊瑚碎屑形态、颗粒级配、最大粒径、颗粒排列、

充填物和充填程度、密实度、层理特征、架空现象等；

2 砂土宜描述颜色、密实度、矿物组成、珊瑚碎屑形态、颗粒级配、颗粒形状、细粒含量、湿度、密实度及层理特征等；

3 其余描述内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定；

3.4.3 珊瑚碎屑砂土或碎石土的密实度可按下列规定划分：

1 对于平均粒径等于或小于 50mm，且最大粒径小于 100mm 的碎石土，碎石土的密实度可根据圆锥动力触探锤击数按表 3.4.3-1 确定。表中的 $N'_{63.5}$ 和 N'_{120} 是根据实测重型圆锥动力触探击数 $N_{63.5}$ 和 N_{120} 按附录 D 中 D.0.2 条的规定进行修正后得到的击数。定性描述可按附录 D 表 D.0.1 的规定进行鉴别；

表 3.4.3-1 珊瑚碎屑碎石土密实度按 $N'_{63.5}$ 分类

重型动力触探锤击数 $N'_{63.5}$	密实度	重型动力触探锤击数 $N'_{63.5}$	密实度
$N'_{63.5} \leq 5$	松 散	$10 < N'_{63.5} \leq 20$	中 密
$5 < N'_{63.5} \leq 10$	稍 密	$N'_{63.5} > 20$	密 实

注：本表适用对于平均粒径大于 50mm，且最大粒径大于 100mm 的碎石土，可用超重型动力触探或用野外观察鉴别。

表 3.4.3-2 珊瑚碎屑碎石土密实度按 N'_{120} 分类

超重型动力触探锤击数 N'_{120}	密实度	超重型动力触探锤击数 N'_{120}	密实度
$N'_{120} \leq 3$	松 散	$11 < N'_{120} \leq 14$	密 实
$3 < N'_{120} \leq 6$	稍 密	$N'_{120} > 14$	很密
$6 < N'_{120} \leq 11$	中 密		

注：本表适用于平均粒径等于或大于 50mm，且最大粒径大于 100mm 的碎石土。

2 砂土的密实度应根据标准贯入试验锤击数实测值 N 划分为密实、中密、稍密和松散，并应符合表 3.4.3-3 的规定；

表 3.4.3-3 珊瑚碎屑砂土密实度分类

标准贯入锤击数 N	密 实 度	标准贯入锤击数 N	密 实 度
-----------	-------	-----------	-------

$N \leq 10$	松 散	$15 < N \leq 30$	中 密
$10 < N \leq 15$	稍 密	$N > 30$	密 实

4 勘察基本要求

4.1 一般规定

4.1.1 西沙群岛珊瑚礁地区岩土工程勘察阶段、勘察等级划分《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定执行。

4.1.2 西沙群岛珊瑚礁地区的岩土工程勘察应根据工程类型、勘察阶段、勘察等级编制勘察纲要，确定勘察工作量，所选用的勘探、取样、原位测试及室内试验方法、手段等应适宜珊瑚礁地区的特点，以便获得符合工程实际的勘察成果。

4.1.3 岩土工程勘察报告应根据建设场地岩土工程条件、水文地质条件、当地的特殊气候、建（构）物的特点，为设计、施工提供所需的岩、土、水等参数，对基础形式、基础持力层及下卧层、地基处理、基坑边坡支护、降止水工程、不良地质防治和施工等应注意的工程问题进行评价并提出合理建议。

4.2 建筑工程

4.2.1 本节适用于各类建筑物、构筑物及相关的基础工程。

4.2.2 可行性研究勘察，应研究场地的地质条件、水文地质条件等，对拟建场地的稳定性和适宜性做出评价，并应为场址的选择、建设项目的技术经济方案比选提供可行性研究的依据。

4.2.3 可行性研究勘察阶段应进行下列工作：

1、搜集拟建场地所属岛礁的地形、地貌、区域地质、气象、地震、现有海堤资料和当地的工程地质、水文地质、岩土工程治理和建筑经验等资料；

2、进行踏勘、调查，了解地形、地貌、地层岩性、不良地质作用、地下水埋藏等条件；

3、调查潮汐、台风、风暴潮等极端气候对研究场地的影响；

4、当拟建场地所属岛礁资料较少，不能满足项目要求时，应针对具体项目情况和工程需要，增加工程地质调查、测绘和少量勘探、取样、测试等工作；

5、对建设场地稳定性进行评价；

6、对工程建设的适宜性进行评价。

4.2.4 初步勘察阶段，应对场地内各拟建建筑地段的稳定性作出评价，并应为确定总平面布置、主要建筑物地基基础方案及对不良地质作用防治提供初步设计所需的工程地质资料和依据。

4.2.5 初步勘察应在搜集分析已有的相关资料或进行踏勘、工程地质测绘和调查的基础上进行。

4.2.6 初步勘察阶段除了满足《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定，还应进行下列工作：

1、初步查明场地的地层结构、年代、成因，珊瑚礁碎屑物质的横向、纵向分布特征及物质组成、珊瑚礁类土层的物理力学性质；

2、初步查明礁灰岩、海滩岩等硬层的物质组成、分布与厚度、层理分布、海蚀破坏情况及其工程性能和特殊性等；

3、初步查明场地的所属的地貌形态；

4、初步查明场地水文地质条件及海水与地下水的联系性，初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；

5、初步分析极端气候风暴潮、台风等对建筑场地的影响；

6、对抗震烈度等于或大于 6 度的地区，应对建筑场地划分抗震地段，初步评价地震效应及饱和砂土液化判别；

7、对建设场地稳定性进行评价；

4.2.7 初步勘察勘探线、勘探点间距、勘探深度控制、取样钻孔及取样数量按《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定执行，同时原位测试钻孔应占勘探点总数的 1/3~1/2，且每个微地貌单元均应有控制性钻孔和原位测试钻孔。

4.2.8 详细勘察应根据拟建场地的岩土工程条件、水文地质条件，结合建筑物的工程特性，采取有效的勘察手段和方法，为设计、施工提供所需的岩土水参数；对建筑物的地基做出岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、地下水控制、不良地质作用的防治和施工应注意的问题等提出建议。本阶段工作除了满足《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定，还应进行下列工作：

1、查明场地的地层结构、年代、成因，珊瑚礁碎屑物质的分布特征及物

质组成、珊瑚礁类土层的物理力学性质；

2、查明礁灰岩、海滩岩等硬层的物质组成、分布与厚度、层理分布、海蚀破坏情况及其工程性能和特殊性等；

3、查明场地的所属的地貌形态；

4、查明场地水文地质条件及海水与地下水的联系性，判定水和土对建筑材料的腐蚀性，评价地下水、地表水对施工及设计的影响；

5、详细分析极端气候风暴潮、台风等对建筑场地及基础工程的影响；

6、对抗震烈度等于或大于 6 度的地区，提供勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组，并划分场地类别、抗震地段及饱和砂土液化判别；

7、提供深基坑开挖后，边坡稳定性计算、地下水控制、设计和施工所需的岩土参数，分析开挖、支护、地下水控制及基础施工对珊瑚礁类岩土层的影响，并提出监测方案与防治措施；

8、应分析评价拟建场地的地基稳定性、均匀性和承载力，选择合理的基础持力层和适宜的基础方案建议，论证基础施工条件及其对周边环境的影响。提供设计所需的各种岩土水设计参数和变形计算指标，必要时，对地基承载力、单柱承载力、地基变形进行估算。

4.2.9 详细勘察勘探线、勘探点间距、勘探深度控制、取样钻孔及取样数量及间距按《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定执行，同时控制性钻孔和原位测试钻孔应占勘探点总数的 1/2，且每个微地貌单元均应有控制性钻孔和原位测试钻孔，采取试样和原位测试的数量应能控制整个场地，当地层不均匀时，应增加取样数量或原位测试工作量。

4.2.10 当场地临近无可靠的覆盖层厚度资料时，应布置波速测试钻孔，其深度应满足确定覆盖层厚度的要求。

4.2.11 当设计等级较高，场地岩土层极不均匀，常规的原位测试手段所测指标差异性极大，珊瑚礁类岩土体的承载力和变形参数应根据现场载荷试验确定。

4.2.12 室内土工试验应符合下列规定：

1、基坑工程中珊瑚礁类土层应提供有效内摩擦角及其它原位测试数据，当需进行渗流分析或进行基坑降水设计时，应进行渗透试验并提供分析、设计所

需的参数。

2、当持力层为珊瑚礁类岩层时，应对岩样进行饱和单轴抗压强度试验，对软岩和极软岩可进行天然湿度单轴抗压试验，必要时应进行软化试验，岩体破碎可进行点荷载试验和岩块纵波波速测试。

3、当工程有特殊要求，需进行抗震反应分析及进一步评估珊瑚礁类土层的液化时，应进行土的动力性质试验。

4、其余未尽事宜按《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定执行。

4.3 基坑工程

4.3.1 本节适用于各类建筑物、构筑物的基坑工程，基坑工程勘察应与主体建（构）筑工程勘察同步进行，当已有勘察资料不满足要求时，应对基坑工程进行补充勘察。

4.3.2 初步勘察应搜集场地岩土资料，调查周边条件，初步提供相应的支挡措施和预判基坑开挖可能发生的问題；详细勘察应满足基坑工程设计及施工的要求，应符合下列规定：

1、查明临近建筑物、道路和地下设施的分布范围、埋深、基础形式、结构特点以及对开挖变形的承受能力等相关环境条件资料；

2、查明基坑支护和开挖影响范围内的珊瑚礁类岩土层骨架颗粒结构、成分物质、厚度、成因、分布规律、工程特性等，提供各岩土层的物理力学性质指标和基坑设计施工所需的有关参数。

3、查明场地水文地质条件，包含地下水的类型、与海水的联系性、埋藏条件、补给及渗透性、风暴潮及台风季节水位变化等，分析产生流砂、涌土、管涌等不利作用的可能性，分析坑底和侧壁渗透稳定性，提供基坑工程所需的设计及施工的水文资料；

4、对地下水与海水联系紧密的地区，重点分析评价基坑开挖期间高低平潮时引起地下水的变化对基坑工程的影响。

5、分析施工过程中地下水位的变化对基坑支护结构及周边环境的影响，并提出措施建议。

4.3.3 珊瑚礁类土的渗透系数及其他水文参数应根据室内试验和抽水试验、注

水等试验进行提供。

4.3.4 基坑工程勘探深度、取样原位测试数量、试验方法及工程分析评价未尽事宜按《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关规定执行。

4.4 疏浚工程

4.4.1 本节适用于西沙群岛珊瑚礁地区的疏浚工程勘察，其勘察内容除了满足本规范的相关条款外，尚应符合以下要求：

- 1、查明地形地貌、地质单元；
- 2、查明疏浚深度范围内珊瑚礁类岩土类别、分布及其物理力学性质；
- 3、分析评价珊瑚礁类岩土的工程特性和分级；
- 4、分析评价珊瑚礁类岩土的可挖性；
- 5、分析评价疏浚岩土管道输送和作为填土的适用性；
- 6、对水下开挖边坡提出建议应进行稳定性分评价。

4.4.2 疏浚工程勘察方法应在收集岛礁相关岩土资料的基础上，采用钻探、物探、原位测试及岩土试验等综合手段进行勘察，原位测试应采用标准贯入试验和圆锥动力触探试验为主，原位测试钻孔宜占勘探点总数的 1/2，岩土试验项目应满足水下边坡稳定性验算及疏浚岩土类别、工程特性、分级的要求。

4.4.3 疏浚工程的勘察范围、勘探点、线的布置及勘探深度控制等未尽事宜按《水运工程岩土勘察规范》JTS 133 的相关规定执行。

4.5 地基处理

4.5.1 本节适用于各类建筑物、构筑物的地基处理工程勘察，当设计可能采用地基处理方案时，其勘察内容除了满足本规范的相关条款外，尚应符合以下要求：

1、根据拟采用的地基处理方案，提供地基处理设计和施工所需的岩土设计参数，所提供的岩、土、水设计参数应采用适合珊瑚礁类岩土的室内试验及原位测试方法；

2、预测所选用地基处理方案对周边环境、海洋环境、生态及邻近建构物的

影响，并应在地基处理施工期间对其进行相应内容的监测；

3、应根据岛礁环境、地质条件、建构物的特点、海水的腐蚀性、处理要求、材料设备来源、处理费用等综合考虑，进行技术、经济、工期、生态保护等方面考虑，选用技术可靠、经济合理、环保的地基处理方案。

4、珊瑚礁类土采用地基处理方案时应进行试验或对比试验，确定其可行性，通过试验提供可靠的设计施工参数和检验处理效果。

4.5.2 当场地填料采取吹填形成时，岩土工程勘察应查明吹填区、围堰、泄水口、排水沟等区域的地形地貌、岸坡形态、地基土的类型、承载力、变形参数、不良地质分布及地下水情况等，如存在大面积的吹填软弱土时，应查明其分布范围、厚度、物理力学指标及其特殊性质；分析评价吹填区、围堰、泄水口、排水沟等区域的场地稳定性。

4.5.3 换填垫层法的岩土工程勘察应包含以下内容：

- 1、查明待换填土层的分布范围和埋深；
- 2、测定换填材料的最优含水率、最大干密度，评价换填材料对地下水环境的影响；
- 3、对垫层以下软弱下卧层的承载力和抗滑稳定性进行评价，估算建筑物的沉降；
- 4、对换填施工过程应注意的事项提出建议；
- 5、对换填垫层的质量进行检验或现场试验。

4.5.4 强夯法的岩土工程勘察应包含以下内容：

- 1、查明强夯影响深度范围内土层的组成、分布、物理力学性质、透水性和地下水条件；
- 2、查明施工场地和周边受影响范围内的海堤等建（构）物的位置、标高、基础形式等，查明有无对振动敏感的设施，是否需在强夯施工期间进行监测；
- 3、应选择代表性的试验区进行试夯，根据室内试验、原位测试、现场检测、监测等手段，确定夯击能、夯击遍数与夯沉量的关系，结合孔隙水压力、总沉降、分层沉降、测斜、表面位移观测等监测成果与效果检验综合分析，确定强夯有效加固深度，

4.5.5 振冲法的岩土工程勘察应包含以下内容：

- 1、查明加固区土层的埋深、厚度、分布范围、物质组成及物理力学指标；
- 2、查明珊瑚礁类土的颗粒组成、密实度；
- 3、查明大块珊瑚礁、地下障碍物等对施工有影响的物质分布；
- 4、查明地下水的水位、高低潮水位对场区的影响、排水条件等；
- 5、应选择代表性的试验区进行施工，根据施工前后的对比检测施工的效果，确定其工程的可行性，对加固效果进行评价。

4.5.6 桩土复合地基的岩土工程勘察应包含以下内容：

- 1、查明地下不良地质的分布和埋深；
- 2、查明被加固区的土层分布、厚度、岩土特性及物理力学指标及相对硬层的埋深和工程性能；
- 3、预估成桩的可行性和成桩工艺对周边土体、邻近建筑、工程设施和环境的影响，桩体与水土间的相互作用；
- 4、评定桩间土承载力，预估单桩承载力和复合地基承载力；
- 5、估算复合地基的沉降量；
- 6、任务需要时应根据设计要求对桩间土、单桩和复合地基进行检测和载荷试验

4.6 边坡工程

4.6.1 本节适用于各类建筑物、构筑物的边坡工程勘察，当拟建场地附近存在边坡或岸坡，并且对建（构）物存在潜在安全影响时，应进行边坡勘察，一级边坡工程应进行专门的岩土工程勘察，二、三级边坡可与主体建（构）物一并进行，但应满足边坡勘察的技术深度与要求，大型和地质环境条件复杂的边坡宜分阶段勘察，地质环境复杂的一级边坡尚应进行施工勘察。

4.6.2 边坡安全等级划分按《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定执行。

4.6.3 初步勘察应搜集岛礁地质资料，进行工程地质测绘、少量勘探和室内试验，初步评价边坡的稳定性；测绘范围应包括可能对边坡稳定性产生影响和受边坡影响的地段，测绘比例尺宜为 1:200~1:500。

4.6.4 详细勘察应查明下列内容：

1、查明地形地貌和影响边坡稳定的滑坡、危岩、崩塌、岩溶、海蚀洞、海蚀崖等不良地质作用的成因和发育情况；

2、查明场地的地层结构、年代、成因，珊瑚礁碎屑物质的分布特征及物质组成、珊瑚礁类土层的物理力学性质；

3、查明礁灰岩、海滩岩等硬层的物质组成、分布与厚度、层理分布、主要结构面分布、海蚀破坏情况、物理力学性质及软弱夹层，岩面的形态、坡度和坡向。

4、调查地下水类型、含水层水位、水量、渗透性和海域之间补给关系等情况。

5、调查海浪、风暴潮等特殊季节对边坡的冲刷、侵蚀情况，评价其对边坡稳定性的影响。

5 地下水

5.1 一般规定

5.1.1 岩土工程勘察中应查明地下水类型、含水层性质和分布、地下水位的动态变化、不排关系、水质及污染情况等工程有关的水文地质条件，并应根据工程需要和水文地质条件，评价地下水对岩土体、工程结构和工程施工的影响，预测地下水对工程施工和运行可能产生的后果并提出防治措施。

5.1.2 当水文地质条件复杂且对工程及地下水控制有重要影响时应进行水文地质专项勘察。

5.1.3 地下水勘察应在搜集既有工程地质和水文地质资料的基础上，采用调查与测绘、钻探、物探、试验、动态观测等多种手段相结合的综合勘察方法。

【5.1 条文说明】地下水勘察常以搜集资料、调查与观测相结合的方法进行，岸坡区地下水活动与岸坡失稳的关系非常重要，是地下水勘察的重点。

关于地下水长期观测时间为一个水文年，这是适用于岛内水系工程而言，因岛礁与洋流影响在一年中变化很大。

5.2 地下水的勘察要求

5.2.1 地下水的勘察应满足下列要求：

- 1 搜集年降水量、蒸发量及其变化等区域气象资料，评价其对地下水的影
响。
- 2 查明地下水的类型和赋存状态、含水层的分布规律，划分水文地质单元。
- 3 查明地下水的补给、径流和排泄条件，地表水、潮汐与地下水的水力联
系。
- 4 查明勘察时的地下水位，调查历史最高地下水位、近 3~5 年最高地下
水位、地下水水位年变化幅度、变化趋势和主要影响因素。
- 5 必要时应通过水文地质试验提供工程需要的水文地质参数。
- 6 是否存在污染地下水和地表水的污染源及可能的污染程度。
- 7 评价地下水对岩土体、工程结构、工程施工的作用和影响，提出防治措
施建议。

8 必要时评价地下工程修建对地下水环境的影响。

5.2.2 珊瑚礁地区基坑工程和海岸工程还应符合下列规定：

- 1 查明不同岩性接触带、断层带的位置、分布范围及潮汐关系。
- 2 查明珊瑚礁的孔隙发育、垂直渗流带、水平径流带的分布位置及特征。
- 3 预测施工中可能发生对工程的危害程度，并提出工程措施的建议。
- 4 岸坡地区应着重调查地下水活动与海岸带侵蚀淤积等不良地质作用发育的关系。

5 需了解地下水动态变化及其与地表水相关变化时，应对有关层位的地下水与地面水水位进行长期同步观测，观测时间不宜少于 1 个水文年。观测孔应布置在垂岸向勘探线上。

5.2.3 应根据地下水类型、基坑形状与含水构造的特点、完整性等条件，提出降水方案的建议。

5.2.4 当地下水对地下工程有影响时，应根据工程实际情况布设一定数量水文地质试验孔和长期观测孔。

5.2.5 水样的采取与试验应符合下列规定：

- 1 地下水试样在混凝土结构和钢结构所在位置采取，每个场地不少于 2 件；当土中盐类成分和含量分布不均匀时分层取样，每层不少于 2 件。
- 2 采取水试样的钻孔不采取泥浆护壁。
- 3 盛水容器采用带磨口玻璃塞的玻璃瓶或塑料瓶，取水样前彻底清洗。
- 4 采取水试样深度在水面 0.5m 以下。
- 5 水样总量不少于 750ml，分装 2 瓶；其中一瓶 250~300ml 立即加入 2~3g 大理石粉，进行侵蚀性试验。
- 6 水样采取后立即用腊封口，并按有关规定填好水样标签和送样单。
- 7 水样避免阳光直接照射；试样存放时间，清洁水样不超过 72h，稍受污染的水样不超过 48h，受污染的水样不超过 12h。

5.2.6 对工程有影响的地下水应采取水样进行水质分析，水质分析试验应符合国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021）的有关规定。

【5.2 条文说明】珊瑚礁地区主要岩土层为各种胶结程度的珊瑚礁、珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土，针对西沙地区岛礁地貌，提出基坑工程和岸边工程对地下水

勘察的技术要求。

增加调查各种胶结程度珊瑚礁接触带及富水带的位置与分布。

增加查明珊瑚礁的孔隙发育、垂直渗流带、水平径流带的分布位置及特征。

水文地质试验孔和长期观测孔应符合国家标准《城市地下水动态观测规程》（CJJ76）的有关规定。

5.3 水文地质参数的测定

5.3.1 当水文地质条件复杂且对工程影响重大时，应通过现场试验确定水文地质参数，测定方法可按表5.3.1确定。

表5.3.1 水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
单位吸水率	注水试验、压水试验

5.3.2 地下水位的测量应符合下列要求：

- 1 遇地下水应量测水位。
- 2 当场地存在对工程有影响的多层含水层时，应采取止水措施，将目标含水层与其他含水层隔开，分层量测地下水位。

5.3.3 初见水位和稳定水位，可在钻孔、探井和测压管内直接量测，量测精度不得低于±2cm，并注明量测时间。稳定水位的间隔时间应根据地层的渗透性确定。从停钻至量测的时间，对砂土和碎石土不宜少于 0.5h，对粉土和粘性土不宜少于 8h。对位于岸边工程，地表水、潮汐及地下水应同时量测。

5.3.4 测定地下水流向可用几何法，量测点不应少于呈三角形分布的 3 个测孔(井)。地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

5.3.5 含水层的渗透系数及导水系数宜采用抽水试验、注水试验求得；含水层的透水性根据渗透系数 k 值，按表 5.3.5 划分。

表5.3.5 含水层的透水性

类别	特强透水	强透水	中等透水	弱透水	微透水	不透水
----	------	-----	------	-----	-----	-----

渗透系数	$k > 2.3 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{-2} \leq k \leq 2.3 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{-3} \leq k < 1.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-5} \leq k < 1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-6} \leq k < 1.2 \times 10^{-5}$	$k < 1.2 \times 10^{-6}$
k值 (cm/s)	10^{-1}	$k \leq 2.3 \times 10^{-1}$	$k < 1.2 \times 10^{-2}$	$k < 1.2 \times 10^{-3}$	$k < 1.2 \times 10^{-5}$	10^{-6}

5.3.6 含水层的给水度宜采用抽水试验确定。松散岩类含水层的给水度，可采用试验室法确定；珊瑚礁空隙、孔隙的给水度，可采用空隙率、孔隙率代替。有经验地区，可采用经验值。

5.3.7 珊瑚礁碎石土中孔隙水压力的测定应符合下列规定：

- 1 测试点位置应根据地质条件和分析需要选定。
- 2 测压计的安装和埋设应符合有关安装技术规定。
- 3 测试数据应及时分析整理，出现异常时应分析原因，采取相应措施。

5.3.8 抽水试验和注水试验孔的布置应符合下列规定：

- 1 试验孔布置在不同地貌单元、不同含水层（组）且富水性较强的地段。
- 2 需人工降低地下水位施工的基坑工程以及评价降水对环境产生影响的区段应布置试验孔。
- 3 抽水试验的观测孔宜垂直或平行地下水流向。
- 4 在含水构造复杂且富水性较强的地段，分层或分段进行抽水试验；潜水与承压水应分别进行抽水试验。

5.3.9 抽水试验应符合下列规定：

- 1 抽水试验方法可按表 5.3.10 确定。
- 2 抽水试验宜三次降深，最大降深宜接近工程设计所需的地下水位降深的标高。
- 3 水量量测应采用同一方法与仪器，读数单位对抽水孔为厘米，对观测孔为毫米。
- 4 当涌水量与时间关系曲线和动水位与时间的关系曲线，在一定的范围内波动，而没有持续上升或下降时，可以认为已经稳定，稳定延续时间卵石、圆砾和粗砂含水层为 8 h，中砂、细砂和粉砂含水层为 16 h；基岩含水层（带）为 24 h。
- 5 抽水试验应同时观测水位和水量，抽水结束后应量测恢复水位。

表 5.3.10 抽水试验方法和应用范围

试 验 方 法	应 用 范 围
---------	---------

钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透性参数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

5.3.10 渗水试验和注水试验可在试坑或钻孔中进行，注水稳定时间宜为 4~6h。对珊瑚礁砂土或碎石土，可采用试坑单环法；试验深度较大时可采用钻孔法。

5.3.11 压水试验应根据工程要求，结合工程地质测绘和钻探资料，确定试验孔位，按珊瑚礁的渗透特性划分试验段。按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数，及时绘制压力与压入水量的关系曲线，计算试段的透水率，确定 p-Q 曲线的类型。

【5.3 条文说明】地下水参数的测定，根据各类土规定了稳定水位的观测时间，这个规定引自现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001 2009 年版)。地下水位的量测，着重说明下列几点：

- 1 稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态后的水位；地下水位恢复到天然状态的时间长短受含水层渗透性影响最大，根据含水层渗透性的差异，规定至少需要的时间；当需要编制地下水等水位线图或工期较长时，在工程结束后宜统一量测一次稳定水位。
- 2 采用泥浆钻进时，为了避免孔内泥浆的影响，需将测水管打入含水层 20cm 方能较准确地测得地下水位。
- 3 地下水位量测精度规定为±2cm 是指量测工具、观测等造成的总误差的限值，因此量测工具应定期用钢尺校正。

5.4 地下水的作用

5.4.1 岩土工程勘察应评价地下水作用和影响，包括地下水力学作用和物理、化学作用。

5.4.2 地下水力学作用的评价应包括下列内容：

- 1 对地下结构物和挡土墙应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用，原则上应按设防水位计算浮力；对节理不发育的岩石和粘土可根据地方经验或实测数据确定。

有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价。

2 验算边坡稳定时，应考虑地下水对边坡稳定的不利影响。

3 在地下水位下降的影响范围内，应考虑地面沉降及其对工程的影响；当地下水位回升时，应考虑可能引起的回弹和附加的浮托力。

4 在有水头压差的珊瑚礁砂土地层中，应评价产生潜蚀、流土、管涌的可能性。

5 当采用地下水控制措施时，应根据岩土渗透性、含水层分布特征、地下水位埋深、地下水补给条件，分析评价地下水控制措施的可行性及其对基坑稳定、地下结构工程和工程周边环境的影响。

6 地下水抗浮评价及设计参数参照《建筑工程康复技术标准》JGJ476 执行。

5.4.3 地下水的物理、化学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、金属材料的腐蚀性。

2 对各种胶结程度珊瑚礁、珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解等有害作用。

5.4.4 地下水、土对工程结构的腐蚀性评价应符合现行《岩土工程勘察规范》（GB50021）的要求。

【5.4 条文说明】在岩土工程的勘察、设计、施工过程中，地下水的影响始终是一个极为重要的问题，因此，在工程勘察中应当对其作用进行预测和评估，提出评价的结论与建议。

地下水对岩土体和建筑物的作用，按其机制可以划分为两类。一类是力学作用，一类是物理、化学作用，因此珊瑚礁地区地下水评价分为地下水力学评价和物理、化学评价两种。力学作用原则上应当是可以定量计算的，通过力学模型的建立和参数的测定，可以用解析法或数值法得到合理的评价结果。很多情况下，还可以通过简化计算，得到满足工程要求的结果。由于岩土特性的复杂性，物理、化学作用有时难以定量计算，但可以通过分析，得出合理的评价。

5.5 地下水控制

5.5.1 岩土工程勘察应评价地下水对地下工程及周边环境的影响，并根据施工

方法、开挖深度、含水层岩性和地层组合关系、地下水资源和环境要求，建议适宜的地下水控制方法。

5.5.2 降水方法可按表 5.5.2 选用。

表 5.5.2 降水方法适用范围

名称		适用地层	渗透系数 (m/d)	降低水位 (m)
集水坑明排		珊瑚礁、珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土	<20.0	<2
井 点 降 水	电渗井点	填土(粘性土)	<0.1	<6
	喷射井点	填土(粉砂)	0.1~20.0	8~20
	真空井点	珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土	0.1~20.0	单级<6、多级<20
管井		珊瑚礁、珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土	1.0~200.0	>5
大口井		珊瑚礁、珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土	1.0~200.0	5~20
辐射井		珊瑚礁碎石土	0.1~20.0	<20
引渗井		珊瑚礁砂土	0.1~20.0	将上层水引渗到下层含水层

5.5.3 当采用降低地下水方法时，应评价工程降水可能引起的工程环境问题：

- 1 评价降水对工程周边环境的影响程度。
- 2 评价降排水形成区域性降落漏斗和引发地下水补给、径流、排泄条件的改变。
- 3 当采用辐射井降水施工时，应评价土层颗粒流失对工程周边环境的影响。
- 4 当采用减压井施工时，应分析评价基底稳定性和水位下降对工程周边环境的影响。

5.5.4 采用帷幕隔水方法时，应评价截水帷幕的深度、施工工艺的可行性及可能存在的风险。

5.5.5 采用自渗方法时，应评价上层水的下渗效果及对下层水水环境的影响。

5.5.6 采用降水加回灌方法时，应评价同层回灌或异层回灌的可能性，异层回灌时应评价不同含水层混合后对地下水环境的影响。

【5.5 条文说明】针对各种胶结程度的珊瑚礁、珊瑚礁碎石土、珊瑚礁砂土提供降水方法表。

6 原位测试与室内试验

6.1 一般规定

6.1.1 原位测试方法应根据岩土条件、工程特点、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定选用，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021）的有关规定。

【条文说明】原位测试是反映岩土特性的最直接手段，在选择原位测试方法时，应根据地区经验，针对不同的岩土条件、工程特点等进行选择。

6.1.2 岩土室内试验的试验方法、试验项目应根据工程要求、岩土特性及设计对参数要求等综合确定，其操作和采用的仪器设备应符合现行国家标准《土工试验方法标准》（GB/T50123）和《工程岩体试验方法标准》（GB/T50266）的有关规定。岩土工程评价时各土层的参数选取，应结合钻探取样和原位测试结果进行修正。

【条文说明】在岩土工程勘察中，岩土室内试验受现场取样、样品运输、试验仪器、试验条件、操作技能等影响，应配合钻探取样和原位测试使用。

6.2 原位测试

6.2.1 西沙群岛珊瑚礁地区浅部岩土层主要为珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土层，其工程性质、地基承载力、均匀性等确定，对于珊瑚碎屑砂土层宜采用载荷试验、标准贯入试验、重型动力触探试验，对于珊瑚碎屑碎石土层宜采用载荷试验、重型动力触探试验。

【条文说明】对于珊瑚碎屑砂土层可采用载荷试验确定地基承载力，采用标准贯入试验判定砂土的密实度，分析其均匀性。对于珊瑚碎屑碎石土层可采用载荷试验确定地基承载力，采用重型动力触探试验判定碎石土的密实度，分析其力学特性。

采用载荷试验时，考虑到试验所需的配重、钢梁、千斤顶等设备重量非常大，且在西沙群岛地区各岛上不完全建有码头，设备的转运、上下岸以及安装

等几乎都是通过人力搬运以及小船转运完成，建议采用地锚式载荷试验设备。

6.2.2 深部岩土层主要为珊瑚礁灰岩，根据工程需要可在钻孔中进行波速测试。

6.3 室内试验

6.3.1 制备试样前，应对岩土的重要性状做肉眼鉴定和简要描述。

6.3.2 珊瑚碎屑砂土、碎石土层宜测定的物理性质指标有密度、颗粒级配、比重、天然含水率，当无法取得Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级土样时，可只进行颗粒级配试验；密度试验宜采用灌砂法。

6.3.3 当需要计算珊瑚碎屑砂土层密实时，可进行最大和最小干密度试验，最大干密度试验宜采用振动锤击法，最小干密度试验宜采用漏斗法和量筒法。

6.3.4 当需要进行基坑降水设计时，珊瑚碎屑砂土、碎石土层可进行常水头渗透试验，取得透水性指标。通过室内渗透试验得出的渗透系数，应结合野外抽水试验或注水试验成果修正后确定。

6.3.5 珊瑚礁灰岩可根据工程需要选做颗粒密度试验、块体密度试验、吸水率和饱和吸水率试验、单轴抗压强度试验（天然、干燥和饱和）、直接剪切试验、抗拉强度试验、点荷载试验及岩块声波波速测试等项目。有条件的工程项目，可先进行岩块声波波速测试，从而更好的验证其它试验结果。

【条文说明】珊瑚礁灰岩是比较复杂的非均质各向异性体，其物理力学性质差异较大，生物组分、成岩程度、非均匀性、孔隙类型、裂隙的发育等因素对礁灰岩物理力学试验结果的影响较大。在选做试验项目前，可先进行岩块声波波速测试，从而更好的验证其它试验结果。

根据西沙群岛地区 167 件珊瑚礁灰岩的密度、纵波波速试验结果：

1 天然状态、干燥状态和饱和状态下珊瑚礁灰岩的密度分别在 1.12~3.08、1.11~2.92、1.12~3.07g/cm³ 之间，部分天然状态的密度比饱和状态的密度大，是由于在饱和过程中有部分碎屑脱落，导致称得的饱和质量减少的缘故。

2 在天然、干燥和饱和状态的纵波波速分别在 2311~4230m/s、2530~4167m/s、2352~4190m/s 之间。受结构面和孔隙水的影响，天然状态的纵波波速比干燥状态的大，饱和状态的纵波波速比天然状态的大，是由于声波在不同的介质中传波的速度不一样，在水中的传播速度比在空气中传播速度快，而珊

珊瑚礁灰岩的孔隙较多，水充填了岩块的孔隙后使其波速增大。

6.3.6 珊瑚礁灰岩的孔隙率 n 可按下列方法估算：

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{(m_w - m_d) / \rho_w}{V} \times 100\% \quad (6-3-6)$$

式中 V_v —孔隙体积 (m^3);

V —岩样体积 (m^3);

ρ_w —水的密度 (g/m^3);

m_w —饱和质量 (g);

m_d —干燥质量 (g)。

【条文说明】珊瑚礁灰岩孔洞多，孔隙率对其物理力学性质影响大，规范提出了其估算方法，具体操作为珊瑚礁灰岩切割制样后先进行烘干，称得干燥质量 m_d ，再进行饱和处理，测出饱和质量 m_w ，假设岩样的无密闭孔隙，且在饱和过程中全部被水填满，计算出孔隙体积 $V_v = (m_w - m_d) / \rho_w$ ，则孔隙率为 $n = \frac{V_v}{V}$ 。

根据西沙群岛地区 36 件珊瑚礁灰岩的孔隙率估算结果：珊瑚礁灰岩的孔隙率在 5.81~36.33%之间。

7 地基承载力与变形

7.1 一般规定

7.1.1 西沙群岛珊瑚礁地区珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土层地基承载力可采用载荷试验直接取得，地基变形模量可根据 $p-s$ 曲线的初始直线段，按均质各向同性半无限弹性介质的弹性理论计算得出。

【条文说明】根据《岩土工程勘察规范》(GB50021)，浅层平板载荷试验的变形模量 E_0 (MPa)，可按式计算：

$$E_0 = I_0(1 - \mu^2) \frac{pd}{s}$$

深层平板载荷试验和螺旋板载荷试验的变形模量 E_0 (MPa)，可按式计算：

$$E_0 = \omega \frac{pd}{s}$$

式中 I_0 —刚性承压板的形状系数，圆形承压板取 0.785；方形承压板取 0.886；

μ —土的泊松比，珊瑚碎屑碎石土取 0.27，珊瑚碎屑砂土取 0.30；

d —承压板直径或边长(m)；

p — $p-s$ 曲线线性段的压力(kPa)；

s —与压力 p 对应的沉降 (mm)；

ω —与试验深度和土类有关的系数，可按下表选用。

表 1 深层载荷试验计算系数 ω

土类 d/z	碎石土	砂土	粉土	粉质粘土	粘土
0.30	0.477	0.489	0.491	0.515	0.524
0.25	0.469	0.480	0.482	0.506	0.514
0.20	0.460	0.471	0.474	0.497	0.505
0.15	0.444	0.454	0.457	0.479	0.487
0.10	0.435	0.446	0.448	0.470	0.478
0.05	0.427	0.437	0.439	0.461	0.468
0.01	0.418	0.429	0.431	0.452	0.459

注：d/z 为承压板直径和承压板底面深度之比。

7.1.2 对于不具备条件进行载荷试验的工程项目，其地基承载力及变形参数可采用标准贯入试验、重型动力触探试验间接确定。

7.2 标准贯入试验评价法

7.2.1 珊瑚碎屑砂土可采用标准贯入试验法推算其地基承载力及变形模量。

【条文说明】标准贯入试验能反映珊瑚碎屑砂密实度，若在勘察期间，通过标准贯入试验的方法能比较合理地反映西沙群岛上珊瑚碎屑砂的地基承载力，既能降低工程勘察造价，又能有效地为珊瑚礁工程的场址选择、工程设计等提供科学依据。

7.2.2 珊瑚碎屑砂土地基的标准贯入试验结果应提供实测锤击数和修正锤击数，实测锤击数作为评价土层密实度依据，修正锤击数作为确定地层地基承载力及变形模量依据。

【条文说明】《岩土工程勘察规范》(GB50021) 及《建筑地基基础设计规范》(GB50007) 在确定砂土密实度均采用了未经修正的数值，为实测锤击数平均值，7.2.2 条在评价珊瑚碎屑砂土密实度时与现行规范保持一致。规范建立了标准贯入试验修正锤击数与地层地基承载力及变形模量的相关关系，供西沙群岛珊瑚礁地区参考使用。

7.2.3 当采用标准贯入试验确定珊瑚碎屑砂土地基承载力及变形模量时，其锤击数应作钻杆长度修正，修正锤击数可按下式计算：

$$N' = \alpha N \quad (7-2-3)$$

式中 N' —标准贯入试验修正锤击数；

N —标准贯入试验实测锤击数；

α —触探杆长度修正系数，可按表 7.2.3 取值。

表 7.2.3 标准贯入试验触探杆长度修正系数

触探杆长度 (m)	≤3	6	9	12	15	18	21	25	30
α	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70	0.68	0.65

7.2.4 珊瑚碎屑砂土标准贯入修正锤击数代表值应取不同深度的标准贯入试验修正锤击数平均值，并结合现场钻探取样和岩土室内试验结果进行离散性分析，其统计应按下列公式计算平均值、标准差和变异系数：

$$N'_m = \frac{\sum_{i=1}^n N'_i}{n} \quad (7-2-4-1)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n N_i'^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n N'_i \right)^2}{n} \right]} \quad (7-2-4-2)$$

$$\delta = \frac{\sigma_f}{N'_m} \quad (7-2-4-3)$$

式中 N'_m —标准贯入试验修正锤击数平均值；

σ_f —标准贯入试验修正锤击数标准差；

δ —标准贯入试验修正锤击数变异系数。

以上数值的统计、分析和选定应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021）的有关规定。

【条文说明】 珊瑚碎屑砂土层是由珊瑚等造礁生物遗骸破碎堆积而成，由于其沉积过程大多未经长途搬运，保留了原生生物骨架中的细小孔隙等原因，形成了颗粒多孔隙、形状不规则、易破碎、胶结性差等特点，导致了该层大小颗粒混杂，砾石和砂砾相间堆积，碎屑物的密实度变化大，粒径总体自上而下逐渐变粗。珊瑚碎屑砂土层夹的珊瑚礁块含量对标准贯入试验影响较大，在统计过程中应结合现场钻探取样、标贯试验结束后标准贯入器中的芯样情况等对标准贯入锤击数进行分析，剔除异常数值。

表层沉积物的颗粒大小、粒度成分、相对密实度、珊瑚礁块含量、胶结程度等都将影响地基承载力和变形特性，

7.2.5 根据标准贯入试验成果，珊瑚碎屑砂土地基承载力特征值 f_{ak} 及变形模量 E_0 可按下表确定。

表 7.2.5 珊瑚碎屑砂土地基承载力特征值 f_{ak} (kPa) 及变形模量 E_0 (MPa)

N'_m	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f_{ak} (kPa)	105	130	150	170	185	200	215	230	240	250
E_0 (MPa)	8.6	10.5	12.2	13.7	15.1	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3

N'_m	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
f_{ak} (kPa)	260	270	280	290	298	305	312	320	325	330
E_0 (MPa)	21.1	21.9	22.6	23.3	23.9	24.6	25.1	25.7	26.3	26.8

【条文说明】为分析珊瑚碎屑砂土地基承载力特征值与标准贯入试验修正锤击数、变形模量与标准贯入试验修正锤击数在相关性，在西沙群岛珊瑚礁地区按不同深度及不同地貌单元布置了 66 个平板载荷试验点（永兴岛 30 个，赵述岛 18 个、北岛 18 个），且每个平板载荷试验点处还进行了标准贯入试验及重型动力触探试验。各地貌单元平板载荷试验点分布数量如下。

表 2 各地貌单元平板载荷试验点分布数量（个）

岛屿	地貌单元	试验点深度			
		0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
永兴岛	沙堤	2	1	2	1
	沙地	2	3	4	3
	洼地	4	4	2	2
赵述岛	沙地	4	4	5	5
北岛	沙堤	3	2	2	2
	沙地	2	3	1	3

根据试验结果，统计了 58 个平板载荷试验，剔除了 8 个受操作及气候影响的异常点，利用最小二乘法进行回归分析，建立了线性、对数、指数、乘幂、多项式的回归方程，选择了相关性最好（拟合系数最大）的不同深度范围内的珊瑚碎屑砂地基承载力特征值与标准贯入试验修正锤击数、变形模量与标准贯入试验修正锤击数之间的回归方程。

综合统计 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m 处的 58 个平板载荷试验结果以及相关的标准贯入试验数据，建立了珊瑚碎屑砂地基承载力特征值与标准贯入试验修正锤击数、变形模量与标准贯入试验修正锤击数之间的回归方程，回归方程如下式，相关曲线见下图。

$$f_{ak} = 158.21 \ln(N') - 177.12 \quad (n=58, R^2=0.8765)$$

$$E_0 = 12.756 \ln(N') - 14.281$$

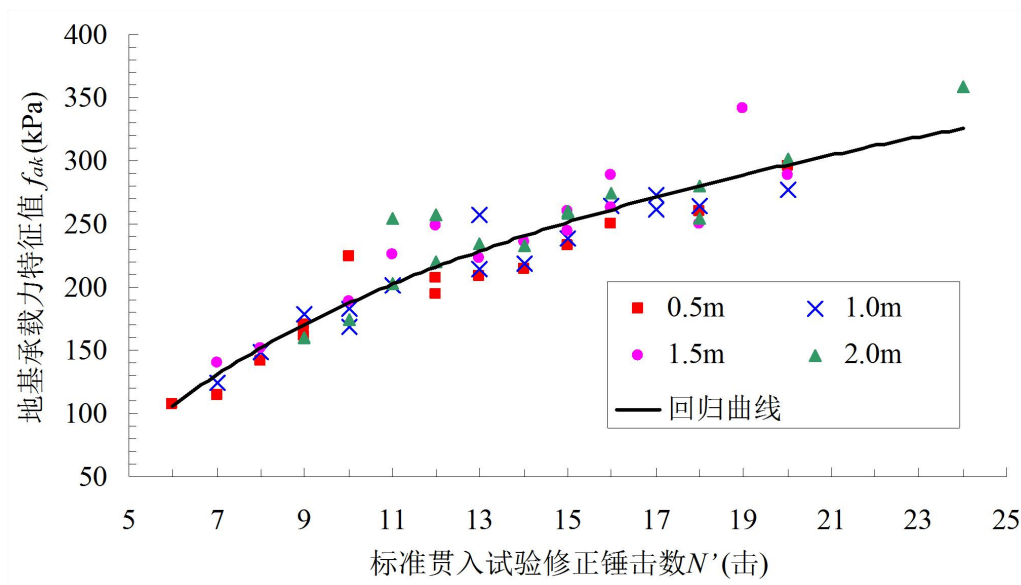


图 1 珊瑚碎屑砂地基承载力特征值与标准贯入试验修正锤击数回归分析图

7.3 重型动力触探试验评价法

7.3.1 珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土层可采用重型动力触探试验法推算其地基承载力及变形模量。

【条文说明】重型动力触探试验是在地层的某一段进行连续测试的原位测试方法，能反应不同地基土的承载力、密实度、变形特性及其它工程性质指标。

7.3.2 珊瑚碎屑碎石土地基的重型动力触探试验结果应提供修正锤击数，作为评价碎石土层密实度、地基承载力及变形模量依据。

【条文说明】《岩土工程勘察规范》（GB50021）及《建筑地基基础设计规范》（GB50007）在确定碎石土密实度均采用了杆长修正的数值，7.3.2 条在评价珊瑚碎屑碎石土密实度时与现行规范保持一致。

7.3.3 当采用重型动力触探试验确定珊瑚碎屑碎石土密实度、地基承载力及变形模量时，锤击数 $N_{63.5}$ 应按式修正：

$$N_{63.5} = \alpha_1 N'_{63.5} \quad (7-3-3)$$

式中 $N_{63.5}$ —修正后的重型动力触探锤击数；

$N'_{63.5}$ —重型动力触探锤击数；

α_1 —修正系数，可按表 7.3.3 取值。

表 7.3.3 重型动力触探锤击数修正系数

$N'_{63.5}$ L (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

7.3.4 珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土重型动力触探修正锤击数代表值取值方法为：

1 计算单孔分层贯入指标平均值，并应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值；

2 根据各孔分层的贯入指标平均值，用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数，计算方法同 7.2.4 节。

【条文说明】根据在西沙群岛珊瑚礁地区的重型动力触探试验结果，珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土中超前现象比较明显，在 0.2~0.7m 之间，在进行统计时，超前滞后范围内的值不反映真实土性，应剔除。

7.3.5 根据标准贯入试验成果，珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土地基承载力特征值 f_{ak} 及变形模量 E_0 可按下表确定。

表 7.3.5 珊瑚碎屑砂土、珊瑚碎屑碎石土地基承载力特征值 f_{ak} (kPa) 及变形模量 E_0 (MPa)

$N_{63.5}$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
f_{ak} (kPa)	145	170	195	215	235	255	270	285	300	315	330	345
珊瑚碎屑砂土 E_0 (MPa)	11.7	13.8	15.6	17.3	18.9	20.4	21.8	23.1	24.4	25.6	26.8	27.9
珊瑚碎屑碎石土 E_0 (MPa)	12.0	14.1	15.9	17.7	19.3	20.8	22.2	23.5	24.8	26.1	27.3	28.4

【条文说明】根据 7.2.5 条文说明，在平板载荷试验点处除了实施标准贯入试

验，还实施了重型动力触探试验。由于在平板载荷试验过程中，没有对承压板底的应力进行测读研究，统计的重型动力触探试验数据可取 1 倍板宽范围作为承压板的影响深度，即板底下 0.5m。因此，修正后的重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$ 取相应影响深度的厚度加权平均值作为统计依据。

在此基础上，利用最小二乘法建立了珊瑚碎屑砂地基承载力特征值与修正后的重型动力触探锤击数、变形模量与修正后的重型动力触探锤击数回归方程，回归方程如下式，相关曲线见下图。

$$f_{ak} = 78.577 N_{63.5}^{0.5616} \quad (n=32, R^2=0.7024)$$

$$E_0 = 6.3354 N_{63.5}^{0.5616}$$

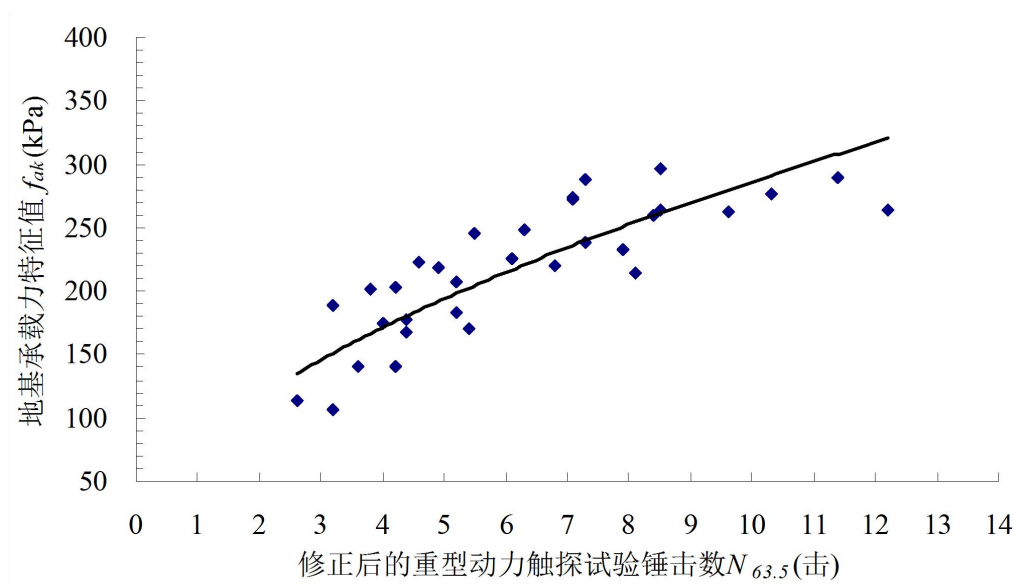


图 2 珊瑚碎屑砂地基承载力特征值与修正后的重型动力触探锤击数回归分析图

由于平板载荷试验仅布置于珊瑚碎屑砂，规范有关珊瑚碎屑碎石土层的承载力及变形模量参数按珊瑚碎屑砂成果推算，推算公式如下。

$$E_0 = 6.4544 N_{63.5}^{0.5616}$$

8 岩土工程分析评价和成果报告

8.1 一般规定

8.1.1 岩土工程分析评价和成果报告所依据的原始资料应进行整理、检查、分析，确认无误后方可使用。

8.1.2 岩土工程分析评价和成果报告的编制应在工程地质调查与测绘、勘探、井探、原位测试、现场试验、室内岩土水试验和搜集已有资料基础上，结合工程特点和要求进行。

【8.1 条文说明】本节为岩土工程评价和勘察报告编制的总要求，强调对原始资料的处理，并要在搜集已有资料及现场所取得的第一手资料基础上，结合地区经验及类似工程经验，根据拟建工程特点有针对性地进行评价和勘察报告的编制。

8.2 岩土参数的分析和选定

8.2.1 岩土参数分析应符合下列规定：

1 应研究岩土测试数据的代表性、可靠性和相关性，并结合地区经验、工程特点、地质条件按相关标准要求确定推荐值。

2 对不合理的测试数据应查明原因，必要时应复查验证后确定取舍。

3 对主要特性指标变异系数较大的单元土体，应分析岩土质的均匀性、试验指标的正确性和单元岩土体划分的合理性。

4 指标的统计应在同一单元体内进行，对厚层状岩土体应分成亚层单元体进行统计。

5 每个主要岩土单元体，其各项岩土试验指标的统计频数不少于 6 个。

6 主要统计的特征值应包括平均值、频数、变化幅度值、标准差、变异系数等。

【条文说明】参数统计与分析首先要根据岩土体形成的时代成因、岩土类别、分层层位、岩土特性、测试成果等条件划分确定不同岩土单元体。岩土的物理力学指标的统计在同一单元体内进行，对厚层状岩土层应分为亚单元体进行统计。不同地质单元体统计参数的离散性大时，不利于对岩土层性质的分析和评

价，对设计和施工也会带来不利影响。

对厚层状岩土层应分为亚单元体进行统计，是基于如下二点：一方面厚层状土自上而下岩土体沉积年代、应力状态不同，其物理力学性质存在差异；另一方面，在提供设计参数时，桩侧及桩端阻力与深度有关，为便于更准确估算承载力及确定持力层位置，也要将厚层状岩土进行细分。

8.2.2 岩土单元体的划分应根据其形成的时代成因，岩土类别、分布层位、岩土特征、测试成果等条件综合确定。

8.2.3 岩土指标应根据工程特点和地质条件选用，并按下列内容评价其可靠性和适宜性：

- 1 取样的方法、质量、数量和代表性等其他因素对试验结果的影响。
- 2 采用的测试方法、取值标准的适宜性。
- 3 测试指标的相关性，室内试验指标与原位测试等不同测试方法所得结果和当地经验值的分析比较。
- 4 测试方法与计算模型的配套性。
- 5 测试结果的离散性。

8.3 岩土工程评价

8.3.1 岩土工程分析评价应符合下列要求：

- 1 充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制要求。
- 2 掌握场地的工程地质条件和自然条件。
- 3 充分考虑当地经验和类似工程的经验。
- 4 选用岩土指标时，考虑岩土材料的非均质性和各向异性；指标与原型岩土体性状之间的差异、随工程环境不同可能产生的变异、随时间的变化可能产生的变异，评估岩土参数的不确定。
- 5 对于理论依据不足、实践经验不多的岩土工程问题，可通过现场模型试验或足尺试验取得实测数据进行分析评价。
- 6 必要时可建议通过施工监测，调整设计和施工方案。
- 7 分析岸坡、边坡与基坑工程稳定性，分析抽取地下水或潮汐等环境工程地质问题，提出预测和防治建议。

【条文说明】岸坡、边坡与基坑工程的稳定性是岩土工程常常涉及的非常重要的问题，而西沙地区珊瑚礁的地下水水文条件存在区域特殊性，因此由于地下水的抽取或潮汐等环境工程地质问题，越来越得到关注和研究，对此在勘察中提出对其预测和防治建议很有必要。

8.3.2 岩土工程分析评价应在定性分析的基础上进行定量分析。岩土体的变形、强度和稳定性应定量分析；场地适宜性、场地地质条件的稳定性，可仅作定性分析。

8.3.3 各阶段岩土工程评价应符合下列规定：

1 可行性勘察阶段应着重说明场地的工程地质特征，分析判断工程地质条件的主要有利因素和不利因素，并重点分析场地的整体稳定性，评价场地建设的适宜性。

2 初步勘察阶段应根据工程建设的具体要求，综合分析所取得的各项地质资料，阐明场地工程地质条件，分别评价各区段地质特点及其建设的适宜性，对场地稳定性和地基方案做出初步评价，对岩土利用、整治和改造的方案进行论证，为工程的初步设计方案提出建议和相应的地基计算参数。

3 详细勘察阶段应分别阐明各个建筑物地段的工程地质条件，详细说明岩土层的分布，分析评价所需的岩土技术指标，提出设计和施工中应注意的问题和建议，预测工程使用期可能发生的岩土工程问题，并提出监控和预防措施的建议。

4 施工勘察阶段应针对需查明的岩土问题提供勘察资料并作出分析、评价与建议。

【条文说明】不同勘察阶段的岩土工程评价内容有所侧重是必须的，因此本条规定各阶段的评价要求。

8.3.4 地基承载力的确定应满足下列要求：

1 地基承载力依据载荷试验或其他原位测试成果、公式计算结果，并结合工程实践经验等方法综合确定。

2 岩石地基需分析岩体破碎对地基承载力的影响和各种胶结程度珊瑚礁对岸坡稳定的作用。

8.3.5 岩土工程计算应符合下列要求：

1 按承载能力极限状态计算，可用于评价岩土地基承载力和岸坡、挡墙、地基稳定性等问题，可根据《建筑地基基础设计规范》GB5007 相关规定取值。

2 按正常使用极限状态要求进行验算控制，可用于评价岩土体的变形、动力反应、透水性和涌水量等。

8.3.6 岩土工程的分析评价，应根据岩土工程勘察等级区别进行。对丙级岩土工程勘察，可根据邻近工程经验，结合触探和钻探取样试验资料进行；对乙级岩土工程勘察，应在详细勘探、测试的基础上，结合邻近工程经验进行，并提供岩土体的强度和变形指标；对甲级岩土工程勘察，除按乙级要求进行外，尚宜提供载荷试验资料，必要时应对其中的复杂问题进行专门研究，并结合监测对评价结论进行检验。

8.3.7 任务需要时，可根据工程原型或足尺试验岩土体性状的两侧结果，用反分析的方法求岩土参数，验证设计计算，查验工程效果或事故原因。

8.4 岩土工程勘察报告

8.4.1 岩土工程勘察外业资料的整理应满足下列要求：

1 随勘察工作的开展及时编绘、检查、校核外业勘察的工程地质调查与测绘、钻探、原位测试、现场土工试验等原始记录和图纸，并及时拍摄岩芯及场地典型照片。

2 勘察过程中，随时绘制地质剖面草图，分析地质情况，编写勘察报告草稿。

【条文说明】资料的整理工作是编制岩土工程勘察报告的基础，而外业资料的整理又是重中之重，本条对外业资料的整理作了相关规定，强调了及时和动态性。

8.4.2 岩土工程勘察报告应满足下列要求：

1 根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写。

2 对依据的原始资料，进行整理、检查、分析，确认无误。

3 文字简练、资料完整、真实准确、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用、适宜长期保存、因地制宜、突出重点、针对性强。

8.4.3 岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证，提出

建议，并对工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行预测，提出监控和预防措施的建议。

【条文说明】增加内容：岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证；工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题的预测、监控和预防措施的建议。

8.4.4 岩土工程勘察报告应由文字说明部分和所附图表、附图组成，编写内容应符合下列规定。

8.4.5 文字部分应包括下列内容：

- 1 拟建工程概况。
- 2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准。
- 3 勘察方法和勘察工作布置。
- 4 场地地形、地貌、地质构造。
- 5 岩土层分布、性质及其均匀性。
- 6 岩土参数的统计、分析和选用。
- 7 场地地下水埋藏情况、类型、水位及其变化。
- 8 水和土对建筑材料的腐蚀性。
- 9 场地地震效应的分析和评价。
- 10 不良地质作用的描述和对工程危害程度的评价。
- 11 特殊性岩土的描述和评价。
- 12 不利埋藏物的描述和评价。
- 13 场地稳定性和适宜性评价。
- 14 岩土工程分析和评价。
- 15 采用天然地基的可能性、地基均匀性、承载力评价。
- 16 采用复合地基和桩基的桩型和桩端持力层选择，桩的侧阻力、端阻力建议。
- 17 地下室抗浮和基坑开挖、支护评价及建议。
- 18 危大工程项目说明。
- 19 施工工程对周边环境的分析和评价。
- 20 对工程设计和施工的建议。
- 21 监控及预防措施的建议。

【条文说明】本条规定岩土工程勘察报告的基本内容，具体勘察阶段在此基础上进行增删，以达到“因地制宜、重点突出”的目的。

8.4.6 所附图和附近部分应包括下列内容：

- 1 勘探点平面或工程地质平面图。
- 2 勘探点成果数据表。
- 3 钻孔柱状图。
- 4 工程地质剖面图。
- 5 原位测试成果图。
- 6 室内试验成果图表。
- 7 岩土层特征指标综合统计表。
- 8 其他图表、附近、照片或视频等。

8.4.7 根据工程需要可提交下列专题报告。

- 1 岩土工程测试报告。
- 2 岩土工程检验或监测报告。
- 3 岩土工程事故调查与分析报告。
- 4 岩土利用、整治或改造方案报告。
- 5 专门岩土工程问题的技术咨询报告。

8.4.8 报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位均应符合国家现行有关标准的规定，**常用地质符号与色标见附录 D，常用图例见附录 E。**

8.4.9 对丙级岩土工程勘察的成果报告内容可适当简化，采用以图表为主，辅以必要的文字说明；对甲级岩土工程勘察的成果报告除应符合本节规定外，尚可对专门性的岩土工程问题提交专门的试验报告、研究报告或监测报告。

附录 B 单轴抗压强度与岩块纵波波速关系表

B.0.1 当采用纵波波速成果来间接估算珊瑚礁灰岩抗压强度时，可按表 B.0.1 参考取值。

表 B.0.1 单轴抗压强度与岩块纵波波速关系表

岩石名称	干燥岩块纵波波速 (m/s)	单轴干燥抗压强度 (Mpa)
珊瑚礁灰岩	2300	1.69
	2500	2.22
	2800	3.36
	3000	4.43
	3200	5.84
	3500	8.83
	3800	13.34
	4000	17.57
	饱和岩块纵波波速 (m/s)	饱和干燥抗压强度 (Mpa)
	2300	1.44
	2500	1.89
	2800	2.81
	3000	3.67
	3200	4.80
	3500	7.15
	3800	10.67
	4000	13.92

注：1、本表中的岩块纵波波速仅适用于 2300~4000 (m/s) 范围；

2、表中数据之间可插值适用

3、表中经验数值具有一定的局限性，使用前应进行适当验证

附录 C 碎石土的密实度

C.0.1 碎石土的密实度按表 C.0.1 进行分类。

表 C.0.1 碎石土密实度野外鉴别

密实度	骨架颗粒的质量和排列	可挖性	可钻性
密实	骨架颗粒的质量大于总质量的 70%，呈交错排列，连续接触，孔隙为珊瑚中、粗、砾砂、贝壳、海蛎等填充	锹镐挖掘困难，用撬棍方能松动，井壁较稳定	钻进极困难，冲击钻探时钻杆、吊锤跳动剧烈，孔壁较稳定
中密	骨架颗粒的质量等于总质量的 60%~70%，呈交错排列，大部分接触，孔隙为珊瑚砂土或贝壳、海蛎等填充	锹镐可挖掘，井壁有掉块现象，从井壁取出大颗粒后能保持颗粒凹面形状	钻进较困难，冲击钻探时钻杆、吊锤跳动不剧烈，孔壁有坍塌现象
稍密(松散)	骨架颗粒的质量小于总质量的 60%，珊瑚枝丫排列较乱，大部分不接触，孔隙为珊瑚砂土填充	锹可以挖掘，井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后，砂土立即塌落	钻进较容易、冲击钻探时，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌

C.0.2 当采用重型圆锥动力触探确定碎石土密实度时，锤击数 $N'_{63.5}$ 应按下式修正：

$$N'_{63.5} = \alpha_1 \times N_{63.5}$$

式中 $N'_{63.5}$ ——修正后的重型圆锥动力触探锤击数；

α_1 —— 修正系数，按表C.0.2取值；

$N_{63.5}$ ——实测重型圆锥动力触探锤击数。

表C.0.2 重型圆锥动力触探锤击数修正系数

$N'_{63.5}$ L(m)	5	10	15	20	25	30	35	40	≥50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

注：表中 L 为杆长。

C.0.3 当采用超重型圆锥动力触探确定碎石土密实度时，锤击数 N'_{120} 应按式修正：

$$N'_{120} = \alpha_2 \times N_{120}$$

式中 N'_{120} ——修正后的重型圆锥动力触探锤击数；

α_2 —— 修正系数，按表C.0.3取值；

N_{120} ——实测重型圆锥动力触探锤击数。

表 C.0.3 超重型圆锥动力触探锤击数修正系数

N'_{120} L(m)	1	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.96	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88
3	0.94	0.88	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81
5	0.92	0.82	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72
7	0.90	0.78	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66
9	0.88	0.75	0.72	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62
11	0.87	0.73	0.69	0.67	0.66	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
13	0.86	0.71	0.67	0.65	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
15	0.86	0.69	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53
17	0.85	0.68	0.63	0.61	0.60	0.60	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.50
19	0.84	0.66	0.62	0.60	0.58	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48

注：表中 L 为杆长。

常用地质符号与色标 附录 D

D.0.1 地层年代的符号与色标应符合表D.0.1的规定。

地层年代的符号与色标 表D.0.1

界	系	统	符 号	色 标
新生界 K _Z	第四系 Q	全新统	Q ₄	浅黄
		上更新统	Q ₃	
		中更新统	Q ₂	
		下更新统	Q ₁	
	上第三系 N	上新统	N ₂	深黄
		中新统	N ₁	
	下第三系 E	渐新统	E ₃	
		始新统	E ₂	
		古新统	E ₁	
中生界 M _Z	白垩系 K	上白垩统	K ₂	果绿
		下白垩统	K ₁	
	侏罗系 J	上侏罗统	J ₃	湖蓝
		中侏罗统	J ₂	
		下侏罗统	J ₁	
	三叠系 T	上三叠统	T ₃	紫红
		中三叠统	T ₂	
		下三叠统	T ₁	
古生界 M _Z	二叠系 P	上二叠统	P ₂	土黄
		下二叠统	P ₁	
	石灰系 C	上石灰统	C ₃	灰
		中石灰统	C ₂	
		下石灰统	C ₁	
	泥盆系 D	上泥盆统	D ₃	棕
		中泥盆统	D ₂	
		下泥盆统	D ₁	
	志留系 S	上志留统	S ₃	草绿
		中志留统	S ₂	
		下志留统	S ₁	

界	系	统	符 号	色 标
古生界 M_z	奥陶系 O	上奥陶统	O_3	深绿
		中奥陶统	O_2	
		下奥陶统	O_1	
	寒武系 $\in$	上寒武统	$\in_3$	橄榄绿
		中寒武统	$\in_2$	
		下寒武统	$\in_1$	
上元古界 P_2	震旦系 Z	上震旦统	Z_3	桔红
		中震旦统	Z_2	
		下震旦统	Z_1	
下元古界			P_{tl}	
太古界			A_r	玫瑰

注：①年代不明的变质岩系代号为 M；

②前寒武系代号为 $A_{N\in}$ ；

③前震旦系代号为 A_{NZ} 。

D.0.2 第四纪不同成因类型地层的符号应符合表D.0.2的规定。

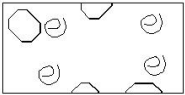
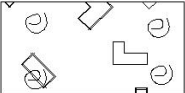
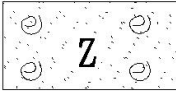
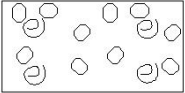
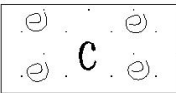
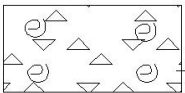
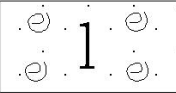
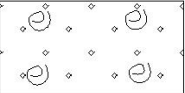
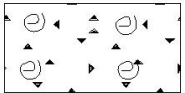
第四纪地层成因类型符号		表D.0.2
成因类型	符 号	
人工填土	ml	
冲积	al	
洪积	pl	
坡积	dl	
残积	el	
风积	eol	
湖积	l	
泥石流堆积	sef	
沼泽沉积	h	
海相沉积	m	
海陆交互沉积	mc	
冰积	ol	
冰水积	fgl	
火山堆积	b	
崩积	col	
滑坡堆积	del	
成因不明沉积	pr	

D.0.2 岩性的符号应符合表D.0.3的规定。

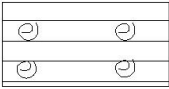
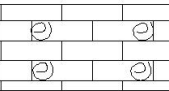
岩性符号		表 D.0.3
岩性类别	岩石名称	符 号
沉积岩	珊瑚礁	Ls

常用图例 附录 E

E.0.1 土的图例应符合表E.0.1的规定。

土的图例		表 E.0.1	
土的名称	图 例	土的名称	图 例
粉砂		漂石	
细砂		块石	
中砂		卵石	
粗砂		碎石	
砾砂		圆砾	
		角砾	

E.0.2 岩石的图例应符合表E.0.2的规定。

岩石的图例		表 E.0.2	
岩石的图例	图 例	岩石的图例	图 例
珊瑚贝壳碎屑灰岩		海滩岩	
珊瑚礁灰岩			

E.0.3 勘探工程图例应符合表E.0.3的规定。

勘探工程图例		表 E.0.3	
勘探工程名称	图 例	勘探工程名称	图 例
控制孔		标准贯入试验孔	
取土试样孔		动力触探试验孔	
取水、土腐蚀试验孔		波速试验孔	
取土试验探井		旁压试验孔	