

Geotechnical engineering investigation and analysis in the preliminary design stage of nuclear power plant under complex geological conditions

He Zhongchao* Zheng Xiao

Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou

Abstract: In view of the problems existing in the geotechnical investigation during the preliminary design stage of a nuclear power plant, combined with the current technical specifications for the investigation of nuclear power plants in China, the approaches to solve the problems under complex geological conditions are discussed and studied.

Key words: Nuclear power plant; Geotechnical engineering; Investigate

Received: 2019-06-12; Accepted: 2019-07-02; Published: 2019-07-08

复杂地质条件下核电厂初步设计 阶段岩土工程勘测探析

何中超* 郑 骁

福建信息职业技术学院, 福州

邮箱: zche.02@gmail.com

摘 要: 针对某核电厂初步设计阶段岩土工程勘测中存在的问题, 结合我国现行的有关核电厂勘测技术规范, 初步探讨和研究复杂地质条件下解决有关问题的途径。

关键词: 核电厂; 岩土工程; 勘察

收稿日期: 2019-06-12; 录用日期: 2019-07-02; 发表日期: 2019-07-08

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



核电厂是我国目前发展电力工业的新兴工程, 它由反应堆、发电机房、水泵房、设备、管道系统等一系列建(构)筑物组成, 外型复杂, 结构形式繁多, 系统间相互联系密切, 沉降要求严格, 必须保证安全运行等特点。因此, 查明

核电厂场址地质条件是核电厂能否安全建设、平稳运行的初始条件。现行的有关核电厂勘测技术规范自实施以来,已经历时十余年了,对核电厂的勘测起到了良好的指导作用,与此同时,国内已经有一大批核电厂进入初步设计阶段,初步设计阶段中,不同厂址的岩土工程勘测的思路、方法、手段等也存在差异,因此有必要对初步设计阶段的岩土工程勘测做一些探讨。

1 工程概况

某核电厂厂址附近范围内第四系发育,成因类型多样。除山区广泛分布的残坡积层外,在河流两岸和沿海地带有河流冲积层、海积层及海陆混合堆积层展布。厂址附近侵入岩发育,分布广泛,若揭开第四纪堆积层,全区大部分都属于侵入岩分布区。按侵入岩形成秩序及区域岩性对比,可分为燕山早期第三阶段花岗岩、燕山晚期第一阶段花岗岩和第二阶段花岗斑岩。还有一些岩脉出现。核岛区场坪至 8.0 m 设计高程后,场地为挖方区,微风化基岩直接出露、无覆盖层。

2 勘测关键问题

根据核电站前期勘测资料,场地存在 3 种岩体,即中细粒花岗岩、斑状花岗岩和花岗斑岩,这三种岩体在厂址区广泛出露,初步设计勘测的任务就是要查明它们在核岛区的接触界限,及其对场地岩土工程条件的影响。此外,查明核岛地基的地质条件,测定核岛地基的岩土设计参数,也是本阶段勘测的主要任务。

3 勘测方案

为了查明核岛区上述的三个关键问题和场地的其它岩土工程条件,本阶段采用多种勘测手段,在核岛区共布置了按照核安全法规、导则和相关规范要求布置钻孔。为测定核岛地基岩土设计参数采用特殊的勘测手段:深孔、钻孔弹性模量测试、跨孔法波速测试、岩石动三轴试验和阻尼比试验等。其中在 2 个核岛各布置 3 个深孔,这 2 组钻孔在平面上互相垂直,用来勘测地基是否各向

异性, 在每个反应堆各安排 1 组双跨孔波速测试, 并取样进行岩石动三轴试验和阻尼比试验。同时在核岛区安排了声波测井、压水试验和取样进行室内试验。

4 勘测成果分析

斑状花岗岩主要分布于厂址区东侧山丘, 中部沟谷覆盖层之下以及西部山坡地带, 为燕山期早期第三阶段侵入岩体。中细粒花岗岩主要分布于厂址西部山丘地带。为燕山晚期第一阶段侵入岩体。花岗斑岩主要分布于厂址区东南部和西部近海岸地带。为燕山晚期第二阶段侵入岩体, 呈岩脉岩墙形式产出。跨孔波速成果表明, 核岛基础地面以下岩体波速稳定, 三种岩体波速相近, 可看作一个波速层; 岩体钻孔弹模测试成果反映岩体结构特征, 测试压力变形曲线规律性好, 较完整岩体弹性模量和变形模量明显高于较破碎岩体, 斑状花岗岩、中细粒花岗岩和花岗斑岩岩体各向异性不明显, 三种岩体的模量变化不大; 声波测井表明核岛地基岩体的完整性以较完整为主, 只在局部地段为较破碎, 岩体的完整程度随深度增加完整性变好; 压水试验结果表明, 核岛地基岩体为弱透水层, 局部地段为充填型或扩张型。

5 分析提出地基岩体设计参数

5.1 物理力学指标

表 1 中细粒花岗岩、花岗斑岩与斑状花岗岩主要物理力学指标对比表

实验项目	参数	中细粒花岗岩	斑状花岗岩	花岗斑岩	相差 1 (%)	相差 2 (%)
声波测井	纵波波速 (m/s)	4742	4802	4729	1.2	1.5
钻孔弹模测试	变形模量 $E'2$ (MPa)	26.98	24.09	21.28	12.0	13.2
室内声波测试	纵波波速 (m/s)	5889	5763	5924	2.2	2.7
	横波波速 (m/s)	3397	3267	3438	4.0	5.0
	动弹性模量 (MPa)	82.19	73.075	88.06	12.5	17.0
	动剪切模量 (MPa)	33.17	29.02	35.66	14.3	18.6
	动泊松比	0.239	0.260	0.233	8.1	11.6

续表

实验项目	参数	中细粒花岗岩	斑状花岗岩	花岗斑岩	相差 1 (%)	相差 2 (%)
单轴抗压实验	自然状态	抗压强度 (MPa)	179.79	162.96	—	10.3
		弹性模量 (MPa)	57.67	59.87	—	3.7
		泊松比	0.220	0.23	—	4.3
	饱水状态	抗压强度 (MPa)	142.17	145.27	223.50	2.1
		弹性模量 (MPa)	54.37	58.33	67.77	6.8
		泊松比	0.246	0.25	0.218	1.6
岩体工程分级	岩体完整性	较完整	较完整	较完整	—	—
	岩体级别	II	II	II	—	—

注：①相差 1 表示中细粒花岗岩与斑状花岗岩指标的差值的绝对值与斑状花岗岩指标值之比，相差 2 表示花岗斑岩与斑状花岗岩指标的差值的绝对值与斑状花岗岩指标值之比；②上表的数据采用的为平均值；③“—”表示没有进行该项实验；④以上所有岩样均为微风化。

综合分析表 1 可知，跨孔波速试验、声波测井和室内声波测试结果均表明微风化中细粒花岗岩、花岗斑岩岩体的纵、横波速与斑状花岗岩非常接近，均 $< 5\%$ ，动参数（动弹性模量、动剪切模量和动泊松比）也很接近，均 $< 18.6\%$ 。由此可知，中细粒花岗岩、花岗斑岩的波速特征与斑状花岗岩基本一致，故核岛地基岩体的波速特征可按斑状花岗岩考虑。

5.2 设计参数

核岛地基的设计参数有静参数和动参数两类。地基静设计参数有：岩体的重力密度、抗压强度、抗剪强度参数、弹性模量、抗剪强度、静泊松比和地基承载力；地基动设计参数有：岩体波速、动弹性模量，动剪切模量、动泊松比、阻尼。

该厂址核岛地基主要由斑状花岗岩组成，中细粒花岗岩、花岗斑岩岩体与斑状花岗岩相近，所以在核岛地基设计参数取值时，采取以微风化斑状花岗岩的参数为主，兼顾其他两种岩体的原则。岩体静参数是通过岩块室内实验和岩体原位测试获得，按照上述的参数取值原则取值。

地基的动参数由于现有这些动态弹性模量值的测试条件明显不同于实际地震作用，因而这些试验数据不能直接用于设计。应对岩体和岩层动态参数的各种影响因素做出正确评价，然后对这些试验数据做出修正，进而提出设计参数。发生地震时的频率为 5 ~ 30 赫兹。跨孔法测试时，在 2300 ~ 2800 赫兹频率下

获得的动态弹性模量不能直接作为设计参数。为预测在地震作用下地基的性能，可选择在准静态模量和跨孔模量之间插值，推导出跨孔测试弹性模量的折减系数。根据插值法，计算出折减的三种岩体的动态弹性模量 E_d 。泊松比与频率的关系很小，可以忽略不计。计算成果及推荐的设计值见表 2。

表 2 的岩体动参数设计值

岩性	动弹性模量 (MPa)	动剪切模 (MPa)	动泊松比
计算值	30900 ~ 34700	11790 ~ 12970	0.31
推荐值	30000 ~ 35000	11700 ~ 13000	0.31

6 结论与建议

本厂址通过多种勘测方法的使用，得出以下结论，厂址区地貌为丘陵剥蚀地貌，基岩为微风化斑状花岗岩、微风化中细粒花岗岩和微风化花岗斑岩，区内断裂力学性质以压扭性为主，这些断裂均为非能动断层，都未通过核岛区，可不考虑其对厂址稳定性的影响，核岛地基三类岩体按单一力学层考虑，核岛地基为岩石地基，核岛区所在的场地为 I 类场地，为抗震有利地段，构成核岛地基具有较高承载力，地基是稳定的且是均匀的。

参考文献

- [1] 潘广灿, 张金来. 对岩土工程勘察与地基设计若干问题的认识 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2005 (9): 24-25+28.
- [2] 李晓光. 地基处理和岩土工程勘察过程中常见问题及对策 [J]. 居业, 2017 (10): 40+42.
- [3] 王中平, 戴联筠. 核电厂岩土工程勘察阶段划分及若干问题讨论 [J]. 电力勘测设计, 2014 (3): 13-18.
- [4] 陈昌斌, 陶寿福. 核电站初可阶段岩土工程勘察的认识和探讨 [J]. 电力勘测设计, 2006 (5): 37-39.
- [5] 邓立立, 余小奎. 核电厂前期岩土工程勘察的若干问题探讨 [J]. 电力勘测设计, 2011 (2): 20-24+32.