

# 核电站水文地质调查研究

胡学玲, 张敏, 马海毅

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 核电作为清洁环保能源, 在社会发展中的重要作用越来越凸显。中国作为经济社会快速发展的发展中国家, 非常重视核电在国家经济发展战略中的地位。从 20 世纪 70 年代核电的研究和开发开始至今, 我国的核电实现了快速发展。随着核电的发展, 关于核电的多方面的研究也随之迅速发展。文章就核电站在水文地质调查方面的研究进行论述, 以便为今后核电站项目水文地质调查提供参考。

**关键词:** 核电站; 水文地质; 地下水; 调查

中图分类号: TV221

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)03-0096-04

## Study on Hydrogeological Investigation of Nuclear Power Station

HU Xueling, ZHANG Min, MA Haiyi

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** Nuclear power as a clean and environmentally friendly energy, in the economic and social development of the important role is becoming increasingly prominent. China as a developing country with rapid economic and social development attaches great importance to the status of nuclear power in the national economic development strategy. From 1970s nuclear power research and development, China's nuclear power has achieved rapid development. With the development of nuclear power, the study on the nuclear power in many aspects of the rapid development. In this paper, the research of nuclear power plant in the aspects of hydrogeological investigation is discussed, in order to provide a reference for the future research of nuclear power station project.

**Key words:** nuclear power; hydrological geology; ground water; investigation

核电因清洁环保、技术成熟、产能高效、运行可靠, 已成为世界能源供应结构中重要的一部分。尤其在当今面对环境保护压力、化石资源稀缺等诸多因素共同交织作用下, 核电在经济社会发展中的重要作用更加凸显。我国核电的研究和开发从 20 世纪 70 年代开始, 并于 2007 年 10 月出台了《国家核电中长期发展规划(2005—2020 年)》, 规划到 2020 年, 核电运行装机容量争取达到 40 GW。日本东京福岛核电站事故后, 我国核电出现了短时间的停滞。核电重启后, 国务院办公厅于 2014 年 11 月发布了《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》, 明确提出到 2020 年, 核电装机容量达到

58 GW, 在建容量达到 30 GW 以上。这充分反映出核电产业在国家经济发展战略中得到了高度重视, 核电在国家能源结构的比例有了显著提高。

随着我国核电的快速发展, 关于核电的多方面研究也随之迅速发展。但在核电勘察领域, 尤其是在水文地质调查方面开展的专题研究极少。本文就核电站水文地质调查目的、范围、方法、内容等方面进行研究。

### 1 核电水文地质调查目的与任务

核电站水文地质专题调查一般在核电可行性研究阶段进行。调查目的是查明厂址附近范围及厂址区的水文地质条件, 包括地下水的分布特征, 地下水补给、径流和排泄条件, 地下水与地表水以及地下水之间的水力联系, 地下水开采利用情况和地下水与工程建设的相互影响等, 为核电站可行性研究报告、厂址安全性分析和环境影响评价报告提供水

收稿日期: 2015-11-30

作者简介: 胡学玲(1980), 女, 安徽濉溪人, 高级工程师, 硕士, 主要从事水文地质、工程地质和环境地质勘察工作(e-mail) huxueling@gedi.com.cn.

文地质资料。

依据上述水文地质调查目的,水文地质调查的任务一般包括以下几点<sup>[1]</sup>:

1) 调查厂址区及其附近范围地表水体的分布状态和径流特点,结合气候资料分析区域性气候对地下水的影 响。

2) 查明厂址区及其附近范围水文地质单元的分布及其相互关系。

3) 调查厂址附近范围井、泉、取水点的位置、水位、水量及水深等情况。

4) 调查厂址附近范围地下水用户情况(包含民用采水及工业厂矿取水),水资源尤其是地下水开发利用现状和远景规划,包括集中式工农业生产用水、生活饮用水取水点位置、取水量和取水层位等,并分析说明取水点及水井中地下水与厂区地下水的水力联系;调查是否存在因开采地下水而导致的地面沉降等环境地质问题。

5) 调查厂址区及其附近范围地下水的类型、赋存条件;含水层的性质、分布及地下水的补给、径流、排泄条件;地下水水力梯度、流速、流向;地下水化学性质。

6) 根据场地条件,选择合适的现场水文地质试验方法,获取主要岩土层的水文地质参数,评价含水介质的物理化学特性。

7) 调查分析各含水层地下水之间以及地下水与地表水之间的水力联系。

8) 调查地下水水位、埋深以及地下水水位变幅等动态规律。

9) 根据厂址区及其附近范围水文地质条件,初步分析核电工程建设对地下水的影响(包括核电工程建设对水文地质单元、径流、补给和排泄等水文地质条件的影响以及对地下水取水点和水井的影响等)以及地下水对核电工程建设的影响。

## 2 核电站水文地质调查范围

核电站水文地质调查范围一般为核电站厂址附近范围,即以厂址为中心,半径约 5 km 的范围,以及与厂址区所在水文地质单元有水力联系的周边水文地质单元包括的范围<sup>[2]</sup>。调查面积约 50 ~ 100 km<sup>2</sup>,调查比例尺一般为 1 : 25 000。在实际调查工作中,可根据厂址地形地貌条件、地下水和地表水分水岭的分布等确定调查范围。

以广东某核电站为例(见图 1),该核电站位于江边,该江在厂址附近的走向为北西向,流向由北西向南东。调查区东部、南部和西部为低山、丘陵,北部和东南角为冲积小平原。根据调查结果,该核电站水文地质范围确定原则如下:厂址西部、南部以及东部以地下水和地表水的天然分水岭即山脊线为界;北部为核电站上游,调查范围以厂址为起点,外扩至村庄相对密集的 3 km 范围,总调查面积约 50 km<sup>2</sup>。

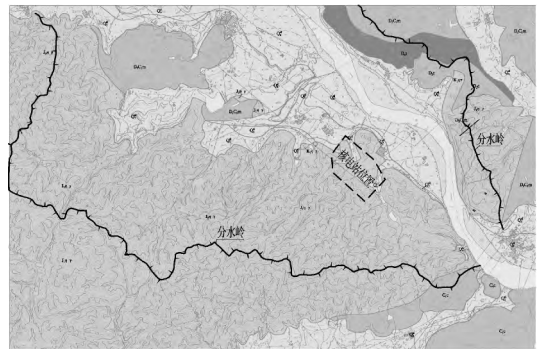


图 1 广东某核电站水文地质调查范围示意图

Fig. 1 A schematic diagram of the hydrogeological investigation scope of a nuclear power station in Guangdong

## 3 核电站水文地质调查方法与内容

根据核电站厂址附近范围水文地质调查的目的与任务,水文地质调查方法应包括:资料收集、水文地质调查与测绘、水文地质物探、钻探、现场水文地质试验、室内试验、地下水动态观测等<sup>[3]</sup>。

### 3.1 资料收集

水文地质调查工作需收集的资料包括:

1) 调查范围内的 1 : 1 万地形图。

2) 水文气象资料:收集调查区域内地表水体(包括海水及区域内大的水体等)在不同时期的流量、排泄量和水位以及海水涨落潮、潮差、潮位等资料;在降雨经渗透和地表渗入对地下水有很大贡献的区域中,收集尽可能长时间的季节性和降雨量数据。

3) 区域水文地质资料:调查区所在区域范围 1 : 5 万或 1 : 20 万水文地质图及报告;收集历年地下水水位变化情况及历史最高水位。

4) 调查区内现有的和计划中的主要地下水利用资料。

5) 主要水文地质单元:收集有关调查区各种不

同地质构造的类型和地层分布的数据资料,以便查明调查区系统的特征及其与当地水文地质单元的关系。

### 3.2 水文地质调查与测绘

水文地质调查与测绘的目的是查明厂址区及其附近范围地下水点和地表水体的分布及特征、地下水和地表水开采利用及污染情况、水文地质单元的分布及相互关系、地下水的补给、径流和排泄条件、不同地层与构造部位的裂隙特征及其富水性以及断裂裂隙的导水性等。

水文地质调查与测绘内容包括:地貌、地层、地质构造和水点调查、水样采集、地下水和地表水的开采利用情况调查等。其中水点调查包括地下水和地表水体的调查。地下水水点分为地下水的天然露头 and 人工露头点<sup>[4]</sup>,前者有泉、沼泽和湿地等;后者有水井(民井)和揭露了地下水的钻孔、矿井、试坑等。水样采集是主要对代表性的地下水和地表水体进行采集,采取水样的数量和采样间距应满足相关规程、规范的要求。地下水、地表水开采利用情况调查以收集资料为主,在资料缺乏的地区,应进行现场调查和走访。

### 3.3 水文地质物探

水文地质物探目的是探测调查区覆盖层的厚度、断层、裂隙带、岩脉等的产状和位置,含水层和富水带的具体分布、厚度、宽度以及地下水的水位、流向和渗流速度等,对于沿海核电厂厂址还需探测咸水、淡水的分布范围。

水文地质物探方法主要包括地面物探方法和地球物理测井两种<sup>[5]</sup>,这两种方法也是当前应用比较广泛的水文地质物探方法。其中地面物探方法分为直流电法、电磁法、地震勘探和声波探测等<sup>[6]</sup>;地球物理测井分为电测井、放射性测井、声波测井、流量测井及温度测井等<sup>[6]</sup>,上述探测方法还可进一步细分。不同的水文地质物探方法应根据探测目的,结合调查区的水文地质条件、被探物体的物理特征及其使用条件等综合考虑。水文地质条件复杂的场地宜采用多种物探方法进行综合探测。

### 3.4 水文地质钻探

水文地质钻探目的是查明调查区地下水位埋藏深度、含水层的埋藏深度、厚度、岩性、空隙率和分布状况,确定各含水层之间以及含水层与地表水

体之间的水力联系,为钻孔抽水试验、注水试验、压水试验、弥散试验、地下水位动态观测、地下水样的采集等提供孔位,从而测定各含水层的水文地质参数、地下水位动态变化情况以及地下水的水化学类型和水质情况等。

核电站水文地质勘探钻孔类型一般可分为勘探孔、试验孔和观测孔。勘探孔主要用于了解厂址区地质和水文地质情况,如地层的岩性、构造、含水层数、厚度、埋深和结构等。钻进时除需采取岩芯进行观测和描述外,一般还应进行简易水文地质观测。试验孔主要用于钻孔抽水、注水、压水试验以及多孔水力弥散试验等现场水文地质试验,以获取相关的水文地质参数。观测孔有抽水试验观测孔和长期观测孔(也称动态观测孔)两种。主要用于指定层段抽水试验时地下水位观测和地下水长期动态观测,同时了解水文地质条件或采取水样、岩样。在进行连通试验或水力弥散试验时,用于试剂的投放和检测。上述各种类型的钻孔应根据调查任务和相关规程、规范等要求确定钻孔间距、深度、孔径、结构、钻探方法及工艺等。

### 3.5 现场水文地质试验

现场水文地质试验的目的是获取调查区主要岩土层的渗透系数、给水度、地下水水力弥散系数、流速、流向等水文地质参数,为核电站地下水环境影响评价提供相关参数,同时查明调查区主要岩土层的富水性、含水量等与核电站有关的水文地质条件。

现场水文地质试验方法主要包括:钻孔抽水、注水和压水试验、试坑注水试验、弥散试验<sup>[7]</sup>等。其中弥散试验宜在核电站厂址周边范围分布密集村庄、重要水源保护区、大型淡水水源等敏感点的情况下进行,目的是获取地下水流向、流速、水力弥散系数等重要参数,为核电站可能产生的污染物运移途径、浓度变化的模拟提供参数。

### 3.6 室内试验

室内试验的目的是获取主要岩土层渗透系数、水力弥散系数及水质情况等。

室内试验主要包括土层的渗透试验、弥散试验及水质分析试验等。

### 3.7 地下水动态观测

地下水动态观测的目的是了解和掌握调查区地下水水位和水质的动态变化情况,为核电站地下水

环境影响评价提供资料。

地下水动态观测时间一般持续一个水文年。其中地下水水位的观测频率一般每隔5~10天观测一次,水样一般在丰水期、平水期和枯水期各采集一次进行水质分析<sup>[4]</sup>。

#### 4 核电站水文地质条件评价与分析

核电站水文地质条件主要从以下几个方面进行评价与分析:

1) 厂址区所在水文地质单元在调查区所处位置以及与调查区各水文地质单元的相对位置和水力联系;厂址区水文地质单元的封闭性。

2) 调查区地下水类型、分布、主要岩土层的透水性、富水性、含水量以及地下水补给、径流、排泄等水文地质条件。

3) 地下水的化学特征以及对厂址的影响。

4) 地下水动态变化情况、规律以及变化的原因分析。

5) 厂址区各建(构)筑物,尤其是核岛区所处水文地质单元的位置,岩土层的透水性、水位埋深及动态变化情况及其对建(构)筑物的影响。

#### 5 场地水文地质条件变化预测

核电站建成后,场地的水文地质条件将发生较大变化,对于核电站,尤其是内陆核电站,在场地水文地质条件复杂的情况下,应对核电站建成后场地的水文地质条件变化进行预测。

场地水文地质条件的变化预测,主要通过模型运算来实现。在场地水文地质调查的基础上,选择合适模拟计算区范围,对厂址区岩土层系统空间结构进行概化,确定相应边界条件及源汇项,判断地下水流态,建立水文地质概念模型。通过输入相关的水文地质参数,对模型进行求解、识别和校正,建立水文地质数学模型。通过建立可靠的数学模型,对核电站建成后地下水流场变化以及核电站运营阶段可能产生的污染物运移进行模拟,进而对场地地下水水位、流向、流速及水质变化进行预测评估<sup>[8]</sup>。

#### 6 结论

核电站厂址附近范围水文地质调查应根据工程特点和场地地形地貌、地质及水文地质等条件确定

调查范围,选择合适的调查方法,查清核电站厂址附近范围的水文地质条件、敏感点,分析其与核电站建设之间的相互影响,为核电站可行性研究、厂址安全性分析和环境影响评价提供翔实的水文地质资料。

参考文献:

- [1] 胡学玲. 中电投广东廉江核电项目可行性研究阶段厂址附近范围水文地质调查专题报告 [R]. 广州: 中国能源建设集团广东省电力设计研究院, 2015.  
HU X L. Special report on the feasibility study stage of site hydrogeological investigation near china power investment corporation Lianjiang nuclear power project in Gungdong [R]. Guangzhou: China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., 2015.
- [2] 胡学玲. 广东韶关核电厂工程可行性研究阶段水文地质调查专题报告 [R]. 广州: 广东省电力设计研究院, 2009.  
HU X L. Special report on the feasibility study stage of site hydrogeological investigation of Shaoguan nuclear power project in Gungdong [R]. Guangzhou: Guangdong Electric Power Design Institute, 2009.
- [3] 王启新. 水文地质的勘察方法及类型探析 [J]. 东北水利水电, 2014(7): 54-55.  
WANG Q X, Analysis on The Method and Type of Hydrogeological Investigation [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2014(7): 54-55.
- [4] 中国地质调查局. 水文地质手册 [K]. 2版. 北京: 地质出版社, 2012: 153.  
China Geological Survey. The Hydrogeological Manual [K]. 2rd ed. Beijing: Geological Press, 2012: 153.
- [5] 杨华. 关于水文地质物探研究 [J]. 山西焦煤科技, 2014(4): 33-34.  
YANG H. Study on geophysical prospecting of hydrogeology [J]. Shanxi Coking Coal Science & Technology, 2014(4): 33-34.
- [6] SL 454—2010, 地下水资源勘察规范 [S].  
SL 454—2010, Code for investigation of ground water resources [S].
- [7] HJ 610—2011, 环境影响评价技术导则—地下水环境 [S].  
HJ 610—2011, Technical guidelines for environmental impact assessment—groundwater environment [S].
- [8] 郑春苗, BENNETT G D. 地下水污染物迁移模拟 [M]. 孙晋玉, 卢国平, 译. 北京: 高等教育出版社, 2009: 1-3.  
ZHENG C M, BENNETT G D. Applied contaminant transport modeling [M]. Translated by SUN J Y, LU G P. Beijing: Higher Education Press, 2009: 1-3.

(责任编辑 高春萌)