

# 核电厂地质钻探岩芯的保管探讨

王小明, 徐晓斌, 马海毅, 李勇, 王占华

(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:** 为了更好地编制 2013 年新编能源领域行业核电标准《核电厂地质钻探岩芯保管技术规程》, 制定了详细的核电厂岩芯库调研计划, 走访了广州、深圳、连云港、山东荣成、大连等核电建设单位 and 海洋调查单位, 分析了岩芯保管的现状及存在问题, 研究了核电厂地质钻探岩芯保管规程的初步构架。研究表明: 对于核电工程, 岩芯保管至少应分为三个阶段, 永久保管的岩芯应是核安全相关的建(构)筑物地基中典型的岩石或土样标本。

**关键词:** 核电厂; 岩芯; 保管

中图分类号: TU192

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)01-0098-06

## Discussion on Preservation of Geological Drilling Cores in Nuclear Power Plants

WANG Xiaoming, XU Xiaobin, MA Haiyi, LI Yong, WANG Zhanhua

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

**Abstract:** For the better compilation of new nuclear standard of technical code for geological drilling core preservation of nuclear power plants in 2013, the investigation plan is detailly drawn up for drilling cores library of nuclear power plants construction companies and marine investigation institutes in Guangzhou, Shenzhen, Lianyungang, Rongcheng and Dalian in China. The current situation and problems of core preservation are analyzed, and the important materials and contents for preliminarily building the framework of the standard are studied. The research shows that geological core preservation should be divided into at least three phases for nuclear power engineering. Permanent-preservation cores should be typical rock or soil specimens of nuclear safety-related building (structure) foundations.

**Key words:** nuclear power plan; drilling core; preservation

岩土工程勘察是核电工程开发与建设的一个重要组成部分, 钻探是岩土工程勘察的一项常规手段、也是重要的手段之一, 它能提供地表下岩土层的样品及测试点位。岩芯是钻探过程中从地表下采取的岩、土样品, 用于物质成份及其结构的鉴定、物理力学指标的测试等。工程勘察过程中获取的岩芯是认识和研究地表下地质条件及岩土结构最直观、最实际的重要实物材料。

为了满足我国大力发展核电的政策和当前核电工程勘察工作的实际需要, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司(后简称广东院)经过了 3 年的立项调研与申请, 获得了国家能源局 2013 年

第一批能源领域行业核电标准《核电厂地质钻探岩芯保管技术规程》的主编工作(国能科技[2013]235号), 项目类型是制定, 体系序号属新增。

### 1 意义和必要性

我国核电事业经过了 30 余年的发展, 已经建成和在建的核电机组超过 40 台。在 CO<sub>2</sub> 减排及环境保护的大环境下, 核电是优选的能源之一, 中国核电事业的发展空间仍然很大。根据 2012 年 10 月国务院讨论并通过的《核电中长期发展规划(2011—2020 年调整)》: 到 2015 年核电运行装机容量达到 40 GW、在建 18 GW; 到 2020 年核电运行装机容量达到 58 GW、在建 30 GW。我国发展核电的方针是“在确保安全的基础上高效发展核电”, 强调安全, 突出高效, 明确提出: 到 2020 年我国非化石能源将占一次能源消费的 15%, 其中核电将贡献

收稿日期: 2014-10-19

作者简介: 王小明(1981), 男, 安徽太湖人, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力工程岩土勘察工作(e-mail)xmwang8121@163.com。

4%的比重。在国家提出提高非化石能源占一次能源消费比重的约束目标下,中国的核电发展无可替代,可以确信中国的核电建设必将进入稳定而持久的高速发展时期。

目前我国除沿海在建核电项目外,湖北、江西、广东、广西、湖南、湖北、吉林、安徽、河南、重庆、四川、甘肃等沿海及内陆省(自治区、直辖市)都已不同程度地开展核电项目的前期工作。随着核电建设的发展,核电厂址在不同勘测阶段将会产生大量的工程钻探岩芯。岩芯是核电工程勘测工作中的一项重要基础实物资料,是研究和评价厂址工程地质、岩土工程条件的重要依据。而目前核电工程勘测过程中对岩芯的保存和管理工作较为混乱,主要体现在责任区分不明确、钻探现场管理要求不到位、记录和保存格式不统一、移交手续不清晰、缩减及清除原则不明确等多方面,造成了人力、物力资源的极大浪费。

现有规程、规范虽然明确要求核电工程勘测岩芯需要保存<sup>[1-2]</sup>,但均没有指明如何保存与管理。编写一部有针对性的行业规程来指导和规范核电工程地质钻探岩芯管理是国内核电事业稳定有序发展的需要。制订《核电厂地质钻探岩芯保管技术规程》,指导勘测人员合理开展地质钻探工作,采取合格的岩芯样品,采用统一的记录和保存格式,进行岩芯有效管理,减少工作盲目性与随意性,增加工作效率,对保证中国核电安全运行及中国核电技术标准体系形成均有必要并有重要意义。

## 2 调研与咨询

为了达到安全适用、确保质量、技术先进、经济合理,使标准具有可操作性和实用性,应认真总结近几十年来国内核电工程勘测地质钻探岩芯保存的实践经验,借鉴国内外成熟、先进、合理、有效的技术和方法,并进行广泛调研与咨询工作,收集国内有代表性的核电建设单位、科研单位、勘测单位在核电工程勘测及相关科研项目地质钻探岩芯管理中的经验及相关行业可供借鉴的方法,明确技术规程所包括的内容。最终成果将规定核电工程勘测地质钻探岩芯的现场管理、岩芯编录、移交入库、缩减处理、库房管理,适用于核电工程勘测地质钻探岩芯的全过程管理。

为此,《核电厂地质钻探岩芯保管技术规程》主

编单位制定了详细的调研计划,会同参编单位编写人员先后走访了广州、深圳、连云港、山东荣成、大连等核电建设单位和海洋调查单位,获得了丰富信息,了解到岩芯保管的现状和存在的问题,以及业主和建设、科研单位对岩芯保管规范化的需求。

同时,通过网络收集、专家咨询等方式对国外地质钻探岩芯保管情况进行了了解。

## 3 岩芯保管现状

### 3.1 国外情况

国外地质钻探岩芯保管情况,尤其是核电工程的有关资料搜集、掌握的相对较少,目前已有的多是国外矿业、石油等领域的岩芯保管资料。

美国、加拿大、澳大利亚、英国、瑞典等实物地质资料的管理都非常重视,建立了比较完善和先进的管理体制。各国都是以国家为主体,通过制定相关法律实现对实物地质资料的管理,并设置了专门管理机构,同时又建立了专门的馆藏机构,依法收集、整理、保管岩芯<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.1 美国

美国是世界上实物地质资料管理利用水平最高的国家之一。其突出特点主要有以下几方面<sup>[4]</sup>:

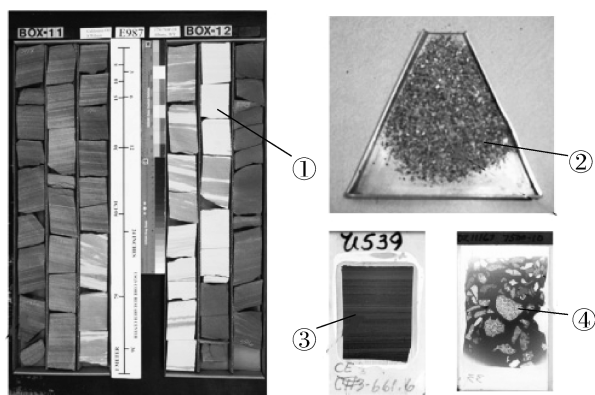
第一,建有大量不同类型的岩芯样品库。从隶属关系看,有属于美国地质调查局、国家石油天然气委员会,以及国家科学基金会的,还有属于州地质调查所以及大学和公司的;从管理的实物地质资料类型看,除了固体矿产岩芯库外,更重要的是石油与天然气岩芯岩屑库以及冰心样品库。

第二,来源广泛而又充足。多数岩芯样品库采取主动收集的方式,不仅把国内的实物收入库中,而且广泛收集国外的重要实物,特别是油气资源勘察、深海地质调查、极地勘察的实物地质资料都收到库中保存利用。例如,美国地质调查所岩芯研究中心管理的岩芯样品库的实物来源于31个州,大部分是由各石油采矿公司和地质调查所、大学等机构捐赠的,还有一部分是从其他国家收集的。

第三,保管技术先进。特别是需要冷冻的松软沉积物岩芯样品和冰心、冰样都能得到很好的保管。

第四,利用服务便捷。各岩芯样品库欢迎国内和国外专家访问,尽可能提供条件,满足来访者的需求。

位于科罗拉多州丹佛(图1、图2)的美国地质调查所岩芯和数据研究中心(后简称美国地调岩芯中心)<sup>[5]</sup>,是一个具有鲜明特色的机构,许多行业的用户经常利用这里的地球科学样本和数据,都能得到实质收获。



①—岩芯 ②—岩屑 ③—薄片 ④—薄片照片

图1 丹佛岩芯研究中心藏品

Fig. 1 Collections in Denver Core Research Center



图2 丹佛岩芯研究中心岩芯库

Fig. 2 Storehouse of Denver Core Research Center

美国地调岩芯中心是一个常设的、免费接收岩芯的存放处,其目的是储存岩芯,使花费了大量勘探费用获取的岩芯样品免于被销毁或随意处理的厄运,并能为以后的勘查和研究者所利用。该中心是全美最好的公共岩芯存放处。保守的估计,基于价值来说,公众存储成本只大约相当0.5%的原始钻探成本。

美国地调岩芯中心保存了美国最多样的公共岩芯。以前,该中心每年接收高达 $2 \times 10^5$  ft (60.96 km)长度的岩芯。目前由于可用空间的限制,只能接收数量有限的岩芯。该中心收藏28个国家的52 000口钻井资料的简报,并在这里展出,提供公众查询使用。这些简报,代表了近 $2.35 \times 10^8$  ft

( $7.16 \times 10^7$  m)钻井岩芯,其重置成本超过100亿美元。

美国地调岩芯中心已加工处理 $4.0 \times 10^5$  ft (121.92 km)的岩芯,提供给公众使用。加工岩芯工作内容主要是整理和切片;其中涉及纵向切片的,需保留约1/3的直径放在特殊的储存箱中永久保存。

### 3.1.2 英国

英国的岩芯管理有完善的法律和先进的库藏设施,勘察单位有自觉的汇交意识,在地质资料信息开发方面处于世界领先地位<sup>[6]</sup>。英国地质调查局下属的国家地球科学数据中心(NGDC, National Geoscience Data Centre),负责英国地质调查局的地质资料管理、数据处理和对外服务工作。

按照英国法律规定,凡是地下水开采大于50 m和勘探找矿大于30 m的钻井,在施工前必须通知英国地调局。当所有野外工作结束后,不再产生新的实物资料时,汇交人通过电话或信函方式通知地调局准备接收实物。有时英国地调局还派人到勘察现场,进行取样或岩芯的选取。

对于油气和海洋钻孔岩芯,全部都要汇交,汇交的可以是整体,也可以是剖切样;对于其他的钻孔岩芯,选取的汇交比例基本上是1/3,筛选工作由地调局专家或其他地质专家完成。地质调查标本的收集有一个统筹规划,基本上是按一定面积收集代表性标本,反映一定的区域代表性。

岩芯的获取由英国地质调查局派人自取或由勘察公司送达。岩芯汇交所需的费用根据实际情况而定,其中国家规定必须汇交的岩芯、标本,其汇交费用由汇交人支付;不属于国家汇交范围,但英国地调局岩芯库认为应该收藏的岩芯,汇交人将支付一部分费用作为补贴。不按规定汇交地质资料的公司,将被取消相应资格,不能参与英国地调局发包的地质项目。

英国地质调查局下设基沃斯(图3、图4)和爱丁堡两个岩芯库,收藏有完整的岩芯、破碎岩芯以及岩屑等钻孔资料。基沃斯的实物库主要收藏大陆岩芯,爱丁堡的吉尔莫顿岩芯库收藏近海岩芯。

基沃斯岩芯库的岩芯存储在立体货架上,不同时期货架的形式和采用的存储设备不同。最先进的是刚刚建成的用于存放爱丁堡搬迁而来的岩芯的移动式货架,以这种形式可以增加约1/3的

库容量。

岩芯采用硬纸盒包装, 原因是基沃斯的气候比较干燥, 此类纸盒在恒温恒湿的环境下可以使用 20~25 年。将岩芯倒入岩芯盒后, 经整理, 将相关信息录入电脑, 利用数据库管理, 并生成带有条形码的标签, 然后将标签贴到岩芯盒上。库内安装有条形码无线基站, 利用无线扫描终端(手持 PDA)与计算机系统连接, 进行出入库管理。岩芯整理完毕, 集中放在岩芯笼中, 然后以笼为单位, 存放到货架上, 一笼占用一个货位。



图3 基沃斯岩芯库外景

Fig. 3 Exteriors of Keyworth Core Storehouse



图4 基沃斯岩芯库构架

Fig. 4 Shell of Keyworth Core Storehouse

### 3.1.3 瑞典

瑞典 SKB 公司是瑞典核能及核废料处理的专门公司, 负责了 Forsmark、Oskarshamn 等核电站及核废料处置场的勘察工作。其制定了岩芯保管的一系列文件, 包括岩芯照片拍摄、岩芯移交入库等。

SKB 公司文件 SKB MD 143.007 要求岩芯照片的拍摄是随着钻进过程时刻进行的, 并及时传送至其内部数据库。岩芯盒平行排列, 一张照片一般拍摄两箱岩芯。首先待岩芯完全干了后拍摄一张相片, 而后再将岩芯弄湿后再拍摄一张, 见图 5、图 6。拍摄相机的要求在其文件 SKB MD 143.007 中也有

体现。

岩芯箱由木制材料制成, 一般是相同规格, 稍微有些差异。岩芯箱中未放满岩芯的位置要求用聚乙烯泡沫填充, 以减少岩芯在搬运过程中的移动。7.2 cm 直径的岩芯要求用长、宽、高为 122 cm × 42 cm × 9 cm 的岩芯箱摆放, 这种岩芯箱有 4 行, 每一行的尺寸为 117 cm × 8 cm × 4 cm (长、宽、深), 见图 5 岩芯箱上部岩芯; 大部分岩芯直径为 5 cm, 要求用长、宽、高为 122 cm × 42 cm × 7 cm 的岩芯箱摆放, 这种岩芯箱有 5 行, 每一行的长、宽、高为 117 cm × 6 cm × 3 cm, 见图 5 岩芯箱下部岩芯。也有其他一些特殊尺寸的岩芯箱, 如长、宽、高为 92 cm × 57 cm × 6 cm。每个岩芯箱上标记有钻孔编号, 岩芯长度和岩芯箱数。



图5 干岩芯照片

Fig. 5 Photograph of Dry Core



图6 湿岩芯照片

Fig. 6 Photograph of Wet Core

岩芯存放在 SKB 公司岩芯库中, 库中岩芯按深度平行地摆放在两条倾斜的履带上, 可非常方便地查阅、标记、取样等, 见图 7。

对破碎岩芯, 为防止矿物氧化, 要求采用三层塑料薄膜包裹, 并抽成真空, 见图 8。



图7 SKB 岩芯库

Fig. 7 Core Storehouse of SKB



图8 对破碎岩芯的处理

Fig. 8 Treatment of Broken Core

## 3.2 国内情况

### 3.2.1 科研单位

科研单位采集的岩芯种类多、变化大、灵敏度高，保存条件非常严格。岩芯样品有特殊包装，要求库房恒温、恒湿，文档资料专人管理，每日巡查。其岩芯样品用于基础研究，长期保存。如国土资源部广州海洋地质调查局南岗基地岩芯库。

### 3.2.2 石油系统

石油系统历来十分重视岩芯的管理和开发利用工作，各大油田都建设有规模较大的岩芯库，形成了比较规范的管理系统，配有观察、取样、检测、扫描设施，岩芯存取基本实现了机械化，制定了一系列的管理制度，但这些地质资料仅供内部利用，没有外部交流<sup>[7]</sup>。

### 3.2.3 地矿系统

地矿系统的钻探岩芯数量巨大，据不完全统计，全国有各类岩芯存放点1万余处，存放的岩芯总长度多达 $2.5 \times 10^7$  m，永久岩芯库463处，岩芯保存完好率约55%；简易岩芯库714处，岩芯保存

完好率约33%；其余存放点为暂时性或露天存放，岩芯严重损毁流失<sup>[7]</sup>。

国家及一些省份已经认识到问题的严重性，采取了一些有效措施改善库房条件，国家建立有国家实物地质资料馆，各省也在逐渐建立类似馆藏设施，但受国家政策影响以及土地、资金等方面的限制，进展不一，甚至有的省(区、市)已有计划被搁置或进行调整。地矿系统目前仍缺少实物地质资料管理技术方法和制度规范的支持。

### 3.2.4 勘测单位

核电工程勘测单位均各自保管着勘测过程中产生的岩芯，每一项工程基本上是全部岩芯都保留。一般是租用普通民房堆放保存，直到核电工程投产商运才移交电厂业主入库保管。这期间少则数年、多则二十余年。

### 3.2.5 核电业主

中广核集团属下及其控股的核电厂都有各自的工作程序对岩芯保管做出了规定，内容则大同小异。大亚湾核电基地岩芯库存放了大亚湾、岭澳一期、岭澳二期、岭澳三期等四个核电项目的岩芯，由大亚湾核电运营管理有限责任公司统一管理。此外还有阳江、台山、宁德、防城港、红沿河等电厂业主则各自保管了其运行和在建设中的岩芯。

中核集团田湾核电厂和华能集团石岛湾核电厂亦有工作程序保管岩芯，岩芯保管规范有序。

水电工程也要保留岩芯，特殊岩芯和重要岩芯均应保留，但是没有明确的规定，由勘测人员自己确定。在施工过程中技术人员会查看，业主建设岩芯库放置好岩芯后则无人问津了。岩芯库是普通房屋，没有特殊要求。

我国的核电工程项目从厂址选择开始勘测产生岩芯到其入库长期保管，这中间少则数年、多则三十余年。这段时间岩芯均由勘测单位或者是委托方保管，基本上处于地表环境下脱离其原始条件的自然堆放状态。土样的结构及其物理力学性质早已改变，硬质岩石结构仍然完好，但其力学性质已降低。岩芯在移交电厂业主的前后均占据了大量空间，耗费了大量的人力和物力，实际上要查看岩芯亦非常不便，未能发挥真正作用。迄今为止移交到核电站业主入库的岩芯极少被查看或利用过。

## 3.3 国内外主要差异

国外岩芯保管规范有序，有成熟的管理制度，

岩芯库房先进且机械化,基本实现了公众服务能力。国内目前还没有建立岩芯管理体制和相关机构,保存硬件设备除石油部门外都比较简陋,岩芯库房建设档次低,没有搬运存取设备,没有整理检测区域,岩芯多是置于笨重的木质盒内,由人工搬运,就地平面码放,查阅非常不便。岩芯保存状况也比较差,岩芯牌、取样牌等随着时间推移,逐渐风化,字迹不清。岩芯库基本没有建立岗位责任制和管理制度。

#### 4 岩芯保管依据

迄今为止能找到的国家和地方关于岩芯等实物档案保管的依据如下:

1)1988年3月17日国家档案局联合国家计委颁布、自1988年3月17日起施行的《基本建设项目档案资料管理暂行规定》中的附录<sup>[8]</sup>:基本建设项目文件材料归档范围和保管期限表,其中“二、设计基础材料1、工程地质、水文地质、勘察设计、勘察报告、地质图、勘察记录、化验、试验报告、重要土、岩样及说明,保管期限为永久保管”。

2)广东省档案局联合广东省建设委员会于1996年6月14日颁发《广东省实施〈基本建设项目档案资料管理暂行规定〉细则》,明确执行第①项的规定。

3)中华人民共和国档案行业标准《国家重大建设项目文件归档要求与档案整理规范》(DA/T 28—2002)附录A表A.1<sup>[9]</sup>:国家重大建设项目文件归档范围和保管期限表,2.1工程地质、水文地质、勘察报告,地质图,勘察记录,化验、试验报告,重要土、岩样及说明,保管期限为永久保管。

分析上述3份文件,它们是一脉相承的,对于实物档案资料的要求是一致的,应选择“重要土、岩样及说明”予以永久保管。

#### 5 核电岩芯保管的建议

对于核电工程,岩芯保管至少应分三个阶段:(1)厂址选择阶段;(2)设计及建造阶段;(3)投产运营阶段。厂址选择阶段包括初可、可研阶段,这一阶段主要是解决厂址的适宜性问题,提出初步的岩土参数,判断核岛地基类型,勘察钻孔数量虽然不多,但此阶段周期较长,厂址确定前岩芯被查看的机会较多,可重点保留厂址适宜相关证据的岩芯。设计及建造阶段包括初设、施设、工程建造阶

段,这一阶段总平面布置已经确定,需提供具体的地基岩土设计参数,应重点保留与核安全有关的和重要建筑物的岩芯。投产运营阶段应建立专门的岩芯库,对前期保留的岩芯予以选择、缩编等整理入库,部分岩芯需永久保管。

永久保管的岩芯应是核安全相关的建(构)筑物地基中有代表性的、典型的岩石或土样标本,其他部位的岩芯保管时限、保存比例可通过制定规程予以明确。岩心库房的建设可参照国外及国内石油系统成熟经验,以方便、实用为原则,并制定合理、规范的管理制度。

#### 参考文献:

- [1] DL/T 5409.2—2010,核电厂工程勘测技术规程第2部分:岩土工程[S].
- [2] GB 51041—2014,核电厂岩土工程勘察规范[S].
- [3] 李寅.国内外实物地质资料管理现状对比研究[J].国土资源科技管理,2003(4):72-76.  
LI Yin. Comparison of the Management of Geological Materials Between Home and Abroad [J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2003(4): 72-76.
- [4] 周秋梅,张晶.美国岩芯样品库选介(之一)[J].实物地质资料管理动态与研究,2008(2):10-18.  
ZHOU Qiumei, ZHANG Jing. Selected Introduction to America Core Storehouse(the First) [J]. Development and Research of the Management of Geological Materials, 2008(2): 10-18.
- [5] 周秋梅,张晶.美国岩芯样品库选介(之二)[J].实物地质资料管理动态与研究,2008(3):11-17.  
ZHOU Qiumei, ZHANG Jing. Selected Introduction to America Core Storehouse(the Second) [J]. Development and Research of the Management of Geological Materials, 2008(3): 11-17.
- [6] 刘凤民,任香爱,夏浩东.英国实物地质资料管理情况及其启示[J].实物地质资料管理动态与研究,2011(4):2-9.  
LIU Fengmin, REN Xiangai, XIA Haodong. Implement Situation and Revelation of British Management of Geological Materials [J]. Development and Research of the Management of Geological Materials, 2011(4): 2-9.
- [7] 杨涛,夏浩东,邓会娟,等.论实物地质资料管理[J].贵州地质,2008(1):70-73.  
YANG Tao, XIA Haodong, DENG Huijuan, et al. The Management of Object Geological Information [J]. Guizhou Geology, 2008(1): 70-73.
- [8] 国家档案局,国家计划委员会.基本建设项目档案资料管理暂行规定[L].1988-03-17.
- [9] DA/T 28—2002,国家重大建设项目文件归档要求与档案整理规范[S].

(责任编辑 林希平)