

2014–2020 年阳江核电厂外围辐射环境监测结果分析

郭杰

广东省环境辐射监测中心

DOI:10.12238/eep.v5i1.1523

[摘要] 截止2019年底,阳江核电6台机组全部进入商业运行,本文通过分析阳江核电厂2014年–2020年外围环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平、气溶胶中总 α 、总 β 水平,空气中 ^{14}C 活度浓度水平、海水中 ^{90}Sr 活度浓度水平来反应阳江核电运行6年来未对周围环境造成可察觉的影响,其运行安全及排放管理状况良好。

[关键词] 阳江核电厂; 辐射环境监测; γ 辐射空气吸收剂量率

中图分类号: X83 文献标识码: A

Analysis of Peripheral Radiation Environment Monitoring Results of Yangjiang Nuclear Power Plant from 2014 to 2020

Jie Guo

Guangdong Environmental Radiation Monitoring Center

[Abstract] By the end of 2019, all six units of Yangjiang nuclear power plant have entered commercial operation. In this paper, we analyzed the levels of air absorbed dose rate of γ radiation, total α and total β in aerosols of the peripheral environment of Yangjiang nuclear power plant from 2014 to 2020, the ^{14}C activity concentration level in the air and ^{90}Sr activity concentration level in the seawater to reflect that the operation of Yangjiang nuclear power plant had not caused appreciable impact on the surrounding environment for 6 years, and its operation safety and emission management were in good condition.

[Key words] Yangjiang nuclear power plant; radiation environment monitoring; air absorbed dose rate of γ radiation

阳江核电厂位于广东省阳江市阳东县东平镇沙环村,厂址地理坐标为北纬 $21^{\circ}43'$,东经 $112^{\circ}16'$ 。受生态环境部委托,广东省环境辐射监测中心粤西分部(以下简称“GERC粤西分部”)承担阳江核电厂外围辐射环境监督性监测工作。目前阳江核电厂六台机组均已投入运行,1~6号机组分别于2014年3月25日、2015年6月5日、2016年1月1日、2017年3月15日、2018年7月12日、2019年7月24日进入商业运营阶段,截至目前运营状态良好,安全质量稳定可控。

1 监督性监测方案变化

阳江核电监督性监测方案(第一版)于2014年年初通过专家评审,2014年–2018年GERC粤西分部按照此方案对阳江核电外围辐射环境进行监督性监测,

通过对这4年监测结果的分析及经验总结,结合《关于报送核电厂外围辐射环境监督性监测方案的函》(环核设函(2014)10号)及《辐射环境监测技术规范》(HJ/T60–2001)的相关要求,2018年GERC粤西分部对阳江核电监督性监测方案进行升版,与原方案相比,主要修改内容如下:

(1)删除大澳松针:该点位只有一颗松树,且长在斜坡上,采样困难,采样量难以满足分析要求。

(2)删除上川岛叶菜:该点位距离阳江核电52.8km,超出监测范围。

(3)删除那琴海藻及虾:该点位海藻及虾产量稀少,采样困难,采样量无法满足分析要求。

(4)删除北陡牡蛎:该点位位于镇海湾,离阳江核电排水口约31km,与海水扩

散方向相反,水生物采样点应设置在排放口下游水域或海域,该点位设置不满足此条要求,申请删除。

(5)删除螺和青口:螺、青口和牡蛎同属贝类,不需要重复监测,阳江地区牡蛎食用量大于螺和青口,因此选择监测牡蛎。

(6)删除野生海鱼:野生海鱼流动性强,代表性差,方案中有养殖海鱼采样点,能够有效反应阳江核电厂周围海域中海洋生物中放射性核素含量,

(7)更改监测频次:土壤、松针、草、养殖海鱼、牡蛎的监测频次由2次/年改为1次/年;根据HJ/T61–2001以及环核设函(2014)10号规定,土壤、指示性生物、水生物监测频次为1次/年,监测四年来结果未见异常。

表1 2017-2020 年阳江核电监督性监测 γ 辐射空气吸收剂量率(连续)数据获取率

自动站 Automatic station	年份 year	自动站故障/次 Automatic station failure /number	自动站数据获取率% Automatic station data acquisition rate %	TLD 数据获取率 TLD data acquisition rate %
阳江 Yangjiang	2014	71	99.7	100
	2015	124	99.8	99
	2016	70	99.9	99
	2017	80	99.9	100
	2018	33	99.9	97
	2019	27	99.9	100
	2020	45	99.8	100

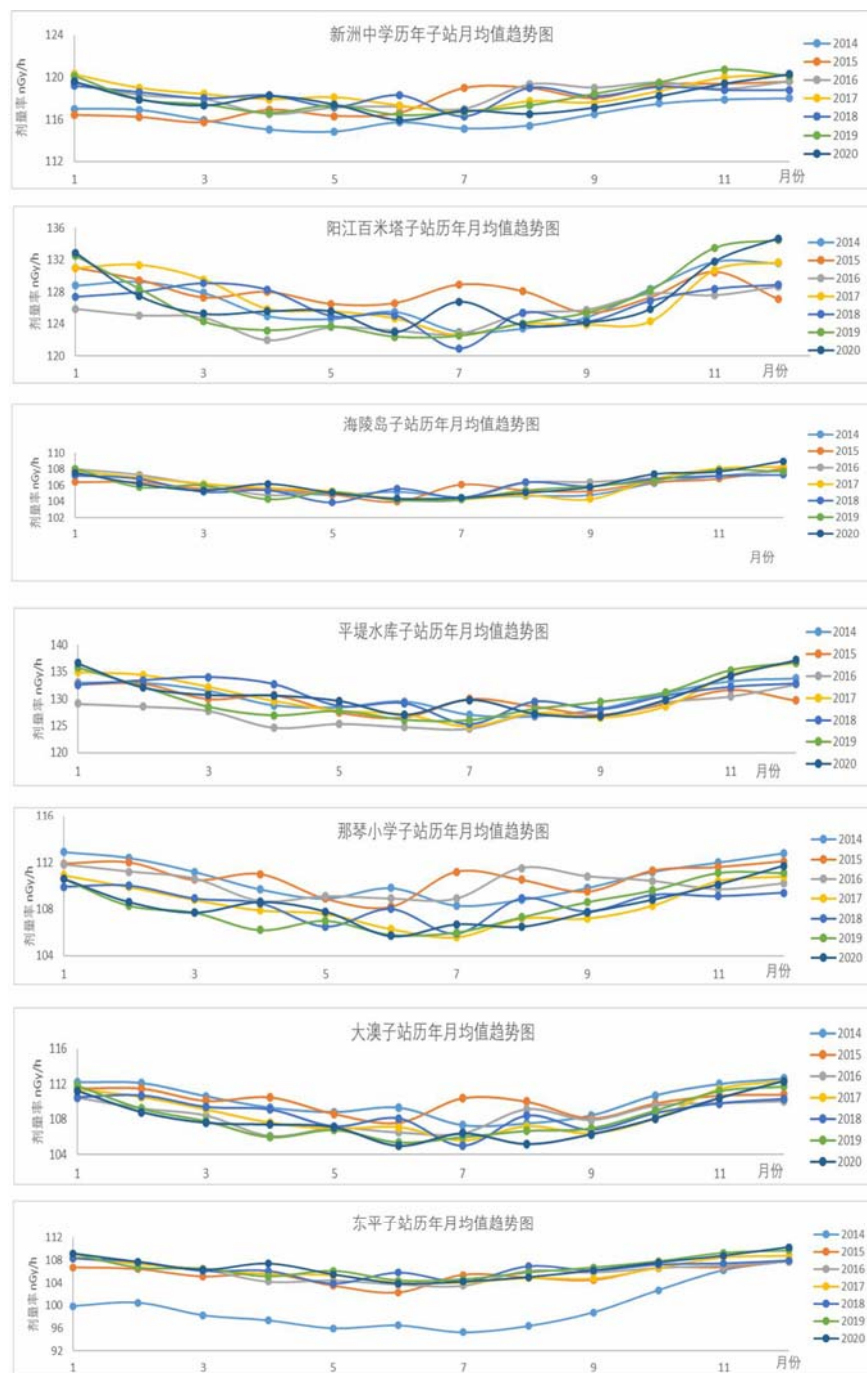


图1 2014-2020 年阳江核电外围子站历年来连续监测空气吸收剂量率波动图

(8) 去掉离阳江核电厂核岛20km以外的TLD监测点位。

(9) 松针、草增加 ^3H 、 ^{14}C 核素的测量: ^3H 、 ^{14}C 为阳江核电重要核素,松针和草作为知识生物,应进行监测。

(10) 增加土壤监测点:在现有方案的基础上增加了5个土壤监测点,共8个监测点,使得土壤监测点覆盖阳江核电厂厂地面可达区域所有方位。

根据《关于印发核电厂流出物放射性监测技术规范》(国核安发〔2020〕44号),从2020年9月份开始,依据44号文相关内容对流出物监测方案进行变更,并形成现在的监测方案。

2 监测工作开展情况

2.1 工作完成情况

多年来,阳江核电监督性监测工作进展顺利,2014-2020年 γ 辐射空气吸收剂量率(连续)的数据获取率及TLD累积剂量数据获取率详见表1, γ 辐射空气吸收剂量率数据获取率常年高于99%,TLD累积剂量数据获取率2018年应为疫情影响为97%外,2015年和2016年数据获取率为99%,其余各年均为100%。环境介质监测方面,除2020年初气溶胶、空气 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 、 ^{133}I 因为疫情的影响,2月份样品缺失,年数据获取率为92%以外,其余各年样品数据获取率均为100%^[1-7]。

2.2 质量保证

GERC粤西分部在进行核电厂环境监测过程中采取相应的质保措施,包括参照全国辐射环境监测质保方案,制定质量保证方案并严格实施,建立由总工程师和技术负责人组成的质量保证组,明确各成员职责任务。参加监测的技术人员必须持有生态环境部辐射环境监测技术中心颁发的上岗证,并经相应的技术培训、考核等,现就仪器设备、监测过程、比对和能力验证进行研究说明。

2.2.1 仪器设备的质量保证

仪器设备管理主要是通过建立仪器设备台帐,指定专人保管,每年制定并实施仪器设备检定/校准计划,且均按照检定周期进行计量检定或校准,确保仪器设备合格;对正常使用的监测仪器,按照规定进行期间核查或制作质量控制图,

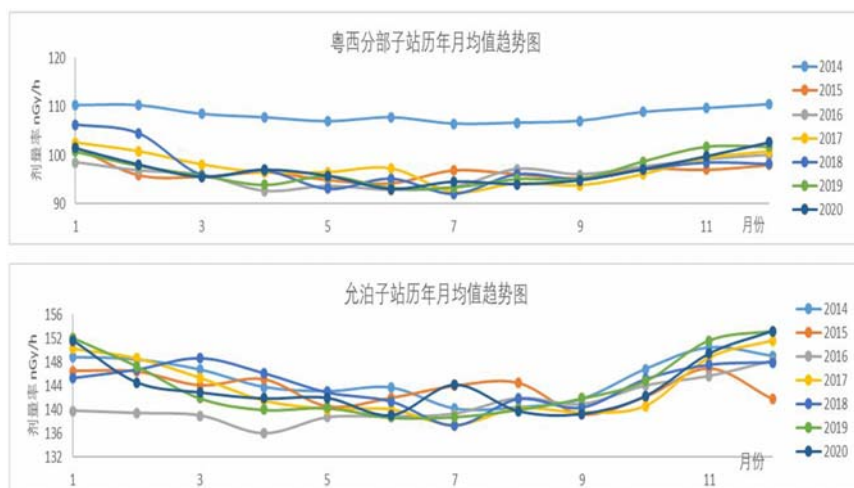


图1 2014-2020年阳江核电外围子站近年来连续监测空气吸收剂量率波动图

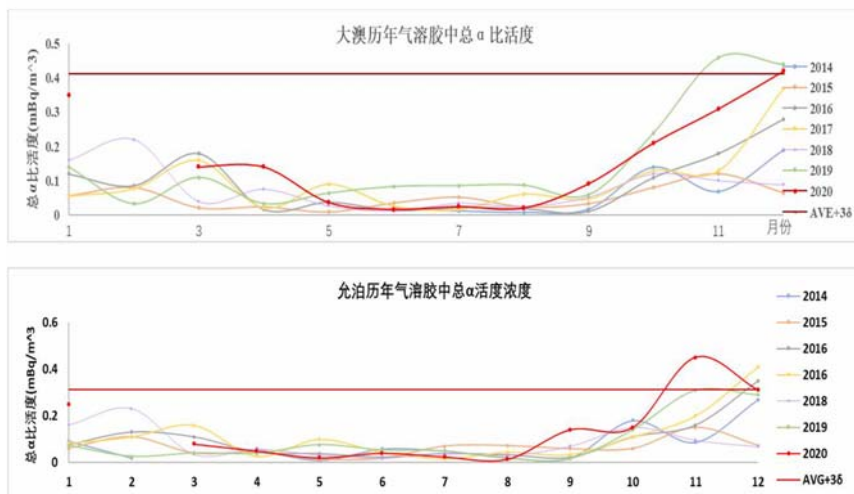


图2 2014-2020年阳江核电外围气溶胶样品中总α波动图

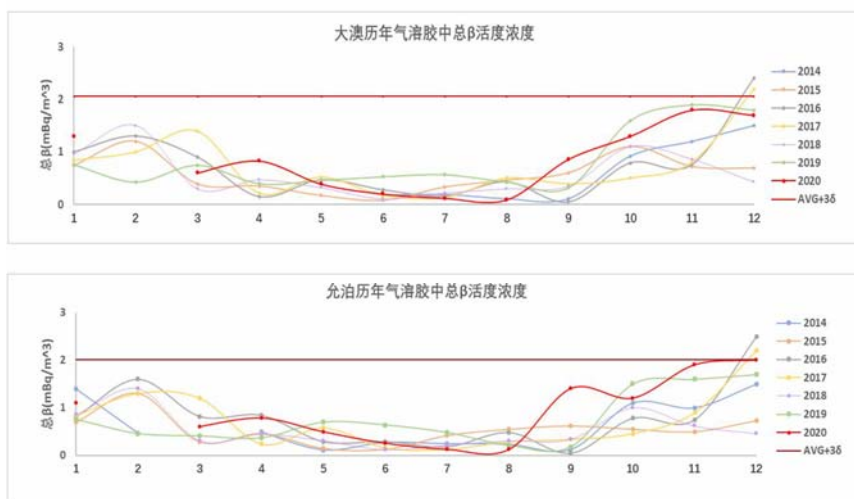


图3 2014-2020年阳江核电外围气溶胶样品中总β波动图

以确认仪器工作状态稳定。

2.2.2 监测过程质量控制

(1) 严格按照各分析项目作业指导书和相关标准进行样品分析。在数据计

算之前应先逐一检查原始记录的完整性和准确性, 数据分析计算人员应对数据进行认真的校对, 并由同实验分析人员进行复核, 再由各分析项目负责人审核

和签名。测量分析后的样品(或剩余的样品)应妥善保管, 以备必要时复查。

(2) 为了保证测量数据的准确可靠, GERC粤西分部通过参加各种实验室间比对、平行样品和加标回收率的测定等方法检验测量结果的精密度和准确度。历年来平行样、复测样、加标样的测量结果均满足《全国辐射环境监测质量保证方案》质控指标要求, 结果均为满意。

2.2.3 比对和能力验证

GERC粤西分部以独立的实验室参加生态环境部核与辐射安全中心组织的年度辐射监测实验室间放射性测量比对, IAEA组织的全球实验室能力验证, 通过实验时间比对, 发现实验室存在的系统性问题, 提升实验室整体水平, 目前比对结果良好。

3 数据评价

3.1 数据分析比较

阳江核电厂外围辐射环境监测数据采用以下4种评价方法, 确定监测数据的可接受性。

(1) 与本底调查数据比较: 若该点位与本底调查点位相同, 则其监测结果与运行前的本底调查数据进行对比分析, 确定是否处于正常波动范围内。如有异常, 分析原因。

(2) 与对照点数据的比较: 所有监测数据中, 有对照点的监测数据, 与对照点的数据进行对比, 确定是否处于相近的范围。如有差异, 分析原因。

(3) 与历史测值进行比较: 阳江核电监督性监测已进行多年, 监测结果与历史测值比较, 采用 3σ 准则进行历年涨落评价, 确定是否处于正常波动范围内, 如有异常, 分析原因。

(4) 与阳江核电自主检测数据比较: 阳江核电厂流出物的监测数据与阳江核电自主检测数据进行比较, 偏差在30%以内认为合理, 否则寻找原因。

3.2 限值判定依据

3.2.1 外围辐射环境中放射性核素活度浓度

电厂排放口处的水体中部分放射性核素的浓度限值^[8]如下: ^{60}Co : 0.03Bq/L ;

图4 2014-2020 年阳江核电外围空气中 ^{14}C 活度浓度波动图图5 2014-2020 年阳江核电外围海水中 ^{90}Sr 活度浓度波动图图6 2014-2020 年阳江核电外围海水中 ^{137}Cs 活度浓度波动图

^{90}Sr : 4.0Bq/L; ^{106}Ru : 0.2Bq/L; ^{134}Cs : 0.6Bq/L; ^{137}Cs : 0.7Bq/L。饮用水中总 α 指导值为0.5Bq/L, 总 β 指导值为1.0Bq/L^[9], 当放射性指标超过指导值时, 应进行核素分析与评价, 判定能否引用。

3.2.2流出物排放总量限值及浓度限值

(1)排放总量: 核电厂的年排放总量应按季度和月控制, 每个季度的排放总量不应超过所批准年排放总量的二分之一, 每个月的排放总量不应超过所批准的年排放总量的五分之一。

(2)排放浓度: 滨海厂址放射性流出物槽式排放出口处除 ^3H 和 ^{14}C 外其它核素浓度不超过1000Bq/L。液态流出物排放时总 γ 活度浓度小于0.50MBq/m³, 废液pH在6.0~9.0之间; 气态流出物中碘浓度不得超过 $3.7 \times 10^3 \text{Bq/m}^3$ ^[10]。

4 监测结果分析

4.1环境 γ 辐射空气吸收剂量率-连续监测结果分析

阳江核电厂外围设有9个环境 γ 辐射连续监测点, 对阳江核电厂周围环境进行辐射水平的连续监测。阳江核电厂9个监测子站历年剂量率月均值趋势图见图1, 从图1中可以看出, 历年监测结果均在趋势一致, 冬春两季监测数据略高, 降雨引起监测数据变化明显。其中粤西分部子站2014年位于一座4层楼高的楼顶, 基面为水泥, 周围均为建筑材料, 2015年1月迁至地面, 周围开阔, 基面为草地, 周围环境的变化导致剂量率监测结果发生改变。东平子站位于楼顶, 2014年该站附近较空旷, 从2014年10月至2015年2月周围陆续建起了新的且高于该站的建筑, 周围建筑材料的增加造成剂量率的增大。

4.2气溶胶中总 α 、总 β 监测结果分析

阳江核电外围辐射环境中气溶胶监测点位为大澳、允泊, 对照点位于河源。监测项目包括总 α 、总 β 、 γ 核素(^7Be 、 ^{95}Zr 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{144}Ce 、 ^{40}K), 监测频次为1次/月, 历年来气溶胶中未监测到高于探测限的人工放射性 γ 核素 ^{95}Zr 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{144}Ce 。测到高于探测限的字生放射性核素 ^7Be 和原生放射性核素 ^{40}K , 两者测值均在历史测值范围内, 与对照点在同一水平。

历年来气溶胶中总 α 监测结果变化趋势见图2, 总 β 监测结果变化趋势见图3。一般为夏秋季较低、冬季较高。这与阳江当地的降雨量分布有关: 5~9月降雨量大, 空气湿润, 气溶胶灰重低, 放射性活度浓度下降; 冬季空气干燥, 气溶胶灰重较雨季有明显增加, 放射性活度浓度升高。

4.3空气中 ^{14}C 活度浓度监测结果分析

空气中 ^{14}C 监测点位大澳、允泊, 监测频次1次/月, 2014-2020年以来空气中 ^{14}C 监测结果波动图见图4, 从图中可以看出, 监测结果均在3倍偏差范围内波动, 未见明显异常。

4.4海水中放射性水平

4.4.1海水中氚的放射性水平

2020年海水中氚监测点包括阳江核电厂附近海域12个采样点(H1~H12)和茂名对照点, 共13个采样点。一般情况下海水中氚低于探测限, 若采样前2天内阳江核电厂进行了液态流出物排放, 则可能监测到高于探测限的氚, 最高值为35.9Bq/L, 经海水稀释后重新采样, 氚含量低于探测限水平。

4.4.2海水的放射性(除氚外)水平

海水中 γ 核素和 ^{90}Sr 的监测点位有H1、H3、H8、H11和茂名(对照点)。历年来海水样品中未检测到高于探测限的人工放射性核素 ^{95}Zr 、 ^{65}Zn 、 ^{124}Sb 、 ^{54}Mn 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{144}Ce 、 ^{110}mAg ; 可监测到微量的人工放射性核素 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs , ^{137}Cs 的活度浓度范围为 $<1.1 \sim 1.5 \text{mBq/L}$, ^{90}Sr 活度浓度范围为 $0.46 \sim 1.2 \text{mBq/L}$ 。

图5和图6为2014至2020年海水中 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 的活度浓度波动图,由图可知, ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 的活度3倍偏差范围内波动。 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 的活度浓度低于《海水水质标准》(GB3097-1997)中规定的控制指标。

5 结论

截止2020年,阳江核电6台机组均已相继进入商业运行,从监督性监测结果来看,通过分析2014-2020年阳江核电站外围环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平、气溶胶中总 α 、总 β 水平,空气中 ^{14}C 活度浓度水平、海水中 ^{90}Sr 活度浓度水平可知:阳江核电站外围环境介质样品的放射性水平均在正常内波动,未见明显变化。这说明阳江核电6台机组的三废处理系统运行正常,安全运行及排放管理状

况良好,阳江核电的运行并未对外围环境造成可察觉的影响。

[参考文献]

- [1]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2014年度)[R].广州:广东省环境辐射监测中心,2015.
- [2]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2015年度)[R].广州:广东省环境辐射监测中心,2016.
- [3]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2016年度)[R].广州:广东省环境辐射监测中心,2017.
- [4]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2017年度)[R].广州:广东省环境辐射监测中心,2018.
- [5]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2018年度)[R].广州:广东省

环境辐射监测中心,2019.

[6]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2019年度)[R].广州:广东省环境辐射监测中心,2020.

[7]广东阳江核电站辐射环境监督性监测报告(2020年度)[R].广州:广东省环境辐射监测中心,2021.

[8]《海水水质标准》(GB3097-1997).

[9]《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006).

[10]《核电站放射性气态和液态流出物排放规定》(GB6249-2011).

作者简介:

郭杰(1990--),女,汉族,四川省遂宁市人,本科,工程师,广东省环境辐射监测中心,研究方向:流出物监测和辐射环境监测。

中国知网数据库简介:

CNKI介绍

国家知识基础设施(National Knowledge Infrastructure, NKI)的概念由世界银行《1998年度世界发展报告》提出。1999年3月,以全面打通知识生产、传播、扩散与利用各环节信息通道,打造支持全国各行业知识创新、学习和应用的交流合作平台为总目标,王明亮提出建设中国知识基础设施工程(China National Knowledge Infrastructure, CNKI),并被列为清华大学重点项目。

CNKI 1.0

CNKI 1.0是在建成《中国知识资源总库》基础工程后,从文献信息服务转向知识服务的一个重要转型。CNKI1.0目标是面向特定行业领域知识需求进行系统化和定制化知识组织,构建基于内容内在关联的“知网节”、并进行基于知识发现的知识元及其关联关系挖掘,代表了中国知网服务知识创新与知识学习、支持科学决策的产业战略发展方向。

CNKI 2.0

在CNKI1.0基本建成以后,中国知网充分总结近五年行业知识服务的经验教训,以全面应用大数据与人工智能技术打造知识创新服务业为新起点,CNKI工程跨入了2.0时代。CNKI 2.0目标是将CNKI 1.0基于公共知识整合提供的知识服务,深化到与各行业机构知识创新的过程与结果相结合,通过更为精准、系统、完备的显性管理,以及嵌入工作与学习具体过程的隐性知识管理,提供面向问题的知识服务和激发群体智慧的协同研究平台。其重要标志是建成“世界知识大数据(WKBD)”、建成各单位充分利用“世界知识大数据”进行内外脑协同创新、协同学习的知识基础设施(NKI)、启动“百行知识创新服务工程”、全方位服务中国世界一流科技期刊建设及共建“双一流数字图书馆”。