

核与辐射安全监管大数据平台建设策略研究

周林*, 王晓峰, 卞玉芳, 杨安义

(环境保护部核与辐射安全中心, 北京 100082)

摘要 核能与核技术利用事业的快速发展为我国经济社会发展提供了强大的助推力,但也使得我国面临的核与辐射安全风险日益加大,对核与辐射安全监管的需求与日俱增。当前,我国核与辐射安全监管工作挑战与机遇并存。介绍了我国核与辐射安全监管工作开展现状,分析了其中存在的困难与问题,提出亟需利用信息化及大数据技术,推动我国核与辐射安全监管现代化进程。基于我国核与辐射安全监管数据现状,提出了促进我国核与辐射安全监管数据管理水平提升的几点措施,包括完善数据管理体制,提升数据管理技术,转变数据管理思维,树立数据共享意识等。此外,详细阐述了核与辐射安全监管大数据建设策略,包括总体架构、建设目标、主要任务等。

关键词 大数据; 核与辐射安全监管; 数据管理; 政府部门

中图分类号: D63; TP315

文章编号: 1674-6252(2017)02-0025-06

文献标识码: A

DOI: 10.16868/j.cnki.1674-6252.2017.02.025

Study on the Construction Strategy of Big Data Platform for Nuclear and Radiation Safety Supervision and Administration

ZHOU Lin*, WANG Xiaofeng, BIAN Yufan, YANG Anyi

(Nuclear and Radiation Safety Center, MEP, Beijing 100082)

Abstract: The rapid development of nuclear energy and nuclear technology has provided a powerful impetus to the development of China's economy and society, but also increases the risks we face and the need for nuclear and radiation safety supervision. At present, chances and opportunities coexist in China's nuclear and radiation safety supervision. The paper introduces the current situation, difficulties and existing problems of nuclear and radiation safety supervision in China, which needs informatization and big data technology in its modernization. Based on the status of nuclear and radiation safety supervision data in China, the paper puts forward some measures to improve the management level, such as improving the data management system and technology, establishing data sharing consciousness, changing data management thinking and so on. The paper also expounds the big data construction strategies, including the basic architecture, aims and key tasks, etc.

Keywords: big data; nuclear and radiation safety supervision and administration; data management; government department

引言

近年来,大数据引起了企业界、科研机构及政府部门的高度关注。一些单位利用大数据技术实施精准营销或提高内部管理效能^[1]。目前,美国、英国等已开始利用大数据提高政府决策水平或改进公共服务,在教育、医疗和司法等领域已初见成效^[2]。

党的十八届三中全会后,推进治理体系和治理能力现代化成为我国各级政府部门的新要求和新常态。国家治理现代化是指运用现代化治理的理念、方法和技术工具,对国家的整治、经济、社会、文化进行有效管理的过程。国家治理现代化是当前我国政府大数据开发利用的重要契机。

2015年9月5日,《国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》(国发〔2015〕50号)正式发布,它是我国促进大数据发展的第一份权威性、系统性文件。这份文件明确当前大数据发展的三大战略任务:数据开放共享、产业创新与安全保障。该文件的发布,彰显了我国信息化发展的核心已从前期分散化建设网络和应用系统的模式,回归和聚焦到充分发挥数据资源的核心价值,提升国家信息化发展质量和水平的道路上来。因此,大数据已成为国家信息化深化发展的核心主题,发展大数据已成为构建数据强国、推动大数据治国的必然选择。大数据不仅是技术或生产力,同时也是对生产关系的重塑,将对我国治理体系和治理能力产生深远的影响^[3]。

* 责任作者:周林(1986—),男,工程师,硕士,从事核与辐射安全监管信息化建设等工作, E-mail:zhoulin@chinansc.cn。

国家核安全局坚持“安全第一、质量第一”的方针，秉承“依靠科技、持续改进”的监管原则，经过 30 多年的探索与实践，实现了核与辐射安全监管能力的不断提升。当前，核与辐射安全监管工作挑战与机遇并存。为适应新形势和新要求，国家核安全局制定了实现核与辐射安全监管现代化的工作目标。如何利用大数据加快核与辐射安全监管现代化进程既是历史机遇，也是时代课题。

1 我国核与辐射安全监管工作现状

核能开发利用是大国发展的战略必争，是调整能源结构、应对气候变化和建设生态文明，进而确保国家安全的重要手段。我国自 1991 年第一座核电站——秦山核电站并网发电以来，截至 2016 年 6 月底，投入商业运行的核电机组共 30 台，总装机容量 28 599.37MWe（额定装机容量）；正在建设的核电机组 27 台，数量已居世界第一。根据我国《核电中长期发展规划》，到 2020 年，我国核电装机容量将达到 8800 万千瓦，仅次于美国，位列世界第二，成为名副其实的核电大国。同时，我国已经成为世界上最大的核技术利用国家之一，在用和废弃放射源总数量超过 20 万枚，在用射线装置 12 万多台^[4]。

核能与核技术利用事业的快速发展为我国经济社会发展提供了强大的助推力，但也使得我们面临的核与辐射安全风险日益加大，对核与辐射安全监管的需求与日俱增。30 年来，我国核与辐射安全监管工作积极借鉴国际和国内其他工作领域先进的监督管理模式、法规标准体系和运作机制，在实践中发展、在创新中进步，使得核设施安全得到有效保障，辐射环境质量保持良好水平，取得了世人瞩目的安全业绩，同时也积累了丰富的核与辐射安全监管成熟经验^[5]。历史上三次重大的核事故对世界核安全状况提出了重大考验，而多年来我国核设施建设和运行保持了良好的核安全记录和业绩，迄今未发生过国际核事件分级 (INES)2 级及以上的运行事件，也未发生过对人员或环境造成污染和危害的事件。此外，我国核技术利用事故发生率逐年降低，从 2003 年的每年每万枚源 6 起左右，已经下降到当前的 1 起左右。

在总结成功经验的同时，也应该清楚地认识到，我国核与辐射安全监管工作依然任务繁重、责任重大、困难重重。我国核电机组具有多种堆型、多种技术、多类标准、多国引进并存的局面，从而加大了监管难度；我国核电发展初期技术相对落后，缺乏对安全的定量判断，部分设计没有经过独立分析验证，可能存在安全隐患；早期研究堆和核燃料循环设施安全设计标准较低，设备老化，抵御外部事件能力较弱；放射源和射线装置量大面广，管理有待进一步规范，一些老旧辐照装置存在安全风险；部分早期核设施退役进展缓慢，历史遗留的高、中、低水平放射性废物尚未得到妥善处置^[6]。

面对这些困难，构建现代化的核与辐射安全监管工

作格局，还存在一些亟待解决的问题。

一是亟需用于支持核与辐射安全监管的科学化、现代化工具。近年来核与辐射安全监管的范围不断拓展，监管要求不断细化，任务不断加重。然而，由于缺乏总体规划，现有资源分散，人才匮乏，基础薄弱，核与辐射安全监管技术研发无法满足日常监管工作的需要。当前，亟需更多科学化、现代化工具，对核与辐射安全监管的审评、监督、监测、应急、管理、决策提供技术支撑。

二是公众对核能接受度低。社会公众对涉核项目的接受度降低已经成为当前制约核电、核技术利用发展，影响核与辐射安全监管的瓶颈，信息公开和公众宣传工作的力度不够，容易导致公众对核能、核技术利用认知的不足或者存在偏差，滋生抵制核能的错误倾向，进而抵制一些涉核项目的建设和立项，这对公众宣传、信息公开和公众参与等工作提出了更高要求。

当前，亟需利用信息化及大数据技术，推动我国核与辐射安全监管现代化进程，助力日常监督、科学决策及公众沟通等，促进我国核能及核技术利用事业的健康发展。

2 提高我国核与辐射安全监管数据管理的措施

面向大数据管理的技术与模式研究首先兴起于西方国家，政府希望运用大数据来增强其解决诸如自然灾害和恐怖袭击等国家难题的能力，同时提升其服务公众的信息和咨询功能^[7]。国际上已有一些国家推行了先驱性的政府大数据探索，并积累了管理经验。美国、英国在推动开放政府数据、引导社会利用方面一直走在前列^{[8][9]}。

大数据分析的核心是数据，本质是管理。我国核与辐射安全监管工作开展以来，积累了大量数据，其来源主要有：

①环境保护部（国家核安全局）及其他相关政府监管部门；

②从事核安全和辐射环境管理与研究的各技术支持单位；

③核设施设计、制造、运营单位及核技术利用单位。

来自于政府部门的主要是行政和监督管理数据，技术部门主要是技术管理及相关研究数据，业主与承包商主要是实际运行与应用数据。

在数据收集方面，政府作为社会资源的主要管理者和分配主体，掌握的数据类型更多，地域范围更广，时间跨度更大^[10]。我国核与辐射安全监管体系经过多年发展已基本形成，建立了以环境保护部（国家核安全局）为行政核心，以华北、华东、华南、西北、西南、东北六个地区型的核与辐射安全监督站为监督主力，以环境保护部核与辐射安全中心（核安全设备监管中心）、浙江省辐射环境监测站（环境保护部辐射环境监测技术中心）

等为技术支持的国家级监督管理体系^[11]，这些单位是我国核与辐射安全监管数据的主要掌握者，其主要监管业务如表 1 所示。

表 1 我国主要核与辐射安全监管业务		
序号	业务线	业务线细分
1	核安全监管	核电厂安全监管
		民用核安全设备监管
		研究堆安全监管
		核燃料循环设施安全监管
		核材料管制
2	辐射安全监管	辐射环境监测
		放射源与射线装置安全监管
		铀矿与伴生矿安全监管
		电磁辐射安全监管
		放射性废物安全监管
		放射性物质运输安全监管
3	核与辐射事故应急	—
4	人员资质管理	—
5	国际交流	国家核与辐射安全监管门户
		亚洲核安全网络信息共享与交流
		国际合作管理

大数据能否有效促进我国核与辐射安全监管工作的高效开展，主要取决于监管机构数据管理方式的转变、管理能力的提升和技术创新的速度。而当前我国核与辐射安全监管机构的数据管理意识和技术还难以满足大数据建设的需要，亟需采取以下措施来提高大数据管理水平^[12]：

第一，完善数据管理体制。为适应大数据环境，必须改进原有的数据收集制度。由于大数据管理具有高度复杂性与专业性，需要安排专业人员负责管理，并调整现有的满足传统数据收集体系要求的人力资源结构。大数据概念相对新颖，涵盖的范围可能超出现有法律规章的规定与说明，保证大数据环境下的数据管理能够高效、有序地进行，特别要保护国家秘密、企业秘密和个人信息不受侵犯，需要增加有关的数据管理法律规章。

第二，提升数据管理技术。传统的关系型数据库是为了数据稀缺时代设计的，所以需要精确的数据。据统计，目前只有大约 5% 的精确数据是结构化且适用于传统的数据库，剩下 95% 的非结构化数据无法被利用而被浪费掉了。大数据管理需要深度挖掘更具价值的指标数据，更好地为决策制定与社会管理服务，这就需要更加专业化与高效化的数据处理技术，也需要高水平与高素养的专业数据处理人员，但当前我国核与辐射安全监管体系的数据处理技术还不能满足这些要求。大数据本身海量多源异构等特征决定了其处理过程复杂，而传统的数据分析工具，无法在合理时间内收集、管理、处理原始数据，并整理成为为决策者提供支持的数据，大数据技术的开发与应用势在必行^[13]。

第三，转变数据管理思维。传统对数据的分析采用对随机样本分析得出结论的方法，这种方法的优点是成本低，缺点是精确度取决于样本的随机性，这在大数据时代是效率较高的一种方法。但是在大数据时代，我们要对全体数据进行分析、利用，这就要求在核与辐射安全监管数据的获取过程中，打破传统模式，不局限于宏观的基础数据，还要深入到中微观层面，收集尽可能全面而详细的数据。在此基础上，摒弃传统的“事件—分析因果关系—采取应对措施”模式，在数据监测中从关注宏观数据转变为在意微观数据，按照数据“收集—存储—分析—输出”的流程进行网格化管理，保证输出数据的科学性和精确性，精准把握相关事件发展的规律和倾向，预判事件发生的概率，防患于未然。

第四，树立数据共享意识。目前，我国核与辐射安全监管信息化建设取得了一定成果，但有效的信息共享共用机制还未建立，诸多基础性数据仍只在各部门的系统和数据库中使用，形成了大量“信息孤岛”，造成了资源浪费，影响了数据价值的发挥。大数据技术是基于跨平台、跨数据类型、跨数据库的思想发展出来的，可以很好地解决行业部门条块分割、数据种类复杂的问题。利用大数据思维来解决政府部门间信息资源共享问题，可以达到既站在信息时代前沿指导工作，又绕过传统难题而解决问题的目的，但这必将冲击政府数据管理的固有体制模式。我国虽然在 2007 年就发布了《政府信息公开条例》，但“不愿公开”、“不想公开”、“不能公开”、“不敢公开”的思维观念和客观现实仍然存在^[14]。树立大数据共享意识是核与辐射安全监管体系有效管理大数据的基本前提。通过数据共享，各部门间的物理界限将变得模糊，部门协作更为紧密，反应更加敏锐，以协同、高效的方式开展公共管理，并向社会公众提供更加优质的服务。

3 核与辐射安全监管大数据建设策略

核与辐射安全监管大数据建设以环境保护部《生态环境大数据建设总体方案》为指导，以核与辐射安全监管大数据应用为核心，以统一的基础设施为支撑，以信息资源的整合互联和开放共享为目标，以完善制度标准体系和网络信息安全体系为保障，旨在进一步提升核与辐射安全监管信息化、现代化水平，为决策制定、业务开展及公众沟通提供支持与服务。

3.1 总体架构

如图 1 所示，核与辐射安全监管大数据是环保部生态环境大数据的组成部分。生态环境大数据总体架构为“一个机制、两套体系、三个平台”，其中三个平台包括：大数据环保云平台——集约化建设的 IT 基础设施层，为大数据处理和应用提供统一基础支撑服务。

大数据管理平台——数据资源层，为大数据应用提

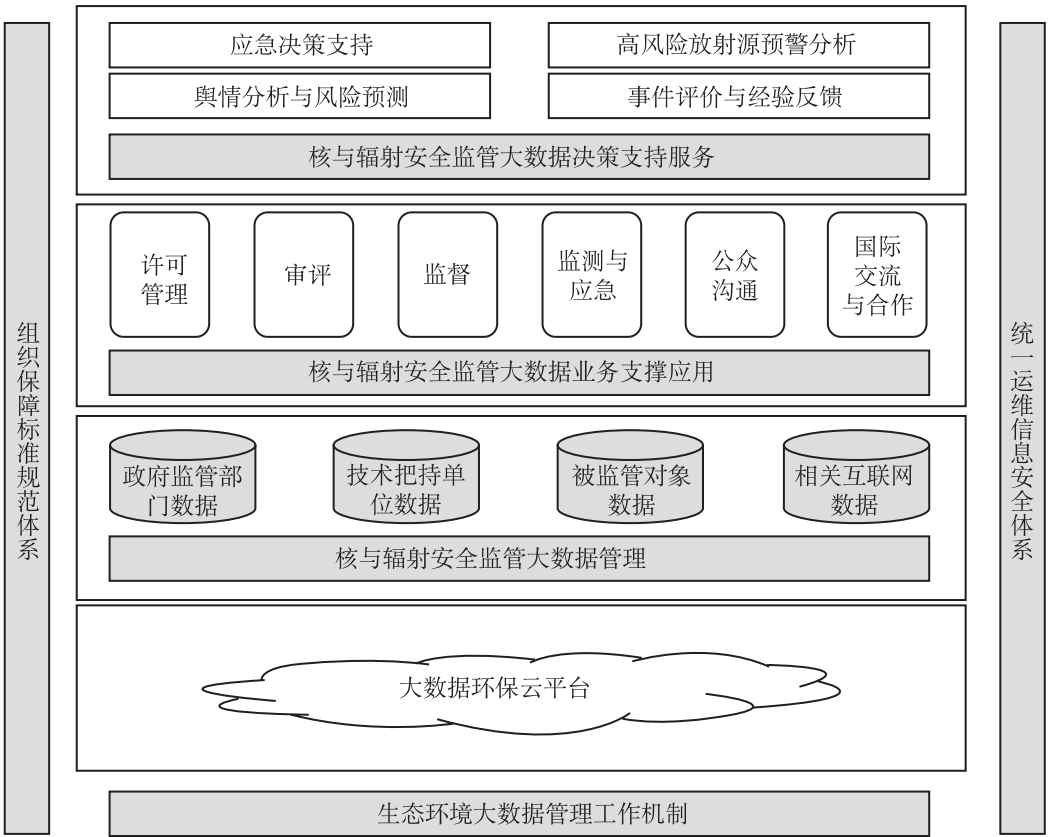


图1 核与辐射安全监管大数据平台架构

供统一数据采集等支撑服务。其中，核与辐射安全监管大数据主要包括政府监管部门数据、技术支持单位数据、被监管对象数据及相关互联网数据。

大数据应用平台——业务应用层，为大数据在各领域的应用提供分析和处理等综合服务。核与辐射安全监管大数据应用包括相关业务支撑应用和决策支持服务。

3.2 建设目标

为核与辐射安全监管提供决策支持。在辅助决策层面，在全面收集各类核与辐射安全监管数据的基础上，参考国家政策发展规划、法规标准、地理信息、气象数据、人口分布等有关信息，利用大数据技术对各类问题进行建模、分析，实现核与辐射安全监管大数据决策支持服务，为我国核与辐射安全法律法规的制定、核安全与放射性污染防治规划的制定、核电厂厂址的选择、放射性废物的处理处置、核与辐射安全事故的应急处理等事务提供技术保障与数据支撑。

提升核与辐射安全监管效能。在大数据创新应用层面，不拘泥于传统的应用系统建设，在满足信息系统功能的前提下，拓展数据收集渠道，整合环境监测数据、核电厂运行参数、核电厂运行事件数据、核安全监管设备数据、放射源管理数据、放射性废物管理数据等资源，深入探索业务数据之间的内涵联系及业务数据的外延包络，建立能够实现资源协同共享的大数据业务支撑应用，

消除“信息孤岛”，全面推动核与辐射安全监管的信息化、现代化水平，进一步促进我国核能核技术利用事业的健康发展。

促进我国公众理性、客观、科学地认识核能与核安全。在信息公开层面，深入分析公众所关注的核与辐射安全数据，并结合核与辐射安全监管工作实际，综合利用网站、平面媒体、新媒体和大数据应用等技术手段实现与公众全方位的沟通和互动，发布诸如国家的方针政策、行业最新动态、辐射监测数据、安全事件通告等常态信息，同时对核应急状态下的有关信息，做到主动、及时、准确、客观地向公众公布，促进核安全文化推广。

3.3 主要任务

3.3.1 夯实大数据基础能力

结合国家核与辐射安全监管技术研发基地建设项目，做好核与辐射安全监管数据中心的规划、设计和建设工作。充分利用云计算与云存储技术，整合现有网络资源、计算资源、存储资源、安全资源，对已有信息化成果进行合理利用；完善核与辐射安全监管领域相关基础设施，实现核与辐射安全监管大数据基础设施的集中管理、统一调度、整体运维与互联互通，为核与辐射安全监管大数据建设提供支撑。

3.3.2 提升大数据管理水平

- （1）建立核与辐射安全监管数据资源目录体系
以核与辐射安全监管业务事项为基础，建立核与辐射安全监管数据资源目录体系，明确核与辐射安全监管数据资源范围；编制数据规范标准，提高数据采集的规范性、准确性和真实性。
- （2）提升核与辐射安全监管数据资源获取能力
在重要地区和重点核设施区域增加监测点数量，完善辐射监测网络；利用物联网技术，拓宽数据获取渠道，创新数据采集方式，提高实时监控能力。

通过核与辐射安全中心与各核电厂之间的专线，获取电厂关键运行数据；通过政府数据共享交换平台接入其他基础数据资源。

建立互联网数据采集系统，形成互联网数据获取和处理能力，对论坛、微博、微信等平台中核与辐射舆情信息以及参考数据等进行动态采集。

- （3）加强核与辐射安全监管数据资源整合
在环境保护部统一规划下，连接核与辐射安全监管体系内各层级数据资源，对已建、在建和待建业务系统的数据进行清洗、转换和存储，实现数据动态增量更新，将数据转化为有效的信息和知识，提高数据存储安全性与管控能力。

全面收集核与辐射安全监管历史数据，将不同来源、类型、内容、尺度、时间以及空间数据整合在统一的数据仓库中进行管理，满足大数据应用的需求，彻底消除“信息孤岛”。同时，做好保密数据的筛查工作，对于涉及国家秘密事项的涉密文件和数据，不纳入大数据管理平台。

- （4）推动核与辐射安全监管数据共享与开放
明确核与辐射安全监管各部门数据共享的范围边界和使用方式，编制数据资源共享目录，重点推动审评、监督、应急等数据共享，基于生态环境数据资源共享平台，提高数据共享服务和管理水平。加强核与辐射安全监管知识体系的管理和利用，打破传递壁垒，促进分享，完成增值效应。

3.3.3 全面推广大数据应用

3.3.3.1 建立核与辐射安全监管大数据业务支撑应用

- 主要包括：
 - （1）许可管理
实现许可证在线提交、审批与统计查询等功能，包括核电厂安全许可管理、核安全设备安全许可管理、研究堆安全许可管理、核燃料循环设施安全许可管理、辐射安全许可管理、放射性废物行政许可管理；实现人员资质电子化管理，包括核安全设备焊工 / 操作工管理、核安全设备无损检验人员管理、核与辐射安全监督员管理、注册核安全工程师管理、核设施操纵员管理、辐射工作人员管理等。

- （2）审评
实现核与辐射安全审评业务流程化和电子化，业务审批全过程状态清晰，节点明确，便于查询。具体业务应用包括核电厂安全审评管理、核安全设备安全审评管理、研究堆安全审评管理、核燃料循环设施安全审评管理、辐射源安全审评管理等。
- （3）监督
实现核与辐射安全监督信息的在线管理功能，包括对核设施、核设施营运单位和核技术利用单位的日常监督信息等；进一步推动监督执法工作的高效性，监督检查人员通过随身携带的移动设备，能够实时获取监督执法所需的各项数据及历史数据、记录执法过程及结果，并对后续处理进行跟踪。

- （4）监测与应急
利用物联网、云计算、大数据、移动互联等最新信息化技术，完善辐射监测及应急信息采集与发布系统，并收集核电厂的工况数据、气象数据，在条件允许的情况下从相关部门得到自然灾害的预报，并根据采集到的数据进行预警，对可能发生的事故做出及时应对。

- （5）公众沟通
利用大数据技术，通过网站、微信、微博等互联网媒体开展核与辐射安全公众沟通工作，实现与公众的全方位互动，便于公众随时随地了解核与辐射安全相关动态，引导公众客观、理性地看待核能与核技术利用事业。

- （6）国际交流与合作
加强国际交流与合作，完善国家核与辐射安全监管门户网站和国际合作交流平台，宣传我国核安全观，推进核安全技术国际交流，展示负责任的大国形象。

3.3.3.2 建立核与辐射安全监管大数据决策支持服务

- 主要包括：
 - （1）应急决策支持
实现机关、监督站、技术支持单位、事故所在地环境保护部门的统一指挥调度，实现应急信息的高效共享，提高快速反应、联合行动的应急能力。在事故发生后，通过对监测数据的计算与分析做出后果评价和预测，生成防护行动实施方案，如撤离路线的选择、运输工具的调度、应急队伍的构成人员和任务分派等；对应急响应人员所受到的辐射剂量进行跟踪与监测预警，预防响应人员因受过量辐射而导致人身受到严重伤害，辅助决策者合理分配应急人员进行应急响应工作；根据事故类型及人口数量，对关注区域所需应急资源的数量和种类进行评估，为资源调度工作提供参考。

- （2）高风险放射源预警分析
利用先进的物联网技术、自动控制技术、通信技术、传感技术、GIS 技术、GPS 技术、图像识别技术等，围绕放射源安全管理全生命周期，建立以 GPS-CPS 定位及剂量率为检测单元，同时辅以视频技术和 GIS 地理信息系统区域移动放射源物联网在线监控系统，做到“防丢

失、防偷窃、防泄漏”，提升区域放射源监管水平。实现对高风险放射源的智能化识别、定位、跟踪、监控和报警，实时掌握动态信息，提高风险预测预警能力，并在紧急状态下给出应急响应与处理建议等。

(3) 舆情分析与风险预测

建立起“监测、研判、应对、总结、归档”的舆情应对体系。通过海量信息采集、智能语义分析、自然语言处理、数据挖掘，以及机器学习等技术，不间断地监控网站、论坛、博客、微博、平面媒体、微信等信息，及时、全面、准确地掌握各种信息和网络动向，从海量数据中发掘事件苗头、归纳舆论观点倾向、掌握公众态度情绪并结合历史相似和类似事件进行趋势预测，给出应对建议。

(4) 事件评价与经验反馈

建立包含运行核电厂数据库系统、经验反馈信息电话会议系统、运行事件纠正行动跟踪系统、核电厂异常评价系统、监督检查结果管理及跟踪系统、运行安全性能指标系统、经验反馈信息数据库系统共7大功能数据库的大数据集成网络平台，分别收集各运行核电厂的运行事件和内部事件信息、电厂有关运行安全的重要相关指标数据、监管建议及纠正行动相关信息等，并对所有收集的数据和信息进行统计、分析、计算以及结果展示，旨在充分分析核电厂安全状态，辅助决策者提出合理的监管建议和要求。

4 结论

大数据时代的核与辐射安全监管数据管理任重道远，需要监管机构结合当前实际情况，树立大数据意识，保持扬弃态度，加快数据挖掘技术创新，不断深化数据管理革新，进而加速大数据应用进程，提升数据服务能力，共同推进大数据背景下核与辐射安全监管的现代化。

参考文献

- [1] CHEN C L P, ZHANG C Y. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: a survey on big data[J]. Information sciences, 2014, 275: 314-347.
- [2] Executive Office of the President. Big data: areport on algorithmic systems,opportunity,and civilrights[EB/OL].(2016-05-04)[2016-10-09]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/2016_0504_data_discrimination.pdf.
- [3] 王晓峰. 大数据时代带来哪些机遇 [N]. 中国环境报, 2015-10-29(006).
- [4] 李干杰. 科学谋划 协调推进 全面实现核与辐射安全监管现代化 [J]. 环境保护, 2015, 43(7): 10-15.
- [5] 徐广震, 扈黎光. 我国核与辐射安全监管若干问题及应对策略探讨 [J]. 中国核工业, 2014(10): 34-36.

- [6] 曲云欢, 董毅漫, 张弛, 等. 全面提升核与辐射安全监管水平 [J]. 环境保护与循环经济, 2012(9): 25-28.
- [7] SHINDELAR S. Big data and the government agency[J]. The public manager, 2014, 43(1): 52-56.
- [8] The White House: Office of the Press Secretary. Making open and machine readable the new default for government information[EB/OL].(2013-05-09)[2016-10-11]. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2014-title3-voll/pdf/CFR-2014-title3-voll-eo13642.pdf>.
- [9] Executive Office of the President. The federal big data research and development strategic plan [EB/OL].(2016-05-19)[2016-10-09]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/bigdatardstrategicplan-nitrd_final_051916.pdf.
- [10] 王芳, 陈锋. 国家治理进程中的政府大数据开放利用研究 [J]. 中国行政管理, 2015, (11): 6-12.
- [11] 吴晗, 苏岩, 詹佳硕, 等. 浅谈日本福岛核事故对我国核与辐射安全监管能力建设的启示 [J]. 经济研究参考, 2015(19): 48-54.
- [12] 于浩. 大数据时代政府数据管理的机遇、挑战与对策 [J]. 中国行政管理, 2015(3): 127-130.
- [13] 常杪, 冯雁, 郭培坤, 等. 环境大数据概念、特征及在环境管理中的应用 [J]. 中国环境管理, 2015, 7(6): 26-30.
- [14] 程春明, 李蔚, 宋旭. 生态环境大数据建设的思考 [J]. 中国环境管理, 2015, 7(6): 9-13.