



神东智慧园区多园区场景建设实践探索

周超逸 周军



煤矿园区的智能化建设作为煤矿智能化建设的重要组成部分，也需要进行转型升级。随着园区应用的不断多样化，员工生活、健康、安全对园区应用的需求也在不断提升，所以在衣、食、住、行方面均需要提高服务水平；同时对于管理人员也提出了新的要求，需要不断利用信息化手段，对园区的管理实现可视、可控、可用，利用好人工智能、大数据、云计算、物联网等新一代信息技术不断推动数字园区和物理园区的融合。智慧园区同时也被列为智能化矿山验收标准中的一个重要组成部分。

国能神东煤炭集团有限责任公司（以下简称为神东煤炭集团），作为国家能源集团的煤炭板块重要组成部分，在智慧矿山建设中全面发展。神东煤炭集团智慧园区解决方案面向园区运营管理，建立依托以数字化平台为基础的综合园区运营体系，对园区内的人、事、物等，进行园区各个系统数据信息的整合分析处理，实现企业园区系统数字化业务处理，园区人、车、物、事件等的可视、可控、可

控；通过数字化手段对园区进行精准运营，提升运营管理水平。智慧园区系统数字化界面如图1所示。

智慧园区平台研究需要与现有子系统和新建子系统对接，实现数据融合、系统联动，充分发挥物联网、大数据的能力，消除信息孤岛，将园区信息化系统建设成一个有机的生态系统。

神东煤炭集团智慧园区建设以满足智能化矿山智慧园区部分的验收为基础，围绕幸福矿工、能耗管理，以及智慧健康为主体，打造一流园区。整体智慧园区包含管辖范围内的13个煤矿地面园区和神东煤炭集团所在地的办公园区进行统一化智慧园区建设。多园区场景的统一智慧园区数字平台研究，是整个神东煤炭集团智慧园区建设的关键部分。

神东煤炭集团井上园区现状

神东煤炭集团当前有13个煤矿、1个集团公司所在地园区，煤矿园区面积大、人员出入频繁、车



图1 智慧园区系统数字化界面

流量大、防爆要求高,一旦发生事故则危险性较大;客观上要求对进入园区的人员、车辆加强管控。

当前各个园区各自拥有大量独立的系统,各类系统均独立管理,且所有园区的应用互有重叠,又互相独立,存在重复建设,无法形成信息共享,管理水平差异大,无法满足日趋繁杂的安全防护、运营管理、生产支撑、后勤服务等综合需求。很多园区管理和运营类系统信息化程度低、效率低、体验不好,需要通过先进的技术手段降本增效,改善人员在园体验。

各个矿井园区的传感器,设备信息均自成体系,没有形成标准化的数据传输,存在大量漏报、误报,以及无法分析的数据,无法感知园区现场。数据的孤岛现象较为严重,有些系统依然使用传统的纸质记录和人为监控的落后管理手段,无法深入挖掘数据的价值,对园区管理较为不利。此外,还存在大量视频图像靠人看不过来,视频成了“睁眼瞎”;人工监看耗费大量人力、容易产生疲劳、注意力不集中、可靠性不高,亟需应用AI人工智能来替代人工。

神东煤炭集团多园区数字平台整体设计

园区数字平台是多园区设计方案的基础,将园区数字平台进行整体规划设计是神东14个园区建设的基础。笔者将从整体设计思路,设计原则及规范、总体架构、集成架构、部署架构、研究方案技术特点方面进行研究,讨论在神东煤炭集团14个园

区场景下,采用统一数据平台的必要性和可行性,以及带给神东园区未来发展的价值及益处。

设计思路

为了满足神东煤炭集团多园区统一架构的需求,以智慧园区数字平台为核心,通过一套平台统一架构,实现神东煤炭集团总部和其他13个矿井地面园区系统的全联接,数据的全融合。具体建设思路如下。

(1) 研究建设统一园区数字平台,将集团和各矿区孤立的安防、车辆管理、交通管理、楼宇管理、公寓管理、供配电、餐饮消费等业务子系统进行融合接入,实现数据融合、汇聚,设备统一建模,实现综合分析展示,系统间集成联动,构建统一服务、统一运维的能力;打造成一张屏展示园区现状、高效管理和灵活控制的安全舒适、绿色健康、便捷生活的低成本园区环境。

(2) 在数字平台基础上,构建各类智能应用,包括能耗管理、员工健康管理、综合安防、智慧消防等应用系统。提供业务开发平台和沙箱等工具和环境,支持神东煤炭集团研发团队和合作伙伴开发各类新应用,持续进行各类应用创新。

(3) 通过逻辑多组架构,匹配神东的管理需求,满足神东煤炭集团总部、13个煤矿及矿业服务公司总部人员使用权限管理需求。

设计原则及规范

整体智慧园区建设的原则,遵循平台化建设,



依据平台能力孵化应用的生态体系来构建开放园区解决方案，提升园区应用构建能力，简化应用开发周期及缩短上线时间。统一数据接入、数据分析存储、调用通用工具和业务逻辑服务能力，很大程度上简化了园区交付周期，提升了扩展能力。整体方案设计遵循如下原则：

（1）基于场景模块建设原则

园区各个业务模块不再使用原有的积木式架构，而是遵循业务应用，依据场景进行抽象建模，业务数据与平台融合，实现融合数据方式建设；平台建设遵循统一数据标准和接口标准，应用模块化、可扩展、可开发、可迭代，充分利用平台价值，包括：①数据、业务和管理分平面设计；②平台和应用分层设计；③平台子系统功能设计。

数字平台由ICT融合底座、数仓一体子平台、数据及业务集成子平台、业务开发子平台等组成，实现平台模块化，功能开发解耦，并能够持续迭代。

（2）基于服务和组件建设原则

以服务对象和数据标准为中心，建设统一的标准化园区业务数字平台，整体架构上遵循服务业务场景，按需选择组件，组件之间充分解耦，在满足园区应用迭代扩展，按需选择的前提下，使其具备灵活、按需组合的能力。

平台根据需求，在服务方面，要求能够具备可交付、可维护、可演进、可二次开发。

平台服务从应用抽象而来，能够与具体应用场景充分解耦，具有一定通用性，使其能够服务于当前应用、未来应用以及创新应用。

平台能力具备开放性，可以服务于任何开发者，具备充分服务于生态的能力，产品和各个模块可插拔、可开发、可场景选取数据的组合，使其具备广泛的应用能力。

（3）标准统一化原则

13个煤矿和神东煤炭集团研究建设一个园区数字平台，根据各个矿区园区需求构建一套综合管理运营系统，与各个园区子系统进行集成，实现数据接入的统一标准，数据入湖标准统一，数据标准可迭代，业务服务基于统一数据、统一平台，可根据需求支撑所有综合业务应用。

（4）数据及接口标准化，兼容性原则

智慧园区的建设重点主要分为南向设备接入和北向应用间的开发；南向设备接入的接口需要遵循接口标准化、兼容性原则，并提供标准化的北向应用软件服务接口，从而实现快速构建综合性、创新性的应用系统开发。对原有系统、可兼容的新接入子系统、新的应用系统，需在遵循标准化原则的前提下，对接到园区数字平台，从而能够为更多业务软件应用提供服务。

（5）架构可扩展性

智慧园区整体架构遵循云化部署架构，按照分布式部署方式，将集团智慧园区数字平台中心与13个煤矿的边缘进行设备接入和数据采集、数据汇总融合，满足边缘、中心数字平台按需扩展的需求，支撑业务场景的高性能、高吞吐量、高并发、高可用。部署的架构在云化部署架构的支撑下，能够满足未来业务扩展的弹性需求，实现业务快速上线。

（6）园区安全原则

园区安全包含物理安全、网络安全、数据安全和应用系统安全，整体建设要遵循端到端的安全原则，构建综合安全体系，以确保整体园区网络和数据机密、完整、可用及可追溯。

（7）运维统一性原则

园区运维包括日常维护、问题处理、软件升级、补丁安装，以及平台的安装、部署调测、验收等，多园区方案中需构建统一的运维体系，来保障运维效率和问题及时处理。

总体架构

神东煤炭集团14个园区为了实现统建统维，遵循数据统一接入，每个矿区独立运营，应用和设备统一运维的原则，构建多园区架构的设计方案，整体架构如图2所示。整体园区在各个园区建设分支接入，从而使各个园区达到数据汇聚的目标，神东集团公司建设统一的数据平台和应用系统，实现运维管理统一，应用定制迭代完善。

（1）分支接入

建立集团和13个煤矿，一共14个分支接入点，部署IOT物联网边缘网关，实现矿区的数据汇聚。

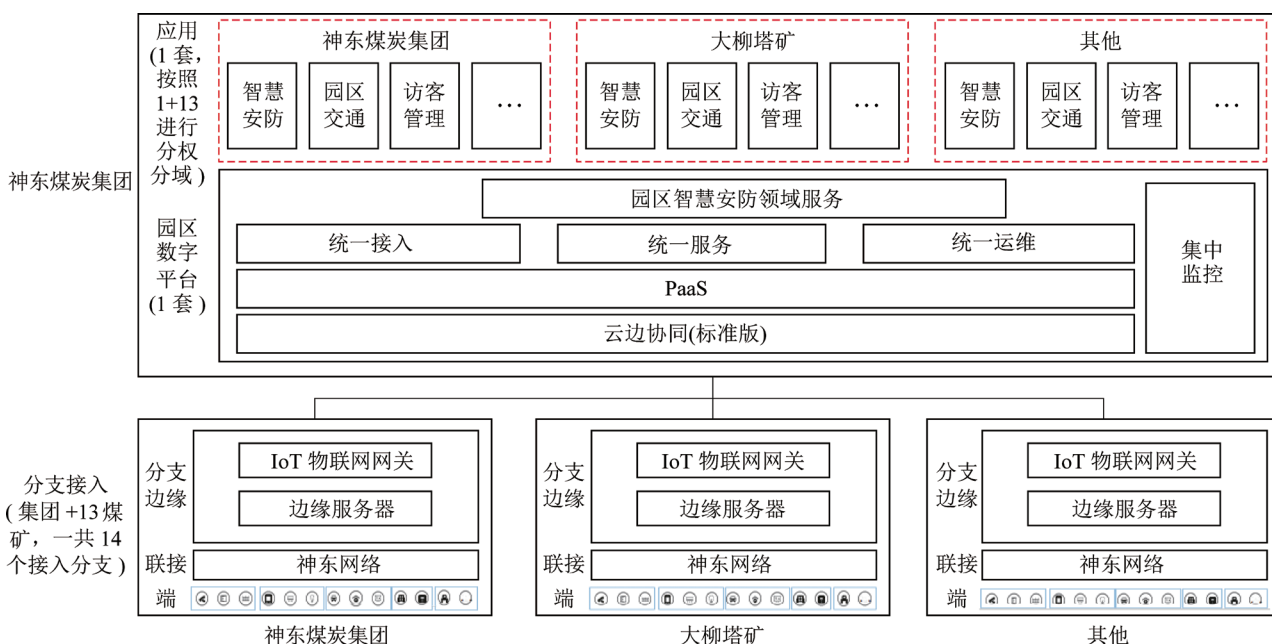


图2 多园区整体架构设计

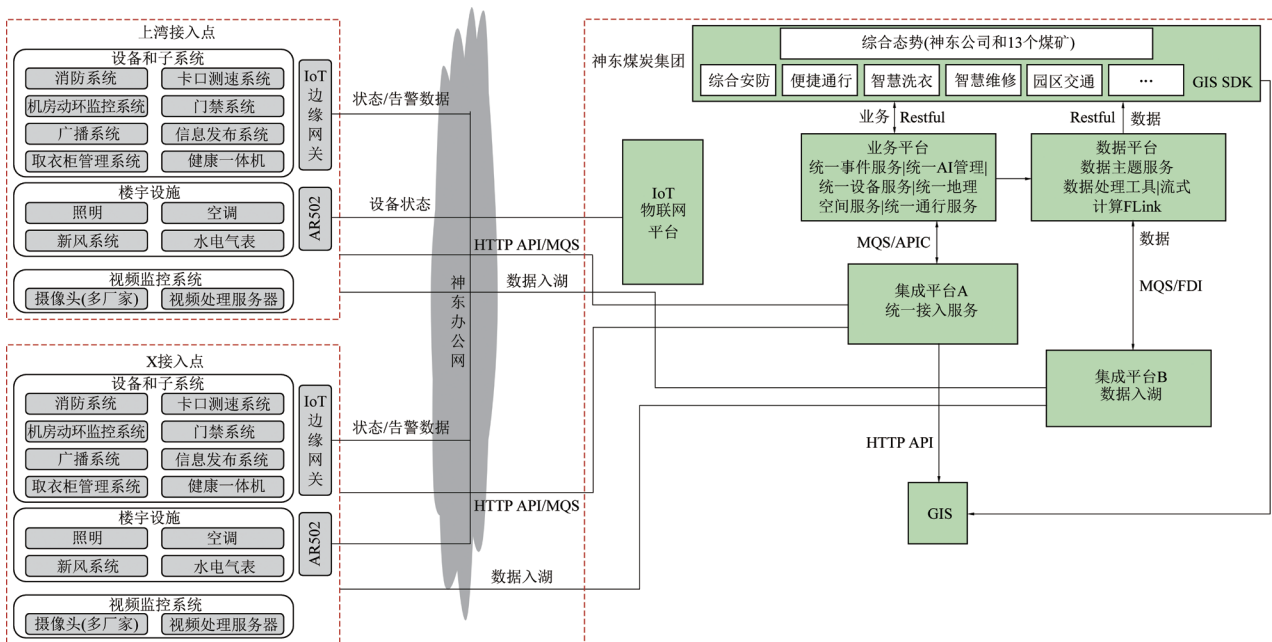


图3 神东煤炭集团智慧园区集成架构

(2) 神东煤炭集团

1套数字平台，实现逻辑上多租户，按照不同管理员角色，不同矿区角色分别服务，运维，运营，从而应用定制化，平台统一，数据融合，按需运维管理；同时支撑集团和13个矿区的应用创新。

1套应用系统，总部用户可以查看下级分支园区数据；分支园区用户通过分权分域访问应用。

集成架构

神东煤炭集团智慧园区研究方案如图3所示，涉及到多园区接入，其中：

(1) 各接入点部署IOT物联网网关，负责设备状态数据及告警数据集成。

(2) 集成平台。负责业务数据、日志数据，以及各个系统间的集成。

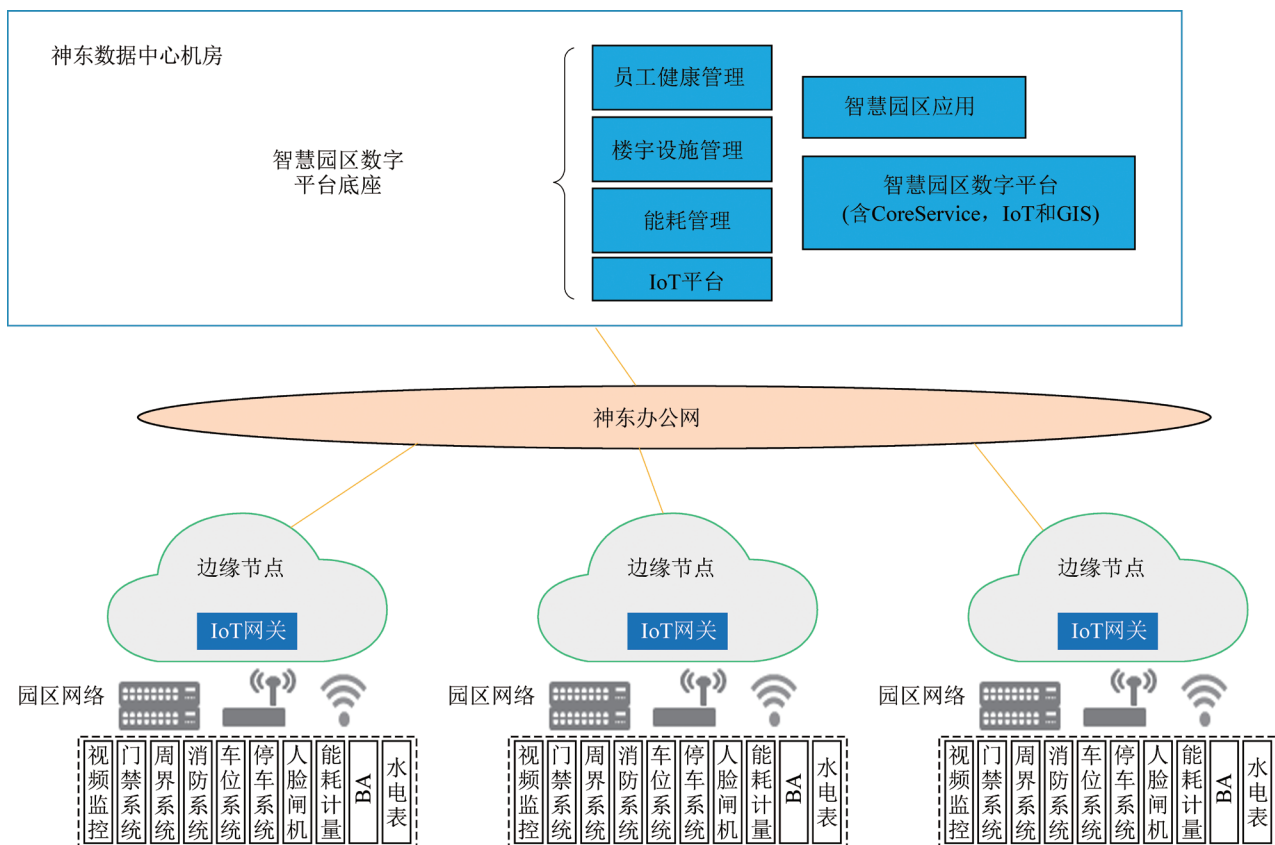


图4 多园区场景解决方案部署架构

部署架构

边缘节点分总部和各分公司园区节点，其中：

- (1) 总部署承载神东数字平台、数字平台，同时部署应用。
- (2) 分公司园区部署IOT网关，支持IOT物联接入。

本次研究的多园区场景解决方案从部署架构上分数字底座（包含服务器、虚拟化软件、存储软件、容器软件等）、平台（智慧园区数字平台）和业务（智慧园区应用），如图4所示。

研究方案技术特点

(1) 经济性

集中管理：通过建设跨多个园区的统一运营平台，实现对14个园区的管理、服务空间以及应用的集成，包括：①集团公司总部能够对13个煤矿运行实时监控，全面掌握整体园区综合态势；②各矿区具备独立自主运营，不依赖集团。统一服务：打通

不同的流程环节，对用户提供服务。聚合业务资源，为周边部门提供统一的信息标准。

(2) 先进性

一致体验：从用户视角出发，打造一批特色的智慧化应用，形成跨园区的一致用户体验。

极简部署：园区数字平台和第三方组件预集成在部署在边缘一体化解决方案，无需现场配置。

神东煤炭集团多园区关键技术研究

关键技术设计

(1) 统一运行底座设计

虚拟化。虚拟化软件用来实现虚拟机的管理。虚拟化平台是硬件底座的基础设施，分为管理融合节点、存储融合节点、计算节点；整体平台满足云化资源调度要求，实现资源池化、按需扩容和按需调度。

容器编排。容器云平台要结合最前沿的先进技

术,以用户体验优先的设计理念打造云原生容器平台,要具有以下主要特点:适配多种基础设施;多集群管理;开箱即用的开源基础组件;云原生基础技术架构;统一容器网络;自动化运维管理。

存储软件。存储软件实现了对存储资源的管理,分为分布式块存储和存储池管理;分布式块存储采用先进的分布式集群控制和DHT路由技术,提供高性能的存储读写、数据保存和数据保护等功能特性。

(2) 物联网子平台技术

物联网平台是数据采集的综合性平台。将综合安防、楼宇、能耗等设施设备的采用物联网协议标准接口,将运行数据、日志和安全监控信息传输到园区数字平台,实现数据的统一入湖管理。通过对设备管理、鉴权认证、故障诊断监测、设备联动规则、告警及其他信息数据的过滤与分析,支撑整体园区应用的显示和控制。

(3) 统一GIS子平台技术

GIS子平台包含对神东13个煤矿和集团公司整体空间信息系统的构建,研究实现神东园区井上空间静态数据的采集、储存、管理、运算、分析、显示,并提供标准的接口给上层应用进行开发和集成,实现整体统一视图,并能够通过分权分域的方式,按照不同图层显示各个园区的情况,实现园区的可视化管理,解决人工管理效率低下的问题,同时解决传统园区建设信息孤立、数据流通不畅,缺少综合分析、无法共享、应对突发事件应急处理反应不及时、安全隐患不可知等问题,实现物联网时代全面感知的园区需求,让园区的整体管理可视化、智能化、便捷化。

(4) 数据集成子平台技术

数据集成子平台的研究内容主要为设计全栈多云集成解决方案,在多云时代,将应用和数据进行集成。将现有的14个园区现有应用、办公管理应用、以及网络、地域边界所形成的数据孤岛、信息孤岛、烟囱式应用进行业务流的打通,通过数据集成、应用API集成、消息集成的方式实现业务数字化全连接协同。

数据集成的研究方向以多种数据源快速集成能力为主,能够实现在任意时间、任意地点、任意系

统之间轻量级实时数据集成和定时增量数据迁移。将文本、消息、API、结构和非结构化等多种数据源进行灵活集成。

应用集成的研究方向主要针对API设计、开发、测试、管理、发布能力,需要具备API路由策略的设计、应用统一接入实施、应用认证授权和请求验证、流量控制和API调用统计分析能力、接口协议转换、应用API编排和调度等业务处理能力。

消息集成的研究方向是企业级互联的专业消息组件化,将高可用分布式集群技术应用到园区平台中,功能分为消息的发布订阅、消息轨迹追踪、消息资源统计、组件系统监控报警等一整套消息服务系统。

(5) 数据服务子平台技术

数据服务子平台研究建设社区运营管理数据资源池,让数据产生价值。多园区的数据服务不仅仅需要构建统一的企业级大数据存储、查询、分析平台,还要在分权分域的要求下构建分层分级数据信息处理系统,确保14个园区的管理人员能够管理各自的数据。将实时和非实时海量信息数据进行分析挖掘,用通用工具协助开发者进行基于大数据的功能开发,实现全新的园区价值点和园区管理标准数据研究。

研究构建数据仓库。数据仓库是数据服务子平台的存储单元,采用基于列存储和MPP架构构建企业级MPP关系型数据库,为面向结构化数据分析和设计开发提供数据服务,实现有效处理PB数据量。数据是上层应用决策分析的服务单元,可根据各类数据的关系构建仓库系统、BI系统和决策支持系统。

研究构建数据湖运营平台。数据湖运营平台是根据数据开发全生命周期的各类活动,一站式实现数据的集成、开发、治理、服务、数据可视化,协助园区管理人员构建煤炭行业智慧园区知识库智能化建设,利用大数据存储、大数据计算分析引擎等数据底座,快速构建数据运营能力平台。

研究实时流计算,实现实时处理流式大数据的全栈能力,通过执行Stream SQL或自定义作业,确保平台简单易用。对于开发者无需管理计算集群,无需学习编程技能,既可快速编排,实现实时流计算业务功能,并能够完全兼容Apache Flink和Spark API。



研究构建数据湖数据主题库服务。数据库主体库服务是智慧园区的数据资产，包括人员、车辆、组织、设备、资产、事件、空间、关系的专题库、主题库数据湖所有表模型的开发包。最终构成整体智慧园区的数据资产，实现批量任务和实时任务的数据处理脚本（数据清洗、加工等）；构建面向通用园区数据模型的数据服务，制定智慧园区的数据标准。

（6）业务开发子平台架构

业务开发子平台是为开发者提供应用开发的服务平台，对业务开发子平台的研究，主要实现应用开发的3层服务体系，包括技术能力聚合层，各行业领域知识应用沉淀和服务积累层，以及商业应用层。通过实现业务开发子平台3层服务架构，可以更好地服务于应用开发人员，让应用开发者能够更好地沉淀智慧园区应用和服务能力，让应用开发更简单，门槛更低，应用创新更简便。

此外，业务开发子平台是智慧园区应用开发者共享平台，提供给生态伙伴基于共享服务开发创新园区应用，孵化更多对未来神东园区业务有价值的应用。

研究创新点

（1）统一架构

应用系统。应用系统服务于园区执行层面的管理人员、访客、员工、高级管理者/决策者，通过统一的安防管理、资产及设备设施管理等应用，为管理人员提供统一的管理辅助数字化工具；构建员工健康管理、便捷通行、智慧洗衣洗浴、智慧公寓管理和统一APP应用，为员工提供集中的安全、舒适环境和便捷的智能化服务；构建统一的Web界面和大屏、中屏、小屏，为高级管理者和决策者提供园区总体的数字化运营分析服务，对园区业务的关键KPI进行量化呈现。

园区数字平台。神东智慧园区涉及到13个煤矿和1个集团公司所在地，共计14个园区的建设，园区数字平台的构建非常重要，是多园区智慧园区解决方案的核心，应用最新的ICT技术、数据的集成使能服务、业务集成使能服务、开发服务使能服务，从而可提供数据接入、数据分析存储、数据治

理的通用工具、业务逻辑编排能力和功能软件的开发服务，最终在汇聚公共能力、支撑上层业务能力、支撑水平业务扩展能力上形成创新，一个平台支撑14个园区的应用开发和定制化应用的集成建设。采用云计算技术，来构建智慧园区的数字底座；部署数字平台和应用系统，实现按需扩容、平滑演进的能力。

智慧园区数字平台包括：① 技术预集成，ICT能力开箱即用；② 设备统一接入，即插即用；③多业务集中管理，提升运营效率；④一体化安装和运维，降低运维成本。

（2）开放的业务开发子平台

业务开发子平台是智慧园区应用开发者共享平台，提供给生态伙伴基于共享服务开发创新园区应用，孵化更多对未来神东园区业务有价值的应用，实现智慧园区数字平台与应用伙伴的开发平台统一。

（3）智慧园区统一数据平台

统一数据平台创新地采用了海量数据存储和计算能力，以业务为驱动构建统一数据平台。在系统架构上，为上层业务应用提供标准统一的放API接口，能够实现数据的高效、智慧、安全存储、分析、挖掘等服务，平台侧具备良好的可扩展性，保证业务的动态扩展和新业务快速上线。通过建设贴源层的原始数据结构化存储，根据数据处理阶段，构建缓冲层、主题库和专题库的数据使能逻辑组件。利用大数据存储和分析能力，构建统一的数据服务平台，实现可扩展、可迭代、高效数据处理能力的开放平台。

经济效益分析

神东集团公司统建统一平台，减少13个煤矿独立建设智慧园区平台的资源浪费和重复建设。集团统建、统维，以减少13个煤矿的人员投入，实现业务应用13个煤矿均可以使用，分权分域管理各自的园区服务。

（1）资源集约效益，减低资金投入

多园区开放解决方案的研究能够最大限度地利用现有园区信息化资源，避免重复投资，有效降低

园区项目资金的投入,促进和提升对现有信息化系统资源的边际价值利用,同时,通过统一平台的集约化建设方式,为后续各种园区网上服务系统的建设提供了统一基础平台,有效提升新增建设投资的费用效能比。

(2) 专业化运营,引领孵化新兴服务业发展

多园区的研究将不断拓展业务应用和服务,形成一个中心,结合多个边缘计算的服务模式。在数据融合,网络接入融合,安全可控的前提下,使用新技术的产品成果,逐步形成新兴服务模式的构建,引导产业和行业服务的融合拓展。促进园区建设向数据融合、平台信息化、边缘智能化,平台服务运维集中发展、高效拓展,形成经济效益的良性增长,弥补园区建设、运维资金的缺口,实现长期盈利。多园区架构的研究将加强矿区场景下,集团公司对各个矿井园区的集中管控能力,形成综合竞争力和影响力,在不断地应用开发过程中,形成可持续发展的创新发展,且避免重复投资,高效利用数据、设备,以及设备间联动的能力,为创新应用提供平台能力,结合园区管理,形成集中力量办大事的能力。

神东多园区研究总结

针对集团管控下多个煤矿园区的建设,统建统维的理论研究,在实现未来智慧园区以及向零碳智慧园区演进具有重大意义,通过统一协议标准、统一接入,以及统一的数据标准,实现多个煤矿矿区智慧园区设施设备的归一化管理,能够大幅提升园区管理效率,使园区应用持续迭代。采用业务开发子平台,在应用一边用、一边学、一边迭代开发的过程中,持续优化,避免重复投资,过度投资,有效提升对智慧园区可持续发展愿景的投入。在当前煤矿智能化建设的大背景下,智慧园区作为重要的组成部分,关注园区建设,对矿区职工便捷生活,提升幸福感有促进作用,关注员工健康,关注员工在园区的日常生活,能够促进煤矿生产工作的效率,并保障安全。

多园区智能化建设展望

通过统一智慧园区数字平台的建设,未来神东将具备独立开发园区应用的能力,在不断提升端侧信息化智能设备的建设能力过程中,依靠强大的数字平台能力,将设备进行统一接入和数据采集,同时对数据进行融合、挖掘,不断迭代出新的创新应用。多园区场景的智慧园区建设研究,将大幅降低重复建设多个系统带来的成本浪费及资源浪费,从而逐步向零碳智能化园区发展。未来神东各个单位园区,会不断接入到统一平台,通过标准化的设备接入接口、统一的应用开发平台,以及标准的数据格式进行创新开发,在标准的基础上进行定制,在定制的过程中形成标准,不断创新迭代,随着技术的不断发展,多园区数字平台统一建设方案将更有效利用好新技术带给员工园区生活的便利,关注员工生活,关注员工健康,提升管理水平,以及数字化、信息化的优秀管理经验将不断继承下去,形成良性的发展趋势,为煤矿工业在整体智慧化建设过程中添砖加瓦,让多园区智能化建设方案在未来发挥更重要的作用。

多园区智慧数字平台研究,提供了开放的业务开发子系统,依赖园区的智慧化应用开展,不断提升人才培养能力。员工用好平台不仅仅带给生活、健康、安全上的便利体验,同时平台提供给神东信息化建设的人才培养基地,通过用好平台能力,实践智慧化应用开发的流程,掌握信息化设备接入、大数据分析、人工智能的实践、网络基础能力;研究利用好智慧园区数字平台将培养出企业需要的信息化、智能化人才队伍,为整体智能矿山建设提供有效的人才培养土壤。

■ 责任编辑:李艾稣

作者简介:

第一作者:周超逸,工程师,现任国能神东煤炭智能技术中心智能矿山部项目主管。

E-mail: 624100414@qq.com

作者单位:国能神东煤炭智能技术中心