



水利水电国际资讯摘要

IWHR International Digest

中国水利水电科学研究院 主编:丁留谦 执行主编:王玉杰 责编:何鑫 李文洋

2025
5
总363期

2025年水技术趋势
数字技术推动水资源管理革新

塞尔维亚农业系统管理和
降低灾害风险情况综合分析



2025年水技术趋势

数字技术推动水资源管理革新

趋势1

人工智能：高效水资源管理

2025 年, 人工智能和运营智能有望在优化水资源管理、提升效率、降低运营成本和促进可持续性方面发挥关键作用。通过这些技术, 能够实时分析海量数据, 加强基础设施管理, 并增强用户关系。

数字平台整合了人工智能与运营智能系统, 以应对水利行业的各项挑战。这些数字工具通过融合物联网传感器、数据采集与监视控制系统(SCADA)以及地理信息系统(GIS)等多源数据, 运用先进算法进行漏损检测、管网优化和服务质量提升。利用这些技术可以减少水资源浪费、降低碳排放, 助力实现可持续发展目标——特别是可持续发展目标 6: 清洁饮水和卫生设施, 从而促进可持续资源管理。

人工智能的应用: 2025 年关键发展趋势

人工智能将成为推动水资源管理转型的关键工具。2025 年人工智能在水领域的主要应用方向如下:

污水处理厂动态优化

2025 年, 可利用人工智能技术实时调整污水处理流程, 包括药剂用量和处理流程线, 持续推动污水处理厂运行革新。随着数字孪生技术更加成熟, 可以模拟复杂场景实现问题的超前预测。这将提升应对极端事件的韧性, 并进一步提升能源利用效率。

能源优化

2025 年, 可持续发展将成为优先任务。利用人工智能技术的预测模型可按需调整设备运行, 从而降低泵站和污水处理厂的能耗。这类解决方案已实现能耗降低 25%, 下一步可继续整合气候与用水量实时数据, 不断提升能效, 从而推动环境管理。

需水量预测

此趋势表明, 先进人工智能算法将在精准预测用水高峰方面发挥关键作用。2025 年, 水资源管理将实现无缝集成, 自动调节水资源分配和储蓄。这将有效减少资源浪费, 使公用事业公司能够主动应对用户行为变化和极端天气事件。

超前问题检测

2025 年, 人工智能技术将在渗漏和运行故障的早期检测应用方面变得更加成熟。这将增强系统韧性、降低维护成本, 同时提供个性化的用户体验。公用事业公司能够实时向用户发送精准问题预警, 从而提升公众节水意识。

污水处理优化

2025 年,人工智能将助力污水处理的全面优化。预测系统能够自动调节关键工艺流

程,以满足更严格的环境标准。此外,可利用数字孪生技术模拟水质变化趋势,提前规避风险,确保长期可持续性。

运营智能: 2025年全面发展的未来

2025 年,运营智能将进一步发展成为集中数据、优化资源和增强实时决策的关键解决方案。未来的发展趋势具体如下:

1. 集中化与先进监测

智能运行解决方案将演变成完全集中化平台,构建多源实时数据。2025 年,这些平台将实现运行状态的即时可视化,帮助公共事业公司优先采取重点干预措施、降低运行成本,并对洪水和停电等突发事件做出快速响应。

2. 个性化决策

2025 年,数据分析技术将实现新维度跃升。公用事业公司通过配置有关系统的控制面板,能够根据特定场景灵活调整运行策略。预测工具能够精准识别历史规律,并提供实时建议,从而最大限度提升效率、降低风险。

3. 预测性维护与算法优化

2025 年,预测性维护将成为常态。先进算法能够通过振动、压力波动等运行数据,在故障发生前及时识别潜在问题。这将大幅降低设备维修成本,并显著延长重要基础设施的使用寿命。同时,基于人工智能的自动化运行系统还能够根据需求和工况自主优化设备使用情况。

4. 集成外部技术简易化

运营智能系统能够整合内部水管理应用的数据,并接合商业智能工具等外部技术,从而构建一个集成化的环境,促进协作和战略分析。通过整合这些系统,相关机构不仅能提升运营效率,还能快速响应运营与战略需求,从而提高客户服务质量。

综上所述,由先进人工智能技术支撑的运营智能将在 2025 年推动水资源管理革新。这些解决方案将为企业带来显著的竞争优势,涵盖从集中数据到预测算法优化运行等各个方面。公用事业公司将能够利用这些工具,在日益严峻的环境中提高可持续性、优化资源并保障服务。

趋势2

网络安全：加强对基础设施的保护

2025年强化水网络安全的关键策略

1. 技术升级和物理安全

2025 年, 水行业需通过 SCADA 等系统的定期升级来强化网络安全, 确保符合现行网络安全标准, 并考虑运用网络分段和强身份验证等方法。此外, 远程控制站必须配备监控和防入侵系统等物理安全措施。

2. 持续监测与风险评估

实时监测系统能够在威胁升级前检测并减轻威胁。同时, 持续开展风险评估对于确定关键漏洞、规划预防措施至关重要。将这些监测工具与安全信息和事件管理系统(SIEM)集成, 可建构高效运行的安全运营中心(SOC)。

3. 强化安全文化建设

2025 年, 构建以网络安全为重点的机构文化将成为必然要求。这包括实施员工培训计划、推行数据加密和多重身份验证的安全政策, 以防止未经授权的访问。

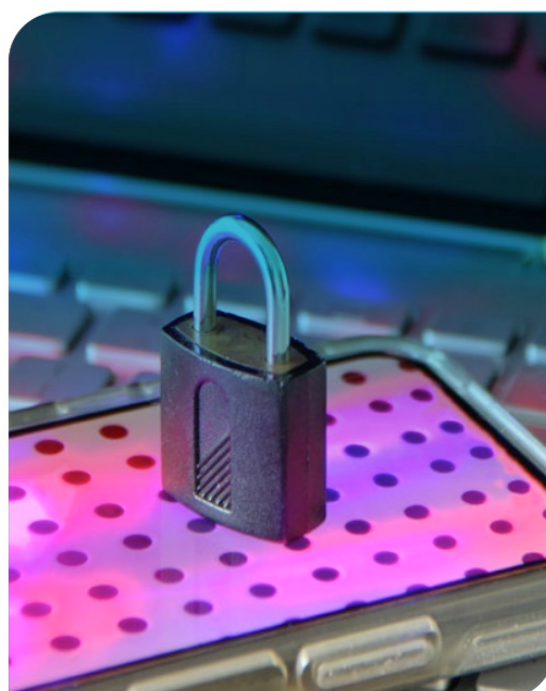
4. 面对攻击的应对和恢复计划

配置系统冗余、并设计恢复计划, 确保在遭遇严重网络攻击和技术故障时维持运行的连续性。这些措施在 2025 年至关重要, 可维护公众对关键基础设施的信任度。

综合策略的影响

2025 年, 制定健全的网络安全政策将成为关键水基础设施领域的必备要求。欧洲《NIS2 指令》¹ 等法规不仅严格推行网络安全标准, 还鼓励加强国际合作, 以确保对网络事件的有效应对。

采用整体性策略的企业将更有能力降低有关风险, 并将其服务打造为创新与可持续发展领域的标杆。这一愿景将提升企业声誉, 并确保其在互联程度更高、监管更严格的环境中实现更为高效的运营。



¹全称为《关于在欧盟实现高度统一网络安全措施的指令》

网络安全的投资效益

以下要素凸显了网络安全投资作为 2025 年水行业可持续发展与竞争力提升核心的必要性：



资源保护和公众信任

必须采取强有力的措施保护水资源这一重要资产，在确保水质达标与水量充足的同时，防范供水中断的风险。



敏感数据保护

公用事业公司处理包括个人和财务数据等关键信息。保护这些数据将有效防范信息窃取，并避免因服务中断引起的经济损失。



运营优化与声誉维护

高效的网络安全部署能有效减少攻击导致的系统停机时间，提高生产力并增强客户信任度，从而在市场竞争中巩固企业声誉。

综上所述，鉴于网络威胁日益增加，加强水行业的网络安全防护在 2025 年至关重要。技术升级、网络分段和多重身份验证等，将成为保护关键水基础设施的重点策略。此外，持续监测、安全培训和韧性计划的实施，将保障运营的连续性，维护公众信任，帮助公用事业公司引领改革创新。

趋势3

控制水损：减少无收益水

控制水损是全球水务公司的核心要务。优化配水系统、最大限度减少无收益水对于提高效率、保障可持续性和降低成本至关重要,但这需要通过组织变革实现用水效率的持续提升。

2025 年,实时数据分析与分区计量(DMA)等技术的应用将有力推动水务公司现代化并有效控制水损。以下技术在检测漏损、延长供水时间、提升运营效率以及优化水利系统投资方面,能为决策提供竞争优势。

1. 数字孪生

数字孪生技术能够全面呈现系统全景,并通过多场景模拟,助力公用事业公司分析各类情景下的应对策略。通过系统全景视图,数字孪生技术能够提升运行与规划效率,支撑决策,从而降低能源成本并优化水力参数。

2. 先进计量基础设施

2025 年,先进计量基础设施(AMI)的应用将成为饮用水配水系统的另一大关键趋势。与自动读表系统(AMR)不同,AMI 不仅能实现远程读表,还可以通过大数据技术集成并处理信息,同时广泛使用数字平台。公用事业领域目前已成熟应用 AMI,其挑战在于接收时间分辨率更小的数据,将用水量数据间隔缩短至 1 小时以内。

3. 地理信息系统

2025 年,地理信息系统(GIS)将巩固其作为水务公司核心工具的地位。由于基础设施领域传感器的技术进步,GIS 现已能整合更多数据流,包括管道材质、铺设日期及事故记录等关键信息,从而预防可能导致严重材料损坏的管网故障。GIS 能够呈现具有地理空间属性的任何数据——从卫星影像、传感器数据到矢量信息,从而可支撑供水方面的决策。

4. 分区计量的优势

使用实时数据分析和分区计量已成为一种趋势,因为这两种技术能够有效应对配水系统漏损检测与防控。将供水管网划分为若干较小区域,并监测各区域的进出流量,水务公司可计算水量平衡值,并检测高水损区域,从而提升供水服务质量。

5. 先进漏损检测技术

声学监测、光纤以及基于智能水表和压力传感器的实时数据分析等先进技术,可进一步优化水损控制。这些技术能够帮助水务公司快速定位并修复漏损点,最大限度减少水资源浪费。此外,将这些技术接入分析平台可形成持续的反馈循环,从而提升管网效率。

综上所述,2025 年实时数据分析与分区计量管理方面的创新将为水损控制带来更精准、更快速且更具成本效益的解决方案。人工智能、物联网、增强型传感器和数字平台等先进技术的应用将提升水资源管理和保护,在可持续发展与韧性建设需求日益迫切的当下,持续优化水资源利用。

趋势4

新兴技术驱动污水处理厂优化升级

随着全球人口增长、城市化进程加速,污水处理厂面临着多重压力:既要确保出水水质,又要最大限度减少环境影响和运营成本。联合国等机构指出,2025 年全球人口将达到 82 亿,这会加剧用水压力,污水处理厂的可持续性将成为热点议题。

2025 年,以数字化和创新方法为主导的技术趋势将持续革新污水处理模式,朝着更高效、更智能、更可持续的污水处理体系转型。

今年,可持续发展领域需要考虑两个方面。首先是可持续数字化转型,即对技术的环保使用;其次是数字可持续性,即通过智能解决方案和应用,企业能够不受供应商限制而获取并利用其数据的过程。

工业 4.0 技术正在彻底改变污水管理方式。利用人工智能驱动的智能传感器、物联网设备和数据分析技术,能够实现对水质、设备性能和能耗的实时监测,也能够帮助水务公司预测设备故障、优化污水处理工艺并确保监管合规。

此外,欧盟新颁布的第 2024/3019 号指令提高了水质要求,对污水回用制定了更为严格的标准。这也给污水处理厂带来更大挑战。为了达到新标准,需采用膜过滤和紫外线消毒等先进技术。该指令还要求污水处理厂使用物联网传感器实现持续监测,并借助厌氧消化技术促进能源中和。指令鼓励农业和工业领域的污水回用,并规定生产者需承担去除微污染物的费用,进一步强化了循环经济模式。这些措施都敦促污水处理厂需进行大规模投资和技术改造,以满足新的水质和可持续性标准。



2025年水处理技术趋势



运行优化

人工智能模型可精准调控药剂用量和能耗等工艺参数,从而节约成本并监管合规。



数据驱动的工艺优化

利用大数据分析和机器学习技术,处理系统优化(TSO)解决方案能够实时优化曝气、化学加药和污泥截留等工艺环节,从而简化污水处理。TSO可通过智能决策提供可行方法,在确保出水达标的同时,最大限度减少能耗和药剂用量。



预测性维护

人工智能可通过数据模式检测来预测设备故障,从而最大限度减少停机时间并延长设备寿命。



支撑决策

实时洞察功能可助力更快速、更合理的决策。



可持续性

人工智能解决方案可减少对环境的影响,并提升资源有效利用。



再生水利用

在水资源日益短缺的背景下,相关技术使得污水可经处理后被安全再利用,主要用于农业灌溉和城市用水等领域,促进了水资源的可持续发展和保护。



排放控制与水力效能

物联网传感器和大数据的应用可对污水管网和污水处理厂进行实时监控,检测排放情况并优化水力性能。

人工智能与数字孪生技术融合

人工智能与数字孪生技术在污水处理厂的融合应用,形成了一种提高运营效率、降低成本、强化决策和实现可持续发展目标的变革性方法。运用该技术的主要挑战包括确保数据质量,优化工艺监测,以及将人工智能纳入机构文化。

目前,人工智能在污水处理厂的应用率约为10-15%,且主要集中于大型水务公司。2025年,人工智能解决方案变得更具成本效益,其投资回报率日益显现,这一比例预计将上升至25-30%。

这一上升趋势预计将在未来几年持续。到2035年,人工智能将用于全球70-80%的水处理业务,推动整个水行业在合规性、安全性和效率方面得到全面提升。

这种范式转变表明人工智能和数字孪生技术是推进水处理技术的关键要素。

趋势5

防洪管理：有效应对极端事件

2025 年, 数字化工具将成为城市与河流洪水管理的关键。结合不同类型洪水的特点的, 可能会有不同的技术趋势与解决方案。

2024 年, 西班牙瓦伦西亚市、巴西南部 and 东非等地洪水频发, 凸显出采用先进创新技术构建预警系统和决策支持工具的必要性。通过采用这些技术, 再配合全域综合治理政策, 可显著减少未来类似灾害的风险和影响。

1. 决策支持系统

洪水管理面临诸多挑战, 亟需先进的技术工具来优化决策和风险防控。决策支持系统利用数字技术和预测算法, 可进行实时或中长期规划和管理。这些技术工具能够分析大型数据集、辅助趋势识别, 并制定由人工智能策略。

2. 预警系统

预警系统侧重短期预测, 用较短的预见期生成极端天气事件预警, 有助于快速响应即将到来的洪水, 并为应急预案启动争取时间。预警系统将地形地貌特征的详细信息与先进水文模型相结合, 模拟强降雨条件下河道的响应。尽管这些系统包含水文模拟结果和历史数据, 但其核心功能仍在于提供实时预警和洪水管理。

在利用决策支持系统和预警系统管理城市和河流洪水时, 要配合使用其他技术工具。以下技术在2025年将继续获得关注:



物联网传感器和智能网络

安装在城市排水设施和河流中的水位传感器仍将是提供实时数据的关键工具。此外, 连接移动应用程序的居民预警系统将加速普及。



地理信息系统

这些系统通过绘制洪水易发地区地图, 可确定优先干预区域。基于城市地形、土地利用和历史洪水模式, 作出更合理、有效的决策。



仿真与响应平台

城市数字孪生系统将用于预测洪水情景并评估不同解决方案的影响。决策者可据此确定最有效的风险应对策略、优化可用资源并优先安排必要的干预措施。

以下工具将继续在河流洪水管理中发挥关键作用：

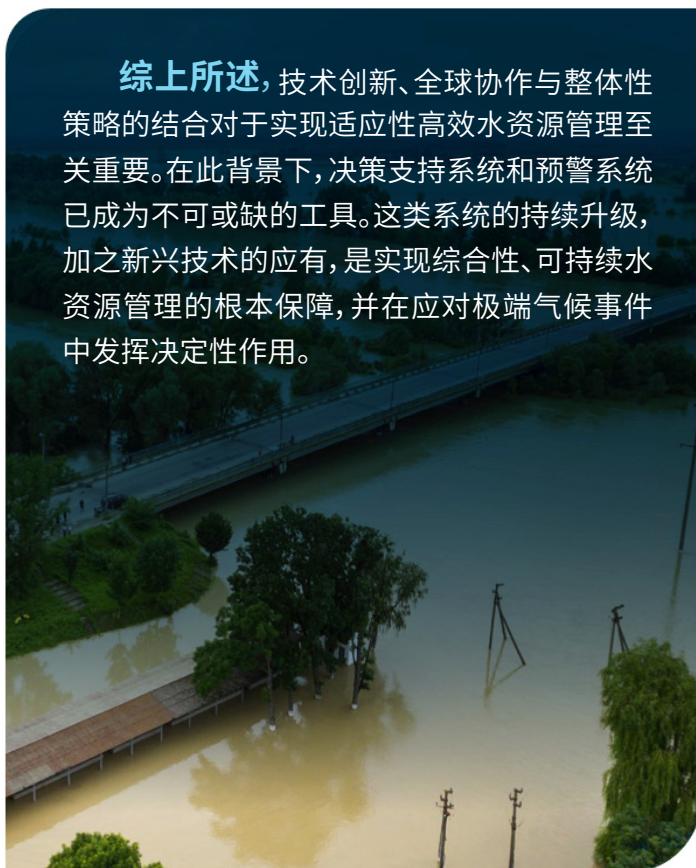
1. 水文和气候模型：通过整合包含历史、地形和气候数据的预测模型，模拟河流与含水层动态，进行洪水预报。

2. 卫星技术和地理空间数据分析：GIS 系统将日益普及，应用于流域内风险区域地图绘制，并通过空间分析提供预防性措施，如修建大坝和分水渠。

3. 大数据与机器学习：通过分析历史和实时数据，提高预测能力；帮助确定洪水发生频率与严重程度的变化规律。

4. 水资源综合管理：水利部门将更多采用融合气象、水文和用户数据的数字化平台，实现跨流域协同治理。

综上所述，技术创新、全球协作与整体性策略的结合对于实现适应性高效水资源管理至关重要。在此背景下，决策支持系统和预警系统已成为不可或缺的工具。这类系统的持续升级，加之新兴技术的应有，是实现综合性、可持续水资源管理的根本保障，并在应对极端气候事件中发挥决定性作用。



趋势6

智能灌溉：可操作性和管理水平提升

数字化转型与先进技术的应用将在 2025 年进一步推动农业和城市灌溉领域革新。这涉及到优化农业灌溉中水和能源资源利用、城镇公园绿地高效水资源管理等各个方面。智能传感器、遥感技术和数字平台等工具正在引领可持续发展以及水和能源利用效率方面的重大变革。这些技术进步不仅提高了环境可持续性,还显著增强了系统可操作性并降低了运行成本,使智能灌溉成为未来水资源管理的关键组成部分。

农业智能灌溉面临的挑战与发展机遇

农业正面临诸多严峻挑战,特别是气候变化导致的水资源短缺,因此提升灌溉能力变得至关

重要。智能灌溉正逐渐成为未来农业的重要解决方案,可根据土壤与作物的实际需水状况,动态调节灌溉水量与频次。利用遥感、传感器技术和先进算法,可在灌溉中大幅提升环境可持续性与运行效率。

此外, GIS 等技术的应用也全面革新了农业管理。数字化平台将 GIS 整合到灌溉基础设施和地块管理中,并结合用水量、作物特性和土壤状况等实时数据,用来支撑决策。GIS 等技术的应用也可简化基础设施维护操作,提升管理效率。

农业数字化转型的基础要素

2025年,农业灌溉领域将呈现以下关键技术趋势:

1. 远程读表与水力调控

远程读表将继续推动灌溉现代化,提供精准实时读数、减少人为误差并优化计费周期。

此外,远程读表技术还能通过实时与历史数据分析,实现渗漏和用水异常的高级管控。同时,地块级用水监测能够更精准控制水量分配,并为不同类型作物生成水足迹系数。安装分区流量计和压力传感器将有助于确定、管控灌溉管网中的关键节点。

2. 遥感与高级算法

卫星图像处理技术可用于计算一系列标准化指数,利用生物量和土壤水分等关键参数生成土壤-作物健康详细图谱。这些工具可通过基于土壤水分平衡与气象预报数据的算法自动调节灌溉水量,在实现用水量优化的同时,提升抽水作业的能源使用效率,促进未来农业的可持续发展。

3. 集成化数字平台

2025 年,综合性数字平台将成为集中数据、提升灌溉决策能力的关键。相关决策支持平台通过地理空间参照技术可实现设备管理,支撑基础设施的维护和维修。此外,还能监测水泵系统能耗比,针对重大偏差设置警报,并整合太阳能光伏电站的发电数据,优先调度运行并减少碳足迹。

城市智慧灌溉

2025年,城市智慧灌溉系统将利用先进技术实现公园和城市绿地用水的自动化和优化。这些系统整合了用水效率算法和集中运行信息的数字平台,助力精准、可持续的灌溉管理。

1. 自动化与集中控制

未来几年,灌溉、抽水和施肥系统将通过统一的控制中心进行编程,并根据天气预报、土壤状况、土壤特性和作物类型自动调整运行参数。这种集中化管理将显著提升运行和用水效率、降低维护成本。

2. 实时监控

2025年,传感器将用于监测土壤水分、水质和气象状况,提供实时数据来实现灌溉系统的动态调整,从而最大限度减少深层渗漏,并确保水资源优化利用。

3. 预警与数据分析

数字化系统可为气象、农业事件以及设备故障设置参数化警报。历史数据分析也能帮助改善灌溉规划,并挖掘可继续优化的方向。

数字化对农业和城市灌溉的影响

数字化转型正在重塑农业和城市灌溉。先进技术的引入不仅提升了水资源和能源的利用效率,还有助于实现可持续、高性价比的灌溉方法。在欧洲,“下一代计划”资助的“西班牙复苏、转型和韧性计划”等战略举措将在未来几年加速灌溉领域的现代化和数字化转型,以及智慧城市灌溉的普及应用。通过部署综合性决策支持平台,为灌溉领域带来多重效益,包括水资源优化利用、可操作性提升、能源成本降低以及用水量和管网漏损管控等。



综上所述,2025年,农业与城市地区的数字化转型和智能灌溉将成为应对气候变化挑战、实现水资源和能源高效管理的关键,在保障粮食产能的同时,构建更可持续的城市环境。

趋势7

智能建筑：城市资源和能源管理

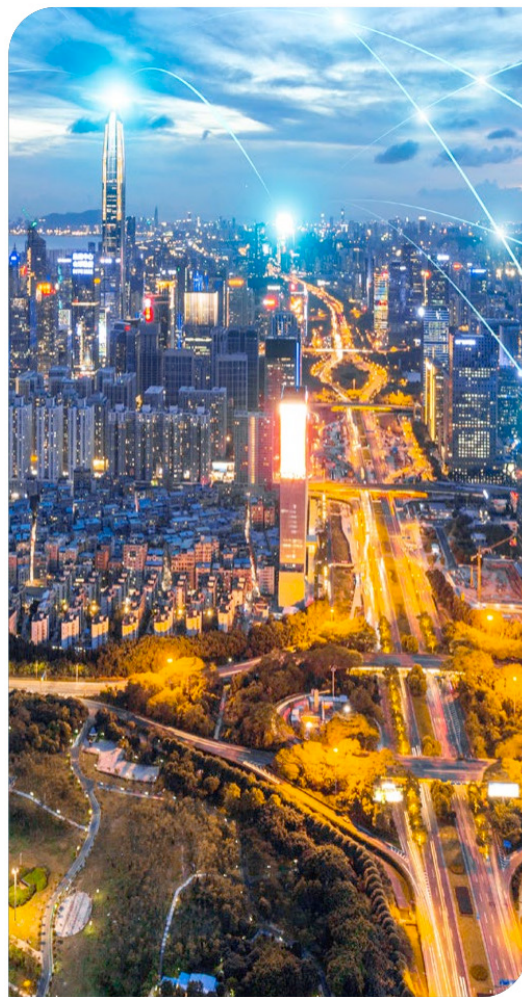
在城市可持续发展背景下，智能建筑和区域供热制冷系统正在彻底改变城市资源和能源的管理方式。进入2025年，数字技术已成为优化这类系统的关键，这将推动我们迈向更高效、更环保的未来。

智能建筑：创新与发展

智能建筑将在 2025 年继续重塑资源效率和可持续性。数据显示，以能源管理和安全等关键领域为例，全球市场规模预计将达到 1170 亿至 2520 亿美元，年复合增长率介于 21.8% 至 29.7% 之间。这一增长主要得益于人工智能、物联网和先进数据分析系统等技术的应用。

智能建筑配备信息通信技术系统，需要数字平台来管理其设备并监测运行状态。这不仅能提升能效，还可以优化照明、门禁、空调、视频监控、停车场及安防等一系列系统的运行性能。

新型智能建筑解决方案涉及数字孪生技术与能源管理系统，可优化资源配置，预测维护需求。这些技术工具不仅能提升效率，还能够降低商业建筑的运营成本。预计到 2025 年，商业建筑将以 53% 的市场份额持续领跑行业市场。



区域供热与制冷系统：城市可持续发展的关键

区域供热制冷系统(DHC)通过单一中心能源站制取热水或冷水, 并采用集中输送模式将流体从生产端输配至接入管网的各建筑终端。数字平台对于高效管理热能输配至关重要。这些平台整合了多种可再生能源, 可实时适应不同建筑的冷热需求。通过持续监测优化能量流、提升运行效率, 能够快速响应需求波动。

2025 年, DHC 将继续在减排提效方面发挥重要作用。DHC 正加速整合可再生能源和余能回收系统, 由此推动构建循环模式。此外, DHC 还具有占地面积小、维护成本低的优势, 因此成为智慧城市建设的重要组成部分。

主要优势



优化当地资源和
可再生能源



与数字平台集成实现
实时管理



减少对城市环境的
视觉和环境影响

综上所述, 由数字平台赋能的智能建筑和 DHC 网络将成为 2025 年城市可持续发展的关键。这些解决方案可推动资源优化、提升能源效率并促进可再生能源的使用, 对未来城市的建设至关重要。

趋势8

水资源优化: 通过强化管理推升供水质量

当前气候危机持续加剧用水紧张, 水资源管理已成为重中之重。联合国儿童基金会指出: “气候变化正在扰乱天气模式, 导致更频繁剧烈的极端天气事件, 使水资源的可利用性变得难以预测。这不仅加剧了水资源短缺, 还造成供水污染”。

因此, 亟需针对这一新形势开辟新路径, 探索能够提升供水服务的策略和技术。

为实现这一目标, 为终端用户提供优质服务, 水务公司必须利用合适的技术工具。

未来几年, 水务公司将逐步应用新技术, 实现更便捷、更清晰的信息管理与访问。这将有助于改进决策过程, 确保高效、安全和持续的供水服务。

2025 年, 新技术的引入将极大促进供水服务监测、预警发布, 并加强水资源管理。新技术还将促进用户和水务公司之间的双向沟通, 确保对咨询、投诉、建议和紧急情况快速有效响应。



联合国粮农组织发布综合分析报告， 强调建立系统管理和降低灾害风险机制



近期,联合国粮食及农业组织(以下简称“粮农组织”)发布系列报告,对黑山、北马其顿、塞尔维亚和土库曼斯坦等国的农业灾害风险减少和系统管理情况开展综合性基线研究。

这一系列报告表明干旱、洪水和水资源短缺日益威胁粮食生产,敦促各国政府采取积极主动的水治理战略,并强调改善灌溉系统、水灾害预警机制和地下水可持续管理的必要性。

研究建议各国结合实际情况采取行动,例如改善蓄水基础设施、推广气候智能型农业灌溉、以及将水文数据纳入政策制定。

粮农组织的倡议旨在呼吁建立长期水资源韧性能力,在维护粮食安全的同时,确保各社区能够适应气候变化的影响。这项工作与更广泛的可持续水资源和灾害风险管理区域性目标相一致。

本文摘编系列报告塞尔维亚篇执行摘要。

塞尔维亚农业系统管理和降低灾害风险情况综合分析

执行摘要

自然与生物灾害：塞尔维亚易受各种自然灾害影响,包括地震、洪水、干旱、冰雹、山体滑坡、野火和暴雨等。2014年5月,塞尔维亚经历了自120年前有记录以来最严重的洪灾,此次洪灾还波及了波黑和克罗地亚。仅在塞尔维亚境内,这场洪灾就影响了38个城市,造成超过15亿欧元的损失。各地区灾害风险水平存在差异,具体取决于灾害类型、暴露程度、脆弱性及应对能力等因素。洪涝灾害是塞尔维亚主要的气象水文灾害,干旱则是造成农业经济损失最严重的灾害类型。流域性洪涝灾害主要由长历时持续性降雨或积雪大规模快速融化引起。山洪的主要成因是夏季暴雨引发的短时强降雨,常见于小尺度流域。

世界气象组织、《联合国防治荒漠化公约》、粮农组织及联合国水机制能力发展十年计划联合报告显示,洪水造成的年均农业经济损失估计在3870万欧元至1.062亿欧元之间,干旱造成的农业经济损失约为5亿欧元。因此,干旱对农业的影响远甚于洪涝灾害。由于农业部门的灾后损失数据——特别是干旱数据较为匮乏,上述金额仅为估算值。

农业是最易受气候变化影响的部门之一,其次是能源、水资源管理和人类健康。除强降雨或冰雹等极端天气事件频发外,冬季及早春气温上升导致植被生长季延长,可能增加病虫害发生风险,如马铃薯块茎蛾、棕色大理石甲虫等蛾类物种,以及可能引发植物病害的各类病原体,如黄曲霉毒素、伏马菌素等霉菌毒素。此外,依赖土壤湿度

的昆虫种类可能因干旱期延长而数量减少。

农业与粮食安全：农业是塞尔维亚重要的经济部门,2022年占国内生产总值的6.75%。2022年,农林渔业外贸顺差达3.486亿欧元;出口额约达13亿欧元,较2021年下降4.4%,其占出口总额比重也从6.1%下降至4.6%。在塞尔维亚农业生产结构中,耕作农业占主导地位(约60%),其次是畜牧业(约30%)、果树栽培(8%)和葡萄酒酿造(近2%)。玉米是最主要的田间作物,播种面积占作物总面积的一半。近几十年来,畜牧业生产持续萎缩。根据塞尔维亚统计局数据,种植业和畜牧业分别占投资总实现价值的70%和30%。

2019年身体质量指数(BMI)数据显示,塞尔维亚15岁及以上人口中逾半数(57.1%)存在超重(36.3%)或肥胖(20.8%)问题,而营养不良人口占比2.4%。贫困方面,2018年塞尔维亚绝对贫困人口占比达7.1%,贫困风险率为24.3%,其中农村地区高于城市地区,面临贫困或社会排斥风险的人口占比达34.3%。

减少农业灾害风险的体制结构和框架：塞尔维亚已制定法律政策文件,旨在实现从被动应急响应向主动减少灾害风险的转型,从而增强社区应对当前及未来外部冲击和压力的韧性。塞尔维亚起草了《灾害风险减少和应急管理法》,在经过修订后,于2018年底正式通过,并在第

87/18 号《官方公报》上发布。¹ 该法律系统规范了灾害风险减少及防范、提升韧性及个人和社区对灾害后果的应对能力等事宜。根据法律要求,部分立法与政策文件——如拟议的《灾害损失评估方法》至今尚未颁布实施,也尚未有明确实施的日期。2017 年 3 月通过了《2016-2020 年国家灾害风险管理规划》行动计划,其中与农业相关的内容只涉及部分灾害风险减少相关的工作,比如洪水和森林火灾风险地图、森林火灾预警系统、灾害防控与管理能力提升,以及提高森林火灾制度层面准备与响应能力。

在推进将灾害风险减少纳入农业规划与项目方面,分析表明其程度仍然很有限。例如,在《塞尔维亚共和国 2014-2024 年农业和农村发展战略》² 中,既未明确自然灾害与气候变化之间的联系,也未将灾害风险减少列入战略目标、优先领域或产出成果,更未提及针对农业灾害风险减少的具体措施。

在机构设置方面,灾害风险减少与应急管理体系是塞尔维亚国家安全体系的重要组成部分,也是重点关注的领域。塞尔维亚内政部下设应急管理部门,该部门下辖五个司,负责灾害风险减少及应急管理方面的工作。在国家层面,防洪和水资源管理职责归属于农业、林业和水利部,由其下属的水务司负责一级重点水道的具体工作。流域防洪工作由公共水资源管理公司负责组织实施。二级河道的水资源与防洪管理职权归地方政府。

粮食安全同样由农业、林业和水利部负责,其兽医司、植物保护司和国家参考实验室司等多个部门共同参与相关工作。塞尔维亚水文气象局负责持续监测气象水文状况,并在洪灾发生前后发布气象水文预报、公告和预警,以减轻灾害影响。在跨部门协调机制方面,随着《灾害风险减少和应急管理法》的颁布实施,塞尔维亚现已开发

国家减灾风险控制平台,由应急指挥部管理,显著加强了各相关参与方间的协调、协作与沟通。

预警系统: 塞尔维亚水文气象局负责发布极端气象水文事件预警,如强风、冰雹、雷暴、山洪、河流洪水、河面结冰、暴雪、高温热浪、极寒和干旱等灾害性天气。2008 年,塞尔维亚建立了名为“MeteoAlarm”和“HydroAlarm”的大气水文灾害预警报警系统。其中, MeteoAlarm 系统已纳入欧洲气象预警系统,为可能引发洪涝的强降雨、强雷暴、大雾及暴雪等极端天气提供预警。水文气象局还与各类媒体合作发布天气、气候及水文预警信息,通过广播电视、手机短信、电子邮件及互联网等渠道传播。

在市场信息的系统建设方面,农业、林业和水利部 16 年来一直通过“塞尔维亚农业市场信息系统”门户网站收集、处理和提供农产品主导价格和农业生产投入的有关数据。该系统功能还包括分析与报告,并形成周报和月报,定期在网站上发布。系统每周、每月监测价格数据,动态追踪农业经营单位、生鲜市场、批发市场、家畜市场,以及粮仓、屠宰场、乳品加工厂和农资药店等环节的零售与批发价格波动情况。

农业气象服务: 水文气象局下设专门的农业气象部门,其提供的 CropSyst 农业气象模型具备作物生长模拟功能,能够模拟不同作物的生物量和产量、土壤中的水分和氮储量以及作物物候。农业气象部门利用 CropSyst 模型精选出农产品,定期编制农业气象旬报。目前,该模型应用于境内不同农业区域的六个选定点,针对特定的玉米作物。

该旬报以图表形式呈现实时数据,包括:

- 每日实际蒸散量与潜在蒸散量;
- 日降水量;

¹于2018年经塞尔维亚共和国国民议会审议通过。

²该战略由塞尔维亚农业、林业和水利部于2013年起草。

- 地表以下 1 米深度土壤含水量(以可利用水量的百分比表示)。

该旬报还以表格形式提供部分模拟预测相关的参数,包括:

- 植被期开始至模拟结束期间的潜在蒸散量、实际蒸散量及降水量的累计值;
- 各玉米作物物候期的出现日期;
- 基于天气预报的产量预测。

水文气象局还提供常规气象水文预警信息。农业技术推广服务站下设的预测和报告部门负责监测天气数据、病虫害等指标。然而,这项服务并不为农民所熟知,需加强传播力度,使农民掌握更全面信息,并基于此做出更明智决定。

农业灾害风险减少:根据《灾害风险减少和应急管理法》第 25 条规定,塞尔维亚已完成了首轮全国灾害风险评估工作,并将根据实际需求及新形势变化定期更新完善。基于农业在粮食生产、商品储备及关键基础设施构成方面具有重要作用,此次评估认定农业为高脆弱性行业。有关部门针对不同类型的灾害风险制定了不同的场景方案,其中与农业密切相关的场景包括干旱、高温热浪、动植物疫病等,同时绘制了相应的风险地图。此外,塞尔维亚目前正在推进全国 23 个城市的灾害风险减少计划制定与实施工作。在灾害损失评估方面,采用了一套独特的自然灾害及其他灾害损失评估方法体系,用以开展相关工作。不过,该方法体系自 1987 年制定沿用至今,已严重过时。截止 2023 年 1 月,新的方法体系仍在完善中。

农业保险是农民转移风险的重要途径。然而,塞尔维亚农业保险体系发展相对滞后。2012 年,塞尔维亚政府颁布专项法规,对畜禽、作物、果树、苗圃及多年生植物幼苗的保险赔付条件与赔付基金使用作出明确规定。然而,粮农组织 2016 年开展的洪灾损失评估报告指出,塞尔维亚当前仍存在保险费率过高、承保农作物的保险公司数量缩减等问题。大多数保险公司原则上不承保洪涝灾害险,仅有少数保险公司提供涵盖洪涝风险的综

合保险产品,这极大限制了农民的投保选择空间。

对涵盖干旱风险的保险产品,情况也不容乐观。目前仅有个别保险公司提供干旱灾害险,且在可投保作物种类以及承保期限方面存在双重限制。这类保险产品市场遇冷,根本原因在于:尽管过去十年间塞尔维亚曾多次达到干旱应急响应标准,但政府始终未宣布进入干旱紧急状态。

灾害风险减少相关规划与项目:粮农组织和联合国开发计划署等联合国各机构及其他国际组织正在与塞尔维亚主要国家部门合作,围绕气候变化适应,共同实施灾害风险减少、预警系统和农业气象服务的一系列计划和项目。例如,当前正在实施一个为期四年的项目,主要评估农业、林业和水利部在灾害风险减少与气候智能型农业领域的能力短板。

结论与建议

与阿尔巴尼亚、波黑、北马其顿和黑山等国家相比,塞尔维亚已在立法和政策层面推动应急管理体系转型——从被动响应转向主动降低灾害风险模式,但新版《灾害损失评估方法》等部分文件尚未通过,当务之急是尽快通过立法,以界定并执行各方权责。根据本报告在灾害风险减少方面的案头研究和分析,提出以下建议:

法律、政策与制度环境

- 推动灾害风险减少纳入农业规划、政策与策略,确保与气候变化相衔接,并充分利用气候变化方面的财政资源和资金渠道。
- 将灾害风险减少相关措施与技术纳入政策、战略和其他规划文件。
- 制定国家和地方灾害风险管理计划,并重点纳入农业领域防灾准备活动与应急计划编制。
- 在农业、林业和水利部内部建立一个灾害风险减少工作组,促进并加强农业灾害风

险的降低。

- 整合提升发展与风险降低措施,并以更有效的方式开展支出和投资活动。

预警系统

- 通过推广服务,并依托水文气象局,改善面向农民的信息传播与获取渠道。
- 通过采用国际标准,实现数据采集和发布的数字化,提升全国价格和市场信息系统。
- 水文气象局通过计算标准化降水指数(SPI)来发布干旱预警。然而,目前还不确定是否分析了土壤水分或作物的保水能力,这对提升塞尔维亚的干旱监测很关键,需进一步明确。
- 灾后需求评估。
- 现有的灾后损失评估方法已过时,需参照国际标准与指南进行更新。
- 加强灾前基底数据——特别是农业部门基底数据的评估。
- 按照国际指南和标准,加强国家和地方机构开展灾后需求评估、灾害风险评估以及脆弱性和灾害测绘的能力。

- 根据《灾害风险减少和应急管理法》的规定,开展多灾种与脆弱性测绘工作,并进行多风险评估。
- 认识到干旱对农业的重大影响,并将其纳入相关的国家法律和制度框架。
- 统收集、整合和分析灾害损失数据。

农业保险

- 获取更多资料,并深入分析农业保险产品在大规模农户与小规模农户之间的分布情况。
- 在政府提供40%的保费补贴的情况下,进一步了解农民不愿购买农业保险的原因。
- 提升农民对农业保险作为风险转移工具的认识,来减轻自然灾害对农业的影响。



欢迎关注中国水科院微信公众号
地址:北京市海淀区复兴路甲一号
本刊联系方式:中国水科院国际合作处
联系邮箱:dic@iwhr.com
2025年5月15日