

# 威海市一体化疫情防控系统设计

## *Design of Weihai integrated epidemic prevention and control system*



赵东旭(1963-),男,威海市大数据中心高级工程师、总工程师,主要研究方向为人工智能、大数据分析。



赵健雅(1977-),女,威海市大数据中心高级工程师,数据应用科负责人,主要研究方向为大数据应用。

中图分类号: D668

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2022053

## 0 引言

2020年初,新型冠状病毒肺炎(以下简称新冠肺炎)疫情(以下简称疫情)暴发。为了全面落实党中央、国务院关于战胜疫情的重要部署,按照“疫情就是命令,防护就是责任”的要求,威海市紧急开发部署了公共场所出入登记系统,对城市人员流动进行监管。为了保障复工复学的正常秩序和登记核查,在全市50 000余处检疫点(涵盖公共交通、公共场所、重要活动赛事场馆、机关单位、企事业单位、景区、小区出入口等)实行了扫码登记,覆盖社区5 130个,累计扫码量达到3 646万次,系统注册用户达到147万余人,匹配外地来威海市的人员57.65万人,其中山东省内人员41.32万人、山东省外人员16.33万人,单日最高扫码量达到100万余次。全市超过19 000家复工商超、企业采用该系统实现了复工后的人员进出管理。

随着德尔塔毒株的出现,疫情开始在全国多点暴发,疫情防控形势变得严峻复杂。新的形势提出了新的、更高的要求。一是如果威海市再次发生疫情,根据疫情防控工作的总体要求,必须迅速开展全员核酸检测,要求1天内完成全市300多万人口的全员集中核酸检测任务,这对疫情防控系统的性能和并发量提出了很高的要求;二是满足日常对重点人群、14类人群的应检尽检要求,需要采集和对比来自多个数据源的数据;三是系统使用主体更加多样化,包括采样机构、采样窗口、检测机构、样本中转站、市级卫生健康委员会、区市卫生健康局、公安局、市场监管局、疾控中心、商务局、药店管理员、各年龄段市民等,部署点位更加多样。这就要求必须站在全市的高度,统筹全局,统合资源,对疫情

防控系统进行一体化的总体设计。

原威海市公共场所出入登记系统已远远不能满足上述新形势的需求。为了更有效地应对复杂严峻的疫情防控形势,威海市大数据中心决定建设威海市一体化疫情防控系统,依托云计算、大数据、人工智能等新兴技术<sup>[1-9]</sup>,在政府相关部门、医院、核酸采样和检测机构、镇街、社区等各级相关单位之间实现一体化的协同联动机制,优化疫情防控工作流程,提高工作效率,精准管控重点人群信息及状态,提升疫情防控能力。

## 1 疫情防控存在的问题及相应对策

### (1) 难点和挑战

疫情防控工作涉及的点多面广,疫情防控系统的使用主体、操作人员及管理对象构成复杂,要使其发挥更大的作用,还面临诸多挑战。

一是系统对网络的依赖性过高。系统的服务端是基于政务外网进行设计的,用户端是基于互联网进行设计的,因此系统对网络环境和带宽的依赖性非常高。用户的核酸检测登记和出入登记,以及检查点管理端人员的绑管和检测操作都要依赖互联网。如果网络瘫痪,再多的服务器和再有效的流程优化也无法开展出入亮码登记和核酸检测工作。

二是个人基本信息依靠人工录入。威海市新冠肺炎核酸检测信息系统主要依托检测机构建立,大多属于院内检测业务系统的延伸。院外集中检测送检信息主要依靠人工录入。在开展全员核酸检测时,若依靠人工录入来登记人员基本信息,根本无法在指定时间(1天)内完成全员核酸检测任务。另外,在紧急情况下,人工录入容易出错。

三是部分老年人使用手机等智能移动终端不便。有些老年人可能不会使用甚至没有智能手机,无法出示健康码、行程码。

四是入境船舶信息填报不便。威海市海岸线长达近千公里，有若干个远洋货运码头和修船坞。入境船舶人员复杂，这些人员（含外籍员工）有可能与境外人员接触，这给疫情防控带来了严重隐患。

#### (2) 应对措施

针对上述4个难点和挑战，威海市一体化疫情防控系统采取了以下应对措施。

一是为基层工作人员开发脱网版客户端App。采取最原始的单机模式，彻底解决系统对网络的过度依赖问题。在极端情况发生时，基层工作人员可以手动输入个人信息，将绑管和绑箱的代码直接输入手机进行数据缓存，待网络畅通之后，再一键上传。这从根本上解决了当健康码崩溃或网络瘫痪时，无法进行核酸检测等重大问题。

二是尽量减少人工录入环节，特别是针对基层应用。通过生成和扫描二维码的方式进行信息录入，尽量避免人工录入信息。

三是应用图像识别技术，通过扫描身份证，识别老年人以及使用智能终端不方便的人群的身份信息，并从共享数据库中拉取健康码以及行程码信息，解决了使用智能终端不方便的群体的难题。

四是针对入境船舶信息填报不便的问题，调整完善入境船舶防疫模块功能，贴近口岸防控、海上防控实地工作需求，实现出入境船舶艘次、船员人数、离船入境船员人数、集中隔离船员人数、阳性船员人数、坞修船厂基本信息、船舶基本信息、随船人员基本信息等的系统填报。

## 2 一体化疫情防控系统架构及性能优化

### 2.1 设计原则

威海市一体化疫情防控系统遵循“三个

全覆盖”“两个聚焦”原则进行总体设计。

#### (1) 三个全覆盖

一是业务全覆盖。凡是涉及疫情防控的业务都要纳入一体化疫情防控系统，只有这样才能全面掌握疫情情况，才能快速、精准地分析研判疫情态势。

二是点位全覆盖。一体化疫情防控系统要覆盖所有城市管辖区域的出入口，包括市内所有公共场所以及机场、高铁站、汽车站、码头、船舶坞修基地、高速路出入口、公路出入口等。只有这样才能全面排查、梳理红黄码（包括高中风险地区来威海市）人员的流入情况。

三是人员全覆盖。全市民核酸检测情况、红黄码人员情况、重点人员“应检尽检”情况、密接/次密接人员信息、排查随访人员信息等均需录入系统，并及时进行更新。

#### (2) 两个聚焦

一是聚焦管理大闭环，实现工作链条全程可追溯。将重点人员的基础信息、重要工作运转流程纳入系统，实现全链条管控，及时发现和堵塞工作漏洞。

二是聚焦便捷易用性。贴近基层使用人员，通过多种方式收集改进意见和建议，并完善功能、优化流程等，从而提升用户的使用体验。

### 2.2 系统架构

威海市一体化疫情防控系统总体架构采用4层架构、两大体系，如图1所示。

- 基础设施层：主要包括网络、服务器、存储设备、安全设备等，是构成平台运行的重要基础。在起始阶段，系统配置了30台高性能服务器、3 GB带宽，确保系统具有足够的计算、存储和传输能力及冗余性。

- 数据资源层：集中管理多个来源的需要交换和共享的数据资源，包括交换数据

库、目录数据库和共享数据库等。数据资源层为应用支撑层提供高效、安全的数据访问服务。

- **应用支撑层**：包括由服务总线、流程引擎、消息中间件等组成的基础服务，以及桥接子系统、目录服务子系统、信息交换子系统、监控管理子系统等应用支撑子系统。

- **应用层**：面向系统用户，提供一体化疫情防控系统的各种应用，如出入登记、核酸检测、疫苗接种、药店购药、密接管理、重点人群管理等。

- **安全保障体系**：贯穿于一体化疫情防控系统总体架构的各个层面，平台各系统的建设都必须采取相应的安全保障措施，以保证平台安全可靠运行。其包括主机安全、网络安全、数据安全、应用安全4个方面的相关管理制度以及技术要求。

- **标准规范体系**：系统建设和运维要遵循统一的规范体系，它是平台各系统得以顺利建设和正常运行的基本保障。标准规范体系的建设内容包括制定资源提供方、信息资源管理方、信息资源使用方、平台运维管理单位等的行为管理制度，以及完善电子政务标准规范体系、建立信息资源共享交换相关标准，还需制定信息资源相关业务规范。

## 2.3 数据来源

威海市一体化疫情防控系统除了需要通过市共享交换平台访问市直各部门的业务数据，还要对接山东省健康码校验数据接口、山东省疫苗接种及核酸检测校验数据接口、国家人口库接口、山东省人口库接口、威海市人口库接口、威海市法人库接口、工业和信息化部（以下简称工信部）行程核验查询短信

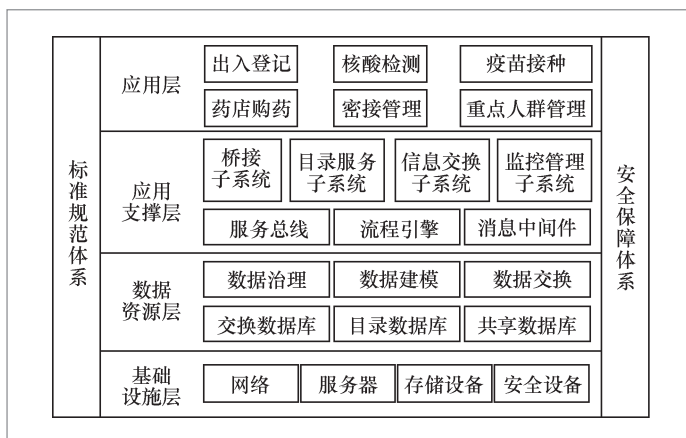


图1 威海市一体化疫情防控系统总体架构

验证服务接口、工信部行程核验信息服务接口（如图2所示）。对于这些异构多源大数据，需要使用数据处理技术，使其达到一体化疫情防控系统的数据质量要求。

## 2.4 功能架构

威海市一体化疫情防控系统按照“三个全覆盖”的要求，共设置出入登记、核酸检测、疫苗接种、药店购药、密接管理、重点人员管理6个子系统。在6个子系统下，根据疫情防控实际业务需求，共设置了56个工作模块。

图3所示为威海市一体化疫情防控系统功能架构，限于篇幅，每个子系统只列3个功能模块（每个模块都由若干子模块组成）。

## 2.5 威海市一体化疫情防控系统性能优化

因为威海市一体化疫情防控系统具有使用面广、应用点位多等特点，所以人们对其性能和并发性要求非常高，特别是在进行全员核酸检测时，并发访问请

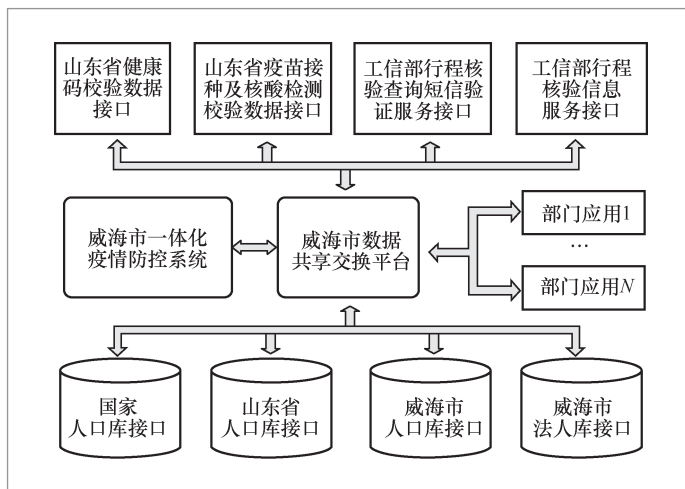


图2 一体化疫情防控系统对接数据源

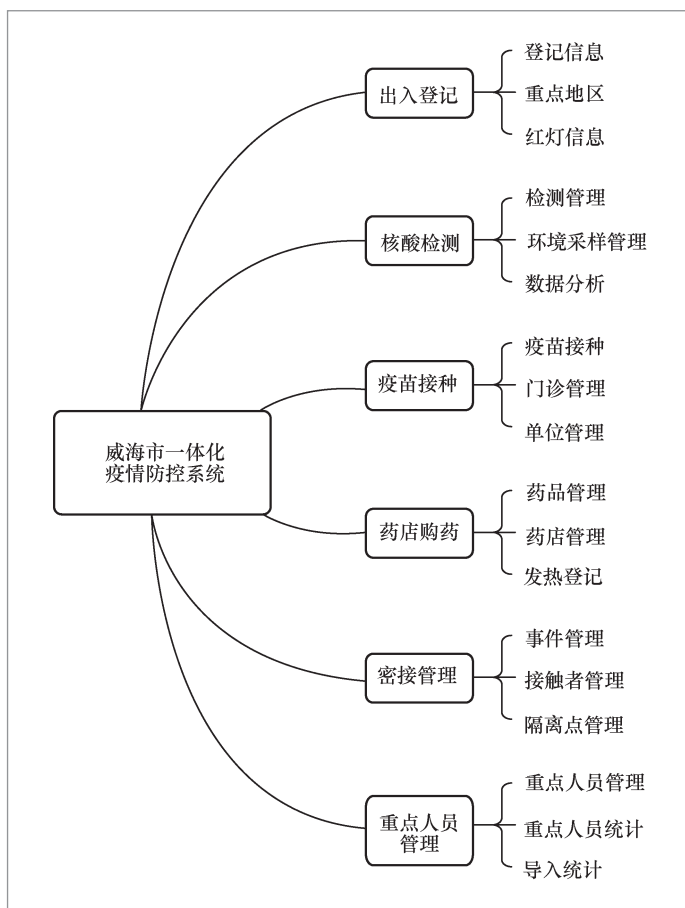


图3 威海市一体化疫情防控系统功能架构

进而造成整个疫情防控工作停顿的严重后果。

威海市一体化疫情防控系统主要从以下几个方面进行了优化设计。

- 系统分布式部署在多台威海市政务云服务器上，通过负载均衡，将访问量分配到各服务器中，降低单台服务器的访问压力，同时保证部分单点服务停止后不影响整个系统的稳定运行。

- 根据数据量将数据分表保存，将数据按照每千万条分开保存，防止写入过多导致数据查询缓慢，定期统计分析数据并将其缓存到单独的统计表中，避免数据库事务堆积引起的系统卡顿。

- 为了防止高峰期访问量过多导致数据库崩溃，将上传的信息先缓存到消息队列，然后持久化存储到数据库中，从而降低数据写入压力，保证数据完整性。

- 采用数据推送策略，将需要频繁检索的数据（特别是各种统计数据）提前保存到Redis（开源内存数据库）中，访问时直接从Redis中调用数据，数据新增或修改后实时更新到Redis中，提高访问速度。

- 充分利用数据库提供的计算能力，对关键字段添加索引，提升数据检索效率。通过自定义数据库任务、触发器、存储过程和函数等，尽量在数据库内部完成数据处理和计算，只向上一层返回必要的结果（或结果集），避免原始数据流出数据库。

- 优化查询语句，对语句进行预编译，找到影响检索效率的因素并进行优化，避免锁死和检索堆积问题。

- 开发测试模块对项目进行压力测试，对实际应用场景和大规模并发情况进行模拟测试，修正可能出现的问题点。

- 将接口和数据对比等服务进行单独部署，以防其影响线上系统运行。

求会瞬间达到峰值，如果不进行系统性能的全面优化，很容易导致系统崩溃，

● 数据处理流程一律在晚上10点至次日凌晨5点间运行。如果这段时间出现疫情系统访问高峰，则这些进程依据优先级自动挂起。

为了检验一体化疫情防控系统的性能和并发访问承受能力，针对公共场所的疫情防控系统进行压力测试（见表1），结果表明，系统的数据缓存、服务应用、并发处理结果均在正常范围内。

### 3 应用效果及未来展望

经过一年多的不断完善和优化，威海市一体化疫情防控系统实现了如下创新亮点。

一是精准掌握目标人群信息。将疫苗查询子系统与山东省疫苗接种数据、全民核酸预先登记数据进行核验对比，可及时掌握“谁没打”“谁打过”等信息，为推进疫苗接种工作提供有力的数据支撑。

二是跨层级、跨地域的疫情联防联控。依托省市两级共享交换平台，通过跨层级、跨地域的数据互认共享，实现了新冠肺炎疫情的联防联控。

三是来威海市人员“双码齐验”。在高铁、高速卡口、机场、医院等重要场所通过刷身份证直接显示个人健康状态和个人行程轨迹状态，实现健康码和行程码的“双

码齐验”。

四是基层应用快捷高效。从一线防疫工作人员视角，优化系统功能，使基层工作人员可以便捷操作，减轻工作负担，提高工作效率。

威海市一体化疫情防控系统累计调用国家人口库接口2 141万次、山东省人口库接口8.4万次、山东省疫苗接种接口1.17亿次、健康码接口2.87亿次，完成全市300多万人口的数据对比工作，累计接种290.24万人、719.31万剂，其中18岁以上人群首剂接种覆盖率率先完成省定任务，达到97.6%，居山东省第一；全市1 679家药店实现购买4类发热药品登记945.37万次；协助公安部门完成了近15.9万条数据的核验对比工作，数据去重后实现近10万名重点人员核验，完成3.9万名中高风险地区人员的摸排随访工作。

威海市一体化疫情防控系统承受住了数次大并发量的访问，其稳健性、可靠性得到了实践验证，正服务于全市6 463处检疫点位，日均场所码登记3.8万次，健康码登记7 000次，药店登记3.5万次，核酸采样3.4万次，达到了预期设计目标。

在“2021（第三届）中国数字政府特色案例评选”活动中，威海市一体化疫情防控系统案例荣获“数据体系创新奖”；“威海市疫情防控一体化管理解决方

表1 公共场所疫情防控系统压力测试

场景名称	单接口（并发数）	成功率	平均响应时间	服务器指标
威海市公共场所疫情防控系统微信登录系统	10 000	100%	8 736 ms	合格
威海市公共场所疫情防控系统拉取个人基本信息	10 000	100%	3 197 ms	合格
威海市公共场所疫情防控系统添加人员	1 000	100%	529 ms	合格
威海市公共场所疫情防控系统绑管	1 000	100%	704 ms	合格
威海市公共场所疫情防控系统绑箱	1 000	100%	465 ms	合格

案”被山东省大数据局、山东省工业和信息化厅评选为2021年度山东省大数据创新应用优秀解决方案和山东省优秀大数据应用案例。

未来将对威海市疫情防控一体化系统进行如下优化：一是继续强化大数据处理工作，使大数据“可用”且“好用”，为更多大数据创新应用场景提供数据支撑；二是利用大数据和人工智能技术，对数据进行深度挖掘，综合多个维度分析研判疫情发展总体态势，对其发展趋势做出及时、准确的预测；三是将人工智能技术、疾控领域专业知识与应急预案结合起来，使系统能更科学、更智能地应对和处置突发疫情。

## 参考文献：

- [1] 邱锡朋. 神经网络与深度学习[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020.  
QIU X P. Neural networks and deep learning[M]. Beijing: China Machine Press, 2020.
- [2] SETTLES B. Active learning literature survey[R]. Madison: University of Wisconsin-Madison, 2010.
- [3] JIANG H, GUPTA M. Minimum-margin active learning[J]. arXiv preprint, 2019, arXiv:1906.00025.
- [4] BATTAGLIA P W, HAMRICK J B, BAPST V, et al. Relational inductive biases, deep learning, and graph networks[J]. arXiv preprint, 2018, arXiv:1806.01261.
- [5] GERS F A, SCHMIDHUBER J, CUMMINS F. Learning to forget: continual prediction with LSTM[J]. Neural Computation, 2000, 12(10): 2451-2471.
- [6] 陈鑫, 吴佳宇, 吴雪, 等. 社区疫情排查的智能优化调度方法[J]. 智能科学与技术学报, 2020, 2(2): 126-134.  
CHEN X, WU J Y, WU X, et al. An intelligent optimization scheduling method for community patrolling and investigation in epidemic situations[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2020, 2(2): 126-134.
- [7] 李刚, 郑佳, 尹华山, 等. 大数据技术在疫情精准防控中的应用[J]. 大数据, 2021, 7(1): 124-134.  
LI G, ZHENG J, YIN H S, et al. Application of big data technology in precise prevention and control of epidemic situation[J]. Big Data Research, 2021, 7(1): 124-134.
- [8] 高尚省, 郭勇, 高智伟, 等. 广东省数字政府网络安全评估体系与实践[J]. 大数据, 2021, 7(2): 182-188.  
GAO S S, GUO Y, GAO Z W, et al. Practice of digital government network security index evaluation system in Guangdong Province[J]. Big Data Research, 2021, 7(2): 182-188.
- [9] 马亮, 杨妹, 艾川, 等. 基于ACP方法的新新型冠状病毒肺炎疫情管控措施效果评估[J]. 智能科学与技术学报, 2020, 2(1): 88-98.  
MA L, YANG M, AI C, et al. The evaluation of the control measures for COVID-19 based on ACP approach[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2020, 2(1): 88-98. □