引文格式：周艺霖,韩赓,廖琪,等. 广东省县级国土空间总体规划成果质检软件设计与实现[J]. 地理空间信息, 2024, 22(1): 109-113. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2024.01.026

广东省县级国土空间总体规划成果质检软件设计与实现

周艺霖[1,2]，韩　赓[3*]，廖　琪[1,2]，曹凤丽[3]，向　强[3]
（1. 广东省土地调查与规划院，广东 广州 510075；2. 自然资源部陆表系统与人地关系重点实验室，广东 广州 510075；
3. 吉奥时空信息技术股份有限公司，湖北 武汉 430223）

摘　要：基于C/S架构，运用空间数据分布式质检技术、质检规则耗时等级评估技术、质检规则检查容错重试机制、海量异构数据版本化管理技术、业务流程自动化技术等完成了定制化县级国土空间总体规划数据库质检软件的开发，实现了县级国土空间总体规划数据库的检查、入库、汇交和分析全流程管理。分布式质检方法大大提高了质检工作效率，确保了广东省124个县级国土空间总体规划数据库的完整性、规范性和业务符合性，保障了县级国土空间总体规划数据库成果审查工作高效率、高质量运行。

关键词：国土空间总体规划；分布式；数据库质检软件；广东省；县级
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）01-0109-05

Design and Implementation of Quality Inspection Software for Guangdong Province's County-level Comprehensive Territorial Spatial Planning Database

ZHOU Yilin[1,2], HAN Geng[3], LIAO Qi[1,2], CAO Fengli[3], XIANG Qiang[3]
(1. Guangdong Province Institute of Land Surveying and Planning, Guangzhou 510075, China;
2. Key Laboratory of Earth Surface System and Human-Land Relations, Ministry of Natural Resources of China, Guangzhou 510075, China;
3. Geospatiotemporal Information Technology Co., Ltd., Wuhan 430223, China)

Abstract: Based on the C/S architecture, we used distributed spatial data quality inspection technology, quality inspection rule time level evaluation technology, quality inspection rule inspection fault tolerance retry mechanism, massive heterogeneous data version management technology and business process automation technology to develop a customized county-level comprehensive territorial spatial planning database quality inspection software, which could realize the full-process management of inspection, storage, submission and analysis of county-level comprehensive territorial spatial planning database. The distributed quality inspection method can greatly improve the efficiency of data quality inspection, ensure the integrity, standardization and compliance of 124 county-level comprehensive territorial spatial planning databases in Guangdong Province, and ensure the efficient and high-quality completion of review work of county-level comprehensive territorial spatial planning results.

Key words: comprehensive territorial spatial planning, distributed, database quality inspection software, Guangdong Province, county-level

建设国土空间规划“一张图”实施监督信息系统，形成层层叠加打开的国土空间规划“一张图”的核心是完成数据库质检、汇交和数据更新[1]，进而为国土空间规划全链条管理提供信息化支撑[2]。县级总体规划数据库成果应由省级自然资源主管部门质检合格后向自然资源部汇交，纳入全国国土空间规划“一张图”系统[3]。因此，县级国土空间总体规划数据库质检成为当前的重点任务，国内学者对空间数据库的研究主要集中在数据库建库[4-6]、质检规则制定[7-10]与空间数据质检软件设计[11-15]等方面；但对短时间内完成大批量的数据库质检、质检全过程留痕管理、分布式质检技术研究等方面鲜有提及。本文以广东省为例，为保障县级国土空间总体规划数据库的完整性和准确性，开发了一种空间数据分布式质检方法与系统[16]，以统一的数据库标准和质检规则为基础，研发统一的规划数据库成果质检软件，实现对县级国土空间总体规划数据库成果的批量质检和全流程管理，高效支撑国土空间规划“一张图”建设和运行。

收稿日期：2023-09-15。
项目来源：广东省自然资源厅科技项目（GDZRZYKJ2023008）。
第一作者简介：周艺霖（1992—），硕士研究生，高级工程师，主要研究方向为国土空间规划与土地利用，E-mail：1010686597@qq.com。
通信作者：韩赓（1990—），工程师，主要研究方向为测绘地理信息系统，E-mail：hangeng@geostar.com.cn。

1 软件分析与设计

1.1 传统质检软件问题分析

1）质检过程耗时长。执行质检任务时，未考虑质检任务的编排，对硬件资源利用率较低，多线程之间的调度开销较大；对于互斥性的质检任务，无法并行处理，导致质检任务耗时较长。

2）业务流程自动化程度低。现有成果质检需要人工接收数据、创建任务、填写质检成果包所属区县、关联外部数据路径；再根据质检结果人工判断是否合格；最后导出质检报告，自动化程度较低。

3）容错率低。由于所有质检任务都在单进程内执行，若某个线程异常将导致应用程序异常，进而使整个工作进程崩溃，需重新启动软件进行再次质检。

4）部署实施工作量巨大。以广东省县级规划数据质检为例，需要检查124个区县的数据，且每个区县数据存在多个版本，数据量巨大，需利用众多的服务器资源，给软件部署更新带来了巨大的工作量。

1.2 用户需求分析

用户需求主要包括：①实现成果版本管理，县级国土空间总体规划成果存在一项成果多次提交的情况，因此需对各个版本的成果数据进行规范化管理，避免版本过多造成混乱；②实现批量质检，县级国土空间总体规划成果存在集中在截止日期前提交和质检的情况，质检软件应能在短时间内进行大批量质检；③减少人工干预，实现质检留痕，确保数据的准确性，并实现质检全过程留痕，便于追溯管理；④实现与国检软件的对接，在质检软件中能覆盖或直接集成调用国家检查软件，保障质检成果符合国家要求；⑤与广东省国土空间规划“一张图”实施监督信息系统对接，以系统接口的方式进行集成，通过质检软件即可完成区县国土空间规划成果数据的在线汇交、审查、入库；⑥实现用户权限管理、质检规则和方案管理、质检任务管理、质检结果管理、核查依据管理、成果数据管理、成果汇交入库、数据统计分析等功能。

1.3 质检流程设计

根据用户对国土空间规划成果数据质检的需求，基于统一质检规则和数据库标准，本文设计的数据质检流程见图1。

1.4 质检规则构建

软件共设计了80余项检查规则，涵盖了数据完整性检查、空间数据基本检查、空间属性数据标准性检查、空间图形数据拓扑检查、表格数据检查、图数一致性检查等一般数据质量检查内容，还针对县级国土空间总体规划的业务要求设计了规划内容方面的特色质检规则集，主要包括：①底线落实规则集用于确保永久基本农田、生态保护红线、耕地保护目标、城镇开边界等底线不被突破，确保国土空间安全、有序发展，具体规则为永久基本农田是否规划为耕地、永久基本农田是否划入农田保护区、生态保护红线是否划入生态保护区等；②承诺落实规则集，为保障过渡期各项工作的顺利开展，广东省制定了承诺落实的相关政策要求，因此需要转换为质检规则，如过渡期已备案的规划修改方案等是否规划为相应的建设用地、已批复的成片开发方案是否位于城镇开发边界内集中建设区或规划为城镇建设用地，已划入城镇开发边界的开发区是否规划为建设用地等；③已批项目规则集，为确保已批项目落实相应用地规模，制定了国家和省已批用地项目（含增减挂钩建新区）是否规划为相应的建设用地、已批用海项目是否规划为相应的规划用地用海分类等规则；④规划衔接规则集，县级国土空间总体规划应符合上位规划的相关要求以及与其他专项规划的衔接，如县乡级主体功能区定位是否符合《国家级和省级主体功能区名录表》要求、国家级自然保护地是否做好衔接等。通过上述质检规则的设计，确保了广东省县级国土空间规划数据的数据完整、空间一致、图数一致、指标落实、业务符合，为形成国土空间规划“一张图”奠定了坚实基础。

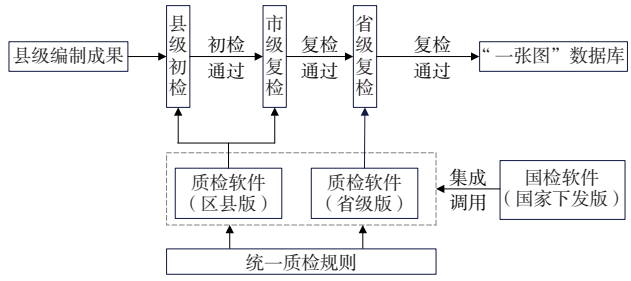


图1 数据质检流程设计

2 软件技术架构

广东省县级国土空间总体规划数据库质检软件采用分层模式进行设计与规划，包括基础层、数据层、服务层、应用层和用户层。基础层基于超融合HC架构，以虚拟化技术为核心，利用aSV、aSAN、aNET、aSEC等组件将计算、存储、网络等虚拟资源融合到一台标准服务器中，形成基准架构单元，多套单元设备可通过网络聚合起来，实现模块化的无缝横向扩展

（Scale-Out），形成统一的资源池。平台层为应用层提供基础的能力支撑，其中云计算管理平台提供对深信服超融合、第三方资源池的管理和资源调配能力、自动化运维能力、快速响应能力、镜像复制能力等，可快速复制扩展几十台质检服务器，应对短时大批量质检任务；Devops平台提供持续集成与部署能力、自动化部署流程能力、批量脚本执行能力等，极大地减少了运维工作量，缩短了功能上线的时间。服务层提供软件基础功能和业务功能的支撑，包括数据管理服务能力，即对编制成果包、指标数据、配置等进行管理；质检任务调度服务能力，即根据国家质检规则和省级自定义新增规则对成果包进行自动质检、批量检查、人工复查等；成果管理服务能力，即对质检结果进行版本化管理。应用层为用户对象，主要包括质检员、复检员、系统管理员等。

3　软件主要功能模块

软件主要用于对各区县提交的国土空间规划总体规划数据库进行质检、成果管理和统计分析。其主要功能模块包括：①质检方案管理模块，负责质检规则的配置组合和质检结果的评分管理，根据不同类型成果数据质检需求，通过规则选取快速形成不同的数据质检和评分方案，还负责建立方案版本管理机制，根据质检规则的变化，建立不同版本的方案，支持对已有方案及其质检规则的浏览；②质检任务管理模块，对区县提交的待检数据创建质检任务，输入关联的行政区代码、任务名称等关键信息，确保任务与成果包一一对应，便于对任务进行管理；③质检结果管理模块，所有质检规则执行结束后，软件会自动生成列表形式的自动检查数据的检查错误信息和待复核数据的检查信息，图形检查能实现错误点信息的图形定位，便于质检员查找错误原因；④数据管理模块，负责广东省124个区县相关规划指标、文本和图件的集成浏览与查询应用；⑤用户权限管理模块，主要管理数据质检和审核相关用户的角色和权限，为不同的用户角色，提供不同的功能权限，具有用户信息增、删、改、查，用户角色管理，角色权限配置等常见功能；⑥人机交互检查模块，软件按照设定的质检规则进行检查并提供图文一体的操作界面，质检员对空间不一致、图件成果空间不一致的错误信息进行手动逐项核查，尤其是需要结合纸质文件审查的指标符合性检查；⑦指标管理模块，对国家下发的指标进行分解和管理，包括指标导入、编辑保存等功能，在复核阶段复查人员根据各行政区的指标标准，对比相关指标文件信息，人工判读成果包中的指标，人工标记不符合指标标准的数据，并说明错误原因；⑧成果汇交入库模块，区县汇交到省级的质检成果包由质检系统统一接收和管理，质检合格后则将成果纳入到国土空间规划“一张图”中，实现国土空间规划“一张图”管理；⑨数据统计分析模块，提供全省汇交成果的统计与分析功能，包括各区县编制成果汇交的总体情况、指标情况、质检过程、质检结果问题汇总情况、质检评分情况等。

4　关键技术

4.1　空间数据分布式质检技术

空间数据分布式质检技术的核心是分布式质检架构设计（图2），由分布式质检集群与分布式文件存储集群组成。分布式质检集群调度节点包括调度引擎和监控引擎，调度引擎会依据质检任务调度算法和监控引擎收集的各质检节点任务执行信息实现自动化任务调度与分配。质检节点接收到质检任务后，从分布式质检存储集群获取质检成果包，缓存到质检节点本地；然后执行质检任务。质检节点任务监控辅助进程实时收集该节点任务执行信息、CPU内存等资源使用信息，并定时反馈给质检调度节点。若质检执行组件需要升级，可单独替换质检节点的质检程序，不影响整体质检装置，有效解决了传统单进程多线程模式易崩溃的问题，实现多任务并行质检。

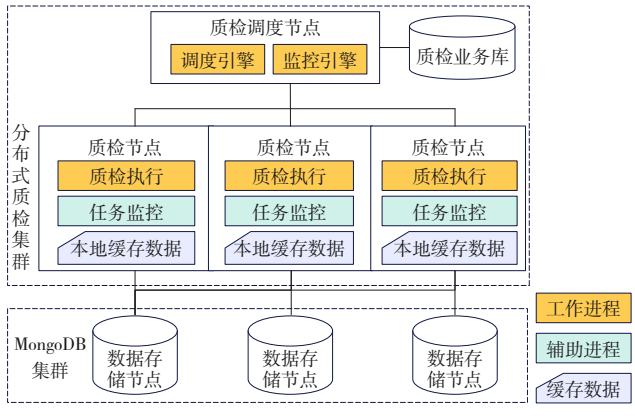


图2　分布式质检架构图

4.2　质检规则耗时等级评估技术

采用质检规则耗时评估工具加载样例数据，对于质检方案中的每条质检规则进行质检规则耗时等级评估。接收质检成果包，根据质检方案、质检规则耗时评估信息、质检成果包数据统计信息生成质检任务池，按照质检任务耗时倒序排序，质检调度引擎根据调度算法将质检任务调度到合适的质检节点上进行并

行检查，避免数据倾斜带来的影响（图3），保证质检任务耗时最少，解决了难以在极短时间内对广东省124个区县的规划成果数据进行质检的问题。

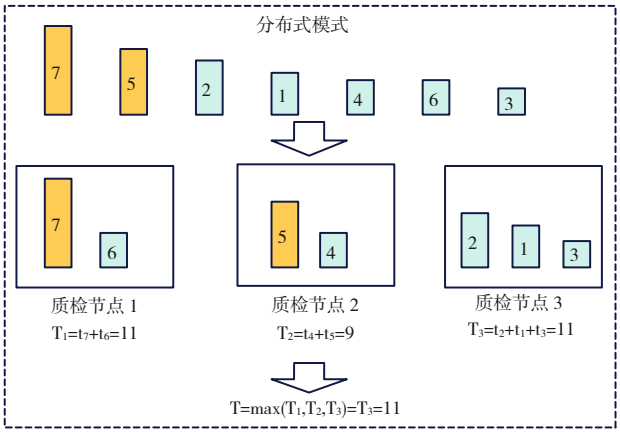


图3 分布式模式任务调度示意图

4.3 质检规则检查容错重试机制

质检过程中会利用多项质检规则同时对多个质检包进行质检，为避免单节点硬件资源使用率高、网络通信波动等因素影响导致的单项成果质检失败，加入失败重试机制，在单项质检失败后将自动在资源利用率低的服务器节点重启一个质检进程进行重新质检，以提高整个质检软件的可用性。

4.4 海量异构数据版本化管理技术

质检软件接收全省124个区县的成果数据，每项成果数据又包含GDB、SHP等空间数据以及PDF、EXCEL等非空间数据，且各地存在一项成果多次提交的情况。本文采用版本化管理技术和NAS共享存储介质自动录入规划成果数据的元数据信息，对所有质检数据建立版本，实现对海量异构成果数据的有序高效管理。

4.5 业务流程自动化技术

批量接收数据后，根据成果包自动识别所属区县，自动关联外部数据，在通过前置检查后自动创建任务，调度中心自动将任务调度到空闲的服务器上进行质检，质检完成后根据报告模板自动分区县生成报告并输出，实现全业务流程自动化，用户只需提交数据即可查看报告，极大地提升了规划成果数据的质检效率。

4.6 部署实施自动化技术

面对数据版本多、数据量巨大、服务器资源众多而带来的巨大软件部署更新工作量，本文采用持续集成与部署的思想，基于Jenkins DevOps平台，将代码编译、打包、发布、部署等流程串连起来，从代码提交到部署运行实现全流程自动化，做到端到端的自动化交付，减少人工干预，解决了因数据量大、服务器资源众多导致的部署困难问题。

5 软件实现与部署

5.1 质检规则软件的实现流程

质检软件的核心流程包括质检包上传、前置检查、质检任务创建、质检任务执行、质检日志与质检错误信息存储、质检报告生成6个环节，用户仅需在质检包上传环节选择相应质检包并关联质检方案，后续流程由后台自动完成，整个过程是自动化、数据驱动过程、弱用户交互的。该流程由数据管理组件、任务组件、成果管理组件、调度组件、质检规则执行组件协同配合完成，即当数据管理组件新增或更新数据包后，将数据包ID传给任务组件；任务组件创建任务生成任务ID，并发送消息给调度组件；调度组件先解析质检方案和数据包中的数据项，将质检规则的输入参数关联到具体数据，自动添加质检规则池，并根据质检集群中资源状况和调度规则，将质检规则分发到合适的质检节点执行；质检节点产生的质检结果发送给成果管理组件统一存储，任务执行完成后，质检成果组件汇总结果自动生成质检报告。

5.2 软件部署

质检软件采用C/S架构进行建设，客户端应用程序采用Winform技术，结合空间计算引擎的组件技术，保证对图形数据、属性数据、文档数据等多样化数据的流畅浏览与交互操作。3层架构模式（图4）有效隔离了用户对于数据存储的感知，数据存储统一由服务端进行操作，保证了其安全性。通过充分调研，根据硬件资源情况，充分发挥了服务器高效的计算性能，提高了软件执行效率。软件部署在政务内网环境中，各区县的质检数据包存储在服务器，利用关系型数据库MongoDB进行管理，在保障数据安全的前提下，多客户端能同时进行质检操作。

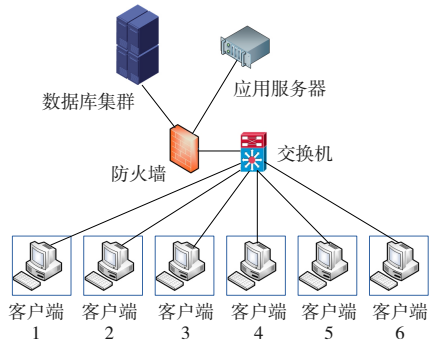


图4 部署架构图

6 结 语

广东省县级国土空间总体规划数据库质检软件的

开发设计，满足了成果批量质检、版本化管理和全过程管理的业务需求，实现了与国家检查软件、“一张图”系统的对接。分布式的文件存储设计，能充分利用服务器资源，极大地提高数据质检效率。规划编制成果数据的完整性、规范性检查以及规划业务检查功能一体化集成，统筹了数据质检和人工核查两个重要步骤，是当前广东省国土空间规划“一张图”建设工作的重要工具之一，极大地提高了规划审查工作效率。目前，该软件已正式投入使用，通过分布式质检方法和智能规则库引擎，灵活配置数据质量控制要求、规划审查业务规则等，实现质检和审查的条目化、自动化和规范化，数据质检耗时减少为原来的1/10；同时，核查全流程管理有效提高了人工核查环节的工作效率，至少节省了50%的工作人员，有效降低了核查人工成本，有力支撑了广东省124个区县多轮县级数据库成果核查工作，为广东省国土空间规划成果审查和汇交工作提供了强有力的保障。

参考文献

[1] 自然资源部. 自然资源部办公厅关于开展国土空间规划“一张图”建设和现状评估工作的通知[EB/OL]. (2021-11-29)[2023-08-25]. http://gi. mnr. gov. cn/202111/t20211129_2708446. html

[2] 曾元武,史京文,罗宏明,等. 省市县三级联动国土空间规划实施监督信息系统建设研究:以广东省为例[J]. 测绘通报,2022(4):145-148

[3] 自然资源部. 自然资源部关于进一步加强国土空间规划编制和实施管理的通知[EB/OL]. (2022-10-26)[2023-08-25]. http://gi. mnr. gov. cn/202210/t20221026_2763118. html

[4] 郑志宏. 空间规划底图数据编制与数据库建设探讨[J]. 测绘通报,2018(7):126-128

[5] 王慧,陈慧媛,熊娟. 国土空间总体规划数据库建库与质检问题研究[J]. 房地产世界,2021(18):58-60

[6] 黎彬,李旺民,陈举平,等. 面向国土空间规划的地理实体数据库关键技术研究[J]. 城市勘测,2022(2):47-52

[7] 陈建伟,陈继山. 基于规则及工作流的空间数据质量检查[J]. 地理空间信息,2021,19(2):103-105

[8] 翟召坤,高崟,刘建军,等. 基于规则定制的地理空间数据质量检查软件设计研发[J]. 地理信息世界,2021,28(1):100-104

[9] 陈祥葱,孟凡娟. 规则驱动的空间数据质检模块设计及实现[J]. 城市勘测,2015(2):69-73

[10] 冯杭建,谢炯,潘雅辉,等. 面向规则的智能空间数据质检模型及实现[J]. 浙江大学学报(理学版),2008,35(1):100-104

[11] 叶爱东,陈金林,张鹤. 一种模型驱动空间数据库质量检查平台构建[J]. 测绘通报,2020(3):113-117

[12] 陈春晖. 地理信息空间数据库质量检查软件研究[J]. 住宅与房地产,2019(24):231

[13] 贾斌,李鹏辉,李蕾,等. 地理空间数据库质检平台设计[J]. 地理空间信息,2022,20(10):134-137

[14] 乐恒,高峰,张伟伟. 空间数据质检软件的设计与实现[J]. 地理空间信息,2016,14(11):41-43

[15] 段明旭,李玉冬,闫宁,等. 地理空间数据质量检查平台的设计与应用[J]. 北京测绘,2022,36(11):1 537-1 541

[16] 向强,罗宏明,周艺霖,等. 一种空间数据分布式质检方法及系统:CN115170097A[P]. 2022-10-11

（上接第105页）

[2] 吕希奎,王奇胜,孙培培. 基于三维地理信息系统与建筑信息模型融合的城市轨道交通线路设计方法[J]. 城市轨道交通研究,2018,21(12):112-115

[3] 赵峰. 面向PSI技术的高质量SAR像元识别与干涉相位极化优化方法研究[J]. 地理与地理信息科学,2020,36(3):141

[4] 刘慧民,宫思羽,邹铁安,等. 基于GIS技术规划城市节水型绿地系统的研究[J]. 农业工程学报,2019,35(6):279-287

[5] 林珲,胡明远,陈旻,等. 从地理信息系统到虚拟地理环境的认知转变[J]. 地球信息科学学报,2020,22(4):662-672

[6] 任丽艳,李英成,薛艳丽,等. 基于北斗技术的无人机飞行监管系统开发与应用[J]. 国土资源遥感,2018,30(2):238-242

[7] 崔培,李国怀,刘经纬,等. 基于WebGIS的水电安全信息管理系统设计研究[J]. 电子设计工程,2020,28(12):85-88

[8] 刘利平,蔡广林,陈旭,等. 考虑用电可靠性的客户用电信息管理系统[J]. 电力自动化设备,2018,38(4):204-209

[9] 莫一夫,叶琳浩,张勇军. 基于多维结构熵的智能电网信息管理系统复杂性评估[J]. 电力自动化设备,2018,38(5):117-122

[10] 白杨,于森,何禹潼,等. 管廊光纤安防监测信息管理系统研发与应用[J]. 地下空间与工程学报,2019,15(增刊1):391-399

[11] 宋相龙,李楠,肖克炎,等. 矿产资源潜力评价成果数据信息管理系统设计与实现[J]. 地学前缘,2018,25(3):196-203

[12] 钟金宏,邵晶晶,王红叶. 基于QFD的信息管理与信息系统专业课程体系优化设计[J]. 情报科学,2018,36(10):105-109

[13] 韦延兰,李文莉,周立新,等. 岩溶水文地质环境地质信息管理系统构建与实现[J]. 中国岩溶,2018,37(1):146-153

[14] 李思宇,李再帏,何越磊,等. 无砟轨道监测数据信息管理系统的设计与实现[J]. 铁道标准设计,2019,63(9):28-33

[15] 经波,宁文怡. 基于阈值分割与决策树的SAR影像水体信息提取[J]. 地理空间信息,2021,19(3):46-49