

水工建筑物结构安全监测数据智能分析与 报告自动化系统的设计与应用

周 柯 宇, 李 明, 张 俊 丽

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘 要:目前,在水工建筑物工作性态周期性诊断、安全监测分析方面,中小型水电站普遍采用的方式仍为人工处理数据、单一数据源分析,其处理方式存在工作量大、效率低、准确率不高、异常监测成果分析整编耗时长、成本高的缺陷。阐述了对相关数据的事件特征、时变特征等关联资料进行的汇总分析及趋势分析,将历史异常数据进行智能甄别、网络同类型监测数据资料自动筛选推送,对不同工况、不同形态、不同条件、不同结构情况下的水工建筑物运行性态作出准确判断、实现报告自动智能分析和报告整编功能进行的研究。

关键词:安全监测;自动筛选;关联分析;自动整编

中图分类号:TV7;TV522;TV223.2

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2024)06-0027-04

Design and Application of Automated System for Intelligent Analysis and Reporting of Hydraulic Building Structural Safety Monitoring Data

ZHOU Keyu, LI Ming, ZHANG Junli

(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610213)

Abstract: At present, in terms of periodic diagnosis and safety monitoring and analysis of the working performance of hydraulic structures, manual data processing and single data source analysis are used in small and medium-sized hydro-power stations. The monitoring data processing method has a heavy workload, low efficiency, and low accuracy and long time and high cost for abnormal monitoring results analysis and compilation. This study summarizes and analyzes related data such as event characteristics and time-varying characteristics of the data, as well as trend analysis. It intelligently identifies historical abnormal data and automatically filters and pushes the same type of network monitoring data, accurate judgments on the operating performance of hydraulic structures under different working conditions, different forms, different conditions, and different structural condition and realize automatic intelligent analysis and report compilation functions.

Key words: Security monitoring; Automatic screening; Correlation analysis; Automatic reorganization

1 概 述

水电站建筑物的安全不仅直接关系到水电站自身发、供电效益的发挥,且与其上、下游人民群众的生命财产、国民经济建设命脉乃至生态环境密切相关。大坝、河堤等水利工程投入使用后,随着使用时间的推移,可能会出现一些故障或损坏,如果不及时采取相应的维护措施可能会带来巨大的安全隐患^[1]。如何对水电站各水工建筑物的运行性态进行监测和分析,确保监测数据的及时性、准确性和异常性态的及

时预警,利用大数据建立数据库以完成水工建筑物生命周期内的各项监测数据资料的综合分析、比对、评判是水利水电工程监测行业重视并逐步实现的必然趋势。

传统的监测数据分析、整编流程为:现场由人工对各电站获得的监测数据进行人工记录;在监测数据采集和记录完成后由数据录入人员将原始数据逐条录入单一项目的监测数据库;由资料整编及分析人员采用普通办公软件进行数据整编、原始数据比对、异常值复核等方式进行数据成果的整编分析工作。笔者阐述了对水工建筑物结构

收稿日期:2023-12-20

安全监测数据智能分析与报告自动化进行的研究,以实现监测数据的智能化管理和报告的自动化生成分析,以达到减少人工投入、节约成本,从传统纸质化转向数据信息化,使监测作业更精准、及时与标准化的目的。

2 水工建筑物结构安全监测数据智能分析管理系统研究

2.1 研究方法

此项研究从现场实际需求出发,以产品化、实用化为重点。通过挖掘监测业务数据特点,利用信息化技术构建出一套从数据管理、数据分析、智能预警、自动化报告到报告分析的完整化解决方案。

2.2 技术路线

此项研究以软件开发和通用化优化为主要技术路线,通过进行市场需求调研,充分进行基础功能研究,从用户体验入手,基于水工建筑物结构安全监测数据智能分析管理软件进行研发,同时设计出系统硬件及其配套附件设备以形成产品化的产品,再进行系统产品联机模拟调试后,在相关项目试验、应用及优化的基础上形成标准化、实用化产品,以及专有核心技术优势和产业点,并在安全监测行业进行产品推广,旨在带动同行业共同发展。

2.3 技术难点

- (1)如何快速地将电站中的各项资料实现数字化、信息化,整理异构数据并形成数据库的问题;
- (2)如何根据监测报告的要求,逐项总结数据分析规则,并生成规范的自然语言描述;
- (3)如何将现有的异常数据自动定向关联至历史资料库,罗列检索以便于分析参考。

3 水工建筑物结构安全监测数据智能分析管理系统的设计

3.1 系统结构

功能性需求是该系统必须完成的、实现某些具体的软件功能用来满足系统的业务需求^[2]。该系统主要由存储模块、数据处理模块、云端服务器、Web 客户端四部分组成。系统的总体架构见图 1。其中存储模块由 MySQL、Redis、MongoDB 三部分组成。存储数据库 MySQL 负责存储业务数据;Redis 用于存储缓存数据;MongoDB 用于存储 Json、XML 等半结构化数据。

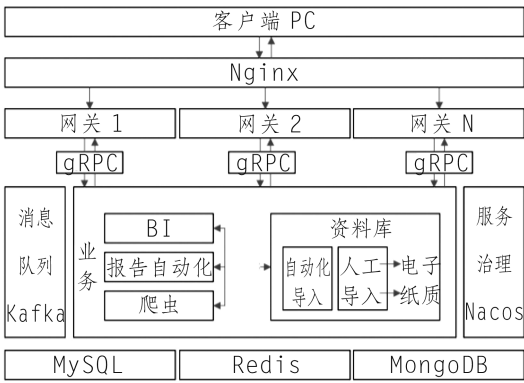


图 1 系统总体架构图

3.2 自动化报告的设计

3.2.1 业务流程

常见的报告是基于 Excel 或 Word 做出的自动化报告。当所生成的报告很小且文件整体不大、页数也不多时,在方案选择时可以很方便地进行选择;但当文档达到 200 页、整体文档的大小达到 50 M 时仅由网络传输的效率变得很差。此外,大的报告意味着报告中存在大量的表格、图片和文字,如何将这些表格、图片、文字进行抽象、做到统一的模板管理也是一项非常重要的工作。而技术人员在编撰大文件报告时其耗时往往在一周以上,且极易出现人为的错误。因此,系统在设计开发时需要考虑用户使用时的易操作和需求^[3]。报告自动化生成业务流程见图 2。

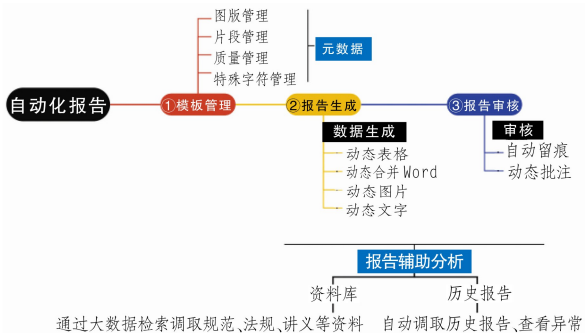


图 2 报告自动化生成业务流程图

自动化生成业务按照业务的先后顺序涵盖模板管理、报告生成、报告审核模块。

3.2.2 实现原理

实现自动化报告的关键在于对模板的管理。在实现系统功能中,模板的管理主要由以下几个核心功能组成:

- 母版管理:负责维护项目下通用的 Word

文档模板,如封面、目录等。

- 片段管理:用于管理和重复使用常用的段落或章节内容,以提高报告编写的速度和一致性。
- 变量管理:通过参数化的方式将动态数据插入到文档中,包括但不限于表格、图表和描述性文本。
- 特殊字符的管理:提供常用特殊符号的快速插入功能,简化模板编辑过程。

为了实现灵活而精准的内容填充,该系统采用书签机制作为连接点,在 Word 模板中预先设定特定格式的书签以标识出需要自动填充的位置。具体如下:

- 图片对应的书签格式为“PO_Img_”后接唯一的变量 ID;
- 表格对应的书签格式为“PO_Tbl_”后接唯一的变量 ID;
- 文字内容对应的书签格式为“PO_Txt_”后接唯一的变量 ID。

通过这种方式,用户只需要在模板中放置相应的书签,后续自动化流程即可根据预设规则准确地在对应的位置进行填充。

3. 2. 3 服务部署设计

在架构设计中将服务拆分为四个部分:元数据管理、报告生成、报告编辑以及报告分析。

- 元数据管理:主要对报告中用到的表格、文字、图片做统一维护、母版文件的定义、资料库的维护。
- 报告生成:利用定义好的模板动态生成报告,采用服务器本地化生成模式减少了文件上下行的传输耗时,其性能更高,用户体验更好。
- 报告编辑:用于承载模板的制作、母版的编辑。
- 报告分析:用于监测异常数据分析、异常数据查看、资料库的引用。在报告生成时自动判断异常数据,如果遇到异常数据能够使用户在查看文档时通过书签定位到异常值的位置(判断异常数据的来源是通过用户配置的阈值判断异常的等级(包含红色、黄色、橙色、蓝色四种预警等级))。

通过拆分不同的服务,可以做到兼具性能和便捷性的统一管理。当系统出现故障时能够保证数据的完整性,同时将其迅速恢复至

正常状态^[4]。

当文档较小时,其文档的大小受网络带宽的影响较小,此时所有的服务均可以部署在 Web 平台上。当所生成的报告很大时,受制于网络带宽的影响,此时统一平台部署的用户体验极差,对此,可以调整部署策略。具体的部署策略见图 3。

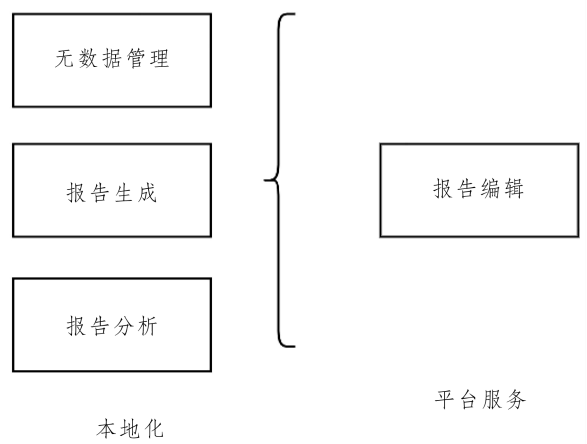


图 3 部署策略示意图

将报告编辑服务(用于承载模板、母版的编辑服务)平台化部署(因模板文件较小),可以统一管理。元数据管理、报告的生成及报告的分析三个服务本地化部署(在用户电脑),此时因报告只在用户本机上操作,其性能可以得到保证。

将报告服务单独拆分可以降低程序的耦合性。将报告生成的动作放在本地,保证了报告生成的性能与便捷性,进而提升了用户的满意度和用户的工作效率。

4 该系统在毛尔盖水电站中的应用效果分析

4. 1 数据管理应用

毛尔盖水电站自 2008 年运营开始,截止目前已有 16 a 的时间,累计测值已超过 38 万条数据,导致对这些数据进行的管理和分析工作越来越繁琐。

在传统方式下,技术人员只能依托 Excel 进行数据的管理与分析;而庞大的 Excel 对于技术人员是极其不友好的。但在使用新的系统后其数据管理工作已不再成为负担。

在该系统中,通过树形节点管理不同类型的监测数据,使整个数据的管理过程更加清晰、直观。

4.2 报告生成

以毛尔盖水电站 2021 年度的监测报告为例进行介绍。该年度报告中所包含的数据量见表 1。

表 1 毛尔盖水电站 2021 年度数据量表

监测仪器 数量/台	2021 年度 测值数量/个	报告中的趋 势图数量/幅	特征值表 /个	文档 篇幅/页
596	14 652	168	98	204

在传统的、依赖 Excel 的数据处理模式下,技术人员需要手动生成报告中的趋势图和特征值表,并将生成完成的结果粘贴至 Word 文档中,且在粘贴后需要对 Word 文档中的数据、图片、表格等格式进行特定的修改。在传统作业模式下,完成一篇合格的年度报告至少需要一周的时间。

但在新的作业模式下,技术人员只需要定义一次模板,之后每次生成的时候仅需点击页面中的<报告生成>按钮,等待 1~2 min 即可完成报告的生成工作,且在报告生成之后系统即会自动调整格式,因此而极大程度地提升技术人员的工作效率。

5 结 语

此次研究从数据的事件特征、时变特征等关联资料进行汇总分析及趋势分析,将历史上的异常数据进行智能甄别、网络同类型监测数据资料自动筛选推送,对不同工况、不同形态、不同条件、不同结构情况下的水电站水工建筑物的运行性态作出准确的判断,实现了报告自动智能分析和报告整编功能。该大数据存储架构具有良好的稳定

性,架构设计中的各存储组件以分布式的部署,提供容错、副本机制,能够满足三个副本的基本备份要求^[5]。

该研究成果的成功应用可以解决传统的安全监测行业中心数据处理存在的周期长、数据时效差、人工成本高、资料和报告整编工作量大、数据可视化差等难题及现状。该系统的成功开发,能够极大程度地节省数据分析的人力成本,并缩短数据采集到报告出具的周期。智能数据分析与自动化报告生成系统在实际应用中势必会以点带面地在专业领域推广,起到互惠互利的作用。

参考文献:

[1] 张国新,李松辉,冯少孔.一种水工建筑物安全监测系统与方法[J].水利学报,2021,52(1):71-80.

[2] 李春生,李朝霞,刘涛,等.基于 SSM 的科研室管理系统的研究与设计[J].计算机技术与发展,2021,31(12):148-154.

[3] 张文,方巍,贾雪磊.基于 SSM 框架的合租系统设计与实现[J].计算机技术与发展,2021,31(11):159-164.

[4] 惠飞,张师源,孙加新,等.自动驾驶数据采集与管理系统设计及实现[J].计算机技术与发展,2023,33(2):77-83.

[5] 连彦泽,李鹏程,赵雷,等.运载火箭试验大数据存储架构设计与应用[J].遥测遥控.2022,43(6):79-88.

作者简介:

周柯宇(1980-),男,吉林敦化人,副高级工程师,从事大坝安全监测技术与管理工作;

李 明(1987-),男,四川绵阳人,工程师,从事大坝安全监测工作;

张俊丽(1985-),女,河南开封人,工程师,从事水电工程监测技术工作.

(编辑:李燕辉)

喜报:《四川水力发电》荣获“优秀期刊”荣誉称号

2024 年 12 月 12 日,在中国水力发电工程学会期刊工作委员会全体会议上,《四川水力发电》期刊凭借其在水电领域的卓越贡献,荣获 2024 年“优秀期刊”的荣誉称号。同时,编辑部的一位编委和一位编辑分别荣获“优秀编委”“优秀编辑”表彰。

《四川水力发电》创刊于 1982 年,是国内外公开发行的水电科技期刊(国际标准刊号 ISSN 1001—2184、国内统一刊号 CN 51—1150/TV);现由四川省科学技术协会主管,四川省水力发电工程学会、中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司主办。现为双月刊出版,每年增刊 1—2 期。42 年来,作为四川省水电行业重要的水电科技交流平台和对外宣传窗口,已经成为全国电力优秀科技期刊和四川省优秀科技期刊,每期内容均被全国 20 多家信息资料库收录,所刊论文被水电专业职称评审机构认同;读者涵盖水电科研、勘测设计、施工监理、工程管理、设备制造、运行维护、调度运营、教育等领域的科技工作者、工程技术人员及地方政府部门的工作人员。

此次获奖,不仅是对《四川水力发电》期刊编辑部的肯定,更是对整个水电行业期刊发展的一种激励。未来,《四川水力发电》将继续秉承初心,不断创新,为推动水电行业的科技进步和学术交流作出更大的贡献。