

基于 B/S 结构的灌浆数字化系统 在水利工程中的应用

饶小康,王 晖

(长江科学院 仪器自动化研究所,武汉 430010)

摘要:针对水电工程灌浆施工过程中质量和进度难以用传统方法进行监控和统计分析的难题,基于 B/S 架构,采用网络技术、数据库技术和可视化编程技术,建立灌浆数字化管理系统,实现对现场灌浆施工的实时监控、数据整编、数据查询、统计分析、异常预警等功能,实现灌浆施工数据的集中整合管理与共享,实时把握现场施工进度,及时统计整理现场资料,提高灌浆工程质量,为建设方的决策提供技术支持。

关键词:灌浆数字化;数据库;报表图表;异常预警;大岗山水电站;溪洛渡水电站

中图分类号:TP39;TP543.18

文献标志码:A

文章编号:1001-5485(2013)01-0079-05

1 研究背景

灌浆技术作为基础处理工程的一项重要施工措施,广泛应用于水利水电工程等建设领域。但由于地质状况的不确定性,灌浆工程往往成为施工成本超支的高风险区,加之灌浆结果的不可见性,施工人员很难直观地跟踪和检查其进度与质量状况,因此在灌浆施工中,对施工的过程控制与工程质量和进度的管理一直成为工程管理中的重点与难点^[1]。

基于 B/S 结构的灌浆管理信息系统结合网络技术、数据库技术和可视化编程技术,通过建立重点工程部位灌浆的工艺流程模型,将工艺流程显性化、规范化;实现现场生产工艺数据的可回溯性,并能及时对工艺流程设计和运行的有效性进行分析,为工程技术人员提供监测流程、不断调整优化流程的有效手段;帮助工程管理者逐步提高灌浆管理效益、降低生产成本、提高灌浆工程质量,达到科学决策管理目的。

2 基于 B/S 的管理信息系统基本理论与方法

2.1 基本理论

2.1.1 数据整编与预处理

基础灌浆是一项极其重要的隐蔽性工程,其设计和施工质量一直受到特别重视。由于仪器设备、网络

异常、人员误操作等多种原因都可能导致原始采集的数据资料出现误差,甚至在不少工程中出现了虚假、伪造的数据资料,因此,有必要在对资料进行统计分析之前对其进行合理的整编处理,去伪存真。一旦出现虚假、伪造的数据,系统就会及时识别并高亮预警且剔除。这样才能保证数据的有效性和可靠性^[2]。

本文拟采用统计检验方法识别灌浆数据异常值。统计检验方法是用统计理论对观测资料进行检验,因为有一定数学依据和判断标准,减少了分析人员的主观性,也不依赖于分析人员的经验和技术水平,目前在工程中使用较多。对于异常采集数据,程序可以根据判别因子判断并作出标记。如果程序判断为异常数据,将直接删除异常数据。

数理统计方法——粗差检验:对某个测点,其测值的跳动特征 d_j 可用下式描述:

$$d_j = 2y_j - (y_{j+1} + y_{j-1}) \quad (1)$$

式中: y_j 是测点一系列测值, $j=2,3,\dots,n-1$ 。

由 n 个测值 y_1, y_2, \dots, y_n 可得 $n-2$ 个 d_j , 当 n 足够大时可按一定的概率如“ 3σ ”法则进行检验,舍弃异常值。

首先计算出测值统计子样的平均值 \bar{d} 和均方差 σ :

$$\bar{d} = \sum_{j=2}^{n-1} d_j / (n-2) \quad ; \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=2}^{n-1} (d_j - \bar{d})^2 / (n-3)} \quad (3)$$

进一步计算各个测值跳动偏差的绝对值与均方差的比值

$$q_j = |d_j - \bar{d}|/\sigma \quad (4)$$

当 $q_j > 3$, 则认为此值异常, 舍弃异常值。

2.1.2 系统数据库

由于灌浆施工工期长, 数据采集的周期有时达几年之久, 因此, 本文采用独立数据库服务器保存海量灌浆数据, 对服务器内存和磁盘均有一定要求。本数字化系统采用磁盘阵列技术, 通过多个磁盘同时存储和读取数据来大幅提高存储系统的数据吞吐量和稳定冗余性。

本系统在数据库服务器建立了原始采集数据库、统计分析数据库、图形图像数据库和用户操作数据库来保证数字化系统的良好运行。数据库系统采用目前流行的关系数据库引擎 Microsoft SQL Server 2000/2005 进行各类数据的存储和处理^[3]。

2.2 基本方法

2.2.1 B/S 网络体系结构开发

本系统采用 B/S 结构的开发模式, 建立客户端浏览器——应用程序服务器——数据库服务器的 3 层架构形式, 系统可扩展性强, 易于升级和维护, 同时又保证了工程数据的安全性和保密性。用户通过电脑或手持设备即可随时随地操作该数字化系统, 无需安装任何软件, 借助浏览器即可对现场灌浆施工质量和过程进行管理。本文采用基于微软 .NET 框架的 ASP.NET 技术进行应用程序的开发, 并融入 AJAX 异步数据传输技术, 形象化监控现场灌浆施工动态。

2.2.2 可视化编程技术

系统采用可视化程序设计思想, 通过现场需求分析、业务跟踪来自定义实现管理者的要求, 极大地满足了管理者的功能需求和操作要求, 使得管理者仅通过直观的操作即可完成灌浆施工的实时监控和管理。本文采用微软为 .NET 框架量身定做的 C# 程序语言, 易于应用程序的扩展和数据安全性保护, 同时兼容多种工程类软件 COM 接口和调用 ActiveX 控件, 方便调用工程图例, 实现 Web 页上的多媒体效果和交互式操作^[4]。

3 系统开发与功能实现

3.1 系统总体设计结构

基于 B/S 结构的灌浆管理信息系统基于 .NET 平台, 并结合了数据库技术、图形图像和面向对象的编程思想, 系统的总体结构框架如图 1 所示^[5]。

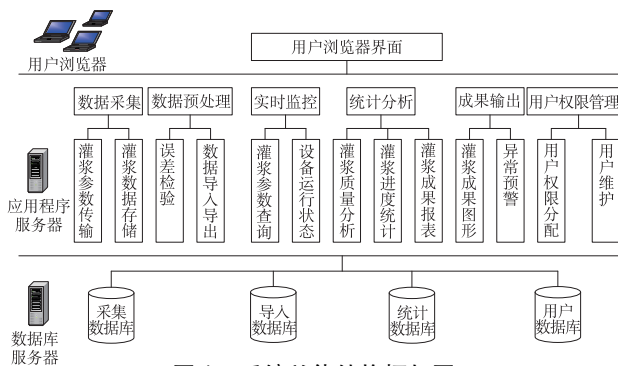


图 1 系统总体结构框架图

Fig.1 Framework of the overall system

3.2 系统特点与主要功能

系统采用基于客户端、应用服务器、数据库服务器三层结构的 B/S 网络体系结构, 它是对 C/S 结构的一种改进, 用户可以通过 Internet 直接访问数字化系统, 大大简化了客户端的电脑荷载, 减轻了系统维护与升级的成本和工作量, 同时有效地保护数据平台和管理访问权限, 服务器数据库也很安全^[6]。

数字化灌浆系统贯穿灌浆全生命周期, 涵盖灌浆单元设计、灌浆计划、施工管理、质量管理与综合查询与成果输出, 能够有效提升灌浆过程管理的及时性和有效性, 变革灌浆成果整理方式, 提高成果整理效率。

系统功能主要通过数据采集、数据处理、实时监控、数据查询、统计分析、异常预警子模块组成, 能收集现场所有灌浆施工数据, 实时监控现场施工动态, 查询各工程部位灌浆参数, 实时统计灌浆完成工程量和施工进度, 并对现场设备及参数异常进行预警^[7]。

4 工程实例及应用

基于 B/S 结构的灌浆数字化系统分别在溪洛渡水电站、大岗山水电站、泸定水电站中得到了应用, 系统运行稳定、良好。现以大岗山水电站为案例进行阐述。

大岗山水电站是大渡河干流中游上段具有日调性能的高坝大型水电站。坝型为混凝土双曲拱坝, 最大坝高约 210 m, 设计正常蓄水位 1 130 m, 库容 7.75 亿 m^3 , 水库面积 12.6 km^2 , 水库回水长度 29.43 km。电站枢纽建筑物由混凝土双曲拱坝、水垫塘及二道坝、泄洪隧洞、引水及尾水建筑物、发电厂房、开关站等组成, 发电厂房为地下式, 厂内安装 4 台水轮发电机组, 每台装机容量为 650 MW。

大岗山水电站灌浆数字化系统主要针对大坝及左、右岸固结和帷幕灌浆, 收集现场灌浆施工实时数据, 用户通过 Internet 直接登陆系统进行数据监控、各部位灌浆参数查询、施工进度统计分析、生成一系

列报表图表和异常预警等功能,操作简便快捷,无需安装任何软件即可在网络浏览器上使用该系统。灌浆数字化系统有助于现场灌浆数据的整合管理,提高管理水平,为后期的施工决策提供数据参考。

以现场某坝段某孔号固结灌浆为例展示灌浆施工采集数据,表 1 显示了在灌浆作业方式下一段完整的灌浆资料记录,记录了一段时间内现场采集的

各类灌浆参数。灌浆过程中的过程数据为后期统计分析提供数据基础。

4.1 系统登陆主界面

用户在获得授权口令后即可在浏览器上输入网址登陆灌浆数字化系统。图 2 为进入网络系统主界面,包括一系列功能模块、用户登陆信息和系统简介等信息。

表 1 大岗山水电站某坝段某灌浆孔采集数据

Table 1 Collected data of a grouted hole in a dam section of Dagangshan hydropower station

工作方式	记录时间	进浆/ (L·min ⁻¹)	回浆/ (L·min ⁻¹)	累计流 量/L	累计灰 量/kg	流量/ (L·min ⁻¹)	压力/ MPa	峰压力/ MPa	密度/ (g·cm ⁻³)	吕容 值/Lu
灌浆	2011-11-21T5:26	65.90	65.90	1 023.31	1 098.36	0.00	1.24	1.42	1.83	0.00
灌浆	2011-11-21T5:21	64.40	64.40	1 023.30	1 098.36	0.00	1.16	1.47	1.83	0.00
灌浆	2011-11-21T5:16	65.20	65.20	1 023.29	1 098.36	0.00	1.22	1.50	1.83	0.00
灌浆	2011-11-21T5:11	64.30	64.30	1 023.28	1 098.36	0.00	1.16	1.54	1.83	0.00
灌浆	2011-11-21T5:06	65.30	65.30	1 023.27	1 098.36	0.00	1.22	1.57	1.83	0.00
灌浆	2011-11-21T5:01	63.40	63.40	1 023.26	1 098.36	0.00	1.29	1.59	1.83	0.00
灌浆	2011-11-21T4:56	64.90	62.00	1 023.25	1 098.36	2.90	1.23	1.54	1.81	0.00
灌浆	2011-11-21T4:51	64.40	54.80	1 008.71	1 063.57	9.60	1.13	1.51	1.81	0.00
灌浆	2011-11-21T4:46	64.10	48.70	960.53	1 005.93	15.40	0.96	1.34	1.81	0.00
灌浆	2011-11-21T4:41	65.00	49.30	883.43	913.74	15.70	0.73	1.24	1.78	0.00
灌浆	2011-11-21T4:36	64.00	36.50	804.99	823.41	27.50	0.53	0.91	1.75	0.00



图 2 系统登陆主界面
Fig.2 Log-in interface of the system

4.2 系统统计分析模块

用户选择工程量统计子模块,选择统计的时间段,即可统计所有工程部位累计灌浆灰量,并以三维柱

数,依照水泥灌浆规范方便生成各类灌浆成果统计报表,并在网页上直接导出或打印输出;除此之外,

状统计图的形式展现。该图能够实时反映现场各部位灌浆工程量,有利于掌握现场施工进度和完成量,如图 3。

在工程量统计子模块,选择时间段后即可生成现场各工程部位单位耗灰量的统计分析图,包括现场采集灌浆数据库中所有工程部位的单位耗灰量统计,如图 4 所示。

4.3 系统图形图表生成模块

在灌浆成果图形子模块,选择任意工程部位即可生成该工程部位的透水率频率曲线及累计频率曲线图,实时反映该工程部位的岩石灌浆质量情况,如图 5。

4.4 其他功能模块

依据现场实际需求,系统还能实时监控现场灌浆施工情况,了解灌浆参数和设备使用情况,查询任意部位、孔号、段号、工作方式下的灌浆参

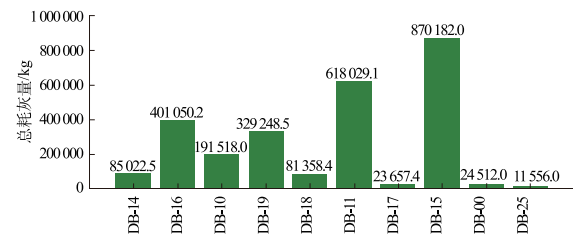


图3 各工程部位总耗灰量三维柱状图
Fig.3 Histogram of total cement consumption
in different grouting holes

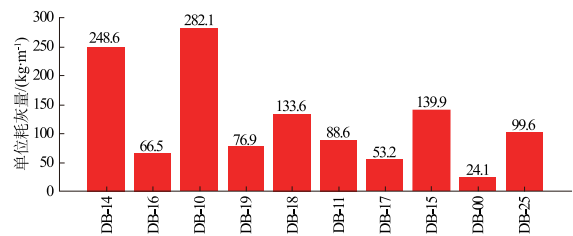


图4 各工程部位单位耗灰量三维柱状图
Fig.4 Histogram of unit cement consumption
in different grouting holes

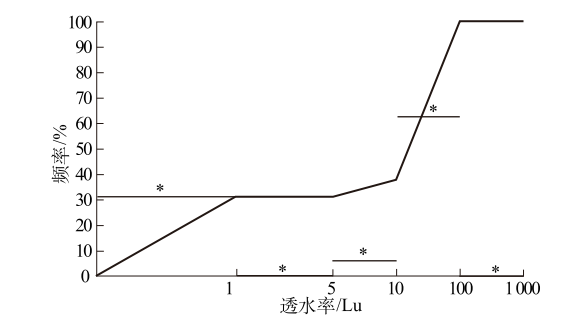


图5 某工程部位透水率频率和累计曲线
Fig.5 Curve of permeable rate vs.
frequency, and accumulative frequency curve

系统还能实时记录现场出现的所有异常情况,将异常值通过短信等形式发送至管理者,以便及时处理施工过程中出现的异常状况。

5 结语

- (1) 随着近年来越来越多水电工程的建设,灌浆数字化系统的开发将有助于现场灌浆施工的监控和管理,为决策者提供一个科学有效、简便直观的操作平台,为现场灌浆施工管理提供技术支持,对提高工程设计与现代管理水平具有现实意义。
- (2) 由于灌浆施工现场情况复杂,灌浆数据采集的有效性和真伪性有待进一步深入研究,对原始采集的数据的整编和预处理将显得尤为重要。
- (3) 由于本系统是基于 B/S 模式开发,限于软

件平台和运行效率,施工动态可视化仿真功能略显不足,此功能将在后一阶段的开发过程中逐步完善,使其能上升为一个水利工程决策支持系统。

参考文献:

[1] 袁光裕,胡志根. 水利水电施工[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005. (YUAN Guang-yu, HU Zhi-gen. Construction of Hydropower Projects[M]. Beijing: China Water Power Press, 2005. (in Chinese))

[2] 吴世勇,陈建康,邓建辉. 水电工程安全监测与管理[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009. (WU Shi-yong, CHEN Jian-kang, DENG Jian-hui. Safety Monitoring and Management of Hydropower Projects[M]. Beijing: China Water Power Press, 2009. (in Chinese))

[3] 李洋波,黄达海,黄 玮,等. 溪洛渡拱坝温控数据库的功能[J]. 水电站设计,2008, 24(4): 105 – 107. (LI Yang-bo, HUANG Da-hai, HUANG Wei, et al. Functions of Temperature Control System for Xiluodu Arch Dam[J]. Design of Hydroelectric Power Station, 2008, 24(4): 105 – 107. (in Chinese))

[4] 李洋波,黄达海. 高拱坝施工的温控数据库系统[J]. 武汉大学学报(工学版),2008, 41(4): 52 – 55. (LI Yang-bo, HUANG Da-hai. Temperature Control Database System for High Arch Dam Construction[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2008, 41(4): 52 – 55. (in Chinese))

[5] 酆能惠,徐竹青. 土石坝安全监测信息管理系统[J]. 水利水电技术,2004, 35(4): 78 – 81. (LI Neng-hui, XU Zhu-qing. Development of Information Management System for the Safety Monitoring of Earth-Rockfill Dams [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2004, 35(4): 78 – 81. (in Chinese))

[6] 钟登华,南春辉,宋 洋. 水电工程施工进度三维动态可视化方法[J]. 天津大学学报,2005, (4): 322 – 327. (ZHONG Deng-hua, NAN Chun-hui, SONG Yang. Three-Dimensional Dynamic Visualization for the Schedule of Hydroelectric Project[J]. Journal of Tianjin University, 2005, (4): 322 – 327. (in Chinese))

[7] 张宗亮,钟登华. 超高面板堆石坝监测信息管理与安全评价的理论及实践[J]. 天津大学学报, 2008, 41(9): 1083 – 1086. (ZHANG Zong-liang, ZHONG Deng-hua. Theory and Application of Monitoring Information Management and Safety Assessment for Super-High Concrete-Faced Rockfill Dam[J]. Journal of Tianjin University, 2008, 41(9): 1083 – 1086. (in Chinese))

Application of B/S Network-Based Digital Grouting Management System to Hydroprojects

RAO Xiao-kang, WANG Hui

(Department of Instrument Automation, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract:To tackle the difficulty of monitoring and statistically analyzing the grouting quality and construction schedule by traditional methods, we established a digital grouting management system by employing B/S network structure, in association with network technology, database technology and visual programming techniques. The system is to achieve real-time monitoring, data integration, data query, statistical analysis, and early warning for abnormal information. It can also integrate, manage and share the grouting data for engineers to acquire real-time on-site construction progress and to collect and analyze field information in time. The system would improve the grouting quality and provide support for decision-making.

Key words:digital grouting; database; reports and diagrams; warning of the abnormal; Dagangshan hydropower station; Xiluodu hydropower station

(上接第 78 页)

提高精度,这样反而会给整个测量过程就增加额外的工作量,延长作业周期,降低作业效率。因此在航摄生产中,采取适当措施来提高 POS 系统的精确性,就可缩短航空摄影的作业时间,减少作业开支,提高作业效率,让新技术更好地为测绘生产服务。

参考文献:

[1] 王之卓. 摄影测量学原理[M]. 北京:测绘出版社, 1979. (WANG Zhi-zhuo. The Principle of Photogrammetry[M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1979. (in Chinese))

[2] 袁修孝. GPS 辅助空中三角测量原理及应用[M]. 北京:测绘出版社,2001. (YUAN Xiu-xiao. The Principle and Application of GPS-Assisted Aerial Triangulation [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press ,2001. (in Chinese))

[3] 袁修孝,付建红,左正立,等. 机载 POS 系统用于航空遥感直接对地目标定位的精度分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2006,(10):1-3. (YUAN Xiu-xiao,

FU Jian-hong, ZUO Zheng-li, *et al.* The Analysis of POS Systems for Airborne Remote Sensing Direction to the Ground Target Position Accuracy[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006,(10):1-3. (in Chinese))

[4] 刘 军,张永生,王冬红. POS AV510-DG 系统外方位元素的计算方法[J]. 测绘技术装备,2006,(4):6-9. (LIU Jun, ZHANG Yong-sheng, WANG Dong-hong. The Method of Calculating the Exterior Orientation Elements of POS AV510-DG [J]. Geomatics Technology and Equipment,2006,(4):6-9. (in Chinese))

[5] 山海涛,马淑宇,陈筱勇,等. 考虑内定向误差的外方位元素精度分析[J]. 测绘科学,2007,(1):14-15. (SHAN Hai-tao, MA Shu-yu, CHEN Shu-yong, *et al.* Analysis of Exterior Orientation Accuracy under the Interior Orientation Error[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007,(1):14-15. (in Chinese))

(编辑:王 慰)

POS System and Its Application in Aerial Photography

YANG Cheng, BAI Shi

(Xi'an Zhongfei Aviation Remote Sensing Technology Co., Ltd., Xi'an 710089, China)

Abstract:The operation principle of POS (Position and Orientation System) is firstly described. Furthermore, problems need to be noted such as eccentricity component measurement, initialization of POS device, accuracy of data control and construction of base station are analyzed. Solutions and preventive measures are proposed in line with the requirements of practical aerial photography. The POS system has been used and tested successfully in several practices.

Key words:POS; operation principle; application; IMU; DGPS