

基于区块链技术的水利工程档案管理及信息系统研究

陈鹤元, 文伏灵, 彭翘楚, 王家禹

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:针对水利工程档案管理的难点,结合亭子口水利工程项目档案过程控制要求,提出了基于区块链技术的水利工程项目档案管理方法,实现了档案预归档、哈希校验辅助水利工程项目档案四性检测,以及调用区块链平台可信存证服务证书的全流程项目档案管理,有效地提高了电子档案的管理效率,旨在为保障电子档案全生命周期数据管控赋能。

关键词:区块链;亭子口水利工程建设;档案管理;四性检测

中图分类号:[TV91];TV76;TV512

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)02-0056-05

Research on the Management Method and Information System of Water Conservancy Project Archives Based on Blockchain Technology

CHEN Heyuan, WEN Fuling, PENG Qiaochu, WANG Jiayu

(PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: In view of the difficulties in managing water conservancy engineering archives, combined with the process control requirements of the Tingzikou Water Conservancy Construction, this article proposes a water conservancy project archive management method based on blockchain technology, which has realized pre-archiving, hash verification to assist in the four-parameter detection of water conservancy project archives, and the use of blockchain platform trusted storage service certificates for full process project archive management, has effectively improved the efficiency of electronic archive management, empowering data control throughout the entire lifecycle of electronic archives.

Keywords: Blockchain; Tingzikou Water Conservancy Project Construction; Archive management; Four-parameter detection

1 概述

伴随着我国水利工程建设的快速发展,加强水利工程项目档案管理的规范化、标准化和信息化建设也得到了相应的重视。越来越多的工程项目已启用信息化手段用于提高项目的管理效率。但鲜有考虑电子档案全生命周期管理(从文件形成到归档的系统),亦没有充分考虑电子档案的真实性、完整性、可用性及安全性保障,导致工程项目档案管理的技术难度大,现实效用低。

然而,开发一套水利工程档案管理系统对于辅助总结工程的质量、进度、成本控制效果都具有极为重要的意义。笔者以亭子口灌区水利工程建设为依托,根据区块链去中心化存储技术开发了

亭子口水利工程项目智能建造平台的档案管理功能,实现了工程档案的数字化管理。

根据《信息与文献-文件管理》ISO 15489-2016 中的有关文件管理原则,文件管理的质量目标在于提供“权威文件”,即其必须是具有真实性、可靠性、完整性、可用性特点的文件。电子档案具有的真实性是电子档案价值实现的基础和前提^[1]。在水利工程建设行业,随着信息化技术快速发展,云计算、大数据等技术在工程建设领域不断推广应用,各级水利部门加强了对档案管理的指导和监督,制定了相应的管理规定和标准。

亭子口灌区的工程档案是该工程的有机组成部分,也是对建设施工质量最直观反映,档案管理对亭子口灌区工程质量的控制具有举足轻重的影响。针对亭子口灌区工程档案分散性高的特

收稿日期:2024-01-10

点,需要对水利工程建设各阶段工作中形成的报告、批复、标书、合同、图纸、日志、备忘录、协调文件、领导视察或检查情况各个方面的文件材料进行管理。亭子口灌区工程建设工期长、里程碑阶段多,针对各个阶段的档案保管,确保档案管理的成套性至关重要;同时,亭子口灌区工程建设档案的管理依然存在一些问题。鉴于该工程涉及范围广、工程规模大、周期长、参建主体多、人员流动性大,导致工程档案信息化水平低,给档案管理工作带来了巨大困难;且因该工程依赖人为操作收纳的电子档案由于项目工期过长、人员工作量过大而无法保证档案的系统性和完整性。

针对上述水利工程档案管理存在的问题,总承包项目部提出了“电子档案预归档+区块链平台可信存证+四性检测”方案。其中区块链技术的应用是亭子口水利工程项目智能建造平台档案管理的重要内容之一。区块链是一种数据存储的底层技术,具有链式数据结构,其链上的每个数据单元(数据区块)按照时间顺序依次相连,并以密码学方式保证其不可篡改和不可伪造。区块链同时存储在多个节点上,也被称为分布式账本^[2]。区块链技术应用用于亭子口水利工程项目智能建造平台档案存证、出证、核验各环节,解决了工程用户在电子档案管理期间对档案可靠性的质疑。

2 针对工程档案管理系统存在问题的解决方案

2.1 档案管理的主要业务流程

亭子口水利工程项目智能建造平台档案管理的业务流程设计分为三个阶段:形成阶段、移交阶段、归档阶段。

(1)形成阶段:主要是对工程档案的创建、编辑、修改等进行操作,针对不同工程、不同建设单位、不同标段、项目管理模式、流程、表单不统一的特点选择自定义配置的预归档结构树,同时调用元数据进行区块链平台数据上链。

(2)移交阶段:调用区块链平台的出证接口,获取出证证书。

(3)归档阶段:在档案四性检测通过后,为确保其真实、可靠、完整、可用,业务人员根据工作需要将档案推送至企业内部的数字档案管理系统。

2.2 系统具备的主要功能

亭子口水利工程项目智能建造平台档案

管理模块的主要功能包含电子档案预归档、基于智能合约技术的区块链平台可信存证与电子档案四性检测。亭子口水利工程项目电子档案归档业务流程见图 1,亭子口水利工程项目智能建造平台档案管理功能架构见图 2。

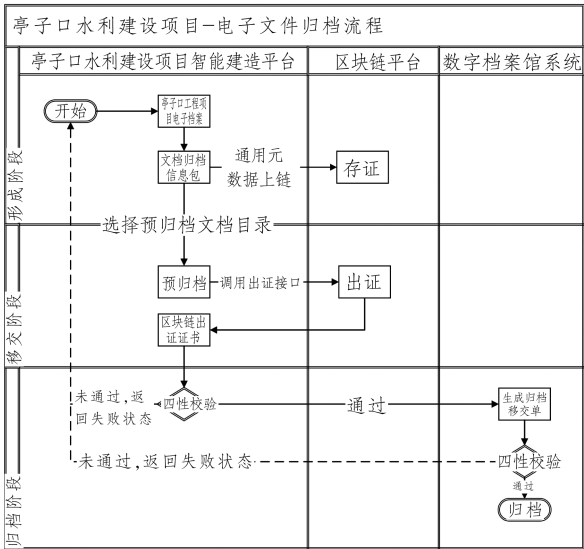


图 1 亭子口水利工程项目电子档案归档业务流程图

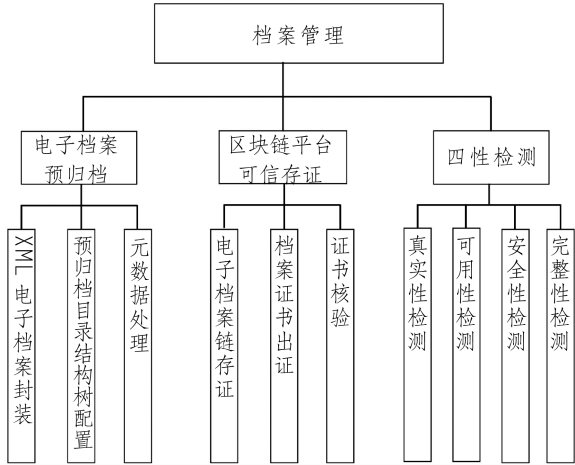


图 2 亭子口水利工程项目智能建造平台档案管理功能架构图

2.2.1 电子档案预归档

根据《建设项目档案管理规范》DAT 28—2018 要求,工程建设项目必须实现电子档案预归档管理。该系统支持亭子口灌区工程预归档目录树配置、电子档案封装、元数据处理等,同时预留了与区块链平台的接口,能够满足数据上链存证功能需求,实现了预归档相关数据自动上链,减少了中间的流转环节。

其具体功能为:

(1) 预归档目录树的配置。由于电子文件所特有的非人工识读性、信息与特定载体之间的易分离性、信息的易变性等特点^[3],亭子口水利工程建设智能建造平台按照水利工程项目档案分类、归档范围及保管期限划分表的要求,对待归档资料应归尽归并保持原有的业务关系,形成了“结构化信息+版式文件”的电子档案规范存储体系。

根据对工程业务的梳理,对总承包项目部电子档案按照施工类文件、项目部管理类文件两大类型进行了分类,其中将施工类电子档案又分为施工技术文件、施工进度文件、施工质量文件、施工合同文件等几种类型。亭子口水利工程建设智能建造平台档案分类框图见图 3。

智能建造平台将上述工程项目建设过程中产

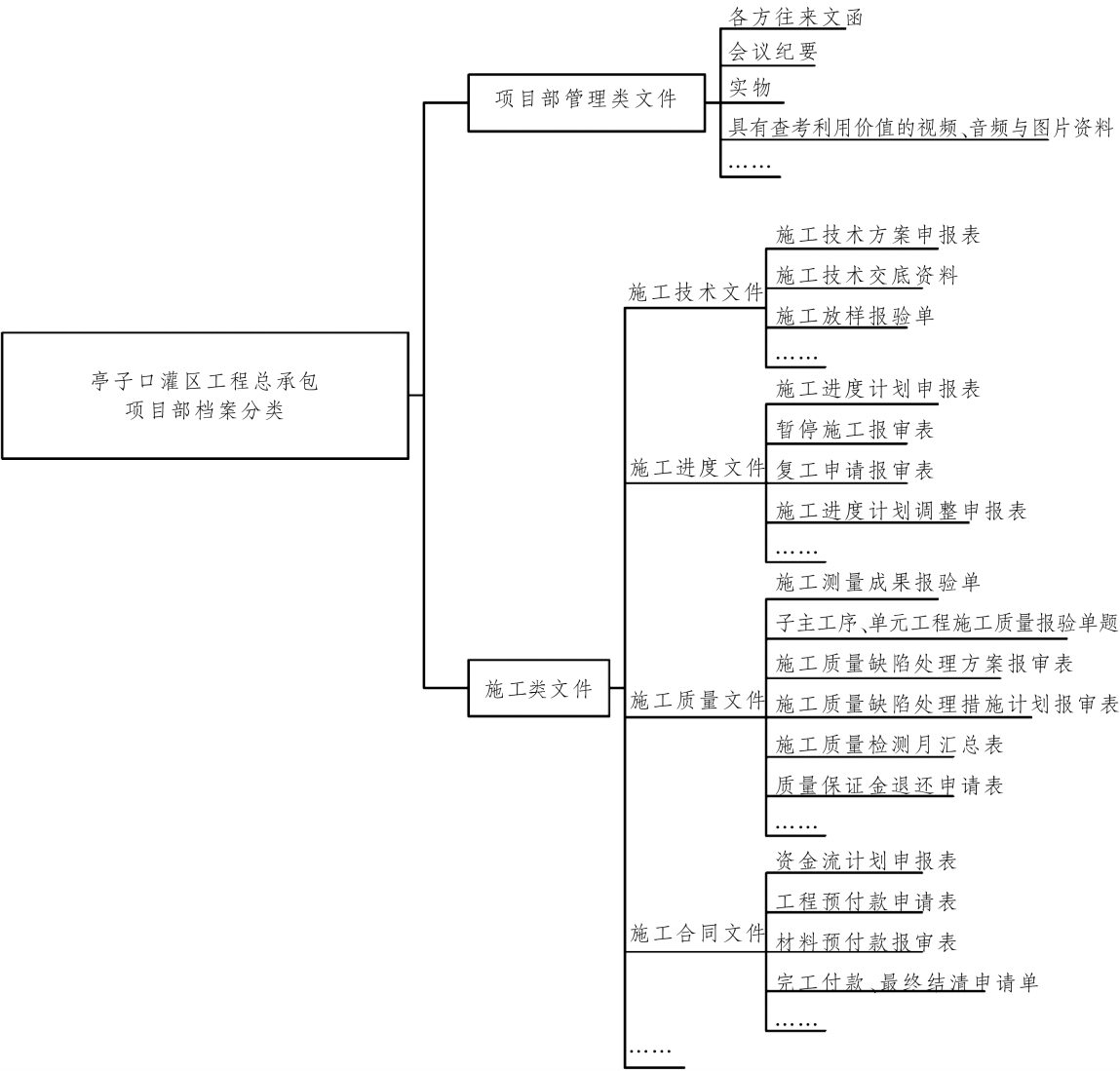


图 3 亭子口水利工程建设智能建造平台档案分类框图

生的、具有保存价值并归档保存的电子档案及过程信息集合,形成了由业务人员维护的预归档电子档案结构树。预归档目录框图见图 4。

(2) 基于 xml 技术的电子档案封装。根据《建设项目档案管理规范》DAT 28—2018 中的第 9.1.4 条:项目电子档案在办理完成后应当按照归档要求实时收集完整。利用 xml 技术将电子

档案及其元数据封装在一个数据包中,并需保证封装内容的完整性.xml 是一种可扩展型标记语言,可用于对电子档案进行标识与记录。对于电子计算机而言,“标记语言”特指一种具有标识能力的信息符号,能够将常规传输数据与标记后的数据信息区别开来:一方面能够大幅度缩短获取信息文件所需消耗的时间;另一方面也可实现对

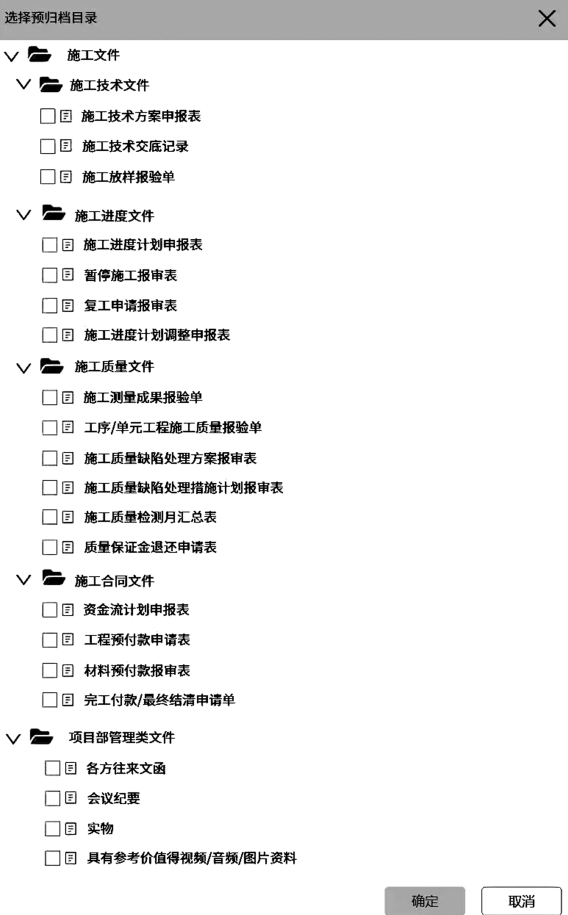


图4 预归档目录框图

传输数据文件的定向化处理^[4]。

根据《电子档案归档与电子档案管理规范》GB/T 18894—2016 中的第 8.3.2 条,电子档案应以通用格式形成、收集并归档,或在归档前将其转换为通用格式。亭子口水利工程项目智能

建造平台采用 webservice 归档接口、归档电子档案及其元数据的规范存储结构时,以 xml 格式归档;系统将文件标题、附件、收发文单位、发起人、发起日期(实际签发时间)、审核流程信息数据封装,定义 xml 文件格式,包括标记和属性等。对于平台档案管理流程表单采用 PDF 形式固化,审核通过后一键推送至数字档案管理系统。

上述元数据处理后,亭子口水利工程项目智能建造平台将处理后的 xml 文件推送至区块链平台,为后续的区块链平台可信存证业务提供数据支撑。

2.2.2 基于智能合约技术的区块链平台可信存证

亭子口水利工程项目智能建造平台完整的区块链应用包含应用程序和智能合约两部分:智能合约源代码公开保存于区块链平台,用于读取和操作账本上的数据;智能建造平台通过区块链网络的 Peer 节点调用智能合约,智能合约通过 Peer 节点操作账本数据。

亭子口水利工程项目智能建造平台将预归档的电子档案元数据封装,经哈希处理形成数字指纹,基于 API 方式添加存证,将文件哈希值上链存储。区块链平台针对已存证成功的电子数据信息出具存证证明,用于证明数据自存证时间起即上链存储,无法被篡改。依据智能合约设计,区块链平台出具的存证证书包括电子档案元数据存储的区块哈希、区块交易哈希信息、区块高度信息、存证 ID、证据指纹、区块链账户地址、存证名称、存证时间、证书签发机构名称及机构盖章。亭子口水利工程项目智能建造平台出证查询设计框图见图 5。



图5 亭子口水利工程项目智能建造平台出证查询设计框图

2.2.3 电子档案四性检测

亭子口水利工程项目智能建造平台在档

案归档阶段需要对电子档案进行四性检测以确保推送至数字档案管理系统的档案真实、安全、完整、可用。笔者对电子档案四性检测内容分别进行说明如下。

2.2.3.1 真实性检测

- 电子档案真实性检测主要分为以下几个方面：
- (1)工程电子档案元数据真实性检测:通过智能合约技术对系统中的元数据进行算法加密,将所形成的 xml 文件与上链前的原始数据包比对,区块链平台自动解析 xml 文件,并将解析出的元数据字段和归档中间库中元数据字段一一比对用于检测元数据的真实性。
 - (2)工程电子档案内容真实性检测:检测亭子口灌区工程电子档案数据的属性与上链前元数据中记录的信息是否一致。
 - (3)移交信息真实性检测:亭子口水利工程项目智能建造平台将需归档的电子档案在其移交前需比对信息组织结构和内容是否符合数字档案管理的相关规定,检测其与业务部门发送的信息包是否一致。
 - (4)工程电子档案来源的真实性检测:在亭子口灌区工程电子档案归档前,必须检测电子档案固化信息是否有效,系统审核流程信息中是否包含已有的角色、用户。
 - (5)电子档案元数据与内容关联的真实性检测:检测电子档案上链前元数据中记录的存储位置与推送数字档案馆归档内容的实际位置是否一致。

2.2.3.2 安全性检测

- 电子档案的安全性检测主要分为以下几个方面：
- (1)移交信息包病毒检测:必须定期检测用于存储电子档案的服务器是否有病毒入侵迹象。亭子口工程的电子档案制定了备份计划,使用物理存储介质异地保存了多份,以备在其遇到不可抗力自然情况或火灾发生时能够迅速还原。亭子口水利工程项目智能建造平台所部署的设备均配备了杀毒软件以用于检测电子档案移交信息包是否包含病毒代码。
 - (2)移交过程安全性检测:基于区块链技术的不可抵赖性,数据一经上链则无法篡改,在移交过程中可以随时查看已做存证的电子档案是否可控,引入区块链技术可以让档案生成部门、保管部

门、主管部门等参与到电子档案管理全过程中^[5]。

2.2.3.3 完整性检测

- 电子档案完整性检测主要分为以下几个方面：
- (1)工程电子档案数据总量完整性检测:亭子口水利工程项目智能建造平台通过统计电子档案总件数、总字节数,并与区块链平台上链元数据的数量、总字节数进行对比用以检测归档电子档案数据总量的完整性。
 - (2)工程电子档案元数据的完整性检测:对照工程电子档案的元数据项是否完备、齐整,检测需归档的电子档案是否具有连续编号,如归档号、顺序号等;检测连续编号是否有遗漏,包含审核流程的电子档案是否记录审核意见、审核时间等信息。
 - (3)工程电子档案内容的完整性检测:检测工程电子档案的内容数据是否完整。
 - (4)工程移交数据包的完整性检测:亭子口工程的电子档案移交数据包包含文件标题、附件、收发文单位、发起人、发起日期(实际签发时间)、审核流程信息数据封装定义的 xml 文件和流程相关信息固化的 PDF 文件,必须对上述信息逐项进行完整性检测。
- 2.2.3.4 可用性检测
- 电子档案可用性检测主要分为以下几个方面：
- (1)工程电子档案元数据的可用性检测:检测电子档案元数据是否能够被总承包项目部用户正常访问。
 - (2)工程电子档案内容的可用性检测:检测亭子口工程电子档案是否可读、正常打开查看、内容数据格式是否符合数字档案的归档要求。
 - (3)系统软硬件环境检测:检测电子档案元数据属性中记录的软硬件信息是否符合相关要求。
 - (4)工程移交数据包的可用性检测:检测所移交的工程电子档案数据包是否存在影响可用性的隐患问题,如加密算法、特殊压缩工具等。

3 结 语

笔者依托亭子口灌区工程建设,结合总承包项目部在工程各阶段管理的需要,开发了适合项目部使用的工程档案管理系统。该系统运用区块链技术进行工程档案管理,为工程参建各方提供完整可靠、业务聚焦的工程建造数字档案管理解决方案。利用区块链技术的真实可信、防篡改、可

(下转第 68 页)

动点击打开。以亭子口灌区一期工程第Ⅲ标为例,设置了“欢迎页面按钮”,能够满足不同参观人员的欢迎展示;设置了“决策驾驶指挥舱按钮”,能够快速展现工程建设信息;设置了“无人机按钮”,能够实现快速打开无人机的操作页面;设置了“宣传片按钮”,能够为参观人员播放项目介绍的宣传片。

5 智能建造系统展示区具有的功能

通过两台触摸式商业显示器展示了亭子口灌区水利工程智能建造平台。该平台是项目部日常办公和信息收集的中心,分为个人工作台、综合管理、项目管理、工程建造、决策驾驶舱及系统管理六大板块。手动触摸显示器可以为参观人员详细介绍系统具有的各项功能,采用沉浸式设计,使参观人员可以深度参与其中;同时,也能展示项目智能建造的相关内容,包括有毒有害气体检测、瓦斯检测、环境检测、暴雨监测、智能温控数据监测、视频监控等,使参观者在短暂的时间内对项目有一个清晰、准确且直观的认识。

6 控制指挥室具有的功能

控制指挥室具备连线施工现场的功能,可以与各重要施工作业面的现场调度室实现连线,可以方便地在总承包部召开每日调度会和线上碰头会,快捷高效地收集现场需要解决的问题,直接且高效地下达总承包部的管理指令,实现总承包部对现场的直线式管理。同时,其也是项目部教育培训、三维交底的重要区域,通过控制指挥室大屏可以开展岗位技能培训、微课及各种培训课件的录制、三维设计成果的动态演示以及项目大事记

(上接第 60 页)

追溯、去中心化等技术特性,将工程建设设计-监理-施工中的电子档案上链,构建区块链电子档案管理应用;对内提升电子档案数据的真实性、安全性、完整性、可用性保障,对外支持电子档案真实性校验服务,提升档案管理数据的资源共享能力,加快实现档案信息化战略转型,积极响应国家战略方向,推动区块链技术与工程建设行业产业结合。

参考文献:

[1] 胡克征. 电子档案真实性问题研究[D]. 武汉:武汉大学, 2002.

[2] 刘越男. 区块链技术在文件档案管理中的应用初探[J]. 浙江档案, 2018, 41(5): 7-11.

动态播放等综合功能。

7 结 语

水利数字化智慧化建设是水利工程高质量发展和工程建设高质量管理的重要抓手,对提升水利工程建设精细化管理水平和综合决策能力具有重要意义。亭子口灌区水利工程数字展厅不仅是总承包部对外宣传和展示的重要窗口,同时也是水利数字化建设探索与应用的尝试。可以展望:数字展厅将逐步成为重点大型水利工程建设项目的标配,对推动水利数字化发展提供应用场景,对构建智慧水网提供实践经验。

参考文献:

[1] 吴继伟,朱理杰,王晓嘉,等. 数字孪生在水利工程建设中的探索[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, 3(8): 164-166.

[2] 王立新. 基于沙盘原理设计的 BIM 技术在公路工程中的应用[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(15): 66-68.

[3] 任海康,王晓云. 数字孪生技术在某水利枢纽工程的应用[J]. 海河水利, 2023, 8(10): 122-124, 128.

[4] 吴绍明,冯远鹏,闫怡雯,等. 基于 BIM+GIS 的高速公路数字沙盘研究及应用[J]. 公路工程, 2023, 48(2): 73-80.

[5] 李鲁锋. 多旋翼无人机技术在工程施工管理中的应用[D]. 山东建筑大学, 2020.

作者简介:

夏明鸿(1997-),女,贵州独山人,工程师,硕士,从事水利水电工程规划工作;

彭昱坤(1997-),男,贵州兴义人,工程师,硕士,从事水利水电工程项目管理及数字化工作;

孙周辉(1980-),男,陕西宝鸡人,正高级工程师,工程硕士,从事水利水电工程项目管理及数字化工作;

沈纪勋(1994-),男,河南驻马店人,工程师,学士,从事水利水电工程项目管理工作.

(编辑:李燕辉)

[3] 冯惠玲,刘越男,等. 电子文件管理教程[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2017.

[4] 高锦涛,刘文洁,李战怀. 一种面向分布式读写分离系统的数据同步策略[J]. 西北工业大学学报, 2020, 38(1): 209-215.

[5] 张珊. 区块链技术在电子档案管理中的适用性和应用展望[J]. 档案管理, 2017, 30(3): 18-19.

作者简介:

陈鹤元(1991-),男,黑龙江绥化人,助理工程师,学士,从事工程数字化工作;

文伏灵(1987-),男,湖北襄阳人,副高级工程师,硕士,从事能源行业数字化研发及管理工作;

彭翹楚(1996-),男,四川成都人,助理馆员,硕士,从事档案管理工作;

王家禹(1992-),男,四川成都人,工程师,学士,从事能源行业数字化研发及管理工作.

(编辑:李燕辉)