

# 浅谈国际工程文档管理系统：挑战、技术与未来展望

王斌

中国成达工程有限公司 四川成都 610041

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18481

**[摘要]** 在全球化背景下,大型复杂国际工程项目的文件管理是一个不得不谈的话题。本文首先系统梳理了项目文件的全生命周期 workflow 与最佳实践,并深入剖析了 Aconex 等主流软件平台在数据集成与融合过程中存在的障碍。在此基础上,文章进一步探讨了人工智能和区块链等新兴技术在提升文件处理效率、保障审查真实性与数据可追溯性方面的应用潜力。同时,本文结合 ISO 等国际标准,提出了一套自动化合规性管理方法。最终,本研究得出结论并展望:未来国际工程项目文档管理系统将演变为一个集“标准化、集成化、智能化”于一体的自动化体系,其终极形态是一个能够实现自动化合规与可信数据追溯的信息管理平台。

**[关键词]** 国际工程; 文档管理; 区块链; 合规性; 智能合约

## 引言:

国际工程的涉众因素主要包括业主、咨询方、设计方、总承包和专业分包商以及供应商等<sup>[1]</sup>。因此,在国际工程干系人众多的复杂的组织环境中,工程资料作为设计文档、技术资料、合同资料、会议记录、变更资料、报告资料,是工程项目技术控制信息、经济控制信息、组织信息和进度管理信息的主要传播载体和控制重要手段。

国际工程文档管理是指在统一的管理流程、信息技术手段及规范严谨的合规体系的支撑下,面对这些庞大的、非结构化数据的进行全生命周期的有效管理,国际工程文档管理有着自身的特点。本文从国际工程文档管理的核心流程、关键技术平台、新技术应用、相关标准等方面,展望其发展。

## 1. 国际工程文档管理的核心流程与最佳实践分析

一个成功的国际工程项目离不开一套严谨、高效的文档管理工作流程。该流程覆盖了从文档诞生到最终归档的每一个环节,确保信息的准确性、可追溯性和安全性。

### 1.1 端到端工作流 (End-to-End Workflow)

典型的国际工程文档管理生命周期包括以下关键步骤:

(1) 创建 (Creation): 文档的初始生成阶段。最佳实践要求在此阶段即采用标准化的模板和命名规则,以保障后续流程的顺畅。统一的命名约定能极大地方便后续的文档追溯和归档<sup>[2]</sup>。

(2) 审核与批准 (Review & Approval): 决定文档的内

容是否合格、是否允许发布,并控制该文档的状态。在一个跨国合作工程中,这个文档要在一些特定的 workflow 中流转不同的国家、不同的专业、工程师、经理、顾问手里进行审核与确认。基于流程控制的系统能够在很大程度上加快审核与确认的效率,避免以往以人为为主的流转的滞后性和失误<sup>[1]</sup>。这一阶段通常要求复杂版本的反复与团队的协同。

(3) 分发 (Distribution): 经批准的文件必须正确及时地发送给所有适当的接收方。需要有一个分发矩阵 (Distribution Matrix) 以及分发机制以确保得到最新版本、正确文件的现场办公室、施工团队及供应商等人员都能收到相关文件。如何安全、有效将文件传递给世界各地的参与者是跨国项目的重要议题之一<sup>[2]</sup>。

(4) 使用与变更 (Use & Change): 在项目执行过程中,文档被频繁查阅和使用。工程变更是常态,因此必须建立严格的变更管理流程,确保每一次变更都经过评审、批准,并生成新的文档版本。

(5) 归档 (Archiving): 项目完成或文档生命周期结束后,所有最终版本的文档及其相关的元数据、审批记录都需要被系统地归档,以备未来审计、运维或法律纠纷之需。电子归档是现代文档管理的最终阶段<sup>[2]</sup>。

### 1.2 最佳实践

为应对国际工程项目的复杂性,业界总结出以下几点最佳实践:

(1) 中央数据库: 创建一个单一可信源的中央文件库,

杜绝信息孤岛和版本混乱, 确保所有项目参与者都能得到及时准确的信息。

(2) workflow 自动化: 利用文档管理系统定义并自动化审查、批准和分发流程, 减少人工干预, 提高效率和透明度。

(3) 版本精细管控: 采用严格的版本控制标准, 详细记录各文档变更情况, 确保每个人使用均是最新版本, 防止因版本错误而进行昂贵的返工。

(4) 基于角色的访问控制 (RBAC): 根据项目成员的角色和职责, 授予其不同的文档访问和操作权限, 以保护敏感信息, 防止未经授权的修改或泄露。

## 2. 技术平台与集成策略

现代国际工程文档管理高度依赖于先进的软件平台和云服务。这些工具不仅支持核心工作流程, 还促进了跨地域团队的无缝协作。

截至 2025 年, 国际工程领域常用的文档管理与协作平台主要分为通用型和行业专用型:

通用的协作及版本管理工具有: Git、Subversion 等目前主流的软件项目的版本控制工具。云存储是用于非结构化的文档进行协作的通用工具, 其中 SharePoint 等得到一些项目的使用。

工程行业专用平台: 此类平台功能更为专业, 代表性产品包括:

Oracle Aconex: 在大型工程项目中广受推崇的通用数据环境 (CDE), 其核心优势在于提供了一个中立、不可篡改的文档记录环境, 具有高级的版本控制功能和明确的数据所有权模型, 非常适合多方协作的复杂合同关系<sup>[4]</sup>。

Autodesk Construction Cloud (ACC): 该平台深度集成了建筑信息模型 (BIM), 支持 BIM 模型的云端协同、碰撞检测、信息请求 (RFI) 管理等, 实现了以模型为核心的文档和流程管理<sup>[4]</sup>。

Viewpoint for Projects: 此平台专注于管理工程项目中的提交物 (submittals)、文档修订和签审流程, 强化了流程的合规性与控制<sup>[4]</sup>。

云计算技术的普及极大地推动了这些平台的发展, 使其能够支持跨平台操作和移动访问, 让身处世界各地的项目成员都能实时协作, 构成了通用数据环境 (CDE) 的技术基础。

## 3. 新技术的应用与未来展望

AI 和区块链等新兴技术将逐步渗透到国际工程的文档管理中, 一个智能化、可信化、自动化的新文档管理时代即将到来。

### 3.1 人工智能与机器学习的应用

AI 和机器学习 (ML) 在提升文档管理效率和质量方面展现出巨大潜力: 文档智能化管理与审核: 人工智能可以通过对文档进行自动归类并提取文档中重要内容 (如 CRS 中 Review Code 等), 并对工程设计文件的错误、冲突和不符合标准的内容提供辅助性甚至自动化审核, 如已有利用神经网络判别审批文件冗余路径的研究<sup>[5]</sup>。

自动化流程优化: AI 可以通过分析历史数据, 预测文档审批流程中的瓶颈, 并提出优化建议, 从而缩短文档流转周期。

### 3.2 区块链的融合

区块链的不可篡改性为解决国际工程文档管理中的信任问题提供了革命性的方案。

保证文档可靠性及可追溯性: 区块链通过去中心化、链接加密及时间戳能够为每一份文档每一步的操作 (创建、修改、签批) 生成一个永久不可改动的记录<sup>[6]</sup>。通过智能合约可自动执行预定义规则, 比如, 只有满足条件时, 文档的状态才能更新, 从而只能进行有限的非法操作<sup>[6]</sup>。

尽管在大型跨国工程项目应用上尚未有全项目公开展示的研究案例, 但已有的一些研究及原型验证项目已经证明了它们巨大的价值。比如, 在跨国电力建设项目中, 采用区块链和语义网络技术实现可信的工程项目数字孪生数据平台, 可支持所有数据的追溯<sup>[7]</sup>; 预示着在今后的国际工程项目中能够实现基于区块链和语义网的高度信任化实时的文档与资产协同管理。

## 4. 国际标准与合规性管理

在跨国界交换工程文档时, 必须遵守一系列复杂的国际标准构成了国际工程文档管理的核心挑战之一。

### 4.1. 管理体系标准

(1) ISO 9001: 质量管理体系标准, 为确保文档控制流程的质量提供了基础框架。

(2) ISO/IEC 27001: 信息安全管理体系标准, 对于保护敏感工程文档的机密性、完整性和可用性至关重要, 是实

现 GDPR 等法规合规性的重要技术和组织措施基础。

(3) ISO30300 系列: 管理体系记录(文档)的标准(与文档管理系统有关的要求和指南)。

(4) ISO15489-1: 文档管理的基本概念、原则和要求。该标准适用于组织内部的文档管理,旨在确保文档的创建、维护和使用符合规范,以支持组织的业务流程和合规性要求。

#### 4.2 工程元数据标准

ISO15926: 流程工业国际标准之一,使石油、天然气等设施全生命周期的多个数据在不同系统间实现集成、共享、交换和长期存储保存。通过提供统一数据模型及参考数据库以实现不同系统语义互操作。该标准是目前已公认的关于数据交换的成熟度最高且相对完整的国际标准之一,但其仍面临实施难度大的问题,即存在工具不成熟等问题。

#### 4.3 合规性技术与程序控制

为满足上述复杂的要求,企业必须在技术和流程上采取双重控制:

##### 一、技术层面:

(1) 基于角色的访问控制(RBAC): 精确授权,确保用户只能访问其权限范围内的文档,是遵守出口管制“知悉必要”原则的关键。

(2) E2EE 和秘钥管理: 端到端加密(E2EE)是指对传输中、静态存储的敏感工程文档进行强加密(如 AES-256)并同时制订覆盖全生命周期的秘钥管理方案。

##### 二、程序与审计层面:

(1) 合规审计日志: 系统必须记录所有对受控文档的访问和操作日志,以备合规审计。

(2) 自动化合规检查: 采用自动化工具,在文档传输前扫描其内容和元数据,识别是否包含受管制的技术信息,从而预防违规行为。

## 5. 结论

未来,国际项目全生命周期文档管理正在进入技术引领、法规重塑的时代,主要矛盾点仍在于如何克服跨越空间、实体和法规障碍的信息传递畅顺、真实与规范的矛盾。

可以预见的是,标准化、集成化和智能化将成为其未来的3大发展趋势。以 ISO15926 为代表的元数据标准将为其打掉系统壁垒奠定基础;文档管理系统将从“以文档为中心”向

“以数据为中心”的跨越式发展,建立贯穿产品全生命周期的数字主线;人工智能和区块链技术的融合将在根本上解决效率、信任及可追溯的痛点问题。

同时,技术创新要同严格的合规管理体系相适应。企业要将合规要求有机融入技术体系和管理过程。未来,国际工程文档管理系统将不再只是一个文档管理系统,而将成为能够实现智能审核、合规自动化、数据可追溯和实时协作的工作信息管理平台,为全球工程建设项目的交付做好信息铺垫。

#### [参考文献]

[1] Z. Ren, T. Hassan. “Trust in e-Commerce.” (2009). [2009-01-30]

[2] Russell Darnall, J. Preston. “Project Management from Simple to Complex.” (2010). [2010-05-01]

[3] Emmi Ikävalko. “Tiedonkulun ja dokumenttien hallinnan kehittäminen suuressa tehdasyksikössä.” [2017]

[4] Klaudia Jaskula, E. Papadonikolaki et al. “Comparison of current common data environment tools in the construction industry.” *Computing in Construction* (2023). [2023-07-10]

[5] M. Ivanov, S. A. Afanasenkov et al. “Improvement of electronic design and technological documentation approval procedure quality by using the apparatus of artificial neural networks.” *Journal of Physics: Conference Series*

[6] Alexander D. Zemskov, Yao Fu et al. “Security and Privacy of Digital Twins for Advanced Manufacturing: A Survey.” [2024-12]

[7] Liang Zhou. “Trustworthy digital twinning data platform for power infrastructure construction projects using blockchain and semantic web.” *Frontiers in Built Environment* (2024). [2024-11-14]

[8] Elena Mazetova. “Data Protection Regulation and International Arbitration: Can There Be Harmonious Coexistence (with the GDPR Requirements Concerning Cross-Border Data Transfer) ?.” *Legal Issues in the Digital Age* (2021). [2021-07-27]