

浅析金属矿山工程数字化交付

A Brief Analysis of Digital Delivery in Metal Mining Engineering

王磊, 李少辉(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

摘要:传统金属矿山行业数字化转型加速推进,面对数据格式标准不一,共享困难,数据孤岛等问题,本文结合金属矿山行业的特点,具体论述了数字化交付的必要性以及重点问题,同时也给出了数字化交付的具体做法,分析了数字化交付平台的功能,可为金属矿山行业的数字化交付提供参考。

关键词:金属矿山; 数字化交付; 交付平台

中图分类号: TD679

文献标志码: A

文章编号: 1672-609X(2023)06-0072-05

Abstract: The digital transformation of the traditional metal mine industry is accelerating. Different data format standards, sharing difficulties, data islands and other problems still exist. This paper, specifically discusses the necessity and the key problem of digital delivery. At the same time, it also gives the specific methods of digital delivery, analyzes the functions of the digital delivery platform, which can provide a reference for the digital delivery of the metal mine industry.

Key words: metal mine; digital delivery; digital delivery platform

1 前言

新一轮科技革命和产业变革迅猛发展,加快数字化转型已经成为各行各业激发创新活力,引领产业升级的必然选择。工程数字化交付,作为传统工业行业数字化转型的一个重要方向,得到了国内工程公司以及业主的广泛关注。数字化交付,是以工程对象为核心,对工程项目建设阶段产生的静态信息进行数字化创建直至移交的工作过程。能够实现数据、文档、三维模型以及数据、文档、三维模型与工程对象的关联关系的快速查询与应用^[1-2]。

金属矿山工程是以金属资源开发为目的离散型生产系统,数字化与信息化水平相对较低,数据标准化程度不高,且数据孤岛现象比较明显。而近年来,随着数字化矿山的建设的推进,上述问题有所缓解,但仍需要从工程建设阶段就做好统一规划,形成数字化交付的体系,这样才能从源头上解决上述问题,并为数字化智能化矿山的建设打下坚实的基础,形成贯通的数据信息流,从而实现企业自身数据资产的沉淀,进而实现全过程、全生命周期的管理。本文主要分析了数字化交付体系对于金属矿山行业的

作用,列举了建设数字化交付体系的重点难点问题,探索了金属矿山数字化交付平台所需的必要功能。

2 金属矿山工程数字化交付

2.1 数字化交付的作用

数字化交付,对于金属矿山行业来说,是一种全新的交付方式,是智能矿山建设的基础。探矿、设计、采矿的作业模式一般会在矿山企业的整个生命周期一直延续,各方面信息有机整合的需求与渐进式的数字化交付方式非常契合。数字化的交付有望弥合探矿、设计、生产三个作业环节的脱节问题,为矿山建设降本增效,提高矿山的可持续发展水平。数字化交付具体起到以下作用。

1) 设计的数字化交付

国内大多的矿山设计院所依然是采用 CAD 进行二维设计,一部分设计院所实现了部分专业,比如选矿专业的三维设计,这样业主在使用设计成果时效率较为低下。数字化交付是矿山工程设计打破数据孤岛,实现各专业的信息无缝衔接的有效手段,为设计工作的细化与升级提供助力^[3-5]。

2) 施工的数字化交付

施工的数字化交付,能避免现场与设计的脱节,形成信息反馈。同时在数字化交付平台上可以实时查看施工的进度,工程量的统计计算结果也更为精确。从而达到施工管理能够更加科学、便捷、高效的

[作者简介] 王磊(1987—),男,工程师,主要从事数字工程方面工作。

[引用格式] 王磊,李少辉.浅析金属矿山工程数字化交付[J].中国矿山工程,2023,52(6):72-76.

目的。

3) 数字化交付之于生产运维

矿山企业普遍面临生产设备品类复杂,运营成本较高的问题。生产运维阶段,数字化交付的成果能够为业主的固定资产运维提供依据,为智能矿山的建设提供助力。比如巷道的返修、通风风机、水泵、采矿装备等设备设施的运维等,都可以在数字化交付平台上便捷的进行^[6]。通过数字化交付平台,可以更加高效地进行设备设施的维护工作,提高工作效率和质量。同时,这也为我们提供了更多的数据和信息,使得我们能够更好地了解设备设施的运行状态,及时发现问题并进行修复。通过优化维护工作,可以减少停机时间和维修成本,提高设备设施的可靠性和寿命。

2.2 金属矿山数字化交付的特点

矿山工程在数字化交付领域起步较晚,基础较为薄弱,矿业工程相对流程工业存在其自身的特殊性,相应的行业交付标准体系建立需要投入更大的精力。

数字化交付,往往需要工程公司、业主、施工方、供应商等一起参与各个环节,是真正的一把手工程(负责协调人力、物力和控制项目的各种要素),矿业行业的企业往往更急于看到成效,短期内数字化交付的价值受到挑战,而且行业标准化程度不高,客观上也给数字化交付带来一定的难度。

具体需要考虑的问题有以下几个方面。

第一,矿山系统的空间维度相对较大,需要同时满足地理信息尺度与工厂尺度的要求,在不同的空间维度上实现快速的定位与查询,需要在交互方式以及实现方式上予以特殊考虑。

第二,矿山全生命周期产生海量信息,且种类较多。把矿山的所有空间和有用的属性数据实现数字化存储,本身也更具特殊性与挑战性。

1) 分类与编码规则

工程对象的分类较为复杂,参考 BIM 分类编码标准,矿业信息模型(Mining Information Modeling, MIM)的分类与编码规则需要做进一步整理和定义,用于准确区分不同专业归属,区分不同的物理对象类别^[7]。

2) 属性表制定

拿地下开采为例,工程对象既涵盖井上的构筑物部分,又包括井巷工程、矿用设备的部分。这就要求在信息采集的尺度要求中下足功夫,分层次分等级的实施,固定设备尽量按照无人值守化、智能巡

检、设备预维护的要求去设置属性字段。

3) 数字化交付标准体系

体系文件包括数字化交付总体实施方案(详细说明数字化交付的目标、范围、时间表和交付标准,以及各个参与方的责任和角色)、三维模型交付内容规定、智能 P&ID 交付内容规定、矿用设备交付内容规定、建构筑物交付内容规定、井下工程交付内容规定、管道施工资料交付规定等。

基于上述标准,完成交付的资料应涵盖:

(1) 3D 模型和设计文件:包括矿山设施、设备和管网的三维模型以及相关的设计文件和图纸等。工程施工图纸:包括各种工程设施的平面图、剖面图、立面图等施工图纸,用于指导实际的建设工作。

(2) 工程数据和参数:包括地质勘探数据、地质模型、矿石储量、矿石品位、采场参数等相关数据和参数,用于进行矿山规划和运营管理。同时也包括与生产相关的设备设施的属性数据。

(3) 操作手册和标准作业程序:包括设备操作手册、安全操作规程、应急预案等文件,用于指导矿山工作人员的操作和管理。

(4) 监测和检测报告:包括矿山设施和环境的监测数据和检测报告,如土壤污染监测、水质监测、空气质量监测等,用于评估矿山对环境的影响。

(5) 维护和保养手册:包括设备和设施的维护和保养指南,用于确保设备和设施的正常运行和延长使用寿命。

(6) 培训资料和培训记录:包括矿山工作人员的培训资料和培训记录,用于提供必要的培训和技能转移。

(7) 验收报告:对数字化交付的成果进行验收,并记录验收结果和反馈意见。

(8) 其他工程资料:包括设计、采购、施工过程资料等。

第三,数据集成难度高。矿山工程涉及的专业覆盖地质、采矿、选矿、井建、矿机、土建、总图、电气、自控等,专业间跨度相对较大。尤其涉及的三维设计软件模型格式较多,比如 Surpac, Dimine, 3Dmine, Bentley, DataMine, Ventsim 等软件厂商都有自己的专有模型格式,数据集成难度相对较高,且上述软件在属性信息集成上离统一的矿业信息模型(Mining Information Modeling, MIM)的要求还有差距,需要在三维模型与属性信息集成上^[8-10]提前做好数据接口。

第四,金属矿山开采工艺种类较多,不同的项目

要求也不尽一致,在工程经验的复用性上需要具体考虑。数字化交付平台应该针对不同的采矿工艺提供不同的交付规范模板,做到有的放矢^[11]。

第五,数字化交付平台的数据准备需要提前考虑与安全管理、生产管理等系统的数据对接问题。

3 数字化交付的工作流程

一般来说,金属矿山行业的数字化交付分为以下几个阶段。

1) 工程筹备阶段

首先,数字化交付前应该对项目相关方进行培训,将各方的思想统一到数字化交付的整体要求上来,这样可以形成一致的做事理念和规范。其次,编制数字化交付体系框架文件,包括总体交付策略、工程对象分类及属性交付规定、工程文档交付内容规定、三维模型交付要求、质量审核规定、验收规定等。其中,工程对象属性表的收集需要花费较多的时间与人力,需要设计方与业主从后期运营的数据要求上考虑属性字段的定义,同时也要考虑项目相关各方的信息采集粒度,做到详略得当。最后,需要完成数字化交付平台基础信息配置,包括类库的建立、工程对象分解结构、文档目录的配置等。

2) 工程设计阶段

数字化交付首先要实现三维的数字化设计,同时专业集成度越高,数字化交付的程度越高。目前全专业范围的数字化移交难度依然较大,不同数据

格式的三维模型需要进行集成。另外设计阶段的成果需要按照设计内容交付规范来落实位号编码规定、模型深度等要求来进行设计。

3) 采购施工阶段

供货方与施工方需要按照相应的交付内容规定,来进行相应的数据准备。此阶段产生的大量的非结构化文档,需要提前做好前瞻性规划,避免大量的碎片化、无效的信息。

4) 数字化交付阶段

最后,完成工程数字化移交。设计方、供货方、施工方在数字化交付平台上,参照数字化交付的规定,分角色和权限完成相应阶段的交付任务。同时,交付上来的资料应该设计质检环节,包括交付平台的自检功能以及各专业的人工线上核验,质检结果与各方 KPI 挂钩,保证资料上传的效率与准确性。交付流程如图 1 所示。

4 数字化交付平台功能要求

数字化交付平台,作为项目各方交付成果的承载方式,需要同时保证资料上传方便快捷,确保资料的精准度,也需要在完成交付后,支持用户多维度的信息查询与调用。平台需要满足安全性、稳定性、开放性、可维护性的要求。同时金属矿业数字化交付平台功能应该具备矿体模型以及开采模型的三维可视化,同时实现开采过程管理对象与勘查信息、资源

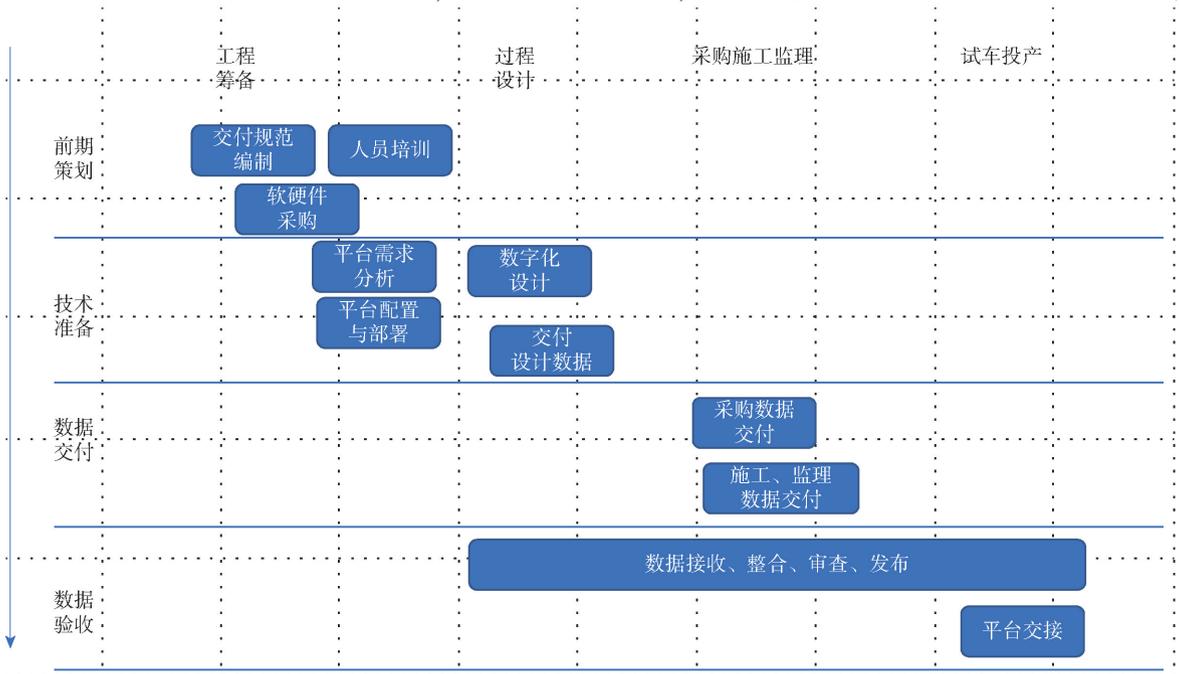


图 1 数字化交付流程图

储量、三级矿量、厂矿 3D 模型、属性信息、关联关系、等信息的集成管理。具体应具备如下功能。

4.1 交付基础的建立

类库为整个数字化交付项目创建的数据字典。在此基础上,所有的数据都成为了可关联的节点,为后面的查询、应用打下基础。数字化交付平台应该能够支持类库信息的自动导入导出以及灵活的自定义。

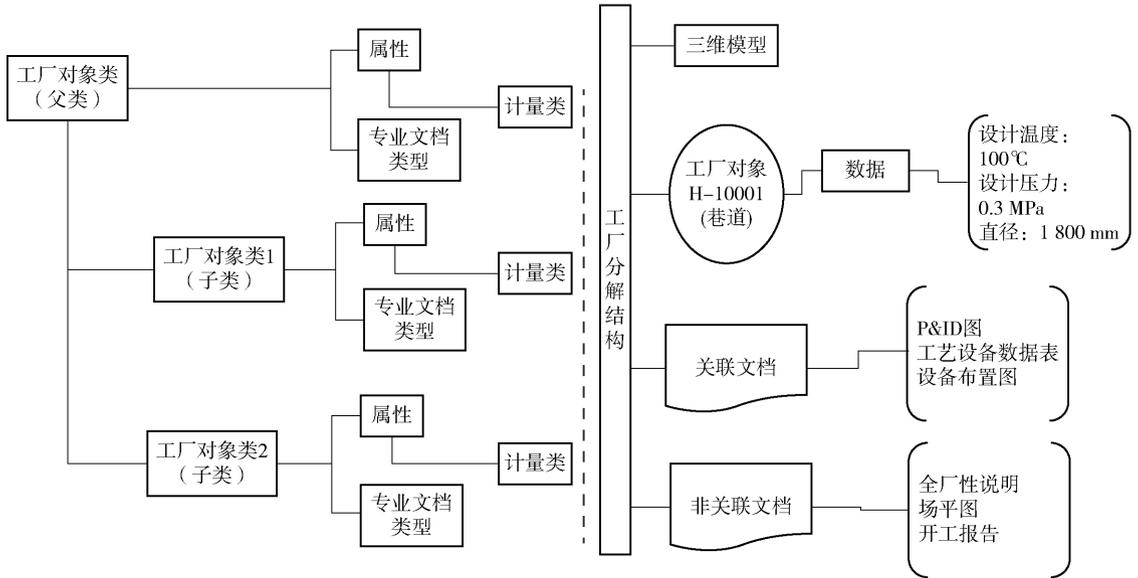


图2 类库与工厂分解结构与数据的关联关系

4.2 资料的上传与解析

结构化的文档(数据库、Excel 表单)在上传数字化交付平台的同时,应该同步完成文件的物理存储与解析,并将解析后的关联关系存入后台数据库。非结构化文档(无法直接读取文本内容的文件,如图片,扫描的 PDF 等)则需要自动进行 OCR 识别。三维模型能够自动进行模型的轻量化,通过对模型网格、纹理图片进行合并、压缩等处理,实现三维场景的快速加载与展示,同时也将模型与位号、属性信息一一映射起来,方便平台的调用。其中三维模型的解析,可以通过对三维建模软件导出的 xml 文件的解析来实现。

4.3 数据的校验

数据的校验,主要包括工程对象的位号类型是否重复和文档命名是否准确、属性信息是否一致、完整与三维模型、文档是否完整等。平台需支持正则表达式的编辑校验规则。数据校验能够保证各方提交的资料符合交付规范要求,为平台积累准确而完备的数据资产。

4.4 关联关系

由于工程对象的位号具有唯一性,通过位号可

义。同时平台应该内置金属矿业行业基本类库,识别如巷道、矿体等类库对象,并对类库对象的属性字段做好预定义。工程分解结构是根据工艺流程或空间布置,按照一定的分类原则和编码体系进行组织,形成反映工程对象的树状结构。另外,交付平台需支持属性表的定义与工程分解结构的灵活定义与扩展等。关联关系如图 2 所示。

以实现工程对象与其相关的三维模型、P&ID、文档资料的关联。任何一个位号均可以在一个界面中查看与之相关的所有信息,包括属性、P&ID、三维模型、布置图、数据表等。能够实现对海量数据的知识图谱构建,并且可进行关联关系挖掘,从而实现新关系的识别与推断。

4.5 数据的展示

(1)平台需支持在线查阅 doc, pdf, dwf 等文件资料以及上述资料的批注、分享等。

(2)平台支持轻量化三维模型的浏览,包括三维模型的旋转、拖动、定位、剖切等基础操作。也可以通过属性条件的设置来完成满足特定工作条件的模型的筛选。

4.6 搜索与查询

数字化交付平台是一个大而全的“互联网图书馆”,平台用户可以方便快捷的访问与工程对象相关的各种信息。利用如 ElasticSearch 等分布式搜索引擎,可以快速实现非结构化文档的全文搜索。同时也可以通过条件的设置,来完成特定范围的搜索,比如通过位号来查询相应模型、文档资料。也应该支持知识图谱等算法来智能识别潜在

的关联关系。

4.7 交付数据审核

数字化交付平台可基于项目实际情况配置不同业务的审批流程,实现业务审批在线流转,审批过程可视化、可追溯。 workflow支持多参与方,包括业主单位、设计单位、施工单位、监理单位等。

4.8 数据报表

数据报表功能并能够对交付信息做分类数据统

计报表,比如生成数据完整性、一致性、合规性报告、交付数据的统计报告等。

此外,数字化交付平台还应支持二三维联动、项目管理、版本管理、系统管理、人员权限管理等功能,并且平台应该能够与外部系统进行数据交换与集成,比如ERP系统、人员定位系统等。系统架构如图3所示。

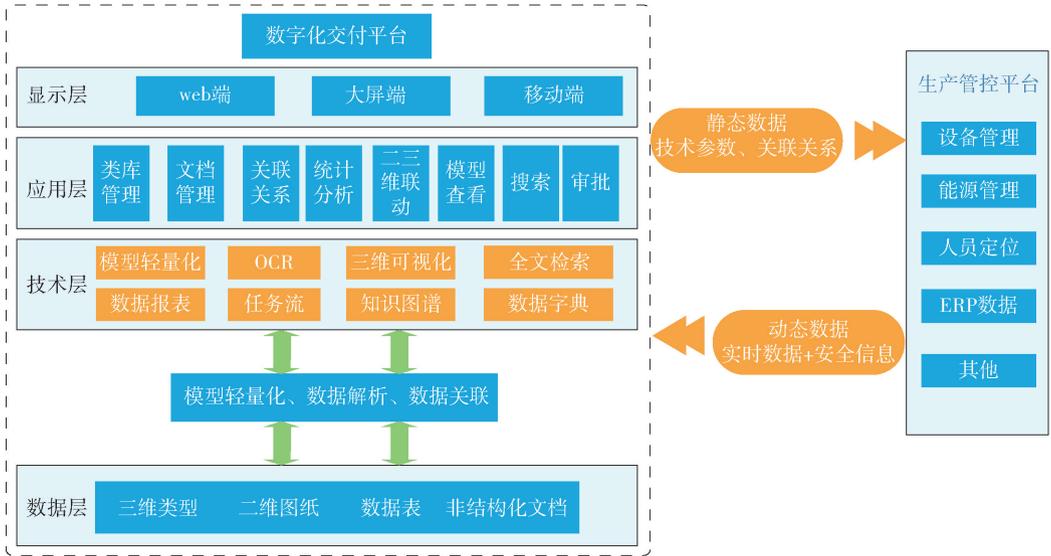


图3 数字化交付系统架构图

5 结论

本文论述了数字化交付的一般工作流程与作用,分析了金属矿山行业的数字化交付的特点与难点,给出了数字化交付所依托的交付平台应该具备的功能。金属矿山工程的数字化交付将彻底变革原始的二维设计与交付或者三维设计、二维出图的交付模式,使得数字化真正贯穿于设计、采购、施工等各个环节,大大提高工程交付的质量。作为系统性的工程,项目相关方需不断积累先进的数字化交付经验,逐步丰富行业的交付标准与方法论,锤炼数字化交付的专业团队,最终实现金属矿山工程从传统交付方式到数字化交付的整体转变,并为后续数字矿山、智能矿山的建设提供有力的数据支持与决策支撑。可以预见,未来一段时期内数字化交付必然成为金属矿山工程领域最为主流的交付方式。

【参考文献】

[1] 罗辑. 大型石化项目数字化交付后的应用[J]. 设计管理,2020,30(6):43-46.

[2] 王森,葛玉勤,徐春富,等. 核电工程数字化交付研究

与实践[J]. 企业战略,2021,2(5):55-56.

[3] 马明,章剑波,胡联伟. 炼化工程行业数字化交付研究与应用[J]. 石油化工自动化,2020,56(5):49-53.

[4] 范沙浪. 流程行业工程项目数字化交付实践与思考[J]. 经验交流,2021,7:79-82.

[5] 崔宁. 化工工程设计的三维数字化移交技术应用[J]. 山东化工,2019,48(11):66-67.

[6] 姜继鼎,贺永金,孙冠华. 煤化工项目供应商资料数字化实施及优化探讨[J]. 煤化工,2011,49(3):14-18.

[7] 徐刚强,黎常青,刘艳红. 面向全生命周期的绿色矿业管理数字化交付研究[J]. 采矿技术,2022,22(6):31-35.

[8] 蔡雨芳,嵇晓辉. 工程数据数字化交付解决方案研究[J]. 土木工程信息技术,2022,12(4):130-133.

[9] 刘诚,李少辉,赵奕,等. 矿山工程数字化设计与交付解决方案[J]. 中国矿山工程,2022,51(3):1-6.

[10] 李玉炜. 有色金属行业数字化转型路径分析[J]. 有色冶金节能,2021,37(6):74-77.

[11] 刘娜,黄振林,刘俊杰,等. 基于数字孪生的智能采矿可视化集控平台的搭建与应用[J]. 有色设备,2022,36(4):6-10.