UDC

中国土木工程学会标准

P T/CCES X－20XX

数字盾构数据采集、交换与应用技术要求

Technical requirements for data acquisition, exchange and

application of digital shield

（征求意见稿）

20XX–XX–XX 发布 20XX–XX–XX 实施

中国土木工程学会 发布

**中国土木工程学会标准**

数字盾构数据采集、交换与应用技术要求

Technical requirements for data acquisition, exchange and

application of digital shield

**T/CCES X－20XX**

批准单位：中国土木工程学会

施行日期：20XX年X月X日

20XX 北 京

前 言

本标准按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分:标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本标准是根据中国土木工程学会《关于发布<2022年中国土木工程学会标准计划>的通知》（中土学标〔2022〕10号）的要求，由上海隧道工程有限公司会同有关单位编制完成。

在本标准编制过程中，编制组广泛调查研究和总结了数字盾构数据采集和交换技术的理论方法和实践经验，参考了国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，对具体内容进行了反复讨论和修改，最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容是：范围，规范性引用文件，术语和定义，缩略语，总体要求，数字盾构数据编码，数字盾构数据采集、传输与存储，数字盾构数据交换与共享，数字盾构数据管理，数字盾构数字化应用。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国土木工程学会学术与标准工作委员会负责管理，由上海隧道工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有修改意见或建议，请寄送上海隧道工程有限公司（地址：上海浦东新区浦东南路2125号；邮政编码：200127；电子邮箱：tzq\_1986@163.com）。

本标准主编单位：上海隧道工程有限公司

本标准参编单位：上海地铁盾构设备工程有限公司

北京工业大学

上海大学

华中科技大学

中铁十一局集团有限公司

中铁十八局集团隧道工程有限公司

中铁四局集团有限公司

中铁第四勘察设计院集团有限公司

上海城建隧道装备有限公司

宏润建设集团股份有限公司

济南城建集团有限公司

济南重工集团有限公司

本标准主要起草人员：吴惠明、吴兆宇、唐子淇、龚秋明、胡珉、李炯、李磊、陈健、戴林发宝、邓能伟、陆广东、陈刚、王伊、盛荣、李然、黎燕、李钦、周波、吴秉键、卢靖、黄江帆、郝震宇、胡佳、刘世鹏、李壮壮、乔俊伟、冯燕、孙文昊。

本标准主要审查人员：

目 次

[1 范围 1](#_Toc6036)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc30540)

[3 术语和定义 1](#_Toc29917)

[4 缩略语 3](#_Toc30960)

[5 总体要求 3](#_Toc15759)

[6 数字盾构数据编码 5](#_Toc26525)

[6.1 一般规定 5](#_Toc617)

[6.2 编码结构 5](#_Toc617)

[6.3 编码规则 6](#_Toc9487)

[6.4 编码转换 6](#_Toc27179)

[6.5 编码扩展 6](#_Toc16671)

[7 数字盾构数据采集、传输与存储 7](#_Toc278)

[7.1 一般规定 7](#_Toc2990)

[7.2 数据采集方式 7](#_Toc418)

[7.3 数据采集频率 8](#_Toc16124)

[7.4 数据传输与存储 8](#_Toc18423)

[7.5 数据预处理 9](#_Toc19934)

[8 数字盾构数据交换与共享 10](#_Toc28116)

[8.1 一般规定 10](#_Toc31844)

[8.2 数据交换原则 10](#_Toc24304)

[8.3 数据交换接口 10](#_Toc24304)

[8.4 数据交换共享对象 11](#_Toc14043)

[9 数字盾构数据管理 11](#_Toc31442)

[9.1 一般规定 11](#_Toc18551)

[9.2 数据安全要求 11](#_Toc23771)

[9.3 数据质量要求 12](#_Toc2533)

[9.4 数据维护要求 12](#_Toc23953)

[10 数字盾构数字化应用 13](#_Toc17891)

[10.1 一般规定 13](#_Toc18399)

[10.2 应用场景](#_Toc8771) 13

[10.3 技术能力要求](#_Toc8771) 14

[附录A(规范性）数字盾构数据采集、交换及数字化应用总体框架图 15](#_Toc18621)

[附录B(规范性）数字盾构数据标准化分类和编码 16](#_Toc6709)

[附录C(资料性）数字盾构数据标准化编码示例 17](#_Toc10169)

Contents

[1 Scope 1](#_Toc6036)

[2 Normative references 1](#_Toc30540)

[3 Terms and definitions 1](#_Toc29917)

[4 Abbreviations 3](#_Toc30960)

[5 General requirements 3](#_Toc15759)

[6 Digital shield data encoding 5](#_Toc26525)

[6.1 General provisions 5](#_Toc617)

[6.2 Encoding structure 5](#_Toc617)

[6.3 Encoding rules 6](#_Toc9487)

[6.4 Encoding conversion 6](#_Toc27179)

[6.5 Coding extensions 6](#_Toc16671)

[7 Digital shield data acquisition、transmission and storage 7](#_Toc278)

[7.1 General provisions 7](#_Toc2990)

[7.2 Data collection method 7](#_Toc418)

[7.3 Frequency of data acquisition 8](#_Toc16124)

[7.4 Data Transfer and storage 8](#_Toc18423)

[7.5 Data preprocessing 9](#_Toc19934)

[8 Digital shield data exchange and sharing 10](#_Toc28116)

[8.1 General provisions 10](#_Toc31844)

[8.2 Principles of data exchange 10](#_Toc24304)

[8.3 Data exchange interface 10](#_Toc24304)

[8.4 Data exchange shared objects 11](#_Toc14043)

[9 Digital shield data management 11](#_Toc31442)

[9.1 General provisions 11](#_Toc18551)

[9.2 Data security requirements 11](#_Toc23771)

[9.3 Data quality requirements 12](#_Toc2533)

[9.4 Data maintenance requirements 12](#_Toc23953)

[10 Digital shield digital applications 13](#_Toc17891)

[10.1 General provisions 13](#_Toc18399)

[10.2 Application scenarios](#_Toc8771) 13

[10.3 Technical competency requirements](#_Toc8771) 14

[Appendix A (Normative) General framework diagram of data collection, exchange and digital application of digital shield 15](#_Toc18621)

[Appendix B (Normative) Digital shield data standardization, classification and coding 16](#_Toc6709)

[Appendix C (Informational) Example of standardized coding of digital shield data 17](#_Toc10169)

# 1 范围

本文件规定了数字盾构的总体要求、数据编码、数据采集传输与存储、数据交换与共享、数据管理和数字化应用等技术要求。

本文件适用于盾构装备和盾构法隧道施工数据采集及交换、盾构工程数字化应用。

# **2 规范性引用文件**

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，标注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50446-2017 盾构法隧道施工及验收规范

GB/T 34354-2017 全断面隧道掘进机 术语和商业规格

GB/T 37025-2018 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求

# **3 术语和定义**

GB 50446-2017、GB∕T 34354-2017、GB/T 37025-2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

**3.1**  盾构机 shield machine

在钢壳体保护下完成隧道掘进、出渣、管片拼装等作业，推进式前进的全断面隧道掘进机。主要由主机及后配套系统组成。

[来源：GB/T 34354-2017，2.6]

**3.2** 数字盾构digital shield

融合数字化技术，具备系统性及规范化数据采集与交换、智能化分析与评价、精准控制与协同能力的盾构机。通过集成多源传感器、实时数据采集系统、人工智能算法和自动化控制等技术，可实现盾构自主掘进与自动拼装。

**3.3** 数字盾构数据编码 digital shield data code

将数字盾构工程相关数据进行标识、分类，通过特定的规则转换成计算机系统能够理解和处理的形式的一种技术，具有唯一性及可扩展性。

**3.4** 数字盾构数据采集 digital shield data acquisition

通过安装在盾构机上的各类传感器、物联网及其他数据采集设备，获取盾构法隧道施工过程中的各类数据，并通过信息化手段进行存储、处理的过程。

**3.5** 数字盾构数据交换 digital shield data exchange

将盾构机、监测系统、智能控制、施工管理平台等产生的数据，通过控制协议和开放接口，在不同方之间传递数据的过程。

**3.6** 数字化应用 digitalization applications

利用数字技术来创造新的应用场景或改进现有应用，以提高效率、增强用户体验和促进技术创新。

注：数字技术包括但不限于云计算、大数据、物联网、边缘计算以及网络安全技术等。

**3.7** 盾构施工数字化管理 digital management of shield construction

基于计算机技术、信息技术、通信技术等现代科技手段，将施工过程中的多源数据进行数字化处理和分析，以实现工程项目全过程的可视化和智能化管理。

**3.8** 盾构掘进智控模型 shield tunneling intelligent control models

是实现盾构掘进过程中各项参数自主控制相关模型的总称，包含信息智能处理模型、状态智能识别模型、参数智能决策模型、参数自适应控制模型、灾害预警与报警模型等，模型具备自主学习与更新能力。

**3.9** 盾构自主掘进 autonomous shield tunneling

盾构机在掘进过程中通过盾构掘进智控模型，感知评估并自主规划掘进策略，自动完成岩土挖排、泥水管理、渣土改良、盾构掘进、姿态调整、同步注浆和盾尾油脂压注等作业过程，实现对隧道轴线、地面沉降和工程安全的有效控制。

**3.10**  管片自动拼装 segment automatic assembling

利用自动化或智能化管片拼装设备，将预先制造好的隧道管片，自动按管片环拼装规划路径，快速、准确、高效地拼装到目标位置的过程。

**3.11** 物料无人运输 unmanned transportation of materials

在盾构法隧道施工过程中，采用无人化的运输系统或设备，实现物料在隧道内的自动抓取、搬运和卸料。

# **4 缩略语**

下列缩略语适用于本文件。

API 应用程序编程接口（application programming interface）

FTP 文件传输协议（file transfer protocol）

HTTP 超文本传输协议（hypertext transfer protocol）

HTTPS 超文本传输安全协议（hypertext transfer protocol secure）

IP 网络之间互连的协议（internet protocol）

LoRa 远距离无线电（long range radio）

NB-IoT 窄带物联网（narrow band internet of things）

PLC 可编程逻辑控制器（programmable logic controller）

TCP 传输控制协议（transmission control protocol）

# **5 总体要求**

**5.1** 应制定从数据采集、处理、存储、交换到数字化应用全过程的总体框架，总体框架应参照附录A。

**5.2** 数字盾构应具备如下特性：

a）标准化的数字资源汇集。盾构机、掘进参数、周边环境、隧道信息等监测检测信息均采用数字化的手段进行记录和展示，形式包括：数字化模型、数据库和数字图片视频等各种形式；

b）智慧化的数字处理过程。围绕盾构法隧道施工，全过程的数字化信息能够被加工处理和分析，并能用于评定隧道施工状态、分析隧道施工趋势、发现隧道施工风险隐患，并结合分析结果，给出指导意见，优化控制方案，提升施工安全和质量；

c）协同化的数字展示联动。利用盾构法隧道数字孪生模型，能够整合不同来源的信息，形象全面展示盾构法隧道工程特征、施工效果并多角度预测工程趋势，减少信息传递的失真和不对称，有利于工程建设各参与方快速掌握信息、交流过程信息，协同任务处理，提高工程效率。

**5.3** 软硬件、网络和数据基本要求

**5.3.1** 硬件要求：

a）感知与执行设备：盾构机上应安装必要的传感器，用于实时监测盾构机的运行状态和施工相关参数。配备相应的执行设备，用于接收控制指令并调整盾构机的运行；

b）数字化设备：应配备包括但不限于地面及地下工控机、服务器、显示屏、通信设备、移动终端及其他辅助设备，满足实现数字化应用的功能要求。

**5.3.2** 软件要求：

a）软件兼容性与扩展性：应支持多种通信协议和接口并可拓展，可与不同类型的传感器、设备、数据库和软件进行连接和集成；

b）软件功能：应能够集成来自多个数据源的数据，具有强大的数据处理分析能力，支持数字盾构智能实施功能。

**5.3.3** 网络要求：

a）网络连接：工控机应能够24小时访问互联网络，以确保数据及时传输、远程监控、智能控制；

b）网络稳定：网络应具备足够的带宽、高吞吐量、低延迟数据传输，确保网络稳定性；

c）网络安全：应做好网络安全防护工作，安装防火墙和必要的杀毒软件，防止病毒和黑客攻击。

**5.3.4** 数据要求：

a）实时性：应能够按功能要素采集、处理和分析盾构掘进过程中的关键运行数据，确保决策的及时性和准确性；

b）稳定性：应具备良好的稳定性，数据能够在长时间、高负荷的使用中保持正常，不出现崩溃或丢失等情况；

c）安全性：应具备完善的数据安全防护措施，确保数据的安全性，数据传输安全应符合GB/T 37025-2018的规定。

# **6 数字盾构数据编码**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 应确保盾构法隧道施工中产生的数据能够被统一、规范地编码，以便于数据的存储、管理、分析和共享。

**6.1.2** 数字盾构数据编码范围应涵盖：

a) 盾构法隧道施工数据：盾构掘进、管片拼装、物料运输等隧道施工过程产生的数据；

b) 项目管理数据：工程进度、质量、风险、环境安全等施工监督管理和后配套调度数据。

**6.2 编码结构**

数据编码结构宜采用6位编码位，由英文字母加阿拉伯数字组合代码构成，编码结构符合图1的要求。

变量序号

数据属性

特征分项

系统分类

基础标识

图1 数字盾构工程数据编码结构

**6.3 编码规则**

**6.3.1** 数据编码应遵循“唯一性、兼容性、可扩展性”的原则。

**6.3.2** 基础标识编码位为装备类型、项目管理等分类内容，采用1位英文字母表示，编码规则见附录B表B.1。

**6.3.3** 系统分类根据基础标识中装备类型、项目管理进行系统分类，采用1位英文字母A～Z进行编码标识，系统分类规则见附录B表B.2。

**6.3.4** 特征分项根据系统分类的细分特征辅以归类的原则对相应参数编码，采用1位英文字母A～Z进行编码标识。

**6.3.5** 数据属性编码位根据数据类型以及数据输入输出方向进行分类，以1位英文字母进行编码标识，编码规则见附录B表B.3。

**6.3.6** 变量序号编码位根据数据在特征分项中的通用性及盾构机原序列规则辅以归类的原则对相应参数编码，以2位英文字母加数字自由组合表示。

**6.3.7** 数据编码应包括但不限于参数名称、编码、数据属性、单位、阈值等信息。

**6.4 编码转换**

**6.4.1** 数字盾构数据编码与盾构机原始参数之间的适配可采用人工转换或软件自动转换。

**6.4.2** 为提高数据转换效率宜开发程序软件进行自动编码。

**6.4.3** 自动转换编码软件应建立标准编码库、别名库、转换映射算法。

**6.4.4** 编码转换过程中源数据信息应完整、准确地保留。

**6.4.5** 编码转换后应做好参数名称、编码、单位等校验。

**6.5 编码扩展**

**6.5.1** 扩展分类和编码时，已规定的类目和编码应保持不变。

**6.5.2** 扩展各层级类目代码时，应按照本文件第6.3规定执行。

**6.5.3** 新增数据编码可在26位英文字母和0～99之间取值独立或组合编码。

**7 数字盾构数据采集、传输与存储**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 应配备自动完成数字盾构数据采集、传输和存储的功能模块。

**7.1.2** 应具有适配多种协议的采集接口，支持不同采集、传输和存储方案。

**7.1.3** 数据采集的传感设备应具备配套的信号处理和数据处理能力，根据盾构机的工作部件和施工环境进行合理布局，确保数据采集的全面性和准确性。

**7.1.4** 应考虑数据的精度、分辨率、传输效率、存储密度以及互操作性和可重用性等因素，根据具体应用场景和需求选择采集的数据格式。

**7.1.5** 数据类型应至少包括数值型、字符型、布尔型、日期型、二进制型。

**7.1.6** 应对采集的数据进行噪声处理、异点剔除、简化处理等操作。

**7.2 数据采集方式**

**7.2.1** 数据采集工作环境应提供数字盾构PLC与外部服务器准确的通信协议及接口，接口具有双向的读写功能。

**7.2.2** 应采用专用数据采集客户端软件及硬件设备，通过专用数据接口与数字盾构PLC进行数据通讯。

**7.2.3** 应根据数字盾构PLC的推进参数、姿态测量、压力传感器等数据情况，选择采用合适的自动数据采集方式，可选择包括但不限于以下两种：

a）采用商业化的组态软件或专业工控厂商产品，在此基础上进行配置或二次开发，实现数据采集功能；

b）采用计算机编程，根据数字化应用需求自主开发数据采集软件，实现采集功能。

**7.2.4** 数据采集卡应满足如下要求：

a）支持同时采集多种类型的信号，如模拟信号、数字信号、计数器/定时器信号等；

b）具有较高的采样率和分辨率，适用于各种复杂的数据采集任务；

c）应配备多种接口便于与计算机通讯连接。

**7.2.5** 针对工程资料信息、工程地质图、现场观测与记录等非高密度或非结构化的数据一般宜采用设置固定格式文件接口人工导入的采集方式。

**7.2.6** 应结合包括但不限于以下三种数字技术，进一步提高数字盾构数据采集效率和水平：

a）高精度传感设备：针对如土压力、泥水压力等关键参数，应优先采用工业级高精度传感器，这些传感器应具备高稳定性、低漂移特性，以提供更为精确的测量数据；

b）多传感器数据融合：宜采用数据融合感知技术，将来自不同传感器的数据进行有效整合，以提高数据的全面性和分析的准确性；

c）物联网平台：提供统一的数据管理和分析平台，支持多种传感器和多种数据类型的接入，实现设备的远程监控、管理和控制，提高数据采集的效率和智能化水平。

**7.2.7** 数字盾构所采集的数据应符合6.2编码结构和6.3编码规则的要求。

**7.3 数据采集频率**

**7.3.1** 数据采集设备应满足用户需求，支持根据数字盾构数字化应用用途设置不同的采集频率。

**7.3.2** 依据数字盾构数字化应用用途，应满足以下数据采集频率要求：

a）盾构掘进实时监控：盾构机关键运行数据采集频率达到秒级；

b）施工过程管理：根据施工管理要求设置相关数据采集频率；

c）盾构法隧道施工环境监测：数据采集频率应不小于12小时/次；

d）数字化应用：根据应用场景需求合理配置相关数据采集频率。

**7.4 数据传输与存储**

**7.4.1** 为确保数字盾构数据传输的可靠性、兼容性和安全性，应遵循一系列规则和技术规范，可选择包括但不限于以下三种协议：

a）TCP/IP协议:包括传输控制协议（TCP）和互联网协议（IP）。TCP负责数据的可靠传输，IP负责数据包的路由和寻址；

b）HTTP/HTTPS协议：超文本传输协议（HTTP）和其安全版本HTTPS是用于网页内容传输的标准协议。HTTPS在HTTP的基础上增加数据安全加密层，以保证数据传输的安全性；

c）FTP协议：文件传输协议（FTP）用于在网络上进行文件传输。它支持文件的上传和下载，并且可以跨越不同的操作系统和网络环境。

**7.4.2** 在选择数据传输协议时，应考虑传输速度、距离、安全性、成本和设备兼容性等因素。

**7.4.3** 对于地下施工环境，应考虑通信信号的稳定性和穿透能力，可利用4G/5G、LoRa、NB-IoT等通信技术，确保数据传输的实时性和稳定性。

**7.4.4** 在数据传输前，应使用高效的数据压缩算法，以减少传输所需带宽和时间，同时保证数据的完整性。

**7.4.5** 应根据数字盾构采集的数据量、数据类型、交换需要、安全性等因素选择相应的数据的存储方式。

**7.4.6** 应遵循统一的命名规则生成和存储采集数据文件，以便于数据传输和管理，确保数据的连续性、可追溯性及完整性。

**7.5 数据预处理**

**7.5.1** 数字盾构采集的数据具有多源异构、高密高维度、数据波动与噪声干扰等特点，应采用数据过滤、数据变换、数据平滑等方法对数据进行预处理。

**7.5.2** 可在数字盾构上部署边缘计算设备，对采集到的数据进行预处理和分析，以减少数据传输量，提高实时响应速度。

**7.5.3** 可利用云计算与大数据技术对海量数据进行存储、处理和分析，挖掘数据中的价值，为决策提供支持。

**7.5.4** 可利用人工智能算法，对盾构法隧道施工过程中的数据进行深度学习和模式识别，确保输入到盾构掘进智控模型中的数据是高质量、有价值的，从而优化模型的性能。

**8 数字盾构数据交换与共享**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 应使用标准化的交换接口和数据格式，以实现规范化数据的互传和共享。

**8.1.2** 应对不同系统、数据库之间进行数据同步，以保证在多点、多源数据的整合与应用过程中，数据的时间一致性。

**8.2 数据交换原则**

**8.2.1** 数据交换可用性：数据的可访问和可使用应符合授权实体的权限要求；

**8.2.2** 数据交换及时性：应以设定时限要求及时进行数据交换；

**8.2.3** 数据交换完整性：应保障交换数据的完整性，发生断电或断网等导致数据传输中断，在恢复正常后，应能够对数据进行续传；

**8.2.4** 数据交换稳定性：数据交换的接口和系统应达到运行稳定、故障率低的要求；

**8.2.5** 数据交换明确性：数据交换过程中应明确数据交换的通信协议，包括数据传输的方式、数据包的格式、错误检测和纠正机制等，以确保数据在传输过程中的完整性和准确性。

**8.2 数据交换接口**

**8.2.1** 数据交换接口包括数据提供方、数据交换中间方、数据应用方相互之间数据交换的接口。各方应支持使用稳定、安全的方式访问读取数据。

**8.2.2** 数据交换接口管理应符合以下要求：

a）为保障数据交换稳定，数据提供方、数据交换中间方、数据应用方相互之间的数据接口应统一管理，接口类型应根据数据提供方式和使用方式设定；

b）数据交换接口应具有数据推送或者请求/响应两种服务模式；

c）数据交换接口应具备高可靠性，能够在各种网络环境和系统故障情况下稳定运行。可以采用冗余设计和备份机制，确保数据不会因为单点故障而丢失。

**8.2.3** 交换接口标准化：应采用统一的数据交换接口协议，以实现不同系统间的无缝数据交换。

**8.3 数据交换共享对象**

**8.3.1** 数据提供方：应为数据处理、分析、应用提供可交换数据，其数据库可为本地部署或云部署。

**8.3.2** 数据交换中间方应符合以下要求：

a）数据交换中间方应从数据提供方获取数据并开展数据处理、数据分析等数据批量转换操作；

b）数据交换中间方应将海量数据组织形成信息，并对相关信息进行整合与提炼，为数据应用方提供直观、有价值的分析结果数据。

**8.3.3** 数据应用方应符合以下要求：

a）根据数字化应用场景需求从数据提供方或数据交换中间方获取数据信息，应制定合理的数据获取范围、策略和方法，避免对数据提供方或数据交换中间方造成过高的负载；

b）数据应用方开展盾构施工智能化场景应用过程中，应提供与数字盾构PLC的数据交换功能，输出盾构掘进智控模型的指令。

**9 数字盾构数据管理**

**9.1 一般规定**

**9.1.1** 数据管理行为应确保在数字盾构施工过程中收集、处理、存储和分析数据的高效性、准确性和安全性。

**9.1.2** 应通过自动化和智能化方式提高数据管理能力。

**9.2 数据安全要求**

**9.2.1** 数据安全性应符合如下要求：

a）数据自动采集软件应安装于专用工控机上，该工控机应满足工程现场使用的防尘防震等防护要求，且应配备独立的硬件网卡分别连接数字盾构及公共互联网，确保网络间物理隔离；

b）在与公共互联网连接的情况下，应配置硬件防火墙设备，且保持该防火墙软件和特征库实时更新。

c）应采用安全的数据存储设备和传输协议。

**9.2.2** 数据保密性应符合如下要求：

a）根据数据的重要性和敏感性，应进行数据分级分类管理，采取不同的数据保护措施；

b）应根据人员职能配置不同用户角色，并明确不同用户角色下的相应数据使用权限；

c）应对数据的修改操作进行记录，确保可以追溯到数据的修改历史和责任人。

**9.3 数据质量要求**

**9.3.1** 自动采集和人工采集的数据应涵盖数字盾构施工的所有关键环节，确保数据的完整性。

**9.3.2** 数据的采集与交换过程中应按照7.5条规定设置数据滤波功能，确保数据的有效性。

**9.3.3** 应建立检测数据传输链路的循环冗余校验方法，实时监控传输链路的质量，从而及时发现和排除传输链路的故障，保证传输链路的稳定，确保数据的可靠性。

**9.3.4** 人工采集数据应按照规定格式和要求及时上传，确保数据的时效性。

**9.4 数据维护要求**

**9.4.1** 在数据采集和数据传输功能中，应具备异常提醒功能。当数据在采集或传输过程中发生异常状况时，则由系统通过微信或短信的方式自动将异常信息推送给系统管理人员，由系统管理人员及时介入处理问题。

**9.4.2** 应建立数据自动及手工备份机制，自动备份失败情况下向相关管理人员推送通知，并采取手工备份或其它方式及时备份。

**9.4.3** 应定期进行日志检查，包括表空间占用情况、数据备份情况、数据报错后的检查等。

**10 数字盾构数字化应用**

**10.1 一般规定**

**10.1.1** 应以保障施工质量、控制施工风险、降低施工成本、提高施工效率为目的进行数字化应用。

**10.1.2** 软硬件及网络要求：

a）总体架构应结合具体数字化场景需求进行设计，应划分明确的功能层次，具有高可用性和可扩展性；

b）管理系统应具备与自动采集软件、人工采集录入、物联网平台进行数据对接的功能，支持大屏幕、各类移动终端等多种设备展示；

c）PLC系统应具有与外部智能控制模块数据通讯的功能，能够根据智能模块给定的目标值对相应的执行元器件进行控制；

d）应结合测量对象、工况条件、盾构装备等情况，筛选和采用适合的方法加装符合应用场景要求的传感器；

e）地下施工环境应实现多模式可靠的网络覆盖。

**10.1.3** 文档与资料要求：

a）文档完整性：应提供完整的过程文档资料，包括但不限于系统说明书、操作手册、安装指南等；

b）资料准确性：文档资料中的信息应准确无误，与实际功能和性能保持一致。

**10.1.4** 数字化应用应符合GB50446-2017的相关规定。

**10.2 应用场景**

**10.2.1** 数字化应用场景应包括盾构施工数字化管理、盾构施工智能化、盾构装备数字化及其他场景。

**10.2.2** 盾构施工数字化管理场景应包括集控管理和项目端管理。

**10.2.3** 盾构施工智能化场景应包括盾构自主掘进、管片自动拼装、物料无人运输。

**10.2.4** 盾构装备数字化场景应包括盾构装备智造与改造。

**10.2.5** 随着数字化技术进步，数字盾构还可能出现其他数字化应用场景，可包括但不限于结合大语言模型的决策、结合数字孪生的施工方案生成等。

**10.3 技术能力要求**

**10.3.1** 盾构施工数字化管理技术能力要求：

a）集控管理应能够基于信息化云平台，通过实时数据动态管控和数据分析辅助决策的管理模式，对多项目施工分级报警及推送、风险巡检及咨询，实现项目施工进度、质量、安全、环境和盾构装备等全方位集群管控；

b）项目端管理应能够对项目端决策层、管理层和作业层数字化闭环管理，人、机、料、法、环全要素智慧管控，实现精细化工地管理。

**10.3.2** 盾构施工智能化技术能力要求：

a）盾构自主掘进应能够适配不同盾构机类型、不同地层、不同工况，自主控制能力精准、安全、稳定，掘进自动化率达到90%以上；

b）管片自动拼装应具备不同型号管片自动拼装策略，实现高精度、高效率和高安全性的管片自动抓取、递运执行和自动拼装；

c）物料无人运输应能够基于视觉识别技术、人机交互技术、环境感知技术，实现盾构法隧道复杂环境下的物料定位、运输路径规划、障碍物检测避让等功能，提高后配套物料的供给调度效率。

**10.3.3** 盾构装备数字化技术能力要求：盾构装备智造与改造应能够将先进制造技术、信息技术和智能技术深度融合，提升盾构装备自动化水平和智能控制能力。

**附录A**

**(规范性）**

**数字盾构数据采集、交换及数字化应用总体框架图**

**A.1** 图A.1规定了数字盾构数据采集、交换及数字化应用的总体框架。

图A.1 数字盾构数据采集、交换及数字化应用总体框架图



**附录B**

**(规范性）**

**数字盾构数据标准化分类和编码**

**B.1** 表B.1规定了本文件中基础标识的编码位：

表B.1 基础标识编码位

|  |  |
| --- | --- |
| 代码 | 类目 |
| A | 土压和泥水（气）平衡盾构 |
| E | 项目管理 |

**B.2** 表B.2规定了本文件中系统分类的编码位：

表B.2 系统分类编码位

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 基础标识 | 系统分类 | | | |
| 代码 | 类目 | 代码 | 类目 |
| 土压和泥水（气）平衡盾构 | C | 刀盘及驱动系统 | M | 土体改良系统 |
| B | 开挖面平衡系统 | K | 铰接系统 |
| T | 推进系统 | F | 盾尾密封系统 |
| E | 管片拼装系统 | V | 姿态测量系统 |
| J | 螺旋机系统 | L | 油脂系统 |
| G | 注浆系统 | P | 电力电气系统 |
| S | 泥水输送系统 | Y | 泥水处理系统 |
| W | 水系统 | Z | 智控系统 |
| N | 辅助系统 | - | - |
| 项目管理 | A | 报警类 | B | 施工管理类 |

**B.3** 表B.3规定了本文件中数据属性的编码位：

表B.3 数据属性编码位

|  |  |
| --- | --- |
| 代码 | 类目 |
| S | 模拟量输入 |
| A | 模拟量输出 |
| D | 开关量输入 |
| E | 开关量输出 |
| F | 故障报警 |
| T | 文本 |
| P | 文件 |

**附录C**

**(资料性）**

**数字盾构数据标准化编码示例**

以下为不同示例说明数字盾构数据标准化的编码方式。

**C.1** 对某盾构机刀盘系统中刀盘转速参数进行编码。

**C.1.1** 第一位编码位为基础标识，刀盘转速参数隶属于盾构机，据6.3.2，查附表B.1, 代码为A。

**C.1.2** 第二位编码位为系统分类，刀盘转速参数隶属于刀盘系统，据6.3.3，查附表B.2, 代码为C。

**C.1.3** 第三位编码位为特征分项，据6.3.4，刀盘转速参数可归类为基本参数，拟定代码为B。

**C.1.4** 第四位编码位为数据属性，刀盘转速参数为模拟量输出值，据6.3.5，查附表B.3, 代码为A。

**C.1.5** 第五位编码位为变量序号，据6.3.6，刀盘系统中的众多参数可依次排序编码，本示例中拟定变量序号代码为01。

**C.1.6** 综上所述，该刀盘转速的标准化编码为：ACBA01。

**C.2** 对项目管理中的同步注浆总量Ⅰ级报警设定值参数进行编码。

**C.2.1** 第一位编码位为基础标识，同步注浆总量Ⅰ级报警设定值参数隶属于项目管理，据6.3.2，查附表B.1, 代码为S。

**C.2.2** 第二位编码位为系统分类，同步注浆总量Ⅰ级报警设定值参数隶属于报警类，据6.3.3，查附表B.2, 代码为A。

**C.2.3** 第三位编码位为特征分项，据6.3.4，同步注浆总量Ⅰ级报警设定值参数可归类为施工参数，拟定代码为P。

**C.2.4** 第四位编码位为数据属性，同步注浆总量Ⅰ级报警设定值参数为模拟量输入值，据6.3.5，查附表B.3, 代码为S。

**C.2.5** 第五位编码位为变量序号，据6.3.6，报警类参数中的众多参数可依次排序编码，本示例中拟定变量序号代码为01。

**C.2.6** 综上所述，该同步注浆总量Ⅰ级报警设定值的标准化编码为：SAPS01。