|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 23.020 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png XZBX |   J 70 |

西安市质量与标准化协会团体标准

T/XZBX 0094—2025

承压特种设备数字化全生命周期管理规程

Code of practice for digital full life cycle management of pressure-bearing special equipment

2025 - 09 - XX发布

2025 - 09 - XX实施

西安市质量与标准化协会  发布

目次

[前言 III](#_Toc207743147)

[引言 V](#_Toc207743148)

[1 范围 1](#_Toc207743149)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc207743150)

[3 术语和定义 1](#_Toc207743151)

[4 总体原则 2](#_Toc207743152)

[5 生命周期数字化管 3](#_Toc207743153)

[6 数据采集监测 4](#_Toc207743154)

[7 智能分析预警 5](#_Toc207743155)

[8 数据安全 6](#_Toc207743156)

[9 质量控制与持续改进 7](#_Toc207743157)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由西安市质量与标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：江苏省特种设备安全监督检验研究院。

本文件主要起草人：黄镓玮。

1. 引言

承压特种设备作为国民经济运行和公共安全保障的重要装备，广泛应用于能源、化工、冶金、交通及民用等领域。其安全运行直接关系到生产稳定、人民生命安全和环境保护。然而，传统管理模式在设备的设计、制造、运行和报废环节中存在信息孤岛、数据不完整、难以追溯等问题，给安全监管和运维管理带来挑战。

随着数字化和智能化技术的迅速发展，基于物联网、大数据、人工智能和数字孪生的全生命周期管理模式逐渐成为趋势。通过在设备全生命周期的各环节嵌入数字化采集与监测技术，可以实现状态实时监控、运行风险预测和维护策略优化，为提升设备本质安全水平提供有力支撑。

本文件结合承压特种设备的安全管理要求和数字化发展需求，提出了全生命周期管理的基本原则和技术要求，涵盖设计、制造、安装、运行、维护、检验、改造直至报废的全过程，强调数据可追溯性、智能分析与预警机制以及安全合规管理。其目的是为承压特种设备制造企业、使用单位、检验检测机构和监管部门提供统一的数字化管理规范，推动行业高质量发展和本质安全提升。

承压特种设备数字化全生命周期管理规程

* 1. 范围

本文件规定了承压特种设备数字化全生命周期管理的总体原则、技术要求、数据采集与监测、智能分析与预警、安全与隐私保护以及质量控制等内容。

本文件适用于锅炉、压力容器、压力管道等承压特种设备的全生命周期数字化管理活动，包括设计、制造、安装、运行、维护、检验和报废等环节。

本文件不适用于非承压类特种设备和其他一般工业设备的管理。

* 1. 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，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/T 150.4—2024 压力容器 第4部分：制造、检验和验收

GB/T 19001—2016 质量管理体系 要求

GB/T 23000—2017 信息化和工业化融合管理体系 基础和术语

GB/T 33942—2017 特种设备事故应急预案编制导则

GB/T 38656—2020 特种设备物联网系统数据交换技术规范

GB/T 44462.3—2024 工业互联网企业网络安全 第3部分：标识解析企业防护要求

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

承压特种设备 pressure-bearing special equipment

指锅炉、压力容器、压力管道及其安全附件等需要严格安全管理和监督检验的设备。

全生命周期管理 lifecycle management

从设备设计、制造、安装、运行、维护、检验、改造直至报废的全过程管理，强调信息贯通与数据可追溯。

数字化管理 digital management

利用信息化、网络化和智能化手段，对设备全生命周期数据进行采集、存储、分析和应用，实现高效协同和科学决策。

数字孪生 digital twin

基于实时数据与物理模型构建的虚拟映射体，用于模拟和预测承压特种设备的运行状态与发展趋势。

* 1. 总体原则
     1. 合法合规

承压特种设备的全生命周期管理必须以法律法规为根本遵循。无论是设计、制造，还是运行、维护与报废，均应符合国家有关特种设备安全的规定和相关标准要求，确保全过程具有法律效力和合规性。

* + 1. 全程覆盖

管理体系应覆盖设备全生命周期的所有环节，形成从源头到报废的连续性管理。通过在每个阶段建立数字化记录与监控机制，可以避免信息脱节，确保设备运行数据和安全状态可追溯。

* + 1. 科学规范

所有管理活动都应基于科学原理和标准化要求展开。无论是数据采集、处理还是分析，都应遵循统一的方法和规范，以保证数据真实、完整和可比，为后续分析和决策提供可靠依据。

* + 1. 安全可控

在全生命周期管理中，设备安全与数据安全是最重要的目标。应通过多层次的防护措施、实时的风险识别和完善的应急机制，确保设备在运行中的稳定性，同时防止数据在采集、存储和传输过程中发生泄露或篡改。

* + 1. 智能高效

数字化和智能化技术的应用是提升管理水平的重要途径。通过物联网、大数据、人工智能和数字孪生等手段，可以实现实时监测、远程诊断和风险预测，提升管理的效率和科学性。

* + 1. 绿色可持续

在设备全生命周期管理过程中，应贯彻绿色发展理念，注重节能降耗与环境保护。设备制造与运行环节应降低资源消耗，而在报废环节则应实现再利用或环保处置，推动行业的可持续发展。

* + 1. 持续改进

全生命周期管理体系应保持动态优化。管理单位应定期评估体系运行效果，根据实际反馈和技术进步不断修订和完善管理措施，确保体系始终符合行业需求和发展方向。

* 1. 生命周期数字化管
     1. 设计阶段

设计阶段是设备安全性能的源头，合理的设计能够有效降低后期运行风险。数字化管理可以帮助设计人员利用三维建模与仿真技术对方案进行验证，并确保所有设计数据能够被归档和追溯：

1. 建立数字化设计数据模型，涵盖结构参数和安全计算结果；
2. 通过三维建模和仿真技术进行性能预测与风险评估；
3. 对设计文档和参数进行数字化归档，确保信息共享与追溯。
   * 1. 制造阶段

制造阶段是设备质量控制的核心环节，如果数据记录不完整，将难以保证产品一致性。通过建立数字化制造记录系统，可以将材料来源、工艺参数和检测结果全部纳入数据库，从而形成可追溯的制造链条：

1. 采集材料批次、焊接参数和无损检测数据等关键工序信息；
2. 建立联网采集系统，实现制造过程数据实时上传；
3. 记录并分析制造异常，形成数字化处置闭环。
   * 1. 安装阶段

安装阶段是设备进入运行前的重要过渡环节。由于安装环境复杂，施工质量直接影响后期运行的安全性，因此必须对安装过程进行数字化管理和留痕：

1. 采集施工过程、检测数据和关键节点施工记录；
2. 建立安装质量档案，与设计和制造数据实现联通；
3. 通过影像记录关键工序，确保施工过程可追溯。
   * 1. 运行阶段

运行阶段是设备风险最集中的时期，如果无法及时掌握运行状态，极易发生事故。数字化监测技术能够实现运行参数的实时采集和远程分析，为风险预测和决策提供支持：

1. 通过传感器采集温度、压力、应力、腐蚀等运行参数；
2. 建立远程监控平台，实现集中展示与异常报警；
3. 利用大数据分析和数字孪生模型进行运行状态评估与预测。
   * 1. 维护与检验阶段

维护与检验是确保设备长期稳定运行的重要措施。如果缺乏数字化记录，检验数据容易分散，无法与运行状态形成对比。通过数字化闭环管理，可以提高检验的科学性和可追溯性：

1. 完整记录计划检修、定期检验和应急检修全过程；
2. 建立运行数据与检验结果的对比机制，实现闭环管理；
3. 将检修与检验数据纳入设备数据库，形成健康档案。
   * 1. 报废与处置阶段

当设备达到使用寿命或经评估判定不再适用时，报废与处置是必经环节。如果没有数字化管理，容易出现处置不规范或信息缺失的问题。通过数字化记录，可以实现报废过程的合法合规与全过程留痕：

1. 记录报废判定依据和审批流程；
2. 存档设备拆解数据和废弃物处置方式；
3. 将报废数据纳入行业数据库，为风险分析与资源回收提供支撑。
   1. 数据采集监测
      1. 数据采集要求

数据采集是形成设备全生命周期信息链的起点，必须覆盖各关键环节并确保证据链完整：

1. 在设计制造阶段，应采集结构参数、材料信息和检测数据；
2. 在安装运行阶段，应采集运行参数如温度、压力和腐蚀速率；
3. 在维护检验阶段，应采集检修记录和故障诊断信息；
4. 在报废处置阶段，应采集判废依据、拆解过程和处置方式。
   * 1. 监测方式

承压特种设备在运行过程中承受复杂工况，仅依靠单一监测手段无法保证安全。通过多种监测方式的协同运行，能够提升实时性和准确性：

1. 在设备关键部位安装传感器，实现实时采集；
2. 建立远程监控平台，集中展示运行状态；
3. 采用视频监控、无人机巡检等辅助手段；
4. 结合人工巡检与在线监测，形成互补机制。
   * 1. 数据管理

采集到的数据只有经过科学管理和处理，才能真正发挥价值。合理的数据管理既能保证信息安全，也能提高后续智能分析的准确性：

1. 建立统一的数据存储与管理平台；
2. 开展数据清洗与标准化，提升数据一致性；
3. 设置权限控制，防止越权访问与隐私泄露；
4. 与监管系统互联，实现跨部门共享。
   * 1. 数据类型与监测要点

为便于使用单位、检验机构和监管部门直观掌握不同阶段的数据需求，有必要将全生命周期的数据类型和监测要点进行总结归纳。承压特种设备全生命周期数据类型与监测要点见表1。

1. 承压特种设备全生命周期数据类型与监测要点

| 生命周期阶段 | 数据类型 | 监测要点 |
| --- | --- | --- |
| 设计制造 | 结构参数、材料批次、检测结果 | 设计符合性、材料合格性、工艺质量 |
| 安装运行 | 温度、压力、应力、振动、腐蚀 | 实时监测、关键部位传感器布置 |
| 维护检验 | 检修记录、故障诊断、检验数据 | 定期检验、异常诊断、处理闭环 |
| 报废处置 | 报废判定、拆解数据、处置方式 | 合规报废、环保处置、数据留存 |

* 1. 智能分析预警
     1. 数据分析

设备运行数据往往庞杂复杂，仅依靠人工难以及时识别风险。利用大数据和人工智能技术进行分析，可以提升对设备状态的感知和理解：

1. 采用数据挖掘、机器学习和模式识别方法对运行参数进行综合分析；
2. 结合历史数据与专家知识库，构建多维度的风险评估模型；
3. 对异常波动或长期趋势变化进行识别，为预警提供基础。
   * 1. 状态评估

承压特种设备的运行状态直接关系到安全风险。通过智能评估，可以实现设备健康度的量化和可视化：

1. 基于运行数据建立设备健康指数评价体系；
2. 对关键部件的疲劳、腐蚀和磨损程度进行建模评估；
3. 形成直观的运行状态图表，便于运维人员掌握整体状况。
   * 1. 风险预警

风险预警是智能分析的最终目的，通过提前发现隐患，减少事故发生的可能性：

1. 根据设定的阈值和模型预测结果，对潜在风险发出预警信号；
2. 将预警分级管理，明确轻微、一般和重大风险的不同响应措施；
3. 建立与应急预案联动的机制，确保预警信息得到及时处置。
   * 1. 决策支持

智能分析不仅服务于预警，还能为管理和决策提供支撑。通过对数据的深入挖掘，能够优化运维策略并提升管理水平：

1. 为企业提供维护计划优化建议，减少停机和维修成本；
2. 为监管部门提供行业风险态势分析，支持监管决策；
3. 通过案例积累和模型优化，不断提升预测与决策的准确性。

为便于直观理解，不同类型的预警指标及其应用场景总结见表2。

1. 承压特种设备智能预警指标与应用场景

| 指标类型 | 监测内容 | 应用场景 |
| --- | --- | --- |
| 压力指标 | 压力超限、压力波动异常 | 运行监控、超压事故预防 |
| 温度指标 | 温度过高、温差异常 | 热交换设备监测、疲劳寿命评估 |
| 应力指标 | 应力集中、裂纹萌生 | 关键部件寿命预测、结构安全评估 |
| 腐蚀指标 | 腐蚀速率、腐蚀深度 | 长期运行设备监测、防护方案优化 |
| 振动指标 | 振动加剧、频率异常 | 泵、压缩机等旋转设备故障诊断 |
| 综合健康指数 | 多参数融合形成健康度指数 | 运维管理、检修计划优化 |

* 1. 数据安全
     1. 数据加密

在承压特种设备数字化管理过程中，数据加密是保护数据安全的基础性措施。无论是数据传输还是存储，加密都能有效防止未授权的访问和恶意篡改：

1. 传输过程中应使用 SSL/TLS 等安全协议加密数据流，防止数据在网络传输中被截获；
2. 存储数据时应采用高强度的加密算法，保障存储介质中数据的安全性；
3. 对于关键证据或敏感数据，应使用数字签名和哈希校验来进一步保证数据的完整性。
   * 1. 数据访问权限管理

数据访问权限管理确保只有授权人员能够访问敏感数据，从而防止信息泄露或滥用。为了保证数据安全，必须建立完善的访问控制机制：

1. 根据用户角色和职责设定不同的数据访问权限，确保访问控制的最小化原则；
2. 通过身份验证和多因素认证手段加强安全性，防止未经授权的访问；
3. 所有数据访问和操作应记录日志，便于审计和追踪。
   * 1. 隐私保护

隐私保护是保障用户个人信息和企业商业秘密的关键。承压特种设备的数据采集过程中，涉及到大量个人与企业敏感数据，必须遵循隐私保护相关法规，确保数据的合法使用：

1. 对含有个人信息的数据进行脱敏处理，去除或模糊化身份信息；
2. 对于商业敏感数据，应采取最小化原则，仅采集必要的数据，并严格控制使用范围；
3. 必须符合相关法规的要求，确保数据合规性。
   * 1. 数据备份与恢复

为防止因设备故障、网络攻击或人为错误导致的数据丢失，必须建立数据备份和恢复机制：

1. 定期对关键数据进行备份，并保存在不同的物理位置，以防止数据丢失；
2. 数据备份应采用加密存储，并且具备安全性和可靠性；
3. 制定详细的数据恢复计划，确保在数据丢失或系统故障发生时，能够及时恢复正常运行。
   * 1. 安全监控与应急响应

应建立全面的安全监控与应急响应机制，以便及时发现并应对安全事件。实施全天候的安全监控系统，实时检测潜在的安全威胁与攻击行为。一旦发生数据泄露、篡改或其他安全事件，应启动应急响应程序，迅速采取补救措施。

应定期进行安全演练，提升系统应对突发事件的能力，并不断优化安全防护体系。

为便于操作，数据安全管理的关键要点总结见表3。

1. 数据安全管理要点

| 管理环节 | 主要措施 | 技术要求 |
| --- | --- | --- |
| 数据加密 | 传输加密、存储加密、数字签名和哈希校验 | 确保数据传输和存储的安全性 |
| 数据访问控制 | 权限管理、身份认证、多因素认证 | 确保合法人员访问，并限制越权行为 |
| 隐私保护 | 数据脱敏、最小化数据采集、合规处理 | 确保个人和企业信息的隐私安全 |
| 数据备份与恢复 | 定期备份、加密存储、数据恢复计划 | 确保数据备份的可靠性与安全性 |
| 安全监控与应急响应 | 安全监控、事件响应、定期演练 | 实时监控并快速响应安全事件 |

* 1. 质量控制与持续改进
     1. 质量控制

质量控制贯穿于设备的全生命周期，从设计、制造到安装、运行和报废，每一环节都需要严格的质量管理。质量控制不仅要确保设备本身符合安全标准，还要保证相关数据、监测和分析过程的可靠性。

在数字化管理体系中，质量控制主要体现在数据采集、设备监测、运维操作和检验环节。具体要求如下：

1. 设计与制造阶段应严格按照国家标准和行业规范进行数据采集与工艺执行；
2. 安装与运行阶段应定期进行质量检查，确保设备安装符合设计要求，监测系统准确无误；
3. 在维护与检验阶段，应对所有维护记录与检验数据进行核对与复查，确保每一项检测数据都真实可靠。
   * 1. 持续改进

持续改进是质量管理体系的核心思想，旨在通过定期评估和反馈机制，不断优化设备管理方法与技术手段。数字化管理提供了强大的数据支持，使得持续改进更具科学性和可操作性。

为实现持续改进，管理单位应根据设备运行数据、用户反馈及新技术发展，不断优化管理流程、更新检测方法和完善服务体系。具体措施如下：

1. 定期评估数字化管理系统的运行效果，及时识别并解决问题；
2. 根据用户反馈和实际操作数据，优化管理流程和功能模块；
3. 随着技术进步，及时更新设备监测、数据分析和预警模型，提升管理效率和精度。
   * 1. 数据反馈与优化

数据反馈与优化是确保管理体系持续有效运行的重要环节。通过对采集到的设备运行数据进行分析与总结，可以为未来的管理改进提供依据。

反馈机制应涵盖设备的运行状态、故障信息、维护效果等方面，通过大数据分析与人工智能算法，及时发现潜在问题并提出优化方案。具体要求如下：

1. 建立设备运行数据分析与反馈机制，定期对数据进行汇总和评估；
2. 对检测与预警结果进行反馈，促进持续优化；
3. 加强数据共享和协同，整合行业数据进行趋势分析和技术创新。
   * 1. 质量审核与评估

为了确保质量控制与改进措施的有效性，应定期进行质量审核与评估，保证体系始终处于最佳运行状态。通过内外部审核、第三方评估和专家咨询等方式，可以进一步优化管理流程和技术应用。

质量审核与评估有助于识别管理体系中的薄弱环节，并提供改善方向。具体措施如下：

1. 定期进行内部质量审核，确保数字化管理体系的合规性和有效性；
2. 邀请第三方机构进行技术评估和审核，客观分析管理效果与风险；
3. 应组织专家团队进行定期回顾与评估，提升管理水平和技术应用的前瞻性。

为便于整体把握，质量控制与持续改进的关键要点总结见表4。

1. 质量控制与持续改进要点

| 管理环节 | 主要内容 | 关键措施 |
| --- | --- | --- |
| 质量控制 | 确保设备符合设计要求、标准规范 | 严格数据采集与工艺执行、定期质量检查 |
| 持续改进 | 定期评估和优化管理体系 | 优化流程、更新检测方法、提升技术应用 |
| 数据反馈与优化 | 通过数据分析和反馈进行持续优化 | 汇总评估数据、反馈预警、更新管理策略 |
| 质量审核与评估 | 评估管理效果和风险，确保体系健康运行 | 内外部审核、第三方评估、专家咨询 |

