



T/CECS XXXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

油气管道智能感知系统功能安全可靠 数据采集标准

Standard for reliability data collection rules of functional safety for intelligent equipment systems in oil and gas pipeline

×××出版社

中国工程建设标准化协会标准

油气管道智能感知系统功能安全性数据采集标准

Standard for reliability data collection rules of functional safety for intelligent
equipment systems in oil and gas pipeline

T/CECS XXXX-202X

主编单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所

批准单位：

施行日期：

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2023 年第二批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字[2023]50 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本标准共分为 7 章和 5 个附录，主要内容包括：总则、术语和缩略语、基本规定、感知设备分级与分类、功能安全可靠性数据采集、数据分析、数据存储与管理。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会功能安全与信息安全专业委员会归口管理，由机械工业仪器仪表综合技术经济研究所负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给机械工业仪器仪表综合技术经济研究所（地址：北京市西城区广安门外大街甲 397 号，邮编 100055，邮箱：fscn@instrnet.com）。

主编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	1
2 术语和缩略语	2
3 基本规定	6
4 感知设备分级与分类	8
4.1 一般规定	8
4.2 感知设备分级	8
4.3 感知设备分类	8
5 功能安全可靠性数据采集	9
5.1 数据采集对象	9
5.2 数据采集范围、时间的具体要求	10
5.3 数据源	10
5.4 数据采集基本步骤	11
5.5 数据采集具体内容	11
5.6 数据采集质量保证措施	12
6 数据分析	13
6.1 数据使用目的	13
6.2 数据处理与分析	13
6.3 数据分析结果及作用	14
7 数据存储与管理	15
附录 A 数据收集工作表	16
附录 B 油气管网感知系统所属应用系统及感知系统分级分类示例	20
附录 C 失效特征	25
附录 D 可靠性参数计算示例	29
附录 E 数据分析结论示例	30
用词说明	31
引用标准名录	32
附：条文说明	33

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and abbreviations	2
3 Basic requirements	6
4 Classification and grading of intellisense equipment	8
4.1 General requirements	8
4.2 Grading of intellisense equipment	8
4.3 Classification of intellisense equipment	8
5 Reliability data collection of functional safety	9
5.1 Data collection object	9
5.2 Specific requirements for the scope and time of data collection	10
5.3 Data sources	10
5.4 The basic steps of data collection	11
5.5 The specific content of data collection	11
5.6 Quality assurance measures for data collection	12
6 Data analysis	13
6.1 The purpose of data usage	13
6.2 Data processing and analysis	13
6.3 Results and effect of data analysis	14
7 Data storage and management	15
附录A Data collection worksheet	16
附录B Examples of the application systems to which the oil and gas pipeline intellisense system belongs and the classification and grading of intellisense systems	20
附录C Failure feature	25
附录D Example of reliability parameter calculation	29
附录E Example of data analysis conclusion	30
Explanation of wording	31
List of quoted standards	32
Addition:Explanation of provisions	33

1 总 则

1.0.1 为了规定油气管道智能感知系统功能安全性数据采集过程中相关的术语、感知设备分级与分类、数据采集、数据分析、数据存储与管理等，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于油气管道行业应用的智能感知系统在其运行生命周期内（包括运行和维护）的功能安全性数据的采集。

1.0.3 油气管道智能感知系统功能安全性数据采集工作，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.0.1 失效 failure

产品执行一个要求功能的能力的终止，或产品以非要求的方式运行。

2.0.2 失效原因 failure cause

引起失效的设计、制造或使用阶段的有关事项。

2.0.3 失效模式 failure mode

失效发生的方式。

2.0.4 故障 fault

可能导致产品执行要求功能的能力降低或丧失的异常状况。

2.0.5 冗余 redundancy

对于执行一个要求的功能或对于表示信息而言，存在多于一种的方法。

2.0.6 可靠性 reliability performance

在给定条件下和给定时间间隔内，执行所需功能的能力。

2.0.6 智能感知系统 intellisense system

油气管道行业感知管道对环境影响、环境对管道影响、管道本体状态、工艺设备状态以及工艺参数的设备及联动设备。

2.0.7 智能传感器 intelligent sensor

智能传感器是具有与外部系统双向通信手段，用于发送测量、状态信息，接收和处理外部命令的传感器。

2.0.8 产品 item

能够被单独考虑的任何元器件、零部件、组件、设备或系统。

2.0.9 应用系统 application system

功能安全可靠数据收集的对象所在的具备应用功能的系统。

2.0.10 设备分类 equipment class

设备单元的类别，可按照原理进行分类，也可按照功能分类。

2.0.11 设备分级 equipment grading

设备从属关系的梳理。

2.0.12 功能安全 functional safety

整体安全中与受控设备和受控设备控制系统相关的部分，它取决于安全仪表系统和其他风险降低措施正确执行其功能。

2.0.13 随机硬件失效 random hardware failure

在硬件中，由一种或几种可能的退化机理而产生的，在随机时间出现的失效。

2.0.14 系统性失效 systematic failure

原因确定的失效，只有对设计或制造过程、操作规程、文档或其他相关因素进行修改后，才有可能消除这种失效。

2.0.15 危险失效 dangerous failure

对执行安全功能有影响的组件和/或子系统和/或系统的失效，其：

1 在要求时阻止安全功能的执行以致受控设备进入危险或潜在危险的状态，在油气管道行业常被称作拒动。

2 降低在要求时安全功能正确执行的概率。

2.0.16 安全失效 safe failure

对于执行安全功能有影响的组件和/或子系统和/或系统的失效，其：

1 导致安全功能的误动作从而使受控设备（或其一部分）进入或保持安全状态；或

2 增加安全功能的误动作从而使受控设备（或其一部分）进入或保持安全状态的概率。

2.0.17 要求时危险失效概率 probability of dangerous failure on demand

当受控设备或受控设备控制系统发出要求时，执行规定安全功能的安全仪表系统的安全不可用性。

2.0.18 要求时危险失效平均概率 average probability of dangerous failure on demand

安全仪表系统在受控设备或受控设备控制系统发出要求时执行规定安全功能的平均不可用性。

2.0.19 平均恢复时间 mean time to restoration

达到恢复的预期时间。

2.0.20 平均维修时间 mean repair time

预期的整体维修时间。

2.0.21 验证 verification

通过检查和提供客观证据证实规定要求已经被满足。

2.0.22 检验测试 proof test

周期性测试，用以检测安全相关系统中危险的隐性失效，在必要时通过维修，把系统复原到“新的”状态或实际上接近这种状态。

2.0.23 检测到的 detected

与硬件相关，用诊断测试、检验测试、操作员干预（例如物理检查和人工测试）或通过正常操作所发现的。

2.0.24 未检测到的 undetected

与硬件有关，用诊断测试、检验测试、操作员干预（例如物理检查和人工测试）或通过正常操作未发现的。

2.0.25 功能安全可靠性数据 reliability data of functional safety

在开展功能安全评估过程中使用到的可靠性数据。

2.2 缩略语

PFD	Probability of dangerous failure on demand	要求时危险失效概率
PFDavg	Average probability of dangerous failure on demand	要求时危险失效平均概率
MTTR	Mean time to restoration	平均恢复时间
MRT	Mean repair time	平均维修时间
TI	Test interval	测试间隔
PTC	Proof test coverage	检验测试覆盖
FMEDA	Failure modes effects and diagnostic analysis	失效模式、影响及其诊断分析
SIS	Safety instrumented system	安全仪表系统
BPCS	Basic process control system	基本过程控制

FGS

Fire gas system

火气系统

3 基本规定

3.0.1 数据收集应具有真实性。数据的真实性是其准确性的前提，只有对设备的状况如实记录与描述，才有助于准确判断问题。即使对某次故障在现场可能误判，但当对故障设备经过分解检查后，就能准确地描述该次故障的真实现象。由于技术水平及其他条件的限制，对故障的真实记录并不等于准确记录，还有待于进一步的分析与判断。

3.0.2 数据收集应具有连续性。可靠性数据具有可追溯性的特点，它反映了设备可靠性的趋势，因此要求数据的记录连续。其中最主要的是设备在工作过程中所有事件发生时的时间记录及对所经历过程的描述，如设备开始工作、发生故障、终止工作的时间及对其中发生故障时的状况、返厂修理、纠正或报废等情况的描述。

3.0.3 数据收集应具有完整性。为了充分利用数据，对设备可靠性进行评估，因此要求所记录的数据项尽可能完整，即对每一次故障事件的发生，包括故障设备本身的使用状况及该产品的历史及送修、报废等都应尽可能记录清楚，这样才有利于对设备的可靠性进行全面分析。

3.0.4 本标准规定了数据采集、分析等基本步骤，如图 3.0.4 所示。其中数据采集应符合第五章要求，数据分析应符合第六章要求，数据存储与管理应符合第七章要求。

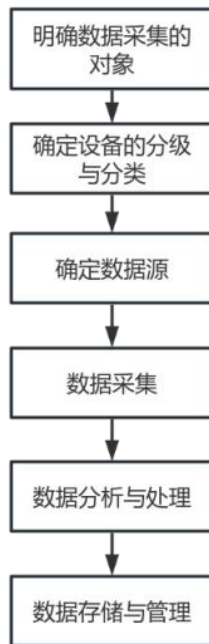


图 3.0.4 数据采集及处理的基本步骤

4 感知设备分级与分类

4.1 一般规定

4.1.1 感知系统应用对象一般分为场站和线路，感知类别一般分为介质输送状态、管体状态、管道外部威胁事件、场站空间事件及设备设施本体五类。

4.1.2 数据收集活动开始之前，应从现场选取所要分析的系统和设备作为数据收集的对象，并定位感知设备所在的应用系统，并对感知设备确定分级、分类位置。

4.1.3 在感知系统开展分级分类前，先确定应用场合为场站或线路，并确定收集的感知系统所在的应用系统，根据感知系统的应用对象分类管网常见的应用系统见表 B.1 所示。

4.2 感知设备分级

4.2.1 设备分级是将设备按照包含或从属关系进行从上到下的层级划分，将设备具体细分为几个等级取决于设备单元的复杂程度和数据用途，某一类型设备可能在不同层级存在。

4.2.2 油气管道智能感知系统一般可分为 4 级，即：系统、单元、子单元、组件。设备分级示意图，如图 B.1 所示；也可分为 5 级，即：系统、单元、子单元、从属子单元、组件。设备分级示意图，如图 B.2 所示。系统的分级可按照收集数据现场划分的颗粒度进行调整，不局限为 4 级或 5 级。

4.3 感知设备分类

4.3.1 设备分类是指按照类型、监测参数不同等原则将单元、子单元、组件进行归类。设备分类示意图，如图 B.3、图 B.4 所示。

5 功能安全可靠性数据采集

5.1 数据采集对象

5.1.1 数据采集的对象为油气管道智能感知系统，包括传感单元、逻辑单元、执行单元及其他参与安全功能执行的连接设备。

5.1.2 油气管道典型的传感单元主要指智能传感器，包括以下五类：

1 介质输送状态监测传感器包括：温度传感器、压力传感器、流量传感器、液位传感器、原油粘稠度传感器。

2 管体状态监测传感器，包括：腐蚀缺陷传感器、应力应变传感器、焊缝缺陷传感器。

3 管线外部威胁事件监测传感器，包括：介质泄漏、地质灾害、第三方活动的监测传感器。

4 场站空间事件监测传感器，包括：边界入侵，人员不安全行为、气体泄漏、油品泄漏的监测传感器。

5 设备设施本体监测传感器，主要包括：泵组、压缩机、储罐、加热炉等设备的状态参数感知传感器。

5.1.3 可依据场站/线路的应用系统确定逻辑单元，如表 B.1 所示。油气管道典型的逻辑单元主要有：

- 1 基本过程控制系统使用的逻辑控制器；
- 2 紧急停车系统使用的逻辑控制器；
- 3 典型动设备，如压缩机、泵等使用的设备单体逻辑控制器；
- 4 水击超前保护系统使用的逻辑控制器。

5.1.4 油气管道典型的执行单元设备主要包括以下两类：

- 1 阀门；
- 2 断路器/接触器；

5.1.5 其他典型相关连接设备包括但不限于以下几类：

- 1 安全栅；
- 2 信号分配器；
- 3 浪涌保护器。

5.2 数据采集范围、时间的具体要求

- 5.2.1 数据采集的范围为涉及 5.1 规定的数据采集对象的相关设备。
- 5.2.2 采集时间可覆盖设备的整个使用生命周期范围，按照数据使用的目的，对采集的不同时间段数据进行选择使用。
- 5.2.3 应根据应用场合选择时间段，应用场合包括投运初期、运行平稳期和老化阶段来开展数据收集。
- 5.2.4 应用场合不同导致筛选使用的数据差异性较大，因此根据应用场合进行数据筛选使用，会提升数据应用的适用性。
- 5.2.5 数据收集时间段的长度应在预期的失效率、样本大小和数据访问之间进行平衡和确定。
- 5.2.6 数据样本设备应尽可能来自多个系统，但必需的数据（如表 A.0.1 的设备位号、所属系统、设备分级、设备分类、设备厂家、设备型号等）应确保可收集到。

5.3 数据源

- 5.3.1 功能安全可靠性数据来源宜采用符合现场实际的数据。其他数据来源还可包括产品认证证书，SRS 文件，备品备件管理文件、维检修管理文件，设备基础数据源包括设计文件、操作规程、运行实际管理文件等。
- 5.3.2 基础数据收集来源可包括设计文件、产品说明书、资料等，基础数据不作为单独收集的对象，应作为功能安全可靠性数据或其他功能安全数据的选取条件。

5.4 数据采集基本步骤

5.4.1 数据采集的内容涉及图 5.4.1 中红框中内容，具体步骤如下：

- 1 应从现场选取所要分析的系统和设备作为数据采集对象，明确采集对象。
- 2 对设备进行分级与分类定位。
- 3 确定数据源。
- 4 对于每一个设备类别，收集其设备基础信息、设备应用数据、功能安全可靠数据及其他功能安全定量计算所需数据，相关的示例见附录 A。

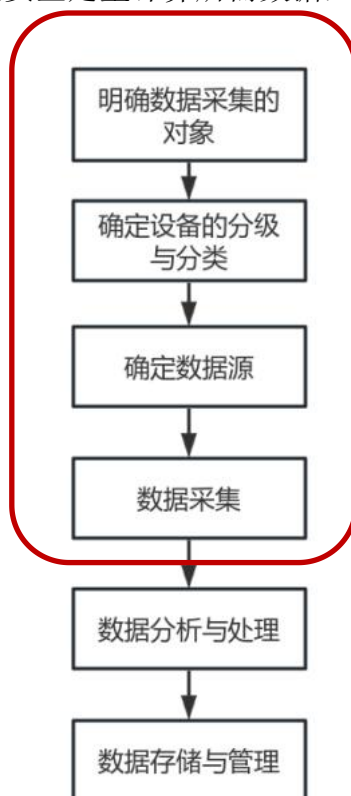


图 5.4.1 数据采集相关工作内容

5.5 数据采集具体内容

5.5.1 对于每一个设备类别，采集内容包括设备基础数据、设备应用数据、功能安全可靠数据及其他功能安全定量计算所需数据。

5.5.2 设备基础数据包括：设备类别、运行相关数据、功能描述等。详情见表 A.0.1，一般用于表征设备相关基础属性，可作为可靠性数据筛选条件。

5.5.3 设备应用数据包括：设别类别、设备类型、工作状态下的运行模式等。详情见表 A.0.2，可用于表征设备相关应用属性，可作为可靠性数据筛选条件。

5.5.4 本标准的功能安全可靠性数据为设备的失效率数据，采集的数据为失效相关数据，内容包括：失效模式、失效时间、失效影响、诊断方法等。详情见表 A.0.3。

5.5.5 本标准的其他功能安全定量计算所需数据为开展 SIL 验证计算所需的除失效率之外的数据，包括：MTTR、PTC、TI 等，采集的内容包括：备品备件情况、故障维检修管理规定，检验检测相关。详情见表 A.0.4。

5.5.6 失效数据是具体表征一个失效的数据，如失效日期、失效的维修产品、严重程度级别、失效模式、失效原因、检测方法等，相关的示例及说明见表 C.0.1、表 C.0.2、表 C.0.3。

5.6 数据采集质量保证措施

5.6.1 为了获得高质量的数据，在数据收集过程开始之前，应制定数据材质的质量保证措施。

5.6.2 数据采集质量的保证措施应明确下列内容：

- 1** 规定收集数据的目标，以便收集到想要使用的有关数据；
- 2** 制定数据收集计划，包括时间安排、重大事件、次序、设备单元数、时间区间等；
- 3** 调查数据源以保证可以获得所要求的数据并且运行数据是完全的；
- 4** 调查数据源以保证可以得到充足质量的有关数据；
- 5** 确认可收集数据的设备的安装日期、人员和工作周期；
- 6** 推荐对数据收集方法和工具（手动或电子）进行先导训练，以验证拟议中的数据收集过程的可行性；
- 7** 培训、动员和组织数据收集人员；
- 8** 制定数据收集过程的质量保证计划。至少包括数据的质量控制、记录和纠正偏差过程；
- 9** 进行试点练习，以检查人员的质量、数据源的质量以及数据收集方法的可行性。

6 数据分析

6.1 数据使用目的

6.1.1 功能安全可靠性数据的使用目的包括 SIL 验证计算、设备可靠度及可用度计算及设备的以往使用证明等。

6.2 数据处理与分析

6.2.1 应结合数据的使用目的，对采集的数据进行选择处理及分析使用。

6.2.2 用于 6.1.1 中不同目的的失效率数据采集应基于在相似运行环境中相似设备的现场反馈，可来自不同系统。

6.2.3 功能安全可靠性数据处理，最终获得设备的可靠性数据，具体包括 λ 、 λ_{DD} 、 λ_{DU} 、 λ_{SD} 、 λ_{SU} ，通过对采集的失效数据进行分析、计算获得。其中：失效率是指在给定的时间间隔内，单位时间的失效次数，用希腊字母 λ 来表示，单位为 1/小时； λ_{DD} 、 λ_{DU} 、 λ_{SD} 、 λ_{SU} 一般经由 FMEDA 分析获得。

6.2.4 其他功能安全定量计算数据，具体包括 MTTR、TI 及 PTC，通过对采集到的设备维检修数据进行处理分析获得。

6.2.5 数据应该由具有现场的故障数据分析和统计专业知识的、有经验的可靠性工程师分析。

6.2.6 不同类型的设备，收集到的可靠性数据差异性较大，不宜使用同一种寿命分布进行可靠性数据分析。通常，有下述几种情况：

1 有失效数据，但出现很少且不集中出现，可认为其寿命分布服从指数分布，使用指数分布参数估计法进行可靠性评估。

2 有失效数据，但出现较为集中，且比例较大，指数分布不再适用，可选用威布尔分布作为其寿命分布，使用威布尔参数估计法进行可靠性评估。

3 对于无失效数据的情况，可认为寿命服从指数分布，但使用指数分布参数估计法无法进行可靠性评估，应使用贝叶斯理论进行可靠性评估。

6.3 数据分析结果及作用

6.3.1 依据采集的数据，开展可靠性数据分析，数据分析输出结果为产品的可靠性数据，包括 λ_{DD} 、 λ_{DU} 、 λ_{SD} 、 λ_{SU} 。

6.3.2 对于运行单位，基于数据分析结果，有以下作用：

- 1 明确某一厂家型号的产品可靠性数据，为后续仪表/设备选型提供依据；
- 2 同一厂家型号产品在不同应用环境/应用需求下的可靠性数据，明确环境或者使用情况对仪表/设备的可靠性数据影响；
- 3 依据分析结果，绘制可靠性数据曲线，为产品的维检修、管理及报废提供依据；

6.3.3 对于产品研制单位，基于数据分析结果，有以下作用：

- 1 明确产品不同应用环境（如温度、湿度、盐碱度等）的失效影响，为改进及优化提供方向；
- 2 明确产品不同应用需求（如：介质洁净度等）的失效影响，为改进及优化提供方向。

具体分析结果作用及实例见附录 E。

7 数据存储与管理

7.0.1 数据的存储要求

1 应对采集的数据记录文档和对数据开展分析的结论文档定期进行存储，时间周期为每月。

2 应同时保留电子存档和纸质档，并确保二者的统一性。

3 电子档和纸质档存档材料应标注版本号。

4 应定期进行数据备份，以防止数据丢失。

7.0.2 数据的管理要求

1 应采取适当的措施来保护数据的安全和隐私。

2 在确保数据使用合规性和可控性前提下，应建立合理的数据访问和共享机制，以便不同部门人员能够方便获取和共享数据。

3 应制定合理的数据管理规则，并严格执行。

附录 A 数据收集工作表

A.0.1 为得到切实可用的现场可靠性数据，同时减少工作人员记录整理的工作量，便于同行业或同部门内流通，应根据需要制定统一、规范化的数据收集表格，定期统计整理。

表 A.0.1 基础数据收集表格

主类	子类	数据
应用管理	组织机构数据	所属地区公司：西南管道公司（必填）（下拉）
		所属分公司兰成渝分公司（选填）（下拉）
		所属作业区：成都作业区（选填）（下拉）
		应用场合类型：线路/场站
		<table> <tr> <td>线路：X 号阀室</td><td> 场站：成都泵站（必填）（下拉） 场站类型：（压气站、存储站、阀室等） </td></tr> </table>
线路：X 号阀室	场站：成都泵站（必填）（下拉） 场站类型：（压气站、存储站、阀室等）	
所属工程：兰成渝管道工程		
识别	输送介质	天然气、原油、成品油、LNG
	设备位号	如果组件级，可以写其上一级的设备位号（如果写的对象是热电偶等没有位号的话，就写它所归属的上级设备位号）
	收集对象所属应用系统（下拉，下拉内容见表 B.1）	类别：如介质输送状态监测类 子类：如工艺运行类 应用系统名称：基本过程控制系统
	设备分级分类归属（下拉：4 级/5 级/6 级等）（根据此处选型右侧确定是二级/三级/四级或五级等）	☐ 二级： ☐ 传感单元 ☐ 逻辑单元 ☐ 执行单元 ☐ 其他
		☐ 三级：子单元：以后面的图 B.2 为基础（如一体化温度变送器（热电阻）、安全栅） ☐ 四级：组件级：以后面的图 B.2 为基础（如热电阻型传感器）

主类	子类	数据		
	安装数据	地理位置:xx 市		海拔: 米
		安装具体位置	如果是场站的写清场站位置,如进站区;	
		安装形式	法兰连接、螺纹连接等	
		特殊应用环境,如冻土、跨越等(如没有可不填)		
设计	制造商数据	厂家		
		型号		
		版本号		
		要求的环境条件	温度	
			湿度	
			震动	
			电磁干扰	
	防爆要求			
	是否经过 SIL 认证,如果有,则填写认证数据	是/否	如是,认证证书失效率数据,最好写到 dd,du 等,如果写 PFD,一定记得把基础信息如 TI 等写上	
		如是,认证等级 (SIL1/SIL2/SIL3)		
	数据源			
注	补充信息	如必要,增加文字描述的补充信息		

表 A.0.2 设备应用数据收集表格

设备应用信息	设备所属对象		基于 A.0.1 的对象,填写进一步的设备应用数据收集(对象是根据 A.0.2 下拉选择的)	
	承担功能		SIS 联锁、BPCS 联锁、水击保护、FGS 联锁、调节、报警、监测、机械保护措施、就地仪表等	
	功能描述			
	工作种类		☐ 人员操作 ☐ 遥控 ☐ 其他	
	工作状态下的模式		☐ 连续 ☐ 待机 ☒ 常关/开 ☐ 间歇 ☒ 其他	
	设备投用时间:		设备计划退役日期	

	运行周期	(24/7)		操作次数 (/年)			
	工作环境（具体温度、湿度等）	温度（℃）	湿度（%）	震动	电磁干扰	防爆区域	
	校准信息	校准周期要求：					
		最新校准时间：					
		校准结果：（合格/不合格）					
	数据源						
如必要，增加文字描述作为补充说明							

表 A. 0. 3 失效数据收集表格

种类	数据	描述
识别	失效的设备名称/位号	基于 A. 0. 1 的对象，填写进一步的设备应用数据收集（对象是根据 A. 0. 2 下拉选择的） （如果是子部件，没有位号的，就写它的上级设备位号）
失效数据	失效日期	失效发现的日期（精确到小时）
	失效处理完成日期	失效处理完成的日期（精确到小时）
	失效描述	失效的描述
	失效模式	失效的机理或因素，如：电气开路、短路、电容变化等
	失效对工作的影响	无/部分/全部
	失效对既定功能的影响	有/无
	影响分类	安全失效、危险失效
	失效是否可被检测	可检测到的，不可检测到的
	严重度等级	对设备单元功能的影响 致命失效/非致命失效
	失效原因	失效的原因
	失效的子单元	失效的子单元名称
	失效的维修产品	详细说明失效的维修产品
	检测方法	失效如何被检测
	数据源	
注	补充信息	给出导致失效的环境、关于失效原因的补充信息等更详细的

种类	数据	描述
		情况

表 A. 0. 4 其他功能安全定量计算所需数据表格

种类	数据	描述
识别	数据适用的对象设备	设备的名称/位号（如果是子部件，没有位号的，就写它的上级设备位号）
其他功能安全定量计算所需数据	MTTR	设备故障规定的平均维修时间：
		备品备件情况：场站内/作业区/分公司/集团公司/区域供应商
	TI	设备的检验测试周期：
		本设备最近一次检验测试的时间为：（精确到日）
		最近一次检验测试的结论：
	PTC	设备检验测试覆盖率为：
		设备检验测试的内容为：
	数据源	
注	补充信息	

附录 B 油气管网感知系统所属应用系统及感知系统分级分类示例

表 B.1 油气管网感知系统所属应用系统表（示例）

序号	控制单元类别	类别细分	系统名称
1	介质输送状态监测类	工艺运行类	基本过程控制系统
2			自动分输控制系统
3			紧急停车系统
4			水击超前保护系统
5		介质分析类	油品密度分析系统
6			油品水分析系统
7			天然气组分分析系统
8		计量类	计量系统
9	设备设施本体监测类	设备运行类	压缩机单体控制系统
10			加热炉单体控制系统
11			计量撬单体控制系统
12			调压撬单体控制系统
13		诊断维护类	压缩机远程诊断与维护系统
14			流量计算机远程诊断与维护系统
15			泵远程诊断与维护系统
16			SCADA 远程诊断与维护系统
17		生产辅助类	通信系统
18			电气系统
19			能耗系统
20	场站空间事件监测类	泄漏监测预警类	火气系统
21			激光云台系统
22			激光对射系统
23		消防类	消防系统
24		安防类	周界防盗系统
25			工业电视系统
26			门禁系统
27	管体状态监测类	管道完整性监测类	泄漏检测系统
28			管道沿线地质灾害监测与预警平台
29		管道完整性监测类	阴极保护系统
30	管线外部威胁事件监测	地质灾害监测类	管道沿线地质灾害监测与预警平台
31			泄漏检测系统

32		外部威胁事件监测类	视频监控系统
			光纤预警系统
33			无人机巡护系统
34		极端天气监测类	雷电预警系统

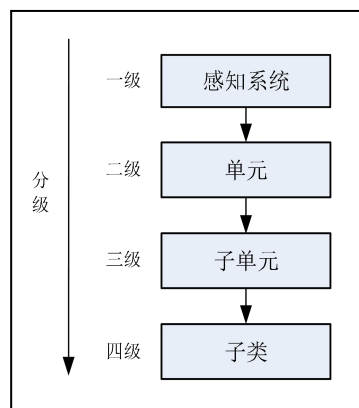


图 B.1 油气管道智能感知系统设备分级（四级）示意图

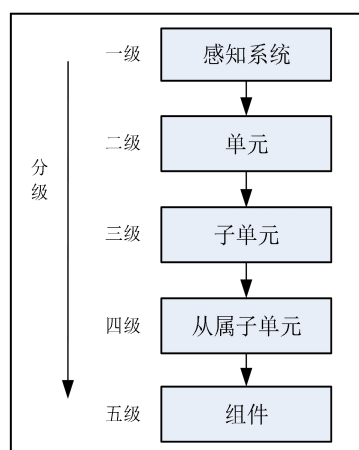


图 B.2 油气管道智能感知系统设备分级（五级）示意图

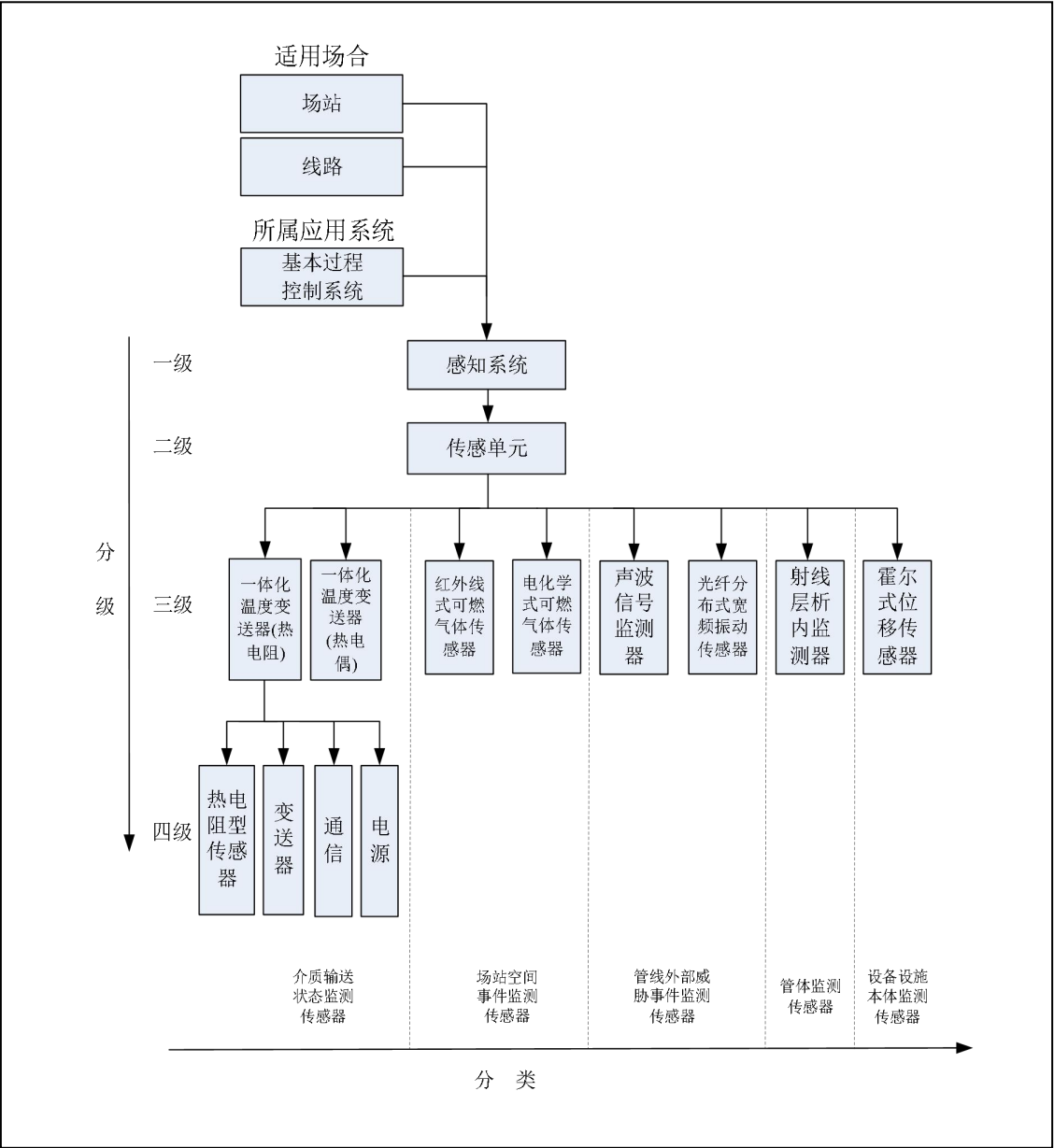


图 B.3 油气管道智能感知系统设备分类示意图（传感单元）

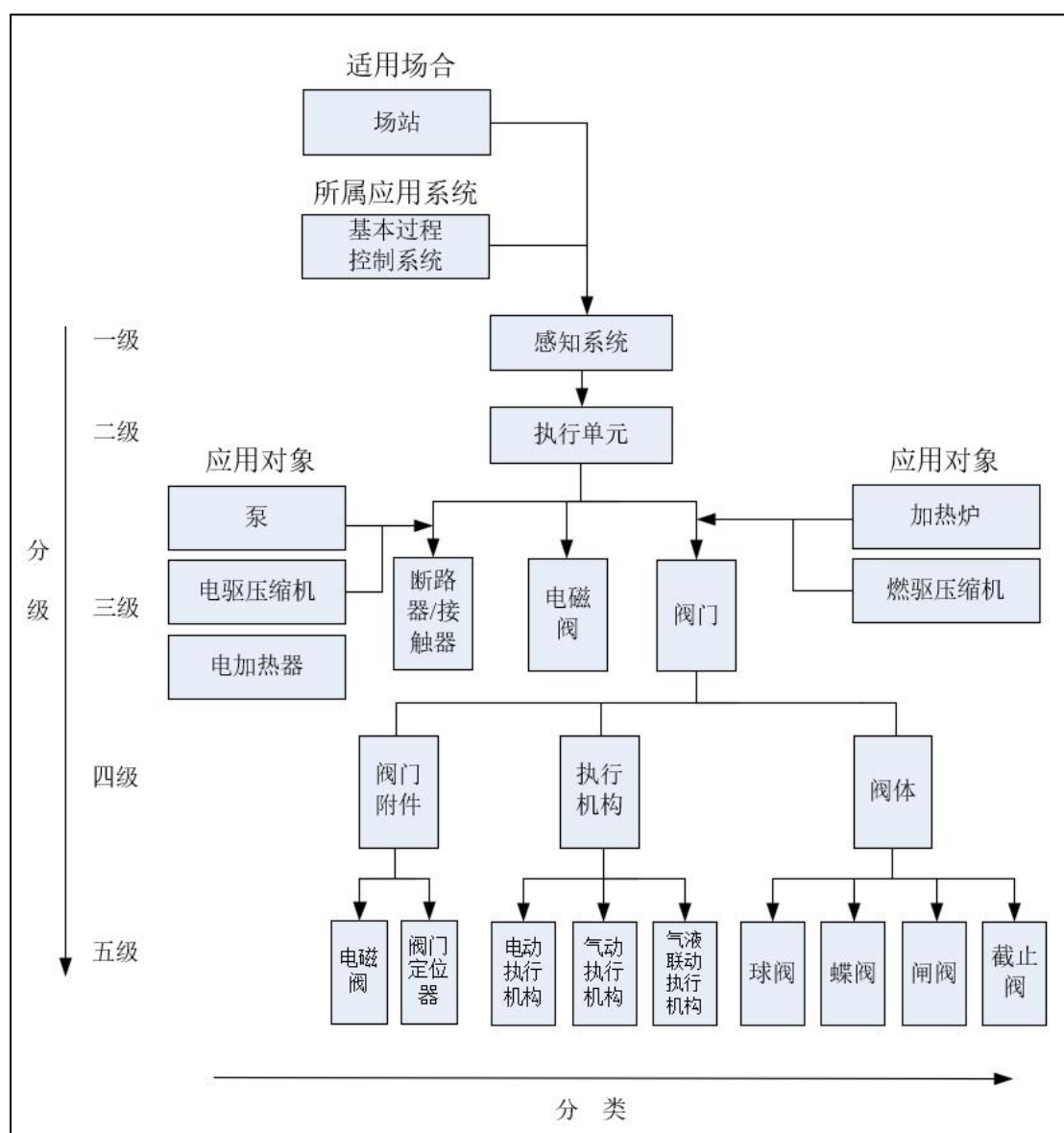


图 B.4 油气管道智能感知系统设备分类示意图（执行单元）

附录 C 失效特征

表 C.0.1 失效描述

分类	序号	特征	描述
机械失效	1.0	一般机械失效	关于某些机械缺陷的失效，但不知道进一步的详情
	1.1	泄漏	液体或气体的外泄或内泄。如果失效模式在设备单元级就是泄漏，应尽可能使
	1.2	振动	异常振动。如果失效模式在设备级就是振动，应尽可能使用因果关系更为密切
	1.3	间隙/找正失效	由故障的间隙和找正引起的失效
	1.4	变形	扭转、弯曲、压曲、凹痕、屈服、收缩等
	1.5	松动	断开、零件松动
	1.6	粘着	由于非变形或非间隙/找正失效引起的粘着、卡住、压紧
材料失效	2.0	一般材料失效	材料缺陷造成的失效，但不知道进一步详情
	2.1	气蚀	与泵和阀等设备有关
	2.2	腐蚀	所有腐蚀型式，既包括湿式(电化学)，也包括干式(化学)
	2.3	冲蚀	冲蚀磨损
	2.4	磨损	磨蚀和胶着磨损，如刻痕、表面磨损、划伤、微振磨损等
	2.5	破损	破碎、破裂、裂缝
	2.6	疲劳	如果破损的原因可追溯到疲劳，应该用此特征
	2.7	过热	由于过热或烧灼使材料破坏
	2.8	爆炸	组件爆炸、膨胀、爆裂、内向爆炸等
仪器失效	3.0	一般仪器失效	仪器失效，但不知道详情
	3.1	控制失效	
	3.2	无信号/指示/警报	无预期的信号/指示/警报
	3.3	错误信号/指示/警	对应实际过程，信号/指示/替报是错误的，可能是假的、

分类	序号	特征	描述
		报	时有时无、波动、反复无常
	3.4	不能调整	校准错误、参数漂移
	3.5	软件失效	由于软件失效造成故障或不能控制、监测、工作
	3.6	共因失效	一些仪器组件同时失效，如冗余的火焰气体检测器
电气失效	4.0	一般电气失效	电力供应和传输的失效，但不知道进一步的详情在何处
	4.1	短路	短路
	4.2	开路	线缆脱开、中断、损坏
	4.3	无功率/电压	失去电力供应或供应不足
	4.4	错误功率/电压	故障电力供应，如过电压
	4.5	接地/绝缘故障	接地故障，低电阻
外部影响	5.0	一般外部影响	由某些外部事件或边界外物质引起的失效，但不知道进一步的详情
	5.1	堵塞	由于污浊、污染、结冰等造成的流动限制或堵塞
	5.2	污染	污染流体、空气或地面，如润滑油污染、气检测头污染
	5.3	其他外部影响	来自邻近系统的外来物体、冲击、环境影响
其他	6.0	一般其他 ^a	未列入上述种类的描述
	6.1	未知	对失效描述无可用的信息
a 如果超过一个失效，数据收集者应判断出最重要的描述，尽量避免 6.0 和 6.1。			

表 C. 0. 2 失效原因

分类	序号	特征	描述
设计相关的原因	1. 0	一般与设计相关的原因	对运行和(或)维修的不适当设计引起的失效，但不知道进一步的详情
	1. 1	不合适的容量	不适当的尺寸或容量
	1. 2	不合适的材料	不合理的材料选择
	1. 3	不合理的设计	不适当的设备设计或配置(形状、尺寸、技术、配置、操作性、维修性等)
安装相关的原因	2. 0	一般与制造安装相关的原因	制造或安装引起的失效但不知道进一步的详情
	2. 1	制造失误	制造或加工失效
	2. 2	安装失误	安装或装配失效（不包括维修后的装配）
运行维修相关的失效	3. 0	一般与运转维修相关的失效	与设备运转/使用或维修相关的失效，但不知道进一步的详情
	3. 1	非设计工况	非设计工况或无意识的工作状况，如压缩机在工作范围之外运转压力超过规范等
	3. 2	运行错误	运行期间错误、误用、疏忽、失察等
	3. 3	维修错误	维修期间错误、误用、疏忽、失察等
	3. 4	预期的磨损和撕裂	设备单元正常工作引起的磨损和撕裂造成的失效
管理相关的失效	4. 0	一般与管理相关的失效	与某些管理系统相关的失效，但不知道进一步的详情
	4. 1	文件错误	与程序、规范、图纸、报告相关的失效
	4. 2	管理失误	与计划、组织、质量控制/保证等相关的失效
其他	5. 0	一般其他 ^a	不能列入上述种类的失效原因
	5. 1	未知	对于失效原因无可用的信息
a 如果超过一个失效，数据收集者应判断出最重要的描述，尽量避免 5. 0 和 5. 1。			

表 C.0.3 检测方法

序号	特征	描述
1	预防性维修	在执行预防性维修计划时，组件的预防性服务、更换或修理期间发现失效
2	功能测试	通过激活一个预想功能并将设备的响应与预定标准相比较而发现失效
3	检测	计划检测期间(如可视化检测、非破坏性试验)发现失效
4	周期性状态监测	对一个预定失效模式进行按计划排定的状态监测时显示失效可以是手动也可以是自动，如温度记录、振动测量、油分析、取样
5	连续状态监测	预定失效模式的连续状态检测期间显示失效
6	修复性维修	修复性维修期间观测到失效方法
7	观测	例行的或临时的非例行的操作者检查，主要通过感官(噪声、气味、烟雾、泄漏、外观、局部显示)
8	组合	涉及上述几个方法。如果其中之一占优势，应记录
9	生产干涉	由生产混乱、减产等发现失效
10	其他	其他观测方法

[来源：GBT 20172-2006 B.1、B.2、B.3]

附录 D 可靠性参数计算示例

D.0.1 根据现场记录的可靠性数据表，统计每一类设备的累积运行小时数和累积失效次数。

D.0.2 假设某一设备在 10000 小时的累积运行时间内，失效 6 次。那么估计的失效率为：

$$\lambda = 6/10000 = 6 \cdot 10^{-4} / \text{h}^{-1}$$

D.0.3 当置信区间为 90%时，失效率区间为：

$$\left[\frac{1}{2T} Z_{0.95,2k}, \frac{1}{2T} Z_{0.05,2(k+1)} \right] = \left[\frac{1}{20000} Z_{0.95,12}, \frac{1}{20000} Z_{0.05,14} \right] = (2.6 \cdot 10^{-4}, 11.8 \cdot 10^{-4})$$

D.0.4 估算的失效率和置信区间，如图D.0.4所示。

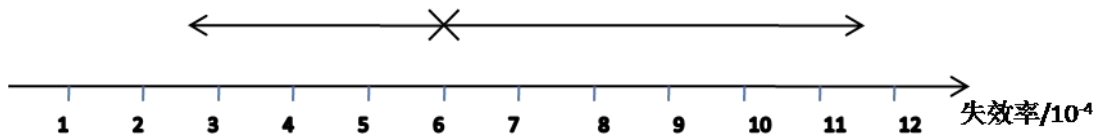


图 D.0.4 估算的失效率和 90%的置信区间

附录 E 数据分析结论示例

基于采集的数据，开展数据处理与分析，如对于同一厂家型号的压力变送器，其适用的环境温度区间为：-20℃~+40 摄氏度，根据收集的数据，在其他应用环境一致时，按照“应用环境-温度条件”进行数据的筛选处理与分析，可得出如下数据：

- 在环境为-20℃~-5℃范围内的该厂家型号的压力变送器的失效率 λ 为：4e-7;
- 在环境为-5℃~10℃范围内的该厂家型号的压力变送器的失效率 λ 为：2e-7;
- 在环境为 10℃~25℃范围内的该厂家型号的压力变送器的失效率 λ 为：3e-7;

依据上述数据，得出结论如下：

对于运行单位：此厂家型号的压力变送器在环境为-5℃~10℃范围内时，失效率数据最低，为最佳适用温度范围。

对于产品研制单位，此厂家型号的压力变送器受应用环境温度的影响较大，可对于此进行产品的升级完善。

图 E 数据分析结论示例

用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本标准，不注日期的，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》GB/T 20438-2017

《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》GB/T 21109-2007

《智能传感器 第3部分：术语》GB/T 33905.3-2017

中国工程建设标准化协会标准

油气管道智能感知系统

功能安全可靠数据采集标准

T/CECS 02XXX-202X

条文说明

目 次

1 总 则.....	35
2 术语和缩略语.....	36
4 感知设备分级与分类.....	39
4.1 一般规定.....	39
4.2 设备分级.....	39
4.3 设备分类.....	40
5 功能安全可靠性数据采集.....	46
5.1 数据采集对象.....	46
5.2 数据采集范围、时间的具体要求.....	46
5.3 数据源.....	46
6 数据分析.....	47

1 总 则

1.0.2 油气管道行业应用的智能感知系统的功能安全可靠性数据的采集对象包括：场站、线路、LNG、储气库。

2 术语和缩略语

2.0.6 以站场为例包括传感单元设备（如智能传感器等）、逻辑单元设备（如逻辑控制器）、执行单元设备（如继电器、阀门、断路器、继电器等）及其他单元（如安全栅、浪涌保护器等）本标准的数据收集仅针对硬件。

2.0.7 智能传感器是以敏感元件为基础，集成通信芯片、微处理器、驱动程序、软件算法等一体的系统，具有信息采集、信息处理、信息交换、信息存储等功能，能感受被测的物理、生化量并按照一定规律转换成可用输出信号。

2.0.9 管网的应用系统按照线路和场站划分，常见的场站应用系统包括：基本过程控制系统、自动分输控制系统、紧急停车系统，常见的线路应用系统包括：光纤预警系统、泄漏检测系统。

2.0.12 执行单元包括阀门，阀门包括执行机构、阀及阀门附件，这个的拆解过程就是设备分级。

2.0.14 在各种元件中，存在以不同速率发生的许多退化机理，在这些元件工作不同的时间之后，这些机理可使制造公差引起元件发生故障，从而使包含许多元件的设备将以可预见的速率，但在不可预见的时间(即随机时间)发生失效。

随机硬件失效和系统性失效的主要区别是由随机硬件失效导致的系统失效率（或其他合适的度量）可以用合理的精度来量化，但系统性失效无法精确预计，因此系统性失效引起的系统失效率则不能精确地用统计法量化。也就是说，由随机硬件失效引起的系统失效率可以用合理的精度来量化，但是由系统性失效引起的系统失效率不能精确地用统计法量化，因为导致系统性失效的这些事件无法简单预测。

2.0.15 本条需注意：

- 1 仅修正性维护而不加修改，通常无法消除失效原因。
- 2 通过模拟失效原因可以引出系统失效。
- 3 系统性失效的原因可包括以下情况中的人为错误：
 - 1) 安全要求规格书；
 - 2) 硬件的设计、制造、安装、运行；

3) 软件的设计和实现等。

4 在本标准中, 安全相关系统的失效被分为随机硬件失效和系统性失效。

2.0.18 本条需注意:

1 [瞬时]不可用性 (按照 IEC60050-191)是指一个项在要求的外部资源满足的情况下, 在给定的时间点和给定条件下, 没有处于执行给定功能的状态的概率。通常用 $U(t)$ 表示。

2 [瞬时]可用性与项在 t 时刻之前经历的状态 (运行或失效) 无关。它仅表示项在要求时一定能工作, 例如在低要求模式下安全仪表系统的工作。

3 如果实施周期性测试, 就规定安全功能而言, 安全仪表系统的 PFD 是用一种锯齿形曲线表示, 在一个大的概率范围内, 从刚经过一次测试后的低点到下次测试前的最大值。

2.0.19 本条需注意:

1 在一个给定时间间隔 $[t_1, t_2]$ 内的平均不可用性用 $U[t_1, t_2]$ 表示。

2 两种失效会影响 PFD 和 PFD_{avg} : 自上次检验测试后发生的未检测到的危险失效和由要求 (检验测试和安全要求) 本身导致的真实的要求时失效。第一个与时间相关并且由其危险失效率 $\lambda_{DU}(t)$ 表示, 而第二个仅与要求的数量相关并由每次要求失效的概率表示 (用 γ 表示)。

3 因为真实的要求时失效不能通过测试检测到, 有必要将他们识别出来并在计算目标失效量时加以考虑。

2.0.20 MTTR 包括:

- 1 检测失效的时间 (a); 和
- 2 开始维修前已过去的时间 (b); 和
- 3 维修的有效时间 (c); 和
- 4 元件恢复运行前的时间 (d)。

(b)的开始时间是(a)的结束时间, (c)的开始时间是(b)的结束时间, (d)的开始时间是(c)的结束时间。

2.0.21 MRT 包含 MTTR 中的时间 (b)、(c) 和 (d)。

2.0.22 本规范中, 验证是指在有关的安全生命周期 (整体、E/E/PE 系统和软件)

的每个阶段进行的分析、数学论证和/或测试等证明活动，这样，针对具体的输入，其输出能满足该阶段所有方面的目的和要求。

验证活动包括：

- 1 为保证符合阶段的目的和要求，考虑该阶段的具体输入，对其输出（来自所有安全生命周期阶段的文档）进行

- 2 复审。

- 3 设计复审；

- 4 对设计的产品进行测试以保证按其规范工作；

对系统不同部分逐步组装并进行集成测试，并进行环境测试以保证所有部分按规定方式在一起工作。

2.0.23 在本标准中使用“检验测试”，但要注意到同义的术语“周期性测试”。

检验测试的有效性取决于失效覆盖和维修的有效性。在实践中除了低复杂安全仪表系统外，100%的隐性失效的检测很难达到。这应该是目标。至少，所有要执行的安全功能应按安全仪表系统安全要求规格书进行检查。如果使用分离通道，则应对每个通道分别进行检验测试。对于复杂的组件，应进行分析，以证明在安全仪表系统整体生命周期期间，未被检验测试检测出的隐性危险失效概率可忽略不计。

检验测试需要一定时间完成。在此时间内安全仪表系统可能被部分或全部限制。在测试过程中，仅当受控设备已停机或安全仪表系统仍能保持在要求时的动作能力，检验测试持续时间可忽略不计。

在检验测试期间，安全仪表系统可能部分或全部不能响应动作要求。仅在维修时受控设备已停机或使用其他等效的风险措施来代替时，MTTR 对于 SIL 的计算可以忽略。

2.0.24 这些形容词用于检测到的故障和检测到的失效。

由诊断测试检测到的危险失效是一种揭露出的失效，并且当采取了自动或手动的有效的措施可将其归类为安全失效。

2.0.25 这些形容词用于未检测到的故障和未检测到的失效。

4 感知设备分级与分类

4.1 一般规定

4.1.1 设备选取和开展设备分级、分类是可靠性数据收集前的一项重要基础工作。

4.1.2 感知设备就是组成感知系统的设备。

4.2 设备分级

4.2.1 电磁阀可能和阀门在同一层级，电磁阀也有可能属于阀门的下一级。

4.2.2 油气管道智能感知系统一般可分为4级，即：系统、单元、子单元、组件。

也可分为5级，即：系统、单元、子单元、从属子单元、组件。

表1 温度测量分级示例

序号	分级	分级内容
1	第一级	感知系统
2	第二级	单元（传感单元）
3	第三级	子单元（一体化温度变送器(热电阻、热电偶)）
4	第四级	组件（热电阻型传感器、 变送器 、通信、电源）

注：1、适用场合（场站/线路）场站

2、所属应用系统：基本过程控制系统

表2 阀门分级示例

序号	分级	分级内容
1	第一级	感知系统
2	第二级	单元（执行单元）
3	第三级	子单元（阀门）
4	第四级	从属子单元（执行机构）
5	第五级	组件（气液联动执行机构）

注：1、适用场合（场站/线路）场站

2、所属应用系统：基本过程控制系统

如果现场可采集比组件更小颗粒的对象，则可将五级在此细化为六级甚至更多。

4.3 设备分类

4.3.1 设备类别的选取是把现场的所有设备作为设备可靠性数据的收集对象理论上是可行的。但在实际开发中，需要投入巨大的人力、物力，很难实现。因此，在选取智能感知设备类别时主要考虑如何满足功能安全分析的需求，选取功能安全分析中涉及到的智能感知设备，对其进行分类确定设备类别。

在设备分级的第2级，可按照类型将设备进行分类，如传感单元、逻辑单元、执行单元及其他单元；

在设备分级的第3级，可按照监测参数进行分类，如一体化温度变送器（热电阻）、一体化温度变送器（热电偶），一体化压力变送器（耐震）、一体化压力变送器（非耐震）等；

在设备分级的第4级，可按照第三级的设备组成进行分类，如热电阻型传感器、变送器、通信、电源等。

以油气管网感知系统为对象，将管网典型传感器、典型控制系统、典型执行设备分类梳理如下表3、表4、表5所示：

表3 管网典型传感器分类示例表

序号	传感器类别	测量用途	从属子单元
1	管体监测传感器	管道内检测	漏磁内监测器
2			射线无损监测器
3			远场涡流内监测器
4			射线照相内监测器
5			实时成像内监测器
6			射线层析内监测器
7			红外热成像监测器
8			几何变形监测器
9		管道探伤检测	超声波监测传感器
10			涡流监测传感器

11		管道外检测	分布式光纤传感器
12			涂层监测传感器
13		管道完整性监测	阴极保护监测器
14		埋地管线泄漏检测	声波传感器
15			声发射气体泄漏传感器
16			分布式光纤传感器
17			预警测漏雷达传感器
18			分布式应变温度传感器
19			光纤布拉格光栅传感
20			拉曼分布式光纤传感器
21	场站空间事件监测 传感器	可燃气体检测	红外线式可燃气体传感器
22			电化学式可燃气体传感器
23			半导体式可燃气体传感器
24			催化燃烧式可燃气体传感器
25			激光可燃气体传感器
26			超声波可燃气体传感器
27		有毒气体检测	H ₂ S 气体监测传感器
28		火焰检测	红外火焰探测器
29			紫外火焰探测器
30		边界入侵	主动红外入侵探测器
31			光纤振动传感器
32			视频图像监测器
33		人员不安全行为	视频图像监测器
34			GPS 传感器/红外线传感器
35	管线外部威胁事件 监测传感器	湿度检测	湿敏传感器
36		地质灾害检测	声波信号监测器
37			地震检波器
38			遥感卫星地震检测传感器
39			山体位移传感器
40			应力/应变传感器
41			杂散电流光纤传感器
42		第三方施工检测	光纤分布式宽频振动传感器
43			光纤干涉仪
44			视频图像监测器

45	介质输送状态监测 传感器		管道光纤振动感知传感器
46		其他检测	阴极保护监测器
47		温度测量	双金属式温度传感器
48			玻璃体温度传感器
49			集成式温度传感器
50			一体化温度变送器（热电偶）
51			一体化温度变送器（热电阻）
52			智能温度变送器
53			温度开关
54			就地温度计
55		压力测量	隔膜式压力传感器
56			压电式压力传感器
57			防爆压力变送器
58			一体化压力变送器（耐震）
59			一体化压力压力变送器（非耐震）
60			智能压力变送器
61			压力开关
62			就地压力表
63		流量测量	涡轮流量计
64			容积式流量计
65			活塞式流量计
66			刮板式流量计
67			腰轮式流量计
68			涡街流量计
69			超声波流量计
70			靶式流量计
71			浮子流量计
72			科氏质量流量计
73			量热式气体流量传感器
74			电磁流量计
75		液位测量	力平衡液位计
76			雷达式液位计
77			超声波液位计
78			射频导纳式液位计
79			伺服液位计
80			磁浮子液位计
81		组分分析	油品组分在线分析仪

82			水含量在线分析仪
83	设备设施本体监测 传感器	位移测量	电感式位移传感器
84			电容式位移传感器
85			霍尔式位移传感器
86			超声波式位移传感器
87			光栅式位移传感器
88			磁电感应式位移传感器
89		加速度测量	压电式加速度传感器
90			压阻式加速度传感器
91			电容式加速度传感器
92			伺服式加速度传感器
93		转速测量	磁电式转速传感器
94			霍尔式转速传感器
95		振动测量	磁致伸缩式传感器
96		其他工艺设备状态测量	磁电异构场超高空间分辨率电 磁复合传感器
97			多参数融合轴向应力检测传感 器
98			梳齿型双电极阻抗腐蚀传感器

表 4 管网典型逻辑单元分类示例表

序号	逻辑单元类别	类别细分	逻辑单元名称
1	介质输送状态监测类	工艺运行类	基本过程控制系统逻辑单元
2			自动分输控制系统逻辑单元
3			紧急停车系统逻辑单元
4			水击超前保护系统逻辑单元
5		介质分析类	油品密度分析系统逻辑单元
6			油品水分析系统逻辑单元
7			天然气组分分析系统逻辑单元
8		计量类	计量系统逻辑单元
9	设备设施本体监测类	设备运行类	压缩机单体控制系统逻辑单元
10			加热炉单体控制系统逻辑单元
11			计量撬单体控制系统逻辑单元
12			调压撬单体控制系统逻辑单元
13		诊断维护类	压缩机远程诊断与维护系统逻辑 单元
14			流量计算机远程诊断与维护系统 逻辑单元
15			泵远程诊断与维护系统逻辑单元

16			SCADA 远程诊断与维护系统逻辑单元
17			通信系统逻辑单元
18		生产辅助类	电气系统逻辑单元
19			能耗系统逻辑单元
20	场站空间事件监测类	泄漏监测预警类	火气系统逻辑单元
21			激光云台系统逻辑单元
22			激光对射系统逻辑单元
23		消防类	消防系统逻辑单元
24		安防类	周界防盗系统逻辑单元
25			工业电视系统逻辑单元
26			门禁系统逻辑单元
27	管体状态监测类	管道完整性监测类	泄漏检测系统逻辑单元
28			管道沿线地质灾害监测与预警平台逻辑单元
29		管道完整性监测类	阴极保护系统逻辑单元
30	管线外部威胁事件监测	地质灾害监测类	管道沿线地质灾害监测与预警平台逻辑单元
31			泄漏检测系统逻辑单元
32		外部威胁事件监测类	视频监控系统逻辑单元
			光纤预警系统逻辑单元
33			无人机巡护系统逻辑单元
34		极端天气监测类	雷电预警系统逻辑单元

表 5 管网典型执行设备分类示例表

序号	子单元	从属子单元	组件
1	阀门	执行机构	电动执行机构
2			气动执行机构
3			液动执行机构
4			气液联动执行机构
5			电液联动执行机构
6		阀门本体	球阀
7			蝶阀
8			闸阀
9			调节阀
10			截止阀
11		阀门附件	阀门附件-阀门定位器
12			阀门附件-电磁阀
13	电磁阀	/	直动式电磁阀
14			间接式电磁阀
15			先导式电磁阀
16			二通电磁阀

17			三通电磁阀
18			四通电磁阀
19	断路器/接触器	/	真空断路器
20			空气开关
21			接触器

5 功能安全可靠性数据采集

5.1 数据采集对象

5.1.4 油气管道典型的执行单元主要包括以下两类：

- 1 开关阀门，气管道及油管道上的关断阀门；停燃驱压缩机的燃料切断阀、关加热炉的燃料阀门；
- 2 断路器，启停泵使用的断路器，或者是停电驱压缩机的断路器；

5.2 数据采集范围、时间的具体要求

5.2.1 许多产品的寿命遵循“浴盆”曲线。如果仅仅需要产品平稳运行阶段的可靠性数据，那么在老化阶段结束之后开始收集数据。该阶段的长度随着设备种类的不同，从无到几个月不等。

5.2.2 “浴盆”曲线是指产品从投入到报废为止的整个寿命周期内，其可靠性的变化呈现一定的规律。如果取产品的失效率作为产品的可靠性特征值，它是以使用时间为横坐标，以失效率为纵坐标的一条曲线，曲线的形状呈两头高，中间低，有些像浴盆，所以称为“浴盆曲线”，曲线具有明显的阶段性，失效率随使用时间变化分为三个阶段：早期失效期、偶然失效期和耗损失效期。

5.2.3 在偶然失效期收集的数据通常遵循指数寿命曲线（失效率恒定）。

5.2.4 对于一些设备，为了积累老化失效经验，从“第一天”开始收集数据也是有必要的。在这种情况下，需要区分在老化阶段收集的数据和在稳定运行阶段收集的数据。

5.2.5 对于高重要性/安全设备和很少发生失效的设备，需长点的监测时间（例如：整个寿命周期）。对于在监测期内没有失效发生的设备，通过审查收集到的数据，可以估算失效率。

5.3 数据源

5.3.3 在选择重点地区或部门时，以有一定的代表性为好，如使用的设备群体较大，管理较好，使用中代表了典型的环境与使用条件等。

6 数据分析

6.2.1 可通过 FMEDA 的方法获取 λ_{DD} 、 λ_{DU} 、 λ_{SD} 、 λ_{SU} ；其他功能安全定量计算数据分析方法主要采用问卷调查法、访谈调查法及资料查阅法。

6.2.2 对于运行单位，基于数据分析结果，确定先导式泄压阀是否适用于原油输送管线及成品油输送管线。

参 考 文 献

- [1] 《石油天然气工业-设备可靠性和维修数据的采集和交换》 GB/T 20172