

中华人民共和国国家标准

GB/T 44452—2024/IEC 62890:2020

工业过程测量控制和自动化 系统和 部件的生命周期管理

Industrial-process measurement, control and automation—
life-cycle-management for systems and components

(IEC 62890:2020, IDT)

2024-09-29 发布

2025-04-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	5
4 生命周期管理的通用模型	6
4.1 产品类型和产品实例	6
4.2 生命周期模型	7
4.3 结构模型	10
4.4 兼容性模型	12
5 生命周期管理的策略	15
5.1 通则	15
5.2 最后一次购买	16
5.3 替代	17
5.4 重新设计	18
5.5 迁移	19
5.6 策略比较	20
5.7 面向服务的生命周期管理策略的应用	21
6 生命周期管理	22
6.1 主动式生命周期管理	22
6.2 生命周期卓越性	23
附录 A(资料性) 生命周期各方面现状	25
附录 B(资料性) 需求、影响因素、行业特点	28
B.1 通用需求	28
B.2 行业特定需求的考虑	29
B.3 能源行业需求	35
B.4 行业中立因素	36
B.5 结论	37
附录 C(资料性) 选定示例的生命周期考虑因素	40
C.1 部件生命周期	40
C.2 微处理器	40

C.3 现场设备集成·····	41
C.4 标准和法规·····	41
附录 D(资料性) 生命周期管理策略应用示例·····	43
附录 E(资料性) 工厂用户策略·····	45
附录 F(资料性) UML 图语义·····	47
参考文献·····	48

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。

本文件等同采用 IEC 62890:2020《工业过程测量控制和自动化 系统和部件的生命周期管理》。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本文件起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、江苏省质量和标准化研究院、湖南科技大学、沈阳工业大学、北京航天智造科技发展有限公司、上海工业自动化仪表研究院有限公司、西南交通大学、北京航空航天大学、江南大学、东莞理工学院、中国天辰工程有限公司、上海自动化仪表有限公司、中信戴卡股份有限公司、北京神经元网络技术有限公司、北京工业大学、江苏中车数字科技有限公司。

本文件主要起草人：尚羽佳、丁露、王晶、成继勋、张晓玲、于文涛、徐建平、孟祥印、宋晓、方星、张兆云、杨云漪、黄源、柳娟、黄亮、黄易、崔勇、韩红桂、景宁。

引 言

在当今的自动化应用中,部件、设备和系统的生命周期与整个工厂的生命周期相比存在着越来越明显的差异。部件功能的不断增加、电子技术的不断发展以及硬件和软件固有的创新动力,都在不断缩短单个自动化部件的生命周期。例如,某些半导体元件仅在短时间内生产,随后就被弃置。

相比之下,自动化系统的使用时间要长得多。此外,不同的工业部门使用时间也存在很大的差异。汽车行业生产线的使用时间通常与新车型的制造时间相同,现今大约为7年到8年。相比之下,化工行业中工艺设备的运行寿命通常为15年左右,而石油、能源和发电厂的使用寿命可能长达50年。管理层需从工厂的整体功能和经济角度考虑工厂和产品的生命周期。

从自动化系统到企业和资产管理系统,对工厂流程数据的利用和整合程度不断提高,导致了自动化系统各层级之间的技术依赖性。为保证设备的规律性、可操作性和安全性,在这些层和价值链中的所有合作伙伴之间采用更加统一的方式处理生命周期管理至关重要。

因此,有必要采取不同的策略,通过先进的维护策略来保持设备的可用性。这对自动化产品和部件的交付能力以及维护和维修等服务的提供提出了很高的要求。例如,当在规划新工厂时,如果设想使用更新版本的工程系统时,生产商需确保该更新版本用于现有工厂中已经使用的旧部件和系统,并且可能进行相应的升级。这在越来越大的程度上要求价值链上的合作伙伴密切合作。

目前的情况表明,掌握生命周期管理的这些相互冲突的特征在自动化领域中将变得越来越重要,尤其是在工厂用户和制造商以及制造商和供应商之间正在进行的讨论中。全球法律和技术方面之间的相互作用,包括对高功能和高效率的要求,以及IT技术在自动化方面的影响,都有助于说明展示这一主题的范围。

本文件就是针对这种情况制定的。它由自动化生命周期管理的基本、互补和一致的模型和策略组成。然后将这些通用模型和策略应用于各种实例中。

因此,本文件展示了一种适用于各工业部门自动化的通用方法。生命周期管理的经济意义是本文件反复出现的主题。通用模型、术语、流程和策略的定义是工厂用户和制造商之间,以及制造商和供应商之间就生命周期管理达成共识不可或缺的基础。

主动式生命周期管理侧重于选择坚固耐用的部件、规格和技术,从而获得长期的稳定性。主动方法包括在制定标准时应用这套通用参考模型,以便能够有效地确保可持续的互用性和兼容性。

工业过程测量控制和自动化 系统和 部件的生命周期管理

1 范围

本文件确立了用于工业过程测量控制和自动化的系统和部件的生命周期管理基本原则。这些原则适用于各种工业部门。本文件提供了与产品类型的使用寿命和产品实例的使用寿命相关的定义和参考模型,并定义了一组一致的通用参考模型和术语。定义的关键模型是:

- 生命周期模型;
- 结构模型;
- 兼容性模型。

本文件还描述了这些模型在生命周期管理策略中的应用。该内容用于与自动化系统和部件的设计、规划、开发和维护以及工厂运营有关的技术方面。

关于生命周期管理的通用模型和术语的定义对于价值链中所有合作伙伴(如工厂用户、产品和系统生产商、服务提供商和部件供应商)的共同理解和应用是必不可少的。

本文件所描述的模型和策略也适用于相关的管理系统,例如生产执行系统(MES)和企业资源计划(ERP)。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)在以下地址维护标准化工作中使用的术语数据库:

- IEC 电子百科全书:见 <http://www.electropedia.org/>
- ISO 在线浏览平台:见 <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

售后支持阶段 **after-sales support phase**

产品类型生命周期中的一个阶段,从销售阶段结束时开始,到产品弃置时结束。

3.1.2

向后兼容性 **backward compatibility**

向下兼容性 **downward compatibility**

新部件满足其前身兼容性配置的所有指定要求。

3.1.3

能力配置 **capability profile**

代表产品类型特性的兼容性概况。

3.1.4

兼容性 compatibility

一个部件满足另一个部件兼容性规范的能力。

3.1.5

兼容性评估 compatibility assessment

验证商定的兼容性等级。

3.1.6

兼容性配置 compatibility profile

系统或系统部件的所有兼容性要求清单,取决于应用。

3.1.7

部件 component

系统中的自治元件,完成一个定义的子功能。

3.1.8

结构兼容性 construction compatibility

部件满足兼容性配置中结构方面的需求。

注:有关需求包括物理尺寸、结构特性、连接方法(包括供电等),以及与环境条件有关的位置。

3.1.9

数据兼容性 data compatibility

部件满足兼容性配置中数据类型和格式相关的功能方面的需求。

3.1.10

交付发布 delivery release

制造准备过程结束,之后可以开始批量生产。

注:制造准备过程是开发阶段的组成部分。

3.1.11

开发阶段 development phase

产品生命周期的阶段,从决定开发一种产品类型开始,以该产品类型的交付发布结束。

3.1.12

弃置 disposal

在使用时间结束后删除产品实例,并进行处置或回收。

注:这是产品实例生命周期的最后阶段。

3.1.13

停止销售 end of sales

产品的所有有效销售活动结束。

注:这也称为产品停产。

3.1.14

停止服务 end of service

产品类型所有服务活动的结束。

3.1.15

停止生产 end of production

产品类型实例不再生产的时间节点。

3.1.16

完全兼容性 full compatibility

部件满足兼容性配置的所有方面要求。

注：这些方面包括功能、结构、位置和性能。

3.1.17

功能兼容性 **functional compatibility**

部件满足兼容性配置的功能要求。

3.1.18

实例 **instance**

具体的、可以明确识别的某一类型的部件。

注 1：通过定义特定的属性值，成为一个类型（例如设备）的独立实体。

注 2：在面向对象的视图中，实例表示一个类（类型）的对象。

3.1.19

最后一次购买 **last-time buy**

在销售结束前购买废弃产品类型实例的生命周期管理策略。

3.1.20

兼容性水平 **level of compatibility**

满足兼容性配置中描述的要求。

3.1.21

寿命 **life time**

从产品实例完成创建到弃置结束的时间长度。

3.1.22

生命周期 **life-cycle**

从产品类型开发阶段开始到产品弃置的时间长度。

3.1.23

生命周期成本 **life-cycle-cost**

工厂用户在购买后至系统使用寿命结束时的所有实例费用总和。

3.1.24

生命周期卓越性 **life-cycle-excellence**

采样整体方法管理不断变化的条件，以确保产品生命周期管理的技术、特定应用、经济和生态方面的健壮性。

3.1.25

生命周期管理 **life-cycle-management**

在类型生命周期和实例生命周期内规划、实现和维护产品的方法和活动。

3.1.26

生命周期管理策略 **life-cycle-management strategy**

应用生命周期管理方法的策略，以确保系统在整个使用周期内的可用性。

3.1.27

迁移 **migration**

在保持功能的同时，将现有系统中的部件替换为具有扩展或修改功能或采用不同技术的部件。

3.1.28

里程碑 **milestone**

具有特定含义的时间点，例如：

——3.1.10 交付发布；

——3.1.13 停止销售；

——3.1.14 停止服务；

——3.1.15 停止生产；

——3.1.32 产品弃置。

3.1.29

淘汰产品 obsolete product

原生产商提供的不符合原始规格的产品。原生产商不再按原始规范提供的产品。

[来源:IEC 62402:2019,3.1.15,有修改]

3.1.30

生产商 producer

开发产品类型,在其生命周期内对其维护并制造该类型产品的公司。

3.1.31

产品 product

用于运营业务的商品(制品或服务),具有确定的属性(产品类型),在价值链过程中创建(产品实例),具有可重现的质量。

注:产品在规定的期限内销售,并在技术和后勤上得到支持,直到产品弃置。价值链过程可能是将部件集成到系统中的过程(集成过程)。产品可以是硬件、软件、服务或其组合。

3.1.32

产品弃置 product abandonment

产品类型所有服务停止的时间点。

3.1.33

产品实例 product instance

实例化的产品类型。

注:实例化表示产品已被生产,服务已被执行,软件已被注册,等等。

3.1.34

产品类型 product type

实例化产品的所有特征的定义。

注:实例化表达产品已被生产,服务已被执行,软件已被注册,等等。

3.1.35

重新设计 re-design

生命周期管理策略,即开发一种产品类型的新版本,该版本通常满足或超过前一种产品类型的规格,因此也符合兼容性要求。

3.1.36

需求配置 requirements profile

兼容性配置,表示基于角色的设备的特征,是实现其角色所必需的。

3.1.37

修订版 revision

软件或硬件(包括其所有集成部件)已被定义好的状态,由修订编号明确标识。

3.1.38

健壮性 robustness

系统在不断变化的条件下持续满足其功能的能力。

3.1.39

销售阶段 sales phase

自交付发布开始到生产结束为止的生命周期阶段。

3.1.40

销售发布 sales release

产品类型的销售活动开始的时间节点。

3.1.41

服务 service

产品(类型和实例)的所有支持活动的总和。

注: 标准服务结束于产品类型弃置。产品弃置后的支持活动要遵守特殊服务协议。

3.1.42

信号兼容性 signal compatibility

与信号采集和处理相关的兼容性配置从功能角度看的兼容性水平。

3.1.43

软件兼容性 software compatibility

与软件相关的兼容性配置从功能角度看的兼容性水平。

3.1.44

标准服务 standard services

不考虑特定用户需求的服务水平。

3.1.45

替代 substitution

生命周期管理策略,其中产品类型的实例由兼容的新类型实例所取代,而不会对系统产生影响。

3.1.46

系统 system

通过相互作用或相互关系实现某种功能(系统功能)的一组确定的、结构化的部件。

注 1: 系统可具有层次结构,即由底层系统组成(底层系统被视为系统的组成部分)。

注 2: 从销售的角度来看,系统表示属于特定产品组合的一组产品类型。

3.1.47

使用时间 time in use

产品实例实际用于其预期用途的生命周期。

3.1.48

更新 update

为纠错和/或微小功能改进而设计的版本新修订。

注: 对于软件来说,更新被称为补丁,包括针对一般性错误的 bug 修复和针对关键或紧急错误的热修复。

3.1.49

升级 upgrade

用于将部件升级到具有改进或增强功能的新版本的产品。

3.1.50

版本 version

产品类型的定义状态,包括其所有集成部件,由版本号明确标识。

3.1.51

质保期 warranty period

合同保证更换或修理故障物品的时间范围。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ASIC: 专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit)

CE:欧洲合格评定(Conformité Européenne)

COTS:现成的部件(Components off The Shelf)

注 1: 也用于商业现货。

EMC:电磁兼容性(Electromagnetic Compatibility)

ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)

EU:欧盟(European Union)

FDA:美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration)

FPGA:现场可编程逻辑门阵列(Field Programmable Gate Array)

ID:标识符(Identifier)

IT:信息技术(Information Technology)

LCC:生命周期成本(Life-Cycle Costing)

MES:制造执行系统(Manufacturing Execution System)

PLM:产品生命周期管理(Product Life-Cycle Management)

RoHS:《关于限制在电子电器设备中使用某些有害成分的指令》(Reduction of Hazardous Substances)

TCO:总体拥有成本(Total Cost of Ownership)

UML:统一建模语言(Unified Modelling Language)

注 2: 见附录 F。

USB:通用串行总线(Universal Serial Bus)

4 生命周期管理的通用模型

4.1 产品类型和产品实例

工业的需求导致了各种各样的因素,这些因素在不同程度上影响着产品的生命周期。因此,本文件中规定的生命周期模型考虑到了这一点。产品类型和产品实例之间的区别至关重要。每个产品实例都是产品类型的一个实例(制造的产品、注册的软件、执行的服务等)。如图 1 的 UML 图所示,产品类型可以用 UML 类表示,产品实例可以用 UML 对象表示。本文件中使用的 UML 元素的语义在附录 F 中进行了解释。

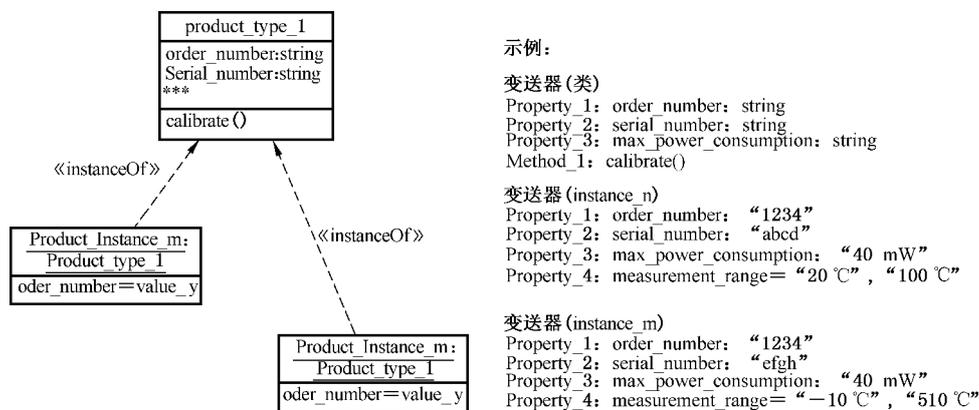


图 1 产品类型与产品实例的关系

一个产品类型有一个明确的产品 ID(例如订单号)、一套开发文件、制造和测试说明以及技术文档来描述。对于特定应用的产品类型,可要求并颁发证书。这种产品类型的定义适用于硬件产品、软件产

品和硬件/软件捆绑产品。通常产品类型的使用权由再生产许可协议规定。所有与产品类型的开发、维护和服务有关的活动,无论其生产频率如何,均指产品类型。

如图 1 所示,产品类型的每个生产单元都代表该类型的一个产品实例。产品实例始终是一个独立的实体,并应由一个明确的标识符(如序列号)来标识。软件产品的产品实例使用权由许可协议规定。

注 1: 某些国家有具体的指南。

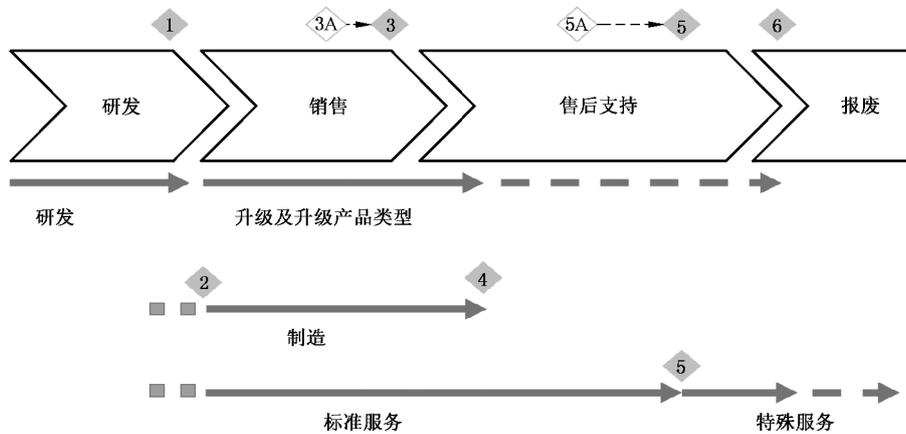
产品实例的活动包括:制造、生命周期内的所有服务等。建议记录产品实例的整个生命周期内的相关活动,例如资产管理(见图 2)。

注 2: 在某些情况下,存在关于寿命结束后历史归档的建议或规定。

4.2 生命周期模型

产品类型的生命周期分为如图 2 所示的几个阶段。里程碑与这些阶段(图 2 中的实心菱形)和公告相关联(图 2 中的空心菱形)。

注: 如有必要,可以进一步细化每个阶段。



标引说明:

- 1 ——上市发布;
- 2 ——交付发布;
- 3 ——销售结束;
- 3A ——销售结束公告;
- 4 ——生产结束;
- 5 ——标准服务结束;
- 5A ——服务结束公告;
- 6 ——产品报废。

图 2 产品类型的通用生命周期模型

生命周期从开发阶段开始,在这个阶段中,产品被开发为一种产品类型。在产品类型的开发阶段,产品类型是通过设计、测试、销售准备和在目标系统环境中进行试验(试运行)等活动开发出来的。在达到规定的技术和商业标准后,产品开始上市销售(见里程碑 1)。在成功完成测试、生产准备过程和服务准备之后,即可实现交付发布(里程碑 2)。这样就可以制造产品,意味着在已介绍的术语中,开始对产品类型进行实例化。

开发阶段之后是销售阶段,产品类型的运营业务随着销售的结束而结束(见里程碑 3)。生产结束(见里程碑 4)在销售阶段结束之后,取决于技术和经济条件。在此之后应发布销售结束的公告(里程碑 3A),以便能够在生产结束前满足工厂用户的需求。

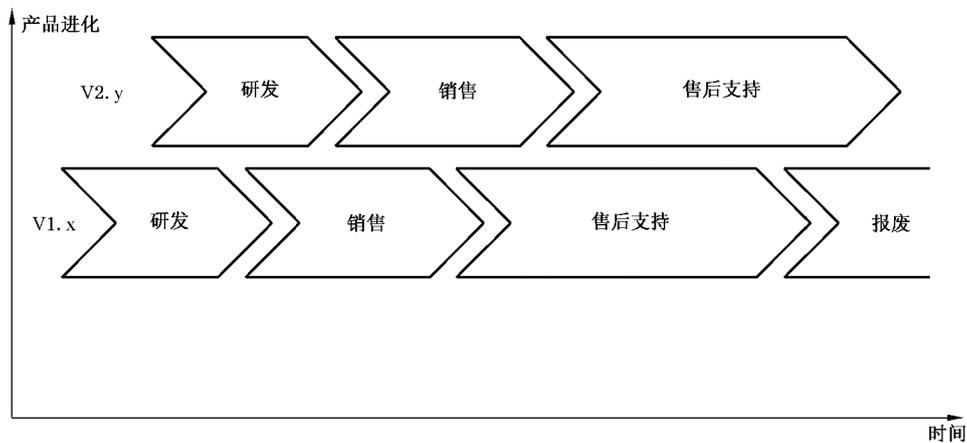
产品的标准服务从交付发布(见里程碑 2)开始,止于标准服务结束(见里程碑 5)。售后支持阶段从

销售结束(里程碑 3)开始,到产品弃置结束。标准服务的结束(里程碑 5)发生在产品弃置之前的售后支持阶段。这意味着所有与产品相关的交付(即备件、文档等)以及生产商提供的标准服务都将随着产品的弃置而告终。在此之后应发布服务结束的公告(里程碑 5A),以便工厂用户能够在产品弃置之前满足其服务需求。在里程碑 5 和 6 之间的阶段,可能会提供特殊服务。在里程碑 6 结束之后,产品(类型)即被淘汰。

产品类型这些阶段的总和称为产品生命周期,所谓“周期”,是指在产品演进过程中存在的一个重复出现的序列(图 3)。这些创新周期会产生新的产品版本。在这过程中应该规定产品类型的版本控制规则。

流程描述用于管理产品生命周期所需的所有活动,实现并行工作流程,同时确保满足所需的质量标准。这个流程通常被称为产品生命周期管理流程(PLM 流程),包括产品组合管理、定义、实现、商业化和售后支持等与类型相关的子流程。

为了管理产品类型的设计历史和设计变更,修订并使用版本,产品制造商应保留有关设计历史和设计变更的信息。



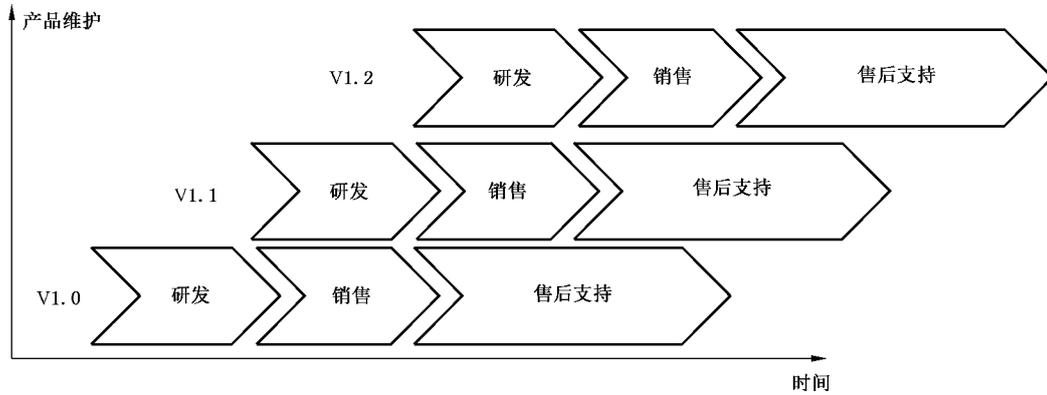
V_{n.m} 表示版本,其中,n 表示版本号,m 表示修订号。

图 3 产品演进(带有版本和修订的类型)

产品演进是通过版本号和修订号来描述的,可使用更详细的版本约定,例如第三版用于较小错误修正、第四版用于软件产品的内部版本号。此版本信息与兼容性高度相关,需要版本管理约定。通常,不同版本号的产品类型都有各自的售后支持阶段。

注:某些行业有版本管理的建议,例如 NAMUR 建议 NE53[10]。

售后支持阶段提供的服务取决于服务等级(见 5.7.2)。通常情况下,具有不同修订号的产品类型不会作为单个产品进行维护。相反,一般最新版本的产品类型才有售后支持(见图 4)。如果签订了特定的服务合同(见 5.7.4),也可以维护其他修订版。每个产品实例都有一个从生产(里程碑 a)开始的生命周期(见图 5),例如,从硬件制造开始,到开始拆卸或处置(里程碑 f)结束。产品的使用寿命可能远远长于产品类型的使用寿命(里程碑 6)(图 5)。生命周期的重要部分是使用时间,从里程碑 c 开始,例如软件安装/激活,到退役(里程碑 e)结束,例如卸载或不可修复的缺陷。使用时间可能会被中断时间(停机时间)而打断。

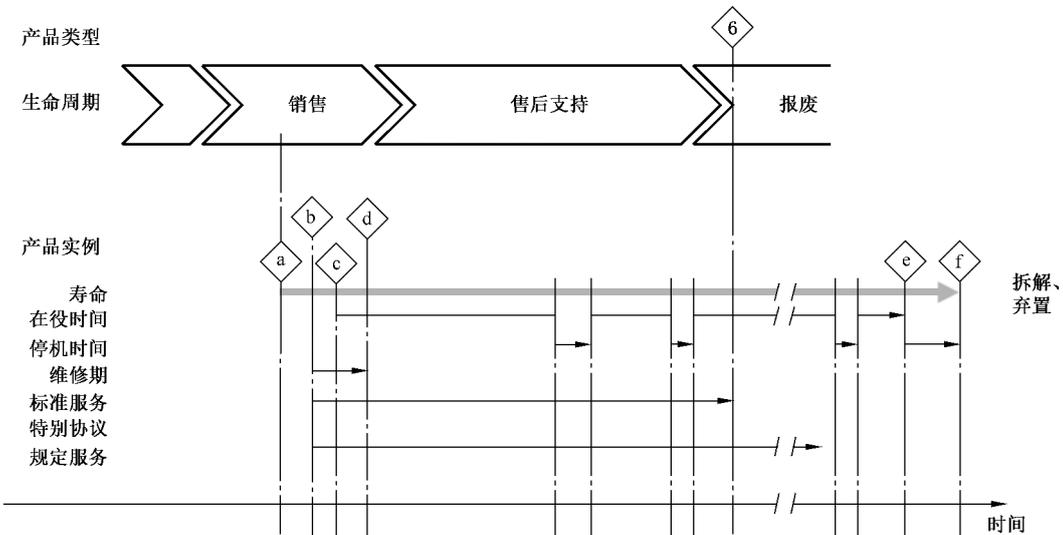


V_{n,m} 表示版本,其中,n 表示版本号,m 表示修订号。

图 4 产品维护(带有版本和修订的类型)

保修期从风险转移给客户时开始(里程碑 b),例如验收后将设备移交给客户,并根据法律规定或客户合同结束(里程碑 d)。保修期独立于“销售结束”这一里程碑。

与产品类型和实例相关的所有交付(即备件、文档等)以及生产商提供的标准服务,在产品弃置时结束(里程碑 6)。可通过特别协议延长支持期限。



标引说明:

- 6——产品弃置;
- a——产品实例制造;
- b——客户保修期开始;
- c——开始使用;
- d——保修期结束;
- e——在役时间结束;
- f——寿命结束。

图 5 产品实例的使用寿命

4.3 结构模型

系统可以被理解为一组确定的、结构化的元素(部件),它们通过相互影响或相互关系来实现某种功能(系统功能)。系统可以是分层结构的,这意味着它们可以由底层系统组成(底层系统被认为是上层系统的组成部分)。UML图如图6所示,强调了系统-部件的层次结构,图中的左边部分包含一个抽象系统的定义,该系统由多个(底层)系统聚合而成,每个(底层)系统都被称为该系统的部件。右边的部分包含从抽象系统派生出来的特定系统[“系统(n+1)”,“系统n”,“系统(n-1)”]。此外,图6还显示了层次关系,例如,“系统n”被“系统(n+1)”称为其“部件(n+1).2”,而“系统n”本身知道“系统(n-1)”是其“部件n.3”,以此类推。

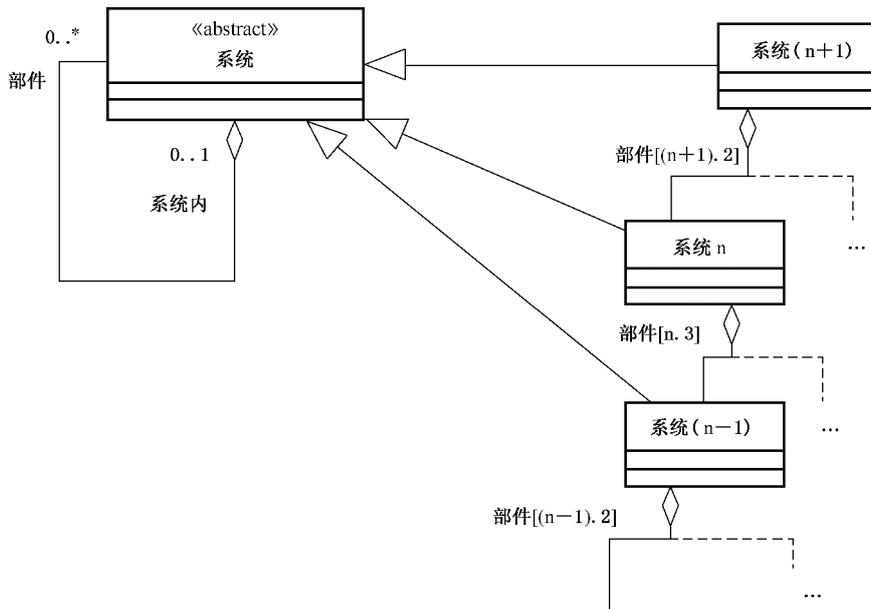


图6 分层系统结构 UML 图

例如,“测量变送器”系统由外壳、连接器和电子元件等硬件部件组成(电子元件又是由电容器、电阻器、处理器、存储器等部件组成的系统)。“测量变送器”系统本身就是“仪表和控制”系统中的一个部件(图7)。

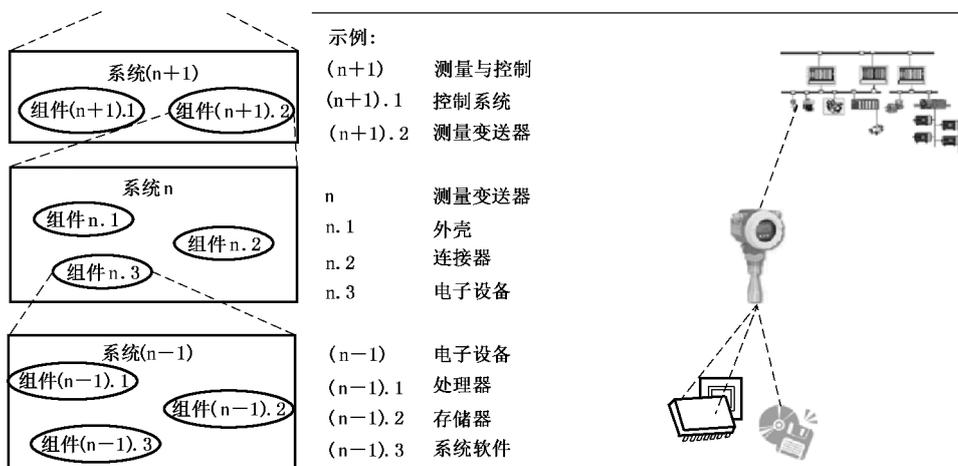
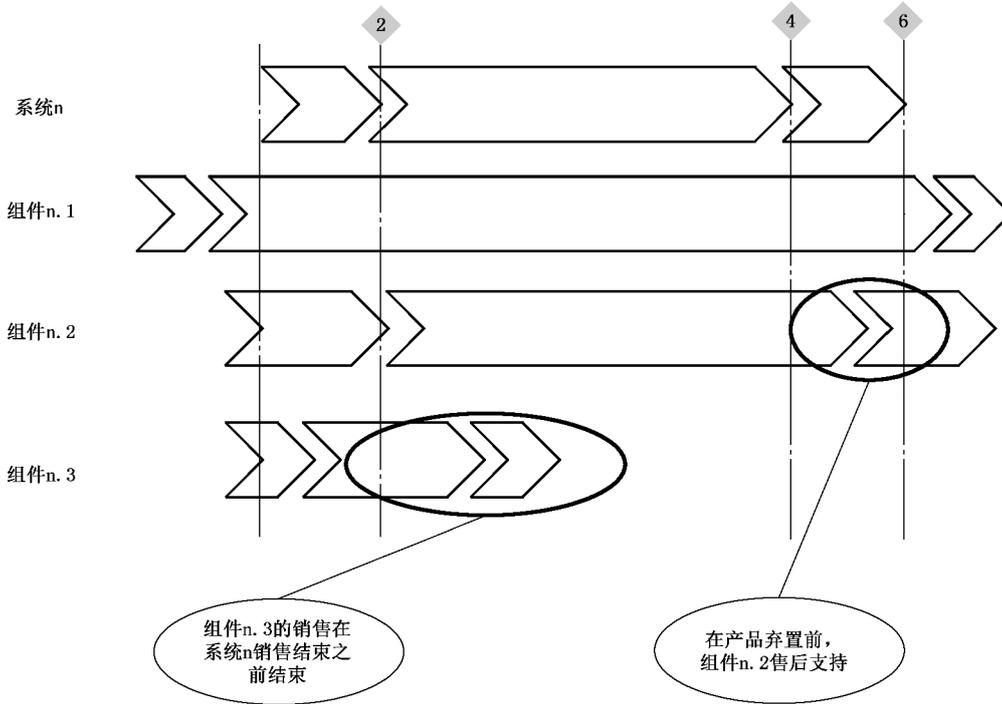


图7 分层系统结构(示例)

无论层次结构级别如何,每个系统都有一个生命周期,可根据图 2 进行描述。系统生命周期的每个阶段都需要由系统所有部件生命周期的相应阶段或早期阶段覆盖(见图 8)。



标引序号说明:
 2——交付发布;
 4——生产结束;
 6——产品弃置。

图 8 通过部件(类)集成的系统(类型)生命周期管理示例

由于部件的生命周期各不相同,系统生产商面临着重大挑战。系统生产商负责系统的持续、渐进开发,以满足兼容性需求。例如,在图 8 中,部件 n.2 进入到售后支持阶段发生在系统 n 的产品弃置之前(里程碑 6)。为了确保和扩大系统 n 的生产,有必要采取一些措施防止部件 n.3 的产品弃置。

如图 9 所示,各部件通过事件驱动的流程链(EPC)集成到系统中。集成流程需要定义和记录,应指定“系统生命周期管理器(System-Life-Cycle-Manager)”这一特定角色。

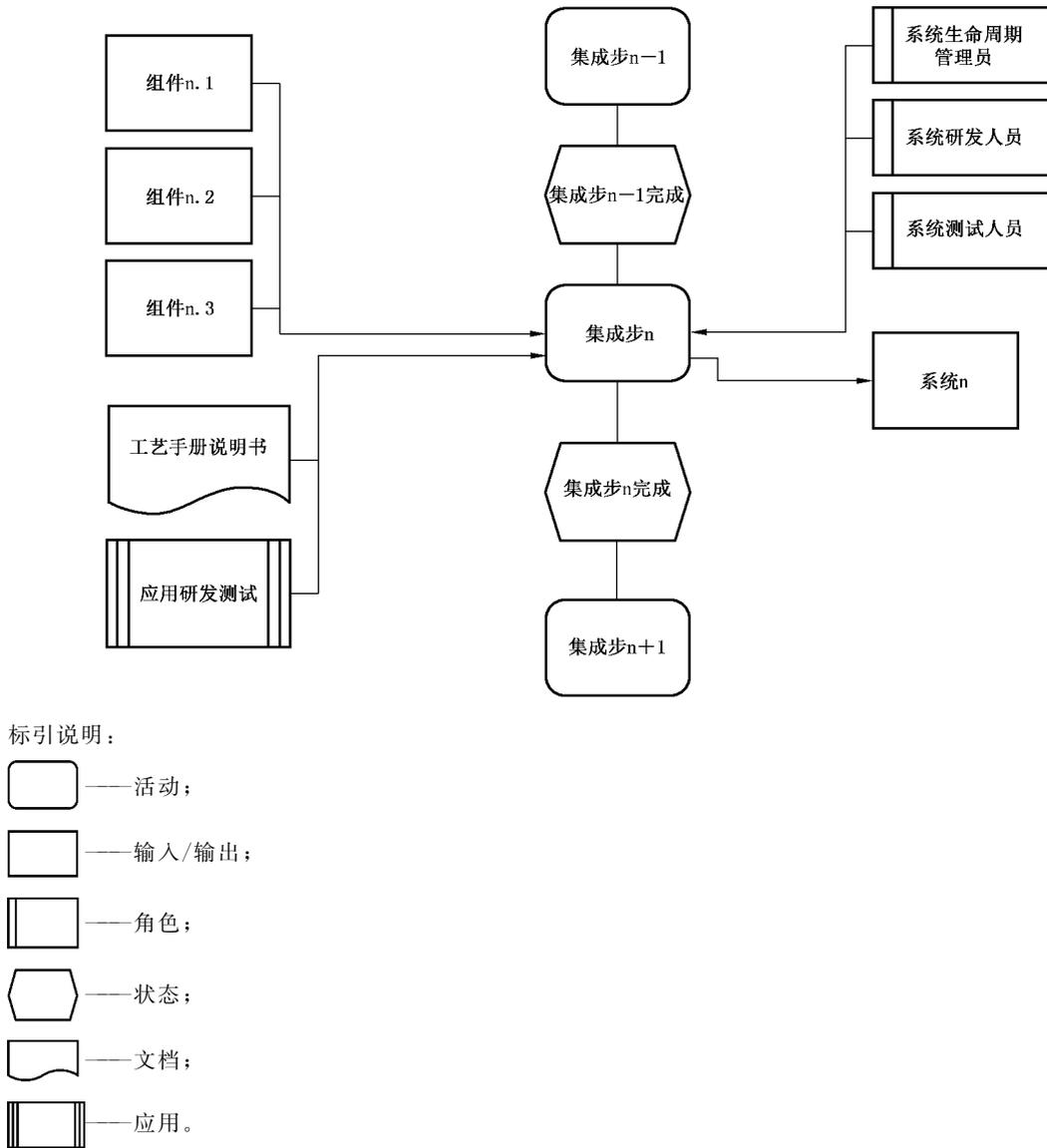


图9 部件集成为系统的示例

4.4 兼容性模型

在自动化领域,兼容性被定义为新部件在技术特性的基础上满足原部件要求的能力。兼容性模型通过使用类别来表示有关属性的视图。属性宜根据 IEC 61987(所有部分)定义。

每种产品类型应定义能力配置,应根据其角色为每个基于角色的设备定义一个需求配置。

产品生产厂商应使用属性描述产品(类型)的特性(能力),同时应在销售发布时提供能力配置(见图2)。

产品用户根据用户使用情况指定产品需求,例如属性(需求视图)。

产品类型的能力配置属性可能与某些用例无关。在某些情况下,需求无法映射到能力配置的属性。在兼容性评估中,两种配置的对比如下所示:

- 需求配置和能力配置,兼容性评估应该用于产品的选择,其依据是对需求配置和能力配置的比较;
- 不同时间点的两个需求配置,维护要求的工厂用户应使用兼容性评估来确定兼容性差距和相关风险;

——不同时间点的两个能力配置,设计新产品类型的生产者应该使用兼容性评估,通过比较两个能力配置来确定变更的影响。

性能的使用与应用、技术、经济和环境方面以及标准和法规有关。这些要求会随着时间的推移而改变,因此需要对上述配置进行维护。

下面的属性列表和属性块是示例,并不完整。

注 1: 属性的定义方法与 IEC 61987(所有部分)中的规定相同。

与功能相关的典型属性和属性块如下:

- 测量、调节、控制、诊断等过程功能;
- 功能接口(如数据类型和格式、服务签名);
- 图像展示(如结构、分辨率、色深、宽高比);
- 操作(如操作顺序、菜单结构);
- 工程(如配置、参数化、数据存储);
- 信息管理(如生产数据归档);
- 通信服务(如时间同步、安全相关服务);
- 信息安全特征;
- 功能安全特征;
- 可用性特征(例如冗余机制);
- 诊断功能等。

与结构相关的典型属性和属性块如下:

- 安装、组装与尺寸;
- 设施连接;
- 供电;
- 主电路;
- 输入/输出电路等。

与性能相关的典型属性和属性块如下:

- 周期时间;
- 响应时间;
- 报文长度;
- 内存消耗;
- 冗余切换时间等。

与位置相关的典型属性和属性块如下:

- 电气环境条件(如 EMC);
- 气候环境条件(如温度、湿度);
- 机械环境条件(如抗震性);
- 防护类型;
- 防爆保护等。

与业务相关的典型属性和属性块如下:

- 标识;
- 产品价格;
- 交付时间;
- 生命周期状态;
- 年服务成本;
- 证书和标准等。

兼容性等级(可交换性、一致性或等效性等级)决定了要求的满足程度。在实践中,主要是定性考虑。兼容性评估应基于与其标准一致的兼容性等级。兼容性配置是需求指标值的列表。以下术语用于描述兼容性等级:

- 完全兼容性,见 3.1.16;
- 功能兼容性,见 3.1.17;
- 软件兼容性,见 3.1.43;
- 信号兼容性,见 3.1.42;
- 数据兼容性,见 3.1.9;
- 结构兼容性,见 3.1.8。

注 2: 数据和连接兼容性等级可见 IEC 61804-2 和 IEC TR 62390。

根据使用情况,可定义更多级别。级别可进一步细化为子级别。

图 10 说明了上述兼容性需求与所需的兼容性等级。很明显,要达到某些等级的兼容性,可能需要额外的工作。满足这些更高的兼容性要求会导致对测试和认证方面的更高要求,例如确保通信接口的合规性和互操作性。

属性与属性块		兼容性等级					
		完全兼容性	功能兼容性	软件兼容性	信号兼容性	数据兼容性	结构兼容性
功能	过程功能结果	X	X			X	
	功能接口	X	X	X	X	X	
	显示	X	X	X			
	工程	X	X	X			
	信息管理	X	X	X		X	
	通信服务	X	X	X	X		
	信息安全特征	X	X	X			
	安全特征	X	X	X			
.....							
结构	安装,组装与尺寸	X					X
	设施连接	X					X
	供电	X					X
	主电路	X					X
						
位置	电气环境条件	X					X
	气候环境条件	X					X
	机械环境条件	X					X
	防护类型	X					X
						
性能	周期时间	X		X			
	响应时间	X		X			
	报文长度	X		X			
	内存消耗	X					
						
业务	产品价格						
	交付时间						
	生命周期状态						
	年服务成本						
	证书和标准	X					X
						

图 10 兼容性需求映射到所需兼容性等级的示例

根据图 10,兼容性等级用于确定需要考虑哪些特定属性才能满足特定应用程序的需求。每个需求都应定量地说明。

将需求配置的每个属性的值与能力配置中相应属性的值进行比较(图 11)。

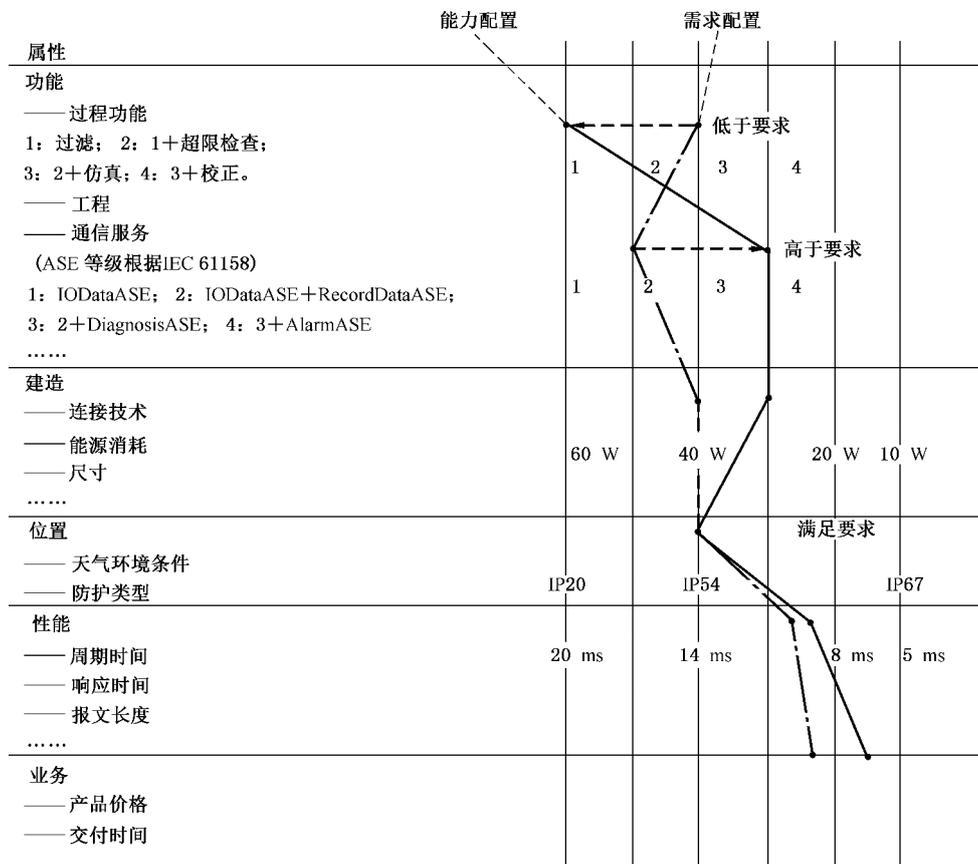


图 11 产品兼容性评估示例

宜通过将需求配置与相应的能力配置进行比较来检查需求配置中每项要求的满足情况(图 11)。需求配置中的每个属性都应和能力配置中的相应属性进行比较。

5 生命周期管理的策略

5.1 通则

在考虑生命周期问题时,工厂用户的主要目标是在设备使用期间实现经济运营。系统生产商需满足用户对生命周期的相关需求。因此,生产商在满足自身经济约束的同时,还要应对复杂的技术挑战。鉴于产品(生产商角度)的设备(用户角度)的生命周期长度通常是不同的,因此需要生命周期管理策略来解决由此产生的利益冲突。

图 12 表明了合作伙伴在价值链中的基本角色及其相互关系。按照 4.3 中的层次结构(图 6、图 7),该价值链的每个元素本身都可以代表一条价值链(图 6、图 7)。价值链中的合作伙伴之间存在客户-供应商关系,合作伙伴可以扮演多种角色。不同的角色会产生不同的观点和任务(见附录 E)。生命周期管理的责任取决于这些角色。

图 12 中的接口 1 显示了工厂用户和系统生产商之间的关系,其提供了基于应用的个性化服务(通常是工程和维护)。在 4.1 所描述的模型中,这里是创建、配置和参数化产品实例的地方。接口 1 包括

对交付产品的所有部件的责任,包括通过接口 2 来自部件供应商的所有部件,例如 COTS。

相反,接口 2 代表了产品/系统生产商和部件供应商之间的关系。在价值链的上下文中,系统开发总是包括第三方部件的集成(图 9)。参考 4.1 中描述的模型,这是开发和维护产品类型的地方。

接口 3 表示工厂用户和部件供应商之间的直接关系。由于绕过了产品/系统生产商的支持,这给工厂用户带来了风险。在这种情况下,用户承担了产品/系统生产商的部分责任(图 9)。由于更改未与产品/系统生产商协调,这可能会导致兼容性问题。由产品/系统生产商进行的集成测试,以及由此产生的版本和/或操作说明,对于确保兼容性是必不可少的。

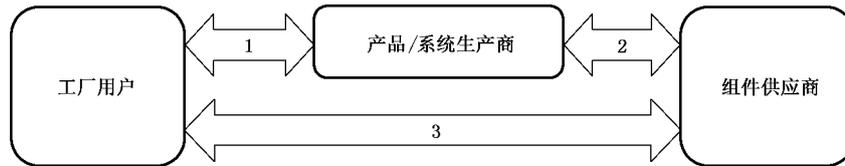


图 12 价值链中合作伙伴之间的关系

自动化系统和部件的生产商和用户已经开发出一些方法和策略,旨在使他们能够在系统生成过程中同时维护产品类型(图 2)和已交付的产品实例(图 5)。这样做是为了确保它们在很长一段时间内的可用性。

为了确保产品实例的可用性,我们引入了维护方法[根据文献[11],例如检查、(预防性)维护和维修]。最后一次购买产品实例、替换产品类型、重新设计和迁移是维护系统可用性的具体策略。这些策略通常结合使用。

个别策略的适用性因生产商和工厂用户而异。为了选择合适的策略,宜考虑和评估各种标准,包括下述内容。

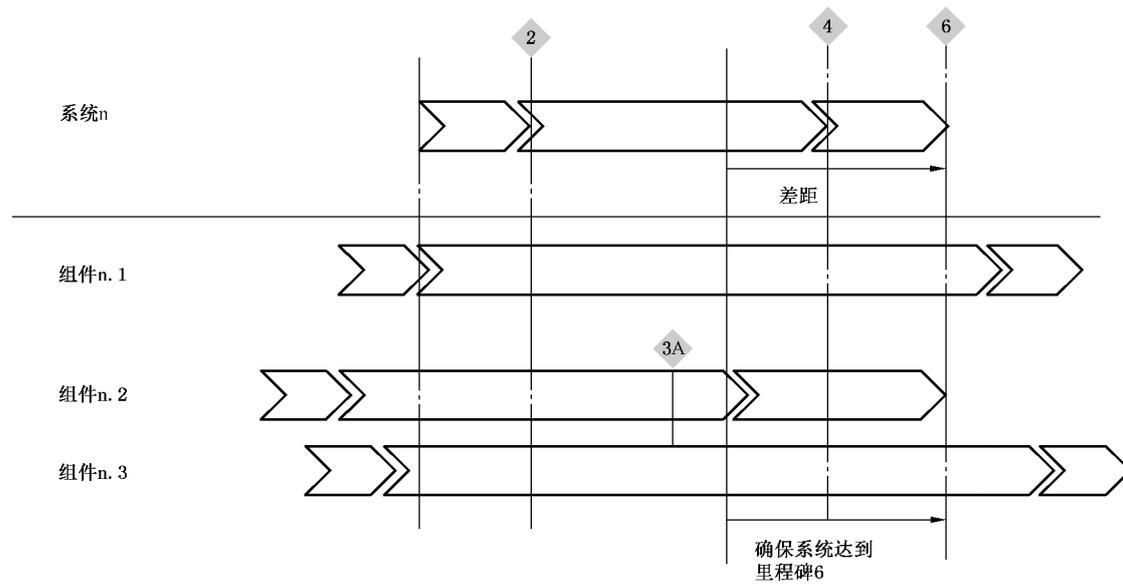
- 兼容性:见 3.1.4。
- 反应时间:反应时间是指从降低可用性的事件发生开始到通过所选策略恢复完全可用性之间的一段时间。
- 可持续性:可持续性是指通过所选策略可确保多长时间的可用性,它表明了未来某项策略的可用性,即设备的预期剩余使用寿命。
- 工作量:工作量是指确保可用性所需的材料、人力和财力。根据不同的策略,分配给生产商和用户的工作量也会有所不同。
- 创新潜力:创新潜力是指系统通过添加新功能和提高性能、适用性和盈利能力等而进一步增强的能力。
- 风险:风险描述了合适策略所面临的威胁和机遇,以帮助决策者了解所选策略的总体后果(技术、操作和经济风险),并根据剩余寿命对其进行评估。

生命周期各方面的现状见附录 A。生命周期管理战略的示例见附录 D。

5.2 最后一次购买

最后一次购买是指购买和存储弃置部件。储存条件应确保在规定时间内符合生产商规定的技术特性。

最后一次购买策略在部件的生产结束后使用(图 2 中里程碑 4 所示),生产商用于满足系统制造和维修的需求,工厂用户用于储备备件和扩建工厂。最后一次购买也可以用来延长时间,直至采用另一种策略(例如替代)。



标引说明：

- 2 —— 交付发布；
- 3A —— 销售结束公告；
- 4 —— 制造结束；
- 6 —— 产品弃置。

图 13 最后一次部件购买确保系统交付

在图 13 中，部件 n.2 生产结束与系统 n 弃置之间的缺口通过增加部件 n.2 的库存来弥补。库存量需满足生产和售后支持期间的的需求。部件 n.2 的库存规划最迟应从该部件的里程碑 3A 开始。除了遵守存储条件以外，还需从经济角度考虑最后一次购买策略(承诺资本、存储成本)。

例如，在生产结束之前弃置一个电子零件，可通过购买足够的数量来解决。在这种情况下，有必要在规定的气候条件下储存零件，例如使用保护气体。

如果从技术或经济角度来看，最后一次购买策略不合适，则需要采取替代或重新设计策略，以满足产品的生命周期要求。

最后一次购买策略的特征如下：

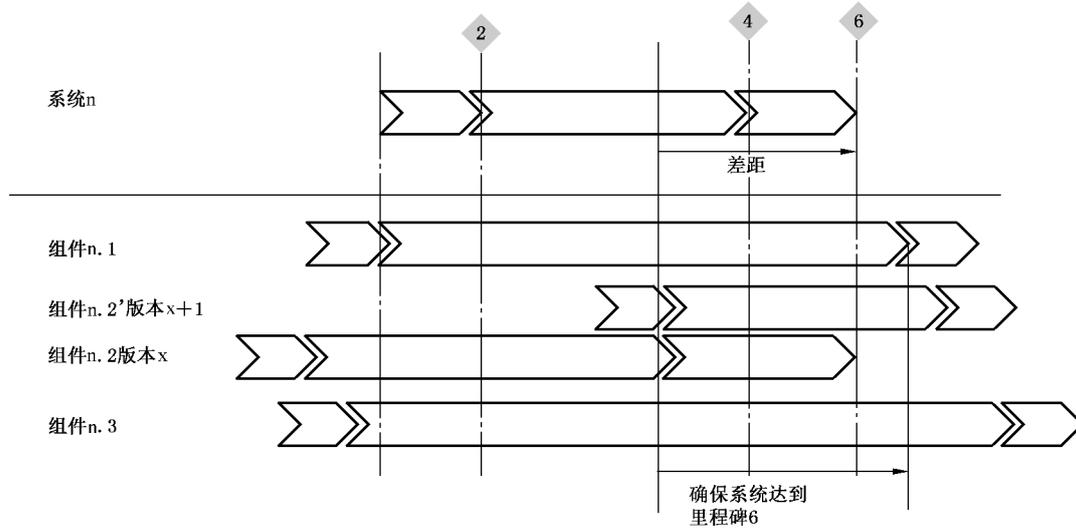
- 兼容性：没有限制；
- 反应时间：短，反应最快的策略；
- 可持续性：受限于物理特性(例如电解电容器的干涸)和专有技术的可用性，取决于识别的剩余预期寿命；
- 工作量：储存成本、资本投入、技术维护成本；
- 创新潜力：无，因其维持现状；
- 风险：通常为低技术和经济风险，中等运营风险(无改进)。

5.3 替代

替代策略是指将系统中的部件使用兼容的后继类型替代，从而不会对系统产生不良影响。该策略的前提是考虑技术、经济和管理方面的需求规范。遵守 4.4 中所描述的兼容性配置至关重要。该配置包含产品特性的相关要求及其数值范围，例如 IEC 61987 中的规定。

替代总是需要集成工作。在本文件中，由于技术变革等原因需要大量集成工作的替代，被归类为产品类型的重新设计。典型的替代原因可能是硬件部件或 COTS 产品弃置。产品类型的创新不是替代

的目标。



标引说明：

- 2——交付发布；
- 4——生产结束；
- 6——产品弃置。

图 14 通过替换部件确保系统交付

图 14 显示,由于版本 x 中部件 n.2 的停产,系统出现缺口。用新版本(x+1)替代该部件弥补了缺口。

例如,电源尺寸的改变会导致集成工作的增加,因为需要设计适配器。再比如,当引入新的软件版本时,由于新部件导致内部接口发生变化,这就需要进行系统集成工作。

在系统结构中使用标准化的硬件和软件接口(外部和内部),可以简化替换工作,从而对系统集成工作产生重大影响。

注:无论系统的兼容性是否受影响,在某些行业中可能存在一些要求重新认证的限制。

如果无法满足兼容性配置的基本属性,则不宜进行替换。因此,出于技术或经济原因,替代可能是不合理的。

替代策略的特征如下:

- 兼容性:没有限制;
- 反应时间:长于最后一次购买策略,一般短于重新设计(取决于集成工作量);
- 可持续性:优于最后一次购买策略,取决于后续类型的生命周期或工厂剩余预期寿命;
- 工作量:替代成本(确保集成不会产生影响),避免最后一次购买成本;
- 创新潜力:有限,因其大致保留原状;
- 风险:通常为低技术和经济风险(所有即所得),中等运营风险(无改进)。

5.4 重新设计

重新设计是一种开发产品类型新版本的策略。新版本通常能满足或超越以前类型产品规格,因此也能满足以前型号的兼容性要求。这包含了维护所需资质和认证的活动。

生产商和工厂用户重新设计的典型原因如下:

- 如果最后一次购买或替代策略不是合适的解决方案,则弃置部件;
- 满足标准和法律法规(如 RoHS、环境条例、出口法)的变化。

生产商重新设计的典型原因如下:

- 制造和测试技术的优化；
 - 提高盈利能力(根据成本重新设计)。
- 工厂用户重新设计的典型原因是后续产品的兼容性限制。

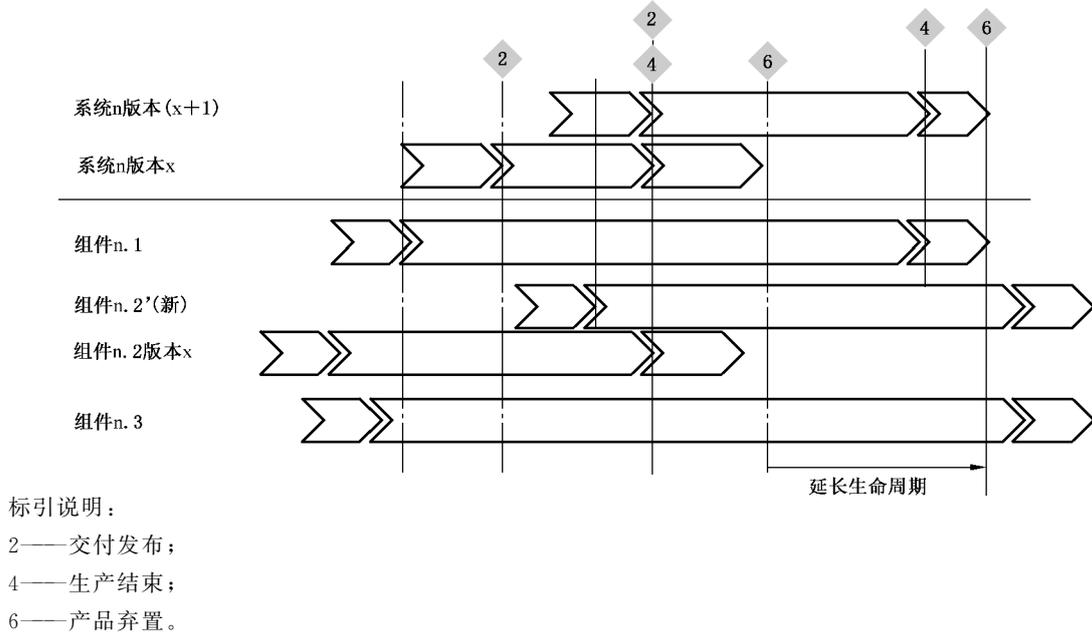


图 15 因部件停产而重新设计系统

在图 15 中,部件 n.2 被新部件 n.2'所取代。这需要在考虑兼容性要求的同时,为系统 n 开发一个新版本(版本 x+1)。这可以通过推迟生产结束(里程碑 4)和弃置(里程碑 6)的结束时间来延长系统 n 的生命周期。

注：与被替换的部件(图中部件 n.1)不同的部件的生命周期可以决定系统生命周期的长短。

例如,如果由于技术原因不适合采用新类型处理器替代,则放弃处理器可能会导致系统的重新设计。重新设计可能还有其他原因,特别是由于 RoHS 等通配符。

重新设计策略的特征如下：

- 兼容性:可预见有约束；
- 反应时间:长于替代策略,一般短于迁移(取决于集成工作量)；
- 可持续性:优于替代,取决于新系统版本的生命周期和工厂剩余预期寿命；
- 工作量:开发、测试、资质认定等成本,包括系统集成,避免最后一次购买成本；
- 创新潜力:存在,新版本可包含新功能；
- 风险:通常为中等技术和经济风险,比最后一次购买和替代策略的解决方案更复杂,但操作风险更低。

5.5 迁移

当上述最后一次购买、替代和重新设计策略都不可行时,可采用迁移策略。

迁移是指：

- 在现有系统配置中用具有扩展或修改功能的新部件(部分)替换现有部件；
- 通过新一代部件扩展现有系统配置。这通常包括技术的变更。

一般来说,当维护和增加现有系统所需的工作量不合理时,迁移是必要的。

这种策略可应用于不同的层次(参见图 16)。

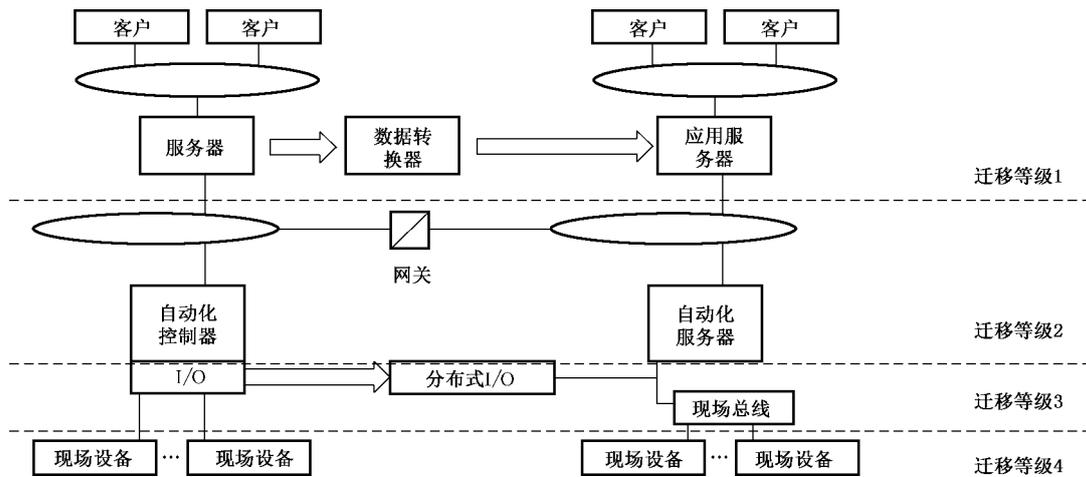


图 16 迁移步骤的等级模型

注：迁移级别不是 IEC 62264-1 中定义的功能级别。

迁移等级 1 各组成部分的创新周期以及经济因素使得该级别通常是迁移的起点。从第 1 级到第 4 级, 迁移的工作量会增加。因此, 从第 1 级到第 4 级的迁移频率逐级降低。

迁移不应造成重大影响。为了限制影响, 有必要在考虑一般监管条件的同时制定合适的解决方案。4.3 中介绍的兼容性模型是评估影响的一种方法。对于迁移而言, 满足功能兼容性要求是重点。相应迁移级别中适配解决方案的包括数据转换器、网关、代理、运行资源的虚拟化以及用现场总线耦合的分布式设备取代中央 I/O 设备。

当预期生产率会提高或成本会降低时, 迁移是最合适的, 例如来自新功能、新标准或新技术会带来生产率的提高或成本的降低时。迁移具有最大的创新潜力, 但同时也是最复杂的策略。从专有通信接口迁移到开放式现场总线系统就是一个例子。

迁移策略的特征如下:

- 兼容性: 功能的保留及扩展, 功能的兼容性通常得到满足;
- 反应时间: 取决于迁移等级, 可能显著长于重新设计;
- 可持续性: 由于引入了新系统, 因此具有较高的可持续性;
- 工作量: 开发、测试、资格认定等方面的工作量和成本最大, 包括适配解决方案和系统集成;
- 创新潜力: 由于能够使用最新、最先进的技术, 因此具有最大的创新潜力;
- 风险: 通常为中等技术和高经济风险, 取决于兼容性, 但从生命周期角度看, 运营风险更低。

5.6 策略比较

在实践中, 这些生命周期管理策略以各种组合方式应用。生命周期管理宜尽早进行风险评估和措施确定。一般来说, 这是产品和系统规划过程的一部分。然而, 在实践中, 不可能避免意外事件的发生。例如部件故障或部件报废等外部影响因素, 因此风险评估在这方面起着至关重要的作用。

对于各种策略, 应从技术、时间和经济角度评估要采取的步骤, 并考虑其后果。以下概述(图 17)是一个起点, 可为选择合适的策略或组合提供指导。典型特征(见 5.2、5.3 和 5.4)用颜色表示。这些特征的权重取决于具体情况, 因而需进行详细的分析一般是必不可少的。

	兼容性	反应时间	可持续性	工作量	创新潜力	风险
最后一次购买	很好	很短	低	低	低	低
替代	很好	短	好	高	低	低
重新设计	好	长	好	高	高	中等
迁移	差	长	很好	很高	很高	高

图 17 生命周期管理策略的典型特征

由于所考虑的部件和系统差别很大,因此需通过相应的策略来反映具体的问题。通常情况下,会先后或同时采用多种策略。

所描述的策略可在工厂使用期间的不同时间单独或组合应用。重要的是,要根据各部件的生命周期来规划和实施系统的协调策略。这需考虑到工厂用户策略(参见附录 E 中的生产率保持或生产率优化)。

5.7 面向服务的生命周期管理策略的应用

5.7.1 生命周期管理服务

生命周期管理服务适用于使用期间的产品实例(见图 5)。生命周期管理服务的目标是通过确保使用的部件能够得到维护,从而在整个使用期间维护系统(实例)。生命周期管理服务还包括产品实例的弃置。这些服务支持工厂用户实现其生产率和可用性目标。

对于部件与系统的生命周期管理服务,第 5 章中规定的策略可单独或组合使用。

生命周期管理服务基本上可分为标准服务和定制的特殊协议服务。

包含生命周期管理的示例见附录 C。

5.7.2 服务等级

服务可规定为不同的等级。这些等级是标准服务和特殊协议服务的一致性基础。服务等级定义示例如下所示。

- 等级 1:现场服务。
- 等级 2:通过热线提供服务:
 - 等级 2-1:通过本地语言热线提供服务;
 - 等级 2-2:通过其他语言(例如英语)热线提供服务。
- 等级 3:包括开发支持的服务。

5.7.3 标准服务

标准服务描述了不考虑特定用户需求的一种服务程度。这类服务在产品类型被弃置时结束。例如,更新和升级、提供备件和维修服务。标准服务还包括培训、调试和远程支持(例如电话、热线和远程维护)。

5.7.4 通过特殊协议的服务

通过特殊协议提供的服务是指在产品弃置后仍可提供服务的服务。它们基于服务提供商和工厂用户之间的单独服务协议(合同),以支持用户的设备运营策略。这些协议在提供的服务范围或各自的期限方面与标准服务不同。技术可行性和经济可行性可限制这类服务的应用。

特殊协议可确保已安装系统(实例)的原状得以保持,例如,通过扩展提供备件或软件支持的能力,在该类型服务结束后继续提供软件支持。

6 生命周期管理

6.1 主动式生命周期管理

第4章已经确定全面的生命周期管理早在系统的规划阶段就开始了,并且包括对需求的全面考虑。从本质上讲,这涉及对包括其部件在内的工厂生命周期的主动式管理。这需要根据 IEC 62402 在产品开发阶段就开始积极主动地进行生命周期的管理[12],并在技术发生变化时,尽可能减少配置数据迁移和重用的工作量。为此,在开发系统时就应具备生命周期管理思维方式,因为在早期阶段就应考虑到技术变化或不断变化的监管要求等可预见的影响[13]。稳健的设计应包括对系统部件生命周期的考虑,以防止出现如图8中部件 n.2 和 n.3 出现的情况。这种方法最终会扩展质量概念,因为全面规划还意味着提前规划产品和部件的可持续性,并不断预测更换和重复使用的解决方案。因此,互操作性和兼容性在长期发展战略中得到了更好的体现。例如,基于具有预定义兼容性级别的标准化产品配置文件(见 IEC 61804-2 和 IEC TR 62390)的系统设计减少了长期系统维护工作。这对结构和技术系统以及产品设计具有深远的影响。为确保长期可持续性,宜尽量减少系统部件的多样性,以支持平台策略。此外,可通过创建基于稳定和标准化接口模块化解决方案来限制复杂性。要做到这一点,基于标准化流程和规定的产品类型的一致开发文档是必不可少的。

附录 B 介绍了需求、影响因素和行业特点。

主动式生命周期管理也意味着整个使用时间内设备的可持续优化。确保生命周期管理可持续性的措施只能建立在工厂用户和生产商之间强有力的合作上。因此,有必要对以下因素进行分析:

- 工厂寿命和工厂制造产品的寿命;
- 系统部件的寿命(例如基于故障概率);
- 基于生命周期相关指标的供应商选择,例如财务稳定性、第二来源的可用性 or 交付能力;
- 包括软件的产品和服务交付的合同条款[9]。

主动式生命周期管理有助于最大限度地降低成本,这使得这方面成为 TCO 考虑的重要组成部分(B.1)。

主动式生命周期管理改变了决策过程的评估指标,并为用户和生产商之间的合作关系提供了新的机遇。部件和系统的主动式生命周期管理能够为工厂的使用时间制定合适的策略。通过结合用户的目标和生产商的能力,针对所使用的产品及其生命周期的具体特点,可以创建特定于工厂的优化策略。第5章规定的策略构成了这项工作的基础。

这种方法越来越多地促成了行业内的战略合作伙伴关系。这可能导致引入新的商业模式,其中仪器和控制系统的生产商承担用户生产过程可用性的责任。除了不同的成本计划外,合作关系中任务分配的标准还包括可接受的反应时间、可用的人力资源,尤其是具体的专业知识。

主动式生命周期管理也会产生与标准化工作相关的需求。只有这样,才能从一开始就以低成本满足兼容创新的需求。这需要在创建产品和流程时采用开放的、独立于供应商的约定,而这些约定只能在标准化委员会中定义。

除了技术内容的标准化外,还需要制定统一的、公认的方法,对 TCO 进行全面考虑、评估和计算。

注：该方法的实例见于[13]和[14]。这样可在经济方面评估比较不同策略。

6.2 生命周期卓越性

基于不同行业要求(见 B.5)、通用生命周期模型(见 4.2)和提出的生命周期管理策略(见第 5 章)的结论表明,生命周期管理在工业过程测量、控制和自动化领域非常复杂,需要全面考虑。这包括应用、技术、时间和经济方面,以及本文件中规定的模型的使用(见第 4 章)、兼容性评估(见 4.4)和不确定因素的预知。

注：配置文件中所述属性的可靠性(见 4.4)是生命周期卓越性的重要前提。

很明显,成功的生命周期管理对产品、系统、服务以及相应公司的竞争力有很大影响。在这种情况下,可以确定有关部件、产品和系统的生命周期管理健壮性的四项基本要求。

- 技术健壮性:为了实现兼容系统的增强和特定系统部件的替换,应选择特定的技术,并为系统开发规定规则。这就需要采取积极主动的措施,尤其是预测技术创新、标准和法规带来的变化。它还包括系统的模块化(见 4.3),定义具有长期稳定性的开放接口和部件兼容性配置(见 4.4)。只有考虑到各类部件的不同生命周期长度(图 15),才能实现技术健壮性。技术健壮性还包括支持使用合适的迁移解决方案改变系统的生成(见 5.5)。
- 应用健壮性:应用健壮性描述了系统适应与工厂运营相关的变化的能力。例如,这包括产品变更(批次)、生产数量的变更、输入材料的变更以及生产流程或修订时间的变更。此外,还包括可提高效率性或可用性的变化,以及因标准和行业特定规定而产生的变化。
- 经济健壮性:经济健壮性描述了系统在使用期间适应工厂运营的经济目标和制约因素变化的能力。这包括外部影响,如改变的经济条件、市场波动、竞争力、一般立法条件以及业务战略和决策的改变。这些目标和制约因素可能导致工厂计划使用时间、工厂运营模式发生变化,从而导致选择生命周期管理策略的准则发生变化。
- 生态健壮性:生态健壮性描述了系统在使用过程中适应生态目标和工厂运营限制条件变化的能力。这包括外部影响,如生态条件、环境法规和标准的改变,以及有关环境和可持续性发展方面的商业战略和决策的改变。这可能导致选择生命周期管理策略的准则发生变化。

在选择合适的策略时,最佳盈利能力始终是重中之重。随着时间的推移,对安保、安全和环境保护的需求逐渐增加。因此,这些需求将推动生命周期管理,尤其是在运营阶段。

生命周期卓越性是指通过整体考虑,对影响部件和系统的生命周期管理健壮性的因素进行管理(见图 18)。生命周期卓越性是基于本文件中描述的标准和通用模型。

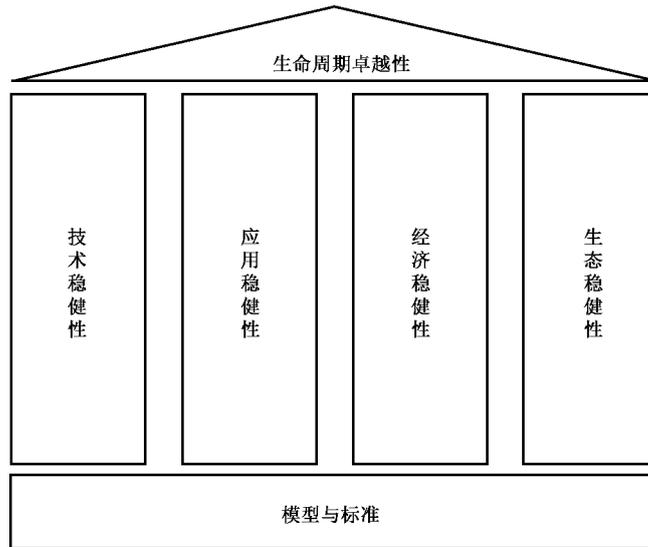


图 18 生命周期卓越性

在健壮性方面,时间维度包括类型(部件、产品和系统)的生命周期及其实例的生命周期。如果产品的生命周期管理能够在整个时间范围内持续满足这些需求,就能满足生命周期卓越性。生命周期卓越性只有通过合作、持续和主动的生命周期管理才能实现。

附录 A
(资料性)
生命周期各方面现状

现代生产设施和装置被结构化并细分为不同的功能区域。这些功能区域被分配给仪表和控制设备,这些设备由许多构成分布式系统的单独部件组成。如图 A.1 所示,部件被分配到不同的功能级别。这些部件及其元件(微处理器、电容器、固件等)都有其生命周期的具体特征。了解和掌握各个部件的生命周期及其在整个工厂生命周期中的相互作用——生命周期管理——是在设备计划使用时间内保持工厂经济运营的基本前提。

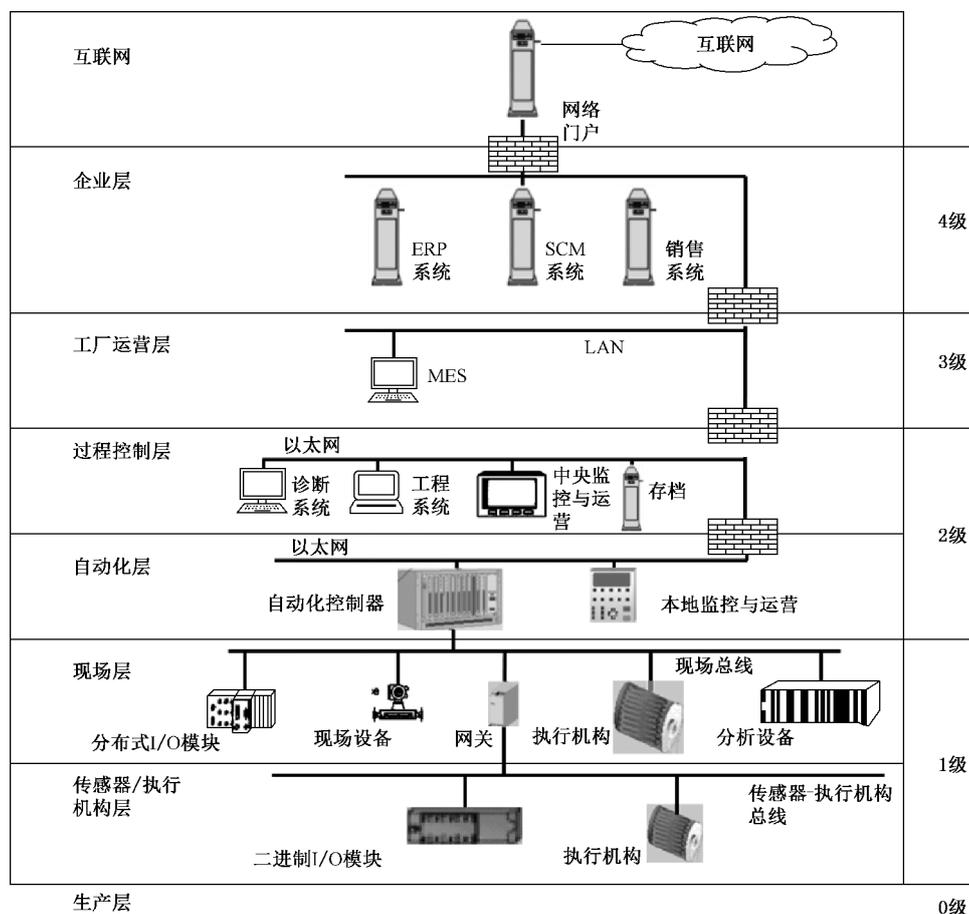


图 A.1 符合 IEC 62264-1 规定的功能级别的仪器与控制系统典型结构

下面的例子说明了部件生命周期(另见附录 C)对经济性的维持运营的影响(图 A.2)。

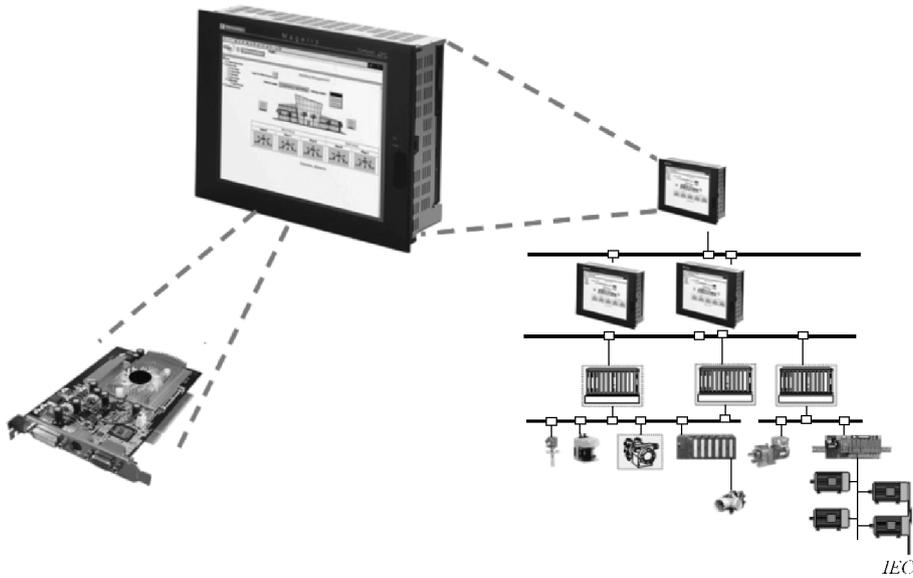


图 A.2 部件故障影响示例

在已经运行多年的工厂过程控制系统中执行基本功能的计算机中，一块显卡因部件故障而需要更换。这种情况无法进行维修工作，因为这种特殊类型的显卡不再供应，因此需使用合适的替代品。虽然替换显卡在功能上兼容，但不存在与安装的操作系统的兼容的显卡驱动程序。此外，由于过程计算机上运行的应用程序（软件）尚未获得批准和发布，无法与较新版本的操作系统一起使用，因此也无法更改操作系统。

这种冲突的解决方案可能需要替换过程控制系统的所有计算机，包括操作系统、应用软件的升级以及使应用程序适应变更的条件。在进行这些变更时，需对员工进行再培训，并与服务提供商签订软件维护协议。

这个例子说明了维持工厂功能的复杂性，以及对工厂影响的深远程度。这些影响也会波及工厂中运营正常且与故障部件无法直接联系的部分。Hauff 和 Weigel[12]讨论了一个类似的情况。

维护工厂和系统功能如此复杂的原因之一是在工厂的整个生命周期中，创新周期和相关部件的生命周期变化很大(图 A.3)。工厂本身的生命周期和相关的具体要求(例如维护周期的规划)高度依赖于各自的行业——例如，加工工厂的使用时间在 15 年到 40 年之间，而汽车制造行业的生产线通常会根据生产新车型的新要求进行更换。

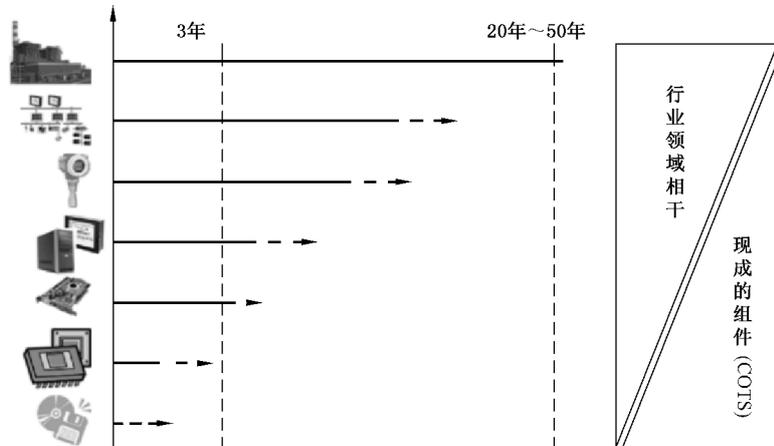


图 A.3 工厂及其部件的生命周期

特别是工厂运营商不会仅根据采购成本(规划和建立)来评估其投资的成本效率,也越来越多地考虑在整个生命周期内维持工厂运营的成本(生命周期成本)。这样,就可以通过包括所有后续成本,以透明的方式评估项目的总成本和总收益。正如很多研究[19]所表明,系统的运行成本可能会高出采购成本(初始投资)许多倍。这是由于工厂使用时间长,运行和维护成本会定期发生。因此,计算出的工厂生命周期的总成本(也称为 TCO[20])就像一座冰山,其总量不易察觉(见图 A.4)。

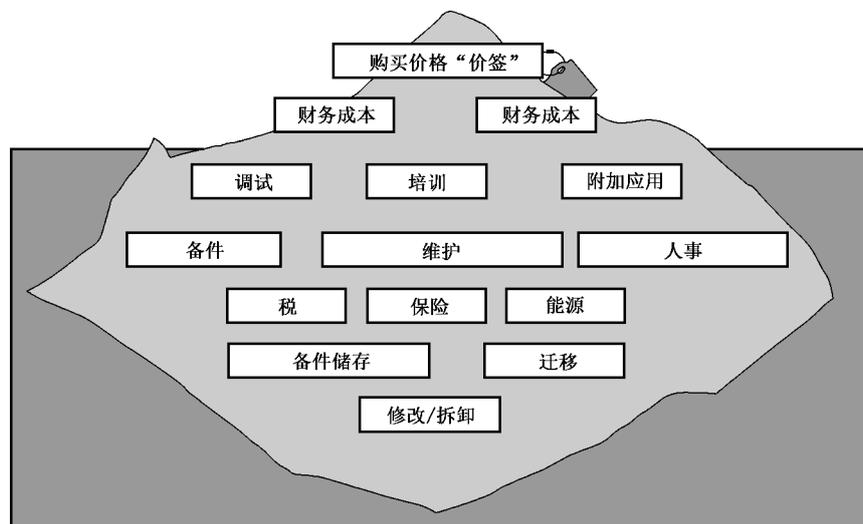


图 A.4 冰山效应

乍一看,只有购买成本是可见的(“价格标签”),而隐含在这一投资中的后续成本通常被隐藏或被忽略。

总之,由于创新速度的加快,生命周期管理是自动化领域的一个重要话题,特别是在终端用户和制造商之间以及制造商和供应商之间的讨论中。全球、法律和技术方面的相互作用——包括对更高功能和效率的要求,以及 IT 技术在自动化方面的影响——都有助于说明本主题的范围。

附 录 B

(资料性)

需求、影响因素、行业特点

B.1 通用需求

在电子和软件技术创新的驱动下,自动化部件的功能不断增加。部件功能的广度是销售的关键因素。这种广度是指满足客户对灵活性、开放系统、广泛应用领域、高可用性和交付性以及不断降低的成本。同时,生产商对产品进行改进,不仅是为了给其客户提供新的功能,也是为了提高应用、处理、可运营性和成本。因此,由于集成部件的复杂性增加,系统的复杂性也大大提高。

硬件和软件的创新速度不断加快,部件的生命周期不断缩短,但是系统的生命周期无法以类似的方式缩短,因为它关系到工厂的生命周期。

部件和系统的生命周期不仅各不相同,而且还具有特定的视觉。这是因为在工厂的规划、设置和运营过程中,不同角色的工作视角是密切相关的。例如,在使用新版本的工程系统时,生产者要确保新版本也可以与已安装的设备版本一起使用,否则就要开发和提供升级版本。为了保持兼容性,不仅需要更改硬件和软件,还需要考虑服务问题以及可能涉及的问题。

客户、供应商和生产商是价值链中的合作伙伴。这通常会导致不同的观点,例如供应商或客户的观点。产品的生产商通常会集成具有单独生命周期的部件。当生产商从次级供应商处采购这些部件时,生产商就扮演了客户的角色。

值得注意的是,这些供应商及其产品越来越不符合自动化需求。由于全球合理化和市场变化,半导体和操作系统等基本部件的生产商正在合并。这些合并导致产品组合的整合——这通常会导致产品专业化程度降低。

对于所有使用寿命较长的工业产品和系统而言,生命周期的重要性不断增加。这是由于部件和系统日益复杂,以及为消费品行业制造的通用部件(如 COTS)的应用不断增加。然而,与消费品行业相比,自动化行业的需求如此之低,以至于几乎没有考虑到其相应的需求。产品生命周期比较短的家庭娱乐或移动通信等行业通常以低成本和新功能为目标来优化其产品,而不是兼容性和长期服务。这对部件和备件的交付能力产生重大影响。由于自动化市场的需求低,仅为该行业延长生产对主要半导体制造商来说无利可图。

除了长期使用部件的需求外,自动化具体应用的要求还包括实时行为、功能可靠性、安全性和已定义好的接口。大量广泛的标准化活动都是为了满足这些要求。这是一个持续的过程,也是确保部件和系统长期互操作性的重要前提条件。在越来越大的程度上,协调工作受到来自自动化领域以外的标准和规范的影响。在许多自动化领域中,IT 技术的广泛集成带来了部件的开放性、灵活性和更多的功能。这种集成会降低成本,加速创新,然而,从自动化部件和系统生命周期的观点来看,它也伴随着连续性的缺失。自动化用户、生产商和供应商需要 IT 技术具有长期可用性,或者至少有一个透明的迁移策略,以确保在工厂在整个生命周期内的可用性。当依赖于某种技术时,这一点变得更加关键。

此外,自动化的生命周期还受到立法和规范约束的影响。产品的持续销售以及新产品的开发和生产都会受到软件使用权、开源许可条件、标准国际化、国家立法和 RoHS 等国际指令[17]的影响。这些要求都会对保持长期可用性的策略产生重大影响。

上述所有影响因素都会影响工厂的经济效率。与生命周期相关的评估方法旨在收集和分析自动化设备相关的全部成本(TCO),这些成本产生于工厂从计划到建设、安装、运行到最终拆除的整个生命周期。借助此类成本评估,可以分析采购成本(初始投资)和后续成本(生命周期成本)之间的关系。例如,在规划阶段做出的决定可能会在系统使用期间产生影响。这正是开发生命周期成本法(LCC)的原

因。除了透明地呈现成本随时间的分布情况外,该方法还有助于发现优化经济效率的机会。生命周期成本核算的目的是确定在使用期间总成本所占的比例,从而最大限度降低 TCO。这为通过选择最合适的产品来优化初始投资与运营和维护成本之间的平衡奠定了基础。这种成本平衡的常用术语是权衡(见图 B.1)[13]。

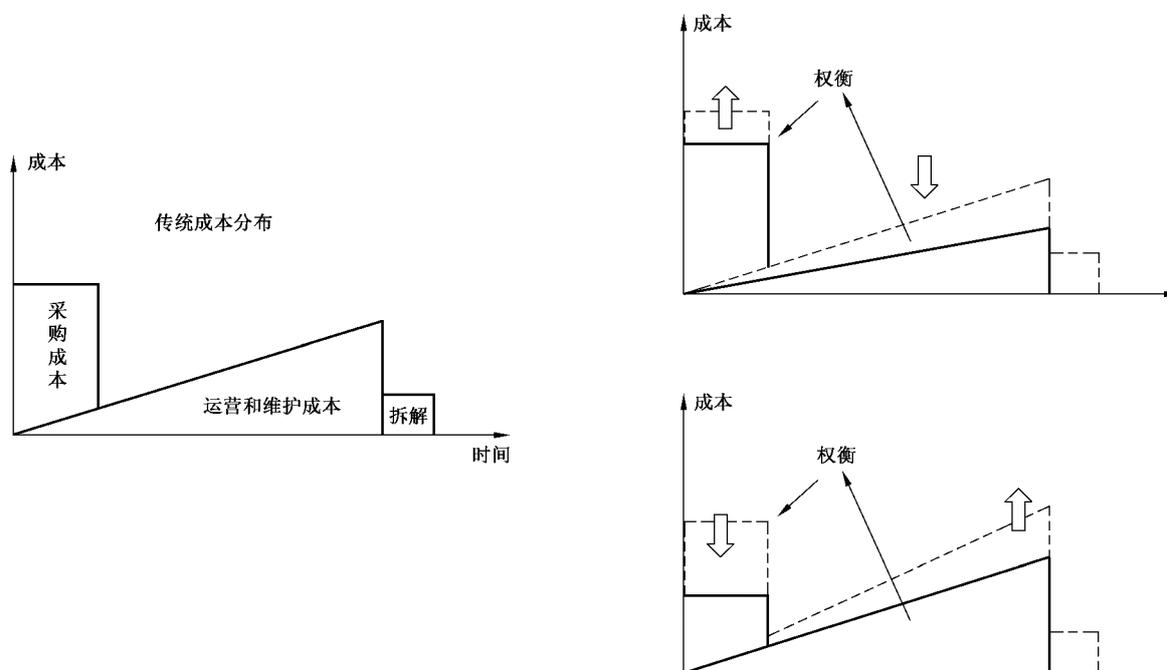


图 B.1 采购成本(初始投资)和运营与维护成本之间的权衡

在这种情况下,单个部件传统的生产和销售周期变得不那么重要,而投资的整个生命周期成为主要关注点。因此,与传统成本分析不同,采用生命周期成本方法时,初始投资的决策过程会考虑到性能、未来可用性和生命周期成本对 TCO 的长期影响。由于时间跨度长,这种方法不仅能揭示隐藏的成本动因,还能揭示整个生命周期的潜在利益。通过识别成本动因,可以对流程进行目标导向分析,并通过优化和价值链伙伴之间服务的再分配来提高经济效率。

B.2 行业特定需求的考虑

与自动化解决方案生命周期管理相关的行业特定需求因工厂的计划使用时间而异——时间从汽车制造领域的几年延伸到能源和铁路领域的几十年。在运营过程中出现的其他需求也有所不同。为了确定与生命周期相关的行业特定需求,对以下行业进行了分析:

- 化学工业;
- 能源工业;
- 汽车轨道交通;
- 制造;
- 机床制造业。

各个行业的一般特征与衍生的生命周期管理要求均有描述。每项分析都包含预期的行业趋势。表 B.1和表 B.2 显示了从这些分析中得出的要求概览。介绍了每个行业与时间相关的技术和服务要求。

用于区分行业的一个特征是时间。这包括工厂从调试结束到拆除的生命周期、可能的生产线变更(生产不同的产品)之间的时间,以及工厂现代化和设备改造的周期。

技术需求包括功能、施工、地址相关属性的兼容性(见 4.4)。针对所涉及行业进行以下方面分类

分析：

- 功能相关属性：监控与运行、控制、信息管理、接口、数据类型和数据格式；
- 施工相关属性：机械与电气；
- 地址相关属性：设置与环境。

分析的重点是产品和系统生命周期的相关性。例如，数据类型和格式的兼容性对于迁移和保护投资至关重要。其他要求还包括产品和工厂文件、资质、认证和批准的执行和维护。

除了技术和时间相关的要求外，服务要求也会影响生命周期管理。其中包括维护（例如在出现缺陷时进行维修，包括在必要时提供备件），以及故障排除和故障纠正。服务要求还包括用于纠错的更新服务和用于升级到具有改进或扩展功能的新版本的升级服务。

我们选择了能源行业的需求作为示例来说明分析方法。

表 B.1 行业特定需求概述

需求	描述	能源		化工	
		能源	批过程	批过程	连续过程
时间相关需求					
工厂使用时间	工厂实际用于其预期用途的一部分寿命	>25年, 核电厂>40年	一般5年~10年	一般5年~10年	一般10年~25年
产品变更	为了生产不同产品的工厂变更,包括运营业务过程	无产品变更	工厂使用时间内可能发生产品变更	工厂使用时间内可能发生产品变更	工厂使用时间内可能发生产品变更
现代化周期	通过新技术实现技术设备现代化的每一阶段之间的时间间隔,目标是保持或增加对工厂用户的价值	一般15年~20年	一般5年	一般5年	一般15年
修订周期	工厂修订之间的时间间隔(计划停产以检查和维护工厂的技术设备)	一般≥12个月	原则上两个批次之间,一般为<1年	一般为5年	一般为5年
技术需求					
兼容性					
功能相关需求					
监控与运行	信息呈现、运行顺序和动作、工厂用户界面	对于核电厂,≥15年使用时间	基于PC的系统,工厂使用时间≥5年	基于PC的系统,工厂使用时间≥5年	基于PC的系统,工厂使用时间≥5年
自动化功能	测量、控制、监控以及诊断	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间
信息管理	数据归档、评估生产与质量数据、向MES和ERP系统提供数据	工厂使用时间,可由特定监管需求强制	工厂使用时间,可由所生产产品的寿命或特定监管需求强制	工厂使用时间,可由所生产产品的寿命或特定监管需求强制	工厂使用时间,可由所生产产品的寿命或特定监管需求强制
接口	服务与功能,寻址、数据量、服务质量、配置	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间
数据类型与格式	数据结构、语法和语义	工厂使用时间,获得转换程序支持	工厂使用时间,获得转换程序支持	工厂使用时间,获得转换程序支持	工厂使用时间,获得转换程序支持
施工相关需求					
施工与连接技术	物理尺寸、安装、引脚分配	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间
电源供应	电力供应数据、电力消耗、无间断电源、接地与屏蔽、过载保护	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间

表 B.1 行业特定需求概述 (续)

需求	描述	能源		化工	
		批过程	连续过程	批过程	连续过程
地址相关需求					
设置与环境	电气、气候、机械环境条件、防护类型、防爆保护	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间
文件	1、系统文件,例如设备说明; 2、工厂文件,例如工厂配置、电路图、零件列表、应用程序、运行说明	与监管需求一致,一般为工厂使用时重新认证 在所有权变更,以及工厂使用期间内发生变更的情况下	与监管需求一致,一般为工厂使用时间,内容变更文件记录,并且适用时重新认证 在所有权变更,以及工厂使用期间内发生变更的情况下	与监管需求一致,一般为工厂使用时间,内容变更文件记录,并且适用时重新认证 在所有权变更,以及工厂使用期间内发生变更的情况下	与监管需求一致,一般为工厂使用时间,内容变更文件记录,并且适用时重新认证 在所有权变更,以及工厂使用期间内发生变更的情况下
资质	满足规范规定的技术需求的书面证据				
认证授权	产品、系统、解决方案和流程符合标准和法规的书面证据;监管机构允许或授权使用系统(例如 CE、FDA、爆炸授权、铁路)	与监管需求一致,一般在工厂的全寿命内保持(核电厂:寿命),主要关注于失效保护和核电厂应用	与监管需求一致,一般在工厂的全寿命内保持,主要关注于失效保护	与监管需求一致,一般在工厂的全寿命内保持,主要关注于失效保护	与监管需求一致,一般在工厂的全寿命内保持,主要关注于失效保护
服务需求					
维修	将缺陷产品返回特定状态的过程	工厂使用时间(核电厂:寿命);必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议
备件交付	备件交付服务	工厂使用时间(核电厂:寿命);原部件或兼容(核电厂:认证)的备件	工厂使用时间;原部件或兼容的备件	工厂使用时间;原部件或兼容的备件	工厂使用时间;原部件或兼容的备件
故障修复	消除产品或系统与特定行为为相关的不合格措施,包括故障分析、故障消除和附加服务	工厂使用时间(核电厂:寿命);必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议
更新服务	按照指定过程为实例实施更新的服务	工厂使用时间(核电厂:寿命);必要在适用的资质和认证之后更新	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议
升级服务	按照制定过程为实例实施升级的服务	工厂使用时间(核电厂:寿命);必要在适用的资质和认证之后更新	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议	工厂使用时间;必要时通过特殊服务协议

表 B.2 行业特定需求概述

需求	铁路运输		汽车制造	机床制造
	铁道车辆	信号		
时间相关需求				
工厂使用时间	一般 40 年	设计为 30 年~40 年,实际 60 年	小汽车:7 年~8 年 HGV(重型汽车):15 年~20 年	通用机床:一般 25 年; 特殊机床:一般 5 年
产品变更	没有产品变更(运输服务)	没有产品变更(运输服务)	小汽车:2 年~3 年(翻新) HGV:7 年~10 年	通用机床:为产品变更设计; 特殊机床:有限的产品变更
现代化周期	一般 15 年~20 年	一般 20 年~25 年	与翻新同步	通用机床:一般 10 年; 特殊机床:例外情况下
修订周期	取决于运行里程,一般<1 年	一般 20 年~25 年	一般 6~12 个月	一般 12 个月
技术需求				
兼容性				
功能相关需求				
监控与运行	一般 15 年~20 年,是目前国际 标准化工作主题	一般 20 年~25 年	工厂使用时间,对于 PC 系统 > 5 年,可能升级来增加生产力/ 质量	机床使用时间,对于 PC 系统 ≥5 年
自动化功能	一般 15 年~20 年	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间
信息管理	工厂使用时间,可能有监管特定 需求	工厂使用时间,可能有监管特定 需求	一般为工厂使用时间,可由所生 产产品的寿命或特定监管需求 强制	通用机床:生产产品的寿命内; 特殊机床:一般为机床使用时间,可能有 监管特定需求
接口	一般 15 年~20 年	一般 15 年~20 年	工厂使用时间	通用机床:一般 10 年; 特殊机床:例外情况下
数据类型与格式	工厂使用时间,获得转换程序 支持	工厂使用时间,获得转换程序 支持	工厂使用时间,获得转换程序 支持	工厂使用时间,获得转换程序支持
施工相关需求				
施工与连接技术	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	机床使用时间
电源供应	一般为 15 年~20 年	工厂使用时间	工厂使用时间	机床使用时间

表 B.2 行业特定需求概述 (续)

需求	铁路运输		汽车制造	机床制造
	铁道车辆	信号		
地址相关需求				
设置与环境	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间	工厂使用时间
文件	工厂使用时间,内容变更应文件记录,并且适用时重新认证	工厂使用时间,内容变更应文件记录,并且适用时重新认证	工厂使用时间,内容变更应文件记录	工厂使用时间,内容变更应文件记录
资质	根据国家规定的授权文件	根据国家规定的授权文件	在所有权变更,以及工厂使用时间内发生变化的情况下	在所有权变更,以及工厂使用时间内发生变化的情况下
认证授权	根据国家规定的授权文件	根据国家规定的授权文件	与监管规定一致,一般在工厂的全寿命内保持,主要关注于失效保护	与监管规定一致,一般在机床的使用时间内保持
服务需求				
维修	取决于合同,一般为15年~20年	取决于合同,一般为20年~25年	工厂使用时间,必要时通过特殊服务协议	机床使用时间,必要时通过特殊服务协议
备件交付	取决于合同,一般为15年~20年	取决于合同,一般为20年~25年	工厂使用时间,必要时通过特殊服务协议	机床使用时间,必要时通过特殊服务协议
故障修复	取决于合同,一般为15年~20年	取决于合同,一般为20年~25年	工厂使用时间,必要时通过特殊服务协议	机床使用时间,必要时通过特殊服务协议
更新服务	取决于合同,一般为15年~20年	取决于合同,一般为20年~25年	工厂使用时间,必要时通过特殊服务协议	机床使用时间,必要时通过特殊服务协议
升级服务	取决于合同,一般为15年~20年	取决于合同,一般为20年~25年	工厂使用时间,必要时通过特殊服务协议	机床使用时间,必要时通过特殊服务协议

B.3 能源行业需求

B.3.1 行业通用特征

能源行业通常细分为发电、输电和配电。B.3 描述了能源行业各领域典型的发电需求。

发电利用不同的一次能源,例如化石燃料(煤、天然气和石油)、核能、风能、太阳能(例如光伏)、水能和地热能。根据所使用的一次能源和相应的能源转换过程,发电厂在电力输出、利用重点(例如基本负荷或高峰负荷)和地理位置等方面有所不同。目前,全球大部分发电厂都是使用化石燃料的集中式大型工厂,每台机组发电量高达1 000 MW,核电站每台机组发电量可达1 600 MW。风能发电厂往往更加模块化和分散化,通常以风电场的形式出现。截至发稿时,每台风力发电机的最大输出为6 MW。

发电厂具有的典型共同特征如下所述。

- 产品多样性低:相比于许多其他过程工业,产品数量非常有限,如电力和工艺热(蒸汽),而且没有产品变化。
- 持续、无间断流程:原则上,工艺流程是连续的,并且在长达数月的时间内不间断运行。因此,控制系统的变更宜在系统运行时进行,而变更不会对工艺流程造成任何影响。
- 复杂的功能性:发电站的各子流程之间在物理上密切相关,这意味着一个子流程中发生的事件会快速影响到发电站其他功能区。这种复杂性和高效性的要求需要特定的仪器和控制解决方案。
- 高动态要求:工厂的功能区,例如涡轮机控制,对仪器仪表和控制系统提出了极高的动态要求。
- 大数据量:与其他生产过程相比,发电站的特征是极大的数据量。过程控制系统宜能实时处理这些信息,并以图形和表格的形式将所有相关数据压缩、存档并提供给操作员。
- 对可用性的需求最高:大型发电站的生产停止会在很短时间内造成非常高的经济损失。因此,这对仪器仪表和控制系统提出了最严格的要求,很多部件因此有冗余(备件)设计。
- 极高的安全需求:为了保护人员、机器和环境,发电厂遵守极高要求的标准和法规规定。在使用化石燃料的发电厂中,锅炉保护尤为重要。在核电站中,使用了特定冗余结构。仪器仪表和控制系统的审批程序要求在工厂生命周期内的建设和变更中投入大量的精力。
- 长时间间隔的修订:为了最大限度地减少因生产停机造成的经济损失,计划在长时间间隔内进行设备改造,目的是尽可能缩短停机时间。所有在系统运行时不能执行的改造活动都计划在设备改造期间实施。
- 电厂的使用时间很长:一般来说,发电厂的使用时间通常长达数十年,40年甚至更长的时间也并不少见。

B.3.2 生命周期相关需求

这些行业特征对仪器仪表和控制系统生命周期管理提出了很高的要求,具体如下。

- 时间相关需求:为了使发电厂能够经济有效地运行十几年,发电厂用户对制造商提供产品和服务的能力有极高的期望。
- 技术需求:在更换仪器仪表和控制系统时,如更换有缺陷的产品时,应满足高兼容性要求。这些需求由与功能、结构和位置相关的属性组成。工厂用户希望生产商能够在工厂的整个生命周期内提供原产品、替代品或迁移解决方案。由于硬件和软件部件的创新周期越来越短,制造商面临着越来越多的技术和经济挑战。
- 服务需求:为了在工厂使用期间内为用户提供支持,生产商提供了标准服务。根据过程控制系统的生命周期阶段,这些服务由分级的服务组合而成。这些服务包括从备件储备到新版本系统升级,直到重用部件和数据至新过程控制系统的迁移。

除了对传统电站中这些仪器仪表和控制系统的生命周期管理提出这些高要求外,核电厂中使用的

产品宜满足如下附加条件：

- 冻结产品版本和修订：核电厂中仪器仪表与控制系统的审批过程十分复杂和广泛。通过认证的产品不允许修订，即不允许对硬件、固件和软件进行变更；
- 批准过程和认证维护：为了使核电站应用产品获得批准，需遵守涵盖整个开发和生产过程的标准和法规。如果产品(类型)变更在生命周期内是不可避免的，例如部件不再可用时，则需要采取复杂而广泛的审批措施，以维护新版本或新修订版的认证。

B.3.3 行业特定经济因素

上述能源行业的要求对工厂用户和生产商都提出了很高的生命周期管理要求。这些要求需要大量的成本和精力，专门用于特定工厂的战略和成本效率计算。其中特别重要的有以下几项。

- 仪器仪表和控制系统在规划、批准、采购、安装、调试和验收方面的初始投资非常高。因此，工厂用户要求生产商在工厂使用期间内提供高效、可持续的长期策略和支持，以保护他们的投资。
- 由于工厂的使用时间长，可长达数十年之久，因此，对生产过程以及仪器仪表与控制系统的改造和优化将产生相当大的费用。特别重要的是，因法律法规要求变更(例如与环境有关的二氧化碳政策、安全标准)以及优化工厂效率和可用性而产生的开支。
- 工厂运营的另一个重要成本因素包括确保系统正常运行的预防性和纠正性维护成本(例如维修成本、备件)。由于工厂使用时间长，在提供和维修基础设施、文件、修理诀窍，以及供应和储存合格的兼容部件与备件中也产生了大量费用。对生产商来说，不利的一面是这些成本在产品(类型)生命周期内不断增加，而销售产品(实例)的营业额却在下降。
- 使用时间长的另一个原因——同时也是为了满足法定要求，是提供合格人员的义务。多年来积累的培训费用以及维持人员资格的费用是计算经济效率的一个重要因素。

对于经济效率的计算，应牢记很多生命周期成本随着工厂的使用时间呈非线性增长。这对工厂用户和生产商均是如此。

B.3.4 预期行业趋势

从能源行业的路线图，可以得出以下趋势：

- 使用的一次能源更加多样化；
- 可再生能源在能源结构中的份额增加；
- 越来越多的分散分布的小型发电厂；
- 虚拟电站配置，集成不同类型和规模的电站；
- 具有新拓扑(智能电网)和可控负载的智能网络；
- 更复杂的能源管理系统。

鉴于这些趋势，可以推断新的产品将会出现，产品的多样性将会增加。在去中心化的背景下，价格优惠的短期 COTS 将得到越来越多的使用。因此，自动化系统和产品的生命周期管理将不得不适应这些新的需求。

B.4 行业中立因素

B.4.1 概述

除了上述特定行业的需求之外，还需要考虑其他一些影响因素。技术、经济或法律影响不断出现，通常是不可预见的。

B.4.2 外部技术影响示例

消费者和办公领域的标准技术已被自动化领域采用。例如,作为基本系统通信的以太网、用于数据传输的互联网或无线技术以及用于交换数据的 USB 接口。此外,自动化产品制造商不得不对新的编程语言、操作系统或互联网技术做出回应。在某些情况下,安全解决方案(例如病毒扫描程序或自动更新)甚至可能需要升级软件部件。实例表明,虽然制造商使用这些技术,但由于其市场份额相对较小,因此对其发展影响甚微。由于新操作系统等技术的开发并未考虑到自动化应用,因此几乎没有机会影响其进一步的开发。

B.4.3 标准化与法律影响示例

为满足法律要求并确保质量和兼容性,我们采用规范和标准来定义产品特性。其中,欧洲准则及其在各国的实施以及国际和国家法规发挥着重要作用。例如,RoHS 指令要求禁止含有铅物质的产品,这导致了无铅焊接工艺的引入和新电子元件的使用。因此,产品需进行部分调整(重新设计)或完全退出市场,因为以前使用的部件(例如集成电路和处理器)已不再使用。

当标准和规范因技术开发而发生更改时,生产商要相应调整其自动化产品和部件。值得注意的是,某种特定自动化产品通常不会仅受一项标准影响。事实上,大多数情况下,在不同市场推出一款产品时,国家、行业 and 应用的特定规范与规定是适用的。附加的行业和/或应用特定规定规范了特殊应用需求,例如食品行业或有爆炸风险领域。所有这些规范规定可能因新的国家特定法律或新的行业特定需求而改变,因此可能需要对产品进行修改。

除了通用规范与标准,事实上的标准是适用于产品的行业标准。这些标准由企业或组织规定。因这些事实标准应用广泛,并且有助于确保低成本,因此它们在国际范围得到认可。例如,标准操作系统、接口定义,以及这些事实标准衍生的电子部件(特殊处理器、控制器、ASIC)。规定这些事实标准的公司,仅凭借市场地位可能在极短时间内改变事实标准,而无须与其他各方协调。在这种情况下,变更会对自动化产品生命周期管理造成直接和强烈的影响。例如,新的操作系统、处理器设计变更或新的 ASIC 可能意味着兼容性需求不再满足。相应系统和工厂的用户应监控这些变更,并且通过合理的产品生命周期管理策略来应对这种情况,例如增加备件库存。这些变更可对运行工厂的认证和批准造成影响。

B.4.4 社会经济影响示例

除了技术和法律方面的影响,社会经济方面也具有显著影响。在当前的环保讨论中,对节能产品和制造工艺的需求日益增加。这对所采用的技术以及产品和部件的使用都有直接影响。排放限制的收紧也会产生类似的影响,这直接影响到所使用的材料和物质,以及生产和处理过程。这些社会经济影响并不总是立法的结果,而是由公众讨论和相关趋势发起和推动的。为了保持其市场地位,生产商被迫做出回应并相应地调整产品和生产流程。

竞争全球化导致制造业全球化。其关键驱动力包括增加本地内容的需求,对货币波动的灵活反应及物流成本的降低(例如运输和进口关税)。此外,经济兼并过程和经济危机可能导致供应领域发生深远的变化。例如,公司合并通常会导致产品组合的调整和缩减。在许多情况下,所需的部件可能会在很短的时间内无法供应。

全球化与开发和相关流程的分散化有关。这是由于新兴市场专业技术的不断增加,并且需要降低开发成本。

这些例子表明大部分外部影响通常不是可预见的。这就造成了风险,因对这些影响的规划是存在问题的。

B.5 结论

所分析的行业(化工、能源、铁路运输、汽车和机床)的需求以及行业中立方面说明了用户和生产商

所面临的复杂性。通过对各行业的总体考察,可以根据行业的一般特征、衍生的生命周期相关要求和预期的行业趋势,对各行业的具体特点和外部影响得出初步印象。经过仔细检查并在与专家讨论的过程中,我们发现各行业在处理该主题(描述整个生命周期的需求)的方式上没有很大差异。表 B.1 和表 B.2 也说明了这一点,其中对生命周期管理要求进行了结构化,并描述了具体的行业要求。结果是跨行业的时间要求、技术要求和服务要求。

尽管有相似之处,但不同行业对特定要求的取值范围也存在差异(例如,工厂的使用时间可以在 5 年到 50 年之间)。不同的行业也使用不同的术语(例如批次过程和连续过程)。最后,工厂用户和生产商对部件和系统的要求和描述的属性有不同的期望。在生命周期方面,要求存在显著差异,可能存在部分矛盾。

工厂的使用时间是最重要的方面,它可以分为 5 年到 10 年、10 年到 20 年、20 年到 50 年的时间段。对时间相关需求的具体评估包括检查附加准则,例如计划停机时间,这些准则源自生产工艺类型(连续式、非连续式)、产品变更和修订周期。通过对时间相关标准的分析,可以对工厂的使用时间进行细分。这种细分会影响使用期间内生命周期管理策略的应用,例如重新设计和迁移(第 5 章)。这是规划机器或工厂(或相关部件)变更的关键前提条件,可将对可用性的影响降至最低。计划的停机时间间隔越长,对生命周期管理、部署的系统和部件的要求就越高。这需要在运行时进行变更或更新。

由于需要资格、认证和批准,因此需要额外的需求。这些需求的范围从与部件相关的要求(例如根据 CE 标志的生产商声明)延伸到影响整个系统的要求(例如核电站)。在第一种情况下,生产商能够以相对较少的精力和费用声明其产品的每个修订状态。相比之下,在第二种情况下,则应遵循复杂、昂贵且耗时的资格认证过程来维持认证。这不仅适用于能源行业,也是用于化学/制药和铁路运输行业的许多系统。

在所有行业中,4.4 中详细描述的可兼容性都具有特殊意义。在机器和设备使用期间,需要以尽可能少的精力和费用维持其可用性,这产生了兼容性需求。部件的交换不应导致系统功能的损失。

除了个别行业的需求外,还有其他影响生命周期的因素,例如导致技术变革的创新和常变风险。这些只是在表 B.1 和表 B.2 中间接表示,但它们对生命周期管理具有重要影响。常变风险是不可预见的事件,例如标准化工作、法律、技术飞跃或社会经济影响。与此相反,技术持续创新很大程度上是可以进行规划的过程。两个方面都可导致对使用部件或系统的限制,并且可能需要采用合适的生命周期管理策略(第 5 章)。

图 B.2 描述了所研究行业的要求范围和影响变量。里面和外部的线条分别反应了最低和最高需求。需求和外部影响越接近最高线,管理难度就越大。

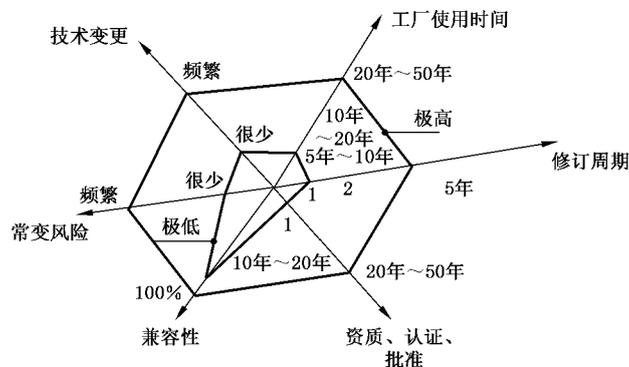


图 B.2 影响生命周期的典型变量范围

生产商和工厂用户对所描述的需求和影响变量有不同的看法。从工厂用户的角度来看,相关需求和影响变量是使工厂在整个使用期间保持较低风险和成本。这对于实现经济目标是必要的。

因此,工厂用户的目标是在无副作用的情况下更换部件,以及在整个使用时间内有效扩展和优化机器和设备。此外,通过引入新技术有望节省成本。

从本质上讲,生产商的任务是满足工厂用户的要求,同时确保产品在不断发展的同时仍然保持兼容性。从行业发展趋势可以看出,生产商需要不断创新其产品组合,以满足市场及其客户的未来需求。

因此,从生产商的角度来看,相关需求和影响变量是新技术的创新、竞争力和经济效益。

生命周期管理的相关性取决于生产商的业务模型(产品、系统或设备供应商)、业务领域和投资组合线。越来越多的生产商被要求在全球范围内开展业务。这导致了生命周期管理的额外复杂性。对“本地内容”的需求导致部件的区域性采购,并需要采取一致的策略来确保整个生命周期的兼容性。

自动化投资应始终考虑最佳经济效率。在各个行业中,随着时间的推移分析工厂的总成本(TCO)越来越普遍。除了考虑初始投资成本外,这种方法还包括在规定时间内投资的后续成本(即未来的运营、维护和拆除成本)。这种方法消除了各个阶段之间的界限,有利于全面、整体的观点。因此,在作出决定时,应选择规划、建设、安装、运营和拆除的总成本最低的替代方案。

TCO 范式导致决策准则和生产商-用户关系发生变化。TCO 的目标是使成本完全透明,因为包括各种投资替代方案和/或服务包的后续成本。这种方法提供了通过所有参与者的合作来优化成本的可能。

附录 C

(资料性)

选定示例的生命周期考虑因素

C.1 部件生命周期

生命周期管理的需求取值范围将会用几个例子进行解释。

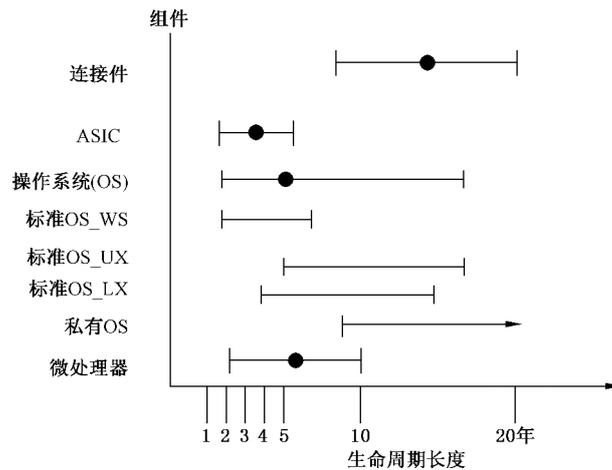


图 C.1 部件生命周期示例

部件类型生命周期长度在不同类别的部件之间(例如连接件与 ASIC),以及给定类的代表之间(例如来自不同供应商的操作系统)存在显著不同。这一事实在图 C.1 中用条形图的长度来说明。加权中心由黑点表示。

在产品开发过程中,宜考虑到这些不同的生命周期,将产品视为由多个部件组成的系统。为了确保产品类型在计划的生命周期内是可交付的,要应用合适的生命周期管理策略(见第 5 章)。

C.2 微处理器

以消费领域应用为重点的部件的突出例子是微处理器。微处理器最初用于微型计算机,由于在个人电脑中的使用而迅速普及。微处理器数量的大幅增加导致价格螺旋式下降。由于数量众多且应用范围广泛,微处理器的成熟进程已经并将继续显著加快。有利的价格水平、标准化效应和加速的成熟进场提高了工业中的使用率。

这些大量微处理器所带来的优势与生命周期方面的自动化需求日益冲突。由于消费领域的需求,新处理器类型和芯片集的开发速度不断加快,自动化系统面临着在跟上这些快速发展步伐的同时满足在整个生命周期长度内交付的两难局面。多年来,生产商提供了具有更长生命周期的特定微处理器型号为工业用途所使用(例如 80C186)。由于与消费应用相比,自动化领域所用部件的市场份额正在下降,因此处理器制造商对满足自动化特定要求的兴趣也在下降。这使得寻找替代技术解决方案变得更加必要,例如基于专用集成电路(ASIC 或 FPGA)的解决方案。这样的解决方案最多只能缓解这一矛盾,并不能永久解决生命周期管理方面的问题。

工业健壮性的另一个主要方面是要求自动化设备在没有风扇的情况下运行,以确保可用性和免维护性(如由于污染而更换过滤器)。由于更高的功能而增加的处理器性能导致了散热量增加,这为自动化中在没有冷却风扇的情况下运行带来了挑战。为移动消费设备(如笔记本电脑和智能手机)开发的低

能耗处理器和芯片组提供了替代方案,但这些部件变化太快,无法用于自动化。

值得注意的是,在领先制造商的微处理器的进化创新过程中,基本满足了 4.4 中所述的功能和软件兼容性的要求。相比之下,结构和位置的兼容性需求大部分没有得到满足。

这个例子表明,从生命周期管理的角度来看,微处理器是自动化的关键部件。

C.3 现场设备集成

现场设备(变送器和执行器)占自动化投资成本的很大一部分。传统上,信息作为标准化的电压或电流信号的形式通过单独的布线进行交换,或者对于具有总线接口的设备,则通过通信协议中标准化的服务和数据格式进行交换。

现代现场设备的一个特点是它们的功能特性可以根据特定应用进行调整(例如测量范围、材料特性)。这需要配置和参数化(工程设计)。因此,除了机械和电气特性之外,智能现场设备集成还需要额外的要求。

这种集成对通信、工程和信息交换提出了要求。通信属性的例子包括调制数字信息或通信系统的特定服务。为了实现工程系统的工程化,生产商提供正式的文本描述文件(设备描述)或适配的软件部件。该领域的生命周期问题尤为重要,因为该领域尚未像电气连接技术那样标准化、同质化或被普遍接受。

工厂施工和调试期间,不同生产商提供带有相应描述文件和/或软件驱动程序的现场设备。工厂包括集成的现场设备投入运行。项目特定的配置数据和参数被集中存储和归档。

技术进步和竞争压力促使现场设备及其部件的动态进步。这些部件的进步包括附加物质传感器、具有增强处理器和存储技术或新诊断和操作功能的新设备。这要求升级设备电子元件和固件,并对设备描述和软件驱动程序进行相关更改。为了提高效率,设备制造商会在相对较短的时间内开始生产新版本,这意味着只能交付最新版本。如果工厂操作员需要更换设备或其电子模块,他们收到的版本往往与最初计划和安装的版本不同。一般来说,该版本的设备也会有新的驱动程序。

虽然电子设备升级的生命周期管理过程一般都能顺利进行,但设备描述文件的升级常常给工厂用户带来以下重大挑战。

- 不可修复的设备被替换,因此随着时间的推移,可发展成混合版本的情况。是否确保新的驱动程序版本同时支持新旧设备版本?
- 新的驱动程序/设备描述是否仍然适合工程系统、使用中的控制系统或资产管理系统? 兼容性有保证吗?
- 谁来确保驱动程序在控制系统的未来版本也能正常工作?
- 如果工厂用户不希望使用新软件驱动程序/设备描述的新功能,还有哪些升级的可能性?

这表明现场设备集成仍需要生命周期管理模型和策略。不同的用户组织已经认识到并开始应对这一挑战。到目前为止,还不可能有一个全面的解决方案来满足生产商和工厂用户的需求。不过也有一些单独的方法,例如 IEC 61804-2 和 IEC 61804-3 可能实现的一个设备替换,是现场设备集成领域的典范和优势。

C.4 标准和法规

标准和法规对系统的生命周期及其部件有显著影响。典型的例子是 RoHS 指令(减少有害物质[17])禁止含铅产品,并相应引入了无铅焊接工艺。

EuP 指令(《Eco-design Requirements for Energy-using Products》[18])是另一个更为先进的例子。这是欧盟关于电气产品节能环保设计的框架指令。虽然这一指令并不直接生效,但将通过以后对个别设备组的规定生效。针对若干个产品组的第一批特定于产品的法规已经制定或正在制定中。电机技术的规范对自动化技术尤为重要。根据 640/2009[18]法规,只有达到 IE2 能效级别的电机才被允许引

入市场。从 2015 年开始,只有更高能效的 IE3 或与电子变频器结合的 IE2 电机才会被允许投入运行。现有的 IE1 电机将不再被允许投放市场。另一个能效等级 IE4 也在计划阶段。

因此,由于驱动器的应用领域非常广泛,不仅在传统的机床制造和工程领域,而且在过程工业中的泵、压缩机和阀门控制器领域,整个自动化范围都受到了影响。尽管更高效电机能耗更低、发热更少,但在更换设备时可能会出现与 4.4 所示的兼容性要求方面的问题。这尤其会影响施工视图的兼容性要求。从施工和连接技术的角度来看,通常无法避免设备的结构变化。此外,未来电机将越来越倾向于电子调节,这也将导致连接技术的变化。

此外,越来越多地使用变频器通常使得遵守有关位置的兼容性要求变得更加困难。应特别注意符合 EMC 要求规定的 EMC 限制。这需要额外的滤波器。今后,越来越多地使用稳压驱动器和电控电机也将对设备电源的电压精度产生影响。特别是正弦电压曲线会受到影响,这可能会给其他设备和系统带来问题。

这些计划中的规定也适用于以恒定转速运行的驱动器。因此,预计接触器和软启动器市场将大幅下降,这将影响这些产品的备件供应。

EuP 指令示例说明迁移解决方案在许多现有应用中将是不可避免的。这些解决方案通常需要额外的财务支出。

附录 D

(资料性)

生命周期管理策略应用示例

工厂中技术人员收到报错提示。分析表明这是设备缺陷导致的,应将故障设备更换为替换设备。该设备是通过现场总线与过程控制系统通信的流量计。这是维护和维修的典型例子,备选方案如下:

备选方案 1:用库存中的相同设备更换故障设备。

技术人员首先尝试用库存中的相同设备(相同类型的新设备)替换故障设备。这是最后一次购买策略快速排除故障的一个例子。

如果该过程不可行,则有必要采取进一步行动。

第 1 步,分析。

如果相同部件更换不可行,技术人员尝试寻找最兼容的部件。他需要通过将要求配置(图 D.1)与可能的替换设备的能力配置进行比较。

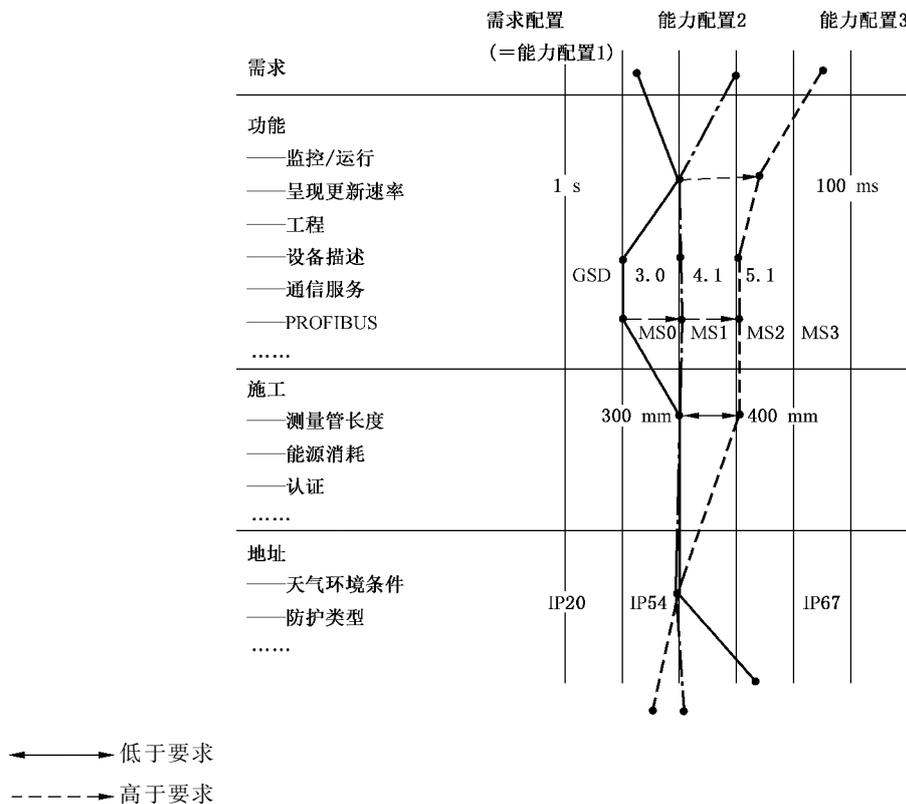


图 D.1 替换设备的兼容性评估

第 2 步,评估备选方案并决定是否实施。

根据分析,存在以下备选方案。

备选方案 2:使用完全兼容设备替换故障设备(图 D.1:需求配置=能力配置 1)。

这种方案下,设备满足所有相关需求,并且技术人员有相同属性的替代设备(例如,来源于其他生产商的完全兼容的设备)。更换故障时,技术人员会设置特定的设备参数(通信网络、线性化、传感器校准等)。这是使用替换策略排除故障的示例。

备选方案 3:使用兼容的后续版本设备替换故障设备(图 D.1:能力配置 2)。

在这种方案下,设备满足或超过所有相关功能、设备、位置和性能相关需求(具有扩展属性另一兼容类型的实例)。在更换故障设备前,系统环境会检查后续类型的兼容性。但是,配置中扩展的属性不会被应用。例如,可使用已安装的工程工具来设置替换设备的参数。因此,现有设备参数(通信网络、线性化参数、传感器校正等)可被用于新的设备。这是使用替代策略排除故障的另一实例。

备选方案 4:用不符合兼容性要求的后续设备替换有缺陷设备(图 D.1:能力配置 3)。

在这种情况下,设备仅满足或超过相关的功能、位置和性能相关需求,但不满足设备相关的需求(例如,另一种类型的设备具有受限的兼容性)。在此示例中,由于测量管较长,工厂需重新设计步骤(图 D.2中管道本身的物理变化)。其他后果包括修改相应的工厂文档。

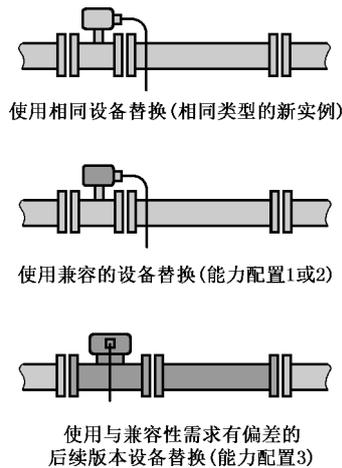


图 D.2 使用新设备替换缺陷设备

与备选方案 3 一样,在更换有缺陷的设备之前,在系统环境中测试后继类型的兼容性,得出相同的结果。

一旦选择了替代方案,进一步的步骤包括实施解决方案、工厂文档的调整以及有缺陷设备的修复过程的启动。

该示例表明,更换有缺陷的部件需要不同的措施,具体取决于潜在替换部件的兼容性级别。根据兼容性配置的描述,可以系统地评估替代替换部件的所有技术相关特征,并为决策过程提供支持。

附录 E
(资料性)
工厂用户策略

工厂用户越来越多地评估其在自动化设备上的投资,不论是新安装或是现代化改造,目的是获得长期可用性和生产效率。这些评估导致生命周期管理策略的选择及组合。

自动化产品生产商的经验和统计调查表明,无论哪个行业,工厂用户可以根据他们的策略分为两个基本类别。第一类遵循持续优化生产力的策略。在这一类别中,用户生产的产品以及他们的工厂通常会面临激烈的竞争,从而导致节省成本的巨大压力。通过最大限度地提高生产量,同时保持材料和能源使用不变,在保持材料和能源使用量基本不变的情况下,通过最大限度提高生产量来提高生产率。或者,在保持生产量不变的情况下,可以减少资源(材料、能源等)。此外,还需确保始终如一的高质量产品和设备可用性。在能源行业(提高发电厂的效率)和汽车生产(提高生产线的速度)中可以找到此类示例。

第二类工厂用户遵循保持生产率的策略。在这些工厂中,重点不是提高性能,而是长期保持“现状”。举例来说,这可能是由于企业特殊市场情况或工厂技术改造的密集审批程序。另一种情况是,如果用户计划拆除设备或在以后进行投资,那么用户主要感兴趣的是从剩余的工厂使用时间中榨取利润。在这种情况下,生产过程中的技术设备在很大程度上与自动化技术(硬件和软件)的创新周期脱钩。迁移的时间间隔很大,通常只有在系统的可用性不能再通过计划的使用时间的特殊服务协议来保证时才会发生。电力行业(发电厂使用时间较长或延长使用时间)、制药行业(经过认证的工厂)和第一产业(市场饱和)都有此类例子。

这两个类别不能总是清楚地区分,但代表了工业生产中经常遇到的两个极端。这些极端情况的特征是不同的生命周期管理策略,如表 E.1 所示。持续的生命周期规划在这两类中都是必要的。

生产力优化类别中的工厂用户通常有迁移的长期计划,以挖掘新技术的潜力。因此,他们更倾向于尽早迁移到最新技术,以便利用这些创新获得竞争优势(技术领导者)。除了及早升级软件和硬件部件外,这些用户还利用外部专业知识(例如服务专家),以最大限度地减少停机时间和由此产生的生产力损失。

以保持生产力为主要目标的工厂用户需通过适当的生命周期管理策略来确保其自动化设备的长期可用性。通过最后一次购买、重新设计、特殊生命周期管理服务(例如延长生命周期的单独合同)或任何必要的预防和应急策略,确保对产品的长期支持。

两个类别的特征如表 E.1 所示。

表 E.1 工厂用户基本特征

	生产率保持	生产率优化
工厂运营策略	榨取利润 确保可用性	增加生产效率 减少成本 增加可用性
生命周期需求	踌躇的系统现代化 长期备件管理	系统部件的前瞻性和兼容性 使用设备的持续现代化
技术策略	很晚的技术采用	很快的技术采用
工厂管理和服务策略	针对紧急情况和预防措施的成本优化方法,以防止生产停机	挖掘自动化潜力以优化生产力

表 E.1 工厂用户基本特征 (续)

	生产率保持	生产率优化
人事策略	成本优化的培训和资质管理 留住有技术诀窍的员工	将采用技术考虑在内的,绩效优化的培训和资质管理
生命周期管理策略	最后一次购买 替代 标准服务 通过特殊协议的服务	与生产力保持相同并有额外的策略: 重新设计 迁移

附录 F
(资料性)
UML 图语义

本文件中用于类和对象图中使用的 UML 元素如图 F.1 所示。

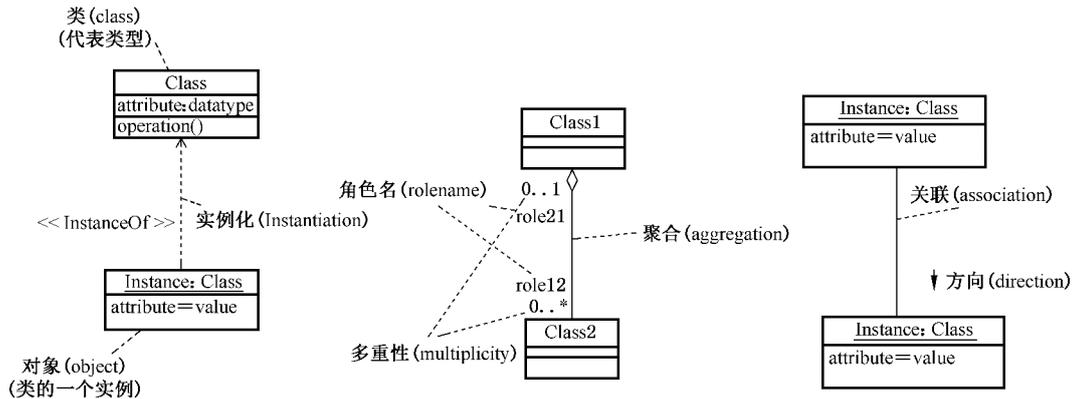


图 F.1 本文件中使用的 UML 元素语义

图中使用的术语定义如下所述。

聚合(aggregation): 一种特殊的关联形式, 它描述整体(整体; Class1)和组成部件(部分; Class2)间的整体-部分关系。

关联(association): 两个或更多类之间语义关系, 规定了它们实例之间的关联。

属性(attribute): 类中的特征, 描述类实例可能持有的值范围。

类(class): 描述一组具有相同属性、操作、方法、关系和语义的对象。本文件中, 类表示产品的一个类型。

方向(direction): 指示, 应以何种方式解释关联的角色名。

实例化(instantiation): 表示实例与实例所属类之间的关系。可用衍型<<instanceOf>>表示。

多重性或势域(multiplicity): 表示关联端允许的对象数量, “*”表示任意值。

对象(object): 唯一的、可标识的类的实例, 为类中规定的属性可保持单独的值。本文件中, 对象标识产品的一个实例。

操作(operation): 可请求对象提供的服务, 以影响行为。一个操作具有一个签名, 这可能会限制可能的实际参数。

对象名(rolename): 关联端的类或对象与关联开始处的类或对象之间的语义关系的定义。

参 考 文 献

- [1] IEC 61804-2 Function blocks(FB) for process control and electronic device description language(EDDL)—Part 2:Specification of FB concept
- [2] IEC 61804-3 Function Blocks(FB) for process control and Electronic Device Description Language(EDDL)—Part 3:EDDL syntax and semantics
- [3] IEC 61987(all parts) Industrial-process measurement and control—Data structures and elements in process equipment catalogues
- [4] IEC 61987-10 Industrial-process measurement and control—Data structures and elements in process equipment catalogues—Part 10:List of Properties(LOPs) for Industrial-Process Measurement and Control for Electronic Data Exchange Fundamentals
- [5] IEC 62402:2019 Obsolescence management
- [6] IEC 62264-1 Enterprise-control system integration—Part 1:Models and terminology
- [7] IEC TR 62390 Common automation device—Profile guideline
- [8] IEC TR 627942 Industrial-process measurement and control—Reference model for representation of production facilities(digital factory)
- [9] ZVEI-German Electrical and Electronics Manufacturers' Association e.V.:"Software clause for the provision of standard software forming an integral part of supplies" Amending the "General Conditions for the supply of Products and Services of the Electrical and Electromics Industry" (GL),July 2004
- [10] Namur;NE53-"Software von Feldgeräten und signalverarbeitenden Geräten mit Digitalelektronik", 2003
- [11] German Institute for Standardization; DIN 31051-"Grundlagen der Instandhaltung", June 2003
- [12] Hauff, T Weigel, O.:"Langfristige Sicherstellung der Feldgeräteintegration", In:"EK-AEntwurf komplexer Automatisierungssysteme", conference transcript pp.81-90,15.-17.April 2008
- [13] Niemann, J.; Tichkiewitch, S.; Westkämper, E.:"Design of Sustainable Product LifeCycles", Springer Verlag, Heidelberg Berlin, 2009
- [14] Albert, W.:"Total Cost of Ownership bei Prozessleitsystemen", In:ATP edition, pp. 2430, January /February 2010
- [15] ZVEI-German Electrical and Electronics Manufacturers' Association e.V.:"Einsatz von Web-Technologien in der Automation", September 2006
- [16] PROFIBUS User Organization e.V.:"PROFIBUS Profile for Process Control Devices", version 3.02, April 2009
- [17] European Union directive;2002/95/EC, Directive on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment
- [18] COMMISSION REGULATION(EC) No 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/ EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for electric motors

[19] Association of German Engineers: VDI 2884-"Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life-cycle Costing(LCC)", December 2005

[20] Dressler, T.; Trilling, U.: "Instandhaltung der Prozessnahen Technik-Cost of Ownership", In: "Automatisierungstechnische Praxis" edition 38, pp.42-46, February 1996

[21] Niemann, Jörg: Mehr Produkterfolg mit "Life Cycle Management", In: "WB Industrielle Metallbearbeitung" edition 138(2005), No.9, pp.26-31

