



国际电气与电子工程译丛

过程控制系统工程

Process Control Systems Engineering

[德] 利昂·乌尔巴斯 (Leon Urbas)

主 编

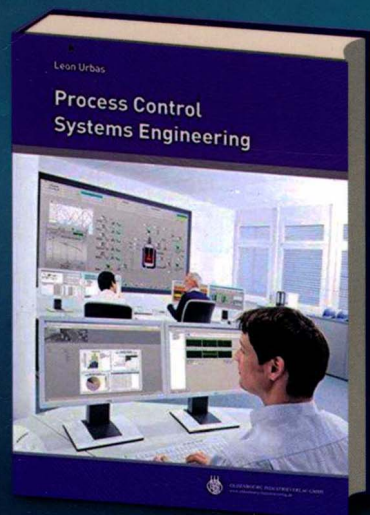
[德] 安尼特·克劳泽 (Annett Krause)

副主编

延斯·齐格勒 (Jens Ziegler)

朱振华

译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际电气与电子工程译丛

过程控制系统工程

[德] 利昂·乌尔巴斯 (Leon Urbas) 主编

安尼特·克劳泽 (Annett Krause)

[德] 延斯·齐格勒 (Jens Ziegler) 副主编

朱振华 译

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

过程控制系统 (PCS) 是一个专门用来满足过程工业要求的分布式控制系统 (DCS)。许多对安全性和可用性有很高要求的相关过程和工厂, 装备有大量的传感器和执行器, 自动化程度高, 这至少体现在按照标准进行操作的管理方式上。由于物质、程序、单元操作、设备、仪表和控制策略在物理-化学属性之间有显著差异以及学科交叉的相互依存关系, 因此几乎没有任何两个工厂是相同的, 即便产品是可互换的。因此, 有人认为每个领域的过程工业, 即化工业、制药业、纸浆和造纸、石油和天然气、食品饮料和水/废水处理, 都应有各自专门的自动化系统。而其他人却认为, 过程控制系统构架涵盖所有的过程工业的不同要求, 应该是通用的, 且足以满足不同过程控制系统的需求, 例如, 发电和配电的分布式控制系统仅仅是一个营销问题或历史习惯问题, 却不是一个技术问题。

本书着重关注过程控制系统工程基础, 这是不同领域里过程工业的通用内容。书中的例子和练习均与用于研究过程工业中过程模块化和过程自动化方法之间的相互关系的实验性研究工厂有关。这将可能涉及高度专业化、集成化的单一产品工厂 (如化学品) 以及主要由本地标准化通用设备和多产品体系 (生物化学、制药) 应用领域的特征。虽然我们提出的理论适用于所有不同的过程控制系统的供应商, 不过本书中的事例以及大多数的屏幕截图源于 PCS 7——西门子的过程工业控制系统。专注于一个单一的过程控制系统, 使本书不仅可用作过程控制系统工程的基本教材, 还可以用于上机实验课程, 使学生获得实践经验。

Process Control Systems Engineering/by Leon Urbas

Copyright © 2012 DIV Deutscher Industrieverlag GmbH · Munich

Simplified Chinese language edition published in arrangement with DIV Deutscher Industrieverlag GmbH through CoHerence Media

This title is published in China by China Machine Press with license from DIV Deutscher Industrieverlag GmbH. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 DIV Deutscher Industrieverlag GmbH 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 出版与发行。未经许可的出口, 视为违反著作权法, 将受法律制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2014-0608 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

过程控制系统工程/(德) 利昂·乌尔巴斯(Leon Urbas)主编;朱振华译. —北京:机械工业出版社, 2018. 4

(国际电气与电子工程译丛)

书名原文: Process Control Systems Engineering

ISBN 978-7-111-59838-1

I. ①过… II. ①利… ②朱… III. ①过程控制-系统工程 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 088268 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 时 静 责任校对: 张艳霞

责任印制: 张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·10.5 印张·254 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-59838-1

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: (010) 88361066

读者购书热线: (010) 68326294

(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金 书 网: www.golden-book.com

致 谢

过去的十年中，我有幸获得了一些网络和工业研究专家的一致好评。我所加入的领域（这里仅列出一些最常见的）包括化学过程设计、优化与操作，化学过程建模、过程与控制工程，自动化理论，仪器与控制，认知科学，人为因素，人力绩效建模，可用性工程，工业过程通信，计算机辅助工程，功能安全，计算机结构，工业自动化中间件，信息与业务流程建模和语义网络计算机科学。所有这些领域的专业知识，都有益于有效和高效的过程控制系统工程。比起提供一个冗长且不完整的名单来感谢所有在那些国际交流与合作中曾与我一起工作和我师从过的人，我更希望以一份感谢之辞表达敬意，参考文献列表中所列出的工作也应当被认可。

这本书必须单独提及西门子 SCE 的 Roland Scheuerer，是他让我深信一本关于过程控制系统工程教育的书的价值。本书具有独特理念，结合了系统独立理论和系统具体实践，是过程控制系统工程的集体讨论和应用研究项目的教学和培训理念的产物。我也很感谢他的助理 Sabine Stengel 在最后时刻对行政问题的支持。此外，我想向奥登伯格工业出版社的 Anne Hütter 表达谢意，她总能及时地帮我处理好一些事情。

下面所提及的人在概念讨论和章节核对方面给予了宝贵援助：Falk Doherr、Markus Graube、Richard Holmes、Annett Krause、Wolfgang Morr、Michael Obst 和 Jens Ziegler。感谢过程控制系统工程的主席团成员对我在德累斯顿工业大学进行 SCE 项目“PCS 7 培训高校模块”教材编辑的无私帮助。

第 8 章	独立驱动功能	Jens Ziegler
第 9 章	连续反馈控制	Annett Krause
第 10 章	顺序控制	Jens Ziegler
第 13 章	报警工程	Jens Ziegler

最后，我要感谢我的妻子 Petra，感谢她的爱和这些年对我一如既往的支持。

目 录

致谢

第1章 引言 1

1.1 结构 2

1.2 怎样阅读本书 2

1.3 参考文献 4

第2章 过程控制系统要求 6

2.1 概述 6

2.2 过程工业 7

2.2.1 化工 7

2.2.2 制药 8

2.2.3 石油与天然气 8

2.2.4 水/污水 8

2.2.5 纸浆与造纸 9

2.2.6 食品与饮料 9

2.3 概要 9

2.4 跨领域概念 10

2.4.1 化工单元操作 11

2.4.2 批处理过程 11

2.4.3 连续过程 12

2.4.4 通过过程自动化减少风险 12

2.4.5 人力监督控制 15

2.4.6 分布式控制系统结构 17

2.5 参考文献 18

第3章 过程控制系统工程 20

3.1 概述 20

3.2 工厂工程项目 21

3.3 过程控制系统工程的过程 模型 23

3.3.1 PPEAM——过程工厂工程

活动模型 24

3.3.2 PAS 1059: 工厂设计过程—— 过程模型和术语 25

3.3.3 NA35: PCT 项目处理 26

3.4 初级工程 28

3.4.1 工厂概念和过程控制系统 概念 28

3.4.2 成本估算 28

3.4.3 过程控制系统选择 30

3.5 基础与详细过程控制系统 工程 31

3.6 未来发展方向 32

3.6.1 工程工作流程的正式模型 32

3.6.2 信息交换 33

3.6.3 过程控制系统工程任务的 自动化 33

3.7 参考文献 34

第4章 模块化工程研究工厂 37

4.1 过程描述 37

4.2 仪器仪表 39

4.2.1 管道和仪表图 40

4.2.2 识别系统 40

4.2.3 过程控制要求 40

4.2.4 PCT 因果矩阵 43

4.3 参考文献 44

第5章 过程控制系统结构 46

5.1 概述 46

5.2 分布式结构	47	7.5 批量组态内容	77
5.3 过程控制站	48	7.5.1 过程标签类型和模型	78
5.4 I/O 模块	50	7.5.2 过程标签类型	79
5.5 MEAR 工厂的硬件组态	51	7.5.3 模型	80
5.5.1 创建一个 PCS 7 项目	53	7.5.4 参数和信号	81
5.5.2 组态 AS	54	7.5.5 过程对象视图	81
5.5.3 组态远程 I/O	54	7.6 MEAR 工厂的过程标签	
5.5.4 组态操作员站	55	类型举例	82
5.5.5 检查与编译网络	56	7.7 MEAR 工厂的模型举例	84
5.6 参考文献	57	7.8 参考文献	85
第 6 章 工业通信工程	58	第 8 章 独立驱动功能	86
6.1 概述	58	8.1 概述	86
6.2 现场级工业通信	59	8.2 IDF 的基本概念	87
6.2.1 传统布线	60	8.2.1 PCS 7 的功能块类型	87
6.2.2 数字现场总线	60	8.2.2 安全规范	88
6.2.3 现场总线工程	62	8.2.3 操作模式	89
6.3 与 MES 和 ERP 工业通信	63	8.3 预置的 IDF 现场设备	89
6.3.1 OPC	63	8.4 通道功能 (驱动)	91
6.3.2 组态 PCS 7 OPC 服务器	67	8.5 来自数据库的 IDF 模板	92
6.4 未来的发展方向	67	8.6 参考文献	95
6.5 参考文献	70	第 9 章 连续反馈控制	96
第 7 章 批量组态	72	9.1 概述	96
7.1 概述	72	9.2 原理	97
7.2 一般结构原则	73	9.2.1 介绍	97
7.3 工厂层级	74	9.2.2 控制器的工业适用性	98
7.3.1 结构规则	75	9.2.3 扩展的控制结构	99
7.3.2 MEAR 工厂的功能结构	76	9.2.4 与过程的连接	101
7.4 PCS 工厂层级	76	9.3 练习: 实现一个连续控制	
7.4.1 HMI 生成	76	回路	102
7.4.2 AS-OS 分配	77	9.4 参考文献	104
7.4.3 Batch 配方	77	第 10 章 顺序控制	105

10.1 概述	105	12.1 概述	134
10.1.1 连续与顺序控制	106	12.2 过程管理目标	135
10.1.2 步序列的结构	106	12.3 任务和信息分解	136
10.1.3 选择与并行分支	107	12.4 HMI 设计	137
10.1.4 顺序控制的设计	109	12.4.1 表达概念	137
10.1.5 顺序控制和逻辑控制系统的 相互作用	110	12.4.2 表达技术	139
10.1.6 顺序控制中的保护功能和 操作模式	110	12.4.3 趋势显示	141
10.1.7 PCS 7 中的顺序控制	111	12.5 在 PCS 7 中生成 HMI	143
10.2 练习: 反应釜注料	112	12.5.1 在 PCS 7 中组态服务 接口	144
10.3 参考文献	115	12.5.2 在 PCS 7 中组态过程 显示	144
第 11 章 使用配方的批量控制	116	12.6 为 MEAR 工厂创建基本的 HMI 画面	145
11.1 概述	116	12.6.1 工程系统创建	145
11.2 配方	117	12.6.2 生成 OS 的准备	145
11.3 程序、过程和工厂的分层 建模	118	12.6.3 生成 OS	145
11.4 过程模型	119	12.6.4 OS 编辑	146
11.5 程序模型	120	12.6.5 集成面板	149
11.6 物理模型	122	12.7 未来的发展方向	150
11.7 监测、归档和报告	125	12.7.1 模型驱动的人机工程	150
11.8 配方工程	126	12.7.2 autoHMI	151
11.9 PCS 7 批量控制	127	12.8 参考文献	152
11.9.1 软件组件实例	127	第 13 章 报警工程	154
11.9.2 建模	128	13.1 概述	154
11.9.3 定义一个主配方	130	13.2 报警系统	155
11.9.4 创建并启动一个 BATCH	130	13.2.1 报警与警告	156
11.10 参考文献	132	13.2.2 操作员报警处理	157
第 12 章 过程显示 HMI	134	13.3 PCS 7 的报警管理	160
		13.4 参考文献	161

第1章

引言

过程控制系统 (PCS) 是一个专门用来满足过程工业要求的分布式控制系统 (DCS)。许多对安全性和可用性有很高要求的相关过程和工厂, 装备有大量的传感器和执行器, 自动化程度高, 这至少体现在按照标准进行操作的管理方式上。由于物质、程序、单元操作、设备、仪表和控制策略在物理-化学属性之间有显著差异以及学科交叉的相互依存关系, 因此几乎没有任何两个工厂是相同的, 即便产品是可互换的。因此, 有人认为每个领域的过程工业, 即化工业、制药业、纸浆和造纸、石油和天然气、食品饮料和水/废水处理, 都应有各自专门的自动化系统。而其他人却认为, 过程控制系统构架涵盖所有的过程工业的不同要求, 应该是通用的, 且足以满足不同过程控制系统的需求, 例如, 发电和配电的分布式控制系统仅仅是一个营销问题或历史习惯问题, 却不是一个技术问题。

本书着重关注过程控制系统工程基础, 这是不同领域里过程工业的通用内容。书中的例子和练习均与用于研究过程工业中过程模块化和过程自动化方法之间的相互关系的实验性研究工厂有关。这将可能涉及高度专业化、集成化的单一产品工厂 (如化学品), 以及主要由本地标准化通用设备和多产品体系 (生物化学、制药) 应用领域的特征。

虽然我们提出的理论适用于所有不同的过程控制系统的供应商, 不过本书中的事例以及大多数的屏幕截图源于 PCS 7——西门子的过程工业控制系统。专注于一个单一的过程控制系统, 使本书不仅可用作过程控制系统工程的基本教材, 还可以用于上机实验课程, 使学生获得实践经验。

1.1 结构

本书的每一章都以一个整体概要开始。它概述了这章主题中最重要的理论和应用方面的内容。对于应用章节，此概述的目的是提供足够的背景以便可以直接进入练习。只想知道如何实际操作的读者也许可以选择略过背景介绍到下一节。书中为读者讲述了相关任务是通过怎样的方式完成的，并在相关的应用与研究领域提供了深入且全面的解释说明。应用部分表述了如何通过使用 PCS7 的特定方法实现给定目标。辅助网站上发布了一套相关的练习，用以帮助学生独立地深化和巩固他们所学的知识。书中所有提示性的练习和更多的阅读材料可以参考如下链接：

<http://www.et.tu-dresden.de/ifa/index.php?id=PCSE>

1.2 怎样阅读本书

本书的章节并非必须要按顺序阅读。然而，推荐的阅读顺序是基于在规划和配置一个过程控制系统软件时的逻辑顺序。最佳的阅读顺序常常与读者以往的经验、读者的目的和可用的训练时间密不可分。图 1.1 给出了本书各章节的主题以及一些建议的阅读顺序。

本书前三章鸟瞰式地描述了过程控制系统工程。对于熟知过程工业和过程控制系统工程基本原理的读者可以选择跳过这些章节。

第 1 章——引言：介绍了过程控制系统工程，并概述了本书的结构。

第 2 章——过程控制系统要求：阐述了作者对于过程工业的要求以及过程控制系统基本特性中的共性、差异和关联性的观点。

第 3 章——过程控制系统工程组态：学习过程控制系统项目的构建，使读者对于工厂工程项目具备更广泛的视角和更丰富的能力。

第 4 章——模块化工程研究工厂：介绍了一个常被用作实例和练习的工厂项目。它描述了对过程、设备、仪器仪表和自动化的要求。无论你是否具有完备的知识或特定的兴趣，我们都建议你阅读本章。

接下来的三章是关于过程控制系统的结构准备工作，目的是利用在自动化工程

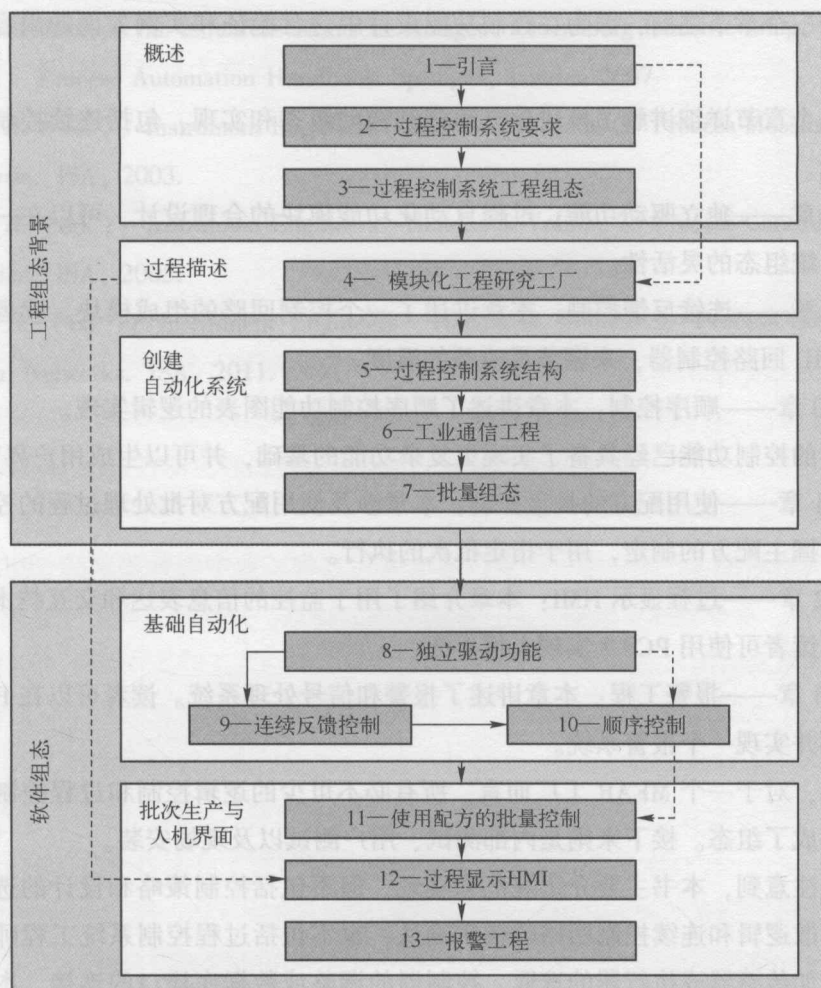


图 1.1 本书的主要阅读顺序和快捷阅读顺序

工厂中所出现的结构和模型。这个结构可以最大限度地利用以前的解决方案，从而可最大限度地减少人力成本。

第 5 章——过程控制系统结构：读者可以学习管理过程控制系统结构设计的基本原理以及如何建立一个自动化系统的层级（软件和硬件）。

第 6 章——工业通信工程：读者可以学习如何说明并组态工业通信系统，其用于连接过程控制系统的所有分布式元件，并提供相关服务，如归档过程数据或与其他系统连接。

第 7 章——批量组态：那些大量、重复并容易出错的过程控制系统结构中的组态任务仅仅可根据系统结构利用模型在设定与配置后被执行。不过我们将把它放在

接下来的三个章节之前，因为在控制功能设计中包含验证和实例方面的内容是必不可少的。

这三个章节详细讲解了模块化自动化结构的组态和实现，包括连续控制和顺序控制功能。

第 8 章——独立驱动功能：过程自动化功能模块的合理设计，可以在一定程度上实现系统组态的灵活性。

第 9 章——连续反馈控制：本章讲述了一个控制回路的组成模块。读者可以完成一个 PID 回路控制器，来调节反应釜的温度。

第 10 章——顺序控制：本章讲述了顺序控制功能图表的逻辑实现。

这时的控制功能已经具备了实现更复杂功能的基础，并可以生成用户界面。

第 11 章——使用配方的批量控制：本章涉及使用配方对批处理过程的控制。读者可以掌握主配方的制定，用于指定批次的执行。

第 12 章——过程显示 HMI：本章介绍了用于监控的信息表达和交互技术的基本概念，使读者可使用 PCS 7 实现人机界面。

第 13 章——报警工程：本章讲述了报警和信号处理系统。读者可以在 PCS 7 系统中设计并实现一个报警系统。

至此，对于一个 MEAR 工厂而言，所有必不可少的逻辑控制和过程控制系统服务都已完成了组态。接下来则是内部测试、用户测试以及现场安装。

可以注意到，本书主要介绍规范和实现，但不包括控制策略和设计的选择、验证以及离散逻辑和连续控制回路的核实确认，也不包括过程控制系统工程师的其他任务，比如传感器或执行器的选取、控制器的调整或数据库接口的连接。本书已经很好地把握了这些主题。

Love (2007) 是一个单卷过程自动化手册，它提供了一个极好的过程自动化组件与方法的概述。这本手册由 Lipták (2003; 2005; 2011) 编辑的多卷的仪器工程师手册加以补充。由于所有这些大型手册都非常昂贵，所以我们推荐德国 Handbuch der Prozessautomatisierung (Früh, Maier, Schaudel, 2008)，它对各个领域的过程自动化进行了简明扼要却切合实际需要的介绍。

1.3 参考文献

Früh, K.-F., Maier, U., and Schaudel, D. (ed.): Handbuch der Prozessautomatisierung.

Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen. Oldenbourg Industrieverlag, 2008.

Love, J. : Process Automation Handbook. Springer, London 2007.

Lipták, B. (ed.) : Instrument Engineers' Handbook Volume 1. Process Measurement and Analysis. ISA, 2003.

Lipták, B. (ed.) : Instrument Engineers' Handbook Volume 2. Process Control and Optimization. ISA, 2005.

Lipták, B. (ed.) : Instrument Engineers' Handbook Volume 3. Process Software and Digital Networks. ISA, 2011.

第 2 章

过程控制系统要求

过程控制系统（PCS）是一个专门用来满足过程工业中各种要求的分布式控制系统（DCS）。本章概述了流程、工厂和域环境的特点，并解释了当前过程控制系统的结构和体系如何满足客户需求。

2.1 概述

过程控制系统有何特别之处？为何不使用任何其他分布式控制系统？为何它针对过程行业能更好地创建、策划和维护一个高度专业化或高度定制化的系统？简单的回答即是，其目标、风险、约束和要求，过程工业工厂对自动化系统组件安全且经济的规划、实施和操作，完全不同于其他工业领域。

以下章节讨论过程控制工业不同领域中最重要特征，如化工或制药相关的过程自动化。有毒、易爆等物质对人类健康、环境和工厂本身会产生风险，这些风险需要通过仪表和控制策略加以减少。

此外，产品及其市场的特点决定一些需求，像工厂最大可用性或用于资源效率最大化的特殊措施支持，例如优化操作以满足安全限制、物料回收或热集成。另一方面，市场渴望灵活的控制，因为它们需要在满足硬性需求的同时生产多种产品，从而防止交叉影响，并记录每一个生产步骤。

以上虽然存在差异，但是有一些共同的核心准则：过程单元操作、批次和连续过程策略、通过流程自动化和人工监控结合以高效生产并减少风险，以及有效支持

自动化的可扩展的分布式控制系统自动化架构，即使在工厂规模、I/O 的数量、工艺或接口方面均存在巨大差异。

2.2 过程工业

“过程工业”这个词是几个相当多样化的分支行业的一个总称：化工、制药、石油与天然气、水/污水、纸浆与造纸、食品与饮料，其在系统、过程、风险和相关法律法规等方面的细节部分都极为不同，但有几个共同的特点。接下来，我们将讨论不同行业里关于过程自动化和过程控制系统工程最通用的部分。

2.2.1 化工

整体讲，化工产品和工艺包括聚合物、特制特性产品、制药、石油化工及衍生物产品和无机基本化学物质，此处只提及最重要的领域。产品的多样性意味着工厂也相应地不同。化工厂的规模可以小到仅仅是一个单独的房间，可以大到覆盖 1~3 个足球场。

一些化学物质可能对人体或环境有潜在的有害影响，甚至可能是易爆的。这就对化学工厂的仪器仪表有了特殊要求，如防爆或功能安全要求。

从用户的角度看，化学品可以被归类为大宗商品和特殊品。大宗商品是需要大量应用的化学物质。通常有多家公司生产这些商品，所以成本领先策略是在长期成本运作中经济成功的关键。因此，大宗商品最好在连续经营的单品厂生产。资源和能源效率要求高的工厂，有超过 8500 工时/年的生产力，可自动控制产品质量，严格控制干扰并能保持最佳运行状态，这可通过先进过程控制方式实现。

另一方面，特殊品是满足特定客户特殊需求的化学制品。虽然大多数用于生产特殊品的基本单元流程与普通商品极为相似，但市场约束是完全不同的。通常，上市时间、生产灵活性和对客户的特定需求的适应性，要比效率上提高 0.5% 更重要。因此，特殊品的生产涉及配方控制的批处理工艺和多线链、多用途的工厂，这些工厂能够有效地生产小批量的高度可变的产品，至少在某些工艺步骤中是如此，如表面处理。

质量要求，如六西格玛质量管理方法（Bamberg 等，2007），以及工厂安全和环境安全，需要大量传感器和分析仪。因此，约一半的传输数据是连续型变量（参见 Gutermuth 2010, p161）。

2.2.2 制药

制药行业的特点是大量的最终产品往往趋于批次生产。因此，特殊化学品生产的最后步骤的多数特点可以应用于制药业，至少从过程自动化的角度来看是这样的。然而，基于对人类健康的风险的考虑，药品的生产需被高度管制。

食品和药品管理局（FDA）并不要求使用特殊的自动化系统生产药品，但是系统必须满足每一批的规范程序和生产流程的要求。为满足这些苛刻的要求，任何制药行业的过程控制系统都要有交互部分，配有至少一个配方管理、一个批处理执行系统和批报告软件。

2.2.3 石油与天然气

石油与天然气工业可以分为几个不同的子行业。生产原油和天然气的上游行业具备可以抵抗极端的环境和有限的空间的特点。高安全性、最大可用性、结构紧凑、模块化设计和远程操作都是上游工厂的典型特征。

下游行业包括将原油分离的炼油厂。炼油厂可以保持以最大产量不中断，多年连续运行（Otte 2007）。就像在大宗商品市场，成本效率决定了一个工厂的成败。因此，对于炼油厂自动化来说，先进的过程控制和过程资产管理是必不可少的。

与该领域过程自动化相关的上一个行业是管道运输。管道运输负责将中间产品从油井平台输送到炼油厂，并将成品油输送到售油场所。管道可能延伸数千英里（1英里=1.609千米），所以其控制系统需要具有远程监控能力。

一般来说，石油与天然气行业必须考虑其对人类健康和环境的风险。然而，其过程自动化优先级最高的是由爆炸材料造成的风险。Gutermuth（2010，p161）指出，所有信号中多达50%是数字安全I/O，用来检测火情和气体检测，这就是为什么炼油厂从I/O点数看是大型工厂。

2.2.4 水/污水

由于受污染的饮用水对人体健康的危害，以及对污水非有效的处理可能造成环境影响，水资源管理行业被高度监管。

水体和污水处理厂都具有非常大的规模。许多分布式无人值班变电站（如水源地和泵站）要求能够自主运行和远程监控。为了尽量减少对当地居民和企业的饮用水管道或地下水管道的损坏，过程自动化需要管理分布式传感器网络，实现多层网络优化策略。

2.2.5 纸浆与造纸

纸浆和造纸工业的主要产品包括大型卷筒纸。纸浆的生产过程是连续的，而纸卷轴却是批量作业的。由于造纸厂的盈利能力取决于生产效率，工厂可用性和高效生产是过程自动化的主要目标。因此，纸浆与造纸的过程控制系统需要先进控制算法和决策支持工具（Blatzheim，2007）的共同支持。程序的处理调用需要非常快速的反应时间，这就需要功能上快速的传感器以及很短的通信和信息处理周期。

2.2.6 食品与饮料

食品与饮料行业主要是批处理过程。这个领域涵盖大量的各种生物化学和物理过程，包括发酵、杀菌、油炸、干燥、涂层、成型、灌装、包装等，这需要在严谨的操作制度下进行。

由于受污染或腐败的食物对人体健康的影响，该行业领域严格监管整个生产流程，最大限度地保证食品安全。对所有的食品原料、设备、诸如清洗和灭菌的过程（CIP/SIP）、批次和产品的记录与跟踪是对于该领域过程自动化的核心要求。因此，这个领域的过程控制系统需要集成或提供生产线监测系统和制造执行系统（MES）。

2.3 概要

过程工业中不同子行业的描述展示了与过程自动化相关的数个维度：独立的过程风险管理、工厂的规模和基于仪表和控制的材料选取、过程自动化功能和特性的重要性以及最终标准化和重复使用的程度。表 2.1 总结了行业的特点。所有条目都很适中，且相对于参考值分别表示为相对很高（++）、相对较高（+）、相对中等（o）、相对较低（-）或不适用（空）。特殊功能可以在首个试点项目中看到或仅适用于一个特殊的部分，例如六西格玛在汽车应用行业领域的特殊应用。请注意，平均值不包括极端情况。例如，虽然对人体健康风险被判断为化学物品的中等标准（o），当然也有物质

(用于一些过程步骤的特殊中间物或溶液) 对人体健康是非常危险的。然而, 此表有助于理解过程控制系统的功能性和非功能性要求的多元化体现。

2.4 跨领域概念

虽然过程工业不同子行业的个别风险、过程和工厂是截然不同的 (见表 2.1), 但部分概念和限制要求是共通的。

表 2.1 过程工业中各领域过程自动化需求的特定种类

	化工		制药	石油与天然气			水/污水	纸浆与造纸	食品与饮料
	常规	特殊		上游	下游	管道			
风 险									
人身健康	o	o	++	o	o	o	+		++
环境	+	+	+	+	+	+	o	+	+
爆炸物	+	+	o	++	++	++		o	
工厂成本和材料消耗									
工厂区域	非常大	中到小	小	小到中	非常大	>1000km	非常大到巨大	中等	小
主要设备/过程单元	+	+	o	+	++	o	o	+	+
苛刻空间要求				+	o				
连续值 I/O	++	++	+	++	++	o	+	+	o
布尔量 I/O	o	o	o	++	++	++	+	+	++
功能性方面									
特殊功能			CIP/SIP	火、气检测				驱动	CIP/SIP
过程操作策略	连续	连续/批次	批次	连续	连续	连续	连续	连续/批次	批次/(连续)
先进过程控制	+	o		o	++				
在线优化	o				++		o	+	
可追溯性		(六西格玛)	FDA						FDA
标准化与重复利用									
产品/工厂种类	-	+	++	-	-	-	-	-	o
单元运行标准化	o	-	包装单元	-	+	+	+	+	包装单元