



中华人民共和国国家标准

GB/T 32854.3—xxxx

自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第3部分：活动模型和 workflow

Automation systems and integration-
Integration of advanced process control and optimization software for
manufacturing systems
Part3: Activity models and workflows

(征求意见稿)

xxxx-xx-xx发布

xxxx-xx-xx实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前 言	II
引 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 缩略语	2
5 先进控制与优化系统生命周期 workflow	2
6 先进控制与优化系统活动模型	4
6.1 系统开发阶段的活动模型	4
6.2 系统执行阶段的活动模型	5
6.3 系统支持阶段的活动模型	6
7 分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系	7
附 录 A（资料性附录）先进控制与优化系统实施 workflow	9
参考文献	13

前 言

GB/T 32854《自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成》拟分部分发布。目前已经或计划发布以下部分：

- 第1部分：总述、概念及术语；
- 第2部分：架构和功能；
- 第3部分：活动模型和工作流；
- 第4部分：信息交互和使用。

本部分为GB/T 32854的第3部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规范起草。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国自动化系统与集成标准化技术委员会（SAC/TC159）归口。

本部分起草单位：浙江大学、北京机械工业自动化研究所、浙江中智达科技有限公司、深圳职业技术学院、浙江大学宁波理工学院。

本部分主要起草人：

引 言

工业自动化涉及的范围广泛，过程控制是其中最重要的一个分支。它主要针对所有过程参数，即温度、压力、流量、液位（或物位）、成分和物性等参数的控制问题，几乎覆盖所有的工业领域，如石油、化工、电力、冶金、纺织、建材、轻工、核能、制药等。

随着现代工业的发展与被控对象的复杂化，如多参数时变、大滞后以及具有严重非线性和强耦合的多输入/多输出等控制难点与特点大量显现，常规的单回路控制策略已不能满足现代工业自动控制的要求。自1970年代以来，随着控制理论及技术的发展，提出了一系列基于模型的多回路控制策略、基于人工智能的控制策略和基于随机统计分析的监督控制策略等的先进控制方法，多变量模型预测控制、模糊控制、专家控制、随机统计过程控制等。

与常规控制相比，先进控制与优化系统集成前馈、反馈与优化原理于一体，能在苛刻的装置多重约束下，使生产在最优约束的边界上可靠运行。通过实施先进控制与优化，可以改善过程动态控制的性能、减少过程变量的波动幅度，使之能更接近其优化目标值，从而实现生产装置的卡边控制，以便增强装置运行的稳定性和安全性，保证产品质量的均匀性，提高目标产品收率和增加装置处理量，以及降低运行成本和减少环境污染等。

先进控制与优化是制造系统的关键环节，是生产计划和调度指令的实际执行者，衔接制造运行管理和底层基础控制。

过程制造领域中，不同的供应商或开发商提供了功能类似的软件，但由于历史背景的不同、开发环境的差异，以及对需求关注重点的偏差，导致各个供应商或开发商的软件之间相对封闭、孤立，使得用户可能重复购买功能类似的软件，造成资源浪费。依照本标准可以最大化地实现不同供应商开发的软件之间的集成与协同。

先进控制与优化软件需要供应商、开发商或咨询服务商根据实际工程进行设计、实施、调试和培训，需要统一的标准规范进行指导。

本标准给出了先进控制与优化软件集成的通用架构、关键功能，以及其交互方式，在本标准指导下设计、开发和实施的软件，具有通用性、开放性和可扩展性。

工业自动化系统与集成

制造系统先进控制与优化软件集成

第3部分：活动模型和 workflow

1 范围

标准的本部分规范了制造系统先进控制与优化软件系统集成的生命周期阶段,将先进控制与优化系统的生命周期划分为需求分析、设计、开发、执行和支持等五个阶段。采用面向对象和过程(Object Process Methodology, OPM)建模理论,对先进控制与优化系统生命周期 workflow 进行建模分析。确定了每个生命周期阶段的内部 workflow,建立先进控制与优化系统各个阶段的活动模型。

本标准的目标使用者包括:先进控制与优化软件的开发组织(软件开发商)、先进控制与优化软件的应用组织(工程解决方案供应商、过程生产部门、企业信息部门)、独立的软件测试机构、先进控制与优化软件实施及咨询服务机构以及软件行业协会、各地区信息产业主管部门等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2900.56-2008 电工术语 控制技术

GB/T 16642-2008 企业集成 企业建模框架

GB/T 19769.1-2005 工业过程测量和控制系统用功能块 第1部分:结构

GB/T 20720.1 企业控制系统集成 第1部分:模型和术语

GB/T 20720.3 企业控制系统集成 第3部分:制造运行管理的活动模型

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生命周期 workflow Lifecycle workflow

以 workflow 的形式描述特定工作从开始到结束。在 workflow 中,根据不同工作的需求不同,分为不同的工作阶段。

3.2

分布式先进控制与优化系统 Distributed advanced control and optimization system

多个不同的先进控制系统组合而成的新系统,其特点是不同的系统存在于不同的服务器中,且相互之间存在联系。

3.3

活动模型 Activity model

阶段性工作的规范化定义与描述。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

2PM: 对象过程建模方法(Object Process Methodology)

5 先进控制与优化系统生命周期 workflow

先进控制与优化系统的生命周期包括如下阶段:

- a) 需求分析阶段;

- b) 设计阶段;
- c) 开发阶段;
- d) 执行阶段;
- e) 支持阶段。

图 1 描了先进控制与优化系统的生命周期 workflow。由于需求分析阶段和设计阶段的信息交互主要通过人工方式,而非使用软件接口,因此本标准主要关注先进控制与优化系统生命周期 workflow 的开发阶段、执行阶段和支持阶段。

先进控制与优化系统所包含的四个模块:软测量模块、先进控制模块、优化模块和性能评估模块,均适用于图 1 所描述的生命周期 workflow。通过这种方式定义的集成接口能够集成不同的先进控制与优化系统,并且可以对先进控制与优化系统与其他系统进行集成,如过程控制系统和制造执行系统之间的集成。

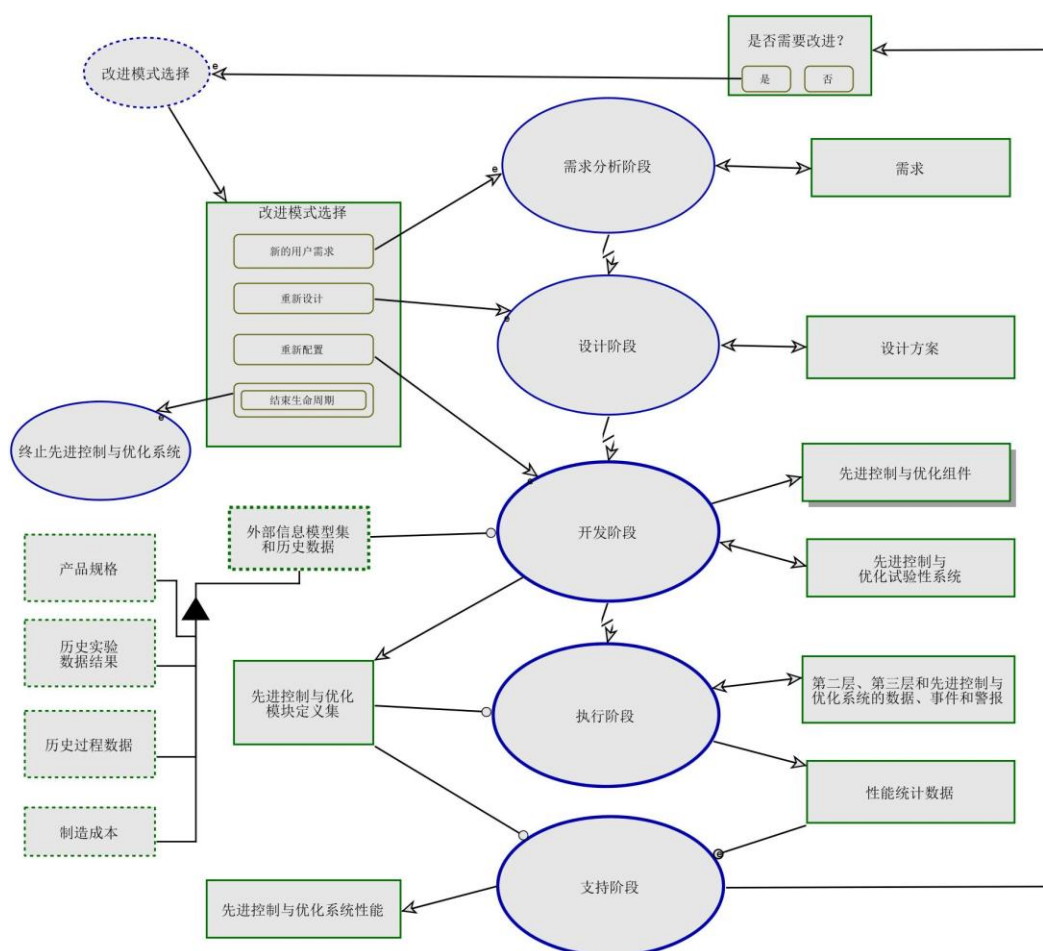
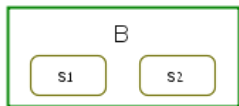


图1 先进控制与优化系统生命周期 workflow

本部分标准采用面向对象和过程的概念性建模语言 OPM,对先进控制与优化系统的生命周期 workflow 和活动模型进行建模。表 1 定义了本部分标准使用的 OPM 图例。

表 1 — OPM 图例

Symbol	Name	Description
--------	------	-------------

	对象	对象是在物理上或信息上构建之后存在或可以存在的项目。对象之间的关联应构成被建模的系统的对象结构
	过程	过程用于表达动态系统的行为：即如何转换系统中的对象以及系统如何运行。过程通过提供系统的动态，程序等方面来补充对象。
	状态	状态是对象可以存在一段时间的情况或位置。对象 B 可以处于状态 S1 或 S2。
	工具链接	工具链接是一个过程链接，它将进程与该进程的启用程序连接，其中启用程序是工具，数据等。对象 A 启用过程 B，如果对象 A 不存在，则过程 B 无法启动。
	条件链接	条件链接是一个过程链接，它将过程与该过程的启用程序连接，其中启用程序是对象的状态。当且仅当对象处于特定状态时，该过程才执行。
	使用链接	使用链接是一个将过程与由该过程发生而使用或消耗的对象相连接的链接。过程 B 使用了对象 A。
	结果链接	结果链接是一个将过程与作为该过程发生的结果而构造的对象相连接的链接。过程 B 创建对象 A。
	调用链接	调用链接是调用过程和被调用过程之间的过程链接。调用进程激活调用的过程。过程 B 调用过程 C。

6 先进控制与优化系统活动模型

6.1 系统开发阶段的活动模型

本部分标准规范了先进控制与优化系统开发阶段的活动模型，如图2所示。先进控制与优化系统的模块由一个或多个组件构成用于执行具体的功能和任务。这些组件可以被独立组合构建成完备的先进控制与优化模块。

先进控制与优化系统在开发阶段所调用的外部接口，包括：非先进控制系统信息模型；以及开发阶段与企业功能层次模型中各层的历史数据交互，包括：产品规范、历史过程书籍、历史实验室结果、制造成本等。开发阶段将为执行和支持阶段的先进控制与优化系统提供先进控制与优化模块的定义。设计阶段的实现或支持阶段中系统所需要的信号改进可能初始化开发阶段的活动。

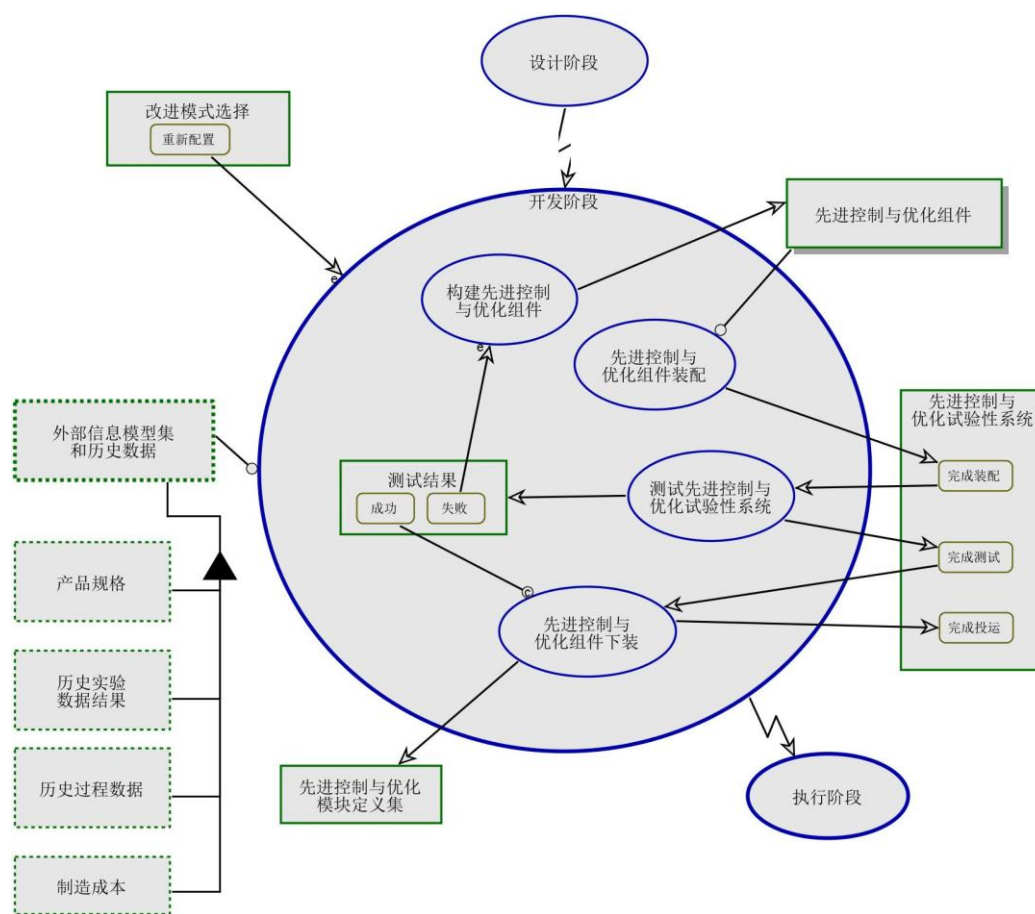


图2 先进控制与优化系统开发阶段的工作流

6.2 系统执行阶段的活动模型

图3描述了先进控制与优化系统执行阶段的工作流。先进控制与优化组件的执行由任务调度模块控制，当先进控制与优化模块的运行时间状态是“正在运行”，则表示整个系统处于激活状态并在连续回路中运行。在执行阶段，先进控制与优化组件将根据所定义的工作流进行循环更新。

本部分标准规范了先进控制与优化系统在执行阶段与非先进控制与优化系统之间的接口，和与优化组件之间的接口。企业控制体系架构中第2层系统的信息交互数据，包括：PID回路参数，最终控制单元设定值（如阀门位置和驱动速度），仪表的过程测量值（如流量和温度），警报和事件信号等。企业控制体系架构中第3层系统的信息交互数据，包括：产品规格，实验室结果，制造成本等。先进控制与优化组件之间的接口，包括先进控制与优化数据、警报和事件，先进控制与优化性能统计，执行请求和结果，先进控制与优化模块定义。

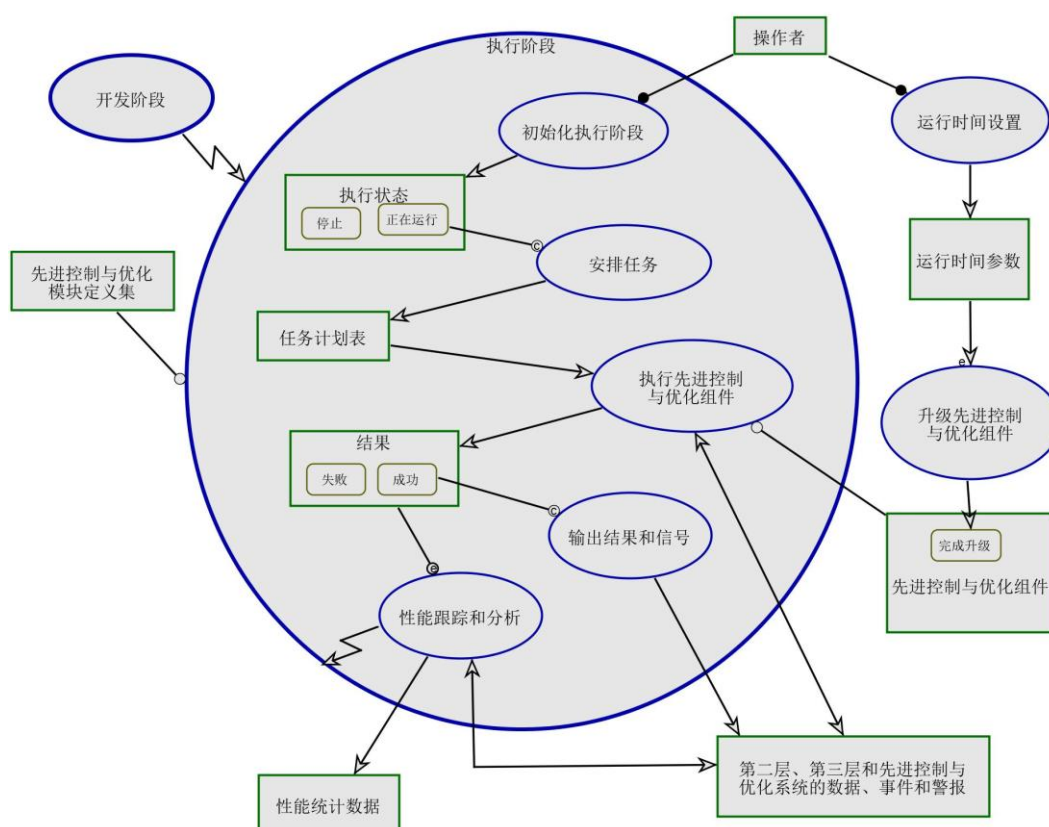


图3 先进控制与优化系统执行阶段的工作流

6.3 系统支持阶段的活动模型

图4描述了先进控制与优化系统支持阶段的工作流。先进控制与优化系统支持阶段的活动模型将使用需求分析阶段、设计阶段和开发阶段和执行阶段定义的接口。先进控制与优化系统支持阶段通常通过人工完成来提高和维护先进控制与优化系统的性能。决策者和工程师基于性能评估模块采集的信息和分析来做出决策。其他3个模块，软测量模块、先进控制模块和优化模块通过模块内部跟踪和分析功能为性能评估模块提供性能统计。支持阶段利用性能评估模块可以实现全自动的系统维护。

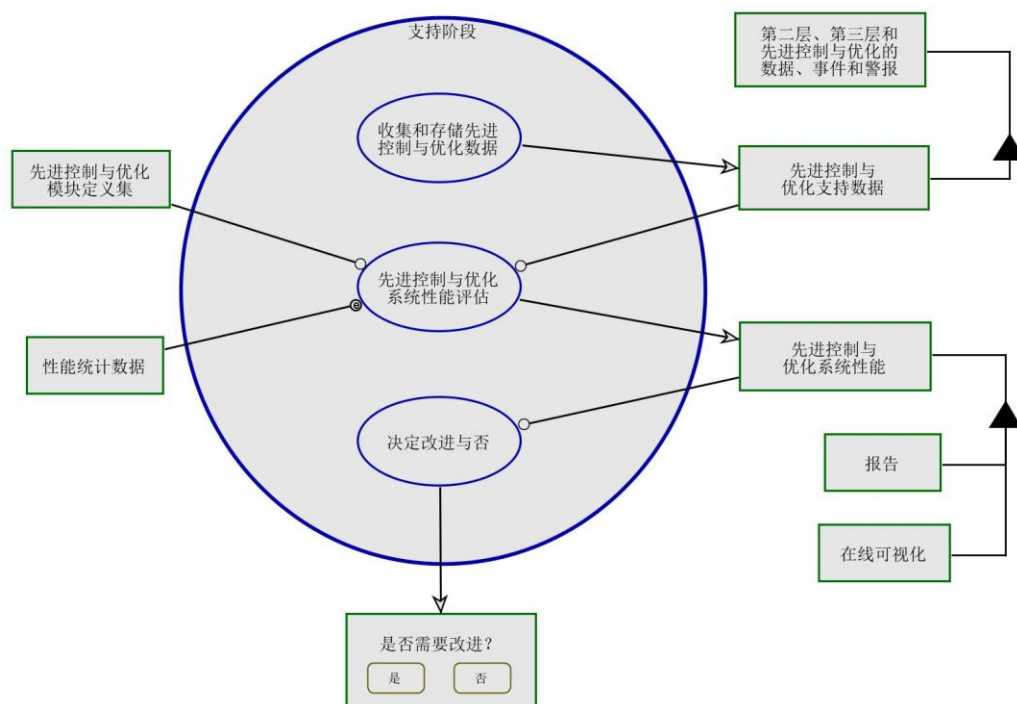


图4 先进控制与优化系统支持阶段的工作流

7 分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系

图 5 描述了分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系。图中具有 6 个先进控制与优化系统模块，包括：

- 模块 1：为模块 3 提供 1 个或多个数据元素的软测量模块；
- 模块 2：不同于模块 1，且为模块 3 提供 1 个或多个数据元素的另一个软测量模块；
- 模块 3：在制造过程中执行先进控制功能的先进控制模块，并完全在企业控制体系架构第 2 层环境中；
- 模块 4：在制造过程中执行先进控制功能的先进控制模块，可以影响企业控制体系架构第 2 层中的制造过程，也可以影响一个或多个企业控制体系架构第 3 层中的制造运行管理功能；
- 模块 5：执行过程优化功能的优化模块，全部位于企业控制体系架构第 3 层的环境中；
- 模块 6：分析、跟踪并汇报模块 1-5 性能的性能评估模块。

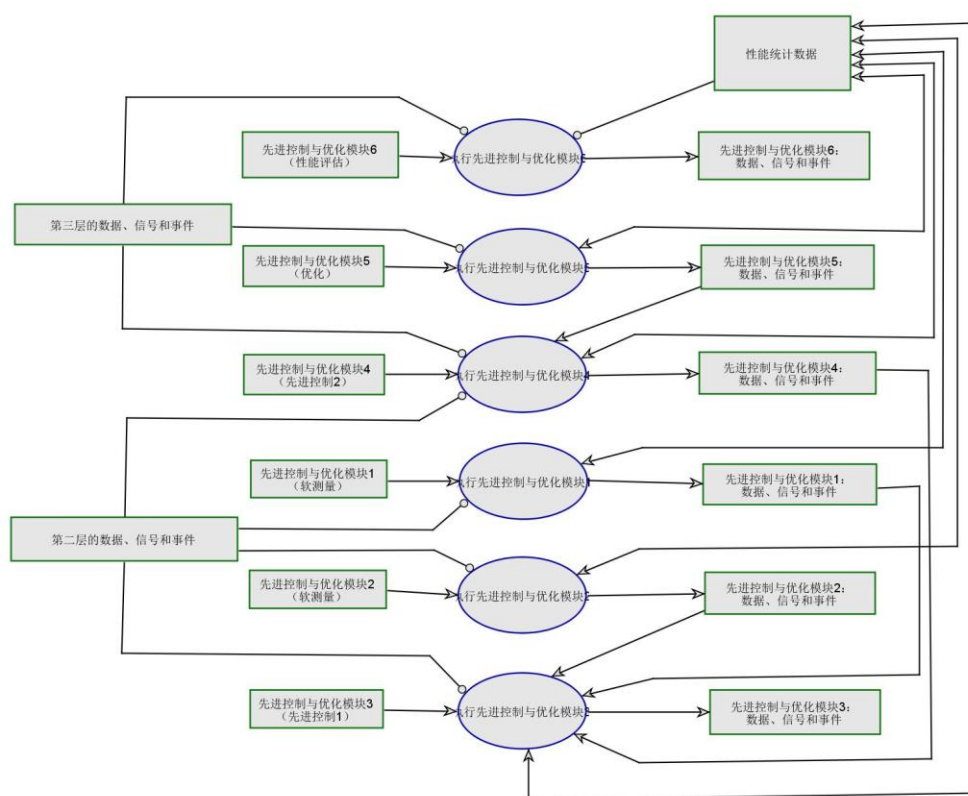


图5 分布式的先进控制与优化系统

各模块之间的交互如图4所示。模块1和模块2以制造过程物理设备的模式为模块3提供数据输入。模块3消耗来自模块4的一个或多个输出，这些输出可以是模块4中操作变量的设定点，并用于模块3中被控变量的目标。同样模块4消耗来自模块5的一个或多个输出。模块5是优化模块，模块4中被控变量的目标由模块5决定，模块5基于从第三层MOM系统采集的业务目标来优化此目标。

附录 A (资料性附录) 先进控制与优化系统实施 workflow

A.1 目的

本工程实施细则目的在于保持各类工程项目作业流程的一致性；为先进控制类项目实施提供更有效指导。

A.2 适用范围

本规范适用于 APC 工程项目实施的全过程，这里给出项目实施的最大化流程，可以根据不同项目的特点和性质，或者合作方、客户方的要求适当删减相应实施步骤。

A.3 方法和步骤

A.3.1 项目实施第一阶段

项目实施第一阶段分为三个过程：项目启动、项目组成立和外配设备采购，如图 1 所示。

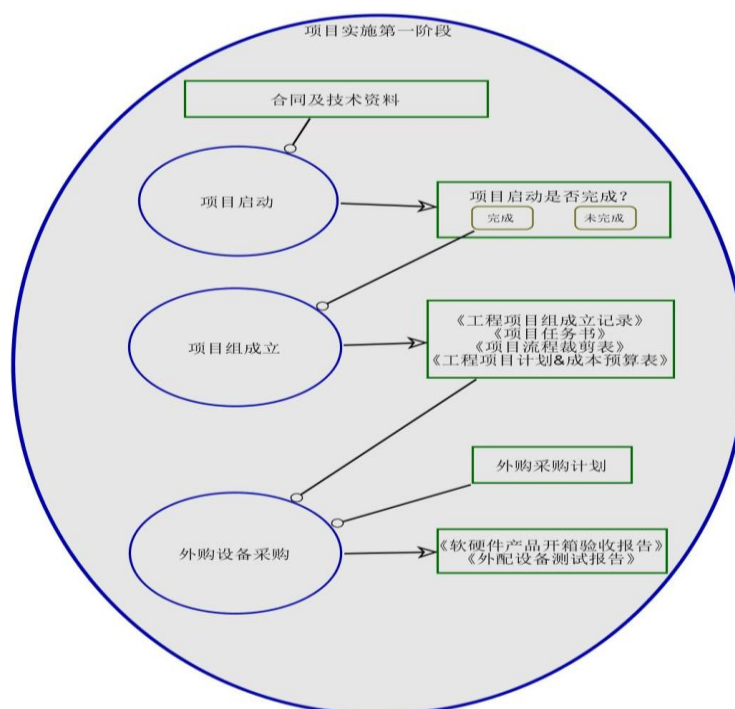


图 A.1 项目实施第一阶段 workflow

A.3.2 项目启动

在接收到营销管理部移交的合同资料（合同、技术附件）、用户方相关人员的详细资料时，技术管理工程师检查资料的完整性，并及时将相关资料提供事业部总经理。事业部将根据部门工作需要和现有项目执行情况，与相关行业经理商量确定项目经理。

营销管理部组织行业经理和/或项目经理、该合同的销售人员、采购人员及其他相关人员开项目协调会，了解相关项目信息。

项目协调会之后，行业经理和/或项目经理应及时与用户方项目经理联系，商定项目开工会的相关安排。

A.3.3 项目组成立

事业部将根据行业经理和/或项目经理的建议和部门人员状况配置项目工程师，建立项目组，并将本项目销售经理作为项目联络人列入项目组。项目组成立后需完成：《工程项目组成立记录》、《项目任务书》、《项目流程裁剪表》、《工程项目进度计划&成本预算表》。

A.3.4 外配设备采购

根据项目经理提交的《外配采购计划》进行外配设备采购，并在到货后进行开箱验收，填写《硬件产品开箱验收报告》、《外配设备测试报告》。

A.4 项目实施第二阶段

项目实施第二阶段分为项目开工会、功能设计、详细设计、项目投运试运行、项目考核验收，如图2所示。

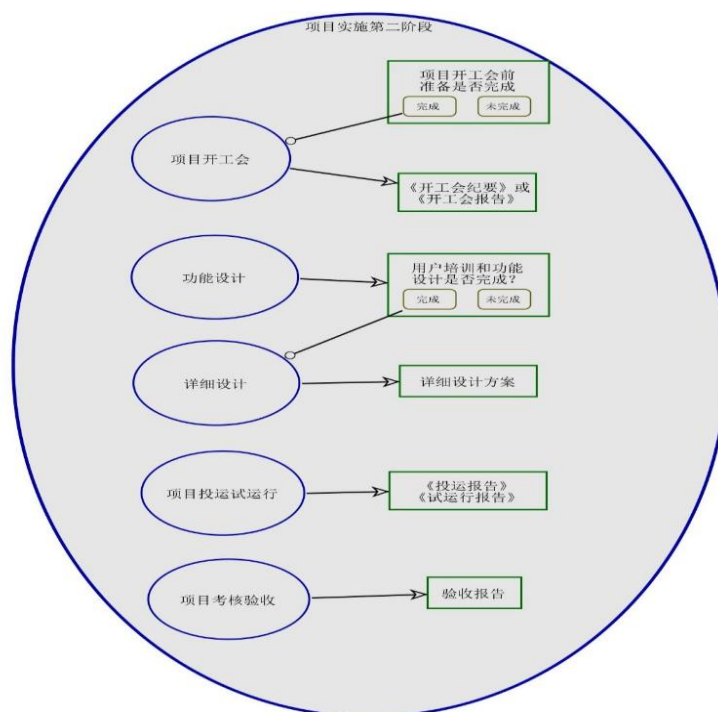


图 A.2 项目实施第二阶段工作流

A.4.1 项目开工会

项目组代表公司与用户联合召开现场开工会，标志着项目合作的正式启动。项目的实施效果与客户方的重视程度和各级人员参与程度有极大的关系。

开工会完成后应形成《开工会纪要》或《开工会报告》等相关附件，附件为各项工作安排，开工会纪要或报告需双方负责人签字确认。

A.4.2 功能设计

功能设计包含项目调研、预测试、平台搭建、用户培训。根据项目的调研、预测试及平台搭建情况，对控制器功能、软仪表功能进行定义，对生产装置运行数据进行分析，评估装置工艺和控制方面存在的问题，找出影响装置平稳性的主要扰动因素。提出相关的改进建议；同时对实现相应的技术指标需要的相关设备、配备资源要求进行描述，明确双方在此过程中责任和相关义务。最后，形成《功能设计报告》，作为详细设计方案的基础和前提条件。

功能设计报告应提交事业部审核，由项目经理提议，用户方项目经理或其上级主管牵头召集用户方的评审会。

A.4.3 详细设计

详细设计包括基础控制回路更改、实验测试、模型辨识、控制器设计和仿真、编制详细设计方案。根据实验数据、模型辨识、控制器设计等情况，编写《详细设计方案》。完成后发二级部门经理审核；并建议由用户方生产或技术主管部门牵头，组织技术专家和有经验的操作人员进行评审。

A.4.4 系统投运试运行

当先进控制系统中全部变量均完成投运，并达到连续 24 小时以上运行时间后，系统将进入试运行阶段。试运行期间，装置运行安全必须放在首位。

试运行期间，项目组对先进控制系统运行情况进行跟踪，试运行考核结束后，必须提交《工程项目试运行记录》，如遇较长时间段的运行考核或用户要求（视具体项目情况而定），还需提交《试运行报告》或类似相关阶段性成果标志文档。

A.4.5 项目考核验收

项目考核验收包括系统移交、系统考核和评估、项目验收准备、项目验收、维护信息登记、项目技术积累。

A.5 项目实施第三阶段

项目实施第三阶段分为项目总结和内部检查，如图 3 所示。

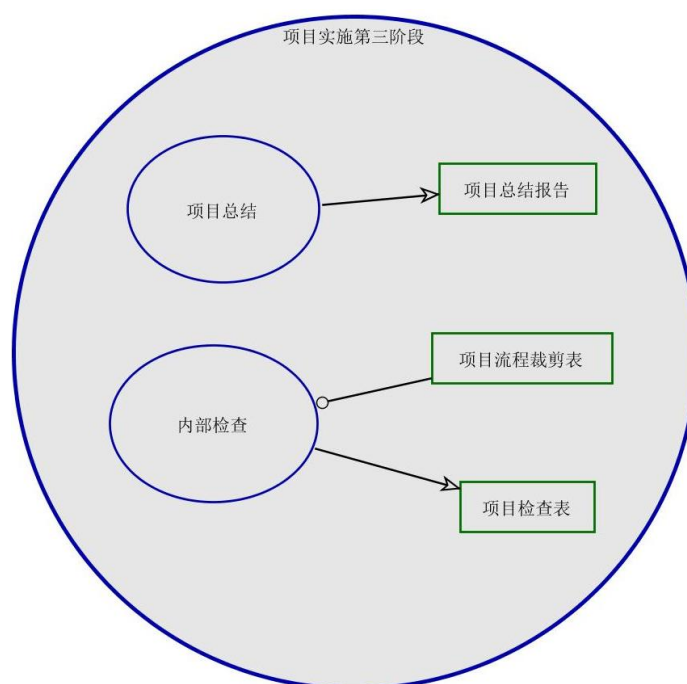


图 A.3 项目实施第三阶段 workflow

A.5.1 项目总结

项目经理对工程项目的总体实施过程进行总结，完成《项目总结报告》。

A.5.2 内部检查

技术管理工程师根据《项目流程裁剪表》对项目资料进行检查，检查结果在《项目检查表》中记录，并经部门主管、公司工程端领导审批确认。

A.6 项目实施第四阶段

项目实施第四阶段分为获取维护信息、形成维护任务书、项目维护实施、维护资料整理，如图 4 所示。

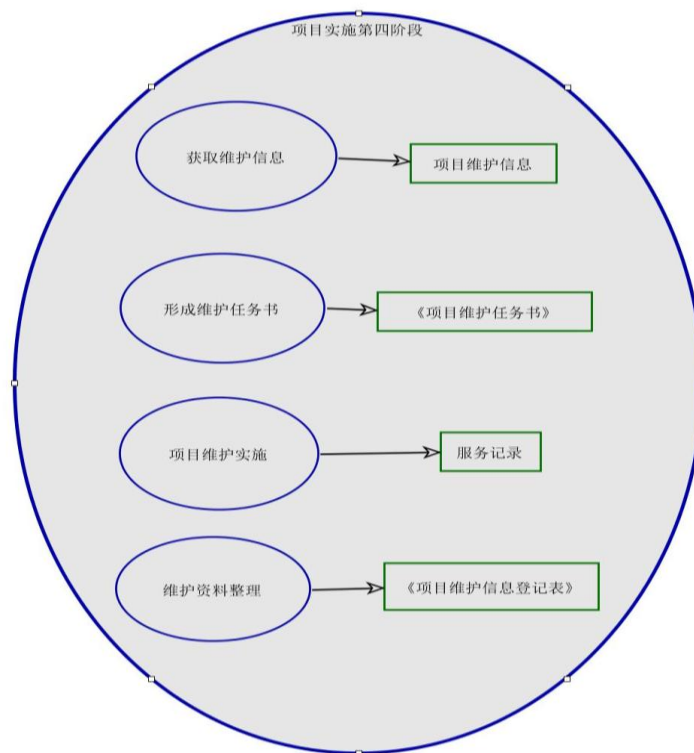


图 A.4 项目实施第四阶段 workflow

A.6.1 获取维护信息

通过营销管理部、销售部门及工程人员获取相关的项目维护信息后，将信息传递到项目的归属部门，归属部门指定项目维护负责人。维护项目如不在质保期内，则由相关销售人员进行商务洽谈，签订维护合同。

A.6.2 形成维护任务书

项目维护负责人根据维护信息及需求，对项目维护的解决方案、措施、人力投入及注意事项进行说明，形成《项目维护任务书》，并提交部门经理审核，公司审批。

A.6.3 项目维护实施

项目现场的维护工作应该遵照相关管理规定进行操作。维护工作完成后，形成《服务记录》，并提请客户方签字确认。

A.6.4 维护资料整理

维护工作完成后，维护负责人更新《项目维护信息登记表》，提交相关维护资料。在维护项目工作量投入较大或维护合同额较高时，维护项目可视为项目的二期，按新项目控制方式进行管理。

参考文献

- [1] 王树青等. 先进控制技术及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
 - [2] 金以慧. 过程控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993.
 - [3] 诸静等. 智能预测控制及其应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002.
 - [4] 王树青等. 工业过程控制工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
 - [5] Richalet J, Rault A, Testud J L, et al. Model predictive heuristic control: Applications to industrial processes[J]. Automatica, 1978, 14(5): 413-428.
 - [6] Camacho E F, Alba C B. Model predictive control[M]. Springer, 2013.
 - [7] Qin S J, Badgwell T A. An overview of nonlinear model predictive control applications[M]. Nonlinear model predictive control. Birkhäuser Basel, 2000: 369-392.
 - [8] Qin S J, Badgwell T A. A survey of industrial model predictive control technology[J]. Control engineering practice, 2003, 11(7): 733-764.
-