



艾克高级排程软件用户手册

（简称：**AicAPS V1.0**）

北京艾克信控科技有限公司
地址：北京市海淀区学清路 9 号汇智大厦 A1510
电话：010-62328579
邮箱：support@aic-tech.com
网站：www.aic-tech.com

目录

1	前言	3
1.1	文档说明	3
1.2	版本说明	3
2	排程配置说明	4
2.1	设备配置	4
2.1.1	设备树配置	5
2.1.2	设备主数据配置	6
2.1.3	设备日历配置	8
2.2	生产工艺配置	11
2.2.1	工序配置	11
2.2.2	时序约束	14
3	排程操作说明	16
3.1	定义排程指令集	16
3.1.1	排程指令集	16
3.1.2	排程参数	17
3.2	作业管理	18
3.3	排程操作	18
3.3.1	排程操作	18
3.3.2	资源甘特图	20
3.3.3	资源甘特图	22
3.3.4	资源负荷图	22
3.3.5	物料消耗图	23
3.4	生产实绩	23

1 前言

1.1 文档说明

本文档针用于说明北京艾克信控科技有限公司高级排程软件（**AicAPS**）。手册主要从基础数据配置和客户端操作两方面对 **APS** 的应用进行介绍。

编写目的

编写本使用说明旨在充分叙述 **MES** 系统的 **APS** 模块所能实现的功能及其使用方法，以便使用者了解并灵活使用本产品进行工业生产，同时方便本系统的维护与更新。

术语与缩写说明

APS(Advanced Planning & Scheduling) —— 高级计划与排产。

1.2 版本说明

AicAPS V1.0 是在原 **AicMES** 排程模块基础上重新开发而来。主要特点：

- 支持用户自定义排程指令集
- 支持灵活的排程参数配置
- 改进甘特图操作
- 支持生产实绩显示

2 排程配置说明

排程数据的配置主要分为两部分：设备和生产工艺。这些配置信息都需要在 MES 配置工具中完成，最新的 MES 配置工具主窗口如下图所示。

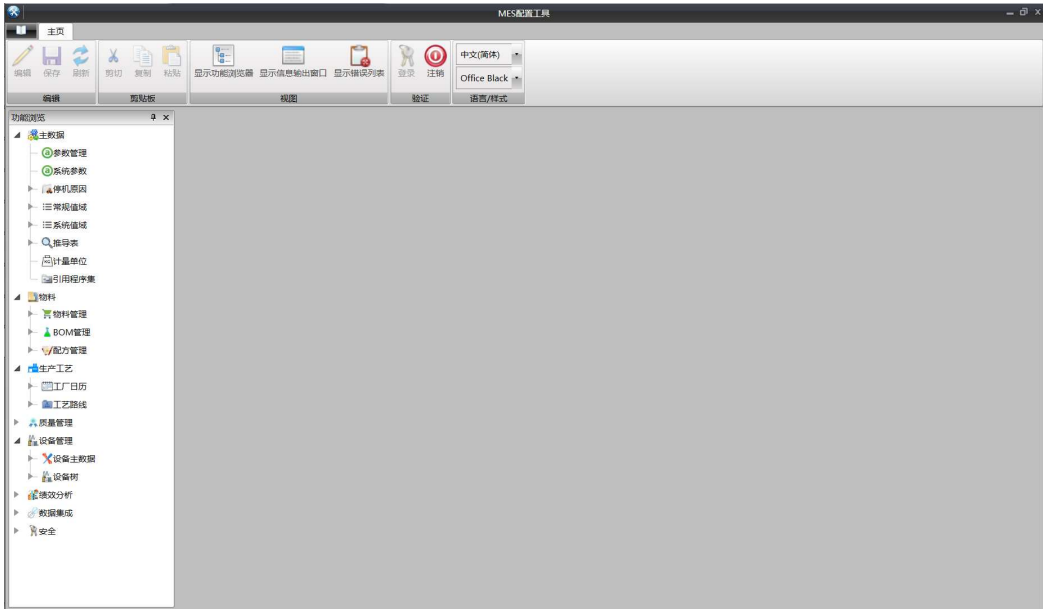


图 2-1 MES 配置工具主界面

所有与 MES 系统通用配置相同的部分，当前文档不再赘述，在此仅对 APS 相关配置内容进行强调描述。

2.1 设备配置

设备管理一共分为两项内容：设备主数据和设备树。设备主数据中配置设备的类别、分组、维修保养计划等信息，设备树中配置实际生产的设备列表。

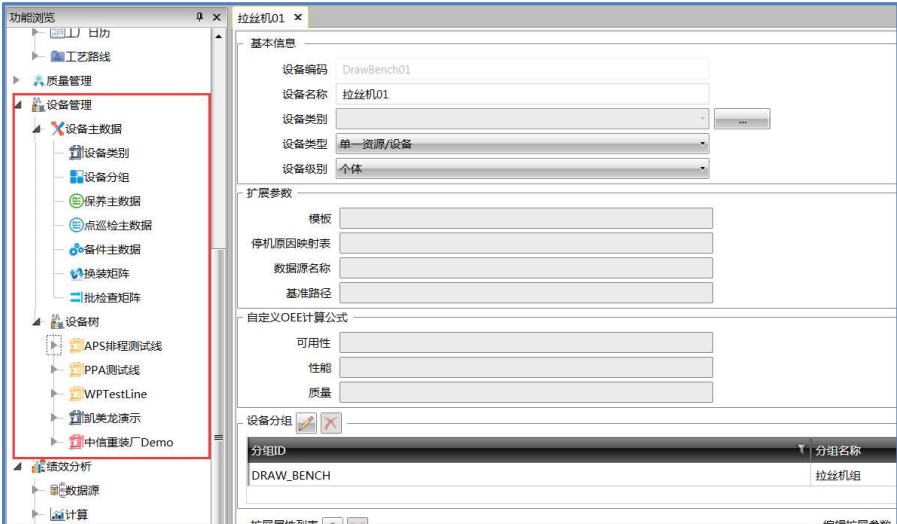


图 2-2 设备管理窗口

2.1.1 设备树配置

在设备树中添加一个新的设备，如下图所示。

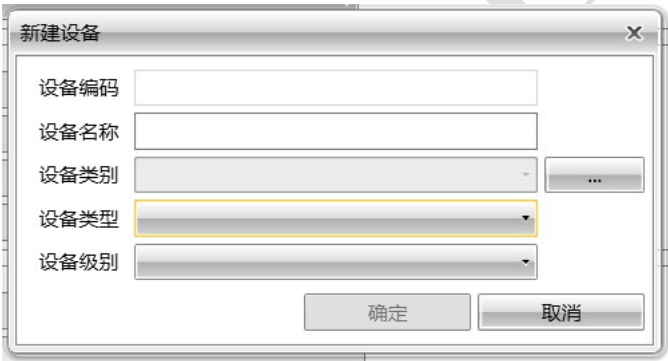


图 2-3 新建设备

设备类型有下面三种可选：单一资源/设备、复合资源/设备、并发资源/设备。其中单一资源/设备一个时刻只能执行一个单个作业；复合资源/设备同一时刻可以执行多个作业；并发资源/设备（也称“炉资源”）可以同时执行多个作业，但是这些作业必须同时开始同时结束。

设备级别有下面六种可选：企业、工厂、区域、生产线、个体、单元。设备树配置过程中尽量依照实际生产现场进行设备树组织并设定对应的设备级别。本配置工具的设备树中还用不同的设备图标颜色进行设备级别区分。必须注意的一点是，生产排程是排定到个体级别，即只有个体级别的设备资源能进行生产作业排定，一般情况下也只有个体级别的设备类型配置是有用的。

在某些情况下，独立的设备也可以配置为单元级别，譬如某生产现场将同一类型的三台设备 **ABC** 当做一个整体进行管理，那么可以在设备树中配置一个复合资源/设备类型、个体级别的设备，并且在此设备下配置 **ABC** 三个单一资源/设备类型、单元级别的设备。



图 2-4 设备详细信息

对于复合资源/设备和并发资源/设备，我们需要在设备详细信息管理窗口中为其配置名为 **【MAX_CAPACITY】** 的扩展参数，该参数值即为设备的生产能力；对于单一资源/设备不需要此配置，其默认生产能力为 1。

设备树中不仅可以配置实际的硬件设备，也可以配置人员或者其他进行生产的事物，所以文档前面称之其为资源/设备，为简化说明，下面统一称为资源。

设备分组是将可以用于执行同一作业的资源划分到一起的逻辑性分组。一个设备组内可以包含一个或多个资源，一个资源也可以隶属于一个或多个分组。在执行对应的作业时，该设备组内的资源是可以替代的（当然执行效率可能不同，但必然都有进行该作业的能力）。注意理解设备分组和设备类别的区别。在设备详细信息界面我们可以看到当前设备所隶属的设备组，并可进行配置（后面会再对此配置单独说明）。

2.1.2 设备主数据配置

双击打开设备分组配置界面，如下图所示。其配置操作较简单，暂且略去。



图 2-5 设备分组配置

双击打开换装矩阵界面，如下图所示。设备换装是实际生产中很常见的一个问题，如在车床上进行刀具的更换，换装需要一定的操作时间，故而对实际的生产安排产生影响。为使计划排程更为准确，对于换装时间不能忽略时，我们就需要在对需要换装的设备进行换装矩阵配置。

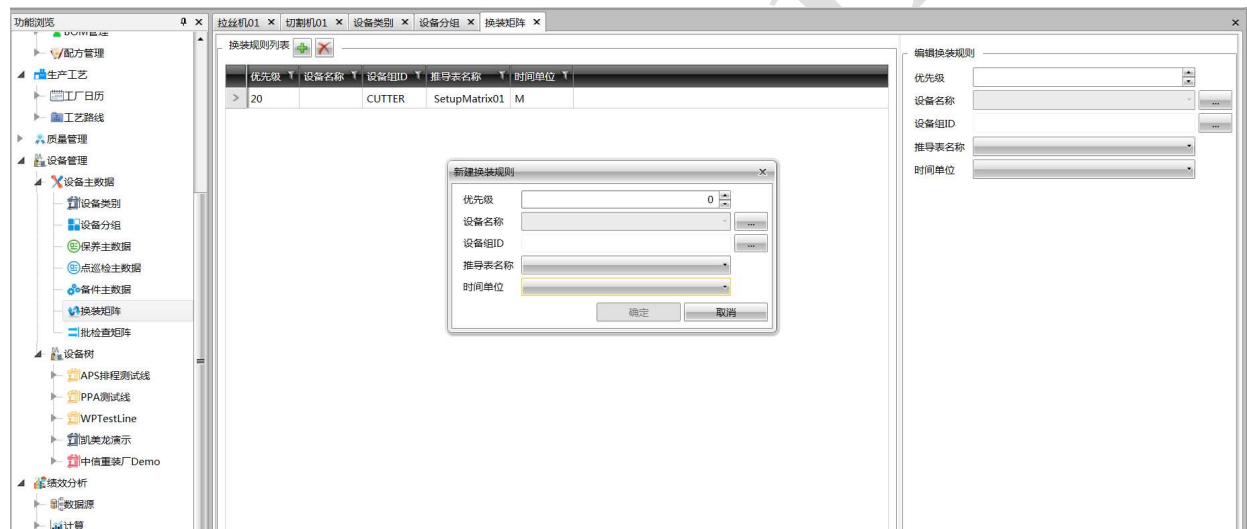


图 2-6 换装矩阵配置

该界面即为换装矩阵的规则列表。从本质来讲所谓换装规则就是什么设备在需要多长时间完成特定生产状态的切换。本系统中换装矩阵的计算融合了推导表的思想，具体的换装时间在推导表中完成计算。最终一条换装规则需要配置的信息包括：设备或设备组（二者只配置其中一个即可，如果配置设备组表示该规则同时对多个设备生效）、使用的推导表、换装时间单位（推导表只返回一个数值，所以需要在换装规则中配置时间单位）、优先级。设备的生产状态在工序设备中配置，这会在后文中再提及。如此即具有了一条完整的换装规则。当同一设备上配有多条换装规则时会按照优先级进行排序，仅第一条生效。

在这里对换装矩阵的推导表进行说明，它有着特定的格式。在新建推导表时，选择【ChangeOver Matrix】类型，则会生成换装矩阵专用的推导表。其输入输出列自动生成，且不允许修改。两个输入分别表示设备换装前后两个状态标识，输出列返回需要的换装时间值。

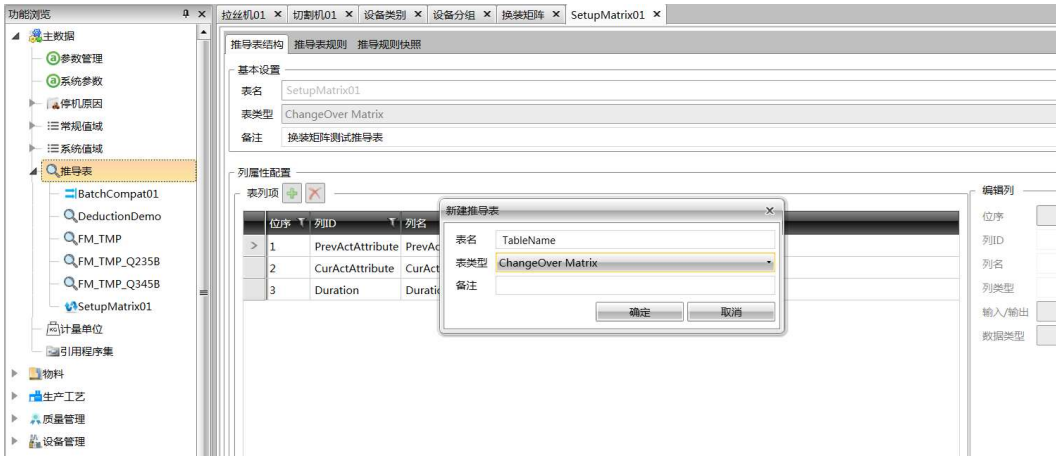


图 2-7 换装矩阵推导表配置

与换装矩阵配置类似的，还有一个批检查矩阵，该配置用于判断两个作业是否可以在一个并发资源中同步进行。为便于理解现举例说明，某加热炉可用于多种材质的金属零件加热，但是不同材质的金属不能同时加热，那么有两个加热作业待执行，而该加热炉还有足够的生产能力时，排产调度器仍然需要进行一步检查，即此批检查配置。其配置方法与换装矩阵基本相同，仅区别在于其返回值是个布尔值（换装矩阵返回值是个表示时间的 **Decimal**）。

2.1.3 设备日历配置

设备主体信息配置完成后还必须为设备配置上对应的工厂日历，否则排程调度器会认为该资源一直处于停工状态不可用。

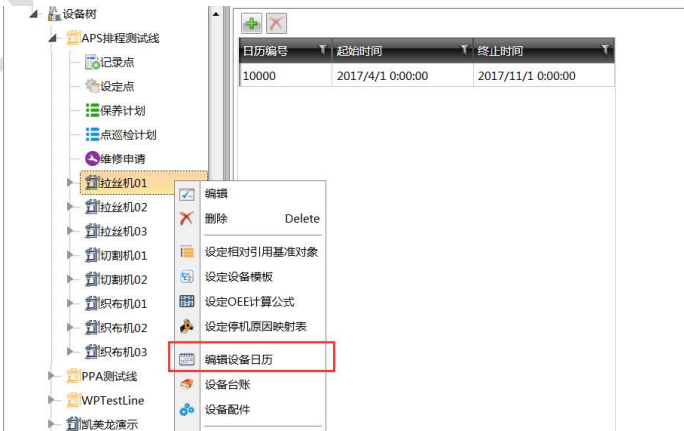


图 2-8 设备日历配置

具体的工厂日历配置方法在【艾克信控工厂绩效分析套件使用手册】中有说明，不解处可先自行查阅。在此对工厂日历配置的更新内容进行补充说明。

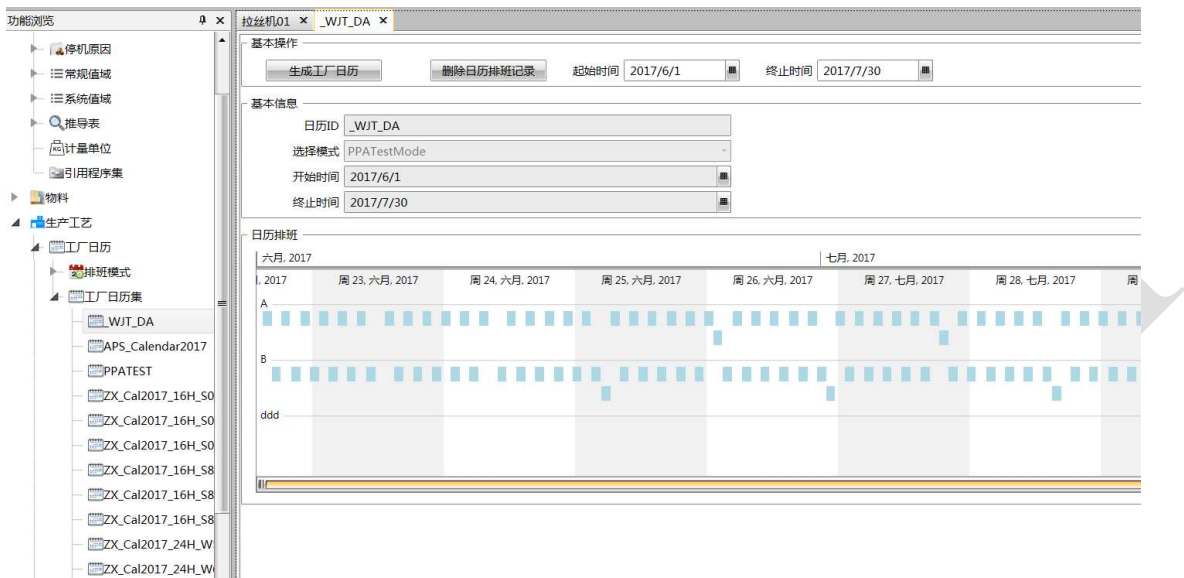


图 2-9 工厂日历配置

常规生成的工厂日历如上图所示。工厂日历可以在完整的时间区域内分时间段多次生成，也可以自定义时间区段删除已创建的日历班次。但原有的工厂日历无论如何进行增删操作，或者进行假日或班组的管理，所生成的日历只能依照既定的排班模式实现。而该配置无法满足实际生产需要，故在原有基础上工厂日历的配置进行了以下的几项调整。

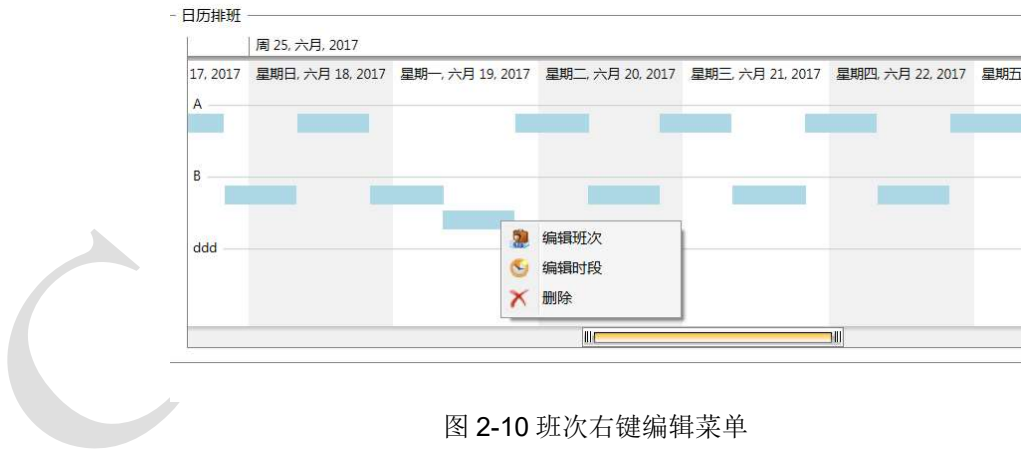


图 2-10 班次右键编辑菜单

在配置工具中，可以右击已生成的班次对之进行编辑。在【编辑班次】中可以修改该班次的工作班组以及起止时间；需要注意的是修改班次时间时不能与其他班次时间出现交叉。【编辑时段】功能与初版相同。此处还可以直接删除单个班次。

右击日历区域还可以新建一个生产班次，同样注意该班次时间不能与其他班次时间出现交叉，当然班次时间也不能超出工厂日历的范围。补充说明，在添加班次的弹出框中要填写的时段 ID 为添加新班次是系统自动创建对应时段（其时间范围与班次时间范围相同）的编号。

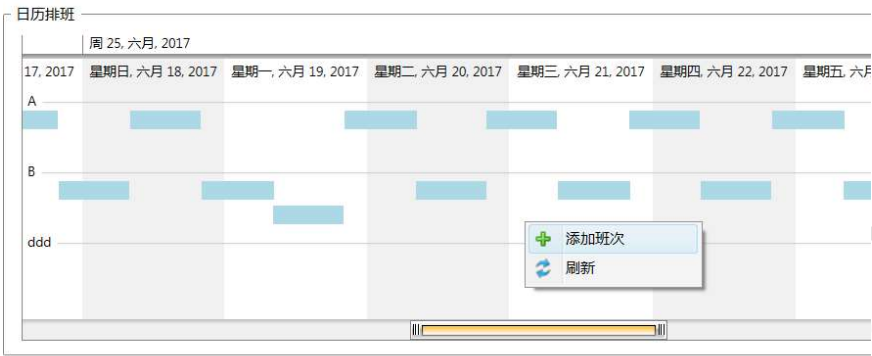


图 2-11 添加班次

通过上面这些调整内容，生产管理人员可以较方便的对小时间范围的工作时间实现调整。如果对大时间段的工作模式调整，则请建立新的工厂日历。

2.2 生产工艺配置

设备资源是进行生产的基础，那么实际生产该如何执行，这就是生产工艺。

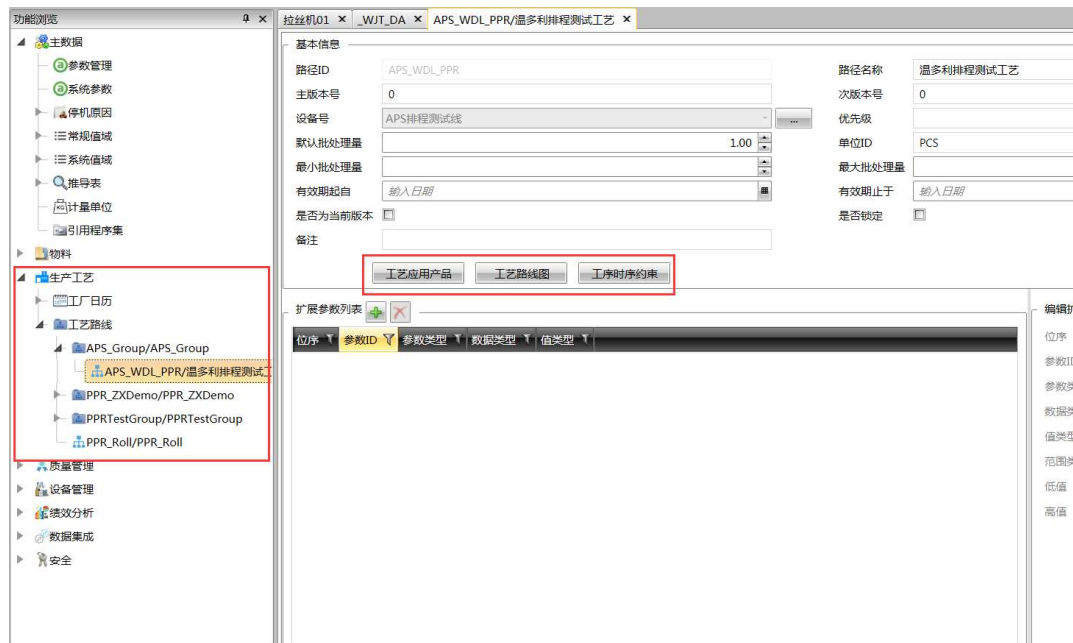


图 2-12 生产工艺配置

2.2.1 工序配置

生产工艺的核心配置就是工艺路线图，如下图所示。一条生产工艺一般包含多道生产工序，下面范例中的工艺则共包含三道工序。同样生产工序的基本配置不再赘述，直接进行排程相关说明。

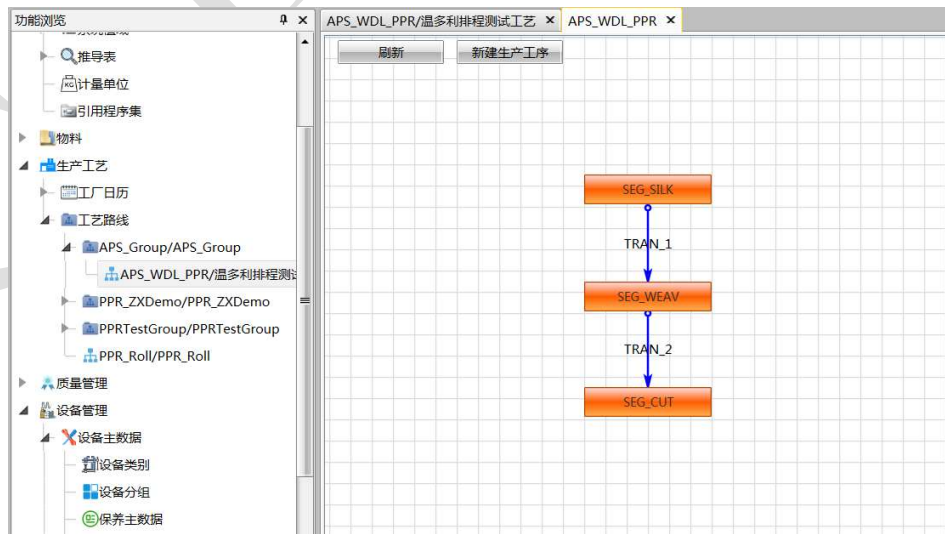


图 2-13 工艺路径范例

对于生产工序，需要配置的主要内容有设备和物料，在这两者中又尤以设备为主。打开工序的【设备安排】界面，如下图所示。

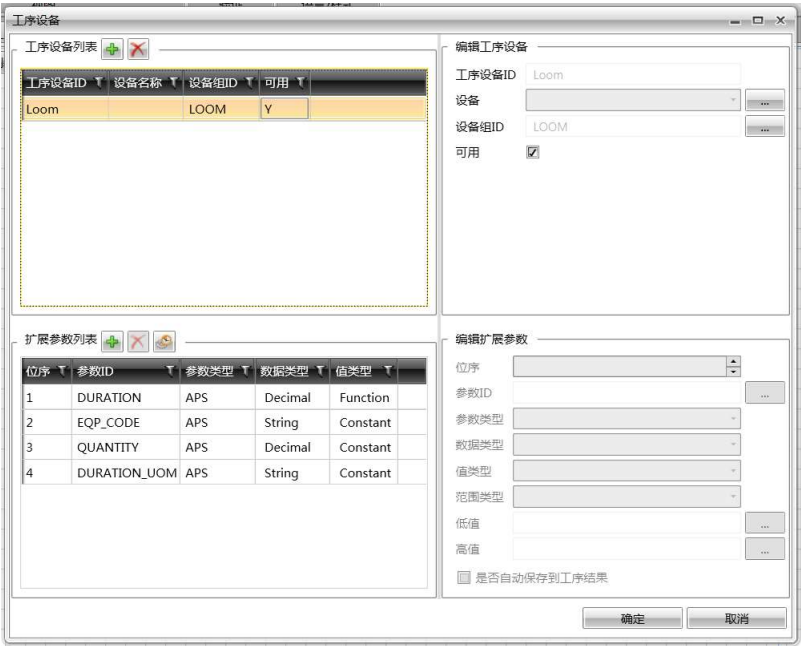


图 2-14 工序设备安排

所谓设备安排，即是配置用于执行该工序作业的资源。执行该作业的资源可以是一个特定的设备（即该作业只能使用某个固定资源来完成）或一个设备组（该作业用此设备组内的资源都可以完成）。如果设置工序设备为一个设备组，那么后面排程时，排程调度器就回安排作业到设备组中的某个设备上执行。设备和设备组二者选一填写即可，如上图选定 **LOOM** 设备组可执行当前工序作业，如果同时填写了设备和设备组，那么设备设置生效，设备组被无视。

每个工序设备都需要配置若干扩展参数，缺少必须参数则排程无法进行。点击【排程参数快捷设置按钮】打开工序设备的排程参数界面。

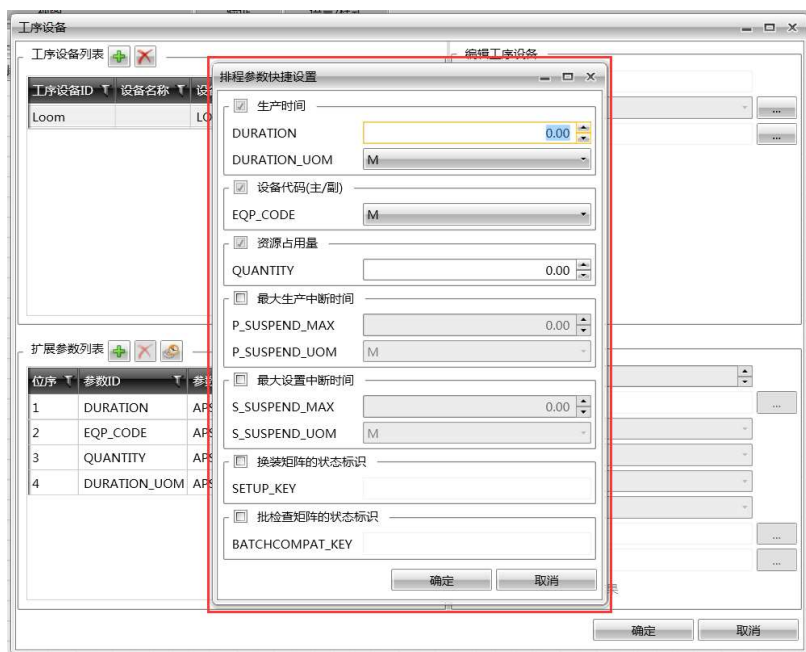


图 2-15 工序设备排程参数

这是工序设备排程参数的快捷创建面板，只是为了更加编辑的创建排产相关的扩展参数，不通过该面板直接在工序设备主界面创建亦可。

在对工序设备参数进行解释前先引入一组相对的概念：**【主资源】**和**【从属资源】**。所谓主资源指的是执行当前工序的核心资源；从属资源也被称为副资源，指的是执行当前工序的辅助资源。主资源对一个作业工序是必不可少的，工序的作业时间也基本是根据主资源而定；而从属资源是可选配置，一般仅用于表示实际生产中从属资源量的限定。

例如，当车削某个零件时，我们主要依赖一个车床来执行这个作业，那么就可以定义这个车床为主资源；那么同时车削这个零件需要在车床上安装特定的刀具，没有可用的刀具则作业也无法进行，那么这个刀具就可以被定义为从属资源。

对于一般生产经常有刀具、夹具或操作人员等生产因素被定义为从属资源；但当这些资源限制本身在生产中可以忽略时，或其约束因素可以直接定义在主资源上时，我们也可以不定义从属资源。注意实际使用时，主副资源的设定需要灵活运用，在某些情况下设置操作员为主资源，而设备做副资源也是可能的。

在此首先针对主资源，对这些参数含义进行说明：

【EQP_CODE】：必选参数，设备代码，每个工序的执行必须有且只有一个主资源，主资源的设备代码为“M”，其他设备代码则为从属资源（副资源）；

【QUANTITY】：必选参数，表示该工序作业对于设备资源产能的占用量，一般为 1

【DURATION】：必选参数，表示该工序作业的生产执行时间；

【DURATION_UOM】：必选参数，表示该工序作业的生产执行时间的单位，可选 S、M、H、D，分别对应秒、分、小时、天；

【P_SUSPEND_MAX】：最大生产中断时间，主要针对不连续的工作时间段，判断当前作业是否可跨中断时间进行生产，未配置该参数时按 0 处理；

【P_SUSPEND_UOM】：最大生产中断时间的单位；

【S_SUSPEND_MAX】：最大设置(换装)中断时间；

【S_SUSPEND_UOM】：最大设置(换装)中断时间的单位；

【SETUP_KEY】：换装矩阵判断的状态标识；

【BATCHCOMPAT_KEY】：批检查矩阵判断的状态标识。

而对于从属资源，不同之处在于，一般只需要为其配置【EQP_CODE】和【QUANTITY】这两个参数，而其他参数因素一般只依据主资源而定。

在此界面进行快捷创建后，可回到工序设备界面对这些参数进行再次修改。以【DURATION】参数为例，一般实际订单的某个工序的生产时间与订单的生产数量相关，那么 Duration 值可能是一个关于订单数量的表达式，甚至用到订单的某些扩展参数，那么该快捷创建界面只能创建一个普通常量值，所以在该参数创建完后需再回到工序设备界面修改该参数为 Expression 或 Function 类型，并对参数值再次编辑。

进阶使用说明，对于某些生产订单，我们可能需要根据某些订单参数确定可用的设备组，那么在工序设备界面中我们可以通过配置上所有可能的多条工序设备记录，并通过给每条记录配置 VALID_YN 扩展参数来完成设备组的选择。

对于实际的生产排程而言，其实只有设备是必须的。但如果需要在排程界面中统计物料需求情况，那么也就需要配置工序物料信息。此部分没有特殊之处，在此不做说明；不过需要特别提醒的是，工序物料中配置的物料数量是针对完整的生产工单，而非单件成品对应量。

2.2.2 时序约束

配置完一条完整的工艺路径后还需要针对排产功能为之配置工序时序约束。不同于工艺路径中的工序连接，时序约束强调的是工序之间的时间约束信息。



图 2-16 工序时序约束

下面举几个小例子说明工序之间的时间约束：

工序 1 执行完成后，工序 2 才能开始，这是一种时序约束；

工序 1 执行完成后，由于移动运输的关系，必须至少过 20min，工序 2 才能开始；

假如工序 1 是加热炉加热，加热完成后为使工序 2 在产品未完全冷却时进行，那么必须在 30min 内工序 2 结束；

工序 1 开始后，工序 2 也就要开始，但是需要 10min 的间隔时间。

上面这些都是工序约束的例子，我们可以体会到这其中可以包含工序连接的信息，但又不限于此。而且工序约束间的约束分为很多种，如：开始时刻与开始时刻间的约束、开始时刻与结束时刻的约束、结束时刻与开始时刻的约束、结束时刻与结束时刻的约束。这种约束分类被称为接续方式，目前可选的有这四种：ES、EE、SE、SS，这其中 S 指 Start，E 指 End；最常见的时序约束接续方式是 ES（最常规的情况就是为每条工序连接创建一个 ES 约束）。另外时序约束不仅有最小间隔约束，也可能会有最大间隔约束，如上面加热炉的例子。

工序时序约束也配置完成后，排程相关的基础数据就算配置完成。

3 排程操作说明

MES 客户端界面如下图所示，排程相关界面在界面功能树【生产计划】下。【生产排程(C)】和【生产排程(S)】是排程功能实现的主界面，这两个界面功能基本相同，而实现思路有所区别。【生产排程(C)】界面中排程算法直接在客户端实现，而【生产排程(S)】的排程算法则在服务端实现。下面针对各个界面对客户端排程使用进行说明。

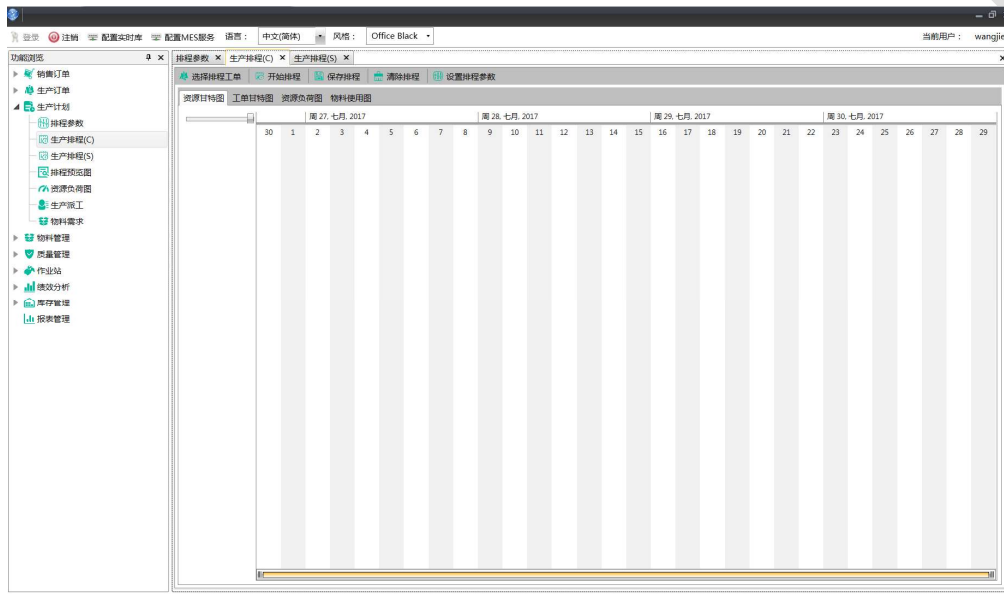


图 3-1 客户端主界面

3.1 定义排程指令集

排程指令是指从作业选择到作业分派的一个完整的排程过程，针对一个排程指令，可以配置相应的排程参数，如分派方向、分派规则等。一组排程指令组合在一起，称为排程指令集。AicAPS 通过支持用户自定义排程指令集，实现灵活的排程策略。

3.1.1 排程指令集

可以把一组排程指令组合起来进行排程，称为排程指令集。AicAPS 支持用户自定义排程指令集。支持在排程指令集添加、删除一条排程指令。每个排程指令通过设置不同的参数，实现不同的排程功能。比如处理一组作业时，需要对交期临近的作业进行正排，对交期时间充裕的实现倒排等。

在排程操作时，允许操作员方便地选用不同的排程指令集。

3.1.2 排程参数

排程参数用于设置排程指令相关的参数，如下图所示。



图 3-2 排程参数界面

下面对各个排程参数进行说明：

分派方向：最常规的排程方式有两种：前向排程和后向排程。前向排程是指从排程时间范围的起始时刻开始向后依次排定生产任务；后向排程是指从排程时间范围的终止时刻开始向前依次排定生产任务。前向排程一般是面向库存生产，后向排程一般是面向订单生产（保证交货期即可）。此处的优先级排程是指根据订单优先级判断是前向排程或后向排程。

排程优先级策略：当选择根据优先级进行排程时，优先级值和排程策略的对应关系在这里定义。现在将优先级分成三个区段，最高的区段属于紧急订单，需要马上生产，故采用前向排程；第二个区段属于重要订单，需保证其按时完工，故后向排程；第三个区段属于一般订单，再根据剩余资源可用情况前向排程。在此需注意，实际排程时订单的处理顺序是按订单优先级降序排的。

交货期预留时间：一般生产订单会需要提前截止日期一定的时间就完成生产，这样来保证有足够时间进行后续处理，这个参数即用于定义此提前期。

排程优化目标：系统排程时的优化选择策略。

执行时间计算：当某个工序存在多个工序设备且配置有不同的生产时间时，该参数用于判断作业的执行时间如何取定。

3.2 作业管理

作业管理提供统一界面，管理发布待排程的作业（工单工序），并允许在这个界面直接调整作业的排程参数，比如加工时长、指定加工设备等。

允许选中一部分工单的作业，进行本次排程；已排程未生产的作业允许重新排程。

3.3 排程操作

3.3.1 排程操作

【生产排程(C)】界面在客户端运行排程算法，完成订单调度。对于一般的生产模型，客户端排程效率相对更高；但纯客户端的实现方式无法处理资源并用问题，所以一般要求不同客户端不要同时进行排程操作。其主界面如下图所示。

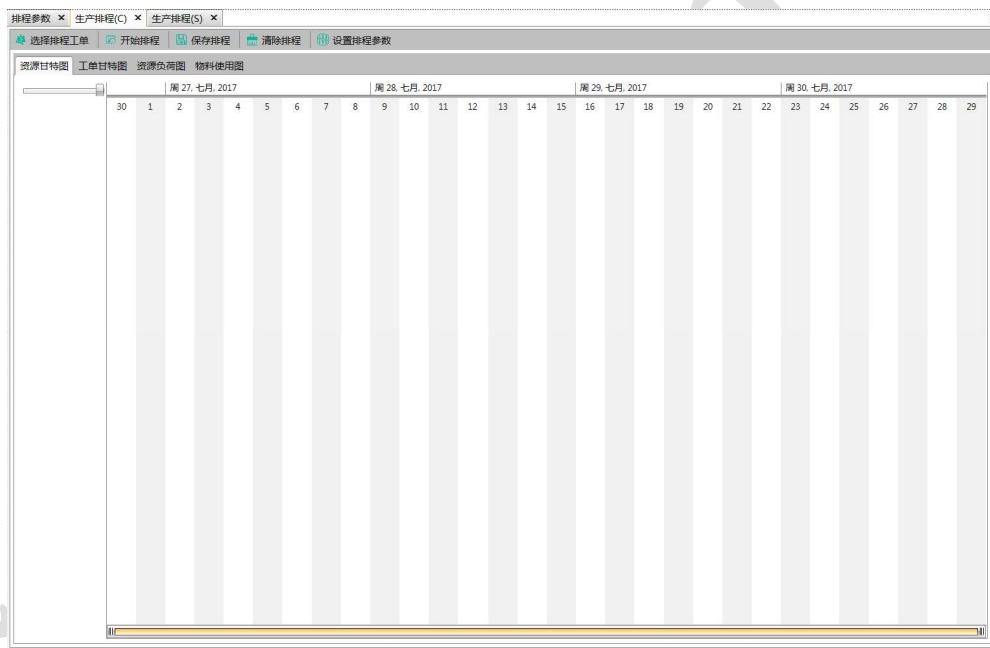


图 3-3 生产排程 Client 界面

介绍该界面前，先做一点使用说明，虽然该界面的排程算法在客户端实现，但使用该界面之前需要保证 MES Server 的运行。服务程序主要用于换装矩阵和批检查矩阵的计算，当排程模型中不涉及此问题时不运行 MES Server 也是可以的。

排程界面一共包括资源甘特图、工单甘特图、资源负荷图和物料使用图四个显示界面，各个界面有着不同的显示主体信息。其中资源甘特图是主操作界面。

一般排程前，先点击【设置排程参数】进行参数设置，主要可以限定排程时间范围、指定当次排程的排程策略或限定排程使用的资源范围。实际排程的限定时间范围会综合此参数设定对话框的时间范围与待排程订单的截止日期而定。

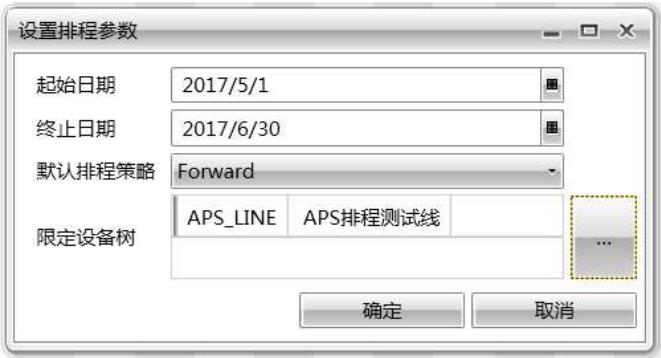


图 3-4 设置排程参数

点击【选择排程工单】按钮可以选择此次排程需要处理的工单。默认限定的订单状态是【解算】，实际上也可以选择已排程的订单再排程。在此进行简单说明，新建新的生产工单时会为之设定对应的工艺路线，生产工单排程前需要对之进行解算；这一过程即是将根据该订单的实际数据将生产工艺信息进行计算并附于该工单上，而这些参数提供排程的依据。

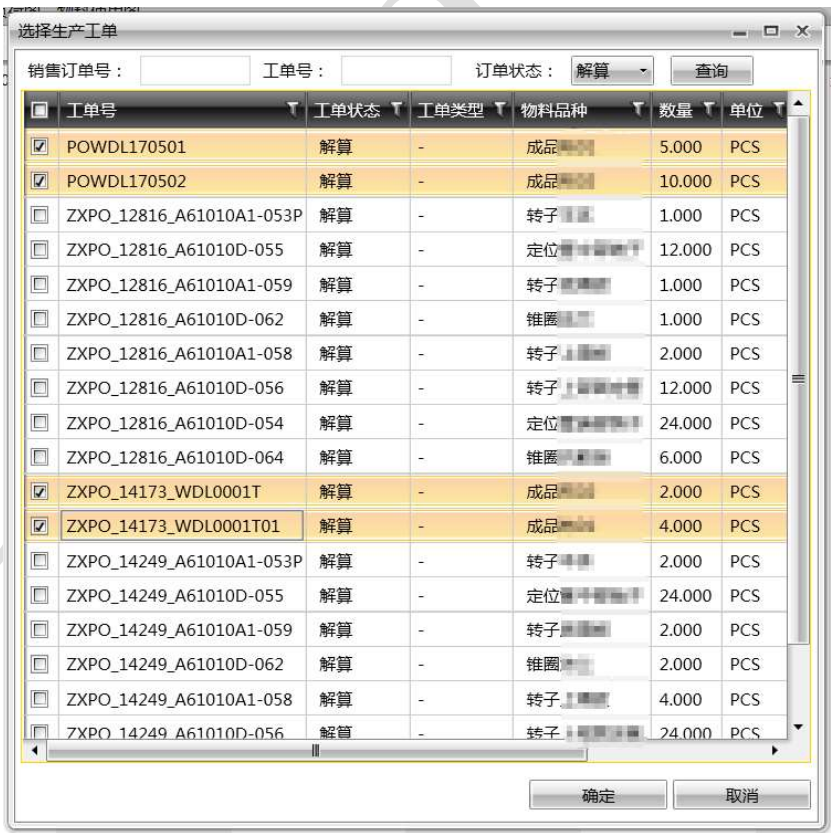


图 3-5 选择排程工单

点击【开始排程】则对已选择工单进行实际排程处理。当处理订单量较大时可能需要片刻的等待。最后的排程结果会在资源甘特图上有所呈现，如下图所示。排程失败的订单会在下部的信息窗口进行提示。如果排程过程中无具体的异常信息提示，仅在信息窗口中显示某工单排程失败，则排程失败原因就是在当前限定时间范围内对应资源并无足够的生产能力完成当前任务。而具体的根本因素可能来自以下几个方面：①资源未配置设备日历，或设备日历的工作时间很少，导致设备本身不足以完成该任务；②工单的截止日期偏早，当前可用生产期限太短；③工单解算所得的实际生产需要时间较长；对应的调整优化也就需要从这三个方面着手。

3.3.2 资源甘特图

该界面以甘特图的形式，在各个资源的时间线上显示各个工序作业的排程结果。该界面中不同订单以不同颜色标识，鼠标移到作业项上会显示对应的缩略信息。右击作业项还可以对该订单高亮显示，或查看作业的相关详细信息。

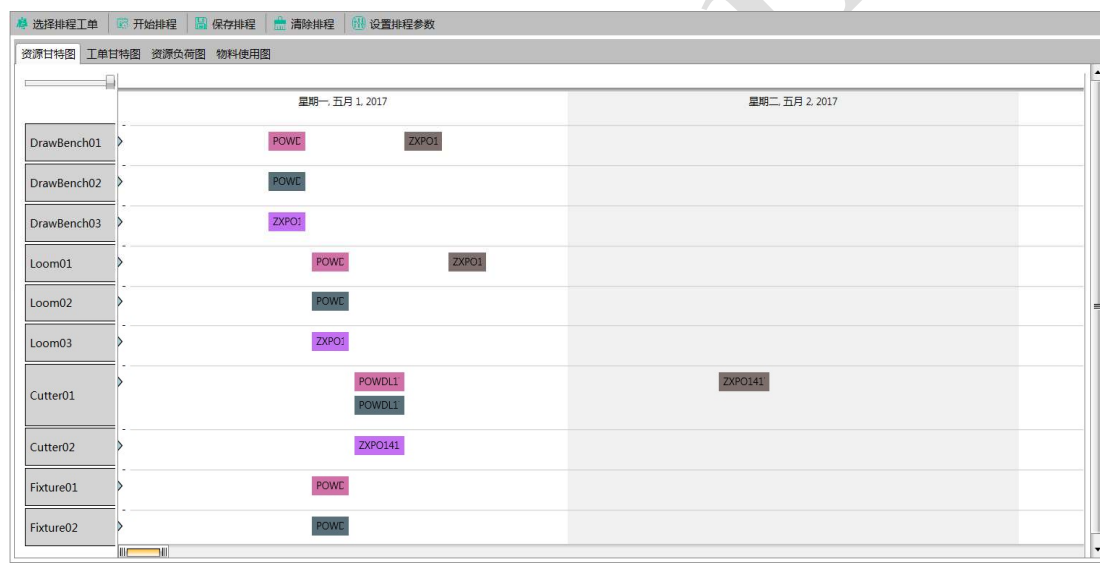


图 3-6 排程结果-资源甘特图

SEG_WEAV_15092

生产订单信息

工单ID

POWDL170501

物料名

成品布01

数量

5.000

单位

PCS

工艺路径名

温多利排程测试工艺

优先级

50

创建日期

2017/5/13

截止日期

2017/5/30

工序设备

模型设备ID	设备ID	是否可用	设备编号	设备ID	设备名称
Loom		Y	10015	Loom01	织布机01
Fixture		Y	10016	Loom02	织布机02
			10017	Loom03	织布机03

工序物料

物料ID	输入/输出	数量	单位	消耗类型
测试原料	O	12.000	PCS	P

调度计划

工单ID

SEG_WEAV_15092

资源

Loom02

起始时间

2017/5/1 10:20

结束时间

2017/5/1 12:20

图 3-7 查看作业排程详情

该界面是排程处理主界面，当自动排程结果不合乎生产要求时，计划人员还可以直接在该界面对排程结果进行手动调整。直接用鼠标拖作业项到想指定的资源或时间即可。但当手动调整违背约束条件时，调整无效。此外，由于实际作业时间一般只根据主资源而定，副资源仅表示副资源量的限定，所以手动调整也只对主资源生效，在副资源上无法进行手动调整。

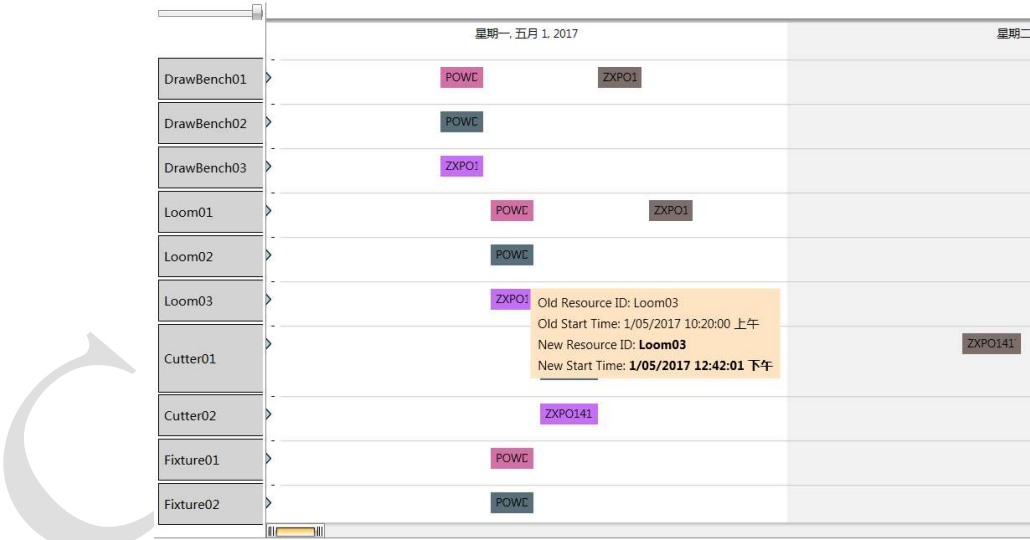


图 3-8 排程手动调整

点击菜单栏上的【保存排程】可以进行排程结果保存。保存分为两种：【全部保存】可以把当前全部成功排产订单的排程结果全部保存；【选择保存】则由用户选择部分订单进行保存。

点击菜单栏上的【清除排程】则可以选择清空当前界面或直接清除数据库中全部选中订单的已保存排程结果。

3.3.3 资源甘特图

下面对其他几个显示界面作简要说明。工单甘特图以工单形式组织显示排程结果。当可以选中生产工单匹配到销售订单时，该界面还会以销售订单的结构对生产工单再进行组织。在此再进行一个额外说明，在实际生产中同一个销售订单下的不同工单也可能存在时序约束，这在当前的排程系统中也是可以处理的。

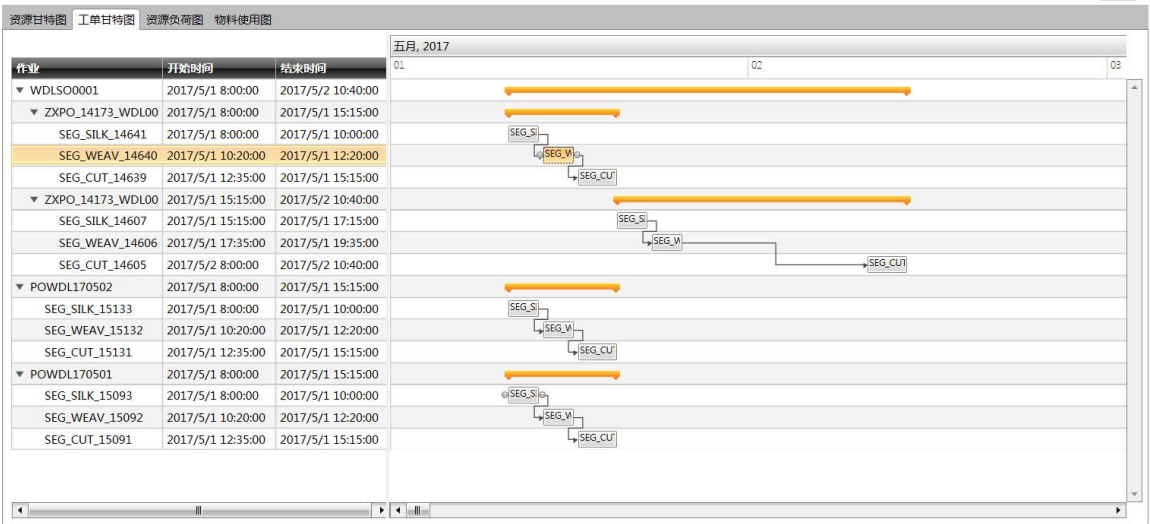


图 3-9 排程结果-工单甘特图

3.3.4 资源负荷图

资源负荷则用于显示资源占用情况。该占用情况不仅包含当前作业排定结果，也可能包含有历史排程工单对资源的占用。该图中绿色柱形图表示资源产能的占用情况；红线表示资源的产能限制。

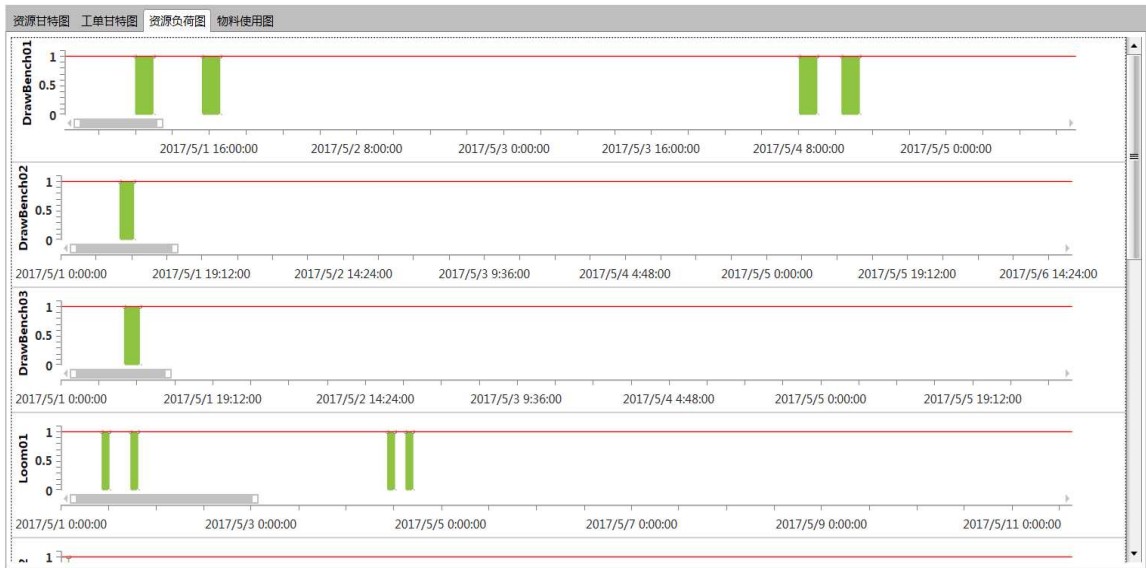


图 3-10 排程结果-资源负荷图

3.3.5 物料消耗图

物料使用图显示该排程结果的物料使用情况，该信息主要来源于生产工艺中工序物料的配
置。物料曲线中不仅包含原材料的使用曲线，也包含终产品的生成曲线，也包含中间品的产出
与消耗曲线。该曲线图中，红色曲线表示物料消耗量，蓝色曲线表示物料产出量。对于中间品
而言，如果红色曲线高出蓝色曲线则表示物料应用有异常。

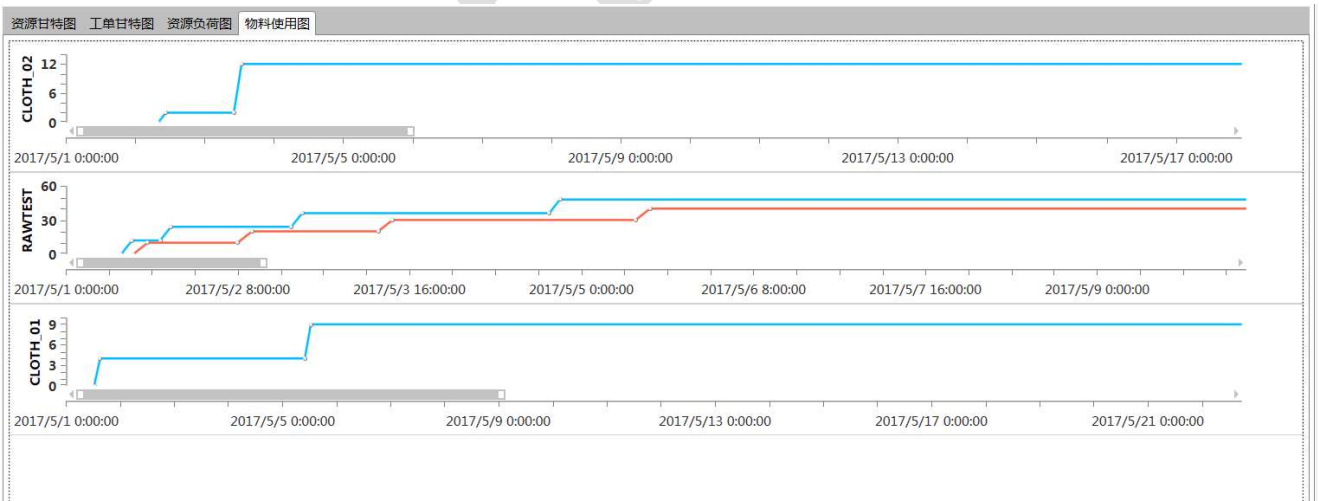


图 3-11 排程结果-物料使用图

3.4 生产实绩

AicAPS 允许标记作业的实际完成情况，如在甘特图上使用斜线标记作业已完成。作业实
绩来自于报工数据。生产实际界面以资源甘特图形式呈现，如下图所示。

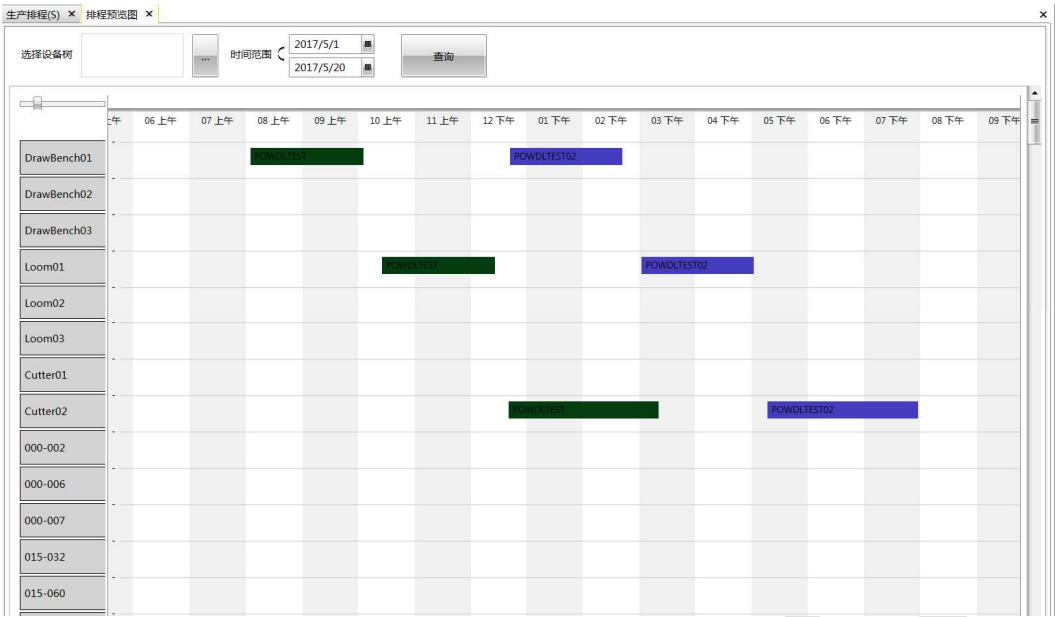


图 3-12 排程预览图