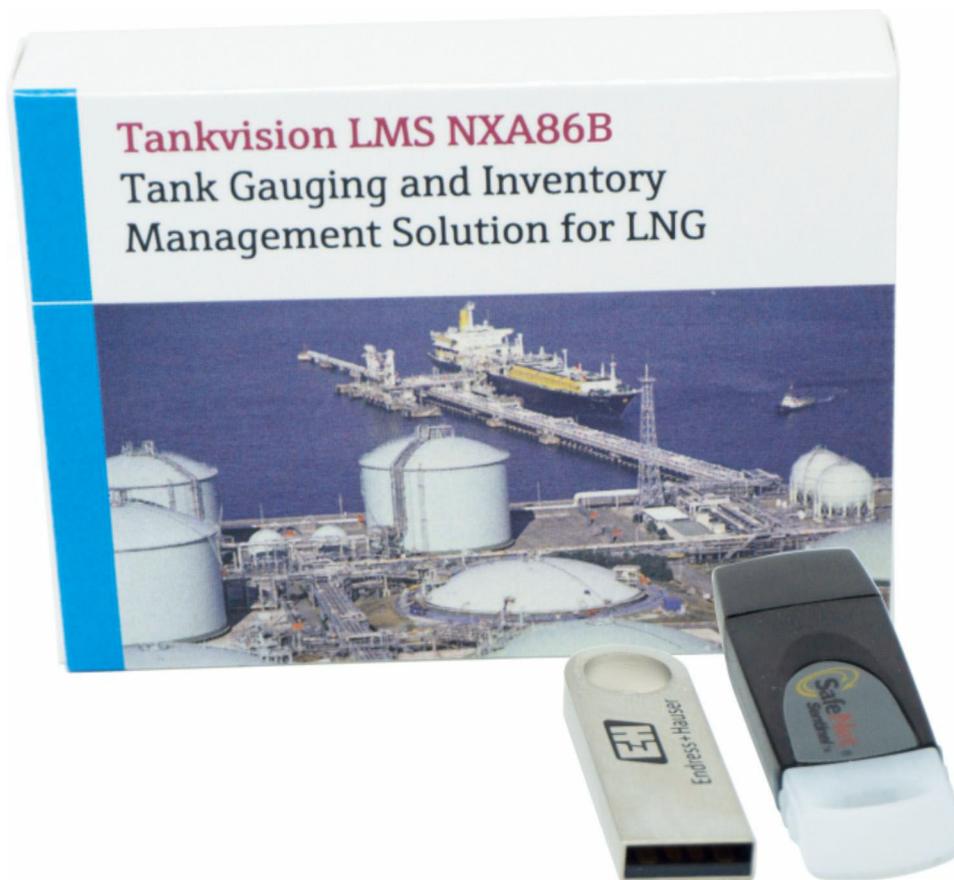


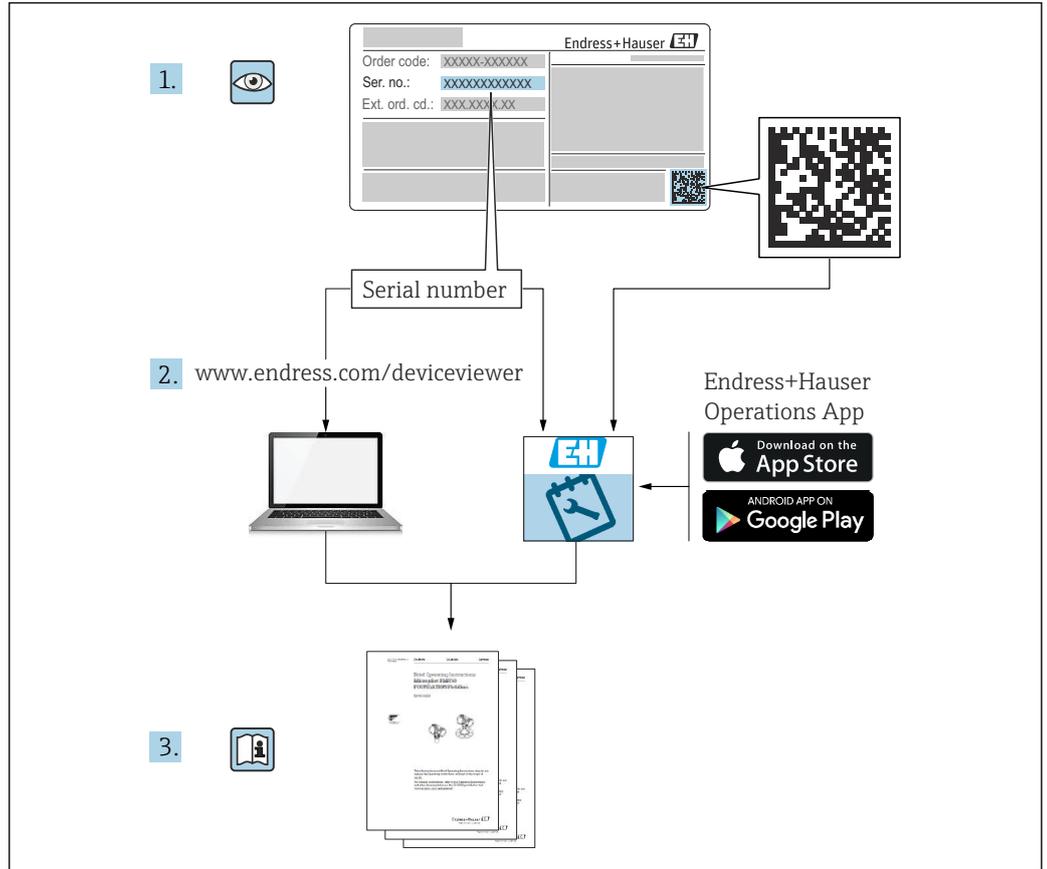
操作手册

Tankvision LMS NXA86B

LNG 储罐翻滚预测



- 请妥善保存文档，便于操作或使用设备时查看。
- 为了避免出现人员受伤或设备损坏危险，必须仔细阅读“基本安全指南”章节，以及针对特定操作步骤的文档中的所有其他安全指南。
- 制造商保留修改技术参数的权利，恕不另行通知。Endress+Hauser 当地经销商将向您提供最新文档信息和更新说明。



A0023555

变更历史

BA01702G/01.17

- 适用软件版本: 18.0.2 和 18.0.3
- 初始版本

BA01702G/02.18

- 适用软件版本: 18.1.1
- 对上一版本的修订:
兼容 Windows 10 和 Windows Server 2016

BA01702G/03.22

- 适用软件版本: 18.3.2
- 对上一版本的修订:
添加章节:
查看结果
规划翻滚预测

BA01702G/04.24

- 适用软件版本: 18.3.3
- 对上一版本的修订:
兼容 Windows 11 和 Windows Server 2022。对现有功能的影响极小。

目录

1	文档信息	6
1.1	文档功能	6
1.2	信息图标	6
1.3	文档资料	6
1.4	注册商标	7
2	基本安全指南	8
2.1	人员要求	8
2.2	指定用途	8
2.3	IT 安全	8
3	到货验收和产品标识	9
3.1	到货验收	9
3.2	产品标识	9
4	翻滚预测	10
4.1	逆推法	10
4.2	优先闪蒸	11
4.3	闪蒸计算	11
4.4	假设	11
4.5	输入参数	11
4.6	模型特性	12
4.7	模型预测	12
4.8	显示的警告	12
5	翻滚预测软件	13
5.1	设置仿真	13
6	运行和后处理	19
6.1	查看预测	21
6.2	密度和温度收敛图	22
6.3	闪蒸率的变化	23
6.4	各分层的密度变化	24
6.5	层厚度变化	25
6.6	温度和分层变化	26
6.7	组分变化	27
6.8	热值变化	28
6.9	预测摘要	28
7	查看结果	32
7.1	打开现有结果	32
7.2	导入结果	32
7.3	重新运行预测	32
8	规划翻滚预测	33
8.1	设置	34
8.2	触发器	36
9	附录	41
9.1	热导率值	41

索引	43
----------	----

1 文档信息

1.1 文档功能

安装 Tankvision LMS NXA86B 时应查阅本文档。

除计算机基本操作知识外，储罐计量系统操作无需专门培训。但还是建议用户参加 Endress+Hauser 的相关培训。

1.2 信息图标

1.2.1 安全图标



危险状况警示图标。若未能避免这种状况，会导致人员严重或致命伤害。



潜在危险状况警示图标。若未能避免这种状况，可能导致人员严重或致命伤害。



潜在危险状况警示图标。若未能避免这种状况，可能导致人员轻微或中等伤害。



潜在财产损坏警示图标。若未能避免这种状况，可能导致产品损坏或附近的物品损坏。

1.2.2 特定信息图标和图中的图标



提示
附加信息



参见文档



参考图



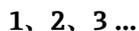
提示信息或重要分步操作



1、2、3 ...
操作步骤



操作结果



1、2、3 ...
部件号



A、B、C ...
视图

1.3 文档资料



配套技术文档资料的查询方式如下：

- 设备浏览器 (www.endress.com/deviceviewer)：输入铭牌上的序列号
- 在 Endress+Hauser Operations app 中：输入铭牌上的序列号或扫描铭牌上的二维码。

1.4 注册商标

1.4.1 Microsoft®、Windows®

Microsoft 和 Windows 是微软公司的注册商标

1.4.2 Modbus™

Modbus 是施耐德电气（美国）有限公司的注册商标

1.4.3 Java®

Java 是 Sun Microsystems 有限公司的注册商标

1.4.4 Mozilla® Firefox®

Mozilla 和 Firefox 是 Mozilla 基金会的注册商标

1.4.5 Android®

Android、Google Play 和 Google Play 图标是谷歌公司的注册商标。

1.4.6 iPhone®、iPad®

iPhone 和 iPad 是苹果公司在美国和其他国家的注册商标。

2 基本安全指南

2.1 人员要求

执行安装、调试、诊断和维护操作的人员必须符合下列要求：

- ▶ 经培训的合格专业人员必须具有执行特定功能和任务的资质。
- ▶ 经工厂厂方/操作员授权。
- ▶ 熟悉联邦/国家法规。
- ▶ 开始操作前，专业人员必须事先阅读并理解《操作手册》、补充文档和证书中(取决于实际应用)的各项规定。
- ▶ 遵守操作指南和基本条件要求。

操作人员必须符合下列要求：

- ▶ 经工厂厂方/操作员针对任务要求的指导和授权。
- ▶ 遵守手册中的指南。

2.2 指定用途

2.2.1 Tankvision LMS NXA86B 软件的指定用途

Tankvision LMS 是面向 LNG 调峰、接收和生产设施的整体 LNG 储罐储存和管理解决方案。LMS 系统设计用于连接 LNG 储罐上常见的所有仪表，并通过一系列直观的图形用户界面收集和显示仪表数据。典型的 LNG 储罐将配备各种测量仪表，用于测量液位、液体密度、液体和蒸汽温度、液体和蒸气压力、表面温度等。

通常，每个储罐都会安装一台 LTD 仪表、两台液位计（一台设置为主仪表，另一台设置为副仪表）以及一台报警仪。LTD 仪表是安装在罐顶的伺服驱动测量仪表，旨在准确采集液体的整体温度和密度分布，而非进行连续液位、温度和密度测量。主仪表和副仪表可以是伺服驱动测量仪表和/或雷达式测量仪表，同样安装在罐顶。此类仪表旨在进行连续液位测量和平均液体温度测量。它们提供液位和温度的冗余测量能力。由多点平均温度计输出平均液体温度。报警仪通常是伺服驱动或雷达式测量仪表，经设置向独立系统提供无源触点报警状态。

LMS 系统既可以单机配置的形式运行，也可作为注重安全性和完整性的完全冗余系统运行。LMS 系统采用灵活的可扩展架构，能够根据不同的应用场合轻松定制。

2.3 IT 安全

我们提供的质保服务仅在根据《操作手册》安装和使用产品时有效。产品配备安全防护机制，用于防止意外改动。

操作员必须根据相关安全标准执行 IT 安全措施，为产品和相关数据传输提供额外的防护。

3 到货验收和产品标识

3.1 到货验收

收到交货时:

1. 检查包装是否完好无损。
 - ↳ 立即向制造商报告损坏情况。
不要安装损坏的部件。
2. 用发货清单检查交货范围。
3. 比对铭牌参数与发货清单上的订购要求。
4. 检查技术文档资料及其他配套文档资料, 例如证书, 以确保资料完整。

 如果不满足任一上述条件, 请咨询制造商。

3.2 产品标识

软件标识信息如下:

- 铭牌参数
- 订货号, 标识发货清单上的软件订购选项
- 在设备浏览器中输入铭牌上的序列号 (www.endress.com/deviceviewer): 显示完整软件信息。

在设备浏览器中输入铭牌上的序列号 (www.endress.com/deviceviewer), 显示配套技术文档资料。

3.2.1 铭牌

铭牌上标识法律规定的相关产品信息, 例如:

- 制造商名称
- 产品名称
- 订货号
- 扩展订货号
- 序列号
- 条形码

3.2.2 制造商地址

Endress+Hauser SE+Co. KG
Hauptstraße 1
79689 Maulburg, Germany
产地: 参见铭牌。

3.2.3 订货号和产品版本号

 登陆下列网址, 在搜索区中输入铭牌上标识的订货号查询软件版本号:
www.products.endress.com/order-ident

4 翻滾预测

翻滾预测算法基于集中参数模型，使用能量和物质平衡方程。此模型还基于热力学原理考虑了闪蒸现象。

此模型允许用户将储罐内的温度、密度和分层厚度变化 (从温度、层厚以及组分的初始条件开始) 可视化。此外，还能显示闪蒸率和蒸汽压力随时间的变化。

下图列举了模型内部考量的各种参数。

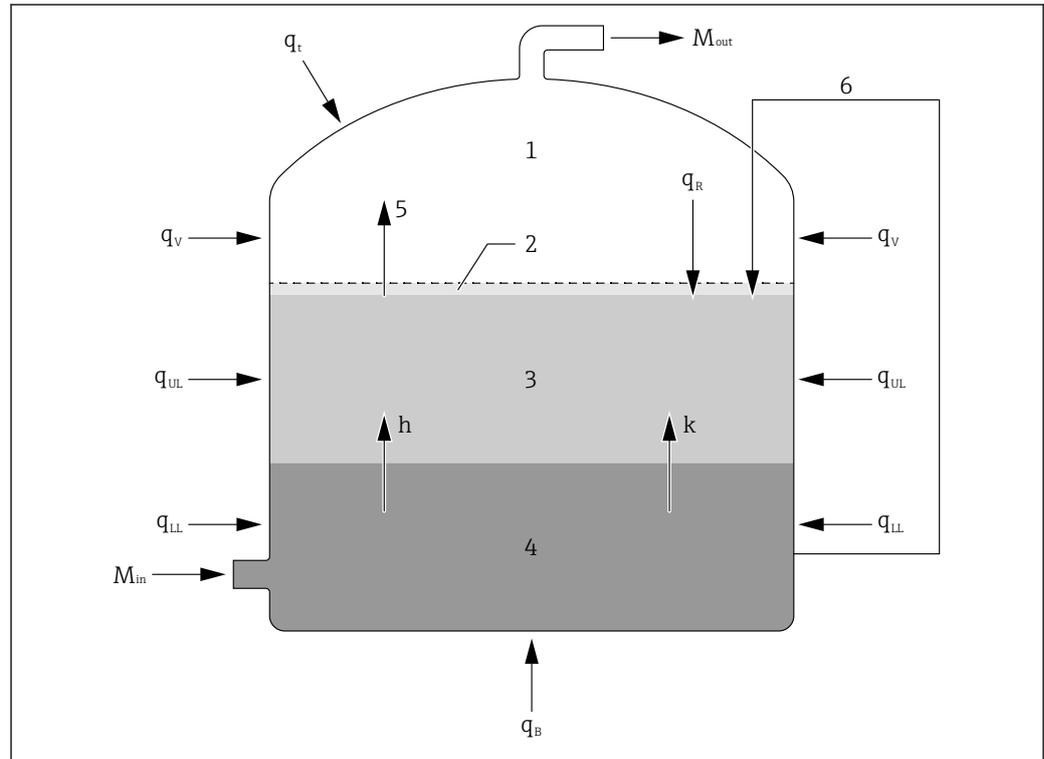


图 1 翻滾预测参数

- 1 蒸汽
- 2 蒸汽膜
- 3 上层
- 4 下层
- 5 蒸汽膜的分子闪蒸速率
- 6 外部再循环
- h, k 整个界面的传热和传质系数
- M_{in} 进入 LNG 储罐的摩尔流量
- M_{out} 流出 LNG 储罐的摩尔流量
- q_b 进入 LNG 储罐底部的漏热量
- q_{ll} 从 LNG 储罐侧壁进入下层的漏热量
- q_r 从蒸汽空间到蒸汽膜的传热速率
- q_t 从 LNG 储罐穹顶到蒸汽的漏热量
- q_{ul} 从 LNG 储罐侧壁到上层的漏热量
- q_v 从 LNG 储罐侧壁到蒸汽的漏热量

此模型使用传热和传质系数体现分层之间的热量和质量传递。传热和传质系数可由用户填入或通过内置经验关系式计算得出 (假设各层内部存在强扰动工况)。此外，此模型还提供一种创新的方法，可以使用逆推法基于实时 LTD 分布数据计算传热和传质系数。

4.1 逆推法

此模型的创新之处在于能够使用逆推法基于实时液位-温度-密度 (LTD) 分布数据估算传热和传质系数。

首先解出集中参数模型的控制方程，获得初始传热和传质系数，以此估算具体时间段内各分层的密度变化。同一时段的 LTD 分布数据提供储罐内各分层密度的实际变化。使用逆推法，通过执行定向搜索和调整传热和传质系数组反复解析集中参数模型，直至估算密度变化与实际密度变化（根据 LTD 分布数据获得）相一致，由此提供唯一的传热和传质系数组。

4.2 优先闪蒸

LNG 主要由甲烷、乙烷、丙烷和丁烷构成，并带有微量氮气。这些成份的沸点大不相同，首先闪蒸的是氮气，然后是较轻的碳氢化合物。集中参数模型使用汽液平衡原理体现较易挥发成份的优先闪蒸。通过安托万方程获得不同成份的饱和压力，首先估算氮气的最大饱和压力，然后再估算甲烷、乙烷、丙烷和丁烷的最大饱和压力。

4.3 闪蒸计算

从罐顶灌注时，以及在外部再循环操作期间，进行闪蒸计算尤其有帮助。如果储罐压力大于露点压力，而小于泡点压力，则为上述操作执行闪蒸计算。根据所灌注或再循环的 LNG 组分和温度以及储罐压力，估算特定灌注速率或再循环速率（进入蒸发空间）的相分数。

4.4 假设

预测模型基于以下假设：

- 储罐初始为分层状态，至少有一个液体层的成份已知。
- 具备一组储罐专用 LTD 分布数据。如需使用逆推模式，需要两组 LTD 分布数据（可手动输入不同数据）。
- 在计算过程中，漏热量保持不变。

4.5 输入参数

以下列表注明了模型所需的输入。如果模型搭配 LNG 储罐管理系统使用，则此系统已自带大部分数据。

如果没有可用数据，也可手动输入，具体从 DCS 或能够提供以下数据的任何其他设备查询：

- 储罐压力
- 蒸汽温度
- 储罐容积表
- 运行预测功能的时长（最长持续时间）
- 生成输出的时间步长
- 储罐内各液体分层和蒸汽空间的组分（模型可根据 LTD 分布数据预估缺失组分）。其中 Tankvision LMS 自带预定义组分，可自动选择最匹配分层温度和密度的组分。
- 灌注、清空和再循环操作的速率和持续时间，以及灌注储罐时的组分
- 进入储罐的漏热量，或者用于计算漏热量的以下参数：储罐内外的平均温度、隔热层数量、隔热层厚度以及隔热材料的热导率
- 物理属性，例如热导率、热扩散率和运动粘度（如果已知，否则模型会进行计算）
- 触发报警的泄放压力和设计压力
- 用户需要设置传热和传质系数的计算模式：手动、经验或逆推模式
- 用户需要设置分布数据选择的自动、手动提取或手动输入模式
- 用于估算传热系数的比例常数（使用经验模式时）
- 传热和传质系数（使用手动模式时）
- 各层的液位、温度和密度（手动输入分布数据时）

4.6 模型特性

使用手动分布数据选择，可对分布数据历史中可用的任何分布数据进行仿真。使用自动分布数据选择，可将数据历史中可用的最后一组分布数据应用于经验和手动模式，将最后两组分布数据用于逆推模式。或者，由用户在“手动输入”模式下填写表征各层所需的输入。

模型可体现各类储罐操作，例如储罐灌注（顶部或底部）、储罐清空（顶部或底部）以及外部再循环。

模型推荐顶部或底部灌注，具体取决于储罐中新 LNG 和现有 LNG 的密度。

4.7 模型预测

此模型将距离翻滚发生的时间确定为达到密度均衡所需的时长。将引导用户保存从模型预测中获得的输出数据，之后可用于比较和对照不同操作的预测结果。

对于每个预测，还会计算以下参数：

- 距离翻滚发生的时间
- 正常闪蒸率
- 峰值闪蒸率
- 最大蒸汽压力
- 发生翻滚事件前损耗的产品
- 传热系数
- 传质系数

4.8 显示的警告

根据计算数据，模型将显示以下警告：

- 在预测时间内发生翻滚
- 警告：存在向大气泄放的风险。
如果预测蒸汽压力超过规定泄放压力，模型将报警。
- 警告：存在储罐损坏的风险。
如果预测蒸汽压力超出规定设计压力，模型将报警。

5 翻滚预测软件

翻滚预测与储罐压力和蒸汽温度相关，可在 LNG 罐管理 GUI 界面的“设置”菜单手动设置这些参数，然后选择“手动数据”选项。选择合适的储罐和罐表，勾选复选框，并将蒸汽压力和温度字段设置为合适值。通常，LNG 的储存压力略高于大气压。密度计罐表用于读取所有数据。储罐直径和储罐高度基于储罐容量表计算。

5.1 设置仿真

如需启动翻滚预测模块，首先打开 Tankvision LMS，然后单击翻滚预测按钮 ，在 Tankvision LMS GUI 界面上）打开翻滚预测软件。将打开一个顶部带菜单的空白窗口。在菜单栏选择 **Prediction** → **New**。将打开一个弹出窗口，如下所示。

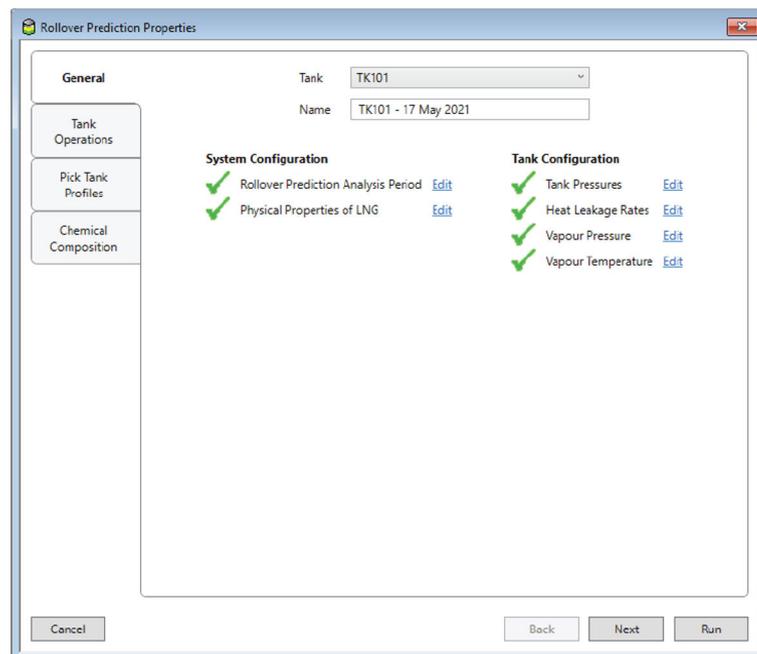


图 2 翻滚预测属性

5.1.1 常规

从下拉列表选择一个储罐，并根据需要编辑自动生成的预测名称。

可在相关项的侧面设置 **Tank Pressures** 和 **Heat Leakage Rates**（通过单击单击 **Edit** 链接）。将打开下图所示的设置界面。

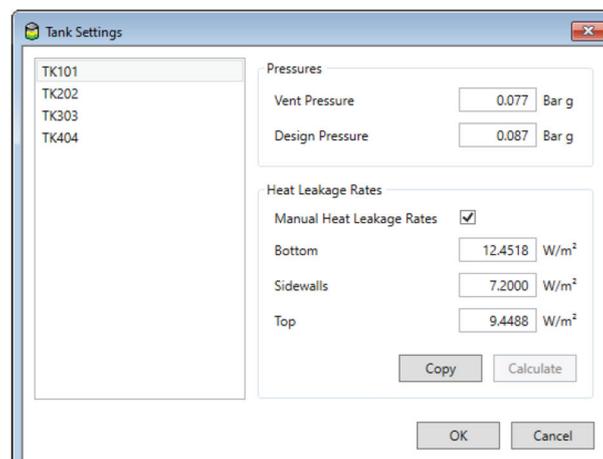


图 3 储罐设置

此处可以勾选 **Manual Heat Leakage Rates** 选项，并输入 **Bottom**、**Sidewalls** 和 **Top** 漏热量。如需从另一个储罐复制漏热量，单击 **Copy** 按钮，然后从列表中选择源罐。也可计算这些参数。为此，取消勾选 **Manual Heat Leakage Rates** 选项并单击 **Calculate** 按钮。将显示如下界面。

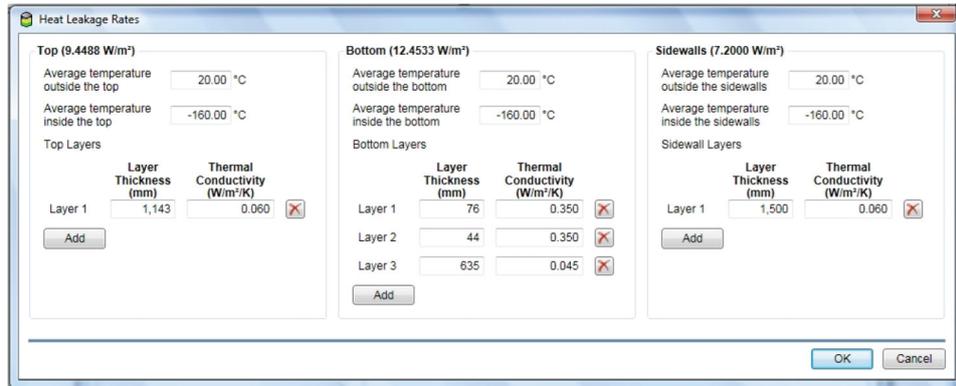


图 4 计算漏热量

如果计算漏热量，用户需要设置储罐顶部/底部/侧壁的外部 and 内部平均温度、隔热层数量以及各隔热层的厚度和热导率（具体数值参见“附录”）。

Vapour Pressure 和 **Vapour Temperature** 参数可通过单击相关项侧面的 **Edit** 链接进行设置。将打开下图所示的**手动数据输入**界面。单击窗口左上方的学位帽图标，查看展开项。

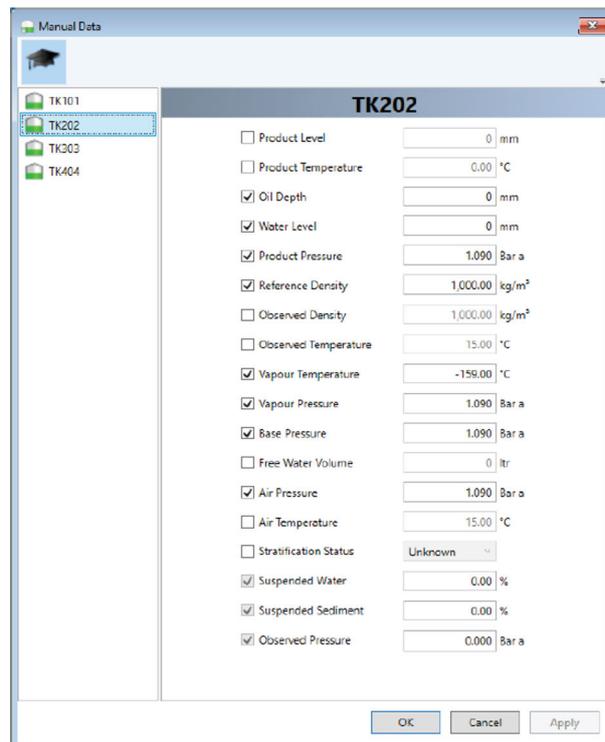


图 5 手动数据

必须设置待运行仿真的持续时间（最多 99 天），以及待显示输出的时间步长。为此，单击 **Edit** 链接（位于 **Rollover Prediction Analysis Period** 项侧面）。

将打开下图所示的窗口。

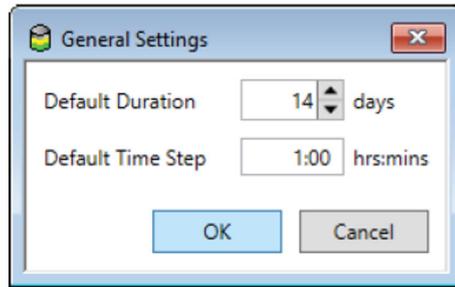


图 6 分析时长设置

LNG 物理属性（例如热导率、热扩散率和运动粘度）可在 **LNG 物理属性**界面上设置。为此，单击**编辑**链接（位于 **Physical Properties of LNG** 项侧面）。

将打开下图所示的设置窗口。

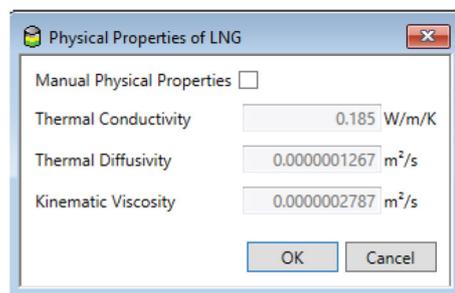


图 7 LNG 物理属性

如果不勾选以上复选框，则通过模型基于 LNG 属性（例如温度和密度）计算相关数据。

5.1.2 储罐操作

如需设置各类储罐操作（例如储罐灌注、储罐排空和外部再循环），可从左侧选项卡中选择 **Tank Operations**。将显示如下界面。

图 8 储罐操作

选择相应选项，开启或关闭外部再循环操作。如果选择外部再循环，则需要设置再循环速率（即从罐底移出并从罐顶灌注 LNG 的速率）以及再循环过程的持续时间。

选择相应选项，确定储罐当前是否正在灌注。

如果规定整个预测过程中不继续灌注操作，必须设置 **time remaining for filling**。

必须为灌注操作设置的其他项如下：

- **Filling type - Top 或 Bottom**
- **Temperature of the product being fed into the tank**
- **The filling rate**
- **The composition of the product being fed into the tank**

选择相应选项，管理当前正在进行的任何排空过程的设置。

类似于灌注设置，必须设置排空操作的持续时间、类型和速率。

5.1.3 提取储罐分布数据

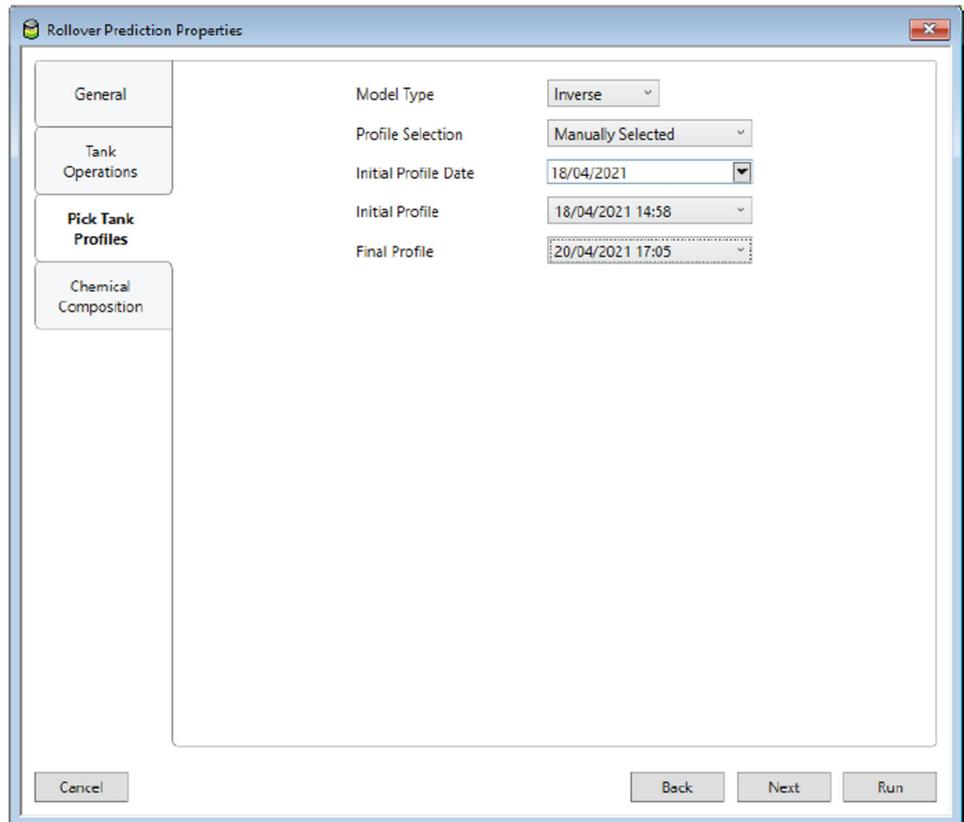


图 9 提取储罐分布数据

此模型提供两种计算传热和传质系数的方法，用于估算储罐各分层之间的传热和传质速率，即手动模式和逆推模式。通过更改 **Model Type** 选项选择模式。

对于手动模式，需要手动设置传热和传质系数。逆推模式使用两组实时 LTD 分布数据，基于各分层的密度变化估算传热和传质系数。

两种模式均可用于分布数据历史中可用的分层分布数据，或由用户提供的 LTD 数据。可自动或由用户手动选择分布数据。如果没有 LTD 分布数据，可手动输入表征两个液层液位、温度和密度的单组数据。对于自动分布数据选择，分布数据历史中可用的最后一组分布数据用于手动模式和经验模式，而最后两组分布数据（至少分隔 6 小时）用于逆推模式。如果选择“手动分布数据选择”，需从下拉框中设置确切的日、月、年和时间，从而在此范围内的分布数据用于运行模型。

5.1.4 化学组分

如需设置液层和蒸汽空间的组分，可从左侧选项卡中选择 **Chemical Composition**。将显示如下界面。

Component	Molecular Mass	Lower Layer (%)	Upper Layer (%)	Vapour Space (%)
Methane (CH ₄)	16.0426	94.700	96.500	96.500
Ethane (C ₂ H ₆)	30.0694	4.400	2.000	2.000
Propane (C ₃ H ₈)	44.0962	0.700	1.000	1.000
n Butane (n-C ₄ H ₁₀)	58.1230	0.100	0.100	0.100
Nitrogen (N ₂)	28.0134	0.100	0.400	0.400
Total:		100.000	100.000	100.000
Density (kg/m³):		439.16	434.73	

图 10 化学组分

Lower Layer、**Upper Layer** 和 **Vapour Space** 字段均需要输入组分。

层名称下方的下拉列表中可以选四种输入组分的方式：

- **Estimated (Vapour Space Only)**

由模型估算组分。

- **Automatic**

使用与模型温度和密度最匹配的预定义组分。

- **Name**

使用以选定名称设置的预定义组分。

- **Custom**

注明需要使用的组分的详细信息。当选择**定制**时，可从组分下拉列表中选择 LNG 的不同组分。将自动显示所选组分的分子质量。当在最后一行中选择组分时，将自动添加新组分。单击行左侧的 **X** 符号可以删除组分。

6 运行和后处理

模型设置完成后，单击窗口底部的 **OK** 按钮。将启动仿真功能。模型的执行过程通常需要约 5 分钟，具体取决于所选择的传热和传质系数计算方法以及设置的持续时间。

模型运行过程中将显示如下界面。



图 11 预测正在运行

如需取消运行当前模型，单击 **Cancel** 按钮。如需隐藏界面，单击 **Close** 按钮。如果模型仍在运行，Windows 通知栏中将显示一个图标。

计算完成后，将显示一个类似于下图的界面。

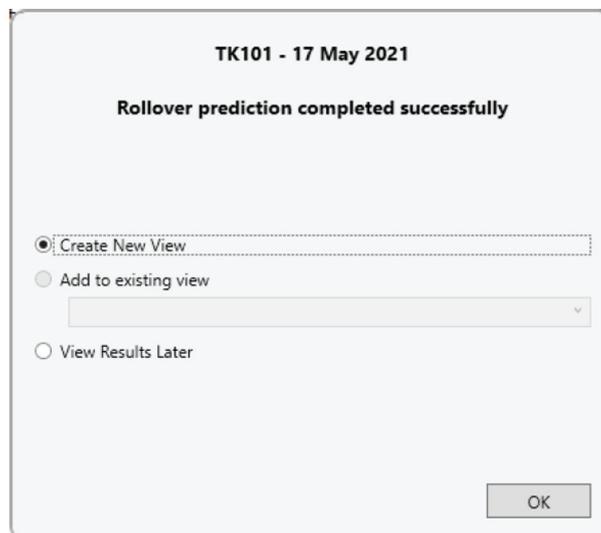


图 12 翻滚计算完成

如果模型无法成功运行，将显示错误信息。

如果模型成功运行，将提供以下三个选项：

■ **Create New View**

在主窗口的新窗格中显示结果。

■ **Add to existing view**

如果已在主窗口中打开结果，可选择一组现有结果，与添加的新模型运行结果进行比较。

■ **View Results Later**

不显示结果。结果仍将被保存，供日后查看。

当选择新视图选项时，结果将显示在主窗口的新窗格中，如下所示：

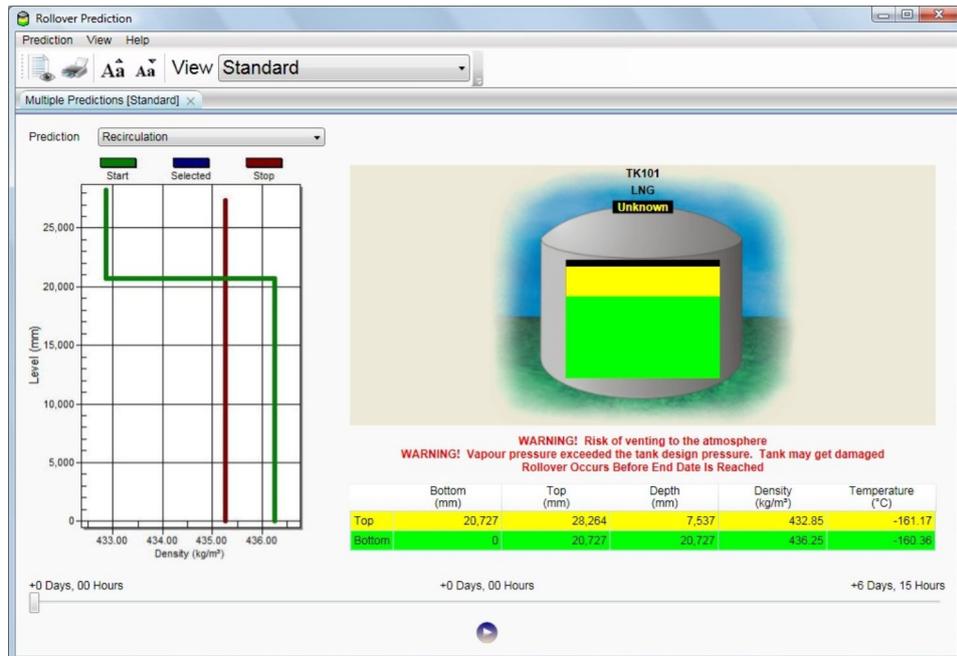


图 13 翻滚结果

如果模型预测在结束日期之前可能发生翻滚，储罐图下方将显示警告消息。

类似地，如果估算蒸汽压力超出泄放压力和储罐设计压力的预设值，也将触发警告：表面存在向大气泄放和储罐损坏的风险。

翻滚预测界面左侧的图表显示液位与密度的关系。绿色实线代表初始状态，而红色实线代表预测的结束分布数据。时间滑块允许用户查看分布数据的预测变更，既可以作为视频查看（单击播放按钮后），也可将时间滑块手动移至给定时间点查看（显示在滑块上方）。

界面底部的表格指示上层和下层介质的顶部和底部位置，以及各层的深度、密度和温度。随着时间滑块的移动，表格中的数字数据会更新，以反应当时预测的条件。

由于密度均衡是翻滚发生的标准，一旦各分层达到均匀密度，则翻滚预测模型终止，界面上显示信息“在到达结束日期前发生了翻滚”。如果在指定结束日期之前没有发生翻滚，则软件显示消息“已到达结束日期”。

如果已勾选储罐排空操作，且在结束日期前达到密度均衡状态，则软件在界面上显示信息“在储罐排空前发生了翻滚”。如果已勾选储罐排空操作，一旦下层或上层介质的深度小于 0.1 m，则翻滚预测模型终止，页面上显示信息“储罐已安全排空”。

翻滚预测模型的独特之处在于能够从实时 LTD 分布数据中推断传热和传质系数。逆推法使用两组相隔至少 6 小时的 LTD 分布数据（为了反应温度和密度的显著变化）。随后估算匹配密度计算值变化的传热和传质系数，相应数值通过同一时间段的 LTD 分布数据获得。摘要界面上显示通过逆推法估算的传热和传质系数。用户选择逆推模式时，使用与预测值相同的传热和传质系数进行翻滚预测。

使用工具栏中的选项可以查看当前窗口的打印版本、执行打印、增大或减小字体并分别查看不同结果。

6.1 查看预测

使用工具栏右侧的 **View** 下拉列表查看不同界面及仿真预测。

提供下列选项：

- **Standard** (仿真完成后默认显示的选项)
- **Convergence Graph**
- **Summary**
- **Boil-off Rate Graph**
- **Density Graph**
- **Layer Thickness Graph**
- **Temperature Graph**
- **Composition Graph**
- **Calorific Value Graph**
- **Output data**
- **Composition Output Data**
- **Document view**

使用 **Add** 和 **Remove** 选项 (位于 **Prediction** 菜单中) 可加载多种预测。在 **Standard** 视图中, 为了在不同预测之间切换, 可使用密度分布数据上方的 **Prediction** 下拉列表 (仅在多预测模式下可用)。所有表格界面均提供相同列表。

对于所有图形界面, 将在同一图表上绘制多个预测结果, 以提供更好的对比效果。也可使用 **Properties** 选项 (位于 **Prediction** 菜单中) 检查每个仿真的设置。对于每个新仿真, 将在界面顶部显示一个新选项卡。

我们在此说明针对不同情况 (带外部再循环和无外部再循环) 的模型预测。

6.2 密度和温度收敛图

从下拉菜单列表中选择 **Convergence Graph** 后，将显示如下界面。

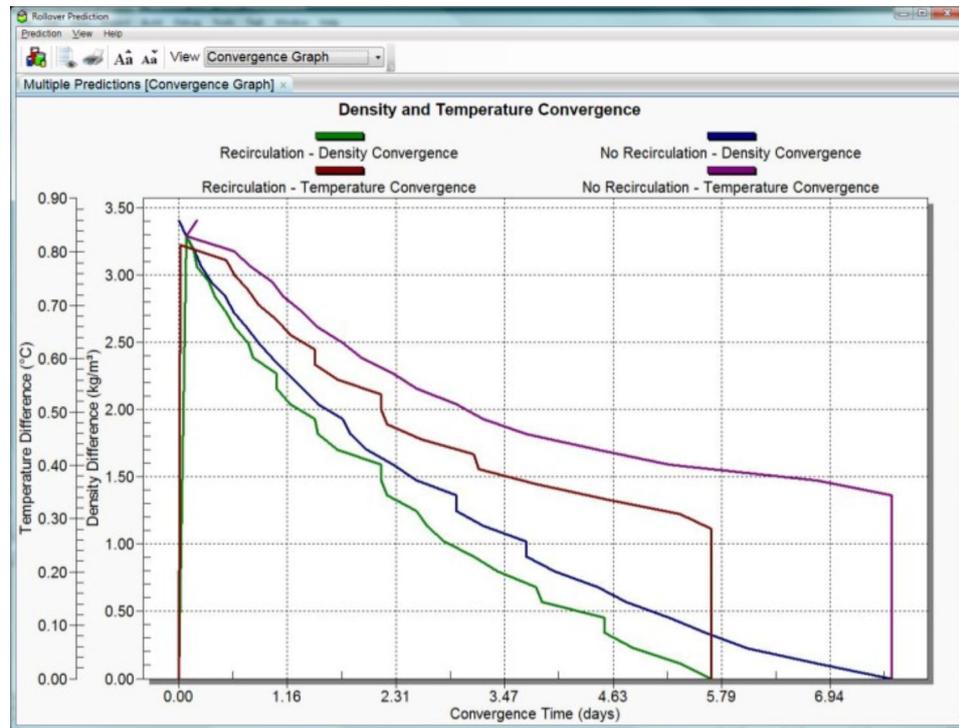


图 14 收敛图

两根纵轴分别代表温度和密度梯度，而横轴代表收敛时间。

如前所述，翻滚发生的标准是达到密度均衡。此外，只有在达到密度收敛前才会绘制图表。

根据温度演变数据，此图确认了在翻滚之前存在温度梯度。

6.3 闪蒸率的变化

从下拉菜单列表中选择 **Boil-off Rate Graph** 后，将显示如下界面。

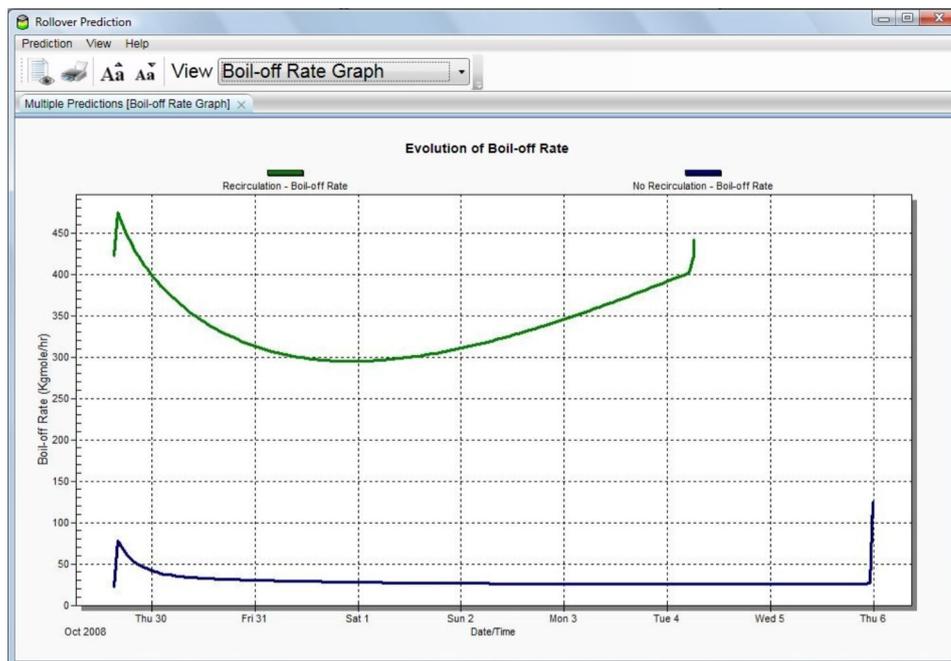


图 15 闪蒸率图

基于两项操作（带再循环操作和无再循环操作）的时间绘制闪蒸率图。

需要注意的是，上图所示的闪蒸率为总闪蒸率，这也考虑到了因为闪蒸而逃逸到蒸汽空间中的液体。不难看出，带再循环操作时的闪蒸率明显高于无再循环操作时的情况，这是因为在再循环过程中，有大量液体逃逸到蒸汽空间中。另外还可看出，再循环操作可以促进分层之间的混合，相比无再循环操作时的情况，能更快触发翻滚事件。因此，虽然再循环操作启用时的闪蒸率更高（由于闪蒸程度较大），相比无再循环的情况，储罐内的介质能更快均质化。

对于此处考虑的两种模型预测，初始阶段的闪蒸率都会更高，这是因为上层介质中的氮气浓度较高。对于开启再循环操作的模型预测，进入蒸汽空间的液体量使翻滚时的闪蒸率变化相形见绌。但是，翻滚时的闪蒸率变化在无再循环操作的模型预测中更加明显。

LNG 分层之间的温度梯度是控制闪蒸率变化的最重要参数之一。翻滚发生前各分层之间的温度梯度较高，这会导致翻滚时的闪蒸率显著增大。

闪蒸率对储罐压力也很敏感。储罐压力越高，闪蒸率越小。

6.4 各分层的密度变化

从下拉菜单列表中选择 **Density Graph** 后，将显示如下密度变化。

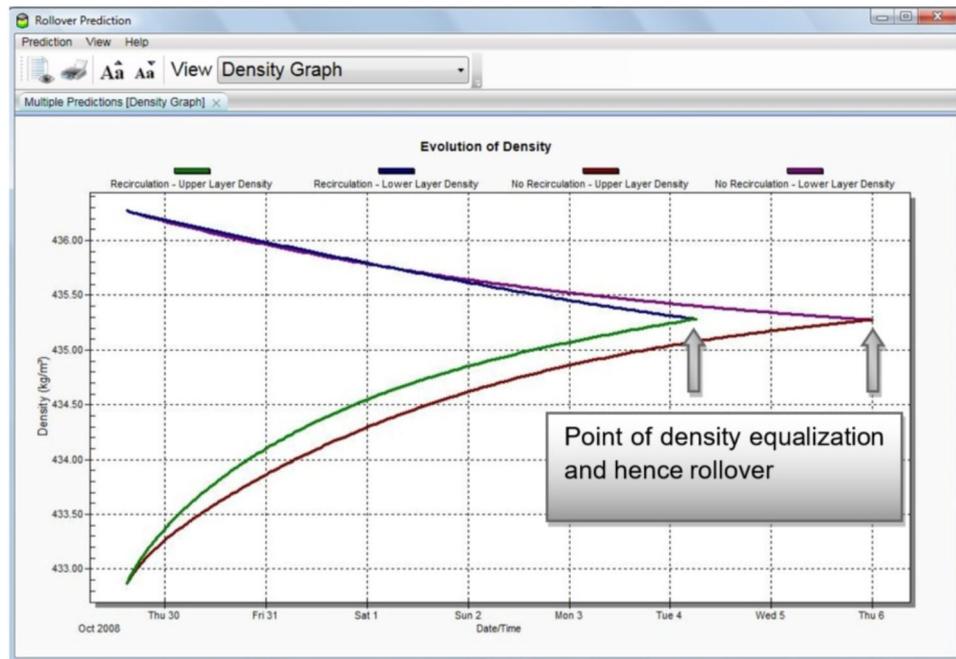


图 16 密度变化

基于两项操作（带再循环操作和无再循环操作）的时间绘制两个分层的密度。

对于这两种预测，下层密度随时间变化不断降低，而上层密度随时间持续增大。各分层的密度变化速度不同。密度变化取决于各分层中的温度变化和 LNG 组分变化。

密度均衡是翻滚发生的标准，而由于下层 LNG 与上层 LNG 混合，翻滚事件发生后不再存在分层。

不难看出，通过执行外部再循环操作，相比无外部再循环的情况，翻滚发生速度更快。

6.5 层厚度变化

从下拉菜单列表中选择 **Layer Thickness Graph** 后，将显示如下界面。

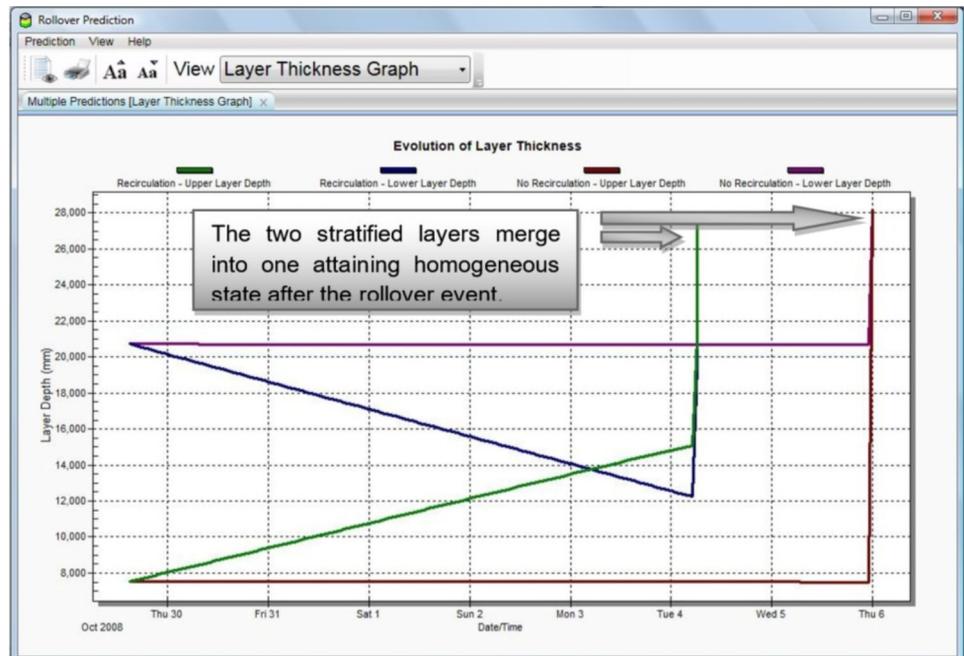


图 17 层厚度变化

基于两项操作（带再循环操作和无再循环操作）的时间绘制两个分层的层厚。

当再循环操作开启时，从下层取出 LNG 并送回顶层，因此下层厚度随时间变化而减小，而上层厚度增加。在无再循环操作的情况下，两个分层的厚度几乎保持一致，直至发生翻滚。

由于翻滚事件发生后两个分层融合为同一层并达到均质状态，LNG 的有效层厚等于翻滚发生前两个分层厚度之和。

6.6 温度和分层变化

从下拉列表中选择 **Temperature Graph** 后，将显示如下温度变化图。

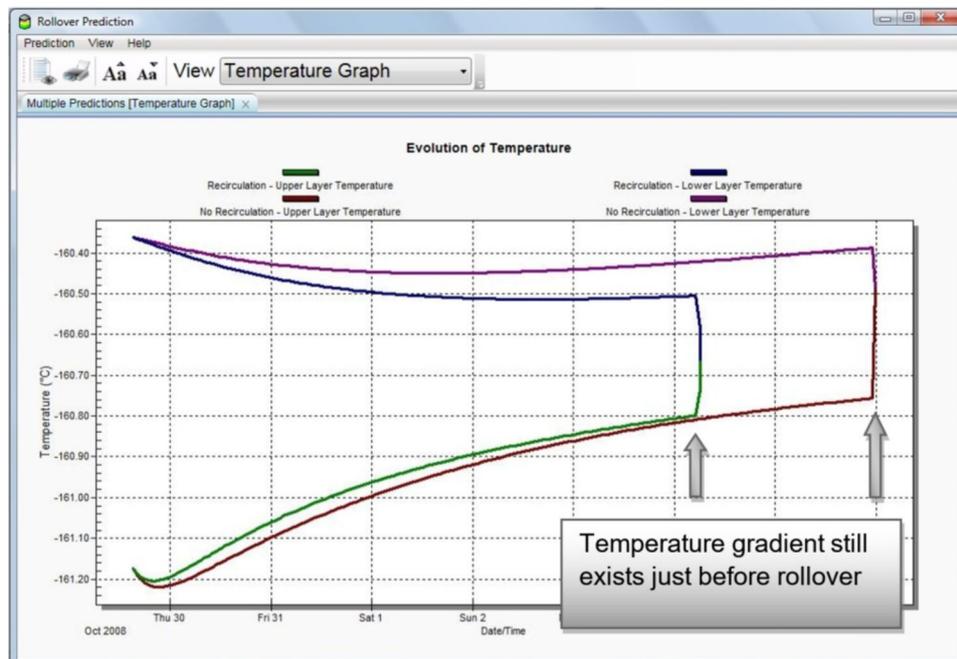


图 18 温度变化

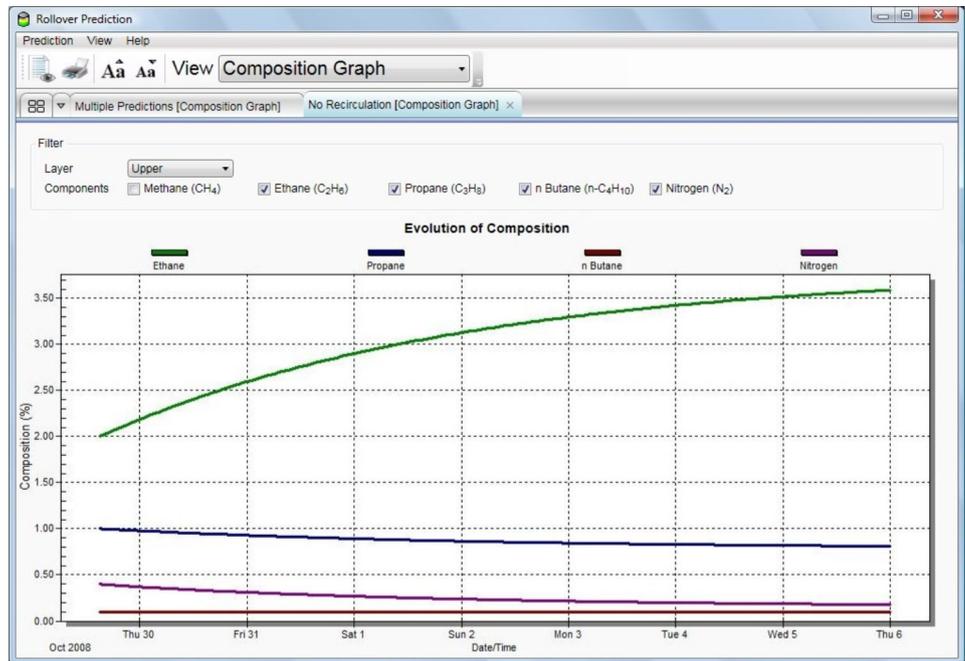
基于两项操作（带再循环操作和无再循环操作）的时间绘制两个分层的温度。

对于这两种预测，分层温度的变化速率与分层密度的变化速率并不完全相同。这进一步印证了密度变化不完全取决于温度变化，还取决于各分层的 LNG 组分变化。

分层之间的温度梯度控制着翻滚时闪蒸率变化的严重程度，具体将在下一节中介绍。

6.7 组分变化

从下拉菜单中选择 **Composition Graph** 后，将显示如下界面。



19 组分变化

以摩尔百分数表示的组分基于时间绘制。可以在分层组分和蒸汽空间组分之间切换。

为了清晰起见，图表中排除了甲烷，因为甲烷的数量级相比其他组分更高。但是，可通过勾选复选框轻松绘制甲烷组分。

6.8 热值变化

从下拉菜单中选择 **Calorific Value Graph** 后，将显示如下界面。

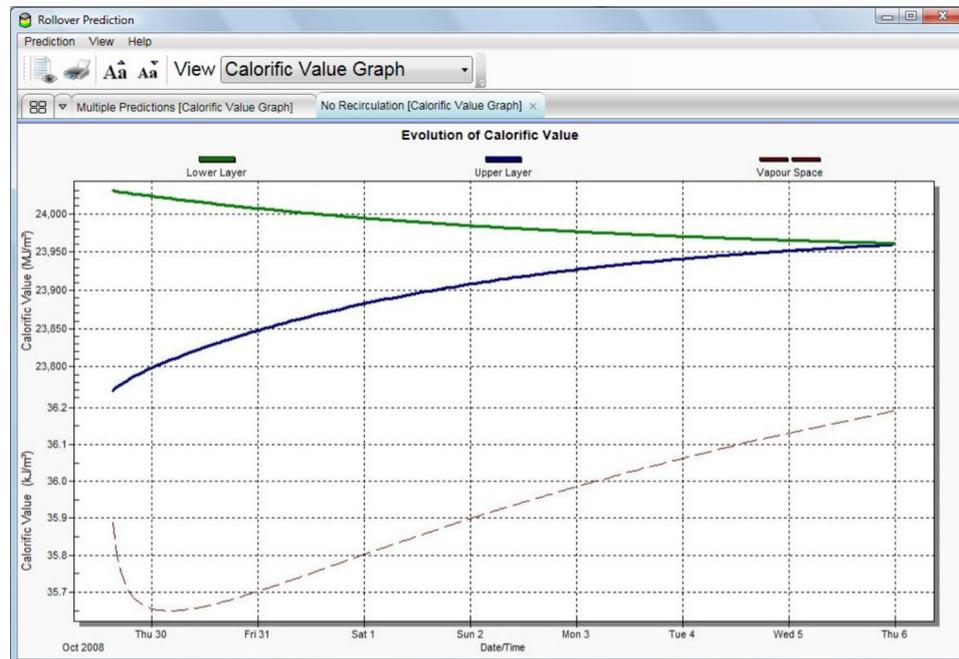


图 20 热值变化

各分层（实线）和蒸汽空间（虚线）的热值基于时间绘制。热值轴上使用两种不同的刻度，因为天然气的液相和气相存在明显的数量级差异。与上文所述相同，可在同一图表上绘制多个方案。

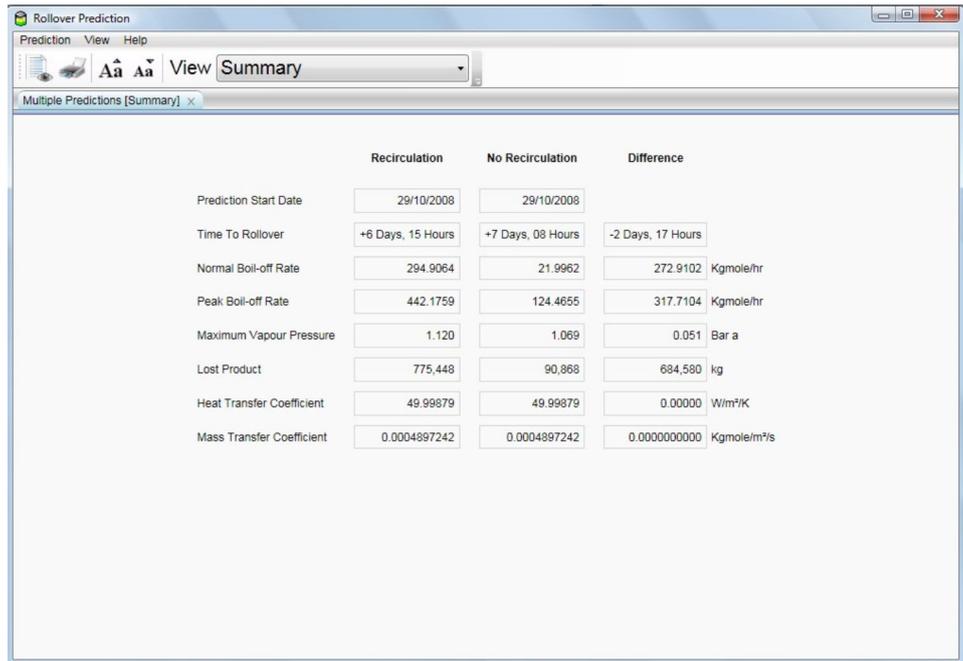
6.9 预测摘要

每个预测的输出数据均保存至一个文件中。在 **Summary** 界面的下拉列表中，最多可同时显示两个预测，允许用户比较和对照两种操作条件下的模型预测结果。

对于每个预测，还会计算以下参数：

- **Time To Rollover**
- **Normal Boil-off Rate**
- **Peak Boil-off Rate**
- **Maximum Vapour Pressure**
- 发生翻滚事件前损耗的产品
- 模型中使用的 **Heat Transfer Coefficient** 和 **Mass Transfer Coefficient**

以上信息将显示在 **Summary** 界面中，如下图所示。



	Recirculation	No Recirculation	Difference	
Prediction Start Date	29/10/2008	29/10/2008		
Time To Rollover	+6 Days, 15 Hours	+7 Days, 08 Hours	-2 Days, 17 Hours	
Normal Boil-off Rate	294.9064	21.9962	272.9102	Kgmole/hr
Peak Boil-off Rate	442.1759	124.4655	317.7104	Kgmole/hr
Maximum Vapour Pressure	1.120	1.069	0.051	Bar a
Lost Product	775,448	90,868	684,580	kg
Heat Transfer Coefficient	49.99879	49.99879	0.00000	W/m²K
Mass Transfer Coefficient	0.0004897242	0.0004897242	0.0000000000	Kgmole/m²s

21 摘要

从上图中可以看到，当储罐进行再循环操作时，**Peak Boil-Off Rate** 和 **Lost Product** 的量级明显更高。

如需以表格形式查看输出数据，从下拉列表中选择 **Output Data**。如果有多个预测，可在不同表格之间切换。

每列中给出的参数如下：

- **Date/Time**
- **Elapsed time**
- **Lower layer thickness**
- **Upper layer thickness**
- **Boil-off rate**
- **Lower layer temperature**
- **Upper layer temperature**
- **Lower layer density**
- **Upper layer density**
- **Heat transfer coefficient**
- **Mass transfer coefficient**
- **Mass lost**
- **Excess vent-out**
- **Lower layer CV**
- **Upper layer CV**
- **Vapour space CV**

下图中显示上述参数。

Date/Time	Elapsed Time (days hrs:min)	Lower Layer Thickness (mm)	Upper Layer Thickness (mm)	Boil-off Rate (Kg/mole/hr)	Lower Layer Temperature (°C)	Upper Layer Temperature (°C)	Lower Layer Density (kg/m³)	Upper Layer Density (kg/m³)	Heat Transfer Coefficient (W/m²/K)
29/10/2008 15:05	0 00:00	20,727	7,537	422.3242	-160.36	-161.17	436.25	432.85	49.9987
29/10/2008 16:05	0 01:00	20,663	7,591	474.1995	-160.37	-161.19	436.24	432.93	49.9987
29/10/2008 17:05	0 02:00	20,599	7,645	460.3369	-160.37	-161.20	436.23	432.99	49.9987
29/10/2008 18:05	0 03:00	20,535	7,700	448.4040	-160.37	-161.20	436.23	433.05	49.9987
29/10/2008 19:05	0 04:00	20,472	7,754	437.8856	-160.38	-161.20	436.22	433.11	49.9987
29/10/2008 20:05	0 05:00	20,408	7,809	428.4140	-160.38	-161.20	436.21	433.17	49.9987
29/10/2008 21:05	0 06:00	20,344	7,864	420.0646	-160.38	-161.20	436.20	433.21	49.9987
29/10/2008 22:05	0 07:00	20,280	7,920	412.3587	-160.39	-161.20	436.19	433.26	49.9987
29/10/2008 23:05	0 08:00	20,216	7,975	405.0703	-160.39	-161.20	436.18	433.31	49.9987
30/10/2008 00:05	0 09:00	20,153	8,031	398.5463	-160.39	-161.19	436.17	433.35	49.9987
30/10/2008 01:05	0 10:00	20,089	8,086	392.2722	-160.40	-161.19	436.16	433.39	49.9987
30/10/2008 02:05	0 11:00	20,025	8,142	386.4719	-160.40	-161.18	436.15	433.43	49.9987
30/10/2008 03:05	0 12:00	19,961	8,198	380.9336	-160.40	-161.18	436.14	433.47	49.9987
30/10/2008 04:05	0 13:00	19,898	8,254	375.7783	-160.41	-161.17	436.14	433.51	49.9987
30/10/2008 05:05	0 14:00	19,834	8,310	370.7636	-160.41	-161.17	436.13	433.54	49.9987
30/10/2008 06:05	0 15:00	19,770	8,366	366.2021	-160.41	-161.16	436.12	433.58	49.9987
30/10/2008 07:05	0 16:00	19,707	8,422	361.6405	-160.42	-161.15	436.11	433.61	49.9987
30/10/2008 08:05	0 17:00	19,643	8,478	357.5270	-160.42	-161.15	436.10	433.64	49.9987
30/10/2008 09:05	0 18:00	19,579	8,535	353.5286	-160.42	-161.14	436.09	433.68	49.9987
30/10/2008 10:05	0 19:00	19,516	8,591	349.5439	-160.43	-161.14	436.08	433.71	49.9987
30/10/2008 11:05	0 20:00	19,452	8,648	346.0951	-160.43	-161.13	436.08	433.74	49.9987
30/10/2008 12:05	0 21:00	19,388	8,704	342.6463	-160.43	-161.13	436.07	433.77	49.9987
30/10/2008 13:05	0 22:00	19,325	8,761	339.1975	-160.44	-161.12	436.06	433.80	49.9987
30/10/2008 14:05	0 23:00	19,261	8,818	336.2100	-160.44	-161.11	436.05	433.83	49.9987
30/10/2008 15:05	1 00:00	19,198	8,874	333.3131	-160.44	-161.11	436.04	433.85	49.9987

图 22 输出数据

Composition Output Data 界面也是如此。可通过表格形式查看翻滚前的组分变化，并且提供在不同表格之间切换的选项（与上文所述相同）。

每列中给出的参数如下：

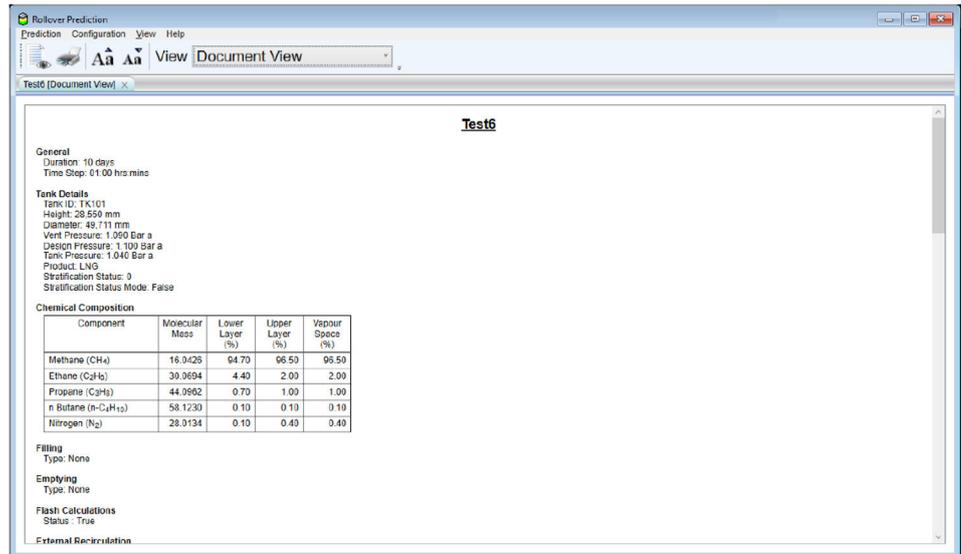
- **Date/Time**
- **Elapsed time**
- **Lower Layer** 中指定组分的摩尔百分比
- **Upper Layer** 中指定组分的摩尔百分比
- **Vapour Space** 中指定组分的摩尔百分比

以下界面中显示上述参数。

Date/Time	Elapsed Time (days hrs:min)	Lower Layer Methane (CH ₄) (%)	Lower Layer Ethane (C ₂ H ₆) (%)	Lower Layer Propane (C ₃ H ₈) (%)	Lower Layer n-Butane (n-C ₄ H ₁₀) (%)	Lower Layer Nitrogen (N ₂) (%)	Upper Layer Methane (CH ₄) (%)	Upper Layer Ethane (C ₂ H ₆) (%)	Upper Layer Propane (C ₃ H ₈) (%)	Upper Layer n-Butane (%)
29/10/2008 15:05	0 00:00	94.70	4.40	0.70	0.10	0.10	96.50	2.00	1.00	
29/10/2008 16:05	0 01:00	94.71	4.39	0.70	0.10	0.10	96.48	2.03	1.00	
29/10/2008 17:05	0 02:00	94.71	4.38	0.70	0.10	0.10	96.46	2.06	0.99	
29/10/2008 18:05	0 03:00	94.72	4.38	0.70	0.10	0.10	96.44	2.09	0.99	
29/10/2008 19:05	0 04:00	94.72	4.37	0.70	0.10	0.10	96.41	2.12	0.99	
29/10/2008 20:05	0 05:00	94.73	4.36	0.70	0.10	0.10	96.39	2.14	0.99	
29/10/2008 21:05	0 06:00	94.73	4.35	0.71	0.10	0.11	96.37	2.17	0.98	
29/10/2008 22:05	0 07:00	94.74	4.35	0.71	0.10	0.11	96.35	2.20	0.98	
29/10/2008 23:05	0 08:00	94.75	4.34	0.71	0.10	0.11	96.34	2.22	0.98	
30/10/2008 00:05	0 09:00	94.75	4.33	0.71	0.10	0.11	96.32	2.25	0.97	
30/10/2008 01:05	0 10:00	94.76	4.32	0.71	0.10	0.11	96.30	2.27	0.97	
30/10/2008 02:05	0 11:00	94.76	4.32	0.71	0.10	0.11	96.28	2.29	0.97	
30/10/2008 03:05	0 12:00	94.77	4.31	0.71	0.10	0.11	96.26	2.32	0.97	
30/10/2008 04:05	0 13:00	94.77	4.30	0.71	0.10	0.11	96.25	2.34	0.97	
30/10/2008 05:05	0 14:00	94.78	4.30	0.71	0.10	0.11	96.23	2.36	0.96	
30/10/2008 06:05	0 15:00	94.78	4.29	0.71	0.10	0.11	96.21	2.38	0.96	
30/10/2008 07:05	0 16:00	94.79	4.28	0.71	0.10	0.11	96.20	2.41	0.96	
30/10/2008 08:05	0 17:00	94.79	4.28	0.72	0.10	0.12	96.18	2.43	0.96	
30/10/2008 09:05	0 18:00	94.80	4.27	0.72	0.10	0.12	96.16	2.45	0.95	
30/10/2008 10:05	0 19:00	94.80	4.26	0.72	0.10	0.12	96.15	2.47	0.95	
30/10/2008 11:05	0 20:00	94.81	4.26	0.72	0.10	0.12	96.13	2.49	0.95	
30/10/2008 12:05	0 21:00	94.81	4.25	0.72	0.10	0.12	96.12	2.51	0.95	
30/10/2008 13:05	0 22:00	94.82	4.24	0.72	0.10	0.12	96.10	2.53	0.95	
30/10/2008 14:05	0 23:00	94.82	4.24	0.72	0.10	0.12	96.09	2.54	0.94	
30/10/2008 15:05	1 00:00	94.83	4.23	0.72	0.10	0.12	96.08	2.56	0.94	

图 23 组分输出数据

每个预测的输入参数在如下 **Document View** 界面中以组合形式显示。



24 文档视图

7 查看结果

每当运行翻滚预测时，结果都会储存在 Tankvision LMS 数据库中，以供日后结果分析之用。

7.1 打开现有结果

如需打开以往模型的运行结果，可以选择 **Open**（在主窗口的 **Prediction** 菜单中）。将出现显示以往结果的页面：

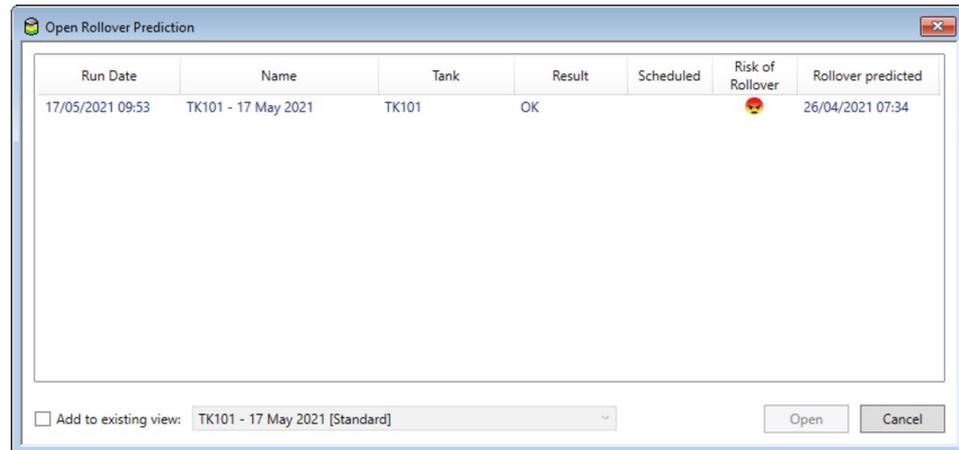


图 25 打开翻滚预测

如需查看结果，选择所需结果，然后单击 **Open** 按钮。如需将结果添加至一组已经打开的结果，勾选 **Add to existing view** 选项并选择需要添加新结果的现有结果（以进行比较），然后单击 **Open** 按钮。

7.2 导入结果

如果早期版本的 Tankvision LMS 已经支持翻滚预测功能，可导入旧数据。为此，选择 **Import**（在主窗口的 **Prediction** 菜单中），然后选择需要导入的.rpd 文件。

7.3 重新运行预测

对于一组指定结果，可以再次运行翻滚预测模型。这样即可调整输入参数，从而运行假设情景。

如需重新运行翻滚预测，打开或导入之前的结果。然后选择 **Configure**（在主窗口的 **Prediction** 菜单中）。将显示与创建新模型运行时相同的界面，但在这种情况下，将使用所选模型运行时输入的参数进行填充。

8 规划翻滚预测

翻滚预测可以规划为基于时间运行，或者在采集分布数据时运行。此功能由单独的许可证选项控制，必须获得授权方可使用。如需设置即将自动运行的翻滚预测的规划，可以单击 **Schedule** 选项 (**Prediction** 菜单，**翻滚预测** 主窗口)。将显示以下界面：

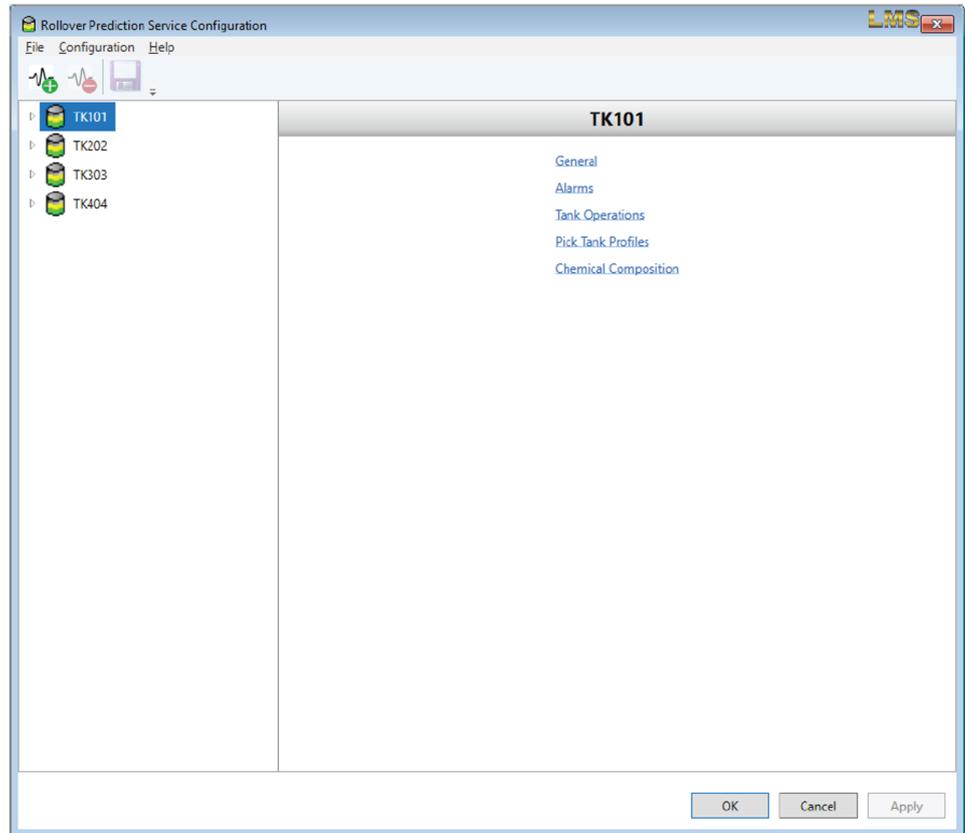


图 26 规划翻滚预测

可设置用于已规划翻滚预测的每个储罐都列于界面左侧。双击储罐名称或单击储罐名称左侧的箭头“展开”储罐，从而在列表中显示每个储罐的不同设置部分：

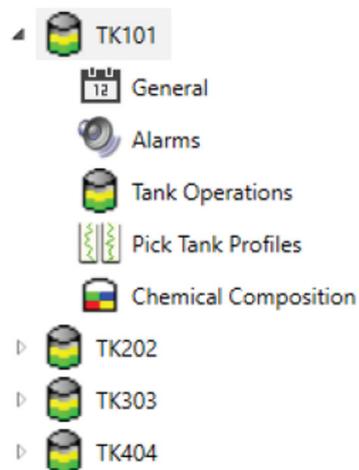


图 27 储罐规划详情

8.1 设置

8.1.1 常规

General 设置用于定义将生成的翻滚预测的名称。其中始终包括储罐名称。另外，还可使用预测运行的日期/时间：

Date Stamp Prediction

Time Stamp Prediction

图 28 常规设置

i 如果既不使用日期戳，也不使用时间戳，则每次运行预测时都将仅使用储罐名称。这将导致先前结果被覆盖。

8.1.2 报警

可以设置一组根据已规划翻滚预测的运行结果发出的 **Alarms**：

Raise critical severity alarm when predicted time to rollover is less than hours.

Raise high severity alarm when predicted time to rollover is less than hours.

Raise low severity alarm when predicted time to rollover is less than hours.

Raise alarm when predicted time to rollover is more than hours.

Raise alarm when risk of venting to atmosphere is predicted.

Raise alarm when risk of tank damage is predicted.

图 29 报警设置

8.1.3 储罐操作

此外，还应设置与即将运行的翻滚预测同步执行的 **Tank Operations**:

Is the tank currently being recirculated?	<input type="button" value="Yes"/>
Will recirculation continue for the entire duration of the Rollover Prediction?	<input type="button" value="No"/>
Please enter the time remaining for the recirculation	<input type="text" value="14:00:00"/> days:hrs:mins
Please enter the recirculation rate	<input type="text" value="162.000"/> m ³ /hr
Is the tank currently being filled?	<input type="button" value="Yes"/>
Will filling continue for the entire duration of the Rollover Prediction?	<input type="button" value="No"/>
Please enter the time remaining for filling	<input type="text" value="0:13:00"/> days:hrs:mins
Please enter the filling type	<input type="button" value="Top"/>
Please enter the temperature of the product being fed into the tank	<input type="text" value="-160.00"/> °C
Please enter the filling rate	<input type="text" value="260.000"/> m ³ /hr
Please select the composition of the product being fed into the tank	<input type="button" value="Feed Composition"/>
Is the tank currently being emptied?	<input type="button" value="Yes"/>
Will emptying continue for the entire duration of the Rollover Prediction?	<input type="button" value="No"/>
Please enter the time remaining for emptying	<input type="text" value="1:00:00"/> days:hrs:mins
Please enter the emptying type	<input type="button" value="Top"/>
Please enter the emptying rate	<input type="text" value="260.000"/> m ³ /hr

图 30 储罐操作

这些参数与执行专门翻滚预测时使用的参数相同，请参见“设置仿真”章节中的“储罐操作”。

8.1.4 提取储罐分布数据

此外还必须提供运行翻滚预测时模型使用的数据。运行专门翻滚预测的主要区别在于，应始终使用最新分布数据。

如果选择 **Manual** 模型，还必须在 **Heat Transfer Coefficient** 和 **Mass Transfer Coefficient** 中输入数值。

Model Type	<input type="button" value="Manual"/>
Heat Transfer Coefficient	<input type="text" value="49.99386"/> W/m ² /K
Mass Transfer Coefficient	<input type="text" value="0.00049"/> Kg mole/m ² /s

图 31 已规划手动模型

如果选择 **Inverse** 模型，还必须提供确定 **Initial Profile** 所需的详细信息。

Model Type	<input type="button" value="Inverse"/>
Interval to Initial Profile	<input type="text" value="6.00"/> hours
If initial profile is homogenous:	<input type="button" value="Do not run prediction"/>

图 32 已规划逆推模型

8.1.5 化学组分

如需指定每个液层和蒸汽空间的组分，为储罐选择 **Chemical Composition**。

这允许以与执行专门翻滚预测时相同的方式输入化学组分，参见“设置仿真”章节的“化学组分”。

Component	Molecular Mass	Lower Layer (%)	Upper Layer (%)	Vapour Space (%)
<input type="checkbox"/> Methane (CH ₄)	16.0426	94.700	96.500	96.500
<input type="checkbox"/> Ethane (C ₂ H ₆)	30.0694	4.400	2.000	2.000
<input type="checkbox"/> Propane (C ₃ H ₈)	44.0962	0.700	1.000	1.000
<input type="checkbox"/> n Butane (n-C ₄ H ₁₀)	58.1230	0.100	0.100	0.100
<input type="checkbox"/> Nitrogen (N ₂)	28.0134	0.100	0.400	0.400
Total:		100.000	100.000	100.000

图 33 已规划化学组分参数

8.2 触发器

如需为储罐添加触发器，选择储罐，然后单击添加触发器 (📌) 按钮。将显示可用触发器列表：

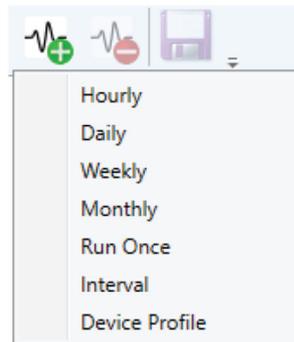


图 34 选择触发器

选择所需触发器类型，并将其添加至储罐条目：

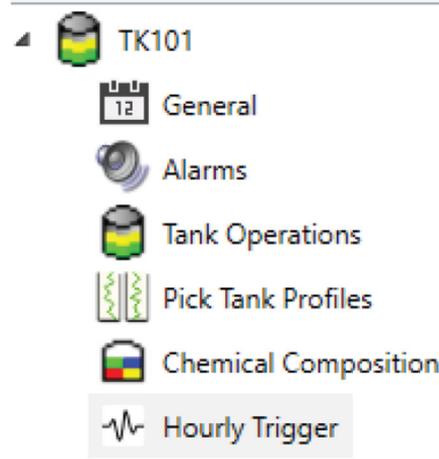


图 35 翻滚预测触发器

8.2.1 通用触发器参数

任何类型的触发器都提供一些常见参数。包括：

- **Name**
触发器名称。
- **Enabled**
允许暂时禁用触发器，而无需将其删除，并在再次需要时重新创建。
- **Period Settings**
允许在有限时间内启用触发器。可用时长分为以下三种：
 - **None**
禁用定期触发。始终启用触发器（除非取消勾选 **Enabled** 明确禁用触发器）。
 - **Daily**
每天仅在输入的 **Start Time** 和 **Stop Time** 之间启用触发器。
 - **Dates**
仅在输入的 **Start Date/Time** 和 **Stop Date/Time** 之间启用触发器。

8.2.2 按小时触发

“按小时触发”用于每小时触发一次翻滚预测：

Settings

Name	<input type="text" value="Hourly Trigger"/>
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Minutes	<input type="text" value="0"/>

Period Settings

Period	<input type="text" value="None"/>
Start Time	<input type="text" value="0:00"/>
Stop Time	<input type="text" value="23:59"/>

图 36 按小时触发参数

除了常见参数之外，“按小时触发”还包括：

Minutes

设置每小时经过几分钟后运行翻滚预测。

8.2.3 按天触发

“按天触发”用于每天触发一次翻滚预测：

Settings

Name	<input type="text" value="Daily Trigger"/>
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Time	<input type="text" value="0:00"/>

Period Settings

Period	<input type="text" value="None"/>
Start Time	<input type="text" value="0:00"/>
Stop Time	<input type="text" value="23:59"/>

图 37 按天触发参数

除了常见参数之外，“按天触发”还包括：

Time

设置在哪个时间运行翻滚预测。

8.2.4 按周触发

“按周触发”用于每周触发一次翻滚预测：

Settings

Name	Weekly Trigger
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Day Of Week	Sunday
Time	0:00

Period Settings

Period	None
Start Time	0:00
Stop Time	23:59

图 38 按周触发参数

除了常见参数之外，“按周触发”还包括：

▪ **Day Of Week**

设置在周几运行翻滚预测。

▪ **Time**

设置在哪个时间运行翻滚预测。

8.2.5 按月触发

“按月触发”用于每月触发一次翻滚预测：

Settings

Name	Monthly Trigger
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Day	First Day
Day Of Month	0
Time	0:00

Period Settings

Period	None
Start Time	0:00
Stop Time	23:59

图 39 按月触发参数

除了常见参数之外，“按月触发”还包括：

- **Day**

设置每月的哪一天运行翻滚预测：

- **First Day**

设置每月的第一天运行翻滚预测。

- **Last Day**

设置每月的最后一天运行翻滚预测。

- **Specific Day**

设置每月具体哪一天运行翻滚预测。具体哪一天在 **Day Of Month** 参数中设置。

- **Day Of Month**

选择 **Specific Day** 后，设置每月具体哪一天运行翻滚预测。

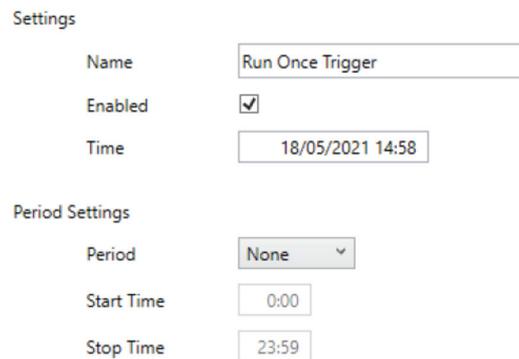
注意！ 设置日期时必须谨慎。例如，选择 29 表示二月份不运行翻滚预测，闰年除外。

- **Time**

设置在哪个时间运行翻滚预测。

8.2.6 运行一次触发器

“运行一次触发器”用于触发一次翻滚预测：



Settings

Name: Run Once Trigger

Enabled:

Time: 18/05/2021 14:58

Period Settings

Period: None

Start Time: 0:00

Stop Time: 23:59

图 40 运行一次触发器参数

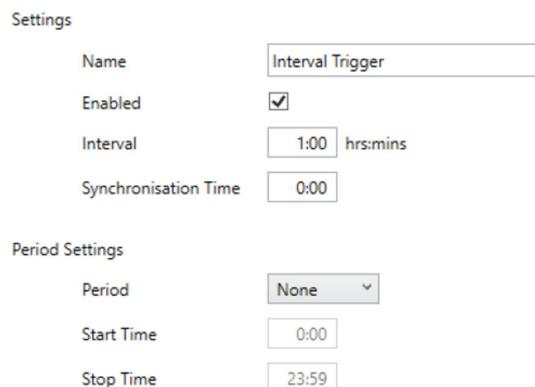
除了常见参数之外，“运行一次触发器”还包括：

Time

设置在哪个日期和时间运行翻滚预测。

8.2.7 间隔触发器

“间隔触发器”用于定期触发翻滚预测：



Settings

Name: Interval Trigger

Enabled:

Interval: 1:00 hrs:mins

Synchronisation Time: 0:00

Period Settings

Period: None

Start Time: 0:00

Stop Time: 23:59

图 41 间隔触发器参数

除了常见参数之外，“间隔触发器”还包括：

- **Interval**

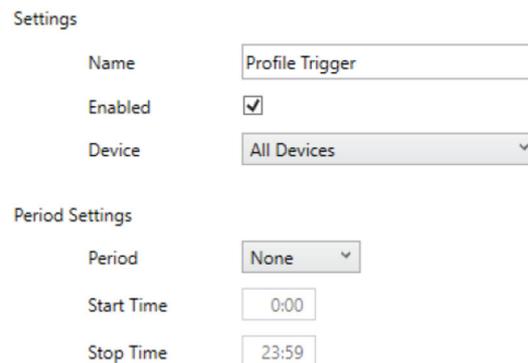
设置翻滚预测的运行间隔。

- **Synchronisation Time**

设置运行翻滚预测的具体时间。将采集此时间点前后的间隔，以确定何时运行翻滚预测。

8.2.8 数据触发器

“数据触发器”用于在设备完成分布数据时触发一次翻滚预测：



Settings

Name

Enabled

Device

Period Settings

Period

Start Time

Stop Time

图 42 数据触发参数

除了常见参数之外，“数据触发”还包括：

- **Device**

完成分布数据后将触发翻滚预测的设备。将列出与罐体连接的任何会采集分布数据的设备。当储罐上有任何设备完成一组分布数据时，如需触发翻滚预测，请选择 **All Devices**。

9 附录

9.1 热导率值

9.1.1 混凝土的热导率

温度 (°C)	热导率 (W/m·°C)
60	1.77
25	2.00
-160	3.20
-180	3.33

9.1.2 HLB 800 Foamglass®的热导率

温度 (°C)	热导率 (W/m·°C)
60 ¹⁾	0.0430
10	0.0430
0	0.0415
-20	0.0385
-40	0.0358
-80	0.0314
-120	0.0281
-160	0.0252
-170	0.0244

1) 假设 10 °C 温度条件下的数值相同

9.1.3 珍珠岩的热导率

温度 (°C)	热导率 (W/m·°C)
60 ¹⁾	0.0430
10	0.0410
0	0.0410
-20	0.0390
-40	0.0355
-80	0.0325
-120	0.0261
-160	0.0218
-170	0.0142

1) 假设 10 °C 温度条件下的数值相同

9.1.4 隔热玻璃纤维的热导率

温度 (°C)	热导率 (W/m·°C)
60 ¹⁾	0.0360
10	0.0360
0	0.0341
-20	0.0308
-40	0.0278
-80	0.0223
-120	0.0181
-160	0.0141
-170	0.0130

1) 假设 10 °C 温度条件下的数值相同

9.1.5 9% Ni 钢材的热导率

温度 (°C)	热导率 (W/m·°C)
38.0	30.0
26.7	28.0
-40.0	26.0
-100.0	23.0
-170.0	16.5

9.1.6 其他材料的热导率

材料	热导率 (W/m·°C)
碳钢内衬	41.0
砂层	0.60
岩石	2.0 (平均值)

索引

A

安全指南	8
按天触发	37
按小时触发	37
按月触发	38
按周触发	38

B

报警	34
----------	----

C

层厚度变化	25
查看结果	32
查看预测	21
常规	13, 34
储罐操作	15, 35
触发器	36

D

打开现有结果	32
导入结果	32

F

翻滚预测	10
翻滚预测软件	13

G

各分层的密度变化	24
规划翻滚预测	33

H

化学组分	18, 35
------------	--------

J

假设	11
间隔触发器	39

M

密度和温度收敛图	22
模型特性	12
模型预测	12

N

逆推法	10
-----------	----

R

热导率值	41
热值变化	28
人员要求	8

S

闪蒸计算	11
闪蒸率的变化	23
设置	34
设置仿真	13
输入参数	11
数据触发器	40

T

提取储罐分布数据	17, 35
通用触发器参数	37

W

温度和分层变化	26
---------------	----

X

显示的警告	12
-------------	----

Y

优先闪蒸	11
预测摘要	28
运行和后处理	19
运行一次触发器	39

Z

指定用途	8
重新运行预测	32
组分变化	27



www.addresses.endress.com
