保密资料

**ReliefPro**

**泄放与紧急泄压分析的计算方法**

**第2版**

**西姆赛技术（北京）有限公司**

**2014年3月11日**

目录

[1. 塔类-Tower 5](#_Toc382315985)

[1.1. 蒸馏塔类-Distillation 5](#_Toc382315986)

[1.1.1. 出口堵塞-Blocked Outlet 5](#_Toc382315987)

[1.1.2. 回流中断-Reflux Failure 5](#_Toc382315988)

[1.1.3. 停电- Electric Power Failure 5](#_Toc382315989)

[1.1.4. 循环水中断-Cooling Water Failure 6](#_Toc382315990)

[1.1.5. 冷剂中断-Refrigerant Failure 6](#_Toc382315991)

[1.1.6. 中段回流停-Pumparound Failure 6](#_Toc382315992)

[1.1.7. 异常热量输入-Abnormal Heat Input 7](#_Toc382315993)

[1.1.8. 冷进料中断-Cold Feed Stops 7](#_Toc382315994)

[1.1.9. 入口阀全开-Inlet Valve Fails Open 7](#_Toc382315995)

[1.1.10. 火灾-Fire 9](#_Toc382315996)

[1.1.11. 其它工况-Other Scenario 9](#_Toc382315997)

[1.1.12. 特殊处理-Special Consideration 10](#_Toc382315998)

[1.2. 吸收塔-Absorber 12](#_Toc382315999)

[1.2.1. 气相出口堵塞-Blocked vapor outlet 12](#_Toc382316000)

[1.2.2. 吸收剂中断-Absorbent Stops 13](#_Toc382316001)

[1.2.3. 火灾-Fire 13](#_Toc382316002)

[1.2.4. 其它工况-Other Scenario 14](#_Toc382316003)

[1.3. 吸收剂再生塔-Absorbent Regenerator 14](#_Toc382316004)

[1.3.1. 出口堵塞-Blocked outlet 14](#_Toc382316005)

[1.3.2. 回流中断-Reflux failure 14](#_Toc382316006)

[1.3.3. 停电-Electrical power failure 15](#_Toc382316007)

[1.3.4. 循环水中断-Cooling water failure 15](#_Toc382316008)

[1.3.5. 入口阀全开-Inlet valve fails open 15](#_Toc382316009)

[1.3.6. 火灾-fire 15](#_Toc382316010)

[1.3.7. 其它工况-Other Scenario 15](#_Toc382316011)

[2. 罐类-Drum 17](#_Toc382316012)

[2.1. 出口堵塞-Blocked outlet 17](#_Toc382316013)

[2.2. 入口阀全开-inlet valve fails open 18](#_Toc382316014)

[2.3. 火灾-Fire 18](#_Toc382316015)

[2.4. 紧急泄压-Depressuring 18](#_Toc382316016)

[2.5. 其它工况-Other Scenario 19](#_Toc382316017)

[3. 压缩机-Compressor 20](#_Toc382316018)

[3.1. 离心式压缩机 20](#_Toc382316019)

[3.1.1. 出口堵塞-Blocked outlet 20](#_Toc382316020)

[3.2. 往复式压缩机 22](#_Toc382316021)

[3.2.1. 出口堵塞-Blocked outlet 22](#_Toc382316022)

[4. 换热器-Heat Exchanger 22](#_Toc382316023)

[4.1. 管壳式换热器-Shell-Tube Heat Exchanger 22](#_Toc382316024)

[4.1.1. 出口堵塞-Blocked Outlet 22](#_Toc382316025)

[4.1.2. 换热管破裂-Tube Rupture 24](#_Toc382316026)

[4.1.3. 火灾-Fire 26](#_Toc382316027)

[4.1.4. 其它工况-Other Scenario 26](#_Toc382316028)

[4.2. 空冷器-Air Cooler 27](#_Toc382316029)

[4.2.1. 火灾-Fire 27](#_Toc382316030)

[4.2.2. 其它工况\_Other Scenario 27](#_Toc382316031)

[5. 反应器循环-Reactor Loop 28](#_Toc382316032)

[5.1. 出口堵塞-Blocked Outlet 28](#_Toc382316033)

[5.2. 液相进料停-Loss of Liquid Feed 28](#_Toc382316034)

[5.3. 反应器急冷停-Loss of reactor quench 28](#_Toc382316035)

[5.4. 循环氢压缩机停-Recycle compressor failure 29](#_Toc382316036)

[5.5. 全厂停电-General Electric Power Failure 29](#_Toc382316037)

[5.6. 全厂停水-General Cooling Water Failure 29](#_Toc382316038)

[5.7. 紧急泄压-Depressuring 29](#_Toc382316039)

[5.8. 其它工况\_Other Scenario 29](#_Toc382316040)

[6. 常压和真空储罐-Atmospheric/vacuum Storage Tank 30](#_Toc382316041)

[6.1. 适用范围 30](#_Toc382316042)

[6.2. 火灾工况 30](#_Toc382316043)

[6.2.1. 计算方法 30](#_Toc382316044)

[6.2.2. 界面设计 31](#_Toc382316045)

[7. 附件 1： Unbalanced Heat Load Method 32](#_Toc382316046)

[7.1. 计算过程 32](#_Toc382316047)

[7.2. 局限性 33](#_Toc382316048)

[7.3. 界面设计 33](#_Toc382316049)

[8. 附件2： Control Valve capacity calculation 37](#_Toc382316050)

[8.1. Control valve capacity calculation method 37](#_Toc382316051)

[8.1.1. Darcy公式（缺省方法） 37](#_Toc382316052)

[8.1.2. Fisher Regulation Handbook<Bechtel>：备选方法 37](#_Toc382316053)

[8.2. 计算思路 37](#_Toc382316054)

[8.2.1. Liquid Flashing： 37](#_Toc382316055)

[8.2.2. Vapor breakthrough 37](#_Toc382316056)

[9. 附件3： Fire Relief Load 39](#_Toc382316057)

[9.1. 塔- Tower 39](#_Toc382316058)

[9.1.1. Trayed Column的A[wetted]计算 39](#_Toc382316059)

[9.1.2. Packed Column的A[wetted]计算 40](#_Toc382316060)

[9.1.3. 蒸发焓L[vap\_fire]计算 40](#_Toc382316061)

[9.1.4. 泄放量计算 40](#_Toc382316062)

[9.1.5. 界面设计 41](#_Toc382316063)

[9.2. 罐- Drum 44](#_Toc382316064)

[9.2.1. A[wetted]计算 44](#_Toc382316065)

[9.2.2. 火灾工况蒸发焓 Latent Heat L[vap\_fire]计算 46](#_Toc382316066)

[9.2.3. 泄放量计算 46](#_Toc382316067)

[9.2.4. 界面设计 46](#_Toc382316068)

[9.3. 管壳式换热器Shell-Tube HX 49](#_Toc382316069)

[9.3.1. A[wetted]计算 49](#_Toc382316070)

[9.3.2. 蒸发焓L[vap\_fire]计算 49](#_Toc382316071)

[9.3.3. 泄放量计算 51](#_Toc382316072)

[9.3.4. 界面设计 51](#_Toc382316073)

[9.4. 空冷器Air cooled HX 51](#_Toc382316074)

[9.4.1. 空冷器A[wetted]计算 51](#_Toc382316075)

[9.4.2. 蒸发焓L[vap\_fire]计算 52](#_Toc382316076)

[9.4.3. 界面设计 52](#_Toc382316077)

[9.5. 全气相容器-All Vapor Drum 52](#_Toc382316078)

[9.5.1. 适用范围 53](#_Toc382316079)

[9.5.2. 泄放量计算方法 53](#_Toc382316080)

[9.5.3. 界面设计 53](#_Toc382316081)

[9.6. 重质油容器-Heavy Oil Vessel 54](#_Toc382316082)

[9.6.1. 适用范围 54](#_Toc382316083)

[9.6.2. 计算方法 54](#_Toc382316084)

[9.6.3. 界面设计 55](#_Toc382316085)

[10. 附件4：紧急泄压-Depressuring 56](#_Toc382316086)

[10.1. 计算方法 56](#_Toc382316087)

[10.1.1. 简化法-Shortcut Method 56](#_Toc382316088)

[10.1.2. 导入PROII DEPR Unit计算 56](#_Toc382316089)

[10.2. 界面设计 57](#_Toc382316090)

[11. 附件5：Reactor Loop HX Rerating 60](#_Toc382316091)

[11.1. 适用范围 60](#_Toc382316092)

[11.2. 计算步骤 60](#_Toc382316093)

[11.3. 界面设计 61](#_Toc382316094)

[12. 附件X： General Settings 65](#_Toc382316095)

[12.1. 全局设置 Global Settings 65](#_Toc382316096)

[12.2. 警告信息-Warning Message 65](#_Toc382316097)

[13. 附件Y： 通用界面的设计 67](#_Toc382316098)

[13.1. Source界面 67](#_Toc382316099)

[13.2. Scenario界面 67](#_Toc382316100)

[13.3. PSV界面更新 68](#_Toc382316101)

[13.4. 塔附属换热器界面的更新 69](#_Toc382316102)

1. 塔类-Tower

根据泄放分析的需要，分为蒸馏塔（Distillation）、吸收塔（Absorber）、再生塔（Regeneration），对应软件中三个被保护设备图标。

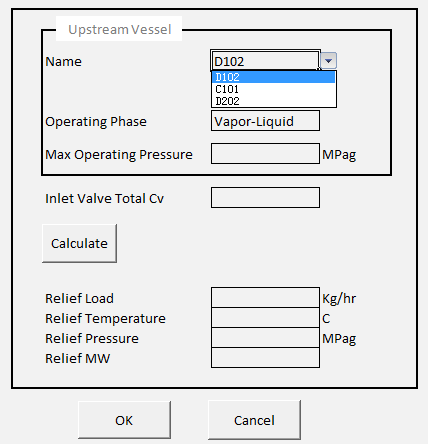
其中蒸馏塔包括常规精馏塔（冷凝器和再沸器）、典型的炼油塔（冷凝器、蒸汽气提、中段循环、侧提塔）、汽提塔（塔釜用蒸汽气提，塔顶含冷凝器或者不含冷凝器）、蒸出塔（Reboiler Stripper只有再沸器没有冷凝器）等。

蒸馏塔类-Distillation

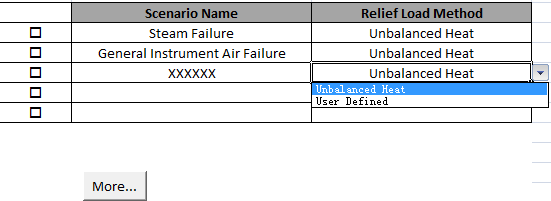
* + 1. 出口堵塞-Blocked Outlet
* 计算方法：Unbalanced Heat
* 基本假设：
  + 蒸馏塔塔顶不凝气累积，造成冷凝器不工作（全部冷凝器中断Duty=0）
  + 不凝气累积可能是由于出口阀门关闭、出口压缩机跳车、回流罐液泛堵塞
* 特殊情况：
  + 塔顶气相进压缩机时，压缩机跳车工况即为出口堵塞工况
  + 对蒸汽汽提塔和蒸出塔的出口堵塞工况也适用Unbalanced Heat方法
  + 注意蒸汽汽提塔时调用“含蒸汽的Unbalanced方法”功能块
    1. 回流中断-Reflux Failure
* 计算方法：Unbalanced Heat
* 基本假设：
  + 由于回流泵停、回流阀误关闭等造成中断。
  + 通过Surge Time功能块计算Surge时间，如果从HHL到Flood超过10min，则认为不液泛；如果小于10min，则认为液泛，即冷凝器Duty=0，气相出口堵塞。
  + 如果不选择Surge Time计算，则假设冷凝器Flood。
* 特殊情况：
  + 对第一块塔板的冷Pumparound停，等同于回流中断。
  + 对蒸出塔（不带冷凝器或者塔顶Pumparound的塔），Reflux Failure选项变灰。
    1. 停电- Electric Power Failure
* 计算方法：Unbalanced Heat
* 基本假设：
  + 分Single Power Failure, Partial Power Failure和General Power Failure
  + 对应的电动设备停
  + 综合考虑Condenser是否停、是否有空冷器的剩余Duty、回流和塔顶液相采出是否停等，调用Surge Time功能计算回流罐（HHL到Flooding）的Surge时间，10min以下则认为Condenser Flooding，10min以上则认为不Flooding。
* 界面设计：
  + 将Partial Power Failure设置在GEPF内部，只有完成了GEPF后才能做Partial PF。
  + GEPF时，停的对象分为：Feed、Cooling Duty、Heating Duty三种类型，分别列出全部对应的设备名称（即判断条件表），软件自动根据已知条件判断哪些停（或衰减），用户可以自定义。完成定义后，再执行Unbalanced计算。
  + 完成GEPF后再对Partial PF的设置进行选择：（1）选择Partial PF的个数，界面显示对应的设置表单，每个表单复制GEPF的判断条件表；（2）在GEPF停的对象基础上，对每个Partial PF设置哪些停，完成后做Unbalanced计算。
  + 一旦GEPF的判断条件表做了变更，则Partial PF的条件表同时变更，并将已经计算的结果数据清除，重新选择每个Partial PF条件并重新计算。
    1. 循环水中断-Cooling Water Failure
* 计算方法：Unbalanced heat
* 基本假设：
  + 塔顶冷凝器（水冷器）中断
  + 中间冷凝器（水冷）中断
  + 可能的压缩机停（由于压缩机的Surface condenser package用水冷），如果是塔顶气相的压缩机，则相当于气相出口堵塞。
    1. 冷剂中断-Refrigerant Failure
* 计算方法：Unbalanced heat
* 基本假设：塔顶用冷剂的换热器停。
  + 1. 中段回流停-Pumparound Failure
* 计算方法：Unbalance Heat
* 基本假设：
  + 其中一个Pumparound（冷负荷Duty<0）停
    1. 异常热量输入-Abnormal Heat Input
* 计算方法：Unbalanced Heat
* 基本假设：
  + 其中一台Heater（包括Reboiler, 进料余热、中间再沸器）的热量异常增大
  + 换热器的U取Clean条件
  + 对限制再沸器热源的控制阀（如再沸器的蒸汽阀或热油阀、加热炉的燃气阀），全开工况的最大流量通常不大于正常流量的150%.<2> P61 软件中可相应设置Warning Message
* 界面设计：
  + 在Case Selection里面只有一种Abnormal Heat Input,在详细的case Study页面中，列出所有的Heater增加系数项Scale（缺省1.0）和详细计算Detailed calculation项，Scale允许自己根据Type输入（比如Fired Heater给1.5），Detailed Calculation点击后弹出单独窗口，窗口根据具体条件计算Scale，比如Steam Heater，给出Steam Valve的Cv值，则计算最大可能的Duty，除以Normal Duty，得到Scale。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Name | Type | Scale | Detailed calculation |
|  | * Steam heater * Fired heater * Hot oil/Water heater | 1.0 |  |

* + 1. 冷进料中断-Cold Feed Stops
* 计算方法：Unbalance Heat
* 基本假设：
  + 进料为过冷状态，冷凝器负荷与再沸器相比很小，停进料时泄放量可能较大。
* 界面设计：
  + 在Case Study界面上，将全部Feed物料挑出，用户通过Check Box选择哪个或哪些是Cold Feed停，执行Unbalanced计算。
    1. 入口阀全开-Inlet Valve Fails Open
* 计算方法：附件2“Control valve capacity calculation”计算功能块
* 基本假设：
  + 控制阀上游容器压力 > 下游容器的设计压力（安全阀定压），如果不满足，则该工况不分析或直接指定W[relief]=0。
  + 塔的某一个进料中的控制阀全开。
  + 全开时的Cv值，缺省取主阀和旁通阀的Cv值之和。如果没有详细的旁通阀数据，则总的Cv值取主阀Cv的150%<2>。
* 计算思路：
  + W[valve]=Max(W[breakthrough], W[Flash\_vapor]), kg/hr
  + 判断上游容器的操作条件
    - 全液相操作，比如JGC中的LPG萃取塔，则只考虑Liquid Flashing， W[breakthrough]=0。W[relief]=W[valve]-W[Tower\_Normal\_vapor], kg/hr; MW[relief]=MW[Flash\_vapor], T[relief]=T[Flash\_vapor].
    - 气液两相操作，比如蒸馏塔、分液罐等，则考虑Liquid Flashing和Vapor Breakthrough两者, W[relief]= W[valve]-W[Tower\_Normal\_vapor], kg/hr; 如果是Breakthrough的流量大，则MW[relief]=MW[Upstream\_normal\_vapor], T[relief]=T[Upstream\_normal\_vapor]. 如果是Liquid Flashing的流量大，则MW[relief]=MW[Flash\_vapor] , T[relief]=T[Flash\_vapor]。
  + 注释：
    - Flash\_vapor是指液相闪蒸的气相；
    - W[Tower\_normal\_vapor]是指正常工况下塔气相出口的流量（注：Bechtel标准做法是该值设为0）；
    - Upstream\_normal-vapor是指上游设备的气相，如果是罐类则是其正常操作的气相，如果是塔则取塔釜进入最后一块塔板的气相。
* 界面设计：
  + 在Case Study界面上，首先只出现一个可操作的按钮“Select Upstream Vessel”，点击后打开模拟文件的设备列表，选择Upstream Vessel，完成后程序读取如下信息：
    - 设备类型（Drum、Tower）
    - 操作压力
    - 塔信息（塔底出口物流、塔釜上升的气相物料）
    - 或罐的信息（液相出口物料、气相出口物料）
  + 程序判断P[max\_upstream] < P[RV\_set\_P]，则直接将W[relief]设为0。如果相反，则出现下面的设置界面（或者有灰色变为可编辑）。
  + 输入Valve的总Cv值（Total Cv Value, including bypass valve）.
  + 选择：Radio button “Upstream Operating condition” (Full Liquid, Vapor-liquid)，程序则按照上述计算思路的步骤计算泄放量；



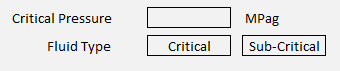
* + 1. 火灾-Fire
* 计算方法：附件3。
  + Equipment Type分为Trayed Colum, Packed Column, Drum, Shell-Tube HX, Air cooler
* 基本假设：
  + 起火设备被完全隔离(isolated)。
  + 分为气液两相和纯气相（或超临界）
* 界面设计：参考附件3的塔部分。
  + 1. 其它工况-Other Scenario
* 将其余未考虑的工况都放入Other Scenario
* 设置类似如下的界面，允许用户自定义工况的名称和计算方法
  + 用表格方式编辑
  + 缺省有Steam Failure和General Instrument Air Failure两个工况，计算方法均为Unbalanced Heat，用户可以由Check Box勾选。
  + More…按钮添加行
  + 自定义的Scenario，计算方法Unbalanced Heat或User Defined直接定义泄放量
    - 如果选择了Unbalanced Heat方法，则在Case Study界面上，将全部的进料物流、冷源、热源列出，由用户选择哪些停，根据用户选择，执行Unbalanced计算
    - 如果选择了User Defined，则直接由用户输入泄放量、温度、分子量等。



* + 1. 特殊处理-Special Consideration
       1. 临界流体-Critical Fluid

凡是采用Unbalanced Heat的工况和火灾工况都需要计算蒸发焓。

在“蒸发焓”计算的功能块中，在调用PROII做Flash计算时，增加一个Phase Envelop用于计算P[Critical]，并判断P[relief]或P[relief\_fire]是否大于等于P[critical]，如果是，则蒸发焓取27.8 Kcal/kg。

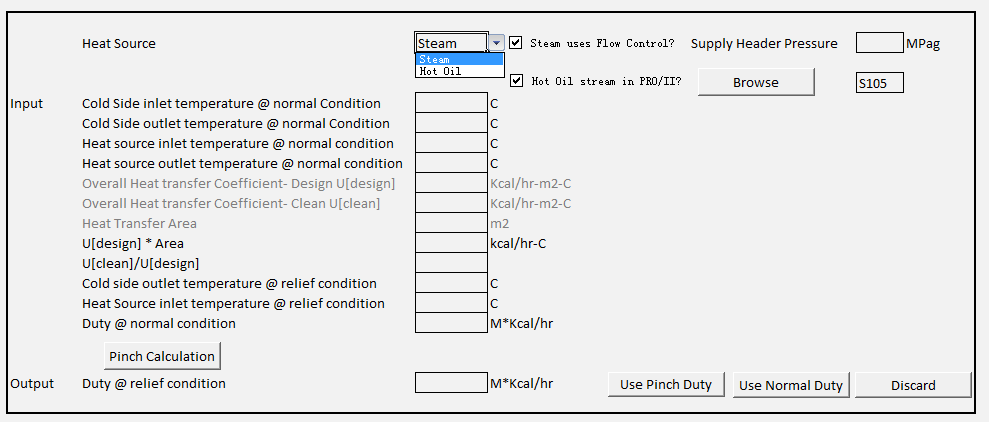


* + - 1. Drum Surge Time

参考Excel Sheet.

* + - 1. Reboiler Pinch

参考Excel Sheet。



从Database中读取T[cold\_inlet\_normal], T[cold\_outlet\_normal], Q[Reboiler\_normal], T[cold\_outlet\_relief]，其余参数由用户提供。

* T[cold\_inlet\_normal]为塔的第N-1块塔板的液相温度，或取设计数据。
* T[cold\_outlet\_normal]为塔的第N块板温度或取设计数据。
* UA：
  + 自己分别定义U和A，如果没有数据则计算U\*A值：
    - UA=Q[Reboiler\_normal]/deltaTm
    - 前提是Heat Source的进口和出口温度必须由用户定义。
* T[cold\_outlet\_relief]：读取塔釜物料在P[relief]下的泡点温度；
* T[heat\_inlet\_relief]
  + =T[heat\_inlet\_normal] for hot oil and steam not using flow control;
  + =T[steam\_supply\_header] if steam using flow control];
    - 1. Feed/bottom Heat Exchanger

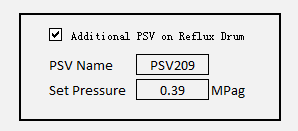
参考Excel Sheet.

* + - 1. 在回流罐上的安全阀<Texaco 15.3.3>

如果在回流罐上安装了安全阀PSV[reflux\_drum]，则该安全阀只考虑火灾工况。

该PSV[reflux\_drum]的Set Pressure比塔的高。

可以在PSV的设置页面上，增加如下选项***Additional PSV on Reflux Drum***：



当拖拽的设备是Distillation且含Condenser时，该Check Box可操作，否则变灰。

当选中该选项时，在Case Study的Fire工况时，单独对回流罐PSV[reflux\_drum]的火灾工况计算（注：该工况与塔的火灾工况计算时考虑回流罐情况不同）。

在Report时，应该单独显示该PSV的泄放量和物性。

吸收塔-Absorber

* + 1. 气相出口堵塞-Blocked vapor outlet
* 基本假设：
  + 吸收塔的气相出口被堵住
* 计算方法

P[gas\_upstream] > P[set]

N

P[Liquid\_upstream] > P[set]

N

Y

Y

W[relief]=0

W[relief]=W[normal\_gas\_inlet]

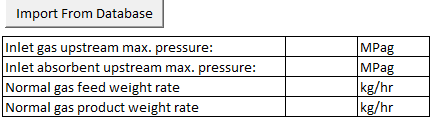
W[relief]=W[normal\_gas\_outlet], kg/hr

* gas\_upstream: 气体上游最大压力
* Liquid\_upstream:吸收剂上游最大压力
* Normal\_gas\_inlet: 正常进入吸收塔的气体量
* Normal\_gas\_outlet: 正常塔顶的气相量

MW[relief]=MW[normal\_gas\_outlet]

T[relief]=T[normal\_gas\_outlet]

* 界面设计



* + 1. 吸收剂中断-Absorbent Stops
* 基本假设
  + 液体吸收剂进料中断
* 计算方法

P[gas\_upstream] > P[set]

N

Y

W[relief]=0

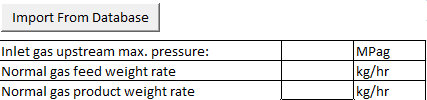
W[relief]=W[normal\_gas\_inlet]-[normal\_gas\_outlet], kg/hr

* gas\_upstream: 气体上游最大压力
* Normal\_gas\_inlet: 正常进入吸收塔的气体量
* Normal\_gas\_outlet: 正常塔顶的气相量

MW[relief]=MW[normal\_ gas\_inlet];

T[relief]=T[normal\_gas\_inlet], C

* 界面设计



* 后续功能增强
  + 进料气流量，以后可以允许设置系数“Factor (0<Factor<1)”，即考虑由于下游压力升高而导致的进料气体量减少；
  + 气相产物流量，以后可以允许设置系数“Factor ( Factor >1)”，考虑下游最大处理能力。
    1. 火灾-Fire
* 计算方法：
  + 湿面积的计算参照附件3塔类的计算方法，但蒸发焓的方法如下：
  + 蒸发焓的计算
    - 通常吸收剂是高沸点物质，考虑到火灾工况时整个吸收塔被隔离，类似于一个罐，因此采用罐类的方法计算，而塔釜物料中带被吸收轻组分浓度最高，因此取塔釜物料作为计算对象。
    - 取正常工况下的塔釜出料Stream进Flash模块（P[relief\_fire]，Vapor\_mol\_fraction=0.05），则
    - L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
    - h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash气相比焓, kcal/kg
    - h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash液相比焓,kcal/kg
    - MW[relief\_fire]=MW[flash\_vapor]
    - T[relief\_fire]=T[flash\_vapor]
    1. 其它工况-Other Scenario

用户自定义Scenario Name, W[relief], MW[relief], T[relief]。

吸收剂再生塔-Absorbent Regenerator

一般为溶剂或吸收剂的再生塔，如胺脱硫的再生塔、脱水再生塔等。由于吸收剂往往沸点高，不适用于常规的非平衡热的方法计算，其基本计算方法是：

* 将富吸收剂进料和蒸汽（如果有气提蒸汽的话）混合进Flash（P[Flash]=P[relief], Duty = Q[Reboiler\_relief]），Flash气相量W[Flash\_vapor]作为泄放基础。
  + W[relief]=W[Flash\_vapor], kg/hr
  + MW[relief]=MW[flash\_vapor]
  + T[relief]=T[Flash\_vapor], C
* 除火灾和入口阀全开工况外，其余工况都采用统一的界面
  + 由用户对Condenser Lost?做出判断，如果Yes，则按上面方法计算泄放量，如果是No，则W[relief]=0。



* + 1. 出口堵塞-Blocked outlet
* 基本假设：
  + 塔顶气相出口被堵塞和聚集
  + 冷凝器停
* 计算方法：如上。
  + 1. 回流中断-Reflux failure
* 基本假设：
  + 回流中断
  + 冷凝器停
* 计算方法：如上。
  + 1. 停电-Electrical power failure
* 基本假设：
  + 电动设备停（可能是空冷器停、水冷器停）。
* 计算方法：如上。
  + 1. 循环水中断-Cooling water failure
* 基本假设：
  + 水冷器停
* 计算方法：如上。
  + 1. 入口阀全开-Inlet valve fails open

计算方法如附件2。

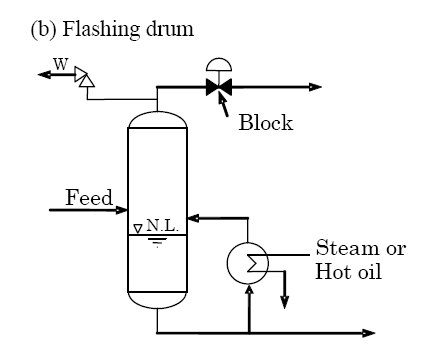
界面与1.1.9相同。

* + 1. 火灾-fire
* 计算方法：
  + 参照1.1.10塔的火灾工况计算，但蒸发焓采用如下方法计算：
  + 蒸发焓的计算
    - 和1.2吸收塔类似的理由，在再生塔中，为保守起见，取富吸收剂作为计算对象（富吸收剂含轻端组分浓度最高）。
    - 取正常工况下的进料Stream进Flash模块（P[relief\_fire]，Vapor\_mol\_fraction=0.05），则
    - L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
    - h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash气相比焓, kcal/kg
    - h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash液相比焓,kcal/kg
    - MW[relief\_fire]=MW[flash\_vapor]
    - T[relief\_fire]=T[flash\_vapor]
    1. 其它工况-Other Scenario

用户自定义Scenario Name, W[relief], MW[relief], T[relief]。

1. 罐类-Drum

工艺装置中涉及的分离器Separator、缓冲罐Surge Drum、分液罐Knockout Drum、闪蒸罐Flashing Drum（即有再沸器或加热盘管的闪蒸罐，下图）等。



出口堵塞-Blocked outlet

* 计算方法
  + 判断进料压力是否高于Pset？
    - 由用户自己填写，但注意上游如果是压缩机、泵，则注意最大进料压力的计算（参考压缩机出口堵塞工况的P[Max\_discharge]计算方法）
  + 计算校正后的进料流量W[rerated\_feed], kg/hr ，缺省值为正常流量。
    - 有用户自行计算，如果是压缩机，则暂时可以自行通过压缩机模块计算后将结果输入在这里。
  + 分为一般的分液罐和Flashing Drum
  + 如果是Flashing Drum则考虑是否有Feed/bottom HX以及Reboiler Pinch？

P[feed\_upstream] > P[set]

N

Y

W[relief]=0

* DeltaQ[feed]: feed/btm换热器增大的热负荷，如果不考虑则为0；
* Q[reboiler\_relief]: 泄放条件下再沸器热负荷，如果考虑Pinch则为校正后的热负荷

将进料进Flash（P[flash]=P[relief], Duty=Q[reboiler\_relief]+DeltaQ[feed]）

W[relief]=W[Flash\_vapor\_outlet], kg/hr

MW[relief]=MW[flash\_vapor\_outlet]

T[relief]=T[Flash\_vapor\_outlet], C

If Flashing Drum?

N

Y

进料进Flash（P[flash]=P[relief], Duty=0）

W[relief]=W[Flash\_vapor\_outlet], kg/hr

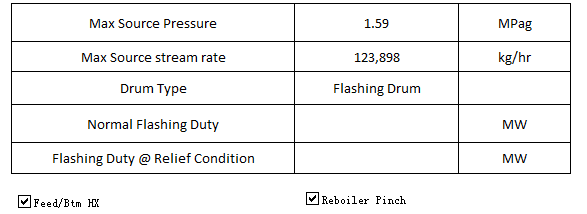
MW[relief]=MW[flash\_vapor\_outlet]

T[relief]=T[Flash\_vapor\_outlet],C

Calculate W[rerated\_feed]

注意，进Flash的流量是W[rerated\_feed]。

* 界面设计



入口阀全开-inlet valve fails open

参照1.1.9入口阀全开工况，只是将W[Tower\_normal\_vapor]改为W[Drum\_normal\_vapor]（即罐正常工况下的气相出口流量）即可。

火灾-Fire

参照附件3中罐类的计算方法和界面设计。

紧急泄压-Depressuring

参照附件4计算。

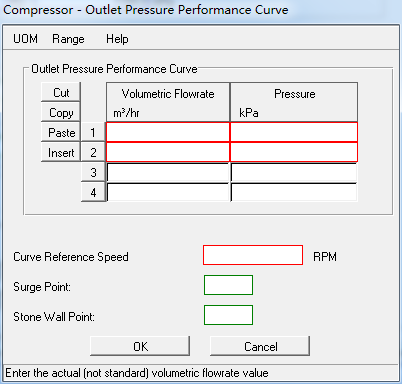
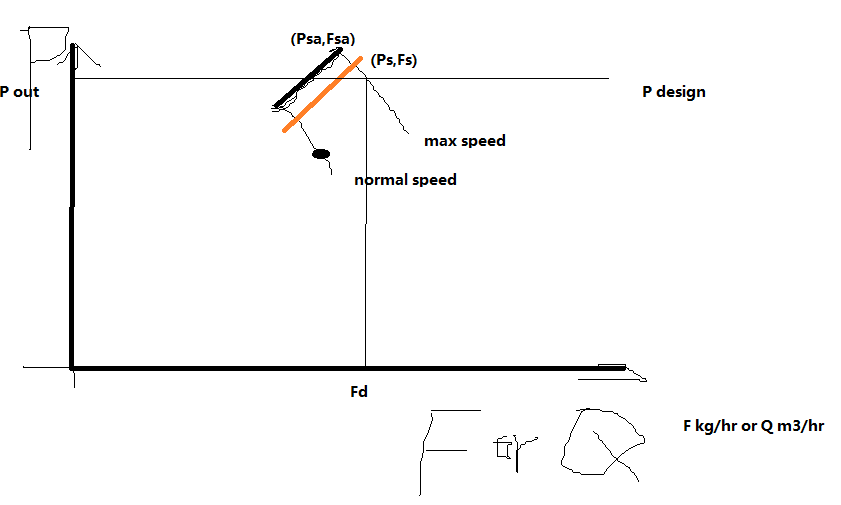
其它工况-Other Scenario

用户自定义Scenario Name, W[relief], MW[relief], T[relief]。

1. 压缩机-Compressor

一般是指往复式压缩机出口堵塞工况。

离心式压缩机

* + 1. 出口堵塞-Blocked outlet
* 计算方法
  + 简化-Simplified：直接给定Scale（Scale>=1，缺省为1），即
    - W[relief]=W[normal] \* scale, kg/hr
    - P[relief]=1.1或1.16Pset
    - MW=压缩机出口物流的分子量
    - T[Relief]= 压缩机出口物流的温度
    - 最大转速下的喘振控制值、出口压力/流量曲线；正常转速下的喘振控制值、出口压力/流量曲线
    - 压缩机进口压力、密度等
    - 实际控制流量为1.1\*fsurgerate(p)
    - 
    - 输入两个这样的曲线，一个是正常的，一个是最大流速的
    - 
    - 步骤：1 用户输入最大转速和正常转速的性能曲线、喘振点；从喘振点开始输，第一个点默认为喘振点（压力、流量）。流量必须递增、压力必须递减。

2 两个喘振点连成一个曲线，喘振线 f=g(p) ，流量=g（压力）

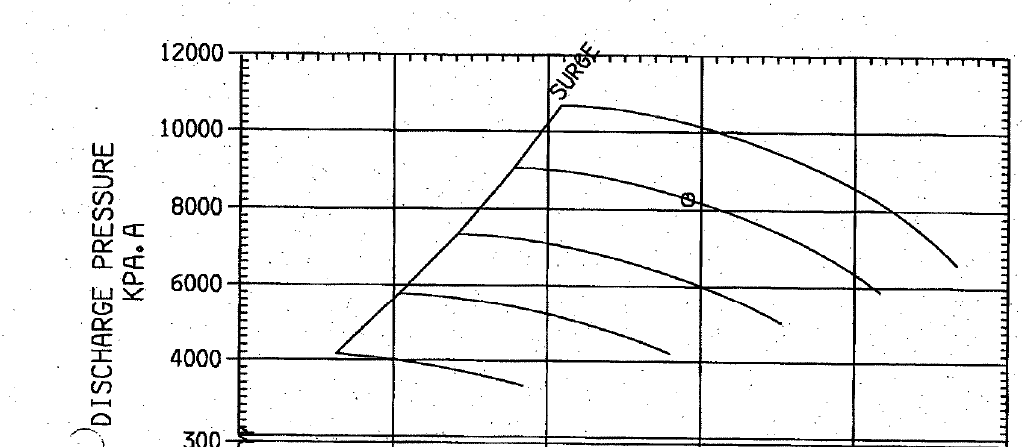
3 1.1倍的喘振线得到喘振控制线。

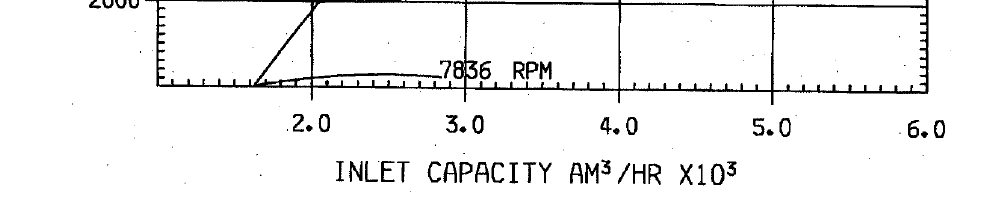
4 求最大转速下的喘振控制线上的流量 Fs和压力Ps

5 判断Pdesign 小于 Ps ，直接插值求Fd，即得到泄放量

如果 Pdesign大于Ps且小于Psa那么泄放量Fs

如果Pdesign大于Psa 没有泄放量





斜率-2Mpag/1000m3/hr？ 根据normal的点来确定 增加20%的正常流量，同时压力降低5%？，斜率-0.25？

* + 详细-Detailed：根据压缩机驱动类型、性能曲线等计算，如下框图

If turbine-driven?

N

Y

P[max\_discharge]=P[surge\_at\_Normal\_speed]

P[Max\_discharge] > P[Design]

N

Y

W[relief]=0

P[max\_discharge]=P[surge\_at\_max\_speed]

Max speed/normal speed = 1.05 or 1.1

If turbine-driven?

N

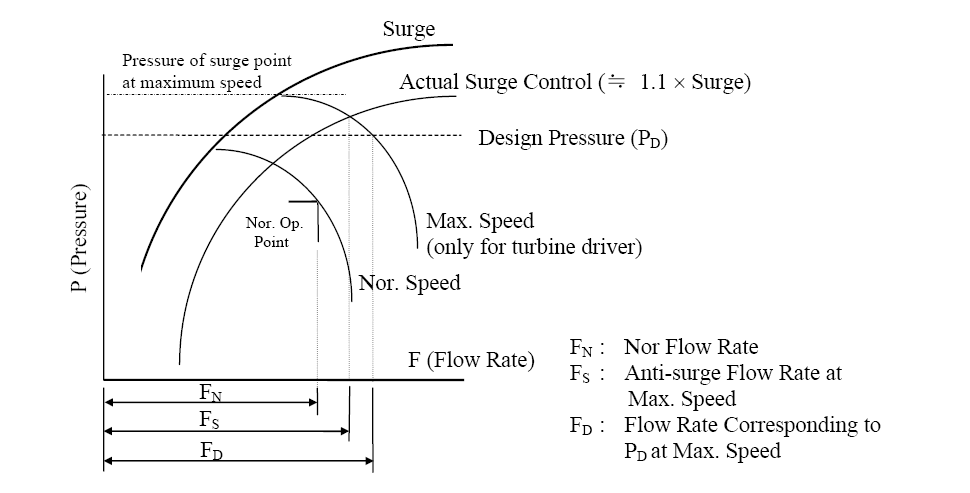
Y

W[relief]=W[normal\_flow], kg/hr

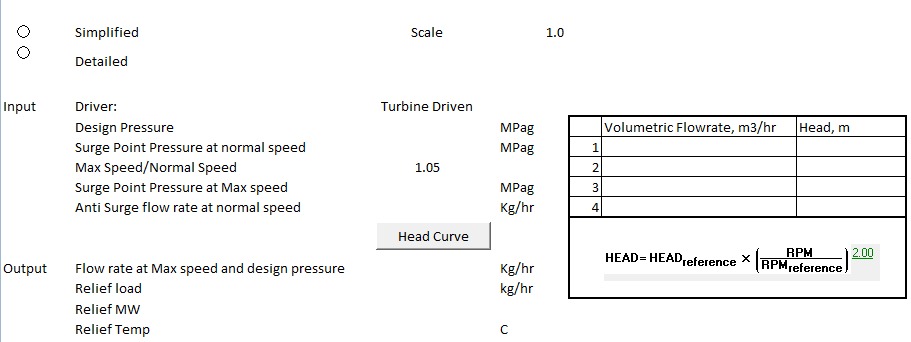
* 根据normal speed下的Head曲线和Fan Law，折算1.05倍转速下的Head曲线
* 计算P[design]下对应的流量，折算成质量流量W[max\_speed\_design\_P], kg/hr
* 取值W[AntiSurge\_flow\_at\_max\_speed], kg/hr
* W[relief]=max(W[max\_speed\_design\_P], W[AntiSurge\_flow\_at\_max\_speed]])
* P[Max\_discharge]：最大出口压力, MPag
* P[surge\_at\_normal\_speed]：正常转速下喘振点的压力,Mpag
* P[surge\_at\_max\_speed]：最大转速下喘振点的压力, MPag
* 最大转速取正常转速的1.1或1.05倍
* P[design]=P[Rv\_set]：压缩机出口（压缩机壳体）的设计压力,MPag
* W[normal\_flow]: 正常压缩机出口流量，kg/hr
* W[max\_speed\_design\_P]: 在最大转速对应的Head-Flow曲线上，对应P[design]的流量, kg/hr
* W[antiSurge\_flow\_at\_normal\_speed]：在正常转速下防喘振流量, kg/hr

则：W[AntiSurge\_flow\_at\_Max\_speed] = W[antiSurge\_flow\_at\_normal\_speed] \* (Max\_Speed/Normal\_Speed)

性能曲线示意图:



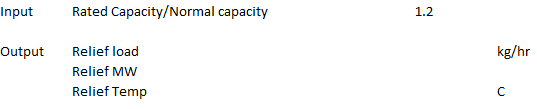
* 界面设计



* + 选择Detailed和Turbine Driven时，除Scale外其余均可编辑。
  + 选择Simplified时
    - 只有Relief Load, Relief MW和Relief Temp等最终结果显示的地方可编辑，其余均变灰。
  + 选择Detailed和Non-Turbine Driven时
    - Design Pressure和Relief Load, Relief MW和Relief Temp等可编辑，其余变灰。
* 拓展
  + 如果安全阀是安装在压缩机后的分离器上，则分离器Drum出口堵塞工况时需要考虑压缩机的效应。
  + 可以考虑：在Drum的Source中放上Compressor，如果选择了，则出口堵塞工况考虑Compressor的效应。

往复式压缩机

* + 1. 出口堵塞-Blocked outlet
* 计算方法
  + W[relief]=W[compressor\_rated\_capacity], kg/hr
  + Compressor\_rated\_capacity即往复式压缩机的最大处理能力（缺省为正常流量的120%）
  + MW[relief]=MW[normal\_outlet\_stream]
  + T[relief]=T[normal\_outlet\_stream]
* 界面设计



1. 换热器-Heat Exchanger

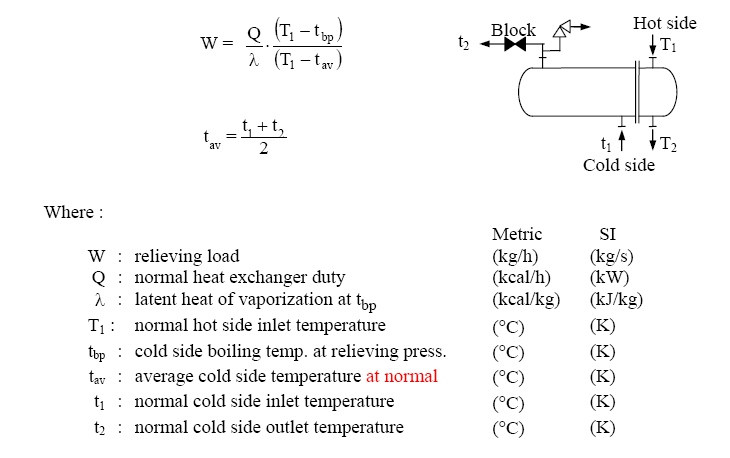
管壳式换热器-Shell-Tube Heat Exchanger

* + 1. 出口堵塞-Blocked Outlet

选择是工艺换热器Process Heat Exchanger还是再沸器Reboiler，假设条件是热侧正常，冷测出口堵塞。

* 工艺换热器-Process Heat Exchanger

泄放量计算方法如下<JGC>



* + 计算框图如下

Read data from database

* 判断Cold side inlet stream
* Normal duty, Q[normal], kcal/hr
* T[Normal\_hot\_inlet]
* T[Normal\_cold\_inlet]
* T[Normal\_cold\_outlet]

计算W[relief]

W[relief]= Q[normal]/L[vap]\*(T[normal\_hod\_inlet]-T[cold\_bp\_relief])/(T[normal\_hod\_inlet] – T[average])

T[relief]=T[flash], MW[relief]=MW[vapor\_flash]

计算 T[average]

T[average]= ½\*(T[Normal\_cold\_inlet]+T[Normal\_cold\_outlet])

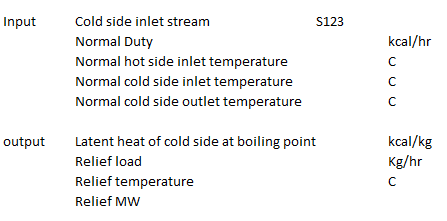
计算T[cold\_bp\_relief]和蒸发焓L[vap]

Cold side进Flash（P[flash]=P[relief], Bubble Point）

T[cold\_bp\_relief]=T[flash], C

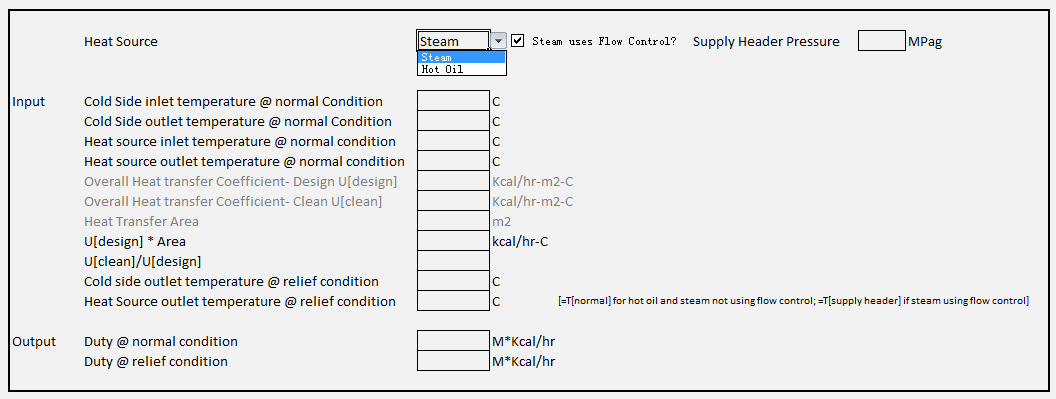
L[vap]=h[vapor\_flash]-h[liquid\_flash], kcal/kg

* T[cold\_bp\_relief]：冷测物料在泄放压力下的泡点温度，C
  + 界面设计

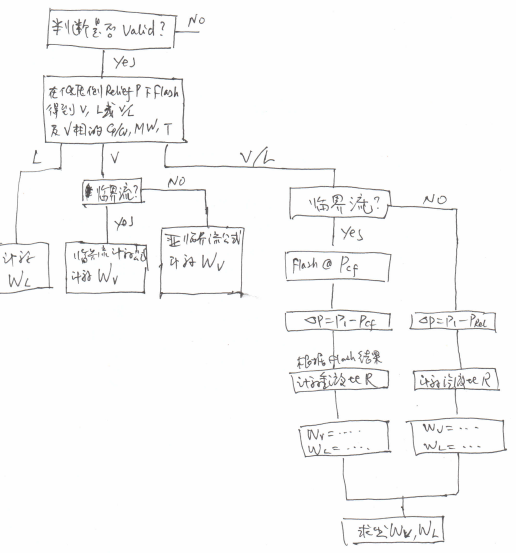


* 再沸器- Reboiler

参考Pinch Calculation的Excel。



* + 1. 换热管破裂-Tube Rupture



* + - 1. 闪蒸计算

将高压侧的流体在低压侧泄放压力P[relief\_low\_side]下（绝热）闪蒸，结果分为3种情况：全液相、全气相、气液两相。根据不同情况用不同方法计算。

* + - 1. 全液相流
* ：通过2个孔的总液相流量, kg/hr
* d: 管侧内径 I.D., **in**
* P1: 高压侧操作压力, MPa
* P2:低压侧累积泄放压力, MPa
* : 压差P1-P2, MPa
* Rmass: 流动条件下的液相密度, kg/m3
  + - 1. 全气相流
      2. 判断是否达到临界流
* P1: 高压侧操作压力，该公式中压力单位必须是绝压, MPa
* K：将高压物流在低压侧relief压力下闪蒸，气相的cp/cv为该公式的k值
* P2: 低压侧累积泄放压力, MPa

如果P2<=Pcf，则为临界流，方法为4.3.2；

如果P2>Pcf，则为非临界流，方法为4.3.3;

* + - 1. 气相临界流计算
* ：通过2个孔的总液相流量, kg/hr
* d: 管侧内径 I.D., **in**
* P1: 高压侧操作压力, MPa
* Rmassv: 高压侧**操作条件下**气相密度, kg/m3
* K：将高压物流在低压侧relief压力下闪蒸，气相的cp/cv为该公式的k值
  + - 1. 气相亚临界流计算
* d: 管侧内径 I.D., **in**
* P1: 高压侧操作压力, MPa
* P2:低压侧累积泄放压力, MPa
* Rmassv: 高压侧操作条件下气相密度, kg/m3
* Y：膨胀因子
  + - 1. 气液两相流

气液相分开计算。

* + - 1. 判断两相流中气相的临界流
* P1: 高压侧操作压力，该公式中压力单位必须是绝压, MPa
* K：将高压物流在低压侧relief压力下闪蒸，气相的cp/cv为该公式的k值
* P2: 低压侧累积泄放压力, MPa

如果P2<Pcf，则为临界流；

如果P2>Pcf，则为非临界流;

* + - 1. 气相为临界流
* d: 管侧内径 I.D., **in**
* P1: 高压侧操作压力，该公式中压力单位必须是绝压, MPa
* P2: 低压侧累积泄放压力, MPa
* K：将高压物流在低压侧relief压力下闪蒸，气相的cp/cv为该公式的k值
* Rv：气相质量分率
* Rmassv：高压侧操作条件下气相密度, kg/m3
* Rmassl: 流动条件下的液相密度, kg/m3
* : 压差P1-P2, MPa
  + - 1. 气相为非临界流
    1. 火灾-Fire

参照附件3关于管壳式换热器的火灾工况计算。

* + 1. 其它工况-Other Scenario

用户自定义Scenario Name, W[relief], MW[relief], T[relief]。

空冷器-Air Cooler

* + 1. 火灾-Fire

参照附件3关于空冷器的火灾工况计算。

* + 1. 其它工况\_Other Scenario

用户自定义Scenario Name, W[relief], MW[relief], T[relief]。

1. 反应器循环-Reactor Loop

Reactor Loop系指炼油装置中的Hydrocracking, Hydrotreating和Reformer装置中的反应器循环，前面两者是消耗H2，而后者则是产生H2。Reactor Loop通常包括反应器、进料加热炉、反应产物换热、冷却器、分离器等。

安全阀通常安装在高压分离器。以下算法包括PSV泄放工况和紧急泄压Depressuring。

出口堵塞-Blocked Outlet

是指分离器气相出口被堵塞。泄放量计算：<Fluor>

* 加氢装置

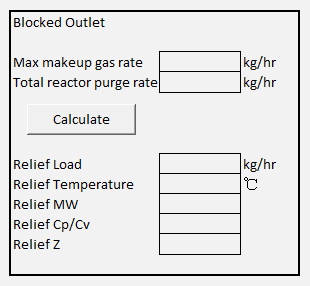
W[relief]=W[Max\_Makeup\_gas\_rate]-W[Reactor\_Purge]， kg/hr

W[max\_makeup\_gas\_rate]为补充气的最大流量, kg/hr

* 重整装置

W[relief]=W[max\_net\_make\_gas\_rate]

* 界面设计 ？



液相进料停-Loss of Liquid Feed

* 基本假设
  + 反应产物保持EOR正常工况不变
  + 反应产物换热网络中与冷进料换热停
* 计算方法
  + HX Re-rating
* 界面设计：参考附件5.

反应器急冷停-Loss of reactor quench

* 基本假设
  + 假设Final Quench Point Lost，取对应的Effluent温度
* 计算方法：HX Re-rating
* 界面设计：参考附件5.

循环氢压缩机停-Recycle compressor failure

* 计算方法<Flour>
  + 按正常工况下的压力剖面图，找到一个压力等于Compressor Settle-out Pressure的点，取该点到冷高分的压降、流量和平均混相密度
  + 假设该点压力在压缩机跳车后保持不变，根据冷高分的泄放压力，重新计算该点与冷高分之间的流量和进冷高分的气相量，该气相量为泄放量。如果补充H2不停，则比较补充H2和上述气相量，大者为最苛刻泄放量。
* 该方法如何在ReliefPro中实现有待进一步研究。

全厂停电-General Electric Power Failure

* 基本假设
  + 进料停
  + 考察其它电动设备停造成的冷源丢失
  + 循环氢压缩机正常
* 计算方法：HX-Rerating
* 界面设计：参考附件5.

全厂停水-General Cooling Water Failure

* 基本假设
  + 用冷却水的Utility HX的Duty=0
  + 可能引起Condensing Turbine Compressor跳车
* 计算方法：HX Rerating
* 界面设计：参考附件5.

紧急泄压-Depressuring

参照附件4的说明。

其它工况\_Other Scenario

用户自定义Scenario Name, W[relief], MW[relief], T[relief]。

或指定该工况与某个已分析的工况泄放量相同或不超过。

1. 常压和真空储罐-Atmospheric/vacuum Storage Tank

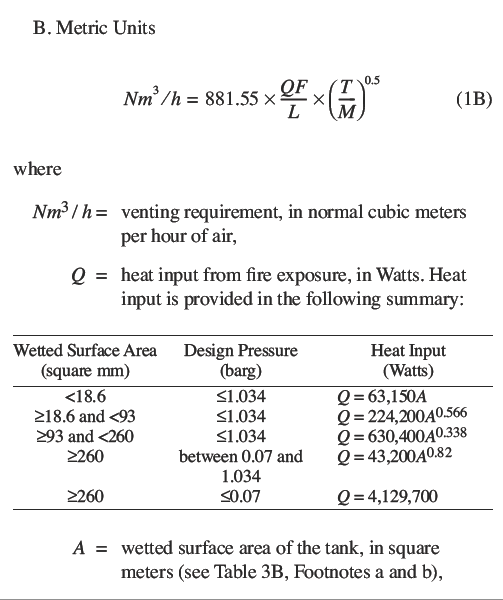
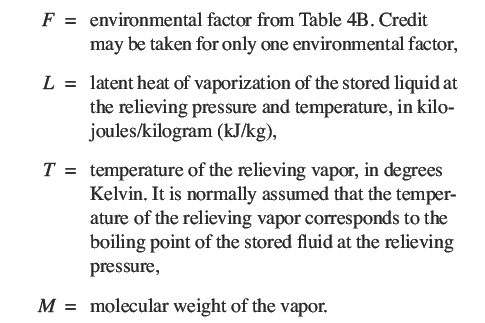
适用范围

遵照API STD 2000规范，适用范围为：操作压力为真空至1.034Barg的地上液相原油和石油产品储罐、地上（或地下）冷冻储罐。

火灾工况

* + 1. 计算方法

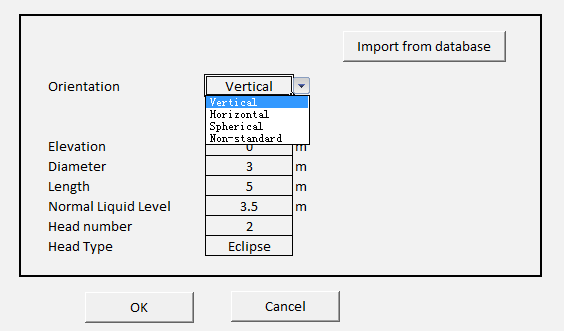
在本阶段，对该类设备仅考虑储罐上安装的PSV阀在火灾工况的泄放量，算法如下：

* 在PROII中建立含一个Stream[Tank]的模型，Stream[tank]的组成与储罐液体相同，P和T均为储罐正常操作的压力和温度。
* 计算公式中A：湿面积A[wetted]的计算方法与附件3中Drum的方法相同。
* 计算公式中的L=蒸发焓L[vap\_fire\_tank]：
  + 将物料Stream[tank]送入Flash（P[flash]=P[relief\_fire], bubble, F[Pseudo-stream]=1kg-mol/hr），其中P[relief\_fire]=(P[PSV\_set] \* 1.21)，则
    - L[vap\_fire\_tank]=h[tank\_fire\_flash\_vapor]-h[tank\_fire\_flash\_liquid], kcal/kg
    - 计算公式中的T=T[tank\_fire\_flash]，℃
    - 计算公式中的M=MW[tank\_fire\_flash\_vapor]
* 计算公式中F由用户指定，缺省值=1
* W[relief]=V[relief\_tank\_fire] \* Rmass[tank\_fire\_flash\_vapor]， kg/hr
  + Rmass[tank\_fire\_flash\_vapor]上述泡点闪蒸气相的密度，kg/m3
    1. 界面设计

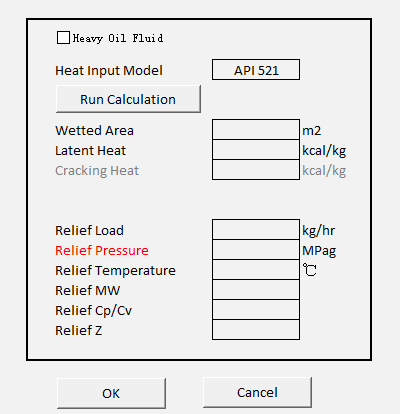
Tank的Config页面与Drum类似，如下：

***Import from database*** 用于选择6.2.1中建立PROII模型的Stream[tank].



在Fire的Case Study页面，如下：

***Run Calculation*** 时，先计算A[wetted], L[vap\_fire]，再计算泄放量。



1. 附件 1： Unbalanced Heat Load Method

计算过程

1. 获得设计工况下的物料和能量平衡数据，包括：
   1. 进料的质量流量、进料的温度、进料的比焓和总焓值，包括侧提塔的蒸汽进料；
   2. 所有产品的质量流量、温度、比焓和总焓值，包括侧提塔塔釜出料；
   3. 所有的热源和冷源的热负荷，包括塔顶、塔釜、中断回流和侧提塔的热源；
2. 根据上述数据计算物料平衡和热平衡，误差小于0.5%；
   1. 进料总质量流量=产品总质量流量；
   2. 进料总焓值+总源负荷=产品总焓值+总冷源负荷；
3. 确定塔的安全阀定压Pset和个数，计算泄放压力Prelief；
4. 确定产品的泄放条件，调用模拟软件计算：
   1. 将塔顶液相产品在Prelief闪蒸到Dew Point（拟定液相虚拟流量1 kmol/hr），得到
      1. 闪蒸温度T[relief], C
      2. 气相的分子量MW[accumulation]
      3. 气相比焓的h[relief-OH-vap]和液相比焓h[relief-OH-liq], kcal/kg

注：（1）塔顶有液相采出，取塔顶液相；（2）塔顶无液相采出但有回流，则取回流；（3）蒸出塔，取第一块塔板液相；

* 1. 将塔顶气相产品在T[relief]下闪蒸到露点，得到气相产品（GAS）焓值H[relief-GAS]；
  2. 如果有蒸汽，计算与塔顶酸水等量的蒸汽W[STEAM]在T[relief]下的露点比焓 h[relief-STEAM]；
  3. 其它侧线和塔釜产品，闪蒸到P[relief]下的泡点，并提取焓值，H[relief-product]；注意：在以蒸汽为热源的汽提塔或分馏塔中，尤其是塔釜产品量占比较大的情况下，将塔模型在泄放压力下重新运行一次（保持正常的Spec），得到新的侧线和塔釜产品的焓值，取该焓值作为H[relief-product]。

1. 确定工况及其每个工况的假设条件，主要因素如下
   1. 一个或多个进料是否停；
   2. 进料焓值是否变化（进料换热设备停或者换热负荷变化）；
   3. 蒸汽进料是否停；
   4. 换热设备是否停；
   5. 回流泵是否停；
   6. 中断回流泵是否停；
   7. 冷凝器是否液泛；
   8. “蒸汽在塔顶是否被冷凝”（以下8-9算法是基于“假设蒸汽不被冷凝”；10-11算法时基于“假设蒸汽被冷凝”）；

[注]：判断进料或蒸汽是否停的依据：

* 进料是通过泵、压缩机等设备输送，则判断设备是否在事故中停；
* 进料是通过压差输送，则判断最大上游压力（即控制阀上游的压力）是否大于下游的泄放压力；
* 蒸汽的供应压力是否大于下游设备的泄放压力；（根据Texaco Manual P50）；

1. 确定泄放条件下的物料平衡
   1. 保证泄放条件下物料保持平衡：
      1. 如果进料不发生变化，则所有产品均保持不变；
      2. 如果部分全部进料中断，则产品流量全部为0；
      3. 如果部分进料中断或流量减少，为保持物料平衡，方法是：

除Overhead外，其余产品的比焓排序，从比焓最大的产品物料开始减去进料减少的部分，如果不够，则依次减除，直到够减为止，如果全部仍然不够，最后从Overhead的物料中减除。剩余的产品再计算焓值。

1. 计算塔顶物料的蒸发焓L[vap], Kcal/kg
   1. L[vap]= h[relief-OH-vap]- h[relief-OH-liq]

注意：蒸发焓不应小于50 btu/lb即27.77 Kcal/kg。

1. 计算热不平衡（塔顶蒸汽不被冷凝）, M\*kcal/hr
   1. 累积量W[accumulation]=+W[OH]
2. 计算泄放量, kg/hr
   1. 泄放量：+W[STEAM]
   2. 泄放温度：T=T[relief]
   3. 泄放分子量： MW[relief]=
3. 计算热不平衡（塔顶蒸汽被冷凝）, M\*kcal/hr
   1. 累积量W[accumulation]=+W[OH]
4. 计算泄放数据
   1. 泄放量W[relief]=W[accumulation];
   2. 泄放温度：T=T[relief]
   3. 泄放分子量：MW[relief]=MW[accumulation]
   4. 注意：用于安全阀核算的泄放物料压缩因子不应小于0.5(Texaco Manual PP52)

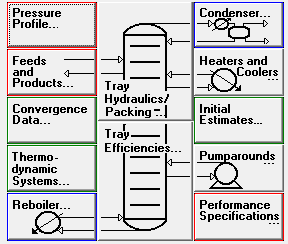
局限性

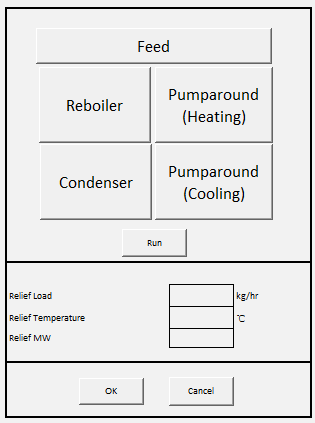
* 不适用于塔釜有Steam Stripping的情况。

界面设计

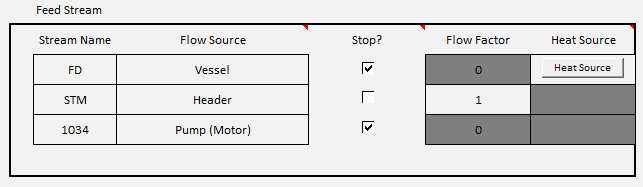
在一页的界面中包括如下表格：***Feed***，***Reboiler***，***Pumparound（Heating）***，***Condenser Pumparound（Cooling）：***

如果界面摆放有问题，亦可借鉴PROII的按钮式操作，如下图，将每个类别的表格通过按钮方式弹出配置。

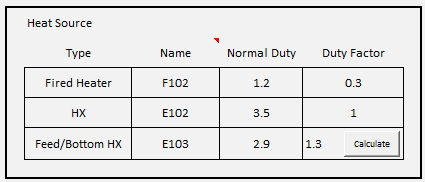




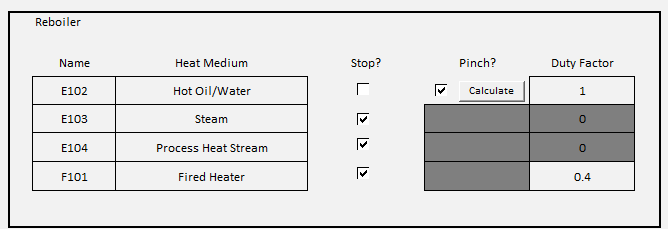
* ***Feed:*** 
  + 缺省设置3行，超过则通过滑条操作。
  + ***Name, Flow source***则由***Source***设置页面传递信息，在本地可修改，修改后Source中的设置自动更新。***Heat Source***信息也由***Source***设置页面传递过来，如果Source中未设置Heat Source，则变灰不可编辑。
  + If flag[stop]=1, Flow Factor=0且不可编辑; 否则Flow Factor=1（可编辑）。



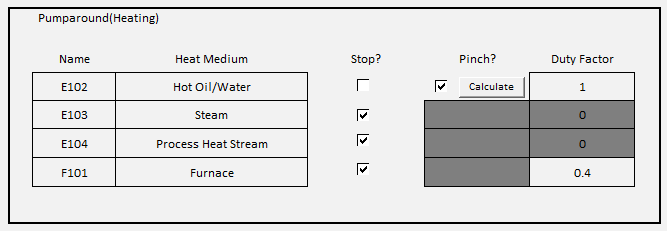
***Heat Source***按钮弹出的界面如下，缺省设置3行，超过则通过滑条操作。下图***Calculate***按钮调用Feed/Bottom HX计算方法计算，计算的***Duty Factor***>=1。



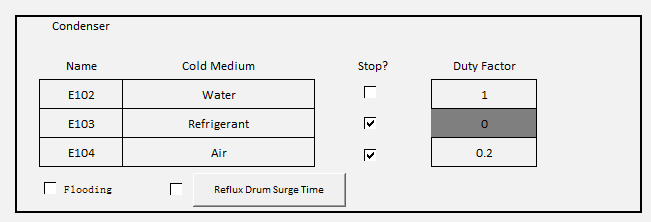
* ***Reboiler：***
  + 缺省设置3行，超过则通过滑条操作
  + ***Reboiler***包括主塔再沸器和侧塔再沸器（侧塔再沸器是否单独设置待研究）
  + If flag[stop]=1，则***Pinch?***变灰，if Medium=***Fired Heater,*** ***Duty Factor***=0.4（可编辑），否则***Duty Factor***=0（不可编辑）。
  + If flag[stop]=0 & flag[pinch]=1，点击***calculate***按钮启动Pinch界面计算Pinch的***Duty Factor***（Duty Factor变灰）。
  + If flag[stop]=0 & flag[pinch]=0，***Duty Factor***可编辑，缺省值=1.

******

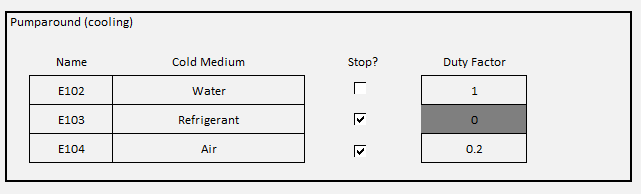
* ***Pumparound (Heating)***
  + ***Pumparound***(Heating)包括Duty>0的中间换热器，缺省设置3行。
  + 设置方法与***Reboiler***相同。

******

* ***Condenser:*** 
  + ***Condenser***缺省可设置2行（通常是水冷和空冷的组合）。
  + 如果Water, Refrigerant类型，Flag[stop]=1，则Duty Factor缺省设为0，如果是Air, Flag[stop]=1，则Duty Factor缺省设为0.2（可编辑），其它情况Duty Factor=1.
  + ***Condenser***的液泛计算选项：
    - 当***Reflux Drum Surge Time***前的Check Box选中时，***Flooding***变灰。否则 ***Flooding***的Check Box可操作。
    - 点击***Reflux Drum Surge Time***按钮则调用Drum Surge Time界面进行计算，如果计算的Surge Time < Threshold（Threshold在Global Setting里面设置），则Flag[flooding]=1，否则为0.
    - Flooding的Check Box勾上，则Flag[flooding]=1.
    - 当Flag[Flooding]=1，则***Stop?***列和***Duty Factor***列变灰，***Duty Factor***全部为0.



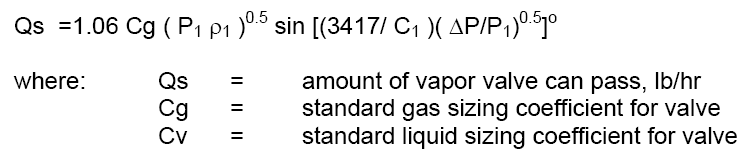
* ***Pumparound(Cooling):*** 
  + Pumparound(Cooling)包括Duty<0的中间换热器
  + 如果Water, Refrigerant类型，Flag[stop]=1，则Duty Factor缺省设为0，如果是Air, Flag[stop]=1，则Duty Factor缺省设为0.2（可编辑），其它情况Duty Factor=1.

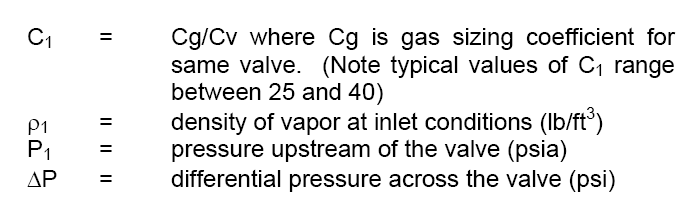


1. 附件2： Control Valve capacity calculation

Control valve capacity calculation method

* + 1. Darcy公式（缺省方法）
* 确定入口阀的总Cv值
* 以上游的条件为入口条件，确定Rmass, kg/m3
* 上游压力P[upstream]为上游设备的操作压力,Mpa
* 下游压力P[downstream]=P[relief], Mpa
* \*3600, kg/hr
* （注意：公式中1000是指压力单位为MPa时的系数。）
  + 1. Fisher Regulation Handbook<Bechtel>：备选方法





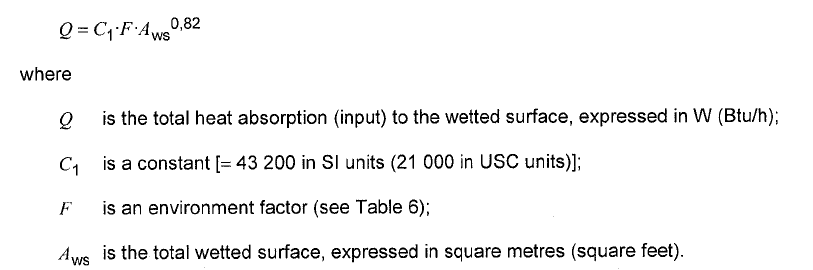
计算思路

* + 1. Liquid Flashing：
* 确定入口阀的总Cv值
* 以上游的液相条件为入口条件，确定Rmass, kg/m3
* 上游压力P[upstream]为上游设备的操作压力,Mpa
* 下游压力P[downstream]=P[relief], Mpa
* 计算阀的液相总通量, W[liquid\_valve]，
* 将W[liquid\_valve]量的液相送往“Flash功能块”，Flash的压力为P[relief]，Duty=0，计算的气相量为W[Flash\_vapor], kg/hr
  + 1. Vapor breakthrough
* 确定入口阀的总Cv值
* 以上游的条件为入口条件，确定Rmass, kg/m3
  + *如果上游是容器，则取指正常工况下的气相组成*
  + *如果是塔，则取塔釜进入最后一块塔板的气相组成*
* 上游压力P[upstream]为上游设备的操作压力,Mpa
* 下游压力P[downstream]=P[relief], Mpa
* 调用Control Valve Capacity Calculation Method计算气相通量W[breakthrough]，kg/hr

1. 附件3： Fire Relief Load

对含液相的容器，火灾工况泄放量的计算涉及：

* Heat Input Q[heat input]计算
  + Wetted Area (A[wetted])计算
  + F[Environment]计算
    - 一般情况下，都不take Credit of F，缺省环境因子都设为1。
    - 软件中只开放该参数，缺省值为1，允许用户更改。



* 蒸发焓L[vap\_fire]计算

对全气相或超临界气相的容器，套用API公式直接计算。

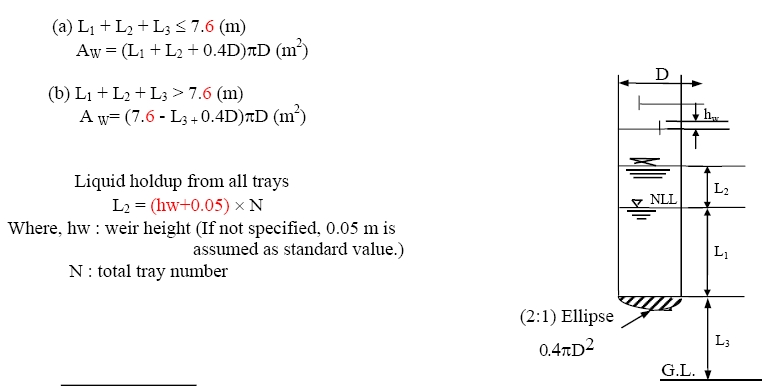
以下分为几种容器类别分别描述：

|  |  |
| --- | --- |
| Equipment Type | Possible Situation |
| 塔 | 含液相的容器 |
| 罐 | * 含液相的容器 * 全气相 |
| 管壳式换热器 | * 含液相的容器 |
| 空冷器 | * 含液相的容器 * 全气相时不计算 |

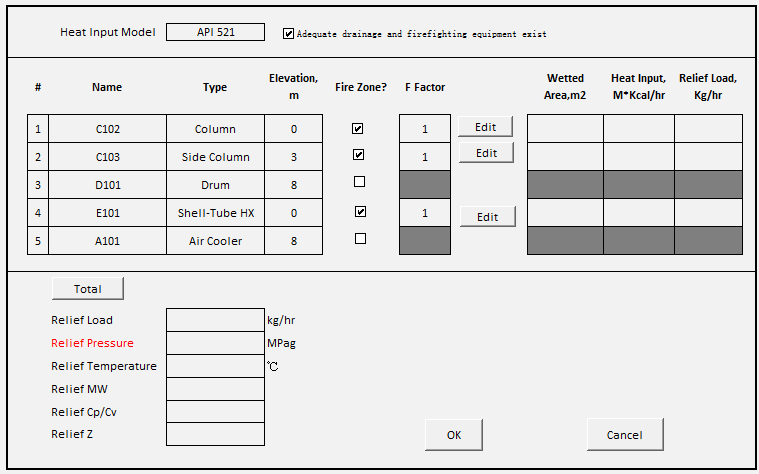
塔- Tower

这里的“塔”是指塔身，不是指一个塔系，但包括侧塔Side Column，分板式塔和填料塔分别设计其输入界面和计算方法。

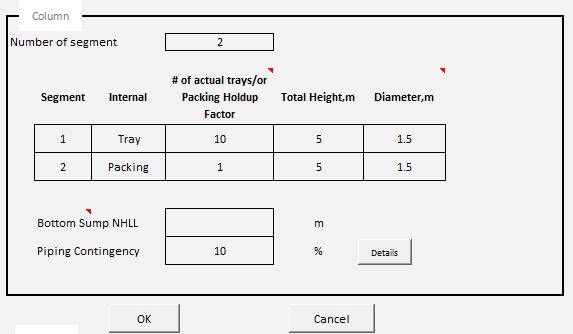
* + 1. Trayed Column的A[wetted]计算
* 板式塔的界面输入：
  + Elevation(L3), m
  + Bottom Normal Liquid Level(L2), m
  + Actual tray Number(N)
  + Tray weir height (hw), m
* 根据下面公式计算A[Wetted], m2 <JGC >

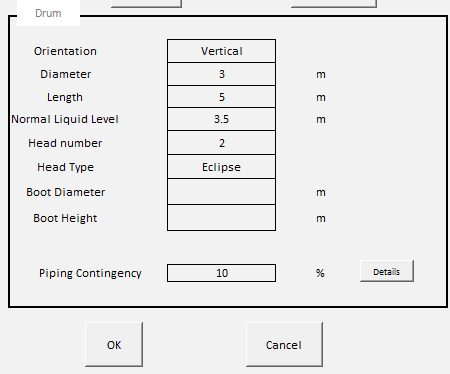


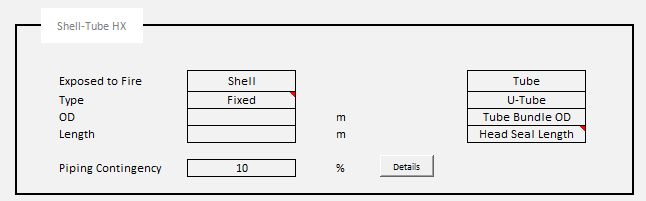
* + 1. Packed Column的A[wetted]计算
* 填料塔界面输入
  + 下拉菜单选择Simplified/Detailed
  + Simplified则用7.6-L3计算Wetted Area
  + Detailed则输入Holdup factor/void fraction等参数【zhang补充】，计算得到A[Wetted]
    1. 蒸发焓L[vap\_fire]计算
* 火灾工况的蒸发焓取其它工况（如停电）时的值，L[vap\_fire]=L[vap], kcal/kg
* If P[relief\_fire]>=P[critical]，则超临界流体L[vap]=27.8 kcal/kg (50 btu/lb)
  + P[critical]为回流物料的临界压力
    1. 泄放量计算
* W[relief\_fire]=Q[fire]/L[vap\_fire], kg/hr
* 物性计算：
  + P[relief\_fire]=P[set] \* 1.21, MPag
  + 将附件1的Unbalanced方法中的塔顶回流Stream放到P[relief\_fire]下闪蒸到Dew Point，取该气相的物性作为火灾工况的物性。
  + MW[relief\_fire]=MW[Dew\_Point\_fire]
  + T[relief\_fire]=T[Dew\_Point\_fire], ℃
    1. 界面设计
* 用列表列出一个塔系包括的全部设备：塔Tower、回流罐Drum、管壳换热器Shell-Tube HX、空冷器Air Cooler、侧塔Tower等。
* 列表的列包括：Equipment No., Equipment Type, Equipment Elevation, Equipment Location, Check Box选择是否要包括在内（如果Elevation>7.6m则自动不选，其余缺省都checked）, Edit按钮, Delete按钮。
* 对所有checked的设备，根据其type，调用其界面，输入数据后计算泄放量。
* 最终的泄放量是全部设备泄放量之和。
* 总的界面如下：
  + ***Heat Input Model***为API521，后面的***Adequate drainage and firefighting equipment exist***的Check Box用于选择条件，并据此确定热量输入模型的系数。
  + 表格中，根据PROII模型和数据库数据，**自动**将塔、侧塔、回流罐、换热器等设备列好，并规定好Name和Type。
  + 用户规定***Elevation, Fire Zone?, F Factor***参数。
    - If {Elevation>7.6m}, 从Fire Zone开始的表格数据全部变灰，否则可编辑。
    - 如果Fire Zone可编辑时Flag[Fire\_Zone]=0，则后面表格全部变灰。
  + ***Edit***按钮：用于规定各设备的参数，根据***Type***类型弹出不同的界面，分别如下面几个截图。
  + 当弹出界面中的***Ok***按钮确定后，执行***Wetted Area, Heat Input, Relief Load***计算并将结果列于后面的表格中，完成一个设备则填写一行。
  + 全部设备完成计算后，点击***Total***按钮完成各设备泄放量的加和，并将数据填入按钮下方的表格中，完成计算。

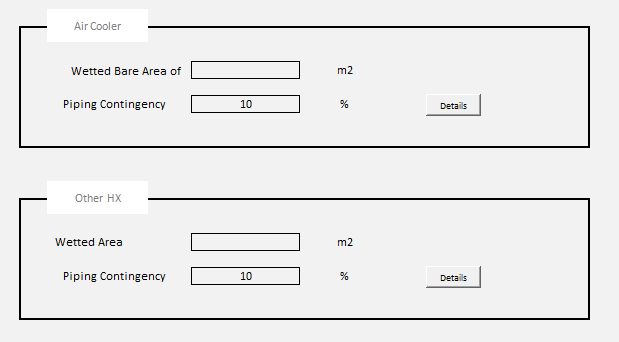


* + - 塔的界面中，Segment用于定义塔分为几个部分（比如板式塔和填料塔混合），Packing Holdup Factor表示1m高的填料在正常操作时所负载的液相高度为0.25m，即2.5块理论板，每块理论板100mm液层高度。

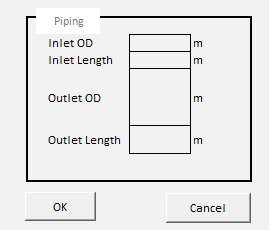








Piping Details的界面



罐- Drum

* + 1. A[wetted]计算
* 卧式罐-Horizontal Drum
  + 根据如下判断逻辑图计算卧式罐的A[wetted]（结合JGC和Fluor的方法）

h[e]<=7.6m?

D>1.9m?

Total surface area



N

N

½ full



Aw=A

Aw=1/2 \* A

(½\*D+h[e])<7.6m

N

(NNL+h[e])<7.6m

N

Use (7.6-h[e]) to calculate Aw

Use NNL to calculate Aw

Aw=0

Y

Y

Y

Y

h[e]: elevation, m

D: Drum diameter, m

NNL: Normal Liquid Level, m

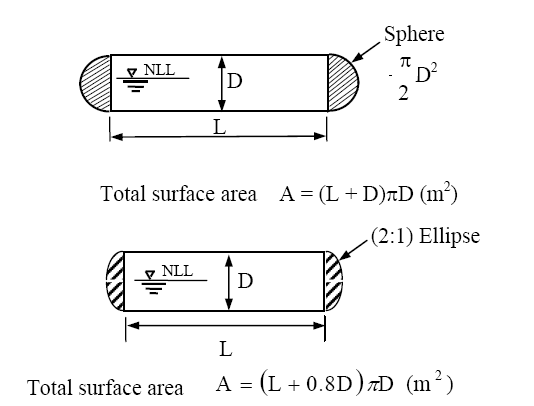
已知卧式罐最终取值用于火灾计算的液位高度h[fire]（即上图中的NNL或(7.6-h[e])），计算A[wetted]的方法：

A[wetted]=2\*(ACOS(1-2\*h[fire]/D)\*180/3.14)/360\*3.14\*D\*L + 1/2\*3.14\*D^2

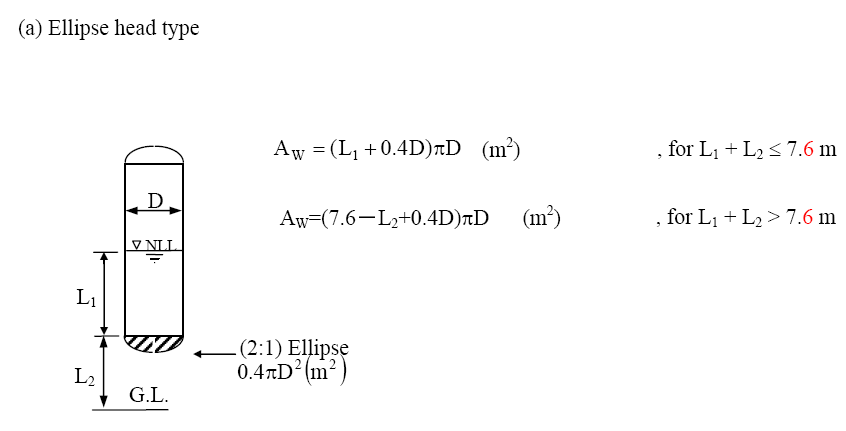
L：罐的长度, m

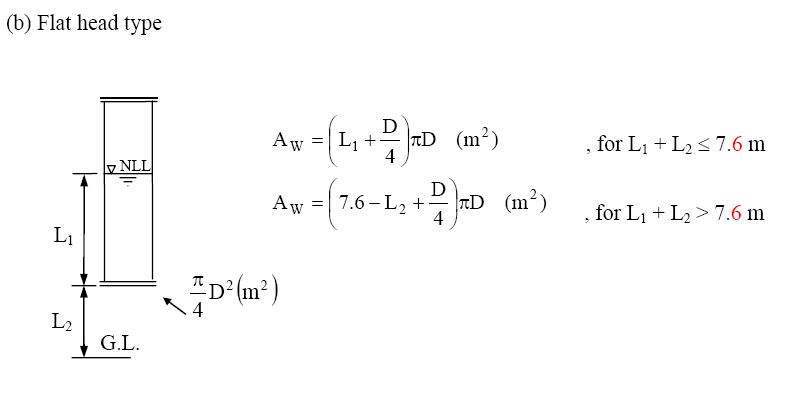
1/2 \*3.14\*D^2：是指保守地将全部封头的表面积计算在内。

Total Drum Surface Area (A)的计算方法如下：

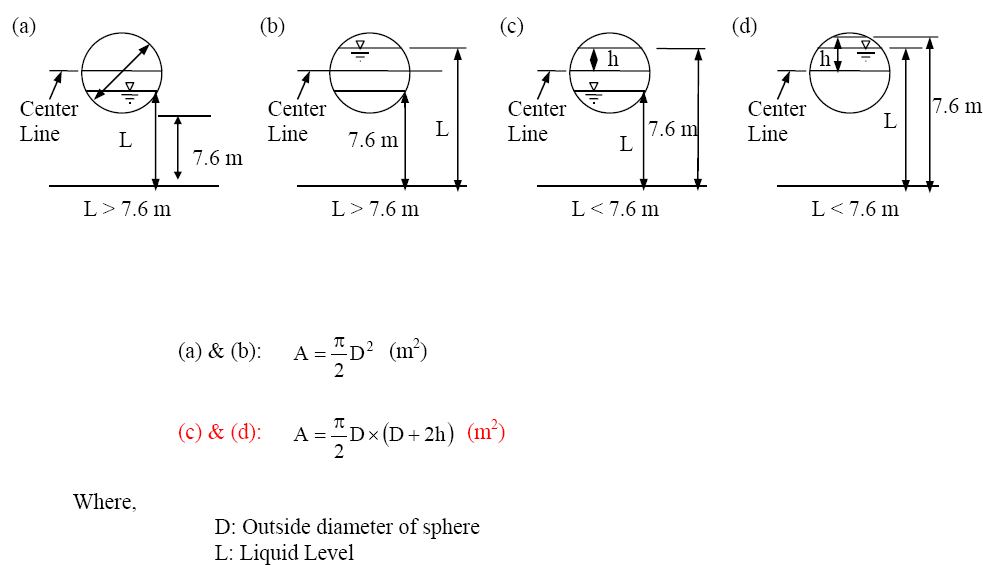


* 立式罐-Vertical Drum





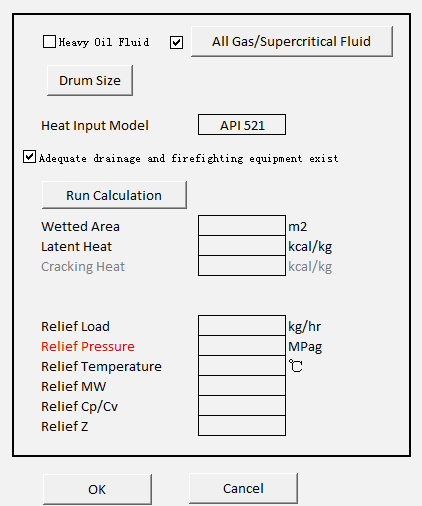
* 球罐-Spherical Drum



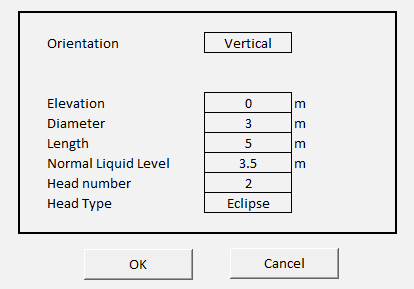
即，软件判断：

* + h[e] + NLL >=7.6m 则A[wetted]=3.14/2\*D^2, m2
  + h[e] + NLL < 7.6m 则A[wetted]=3.14/2\*D\*(D+2h)
    - 其中: h=7.6-h[e]-D/2, h<=D/2
* 非标准型-Non-standard
  + 用户自己定义A[wetted]
    1. 火灾工况蒸发焓 Latent Heat L[vap\_fire]计算
* 将罐的液相取出并调用Flash，P=P[relief\_fire], Vapor\_Mol\_Frac=0.05
* L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
  + h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash气相比焓, kcal/kg
  + h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash液相比焓,kcal/kg
* If P[relief\_fire]>=P[critical]，超临界流体L[vap]=27.8 kcal/kg (50 btu/lb)
  + 1. 泄放量计算
* W[relief\_fire]=Q[fire]/L[vap\_fire], kg/hr
* MW[relief\_fire]=MW[vap\_flash\_fire]
* T[relief\_fire]=T[vapor\_flash\_fire], ℃
  + 1. 界面设计
* 定义如下参数：
  + 下拉框Drum type: Horizontal/Vertical/Spherical/Non-standard
  + Elevation: h[e], m
  + Diameter: D, m
  + Length: L, m
  + Normal Liquid Level, NLL, m
  + Head Number
  + 下拉框Head type: Sphere/Ellipse
  + 如果是non-standard，则上述数据输入窗口变灰。
  + 增加一个的选项。
* 根据各自的公式分别计算A[wetted],m2和Q[fire], kcal/hr
* 按钮🡪在设备列表中选择对应的Flash模型🡪程序自动根据蒸发焓计算方法计算L[vap\_fire]。如果Heavy Oil Fluid选项Checked，则忽略该步骤。
* 程序计算火灾泄放量，注意Heavy Oil Fluid时，用deltaH[fire\_cracking]代替L[vap]。

在Fire的Case Study界面如下：



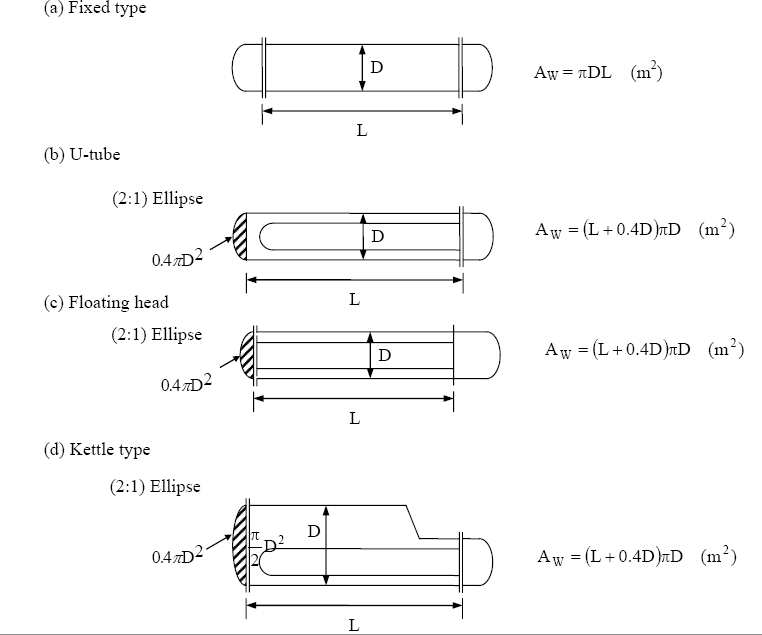
单击Drum Size按钮后：



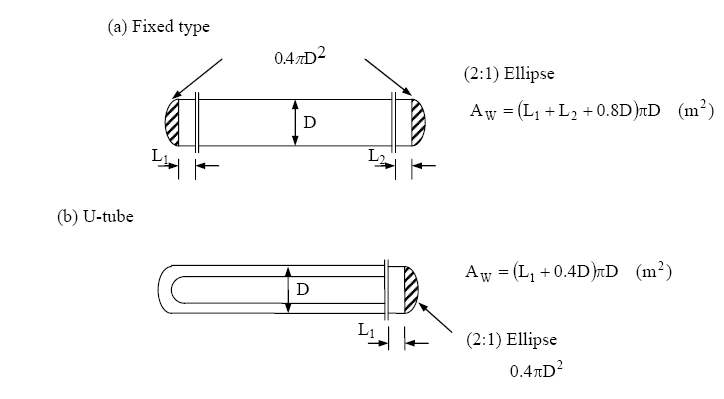
管壳式换热器Shell-Tube HX

* + 1. A[wetted]计算
* Shell的湿面积

考虑到管壳式换热器安装高度通常在7.6m范围内，因此，全部的表面积都算作Aw，计算方法如下：



* Tube的湿面积



* + 1. 蒸发焓L[vap\_fire]计算

关于换热器火灾工况蒸发焓的计算，各种手册未有描述。

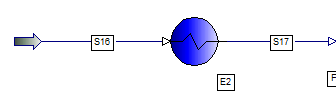
本软件中，将其视为一个容器，采用相同的方法处理。

关于蒸发焓的计算，方法如下：

具体描述如下：

* 程序判断inlet stream和outlet stream的VF(vapor fraction)
  + If VF[inlet\_stream] = VF[outlet\_stream] =1, 则不执行计算。
* 取进口和出口二者中温度更高的物料：T[Max\_T\_Stream] = Max( T[inlet\_stream], T[out\_stream])
* If VF[max\_T\_Stream]<1，将该物料进Flash\_1（DeltaP=0, Duty=0），出口的液相产品进下一个Flash\_2（P=P[relief\_fire], Vapor\_mol\_Rate/feed\_mol\_rate =0.05），按如下方法计算蒸发焓：
  + L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
    - h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash\_2气相比焓, kcal/kg
    - h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash\_2液相比焓,kcal/kg
* If VF[max\_T\_Stream]=1，将该物料进Flash\_1（DeltaP=0，Dew Point, Pseudostream rate =1 kgmol/hr），出口的液相产品进下一个Flash\_2（P=P[relief\_fire], Vapor\_mol\_Rate/feed\_mol\_rate =0.05），按如下方法计算蒸发焓：
  + L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
    - h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash\_2气相比焓, kcal/kg
    - h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash\_2液相比焓,kcal/kg

逻辑框图：



Inlet Stream

Outlet Stream

VF[inlet\_stream] = VF[outlet\_stream] =1

T[Max\_T\_Stream] = Max( T[inlet\_stream], T[out\_stream])

Y

VF[max\_T\_Stream]<1

N

N

Y

不执行计算, 给Warning Message

将该物料进Flash\_1（DeltaP=0，Dew Point, Pseudostream rate =1 kgmol/hr），出口的液相产品进下一个Flash\_2（P=P[relief\_fire], Vapor\_mol\_Rate/feed\_mol\_rate =0.05），按如下方法计算蒸发焓：

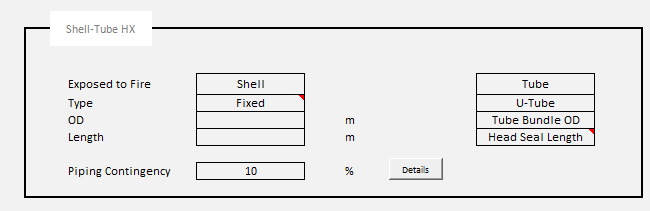
* + L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
  + h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash\_2气相比焓, kcal/kg
  + h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash\_2液相比焓,kcal/kg

将该物料进Flash\_1（DeltaP=0, Duty=0），出口的液相产品进下一个Flash\_2（P=P[relief\_fire], Vapor\_mol\_Rate/feed\_mol\_rate =0.05），按如下方法计算蒸发焓：

* + L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
    - h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash\_2气相比焓, kcal/kg
    - h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash\_2液相比焓,kcal/kg

VF[max\_T\_Stream]=1

* + 1. 泄放量计算
* W[relief\_fire]=Q[fire]/L[vap\_fire], kg/hr
* MW[relief\_fire]=MW[vap\_flash\_fire]
* T[relief\_fire]=T[vapor\_flash\_fire], ℃
  + 1. 界面设计
* 按钮🡪Equipment list中选择某台换热器🡪程序自动显示与其连接的Feed Stream（1 or 2个）供用户选择作为本次分析的inlet stream。
* 下拉菜单选择”Shell/Tube”
* 选择Shell则
  + 显示如下参数
    - Shell Type: Fixed/U-Tube/Floating head/Kettle
    - Shell OD, m
    - Shell Length, m
  + 根据该信息计算A[wetted]
* 选择Tube则
  + 显示如下参数
    - Tube Type：Fixed/U-Tube
    - Tube Bundle OD, m
    - L1、L2（封头直边长度）, m
  + 计算A[wetted], L[vap\_fire]
  + 计算泄放量W[relief\_fire]



空冷器Air cooled HX

* + 1. 空冷器A[wetted]计算
* 系统自动判断
  + 如果空冷器出口物料 VapFrac=1，则忽略该工况。
* A[wetted]等于wetted bare area of tube bundle，该数据由用户提供。
* 注：<Bechtel>：不应考虑空冷器的火灾泄放！
  + 1. 蒸发焓L[vap\_fire]计算

与管壳换热器的计算方法相同，执行框图如下：

VF[inlet\_stream] = VF[outlet\_stream] =1

Y

VF[max\_T\_Stream]<1

N

N

Y

不执行计算, 给Warning Message

将该物料进Flash\_1（DeltaP=0，Dew Point, Pseudostream rate =1 kgmol/hr），出口的液相产品进下一个Flash\_2（P=P[relief\_fire], Vapor\_mol\_Rate/feed\_mol\_rate =0.05），按如下方法计算蒸发焓：

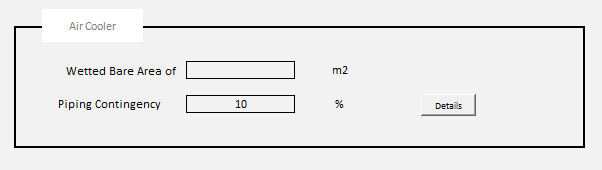
* + L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
  + h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash\_2气相比焓, kcal/kg
  + h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash\_2液相比焓,kcal/kg

将该物料进Flash\_1（DeltaP=0, Duty=0），出口的液相产品进下一个Flash\_2（P=P[relief\_fire], Vapor\_mol\_Rate/feed\_mol\_rate =0.05），按如下方法计算蒸发焓：

* + L[vap\_fire]=h[vapor\_flash\_fire] – h[liquid\_flash\_fire], kcal/kg
    - h[vapor\_flash\_fire]：上述Flash\_2气相比焓, kcal/kg
    - h[liquid\_flash\_fire]：上述Flash\_2液相比焓,kcal/kg

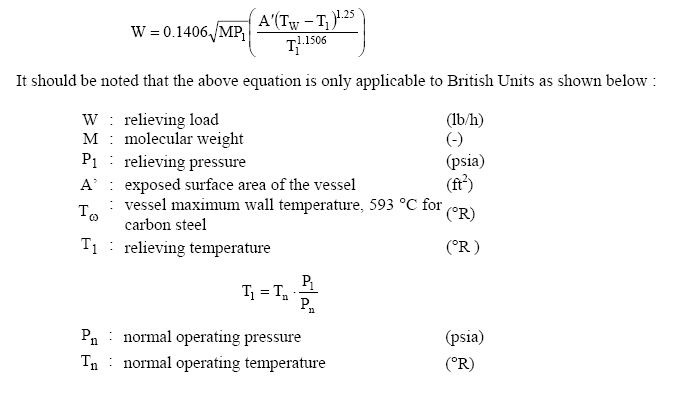
VF[max\_T\_Stream]=1

* + 1. 界面设计
* 按钮🡪Equipment list中选择某台换热器🡪程序根据product stream的相态判断是否忽略该工况。
* 由用户输入wetted bare area of tube bundle, m2
* 根据上述逻辑关系计算L[vap\_fire], kcal/kg
* 计算泄放量W[relief\_fire]

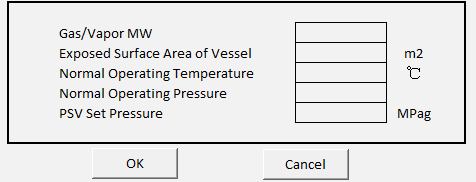
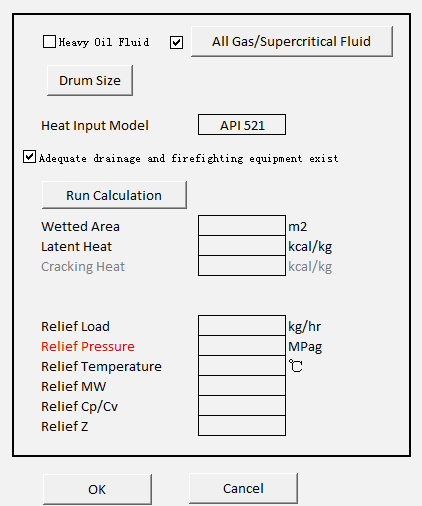


全气相容器-All Vapor Drum

* + 1. 适用范围
* 正常操作时为全气相（Gas或Vapor）；
* 正常操作时为超临界；
* 泄放压力下成为超临界气体；
  + 1. 泄放量计算方法



* 注意单位制都是英制单位，因此计算前先将单位制转换为英制。
* 公式中p1 = P[set\_pressure] \* 1.21 (注意转化为**绝压psia**)
* MW[relief]=MW[vapor\_MW], T[relief]=T1（公式中的T1，转化为℃）。
  + 1. 界面设计
* 在Drum的界面上，有Full Gas or vapor or supercritical fluid选项。
  + 由于这种计算较少，不建议调用模拟文件数据，用户直接输入参数计算。
* 选择该选项后，输入如下参数
  + Vapor MW
  + Exposed surface area of vessel, m2
  + Normal operating temperature, ℃
  + Normal operating pressure, MPag
  + PSV set pressure, MPag
* 将上述参数转化为英制单位, ft2, R, psia
* 按照上述公式计算泄放量W[relief\_fire], lb/hr，再转化为kg/hr。
* 界面如下
  + 选择***All Gas/Supercritical Fluid***选项后，***Heavy Oil Fluid, Heat Input Model, Adequate…., Wetted Area, Latent Heat, Cracking Heat***选项均变灰。
  + 当***Heavy Oil Fluid***选择时，***All Gas/Supercritical Fluid***变灰。



重质油容器-Heavy Oil Vessel

* + 1. 适用范围

重油（比常渣、减重油）容器在火灾工况时，由于热裂解而产生轻烃气体。

* + 1. 计算方法

此时泄放量的计算，依据：

* 分子量MW[fire\_cracking]=114
* 泄放温度T[fire\_cracking]=400℃
* 裂解热deltaH[fire\_cracking]=210 kcal/kg
* 泄放量 W[fire\_relief\_cracking]= Q[fire]/deltaH[fire\_cracking], kg/hr
  + Q[fire]为火灾吸收热量, kcal/hr
    1. 界面设计

界面与Drum/Column相同，只是执行计算中，只对A[wetted]和Q[fire]计算，不计算蒸发焓和物性。

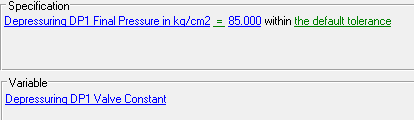
1. 附件4：紧急泄压-Depressuring

计算方法

* + 1. 简化法-Shortcut Method
* Shortcut法的假设条件：
  + 组成不变、温度不变
  + 没有物料和热量的进入或输出（不适用火灾工况？）
* 给定
  + 泄压前压力P[initial], MPag
    - 泄放前压力取设备的设计压力(Bechtel notes)
  + 气相密度Rmass[vapor], kg/m3
  + 气相体积V[vapor], m3
    - 在Details中可通过具体设备空间体积和液相体积计算得到
  + 设计压力P[design], MPag
  + 泄压要求:
    - 21bar/min
    - 7bar/min
    - 15min内将压力泄放到设计压力的1/2
    - 15min内将压力泄放到7barg
    - 自定义
* 根据泄压要求得到P[t\_required]和t，具体方法如下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **泄压要求** | **P[t\_required],MPag** | **t[required], hr** |
| 21bar/min | P[initial]-2.1 | 1/60 |
| 7bar/min | P[initial]-0.7 | 1/60 |
| 15min内将压力泄放到设计压力的1/2 | P[design]/2 | 15/60 |
| 15min内将压力泄放到7barg | 0.7 | 15/60 |

* 求t[constant], hr
  + t[constant]=t[required]/(ln(P[initial]/P[t\_required])
* 求初始泄压流量W[initial\_depr], kg/hr
  + W[initial\_depr]=Rmass[vapor]\*V[vapor]/t[constant]
* 求泄压流量和压力函数W(t)和P(t)
  + W(t) = W[initial\_depr] \* exp (-t/t[constant])
  + P(t)=P[initial] \* exp (-t/t[constant])
* 根据W(t)和P(t)可做图。
  + 1. 导入PROII DEPR Unit计算
* 选择是否同时考虑火灾工况？
* PROII DEPR UNIT输入条件包括：
  + Feed Stream：通过用户选择
  + DEPR Elapsed time：
    - 根据泄压要求确定即t[required]或根据实际情况设定
  + Time step：可设为1min
  + Vessel Volume：根据上述输入中Details信息计算得到或自定义
  + Liquid Holdup：根据Details信息计算得到或自定义
  + Heat Input Model：如果选择了Fire，则选择一种模型
  + Valve Data：缺省选Sonic并给定一个Valve Constant初值(=500)
* 在PROII中创建的单元
  + Feed Stream, S1
  + DEPR unit, DP1：参数设置如上。
  + Vapor Product Stream, S2
  + Controller, CN1：Spec= (Final Pressure=P[t\_required]或与Elapsed Time匹配的泄压最终压力), Variable=Valve Constant.



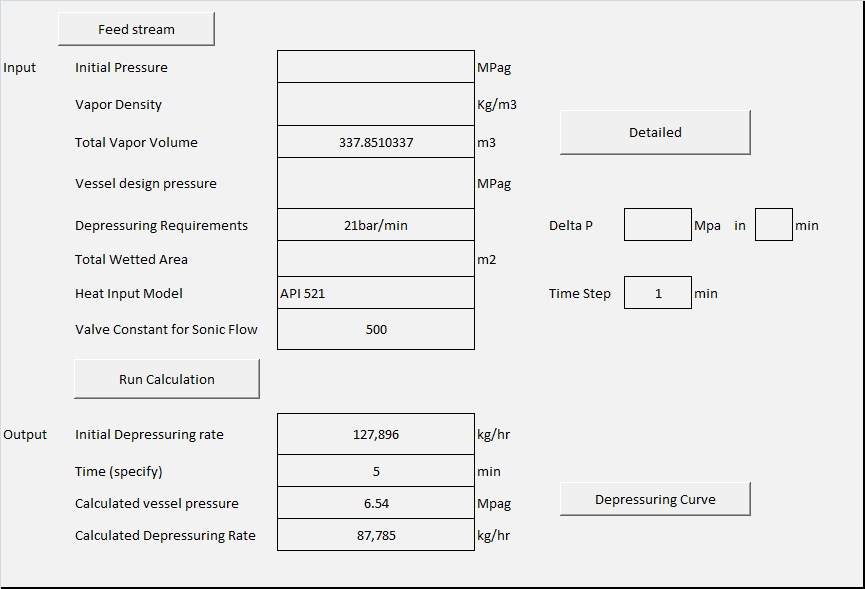
* 计算结果：
  + W[initial\_depr]
  + W[final\_depr], P[final\_depr]

界面设计

* 选择Shortcut法或者PROII DEPR Unit计算。
  + PROII DEPR Unit
    - 将输入条件送入PROII的DEPR中计算

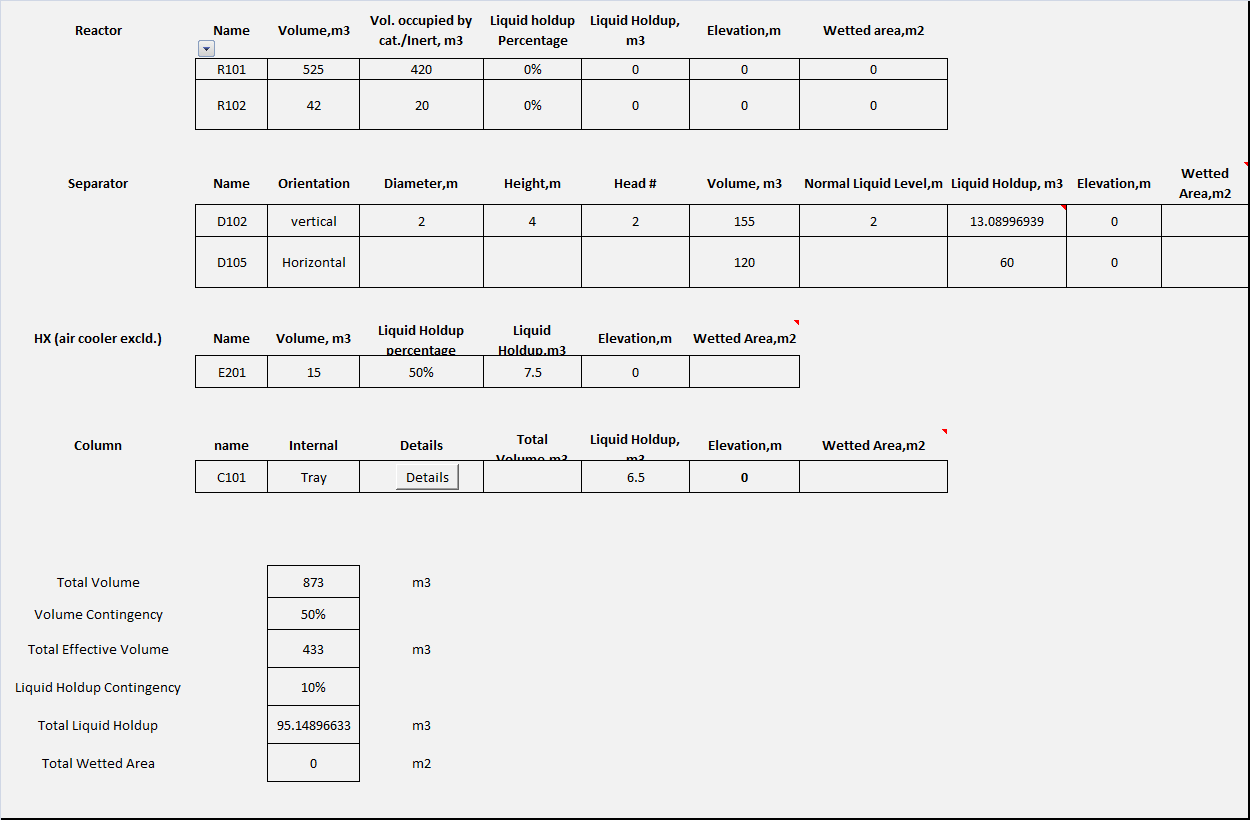


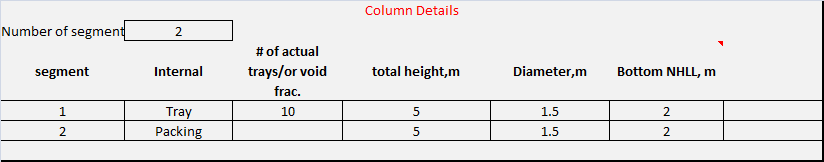
* 输入数据
  + ***Feed Stream***按钮：用于从数据库中选择进入DEPR的物料（比如加氢装置进入冷高分的物料）。当Shortcut时，用于自动填写Initial Pressure, Vapor Density数据。当选择PROII DEPR unit时，则该Stream为进入DEPR单元的进料。
  + ***Run Calculation***按钮：
    - ***Shortcut***时执行上述计算
    - ***PROII DEPR Unit***时执行输入PROII🡪生成Keyword🡪Run🡪得到结果。
  + 结果：
    - 初始泄放量, kg/hr
    - 泄压曲线（压力和泄放量），给定任意一个时间点，则计算该时间点的泄放压力和泄放量。
  + ***Depressuring Curve*** 按钮用于将泄压曲线输出至Excel中。



其中Detailed 按钮激活的界面：

* Separator分为Vertical/Horizontal/Spherical，分别计算Liquid Holdup和Wetted Area
* HX的Volume自定义
* Column可自定义Total Volume，亦可通过Details按钮详细计算
* 计算得到的Total Effective Volume和Total Liquid Holdup，Total Wetted Area将传递至上一层界面。





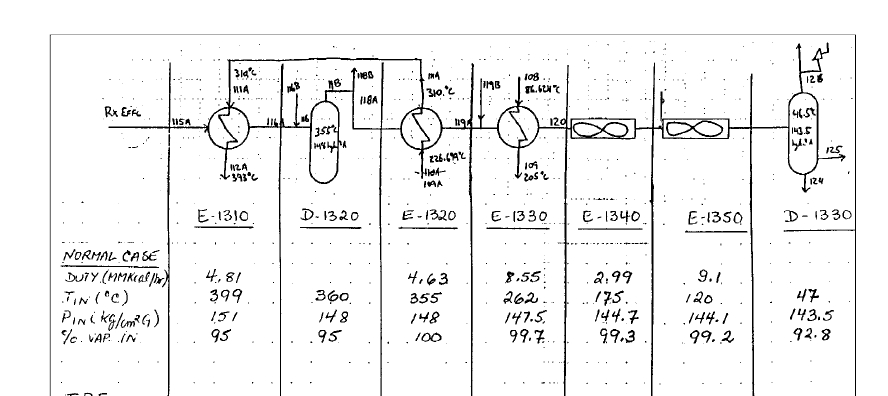
1. 附件5：Reactor Loop HX Rerating

适用范围

加氢裂化和加氢处理装置的反应器循环，包括反应器、反应产物换热网络、冷却器、热高分、冷高分、循环氢和新氢压缩机、注水泵等设备。

考虑到实际计算过程的需要并结合模拟的实际情况，在应用过程中，一般计算范围包括如下子流程：

* 反应器出口（如果有多个反应器，则指最后一个反应器出口物料）
* 反应产物换热网络
* 热高分
* 注水与冷却器（空冷器或水冷器）
* 冷高分



计算步骤

以下方法的前提条件是：1）用户已经搭建了完整的反应器循环的模拟模型。2）建议用户完成Process HX冷侧物料的定义。

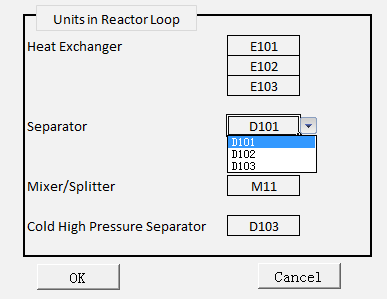
* 程序通过（为方便描述以下以PROII模型代表）模型，列出全部的Unit Operation
* 用户通过Unit Grouping功能，选择从反应器出口到冷高分的这段流程中涉及到的全部Unit，主要是工艺换热器Process HX、冷却器Utility HX、分离Flash以及Process HX冷侧物料涉及的Mixer和Splitter（循环氢和新氢混合、新鲜进料与循环氢混合等等）。
* 程序通过PROII中相关Unit所带的物料信息，自动在ReliefPro的Flowsheet上显示全部Unit并自动完成物料的连接。
* 所有进入系统的物料（Feed Stream），自动从PROII模型中读取物料信息（T,P,F,x）填充，对Flash，自动从PROII中读取Specification信息（缺省为P-Duty），对Process HX，从PROII中读取UA值作为Spec，对一进一出的换热器（包括Utility HX和实际是Process Hx但模拟简化为一进一出的换热器），则直接读取Duty作为Spec。
* 生成该段的PROII Keyword模型并Run，即完成Base Case的Re-Simulation，将计算的如下重要参数与原PROII模型中的数据对比，确保误差在0.5%以内，超出范围给出Warning。
  + 所有Process HX的Duty
  + Flash气相出口的流量
* 另存PROII模型（ModelName\_ModBaseCase\_v1.prz）。
* 根据具体的case，确定哪些物料停，比如停电工况下，新氢压缩机停，新鲜进料停，则将这些设备对应的物料（新氢、新鲜进料）在PROII模型中的流量设为0
* 计算压力剖面
  + 计算压差deltaP[accu] = P[accumulation]-P[CHPS\_normal], Mpa
    - P[accumulation]为冷高分安全阀的累积压力,MPag
  + 反应产物出口物料的压力P[effluent\_relief]=P[effluent\_normal]+deltaP[accu]
  + Flash的压力
    - 热高分P[HHPS\_relief]=P[HHPS\_normal]+deltaP[accu], Mpag
    - 冷高分P[CHPS\_relief]=P[accumulation], Mpag
* 对Process HX，保持UA的Spec值不变。
* 对一进一出的换热器
  + 如果是Process HX，则由用户指定一个Duty Factor（缺省是0），在后续计算中，该换热器简化处理：Q[relief]=Normal Duty \* Duty Factor。
  + 如果是Utility HX，则由用户指定Duty Factor（缺省是1，如果是空冷，停电后Factor=20%，如果是水冷，停水后Factor=0）：Q[relief]=Normal Duty \* Duty Factor。
* 重新Run PROII模型，取冷高分气相出口的物料in-situ体积流量V[CHPS\_vapor\_relief], m3/hr, 气相密度, Rmass[CHPS\_vapor\_relief]，kg/m3，分子量,MW[CHPS\_vapor\_relief]，温度, T[CHPS\_vapor\_relief], ℃.
* 另存该Case的PROII模型（ModelName\_CaseName\_v1.prz）；
* 计算泄放量：

W[relief]=1.1\*(V[CHPS\_vapor\_relief]-V[Compressor\_normal])\*Rmass[CHPS\_vapor\_relief]

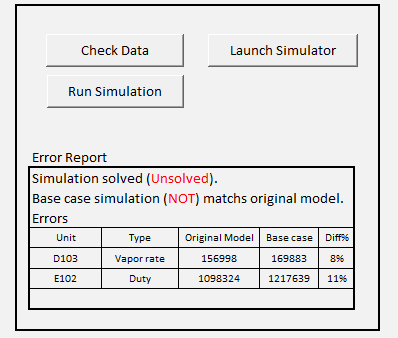
V[Compressor\_normal]：压缩机正常的气体处理能力，m3/hr

界面设计

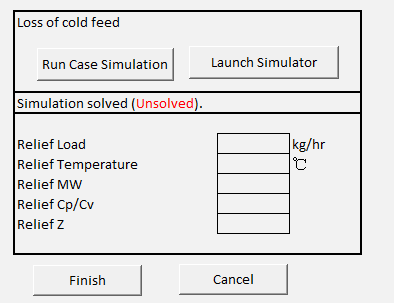
* 添加Reactor Loop的Icon时，弹出如下Configuration界面，选择Reactor Loop中从反应器出口到冷高分所包括的设备，分为换热器、分离器（如热高分）、冷高分（单列）、Mixer/Splitter，下拉框的选项来自PROII模型。



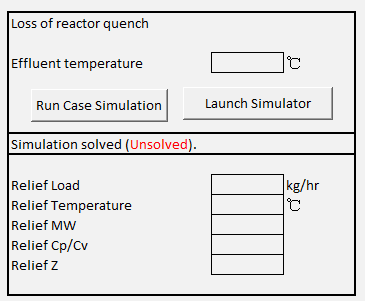
* 程序通过PROII中相关Unit所带的物料信息，自动在ReliefPro的Flowsheet上显示上述全部Unit并自动完成物料的连接。
* 选中Flowsheet上任意Unit时，按钮激活，显示如下界面。***Check Data***用于检查模型数据是否完整，Run Simulation用于Run修改后的Reactor Loop Base Case的模型，Error Report将报告1）模型是否收敛；2）该数据与原始PROII模型数据是否吻合；Launch Simulator用于打开PROII和模型，人工检查模型并调整，PROII关闭时，返回ReliefPro，程序将采用修改后的PROII模型数据。Finish按钮用于完成base case的模拟并进入下阶段，Cancel则放弃更改，提示”Base case simulation saved?”。



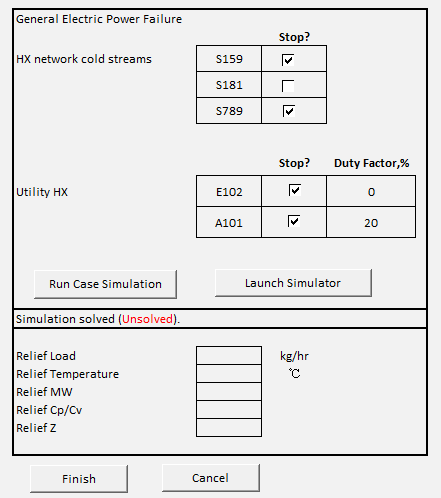
* 用户完成PSV的设置和Case选择后，进入每个具体Case的配置页面。
* Loss of liquid feed工况
  + 仅将冷进料的流量设为0并Run PROII模型，计算泄放量。



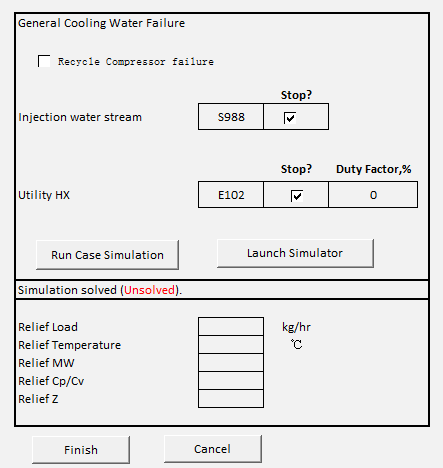
* Loss of reactor quench工况
  + 用户规定Final quench point lost后的反应器出口温度，该温度替换Base Case的Effluent Stream温度，其余条件均不变。



* General Electric Power Failure工况
  + 程序根据用户规定Source类型，缺省确定哪些换热的冷物料停。
  + 程序列出全部Utility HX，缺省空冷和水冷停，Duty Factor自定义。
  + 将Stop的Stream流量设为0，将新的Duty一起送入PROII并Run，完成后计算泄放量。



* General Cooling Water Failure工况
  + 如果Check了Recycle Compressor Failure选项，则下面全部选项变灰。该工况则等同于Recycle Compressor Failure工况。
  + Injection water Stream用于定义注水的物料，缺省该物料停；
  + Utility HX用于列出全部空冷器之外的Utility HX，缺省Duty Factor=0；
  + 将新的条件送入PROII，Run，计算泄放量。

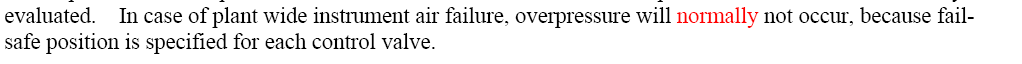


1. 附件X： General Settings

全局设置 Global Settings

* PSV Discharge To: 全厂火炬的类型
  + High Pressure Flare
  + Low Pressure Flare
  + Sour Gas Flare
  + Cold Flare
  + Customized

在PSV的定义中，增加***Discharged To***选项。

* 问题：If **General Instrument Air Failure** is a credible scenario?
  + 可以由用户自行选择Yes/NO
  + 也可通过按钮”Detailed Analysis”由ReliefPro确定
    - Instrument air compressor is spared?
    - Alternate source of instrument air (e.g. Emergency N2) is provided?
  + 如果上述两个问题全部是No，则General Instrument Air Failure需要分析。
  + 如果上述两个问题其中一个是Yes，则不需要分析。
  + 另外：一般全厂断仪表风时泄放量为0.  
    
* 问题：
  + 全厂停电时，循环水是否全停？
  + 全厂停电时，蒸汽是否全部停？
  + 全厂停电时，燃气透平停？
  + 是否考虑备用设备（自启动）设备的Credit？
  + 循环水中断时，是否有部分压缩机（以循环水作为冷源）停？
    - 可考虑放到Cooling Water Failure的工况设置中选择
  + 注意辅助系统，比如压缩机的润滑油泵由于停电而trip导致压缩机跳车。
  + 全厂停蒸汽时，是否有部分循环水泵是蒸汽透平驱动，此时考虑停。
* 超临界流体的蒸发焓取27.8 Kcal/kg。
* 

警告信息-Warning Message

* Reboiler Pinch时，计算的Duty如果小于正常Duty的50%，给出Warning Message，并将Duty设为50%正常Duty。
* Abnormal Heat Input时，如果计算的Duty大于正常Duty的150%，给出Warning Message，并将Duty设为正常值的150%。
* 如果塔的泄放量 > 塔内气相最大负荷量的150%时，给出Warning Message。
* 蒸发焓 < 27.8 kcal/kg时，将该值设为27.8 kcal/kg，并给Warning Message。

文件合并功能

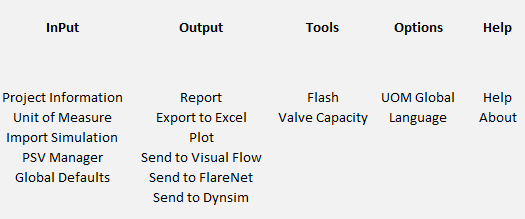
考虑到一个Plant包括若干个Process Unit，而不同的PU由不同的小组或人员完成，甚至一个PU也会由不同人完成不同的Protected System完成，如何将不同人完成的分析结果集成到一起，需要进一步考虑。

* 在文件界面中做一个按钮，分：PU级别的拷贝（即拷贝整个PU）和Protected System级别的拷贝（将B文件中某个PU下的Protected System拷贝到A文件下的某个PU下）。如果当前Focus是在Plant级别，则执行前者，如果Focus是PU级别，则执行后者。也可以在Plant和PU下面增加“***import \*.rel file***”菜单。
* 检查Name不一致：以当前文件的Plant和PU名称为准；
* 检查UOM不一致：导入时，将被导入的文件Internal UOM数据导入；
* prz文件的导入：被导入文件prz版本必须在当前机器上安装过。
* Visio图的一致：将Visio图拷贝时，图中单元所含的信息及其指向都需要一同拷贝。

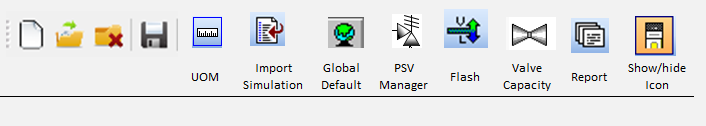
1. 附件Y： 通用界面的设计

主画面

* 菜单栏如下



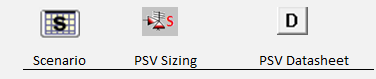
* 主按钮栏如下图所示：（图标注释是当鼠标放在图标上方时显示的）



* Process Unit级别的管理是通过Tab方式切换多个Protected System以及一个***Load Summary***：

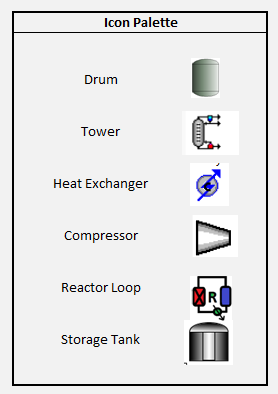


* Protected System级别是在VISIO图的上方显示3个按钮，如下：



***Scenario***按钮用于启动Scenario 界面，***PSV Sizing***用于输入安全阀尺寸计算时的信息（1.0版本暂时为灰色），***PSV Datasheet***按钮启动一个PSV数据表显示界面，界面的内容和形式与Excel的Datasheet相同。

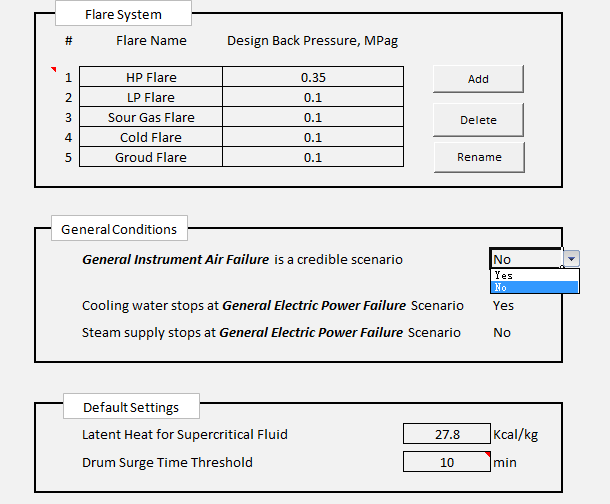
* 右边的***Icon Palette***暂时变成包括6个图标的面板（不分类别），分别如下：



Global Default按钮

Global Default中有如下三方面的设置：

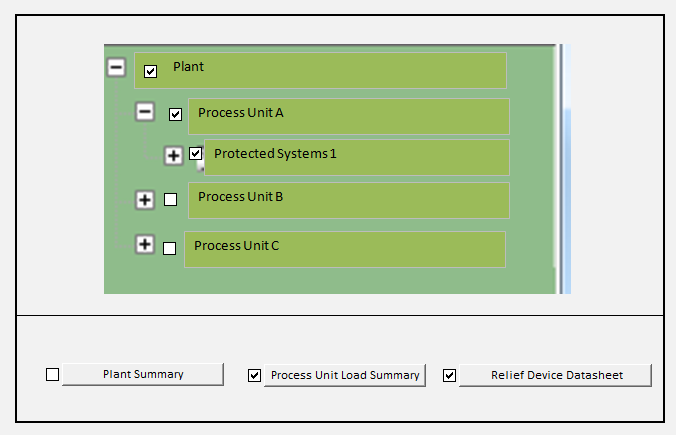
1. Flare System的定义，包括***Name***和***Design Back Pressure***，表格长度缺省为5行。
2. General Conditions***,*** 包括下图显示的内容，选择Yes或No
3. Default Settings，包括超临界流体的蒸发焓和Drum Surge Time，缺省值是合理的。



Report按钮

该Report是指在按钮栏中单独设置的Report按钮，是一个级别最高的Report工具。设计如下：

* 用一个TreeView复制软件的TreeView结构，包括当前Plant的全部PU和Protected System，在每个名称的前部设置Check Box，规则是Check Box勾上的部分将导出报告。
* 下方的按钮设置三个级别的报表，如果是***Plant Summary***则将输出Plant级别的泄放量汇总表（暂时没有设计），***Process Unit Load Summary***则输出选中PU的Summary报表（注：每次PU最多只允许选中一个），***Relief Device Datasheet***则输出选中的安全阀数据表，多个泄放设备用Tab分开。



Load Summary (for Process Unit)

由树状图中Process Unit下挂的***Load Summary***启动，或由上述Report中***Process Unit Load Summary***按钮启动。

包括PU信息、Summary内容、最大值或加和计算。

***Excel*** 按钮用于将该表格导出到Excel中。

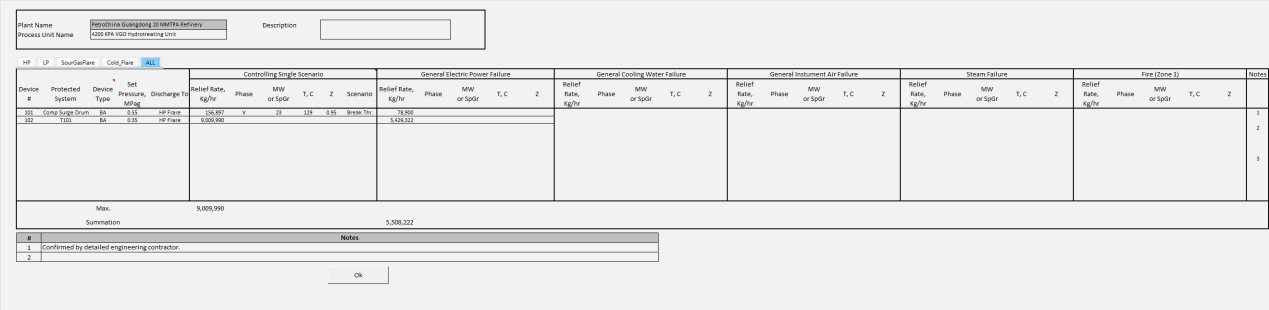
根据***Global Default***中定义的Flare System名称分不同的Tab显示Summary，同时增加一个***ALL*** tab用于显示当前PU全部的PSV。

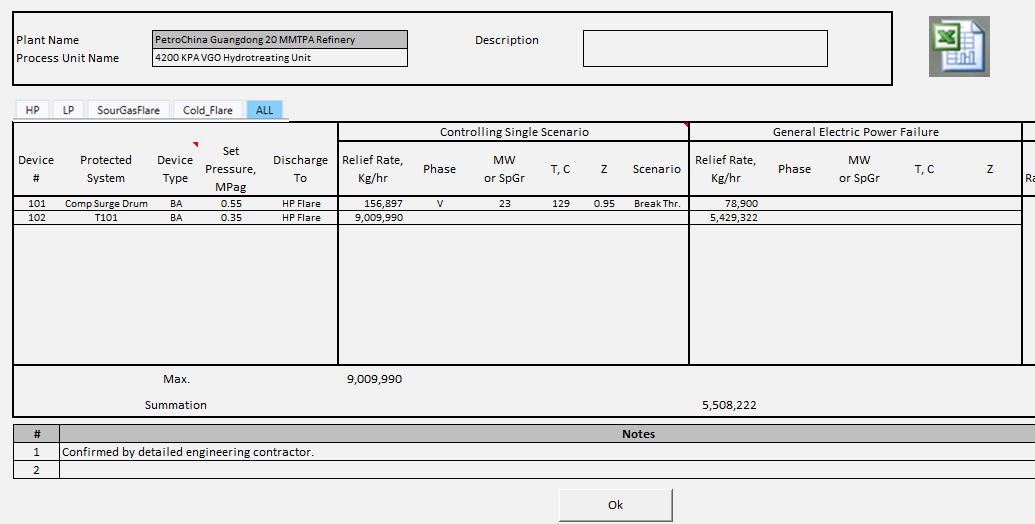
在***ALL***中，***Discharge To*** 一列的内容设置为下拉框，允许用户对排向进行更改，更改后，自动变更相应的tab内容。

每个Tab的下方汇总内容包括两项：

* ***Max：***取***Controlling Single Scenario***中Relief Rate最大的数据。(注：应该将Partial Power Failure这种装置内Scenario但影响多个PSV的叠加考虑在内，暂时未考虑)。
* ***Summation：***用于对其它各个全厂性Scenario的各泄放量进行加和计算（注：加和后的T、MW、Z等采用摩尔分率加和平均）。

整体图和局部图如下：





Plant Flare Summary 全厂火炬汇总表

* + 1. 概念

由于kg/hr量最大不一定是最苛刻工况，在全厂火炬控制性工况的比较中，需要综合总的泄放质量流量和分子量，鉴于对全厂火炬主要有压降和马赫数两个约束条件，总结出这两个参数与质量流量、分子量、温度等物性的关系，以便于储运专业判断哪个工况是最苛刻工况。

首先看一下压降：

或者由流导(J)公式：

由于火炬管网中Re很大，近似认为f与W和Rmass关系很小。将泄放气体假设为理想气体，折算成如下形式：

R: Gas Constant

P: 系统背压，由于系统设计背压是确定的，可假设P为定值。

将上述公式中的 单独列出，暂定名为***Pressure Drop Effect Factor,*** 在两个工况的比较中，该值越大，则表明相同管道条件下压降越高，最高者为压降的控制性工况。

其次是马赫数：

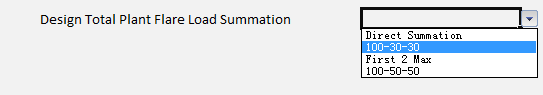
k=Cp/Cv

同上，将 作为***Mach Number Effect Factor,*** 该因子越大，则马赫数越大。最大者为马赫数约束的控制性工况。

* + 1. 界面设计

包括：

* 为便于Plant Load Summary中进行叠加计算，做如下选择：



Direct Summation：直接加和

100-30-30：最大的+其余的30%

First 2 Max：最大的两个加和

100-50-50：最大的+其余的50%

* 汇总表格：

通过Tab分别显示不同火炬（如HP、LP、SourGasFlare等）的汇总数据。

每个火炬中包括全厂停电、全厂停水、全厂停仪表风、各装置最大工况。

表格数据中：

* + Mass Rate/MW/T：从数据库中读取；
  + Volume Rate：将气体当成理想气体处理：

V: m3/hr

W[relief]:kg/hr

R: 8.314

T[relief]: C

P[back]: 设计背压，kPa

* + **MW的加和方法：**

n为装置的数量。

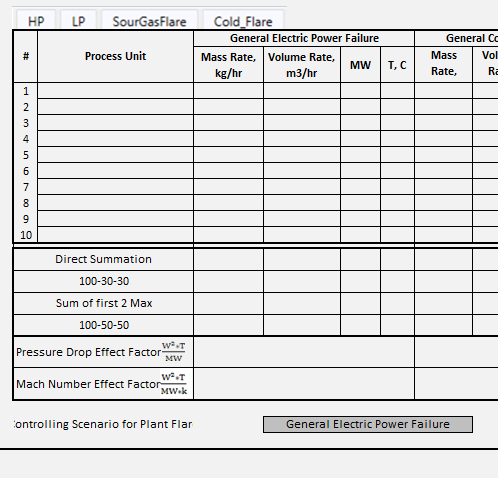
* + **T的加和方法：**
  + **K(=Cp/Cv)的加和方法：**

Cp[mix]: J/mol-k

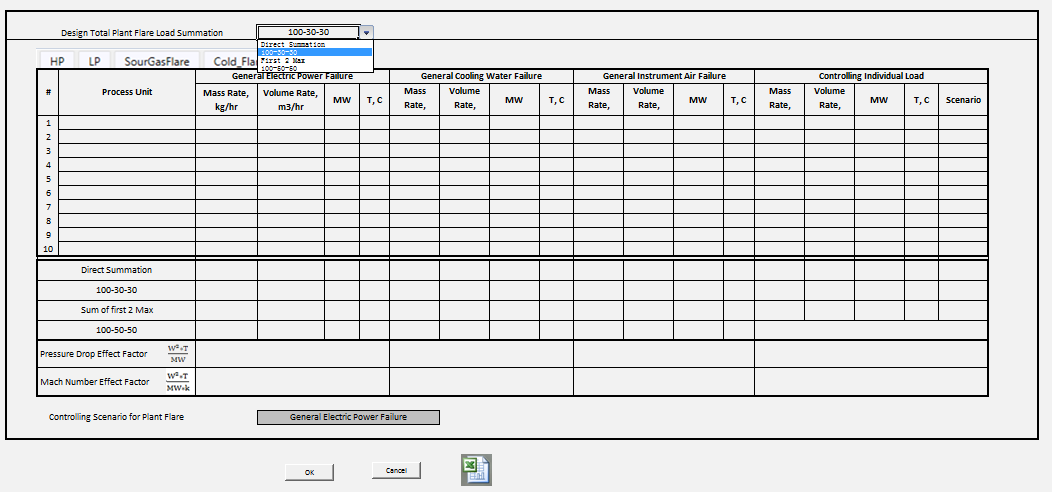
R=8.314

根据用户选择的叠加方法对应的W[mix], MW[mix], k[mix], T[mix]，计算***Pressure Drop Effect Factor***和***Mach Number Effect Factor***。

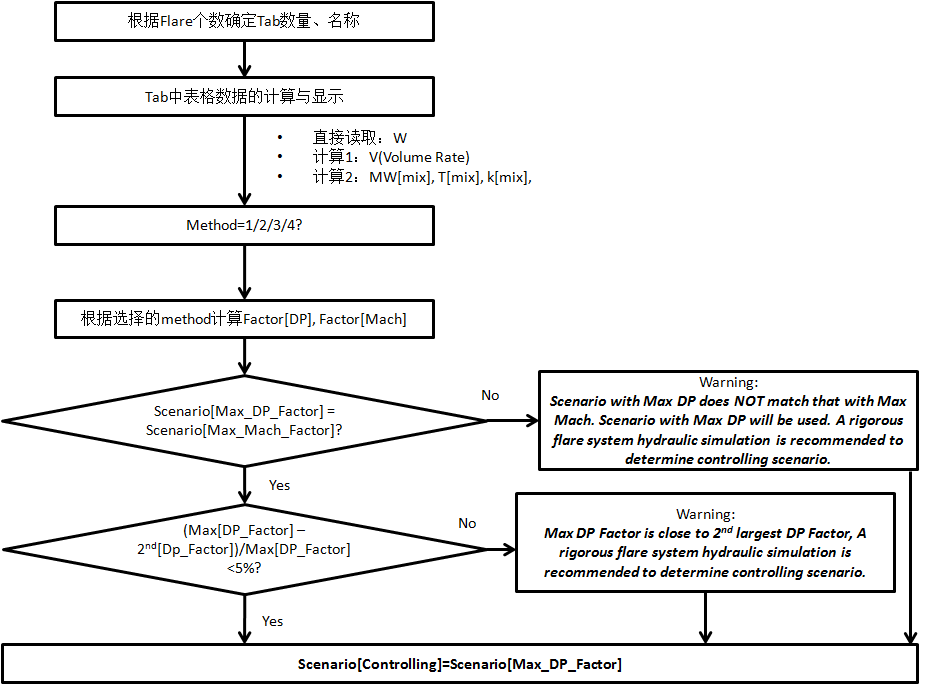
***Pressure Drop Effect Factor***和***Mach Number Effect Factor***最大者即为控制性工况。



整体设计图如下：



* + 1. 框图



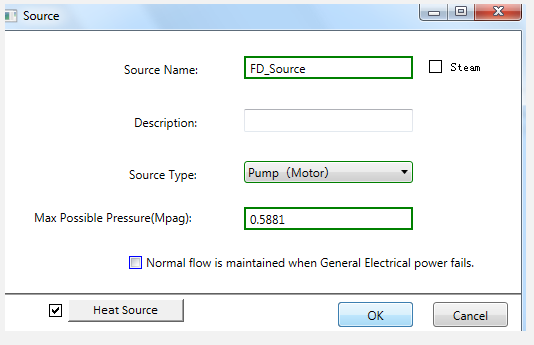
Source界面

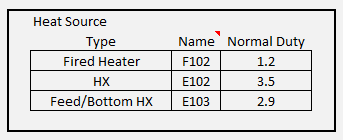
在原有界面基础上做如下更改：

* 将***Source Type***改为***Flow Type***，增加***Supply Header***选项
* 增加***Heat Source***的Check Box和按钮，弹出下面的界面用于设置进料中可能有的换热器。
* 增加Steam的Check box，用于确定该Source是否是蒸汽，程序可通过组成和VaporFraction=1来自动判断，允许用户修改。如果Check了，则***Heat Source***按钮不可编辑，将***Flow Type***自动改为***Supply Header***.

***Heat Source***界面上选择全部的换热器（从上一个容器开始、并影响被保护设备泄放的换热器），换热器类型Type包括：***Fired Heater, HX, Feed/Bottom HX***，用户下拉菜单选择。

***Name***通过PROII模型选择并自动填入***Normal Duty***数据，也允许用户输入***Name***和***Normal Duty***。

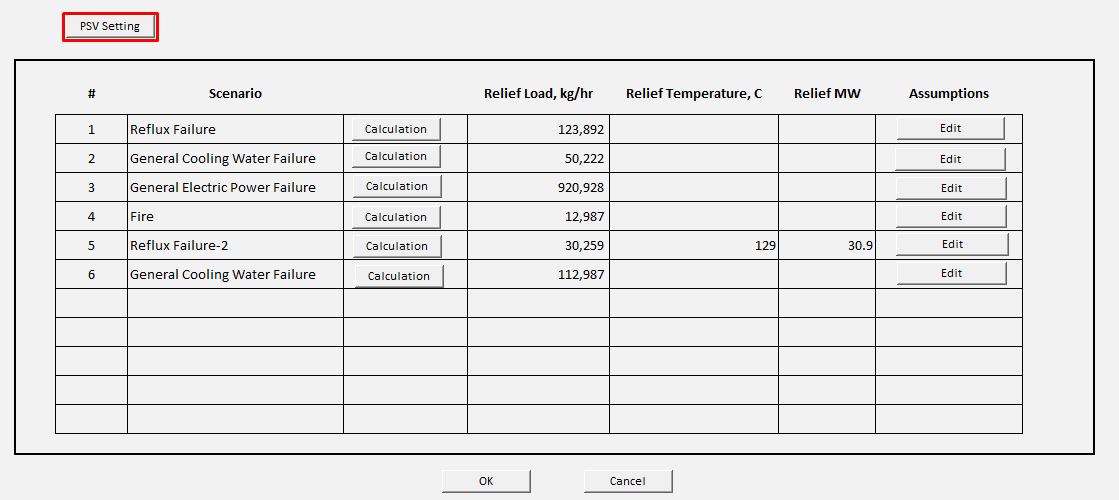




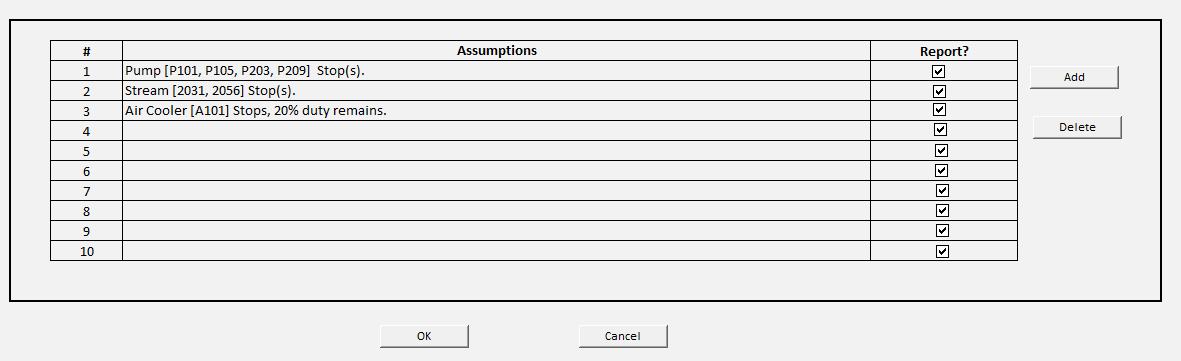
Scenario界面

将原设计的***Select Case List***界面和***Case Study***的界面合并，改为如下界面：

* 最上面是***PSV Setting，***将原来单独按钮设置的安全阀输入界面迁移到Scenario里面，该按钮未设置或未完成时显示红色，此时，下面的Scenario表格全部未灰色不可编辑，直到完成设置，按钮变为蓝色。
* 用列表列出下图内容，总共列出10行，多余部分通过滚动条操作。
* ***Scenario***一列根据当前的Protected System类型，在每个单元格中全部适用工况供用户选择，第二列中的***Calculation***按钮用于弹出单独的界面，用于计算相应工况的泄放量，计算完成后数据列入后面的***relief*** ***load***, ***relief*** ***temperature***和***Relief*** ***MW***中。
* ***Scenario***下拉框允许用户自己输入***Scenario***名称，既可以通过***Calculation***计算，亦可用户输入后面的***relief*** ***load***, ***relief*** ***temperature***和***Relief*** ***MW***（如下图中的第5个Scenario）
* 每行允许点击右键删除，并弹出确认删除的Warning Message。
* 选择了***Scenario***但未执行***Calculation***计算的行，***Calculation***按钮以及***Relief*** ***Load***，***Relief*** ***Temperature***，***Relief*** ***MW***为红色边框，计算完成则变为蓝色。
* 如果有部分未完成（红色），则点击OK按钮退出时，给出Warning Message。
* ***Assumptions***一列用于输入（或未来自动生成部分）假设条件，当前的假设条件全部是用户自行编辑输入，打开***Edit***按钮后弹出Assumptions编辑窗口。



缺省留有10行的表格供用户编辑和输入假设条件。***Report?***的Check Box用户确认是否将该假设条件的描述输出到PSV Datasheet中，所有Checked的假设条件将自动输出到PSV Datasheet中，并在输出时，在每一条的前面自动加上 ***In [Scenario Name] Scenario, …***的语句，以说明是当前工况下的假设条件。***Add和Delete***用于增加删除行。



PSV界面更新

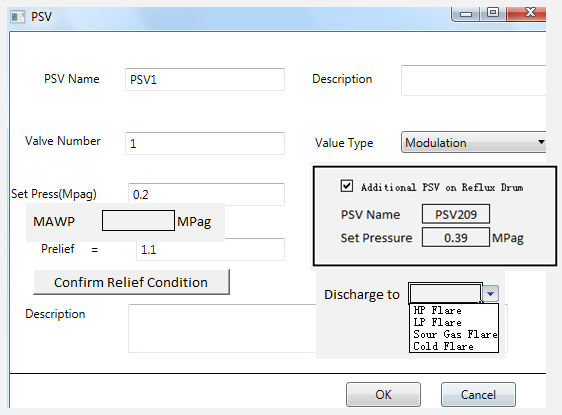
在原有PSV界面上更新：1）增加***Additional PSV on Reflux Drum***选项; 2）增加***Confirm Relief Condition***按钮。3）增加***MAWP***项，泄放压力的计算基于MAWP而不是Set Pressure。4）增加***Discharge to***选项，将***Global Default***中的设置传递过来；

第1项已经在1.1.12中说明，第2项的按钮功能是做如下的预处理：

* 对塔的Unbalanced计算来说，预处理的工作为：
  + 做Base Case下的物料和能量平衡；
  + 当泄放压力确定后，对泄放条件下的塔顶的气液相物料的物性计算、各产品物料的泄放压力下泡点焓值计算等工作。
  + 将结果存入Database；
  + 相当于测试版本界面中Base Case页面的Check/Calculation所做的工作。
* 其它设备的预处理功能待补充。

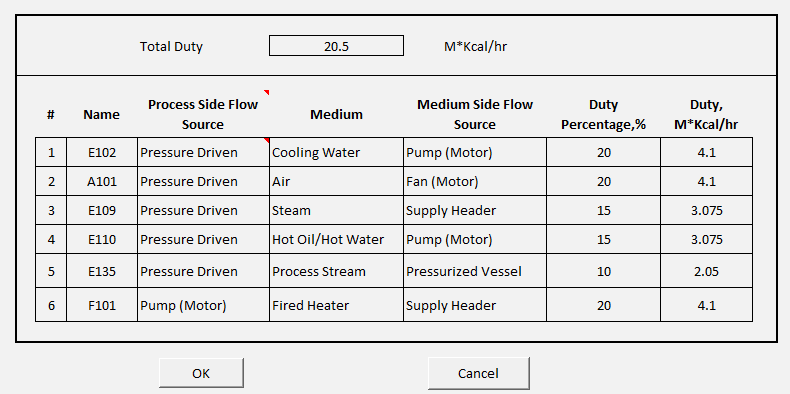
第3项的缺省值等于Set Pressure，但考虑了有些情况下Set Pressure<MAWP的情况，另外当MAWP为0.103-0.207 MPag时，Relieving Pressure=MAWP+(0.021MPa)或(0.028MPa)，前者是单一安全阀，后者是指多个安全阀。另外，注意MAWP是表压。

第4项的目的是为了后期***Summary Tool***中方便对不同火炬的泄放量进行叠加计算。



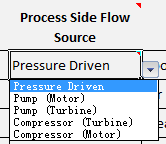
塔附属换热器界面的更新

将塔附属的冷凝器、再沸器、Pumparound换热器进行细分，考虑很多情况下在Simulation中是一台换热器而实际中是多台换热器的情况。

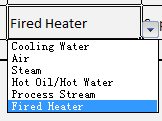


以冷凝器为例，可能是空冷器和水冷器的组合，则在该界面中将其分为两个。

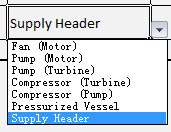
* Process Side Flow Source：工艺侧的流动方式，分为：



* + Pressure Driven：塔内考压力推动，如冷凝器的工艺侧；
  + Pump (Motor): 如Pumparound和加热炉再沸器；
  + Pump (Turbine)
  + Compressor (Motor)
  + Compressor (Turbine)
* Medium：换热侧的介质类型，分为：



* Medium Side Flow Source：换热侧的流动方式，分为：



* Duty Percentage：是指这几台换热器在整个热负荷中的分配，需要归一化处理。

Pinch Feed/Btm 这种可能公用的处理

在其中的一个工况计算后在别的工况都可以引用

蒸汽停时的武平计算要先扣冷却水。这个先没做。

临界状态时，温度采用临界温度、原组成的分子量。