



3S技术系列

即输 **S**ynchronous Input

即算 **S**ynchronous Calculation

即见 **S**ynchronous Display

中华人民共和国版权局注册软件

计算机软件著作权登记号：2013SR007732

维维塔板流体力学 2013.11.12.35 版

W-TrayRating V 2013.11.12.35

WTR[®]用户手册

西安市维维计算机技术有限责任公司

2013-11-12

<http://www.htcsoft.com>

Email:htcsoft@163.com

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 关于W-TrayRating.....	1
1.2 技术来源.....	1
1.3 软件环境.....	2
1.4 使用许可.....	2
第二章 系统安装.....	4
2.1 系统安装.....	4
2.2 系统升级.....	4
第三章 入门.....	5
3.1 名词术语.....	5
3.1.1 数据类型.....	5
3.1.2 计算类型.....	5
3.2 菜单结构.....	5
3.3 W-TrayRating.....	6
3.3.1 初步计算.....	6
3.3.2 优化计算.....	7
3.4 结果输出.....	7
3.4.1 项目数据和模板保存.....	7
3.4.2 结果输出.....	7
第四章 高级篇.....	9
4.1 数据详解.....	9
4.1.1 工艺数据.....	9
4.1.2 结构数据和计算结果.....	10
4.2 系统设置.....	15
4.2.1 概述.....	15
4.2.2 详述.....	16
第五章 其他.....	17
5.1 寻求帮助.....	17
5.1.1 在线帮助系统.....	17

5.1.2 联系开发商.....	17
------------------	----



第一章 绪论

1.1 关于 W-TrayRating

W-TrayRating（简称：**WTR**）是**西安市维维计算机技术有限责任公司**的旗舰产品之一，**适用于有液流堰的板式塔**（筛板、导向筛板、浮阀、固阀、斜孔、梯形导向阀、斜孔梯型浮阀和 ADV 浮阀）的**流体力学计算**，包括塔板的结构尺寸计算和负荷性能图。**WTR** 的数学模型大多数来自于公开发表、广泛使用的经验关联式和图表。为了方便软件实现和避免查图、查表的误差，对图表进行了数学关联，其关联误差不超过 5.0%。

WTR 的软件设计沿袭了**维维软件**的实施响应技术，数据输入和计算同步进行，当用户输入完毕数据后，计算结果也同步完成，并自动完成负荷性能图的绘制。界面优美、操作简便。

WTR 有流程模拟软件 **PROII 和 HYSYS 的物性接口**，能够自动地把 PROII 或 HYSYS 的塔器模块导入到 **WTR** 中。**WTR** 丰富的计算结果，可为反应蒸馏提供板上液体停留时间，以使用户计算反应动力学。

版本变迁历史：

- 1) 2010.06.28.30, 3 种塔板, Windows 版本首发
- 2) 2011.03.14.31, 5 种塔板
- 3) 2011.10.01.32, 7 种塔板, 增加了梯形导向浮阀、斜孔梯形浮阀
- 4) 2013.03.15.33, 8 种塔板, ADV 浮阀, 并增加了在线升级功能
- 5) 2013.10.15.34, 显著提高运行速度
- 6) 2013.11.12.35, 算法优化、提速

维维软件电子资讯: <http://www.htcsoft.com> email:htcsoft@163.com

1.2 技术来源

WTR 的数学模型来自于《化学工程手册》等权威文献和一些专业研究机构的研究报告，对其进行了筛选和校对验证，并融入了设计者的工程经验。该软件的技术基础从上世纪 80 年代 DOS 版本同类软件开始积累，有相当可靠的实践



验证，同时借鉴和吸收了近年来一些知名用户的部分运行数据。近年来一些国产的新型塔板，如梯形导向浮阀、斜孔梯形浮阀等，都包含在 **WTR** 中。

WTR 的负荷性能图是显著特色之一。负荷性能图经过严格计算得到，每条曲线至少计算了 20 个数据点，确保曲线光滑。各曲线的交点求解使用精确的数值解法而不是估算。

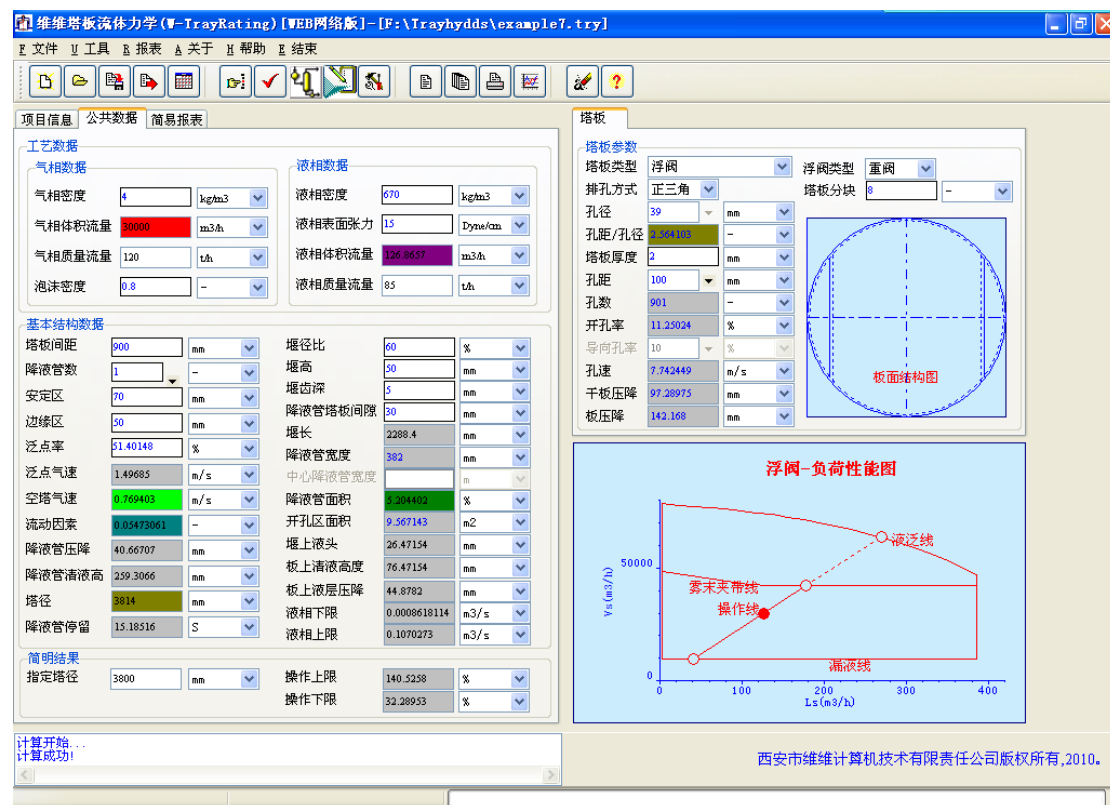
WTR 对文献中的一些图表进行了优化和数字化处理。部分图表用理论推导了其准确的解析表达式；部分图表用试验数据制作，没有解析表达式，对这些图表利用维维软件的数据回归系统 **RcesW** 进行了关联，所有关联误差不超过 5.0%。整体方程组的求解使用牛顿迭代法、简单迭代法和序贯消去法，收敛的相对误差不高于 1.0×10^{-4} 。**WTR** 秉承了维维软件的一贯特点：未知变量无须用户输入任何初值或者估计值，保证计算绝对收敛。

1.3 软件环境

WTR 适用于 MS Windows 2000/XP/2003 或更高版本，每当 OS 升级时，如果有兼容性问题，**WTR** 会同步进行兼容性升级。**WTR** 不计划移植到 Linux 等其他操作系统上。

1.4 使用许可

用户必须取得 **WTR** 的使用许可方可使用，任何在未获得使用许可的情况下使用 **WTR** 将被视作非法使用，使用者承担非法使用软件的法律责任和错误计算结果的技术风险。**WTR** 有两种授权：一种是演示模式，这种模式无需硬件锁，授权任何人可以自由使用，但是只能作为学习，计算结果不能使用；一种是正版模式，这种模式使用 **USB** 硬件锁授权，计算结果可以为工程使用。维维软件的所有软件没有设置代理机构，该软件除过维维软件授权发布外，任何其他来源的软件，包括网络上所有声称破解的版本，软件都将毫无疑问地无法正常运行，或者得到错误的计算结果。





第二章 系统安装

2.1 系统安装

WTR 是绿色的软件系统，包括其安装程序，安装过程不在用户系统安装任何系统文件或者插件。所有的安装文件都安装在软件目录下，不在用户系统目录 Windows，System32 之下安装任何文件。

安装程序存储在系统光盘上，或者从其它渠道获得。运行其安装程序 Setup.exe 完成安装过程。安装成功后，在“开始|程序”中同时设置了反安装项目，利用它可以轻松、干净地把 **WTR** 从系统删除。

重要提醒：一些病毒防火墙等安全软件，会**误报**安装程序“Setup.exe”有木马，但这些警告都是错误的判断。为了顺利起见，在运行安装程序前，请关闭所有的病毒防火墙。

2.2 系统升级

WTR 升级以版本号为准，请勿使用文件时间戳作为判别新旧的依据。每次升级，正式用户在网络有效时，软件系统会自动提示用户下载升级安装包。经常访问官方网站：<http://www.htcsoft.com> 是获得信息的有效渠道之一。



第三章 入门

3.1 名词术语

3.1.1 数据类型

数据类型是指数据获得途径。这些数据有的需要输入，有的是计算出来，有的既可输入也可以计算。

- **必输数据**。数据必须输入。这类数据外框是黑色的，物性数据，如流量、密度、压力等属于此类。
- **计算数据**。这些数据是 WTR 计算出来的，用户不能输入。WTR 会阻止用户输入这类数据。这类数据背景是灰色的。
- **两性数据**。既可计算、也可以输入。这里数据一般是多个数据相关联、互斥，输入一个，其余的自动计算。比如：气相体积流量和气相质量流量，只需要输入一个，另一个会自动计算出来。自动计算出来的数据，背景着色，表示它是计算结果。
- **可选数据**。这些数据只是在必要时后输入。比如一般情况下，塔径由 WTR 自动计算，如果用户需要按自己的要求指定塔径，才有必要输入数据“指定塔径”。

3.1.2 计算类型

- **自动计算**。维维软件的所有产品，计算都是在输入数据的时候同步进行，称为自动计算。
- **手动计算**。这类计算一般完成优化、调整等。比如“指定塔径”、“圆整塔径”等。完成手动计算必须按下相应的菜单或者按钮才能执行。

3.2 菜单结构

菜单一般分为文字菜单和按钮，两个的功能一样。前者有醒目的文字，后者更容易使用。但是后者需要熟悉和记忆其功能。较长时间使用、熟悉 WTR 后，

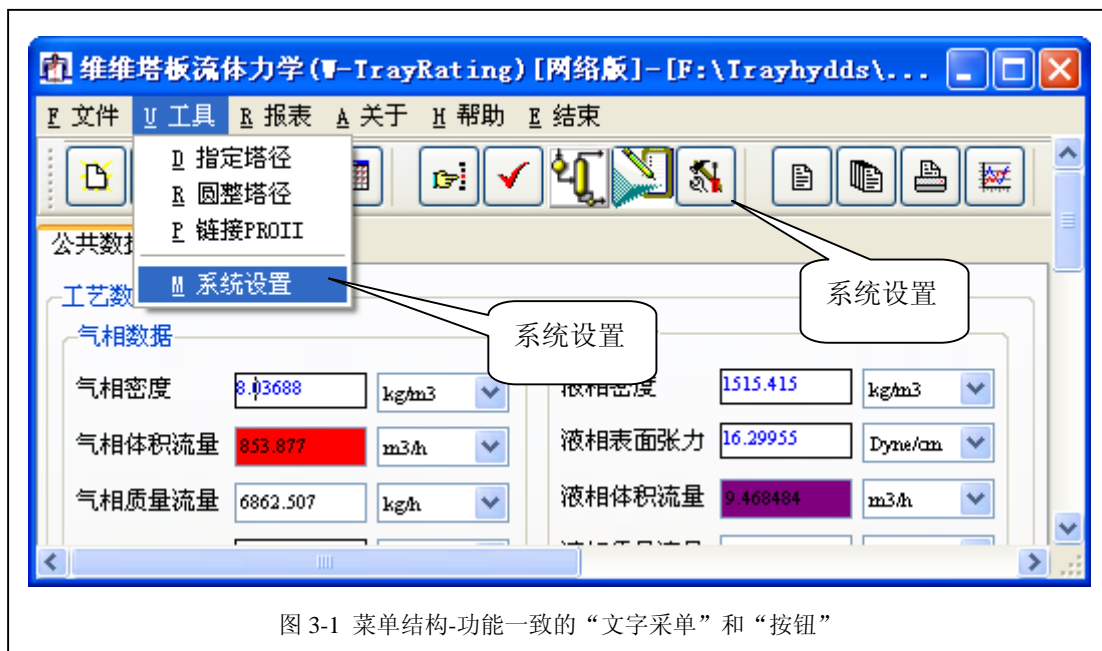


图 3-1 菜单结构-功能一致的“文字菜单”和“按钮”

使用按钮菜单能提高工作效率。菜单结构如图 3-1 所示。

3.3 W-TrayRating

3.3.1 初步计算

启动W-TrayRating，点击菜单“F 文件N 新建”，WTR要求你首先选择一个模板文件，接着要求你输入一个项目文件名，于是打开一个新项目。在这个新的项目中，数据和单位来自模板文件，你可以修改。每个数据都有名称、数字和单位三部分，在输入数据时候，注意选择其单位。维维软件使用了最灵活的单位机制，单位不必统一：每个数据的单位都是可选的：比如你可用m作为“塔径”的单位，而同时用mm作为“指定塔径”的单位。如果输入了数据，当重新选择单位的时候，数字部分会自动换算。输入数据的同时，只要有可能，部分计算同步进行。当输入完成后，全部的计算和负荷性能图自动出来。**最简单的情况下，用户只需要输入 5 个数据：气相密度、气相体积流量、液相密度、液相体积流量、液相表面张力。WTR智能选取其他参数数据并完成计算。**

当你输入完数据时候，一个基本的计算已经出来了。从负荷性能图上，你可以一目了然地看出塔板的负荷性能。

WTR 有流程模拟软件 PROII 和 HYSYS 的物性接口，在输入数据时，可以利用此接口自动地把 PROII 或者 HYSYS 中的塔器模块导入到 WTR 中。



3.3.2 优化计算

- **手工调整**。如果你不满意计算结果，可以适当调整塔板结构参数，负荷性能图随之改变，使你直观、迅捷地看到调整的结果。这步工作需要经验，同时也和使用者的设计风格和习惯有关。比如操作点的位置、符合弹性（操作上限、操作下限）大小等，因人而异。
- **指定塔径**。**WTR**初步计算出来一个塔径，但是你可以在此基础上指定一个塔径，让**WTR**重新计算。**WTR**通过调整泛点率来调整塔径，因此你指定的塔径不要远离初步计算出来的塔径，属于微调。如果需要大幅度改变塔径，请用**手工调整**。此操作一般少用，推荐改用**圆整塔径**。此操作必须填写“指定塔径”才能计算。操作菜单：“U 工具|D 指定塔径”。
- **圆整塔径**。通常情况下**WTR**初步计算出来一个塔径，然后你可以直接用此操作来圆整一个塔径，用此操作常常代替**指定塔径**计算。操作菜单：“U 工具|R 圆整塔径”。

3.4 结果输出

3.4.1 项目数据和模板保存

计算完成后，用“F 文件”主菜单下的“S 保存”、“A 另存为”保存工程文件，以便日后用“O 打开”这些工程重新计算。“A 另存为”保存了一个新名称的文件，原名称的文件依旧保留，不会被覆盖。

任何时候，都可以用“F 文件”主菜单下的“T 存为模板”把当前项目保存成模板文件，以便作为创建新项目的模板使用。保存为模板的操作不会保存当前项目的名称等，如有必要，仍然需要保存当前项目。

3.4.2 结果输出

计算完成后，用“R 报表”主菜单下的“M 生成报表”、“S 保存报表”、“P 打印报表”和“D 打印负荷性能图”来完成结果输出。**WTR**的报表文件是MS Word格式文件，便于用户使用和网络传输。生成报表之后、保存和打印报表



之前，你可以在“报表页面”手工修改报表。



第四章 高级篇

4.1 数据详解

4.1.1 工艺数据

这些数据是必须输入的数据：

气相密度

WTR 在计算降液管液泛时作了压力校正，因此适应于高压系统。其压力特征体现在气相密度上。

气相体积流量

实际工况（温度、压力）下的气相体积流量。

气相质量流量

实际工况（温度、压力）下的气相质量流量。

泡沫密度

数值上接近泡沫因子或者发泡系数。无泡沫物系取 ≥ 0.9 ，中等起泡物系取 ≥ 0.8 ，重度起泡物系取 ≥ 0.7 ，严重起泡物系取 ≥ 0.5 。

泡沫密度经验值

体系名称	泡沫密度/体系因子
不起泡或低起泡系统	
炼油装置原油常压塔、轻馏分塔、气体分馏塔	0.95~1.0
炼油装置重组分分馏塔，如常减压装置的减压塔	0.85~0.9
脱丙烷塔	0.9
脱乙烷塔、H ₂ S汽提塔、环烷物系	0.85~0.9
热碳酸盐溶液再生塔	0.9
氟化物物系，如BF ₃ 、氟里昂	0.9
中等起泡系统	
油吸收塔、乙醇胺再生塔、FCC 汽提塔	0.85
热碳酸盐溶液吸收塔、CO ₂ 吸收塔	0.85
CO ₂ 再生塔	0.80
脱甲烷塔、糠醛精馏塔	0.80~0.85
重度起泡系统	
胺吸收塔	0.73~0.80
乙二醇吸收塔	0.65~0.75
FCC 一级吸收塔	0.75
严重起泡系统	



甲乙酮、一乙醇胺物系	0.60
碱洗塔	0.65
酸性水汽提塔、醇合成吸收塔	0.50~0.70
泡沫稳定系统	
如碱再生塔	0.3

液相密度

实际工况（温度、压力）下的液相密度。

液相表面张力

实际工况（温度、压力）下的液相表面张力。

液相体积流量

实际工况（温度、压力）下的液相体积流量。

液相质量流量

实际工况（温度、压力）下的液相质量流量。

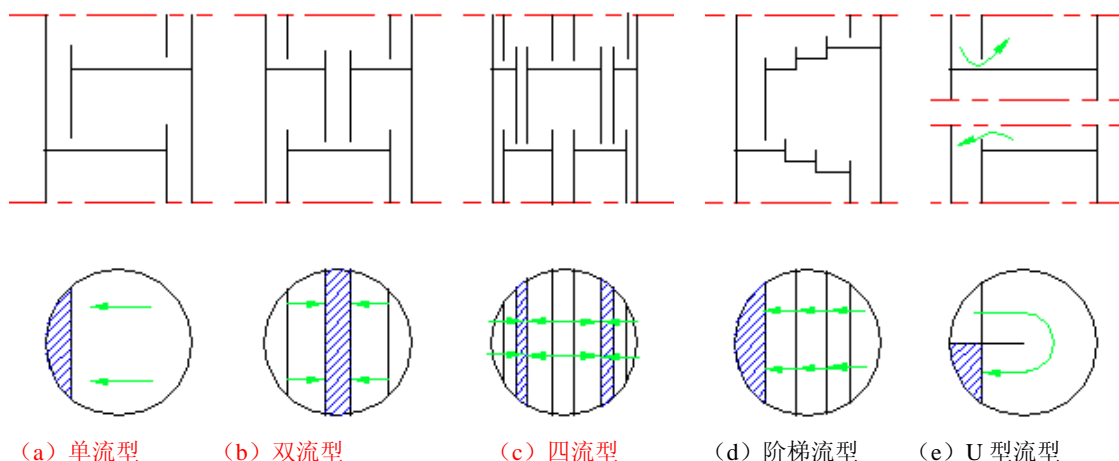
4.1.2 结构数据和计算结果

塔板间距

此数据变大，负荷性能图上的操作空间变大，相反压缩操作空间。在“**U** 工具**M** 系统设置”中给出了塔板间距取值范围，**WTR** 据此自动计算。用户也可以直接输入塔板间距。用此可以调节操作弹性、改变操作点位置，**调整该数据是调整负荷性能图范围的有效方法之一。**

流型数

目前可取：1=1 流型；2=2 流型；4=4 流型。降液管数的选择准则是“**堰上液流强度**”的阈值，超过了它，**WTR**自动把流型数加 1。**堰上液流强度**的阈值在“系统设置”中缺省设置为 $100 \text{ m}^3/(\text{h.m})$ ，用户可以修改设置。**对于大塔径，为了降低液面梯度，常常也人为地增加流型数。**特别指出：如果是 **2 流型**，在一个塔中有两种塔板：一种是塔板两侧有完全对称的两个弓形降液管，一种是只有一个降液管在塔板正中间，两种塔板的降液管面积相等；如果是 **4 流型**，在一个塔中也有两种塔板：一种是塔板两侧有完全对称的两个弓形降液管和一个中心降液管共三个降液管，一种是降液管在塔板中心的两侧、两个降液管，两种塔板的降液管面积相等。两种塔板相间安装在塔中。更大的塔径，可采用梯形流型等。**WTR目前只能自动设计 1 型、2 流型和 4 流型。**下图给出了各种流型的塔板示意图。



安定区

该区域不开孔，以便使泡沫延时而破裂，避免泡沫流入降液管，通常取 70 mm。

边缘区

靠近塔壁处空出来的距离不开孔，通常取 25~50 mm。

泛点率

一般情况下不超过 80%。

泛点率=（扣除降液管面积计算的空速/泛点气速）×100，即：

$$k_f = \frac{V_s}{A_T(1-0.01k_{fa})} \times \frac{1}{u_f} \times 100 = \frac{u_r}{u_f} \times 100$$

式中： k_f =泛点率

V_s =气体流量

A_T =塔截面积

k_{fa} =降液管面积百分率： $A_{fa}/A_T \times 100$

u_f =泛点气速

u_r =空速（降液管面积除外）

泛点气速

液泛时的空塔气速。

空塔气速

扣除降液管面积计算的空塔气速。

$$u_r = \frac{V_s}{A_T(1-0.01k_{fa})} = k_f u_f$$



流动因素

降液管压降

降液管清液高

塔径

降液管停留

指定塔径

当使用操作菜单：“**U** 工具**D** 指定塔径”计算时，需要输入该数据。**WTR**初步计算出来一个塔径，你可以在此基础上指定一个塔径，**WTR**通过调整泛点率来调整塔径，属于微调。如果需要大幅度改变塔径，请用**手工调整**。

操作上限

操作下限

堰径比

弓形降液管堰长和塔直径之百分比，对于1流型，通常取值范围50%~80%。增大该数值将使液体上限（左右操作空间）变大，相反使液体上限变小。调整该数值是调整负荷性能图左右范围的有效方法之一。对于**多流型（多降液管）**，**堰径比仍然指靠边的弓形降液管堰长和塔直径之百分比**，其它降液管系统自动计算。降液管/流型数和堰径比的关系参考下表：

序号	流型数	堰径比					
			大气液比	推荐下线	推荐上线	小气液比	错误报警值
		降液管面积%	2.9	4	14	18	50
1	1	堰径比%	50	55	80	85	100
2	2		40	44	66	71	91
3	4		32	35	53	57	77

堰高

增大将使雾沫夹带线下移（上下操作空间变小），相反使雾沫夹带线上移。
调整该数值是调整负荷性能图上下范围的有效方法之一。

堰齿深

也成为堰齿高，平堰为0

降液管塔板间隙

此数值不应小于25 mm，以免固体异物堵塞降液管。该间隙同时起到液封的作用，不宜过大。对于大直径、大板间距取值适当加大，一般不超过50 mm。



堰长

弓形降液管的弦长。

降液管宽度

弓形降液管的弦高。

中心降液管宽度

2、4 流型时，设中心降液管。其中第 i 块塔板上有 2 个弓形降液管，处于塔板的两侧；第 $i+1$ 块塔板上有 1 个降液管，处于塔板中心，即中心降液管。

WTR 自动调整到该数值，使中心降液管的面积等于两个弓形降液管的面积之和。

侧降液管宽度

4 流型时，设中心降液管和**侧降液管**。其中第 i 块塔板上有 2 个降液管，第 $i+1$ 块塔板上有 3 个降液管。**侧降液管**即指 $i+1$ 个降液管塔板上的 2 个降液管，。

降液管面积

指降液管面积占塔横截面积的百分比。

开孔区面积

扣除降液管、安定区和边缘区之后的剩余面积，在该面积所在区域开孔。也可以称为鼓泡区面积，传质也是在此进行。

堰上液头

堰上清液层高度，即： h_{ow}

板上清液高度

塔板上清液层高度，即： $h_{ow}+h_w$

板上液层压降

气流通过塔板液层的压降。

液相下限

板上液层厚度为 6 mm 时的液体流量。这是塔的最小液体流量，在此流量以下塔板工作变得不稳定。

液相上限

由液体在降液管里**停留时间**不低于某数值决定。增大堰径比使液体上限变大，反之变小。**调整该数值是调整负荷性能图左右范围的有效方法之一。**

筛孔排列方式

分为正三角形和正方形。



孔径

对于非圆形孔，孔径是当量孔径。当量孔径计算公式如下：

$$d_o = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{0.5}$$

式中：A—非圆形孔面积。

孔距/孔径

该数值是一个比值，影响开孔数量。

塔板厚度

该数值对于筛板等塔板，影响干板压降。

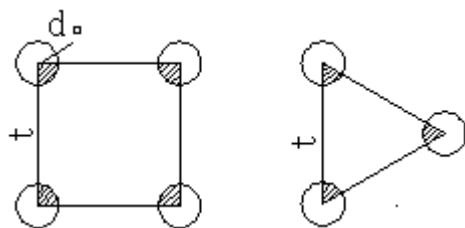
孔距

塔板上孔、阀等相邻两个鼓泡元件中心的距离。

孔数

塔板上孔、阀等的数量。

开孔率



等于（所有孔的总面积/开孔区面积）× 100，当塔板分块时，每条分块的接缝扣除一排开孔。

按正三角形和正方形排列定义：

$$k_{oa} = \begin{cases} \frac{\pi d_o^2}{4t^2 \sin 60^\circ} \text{---}\Delta. \\ \frac{\pi d_o^2}{4t^2} \text{---}\diamond \end{cases}$$

其中：t=孔心距离

d_o =孔径

导向孔率

针对导向筛板，等于（导向孔面积/总开孔面积）×100。每个导向孔面积一般地等于一个普通圆形筛孔面积。总开孔面积=普通圆形筛孔面积+导向孔面积。

孔速

筛孔/阀孔的气体流速。这是影响塔板流体力学性能最关键、最敏感的数据。

干板压降

气流通过筛孔/阀孔等鼓泡元件的压降。

板压降

气流通过塔板总压降，也称为湿压降。

塔板分块

塔径达到一定数值后需要分块。在“**U** 工具**M** 系统设置”中给出了分块准则，**WTR** 据此自动完成分块。用户也可以直接输入分块。分块可能减少开孔或其他鼓泡元件的数量。

4.2 系统设置

4.2.1 概述

为了方便用户，**WTR** 设定了一些缺省的系统参数，如下图。比如，液体在降液管里**停留时间**不能低于 3~5 秒，否则因为泡沫得不到充分沉清而产上雾沫夹带。这时的液体流量 L_s 就是负荷性能图的液体上线。**停留时间**的具体数值需



圆整塔径参数		板间距参数		杂项	
直径	步长	直径	板间距	项目	数值
100	10	500	300	基本参数	
500	50	800	350	降液管数	1
1000	50	1600	450	安定区	0.070
2000	100	2400	600	边缘区	0.050
3000	100	3200	750	降液管停留时间	5
4000	100	4000	900	操作点	70
4800	200	4800	1000	降液管塔板间隙	0.025
				堰长塔径比	70
				堰上液头最小	0.006
				最大液流强度	100
				泡沫因子	0.6
				负荷性能图	
				水平栅格	无
				垂直栅格	无
				筛板塔参数	
				筛板孔动能因子	20.0
				斜孔动能因子	13.0
				浮阀参数	

塔板分块参数

直径	步长
800	1
1200	2
1600	3
2000	4
2400	5
2800	6
3200	7
4000	8
---	-

浮阀孔距参数

计算孔径	规范孔径
87.5	75
112.5	100
137.5	125
200	150

保存 恢复缺省 关闭

要设定。系统缺省的设定是 5 秒，但是用户可以重新设定。

用户一旦设定了这些缺省参数，就会立即起作用。要**永久**起作用，请按“**保存**”按钮。如果要**恢复系统**当初的**缺省数值**，请按下“**恢复缺省**”按钮。



4.2.2 详述

- (1) 圆整塔径参数。这些参数给出了不同塔径段的圆整步长，单位：mm。
- (2) 板间距参数。这些参数给出了不同塔径段对应的板间距，单位：mm。
- (3) 塔板分块参数。这些参数给出了不同塔径段对应的他判分块数量。
- (4) 浮阀孔距参数。这些参数给出了常用的浮阀孔间距，单位：mm。
- (5) 缺省参数。
 - a) 降液管里停留时间。不能低于该数值，否则因为泡沫得不到充分沉清而产上雾沫夹带，单位：秒。据此划出负荷性能图的液体上限。
 - b) 堰上液头最小。低于次数值，堰上液体就变得不稳定，单位：mm。据此划出负荷性能图的液体下限。
 - c) 最大液流强度，注意单位是： $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ 。液流强度超过该数值，流程数 ≥ 2 ，采用双降液管。
 - d) 水平珊格。决定负荷性能图是否有横坐标虚线条。
 - e) 垂直珊格。决定负荷性能图是否有纵坐标虚线条。
 - f) 筛孔动能因子。作为粗略计算筛板塔筛孔数目的基准。
 - g) 轻阀漏液动能因子。浮阀塔负荷性能图的轻阀漏液线据此划出。
 - h) 重阀漏液动能因子。浮阀塔负荷性能图的重阀漏液线据此划出。
 - i) 轻阀全开动能因子。作为粗略计算浮阀塔轻阀数目的基准。
 - j) 重阀全开动能因子。作为粗略计算浮阀塔重阀数目的基准。



第五章 其他

5.1 寻求帮助

5.1.1 在线帮助系统

WTR 有完整、方便的在线帮助系统。在数据输入区域的每个数据上都可以通过按下“F1”或者用鼠标点击按钮“?”得到系统帮助。你也可以从主菜单上“H 帮助”打开帮助文件。

5.1.2 联系开发商

维维软件电子资讯:

<http://www.htcsoft.com>

email:htcsoft@163.com