



BioStat

发酵罐控制及数据收集软件



2.1 版

2000 年 5 月

翻译者: 杨志建 (浙江大学)

提供: 生物软件网 (<http://www.bio-soft.net>)

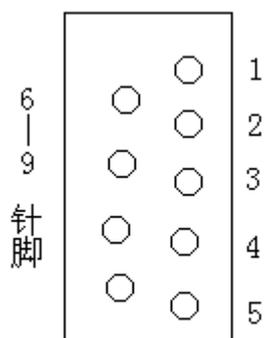
特别提示: (感谢上海交大张亚刚提供此提示)

该说明书是按照 2.1 版本的说明书翻译的, 但也能满足 3.2 版本 (2001 年 5 月发布) 的使用要求。

BIOSTAT 的这个软件 (3.2 版本以前版本) 必须与发酵罐相连才能正常运行, 如果你只是想熟悉 BIOSTAT 的操作, 可以通过以下设置, 使其不与发酵罐相连也能运行。

此软件是通过串口和发酵装置相连的, 所以你只需找到计算机的串行通讯口 (COM1 或者 COM2)。串口共有 9 针, 你只需将其 2 针和 3 针用导线直接相连即可, 这样软件就可以运行了, 因为软件所用的串口不一定是哪个, 所以建议你把 2 个计算机 COM 的 2 和 3 针都相连接, 这样可以肯定能够保证软件工作, 但是采集到的数据都是一样的值!

有关 com 端口的针脚的排号如下:



如果你的软件是 4.0 版本的, 可以不用如此设置也可运行。

近期将翻译 4.0 版本的说明书, 敬请关注。

翻译定存在不足, 欢迎批评指教。本人 email: zjubear@163.com

2002 年 7 月 26 日

目 录

简介.....	3
安装 BioStat 发酵罐软件.....	3
卸载 BioStat 发酵罐软件.....	3
关于 windows 系统的时间及时间分辨率.....	3
重要提示:	3
设置发酵罐.....	3
设置泵.....	4
设置通讯端口.....	4
主控制窗口.....	4
控制窗口.....	5
时间面板.....	6
状态栏.....	6
Profiles 模块.....	6
Profile 编辑器.....	6
模糊逻辑控制模块.....	7
模糊逻辑规则矩阵.....	8
运行模糊逻辑模块.....	10
图形窗口.....	10
TCP/IP 客户端控制.....	11
设置主机.....	11
设置客户端.....	11
数据收集文件.....	11
日志文件.....	12
进一步信息.....	12
附录.....	13
规则矩阵表.....	13
模糊逻辑控制文件的格式.....	14

简介

开发 BioStat 发酵罐控制及数据收集软件的目的为：能够方便的操作和控制常规的时耗性作业。最初，程序用于收集发酵过程的数据并且将数据保存，以便其他程序所调用这些数据。后来，需要有界面更友好更容易使用的程序，要求该程序：1 能够在线控制发酵；2 通过 TCP/IP 客户端连接，远程控制发酵从而减少实验者呆在实验室的时间，该点已引起实验室的关注；3 在操作点处能够对发酵智能控制。基于以上三点开发了当前版本的程序。

为了使程序尽可能简单且合理，程序的可选项降至最低。当鼠标置于控件上的时间超过 1 秒钟，就会出现浮动文本提示如何操作等。上述第三点即在操作点处对发酵智能控制使得现存版本的操作说明书失效。

安装 BioStat 发酵罐软件

可用安装向导安装此程序。运行 setup.exe 启动软盘或光盘里的安装向导，如果从网上下载此程序，须将下载文件解压，然后运行安装文件 setup.exe。在某些情况下，例如你的计算机的 win95/98 版本旧，安装向导会升级系统，重新启动计算机以完成安装。重启不会影响其他程序的功能。安装向导会提示程序的安装目录，默认安装在 program files 目录下，推荐使用默认设置。安装结束后，需重新启动计算机。虽然重启麻烦，但这是正常的 win95/98 行为。在 BioStat 文件夹下，会存在名为 st5unst 的文件，不要删除此文件，该文件用于卸载程序。

卸载 BioStat 发酵罐软件

进入控制面板使用添加/删除程序选项卸载此程序。进入添加/删除程序，找到 BioStat 条目，点击添加/删除按钮卸载此程序。可能会提示是否删除共享文件。应选择否。共享文件为 VB 运行时间 (runtime) 文件，可能会被其他 VB 程序调用。

关于 windows 系统的时间及时间分辨率

win95/98 的可用时间接口的时间分辨率低。这意味着采样点不能以确定的采样速率 (30 秒) 精确分布。但是，程序与发酵罐连接需要有毫秒级的分辨率。所以程序需要一专门功能解决此问题。**重要提示：**此程序的缺陷是必须每隔 23 天重新启动计算机以重置此功能计时器。最好的办法是每次发酵开始前重新启动计算机。一般情况下，我们都自觉不自觉的按此操作。

设置发酵罐

启动 BioStat B 主程序前，发酵罐须与主机连接。进入发酵罐的**维护 (MAINTENANCE)**菜单，选择 HOST 选项。进入 HOST 界面前，须输入 2 位密码。启动设置后，按下图设置参数值。

ADR: 1
SPEED: 9600
DATA: 7
STOP: 1
PARTY: EVEN

设置结束前，需按下远程开关使其置 ON。此时，发酵罐处于待机状态，将与主计算机连接。

发酵罐运行时，可以将远程开关置 OFF，然后手工设置发酵罐参数。如此一来，就不能用计算机控制发酵过程了。此时，主程序会提示将远程开关置 ON。重新置 ON 后，数据收集会继续进行，程序会重载手工输入的控制参数。

设置泵

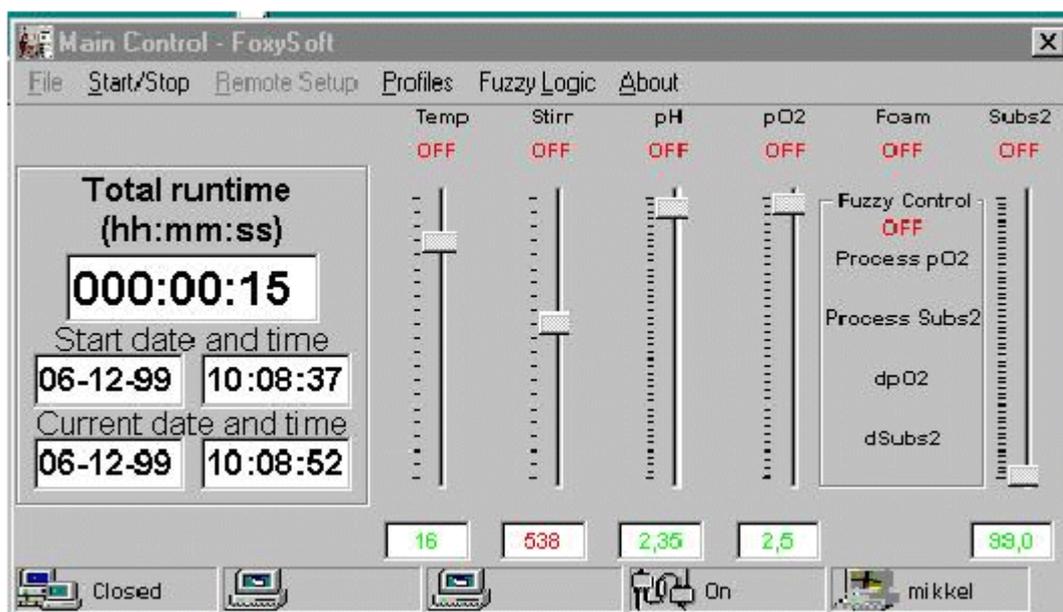
当前版本的 BioStat 发酵罐软件仅支持基质泵 1 即消泡泵和基质泵 2 即基质添加泵。在控制程序运行前，泵须设置好（可参阅 BioStat 发酵罐操作手册）。

设置通讯端口

BioStat 发酵罐与主机的连接通过标准的 PC 串接口和一 RS-232 到 RS-422 信号转换器。此转换器可在 PC 或电子市场买到，价格约为 100 美元。配线规则请参阅发酵罐硬件操作手册和 BioStat 软件主页。当控制程序启动时，程序会搜索发酵罐与主机相连的那个通讯端口，默认端口是端口 2，端口 1 通常用于接鼠标。如果通讯端口 2 不可用，会提示选择另外的通讯端口（1—4）。如果端口可用，程序会进一步搜索发酵罐。当主程序发现发酵罐，此时状态栏会显示连接成功（可见：状态栏）。如果状态栏连续若干次显示连接不成功，检查远程开关是否设置为 ON，接线是否插入正确的通讯端口。如果有必要，可重新启动程序以改变通讯端口。

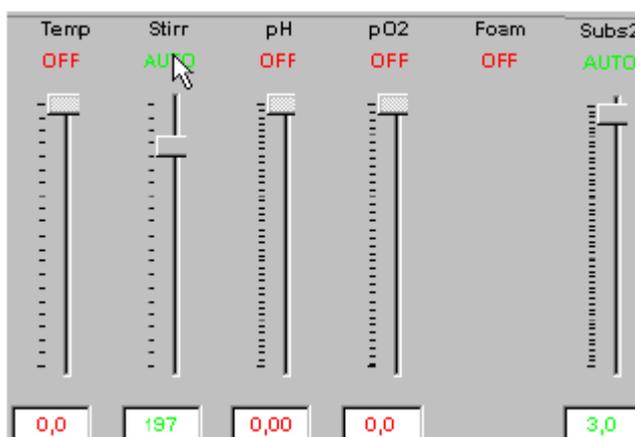
主控制窗口

在主控制窗口内，可以在发酵开始前或在发酵过程中控制发酵。菜单栏包括如下功能：启动、停止、保存数据、通过客户端程序启动 TCP/IP 远程连接、编辑 Profiles 以及控制模糊逻辑模块。有些菜单项只有在程序运行时可用。只有停止数据收集过程，程序才可保存数据，停止数据收集后，保存菜单可用。



控制窗口

在控制窗口里，可以通过使用滑块和滑块上方的 ON/OFF 按钮来设置发酵罐的操作点。如图所示例如，若要启动搅拌，单击对应的 OFF 按钮，按钮就会转换成 AUTO。浮动的提示文字会提示如何改变操作点。此时下方的滑块处于可用状态，通过鼠标拖动或键盘（翻页键、方向键）可以改变操作点。



当改变给定操作点时，数字会变为红颜色。

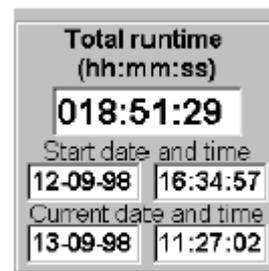
操作点一旦被发酵罐接受，数字又会变为绿色。应知道此过程需 30 秒，数字可以立刻改变，但是程序每隔 30 秒检查一次所有的操作点。

比较特殊的例子是 pO_2 的设置。当设置好发酵罐的 pO_2 操作点后，主程序利用搅拌浆控制发酵罐的溶氧水平。当打开 pO_2 按钮后，搅拌滑块则不可用，搅拌按钮会显示“ pO_2 Cascade”，这意味着搅拌受 pO_2 的控制。当关闭 pO_2 按钮后，搅拌控制又可用。

当前版本的 BioStat 发酵罐软件仅支持通过基质泵 1 添加消泡剂。所以对此泵没有相应的滑块控制。在程序运行前，必须手工设置此泵。程序运行过程中，会记录此泵的操作情况并将此保存于数据收集文件中。

时间面板

时间面板仅仅是一信息面板。程序运行时, 此面板只显示当前日期、时间。一旦启动发酵, 此面板又会显示启动日期、时间。这些信息会连同使用者名字一同存储于 log 文件和数据收集文件中。在时间面板上方, 计时器会显示发酵所用时间。此计时器将被 profile 模块用作参考计时器。



状态栏

状态栏会告之当前若干接口的情况。第一个图标显示 TCP/IP 是否处于开或关或接受 (listening) 状态 (参见 TCP/IP 客户端控制)。如果远程计算机连接到主机上, 第二个图标就可显示出远程计算机的 IP 地址及其名字。第三个图标显示本地 IP 地址 (译者按)。第四个图标显示发酵罐是否与主机连接。最后一个图标则显示当前使用者的名字。将鼠标置于图标上时, 会出现浮动文本会显示图标的意义。



Profiles 模块

profiles 模块是 BioStat 发酵程序很重大的改进。利用此模块, 可以设计时控 (或定时) 程序, 使发酵罐根据此时控程序运行。因为实验者不可能 24 小时呆在发酵罐前, 利用时控功能可以使发酵过程在任意时间内改变操作点。已用发酵时间将被用作参考时间。通过 Profiles 菜单选择 “Profiles Enabled” 菜单项可启动 profiles。

Profiles 编辑器

在发酵过程中, 可以建立 profiles。选择编辑 Profiles 菜单项 (Edit Profile), 启动编辑窗口。在窗口内, 选择操作条件发生变化的时间、操作条件如何变化以及操作点。选择结束后, 点击增加条目 (Add Entry) 按钮, 新的条目将会添加到列表中。在文件菜单中, 可以保存 profiles 也可以调用已有 profiles。如果列表中有错误的操作条目, 选中此条目然后点击删除条目 (Delete Entry) 按钮即可删除此条目。



已经运行过的条目显示为绿颜色, profiles 被调用情况记录于 RUN.LOG 文件中。

模糊逻辑控制模块

模糊逻辑控制模块可以让计算机的行为类似于人的行为, 只不过运行速度比人快。通常我们认为计算机只会做出对或错两种判断, 但是模糊逻辑可以让计算机说出小、大、更大、不很大等词语, 并且依据这些含糊不清楚的输入做出判断。

相对于传统的控制算法, 模糊算法有其优点, 例如模糊逻辑可以实现比例—积分—微分 (PID) 控制。生物系统一般为非线性系统, 很难或者不可能数学建模。而模糊算法是基于经验的算法, 不需建模, 因而为那些通常认为不可能自动控制的系统开启了控制的大门。而且, 模糊逻辑非常健壮, 即使输入不精确、有噪声, 也能给出可用的输出。

模糊逻辑必须依据规则库工作, 该库由简单的条件语句 (plain-language) 组成, 语句格式如下: 如果 X 为 A, Y 为 B, 那么 Z 为 C。该规则描述对应于输入参数 (X 和 Y) 的输出参数值, 输入参数可以是 pO₂、pH 等, A 和 B 为语言变量, 代表输入值。尽管大负、小、热等词语不精确, 但它们能够描述实际发生着的过程, 所以, 不需要构建复杂的控制算法, 少量的规则就可以实现更具弹性的控制, 而无需对系统建模。如果系统难用数学具体描述, 就可采用模糊算法; 该方法基于经验并根据经验工作。

互联网上有几篇好的自学材料和参考文献, 如果有兴趣学习更多的模糊逻辑的知识, 可参阅之。

模糊逻辑规则矩阵

怎样才能使模糊控制运行呢? 首先, 必须决定哪些参数可用于控制。对于实验室里的 BioStat 发酵罐, 几乎无须决定, 唯一的需要直接控制的是基质添加速率。其他参数则可由基于 PID 的硬件设备来控制, 且控制效果很好。收集到的数据同时也被用作输入参数用于控制, 例如 pO_2 , dpO_2 和基质操作点。将来根据需要或许有其他参数被用于输入参数。

建立模糊逻辑控制, 需建立规则关系, 规则格式为: 如果 X 为 A, Y 为 B, 那么 Z 为 C (A: pO_2 , B: dpO_2 或基质操作点, C: 基质的输出操作点)。通常建立规则矩阵获取关于输入参数或相应的输出语言变量值间的关系。填入控制词语例如: 正大、负中、零。当规则可适用时, 控制器就会按规则运作。规则矩阵的形式如下:

如果 X 为 A, Y 为 B, 那么 Z 为 C

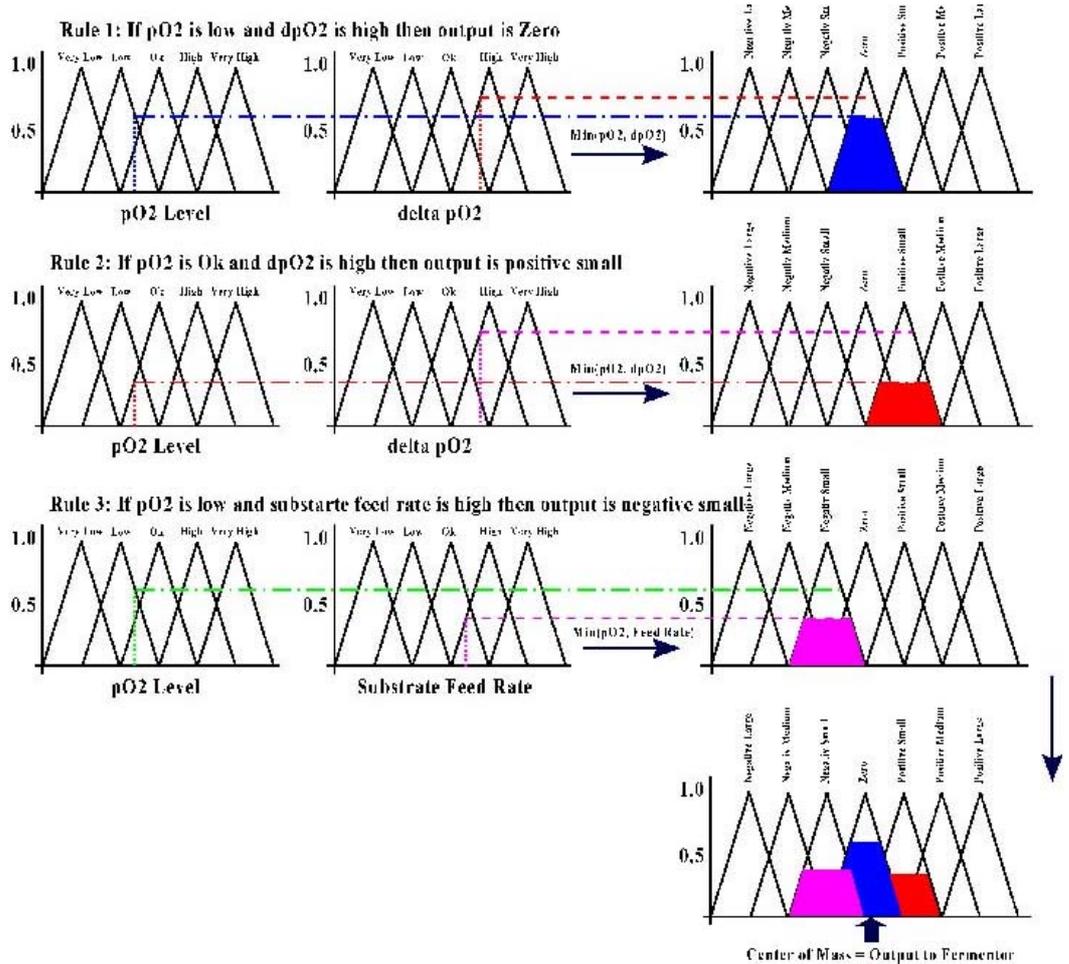
	Y	
X		B
	A	Z(C)

			Substrate Feed Rate			
		Very Low	Low	Ok	High	Very High
	Very Low	NS	NM	NM	NL	NL
pO_2	Low	NS	NS	NS	NM	NM
	Ok	PM	PS	PS	NS	NS
	High	PM	PM	PS	NS	NM
	Very High	PL	PL	PM	NM	NL

Very Low (VL), Low (L), Ok, High (H), Very High (VH) and Negative Large (NL), Negative Medium (NM), Zero (ZE), Positive Small (PS), Positive Medium (PM), Positive Large (PL).

规则 1:

如果 pO_2 很低 (very low), 基质补料速率很低 (very low), 那么基质补料速率为负小 (negative small)。或者以简单形式表达: 如果 pO_2 VL, 基质 VL, 那么基质补料速率 NS。



模糊逻辑控制器工作原理示意图

可以看出, 能够简单的运用规则矩阵构建规则库以用于控制程序。上文矩阵能够产生 25 条规则, 基质补料速度的变化由 dSub.MF 文件中给定值决定。

控制器文件中的参数值需调整, 但最需调整的是规则文件中的参数值。

Sub.MF 基质子函数, 将基质操作点转化为模糊值。

pO₂.MF pO₂ 子函数, 将 pO₂ 操作点转化为模糊值。

dpO₂.MF dpO₂ 子函数, 将 dpO₂ 操作点转化为模糊值。

RuleSub.FUZ 对应于 pO₂ 和 Sub 的基质控制规则库。(原文中, 此句有错误; 原文将 Sub 写为 dSub)。

RuledpO₂.FUZ 对应于 pO₂ 和 dpO₂ 的基质控制规则库。

上述文件的内容以表格形式给出, 程序执行时会忽略以*开头的行。参数值、文件布局的更多信息将在上述文件的实例中给出 (参见附录)

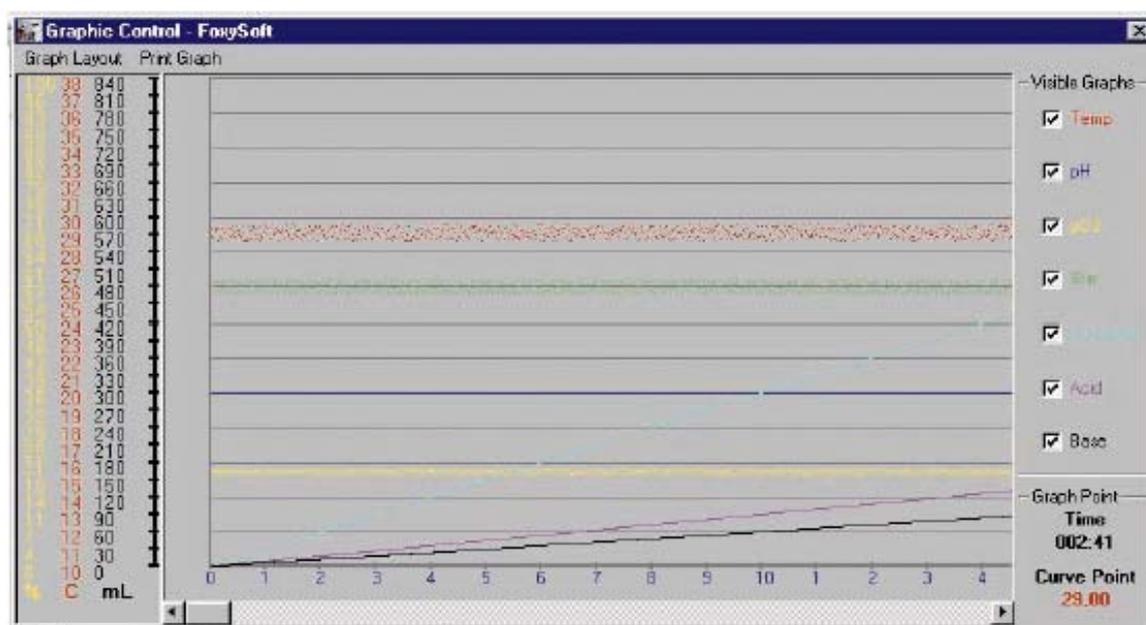
运行模糊逻辑模块

打开模糊逻辑控制时, 模糊逻辑窗口中的绿灯会亮, 模糊逻辑窗口位于 pO_2 滑块与基质滑块间。在该窗口中, 可显示输入数据 (pO_2 、当前补料速率、 dpO_2) 及输出数据 (补料速度的变化值)。所有的输入输出数据以及控制动作都记录在 `fuzzy.log` 文件中 (参见 `log` 格式的文件)。可以决定模糊逻辑控制器运行的频率。

还可以让模糊逻辑控制器以测试方式运行, 这时, 模糊逻辑控制器会把数据保存于 `fuzzy.log` 文件中。在测试方式下运行模糊逻辑控制器, 基质的补料速度不会改变, 因此可以观测、调整控制器的属性而不会影响发酵。如果改变了控制文件 (`dpO2.MF`、`dSub.MF` 等) 或者规则文件, 可以通过选择 `Reset/Reload` 菜单项将这些规则重新加载。

图形窗口

在图形窗口中, 收集到的数据以简单的分布式的 $x-y$ 二维坐标点形式显示出来, 选择图形旁边的不同的复选框, 就可选择相应的发酵数据的图形。默认显示所有图形。在图形旁边显示图形的尺度。尺度窗口包含两组不同的尺度, 通过单击尺度窗口可以切换不同的尺度。浮动文本也会提示如何切换尺度。在复选框下, 有一窗口, 当鼠标位于图形区域内时, 该窗口就会显示鼠标点的时间位点。如果鼠标点落在曲线上的数据点上时, 那么此窗口会显示该数据的值和对应的时间位点。



图形控制窗口的菜单可以改变图形窗口的布局。还可改变纵坐标和时间坐标的尺度大小。而且可以设置数据点显示的频率。在发酵过程中还可以打印图形窗口中的图形。只有图形中的曲线会被计算机默认打印机打印出来。该方法不完美, 此选项只是用于初步分析, 但所保存的数据可被任何一种数据处理程序调用, 这些程序通常有强大的图形分析能力。

TCP/IP 客户端控制

TCP/IP 客户端控制是 BioStat 程序包的主要特色。此功能可使你在地球上任何你喜欢的地方远程控制实验室里的发酵罐，可以远程使发酵罐的运行参数发生小的（或大的）改变，而无需来回奔波于实验室。客户端程序与主程序仅存在以下两点不同：不能控制 profile 模块和模糊逻辑模块；不能控制数据的获取和积累。除此外，其他功能与主程序相同。

设置主机

须将主机服务器设置成允许其他计算机控制发酵罐。进入远程设置（Remote Setup）菜单，选择是否允许客户端以非安全模式登录。在安全模式下须设定 IP 地址，只有此 IP 地址的客户端能够通过互联网连接到主机上。但是需注意，大多数情况下，网络服务商提供给用户一动态 IP 地址，如此一来，客户端就不能连接到主机上。在这种情况下，就要采用自由连接方式。由于只有客户端与主机进行连接，所以主机是安全的。**当设置主机允许客户端控制发酵罐时，程序会给出主机即本地 IP 地址，记住或记下此 IP 地址，因为须用此 IP 地址与主机连接。**一旦发酵开始，状态栏中第一个图标会显示“Listening”，此时，客户端就可以连接到主机上控制发酵了。

设置客户端

安装客户端程序，连通网络后，第一件事就是通过远程主机（Remote Host）菜单项输入主机的 IP 地址。输入主机 IP 地址后，客户端会 ping 主机。如果与主机连接成功，唯一必须做的选项是选择文件菜单中的“接受数据”（Get Data）项，从主机下载数据。响应时间取决于网速。发酵过程进行 24 小时后，从主机下载数据会超过 1 分钟。在下载过程中，状态栏中会有一进度栏显示下载情况（0—100%）。此时，鼠标图形变为沙漏形状。下载完所有数据后，主控制窗口中的控件和图形会更新。客户端的画图程序与主机工作原理一样，下载完成后的数据可随时保存。

重要的一点为：只有当你选择“传输数据”（Send Data）菜单项后，才可使用控件改变发酵状态，可用客户端改变发酵过程的所有运行参数。重新下载所有数据，检查所设置的参数不失为一种好的方法。应知道，当 pO₂ cascade 运行时，搅拌状态就不能人为改变了。关闭 pO₂ 开关后，传输数据，然后设置搅拌操作点，再将此操作点传输给发酵罐。

数据收集文件

发酵结束后，程序将提示操作者保存收集到的数据。会有一对话框提示将文件保存与那个目录下。文件为带有制表符的 ASCII 文本文件，分隔符为“，”，此类格式的数据能够被大多数数据处理软件识别。以下为数据文件的具体实例。

User:MHA
Start date and
time:26-09-98
14:54:06
Total
fermentation
time:000:01:10

TIME	TEMP	pH	pO2	STIRR	SUBSTRATE	ACID	BASE	FOAM
MIN	C		%	RPM	mL	mL	mL	mL
0	30	6,5	20	765	2	4	5	0
0,3	30	6,4	20	745	4	5	5	0
1	30,2	6,5	21	650	6	5	6	1

日志文件

安装 BioStat 后，会在安装目录下生成一组日志文件，有三种日志文件。

USER.log 文件包含使用者使用发酵罐的一些数据：名字、日期和时间。当发酵开始时，程序会提示使用者输入名字。新的数据会追加到日志文件中，如果首次运行此程序，则会形成一新的 USER.log 日志文件。

RUN.log 文件包含以下详细信息：执行过的 Profiles、TCP/IP 行为、使用者、运行时间等。每次运行程序，新的 RUN.log 文件会替换原有的 RUN.log 文件。客户端程序也有 RUN.log 文件，但是只记录连接错误信息。

FUZZY.log 文件包含逻辑控制模块所有的数据及输出值。可依据此文件提供的信息修改控制文件。

进一步信息

如果你有任何建议改善 BioStat 发酵罐控制程序，或者发现此软件有 bug，请通过 email 联系我 mha@imsb.au.dk。要获取软件的升级信息、常见问题的解答、模糊逻辑升级信息，可参阅 BioStat 主页 www.imsb.au.dk/~mha/biohome.htm。

附录

规则矩阵表

模糊逻辑控制文件的格式

RuleSub.fuz(原文误写为 RuleSub2.fuz, 译者按)

```
*****
* Rulebase Function. This function defines the          *
* rules by which the Fuzzy Logic Controller            *
* decides how to change the output (new Sub            *
* SetPoint. The rules are read as follows:            *
*                                                       *
*   If pO2 is A and Sub is B then dSub is C           *
*                                                       *
*****
*pO2   Sub dSub
*A   B   C
VL   L   NM
L    L   NS
OK   L   PS
H    L   PM
VH   L   PL
VL   OK  NM
L    OK  NS
OK   OK  PS
H    OK  PM
VH   OK  PL
VL   H   NL
L    H   NM
OK   H   NS
H    H   NS
VH   H   NM
```

RuledPO2.fuz

* Rulebase Function. This function defines the *
 * rules by which the Fuzzy Logic Controller *
 * decides how to change the output (new Sub *
 * SetPoint. The rules are read as follows: *

* *

* If pO2 is A and dPO2 is B then dSub is C *

* *

*pO2 dPO2 dSub

*A B C

VL VL NL

L VL NL

OK VL NM

H VL NS

VH VL NS

VL L NL

L L NM

OK L NS

H L ZE

VH L PS

VL OK NM

L OK NS

OK OK ZE

H OK PS

VH OK PM

VL H NS

L H ZE

OK H PS

H H PM

VH H PL

VL VH PS

L VH PS

OK VH PM

H VH PL

VH VH PL

pO2.mf

*pO2, Oxygen Member Function

* Values in this function are the offset *
 * from the substrate SetPoint. For example *
 * with Setpoint to 20% the function look *
 * like this: *

* VL 14 16 16 18 *
 * L 16 18 18 20 *
 * OK 18 20 20 22 *
 * H 20 22 22 24 *
 * VH 22 24 24 26 *

* VL: pOxygen Very Below SetPoint *
 * L: pOxygen Low Below SetPoint *
 * OK: pOxygen Close to SetPoint *
 * H: pOxygen High Above SetPoint *
 * VH: pOxygen Very High Below SetPoint *

VL -6 -4 -4 -2
 L -4 -2 -2 0
 OK -2 0 0 2
 H 0 2 2 4
 VH 2 4 4 6

dpO2.mf

*dpO2, Change in pO2 Member Function

* Values in this function are the change *
 * in pO2 over the last 5 min (10 data *
 * points). *

* VL: Change in pO2 Very Low *
 * L: Change in pO2 Low *
 * OK: Change in pO2 Zero *
 * H: Change in pO2 High *
 * VH: Change in pO2 Very High *

VL -3 -2 -2 -1
 L -2 -1 -1 0
 OK -1 0 0 1
 H 0 1 1 2
 VH 1 2 2 3

Sub.mf

*Sub, Substrate Member Function

* Values in this function are the offset *
 * from the substrate SetPoint. For example *
 * with Setpoint to 2% pump action the *
 * function look like this: *
 * L 1 1,5 1,5 2 *
 * OK 1,5 2 2 2,5 *
 * H 2 2,5 2,5 3 *
 * L: Substrate Below SetPoint *
 * OK: Substrate Close to SetPoint *
 * H: Substrate Above SetPoint *

L -0,5 -0,2 -0,2 0
 OK -0,2 0 0 0,2
 H 0 0,2 0,2 0,5

dSub.mf

*dSub, Change in Substrate output Member Function

* This member function gives the +/- *
 * change in SetPoint for the substrate *
 * pompe. *
 * NL: Negativ Large *
 * NM: Negativ Medium *
 * NS: Negativ Small *
 * ZE: Zero Change *
 * PS: Positiv Small *
 * PM: Positiv Medium *
 * PL: Positiv Large *

NL -0,3 -0,225 -0,225 -0,15
 NM -0,225 -0,15 -0,15 -0,075
 NS -0,15 -0,075 -0,075 0
 ZE -0,075 0 0 0,075
 PS 0 0,075 0,075 0,15
 PM 0,075 0,15 0,15 0,225
 PL 0,15 0,225 0,225 0,3