

两台总有机碳测定仪操作培训教程

王联红, 王麒麟

(南京大学环境学院, 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏 南京 210023)

摘要: 熟悉和正确使用常规分析仪器, 有助于提高自身的科研素质和数据分析能力。为了使研究生熟悉和独立操作仪器, 作者定期进行研究生独立操作常规分析仪器的培训工作。本文将介绍重点实验室拥有的两款总有机碳测定仪的操作规程。

关键词: 仪器培训; 总有机碳测定仪;

国家重点实验室的运行机制是“开放、流动、联合、竞争”, 为了使实验室的仪器最大可能地实现开放, 仪器管理者编写仪器培训教程, 定期进行研究生仪器操作培训和考核工作。本室拥有两台总有机碳测定仪, TOC 5000A 总有机碳测定仪是岛津的仪器, 接管时只有一本日语说明书, 为了制作培训讲义, 去旁听了学校的日语课。多年后购置的 Aurora 1030D, 仪器公司有装机培训, 但是实际操作中的细节, 和日常使用中遇到的问题, 需要作者去归纳总结, 并整理到讲义中。本文将介绍 TOC 5000A 和 Aurora 1030D 两台总有机碳分析仪的操作培训讲义。

1、TOC 5000A 总有机碳测定仪操作规程

1.1、开机

- 1)、开启载气(氧气)钢瓶总阀门, 调节减压阀压力到 0.5MPa。(逆时针开启总阀即可)
- 2)、打开主机左后方电源开关。
- 3)、打开主机门, 调节标示 pressure 的按钮, 使压力表指示 500KPa; 调节标示 carrier gas 的旋钮, 使流量表指示 150 mL/min (此步已经调节好, 无需操作, 只需观察小球是否指示 150 mL/min 位置)。
- 4)、当显示画面为 initial start 画面时, 按 next, 进入主菜单 MAIN MENU。选择第三行 GENERAL CONDITIONS, 按 enter 键确认。
- 5)、在 GENERAL CONDITIONS 菜单中, 在第八行 FURNACE ON/OFF (总碳电炉) 行设定 1, 按 enter 键确认。
- 6)、预热时间约 30 分钟, 等面板上 READY 灯亮, 就可以进行样品的测定; 此时, 可以到主菜单 MAIN MENU 下, 选择第六行 MONITOR 监测, 按 enter 键确认, 当所有指示都是 OK 时 (即 TC FURNACE TEMP: 680°C; DEHUMIDIFIER TEMP: 1.1°COK, BASELINE POSITION: OK; BASELINE FLUCTUATION: OK; BASELINE NOISE: OK), 面板上 READY 灯变亮。

1.2 样品测试

- 1)、在主菜单 MAIN MENU 下, 选择第 2 行 SAMPLE MEASUREMENT, 按 enter 键确认。

- 2)、在 SAMPLE MEASUREMENT/CONDITIONS 界面, 检查样品序号; 选择自己需要的标曲, 按 **enter** 确认。仪器现存四条标曲, 两条 TC, 两条 IC, 分别为上限 20ppm, 100ppm。1st CAL CURVE# 设定为低浓度的, 2nd CAL CURVE# 设定为高浓度的。然后, 检查其他参数设置是否正确, 一般清洗次数 (NO OF WASHES) 为 4, 进样次数 (NO OF INJECTS) 设定为 2, 最大进样次数 (MAX NO OF INJ) 设定为 3。此界面还显示预设好的标准偏差 SD 和变异系数 CV 的允许值。
- 3)、把进样针插入样品溶液中, 依次按照提示按 F1(next), F1(next), 出现 cycle mode 和 no-stop 后, 分别选 2, 1, 则 TC 测定完毕, 自动跳到 IC。当提示按 start 时, 按面板上的 start, 开始样品测定。对同一样品进行两次平行分析, 得到平均值、标准偏差、变异系数。并可自动消除异常值, 追加第三次测试, 保证了样品分析的准确性。当样品的测定值超过 1st CAL CURVE 量程 (0~20ppm) 时, 可以自动地改变测试量程 2nd CAL CURVE# (20~100ppm), 进行再测试。
- 4)、测样过程中如想进入 SAMPLE MEASUREMENT/CONDITIONS 界面检查参数设置, 可按屏幕下方 SMPL (即 F3) 可进入; 如样品浓度超标, 按 stop 停止, 然后按 ESCAPE (即 F2) 退出。
- 5)、数据打印: 按面板上 F6, 进入主菜单 MAIN MENU。在主菜单下, 选择第 5 行 DATA REPORT, 按 **enter** 确认; 选择要打印的页, 按 F5(print)对应的操作。(做完后, 把自己的数据删除掉)

1.3 关机

- 1)、在 MAIN MENU(主菜单), 选择第 7 行, STANDBY OPTIONS(待机), 进入待机菜单。
- 2)、选择 1=finish(关机), 按 **enter** 确认, 然后, 按下 F1, 即 standby(待机), 屏幕显示 wait 29 min to turn main switch off(等待 29 分钟后关闭电源)。观察到流量表中小球掉下来了。
- 3)、先去关闭载气, 等待 29 分钟等燃烧炉温度下降后再关闭左后方总电源。
- 4)、关机过程中, 即燃烧炉降温过程中想重新开启, 按屏幕下方 ESCAPE 对应按键, 然后根据提示操作即可。

1.4 注意事项

- 1)、开机后, 关机前, 请测两个空白水样。作样品, 如果浓度高于 60ppm, 请加测一个空白水样; 建议每 10 个样品间, 加测一个空白水样。
- 2)、标曲上限为 100ppm, 当样品浓度值大于 100ppm 时, 必须加以稀释。
- 3)、样品混浊且悬浮物多时, 必须加以沉淀或过滤, 用 $\leq 0.45\mu\text{m}$ 滤膜过滤。
- 4)、被测样含有酸性、碱性或盐性物质时, 会缩短燃烧管和 TC 触媒寿命, 并引起检测池和管路腐蚀。所以必须尽可能的稀释和减少进样量。
- 5)、水样测定前还需调节 pH 值在 6~9 的范围内, 如果 pH 值过大或过小, 都会影响测定值, 而且对仪器的检测池和管路有腐蚀作用。
- 6)、平时不使用时, 请将进样管插入水中, 以免空气带入注射器。

- 7)、TC, IC 标准储备液配置后使用时间尽量缩短(于冰箱贮存保质期 1 个月)。标准使用液用时现配。
- 8)、仪器严禁频繁启动,开启主机电源开关一般要等关机后 5-10min 后进行。突然死机,请关电源,10min 后再开启电源即可。
- 9)、面板上的 F1~F6, 分别对应屏幕下方一行的指示操作。

1.5 知识介绍: TOC 5000A 总有机碳测定仪工作原理

总碳(TC)指样品中可能存在的所有的碳。不论形式,所有的有机碳和无机碳物种的总和。总有机碳(TOC)指样品中有机碳物种的总和,是有机物质的总量。无机碳(IC)指样品中无机碳物种的总和,包括碳酸根、碳酸氢根、碳酸和游离态的二氧化碳,也称 TIC。测定出 TC 以及 IC,利用差减法,就可得到总有机碳的测定值 $TOC=TC-IC$ 。

TOC-5000A 采用燃烧—非色散红外方式进行工作,以氧气作为载气,将水样定量注射到 TOC-5000A 的反应管中,在各自的工作条件下,分别测定出 TC 和 IC,然后计算出 TOC 的测定值。TOC-5000A 分析仪的反应系统由 TC 催化燃烧炉和 IC 反应管组成,TC 燃烧炉中装有铂等高性能氧化催化剂,能将通过炉的水样在 680°C 高温下燃烧分解成 CO_2 和 H_2O 。IC 反应管内装磷酸,在 150°C 条件下将水样中的无机碳酸盐分解成 CO_2 和 H_2O 。生成的气体通过电子去湿器(比如 1~2°C 的电子冷凝器)冷却时 H_2O 被除去,剩下的 CO_2 进入 NDIR (Non-Dispersive Infrared, 非色散红外检测器)进行检测。非色散红外线对单原子分子(如 N_2 、 O_2 等)无吸收,而对多原子分子(如 CO_2)有吸收, CO_2 在波长 4.3 μm 处被吸收。NDIR 的检测信号(模拟信号)为波峰面积。波峰面积与样品的浓度成比例,通过预先用标准溶液测定得到并被存储的标准曲线可求出 TC 和 IC 的浓度,并计算出 TOC 的值。

环境领域,TOC 分析可作为监控 BOD 和 COD 的补充技术。TOC 与 COD 及 BOD 之间没有普遍的相关关系。在工业废水中,TOC 和 COD 常常有很高的线性相关关系。

《城市供水水质标准》CJ/T 206-2005;《饮用净水水质标准》CJ 94-1999

1.6 标准溶液的制备

邻苯二甲酸氢钾(KHP)用于 TC 标准;碳酸钠、碳酸氢钠用于 IC 标准。

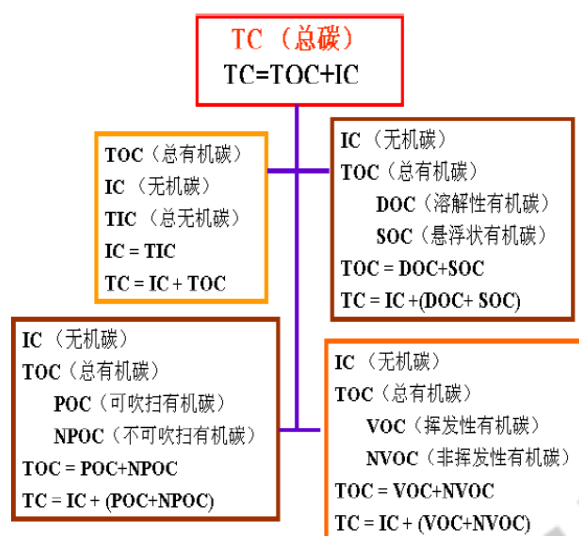
1000 ppm TC 标准储备溶液: (1)、邻苯二甲酸氢钾(KHP)在 105—120°C 下干燥约 1 小时,在干燥器内冷却。(2)、准确称量 2.125g。(3)、溶解后装入 1L 容量瓶中。(4)、加零水至容量瓶标线。(5)、密闭并在 4°C 下保存。溶液可稳定 2 个月。

1000 ppm IC 标准储备溶液: (1)、碳酸氢钠 $NaHCO_3$ 预先在硅胶干燥器中干燥 2 小时;碳酸钠 Na_2CO_3 预先在 280—290°C 下干燥约 1 小时,在干燥器内冷却。(2)、准确称量碳酸氢钠 3.50g 及碳酸钠 4.41g。(3)、溶解后装入 1L 容量瓶中。(4)、加零水至容量瓶标线。(5)、密闭并在 4°C 下保存。溶液可稳定 2 个月

标准曲线的绘制:(1)、分别吸取有机碳、无机碳标准溶液(1000mg / L) 0、20.00、40.00、60.00、80.00、100.00mL于1000mL容量瓶中用水定容， 浓度分别为0、20.0、40.0、60.0、80.0、100.0mg / L。(2)、按仪器操作说明设定仪器的各种参数，将以上溶液分别绘制标准曲线，储存于仪器中， 随时调用。

1.7 作业

请大家了解干法（燃烧催化氧化法）和湿法（过硫酸盐氧化法）



碳的各种形态

请大家了解以下术语:

总碳 TC, Total Carbon

无机碳 IC, Inorganic Carbon

总有机碳 TOC, Total Organic Carbon

不可吹除有机碳 NPOC, Non-Purgeable Organic Carbon;

可吹除有机碳 POC, Purgeable Organic Carbon

溶解性有机碳 DOC, Dissolved Organic Carbon

悬浮状有机碳 SOC, Suspended Organic Carbon

挥发性有机碳 VOC, Volatile Organic Carbon

非挥发性有机碳 NVOC, Non-Volatile Organic Carbon

请了解仪器测试 TOC 的方法

- (1) 差减法: $TOC = TC - IC$ (当 TOC 远高于 IC, 如废水)
- (2) NPOC 法: $TOC = POC + NPOC \approx NPOC$ (如果 POC 可忽略)
- (3) 加和法: $TOC = POC + NPOC$ (当 POC 不可忽略)。

2 Aurora 1030D 总有机碳测定仪操作规程（以湿法为例）

2.1 开启载气、开机

- 1)、确认样品前处理合格；检查试剂有效期和液位：湿法（过硫酸盐，磷酸，去离子水）/ 干法（盐酸，去离子水）
- 2)、逆时针开启载气（干法接氧气，湿法接氮气）钢瓶总阀门，顺时针调节减压阀压力到 0.3~0.4MPa（注意：不能超过 0.4MPa）。
- 3)、开机顺序依次为：自动进样器，TOC 仪器，电脑（如果有电脑）。
- 4)、登录：用户和密码都是 toc，检查当前模式是否是湿法 wet-chemistry。如果不是，从 Config→System→Next Boot Option 修改，然后重启 TOC 仪器。目前，仪器硬件管路配置和已经作好的标曲是湿法，开机后仪器默认得是湿法，也要求大家用湿法。需要作干法（combustion）的，请用 TOC 5000A。

2.2 认识一下左边载盘和桌面管路

- 1)、红管——接酸，湿法用磷酸 5%（用完再换）；干法用盐酸，浓度 6%。并列白管，通氧气，鼓气。
- 2)、绿管——氧化剂过硫酸钠 10%（一个月必须换一次）。对于比较难以氧化的，氧化剂提高到 20%，或加长反应时间。并列白管，通氧气，鼓气。干法中，此处为空瓶。
- 3)、白色管——DI 水，润洗液，洗体系。**每天换新水**。作样过程中，每隔 5h 检查一下。
- 4)、桌面（仪器左后方）——DI 水，洗进样针外侧。**每天换新水**。

2.3 认识一下仪器组成部件

多孔阀：控制气体流至检测器或排出；	冷凝风扇：提供空气使管路中水气凝结；
除水装置：吸收分析气体中的水气，填充蓝色干燥剂；	除卤装置：去除气体中卤素的干扰；
独立回路（隔离环）：为样品和试剂的缓冲区分；	注射器泵：提供样品和试剂移动的动力来源。
反应室 1、2：样品反应室（左湿法、右干法）；	排水阀：控制反应室中排水；
EPC：电子压力控制器；	EFC：电子流量控制器；
触控面板：可经由面板控制仪器及监控仪器状况。（专用笔点击，请温柔对待触控面板）	
警告灯：闪烁时表示有误或提出警告；	电源灯：电源显示；

2.4 编辑方法 Editor → Method

干法/ 湿法：根据测试需要，选合适的模式（目前规定用湿法）；一般常修改的为进样体积，EPC 压力和 Chase 体积

湿法	进样体积 (mL)	系统压力 (psi)	磷酸体积 (mL)	过硫酸盐 (mL)
低浓度	9.0	16	0.5	1.0
中浓度	2.0	20	0.5	1.0
高浓度	0.2	25	1.0	2.0

- 1)、 Editor→Method→New→Name (自定义名称), 方法的命名很有考究, 希望把方法模式 (NPOC 或差减法)、标曲浓度 (可写范围, 也可写最高点浓度)、进样体积三项重要信息写进去。这样大家调用方法时一目了然。
- 2)、 在 Mode 一行选择模式, 建议用 NPOC 模式 (尤其对于 IC 高, TOC 少的, 例如自来水), 也可以用 (TOC=TC-TIC) 模式。
- 3)、 在 Sample volume 一行输入进样体积, 进样体积的估计是样品的总碳量不要超过 200ug C, 按这个值计算最大进样量; 实际进样体积要同时结合样品瓶总体积 40mL。例如, 配制 100ppm, 进样体积 2 mL; 20ppm, 进样体积 5 mL。(下来重作标曲, 0, 10, 20, 40, 80 ppm; 0, 4, 8, 16, 20 ppm; 以及交叉例如 TC80 ppm, IC20 ppm)
- 4)、 在 Rinses 润洗框内, Volume 用量是 15 (默认 15, 可以用 10), Per sample 中输入 1, 表示每份样品清洗一次。
- 5)、 其余的东西不需要改动。
- 6)、 点击 Calibration, 将 Use for all CO₂ modes 前方框中的对勾去掉, (说明, 只要有分开校正的, 如差减模式, 必须去掉此对勾。对于单一的 NPOC 模式, 对勾保留)。再根据浓度范围编辑 TC 和 TIC 合适的标样系列, 每个浓度重复测量次数为 3。其余的设置不需要改变, 点击 OK, 回到编辑方法的初始画面, 点击 Save 保存
- 7)、 备注: 一个方法对应一条标曲, 且方法另存时, 标曲不能保存。删除某点 exclude, 还原 include。
- 8)、 一般会建立多种方法供大家使用, 如无特殊样品, 选择合适的方法即可, 不需要重新建立。

2.5 编辑系列

- 1)、 Editor→Sequence→New→Name (自定义名称)
- 2)、 点击左下角 Add/Insert, 弹出一个对话框, 第一份样品为 clean up, 以去离子水代替样品清洗系统, 在 Sample Type 中选择 clean up, 用默认的方法。中间为添加样品, 在 Sample Type 中选择 Sample, 在 Methods 一栏中合适的方法, 在 Sample ID 中输入样品名称, 在右上角#Reps 的空白格中输入重复测量次数 2 次。如果个别样品%RSD 大于 5%, 重测试。
- 3)、 样品可以逐个添加, 也可以系列添加。序列添加操作: 点击 Add/Insert, 在# of Samples 处输入样品

数量，在 use Incrmenter 前打对钩，其他同单个添加步骤。如果样品浓度所用的标曲不同，需要在 methods 处选择相对应的标曲（100ppm 或 20ppm）。

- 4)、 所有样品添加完后，点击 OK，回到初始画面。
- 5)、 点击 Save 保存。每次对样品序列进行修改（添加或删除）后都要进行保存。

备注：如果想建立新的标曲，在第“三”条第 2 步，Sample Type 中选择 cal，在 Methods 一栏中选择第“二”条建立的方法，仪器会自动将方法中所设置好的标样系列添加到样品系列中，做完标曲后也要加测一份 clean up。添加完后点击 OK，回到初始画面，点击 Save 保存。

2.6 加载和运行系列

- 1)、 Monitor → Sequence → Load Active Sequence
- 2)、 选择样品系列，然后根据系列放置样品。Clean up 不占瓶号。首先检查针是否在合适位置，如果针在下面，必须按 Stop，使针上去。自动进样器（带磁力搅拌），可放 88 个样品。样品瓶盖可以不要盖。样品先向上抬进样盘，轻轻取出。放入时，盘上槽对齐。放入后，看能否转动，确认放稳。
- 3)、 点击 Start。
- 4)、 作样过程中，可添加样品（此处添加，会带*；瓶号一定要填，否则会覆盖前面的，优先级别 priority 要注意是 high 或 normal），或删除未开始做的样品（此处删，会跳过该样品瓶不做），也可暂停（此处不可按，会死机）；运行系列前，如果基线 IR 信号太低，重启一次 TOC 仪器。

2.7 数据记录

在 Monitor 界面，点击 Result Log 显示样品结果。每次做完及时抄写数据，因为后续运行的序列会自动覆盖前面纪录。

2.8 关机

- 1)、 观察仪器是否在 standby 状态，如果不在，点击 stop 使到 standby。先关气，待压力至 0 时，关机。
- 2)、 登记仪器和样品情况，倾倒废液、清理桌面地面。

2.9 注意事项

- 1)、 作样过程中，密切观察反应室水位，如果 DRAIN 阀堵，水会进入检测器，导致检测器损坏；
- 2)、 标曲上限为 100ppm，当样品浓度值大于 100ppm 时，必须加以稀释；
- 3)、 样品处理，对于有悬浮物的样品须过滤，用 $\leq 0.45\mu\text{m}$ 滤膜过滤；
- 4)、 碱性样品测试前，加一定的酸调节 pH，否则要多用些酸；高盐基体，尽量稀释；
- 5)、 仪器严禁频繁启动，开启主机电源开关一般要等关机后 5-10min 后进行；
- 6)、 仪器如果因为自动进样器未开或自动进样器发生错误，会选择默认配置（即手动进样），开机后注意检查；

- 7)、 如果长时间不使用，以去离子水代替试剂做几个完整的测试；
- 8)、 检查湿化瓶，不少于 1/3 水位，一般 1/2-2/3 水位，拆装湿化瓶时，一定要注意关掉气源操作；
- 9)、 大概 3 个月换一块 TN 检测器上的电池，如果仪器长时间使用，电池寿命会更长一些；
- 10)、 观察去卤素管和干燥管，如果失效了，及时更换；
- 11)、 酸剂有效期至用完，氧化剂有效期 1 个月。更换试剂后要做灌注 (Prime)。操作：Maint——选 syringe pump, 按 prime；
- 12)、 每次做样时，开始的时候注意观察一下是否有异常；开始和结束时注意检查是否有泄漏；
- 13)、 定期检查并清洗进样针；定期检查所有螺丝是否松动；
- 14)、 该仪器更换了一块 TC/IO 板，每次点开始时，都会报错“[01.00.9999]EPC is not calibrated”，“[E.01.0739] Failed to set EPC setpoint”可以忽略，并不影响分析，如果有其他错误信息要注意检查。

2.10 试剂与标准的要求和配制

- 1)、 试剂用水：含 TOC 浓度低于 200ppb C 之蒸馏水或去离子水；欲分析低浓度样品，应准备 TOC 小于 50ppb C 之试剂水；
- 2)、 5%磷酸：取分析纯 85%磷酸 59mL，用试剂水稀释定容至 1000mL；
- 3)、 10%过硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)：用试剂水将 100 克分析纯过硫酸钠溶解且定容至 1000mL，有效期三周。偶尔会用到 20%；
- 4)、 6%盐酸：用试剂水将 166mL 盐酸溶解且定容至 1000mL；
- 5)、 有机碳标准 1000ppm C 储存液：邻苯二甲酸氢钾 (KHP，优级纯)用试剂水将 2.128 克 KHP (经过 110°C 干燥两小时后) 溶解且定容至 1000mL，浓度为 1000 ppmC，有效期三周；
- 6)、 无机碳标准 1000ppm C 储存液：碳酸钠 (Na_2CO_3 ，优级纯) 用试剂水将 8.826 克 Na_2CO_3 (经过 110°C 干燥两小时后) 溶解且定容至 1000mL，浓度为 1000 ppmC。有效期三周。

2.11 仪器工作原理

- 1)、 TC 检测方法：磷酸和过硫酸盐反应。
- 2)、 TIC 检测方法：磷酸酸化和吹扫。
- 3)、 TOC 检测方法：NPOC 由加热的过硫酸盐氧化（先加酸，无机碳被曝出后，再加过硫酸钠）；或差减法 (TC-TIC) 得到。

将定量的样品加入到 TIC 反应管中，然后自动加入预定体积的酸，将样品酸化至 pH 小于 2，样品中的碳酸根和碳酸氢根被分解为 CO_2 ，生成的 CO_2 由非色散红外检测器 (NDIR) 定量检测并且分别以质量和浓度单位报告出来，以得到 TIC 的结果。

随着无机碳被曝出并检测后，再将过硫酸钠注入反应管，有机碳被过硫酸钠氧化为 CO_2 ，由 NDIR 进行定量，分别以质量和浓度单位报告出来，从而得到 NPOC 的数值。也可以通过将 TC 的测量值

减去 TIC 的测量值而得到 TOC。

将未经吹扫的样品直接注入反应管，加酸和氧化剂，测量生成的 CO_2 而得到 TC。

对同一个样品的一份水样，通过酸化检测 TIC，通过湿法氧化得到 TOC，从而得到最佳准确度和最真实的数据。

2.12 干法转换为湿法：（原则：干法进样量小，湿法进样量大。）

- 1)、 Config→System→Next Boot Option 修改系统模式
- 2)、 换隔离环：(10ml 绿)换为 (25ml 蓝)。用起子拧中间。
- 3)、 换注射器：(2.5ml) 换为 (10ml)。依次点击 maint——syringe pump——change syringe——看提示六步，按 start，拆注射器，用一字螺丝刀拆下注射器柄上的螺丝；下拉柄，捏住注射器上面，拧下注射器；看提示，确信里面的垫子没有掉下。装新注射器时，拿手电筒照一下，注意垫圈（因为仪器只带了 2 个新的垫圈，只要不漏水，即可不用换）；先下拉柄；拧上注射器上部（只限用手拧紧，一定不要用工具），拉下柄，用一字螺丝刀拧紧固定；点击 next，自动检查，提示成功更新。
OK, close
- 4)、 由于更换注射器，位置可能会有偏差，要归零位。具体操作：点一下注射器下面的小黑钮，然后转动下面的滚轮至注射器轻抵顶部，再点一下上面的小钮。
- 5)、 干法中，EPC2(贴)与 EPC 上“2”相通，VALVE(贴)与进样阀上“B1”相通。
- 6)、 干法作 TN 时，EFC 处 in 和 out 用黄管短接，吸附卤素和干燥剂短接。
- 7)、 湿法中，EPC2(贴)与 VALVE(贴)用一两通相连，EPC 上“2”与注射阀 VALVE 上“B1”以一干净管相连。
- 8)、 换气体（干法接氧气，湿法接氮气），表头减压阀出口处拧松。
- 9)、 关机，重新启动。
- 10)、 换注射器，长久不用仪器，必须灌注。
- 11)、 注射器改大小 size。换注射器，改针体积，config---1088.
- 12)、 TN：只能在干法模式下才能测，且温度改为 720 度，需要跳开去卤素管和干燥管
- 13)、 Maint—diagnostic tests; 自我诊断。

3 结语

早年间，实验室的仪器使用传统，是师兄师姐带师弟师妹，凭口口相传，一直没有规范的纸质的培训讲义。仪器不规范操作比比皆是，故障率也极高，总有机碳分析仪一年有半年处于故障中。为了改变这种现状，从柜子中翻出积灰的 TOC 5000 的日语说明书，去旁听了学校的日语课，逐字逐句翻译出仪器使用说明书，整理成文档，又一步一步试着做，遇到问题记下来，集中电话和邮件向工程师求教。成稿后，发给工程师看，得到工程师的赞赏，并被公司作为中文的操作说明发给其他用户。讲义做成后，培训学生，整理学生的问题，进而对讲义进行版本的更新。Aurora 1030D 有机碳分析仪，公司的装机培训后马上整理成初步的讲义，但是湿法，学生犯错比较多，需要注意的问题也很多，错误教训总结成经验，整理到文档中。十多年来，有机碳分析仪的培训工作，培训研究生数百人。学生规范操作了，仪器故障率大大降低，除了暑假最热的几天，寒假春节几天，仪器终年无休。