

甜菜糖厂热交换设备的改进和修理

〔苏〕M. C. 格波维奇著

食品工业出版社

PDG

甜菜糖厂热交换设备的 改进和修理

【苏】 M. C. 格波維奇著

梁 周 譯

目 录

前 言	3
第一章 加热面的清洗	5
化学清洗法(8) 原汁加热器的清洗(23) 热力清洗法(25) 机械清洗法(27) 清洗质量的检验(40), 加热面蒸汽侧的清洗(40)	
第二章 加热面的修理	42
加热面情况的鉴定(44) 加热面材料, 管子的试验(45) 管子的准备工作(50) 管子格板的修理(57) 胀管(60) 非胀管式加热面的修理(65) 延长加热面使用期限的办法(70)	
第三章 热交换器器身的修理	77
加热面的增加(89) 支脚(94) 分离装置的修理和改进(95) 给送装置(99)	
第四章 管路的修理	103
第五章 管件的修理	109
截闭管件(109) 观察管件(119) 安全阀的修理(121)	
第六章 垫封工作	122
第七章 排水器的修理	130
第八章 冷凝器的修理	140
第九章 生产期中的计划预防修理	149
设备检查(151) 备件的计划预防修理(152)	
附 录:	
1. 鹽酸比重表	153
2. 热力器械修理卡片	154
3. 糖厂热交换设备备件定额	156
参考文献	156

前 言

含糖溶液的加热对于制糖生产有密切的关系，因此在糖厂里面，設置有大量的热交换設備；比如在中型的糖厂里，加热面积約有 4000 M² 以上，在这个数目中，作为二次鍋爐之用並影响及整个厂的热能經濟的蒸發站，其加热面积約佔 2500~2800 M²。

生产工艺要求严格地保持温度规范，以求得糖質的改进和减少糖份的损失。关于这点，具有决定意义的就是正确地使用热交换設備。然而，要很好地使用热交换器，須視生产期前該設備的准备情况和質量如何。

热交换器的修理内容包括：清洗积垢，修理加热面、器身、元件、附屬設備。許多厂的实践証明，蒸發器和速流式加热，器中的鋼管加热面的使用期限約为 5~6 年，滲出汁加热器則为 2~3 年。这样，每厂每年平均須更換的加热面达 800 M²，即須要各种口徑的管子 8~10 吨之多。

清洗热交换器加热面和更換管子的工作量佔了总修理工作量的很大一部份，約为所有劳动消耗量的 32~35%。

所以，在用各种方法去改进有关基本生产指标如減低燃料消耗量及延長連續不断的工厂工作的修理質量，得同时要在高度机械化条件下，謹慎地研究修理工作的組織和进度。

在这样多的热交换設備下的設備修理組織，必須首先具备：

(1) 修理工作量有准确性，按照修理日程計劃进行工作，並將計劃貫徹到小組以及个别的执行者去；

第一章 加热面的清洗

在制糖生产的制品加热过程中，制品内所含矿物质和有机物质的一部分在加热面上附积而成积垢。积垢使热传导变坏，并显著地降低了加热设备的生产率。

积垢的成份和所有各种因素有关系，主要的则为：甜菜的成份，工艺用水的成份，石灰成份，所采用的糖汁清净方法，工艺过程进行中遵守规范的情况等等。

据此，在同一个厂内，每一年，每一生产期间，每一效蒸发器和每一个其他的热交换器，其积垢成份都可能大大地不同。

表1指出的是根据中央糖业科学研究所和大化验室等研究得的文献资料中摘出的糖厂积垢成份的一个例子。

从表中的分析数字可知，积垢的主要成份是碳酸基或草酸基的钙盐，其次则为硫酸钙盐。而且，在蒸发器中的积垢成份，在第I效主要是碳酸钙，在其他各效是草酸钙。

积垢中的锰盐含量约为3%。而在第I效中，它的含量可达6~8%。随着糖汁浓度的增加，碳酸锰的溶解度也增加。所以，后面各效积垢中的锰盐含量较少。

有个别种类的石灰含有大量的 $MgCO_3$ （达15~18%）。可是，在具有适当的清净规范并严格地遵守此规范的条件 下，可避免锰盐对蒸发器蒸煮的影响，因为大部分锰盐都在清净时沉降在沉淀物中。

铁盐(R_2O_3)的含量主要是与蒸发器中发生的锈蚀过程有关，因为积垢的成份包括有管子和器壁的铁质锈蚀产物。

所以 R_2O_3 的含量没有什么规律。

硅酸钙盐的给热性最差。这种盐的含量，在我国厂内的各效蒸发器中，变动范围在 0.1~0.2% 到 4~5% 内（有时会稍高）。

积垢中的有机物含量约 5~40%，它是由糖焦、草酸钙

表 1

数字来源	积垢採杂地点	含 量 %					
		有机物 +CO ₂ +C ₂ O ₂	SiO ₂	R ₂ O ₂	CaO	MgO	SO ₃
茹拉教授数字	蒸发器效别						
	0	29.3	1.2	4.3	23.6	5.7	1.7
	I	34.0	0.4	0.5	32.8	4.6	1.4
	II	46.0	1.9	3.7	33.2	1.7	0.7
	III	65.5	0.29	2.1	30.1	0.7	0.1
湛布里糖厂 (阿尔玛—阿 庭斯基大化驗 室数字)	蒸发器效别						
	II	35.72	7.15	14.4	35.0	4.3	0.5
	III	45.62	0.4	5.5	43.0	4.8	0.25
	IV	43.5	0.1	5.2	46.1	4.1	0.2
	V	45.2	0.1	2.7	38.5	6.0	0.2
普罗斯庫罗 夫糖厂(中央 糖業科学研 究所数字)	飽和加热器	44.3	0.04	0.5	45.5	3.9	0.2
	蒸发器效别						
	0	36.8	6.5	26.1	23.1	1.9	4.5
	I	48.6	2.37	7.6	27.3	4.4	1.6
	II	46.7	4.1	10.9	27.2	2.6	3.0
司康莫罗皮 糖厂(在1925 年,該厂曾在 糖汁中加苏打 处理)	飽和加热器	44.3	6.1	12.7	21.4	1.9	3.7
	蒸发器效别						
	I	44.0	4.0	20.0	22.6	5.8	0.9
	II	55.2	3.3	4.3	12.6	3.5	0.12
	III	60.2	5.0	23.0	6.2	0.9	0.14
IV	46.5	9.0	22.3	4.3	1.75	0.6	

鹽、果膠和其他有機酸等組成，這些有機物都是氨基化物在蒸發器中分解生成的。有機物以及 CO_2 和 C_2O_2 的總含量共達積垢重量的 50~60%。

如石灰石中有大量的鈣，則積垢中將生成含鈣有機化合物，大部分附積在第 I 效的加熱面上。

草酸的離子主要在第 II~V 效蒸發器的積垢中發現。

在修理熱交換器的时候，清洗它們的積垢佔了工作量的最大部分。關於這方面曾測定如下：用帶刮板和鋼刷的鐵杆以人力清洗膜式蒸發器的 7.2 米長管，每根需用勞動力 0.8 人時。

清洗所必須的時間與那段從生產終結起立即開始計算的或終結了一定時間之後立即開始計算的期間的長短有關。對清洗熱交換器的勞動力消耗所作的研究^①，如計及生產操作期間，表明，拖延之後的清洗所需時間約增加為兩倍（表 2）。

表 2

清洗 1M ² 加熱面	按手冊計* 人時	生產後實際消耗，人時	
		3 個月後	7 個月後
原汁加熱器.....	0.80	1.02	1.96
鋼管滲出汁加熱器.....	0.90	1.22	1.61
臥式蒸發器.....	0.90	1.29	—

* “修理工作時間定額手冊”，糖業總局—烏克蘭糖業總局，食品工業出版社，1951。

所給數字說明，掌握清洗開始時間，特別是清洗過程機械化的重要性。

① 根據工廠定額研究小組在加里寧糖廠中的計算。

清洗过程机械化是多种多样的；其中最重要的可归纳如下：

- (1) 化学清洗法；
- (2) 热力清洗法；
- (3) 用刮刀或鋼刷的机械清洗法，其傳动方式用(a)軟軸，(b)水力或气力，(B)硬性傳动，(r)絞車或电动架空裝置；
- (4) 非脹管臥式蒸發器的另外的机械清洗方法。

每种方法都有它的优点、缺点和应用范围，分别叙述如下。

化学清洗法^①

清洗热交换器积垢的最有效方法是化学清洗法，它較机械清洗法优越的地方在于劳动力和時間十分經濟，虽然在清洗質量方面稍为遜色。

化学清洗法的实质是利用苛性鉀或苛性鈉將积垢軟化，跟着用鹽酸溶液將积垢溶化。这时，强烈地通入碳酸气加强循环，使积垢从加热面上剝离。

在关于生产組織和工艺过程的指示中，把五效蒸發器的煮洗操作当着生产仍在进行之时，即在不停止抽取糖汁的情况下去做的，用濃度为10%的苏打溶液沸煮150~240分鐘（視蒸發器的效別而定）及用平均濃度为2%的酸沸煮20~50分鐘。

在生产进行間煮洗蒸發器的方法和三效蒸發器快速煮洗法，由于苏打溶液和酸溶液对积垢的处理時間短，使加热面

^① “化学清洗法”一节是与伊·里·維里揚斯基工程師一起署写的。——原註

清洗效果不佳，未能得到推广。

曾介紹过的朱耶夫教授的苏打和酸消耗定額(千克/M²)以及溶液濃度(%)乃如表3所列。

在蒸發罐中的沸煮時間，朱耶夫教授採用：
苏打——12 小时，
酸——3 小时。

表 3

效別	1M ² 加热面的消耗量		濃度 %	
	苏 打	酸	苏打	酸
I	1.2	0.8	1.0	0.5
II	1.6	1.2	1.5	0.75
III	1.8	1.6	2.0	1.0
IV	2.0	1.8	2.5	1.25
V	2.4	2.4	3.0	1.5

由于所有新式的蒸發設備都是用加長管子的方法出产長管式，而其本体大小則大致和以前的型式

一样，为数甚多的罗伯特(Роберт)型旧式蒸發設備如与之相比，容納苏打溶液和酸溶液的罐体容积显得非常不足。

其結果，依照所定的濃度定額，則反应剂的用量，如果不是在生产进行間將它放进器內，將要減为二、三分之一。若按照所定的反应剂消耗量标准，則將由于濃度过高而有使管子被蝕坏的危險。

在“生产組織和工艺过程的指示”(制糖总局，1951年)中，反应剂需用量的計算是以蒸發器容量和反应剂溶液濃度为基础的，並未計及积垢数量和反应剂在溶液中的实际需用量。

这样，在容积大而加热面小的蒸發器中，反应剂量显得过多；而在長管蒸發器中，因加热面大而容积小(以大蒸發器言)，同样数量的反应剂將会不足而使清洗效果不能令人滿意。

在糖厂中应用的其他化学清洗法和上述方法存在着同一缺点，就是沒有考虑及附积的积垢成份和数量，所以它們所

用的反应剂* 及反应剂消耗定額几乎没有什么差異。

茲列述一些最通用的化学清洗法以及它們的应用范围。

(a) 碱性法及磷酸法

碱性清洗法就是用苛性鉀溶液或者是苛性鉀与苛性鈉或与磷酸三鈉混合溶液長時間沸煮。在这种处理下，积垢中的鹽类 CaSO_4 和 CaSiO_3 即和苏打起作用而轉化为 CaCO_3 。如再加上机械过程，那么，碱化了的积垢粒子，由于里面有硫和磷，变得松脆，易于被水流冲洗掉或被刷子刷掉。

苏打对于碳酸积垢的作用效果很差。这便导致了使用磷酸三鈉，磷酸三鈉对碳酸积垢、硫酸积垢和硅酸积垢的作用都一样。

用磷酸三鈉沸煮后，生成了 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 等鹽类，大部分脫离加热面沉降为沉积物，少部分变成松脆积垢遺留在加热面上，易于用刷子清除。

这些方法值得介紹的地方，是它們能很好地在机械清洗之前將积垢进行預处理，使之变成松脆。

处理积垢所用苏打溶液濃度，在后一法中約为1.5~2%。

(使用时，其中 $\frac{1}{4}$ 份苏打用苛碱代替)。

磷酸三鈉溶液濃度基本上应为10~15千克 Na_3PO_4 溶于 1M^3 水中。再按照碱性溶液（磷酸的）尚不足的碱度加上新的反应剂溶液。

积垢脆化的作用時間在24小时以上。脆化后的机械清洗必須在沸煮終了並用水冷却和冲洗后立即进行。

拖延了時間之后，將使脆化后的机械清洗工作或其他方

* 本节所指反应剂一詞乃依原文 Reagent 譯出，是指煮洗用的酸和碱。

——譯者註

法的清洗工作困难一些，因为脆化后的积垢具有跟沉积物一起重新结成密度很大、难于清除的结塊的特性。

(6) 膠体化学法

这个方法就是用某些有机物质，如煤油、酸性廢水*、莖蕨子等的水溶液来处理积垢。

有时，这个清洗方法可以获得很好的效果，不是经常有效。所以，該法的实用便受到很大的限制，而且只能在非生产期间应用。

以膠体化学方法清洗热交换器所用的各种反应剂中，最好的就是酸性廢水。

某些糖厂使用过酸性廢水清洗附积在蒸發器和加热器中最硬的积垢，將廢水稍稍加热（到 $40\sim 50^\circ$ ）並放在热交换器中 $12\sim 15$ 天。結果，几乎全部积垢都溶解了，而剩下的遺垢，易于用刷子清除。

廢水在一、二月份的时候酸度最高，在此期间适于用上述方法进行热交换器的清洗。

(B) 酸性法和苏打及酸法

用酸性法剔除加热面上的积垢是最有效的。最近以来，此法已被到处用来清洗蒸汽鍋爐和热交换器的加热面。

酸性法就是用低浓度鹽酸溶液或他种酸溶液来处理复盖在加热面上的积垢。

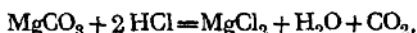
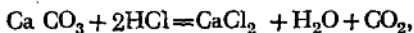
在酸的作用下，磷酸化合物被溶解，並使附着在积垢層与金屬表面之間的酸蝕了的鉄質脱离，破坏了积垢与管壁

* 酸性廢水即發过酵的滲出廢水。——譯者註

之間的关系，經過蒸汽的吹洗和气体的噴吹，积垢便被剝离。

由于在制糖生产时，积垢粒子的基本成份是碳酸化合物，故用鹽酸是最有效的，至于其他酸类，不久即將停止应用。

普通的碳酸积垢溶于鹽酸时，有：



生成的氯化鈣和氯化鎂易溶于水並易由清洗用的溶液所洗掉。

酸溶液濃度为 1~2% (最低) 到了 3~5% HCl 和温度为 50° 时，碳酸积垢的溶解进行得最好。

清洗过程的时间視酸的濃度而定：在低濃度 (1~2%) 时，約为 8~10 小时。

处理含硫和含硅的积垢时，須將温度提高到 70°。如积垢厚度为 1~1.5 毫米，作用时间仍如前 (8~10 小时)。

在温度为 100° 下以及在沸騰温度下进行酸性清洗將可使清洗时间減少到 2~3 小时。

但是，提高酸溶液的温度和在沸騰情况下，管子与器壁的铁質侵蝕速度剧烈增加。一般每提高溶液的温度 10°，差不多等于加速了侵蝕速度 1.6~2 倍。

为了不使管子和器壁金屬受侵蝕，須应用侵蝕緩冲剂—阻化剂，这种阻化剂还可同时把酸的濃度提高 10%。阻化剂能使鋼鉄被侵蝕速度減低到 10~15 倍之一或更低些。

以前所採用的本国*阻化剂，其中最适用于鹽酸的有尿

* 本国是指苏联。——譯者

酸、水膠(Столянный клей)、甲醛、“万能膠”等，溫度都要保持在 70° 以下。最近，蘇聯的工業已制成能在 110° 溫度下保持其阻尼特性的阻化劑。

阻化劑的濃度(千克/ M^3 溶液)和溫度有關：

清洗溫度， $^{\circ}C$20~30 40~50 60 以上

阻化劑濃度，千克/ M^30.6 1.2 2.4

酸的作用時間和過程進行時間須由化驗來控制。假如溶液酸度降低到零，則增加新的但沒有阻化劑的一部分酸。假如溶液的酸度降低得很慢，並且其濃度保持一定，則表明清洗已告終結。

清洗方法及清洗程序的選擇

清洗熱交換設備的現有方法，有條件應用更高濃度的反應劑溶液以及使積垢處理時間更向前縮短。但這須要有絕對精確的各項操作的組織，正確地選用反應劑，不停地監督清洗進程、溶液濃度的下降情況、新反應劑溶液的增加，定出操作停頓時間等。

最重要的任務是要定出積垢的成份和選擇清洗方法與規範。要解決這個任務，必須獲得積垢化學成份的基本數字和知道積垢層的厚度。

清洗前要將熱交換器打開使之能完全看見，鑑定積垢情況、漲管接壞處和接縫的情況。清洗有龜裂、銜接不緊的破舊的熱交換器時應在 $55\sim 60^{\circ}$ 的溫度下進行；酸的濃度不應超過 3%。

至於在清洗進行中採取積垢樣品，現介紹下列方法。

在蒸發器輪值清洗後或者在生產之前，在蒸發器管子上格板之上特別造成且附有伸入罐體糖汁部分去的小管的開口

插入一枝鉄条。鉄条的一端約 100~120 毫米長的一段被淹在沸騰的糖汁中，這一段鉄条上面便慢慢地附積上一層積垢。鉄条的另一端有絲扣，因絲扣的關係，鉄条便可在管子開口的鉄蓋上擰緊。

蒸發器清洗前一、兩天將鉄条擰出，用水把附積在鉄条一端的積垢洗淨，刮下來去作化學研究。鉄蓋和鉄条都是用螺栓擰入開口中的。

從蒸發器抽出鉄条時要在壓力下進行，這將引起蒸發工作的短時間停頓（約 10 分鐘）。但如果在管子與鉄蓋之間裝設閘板閘門，則這一問題是可以避免的。

根據積垢的分析數字，選定蒸發器的化學清洗方法。

進行用酸清洗前，先校驗阻化劑的質量，用一小段管子浸泡 10% 的鹽酸，且含有適量的阻化劑（1 升溶液中含 2.5 克）的溶液中 5 個小時。在整個浸泡期間內，應使酸液保有在器中進行反應時的同樣條件。

管子的缺損及金屬的重量損失如不超過每平方米 25 克的限度，則表明阻化劑符合工作條件。

在修理期間，化學清洗宜用酸液充滿熱交換器以無強制循環的方法來進行（圖 1）。

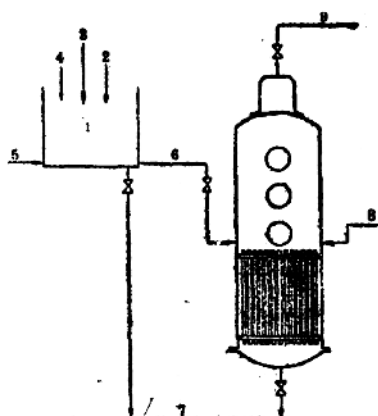


圖 1 無循環式酸液清洗法系統圖

- 1—溶液預配箱；2—濃烈鹽酸；3—水；
- 4—阻化劑；5—蒸汽；6—酸液；7—排出；
- 8—水；9—空氣。

垂直置放的加热面用这种清洗系统时，要让气体正常地排掉，酸液即自由进入到加热面的各部分去而不经过泵，泵在这期间同样也在修理中。

只当热交换器的结构不能够在清洗时排除阻碍酸液进入到加热面各部分去的气包时，才用得着强制循环。

在生产期生产进行中清洗个别效的蒸发器，以用强制酸液循环的方法较好，清洗时在泵前面接上中间箱联成循环通路。

按照水份被蒸发的程度往中间箱补充清水，中间箱的液面利用浮子指示器的控制来保持。

溶液循环时如盐酸浓度降低，同样也往该中间箱添入新鲜的盐酸至规定浓度。

这样，中间箱起了保持溶液在器中所须的液面和控制它的浓度的作用，在生产进行间清洗时，这点有更重要的意义。

中间箱的总容量，在最大型的蒸发器中，每 $100M^2$ 加热面最好不小于 $0.5M^3$ 。

中间箱里面最好装设一块约为箱子总高的60%的隔板。隔板将中间箱分成两部分，第一部分（溶液入口的一边）是一个使被溶液液流从蒸发器中带来的沉积物粒子保持稳定的区间。隔板的下部有一块插板，利用它可以把中间箱的两部分连通起来。

中间箱装设有按必须大小开设的舱口，添加酸液的漏斗、温度计、水位镜以及利用软喷管喷吹蒸汽以加热溶液的引入口。

蒸发器与循环泵和中间箱的连接系统如图2所示。

酸液用泵经闸板阀门a给入蒸发器的下部，溶液排往泵

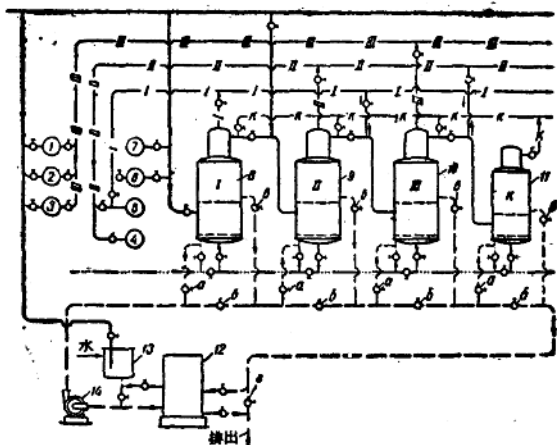


圖 2 生产进行間煮洗三效蒸發器的管路系統圖

識別符号:

—蒸汽, —I—第I效汁汽, —II—, II,, —III—, III,, —K—往冷凝器
汁汽, - - - 糖汁(糖漿)。- - - 酸液。

1—溢提加热器; 2—原汁加热器; 3—第I次压濾前加热器; 4—第II
次飽充前加热器; 5, 6, 7—蒸發前加热器; 8—第I效蒸發罐; 9—第II
效蒸發罐; 10—第III效蒸發罐; 11—濃縮罐; 12—中間箱; 13—酸液
預配攪拌箱; 14—循环泵; a—開板閥門, 6, 6, 6—球心閥門。

經有球心閥門6的管子, 這根管子是接在管子格板上100毫
米之處。

溶液是在循环泵停止之后打开了閥門6和7經開閥a排
走的。

溶液从蒸發器排走之前应冷却到 50° , 以免沉渣和悬浮
物可能粘附在加热面上。当糖汁中有錳鹽时, 此点更觉重
要, 因为氢氧化錳和磷酸錳是一种在加热面上粘附得最快而
且最厉害的沉积物。