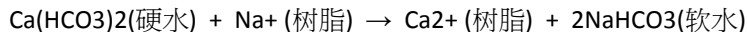


设计一部高质素的软水机先由正确认识离子交换树脂开始

于 1858 年，离子交换的原理首先由 Thompson 先生和 Way 先生发现，他们将含有铵盐(ammonium salt) 的水流过土壤後，铵离子被土壤裏的粘土吸收後释放出钠离子。自然土壤含有具离子交换性能的粘土。有选择性地附着力较强的多价离子(例如 Ca^{2+} 、 Al^{3+})被具有离子交换性能的介质容易吸收，然後释放出附着力较弱的单价离子(例如 Na^{+})。单价离子(例如 Na^{+})具有不结垢和与肥皂产生化学作用的性能。其後于 1905 年，德国的工业先驱 Robert Gans 先生首先发明了可供商业用途的、可再生的、具有离子交换性能的介质，可将硬水软化，但效果不理想。最後于 1940 年，由 GE 的 G. F. D'Alelio 先生发明以苯乙烯(styrene)为主体加入适当比例的二乙烯苯(di-vinyl benzene) 作为交联度(crosslinker)制成可再生的阳离子交换树脂(S/DVB)。用上述的方式生产软水树脂，一直沿用至今，没有改变。

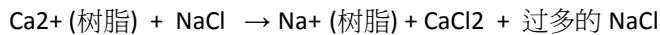
软水机内的阳离子交换树脂(S/DVB)，是 0.3mm 至 1.2mm 的塑料珠，一般有 8%的交联度(交联度越高，离子交换容量越大)。其工作原理如下：

1) 使用时 -



开始时，树脂充满了 Na^{+} 单价离子，当硬水接触到树脂，附着力较强的 Ca^{2+} 双价离子会容易附着於树脂表面，然後释放出附着力较弱的 Na^{+} 单价离子，将 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (硬水)换化成 2NaHCO_3 (软水)，直至附着於树脂表面的 Ca^{2+} 双价离子累积数量太多，需要再生。

2) 再生时 -



再生时，高浓度的盐水(10%)流经已累积大量 Ca^{2+} 双价离子的树脂，注入 Na^{+} 单价离子，将 Ca^{2+} 双价离子换化成 CaCl_2 和过多的 NaCl 流走，直至树脂的表面又再充满了 Na^{+} 单价离子为止。

理论上，软水机内的阳离子交换树脂(S/DVB) 可以用数十年，寿命很长。近年来，水源受到细菌的污染日益严重，需要大量的氯(chlorine) 注入供水系统作为消毒用途，确保供水能安全使用。氯的注入份量多少，视符当地水源的污染情度而决定，最高可达 4 ppm(百万分之一)或以上。氯是一种很强的氧化剂，被处理水中含有大量的氯会对软水机内的阳离子交换树脂(S/DVB)做成一定的破坏，不单止降低其效率，并会影响其寿命，计算方法如下：

当被处理水中含氯的成份在 0.5ppm 或以下，树脂的寿命不受影响。

当被处理水中含氯的成份在 0.5ppm 或以上，用 10 作为基数，被氯的成份(以 ppm 为单位)所除，所得出的数字，就是树脂的寿命。

例如：被处理水中含有 2.0ppm 的氯，树脂的寿命约为 5.0 年($10/2.0=5.0$)。

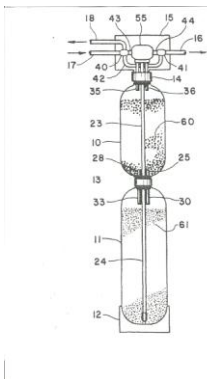
在美国加州，水源的污染情度十分之严重，供水的含氯量普遍在 2.0ppm 以上。树脂需要很快更换，费用昂贵。最初的解决方法是将半立方尺(7.5 公升)的粒状活性炭(20X50 目)和树脂同时放入软水机内，活性炭可除去水中的氯、保持树脂的效率及延长其寿命，但活性炭会和树脂混合及使细菌

滋生，需要定期一齐更换，不是最理想的方法。直至 Paul M. Pedersen 先生於 1992 年推出多桶式净水设备(美国专利 5,145,588)，将活性炭或 KDF 放置於双桶式净水设备的上层桶(10)内，而树脂则於置於下层桶(11)内，令到活性炭或 KDF 可以放置於树脂之前(如图一)，但设备成本高，结构复杂，容易漏水，成本效益仍然不太理想。最後 Canpro Water Treatment Inc. 於 1998 年尾正式将 MediaGuard®(上布水式 KDF 反应器)(如图二)推出美国净水市场，上述问题才得到根本的解决。安装了 MediaGuard®(上布水式 KDF 反应器)的软水机，被处理水首先流经 KDF，将水中的氯除掉，树脂得到保护。详细分析如下：

软水机(直径 10.0 寸(254mm))-再生时，用 8 磅盐(3.6 公斤)，离子交换容量约为 24 kilograins/立方尺	内有一立方尺(15 公升)软水树脂	内有一立方尺(15 公升)软水树脂和半立方尺(7.5 公升)粒状活性炭	将 6.8 公斤 KDF 或半立方尺(7.5 公升)粒状活性炭放置於双桶式净水设备的上层桶内，而一立方尺(15 公升)软水树脂则於置於下层桶内	内有一立方尺(15 公升)软水树脂和下布水式 KDF 反应器(容量约为 0.5 公斤 KDF)	内有一立方尺(15 公升)软水树脂和 4 节的 MediaGuard®(上布水式 KDF 反应器)(容量约为 1.64 公斤 KDF)
使用时	水由上至下流经树脂	水由上至下流经已混合的树脂和活性炭	水由上至下先流经 KDF 或活性炭，然後再流经树脂	水由上至下先流经树脂，然後由下至上翻滚 KDF，大大降低 KDF 的除氯效果	水由上至下先流经 KDF，然後再流经树脂
被处理水中含有 2.0ppm 的氯	离子交换容量最初为 24kgr/立方尺，树脂的交联度受到水中氯的不断破坏，离子交换容量不断地降低，直至 5 年後降至一半左右。 树脂需要更换。	离子交换容量最初为 24kgr/立方尺，氯被活性炭除掉，树脂的交联度受到保护，5 年後基本离子交换容量不变，但因细菌滋生严重，活性炭和树脂已混合。 活性炭和树脂都需要一齐更换。	离子交换容量最初为 24kgr/立方尺，氯被 KDF 除掉，树脂的交联度受到保护，5 年後基本离子交换容量不变，但因 KDF 和树脂分离，树脂可以再用。 只需要更换 KDF 或活性炭。	离子交换容量最初为 24kgr/立方尺，树脂的交联度受到水中氯的不断破坏，离子交换容量不断地降低，直至 5 年後降至一半左右。因 KDF 份量不够，大部份的氯仍然残留於水中。 KDF 和树脂都需要一齐更换。	离子交换容量最初为 24kgr/立方尺，氯被 KDF 除掉，树脂的交联度受到保护，5 年後基本离子交换容量不变，但因 KDF 和树脂分离，树脂可以再用。 只需要更换 KDF。
五年内，离子交换容量的变化	续年降低	基本不变	基本不变	续年降低	基本不变
机内细菌滋生情况	轻微，但仍需要定期消毒。	严重，一定需要定期消毒。	严重，一定需要定期消毒(使用活性炭时)。 KDF 抗菌，不需要定期消毒(使用 KDF 时)。	树脂不受 KDF 保护， 轻微，但仍需要定期消毒。	KDF 抗菌，不需要定期消毒。
沙泥的污染	污染後树脂不能再用，需要更换。	污染後活性炭和树脂都不能再用，需要更换。	上桶内的 KDF 或活性炭可以过滤水中的沙泥，并於反冲时将其冲走。树脂可以再用。	树脂不受 KDF 保护，污染後树脂不能再用，需要更换。	KDF 可以过滤水中的沙泥，并於反冲时将其冲走。树脂可以再用。

其它功能	无	活性炭可除去有机化合物 (organics)	活性炭可除去有机化合物(organics) 或 KDF 可除去重金属(可减少皮肤敏感)	KDF 只可除去少量的重金属(减少皮肤敏感的效果不显注)	KDF 可除去重金属(可减少皮肤敏感)
淋浴时的感觉	滑溜溜似肥皂去不清	滑溜溜似肥皂去不清	比较清爽的感觉	比较清爽的感觉不显注	比较清爽的感觉
成本效益	最低	不理想	设备成本高、结构复杂、容易漏水、KDF 用量大。	低	设备成本低、KDF 用量合理，成本效益最高。

在美国市场，MediaGuard®(上布水式 KDF 反应器) 已广泛应用于软水机内，由于效果显著，获得消费者的爱戴。在国内，水源的污染程度颇为严重，要设计一部高质素的软水机或净水机，MediaGuard®(上布水式 KDF 反应器) 是一个不可以缺少的单元。加拿大 Canpro 的产品 MediaGuard®(上布水式 KDF 反应器) 拥有中国发明专利 ZL99100956.8，已获得美国 NSF 认可，达到 NSF42 净水标准，用户可放心使用。针对国内水源的污染程度颇为严重，Canpro 将会有一系列创新高质素的、可反冲的净水产品(如花洒淋浴过滤器、饮水过滤器、超小型高效能二合一饮水和净水过滤器)于明年在国内市场推出，全部已取得或已申请国内发明专利，现正徵求国内合作伙伴。



图一



图二

参考文献

1. Oxidation:Oxidizers, Age and Softening Resins by C.F. "Chubb" Michaud, WC&P, August 2000
2. Purolite® Water Softening Resin Guide
3. Purolite® PuroNews Volume 1 Issue 5, May 15, 2001
4. Purolite® PuroNews Volume 1 Issue 7, August 15, 2001
5. Purolite® PuroNews Volume 2 Issue 9, September 25, 2002

