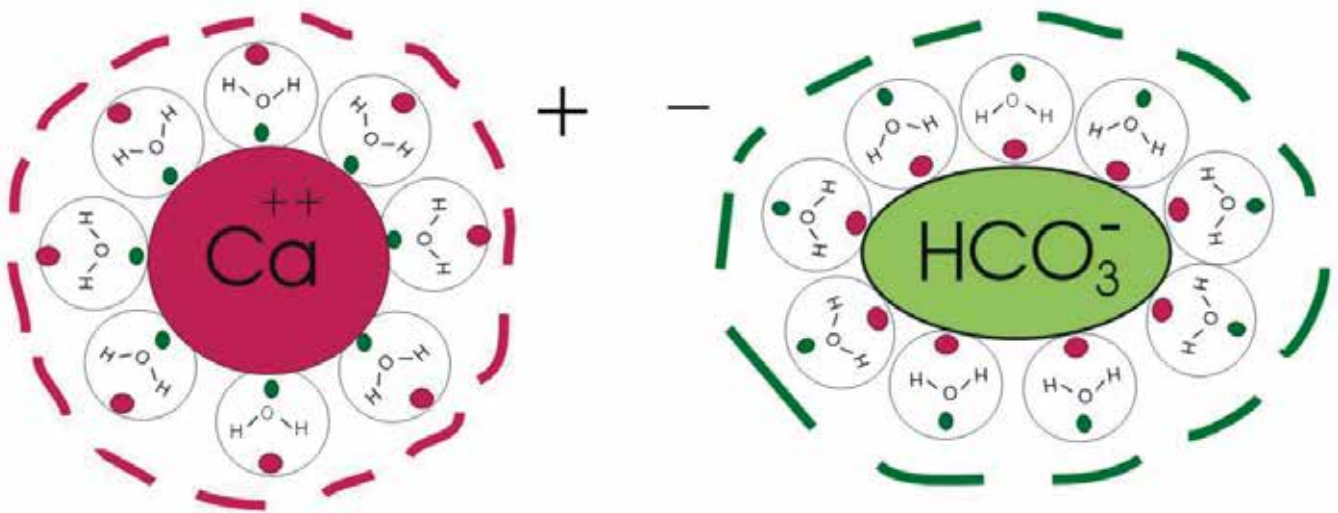


物理性水处理

它这样工作！



1. 介绍

物理性水处理方法已经应用并讨论了近20年。在此期间，即使已经证明是有效的，依旧有质疑性和否定性。为什么会这样？如果我们展开讨论的话，会发掘多种原因，但在本文继续讨论。主要是因为：研究物理性水处理的物理科学基理，将能解释其工作原理，从而不再拘泥于某些谴责和误解。

本文将试图解答这些疑惑。

除了我自己具备已验证的经验，安装在管道上的设备⁽¹⁾中发挥作用，这些都清楚地印证了此类方法的效果。此外，还有许多信息，同样也印证了这一点，即，慕尼黑路德维希 - 马克西米利安大学的物理研究所等久负盛名的机构。采用此类方法后，对于以前需要更换的激光管，在通过安装物理性水处理方法的设备后，可以避免由于冷却水而导致的钙化现象。如仍对此类方法的效果产生质疑，可以参考酒店和住房建设公司的成功应用案例，以及与私人用户开展一系列的讨论，来确认此类方法的工作效果。

由于在大多数情况下私人用户在讨论中无法准确描述所涉设备的制造商名称（换言之，经常被如此描述：价格经济实惠，可在五金商店购买到），但我们仅能从中得出的结论是：有些设备无法达到处理效果；但绝对不能任意下定论，即物理法则的水处理是无效的。遗憾的是，一些知名的出版物经常提及此类负面印象，却没有任何科学证据，或没有任何公正的证据辅证。

要弄清物理性水处理的工作原理，并验证其有效性之前，首先必须说明，为什么水管中会有沉淀物。鉴于此，我们将石灰作为物理性水处理的标的。

2. 石灰

石灰是化学碳酸钙(CaCO_3)，该化合物是非水溶性的。问题：怎样才可以在水中溶解？答案是：当含二氧化碳的水流经石灰性土壤

时，石灰会被溶解，并在水中作为碳酸氢钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 呈现。因为二氧化碳 CO_2 与水 H_2O 一同形成了碳酸 H_2CO_3 ，表明这种溶解是可能的。例如通过每次生活用水的实践了解到，为了溶解石灰，需要一种酸性剂，并通过水清除。在此强调了石灰的溶解与不溶解之间的区别，这正是对物理性水处理这些设备的争论缺乏的所在。

随之，我们不禁会产生这样的疑问，为什么石灰会沉淀呢？在一般饮用水中，碳酸氢钙的溶解量不会达到饱和极限，只有当其溶解量超出极限时，溶解物质才会沉淀为晶体。

通过对管道中石灰沉淀点位的观察，答案不言自明。石灰沉淀最主要的地方集中在水管弯头、支管和终端处（水龙头），更尤其是管径中的热水区域。但是，即使在热水区域也必须加以区分：热水箱通常无结垢，受影响的永远是加热棒、加热线圈或热交换器，即将热量传递到水中的表面最容易结垢。

为什么仅发生在这些地方？答案很简单：因为必须有一个能量梯度，导致水笼开启（见下文），已溶解的离子与周围其他元素彼此发生反应。同时，所谓的石灰 - 碳酸之间平衡已经被干扰，即二氧化碳 CO_2 量必须局部减少。随后，元素寻找结晶点（核），从而开始结晶。这些点通常附着在管壁上，它形成了坚实的基底，上面可以生长晶体。接着，因为上面沉淀了其它成分，石灰不断沉淀，出现硬壳，也称之为垢化合物。它们包括与镁化合物混合的碳酸镁、石膏、硅酸盐和铁化合物（因而呈现出黄棕色）。这些沉积物利于腐蚀，并恶化加热棒和热交换器的热传导效能。

在水中如何实现局部的能量差？以加热棒应用为例，因为有热量被传递到水中所以有能量差。又如弯头，水在弯头上会被加速，这种加速的能量是从水的内部能量中提取的，其结果导致压力和温度发生变化，支管和水流的终端位置适用同一原理。在这些部位，出现了搅流，其能量需求同样在水的内部能量中提取，并如前述产生同样的结果（压力和温度变化）。

如果常年对供水管道进行观测，就会发现，结壳（结垢）总是从管道弯头或转弯处开始，然后延续到直管中。即使管道系统的主要部分仍然处于工作状态，并且尚能够使水流动，但是当管道堵塞时，受影响的区域通常是这些区域。

结晶过程中会发生什么化学反应？公式 (1) 对此予以了阐释：



首先这里值得注意的是，所描述的钙化反应也可以反向运作，即石灰可能再次溶解（见上文）。公式运行向左或向右过程与“石灰 - 碳酸平衡”有关，如果 CO_2 过量，石灰则溶解，否则石灰将沉淀。此外，这些过程也取决于压力和温度的变化，也就是所谓的物理参数。

在这一点上，要适当留意石灰结晶。已知几乎所有被定义成固体的物质，都是结晶体。晶体结构中，有7个晶体系与32个晶体系等级，区别是它们的晶格结构不同。

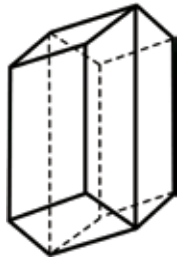


图1: 文石的单位晶胞
(斜方晶系)

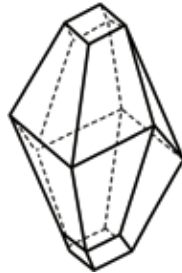


图2: 方解石的晶胞
(三角形晶系)

石灰的结晶可以有两种不同的结构，它们在化学上是完全相同的，这两种晶格结构有所区分又相互联系，然后形成文石（图1）或方解石（图2）的晶格型。当石灰质（ CaCO_3 碳酸钙）的化学分子式相同的情况下，形成何种晶体即取决于热力学条件（压力和温度）。如上面两张图所示，两种晶体种类的晶胞中，一个轴向上的长度会比另一个轴向上长。这意味着，晶体在长轴方向的增长速度比短轴方向上快速。

晶体增长的速度在晶体长轴与短轴方向上有了差异。

这就说明，晶体会在不被打扰的环境里增长为单晶体针状形态。如果在各种轴向上的增长速度相同，则会形成球状晶体。在方解石晶格类型中， MgCO_3 与 FeCO_3 晶体也是以上述方解石三角形晶系形态存在，无水石膏（干石膏或石膏 $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ ）也是同样的晶系形态。磷酸盐、硫酸盐、比如硅酸钙、硅酸镁也会以同样的晶系形态形成进一步的结晶。

那么，实验的设备是如何兑现处理效果良好的承诺呢？

1. 设备改变不了石灰，那改变了什么？设备使得碳酸氢钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 转变为碳酸钙 CaCO_3 ，在水中呈现电中性。但是，这是一个固体，也就是结晶；有特殊依附现象，该晶体不是在一个已有的固体上，例如在管壁上作为结晶核，而是在流动的水中产生结晶。一个这样的晶体根据自然规律，形成每个物质的典型参数和自然法则确立的形状。

2. 设备处理后使得这类晶体不具备特殊的物理属性，而是具备特殊的晶体结构，使得这些晶体之间不再粘附，并以此方式防止钙化的发生。从这个微观角度分析，设备处理机制非常有效。

3. 水

为了解以下进程，需要对水体的知识应有所掌握。接下来我们介绍的水分子式 H_2O 将呈现更多的内容。水分子中的 2 个氢原子与 1 个氧原子之间分别以约 110 度的夹角呈现等边三角形，如图 3 所示。

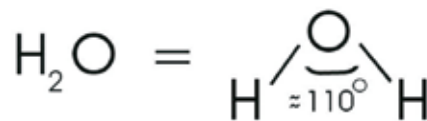


图3: 水分子的角度结构

这是水分子特性区别于其他类似分子结构特性的主要原因。两种气体互相反应形成了新的液体，而非气体（如固体碳原子与气体氧形成的CO₂是气体，一种质量更大的分子）。正是由于水分子具有这种特别的三角形分子结构，水分子之间可以相互链接形成簇类，从而形成我们看到的水的液体形态。

这也就是为什么当水体流动时，水体的这般「记忆性」可以在保持簇类链接前提下仍然随流经容器的形状各异而流动。这种链接的簇类是由范德华力，或者分散力，或者氢键的作用力相互牵引的外在表现。这种链接簇类的水分子之间的绑定是基于每一个水分子结构——极性键和三角形分子结构所带有的双电极性，产生了相互吸引而形成的。

斯图加特大学，关注于这类问题的科学研究已经得到初步证实，水体的水分子状态与电场和电磁场有很大的关联。关于电场和电磁场作用于水形态的现象很久之前被人们熟悉，但是对于这种现象的科学理论却没有统一的解释。

这些分子形状导致了更显著的特殊性：水分子具备偶极性（双电极性）。在水分子的分子结构中，氢原子与氧原子都会通过各自外层电子之间的相互吸引而极力形成稳定的惰性分子结构。氢上共有2个电子，氧上有8个电子。所以在水分子结构中，三个原子都可以得到两个键合电子的总合，那么，一个稳定的惰性分子结构团体就此形成。

在不同原子中的所有极性键皆具有可极性化，即极性键电子会被更高电子亲和力的极性键所吸引而移动，如本例水分子中的氧原子。假如水分子被置于电场中，水分子会以氧原子移向电场的正极端，而氢原子移向电场的负极端的形式自行排队。这样的水分子氧原子端带有极弱的负极性，同时氢原子端带有极弱的正极性。

以上分子层次的科学基石，在物质溶解于水的溶解性和用于物理性水处理方面至关重要。以下再提及水与其他物质几项相异之处：当水由液体变为固体（结冰）时，它的密度下降。如果冰在高压作用下，将会再度液化成液态水。

通常情况下，液体会在高压作用下转换为固体晶态。这些水所具备的独特的物理现象已经向我们展示了水这种物质可能有更多不为现代科学所解释的神秘一面，水这种物质至今确实仍有许多令人费解的作用力有待发掘。

4. 物理性及化学性

使用物理性水处理方法后，水中有哪些物理性和化学性发生了改变？

如今有许多种不同的物理性水处理方法为人们所熟悉。从磁性的物理水处理，到向水垢石灰质颗粒附近注入晶种的物理性水处理方法。以下我们仅对物理性水处理方法原理中，经常被人们提及并且具有争议之处加以检验。

图4为物理性水处理产品的结构范本。这是一个黑色盒子，从中引出两条电缆缠绕在水管上。这两条电缆在水中施加振荡耦合，从而“转变”为没有结垢危害的物质。



图4：有关物理性水处理方法的基本配置

他们转换的化学反应式为：

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ，因为它基本上与已提供设备的功能描述和当前已经引发的质疑相吻合。人们会追问，这类物理性水处理到底传递出什么样的振荡耦合？有些科学解释就像来自炼金术士的时代，闭口不谈石灰质是被如何“转变”的。有些生产商声称这种物理性水处理对任何管材的管路都有使用功效，甚至会去除既有的水垢石灰质成分。那

物理性水处理 - 它这样工作!

博士 - 工程师
哈特穆特·容克
(Hartmut Jünke)

么, 这种神奇的振荡耦合为何如此神通广大? 說真的, 对于稍有物理和化学常识的人来说, 此类科学解释根本无法平息他们所产生的种种科学质疑和争论。

物理性水处理设备究竟是如何真正做到防止水体结垢的呢? 要回答这个问题, 首先要明白物理性水处理必须完成的第一个使命。这个使命很简单: 它必须创造一个环境, 在这种环境里, 碳酸氢钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 的晶体可以轻易被水冲带走, 而不再像碳酸钙 CaCO_3 那样粘附于管壁产生水垢危害。

下文通过有关物理性水处理方法的运行系统, 从物理性角度与电极性角度两方面进行分析。简单地说, 这意味着必须创造这种可能性: 已溶解的石灰不能在墙壁或管道的接触点上、以及在接触水的电器及配件上形成晶体。唯一的可能是, 已溶解的石灰自行结晶的过程必须发生在与结垢管段区域接触之前进行。因此, 在水中需具备以下两个条件:

1. 结晶晶核必须已存在, 或者已生成。
2. “石灰 - 碳酸平衡” 已经被改变, 使已溶解的石灰变为固态。

经验证明, 水在电磁与电场环境中具有以上功效, 虽然效果参差不齐。接下来, 我们仅验证水在电场环境里的功效。在相同的试验条件下以此类推, 水在电磁环境中的试验功效同理也能够产生作用。

观察图4, 可以看出两条缠绕在管道上的脉冲带分别传递出脉冲。有的生产商会称为“电线圈”因为它们看起来是圈的模样, 但是电工学科并不这样命名。因为不可能有“感应”耦合, 假如为“电线圈”则具有电感性, 它将不适用于铁质管道, 然而事实是适用的。一条脉冲带仅显现出电容器的一端, 即是电容器的表面, 另一端则是水。这种绕组是一种技术上的折衷, 在同一长度上将金属箔缠绕在管道周围, 带来略微较高的电容量, 这个金属箔片是根据不同的管径大小定制。概念不同于标准喇叭线度量单位为米, 在组装过程中非常容易适应管道直径。

如何用这样的布置在水中产生电场并穿过每根管材? 这是最大的疑惑点所在。这种布置中出现物理效应, 这在日常电器中是普遍现象, 但鲜为人知的是: 感应。图5的电容器图示表明了这个过程。

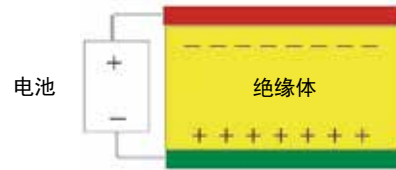


图5: 通过感应分离电荷

当电压连续到电容器两端片材 (即图5中红绿片材) 时, 非电导体 (即图5的绝缘体) 内部会产生电荷位移, 产生与电池两极相反的电荷。当电容器两端片材断开电池电源时, 绝缘体内部的电荷将不能移动而仅有束缚电子发生位移, 随之绝缘体靠近电容器两片材的电极化现象也跟着消失了。反之, 例如在电容器两端片材之间的电场中放置两个金属薄片 (即电导体), 电荷分离的过程机理如下: 一个金属薄片表面产生负极 (与电容器片材所带正电荷相反), 同时另一个金属薄片表面产生相同电量的正极, 这种现象就叫做: 静电感应。如果在电场中将两个片材分开, 则一个片材是负电荷 (电子过量), 另一是正电荷 (电子缺乏)。

电容器在直流电作用下不会透入水体产生电极化现象, 而在交流电作用下可以透入水体产生电极化现象。这个理论可以解释交流电产生的电场在水管中的作用。图6所示简要地再现该过程的瞬时状态。可以看出, 不论是金属管材还是非金属管材, 电容器对管内水体产生的电极化现象将不受任何阻断和影响。

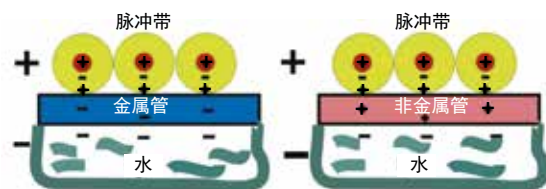


图6: 交流电作用于水管的瞬时示意图

如果通过连接单极电源，对脉冲带进行充电，将会在水管内部产生同等电量的反电极现象（如同单极电源与大地相连的情况一样）。假如间歇性周期性的双向交替电源，又或者是，单独的时充电时断电的停歇性电源，一个所谓的电流位移就会产生，如同在一个通过交流电的电容器是一样的。即在绝缘的脉冲带及水管外壁之间产生了电势差（电势梯度）（此电势差即电势梯度现象可由麦克斯韦方程式计算而得）。这就是在水管（包括水管中的水）与地面之间发生的一个交流电持续作用的表现（+ - + - + - ...）或者是脉动传导的表现（0 + 0 + 0 + 0 + ... 或 0 - 0 - 0 - 0 - ...）。这样的结果一方面来自于水管的纵轴方向受到的交流电或者脉动传导时有时无的作用，另一方面来自于围绕于水管外圈方向的磁涡流电场的作用。相关测试已经证明，在脉冲带及水管之间提供约1伏特的电压将会产生 $\leq 5\mu\text{A}$ 的电流位移。

对于这点，必须再次讨论溶解在水中的石灰。从图7可以看出，可溶性的石灰质碳酸氢钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 中 Ca^{2+} 具有可电极化的 2 个正电荷（正离子）， HCO_3^- 则具有可电极化的 1 个负电荷（负离子）。从这一点上值得注意的是，可溶解性的石灰质 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 中的 Ca^{2+} 与 HCO_3^- 分别被“水笼”包围。在钙离子周围的水分子倾向性的以 O 氧基指向 Ca^{2+} 离子而 H 氢基指向外围，在静电力的作用下，这些离子簇团聚集一起。同样的情况， HCO_3^- 离子周围的水分子以 O 氧基指向外围而 H 氢基指向 HCO_3^- 离子的“水笼”形式簇团也聚集在一起。这些簇团则分别构成了正电荷量与负电荷量。

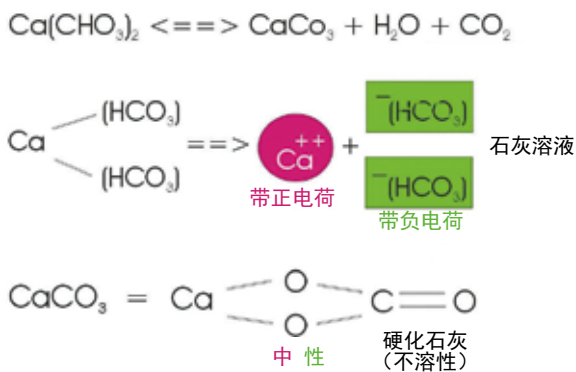


图7: 已溶解的和硬化的石灰示意图

如图 8 示意图所示，我们可以把这些簇团理解为迷你球。它们的直径为 1 - 2 纳米 (nm)，并假设有 100 - 200 的水分子参与其中。如果我们计算这个集群的质量，得出结果，不仅有关钙积聚，如碳酸氢盐残余，质量为 30×10^{-22} 克至 60×10^{-22} 克。这个数据结果对水处理意义非凡。

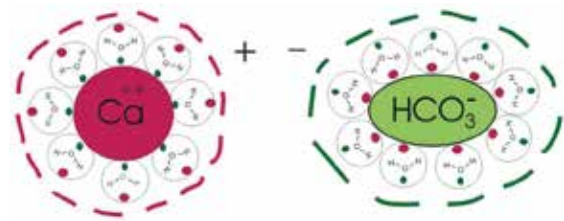


图8: 溶解在水中的石灰质 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ “水笼”形式示意图

再回到感应电场的话题，在管内周期性变化的电场会对水产生影响，可以节奏性地牵引水中的离子或者被“水笼”封闭带正负电荷的分子从水管中的任一方向向交流电变换的方向移动。这种电振荡必然会以轴向介质传播。物理学上解释，这是一种纵向上产生的机械波（声学波）或是一种激波，是在高压和负压力交替作用下产生的。在原子及分子微观角度解释，这种电振荡可以局部蒸发二氧化碳 CO_2 。假如电振荡的频率合适的话，被牵引的“水笼”形式就会被分崩瓦解，同时会大大减少 CO_2 分子的溶解聚集。因此，“石灰 - 碳酸平衡”遭到局部破坏，同时，可溶性的石灰质可以从水笼中释放，相遇并相互反应：进而形成了石灰质的单晶体原子核^{*)}。紧接着其他分子的晶体原子核会被取代进而在水中形成石灰质单晶体。这这里形成的石灰质单晶体是电中性的，所以它们不会在自来水中产生相互的电荷作用。因此，不会继续再嵌入管壁的沉淀物中。

为了实现以上的物理过程，周期性的交流电场需要提供使“水笼”达到共振的合适频率。因为德国饮用水法令对国内自来水中各种矿物的规定值都有不同，比如 pH 值和电导率值等，交流电场的形成也受到它们的影响。此外，还要考虑水管中水流流速的因素。综上所述，如果让交流电场仅能提供一种固定频率就可以成功破坏“水笼”，是随机且难以实现的，这

也就说明, 大部分情况下, 仅提供一种频率的交流电场或是脉冲传导是不可能完成这个物理过程的。

电场物理水处理仪器提供两条脉冲带。每一条脉冲带接受到10Hz(赫兹)频率, 脉冲持续时间为50毫秒(0.05秒), 接着再暂停50毫秒(0.05秒)接收脉冲, 以此持续。当一条脉冲休息时, 另一条脉冲则收到50毫秒持续的电脉冲。电源提供的每一次电脉冲, 都具有大约3至15KHz(千赫兹)的频率范围, 50毫秒持续传播的频率响应特性。由于没有合适的测量工具及技术, 频率范围无法被准确测量。如果每千赫兹计数10次振荡, 则大致达到脉冲持续时间。需要再次特别强调的是, 这种对于脉冲频率范围情况的估测, 仅是对电场物理过程的一种尝试性的科普性解释, 对于激烈的电脉冲作用下的复杂情况, 其中包括不同波形的叠加形式(合频峰即谐波), 本文还未涉及到。

该设备每小时可处理5000公升的水。在 $\frac{1}{2}$ 英寸直径的管路中水平流速为11.3 mm/ms(毫米/毫秒); 在1英寸直径的管路中水平流速为2.8 mm/ms; 在2英寸直径的管路中水平流速为0.7 mm/ms。一个交流电场的有效辐射长度大约为500mm(生产厂商则说明可達到1000mm), 这意味着距离完全可以被覆盖到。在这个辐射长度范围内任何流动的离子“水笼”都有足够的时间被电脉冲崩解。

如何看化学成分的反应速率? 在柏林马克斯·玻恩研究所通过对有关非线性光学和短脉冲光谱学的研究, 已经用特殊的激光组件, 对水分子的分子形成速率作了测试。曾经给出的结果是在10-20飞秒之间($1\text{ fs} = 10^{-15}$ 秒)。如此短暂的反应时间如同宇宙的浩瀚无际一般地不可思议。光, 在1飞秒飞行大约0.3 μm 的距离。在光飞行6 mm的距离, 而1000个分子既已形成。非常有可能的是, 在电场物理水处理阶段中, 分子形成与单晶体核形成会在同一时间发生。

5. 保护层和结壳

本小节仅对转弯管路处的垢壳形成过程做一个简要的概述。流动的水体在转弯管路处被加速。在转弯外围半径的水速会比转弯内圈半径

的水速要大, 根据伯努利方程式(2), 静压力与动压力之和是一个恒值: 静压力+动压力=恒值:

$$P_{\text{动态}} + P_{\text{静态}} = \text{恒值} \quad (2)$$

若水流速度加快, 则水所带有的动压力增大, 而静压力减小, 这就意味着 CO_2 分子可以自转弯内圈逃往转弯外围, 因而“石灰 - 碳酸平衡”被打破。石灰被分离出来, 寻求一个结晶附着点, 于是在已形成转弯管道内壁处找到落脚点。逐渐地, 一层石灰慢慢外延形成, 与此同时, 其他矿物质一并沉积。在这层形成的不平整的垢体表面, 水流成为湍流(紊流), 由于水压的起伏, 同样的情况在管路支管处上演。当水流从洗脸盆水龙头和淋浴器喷头放出时, 水中的 CO_2 分子释放后引发的以上垢体沉积现象随时在发生。又如加热设备表面, 水中的 CO_2 分子在最内壁周围区域被加热释放出来, 因此, 这些区域表面是垢体最喜爱的附着部位。

饮用水中的石灰质存在是很重要的, 有两个原因: 第一, 因为人体所需要的钙成分的很大一部分由饮用水提供, 所以德国饮用水条例强制规定水的硬度最低限不得小于8.4德国度; 第二, 水中已溶解石灰的碳酸氢盐残余物可以与金属管路继续发生化学反应, 形成一层金属碳酸盐保护层。这种化学反应在铜质金属管道防止管路腐蚀中尤为重要(见下文)。如图9所示为这种保护层的微观照片, 从图中可以看出在金属管道内壁上附着的厚厚的结晶垢体是如何存在的, 如此紧密聚积于管道内壁的结晶垢体可以达到保护管路避免进一步被腐蚀恶化。

如图10所示此情况更为清晰, 这是一幅在电子显微镜摄取的人工生产的磷酸盐金属保护层避免管路被腐蚀的照片。磷酸盐晶体与碳酸盐晶体的结晶形式相似, 这种石灰自有的性质会随着时间推移有损无益, 而保护层上继续长出石灰沉淀物, 由于这些保护层提供了理想的结晶点, 慢慢地堵塞管道, 大多都是从管路转变处和分支处开始阻塞。如上所述, 已形成的垢壳逐步向直管路上生长蔓延。只要水中存在带有可溶性的石灰质, 这个垢壳形成的过程就会持续发生。



图9: 石灰保护层

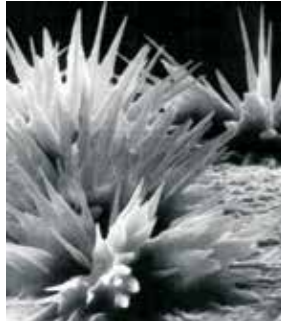


图10: 磷酸盐保护层



图11: 石灰质沉积物照片

当然，水流中绝大多数的石灰质通常会随着水流被冲走而不会驻足于管道结垢。最终，对于一年 100 立方米的用水量，水硬度达到28德国度，即意味着每年约有 45 kg 的石灰质流经管路系统。假如，如上所述，这些石灰质以细亚显微晶体的形式随着水流被带离管路系统，那么在管壁内形成垢体沉积的情况将不会发生。如图 11 所示，石灰质沉积物在管道内壁通常是杂乱无章的，在热水管路系统中的情况相同。有关试验已证明，可溶性矿物质以灰质的形式沉淀在热水锅炉的底部，而不在加热器上的加热片结垢。通过这个过程，通过水处理仪器一年后的运行情况，一台额定生产热水量150公升的热水锅炉，一年后就可以去除掉2kg的沉积物，加热器的加热片上完全不结垢。根据使用客户报告，区域供热水系统中的热交换器的二次侧同样有除垢的效果，自从安装建议的设备后长达四年内观察，没有再进行过任何管路清洗作业。石灰质晶体没有被去除，而变成对管道无害的形式存在，仍然具有人体生理可吸收性的水体表现。

另外一个结果，就是经过水处理仪器处理过的水滴滴落在介质表面蒸发后所残留的石灰质可以非常轻松地被湿布抹去。假如蒸发后所残留

的石灰质在一个湿度大的环境里保持一段时间，石灰质会被空气中的CO₂在空气中局部溶解，若再干燥一次，这时在介质表面留下的石灰质，只有在脱钙机的帮助下才可能被清理掉（较难去除）。

实验的水处理仪器除了上述的防止垢体产生的功效，还提及可以去除掉管路中已经形成的垢体，并且实现防止管路锈蚀的功效，这可能发生吗？如果可以，功效发挥的原理又是什么？

6. 除垢与防锈蚀

首先，先阐述一些去除沉淀物的信息：如果我们仔细研究一下反应方程式(1)，可以发现，反应方程式是双向的，化学反应不仅由左向右（石灰沉淀），也可以发生于由右向左（石灰溶解）。



再强调一次，这里起决定性作用的还是“石灰 - 碳酸平衡”。如果碳酸过量，石灰会溶解。此时，可利用每个已沉淀的、在水中结晶的石灰分子，形成碳酸分子。这些碳酸逐渐作用溶解掉管壁中已形成的石灰沉积物，从而消除掉垢体。根据管道结垢程度（水的硬度、使用寿命），这个过程通常需要长达六个月到两年之久。在这样一个时间周期里，浅薄的一层石灰质仍然会在管道内壁再次形成。当这个除垢的过程最终结束时，将不会再生成任何石灰质垢体。于是乎，石灰质垢体最终被消除，碳酸盐保护膜与此同时形成了保护屏障。

当然，水体中流动的石灰质晶体也受此影响。只是经过物理水处理仪器处理过后的水，由此产生一种晶体结构，已经不具备较大的重量，而是以极其细微的单晶体形式存在。这种单晶体结构仅具有很小的晶格缺陷，比如晶格空位、间隙原子缺失、原子及分子替换、以及错位和堆垛错层缺陷。因此，相对于具有较多的晶格缺陷，并且同时具有较大的垢体表面或具有较高的内能的固有结垢体来说，这种单晶体结构则很少被选为多晶体凝结的目标体。这也就是为什么，具有较多晶格缺陷的垢体常常被选为多晶体凝结的目标，而很少会选择性的溶解于水，最终会导致粗糙石灰质颗粒的积累，

物理性水处理 - 它这样工作!

博士 - 工程师
哈特穆特·容克
(Hartmut Jünke)

使得曝气机设备出现石灰质的聚集现象。

分析至此，反应方程式(1)仍是一个固定的平衡状态。但是在现实自然环境下，固定的平衡不会存在，只会存在动态的流量平衡。就像是，在水的熔点上，同时存在冰和水，因此在动态平衡中。也就是在某一瞬间，等量的水分子从液体凝结为固态冰，同时等量的水分子也从固态冰融化成了液体。平衡是流动的。

这里对“石灰 - 碳酸平衡”作如下解释：如果没有外力的干扰，反应方程式(1)中石灰质晶体的分解与形成同样遵循这个动态平衡原理。在物理水处理仪器提供的处理区域里不可能实现完全的石灰溶解，即使再少量的水，管道中仍然会有石灰溶解，也会分离出来，然后再次溶解。但是，由于物理水处理干预了石灰的溶解和沉积物的去除，所以不形成新的结垢。从统计学上分析，在电场物理水处理仪器处理过程中，尚未被金属碳酸盐晶体覆盖的表面（见图9及图10）的管道内壁，如今形成了如此的保护层，并且还可以实现这层金属碳酸保护膜增厚。

这里所描述的保护膜的形成机制并不是单一应对防止管道的腐蚀应运而生。管道内壁已经具备一层金属保护膜，理论上讲，在这层已存在的膜的保护下，管道的腐蚀不应该发生的。但是，经验显示，即使具备已有的这层金属保护膜，管道的腐蚀现象仍然继续，无论是在镀锌铁管，还是在铜管内。这是什么原因？

在技术上存在一种腐蚀过程被称为“风化元件作用”。如图12所示的化学过程。金属铁是电导体，水则是电解质。当一滴水附着于金属铁的表面时，一个电解元件就地形成。这里只缺乏一个电压。在这滴水的周边区域，氧气与金属表面的氧化反应较强，而水滴的中央风化的作用相对较弱。这样一来，水滴周边与水滴中心就存在着一个潜在的电势能差，水滴周边变成负极（过剩电子），水滴中心变成正极（缺少电子）。作为电解质，水使得正极与负极之间形成了一个闭式电势循环。在正极，Fe 的正离子与水与垢体反应生成铁锈，与此同时，负离子通过金属内部路径至负极。原理上来说，金属铜的腐蚀机理与金属铁相同。

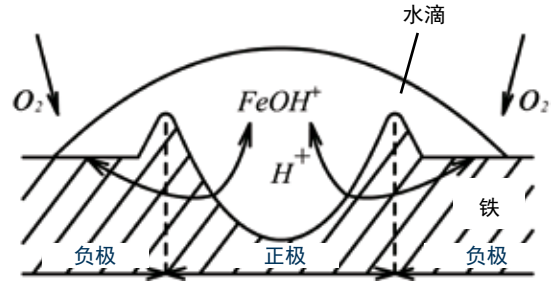


图12: 风化元件作用

原理上讲，管道中的腐蚀机理相同，唯一的区别在于金属层表面上与氧气接触发生反应的介质不同。如图 12a 所示，化学层次上展示了此一系列反应过程。如前文所述，只要是没有经过物理水处理仪器作用的水，其中的石灰质有助于垢体加剧。介於垢体沉积聚集区與無垢的區域，存在氧气分布不均的现象，这与风化元件作用（电化学腐蚀）现象如出一辙。

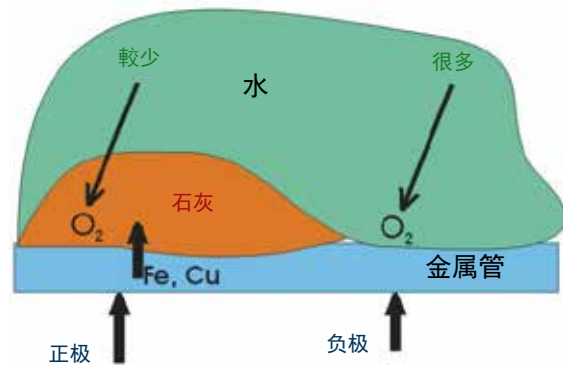


图12a: 透过不同厚度的石灰质沉积物发生的金属腐蚀

众所周知，腐蚀经常在转弯管道处、管路分支处和波纹管接头上，这些部位总是会有大量的沉淀物。假如这些部位的结垢体被消除掉后仅留有一层金属保护膜，与氧气的接触情况均匀相同，就不会存在一个潜在的电势能差，进而也就不会产生电化学腐蚀反应。这一点对于铜管来说意义重大，对于含氧量较高和PH值低于6.5的环境里，铜质金属特别容易发生腐蚀，尤其是区域的逐渐点蚀。对于铜质金属管路，存在一层较厚的金属膜至关重要。同时考虑铜质管材中含有的杂质（低成本供应商提供的产品

大多如此)加剧了电化学腐蚀反应。因此,越来越多的铜元素释放入水体中,而这对于人体的健康是不利的。根据德国联邦卫生部公布的信息,婴儿不应该饮用含铜量较高的自来水。自来水供应商把铜危害称为“20世纪的铅危害”。

7. 结论

综上所述,本文所涉及利用物理性水处理仪器的效果事实不仅被众多使用用户证实,也在物理-化学基础的理论和实践经验中作了论述证实。这里有一个前提条件,那就是所提供的测验仪器需要大致上满足所提出的参数要求,因为大部分情况下,对试验电子技术要求都较高,以致于廉价的测验仪器无法满足测试要求。

对于物理水处理仪器的试验模式表明,通过常规的测试手段来验证处理效率,特别是短期测试数据将会提供错误和无效的测试结果。我们必须需要找到一套全新的测试程序,这样不仅可以验证仪器的有效性,而且还能够提供建立在切实的理论基础上数据量化证明结论。

在此,敝人非常感谢马格德堡的 H. Ungenann 博士教授在阐释电子过程方面所给与的倾力支持;感谢柏林的硕士工程师 K. Matthies 先生在计量方面的帮助;感谢 W. Morgner 博士教授为本项工作参与评论性的讨论;同时非常感谢 Königs-Wusterhausen 物理性水处理工程公司的 Helmut Siegmund 先生为本试验提供相关设备。

⁽¹⁾ 本文所讲述的物理水处理仪器及其生产制造商的任何信息,您可以联系制造商 — Christiani Wassertechnik GmbH, Köpenicker Str. 154, 10997 Berlin, Germany. 获得有关设备和制造商信息。

图片来源:

- 图1和2:《Einführung in die Kristallographie 晶体学简介》, W. Kleber 著, Verlag Technik Berlin 柏林科技出版社出版, 1956年
- 图4, 6, 9, 11:《克里斯蒂水技术有限公司信息杂志》
- 图10:柏林《BMW宝马 — 摩托车厂信息杂志》
- 图12:《Einführung in die Werkstoffwissenschaft 材料科学概况》, W. Schatt 编著, VEB Deutsche Verlag für Grundstoffindustrie (VEB 德国工业出版社)出版, 莱比锡, 1981年

*¹⁾ 珊瑚虫通过同样的机理建筑他们的珊瑚礁。在珊瑚虫的足部含有叶绿素成分的植物细胞,可以通过水与CO₂的光合作用生产出有机材料(即碳水化合物)。这样一来,“石灰-碳酸平衡”同样受到干扰(CO₂减少),导致石灰沉淀和形成珊瑚礁。这也说明了为什么珊瑚只在被日光沐浴的浅水水域存在,因为只有这些地理环境里,才会为光合作用过程提供足够的太阳光。