



<https://www.cilvsuanna.com/>

关于液体次氯酸钠储罐降温减缓氯含量衰减速度的研究与实践

程晋南

(北京市自来水集团来水亭物资有限公司, 北京 100055)

摘要: 次氯酸钠液已成为重要的制水消毒材料, 但其受环境影响大, 具有挥发性, 温度升高会导致次氯酸钠中氯含量自然分解速度加快, 若能将存储次氯酸钠的储罐保持在较低或理想温度, 可降低次氯酸钠中氯含量的自然分解速度。以实验室数据为依据, 研究探讨次氯酸钠储罐降温减缓氯含量衰减的有效方法, 并通过实践应用, 不仅证实了温度对次氯酸钠中氯含量的衰减速度有直接影响, 而且证实了对次氯酸钠储罐采取有效的降温措施, 可明显减缓次氯酸钠中氯含量的衰减速度, 该项目的研究成果, 值得在供水企业广泛推广和应用。(本文所述及的次氯酸钠均指液体次氯酸钠)

关键词: 次氯酸钠 储罐 氯含量 衰减 应用

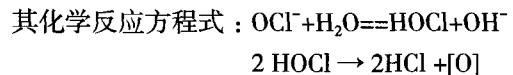
前言: 众所周知, 液氯是自来水制水工艺中最经济的消毒材料, 但其属剧毒危险化学品, 若发生漏氯事故, 在处理不当情况下, 有可能对周边地区人身安全构成严重威胁, 而次氯酸钠属一般化学品, 也同时属于百姓家庭中日常卫生用品系列中的产品, 相对经济可靠, 且消毒效果较好。目前, 被广泛应用于各大、中、小自来水厂, 也已成为制水工艺中重要的消毒材料, 但其受环境影响大, 具有自然分解性, 温度升高会导致次氯酸钠中氯含量自然分解速度加快, 特别是在夏季, 易造成水厂投加次氯酸钠药量不稳, 影响制水消毒效果, 若能将存储次氯酸钠的储罐保持在较低或理想温度, 可降低次氯酸钠的自然分解速度, 从而延长次氯酸钠的存储时间, 这样即能降低制水成本, 又能节约能源消耗。下面就如何降低次氯酸钠储罐温度, 对减缓氯含量衰减速度进行一些探讨和研究, 并通过实践应用证实研究成果。

1. 次氯酸钠的消毒原理

次氯酸钠分子式为 NaClO , 分子量为 74.44, 其灭菌杀病毒原理大致有三种作用方式:

1.1 次氯酸钠消毒最主要的作用方式是通过它的分解形成次氯酸, 次氯酸再进一步分解形成新生态氧 $[O]$, 新生态氧的极强氧化性使菌体和病毒上的蛋白质等物质变性, 从而致死病原微生物。其实, 氯气消毒的原理也主要是以产生出次氯酸, 然后释放出新生态氧 $[O]$ 的方式。根据化学测定, PPM 级浓度的次氯酸钠在水

里几乎是完全水解成次氯酸, 其效率高于 99.99%。



1.2 次氯酸在杀菌、杀病毒过程中, 不仅可作用于细胞壁、病毒外壳, 而且因次氯酸分子小, 不带电荷, 还可渗透入菌(病毒)体内, 与菌(病毒)体蛋白、核酸、和酶等有机高分子发生氯化反应生成复杂的卤化物质, 从而使病原微生物失去活性。

1.3 次氯酸钠还能够分解蔬菜、水果等农副产品上所残存的微量农药。目前, 我国绝大多数农药都是属磷酸酯类杀虫剂(即有机磷农药系列)。

其主要结构是 $\begin{matrix} \text{B} \\ \diagdown \\ \text{P} \\ \diagup \\ \text{B}' \end{matrix} \begin{matrix} \diagdown \\ \text{X} \\ \diagup \end{matrix} (\text{o.s})$

式中: B, B' 为碱性基团(烷氧基或烷氨基); X 为酸性基团; (o.s) 为氧或硫。

在碱性水中 HClO 会很快破坏其官能团产生无机盐、 CO_2 和 H_2O 而失掉农药原有的毒性。

由于次氯酸钠相对安全、经济、且消毒效果好, 特别是在闹市区中的水厂(井)采用次氯酸钠消毒保证供水安全有它独特的优越性, 因此, 成为了制水工艺中重要的消毒材料, 被广泛应用于各大、中、小自来水厂。

2. 次氯酸钠氯含量衰减的原因分析

根据有关数据及检测显示, 在实际使用次氯酸钠

进行制水消毒过程中,发现夏季次氯酸钠中氯含量衰减较快,秋冬季衰减放缓,冬季衰减缓慢这样一个基本规律。因此,推断次氯酸钠中氯含量的衰减与温度有密切关系。为进一步找出依据,在实验室进行了检测研究,有关具体情况如下:

2.1 实验室内的检测及分析

2.1.1. 检测方法:本实验采用生活饮用水标准检测方法中消毒剂指标规定的有效氯的碘量法(GB19106-2003)进行。采样“三河”和“天津”两个地区的生产厂商的次氯酸钠抽样,在氯含量基本一致的情况下,盛放于250ml锥形瓶中密闭存放。

2.1.2. 温度设置:先将室温设置在恒温25℃,放置一个月,每周定期测量有效氯含量,并做检测记录;然后将室温设置在恒温30℃,放置一个月,每周定期测量有效氯含量,并做检测记录。

2.1.3. 测定结果:

2.1.3.1. 在室温设置为恒温25℃情况下见表1,图1、图2。

表1 2009年两地样本检测氯含量比对表 单位:%

检测日期	生产厂商	
	三河	天津
11.13	11	11
11.20	10.8	10.7
11.27	10.6	10.6
12.04	10.3	10.3
12.11	9.8	9.9

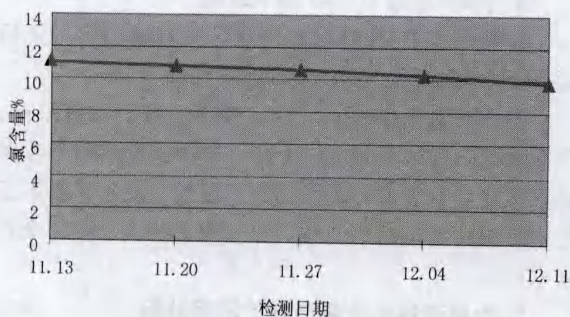


图1 三河样本含氯量变化曲线

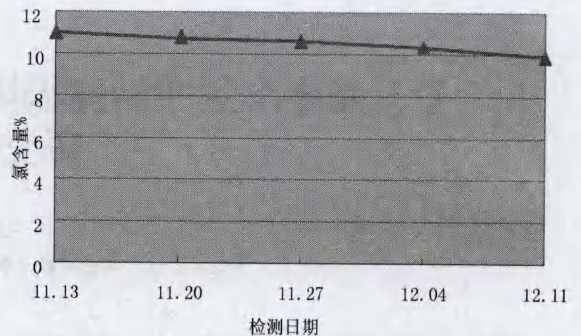


图2 天津样本含氯量变化曲线

2.1.3.2. 在室温设置为恒温30℃情况下见表2,图3、4
表2 2010年两地样本检测氯含量比对表 单位:%

检测日期	生产厂商	
	三河	天津
5.11	11.3	11
5.18	10.4	9.7
5.25	9.6	8.9
6.1	9.1	8.4
6.8	8.3	8.2

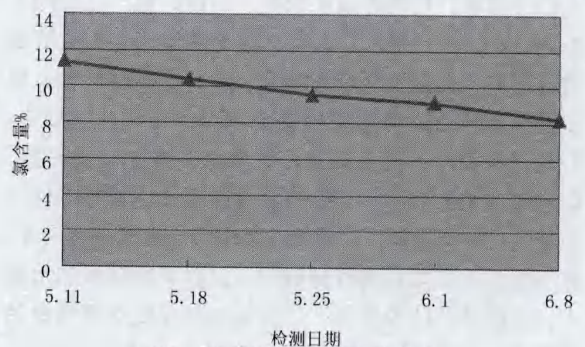


图3 三河样本含氯量变化曲线

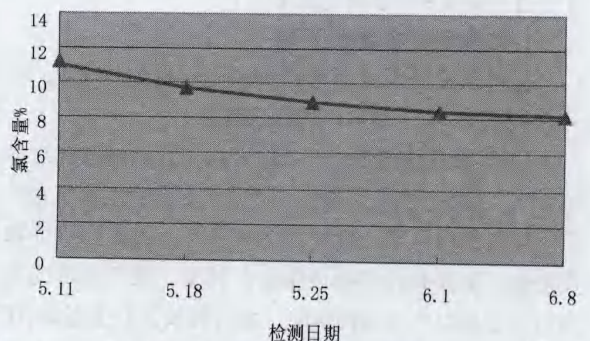


图4 天津样本含氯量变化曲线

· 水处理技术与设备 ·

2.1.4. 数据分析：

2.1.4.1. 在室温设置为恒温 25℃ 情况下，密闭存放在 250ml 锥形瓶中的次氯酸钠，1 个月后的有效氯含量衰减 10% 左右。

2.1.4.2. 在室温设置为恒温 30℃ 情况下，密闭存放在 250ml 锥形瓶中的次氯酸钠，1 个月后的有效氯含量衰减 27% 左右。

2.1.4.3. 把 25℃ 与 30℃ 的数据比较分析，温度升高 5℃，密闭存放在 250ml 锥形瓶中的次氯酸钠，1 个月后的有效氯含量衰减 17% 左右。

由此可见，在实验室环境下密闭存储次氯酸钠，温度越高，次氯酸钠有效氯含量衰减就越大、衰减速度就越快。因此，要减缓有效氯含量的衰减，应选择低温、密闭封口环境下存储次氯酸钠。

2.2 实验室外的实验及分析

2.2.1. 实验方法：将装有 0.5 吨次氯酸钠的塑料大桶密闭封口，并暴露在室外环境，且无日光遮挡。

2.2.2. 温度情况：检测时间选在 2010 年夏季 5 月至 6 月之间，放置一个月，每周定期测量有效氯含量，并做检测记录。

2.2.3. 测定结果：见表 3，图 5。

表3 自然环境下2010年夏季5月至6月含氯量变化表 单位：%

检测日期	氯含量 (%)
5.10	10.1
5.17	8.8
5.24	7.3
5.31	6.7
6.07	5.9

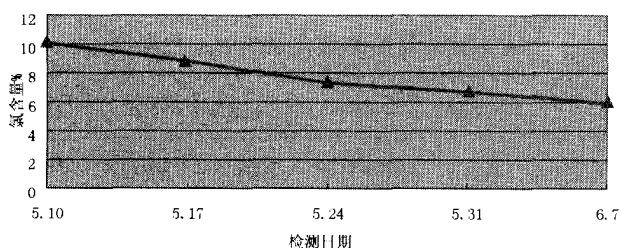


图5 自然环境下2010年5月至6月含氯量变化曲线

4. 数据分析：

在 2010 年 5 月至 6 月之间的自然环境下，装有 0.5 吨次氯酸钠的塑料大桶密闭封口，并暴露在室外环境，且无日光遮挡，1 个月后有有效氯含量衰减 42% 左右。

由此可见，暴露在高温、日照环境下，次氯酸钠

有效氯含量衰减迅速，要减缓有效氯含量的衰减，应选择低温、避光环境下存储次氯酸钠。

3. 次氯酸钠储罐降温减缓氯含量衰减的方法

一般情况下，次氯酸钠从生产出厂到水厂投加使用，需要经过“药剂出厂→集中运输→集中存储→按需运输→按需存储→投加使用”等环节，易造成次氯酸钠氯含量衰减的环节重点在集中存储和按需存储环节，其次是集中运输和按需运输环节。目前，存储次氯酸钠药剂的多为玻璃纤维储罐、塑料储罐或储药池等，就储罐而言，降温处理可采用三种方式：(1) 采取罐体降温的方式；(2) 采取环境降温的方式；(3) 采取罐体降温与环境降温相结合的方式。

3.1 罐体降温方式

3.1.1. 可采取用水喷淋的方法。在具备条件的前提下，用水喷淋罐体，以达到物理降低次氯酸钠储罐温度的目的。

3.1.2. 可采取在罐体内加装钛合金热交换器的方法。由于钛合金导管的传导性极强，可在罐体内壁缠绕钛合金导管，并通水进行循环降温。

3.1.3. 可采取在罐体外壁或内壁加装隔层，并通水进行整体循环降温。

3.2 环境降温方式

3.2.1. 可采取避光、通风的方法。在设计水厂加药间、储药间或在具备改造条件时，可将次氯酸钠储罐埋置于地下降温，同时密闭储罐进出加药口及通风口；当不具备条件时，可将次氯酸钠储罐置于避光环境中，在密闭储罐进出加药口及通风口情况下，进行通风换气降温。

3.2.2. 可采取沉于水中的降温方法。在具备条件的前提下，可将次氯酸钠储罐置于池、湖、河水中，以达到降低次氯酸钠储罐温度的目的。

3.2.3. 可采取空凋制冷降温的方法。在存储和运输环节中，均可采取空凋制冷降温，通过降低环境温度，以达到降低次氯酸钠储罐温度的目的。

3.3 罐体降温与环境降温相结合方式

在非常必要的情况下，可有效组合具体降温方法，进行综合措施的降温，温度降至越低，次氯酸钠中氯含量衰减速度就越缓慢，有效使用期就更长。

4. 次氯酸钠储罐降温的具体实践与应用

4.1 确定储罐降温的方法

制作新型次氯酸钠储罐，采取在罐体内加装钛合金热交换管，并通水（湖水）进行循环降温的方法。

4.2 确定实验时间及方法

在 2011 年夏季 6 月至 8 月，利用新型次氯酸钠储罐进行实际存储次氯酸钠药剂实验，采用生活饮用水标准检测方法中消毒剂指标规定的有效氯的碘量法（GB/T601）进行，比对实验室内环境下和经循环水（湖水）降温后环境下有效氯含量数据，并以月为单位进行 3 个周期的实验数据分析，从而得出实践与应用的效果。

4.3 数据分析

4.3.1. 第一个实验周期（2011 年 6 月 1 日至 6 月 30 日）数据：见表 4，图 6。

表4 经循环水冷却与实验室内存放氯含量衰减比对照表

检测日期	次氯酸钠药剂的氯含量 (%) 及温度				室外环境温度
	经循环水冷却		实验室内存放		
6.1	10.5	36℃	10.5	36℃	28℃
6.8	9.8	24℃	8.8	29℃	29℃
6.15	9.3	25℃	7.9	27℃	30℃
6.22	9.2	26℃	7.3	29℃	31℃
6.29	8.6	26℃	6.9	28℃	31℃

第一组数据曲线

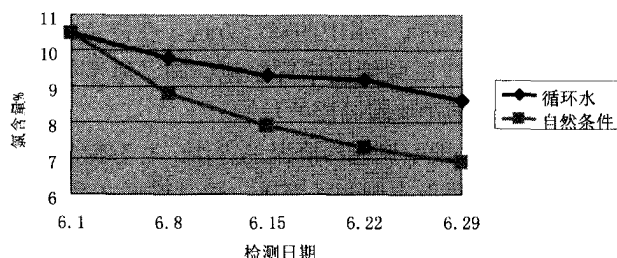


图6 经循环水冷却与实验室内存放氯含量变化曲线

4.3.1.1. 第一个实验周期数据分析：相同条件下放置一个月，经循环水（湖水）冷却的次氯酸钠药剂，有效氯含量下降了 18.1%，而无循环水冷却的次氯酸钠药剂，有效氯含量下降了 34.3%。

4.3.2. 第二个实验周期（2011 年 7 月 1 日至 7 月

30 日）数据：见表 5，图 7

表5 经循环水冷却与实验室内存放氯含量衰减比对照表

检测日期	次氯酸钠药剂的氯含量 (%) 及温度				室外环境温度
	经循环水冷却		实验室内存放		
7.1	11.5	31℃	11.5	31℃	30℃
7.8	10.9	26℃	10.1	29℃	32℃
7.15	10	26℃	9.1	29℃	30℃
7.22	9.2	26℃	7.9	27℃	29℃
7.29	9	27℃	7.6	28℃	29℃

第二组数据曲线

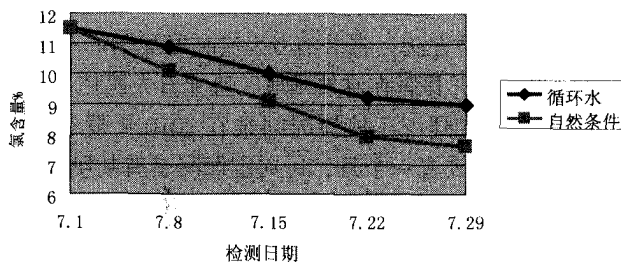


图7 经循环水冷却与实验室内存放氯含量变化曲线

4.3.2.1. 第二个实验周期数据分析：相同条件下放置一个月，经循环水（湖水）冷却的次氯酸钠药剂，有效氯含量下降了 21.7%，而无循环水冷却的次氯酸钠药剂，有效氯含量下降了 33.9%。

4.3.3. 第三个实验周期（2011 年 8 月 1 日至 8 月 30 日）数据：见表 6，图 8。

表6 经循环水冷却与实验室内存放氯含量衰减比对照表

检测日期	次氯酸钠药剂的氯含量 (%) 及温度				室外环境温度
	经循环水冷却		实验室内存放		
8.1	10.7	34℃	10.7	34℃	34℃
8.8	10.1	26℃	9.7	30℃	31℃
8.15	9.6	27℃	8.9	28℃	28℃
8.22	9.2	26℃	8.3	29℃	31℃
8.29	9	26℃	7.5	28℃	29℃

（下转第16页）

第二,要坚持城乡统筹、梯次推进,加强面源污染防治和农村环境整治。城市环境与农村环境唇齿相依,农村环境保护不好,不仅损害农民的利益,还会严重影响城市居民的菜篮子、米袋子、水缸子。第一次全国污染源普查显示,农业源排放的化学需氧量、总氮、总磷分别占排放总量的44%、57%和67%。这反映出城乡环保还不平衡,农村环保仍是一块短板。“十二五”期间,要大力推进农村面源污染防治,引导和鼓励农民科学施肥施药和合理养殖种植,积极开展土壤污染防治和修复,把好土壤这一食品安全的第一道防线。同时,结合新农村建设,扩大农村环境连片整治范围,重点完成6万个建制村的综合整治,每年抓出一批群众看得见、摸得着、能受益的治理成果。

近年来,一些地方出现重金属污染事件,严重影响人民群众尤其是儿童的身心健康。要严格实施重金属污染综合防治规划,有效减少重金属污染的危害。一是合理调整涉重金属企业布局,严格落实卫生防护距离,在人口聚居区和饮水、食品安全保障区坚决禁止新上项目。二是提高准入门槛,督促企业深度治理,确保稳定达标排放,不能达标的企业一律停产整顿直至关闭取缔。三是对重点防控区

域采取工程措施集中治理,加快解决铬渣、尾矿库等历史遗留问题。

第三,要坚持预防为主、及时应对,着力消除污染隐患,妥善处置突发事件。环境污染事故是经济粗放型增长的结果,是环境问题日积月累的破坏性释放,一旦发生,后果十分严重。要牢固树立隐患险于事故、防范胜于救灾的理念,加大风险隐患排查和评估力度,把环境污染事件消灭在萌芽状态。要建设快速高效的应急救援体系,充实应急救援物资和装备,一旦发生事件就及时启动应急预案,把损害降到最小程度。要合理调整化工企业空间布局,严格化学品生产管理,堵塞运输安全漏洞,切实防范化学品环境污染事件。

这里需要特别强调核安全问题。一桩大的核事故,不仅会带来难以估量的损失,甚至会毁掉整个核事业。今年3月发生的日本福岛核电站核泄漏事故,对我们是一个警示。我们一定要慎之又慎,丝毫不能放松警惕,坚持安全至上,组织力量对我国核电进行全方位评估和论证,抓紧编制核安全规划,确保核电安全万无一失。同时,要切实加强放射源管理,避免发生公共事件、祸及人民群众。

(上接第30页)

第三组数据曲线

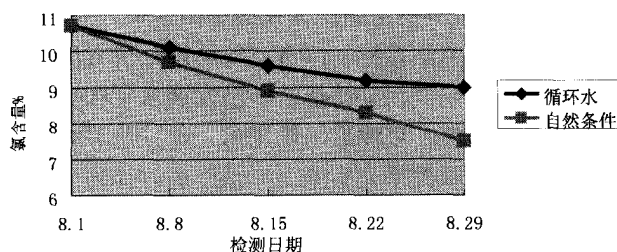


图8 经循环水冷却与实验室内存放氯含量变化曲线

4.3.3.1. 第三个实验周期数据分析:相同条件下放置一个月,经循环水(湖水)冷却的次氯酸钠药剂,有效氯含量下降了15.9%,而无循环水冷却的次氯酸钠药剂,有效氯含量下降了29.9%。

4.4 实验结论

通过以上三组实验数据分析,循环水(湖水)平均冷却温度比实验室内环境温度下低了2.5℃;经循环水(湖水)冷却的次氯酸钠药剂,有效氯含量平均下降了18.6%,而无循环水冷却的次氯酸钠药剂,有效氯

含量平均下降了32.7%;所以通过实验数据显示:温度平均下降2.5℃,经循环水(湖水)冷却的次氯酸钠药剂比无循环水冷却的次氯酸钠药剂,氯含量衰减速率减缓了14.1%。

此次实验,采取的是自然环境下的湖水进行冷却,且由于实验室所处的位置离湖水有一定距离,循环泵只能抽取湖的上层水进行冷却,随着气温的上升,上层湖水温度会有明显升高,若改用市政管网水进行循环冷却,会比湖水温度低很多,减缓次氯酸钠中氯含量的衰减效果会更好。

5. 总体结论

通过对次氯酸钠中氯含量衰减速度的探索与研究,并应用于生产实践的验证,不仅证实了温度对次氯酸钠中氯含量的衰减速度有直接影响,而且证实了对次氯酸钠储罐采取有效的降温措施,可明显减缓次氯酸钠中氯含量的衰减速度,该项目的研究成果,值得在供水企业广泛参考和应用。

作者通联:010-63439815