

某自来水厂采用生石灰处理方式探讨

郭义军

中国地质工程集团有限公司

摘要: 在水处理中, 石灰被广泛应用于水的pH值中和调节, 石灰是水处理中必不可少的药剂。针对科特迪瓦某水厂存在水源原水为地下水, pH值较低, 水处理的主要任务是中和调节的情况, 从熟石灰和生石灰两种处理方式进行论证比较, 探讨本工程在当前条件下处理方式的最优方案。

关键词: 自来水厂; 生石灰; 熟石灰; 井水; 饮用水; 水处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.071

引言

西非科特迪瓦南部滨海沉积岩地区的城市供水都是采用大口径深水井取地下水作为饮用水源, 由于地下水pH值较低, 一般为4.7到5.0之间, 但地下水水质很好, 水处理的主要任务是进行pH值中和调节, 当地广泛采用在自来水厂投加熟石灰的方式进行处理, 使出厂水的pH值达到6.5到8.5, 达到国际饮用水标准。

科特迪瓦某拟建自来水厂, 水处理规模为400M³/H, 水源原水为从6眼直径400mm, 深约80米的水井取的

地下水, pH值较低, 约4.7左右, 需要进行中和调节。本文针对该水厂的水处理现状, 从熟石灰和生石灰两种处理方式进行论证比较, 探讨本工程在当前条件下处理方式的最优方案。

一、两种处理方式技术比较

(一) 熟石灰处理方式

原水进入自来水厂后, 先经鼓风脱气去除水中的部分二氧化碳后, 通过投加熟石灰制成的石灰乳液进行中和处理, 再通过砂滤降低中和工艺产生的浊度, 经投加次氯酸钙消毒工艺后达到饮用水标准。

熟石灰采用1吨重的大袋装粉体, 通过粉体拆包系统和自动计量的粉体上料系统输送到2个容积分别为2500升和2000升的石灰乳液罐内, 这两个罐子1个用于石灰乳液搅拌制作, 1个作为抽取罐。粉体拆包上料和石灰乳液制作车间见图1。

石灰乳液通过计量泵直接投加到过滤车间上游的已脱气的水中。

此方案在科特迪瓦当地应用较广泛, 但此方案水厂占地面积较大, 约需1320平方米, 系统电机总功率较



图1 粉体拆包上料和石灰乳液制作车间

高，约为99.7KW，而且在清水池中投加石灰水，会导致出厂水浊度升高，为解决这个问题，需要配套建设石英砂过滤器车间，以降低出厂水浊度，过滤车间需要定期进行反冲洗，每年产生的废水和水处理废弃物高达712000吨，对环境影响大，经济性不佳，处理效率较低、处理成本较高。

（二）生石灰处理方式

原水进入自来水厂后，经脱气和消毒后，通过投加生石灰制成的石灰乳液进行中和处理后达到饮用水标准。

生石灰（CaO）投加系统由生石灰仓储装置、生石灰消解机、消石灰计量投加装置组成，包括：

1. 生石灰粉体拆包系统

生石灰采用1吨重的大袋装粉体石灰，通过粉体拆包系统和自动上料系统经螺杆泵输送到一个10立方的石灰罐内。

2. 石灰罐上料

由于生石灰的密度约为0.9，本方案中10立方米石灰罐可容纳9吨生石灰。石灰罐配备带数显的计量称，可实时显示石灰重量，当石灰量不足时，可及时补充。

石灰罐配备高位感应器和低位感应器，当石灰上料达到最高位时，高位感应器会给自动上料机发出停止上料的信号，当罐内石灰达到低位时，低位感应器会发出缺料报警信号，以便水厂运营人员能及时安排上料。

按本方案水处理规模400M³/H，一天运营22小时，以及20g/m³石灰用量计算，9吨石灰可保证水厂运营51天。

3. 生石灰投加到石灰消解机

生石灰通过输送泵和螺旋输送机投加到石灰消解机中，通过消解机发出的启停信号控制输送泵的启停。

4. 消解

采用A-758型集成式消解机进行生石灰消解。消解能力450公斤/小时。

A-758型消解机在设计上综合考虑了生石灰消解反应的两大特点，即产生高温和较大的剪切力，并充分利用这两个特点，消解反应产生的热量可以促使消解反应更彻底，消解反应产生的剪切力对石灰进行剪切使消解后产生的消石灰比市面上的成品熟石灰更具活力。

消解产生的悬浮状石灰乳经加水稀释后，可达到理想浓度的石灰乳液。

下文图2展示了石灰消解机的工作原理。

输送到消解机拌锅内的生石灰和水按1:2的比例进行控制，生石灰粉剂的进料通过计量泵输送。

拌锅内搅拌器叶轮对生石灰和水进行密集搅拌，产生的石灰乳进入到稀释锅。搅拌过程中，通过搅拌电机的转矩实现进水阀门的自动调节，当石灰乳黏度增大时，电机转矩增大，阀门自动加大开启度，以加大进水量。当然，总的灰水比还是稳定控制在1:2。

消解后的石灰膏从消解机的溢出口流出，进入稀释锅并加水稀释，稀释锅内的叶片再次对溶液进行搅拌，使搅拌更加均匀。

石灰尘和蒸汽通过吸收管吸走，避免在上料管内堆积。

消解机配备残渣分离器将残渣排出到残渣回收罐内。



1. 石灰罐
2. 生石灰上料系统
3. 消解器上水系统
4. 生石灰, CaO
5. 生石灰计量投加装置
6. 消解器
7. 排渣器
8. 消石灰罐
9. 计量泵（投加消石灰）

图2 生石灰投加设备

5. 消石灰罐

系统配备3000L的PEHD消石灰罐，能满足45分钟的连续消解作业。

消石灰罐配备低速搅拌机，最高速度为150转/分钟，对罐内消石灰乳液进行搅拌。并配有液位感应器，根据液位通过自动控制器向消解机发出启停信号。

6. 消石灰计量投加

消石灰乳通过型号为Masterflex B/T 91的带流量数显的计量泵进行投加，可通过自动控制器自动调节流量。石灰乳的浓度是固定的，泵的流量与待处理水量关联匹配。PID控制系统自动调节石灰乳液和待处理水的比例，水的流量通过流量计测量，并通过流量变送器发送到控制器。系统还可通过处理水的pH计测量出的参数进行投加量的自动调节。

此方案水厂占地面积较小，只需约520平方米，不到熟石灰处理方案的40%，可节省约50%的土建成本，并可大大缩短建设工期。系统电机总功率较小，约为65KW，比熟石灰处理方案低约35%。另外，该方案最大的优点是几乎不怎么产生水处理废弃物。因为本方案选用的西门子消解机能完全消解石灰，消解后的熟石灰粉末非常细小，投加到待处理水中后，能够快速散开，并很快与水中的二氧化碳发生反应，以维持水中的碳钙平衡，而不会产生石灰残渣。唯一的水处理废弃物只有少量的金属氧化物，不到生石灰用量的0.2%，一般经过48小时的运营后，最多有1到2公斤的水处理废弃物，对环境的影响很小。

二、两种处理方式经济比较

两种方案投资和运营费用差异见表1、表2及表3。

表1 各方案主要设备费用表

方案	熟石灰方案	生石灰方案
费用合计(万元)	1020	860

表2 各方案主要建(构)筑物差异表

方案	熟石灰方案	生石灰方案
水厂构筑物	运营加药间, 过滤车间	运营加药间
费用合计(万元)	260	130

表3 各方案主要运营费用表

方案	熟石灰方案	生石灰方案
主要成本费用	熟石灰, 次氯酸钙, 电费	生石灰, 次氯酸钙, 电费
费用合计(元/吨水)	0.34	0.09

三、结论

(一) 工程初投资

从工程初投资看，熟石灰方案总投资1280万元，生石灰方案总投资990万元，生石灰方案投资较省。

(二) 运营费用

从运营费用看，熟石灰方案每吨水处理成本为0.34元，生石灰方案每吨水处理成本为0.09元，生石灰方案处理成本较低。

(三) 工程施工难度

从工程施工难度看，熟石灰方案土建施工工程量大，土建施工工期长，需要18到24个月，生石灰方案土建施工简单，施工工期短，只需4到6个月。

(四) 运行维护方面

运行维护方面，熟石灰方案应用较广泛，运营商具有较多运行维护经验。但该方案多一个过滤车间，运行维护的工作量相对较多，过滤器需要定期进行反冲洗维护，每年消耗的冲洗用水高达712000吨。水处理废弃残渣量较大，对环境的影响大。生石灰方案虽然在应用不如熟石灰方案广泛，但已经在科特迪瓦首都阿比让的一个叫阿坝达的区有一个同规模的成功案例，积累了较成熟的建设和运行维护经验，建设和运行安全性、经济性均能得到保证。

综上所述，生石灰水处理方案投资最省，施工周期短，运营成本低，运行稳定，维护简单，故在本工程条件下，生石灰水处理方案是相对最优方案，是可行性较高的方案。该处理方式的选定，很好地解决了项目建设难题，为项目成功实施奠定了坚实的基础，也为中科友好合作和高质量共建一带一路添砖加瓦。

参考文献

- [1] 潘海祥, 陈士军, 石灰在自来水厂中的应用状况分析, 中国给排水, 2009
- [2] 法国水厂设备生产商苏伊士UCD AERO-G 400 型水厂设备设计书, 2020
- [3] 科特迪瓦水厂设备供应商OCSICI的OQP™400 型水厂设备设计书, 2020

作者简介: 郭义军, 男, 高级工程师, 学士, 主要从事给排水及机电工程设计、施工工作。