

游泳池循环水抑藻方法研究

李毅¹, 张梅¹, 丁纯²

(1. 昆明理工大学 生物与化学工程学院, 云南 昆明 650224

2. 云南省交通职业技术学院, 云南 昆明 650101)

摘要: 研究采用氯化混凝技术, 有效地抑制了游泳池水中藻类生长, 经此技术处理后的游泳池水清澈透明, 达到卫生部颁布的《游泳场所卫生标准》的要求, 既节约水资源, 又避免污染环境, 具有广阔的应用前景。

关键词: 游泳池水; 循环水; 藻类; 生长抑制

中图分类号: X506 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)01-0108-05

Inhibition of Algae Growth in Swimming Pool with Recycling Water Supply

LI Yi¹, CHANG Mei¹, DENG Chang²

(Faculty of Biological and Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: A technique combining chlorination and flocculation is investigated for algal inhibition in swimming pool with recycling water supply system. It is demonstrated through a case study that the technique can inhibit the algae growth effectively and the parameters of the water quality will meet the requirement "The Sanitary Standard for Swimming Pools" issued by the Ministry of Health.

Key words: swimming pool water; recycling water supply; algae; growth inhibitor

0 引言

在夏季, 许多游泳池水质都会出现周期性异常现象——池水混浊、变绿、发臭, 常规游泳池水循环处理工艺无法解决这个问题, 只能排放后再注入新水, 既浪费水资源, 污染环境, 又给经营者带来因注入新水停业所造成的经济损失。本研究结合工程实践, 通过实验分析, 找出夏季游泳池异常水质的主要成分和影响因素, 重点通过对藻类急剧繁殖的条件、异常水质出现的规律进行研究, 筛选出抑制和处理藻类的药剂及最佳的投加方式、用量, 找出解决办法, 有效地解决游泳池夏季异常水质的难题。

1 实验

1.1 实验论据

游泳池水一般每年的6~9月为高浊期, 其中6、7月为藻类高发前期, 8、9月为藻类高发期。从采样点采取游泳池水样经昆明市环境监测中心站检测分析, 水样中的细菌、藻类大量超标, 表明藻类大量繁殖是导致游泳池水变绿变臭并产生异常水质的主要原因。有关资料表明, 藻类的大量繁殖会破坏水质, 从水质指标看, 伴随着藻类的生长, COD达到全年最高峰值。因此改善游泳池水水质, 必须将水中藻类去除。目前, 国内外多采用单一药剂方式进行处理, 如, 混凝剂除藻、高锰酸钾除藻、硫酸铜除藻、氯化杀藻等等, 虽然效果不尽理想, 但为本研究提供了可借鉴的依据。另外在多种絮凝剂的除藻效果对比中, 聚合氯化铝效果最好, 铁盐中聚合硫酸铁和聚合铝铁效果则一般。

1.2 试剂的选择

游泳池所用药剂必须具备以下特点:

收稿日期: 2003-04-29.

第一作者简介: 李毅(1963-), 男, 副教授. 主要研究方向: 给水排水与水处理环保新技术.

①对人身不造成危害;②水中不产生污物;③产生作用要快速;④持续时间要长;⑤消耗少、造价低。

1.3 先投加消毒剂后投加混凝剂的灭菌除藻效果试验

1) 选取水样. 实验所采用的水样分别为警察俱乐部游泳馆池水、环境科技培训中心露天游泳池池水、永丰公园露天游泳池池水和鸣泉游泳池池水。

2) 试验方法. 将所取水样加入氯粉, 余氯含量达到0.7 mg/L, 并分别按每1 000 mL水样加入15 mg, 20 mg, 30 mg, 35 mg, 40 mg聚合氯经铝混凝剂. 搅拌后观察絮花形成情况及沉降速度, 静置后取上清液进行分析检测。

3) 数据分析. 数据分析检测结果分别列于表1~5。

表1 不同投药量下的絮凝情况

	温度 /℃	处理前 pH值	处理后 pH值	加 PAC* 后絮花形成情况/mg					
				15	20	25	30	35	40
永丰公园 泳池水样	31	8.0	7.8	少量絮花		大量絮花	大量絮花	大量絮花	中量絮花
				絮花无色	中量絮花	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿
				水较清	微绿、水清	水清澈透明	水清澈透明	水清澈透明	水清
警察俱乐部 游泳池水样	31	7.8	7.5	少量絮花		大量絮花	大量絮花	大量絮花	中量絮花
				絮花无色	中量絮花	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿
				水较清	微绿、水清	水清澈透明	水清澈透明	水清澈透明	水清
鸣泉游泳 池水样	31	7.8	7.5	少量絮花		大量絮花	大量絮花	大量絮花	中量絮花
				絮花无色	中量絮花	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿
				水较清	微绿、水清	水清澈透明	水清澈透明	水清澈透明	水清
市环境科技 培训中心 游泳池水样	31	8.0	7.8	少量絮花		大量絮花	大量絮花	大量絮花	中量絮花
				絮花无色	中量絮花	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿	絮花很绿
				水较清	微绿、水清	水清澈透明	水清澈透明	水清澈透明	水清

注: PAC 为聚合氯化铝。

表2 永丰公园水样水质处理监测数据表

检测项目	原水样	同量氯丸与同量 PAC 共同作用后的处理水样					
		15 mm/g	20 mm/g	25 mm/g	30 mm/g	35 mm/g	40 mm/g
月牙藻/个·L ⁻¹	78 019 200	12 005 374	2 350 630	1 105 700	331 500	2 087 003	9 620 644
弓形藻/个·L ⁻¹	4 551 120	3 687 027	1 402 240	584 000	143 000	1 319 900	3 789 000
栅藻/个·L ⁻¹	1 890 000	1 037 526	45 000	未检出	未检出	43 050	987 600
卵囊藻/个·L ⁻¹	598 000	282 837	57 596	18 370	2 400	1 470	73 660
球囊藻/个·L ⁻¹	84 500	20 153	未检出	未检出	未检出	未检出	13 420
鼓藻/个·L ⁻¹	26 000	6 342	未检出	未检出	未检出	未检出	1 300
盘星藻/个·L ⁻¹	13 000	2 605	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
针杆藻/个·L ⁻¹	6 500	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
十字藻/个·L ⁻¹	6 500	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
个体总数/个·L ⁻¹	85 209 320	17 041 864	4 260 466	1 708 070	476 900	3 840 373	14 485 584
去除率/%		80	95	98	98.44	96	83
细菌/个·mL ⁻¹	5.1 × 10 ⁵	4	1	未检出	未检出	4	7
SS/mg·L ⁻¹	41	21	13	4	3	10	19
色度/倍	32	16	8	4	4	8	16

表3 警察俱乐部游泳池水样水处理监测数据表

检测项目	原水样	同量氯丸与同量 PAC 共同作用后的处理水样					
		15 mg/L	20 mg/L	25 mg/L	30 mg/L	35 mg/L	40 mg/L
栅藻/个·L ⁻¹	62 848 800	8 715 687	3 082 858	1 306 500	793 000	1 829 998	8 089 430
卵囊藻/个·L ⁻¹	108 + 360	98 315	65 000	26 000	78 000	58 750	95 000
个体总数/个·L ⁻¹	62 957 160	8 814 002	3 147 858	1 332 500	871 000	1 888 718	8 184 430
去除率/%		86	95	98	98.7	97	87
细菌/个·mL ⁻¹	5.1 × 10 ⁵	4	1	未检出	未检出	1	4
SS/mg·L ⁻¹	40	19	11	3	2	9	16
色度/倍	32	16	8	4	4	8	16

表4 鸣泉水水质处理监测数据表

检测项目	原水样	同量氯丸与同量 PAC 共同作用后的处理水样					
		15 mg/L	20 mg/L	25 mg/L	30 mg/L	35 mg/L	40 mg/L
栅藻/个·L ⁻¹	10 944 360	2 085 603	312 000	91 000	71 500	396 500	1 646 529
卵囊藻/个·L ⁻¹	19 500	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
月牙/个·L ⁻¹	13 000	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
个体总数/个·L ⁻¹	10 976 860	2 085 603	312 000	91 000	71 500	396 500	1 646 529
去除率/%		81	97.1	99.2	99.3	96.4	85
细菌/个·mL ⁻¹	6.1 × 10 ⁵	6	4	1	未检出	6	6
SS/mg·L ⁻¹	28	19	10	4	3	12	19
色度/倍	32	16	8	4	4	8	16

表5 环境科技培训中心水水质处理监测数据表

检测项目	原水样	同量氯丸与同量 PAC 共同作用后的处理水样					
		15 mg/L	20 mg/L	25 mg/L	30 mg/L	35 mg/L	40 mg/L
栅藻/个·L ⁻¹	5 399 400	11 916 500	2 745 120	614 040	577 920	2 131 080	97 499 600
鼓藻/个·L ⁻¹	180 360	3 100	1 950	300	150	600	2 800
四角藻/个·L ⁻¹	3 620	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
个体总数/个·L ⁻¹	5 583 380	11 919 600	2 747 070	614 340	578 070	2 131 680	97 502 400
去除率/%		78	95	98.8	98.9	96.1	82
细菌/个·mL ⁻¹	6.1 × 10 ⁵	6	4	未检出	未检出	6	6
SS/mg·L ⁻¹	33	21	11	3	3	13	19
色度/倍	32	16	8	4	4	8	16

游泳场年卫生标准,见表6:pH0.5~8.5.浑浊度不大于5度

以上实验所监测藻类均属于绿藻种群,由表中监测数据可见,采用先加氯粉杀菌灭藻后投加聚合氯化铝絮凝除污工艺,其有效投药范围在20~40 mg/L之间,杀菌灭藻率均高达95%以上,最高点去除峰值在聚合氯化铝投量30 mg/L处,处理后的水质清澈透明,且达到游泳场所卫生标准规范.因此,采用先加氯消毒然后超常规投加聚合氯化铝(30 mg/L左右)的方法来处理夏季游泳池水效果显著,可有效地保证人们在清洁卫生的池水中健身娱乐、减少排污、保护环境,而且经营者可以避免经营停业所造成的经济损失.

1.4 氯粉、聚合氯化铝单一投药的灭藻效果

先消毒后混凝的实验结果说明,此法可有效地除藻灭菌.为了节省投资,单独超常规投加一种药剂是

表6 游泳场所卫生标准

序号	项目	标准
1	pH	6.5~8.5
2	浑浊度	不大于5度
3	耗氧量	不超过6 mg/L
4	尿素	不超过2.5 mg/L
5	余氯	游离性余氯0.4~0.6 mg/L 化合性余氯1.0 mg/L
6	细菌总数	不超过1 000 mg/L
7	总大肠菌群	不超过18 mg/L

否可以取得与之相当的处理效果, 我们进行了试验比较. 选用水样为永丰公园露天游泳池异常水质的池水, 实验分三组进行.

第一组用一个烧杯盛取1 000 mL水样, 并向其加入3 mg氯丸和30 mg的聚合氯化铝, 搅拌30 s, 静置2 h. 第二组用三个烧杯分别盛取1 000 mL水样, 并向不同烧杯中对应投加3 mg, 4 mg, 5 mg的氯丸, 使余氯达到0.4 mg/L, 0.7 mg/L 和1.0 mg/L, 均搅拌30 s, 静置2 h. 第三组用三个烧杯分别盛取1 000 mL水样, 并向不同烧杯中对应投加20 mg, 25 mg和30 mg的聚合氯化铝, 均搅拌30 s, 静置2 h.

实验结果分别列于表7和图1

表7 实验结果

检测项目	原水样	处理后水样						
		漂白	余氯	余氯	余氯	混凝	混凝	混凝
		混凝	0.4 mg/L	0.7 mg/L	1.0 mg/L	20 mg/L	25 mg/L	30 mg/L
栅藻/个·L ⁻¹	10 005 240	338 000	4 478 880	4 009 320	3 178 560	3 792 600	939 120	2 239 440
月牙藻/个·L ⁻¹	825 500	未检出	702 000	728 000	630 500	208 000	91 000	78 000
小球藻/个·L ⁻¹	32 500	未检出	13 000	6 500	6 500	6 300	未检出	未检出
异鞭藻/个·L ⁻¹	600	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
多甲藻/个·L ⁻¹	150	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
球囊藻/个·L ⁻¹	150	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
鼓藻/个·L ⁻¹	150	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
个体总数/个·L ⁻¹	10 864 290	338 000	5 193 880	4 743 820	3 815 560	4 007 100	2 716 072	2 317 590
去除率/%		97	52	57	65	64	75	79

从图1中可以看出, 单独投加氯丸进行灭藻的最高去除率为65%, 单独投加聚合氯化铝进行来灭藻的最高去除率为79%, 两者处理效果均达不到先消毒后混凝复合投药处理的效果. 因此, 处理夏季游泳池异常水质不可单一投药, 必须先投氯粉后加聚合氯化铝进行灭藻, 这样才能迅捷有效地处理好夏季游泳池水质异常恶化问题.

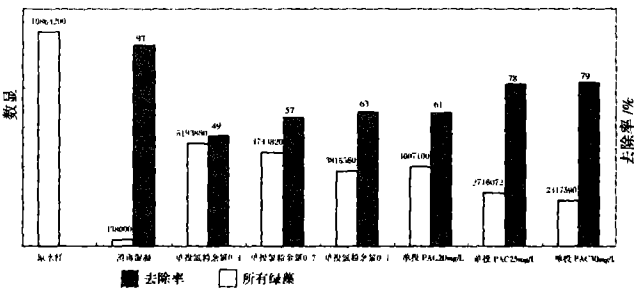


图1 不同处理方法的藻类去除率

1.5 硫酸铜的灭菌除藻效果

硫酸铜做为一种抑藻剂, 在常规的游泳池水处理中可以抑制藻类的生长, 并可调节游泳池水的颜色, 使池水变为悦目的浅蓝色, 但在处理异常水质中硫酸铜是否起到抑藻灭藻的作用, 我们选取了昆明中国警察俱乐部游泳馆异常水质的池水进行了实验.

试验在以下两种条件下进行:

1) 考察氯粉、聚合氯化铝、硫酸铜三者共同作用下的灭藻效果: ①取4个烧杯分别盛取1 000 mL水样; ②向每个烧杯中先加入3 mg氯粉、30 mg的聚合氯化铝, 搅拌30 s; ③待搅拌停止后向不同的烧杯中对应投加3 mg、5 mg、10 mg、15 mg的硫酸铜; ④搅拌30 s, 反应后静置2 h.

2) 单独投加硫酸铜的灭藻效果: ①用4个烧杯分别盛取1 000 mL水样; ②向不同的烧杯中对应投加3 mg、5 mg、10 mg、15 mg的硫酸铜, 并进行搅拌30 s; ③反应后静置2 h.

取反应后水样的上清液进行分析检测, 并将上述两种条件下的试验结果同先氯化混凝(3 mg氯粉加30 mgPAC)的处理结果进行对比, 如表8.

表8 实验对比数据表

项目	(3mg 氯粉 + 30mgPAC) + 硫酸铜				单独投加硫酸铜				3mg 氯粉 + 30mgPAC
	3 mg	5 mg	10 mg	15 mg	3 mg	5 mg	10 mg	15 mg	
处理前藻类数量/个·L ⁻¹	54 721 800	54 721 800	54 721 800	54 721 800	54 721 800	54 721 800	54 721 800	54 721 800	54 721 800
处理后藻类数量/个·L ⁻¹	455 000	383 053	455 000	57 218	328 330	43 777 440	43 777 440	42 683 004	43 230 222
去除率/%	99.2	99.3	99.2	99	99.4	20	20	22	21

从表中可以看出, 先消毒后混凝投加硫酸铜的方法对水中藻类的去除率同消毒混凝的处理效果并无

太大差别,藻类的去除率变化只在0.2%左右,而向水样中单独投加硫酸铜的方法,藻类去除率仅为20%左右.因此,硫酸铜只是做为抑藻剂和调色剂在常规处理中使用,而在处理夏季游泳异常水质时,对藻类去除作用不明显.

1.6 高锰酸钾灭藻效果

根据资料报道,投加高锰酸钾对水中藻类的去除有一定效果.对此,我们也考察了投加高锰酸钾对游泳池水中藻类的去除情况.

实验选取水样为永丰公园露天游泳池池水,并按照资料提供的参数进行对比实验.

- 1) 用三个烧杯分别盛取1 000 mL水样.
- 2) 向不同烧杯中对应投加0.24 mg/L、0.37 mg/L、0.5 mg/L的高锰酸钾,并进行搅拌30 s后,静置2 h.
- 3) 再用一个烧杯盛取1 000 mL水,向其中投加氯粉3 mg、聚合氯化铝30 mg,并搅拌30 s后,静置2 h.

取上述两种实验水样的上清液,进行分析检测结果进行对比(图2).

从图2可见,采用高锰酸钾除藻去除率为90%,比采用先投加氯丸后再投加聚合氯化铝的处理效果低.同时,在实验过程中发现用高锰酸钾除藻,处理后水变浅粉色,因此高锰酸钾除藻不宜应用于在游泳池异常水质处理.

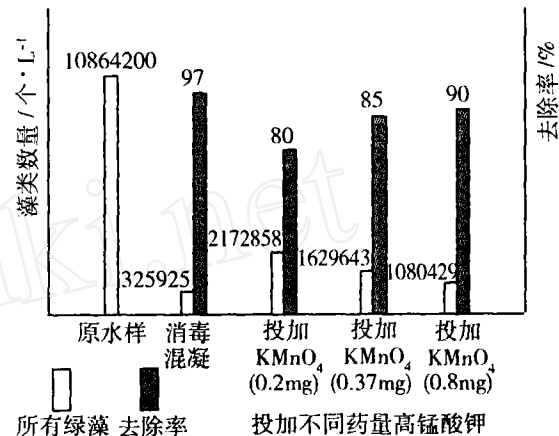


图2 与消毒絮凝的处理效果对比图

2 讨论和结论

2.1 经济效益和环境效益分析

通过试验研究抑制和解决异常水质的办法,即先加氯消毒后投加聚合氯化铝絮凝,既解决了异常水外排污染环境浪费水资源问题,又避免了经营者换水、不能正常营业所造成的经济损失.以昆明市40家游泳池为例,其一次总用水量为20 000 m³,若采用本研究方法,可避免游泳池因夏季池水异常恶化排空注新水现象,使池水循环使用.除节约了处理药剂成本外,每年可节约水费196.84万元,避免了经营者因停业所带来的经济损失192万元,全市每年可节约288.84万元,仅如此,还为广大游泳爱好者创造了健康清洁的游泳池环境,而且由于减少污水排放,也获得了环境效益.

先加氯消毒后再投加混凝剂处理游泳池异常水质可达到抑藻、除藻、抑制异常水质的目的,处理后的池水清澈透明,藻类大量去除,去除率均高达95%,池水色度明显降低,均可达到4倍,细菌总数也从无法计数降低到几个/mL或无法检出,并可大大抑制藻类的繁殖,有效防止了异常水质的出现,较整池换水可节省4.035元/t.而且既可运用常规的游泳池循环水处理工艺设备进行灭藻,也适用于无循环水处理的游泳馆所.

2.2 结语

由于夏季气温高,光照强,游泳人数多,造成游泳池中藻类尤其是绿藻的急剧生长繁殖,出现水质迅速变绿甚至发臭的异常现象.因此,对于夏季游泳池水必须针对藻类强化处理,保证水质.

1) 单独用硫酸铜处理夏季游泳池异常水质,藻类去除仅为20%,其只可用作抑藻剂,对异常水质处理起辅助作用;

2) 高锰酸钾虽可有效去除水体中的藻类,但产生不悦的浅粉红色,不宜用在游泳池水处理领域;

3) 单独投加氯粉或聚合氯化铝的处理效果不理想;

4) 先加氯消毒后投加混凝剂絮凝处理游泳池异常水质可达到抑藻、除藻抑制异常水质的目的.先投加氯粉消毒后投加聚合氯化铝絮凝,可有效地处理夏季游泳池异常水质,且高效可靠,经济易行,是首选的处理异常水质的方法,一般推荐投药量为25~30 mg/L,处理成本约为0.165元/t水.

参考文献:

- [1] 陈耀宗,姜文源,胡鹤钧,张延灿,张森.建筑给水排水设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.12.
- [2] 沈韞芬,章宗涉,龚循矩,顾曼如,施之新,魏印心.微型生物监测新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1990.7.