

重庆市游泳池水质浅析

丁思铖¹ 于志鹏² 李韵² 吴茂嘉² 宋杰² 赵欣³ 张鑫³ 曾晓岚^{2*}

1. 杜克大学化学系, 美国·北卡罗纳州 达勒姆 27708

2. 重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 中国·重庆 400045

3. 重庆市沙坪坝区疾病预防控制中心, 中国·重庆 400038

摘要: 按照 GB/T18204-2000《公共场所卫生标准检验方法》, 对 2010 年至 2013 年 274 份游泳池水样的 pH 值、浑浊度、尿素、游离性余氯、细菌总数和总大肠菌群等水质检测指标的监测结果进行统计并对各指标与游离性余氯的关系进行分析。结果显示, 各项指标均达标仅有 57 份, 合格率 20.80%; 游泳池水质合格率呈逐年上升趋势, 分别为 3.64%、16.67%、34.38%、30.19%, 经卡方检验 ($\chi^2=22.89$, $P<0.01$), 各年水质合格率差异有统计学意义。各项指标合格率由高到低为总大肠菌群>细菌总数>尿素>浊度>pH>游离性余氯, 其中游离性余氯合格率低于 50%。随游离性余氯的升高, 各项指标呈现出 pH 值降低, 浊度值升高, 尿素值降低, 而细菌总数及大肠菌群均降低的趋势。因此, 游泳池水质不合格指标主要为游离性余氯、pH 等, 游离性余氯与其他指标均呈现不同的正、负相关性。

关键词: 游泳池; 水质达标; 卫生监测; 指标合格率; 游离性余氯

Analysis on Water Quality of Swimming Pools in Chongqing City

Ding Sicheng¹, Yu Zhipeng², Li Yun², Wu Maojia², Song Jie², Zhao Xin³, Zhang Xin³, Zeng Xiaolan^{2*}

1. Duke University, Department of Chemistry, USA, NC, Durham 27708

2. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Ministry of Education, Chongqing University, China Chongqing 400045

3. Centre for Disease Control and Prevention, Shapingba District, China Chongqing 400038

Abstract: According to the GB/T 18204-2000 Hygienic Standard Examination Methods for Public Places, six water quality parameters from a total of 274 swimming pool water samples collected from 2010 to 2013 were examined to assess the relationships among them, particularly with respect to free residual chlorine. The results showed that only 57 samples met the required standards, yielding an overall compliance rate of 20.80%. The annual qualification rates demonstrated a statistically significant upward trend ($\chi^2 = 22.89$, $P < 0.01$). Among the six parameters, the compliance rates ranked from highest to lowest as follows: coliform group > total bacterial count > urea > turbidity > pH > free residual chlorine. Notably, the qualification rate for free residual chlorine was below 50%. As the concentration of free residual chlorine increased, pH tended to shift toward acidity, turbidity increased, urea levels decreased, and both total bacterial and coliform counts declined. Thus, free residual chlorine and pH were identified as the primary factors contributing to non-compliance in swimming pool water quality. Free residual chlorine exhibited both positive and negative correlations with the other parameters.

Keywords: Swimming pool; Water quality; Hygiene monitor; Indicator qualification rate; Free residual chlorine

0 引言

游泳作为集健身与娱乐于一体的休闲运动受到广大人民群众喜爱, 特别是在炎热夏季, 游泳池更是成为了人们最喜爱的避暑场所之一。然而, 当大量的人群涌向泳池的同时, 游泳池水的水质卫生状况也日益引起了关注。大量研究表明: 采用氯消毒时会产生 600 多种消毒副产物^[1], 其可能引起急性传染性结膜炎、病毒性胃肠炎、传染性皮肤病等暴发或流行, 对游泳者健康造成严重隐患^[2]。为了

了解游泳池的水质状况, 保障游泳池的水质卫生与游泳者的身体健康, 本文对重庆市游泳池水样水质检测指标的监测结果进行统计并对各指标与游离性余氯的关系进行分析, 探讨水质影响的因素及其之间的关系与存在的问题等, 以期为游泳池的科学管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 水样及检测指标

研究数据来源于 2010~2013 年期间, 监管部门依据

表1 2010~2013年各水质检测指标及其达标情况

年份	总水样 分数	所有指标 (份数)	游离性余氯 (0.2~1.0mg/L)	pH(7.0~7.8)	浊度(标准为 ≤1NTU)	尿素(标准为 ≤3.5mg/L)	细菌总数 (标准为 ≤200CFU/mL)	大肠杆菌(标准 为每100mL不得 检出)
		合格率(%)	合格率(%)	合格率(%)	合格率(%)	合格率(%)	合格率(%)	合格率(%)
2010	55	3.64	5.45	92.73	96.36	89.09	90.91	100.00
2011	102	16.67	25.49	86.27	80.39	85.29	93.14	99.02
2012	64	34.38	46.88	75.00	96.88	98.44	93.75	98.44
2013	53	30.19	37.74	79.25	90.57	96.23	88.68	94.34
共计	274	20.80	28.83	83.58	89.42	91.24	91.97	98.18

国家最新颁布的《游泳池水质标准》(CJ244-2007)对重庆市 48 家游泳池水样的游离性余氯、pH 值、浑浊度、尿素、细菌总数、大肠菌群等水质指标检测结果。各指标采用的检验方法依据《公共场所卫生标准检验方法》(GBT18204-2000)和 2001 年修订的《生活饮用水检验规范》(GB 5750-85)。

1.2 研究方法

对 48 家游泳池相关数据进行统计分析,同时,为进行各个指标之间的对应关系分析,就其中数据较完整的 16 家游泳池进行各水质检测指标与游离性余氯关系的分析,其中社区健身游泳池 13 家,学校游泳池 2 家,公园娱乐游泳场所 1 家。数据统计根据 CJ244-2007 进行评价,若有一个水质检测指标不符合该标准要求即认为该水质不合格。

2 结果与讨论

2.1 2010~2013 年游泳池水质的基本情况

2010~2013 年 48 家游泳池 274 份检测水样各水质检测指标及其达标情况如表 1 所示,各单项水质检测指标总合格率如图 1 所示,各年水样总合格率(各年全部水质检测指标均达标的水样合格率)如图 2 所示。

由表 1 可知,2010~2013 年全部检测指标均达标的水样总合格率是 20.80%,单项检测指标达标的各指标总合格率分别为游离性余氯 28.83%,pH 83.58%,浊度 89.42%,尿素 91.24%,细菌总数 91.97%,总大肠菌群 98.18%。

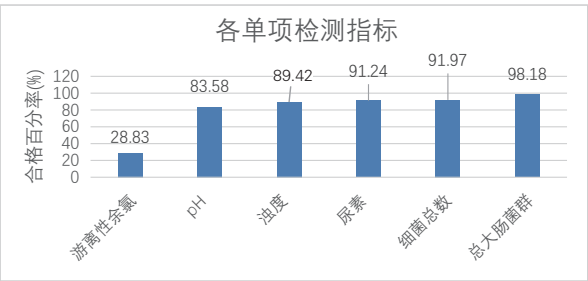


图1 2010~2013年游泳池各单项检测指标总合格率

由图 1 可以看出,各单项检测指标水样总合格率由高到低分别为总大肠菌群>细菌总数>尿素>浊度> pH >

游离性余氯。除游离性余氯外,其余指标的总合格率均达 80% 以上,尿素、细菌总数、总大肠菌群等指标的总合格率均超过 90%,说明游泳池水质卫生状况良好。

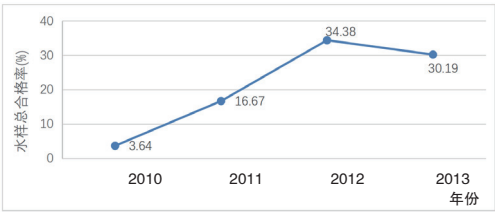


图2 2010~2013年游泳池水样总合格率

由图 2 可以看出,从 2010 年到 2013 年游泳池的水样逐年总合格率分别为: 3.64%、16.67%、34.38%、30.19%,基本呈现出上升趋势,各年水质合格率差异有统计学意义($\chi^2=22.89$, $P < 0.01$),说明水质状况逐年改善,但 2013 年的总合格率达略有下降表明水质的总体达标情况还不够稳定,仍需要加强管理,应重点注意严重不达标的指标。

2.2 游泳池各检测指标的结果分析

2.2.1 游离性余氯

2010~2013 年游泳池游离性余氯的达标与不达标情况分别如图 3 所示。

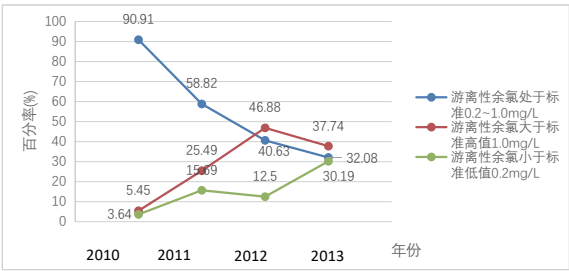


图3 2010~2013年游离性余氯达标情况

游离性余氯是游泳池水质卫生安全的重要指标,其浓度过低或过高均会对水质及游泳者健康产生不良影响,浓度过低则起不到消毒作用,这将导致游泳池水的微生物指标超标^[3],从而引发各种传染性疾病,而浓度过高则有可能对皮肤、眼睛和呼吸系统等器官产生刺激作用^[4]。

由表 1 可知, 在 2010~2013 年期间, 274 份游泳池水检测样品中, 游泳池游离性余氯共有 195 份检测结果不合格, 占总数的 71.1%。自 2010 年以来, 游离性余氯低于标准下限的比例在大幅度下降, 到 2013 年, 游离性余氯过低的情况由原来的 90.91% 下降到 32.08%; 与此同时, 游离性余氯高于标准上限的情况呈现小幅度上升, 由 2010 年的 3.64% 增加到 2013 年的 30.19%。这说明可能随着知识的普及和地方监管力度的加强, 游离性余氯的重要性逐年得到重视。

2.2.2 pH

pH 值是检测项目中水样总合格率较低的指标之一, 检测合格范围为 7.0~7.8, 其在各水样中达标与不达标的情况如图 4 所示。

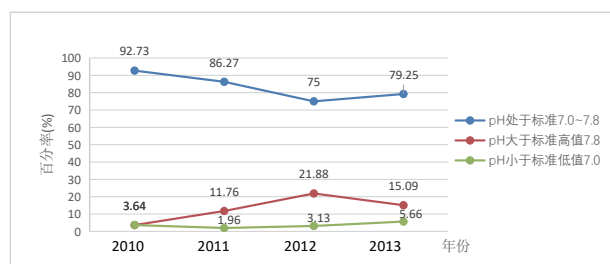


图4 2010~2013年pH值达标情况

由表 1 可知, 在 2010~2013 年期间, 274 份游泳池水检测样品中, 有 45 份不合格水样, 其中, $\text{pH} < 7.0$ 共检测 9 份, 占不合格数的 20.00%, $\text{pH} > 7.8$ 的共检测 36 份, 占不合格数的 80.00%。 pH 值过低的原因可能有消毒剂投放方法不当而导致水中的有机物分解产生 $\text{CO}_2^{[5]}$, pH 值过高的原因则可能是部分游泳池仍使用过量的漂白粉提高了池水的 pH 值。此外, 游泳池水 pH 值会随着水中加氯量和尿素的变化而变化^[6]。因此, 为有效控制 pH 值, 提高其合格率, 需要在游泳池配备调节 pH 值的设备和药剂, 并主要考虑降低 pH 值的措施和途径。

2.2.3 浊度、尿素、细菌总数和总大肠菌群

检测项目中其他指标（浊度、尿素、细菌总数、总大肠菌群）的水样合格率如图 5 所示。

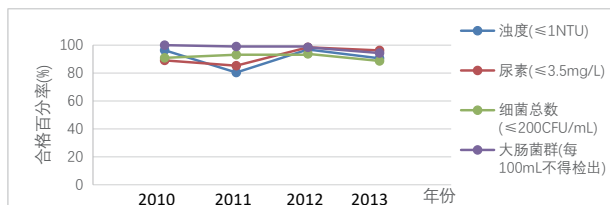


图5 2010~2013年其他指标的水样合格率

由图 5 可知, 在 2010~2013 年间, 细菌总数与总大肠菌群的水样合格率均无明显变化, 浊度和尿素指标的浮动

不超过 20%, 各指标的水样合格率总体较高。

2.3 各指标与游离性余氯的关系

2.3.1 pH 值及其与游离性余氯的关系

近些年来重庆市部分游泳池仍旧使用漂白粉作为消毒剂, 其主要成分次氯酸钙会与水反应生成氢氧化钙, 导致水中 pH 值升高, 这可能是图 4 中 pH 值不达标情况主要表现为高于标准上限的原因之一。随着游泳者的分泌物和尿液进入水中以及微生物的生长繁殖, pH 值逐渐降低, 同时, 若是游离性余氯过高也会引起 pH 降低^[6]。本次调查研究显示, 在 2010~2013 年期间, 每年 7、8 月份因游泳人数较多 (约 1000 人 / 天), 使得消毒剂容易投放过量, 游离性余氯含量过高 (最高可达 4 mg/L), 而同时某些游泳池 pH 值呈现出变低的趋势, 甚至低于标准下限 (最低至 6.68)。由图 1 知, pH 值在不达标指标中排列第二, 因此, 需要游泳池管理方在保证池水卫生条件的同时采取有效手段保证水质中的 pH 值不超标, 如改用中性消毒剂或对水中 pH 值进行实时监控, 若超标则向循环水中投加适量的 pH 调整剂, 另外, 也须加强对各类游泳池工作人员的培训, 确保能够科学、合理地进行消毒剂投放, 以保证游泳池水中游离性余氯的含量符合国标要求。

2.3.2 尿素及其与游离性余氯的关系

游泳池的尿素通常来自于游泳者的汗液以及小便排泄。游泳人数越多、时间越长以及运动越激烈可能引起尿素含量增加。若有效降低尿素含量, 需对游泳池进行换水^[7]。据监测, 有 4 家健身游泳池中出现尿素偏高而游离性余氯偏低, 尿素偏低则游离性余氯偏高的显著现象, 这可能是因为尿素在碱性游泳池水中释放出的氨与氯消毒剂形成氯胺类物质, 降低了游离性余氯含量, 从而导致即使加大氯消毒剂投放量, 效果却没有明显提高^[8] 的情况。

2.3.3 浊度及其与游离性余氯的关系

一般情况下, 游离性余氯本身与浊度之间没有直接必然联系, 然而在本次调查中有 3 家社区健身游泳池和 1 家公园游泳池的数据显示二者存在某种关系。以其中公园游泳池为例 (数据见表 2), 2011~2013 年其池水浊度由 0.05 NTU 逐渐上升为 0.95 NTU , 而游离性余氯也由 0.02 mg/L 逐渐上升为 1.83 mg/L , 二者呈现正相关, 这可能是因为游泳池投药人员通过感官目测浊度较高则投消毒药剂较多, 导致游离性余氯量过高。

表2 2010~2013年某公园游泳池游离性余氯与浊度含量

检测项目	标准	2010/7/7	2010/8/3	2011/6/28	2011/7/6	2011/7/13	2011/7/20	2011/8/3	2011/8/17	2012/7/4	2012/7/16	2013/7/17
浊度(NTU)	≤1	0.05	0.05	0.08	0.1	0.1	0.02	0.1	0.02	0.02	0.62	0.95
游离性余氯(mg/L)	0.2~1.0	0.19	0.02	0.02	0.03	0.01	0.5	0.09	0.5	0.5	0.98	1.83

表3 2010~2013年某公司游泳游离性余氯与细菌总数和总大肠菌群含量

检测项目	标准	2010/7/14	2010/7/28	2011/8/11	2011/6/23	2011/6/27	2011/7/5	2011/7/12	2011/7/27	
细菌总数(CFU/mL)	≤1	1	1	360	1	1	2000	16	18	
总大肠杆菌群(MPN/L)	每100mL不得检出	3	3	3	3	3	230	3	3	
游离性余氯(mg/L)	0.2~1.0	0.01	0.02	0.07	0.52	0.03	0.02	0.81	0.32	
检测项目	标准	2011/8/10	2012/7/10	2012/7/16	2012/7/17	2012/8/1	2012/8/15	2013/7/3	2013/7/15	2013/8/15
细菌总数(CFU/mL)	≤1	1	1	7500	1	1	1	1	1	1
总大肠杆菌群(MPN/L)	0	3	3	120	3	3	3	3	3	3
游离性余氯(mg/L)	0.2~1.0	0.5	0.5	0	1.44	0.62	0.5	0.5	0.8	0.3

2.3.4 细菌总数、总大肠菌群及其与游离性余氯的关系

细菌总数与大肠菌群是游泳池水质主要的微生物指标，细菌总数反映了泳池水质清洁程度，其超标可能引起急性传染性结膜炎，病毒性肠炎，传染性皮肤病等疾病。据此次调查统计，两个指标通常在 7 月份超标严重（如表 3），这可能是因为 7 月为大部分游泳池的换水末期，水中有机底物较多，而投药量不足。超标现象在 8 月有明显好转，这与 8 月份换水促进水质好转并且游离性余氯过量相吻合。

细菌总数和总大肠菌群的标准最大值分别为 200CFU/mL 和每 100mL 不得检出，从 16 家游泳池 2010~2013 年的数据统计中发现，当细菌总数和总大肠菌群超标时，游离性余氯的含量通常较低。这说明游离性余氯含量过低起不到杀菌和消毒的作用，从而导致池水细菌总数、总大肠菌群等指标超标。因此，为控制游泳池水中微生物含量，需要适量投加足够的消毒剂，以减少疾病的传播。

3 结语

2010~2013 年重庆市沙坪坝区各游泳池的水质卫生情况呈现好转的趋势，合格率由高到低排序为总大肠菌群>细菌总数>尿素>浊度> pH >游离性余氯。其中游离性余氯的合格率虽然逐年增加，但仍旧很低，最高的合格率甚至不足 50%。第二不达标的指标为 pH 值，多为高于标准上限，合格率呈总体下降趋势。其余常规指标合格率较

高，且各年无明显变化趋势。随着游离性余氯的升高，各项指标呈现出 pH 值降低，浊度值升高，尿素值降低，而细菌总数及大肠菌群均降低的趋势。

为有力保障游泳池的水质卫生以及游泳者的身体健康，首先，应加强对游泳池管理者的消毒、管理知识培训，根据水质调整投加消毒剂的剂量，有针对性地解决游离性余氯严重不达标的情况；其次，游泳池管理者可以根据自身游泳池的水质情况确定合适的消毒剂，配备较为先进的用于监测指标、循环用水、改进水质的设备，确保实时水质的卫生；再次，应加大对社会游泳群体的知识普及，尽量做到游泳前淋浴、不带妆游泳、不在泳池中小便等；最后，要加强政府职能部门的监管力度，一旦发现水质不达标情况，及时通知并限令整改。相信在社会各方的共同努力下，游泳池的水质卫生以及游泳者的身体健康将得到有力的保障。

参考文献：

[1] 方道奎，周国宏，余淑苑. 游泳池氯化消毒副产物的健康风险[J]. 卫生研究，2018, 47(05): 871-874.

[2] 赖建辉，韦慧慰，孙金影等. 游泳池水中三卤甲烷类消毒副产物的空毛细管柱气相色谱测定法[J]. 职业与健康，2021,37(08):1040-1043.

[3] 洪烈城，林锐锋，李秀华等. 2020—2023 年深圳市宝安区游泳池水质卫生状况分析[J]. 职业卫生与病伤，

2024,39(01):55-60.

[4] 王亚, 湛丽妃, 赵勇等. 2020—2023 年重庆市江北区游泳池水卫生状况分析[J]. 职业卫生与病伤, 2024,39(06): 379-383.

[5] 林奕芝, 黄慈林, 刘霞等. 2012 年深圳市福田区泳池水卫生状况[J]. 职业与健康, 2013,29(14):1797-1798.

[6] 董丽琼, 韩瑞萍, 任艳等. 2020—2021 年云南省昆明市游泳池水质卫生状况分析[J]. 预防医学论坛, 2022,28(11):868-871.

[7] 欧建辉, 赵建军, 黄岸仲等. 2016—2018 年广东

某市游泳池水质监测结果分析[J]. 实用预防医学, 2020,27(10):1265-1267.

[8] 梁晓军, 王媛, 胡斌等. 三氯异氰尿酸消毒游泳池水中消毒副产物监测[J]. 中国消毒学杂志, 2022,39(08):577-580.

作者简介: 丁思铖 (2004.07-), 男, 汉族, 江苏淮安人, 本科, 研究方向: 公共卫生保护与新能源材料。

通讯作者: 曾晓岚 (1972.07-), 女, 汉族, 云南罗平人, 博士, 研究方向: 废水处理理论与技术。