

饮用水嗅和味的感官评价方法及应用研究进展

王春苗^{1,2}, 赵宇³, 杨凯^{1,2}, 郭庆园^{1,2}, 于建伟^{1,2}, 杨敏^{1,2}

(1. 中国科学院 饮用水科学与技术重点实验室, 北京 100085; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 国家体育总局反兴奋剂中心, 北京 100029)

摘要: 作为一种可被直接感受到的水质指标, 如何有效评价水中的嗅和味, 无论对于自来水厂的制水过程还是供水行业的管理都具有重要意义。重点基于不同的评价目标, 对目前饮用水嗅味评价过程中感官评价方法的选择、分类、适用条件和范围等进行了针对性的总结, 并提出了针对嗅味评价过程中保证结果准确性的质量控制方法和措施, 以期供水行业内饮用水嗅味评价方法的选择和应用提供一定的借鉴。

关键词: 饮用水嗅味; 感官评价方法; 三角测试法; 嗅阈值; 嗅味层次分析

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0018-06

Drinking Water Taste and Odor Sensory Evaluation: Methods and Applications

WANG Chun-miao^{1,2}, ZHAO Yu³, YANG Kai^{1,2}, GUO Qing-yuan^{1,2}, YU Jian-wei^{1,2},
YANG Min^{1,2}

(1. Key Laboratory of Drinking Water Science and Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. China Anti-Doping Agency, Beijing 100029, China)

Abstract: Taste and odor (T & O) is a typical aesthetic index, with which consumers can judge water quality directly. How to effectively evaluate taste and odor (T & O) in drinking water is especially important whether to the purified water production process of waterworks or to the management process of water supply industry. Based on the sensory evaluation objectives, this paper summarized the typical sensory evaluation methods including method selection, classification, application conditions and scope etc. Moreover, the sensory method evaluation quality control was also proposed. This paper could provide a reference in the selection and application of T & O evaluation methods in drinking water.

Key words: drinking water taste and odor; sensory evaluation methods; triangular test; odor threshold; flavor profile analysis

作为一种能够被用户直接感受到的水质指标, 近年来人们对于饮用水中“臭和味”指标的关注度越来越高, 而保证饮用水中无明显异味, 一直以来也

是供水企业和行业管理的主要目标之一。由于水中导致异味的物质复杂多变, 很难直接通过化学物质的检测分析及时发现嗅味问题, 因而嗅味的感官评

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2015ZX07406001); 国家自然科学基金资助项目(21377144); 中国科学院生态环境研究中心“一三五”项目(YSW2013A02)

通信作者: 于建伟 E-mail: jwyu@rcees.ac.cn

价在饮用水水质管理中仍具有重要意义。然而由于感官评价过程中会受个体差异、环境等多方面的影响,如何保证评价结果的有效性、合理性,以及如何根据评价的目标选择合理的感官方法,对于制水过程和行业管理均具有重要意义。

对于水中嗅味的评价来说,选择的感官方法要与嗅味评价的目标相适应。目前国内对于感官测试方法的研究报道相对较少,对于如何保证感官评价结果的可靠性以及质量控制更是缺乏参考。综合国内外在饮用水嗅味评价方面的研究进展,从感官评价方法的选择、分类、适用条件和范围等进行了针对性总结,主要包括嗅味评价人员的选择、不同样品的差异性评价、嗅阈值测试、嗅味特征的评价以及喜好测试等,以期对饮用水嗅味评价方法的选择和应用提供借鉴。

1 嗅味评价人员的筛选

嗅味的感官评价是以人作为分析主体的一种主观评价方法,由于个人嗅觉敏感性的差异,如何科学地选择合适的感官评价人员,是保证嗅味评价结果可靠性的基础。对嗅味评价人员进行筛选的目的通常是剔除潜在的存在嗅觉障碍及嗅觉不敏感的人员,以及剔除那些缺乏测试兴趣或被动参与测试的人。

目前,常用的方法或工具主要包括 CBS 气味试剂盒和 UPSIT 测试。其中, CBS 气味试剂盒 (Carolina Biological Supply Odor Test Kit, CBS) 包含 12 个可重复利用的气味小瓶,一份操作说明书及 30 份测试表格。使用时,测试人员需在 15 ~ 30 min 内对相应的气味进行闻测,并针对性地给出测试结果,主要用于考察一组人员对于熟悉气味的辨识能力及适应情况。UPSIT 测试 (The University of Pennsylvania Smell Identification Test) 也叫嗅味测试卡测试 (Scratch and Sniff Test), 主要使用 Sensonics International 公司开发的 Smell Identification Test 测试卡。它共包含四个小册子,将一系列气味封存于膜片中,每册含有 10 种异味。测试时,用铅笔刮开封装有气味的膜片释放气味,测试者闻测并从给出的嗅味类型中选择相应的气味种类。通过受测者最终的得分情况,对受试人员的嗅觉辨识能力进行筛查,并判断是否有嗅觉缺陷。国外利用该方法进行过大量测试,结果表明多数人员对于此类测试的正确率在 85% 以上;国内于建伟等利用该测试簿 (Traditional

Chinese Version) 进行了测试 (测试人数超过 300 人),结果表明总体的正确率 > 75%,同时年龄、性别对正确率有一定的影响。由于该测试簿是国外的一种产品,国内人员对一些气味并不熟悉,这可能是国内外测试结果存在差异性的原因^[1~3]。于建伟等通过大量的培训测试结果表明,正确率在 70% 以上的人员进行相应的培训,可进行饮用水中嗅味的评价。

2 样品的嗅味差异性辨别测试

样品的嗅味差异性测试主要用来判断不同的样品间是否存在可察觉的差异,如嗅味的种类、强度等级等。这类方法的测试人数通常建议在 30 ~ 100 人,才能得到具有统计学意义的结果。可用于水源及饮用水中嗅味的例行监测以及突发性嗅味问题的鉴定和跟踪,如不同区域内水源水或饮用水中嗅味特征的差异性比较,出厂水或管网水异味问题的判定等,均可利用相应的评价方法加以实现。

2.1 三角测试法 (Triangle Test, Δ Test)

三角测试法是一种进行强制性选择测试的方法,可用于比较样品间是否存在差异,对测试者识别某一气味的能力进行筛查,另外还可用于嗅味物质嗅阈值的测定。测试步骤:准备两个相同的样品 (如无味的样品或同样气味的样品) 以及一个不同的样品,然后将样品随机摆放,测试者从中挑选出存在明显差异的样品,并记录测试结果。三角测试通常无需进行大量的培训,操作简单,但因为仅仅三个样品,测试结果容易通过猜测得到。

2.2 五选二嗅味测试 (2-of-5 Odor Test)

五选二嗅味测试是另外一种对样品的差异性进行检验的方法,可通过 1 ~ 5 名测试人员完成,测试过程如下:共设置五个样品,其中两个样品的嗅味特征相同,另外三个样品的嗅味特征相同,测试时,将五个样品瓶在 45 °C 下水浴加热并随机摆放,测试人员闻测样品后依据嗅味特征将其分两组,一组两个样品,另一组三个样品,同时测试人员需分别给出两组样品的嗅味类型描述。

与三角测试方法相比,五选二测试方法需要的测试人员较少,且从统计学上来说相对完善,测试人员只有 10% 的概率能通过猜测得到正确的分类,如果分类正确,表明两组样品间的嗅味特征存在明显的差异性。另外,对于嗅味问题发生期间的样品评价,利用该方法可比较出样品组和对照组间存在的

微小差异,从而判定期间饮用水嗅味问题的变化或改善过程^[4],同时该方法也可用于测试人员嗅味辨别能力的质量控制。这种方法的主要缺点是由于需要闻测的样品数量较多,容易产生嗅觉疲劳,从而带来误差,实际应用过程中可以限定每次闻测一种水样,并且时间间隔在30 min以上。

3 嗅味阈值的测试

确定嗅味物质的阈值浓度,对于饮用水生产及管理过程中的嗅味控制具有重要意义,同时也是制定相应嗅味物质水质标准值的重要参考^[5]。人的嗅觉受到多种因素的影响,如遗传变异、年龄、性别、气味的环境背景值及记忆效应等^[6-10],不同个体的嗅阈值存在显著的差异性。另外,不同的嗅阈值测定方法及数据处理方法,也会影响得到的阈值浓度。因而选择合适的测试方法、恰当的数据处理方法并保证足够的重复实验是得到可靠嗅阈值的基础。

3.1 ASTM E679-04

ASTM E679 是以强制性选择三角测试(Forced-Choice Triangle Test)为基础进行嗅味阈值测定的标准方法,测试人员一般不少于7~8人^[11]。设置一系列由低浓度到高浓度的样品,一般稀释倍数取2~3倍。设置的最低浓度应低于测试小组中最敏感的人员可以感知到的嗅味强度,最高浓度应使所有的小组成员均能给出正确的判断,期望的阈值浓度位于所设置的浓度梯度的中间为宜。每个浓度梯度上另设置两个无嗅味空白样品,从低浓度向高浓度依次进行三角测试。当测试员完成了所有样品的闻测或闻测员连续闻测均获得正确的答案时测试结束。个人的最佳估计值(Best-Estimate Threshold)是个人连续得到正确结果时,答对与答错浓度的几何平均值。若全答对,则以最低浓度及其一半浓度的几何平均作为估算值。小组阈值为各个小组成员最佳估计值的几何平均。

ASTM方法用于评价小组的嗅味阈值经济有效^[12],但是这种方法没有考虑由于猜测得到正确的结果所产生的阈值降低的偏差^[13,14]。

3.2 嗅阈值法(Threshold Odor Number, TON)

嗅阈值法是利用逐级稀释来评价水样嗅味的方法,判断嗅味样品在一定稀释倍数下的相对强度和持久性,在水工业中应用十分广泛。测试人数一般大于5~10人为宜^[15]。测试前,用无臭水进行稀释得到一系列稀释倍数下的水样,水样总体积(无嗅

水体积+水样体积)为200 mL。然后将水样加热到40℃或60℃后进行闻测。TON值为总体积与致嗅水样体积之比,一些国家将TON列入水质标准中,如 $\text{TON} \leq 300\%$ 基本满足美国及欧洲二级水质指标。

这种方法适用于从几乎无臭的天然水到嗅阈值上千的工业废水的嗅味评价^[16],使用范围广,且操作简单易行。但是也存在许多方面的问题,如仅能代表某一稀释梯度下整体的嗅味强度及持久性,对于单一嗅味难以表征,且水样反复稀释缺乏重现性,误差较大等。

4 嗅味特征测试

嗅味特征测试是用于给出所测试样品的嗅味种类以及嗅味强度等特性的测试。饮用水嗅味轮图中将嗅觉异味的描述分成8种主要类型,包括土霉味、氯味、草木味、沼气味、芳香味、鱼腥味、药味及化学品味^[17],目前这种分类方法在相应的研究及行业内得到认可。然而由于主要依靠人的嗅觉进行,饮用水中嗅味特征的感官测试相对复杂,需要从测试方法、测试过程以及测试人员等多个方面进行质量控制,否则很难得到可靠的结果,通常需要对测试人员定期进行相应的方法培训。这类测试方法通常需要4~15名测试员完成。

4.1 属性评级测试(ART)

属性评级测试(ART)是用来评价已知嗅味化学物质嗅味强弱的一种方法,通常可应用于水中已确定导致嗅味问题物质的常规监测和预警(如土霉味),嗅味事件中嗅味强度的初步评定,嗅味去除效率的评价及水源嗅味问题的追踪等。利用该方法进行测试时,配制一定浓度的嗅味物质标准样品(该浓度应是大多数用户可以察觉且可能会引起用户投诉的浓度,如Geosmin和MIB通常选定为15 ng/L),然后在45℃条件下进行闻测,通过“成对比较”的方法将水样与标准样品进行比对,按照弱于、等于或是强于标准样品的嗅味对待测样品的嗅味强度进行记录。

ART是一种简单且高效的方法,只要确定水中的嗅味类型,并获得相应嗅味物质的标准品,就可以在确定嗅味物质目标控制浓度的基础上,利用该方法对水中的嗅味问题进行监测。

4.2 分级评价方法(RMD)

基于对照样品比对的管网水嗅味分级评价方法

(Rating Method for Evaluating Distribution System Odors in Comparison to a Control, RMD), 主要通过比较自来水厂出厂水和管网水的嗅味特征差别, 来快速确定嗅味的产生是否来自于配水系统, 通常至少需要3名测试员完成。测试时以能够代表水厂处理出水的样品作为对照样品(或选择无臭水), 将需要评价的管网水与对照样品进行比对。测试结果的描述可用“弱于”、“稍弱于”、“相同”、“稍强于”及“强于”对照样品的嗅味等词汇来表述。如果测试的气味基本相同, 就说明用户末端水在管网输配过程中没有发生明显变化。

这种方法的优点在于容易操作且无需培训, 可以判断出管网水和出厂水总体嗅味的微弱差异, 进而判定嗅味的可能来源, 以便及时采取应对措施。主要缺点是当对照样品(如出厂水)与配水管网末端出水的嗅味差异性很小时, 有可能给出错误的判断, 必要时可采取五选二的方法以提高判断结果的准确性。

4.3 嗅味层次分析(FPA)

嗅味层次分析是评价水样嗅味种类及强度的有效方法, 可以达到半定量的程度, 在国内外饮用水嗅味评价方面已有较多的研究和应用^[18]。在进行FPA评价前, 需要对测试人员进行筛选并组成测试小组, 通常包括4~7名测试人员, 并对筛选出的人员进行培训, 以使感官(嗅觉、味觉)“规范化”, 评价小组中选定经验丰富的人员作为组长。因为FPA评测小组可以给出水样中不止一种嗅觉或味觉异味的组分, 因此产生了水样嗅味特征的“层次评价”。测试时, 每个测试人员对同一个样品提供一个或多个描述, 具体描述的类型可参照嗅味轮图, 并且给出嗅味的强度值, 强度等级通常用1(阈值)、2及4(弱)、6及8(中等)、10及12(强)。在评估完样品后, 在组长的组织下, 小组成员对测试结果进行讨论, 如果有超过一半的人同意一个描述, 则将其作为该样品的嗅味评价结果, 并计算平均强度作为该样品的强度等级, 若没有达到对于嗅味类型描述的统一则不计或在结果中备注。

与其他的感官方法不同, FPA评价结果可利用加标实验以及绘制浓度-FPA响应曲线的方式进行质量控制。进行加标实验时, 可选择1~2种常见的参考嗅味物质, 用无臭水配制一定浓度, 按照实际样品测定步骤进行分析, 记录样品的嗅味类型及强度,

并进行重复性测试, 实际测定的强度值与理论计算的强度值应不超过2个FPA强度单位; 嗅味物质的浓度对数值与FPA嗅味强度呈线性关系, 可绘制嗅味物质浓度-嗅味强度响应曲线, 曲线的相关系数应大于0.80, 且强度标准偏差在1~2个FPA单位以内。

FPA方法的最大优势是可以针对水中的不同嗅味特征与强度分别进行表征, 且可以进行半定量, 培训人员定期进行培训后, 对于水中嗅味的测试相对快速。存在的问题包括: ①测试人员需要定期进行培训; ②对评价结果的表征并不是基于统计的方法, 很大程度上与评价小组的主要负责人的经验有关; ③在进行大量水样测定时, 容易导致疲劳, 难以区分嗅味的差别, 尤其对于水中含有多种嗅味时, 评价结果的可靠性往往有待商榷。

将FPA方法结果的表征引入统计学方法, 就演变成了属性层次分析法(Profile Attribute Analysis, PAA)。PAA方法引入了数值标度(numerical scale)的概念, 主要用闻测结果的均值代替FPA小组讨论得到的一致数值。利用统计学的方法如Anova、因子分析、主成分分析等可以减少偏差, 得到更为精确的结果^[19], 尤其适用于水质变化较大的水样以及短时间、多个水样的同步测定。

4.4 定量描述分析(QDA)

定量描述分析(QDA)是利用统计的方法对嗅味数据进行处理, 是一种将定性和定量相结合的描述分析检验方法^[20]。这种方法与FPA方法类似, 首先也需要对闻测人员进行培训, 建立嗅味的描述词, 并给出每个词汇的定义, 这些描述词汇是日常使用的非专业词汇, 以防止限定词汇范围带来的结果偏差。QDA方法主要用于对选定的嗅味物质进行嗅味特征评价, 评测人员独立完成嗅味测试, 然后将每个人的测试结果收集起来单独进行数据处理。闻测小组的组长不像FPA方法一样占据主导地位, 而采用线性标度的模式度量单一气味强度, 数据分析通常采用方差分析, 并用蛛网图的形态变化描述样品的嗅味变化。

与FPA相比, QDA是针对某些嗅味特征, 将单一样品的闻测结果进行统计学分析, 仅需短时间的培训。QDA法是一种综合性的感官分析方法, 既有剖析与描述的功能, 又有区分与排序的功能, 还能用于偏好性检验; 缺点是利用QDA方法得到的数据结

果是相对的,很难比较小组成员间、不同时间等的测试结果差异^[8]。

5 消费者喜好测试

该方法主要通过测试者提供的喜好得分来评估消费者对饮用水感官特征的态度,如是否喜欢、可接受性等,这种评价对于供水行业进一步提升饮用水的质量具有重要的参考价值。喜好测试得到的反馈比嗅味强度的度量更加具有可变性,因为喜好是受很多因素影响的一种情绪反馈^[21]。当以用户为测试对象时,通常选择具有代表性的测试人群,一般为50~200人,能得到较为可靠的结果。

喜好测试可利用嗅味等级描述法(Flavor Rating Assessment, FRA)进行,该方法采用9分制的方式进行饮用水的可接受性程度测试(Acceptance Tests)。测试时,在室温下随机摆放样品,每个受测者对水样的嗅味可接受等级进行打分,最终水样的得分为所有受测者分数的平均值。评分范围为1~9分,具体如表1所示。当小组得出的等级分 ≥ 5 分时,水中的嗅味就可能引起消费者强烈的不满。

表1 风味等级评价

Tab. 1 Flavor rating assessment

等级	接受程度描述
1	我非常高兴以这种水作为每天的饮用水
2	我高兴以这种水作为每天的饮用水
3	我确定可以接受这种水作为每天的饮用水
4	我能够接受这种水作为每天的饮用水
5	也许我可以接受这种水作为每天的饮用水
6	我认为我不能接受这种水作为每天的饮用水
7	我不能接受这种水作为每天的饮用水
8	我永远不会接受这种水作为每天的饮用水
9	不能忍受将这种水放进嘴里,并且我永远不会喝它

这种测试能够较为迅速、直接地得到测试结果,能够了解用户对于饮用水的基本需求,为水厂或行业管理提供参考。主要问题在于当调查的对象为普通的消费者时,由于没有经过专业的培训,难以给出比较具体的嗅味特征描述,通常需要足够的调查样本量。

6 感官测试方法应用总结

依据不同的感官测试目标,表2对适用的感官测试方法进行了针对性的总结。应用中可依据实际条件,如时间、资源以及测试人员的水平等,选择相应的测试方法。其中,五选二测试作为差异性实验,因其操作简单、结果精度高等特点,很适合对水质进

行例行的监测和预警;FPA及其改进方法,如PAA、QDA等,对于结果的描述较为全面,数据处理相对客观,适用于水源水、工艺段水以及饮用水等的全面评价。

表2 感官测试目标与相应方法

Tab. 2 Sensory test methods for different sensory test objectives

感官测试目标	可应用的感官测试方法
涉水材料的评价	FPA
水管及水处理设施的修复验收	FPA, FRA, 2-of-5, RMD
筛查饮用水源水中存在的问题	FPA, TON, ART
饮用水嗅味问题的筛查	FPA, FRA, 2-of-5, RMD, ART
用户投诉水样的嗅味评估	FPA, FRA, 2-of-5, RMD
嗅味阈值测定	FPA, ASTM, TON, Δ Test
分析测试结果相关性	FPA, FRA, 2-of-5, RMD
创建水体感官特性基线	FPA
嗅味事件的响应	FPA, FRA, 2-of-5, RMD, ART
评价处理方法的有效性	FPA, FRA, 2-of-5, ART
饮用水例行的质量控制	FPA, FRA, 2-of-5, RMD, Δ Test
评价分析人员的嗅觉敏感性	Δ Test, S&S, CBS

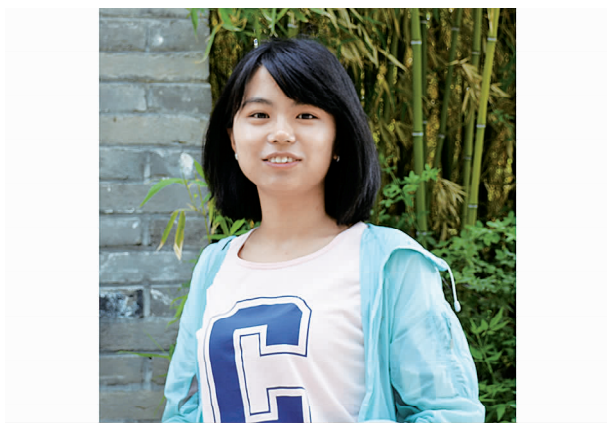
7 结语

总体来说,近年来对饮用水水质安全的关注度增加,通过嗅味评价对饮用水水质进行监测,可预警水质问题。对于饮用水中嗅味的感官测试方法,应朝着操作简单、高效、同时结果准确的方向发展。

参考文献:

- [1] Fornazieri M A, Doty R L, Santos C A, et al. A new cultural adaptation of the university of pennsylvania smell identification test[J]. Clinics, 2013, 68(1): 65-68.
- [2] Jiang R S, Su M C, Liang K L, et al. A pilot study of a traditional Chinese version of the University of Pennsylvania Smell Identification Test for application in Taiwan[J]. Am J Rhinol Allergy, 2010, 24(1): 45-50.
- [3] Ogiwara H, Kobayashi M, Nishida K, et al. Applicability of the cross-culturally modified University of Pennsylvania Smell Identification Test in a Japanese population[J]. Am J Rhinol Allergy, 2011, 25(6): 404-410.
- [4] Booth S D, Bruchet A, Dietrich A M. Diagnosing Taste and Odor Problems: Source Water and Treatment Field Guide[M]. United States: American Water Works Association, 2011.
- [5] Yu J, An W, Yang M, et al. Quick response to 2-MIB

- episodes based on native population odor sensitivity evaluation[J]. *Clean-Soil Air Water*, 2014, 42(9): 1179 – 1184.
- [6] Logan D W. Do you smell what I smell? Genetic variation in olfactory perception[J]. *Biochem Soc Trans*, 2014, 42(8): 861 – 865.
- [7] Mainland J D, Keller A, Li Y R, *et al.* The missense of smell: Functional variability in the human odorant receptor repertoire[J]. *Nat Neurosci*, 2014, 17(1): 114 – 120.
- [8] Mirlohi S, Dietrich A M, Duncan S E. Age-associated variation in sensory perception of iron in drinking water and the potential for overexposure in the human population[J]. *Environ Sci Technol*, 2011, 45(15): 6575 – 6583.
- [9] Rawson N E, Gomez G, Cowart B J, *et al.* Age-associated loss of selectivity in human olfactory sensory neurons[J]. *Neurobiol Aging*, 2012, 33(9): 1913 – 1919.
- [10] Gallagher D L, Phetxumphou K, Smiley E, *et al.* Tale of two isomers: Complexities of human odor perception for cis- and trans-4-methylcyclohexane methanol from the chemical spill in west virginia[J]. *Environ Sci Technol*, 2015, 49(3): 1319 – 1327.
- [11] ASTM E679 – 04, Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-choice Ascending Concentration Series Method of Limits[S]. United States: ASTM International, 2011.
- [12] Jaeger S R, Silva H N, Lawless H T. Detection thresholds of 10 odor-active compounds naturally occurring in food using a replicated forced-choice ascending method of limits[J]. *J Sensory Studies*, 2014, 29(1): 43 – 55.
- [13] Lawless H T. A simple alternative analysis for threshold data determined by ascending forced-choice methods of limits[J]. *J Sensory Studies*, 2010, 25(3): 332 – 346.
- [14] Peng M, Jaeger S R, Hautus M J. Determining odour detection thresholds: Incorporating a method-independent definition into the implementation of ASTM E679[J]. *Food Qual Prefer*, 2012, 25(2): 95 – 104.
- [15] 曾小磊, 蔡云龙, 陈国光, 等. 臭味感官分析法在饮用水测定中的应用[J]. *给水排水*, 2011, 37(3): 14 – 18.
- [16] 李勇, 张晓健, 陈超. 水中嗅味评价与致嗅物质检测技术研究进展[J]. *中国给水排水*, 2008, 24(16): 1 – 6.
- [17] 于建伟. 饮用水中嗅味物质的识别和活性炭吸附研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2007.
- [18] 于建伟, 郭召海, 杨敏, 等. 嗅味层次分析法对饮用水中嗅味的识别[J]. *中国给水排水*, 2007, 24(8): 79 – 83.
- [19] Gacula J R M C. *Descriptive Sensory Analysis in Practice*[M]. United States of America: Food and Nutrition Press INC, 2008.
- [20] Stone H, Bleibaum R. *Sensory Evaluation Practices (4th ed)*[M]. United States of America: Academic Press, 2012.
- [21] Lawless H T. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices (2nd ed)*[M]. Germany: Springer Science and Business Media, 2010.



作者简介:王春苗(1990 –), 女, 黑龙江哈尔滨人, 硕士研究生, 研究方向为饮用水嗅味控制。

E – mail: chunmiao_w@126. com

收稿日期: 2017 – 06 – 14