

食源性疾病

2021年江苏省张家港市一起因防锈液混入自来水导致亚硝酸盐中毒事件的流行病学调查

于颖慧¹,施惠军¹,陈祝军¹,王波²,张利明²

(1. 张家港市疾病预防控制中心,江苏 张家港 215600;2. 苏州市疾病预防控制中心,江苏 苏州 215004)

摘要:目的 对一起因企业自来水受污染导致食源性亚硝酸盐中毒事件的原因进行调查和分析,探讨预防控制措施,防范类似事件的再次发生。方法 通过现场流行病学调查、卫生学调查及实验室检测等方法追溯中毒原因,分析可能的污染环节。结果 共搜索到病例9名,临床症状以口唇紫绀(100.00%)、乏力(66.67%)、恶心(55.56%)为主。流行病学曲线显示为点源暴露模式,首末病例发病时间间隔50 min,平均潜伏期20 min。患者呕吐物、剩余食物和自来水中均检出不同浓度的亚硝酸盐。患者呕吐物亚硝酸盐浓度与舒张压值存在负相关关系($r_s=0.798, P<0.05$)。所有患者经特异性治疗后,症状得到明显缓解。结论 本次事件是酸洗池内含高浓度亚硝酸盐的防锈液在虹吸作用下返流入自来水管道后,通过食用被污染自来水加工后的食物导致的亚硝酸盐中毒,因此企业生产用水应与生活用水分路设置,关键位置安装止回阀,避免类似中毒事件的发生。

关键词:亚硝酸盐;食物中毒;流行病学调查;防锈液;虹吸作用;江苏省;张家港市

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)01-0079-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.01.013

An epidemiological investigation of nitrite poisoning caused by tap water contaminated by anticorrosive solution in 2021 at Jiangsu Province, Zhangjiagang City

YU Yinghui¹, SHI Huijun¹, CHEN Zhujun¹, WANG Bo², ZHANG Liming²(1. Zhangjiagang Center for Disease Control and Prevention, Jiangsu Zhangjiagang 215600, China;
2. Suzhou Center for Disease Control and Prevention, Jiangsu Suzhou 215004, China)

Abstract: Objective To prevent the recurrence of nitrite poisoning caused by siphonage through a waterpipe siphon, its causes were investigated and analyzed, and prevention and control measures are discussed. **Methods** A field epidemiological investigation, hygiene investigation, and laboratory testing were used to identify causes and possible sources of contamination in this poisoning event. **Results** A total of nine cases were found with cyanosis (100.00%), fatigue (66.67%), and nausea (55.56%). The epidemiological curve showed one point source exposure pattern, with an interval of 50 min between the first and last cases and an average incubation period of 20 min. Different concentrations of nitrite were detected in vomit, residual food, and tap water. A negative correlation was observed between nitrite concentration in vomits and diastolic blood pressures ($r_s=0.798, P<0.05$). Patient symptoms were significantly relieved after receiving specific treatment for nitrite poisoning. **Conclusion** This incident was caused by an anticorrosive solution containing nitrite in pickling tanks flowing back into the tap water pipeline through siphonage, which led to tap water contamination and poisoning. The sense of responsibility and standardized management of enterprises are suggested to be strengthened. The water pipe network for production should be separated from that of domestic water and non-return valves should be installed at key locations to avoid similar poisoning events.

Key words: Nitrite; food poisoning; epidemiological investigation; anticorrosive solution; siphonage; Jiangsu Province; Zhangjiagang City

收稿日期:2022-10-11

基金项目:苏州市科技计划项目(SS202043,SS202144)

作者简介:于颖慧 女 主任医师 研究方向为食源性疾病监测与
暴发事件调查 E-mail:ehcoy@126.com

通信作者:王波 男 主任医师 研究方向为食品安全风险监测
E-mail:153652012@qq.com

亚硝酸盐指含有亚硝酸根阴离子(NO_2^-)的盐,最常见的亚硝酸钠是一种微咸的白色或黄色沙粒样粉末,外观类似于白砂糖,味道与食盐十分相似,自20世纪初期,被作为食品的护色剂或防腐剂,以及肉类、鱼类或奶酪的抗菌剂等普遍应用于食品工业^[1-3],由于其容易吸附在电解液与金属之间形成阻

隔膜而抑制金属腐蚀过程,故作为防锈剂在工业和建筑业中被广泛应用^[4]。亚硝酸盐食物中毒是指因食用被亚硝酸盐污染的食物引起的急性或亚急性疾病^[5],临床表现主要为紫绀、缺氧、意识改变、心律失常甚至死亡^[5]。近20年来,中国大陆因化学性污染导致的食源性疾病暴发事件中,亚硝酸盐中毒占据总起数的39.13%~54.40%,主要原因是误食误用,其导致的死亡人数占2.22%~7.20%^[6-10]。2021年6月29日,张家港市疾病预防控制中心接报,A医院收治了9名患者,症状为头晕、恶心、口唇紫绀等,均为T工具加工厂的员工,发病前均在公司食堂进食了午餐,经现场流行病学调查和实验室检验,最终确定是一起因虹吸作用导致自来水被防锈液污染而引起的急性食源性亚硝酸盐中毒事件。国内尚未见相同原因事件的报道,本研究分析了事件的调查结果和溯源过程,为预防类似事件的发生提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 病例定义

2021年6月29日,在张家港市T工具加工厂食堂进食午餐后出现口唇紫绀、恶心、头晕、胸闷、乏力、心悸等两项及以上症状且伴血氧饱和度降低或血压下降者,其中呕吐物或血液标本检出亚硝酸盐者为实验室确诊病例。

1.1.2 病例搜索

查阅T工具加工厂近3天人员出勤记录和其周围医疗机构门诊和住院病例登记,通过所在村委询问周边企业和居民中是否有类似情况发生。

1.2 方法

1.2.1 流行病学调查

对2021年6月27~29日在T工具加工厂食堂进餐的人员逐一进行面访或电话调查,收集个人基本信息、工种、主要症状和72h内饮食史、饮水情况等,比较病例组和对照组(同餐未发病者)间的暴露差异,同时收集就诊患者的病历信息和临床检验结果。

1.2.2 现场卫生学调查

通过现场查看、访谈等方法,了解T工具加工厂食品加工场所布局、卫生条件和设施以及管理状况;了解从业人员健康状况;了解相关食物的原料采购、加工制作流程、储存等各个环节的危险因素等。

1.2.3 实验室检测

采用GB 5009.33—2016《食品安全国家标准食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》中的第二法即分光光度法对采集到的患者呕吐物、可疑剩余食品及

其原料、加工用调料进行检测;采用GB/T 5750.5—2006《生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标》中的重氮偶合分光光度法对采集到的水和防锈液进行检测。

1.3 统计学分析

采用EpiData 3.1建立调查数据库,Excel 2007整理数据并进行描述性流行病学分析。

2 结果

2.1 基本情况

张家港T工具加工厂主要业务为对各类五金件进行再加工,共有员工11名(男性6名、女性5名),该厂将厂房东侧一不足20m²的隔间改造成厨房和用餐场所,平日仅提供午餐,由老板的妻子负责食物采购和制作,6月29日厂里有2名员工请假,9名工人和老板一家共12人进食了该厂厨房制作的午餐(炒豆芽、炒花菜、青椒炒肉片、金针菇蛋汤)。最终搜索到的9名病例均为该加工厂员工,患病率为75.0%(9/12);老板一家3人同餐未发病。

2.2 临床表现

9名病例临床症状以口唇紫绀(100.00%)、乏力(66.67%)、恶心(55.56%)为主,少数伴有头晕(44.44%)、胸闷(22.22%)、心悸(22.22%)等症状,见表1。临床检验结果显示,8人的血氧饱和度在80%~90%之间,低于正常值95%~99%;8人舒张压低于60mmHg;4人心率超过100次/分。接诊医院根据患者临床表现,诊断为“低氧血症、亚硝酸盐中毒”,给予催吐、吸氧、亚甲蓝等针对亚硝酸盐的特异性治疗后,所有患者症状均快速缓解,生命体征趋于平稳。

表1 2021年江苏省张家港市T工具加工厂9名病例的临床表现与检验结果

Table 1 Clinical manifestations and test results of 9 cases in T factory in 2021 at Jiangsu Province, Zhangjiagang City

指标	病例数	比例/%
口唇紫绀	9	100.00
乏力	6	66.67
恶心	5	55.56
头晕	4	44.44
胸闷	2	22.22
心悸	2	22.22
呕吐	1	11.11
血氧饱和度降低	8	88.89
心率过快	4	44.44
低血压	8	88.89

2.3 流行病学特点

2.3.1 时间分布

首发2名病例于6月29日11:10发病,2名未发病例于12:00发病,流行病学曲线显示为点源暴

露模式,首末病例发病时间间隔 50 min,最短潜伏期 10 min,最长 60 min,平均潜伏期 20 min,见图 1。

2.3.2 人群和空间分布

9名病例中女性4名、男性5名,年龄在26~53岁

之间,其中21~30岁1人、31~40岁2人、41~50岁4人、50岁以上者2人。8人分散居住在A镇,1人住在B镇;9名病例的工种分别为抛光、除锈、打磨、打孔等不同环节。

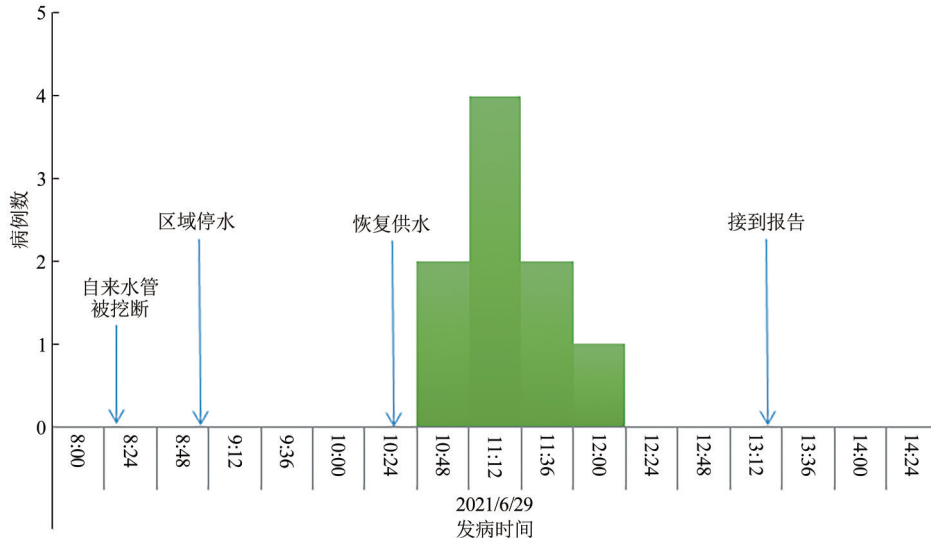


图1 2021年江苏省张家港市9名病例发病时间分布(间隔24 min)

Figure 1 Number of illness cases (time interval 24 min) in 2021 at Jiangsu Province, Zhangjiagang City

2.4 现场卫生学调查

2.4.1 供水情况

据市自来水公司反映,6月29日8:30 T工具加工厂附近居民因拆迁不慎挖断了自来水供水管道,9:00自来水公司将附近区域供水关停,停水范围为T工具加工厂所在厂区和附近约100户居民家庭,经抢修后于当天10:30左右恢复供水。该公司操作间酸洗池内存有大量含极高浓度亚硝酸盐的防锈液,现场调查中发现该水池上方的水龙头上套有一塑料皮管,皮管末端浸于防锈液中,其目的是当更换或添加防锈液时,打开皮管上方水龙头稀释倒入池内的防锈液原液。该水龙头从通往厨房自来水管中间通过三通接出,查看该厂自来水管路的流向时发现,进水总阀在车间内,水流方向是从车间流向厨房(图2)。公安人员查看了6月29日的监控录像,排除了人为投毒的可能性,供水公司工作人员现场查看管路供水情况后,确认停水可造成管路形成局部真空,在酸洗池上方水龙头未关闭的情况下,在恢复供水时,池内防锈液可在负压虹吸作用下通过皮管返流入企业内的自来水管道路。

2.4.2 食品加工情况

当天8:00左右采购午餐用食材并清洗备用,至10:00时发现停水,10:30左右恢复供水时,放出的水质异常浑浊伴异味,在放水近十分钟后,见放出的自来水水质有改善,略有浑浊,即开始制作午餐,在炒制3个热菜时自来水的用量较少,而金针菇蛋

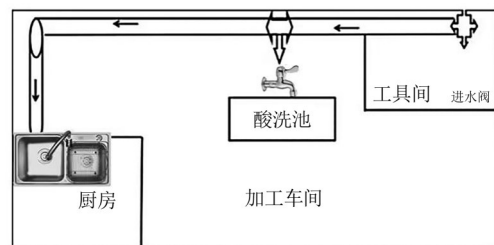


图2 T工具加工厂自来水管道与流向示意图

Figure 2 Schematic diagram of water pipe and flow direction of T factory

汤用水量较大。

2.5 实验室检测

9名病例催吐出的胃内容物和当天中午的剩菜和原料均检出亚硝酸盐,因垃圾桶内有少量废水和扔弃的金针菇蛋汤,所以浸泡其中的金针菇根部(生)含量达到了1360.49 mg/kg。酸洗池内的防锈液含极高浓度的亚硝酸盐;厨房间于29日15:30采集的自来水中亚硝酸盐含量远超GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中包装饮用水(0.1 mg/L)的限量标准值(表2)。

2.6 危险因素分析

9名病例全部进食了6月29日的午餐,除2人未进食炒豆芽外,其余食物进食率均为100.0%,3名未发病者均未进食金针菇蛋汤。误食亚硝酸盐引起的中毒潜伏期一般为10~20 min^[11],9名病例当天无其他共同饮食史(平日饮用工厂提供的桶装纯净水),可判定中毒餐次为6月29日午餐。检测结果

表2 2021年江苏省张家港市菜品总量及相关样品中亚硝酸盐的含量

样品	检测结果[以NaNO ₂ ⁻ 计(mg/kg)]	菜品总量/g	用水量/g
炒豆芽	218.78	1 000	200
炒花菜	158.02	600	100
青椒炒肉片	24.69	900	75
金针菇根(生)	1 360.49	—	—
金针菇蛋汤	893.33*	5 100	5 000
厨房自来水(15:30采集)	4.74 [以NO ₂ ⁻ 计(mg/L)]	—	—
酸洗池内防锈液	53 066.67 [以NO ₂ ⁻ 计(mg/L)]	—	—

注:*为以菜品中亚硝酸盐含量和用水量估算所得

提示,用水量越多的菜品亚硝酸盐含量越高,以所制菜品的亚硝酸盐含量和实际用水量(菜品亚硝酸盐含量总计335.81 mg,实际用水总计375 mL)估计推算,上午水中亚硝酸钠含量为893.33 mg/L,即为金针菇蛋汤(用水量约5 000 g)的亚硝酸钠含量,则汤中亚硝酸钠共约4 466.67 mg,9名病例每人平均摄入约496.30 mg亚硝酸钠。由于其他菜品含亚硝酸盐远低于金针菇蛋汤,以平均每人摄入每个菜品50 g计,仅吃菜未喝汤的对照组3人摄入亚硝酸盐量约20 mg,此3人未出现不适症状。此外,经走访了解到该厂周边企业和居民当天恢复供水时因水质浑浊未使用,无相关病例出现。经Spearman相关分析,患者呕吐物亚硝酸盐浓度与舒张压值存在负相关关系($r_s=0.798, P<0.05$),说明亚硝酸盐摄入越多,舒张压越低(表3)。

表3 2021年江苏省张家港市9名病例呕吐物亚硝酸盐浓度与舒张压值

Table 3 Nitrite concentration of the vomits and diastolic pressures of 9 cases in 2021 at Jiangsu Province, Zhangjiagang City

样品	浓度[以NaNO ₂ ⁻ 计(mg/kg)]	患者舒张压值/mmHg
呕吐物1	51.37	58
呕吐物2	243.02	51
呕吐物3	27.99	63
呕吐物4	20.48	63
呕吐物5	397.53	52
呕吐物6	158.00	45
呕吐物7	9.80	60
呕吐物8	23.48	58
呕吐物9	49.93	53

3 讨论

根据病例特异性临床症状和体征、点源暴发流行曲线和实验室检测结果综合分析,依据《食品安全事故流行病学调查技术指南》(2012版)、WS/T 86—1996《食源性急性亚硝酸盐中毒诊断标准及处理原则》,判定本起事件是一起亚硝酸盐中毒性事件,原因为食用了被防锈液污染的自来水制作的食物,中毒病例9人。

亚硝酸盐中毒,又称紫绀症、肠源性青紫病等,是一种以高铁血红蛋白症为主的全身性疾病,主要

症状为口唇、指(趾)甲及全身皮肤出现发绀等组织缺氧的表现,病人自觉症状有头晕、头痛、乏力、胸闷、心率快、呼吸急促、嗜睡或烦躁不安,并有恶心、呕吐、腹痛、腹泻^[11]。同时,亚硝酸盐也是一种有效的血管扩张剂,可因血压下降而引起冠状动脉缺血、卒中和心动过速等^[12]。人体在摄入0.2~0.5 g亚硝酸盐0.5~3 h后出现急性中毒表现^[2],致死剂量为1.0~3.0 g^[13]。国外有报道,亚硝酸盐在成人中的致死量约为2.6 g,但也有摄入量超过6 g后存活的案例^[12],我国新疆地区一起食源性亚硝酸盐致死事件的摄入量约为2.4~2.7 g^[14]。本起事件中绝大多数病例均出现了紫绀、血压下降及血氧饱和度降低等亚硝酸中毒的典型症状,亚硝酸盐的平均摄入量均达到了中毒剂量,呕吐物浓度与舒张压值存在负相关关系,提示亚硝酸盐引起的症状严重程度受摄入量影响。

本次调查中T工具加工厂负责人未能提供配制防锈液所用产品的名称、品牌和具体配方,对于除亚硝酸盐外的其他污染物情况尚不掌握;由于检测能力有限,接诊的医疗机构未能对患者血液中的高铁血红蛋白进行检测。

美国因食物引起的亚硝酸盐中毒十分少见,工业中毒(亚硝酸盐被应用于防冻添加剂中)和饮用来自被亚硝酸盐污染的容器和水管的水而引起的亚硝酸盐中毒更为常见(使用了含亚硝酸盐的防锈剂)^[1]。国内报道的饮用水引起的亚硝酸盐中毒则主要是工业用亚硝酸盐保管不善被误用,或企业等污染源邻近生活饮用水源导致食物中毒,多数为偶发事件^[15]。因含有亚硝酸钠的防锈水对黑色金属具有很好的防锈功能,是我国沿用多年的传统防锈剂^[16]。冯涛等^[5]报道了一起同样发生在五金厂工业区的亚硝酸盐中毒事件,原因推断为人为引入金属除锈用亚硝酸盐,提示五金加工厂等大量使用亚硝酸盐的场所是亚硝酸盐食物中毒的高风险区域。刘成凤等^[17]报道,新疆石河子在不同地点不同时间发生两起农药污染自来水管网的事故,原因是农药喷药罐通过皮管连接水龙头,而停水时未关闭水龙

头,导致恢复供水时药液因负压虹吸作用进入自来水管网导致40余人中毒,结合本起中毒事件的教训,建议企业生产用水源应与生活用水源分路设置,且在关键位置安装止回阀,同时应注意亚硝酸盐存放和使用不宜离生活区水源相距太近,使用的亚硝酸盐应专柜存放、专人保管、专人使用,并标示明确^[15];有关管理部门也应加强对亚硝酸盐使用单位的监督管理,加强对相关作业人员的宣传教育,提高其对亚硝酸盐的认识和规范操作的能力,防止类似中毒事件再次发生。

参考文献

- [1] CVETKOVIĆ D, ŽIVKOVIĆ V, LUKIĆ V, et al. Sodium nitrite food poisoning in one family [J]. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 2019, 15(1): 102-105.
- [2] WANG R P, TENG C G, ZHANG N, et al. A family cluster of nitrite poisoning, Suzhou city, Jiangsu province, China, 2013 [J]. *Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR*, 2013, 4(3): 33-36.
- [3] MCCANN S D, TWEET M S, WAHL M S. Rising incidence and high mortality in intentional sodium nitrite exposures reported to US poison centers [J]. *Clinical Toxicology (Philadelphia, Pa)*, 2021, 59(12): 1264-1269.
- [4] RIZVI M, GERENGI H, KAYA S, et al. Sodium nitrite as a corrosion inhibitor of copper in simulated cooling water [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 8353.
- [5] 冯涛,陶森,阮世勇,等.一起亚硝酸盐引起的食物中毒调查分析[J].*食品工程*, 2022, 162(1): 16-19.
FENG T, TAO S, RUAN S Y, et al. Investigation and analysis of a food poisoning caused by nitrite [J]. *Food Engineering*, 2022, 162(1): 16-19.
- [6] 付萍,王连森,陈江,等.2015年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J].*中国食品卫生杂志*, 2019, 31(1): 64-70.
FU P, WANG L S, CHEN J, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China mainland in 2015 [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2019, 31(1): 64-70.
- [7] 李薇薇,郭云昌,刘志涛,等.2016年中国大陆食源性疾病暴发监测资料分析[J].*中国食品卫生杂志*, 2022, 34(1): 86-91.
LI W W, GUO Y C, LIU Z T, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China mainland in 2016 [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2022, 34(1): 86-91.
- [8] 付萍,王连森,陈江,等.2015年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J].*中国食品卫生杂志*, 2019, 31(1): 64-70.
FU P, WANG L S, CHEN J, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China mainland in 2015 [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2019, 31(1): 64-70.
- [9] 李红秋,郭云昌,宋壮志,等.2019年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J].*中国食品卫生*, 2021, 33(6): 650-656.
LI H Q, GUO Y C, SONG Z Z, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China mainland in 2019 [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2021, 33(6): 650-656.
- [10] 李红秋,贾华云,赵帅,等.2021年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J].*中国食品卫生*, 2022, 34(4): 816-821.
LI H Q, JIA H Y, ZHAO S, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China mainland in 2021 [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2022, 34(4): 816-821.
- [11] 金培刚,丁钢强,顾振华.食源性疾病预防与应急处置[M].上海:复旦大学出版社,2006:136-138.
JIN P G, DING G Q, GU Z H. *Prevention and emergency response of foodborne diseases* [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2006: 136-138.
- [12] KATABAMI K, HAYAKAWA M, GANDO S. Severe methemoglobinemia due to sodium nitrite poisoning [J]. *Case Reports in Emergency Medicine*, 2016, 2016: 9013816.
- [13] 孙长颢.营养与食品卫生学[M].6版.北京:人民卫生出版社,2007:443.
SUN C H. *Nutrition and food hygiene* [M]. 6th ed. Beijing: People's Health Publishing House, 2007: 443.
- [14] 阿西亚·哈帕尔,图呢莎古丽·阿布都外力,艾尔肯·塔西铁木尔.2019年新疆某地区1起误食亚硝酸盐食物中毒死亡分析[J].*江苏预防医学*, 2021, 32(4): 496-497.
ASIYA·HAPAER, TUNISHAGULI·ABUDUWAILI, AIERKEN·TAZITIEMUER. Analysis of a death caused by eating nitrite food poisoning in a region of Xinjiang in 2019 [J]. *Jiangsu Journal of Preventive Medicine*, 2021, 32(4): 496-497.
- [15] 胡萍,余少文,黄绮兰,等.中国主要省市1988—2003年亚硝酸盐食物中毒分析[J].*深圳大学学报(理工版)*, 2005, 22(1): 57-69.
HU P, YU S W, HUANG Q L, et al. Analysis of food poisoning cases caused by nitrite in China from 1988 to 2003 [J]. *Journal of Shenzhen University (Science and Engineering)*, 2005, 22(1): 57-69.
- [16] 刘旭麟,彭乔,刘顺华,等.一种不含亚硝酸钠的黑色金属防锈水的研制[J].*铸造*, 2002, 51(11): 720-722.
LIU X L, PENG Q, LIU S H, et al. Development of anticorrosion water not containing NaNO₂ for ferrous metal [J]. *Foundry*, 2002, 51(11): 720-722.
- [17] 刘成凤,韦建国,陈茜茜.两起方式相同的农药污染自来水管网事故调查报告[J].*环境与健康杂志*, 2003, 20(5): 279.
LIU C F, WEI J G, CHEN Q Q. Investigation report on two accidents of pesticide pollution of water supply network in the same way [J]. *Journal of Environment and Health*, 2003, 20(5): 279.