



污水管网高水位运行工况下的截污方案探讨

胡和平 陈德业 闫超 黄翠

(中水珠江规划勘测设计有限公司, 广州 510610)

摘要 黑臭在水里,根源在岸上,关键在排口,核心在管网,控源截污是黑臭水体治理的核心工程措施。在对污水管网运行水位观测和调研的基础上,发现了污水管网处于高水位运行的不正常工况,对污水管网高水位运行的原因和严重后果进行了剖析。通过对雨污水管网进行反复的排查,查明排水系统拓扑关系、污水来源、管网运行水位、结构性缺陷、功能性缺陷等重要信息,掌握了雨污水管网的现状底数。在管网排查工作的基础上,针对污水管网高水位运行的客观条件,提出了污染源整改、防倒灌设施改造、泵站主动降水位、新增污水处理能力降水位等 4 种控源截污方案,解决了鸭尾溪、白沙河、海甸沟治理工程的控源截污难题,取得了优异的治理效果,河道水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ~Ⅴ类标准。

关键词 污水管网 高水位运行 截污方案

中图分类号: TU991

文献标识码: A

文章编号: 1002-8471(2019)04-0050-06

DOI: 10.13789/j.cnki.wwel964.2019.04.008

Discussion on sewage interception under high water level operating condition of sewage system

Hu Heping, Chen Deye, Yan Chao, Huang Cui

(China Water Resources Pearl River Planning Surveying and Designing Co., Ltd., Guangzhou 510610, China)

Abstract: Black odor is in the water, the root is on the shore, the key is in the sewage outlet, the core is in the sewage, and sewage interception is the core engineering measure for the remediation of black-and-malodorous water body. Based on the observation and investigation of the water level of the sewage system, The abnormal working condition of the sewage system at high water level is found, and the causes and serious consequences of the high water level operation of the sewage system are analyzed. Through repeated investigations on the rainwater system and sewage system, the important information such as the topological relationship of the drainage system, the source of the sewage, the water level of sewage system, structural defects, and functional defects were identified, and the current status base of the drainage system was mastered. On the basis of the investigation of sewage system, aiming at the objective conditions of the high water level operation of the sewage system, four sewage interceptions such as pollution rectification, anti-backflow facility renovation, active decline water level by pumping station, and active decline water level by new sewage treatment capacity were proposed. The scheme solves the problem of sewage interception of Yaweixi River, Baisha River and Haidiangu River treatment projects, and achieves excellent treatment effects, the river water quality meets the Class Ⅲ~Ⅴ standard of *Environmental*



quality standards for surface water(GB 3838—2002).

Keywords: Sewage system; High water level operation; Sewage interception

1 项目概况

1.1 项目背景

2015 年 4 月,国务院印发《水污染防治行动计划》,要求直辖市、省会城市、计划单列市建成区要于 2017 年底前基本消除黑臭水体;到 2020 年,地级及以上城市建成区黑臭水体均控制在 10% 以内^[1]。

2016 年 4 月,为了实现《水污染防治行动计划》考核目标,海口市启动了辖区内鸭尾溪等 32 个水体水环境治理工程,通过引用社会资本,采用 PPP 模式进行建设,并长效运营 15 年,本公司承担了鸭尾溪、白沙河、海甸沟等 11 个水体治理的勘察设计工作。

1.2 水系概况

鸭尾溪、白沙河、海甸沟均位于海甸岛,鸭尾溪呈东西走向,西接海甸沟,底坡 0.72‰,河长约 2.3 km,河宽 30~100 m,集水面积约 2.32 km²;白沙河是鸭尾溪右岸支流,河长约 1 km,平均河宽约 30 m,集水面积约 0.73 km²,属于断头河道;海甸沟河宽 15~20 m,底坡 0.10‰,长 3.2 km,集水面积 3.21 km²,东起人民大道与鸭尾溪相连,西沿海甸五西路转南入海甸溪。

鸭尾溪、白沙河、海甸沟等水体均属于感潮河道,受潮汐影响,河口有挡潮闸,挡潮闸一般常开,仅在极高潮位或排涝时才关闭。根据海口站 1974~2015 年潮位资料统计,多年平均潮位 0.73 m(85 高程 m,下同),多年平均最高潮位为 2.14 m,多年平均最低潮位为 -0.68 m。海甸岛内自然水系见图 1。

1.3 城市排水系统概况

海口市属于滨海城市,地势南高北低,城区分成 3 个各自独立的排水区域,分别是中心组团(118.37 km²)、长流组团以及江东组团,污水分别排入白沙门污水处理厂(50 万 m³/d)、长流污水处理厂和江东污水处理厂处理。

主城区的污废水经海甸泵站提升后排入海甸岛,新埠岛内的污废水经新埠岛泵站提升后排入海甸岛,污水处理厂尾水经深海排放管排入琼州海峡,

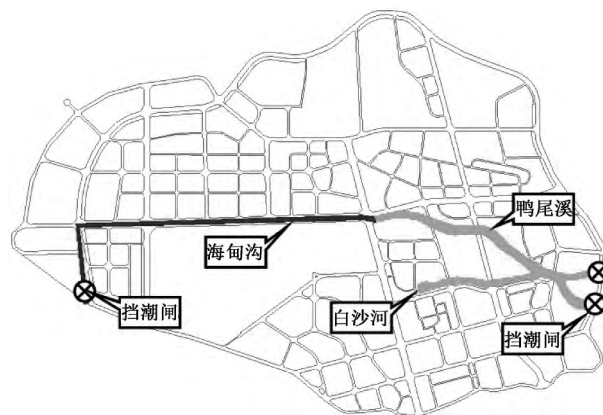


图 1 海甸岛内自然水系

Fig.1 The natural water drainage map on Haidian Island



图 2 海口市中心组团污水系统示意

Fig.2 The sewage system diagrammatic sketch of Haikou Central Group
污水处理厂未设置超越管。海口市中心组团污水系统示意图见图 2。

1.4 海甸岛截污工程概况

20 世纪 90 年代,在海甸岛开发建设过程中,按雨污分流的排水体制,沿市政道路建设了雨水管和污水管,污水收集后排入位于海甸岛北部的污水处理厂集中处理。2010 年以来,为了进一步完善海甸岛污水管网,海口市先后组织实施了《鸭尾溪~白沙河污水截流并网工程》《海甸岛白沙河水体整治(一期)河道明渠工程》《海甸沟污水截流工程》《海达路万恒路污水截流工程》。

经查阅相关资料,鸭尾溪~白沙河~海甸沟沿



岸有 20 处截流式截污工程,其中鸭尾溪 7 处,白沙河 5 处,海甸沟 8 处,均采用末端截流的方式,在入河排污口末端设置槽式截流井或堰式截流井,将旱季污水及小雨径流就近截入附近污水管网,当降雨规模增大超过截流管过流能力时,雨污水经截流井溢流管排入河道。截流井溢流口设置了拍门或鸭嘴阀等防倒灌设施,但拍门及鸭嘴阀存在老化破损现象,也有垃圾挂扯及海洋生物繁殖的现象,防倒灌效果不佳。详见图 3。



a 拍门



b 鸭嘴阀

图 3 老化破损现象

Fig.3 Aging damage

2 排水系统存在问题及原因分析

2.1 污水管网运行水位

为了查明现状截污工程未能发挥应有的截污效果的原因,2016 年 7 月 22 日~8 月 15 日夜间(22:00~24:00),对海甸岛内河道沿岸的污水主干管、污水次干管、污水支管运行水位进行了观测。水位观测结果见表 1。

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006, 2016 年版),重力流污水管道最大充满度 0.55~0.75。由表 1 可知,海甸岛内市政污水管运行水位观测结果显示,污水管网运行水位波动明显,同期污

表 1 污水管网夜间水位

Tab.1 The water level of sewage system at night-time

日期	市政污水管水位/m			合流管底高程/m	河道水位/m
	主干管(底高程-2.70 m)	次干管(底高程-2.20 m)	支管(底高程-1.90 m)		
7 月 22 日	-0.78	-0.73	-0.79	-1.04~0.664	约 -1.0 m, 河道放 干清淤 施工 过程中
7 月 23 日	0.62	0.47	0.46		
7 月 24 日	-1.03	-1.13	-1.09		
7 月 28 日	-1.28	-1.28	-1.29		
7 月 29 日	-1.03	-1.08	-1.14		
8 月 08 日	0.57	0.47	0.36		
8 月 12 日	0.47	0.37	0.39		
8 月 14 日	0.07	-0.06	-0.14		
8 月 15 日	-0.47	-0.28	-0.35		

水管水位变幅达 1.75~1.90 m,污水管全部满管运行,部分时段管网水位在管顶 1.5 m 以上,污水管运行水位严重超高,处于严重不正常状态。在观测的 9 d 中,有 6 d 管网运行水位高于河道沿岸合流管底高程和河道水位,导致污水溢流入河,污水溢流概率为 67%。

正常情况下,污水管网水位应该是支管>次干管>主干管,污水水流方向应该是支管→次干管→主干管→污水处理厂。由表 1 可知,污水管网水位部分时段却呈现主干管<次干管<支管的情况,存在污水逆流的现象,随着污水管网水位升高,水位差越明显。

2.2 污水管网水位高位运行的后果

过往截流并网工程采取常规的末端截污方式,对合流管进行截污,由于截流并网工程的实施,污水管、合流管和河道水系贯通在一起,在污水管网运行水位正常(较低)时,合流管内的旱季污水可以顺利截流至污水系统;当污水管网运行水位高于合流管底高程及河道水位时,因为水往低处流,将诱发“主干管→次干管→支管→截流管→合流管→河道”的污水溢流入河事件,导致大量污水溢流入河,这也是水体虽然经历了多轮治理,但河道水质并没有得到改善甚至越治越差的根本原因之一。

2.3 污水管网水位高位运行的原因分析

2.3.1 污水水质

海口属于滨海城市,地势较低,地下水水位较高,存在地下水及地表水倒灌问题,地下水及地表水倒灌将导致污水浓度降低,白沙门污水处理厂近年来实测进水水质见表 2。由表 2 可知,污水处理厂



进水污染物浓度变幅较大,最高值是最低值的 3~4 倍。项目开展过程中,对污水管网内的盐度数据进行了监测,主城区美舍河沿岸污水管内盐度约 2.6‰,海甸泵站出水管盐度约 1.0‰,市政污水盐度一般在 0.2‰~0.6‰,盐度数据也印证了主城区污水管网存在地表水倒灌问题,地表水倒灌不仅导致污水浓度降低,还导致“污水量”增加。

表 2 白沙门污水处理厂进水水质

Tab.2 The influent water quality of Baishamen

Wastewater Treatment Plant						
项目	COD	BOD ₅	SS	氨氮	总磷	pH
范围	120~449	47~180	121~523	7.0~21.9	2.7~11.0	7.0~7.7
平均值	241	90	263	15.1	5.2	7.5

2.3.2 污水管网水位高位运行原因分析

因为主城区污水系统地表水倒灌,大量地表水倒灌排入污水系统,导致海甸泵站前池水位超过设计高程,泵站扬程降低,泵站出水量增加,而污水处理厂未设置超越管,当污水量>污水处理能力时,污水处理厂所在的海甸岛内污水管网运行水位将被憋高;当污水量<污水处理能力时,污水管网运行水位将逐步降低。

3 控源截污方案

城市黑臭水体整治遵循“截污—治水—生态恢复”的总体思路,从源头控制污水向城市水体排放是黑臭水体整治最有效的工程措施,也是其他技术措施的前提^[2]。为了提高黑臭水体控源截污效果,相关专家学者进行了大量的研究,分享了很多宝贵的经验^[3~5]。

本项目市政污水管网运行水位高位运行是系统性问题,政府层面正在从全市层面统筹考虑污水处理能力扩容和雨污分流等措施,相关措施落实需要较长的时间,污水管网运行水位高位运行的情况在短期内难以得到有效解决。污水管网高水位运行是有别于相关专家学者遇到的新情况,如何在污水管网高水位运行的客观条件下,实现污水有效截污纳管,是本项目控源截污面临的棘手问题。

为此,本项目启动后,花了大量的精力开展雨污水管网排查工作,通过对片区雨污水管网进行反复摸排,查明了排水系统拓扑关系、污水来源、管网运行水位、结构性缺陷、功能性缺陷等重要信息。在此基础上,针对性地采取了 4 种控源截污方案,有效解

决了本项目控源截污难题。

3.1 污染源整改方案

根据管网排查成果,海甸岛的排水体制基本为雨污分流区,片区内雨污水管网较为完善,但错接混接的现象较为突出。

部分排污口上游基本为雨污分流区域,仅存在少量几个雨污水管错接混接形成的污染源,导致污水经雨水管排入河道。针对此类排污口,因为污水来源简单,按雨污分流的原则,实施污染源整改,将错接混接的污水改接入污水管道,将片区恢复为雨污分流排水区域,杜绝污水溢流入河问题,详见图 4。

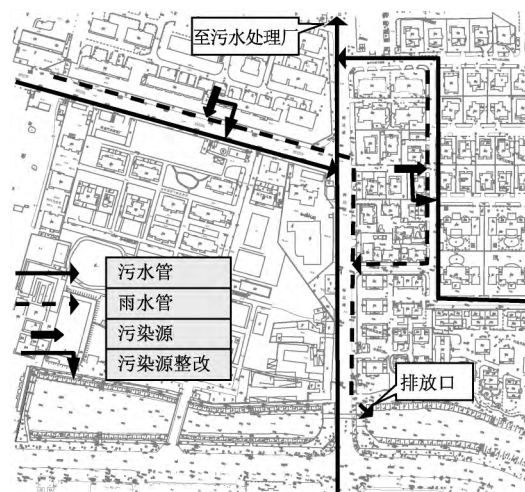


图 4 污染源整改示意

Fig.4 The diagrammatic sketch of pollution rectification

3.2 防倒灌设施改造方案

根据管网排查成果,部分排污口集水范围涉及雨污合流的城中村,或者上游污水来源复杂,通过污染源整改实现雨污分流,实施难度较大,周期较长,维持雨污合流排水体制不变。过往实施的截流并网工程,普遍采用拍门或鸭嘴阀等防倒灌设施,防止河水倒灌。因为拍门或鸭嘴阀等设施仅能基本解决河水倒灌的问题,不能防止因污水管网水位高位运行而发生的污水溢流入河问题。

此类排污口,实施雨污分流难度大,为了实现有效截污,将现状拍门或鸭嘴阀等防倒灌设施改造为双向止水的平板闸门(见图 5),日常关闭闸门,雨天开启闸门泄洪,防止路面积水,保障区域水安全。平板闸门具备双向挡水功能,即使污水管内水位高位



运行,也不会发生污水溢流的问题。平板闸门具有结构简单,投资省的优点,不过也存在后期维护管理工作量较大的缺点。本项目按 PPP 模式建设,企业需长效运行 15 年,虽然平板闸门管理工作量略大,但企业有人力、物力和动力把闸门用好管好,确保河道水质长效稳定达标。

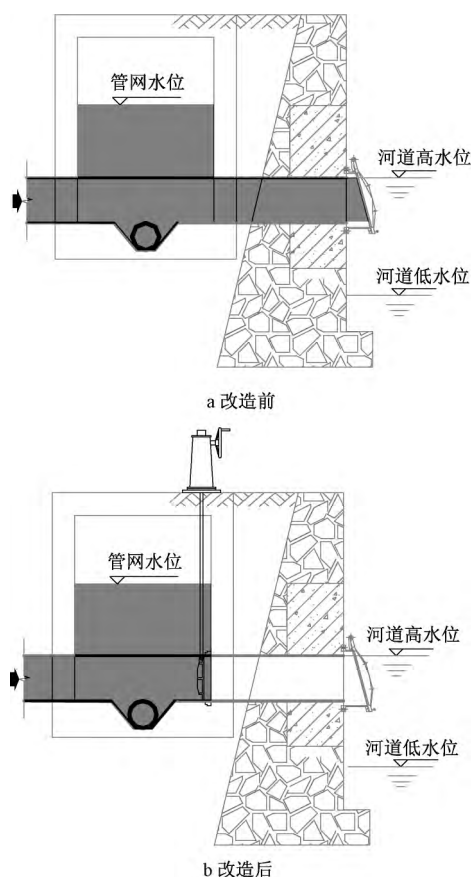


图 5 防倒灌设施改造方案

Fig.5 The diagrammatic sketch of anti-backflow facility renovation

3.3 泵站主动降水位方案

防倒灌设施改造可以避免旱季污水溢流入河,但合流管内也将攒存数量较多的污水,雨季开闸泄洪过程中,大量雨污水排入河道,对河道水环境影响较大,雨天返黑现象较为严重,而且平板闸门后期维护管理工作量也较大。在条件合适的片区,可以考虑在次干管接入干管位置,“熔断”次干管与主干管的重力联系,杜绝污水主干管水位高位运行对片区污水管网运行水位的影响,并建设污水提升泵站,将片区内的污水提升后排入市政污水主干管,主动降低泵站服务范围内的污水管网水位,将泵站服务范

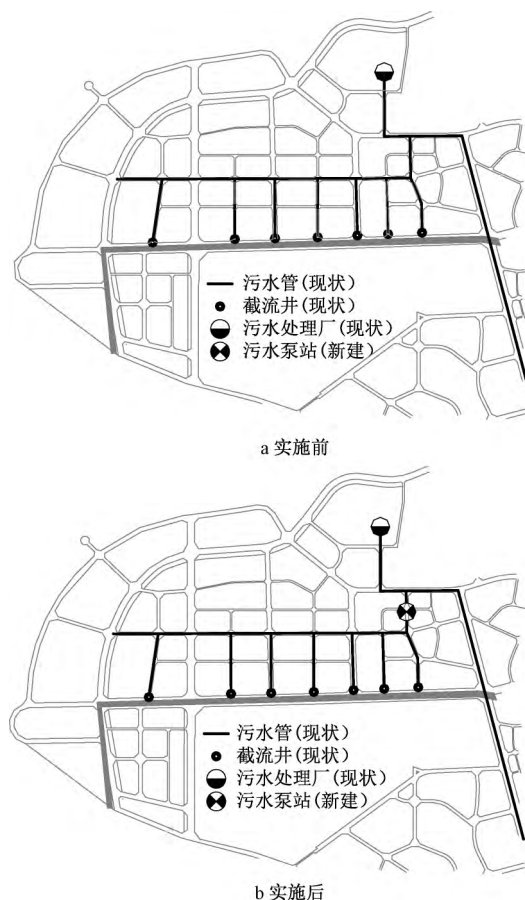


图 6 泵站主动降水位方案

Fig.6 The diagrammatic sketch of active decline water level by pumping station

围内污水管网运行水位恢复到正常水平,实现现状截流并网工程的预期截污效果,防止旱季污水溢流入河,并减少雨季入河污染物量,减轻雨天返黑现象,见图 6。

针对泵站主动降水位方案,可能会让人误以为地下水被抽排进入污水管网,增加“污水量”,其实泵站主动降水位的方案只是将原本水位高位运行的污水管网恢复到正常水平,一般污水管网设计过程中,均考虑了地下水的渗入问题,运行水位恢复到正常水平并不会额外增加地下水入渗量。相反,通过泵站主动降低污水管网水位,使服务范围内的污水管网水位恢复正常,为发现并修复污水管道的功能性缺陷和结构性缺陷创造了条件。

当泵站服务范围涉及的雨污合流排污口数量越多时,价值越大。同时,考虑到黑臭水体一般位于土地开发利用强度较大的城市区域,可采用自动化程



度较高的地理式一体化泵站,减少占地,降低泵站对周边环境的不利影响。

3.4 新增污水处理能力主动降水位方案

前述污染源整改、防倒灌设施改造、泵站主动降水位等方案,只能防止旱季污水不入河,并未增加污水处理能力,无助于缓解市政污水管网运行水位高位运行的现象,甚至会因为污水溢流入河的通道被“熔断”,导致污水管网运行水位有一定程度的升高。

在用地条件允许的排污口,也可以在实施“熔断”方案切断市政污水溢流入河通道的基础上,自建截污管道及污水处理站,对收集的污水进行集中处理,增加污水处理能力,减少排入市政污水管网的污水量,缓解市政污水管网水位高位运行压力。不过自建污水处理站需占用土地资源,又因为此类污水处理站一般缺乏规划依据,选址应慎重,尽量远离居民区,并采取有效措施,妥善处理污水处理过程中产生的异味、噪声,避免对周边居民生产生活的不良影响,否则也可能会因为选址不当或污水处理过程的不利环境影响,引发舆情风险。

4 实施效果

根据排污口特性及土地资源情况,通过采取前述 4 种控源截污方案,有效解决了本项目截污工程面临的难题,实现了有效截污的目标,旱季基本无污水直排入河。2017 年 10 月,控源截污工程建成并投入使用,在辅以内源治理、活水^[6]和生态修复等其他措施后,河道水环境质量有了根本性的改善,除工程试运行调试期及污水处理厂设备检修期间,因为污水入河导致不达标外,其余时间河道水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ~Ⅴ类标准,透明度超过 120 cm(或清澈见底),“臭水沟”蝶变“美丽河”,河道水质变化趋势详见表 3(数据摘自海口市生态环境保护局网站)。

2018 年 11 月 8 日,鸭尾溪水环境综合治理工程因为治理思路科学,治理效果显著,被生态环境部官方微信公众号点赞,并向全国进行推介。2019 年 1 月 16 日,中央电视台焦点访谈栏目对鸭尾溪的治水工作进行了专题报道。

5 结语

黑臭在水里,根源在岸上,关键在排口,核心在管网^[2]。控源截污是治理黑臭水体的核心措施,只

表 3 河道水质变化趋势

Tab.3 River water quality trend

时间	鸭尾溪	白沙河	海甸沟	达标情况	备注
2017 年 10 月	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅳ	白沙河不达标	工程试运行调试期
2017 年 11 月	Ⅴ	劣Ⅴ	劣Ⅴ	鸭尾溪达标	工程试运行调试期
2017 年 12 月	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅳ	白沙河不达标	工程试运行调试期
2018 年 1 月	Ⅴ	Ⅴ	劣Ⅴ	海甸沟不达标	污水厂设备检修
2018 年 2 月	劣Ⅴ	Ⅳ	劣Ⅴ	白沙河达标	污水厂设备检修
2018 年 3 月	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	达标	
2018 年 4 月	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ	达标	
2018 年 5 月	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	达标	
2018 年 6 月	劣Ⅳ	劣Ⅳ	劣Ⅳ	达标*	活性磷酸盐、无机氮超标
2018 年 7 月	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	达标	
2018 年 8 月	Ⅲ	劣Ⅳ	劣Ⅳ	达标*	活性磷酸盐、无机氮超标
2018 年 9 月	Ⅲ	Ⅲ	Ⅴ	达标	
2018 年 10 月	Ⅲ	Ⅴ	Ⅴ	达标	
2018 年 11 月	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	达标	
2018 年 12 月	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ	达标	
2019 年 1 月	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	达标	

注:2018 年 6 月和 8 月监测结果按海水标准考核,按地表水Ⅴ类水达标。

有实现有效控源截污,才能确保治理效果长期稳定。通过扎实的管网排查工作,查明排水系统拓扑关系、污水来源、管网运行水位、结构性缺陷、功能性缺陷等重要信息,掌握雨污水管网的现状底数,有助于制定针对性的控源截污方案,确保控源截污方案合理可靠。控源截污方案不合理,将可能适得其反,导致入河污水量越截越多,河道水质越治越差,直接影响黑臭水体的治理效果。

参考文献

- [1] 国务院. 水污染防治行动计划[Z]. 2015.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市黑臭水体整治指南[Z].
- [3] 王少林. 城市黑臭水体整治中控源截污改善措施的思考[J]. 净水技术, 2017, 36(11): 1-6.
- [4] 魏忠庆. 排水系统截污纳管存在的问题及对策[J]. 中国给水排水, 2017, 33(18): 14-16.
- [5] 邹伟国. 城市黑臭水体控源截污技术探讨[J]. 给水排水, 2016, 42(6): 56-58.
- [6] 胡和平, 文坛花, 郝永怀, 等. 受潮汐影响的断头河道污水工程的设计与运行[J]. 中国给水排水, 2019, 35(2): 49-52.

✉ 通讯处: 510610 广州市天河区天寿路沾益直街 19 号
电话: (020)87117578, 13824468376
E-mail: hhp023@163.com
收稿日期: 2018-04-10
修回日期: 2019-02-15