

农村生活污水非重力收集与处理技术应用

文 / 侍韶华 宋容华

一、农村污水收集处理现状

随着我国经济社会的快速发展，居民的生活也发生了巨大变化。人饮工程的完善让自来水通入家家户户，卫生洁具、洗衣机、淋浴设施等也走进平常家庭。人均日用水量和生活污水排放量急增，产生了大量生活污水。但是大部分村庄暂没有污水管网及污水处理设施，使近年来农村生活污水的无序排放成为农村环境的重要污染源。未经处理的污水，不但本身不能使用，而且会产生连带效应，无论它流到哪里，都会对那里的水、泥土和物体造成污染，严重影响村庄卫生、当地生态和人居环境。

现今社会也逐渐重视起这个问题，开始着重研究农村污水处理方式。尽管处理农村生活污水的理论技术已经很成熟，但在实践方面基本上还处在试验阶段，没有积极推广。现行的治理方式大都套用城市污水的处理模式，未能结合农村的实际情况，治理效果也不理想。在这个情况下，非重力污水收集与处理技术应运而生，一改传统污水治理技术，

解决了农村污水治理的难题。

二、非重力污水收集与处理技术

1. 技术发展

非重力污水收集与处理技术是利用真空与大气的压力差，将服务区域内各处的污水逐步输送、收集至终端的真空站及处理站后处理并排放的。

Charles T.Liernur（荷兰工程师）于1867年首次提出了真空排水系统。1870年，建立了世界上首套真空排水系统。尽管该系统仅从20世纪60年代才在美国开始使用，却在欧洲有着100多年的历时。世界上最早的真空污水收集系统专利由美国在1888年申请，第一个商业应用由瑞士Liljendahl公司于1959年完成。

非重力污水收集与处理系统在美国的发展最为迅速，在整个美国有多于500套的不同规模的非重力污水收集及处理系统在运行或建设之中。在欧洲及其他国家还有上千套。目前这一系统已被美国国家环保局指定为推广普

及的新技术，用于替代传统的重力式排污系统。在此领域中，世界领先者为德国Roediger公司、美国AIRVAC公司和瑞典Evac公司。此外，澳大利亚、日本、南非、以色列等世界上多个国家也安装了不同规模的非重力系统。其中，日本、以色列对非重力污水收集及治理系统进行了扩展，将真空排污和中水回用系统配套使用，在节约水资源方面取得了惊人的成绩。

近年来，国内的非重力污水收集与处理市场呈上升趋势，现已成功应用于上海F1国际赛车场、广州白云国际会议中心、上海铁路南站等。在交通领域，国内以Z、D开头的高速铁路列车上均安装有真空厕所系统。但是目前国内做真空排水的公司多为国外专业公司的代理，少有自主知识产权和研发实力，系统价格昂贵。

黄山拓达科技有限公司集非重力污水收集技术研发和真空设备生产制造为一体，降低了进口技术和设备购买的造价，有效地解决了农村污水治理的难题。

2. 系统组成及其功能

非重力污水收集与处理系统由重力接户管、碧真井、非重力污水管网、终端动力源站、污水处理站、互联网+自控系统等组成。

(1) 重力接户管

重力管的作用是将用户排出的污水自流至碧真井内，管材常用 HDPE 双壁波纹管 and PVC 管，管径由各段实际接入污水流量合理确定。

(2) 碧真井

碧真井用于收集各处经重力汇流的污水，并在污水达到一定量时开启其上的碧真阀，利用负压抽吸作用将污水高速吸入非重力管路。

碧真井主要包括井身、碧真阀、碧真阀控制器、液位传感器、污水收集槽、通气设施等。

碧真井井身采用一体式复合材料制成，并附承重型复合材料井盖。

碧真阀利用动力方式开启。

碧真阀控制器用于控制碧真阀开闭，它通过液位传感器检测液位，利用非重力管路上的动力源源与大气的压力差，实现碧真阀开启或关闭。

液位传感器检测碧真井的液位，用以提供碧真阀控制器工作的信号。

污水收集槽用于承接来自用户端重力汇聚的污水。

井内可设格栅网，重力管道输送过来的污水被格栅网拦截住，安排工作人员定期清理



栅渣。

根据具体情况可以选做碧真井远程监控系统。

(3) 非重力污水管网

非重力污水输送管线管径、材质可随具体情况再进行确定，考虑到防腐性等因素建议采用 PE 管材。

为使污水在输送管路内顺畅流动，PE 管材应采用热熔焊接连接方式。

非重力管路配件的承压能力大于等于管材。支管与主管的连接方式采用 45° 斜三通或 45° 异径斜三通的方式。

管路需设分区阀，当非重力污水输送管路系统发生损害必须进行检修时，可以尽可能减少系统停用的区域，并方便检修。

(4) 终端动力源站

本站为系统提供动力源，以

及将非重力管网收集来的污水输送到污水处理站。

本站主要包含动力泵组、污水收集罐、污水输送泵组、电气控制等设备。

动力泵组用于提供负压系统的动力。设备要求运行稳定、噪音低。

污水收集罐用于收集来自碧真井的污水，并可根据液位自动启动污水输送泵，以便将污水排出。

污水输送泵组用于排放污水收集罐内的污水。

电气控制设备用于控制系统的工作，控制对象液位侦测传讯系统、动力侦测传讯系统、动力泵组控制系统、污水输送泵组控制系统等。

本站应具有备用能力，其最小额定能力应保证当其中一台设备故障检修时，系统仍有维持非

重力管路正常工作的能力。

真空污水收集罐底部连通管采用 PE 管材。

(5) 污水处理站

污水处理站是将非重力污水管网收集来的污水经过有效的处理，最终达到国家排放标准。

污水处理站处理工艺主要采用“碧清”——生化+MBR膜污水处理器；“碧水”——A²O工艺污水处理器等。

污水处理站动力主要采用供电，如果当地光照充足，可以采用太阳能供电方式，更有利于环保。

处理后污水可以达到国家一级排放标准，根据用户需求，可以选择出水直接排放，也可选择中水回用，如灌溉、洗车、消防等。

(6) 互联网+自控系统

控制服务区域所有碧真井的运行及故障报警。

控制动力源站的自动运行。

自动控制系统采用 PLC 触摸屏形式，具备自动/手动切换功能。

故障信息可以自行反馈，具有远程监控功能。

有条件的情况下，可以加装远程监测和反控系统。

远程监控可直接将系统运行信息反馈至收集 APP。

3. 工作原理

非重力收集系统中的动力源站为整个系统提供负压。用户端污水通过短距离的重力管自流

入附近的碧真井，井内设有碧真阀和液位传感器，当井内污水液位达到预定高度时，碧真阀自动开启，污水被高速吸入非重力管网。非重力管网将污水逐级输送，输送至终端动力源站的污水收集罐，污水收集罐设有高液位和低液位，当污水到达高液位时，排污泵会将污水打至污水处理站或临近的市政污水管网内。

4. 技术特点

(1) 适用范围

非重力污水收集与处理系统适用于生活污水、废水排水系统，尤其适用于生活污水排放点分散、排水距离较长、地势平坦或起伏、排水管道需要跨越障碍物（如：小河、管沟、供水管等）、地下水位高、人口密度低、水源保护区、临时排污点（营地、度假村）和由于地下管道施工可能影响交通等区域。

在某些特定区域与环境条件下，非重力排水系统在经济、环境两方面都更优于传统重力系统，如下：

生态敏感区域（人文景观与自然保护区）；

平坦或微起伏地形的地区；

开挖深掘困难或重力排水施工困难的区域；

地下水位高的地区；

不稳定土壤区域（土壤承载力较低）；

目前已存在或新建的布置分散的社区（农村、别墅、高档小

区）；

古村落、古城镇、风景区、老城改造等地上空间有限地区；

难开挖的卵砾石地区；

其他大尺寸沟渠开挖困难的地区；

地下构筑物多、管网密集、施工难度大、赔偿费用多的地区；

穿越山谷、河川的地区。

(2) 技术优势

管径小，仅为同等条件下重力管线的 1/3；

流速快，可达 4m/s，迅速排污，不易堵塞；

管线埋设深度浅，一般在 0.6—0.9m 范围内；

对地面及地上建筑破坏程度极小，复原迅速；

施工工期短，工程量大大降低；

管线配置弹性高，不受现有地下管线影响；

管线灵活，可以穿越河流、桥；

密闭系统，无臭气、污水泄漏问题，不会影响地下水和土壤；

系统具有一定污水提升功能，免设提升设备，节省了动力消耗。

三、应用案例

黄山拓达科技有限公司已将自主研发的非重力污水收集与处理技术现成功应用于安徽省黄山市休宁县祖源村、奕棋镇瑶干

村、万安古镇、新潭镇汗山桥村等。下面以祖源村为例进行详细阐述。

1. 工程概况

祖源村位于黄山市休宁县溪口镇境内，距休宁县城 29 公里，依偎在海拔 685 米的插角尖山腰。村庄始建于宋代，生态绝佳，流泉飞瀑，粉墙黛瓦，徽风古韵，村内拥有水口、古桥、古民居、古树、思贤岭等历史文化景观，尤以千年红豆杉而闻名，有百余亩梯田景观。据村委统计，祖源村山上组共 133 户。考虑游客及服务人员等情况，预估人口为 450 人。现有污水主要是居民生活污水，设计污水收集量为 30m³/d。

2. 设计方案

本次设计结合祖源村现状特点情况，采用重力和非重力结合的方式进行污水收集。其中非重力收集方式开挖量小，对地上建筑破坏不大，同时管网不受地形限制、管径小、管线灵活，大大减少工程量。用户通过重力管将污水排至附近的碧真井，碧真井内污水达到预定液位时，碧真阀打开，由非重力管网逐级输送至终端动力源站，最后污水进入污水处理站，经有效处理后被达标排放进入环境里面。

此项工程分前端污水收集及终端污水处理两部分。前端污水收集包括 16 座真空井、4520 余米污水管网（非重力管线长 1529 米、重力接户管长 2999 米）及一座占地 24m² 的终端真

空站。终端污水处理工程包括一座调节池、1 套日处理量为 30m³/d 的 MBR 膜处理器。

3. 运行情况

祖源村非重力污水收集与处理系统属于 2014 年度省级美丽乡村建设项目。该项目于 2016 年 11 月 8 日竣工，至今已运行近 10 个月，期间系统运行稳定，未出严重故障。

四、应用前景

经非重力污水收集与处理系统处理后的出水，水质可达国家一级 A 标准，可做中水回用水源，如消防用水、灌溉用水、冲厕用水等，可以大大节约我国淡水资源，且不受气候影响、水源可靠、保证率高、成本低，距离用户较近。中水回用一方面补充了水资源的短缺，降低了用水成本，创造了客观的用水效益；另一方面实现了水资源的可持续化循环利用，对社会经济发展和人民生活水平的提高起着重要的作用。

非重力污水收集与处理系统所产生的效益，大部分表现为难以用货币量化的间接经济效益。如改善人民生活条件，提高居民健康水平，减少国家和个人医疗费用支出，使其他部门生产效益提高、损失减少等等。其次产生的效益体现在保证生产、方便生活和防止水污染，减少或消除水污染损失方面。另外还产生一些其他效益，如减少水污染造成的地价

损失，减少水污染造成的水净化费用，减少水污染带来的旅游损失等。

据专家预计到 2020 年，中国农村污水排放量会达到 270 亿吨 / 年。如果我们不重视农村生活污水的收集处理，其对生态环境的污染不容小觑。尤其是在北方缺水地区，不重视水资源的合理利用等，总有一天会面临这个污水收集处理的问题。

近年，随着国家环保政策的深入发展，国家排水系统的设计正逐年扩大。重力排水系统作为主流设计方案，并不是放之四海皆通的，它存在很多的局限性，非重力污水收集与处理系统作为一项新兴技术，可以利用其自身优势解决很多重力系统难以解决甚至无法解决的问题，它的发展前景可见非比寻常。（作者单位：黄山拓达科技有限公司）