

# 永定河官厅山峡 排污口治理工程的设计与思考

丛晓红 杨毅 薛三平 欧阳建

(北京市水利规划设计研究院 100044)

**摘要** 为了强化永定河山峡区间河道水体的自净能力，使恢复永定河饮用水水源地的目标能够早日实现，对永定河官厅山峡沿河排污口进行治理，使其达标排放。就排污口治理工程设计的重点、难点进行讨论研究，探索在北方山区河道治理排污口的技术方案，为北方类似条件地区的排污口治理提供借鉴。

**关键词** 排污口 絮凝沉淀 石英砂缸 塔滤 一体化设备 人工湿地

永定河官厅山峡位于北京市西北部门头沟区境内，是市区的重要屏障。永定河河水曾经是孕育北京地表地下水的源泉，但随着人类活动的加剧，永定河流域自然生态受到了严重的破坏，风沙侵扰、水质恶化，水资源匮乏。

永定河三家店出库水质除受官厅水库出库水质影响外，还受永定河山峡区间入河污染量的影响。在官厅出库水质尚未得到显著改善之前，虽然河道水体自净能力较强，但官厅出库水体到三家店后仍无法满足饮用水水质要求，其主要污染物是氨氮和CODcr。

为了恢复与建设联系城市外缘空间的重要生态带，尽早实现《21世纪初期（2001—2005年）首都水资源可持续利用规划》中永定河作为北京市应急水源地的目标，截污治污、净化永定河的水体非常重要。

永定河官厅山峡两侧排污口年入河污水量为506.72万m<sup>3</sup>（2001年6月），主要污染物为COD和氨氮，因此沿河排污口的治理是恢复三家店饮用水水源功能的关键环节之一。

## 1 工程设计原则

永定河官厅山峡排污口治理的主要任务是采用工程措施进行排污口的治理，使其达标排放，早日实现永定河饮用水水源地的目标。鉴于按规划到2010年若官厅水库出库水质达到地表水Ⅲ类水体标准，即使下游入河污染源不进行治理，对三家店出库水质也不构成影响，因此排污口治理工程的设计规模不宜过大。在使山峡区间的排污口达到北京市1级排放标准的同时，工程规模本着投资少、运行

费用低、管理简便，不影响防洪安全、充分利用现有的自然环境和地形条件，不占或少占村民耕地的原则，针对不同的污染情况采取不同的治理措施。

## 2 工程设计的难点

(1) 永定河是北京市重点防洪河道，其流域气象、水文、地质等条件非常复杂，在官厅山峡两岸修建治理排污口的工程设施受许多条件限制，工程结构设计难度加大。

(2) 排污口的治理涉及市政等相关方面的专业知识，污水处理工艺的选择应满足管理简便、运行费用低的要求。

(3) 采用生态修复技术净化水质在我国仍处于试验阶段，缺少成熟的设计参数，尤其是在北方地区。

(4) 工程沿线河道两岸，河滩地多为耕地，适合做净化工程的地方较少，设计约束条件多。

## 3 排污口治理工程设计

### 3.1 工程概况

根据《北京市地方水污染物排放标准》（试行），永定河三家店拦河闸以上为I类水体，向其排放的污水应执行1级排放标准。所以，山峡区间沿河排污口应按标准实现1级排放。

通过对官厅山峡沿河排污口的重新调查，并对水量和永定河水质影响较大的悬浮物（SS）、化学需氧量（CODcr）、生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）及氨氮（NH<sub>3</sub>-N）4项水质指标进行的监测，现状7个排污口只有大台矿王平村沟

达到1级排放标准，其它均为2级排放标准。

考虑到监测数据的代表性，本次对7处排污口全部进行治理，治理工程均位于永定河两岸，工程规模由处理后出水的各项监测指标均能达到《北京市地方水污染物排放标准》（试行）1级排放标准而确定，洪水标准主要根据工程所在位置的地形条件，分别按河道5年一遇、10年一遇洪水确定。工程建筑物主要有滤塔、集水池、沉淀池、设备房和阀门井等。

### 3.2 排污口的污水处理工艺

排污口治理工程的最关键环节是污水处理工艺的选择，因为排污口的处理工艺直接影响着工程的规模、处理效果、投资等。本次治理工程针对排污口2003年实测水质和水量情况及地形条件，对现有的污水处理工艺进行比较分析，主要选择了以生物处理技术为核心的处理工艺和以物理化学技术为核心的处理工艺。

#### 3.2.1 絮凝沉淀+石英砂缸

此种工艺应用于大台和王平村沟2个排污口，大台矿排污口和王平村排污口都位于永定河右岸，且距离很近，因此把这2个排污口合并处理。大台矿和王平村沟排污口排放的废水主要为矿井水和生活污水，王平村煤矿现有污水处理设施，处理出水质满足北京市2级排放标准，实测指标中只有SS与1级排放标准相差较大。针对排污口的实测水质情况，采用以物理化学技术为核心的处理工艺，即为絮凝沉淀加高速过滤的处理方式。高速过滤器选用石英砂缸，其工艺流程为：排污口出水由管道自流进入集水池，并由集水池内的提升泵将污水提升后进入全自动过滤器进水管，计量加药泵将絮凝剂加入后，进入全自动过滤器，污水通过全自动过滤器去除了水中大部分悬浮物和杂质后，经排水管排入永定河。根据实测的排污口地形条件，本工程位于109国道左侧永定河河滩地上，占地约115 m<sup>2</sup>。工程主要包括：设备房、集水池和沉淀池，全部位于地面高程以下。这种处理工艺采用的石英砂缸单罐处理能力大，控制维修简单，承压高耐腐蚀，寿命长，处理成本低，且SS去除率达到91%，COD去除率达到56%。

#### 3.2.2 塔滤工艺

此种工艺应用于王平村河北和王平村电厂2个排污口。

王平村河北排污口位于永定河左岸，排放的主要为生活污水，现有河北村污水站，处理出水质满足北京市2级排放标准，且SS、CODcr、BOD<sub>5</sub>的实测指标都非常接近1级排放标准。由于河北村污水站位于半山腰处，考虑利用现状地形高差，选用塔滤的处理方式。其工艺流程为：污水由污水处理站经管道自流进入塔滤池，塔滤池内装有轻质填料，污水自上而下滴流，水流紊动剧烈，污水、生物膜和空气三者充分接触，加快了物质的传递速度和生物膜的更新速度，使单位滤料体积的有机负荷大大提高，处理后的水进入塔底集水池后排放入永定河。本工程位于河北

村污水站附近，主要结构为滤塔，滤塔高6.2 m，长1.5 m，宽1.5 m，塔里的多用途高效载体填料材质为聚乙烯，填料分3层。这种处理工艺选用的前提是必须满足地形高差的要求，优点是工艺简单、运行稳定、不需要动力，处理成本低，污染物去除率达到50%。

#### 3.2.3 絮凝沉淀+一体化处理设备

此种工艺应用于南涧沟排污口。南涧沟排污口位于永定河右岸，排放的废水主要为王平村煤矿的矿井水及生活污水，现有污水处理设施，处理出水质满足北京市2级排放标准，且SS、CODcr、BOD<sub>5</sub>的实测指标都非常接近1级排放标准。现场查勘发现南涧沟两侧都是黑色煤灰，针对这种情况，对现有的污水处理工艺进行比较分析，采用以物理化学技术为核心的处理工艺，即为絮凝沉淀加高速过滤的处理方式。同时考虑到该排污口附近用地非常紧张，因此选用结构比较紧凑的一体化设备。其工艺流程为：排污口出水由管道自流进入集水池，由集水池内的提升泵将污水提升至一体化设备中的絮凝沉淀池内，在此计量加药泵添加絮凝剂沉淀处理后，进入一体化设备的过滤池内，经过滤池去除水中大部分悬浮物和杂质后进入一体化设备清水池，最后由排水管排入南涧沟。本工程位于南涧沟入永定河河口以上约600 m处南涧沟左岸，占地约67 m<sup>2</sup>。工程主要包括：设备房、集水池、沉淀池及阀门井等。其中集水池、沉淀池及阀门井等位于地面以下。通过这种处理方式，SS去除率达到58%。

#### 3.2.4 絯凝沉淀+石英砂缸+人工湿地设计

此种工艺应用于京西电厂和军庄杨坨井2个排污口。针对这2个排污口的实测水质指标，选用絮凝沉淀加高速过滤及人工湿地的处理工艺。为了进一步改善排污口出水的水质，结合永定河山峡的疏浚工程，并考虑各个排污口现状的地理位置，分别在京西电厂和军庄杨坨井2个排污口的出口附近，河道左岸的空地上营建2处人工湿地，把经过砂缸过滤后的出水引入湿地，经过湿地处理后再排入永定河。2处湿地占地面积各为6.0 hm<sup>2</sup>。在一定水力负荷条件下，湿地设计流量分别为0.02 m<sup>3</sup>/s和0.007 m<sup>3</sup>/s。

湿地系统由进、出水系统和湿地床组成。在引水渠末端，湿地单元前设沉沙池，由引水渠引入流量在沉沙池内沉淀后，经量水堰进入湿地。其中，进水系统由引水渠、沉砂池和湿地单元进水量水堰组成；湿地系统由表流湿地床、潜流湿地床、围堤、隔堤和布水管线组成。出水系统由集水管和排水管组成。湿地床前374.6 m采用表流湿地结构，后95.2 m采用潜流湿地结构，根据地形，表流和潜流湿地床分别由2个单元组成。表流湿地床每个单元长为371 m，由20个水流滞留单元格组成，宽为60 m，长宽比约为5:1。潜流湿地床每个单元的长为90 m，宽为60 m，长宽比为1.5:1。水流经表流湿地床处理后，由集、布水管进入潜

（下转38页）

差较大，河水通过透水的砂层时摩擦会产生振动，在堤基处埋设钢管，放入拾音器即可拾取其振动音频，通过分析其音频的变化可以对管涌进行预警预报。

(7) 测斜。利用角加速度计测斜的原理，将重点堤防工程的水下根石和护岸设施监控起来，布设成网状的“姿态加速度监测系统”，可以将水下岸边的地形坡度测量出来，当汛期洪峰经过时，冲刷河岸，部分根石走失，形成崩岸滑踏，此时在“姿态加速度监测系统”中能够迅速测出水下三维地形，根据实时监测的三维地形变化，预报根石走失和崩岸发生的险情。

#### 4 监测设备应有的基本功能

根据观测参数设计监测方法和仪器设备，各种监测仪器应组成一个联合作业的系统，该监测系统应具备如下的基本功能：

(1) 能够进行长剖面监测。因为堤防工程长度较大，裂缝、孔洞等隐患的实际尺寸很小，如果采用一些短剖面或点测，就会漏掉隐患和险情，起不到监测监控的作用。分布式光纤温度测量系统、高密度激电测量系统都可以进行长剖面的监测，能够控制几公里的堤防。

(2) 快速实时监测功能。汛期的所有工作都必须快速完成，每项测试都得快速进行，否则，就起不到预测预报的作用。温度、音频和电导率等参数可以做到快速实时监测。

(3) 网络通讯功能。对于几百公里的堤防工程，需要监测的堤段很多，从上游到下游汛期的水位变化，各堤段

(上接33页)

流湿地床，再经潜流湿地床处理后，由集、排水管集中排入下游河道。

表流湿地水深较浅，适合种植湿生草本植物，每处湿地种植面积为3.78万m<sup>2</sup>；潜流湿地以当地水生植物芦苇、香蒲为主，每处湿地种植面积为1.08万m<sup>2</sup>。

#### 4 设计中的问题与思考

(1) 永定河官厅山峡沿河排污口治理采用的是一种小型的污水处理装置。这种装置用在处理学校、宾馆、住宅的生活污水比较成熟，但用在气象、水文、地质等条件非常复杂的山区河道，国内还未见报道，污水处理效果是否稳定还需验证。

(2) 人工湿地系统在我国南方已经进行了大量实验，成功的示范工程也很多，而在北方相对较少，对于如何解决冬季运行问题，还没有找到好的解决办法。同时决定湿地主要设计参数的计算方法还很不成熟，存在许多缺陷。而且人工湿地在形成稳定的状态之前（一般1~2年），系统的生物多样性和抗冲击力较差。

(3) 本次部分排污口的治理采用简单的小型设备加入人工湿地的组合布置，进行水质改善，是一种创新。但经组

监测的资料都要向防办传送。因此，监测系统必须具有网络通讯功能，这也是数字化防汛和管理的要求。

(4) 数据自动化处理功能。各参数采集完成后，系统应能自动处理各种数据，对多参数进行综合分析，根据各监测参数的变化趋势进行出险分析预报。这个过程只能是计算机自动处理，完全靠人工分析判断是不行的。

(5) 险情分析预报功能。监测系统最终是要提交堤防出险预报结果，对防洪抢险起指导作用。如果只是收集汛期各参数的变化过程，那就失去了监测的意义，监测的目的就是要进行预报。监测系统最终必须能够对险情做出何时、何处会出现的预报。

(6) 应有与防洪数据库或防汛抢险地理信息系统接口的功能。根据目前现有的数字化防洪管理设施，要求堤防隐患检测系统的资料应纳入其中的防洪数据库和防汛抢险地理信息系统，以便对所有资料的存档调用。

#### 5 结语

从堤防隐患的探测可以看出，堤防隐患的监测必须选择那些与水关系密切的地球物理参数，设计合理适当的观测方法，研制多参数联合作业的仪器设备，在堤防工程的险工险点和水工建筑部位布设监测断面，分析各参数的变化趋势，预测预报堤防出险几率。通过深入研究，地球物理技术在堤防隐患监测中可以发挥重要作用。

(责任编辑：刘培英)

合后，处理效果能发生多大的变化，仍没有量化的理论依据，仍有待以后监测分析证明。

#### 5 结语

永定河官厅山峡的排污口治理工程是本着截污治污、净化水质的原则实施的，有创新点，也有试验性。排污口的治理使永定河沿河各排污口达标排放，加上河道的生态修复工程，改善了永定河三家店的入库水质，实现了三家店出库水质达到地表水Ⅲ类水体标准的目标，基本满足饮用水源水质要求。本工程探索了在北方山区河道治理排污口的技术方案，为北方类似条件地区的排污口治理提供借鉴，起到推广示范作用。

#### 参考文献

- 沈耀良. 废水生物处理新技术理论与应用[C]. 北京：中国环境科学出版社，1999.
- 徐新阳，于峰. 污水处理工程设计[Z]. 化学工业出版社.
- 给排水工程快速设计手册(2)[Z]. 北京：中国建筑工业出版，1996.
- 侯立安. 小型污水处理与回用技术及装置[Z]. 化学工业出版社.

(责任编辑：刘培英)