 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9305

# Design of Expansion Project for a Wastewater Treatment Plantin Langfang

**Haiyan Yu[1] Shikang Lian[2]**

1. North China Design & Research Institute of Municipal Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300074, China
2. China Railway Design Group Co., Ltd., Tianjin, 300074, China

**Abstract**

To address the requirements of upgraded environmental protection policies and the growing regional wastewater treatment load, the Langfang Development Zone No.2 Wastewater Treatment Plant implemented an upgrading and capacity expansion project with a total investment of 250 million yuan. The on-site treatment capacity is 40,000 m³/d, and the supporting off-site pump station is designed for 80,000 m³/d (serving both the No.1 and No.2 Plants). A combined process of "pretreatment + modified Bardenpho biological treatment + high-efficiency sedimentation tank + V-type filter + ultrafiltration + sodium hypochlorite disinfection" was adopted to specifically address the shortcomings of the original process in pollutant removal. Operational results indicate that key effluent indicators, including CODCr ≤ 30 mg/L, $BOD_5$ ≤ 6 mg/L, and TP ≤ 0.3 mg/L, have stably met the Class B requirements specified in the *Beijing Local Standard - Discharge Standard of Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants* (DB11/890—2012) for six consecutive months. A portion of the effluent can be reused as reclaimed water, providing practical reference for similar upgrading and capacity expansion projects in the Beijing-Tianjin-Hebei region.

**Keywords**

wastewater treatment plant; upgrading and expansion; modified Bardenpho process; ultrafiltration; water reuse

# 廊坊某污水处理厂扩建工程设计

于海燕[1] 连仕康[2]

1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司，中国·天津 300074
2. 中国铁路设计集团有限公司，中国·天津 300074

**摘 要**

为响应环保政策升级与区域污水处理负荷增长需求，廊坊开发区第二污水处理厂实施提标扩容工程，总投资25,000万元。厂内处理规模4万m³/d，厂外配套8万m³/d泵站（服务一厂、二厂），采用“预处理+改良Bardenpho生物处理+高效沉淀池+V型滤池+超滤+次氯酸钠消毒”组合工艺，针对性解决原有工艺污染物去除短板。运行结果显示，出水CODCr≤30mg/L、$BOD_5$≤6mg/L、TP≤0.3mg/L等指标连续半年稳定达《北京市地方标准-城镇污水处理厂水污染物排放标准》（DB11/890—2012）B标准，部分出水可中水回用，为京津冀区域同类提标扩容工程提供实践参考。

**关键词**

污水处理厂；提标扩容；改良Bardenpho工艺；超滤；中水回用

## 1 引言

廊坊开发区第二污水处理厂工程启动，厂内规模 4 万 m³/d、厂外泵站 8 万 m³/d，采用改良 Bardenpho 工艺 + 深度处理组合体系，强化脱氮除磷与低浓度污染物去除。本文阐述工程设计与运行效果，为同类项目提供技术借鉴。

## 2 项目概述

廊坊开发区第二污水处理厂工程包括厂内和厂外两部分内容。其中厂内部分主要含细格栅及曝气沉砂池、生物池、配水井及回流污泥泵池、二沉池、中间提升泵池及高密度沉淀池、V 型滤池、超滤膜车间、接触消毒池及巴氏计量槽等建构筑物，按 4 万 m³/d 规模建设。粗格栅及提升泵池位于厂外，按 8 万 m³/d 规模建设，服务于现状第一污水处理厂和本次新建第二污水处理厂。

## 3 提标改造的必要性

廊坊经开区现有污水厂采用“预处理 +SBR 生化池 + 滤池 + 消毒”工艺，出水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 限值，部分出水经超滤 + 反渗透回用。但受环保政策收紧影响，需提标至《北京市地方标准 - 城镇污水处理厂水污染物排放标准》（DB11890-2012）B 级标准，而现有工艺在 COD、$BOD_5$、氨氮及总氮去除效能

【作者简介】于海燕（1992–），女，回族，中国新疆伊犁人，本科，工程师，从事市政给排水设计研究。

上存在不足，需强化生化处理，增改深度处理设施方可达标。

同时，现有处理负荷压力加剧了改造紧迫性。污水厂日均进水 4.5 万 m³/d，超滤系统 75% 产水率产生 1.5 万 m³/d 浓水，按要求中和后需回流重处理，导致实际负荷偏高。随着经开区发展，污水排放量将持续增长，现有处理能力难匹配增量需求，提标同步扩容势在必行。

## 4 设计进、出水水质

本工程的出水水质按照建设方提出的标准要求制定，污水处理厂处理后排放水标准不低于《北京市地方标准 - 城镇污水处理厂水污染物排放标准》（DB11890-2012）中 B 标准。具体水质指标见下表。

**表 1 污水处理厂设计进水水质（单位：mg/L）**

| 项目 | CODCr | BOD5 | SS | NH3-N | TN | TP | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 进水水质 | 500 | 200 | 250 | 45 | 65 | 5.0 | |
| 出水水质 | ≤30 | ≤6 | ≤5 | ≤1.5（2.5） | ≤15 | ≤0.3 | 6-9 |

（注：括号外数值为水温＞ 12℃时的控制指标，括号内数值为水温 ≤12℃时的控制指标。）

## 5 工艺流程

本项目工艺流程如下：市政来水→厂外粗格栅及进水泵房→厂内细格栅及曝气沉砂池→改良 Bardenpho 生物池→二沉池→中间提升泵池→高密度沉淀池、V 型→ V 型滤池→超滤膜车间→接触消毒池（巴氏计量槽）/ 送水泵房。

## 6 总体设计

### 6.1 厂外泵站设计

设计规模 8 万 m³/d，总变化系数为 1.3。满足现况一厂、二厂进水提升需求。

粗格栅设 3 条渠道，2 用 1 备。栅前水深 0.74m，过栅流速 0.6m/s，栅条间距 20mm。提升泵分两格进水池进行设计，1# 进水池满足现况一厂 5 万 m³/d 处理要求，2# 进水池满足二厂 3 万 m³/d 处理要求。1# 进水池设提升泵 3 台，2 用 1 备，单泵流量 Q=812m³/h；2# 进水池设提升泵 3 台，2 用 1 备，单泵流量 Q=1354m³/h。

### 6.2 厂外管道设计

厂外粗格栅及提升泵池的进水管道采用重力流污水管道，自现状污水检查井直接采用顶进法接入设计粗格栅及提升泵池，其中穿越京津塘高速段顶管采用钢管 D1520x20，外套 d1800F 型钢承口钢筋混凝土 III 级管，普通顶管段采用 d1500 钢承口钢筋混凝土 III 级管；

粗格栅及进水泵池的出水压力流污水管道采用钢管 D820x12、钢管 D1020x12。其中 D820x12 污水管道设计工作压力 0.18MPa，接入新建第二污水处理厂，D1020x12 污水管道设计工作压力 0.18MPa，接入现状第一污水处理厂。

### 6.3 污水处理厂设计

#### 6.3.1 预处理部分

细格栅及曝气沉砂池按照 4 万 m³/d，总变化系数为 1.3 设计。细格栅渠道分为 2 条，1 用 1 备，每条渠道宽 1.6m，分别安装 1 台板式细格栅，栅隙 3mm，每台格栅最大流量 2160m³/h。

曝气沉砂池尺寸为 19.8m×7.6m，分为 2 格，停留时间 7min，有效水深 2.5m。沉砂池曝气系统：鼓风机房设于细格栅间内，设 2 台罗茨鼓风机（Q=7.5m³/min，P=50kPa，N=5.5kW），1 用 1 备。

#### 6.3.2 生化部分

生化处理部分包含生物池、配水井及二沉池。

（1）生物池

设计规模为 4 万 m³/d，设置 1 座 2 组生物池，每组独立运行。设计最低水温 15℃，设计最高水温 25℃，设计污泥浓度 4000mg/L，设计好氧池污泥泥龄：8.5d，内回流比 400%，外回流比 100%，总污泥负荷：0.064kgBOD5/kgSS·d，曝气量（标准供空气体积）：240m³/min，有效水深：4.5m。

改良 Bardenpho 工艺是在传统 Bardenpho 工艺缺氧段前增设厌氧池，将污泥回流至厌氧池内以保证磷的有效释放[1]，按照改良 Bardenpho（预缺氧 / 厌氧 / 缺氧 / 好氧 / 后缺氧 / 后好氧）脱氮除磷工艺设计，在厌氧前增加了预缺氧，其中预缺氧、厌氧、缺氧、好氧、后缺氧、后好氧的停留时间分别为 0.54h、1.78h、7.46h、9.96h、2.48h、1.10h。

生物池在预缺氧区、厌氧区、缺氧区设置了回流污泥进泥点，在预缺氧区、厌氧区、缺氧区设置了原水进水点，各点进水量可根据工艺运行情况进行调整。每组生物池设置一根 DN450 的空气主管，上面设有空气调节阀，运行时根据池内溶解氧含量自动调节供气量。

（2）生物池配套供气设备设置于鼓风机房，空气量 240Nm³/min，共四台空气悬浮鼓风机，3 用 1 备，单台风量 95Nm³/min。

（3）配水井

设计规模 4.0 万 m³/d，变化系数 1.3，配水井直径：D=12.4m。污水经过生物池处理后，混合液进入沉淀池配水井，配水井负责 2 座沉淀池的配水、出泥和出水。配水井为四个环形构筑物，生物池来水进入内环，溢流到第二环，分配到 2 座沉淀池。沉淀池出水进入第四环，通过出水总管引至深度处理进水泵房。2 座沉淀池的污泥进入第三环，通过出泥总管将泥引入污泥泵房。

（4）二沉池

二沉池设计采用中间进水周边出水的辐流沉淀池，设计规模 :4.0 万 m³/d，回用水系数：12%，数量：2 座，单池

直径：40m，有效水深：4.0m，沉淀时间：6.03h，设计表面负荷：0.76m³/(㎡·h)。

### 6.3.3 深度处理部分

深度处理部分包含高效沉淀池、V 型滤池及超滤膜车间。

（1）高效沉淀池

设计规模 4 万 m³/d，总变化系数 1.3，自用水系数 18%。

高效沉淀池主要设计参数：2 组混凝池，混合时间 1.77min；2 组絮凝池，反应时间：11min，速度梯度：50s-1；2 组沉淀池，采用逆向流斜管沉淀池，设计斜管区表面负荷 13.54m³/(㎡•h)；污泥回流率：2%，剩余污泥含水率：98%，配套回流污泥泥泵 3 台（2 用 1 备），单台流量 Q=45~60m³/h，剩余污泥泵 3 台（2 用 1 备），单台流量 Q=45~60m³/h；PAM 加药量 1mg/L，PAM 投加率：0.2%。

（2）V 型滤池

V 型滤池因其滤层截污能力强、反冲洗周期长、出水水质好等优点在水厂广泛应用，其运行包括过滤和反冲洗两部分，其中高效的反冲洗是保证过滤效果的关键。[2] 自高密度沉淀池的来水进入两侧配水渠，水流通过进水闸经 V 形槽进入每格滤池，然后继续向下穿过石英砂均质滤料层、承托层和配水系统进入总出水涵，通过总出水管进入超滤膜车间原水池或超越超滤膜车间直接进入消毒接触池。

设计规模：4 万 m³/d，总变化系数 1.3，总过滤面积：384 ㎡，滤池分 6 格。单格过滤面积：64 ㎡；滤速：5.64m³/（h·㎡）；一格冲洗时，其余格强制滤速：6.77m³/（h·㎡）；滤池反冲洗方式：气冲 + 气水冲 + 水冲，反冲洗周期：12~24h；气冲洗强度：61.2m³/（h·㎡），气冲洗历时：0.5~1min；气水联合冲洗气冲强度：61.2m³/（h·㎡），气水联合冲洗水冲强度：14.4m³/（h·㎡），气水联合冲洗历时：4~6min；水冲洗强度：28.8m³/（h·㎡），水冲洗历时：3~5min；表面扫洗强度：5.6m³/（h·㎡）。

（3）超滤膜车间

V 型滤池来水进入原水池，经超滤膜过滤后进入产水池，产水池出水至消毒接触池。

设计处理规模为 4 万 m³/d，变化系数 1.3。超滤膜组件共 7 组，预留 1 组空位，设计参数如下：

设计出水量：4 万 m³/d，单组设计产水量 239m³/h，总有效膜面积 44100m³，设计平均通量：37.8L/(㎡/h)。膜污染是中水回用超滤（UF）系统面临的主要难题，在不设反渗透（RO）深度处理单元的单一超滤工艺中尤为突出。物理反洗是控制可逆污染的主要手段，但其效果与反洗时长高度相关。[3] 本次设计的水反洗强度：100~150L/(㎡/h)，水反洗历时：3min，水反冲洗周期：0.5-1h。

### 6.3.4 出水部分

深度处理出水含消毒接触池、再生水泵房、巴氏计量槽。

（1）消毒接触池设计规模为 4 万 m³/d，总变化系数 1.3。出水管两路接至再生水泵房，水量为 39480m³/d，剩余水量溢流排至南营干渠。消毒接触池有效容积 5690.8m³，有效水深 4.00m，消毒接触时间 158min。

（2）再生水泵房设计规模为 4 万 m³/d，泵房内设置 4 台回用水泵，3 用 1 备，选用卧式离心泵，单台流量 540m³/h，出水至厂外用户；设置 2 台自用水泵，1 用 1 备选用立式单级离心泵，单台流量 88m³/h，用于厂区绿化洒水栓用水、生产冲洗用水、热泵机房用水。设置 2 台回用水泵，1 用 1 备，单台流量 15m³/h，允许启泵液位为 9.80m，设置于消毒接触池内，池内液位高于 9.80m 后回用水泵允许启动。

（3）巴氏计量槽设计规模为 4 万 m³/d，总变化系数 1.3。巴氏计量设备喉宽 B=0.75m，测量范围为 Q=25-1100L/s。

### 6.3.5 污泥处理部分

设计规模 4 万 m³/d，污泥处理系统处理干污泥日产量为 15TDS/d，混合污泥含水率 99.2%，日处理污泥量为 1154m³/d。

（1）储泥池

设储泥池 2 座，单座平面尺寸 3.5m×5.0m，高 4.8m，有效水深 3.5m，停留时间 2h。储泥池污泥含水率为约 99.0%~99.3%，内设潜水搅拌器防止沉淀，再通过浓缩进泥泵输送至带式浓缩机进行浓缩。

（2）污泥浓缩系统

浓缩系统设离心浓缩机 2 台，位于污泥处理车间浓缩机平台上。浓缩机进泥泵将储泥池的污泥输送至离心浓缩机（进泥含固率约为 0.8%），同时投加 PAM 絮凝剂（投加量为 3-5kg/TDS），浓缩后污泥含水率降可至 96%~97%。

（3）污泥调理池

设污泥调理池 2 座，单座平面尺寸 5.0m×5.0m，高 4.8m，有效水深 3.5m。

（4）污泥板框压榨系统

板框脱水机进泥含固率约 3-5%，$FeCl_3$（纯度为 38% 以上）投加比为 0.05-0.08kg/kgDS，生石灰加药量为 0.15-0.2kg/kgDS，泥饼含固率约 40%，每日脱水污泥产量约为 23t/d。

### 6.3.6 加药部分

（1）加药采用 25% 液态聚合氯化铝铁（PAFC），化学除磷投加点为生物池出水及高效沉淀池混合池，共预留 2 处，4 点。根据现场运行资料，处理水量 3.5 万 m³/d，25% 液态聚合氯化铝铁（PAFC）用量 1.2t/d，计算出处理水量 3.5 万 m³/d，聚合氯化铝铁用量 6t/d。投加浓度：泵后在线稀释至 5%，储药量按 7d 考虑。化学除磷需将 TP 由 2.0mg/l 处理至 0.3mg/l。

（2）加氯消毒采用次氯酸钠（10%），主加氯投加点位于接触池，共 2 处；加氯最大投加率为 100mg/L，储氯量按远期 7d 考虑。

#### 6.3.7 除臭部分

厂区除臭采用生物除臭系统。厂区中细格栅、曝气沉砂池、多段 $A^2/O$ 生物池的厌氧段和第一缺氧段、污泥处理系统需除臭设计。共设两套生物除臭系统，一套位于细格栅附近，另一套布置在脱水机房附近。项目设置 2 套风量各 2 万 $m^3/h$ 生物除臭系统和风量 Q=0.5 万 $m^3/h$ 生物除臭系统。

## 7 运行效果及总结

本项目于 2025 年 7 月通水运行，出水已稳定达标半年。

本工程通过“强化生物处理＋深度处理”相结合的方式，达到深度去除有机物、悬浮物、N 和 P 等污染物的目的。

本项目采用“强化生物处理＋深度处理”组合工艺构建闭环污染物去除体系：先通过强化生物处理实现 BOD、COD、氨氮、总氮、总磷的基础降解；在深度处理阶段，采用微生物降解与物理截留协同处置低浓度、低可生化性有机污染物，增设反硝化单元并按需补充碳源降解残留总氮，结合微生物同化、铁铝盐化学沉淀及物理截留控制总磷≤0.3mg/L，辅以次氯酸钠消毒去除总大肠杆菌群，最终使出水水质稳定达到《北京市地方标准 - 城镇污水处理厂水污染物排放标准》（DB11/890—2012）中 B 标准。现况一厂和本次新建二厂处理后的污水，在有回用水需求时，经超滤膜处理车间处理后可实现中水回用。

## 参考文献

[1] 姚伟涛，肖社明，张永祥。改良Bardenpho工艺处理低$BOD_5$/TN混合污水工程设计[J].中国给水排水，2025,41(20):68-73.

[2] 颉亚玮,朱方俊,冯伟华,等.V型滤池反冲洗参数优化及工程验证[J].中国给水排水,2025,41(15):60-66.

[3] KaykhaiiS.Enhancingstormwatertreatmentthroughultrafiltration:Impactofcleaningchemicalsandbackwashdurationonmembraneefficiency[J].WaterScience&Technology,2023,88(12):3893-3905.(DOI:10.2166/wst.2023.453)