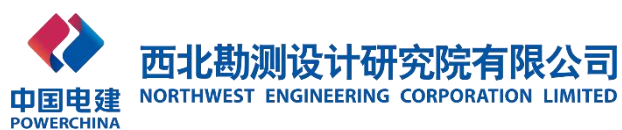


济南市济阳区再生水利用专项规划

（2024-2035 年）



二零二四年十二月

（版权所有翻印必究）

目 录

1 规划总论（张政束）	1
1.1 再生水定义及统计原则	1
1.2 规划背景	2
1.3 规划目标	17
1.4 规划范围与年限	17
1.5 规划依据	18
1.6 指导思想和原则	20
2 城市概况（王柯瑾）	23
2.1 自然条件	23
2.2 区域位置与地质地貌	24
2.3 气候条件	26
2.4 矿产资源	26
2.5 历史文化	26
2.6 社会经济概况	27
2.7 城市相关规划分析	29
3 再生水利用调查与评价（王伟）	34
3.1 水资源利用现状情况分析	34
3.2 再生水利用现状情况分析	38
3.3 再生水现状问题	49
3.4 再生水利用可行性分析	51
4 再生水需求分析（张晨辉）	54
4.1 再生水利用领域	54
4.2 再生水需求调查	55
4.3 再生水需水量预测	87
5 再生水可利用量预测（张政束）	88
5.1 再生水现状及可供水量	88
5.2 再生水可供水量预测	88

6 再生水利用配置（张政東）	93
6.1 再生水配置原则（王伟）	93
6.2 供需平衡分析（张政東）	错误！未定义书签。
6.3 再生水配置方案（张政東）	95
7 再生水水质保障方案（张晨辉）	106
7.1 排污企业源头净化与管控	106
7.2 工业用水水质净化	114
8 再生水利用工程布局（张政東，王伟）	118
8.1 总体布局	118
8.2 近期建设任务内容	错误！未定义书签。
8.3 远期建设任务内容	121
8.4 建设任务安排	121
8.5 污水厂再生水综合利用改造	122
8.6 再生水输配水管网工程（王伟）	146
8.7 再生水泵站扩容工程	156
8.8 再生水智慧化信息平台建设	158
9 投资估算及经济分析（张政東，造价）	163
9.1 建设投资	163
9.2 经济分析	165
10 保障措施（王柯瑾）	170
10.1 制度保障	170
10.2 组织保障	170
10.3 资金保障	170
10.4 科技保障	171
10.5 运营维护保障	172
11 实施预期效果分析（张政東）	173
11.1 规划预期效果分析	173
11.2 可实施性分析	173

11.3 社会效益	173
11.4 经济效益	174
11.5 生态效益	174
12 附图（王伟）	175

1 规划总论

1.1 再生水定义及统计原则

根据《室外排水设计规范》GB50014-2021，再生水是污水经过适当处理后，达到一定的水质标准，满足某种使用要求的水。

目前再生水主要用途在于农业灌溉、工业低质用水及循环冷却用水、城市杂用水和生态补水等方面，不仅可以节约水资源、减少污水排放，还能降低供水和处理费用。

根据《水利部办公厅关于进一步加强和规范非常规水源统计工作的通知》（办节约〔2019〕241号），在统计再生水用量时，应统计水质符合工业用水、城市非饮用水、景观环境用水等不同用途回用标准，并加以利用的水量。具体包括两种情形：

1、再生水厂出水符合《再生水水质标准》（SL368-2006）或《城市污水再生利用》系列标准，并加以利用的水量（不含直接排入河湖湿地等自然水体的非生态补水）。

2、通过专用供水管线或其它输送方式将污水处理厂达标排放的尾水或外部废污水引入用水企业，由用水企业进行深度处理后使用的水量，但不包括企业内部废污水处理的重复利用量

对于污水处理厂尾水直接排入自然水体（包括河流、湖泊、湿地等）进行生态补水的情况，补水水质应符合或优于 SL368-2006 或《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921-2019）中再生水利用于景观用水控制项目和指标限值，具备生态补水需求和通过生态补水工程实施的纳入再生水利用统计范围，否则不纳入再生水利用量统计范围。

1.2 规划背景

2019 年 9 月 18 日，习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上发表重要讲话，明确提出“让黄河成为造福人民的幸福河”，黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略。2020 年 1 月 3 日，习近平总书记在中央财经委第六次会议上指出，要发挥山东半岛城市群龙头作用，推动沿黄地区中心城市及城市群高质量发展。

2021 年 4 月 25 日，国务院批复原则同意《济南新旧动能转换起步区建设实施方案》，正式设立济南新旧动能转换起步区。济阳区紧邻起步区，在“强省会”战略、济南“北起”战略交汇点、战略核心区，如今的济阳，正乘着战略机遇叠加的浩荡东风，从“产”、“城”、“河”三个方面统筹发力，推动北部新区全面起势。

2021 年 10 月，中共中央国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》，是济阳区及济南市生态文明建设发展的要求，也是推进黄河下游湿地保护和生态治理/建设集“防洪护岸、水源涵养、生物栖息”等功能为一体的黄河下游绿色生态廊道的需求。

根据 2022 年度《中国水资源公报》，山东省非常规水利用量在全国 31 个省级行政区中位列第一。其中，再生水是山东省最重要的非常规水源，其次分别为微咸水、矿坑水、淡化海水和集蓄雨水。今年，山东省将进一步加强非常规水开发利用，编制全省再生水利用规划，推动火电等高耗水企业和化工园区按比例配置利用再生水。推进国家典型地区再生水利用配置试点、区域再生水循环利用试点，开展再生水利用配置省级试点。同时，推进一批海水淡化项目建设，全省海水淡化日产规模超过 80 万吨。拓展非常规水利用领域和规模，全年利用量力争达到 17 亿 m^3 以上。

针对重点领域节水控水，山东省进一步细化年度目标。在农业领域，今年将实施 23 处大中型灌区现代化改造，创建 10 处节水型灌区，农田灌溉水有效利用系数达到 0.65 以上；大力发展节水农业，加强节水抗旱品种选育，推广旱作农业措施，控制高耗水作物种植规模，推进高标准农田建设，统筹发展高效

节水灌溉。在工业领域，征集发布先进节水技术装备推广名录，推动实施工业节水技术改造。在城镇生活领域，要完成 54%的城市污水处理厂提标改造，再生水利用率达到 53%。

深入推进水资源节约集约利用，需要激发全社会的内生动力。近年来，山东省持续加强节水载体建设，推进节水激励政策落地见效，全省共创建国家节水型城市 25 个，节水型社会建设达标县（区）132 个，均居全国第一位；累计创建节水型高校 120 所，全省绿色学校建成率达到 80.5%；84%的市级党政机关和 63%的县级党政机关建成节水型单位。今年，山东省将开展县域节水型社会标准化建设和全国“节水型社会高质量发展先行区”示范创建工作，持续推进公共机构节水型单位建设，全省节水型高校建成率达 80%以上。同时，继续开展水资源节约利用工作成效督查激励，充分发挥正向激励引导作用。

1.2.1 国家相关法规政策要求

随着经济社会发展进步，各行各业对水资源的需求不断增加。国家高度重视节水工作，积极寻求多种途径缓解水资源紧缺矛盾，再生水也因此成为关注重点，并逐步出台了一系列政策标准，以进一步推动再生水行业健康有序地发展。“十四五”期间我国污水处理及非常规水资源利用稳步推进，再生水利用为主要增量空间。

《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月第二次修订）第五十二条提出：降低城市供水管网漏失率，提高生活用水效率；加强城市污水集中处理，鼓励使用再生水，提高污水再生利用率。《中华人民共和国黄河保护法》第五十九条中要求：黄河流域县级以上地方人民政府应当推进污水资源化利用，国家对相关设施建设予以支持。黄河流域县级以上地方人民政府应当将再生水、雨水、苦咸水、矿井水等非常规水纳入水资源统一配置，提高非常规水利用比例。景观绿化、工业生产、建筑施工等用水，应当优先使用符合要求的再生水。

2021 年 10 月 28 日国家发展改革委、水利部、住房城乡建设部、工业和信息化部、农业农村部印发的《“十四五”节水型社会建设规划》要求“鼓励结合组团式城市发展，建设分布式污水处理再生利用设施。缺水地区城市新建城区提

前规划布局再生水管网、调蓄设施、人工湿地净化设施等，有序开展建设”，“放开再生水、海水淡化水政府定价，推进按照优质优价原则供需双方自主协商确定”，“推广示范产城融合用水新模式，有条件的工业园区与市政再生水生产运营单位合作，建立企业点对点串联用水系统。鼓励园区建设智慧水管理平台，优化供用水管理”，“将再生水、海水及淡化海水、雨水、微咸水、矿井水等非常规水源纳入水资源统一配置，逐年扩大利用规模和比例。缺水地区严格控制具备使用非常规水源条件但未有效利用的高耗水行业规划新增取水许可”，“缺水地区坚持以需定供，分质、分对象用水，推进再生水优先用于工业生产、市政杂用、生态用水。实施区域再生水循环利用工程。创新服务模式，鼓励第三方机构提供污水资源化利用整体方案。到 2025 年，全国地级及以上缺水城市再生水利用率超过 25%”。

2021 年 10 月 8 日，中共中央、国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》，第六章“加强全流域水资源节约集约利用”中要求：实施最严格的水资源保护利用制度，统筹天然水与再生水、常规水与非常规水，优化水资源配置格局，提升配置效率，实现用水方式由粗放低效向节约集约的根本转变。同时，积极推动再生水、雨水、苦咸水等非常规水利用，实施区域再生水循环利用试点。

2021 年 12 月，水利部、国家发展改革委、住房城乡建设部会同工业和信息化部、自然资源部、生态环境部印发《典型地区再生水利用配置试点方案》（水节约〔2021〕377 号），《方案》将在缺水地区、水环境敏感地区、水生态脆弱地区为重点，选择典型代表性强、再生水利用配置基础好、再生水需求量大的县级及以上城市开展试点。提出以下试点目标：“十四五”期间，试点城市以加强再生水利用规划布局 and 配置管理为重点，因地制宜制定规划目标、创新配置方式、拓展配置领域、完善产输设施，建立健全相关激励政策，大幅提高再生水利用率。缺水地区试点城市再生水利用率达到 35%以上，京津冀地区试点城市达到 45%以上，其它地区试点城市达到 25%以上。到 2025 年，在再生水规划、配置、利用、产输、激励等方面形成一批效果好、能持续、可推广的先进模式和典型案例。

《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》明确要求到 2025 年，全国地级及以上缺水城市再生水利用率达到 25%以上，京津冀地区达到 35%以上，黄河流域中下游地级及以上缺水城市力争达到 30%。还提出要加强再生利用设施建设，推进污水资源化利用，新建、改建和扩建再生水生产能力不少于 1500 万 m³/d 的主要任务。《规划》为“十四五”时期城镇污水收集处理、资源化利用和污泥无害化资源化处置设施建设与运行提出了清晰的时间表、任务书和路线图。

2021 年 1 月 4 日，国家发展改革委联合科技部、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部、住房和城乡建设部、水利部、农业农村部、市场监管总局印发了《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13 号）。《意见》共五章二十条，对再生水替代常规水资源，用于工业生产、市政杂用、居民生活、生态补水、农业灌溉、回灌地下水等，以及从污水中提取其它资源和能源做了详细要求，既从全局全领域出发，强调了再生水纳入水资源统一配置，又突出城镇、工业、农业农村等重点领域，分区分类指明了污水资源化利用的具体路径。

2021 年 12 月 28 日，生态环境部会同发展改革委、住房和城乡建设部、水利部编制发布了《区域再生水循环利用试点实施方案》（环办水体〔2021〕28 号），将黄河流域确定为再生水循环利用的重点试点范围，要求黄河流域局积极参与帮助指导流域内地方开展再生水循环利用试点。方案要求，到 2025 年，在区域再生水循环利用的建设、运营、管理等方面形成一批效果好、能持续、可复制，具备全国推广价值的优秀案例。主要任务包括：合理规划布局、强化污水处理厂运行管理、因地制宜建设人工湿地水质净化工程、完善再生水调配体系、拓宽再生水利用渠道和加强监测监管。

2021 年 12 月 29 日，工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、生态环境部、住房城乡建设部、水利部联合印发《工业废水循环利用实施方案》（工信部联节〔2021〕213 号），提出到 2025 年力争规模以上工业用水重复利用率达到 94%左右，钢铁、石化化工、有色等行业规模以上工业用水重复利用率进一步提升，工业用市政再生水量大幅提高，万元工业增加值用水量较 2020 年下

降 16%，基本形成主要用水行业废水高效循环利用新格局。

2023 年 2 月 27 日，水利部办公厅发布了《2023 年水利系统节约用水工作要点的通知》。该通知强调了深入学习贯彻习近平总书记治水重要论述精神，坚持和落实节水优先方针，贯彻落实 2023 年全国水利工作会议部署，大力实施全面节约战略，持续推进国家节水行动和节水型社会建设，进一步强化用水总量强度双控。

2023 年 9 月 1 日，国家发展改革委等部门发布了《关于进一步加强水资源节约集约利用的意见》。该意见提出了全面贯彻党的二十大精神，实施全面节约战略，加快形成节水型生产生活方式，建设节水型社会，推进生态文明建设，促进高质量发展等一系列措施。

2023 年 11 月 15 日，水利部等部门进行了试点中期评估，加快推进 78 个城市再生水利用配置试点建设。

1.2.2 山东省政策要求

山东省高度重视再生水利用配置工作，先后出台的多项水资源相关政策文件和规划方案中均对再生水利用配置提出了要求。

山东省水利厅于 2021 年 12 月 15 日发布《山东省“十四五”节约用水规划》规划强调了全面推进节约用水，推动高质量发展。其中包括推进全社会各领域节水，聚焦农业、工业、城镇等行业，积极培育节水标杆，全面提高水资源利用效率和效益。同时，加强供给侧科学配置和有效管理，明晰流域区域用水权益，完善区域水资源配置，统筹各类水源，严格生态流量管控。大力推进非常规水利用，将非常规水源全面纳入区域水资源统一配置。

山东省人民政府于 2021 年 9 月 27 日发布《山东省“十四五”生态环境保护规划》规划强调了推动高质量发展，包括推进全社会各领域节水，聚焦农业、工业、城镇等行业，积极培育节水标杆，全面提高水资源利用效率和效益。

山东省人民政府于 2022 年 12 月 31 日发布《山东省“十四五”水利发展规划》规划强调了加快现有企业和园区开展以节水为重点内容的水资源循环利用改造，加快节水及水循环利用设施建设，推动企业间串联用水、分质用水，一水多用

和循环利用。

山东省住房和城乡建设厅、山东省发改委于 2022 年 9 月 11 日联合发布《山东印发规划加强城镇污水处理及资源化利用》规划明确了“十四五”时期城镇污水处理及再生利用的主要目标：到 2025 年，全省城市生活污水集中收集率达到 70%以上，污水集中处理率达到 99%，再生水利用率达到 55%，污泥无害化处置率达到 95%以上。

2023 年 9 月 14 日，山东省人民政府发布了《山东省深入推动全社会节水护水惜水》。该政策明确到 2025 年，全省用水总量控制在 241.1 亿 m^3 以内，万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量分别较 2020 年下降 16%、10%，农田灌溉水有效利用系数达到 0.65 以上，规模以上工业用水重复利用率达到 94%左右，城市再生水利用率达到 55%，非常规水利用量达到 15 亿 m^3 以上，90%以上的县（市、区）达到节水型社会标准。

1.2.3 济南市政策要求

济南市再生水利用、节水政策旨在提升济南市再生水利用水平，推动再生水利用设施的投资、建设和运营。政府将发挥引导、带动作用，鼓励国有企业与社会资本参与，优化配置再生水，分区域、分阶段推进设施建设。再生水将应用于工业生产、生态补水和市政杂用领域，拓展至热源、农业灌溉等领域。

2021 年 12 月 29 日，济南市人民政府发布了《济南市“十四五”水务发展规划》。该规划深入贯彻落实黄河流域生态保护和高质量发展重大战略，加快建设社会主义现代化强省会。规划中提出了全面促进水资源集约节约利用，建立节水型生产方式和消费模式，推进生产生活方式绿色化，促进产业结构优化，着力增强水循环利用，努力提高水资源产出效益等一系列措施。

2022 年 5 月 16 日，济南市城乡水务局发布了《济南市节约用水条例》和《济南市落实国家节水行动实施方案》等一系列法规政策文件，建立了水资源集约节约考核指标体系，成立节水管理专职机构，推行节水评价、计划管理、节水三同时、载体创建等全过程管理。

2022 年 8 月，济南市城乡水务局发布了《济南市再生水利用规划（2021-

2035）》，明确再生水利用途径、建设布局等内容；推进大辛河、张马河等河道生态补水再生水利用试点规划，目前已完成规划立项手续；积极争取国家典型地区再生水利用配置试点；突出节水规划引领。

2023 年 10 月 27 日，济南市城乡水务局发布《济南市再生水利用工作意见（征求意见稿）》，该意见旨在提升济南市再生水利用水平，推动再生水利用设施的投资、建设和运营。意见要求到 2025 年，全市再生水利用率达到 50%以上；到 2035 年，全市再生水利用率达到 60%以上。同时，意见指出政府将发挥引导、带动作用，鼓励国有企业与社会资本参与，优化配置再生水，分区域、分阶段推进设施建设。再生水将应用于工业生产、生态补水和市政杂用领域，拓展至热源、农业灌溉等领域。

随着国家级新旧动能转换起步区的建设，为满足济南市新旧动能转换起步区发展对生态环境的需求，优化济阳区的水资源布局、打造北部黄河风貌带，推进生态流域的建设，济阳区规划大寺河流域生态治理工程是优化水资源配置的重大战略举措，对推动黄河流域生态保护和高质量发展具有重要作用。2022 年 2 月，区委书记秦蕾在济阳区第一次代表大会上指出聚力依水用水，打造黄河岸边水生态城市，引大寺河活水入城，连接澄波湖、安澜湖、新元大街景观河、政务中心护城河及沿路水系，实现河湖贯通、渠系联通，畅流活水，营造水势，打造生机盎然的环城水系。2023 年 5 月，济阳区政府、区城乡水务局组织完成了济阳区智慧水生态城市规划策划方案。区委书记秦蕾听取汇报后指出聚力打造黄河岸边水生态城市是济阳“12345”发展战略要求，也是济阳区高质量发展的基石，统筹考虑上位规划，规划方案以前瞻性和现实性结合，推进落地水生态城市建设。

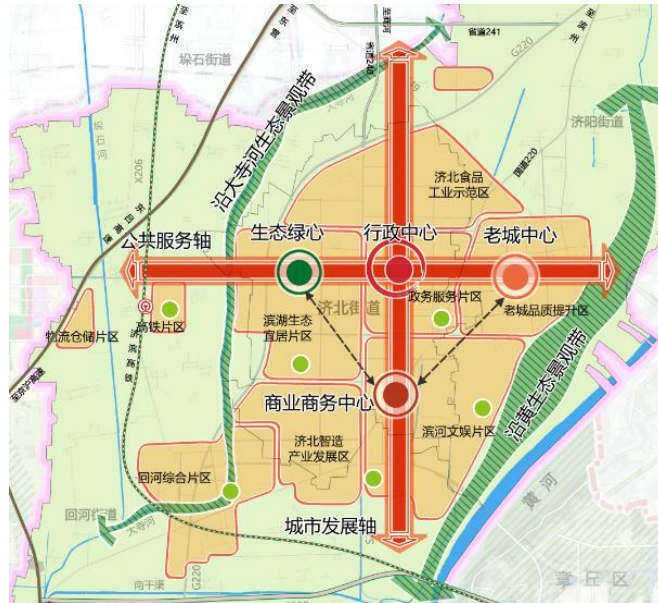


图 1.2-1 济阳区中心城区发展规划示意图

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，践行“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路，贯彻落实黄河流域生态保护和高质量发展战略，全面推进水资源节约集约利用，将再生水纳入水资源统一配置，建立再生水利用制度体系和激励机制，加快完善再生水供给、输配、利用、计量、监测等基础设施；坚持行业监管与激活市场并重，构建“制度健全、设施完善、监管有力、运营高效”的再生水利用格局，充分发挥再生水的社会效益、生态效益和经济效益，深入落实黄河流域生态保护和高质量发展战略，完善生态文明领域统筹协调机制，为此开展“济南市济阳区再生水利用规划”编制工作。

1.2.4 国内外再生水利用经典案例

1.2.4.1 北京再生水利用

再生水利用在经济、社会、环境效益方面都具有现实和长远意义。自 2019 年以来，北京市再生水利用量已达 12 亿 m^3 ，成为稳定可靠的“第二水源”。以下分别从政策制定、现状分析和再生水价格及投资运营情况对北京市再生水工作进行简要梳理。

2009 年，北京市颁布了《北京市排水和再生水管理办法》（北京市人民政府令第 215 号），明确将再生水纳入水资源统一配置，确定了再生水主要用于工业、农业、环境等用水领域。此后，结合国家及省市对再生水利用工作的新

要求，北京市积极转变再生水工作思路，陆续颁布了多部规范性文件推进再生水的利用工作。

根据住建部公布的《城乡建设统计年鉴》数据来看，北京市污水处理及再生水利用投资额在 2014—2016 年维持在较高水平，其中，再生水利用投资额在 2015 年达到了 101.5 亿元。在此之后，再生水利用投资额整体呈现减少态势，据数据显示，2021 年北京市再生水利用投资额为 2.1 亿元。

根据 2022 年《北京市水资源公报》公布数据，2022 年北京市再生水利用率达到 54.2%。细分用途来看，在全市 12.05 亿 m^3 的再生水配置利用量中，生产用水量 0.69 亿 m^3 ，生活用水量 0.22 亿 m^3 ，环卫绿化用水量 0.22 亿 m^3 ，河湖补水量 10.9 亿 m^3 。并且，近几年北京市生产生活再生水用水量整体稳定在 1.04 亿 m^3 左右。

北京市再生水价格依据北京市发展和改革委员会于 2018 年 2 月印发的《北京市定价目录》（京发改规〔2018〕2 号），北京再生水价格属政府定价项目，按政府最高指导价管理，每吨水价格不超过 3.5 元。对比北京市水费收费标准可知，再生水价格约为非居民生活用水的 36.84%。2023 年 7 月，北京市发展和改革委员会对《北京再生水价格有关问题的通知》（征求意见稿）公开征求意见，拟将再生水价格由政府指导价调整为市场调节价，由再生水供应企业和用户按照优质优价的原则自主协商定价。

以中心城区为例，北京城市排水集团有限责任公司（以下简称“北京城市排水集团”）是北京市中心城区唯一一家再生水业务运营商。其中，北京市中心城区再生水处理业务运营主体为公司本部和子公司北京排水环境发展有限公司，并由子公司北京北排装备产业有限公司提供污水处理设备的支持。北京城市排水集团于 2015 年 9 月被授予北京市中心城区（中心城及海淀山后地区、丰台河西地区、大兴区五环路以内地区，中心城区指朝阳区、东城区、西城区、海淀区、丰台区及石景山区）污水处理和再生水利用的特许经营权，负责中心城区排水和再生水设施的投融资、建设、运营主体（除 BOT 项目外），特许经营期自 2013 年至 2042 年（其中 2013 年至 2015 年为建设期）。

自 2017 年 3 月起，公司将处理后的污水全部生产为再生水，因而再生水量

与污水处理量基本相同。截至 2023 年 3 月末，公司共建设运营 12 座再生水厂、917.5km 再生水管网、9226.0km 排水管道等，再生水厂合计处理能力增长至 425 万 m^3/d 。

1.2.4.2 深圳市高密度建成区再生水利用

深圳市域内共有 310 条河流，均为雨源型短小河流，河道景观环境用水量较大。再生水主要用于河道生态补水，少部分用于市政杂用及工业冷却用水。2022 年，全市 43 座水质净化厂污水处理总量 20.81 亿 m^3 ，再生水利用量 15.62 亿 m^3 ，再生水利用率 75%，再生水替代常规水资源量约占全市用水总量的 1%；其中，用于河道生态补水 15.42 亿 m^3 ，用于工业和城市杂用 0.2 亿 m^3 。

深圳无专门的再生水厂，水质净化厂与再生水生产设施一体化统筹建设，以水质净化厂对污水进行集中式处理和再生利用为主。全市共有 43 座水质净化厂，再生水供应规模 584 万 m^3/d ；再生水加压泵站 30 个，设计规模 300 万 m^3/d 。截至 2022 年，全市水质净化厂出水均满足《水质净化厂出水水质规范》（DB4403T64—2020）中一级 A 以上排放标准，其中 33 座达准 IV 类标准，5 座达准 V 类标准，可基本满足国标关于再生水回用于城市杂用、景观环境、工业冷却用水的水质要求。

截止 2019 年 4 月，深圳建成工业、市政杂用再生水管道以及河道补水管网约 500km，其中河道补水管网约 400km，市政杂用及工业再生水管网约 100km。

2022 年，深圳市全市工业再生水利用量约 800 万 m^3 ，城市杂用再生水利用量约 1200 万 m^3 ，再生水河道补水量约 15.42 亿 m^3 ，覆盖 130 条河流。

深圳目前的再生水回用对象较为单一，以景观环境用水为主。2022 年深圳市第六轮市区政府投资事权改革，再生水设施、管网的投资主体由政府变为社会投资，目前面临供应企业（经营者）信心不足，潜在用户使用再生水意愿不强等问题。

针对上述问题，深圳市根据《深圳市建设中国特色社会主义先行示范区节水典范城市工作方案（2020—2025 年）》，以国家再生水利用配置试点为契机，结合再生水布局规划近期目标，全市域系统推进再生水利用工作。

其配置思路可概述为以下四点：

（1）替代为主，增强韧性。深圳已经建立较为完善的再生水生态补水系统，今后全市再生水利用工作以推动再生水替代常规水资源为主，成为全市水资源“开源”的重要组成部分，增强城市供水韧性，减少对市外水的依赖。

（2）总量管控，统一配置。实行用水总量管控制度，将再生水纳入水资源统一配置，明确各区常规水资源用水红线及再生水利用底线。建立动态配置机制，依据各区经济社会发展需求和水资源节约集约利用水平，预留部分用水总量指标，动态配置、调整各区用水指标。

（3）以用定供，就近利用。根据潜在用户再生水利用量需求，考虑一定的规划弹性，确定再生水利用厂站、管网等设施建设规模。结合现有河道生态补水管网系统，采用“车载取水点+管网布局”方式，方便灵活就近取水。

（4）市场为主，协商定价。积极发动社会资本建设、运营再生水设施，由各区通过招标投标或委托方式确定再生水供应企业。再生水价格按照“优质优价、低用低价”的原则，由再生水供应企业和用户间协商定价。

配置对象则基于深圳目前水质净化厂出水的水质情况，综合考虑安全第一、风险可控、经济可行等因素，在开展深入调查、摸底的基础上，明确全市再生水配置对象：近期（到 2025 年），以工业冷却、道路冲洗及道路附属绿地浇洒用水为主；中期（到 2030 年），在近期用户基础上增加公园绿化浇洒、大型公共建筑空调冷却（集中供冷）；远期（到 2035 年），在中期基础上增加锅炉补水以及计算机、通信、电子设备制造业等高品质再生水用户。

以规划为引领，深圳市在“十四五”重点开展“1453”试点建设行动，构建超大城市政府引导下的市场化再生水利用体系。

（1）一个再生水综合规划引领全市域分区施策

编制全市再生水系统布局规划，构建再生水利用顶层设计，明确再生水利用目标。依托水质净化厂规划建设，在水资源供需平衡的基础上，分区、分策规划满足潜在用户需求的管网及设施，逐步实现精准分质供水的再生水配置利用格局。

（2）四大试点区域引领多方向的再生水集中利用配置

针对近期再生水利用需求量大、对象集中、使用意愿强、设施建设可行性

高的四个区域，开展再生水集中利用配置示范及运营机制探索示范。

①光明区——再生水综合利用示范区，积极探索再生水替代工业冷却和工艺用水，深度推广并加强再生水用于工艺用水示范。

②坪山区高新区——区域再生水循环利用示范区，通过在河流入河口集中设置梯级湿地，就近将上洋水质净化厂的部分尾水经过湿地进一步净化改善后，用于坪山河生态补水，形成湿地、水岸的良性循环系统，促进水生态系统的保护与水环境质量的提升。剩余部分尾水供给至周边电厂。

③龙华区九龙山片区——高新技术产业片区再生水利用示范区，九龙山片区内多为高端制造业及电厂企业，充分利用河道补水管网作为再生水输水主管，沿途建设再生水输水支管、取水点，向周边工业用户及市政供水，探索高新技术园区的再生水配置系统示范，缓解超大城市高密度建成区地下管位不足的困境。

④龙岗区横岗片区——再生水运营机制探索示范区，横岗片区再生水厂站网等设施较为完善，采用深度处理工艺，水质稳定，用户主要以高校、大型公共建筑为主，较为稳定。将初步确定的再生水运营机制在该片区进行先行先试，总结经验，优化完善运营机制，进一步在全市范围推广。

（3）五大示范方向探索高强度片区再生水分散利用

①大型公共建筑再生水与雨水联合利用。研究再生水利用系统与已建雨水调蓄设施及回用系统联合利用新模式，将再生水、雨水用于机场的空调冷却、冲厕、绿化浇洒、道路冲洗，以期为大型公共建筑类项目再生水利用提供示范及实践经验。

②分散式再生水“自用+外供”双循环利用。集成优化其再生水利用系统，培育工业再生水供应企业，开展工业废水资源化“一水多用、循环利用”探索，将处理后满足国标要求的工业废水用于厂内景观水体补水、绿化浇洒以及外供城市杂用。

③园区水资源循环利用及污水零排放。通过建设生活废水收集、处理、回用系统，将园区生活废水全收集、全利用，回用于园区冲厕、水体补水，研究新型产业园区水资源循环利用及污水零排放模式。

④高密度开发区再生水利用。以深圳湾超级总部基地为试点，结合综合管廊建设，敷设 5km 再生水管道，将福田水质净化厂尾水配送至总部基地，用于空调冷却、冲厕、绿化浇洒、道路冲洗等，探索高密度开发区再生水多方式利用模式。

⑤全市域灵活多样的再生水取水点建设及利用。充分利用现有完善的河道补水系统，尝试以现状补水河道及再生水管网为载体，系统建设再生水取水点，从水质净化厂、补水河道以及管网中抽取再生水作为城市杂用水源，探索车载取水、移动泵取水等灵活多样的再生水取用方式。

（4）三大机制构建强化长效保障

①可持续的运作机制。在再生水利用设施完全由社会企业投资的背景下，通过制定顶层设计文件，明确以市场化为主的再生水投融资、价格、运营、奖励激励内容，构建可持续的再生水利用良性循环运作机制。

②全过程的监管机制。明确市、区政府在用水配置、用水计划审批、市场监管、运营监管等方面的权责内容以及运营企业实施的管理职能，确定再生水市场的准入条件和退出规则，建立再生水设施建设和运营等环节的全过程监管机制。

③全流程的标准体系。通过完善再生水利用分质供水标准、工艺流程设计、运行维护规程等全流程标准体系，分类确定指标种类及限值，明确再生水工艺设计、设施运维等方面的技术要求，指导再生水分级和精细化管理。

1.2.4.3 国外再生水利用

新加坡政府对再生水使用方面给予用水量及收费优惠，促进了再生水的利用，2020 年全国再生水使用量占供水总量的 40%，大部分用于半导体等工业及建筑物制冷系统，小部分用于饮用水。

以色列在全国普及再生水供水系统，推动再生水的利用，全国超过 87% 的再生水被用于农业灌溉，占灌溉用水总量的 50%；农民若自愿将淡水水权变更为再生水水权，可以额外多获得 20% 的用水配额；2015 年以色列污水处理率达 90% 左右，再利用率约达 80%，目前再利用率已达到 90% 左右，再生水生产量超过 5 亿 m^3 。

美国《国家水再利用行动计划》（2020 年）提出 37 项行动举措，全面推进再生水利用，目前美国再生水利用总量约为 66 亿 m^3 ，其中加利福尼亚州 2015 年再生水利用量达到 8.25 亿 m^3 （农业灌溉占 30%，地下水回补占 18%，景观及娱乐用水占 17%）；加利福尼亚州《地表水增加条例》（2018 年）为将再生水注入水库作为新增水源确定了最低的统一标准，新政策提出全州再生水利用量 2030 年要达到 30.8 亿 m^3 ，占新增水源的 40%左右；洛杉矶计划到 2035 年再生水达到其饮用水的 70%。

为应对气候变化和持续干旱影响，欧盟已将再生水利用纳入水资源规划管理，目前欧盟再生水利用总量约为 11 亿 m^3 （其中 32%用于农业灌溉，20%用于景观灌溉），预计 2025 年将达到 35 亿 m^3 ，其中西班牙是欧盟再生水利用最多的国家，利用率达到 17%，其 64%的再生水用于农业灌溉；同时为解除公众对再生水水质安全的顾虑，欧盟及有关成员国对城市废水处理后用于农业灌溉的水质提出明确要求，防止再生水利用过程中出现健康风险和环境风险。

1.2.5 济阳区加强再生水利用的必要性

1.2.5.1 是推进区域再生水循环利用试点，形成效果好、可持续的再生水利用的典型示范区的需要

《关于推进污水资源化利用的指导意见》、《区域再生水循环利用试点实施方案》以及《典型地区再生水利用配置试点方案》要求以京津冀地区、黄河流域等缺水地区为重点，选择再生水需求量大、再生水利用具备一定基础且工作积极性高的地级及以上城市开展试点。济南市济阳区地处黄河流域下游，鲁西北平原南部，降水量较少、时空分布不均，水资源总量不足、部分河道季节性缺水严重，是典型的缺水地区、水环境敏感地区、水生态脆弱地区。

在国家相关政策的推动下，济南市济阳区积极响应，以再生水利用作为缓解水资源短缺、改善水环境质量、促进生态文明建设的重要举措。为了推进再生水循环利用工作，坚持规划引领、合理布局，通过开展再生水利用配置试点工作，济阳区将提高了水资源利用效率，还改善了水环境质量，为黄河流域的生态文明建设做出了积极贡献。同时，也为其他缺水地区提供了可借鉴的经验

和模式，推动全国范围内再生水循环利用工作的深入开展。

1.2.5.2 是贯彻落实《黄河流域生态保护和高质量发展》，建设节水型城市的需要

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央深刻总结人类文明发展规律，将生态文明建设纳入中国特色社会主义“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局。同时，二十大报告指出，要坚持绿水青山就是金山银山的理念，坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，全方位、全地域、全过程加强生态环境保护。统筹水资源、水环境，推动节水型城市、再生水利用工程建设。

习近平总书记强调黄河流域生态保护和高质量发展是重大国家战略，要共同抓好大保护，协同推进大治理，着力加强节水利用、保障黄河长治久安、促进全流域高质量发展、改善人民群众生活、保护传承弘扬黄河文化，让黄河成为造福人民的幸福河。黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略为水利发展提供了历史机遇。

1.2.5.3 是缓解水资源短缺，优化供水结构，促进经济社会可持续发展的需要

根据济南市再生水利用规划，计划到 2025 年，试点区域再生水利用率达到 50%以上。依托济南市规划，编制济阳区再生水利用规划，有助于实现济南市区城的节水目标，推动节水型社会的建设，促进经济社会可持续发展的需要。同时，再生水利用规划将优化供水结构，利用再生水可以优化济阳区产业供水结构，增加水资源供给，缓解供需矛盾。

1.2.5.4 是打造黄河岸边的水生态城市，推进生态文明建设的需要

再生水的利用对于推进生态文明建设，实现高质量发展具有重要的意义。水资源是生态文明建设的重要基础。加强水资源节约和保护，推进再生水利用工程建设是推进生态文明建设的重要途径。通过制定相关政策、标准规范和相关规划，能够有效地推动节水型城市建设，实现可持续发展的目标。加强水资源节约和保护，推进节水型城市建设能够有效地保障经济社会可持续发展，促

进经济结构的优化升级。

1.3 规划目标

以加强再生水科学配置与利用为重点，合理测算用水需求、统筹各类水资源配置，建立健全相关激励政策和保障措施，形成供需平衡、时空协调、量质匹配的配置方案。

依据上位规划《济南市再生水利用规划（2021-2035）》以及相关工作指导意见《济南市再生水利用工作意见》的要求，到 2025 年，全市再生水利用率达到 50%以上；到 2035 年，全市再生水利用率达到 60%以上。综合考虑济阳区再生水利用现状情况及规划期限，确定本规划的目标如下：

- （1）到 2025 年，规划区再生水利用率达到 50%以上；
- （2）到 2030 年，规划区完成中期工程建设，完成相应配套的再生水智慧化信息平台及相关配套设施建设，再生水利用率达到 55%以上；
- （3）到 2035 年，规划区再生水利用率达到 60%以上。

1.4 规划范围与年限

（1）规划名称

济南市济阳区再生水利用专项规划

（2）规划地点

济南市济阳区

（3）编制单位

济南市济阳区城乡水务局

（4）规划规模

济南市济阳区城镇开发边界范围内 67.92km²。（参考《山东省济南市济阳区国土空间分区规划（2021-2035 年）》北至大寺河大官庄闸，南至回河街道，西至大寺河，东至黄河大堤）。

（5）规划年限

规划期限：规划期限：2024 年~2035 年；规划基准年 2024 年，中期：2030

年，远期：2035 年。

（6）规划内容

规划内容：本规划为济南市济阳区再生水利用规划，在充分调研现状再生水水源、水质、水量、供水稳定性及已建再生水设施使用情况的基础上，确定济阳区工业用水、市政杂用水、生态补水和农业灌溉等再生水用水需求，根据实际背景及政策规定，结合再生水供给侧及需求侧分析，明确规划目标、预测再生水量、规划再生水设施布局、提出保证措施等，完成相应图件编制等工作。

1.5 规划依据

1.5.1 法律法规

- （1）《中华人民共和国水法》，2016 年 7 月；
- （2）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月；
- （3）《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月；
- （4）《中华人民共和国黄河保护法》，2023 年 4 月；
- （5）《取水许可和水资源费征收管理条例》，2006 年 4 月；
- （6）《水污染防治行动计划》，2015 年 4 月；
- （7）《排污许可管理条例》，2021 年 1 月；
- （8）《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》，2012 年 1 月；
- （9）《水行政处罚实施办法》2023 年 1 月；
- （10）《山东省水污染防治条例》2018 年 9 月；
- （11）《山东省建设规划水资源论证实施细则》2023 年 9 月；
- （12）《山东省饮用水水源保护区管理规定（试行）》，2022 年 9 月；
- （13）《济南市节约用水条例》：2020 年 10 月；
- （14）《济南市水资源管理条例》2013 年 5 月 1；
- （15）《济南市水土保持条例》2017 年 1 月。

1.5.2 政策文件

- （1）《工业废水循环利用实施方案》，2021 年 12 月；
- （2）《区域再生水循环利用试点实施方案》，2021 年 12 月；
- （3）《典型地区再生水利用配置试点方案》，2021 年 12 月；
- （4）《关于加强城市节水工作的指导意见》，2021 年 12 月；
- （5）《黄河流域水资源节约集约利用实施方案》，2021 年 12 月；
- （6）《“十四五”节水型社会建设规划》2021 年 11 月；
- （7）《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》，2021 年 10 月；
- （8）《“十四五”黄河流域城镇污水垃圾处理实施方案》，2021 年 8 月；
- （9）《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》，2021 年 6 月；
- （10）《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》，2021 年 2 月；
- （11）《关于推进污水资源化利用的指导意见》，2021 年 1 月；
- （12）《山东省“十四五”水利发展规划》，2021 年 9 月；
- （13）《全面推进水资源节约集约利用实施方案》，2022 年 5 月；
- （14）《山东省建设规划水资源论证实施细则》，2023 年 9 月；
- （15）《济南市深化水价机制改革促进水资源节约集约利用工作方案》，2022 年 6 月 1。

1.5.3 标准规范

- （1）《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- （2）《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；
- （3）《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- （4）《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335-2016）；
- （5）《城市污水再生利用分类》（GB/T18919-2002）；
- （6）《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921-2019）；
- （7）《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）；
- （8）《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；

- （9）《城市污水再生利用绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）；
- （10）《水回用导则再生水分级》（GB/T41018-2021）；
- （11）《水回用导则再生水厂水质管理》（GB/T41016-2021）；
- （12）《水回用导则污水再生处理技术与工艺评价方法》（GB/T41017-2021）；
- （13）《山东省重点工业产品用水定额》（DB37/T16391）；
- （14）《山东省农村居民生活用水定额》（DB37/T3773-20192）；
- （15）《行业用水定额第 1 部分农业用水定额》（DB62/T2987.1-20192）；
- （16）《农业灌溉用水定额》（DB65/T3611-20142）；
- （17）《水资源规划规范》（GB/T51051-2014）；
- （18）《水资源供需预测分析技术规范》（SL429-2008）。

1.5.4 相关规划

- （1）《山东省“十四五”节约用水规划》：该规划由山东省人民政府于 2021 年 12 月 15 日印发；
- （2）《济南市“十四五”水务发展规划》：该规划由济南市人民政府于 2021 年 12 月 29 日印发；
- （3）《济南市“十四五”绿色低碳循环发展规划》：该规划由济南市人民政府办公厅于 2022 年 6 月 21 日印发；
- （4）《济南节水典范城市建设方案》：该方案于 2022 年 5 月印发实施；
- （5）《济南市“十四五”节约用水规划》：该规划于 2022 年 4 月 2 日印发；
- （6）《济南市再生水利用专项规划》，该规划于 2022 年 8 月印发；

1.6 指导思想和原则

1.6.1 规划指导思想

本次规划以践行“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路，贯彻落实黄河流域生态保护和高质量发展战略，为加强全区再生水利用和管理，促进节约用水，缓解水资源供需矛盾，推进绿色低碳高质量发展，根据《中华

《中华人民共和国水法》《山东省节约用水条例》《济南市节约用水条例》等规定要求，依据上位规划《济南市再生水利用规划（2021-2035）》以及相关工作指导意见《济南市再生水利用工作意见》为基础，坚持规划引领，明确再生水利用规划目标、再生水设施布局、利用领域、重点项目及建设计划，打造典型地区再生水利用配置试点区域，效果好、能持续、可复制，具备推广价值的优秀区域案例。

本规划技术路线分为现状与问题分析、目标与技术路线、水资源、再生水利用现状情况分析、再生水可供应量与需求分析、再生水利用配置试点目标、再生水水质保障、重点建设任务方案实施计划、再生水设施规划建议及规划实施保障以及实施后的预期效果分析等内容。

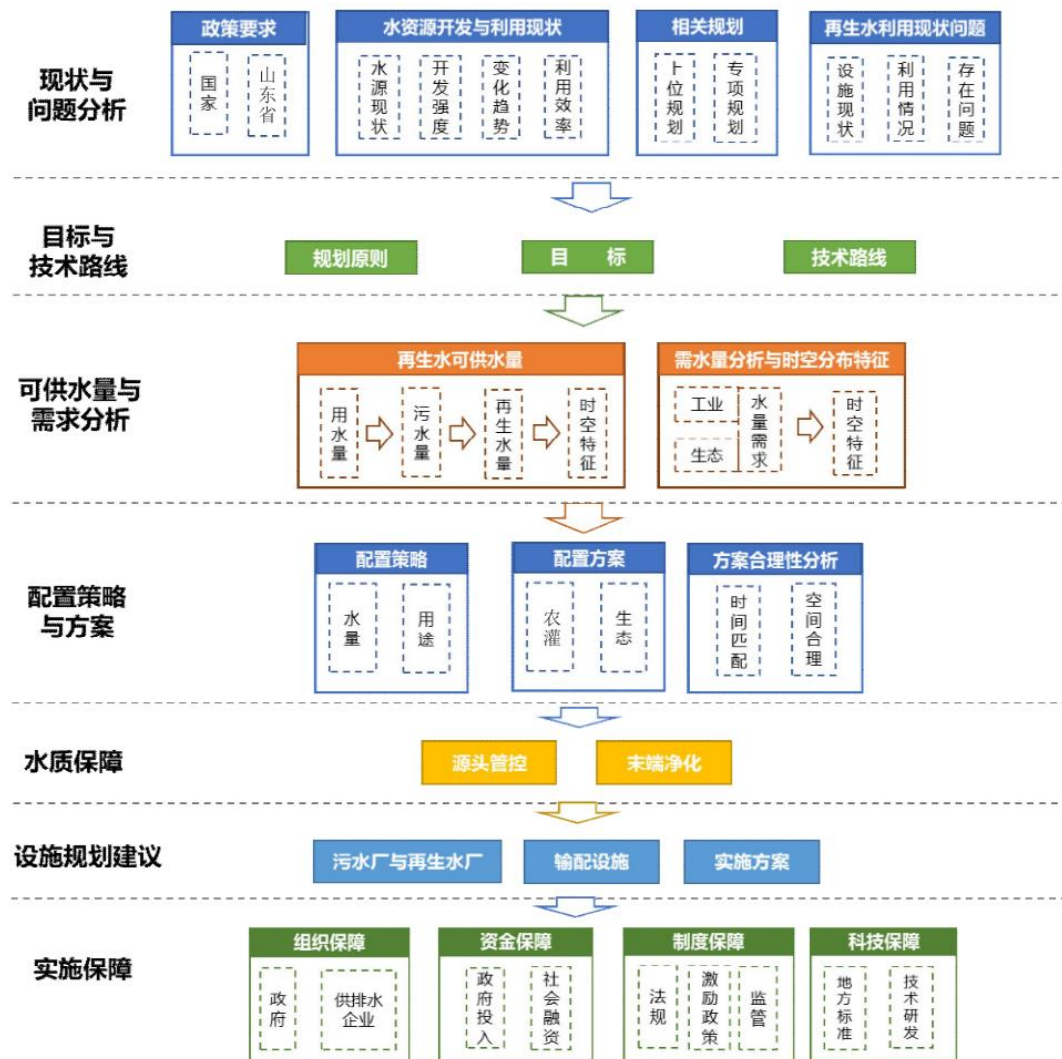


图 1.6-1 规划思路示意图

1.6.2 规划原则

为了促进再生水资源的合理利用，依据济南市再生水利用规划原则，制定了以全面考虑，确保水资源的可持续利用；科学规划，优化水资源配置；加强监管，保证再生水水质的安全可靠；创新发展，推动技术进步和产业升级的原则，为济阳区的再生水规划提供指导，让水资源得到更加合理、高效、可持续的利用。详细原则为：

（1）总量控制，统一配置

按照《中华人民共和国黄河保护法》等法规政策要求，将再生水纳入全市水资源统一调配，统筹考虑黄河水、地表水、地下水等各类水资源的供需情况确定配置方案。实现多水源联合调度、优化配置，实现优水优用，全面系统推进污水资源化利用工作。统一考虑水量和水质，统一安排生产和生态用水。

充分发挥政府的引导、带动作用，运用市场机制创新再生水利用模式，加大政策支持，完善价格体系，鼓励和引导国有企业与社会资本参与再生水利用设施的投资、建设和运营。

（2）因地制宜，科学调控

坚持集中利用与分散利用相结合的原则，科学规划、合理布局再生水利用设施，优化配置再生水。从实际出发，根据济阳区水资源供需状况、发展水平、基础条件、利用成本等因素，合理确定再生水利用目标、任务和措施，综合考虑供需双方的水量、水质、时间变化和空间分布规律，实现优水优用、按用定质、按质定管，合理选择重点领域和利用途径。

（3）优化配置，助力产业

坚持集中利用与分散利用相结合的原则，科学规划、合理布局再生水利用设施，优化配置再生水利用。结合济阳区经济社会状况、产业布局、发展要求、用水需求和技术水平等因素，分区域、分阶段推进再生水利用设施建设。

（4）保障安全，加强管控

再生水管理体系为依托，建立再生水区域循环利用风险防范体系，严格进出水管理，规范设施运行维护，完善应急处置管理机制，有效保障再生水利用安全，确保再生水水质达标，新建污水处理厂（站）出水水质须全部达到标准。

2 城市概况

2.1 自然条件

济阳区，隶属于山东省济南市，位于鲁西北平原的南部，是济南的近郊区，隔黄河与历城区、章丘区、滨州市邹平市相望，东北、北部与惠民县、商河县接壤，西北、西部与德州市临邑县、齐河县相连，西南与济南新旧动能转换起步区毗邻，总面积 1098.8km²。截至 2024 年末，济阳区下辖 8 个街道、2 个镇。截至 2024 年末，济阳区常住人口 42.62 万人。

济阳区历史悠久，境内有西周贵族墓群、玉皇冢等 20 处古文化遗址及孔子闻韶台遗址，黑陶工艺和鼓子秧歌久负盛名。区域地势平坦，土地宽满肥沃，石油、煤矿、天然气、地热资源储量较大，北有油田、南有煤矿，地热资源也已开发利用。济阳区打造了仁风西瓜、曲堤黄瓜、垛石西红柿等十大农产品品牌，先后获全国粮食生产先进县、全国蔬菜产业先进县、全国第四批节水型社会建设达标区等称号。



图 2.1-1 济阳区位示意图

随着济南“携河发展”战略的实施，建设济南次中心城市，济阳区被纳入新一轮城市组团；形成与济南新旧动能转换起步区、高新区、临空经济示范区联动发展格局；跨河大桥、穿黄隧道和轻轨延伸等重大交通设施正在谋划实施。这一系列政策的出台实施，为济阳黄河生态赋能示范区、建设动能转换联动发展区以及赋能省会都市功能拓展区创造了得天独厚的契机与优势。

济阳区“十四五”规划中，生态系统质量和稳定性稳步提升，生态安全格局更加稳定，生物多样性得到有效保护，沿黄地区生态系统稳定性明显增强，生态系统服务功能不断加强。为抢抓机遇，助力济阳区打造黄河岸边水生态城市，协同济南新旧动能转换起步区，高水平建设沿黄生态绿色走廊。

2021 年 10 月，《济南市黄河流域生态保护和高质量发展规划》正式印发实施。2022 年 2 月，《山东省黄河流域生态保护和高质量发展规划》正式印发实施。2022 年 7 月，《济南市济阳区黄河流域生态保护和高质量发展实施方案》正式印发实施。根据《济南市济阳区黄河流域生态保护和高质量发展实施方案》，济阳区发展目标为：咬定目标、脚踏实地，埋头苦干、久久为功，加快推动我区黄河流域生态保护和高质量发展呈现新气象，力争到 2025 年取得显著成效，初步建成黄河流域生态保护和高质量发展样板区。

2.2 区域位置与地质地貌

济南市济阳区位于鲁西北平原的南部，历史悠久，是省会济南的近郊区，南靠黄河，西邻齐河，北依临邑和商河，东接惠民。距济南市区 30km，距济南国际机场 8km。因其位于古济水之北，故名济阳。位于黄河下游北岸，鲁北平原的南部，隔黄河与历城区、章丘区、邹平市相望，东北、北部与惠民县商河县接壤，西北、西部与临邑县、齐河县相连，西南与济南新旧动能转换起步区毗邻。地理坐标为北纬 36°41'-37°15'，东经 116°52'-117°27'。国道 220 线和省道 240 线、241 线以及四通八达的县乡公路网络。



图 2.2-1 济阳区行政区划图

济阳区辖 8 街道 2 镇，区辖济阳、济北、孙耿、回河、崔寨、太平、垛石、曲堤 8 个街道，仁风、新市 2 个镇，行政区划面积 1098.8km²，境域南北长 39km，东西宽 48.km。

济阳区位优越，交通便利。济阳区距济南市中心市区 30km，距济南国际机场 8km，向西、向南与济南主城区相接，相距只有 1 小时车程；向东与济南东部新区相接，到龙奥、高新区不足 40 分钟车程，到遥墙机场只需 10-15 分钟车程。区域内有多条条国道、省道，高速，高速公路出入口，交通优势明显。

济阳区地处黄河冲积平原（黄泛平原）。由于历史上黄河屡次决徙，沉积物交错分布，淤垫不均，因而济阳区地貌具有缓岗、坡、洼相间和地面呈微波状起伏的特征。境内地势由西南而东北渐次倾降，坡度约为 1/7000—1/8000。西南部崔寨乡一带最高，地面高程为海拔 23.8m（黄海高程，下同）；徒骇河以北的贾寨村、后楼村等地最低，地面高程为海拔 14m。全区地面高程平均为海拔 19.4m。地貌类型分为四种：缓平坡地、浅平洼地、决口扇形地、河漫滩高地。

2.3 气候条件

济南市济阳区位于暖温带半湿润季风气候区内，济阳具有北暖温带半湿润季风气候特点，四季分明，雨热同季，光照充足，年平均气温 12.8℃，年平均无霜期 195 天，年太阳辐射量 124.4kcal/cm²，降水多集中在 7-9 月份。

济阳区属暖温带季风型大陆性气候，四季分明。冬季寒冷、雨雪稀少，春季多风、雨水较少，夏季雨热同季、降水集中，秋季日照充足、多晴好天气。气温常年平均值为 12.8℃，极端最低气温-22.7℃、极端最高气温 40.5℃。年降水量常年平均为 586.9mm，主要集中在 6、7、8、9 四个月，保证率达 80% 的降水量为 480mm，降水量年际变化较大，最大降水年达 1058mm，最小降水年为 248mm。年平均相对湿度 65.6%，多年平均日照时数为 2617.6 小时，全年辐射总能量为 520.84kJ/cm²。常年主导风向为西南（SW）风，其次为东北（NE）风，常年平均风速为 2.9m/s。多年平均年日照时数 2684 小时；无霜期 195 天左右，最大冻土层深度 56cm。

2.4 矿产资源

济阳区是胜利油田新开发区。开采量仅为蕴藏量的 10%左右，每天可生产天然气 8000~10000m³，现已探明和准备联合开发的曲古 1 气井，储量 1 亿 m³ 以上，含甲、乙、丙烷 80%以上。

2.5 历史文化

济阳古于金太宗天会七年（公元 1129 年）置县，因其位于古济水之北，故名济阳。济阳区历史悠久，物阜民丰。济阳境内有西周贵族墓群、玉皇冢等 20 处古文化遗址及闻名遐迩的孔子闻韶台遗址，黑陶工艺和鼓子秧歌久负盛名。截至 2022 年末，济阳区有文物保护单位 34 个。

玉鸳鸯为西周昭穆时期。1985 年刘台遗址出土，藏于济阳区博物馆。青白色，有黄斑。全身线刻，线条流畅。勾啄圆眼，曲颈高胸。羽毛丰满，屈肢。胸前有一钻孔，两面钻。

周氏庄园位于济阳区垛石街道后楼村，是现存比较完整的济南市黄河以北的一处明末清初的古建筑群，为进士周耀德明代万历年间（北厅是嘉靖已有的建筑）所建。后经历代延续建设直到清代道光、咸丰年间。

济阳鼓子秧歌孕育于商周，形成于唐宋，兴盛于明清，鼓子秧歌与海阳秧歌、胶州秧歌并称山东三大秧歌。济阳鼓子秧歌伞、鼓、棒、花齐全，套路变化繁多，动作粗犷豪放，节奏欢快热烈，气势恢宏磅礴，具有很高的艺术欣赏价值，是民族舞蹈艺术中的奇葩。先后被济南市政府、山东省政府列入首批市级、省级非物质文化遗产保护名录；2008 年 6 月，被列入第一批国家级非物质文化遗产扩展规划名录。

济阳黄河泥塑起源于黄河下流沿岸地区，已有几百年的历史，济阳地处华北平原，南依黄河，北靠徒骇河，过去济阳地处黄河泛洪区，每到汛期农田常被洪水淹没，庄稼收成不好，当地农民为了养家糊口便到黄河岸边采泥，后经晾干用纱布过滤制成泥胚，制作出各种动物形象走街串巷，以此来维持生活。后期经过治理，洪涝灾害得到有效控制，济阳的黄河泥塑便也传承发展下来，影响黄河下游的周边地区。

2.6 社会经济概况

根据地区生产总值统一核算结果，2024 年全区地区生产总值 348.6 亿元，按不变价格计算，比上年增长 6.2%，其中，第一产业增加值 43.1 亿元，增长 4.5%；第二产业增加值 138.1 亿元，增长 6.0%；第三产业增加值 167.4 亿元，增长 6.8%。三次产业构成比 12.4:39.6:48.0，形成了三二一产业发展格局。

全年全社会用电量 16.56 亿千瓦时，增长 9.8%，其中，城乡居民生活用电量 4.42 亿千瓦时，增长 20.6%。分产业看，第一产业用电 0.42 亿千瓦时，下降 9.5%；第二产业用电 8.63 亿千瓦时，增长 8.0%，其中，工业用电 8.25 亿千瓦时，增长 9.9%；第三产业用电 3.09 亿千瓦时，增长 4.1%。

全区居民人均可支配收入 31451 元，增长 6.6%。分城乡看，城镇居民人均可支配收入 43312 元，增长 5.1%；农村居民人均可支配收入 25842 元，增长 6.7%。城乡居民收入比由上年同期的 1.70:1 缩小至 1.68:1。

2024 年，全年农林牧渔业实现总产值 76.58 亿元，增长 4.6%；农林牧渔业增加值 44.85 亿元，增长 4.5%。全年粮食播种面积 152.31 万亩，增长 0.4%；粮食总产量 64.34 万吨，增长 1.1%。蔬菜产量 112.71 万吨，增长 4.2%。瓜果产量 2.84 万吨，与上年基本持平。园林水果产量 1.63 万吨，增长 4.9%。全年牛出栏 1.29 万头，增长 0.8%。羊出栏 10.56 万只，下降 23.0%。生猪出栏 10.74 万头，下降 26.6%。猪牛羊禽肉产量 2.52 万吨，下降 0.4%。牛奶产量 2.54 万吨，下降 40.8%。禽蛋产量 1.98 万吨，下降 0.5%。

现代高效农业增加值 11.55 亿元，增长 10.8%，占农林牧渔业增加值比重为 25.8%，比上年提高 1 个百分点。涉农产业园区 10 个、农业社会化服务组织 96 个、“绿色有机地理标志”农产品 27 个。新增市级以上农业龙头企业 3 家。农作物耕种收综合机械化率 98.1%。

2024 年，全年规模以上工业增加值增长 7.6%，其中，规模以上制造业增加值增长 8.5%，拉动规模以上工业增长 7.5 个百分点。重点行业中，食品制造业增加值增长 17.5%，通用设备制造业增加值增长 18.8%，酒、饮料和精制茶制造业增加值下降 3.1%，医药制造业增加值下降 15.3%。全年规模以上工业产品产销率为 97.3%。全区生产的 45 种工业产品中，有 30 种产品产量实现增长，增长面为 66.7%。食品饮料制造业中，方便面产量增长 8.3%，乳制品产量增长 48.2%。其他行业主要产品，化学纤维产量增长 32.1%，电梯、自动扶梯及升降机产量增长 44.4%。全年规模以上工业企业实现营业收入 260.3 亿元，增长 11.5%；利润总额 41.9 亿元，增长 33.7%。全区营业收入过亿元企业 51 家，营业收入过 10 亿元企业 5 家。全区具有总承包或专业承包资质且有工作量的建筑业企业 66 家，比上年增加 3 家。全年签订合同额 226.7 亿元，增长 8.1%，其中，新签合同额 113.4 亿元，增长 24.9%。实现建筑业总产值 127.4 亿元，增长 3.9%。房屋施工面积 1518.8 万平方米，增长 13.4%。

2024 年，济阳区全年服务业增加值 167.4 亿元，增长 6.8%。规模以上服务业营业收入 53.5 亿元，增长 0.6%。重点行业中，信息传输、软件和信息技术服务业下降 0.8%，交通运输、仓储和邮政业下降 5.1%，租赁和商务服务业增长 31.8%，房地产业增长 18.4%。年末全区机动车保有量 15.9 万辆，增长 1.1%。

年末公路里程 1721.2 公里、全年公路客运量 247.6 万人次，增长 24.6%。公交线路 14 条、公交营运车辆 67 辆、出租汽车 55 辆。全年邮政业务总量 8096 万元，增长 7.3%。年末固定电话用户 1.3 万户，下降 13.3%；移动电话用户 46.6 万户，增长 6.1%；互联网宽带用户 18.5 万户，增长 6.3%。

2.7 城市相关规划分析

2.7.1 重点规划分析

2.7.1.1 《济南市人民政府关于加强济南市再生水利用工作的意见》

《济南市人民政府关于加强济南市再生水利用工作的意见》（济政发〔2024〕1 号）对济南市全市的再生水利用提出了系列意见，与本次规划相关重点意见如下：

（1）**再生水利用目标：**到 2025 年，全市再生水利用率达到 50%以上；到 2035 年，全市再生水利用率达到 60%以上。

（2）**坚持规划引领：**历下区、市中区、槐荫区、天桥区、历城区、济南高新区、济南新旧动能转换起步区应当按照《济南市再生水利用规划（2021—2035）》做好组织实施工作，其他区县水务主管部门根据实际情况，组织编制本辖区再生水利用专项规划，制定再生水利用项目清单，明确再生水利用目标、设施布局、利用领域、重点项目及建设计划等内容，并报同级政府批复实施。

（3）**确保水质合格：**新建污水处理厂（站）出水水质全部达到地表水 IV 类标准，对已建成的污水处理厂（站），未达到省规定出水水质标准的，要采取技术升级、更新设备、提标改造等措施，提高出水水质，到 2025 年，60%的城市污水处理厂（站）出水水质达到地表水 IV 类标准。加强再生水水质管理，按照以需定供原则，用于工业生产、市政杂用、生态补水、农业灌溉等用途的再生水水质必须符合国家相关标准。

（4）**规范取水管理：**再生水由水务主管部门依法统一配置、管理，取用再生水的，应当按照《山东省水权交易管理办法实施细则（试行）》规定办理用水权证。在开展规划水资源论证、水资源论证区域评估及需申请取水许可证的

建设项目水资源论证时，具备使用再生水条件的，优先配置使用再生水；火力发电、一般工业冷却循环、园林绿化、环境卫生、景观生态用水项目，应当根据国家、省、市有关规定，按照相应比例使用再生水。

（5）推进项目实施：城市新区（开发区、园区）建设、老城区改造、市政道路建设维修、城市供水管网及地下综合管廊建设，应当同步建设再生水管网。新建、改建、扩建开发区（园区）应当建设废（污）水集中处理和回用设施，已建成的园区应当逐步实施改造。再生水管网覆盖区域内，具备再生水供应条件的企事业单位、居民小区及园林绿化、环境卫生、景观生态、建筑施工、车辆冲洗等行业，应当建设再生水取用设施，使用再生水。推进重点工业行业再生水循环利用。

2.7.1.2 《济南市济阳区现代水网建设规划》（2021~2035 年）

《济阳区现代水网建设规划》中提出，济阳区应全面加强城镇污水和再生水管网改造和配套建设，完善区域再生水资源资源调配、输送及循环利用工程。推动非常规水源纳入水资源统一配置，推进重点领域污水资源化利用。

远期规划年，实施再生水利用配套建设。将再生水管道纳入综合管廊建设系统，完善再生水利用的基础设施和政策措施。根据需求新建中水厂及配套管网建设。持续提高重点园区再生水利用率。推动市政绿化、环卫用水、河道生态补水、城市湿地补水及单位小区绿化、水景观等使用再生水。

2.7.1.3 《济阳县城市地下综合管廊专项规划》（2018~2035 年）

《济阳县城市地下综合管廊专项规划》结合济阳区实际，根据综合管廊性质及进入综合管廊的管线种类、数量，确定济阳区应采用干支线混合型综合管廊。

鉴于再生水管线多为压力管，且管径较小，同时由于再生水用户的不确定性，目前再生水主要用途是道路及绿化的浇洒和澄波湖景观水的补充，这样再生水管线在路径选择上就有较大的灵活性和不确定性，同时也给管线综合管廊的布置带来不确定性。

如果能结合综合管廊的布置，在综合管廊内部预留再生水管位置则可根据

近远期再生水需求布置再生水管线，这将大大提高对基础设施的有效利用，综合管廊规划建设时需考虑远期发展预留一定的发展空间，因此在综合管廊内预留再生水管线位置。

2.7.2 纵向规划衔接：与国家级、省级、市级上位规划的协调性

（6）国家层面

《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》的衔接点：规划明确要求黄河流域城市将再生水纳入水资源统一配置，济阳区再生水利用率目标（2025 年 50%、2035 年 60%）高于国家要求的 25%，并重点布局大寺河流域生态补水工程，直接响应“黄河下游绿色生态廊道”建设任务。其中，济阳区 2023 年生态补水再生水用量 832 万 m^3 ，占黄河水替代量的 26%，与规划中“减少黄河取水量 30%”目标匹配。

《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》的衔接点：规划提出“新建再生水设施规模 1500 万 m^3/d ”，济阳区第二污水处理厂扩建至 6 万 m^3/d （占全省目标的 0.4%），工艺采用 MBR 膜技术，符合国家“推广先进处理工艺”导向。

（2）省级层面

《山东省“十四五”节约用水规划》的目标对齐：山东省要求 2025 年城市再生水利用率达 55%，济阳区规划目标 50%（考虑农业灌溉试点滞后），通过工业用水强化配置（占比 35%）补足缺口。重点工程衔接包括：规划中“区域再生水循环利用试点”与济阳区大寺河人工湿地项目（50 亩）直接对应，申请省级试点资金 1200 万元。

《山东省黄河流域水资源节约集约利用实施方案》的工业节水：方案要求火电、化工行业再生水配置比例 $\geq 40\%$ ，济阳华能热电厂现状再生水占比 50%，规划新增昊阳热力等企业配置比例达 60%，超额完成目标。

（3）市级层面

《济南市再生水利用规划（2021-2035）》空间布局协同：市级规划将济阳区定位为“北部再生水核心枢纽”，要求 2035 年再生水管网覆盖率达 90%。济

阳区规划新建 38.6km 管网，重点连接济南新旧动能转换起步区，实现跨区域调配（远期向起步区供水 2 万 m^3/d ）。数据共享机制：接入济南市智慧水务平台，实时上传两座污水处理厂出水水质数据（COD、氨氮等 12 项指标），满足市级监管要求。

《济南市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的用地协调：再生水厂地下化设计与国土空间规划中“集约用地”原则一致，第二污水处理厂扩建节省地表空间 30 亩，用于规划绿地（占比提升 2%）。生态红线避让：管网路径避开澄波湖生态保护红线 200m 范围，采用顶管施工减少生态扰动。

2.7.3 横向规划衔接：与各个专项规划的协同性

（1）水利专项规划

《济南市现代水网建设规划》的水系连通：规划提出“构建大寺河-徒骇河水系联通工程”，济阳区再生水补水工程（1102 万 $\text{m}^3/\text{年}$ ）作为重要水源，支撑河道生态流量达标。其中非常规水源配置：将再生水纳入市级水网调度系统，与鹊山水库、玉清湖水库形成多水源互补，枯水期再生水供应占比提升至 40%。

《济阳区水利基础设施布局方案》的管网整合：再生水管网与农业灌溉渠系共享廊道（如沿垛石干渠铺设 DN400 管道），减少独立占地 15km，降低投资成本 20%。

（2）环境保护规划

《济南市“十四五”生态环境保护规划》的水质目标衔接：规划要求徒骇河济阳段水质达 III 类标准，再生水经人工湿地处理后 $\text{COD} \leq 20\text{mg/L}$ 、氨氮 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ，贡献河道水质达标率 35%。污染减排：再生水替代黄河水减少化肥使用量（农业试点区减量 30%），与规划中“面源污染削减 15%”目标协同。

（3）产业发展规划

《济北经济开发区产业发展规划（2022-2030）》的工业用水保障：规划提出“食品工业产值突破 200 亿元”，再生水供应能力匹配统一集团、旺旺食品等企业扩产需求（2025 年新增用水 120 万 $\text{m}^3/\text{年}$ ）。其中，循环经济示范的在开发区建设“再生水-冷却水-工艺水”梯级利用体系，纳入省级绿色园区评价指标。

（4）交通与市政规划

《济南市综合管廊专项规划》的管线共廊要求：在开元大街、黄河大街等主干道综合管廊中预留再生水管位（占比管廊空间 12%），避免道路重复开挖，节约建设费用 3000 万元。同时，智慧运维整合再生水管网监测数据接入管廊统一管理平台，实现泄漏预警响应时间 ≤ 30 分钟。

《济阳区海绵城市专项规划》雨水-再生水联用：在海绵城市试点区（如澄波湖片区）设置雨水收集池，雨季蓄存雨水（100 万 m^3 /年），旱季与再生水混合补给景观水体，降低供水成本 18%。

（5）农业与农村规划

《济阳区高标准农田建设规划》灌溉替代：在曲堤黄瓜基地、仁风西瓜园区试点再生水滴灌（占比 10%），减少地下水开采量 50 万 m^3 /年，与规划中“高效节水灌溉覆盖率 70%”目标衔接。

2.7.4 总体规划的深度融合

（1）《济南市济阳区国土空间总体规划（2021-2035 年）》

a、“三区三线”约束：

b、城镇开发边界内：再生水管网沿工业用地（占比 48%）和绿地（占比 22%）布局，避开居住区敏感带，降低居民抵触风险。

c、生态保护红线外：人工湿地选址在生态控制区，采用“潜流+表流”组合工艺，提升生物多样性而不占用红线。

人口与用地预测：2035 年城区人口达 50 万人，再生水需求增至 8 万 m^3 /d，与总体规划中“人均综合用水量 160L/d”测算一致。

（2）《济南市城市总体规划（2018-2035 年）》

a、区域协同：济阳区再生水管网向济南新旧动能转换起步区延伸，支撑其“零碳排放示范区”建设（供冷却水 3 万 m^3 /d），响应总规“北起”战略。

b、应急保障：规划再生水作为市级应急备用水源，在黄河断流等极端情况下可向主城区输水 1.5 万 m^3 /d，纳入总规水资源安全应急预案。

3 再生水利用调查与评价

3.1 水资源利用现状情况分析

3.1.1 流域概况

济阳区辖 2 镇 8 街道，行政区划面积 1098.8km²，境域南北长 39km，东西宽 48.1km，河流分属黄河、海河两大流域，其流域面积分别为 54.1km²、1044.7km²。济阳区境内最大的河流为位于南部边界的黄河，从回河街道大仁岸村至仁风镇的四合（郭家寺村），境内长 38.59km，济阳境内无黄河支流。济阳区境内其他河道均属海河流域，基本呈西南-东北流向，且境内大部分河道属于徒骇河水系。徒骇河以北的土马河、临商河属于德惠新河水系。

徒骇河位于济阳区境北部，境内长 50km。徒骇河是济阳区骨干排水河道，主要支流有六六河、齐济河、牧马河、垛石河、大寺河、清宁沟、簸箕刘沟、姜集沟、曲堤沟、张辛河、鄆渡沟、王让沟、芦兰河等，其中六六河、齐济河位于起步区境内。

济阳区境内大部分河道属于徒骇河水系。大寺河属海河流域徒骇河水系，位于徒骇河右岸，济阳区境内 32.1km，是济阳区境内主要排涝河道之一，担负着回河、济北、济阳、垛石、曲堤等街道的排涝及引黄灌区的尾水排放。

清宁沟属于大寺河一条支流，南起起步区崔寨街道郑家村南邢家渡引黄总干渠，北至回河街道大寺河南岸的大王村，全长 14.68km，流域面积 41.4km²，其中 2.63km²位于济阳区回河街道管辖范围内，主要承担灌区灌溉、排涝任务。

簸箕刘沟属于大寺河一条支流，流经起步区崔寨街道、济阳区回河街道，回河街道段长度 6.12km，流域面积 25.65km²。簸箕刘沟主要承担沟杨灌区南干渠区域的灌溉、排涝任务。现状河道较规整，河道上口宽 13.0m~20.0m，底宽 3.0m~8.0m，深 2.0m~4.0m。济阳区水系详见下图。

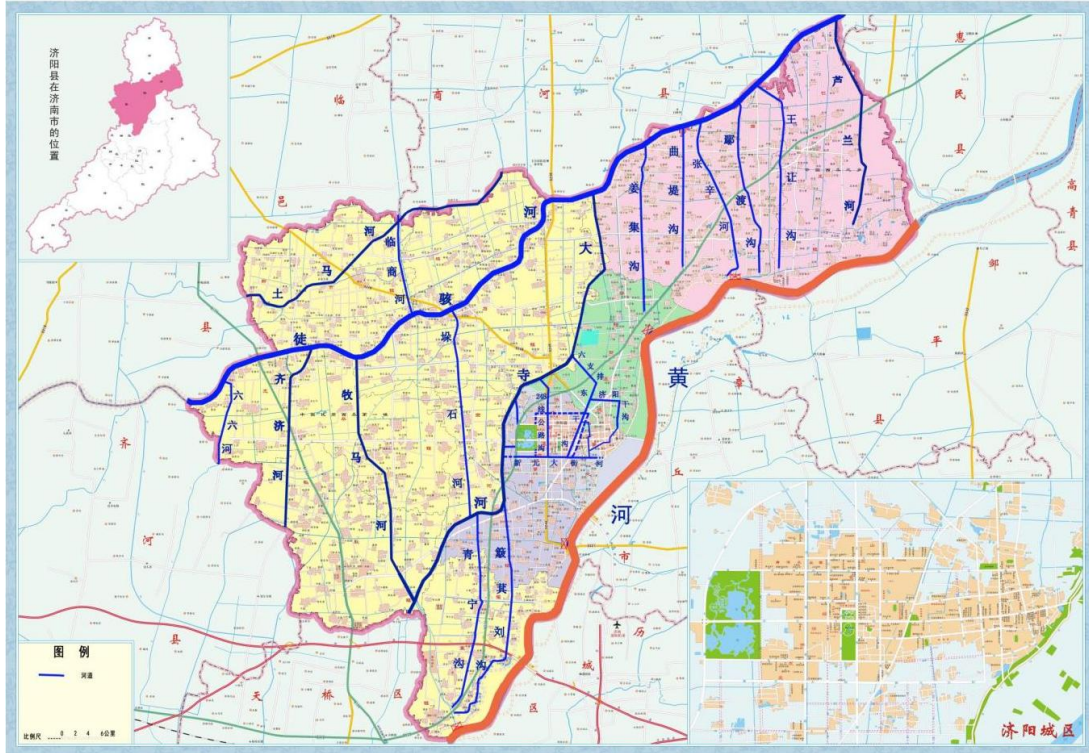


图 3.1-1 济阳区全域水系图

3.1.2 降水

济阳区属北暖温带半湿润季风气候区。冬冷夏热，四季分明，光照充足，雨热同季，无霜期长。春季干旱多风，夏季高温多雨，秋季温和凉爽，冬季雪少干冷；具有明显的大陆性气候特征。

区内年平均气温为 13.2℃，其中 1 月最冷，平均气温-2.6℃；7 月最热，平均气温 26.9℃。光照充足，年平均日照时数 2298h，年日照百分率为 52%。雨热同季，降水分配不均。全区年平均降雨量 589.9mm 年降水量 66.5%集中在夏季，年际降水丰枯悬殊，丰水年是枯水年的 3~4 倍，且丰枯交替发生，洪涝灾害频发。

区内年平均蒸发量为 841.6mm，其中 1 月份蒸发量最小，为 20.8mm；6 月份蒸发量最大，为 126.0mm。多年平均无霜期为 200 天，有霜期一般从 10 月下旬起，至次年 4 月上旬止。全年西南风最多，东北风次之，夏初常有干热风。年平均风速 1.9m/s，年最大月平均风速 2.6m/s，出现在 3 月；年最小平均风速 1.4m/s，出现在 8 月、9 月。每年 11 月中下旬，受强大北方高压控制，西伯利亚冷空气不断南移，冬季风频吹。整个冬季天气干燥、寒冷，河道极易封冻。

12月中旬，大地开始封冻，次年2月底开始解冻，冰冻期在两个半月左右，最大冻土厚度52cm。

3.1.3 径流

查《山东省水文图集》可知，济阳区多年平均径流深为60mm，年径流深变差系数 $C_v=1.20$ ， $C_s=2.0C_v$ 。取多年平均径流深60mm，则济阳区多年平均径流量为6457万 m^3 。

3.1.4 中心城区排涝体系

济阳中心城区排涝工程目前形成六横六纵三排为大动脉的明沟排涝体系。

六横——由南向北依次是：黄河大街排涝沟、光明街排涝沟、新元大街排涝沟、开元大街排涝沟、纬四路排涝沟、顺义路排涝沟。

六纵——由西向东依次是：220国道排涝沟、澄波湖排涝沟、银河路排涝沟、华阳路排涝沟、经五路排涝沟、经三路排涝沟。

三排——由西向东依次是：四支排、五支排、六支排。

济阳区中心城区排涝体系详见下图。

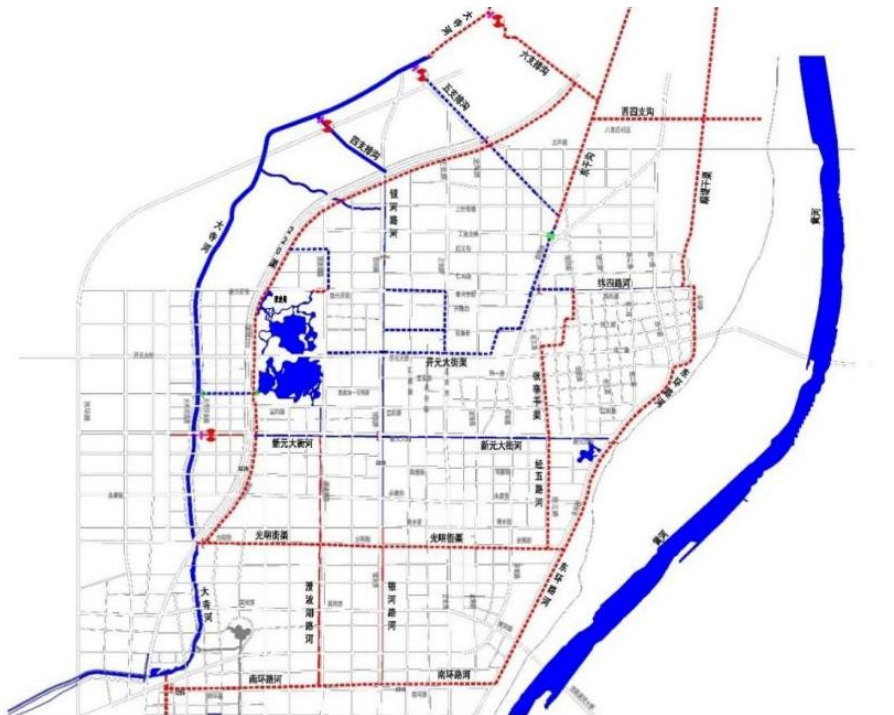


图 3.1-2 济阳中心城区排涝体系

3.1.5 水资源量

济阳区水资源情况参照 2021 年 4 月济南市城乡水务局编制的《济南市水资源综合利用中长期规划》成果。

（1）当地地表水资源量

地表水资源量是河流、湖泊、水库等地表水体中由当地降水形成的可以逐年更新的动态水量，用天然河川径流量表示。济阳区多年平均地表水资源量为 4156 万 m^3 ，多年平均地表水资源可利用量为 2881 万 m^3 。

（2）地下水资源量

地下水资源量是指与当地和地表水体有直接补给关系的动态水量，即地下水体中参与水循环且可以逐年更新的浅层水动态水量，包括潜水及与当地潜水具有较密切水力联系的弱承压水。

地下水可开采量是指在保护生态环境和地下水资源可持续利用的前提下，通过经济合理、技术可行的措施，在近期下垫面条件下可从含水层中获取的最大水量。

济阳区多年平均地下水资源量为 12577 万 m^3 ，多年平均地下水可开采量为 8521 万 m^3 。

（3）水资源总量

济阳区多年平均地表水资源可利用量为 2881 万 m^3 ，地下水可开采量为 8521 万 m^3 ，重复计算量为 3187 万 m^3 ，水资源可利用总量 10735 万 m^3 ，人均可利用水资源量不到全国人均可利用量的 1/4，属于严重缺水地区。

3.1.6 水资源开发利用现状

（1）供水量分析

根据 2014-2024 年，近 10 年来济阳区实际供水量统计资料分析，济阳区年均供水量 28647 万 m^3 。其中当地地表水年均供水量 2162 万 m^3 ，跨流域调水年均供水量 17950 万 m^3 ，地下水年均供水量 8066 万 m^3 ，其他水源年均供水量 468 万 m^3 ，分别占年均总供水量的 7.6%、62.7%、28.1%、1.6%。

（2）用水量分析

用水量指水源供给用户的包括输水损失在内的毛用水量。根据统计，济阳区历年年平均用水量为 28647 万 m^3 。其中生活、农业、工业、公共用水、环境用水量分别占总用水量的 5.3%、86.9%、5.2%、0.6%、2.0%。

3.2 再生水利用现状情况分析

3.2.1 再生水基础设施现状

3.2.1.1 污水处理设施现状

济阳区中心城区共有 2 处集中式污水处理厂，分别为第一污水处理厂、第二污水处理厂。2023 年，济阳第一污水处理厂长期满负荷甚至超负荷运行，2024 年对第一污水处理厂进行提标改造；第二污水处理厂为新建厂区，目前处于建成投运阶段。

第一污水处理厂位于济阳区中心城区东部，济北经济开发区东北部，占地面积 27700 m^2 ，设计处理能力为 4 万 m^3/d ，分两期建设，处理工艺为“预处理+AAO 生化处理+混凝沉淀+过滤+消毒工艺”，收水范围为济阳区北部区域：南起新元大街、北至 220 国道-S249 改线，东起东外环、西至 220 国道，现处理能力已饱和。

2024 年 6 月，第一污水处理厂提标改造已完成，设计规模提升至 6 万 m^3/d ，污水处理工艺升级改造为“粗细格栅+曝气沉砂池+精细格栅+AAO+MBR+次氯酸钠消毒”，废水经深度处理后 BOD、COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 满足《地表水环境质量标准》IV 类水质标准、全盐量满足《山东省南水北调沿线水污染物综合排放标准》等 4 项标准增加全盐量指标限值修改单（鲁质监标发[2014]7 号）要求，其余指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级 A 标准。



图 3.2-1 济阳区第一污水处理厂卫星影像图

济阳区第二污水处理厂位于光明街北、澄波湖路以西、大寺河东，主要收纳开元大街以南区域以及黄河大街以北区域的生活及工业污水，总设计处理规模 6 万 m^3/d ，规划分两期实施，一期建设规模为 3 万 m^3/d ，其中土建规模为 6 万 m^3/d ，设备安装规模为 3 万 m^3/d 。第二污水处理厂主要建设地下箱体、预处理间、AAO 生物池、MBR 膜池及设备间等，污水处理主体工艺采用预处理+MBR 工艺，设计出水指标除 BOD、 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 参照《地表水环境质量标准》IV 类水质标准外，其余指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级 A 标准。



图 3.2-2 济阳区第二污水处理厂卫星影像图

总体而言，济阳区的污水处理设施运行正常，尾水达到了《地表水环境质量标准》中的准 IV 类水质标准，目前，济阳区再生水来源于城区两座污水处理厂，主要利用方式为工业用水、道路喷洒、市政绿化浇灌及生态补水等。

表 3.2-1 济阳区污水处理厂污染物允许排放限值单位：（mg/L）

序号	基本控制项目		一级标准		地表水环境质量标准
			A 标准	B 标准	IV 类
1	化学需氧量（COD）		50	60	30
2	生化需氧量（BOD ₅ ）		10	20	6
3	悬浮物（SS）		10	20	/
4	动植物油		1	3	/
5	石油类		1	3	/
6	阴离子表面活性剂		0.5	1	/
7	总氮（以 N 计）		15	20	/
8	氨氮（以 N 计）		5（8）	8（15）	1.5
9	总磷（以 P 计）	2005 年 12 月 31 日前建设的	1	1.5	0.3
		2006 年 1 月 1 日起建设的	0.5	1	
10	色度（稀释倍数）		30	30	/
11	pH		6-9		/
12	粪大肠菌群数（个/L）		10 ³	10 ⁴	/

备注：污染物允许排放限值主要参考《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级标准 A 级，其中：COD、BOD、氨氮和总磷参考《地表水环境质量标准》中的 IV 类水质标准要求。

3.2.1.2 再生水设施现状

济阳区再生水设施集中在城区内两座污水处理厂，依据相关上位规划和立项说明，再生水设施现状情况如下：

（1）第一污水厂再生水回用泵站

第一污水厂再生水回用泵站位于济阳区第一污水处理厂厂区东侧，设置中水提升泵站 1 处，设计规模为 2 万 m³/d，水泵两用一备，由区城市公用事业发展中心负责运行维护，现状再生水部分进入泰兴东街中水管道，另一部分进入开发区东干渠后汇入大寺河，主要用于济阳区中心城区工业企业低质用水、市政杂用水及生态补水。



图 3.2-3 济阳区第一污水处理厂再生水设施及补水方向

(2) 第二污水厂再生水回用泵站

第二污水处理厂内设有再生水回用泵，规模为 2 万 m^3/d ，现状产生的再生水部分进入华能热电厂作为冷却用水，水量约为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，部分经水泵打入光明街中水管道，排至新元大街景观河；其余再生水经过外部沟渠进入大寺河。



图 3.2-4 济阳区第二污水处理厂再生水设施及补水方向

(3) 再生水管网

济阳区自 2017 年起，在进行市政道路、管道的规划、设计、新建及改造时，均增加了再生水管道的相关建设。现状济阳区存在约 40km 的再生水管道，主要分布于两座再生水厂附近，管径约为 DN150-DN800。出于工程经济性考虑，济阳区再生水管道多数与道路工程一同施工，因为缺乏再生水专项规划，存在

部分管道未与管网进行联通的情况；且济阳区部分再生水管道因外部工程等原因，损毁较为严重，如永安路国道 220 段至黄河大街段。

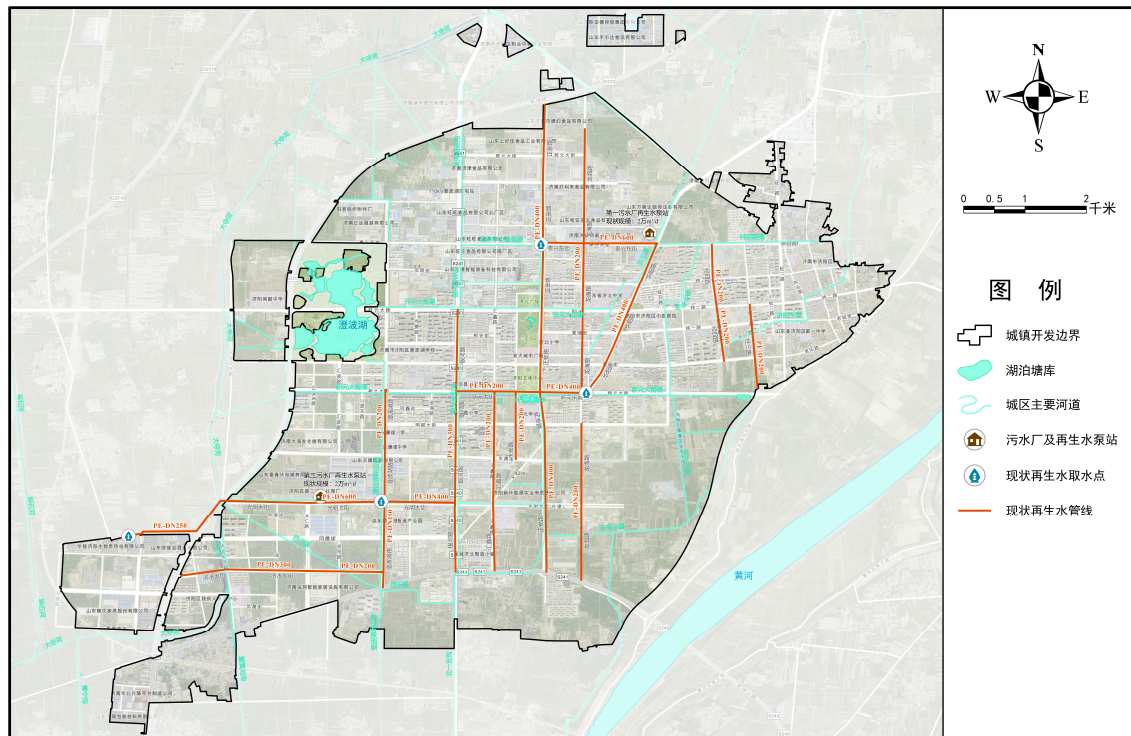


图 3.2-5 济阳区现状再生水管线示意图

3.2.2 现状工业企业利用情况

济阳区工业产业始终保持良好发展态势，“十三五”末，全区规模以上工业企业 97 家，集中资源培优扶强，旺旺、统一、康师傅、上好佳等企业增资扩产，增资总额超过 10 亿元。按照“工业立区”发展定位，促进工业持续健康发展，工业发展能级显著提升。科技创新步伐加快，高新技术企业达 72 家，高新技术产业产值占规模以上工业产值比重达 32%。食品产业发展能级显著提升，形成了以休闲食品、烘焙食品、软饮料为主的健康食品产业集群。装备制造产业发展迅速，形成了集刹车系统、液压升降、机械配件加工为一体的装备制造群体，并发展成为山东省内重要的装备制造业基地。

目前，济阳区内工业企业再生水用户主要为华能济阳生物质热电联产热源厂，该热源厂位于济阳区回河街道冉家村，占地约 106 亩，总投资 3.2 亿元，建设 1 台 130t/h 高温高压锅炉和 1 台 30MW 抽凝式汽轮发电机组，机组设计年利用小时数约 7000h，年发电量 2 亿千瓦时，每年可消耗秸秆约 24 万吨，替代

标煤 6.62 万吨，减排二氧化碳 17 多万吨，减排二氧化硫 483 吨，从根本上解决了秸秆在田间焚烧的问题，改善了当地的大气环境质量，规划供热面积为 126 万平方米，采用低真空循环水供热方式满足采暖热负荷需求，同时可对外提供工业抽汽。

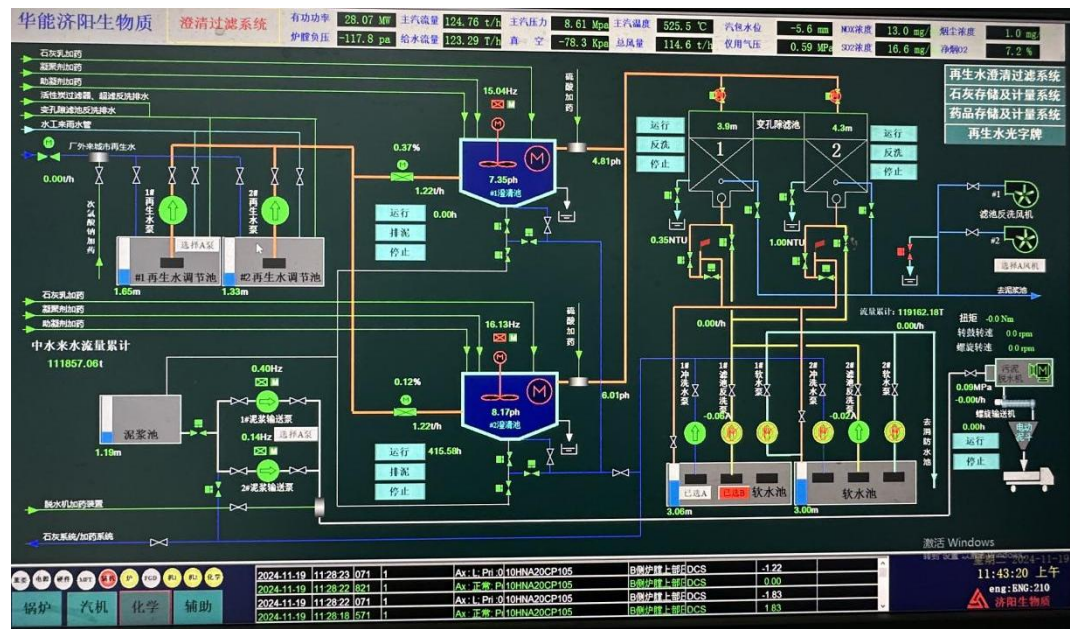


图 3.2-6 华能济阳生物质厂澄清过滤系统工艺图

该热源厂主要将再生水用作冷却用水，水源为第二污水厂所产再生水，通过 DN250 管道进入厂区，而后进入澄清过滤系统，利用再生水泵泵入澄清池，在经过过滤、软化后作为厂区的冷却用水。



再生水进厂管道



热电联产设备



图 3.2-7 华能济阳生物质厂现场调研影像

该厂 2024 年再生水用水量约为 35 万 m³，根据是否为供热季，再生水用量有所波动。供热季再生水用水量约为 70m³/d，非供热季再生水用量约为 1000m³/d，截止 2024 年 10 月 31 日，热电厂 2024 年具体再生水用量如下表所示。

表 3.2-2 华能济阳生物质热电再生水用量（m³）

华能济阳生物质热电厂	月度再生水用量	累积用量
1 月	2232	2232
2 月	2016	4248
3 月	17030	21278
4 月	28621	49899
5 月	42901	92800
6 月	53614	146414
7 月	32110	178524
8 月	44616	223140
9 月	64922	288062
10 月	59540	347602

11、12 月份用量统计尚未完成，预计全年用量在 35 万 m³ 左右。根据现场调研，华能济阳生物质厂自 2021 年基建收尾正式投运后，再生水用量逐年提高，预计未来两年内能够达到每年 40 万 m³，超过全厂用水量的 50%。

提高华能济阳生物质热电厂再生水用量面临以下问题：

（1）来水水量不稳定。现状水源为济阳区第二污水处理厂，再生水自第二污水处理厂流出后，经过三通，向北流入城市水系用作生态补水，向南流入热电厂用作工业用水，但生态补水用水量受天气、季节等因素影响较大，因此热

电厂需根据生态补水量频繁调整再生水处理工艺，缺乏智慧调控，影响再生水用量。

（2）来水水质有波动。华能热电厂再生水用途主要为循环冷却水，因此再生水需满足循环冷却水的水质要求，但根据实际使用情况，一年中可能出现 1-2 次水质波动，波动期间无法使用再生水。

（3）再生水水价不确定。再生水进入工业企业后，工业企业需根据再生水用途对再生水进行再处理，因此再生水的价格对企业的经济效益有极大影响。目前济阳区再生水无明确定价，导致企业无法明确再生水的经济效益。根据调研，山东省尚无再生水政府指导价，但部分地市明确了再生水价格，基本分布于 0.5-0.75 元/m³，个别城市因再生水使用反渗透工艺（RO）进行处理，再生水水质已达到纯水水平，因此价格为 4.2 元/m³。根据现场调研，再生水水价控制在 0.6 元/m³ 时，企业经济效益较好，若达到 1 元/m³ 时，计算过滤、软化等综合成本，其成本与自来水基本持平，无法体现再生水的经济性。

3.2.3 现状生态补水情况

目前，济阳区再生水的主要用途在于生态补水，城区的水系主要有大寺河、澄波湖、银河路河、新元大街渠。沟渠主要有张辛干渠、济阳干渠、顺堤干渠、西四支沟、六支排沟、东干沟、纬四路沟、正安路渠、开元大街渠。污水处理厂出水经再生水提升泵站后向周边水系进行生态补水，生态补水水系主要包括大寺河、新元大街渠、开元大街渠、银河路边沟、澄波湖路边渠等城区河道，具体补水路径见下图。

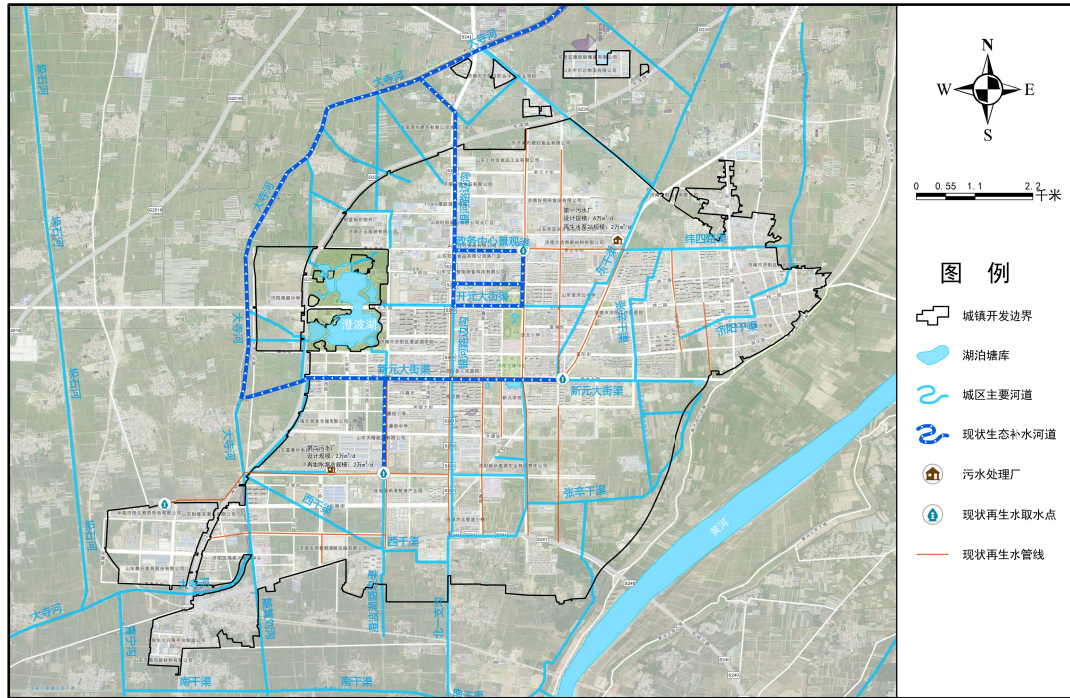


图 3.2-8 济阳区城区水系生态补水现状图

第一污水处理厂所产再生水一部分经水泵打入泰兴东街再生水主管道，排至城区政务中心景观河、开元大街渠，向北最终排至银河路边沟。另一部分再生水经水泵打入华阳路再生水管道，排至新元大街渠进行生态补水。其余污水厂出水通过东干渠直接汇入大寺河。

第二污水处理厂所产再生水部分经水泵打入光明街中水管道，排至澄波湖路边渠，向北最终排至新元大街景观河，为济阳区城市水系进行生态补水。余污水厂出水通过外部灌溉渠直接汇入大寺河。

根据现场调研，在生态补水水质方面，由于污水处理厂出水颜色偏黄，一定程度上影响水体景观感官，其中：东干渠、澄波湖路边渠较为明显。在生态补水水量方面，补水量上下波动较大，总水量不足，澄波湖、新元大街渠等城市水系现状仍会出现季节性缺水现象，且水循环动力不足，滨水景观观感较差，仍需增加生态补水的量，改善城市水生态。



第一污水厂出水口流至东干渠



第一污水厂再生水提升泵站现场图



第二污水厂再生水补水至澄波湖路边渠



第一污水厂周边东干渠河道现状



政务中心景观渠现状



新元大街渠现状

图 3.2-9 生态补水现状调研图

3.2.4 现状农业灌溉利用情况

济阳区农业方面较为发达，各村均有大型农业灌溉区，农业灌溉以引黄为主，徒骇河及其他河道蓄水为辅，机井作为补充，形成“引黄为主,河道拦蓄为辅机井为补充”的农田供水体系。

（1）引黄灌区灌溉

济阳区引黄水来源主要是从邢家渡、张辛、葛店、沟杨 4 个引黄闸进行引

用黄河水，并相应形成了 4 个引黄灌区，主要干渠 25 条，灌溉面积约为 87.9 万亩（包括起步区）。

1) 邢家渡灌区。主要干渠为“一纵十横”：“一纵”为邢家渡总干渠;“十横”为 10 条干支渠。

2) 沟杨灌区。主要干渠为“一纵二横”：“一纵”为沉沙条渠，“二横”为西干渠、南干渠。

3) 葛店灌区。主要干渠为“五纵一横”：“五纵”为曲堤干、姜集干、北一分干、沉沙条渠、顺堤干;“一横”为西总干渠。

4) 张辛灌区。主要干渠为“四纵一横”：“四纵”为毕集干、鲁寨干、王让沟、仁风干;“一横”为张辛总干。

（2）河道拦蓄水源灌溉

近几年来实施“中小河流治理工程”、“雨洪水利用工程”等，对徒骇河、齐济河、牧马河、大寺河、芦兰河、土马河、张辛河等主要骨干河道进行了综合治理，拦蓄引黄尾水和雨洪水，作为农业灌溉的备用水源。

（3）其他灌溉方式

近年来通过实施引黄灌区节水改造工程、小型农田水利重点县工程、高效节水灌溉等工程，建设了部分引（提）水泵站，新打机电井，并配套管道等，发展高效节水灌溉，节省了大量农业灌溉用水。



图 3.2-10 农业灌溉利用水系图

农业灌溉取水方式主要为河道干流引水，通过现场调研，大部分农户对再生水使用意愿低，担心影响农作物生长存活，且农田附近均有灌溉渠，取河水成本低，铺设管网难度大。在济阳区灌溉系统中，拦蓄水量可由再生水进行补充，根据《山东省济南市大寺河治理方案》，大寺河主要功能为行洪排涝，兼顾灌溉，现状排入大寺河的再生水实质已通过拦蓄工程进行部分利用。故本次规划主要将再生水作为灌溉水源的补充，不作为主要灌溉水源。

3.3 再生水现状问题

综合实际情况，近年来，济阳区在再生水处理及利用设施的建设取得了显著的成效。但在再生水处理及利用方面，仍面临一些问题。

（1）现状再生水管网系统有待优化

出于工程经济性考虑，济阳区再生水管道多数与道路工程一同施工，因为缺乏再生水专项规划，存在部分管道未与管网进行联通的情况；且济阳区部分再生水管道因外部工程等原因，损毁较为严重，如正安路国道 220 段至黄河大街段。这一现象会影响潜在的再生水用户的使用，甚至出现部分工业用户“有再生水无用户、有用户无再生水”的情况，因此需对现有再生水管网进行全面

排查，摸清哪些部分已经建成，哪些部分尚未联通，以及未联通的具体原因，评估管网的整体状况，包括管道材质、使用年限、维护状况等，以确定是否需要修复或更换部分管道。

（2）再生水中工业用水比例偏低

济阳区现状及规划共存在四个热电厂，分别为华南济阳生物质热电联厂热源厂、兴阳热源厂、昊阳热力有限公司及华能济阳 5 万千瓦背压机组热电联产热源厂，其中仅华能热电厂将再生水用作冷却用水，水源为第二污水处理厂处理后的再生水，水量约为 1000m³/d。此外，济阳区存在 5 个工业园区，分别为济北经济开发区、济北食品饮料城、济北现代经济产业园、济北智造城、山东国际创新产业园，对再生水均有一定规模的需求。但济阳区现状再生水水质多项指标未检测，受水质指标制约，目前再生水多用于为城区水系进行生态补水，工业用水较少。

（3）再生水取水点布置较少，城市杂用水取水困难

济阳区现状再生水管道集中布置于两座污水厂附近，城市西北侧、东南侧缺乏再生水管道及取水点，道路浇洒及绿地浇灌取水较为困难。需加快再生水输配管网的建设，打通断头路，根据济阳区城市规划及城市杂用水需求，合理布局再生水取水点，确保城市杂用水取水方便。

（4）再生水利用智慧化程度不高

尽管济阳区已经开始利用声学多普勒流速仪（ADCP）、无人机、无人船、水下机器人等先进手段进行全区河流水体水生态环境现状调研，配合全面布点监测，但再生水利用除却需要水质监测、水量监测等感知体系外，还涉及多个部门、企业，囊括多个环节，如第二污水处理厂所产再生水，目前主要去向为澄波湖生态补水及华能生物质热电厂工业用水，分别由公用事业管理中心及热电厂进行调控，但生态补水受天气影响较大，需水量波动较大，导致热电厂需频繁调整厂内工艺，增加不必要的运营成本，因此在利用过程中需解决各部门的数据孤岛现象，在各个环节推广智慧化应用，并利用数据分析能力提升系统智能化水平，促进水资源的节约和循环利用。

（5）用于生态补水的再生水量仍需增加

目前济阳区再生水用途主要为生态补水，但根据现场调研，澄波湖、新元大街景观河等城市水系现状仍会出现季节性缺水现象，且水循环动力不足，滨水景观观感较差，仍需增加生态补水的水量，改善城市水生态。

3.4 再生水利用可行性分析

综合济阳区再生水利用现状情况，从技术、经济、政策及生态环境效益等层面确认济阳区再生利用的可行性。

在技术方面，经常采用的污水深度处理工艺有：滤布过滤、滤料过滤、膜过滤、反渗透、臭氧消毒、次氯酸钠消毒、紫外线消毒等技术。经过深度处理，出水可以满足生活杂用水、浇洒绿地、冲洗道路、景观水体用水和一般工业冷却水等用水要求。目前，国内外已经有大量再生水回用工程的成功实例，使得再生水广泛应用于工业、农业、市政杂用、河道补水、生活杂用、回灌地下水等方面。

在标准方面，目前国家已经出台了《城镇污水再生利用工程设计规范》、《建筑中水设计标准》、《再生水水质标准》、《城市污水再生利用分类》、《城市污水再生利用-城市杂用水水质》、《城市污水再生利用-景观环境用水水质》、《城市污水再生利用-工业用水水质》、《城市污水再生利用-农田灌溉用水水质》、《城市污水再生利用-地下水回灌水质》等污水再生利用系列标准，为有效利用城市污水资源和保障污水处理的质量安全提供了技术支撑。

济阳区两座污水厂处理工艺流程如下图所示。

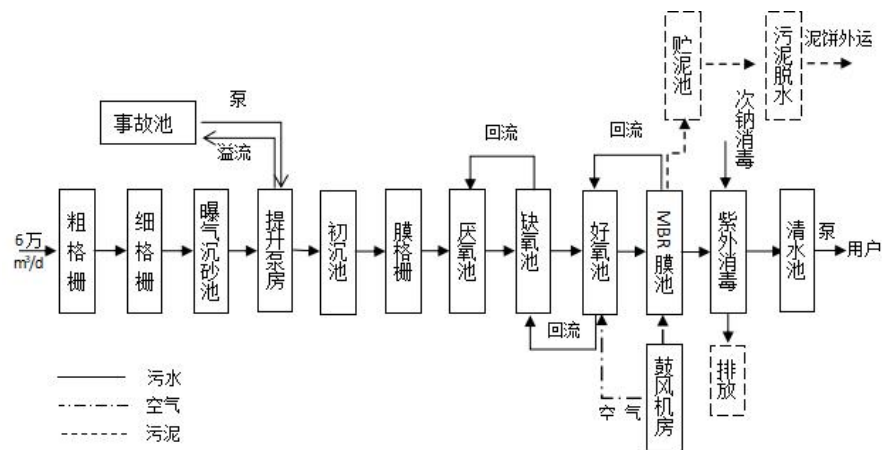


图 3.4-1 济阳区第一污水处理厂工艺流程图

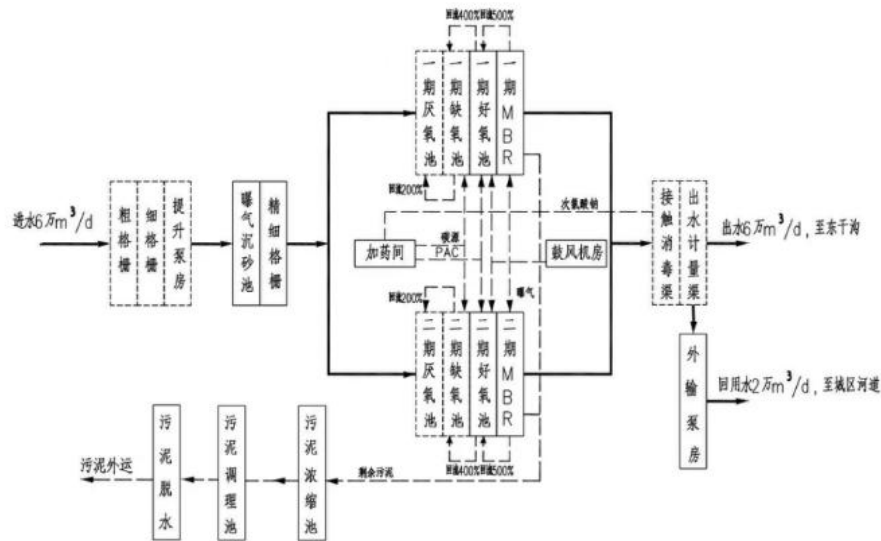


图 3.4-2 济阳区第二污水处理厂工艺流程图

两座污水处理厂的尾水均执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级 A 标准，出水水质均可达到地表水准 IV 类，能够满足再生水回用的水质要求，从技术上而言济阳区再生水回用是可行的。

在经济性方面，随着城市污水深度处理技术的成熟，再生水利用在经济性方面也已经具有一定的优势，能够显著降低用水成本。尽管再生水利用项目需一定的初期投资，但其生产、输送系统的投资和运营成本通常低于同等规模的自来水生产系统投资。而且从长远来看，再生水利用有较高的投资回报率，通过合理的项目规划和运营管理，可以实现再生水的稳定供应和高效利用，从而带来持续的经济收益。

在生态环境效益方面，首先，推进再生水利用能够减少水环境污染，将再生水用于公园湖泊补水、城市绿地灌溉，在提高水资源利用效率的同时提升城市生态环境质量。其次，再生水的利用能够实现水生态的良性循环，改变传统的“供水-利用-排放”模式，减少水资源的浪费，维护生态平衡。此外，扩大再生水利用能够减少对区域外的调水需求，减少因远程调水所产生的碳排放。

在政策方面，从国家到地方均发布了一系列行业政策来推动再生水利用。国家层面，如《进一步加强水资源节约集约利用的意见》等文件明确提出实施区域再生水循环利用工程的政策措施；地方层面，山东省、济南市也发布了相关政策及规划文件，明确了再生水利用的目标、任务和措施。这些政策的实施

能够有效推动济阳区再生水的发展和应用。

总体而言，济阳区再生水水质能够满足各类再生水回用的水质标准，在经济上能够为企业、社会发展带来稳定的收益，更多的利用再生水有助于济阳区减少对区域外的调水需求，且符合国家一系列政策，在济阳区推进再生水利用，是十分可行且必要的。

4 再生水需求分析

4.1 再生水利用领域

城市再生水可回用于农林牧渔业用水、城市杂用水、工业用水、环境用水和补充水源水等，再生水的各种用途需充分考虑其对水质水量的要求，用再生水替代传统水源时还需考虑水源的特殊要求。根据当前城市污水再生利用技术的发展情况，城市再生水利用的途径主要包括河道生态用水、农业灌溉用水、工业用水、景观环境用水、城市杂用和地下水补给等。

济阳区再生水目前主要用于道路喷洒、绿化浇灌及城市环境卫生等领域。区内两座污水处理厂年供应再生水约 1700 万吨，出水水质达地表水Ⅳ类标准，满足市政杂用水水质要求。例如，区城管局协同水务部门推动城市绿化与环卫用水逐步替换为再生水，计划未来实现该领域 100%再生水覆盖。此举不仅缓解了市政自来水消耗，还降低了公共服务的运营成本。

河道生态补水是再生水的核心应用场景之一。济阳区将再生水注入区域河道与湿地系统，用于维持水体生态基流、改善水环境质量。例如大寺河水库的生态补水，再生水作为备用水源参与调配，支撑河道生态修复与景观水位稳定。工业领域是再生水扩容的重点方向，但当前应用规模仍待提升。济阳区正通过政策引导推动企业使用再生水。华能济阳生物质热电厂率先采用再生水作为机组冷却循环水源，其生产水源以污水处理厂再生水作为重要部分，年用水量可观；政府协同工信部门引导企业提高冷却循环系统的再生水使用比例，重点覆盖火力发电、一般工业冷却等场景。然而，受限于管网配套不足和企业主动性不高，工业领域用量占比仍较低，未来需依托园区管网扩建突破瓶颈。

城市再生水可回用于农林牧渔业用水、城市杂用水、工业用水、环境用水和补充水源水等，再生水的各种用途需充分考虑其对水质水量的要求，用再生水替代传统水源时还需考虑水源的特殊要求。根据当前城市污水再生利用技术的发展情况，城市再生水利用的途径主要包括河道生态用水、农业灌溉用水、工业用水、景观环境用水、城市杂用和地下水补给等。

依据《城市污水再生利用分类》、《城市污水再生利用分类》《再生水水

质标准》等相关标准，根据再生水用途，再生水主要可用于地下水回灌用水，工业用水，农、林、牧、渔业用水，城市非饮用水和景观环境用水等五类。

表 4.1-1 再生水分类标准类别

序号	水质标准类别	分类细目	范围
1	地下水回灌用水	地下水回灌用水	地下水源补给、防治海水入侵、防治地面沉降
2	工业用水	冷却用水	直流式、循环式
		洗涤用水	冲渣、冲灰、消烟除尘、清洗
		锅炉用水	中压、低压锅炉
3	农、林、牧、渔业用水	农业用水	粮食作物、经济作物的灌溉、种植与育苗
		林业用水	林木、观赏植物的灌溉、种植与育苗
		牧业用水	家畜、家禽用水
4	城市杂用水	冲厕	厕所便器冲洗
		街道清扫、消防	城市道路的冲洗及喷洒、消防用水
		城市绿化	公共绿地、住宅小区绿化
		车辆冲洗	各种车辆冲洗
		建筑施工	施工场地清扫、浇洒、灰尘抑制、混凝养护与制备、施工中的混凝土构件和建筑冲洗
5	景观生态用水（生态补水）	娱乐性景观环境用水	娱乐性景观河道、景观湖泊及水景
		观赏性景观环境用水	观赏性景观河道、景观湖泊及水景
		湿地环境用水	恢复自然湿地、营造人工湿地

根据济阳区实际情况和保护地下水考虑，地下水回灌暂不作为再生水利用方向，因此本次规划的再生水主要回用于生态补水、工业用水、城市杂用和农业灌溉这四类。以下对四种再生水用水对象潜在用户进行调查，逐一分析。

4.2 再生水需求调查

4.2.1 工业企业调查

目前济阳区中心城区内共有 6 个工业园区（开发区），分别为山东济北经济开发区、济北智造城、济北食品饮料城、济北现代经济产业园、山东（济北）国际创新产业园、济南济北经济开发区，2023 年 3 月，济南市对山东济北经济开发区进行了扩区调区，面积扩大至 14.994km²，因此现状山东经济开发区扩区

调区后与其他五个园区存在重叠区域，经过工业园区整合提升，各种资源要素配置更加集聚，工业聚集水平的提升为再生水利用提供了现实基础。

济阳区内用水大户主要集中于食品、纺织、造纸、机械制造、电力、热能行业，经过现场调研，结合实际情况，因食品、粮油生产及机械制造行业对水质要求过高，不考虑使用再生水，排除这两类行业后，得出取用水大户再生水需求见下表。企业用水大户再生水除用于建筑及厂区内部的冲厕、绿化、消防等杂用部分，在水质达标的情况下也会考虑部分使用到工业企业的生产制造中。根据对用水大户的初步了解，以问卷形式对这些企业进行再生水意愿调查，并计算各企业再生水需求量，再生水水质需满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）。

结合济阳区实际情况，工业企业的生产制造中再生水利用主要考虑工业企业的低质用水，包括：大型集中供热设施用水和工业用水。热能、火电、化工、制浆造纸、印染等行业在具备再生水使用条件下，应当优先使用再生水。包括冷却用水、洗涤用水、锅炉用水等，在水质不影响产品品质和卫生安全的前提下可用作工艺用水或产品用水。冷却用水包括直流式、循环式补充水；洗涤用水包括冲渣、冲灰、消烟除尘、清洗等工艺用水；锅炉用水包括低压、中压锅炉补给水。工艺用水包括溶料、蒸煮、漂洗、水力开采、水力输送、增湿、稀释、搅拌等用水。产品用水包括浆料、化工制剂、涂料等用水。

工艺和产品用水仅适用于少数企业，结合热电厂分布和用水量需求，有序推进再生水处理工艺提标改造和配套管网建设，逐步实现再生水全面替代，同时加强对热电厂废水达标排放的监管，避免造成二次污染等问题。对于高耗水行业，鼓励企业水资源循环利用，提高工业用水循环利用率，引导鼓励各级园区实施专业化运营模式统一供水和废水集中治理，实现水资源综合优化利用。

4.2.1.1 中期再生水需水量调查

根据《山东省水利厅关于明确取水许可有关问题的通知》（鲁水规字〔2020〕1号文），一般企业再生水需配置 20%的再生水，化工企业需配置 30%的再生水，热电企业需配置 50%再生水。因此，产业结构稳定、再生水替代量大，且周边有临近污水厂站或在建设有再生水管线的工业企业规划为中期

用户，各用水户按照《意见》的最低要求作为再生水需水量；对于未来新建项目，根据相应水资源论证报告书成果及批复确定并加强新建工业企业再生水使用的要求，逐步建立工业企业利用再生水的有效机制和体系。

通过分析复核济阳区现有工业企业名单，确定电厂、生物质能厂、造纸厂等各类需水工业企业的重点需水户，通过对重点工业企业进行现场调查，明确其现状再生水需水量、是否能够利用再生水、未来再生水需水量等内容。济阳区工业用水中，食品加工、纺织、造纸、变电站以及能源类企业是再生水需求的潜在用水户。针对年用水量达到 5 万 m³以上企业进行抽样调查，分析济阳区再生水需求，调查企业见下表。

表 4.2-1 调查企业名录清单

序号	企业名称	行业	备注
1	济阳新华能源实业有限责任公司	能源类企业	已投产
2	山东昊阳热力有限公司	能源类企业	已投产
3	济南市济阳新城供热有限公司	能源类企业	已投产
4	山东兴阳供热有限责任公司	能源类企业	已投产
5	华能济阳生物质热电有限公司	能源类企业	已投产
6	济南热电集团有限公司济阳区 1×5 万千瓦背压机组热电联产项目（在建项目）	能源类企业	在建
7	山东省济北中学	企事业单位	已投产
8	济阳闻韶中学	企事业单位	已投产
9	济南市济阳区志远学校	企事业单位	已投产
10	济南市济阳区第一中学	企事业单位	已投产
11	山东天阳纸业有限公司	造纸行业	已投产
12	济南新东纸业有限公司	造纸行业	已投产
13	山东旺旺食品有限公司	食品行业	已投产
14	济南顶津食品有限公司	食品行业	已投产
15	济南元首针织股份有限公司	纺织行业	已投产
16	山东大鲁阁织染工业有限公司	纺织行业	已投产

表 4.2-2 调查企业水量统计详情表

序号	名称	2021 年总用水量 (m³)	2022 年总用水量 (m³)	2023 年总用水量 (m³)	2024 年总用水量 (m³)	日均用水量 (m³/d)	再生水需求 (m³/d)	备注
1	济阳新华能源实业有限责任公司	920996	/	690400	/	2207.39	/	夏季停产中
2	山东昊阳热力有限公司	54141	71319	101856	/	207.59	124.56	
3	济南市济阳新城供热有限公司	198648	134457	84515	/	381.39	190.69	
4	山东兴阳供热有限责任公司	/	281529	68358	33894	350.48	101.70	
5	华能济阳生物质热电有限公司	/	/	/	624632	1711.32	1026.79	已使用再生水，日均用水量约 1000m³/d
6	济南热电集团有限公司济阳区 1×5 万千瓦背压机组热电联产项目（在建项目）	/	/	/	/	5479.45	2739.73	新建项目预计用水量 200 万 m³/a
7	山东省济北中学	167816	158577	180452	/	462.87	92.57	
8	济阳闻韶中学	117955	117854	134521	/	338.20	67.64	
9	济南市济阳区志远学校	/	/	131251	/	359.59	71.92	
10	济南市济阳区第一中学	164593	140814	127545	/	395.39	79.08	
11	山东天阳纸业有限公司	77559	86800	71852	80000	216.58	43.32	已自建中水回用设施，能够满足自身需求
12	济南新东纸业有限公司	/	50920	/	/	139.51	27.90	
13	山东旺旺食品有限公司	1000000	1000000	1000000	1130000	2828.77	/	已自建中水回用设施，能够满足自身需求
14	济南顶津食品有限公司	2582500	2582500	2582500	2582500	7075.34	/	已自建中水回用设施，能够满足自身需求

经调查，食品加工业为用水大户，但水产品加工对水质要求较高，现阶段再生水水质无法满足其生产需求，食品加工业厂区内污水处理设施的尾水已有回收利用计划，满足内部绿化和冲厕用水使用，暂无市政再生水使用需求。纺织行业对再生水水质要求较高，主要是对水的硬度和含盐量要求比较严格，现阶段需对再生水水质进行深度处理后才能满足其生产需求，其生产用水的 20%可以被再生水源替代。造纸行业对再生水水质要求相对较高，厂区内污水处理设施的尾水已有回收利用计划，现阶段需对再生水水质进行深度处理后才能满足其生产需求，可以用适当的再生水替换自来水用于生产，其生产用水的 20%可以被再生水源替代。能源类行业对再生水水质要求相对较低，主要是对水的硬度和含盐量要求，现阶段需对再生水水质进行深度处理后才能满足其生产需求，其生产用水的 50%可以被再生水源替代。变电站厂目前是采用无人值守制度，其主要用水为绿化和冲洗水，其中冲洗水对水质要求相对较高，主要是对电导率，预计其用水的 50%可以被再生水源替代。调查已有再生水需求企业清单见下表。

表 4.2-3 具有再生利用水意向工业企业名录清单

序号	企业名称	行业	年再生水需水量 (万 m ³)	备注
1	山东昊阳热力有限公司	能源类	4.54	已投产
2	济南市济阳新城供热有限公司	能源类	6.96	已投产
3	山东兴阳供热有限责任公司	能源类	3.71	已投产
4	华能济阳生物质热电有限公司	能源类	3.65	已投产
5	济阳区 1×5 万千瓦背压机组热电联产项目（在建项目）	能源类	102.2	在建
7	济南元首针织股份有限公司	纺织类	11.0	已投产
8	山东大鲁阁织染工业有限公司	纺织类	18.3	已投产
	合计		150.36	—

近期工业企业对再生水年需求量约为 150.36 万 m³，年工作日按 300 天算，预计日平均用水量约为 5012m³/d，但工业企业实际用水量受再生水水质影响较大。目前企业用水主要以市政供水为主，济阳区污水处理厂出水水质检测指标与《城市污水再生利用工业用水水质（GB/T18920-2020）》相较，缺少较多指标。对于冷却水和锅炉水需要根据不同类型的工业用水户的需求增测相应指标，目

前再生水水质暂无法满足企业直接用水需求。近远期规划建设高级处理工艺进一步提升济阳区污水处理厂出水水质，用于满足不同企业的工业用水需求，具体如下表：

表 4.2-4 污水处理厂出厂水水质与工业企业相关工艺用水水质对比表

序号	控制项目	第一、二 污水厂出水水质	冷却用水		评定结果	锅炉补给水	评定结果
			直流冷却用水	循环冷却水系统补充水			
1	PH 值（无量纲）	6~9	6.5-9	6.5-9	符合	6.5-8.5	符合
2	悬浮物 SS ≤	10	30	10	符合	-	符合
3	浊度（NTU） ≤	-	-	5	未检测	5	未检测
4	色度（度） ≤	30	-	30	符合	30	符合
5	电导率（25℃）（μ S/cm）	-	-	550	未检测	550	未检测
6	硬度（mmol/L）	-	-	0.3	未检测	0.3	未检测
7	生化需氧量(BOD5)（mg/L） ≤	6	30	10	符合	10	符合
8	化学需氧量(CODcr)（mg/L） ≤	30	-	60	符合	60	符合
9	铁（mg/L） ≤	-	-	0.5	未检测	0.3	未检测
10	锰（mg/L） ≤	-	-	0.2	未检测	0.1	未检测
11	氯离子（mg/L） ≤	-	250	250	未检测	250	未检测
12	二氧化硅（SiO ₂ ）（μ g/L） ≤	-	50	50	未检测	30	未检测
13	总硬度（以 CaCO ₃ 计/mg/L） ≤	-	450	250	未检测	450	未检测
14	总碱度（以 CaCO ₃ 计/mg/L） ≤	-	350	200	未检测	350	未检测
15	硫酸盐（mg/L） ≤	-	600	250	未检测	250	未检测
16	氨氮（以 N 计） ≤	1.5	-	5	符合	10	符合
17	总磷（以 P 计） ≤	0.3	-	1	符合	1	符合
18	溶解性总固体（mg/L） ≤	-	1000	1000	未检测	1000	未检测
19	石油类（mg/L） ≤	1	-	1	符合	1	符合
20	阴离子表面活性剂（mg/L） ≤	0.5	-	0.5	符合	0.5	符合
21	余氯（mg/L） ≥	-	0.05	0.05	未检测	0.05	未检测
22	粪大肠菌群（个/L） ≤	1000	2000	2000	符合	2000	符合

4.2.1.2 远期再生水需水量调查

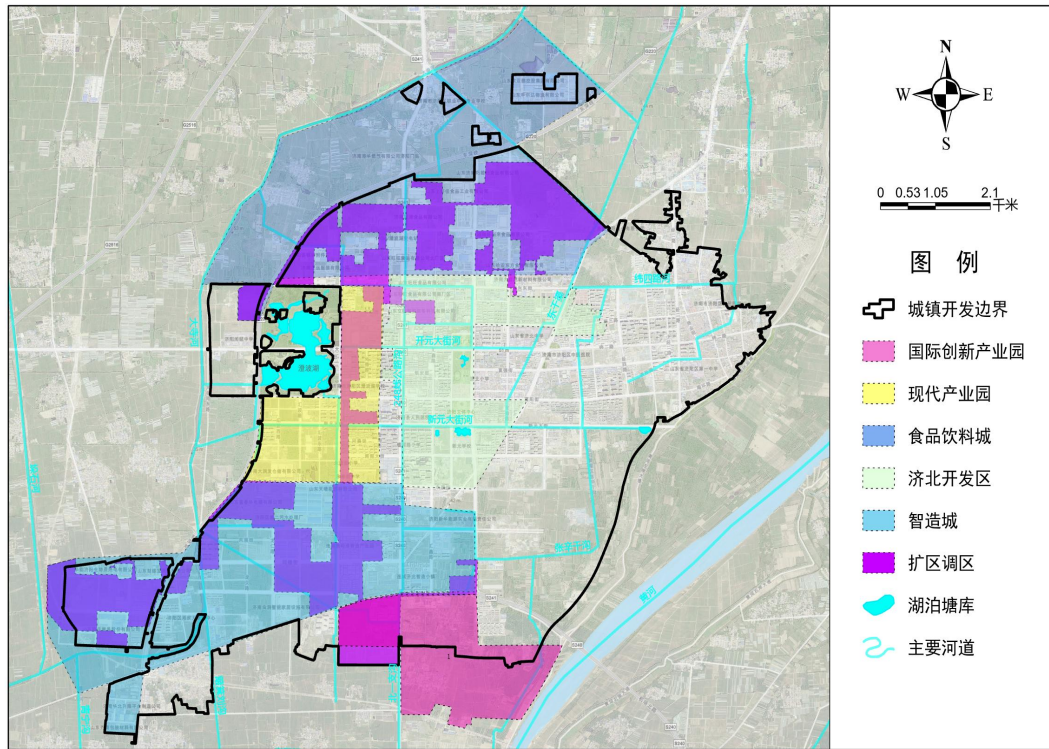


图 4.2-1 济阳区工业园区分布示意图

4.2.1.2.1 山东济北经济开发区扩区调区

（1）已批复水资源论证报告

根据《济北经济开发区扩区调区规划水资源论证报告》，2025 年开发区总需水量为 745.09 万 m^3 ，其中工业需水量为 705.69 万 m^3 ，2035 年开发区总需水量为 991.60 万 m^3 ，工业需水量为 929.85 万 m^3 。2025 年总取水量为 795.04 万 m^3 ，其中再生水量为 249.02 万 m^3 ，2035 年总取水量为 1060.31 万 m^3 ，其中再生水取水量为 341.36 万 m^3 。

再生水配置原则根据产业特点进行分配，其中食品饮料、医药行业受其用水安全的影响，不再配置再生水，而现代化制造行业对水质要求不高，可配置再生水比例达 60%。现状年济北经济开发区扩区调区范围内公共管网水供水量为 422.33 万 m^3 ，由于现状年稍门水厂可供水量受指标限制，因此对于近期规划水平年不再新增工业公共管网用水，则工业用水中 2025 年再生水的用量为 217.30 万 m^3 。

（2）典型企业用水分析

山东汉方制药有限公司中药制剂产业园项目工程占地面积 166497m²，总投资 40000 万元，主要建设质检综合楼、1#中试车间、1#生产车间、1#提取车间、2#仓库、动力中心、乙醇储罐等生产设施，购置提取罐、浓缩器、灌装机、包装机等生产设施。

项目以黄柏、连翘、蒲公英、金银花、蜈蚣为原料，乙醇为辅料，通过水提、浓缩、醇沉、浓缩收膏、配制、灌装、灭菌等工艺生产复方黄柏液涂剂，建成后年产复方黄柏液涂剂 7500t/a。

项目新鲜水用量为 29.38 万 m³/a 主要为工艺生产和生活用水，由济北经济开发区自来水管网供给，水量、水质均能满足项目需求。

1) 水提用水：根据生产工艺水提过程使用纯水进行水提，料水比（蜈蚣除外的其他四味药材）1:12.5，原料（黄柏、连翘、金银花、蒲公英）总用量为 1500t/a，则水提过程用水量约为 52.1m³/d，合计 18750m³/a。

2) 配液用水：根据设计方案，配液使用纯水，用水量约为 20m³/d，合计 7200m³/a。

3) 洗瓶用水：外购瓶子规格为 100mL，在灌装前需对药瓶进行清洗，清洗用水量为瓶子容量，根据建设单位提供设计方案，洗瓶用水总量为 20.8m³/d，合计 7500m³/a。

4) 设备清洗用水：每天需对生产设备进行清洗，根据设计方案，设备清洗采用纯水，单次最大清洗用水量约为 607m³。则项目设备清洗用水量为 607m³/d，合计 218520m³/a。

5) 锅炉用水：项目建设 2 台 4t/h 的备用燃气蒸汽锅炉，每天最大运行 16h，满负荷运行，一年运行约 120 天；锅炉循环水量=0.86×锅炉热功率（MW）×103/设计供回水温差（℃）。根据设计资料，锅炉设计供回水温度为 95/65℃，则锅炉循环水量为 161m³/h。根据《锅炉房设计标准》（GB50041-2020）10.1.8 中相关规定：“热水系统正常补给水量宜为系统循环水量的 1%”，则小时补水量为 1.6m³/h，年补水量为 4608m³/a。

6) 水浴灭菌用水。根据设计方案，水浴灭菌用水使用纯水，用水量为 5m³/d，1800m³/a。水浴灭菌用水每天更换一次。

7) 地面清洗用水：拟建项目每天都需要对地面进行清洗，根据《建筑给排水设计手册》，洗地用水系数按 $1\text{L}/(\text{m}\cdot\text{次})$ ，根据建设单位提供资料，项目需清洗的面积约为 40268m^2 ，则地面清洗用水约为 $40\text{m}^3/\text{d}$ ， $14400\text{m}^3/\text{a}$ ，其中 $1536\text{m}^3/\text{a}$ 来源于锅炉排污水， $12864\text{m}^3/\text{a}$ 来源于纯水制备废水。

8) 检验用水：实验室主要用于原料、成品检测，根据建设单位提供资料，实验室用水量约为 $2.5\text{m}^3/\text{d}$ ，合计 $900\text{m}^3/\text{a}$ 。

9) 尾气吸收用水：拟建项目废气处理采用碱喷淋及水喷淋工艺，根据建设单位提供资料，每套喷淋装置循环用水量约为 $10\text{m}^3/\text{d}$ ，因蒸发及排放损耗等需补充新鲜水，其补充量约为循环水量的 10% ，即两套喷淋装置补充量 $2\text{m}^3/\text{d}$ ，合计 $720\text{m}^3/\text{a}$ 。

10) 纯水制备系统纯水由 1 套 $30\text{m}^3/\text{h}$ 纯水制备系统提供，采用二级反渗透处理工艺。项目纯水用量约为 $258978\text{m}^3/\text{a}$ ，产水率约 90% ，则新鲜水用量为 $287753.3\text{m}^3/\text{a}$ 。

11) 生活用水项目劳动定员 300 人，年工作天数 360 天，用水量按 $50\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，则生活用水量为 $15\text{m}^3/\text{d}$ ，合计 $5400\text{m}^3/\text{a}$ 。

根据上述用水分析，锅炉用水的补水可由再生水提供，年用水量为 4608m^3 ，约占企业全年用水量的 1.6% 。

4.2.1.2.2 济北智造城产业园

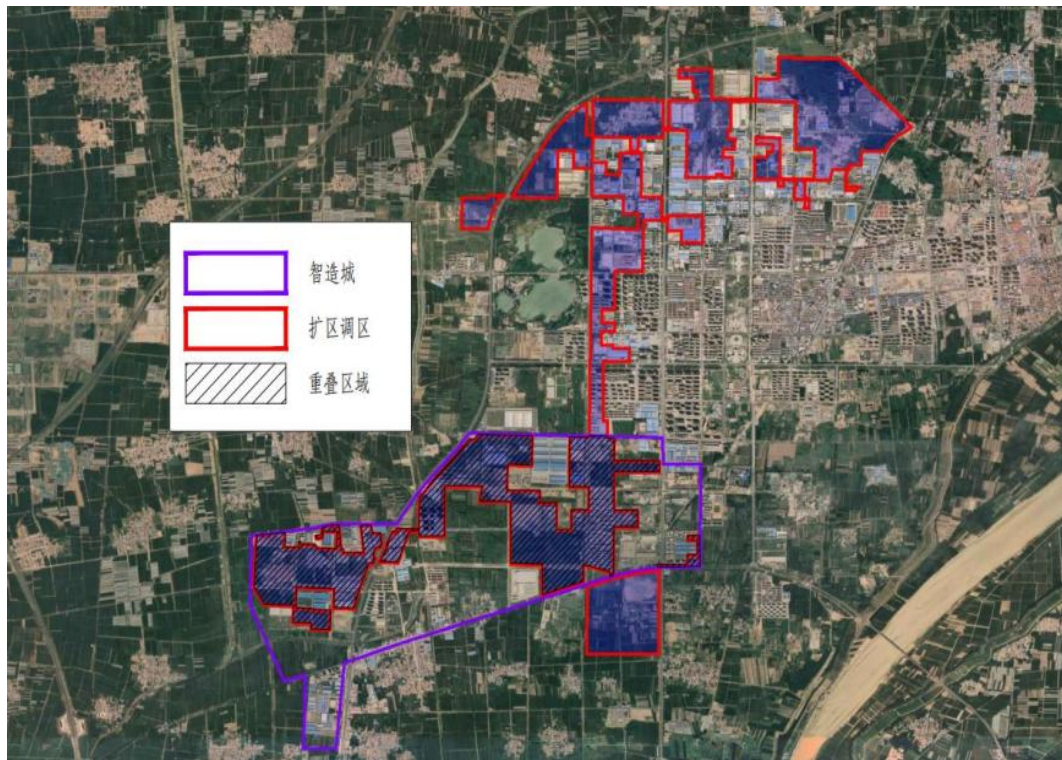


图 4.2-2 济北智造城水资源论证范围图

（1）已批复水资源论证报告

根据《济北·智造城（产业园）水资源论证区域评估报告》，智造城占地面积共计 12.3km²，有 4.45km²与山东济北经济开发区扩区调区重叠。目前，智造城以装备制造业、电子信息业、家具制造业、纺织业、新能源新材料制造业为主导产业，且已入济南元首集团有限公司、山东蓝海传动机械有限公司、山东赖氏家具股份有限公司、济南华北升降平台制造有限公司等企业，装备制造、家具制造和纺织产业已初成规模。智造城 2025 年需水量为 550.01 万 m³，其中与山东济北经济开发区未重叠区域需水量为 351.02 万 m³，用于工业用水的再生水 87.23 万 m³。

（2）典型企业用水分析

济南元首针织股份有限公司为国有控股的股份制企业，其前身为济南针织厂，位于济南市北园大街 601 号。始建于 1958 年，94 年改为股份制。主要生产设备引进于日本、德国、香港等国家和地区；拥有国内先进的织造、染整主机 200 余台套，现有生产能力为 3000 万件/年，产销率为 92%。年实现销售收入 3 亿元，出口创汇 2500 余万美元，利税 2000 余万元，其中利润 300 万元。内销

品牌为“元首”，包括 T 恤、文化衫、棉毛衫裤、弹力内衣、运动休闲、家居、保暖、功能性纤维、高档羊绒、狐狸绒内衣等系列产品，在行业内具有较高知名度；80%以上出口，产品主要销往日本、欧美市场；弹力内衣曾荣获国家唯一内衣金奖；曾获纺织行业最具潜力服装品牌提名大奖，为全国针织行业副理事长单位；公司曾被评为“山东纺织先进企业”“山东省管理示范企业”“山东省节水型企业”“济南市先进企业”“济南市出口创汇明星企业”“济南市节能先进企业”等荣誉。“元首品牌”连续 13 年被授予“山东名牌”“中国针织内衣十强品牌”“消费者最喜爱的品牌”“山东省著名商标”称号。

随着世界经济结构调整和国内消费结构升级，中国产业结构优化升级势在必行，国家正在大力培育战略性新兴产业。济南元首集团有限公司为了适应新的市场形势的发展，经过广泛论证和考察，决定整合优势资源，在济北现代经济产业园区内投资新建济阳针织工业园项目，项目总投资 56889 万元，主要建设内容为新建针织、染整和成衣车间，搬迁元首针织股份有限公司现有针织、染整、成衣设备，淘汰现有部分陈旧落后的针织、染整、成衣设备，并新增部分针织、染整、成衣设备；配套建设 5220m³/d 的污水处理站。项目属于备案制，备案部门为济阳县发展和改革委员会，登记备案号为济阳发改备 2016083。工艺流程：补贸和自营出口事业部针织车间生产工艺相同，主要生产过程为：原料经过检验、扒纱、接纱、编织等工序制成坯布，现有针织车间工艺流程及产污环节见下图。

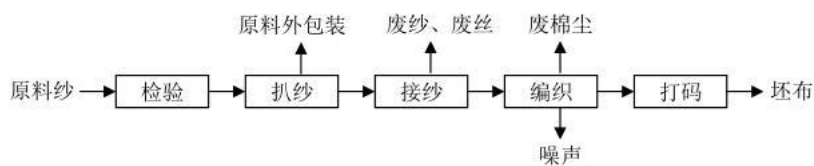


图 4.2-3 现有针织车间工艺流程图

1) 氧漂前处理。坯布与水以 1: 5 比例装入设备，加入表面活性剂，蒸汽间接加热至 50℃，加热 15 分钟，去除坯布纤维中的蜡质、果胶、棉籽壳等杂质。

2) 氧漂。将坯布浸入 60℃的水中，加入氢氧化钠、双氧水和阴离子表面活性剂，升温至 98℃氧漂 60 分钟，去除棉纤维中含有的油蜡、果胶、色素、

棉籽壳等杂质。

3) 水洗。常温水洗，水洗时间为 12 分钟，去除坯布表面残留的 ClO_2 。

4) 增白。加入双氧水、氢氧化钠、表面活性剂和荧光增白剂，在碱性条件下蒸汽间接加热至 70°C ，加热 18 分钟，对坯布进行增白。

5) 热水洗。水洗温度为 50°C ，水洗时间为 8 分钟，去除增白工序残留药品。

6) 冷水洗。冷水洗 8 分钟，进一步去除增白工序残留药品，并降温。

7) 轧干。加入柔软剂，温度 40°C ，处理时间 20 分钟，增加坯布的柔软效果；同时对坯布进行脱水处理，然后转入烘干工序。

8) 烘干。轧干脱水后的坯布由蒸汽间接加热烘干，去除坯布中的水分。

9) 轧光整理。对针织坯布进行轧光整理，整理后获得稳定的幅度和密度，增加坯布的表面光泽。连续性生产车速 20m/分钟，蒸汽加温 90°C 。

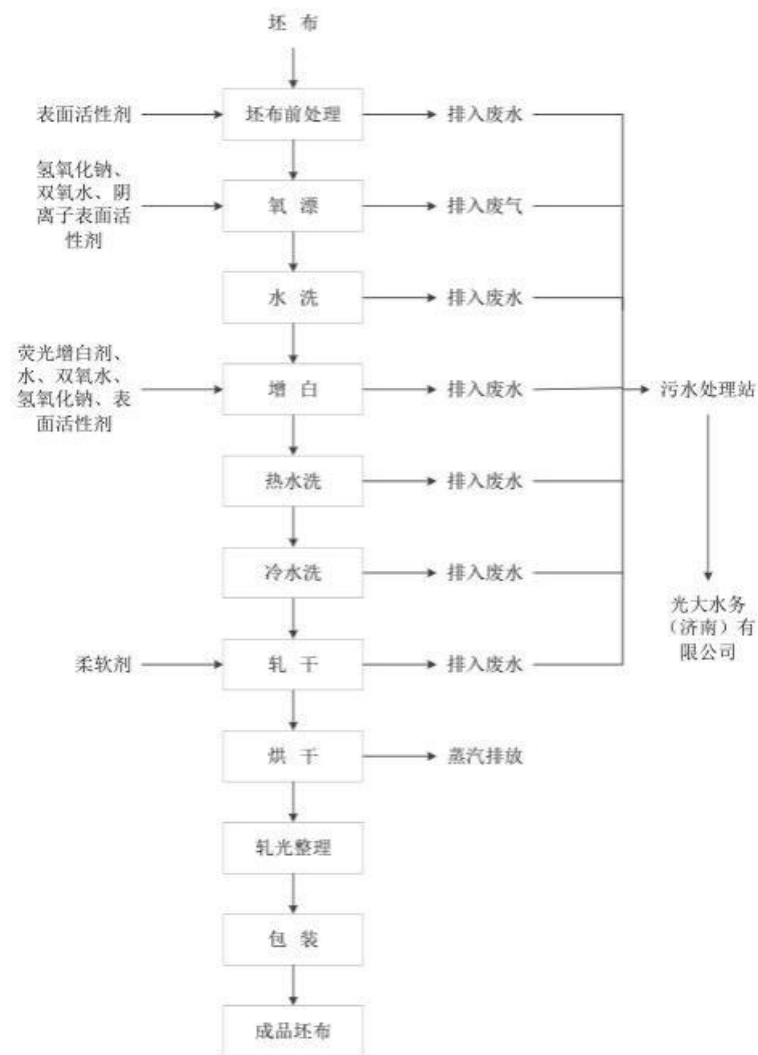


图 4.2-4 漂白工艺流程图

下图为企业现状水平衡图。

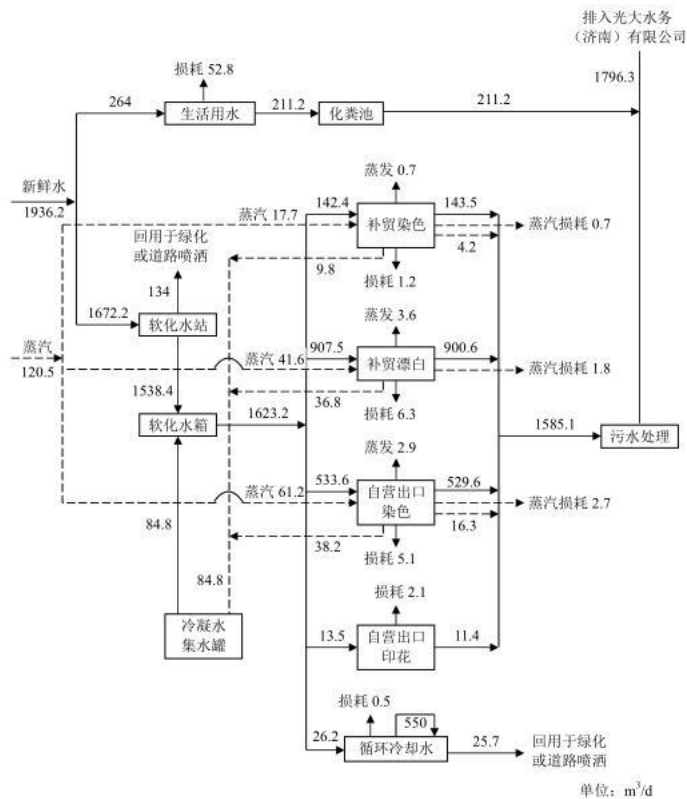


图 4.2-5 现状用水平衡图

企业厂区内有天然气锅炉，为工艺生产提供蒸汽，每日蒸汽提供量为 120.5m³，每日损耗量为 5.2m³，因此可用再生水对锅炉用水进行补水，以每年运行 330d 计算，则年再生水用量为 1716m³。

(1) 开发区概况

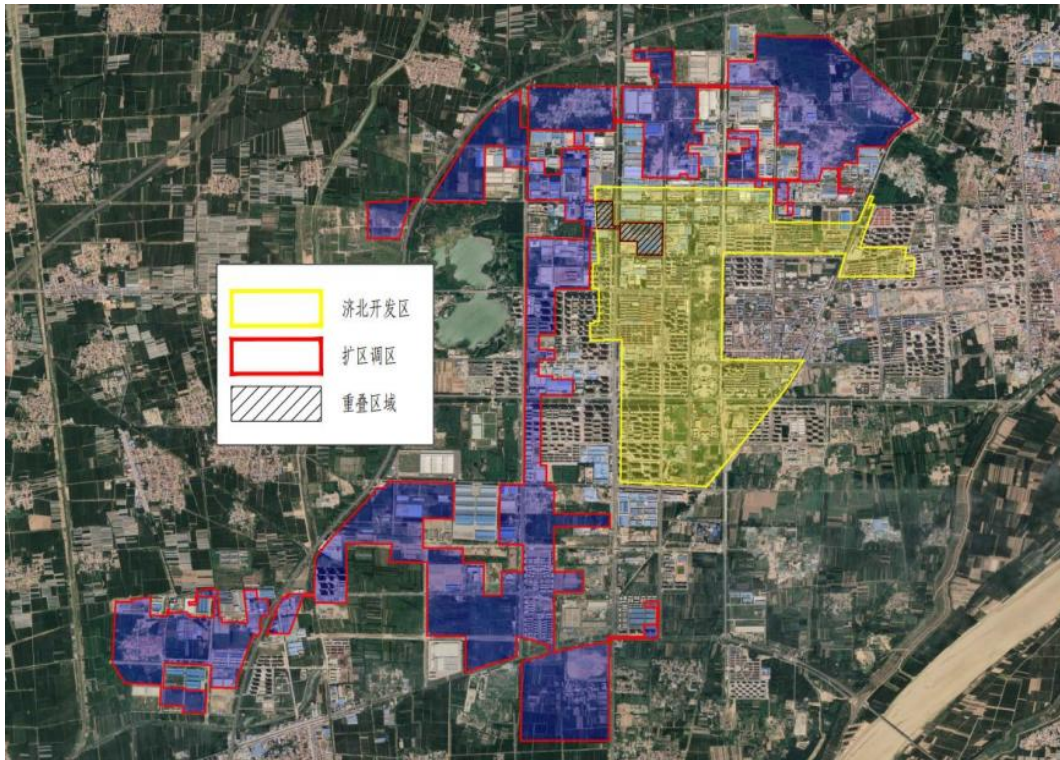


图 4.2-6 济南济北经济开发区水资源论证范围图

济南济北经济开发区于 1995 年经山东省人民政府批准设立，2003 年升级为省级开发区，济北开发区的发展定位和目标是“以大、高、外”工业项目为主，配套建设生活服务、行政办公、文化教育设施，把济北开发区建设成济南市黄河以北的新兴工业区和特色新城区。机械加工、服装染织、食品饮料加工和医药化工行业四大产业功能组团，打造济南市区域性物流中心和产业基地，集高端物流业、生物医药、先进制造业为一体的现代化、生态化的工业园区。划产业园区共分四个产业组团：

- 1) 机械加工区：主要包括环保设备，除尘设备、锅炉附件、机械装备生产加工、自动化传输设备。
- 2) 服装染织区：主要包括印染、特种制服加工、长纤维布、针织内衣其他纺织制品。
- 3) 食品饮料加工区：包括、奶制品、干果、面包、箱式饮料等。
- 4) 医药化工行业区：主要包括医药中间体、涂料、兽药、日化产品、化学原料药等的生产。

2021 年年济南济北经济开发区工业用水量 325.16 万 m^3 ，主要包括旺旺食品集团、济南元首针织股份有限公司、立德凡钛等企业用水，现状万元工业总

产值用水量为 $2.67\text{m}^3/\text{万元}$

（2）已批复水资源论证报告

根据《济南济北经济开发区水资源论证区域评估报告》，济北经济开发区 2025 年工业企业用水量约为 $381.81\text{万 m}^3/\text{a}$ ，由于现状稍门水厂可供水量受指标限制，仅能提供 $325.16\text{万 m}^3/\text{a}$ ，园区规划年新增主导产业基本为一般工业，新增因此新增水量配备 20%再生水，则 2025 年济北经济开发区工业用水再生水配置为 11.33万 m^3 。

（3）典型用水企业分析

山东旺旺集团成立于 1962 年，其前身台湾之宜兰食品工业股份有限公司，主要从事农产品罐头食品的生产，于 1992 年，正式进入中国市场，至力于各类食品、饮料、豆类制品的研制、开发及生产。于 2006 年进驻济阳区进行建设，旺旺集团济阳区主要建设有山东旺旺食品有限公司、山东大旺食品有限公司、山东真旺包装材料有限公司 3 个子公司，各子公司生产不同的产品，独立经营。运营过程中用水主要为产品配置用水、设备清洗水以及冷却水补水。

1) 根据企业提供资料，产品生产配比约为水：其他原材料=2：1，项目年产 18610.5 吨莎娃酒产品，则年用水量为 12407t/a 、 41.36t/d ，产品配置用水为纯水。

2) 项目生产线需每天清洗，一天清洗水用量约为 50t/d ， 15000t/a ，设备清洗用水为纯水。

3) 冷却用水：生产线中均质后的液体需要进行冷却，本项目采用自来水进行管道间接水冷，冷却水循环使用，不外排，循环水采用 200t 冷却水塔循环使用，有少量蒸发，需定期补水，本项目补水量为 2t/d 、 600t/a 。

4) 蒸汽冷凝水：本项目外购蒸汽 642t/a ，蒸汽经蒸汽管道对产品间接加热后产生的冷凝水回用作清洗用水。

项目软水制备利用现有工程 30t/h 的自动软化处理系统，处理工艺采用 RO 反渗透工艺，效率为 75%，则本项目所需纯水为①+②- $642=26765\text{t/a}$ ，则纯水制备所需新鲜水 35686.67t/a 、 118.96t/d 。

本项目所需新鲜水 36286.67t/a 、 120.96t/d ，项目年产 18610.5 吨莎娃酒果汁

饮料，则原料水比率 51.28%，满足《山东省饮料类、酒类生产企业原料水比率标准》（DB37/T4276—2020）中果蔬汁及其饮料、特殊用途饮料、风味饮料 40%的要求。

该企业为食品行业，生产过程中冷却方式为管道排间接水冷，冷却水循环使用，不外排，但需定期补水，可采用再生水进行补水，年用水量约为 600m³，占企业全年用水量的 0.14%

4.2.1.2.4 食品饮料城

（1）已批复水资源论证报告

济阳区人民政府于 2018 年 10 月 17 日以济阳政字[2018]85 号文批准了济北食品饮料城（产业园）的设立，四至范围：东至河道支流和省道 S249 为界，西北至大寺河，南至泰兴路。总规划面积 18.18km²，已开发区域总用地为 7.651km²，未开发区域 10.529km²。

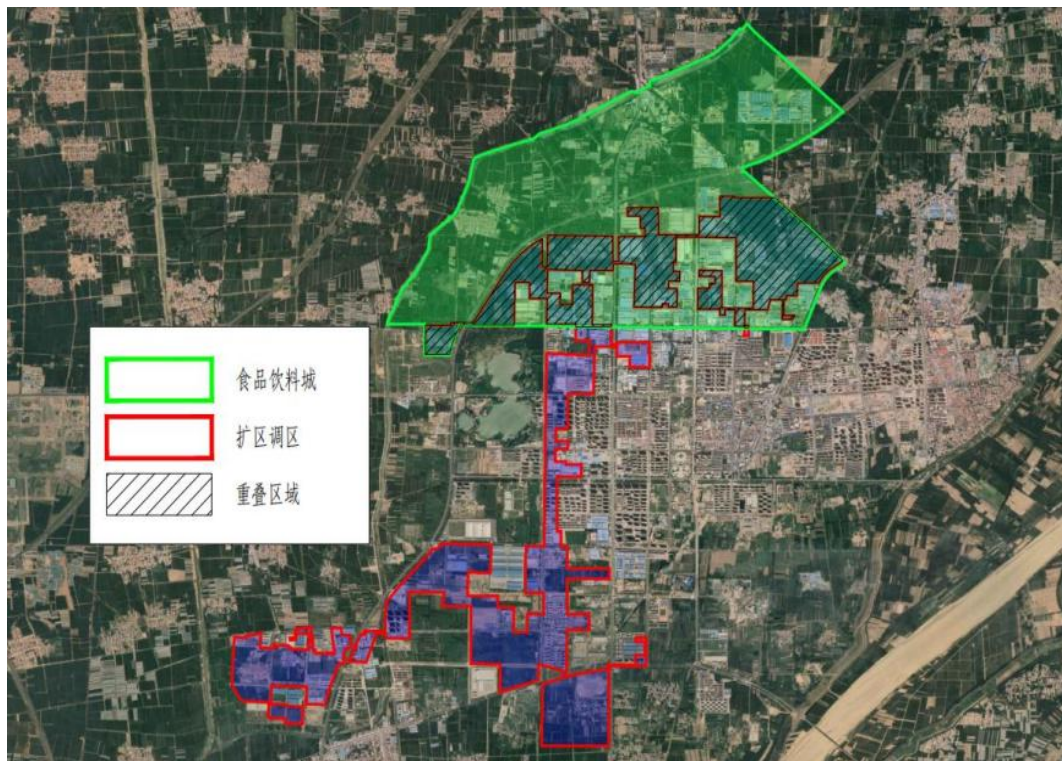


图 4.2-7 食品饮料城（产业园）水资源论证范围图

据统计，2021 年食品饮料（产业区）工业企业生产用水量为 540.40 万 m³，与山东济北经济开发区扩区调区后重复水量 148.88 万 m³，未重叠区域水量 391.52 万 m³，以食品饮料行业为主，用水量为 367.17 万 m³，占比 67.9%，热电行业用水量为 22.30 万 m³，占比 5.5%；化工行业用水量 1.17 万 m³，占比

0.3%；一般工业用水量 149.75 万 m³，占比 26.3%。

根据《济北食品饮料城（产业园）水资源论证区域评估报告》，2025 年济北食品饮料城（产业园）工业用水量为 470.72 万 m³，截止 2025 年，食品饮料城（产业园）新增工业企业均为食品饮料类企业，因此均需取用新鲜水，则 2025 年无再生水用量。

（2）典型企业用水分析

山东上好佳食品工业有限公司位于济南市济阳区济北经济开发区上好佳路 1 号，本次用水分析主要针对其近期扩建的年产 1000 吨休闲食品项目，该项目位于现有工程东侧，占地面积 1350m²，建筑面积 1350m²，项目主要依托现有生产车间、仓库及垃圾房、危废暂存间、污水站等配套设施，建设 1 条脆衣花生生产线、1 条宝龄豆生产线，建设内容主要为生产线设备安装、调试。项目工艺流程图如下所示：

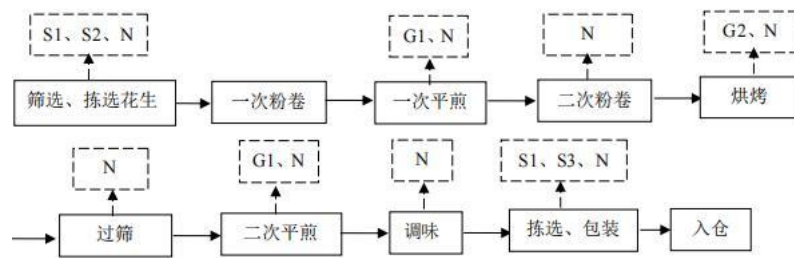


图 4.2-8 脆衣花生生产工艺流程

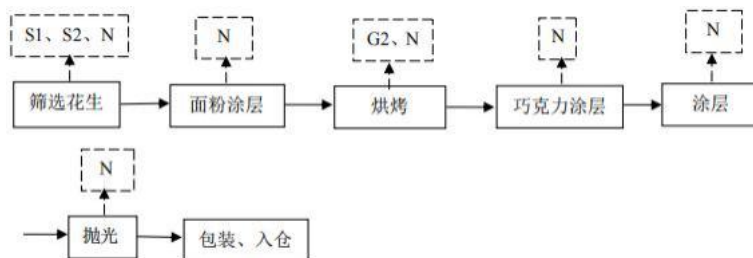


图 4.2-9 宝龄豆生产工艺流程

本项目用水主要为配料用水、清洗用水和生活用水。

1) 配料用水：项目生产过程用水主要为配料用水，用水量约 1.6m³/d，480m³/a，为自来水。

2) 清洗用水：设备清洗用水：项目生产开机前、生产结束后或换产品配方时，均需对设备进行清洗，主要通过车间内配套的 CIP 清洗机对设备生产线进行全自动清洗，CIP 清洗机内配备有 CIP 清洗液，主要使用两种清洗剂（CIP 药

剂：食品级硝酸、食品级氢氧化钠，CIP 药剂浓度：硝酸 0.85%、氢氧化钠 1.5%，药剂桶装容量为 180L），设备自动根据生产线内部残留物情况进行循环清洗，清洗要求：冷水预冲-80℃碱液循环清洗-冷水冲洗-60℃浓度酸液清洗-水冲洗至中性。

根据企业估算预计每天清洗设备约 1 次，每次用水量约 2.4t/次，故清洗用水约 2.4t/d，年用水量为 720t/a。

3）生活用水：本项目新增职工 40 人，均无住宿，用水量按 50L/d·每人计算，用水量为 2m³/d，600m³/a。用水由开发区自来水管网提供，供水有保障。

综上，本项目新鲜水量 6.0m³/d，1800m³/a，暂无环节可使用再生水。

4.2.1.2.5 现代经济产业园

（5）（1）已批复水资源论证报告

2020 年 4 月 4 日，济南济北经济开发区管理委员会出具《关于调整济北现代产业园范围的说明》：“为了规范济南市济阳区产业聚集发展，同时调整济阳县现代经济产业园范围为：北至泰兴街，南至永康街，东至济南济北开发区西边界，西至 220 国道，调整后的济北现代经济产业园规划面积 3.5km²。

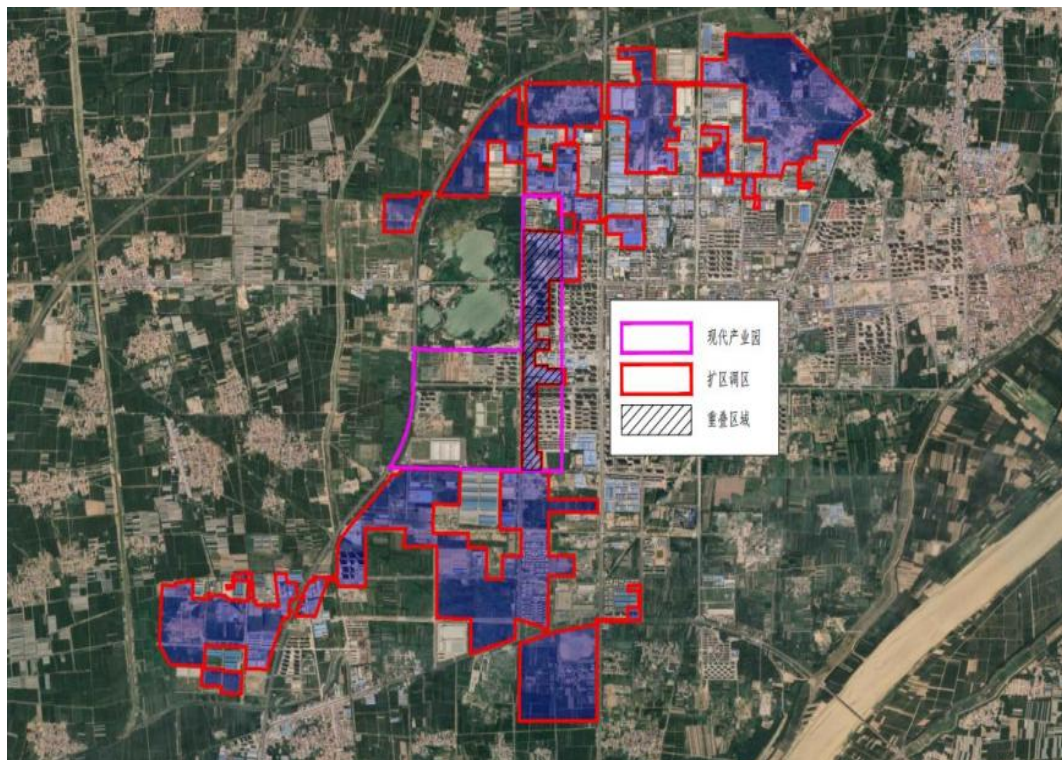


图 4.2-10 现代经济产业园水资源论证范围图

济北现代经济产业园在产企业为 24 家，园区生活及生产用水均由稍门水厂

直接供水。据统计，2021 年济北现代经济产业园工业企业用水量为 25.62 万 m^3 ，与山东济北经济开发区扩区调区后重叠水量 20.05 万 m^3 ，未重叠水量为 5.57 万 m^3 。

济北现代经济产业园现状用水构成以工业用水为主，约占用水总量的 65%，其次为生活用水，占总用水量的 35%，根据相关规划，济北现代经济产业园将在近期有较大调整，虽然仍以工业用水为主导，但生活用水比例将持续增加。

根据《济北现代经济产业园水资源区域评估报告》，产业园 2025 年建成率可达 50%，主要发展物流、机械加工等行业，对工业用水水质要求较高的企业，可优先取用公共管网新鲜水，但稍门水厂可供水量不足，因此工业用水取用公共管网的水量基本保持现状，新增水量中配备约 20%再生水。2025 年，产业园工业用水仍以一般工业为主导，工业用水量共计 35.43 万 m^3 ，新增用水量约 10.69 万 m^3 ，其中再生水用量为 1.78 万 m^3 。

（2）典型用水企业分析

山东嘉元食用菌科技有限公司占地 40 亩，建有标准化菌种厂，主要经营业务为食用菌菌种、菌包及鲜金针菇工厂化生产销售。年产食用菌菌包 650 万个（约 3000 吨），鲜金针菇 1800 吨，年用水 3300 m^3 ，用蒸汽 1.2 m^3/h ，蒸汽由 1 台 2 m^3/h 锅炉供给。

菌种培养工艺见下图。

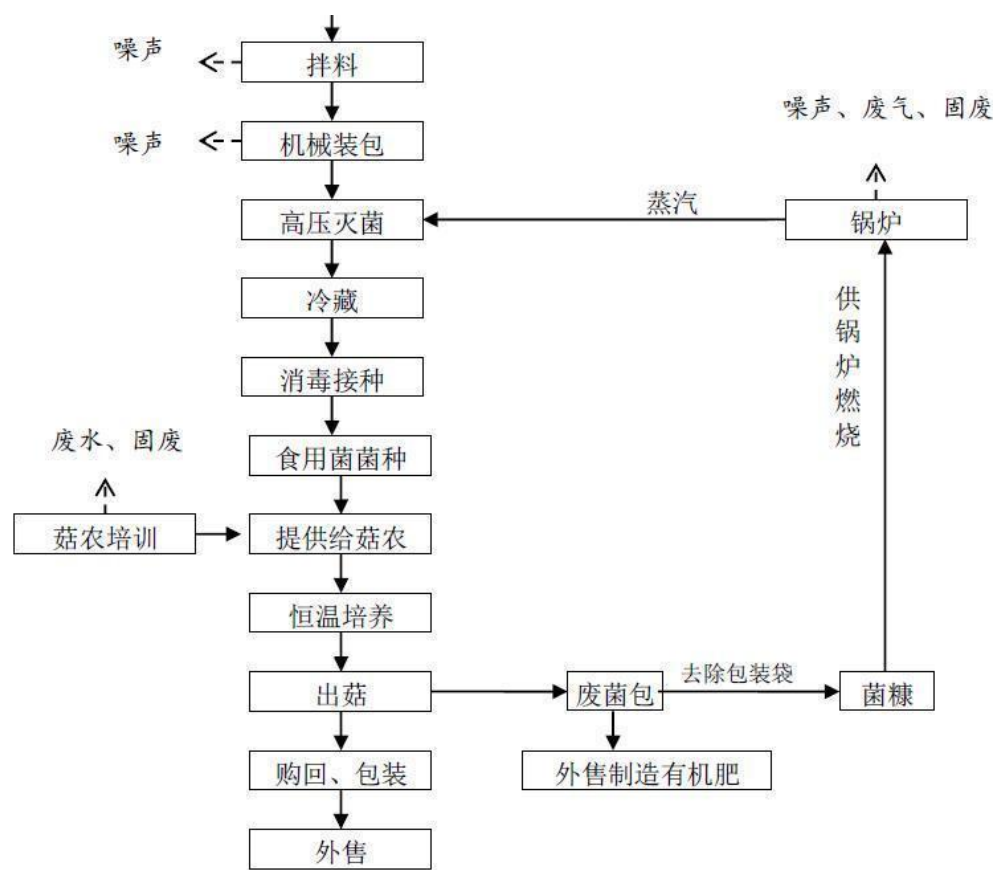


图 4.2-11 菌种培养工艺及污染节点图

在该企业中，可利用再生水对锅炉用水进行补水。

4.2.1.2.6 国际创新产业园

山东（济北）国际创新产业园规划范围为北至黄河大街，西至澄波湖路，南至回河街道吴寨村，东至黄河大堤，规划面积为 4.26km²。



图 4.2-12 国际创新产业园水资源论证范围图

根据相关规划，山东（济北）国际创新产业园主要建设新型智能制造产业区、高端医药研发生产区、研发服务区以及创新人才村落区四大产业园区。

1) 新型智能制造产业区：规划以智能制造产业及智慧临空产业为主，主要包含半导体制造、汽车配件、汽车电子系统研发、机体维修、智慧物流等。

2) 高端医药研发生产区：规划以生物医药研发及生产为主导的产业分区。产业园拟在此产业区建设山东汉方制药、延泉国际两大高端生物医药企业，依托的两大企业的集群影响力，规划打造济北高端生物医药研发生产基地。

3) 研发服务区：规划以科学研究和技术服务业、商务商业为主导的产业分区。

4) 创新人才村落区：规划以居住、商业为主导的服务区。

目前，园区内以未开发区域居多，现状产业包括星河社区一期（北部）、星河社区二期、凤凰社区，无工业企业。

根据《山东（济北）国际创新产业园水资源区域评估报告》，预计至 2025 年，山东（济北）国际创新产业园建成率可达到 30%，园区以新型智能制造产业、高端医药研发生产为主导产业，工业用水预计为 110.88 万 m^3 ，由于现状稍门水厂可供水量受指标限制，因此，在生物医药研发及生产等行业，采用地下

水进行供水，智能制造则采用再生水及地下水，则再生水用量为 69.30 万 m³。

4.2.1.2.7 远期工业需水量总计

根据已批复的各产业园水资源论证报告，济阳区中心城区工业用水中再生水用量统计如下。

表 4.2-5 济阳区工业用水中再生水量统计表

序号	名称	预计年再生水量（万 m ³ ）
1	山东济北经济开发区扩区调区	217.30
2	济北智造城	87.23
3	济南济北经济开发区	11.33
4	食品饮料城	19.82
5	济北现代经济产业园	1.78
6	国际创新产业园	69.30
合计		406.76

2035 年，根据济阳区国土空间规划，2023 年济阳区中心城区工业发展区划定面积 20.32km²，其中工业用地面积为 15.92km²。采用定额法对新增工业用地的用水量进行计算，年用水指标取 35m³/(hm²·d)，则 2035 年工业用水量为 2033.78 万 m³，预测其中 20%采用再生水，则 2035 年工业用水中再生水量为 406.76 万 m³。

4.2.2 生态补水调查

生态水系需水量是指生态系统达到某种生态水平或者维持某种生态系统平衡所必须消耗和储存的最小水量，主要用以维持水体内水生动植物的正常生长、满足蒸发渗漏、污染自净、入渗补给和景观等方面的要求。生态水系需水包括水量和水质两个方面的要求：首先，水量要满足水生态和水景观的需求；其次，在满足水量要求的基础上，水质应确保水生态系统处于健康状态。生态需水量通常包括消耗性需水量和非消耗性需水量两部分：其中消耗性蓄水量主要包括渗漏蓄水量与水面蒸发量，非消耗性需水量主要指为维持水体的生态环境和景观功能而需要预留的水量。

济阳区城区水系主要包括大寺河、澄波湖、安澜湖及新元大街南侧水系，总面积 132.18 公顷，其分布如下图所示。大寺河流经济南新旧动能转换起步区、

济南市济阳区两个区，属海河流域徒骇河水系，大寺河主要功能为行洪排涝，兼顾灌溉，属季节性河道。新元大街景观河位于新元大街南侧，东起黄河大堤，西至 G220 国道，现状河宽 25m 左右，自东向西汇入大寺河。现状新元大街景观河河道宽阔，岸坡稳定，大部分河道现状条件较好。澄波湖西至 220 国道，东至澄波湖路，南至富阳大街，北至泰兴大街，规划占地 1.26 万亩。其中，水面面积 1000 亩，绿化用地 2000 亩，配套公建占地 500 亩。

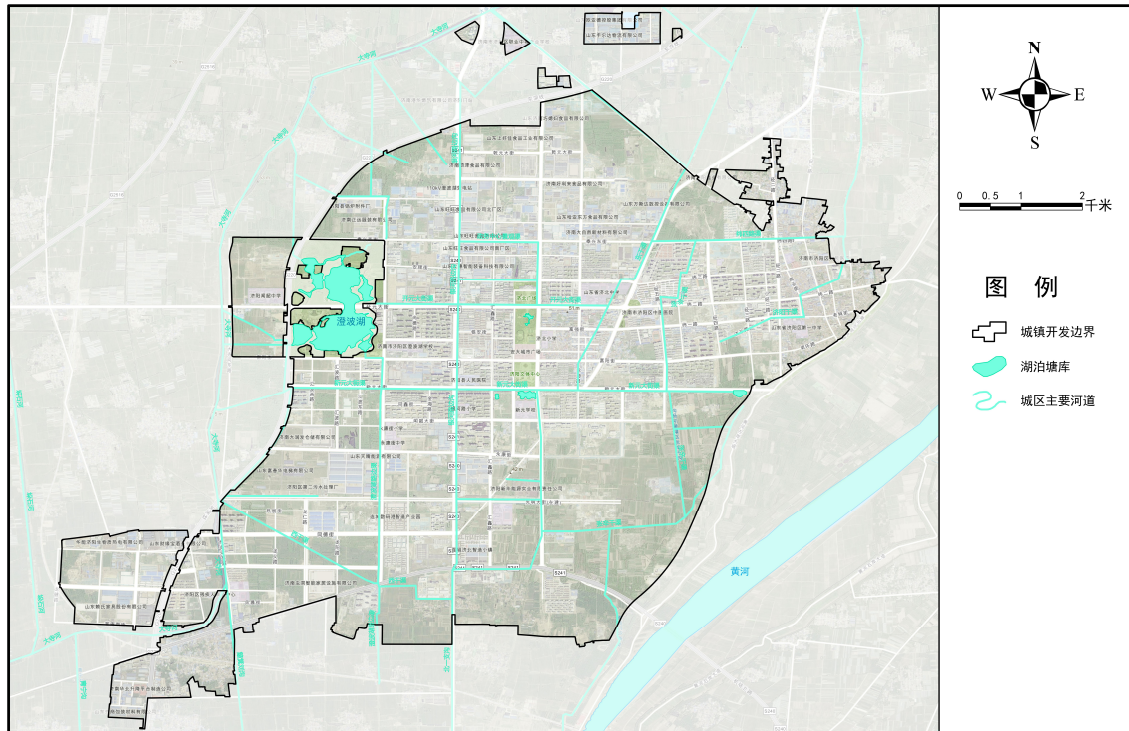


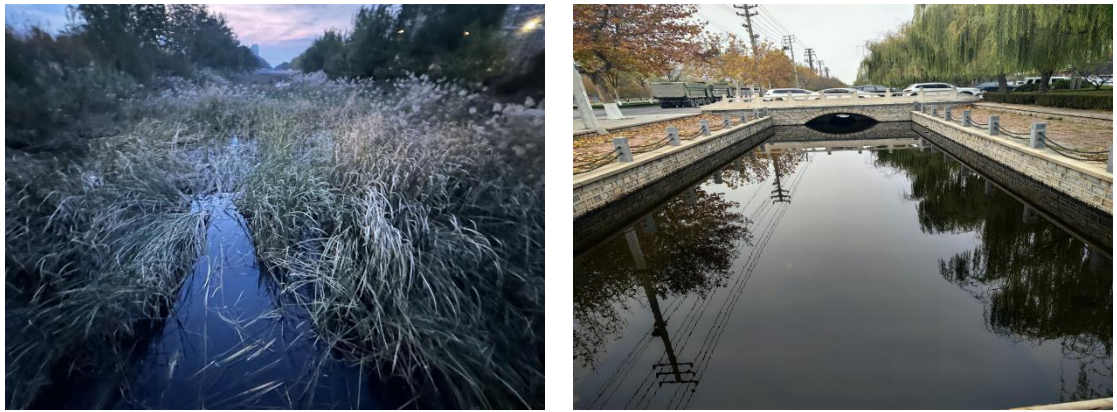
图 4.2-13 济阳区城市水系分布示意图

近年来，济阳区实施了“大寺河中小河流治理、城区水系连通工程、黄河流域生态保护”、创建“美丽河湖”等措施，有效的改善了济阳区中心城区范围内河道的水环境水生态，河道的流动性较差的特点，遇到天气闷热、降雨不足时，河道水质、感官仍容易变差。再生水对河道生态环境的改善，对推广再生水用于观赏性景观河道补水起到了示范作用。

经过调研可以看出大寺河秋冬季节生态基流不足，河滩大面积裸露；澄波湖西北侧出水口水循环动力不足，水体富营养化严重。公园滨水景观特色缺失，吸引力不足；新元大街河水循环动力不足，部分河段存在黑臭现象，河道杂草丛生，生活垃圾堆积，两侧植被驳杂，视觉效果不佳，观赏性不足，河道生态景观特色缺失，滨水可达性较差，亲水空间与现代水网发展要求难以匹配。



澄波湖旱季河滩裸露



新元大街、景观渠水循环动力不足

图 4.2-14 济阳区城市水系调研影像

将再生水用作生态补水，补充大寺河、澄波湖以及新元大街河，采用循环处理等方式维系水体水质，宜维持良好的水生态系统，包括水生动植物的生物多样性和结构完整性等。对于部分水生态系统受损严重的景观水体，通过种植水生植物、投放水生动物等方式构建水生生物群落。同时，再生水的利用与补充，可减少黄河水量需求，缓解供需矛盾，释放更多产能。根据济阳区国土空间规划，济阳区中心城区蓝线如下所示。

表 4.2-6 济阳区中心城区蓝线一览表

序号	河湖名称	规模（公顷）
1	澄波湖	103.41
2	大寺河	17.19
3	安澜湖及新元大街南侧水系	11.58

换水次数法是通过设定单位时间内（如年、季、月）的水体更换频率，结合目标水体容积与水质改善需求，确定再生水补水量的方法。其核心逻辑为：通过换水稀释污染物、提升水体自净能力，适用于湖泊、水库、封闭河道等相对静态的水体生态补水场景。

城市水域用水包括蒸发渗漏量和换水量，其中蒸发渗漏量按照水面面积、蒸发渗漏系数计算，蒸发渗漏系数应根据景观湖泊地质情况选取，本次取值为 20mm/d；换水量近期至中期按照年换水次数 6 次计算，中期远期按照 8 次计算，换水深 0.5m，降水补给量以 139 万 m^3/a 计，径流补给量以 252 万 m^3/a 计，则济阳区在规划期内生态补水量中期为 970.45 万 m^3/a ，远期为 1102.63 万 m^3/a 。

近期生态补水路径主要为以下三条：第一污水厂-泰兴东街现状再生水管道-政务中心景观渠-银河路边沟-大寺河；第一污水厂-华阳路现状再生水管道-新元大街渠-大寺河；第二污水处理厂-新元大街渠-大寺河。

在保持近期生态补水路径的基础上，中期增加以下三条：银河路边沟-澄波湖-大寺河；新元大街渠-澄波湖-大寺河；经三路再生水管道-新元大街渠。

远期增加正安路-黄河大街-银河路边沟的生态补水路径。

4.2.3 城市杂用水调查

根据《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020），城市杂用水主要包括用于冲厕、车辆冲洗、城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工等非饮用的再生水。规划在济阳区中心城区使用再生水进行道路浇洒和绿地浇灌。

（1）现状用水量

2023 年度，济阳区环卫用水面积 270.55 万 m^2 ，城区用水面积 252.75 万 m^2 ，用水量 29.12 万 m^3 ，其中地表水 4.59 万 m^3 ，再生水 24.53 万 m^3 。

（2）绿化需水量预测

济阳区国土空间分区规划将中心城区重要的区级综合公园、专类公园及其他结构性防护绿地纳入城市绿线，主要为澄波湖公园、大寺河两侧绿地、城市十字轴绿地、规划区级公园等，预计 2035 年总面积不低于 294.09ha。

规划在中心城区充分利用滨河自然条件，联通黄河、大寺河形成东西向城市风廊，南北向强化城市景观轴线，融合城市公园节点，形成网格化蓝绿空间体系。规划到 2035 年，中心城区规划公园绿地面积 3.76 km^2 ，人均面积不低于 15.0 m^2 ，公园绿地、广场步行 5min 覆盖率不低于 90%。预计 2035 年绿地与开敞空间用地面积共计约 4.52 km^2 。

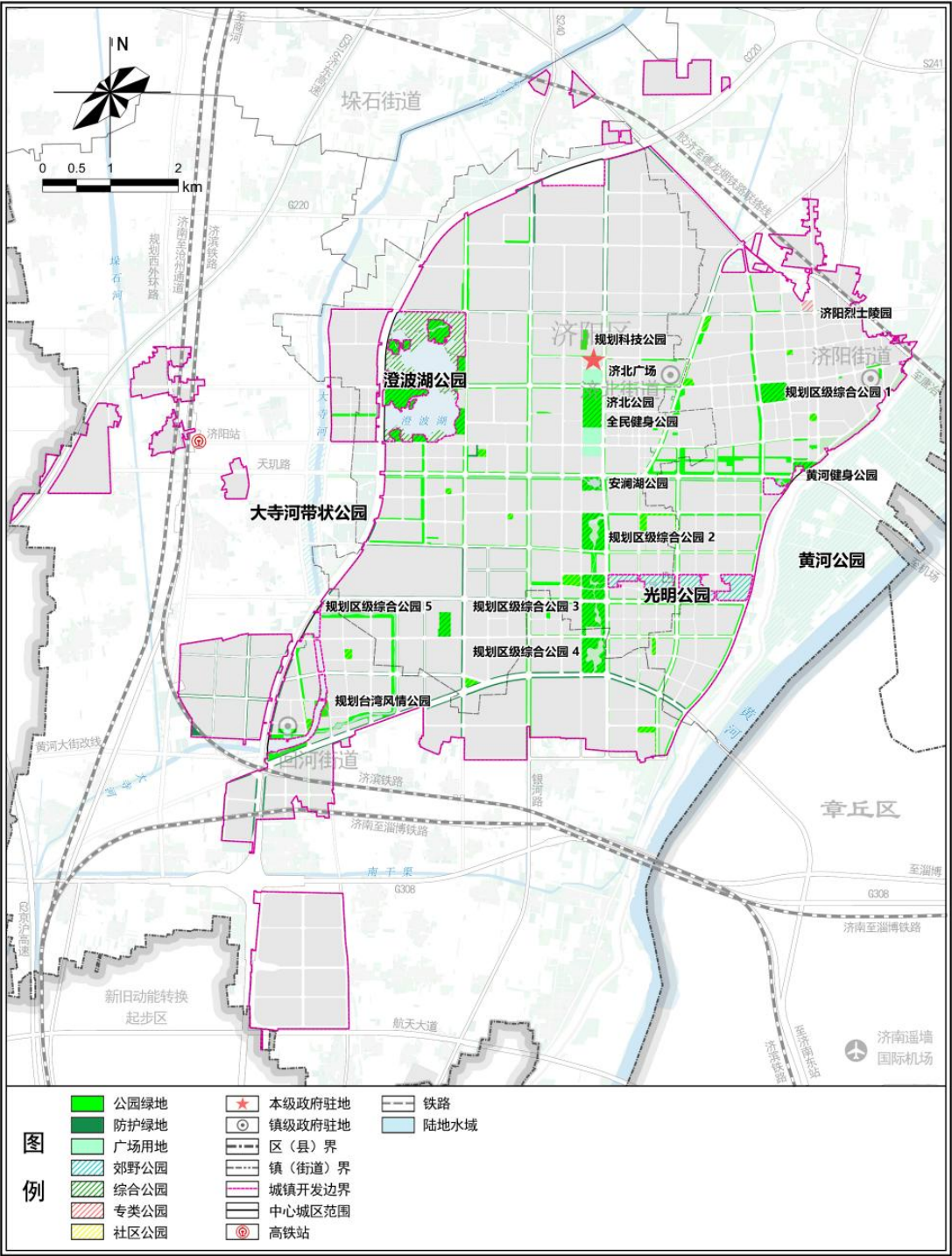


图 4.2-15 济阳区中心城区绿地系统和开敞空间示意图

表 4.2-8 济阳区中心城区综合公园、专类公园一览表

序号	类别	名称	规模（ha）	位置
1	综合公园	澄波湖公园	218.20	开元大街南 100 米
2		济北公园	11.32	正安路以西、全民健身公园以北、永安路以东、开元大街以南
3		全民健身公园	6.80	正安路以西、安大广场以北、永安路以东、济北公园以南

序号	类别	名称	规模（ha）	位置
4		安澜湖公园	5.80	正安路以西、新元学校以北、永安路以东、新元大街以南
5		黄河健身公园	25.00	纬二路东首以南、新元大街东首以北
6		规划区级综合公园 1	10.74	开元大街以南、经四路以东、经三路以西、纬一路以北
7		规划区级综合公园 2	13.02	永康街以北、正安路以西、永安路以东
8		规划区级综合公园 3	11.67	正安路以西、汇鑫路以东、光明街以北
9		规划区级综合公园 4	30.88	光明街以南、黄河大街以北、天山实验学校以东
10		规划区级综合公园 5	6.33	同德街以北、澄波湖路以西
11	专类公园	济阳烈士陵园	2.76	济阳街道经二路 77 号
12		规划科技公园	2.53	安康路以北、济阳市民中心以西
13		规划台湾风情公园	3.58	磊鑫路以西、济阳精神卫生中心以东

济阳区近年来城市绿化面积显著增长，在城市变美、变绿的同时，也意味着绿化用水需水量的增加，在预测时考虑充分利用再生水，采用定额法计算。

根据山东省地方标准《服务业用水定额 第 4 部分：公共设施管理及社会工作》（DB37/T 4604.4-2023）表 2 公共设施管理及社会工作用水定额确定本次规划的绿化用水定额。

本次绿化用水定额取先进值 $11\text{m}^3/\text{hm}^2\cdot\text{d}$ ，按 136d/a 计算，2030 年济阳区绿地及开敞空间面积约为 220ha、2035 年约为 294.09ha，绿地灌溉面积则为绿地用地面积乘以灌溉面积比例系数，本次预测灌溉面积比例取 60%，则 2030 年济阳区绿化需水量约为 19.8 万 m^3 ，2035 年约为 26.46 万 m^3 。

（3）道路需水量预测

2020 年，济阳区中心城区交通运输用地面积约为 227ha，根据济阳区国土空间规划，2035 年中心城区交通运输用地面积将增加至 959ha。城市道路环卫作业区包括车行道和人行道，用水量应根据车行道和人行道面积分别计算，本次预测车行道面积以交通运输用地面积的 70% 计算，人行道面积以 15% 计算，车行道浇洒天数取 150d/a，人行道浇洒天数取 60d/a。

根据山东省地方标准《服务业用水定额 第 4 部分：公共设施管理及社会工作》（DB37/T 4604.4-2023）表 2 公共设施管理及社会工作用水定额确定本次规

划的道路、场地浇洒用水定额。

本次规划城市道路用地用水定额取 $20\text{m}^3/\text{hm}^2\cdot\text{d}$ ，则 2025 年济阳区道路浇洒需水量为 47.67 万 m^3 ，2035 年为 208.65 万 m^3 。

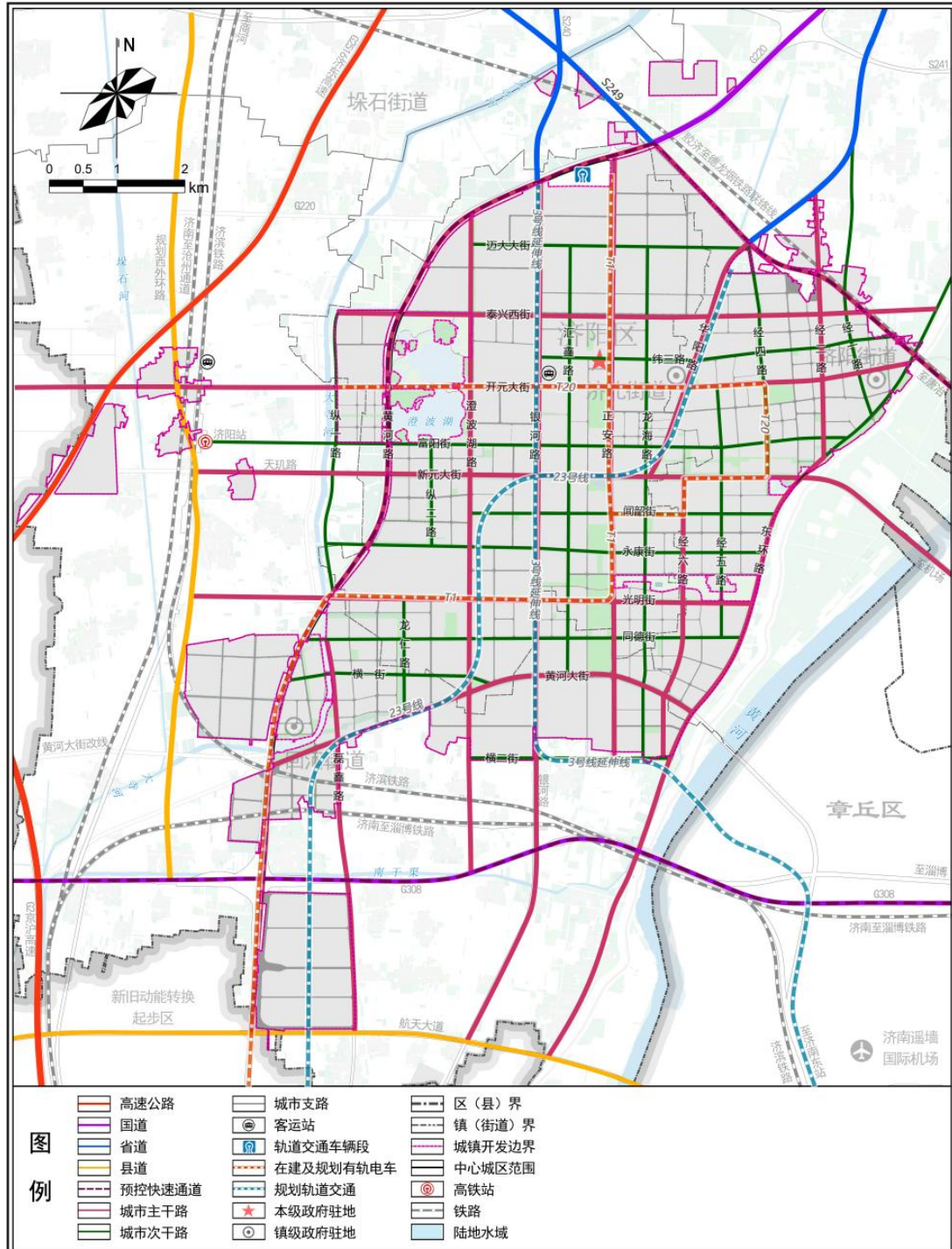


图 4.2-16 济阳区中心城区道路交通规划示意图

（4）其他需水量预测

除上述需水量外，各工业园区的仓储物流业用水及公用设施用水也需使用

再生水，公用设施用水定额采用《城市给水工程规范规划》（GB50282-2016）表 4.0.3-3 中公共管理与公共服务设施用地耗水指标，“公用设施用地用水定额为 $25-50\text{m}^3/\text{hm}^2\cdot\text{d}$ ”，本次评价取 $30\text{m}^3/\text{hm}^2\cdot\text{d}$ ，按 300d/a 计算；仓储物流用水环节主要为车辆清洗用水以及物流先行区内喷洒用水，每日两次冲洗，参照省内同类物流园区的行业用水指标，其用水对水质要求较低，本次规划考虑全部使用再生水，耗水指标按 $5.0\text{m}^3/\text{hm}^2\cdot\text{d}$ 计算。

根据济阳区国土空间规划，2030 年济阳区公用设施用地为 20ha，2035 年为 56ha，则济阳区 2030 年公用设施用水为 18 万 m^3 ，2035 年为 50.4 万 m^3 。

根据各工业园区规划及其建成率，对其仓储物流业再生水用量进行如下规划。

表 4.2-9 济阳区中心城区其他再生水需水量统计表（万 m^3 ）

序号	名称	仓储物流业	
		2030 年	2035 年
1	山东济北经济开发区扩区调区	—	—
2	济北智造城	1.7	4.25
3	济南济北经济开发区	—	—
4	食品饮料城	3.05	5.08
5	济北现代经济产业园	—	—
6	国际创新产业园	—	—
合计		4.75	9.33

（1）城市杂用水需水量总计

表 4.2-10 济阳区中心城区城市杂用水需水量统计表（万 m^3 ）

序号	名称	2030 年	2035 年
1	绿化浇灌	19.8	26.46
2	道路浇洒	47.67	208.65
3	仓储	4.75	9.33
4	公用设施	18	50.4
合计		90.22	294.84

综上所述，2030 年济阳区城市杂用水再生水需水量为 90.22 万 m^3 ，2035 年为 294.84 万 m^3 。

4.2.4 农业灌溉调查

济阳区农灌用水主要包括农业灌溉需水量和畜牧业需水量。济阳区近年来农业用水量达 14986 万 m^3/a 。

济阳区农业灌溉供水体系为“引黄为主、河道拦蓄为辅、机井为补充”，形成了 4 个引黄灌区，分别为邢家渡灌区、沟杨灌区、葛店灌区、张辛灌区，总面积约 87.9 万亩（包括起步区），包括主要干支渠 25 条。



图 4.2-17 济阳区灌排水系现状图

根据现场调研，济阳碧源水环境治理有限公司处理达标的中水首先排入东干沟-六支排，经过 6km 明渠自然净化后排入大寺河，济阳区第二污水处理厂处理达标的中水通过排污口最终进入大寺河。根据《山东省济南市大寺河治理方案》，大寺河主要功能为行洪排涝，兼顾灌溉。目前济阳区主要灌溉水源为黄河水，可将再生水作为农灌用水的备用水源。

近期农灌水量保持现状，远期随再生水利用相关建设逐步完善，逐步将一部分再生水稳定用作灌溉水源，从而逐步减少引黄水水量，预计至 2035 年，农业灌溉再生水用水量预计为 539.07 万 m^3/a 。

4.3 再生水需水量预测

综上所述，济阳区现状再生水潜在用水户主要包括城市杂用水、工业用水、生态补水以及农业灌溉用水等，但受限于现状管网、污水厂出水水质等因素的制约，中期无法对大范围的工业用水户进行再生水供水，但可以向少数工业用水户、城市杂用水、河道生态补水等方面进行再生水供水，因此主要考虑采用河道输水的方式供给景观环境用水和农业灌溉用水。在远期管网建设较为完善，考虑污水厂处理厂再生水工艺提升后，水质满足要求时，再规划对工业园区进行大范围供水，增加生态补水、农业灌溉用水等水量供给。综合各类再生水需求量预测情况，规划期内济阳区再生水需水量如下表所示。

表 4.3-1 济阳区中心城区再生水需水量统计（万 m³）

序号	名称	2030 年	2035 年
1	工业用水	150.36	406.76
2	生态补水	970.45	1102.63
3	城市杂用水	90.22	294.84
4	农田灌溉	150	539.07
5	合计	1361.03	2343.3

预计至 2025 年，济阳区再生水需水量总计为 1361.03 万 m³，2035 年为 2343.3 万 m³。

5 再生水可利用量预测

5.1 再生水现状及可供水量

济阳区共有两座污水处理厂，分别为第一（美洁）污水厂及第二污水处理厂，2023 年 8 月至 2024 年 5 月，两座污水处理厂共处理污水约 1517.18 万吨，其中一厂 2023-2024 年因提标改造，平均污水处理量较少，为 1.94 万 m^3/d ，二厂平均污水处理量为 2.27 万 m^3/d 。两座水厂共计回用中水约 774 万吨，中水回用率约为 50%，产生的中水主要用作华能热电厂的冷却用水、城区水系补水、市政杂用水以及农业灌溉用水。

5.2 再生水可供水量预测

5.2.1 再生水可供水量预测原则

- （1）再生水可供水量预测应根据济南市及济阳区相关上位规划进行。
- （2）再生水可供水量预测根据济阳区污水排放量、污水处理能力、污水处理厂建设规划、污水处理量进行分析测算，近期水平年参照现有污水处理量确定，远期水平年参照污水处理厂建设规划确定。
- （3）再生水的水源为污水处理厂尾水时，再生水可利用量不超过污水处理规模的 80%。

5.2.2 污水处理厂运行情况

（1）第一污水处理厂

济阳区第一污水处理厂位于济阳城区西部，总占地面积 27700 m^2 ，目前配套污水管网 73.8km，主要收集处理济阳城区和济北经济开发区的生产生活废水，服务面积约 34 km^2 ，服务人口约 11.5 万人。

污水收集范围为济阳县北部区域：南起新元大街、北至 220 国道-S249 改线，东起东外环、西至 220 国道，覆盖先行区全部区域。2024 年初污水厂处理规模为 4 万 m^3/d ，实际处理量约 2 万-3 万 m^3/d ，2024 年 6 月底，第一污水处理厂提

标改造已基本完成，提标扩容后规模增至 6 万 m^3/d 。主要新建曝气沉砂池、好氧池、MBR 膜池、膜设备间、鼓风机房、变配电室及接触消毒池等，改造提升现有格栅渠、水解酸化池及生化池等，拆除现有沉砂池、二沉池、混凝沉淀池及二次提升泵房等。污水处理主体工艺采用预处理+MBR 工艺，设计出水指标除 BOD、COD_{Cr}、NH₃-N、TP 参照《地表水环境质量标准》IV 类水质标准外，其余指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级 A 标准。

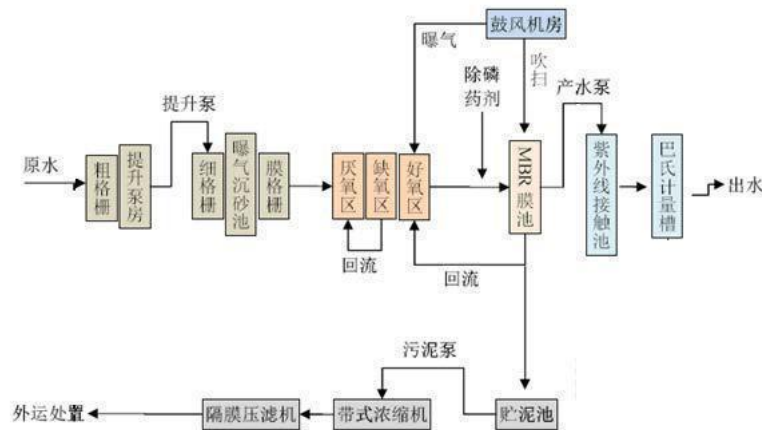


图 5.2-1 济阳区第一污水处理厂工艺流程图

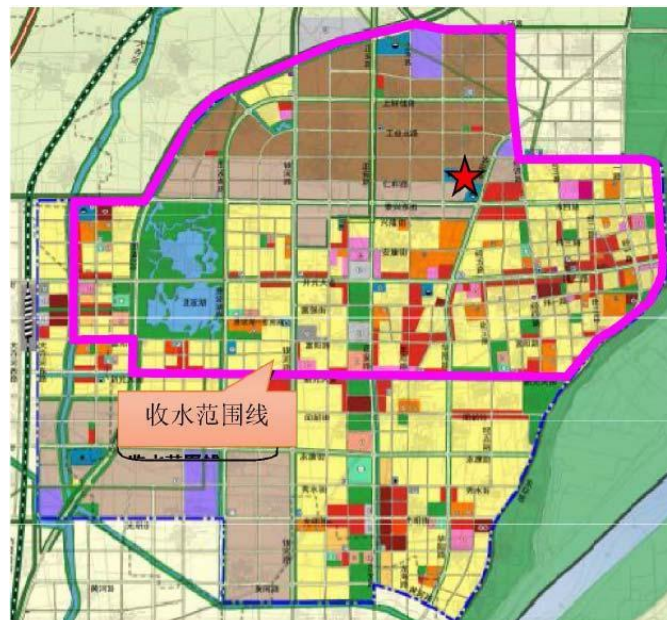


图 5.2-2 济阳区第一污水处理厂收水范围

根据济阳碧源水环境治理有限公司运行数据，2020-2022 年济阳碧源水环境治理有限公司排污口排水量分别为 832.34 万 m^3 ，880.58 万 m^3 ，939.38 万 m^3 ，

日均排水量 2.43 万 m^3/d 。

表 5.2-1 济阳区第一污水处理厂运行数据

	济阳碧源水环境治理有限公司				
年份	2020 年	2021 年	2022 年	平均	日均
1 月	877504	964290	1036871	959554.99	30953.39
2 月	818161	870384	888147	858897.36	30674.91
3 月	946147	975409	1060227	993927.47	32062.18
4 月	916447	935150	1039056	963551.26	32118.38
5 月	935527	995242	1036710	989159.57	31908.37
6 月	761434	810036	900040	823836.61	27461.22
7 月	552330	593904	606024	584085.93	18841.48
8 月	494213	543091	565720	534341.40	17811.38
9 月	509154	514297	559018	527489.38	17582.98
10 月	529303	545673	599641	558205.81	18006.64
11 月	491746	512236	550791	518257.61	17275.25
12 月	491475	546083	551599	529718.91	17087.71
合计	8323441	8805794	9393844	8841026	24315.32

由上表可以看出，污水处理厂 2020-2022 年各月污水处理量变化不大，较为稳定，均处理总量在 1.75~3.01 万 m^3/d 之间，目前第一污水处理厂提标改造已完成，其处理能力将扩大至 6 万，总体而言，第一污水处理厂来水量较为稳定，且与污水处理厂处理能力相符，污水处理后出水量作为济阳区再生水较为可靠。

（2）第二污水处理厂

济阳区第二污水处理厂及回用水工程，由济阳区市政园林公用事业局负责筹建，总投资 30855.07 万元，规划用地范围约 9.45 hm^2 合 141.75 亩，位于济阳区南部光明街北侧，澄波湖路以西，大寺河以东，设计处理总规模为 6 万 m^3/d ，采用全地下式结构形式，分两期实施，一期建设规模为 3 万 m^3/d ，二期规模为 3 万 m^3/d ，污水处理采用“粗细格栅+曝气沉砂池+精细格栅+AAO+MBR+紫外线消毒+预留次氯酸钠消毒”的污水处理工艺，污泥采用高压隔膜压滤机脱水。项目出水指标中 BOD、 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 满足《地表水环境质量标准》IV 类水质标准，全盐量满足《山东省南水北调沿线水污染物综合排放标准》等 4 项标准增加全盐量指标限值修改单(鲁质监标发[2014]7 号)要求，其余指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级 A 标准。

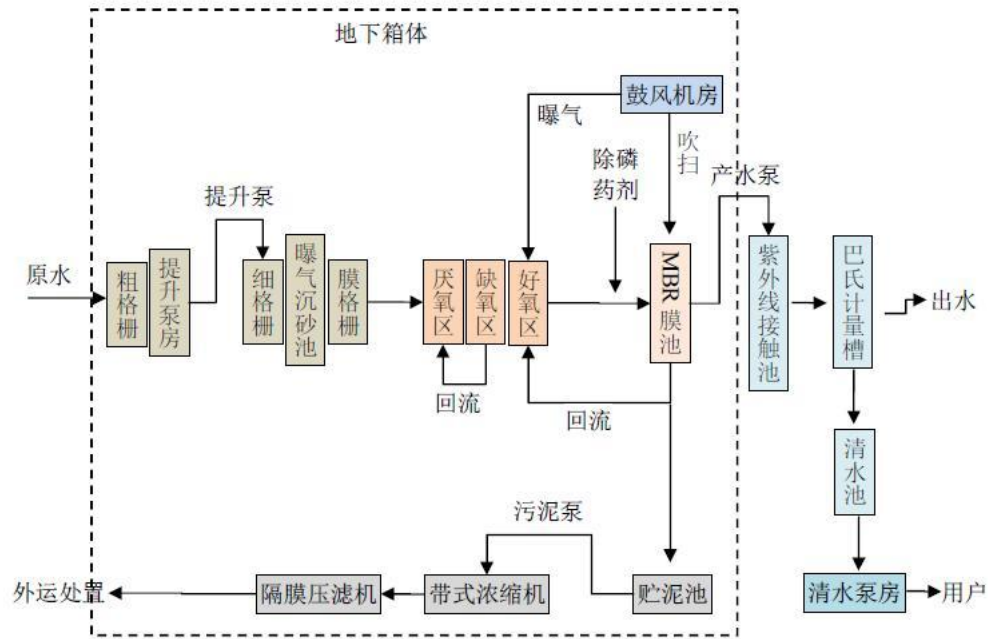


图 5.2-3 济阳区第二污水处理厂工艺流程图

服务范围为济阳区南部新区（北起新元大街、南至黄河大街，东起东外环、西至 220 国道），远期还包括 220 零国道至西外环部分城区

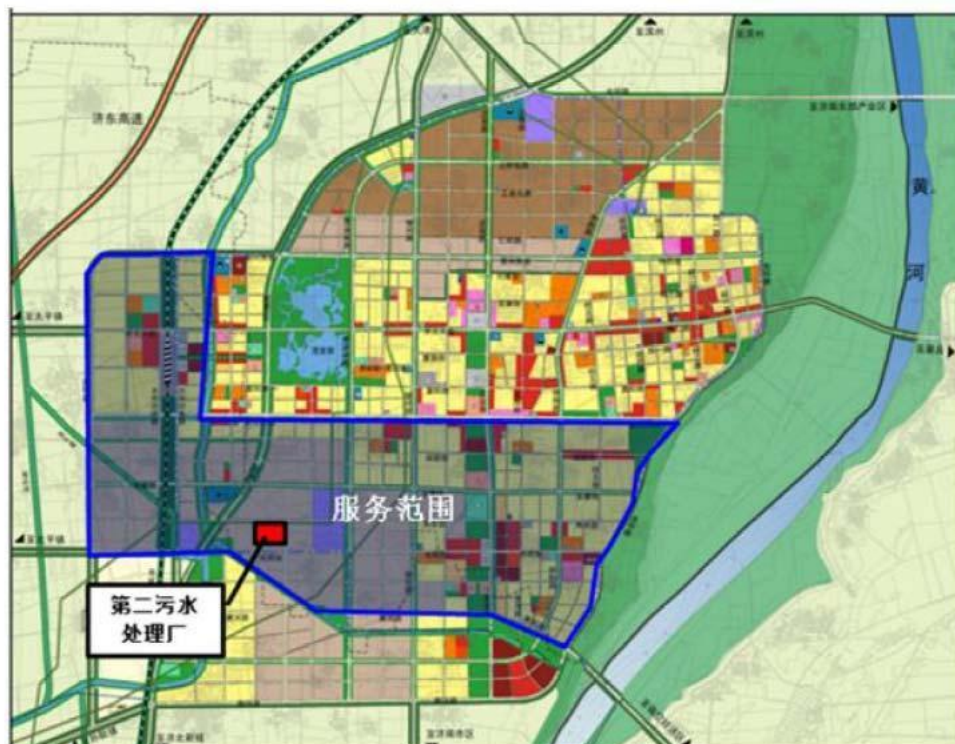


图 5.2-4 济阳区第二污水处理厂服务范围

根据济阳区第二污水处理厂运行数据，2022 年济阳区第二污水处理厂排污口排水量为 711.39 万 m^3 ，日均排水量 1.95 万 m^3/d 。

表 5.2-2 济阳区第二污水处理厂运行数据

年份	2022 年	日均
1 月	421287.00	13589.90
2 月	321999.00	11499.96
3 月	466477.00	15047.65
4 月	346259.00	11541.97
5 月	316942.00	10223.94
6 月	448656.00	14955.20
7 月	751721.00	24249.06
8 月	781308.00	26043.60
9 月	793650.00	26455.00
10 月	805378.00	25979.94
11 月	801868.00	26728.93
12 月	858357.00	27688.94
合计	7113902.00	19500.34

由上表可以看出，济阳区第二污水处理厂从 2022 年 7 月份开始，出水量稳定，日均排水量在 2.4-2.6 万 m^3/d 之间，污水处理后出水量作为济阳区用水较为可靠。

根据上述内容可以看出，将济阳区第一、第二污水处理厂尾水作为再生水，其水质能够达到再生水的相关要求，且水量也较为稳定。

5.2.3 再生水可供水量预测结果

根据现场调研，济阳区中心城区现状污水量约为 5.7 万 m^3/d ，再生水供给能力为 4 万 m^3/d ，再生水可供给量为 2.28 万 m^3/d 。

根据《济阳县城城区给水专项规划（2017-2030 年）》，截止 2030 年，济阳区将依托第一水厂及第二水厂建设两座再生水厂，总规模为 4 万 m^3/d ，规划再生水主要考虑工业企业低质用水、市政杂用水、河道景观补充用水。

根据《济南市济阳区国土空间分区规划》，预测全域远期污水量为 13.1 万 m^3/d ，中心城区远期污水排放量为 10.7 万 m^3/d ，则远期济阳区再生水供给量至少须达到 6.42 万 m^3/d 。

根据现场调研，济阳区中心城区现状两座污水处理厂未来均将扩容至 6 万 m^3/d ，则中心城区污水处理能力将达到 12 万 m^3/d 。因此，基于远期济阳区污水处理设施规模，济阳区远期再生水供给能力需达到 8 万 m^3/d 。

因此，济阳区中心城区近期再生水可利用量预测为 2.28 万 m^3/d ，远期为 6.42 万 m^3/d ，再生水供给能力中期为 4 万 m^3/d ，远期为 8 万 m^3/d 。

6 再生水利用配置

6.1 再生水配置原则

再生水作为非常规水源的一种，根据《水利部国家发展改革委关于加强非常规水源配置利用的指导意见》（水节约〔2023〕206号），应统筹将再生水用于工业生产、城市杂用、生态环境、农业灌溉等领域，稳步推进典型地区再生水利用配置试点。以缺水地区、水资源超载地区为重点，将再生水作为工业生产用水的重要水源，推行再生水厂与企业间“点对点”配置，推进企业内部废水循环利用，支持工业园区废水集中处理及再生利用；河湖湿地生态补水、造林绿化、景观环境用水、城市杂用等，在满足水质要求条件下，优先配置再生水；有条件的缺水地区，按照农田灌溉用水水质标准要求，稳妥推动再生水用于农业灌溉。

《2023 济南市再生水利用工作意见》中提出，济南市再生水利用应遵循以下原则：（1）政府引导，企业运作。（2）统筹规划，有序推进。（3）因地制宜，应用尽用。（4）理顺体制，加强监管。

济阳区多年人均可利用水资源量不到全国人均可利用量的 1/4，属于严重缺水地区。在济阳区再生水配置中，应重点关注统筹规划、因地制宜两大原则，优化再生水利用布局，扩大再生水利用领域及规模。坚持集中利用与分散利用相结合的原则，科学规划、合理布局再生水利用设施，优化配置再生水。坚持以需定供、分质供水，提高再生水在工业生产、生态补水和市政杂用的使用比例，拓展再生水热源、农业灌溉等利用范围，实现能用则用，应用尽用。

根据济阳区中心城区实际情况，采用如下策略进行再生水配置：

（1）系统谋划，统筹配置

坚持系统思维，全面分析各类水源和各个用户的空间、时间、水量、水质等供需特征，将再生水与其它各类常规和非常规水资源全部纳入水资源统一配置。在符合各类法规政策要求的前提下制定经济技术最优方案。

（2）以需定供，分质供水

再生水用途近期主要考虑中心城区浇洒道路和绿地用水、工业企业低质用水、补充河道景观用水，远期兼顾农田灌溉及其他城市杂用水等。

工业用户配置按照以下原则：优先实施无用水指标企业的水源置换。推动工业园区、用水大户与再生水生产运营单位合作，建设“点对点”再生水生产输配设施。面向再生水利用需求，制定实施分质供水方案，完善输配管网设施，扩大覆盖范围，提高输配能力。新建城区、工业园区因地制宜配套建设再生水生产输配设施。老旧城区以道路或城区改造为契机推进再生水输配设施建设。

新增工业优先配置再生水。按照《中华人民共和国黄河保护法》等法规政策要求，黄河水资源超载地区的新增工业用水需求应优先利用再生水。设施覆盖范围内能用尽用。在再生水仍有余量的情况下，推进再生水供水设施覆盖范围内，现状再生水用户的用水结构优化和其它工业用水大户的黄河水源置换。现状再生水用户中，用水结构有待进一步优化，再生水比例可以进一步提高的，应增加再生水利用量。

生态用水重点保障。首先是保障现状再生水管网覆盖区域的绿化用水。其次，满足大寺河流域生态补水以及澄波湖、新元大街河等城市河道生态补水需求，同时发挥非用水高峰期的河道调蓄功能。

农业用户配置按照以下原则：建立完善的灌溉系统、制定科学的灌溉计划、加强灌溉过程的监测和调节等。提高灌溉技术水平是提高再生水灌溉效果的关键。这包括研发节水灌溉设备、推广节水灌溉技术、培训农民使用节水灌溉设备等。再生水灌溉的水质监测和维护是必不可少的环节。

（3）点面结合，充分利用

针对部分地区绿地分散、面积较大、用水量大的特点，为避免建设过多管道，应根据绿地分布情况，综合考虑河道、污水厂、管道、工业企业，在铺设再生水管道的合理设置再生水取水点，从而实现再生水的灵活取用。

（4）水量平衡，时空均衡

在总量上实现供需平衡的基础上，通过分析污水厂尾水水量与用户需求水量的逐月变化规律，保证在不同时间段内实现供需平衡。此外，再生水配置总量与各污水厂可供水量相匹配，通过区域管网联通实现再生水的空间调配。其

次是在各供水组团内，保证水源供水能力与用户需求间的供需平衡，实现水源与用户的空间均衡。

6.2 再生水配置方案

6.2.1 需求分级

《水回用导则再生水分级》（GB/T41018-2021）中规定了以城镇污水为水源的再生水分级，并列出了各等级再生水的典型用途及对应处理工艺。具体分级情况见下表。

表 6.2-1 再生水分级表

级别		水质基本要求	典型用途	对应处理工艺
C	C2	GB5084（旱地作物、水田作物） ^b	农田灌溉（旱地作物）等	采用二级处理和消毒工艺。常用的二级处理工艺主要有活性污泥法、生物膜法等
	C1	GB20922（纤维作物、旱地谷物、油料作物、水田谷物） ^b	农田灌溉（水田作物）等	
B	B5	GB5084（蔬菜） ^b GB20922（露地蔬菜） ^b	农田灌溉（蔬菜）等	在二级处理的基础上，采用三级处理和消毒工艺。三级处理工艺可根据需要，选择以下一个或多个技术：混凝、过滤、生物滤池、人工湿地、微滤、超滤、臭氧等
	B4	GB/T25499	绿地灌溉等	
	B3	GB/T19923	工业利用（冷却用水）等	
	B2	GB/T18921	景观环境利用等	
	B1	GB/T18920	城市杂用等	
A	A3	GB/T1576	工业利用（锅炉补给水）等	在三级处理的基础上，采用高级处理和消毒工艺。高级处理和三级处理可以合并建设。高级处理工艺可根据需要选择以下一个或多个技术：纳滤、反渗透、高级氧化、生物活性炭、离子交换等
	A2	GB/T19772（地表回灌）	地下水回灌（地表回灌）等	
	A1	GB/T19772（井灌）	地下水回灌（井灌）等	
		GB/T11446.1	工业利用（电子级水）	
		GB/T12145	工业利用（火力发电厂锅炉补给水）	
^a 当再生水同时用于多种用途时，水质可按最高水质标准要求确定；也可按用水量最大用户的水质标准要求确定。 ^b 农田灌溉的水质指标限值取 GB5084 和 GB20922 中规定的较严值。 ^c 农田灌溉应满足《中华人民共和国水污染防治法》的要求，保障用水安全。				

根据表中内容，综合济阳区对济阳区各用户再生水需求进行分析，并结合济阳区再生水设施实际情况，进行各用户再生水分级配置。

6.2.1.1 工业用户

（1）水质配置

再生水利用于工业用水，重点考虑的因素有：水垢、腐蚀、生物生长、堵塞、泡沫以及工人的健康。因此，再生水利用于工业用水水质的控制项目主要包括：

（1）防止设备堵塞的水质指标：浊度和悬浮物（SS）；

（2）防止设备腐蚀的水质指标：色度、pH 值、总硬度、五日生化需氧量（BOD₅）、化学需氧量（COD_{Cr}）、溶解性总固体、氨氮、总磷、铁和锰；

（3）生物学指标：粪大肠菌群。

再生水用于工业用水，水质指标限值主要的参考标准有：《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）、《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335-2016）和《工业锅炉水质》（GB/T1576-2018），其中《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）为本年度发布，于本年度 10 月 1 日正式实施。城市污水处理厂的出水可根据生产用水需求，选择直接利用中水厂中水，或者在企业内部进行再处理后，作为生产用水使用。

表 6.2-2 再生水用作工业用水水质基本控制项目及限值表

序号	控制项目	间冷开式循环冷却水补充水、锅炉补给水、工艺用水、产品用水	直流冷却水、洗涤用水	污水处理厂出水指标
1	pH（无量纲）	6.0~9.0		6.0~9.0
2	色度	≤20		≤30
3	浊度/NTU	≤5	—	—
4	五日生化需氧量（BOD ₅ ）（mg/L）	≤10		≤6
5	化学需氧量（COD）（mg/L）	≤50		≤30
6	氨氮（以 N 计）（mg/L）	≤5a		≤1.5
7	总氮（以 N 计）（mg/L）	≤15		≤15
8	总磷（以 P 计）（mg/L）	≤0.5		≤0.3
9	阴离子表面活性剂（mg/L）	≤0.5		≤0.5
10	石油类（mg/L）	≤1.0		≤1
11	总碱度（以 CaCO ₃ 计）（mg/L）	≤350		—
12	总硬度（以 CaCO ₃ 计）（mg/L）	≤450		—
13	溶解性总固体（mg/L）	≤1000	≤1500	—

济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035 年）

14	氯化物（mg/L）	≤250	≤400	—
15	硫酸盐（以 SO42-计）（mg/L）	≤250	≤600	—
16	铁（mg/L）	≤0.3	≤0.5	—
17	锰（mg/L）	≤0.1	≤0.2	—
18	二氧化硅（mg/L）	≤30	≤50	—
19	粪大肠菌群（MPN/L）	≤1000		≤1000
20	总余氯 b（mg/L）	0.1~0.2		—
注：“—”表示对此项无要求				
a 用于间冷开式循环冷却水补充水，且换热器为铜合金材质时，氨氮指标应小于 1mg/L。 b 与用户管道连接处再生水中总余氯值。				

（2）水量配置

在确定工业用户需水水质的基础上，利用问卷调研，走访座谈等方式，确定规划范围内近远期各产业园对再生水的水量及水质需求，以需定供，推进再生水厂与用水企业的“点对点”交流，提高再生水在工业生产行业的使用比例。尽可能提高工业生产中冷却用水、锅炉补给水中的再生水使用比例，减少对常规水源的依赖。

鉴于济阳区现状再生水管网尚不完善，再生水无法顺畅输送至各用水企业，因此 2025 年对工业用水的再生水水量配置基本维持现状。

2025 年-2030 年，逐步推动再生水利用相关工程建设，在已完善区域，按照以下原则进行水量配置。

（1）优先实施无用水指标企业的水源置换。济阳区已实现城乡供水一体化，全区供水系统实现同源、同质一体化供水，公共管网水供水能力受限于稍门水库净水厂，稍门水库净水厂目前设计供水能力为 10 万 m³/d，即年供水量 3650 万 m³。2023 年稍门水厂供水量已达 2442.76 万 m³，2021 年已占用 350 万 m³的应急供水指标，目前供水能力已接近许可水量，可新增供水量不足，因此对无用水指标企业需优先配置再生水。

（2）其次对新增工业优先配置再生水。对于新增工业企业，根据《山东省水利厅关于明确取水许可有关问题的通知》（鲁水规字〔2020〕1 号文），一般企业再生水需配置 20%的再生水，化工企业需配置 30%的再生水，热电企业需配置 50%再生水。

（3）最后推动现状工业企业的水源置换。在再生水供水设施完善区域，对

现状企业中可以用再生水的环节进行水质置换，优化用水结构。

根据 4.2.1 章节对工业需水量的分析，济阳区 2030 年工业需水量约为 150.36 万 m³，2035 年为 406.76 万 m³。

根据济阳区再生水供水设施实际情况，2025 年工业用水再生水配水量为 36.5 万 m³，2030 年工业用水再生水配水量为 150.36 万 m³，2035 年，济阳区再生水供水设施建设基本完成，因此足额配置再生水，水量为 406.76 万 m³。

6.2.1.2 城市杂用水用户

（1）水质配置

再生水用于城市杂用水时，其水质应符合国家现行标准《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）及《污水再生利用绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）的规定。建筑施工时混凝土拌合用水还应符合《混凝土用水标准》（JGJ63-2006）的有关规定。

城市杂用水主要包括：城市绿化、冲厕、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工等。随着城市建设发展，城市道路面积及绿化面积不断增加，上述各项用水量也在不断增加。

表 6.2-3 城市杂用水关键控制指标表

序号	指标项目	冲厕、车辆冲洗	城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工	污水处理厂出水指标
1	PH 值	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0
2	色度，铂钴色度单位	≤15	≤30	≤30
3	嗅	无不快感-	无不快感	-
4	浊度（NTU）	≤5	≤10	-
5	五日生化需氧量（BOD ₅ ） （mg/L）	≤10	≤10	≤6
6	氨氮（mg/L）	≤5	≤8	≤1.5
7	阴离子表面活性剂（mg/L）	≤0.5	-	≤0.5
8	铁（mg/L）	≤0.3	-	-
9	锰（mg/L）	≤0.1	-	-
10	溶解性总固体（mg/L）	≤1000（2000 ^a ）	≤1000（2000 ^a ）	-
11	溶解氧（mg/L）	≥2.0	≥2.0	-
12	总氯（mg/L）	≥1.0（出厂）， 0.2（管网末端）	≥1.0（出厂）， 0.2 ^b （管网末端）	-

济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035 年）

13	大肠埃希氏菌（MPN/100mL 或 CFU/100mL）	无	无	-
注：“-”表示对此项无要求				
^a 括号内指标为沿海及本地水源中溶解性固体含量较高的区域的指标。 ^b 用于城市绿化时，不应超过 2.5mg/L。 ^c 大肠埃希氏菌不应检出。				

如上表所示，城市杂用水有着水量较大，水质要求较低的特点，符合“低质低用，高质高用”的用水原则，将再生水用作城市杂用水，对缓解城市水资源矛盾，促进城市可持续发展具有重要意义。

（2）水量配置

本次规划中，再生水在城市杂用水方面主要用作绿化、道路浇洒、公共设施用水及仓储物流用水，根据 4.2.3 章节对城市杂用需水量的分析，济阳区 2030 年城市杂用水需水量约为 90.22 万 m³，2035 年为 294.84 万 m³。

2025 年，基于济阳区再生水供水设施实际情况，城市杂用水配水量基本维持现状，即 24.53 万 m³，至 2030 年，城市杂用水配置再生水水量为 90.22 万 m³，至 2035 年，再生水供水设施完善，各项城市杂用水均采用再生水，配置水量为 294.84 万 m³。

6.2.1.3 生态补水用户

（1）水质配置

再生水利用于景观用水，重点考虑的因素有：人体感观的要求、卫生要求和水生生物的生长要求。因此，利用于景观用水水质的控制项目主要包括：1）影响人体感观的指标：色度、浊度、嗅、悬浮物(SS)、阴离子表面活性剂（LAS）和石油类；2）影响水生生物生长的指标：pH 值、溶解氧、五日生化需氧量（BOD₅）、氨氮和总磷；3）影响环境卫生的生物学指标：粪大肠菌群。

再生水用于景观环境用水，水质指标限值主要参考标准有：《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921-2019）、《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）、《建筑中水设计标准》（GB50336-2018）和《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335-2016）。

表 6.2-4 景观环境用水关键控制指标

序号	项目	观赏性景观环境用水	娱乐性景观环境用水	景观湿地	污水处理
----	----	-----------	-----------	------	------

济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035 年）

		河道类	湖泊类	水景类	河道类	湖泊类	水景类	环境用水	厂出水指标
1	基本要求	无漂浮物，无令人不愉快的嗅和味							
2	PH（无量纲）	6~9							6~9
3	BOD ₅	≤10	≤6	≤10	≤6	≤10	≤6	≤10	≤6
4	浊度（NTU）	≤10	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5	≤10	-
5	总磷	≤0.5	≤0.3	≤0.5	≤0.3	≤0.5	≤0.3	≤0.5	≤0.3
6	总氮	≤15	≤10	≤15	≤10	≤15	≤10	≤15	≤15
7	氨氮	≤5	≤3	≤5	≤3	≤5	≤3	≤5	≤1.5
8	粪大肠菌群数（个/L）	≤1000			≤1000		≤3	≤1000	≤1000
9	余氯	-					0.05~0.1	-	≤10
10	色度（度）	≤20							≤30

（2）水量配置

根据 4.2.2 章节对生态补水需水量的分析，济阳区 2030 年生态补水再生水需求量约为 970.45 万 m³，2035 年约为 1102.63 万 m³。

目前济阳区再生水供给量为 832.2 万 m³，基于再生水供给能力，考虑工业用水、城市杂用水、生态补水及农田灌溉用水相互供给平衡，2025 年用于生态补水的再生水量约为 621.17 万 m³，至 2030 年，用作生态补水的再生水水量为 970.45 万 m³，2035 年为 1102.63 万 m³。

6.2.1.4 农田灌溉用户

（1）水质配置

农田灌溉用水相较于其他回用途径来说，对水质的要求较低，城市污水经过二级处理后再进行适当的消毒处理即可。再生水利用于农业，重点考虑的因素有：对土壤性状的影响、对作物生长的影响和对灌溉系统的影响。指标主要包括：（1）影响土壤和植物生长的指标：色度、pH 值、总硬度、五日生化需氧量（BOD₅）、化学需氧量(COD_{Cr})、溶解性总固体、汞、镉、砷、铬、铅和氰化物；（2）防止灌溉系统堵塞的指标：浊度和悬浮物（SS）；（3）影响环境卫生的生物学指标：粪大肠菌群。

表 6.2-5 农田灌溉用水关键控制指标表

济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035 年）

序号	控制项目	灌溉作物类型				污水处理厂出水指标
		纤维作物	旱地谷物油料作物	水田谷物	露地蔬菜	
1	五日生化需氧量（BOD ₅ ） （mg/L）	≤100	≤80	≤60	≤40	≤6
2	化学需氧量（COD _{Cr} ） （mg/L）	≤200	≤180	≤150	≤100	≤30
3	悬浮物（SS）（mg/L）	≤100	≤90.	≤80	≤60	≤10
4	溶解氧（mg/L）	≥0.5				—
5	pH 值	5.5~8.5				6~9
6	溶解性总固体（TDS） （mg/L）	非盐碱地地区≤1000， 盐碱地地区≤2000			≤1000	—
7	氯化物	≤350				—
8	硫化物（mg/L）	≤1.0				≤1.0
9	余氯（mg/L）	≤1.5		≤1.0		—
10	石油类（mg/L）	≤10		≤5.0	≤1.0	≤1
11	挥发酚（mg/L）	≤1.0				≤0.5
12	阴离子表面活性剂（LAS） （mg/L）	≤8.0		≤5.0		≤0.5
13	汞（mg/L）	≤0.001				≤0.001
14	镉（mg/L）	≤0.01				≤0.01
15	砷（mg/L）	≤0.1		≤0.05		≤0.1
16	铬（六价）（mg/L）	≤0.1				≤0.05
17	铅（mg/L）	≤0.2				≤0.1
18	粪大肠菌群数（个/L）	≤40000			≤20000	≤1000
19	蛔虫卵数（个/L）	≤2				—

将再生水用于农田灌溉可以将有机物质和其他营养物质（如 N、P 等）重新循环回到土壤中；可以减少对于化肥的使用，节省了种植成本；同时避免了将污水处理到更高的水质标准，降低了污水的处理成本；避免将污染物排放到地表水体，改善水体生态环境。

（2）水量配置

根据 4.2.4 章节对农灌水量的分析，济阳区近期再生水农灌水量维持现状，远期农灌再生水需求量为 1.48 万 m³/d。

根据实际配置情况，2030 年农业灌溉配置再生水量为 150 万 m³，2035 年配置水量为 539.07 万 m³。

6.2.2 分区供水

供水分区原则：

- （1）与济阳中心城区国土空间规划及供水、排水、市容环卫、园林绿化等相关规划相协调；
- （2）因地制宜，经济合理，符合城镇自身特点及客观需求；
- （3）以满足近期再生利用需求为主，兼顾远期发展需求；
- （4）确保再生水水源水质水量满足再生水生产与供给的可靠性、稳定性和安全性；
- （5）应考虑输配过程中的加压、消毒及维护抢修站点用地。

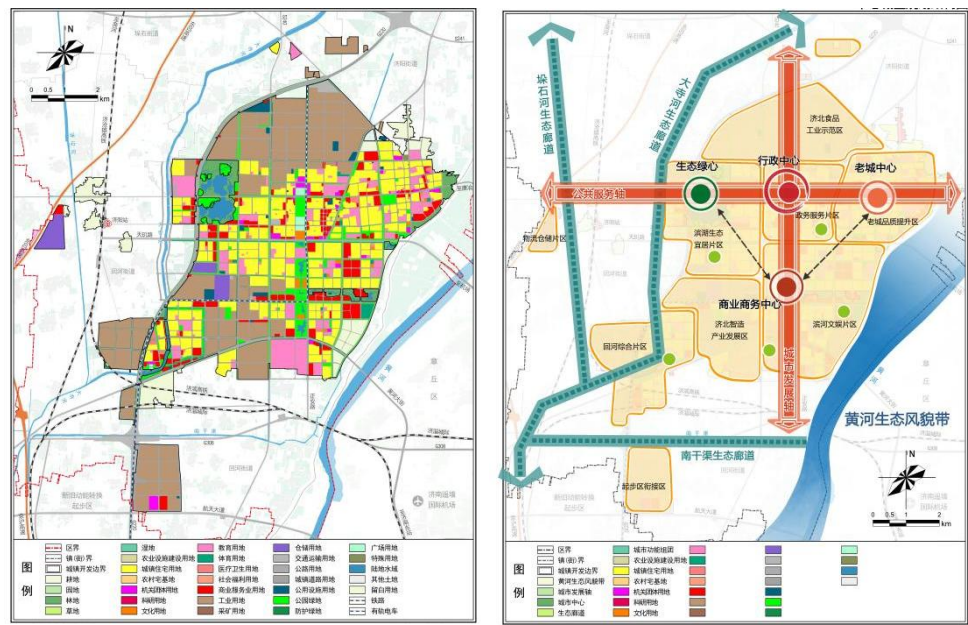


图 6.2-1 济阳区国土空间规划中心城区用地规划图

济阳区中心城区总体高程变化较小，无需考虑分压供水。根据再生水供水以需定供，分级利用的总体原则，将济阳中心城区进行如下划分。

表 6.2-6 供水分区划分表

序号	供水分区	主要范围
1	工业用水分区	济北食品工业示范区、济北智造产业发展区、回河综合片区
2	城市杂用水及景观用水分区	政务服务片区、老城品质提升区、滨河文娱片区
3	生态补水分区	滨湖生态宜居片区

6.2.3 配置方案

根据现场实际调研情况，济阳区 2023 年城区环卫再生水用量约为 24.53 万 m^3 ，工业再生水用量约为 36.5 万 m^3 ，其余再生水作为农田灌溉用水和生态补水。下表为济阳区再生水供需水量统计表。

表 6.2-7 济阳区再生水供需水量统计表（万 m^3 ）

序号	类别	2030 年		2035 年	
		供水量	需水量	供水量	需水量
1	工业用水	1361.03	150.36	2343.3	406.76
2	城市杂用水		90.22		294.84
3	生态补水		970.45		1102.63
4	农田灌溉		150		539.07
5	合计	1361.03	1361.03	2343.3	2343.3

济阳区 2025 年再生水可供水量为 832.2 万 m^3 ，需水量为 1597.61 万 m^3 ，需水量大于供水量。鉴于济阳区现状再生水管网未连通，部分管网存在破损，近期内将再生水用作工业用水的可行性较差。根据现场实际调研情况，济阳区 2023 年城区环卫再生水用量约为 24.53 万 m^3 ，工业再生水用量约为 36.5 万 m^3 ，其余再生水作为农田灌溉用水和生态补水。近期再生水利用仍保持现状，在保证工业用水、城市杂用水的基础上，将剩余再生水用作生态补水及农田灌溉。

至 2030 年，济阳区再生水供水量预计可达 1361.03 万 m^3 ，工业用水需水量为 150.36 万 m^3 ，城市杂用水需水量为 90.22 万 m^3 ，生态补水需水量为 970.45 万 m^3 ，农田灌溉需水量为 150 万 m^3 ，需水量共计 1361.03 万 m^3 ，能够达到供需平衡。

至 2035 年，济阳区再生水供水量预计可达 2343.3 万 m^3 ，工业用水需水量为 406.76 万 m^3 ，城市杂用水需水量为 294.84 万 m^3 ，生态补水需水量为 1102.63 万 m^3 ，农田灌溉需水量为 539.07 万 m^3 ，需水量共计 2343.3 万 m^3 ，能够达到供需平衡。

因此规划 2035 年济阳区中心城区工业用水中配置再生水 406.76 万 m^3 ，城市杂用水配置再生水 294.84 万 m^3 ，生态补水配置再生水 1102.63 万 m^3 ，农田灌溉配置再生水 539.07 万 m^3 ，优先保证工业用水及城市杂用水需求。

6.3 再生水供需平衡分析

6.3.1 供给来源与可利用量

规划期间，所有再生水水源均为城市污水处理厂出水。

根据第 5 章节分析，2030 年再生水可利用量为 3.72 万 m^3/d ，供给能力为 4 万 m^3/d ，全年共计供水量为 1361.03 万 m^3/d ，2035 年再生水可利用量为 6.42 万 m^3/d ，供给能力为 8 万 m^3/d ，全年共计供水量为 2343.3 万 m^3/d 。

6.3.1.1 水质特征

本次水源水质均能满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的 I 级 A 标准，部分水质指标（包括：COD、BOD、氨氮和总磷）达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 IV 类水标准，将本水源用作再生水，除工业用水中的锅炉用水、冷却用水需企业进行进一步深度处理外，其余用水能够满足相关水质标准。

6.3.1.2 供给时空特征

根据第 5.2.2 节对污水处理厂运行情况的分析，水厂尾水量较为稳定，本次再生水水源供给时空分布较为均衡。

6.3.1.3 需水量预测

规划 2030 年济阳区中心城区工业用水配置 150.36 万 m^3 ，城市杂用水配置 90.22 万 m^3 ，生态补水配置 970.45 万 m^3 ，农田灌溉配置 150 万 m^3 ，需水量共计 1361.03 万 m^3 。

至 2035 年，济阳区再生水供水量预计可达 2343.3 万 m^3 ，工业用水需水量为 406.76 万 m^3 ，城市杂用水需水量为 294.84 万 m^3 ，生态补水需水量为 1102.63 万 m^3 ，农田灌溉需水量为 539.07 万 m^3 ，需水量共计 2343.3 万 m^3 。

6.3.1.4 需求时空特征

本次规划再生水水源供给时空分布较为均衡，但需求方面，如遇水量波动，则优先满足工业用水及城市杂用水。

6.3.1.5 供需平衡分析

总体而言，本次再生水规划水量上能够达到供需平衡，水质上基本能达到供需匹配，在时空分布上也较为均衡。

6.3.2 再生水利用率分析

济阳区共有两座污水处理厂，实际污水处理量为 5 万 m^3/d 。其中，第一污水处理厂提标改造后总建设规模为 6 万 m^3/d ，于 2024 年 6 月改造完成；第二污水处理厂实际处理量约为 3 万 m^3/d ，于 2035 年前扩容至 6 万 m^3/d 。

目前，两座污水处理厂处理产生的再生水水主要利用方式为工业用水、城区水系及景观河补水、道路喷洒、市政绿化浇灌等。

根据污水厂运行数据，两座污水处理厂多年平均产生尾水 1651 万吨，再生水回用约 831 万吨；其中：2023 年 1-5 月，两座污水处理厂共产生尾水 680 万吨，再生水回用约 346.8 万吨，再生水回用率为 51%。

至 2025 年，济阳区中心城区两座污水厂尾水规模、再生水回用规模基本与 2023 年持平，回用率为 51%。

至 2030 年，根据上述水量配置方案，再生水回用量为 3.73 万 m^3/d ，再生水利用率约可达到 55%，能够达到供需平衡。

至 2035 年，济阳区污水处理厂处理规模可达 12 万 m^3/d ，根据上述水量配置方案，再生水回用量为 6.42 万 m^3/d ，再生水利用率为 60%，且能够达到供需平衡。

7 再生水水质保障方案

7.1 排污企业源头净化与管控

以“全程管理、预防为主，运维为要、监控预警，制度保障、立体监管”为基本思路，做好排污企业的源头净化与管控，保证再生水循环利用的风险防范，确保再生水长期、稳定、安全利用。

“全程管理、预防为主”是指将风险防控意识、防控措施融入再生水工程（项目）规划、建设、运行、维护和监管的全过程。全面识别和评价排污企业从污水收集、污水处理、达标尾水净化、蓄存输配到再生水利用等各个环节可能存在的风险及其来源，制定具体、可行的风险预防措施，并严格执行。“运维为要、监控预警”是指强化污水处理、达标尾水净化、再生水蓄存输配等环节的运维管理，制定完善各个环节基于循环利用的运行管理规范、指南，保障系统运行稳定。针对各个关键节点，明确简明管用、易于判断的监控指标，结合实际建设在线监测和预警系统，及时发现和化解风险。“制度保障、立体监管”是指应不断完善区域再生水循环利用管理的规章制度，构建包括政府监管、第三方监管、运营企业内部监管在内的立体监管体系，确保相关风险防控方案的科学制定、有效落实。

可以重点从污水收集源头管控及污水处理达标保障两方面开展排污企业源头净化与管控工作。污水收集源头管控要做到明确污水来源，特别是工业污水排入市政管网的管理要求和监管方法，接纳有毒有害工业污水的污水处理厂，不得纳入城市区域再生水循环利用体系。在污水处理达标保障方面，组织有关部门和工业园区管理机构等单位对进入市政污水收集设施的工业企业进行排查，组织有关部门和城镇污水处理厂等单位进行评估，经评估认定污染物不能被城镇污水处理厂有效处理或可能影响城镇污水处理厂出水稳定达标的，应当督促其限期退出。

7.1.1 重点行业源头净化建设

制约济阳区的再生水、非常规水源作为工业水源回用的重要因素就是企业排放的废水中高 COD、含有大量盐类物质，由于该类物质在以生物处理工艺为主的污水处理中难以去除，导致溶解性总固体（TDS）、氯化物等指标超出再生水回用相关标准，再生水用户无法直接利用。

高含盐废水是工业废水中极为常见的一类废水，它指的是废水溶液中含有较高浓度的无机盐成分。高含盐废水的来源一般较为广泛，化工、医药、生物、印染、光伏等行业的产业生产过程中均会产生较大的含盐废水，这些含盐废水中除了含有如钠离子、氯离子、硫酸根以及钙镁离子等常见的无机盐物质外，还会含有诸如 COD 等指标代表的有机物质。不同行业的含盐废水中的无机盐成分一般都有着较大的差异，

某些行业甚至含有较大污染的重金属离子等。调查发现，济阳区的高盐废水重点排放行业有：印染、煤化工、钢铁、电厂、生物明胶等行业。

7.1.1.1 重点管控行业

（1）印染行业高盐废水

印染高盐废水是指在印染加工过程中产生的，含有高浓度可溶性无机盐（通常指总溶解固体 $>1\%$ ，即 $>10000\text{mg/L}$ ）的废水。

染色工序是最主要的高盐废水来源。为了提高染料（尤其是活性染料、直接染料、硫化染料等阴离子染料）的上染率和固色率，染色过程中需要加入大量的无机盐作为促染剂或缓染剂。最常用的是氯化钠（ NaCl ）和元明粉（硫酸钠， Na_2SO_4 ）。其浓度可高达 $50\text{-}100\text{ g/L}$ 甚至更高。活性染料固色阶段需要加入纯碱（ Na_2CO_3 ）或烧碱（ NaOH ），进一步增加了钠盐含量。

另外，根据现场调研，印染行业产生高盐废水另一个主要原因为工业水源溶解性总固体含量偏高（TDS 约为 $500\text{-}800\text{mg/L}$ ），企业反渗透浓水、循环冷却水排水溶解性总固体经过浓缩后更高。

（2）煤化工高盐废水

煤化工高含盐废水水质盐分高且成分复杂，杂质离子组分较多；COD 含量

比较高；含有一些容易结垢的离子，比如硬度及可溶性硅；不同项目采用不同的主工艺，废水组分多变，水质不确定性比较大。

（3）电厂脱硫废水

火电厂脱硫废水主要来源于湿法脱硫(FGD)工艺产生的废水，主要特点是高悬浮物，高盐度(高 Cl^- 、高 SO_4^{2-})、高腐蚀性、高硬度、及含有部分重金属，且水质波动大。

（4）生物明胶生产废水

明胶生产废水主要来源于脱脂、磷酸氢钙合成、浸灰、中和、提胶 5 个工段。每个生产工序排出的废水水质、水量差别很大。合成废水为含磷的高浓度有机及高盐废水。

7.1.1.2 源头净化措施与技术

（1）源头净化措施

要加强排污企业源头管控，首先各企业通过分析废水高盐原因与排放环节，为生产过程控盐提供依据，并通过以下措施进行源头净化，确保企业排入市政污水管网的废水达到《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）：

（a）通过对原材料、生产工艺和废水处理工艺等方面的改进，从清洁生产入手寻找降低废水中含盐量的技术措施；

（b）企业工业水源采用高品质再生水有利于降低废水的含盐量；

（c）针对企业的末端排污，各企业根据高盐水排水量及排水水质，确定最佳高盐水处置方案，新建或改造现有工艺废水处理工艺，增加脱盐工艺。

（2）高盐废水脱盐工艺

高盐废水排放企业当外排水溶解性固体含量超标时，各企业应根据高盐水排水量及排水水质，确定最佳高盐水处置方案。可通过建设高盐废水浓缩、蒸发结晶工程，并经过经济性分析确定采取分盐或混盐工艺，实现溶解性总固体的分离以及再生水高效回用；也可通过对高盐水进行适当浓缩，淡水达标排放，浓水寻找第三方处置。目前，高盐废水进行处理通常采用“预处理-浓缩减量-结晶分盐”的组合工艺，最终产出 NaCl 和 Na_2SO_4 并回收利用，从而实现高盐废水的“分盐零排放”目标。



图 7.1-1 典型高盐废水处理工艺流程

典型的高盐废水脱盐与零排放系统应包含前端的预处理单元和膜浓缩单元，其中蒸发结晶分盐工艺是废水零排放系统的核心，该工艺常用技术包括：

①蒸发工艺

蒸发工艺是将含盐废水进行深度浓缩，通常作为膜浓缩单元和结晶单元之间的衔接。含盐废水的蒸发一般采用耦合了机械蒸汽再压缩（MVR）技术的高效降膜蒸发工艺。

②结晶工艺

结晶单元是整个废水零排放系统的终端。因为含盐废水组分复杂多样，直接结晶得到的是混合盐，也叫杂盐。通常采用强制循环闪蒸结晶工艺来实现蒸发浓缩液中的盐的结晶。

③分盐结晶工艺

分盐结晶工艺需要将含盐废水中的主要盐分提取出来实现资源化回用，对于煤化工等高耗水行业而言，含盐废水中的主要盐分为氯化钠和硫酸钠。对于含盐废水的分盐结晶，当前主要有两条核心工艺路线，一是膜法分盐结晶工艺，二是热法分盐结晶工艺。因每个项目水质都不尽相同，分盐结晶的实际工艺路线各异，需根据特定条件选择最适合的工艺路线。

④膜法分盐工艺

膜法分盐结晶工艺的核心在于利用纳滤（NF）膜对一二价盐的选择性进行初步分离。纳滤膜对一价离子透过率高，在高浓度下几乎完全透过，而对二价离子的透过率很低，因此利用纳滤膜的这种性质，将废水中的主要盐分（NaCl 和 Na₂SO₄）进行分离。

⑤热法分盐工艺

热法分盐结晶工艺主要是利用 NaCl 和 Na_2SO_4 溶解度随温度变化的差异进行分离。典型的工艺路线是将含盐废水经过预处理和膜浓缩后，经 MVR 降膜蒸发进行深度浓缩，在规模大幅减量后进入冻结结晶单元。冻结结晶过程将废水中的绝大部分硫酸钠盐以芒硝结晶形式析出，芒硝再经过热熔成硫酸钠的饱和溶液后做蒸发结晶产出无水硫酸钠盐。冻结结晶过程的母液以氯化钠为主，去往氯化钠蒸发结晶单元产出氯化钠盐。

7.1.1.3 典型行业的脱盐工艺

印染行业作为纺织产业链中的关键环节，其生产过程中产生的高盐废水是当前环保领域面临的一项严峻挑战。这类废水主要源于染色工序中为提升染料上染率和固色率而大量添加的无机盐促染剂（如氯化钠、元明粉），以及前处理（退浆、精练、丝光）中使用的强碱（烧碱、纯碱），导致废水中总溶解固体（TDS）浓度常高达数万甚至十几万毫克每升，核心离子为钠离子（ Na^+ ）、氯离子（ Cl^- ）、硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）和碳酸根离子（ CO_3^{2-} ）。其高盐度、高色度、高化学需氧量（COD）、可生化性差、水质波动大以及高氯离子带来的强腐蚀性等特点，使得常规废水处理工艺难以奏效，尤其盐分本身对微生物的强烈抑制作用令传统生物处理几乎失效。

处理印染高盐废水，单一技术往往难以满足要求，通常需要构建一套多级协同的组合工艺体系。首要且关键的策略是实施分质分流与预处理。在源头将高盐废水（如染色残液、丝光淡碱水、树脂再生废水）与其他相对低盐的漂洗水、生活污水等严格分开收集。这不仅大幅减少了需要深度脱盐处理的水量，显著降低后续高昂的处理成本，也为资源回收创造了条件。分流后的高盐废水需进行充分的预处理，以去除悬浮物、胶体、部分有机物和色度，减轻后续脱盐单元的负担。常用预处理手段包括格栅筛网去除大颗粒杂质，调节池实现水质水量的均化，混凝沉淀或气浮法利用化学药剂使微小颗粒聚沉，活性炭吸附去除溶解性有机物和色度，以及微电解、Fenton 氧化等高级氧化技术（AOPs）来破坏断链、提高废水可生化性或直接矿化部分难降解有机物。

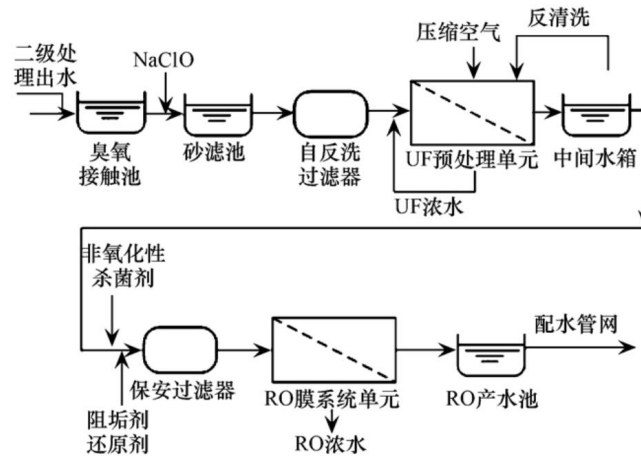


图 7.1-2 典型印染行业废水的处理工艺流程

膜分离技术以其相对高效、设备紧凑、自动化程度高等优点被广泛应用。其中，反渗透（RO）技术是目前应用最广泛的深度脱盐手段，其利用半透膜和高压驱动，能有效截留超过 95% 的溶解性盐分和绝大部分有机物、胶体、细菌等，产生可回用于生产（如漂洗）或其它用途的淡水。然而，RO 在处理印染高盐废水时面临严峻挑战：一是高渗透压导致操作压力极高，能耗巨大；二是废水中残留的有机物、胶体、高价离子（ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ）极易造成严重的膜污染，导致产水通量下降，需要频繁的化学清洗，增加维护成本和膜寿命损耗；三是会产生约占进水体积 15%-40% 的浓缩倍率更高的浓盐水，需要进一步处理。纳滤（NF）膜孔径略大于 RO，操作压力较低，对二价离子和分子量大于 200-1000 道尔顿的有机物有较好的去除效果，常用于部分脱盐和有机物分离，或作为 RO 的预处理。电渗析（ED）则利用离子交换膜和直流电场，选择性地迁移阴阳离子实现脱盐，对单价离子效果好，能耗相对较低，且不易受有机物污染（但膜面结垢仍需关注），但其产生的浓水盐浓度更高，且膜堆结构相对复杂。

7.1.1.4 工业废水源头净化典型案例

（1）陕西某煤化工厂深度处理工程

建设规模：1200m³/h

工艺：膜浓缩+MVR 蒸发浓缩+蒸发结晶分盐。

产品水：作为化工项目循环水站和脱盐水站补水使用。

结晶盐：工业无水硫酸钠I类一。



图 7.1-3 陕西某煤化工厂矿井水深度处理装置

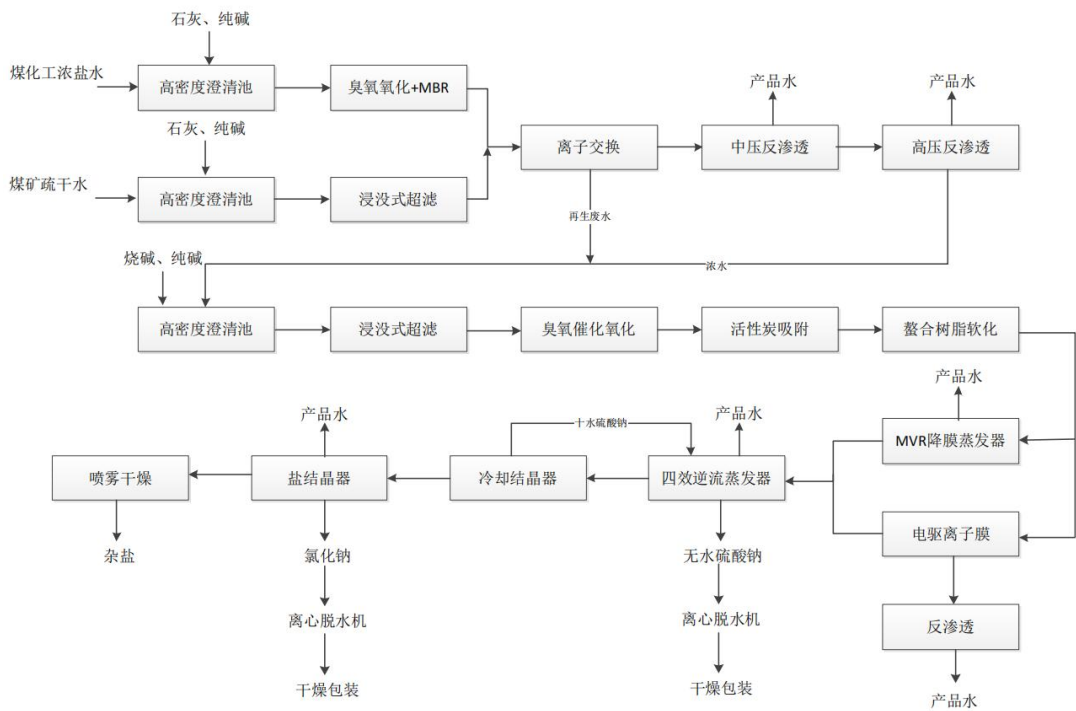


图 7.1-4 煤化工废水零排放分盐工艺流程图

(2) 包头某高纯晶硅企业高盐水项目

建设规模：600m³/d

工艺：预处理除硅除碳+MVR 预浓缩+三效逆流蒸发浓缩产品水：蒸发冷凝水回用。

结晶盐：片状四水氯化钙作为产品外卖给需求企业。



图 7.1-5 包头某高纯晶硅企业高盐水处理装置

(3) 南通某钢铁企业“分盐结晶”废水处理工程

建设规模：1400m³/h

工艺：纳滤分盐+蒸发结晶。

产品水：除盐水全部回用。

结晶盐：氯化钠工业盐产品，纯度达到 99%



图 7.1-6 南通某钢铁企业“分盐结晶”废水零排放处理装置

7.2 工业用水水质净化

在污水再生处理工程中单独使用某项单元技术很难满足用户对水质的要求，应针对不同的水质要求采用相应的组合工艺进行处理。城镇污水再生后作为工业用水有如下用途：冷却用水、洗涤用水、锅炉补给水、工艺与产品用水，水质应满足《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）要求。用户可根据需要采取进一步的处理措施。

在标准方面，目前国家已经出台了《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335）、《建筑中水设计标准》（GB50336）、《再生水水质标准》（SL368）、《城市污水再生利用分类》（GB/T18921）、《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920）、《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921）、《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923）、《水回用导则再生水分级》（GB/T41018）、《水回用导则再生水厂水质管理》（GB/T41016）等污水再生利用系列标准，为有效利用城市污水资源和保障污水处理的质量安全，提供了技术支撑。

由于济阳区的工业门类多、工业废水成分复杂，且部分工业园区没有工业废水处理厂，大量工业废水进入市政污水处理厂后，盐类等物质难以去除，导致溶解性总固体等指标远远超出再生水回用水质标准中的限值要求。目前济阳区污水厂按照污水排放准Ⅳ类标准控制水质，但是该标准中并未对溶解性总固体等指标做出要求。针对济阳区的再生水利用的关键指标，需制定内容科学、合理、可操作，符合实际的的地方纳管标准，规范企业排水行为。

在污水再生处理工程中单独使用某项单元技术很难满足用户对水质的要求，应针对不同的水质要求采用相应的组合工艺进行处理。济阳区的城镇排水及再利用系统中“工业废水排放如市政污水管网—污水处理并排放—再生水深度净化利用”三个环节分别执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB31962-2015）中的 A 级标准、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准、《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005）。

7.2.1 工业用水的净化模式

针对济阳区的污水处理厂现状工艺以及再生水存在的水质问题，需要新建再生水水质提升净化设施，对现状污水厂出水进行深度净化后才能满足用户的水质需求，可以选择的净化模式包括以下三种：

模式一：源头净化

全部源头净化，即在现有污水厂内建设深度净化设施。具体方案为在济北经济开发区、济北智造城产业园、济北经济开发区、食品饮料城、现代经济产业园以及国际创新产业园内建设深度净化设施，建设规模应与污水厂污水处理规模相匹配。

模式二：末端净化

全部末端净化，在目前污水厂出水水质基础上，水质净化全部由用水企业自建净化设施完成。由各个再生水工业用户根据自身水质需求自建净化设施。

模式三：过程结合，端源共治

过程与末端净化相结合，即因地制宜选取园区集中建深度净化厂或企业自建净化设施的方式。部分再生水大用户自建净化设施；对于工业园区内集中分布的工业用户，根据其水量水质需求在园区内新建再生水深度净化厂，进行分质供水。需新建再生水厂 1 座，预计总规模 6 万 m^3/d 。

7.2.2 再生利用工业用水水质净化措施

城镇污水再生后作为工业用水，有如下用途：冷却用水、洗涤用水、锅炉补给水、工艺与产品用水，水质应满足《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2024）要求，建议需水户可根据工艺实际需要，采取进一步的处理措施。

7.2.2.1 冷却和洗涤用水

（1）应重点关注的水质指标

用于冷却水和洗涤用水时，应考虑防止结垢、腐蚀、生物孳生等，重点关注氨氮、氯离子、TDS、总硬度、SS、色度等指标，循环冷却水应考虑盐度和

硬度的控制。

（2）建议采用工艺

表 7.2-1 冷却和洗涤用水建议工艺

工艺	处理效果	特点
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（臭氧）→消毒	一般；使用臭氧可去除色嗅。	投资运行成本低；出水可以用于直流冷却水和一般洗涤用水。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝沉淀）→介质过滤→（臭氧）→消毒	使用介质过滤对 SS 有一定去除效果；使用臭氧可去除色嗅。	投资运行成本低。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝）→超滤/微滤→（臭氧）→消毒	使用超滤/微滤对 SS 去除效果好；使用臭氧可去除色嗅。	投资运行成本较高；需关注膜污染和膜寿命。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝）→超滤/微滤→反渗透→（臭氧）→消毒	使用反渗透对无机盐和各种污染物均有良好去除效果。	投资运行成本高；适合用于高含盐量地区和高品质再生水的生产要求；需关注膜污染、膜寿命及浓盐水排放。
城镇污水→膜生物反应器出水→（臭氧）→消毒	使用膜生物反应器对 SS 去除效果好；使用臭氧可除色嗅	投资运行成本较高；膜生物反应器占地面积小；运行过程需关注膜污染和膜寿命。

7.2.2.2 锅炉补给水

（1）应重点关注的水质指标

应考虑防止结垢、腐蚀等，重点关注 TDS、COD、总硬度、SS 等指标。用于锅炉补给水的水质与锅炉压力有关，锅炉蒸汽压力越高对水质要求越高，用户可根据需要采取进一步的脱盐和软化处理措施。

（2）建议采用工艺

表 7.2-2 锅炉补给水建议工艺

工艺	处理效果	特点
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→混凝沉淀→介质过滤→消毒	使用介质过滤对 SS 有一定去除效果。	投资运行成本低。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝）→超滤/微滤→消毒	使用超滤/微滤对 SS 去除效果好。	投资运行成本较高；需关注膜污染和膜寿命。
城镇污水→膜生物反应器出水→消毒	使用膜生物反应器对 SS 去除效果好。	投资运行成本较高；膜生物反应器占地面积小；运行过程需关注膜污染和膜寿命。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝）→超滤/微滤→反渗透→消毒	使用反渗透对无机盐和各种污染物均有良好去除效果。	投资运行成本高；适合用于高含盐量地区和高品质再生水的生产要求；需关注膜污染、膜寿命及浓盐水排放。

7.2.2.3 工艺与产品用水

（1）应重点关注的水质指标

不同工艺与产品用水水质需求差异较大，通常需关注 COD、SS、色度、嗅味等指标。

（2）建议采用工艺

表 7.2-3 工艺与产品用水建议工艺

工艺	处理效果	特点
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝沉淀）→介质过滤→（臭氧）→消毒	使用介质过滤对 SS 有一定去除效果；使用臭氧可去除色嗅。	投资运行成本低。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝）→超滤/微滤→（臭氧）→消毒	使用超滤/微滤对 SS 去除效果好；使用臭氧可去除色嗅。	投资运行成本较高；需关注膜污染和膜寿命。
城镇污水→膜生物反应器出水→（臭氧）→消毒	使用膜生物反应器对 SS 去除效果好；使用臭氧可去除色嗅。	投资运行成本较高；膜生物反应器占地面积小；运行过程需关注膜污染和膜寿命。
城镇污水→二级处理/二级强化处理出水→（混凝）→超滤/微滤→反渗透→（臭氧）→消毒	使用反渗透对无机盐和各种污染物均有良好去除效果。	投资运行成本高；适合用于高含盐量地区和高品质再生水的生产要求；需关注膜污染、膜寿命及浓盐水排放。

为保证工业生产过程的连续性和安全性，当再生水供应可靠性不能保证时，工业用户应设有备用水源或应急供水方案。

8 再生水利用工程布局

全面加强城镇污水和再生水管网改造和配套建设，完善区域再生资源调配、输送及循环利用工程。推动非常规水源纳入水资源统一配置，推进重点领域污水资源化利用。

8.1 总体布局

再生水是济阳区的重要非常规水源之一，按照全区水资源总体配置格局，再生水可在满足市政自用后，将剩余部分处理达标接入综合利用管网，作为生态、农业和工业用水等。再生水规划总布置图如下：

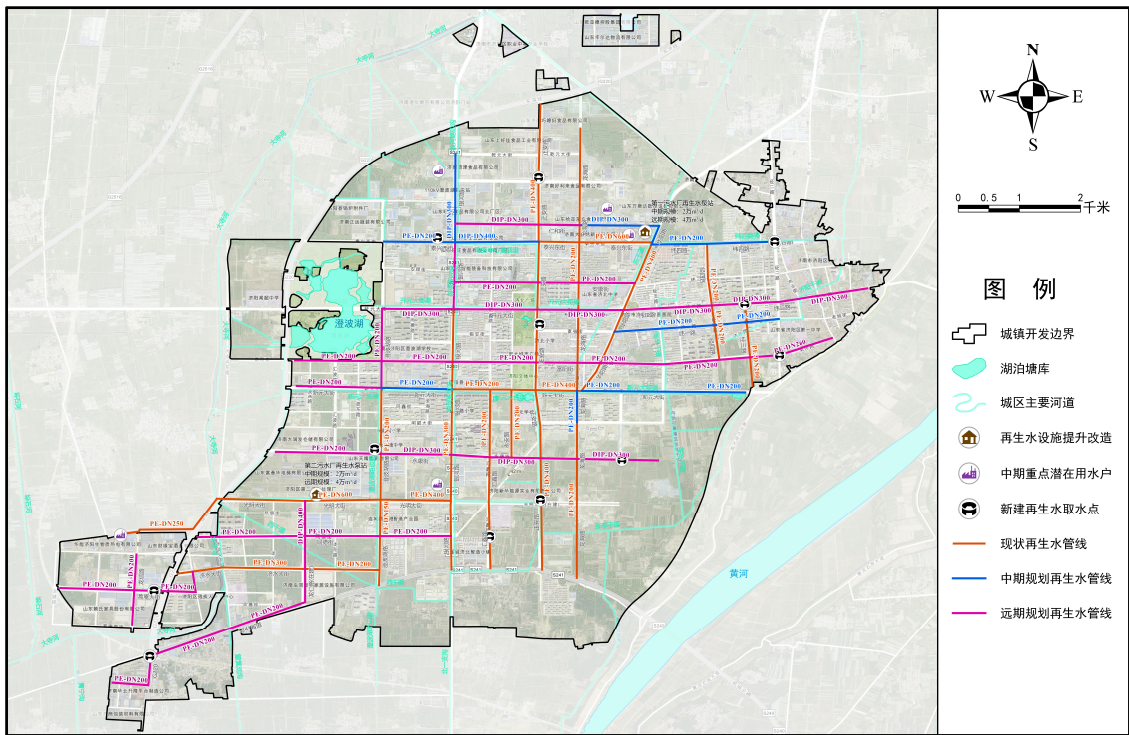


图 8.1-1 济阳区再生水规划总布置图

8.1.1 水源供给布局

(1) 污水处理厂提标扩容

中期规划对第一污水处理厂设施再生水提升泵站进行扩容改造，将第一污水厂再生水提升泵站设计规模由 2 万 m³/d，提升至 4 万 m³/d。济阳区的再生水总

供水设计规模由 4 万 m^3/d 提升至 6 万 m^3/d 。

远期规划对现有污水处理设施进行升级改造，重点实施第二污水处理厂提标扩容工程，使其日处理能力提升至 6 万 m^3 ，出水水质达到地表水Ⅳ类标准，将第二污水厂再生水提升泵站设计规模由 2 万 m^3/d ，提升至 4 万 m^3/d 。济阳区的再生水总供水设计规模由 4 万 m^3/d 提升至 6 万 m^3/d 。同时新建曲堤、新市、垛石、仁风等水质净化厂，形成覆盖全域的多级污水处理网络。

技术优化：采用“AAO+MBR+紫外消毒”等先进工艺，重点降低 COD（ $\leq 30\text{mg/L}$ ）、TP（ $\leq 0.3\text{mg/L}$ ）等指标，满足工业冷却与生态补水需求。

地下化设计：第二污水厂扩建采用全地下结构，节约土地 30 亩，实现与澄波湖景观融合。

8.1.2 输配系统布局

（1）管网骨架构建

构建城区三横四纵的再生水骨干网络布局，形成再生水供水系统骨架。其中三横包括：开元大街、新元大街、光明大街的再生水主干网络（DN400-DN600），四纵是以澄波湖路、银河路、正安路和银海路的再生水主干网络（DN400-DN600），配套新建次支管管长共计 38.6km（DN300-600），重点连接济北经济开发区、食品饮料城等高耗水产业园区，以及澄波湖、大寺河等生态节点。

a、管网覆盖率：近期覆盖城区 80%工业区，远期延伸至农业灌溉区（如曲堤黄瓜基地）。

b、智能取水点：设置 11 处智能取水站（含车载接口），服务半径 $\leq 2\text{km}$ ，实现灵活调配。

（2）水质安全保障

工业供水支管安装在线监测设备（pH、电导率等），异常时自动切换至备用水源；农业灌溉管网执行《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2021），设置 3 处在线监测站。

8.1.3 应用领域布局

（1）工业循环利用

重点产业：聚焦能源、纺织、装备制造等园区，推广再生水用于冷却、清洗等环节，2030 年替代黄河水 1000 万 m^3 。

梯级利用体系：在济北开发区建立“再生水-冷却水-工艺水”循环链，实现年节水 120 万 m^3 。

（2）生态补水优化

核心水体：澄波湖、大寺河等河道年补水量达 970 万 m^3 （2025 年），通过人工湿地（50 亩表流湿地）提升水质至Ⅲ类。

水系连通工程：打通澄波湖-安澜-新元河生态廊道，构建动态循环系统，保障旱季不断流。

（3）农业试点示范

在曲堤黄瓜基地、仁风西瓜园区试点再生水滴灌（混灌比例 1:3），减少地下水开采 50 万 m^3 /年，助力高标准农田节水目标（覆盖率 70%）

8.1.4 智慧管控布局

（1）智慧水务平台

构建“感知-决策-应用”三层架构：

感知层：部署 500 个物联网设备（流量计、水质传感器），实时监测管网压力、浊度等参数。

决策层：建立供需平衡模型，动态优化工业与生态用水调度（如华能热电厂补水优先级）。

应用层：开发“济阳再生水”APP，企业可在线申购水量、查询水质报告。

（2）数据共享机制

接入济南市智慧水务平台，实现污水处理厂出水数据（COD、氨氮等 12 项指标）实时上传，满足市级监管要求。

8.1.5 区域协同布局

（1）跨区调配

远期规划向济南新旧动能转换起步区供水 2 万 m^3/d ，支撑其“零碳排放示范区”建设。

（2）水系互联

通过疏浚城北新河、连通垛石河与大寺河等工程，将再生水纳入济南现代水网体系，与鹊山水库、玉清湖水库形成多水源互补

8.2 建设任务安排

8.2.1 中期建设任务内容

（3）中期再生水管网完善工程

（4）在 2030 年前，完成华阳路、龙海路、泰兴西街、纬四路等 8 条路的再生水管道建设，合计约 11.38km。

（5）中期再生水加压泵站扩容工程

（6）在 2030 年，完成第一污水处理厂内再生水加压泵站扩容工程，将泵站规模由 2 万 m^3/d 提升至 4 万 m^3/d 。

8.2.2 远期建设任务内容

（7）远期再生水管网完善工程

（8）在 2030 年至 2035 年，完成 S241 省道、安康街、澄波湖路、开元大街、龙仁路等 11 条路的再生水管道建设，合计约 27.21km。

（9）第二污水厂扩容工程

（10）在 2030 至 2035 年，根据济阳区中心城区污水量增长实际情况，完成第二污水厂升级改造扩容工程，通过改造提升使日处理能力达到 6 万 m^3 。

（11）远期再生水加压泵站扩容工程

（12）在第二污水厂扩容工程完成后，进行第二污水处理厂内再生水加压泵站扩容工程，将泵站规模由 2 万 m^3/d 提升至 4 万 m^3/d 。

（13）再生水智慧化信息平台建设工程

（14）在 2035 年前，完成济阳区再生水智慧化信息平台建设，包括综合调度平台及再生水智慧管理平台。

8.3 污水厂再生水综合利用改造

8.3.1 再生水综合利用改造设计思路

污水处理厂再生水综合利用改造规划设计重在工艺设计，而设计规模和进出水水质是前提条件，因此本项目工作设计总体思路为从现状分析出发，确定污水处理厂建设规模，明确污水处理厂设计进出水水质，以此比选处理工艺方案，最终进行污水处理厂工程设计计算和建筑总图设计。

功能的协调统一性是污水处理厂建筑设计的准则。根据《城镇污水处理厂附属建筑和附属设备设计标准（CJJ3189）》，污水处理厂建筑设计是在满足工艺及其他使用功能的条件下，遵循经济、实用、美观的设计原则，并结合厂区周围的环境及规划来协调，同时考虑厂区建筑物的整体布局。污水处理厂地上建筑物是由综合楼为主体的建筑场前区与厂区生产建筑物及构筑物共同组成的建筑群体，整体环境的协调程度、空间变化直接影响到污水处理厂形象。厂区建筑处理在重点突出厂前区的同时，强调全厂建筑物的协调统一。

根据工艺流程特点以及地形情况，建筑物集中或分散的布局于厂区各处。各建筑物主要采用简洁大方的立面处理，并统一色彩、风格，使之与厂区生产构筑物相互呼应，形成融洽的建筑群体与环境的协调统一。污水处理构筑物形状非圆即方，且分散而单调，本设计中对其进行建筑处理，使分散的水池形成整体。建筑物、绿化、小品等相互映衬，高出地面的构筑物，壁上用花坛装饰形成垂直绿化。用绿化家小品形成庭园，可以培植低矮植物及各种花卉，构筑物的池壁根部遍设花坛，种植常绿草木花卉。环厂区设绿化林带形成绿篱。厂区空地遍植草皮，不现黄土，形成现代化花园式厂区。建筑物外檐的色彩以较为柔和的中性色调为主，建筑及绿化经上述处理，不仅不影响周围景观，而且会形成良好的厂区环境。

通过对现有污水处理厂进行提标升级改造，进一步加快再生水厂建设。同时，

要根据再生水利用规划和再生水重点配置领域，全面推进再生水输配管网配套建设，打通再生水输配管网断头路，特别是要疏通再生水管路的“最后一公里”，使再生水直接通达现有工业企业、园林绿化等用水户。对于济阳区的新建工业园区，要将再生水利用纳入园区建设规划，在布局建设再生水厂时，要根据再生水利用远景规划，配套建设再生水输配水管网。

8.3.1.1 整体工艺路线确定

根据上述分析，从技术可行性和经济合理性角度考虑，本项目需采用一级预处理、二级强化生物处理和三级深度处理工艺实现水质达标。每一级处理的重点分析如下：

（1）一级预处理

在所有污水处理厂中，污水在进入生物处理之前都必须进行预处理，以保证后续处理工段稳定运行。预处理设施一般包括格栅、曝气沉砂池、初沉池等。

（2）二级生物处理

常规二级处理工艺仅能有效地去除 BOD_5 、 COD_{Cr} 和 SS ，但对氮和磷的去除是有一定限度的，仅从剩余污泥中排除氮和磷，氮的去除率约为 10%~20%，磷的去除率约为 12%~19%，达不到本工程对氮和磷去除率的要求。因此，要达到本工程的各项去除指标，必须采用污水脱氮除磷工艺，且针对本工程 TN 含量较高、 NH_3-N 去除率高的特点，采用的脱氮除磷工艺应特别注意对 TN 、 NH_3-N 的生物去除效率，以尽可能降低后续构筑物的处理负荷。

（3）化学除磷处理

为保证出水 TP 、 SS 达标，考虑在二级处理段投加一定量的化学药剂和辅助沉降物料，以提高分离效果，对 SS 和 TP 的处理效果，以满足出水标准要求。

（4）总体工艺路线确定

综上所述，结合国内目前污水处理普遍采用的工艺，本工程总体工艺路线框图如下：

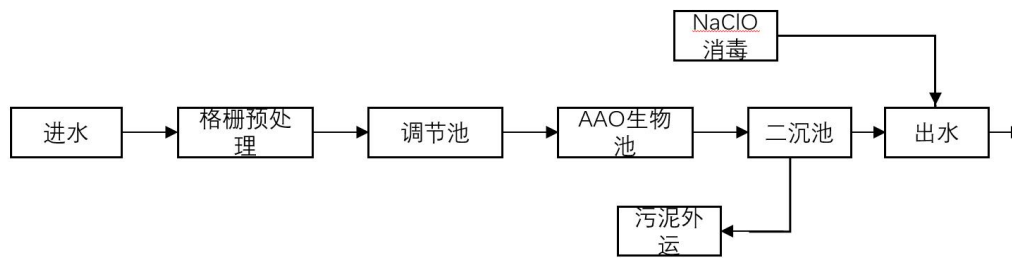


图 8.3-1 总体工艺路线图

8.3.1.2 一级预处理工艺选择

预处理作为污水处理厂的第一个处理单元，对于保证后续处理设施的稳定运行具有重要作用。

预处理一般包括粗、细格栅、沉砂池和初沉池几部分，进水提升泵房也设置在这一区域，但仅起到提升作用，对污染物没有去除效果，故不做详细论述与比较。粗格栅用于截流水中较大的漂浮和悬浮物，而细格栅用于截留水中较小的漂浮、悬浮杂物，降低后续处理设施出现堵塞、设备磨损的几率。粗细格栅的结构形式设计大同小异，其区别主要在于设备形式的不同。预处理工艺选择主要针对沉砂池和初沉池。

（1）沉砂池选择

沉砂池主要用于去除污水中粒径大于 0.2mm，密度 2.65t/m³ 的砂粒，以保护管道、阀门等设施免受磨损和阻塞。

目前最常用的沉砂池型式有曝气沉砂池和旋流沉砂池。

1) 旋流沉砂池

旋流沉砂池的进水是以切线方向进入水池，再通过位于水池中的中心叶轮慢速搅拌，形成平面的旋流，由于沙粒和水比重不同在旋流状况下得到分离。其优点是布置紧凑、占地小；相对于曝气沉砂池而言，沉砂过程没有曝气设施，不会对后续的厌氧和缺氧反应池产生不利的影响。

旋流沉砂池主要有钟氏及比氏两种。其优点是：

A、布置紧凑、占地小。

B、相对于曝气沉砂池而言，沉砂过程没有污水“预曝气”，不必担心会提高

污水的溶解氧浓度和消耗水中的快速降解有机物，对后续的厌氧和缺氧反应池产生不利的影响。

旋流沉砂池的缺点是：

A、因水力停留时间较短，对于水量变化或者砂量冲击负荷过大的进水难以适应，应用于分流制系统污水处理效果尚可，不宜在合流制污水系统中应用。

B、对细小砂粒的去除效果不甚理想。近年来国内虽有较多应用，但少有令人满意的运行效果，各地普遍反映出砂量明显偏少，不同程度地存在砂粒进入后续处理构筑物的情况，其中采用国产设备问题更显严重，有些多年从未能正常除砂。

C、由于旋流沉砂池水力停留时间较短，砂的去除效果受流量变化的影响较大。对于水量变化或者砂量冲击负荷适用性相对较差，且没有撇油、除渣措施，对污水中油脂和浮渣没有去除效果。

2) 曝气沉砂池

曝气沉砂池水流为平流形式，在池子的一侧纵向设置曝气设施，一方面通过曝气，可在横向形成旋流，同时通过曝气使包裹在沙粒表面的有机物得到分离，使沉砂比较清洁，易处理。由于池体较大，运行稳定，对流量和砂量的冲击负荷适应性较强，且有较好的去除油脂和浮渣的作用。但该池型较大，占地大。

这种沉砂池的主要优点是：

A、对细小砂粒的去除率比较高，并可根据进水条件和出水要求改变设计，达到不同的要求。

B、运行稳定，对流量和砂量的冲击负荷适应性较强。

C、有机物分离效果高、携带的有机物较少。

D、有较好的去除油脂和浮渣的作用，可大大减少后续处理单元管道的堵塞和管理的麻烦。

这种沉砂池的缺点主要有两点：

A、占地较大

B、有人认为曝气过程有可能提高污水的溶解氧值，并可能消耗掉污水中部分快速降解的有机物，对后续的厌氧生物池的工作产生不利的影响。但是污水厂

实际运行情况表明，曝气沉砂池对后续厌氧处理几乎没有影响。

从实际运行看，曝气沉砂池具有较好的除砂效果，且具有很好隔油效果，同时由于曝气过程中砂粒间的相互摩擦，去掉了砂粒表面附着的有机物，有利于后续对砂的处置，这是其它沉砂池不具备的特点。

结合目前本项目实际情况，本工程为农村污水治理项目，收集再生水管网内部 SS 含量较低，因此本次预处理仅设置粗格栅和细格栅两道预处理设施，拦截污水中较大的漂浮物和杂质即可。

2、初沉池的设置必要性分析

污水处理厂是否设置初沉池，主要是要充分考虑污水处理厂的进水水质，最近几年来，国内大部分污水处理厂设计中，由于考虑到原水水质中 TN 含量高，污水生物脱氮过程中碳源的不足对污水处理厂的经济运行造成了很大的困难。因此为了充分开发污水碳源，国内新建大部分污水处理厂均不设置初沉池。初沉池对 SS 的去除率一般为 40-55%，对 BOD5 的去除率一般为 20-30%。

为最大限度的节约碳源，减少投加碳源的运行费用，本工程方案推荐不设置初沉池。

8.3.1.3 二级生物脱氮除磷工艺选择

1、生物脱氮原理

生物脱氮是利用自然界氮的循环原理，采用人工方法予以控制，首先，污水中的含氮有机物转化成氨氮，而后在好氧条件下，由硝化菌作用变成硝酸盐氮，这阶段称为好氧硝化。随后在缺氧条件下，由反硝化菌作用，并有碳源提供能量，使硝酸盐氮变成氮气逸出，这阶段称为缺氧反硝化。在硝化和反硝化过程中，影响其脱氮效率的因素是温度、溶解氧、pH 值以及碳源。生物脱氮系统中，硝化菌增长速度较缓慢，所以，要有足够的污泥泥龄。反硝化菌的生长主要在缺氧条件下进行，并且要有充裕的碳源提供能量，才可使反硝化作用顺利进行。

由此可见，生物脱氮系统中硝化与反硝化反应需要具备以下条件：硝化阶段：足够的溶解氧，DO 值在 2mg/L 以上，合适的温度，最好 20℃不宜低于 10℃，足够的污泥泥龄，合适的 pH 条件。反硝化阶段：硝酸盐的存在，缺氧条件 DO

值 0.2mg/L 左右，充足碳源（能源），合适的 pH 条件。生物脱氮过程如下图所示。



按照上述原理，要进行脱氮，必须具有缺氧/好氧过程，可组成缺氧池和好氧池，即所谓缺氧/好氧（A/O）系统。A/O 系统设计中需要控制的几个主要参数就是足够的污泥龄和进水的碳氮比。

（2）生物除磷原理

磷常以磷酸盐（ H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} ）、聚磷酸盐和有机磷的形式存在于废水中，生物除磷就是利用聚磷菌一类的细菌，在厌氧状态释放磷，在好氧状态从外部摄取磷，并将其以聚合形态贮藏在体内，形成高磷污泥，排出系统，达到从废水中除磷的效果。

生物除磷主要是通过排出剩余污泥而去除磷的，因此，剩余污泥多少将对脱磷效果产生影响，一般污泥龄短的系统产生的剩余污泥量较多，可以取得较高的除磷效果。污泥在除磷（脱氮）系统的厌氧区中，含聚磷菌的回流污泥与污水混合后，在初始阶段出现磷的有效释放，随着时间的延长，污水中的易降解有机物被耗完以后，虽然吸收和贮存有机物的过程基本上已经停止，但微生物为了维持基础生命活动仍将不断分解聚磷，并把分解产物（磷）释放出来，虽然此时释磷总量不断提高，但单位释磷菌所产生的吸磷能力随无效释放量的加大而降低。

一般情况下，厌氧区的水力停留时间 1~1.5hr 即可满足要求。

（3）可供选择的生物脱氮除磷工艺

根据本工程确定的进水水质和出水水质要求，污水二级生物处理工艺应采用生物脱氮除磷处理工艺。按照构筑物的组成形式、运行性能以及运行操作方式的不同，可以分为活性污泥工艺、生物膜工艺等。

应用于城市污水厂的活性污泥处理工艺主要有三个系列：

A、氧化沟系列；

B、AAO 系列；

C、序批式反应器（SBR）系列。

应用于城市污水处理厂的生物膜法工艺主要是曝气生物滤池工艺（BAF）和移动床生物膜（MBBR）工艺。

膜生物反应器（MBR）是最新发展起来的新型污水处理工艺，根据膜组件的加工方式不同，可以分为管式膜、帘式膜和板式膜等。

下面分别介绍以上污水处理工艺的特点，并进行比较。

1) 氧化沟工艺系列

氧化沟是活性污泥处理工艺的一种变形工艺，其曝气池为封闭的沟渠，废水和活性污泥的混合液在其中不断循环流动，因此氧化沟又名“连续循环曝气法”。经过几十年的使用、研究、开发和改进，氧化沟系统在池型结构、运行方式、曝气装置、处理规模、适用范围等方面都得到了长足的发展。目前在国内外应用较多的氧化沟有：卡鲁塞尔氧化沟和奥贝尔氧化沟。

A、卡鲁塞尔（Carrousel）氧化沟

Carrousel 氧化沟是 1967 年由荷兰的 DHV 公司开发研制。在原 Carrousel 氧化沟的基础上 DHV 公司和其在美国的专利特许公司 EIMCO 又发明了 Carrousel2000 系统，实现了更高要求的生物脱氮和除磷功能。至今已有 850 多座 Carrousel 氧化沟和 Carrousel2000 系统正在运行。

该工艺在曝气渠道端部装有低速表面曝气机。在曝气渠内用隔板分格，构成连续渠道。表曝机把水推向曝气区，水流连续经过几个曝气区后经堰口排出。为了保证沟中流速，曝气渠的几何尺寸和表曝机的设计是至关重要的，Carrousel2000 把厌氧/缺氧/好氧与氧化沟循环式曝气渠巧妙的结合起来，改变了原调节性差，脱氮除磷效果低的缺点，但水力设计更为复杂。其缺点是池深较浅，一般为 4.0m，占地面积大，土建费用高。也有将 Carrousel 氧化沟池深设计为 6m 或更深的情况，但需要采用潜水推流器提供额外动力。

Carrousel3000 系统是在 Carrousel2000 系统前再加上一个生物选择区。该生物选择区是利用高有机负荷筛选菌种，抑制丝状菌的增长，提高各污染物的去除率，其后的工艺原理同 Carrousel2000 系统。

Carrousel3000 系统的较大提高表现在：一是增加了池深，可达 7.5~8m，同

心圆式，池壁共用，减少了占地面积，降低造价同时提高了耐低温能力（可达 7℃）；二是采用一体化设计，从中心开始，包括以下环状连续工艺单元，三是圆形一体化的设计使得氧化沟不需额外的管线，即可实现回流污泥在不同工艺单元间的分配。

B、奥贝尔（Orbal）氧化沟

Orbal 氧化沟是由多个同心的呈椭圆形或圆形的沟渠组成，在沟中有若干多孔曝气圆盘的水平圆盘装置。进水先引入最外的沟渠，在其中不断循环的同时，依次引入下一沟渠，最后从中心沟渠排出。与其他类型的氧化沟相比，Orbal 氧化沟具有自己独特的优点：一是 Orbal 氧化沟采用曝气转盘，水深可达 3.5~4.5m，同时可借助在各沟中配置不同数目的曝气盘，变化输入每一槽的供氧量；二是圆形或椭圆形的平面形状，比沟渠较长的氧化沟更能利用水流惯性，节省能耗；三是多渠串联的形式可减少水流的短路现象。

该工艺流程简单，管理方便，脱氮效果较好，并可除磷，耐冲击负荷能力强，但由于是分建式，占地较大。

2) AAO 工艺系列

A、常规 AAO 工艺

传统意义上的 A/A/O 工艺即厌氧-缺氧-好氧活性污泥法，即通过厌氧和好氧、缺氧和好氧交替变化的环境完成除磷脱氮反应。该工艺 70 年代由美国专家在 A/O 除磷工艺的基础上开发而来，是目前国内外应用最为广泛除磷脱氮工艺。该工艺流程见下图。

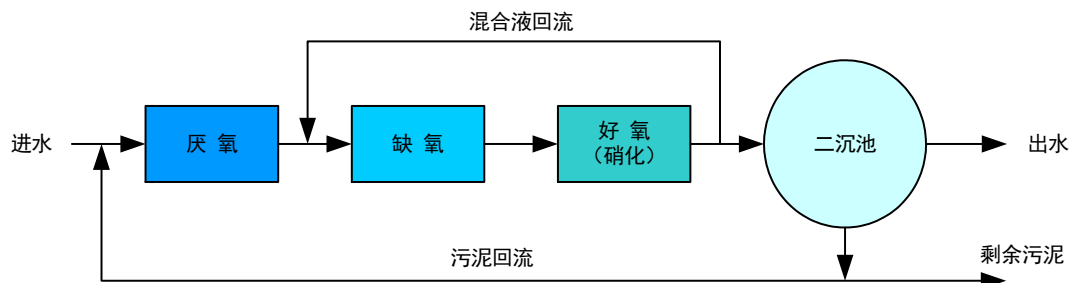


图 8.3-2 常规 A/A/O 工艺流程图

在这个工艺中，厌氧池用于生物除磷，缺氧池用于生物脱氮，原污水中的碳源物质先进入厌氧池，聚磷菌优先利用污水中的易生物降解物质成为优势菌种，为除磷创造了条件，污水然后进入缺氧池，反硝化菌利用其他可能利用的碳源将

回流到缺氧池的硝态氮还原成氮气，达到脱氮的目的。

其特点是厌氧、缺氧和好氧三段功能明确，界线分明，可根据进水条件和出水要求，人为地创造和控制三段的时空比例和运转条件，只要碳源充足，便可根据需要，达到比较高的除磷和脱氮效果。目前，该法在国内外使用非常广泛，但常规 A/A/O 工艺也存在着以下缺点：

1) 脱氮和除磷对外部环境条件的要求是相互矛盾的，脱氮要求有机负荷较低，污泥龄较长，而除磷要求有机负荷较高，污泥龄较短，往往很难权衡。

2) 由于厌氧区居前，回流污泥中的硝酸盐对厌氧区产生不利影响。

3) 由于缺氧区位于系统中部，反硝化在碳源分配上居于不利地位，因而影响了系统的脱氮效果。

4) 常规的 A/A/O 工艺进水点及内外回流点均已固定，运行调节不灵活，在进水碳源不足的情况下，由于反硝化细菌和聚磷菌之间存在对优质碳源的竞争，除磷和脱氮效果均会下降。

为克服传统 A/A/O 工艺存在的上述缺点，演化出多种改良处理 A/A/O 工艺，例如 A-A/A/O 工艺、多点进水倒置 A/A/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺等。

B、改良 AAO 工艺

该工艺在常规 A/A/O 工艺前增加一前置的回流污泥反硝化段，通常情况下，全部回流污泥和约 10%~30%（根据实际情况进行调节）的进水量进入前置反硝化段中，在这里利用部分进水中的有机物作碳源去除回流污泥中的硝酸盐氮，从而为后续厌氧池聚磷菌的释磷创造良好的环境，达到在系统在反硝化程度不高的情况下，维持一个较好的生物除磷效果。该工艺流程见下图。

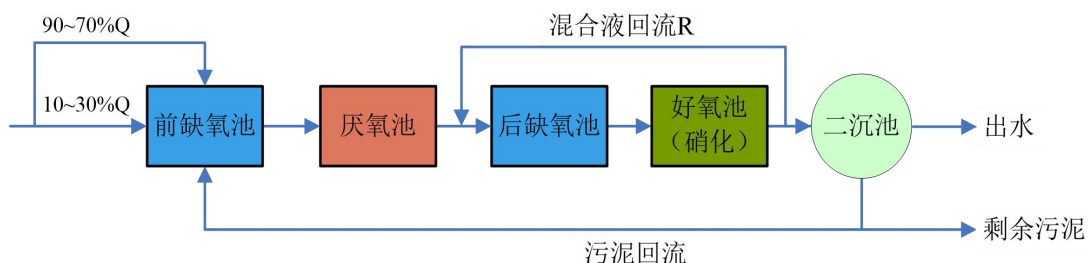


图 8.3-3 改良 AAO 工艺流程图

C、多点进水倒置 A/A/O 工艺

为避免传统 A/A/O 工艺回流硝酸盐对厌氧池放磷的影响，通过吸收改良

A/A/O 工艺的优点，将缺氧池置于厌氧池前面，来自二沉池的回流污泥和 30~50% 的进水，50~150% 的混合液回流均进入缺氧段，停留时间为 1~3h。回流污泥和混合液在缺氧池内进行反硝化，去除硝态氧，再进入厌氧段，保证了厌氧池的厌氧状态，强化除磷效果。该工艺流程见下图。

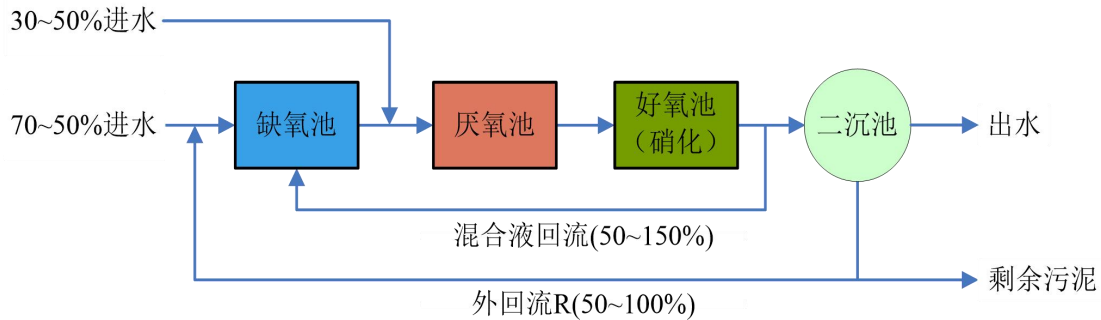


图 8.3-4 多点进水倒置 A2/O 工艺流程图

由于污泥回流至缺氧段，缺氧段污泥浓度可较好氧段高出 50%。单位池容的反硝化速率明显提高，反硝化作用能够得到有效保证。多点进水倒置 AAO 工艺在碳源不是十分充足的情况下除磷效果会受到前端缺氧池出水中硝态氮的干扰，在碳源不足的情况下除磷效果更会受到严重影响。但是，由于该工艺缺氧段在前，可以始终优先利用优质碳源，且该部分碳源比例可以调节，因此脱氮效果可以得到很好的保障。

D、UCT 工艺

在常规 AAO 工艺中，回流污泥中的硝酸盐会优先夺取污水中容易生物降解的有机物，实现反硝化，对除磷造成不利影响，因此如何降低脱氮对除磷的影响成为了一个关键的技术问题。国外经过研究和实践，成功开发了 UCT 工艺，提供了一个较好的解决办法。

该工艺与 AAO 工艺的区别在于，回流污泥首先进入缺氧段，而缺氧段部分流出混合液再回至厌氧段。通过这样的修正，可以避免因回流污泥中的 NO_3^- -N 回流至厌氧段，干扰磷的厌氧释放，而降低磷的去除率。回流污泥带回的 NO_3^- -N 将在缺氧段中被反硝化。当入流污水的 BOD_5/TN 或 BOD_5/TP 较低时，较适用 UCT 工艺，获得这一效果的代价是增加从缺氧池出流液到厌氧池的回流，增加了电耗。该工艺流程见下图。

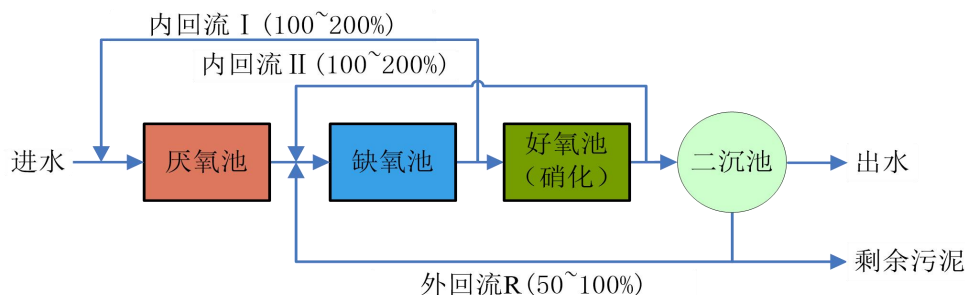


图 8.3-5 UCT 工艺流程图

E、MUCT 工艺

该工艺系在 UCT 工艺的基础上，将缺氧段一分为二，形成二套独立的内回流。因而，MUCT 是 UCT 的改良工艺。进行这样的改良，与 UCT 相比，克服 UCT 工艺不易控制缺氧段的停留时间，但是控制不当，DO 仍会影响厌氧区。

MUCT 缺点主要有：

MUCT 工艺比传统 A/A/O 工艺多了一级污泥回流，因此系统的复杂程度和自控要求有所提高，耗能有所增加。设两个单独的缺氧池，一座缺氧池专门用于除去外回流带来的硝酸盐，增加了缺氧池体积。

F、Bardenpho 工艺

Bardenpho 工艺将反硝化分为两部分完成。

第一部分是普通 A²/O 工艺，完成氨氮的完全硝化、聚磷菌释磷和污水碳源反硝化，其缺氧池池容和混合液回流量根据进水水质条件确定，力求达到充分利用进水碳源完成尽可能多的反硝化，降低运行成本的目的。

第二部分是外加碳源顺流后置反硝化。在明确进水只能解决部分反硝化所需碳源后，继续把更多的硝态氮回流到前缺氧段显然是徒劳无益的。在这种情况下，令没有条件利用污水碳源进行反硝化的硝酸盐“顺流而下”，进入后置反硝化池利用外加碳源完成其反硝化，自然就是非常合理的选择了。只要池容设计合理，外加碳源合适，无需混合液回流就可达到任何高的反硝化率。这就彻底解决了普通 A²/O 工艺不适合处理高氮污水的问题。

后置反硝化池是外加碳源反硝化，反应速率更高，所需池容比前置反硝化相应有所减少。末端的好氧段只需很小的池容，用来去除反硝化过程产生并附着于活性污泥絮体上的“氮沫”，具有改善污泥的沉降性能，提高二沉池出水水质的作用。同时还可以防止外加碳源的过量投加造成 COD_{Cr} 和 BOD₅ 浓度的升高，确保

水质稳定达标，并使出水具有一定的溶解氧浓度，为污水再生利用创造有利的条件。

该工艺流程见下图。

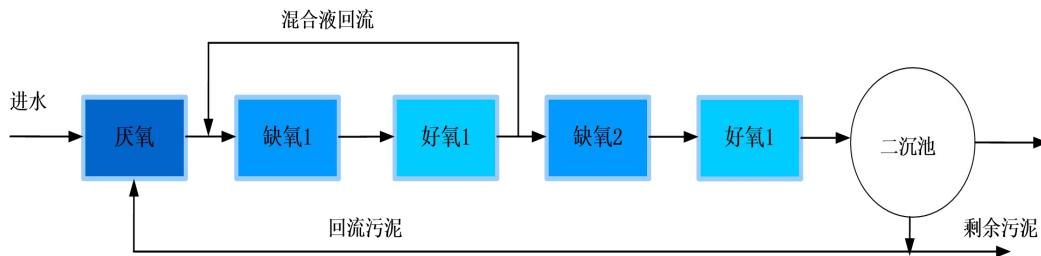


图 8.3-6 改良 Bardenpho 工艺流程图

3) SBR 工艺系列

SBR 属于活性污泥法的一种，其反应机制及去除污染物的机理与传统的活性污泥法基本相同，只是运行操作方式有很大区别。它是以时间顺序来分割流程各单元，整个过程对于单个操作单元而言是间歇进行的。典型 SBR 集曝气、沉淀于一池，不需设置二沉池及污泥回流设备。在该系统中，反应池在一定时间间隔内充满污水，以间歇处理方式运行，处理后混合液进行沉淀，借助专用的排水设备排除上清液，沉淀的生物污泥则留于池内，用于再次与污水混合处理污水，这样依次反复运行，构成了序批式处理工艺。典型的 SBR 系统分为进水、反应、沉淀、排水与闲置五个阶段运行。为适应实际工程的需要，SBR 技术逐渐衍生了各种新的形式。目前应用较多的改良工艺有：ICEAS，UNITANK，DAT-IAT，CAST（CASS）等。

SBR 系列工艺最大的特点是处理构筑物少，节约构筑物面积和连接的管道，进水时间长短、水量多少均可调节，因此对水量水质的变化具有较强的适应性。但该工艺缺点是反应池的进水、曝气、排水过程变化频繁，不能采用人工管理，因此对污水厂设备仪表的要求较高，并要求管理人员有一定的技术水平。SBR 工艺为同步硝化反硝化，对于总氮的去除有一定的影响，而且池深受到滹水器影响，占地也比较大。

4) 曝气生物滤池（BAF）工艺

曝气生物滤池（BAF）是上世纪 80 年代末在欧美发展起来的一种新型污水处理技术，凭借良好的工作性能，其在污水处理领域受到了广泛重视。在国外，

BAF 的建设已初具规模，而观其国内的发展正方兴未艾。根据使用滤料的不同，BAF 主要有两种形式：滤料密度大于水的 BIOFOR 和滤料密度小于水的 BIOSTYR。

BAF 工艺属生物膜法，生物膜法的主要特点是微生物附着在介质“滤料”表面，形成生物膜，污水同生物膜接触后，溶解的有机污染物被微生物吸附转化为 H_2O 、 CO_2 、 NH_3 和微生物细胞物质，污水得到净化。工艺采用鼓风曝气系统为污水充氧，随着工艺的运行，溶解的有机污染物转化成生物膜，生物膜经反冲洗脱落下来，从系统中去除。

BAF 反应池是一种高负荷滤池，微生物附着于完全浸没在水中的球形颗粒滤料上，由于 BAF 过滤能有效的截留水中的悬浮物，经 BAF 生物滤池处理过的水，不再需要进行专门沉淀处理。减少了污水处理设施的占地和投资。但是 BAF 生物滤池对进水性质有较高要求，进水的悬浮物一般要小于 $60mg/L$ ，故要增加前处理设施，有时还需要投加化学药剂，这使得在去除悬浮物的同时，往往将部分有机物带入到污泥当中，造成污泥性质不稳定，增加了污泥处理的难度。

目前，曝气生物滤池被广泛的应用在城市污水处理、食品加工废水、酿造和造纸等高浓度废水处理行业中，其主要优点如下：

A、占地面积小，基建投资省，特别适用于用地紧张的大中城市和用地受限制的改造项目。

B、出水水质好，在 BAF 中，由于填料本身截留及表面生物膜的生物絮凝作用，使出水 SS 很低，一般不超过 $10mg/l$ ；

C、氧利用效率高。由于空气必须要通过水中挂膜的粒料，线路曲折，阻力增大，使空气和水的接触时间延长，从而提高了氧利用效率。

D、抗冲击负荷能力强，受气候、水量和水质变化影响小。

E、模块化设计，近远期结合更加容易。由于曝气生物滤池和净水厂的滤池类似，分为很多过滤单元，每格单元的大小及管路系统近似，扩建和增加处理规模非常简便。

该工艺的缺点是：

A、由于工艺本身特点，自动化程度高，管理难度大。

B、生物除磷的效果差，主要靠化学除磷，对于进水总氮较高的水质，由于需要外加碳源，因此，运行成本较高。

③土建施工的要求较高，工序复杂。

5) MBBR 工艺

MBBR 工艺是一种生物膜与活性污泥的复合（集成）工艺。MBBR 工艺原理是通过向好氧池中投加一定数量比重接近于水且具有较大比表面积的悬浮填料作为微生物的载体，填料随水流的提升作用而在好氧池中不断移动，与污水混合均匀。污水连续进入装有移动填料的好氧池时，大量生长在悬浮填料上的微生物对污水中的污染物进行吸附降解，从而达到净化污水的目的。由于填料的加入，使污水处理的机理和效能都大为改变。在好氧池中，填料通过底部的曝气作用和水流的提升作用而处于流化状态，填料在移动过程中切割分散气泡，进一步使布气趋于均匀，增加了氧气的利用率，极大提高了微生物、溶解氧和污染物的传质效率。

在这种系统中，微生物生存的基础环境由原来的气、液两相转变为气、液、固三相，这种转变为微生物创造了更丰富的存在形式，形成了一个更复杂的复合式生态系统。载体表面的生物膜与液相中的悬浮污泥共同发挥作用，各自发挥自己的降解优势。大量吸附生长在生物填料上的生物膜使曝气池中的活性生物量大大增加，在提高系统抗冲击负荷能力的同时，使系统具有脱氮除磷的能力。其工艺流程见下图。

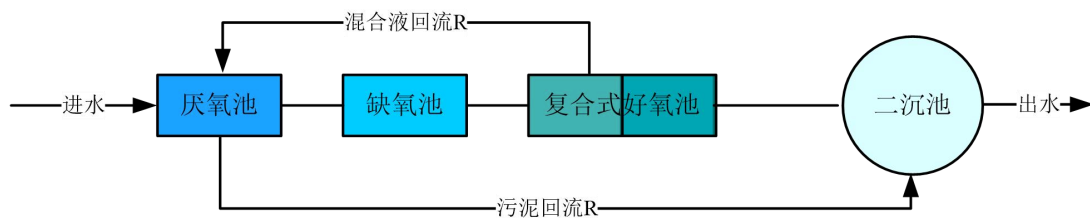


图 8.3-7 MBBR 工艺流程图

该工艺的优点为：

A、生物膜法的生物量较大，容积负荷高，池容小、污泥龄长，抗冲击负荷，具有良好的硝化功能，在低温季节，生物膜法的脱氮效果比活性污泥法要好；

B、污泥回流量少；

C、MBBR 工艺综合了 AAO 活性污泥工艺和流动床生物膜两者的优点，特别适合脱氮。其原因是长泥龄的生物膜为生长缓慢的硝化菌提供了非常有利的生存环境，达到有效的硝化效果，而活性污泥的泥龄相对较短。

D、在相同污泥负荷下，该工艺则紧凑省地。

该工艺的缺点为：

E、该工艺虽然效率较高，但移动填料价格相对昂贵；

F、国内大型污水厂应用实例相对较少，运行、管理经验相对较少。

6) 膜生物反应器（MBR）工艺

该工艺是近几年才开始广泛应用的新型污水处理工艺，它将膜过滤和生物反应器有机的结合在一起，发挥了单独的生物反应器或单独的膜过滤不能发挥的功能，对难降解有机污染物和悬浮物有一定的处理效果。传统工艺的泥水分离采用沉淀池来实现的，而 MBR 工艺则采用膜分离工艺代替传统的活性污泥法中的二沉池，起着把生物处理工艺所依赖的微生物从生物培养液（混合液）中分离出来的作用，从而让微生物得以在生化反应池内保留下来，同时保证出水中含较少的微生物和其他悬浮物。MBR 的最大特点就是可以将生物反应器中的水力停留时间和污泥龄完全分离，在较小停留时间的情况下保证很高的污泥龄，这为有机污染物、氮污染物的降解创造了有利条件。

MBR 工艺特点是把专用的膜组件浸泡在混合液之中，在水泵的抽吸作用或者水位差的推动下把水（透过微孔膜）排到生化反应池之外，微生物、细胞和其他颗粒物被拦截在生化反应池之内。淹没式 MBR 的最大特点是操作压力特别低，跨膜阻力一般不超过 50kPa。MBR 工艺采用低压差、低渗透通量设计，膜表面的浓差极化作用弱，对膜表面施加一定的扰动就能够有效地延缓这个过程，通常的做法是在膜表面鼓气，从而使膜表面接受气液两相的剧烈扰动。

目前已经投入大规模应用的 MBR 膜只有 PVDF 材质的中空纤维膜和平板膜两种。其中，中空纤维膜膜元件专为大规模污水处理用途设计，具有良好的透水性能、优异的膜机械强度、优良的膜化学稳定性。

这一工艺中，膜污染控制是非常重要的。根据运行经验，可以通过以下几个方面进行膜污染控制：

A、水质控制：去除污水中的粗大悬浮物，特别是纤维状物质，以及石油类污染物。

通常在污水进入 MBR 生物池前需采用格栅间隙为 1mm 的超细格栅，实现加大颗粒物以及纤维状污染物的去除；在污水预处理中设置曝气沉砂池去除石油类的污染物。

B、优化水力条件：通过与专业的系统供货商沟通，综合考虑膜池过流断面和曝气方式，在膜池内形成良好的水力条件，保持膜面有良好的水力冲刷作用，控制活性污泥在膜面的黏附和沉积。

C、优化膜组件运行方式：通常情况下膜组件的运行方式都是间歇出水，在膜组件停止出水期间可以进行反冲洗。另外运行中结合水质特点，合理确定进水、反冲洗的周期，可以减缓膜污堵的速率。同时运行中对膜组件的曝气是连续的。

D、配备完善的在线清洗和化学清洗系统：对膜进行有计划的维护清洗，保证在膜受到意外的污染时能够得到及时维护。要保持膜的透水性，必须做到按要求及时进行在线清洗和化学清洗，不能够等膜完全堵塞后再行清洗，那时将会发现大量的膜面积已经很难得到有效的清洗，原因是药液已经难以到达完全堵塞的那部分膜面积。

E、配备必要的仪表，密切监控和记录膜的运行状况。

MBR 工艺占地面积小、处理效果非常好、污泥性质稳定，是《2007 国家鼓励发展的环境保护技术目录》当中针对一级 A 出水唯一的推荐技术。

在 MBR 工艺中，由于用膜组件代替了传统活性污泥工艺中的二沉池，可以进行高效的固液分离，克服了传统工艺中出水水质不够稳定、污泥容易膨胀等不足，同时具有下列优点：

出水水质优良、稳定，优于国家一级 A 标准，部分指标达到地表水 IV 类。高效的固液分离将废水中的悬浮物质、胶体物质、生物单元流失的微生物菌群与已净化的水分离，不须经三级处理即直接可回用，具有较高的水质安全性。工艺流程短，运行控制灵活稳定。由于膜的高效分离作用，不必单独设立沉淀、过滤等固液分离池。容积负荷高，占地面积小。处理单元内生物量可维持在高浓度，使容积负荷大大提高，同时膜分离的高效性，使处理单元水力停留时间大大缩短。

对水质的变化适应力强，系统抗冲击性强。防止各种微生物菌群的流失，有利于生长速度缓慢的细菌（硝化细菌等）的生长，使一些大分子难降解有机物的停留时间变长，有利于它们的分解，从而系统中各种代谢过程顺利进行。生物脱氮效果好。SRT 与 HRT 完全分离，有利于增殖缓慢的硝化细菌的截留、生长和繁殖，系统硝化效率高；MLSS 浓度高，反硝化基质利用速率高。模块化设计，易于根据水量情况进行自由组合。由于高度的集成化，MBR 形成了规格化、系列化的标准设备，用户可根据工程需要进行组合安装。

同时该工艺也存在一些缺点：

采用中空纤维膜泥水分离方式，设备数量多，设备投资较大，损失高于传统的沉淀池，水头损失大。将中空纤维膜设置在高浓度生物池内，对设备的抗污染要求高，设备使用寿命较短，常规约为 3-5 年。中空纤维膜膜孔径小，为保证正常运行，需增加维护清洗和恢复清洗，增加污水厂的日常维护量和运行成本。这一工艺自控系统较为先进，要求运行操作人员素质高。目前 MBR 工艺在北京、昆明、无锡等地区市政污水处理厂得到应用。

8.3.1.4 污水生物处理工艺比较

上述每种处理工艺各有特点，在国内外均有很多工程案例，从处理效果上看，以上工艺系列均可满足处理要求，但每种工艺均有侧重，在基建投资、运行成本、占地、运行管理等方面存在一定的差异。具体到本工程项目，污水处理工艺的选择应充分考虑技术的可行性、经济的合理性，处理重点的针对性，对污水水质水量的适应性，运行的稳定性等多种因素。各处理工艺系列的特点比较详见下表。

表 8.3-1 各处理工艺系列特点比较表

项目	氧化沟 系列工艺	AA/O 系列工艺	SBR 系列工艺	BAF 系列工艺	MBBR 工艺	MBR 工艺
氮处理效果	较好	好	较好	好	好	好
磷处理效果	好	好	好	一般	好	一般
运行可靠性	好	好	好	好	好	好
工艺可控性	一般	好	一般	较好	较好	较好
忍受冲击 负荷能力	最好	较好	好	较好	好	好
操作管理	方便	方便	复杂	最复杂	较好	复杂

项目	氧化沟系列工艺	AA/O 系列工艺	SBR 系列工艺	BAF 系列工艺	MBBR 工艺	MBR 工艺
设备数量	较少	一般	较少	较多	较多	较多
构筑物占地	较大	较小	较小	小	较小	最小
基建投资	较大	一般	一般	一般	一般	最小
运行费用	较高	一般	较高	一般	较高	最高
对自控要求	较低	一般	高	高	一般	高
工程实例	多	最多	较多	一般	一般	少
规模适用性	中、小型	大、中、小型	中、小型	大、中、小型	大、中、小型	中、小型
综合评价	较好	好	较好	较好	好	好

从如上表的比较得出如下结论：

（1）从各个工艺的原理和特点可以看出，AA/O 系列工艺和氧化沟系列工艺是目前国内外中小型污水处理厂应用业绩最多的处理工艺。结合本厂规划控制用地的限制、处理程度、国内类似水质经典工艺，本厂不宜采用氧化沟工艺。

（2）序批式 SBR 容积利用率不高，造成一定程度的浪费，对于除磷脱氮要求较高的污水处理厂很少采用该工艺，本工程不推荐。

（3）BAF 工艺应用在污水处理厂二级处理工艺中，具备更好的脱氮能力，处理效果较好，但其缺点为整体工艺流程损失大，二段 BAF 的总损失在 5.0m 左右，需要设置多个中间提升泵站，不利于运行管理，本工程不推荐。

（4）MBBR 操作管理与 AA/O 工艺相差不大，但污水处理厂填料的运行管理相对复杂，一般 MBBR 工艺更适合作为污水处理厂升级改造、改善出水水质的预留措施，本工程暂不推荐。

（5）MBR 工艺是近年来广泛应用的新型污水处理工艺，它将膜过滤和生物反应器有机的结合在一起。MBR 工艺污水处理流程最短，构筑物少，占地小，采用膜过滤高效地进行固液分离，省去了二沉池和深度处理部分，考虑到节约占地，但 MBR 工艺运行管理复杂，膜清洗频繁，需要定期进行膜更换，运行及经营成本高。

就本工程而言，AA/O+MBR 系列工艺更为适用，其主要优点如下：应用于污水处理厂尤其是出水要求准 IV 类标准的成功案例和运行经验更多；采用鼓风曝

气，氧利用率高，更为节能；可控性强，操作灵活，可以根据进水水质的变化灵活调节运行模式，充分利用碳源。

综合考虑运维管理、运行稳定性及成本，本工程生物处理工艺推荐采用：AAO+MBR 工艺。

8.3.1.5 化学除磷工艺方案论证

（1）药剂投加点确定

化学除磷主要是向污水中投加药剂，使药剂与水中溶解性磷酸盐形成不溶性磷酸盐沉淀物，然后通过固液分离将磷从污水中去除。固液分离可单独进行，也可与初沉污泥和二沉污泥的排放相结合。按工艺流程中化学药剂投加点的不同，化学沉淀除磷工艺可分为前置沉淀、同步沉淀和后置沉淀三种类型。

1）预沉淀除磷——在初沉池前投加化学药剂，通过排除初沉池的污泥达到除磷的目的。

2）同时沉淀除磷——在曝气池后投加化学药剂，通过排除二沉池的剩余污泥除磷。

3）后沉淀除磷——二沉池后投加化学药剂，另建化学混合、絮凝及污泥分离设施。化学预沉淀除磷在初沉池前投加化学药剂，沉淀物的排除在初沉池中，由于化学反应为综合反应，加药量大量增加，从而导致污泥量大幅度增加，同时去除了污水中较多的有机物，对脱氮不利，所以一般不予推荐。同步沉淀可以利用二沉池作为沉淀区，不需要增加额外的构筑物，可以保证充分的混合和足够的混凝剂水解絮凝时间，该种方式目前应用比较广泛，但该方法投加的药剂会改变生物系统的 pH 值，对硝化反应不利。二沉后化学除磷可以使药剂得到充分的利用，但须增加混合、反应和固液分离设备和构筑物。

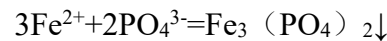
由于本工程出水水质要求只需满足陕西省地标中的一级 A 即可，因此不需要建设混合反应和过滤设施，因此推荐采用后置沉淀，但在生物池前端预留化学加药点。

（2）化学药剂的选择

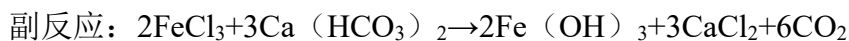
化学除磷的药剂主要有铁盐、铝盐。

以硫酸铝和三氯化铁、硫酸亚铁混凝剂为例，金属盐与水中的磷酸盐的反应可以表示如下：

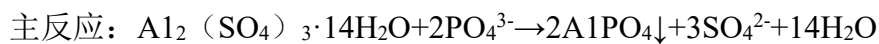
硫酸亚铁混凝：



三氯化铁混凝：



硫酸铝混凝：



可见，铁盐和铝盐均能与磷酸根离子（ PO_4^{3-} ）作用生成难溶性的沉淀物，通过去除这些难溶性沉淀物去除水中的磷。除磷率不同，相应的投加量也不同。

化学除磷方法的产泥量将增加，不仅要考虑沉淀剂与磷酸根和氢氧根结合生成的干泥量，还要考虑附带的其它沉淀物。

常用于化学除磷的铝盐有硫酸铝、铝酸钠和聚合铝。其中硫酸铝、聚合铝较常用。与硫酸铝比较，聚合铝投药量比硫酸铝低，适宜的 pH 范围较宽，对设备的侵蚀作用小，且处理后水的 PH 和碱度下降较小。

常用于化学除磷的铁盐有三氯化铁、氯化亚铁和硫酸亚铁。采用亚铁盐需先氧化成铁盐后才能取得最大除磷效果，一般不作为后置投加的混凝剂。三氯化铁适宜的 pH 范围也较宽，用量一般要比铝盐少，但缺点是具有强腐蚀性，对金属（尤其是铁器）腐蚀性极大，对混凝土也有腐蚀性，因此调制和加药设备必须考虑用耐腐蚀器材。

根据以上药剂投加点和混凝剂特点的分析，本工程混凝剂采用净化效率高，耗药量较少，适用 pH 范围宽，水温适应性强，设备简单，使用时操作简便，腐蚀性小的碱式氯化铝。

8.3.1.6 污水消毒工艺方案论证

目前国内常用的消毒方法有液氯消毒、二氧化氯消毒、紫外线消毒、次氯酸钠消毒等。

（1）液氯消毒

液氯溶于水后，产生次氯酸(HOCl)，离解出 OCl^- ，利用 OCl^- 极强的消毒能力，杀灭污水中的细菌和病原体。

液氯消毒效果可靠，投配设备简单，投量准确，投资省、液氯价格便宜、管理简便，但是可能产生 THMS 等致癌物质。

液氯消毒系统主要有加氯机、氯瓶及余氯吸收装置组成。

（2）二氧化氯消毒

二氧化氯是一种广谱型的消毒剂，它对水中的病原微生物，包括病毒、细菌芽孢等均有较高的杀死作用。

二氧化氯消毒处理工艺成熟，效果好。二氧化氯只起氧化作用，不起氯化作用，不会生成有机氯化物；杀菌能力强，消毒效力持续时间较长，效果可靠，具有脱色、助凝、除氰、除臭等多种功能，不受污水 pH 值及氨氮浓度影响，消毒杀菌能力高于氯，但必须现场制备，设备复杂，原料具有腐蚀性，制备复杂、需化学反应生成，操作管理要求高。

二氧化氯消毒系统包括二个药液储罐、二氧化氯发生器及投加设备。

（3）紫外线消毒

细菌受紫外光照射后，紫外光谱能量为细菌核酸所吸收，使核酸结构破坏，从而达到消毒的目的。

紫外线消毒具有广谱消毒效果、速度快、接触时间短，反应快速、效率高，无需投加任何化学药剂，不影响水的物理性质和化学成分，不增加水的臭和味，占地小，操作简单，便于管理，易于实现自动化，但是紫外线消毒无持续消毒作用，水中色度及悬浮物浓度影响污水透光率，从而直接影响消毒效果，而且电耗较大。

紫外线消毒系统主要设备是高压水银灯。

（4）次氯酸钠消毒

次氯酸钠消毒机理与液氯相同，其消毒和氧化功能是其水解后的次氯酸的作用，但由于盐的水解比游离氯慢，因而需要接触时间相对长些。

次氯酸钠消毒较氯气贵，运行成本相对较高，但由于次氯酸钠的投加、运输

和储存比液氯安全很多，监管也没有液氯严格。近年来在国内污水处理消毒工艺中应用逐渐增多。

次氯酸钠消毒系统包括溶液储罐、隔膜投加泵设备。

（5）消毒方式的比较

上述四种消毒方式性能比较详见下表。

根据以上特性比较国内消毒工艺使用经验，在各种氯消毒工艺中液氯消毒仍然是目前最为低廉的消毒手段，但液氯泄露较为危险，使用需要审批，较为繁琐；二氧化氯现场制取存在爆炸的危险，而且制取药剂之一的氯酸钠为甲类火灾危险性物质，存储和使用均需要采用一定的安全措施，并且其存储设施对周边环境要求一定的安全距离，紫外线消毒效果不佳，不能持续消毒。

表 8.3-2 各种消毒方式性能比较表

消毒剂	优点	缺点
液氯	①消毒效果好；②设备简单，运行管理方便；在世界范围内大规模水厂应用广泛，具有成熟可靠的运行经验；③投资及运行成本低。④具有持续消毒的能力。	①产生三卤烷等致癌物质；②氯气的运输和储存具有一定的危险性；③接触时间较长，约 30min，需要设置消毒接触池，占地面积大。
二氧化氯	①消毒效果好，能有效杀灭水中用氯消毒效果较差的病毒和孢子等；②能大大降低消毒后水中三氯甲烷等氯消毒副产物；③具有持续消毒的能力。	①药剂用量大，价格较高，消毒成本较高；②二氧化氯的检测手段还不完备；③对于二氧化氯的消毒副产物亚氯酸根的毒理学认识尚无定论，目前仍处于研究阶段。缺乏大规模污水处理厂的使用和运行经验；④接触时间较长，约 30min，占地面积大；⑤原材料的储存有一定的危险性。
紫外线	①消毒效果好，对细菌、病毒、原生动物具有广谱性；②无消毒副产物；③无危险品的运输和储存；④接触时间短，约 2~4s，占地面积小，基建费用省。	①设备价格略高。 ②不具备持续消毒的能力；
次氯酸钠	①具有氯气的氧化、消毒的作用。 ②投加设备简单，使用方便消毒成本介于氯气与漂白粉之间；③使用较为安全；④具有持续消毒的能力。	①储存期短，易分解失效。 ②接触时间较长，约 30min，占地面积大；

次氯酸钠运行成本较低，也较为安全，运用非常广泛，即可用于污水消毒，又可以保证余氯要求，因此本工程推荐采用次氯酸钠消毒。

8.3.1.7 除臭处理工艺方案论证

污水处理中会有氨气、甲硫醇、硫化氢、甲硫醚、三甲胺等化合物，这些物质在污水输送和处理过程中会散发恶臭，影响人们身心健康。因此，污水处理设施应设置除恶臭措施。

（1）处理设施中臭气的来源

臭气被感觉到是因为它从液体中转移到气态，故污水中的臭味物质和促进物质转移的条件是否存在是臭气形成的两个不可缺少的重要条件。广义上讲，污水处理系统中的臭气可以分为两类：一类是直接从污水中挥发出来的，如直接或间接的来自排入下水道的工业废水及其他废水中含有的溶剂、石油衍生物及其他可挥发的有机成分直接造成了臭气问题；另一类是来自于污水中有机物，由于微生物的生物化学反应而新形成的分解物，尤其与厌氧菌的活动有很大的关系。另外，由于污水处理系统的紊动，曝气充氧和搅拌设备各种因素使得臭气的发生具有良好的条件。污水处理系统中各单元恶臭的产生原因如下：

1) 污水在长距离输送过程中，由于水流紊动，废水中所含硫化氢等臭气物质在窖井等节点处散发出来；另外，泵站与格栅、污水水位差引起水流强烈翻动过程产生较强臭味。同时泵站由于集水池中污泥的淤积，在厌氧细菌的作用下会产生 H_2S 等臭气物质；

2) 沉砂池进水中如果含有恶臭物质，或是因为高有机负荷造成污水产生还原性恶臭物质，在厌氧菌作用下产生大量还原性恶臭物质，水中的恶臭气体就会挥发出来进入到大气中；

3) 生化处理装置一般采用好氧处理，此时恶臭气体的散发也许并不占太大的比例，但在曝气不足或停留时间不够的情况下，发生厌氧过程而其散发的恶臭气体量大大增加。当然，若在污水处理中采用厌氧处理过程，则恶臭气体的发生是不可避免的；

4) 污泥浓缩、脱水等过程由于污泥停留时间长造成缺氧环境，而产生臭气。此外，污泥浓缩、过滤和分离等过程都会因湍动而引起恶臭气体的排放。

臭气值较大的地方主要是污水前处理部分（格栅井、提升泵房集水池、沉砂池）和污泥处理部分（储泥池—脱水间等），是除臭的重点。

（2）除臭方法简介

污水处理厂除臭常见的方法有水清洗和药液清洗法、活性炭吸附法、臭氧氧化法、土壤脱臭法、燃烧法、填充式微生物脱臭法、生物滤池、离子除臭等。根据本项目招标文件的描述，结合当前国内污水处理厂所采用除臭方式的发展趋势，重点比较化学法、活性炭吸附法、生物滤池法、离子除臭法及全过程生物除臭等。

1）化学法

利用臭气成分与化学药液的主要成分间发生不可逆的化学反应生成新的无臭物质以达到脱臭的目的。该方法需针对不同性质的恶臭气体，配置相应的化学药剂以提高药剂的利用率，将药液通过洗涤塔与恶臭气体相接触，从而发生反应，去除恶臭物质。此法对臭气成分的真对性很强，化学药剂成本较高，目前使用较少，本工程不推荐采用。

2）活性炭吸附法

根据刺激性气体能很好地被表面活性物质吸收的性质，运用吸附的原理对臭气进行处理，降低臭气的浓度。采用吸附塔的形式，内装表面积大、吸附性能好的活性炭。该方法需要定期更换活性炭，以保持除臭的效果。此法管理麻烦，目前很少采用，本工程不推荐采用。

3）离子除臭法

该方法中包括离子发生装置和净化系统。通过离子发生装置，将空气中的氧分子分解成带有正电或负电的正负氧离子，利用其较强的活性，在与恶臭气体分子接触中，打开恶臭气体分子的化学链，生成水和氧化物。借助通风管路系统向散发恶臭气体和臭气的空间送入可控浓度的正负氧离子空气，在极短的时间内与气体污染物分子发生反应，有效地扼制气体污染物的扩散和降低室内气体污染物的浓度。

8.3.1.8 总体方案确定

济阳第二污水厂再生水利用设施改造项目采用“改良 A^2O 工艺+矩形沉淀池+V 型沉淀池+反硝化滤池”工艺，并采用高效生物复合除臭与污泥低温干化等先进技术。改造完成后，规模扩大至 6 万 m^3/d ，出水标准执行水质达到地表水准IV

类标准，处理后的再生水可用于工业用水、城市景观用水等。

传统的地上式再生水厂的建设应满足《城市排水工程规划规范》(GB50318-2000)的卫生防护距离要求，以避免潜在的臭味、噪音污染，以及与周边自然景观不协调等问题。为不影响周边建设用地的生产发展，与大寺河流域环境、自然景观相协调，济阳第二再生水利用设施采用地下式建设方案，综合利用第二污水处理厂地下设施。

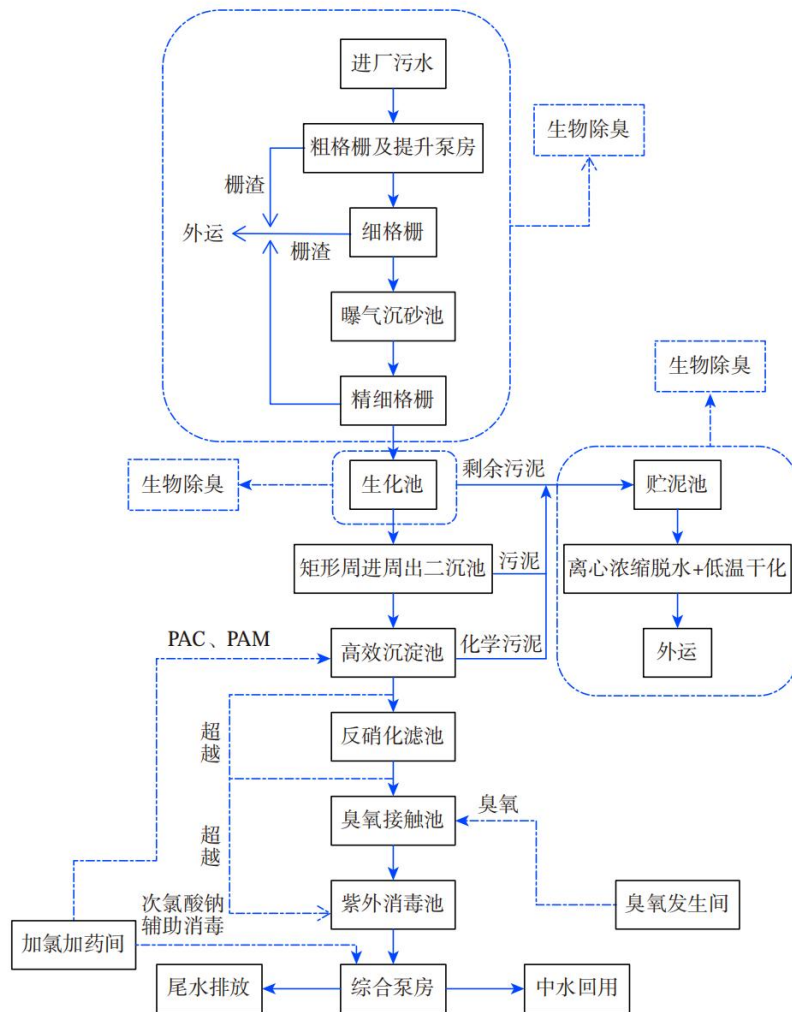


图 8.3-8 济阳区污水处理站再生水利用改造工艺示意图

8.4 再生水输配水管网工程

8.4.1 再生水管网布置原则

- (1) 在满足水量、水压的要求下，力求以最短的距离敷设管线，降低管网

造价和经营管理费用。

（2）再生水主干管尽量敷设在最先规划建设的市政道路上，并同时避免敷设在管道较多的道路上。

（3）根据规范，再生水管道应与给水管道、排水管道在平面上和竖向上保持一定的安全距离；再生水管道与给水管道、排水管道竖向交叉时给水管道在上，排水管道在下，再生水管道布置在给水管道、排水管道的中间，并采取相应的防止水质污染的措施。

（4）再生水多用于工业冷却水、浇洒绿地用水、景观用水、冲厕用水和农业灌溉等可以间断用水的用户，用水安全性要求不十分高，因此中水管网末端可以布置成支状管网，以降低供水管网工程的直接投资。

（5）再生水管道干管应沿着大用户方向敷设。

（6）提高民众对“水是一种不可替代的有限宝贵资源”的认识；对水资源的利用遵照“开源与节流并重”的原则。大力开展和鼓励市政性和局部性、公共性和个体性的对水资源进行再生利用的行为。

（7）严格执行国家及地方的有关规范和标准。

（8）再生水回用工程措施方面，充分突出中水工程本身固有的系统性和整体性的要求，从“系统工程学”的角度出发，使工程设施的配置科学化。

（9）近期、远期结合和分期建设的原则。

（10）与当济阳区总体规划、给排水工程专项规划等相关规划相协调的原则，节省社会总投资。

（11）与济阳区自然、水文、社会、经济等条件因素紧密结合的原则。

8.4.2 再生水管网平面布置

以济阳区现状再生水管道布置情况为基础，结合济南市上位规划，确定济阳区用水情况集中在工业园区、城市杂用、生态补水，规划再生水管网集中在城区内，起始济阳区第一、第二污水处理厂，至工业园区、再生水取水点及生态补水处进行铺设，其中中远期规划管网布置如下：

（1）中期规划：再生水利用主要包括生态补水、市政杂用水、重点工业企

业用水和补充农用灌溉水。中期规划中再生水管网布置主要原则是织网成片，将零散且孤立的已建再生水管道联通，形成网状管道系统；增加生态补水量，加大补水范围，强化城区内水系循环；针对中期利用再生水的重点企业周边道路补齐再生水管道，保障企业有水可用。

（2）远期规划：全面补齐生态补水、市政杂用水、工业企业用水和农用灌溉用水等用水户的再生水管网建设，做到“应供尽供，空白区清零”，形成完整的再生水管网系统，全面覆盖城区所有用水户，系统提高再生水管网基础设施建设水平。

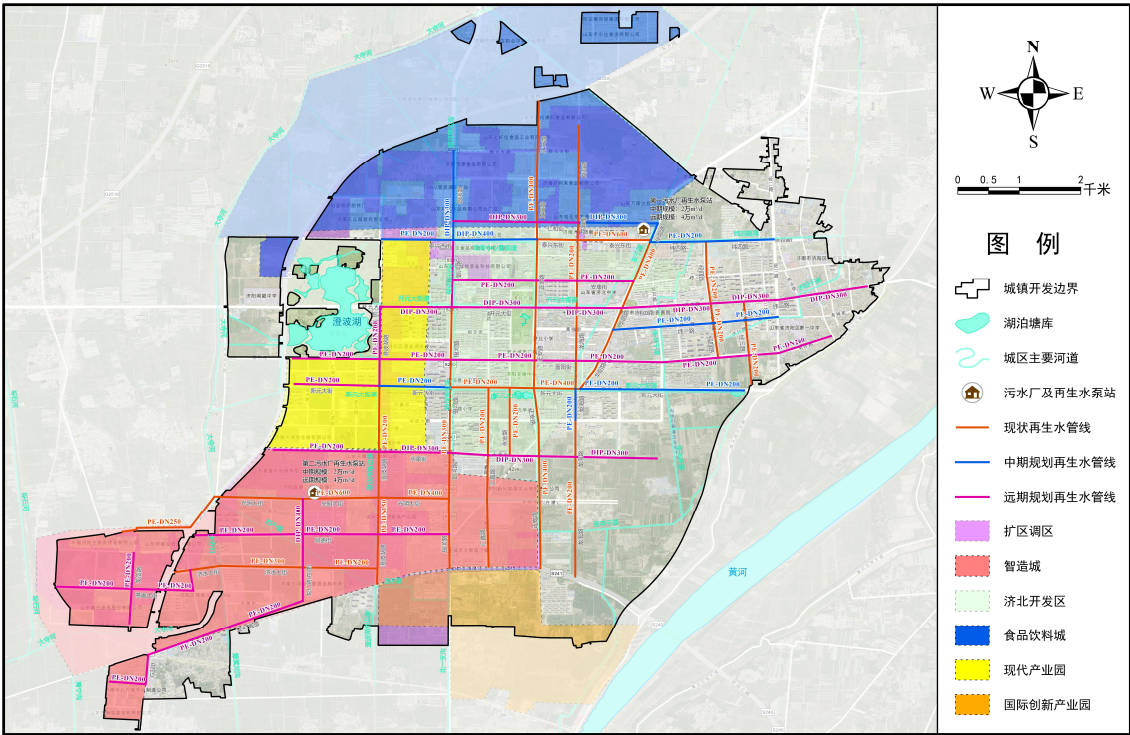


图 8.4-1 济阳区再生水管网规划布置图
表 8.4-1 规划再生水管道统计表

建设规划	道路名称	长度（m）	管材-管径	合计（m）
中期	华阳路（泰兴西街-仁和街）	262	DIP-DN300	11382
	龙海路（新元大街-闻韶大道）	482	PE-DN200	
	泰兴西街（澄波湖路-正安路）	1891	DIP-DN400	
	纬四路（华阳路-经二路）	1496	PE-DN200	
	纬一路（华阳路-经二路）	2001	PE-DN200	
	新元大街（澄波湖路-经三路）	2858	PE-DN200	
	银河路（泰兴西街-开元大街）	1053	DIP-DN300	
	仁和街（龙海路-华阳路）	1338	DIP-DN300	
远期	S241 省道（G220-龙仁路）	2512	PE-DN200	27218
	安康街（G220-张辛干渠）	3677	PE-DN200	

澄波湖路（新元大街-开元大街）	1190	PE-DN200	
富阳街（G220-丁字街）	6598	PE-DN200	
开元大街（澄波湖路-华阳路）	2944	DIP-DN300	
龙仁路(在建)（光明大街-同德街）	542	DIP-DN400	
同德街（G220-银河路）	3080	PE-DN200	
纬二路（华阳路-老城街）	2990	DIP-DN300	
新元大街（G220-澄波湖路）	1027	PE-DN200	
银河路（泰兴西街-乾元大街）	1015	DIP-DN300	
仁和街（龙海路-华阳路）	1643	DIP-DN300	
总计			38600

共计新建再生水管道约 38.6km，管径为 DN200-DN400。

8.4.3 配套附属构筑物工程

根据《室外给水设计规范》，在满足用户对水量、水压的要求以及施工维修方便的原则下，在管网中设置分段和分区检修阀门，并设置相应的阀门井。以尽可能缩短检修时断水管线的长度。阀门间距最大不应超过 500-1000m。按照规范规定在管道隆起位置设排气阀；为排除管道长期运行产生的沉淀物，放空管道进行维修，在管线的低洼处设置泄水阀及井；在管道超过一定压力后及为了满足用户对水头的要求，在管道沿途及末端设置减压阀井；在管网弯头、阀门等处布设支墩。阀门井采用砖砌阀门井，阀门采用蝶阀，管道与弯头、蝶阀等管件的连接一般采用法兰连接。

再生水管网中的各附属设施（包括蝶阀、弯头、排气阀、泄水阀等）均应该满足管道的设计压力的要求，并应该按照《给排水管道施工及规范》分段进行压力实验，通过压力实验后对中水管道进行冲洗，然后才能开栓供水。

8.4.4 管材选择

在再生水管网工程建设项目中，管道工程投资在工程总投资中占有很大的比例，而管道工程总投资中，管材费用约占 50%左右，此外再生水管道属于城市地下永久性隐蔽工程设施，要求具有很高的安全可靠。因此需要对管材进行技术经济比选。

输水管道材质应根据管径、内压、外部荷载和管道敷设区的地形、地质、管材供应，按运行安全、耐久、减少漏损、施工和维护方便、经济合理以及清水管

道防止二次污染的原则进行选择，在选用金属管材时应特别注意管道的防腐设计。

1、对管材的要求

- 1) 使用寿命长，安全可靠性强，维修量少。
- 2) 管道内壁光滑，阻力小。
- 3) 在保证质量的前提下，造价相对较低。

2、常用管材特点

再生水管道通常使用加压供水，适合再生水工程的管材主要有球墨铸铁管（DIP）、预应力钢筒砼管、玻璃钢管、塑料管、钢丝骨架聚乙烯（PE）复合管，其管材特点如下：

1) 球墨铸铁管

球墨铸铁管（DIP）利用离心力铸造成形，管壁致密，石墨形态为球状，基体以铁素体为主，伸长率大，强度高，性能与钢管相似，具有柔韧性，适应突发力强，且抗弯强度比钢管大，使用过程中管段不易弯曲变形，能承受较大负荷，材料耐腐蚀性好，一般不需作特殊防腐处理，其接口为柔性接口，具有伸缩性和曲折性，适应基础不均匀沉陷，是比较理想的管材。

球墨铸铁管在生产工艺中经过熔化、脱硫、球化处理，预处理，离心铸造及退火处理等工艺，使管材具有良好的韧性和耐腐蚀性。无论在海水和不同的土壤中耐腐蚀性均优于钢管，其电阻抗比钢管大三倍。球墨铸铁管有接近钢管的强度性能。球墨铸铁管耐压强度比钢管高。此外，还由于管子内壁涂以水泥砂浆，所以长时间使用后，流量和流速几乎不会有什么变化。同时，根据配套条件可自由选择配套各厚度的管子和采用各种橡胶圈柔性接口及管配件，所以能够适应各种类型的地质条件。采用滑入式和机械柔性接口方式，施工简单，因而能适应各种施工条件（包括在管内施工作业），接口作业完毕，可立即回填，从而节省时间。球墨铸铁管的常用防腐做法是：在内表面衬水泥砂浆，外表面喷锌再涂沥青。根据实际使用经验，球墨铸铁管在腐蚀性较强的土壤中埋设，仍会发生腐蚀穿孔，因而管外壁必须喷锌后作防腐涂层或用塑料薄膜包裹。才能达到铸铁管的使用年限。球墨铸铁管的一大缺点是大口径管道的生产厂很少（一般 $DN \leq 1400$ ），且价格昂贵，超过钢管。

2) 预应力钢筒混凝土管（PCCP）

钢筒混凝土管全称为预应力钢筒混凝土管（简称 PCCP 管）。PCCP 管是在带钢筒（薄钢筒的厚度约 1.5mm 左右）的砼管芯上，缠绕一层或二层环向预应力钢丝，并作水泥砂浆保护层而制成的管子。

该管材由于在管芯中嵌入了一层薄钢筒，实质上是一种钢板与预应力砼的复合管材，它比一阶段、三阶段预应力管具有更好的抗渗性。PCCP 管承插端的工作面是定型钢制口环，几何尺寸误差小，承插工作面间隙仅 1~2mm，O 型胶圈占满凹型槽内，密封性能良好，在内水压力下，胶圈无法冲脱，往往滴水不漏，从而改善了一阶段、三阶段管胶圈安装不到位、容易冲脱、承插口容易滴水的问题。而且承插口可设计成双胶圈，在管道承插口双胶圈之间的小孔处，用小型人工试压的方法检验接口的密封性，有利及早发现问题，及时进行返工。PCCP 管的承插接口是半柔性接口，承插钢制口环需作卫生级的环氧树脂刷涂，通常为 1 道底漆、2~3 道面漆，刷涂总厚度 7.04mm。刷涂环氧树脂的防腐效果与钢板端面除锈的效果关系密切，防腐作业往往在管材最后一道工序完成，除锈方式受多方面的限制，毕竟会影响效果，因此管材承插连接后，在接口内外间隙处要用水泥砂浆灌注封口，钢板则在高碱度的钝化区内，从而不易发生腐蚀。

PCCP 管可适应腐蚀性土壤的恶劣环境，在一般性土壤中敷设，由于砼、砂浆使钢筒四周受高碱性环境保护，钢材处于钝化状态，可以减缓腐蚀。若埋设在腐蚀性强的土壤中，通常管外壁应作防腐处理，必要时将管体之间的钢筒端面用导线连接在一起，采取牺牲阳极的阴极保护措施进行更好的保护。

3) 玻璃钢管（FRP）

玻璃钢管 FRP 是以液态不饱和聚酯作固化剂，用玻璃纤维作增强材料制造的一种复合管道。当管径较大时，为了减少树脂用量，既降低成本又保证管道的刚度和承压能力，在生产时掺入适量的石英砂，则成为夹砂玻璃钢管（RPM），按照生产工艺不同，又分为离心浇铸夹砂玻璃钢管（采用短切玻璃纤维，离心浇铸成型）和缠绕夹砂玻璃钢管（采用长纤维缠绕成型），两种工艺生产的玻璃钢管特性是相近的，目前大多由引进的国外技术设备生产。

给水用 RPM 管用食品卫生不饱和树脂作致密内衬（厚约 2mm）。能起到良

好的防渗透和防腐蚀作用。中间玻璃钢结构层用长玻璃纤维作环向和交叉缠绕，聚酯树脂固化。对 DN>600mm 的管道，在两玻璃钢结构层之间作树脂夹砂层。结构层起强度保护作用，其厚度根据管径和承压等级确定。

虽然 RPM 管的壁厚相对管径而言是比较薄的（ $P=0.6\text{Mpa}$ ，DN1200 管，壁厚仅 19.6mm）但由于玻璃钢强度高，加之从管道受力分析考虑的缠绕和夹砂工艺，使 RPM 管环向刚度大，一般为 5000N/m^2 ，最高可达 10000N/m^2 以上，因此，可用作将承受内外压力的埋地管道。主要缺点是对沟槽回填的材料及密实度要求较高。

4) PE 管

PE 管道是以高密度或中密度的聚乙烯原料生产的管道输配水系统，是城市供水的管材新产品。由于 PE 管克服了金属管材耐腐蚀差、管材重运输施工难度大、管沟开挖量大等缺点，具有重量轻、水力条件好、韧性好、无毒、耐腐蚀、耐低温、抗机械震动，施工方便、综合造价低等优点，是城镇供较为理想的管材。

PE 管采用热熔联接，接口牢固，柔韧性好，不易拉开或断裂，PE 管材强度虽然较低，但断裂伸长率却很高，表明 PE 材料具有很好的延伸性，这就意味着当地面下沉，特别是相邻处的地层产生不等性沉降和生地震时，PE 管具有跟踪这种变化的适应性，不因地面局部沉降引起管材破坏，小管径的管材价格比球墨铸铁管价格低，目前广泛应用于城市输配水管网工程中。

5) 钢丝网骨架聚乙烯复合管

钢丝网骨架聚乙烯复合管（简称 PSP）是一种以高强度钢丝左右螺旋缠绕成型的网状骨架为增强体，以高密度聚乙烯为基体，并用高性能的黏结树脂层将钢丝网骨架内外层高密度聚乙烯紧密的连接在一起的一种管材。性能优良，克服了传统 PE 管强度低的弱点，在输配水管网中有较好的应用前景，但是价格较高。

3、管材选用

几种常用管材的特性比较，见下表：

表 8.4-2 常用管材性能比较表

管材种类	主要优点	主要缺点
球墨铸铁管	1、强度高，抗冲击性好，性能优异； 2、抗腐蚀性能优异；	1、在有推力产生的地方需要使用止推挡墩；

	3、柔性接口，适用于地形起伏较大的地区； 4、连接工作简单，无需专门技术人员； 5、对于正常条件的土壤，无需再作专门的底基，并且可使用掘出的土壤回填。	2、重量较大，钢度较钢管差； 3、工程造价相对偏高。
玻璃钢管	卓越的防腐性能； 重量轻，因此连接工作较容易。	1、抗冲击性差，需小心装卸以防损坏； 2、需用砂子垫底，并用细砂回填、压实，以防止过渡变形。
预应力钢筋混凝土管（PCCP）	1、应用广泛，价格便宜； 2、施工经验丰富； 3、具有良好的抗渗性、耐久性、抗冲击性、寿命长、内壁不结垢、输水能力能长久保持不变等优点。	自重大、质地脆、运输困难。
PE 管	重量轻，耐腐蚀，运输及施工安装方便，内壁光滑，水力条件好，采用热熔联接，接口牢固，柔韧性好，不易拉开或断裂。	强度较低，小管径应用较多，大管径应用较少。
钢丝网骨架聚乙烯复合管	1、相同压力等级下，由于骨架的复合增强作用，其复合管壁厚较薄，相对内径较大，比同管径 PE 管流通能力大。 2、钢网骨架能有效地限制塑料的应力松弛现象，可防止其基体蠕变。 3、密封性能极好，连接可靠性高。 4、由于骨架的束缚作用，复合管有着优良的抗快速裂纹传播和抗慢速裂纹扩展能力。 5、复合管环刚度值可达 30—40kPa。复合管承外压能力较强。 6、无需防腐处理。	同管径重量相比 PE 管稍重

结合各种管材的技术经济特性，本规划确定再生水管道管材质为：当管径大于或等于 DN300 时，宜采用球墨铸铁管，球墨铸铁管应做好防腐；当管径小于 DN300 时候，选用 PE 管。

8.4.5 水力计算

（1）水力计算原则

1) 按《室外给水设计标准》（GB50013-2018）、规定及《机电排管设计手册》中公式（2-12）、（2-13），对不同管材选用不同的水头损失公式计算。

2) 管径按经济流速 $v=0.6\sim 1.5\text{m/s}$ 选择，并根据地形、泵站选型等综合考虑后作适当调整，充分利用已有水压，尽可能缩小管径，以节约投资。

3) 根据初步确定泵后管道管材、管径、管压，在保证供水点末端水厂水头的前提下调整管径，以确定相对最优管径及水泵经济扬程。

（2）计算公式

1) 总水头损失：包括沿程水头损失和局部水头损失。

$$h_z = h_y + h_j$$

h_z ：总水头

h_y ：沿程水头损失，采用海曾威廉公式计算

h_j ：局部水头损失，取沿程损失的 10%

2) 沿程水头损失

$$h_y = \frac{10.67 \times Q^{1.852} \times L}{C_h^{1.852} \times d^{4.87}}$$

H ：沿程损失，（m）

Q ：设计流量，（m³/s）

L ：管长，（m）

C_h ：海曾威廉系数；

d ：管道内径，（m）

（3）计算结果

济阳区中心城区整体地势平坦，最不利点为再生水管线最远端，长度约 5.6km，流量最大约为 1.12 万 m³/d，沿程水头损失为 15.55m，总水头损失为 16.98m。

8.4.6 管道布置

再生水供水管网采用独立供水系统，严禁与饮用水供水管网连接，防止污染生活饮用水。采用枝状与环状相结合的布置方式，提高再生水供水的可靠性和保证率。同时，在满足用户对水量、水压要求以及考虑到施工方便的原则下，环状管网宜用大环，新增管道尽量沿新建道路或结合综合管廊预留位置进行铺设，老城区少铺设，尽可能缩短再生水管网的总长度。

济阳区再生水主要回用于中心城区工业企业低质用水、市政杂用水等。根据济阳区中心城区规划布局，工业区集中在城区北部和西南部，工业企业低质用水集中在此区域，结合工业用地布局，主要沿顺义街、利民街、正安路等路段铺设再生水管道。

综合生活区主要规划沿开元街、新源大街、纬二路、正安路、经四路、经五

路等路段铺设再生水管道。

为方便洒水车、绿化车加注再生水，规划布置 11 处自动再生水取水站。

再生水管线铺设范围内的公厕冲洗用水必须采用再生水，严禁采用自来水。

管道布置时应注意以下问题：

1) 设计流速

即为和设计充满度、设计流量相应的流速。

在设计流量下，再生水管道的设计流速尽量采用经济流速：

再生水管道管径在 DN200~DN400 之间，经济流速采用 0.6~0.9m/s，管径 $\geq$ DN400，经济流速采用 0.9~1.4m/s。

2) 最小管径

在街道下再生水管道最小管径采用 DN100，最大水力坡度为 5‰。

3) 最小埋深

最小埋深的确定要考虑三个因素：①必须防止管道再生水冰冻和土壤冻胀而损坏管道，因而对于没有保温措施的管道其管底不能高于冰冻线以上 0.15m；②必须防止管壁因地面载荷而损坏，因而最小覆土厚度不可小于 0.7m；③必须满足街区连接管的要求。只有三个条件必须都得满足，即在取值的时候选用三者之中最大的。

4) 最小服务水头

再生水主要应用于市政绿化、浇洒道路、工业企业低质用水，所需水头要求不高，参考《城市给水工程规划规范》（GB50282-2016），城市再生水管网的供水水压应满足用户接管点处的服务水头按 0.12MPa 考虑。

8.4.7 管道设计

本规划推荐采用砂垫层基础，相关标准参照《给水排水管道工程施工及验收规范》。管道的埋设深度，应根据冰冻情况、外部荷载、管材性能、抗浮要求及与其他管道交叉等因素确定。管道接口形式采用热熔连接。

管网平差是再生水系统的重要组成部分。在管网的设计和运行管理工作中，需要进行管网平差计算，即在确定管网内节点流量和沿线流量的基础上，计算再

生水管径，确定管网中各管段的流量及水头损失，进而求出供水泵站的水泵扬程。在确定水泵压力后，应进行最不利点校核，即根据水泵压力校核各用水点是否满足最小自由水源的要求。本规划中最不利点自由水头取 0.12Mpa。事故校核与最不利点校核类似，将事故管段（通常选取水泵出口附近的主干管）定义为不参与平差计算，对各节点流量、水头进行校核。在进行管网平差计算时，按最高日最高时流量计算。

根据事故抢修时间允许的排水时间、地形地貌及障碍物等因素设置检修阀门井，排水时间控制在 2 小时以内。为及时排除管内空气减少气阻，防止管内产生负压以及管道发生水锤时产生真空水击破坏，应在再生水管道的隆起点、倒虹吸管的上游侧设置自动进排气阀。同时应在再生水管道的低凹处及倒虹吸管的下游侧设置泄水管及泄水阀。

8.4.8 取水点及补水点设计

为满足绿化用水及街道清扫用水需求，应在布置再生水管网的道路上每隔一定距离设置一个洒水栓井和取水口，并满足防冻要求。为满足景观环境用水需求，应在再生水管网与景观水体及河道交汇处设置补水口，再生水补水量及补水周期应根据景观水体的蒸发、下渗量及河道的生态需水量确定。

8.5 再生水泵站扩容工程

8.5.1 工程目标

规划分别在 2030 年、2035 年分别将两座现状规模为 2 万 m^3/d 的再生水厂的泵站进行扩容，中期规模均扩大至 6 万 m^3/d ，远期规模扩容至 8 万 m^3/d 。确保至 2035 年，济阳区再生水供给能力达到 8 万 m^3/d 。

8.5.2 泵站规模

均由 2 万 m^3/d 扩建至 4 万 m^3/d 。

8.5.3 扬程计算

输配水管网加压泵站的设计，须结合现有管网情况综合考虑，满足最不利点水量水压需求的同时，保护管网及加压设备运行稳定。

加压泵站所需扬程：

$$H=H_{ss}+H_{sd}+\sum h+\sum h_{\text{泵站内}}+H_{\text{安全}}=Z_c+H_0+\sum h+\sum h_{\text{泵站内}}+H_{\text{安全}}$$

式中：H—水泵满足最不利点所需水压；

Z_c —泵站地面至设计最不利点地面高差，4m；

H_0 —最不利点自由水压，12m；

$\sum h$ —管网水头损失，含沿程水头损失 h_y 和局部水头损失 h_j ，16.98m；

$\sum h$ 泵站内水头损失，取 2m；

$H_{\text{安全}}$ —安全水头，取 1.5m。

通过计算，扩建加压泵站水泵扬程为： $H=4+12+16.98+2.0+1.5=36.48\text{m}$ ，可满足最不利点的供水流量及服务水头。

8.5.4 泵型比选

现在国内常用的泵型有离心泵、混流泵、轴流泵、潜水泵和贯流泵，贯流泵的参数和型谱与同类轴流泵相同，相当于一种特殊的卧式轴流泵，适合设计扬程小于 2 米的工况。

各种泵型比较表如下表所示：

表 8.5-1 常用泵型比较表

类型	离心泵	混流泵	轴流泵	潜水泵
比转速	40~300	300~500	500 以上	500 以上
扬程范围	>10m	5~15m	0~10m	0~10m
口径	40~2000mm	100~6000mm	300~4500mm	300~1600mm
流量范围	流量小	流量大	流量大	流量大
轴功率变化	上升型功率曲线	平坦功率曲线	陡降型功率曲线	陡降型功率曲线
效率变化	范围广	范围广	范围较广	范围较广
汽蚀性能	好	好	较好	较好

类型	离心泵	混流泵	轴流泵	潜水泵
结构与重量	同口径结构复杂，重量大	同口径结构简单，重量较大	同口径结构简单	同口径结构简单
辅助设备	较少	较多	较少	少
维修保养	较易	较易	较麻烦	较麻烦

综上所述，离心泵是国内外广泛使用的泵型，有成熟的设计、制造和运行经验。水泵和电机分开制造，其水泵和电机均安装于地面层，因此泵房开挖深度不大，通风条件好，运行维护方便，安全可靠。与其他泵型相比，离心泵的细化分类较多，按照泵体叶轮数量和联接方式可以分为单级泵和多级泵。在实际工程中，多级离心泵的抗汽蚀性更强，运行更加稳定，应用更加广泛。因此本次规划选用离心泵作为再生水供水泵。

8.6 再生水智慧化信息平台建设

8.6.1 再生水智慧管控设计方案

8.6.1.1 再生水智慧管控规划技术路线

结合《济南市再生水利用工作意见》，济阳区将建设的统一再生再生水智慧管控平台底座与应用基础，本规划研究建设需求进行功能应用扩展、感知体系扩建与相关数据接入。将本规划排查数据资产化沉淀，并针对本次建设范围进行应用扩展，以全面提升本规划范围内水务精细化管理水平。项目将规划应用扩展仍然沿用共建共享原则，充分利用互联网大数据、人工智能等新一代信息化技术，进一步深化“一网全感知、一源全共享、一图展全局、一体化协同、一窗式服务”的水务数字化监管范式，形成感知汇聚研判预警、决策处置、评估反馈全链条智能化的水务闭环管理新模式，使水务监管治理实现“可知、可视、可控、可预测”，通过本规划数据的接入与应用扩展，持续推动济阳区水务管理规范化、精细化、智能化的快速发展，水务数字化监管达到国际先进水平，最终实现涉水管理“六心”，即：用水更放心、出行更安心、亲水更舒心、管控更尽心、服务更贴心、互动更用心。



图 8.6-1 再生水智慧化平台技术路线

8.6.2 再生水智慧管控平台建设

结合济阳区已建应用和在建应用，在充分利用、不重复建设的前提下，构建城区综合调度系统、水位防汛监测系统、智慧海绵城市管理系统、水务事件协同管理系统和公众门户等内容。

（1）综合调度系统

综合调度系统以大寺河流域综合调度模型为基础建立自动化调度平台，提供自动计算调度和手动触发计算调度的方式。首先建立调度模型，获取初始化数据，设定模型参数；然后通过自动或手动的方式获取自动监测数据，转化成模型可以使用的输入参数，通过流域综合调度模型计算输出调度结果，推送给调度负责人；最后调度负责人登录平台，确认调度方案，下发给具体执行的用户，用户执行完调度再反馈给上级部门相关负责人，完成一个调度周期。

（2）再生水智慧管理系统

建立一套基础云平台，打造再生水、节水水务企业“云智一体”的技术能力。

同时，利用物联网、大数据、数字孪生、人工智能等技术，实现数据资源的重塑和利用。通过新一代信息技术与水务技术的深度融合，实现水务业务系统的控制智能化、数据资源化、管理精确化、决策智慧化。建立决策支持系统，以实

际水厂为例，提出并详细介绍了未来污水处理厂智慧水务的建设方法、步骤、实施重点及建设标准。进一步建立包括政府监管、第三方监管、运营企业内部监管在内的立体监管体系，确保相关风险防控方案的科学制定、有效落实。同时建立网络安全体系，保障系统的安全运行。

8.6.3 感知监测及远控改造

水环境感知体系建设需充分考虑区域内现状监测及待建监测，全面考虑区域内涉水设施，尽量做到重要监测对象全覆盖，系统地进行监测布点以及确定监测指标，实现水务管理智能感知全覆盖。

（1）工程智能杆

在典型施工面各工点布置工程智能杆，同步开发设备登记调度、维护巡检记录、现场情况综合展示等功能，实现重点工作面安全、质量等方面的在线巡检、历史行为追溯、违规行为监控以及视频点位统计分析，提升工程建设质量，降低施工过程隐患。

（2）远控改造

采用智慧泵（闸）站的设计的思路，通过物联网、地理信息系统、移动互联应用等技术，实现泵（闸）站群“自动采集、集中监控、优化调度、远程在线诊断、智慧运维”的目标。

（3）井盖智能监测

基于目前市政井盖管理所存在的问题和挑战所提出的井盖智能管理系统，建立遍布街道井盖管理的智能网络，实现对市政井盖状态的主动感知，实时监控，一旦井盖丢失，立即发送报警信息到后台数据处理中心，后台通过短信方式将报警信息发送给维护人员，在最短时间内补装井盖，从而提高时间处置效率，完善市政井盖管理流程，促进城市精细化管理水平的提升。

（4）视频监控

视频监控考虑水质监测站、闸站、泵站、等对象。

（5）有毒有害气体监测

有毒有害气体监测考虑泵房，监测硫化氢与甲烷。

（7）无人机巡检

通过在试点区域部署无人机自动巡查巡检系统，辅助现场作业，实现高效巡检、识别闯入、预警报警等应用。无人机自动巡检系统主要包含无人机场站和飞行器两个部分，在试点区域部署无人机厂站，可满足对飞行器进行 24 小时不间断供电，预先设置好巡航路径和起飞时间，即可实现无人值守无人机自动巡查巡检。无人机根据电池电量会自动判断返回无人机厂站进行自动电池更换，然后继续延固定路线进行巡航，智能又高效，覆盖面广，安全性高，大大节约人力成本。

8.6.4 水务大数据及模型系统建设

基于再生水智慧管控平台基础支撑能力平台，需对本规划范围进行数据分析与仿真模型建设。对本规划范围内流量、水位、液位等在线监测数据分析区域管网供水能力、供水压力等，并进行数据分析，数据深度挖掘，形成相应专题分析报告，为用户决策提供全面的信息支撑。

8.6.4.1 指挥调度分中心

为满足济阳区统一指挥调度，与已建及在建调度中心充分联合指挥调度，本次指挥调度中心建设主要由中控系统、数字会议系统、大屏显示系统、网络系统等构成。

在指挥调度中心内部署一套中央控制系统，实现对设备的统一管理、场景一键调用。

8.6.4.2 数字会议系统

建立高效、实用的电子化指挥会议环境，打造适用型的智能化会议室，包括无纸化会议系统、指挥中心扩声系统、会议发言系统、视频会议终端等。

（1）大屏显示系统

大屏显示系统提供全方位、方便快捷的信息发布服务。设计原则为：视距清晰、间距合理、低亮高灰、高清显示、高度集成、高可靠性、易于操作、易于管理，信息安全、使用安全。

（2）网络系统

建立一个技术先进、扩展性强、能覆盖所有功能区域的主干网络。将区域的各种 PC 机、工作站、终端设备和局域网连接起来，并与外部广域网相连，实现整个建筑物范围内信息资源共享，建立综合信息服务。

在物理环境的基础上，指挥调度运营中心将重点建设水务业务的指挥调度、三维全景可视智能决策等功能，建成水务管理问题快速发现、快速诊断、快速分析、快速指挥、快速处置的管理体系。

8.6.4.3 服务器及网络建设

济阳区再生水智慧管控平台服务器及网络需要考虑在示范城区再生水智慧管控平台统一架构下统筹建设。再生水智慧管控平台服务器及网络建设地点位于济阳区规划监控中心，以租户的形式建设在政务云互联网区核心交换机下。再生水智慧管控平台服务器及网络建设内容包括云平台基础设施、云数据库、视频存储平台，数据存储等。此次建设复用政务云网络，云平台、云数据库、数据存储、视频存储平台以及云网络安全资源池。如现有资源在不满足需求的情况下，需要考虑在已完成的云平台下扩展服务器、网络、存储等资源以及应用所需的服务资源。

9 投资估算及经济分析

9.1 建设投资

9.1.1 编制范围

本次估算包括第二污水处理厂提标扩容改造工程、再生水管网完善工程、再生水智慧化平台建设项目、再生水泵站扩容工程的工程费用、工程建设其他费用、基本预备费、建设期利息及铺底流动资金。

9.1.2 编制依据

- (1) 已建类似工程技术经济指标；
- (2) 住房城乡建设部关于发布《市政公用工程设计文件编制深度规定（2013年版）》的通知（建质〔2013〕57号）；
- (3) 建设部《关于印发<市政工程投资估算编制办法>的通知》（建标〔2007〕164号）；
- (4) 本阶段收集到的有关文件、项目资料等；
- (5) 建设场地的自然条件和施工条件。

9.1.3 工程建设其他费用的计算

- (1) 建设单位管理费：根据《财政部关于印发<基本建设项目建设成本管理暂行规定>的通知》（财建〔2016〕504号）计列；
- (2) 建设工程监理费：根据《建设工程监理与相关服务收费管理规定》（发改价格〔2007〕670号）计列；
- (3) 建设项目的期工作咨询费：根据《关于印发建设项目的期工作咨询收费暂行规定的通知》（国家计委计价格〔1999〕1283号）计列；
- (4) 工程设计费：根据“国家发展改革委关于进一步放开建设项目专业服务价格的通知”（发改价格〔2015〕299号）计列；
- (5) 竣工图编制费：按设计费的8%计列；

（6）招标代理服务费：根据《国家计委关于印发<招标代理服务收费管理暂行办法>的通知》（国家计委计价格〔2002〕1980 号）计列；

（7）工程造价咨询服务费：根据《关于发布<济南市建设工程造价咨询服务收费指导意见>的通知》（济建标协〔2022〕6 号）计列；

（8）环境影响评价费：根据《国家纪委、环保总局关于规范环境影响咨询收费有关问题通知》（计价格〔2002〕125 号）、《国家发展改革委关于降低部分建设项目收费标准规范收费行为等有关问题的通知》（发改价格〔2011〕534 号）计列；

（9）场地准及临时设施费：按工程费用的 1%计列；

（10）工程保险费：按工程费用的 0.3%计列；

（11）联合试运转费：按设备费的 1%计列；

（12）施工图审查费：按勘察费与设计费之和的 6.5%计列；

（13）第三方检测费：暂按工程费的 0.5%计列；

（14）基本预备费：按工程费用和工程建设其他费用之和的 12%计列；

（15）价差预备费：价格指数依据国家计委《关于加强基本建设大中型项目估算中“价差预备费”管理有关问题的通知》（计投资〔1999〕1340 号），工程总投资中暂不计列。

9.1.4 其他有关问题的说明

本工程暂列建设用地费为 3500 万元。

9.1.5 资金筹措

本项目暂按总投资的 80%贷款，建设期 1 年，贷款利率 3.6%计算，建设期贷款利息 732.16 万元。

9.1.6 建设项目投资总额

表 9.1-1 济阳区再生水利用建设任务清单

序号	项目	建设内容	建设年限
1	第二污水处理厂提标扩容改造工程	将济阳区第二污水处理厂规模扩大至 6 万 m ³ /d，确保主要排放指标	2030-2035

序号	项目	建设内容	建设年限
		提升至地表Ⅳ类	
2	再生水管网完善工程	连通现状再生水管网，新建再生水管道约 38.6km 及配套设施。	2025-2035
3	再生水智慧化平台建设项目	城区再生水智慧化平台建设项目	2025-2030
4	再生水泵站扩容工程	将济阳区现状两座再生水泵站扩容至 4 万 m ³ /d。	第一再生水厂：2030 第二再生水厂：2035

本工程建设项目总投资 50844.65 万元，其中：工程费 37036 万元，工程建设其它费 4556.8 万元，建设用地费 3500 万元，预备费 4991.14 万元，建设期贷款利息 732.16 万元，铺底流动资金 28.55 万元。

表 9.1-2 建设项目总投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	估算金额（万元）	总投资比重
一	工程费用			37036.00	72.84%
1	新建再生水管道	m	38600	10036	
2	第二污水厂扩容	座	1	5000	
3	再生水厂扩容	座	2	21000	
5	智慧化信息平台建设	项	1	1000	
二	工程建设其他费用			4556.8	8.96%
三	建设用地费			3500.00	6.88%
四	预备费			4991.14	9.82%
五	建设期贷款利息			732.16	1.44%
六	铺底流动资金			28.55	0.06%
七	建设总投资			50844.65	100%

9.2 经济分析

9.2.1 编制说明

经济评价作为可行性研究的重要内容之一，目的是通过科学的计算、分析和论证、研究建设项目在经济上的可行性。本章经济评价是在技术经济方案比较的基础上，依据国家有关规定测算该工程建成后的财务状况与经济效益，为该项目的最终决策提供可靠的经济依据。

（1）《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）

- （2）《给排水建设项目经济评价细则》
- （3）《市政公用工程建设项目经济评价方法与参数》
- （4）《关于调整增值税税率的通知》（财税〔2018〕32 号）；
- （5）《企业会计准则解释第 2 号》（财会〔2008〕11 号）；
- （6）《中华人民共和国企业所得税法》；
- （7）国家现行的财税制度和相关行业标准。

为了分析各种不确定因素对项目经济评价的影响，还将对财务评价指标进行盈亏平衡分析。

9.2.2 财务评价基础数据

（1）生产规模

至 2035 年，济阳区再生水供水量预计可达 2343.3 万 m^3 ，工业用水需水量为 406.76 万 m^3 ，城市杂用水需水量为 294.84 万 m^3 ，生态补水需水量为 1102.63 万 m^3 ，农田灌溉需水量为 539.07 万 m^3 ，需水量共计 2343.3 万 m^3 ，能够达到供需平衡。

（2）固定资产净残值率

固定资产净残值率 5%。

（3）项目计算期

本项目经济计算期 30 年，包括建设期 1 年，运营期 29 年（达产期 10 年，生产负荷率为 35%、45%、55%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%）。

（4）流动资金估算

流动资金按详细估算法进行计算，为 95.17 万元，其中 30%为铺底流动资金（28.55 万元）由地方自筹，计算期末收回。

9.2.3 成本计算

（1）外购动力费

年耗电量 35 万度，0.7 元/度。达产后，正常年年外购动力费 24.5 万元。

（2）工资及福利费

职工薪酬包括职工工资、奖金、津贴和补贴、职工福利费，本项目新增设计定员 2 人，每年职工薪酬 55000 元/人，职工福利费可简化按职工工资的 12% 计算，社会保障费可按职工工资的 18% 估算，住房公积金可按职工工资的 6% 估算，正常年人员费用 15.75 万元。

（3）修理费

修理费是指为保持固定资产的正常运转和使用，充分发挥使用效能，对其进行必要修理所发生的费用，本项目固定资产修理费按 1% 计取，正常年每年修理费 424 万元。

（4）折旧费

本项目综合折旧费采用平均年限法，房屋及建筑物平均折旧年限 30 年，机器设备平均折旧年限 20 年，经计算，年平均折旧费 1412.96 万元。

（5）摊销费

本项目形成无形资产 3500 万元，摊销年限 10 年，年平均摊销费 350 万元。

（6）其它费用

其他费用包括其他制造费用、其他管理费用和其他营业费用，指由制造费用、管理费用、营业费用中分别扣除工资及福利费、摊销费、修理费以后的其余部分，一般按上述成本费用之和的 8% 计取，正常年的其它费用为 112.34 万元。

（7）财务费用

本项目贷款金额为总投资的 80%，宽限期 1 年，还款期 29 年，利率 3.6%，每年等额还本利，平均每年财务费用为 1602.12 万元。

综上，本项目每年经营成本 574.02 万元，总成本费用 3709.78 万元，单位经营成本 0.27 元/吨，单位总成本 1.77 元/吨，具体成本分析见总成本费用估算表。

9.2.4 收入预测

至 2035 年，济阳区再生水供水量预计可达 2343.3 万 m^3 ，工业用水需水量为 406.76 万 m^3 ，城市杂用水需水量为 294.84 万 m^3 ，生态补水需水量为 1102.63 万 m^3 ，农田灌溉需水量为 539.07 万 m^3 ，需水量共计 2343.3 万 m^3 ，能够达到供需平衡。

（1）工业用水

工业用水量 406.76 万 m³，目前济阳区无再生水政府指导价，根据周边县市调研情况，暂定再生水工业水价 0.65 元/m³，达产后，年营业收入 264.39 万元

（2）绿化、城市杂用水

根据济南市济阳区物价局文件（济阳价格字【2018】21 号）关于调整城镇管网供水价格的通知，城区非居民用水基本水价为 3.2 元/m³（含税），绿化、城市杂用水用水量 294.84 万 m³，达产后，年营业收入 943.49 万元。

（3）农田灌溉用水

农田灌溉用水量 539.07 万 m³，按照济南农业水价 0.18 元/m³，每年产出 97.03 万元。

9.2.5 税金及附加

根据国家相关部门规定，本项目应依法缴纳增值税、城市维护建设税、地方教育费、所得税。

（1）增值税

根据现行税法规定，污水处理适用增值税税率为 6%。

（2）城市维护建设税

城市维护建设税实行地区差别比例税率，以缴纳的增值税的税额为依据征收。本项目城市维护建设税按增值税的 7%计取。

（3）教育费附加

本项目教育费附加按增值税的 3%计取。

（4）地方教育费附加

本项目地方教育费附加按增值税的 2%计取。

（5）所得税

按照国家规定，所得税税率为 25%，对于污水处理行业，可执行“三免三减半”税收政策，即从取得经营收入的第一年至第三年可免交企业所得税，第四年至第六年减半征收。

9.2.6 运营资金及利润预测

财务盈利能力分析是在编制现金流量表的基础上，通过计算各种评价指标来反映项目的年盈利能力，计算财务指标如下表：

表 7.7-1 财务盈利能力分析

序号	指标名称	指标数值	基准数值
	税前：		
1	年均营业收入	2727.32	> 5%
2	年均总成本费用	3710.09 万元	> 0
3	年均息税前利润	474.6	< 28 年
4	投资回收期	27.61	

经测算，年均收入 2727.32 万元，年均总成本费用 3710.09 万元，年均息税前利润 474.6 万元，投资回收期 27.61 年。

9.2.7 经济评价结论

由于本工程属于公益性质的工程，由于工程的特殊性，即本身不是直接生产实物产品，而是为社会提供服务的，是为受益地区发展经济和改善人民生活创造条件的，其效益渗透在社会经济、地区环境、促进当地经济发展和人民生活的诸多方面，必须从宏观上对各个方面进行综合分析。

工程建成后，为当地经济的可持续发展奠定坚实基础，具有很好的社会效益和生态效益，且建设条件良好，在财务盈利能力及财务生存能力上合理，因此实施该工程是必要而且可行的，建议尽早实施。

10 保障措施

10.1 制度保障

为合理利用水资源，济阳区应制定相关政策，鼓励再生水的利用。制（修）订相关法规、标准与规范性文件，明确区域用水总量控制目标中再生水等非常规水源最低利用量目标。规划或建设项目水资源论证时，充分论证再生水利用的可行性和合理性，提出再生水利用配置方案。建设项目具备使用再生水条件但未充分利用的，不得批准新增取水许可。核定下达年度用水计划时，对具备利用条件的用水户，明确再生水最低利用量指标；对按计划应当使用而未使用或使用量未达到要求的用水户，核减其下一年度的常规水源计划用水指标。将再生水纳入城市供水体系。加大再生水利用率在节水相关考核中的指标权重。完善再生水水量与水质的调查监测统计体系，加强数据审核与运用。严格执行现行不同用途再生水水质国家标准，强化再生水生产、输配、利用全过程水质达标监测预警与应急处置，制定突发事件应急预案，确保再生水安全利用。

10.2 组织保障

加强组织领导，建立组织管理体系，有关部门应按照职责分工，统筹研究再生水建设及发展重要问题，加强政策协调、工作衔接，强化对济阳区再生水的业务指导，确保再生水建设工作取得实效。区政府应作为试点工作责任主体，切实加强组织领导，落实再生水建设实施方案的项目建设安排及运行维护要求，推动水资源统筹配置、环境监督管理管理、激励政策指定等工作。

10.3 资金保障

建立健全促进再生水利用的管理体制和激励机制，制定出台相关财税、投融资、价格等政策。建立多元化的资金投入保障机制，发挥政府专项债券对符合条件再生水项目的支持作用。支持符合条件企业采用绿色债券、资产证券化

等手段，依法合规拓宽融资渠道。探索开展再生水项目收益权、特许经营权等质押融资担保。健全价格机制，放开再生水政府定价，由再生水供应企业和用户按照优质优价的原则自主协商定价。对于提供公共生态环境服务功能的河湖湿地生态补水、景观环境用水使用再生水的，鼓励采用政府购买服务的方式推动污水资源化利用。

充分发挥市场作用，积极探索绿水青山转化为金山银山的路径，结合生态环境导向的开发模式（EOD 模式），加大地方财政资金投入力度，通过关联产业促进工程项目的投资和收益可持续吸引社会资本参与再生水项目建设。

10.4 科技保障

以技术实力强、基础条件好的科研机构、高等院校或企业为依托，强化科技支撑。再生水循环利用系统的规划建设和运行管理，涉及到再生水循环利用系统规划、人工湿地植物选育和养护管理、再生水调蓄水体富营养化控制、长期运行中无机盐和有毒有害有机污染物累积控制等前沿技术难题。解决这些技术难题，需要依靠密切的产学研用合作，在规划建设、运行管理、长期生态环境效应跟踪等方面充分发挥科技创新的支撑作用，特别要重视以下两个方面的工作：

一是建立全链条、系统化的标准规范体系。在深入研究、科学论证的基础上，搭建涵盖污水源头管理、水质目标管理、水质评价和设施运行维护等各个环节的标准规范体系，形成工业污水纳入区域再生水循环利用体系的负面清单，严格控制工业污水排入城镇污水管网；制定再生水利用的效益评价标准和生态环境风险管控指南，确保再生水循环利用安全。

二是构建全方位、体系化的科技支撑格局。发展区域再生水循环利用系统规划理论、技术和方法，建立区域再生水循环利用系统构建和长效运维技术体系，依托试点示范，稳步推广应用。研究符合再生水特点的水质指标体系、评价方法和水质标准确定方法，开展再生水利用生态安全长期跟踪、监测评价研究。

10.5 运营维护保障

严格监督管理，可通过委托专业化的第三方机构运营区域再生水循环利用相关设施，建立健全人工湿地水质净化工程、再生水调蓄库塘等设施的长效运营机制，制定完善运行管理规范，确保再生水水质稳定满足回用要求。明确监管要求和责任主体，依法依规查处工业企业和污水处理厂超标排放、未按规定开展水质监测、应急处理处置不当等行为。落实最严格的水资源管理制度，建立健全水资源刚性约束指标体系，加强取用水行为管理，严格落实地下水超采治理相关规定，加大对违法违规取用地下水的惩治力度。禁止以河流、湿地、湖泊治理及再生水调蓄库塘建设为名，违规挖田造湖、挖湖造景。

鼓励公众参与，组织开展形式多样的宣传活动，通过传统新闻媒体及新媒体等多种途径宣传普及再生水循环利用的生态文化，提高企业、公众对再生水利用的认知度和认可度。鼓励和推动再生水循环利用设施向公众开放，推进再生水水质信息及时完整公开，保障公众环境知情权、参与权、监督权。

11 实施预期效果分析

11.1 规划预期效果分析

基于再生水利用配置方案，近期再生水利用量达到 2.28 万 m^3/d ，回用率约为 51%，至 2030 年，再生水回用量为 3.73 万 m^3/d ，再生水利用率约可达到 55%。远期污水处理规模为 12 万 m^3/d ，再生水利用率可达 8 万 m^3/d ，回用率约为 60%。

11.2 可实施性分析

《济南市济阳区再生水利用专项规划》（以下简称《规划》）的编制基于《济南市济阳区国土空间规划（2020-2035 年）》、《济阳县城市排水排污专项规划（2017-2035 年）》、《济阳县城区给水专项规划（2017-2030 年）》等上位规划，符合济阳区发展实际，能够满足《济南市再生水利用工作意见》，此外，在技术方面，目前的水处理技术可以将污水处理到人们所需要的水质标准，技术完全可行，具有较强可实施性。

济阳区多年人均可利用水资源量不到全国人均可利用量的 1/4，属于严重缺水地区，《规划》的编制有助于缓解济阳区水资源的供需矛盾问题，有利于社会稳定，资源利用及环境保护，具备较好的社会和环境可行性。

11.3 社会效益

水是城市发展的基础性资源和战略性经济资源，随着城市化进程和经济的发展，以及日趋严重的环境污染，水资源日趋紧张，成为制约城市发展的瓶颈。

《规划》的编制有助于推进济阳区污水的再生利用，提高济阳区水资源利用效率，拓宽再生水利用领域，合理配套再生水处理设施及规模，有效缓解城市供需压力，提高城市应对枯旱等突发事件的能力，帮助济阳区建设节水型城市。

11.4 经济效益

再生水水量大，水质稳定，受季节和气候影响小，与开发其他水资源，如远距离引水、海水淡化等方式相比，利用成本小，随着城市自来水价格的提高，再生水运行成本的进一步降低，以及回用水量的增大，经济效益将会越来越突出。例如，工业企业每年用水量 406.76 万 m^3 ，相比于自来水可节省 2.55 元/ m^3 ，每年节省费用 404.21 万元。有助于济阳区各企业降本增效，促进济阳区的经济发展。

11.5 生态效益

再生水回用有助于推进污水的深度处理，同时体现了人们对水资源的利用从控制水、开发水、利用水转变为以水质再生为核心的“水的循环再用”和“水生态的修复和恢复”，是体现人类与自然协调发展，践行习近平生态文明思想、落实党的二十大精神的重要实践的重要举措。

12 附图（王伟）

附图 1 济阳区再生水管网及设施现状图

附图 2 济阳区再生水利用现状图

附图 3 济阳区城区水系现状图

附图 4 济阳区再生水规划总体布局图

附图 5 济阳区再生水管网规划布置图

附图 6 济阳区再生水生态补水利用规划图