

济南市济阳区 再生水利用专项规划

2025 年 12 月

目录

1 规划总论	4
1.1 再生水定义及统计原则	4
1.2 规划背景	4
1.3 规划目标	20
1.4 规划范围与年限	20
1.5 规划依据	21
1.6 指导思想和原则	24
2 城市概况	27
2.1 区域概况	27
2.2 自然条件	29
2.3 气候条件	31
2.4 交通条件	31
2.5 历史文化	32
2.6 社会经济概况	33
2.7 城市相关规划分析	35
3 再生水利用调查与评价	40
3.1 水资源利用现状情况分析	40
3.2 再生水利用现状情况分析	44
3.3 再生水现状问题	55
3.4 再生水利用可行性分析	57
4 再生水需求分析	60
4.1 再生水利用领域	60
4.2 再生水需求调查	61
4.3 再生水需水量预测	86
5 再生水可利用量预测	87
5.1 再生水现状及可供水量	87
5.2 再生水可供水量预测	87

6 再生水利用配置.....	93
6.1 再生水配置原则.....	93
6.2 再生水配置方案.....	95
6.3 再生水供需平衡分析.....	104
7 再生水水质保障方案.....	108
7.1 水质现状分析.....	108
7.2 水质保障目标.....	109
7.3 水质保障技术方案.....	111
8 再生水利用工程布局.....	115
8.1 总体布局.....	115
8.2 建设任务安排.....	118
8.3 污水厂再生水综合利用改造.....	119
8.4 再生水输配水管网工程.....	121
8.5 再生水泵站扩容工程.....	131
8.6 再生水智慧化信息平台建设.....	133
9 投资估算及经济分析.....	137
9.1 建设投资.....	137
9.2 经济分析.....	140
9.3 债务清偿能力分析.....	144
9.4 财务可持续性分析.....	144
10 绩效考核与保障措施.....	145
10.1 绩效考核机制.....	145
10.2 制度保障.....	147
10.3 组织保障.....	148
10.4 资金保障.....	148
10.5 科技保障.....	149
10.6 运营维护保障.....	149
11 实施预期效果分析.....	151

11.1 生态效益.....	151
11.2 社会效益.....	151
11.3 经济效益.....	152
11.4 可实施性分析.....	152
11.5 规划预期效果分析.....	153
12 附图.....	154
13 专家意见及回复.....	162

1 规划总论

1.1 再生水定义及统计原则

依据《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）以及《山东省水利厅关于开展再生水配置利用规划编制工作的通知》（鲁水节函字〔2024〕17 号）有关要求，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

3、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《再生水水质标准》（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，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。

针对重点领域节水控水，山东省进一步细化年度目标。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%。

济阳区目前处于高质量发展的爬坡过坎期、抢抓“北起”战略实施窗口期、加速壮大加快崛起的关键期。《济南市济阳区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，提出黄河生态赋能示范区、动能转换联动发展区、省会都市功能拓展区、高端幸福产业集聚区发展定位。需要加快构建完善济阳区再生水水网建设，为建设高质量北部中心城区提供安全、稳定、可持续的有力保障。

1.2.1 国家相关法规政策要求

随着经济发展和社会进步，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 6 月 6 日《“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 m^3/d 的主要任务。

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。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 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。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。

2023 年 7 月至 10 月，水利部会同国家发展改革委、住房城乡建设部、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部组织开展了典型地区再生水利用配置试点中期评估，依据水利部办公厅印发的中期评估工作方案与技术大纲，经试点城市自评估、部委联合工作组现场评估和技术专家组复核，形成试点中期评估结论，确定济南市为合格。

2023 年 6 月 22 日水利部会同国家发展改革委《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）总体目标要求：到 2025 年，地级及以上缺水城市再生水利用率达到 25%以上，黄河流域中下游力争达到 30%，非常规水源配置利用能力持续增强，形成先进适用成熟的再生水配置利用模式，全社会对非常规水源接受程度明显提高。到 2035 年，建立起完善的非常规水源利用政策体系和市场机制，非常规水源经济、高效、系统、安全利用的局面基本形成。

2024 年 2 月 6 日，水利部办公厅发布了《2024 年水利系统节约用水工作要点》的通知。该通知要求强化非常规水配置管理和利用，积极协调有关部门联合开展重点城市再生水利用行动，组织典型地区再生水利用配置试点城市开展学习观摩活动，协同有关部门健全开发利用标准体系及工程设施，积极开展技术攻关和国际合作，全面提升非常规水利用水平。要求各流域管理机构和省级水行政主管部门要深入落实《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》，指导典型地区再生水利用配置试点城市高质量推进试点建设，完善再生水定价机制，培育再生水交易市场，着力扩大非常规水利用领域和规模。

2024 年 3 月，国家发展改革委、住房城乡建设部、水利部联合印发《推进重点城市再生水利用三年行动实施方案》（以下简称《实施方案》）。《实施方案》明确了工作目标，以缺水地区、水环境敏感地区、水生态脆弱地区为重

点，遴选 50 个地级及以上城市，重点推进再生水利用工作。

《实施方案》提出到 2026 年，重点城市在强化再生水配置管理、完善再生水利用设施、拓展再生水利用场景、健全再生水利用机制等方面取得积极成效，探索形成一批示范效果好、带动作用强、持续可推广的经验和做法。再生水利用率目前低于 30%的城市，在现有基础上提升 20 个百分点；再生水利用率目前高于 30%的城市，在现有基础上提升 10 个百分点。

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%。

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。

2024 年 5 月 30 日，省水利厅会同省发展改革委、省住房城乡建设厅、省生态环境厅、省工业和信息化厅、省科技厅、省农业农村厅、省商务厅等 8 部门制定印发了《关于加强再生水配置利用工作的意见》（鲁水节字〔2024〕1 号，以下简称《意见》），该意见明确目标要求：到 2025 年，全省再生水配置利用能力和规模持续提高，全省城市再生水利用率达到 55% 以上，形成先进适用成熟的再生水配置利用模式，全社会对再生水接受程度明显提高。到 2030 年，全省城市再生水利用率进一步提高，建立起完善的再生水利用政策体系和市场机制，再生水经济、高效、系统、安全利用的局面基本形成。

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，加快建设新时代中国特色社会主义强省会。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；要求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。

2024 年 1 月 31 日，济南市人民政府发布《关于加强济南市再生水利用工作的意见》，该意见旨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、经济效益，为建设“强新优富美高”新时代社会主义现代化强省会奠定坚实基础。总体目标要求到 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，意见明确了各环节责任部门。

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，区委主要负责同志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。区委主要负责同志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。

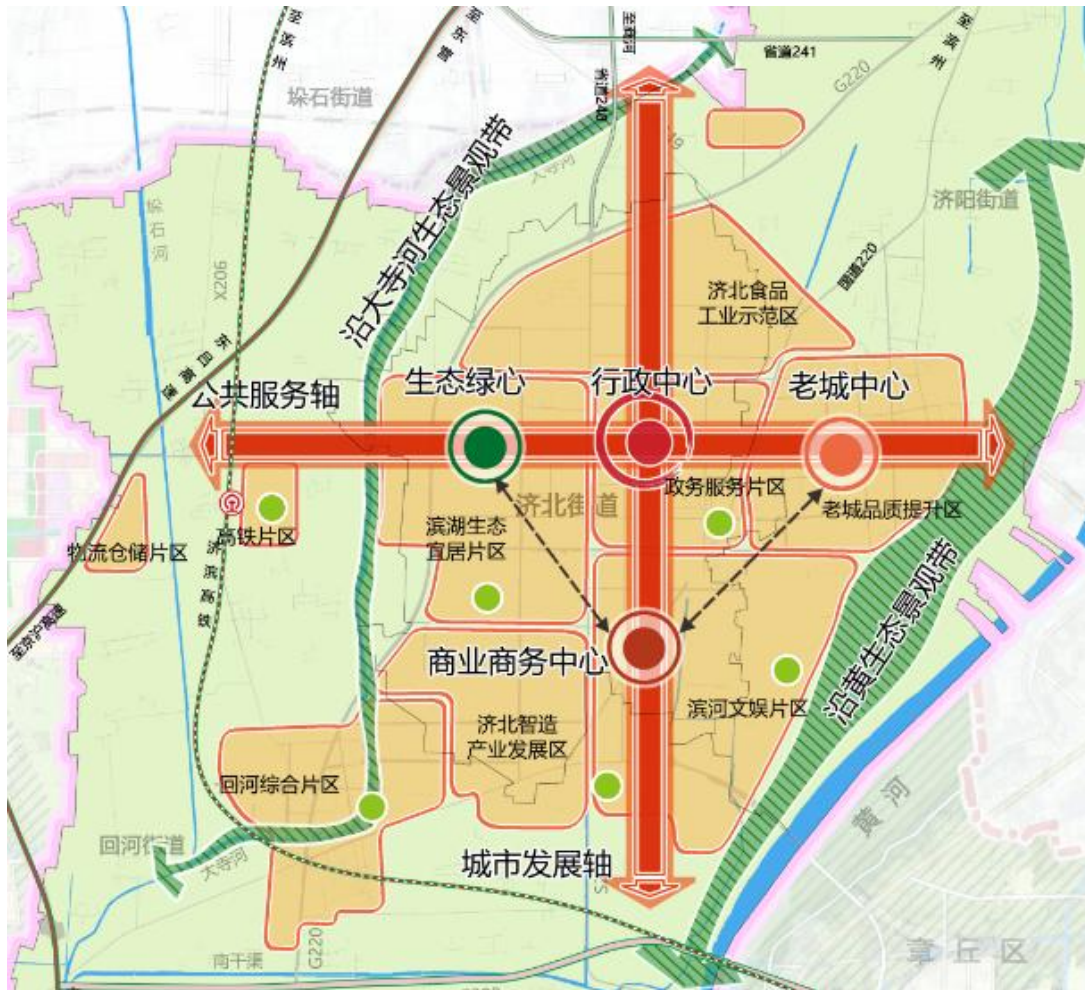


图 1.2-1 济阳区中心城区发展规划示意图

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 省内外再生水利用经典案例

1.2.4.1 淄博市再生水利用

淄博市作为全国严重缺水城市之一，人均水资源量仅约为全国平均水平的

七分之一，在水资源时空分布不均且常规水源开发空间有限的背景下，再生水利用对于这座城市的可持续发展至关重要。其再生水利用的发展历程是一个不断探索、进步的过程。

早期，淄博市的工业化、城镇化快速推进，虽然经济得到了发展，但也带来了严重的水污染问题。像孝妇河、猪龙河、乌河等主要河流都受到了高强度污染，马踏湖作为鲁中地区重要的多功能湖泊湿地系统，因入湖河流污染被截流改道，失去稳定水源补给，加之围湖造田，湖区面积大幅萎缩，生态功能几乎丧失殆尽。这一系列严峻的生态问题，让淄博市意识到水资源保护和循环利用的紧迫性，也成为推动再生水利用发展的重要契机。

2008 年是淄博市再生水利用发展历程中的一个重要节点。当地立足北方缺水地域特点，坚定不移地落实“治保用”流域治污策略。在“用”的方面，开始将再生水、雨水、矿坑水等纳入水资源统一配置，构建企业和区域再生水循环利用体系。例如，通过技术研发，加强企业的资源节约和循环利用，带动企业走可持续发展的新型工业化之路；打造“三横五纵二湖六湿地”生态水系，通过河湖联通实现区域再生水循环利用，将生产生活污水处理达标后，再经过人工湿地生态净化用于马踏湖、红莲湖等补源，累计补水近 7000 万立方米。并且在 2017 年出台再生水利用支持政策，明确规定使用再生水免缴水资源费，2018 年修订《淄博市节约用水办法》，大力建设再生水设施，从政策层面推动再生水利用的发展。

此后，淄博市在再生水利用方面持续发力。2015 年，淄博市委、市政府投资 73 亿元实施孝妇河全流域综合治理，期间利民净化水有限公司投资建设了产水能力 2 万吨/天的再生水回用工程，其出水水质优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准，处理后的水一部分作为张相湖湿地公园生态补水，另一部分用于热电企业用水补充以及纺织行业的生产工序。这一举措不仅改善了孝妇河流域的生态环境，也为再生水在工业生产和生态补水方面的应用提供了实践经验。

2022 - 2023 年，淄博市在雨污合流管网改造和城市生活污水处理厂提标改造方面取得显著进展。2022 年全市改造雨污合流管网 241.55 公里，高青县完成

清零；2023 年底全市雨污合流管网基本清零。同时，完成了光大水务一分厂等 11 座城市生活污水处理厂提标改造工作，为再生水的生产提供了更好的基础条件。

2023 年，淄博市编制并发布了首部再生水利用专项规划——《淄博市再生水利用专项规划（2023-2035 年）》。该规划明确了再生水配置利用目标，到 2030 年，城市再生水利用率力争达到 58%以上，工业生产、城镇杂用再生水利用水平显著提升，成熟适用的再生水配置利用模式基本形成；到 2035 年，城市再生水利用率进一步提高，达到省定目标要求，工业生产再生水利用达到省内先进水平，再生水利用政策体系和市场机制更加完善，再生水经济、高效、系统、安全利用的局面基本形成。按照“突出重点、统筹规划、保障生态、就近利用，供需平衡、经济高效”的原则，聚焦保障河湖生态环境再生水利用，挖掘工业生产再生水利用潜力，推动城镇杂用再生水利用，聚力打造“分质供水、梯级利用”的再生水配置利用格局。近期再生水配置量达到 66.85 万立方米/天，工程投资估算 17.59 亿元；远期再生水配置量达到 86.36 万立方米/天，工程投资估算累计达 28.15 亿元。

淄博市再生水利用从意识到水资源问题的紧迫性，到逐步探索实践，再到如今制定专项规划明确发展目标和方向，一路走来，在政策支持、工程建设、技术应用等多方面不断完善，未来也将朝着更加科学、高效、系统的方向持续发展，助力城市实现水资源的可持续利用和生态环境的保护。

1.2.4.2 临沂市再生水利用的发展之路

临沂市水资源人均占有量仅为全国平均水平的四分之一，属于极度缺水地区。严峻的水资源形势，促使临沂市早早开启了再生水利用的探索与实践，其发展历程可大致分为以下几个关键阶段。

（1）早期探索与基础构建阶段

自“十二五”起，临沂市就意识到再生水利用对于解决水资源短缺和改善水生态环境的重要性，在重点排污口下游、支流入干流处等关键节点，开展了“千亩湿地”工程。在全市 14 个县区布局了 23 个人工湿地水质净化工程，逐步构建起“污水处理厂—湿地—河湖”的人工湿地生态净化网络。这一网络的

形成，为后续再生水利用奠定了坚实基础，不仅有效提高了水体自净能力，维护了生态系统结构，还对改善水生态状况发挥了重要作用。比如，沂水县以第二污水处理厂出水为水源建造沂水国家湿地公园，成功将污水处理厂尾水水质提升到地表水Ⅳ类，保障了枯水期沂河的水生态，同时为众多生物提供了良好的栖息地。

（2）体系完善与规模拓展阶段

随着前期工程的推进，临沂市不断完善区域再生水循环利用体系。一方面，加大污水处理厂建设与提标改造力度，确保污水得到有效处理；另一方面，持续扩大人工湿地规模，提升其净化能力。通过一系列措施，将更多污水处理厂和人工湿地纳入区域再生水循环利用体系。到目前，已将 24 座污水处理厂和 3 万公顷人工湿地纳入其中，每年再生水利用量达 3000 万吨，水生态系统恢复效果显著。在兰陵国家农业公园，农技人员利用人工湿地净化后的再生水进行农田喷灌，1 万亩高标准农田每年可代替地下水资源 270 万立方。公园还将再生水应用拓展到旅游观光用水项目、道路清洗、树木绿化等领域，满足了园区 70% 以上的用水量。

（3）试点突破与全面发展阶段

2022 年，临沂市迎来再生水利用发展的重大契机，成功入选全国第一批区域再生水循环利用试点城市。这一荣誉既是对前期工作的肯定，也为后续发展带来更多资源与政策支持。为落实试点工作，临沂市积极编制试点实施方案，成立工作领导小组，加强部门协作。今明两年，计划投资 26.05 亿元，实施 20 个区域再生水循环利用试点项目。这些项目实施后，每年预计可节省新鲜水资源 2.7 亿吨，有效改善 24 条河流水环境质量。莒南县以临沂市创建国家区域再生水循环利用试点为契机，投资 4.5 亿元，采用“表流人工湿地+输送管网”工艺，实施再生水循环利用项目。项目建成后，年可实现再生水利用量 5100 万立方米，预计年削减 COD 排放量 3942 吨，能有效解决水环境污染、水资源短缺问题，提升河湖水质。此外，临沂市还将污水处理厂达标再生水供给临港区钢铁产业园，年实现工业回用再生水三千余万吨，创收过亿元，促进了“钢铁新城”的创新发展。

临沂市从早期的摸索实践到如今的全面规划发展，形成了一套具有特色的区域再生水循环利用模式，实现了生态、经济和社会效益的多赢，为其他地区提供了宝贵经验。

其配置思路可概述为以下四点：

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。

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。

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。

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。

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。

1.2.4.3 临近省外再生水利用

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 m³/d。

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，有助于实现济南市城区的节水目标，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。

1.2.6 济阳区加强再生水利用的政策符合性

在水资源形势日趋严峻的当下，再生水利用成为破解水资源困局、实现可持续发展的关键举措。济阳区加强再生水规划，高度契合国家、省、市各级政策导向，从多个维度响应政策号召，为区域水资源合理利用与生态保护筑牢根基。

国家层面，多部政策法规为济阳区再生水规划提供顶层指引。《中华人民共和国水法》明确提出鼓励使用再生水，提高污水再生利用率，为再生水利用奠定合法性基础。《中华人民共和国黄河保护法》要求黄河流域县级以上地方人民政府将再生水等非常规水纳入水资源统一配置，且景观绿化、工业生产等优先使用再生水。《“十四五”节水型社会建设规划》指出，缺水地区要推进再生水优先用于工业生产、市政杂用、生态用水，到 2025 年，全国地级及以上缺水城市再生水利用率超过 25%。济阳区作为黄河流域下游典型缺水地区，加强再生水规划是对这些国家级政策的有力落实，能有效缓解水资源紧缺矛盾，契合国家节水优先方针与黄河流域生态保护和高质量发展战略。

山东省紧跟国家步伐，大力推动再生水利用工作。编制全省再生水利用规划，要求火电等高耗水企业和化工园区按比例配置利用再生水，并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以及省级试点工作。在城镇生活领域，明确到特定时间节点完成一定比例的城市污水处理厂提标改造，提升再生水利用率。济阳区积极加强再生水规划，正是顺应山东省政策趋势，通过合理布局再生水设施、完善管网建设等措施，提升区域再生水利用水平，助力全省再生水利用目标达成，推动省内非常规水开发利用迈上新台阶。

济南市也出台系列政策推动再生水利用。依据上位规划，对全市再生水利用率设定目标，如到 2025 年，全市再生水利用率达到 50%以上；到 2035 年，进一步提升相关输配能力。济阳区作为济南市重要组成部分，其再生水规划与济南市整体规划紧密衔接，有助于实现全市节水目标，优化全市水资源配置格局。通过在区内建设再生水管网、泵站等基础设施，为济南市再生水利用体系添砖加瓦，促进全市再生水在工业、市政、生态等多领域广泛应用，提升城市水资源循环利用效率。

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《关于加强济南市再生水利用工作的意见》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 2030 年，规划区完成近期工程建设，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；

（1）到 2035 年，规划区完成远期工程建设，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

济南市济阳区城镇开发边界范围内 67.92km²。

（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

规划基准年 2024 年，

规划期限： 2025 年~2035 年；近期规划至 2030 年，远期规划至 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》，2024 年 5 月 31；
- （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）《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）
- （13）《2024 年水利系统节约用水工作要点》，2024 年 02 月 06 日
- （14）国家发展改革委、住房城乡建设部、水利部联合印发《推进重点城市再生水利用三年行动实施方案》，2024 年 5 月 30 日
- （15）《山东省“十四五”水利发展规划》，2021 年 9 月；
- （16）《全面推进水资源节约集约利用实施方案》，2022 年 5 月；
- （17）《山东省发展改革委等 8 部门关于印发〈全面推进水资源节约集约利用实施方案〉的通知》（鲁发改环资〔2022〕446 号）；
- （18）《山东省建设规划水资源论证实施细则》，2023 年 9 月；
- （19）《山东省水利厅关于印发全面加强水资源节约高效利用的实施意见的通知》（鲁水节字〔2023〕2 号）；
- （20）山东省水利厅会同省发展改革委、省住房城乡建设厅、省生态环境厅、省工业和信息化厅、省科技厅、省农业农村厅、省商务厅等 8 部门制定印发了《关于加强再生水配置利用工作的意见》（鲁水节字〔2024〕1 号），2024 年 5 月 29 日；
- （21）《山东省水利厅关于开展再生水配置利用规划编制工作的通知》（鲁水节函字〔2024〕17 号）

（22）《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 日；

（23）《关于加强济南市再生水利用工作的意见》，2024 年 1 月 31 日。

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）《循环冷却水用再生水水质标准》（HG/T3923-2007）；
- （11）《水回用导则再生水分级》（GB/T41018-2021）；
- （12）《水回用导则再生水厂水质管理》（GB/T41016-2021）；
- （13）《水回用导则污水再生处理技术与工艺评价方法》（GB/T41017-2021）；
- （14）《山东省重点工业产品用水定额》（DB37/T1639.4~9-2019）；
- （15）《山东省农村居民生活用水定额》（DB37/T3773-2019）；
- （16）《农业用水定额》（DB37/T 3772-2019）；
- （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）；
- （19）《河湖生态环境需水计算规范》（SL/T712-2021）；
- （20）《城镇再生水利用规划编制指南》（SL760-2018）；
- （21）《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335-2016）。

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）《山东省水资源管理与保护“十四五”规划》

（3）《山东省“十四五”节约用水规划》

（4）《“十四五”山东省城镇污水处理及资源化利用发展规划》

（5）《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；

（6）《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；

（7）《济南节水典范城市建设方案》：该方案于 2022 年 5 月印发实施；

（8）《济南市“十四五”节约用水规划》：该规划于 2022 年 4 月 2 日印发；

（9）《济南市再生水利用专项规划》，该规划于 2022 年 8 月印发；

（10）《济南市国土空间总体规划（2021—2035 年）》；

（11）《济南市济阳区国土空间分区规划（2021-2035 年）》。

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、再生水可供水量与需求分析、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、再生水设施规划建设及规划实施保障以及实施后的预期效果分析等内容。

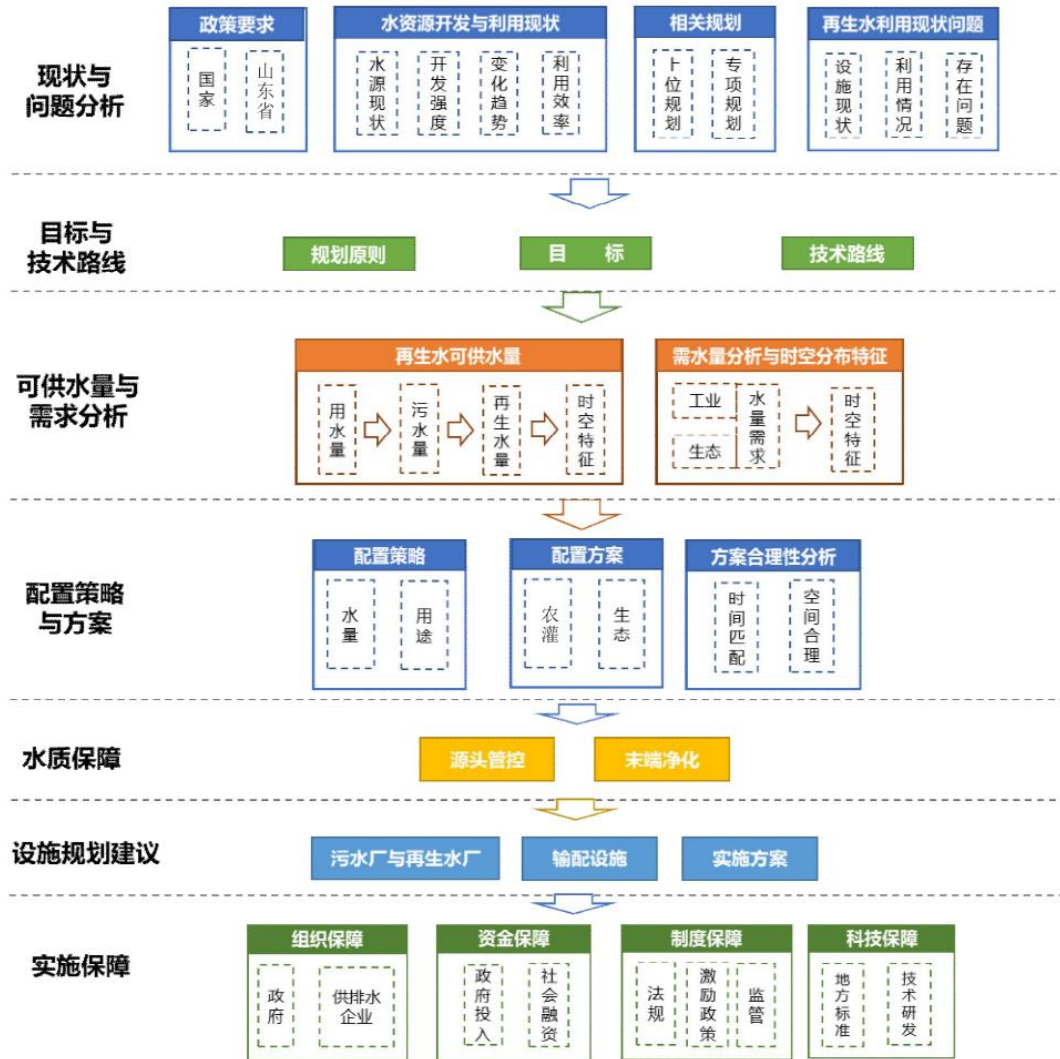


图 1.6-1 规划思路示意图

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 区域概况

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，济阳区下辖济阳、济北、回河、垛石、曲堤、孙耿、崔寨、太平 8 个街道（其中孙耿、崔寨、太平 3 个街道为起步区代管），仁风、新市 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



图 2.1-2 济阳区行政区划图

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 自然条件

2.2.1 水文

济阳区河流分属黄河、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。

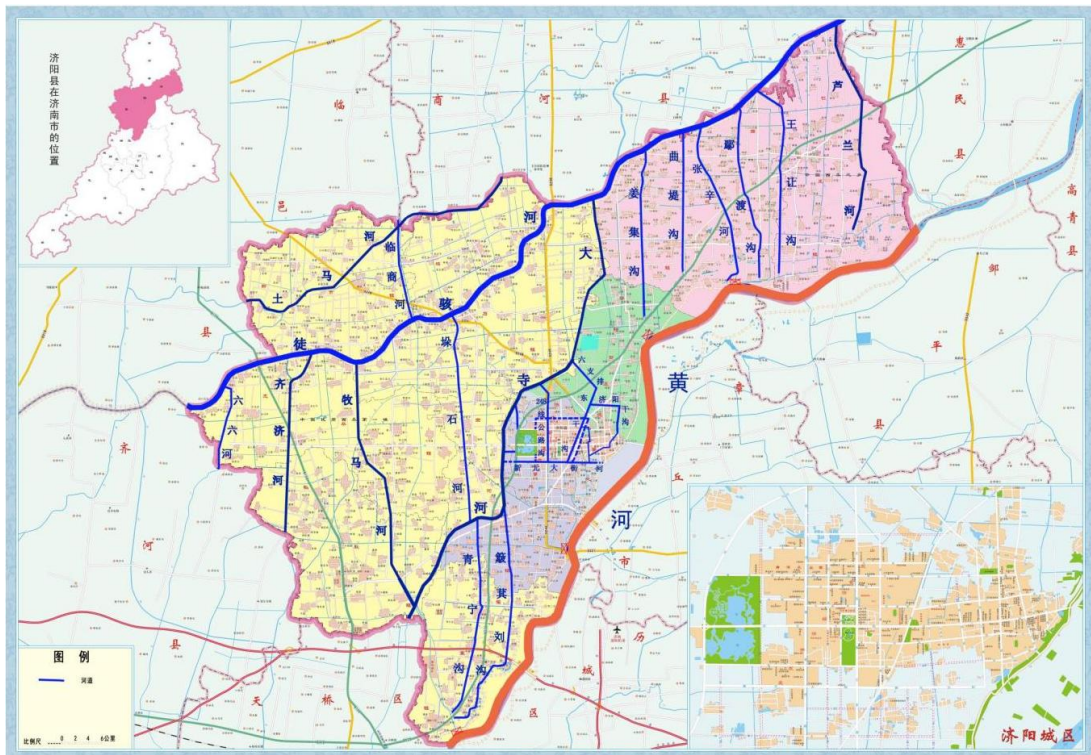


图 2.2-1 济阳区全域水系图

2.2.2 地形地貌

济南市济阳区位于鲁西北平原的南部。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。

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 交通条件

济阳区区位优势，交通条件较为便利，呈现出公路、铁路、航空等多种运输方式协同发展的态势。

（1）公路交通。济阳区境内有青银高速、济东高速、济乐高速、绕城“大北环”4 条高速路，设有 7 个高速出入口，国道 220 线、104 线、308 线穿境而过，省道 240 线、241 线等基础路网骨架健全。济南绕城高速“大北环”于 2024

年通车，使济阳区至济南东站车程缩短至 40 分钟。此外，黄河大道北延项目预计 2026 年年底竣工通车，G308 改线项目 2026 年 11 月建成通车，这些项目将进一步提升济阳区的公路交通通行能力和对外联通能力，有利于再生水相关设备运输和再生水的输送。

（2）铁路交通。济滨高铁正在建设，预计 2026 年 9 月通车，将结束济阳没有铁路的历史，届时由济阳乘坐高铁，向南可快速抵达遥墙机场、济南东客站，向北可至滨州、天津、北京。济南轨道交通济阳线已全面复工建设，争取 2025 年底建成通车，远期规划地铁 3 号线三期将延伸至济阳区，济南地铁 7 号线一期工程也将止于济北站。铁路交通的不断完善，将为再生水利用项目的建设和运营提供更便捷的人员流动和物资运输条件。

（3）航空交通。济阳区毗邻遥墙国际机场，自中心城区至机场平均车程约 15min。遥墙国际机场已开通 186 条航线，覆盖国内外 100 个城市，其中包含北京、上海、广州等再生水技术研发高地，便于专家团队开展短期技术指导，为再生水项目的技术升级提供更便捷的即时响应。

（4）公共交通。济阳区构建了覆盖城区、街道（镇）、村庄的三级物流体系，开通了“客货邮”融合发展线路，有效解决了物流问题，对于再生水利用中的小型设备配送、维护材料运输等具有一定的便利条件。

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：按照再生水利用规划确定的重点项目和建设计划，加快推进污水处理厂（站）提标改造、再生水输配管网及利用设施建设。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 《济阳县城城市地下综合管廊专项规划》（2018~2035 年）

《济阳县城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，规划将给水管道、再生水管道、热力管道（热水介质）、电力缆线及通信缆线纳入综合管廊，确定济阳区应采用干支线混合型综合管廊。

规划在开元大街、新元大街、澄波湖路、正安路、经四路、光明街建设综合管廊，采用双舱或单舱进行布置。

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

（1）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 ，占地表水替代量的 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 ”，本次规划在远期扩建济阳区第二污水处理厂，处理能力提升至 6 万 m^3/d ，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

《山东省水利厅关于明确取水许可有关问题的通知》中再次明确，火力发电再生水使用比例不得低于 50%；一般工业冷却循环再生水使用不得低于 20%；城市绿化、环境卫生、景观生态用水原则上应全部使用再生水。新申请取水的建设项目应严格按照上述规定执行。此前未按照上述规定配置再生水的建设项目，在取水许可证到期前，若已经具备再生水利用条件，应重新提出取水申请，并按规定配置再生水；因无再生水配置管网、再生水水质不符合要求等原因无法配置再生水的，延续时可给予一至两年的取水许可，这个期间作为过渡期，要求在过渡期内积极推进解决有关问题，配置使用再生水。

（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。

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。

污水量：根据《济南市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，预测全域远期污水量为 13.1 万 m^3/d ，中心城区期污水排放量为 10.7 万 m^3/d 。本次规划污水量与国土空间规划保持一致。

2.7.3 横向规划衔接：与各个专项规划的协同性

（1）水网专项规划

《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%。

（2）综合管廊专项规划

《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。本次再生水规划中，对于《济南市综合管廊专项规划》已经确定了建设计划的再生水管道，与其保持一致，并根据再生水利用现状及预测结果进行查缺补漏。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，避免在运维中出现数据孤岛现象。

（3）排水排污专项规划

《济阳县城市排水排污专项规划》（2017-2035 年）提出：规划确定济阳县中心城区 2020 年再生水利用率达到 30%，2030 年再生水利用率达到 50%，实现水资源的平衡与可持续发展。再生水用途主要考虑城区工业企业低质用水、市政杂用水、生活杂用水、河道景观用水等。再生水管道敷设范围内的消防用水也可由再生水提供。

本次规划在再生水利用率方面，结合《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），提高了再生水利用率，并扩大了再生水用途。

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 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。

3.1.2 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 。

3.1.3 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。

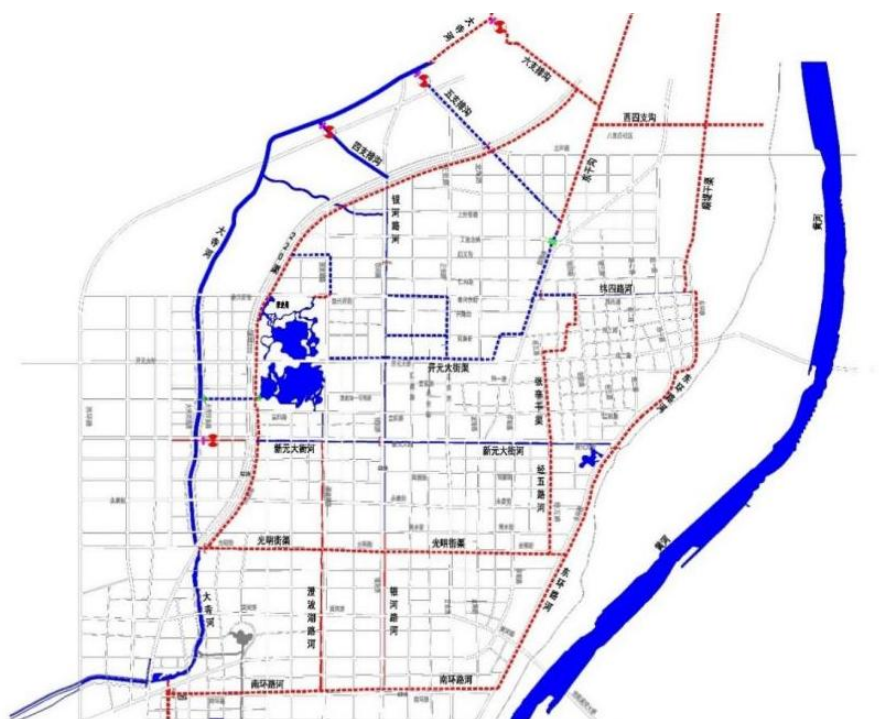


图 3.1-1 济阳中心城区排涝体系

3.1.4 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 m³，多年平均地下水可开采量为 8521 万 m³。

（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 m³，地下水可开采量为 8521 万 m³，重复计算量为 3187 万 m³，水资源可利用总量 10735 万 m³，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。

3.1.5 水资源平衡分析

济阳区水资源情况参考济南市济阳区城乡水务局 2025 年 2 月填报的 2024 年济阳区供水量和取用水量综合表进行分析。

（1）供水量

根据《2024 年济阳区供水量表》可知，济阳区 2024 年地表水源供水量为 16135.89 万 m³，地下水源供水量为 4531.53 万 m³，其他水源主要是再生水，再生水供水量为 910 万 m³。供水量总计为 21577.42m³。济阳区 2024 年供水量情况如下表所示。

表 3.1-1 济阳区 2024 年供水量情况表

项目	单位	水量
一、地表水源供水量		
（一）蓄水	万 m ³	1070.68
（二）引水	万 m ³	0
（三）提水	万 m ³	234.00
（四）跨流域调入水量	万 m ³	14831.21
其中：南水北调水量	万 m ³	0
（五）非工程供水量	万 m ³	0
（六）小计	万 m ³	16135.89

二、地下水源供水量		
（一）浅层水	万 m ³	4531.53
（二）深层承压水	万 m ³	0
（四）小计	万 m ³	4531.53
三、其他水源供水量		
（一）再生水	万 m ³	910.00
（二）雨水利用	万 m ³	0
（三）海水淡化	万 m ³	0
（四）矿坑水利用	万 m ³	0
（五）微咸水	万 m ³	0
（六）其他	万 m ³	
（七）小计	万 m ³	910.00
四、总供水量	万 m ³	21577.42

（2）取用水量

根据《2024 年济阳区取用水综合表》可知，2024 年济阳区取用水项目主要有农业用水、工业用水、生活用水、人工生态环境补水等。其中，农业用水量为 17833.91 万 m³，工业用水量为 1281.57 万 m³，生活用水量为 1580.17 万 m³。人工生态环境补水量为 881.77 万 m³，总计用水量为 21577.42m³。济阳区 2024 年取用水量情况如下表所示。

表 3.1-2 济阳区取用水量情况表

项目	单位	水量
一、农业用水量		
（一）耕地灌溉	万 m ³	16978.33
（二）林地灌溉	万 m ³	61.09
（三）园地灌溉	万 m ³	308.3
（四）牧草地灌溉	万 m ³	0
（五）鱼塘补水	万 m ³	125.25
（六）畜禽用水	万 m ³	360.94
（七）小计	万 m ³	17833.91
其中：取用地下水	万 m ³	4220.61
二、工业用水量	万 m ³	
（一）电力直流冷却水	万 m ³	0
（二）电力非直流冷却水	万 m ³	77.42
（三）非电力用水	万 m ³	1204.15
（四）小计	万 m ³	1281.57
其中：取用地下水	万 m ³	100.8
三、生活用水量	万 m ³	
（一）城镇居民生活	万 m ³	794.05
（二）农村居民生活	万 m ³	204.69
（三）建筑业	万 m ³	200.2
（四）服务业	万 m ³	381.23

（五）小计	万 m ³	1580.17
其中：取用地下水	万 m ³	210.12
四、人工生态环境补水量	万 m ³	
（一）城乡环境	万 m ³	33.53
（二）河湖补水	万 m ³	848.24
（三）小计	万 m ³	881.77
其中：取用地下水	万 m ³	0
五、总用水量	万 m ³	21577.42

（3）水资源平衡分析

济阳区 2024 年供水量为 21577.42m³，取水量为 21577.42m³，供水量等于取水量，因此，济阳区 2024 年水资源量达到平衡。

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 m³。其中当地地表水年均供水量 2162 万 m³，跨流域调水年均供水量 17950 万 m³，地下水年均供水量 8066 万 m³，其他水源年均供水量 468 万 m³，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 m³。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。2021 年，济阳第一污水处理厂长期满负荷甚至超负荷运行，2022 年启动对第一污水处理厂的提标改造，2022 年第一污水处理厂提标改造完成；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 27700m²，设计处理能力为 4 万 m³/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。

2024 年，第一污水处理厂提标改造已完成，设计规模提升至 6 万 m³/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、NH₃-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 m³/d，规划分两期实施，一期建设规模为 3 万 m³/d，其中土建规模为 6 万 m³/d，设备安装规模为 3 万 m³/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}、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 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 m^3/d ，水泵两用一备，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 m^3/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。

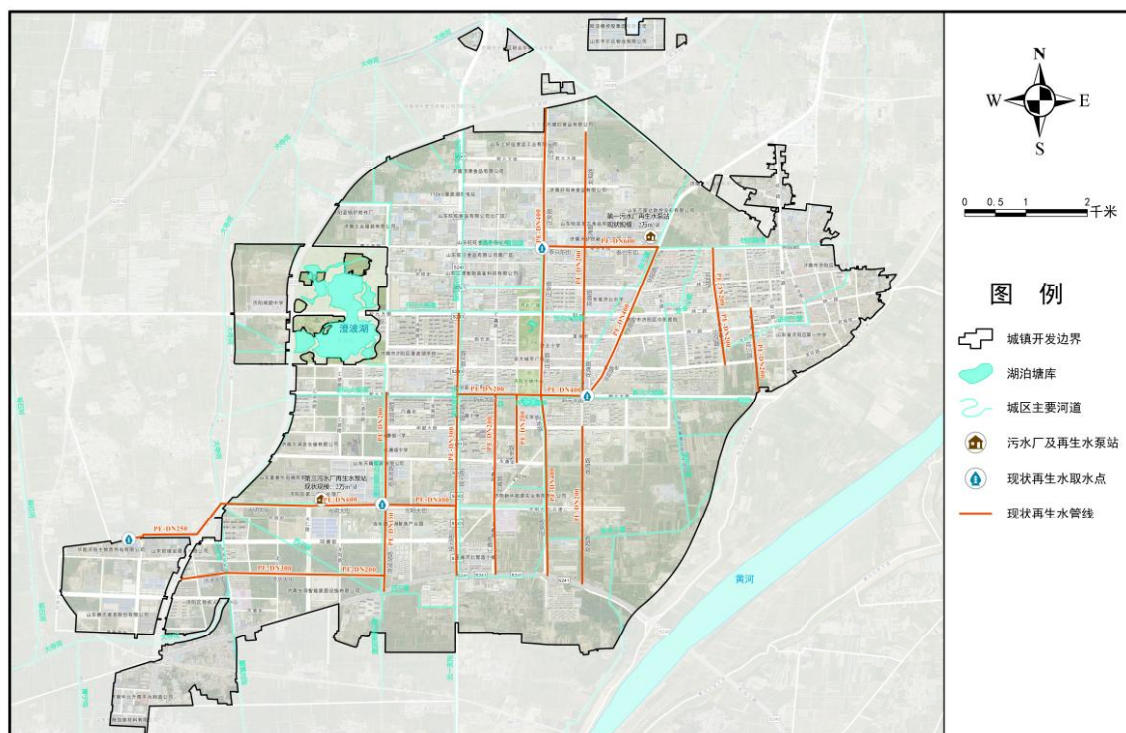


图 3.2-5 济阳区现状再生水管线示意图

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。

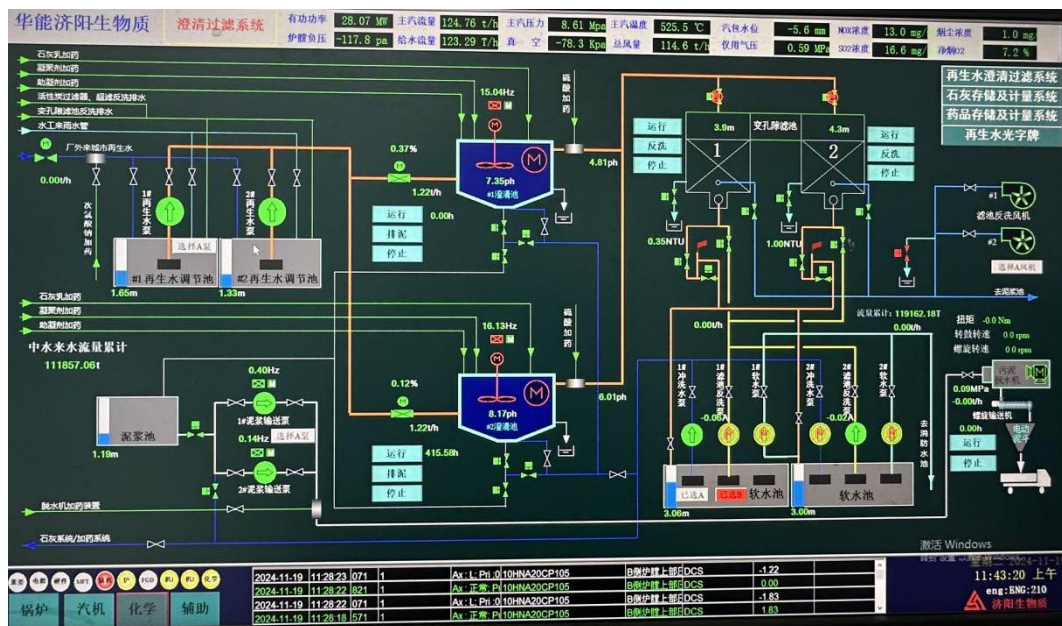


图 3.2-6 华能济阳生物质厂澄清过滤系统工艺图

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



再生水管道



再生水泵

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 37 万 m^3 ，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 $70\text{m}^3/\text{d}$ ，非供热季再生水用量约为 $5000\text{m}^3/\text{d}$ ，截至 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（ m^3 ）

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 37 万 m^3 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 m^3 ，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：

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。

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。

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/ m^3 ，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/ m^3 。根据现场调研，再生水水价控制在 0.6 元/ m^3 时，企业经济效益较好，若达到 1 元/ m^3 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。

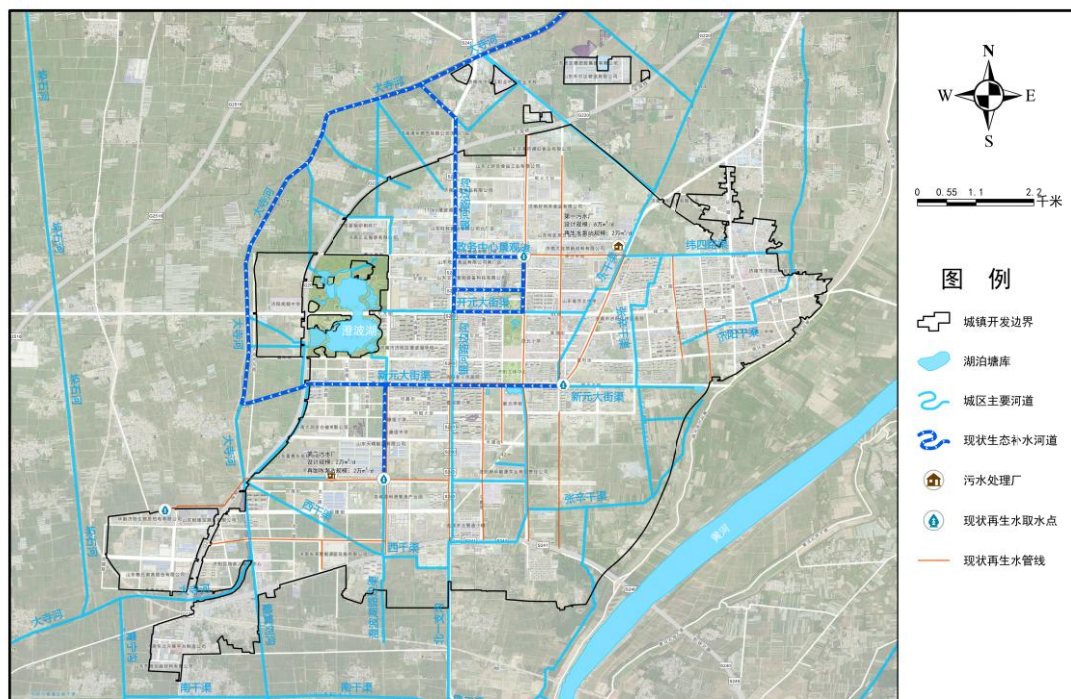


图 3.2-8 济阳区城区水系生态补水现状图

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。

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路，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，在生态补水水量方面，总水量不足，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，2030-2035 年将逐步使用中水替代改善城市水生态。



第一污水厂出水口流至东干渠



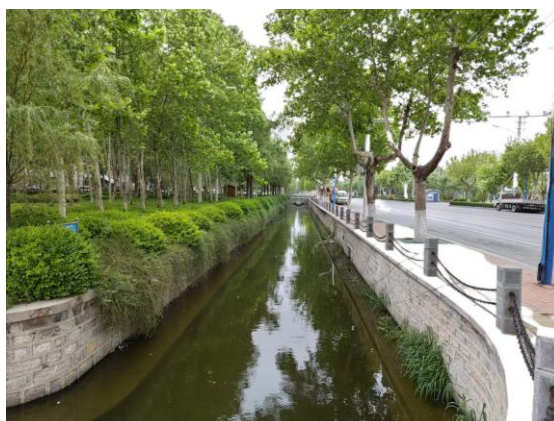
第一污水厂再生水提升泵站现场图



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 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 。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，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。

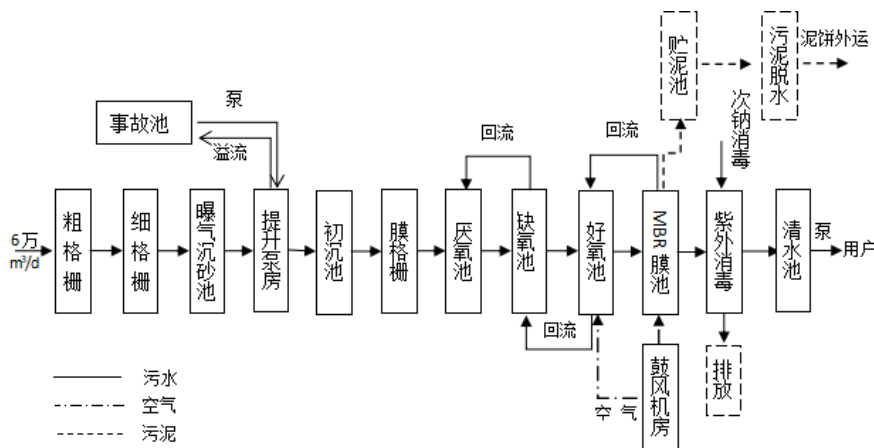


图 3.4-1 济阳区第一污水处理厂工艺流程图

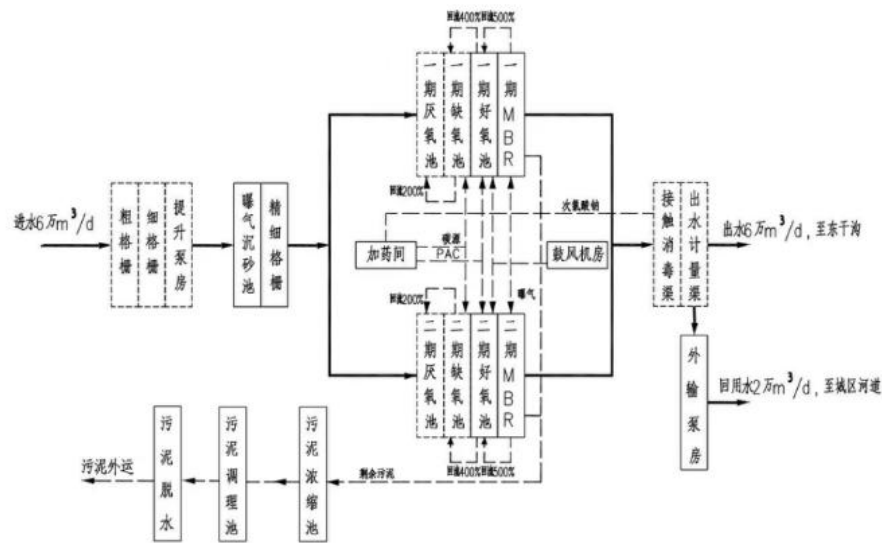


图 3.4-2 济阳区第二污水处理厂工艺流程图

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水技术的发展情况，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，出水水质达地表水准Ⅳ类标准，满足市政杂用水质要求。目前，区城管局协同水务部门正在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。此举不仅能缓解市政自来水消耗，还可降低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城市水系，用于维持水体生态基流、改善水环境质量。例如大寺河的生态补水，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。

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

序号	水质标准类别	分类细目	范围
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。

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：

（1）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。

（2）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。需要注意的是，工艺和产品用水仅适用于少数企业。

本次调研主要根据热电厂分布及用水大户进行，在明确用水量需求后，有序推进再生水处理工艺提标改造和配套管网建设，逐步实现再生水的应用尽用。

4.2.1.1 近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。新申请取水的建设项目应严格按照上述规定执行。此前未按照上述规定配置再生水的建设项目，在取水许可证到期前，若已经具备再生水利用条件，应重新提出取水申请，并按规定配置再生水；因无再生水配置管网、再生水水质不符合要求等原因无法配置再生水的，延续时可给予一至两年的取水许可，这个期间作为过渡期，要求在过渡期内积极推进解决有关问题，配置使用再生水。

因此，本次调研将产业结构稳定、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近期用户，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

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，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，近期不考虑使用再生水，排除这两类行业后，得出取用水大户再生水需求见下表。

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		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

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
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
15	合计	5284208	4624770	5173250	4451026	22153	4565.9	

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	37	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		183.71	—

近期工业企业对再生水年需求量约为 183.71 万 m³，年工作日按 300 天算，预计日平均用水量约为 6124m³/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统计表

时间	化学需氧量 (mg/l)	氨氮(mg/l)	总磷(mg/l)	总氮(mg/l)	PH
第一污水处理厂					
2024.01	19	0.123	0.168	6.4	7.89
2024.02	19.1	0.137	0.161	9.19	7.92
2024.03	18.5	0.281	0.0812	8.57	7.82
2024.04	24.6	0.834	0.0839	8.99	7.88
2024.05	28.8	1.3	0.214	9.76	8.05
2024.06	28.2	0.126	0.225	6.92	8.22
2024.07	25.4	0.219	0.246	7.81	8.5
2024.08	20.6	2.156	0.226	6.17	8.63
2024.09	24.9	0.13	0.22	8.59	8.63
2024.10	20.5	0.164	0.25	7.31	7.48
2024.11	18.5	0.125	0.266	8.48	7.35
2024.12	20.8	0.126	0.217	8.55	7.35
第二污水处理厂					
2024.01	22.2	0.0548	0.249	9.81	7.19
2024.02	24.4	0.361	0.241	10.9	7.18
2024.03	25.4	0.123	0.208	11.5	7.11
2024.04	18.7	0.297	0.193	10.4	7.19
2024.05	18.6	0.0825	0.201	11.4	7.27
2024.06	20	0.197	0.23	13.2	7.28
2024.07	22.1	0.702	0.238	11.4	7.25
2024.08	14.3	0.182	0.25	12.1	7.41
2024.09	12.9	0.165	0.252	12	7.53
2024.10	15.1	0.219	0.252	8.2	7.17
2024.11	6.38	0.368	0.248	10.1	7.42
2024.12	6.85	0.442	0.242	10.1	7.36

表 4.2-5 污水处理厂出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	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）	7.5~8	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℃）（μS/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 ）（μg/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

本次工业用水远期再生水需水量调查以各工业园区批复过的水资源论证报告为依据。

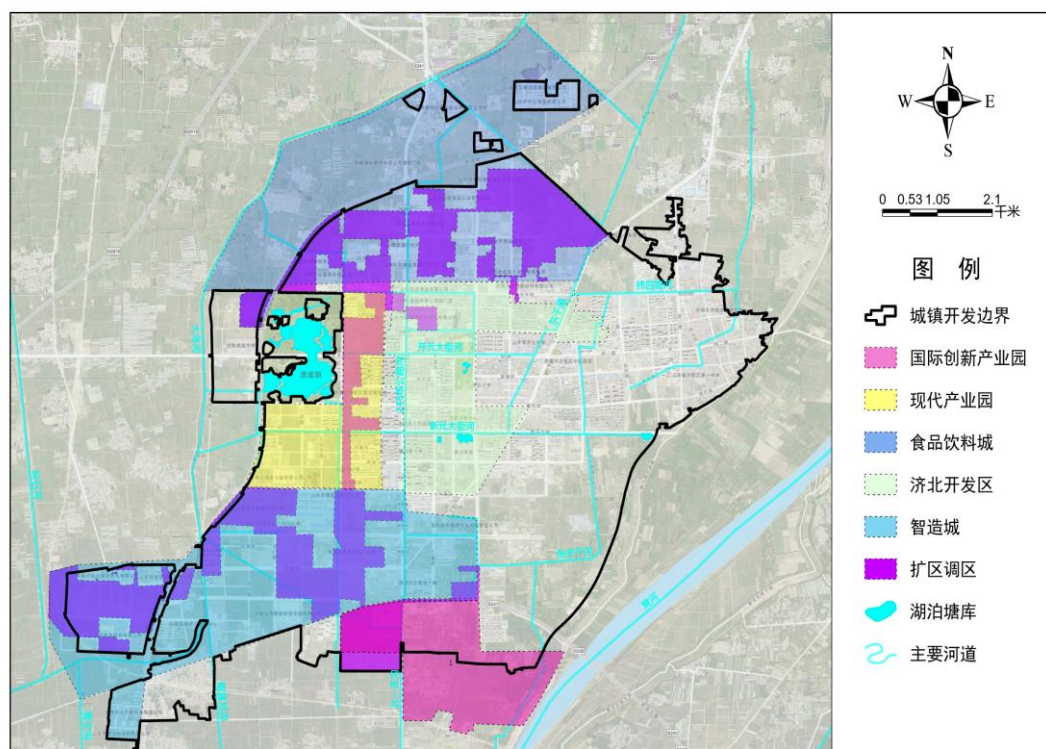


图 4.2-1 济阳区工业园区分布示意图

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 。

4.2.1.2.2 济北智造城产业园

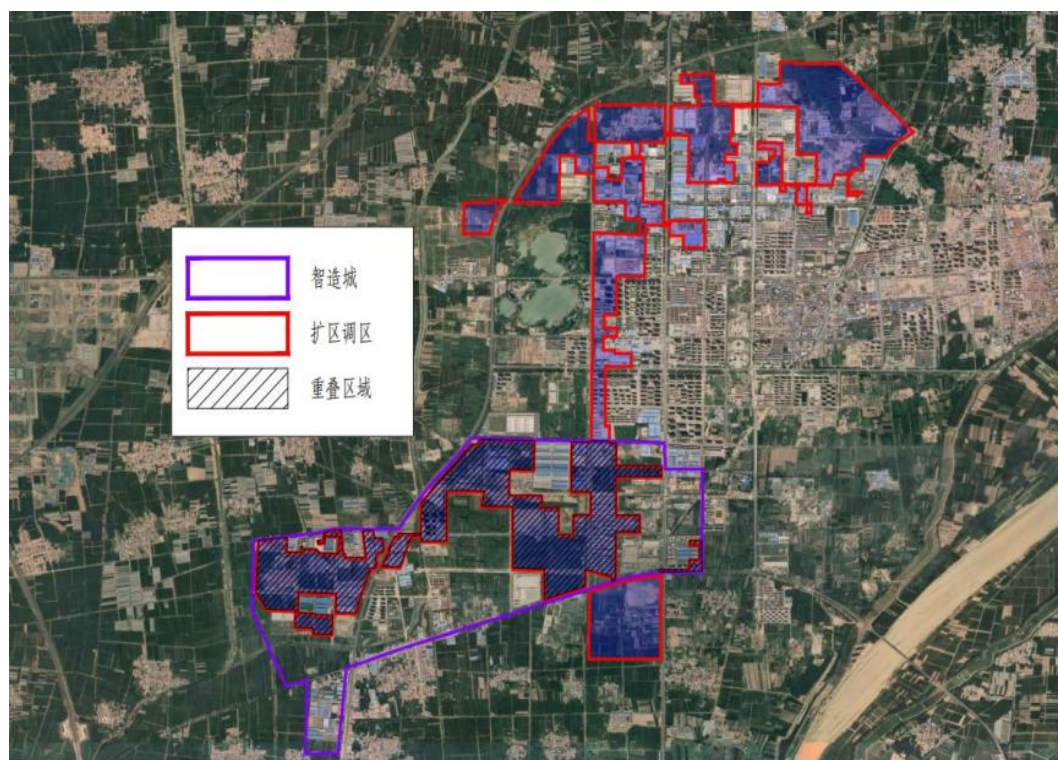


图 4.2-2 济北智造城水资源论证范围图

（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 12.3km^2 ，有 4.45km^2 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 m^3 ，其中与山东济北经济开发区未重叠区域需水量为 351.02 万 m^3 ，用于工业用水的再生水 87.23 万 m^3 。

4.2.1.2.3 济南济北经济开发区

（1）开发区概况

济南济北经济开发区位于济南市济阳区，2003 年 6 月 6 日，山东省人民政府批准以（鲁政字[2003]214 号）批准同意设立了济南济北经济开发区，园区范围为东至国道 220 公路（又名华阳路），西至省道 248 公路（又名银河路），

南至沟阳路、胶济铁路，北至西八里居。

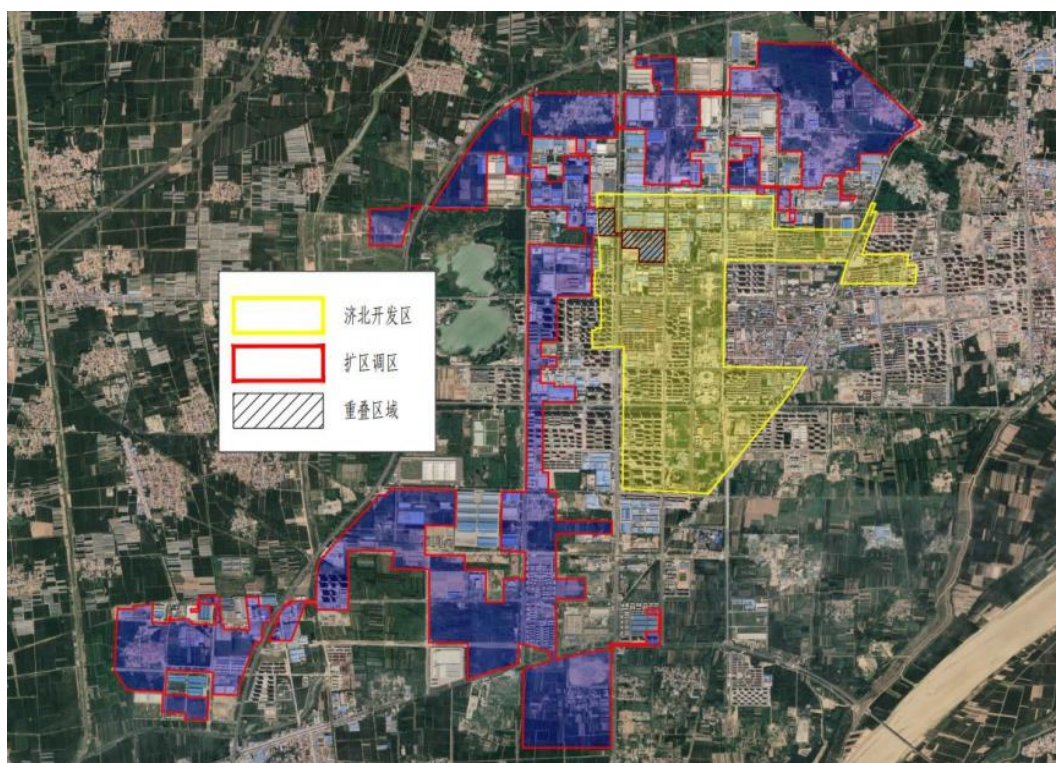


图 4.2-3 济南济北经济开发区水资源论证范围图

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 。

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 18.18km^2 ，已开发区域总用地为 7.651km^2 ，未开发区域 10.529km^2 。

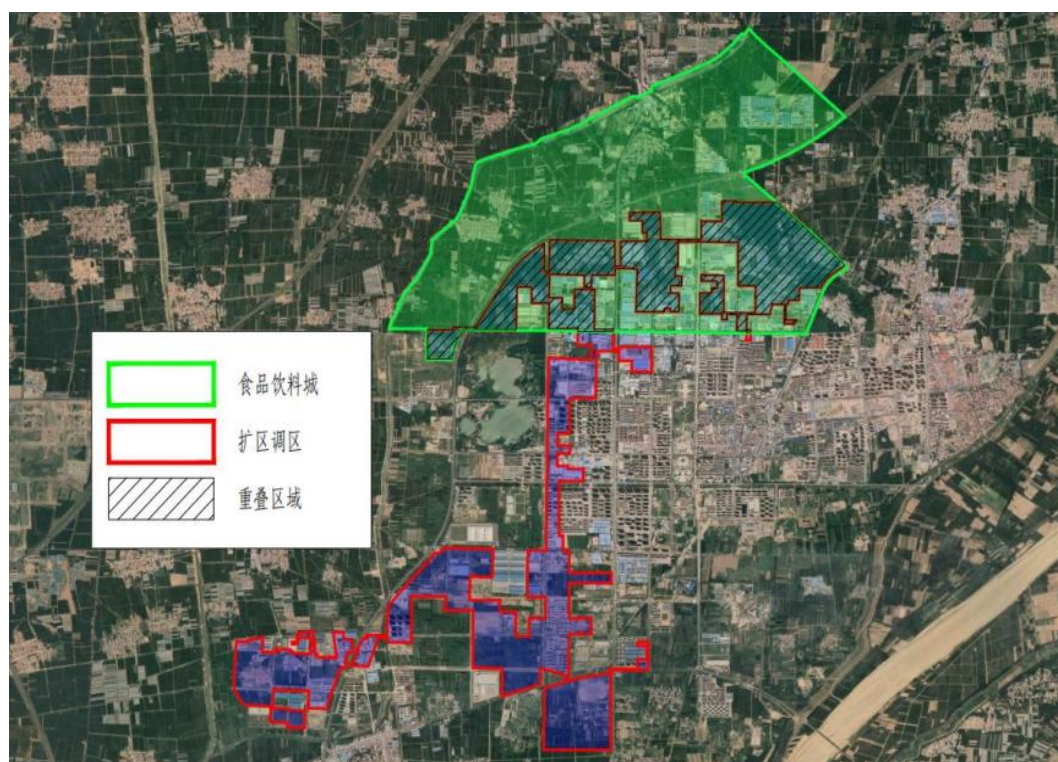


图 4.2-4 食品饮料城（产业园）水资源论证范围图

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 m^3 ，与山东济北经济开发区扩区调区后重复水量 148.88万 m^3 ，未重叠区域水量

391.52 万 m^3 ，以食品饮料行业为主，用水量为 367.17 万 m^3 ，占比 67.9%，热电行业用水量为 22.30 万 m^3 ，占比 5.5%；化工行业用水量 1.17 万 m^3 ，占比 0.3%；一般工业用水量 149.75 万 m^3 ，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 m^3 ，截至 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。

4.2.1.2.5 现代经济产业园

（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 3.5 km^2 。

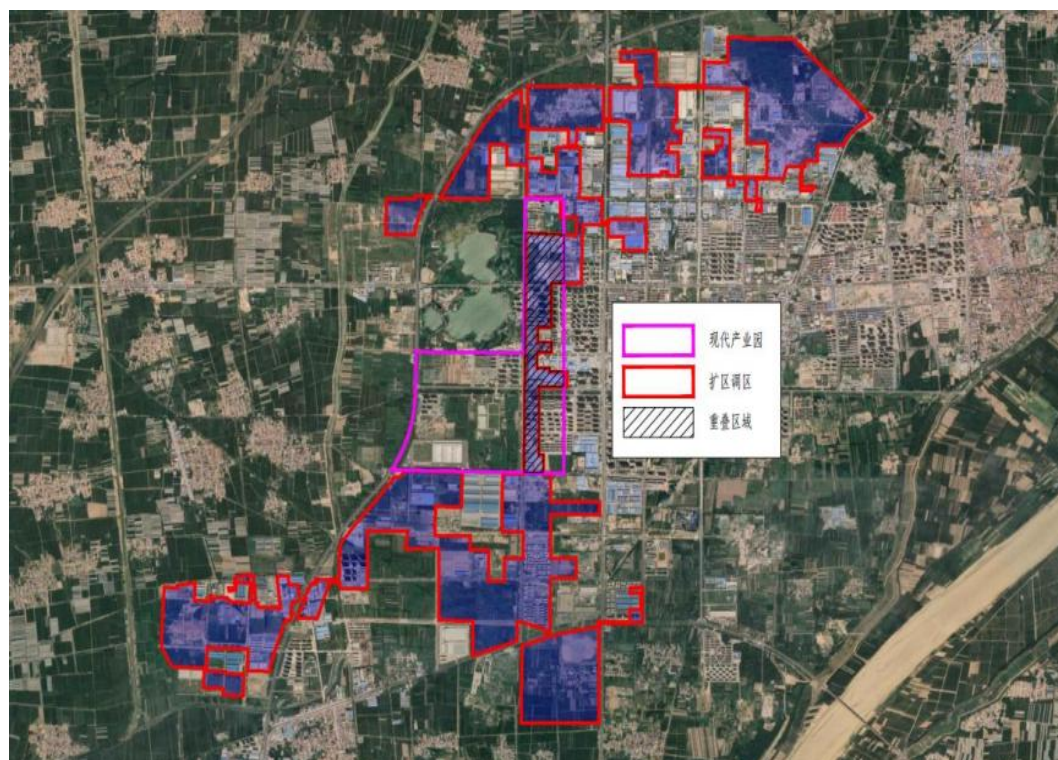


图 4.2-5 现代经济产业园水资源论证范围图

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 。

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 4.26 km^2 。



图 4.2-6 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 m^3 。

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 jeizhi 水用量统计如下。

表 4.2-6 济阳区各工业园区工业用水中再生水量 2035 年测算表

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	0
5	济北现代经济产业园	1.78
6	国际创新产业园	69.30
合计		386.94

上述再生水量统计以各工业园区的水资源论证报告为基础，需要指出的是，除山东济北经济开发区扩区调区外，其他工业园区再生水的预计水量在水资源论证报告中原本为 2025 年水量，但根据现场调研，济阳区现状仅华能生物质热电厂进行了再生水利用，每年水量约为 37 万 m^3 ，因此将论证报告中提出的

2025 年目标修改为 2035 年，确保规划切实可行，故此 2035 年工业用水中再生水量为 386.94 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。

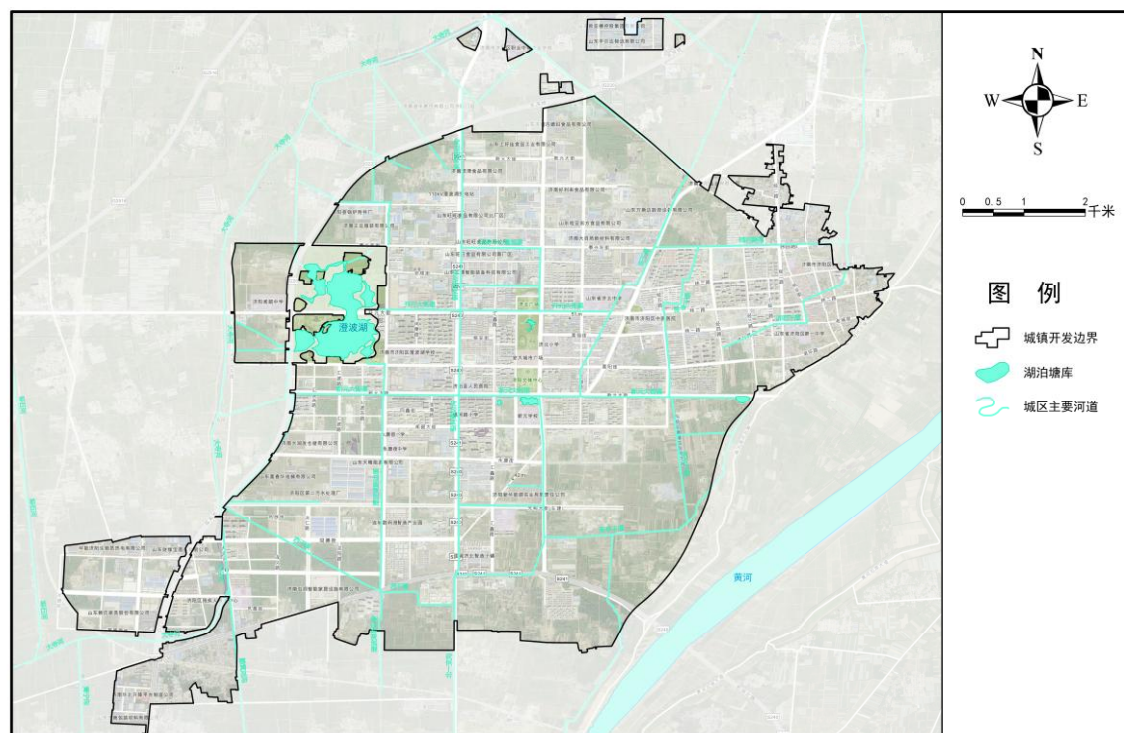


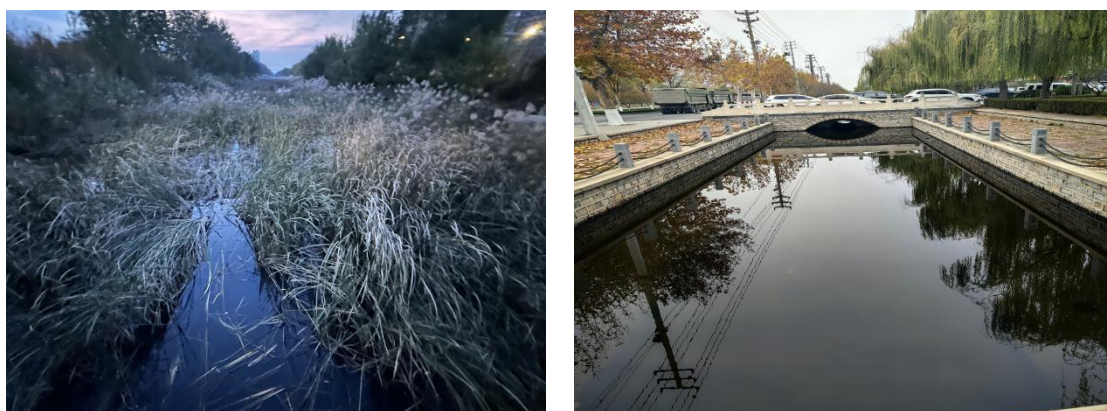
图 4.2-7 济阳区城市水系分布示意图

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 4.2-8 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、新元大街河及其他城市水系，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。

根据济阳区相关规划及环评，澄波湖补水明确使用黄河水，本次再生水生态补水不考虑澄波湖补水。

采用换水次数法对生态补水进行计算，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；换水量近期至近期按照年换水次数 6 次计算，近期远期按照 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近期为 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，远期增加以下四条：

银河路边沟-大寺河；新元大街渠-大寺河；经三路再生水管道-新元大街渠；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 。

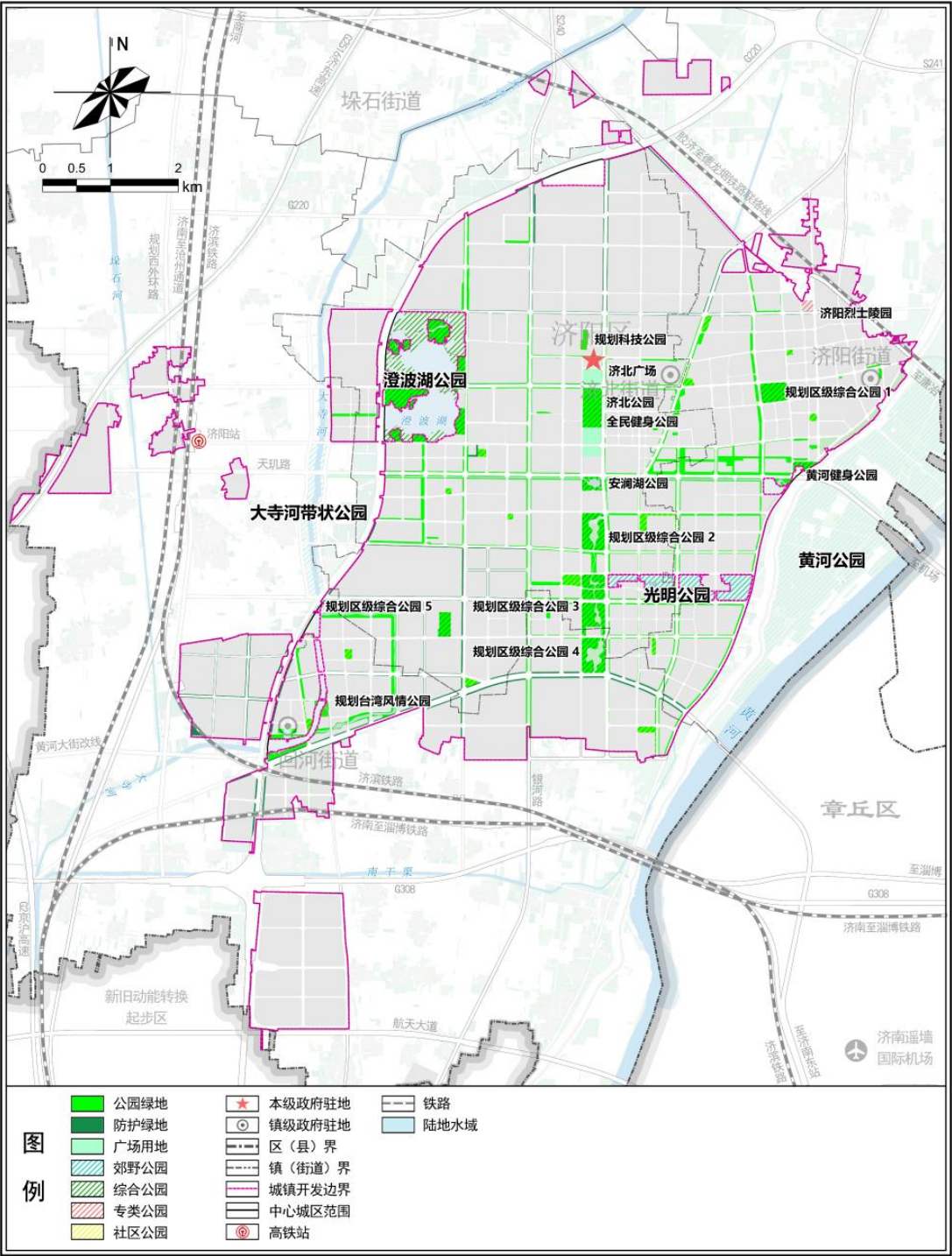


图 4.2-9 济阳区中心城区绿地系统和开敞空间示意图

表 4.2-7 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/T4604.4-2023）表 2 公共设施管理及社会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/T4604.4-2023）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 。

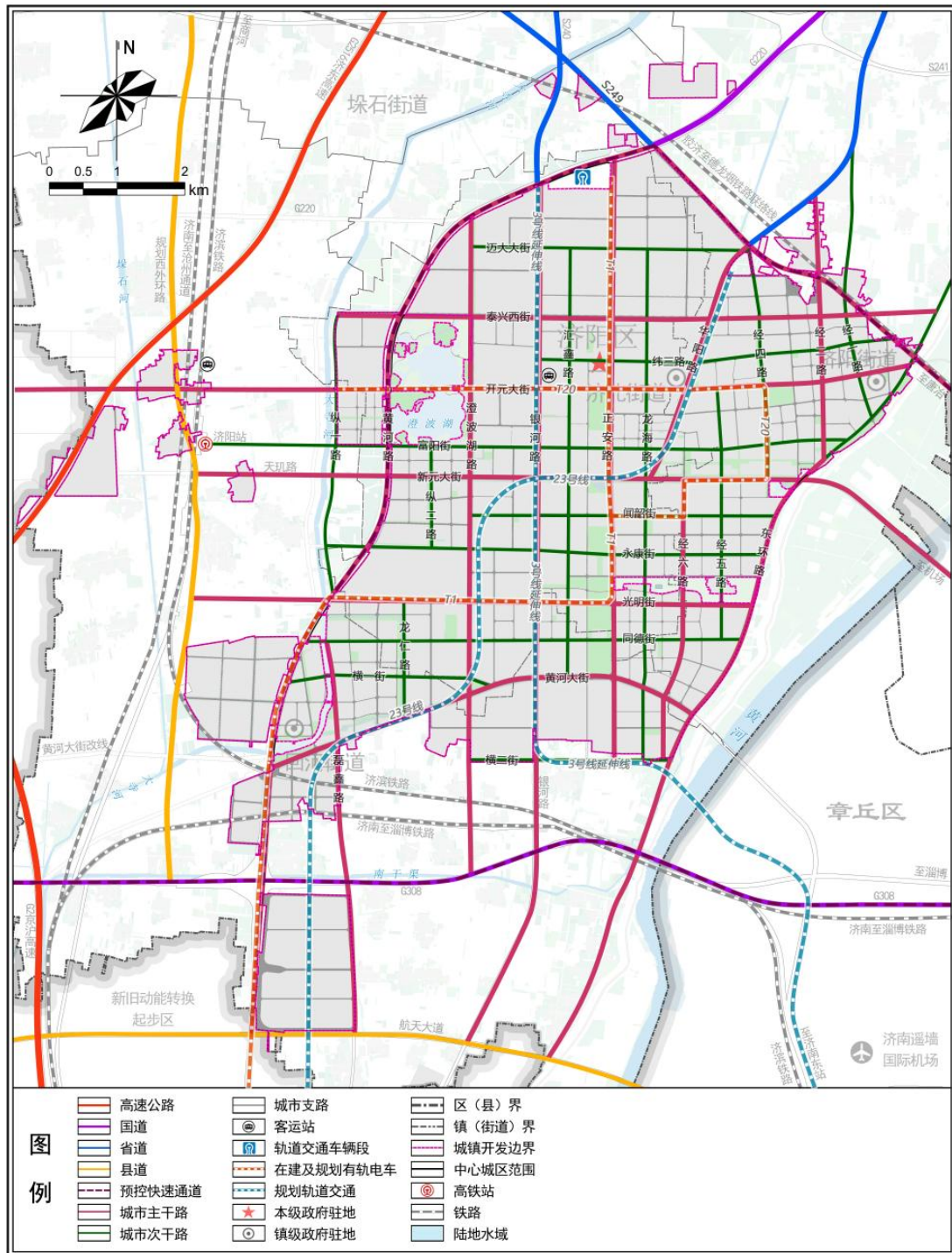


图 4.2-10 济阳区中心城区道路交通规划示意图

（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 4.2-8 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 4.2-9 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 。

青期（3月中旬至4月中旬）、拔节期（4月下旬至5月上旬）和灌浆期（5月中旬至6月初），春灌占全年灌溉量的60%以上；夏玉米占耕地面积约85%，灌溉时间为苗期（6月下旬至7月上旬）、拔节-抽穗期（7月中旬至8月中旬）和灌浆期（8月下旬至9月初），夏季灌溉占全年70%；设施蔬菜（黄瓜、番茄等）占设施农业面积约90%，灌溉时间涵盖春茬（3-6月）、秋茬（9-11月）和冬茬（12-2月），全年需频繁灌溉；特色经济作物如西瓜12月中旬育苗，3-4月定植期需重点灌溉，黄河大米则在5月插秧期至7月分蘖期需持续补水。

春季（3-5月）主要用于小麦春灌与蔬菜定植，分配量为242.58万 m^3 ，占总量的43.40%。其中，冬小麦的返青水（3月中旬）和拔节水（4月下旬）占春季总量的75%（181.93万 m^3 ），设施蔬菜春茬黄瓜、番茄定植期补水占25%（60.65万 m^3 ）。这是因为春灌是小麦产量形成的关键期，且此时段自然降水仅占全年10%，再生水需优先保障。

夏季（6-8月）用于玉米灌溉与蔬菜盛产期，分配量为188.67万 m^3 ，占33.76%。夏玉米的苗期保苗（6月下旬）和抽穗期补水（7月中旬）占夏季总量的80%（150.94万 m^3 ），露地蔬菜番茄、西瓜膨果期灌溉占20%（37.73万 m^3 ）。尽管夏季降水占全年66%，但玉米需水与雨季不完全重叠，再生水可补充7-8月干旱期需求。

秋季（9-11月）用于蔬菜秋茬与小麦备播，分配量为80.86万 m^3 ，占14.41%。设施蔬菜秋茬黄瓜、番茄育苗期（9月）和采收期（10-11月）占秋季总量的60%（48.52万 m^3 ），冬小麦播前造墒（10月下旬）占40%（32.34万 m^3 ）。由于秋季降水较少（占全年15%），需保障蔬菜定植和小麦播种基础墒情。

冬季（12-2月）用于设施农业补灌与土壤蓄墒，分配量为46.78万 m^3 ，占8.37%。温室蔬菜黄瓜、西瓜越冬茬补灌（12-1月）占冬季总量的70%（18.87万 m^3 ），冬小麦越冬水（11月下旬）占30%（8.09万 m^3 ）。冬季自然蒸发量低，再生水主要用于设施农业精准补水和小麦防冻。

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，近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	183.71	386.94
2	生态补水	970.45	1102.63
3	城市杂用水	90.22	294.84
4	农田灌溉	116.65	558.89
5	合计	1361.03	2343.3

预计至 2030 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，2024 年 1 月至 12 月，两座污水处理厂共处理污水约 2104 万吨，其中一厂平均污水处理量为 2.60 万 m^3/d ，二厂平均污水处理量为 3.16 万 m^3/d 。两座水厂共计回用中水约 910 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。

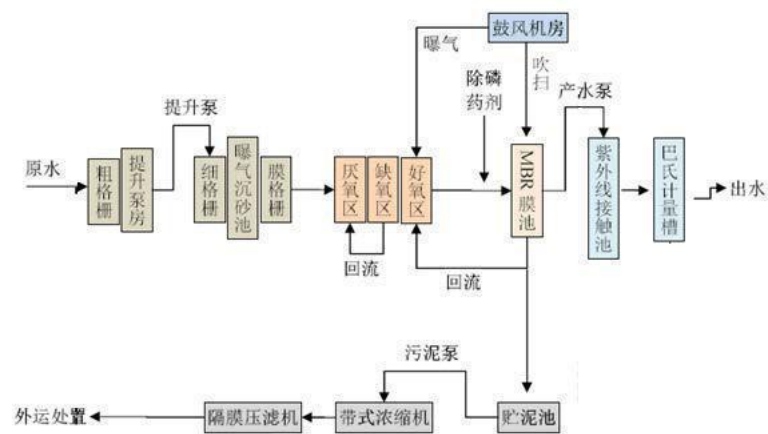


图 5.2-1 济阳区第一污水处理厂工艺流程图

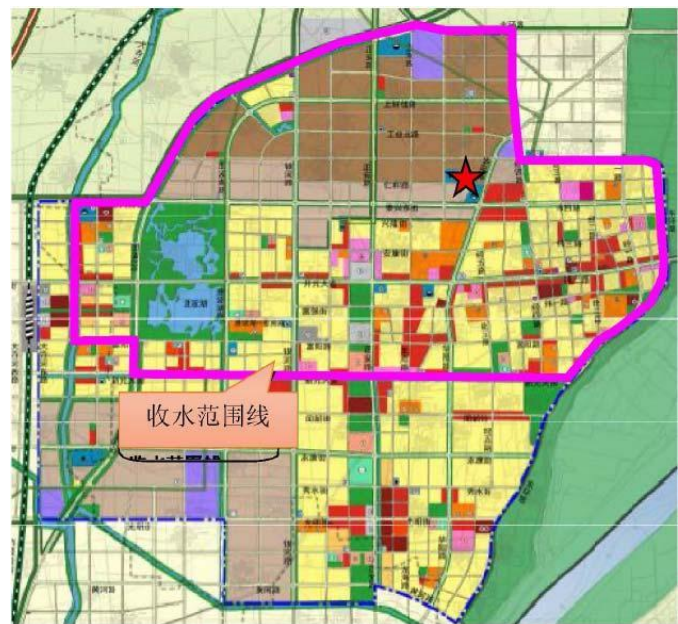


图 5.2-2 济阳区第一污水处理厂收水范围

2024 年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。

表 5.2-1 济阳区第一污水处理厂 2024 年出水口流量统计表

月份	流量（m ³ ）
1	734504

2	627360
3	936798
4	858479
5	826384
6	723301
7	670683
8	963506
9	1330378
10	1271553
11	1303186
12	1300761
日平均值	31549
最大值	50750
最小值	16365
总计	11546893

上表为第一污水处理厂 2024 年出水流量数据，从中可以看出，提标改造前，一污的月污水处理量处于 627360~963506m³，提标改造后，月污水处理量处于 1271553~1330378m³ 之间。尽管改造前出水量波动较大，但改造后出水稳定，日均流量约为 43382m³。

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 9.45hm² 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 m³/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 m³/d，二期规模为 3 万 m³/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}、NH₃-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。

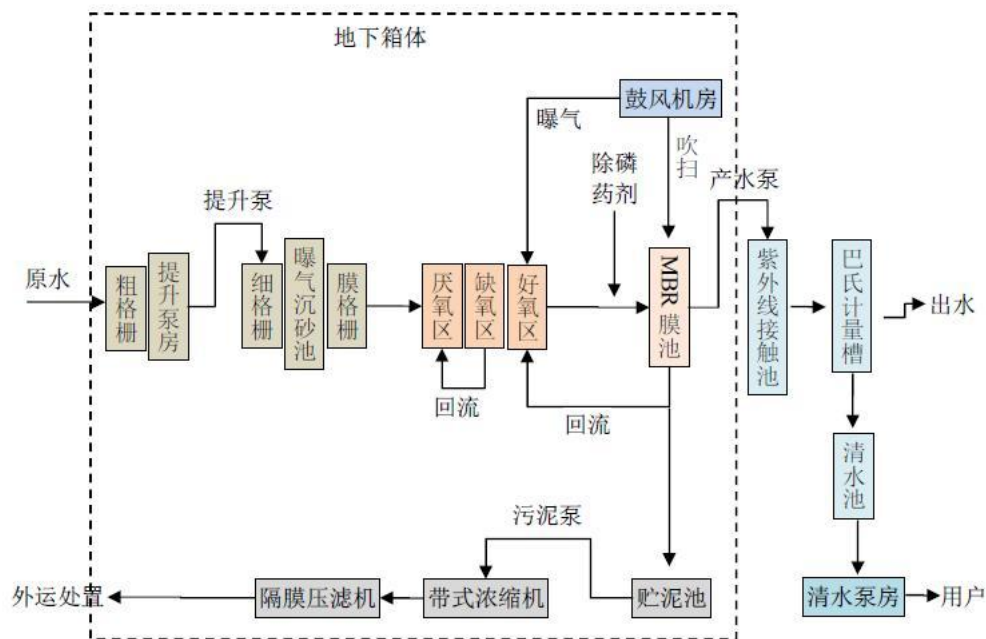


图 5.2-3 济阳区第二污水处理厂工艺流程图

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

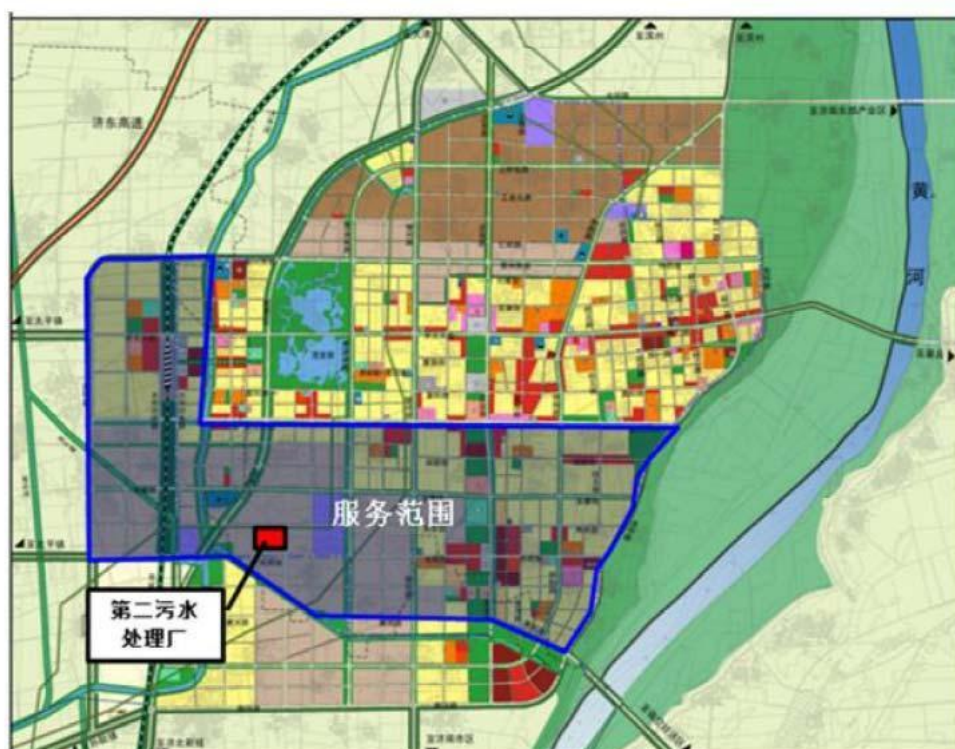


图 5.2-4 济阳区第二污水处理厂服务范围

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 m³/d 之间，污水处理后出水量作为济阳区用水较为可靠。

表 5.2-3 济阳区第二污水处理厂 2025 年出水口流量统计表

月份	流量（m ³ ）
1	844635
2	710552
3	700390
4	754137
5	873977
6	893488
7	858398
8	830853
9	786880
10	738775
11	725319
12	776463
日平均值	25940
最大值	34292
最小值	14314
总计	9493867

上表为第二污水处理厂 2024 年出水流量数据，从中可以看出，二污的月污水处理量处于 700390~893488m³ 之间，日均污水处理量在 22593~29782m³ 之间，与 2022 年数据相比，整体出水量有所增高，波动有所下降。

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 2024 年现状污水量约为 5.76 万 m^3/d ，再生水供给能力为 4 万 m^3/d ，再生水实际供给量为 2.88 万 m^3/d 。

根据《济阳县城城区给水专项规划（2017-2030 年）》，截至 2030 年，济阳区将依托第一污水厂及第二污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 2.88 万 m^3/d ，远期为 6.42 万 m^3/d ，再生水供给能力近期为 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基礎上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：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		—

济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035 年）

12	总硬度（以 CaCO3 计）（mg/L）	≤450		-
13	溶解性总固体（mg/L）	≤1000	≤1500	-
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。

（4）涉及色度、电导率等，有相关行业特殊要求指标的企业（事业单位），应自行增设相关工艺设备，自行处理，满足自身需求的水质指标。

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

济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035 年）

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)	—
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：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 环境用水	污水处理 厂出水指 标
		河道类	湖泊类	水景类	河道类	湖泊类	水景类		
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		
4	浊度（NTU）	≤10	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5	-	
5	总磷	≤0.5	≤0.3	≤0.5	≤0.3	≤0.5	≤0.3	≤0.5	
6	总氮	≤15	≤10	≤15	≤10	≤15	≤10	≤15	
7	氨氮	≤5	≤3	≤5	≤3	≤5	≤3	≤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

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，对与个别用水水质较高的企业进行局部增加处理装置就行分质供水；
- （5）应考虑输配过程中的加压、消毒及维护抢修站点用地。

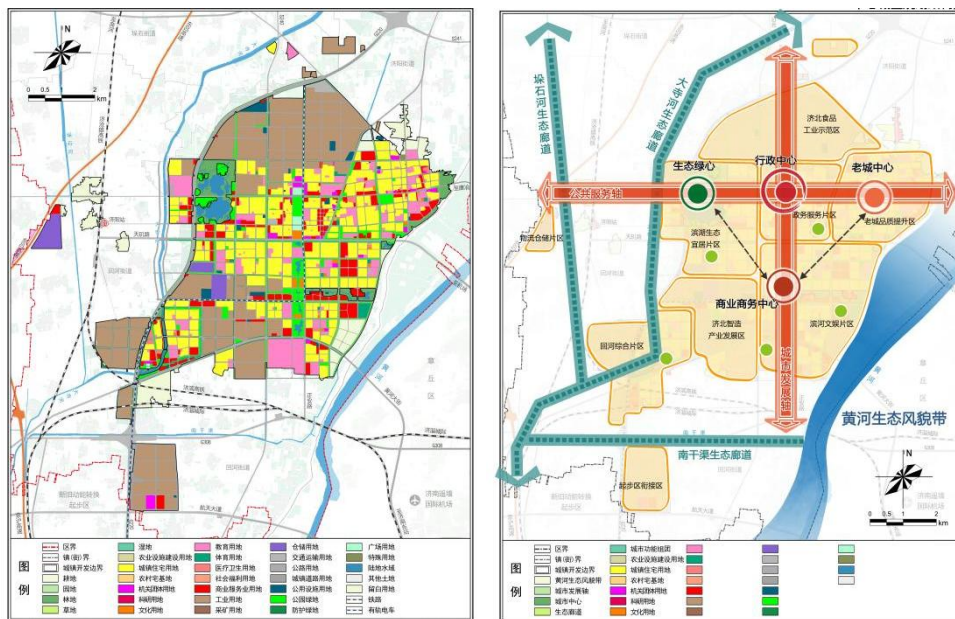


图 6.2-1 济阳区国土空间规划中心城区用地规划图

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及数据分析，确定济阳区中心城区的再生水供需水量。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 1051 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 183.71 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 116.65 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 386.94 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 558.89 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。

表 6.2-8 济阳区再生水利用配置情况表

污水处理厂名称		济阳区第一污水处理厂	济阳区第二污水处理厂
类型		城市污水处理厂	城市污水处理厂
现状处理量（ m^3/a ）		1583.44	948.61
近期处理量（ m^3/a ）		1583.44	948.61
远期处理量（ m^3/a ）		1952.75	1952.75
出水配置	现状	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	工业用水 183.71 万 m^3 ，城市杂用水为 90.22 万 m^3 ，生态补水为 970.45 万 m^3 ，农田灌溉为 116.65 万 m^3	
	远期	工业用水中 406.76 万 m^3 ，城市杂用水 294.84 万 m^3 ，生态补水 1102.63 万 m^3 ，农田灌溉 539.07 万 m^3	

6.3 再生水供需平衡分析

6.3.1 供给来源与可利用量

规划期内再生水水源统一为城市污水处理厂达标尾水，无其他补充水源，供给稳定性依托污水处理厂运行保障体系。

依据本规划第 5 章《再生水水源保障分析》结论，各规划年再生水供给核心指标如下：

2030 年：再生水可利用量为 3.72 万 m^3/d （折合全年 1357.8 万 m^3 ），污水处理厂再生水处理系统设计供给能力为 4 万 m^3/d ，供给能力冗余度约 7.5%，可应对短期水量波动；

2035 年：随新增污水处理厂投产，再生水可利用量提升至 6.42 万 m^3/d （折

合全年 2343.3 万 m^3 ），供给能力同步扩容至 8 万 m^3/d ，冗余度提升至 24.6%，可支撑远期用水需求增长。

6.3.1.1 水质特征

本次规划再生水水源水质全面满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准，其中化学需氧量（ $\text{COD} \leq 30\text{mg/L}$ ）、五日生化需氧量（ $\text{BOD}_5 \leq 6\text{mg/L}$ ）、氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N} \leq 5\text{mg/L}$ ）、总磷（ $\text{TP} \leq 0.5\text{mg/L}$ ）等核心指标达到《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）IV 类水体标准。

结合《再生水利用工程设计规范》（GB/T 50335-2016）用水水质要求，水质适配性分析如下：

可直接满足用水场景：城市杂用水（道路清扫、绿化灌溉、公厕冲洗）、生态补水（河道景观、湿地涵养）、农田灌溉（非食用作物）；

需深度处理场景：工业用水中锅炉补给水（需脱盐、除硬处理至电导率 $\leq 100 \mu\text{S/cm}$ ）、循环冷却用水（需控制氯离子 $\leq 250\text{mg/L}$ ），需由用水企业结合生产工艺增设专项处理单元。

6.3.1.2 供给时空特征

依据第 5.2.2 节对污水处理厂运行负荷与尾水规律的分析，规划范围内污水处理厂采用“24 小时连续运行+实时水质监控”模式，尾水排放量受城市生活污水、工业废水进水负荷波动影响较小。

空间维度上，各污水处理厂分别服务中心城区东部、西部及南部片区，再生水通过输水管网覆盖对应片区用水需求，无局部供给空缺；时间维度上，日内、季节间供水量无显著峰值差，供给时空分布均衡性满足规划用水要求。。

6.3.1.3 需水量预测

基于济阳区城市总体规划、产业发展规划及水资源利用目标，采用“分类测算+总量校核”法预测需水量，结果如下：

2030 年：需水量总量 1361.03 万 m^3 （折合日均 3.73 万 m^3/d ），其中工业用水 150.36 万 m^3 （占比 11.05%，含制造业冷却、洗涤用水）、城市杂用水

90.22 万 m^3 （占比 6.63%，含市政公共设施用水）、生态补水 970.45 万 m^3 （占比 71.30%，含河道生态基流补给）、农田灌溉 150 万 m^3 （占比 11.02%）；

2035 年：需水量总量 2343.3 万 m^3 （折合日均 6.42 万 m^3/d ），其中工业用水 406.76 万 m^3 （占比 17.36%，随工业园区扩容增长）、城市杂用水 294.84 万 m^3 （占比 12.58%，匹配建成区市政道路面积扩张）、生态补水 1102.63 万 m^3 （占比 47.05%）、农田灌溉 539.07 万 m^3 （占比 23.01%）。

6.3.1.4 需求时空特征

规划期内再生水需求时空差异主要表现为：

时间维度：农田灌溉需水量季节性波动显著（春灌、秋灌期需水量占全年 80%以上），工业用水、城市杂用水需水量日内及季节间相对稳定（日均波动 $\leq 5\%$ ）；

空间维度：工业园区工业用水需求集中，市政杂用水需求突出，生态片区生态补水需求占比高。

根据济阳区实际情况，设定再生水调配优先级：工业生产用水 > 城市杂用水 > 生态补水 > 农田灌溉；当遭遇极端干旱（污水处理厂尾水减量）或突发故障（输水管网维修）导致水量波动时，按此优先级执行调配，保障核心用水需求。。

6.3.1.5 供需平衡分析

从水量、水质、时空三个维度构建平衡评估体系，结论如下：

水量平衡：2030 年再生水可利用量（1357.8 万 m^3 ）与需水量（1361.03 万 m^3 ）供需差率仅 0.24%，处于合理平衡区间；2035 年可利用量与需水量完全匹配（均为 2343.3 万 m^3 ），实现精准平衡，且供给能力冗余度可应对远期需求弹性增长；

水质匹配：通过“污水处理厂达标处理+重点用户深度处理”的分级保障模式，可满足各类用水场景水质要求，无水质适配性风险；

时空均衡：供给端的稳定运行特性与需求端的优先级调配机制相结合，可有效化解农田灌溉季节性波动、空间需求差异等问题，确保全规划期内再生水

供需时空分布均衡。

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。

2024 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 43%。

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 水质现状分析

7.1.1 污水处理现状

济阳区现有 2 座污水处理厂，分别为第一污水处理厂和第二污水处理厂。各厂均采用活性污泥法为核心的二级生化处理工艺，并配备深度处理单元，执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。

然而，通过近一年的水质监测数据统计分析，出水水质存在一定波动。济北污水处理厂出水 COD 均值为 42mg/L，最高值达 50mg/L；氨氮均值 3.5mg/L，峰值 4.8mg/L；总磷均值 0.8mg/L，最高 1.1mg/L；总氮均值 22mg/L，最高 28mg/L。济东污水处理厂和济西污水处理厂也存在类似情况，部分指标在特定时段与工业回用、高标准生态补水水质要求存在差距

7.1.2 再生水利用现状

1.回用规模与结构：目前，济阳区再生水回用规模约 4.2 万 m³/d，回用结构较为单一。其中，景观补水占比高达 90%，主要用于城区河道景观营造与维持；工业回用和市政杂用占比仅 10%，工业领域仅少数企业将再生水用于一般性生产环节，市政杂用集中在道路喷洒，再生水在工业冷却、绿化浇灌、建筑施工等领域应用尚处起步阶段。

2.管网设施：再生水管网总长度约 50 公里，主要沿城区主干道敷设，管网覆盖率不足 40%，存在诸多覆盖盲区，尤其是工业集中区和新兴市政建设区域。且现有管网多建于早期，管材质量参差不齐，老化、漏损问题严重，经检测，管网漏损率达 18%，不仅造成水资源浪费，还导致水质在输送过程中易受二次污染

3.监测体系：水质监测体系不完善，仅在污水处理厂出水口设置常规监测点，对 COD、氨氮、总磷、总氮等主要污染物进行每日监测。但在管网中途节点以及用户端，缺乏常态化、实时化监测手段，无法及时捕捉水质在输送和使

用过程中的变化，难以实现再生水全流程、精细化水质管控。

7.1.3 现存问题

1. 处理工艺局限：现有 AAO+MBR 处理工艺对总氮、总磷及难降解有机物去除能力存在瓶颈。在面对水质、水量冲击时，处理效果稳定性欠佳，难以稳定满足工业冷却对低氨氮、低硬度，市政杂用对低浊度、微生物指标严格，以及生态补水对全指标达标的更高水质要求。

2. 管网问题突出：管网布局缺乏系统性规划，存在“断头管”“瓶颈管”，导致再生水输送不畅，无法有效向用水需求区域延伸，形成“最后一公里”瓶颈。老旧管网因长期运行，接口松动、管壁腐蚀、基础沉降等问题频发，渗漏严重，易与周边污水管网发生交叉污染，影响再生水水质安全。

3. 管理水平不足：再生水管理涉及水务、生态环境、住建等多部门，但目前缺乏统一协调机制，职责分工不明晰，导致管理效率低下。智能化监测与调度技术应用滞后，主要依赖人工经验判断，在水质异常、水量突变时，应急响应迟缓，无法及时采取有效调控措施。

4. 公众认知不足：企业和居民对再生水的安全性、可靠性存在疑虑，担心使用再生水会对生产设备、人体健康及环境产生不良影响，致使再生水在推广使用过程中遭遇较大阻力，用水积极性不高。

7.2 水质保障目标

7.2.1 总体目标

构建“源头处理 - 管网输送 - 用户使用”全链条水质保障体系，全方位提升再生水水质稳定性和安全性，显著提高济阳区再生水回用率，将再生水打造成为城市稳定可靠的“第二水源”，深度融入区域水资源循环利用体系，助力济阳区实现水资源可持续利用与经济社会绿色发展的良性互动。

7.2.2 具体目标

1. 水质目标：针对不同回用场景，制定精准水质控制指标：

表 7.2-1 水质目标与执行标准

回用类型	关键指标要求	执行标准
市政杂用	COD \leq 30mg/L, 浊度 \leq 5NTU	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T 18920 - 2020
工业冷却	氨氮 \leq 1mg/L, 总硬度 \leq 150mg/L	《城市污水再生利用 工业用水水质》GB/T 19923 - 2024
生态补水	TP \leq 0.5mg/L, BOD ₅ \leq 6mg/L	地表水环境质量标准Ⅳ类标准
道路浇洒	余氯 \geq 0.2mg/L, 细菌总数 \leq 100CFU/mL	GB/T 18920 - 2020《城市污水再生利用 城市杂用水水质》

2. 回用规模目标：

近期（2030 年）：再生水回用率提升至 45%，回用规模达 6.75 万立方米/日，在工业冷却、市政杂用领域实现回用规模的显著增长，初步形成多元化回用格局。

远期（2035 年）：再生水回用率提升至 60%，回用规模达 9 万立方米/日，实现再生水在工业、市政、生态等各领域的广泛、高效利用，成为区域水资源供给的重要组成部分。

3. 设施建设目标：

近期（2030 年）：新建再生水管网 60 公里，重点覆盖济北经济开发区、市政公共区域及生态补水河道周边；改造老旧管网 20 公里，采用新型管材与先进连接工艺，提升管网整体性能。管网覆盖率提升至 60%，漏损率控制在 12% 以内；建成较为完善的智慧化水质监测网络，在关键节点设置在线监测站，实现重点区域水质实时监控。

远期（2035 年）：新建再生水管网 20 公里，进一步完善管网布局，填补空白区域，实现管网互联互通；持续对老旧管网进行查漏补缺式改造，确保管网整体运行稳定。管网覆盖率提升至 80%，漏损率控制在 10% 以内；全面建成智慧化水质监测与调度体系，运用大数据、人工智能技术实现全流程水质动态监控与精准调度。

7.3 水质保障技术方案

7.3.1 深度处理工艺优化

1. 工艺选择：在现有二级生化处理基础上，新增“臭氧催化氧化+活性炭吸附+纳滤膜过滤+紫外线-氯联合消毒”深度处理组合工艺，实现对污染物的高效去除与水质的精准调控。

臭氧催化氧化：通过在氧化塔内投加过渡金属氧化物催化剂，使臭氧与难降解有机物发生链式反应。臭氧投加量控制在 8 - 12mg/L，反应时间 20 - 30min，在催化剂作用下，臭氧分解产生大量具有强氧化性的羟基自由基（OH），有效打破有机物分子结构，提高废水可生化性，大幅降低 COD 和色度。

活性炭吸附：采用柱状颗粒活性炭，填充于吸附塔中，空床接触时间设定为 20-30min。利用活性炭巨大的比表面积和丰富的微孔结构，物理吸附残留的小分子有机物、重金属离子以及经臭氧氧化后产生的中间产物，同时活性炭表面的微生物群落还能进行一定程度的生物降解，进一步净化水质。

纳滤膜过滤：选用截留分子量在 200-1000Da 的聚酰胺复合纳滤膜，组装成膜组件置于膜过滤车间。控制操作压力 0.8-1.2MPa，膜通量 15-20L/(m² · h)，在压力驱动下，水分子透过纳滤膜，而溶解性有机物、硬度离子（如钙、镁离子）和部分盐分被截留，实现对水质的精细过滤与离子调控。

紫外线-氯联合消毒：先通过紫外线消毒器，保证紫外线剂量≥40mJ/cm²，利用紫外线的高能辐射破坏微生物的 DNA 结构；随后投加次氯酸钠溶液，投加量 1 - 2mg/L，在管网中形成持续的余氯杀菌能力，维持管网余氯 0.5 - 1mg/L，确保微生物指标长期稳定达标，保障再生水在输送和使用过程中的生物安全性。

2. 工艺效果预期：经上述深度处理工艺协同作用后，再生水水质将得到显著提升。出水 COD 可稳定降至 20mg/L 以下，氨氮降至 0.5mg/L 以下，总磷降至 0.3mg/L 以下，总氮降至 10mg/L 以下，浊度<1NTU，各项指标全面满足市政杂用、工业冷却、生态补水等各类回用场景的严格水质要求。

7.3.2 管网系统升级改造

1. 管网规划布局：

近期（2030 年）：结合济阳区城市发展规划与用水需求分布，采用“环状 + 枝状”相结合的管网拓扑结构。新建 60 公里再生水管网，以济北经济开发区为核心，沿主要工业道路敷设环状管网，保障工业用水的连续性与稳定性；在市政公共区域和生态补水河道周边，铺设枝状管网，精准对接市政杂用与生态补水需求。改造 20 公里老旧管网，优先对渗漏、破损严重的路段进行修复，更换为高强度、耐腐蚀的 HDPE 双壁波纹管（SDR11），公称压力 1.0MPa，增强管网抗外部荷载与腐蚀能力。

远期（2035 年）：根据区域发展新态势与用水需求增长，新建 20 公里再生水管网，进一步加密管网覆盖，填补前期规划遗漏区域，实现管网在城区、工业集中区、生态保护区等重点区域的无缝对接与互联互通。持续对老旧管网进行全方位排查与精细化改造，通过内衬修复、管段更换等技术手段，确保管网运行无隐患，整体性能达到先进水平。

2. 关键技术措施：

防渗漏设计：管道接口摒弃传统橡胶圈连接，全面采用电热熔连接工艺，通过电加热使管材与管件接口处的聚乙烯材料熔融融合，形成一体化连接，杜绝接口渗漏风险。在穿越河道、铁路、高速公路等特殊地段，设置高强度、高密封性的防渗套管，套管与管道间填充密封材料，防止外部地下水渗入与再生水泄漏。每隔 1 - 2 公里设置一座排水检查井，便于定期排查管网内部积水、淤积情况，及时进行清理维护，保障管网排水畅通。

防倒流措施：在工业用户和市政用水接入点，安装高性能的倒流防止器。根据不同用水规模与水压条件，选用符合国家标准减压型、低阻力型倒流防止器，其内部止回阀、减压装置协同工作，可有效阻止用户端污水因压力波动、事故等原因倒灌进入再生水管网，从源头保障管网水质安全。

智慧管网建设：

近期（2030 年）：在管网关键节点（如主干管交叉处、大用户接入点、穿越重要区域节点），安装压力传感器、流量传感器、水质在线监测仪等设备，

通过物联网技术将数据实时传输至监控中心。搭建管网地理信息系统（GIS），将管网的空间位置、拓扑关系、管材属性等信息数字化，实现管网三维可视化管理。运用大数据分析技术，对采集的数据进行实时分析，及时发现管网运行异常，如压力突变、流量异常、水质指标波动等，自动预警漏损、爆管等事故。

远期（2035 年）：引入人工智能算法与机器学习模型，对管网运行数据进行深度挖掘与分析。基于历史数据与实时监测数据，建立管网故障预测模型，提前预判潜在故障风险，实现预测性维护，降低管网事故发生率。建立管网动态调度模型，根据水质、水量实时变化，以及不同用户的用水需求优先级，通过远程控制阀门、水泵等设备，实现再生水在管网中的智能优化调度，提高水资源利用效率与供水可靠性。

7.3.3 水质监测与智慧管理体系

1. 监测网络构建：

厂级监测：在 2 座污水处理厂出水口，设置装备先进的常规监测站。配备在线水质分析仪，实时监测 COD、氨氮、总磷、总氮、pH 值、溶解氧等 12 项关键水质指标，数据采集频率为每 15 分钟一次，确保及时掌握污水处理厂出水水质动态。

网级监测：

近期（2030 年）：在管网关键节点（如主干管交叉处、穿越重要区域节点）设置 15 个在线监测站，每个监测站配备浊度仪、余氯分析仪、pH 计等设备，实时监测浊度、余氯、pH 等指标，数据每 30 分钟上传一次。通过无线传输技术，将监测数据汇总至监控中心，实现对管网水质的实时监控，及时发现因管网渗漏、交叉污染等原因导致的水质异常。

远期（2035 年）：将在线监测站数量增加至 25 个，加密在管网末梢、小口径支管、复杂地形区域的监测点布局，实现管网全覆盖监测。同时，升级监测设备，提高监测精度与响应速度，部分关键指标监测频率提升至每 10 分钟一次，确保对管网水质变化的全方位、高精度感知。

用户端监测：

近期（2030 年）：在重点工业用户和市政用水点设置 8 个监测点，定期（每周至少一次）进行人工采样检测，分析微生物（细菌总数、大肠杆菌群数）、重金属（铅、汞、镉、铬等）、有机物（挥发酚、石油类等）等安全性指标，保障用户端用水安全。

远期（2035 年）：将用户端监测点增加至 15 个，覆盖更多工业用户和市政用水场景，安装小型化、便携化的在线监测设备，实现对用户端水质的实时监测与数据自动上传，构建从源头到用户的全流程水质监测闭环。

2. 智慧管理平台：

近期（2030 年）：开发功能完备的再生水智慧管理平台，集成水质监测、管网 GIS、调度控制等核心功能模块。通过数据采集与传输系统，实现对污水处理厂、管网、用户端水质数据的实时采集、汇总与分析，为管理决策提供数据支持。基于管网 GIS 系统，实现管网运行状态的可视化展示，如管道流量、压力分布、水质变化等。建立水质预测模型，运用时间序列分析、神经网络算法等技术，结合历史水质数据、气象条件、用水量变化等因素，对未来 1 - 3 天的水质变化趋势进行预测。设置三级预警机制（黄色、橙色、红色），根据不同水质指标的超标程度与风险等级，自动触发相应预警信息，通过短信、弹窗等方式及时通知管理人员。当水质超标时，自动启动应急预案，如调整污水处理厂处理工艺参数、远程关闭相关管网阀门，防止污染扩散。

远期（2035 年）：对智慧管理平台进行全面升级优化，实现与城市综合管理平台的深度融合，打破信息孤岛，实现数据共享与业务协同。引入区块链技术，对水质监测数据进行加密存储与传输，确保数据的安全性、完整性与不可篡改，增强数据公信力。通过人工智能算法，对再生水生产、输送、使用全流程进行智能优化控制，如根据水质预测结果提前调整污水处理工艺，依据管网实时运行状态自动优化调度方案，实现再生水系统的高效、智能、稳定运行。

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：

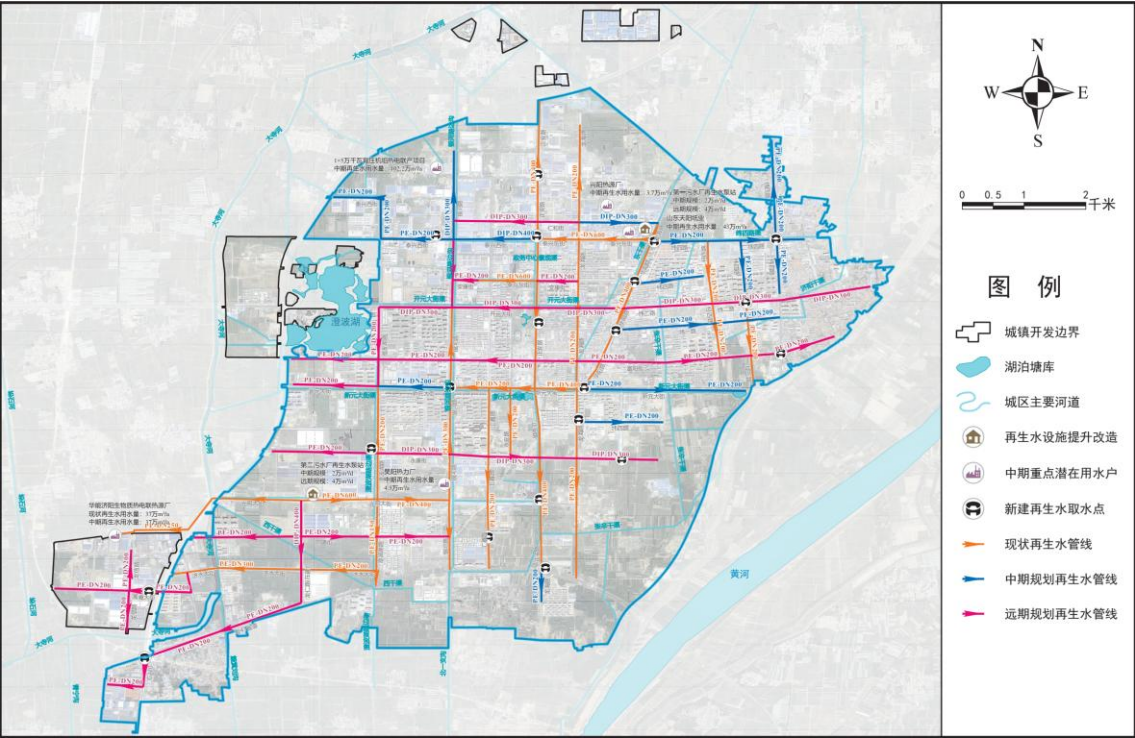


图 8.1-1 济阳区再生水规划总布置图

8.1.1 水源供给布局

(1) 污水处理厂提标扩容

近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 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 。

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准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至 8 万 m^3/d 。

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，以及新元大街渠、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 20 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》（GB5084-2021），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 近期建设任务内容

（1）近期再生水管网完善工程

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。

（2）近期再生水加压泵站扩容工程

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

（1）远期再生水管网完善工程

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。

（2）第二污水厂扩容工程

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 。

（3）远期再生水加压泵站扩容工程

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 。

（4）再生水智慧化信息平台建设工程

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

8.3.1.1 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 $10\% \sim 20\%$ ，磷的去除率约为 $12\% \sim 19\%$ ，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：

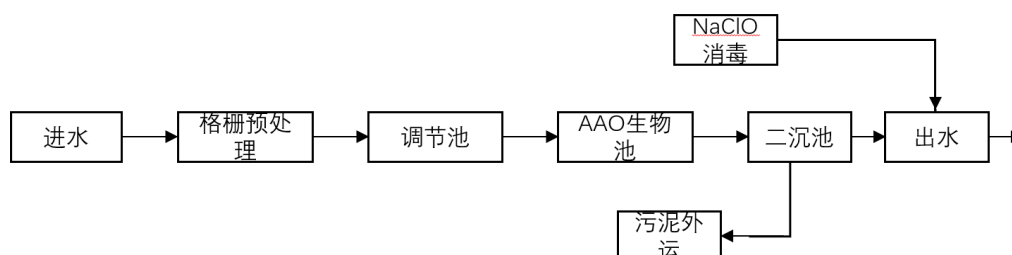


图 8.3-1 总体工艺路线图

8.3.1.2 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 A2O 工艺+矩形沉淀池+高效沉淀池+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 m³/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。

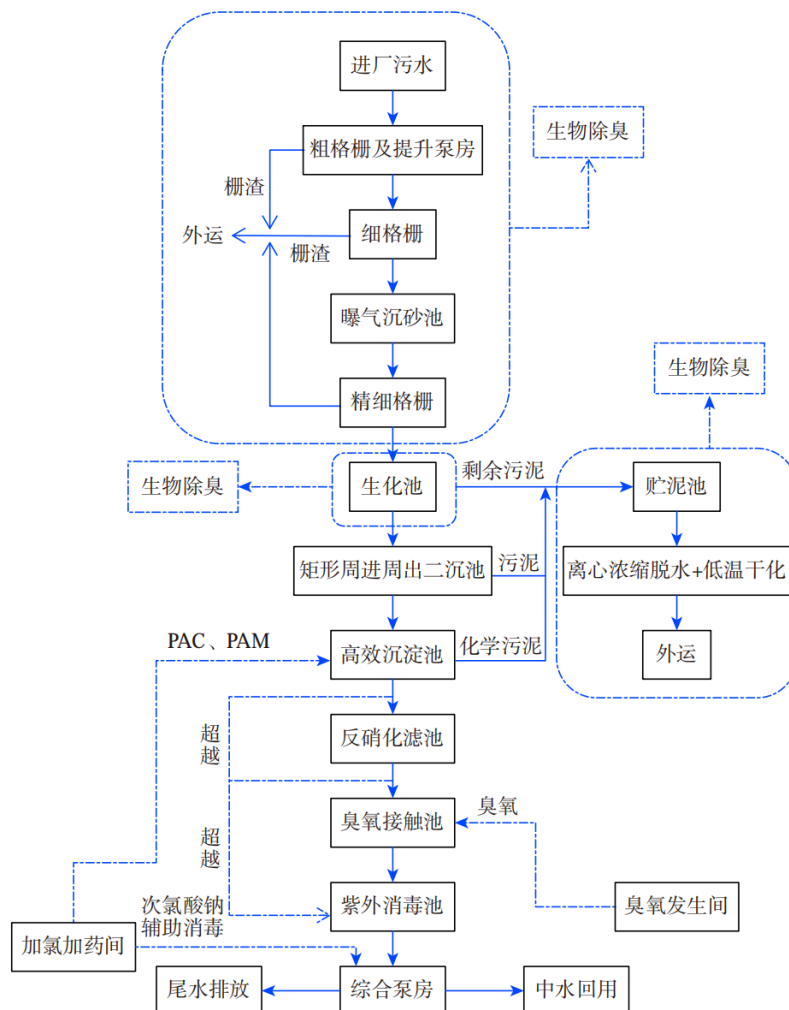


图 8.3-2 济阳区污水处理站再生水利用改造工艺示意图

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）近期规划：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。近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；针对近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。

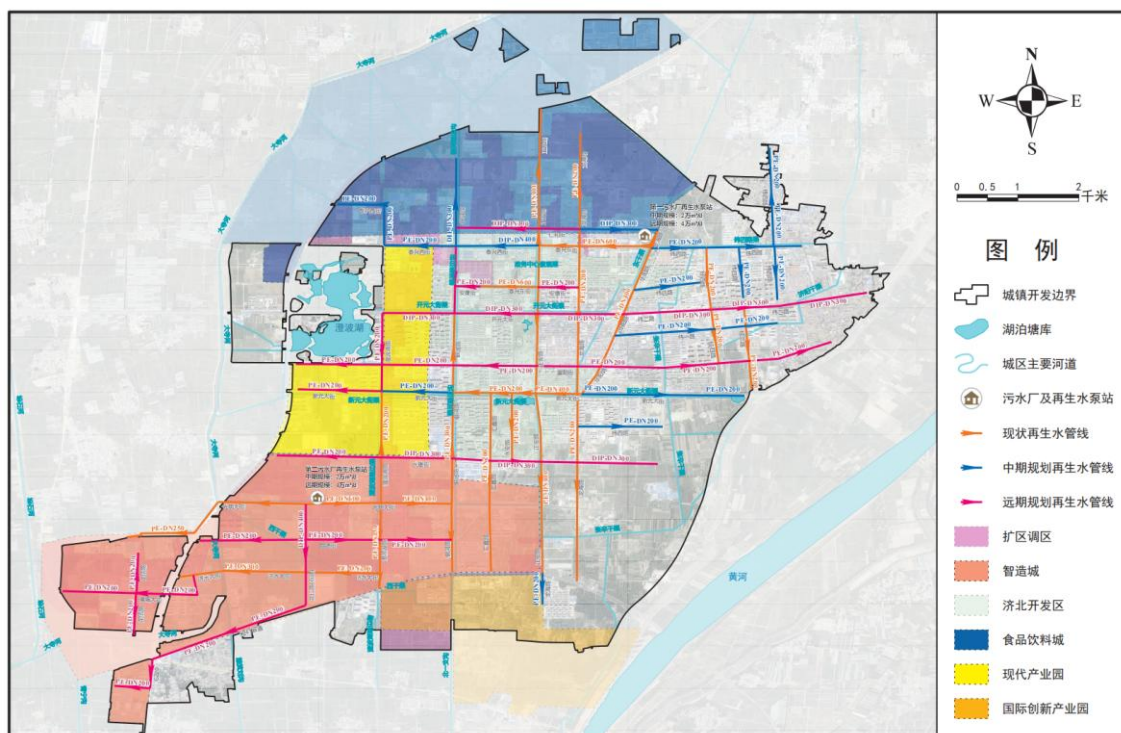


图 8.4-1 济阳区再生水管网规划布置图

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)
近期	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； 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。	1、在有推力产生的地方需要使用止推挡墩； 2、重量较大，刚度较钢管差； 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、耐久性及抗冲击性、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 $v=0.6\sim1.5\text{m/s}$ 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，（ m^3/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 m^3/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。

本次规划在现状管道与近期拟建管道接口处、近远期管道接口处设置取水点，此外，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。

本次共布设取水点 20 个，其位置如布置图中所示。

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，近期规模均扩大至 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；

$\sum h_{\text{泵站内}}$ —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
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，然后接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）住房和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）建设项目建设前期工作咨询费：根据《关于印发建设项目建设前期工作咨询收

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近期 2000 万元，远期 1500 万元。

9.1.5 资金筹措

本工程暂按总投资的 80%贷款，贷款利率 3.6%计算；近期建设期 1 年，建设期贷款利息 91.41 万元；远期建设期 2 年，各年投资比例为 5:5，建设期贷款利息 514.16 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，确保主要排放指标提升至地表Ⅳ类	2030-2035
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

本工程近期工程总投资 6347.63 万元，其中：工程费 3154.25 万元，工程建设其他费 636.67 万元，建设用地费 2000 万元，预备费 454.91 万元，建设期贷款利息 91.41 万元，流动资金 10.39 万元；远期工程总投资 17693.47 万元，其中：工程费 12175.97 万元，工程建设其他费 1787.6 万元，建设用地费 1500 万元，预备费 1675.63 万元，建设期贷款利息 514.16 万元，流动资金 40.11 万元。

近期、远期合计总投资共 24041.1 万元。

表 9.1-2 建设项目总投资估算表（近期）

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			3154.25	49.69%
1	新建再生水管道(PE-DN200)	m	14606.95	1752.83	
2	新建再生水管道(DIP-DN300)	m	2478.53	346.99	
3	新建再生水管道(DIP-DN400)	m	1090.14	174.42	
4	近期再生水加压泵站扩容	座	1	880	
二	工程建设其他费用			636.67	10.03%
三	建设用地费			2000.00	31.51%
四	预备费			454.92	7.17%
五	建设期贷款利息			91.41	1.44%
六	流动资金			10.39	0.16%
七	建设总投资			6347.63	100%

表 9.1-3 建设项目总投资估算表（远期）

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			12175.97	68.82%
1	新建再生水管道(PE-DN200)	m	25673.5	3080.82	
2	新建再生水管道(DIP-DN300)	m	12728.36	1781.97	
3	新建再生水管道(DIP-DN400)	m	582.39	93.18	
4	第二污水厂扩容	座	1	5000	
5	再生水厂扩容	座	1	1220	
6	智慧化信息平台建设	项	1	1000	
二	工程建设其他费用			1787.60	10.10%
三	建设用地费			1500.00	8.48%
四	预备费			1675.63	9.47%
五	建设期贷款利息			514.16	2.91%
六	流动资金			40.11	0.23%
七	建设总投资			17693.47	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 386.94 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 558.89 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 30%、40%、50%、60%、70%、70%、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 50.5 万元，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 129.7 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 483.15 万元。

（5）摊销费

本项目形成无形资产 2000 万元，摊销年限 10 年，年平均摊销费 200 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 13.6 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 681 万元。

综上，本项目每年经营成本 281.16 万元，总成本费用 1389.52 万元，单位经营成本 0.24 元/吨，单位总成本 0.55 元/吨，具体成本分析见总成本费用估算表。

9.2.4 收入预测

（1）工业用水

工业用水量 386.94 万 m^3 ，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/ m^3 ，达产后，年营业收入 251.51 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/ m^3 （含税），绿化、城市杂用水用水量 294.84 万 m^3 ，达产后，年营业收入 943.49 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，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 盈利能力分析

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 9.2.6-1 财务盈利能力分析表

序号	指标名称	指标数值	基准数值
	税前：		
1	项目投资财务内部收益率	6.34%	>5%
2	项目投资财务净现值	3928.56 万元	>0
3	项目投资回收期	16.47 年	<30 年
	税后：		
4	项目投资财务内部收益率	5.49%	>5%
5	项目投资财务净现值	2301.98 万元	>0
6	项目投资回收期	17.09 年	<30 年
7	资本金收益率	4.33%	>8%
8	总投资收益率	4%	

从上表看出，可满足财务内部收益率达到城市水处理行业的基准收益率 5%，财务净现值（全部资金）>0，说明该项目的盈利能力满足行业最低要求。项目

回收期 \leq 运营期 30 年，满足城市行业基准水平，表明该项目的投资能够按时收回，其他各项指标均满足行业基准水平。

9.3 债务清偿能力分析

本项目规划科学，贷款规模合适，配套资金落实，转贷安排合理，还款责任明确。经计算，项目平均利息备付率 $1.16 > 1$ ，平均偿债备付率 $1.02 > 1$ ，说明该项目的偿债能力满足行业最低要求，有持续经营的能力，具体偿债能力指标详见下表。

表 9.3-1 偿债能力指标分析表

序号	指标名称	指标数值	基准数值
1	平均利息备付率（%）	1.16	>1
2	平均偿债备付率（%）	1.02	>1

9.4 财务可持续性分析

财务生存能力分析旨考察项目计算期内的投资、融资和经营活动所产生的各项现金流入和现金流出，确保从各项经济活动中得到足够的净现金流量。

根据财务现金流量表，本项目在运营期间净现金流量和累计盈余资金全部为正，有足够的净现金流量维持正常运营，能够实现财务可持续性。

9.4.1 经济评价结论

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 绩效考核与保障措施

10.1 绩效考核机制

10.1.1 指标设定

（1）再生水使用比例

设定阶段性目标，2025 年规划区再生水利用率达 50%以上，2035 年达 60%以上。

（2）用水减量指标

以再生水利用率目标为核心锚点，分阶段设定企业常规水资源（自来水、地下水等）减量目标，同时明确“再生水替代减量占比底线”：要求企业通过使用再生水实现的减量，需达到总减水量的一定比例以上。此举既强化再生水利用与节水目标的协同性，又避免企业通过压缩生产规模等非再生水替代方式完成减量，确保节水成效真正服务于再生水循环利用体系建设。

（3）再生水设施建设与运行

区分新建企业与既有企业设定差异化要求：对新建企业，要求项目规划阶段同步设计再生水利用设施，投产后确保设施正常运行并达到一定利用率；对既有企业，明确再生水设施改造或接入园区再生水系统的期限，投用后需保障设施运行稳定，将故障发生率控制在较低水平。

10.1.2 考核频率与方式

采用“动态监测 + 定期评估 + 综合考核”的多层级考核模式，确保考核过程科学、数据真实。

（1）考核频率

采用月度监测、季度评估和年度考核相结合的方式。每月对企业的用水数据进行监测，包括再生水使用量、常规水资源使用量等；每季度对企业的再生水利用情况进行一次全面评估，检查各项指标的完成进度；年度考核则综合月度监测和季度评估结果，对企业全年的再生水利用工作进行全面考核。

（2）考核方式

成立由区城乡水务局、区生态环境分局以及相关行业专家组成的考核小组。考核过程中，通过“台账核查 + 实地检查 + 水质检测”多维验证：查阅企业用水台账、实地检查再生水设施运行状况、检测再生水水质等多种方式，确保考核数据的真实性和准确性。同时，引入第三方监测机构，对企业的用水数据进行独立监测，与考核小组的数据相互印证，提高考核结果的公信力。

10.1.3 推进措施

（1）政策引导

完善价格机制。合理核定再生水价格，再生水价格由再生水设施建设投资回报、运营成本（费用）、税金和合理利润等构成。为改善生态环境，用于河湖、湿地生态补水的再生水价格，按照合理补偿成本、合理收益的原则测定，结合工作需求，采用政府购买服务方式支付；用于工业、市政杂用的再生水价格，按照有利于非常规水资源利用、优质优价、合理补偿成本、合理收益的基本原则，由再生水供应企业和用户自主协商定价。对取用再生水的用户，按规定免征水资源税。（责任单位：区水务局、各镇街道）

加强政策扶持。依法依规简化新建、改建、扩建再生水利用设施建设项目的立项、环评、洪评、占路挖掘等审批手续，切实保障建设项目土地指标，做好土地供应工作。（责任单位：区发展改革局、区公安分局，区自然资源局、区交通运输局、区水务局、区行政审批服务局、市生态环境局济阳分局、区城市公用事业发展中心，各街镇）

实行奖励机制。制定再生水利用奖励办法，对按规定建设再生水利用设施、使用再生水成效明显的用水单位，给予资金支持。（责任部门：区水务局、区财政局、各镇街道）

（2）宣传教育与技术培训

宣传教育活动：定期组织开展再生水利用宣传教育活动，通过举办专题讲座、发放宣传资料、在园区内设置宣传栏等多种形式，向企业宣传再生水利用的重要意义、政策法规以及技术知识。提高企业对再生水的认知度和接受度，

增强企业的节水意识和环保责任感。

技术培训：针对企业在再生水利用过程中遇到的技术难题，组织专业技术人员为企业提供免费的技术培训服务。培训内容包括再生水利用设备的操作与维护、再生水水质监测与管理、再生水在不同生产工艺中的应用等。通过技术培训，提升企业的再生水利用技术水平，确保再生水设施的正常运行和高效利用。

经验交流与示范推广：定期组织园区内企业之间的再生水利用经验交流活动，邀请再生水利用成效显著的企业分享成功经验和案例。同时，选择一批再生水利用示范企业，在园区内进行重点推广，发挥示范引领作用，带动其他企业积极参与再生水利用工作。

通过以上绩效考核机制及推进措施的实施，能够有效促进济阳区工业园区完成再生水使用指标，使企业积极参与再生水利用，提高水资源利用效率，实现经济发展与环境保护的双赢。

10.2 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。

10.3 组织保障

（1）加强组织领导。各级各有关部门（单位）要结合自身职能分工，细化分解任务，严格落实责任，加强沟通协调，形成工作合力，切实做好再生水利用相关工作。

（2）强化督导考核。水行政主管部门要加强对各区县政府再生水利用工作的监督检查，并将再生水利用情况纳入节水型企业（单位）、节水型园区等评价指标体系。

（3）完善金融政策。建立多层次、多渠道、多元化的再生水利用设施建设与运营维护投融资模式，吸引社会资本参与再生水利用，切实提升再生水利用项目运营质量和管理效能。

（4）加大宣传力度。充分利用政府网站、新闻媒体等多种渠道，积极开展形式多样的再生水利用宣传教育活动，不断提高公众对再生水利用的认知度和接受度，营造良好氛。

10.4 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。

10.5 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。

10.6 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 生态效益

再生水回用是践行绿色发展理念、推进污水深度处理的关键举措。其核心意义在于，实现了人类水资源利用理念的重大革新，从传统的单纯控制、开发与利用水资源，转向以水质再生为核心的“水的循环再用”以及“水生态的修复和恢复”。这一转变高度契合习近平生态文明思想，是对党的二十大精神在水资源领域的生动实践。

在济阳区，大量再生水投入使用后，对生态环境的积极影响将逐步显现。以河道生态补水为例，再生水的持续注入能够有效加速区域河网水系的流动。这一过程不仅有助于改善水体富营养化等长期困扰的问题，还能显著提升河流水质。在济阳区，随着再生水广泛用于河道生态补水，河流水质有望稳步提升，黑臭水体出现的频率将大幅降低，水体将逐渐恢复清澈，为水生生物营造更适宜的生存环境。

从更宏观的生态系统角度来看，再生水回用为水生生物的繁衍生长创造了有利条件。当回用水进入河道后，水体溶解氧含量将得到提高，这对鱼类等水生生物的生存与繁衍至关重要，能够有效增加生物多样性。济阳区的河流、湿地等生态系统也将因再生水的注入，实现生态结构的优化，构建起更加稳定、更具活力的生态群落，推动整个区域生态环境向良性方向发展。

11.2 社会效益

水作为城市发展不可或缺的基础性资源和战略性经济资源，其重要性不言而喻。然而，随着城市化进程的加速以及经济的快速发展，环境污染问题日趋严重，水资源短缺问题愈发突出，成为制约城市发展的关键瓶颈。在此背景下，《济南市济阳区再生水利用专项规划》的编制具有重大现实意义。

该《规划》的实施将有力推进济阳区污水的再生利用，显著提高水资源利用效率。通过拓宽再生水利用领域，合理配套再生水处理设施及规模，能够有

效缓解城市水资源供需压力。以城市应对枯旱等突发事件的能力为例，稳定的再生水供应能够在关键时刻保障居民生活用水和企业生产用水，避免因水资源短缺引发的社会不稳定因素。

同时，再生水利用有助于济阳区建设节水型城市。当城市水环境得到改善，公园、湿地等生态景观更加宜人，将吸引更多居民休闲游览，提升居民的幸福感和归属感。此外，再生水利用设施的建设与运营还能创造大量就业机会，从设施建设阶段的建筑工人，到运营阶段的技术人员、管理人员等，涵盖多个领域，为当地居民提供更多就业选择，促进社会和谐稳定发展。

11.3 经济效益

再生水具有水量大、水质稳定、受季节和气候影响小的显著优势。与开发其他水资源方式相比，其利用成本相对较低。并且，随着城市自来水价格的上涨以及再生水运行成本的进一步降低，再生水利用的经济效益将愈发突出。

以工业企业为例，工业企业每年用水量达 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。随着再生水利用规模的不断扩大，将有更多企业受益于低成本的再生水资源，有效降低企业生产成本，提高企业市场竞争力。

此外，再生水利用设施的建设与运营还能带动相关产业发展。从污水处理设备制造、再生水输送管网建设，到再生水水质监测等领域，都将迎来新的发展机遇，拉动区域经济增长，形成新的经济增长点。

11.4 可实施性分析

《济南市济阳区再生水利用专项规划》的编制具有坚实的基础和充分的可行性。该《规划》紧密基于《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，充分考虑了济阳区的发展实际情况，确保了规划的科学性与合理性。同时，《规划》能够完全满足《济南市再生水利用工作意见》的相关要求，在政策层面得到有力支持。

在技术方面，当前先进的水处理技术已经能够将污水处理到满足不同用途的水质标准。无论是用于工业生产的高标准水质要求，还是用于生态补水、城市绿化等相对较低标准的水质要求，现有技术均能够轻松实现。

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》的编制与实施，将极大地缓解济阳区水资源的供需矛盾问题。这不仅有利于社会稳定，保障居民生活和企业生产的正常用水需求，还能促进资源的高效利用，减少对新鲜水资源的过度开采，同时减轻污水排放对环境的污染，在社会和环境层面都具备良好的可行性，为济阳区的可持续发展奠定坚实基础。

11.5 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 2.88 万 m^3/d ，再生水利用率约为 50%，至 2030 年，再生水量为 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 ，再生水量可达 8 万 m^3/d ，再生水利用率可达 60%。

12 附图

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 济阳区再生水管网现状图

附图 4 济阳区城区水系现状图

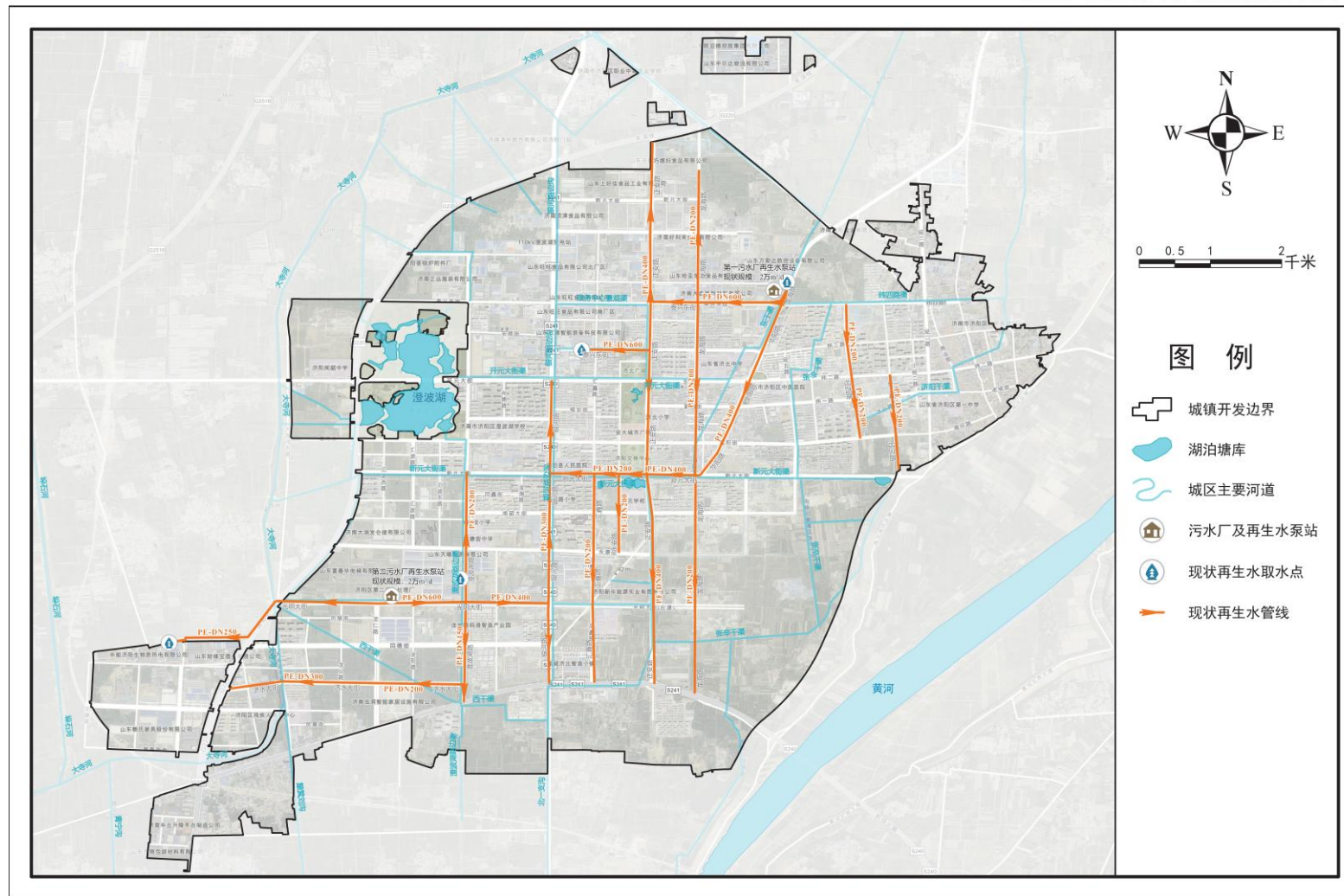
附图 5 济阳区再生水规划总体布局图

附图 6 济阳区再生水管网规划布置图

附图 7 济阳区再生水生态补水利用规划图

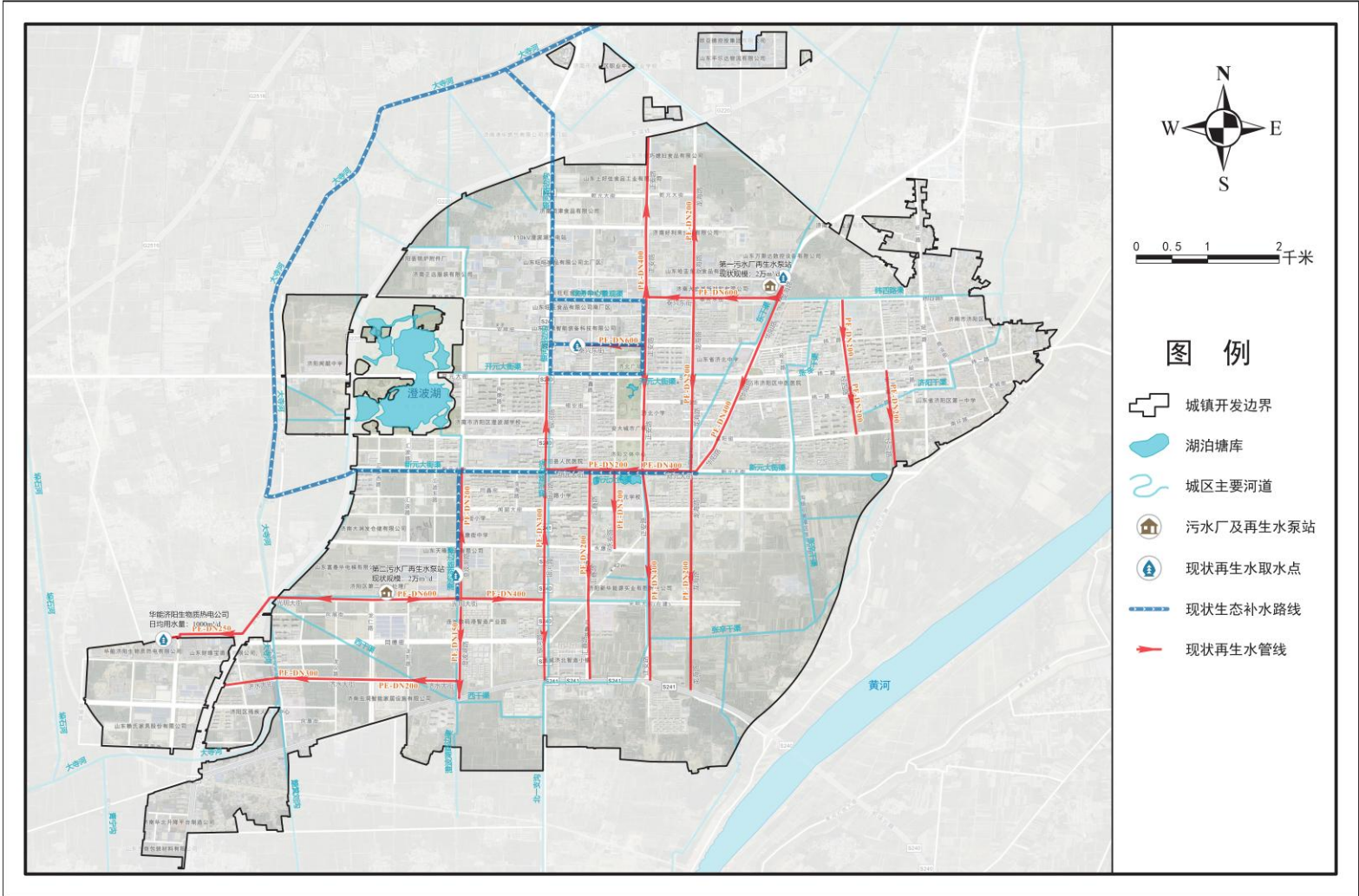
济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035）

济阳区再生水管网及设施现状图



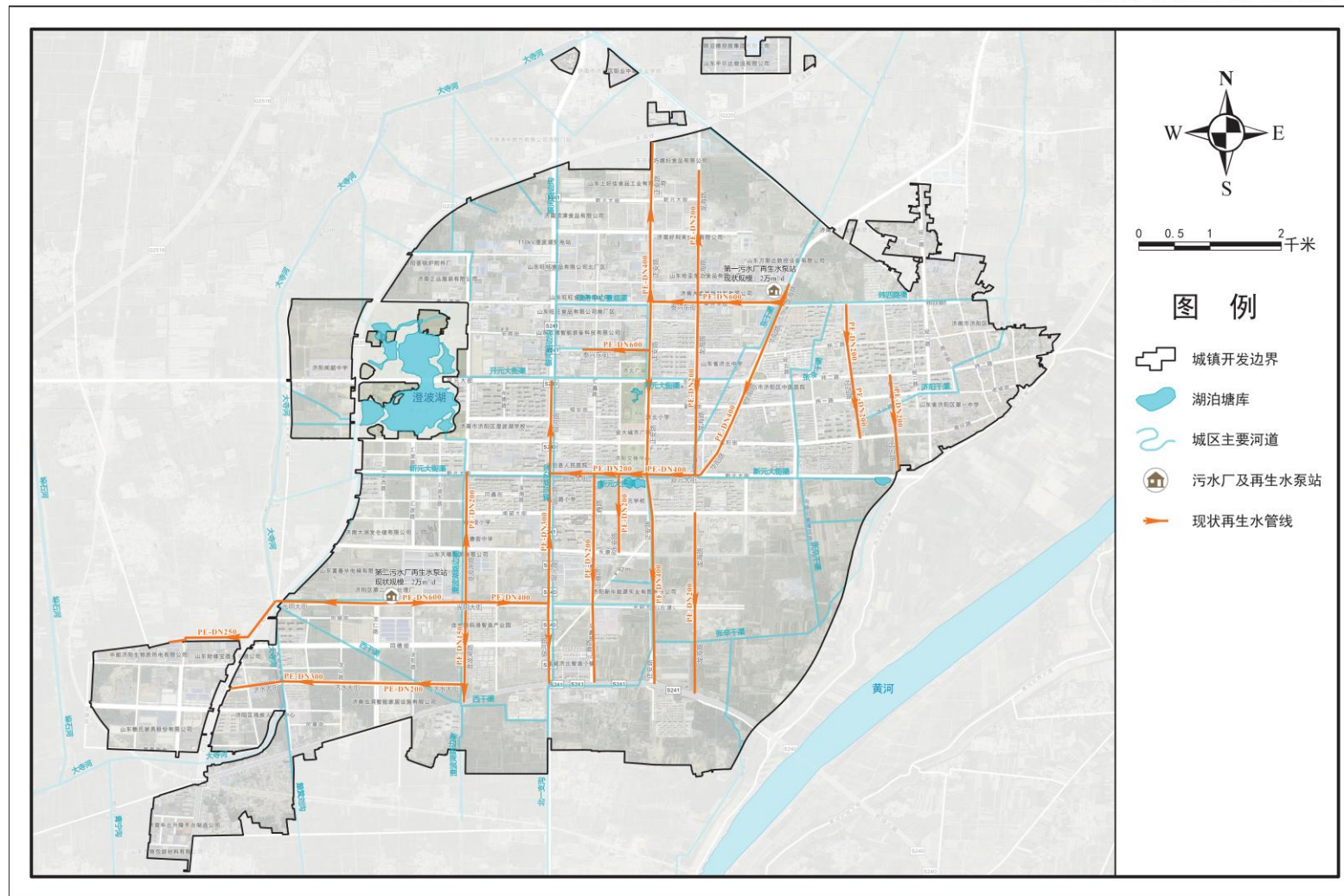
济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035）

济阳区再生水利用现状图



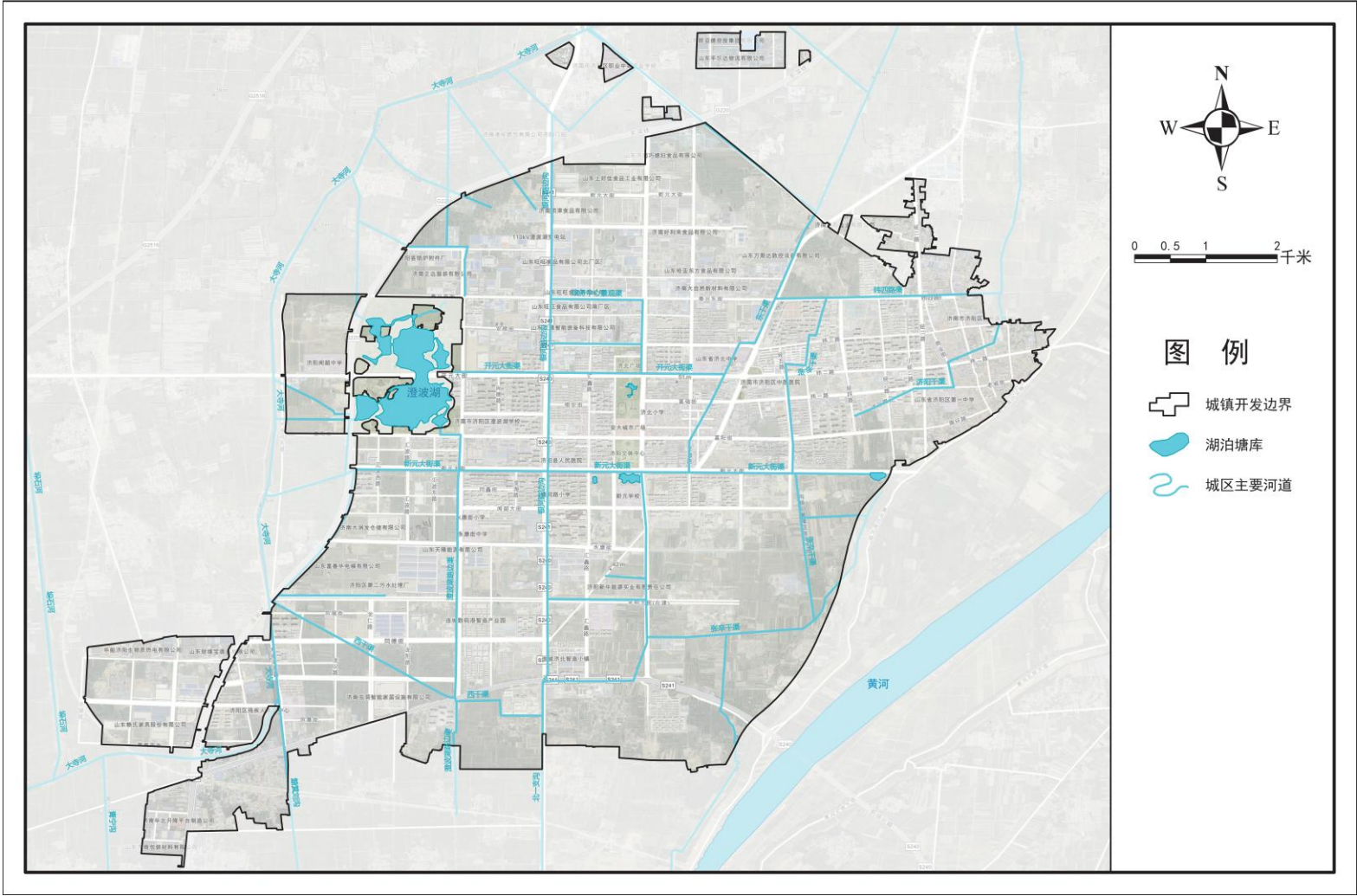
济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035）

济阳区再生水管网现状图



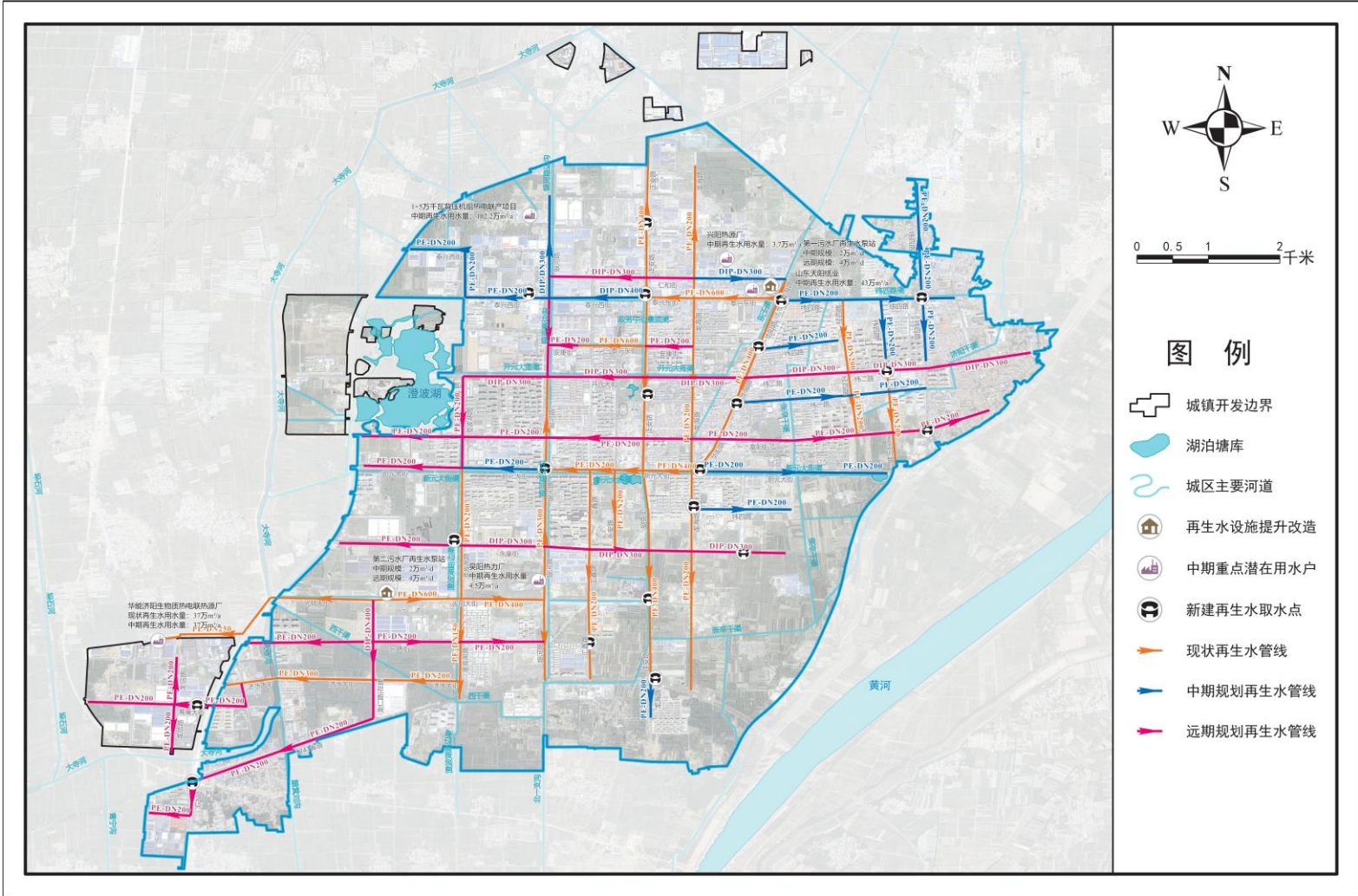
济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035）

济阳区城区水系现状图



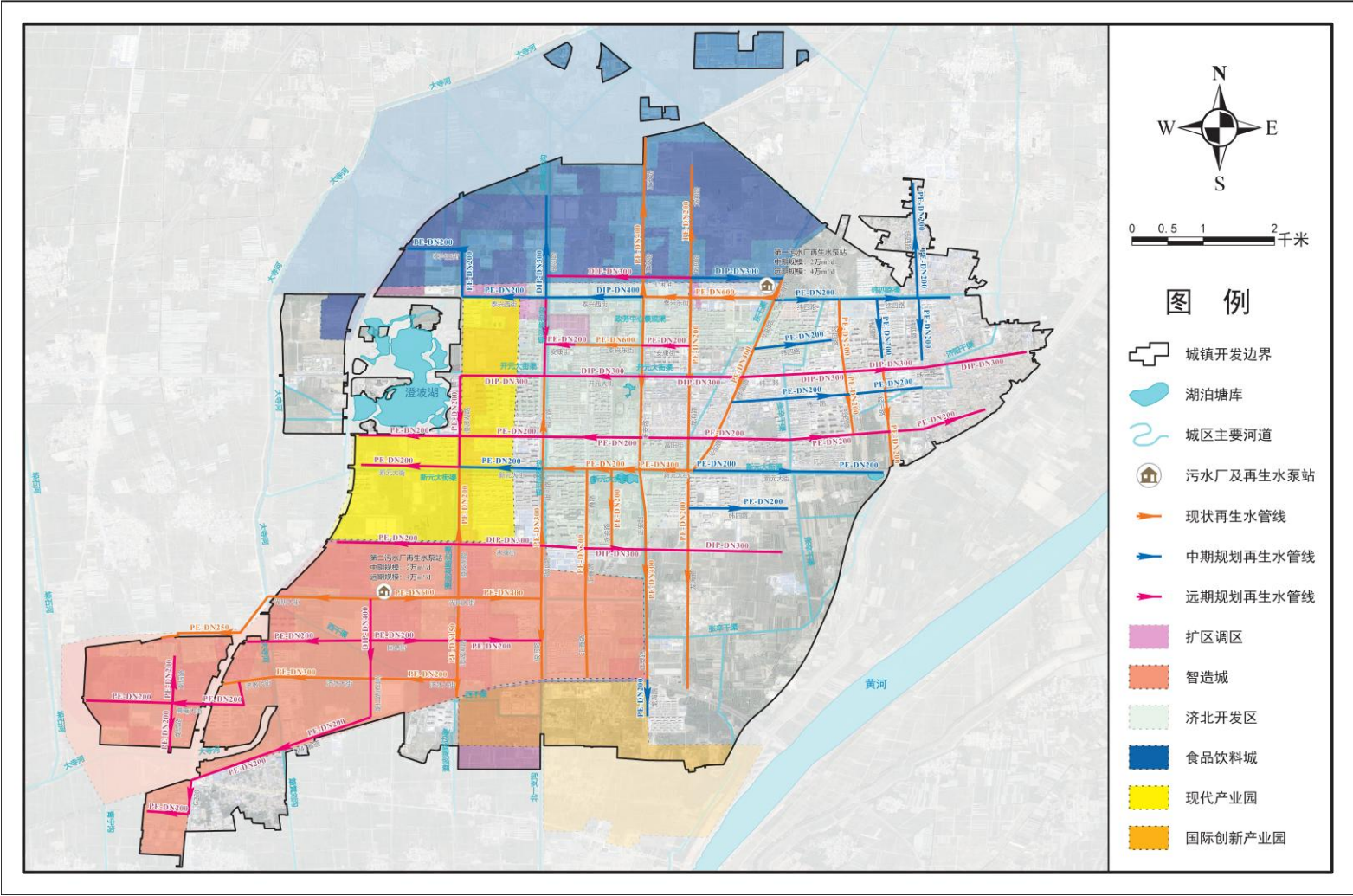
济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035）

济阳区再生水规划总体布局图



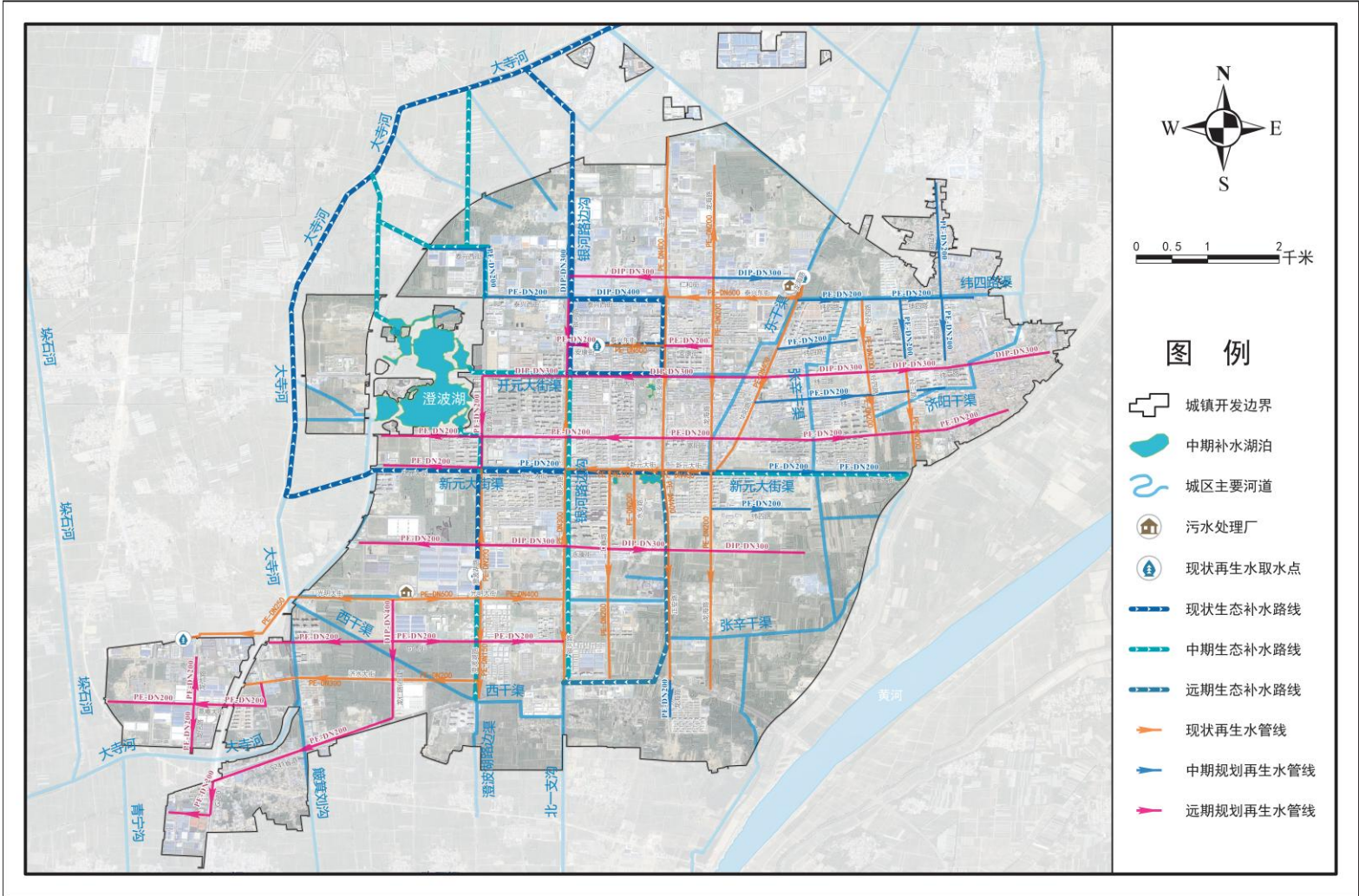
济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035）

济阳区再生水管网规划布置图



济南市济阳区再生水利用专项规划（2024-2035）

济阳区再生水生态补水利用规划图



13 专家意见及回复

济南市济阳区再生水利用专项规划(2025-2035 年)

评审意见

2025 年 8 月 22 日，济南市济阳区城乡水务局组织召开会议，对中国电建西北勘测设计研究院有限公司编制完成的《济南市济阳区再生水利用专项规划（2025-2035 年）》（以下简称《规划》）进行评审，参加会议的有济北开发区管委会、区发改局、区工信局、区住建局、区城管局、区农业农村局、区生态环境分局、区城市公用事业发展中心等单位的代表和专家（名单附后）。与会人员听取了编制单位关于《规划》的汇报，经质询与讨论，形成评审意见如下：

一、《规划》编制符合国家、省市有关法律法规、规范标准，对于促进济南市济阳区水资源节约集约高效利用具有重要意义。


二、《规划》提出的规划指导思想和规划目标明确、基本原则及技术路线正确。

三、《规划》开展了再生水利用调查与评价、再生水供需分析，提出的再生水利用配置、再生水水质保障方案基本合适，提出的再生水利用工程规划布局等内容全面，具有较强可操作性。

四、意见建议

1. 进一步做好与相关规划的衔接；
2. 复核再生水可利用量；
3. 完善再生水利用规划工程与预算。

综上，报告修改完善后按照相关程序报批。

专家组组长： 

2025 年 8 月 22 日

《济南市济阳区再生水利用专项规划》（2025-2035 年）

评审会议专家签字表

2025 年 8 月 22 日

序号	姓名	职务/职称	单位	签字
1	齐春三	研究员	山东省水利勘测设计院	齐春三
2	郑俊峰	正高级工程师	淄博市水利事业服务中心	郑俊峰
3	仕玉治	正高级工程师	山东省水利科学研究院	仕玉治
4	王开然	高级工程师	山东省水利科学研究院	王开然
5	傅世东	高级工程师	山东省水利科学研究院	傅世东