济南市长清区再生水利用规划

（2023—2035 年）

济南市长清区人民政府

2024 年 07 月

济南市长清区再生水利用规划

（2023—2035 年）

说明书

济南市长清区人民政府

2024 年 07 月

目 录

附件：专家评审意见

水质检测报告

第1章 总 论

1.1 规划背景

1.1.1 国家层面

1.《关于推进污水资源化利用的指导意见》

2021 年 1 月 11 日，十部门联合发布《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13 号）（以下简称《意见》）。《意见》指出，污水资源化利用是指污水经无害化处理达到特定水质标准，作为再生水替代常规水资源，用于工业生产、市政杂用、居民生活、生态补水、农业灌溉、回灌地下水等，以及从污水中提取其他资源和能源，对优化供水结构、增加水资源供给、缓解供需矛盾和减少水污染、保障水生态安全具有重要意义。

《意见》指出了总体目标：到 2025 年，全国污水收集效能显著提升，县城及城市污水处理能力基本满足当地经济社会发展需要，水环境敏感地区污水处理基本实现提标升级；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；工业用水重复利用、畜禽粪污和渔业养殖尾水资源化利用水平显著提升；污水资源化利用政策体系和市场机制基本建立。到 2035 年，形成系统、安全、环保、经济的污水资源化利用格局。

在“着力推进重点领域污水资源化利用”和“实施污水资源化利用重点工程”方面，《意见》指出，要加快推动城镇生活污水资源化利用，积极推动工业废水资源化利用，稳妥推进农业农村污水资源化利用，实施污水收集及资源化利用设施建设工程、实施区域再生水循环利用工程、实施工业废水循环利用工程、实施农业农村污水以用促治工程、实施污水近零排放科技创新试点工程、综合开展污水资源化利用试点示范。

2.黄河流域生态保护和高质量发展

2019 年 9 月 18 日，习近平总书记主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话，黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略。总书记提出：要坚持绿水青山就是金山银山的理念，坚持生态优先、绿色发展，以水而定、量水而行，因地制宜、分类施策，上下游、干支流、左右岸统筹谋划，共同抓好大保护，协同推进大治理，着力加强生态保护治理、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。

习近平总书记在河南郑州主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话，深刻阐明了黄河流域生态保护和高质量发展的重大意义和重要任务，将其确定为重大国家战略，并首次明确了济南作为黄河流域中心城市的定位。

济南作为沿黄重要节点城市，而且是省会城市，主动融入、服从服务黄河流域生态保护和高质量发展国家战略，是济南必须肩负的重大政治责任和历史使命。充分发挥济南黄河流域中心城市作用，打造黄河流域生态保护和高质量发展的先行示范区，加快建设“大强美富通”现代化国际大都市。

1.1.2 省级层面

1.《关于加强污水处理回用工作的意见》

2011 年 6 月山东省发改委、水利厅、住建厅、环保厅共同发布了《关于加强污水处理回用工作的意见》（鲁发改地环〔2011〕678 号）。《意见》关于污水回用提出五点要求：第一，应充分认识污水处理回用的重要性。第二，将污水处理再生水纳入区域水资源统一配置。第三，进一步加强污水处理回用管理。第四，建立健全污水处理回用运行机制。第五，强化污水处理回用工作的保障措施。在再生水水资源配置方面，要求新建、改建、扩建污水处理设施，必须同步规划建设污水处理回用设施与管网。新建建筑面积在 2 万 m^2 以上的大型公共建筑、房屋建筑面积达到 10 万 m^2 以上的住宅小区，应就近接入市政再生水管线；没有条件接入市政再生水管线的，可配套建设污水处理回用设施。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。

2.《山东省城市排水“两个清零、一个提标”工作方案》

2022 年 4 月 12 日，山东省住建厅、发改委、财政厅、生态环境厅、水利厅联合印发《山东省城市排水“两个清零、一个提标”工作方案》。要求到 2023 年，40%的城市污水处理厂出水水质达到地表水准IV类标准，城市再生水利用量每年增加 1 亿吨，城市再生水利用率达到 50%。要求到 2025 年，60%城市污水处理厂完成提标改造，城市再生水利用量每年增加 1 亿吨，再生水利用率达到 55%。

1.1.3 市级层面

1.《济南市节约用水条例》

2020 年 8 月 25 日济南市第十七届人民代表大会常务委员会第十五次会议通过，2020 年 9 月 25 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十三会议批准了《济南市节约用水条例》。

《条例》针对再生水利用方面提出来相关规定，指出：市、区县政府应当将再生水、雨水、矿坑水等非常规水源纳入水资源统一管理，审批取水许可和用水计划应当优先配置再生水；市、区县人民政府应当规划建设再生水输配管网和设施，合理设置泵站和取水口，对再生水实行化利用；新建、改建、扩建污水处理厂应当采用先进的污水处理技术、工艺，提供符合标准的再生水水源，满足用水需求城市新区建设、旧城改造和市政基础设施建设，应当铺设再生水利用管网。

市、区县人民政府应当通过政策扶持、资金补助等方式鼓励社会资本参与再生水设施建设和市场化运营。公共管网供应的再生水价格实行政府定价，非公共管网供应的再生水实行市场定价。再生水利用应当给予财政补贴或者减免污水处理费，具体办法由市人民政府制定。

2.《济南市“十四五”水务发展规划》

2021 年 12 月 29 日，济南市人民政府发布《济南市“十四五”水务发展规划》（济政字〔2021〕97 号）。到 2025 年，城市再生水利用率提高到 50%，并定为约束性指标。强化水资源刚性约束。加强顶层设计，编制再生水利用专项规划。强化工业节水，大力推广节水工艺和技术，支持企业开展再生水利用改造。强化再生水利用，实施再生水厂、主干管网配套建设工程，推进再生水管网覆盖范围内市政绿化、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。实施城区再生水利用设施建设工程，依托现有污水处理厂，配套建设再生水深度处理工程和再生水利用管网设施，满足区域市政、绿化及工业企业再生水配置需求。探索推进再生水利用特许经营，完善再生水利用配套政策，健全再生水资源有偿使用机制、价格体系和多元化投资机制。开展全市再生水利用实施意见调研，建设再生水利用信息化监管平台，完善再生水市场化经营、考核和评价机制，促进再生水行业有序发展。

3.《济南市新型城镇化规划（2021-2035 年）》

2022 年 7 月 15 日，济南市人民政府发布《济南市新型城镇化规划（2021-2035 年）》（济政发〔2022〕9 号）。文件提出，加大城市污水处理厂再生水回用力度，到 2025 年，60%城市污水处理厂出水达到地表水准IV类标准,城镇再生水利用率达到 50%，到 2035 年城镇再生水利用率达到 65%。

1.2 指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大精神，坚持节约资源和保护环境的基本国策，立足节约水资源和促进水资源高效循环利用，以提高再生水利用社会效益和经济效益为着眼点，以政府引导、市场主导为准则，建立依水发展、应用则用、效益最优、因地制宜的再生水利用新格局，统筹推进再生水经济、高效、安全利用，扎实推进节水型社会建设，保障济南市长清区经济社会持续发展，优化城市发展环境，提高城市综合竞争力。

1.3 规划依据

1. 法律法规

（1） 《中华人民共和国城乡规划法》

（2） 《中华人民共和国水法》

（3） 《中华人民共和国循环经济促进法》

（4） 《中华人民共和国水污染防治法》

（5） 《中华人民共和国环境保护法》

2. 政府文件

（1） 《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13 号）

（2） 《关于加强污水处理回用工作的意见》（鲁发改地环〔2011〕678 号）

（3） 《山东省城市排水“两个清零、一个提标”工作方案》（鲁建发〔2022〕3 号）

（4） 《济南市节约用水条例》

（5） 《济南市“十四五”水务发展规划》

（6） 《济南市新型城镇化规划（2021-2035 年）》

3. 相关规划

（1） 济南城市发展战略规划（2020-2050 年）

（2） 《济南市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

（3） 《济南市长清区国民经济和社会发展第十四个五年规划》

（4） 《济南市城市供排（污）水专项规划及三年建设规划》

（5） 《济南市黄河流域生态保护和高质量发展规划》

（6） 《济南市城市防洪除涝规划》

（7） 《济南市城市防洪规划》

（8） 《济南市海绵城市专项规划》

（9） 《长清市长清区现代水网建设规划（2021~2035 年）》（征求意见稿）

4. 规范标准

（1） 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）

（2） 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）

（3） 《城市污水再生利用分类》（GB/T 18919-2002）

（4） 《再生水水质标准》（SL 368-2006）

（5） 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）

（6） 《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T 18921-2019）

（7） 《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 18923-2005）

（8） 《城市污水再生利用 地下水回灌水质》（GB/T 19722-2005）

（9） 《城市污水再生利用 农业灌溉水质标准》（GB/T 20922-2007）

（10） 《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T 25499-2010）

（11） 《城市居民生活用水量标准》（GB/T 50331-2002（2023 年修订））

（12） 《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB 50335-2016）

（13） 《城市用水分类标准》（CJ/T 3070-1999）；

（14） 《城市排水工程规划规范》（GB 50318-2017）

（15） 《城市给水工程规划规范》（GB 50282-2016）

（16） 《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）

（17） 《室外给水设计标准》（GB 50013-2018）

（18） 《建筑中水设计标准》（GB 50336-2018）

（19） 《城镇再生水利用规划编制指南》（SL 760-2018）

（20） 《工业锅炉水质》（GB/T 1576-2018）

（21） 《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2021）

5. 其他有关法规、文件、规范以及相关基础资料

1.4 城市相关规划衔接

1.4.1 济南市发展战略规划

1.总体目标

规划济南城市发展的总体目标是："大强美富通"现代化国际大都市。

——大：注重增大城市人口、经济体量,拓展城市发展空间；

——强：增强经济实力和文化、科技、创新、人才等软实力；

——美：建设美丽宜居泉城,改善自然和社会环境；

——富：提升社会保障水平和服务能力，提高居民收入，缩小城乡差距；

——通：解决城市拥堵,实现周边发展互联互通，构建走向世界的开放格局。

2.全域总体发展格局

济南莱芜行政区划调整后，济南城市发展进入北跨黄河、南跃泰山的时代，空间格局将迎来新变化。规划济南整体形成"一主一副多点"的空间格局。其中，"一主"为济南中心城区；"一副"为莱芜-钢城副中心城区；"多点"为商河城区、平阴城区，以及雪野湖、玉皇庙等多个重要功能节点。

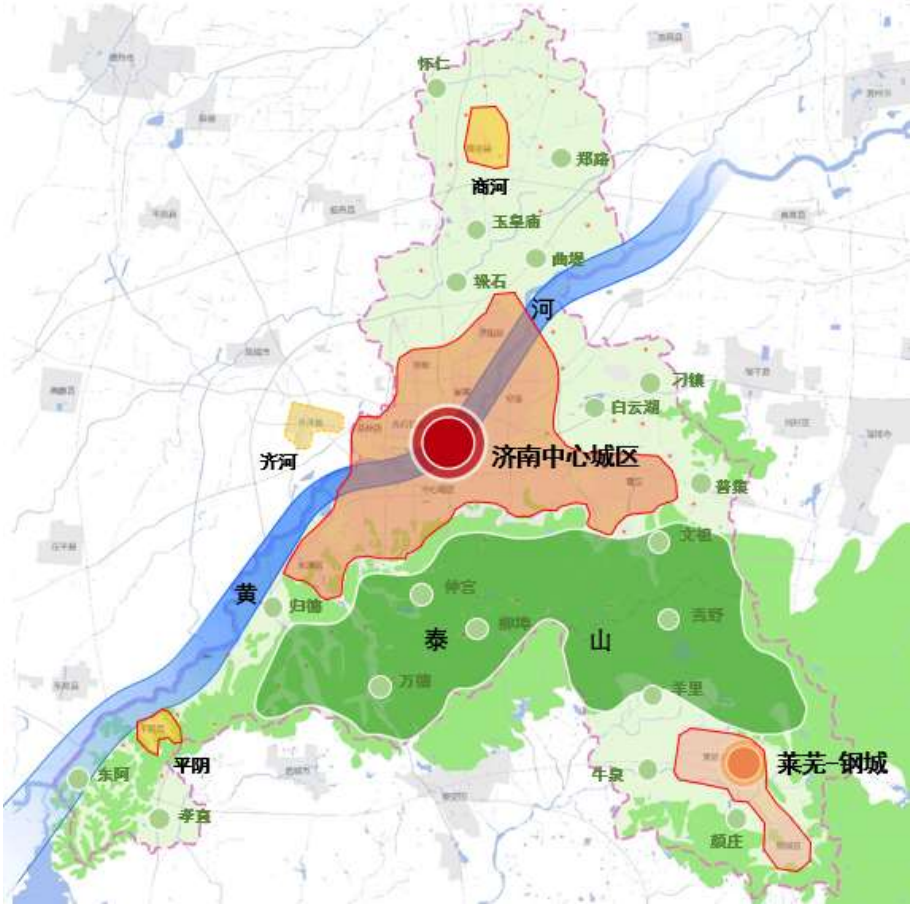


图 1-1 新济南“一主一副多点”空间格局图

3.城市规模

规划 2035 年，济南总人口达到约 1350 万人，城镇化率达到约 90%左右。城镇人口约 1200 万人，中心城市人口约 1100 万人。

表 1-1　城镇规模表（2035 年）

	现状（单位：万人）	规划（单位：万人）	新增（单位：万人）
中心城区	590	980	390
莱芜、钢城	50	120	70
平阴、商河	30	50	20
小城镇	30	50	20
济南市域	700	1200	500

注：现状人口为经大数据校核的实际居住人口。

规划 2035 年市域总面积 10244 平方公里，人均建设用地 110～120 平方米/人，城镇开发边界控制规模 1390 平方公里。

1.4.2 济南市国土空间总体规划（2021-2035 年）

济南市新一轮国土空间总体规划已通过自然资源部审查，同步推进市、区县、乡镇国土空间规划编制，优化全域全要素国土空间保护利用格局。

1. 战略定位

济南市以国家中心城市、中国北方新动能增长极、黄河流域生态保护与高质量发展示范城市、引领山东半岛城市群发展的新时代社会主义现代化强省会为战略定位。坚持国家中心城市战略、绿色可持续战略、新动能培育战略、城乡高品质战略。为做好区域协同发展，济南市发挥门户作用，为沿黄城市生态保护与高质量发展做出示范，同时积极推动山东半岛城市群与京津冀、长三角、中原城市群的协同发展，省内构建济南都市圈，引领山东半岛城市群发展。

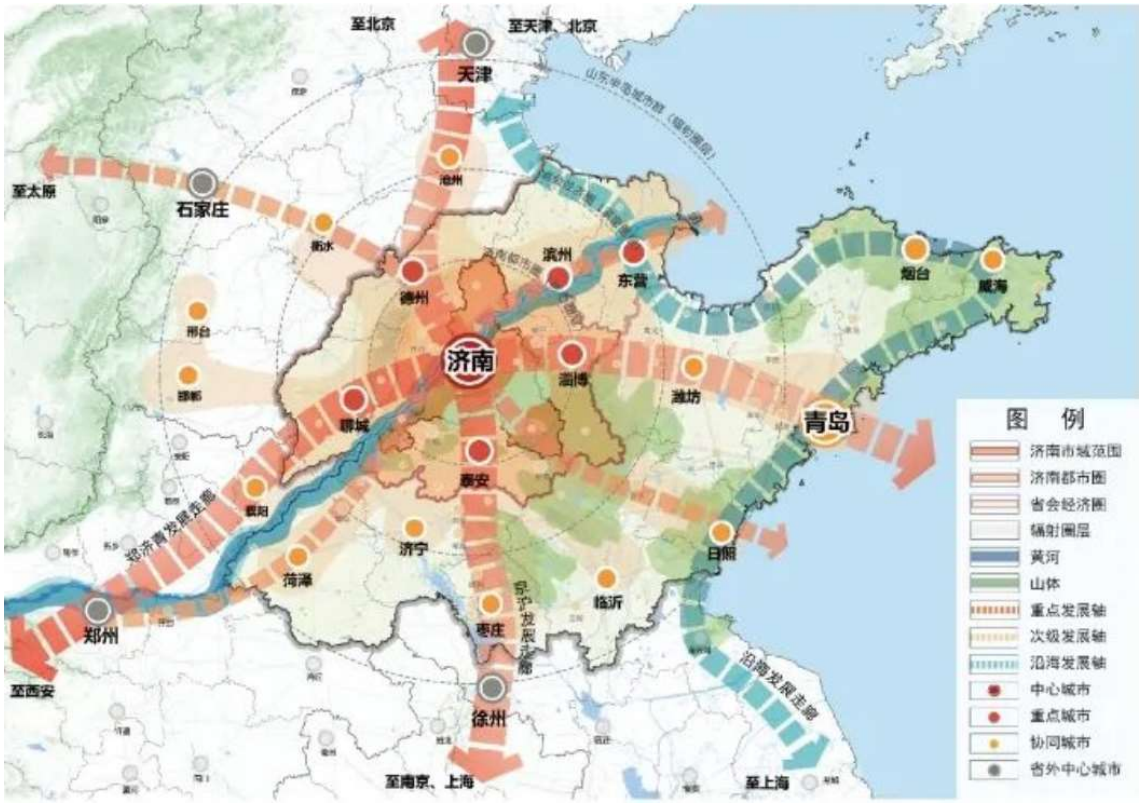


图 1-2 济南协同发展格局图

2. 构建“一主一副，两城三轴多圈”的市域城镇格局。

一主：即主城，包括中心城区与章丘、济阳、长清三个主城片区，是国家中心城市功能的主要承载区。

一副：即副城，包括莱芜、钢城两个副城片区，是支撑济南辐射带动鲁中、鲁

南的副城区、省会城市副中心。

两城：即平阴、商河两县，是支撑济南向北与西南方向辐射的相对独立的门户型节点城市。

三轴：即由主城向北、东南、西南方向辐射的三条发展轴，引导差异化城镇功能集聚,完善城乡功能组织。

多圈：即城镇圈，作为郊区空间组织和资源配置的基本单元，发挥外围城区县城和重点街镇对乡村地区的辐射带动作用。

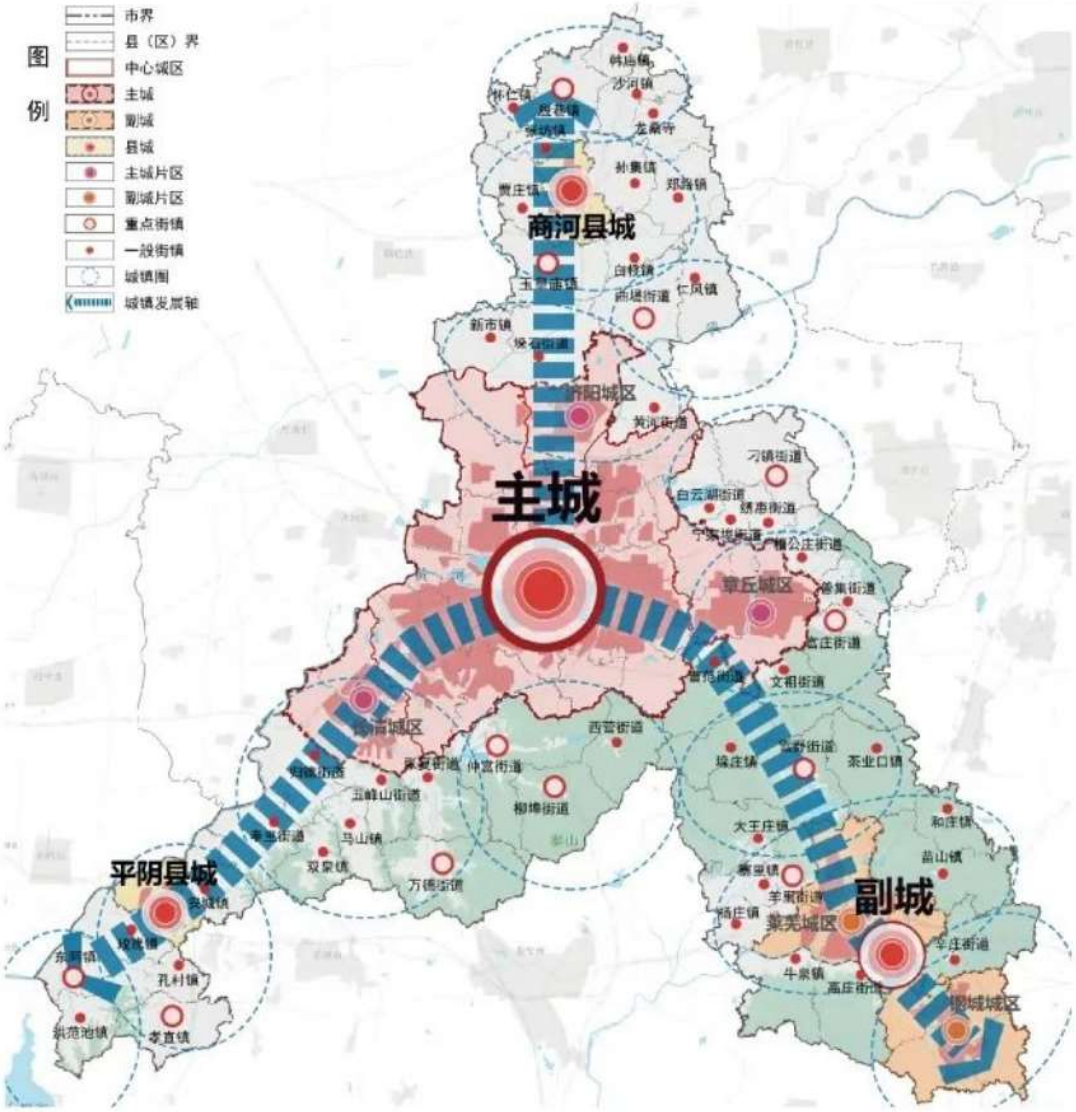


图 1-3 济南市域城镇格局图

3. 构建“两廊、双核、五区、多点”的空间结构

两廊：指京沪创新走廊及齐鲁科创走廊,承接京沪科创资源,争取重大科学基础设施、国家重点实验室落户,建设央企研发中心集聚地,带动沿线创新区向科技

创新“强载体”升级。

双核：指齐鲁科学城和新旧动能转换起步区核心区两大创新核心，打造区域性创新高地和人才集聚高地，辐射带动周边地区，共同建设国家重要的科技创新中心。

五区：指高新区核心区、国际医学科学中心片区、龙山国际创新城片区、长清大学城一创新谷片区、莱芜高新片区等 5 个创新区。打造高等级创新平台，促进创新链、产业链融合发展。

多点：指围绕高等院校、科研院所和龙头企业，搭建多个创新集中承载区，形成一批具有示范价值的创新创业共同体。

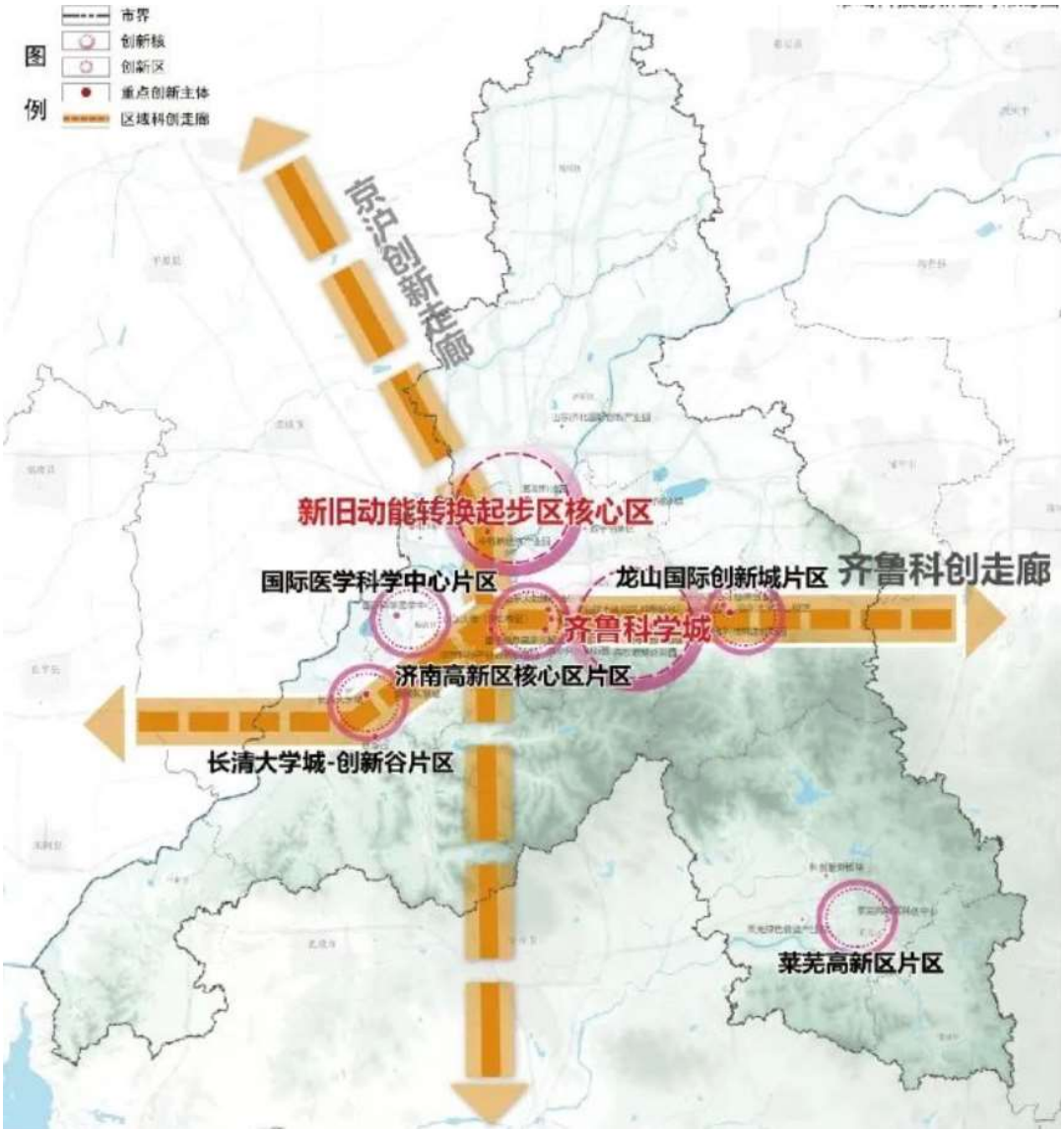


图 1-4 济南市空间布局图

4. 规划相关内容衔接

以坚持绿色低碳发展理念，建设新型基础设施。要求推进水资源的循环利用构建多元互济的水源格局，打造国家水资源总体布局中的华北地区重要节点、山东半岛重要门户。坚持节水为先，建设优质高效的供水系统、生态持续的污水处理及资源化利用系统、弹性安全的雨水排放及生态化利用系统。

规划要求至 2035 年，城镇公共供水普及率达到 100%，城镇污水集中处理率、污泥无害化处置率达到 99%以上，污水再生利用率不低于 60%，城市建成区 100%的面积达到海绵城市建设要求。

本工程符合《济南市国土空间总体规划》要求，同时按照《建设项目用地预审管理办法》的有关要求，本工程符合土地利用现状、地类准确，建设项目符合济南市国土空间总体规划，不新增建设用地。

1.4.3 长清区十四五规划

《济南市长清区国民经济和社会发展第十四个五年规划》和《二〇三五年远期目标纲要》中指出，要认真落实习近平总书记对山东、对济南工作的重要指示要求，全面贯彻落实黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略，坚定不移贯彻新发展理念，坚持稳中求进工作总基调，以推动高质量发展为主题，以深化供给侧结构性改革为主线，以改革创新为根本动力，以满足人民日益增长的类好生活需求为根本目的，主动融入新发展格局，统筹发展和安全，全面对标“五个济南”建设，深入实施“生态立区、实业强区”战略，全力打造“东强”核心增长极、“南美”靓丽新名片，加快建设省会城市副中心、黄河流城先进制造业中心，奋力争当省会建设发展排头兵。

到二〇三五年基本建成新时代现代化省会城市副中心的远景目标。在“十四五”实现省会建设发展“排头兵”的基础上，再奋斗十年，一个创新发展、开放包容、生态宜居、民主法治、文明幸福的省会城市副中心初具规模。城市发展能级和辐射带动能力大幅跃升，基本实现新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化，建成黄河流城先进制造业中心，建成现代化基础设施体系，形成优势突出、特色鲜明的现代产业体系；城乡区域发展差距显著缩小，“一主两副三带多点”发展格局全面塑成；治理体系和治理能力现代化基本实现，平安长清建设达到更高水平，法治长清、法

治政府、法治社会基本建成，诚信体系建设更加完善，市场化法治化国际化营商环境全面形成；高品质生活广泛享有，基本实现幼有善育、学有优教、劳有厚得、病有良医、老有颜养、住有宜居、弱有众扶，市民素质和社会文明程度达到新高度，文化软实力大幅提升，生态环境质量实现根本性好转，人的全面发展、全区人民共同富裕取得更为明显的实质性进展。

“十四五”时期发展目标。经过五年不懈努力，到 2025 年，地区生产总值达到 1000 亿元、力争突破 1200 亿元，规上工业营业收入达到 2500 亿元，力争突破 3000 亿元，地方财政收入达到 80 亿元、力争突破 100 亿元，全区经济社会综合实力明显增强，在全市位次不断前移，进入全市第一方阵，成为省会建设发展“排头兵”，省会城市副中心建设达到新高度。

围绕部分优势领域，乘势发展迈上新台阶，巩固引领地位：智能制造与高端装备产业发展迈上新台阶，形成一批具有全国影响力的产业集群和知名品牌，全区规模以上工业主营业务收入达到 2500 亿元，力争突破 3000 亿元。农业现代化建设迈上新台阶，高质量构建现代农业产业体系、生态体系和经管体系，成为成为全市农业现代化建设“排头兵”。外资外贸迈上新台阶，山东重工绿色智造产业城引领带动外资作用不断增强，到 2025 年，新增进出口实绩企业 60 家，年进出口总额 200 亿元以上。

围绕基础较好、潜力巨大领域，厚积成势实现新跨越，步入全市前列：园区载体建设实现新跨越，举全区之力加快山东重工绿色智造产业城建设，优化提升长清医药产业园、不锈钢产业园等“区中园”，不断提升园区承载能力。钢铁新材料产业发展实现新跨越，积极推动泰钢、九羊传型升级，推进 400 系不锈钢、模具钢服务下游制造业，到 2025 年，钢铁新材料主营业务收入超过 1500 亿元。科教强区实现新跨越，成为全市重要的创新高地、人才高地。

围绕短板领域，聚力攻坚取得新突破，奋力实现赶超：区域发展质量取得新突破。优势互补、高质量发展的区域经济布局基本形成。传统产业实现高质量转型，可持续发展能力显着提升；新兴产业培育不断提速，黄河流域先进制造业中心功能不断完备。城乡融合发展体制机制不断健全，以人为核心的新型城镇化全面推进，文化传承弘扬取得新突破。公共文化服务体系和文化产业体系不断健全，全域旅游

快速发展，文化旅游产业比重不断提高，建成全国地城色彩浓厚的文化名区。

1.4.4 济南市城市供排（污）水专项规划及三年建设规划

1．规划排水体制

新建、改建区采用完全分流制，老城区近期采用截流式合流制，远期结合老城改造逐步改造为完全分流制。

近期重点结合各项提质增效工程措施，全面消除污水直排，有条件的老城区实施雨污分流改造，没有条件的老城区要优化合流制系统中截流措施，有效控制溢流污染，减少管道中清水量，减轻污水厂负荷。

远期进一步深化现状管网系统提质增效措施，并结合老城区旧城改造、片区开发、道路建设及拆违拆临等城市更新任务，有序完成雨污分流改造。结合“海绵城市”建设，有效解决分流制系统的“初雨污染”，提升完善排水系统。最终实现整个济南市雨污分流的排水体制目标。

2．规划分区及系统

规划将中心城区划分为六大污水分区，自西向东依次为：大沙河分区（162.9km^2）、腊山河分区（173.9km^2）、兴济河分区（150.4km^2）、大明湖分区（101.7km^2）、大辛河分区（199.3km^2）、巨野河分区（239.4km^2）。

图 1-5 济南市中心城污水分区图

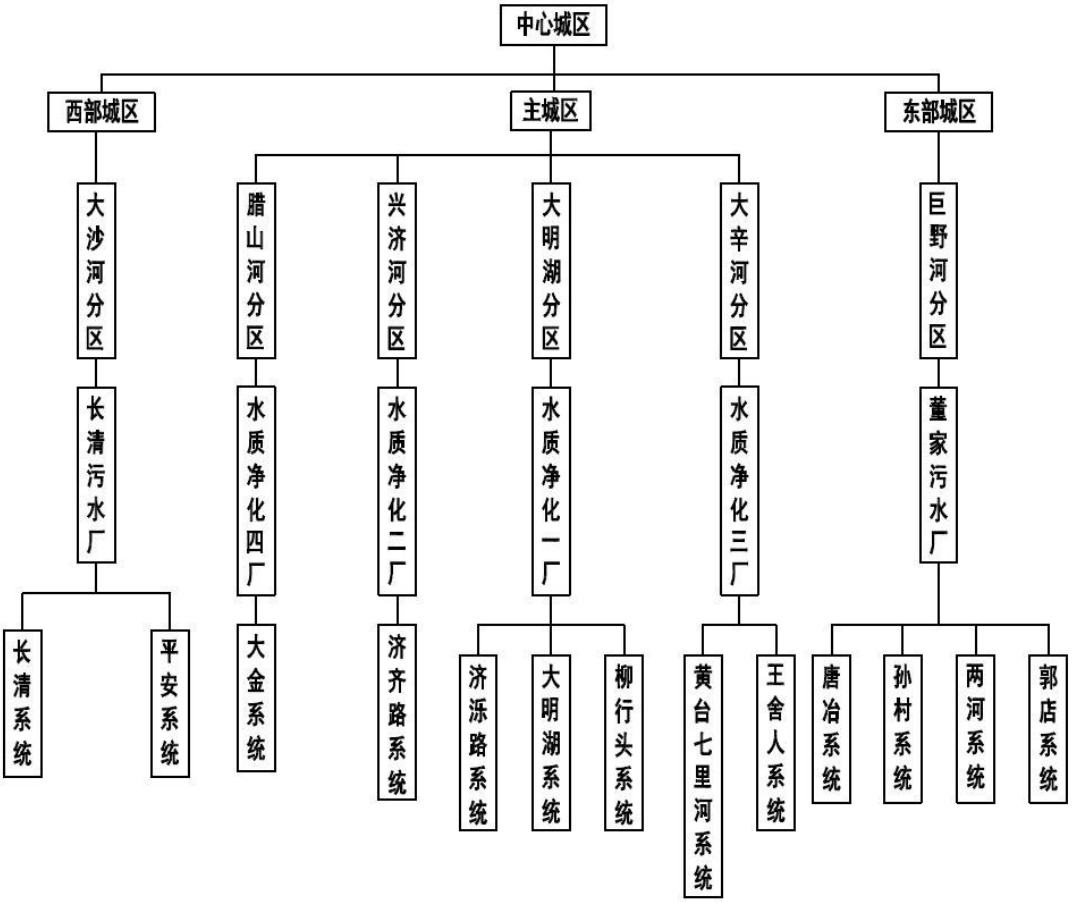


图 1-6 济南市主城区污水系统框图

3．规划污水量

根据《济南市供排（污）水专项规划及三年建设规划》的水量指标，预测各污水分区污水量如下：

表 1-2 中心城分区污水量汇总表（单位：万 m^3/日）

污水分区	规划 2022 年			规划 2035 年
	综合用水量指标法	增长率法	预测污水量	综合用水量指标法
大沙河分区	9.00	7.31	8.15	14.92
腊山河分区	17.10	14.85	15.97	21.43
兴济河分区	30.28	30.82	30.55	34.15
大明湖分区	48.31	48.75	48.53	43.46
大辛河分区	31.79	34.37	33.08	52.52
巨野河分区	11.40	11.2	11.30	24.72
合计	147.87	147.30	147.59	191.20

根据预测，规划 2022 年、2035 年济南市北大沙河分区预测污水总量分别为 8.15、14.92 万 m^3/日。

4．大沙河分区规划

（1）远期规划

规划扩建长清污水处理厂至 10 万 m^3/日，作为分区的中心污水厂，承担该分区主要的污水处理工作；新建长清北污水处理厂，主要处理大沙河以北长清开发区的污水；保留现状山东中医药大学、山东工艺美术学院、山东师范大学等高校自建中水站，总规模约 1.2 万 m^3/日；分区南部距离长清污水厂较远的城区，规划 2 座小型处理站，创新谷和大学园南污水处理站，处理周边污水并提供中水回用；农高区由于距离长清污水厂较远，相对比较独立，规划 1 座农高污水处理站为本区域服务。

规划 2035 年大沙河分区污水厂站总设计规模为 17.7 万 m^3 /日。

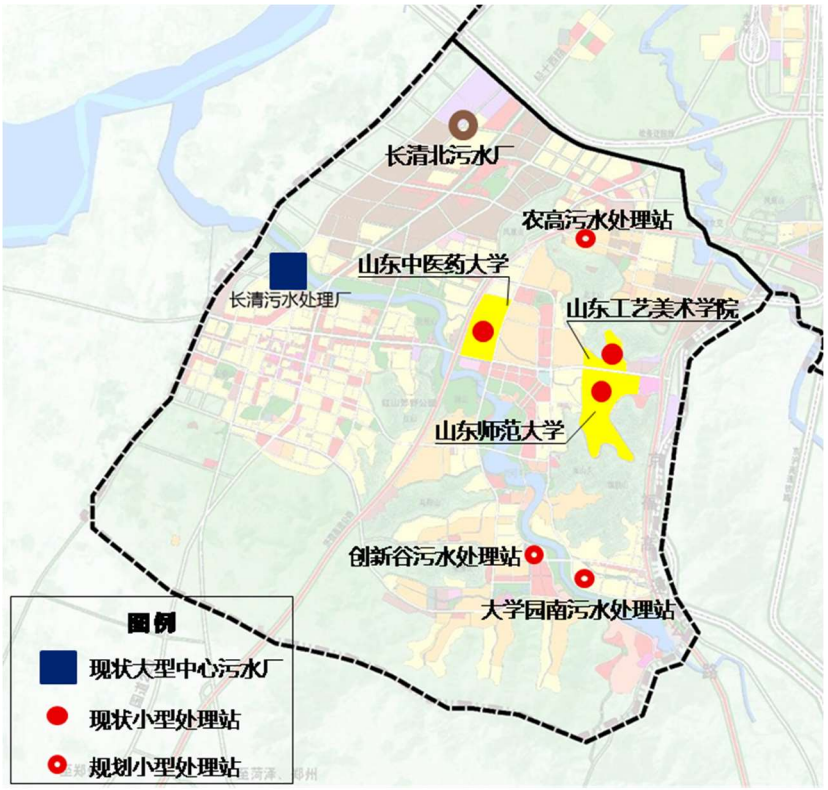


图 1-7 大沙河分区污水厂站远期规划布局图

表 1-3 大沙河分区污水厂站远期规划信息一览表

序号	污水处理厂站名称	设计规模（万 m^3/日）	占地面积（ha）	建设情况
1	长清污水处理厂	10	11.31	扩建
2	长清北污水处理厂	3.5	4.50	规划

3	创新谷污水处理站	1.5	1.35	规划
4	大学园南污水处理站	0.5	1.32	规划
5	农高污水处理站	1	2.01	规划
6	高校自建中水站	1.2	——	现状保留
总计		17.7	20.49	

根据现状管网分布及规划原则，本分区污水收集系统保持不变，即 2 个污水系统、6 条污水干管，片区内污水经该系统收集进入西区污水处理厂。其中：

长清污水系统，干管分别为海棠路—大学路—凤凰路—湄湖路—西隆路 d600～d1000mm 污水干管、石磷山路 d800～d1000mm 污水干管，北大沙河北岸 d600～d800mm 污水干管、大学路 d300～d700mm 污水干管。

平安污水系统，干管分别为经十西路 d400～d600mm 污水干管、平安北路 d300～d600mm 污水干管。

（2）近期规划

预测近期大沙河分区污水量 8.15 万 m3 /日。扩建长清污水处理厂至 8 万 m3/日，同时保留现状山东中医药大学、山东工艺美术学院、山东师范大学等高校自建中水站，新建创新谷污水处理站。总设计规模为 10.7 万 m3 /日。

沿创新谷规划道路、经十西路以东规划路、平安主干路、玉清路等规划 d500mm～d600mm 污水管。

5.再生水规划

（1）规划目标：2020 年再生水回用率达到 30%以上，2035 年再生水回用率达到 40%以上。

（2）再生水规划用户：根据再生水水质和水量初步确定再生水用户有城市杂用水、工业用水、景观环境用水等。

分类	范围	示例	备注
城市杂用水	绿化浇洒	公园绿地、道路绿化、住宅小区绿化	
	道路清扫	城市道路冲洗及喷洒	
	冲厕	大型公建及住宅冲厕	2020 年仅考虑大型公建冲厕
	消防	消火栓，车库喷淋	

	建筑施工	施工场地清扫、浇洒、灰尘抑制、混凝土制备与养护、施工中的混凝土构件和建筑物、车辆冲洗	
工业用水	冷却用水	电厂、化工厂冷却用水	黄台电厂、平阴热电厂、章丘热电厂等
	洗涤用水	包括冲渣、冲灰、消烟除尘、清洗等	
	锅炉用水	包括低压、中压锅炉补给水	
景观用水	娱乐观赏景观用水	景观河道、湖泊	一方面要满足水环境排放要求，另一方面需避开泉水直接补给区
	生态基流补水	恢复自然湿地、营造人工湿地	

（3）再生水管网及厂站规划

长清区再生水规划属于中心城区，具体规划如下:

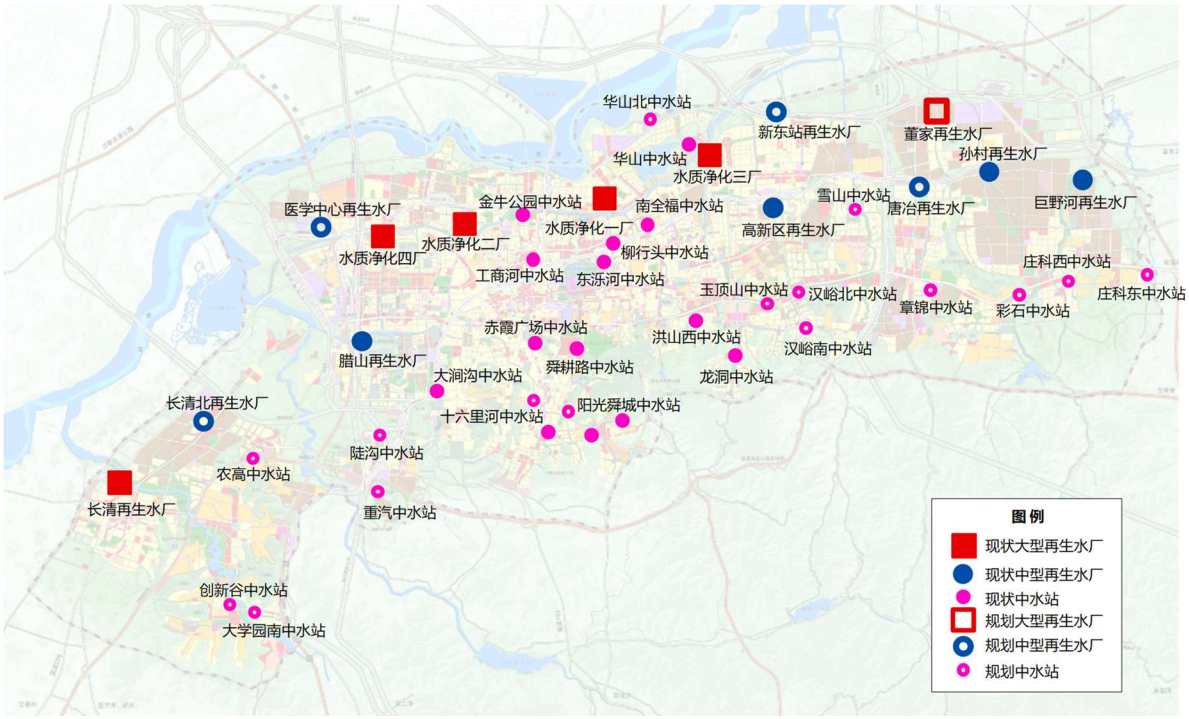


图 1-8 中心城远期再生水厂站规划布局图

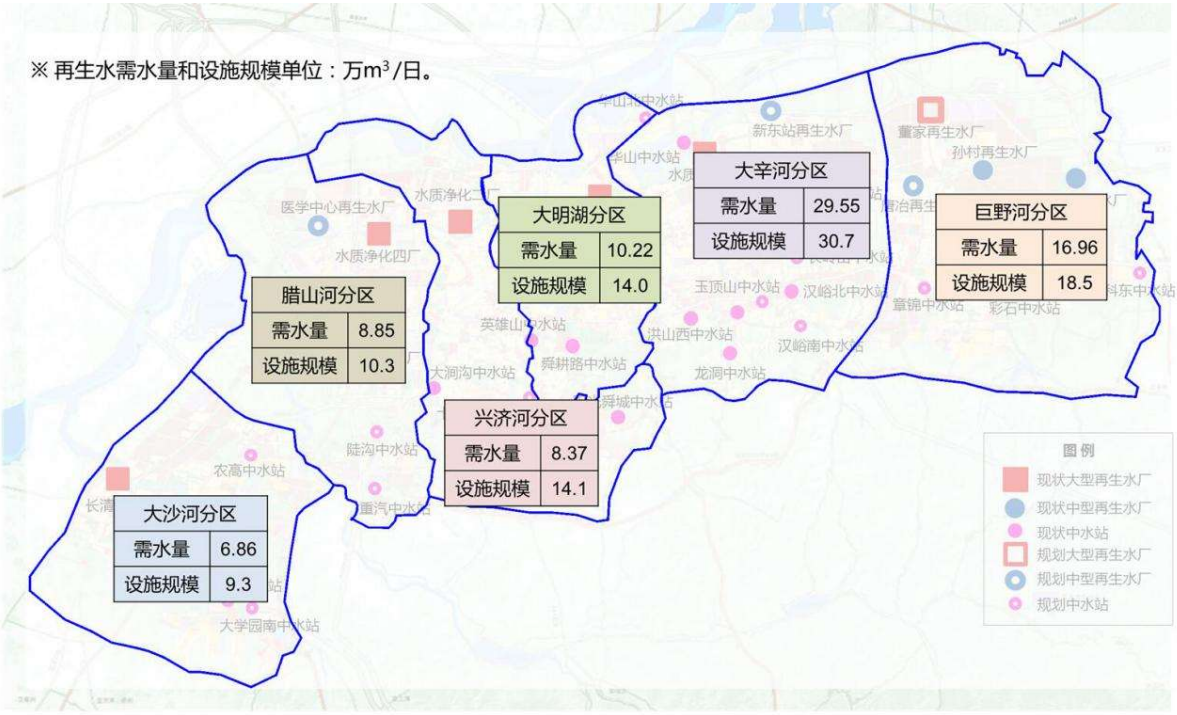


图 1-9 中心城远期再生水供需平衡分析图

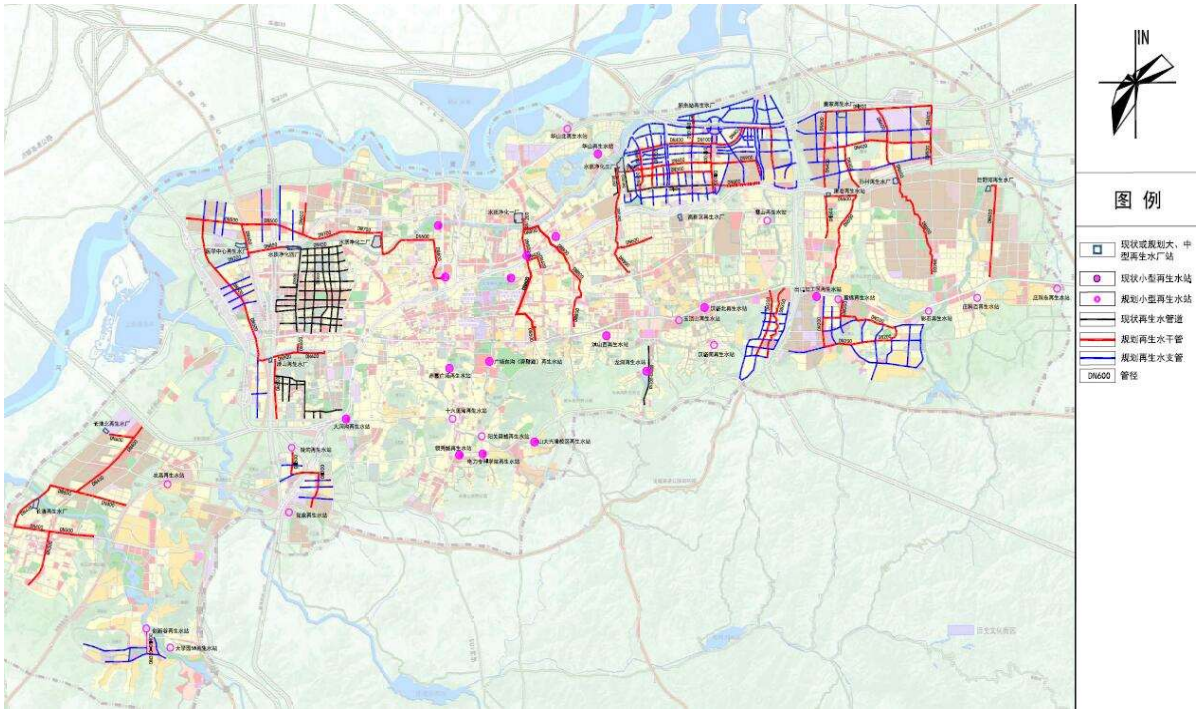


图 1-10 中心城再生水管网规划图

5.与规划相关性分析

按照《济南水供排（污）水专项规划及三年建设规划-污水规划》长清区排水体制远期为完全雨污分流体制，现状长清通过雨污水管网清零提标已实现雨污分

流，排水体制与规划一致，建成区排水管网健全。现状长清区有污水处理厂 3 座，设计处理规模 10 万 m^3/日，现状实际运行规模为 55 万 m^3/日。本次规划结合最新国家正常和城市发展需要进行调整，再生水利用率至 2025 年达到 55%，2035 年达到 65%以上，具体管网及再生水厂站结合现状情况进行调整。

1.4.5 济南市黄河流域生态保护和高质量发展规划

根据《济南市黄河流域生态保护和高质量发展规划》，济南市的战略定位为黄河流域生态保护示范标杆、黄河流城高质量发展核心增长极、黄河流城节水典范城市、黄河文化保护传承弘扬样板区和黄河流域对外开放门户。

到 2030 年，全市黄河流城生态保护和高质量发展取得重大进展，基本形成节约资源、保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式，打造成为黄河流域生态保护示范标杆和高质量发展核心增长极。水资源节约集约利用水平显著提升。基本构建起河库串联、水系联网、城乡一体、配套完善的供水保障网络，用水结构更加合理，用水效率显著提高，节水型生产和生活方式有效建立，实现用水总量和强度“双控”，建成黄河流域节水典范城市。

到 2035 年，黄河流域生态保护和高质量发展取得重大战略成果，生态环境质量和生态服务功能根本改善，水资源节约集约利用水平居全国前列，经济社会发展全面绿色转型。城市发展能级和辐射带动能力大幅跃升，基本实现新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化。“东强西兴南美北起中优”城市发展格局全面塑成，初步建成“大强美富通”现代化国际大都市。黄河文化大发展大繁荣，人的全面发展、人民共同富裕取得更为明显的实质性进展。到本世纪中叶，率先基本实现社会主义现代化，建成城河共荣、生态环境优美宜人、新动能驱动高质量发展、发展成果人人共享的现代化国际大都市。

生态格局——“多廊”：串联“南山北水”和城市生态系统的滨水生态廊道。依托小清河、大汶河、北大沙河、“三川”（锦绣川、锦云川、锦阳川）和玉符河、徒骇河等重点水系，打造形成全域连通多样生态格局。

高质量发展布局——做强东部加快建设科创智造之城。建设东部枢纽产业城，推动长清、钢城创新转型发展，集中打造科创济南、智造济南主阵地。做美南部持续建设绿色生态之城。高标准规划建设雪野片区，有序发展生态农业和特色林业，

打造成为黄河下游重要的水源涵养区。

1.4.6 济南市城市防洪专项规划

1. 防洪标准

济南中心城区依靠黄河右大堤和玉符河下段右堤来保障其不受外来洪水的威胁，防洪标准达到 200 年一遇以上；次中心城区利用小清河干流及主要支流河道防山洪标准为 50～100 年一遇。

2. 河道防洪规划标准

结合城市规划发展区域的分区以及河道地理位置，划分防洪规划区，根据区域保护对象的重要性和功能，同时考虑河道现状防洪能力及其河道自身条件，确定其防洪标准。

防洪河道划分为五个规划区：南区、北区、西区、中心区、东区。南区为旅游路以上的南部山区，北区为小清河、黄河之间的区域，西区为玉符河、南大沙河之间的区域，中心区为玉符河~韩仓河之间，东区为韩仓河以东区域。不同区域因其重要性不同、确定的防洪标准不同、采取的措施不同。

表 1-4 济南市城市防洪分区情况表

分区	区域重点	防洪标准	功能
南区	山洪沟	20~50 年一遇	防洪为主
北区	黄河、小清河	100 年一遇	防洪排涝
西区	西部城区河流	50 年一遇以上	防洪排涝
中心区	玉符河以东河流	50~100 年一遇	防洪排涝
东区	东部地区河流	50~100 年一遇	防洪排涝

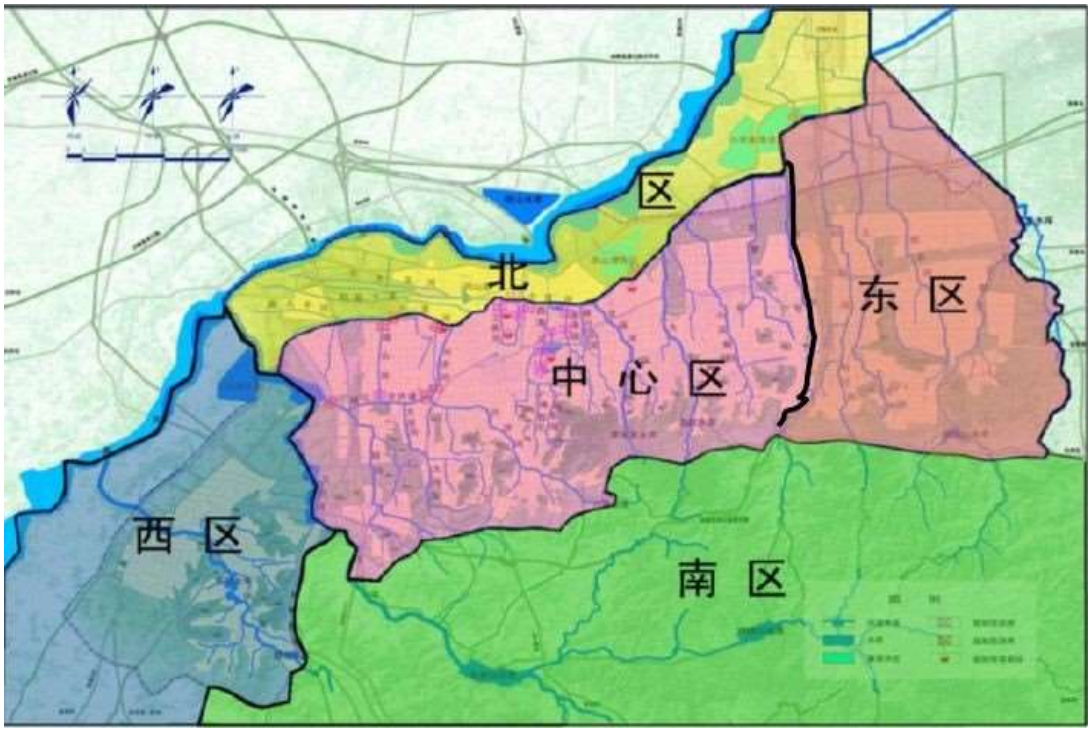


图 1-11 济南市城市防洪分区图

表 1-5 济南市长清区河道规划防洪标准表

序号	河流名称	流域面积（km^2）	防洪标准	所在区域
1	黄河（济南段）	11000m^3/s	1000 年一遇	北区
2	南大沙河	406.3	50 年一遇	西城
3	北大沙河	584.6	崮云湖以上 50 年一遇，崮云湖以下 100 年一遇	
4	玉符河	827.3	50 年一遇，丰齐～入黄河右堤同黄河大堤	

1.4.7 济南市城市防洪除涝规划

1．规划标准

（1）雨水径流控制标准

新建地区：新建地区的硬化地面中，透水性地面的比例不应小于 40%。综合径流系数取值，建筑密集区（一般商务中心）取 0.6-0.7，建筑密度一般的地区取 0.5-0.55，建筑稀疏区取 0.3-0.35，公园绿地取 0.15。

建成区：当地区整体改建时，对于相同的设计重现期，改建后的径流量不得超过原有径流量。

（2）雨水管渠、泵站及附属设施设计标准

城市雨水管渠设计标准：一般地区采用 2 年一遇，重点地区采用 5～10 年一

遇，地下通道和下沉式广场采用 20～30 年一遇。

重点地区指：医院、学校、交通枢纽等重要公共服务设施用地、保障性大型基础设施用地、省市防涝救灾指挥机关用地；城市主干道及以上等级道路、地铁、下穿（道路、铁路等）通道。

一般地区指：重要地区以外的其他地区；次干路和支路。

（3）城市内涝防治标准

城市有效应对不低于 50 年一遇暴雨，确保居民住宅和工商业建筑物的底层不进水（30 厘米），道路中央车道的积水深度不超过 15 cm，积水时间不超过 1 小时。

有效应对指：雨水管渠、河道、道路、地块绿地改造等工程措施和禁行、预警、宣传等非工程措施的整体叠加效果。

2．排水分区

规划将中心城区划分为 12 个防涝分区和 28 个雨水分区。

历山北路位于 C2 雨水分区。

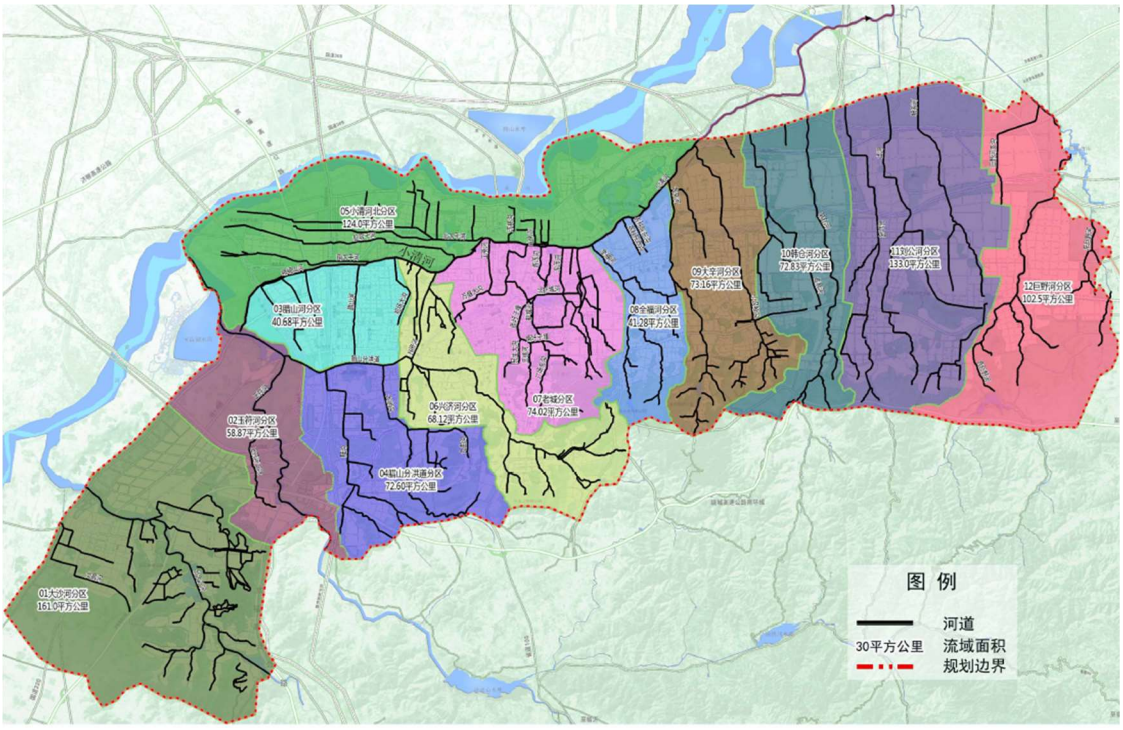


图 1-12 城市防涝分区总图

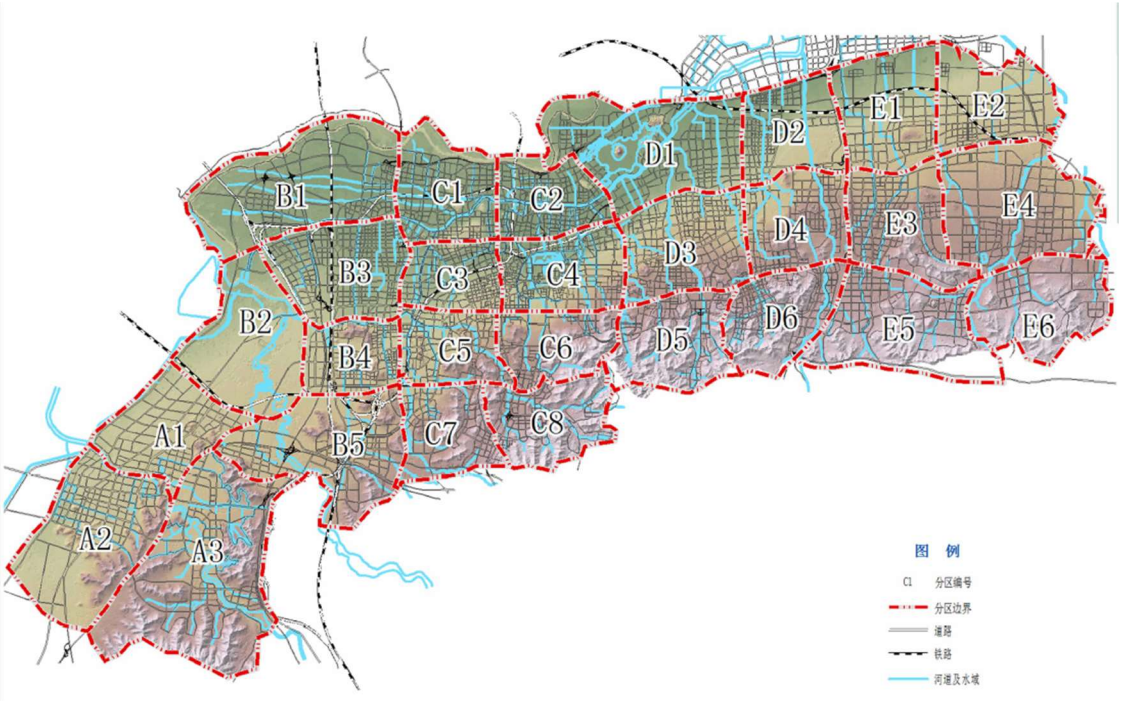


图 1-13 城市雨水分区划分总图

长清区城区包括 A1 平安分区、A2 文昌分区、A3 大学园分区。

（1）A1 平安分区排水系统规划

片区内非建设用地绿地及工业占地所占比例较大，片区综合径流系数取 0.5，新规划区域中片区内重点区域重现期取 5 年一遇，其它区域重现期取 2 年一遇。规划区域内共新规划雨水干约管 210 条，主要是玉清路以西和玉皇山路以东地区，包括平安快速路、巨能北路、平安北路、平安中路、高亘南街等，总长度约 67.2 公里。改造雨水干管 6 条，主要沿平安北路、高亘南街、富美路等东西向雨水通道总长度约 0.98 公里。

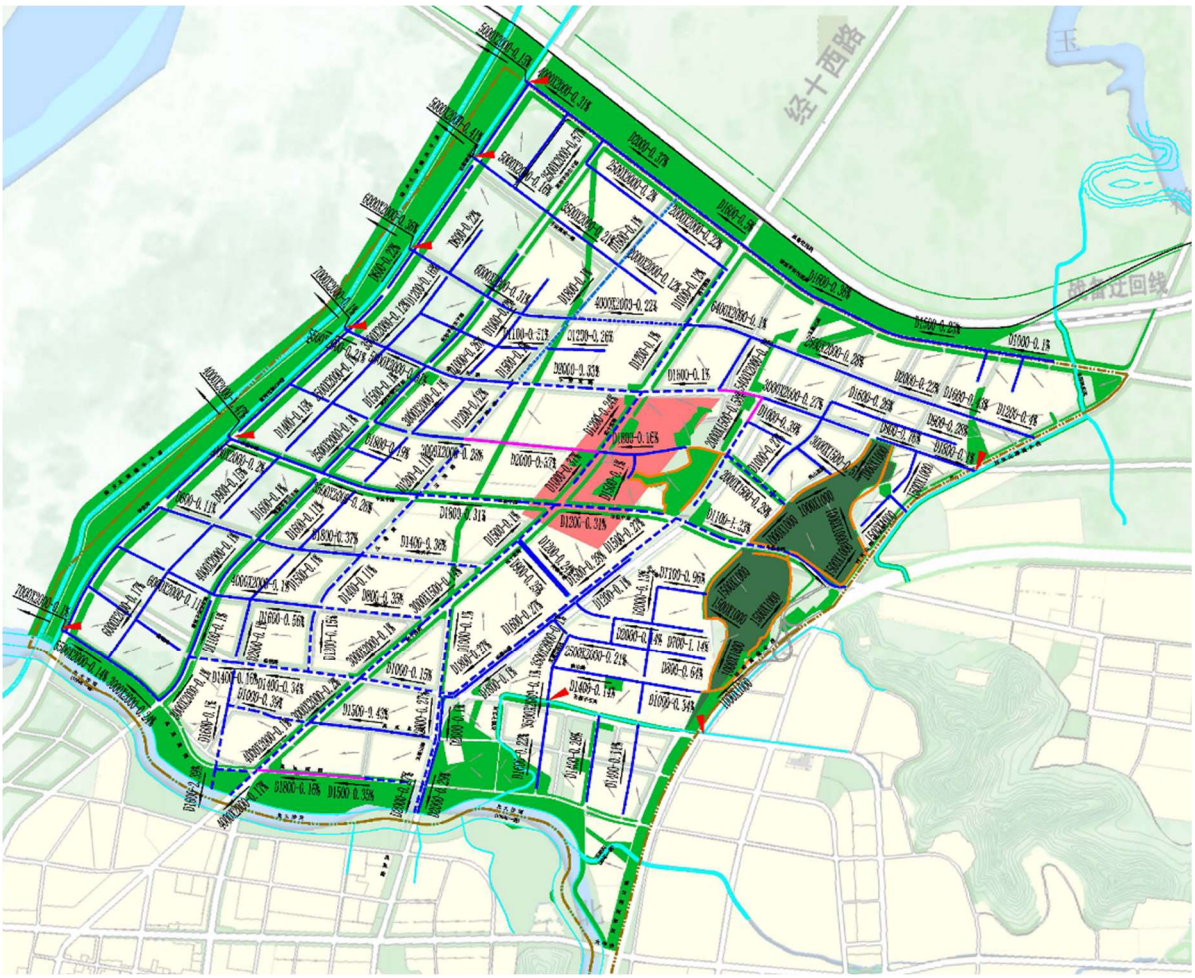


图 1-14　平安分区排水系统规划图

（2）A2 文昌分区排水系统规划

片区内建设用地所占比例较大，片区综合径流系数取 0.6，新规划区域中片区内重点区域重现期取 5 年一遇，其它区域重现期取 2 年一遇。规划区域内共新规划雨水干约管 210 条，主要在龙泉街以南和中川西街以北地区，主要包括大彦街、王府东街、阜新街、湄湖西街、玉符西街、红山路等，总长度约 66 公里。改造雨水干管 44 条，主要沿经十西路、文昌路、龙泉东街、中川西街等，总长度约 15.3 公里。

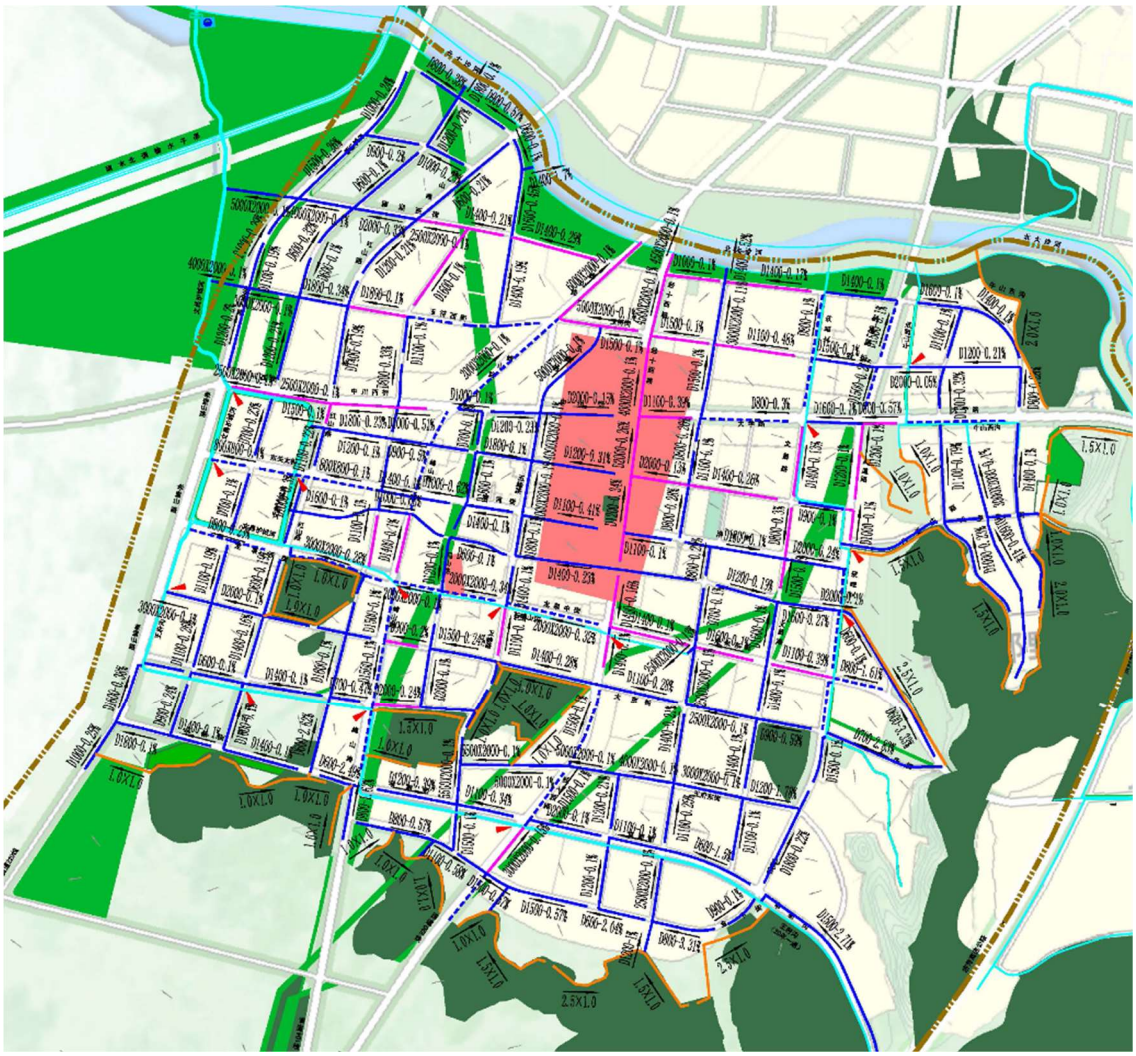


图 1-15　文昌分区排水系统规划图

（3）A3 大学园排水系统规划

片区内非建设用地绿地及工业占地所占比例较大，片区综合径流系数取 0.5，新规划区域中片区内重点区域重现期取 5 年一遇，其它区域重现期取 2 年一遇。规划区域内共新规划雨水干约管 180 条，主要是六号路以南的地区，包括平六号路、七号路、滨湖大道、丁香路等，总长度约 66.9 公里。改造雨水干管 9 条，主要沿瓦特路、紫薇路、海棠路、六号路，总长度约 5.1 公里。

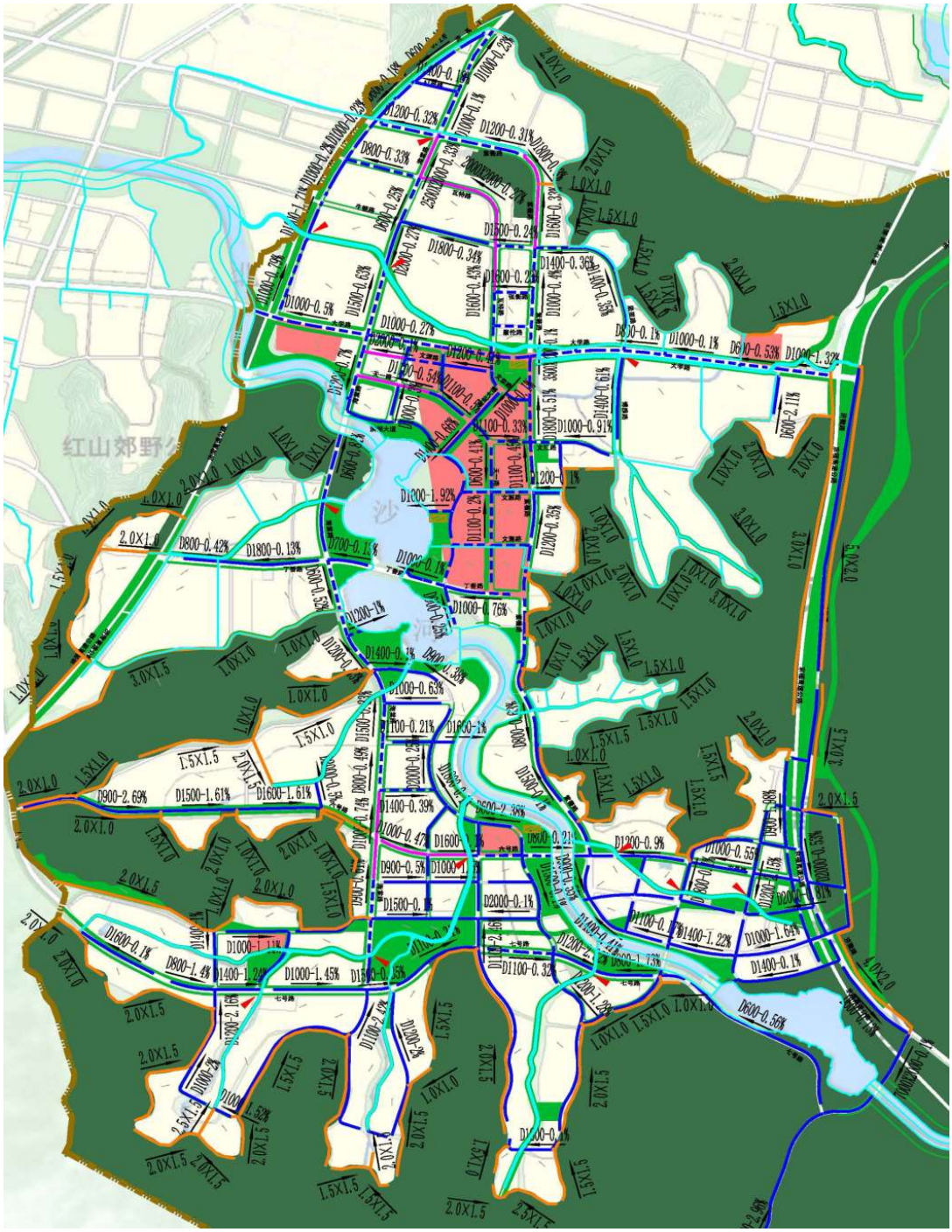


图 1-16　大学园分区排水系统规划图

3.与规划相关性分析

长清区城区主要水体为北大沙河，片区内规划水系最终汇入北大沙河由北大沙河排入黄河。现状北大沙河基本按照规划形成。但各片区内的规划水系大部分都未形成，现状多为雨污合流或者雨污混流，导致雨时污水冒溢、道路积水等问题。

1.4.8 济南市海绵城市专项规划

1、总体目标

以海绵城市建设理念引领济南市城市发展，促进生态保护、经济社会发展和文化传承，以生态、弹性、活力的海绵建设塑造泉城新形象，实现“小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”，全面提升城市“自然积存、自然渗透、自然净化”的能力。将济南市建设成具有坡地与平原复合型城市特征的，国内海绵城市建设水平一流的，集生态海绵、弹性海绵、活力海绵于一体的水生态文明城市。

到 2020 年，城市建成区 25%以上的面积达到径流控制率 75%要求;到 2030 年，城市建成区 80%以上的面积达到径流控制率 75%要求。

2、分类目标

规划从水生态、水环境、水资源、水安全等四方面建立具体的指标体系。

（1）水生态目标

通过海绵城市的统筹建设，识别重要的生态斑块，构建生态廊道，保护山体、水体、林地、农田、水源保护区等重要生态敏感区，通过生态空间的有序指引，留足生态空间和水域用地，实现城市与自然的共生。

径流控制指标：中心城年径流总量控制率为 75%，对应的设计降雨量不小于 27.7mm。

生态岸线恢复：在不影响防洪安全的前提下，对城市河湖水系岸线、棚盖的天然河渠等进行生态修复,达到蓝线控制要求,恢复其生态功能。2020 年生态岸线恢复改造长度达到 90 公里，2030 年生态岸线恢复改造长度达到 300 公里。

（2）水安全目标

全面提升管渠系统的截流、控污、输送和排放能力，并逐步构建基于流域生态安全格局的水系网络，实现“泉、湖、河”网格化管理，有效缓解“逢雨必涝、雨后即旱”。问题和整体提高城市防洪排涝减灾能力的效能,保障城市安全运行,达到“小雨不积水，大雨不内涝”。

排水标准:通过海绵城市建设，一般地区排水管渠系统重现期全部达到 3 年一遇以上，重要地区达到 10 年一遇标准，地下通道和下沉式广场达到 30 年一遇。

防涝标准:中心城内涝防治标准为有效抵御不低于 50 年一遇暴雨。

防洪标准:中心城的河道防洪标准达到 50 年一遇以上，其中兴济河防洪标准至少 100 年一遇，历阳河、玉绣河防洪标准至少 50 年一遇。

（3）水环境目标

通过区域点源、面源污染的控制，减轻对水环境的影响，构建清洁、健康的水环境系统。

水质环境标准

到 2017 年底前，城市建成区基本消除黑臭水体。海绵城市建设区域内的河湖水系水质不低于《地表水环境质量标准》IV 类标准，且优于海绵城市建设前的水质。

城市面源污染控制

雨水径流污染、合流制管渠溢流污染得到有效控制。城市面源污染控制按 Ss 计,削减率达到 60%以上。

（4）水资源目标

综合考虑济南市年径流总量控制目标的要求，水资源供需、城市防洪和低影响开发改造的空间，确定济南市雨水资源化利用率不低于 12%。

2、海绵城市建设分区与建设指引

受“南部陡降、北部平缓”地势影响，济南市雨水径流特征鲜明。南部区域容易发生山洪，由于坡度大、流速快，造成道路行洪;中部区域坡度适中，分布有多处泉群，河流众多，景色优美;北部区域地势平坦，受黄河阻隔和小清河顶托，容易造成内涝积水。因此将济南市沿经十路-刘长山路和胶济铁路-北园大街划分为南部区域、中部区域和北部区域。同时针对建成区存在的水环境、水安全等问题，再以老城、新城进行划分，二环西路、二环东路以及南北边界围合的区域为老城，其余区域为新城。最终形成老城南部分区、老城中部分区、老城北部分区、新区南部分区、新区中部分区、新区北部分区等六大海绵城市建设分区。针对分区特点、问题，提出水生态、水环境、水安全、水资源建设指引。

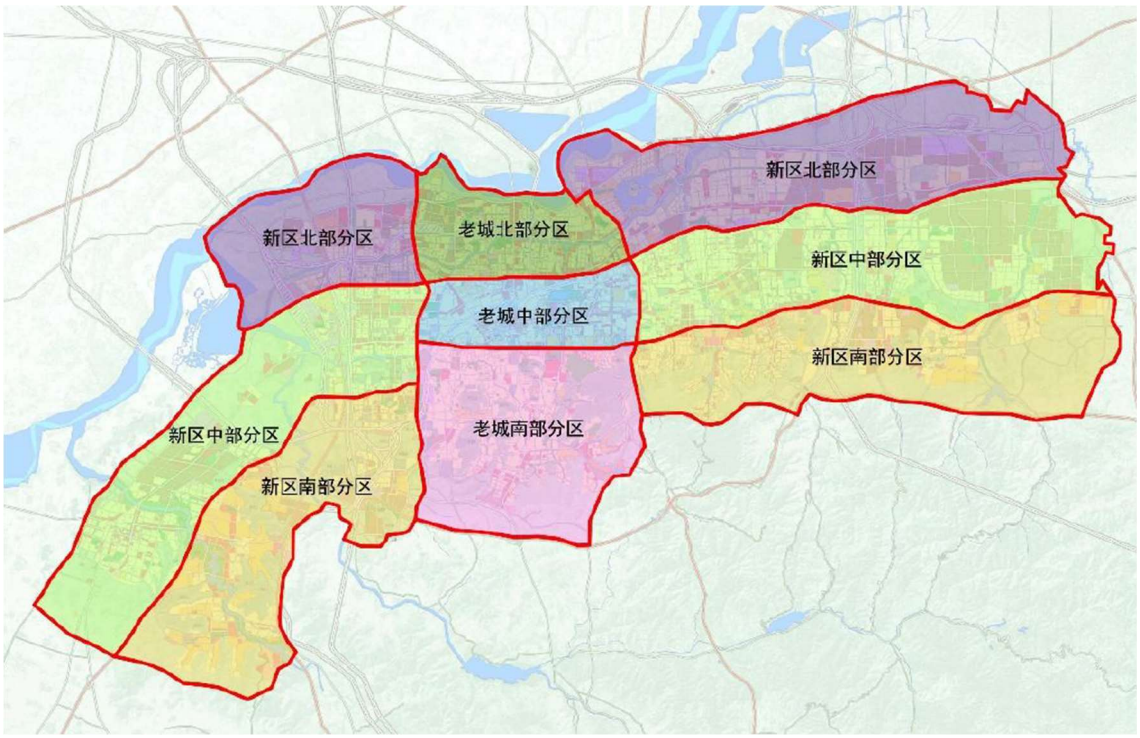


图 1-17　海绵城市建设分区化分图

1.4.9　济南市长清区现代水网建设规划（2021-2035 年）

1. 水网规划思路

长清区现代水网建设充分衔接黄河、南水北调东线工程等国家水网、省级水网骨干水网，紧连现代水网之“纲”，积极融入上级水网，织密水网之“目”，加强调蓄工程建设，打牢现代水网之“结”，夯实水网基础，打造长清特色的水网工程体系，支撑社会和经济高质量发展。

——紧连现代水网之“纲”。以黄河、南水北调济平干渠、现有水利工程为基础，实施南大沙河、北大沙河等骨干河道防洪治理、重点河段河势控制，适时开展提标建设。远期谋划南水北调二期配套工程建设。构建重要河湖、渠道、堤防绿色生态廊道，完善现代水网主骨架。

——织密现代水网之“目”。根据全区水安全保障需求，加强与济平干渠、扩容后的水库等重要水资源配置工程的互联互通，推进沿黄灌区提水泵站维修改造，谋划武庄水库至长清湖连通工程、钓鱼台水库至长清区调水工程等连通调水工程，实现当地水与客水资源联合调度，继续推进城乡一体供水体系，打造互联互通、丰枯调剂的特色水网体系，改善河湖生态环境质量，提升水资源配置保障能力和水旱灾害防御能力。

——打牢现代水网之“结”。科学推进水库扩容增效，谋划地表水拦蓄工程，充分挖掘现有水库的调蓄能力，推进城乡供水补充水源、备用水源建设，缓解水资源供需矛盾，提升城乡供水保障能力。综合考虑防洪、生态、供水、灌溉等功能，推进水安 15 全感知能力建设，提升水网调度管理智能化水平。加强水工程联合调度，提升水资源调控和防洪调度能力，发挥工程效益。

通过现代水网建设，进一步优化水资源配置格局，有效解决长清区水资源时空分布不均衡问题，提升水资源集约节约安全利用水平，保障人民群众生命财产安全，促进生态环境健康稳定，产生良好经济效益、社会效益、生态效益。

2. 总体布局

根据长清区水系条件、水资源禀赋、现状水务工程等情况，以黄河和南水北调济平干渠为架，以河湖水系和灌排渠系为脉络，以重点水库、湿地为节点，以数字化、网络化、智能化调控为手段，统筹水资源配置、水灾害防治、水生态保护，紧紧围绕城市发展格局，形成“两轴五源多点、一横四纵两区、一带两域三线”的水网总体格局。根据长远发展战略需要，积极融入国家、省级、市级水网，形成供水、防洪、水生态一体化的长清现代水网。

3. “两轴五源多点”水资源保障格局

“两轴”是指以黄河、南水北调东线胶东输水工程为轴的黄河水、长江水输水大动脉；

“五源”是指当地地表水、地下水、黄河水、长江水、非常规水；

“多点”是指石店、崮头、钓鱼台、东风、武庄等分散布局 16 的地表水库以及西关、曹楼等地下水源地。

根据水资源时空分布不均匀的特点，结合现有的河流、水库、塘坝、地下水源地等水务基础设施空间布局，扩建武庄水库、崮头水库，建设武庄至长清湖、钓鱼台水库至城区调水管线，缓解当地水资源不足、缺少备用水源、供水保证率不高等问题，构建水源互备互用、水厂多点互补、水网互联互通的水资源配置体系，实现当地地表水、地下水、黄河水、长江水联合调度。城镇供水以长清一水厂、二水厂、西关水厂为水源，通过管网延伸，扩大城乡供水一体化覆盖范围。村镇供水以现有规模化水厂为基础，提升改造农村供水基础设施，提高供水安全保障水平。

第2章规划范围与期限

2.1 规划范围

规划范围为济南市长清区城区范围，总面积 90.89 平方公里。

2.2 规划期限

近期：2023—2025 年；远期：2026—2035 年。

2.3 规划原则

（1） 合理利用，提高水资源利用率。

坚持与经济结构调整和经济发展方式转变相结合，抑制不合理的用水需求，进一步提高再生水使用量，促进水资源节约集约化使用，进一步提升长清区生态环境。

（2） 优化配置，近远结合合理分区。

在规划目标上，根据济南市长清区的地理条件、气候特征、河流水系情况以及社会特点，按照国家、省、市、区的相关政策及规划要求，合理制定建设计划，并结合长清区实际情况分近远期细化再生水利用目标。在空间布局上，以水资源优化配置和高效利用为核心，协调开源与节流，一方面实现工业企业、城市杂用、景观环境等再生水的多方位协调使用，另一方面根据长清区现状厂站及用水对象，合理划分再生水利用分区，实现再生水的就近利用，节约投资成本。

（3） 创新管理，政策激励全民参与。

发挥好政府的宏观调控和主导作用，通过完善再生水取用机制，强化制度创新，建立再生水利用的激励扶持政策，加强再生水资源管理并纳入城市水资源管理体系，满足最严格水资源管理制度，完善管理措施、技术标准及体系，调动企业和社会积极参与。

（4） 科技引领，试点示范。

提高自主创新能力，把创新作为推动节水型社会建设的根本动力，坚持开源与节流并重、节流优先、治污为本、科学开源、综合利用，以水资源的可持续利用来保障经济社会的可持续发展。增强科技支撑，推广普及先进适用技术工艺。开展试点示范，探索形成可复制、可推广的再生水利用模式。

2.4 规划目标

济南市长清区再生水利用规划的总体目标是充分利用再生水资源，节约新鲜水资源，削减水污染负荷，提升城市水资源的综合利用效率和水平，推动节水型社会建设，促进黄河流域生态保护和高质量发展。

到 2025 年，全区再生水利用率达到 55%以上；完善主要用水工业企业再生水利用，城市景观环境用水、道路冲洗和绿化浇洒等优先利用再生水；鼓励杂用水利用再生水。

到 2035 年，全区再生水利用率达到 65%以上；进一步完善再生水在工业企业、生态补水、市政杂用方向的利用。

第3章城市概况

3.1 城市建设基本情况

3.1.1 城市区位

长清区位于山东省西部，省会济南西南，黄河下游东岸，泰山西北麓，是山东省省会济南市市辖区之一。地理坐标为北纬 36°14′37″~36°41′50″，东经 116°30′38″~117°4′14″。北邻济南市槐荫区，东北接济南市市中区，东接济南市历城区，东南与泰安市岱岳区相连，南与肥城市为邻，西南与平阴县接壤，西与西北濒黄河，隔河与聊城市东阿县和德州市齐河县相望。区政府驻地文昌街道，位于清河街 1617 号。长清城区北距北京市直线距离（下同）为 380km，西距聊城市 70km，北距德州市 110km，东北距济南市中心 28km，东南距泰安市 55km，北距齐河县 27km，南距肥城市 35km，西南距平阴县 39km。

全区共下辖 8 个街道、2 个镇，分别是文昌街道、平安街道、崮云湖街道、五峰山街道，归德街道、万德街道、张夏街道、孝里街道、双泉镇、马山镇。区人民政府驻文昌街道，长清城区主要包含主城区（文昌街道）、经济开发区（含农高）（平安街道）、创新谷（崮云湖街道）和大学科技园区（崮云湖街道）。

长清区是济南的新区，城区范围主要包括主城区、经济开发区、大学科技园区和创新谷。主城区位于北大沙河以南，南至潘庄、十里铺等行政村村界，东至红山、北大山一带山体，西至黄河。经济开发区位于北大沙河以北，北至长清区界，西至黄河，东至济荷高速。大学科技园区东至长清区界，西临文昌片区，北接农高片区，东北与党家片区部分相连。

济南长清大学城管委会于 2021 年 10 月正式成立，为济南市委、市政府派出机构，由长清区委、区政府代管，负责济南长清大学城党的建设、规划建设、科技创新、产业发展、招商引资等工作。济南长清大学城面积 172 平方 km，总人口 40 余万人。辖区历史厚重、环境优美、资源富集、产业集聚，包含济南经济开发区、济南农业高新技术产业示范区、长清大学科技园、济南创新谷 4 个片区。

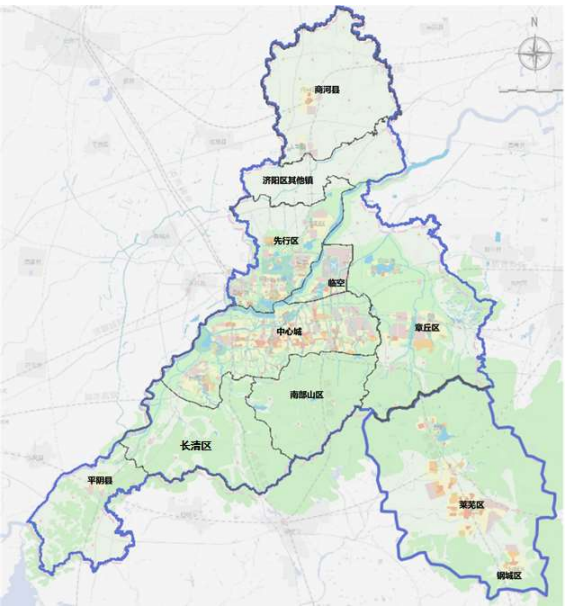


图 3--1 长清区地理位置图

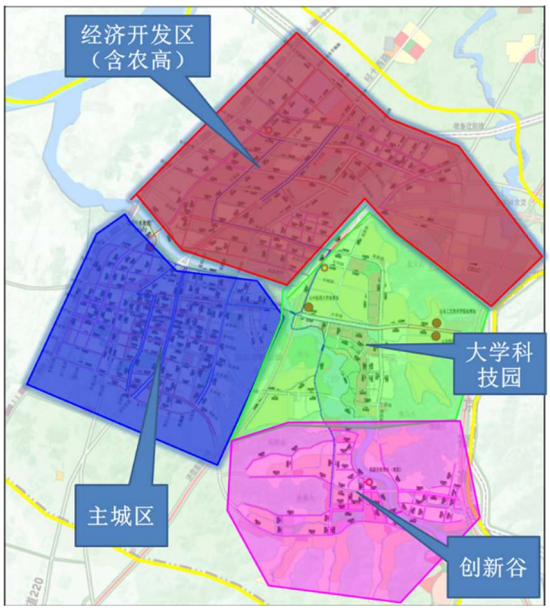


图 3-2 长清区各片区区位关系图

经济开发区于 2001 年 5 月正式启动建设，2015 年 9 月 29 日被国务院正式批复升级为国家高新技术产业开发区。目前总规划控制面积 100 平方公里，辖 1 个街道，66 个村居，总人口 11 万人。经过十多年的建设发展，长清经济开发区已成为全市高新技术产业发展的火车头、战略性新兴产业的聚集区和区域经济社会发展的重要增长极，先后被认定为“山东省科学发展园区”、“山东省知识产权园区”、“山东省高端装备制造产业园区”和“山东省外贸转型升级专业型示范基地”。

3.1.2 经济社会概况

2022 年全区生产总值 371.9 亿元，按可比价格计算，比上年增长 3.8%。分产业看，第一产业增加值 39.1 亿元，增长 9.4%；第二产业增加值 173.4 亿元，下降 0.1%；第三产业增加值 159.4 亿元，增长 6.7%。全年人均生产总值 60861 元，比上年增长 2.6%。产业结构优化升级。三次产业比例由上年的 10:47.9:42.1 调整为 10.5:46.6:42.9。第一、二、三次产业对经济增长的贡献率分别为 24.7%、-1.5%、76.8%。人口保持均衡增长。年末全区常住人口 62.42 万人（含创新谷），常住人口城镇化率达到 58.7%，比上年提高 1.4 个百分点，其中城镇人口 36.64 万人，乡村人口 25.78 万人。全年新增城镇就业 3709 人，年末城镇登记失业人员 1064 人，城镇登记失业率为 1.35%。

3.1.3 城市性质

长清区是济南的新区，位于济南市西南部，东依泰山，西滨黄河，京沪铁路、

济荷高速公路纵贯南北，形成了“六纵三横”的交通网络，成为连接津唐、长三角的重要交通枢纽和物流中心。城区范围主要包括主城区、经济开发区、农高区、大学科技园区和创新谷。

主城区位于北大沙河以南，南至潘庄、十里铺等行政村村界，东至红山、北大山一带山体，西至黄河。

经济开发区位于北大沙河以北，北至长清区界，西至黄河，东至济荷高速。

大学科技园区东至长清区界，西临文昌片区，北接农高片区，东北与党家片区部分相连。

3.2 自然条件

3.2.1 地形地貌

（1）地形

长清区东南依泰山，西北濒黄河，形成东南高西北低的倾斜地势，由东南向西北依次是山地丘陵、山前平原和黄河洼区。山地丘陵属泰山余脉，山岭起伏，沟壑纵横，海拔均在 200 米以上，地面坡度大于 10 度。山丘低凹处，河谷横切，成为南、北大沙河和清水沟的发源地。山地丘陵，土薄水贫，占全区总面积的 75.6%。山前平原为条形地带，长 22 公里，宽 5 公里，地面高程在 40~100 米之间，坡度约为 1/300。山前平原土层厚，土质肥沃，水资源相对丰富，占全区总面积的 10.7%。沿黄洼区因黄河洪水淤积形成槽形洼地，地面高程在 29.4~40 米之间，为黄河滞洪区，占全区总面积的 13.7%。长清地形地貌，按比例大体是“八山一洼一平原”。

（2）地貌

本区的地貌形态是地质构造、地层岩性及水文等因素的综合影响形成的。长期以来，本区继承了燕山期运动的特点，东南部山区继续上升，遭受剥蚀、夷平，西北部平原区继续沉降承受第四纪的沉积，广泛堆积了红土、红黄土和黄土，近期又受到黄河泛滥、堆积作用。地貌的成因和形态自东南至西北依次可划分为构造剥蚀地貌、剥蚀堆积地貌和松散岩类堆积地貌。

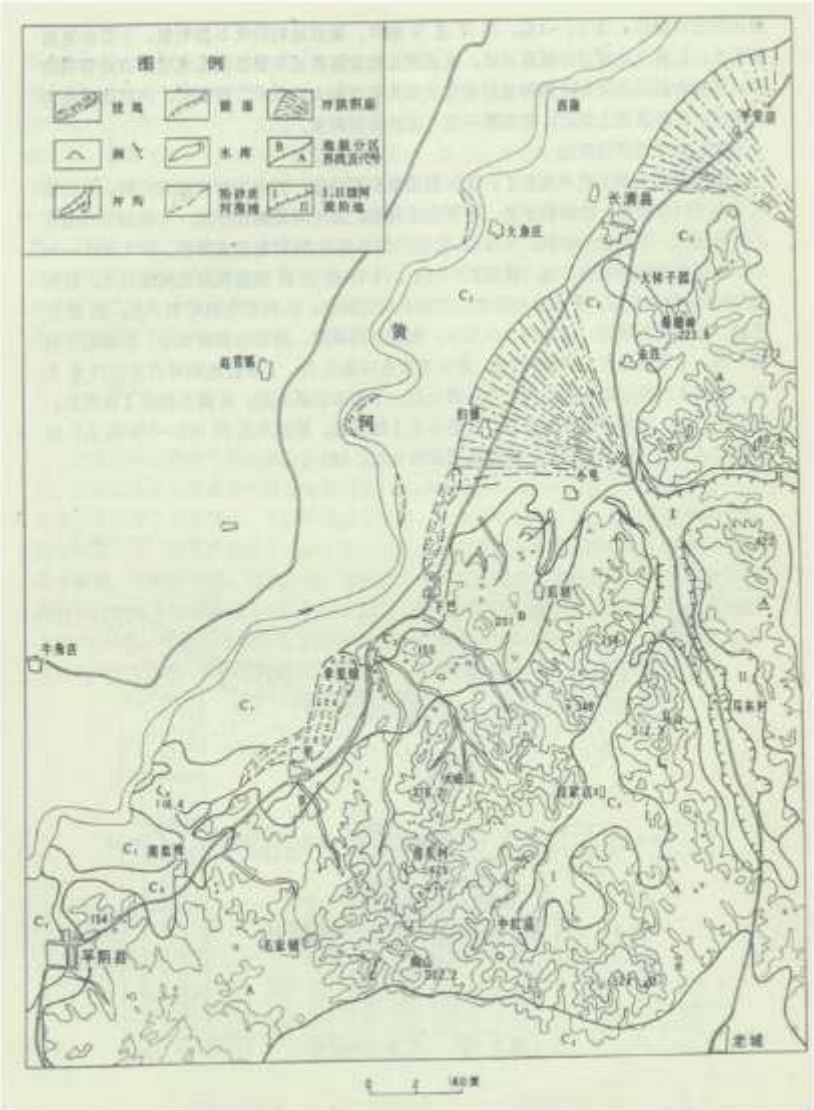


图 3-3 地貌分区略图

3.2.2 河流水系

（1）黄河

黄河为我国第二大河，自古以来为多泥沙河流，下游河床淤高，全靠地方约束，时久形成悬河。在山东境内处于黄河下游，该段为地上河，高出周边地表，两侧河流不能流入黄河内，在先行区区内基本没有支流，黄河北岸分布有引黄闸及引黄渠。黄河易发冰凌，冰凌洪水的洪峰流量沿程递增，与黄河下游伏秋大汛洪峰流量沿程递减的情况正好相反。这是因为开河时由于河道前期沿程存蓄水量迅速释放，流量逐段汇集、增多，造成凌峰流量沿程递增。据黄河洛口水文站资料（使用基面：大沽），黄河警戒水位 31.40 米，保证水位 35.07 米，年平均径流量 321.4 亿立方米，

最大流量 11900 立方米每秒（1958 年 7 月 23 日），历史最高水位 32.24 米（1996 年 8 月 8 日），最大含沙量 221kg/m³（1973 年 9 月 6 日），多年平均含沙量 21.3kg/m³。

位于黄河中游的小浪底水库于 2001 年底竣工，自 2002 年以来，黄河小浪底水库每年都要进行调水调沙，将黄河下游主河槽的过流能力提高，利用“人造洪峰”将下游河床淤积的泥沙送入大海，同时减少小浪底水库的泥沙淤积。对下游防洪、防凌、减淤以及供水、灌溉和发电等有重要意义。黄河防洪标准为千年一遇，现状防洪能力已达到防洪要求。黄河同时为济南市城市供水水源。

黄河干流济南段北店子取水口上游 1000 米至下游 100 米防洪大堤堤顶内的河道范围，大王庙黄河自西南至东北，横贯济南全境，境内全长 172.9km，有南、北大沙河、玉符河等重要支流，在全市水网体系中具有关键地位，它既是城市的重要防洪屏障，又是城乡工农业和生活用水重要水源和重要的景观生态带。与水网构架的小清河、北大沙河、玉符河、田山、邢家渡引黄干渠以及东联供水输水干线具有连通关系。

黄河干流济南段的河道上宽下狭，形似漏斗，为全省重要险段之一。玉符河入口以上为长平滩区，宽 7km 左右；玉符河以下河段设堤防，堤距 1km 左右，最窄处槐荫区曹家圈堤距 480m。黄河水量年际变化很大，年内分配亦不均匀。泺口水文站多年平均径流量 172.7 亿 m³，多年平均流量 547.2m³/s，多年平均输沙量 3.45 亿 m³。目前，黄河设防标准为控制洪水流量 11000m³/s。

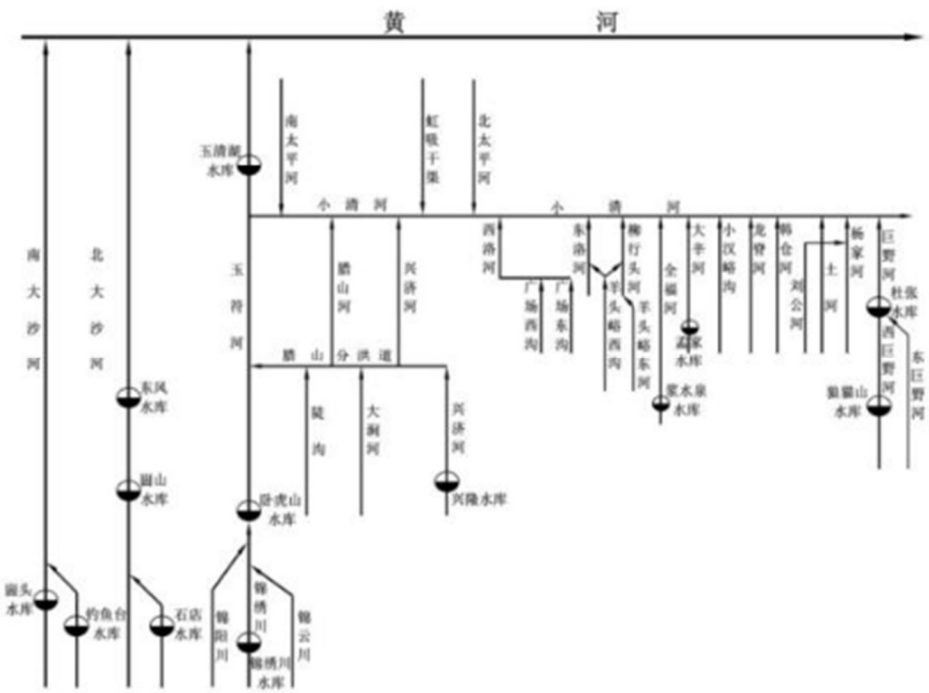


图 3-4 济南市河流水系直线图

（2）南大沙河

南大沙河古称谷水。源头有三条支流，中支源于长清、肥城两县交界的桃花山；西支流源于双泉镇的小太行山，两条支流在马山乡漩庄南汇流向北，与发源于五峰山街道青龙山的东支流，在归德街道的芯村铺南，再汇流向西北，于董庄北入黄河。河道全长 39.2km，流域面积 406.3k ㎡，其中山区面积 291.3k ㎡，平原面积 115k ㎡。流域上游多为变质岩山区，中游为石灰岩丘陵，下游是黄河滩区，为季节性河流，源短流急，挟沙量较大，中下游淤积严重。上游流经变质岩区，河流坡降大，河水湍急，常年有水；中下游进入平原区，在小屯水库以下，河水漏失严重，常为干河，丰水期河床中有水流。中上游现已修建中型水库 2 座、小型水库 8 座、塘坝 60 座，总拦蓄能力 3162 万 m^3 。其中小屯水库总库容量为 392 万 m^3 ，兴利库容为 164 万 m^3 。这些水库和塘坝成为南部山区林果树木灌溉的主要水源。

（3）北大沙河

北大沙河古称中川水。源头有三条支流：中支流源于泰山西麓的桃花峪；东支流源于历城区南高尔乡清凉台和长清区武庄乡摩天岭脚下，两条支流在万德街道南汇流北上。西支流发源于万德街道西南的黄巢塞峰脚下，在万德街道西三支流汇

合，经张夏、崮山、文昌，于平安街道老王府村西入黄河。河道全长 67.7km，流域面积 584.6k ㎡，流域形状狭长，河道弯曲，上游变质岩山区常年有水，中游为石灰岩丘陵，河床漏水较严重，枯季经常断流，下游是黄河滩区，易积涝成泽。下游河段无左堤，右堤低矮单薄，每到汛期，山洪暴发，平安、文昌街道的大片农田受淹。北大沙河作为城区排水的主要通道，河道水质直接反映了城区排水管网的运行情况。

图 3-5 北大沙河

（4）南水北调干渠

南水北调东线济南段西起平阴县东阿，沿济平干渠、小清河，东至章丘市出济南边界，全长 152.6km，设计输水流量 50m^3/s，加大流量 60m^3/s。新建贵平洼水库和东湖水库、利用玉清湖水库调蓄。目前，济平干渠段已建成，市区段及市区以东段、东湖水库正在建设中。济南市分配引江水量， 2013 年 1 亿 m^3 、2030 年 2 亿 m^3 。

南水北调输水渠是横穿济南市全境的重要输水大动脉，也是改变济南市用水格局的重大工程，在城乡供水水网中具有重要地位。

图 3-6 南水北调输水干渠

（5）文昌护城河位于文昌街道，起点为龙泉街，终点至北大沙河，通过郭庄排涝泵站排入北大沙河，属于城市除涝河道，现状河道宽度为 3.5-15，规划河道宽度为 15-25m，现状断面不满足规划需求。

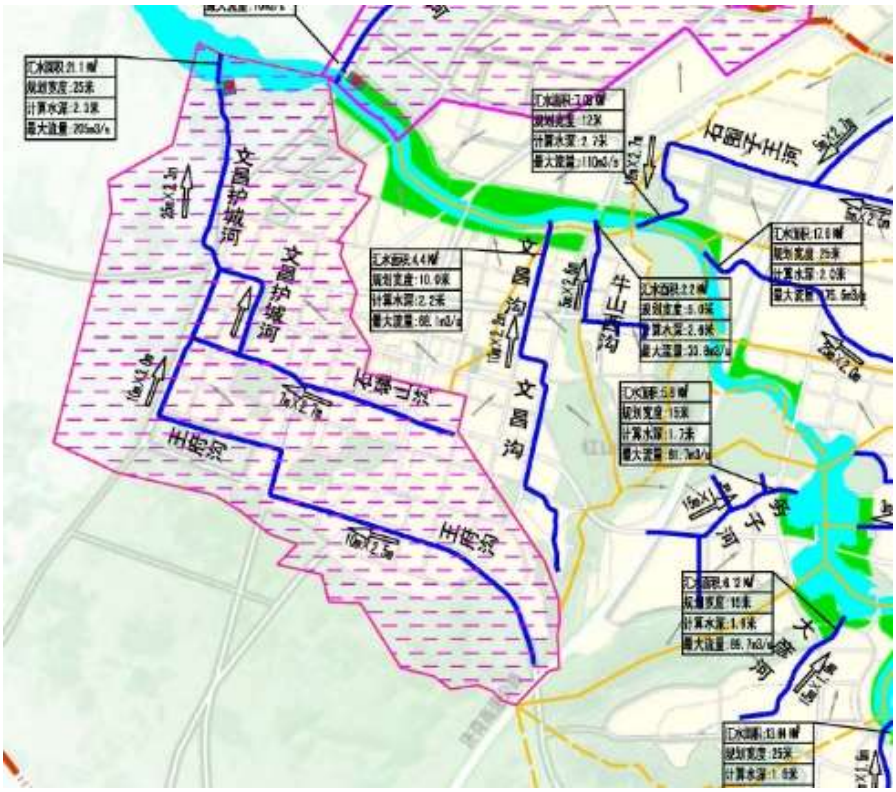


图 3-7 文昌护城河

（6）王府河为北大沙河支流河道，横穿长清大学城，属于城区主要除涝河道，规划标准为 30 年一遇，规划河道全长 7.91km，流域面积约 17.36 平方 km，规划主河道水域宽 20~25m，支流河道水域宽 6~12m，两侧绿地 12~20m。

图 3-8 王府河

表 3-1 长清区河流水系水功能区划表

编号	河流名称	范围	功能定位	水质目标		
				2010 年	2015 年	2020
1	黄河	济南段	饮用水水源地、农业灌溉	III	III	III
2	济平干渠输水干渠	济南段	饮用水水源地	III	III	III
4	南大沙河	源头-入黄口	农业灌溉	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
5	北大沙河	源头—崮山	农业灌溉	Ⅳ	Ⅳ	III
		崮山—入黄口	景观游憩	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ

表 3-2 长清区湖泊水库水功能区划表

编号	湖库名称	水源	功能定位	水质目标		
				2010 年	2015 年	2020
1	玉清湖水库	黄河水	饮用水水源地	III	III	III
2	石店水库	北大沙河	防洪、灌溉	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
4	钓鱼台水库	南大沙河	防洪、灌溉	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
5	崮头水库	南大沙河	防洪、灌溉	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ

3.2.3 气候及降水量

长清区属暖温带半湿润季风气候，四季分明。主导风向西南、东北风。春季干旱风频，夏季炎热多雨，秋季凉爽干燥，冬季寒冷少雪，年最高气温达 42.0℃，最低为-21.8℃，年平均气为 14.8℃。

根据济南市气象局多年降水资料统计，济南市年平均降水量 669.3mm，年最小降水量为 320.7mm，年最大降水量为 1283.4mm（1973 年）。一年之中降水主要集中在六、七、八月份，多以暴雨形式降落，三个月的降水量占年降水量的 65%。有“春旱、夏涝、秋燥、冬干”之气候特点。

根据统计资料，月平均蒸发量为 218.40mm，月平均蒸发量一月份最小为 61.10mm，六月份最大为 340.30mm。年蒸发量为 2263.00mm。

3.2.4 水资源现状

3.2.4.1 水资源量

对济南市长清区多年长系列年降水量系列进行频率分析，长清区多年平均降水量为 716 mm。降水时间分布特点为年内降水四季分布不均，绝大多数集中在 7-9 月，降水分配不均，年际变化较大，最大年降雨量 1577.4mm（1964 年谭家楼站），最小 263.5mm（1989 年大治站）。降水空间分布不均匀，东南部及西北部山区年降水量大，中部降水量小，全市年径流量与降水特点基本一致，东南、西北山区偏大，可达 230mm，中部偏小，在 160~200mm 之间，东北山区茶业口与淄博交接处仅为 150mm，变幅约 80mm，长清区年降水量特征值见下表。

表 3-3 长清区年降水量特征值

统计年限	年数	统计参数			不同频率年降水量（mm）			
		年均值(mm)	Cv	Cs/Cv	20%	50%	75%	95%
1956～2016年	61	731.9	0.26	2	885.31	715.46	596.15	449.44
1956～2000年	45	722.5	0.27	2	879.51	705.07	583.15	434.3
1980～2016年	37	715.9	0.27	2	871.41	698.58	577.78	430.3

1. 地表水资源量

地表水资源量与降水量相适应，80%以上集中在汛期。汛期除蓄水工程拦蓄外，

剩余水量大部分出境。根据《济南市长清区水资源调查评价》、《济南市水资源综合利用中长期规划》等成果，长清区多年平均地表水资源量为 32205 万 m^3，时间分布规律和降水量基本相似，但不均匀程度更大，长清区年地表水资源量特征值见下表。

表 3-4 长清区年地表水资源量特征值

统计年限	年数	统计参数			不同频率年地表水资源量（万 m^3）			
		年均值（万 m^3）	Cv	Cs/Cv	20%	50%	75%	95%
1956～2016 年	61	32205	0.61	2	46550.1	28311.5	17766.0	7935.6
1956～2000 年	45	31783	0.62	2	46116.8	27814.4	17299.5	7588.6
1980～2016 年	37	30220	0.66	2	44504.4	25967.5	15560.1	6317.6

2. 地下水资源量

全区地下水资源量 23236 万 m^3，地下水允许开采量为 1.92 亿 m^3。地下水资源量的变化与降水入渗量相适应，长清区年地表水资源量特征值、长清区地下水资源评价分区面积见下表。

表 3-5 长清区地下水资源评价分区面积表

水面面积	其他不透水面积	计算面积	平原区计算面积					山丘区计算面积		淡水区面积
			M≤1g/L	M≤2g/L	2g/L＜M≤3g/L	3g/L＜M≤5g/L	M＞5g/L	M≤1g/L	M≤2g/L	
21.9	55.6	1738.0	275.8	276.7				1447.1	1448.4	1738.0

①平原区地下水资源量

平原区地下水总补给量扣除井灌回归补给量，为平原区地下水资源量。平原区补给量包括降水入渗补给、引河（库）灌溉入渗补给量、山前侧向补给量和井灌回归补给量。均衡计算区内各项 2001～2016 年期间的多年平均地下水补给量之和为该区的多年平均地下水总补给量。平原淡水区多年平均地下水总补给量 7496.2 万 m^3/a，地下水总补给量模数为 27.5 万 m^3/km^2。根据《济南市长清区、钢城区（原长清市）水资源调查评价》（以下简称“调查评价”）计算结果，平原淡水区计算面积 276.7km^2，地下水资源量 6890.0 万 m^3/a，地下水资源模数 24.90 万 m^3/km^2，其中矿化度 M≤1g/L 的地下水资源量为 6868.5 万 m^3。

平原区地下水总排泄量包括潜水蒸发量、河道排泄量、侧向流出量和地下水实际开采量，均衡计算区内各项地下水排泄量之和为该区的多年平均地下水总排泄量。根据调查评价计算结果，2001～2016 年期间平原区多年平均地下水总排泄量

为 7956.27 万 m^3/a，平原区浅层地下水多年平均蓄变量为 313.46 万 m^3/a。

全区平原区补给量、排泄量及蓄变量的相对均衡差为 1.96%。

②山丘区地下水资源量山丘区由于地形、地貌、地层岩性、地质构造都较复杂，根据补、排平衡原理，以总排泄量推求地下水资源量。

总排泄量=河川基流量+河谷潜流量+山前侧向流出量+未计入河川基流的山前泉水出露量+人工开采净耗量。

根据调查评价计算结果，长清区山丘区计算面积 1448.4km^2，多年（2001～2016 年）平均地下水资源量（M≤2g/L）为 1.89 亿 m^3，地下水资源模数为 13.07 万 m^3/km^2，其中矿化度 M≤1g/L 的地下水资源量为 1.71 亿 m^3，地下水资源模数为 11.80 万 m^3/km^2。

③地下水资源量

地下水资源量=总排泄量（降水入渗补给量）+区外地表水体补给量±地下水蓄水变量。

根据调查评价计算结果，全区计算面积 1725.1km^2，多年（2001～2016 年）平均地下水资源量（M≤2g/L）为 2.45 亿 m^3，地下水资源模数为 14.21 万 m^3/km^2，其中矿化度 M≤1g/L 的地下水资源量为 2.31 亿 m^3，地下水资源模数为 13.37 万 m^3/km^2。

3. 水资源总量

本次水资源总量采用水平衡法计算。

$$W=Rs+Pr=R+Pr-Rg$$

式中：*W*—水资源总量；

Rs—地表径流量（河川径流量与河川基流量之差)；

Pr—降水入渗补给量；

R—河川径流量，即地表水资源量；

Rg—河川基流量。

根据调查评价分析计算，1956~2016 年多年平均水资源总量为 4.35 亿 m^3。全区保证率 20%、50%、75%、95%的水资源总量分别为：6.05 亿 m^3、3.96 亿 m^3、2.69 亿 m^3、1.40 亿 m^3，长清区水资源总量特征见表 3-5。

表 3-6 长清区水资源总量特征表

计算面积（km^2）	统计年限	年数	统计参数			不同频率水资源总量（万 m^3）			
			年均值（万 m^3）	C_V	C_S/C_V	20%	50%	75%	95%
1738	1956~2016 年	61	43494.2	0.552	2.00	60524.8	39640.2	26920.5	14033.3
	1956~2000 年	45	42729.3	0.51	2.00	59182.2	39085.7	26768.9	14186.2
	1980~2016 年	37	41424.4	0.53	2.00	57903.3	37612.7	25326.9	12988.3

3.2.4.2 **可利用水资源量**

根据《济南市长清区水资源调查评价》计算结果，按照计算面积，得到长清区多年平均情况下地表水资源可利用量为 1.96 亿 m^3，地表水资源可利用率为 65.0%。长清区 2001 年~2016 年地下水可开采量为 1.76 亿 m^3/a，可开采模数为 10.2 万 m^3/km^2。其中平原区地下水可开采量为 6338.8 万 m^3/a，可开采模数为 22.9 万 m^3/km^2，山丘区地下水可开采量为 1.13 亿 m^3/a，可开采模数为 7.8 万 m^3/km^2。

水资源可利用总量是指在可预见的时期内，在统筹考虑生活、生产和生态环境用水的基础上，通过经济合理、技术可行的措施在当地水资源中可以一次性利用的最大水量。本次水资源可利用量的计算，采用地表水资源可利用量与浅层地下水资源可开采量相加扣除两者之同重复计算量的方法估算。计算公式如下：

$$Q_{总} = Q_{地表} + Q_{地下} - Q_{重}$$

其中：$Q_{重} = \rho_{平可}（Q_{渠} + Q_{田}）+ \rho_{山可} Q_{基}$

式中：

$Q_{总}$——水资源可利用总量；

$Q_{地表}$——地表水资源可利用量；

$Q_{地下}$——浅层地下水资源可开采量；

$Q_{重}$——重复计算量；

$Q_{渠}$——渠系渗漏补给量；

$Q_{田}$——田间地表水灌溉入渗补给量；

$Q_{基}$——山区河川基流量；

$\rho_{平可}$——平原区可开采系数；

$\rho_{山可}$——山区可开采系数。

经计算，长清区 2001-2016 年多年平均水资源可利用总量为 2.71 亿 m^3，水资源可利用率为 62.3%。

3.3 再生水系统现状分析

3.3.1 给水系统现状

3.3.1.1 水源地

地表水：接至 2022 年底，长清区共建成中型水库 4 座（崮头水库、钓鱼台水库、石店水库、东风水库），总库容 5149 万 m^3，兴利库容 3145m^3；小型水库 40 座；塘坝 326 座。

地下水：长清区现有城市集中供水地下水源 1 处，位于长清区的长清水源地，为长清二水厂供水，设计供水能力 5 万 m^3/d，现状运行规模 4.7 万 m^3/d。

3.3.1.2 供水设施

长清区现状城市供水水厂 2 座，包括长清一水厂和长清二水厂。长清一水厂为备用水源，储备地下水供水能力 0.5 万 m^3/d。长清二水厂为现状供水水源，设计供水能力 5 万 m^3/d，常规日供水能力 3.3 万 m^3/d，储备地下水供水能力 2 万 m^3/d。

长清一水厂位于城区水鸣街中段路北。占地 15 亩，设计日取水规模 0.5 万 m^3/d。采取二次加压供水工艺，吸水井容积 100 立方米，清水池容积 1000 立方米，加压泵房、值班室、变配电室、消毒间等建筑面积约 1200 平方米。DN200、DN300 各一条输水管道向管网供水，出厂水压力 0.4MPa。目前作为备用水源。

长清二水厂位于城区大学路 468 号。占地 40 亩，打 6 眼深井。设计日取水规模 5 万 m^3/d，现实际日供水 4.7 万 m^3/d。采取二次加压供水工艺，吸水井容积 300 立方米，清水池容积 6000 立方米，加压泵房、值班室、变配电室、消毒间等建筑面积约 2100 平方米。两条 DN600mm 的输水管道向管网供水。出厂水压力 0.4MPa。

图 3-9 长清区城区现状公共供水厂布局图

表 3-7 长清区城市现状公共供水厂一览表

水厂名称	供水水源	类型	取用水单位	供水范围	设计供水规模（万 m^3/d）	实际供水规模（万 m^3/d）
长清一水厂	长清水源地	地下水	长清自来水公司	西部城区	/	/
长清二水厂	长清水源地	地下水	长清自来水公司	西部城区	5	4.7
合计					5	4.7

3.3.1.3 调水工程

长清区为了保障城市供水及重点工业供水，陆续建设了部分水系联通工程及供水工程，对保障经济社会稳定发展奠定了基础。现状已建的水资源调配工程主要包括：

（1）南水北调济平干渠。济平干渠工程是南水北调东线胶东输水干线的重要组成部分，自东平湖渠首闸开始，经平阴、长清、槐荫，在玉清湖水库东侧倒虹穿玉符河，接南水北调济南市区段工程。干渠除汛期（6~9 月）外，全年共有 243 天输送长江水，设计输水流量 $50m^3/s$，加大输水流量 $60m^3/s$。

（2）贾庄至卧虎山水库输水工程。贾庄至卧虎山水库输水工程是南水北调东

线济南市续建配套工程的重要组成部分，该工程自济平干渠贾庄分水闸引调长江水，管线沿北大沙河、济菏高速、玉符河，经贾庄提水泵站、罗而庄泵站和寨而头泵站三级加压后至卧虎山水库，输水管道长 30 km，设计输水能力 30 m^3/d。

3.3.1.4 供水量

根据《济南市水资源公报》（2020~2021）进行统计分析，供水量按地表水、地下水、其他水源进行调查统计，统计结果见表 3-9。

2020 年~2022 年全区年均供水总量万 31414m^3，其中地表水供水量为 7841 万 m^3，占总供水量的 25.0%；地下水供水量为 22992 万 m^3，占总供水量的 73.2%；其他水源供水量为 581 万 m^3，占总供水量的 1.8%。

表 3-8 长清区历年供水量统计表

年份	地表水（万 m^3)	地下水（万 m^3)	其他水源（万 m^3)	合计（万 m^3)
2020	2715	7550	275	10540
2021	2751	7646	2	10399
2022	2375	7796	304	10475
均值	2614	7664	194	31414

3.3.2 污水系统现状

3.3.2.1 污水处理设施

长清城区现有 3 座污水处理厂，分别为西区污水处理厂、经开区污水处理厂、创新谷污水处理厂。现状规模共计 5.5 万 m^3/d。出水水质均满足地表准 IV 类水排放标准。

表 3-9 污水处理厂处理能力一览表

序号	污水处理厂名称	设计规模（万 m^3/d）	实际处理水量（万 m^3/d）2023 年平均值	运营单位	备注
1	西区污水处理厂	5	4.5	能源集团	
2	经开区污水处理厂	3.5	0.9	济南能源环保科技有限公司	
3	创新谷污水处理厂	1.5	0.1	中电建建设集团	
合计		10	5.5		

1、西区污水处理厂

（1）污水处理厂概况

济南西区污水处理有限公司原名为济南市西区污水处理厂，总设计规模为 5.0

万 m^3/d。

济南西区污水处理有限公司分为两期建成，一期工程于 2005 年建成，设计规模为 2.5 万 m^3/d，采用一体化氧化沟工艺；二期工程于 2013 年建成，设计规模为 2.5 万 m^3/d，采用 AAO+混凝沉淀过滤工艺。由于工艺落后，设备老化等原因，济南能源建设发展集团有限公司 2019 年投资 3800 万元，对西区污水处理厂一期系统进行全面的提升改造，将原有一体化氧化沟工艺改造为更加先进的 AAO 工艺。为适应城市的快速发展，以及国家对环境生态日益严格的要求，济南能源环保科技有限公司在 2020 年投资 4450 万元，对全厂的工艺、设备、自控仪表等进行二次提标改造全面的提升改造。改造完成之后，出水标准由《城镇污水处理厂排放标准》(GB18918-2002)中的一级 A 标准提升为地表准 IV 类水排放标准，整个二次提标改造工程于 2022 年 6 月完工。

2022 年对污水处理厂进行提标改造，出水水质为地表准 IV 类出水水质标准，指标如下: CODcr≤30mg/1、BOD5≤6mg/1、SS≤10mg/1、NH3-N ≤1.5(3) mg/1 、TN≤10(12) mg/1、TP≤0.3mg/1。括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

（2）进水水量分析

西区污水厂 2020 年、2021 年、2022 年和 2023 年日均进水水量情况统计。

表 3-10 西区污水处理厂进水水量数据一览表

月份	月平均水量（立方米/天）			
	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
1	40204	43088	45534	31382
2	31344	38428	39887	36321
3	30067	47166	48564	39586
4	27021	44601	43768	44134
5	38389	44776	37619	47352
6	39179	48355	41527	52236
7	41870	49280	51920	50617
8	44745	39689	53961	51616
9	42892		52703	50837
10	47135	51754	50965	49584
11	50790	53712	50830	
12	49469	53336	35223	
平均值	**40259**	**46744**	**46042**	**45367**

根据污水厂运行数据，西区污水厂日均负荷率由 93.5%降至 90.7%，雨污合流

管网实施后，污水厂超负荷运行情况略有改善。水量维持在 4.5 万 m³/d 以上。目前再生水主要用于马山生态产业园回用、北大沙河生态补水及城市道路和绿化浇洒，其余再生水直接排入北大沙河。

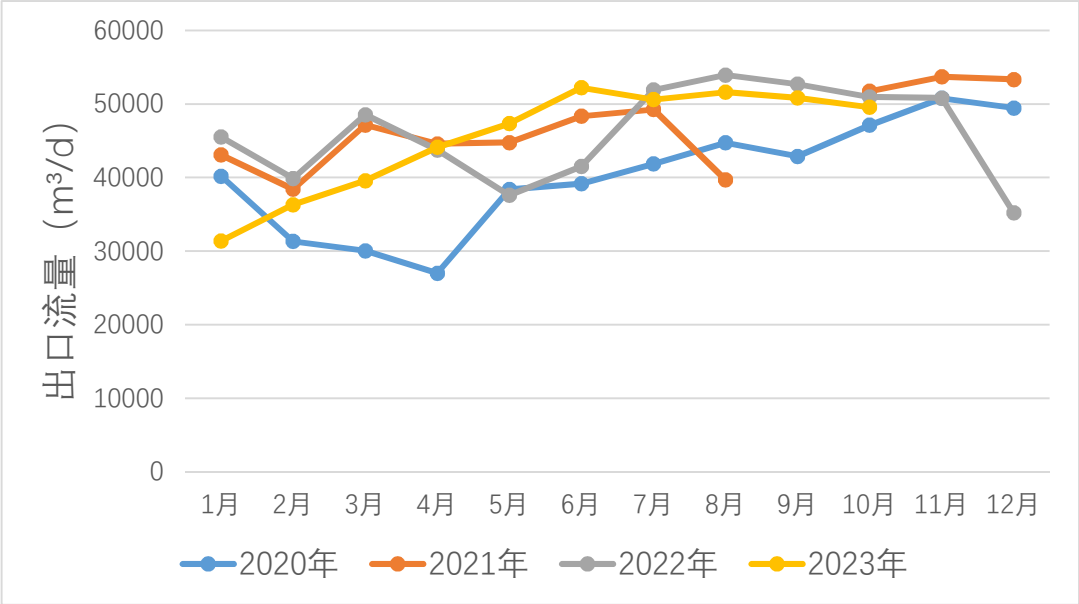


图 3-10 西区污水厂进水水量分析图

2、经开区污水处理厂

（1）污水处理厂概况

济南经济开发区污水处理厂位于济南市长清区平安北路以北、顺达路以南、国道 220 以西（规划国道 220 以东）、大于庄村北，设计规模 3.5 万 m^3/d，占地 4.5 公顷（67.5 亩）。主要接纳处理济南经济开发区和济南市农高区范围内的生活污水和工业废水，服务范围约 45km^2，服务范围内的规划人口为 17.5 万人。济南经济开发区污水处理厂由济南能源环保科技有限公司建设及运营，于 2021 年 7 月开工建设，于 2022 年 4 月正式投入运行。

经开区污水处理工艺包括预处理、一级处理、二级生化处理、深度处理及消毒处理。预处理阶段采用“粗格栅+提升泵站+细格栅+旋流沉砂池”的工艺；一级处理采用“辐流式沉淀池”；二级生化处理采用复合 AAO 工艺（AAO+生物接触氧化），项目工艺在池型上对常规 AAO 工艺进行改良，设置两级硝化反硝化工艺，提高脱氮能力；深度处理工艺采用“絮凝沉淀池+气水反冲洗滤池+催化氧化池+生物炭滤池”工艺；消毒采用次氯酸钠消毒。

济南经济开发区污水处理厂设计出水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-

2002）准 IV 类标准，处理达标的尾水通过管道直接排至北大沙河，除少量再生水用于城市道路和绿化浇洒外，其余再生水排入北大沙河补充河道生态用水。

（2）污水处理厂水量

因污水厂建设时间短，水量水质较少，水量约 0.9 万 m^3/d，具体如下：

表 3-11 经开区污水处理厂进水水量数据一览表

月份	6	7	8	9	平均
水量（m^3/L）	6656	10278	8656	8855	8988

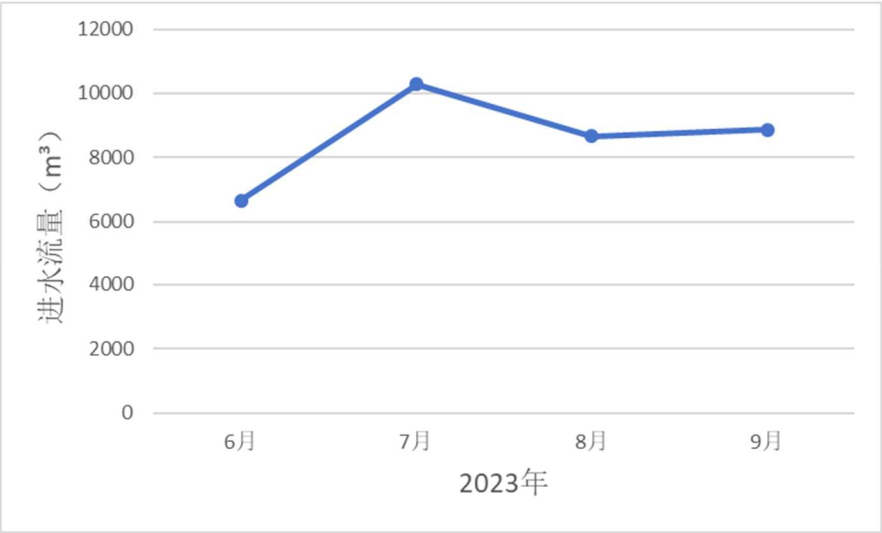


图 3-11 污水处理厂 2023 年（6-9 月）水量数据

3、创新谷污水处理厂

创新谷污水处理厂位于城市东南角创新谷片区，主要处理创新谷的污水。该厂建设规模 1.5 万吨/日，工艺流程为粗格栅提升泵房（改造）→细格栅及旋流沉砂池（改造）→A/O 生化池→二沉池及二次提升泵房→絮凝沉淀池→煤砂双层滤料滤池→接触消毒池→巴氏计量槽→出水。设计出水水质为《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求，于 2023 年投产运行，目前由中电建集团运营管理。目前 2022 年，实际进水为 0.1 万吨/日。目前再生水直接排入北大沙河。

4、高校污水处理设施

除城区的 3 座主要污水处理厂外，大学科技园区在建设时，各高校以“零排放”理念，自建中水站，产生的中水全部用于高校内绿化、冲厕、道路浇洒、景观

回用等用途，用水量约 1.71 万 m³/d。目前高校中水站共 11 座，详见下表。

表 3-12 高校污水处理设施一览表

序号	高校名称	处理站设计规模（m³/d）	再生水产生量（m³/d）	再生水回用量（m³/d）	再生水余量（m³/d）
1	山东交通学院	3000	3300	2300	1000
2	山东艺术学院	1500	1200	900	300
3	山东幼儿师范学院	1000	1200	600	600
4	山东女子学院	4000	3000	1500	1500
5	山东中医药大学	3600	3400	1400	2000
6	山东师范大学	7000	6000	5000	1000
7	山东工艺美术学院	2000	1200	900	300
8	山东管理学院	1800	1300	800	500
9	劳动职业技术学院	3000	2800	2000	800
10	圣翰财贸职业学院	2100	200	200	0
11	齐鲁工业大学	4000	2500	1500	1000
合计		33000	26100	17100	9000

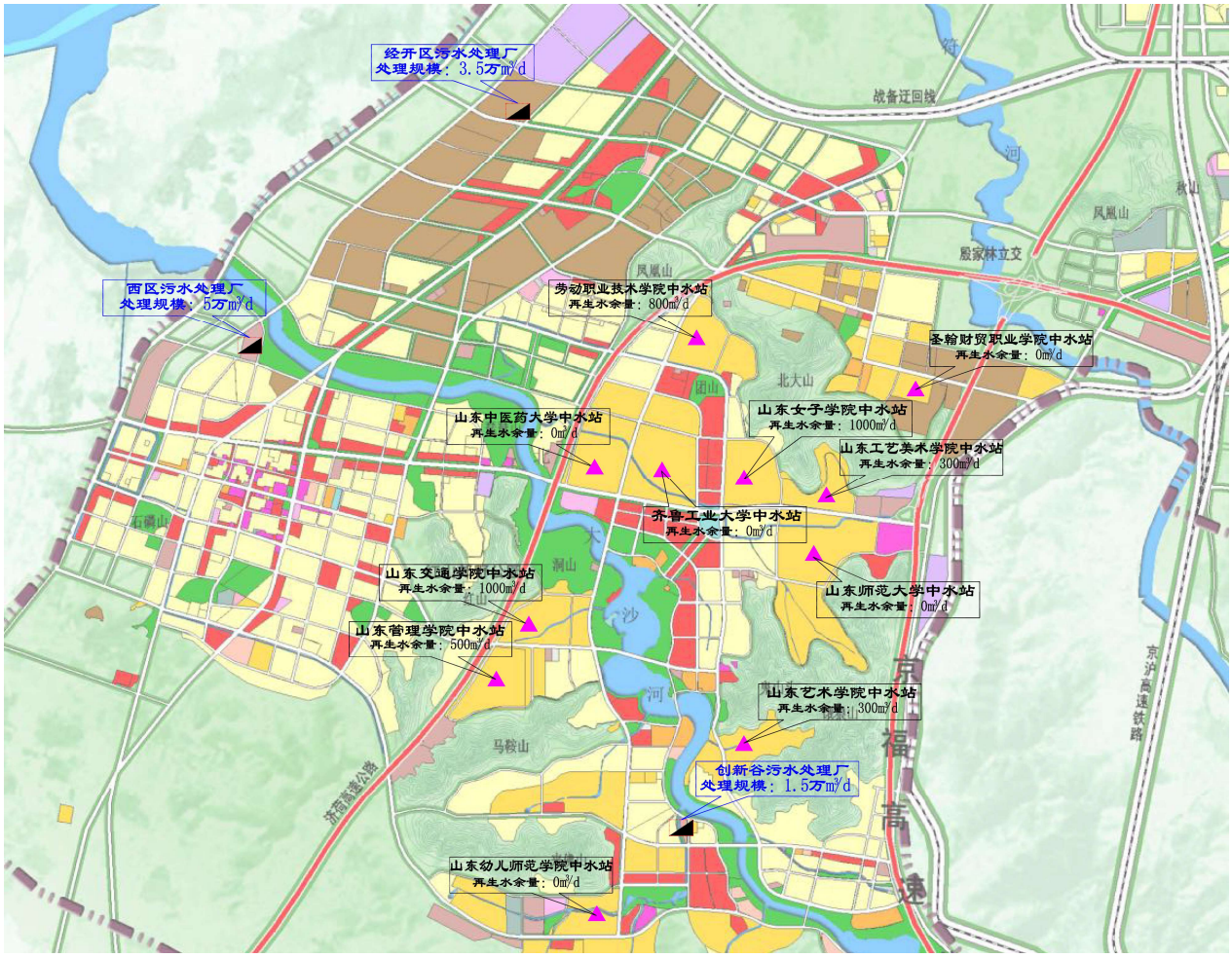


图 3--12 污水处理厂及中水站分布图

3.3.2.2 污水管网

长清中心城区地形成东高西低，南高北低，且地貌坡度较大，使得城区具有较好的排水条件。目前，长清区城区市政道路已建成污水管渠约 253.644km。

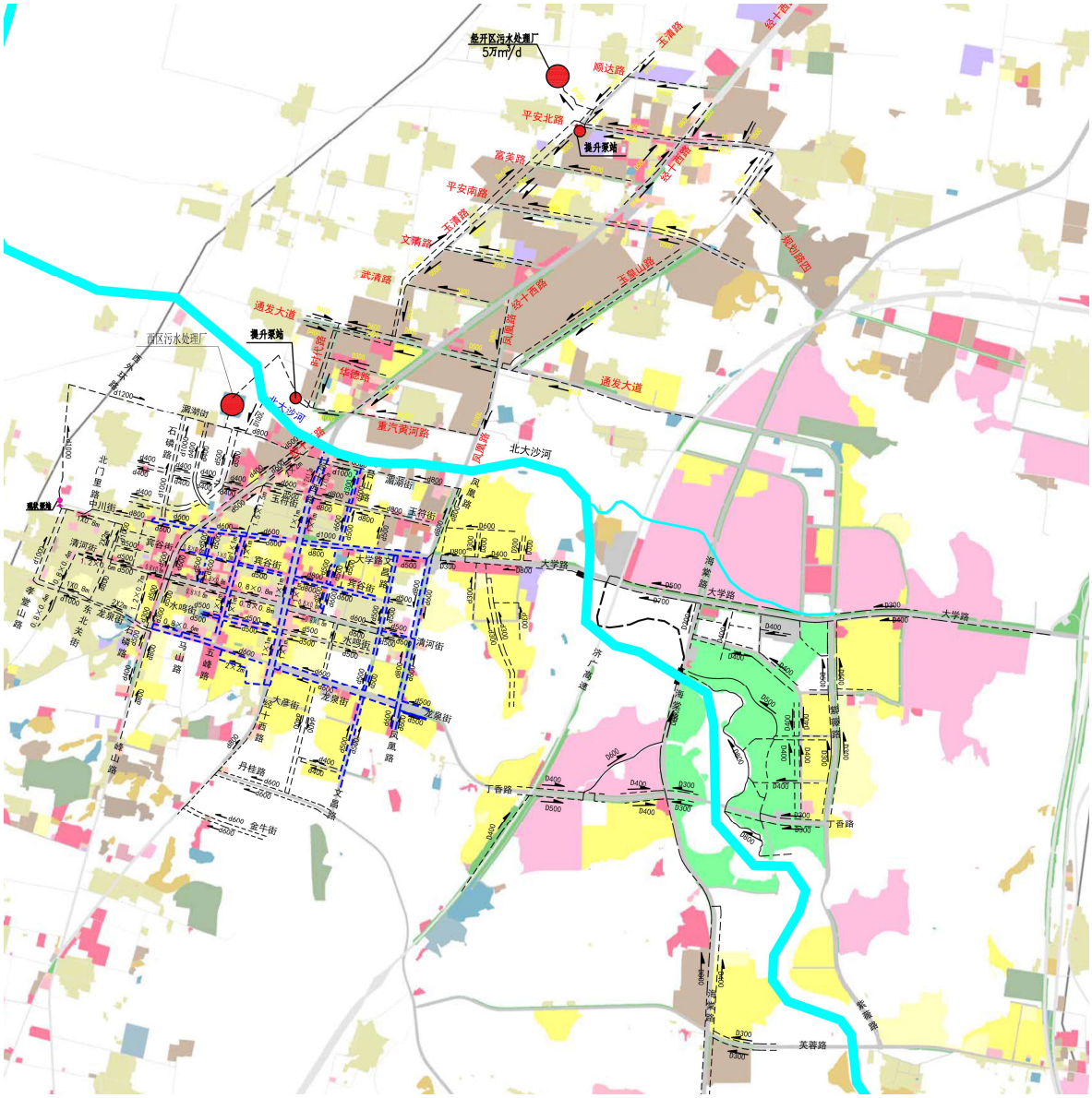


图 3—13 长清城区现状污水管网图

3.3.3 再生水系统现状

3.3.3.1 再生水管线

长清区现状再生水管线较少，主要为污水厂至工业、北大沙河生态补水及城市杂用的供给。主要再生水管线共 3 条：

1.经开区污水处理厂至北大沙河沿河 DN800 中水管线，共计 5.9km。

2.西区污水处理厂至长清城市中央公园处的北大沙河 DN1000 补水管线，全长

3.0km。

3. 西区污水处理厂至马山环保科技园 0DN400 中水回用管线，全长 35.4km。

现状再生水管道分布见下图。

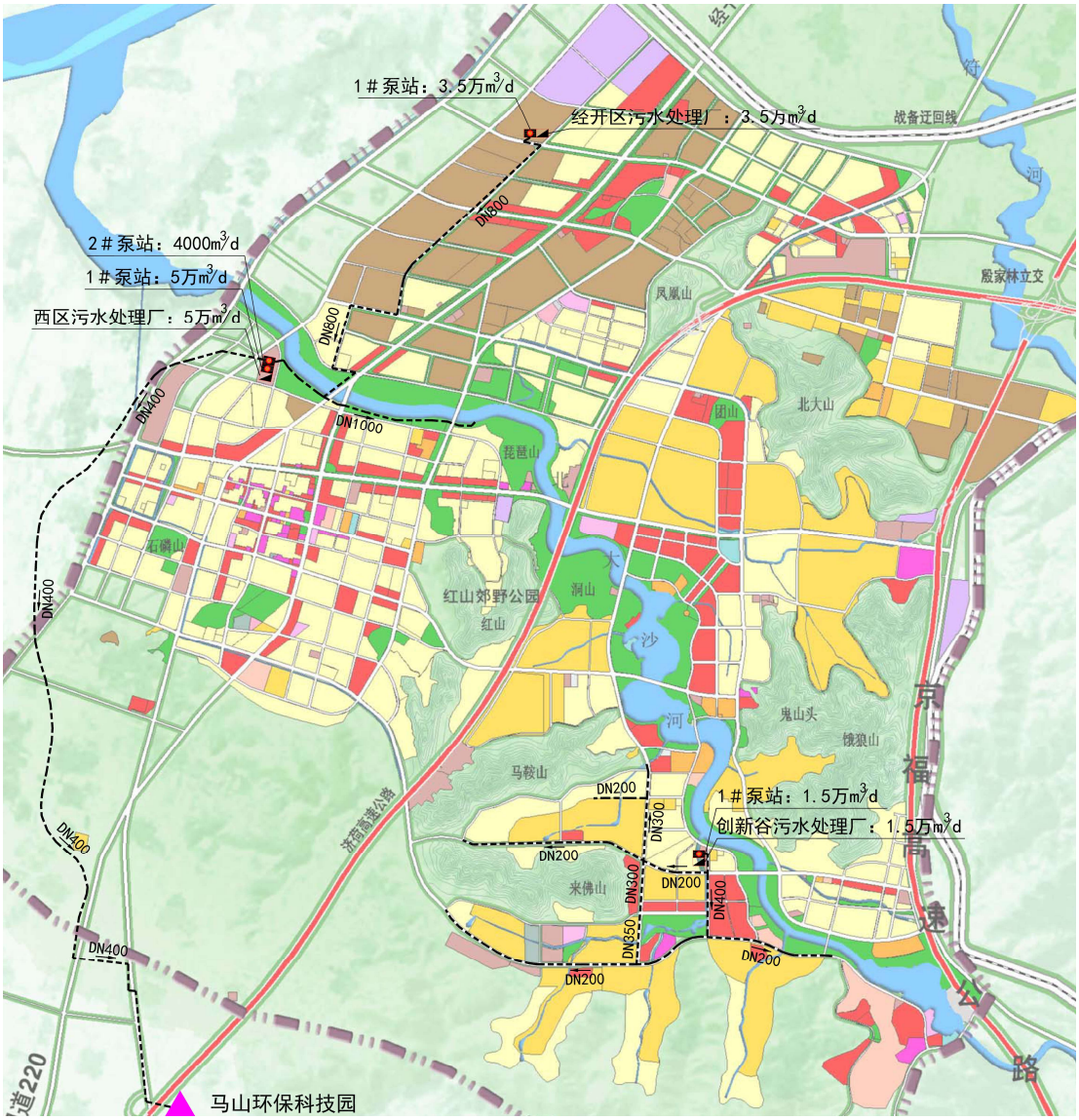


图 3-14 长清区现状再生水管道图

3.3.3.2 现状再生水利用

1. 再生水利用量

西区污水处理厂现状出水水质为地表准 IV 类标准。在西区污水处理厂稳定运行的基础上，2022 年增设了中水回用系统。处理的再生水分别向马山环保科技园、北大沙河生态补水和城市杂用供给 70 万 m^3/a、450 万 m^3/a 和 20 万 m^3/a，合计再生水量为 540 万 m^3/a。

经开区污水处理厂出水水质达到地表准 IV 类标准。经开区污水处理厂建有中水回用管网，通过管网将再生水主排入北大沙河生态补水，供水约 329 万 m^3/a。

大学城 11 座中水站日用水量约 1.71 万 m^3/d，年用水量约 624 万 m^3/a。

创新谷处理厂出水水质为一级 A 标准，处理的再生水直接排入北大沙河，供给量为 0.1m^3/d。

表 3-13 再生水厂现状处理能力及利用量

污水厂	现状日处理能力（万 m^3/d）	再生水产生量（万 m^3/a）	再生水利用量（万 m^3/a）			
			垃圾处理厂	河道生态补水	杂用	总量
西区	4.5	1642	70	450	20	540
经开区	0.9	329	—	329	—	329
创新谷	0.1	36	—	—	—	0
大学城	2.61	953	—	—	624	624
合计	8.11	2960	70	779	644	1493

综上，长清区城区西区污水处理厂、经开区污水处理厂、创新谷污水处理厂现状处理能力合计 8.11 万 m^3/d，实际再生水产生量约 2960 万 m^3/a，现状再生水利用量约 1493 万 m^3/年，现状再生水利用率约 50.4%，满足《山东省城市排水“两个清零、一个提标”工作方案》中 2023 年年底再生水回用达到 50%以上。

2.再生水泵站

西区污水处理厂共有再生水泵房 2 座，1 座为向马山环保科技园供水泵站，水泵 4 台，三用一备，额定流量为 4000m^3/d；1 座为北大沙河补水泵站，水泵 3 台，两用一备，额定流量为 50000m^3/d。

经开区污水处理厂共有再生水泵房 1 座，位于厂区内部，水泵 4 台，三用一备，额定流量为 35000m^3/h。

创新谷污水处理厂共有再生水泵房 1 座，位于厂区内部，水泵 3 台，额定流量为 15000m^3/h。

表 3-14 现状再生水泵站基本情况

泵房情况	西区污水厂		经开区污水厂	创新谷污水厂
	1#泵房（厂外）	2#泵房（厂外）		
泵站规模/（m^3/d）	4000	50000	35000	15000
水泵数量/台	4	3	4	3
额定流量/（m^3/h）	288	1800	2250	500
扬程/m	55	15	30	30
功率/kW	37	45	90	35

第4章 再生水利用问题分析

4.1 城市水资源短缺

济南市长清区处于山东中部，处于温带季风区，降雨时空分布不均，年际变化大。由于受季风影响，降雨量有显著季节性，形成旱多涝少的特点。

2020 年，长清区人均水资源量约 377m^3/(人·年)，属于严重缺水地区（人均低于 500 m^3），不及全国人均水资源量的五分之一，已经成为制约经济社会健康发展的重要瓶颈。目前长清区的常规水源主要为地表水和地下水，根据国家政策下一步地下水源将作为城市备用水源，同时新建或扩建地表水水源困难重重。

近年来，随着长清区的快速发展，长清区人口保持平稳增长，未来城市常住人口、产业规模、道路面积、绿化面积等指标将持续上升，城市生产、生活需水量将不断加大。使用再生水替代城市杂用水（街道清扫、绿化浇洒、冲厕等）和工业用水（冷却水补给）依然是长清区提高城市用水保障率，实现水资源利用可持续发展的有效途径之一。

4.2 再生水利用缺少统筹规划

当前，长清区再生水主要来自污水处理厂站。再生水利用设施缺乏统一规划，未形成需求明确、统一配置、点线网结合、市场化运作、取水许可完善的水资源统一管理格局。由于再生水必须通过厂外专用的再生水管网才能提供给更多的用户，因此管网投资和使用均需要各级政府部门之间相互配合、协调。

长清区再生水主要供给工业企业、生态补水，对于市政杂用、园林绿化、农田灌溉、生活杂用等方面整体利用率低。与先进城市相比，长清区再生水利用途径相对单一，再生水的利用范围、途径尚有广阔空间有待挖掘。

4.3 再生水利用配套设施缺乏

再生水利用管网设施的建设是推广利用再生水的必要条件，但是长清区现状再生水管网、泵站、取水点等设施未系统配套建设，再生水管线的覆盖率较低，未成环，主要是污水厂至用水企业、河道补水点的点对点再生水输送管线，尚未形成完整的再生水管网，致使污水再生利用缺乏必要条件，管网远端的供水量和供水压力不稳定。另外，已建再生水管道也存在缺乏统一维护管理，部分再生水管道破损，

阻碍了再生水利用。

4.4 公众对污水资源化存在误区

长期以来，人们把使用过一次的水称为“污水”、“下水”、“阴沟水”、“废弃水”，总把这种水与“污垢的”、“肮脏的”形象相联系，难以相信它还能再利用。事实上人类使用过的水中杂质只占 0.1%左右，比起海水的 3.5%少了许多，其余绝大部分是可再回用的清水，且西区污水处理厂、经开区污水处理厂出水水质已达到地表准 IV 类标准，创新谷污水厂出水水质已达到一级 A 标准，出水水质较好。污水经过适当地再生处理可重复利用，实现在自然界中的良性循环。城市污水就近可得、易于收集、易于处理、数量巨大、稳定可靠、不受制于自然变化和人为影响。

再生水利用能否得到推广，关键在于用户能否从心理上接受，能否信任再生水水质和供水可靠性，政府决策部门是否认识到再生水利用的内在利益与外部效益。受传统观念的影响，公众对再生水的认识和接受程度还比较低，一定程度上影响了污水再生利用工作的推进，导致部分企业、市民不愿使用再生水。

4.5 配套法律法规与政策不完善

长清区现行的再生水政策和法律并不完善，缺乏再生水定价机制，同时缺乏促进污水再生利用的鼓励节水政策和必要的惩罚手段，社会资本投入积极性不足。导致一方面是城市用水紧张，另一方面城市杂用、景观用水和工业用水仍在大量使用优质水资源，忽视了再生水的使用。

另外，再生水价格形成机制不明确。目前长清区再生水的价格是由企业与污水厂自行商量决定，导致各企业取用再生水价格并不统一，且取用水的价格合理性尚待时间考验，如果不尽合理，将会导致污水再生水生产者不能保证经济效益。确定合理的污水利用价格，是保证污水再生水生产者与受纳者的责、权、利的必由之路，是促进污水利用的重要前提。

第5章 再生水需求及可利用量分析

5.1 再生水利用的可行性

5.1.1 可行性分析

（1） 再生水利用的经济性

通过第一章的论述，再生水利用符合国家和地方相关政策、规划。污水回用作为城市第二水源，与现状城市供水水源相比，具有水源水质水量稳定可靠，处理技术可靠、投资和运行费用低，能减少城市排水水体的污染物总量，降低城市排水管网的负荷等优点，在城市严重缺水的情况下，是城市理想的第二水源。

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，再生水生产、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。同时作为城市中的供水水源，再生水利用方便，潜在用途和用户较多，使得再生水的经济性和市场需求更加明显。

（2） 再生水利用的环境效益和社会效益

实现污水资源化具有明显的环境效益和社会效益，是保护水资源和使水资源增值的有效途径，同时也会大大的缓解城市水资源的紧缺。因此，水的再生与回用是环境保护、水污染防治的主要途径，是社会和经济可持续发展战略的重要环节，已经成为城市解决水资源短缺问题的必然选择。

（3） 再生水利用技术上可行

城镇污水再生处理技术主要包括常规处理、深度处理和消毒。常规处理包括一级处理、二级处理和二级强化处理。主要功能为去除 SS、溶解性有机物和营养盐（氮、磷）。目前经常采用的污水深度处理工艺有：混凝沉淀、滤布过滤、滤料过滤、膜过滤、反渗透、臭氧消毒、次氯酸钠消毒、紫外线消毒等等单元处理技术及其组合技术，主要功能为进一步去除二级（强化）处理未能完全去除的水中有机污染物、SS、色度、嗅味和矿化物等。消毒是再生水生产环节的必备单元，可采用液氯、氯气、次氯酸盐、二氧化氯、紫外线、臭氧等技术或其组合技术。

经过深度处理，污水处理厂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。

5.1.2 再生水利用的主要途径

根据《国民经济行业分类与代码》、《城市污水再生利用分类》、《再生水水质标准》等相关标准，再生水利用的主要用途分为：地下水回灌用水，工业用水，农、林、牧业用水，城市非饮用水和景观环境用水等五类。

表 5-1 再生水水质标准分类

序号	标准类型	分类细目	范围
1	地下水回灌用水	补充地下水	地下水源补给、防治海水入侵、防治地面沉降
2	工业用水	冷却用水	直流式、循环式
		洗涤用水	冲渣、冲灰、消烟除尘、清洗
		锅炉用水	中压、低压锅炉
3	农、林、牧业用水	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	城市非饮用水	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、混凝土养护与制备、施工中的混凝土构件和建筑物冲洗
5	景观环境用水	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

5.1.2.1 地下水回灌用水

再生水补充地下水，主要是通过地面入渗和地下灌注的方式，将再生水人工回灌到地下含水层，使再生水参与地下水循环，再生水的水质将直接影响地下水体和含水层，其不良影响往往具有滞后性和长期性。

再生水水质不仅应满足回灌工艺对水质的要求，保证回灌过程稳定运行，同时还应保证回灌后，水源水质类型不发生变化和不受到污染。根据《城市污水再生利用 地下水回灌水质》（GB/T 19772-2005）、《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）、《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》（GB/T 18920-2002）和《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）等国家标准中的相关规定，对于回灌地下水，重点考虑的因素有：水中的有机物、有毒物对水体的污染；回灌过程中不造成堵塞。因此，回灌地下水水质的控制项目主要包括：（1）常规指标：色度、浊度、嗅和 pH 值；（2）有机污染物指标：溶解氧、五日生化需氧量（BOD_5）和化学需氧量（COD_{Cr}）；（3）无机污染物指标：总硬度、氨氮、亚硝酸盐氮、溶解性总固体、汞、镉、砷、铬、铅、铁、锰、氟化物和氰化物；（4）生物学指标：粪大肠菌群。

表 5-2 与《再生水水质标准》、《城市污水再生利用地下水回灌水质》比较分析

序号		控制项目	单位	补充地下水指标限值	一级 A	地表水准IV类	结论
再生水水质标准	1	色度	稀释倍数	≤15	30	30	不符合
	2	浊度	NTU	≤5			未监测
	3	pH	-	6.5~8.5	6~9	6~9	基本符合
	4	总硬度	mg/L	≤450			未监测
	5	嗅	-	无不快感			未监测
	6	溶解氧	mg/L	≥1.0			未监测
	7	五日生化需氧量	mg/L	≤4	10	6	不符合
	8	化学需氧量	mg/L	40	50	30	符合
	9	氨氮	mg/L	1	5	1.5	不符合
	10	亚硝酸盐	mg/L	0.02			未监测
	11	溶解性总固体	mg/L	1000			未监测

序号		控制项目	单位	补充地下水指标限值	一级 A	地表水准IV类	结论
	12	汞	mg/L	≤0.001	0.001	0.001	符合
	13	镉	mg/L	≤0.01	0.01	0.01	符合
	14	砷	mg/L	≤0.05	0.1	0.1	不符合
	15	铬	mg/L	≤0.05	0.05	0.05	符合
	16	铅	mg/L	≤0.05	0.1	0.1	不符合
	17	铁	mg/L	≤0.3			未监测
	18	锰	mg/L	≤0.1			未监测
	19	氟化物	mg/L	≤1.0			未监测
	20	氰化物	mg/L	≤0.05	0.5	0.5	不符合
	21	粪大肠菌群数	个/L	≤3	1000	1000	不符合
城市污水再生利用地下水回灌水质	22	硫酸盐	mg/L	250			未监测
	23	氯化物	mg/L	250			未监测
	24	挥发酚类	mg/L	0.002	0.5	0.5	不符合
	25	阴离子表面活性	mg/L	0.3			未监测
	26	硝酸盐	mg/L	15			未监测
	27	总磷	mg/L	1	0.5	0.3	符合
	28	动植物油	mg/L	0.05	1	1	不符合
	29	石油类	mg/L	0.05	1	1	不符合
	30	硫化物	mg/L	0.2	1	1	不符合

注：一级 A 水质标准指标依据《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）。

上表数据表明，污水处理厂出水不符合地下水回灌水质要求。

5.1.2.2 工业用水

根据《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005）、《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB 50335-2016）和《工业锅炉水质》（GB/T 1576-2018）等国家标准中的相关规定，再生水利用于工业用水，重点考虑的因素有：水垢、腐蚀、生物生长、堵塞、泡沫以及工人的健康。因此，再生水利用于工业用水水质的控制项目主要包括：（1）防止设备堵塞的水质指标：浊度和悬浮物（SS）；（2）防

止设备腐蚀的水质指标：色度、pH 值、总硬度、BOD_5、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。

表 5-3 与《再生水水质标准》、《城市污水再生利用工业用水水质》比较分析

序号		控制项目	冷却用水	洗涤用水	锅炉补水	一级 A	地表水准IV类	结论
再生水水质标准	1	色度（度）	≤30			30	30	符合
	2	浊度（NTU）	≤5					未监测
	3	pH	6.5～8.5	6.5～9.0	6.5～8.5	6～9	6～9	基本符合
	4	总硬度(以 $CaCO_3$ 计)（mg/L）	≤450					未监测
	5	悬浮物（SS）（mg/L）	≤30		≤5	10	10	部分符合
	6	BOD_5（mg/L）	≤10	≤30	≤10	10	6	基本符合
	7	COD_{Cr}（mg/L）	≤60			50	30	符合
	8	溶解性总固体（mg/L）	≤1000					未监测
	9	氨氮(以 N 计)（mg/L）	≤10.0a	≤10.0	≤10.0	5（8）	1.5	符合
	10	总磷(以 P 计)（mg/L）	≤1			0.5	0.3	符合
	11	铁（mg/L）	≤0.3					未监测
	12	锰（mg/L）	≤0.1			2	2	不符合
	13	粪大肠菌群数，个 / L	≤2000			1000	1000	符合
城市污水再生利用工业	14	Cl（mg/L）	≤250					未监测
	15	二氧化硅（mg/L）	≤50					未监测
	16	石油类（mg/L）		≤1				未监测
	17	阴离子表面活性剂（mg/L）		≤0.5		0.5	0.5	符合
	18	游离余氯（mg/L）	末端 0.05	末端 0.05	0.05			未监测
	19	总碱度(以 $CaCO_3$	≤350					未监测

序号		控制项目	冷却用水	洗涤用水	锅炉补水	一级 A	地表水准IV类	结论
用水水质		计)						
	20	硫酸盐	≤250					未监测

注：[a] 钢材换热器循环水氨氮为 1mg/L。

一级 A 水质标准指标依据《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）

上表对比分析表明，污水处理厂出水地表水准 IV 类、一级 A 标准各项指标与《再生水水质标准》（SL 368-2006）、《城镇污水再生利用工业用水水质》（GB/T 19923-2005）中工业冷却用水水质控制标准的比较分析结果为：监测指标差别较大，需进一步处理后才能用于工业用水。

5.1.2.3 农、林、牧业用水

再生水利用于农、林、牧业用水，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。根据《再生水水质标准》（SL 368-2006）、《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》（GB 20922-2007）、《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）、《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）、《城市污水再生利用地下水回灌水质》（GB/T 19772-2005）和《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）等国家标准中的相关规定，利用于农、林、牧业用水水质的指标主要包括：（1）影响土壤和植物生长的指标：色度、pH 值、总硬度、BOD_5、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；（3）影响环境卫生的生物学指标：粪大肠菌群。

表 5-4 与《再生水水质标准》、《城镇污水再生利用农业灌溉用水水质》对比一览表

序号		控制项目	农业	林业	一级 A	地表水准IV类	结论
再生水水质标准	1	色度（度）	30	30	30	30	符合
	2	浊度（NTU）	10	10			未监测
	3	pH	5.5-8.5		6~9	6~9	基本符合
	4	总硬度（以 $CaCO_3$）	≤450				未监测

序号		控制项目	农业	林业	一级 A	地表水准IV类	结论
	5	悬浮物(SS)	≤30		10	10	符合
	6	生化需氧量(BOD_5)	≤35		10	6	符合
	7	化学需氧量（COD_{Cr}）	≤90		50	30	符合
城市污水再生利用农业灌溉用水水质	8	溶解性总固体（TDS)	≤1000				未监测
	9	汞	≤0.001		0.001	0.001	符合
	10	镉	≤0.01		0.01	0.01	符合
	11	砷	≤0.05		0.1	0.1	不符合水田蔬菜类
	12	铬（六价）	≤0.1		0.05	0.05	符合
	13	铅	≤0.1		0.1	0.1	符合
	14	氰化物	≤0.05		0.5	0.5	不符合
	15	粪大肠菌群数（个/L)	≤10000		1000	1000	符合
	16	溶解氧 （DO）≥	0.5				未监测
	17	氯化物	350				未监测
	18	硫化物	1		1		符合
	19	余氯	1.5				未监测
	20	石油类	1		1		符合
	21	挥发酚	1		0.5		符合
	22	阴离子表面活性剂（LAS）	8		0.5		符合
	23	蛔虫卵数（个/L）	2				未监测

注：一级 A 水质标准指标依据《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）

上表对比分析表明，《再生水水质标准》（SL368-2006）用于农灌控制指标 15 项，在《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准控制指标中 12 项有要求，除控制项目砷不满足水田和菜地要求外，其余 11 项符合再生水回用标准，达到一级 A 标准的污水处理厂出水基本满足农田灌溉水质标准。结合济南市已有科研成果和污水回用情况，再生水可用于水浇地，但不应用于生食蔬菜、渔业养殖及水田。

5.1.2.4 城市杂用水

再生水利用于城市杂用水，重点考虑的因素有：水体环境的要求、人体健康的要求和输水管网的要求。根据《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》（GB/T 18920-2002）、《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）、《建筑中水设计标准》（GB 50336-2018）和《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB 50335-2016）等国家标准中的相关规定，利用于城市杂用水水质的控制项目主要包括：（1）影响生态环境的生物化学指标： BOD_5、氨氮和溶解性总固体；（2）影响感官的指标：色度、浊度、嗅和阴离子表面活性剂（LAS）；（3）影响管道设备的指标： pH 值、溶解氧、铁和锰；（4）影响环境卫生的生物学指标：粪大肠菌群。

表 5-5 与《城市污水再生利用城市杂用水水质》比较分析

序号	控制项目	冲厕、车辆清洗	城市绿化、道路清扫、消防、道路施工	一级 A 标准	地表水准IV类	结论
1	pH	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	符合
2	色度	15	30	30	30	部分符合
3	嗅	无不快感	无不快感			未监测
4	浊度(NTU)	5	10			未监测
5	BOD_5(mg/L)	10	10	10	6	符合
6	氨氮(以 N 计)（mg/L)	5	8	5	1.5	符合
7	阴离子表面活性剂（mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	符合
8	铁（mg/L)	0.3	—			未监测
9	锰（mg/L)	0.1	—	2	2	不符合
10	溶解性总固体（mg/L)	1000（2000）a	1000（2000）a			未监测
11	溶解氧（mg/L)	2.0	2.0			未监测
12	总氯	1.0（出厂），2.0（管网末端）	1.0（出厂），2.0[b]（管网末端）			未监测
13	大肠埃希氏菌	无	无	1000	1000	不符合

注：a 括号内指标值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 2.5 mg/L

注：一级 A 水质标准指标依据《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）

上表对比分析表明，城市污水处理厂出水一级 A 标准指标中 5 项满足（除 8 项指标未要求外）《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》，只有粪大肠菌群不满足《城市污水再生利用城市杂用水水质标准》，可采用加氯消毒解决。

5.1.2.5 景观环境用水

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。根据《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T 18921-2019）、《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）、《建筑中水设计标准》（GB 50336-2018）和《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB 50335-2016）等国家标准中的相关规定，因此，利用于景观用水水质的控制项目主要包括：（1）影响人体感观的指标：色度、浊度、嗅、SS、LAS 和石油类；（2）影响水生生物生长的指标：pH 值、溶解氧、BOD_5、COD_{Cr}、氨氮和总磷；（3）影响环境卫生的生物学指标：粪大肠菌群。

表 5-6 与《城镇污水再生利用 景观环境用水水质》比较分析

序号	项目	观赏性景观环境用水			娱乐性景观环境用水			湿地环境用水	一级A	地表水准IV类	结论
		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									未监测
2	pH 值	6~9							6~9	6~9	符合
3	生化需氧量(mg/L)	≤10	≤6		≤10	≤6		≤10	10	6	符合
4	浊度(NTU)	≤10	≤5		≤10	≤5		≤10			未监测
5	总磷(以 P 计)	≤0.5	≤0.3		≤0.5	≤0.3		≤0.5	0.5	0.3	符合
6	总氮(以 N 计)	≤15	≤10		≤15	≤10		≤15	15	10（12）	符合

序号	项目	观赏性景观环境用水			娱乐性景观环境用水			湿地环境用水	一级A	地表水准IV类	结论
		河道类	湖泊类	水景类	河道类	湖泊类	水景类				
7	氨氮(以N 计)	≤5.0	≤3.0		≤5.0	≤3.0		≤5.0	5（8）	1.5	符合
8	粪大肠菌群数	≤1000			≤1000		≤3	≤1000	1000	1000	基本符合
9	余氯	—					0.05-0.1	—			未监测
10	色度	≤20							30	30	基本符合

注：一级 A 水质标准指标依据《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）

上表对比分析表明，污水处理厂出水地表水准 IV 类、一级 A 标准与《城镇污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T 18921-2019）的水质标准相比，监测指标项基本相同，浊度、余氯未监测，其他 7 项为部分符合，因此使用再生水作为景观环境用水时，需根据相应回用途径对水质进行监测，当符合用水标准后可以使用。

根据上述再生水回用指标比较结果可知，地表水准 IV 类、一级 A 标准在大部分指标上满足城市杂用、景观类用水的再生水水质要求，但由于地表水准 IV 类、一级 A 标准缺少城市杂用、工业、景观用水规定的部分监测项目，尚不能完全满足相关用途需要。因此，需根据再生水相应回用途径对水质进行监测，必要时须采用一定的再生水处理工艺，以满足相应回用途径的水质要求。

5.1.3 再生水利用方向

根据前期调研评估情况，长清区工业企业用水量较大，可利用再生水替代新鲜水的途径主要是冷却用水及中压、低压锅炉用水。城市杂用水方面对再生水的主要需求有街道清扫和城市绿化等用水需求，由于现状公共建筑、居住建筑、体育场等建筑均未建设中水管网，对再生水的需求较小。城区北大沙河、文昌护城河、王府河等城市景观环境用水水源目前主要为自然降水和水库上游水库泄水，枯水期的

生态补水较为匮乏，因此对再生水具有较大的使用需求系。

根据长清区的实际情况及再生水利用需求，长清区再生水利用主要包含以下三个方面：工业用水、城市杂用水和景观环境用水。

表 5-7 再生水规划利用方向

序号	水质标准类别	用途	范围
1	工业用水	冷却用水	直流式、循环式
		锅炉用水	中压、低压锅炉
2	城市杂用水	街道清扫	城市道路的冲洗和喷洒
		城市绿化	公共绿地、住宅小区绿化
3	景观环境用水	观赏性景观环境用水	观赏性景观河道、景观湖泊及水景

5.1.4 再生水利用技术路线

长清区再生水利用的总体思路是：通过鼓励工业生产、城市绿化、道路清扫、生态景观以及其他城市杂用等用水优先使用再生水，实现城市污水资源的再生利用，缓解城市水资源短缺，提升城市水资源的综合利用效率和水平，推动长清区节水型社会建设，促进黄河流域生态保护和高质量发展。

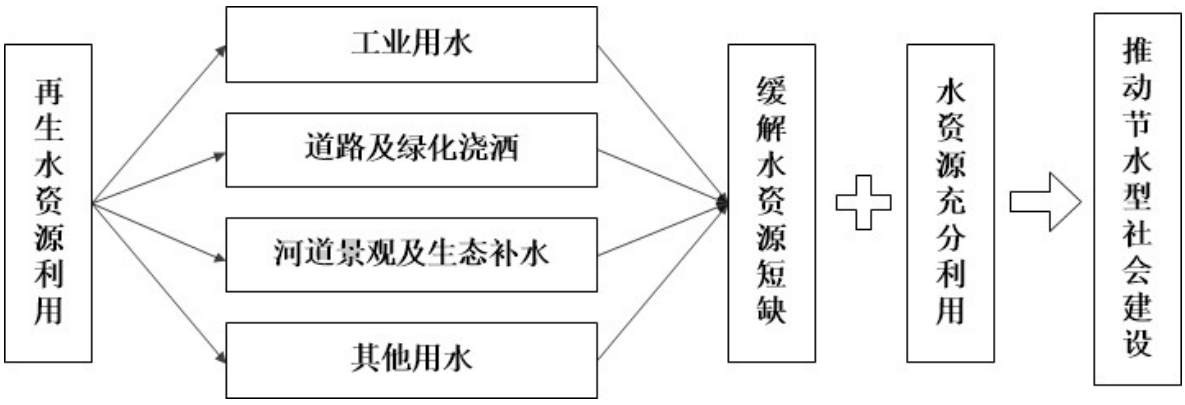


图 5-1 再生水利用技术路线图

5.2 再生水用户需水量分析

5.2.1 工业用水量预测

5.2.1.1 重点工业用水现状

对长清区年取用水量较大工业企业进行统计，根据前期资料收集、与相关政府部门座谈，走调研主要企业生产情况、用水需求，具体取、用水情况如下：

表 5-8 长清区工业取水大户统计表

序号	大工业企业用户	所属行业	取水量（万 m^3/a）	水源类型	取水点	备注
1	济南佳宝乳业有限公司	食品制造业	73.5	地下水	地下水	
2	马山环保科技园	环卫	146	中水	济南市西区污水处理厂	
3	范庄热电厂	电力、热力生产和供应业	654.33	地表水、中水	崮云湖水库、济南市西区污水处理厂	在建
4	归德工业园	电力、热力生产和供应业	357	地表水、中水	钓鱼台水库、济南市西区污水处理厂	拟建
合计			1230.83			

1.济南佳宝乳业有限公司

济南佳宝乳业有限公司成立于 1998 年 11 月， 其前身为创始于 1932 年的“五大牧场”，企业拥有 80 余年的悠久历史。佳宝乳业是中国奶业 D20 联盟企业和农业产业化国家重点龙头企业 ，是国际乳联 IDF 委员单位，是中国乳制品工业协会和中国奶业协会的副理事长单位。

图 5-2 佳宝乳业现状

（1）供水水源分析

济南佳宝乳业有限公司供水水源为地下水，年取水量约 73.4 万 m^3。

（2）用水水平分析

所有地表水通过管道输送至净水厂，入净水沉淀池、无阀滤池、净水池、提升泵房，由给水管网至各用水单位；地下水主要供给职工生活用水、除盐水和软水的

制备，制取后的地下水经管道输送至除盐水站，由提升泵送入管网至各用水单位。

（3）再生水需求

通过前期调研及现场对接，佳宝乳业有限公司取水主要用于食品制作，再生水无法满足其供水需求，故本次规划不考虑对佳宝乳业供给再生水。

2. 马山环保科技园

马山环保科技园位于长清区马山镇，省道 104 东侧约 700m，距离长清市区约 26km。采用干化＋炉排焚烧炉焚烧工艺进行垃圾处理。

3.范庄热电厂

范庄热电厂为在建项目，项目位于长清区崮云湖街道范庄村，国道 220 东侧。

（1）供水水源分析

本项目拟采用用济南西区污水处理厂再生水作为电厂主水源，采用崮云湖水库地表水作为电厂补充水源。

（2）用水量分析

热电机组年工作时间为 200 天，其中夏季用水量约为 5.44 万 m^3/天，用水天数约为 76 天；冬季用水量约为 2.02 万万 m^3/天，用水天数约为 120 天。

（3）再生水需求

本项目拟在冬天生产全部采用再生水，夏季生产以再生水为主，地表水作为补充水源，预估再生水使用量约为 520 万 m^3/年。

（4）现状水质分析

1）崮云湖和石店水库水质

项目以石店水库的地表水作为生产用水取水水源，因此采用《地 表水环境质量标准》（GB3838-2002）对石店水库地表水水质进行分析。

<1>评价标准

采用《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）对石店和崮云湖水库水质进行评价。有关水质类别说明如下：

Ⅰ类：主要适用于源头水、国家自然保护区；

Ⅱ类：主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区，珍惜水生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等。

Ⅲ类：主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游信道、水产养殖区等渔业水域及游泳区；

Ⅳ类：主要适用于一般工业用水区及人体非接触的娱乐用水区；

Ⅴ类：主要适用于农业用水区及一般景观要求水域

表　地表水环境质量标准基本项目标准限值表（GB3838-2002）（mg/L）

序　号		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
基本项目	pH 值(无量纲)	6-9				
	溶解氧≥	饱和率 90%（或 7.5）	6	5	3	2
	高锰酸盐指数≤	2	4	6	10	15
	化学需氧量（COD）≤	15	15	20	30	40
	五日生化需氧量≤	3	3	4	6	10
	氨氮（NH_3-N）≤	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
	总磷（以 P 计）≤	0.01	0.025	0.05	0.1	0.2
	总氮（湖、库，以 N 计）≤	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
	铜≤	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
	锌≤	0.05	1.0	1.0	2.0	2.0
	氟化物（以 F^-计）≤	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
	硒≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	砷≤	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
	汞≤	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
	镉≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
	铬（六价）≤	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
	铅≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
	氰化物≤	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
	挥发酚≤	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
	石油类≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
	阴离子表面活性剂≤	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	硫化物≤	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
	粪大肠菌群（个/L）≤	200	2000	10000	20000	40000

<2>水质评价

2023 年 4 月 17 日，山东省分析测试中心对石店水库水质进行了取样检测，检测结果见附件。采用单参数评价方法以中华人民共和国《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）为评价标准，对检测资料中的各项水质参数进行逐一评价，评价结果见下表。

序号	项目名称	单位	检测结果	评价结果
1	pH 值		8.1	III
2	溶解氧≥	mg/L	8.72	III
3	高锰酸盐指数≤	mg/L	3.48	III
4	化学需氧量≤	mg/L	10	III
5	五日生化需氧量≤	mg/L	3.4	III
6	氨氮≤	mg/L	0.03	III
7	总磷≤	mg/L	0.05	III
8	总氮≤	mg/L	1.3	IV
9	铜≤	mg/L	<0.01	III
10	锌≤	mg/L	<0.01	III
11	氟化物≤	mg/L	0.265	III
12	硒≤	mg/L	<0.0005	III
13	砷≤	mg/L	<0.0003	III
14	汞≤	mg/L	<0.00005	III
15	镉≤	mg/L	<0.0002	III
16	铬（六价）≤	mg/L	<0.004	III
17	铅≤	mg/L	<0.001	III
18	氰化物≤	mg/L	<0.004	III
19	挥发酚≤	mg/L	<0.001	III
20	石油类≤	mg/L	0.02	III
21	阴离子表面活性剂≤	mg/L	<0.05	III
22	硫化物≤	mg/L	0.017	III
23	粪大肠菌群	CFU/L	15	III

由上表可以看出石店水库水质符合《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的IV类水标准。石店水库水质较好，满足工艺生产要求，可直接用于项目生产。

2）西区污水处理厂出水水质

<1>现状水质

范庄热电厂于 2023 年 4 月委托山东省分析测试中心对济南市西区污水处理厂出水进行了水质检测，污水处理厂所检项目出水符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准并满足《济南市人民政府办公厅关于提高部分排污企业污染物排放执行标准的通知》中的水质要求。检测结果见下表，水质检测报告详见附件。

序号	控制项目	出水水质	执行标准	评价结果
1	化学需氧量（COD）	23	45	√
2	生化需氧量（BOD_5）	7.8	10	√
3	悬浮物（SS）	＜4	10	√
4	动植物油	＜0.04	1	√
5	石油类	＜0.04	1	√
6	阴离子表面活性	＜0.05	0.5	√
7	总氮（以 N 计）		15	
8	氨氮（以 N 计）	0.33	4.5	√
9	总磷（以 P 计）		0.5	
10	色度（稀释倍数）	30	30	√
11	PH	7.0	6~9	√
12	粪大肠菌群数（个/L）	12	10^3	√

<2>评价标准

采用《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005） 对出水用水工业用水进行评价，评价标准见下表。

序号	控制项目	冷却用水		洗涤用水	工艺与产品用水
		直流冷却水	敞开式循环冷却水		
1	pH 值	6.5~9.0	6.5~8.5	6.5~9.0	6.5~8.5
2	悬浮物（SS）（mg/L）	≦30	-	≦30	-
3	浊度（NTU）	-	≦5	-	≦5
4	色度（度）	≦30	≦30	≦30	≦30
5	生化需氧量（BOD_5）	≦30	≦10	≦30	≦10
6	化学需氧量（COD）	-	≦60	-	≦60
7	铁（mg/L）	-	≦0.3	≦0.3	≦0.3
8	锰（mg/L）	-	≦0.1	≦0.1	≦0.1
9	氯离子（mg/L）	≦250	≦250	≦250	≦250
10	二氧化硅（SiO_2）	≦50	≦50	-	≦30
11	总硬度（以 $CaCO_3$ 计）	≦450	≦450	≦450	≦450
12	总碱度（以 $CaCO_3$ 计）	≦350	≦350	≦350	≦350
13	硫酸盐（mg/L）	≦600	≦250	≦250	≦250
14	氨氮（以 N 计/mg/L）	-	≦10	-	≦10
15	总磷（以 P 计/mg/L）	-	≦1	-	≦1
16	溶解性总固体（mg/L）	≦1000	≦1000	≦1000	≦1000
17	石油类（mg/L）	-	≦1		
18	阴离子表面活性剂	-	≦0.5		
19	余氯（mg/L）	≥0.05	≥0.05	≥0.05	≥0.05
20	粪大肠菌群数（个/L）	≦2000	≦2000	≦2000	≦2000

<3>评价方法及结果

参照《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T 19923-2005）中敞开式循环冷却水系统补水控制项目，采用单参数评价法进行质量评价。

范庄热电厂于 2023 年 4 月委托山东省分析测试中心对济南市西区污水处理厂出水进行了水质检测，根据水质检测结果，目前济南市西区处理厂现状出水水质中有 19 项已达到再生水工业用水水质，不达标项目主要为余氯。根据设计情况，项目将设计中水处理系统以提高再生水水质，经处理后的再生水可以满足敞开式循环冷却水水质要求。

序号	控制项目	敞开式循环冷却水	出水水质	评价结果
1	pH 值	6.5~8.5	7.0	√
2	悬浮物（SS）（mg/L）	-	＜4	√
3	浊度（NTU）	≦5	＜1	√
4	色度（度）	≦30	30	√
5	生化需氧量（BOD_5）	≦10	7.8	√
6	化学需氧量（COD）	≦60	23	√
7	铁（mg/L）	≦0.3	0.05	√
8	锰（mg/L）	≦0.1	0.11	√
9	氯离子（mg/L）	≦250	153	√
10	二氧化硅（SiO_2）	≦50	11.4	√
11	总硬度（以 $CaCO_3$ 计）	≦450	348	√
12	总碱度（以 $CaCO_3$ 计）	≦350	244	√
13	硫酸盐（mg/L）	≦250	98.2	√
14	氨氮（以 N 计/mg/L）	≦10	0.33	√
15	总磷（以 P 计/mg/L）	–		√
16	溶解性总固体（mg/L）	≦1000	682	√
17	石油类（mg/L）	≦1	＜0.04	√
18	阴离子表面活性剂	≦0.5	＜0.05	√
19	游离余氯	≥0.05	＜0.03	×
20	粪大肠菌群数（个/L）	≦2000	12	√

4. 归德工业园

归德工业园为拟建项目，项目位于长清区归德街道，为燃气蒸汽联合循环热电联产项目。

（1）供水水源分析

本项目拟采用用济南西区污水处理厂再生水作为生产水源，采用钓鱼台水库地表水作为补充水源。

（2）用水量分析

夏季最大用水量约为 1200m^3/h；冬季用水量约为 907m^3/h。日最大供水量约为

3.0 万 m^3/d，全面生产利用小时约 3000h。

（3）再生水需求

本项目全面生产取水量约为 400 万 m^3/a，计划 50%采用再生水。

5.2.1.2 工业用水量预测

现状长清区已建用水企业中，具备使用再生水条件的工业主要是火电和环卫行业，这些企业是长清区的用水大户，生产取水水源大多为地表水，用水量较大，且大部分用水是用作循环冷却水，对水质要求并不高，污水再生处理后水质基本可以满足工业冷却用水要求，因此，以污水再生利用作为企业生产的替代用水，其发展潜力较大。

根据山东省发改委、水利厅、住建厅、环保厅共同发布的《关于加强污水处理回用工作的意见》（鲁发改地环〔2011〕678 号），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%。因此，产业结构稳定、再生水替代量大，且周边有临近污水厂站或在建设有再生水管线的工业企业规划为近期用户，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。城区主要工业再生水需水量预测见下表。

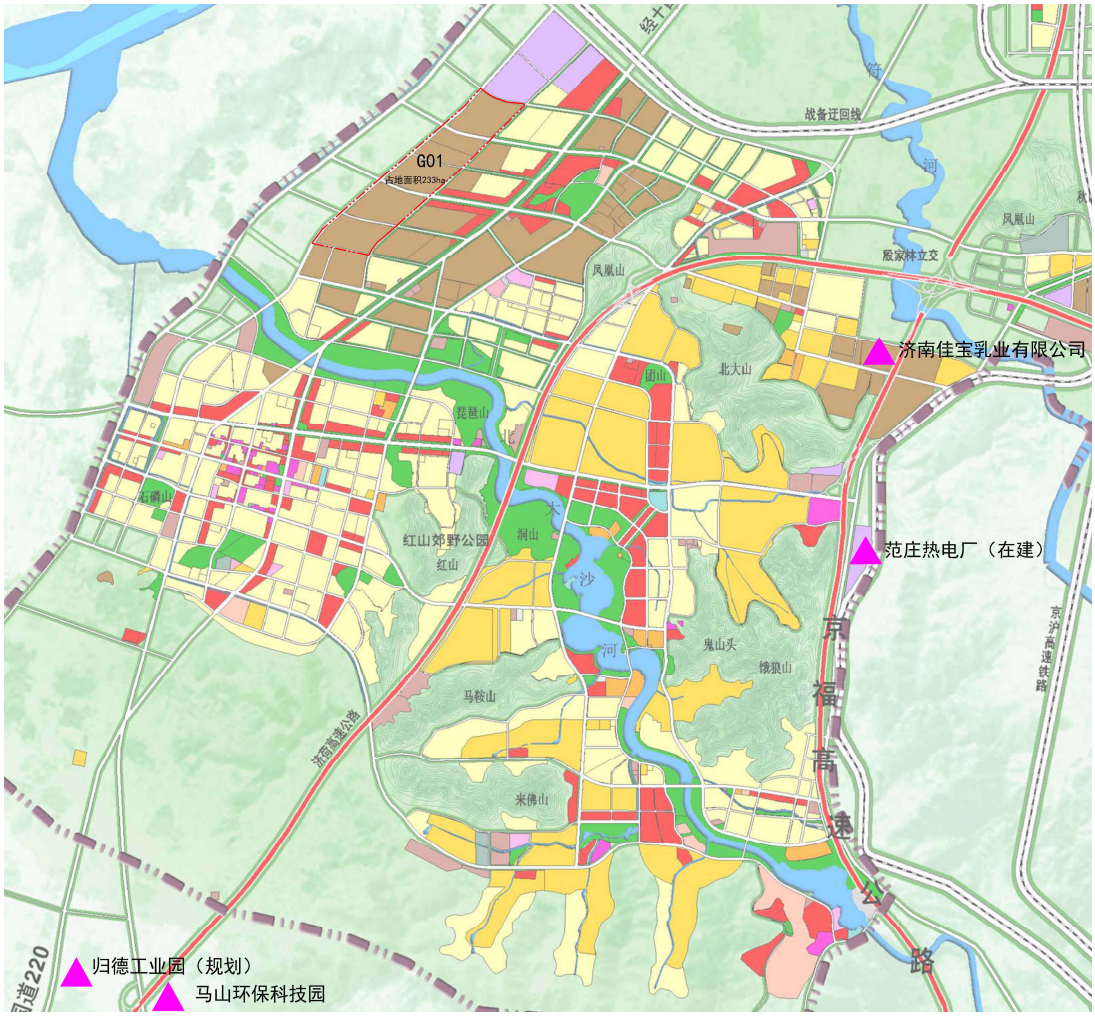


图 5-4 主要工业企业分布图

远期结合城市的发展。根据城市总体规划中远期工业用地（M）计算规划用水量，用水量依据最新《城市给水工程规划规范》（GB 50282-2016）不同类别用地用水量指标表，工业用地用水量指标 30~150m^3/（hm^2·d）。按建设节约型会的原则，工业用地用水量指标按 30~100m^3/（hm^2·d）计算，再生水需求量按总用水量的 10%估算。统计分析各组团工业用地远期再生水需求量，详见下表。

图 5-10 主要工业组团远期再生水需水量预测表

序号	工业企业	占地面积	远期再生水需求量（万 m^3/a）
1	规划工业地块 G01	233	40
合计			40

表 5-11 主要工业再生水需水量预测表

序号	工业企业	近期再生水需求量（万 m^3/a）	远期再生水需求量（万 m^3/a）
1	马山环保科技园	70	140
2	归德工业园	0	200
3	范庄热电厂	520	520
4	规划工业地块 G01		40
合计		590	900

综上所述，工业企业近期再生水需求量为 590 万 m^3/年，远期再生水需求量为 900 万 m^3/年。

5.2.2 城市杂用再生水需水量预测

5.2.2.1 街道清扫用水

根据《长清市城市总体规划（2017-2035）》，远期长清区城区道路与交通设施用地 1848.44 ha。根据《室外给水设计标准》（GB 50013-2018），市政道路浇洒用水量指标为 1~3L/（m^2·d），考虑水的节约利用，本规划中取 1L/（m^2·d）。

结合实际情况，规划近期采用再生水浇洒的道路广场用地比例为 30%，远期采用再生水浇洒的道路广场用地比例为 70%，则近期长清区城区浇洒市政道路再生水用量约 0.55 万 m^3/d，远期长清区城区浇洒市政道路再生水用量约 1.29 万 m^3/d。根据长清区气候条件，全年实际冲洗天数按 200 天计，主要集中在旱季，则近期长清区城区浇洒市政道路再生水用量约 111 万 m^3/年，远期长清区城区浇洒市政道路再生水用量约 259 万 m^3/年。

5.2.2.2 城市绿化用水

根据《城市绿地分类标准》，城市绿化面积主要分为公园绿地（包括综合公园、社区公园、专类公园、游园等）、防护绿地（包括卫生隔离绿地、道路及铁路防护绿地、高压走廊防护绿地、公用设施防护绿地等）、广场用地中的绿地（绿化率 35%~65%）、附属绿地（附属于各类城市建设用地的绿化用地）及区域绿地（位于城市建设用地之外的绿地）。

本规划中，公园绿地、防护绿地、广场用地采用再生水进行浇洒。根据《长清市城市总体规划（2017-2035）》，长清区远期公园绿地、防护绿地、公园用地面积为 1429.45 公顷。根据《室外给水设计标准》（GB 50013-2018），绿化浇洒用水量

指标为 1~3L/（m^2·d），本规划中取 1L/（m^2·d）。

结合实际情况，规划近期采用再生水浇洒的公共绿地比例为 20%，远期采用再生水浇洒的公共绿地比例为 50%，则近期长清区浇洒绿地再生水用量约 0.29 万 m^3/d，远期长清区浇洒绿地再生水用量约 0.71 万 m^3/d。根据长清区气候条件，全年实际冲洗天数按 200 天计，主要集中在旱季，则近期长清区浇洒绿地再生水用量约 57 万 m^3/年，远期长清区浇洒绿地再生水用量约 79 万 m^3/年。

5.2.2.3 城市杂用再生水总需求量预测

街道清扫再生水总需水量近期为 111 万 m^3/年，远期为 259 万 m^3/年；城市绿化再生水总需求量近期为 57 万 m^3/年，远期为 79 万 m^3/年。

城市杂用再生水再生水总需求量近期为 168 万 m^3/年，远期为 338 万 m^3/年。

表 5-12 城市杂用水需水量汇总表

类型	近期需水量（万 m^3/年）	远期需水量（万 m^3/年）
街道清扫	111	259
城市绿化	57	79
合计	168	338

5.2.3 生态补水用再生水量预测

长清区内现有北大沙河、文昌护城河、王府河、平安河、王府沟等多处观赏性景观水体。规划采用再生水对上述主要河道进行补给水源。

本工程项目针对的河流为小型河渠，且部分河道为人工渠，历史水文数据不足，故本次河道生态基流根据水力停留时间采用水力学参数法进行计算。

生态流速法是以流速作为反映生物栖息地指标，来确定河道内生态需水量。在用流速法计算河道基本生态需水量时，因藻类与无脊椎动物对水量的要求明显小于鱼类，而且鱼类对河流的水文变化敏感，因此选取鱼类为河道中的关键生物物种。生态流速需满足鱼类产卵的最低流速和鱼类喜欢的最低流速，适宜流速为 0.3-0.8m/s，最终选取 0.3m/s 为最低生态流速。

蒸发水量：根据气象资料，多年平均水面蒸发量为 1100mm。

下渗水量：根据《渠道防渗》，河道或湖泊的渗漏量按下式计算

$$Q_S = S_m A_s/1000$$

Q_s——水体的日渗透漏失量(m^3/d)；

S_m——单位面积日渗透量[L/(m^3·d)]，（参考粉质粘土渗透系数，S_m 取 20）；

As——有效渗透面积，指水体常水位水面面积及常水位以下侧面渗水面积之和（m^2）。

表 5-13 长清区主要补水河道（城区段）生态补水量计算表

	河道长度/m	河面宽度/m	河底宽度/m	平均蓄水深度/m	蒸发损失量万/(m^3/d)	渗漏损失量万/(m^3/d)	河道生态基流量万/(m^3/d)	生态补水量 Q 万/(m^3/d)
文昌护城河	5500	25	25	0.5	0.041	0.095	0.458	0.350
王府沟	5600	10	10	0.5	0.017	0.041	0.187	0.245
平安河	5500	20	20	0.5	0.033	0.077	0.367	0.477
北大沙河	8000	100	100	1	0.241	0.539	1.000	0.708
合计					0.374	0.85	2.47	2.37

补给期主要为枯水期，即 11~4 月，共 200 天。长清区文昌护城河补水量为 0.35 万 m^3/d，王府沟补水量为 0.24 万 m^3/d，平安河补水量为 0.48m^3/d，王府河补水量为 0.59m^3/d，北大沙河补水量为 1.78m^3/d。长清区河道补水量为 3.44 万 m^3/d，年补水量为 983 万 m^3。

表 5-14 生态补水总需求量预测表

生态补水类型	子项	生态补水量（万 m^3/d）	需水量（万 m^3/年）	近远期计划
河道补水	文昌护城河	0.35	70	近期
	王府沟	0.24	49	远期
	平安河	0.48	95	远期
	北大沙河	1.78	650	近期
合计		2.85	864	

注：上游河道排入下游河道时，下游河道水量按减去上游河道水量计算。

5.2.4 大学城内再生水用水量预测汇总

根据前期调研，目前大学城高校自建中水站再生水产生量为 2.61 万 m^3/d，再生水回用量为 2.06 万 m^3/d，具体见下表。

序号	高校名称	处理站设计规模（m³/d）	再生水产生量（m³/d）	再生水回用量（m³/d）	再生水余量（m³/d）
1	山东交通学院	3000	3300	2800	500
2	山东艺术学院	1500	1200	900	300
3	山东幼儿师范学院	1000	1200	600	600
4	山东女子学院	4000	3000	2500	500
5	山东中医药大学	3600	3400	2900	500

6	山东师范大学	7000	6000	5500	500
7	山东工艺美术学院	2000	1200	900	300
8	山东管理学院	1800	1300	800	500
9	劳动职业技术学院	3000	2800	2000	800
10	圣翰财贸职业学院	2100	200	200	0
11	齐鲁工业大学	4000	2500	1500	1000
合计		33000	26100	20600	5500

至 2025 年，高校在校人数变化不大，故近期大学城高校自建中水站再生水产生量为 2.61 万 m^3/d，再生水回用量为 2.06 万 m^3/d。

至 2035 年，根据高校反馈每年招生人数略有下降，预估远期下降 10%，大学城高校自建中水站远期再生水产生量为 2.35 万 m^3/d，再生水回用量为 1.85 万 m^3/d。

5.2.5 再生水用水量预测汇总

根据长清区现状及规划分析，再生水总需求量近期为 1707 万 m^3/年，远期为 2393 万 m^3/年。其中工业再生水总需求量近期为 590 万 m^3/年，远期为 900 万 m^3/年；城市杂用再生水总需求量近期为 168 万 m^3/年，远期为 338 万 m^3/年；生态补水再生水总需水量近期为 331 万 m^3/年，远期为 983 万 m^3/年；大学近期用水量为 618 万 m^3/年，远期用水量为 555 万 m^3/年。具体详见下表。

表 5-15 再生水用水量表

序号	再生水用途	子项	近期需水量（万 m^3/a）	远期需水量（万 m^3/a）
1	工业用水		590	900
2	城市杂用水	道路清扫	111	259
3		城市绿化	57	79
4	大学用水	冲厕、道路、绿化、生态	618	556
5	生态补水	河道补水	212	864
6	合计		1588	2658

5.3 再生水可利用量预测

长清区现有西区污水处理厂、经开区污水处理厂、创新谷污水处理厂 3 座污水处理厂，其中西区污水处理厂、经开区污水处理厂出水执行《关于调度全省城市污水处理厂出水水质标准及提标改造有关情况的通知》中准 IV 类标准，创新谷污水处理厂出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A

标准。

西区污水处理厂设计规模为 5 万 m^3/d，近期处理规模为 4.5 万 m^3/d，远期处理规模为 5 万 m^3/d。

经开区污水处理厂设计规模为 3.5 万 m^3/d，近期处理规模为 0.9 万 m^3/d，远期处理规模为 3.5 万 m^3/d。

创新谷污水处理厂设计规模为 1.5 万 m^3/d，近期处理规模为 1000m^3/d，远期处理规模为 1.5 万 m^3/d。

大学城污水处理站设计规模为 3.3 万 m^3/d，近期处理规模为 2.61 万 m^3/d，远期处理规模为 2.35 万 m^3/d。

以再生产可利用量为污水厂站处理规模的 90%计，各污水厂站再生水可利用量如下：

表 5-16 再生水可利用量汇总表

厂（站）名	西区污水厂	经开区污水厂	创新谷污水厂	大学污水厂	总规模
近期 2025 年污水处理规模（万 m^3/d）	5	1	0.1	3.3	9.4
2025 年再生水供给量（万 m^3/d）	4.5	0.9	0.1	2.61	8.11
远期 2035 年污水处理规模（万 m^3/d）	5	3.5	1.5	3.3	13.3
2035 年再生水供给量（万 m^3/d）	4.5	3.15	1.35	2.35	11.35

同时，长清区大学科技园区高校自建中水站，近期利用量为 2.61 万 m^3/d，远期为 2.06 万 m^3/d。考虑高校假期中水站进水量低，无再生水产出，故再生水产生时间为 300 天，高校近远期可利用再生水总量分别为 783 万 m^3/d 和 618 万 m^3/d。

综上，近期长清区再生水需水量为 1588 万 m^3/d，近期再生水利用量为 2790.5 万 m^3/d，利用量为 56.9%。远期再生水需水量为 2658 万 m^3/d，远期再生水可利用量为 3990 万 m^3/d，利用率为 66.6%。

第6章　再生水利用规划

6.1 再生水水质指标

6.1.1　再生水水质指标确定的原则

再生水水质对污水回用工程至关重要，出水水质标准过低，不能满足用户要求，影响再生水的推广利用；水质标准过高，会造成处理成本提高，水价升高，用户也不能接受。因此，必须确定适当的再生水厂出水水质。力求以尽量低的工程投资和尽量低的处理成本满足对再生水的回用。

1.对于回用于单一用途的再生水系统，其出水水质应满足相应用途的国家标准。

2.对于向服务区域内多用户供水的城市再生水厂，当再生水回用于多种用途时，其出水水质应取相应各种用途国家水质标准的最高标准。

3.个别水质要求更高的用户（例如锅炉软化用水、供热管网软化水等），可自行补充建设处理设施，直至达到其水质标准。

6.1.2　再生水水质指标

按照上述原则，根据 5.1 节确定的各用途再生水水质标准，结合长清区再生水的利用方向进行综合分析，长清区再生水利用以工业用水、城市非饮用水和景观环境用水为主。景观环境用水对水质的要求最高。因此综合再生水不同用途的各项指标，及长清区城区污水处理厂改造计划，确定再生水厂主要出水水质指标满足地表水准IV类水质标准，如下表所示。

表 6-1 再生水厂水质控制项目及指标一览表

序号	控制项目	指标值
1	色度（度）	30
2	pH 值	6~9
3	悬浮物（SS）（mg/L）	10
4	五日生化需氧量（BOD_5）（mg/L）	6
5	化学需氧量（COD_{Cr}）（mg/L）	30
6	氨氮（以 N 计）（mg/L）	1.5
7	总氮（mg/L）	10
8	总磷（mg/L）	0.3
9	粪大肠菌群（个/L）	1000

6.2 城区再生水系统总体布局

市政再生水水源原则上利用污水处理厂处理后的尾水。近期以各城区污水处理厂为核心，逐步建设再生水管网，形成再生水供水系统，实现城区“供需平衡”，更好的利用水资源。

结合各污水处理厂规划再生水供水能力，预测长清区再生水利用率近期为 61.2%，远期为 69.3%。

表 6-2 城区再生水水源规划一览表

分区编号	I	II	III	Ⅳ	总规模	利用率
厂（站）名	西区污厂	经开区污厂	创新谷污水厂	大学城中水站	（万立方米/日）	%
近期 2025 年污水处理规模（万立方米/日）	5	1	0.1	3.3	9.4	
近期设计供给量（万立方米/日）	4.5	0.9	0	2.61	8.11	56.9
远期 2035 年污水处理规模（万立方米/日）	5	3.5	1.5	3.3	13.3	
远期设计供给量（万立方米/日）	4.5	3.15	1.35	2.35	10.85	66.6
工业用户	马山环保科技园、归德工业园、范庄热电厂等	规划 G1 地块	——			
生态补水	北大沙河、文昌护城河、王府河	平安河、北大沙河、王府河	——			
市政杂用	主要供给主城区市政杂用	主要供给经开区市政杂用	主要供给创新谷市政杂用	高校自用		

6.3 再生水水厂规划

6.3.1 规划原则

1. 为节省投资、便于管理，再生水处理厂应与污水处理厂合建或就近建设。

2. 根据各污水处理厂的规划处理规模和所处地势、再生水用户分布、用水量分布、供水量与供水距离的关系等因素，确定再生水厂的供水范围。

3. 再生水厂规模为供水范围内的最高日用水量。

4. 再生水厂的深度处理工艺应根据水源及水质要求进行合理确定。

6.3.2 工艺选择

根据《城镇污水再生利用工程设计规范》，污水二级处理与深度处理设施同时建设时，二级处理工艺设计应同时考虑处理出水的达标排放和再生水生产对水质净化程度的要求，应强化氮、磷营养物处理程度，不宜在深度处理中专门脱氮，二级处理构筑物的设计应符合现行国家标准《室外排水设计标准》的有关规定。

本规划中，城区现状西区污水处理厂基本满负荷运行，污水厂工艺及出水水质已满足再生水利用要求，再生水规模为 4.5 万 m^3/d。

经开区污水处理厂近期规模 1 万 m^3/d，远期规模 3.5 万 m^3/d；创新谷污水处理厂近期规模 0.1 万 m^3/d，远期规模 1.5 万 m^3/d。拟按污水处理厂设计规模 90%实现再生水回用，再生水规模 4.5 万 m^3/d。

在既有污水处理设施基础上升级改造时，可选择增建深度处理设施的工艺流程，新建再生水厂时应统筹考虑污水二级处理和深度处理有机结合的工艺流程。根据不同的再生水水源及供水水质要求，污水再生处理可采用下列工艺流程：

（1） 二级处理出水——介质过滤——消毒；

（2） 二级处理出水——微絮凝——介质过滤——消毒；

（3） 二级处理出水——混凝——沉淀（澄清、气浮）——介质过滤——消毒；

（4） 二级处理出水——混凝——沉淀（澄清、气浮）——膜分离——消毒；

（5） 污水——二级处理（或预处理）——曝气生物滤池——消毒；

（6） 污水——预处理——膜生物反应器——消毒；

（7） 深度处理出水（或二级处理出水）——人工湿地——消毒。

6.3.3 选址及用地

为节省投资、便于管理，再生水处理厂应与污水处理厂合建或就近建设。根据长清区实际情况，城区现状西区污水处理厂、经开区污水处理厂、创新谷污水处理厂及大学城中水站工艺及出水水质已满足再生水利用要求，不需要另行选址。

表 6-3 规划再生水厂一览表

序号	名称	近期规模（万 m^3/d）	近期再生水规模（万 m^3/d）	远期规模（万 m^3/d）	远期再生水规模（万 m^3/d）	备注
1	西区污水处理厂	5	4.5	5	4.5	
2	经开区污水处理厂	1	0.9	3.5	3.15	
3	创新谷水处理厂	0.1	0.1	1.5	1.35	
4	高校自建中水站	3.3	2.61	3.3	2.35	
合计		9.4	8.11	13.3	11.35	

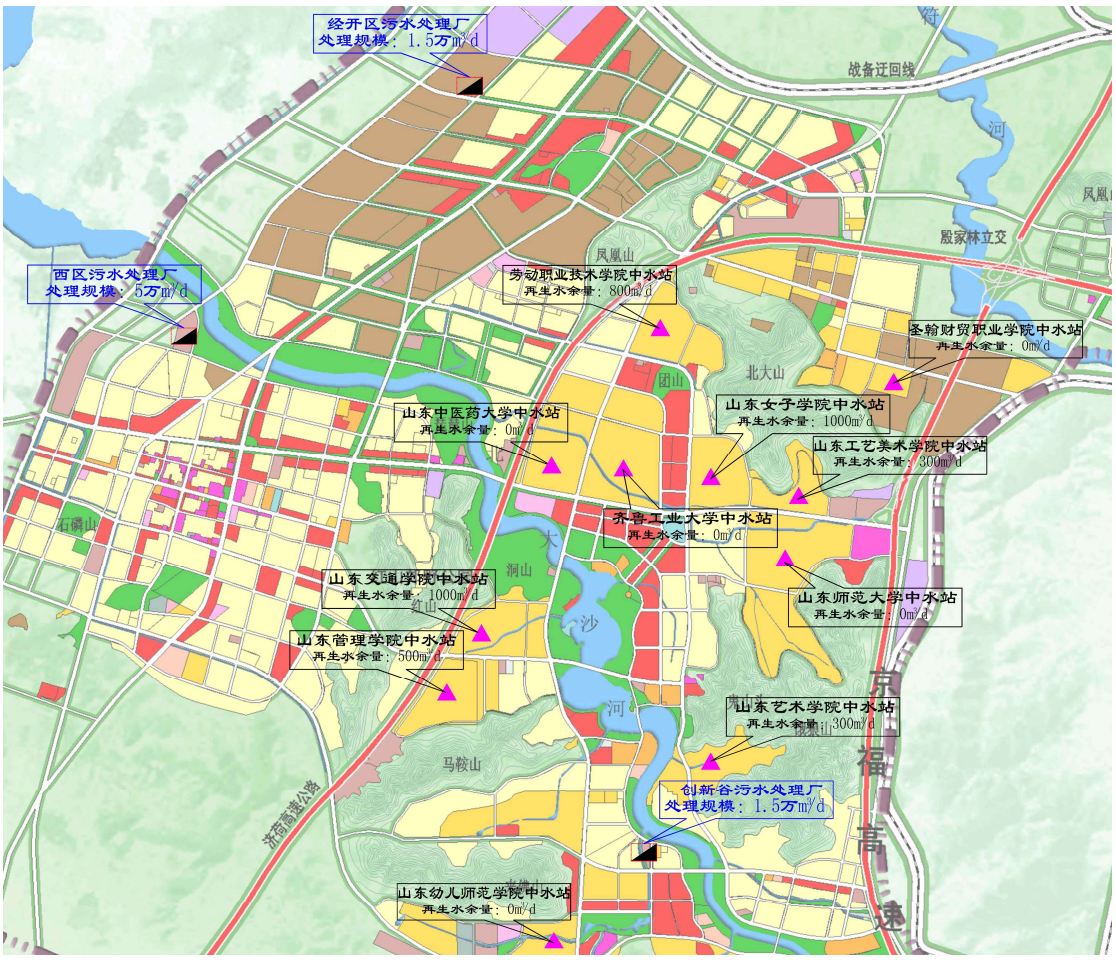


图 6-1 规划再生水厂地理位置图

6.4 再生水泵站规划

6.4.1 规划原则

1. 充分利用自然地形，合理布局，尽量减少中途加压泵站的数量。

2. 泵站的位置应结合长清区总体规划的用地性质，尽量利用河道岸边、公园绿地、城市绿化带等位置进行设置，其形式应与周围环境协调一致。

6.4.2 泵站规划

长清区现状西区污水处理厂、经开区污水处理厂、创新谷污水处理厂已配有再生水泵房向企业进行点对点的再生水配送，泵站基本情况见下表。

表 6-4 规划再生水泵站统计表

序号	再生水泵站	泵站规模/（万 m^3/d）		地理位置	备注
		近期	远期		
1	西区污水处理厂1#泵站	5.0	5.0	北大沙河南岸	
2	西区污水处理厂2#泵站	0.4	0.8	北大沙河南岸	
3	西区污水处理厂3#泵站	0	3.0	北大沙河南岸	
4	经开区污水处理厂泵站	3.5	3.5	厂内	
5	创新谷污水处理厂泵站	1.5	1.5	厂内	
6	1#二级泵站	5	5	北大沙河南岸 城市中央公园处	

根据加压泵站的设置原则，结合长清区实际情况及地形地貌，再生水泵站采用与再生水厂合建的方式进行建设，并对现有的再生水泵房进行改造。再生水泵站规模结合再生水厂规模及服务对象再生水需求量综合考虑确定。

6.5 再生水管网规划

6.5.1 规划原则

1.本次规划管网布置以主、次干管为主，支管尽可能结合用户及道路建设计划实施。

2.区域内再生水主干管应形成环网，次干管及支管布置应充分考虑供水量和供水点的分布，采用环状与枝状管网相结合的管道布置形式，力求减少供水距离。

3.管网布置尽量避免穿越铁路、重要桥梁以及地质条件差、施工难度大的地段。

6.5.2 管材选择

6.5.2.1 管材特性分析

在再生水系统中，占投资额比例最大的是管材，可占工程投资的 50%~70%。合理地选用管道材料是节省工程投资，确保供水水量、水质、水压和安全运行的重要环节。

(一)选择管材考虑的因素

输配水管材的选择一般要根据水质、工程规模、管道的工作压力、输配水距离的长短、工程的进度与重要性以及工程所在地形、地貌、地质情况，当地管材的生产、供应状况，应用管材的习惯，以及工程的资金落实情况，进行技术、经济、安全等方面的综合比较后确定。由于每项工程都具有其特殊性，因此管材的应用也是多种多样的。某一种管材在一个地方、一个工程被选用，有其经济技术方面的合理性，而在另一个地方、另一个工程就不一定合理，这就是在市场经济的今天，出现各种不同管材竞争的原因之一。根据各种供水管道工程的设计经验，特别是这几年我国引进大量的新型管材和新的生产工艺后，进行管材的优化选择显得尤为重要。目前，国内常用的输配水管材有钢管、球墨铸铁管、预应力砼管与预应力钢筒砼管、玻璃钢管、聚乙烯给水管（PE 管）等管材选择主要考虑的因素有：

（1）管材安全可靠性

城市输配水管线，为城市或企业的生命线。管材质量应作为第一因素。一旦发生爆管事故，不仅造成经济损失也会带来不良社会影响。常发生爆管的城市或地区，供水部门每年都要支付巨额款项来专门进行抢修。

（2）管材的价格、施工费用

管道造价要综合考虑，要计入相关的防腐费用、施工费。各种管材的管材价、防腐费用、施工费各有高低，是管材选取的重要因素。

（3）管道运行费用、维护费用

管材的运行费用、维护费用也是管材选取应考虑的因素之一。现结合目前国内管材生产和管网使用的实际情况，根据本工程管线的外部荷载、内水压力、设计流量、环境介质、使用寿命等特点，进行技术经济比选。

(二)常用管材特点

1. 钢管（SP）

钢管（SP）钢材具有极好的力学性能，钢板焊制的输水管道可以承受极高的内压和较高的外压。用于城市输配水管道工程的钢管口径一般在 DN600mm～DN2000mm 范围，最大口径可达 DN4000mm。

钢管的制作技术和焊接技术已经相当成熟，各种检验手段也日臻完善。钢管的取材也很方便，制管钢材一般采用 Q235 碳素结构钢，口径小于 DN1800mm 的钢管一般可用工厂制造的螺旋缝埋弧焊管，大于 DN2000mm 的钢管一般为卷制直缝埋弧焊管。钢材可以加工成各种管件，尤其在穿越障碍较多、地形复杂的地段时，钢管有很强的适应性。一般情况下，钢管还能够靠自身抗拉强度来抵消轴向力，这是其它管材所不具备的优势。钢管具有以下特点：

①可设计性强。因钢管环向强度、弹性模量较高，可根据承受的内水压力和管顶外荷条件，通过对钢管的刚度、强度和稳定计算，确定管径、管型和管壁厚。

②管道内、外壁需做除锈和防腐处理，长距离输水管线还可以辅以电化学保护，以延长其使用寿命。

③能适应各种地质条件，一般情况下不需做管道基础处理，适用性强。

④接口采用焊接，焊接质量达到规范要求情况下，不会发生渗漏。

⑤管道配件可按实际需要进行设计和制作。

⑥除锈和防腐层的质量好坏，对使用年限有较大影响，因此，必须严格按国家规范要求作除锈和防腐层。

⑦当内壁采用水泥砂浆衬里层时，其水力计算粗糙系数 n 值一般取 0.013（曼宁公式）。采用高分子防腐涂料时粗糙系数 n 值一般取 0.011-0.012。

③在我国的大型长距离输水工程中，钢管被较为广泛的采用。

埋地钢管不耐腐蚀。使用钢管输水最重要的问题是防止腐蚀，必须做好管道内、外壁的防腐处理，钢管使用寿命在很大程度上取决于内外防腐层的材料和施工质量。管道防腐质量要求在《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB 50268-2008）中有明确规定。钢管的外防腐通常是采用涂层保护和电化学保护的方法。涂层保护是在钢管外表除锈之后，涂缠 2~3 层玻璃布、环氧煤沥青等防腐材料。由于操作技

术、现场条件、材料质量等因素的影响，现场接口处防腐质量的好坏也决定了钢管的耐久性。在特殊环境条件下也可采用阴极保护（牺牲阳极保护）等电化学防腐方法。电化学保护将增加管理维护投资、增加管理维护费用和工作量。

钢管的内防腐通常采用水泥砂浆内衬和高分子涂料防腐，防腐效果较好。水泥砂浆内衬相对较便宜，但要采取相应措施，确保施工质量，防止水泥砂浆内衬在管道吊运、施工期间因管道弹性变形而引用开裂、剥落。

相比较而言，钢管现场焊接、焊缝处的内外防腐及检验等现场施工的工作量较大。

2. 球墨铸铁管（DIP）

球墨铸铁管（DIP）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。在海水和不同的土壤中均优于钢管，其电阻抗比钢管大三倍。其主要特点有：

①具有较高的承压能力。可承受内水压力超过 2.0MPa 以上。施工到位的球墨铸铁管道使用安全性高。

②具有良好的防腐性能。一般内防腐采用水泥砂浆衬里，外防腐采用喷锌和煤沥青防腐漆。

③密封性好。

④接口为柔性，抗震性能高。

⑤球墨铸铁管通常有 50~100 年的使用寿命，比化学管材及钢管使用寿命长。

⑥大口径球墨铸铁管的管壁薄，承、插口端容易变形，影响管道敷设。

⑦大口径球墨铸铁管的管件，铸造难度大、相对价格高。

球墨铸铁有接近钢管的性能。球墨铸铁管耐压强度比钢管高。此外，由于管内壁涂以水泥砂浆，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，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。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，容易腐蚀穿孔，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。而且有些生产厂家在水泥内衬上存在一些问题，如不光滑、厚度偏差大、内衬收缩引起的裂缝等。

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≤1400mm），且价格较贵。

3. 钢筒混凝土管（PCCP）

PCCP 管是一种技术先进、应用范围广泛的新型压力介质输送管材。其工作原理是：将预应力钢丝按设计要求缠绕在带有薄钢筒（通常为 1.5mm 厚）的混凝土管芯上，使其处于压应力状态；当管内载有压力介质时，其预应力能够部分平衡介质压力而不破裂。这与一般的预应力混凝土管（PCP）相似，所不同的在于，由于使用了密封钢筒，PCCP 管的抗渗性能极为优越，是 PCP 管所不能比的；另一方面，由于钢筒的存在，PCCP 管可承受的工作压力远比 PCP 管高。实际上，PCCP 管也是一种复合管，它既具有 PCP 管的刚性好、耐久防腐的优点，又兼备 SP 管承压高，安全好的优点。这也是 PCCP 管能够代表大口径管材发展方向的原因所在。

PCCP 管的类型根据其结构一般可分为内衬式（L 型）和埋置式（E 型）两种。前者口径通常小于 DN1400mm，后者一般用于口径大于 DN1200mm。二者差异在于，E 型管钢筒内外两侧均裹有混凝土，然后缠绕预应力钢丝，L 型管则在钢筒内侧有混凝土，预应力钢丝直接缠绕在钢筒上。

PCCP 管性能综合归纳如下：

①PCCP 管使用寿命长（国外 1946 年安装的管子，仍在使用中）。

②管子坚硬、刚度好，不易受损、不需维修。

③防腐性能好，综合了钢材与混凝土的长处。

④可承受高内压（0.4MPa~2.0MPa，甚至更高）。

⑤可承受深覆土（根据工程需要设计，美国曾达到 30m 覆土）。

⑥可配套生产供应 PCCP 管配件和特殊管型，比如三通、四通、弯管、短管、斜口管和变径管等。

⑦能承受真空状态下的负压。

⑧使用中的 PCCP 管道，随时都可带压开孔，与其它支管相接。

⑨接头灵活，采用承插式柔性接头，用钢制接口环与 O 型胶圈滑动密封，无漏水现象；还可配套斜接口、限制性接口等；抗震性能优越。

⑩PCCP 管可与其它各种管材连接，如 SP 管、PCP 管及各种法兰和堵头。

⑪可采用双凹槽、双胶圈密封，并进行接头水压试验以检查安装质量。

⑫正常运行下，管内不会结瘤，水流畅通；摩阻系数 n 值为 0.0107~0.012。

⑬安装对沟槽地基要求较低，回填也可用挖出的原土。安装施工快，可以边安装边回填，省时省工。

总之，PCCP 管安全可靠，使用寿命长，在大口径管线中，其综合造价较钢管、球墨铸铁管低，是一种优越的输水管材。特别是 DN2000mm 以上大口径管线，更有其优势。但是 PCCP 管相对自重较大，运输安装费用较高，故在中小口径管道中其优势不大。

4. 玻璃钢管（RPM）

玻璃钢管（RPM）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。

给水用玻璃钢管用食品卫生级不饱和树脂作致密内衬层（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。结构层起强度保证作用，其厚度根据管径和承压等级确定。虽然玻璃钢管壁厚相对管径而言是比较薄的（P=0.6MPa，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，使玻璃钢管环向刚度大，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。

与目前常用的输水管材相比，玻璃钢管有一系列优点。

①重量轻，其比重仅 1.6-2.0，是钢材的 1/4-1/5。DN1000，工作压力 0.6MPa 的

PRM 管，壁厚 17mm，每米重量不到 100kg，仅为同径同压力等级钢筋砼给水管重量的 1/8；强度高，环刚度大，不仅耐内、外压力高，还有较高的耐冲击强度。单根管长通常可达 12m，与钢筋砼管和铸铁管相比，可减少一半以上的接头，这对安全供水是很有意义的；由于重量轻，单管长，因此，起吊、运输、土方工程和安装费用省，这对在交通不便，起重设备难以到达的山区敷管特别有利。即便在平坦地段安装，也很简便易行；

②玻璃钢管采用双“O”型橡胶圈密封，连接后可单独对接口的密封性进行试压检验，确保整条管道施工完成后一次试压成功，运行时管接口胶圈不易冲脱造成泄漏事故。

③玻璃钢管道内壁光滑，水流阻力小，输水能耗大大低于钢筋砼管和金属管；

④玻璃钢为化学惰性材料，耐腐蚀性能好，不需另作防腐处理，适用于各种土壤条件，使用寿命长达 50 年；

⑥玻璃钢管管壁致密不裂缝，管内光滑，长期运行也不会因结垢或孳生铁细菌等微生物而影响水质和降低过水能力；

⑥玻璃钢管采用食品卫生级聚酯树脂作内衬，增强材料为无砼或中砼无捻玻璃纤维和石英砂，所制成的管道符合 GB/T 13115 食品容器卫生标准，无毒，经卫生防疫部门鉴定适用于输送生活饮用水：

⑦玻璃钢管对温度适应性强，其范围宽达-70℃<T<250℃，即使在冻土地带管道也不会开裂，无论高寒山区，沙漠戈壁，均可安全使用；

③国内生产的 RPM 管道已达到国际先进水平。

5. 聚乙烯给水管（PE 管）

聚乙烯给水管（PE 管）与其它塑料管道相比，因化学性能更稳定、特理机构性能优良、卫生环保性能更出众，使其在众多的管道中脱颖而出，并在各个领域得到广泛的应用。高密度聚乙烯管道的优异性能主要表现在：

①使用寿命长，可安全使用 50 年以上。

②优秀的耐腐蚀、抗附着能力。高密度聚乙烯在化学上呈惰性，土壤中的天然物质不会使它发生任何腐蚀，适用于各种土壤环境，运行过程中维护极少。内壁光滑、永不结垢、不滋生细菌和霉菌，还能抵抗海洋微生物和藻类的侵蚀。

③柔蚀性和耐冲击性好。高密度聚乙烯固有的弹性和柔软性使管子可弯曲，可吸收冲击力、水击、震动和土壤运动产生的应力，因此它能够蛇形铺设，轻易绕过障碍物，经验证明能抵抗地震、地层沉降等自然灾害。

④环保卫生材质无毒，加工时，内层不添加任何重金属添加剂和色素，输送水安全卫生。

⑤外层含少量炭黑，有效吸收阳光中的紫外线，管道抗老化性能强。

表 6-5 管材比较一览表

	球墨铸铁管	钢管	钢筋混凝土管	玻璃钢加砂管	PE
使用寿命	50 年以上	30 年以上，通过加大壁厚和防腐，可以延长使用寿命	50 年以上	一般 50 年	50 年以上
防腐能力	需要进行防腐处理	需要进行防腐处理	一般不需要防腐处理	不需要防腐处理	不需要防腐处理
承受内外压	可深埋，能承受较大内压	可深埋，能承受较大内压	可深埋，能承受较大内压	受外牙较差，易变形	受外压较差，易变形
施工便宜程度	方便	方便	较难	方便	方便
施工方法	开挖、顶管	开挖、顶管、拉管	开挖、顶管	开挖、顶管	开挖、拉管
接口形式	承插口 橡胶圈止水	焊接 刚性接口	插口 橡胶圈止水	承插口 橡胶圈止水	热熔连接
粗糙度（n） 水头损失	0.01~0.013 水头损失一般	0.01~0.013 水头损失较大	0.0107~0.012 水头损失一般	0.010 水头损失小	0.010 水头损失小
重量	较大	一般	较大	较小	较小
管道综合造价	口径小于 DN1200 价格有优势	较贵	口径大于 DN1200 价格有优势	小口径价格较低；大口径价格较高	小口径价格较低
对基础要求	一般	低	较低	较高	较高

选择管材的基本原则是：能承受要求的内压和外荷载；使用性能可靠，维护工作量少，施工方便，使用年限长，内壁光滑，输水能力基本保持不变，造价低。

6.5.2.2 管材特性比较

现按照各种管材的特性、使用寿命、日常维护和管理要求、口径适应范围、埋管造价、施工要求和施工条件以及国内外实际应用的情况、管道制造供货等方面进行综合考虑，以合理地选择管材。

1. 水力特性比较

从水力条件而言，玻璃钢夹砂管最优，糙率系数为 0.01。PCCP 管居中，一般按 0.012 计算，内衬水泥砂浆防腐的钢管和球墨铸铁管相当，糙率系数约为 0.013。如果钢管与球墨铸铁管采用熔结环氧粉末或液体环氧树脂防腐层，也能改善水力条件，减少摩阻，糙率系数也能达到 0.011。

2. 管材的工程力学特点比较

钢管适用性最强。钢管环向强度、弹性模量较高，可承受较高的内水压力和管顶外荷条件，能适应各种地质条件，一般情况下不需做管道基础处理。球墨铸铁管承受外压的能力比钢管差，道路以下埋深相对较浅时应做加固处理，球墨管为柔性接口，管道转弯处需设支敦，以防接口脱落，球墨铸铁管施工管理经验成熟，现场较容易达到设计要求的施工质量。

PCCP 管是半柔性接口，它要求管道基础局部变形不应过大，在砂夹石的管基上应作砂垫层，在松软粘土层土应作砂夹石过渡层，使管道敷设过程中较少产生局部应力集中。

玻璃钢管具有糙率系数小，运行费用低，投资少等优点，但其相对而言壁薄，为柔性管道，抗外压性能差，对基础与回填要求较高。

3. 管材使用寿命比较

管材的使用寿命与现场施工质量密切相关，如现场敷管施工质量未控制好，管道的使用寿命大打折扣。

钢管的使用寿命取决于焊接质量和防腐工程的质量以及运行维护的水平等因素，耐锈蚀性差是钢管的最大弱点，如内外防腐及电化学保护不完善，钢管的使用寿命较短，但随着现代防腐技术的飞速发展，双层熔结环氧粉末、3PE、聚氨酯等防腐层陆续开发出来，极大的提高了钢管的使用寿命，预期使用寿命可达到 50 年以上。影响钢管的使用寿命还有一个重要因素为焊接质量，应采用合适的焊接工艺

和质量控制措施来保证质量。

球墨铸铁管使用寿命可达到 50 年以上，球墨铸铁管防腐和管道制作均在工厂内制作，现场操作简单，对现场操作的质量要求不如钢管高，施工也非常方便，球墨铸铁管具有更为丰富的施工管理经验，现场施工质量更能达到设计要求，因此供水行业更认可球墨铸铁管的使用寿命。

理论上玻璃钢夹砂管、PCCP 管都可以达到 50 年以上。但目前从国内外应用的情况看，未必能达到使用寿命。目前影响玻璃钢管夹砂管寿命的因素主要为材质的差别，由于国内市场厂家林立，竞争激烈，无序竞争导致有些厂家偷工减料，导致管道的质量较差；二是与铸造工艺也有一定的关系，目前市场反应离心铸造法质量相对较好；三是现场施工质量，玻璃钢管对管道基础和回填要求很高，对地面荷载比较敏感，往往容易出现问题。

PCCP 管目前出现的主要问题是预应力钢丝腐蚀，混凝土剥落，尤其在氯离子含量较高的土壤中容易出现腐蚀，另外管道基础施工质量差时，易造成接口不均匀沉降，造成漏水等问题。

4. 施工条件、施工要求及施工质量比较：钢管及其管配件可工厂生产或现场制作，运输和吊装方便。钢管接口一般采用就地焊接，现场焊接的施工质量较难控制。顶管施工工艺中钢管使用最为广泛。球墨管管材和管配件都需工厂定做，由于球墨管为外突型承插接口，所以一般很少顶管施工。球墨铸铁管的机械加工性能好，可焊接，可切割，可钻孔。球墨铸铁管现场施工较为方便，易于达到较好的施工质量。

玻璃钢管比重约为 1.6 左右，运输较为方便，但管材及管配件需工厂定做，不如钢管方便，在长距离顶管中应用实例较少。玻璃钢管刚度小，管道基础要求较严，必须做砂垫层，回填要求高，地质条件不好时慎用玻璃钢管，国内外运行发生事故几率较大。与其它管材相比，玻璃钢管自重轻，在地下水较高的地质条件下，为满足抗浮要求，埋设深度较其它管道深，施工费用较高。

PCCP 管自重最大，运输和吊装较为困难。使用 PCCP 管道必须充分考虑地形因素，预判地基沉降的可能性，选择合适的管材进行敷设。需对管线沿线进行土壤腐蚀性测试，避免 PCCP 管线敷设在氯化物含量大于 700ppm 的土壤中，防止高强

度钢丝遭腐蚀。PCCP 管制作设备比较简单，当管道需求量较大时，可以现场设厂制备，来降低运输难度。

除钢管外的另三种管材采用橡胶圈柔性接口，对于地基的不均匀沉降，其适应能力有限。钢管虽为钢性接口，但因为钢材本身的变形能力强，接口强度高，具有很好的整体性，对地基不均匀沉降的适应性较强。此外，采用橡胶圈接口的管道虽然管材本身使用寿命较长，但其接口的严密性受到橡胶圈的质量限制，橡胶圈老化、损坏而导致其使用年限可能远小于管材本身的使用寿命，从而产生接口漏损。同时，采用柔性接口的管道在管道转弯、分支、末端等处须转换为钢筋设置支墩、拖拉墩，也相应增加了管线投资。

5. 口径范围、管子制造供货及应用实例等比较：钢管设计制作较为方便，口径范围从 DN100mm 以下至 DN4000mm 以上。至目前为止，钢管在大量输水工程中得到了广泛利用。如引深入津工程市内段采用 DN1800~2500mm 钢管，使用已 20 多年，效果较好。上海市黄浦江上游引水系统采用 DN1400~4000mm 钢管，部分为顶管，已运行近 20 年，效果良好。在长距离输水工程中钢管的使用积累了较为丰富的经验。

大中口径球墨铸铁管，国内生产规格一般不超过 DN2600。大口径球墨铸铁管供货厂家也不多，缺乏市场竞争力，价格较高。我国城市供水管网中，球墨铸铁管占 80%以上，口径多为 DN300~1600mm 之内。而口径 DN1800mm 以上规格的球墨铸管国内具备生产能力的厂家较少，因此价格较高，在工程中使用较少。

玻璃钢夹砂管国内已具备大中口径的生产能力（DNI600~3000mm），制造工艺为纤维缠绕型，但在城市给水工程中应用较少，以 DN1600mm 及以下口径较为成熟，大于 DN1600mm 以上实际应用很少。玻璃钢夹砂管对现场施工的基础与回填要求较高，管材质量不好或施工回填不到位较容易发生事故，玻璃钢管在江苏某地就发生过施工质量未控制好使用后经常爆管的现象。

预应力钢筒混凝土管（PCCP），国外已经发展了五十多年，以美国、加拿大两国的生产使用最为广泛。PCCP 在国内的发展大约有 20 多年的历史，通过吸收消化国外的生产制造技术，从无到有，到目前为止，国内已建成了数十条生产线，涉及管子规格范围从 DN600mm 到 DN4800mm，适用工作压力最高达 2.5Mpa，最大

覆土深度达 10m 以上。

6. 安全性比较：钢管（SP）管腐蚀后一般是产生穿孔渗漏，不易发生爆管事故，管道渗漏后的修补也较其他管材容易。其他管材爆管后一般需要换管段，因此维修工期较长。在实际应用中，除采用上述技术经济比较外，管材选择还受到诸如管材制造质量、管径范围大小、施工条件、地质状况、施工质量、穿越障碍物多少、用户使用经验、维护能力、抢修速度等许多因素影响。

6.5.2.3 管材选择

通过上述比较，结合本工程地质勘察资料、土壤腐蚀性情况，从工程经济性、施工条件等角度出发，本工程：管径≤DN600mm 管材选用 PE 管，管径＞DN600mm 管材选用钢管。

6.5.3 管网规划

根据现状及规划的工业企业、景观水体、自然河道、主次干路、公共绿地等分布情况，对再生水主次干管进行规划，规划再生水管网主要沿主、次干路进行布置。

根据长清区再生水用户分布及再生水厂布局情况，为提高再生水供水保障率，平衡供水压力，建成区主干路再生水管网宜布置成环状管网，次干路采用枝状管网布局。

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。本规划中考虑绿化浇洒工作水压的要求（0.15~3.0Mpa），最不利点自由水头取 0.15Mpa。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。

规划再生水主次干管共 126.61km，其中保留现状再生水管网 58.3km，规划新建再生水管网 65.31km。

表 6-6 主要再生水管网统计表

序号	管线/道路名称	管径/mm	长度/m	备注
1	经开区污水处理厂-西区污水处理厂	DN800	5900	现状管网
2	西区污水处理厂-中央公园	DN1000	3000	现状管网
3	西区污水处理厂-马山环保科技园	DN400	35400	现状管网
4	西区污水处理厂-归德产业园	DN700	19910	规划管网
5	中央公园-范庄热电厂	DN800	10000	规划管网
6	西区污水处理厂-文昌护城河	DN500	3330	规划管网
7	凤凰路（北大沙河-王府沟）	DN400- DN500	4050	规划管网
8	王府东街（龙泉街-凤凰路）	DN300	3200	规划管网
9	经开区污水处理厂-平安河	DN500	2800	规划管网
10	经十西路（顺达路-重汽路）	DN200	5900	规划管网
11	平安北路（玉清路-经十西路）	DN300	1220	规划管网
12	平安南路（平安河-玉皇山路）	DN200-DN500	1650	规划管网
13	通发大道-紫薇路（玉清路-园博园）	DN300-DN800	7830	规划管网
14	海棠路（紫薇路-创新谷）	DN300-DN800	5420	规划管网
15	创新谷再生水管网	DN200~400	14000	现状管网
合计			123610	

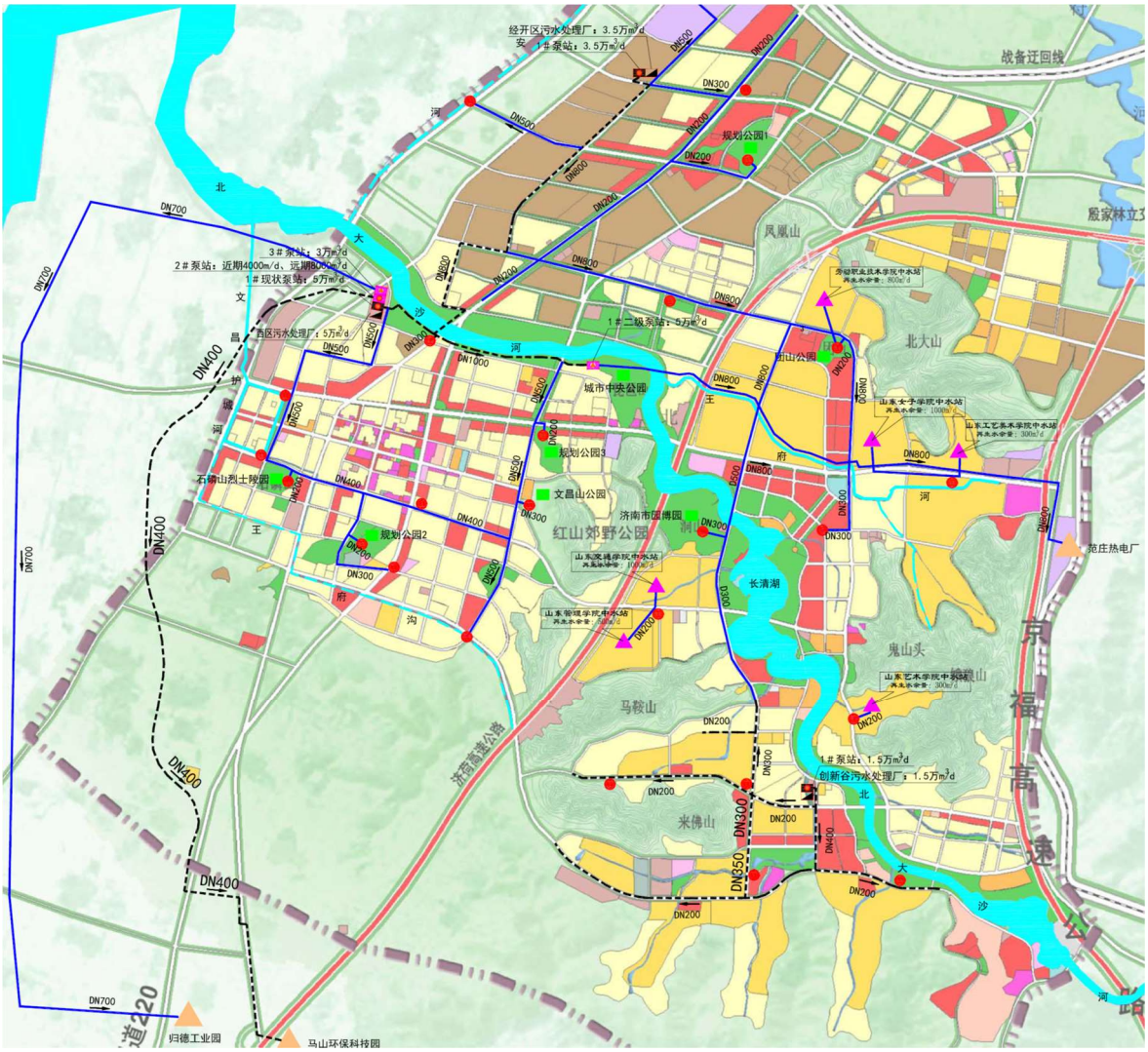


图 6-2 再生水管网示意图

6.5.4 管网附属设施规划

6.5.4.1 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。PE 管管道接口形式采用热熔连接，钢管管道接口采用焊接。

6.5.4.2 管道附属设施

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。

6.5.4.3 取水点及补水点

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

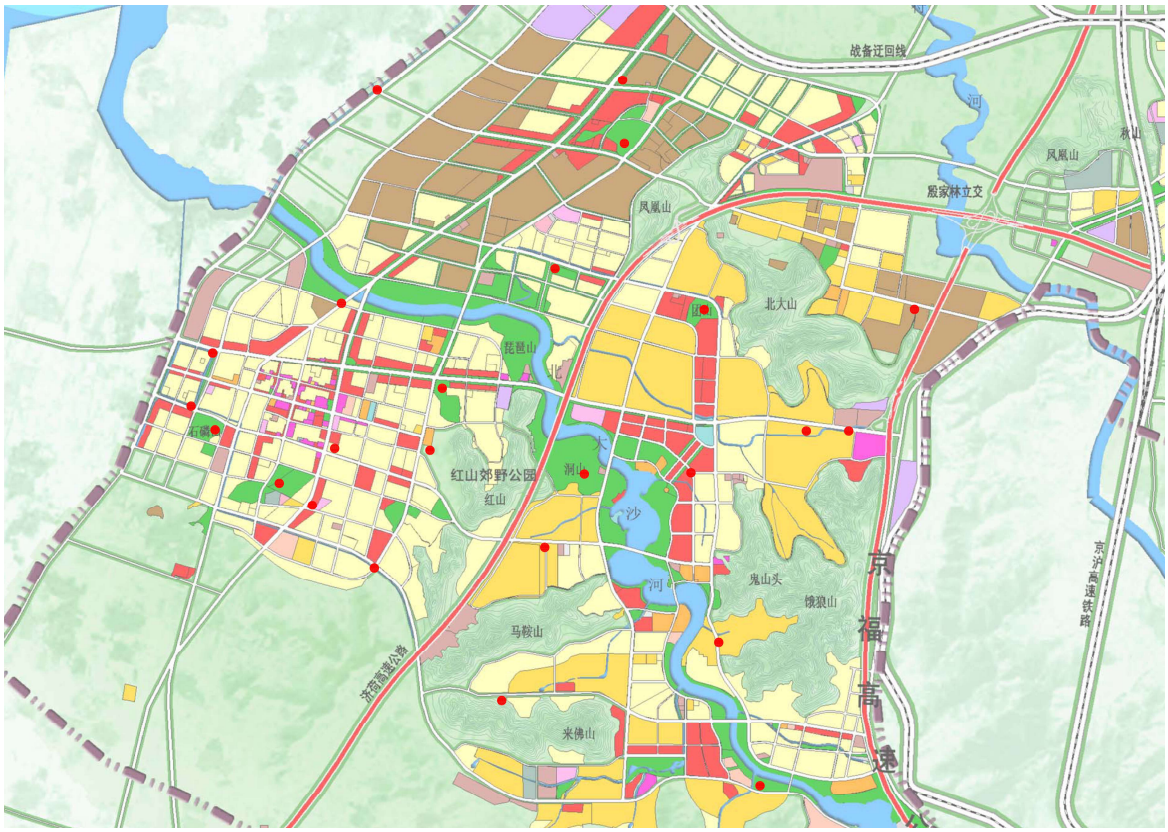


图 6-3 城区主要取水点分布图

6.6 农村再生水利用规划

农村再生水利用与长清区农村生活污水治理、美里乡村建设、齐鲁样本村建设等工程同步实施。上述工程新建村级污水处理厂站，将收集的农村生活污水处理后根据实际需求就地利用。

第7章 再生水保障体系

7.1 再生水保障目标

再生水回用是一个非传统供水工程，以生活污水或处理达标后的生活污水为水源，生产、供给饮用水，其核心目标是保障水质安全稳定和系统可靠高效运行。

1. 水质安全。水质安全是再生水饮用回用系统的首要目标。饮用回用要求对再生水中的微生物和化学污染物实现有效、稳定去除，将健康安全的水提供给用户。

2. 水质稳定。需要关注再生水处理后的水质变化，再生水处理之后到末端用户需要经过输配、储存和饮用水处理等多个环节，再生水厂出水的水质安全不代表用户端水质的安全，还需要保障再生水在输配、储存等环节的水质安全。

3. 系统可靠。再生水回用系统的可靠性可理解为系统出水水质可以稳定达到或超过现有水标准或处理目标的时间百分比。

4. 系统高效。再生水回用的各单元中，能耗和药耗尽可能低。在保障水质安全的前提下，尽最大限度地降低系统运行成本。

为满足用户正常使用和健康要求，再生水系统提供的再生水必须安全可靠。再生水系统的安全可靠性包含多方面：

1. 再生水水质应能满足用户的需要，并不对用户的健康或生产造成危害；

2. 再生水水质水量应有稳定性，达到一定的安全可靠度；

3. 再生水供水系统遭受突发事故威胁时应具有一定的应对能力，包括对事故性危机（突发性水质污染事故、水厂运行事故）和破坏性危机（其它突发因素造成的事故）均应具有良好的预防、保护、应急和恢复功能。从再生水系统的安全可靠性可见再生水系统安全风险主要是指由于再生水水质超标未知污染物的影响，供水水量水质不稳定或其它突发性供水事故，从而对人体健康、生态环境和用户设备与产品造成危害的不幸事件及其后果。从再生水管网规划设计建设的角度来说，最需要虑的是其服务的可靠性和健康的保证性。为了防止不当或不慎将再生水作为饮用水使用，能够从始至终保护公众的健康，应建立完整的再生水输配系统，包括健康标志、批准供水程序、设计规定、建造说明以及配备必要的人员进行管理检查和维护。

7.2 再生水水质安全指标体系

现有标准体系的确定原则为：①保护公众健康。这是制定水质安全指标的首要目标。② 用水要求。工业或其他用水，对水质有特殊要求，应根据具体要求制定水质标准。③灌溉影响。灌溉可能引起很多相关问题，如污染土壤、地下水、地表水、以及暴露人群的健康效应。④环境安全。使用再生水区域以及周围地区的动植物、受纳水体等都是保护对象。⑤感观要求。对于较高要求的再生水，如冲洗厕所、绿地灌溉、娱乐用水等，在美学方面应和饮用水有相似的要求。⑥切合实际。标准必须符合当前的政策、技术、经济状况。

制定标准不仅要考虑物理等方面的感官和化学污染物带来的安全风险，以及病原微生物风险，还要考虑公众或用户的暴露水平，提出一个能够较为全面反映再生水质安全的关键指标体系。该体系主要包括：常规物理化学指标、生物学综合指标、生态健康安全指标。

传统水质指标包括温度、色度、浊度、pH、DO、COD、重金属等，按照相应回用用途指标要求控制。

生物学综合指标包括粪大肠菌群、隐孢子虫、余氯等。主要用来评价和控制再生水中的病原微生物、预防流行性传染病的大范围爆发。根据我国国情选择大肠菌群/粪大肠菌群作为再生水水质主要生物学安全指标。另外，再生水中余氯的含量对于控制病原微生物的再生繁殖非常重要，虽然余氯不属于生物学范畴，为便于应用，也将余氯作为控制指标之一。

生态健康安全指标包括化学特性综合指标、综合生物毒性指标和生态功能效应指标。其中，化学特性综合指标主要包括：可吸附有机卤化物（AOX）、挥发性有机物（VOCs）。综合毒性指标主要用来评价和控制再生水中的化学污染，防止污染物直接或间接威胁人体健康、危害生态系统。另外污染物的遗传毒性也不容忽视。生态功能效应指标主要评价污染物其他生物效应，如对生物酶的抑制效应、生物累积效应、内分泌干扰活性等。

综上所述，在传统指标体系的基础上，提出较为全面的污水再生利用水质安全指标体系， 能够更为全面、直观地反映污水再生处理回用过程中，水体中化学污染物和病原微生物对人体健康和生态安全的影响，以及水质安全性的变化。

7.3 再生水利用技术保障体系

污水再生利用的技术保障体系是污水再生回用落实的根本，从某种意义上讲，现有的水处理技术可以将污水处理到很高的水质水平。然而，污水再生的实施可行性在与其经济合理，因此探讨的前提是经济合理、工艺适用。

7.3.1 再生水源保障

用于回用的污水必须经过严格的源头控制。首先需要根据回用途径减少或禁止工业废水的混入。由于工业、商业和医疗废水中可能含有合成化学品、药品和重金属等有毒有害污染物，会影响深度处理出水水质，必须将它们与生活污水严格区分。

7.3.2 再生水厂保障

再生水厂是保障水质安全的核心环节，需对处理工艺进行科学设计。处理工艺的设计需遵循“多原理并用、多单元协同”的原则，从而最大限度地去除污染物，保障再生水水质安全。

常见的再生水处理工艺对不同污染物具有不同的去除效果．二级处理可以部分去除 BOD、COD、TN 和 TP 等常规污染物和药品、雌激素和芳香剂等新兴有机污染物。深度处理工艺中，活性炭对化学污染物的去除效果取决于污染物的亲疏水性，其对药品和雌激素类物质都有较高的去除率。微滤和超滤依靠物理截留去除尺寸大于膜孔径的悬浮固体，其对微生物有较好去除，但对有机物的去除有限，通常低于 50％。高标准处理工艺中，纳滤和反渗透对微生物有较高的去除率，去除率通常大于 99．9999％。此外，纳滤和反渗透对有机污染物也有较高的去除，尤其是分子量在 200Da 以上的药品和个人护理用品（PPCPs）和内分泌干扰物（EDCs)），去除率通常高于 90％。高级氧化对化学污染物和病原微生物有较高的去除率，例如臭氧高级氧化和紫外高级氧化均可以高效去除易通过 RO 膜的 1，4-二噁烷。

7.3.3 再生水管网保障

在设计再生水的输配水系统时，应重点考虑下列安全保障措施：

1．加强再生水管网设计和要求。规划再生水干管系统按最高日设计，针对工业用户尽量形成环状管系统提高再生水系统供水的安全可靠性，提高再生水系统应对水量事故的能力。用户改造厂供水管网时，合理设计再生水管网和市政供水管

网，保留市政供水的可能性，一旦监测到再生水水质不合格或收到再生水水厂通知再生水供应出现问题时，可临时由自来水管道供应，不至于影响用户工业生产和生活的正常运行。

2. 加强再生水管网施工、管理和验收。加强对再生水管道敷设验收和管理工作防止错接乱接现象发生，防止污染生活饮用水系统。再生水的标识有很多种，但总的来说可以将其划分为两大类：图像标识和文字标识。再生水系统中的阀门、水泵以及其它附属设备也应进行标识，并注明为再生水系统部件。再生水回用系统（包括管线、泵出水口阀门盒等）必须可以与市政供水系统轻易的被区分辨别。常用的方法有：用特殊颜色标签和记号标示等。

再生水管道与给水管道、排水管道平行埋时，其水平净距不得小于 0.5m；交叉埋设时，再生水水厂管道应位于给水管道的下面、排水管道的上面，其净距均不得小于 0.5m。市政供水管道应尽量置于再生水管道的上方，防止交叉连接，一般再生水管道埋深至少为 90cm。管道不许敷设在排水沟、烟道、风道，以避免管道被蚀，不应穿越橱窗、壁柜和木装修，以便于管道维修。

再生水系统连接阀套的颜色和材料都应不同于市政供水系统，一般不允许使用活塞水龙头等。再生水管道严禁与饮用水管道及消防管道连接。再生水管道应有防渗防漏措施，地时应设置带状标志，明装时应涂上有关标准规定的标志颜色和再生水字样闸门井井盖应铸上“再生水”字样。再生水管道上严禁安装饮水器和饮水龙头。

由于市政供水和再生水管道之间交叉连接的风险存在，所以向用户提供这两项服务时，应该在现场安装防回流设备，回流保护设备应布置在市政供水管道上，以防止两者非法连接时再生水从其输配水系统回流到市政供水系统。

3. 加强管网测压点取样点建设，建立再生水水质信息公告、发布制度，制定风险事应急预案。再生水水厂管网和用户都应设置水质和用水设备检测设施，特别是再生水水厂和管网，建立水质在线监测系统，形成自动的水质平台。再生水水厂与各用户应保持畅通的信息传输，应有便捷的通讯联系，建立再生水水质信息公告平台，定期发布再生水水质监测数据。再生水水厂水质变动事故停水、停电，或水量减少；或发生其他突发性事故影响再生水供应时，要及时通知用户，使用户能采

用应急措施。对再生水设施及管网可能出现的各种事故风险制定风险事故应急预案。

4. 加强再生水管网的维护和管理。加强再生水管网维护管理机构的力量和技术储备，加大对再生水管网的养护力度，及时对破损的管网进行修复，确保再生水供水安全。

5. 加强宣传，提高市民意识。加强再生水及再生水标识系统常识的教育和宣传，提高施工人员和公众对再生水系统的认知和接受度，避免人为的误接误用。设立警示牌，再生水补水的河道水体水景中的动植物仅可观赏，不得食用；禁止在含有再生水的景观水体中游泳或洗浴。

6. 做好管网施工的协调和环境保护工作。再生水管网施工建设期，不可避免对环境、道路交通和市民生活造成一定的不利影响，必须做好施工协调和环境保护工作，减免不利影响，既保护环境，又使工程建设得以顺利实施。

7.3.4 自然环境缓冲

自然环境缓冲是再生水回用的另一道重要屏障。环境缓冲水体包括土壤含水层以及河流、水库和湖泊等。环境缓冲首先可以通过调节水量，应对再生水和常规水源取水之间的差异。同时，环境缓冲可进一步去除再生水中的污染物，实现水质净化。此外，环境缓冲可以为再生水赋予自然属性，有利于提高公众对再生水回用的接受度。环境缓冲还可以为水质污染提供应急响应时间。在再生水进入用户之前，环境缓冲可提供充足的停留时间，以完成再生水水质监测。一旦水质受到污染，可以保证足够时间，停止使用再生水。

再生水的地下环境缓冲主要指土壤含水层。再生水经过渗流的方式补给地下水，在经过土壤含水层过程中，通过土壤含水层的吸附作用以及微生物转化作用，水质可得到进一步净化。土壤含水层对病原微生物的去除和化学污染物的降解均表现出良好的效果。再生水也可以通过直接注入地下水的方式补给地下水，这种情况对进水水质具有更高的要求。

再生水的地表环境缓冲水体包括河流、湖泊和水库等. 再生水储存于地表缓冲水体，可进一步削减再生水的生物毒性。进入地表水之后，稀释、生物转化及底泥吸附等过程都可使再生水水质得到进一步净化。

7.4 再生水利用经济保障措施

公众对再生水的可接受性差、再生水的需求量不足、需求价格偏低以及需求结构的差异性等因素往往是导致污水再生利用项目失败的主要原因。从目前污水再生利用的发展现状来看，技术问题并不是阻碍其发展的主要障碍，它在经济上是否可行往往更是人们关注的焦点。

再生水的价格是再生水市场的核心要素。一方面，在再生水的水质和水量能满足安全性和稳定性的情况下，价格是决定需求的主要因素，合理的价格机制能够对再生水的需求产生经济激励。另一方面，再生水的价格水平又决定了污水再生利用企业是否能够得到足够的收益以满足其财务平衡的需求。因此，为保障再生水市场，并为污水再生利用产业的良性运转提供资金保证，应当建立起合理的再生水收费制度，以补偿污水再生利用设施的投资、建设和运营的支出。

建议根据再生水的投资运行成本、供水规模和供水水质，由区水务局牵头制定再生水分类价格区间。再生水运营企业可在价格区间内与用户自主协商定价。再生水水费由运营企业直接向再生水用户收取。用于河湖景观补水等公益用水的再生水水费，以政府购买服务方式由区财政承担。

7.4.1 再生水定价原则

再生水的供给属于广义上的供水范畴，因而再生水定价的原则与一般的城市供水应当具有一致性。同时结合污水再生利用产业的特殊属性，认为再生水的定价应当遵循以下原则：

1. 社会原则。价格政策必须有利于促进企业及社会公众对再生水的可接受性。
2. 环境原则。再生水价应当能够提高污水再生利用产业发展，起到节约水资源的作用。
3. 经济原则。经济方面要考虑到用户的承受力和企业的财务需求。
4. 可实施原则。即再生水的定价方法必须具有良好的可实施操作性，易被公众接受理解。

长清区再生水定价中最值得关注的应该是社会原则和经济原则。从社会角度来看，长清区尚未大规模开展污水再生利用，再生水的定价必须充分考虑到公众对再生水的理解和接受程度，甚至在很多情况下公众的可接受性等因素要占据主导

地位。而从经济角度分析，再生水定价的应当在扩大再生水需求和满足企业的财务目标之间达到均衡，并且有助于促进企业提高效率和技术进步。

7.4.2 再生水定价目标

再生水的定价目标可以归纳为以下方面：首先，通过价格机制刺激再生水的需求。一般而言，再生水的价格要比传统供水价格低得多，这主要是出于以下三个原因：首先，再生水的水质相对较差，用途的有限性使再生水的经济价值和全价值低于传统水资源。其次，再生水的定价低于传统供水，能够使再生水具有竞争优势，从而有助于扩大再生水的需求量。最后，支付意愿研究发现，在相同的用途下，居民只有当再生水的价格显著低于自来水时才会使用再生水。因此，维持再生水和传统供水价格之间的合理比价关系，有助于运用价格机制激励用户使用再生水，同时这也是出于公众可接受的需要。

其次，回收再生水的服务成本。在公用事业部门对水的定价中，包括了运行维护成本和资本服务成本。应将回收再生水成本作为定价的目标之一。采用全供给成本对再生水进行定价，使污水再生利用企业能够通过收取再生水费为自身的建设和运营提供财务上的保证。同时，在全成本定价中必须包含适当的利润，只有当污水再生利用产业能够得到与社会平均利润水平相当的收益时，才能够吸引投资者进入到这一行业来。

最后，提高供水行业的整体效率。一方面，再生水费率的制定和价格管制政策不仅能够保证污水再生利用企业的合理回报，还应当激励其提高经营效率。另一方面，再生水是传统水资源的竞争性供给者，它进入市场将对传统的供水企业构成竞争压力并促其采取竞争性行为，从而有助于激励被视为自然垄断产业的供水行业提高整体效率。

7.4.3 再生水定价方法

第一，再生水的定价应当以平均成本为基准。平均成本定价是目前城市供水领域普遍采用的定价方法，它以满足企业财务需求为目标，使企业的能够回收供水服务成本并获得满足其财务需求的稳定收入。在平均成本定价中，供水服务成本的完全成本回收是指企业不仅通过水费收入可以回收折旧，支付动力、药剂、人工、设备维护等方面费用，偿还贷款、支付利息、缴纳税金，还可以从中获得合理利润和

用于企业未来发展的资金。尽管再生水的价格对于用户采用差别费率，但是对于污水再生利用企业而言可以折算为单一的价格（或者说是平均价格），而平均价格水平则决定了企业是否盈利或亏损，因此对于企业而言，再生水的平均价格则不应当低于生产的平均成本。

第二，再生水的价格应当按需求不同进行分类制定。如现行的城市供水价格实行分类水价，它根据使用性质可分为居民生活用水、工业用水、行政事业用水、经营服务用水和特种用水等五类，对于每一类用户征收不同的价格。因此再生水也应当采用这种方法定价，一方面是与现行的水价体系互相兼容，另一方面也体现出了再生水价格的灵活性，从而有利用污水再生利用产业的发展。

第三，再生水的定价应当采用差别费率法。第一种是水量差价法，它通常又可分为区段费率累进及区段费率累退两种。对于再生水而言，在其发展初期为了刺激用户需求，培养起一定规模的需求市场，从而达到生产的规模经济性要求，可以采用累退费率的形式。但是采用累退的计价手段必须考虑到企业的财务平衡，避免出现生产越多亏损越多的情况。第二种是季节差价法，济南市长清区作为水资源需求和供给季节性差异明显的城市，随季节采用不同的水价能够灵活地反映水资源的供需状况，并且能够在一定程度上防止污水再生利用设施的闲置。该方法在我国的应用较少，主要是由于频繁调整价格会带来高昂的成本；但是在水资源极度紧张的地区，季节差别定价方法将有利于水资源的合理利用。

第四，再生水的定价可以参照用户的支付意愿。再生水的定价中考虑用户的支付意愿，主要有如下原因：第一，再生水的市场尚未完全发育起来，从而使得再生水没有市场价格或市场价格难以真实反映它的机会成本；第二，再生水具有外部性，比如具有节约资源和改善环境质量的外部经济性，在这种情况下由市场形成的再生水的价格并非社会意义上的最优价格；第三，这种方法可以加强污水再生利用中的公众参与，并且在再生水的定价中充分反映公众的意见，从而提高价格的可接受性。

第五，再生水定价可以采用交叉补贴的形式。如果污水再生利用产业采用全成本定价的方式，除了远距离调水成本很高的地区外，再生水的价格与自来水相比并不具有优势。因此在这种情况下，为了能够同时满足刺激需求和财务平衡的双重定

价目标，又不违背提高整个供水行业效率的原则，可以实行交叉补贴定价法。这种方法是在传统供水水价和污水处理费中加征污水再生利用附加费，并将这部分费用补贴到污水再生利用设施的投资和运营中。交叉补贴定价法一方面使得污水再生利用企业可以采用低成本定价来扩大需求，另一方面改善了再生水与传统供水的比价关系，增强了再生水的竞争力。这两方面的因素都将有利于污水再生利用的推广。实际上，美国许多城市在对自来水、污水处理和再生水的定价中采用了交叉补贴的方法，从而使得各类水价之间保持合理的比率。

7.5 再生水利用政策保障措施

再生水利用在缺乏外部政策有效支持的情况下将会面临着很大的障碍和风险。因此，政府的产业政策对于推动并规范污水再生利用产业的发展具有重要的意义。

7.5.1 再生水利用产业发展政策

1. 再生水规划政策

从某种意义上来说，再生水的需求是由政策创造的，因此政府的污水再生利用规划在很大程度上决定了再生水市场的大小。

当再生水利用的技术和经济可行性得到满足，并且与其它方案相比具有竞争力时，应当优先发展污水再生利用；实际上在水资源极度短缺的地区，即使再生水的成本相对较高，也应当发展一部分污水再生利用，一方面为了保证水资源供给方式的多样化和可靠性，另一方面也可以通过水资源的竞争性供给促进水工业整体效率的提高。

传统的水资源规划模式是造成这种弊端的主要原因：解决水资源问题的手段单一，往往忽视资源的多样性。在这种模式下，污水再生利用的发展面临着严重的障碍。推行合理的再生水规划。其一般性的步骤包括：目标设定、发展并评价规划中的各类方案、评估污水再生利用中的各类关系以及做出选择或建议。从规划的内容来看，必须在综合考虑水量、水质、需求和供给、以及成本问题的基础上寻找最优方案。

2. 再生水需求政策

再生水的需求政策包括强制使用政策和经济激励政策两种。

在急需污水再生利用且自身有经济能力的地区（优先强制发展型区域），应当

推行再生水的强制使用措施，这也是各国在推广再生水的过程中广泛使用的手段。再生水的强制使用措施可通过两种方法实施：第一种方法是推行水资源的“优质优用，劣质劣用"的方针，即在水资源紧张的地区，可以使用劣质水的场合不能使用自来水、地下水或其它优质水源。因此城市自来水只保证城市基本生活用水和必要的工业用水，除此以外的冲厕、园林浇灌、道路清洁、车辆冲洗、基建施工、喷水池和空调冷却设备补水等必须采用再生水。第二种方法是规定某类用水部门在其水资源消费量中必须要有一定比例的再生水。对于需要强制使用再生水的部门可以只规定使用量，而至于是兴建污水再生利用设施还是购买其它设施提供的再生水，可以由使用者自行决定。

再生水的强制使用措施通常只适用于优先强制发展型区域，而对于其它区域应当采取经济激励方式刺激再生水的需求。价格是刺激再生水需求的有效措施，通常情况下再生水的价格越低，其用户市场也就越大。目前北京市再生水实际上是采用了低定价的方式，并且对再生水不再征收污水处理费。但是采用低定价的方式很可能会造成污水再生利用企业的收支不平衡。由于再生水和传统水资源是替代产品，两者之间的比价是对用户产生经济激励的主要原因，因此可以通过提高传统水资源价格的方式使再生水具有竞争力。

根据上一小节的研究结果，在调整再生水和传统供水比价的方法中，具有可操作性并且符合效率原则的方法有两种：第一种方法是提高水资源费，征收的水资源费用于水源地的开发和保护；第二种方法是在传统供水价格和污水处理费中加征污水再生利用附加费，这部分费用可用于弥补污水再生利用设施的投资和运营支出。

3. 再生水的供给导向政策

再生水的供给导向政策即制定相关政策引导污水再生利用产业的供给方式。

（1）直接回用和间接回用

直接回用再生水需在城市中修建再生水管道系统，即分质供水系统。在这样的系统中，通过各自的配水系统，供给用户两种质量的水。优质水的供给与再生水或其它劣质水的供给形成的双给水系统。

再生水的间接回用可以避免在城市中修建两套供水管道系统。实际上，间接回

用也可以在河流上下游之间开展。下游为了得到更好的水质，可以将上游污水处理到更高的水质水平，将污水排放和处理的外部性进行了内部化，有利于促进经济效率和环境的完整性。但是这种方式的实施是以水权的清晰界定为基础的，即上游必须有义务将污水处理到某种水平，进一步的深度处理才可以得到补贴，否则这种机制将成为上游要挟下游的工具。济南市长清区水权清晰，城乡水务局可以统筹管理污水处理厂、再生水厂、河道及供水管道。

（2）分散型和集中型再生利用系统

分散型污水再生利用系统节约了污水收集管网和再生水配水管线的投资；符合生态化的原则。但是分散型污水再生利用设施由于水量较小而缺乏规模经济性，其成本通常比较高：一般情况下不含折旧费的建筑中水成本只是略低于自来水价格，加上折旧费之后则远高于自来水价格。如果再生水的运行费用高于自来水价格，设施所有者作为理性的个体只能停止其运行。此外，分散型污水再生利用设施通常没有专门的管理人员和水质化验分析仪器，再生水的安全性得不到保证。相比较而言，集中型污水再生利用设施由于规模经济性而使处理成本得到有效的降低，并且它们更有能力保证出水水质的安全性。

再生水利用应当采取集中和分散相结合的原则：优先依靠大型污水处理厂的再生水源，在城市统一布局建立再生水的管网系统；符合再生水强制使用规定的区域应当优先采用区域性大型污水处理厂处理，远离污水处理厂或城市污水处理管网尚未覆盖的区域，可以配套建设独立的污水再生利用设施。集中与分散相结合的原则有助于污水再生利用系统的多样性和再生水供给的可靠性。

7.5.2 再生水利用投资激励政策

污水再生利用产业的外部经济性可能会导致再生水的市场规模低于社会最优水平，因此政府需要采取一定的投资激励政策促进污水再生利用产业的发展。污水再生利用产业的投资激励政策，一方面可以通过财政补贴、税收优惠和贴息贷款等手段加以实现，另一方面也可以通过为污水再生利用产业创造良好的体制环境来实现。具体而言这些措施包括如下方面：

第一，建立再生水的交易制度或城市用水指标的交易制度。对于分散型污水再生利用设施而言，其制水量大于使用量时通常只能外排，这不仅增加了市政管网和

污水处理设施的负担，也造成了资源的浪费。如果允许它们有偿转让再生水，则将有助于提高污水再生利用设施的利用率。进一步地，可在城市中建立用水指标的交易制度，即对用水指标进行总量控制并使其具有可交易性。这种制度有利于促进城市节水和污水再生利用：用水部门可以在购买用水指标、节水和使用再生水之间作出自由选择，并且自行决定是否建设污水再生利用设施或购买再生水，从而有效地降低成本。因此，灵活的再生水和用水指标的交易制度将激励污水再生利用产业的投资。

第二，促进污水再生利用产业的政府投入。污水再生利用设施是城市基础设施的组成部分，对社会、经济和环境的协调发展具有重要的作用，而且具有公益性质，因此政府财政投入应当成为重要的投资来源。其次，在该产业发展之初，政府投入可以起到启动再水生市场的目的；政府投资兴建的示范项目，不但可以提高公众的可接受性，可以为后续的投资者提供参照和运营管理的经验，从而有效促进该产业的发展。政府投入的主要来源可以有：安排国债资金的投资、财政部门的资金、环保资金和城市基础设施费中资金。

第三，实行污水再生利用产业的扶持政策。在用地政策上，给予企业土地征（使）用的有关收费方面给予优惠；在税收政策上，可以免征污水再生利用企业的增值税，对营业税也做一定程度的减免；在贷款政策上，对符合标准污水再生利用企业实行贴息；在水价政策上，实行全成本定价，并在自来水价和污水处理费中加征回用补贴费，用以支付污水再生利用企业的发展。

第四，解决污水再生利用产业投资的回报率问题。政府投入不可能也不应当是该产业投资的唯一来源，而多元化投资结构的前提是污水再生利用产业的投资能够获得市场的平均收益水平。为了使污水再生利用产业的投资具有吸引力，收益率管制政策中最高回报水平的设定可以参照社会的平均收益水平，按略高于同期银行长期贷款或长期国债利率的标准设定投资回报率。

第五，降低污水再生利用企业的经营风险。政府可以从以下几个方面降低企业的风险：首先，扶持污水再生利用企业的优惠政策应当具有长期性和稳定性，由于政策变动因素造成污水再生利用企业经营状况发生变化时应当给予一定的补偿。其次，再生水的价格应当根据实际情况的变化，在一定周期内进行调整，充分保证

再生水水价的稳定性和合理性。最后，政府不应当保证企业的回报水平，但政府的承诺应当具有可信性。

第8章 再生水信息化应用系统

8.1 建设原则

基于长清区智慧水务平台，建设完善再生水信息化应用系统，实现实时监控、综合展示、风险预警、辅助决策等功能。

系统建设总体上将遵循“统一标准，分类建设，明确分工，落实责任，注重实用，适度超前，整合资源、信息共享，加强管理、保证安全”的建设原则。

统一标准，分类建设。严格遵守各项国家、行业和地方的各种标准与规范要求，逐步加深智慧再生水系统建设、运行和管理的标准规范建设和应用工作，进一步完善管线数据、物联通讯协议（感知设备）、感知设备布设等标准规范，同时加强和规范数据接入、整合、应用、管理机制；根据不同区域、部位数据采集点的性质，对再生水感知点实行分类建设、分层管理，加强再生水重点目标信息化建设。

明确分工，落实责任。智慧再生水系统是一项长效系统工程，牵涉面广、复杂度高，必须强化整体统筹，做好顶层设计，加强协调配合，形成工作合力，确保按照既定时间节点，有序有力推进。同时，必须明确任务分工，完善考核问责机制，加大监督制约力度，充分激发各部门的主动性和积极性，确保各项工作保质保量按时推进。

注重实用，适度超前。系统建设要注重实用性、可操作性和先进性相结合，采用成熟、可靠的信息技术支撑整个智慧再生水系统建设，确保系统安全、可靠、高效运行；同时，充分考虑长远发展需要，基础设施建设适度超前，为今后工作拓展空间。

整合资源、信息共享。充分利用以往信息化建设积累的可用资源，并按照工程总体设计实现新旧资源的整合，增加相互之间的兼容性，实现不同系统和软件的优势互补，根据新的要求进一步拓展、完善和提升应用系统的功能与质量，逐步实现总体目标。

加强管理、保证安全。加强系统建设管理是系统建设成败的关键，要借鉴国内外先进的科学管理办法，建立起项目管理制度，确保工程的建设质量。还要建立系统管理的责任制，按照新理念，采用新办法，依靠新手段，加强系统的运营管理，完善安全措施，确保系统的安全运行和功能的充分发挥。

8.2 建设背景

2016 年山东省人民政府印发《山东省“互联网+”行动计划（2016-2018）》（鲁政发〔2016〕14 号）行动任务中提出建设完善人口、法人、空间地理、宏观经济、证照库等基础信息资源库，实现基础信息资源的共享共用。

2017 年山东省人民政府办公厅印发的《山东省加快推进“互联网+政务服务”工作方案》（鲁政办发〔2017〕32 号）中指出推进基础信息资源库与政务服务平台的互联互通和共享，充分发挥基础信息资源对“互联网+政务服务”的重要支撑作用。《济南市城市建设“十三五”发展规划》中明确提出推动项目建设及运营方式改革，加强项目管理，提升科学化建设水平。针对济南市长清区城市再生水智慧化建设起步晚，应借鉴并参照国内再生水智慧化调度系统建设较好的地区。

8.3 建设必要性与可行性

1. 项目建设的必要性

（1）建立再生水系统“一张网”的需要

结合再生水管线普查，借助 GIS 地理信息系统，建设智慧再生水系统平台，指导城市再生水系统的规划、设计、建设和管理是十分必要的。

（2）整合全区涉水智能化信息的需要

为满足城市涉水行业大数据和智慧化管理的需要，我区在城市部分重点河道、道路设置了水质、水文感知系统，并将相关数据进行采集、传输和储存。通过智慧再生水系统建设，可以有效的整合相关部门已经建设的各类物联网感知系统，将采集后的数据进行储存，为后续工程建设提供技术支撑。

（3）强化再生水设施应急管理的需要

目前缺乏必要的管网运行感知体系，无法对再生水管道内的水质、水量监测，不能掌握城市再生水系统的运行状态；缺乏再生水处理厂（站）运行状态监控系统，不能对再生水处理厂之间的水量及时调配，无法实现再生水处理效益最大化；缺乏再生水泵站运行监控系统，无法实现泵站的智能化管理。

（4）实现城市再生水设施日常巡检监督管理的需要

通过强化大数据管理和应急指挥系统，利用手机 APP 等移动终端设备，实现行业管理人员快速应急反应，同时也可以实现日常的监管和考核。

（5）建立大数据管理和运用的需要

通过设置的在线监测仪器，采集相关再生水系统的各项运行数据，通过数据分析，为后续规划、设计和工程建设提供数据支撑，实现真正的行业大数据平台，智慧化管理。

2. 项目建设的可行性

（1）技术可行性

传感器监测技术日渐成熟：智慧再生水所需的再生水流量测量以及在线水质检测等技术已日趋成熟并经过实践检验，已经得到广泛应用，可满足本项目监测的需要，并确保数据监测的准确性。

物联网已实现全城覆盖：济南市长清区已经具备无线移动网络和物联网的全城覆盖，为数据的通讯传输提供了运行条件。

地理信息平台技术日渐成熟：地理信息系统技术成熟，空间信息技术在很多行业得到了广泛的采用，并提供标准、便捷的第三方开发空间，为系统的二次开发工作提供了便利条件。

（2）运行环境可行性

济南市长清区政府已经建立政务云平台，本项目拟部署于区政务云平台，可提供安全、可靠、便利的云平台运行环境，满足本项目部署的需要。

济南市长清区目前正在规划建设智慧水务平台，作为其子系统可利用现有资源，在其基础上进行软件开发。

本项目所涉及的监测传感器、数据采集传输终端、供电设备、网络设备、计算机设备、显示大屏设备均要求采用环保节能产品。

8.4 建设目标

1. 指导城市再生水规划、设计。

实现再生水系统静态信息和动态信息的综合分析，得到再生水管理所需的各类信息资料和再生水状况综合评估报告，为再生水调度提供决策依据。

将智能终端采集的水质、水量等基础数据采集与整理，通过智能平台建立的模型进行演算，分析城市再生水设施存在的不足，为今后城市再生水管网、再生水泵站、再生水处理厂的规划设计，提供足够的数据支撑，确保项目的建设有据可依。

2. 辅助城市再生水的维护与管理。

及时诊断故障、确保安全运行，再生水监控管理信息系统提供完善的故障报警系统，使运行人员可以快速掌握报警发生地点，对泄露、堵塞、断电等各种故障的发生做到及时诊断，及时检修，保证系统安全运行。

利用智能平台的模型软件，分析采集到的各类数据，通过对水质参数变化报警及再生水干管流量变化报警，实现城市再生水设施运行预报和预警，便于行业主管部门的及时反映、快速处置，将城市再生水突发事件在萌芽阶段便及时消除，避免发生重大安全事故。

视频监控功能，监控设施、泵站等处的视频数据，实现无人值守。

3. 实现城市再生水处理联动联调。

实时采集的再生水系统水质、流量等数据并通过通讯网络上传至再生水监控管理信息中心，用图文形式集中处理再生水动态信息；全面及时的掌握再生水系统的参数，实现管理人员可以“居调度室而知全局”。

通过在再生水干管设置的在线水质及水量监测终端数据采集与分析，及时发现区域再生水水量变化与波动情况，借助在各个再生水处理厂（站）设置的再生水在线监测装置，即采集再生水处理厂和泵站流量、水质等检测数据，通过智慧平台模型软件分析，以人工操作再生水泵站启闭方式，实现不同再生水处理厂的再生水水量相互调配，确保各再生水处理厂均处在能效最高点。

4. 建设再生水取水点科学计量系统。

以再生水杂用为例，建设再生水冲洗道路取水点，实现道路每日再生水冲洗是非常必要的。由于环卫管养作业区域面积大、里程长、任务重，车载水箱容量有限，为了续水，作业车辆每天不得不多跑数十公里的冤枉路。这不但影响了机械化清扫、洒水作业效率，也加大了交通安全风险。

取水点的建设，能够有效解决这一突出问题，为实现路面保洁的长效化管理提供了保障。但传统取水点采用的消防栓取水经常出现大量跑冒滴漏和偷水倒灌等现象，造成供水公司无法有效计量计费；而现场设备必须无间断、无故障使用，需要多项技术结合和长期实践。并且在设计和产品迭代上需不断深入研究。

5. 健全运行档案、实现量化管理。

健全运行档案、实现量化管理，本系统具备完备的历史信息数据库，可以进行各种分析、查询、统计，指导系统优化运行，减少系统能耗。

8.5 建设内容

1. 再生水信息化应用系统建设

基于长清区智慧水务平台，建设再生水信息化应用系统，实现实时监控、综合展示、风险预警、辅助决策等功能。

2. 大数据中心建设

为实现用户数据的共享与联通，结合管理部门数据共享与数据安全建设需要，建成以营销、管网、用户管理、生产调度、水质管理等五大类数据为核心的大数据共享平台。

3. 物联网平台建设

物联网平台也作为大数据中心的基础物联共享平台，为管理单位各系统提供物联网智能仪共享数据服务。例如：爆管事件发生，首先通过物联网平台检测反馈至大数据中心，大数据中心反馈至生产调度，做出决策后反馈至大数据中心，智慧管网基于大数据中心做出应急措施。

图 8-1 再生水信息化应用系统构架图

第9章近期工程建设规划

9.1 近期实施原则

再生水工程的近期实施与城市近期建设是密切相关的，对长清区的经济发展和人民生活水平的提高以及对城市环境的改善起到举足轻重的作用，为保证工程的顺利实施，尽快发挥再生水工程的效益，在近期建设实施中应遵循以下原则：

1. 近期工程的实施应符合国内基本建设项目的建设和审批程序。
2. 近期工程的实施应与城市国土空间规划及道路规划的近期建设相协调。
3. 再生水管网的建设应与水源工程、再生水厂工程的建设实施同步进行，使其相互发挥效益。
4. 管网工程应先建主干管、干管，后建支管。
5. 优先建设和完善城区工业企业再生水管网，提高主要用水工业企业的再生水利用率。
6. 优先建设城区市政杂用（道路浇洒、绿地浇洒）及景观水体再生水管网。
7. 建立专门的机构作为项目执行单位负责工程的实施、组织、协调和管理。

9.2 近期实施计划

9.2.1 范庄热电厂二级提升泵站建设工程

由于第二污水处理厂 2#泵站现状扬程为 15 米，无法满足范庄热电厂供水需求，本次在现状北大沙河补水 DN1000 管道，长清中央公园处新建二级提升泵站，将再生水输送至热电公司，以满足热电厂用水需求。

规划建设泵站设计流量为：冬季 840 m^3/h、夏季 1516 m^3/h，水泵扬程取 125m。水泵采用单级双吸式离心泵，满足大流量、高扬程需求。

规划泵站共设 3 台水泵（2 大 1 小），以满足夏季、冬季不同供水量需求。其中大泵为 1 台工作泵 1 台备用泵，大泵流量为 840 m^3/h。小泵为工作泵，小泵流量为 676 m^3/h.冬季时启动一台大泵，夏季时一大一小两台水泵同时启动。

主要建设内容：清水池、外输泵房、变配电室及吸水井、化验室、机修车间及消毒间、门卫及大门。

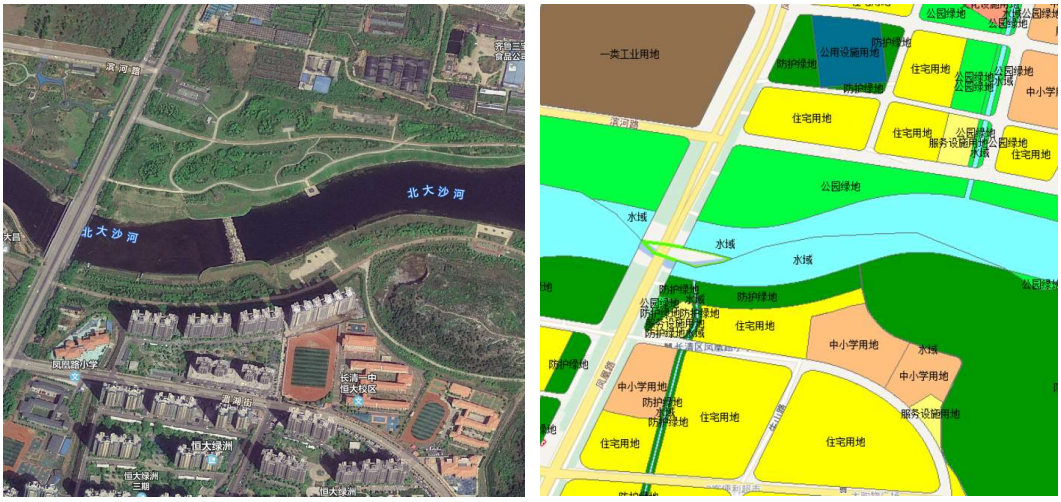


图 9-1 泵站选址方案示意图

9.2.2 城区再生水管网建设

为提高城区的再生水利用率和利用范围，实现城区绿化浇洒、景观水体补水等方面的再生水替代，结合长清区近期市政道路等建设施工情况，近期计划实施再生水管网建设。项目完成后，可满足城区主要工业企业及主要道路、绿化、景观水体等再生水利用需求。

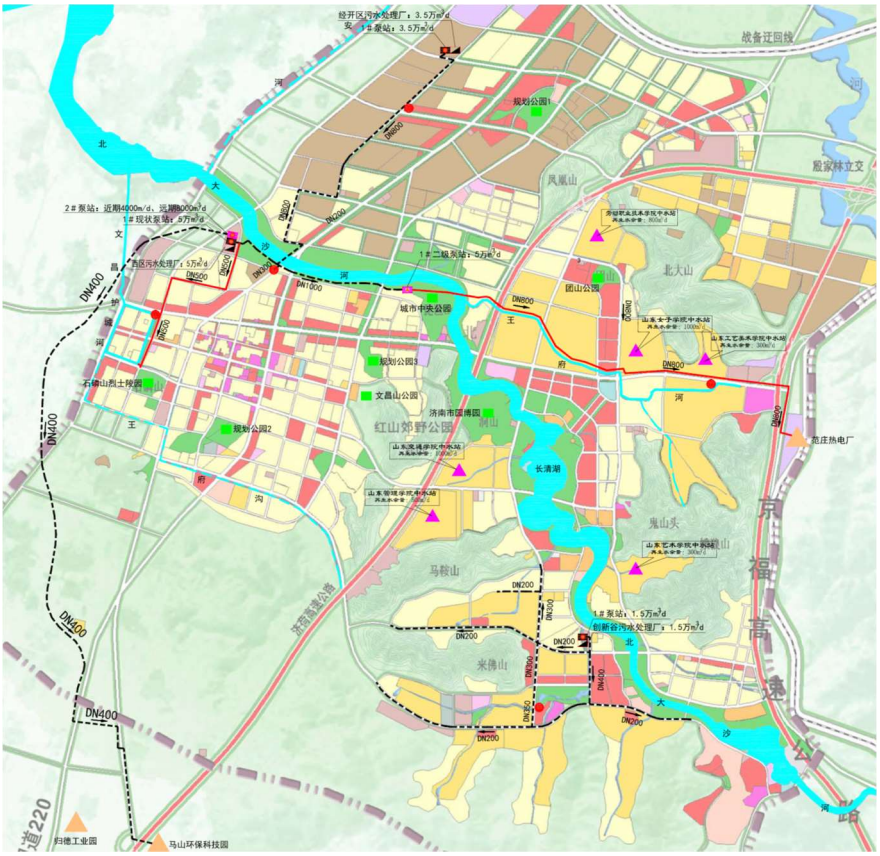


图 9-3 再生水管网近期建设计划

表 9-1 近期建设再生水管网统计表

序号	道路/河道名称	起止段	管径/mm	长度/m
1	护城河	西区污水厂-护城河	DN500	3300
2	范庄热电厂	中央公园-范庄热电厂	DN800	10000
合计				18800

9.3 规划投资估算

9.3.1 估算编制依据

1. 国家计委发布的《投资项目可行性研究指南》、山东省建设厅鲁建发《山东省城市再生水专业发展规划编制暂行技术规定》。

2. 本工程投资估算主要采用建设部颁发的《市政工程投资估算指标》（HGZ 47-103-2007）以及国家城市给排水工程技术研究中心编制《给排水工程概预算及经济评价手册》，同时结合类似工程和项目当地实际情况进行编制。

9.3.2 工程规模

近期工程主要为济南热电集团二级泵站的建设及城区主要的再生水管道建设。

9.3.3 工程估算

再生水规划近期（2022~2025 年）建设投资 13650 万元，再生水泵站投资 2000 万元，再生水管线 11650 万元，具体详见下表。

表 10-2 城区近期工程规划投资估算表

序号	工程名称	规格	数量	单位	单价	投资	备注
					元/m	万元	
一	再生水泵站						
1.1	范庄热电厂二级泵站	近期规模 5 万 m^3/d	1	座		2000	
二	再生水管网						
2.1	护城河	DN500	3300	m	5000	1650	
2.2	范庄热电厂	DN800	10000	m	10000	10000	
合计						13650	

备注：上述投资不含征地拆迁及苗木补偿费用。

第10章 规划保障

10.1 政策法规

根据水资源保护、水污染防治、节水型社会建设等方面有关要求，长清区应健全和完善有关政策法规，加强水资源保护相关制度的落实，加大政策支持，制定《长清区污水再生利用管理办法》等一系列政策，用行政规范性文件规范污水再生利用的建设，把有关污水再生利用建设的规定落到实处，强制性促进再生水回用。明确污水再生利用在建设节水型社会中的地位，确定其使用范围、建设标准和要求，从立法和执法的角度促进污水的资源化。

坚持依法治水，全面推进科学立法，增强执法力量力度，违法必治。强化执法保障措施，不断规范全区水行政执法行为、完善行政执法程序、严格落实行政执法责任制，强化执法监督。加大水行政执法力度，加强再生水领域综合执法，保障水法规的贯彻落实。加强法治政府建设，健全依法决策机制，深化行政执法体制改革。

10.2 组织管理

10.2.1 建立统一协调的管理机制

实施城市污水利用是一项庞大而复杂的系统工程，涉及到城市规划、建设、环保、市政、工业、水利、卫生等众多单位与部门。建议在组织方面，成立由区主要领导任组长、区有关部门主要负责同志为组员的领导小组，负责协调建设工作。建立工作领导小组，全面统筹各项涉水工作，建立健全领导机构。鼓励社会资本投资建设再生水利用设施。区自然资源部门会同区水务、生态环境、住建等部门制定本区再生水利用专项规划，并与国民经济和社会发展规划以及城市总体规划、环境保护规划、水资源规划等规划相协调。

为适应市场经济要求，符合城市水务发展规律，理顺供排水管理体制，实现城市供排水长远发展，建议长清区委任排水公司或自来水公司、或成立专门的部门，来负责污水再生利用项目的投融资建设、设施运行与管理、经营与销售、污水再生利用处理技术咨询及相关再生水厂、污水再生利用供水泵房运营管理，区水务主管部门对经营者实施监督管理。

10.2.2 建立奖罚激励机制

长清区许多大型企业现在都已单独办理取水许可，取用地表水、地下水，水源

成本低、水质较好。因此对于企业使用工业用水，需要建立经济的激励机制，采取补贴和收费优惠的制度。

建议有关部门必需收足地表水源污水处理费和水资源费，以提高其取水费用和成本水平。对于按照规定应该使用再生水而没有使用的单位，按照自来水与再生水的差价收取罚款；而对于签订了再生水使用合同并按合同要求进行再生水回用的单位，考虑给企业环保方面荣誉称号，并且在政府采购、税收征收方面给予优惠。此外，在经济方面，可以给予企业财政补助，使得企业成本能够维持不变，以此促进再生水的推广利用。

将再生水利用与计划用水指标的审批发放相结合，符合再生水回用标准但未使用再生水的用水单位、部门不能取得用水指标，发放（政府许可审批）的用水指标应当扣减使用再生水的那部分水量，超计划用水加价收费。

对于再生水管网覆盖的区域，绿化浇洒、街道清扫、锅炉冷却等用水应优先使用再生水。对于再生水管网没有覆盖的路段，绿化浇洒、街道清扫等用水应鼓励采用洒水车送水。对于城市景观水体，鼓励采用再生水作为景观和生态用水补给水源，提高水体的生态性和观赏性。对使用再生水进行绿化浇洒、街道清扫、冲厕、洗车等用户进行资金奖补或税费优惠。

10.2.3 确定合理的水价体系

市场经济条件下，水价在水资源配置中起主导作用。长清区要积极推动现行水价政策的改革，建立合理的用水价格体系以及污水处理与再生利用价格体系，实行“分质供水，按质定价”，提高自来水价格，拉大污水再生利用与自来水之间的价格差，从根本上来保证再生水的利用。

对于再生水价格，将其控制在不高于自来水水价 70%～80% 左右较适宜。再生水水价制定还可效仿国外制定“反阶梯水价”，用得越多价格优惠越大，与现行的自来水阶梯水价用得越多价格越高的政策相反，反阶梯水价具有创新意义和实际作用的建议。

10.2.4 加强宣传教育

节约用水和再生水回用关系着千家万户，不但要得到各有关部门的支持，同时还要得到广大人民群众的认同。积极开展再生水回用的宣传教育工作，改变原有观

念。充分发挥各种新闻媒体及水行政主管部门公报、简报等媒介的作用，特别是抓住“3·22 世界水日”、“中国水周”和 “12·4 法制宣传日”等社会关注度高的时机，进行长期广泛的宣传教育，逐渐树立对污水资源化的科学认识。

10.3 资金保障

加大政府在再生水建设和管理方面的财政投入力度。政府预算内用于建设和管理的资金要随经济社会发展逐步增加，发挥财政性资金的宏观调控与引导作用。加快建设专项资金、水资源费（税）、水土保持设施补偿费等的征收返还使用力度。

发挥政府引导作用，拓宽融资渠道，广泛吸引社会资金的加盟和入股。积极建立“政府引导、市场推动、多元投入、社会参与”的再生水利用设施建设投入机制，积极争取中央及省、市级资金支持，有效整合地方财政资金，切实落实地方公共财政投入。根据长清区再生水利用设施建设的实际情况，可采用 PPP 模式建立多元筹资方案，不断吸引社会资本的进入，形成良好的可持续性的投入体制。

10.4 科技保障

健全科技创新体系，强化基础条件平台建设，努力在水务重点领域、关键环节和核心技术上实现新突破，推进信息化建设。将供水管网系统运行的所有数据进行集中管理，在此基础上统一规划，构建供水调度、管网运行、水质监控、故障处理、收费、用户服务等专业应用系统，形成再生水供水综合管理信息平台。对已有技术不断改进和更新，通过科技进步降低水处理成本。

在新建或改扩建再生水厂时，应按照国家的有关规定，考核水厂、泵站的能耗指标。送水泵站应采用大型水泵机组和变频调速电机，根据管网末梢压力反馈，调整出水压力，提高机泵设备的运行效率，设备选型要考虑符合国家规定的节能产品。

为提高再生水供水系统的安全性和供水保障率，应制定完善的应急预案，提高突发灾害时的反应能力。应采用 GIS、GPS 等先进手段建立完善的管道信息管理系统，在事故发生时，能够准确的确定灾害所破坏的范围，确定抢修及关阀方案，及时调度抢修人员奔赴现场。应加强巡线管理工作，对管道沿线地貌、阀井节点、水表节点等有无异常状况，如被压、被埋、损坏、沉降、明漏、暗漏疑点等，及时进行跟踪处理，并填写记录。应建立输水管道快速抢修机制，成立专业化工程抢修队伍，制定抢修预案，拟定输水管道的快速抢修方法，预备抢修器材、机具等设施。

10.5 质量监管

由于污水再生利用具有潜在的健康风险和环境风险，可能直接影响到公众的身体健康和环境质量，因而必须加强政府的质量监管职能，该项监管职能的内容主要包括再生水水质以及污水再生利用可能带来的环境影响。保持对使用再生水的工业企业的检查，加强对自备水源的管理，对于违反规定使用自备水源的企业应该进行处罚；对于绿化用水，应该加强检查，杜绝环卫工人图方便采用消防用水浇灌绿地的现象；必须做好作为景观环境用水的再生水排入河道的监督，一方面要保证排入河道的再生水达到利用标准，真正起到改善城市景观和水环境的效用，另一方面要尽量控制完全采用再生水作为景观水的水体停留时间。

济南市长清区再生水利用规划（2023-2035 年）
专家评审意见

2024 年 2 月 1 日，济南市长清区城乡水务局组织有关专家（名单附后）在济南长清区召开《济南市长清区再生水利用规划（2023-2035 年）》（以下简称《规划》）评审会，专家组对济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司编制的《规划》进行了评审。专家组听取了业主单位对《规划》情况的介绍和设计单位关于《规划》编制情况的汇报，进行了认真的审阅与讨论，形成评审意见如下：

一、总体评价

《规划》基础资料齐全，框架合理，思路明晰，编制深度基本满足相关技术标准要求。

二、意见和建议

1. 进一步加强与《济南市国土空间总体规划》和其他相关专项规划的衔接。

2. 结合国家省市相关要求，进一步复核规划近远期目标及近期建设计划。

3. 补充现状污水处理厂出水水质，复核再生水用水大户水质水量需求。

专家组：

2024 年 2 月 1 日

181500340310

正本

No.：SFW230980

检验检测报告

Test Report

样品名称 Name of Sample:	石店水库水样
送检单位 Name of Clients:	济南热电集团有限公司
检验类别 Type of Inspection:	委托检验
报告日期 Date of Issue:	2023-04-17

山东省分析测试中心

Shandong Provincial Analysis and Test Center(SDATC)

No.:SFW230980

山东省分析测试中心
检 验 检 测 报 告

样品名称 Sample	石店水库水样	样品编号 Serial Number	W230693-0002
送(受)检单位 Client	济南热电集团有限公司	单位地址 Address of Client	济南市天桥区新黄路3166号
送样者 Client Representative	费延波	接样时间 Receipt Date	2023-04-03
样品数量 Sample Quantity	6L	型号规格 Model,Type	/
抽样地点 Location of Sampling	/	抽样时间 Date of Sampling	/
抽样基数 Size of Sampling Batch	/	抽样说明 Sampling Description	/
生产单位 Manufacturer	/	生产日期 Production Date	/
样品状态、特性 Sample Description	液体样品	商标 Brand	/
检验类别 Testing Type	委托检验	检验日期 Testing Date	2023-04-03至2023-04-11
检验地点 Testing Location	本中心	检验环境 Environmental Conditions	温度:室温℃ 湿度:/%RH 其他：/
检验依据 Testing Standard	HJ 505-2009等		
检验要求 Test Item	pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量等		
检验结论 Test Conclusion	不做判定。 （检验检测报告专用章） 签发日期：2023-04-17		
备注 Remark	/		

批准 Authorizer 范金[illegible] 校核 Verifier 王振华 编制或主检 Inspector 朱黎萍

No.:SFW230980

山东省分析测试中心
检 验 检 测 报 告 (续页)

样品编号：W230693-0002

序号	检验项目（项目名称，单位）	分析方法	技术要求	检验结果	单项判定
1	pH	HJ 1147-2020	/	8.1	/
2	溶解氧(mg/L)	GB/T 7489-1987	/	8.72	/
3	高锰酸盐指数(mg/L)	GB/T 5750.7-2006	/	3.48	/
4	化学需氧量(mg/L)	HJ 828-2017	/	10	/
5	BOD5(mg/L)	HJ 505-2009	/	3.4	/
6	氨氮(mg/L)	HJ 535-2009	/	0.03	/
7	总磷(mg/L)	GB/T 11893-1989	/	0.05	/
8	总氮(mg/L)	HJ 636-2012	/	1.30	/
9	铜(mg/L)	HJ 776-2015	/	<0.01	/
10	锌(mg/L)	HJ 776-2015	/	<0.01	/
11	氟化物(mg/L)	HJ 84-2016	/	0.265	/
12	硒(mg/L)	HJ 694-2014	/	<0.0005	/
13	砷(mg/L)	HJ 694-2014	/	<0.0003	/
14	汞(mg/L)	HJ 694-2014	/	<0.00005	/
15	镉(mg/L)	HJ 700-2014	/	<0.0002	/
16	六价铬(mg/L)	GB/T 5750.6-2006	/	<0.004	/
17	铅(mg/L)	HJ 700-2014	/	<0.001	/

接下页

No.:SFW230980

山东省分析测试中心
检 验 检 测 报 告 (续页)

18	挥发酚(mg/L)	HJ 503-2009	/	<0.001	/
19	石油类(mg/L)	HJ 970-2018	/	0.02	/
20	阴离子表面活性剂(mg/L)	GB/T 7494-1987	/	<0.05	/
21	硫化物(mg/L)	HJ 1226-2021	/	0.017	/
22	粪大肠菌群(CFU/L)	HJ 347.1-2018	/	15	/
23	氰化物(mg/L)	HJ 484-2009	/	<0.004	/

检验报告说明：/

客户附加说明：客户所送检样品的代表性和真实性由委托人负责。

以下空白

181500340310

正本

No.：SFW230986

检验检测报告

Test Report

样品名称 Name of Sample:	西区污水处理厂再生水
送检单位 Name of Clients:	济南热电集团有限公司
检验类别 Type of Inspection:	委托检验
报告日期 Date of Issue:	2023-04-17

山东省分析测试中心

Shandong Provincial Analysis and Test Center(SDATC)

No.: SFW230986

山东省分析测试中心
检 验 检 测 报 告

样品名称 Sample	西区污水处理厂再生水	样品编号 Serial Number	W230698-0001
送(受)检单位 Client	济南热电集团有限公司	单位地址 Address of Client	济南市天桥区新黄路3166号
送样者 Client Representative	费延波	接样时间 Receipt Date	2023-04-04
样品数量 Sample Quantity	5L	型号规格 Model,Type	/
抽样地点 Location of Sampling	/	抽样时间 Date of Sampling	/
抽样基数 Size of Sampling Batch	/	抽样说明 Sampling Description	/
生产单位 Manufacturer	/	生产日期 Production Date	/
样品状态、特性 Sample Description	液体样品	商标 Brand	/
检验类别 Testing Type	委托检验	检验日期 Testing Date	2023-04-04至2023-04-11
检验地点 Testing Location	本中心	检验环境 Environmental Conditions	温度:室温℃ 湿度:/%RH 其他：/
检验依据 Testing Standard	HJ 505-2009等		
检验要求 Test Item	pH、SS、浊度、色度等		
检验结论 Test Conclusion	不做判定。 （检验检测报告专用章） 签发日期： 2023-04-17		
备注 Remark	/		

批准 Authorizer 范金鸣 校核 Verifier 王振华 编制或主检 Inspector 朱黎萍

No.:SFW230986

山东省分析测试中心
检 验 检 测 报 告（续页）

样品编号：W230698-0001

序号	检验项目（项目名称，单位）	分析方法	技术要求	检验结果	单项判定
1	pH	HJ 1147-2020	/	7.0	/
2	SS(mg/L)	GB/T 11901-1989	/	<4	/
3	浊度(NTU)	GB/T 5750.4-2006	/	<1	/
4	色度(度)	GB/T 5750.4-2006	/	30	/
5	BOD5(mg/L)	HJ 505-2009	/	7.8	/
6	化学需氧量(mg/L)	HJ 828-2017	/	23	/
7	铁(mg/L)	HJ 776-2015	/	0.05	/
8	锰(mg/L)	HJ 776-2015	/	0.11	/
9	氯离子(mg/L)	HJ 84-2016	/	153	/
10	二氧化硅(mg/L)	SL 91.1-1994	/	11.4	/
11	总硬度(mg/L)	GB/T 5750.4-2006	/	348	/
12	总碱度(mg/L)	《水和废水监测分析方法》第四版	/	244	/
13	硫酸盐(mg/L)	HJ 84-2016	/	98.2	/
14	氨氮(mg/L)	HJ 535-2009	/	0.33	/
15	溶解性总固体(mg/L)	GB/T 5750.4-2006	/	682	/
16	石油类(mg/L)	HJ 637-2018	/	<0.04	/

接下页

No.:SFW230986

山东省分析测试中心
检 验 检 测 报 告 (续页)

17	阴离子表面活性剂(mg/L)	GB/T 7494-1987	/	<0.05	/
18	游离余氯(mg/L)	HJ 586-2010	/	<0.03	/
19	粪大肠菌群(CFU/L)	HJ 347.1-2018	/	12	/
20	动植物油(mg/L)	HJ 637-2018	/	<0.04	/

检验报告说明：/

客户附加说明：客户所送检样品的代表性和真实性由委托人负责。

以下空白

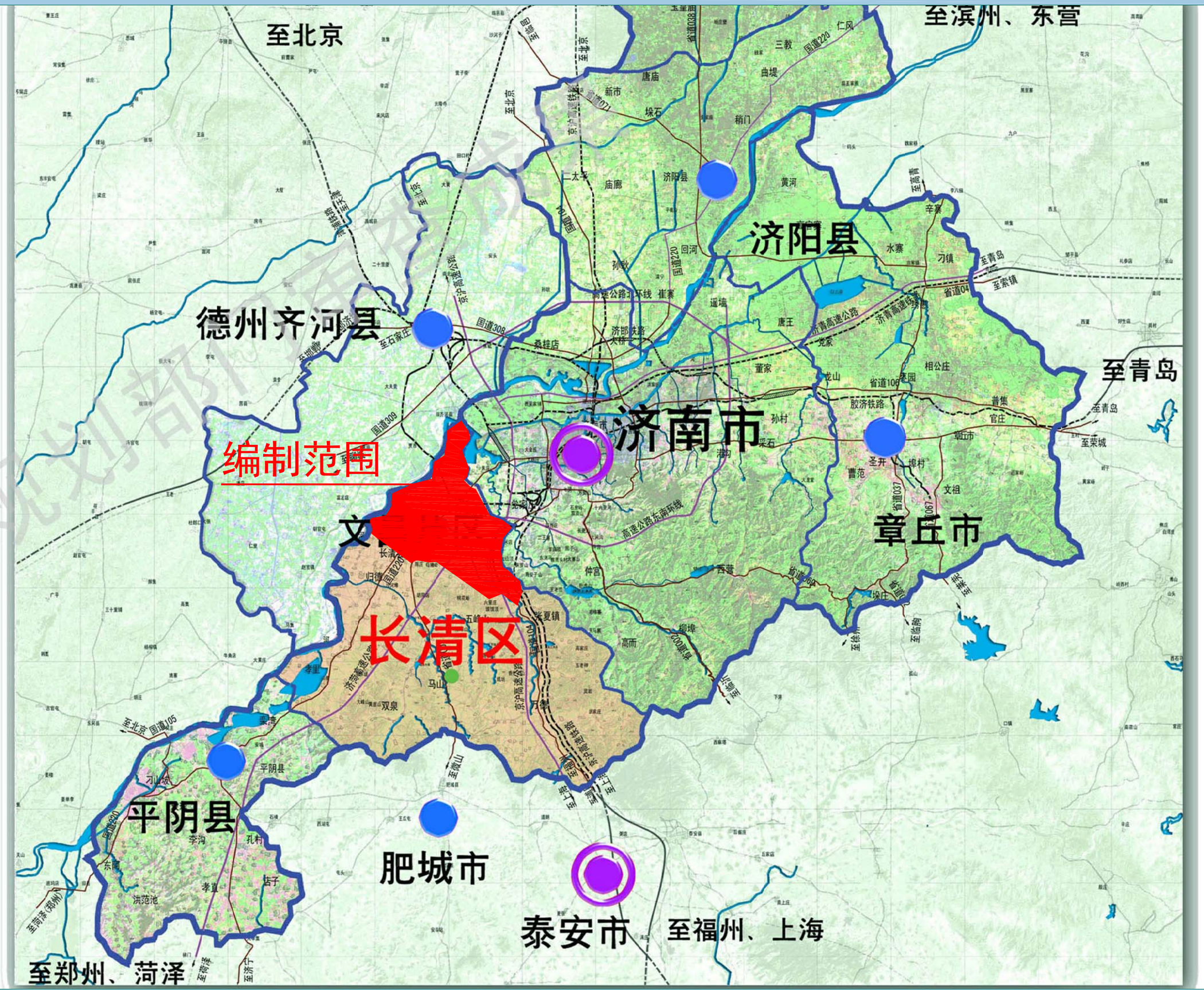
济南市长清区再生水利用规划

（2023—2035 年）

图集

济南市长清区人民政府

2024 年 07 月



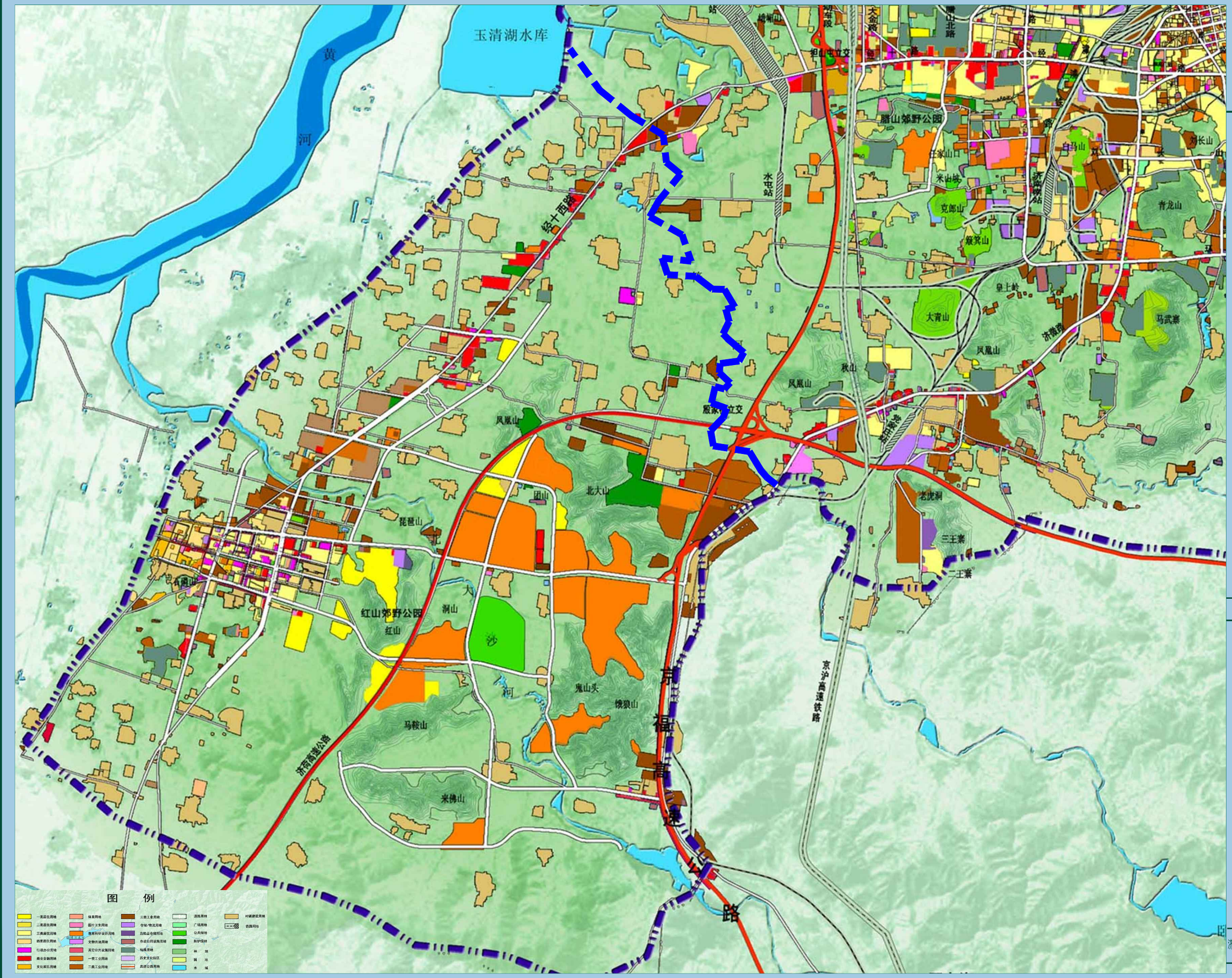
济南市长清区内再生水利用规划

城市区位图

图号	1

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2024.07



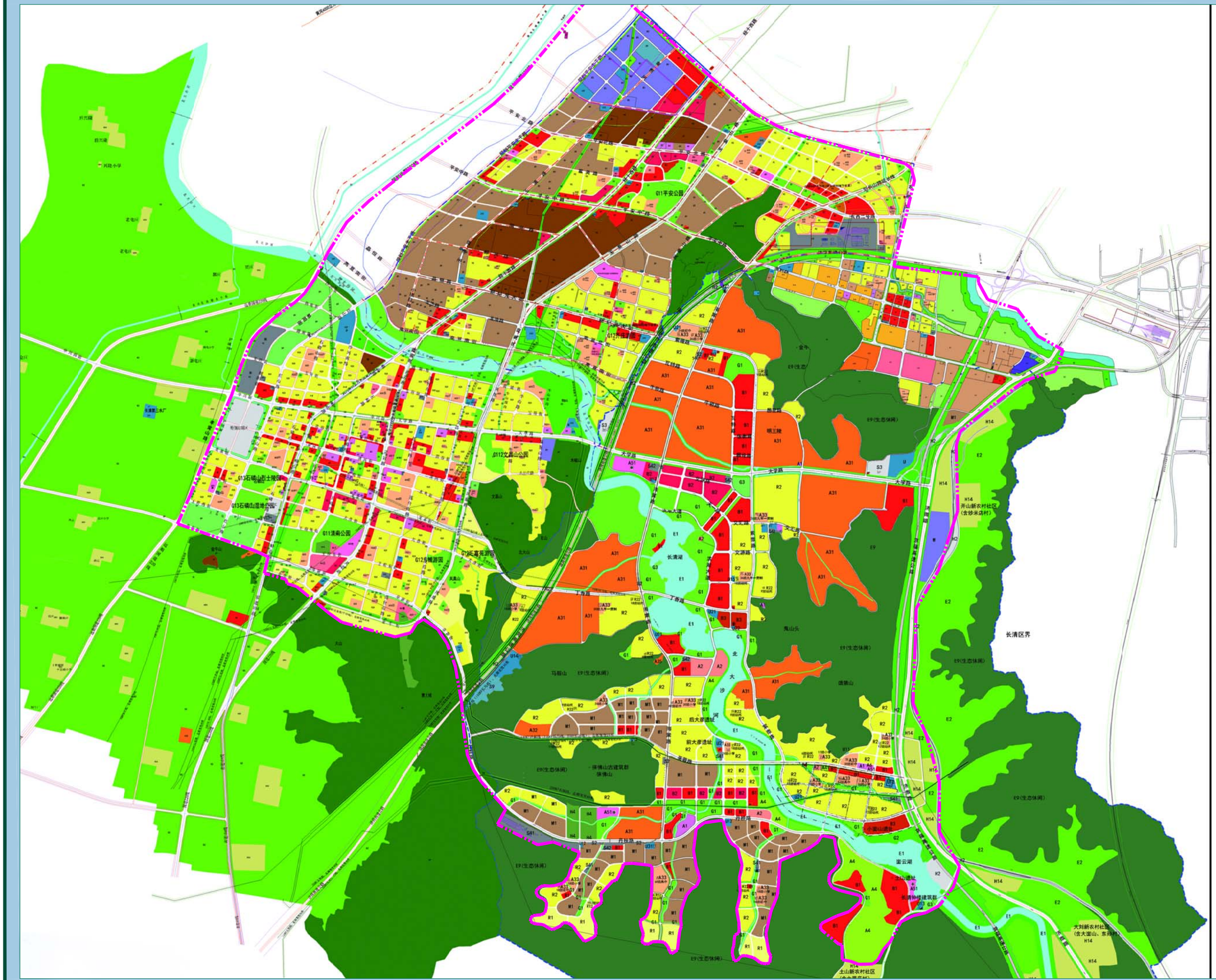
济南市长清区内再生水利用规划

城市用地现状图

图号	2

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2023. 12



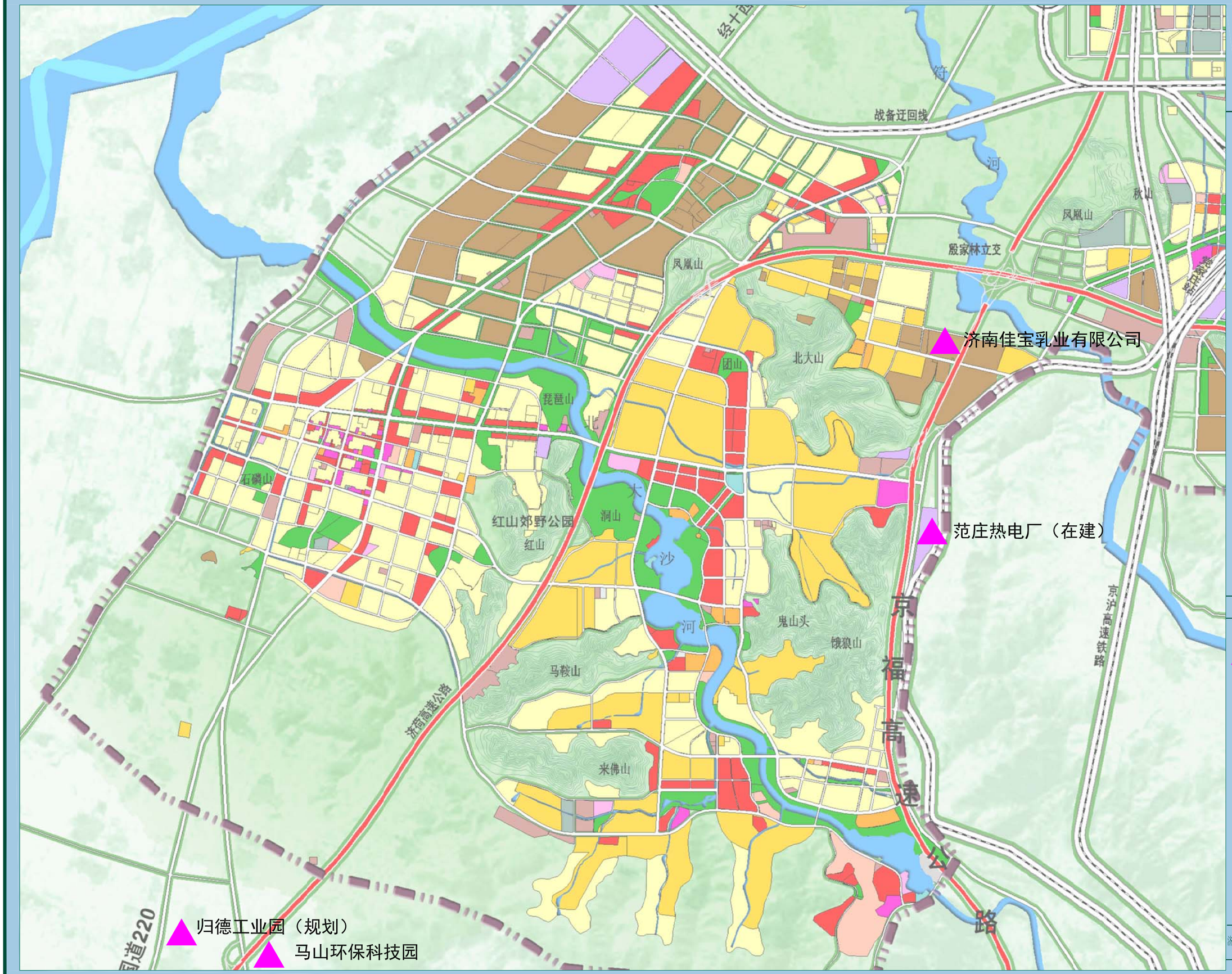
济南市长清区内再生水利用规划

城市用地规划图

图号	3

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2023.12



济南市长清区内再生水利用规划

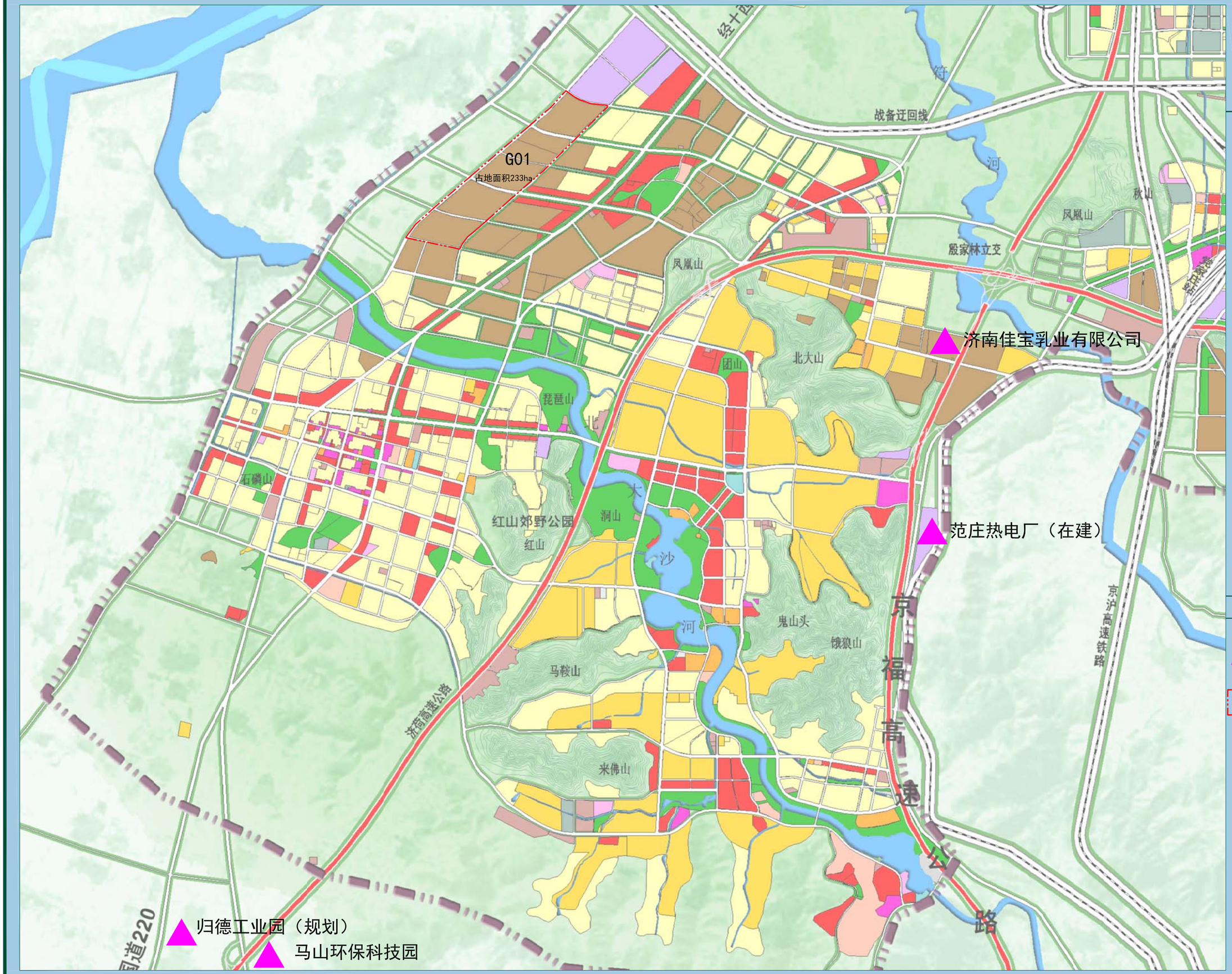
城区主要工业企业分布图

图号	4

▲ 工业企业

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2023.12



济南市长清区内再生水利用规划

城区远期规划工业企业分布图

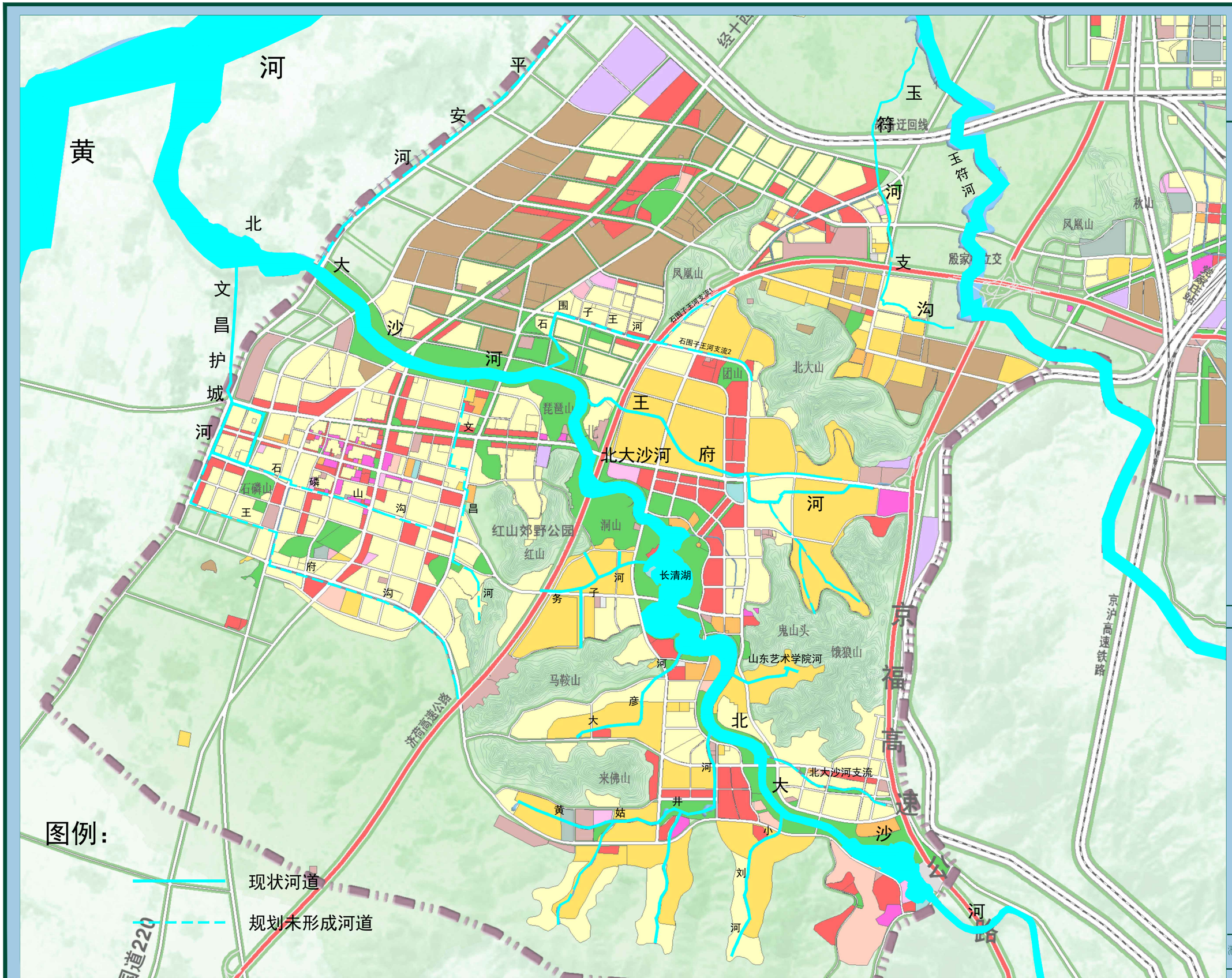
图号	5

工业企业

规划工业地块

济南市长清区内再生水利用规划

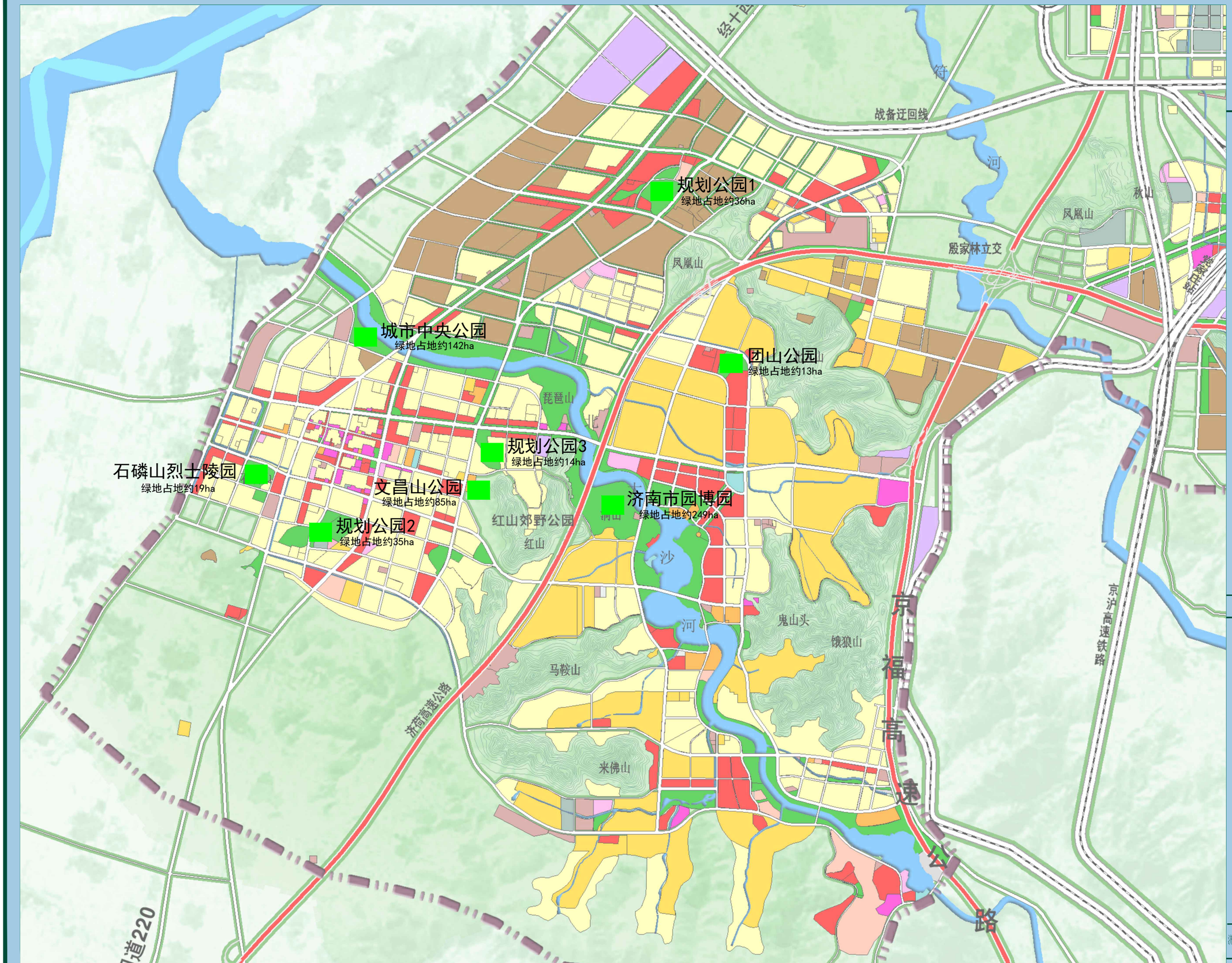
城市主要河湖分布图



图号	6

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2023.12



济南市长清区内再生水利用规划

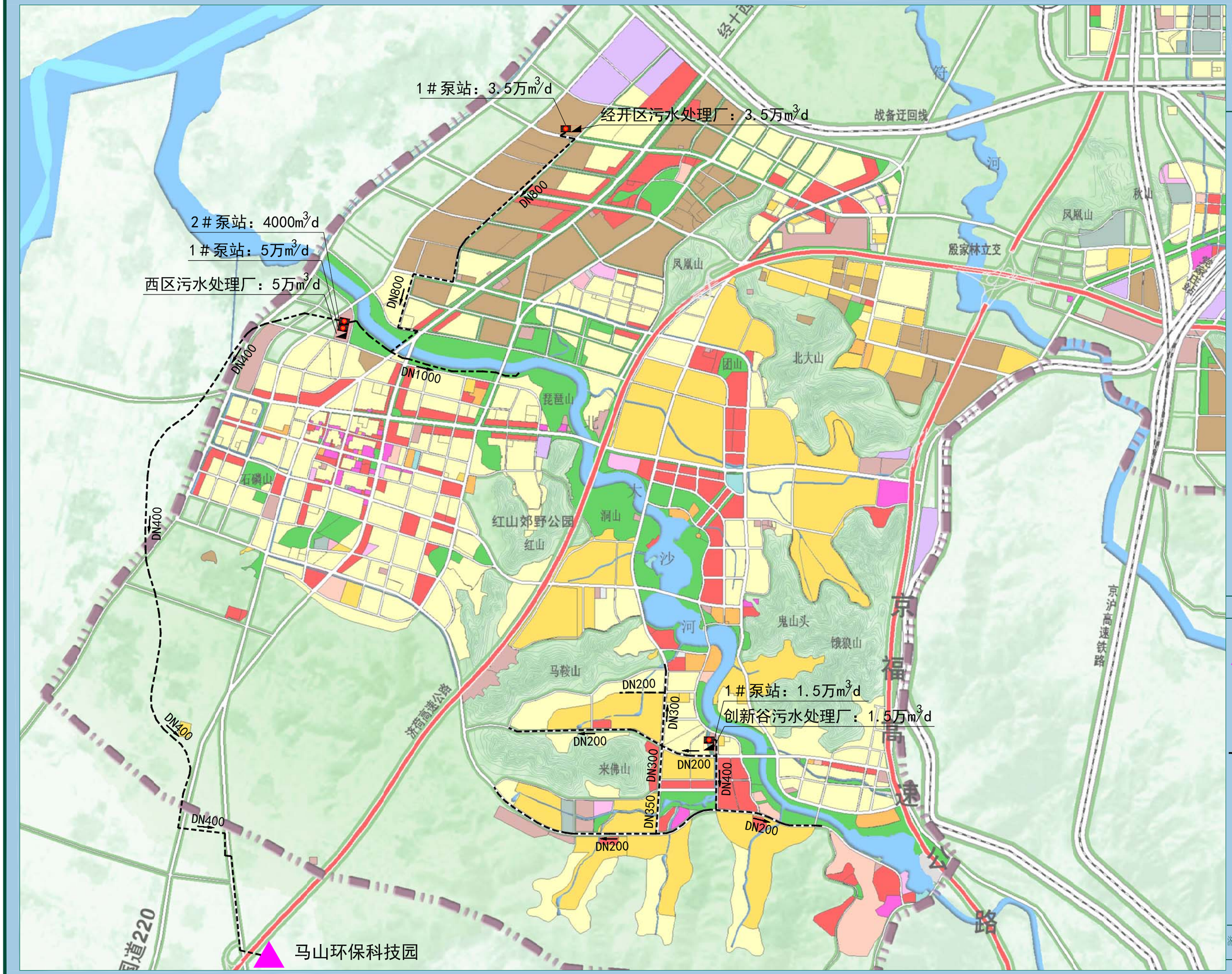
城市主要绿地分布图

图号	7

绿化用地

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2023.12



济南市长清区内再生水利用规划

城区现状再生水系统图

图号	8

工业企业

污水处理厂

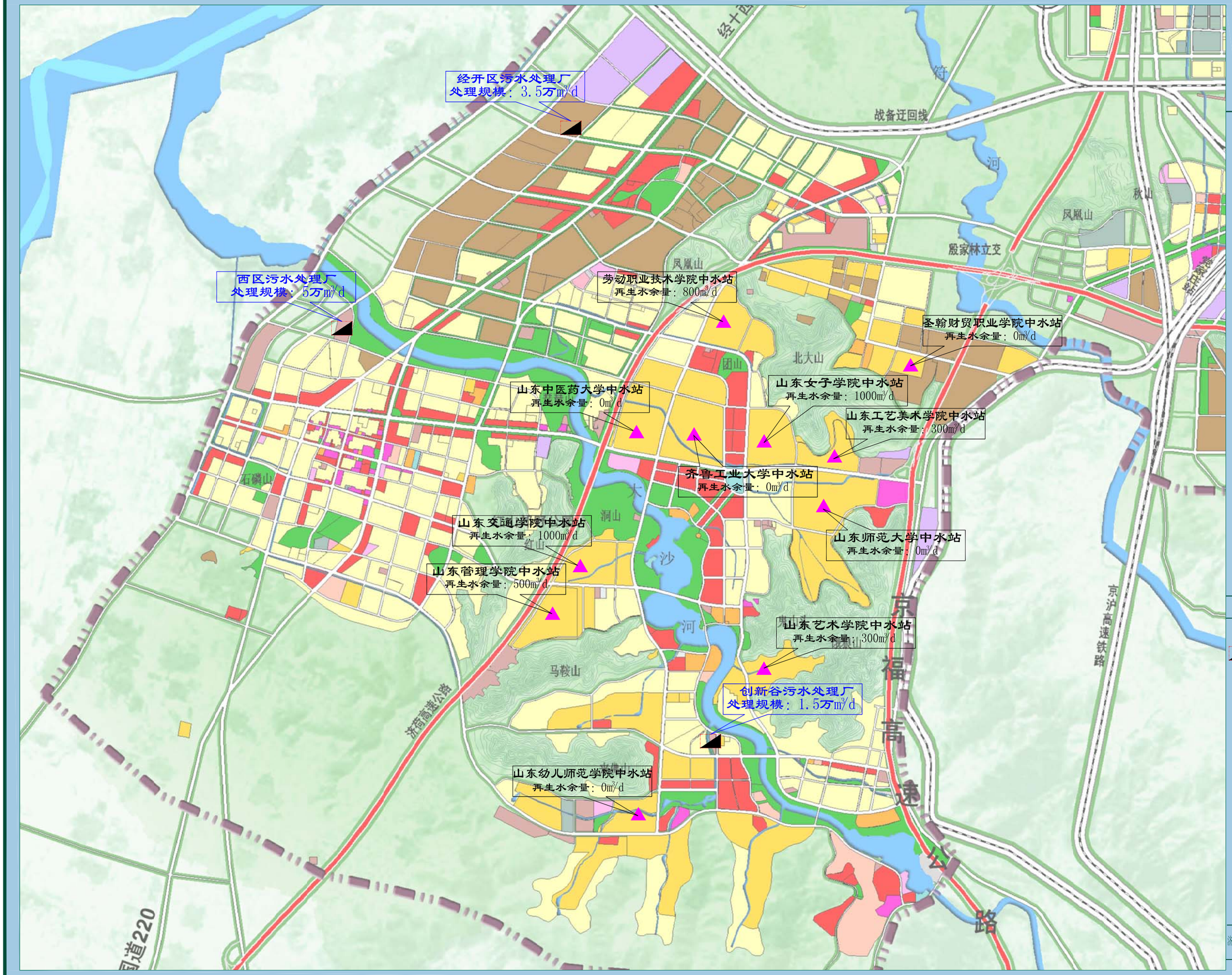
现状再生水泵站

现状再生水管线

管径

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2023.12



济南市长清区内再生水利用规划

城区再生水源分布图

图号	9

◢ 污水处理厂

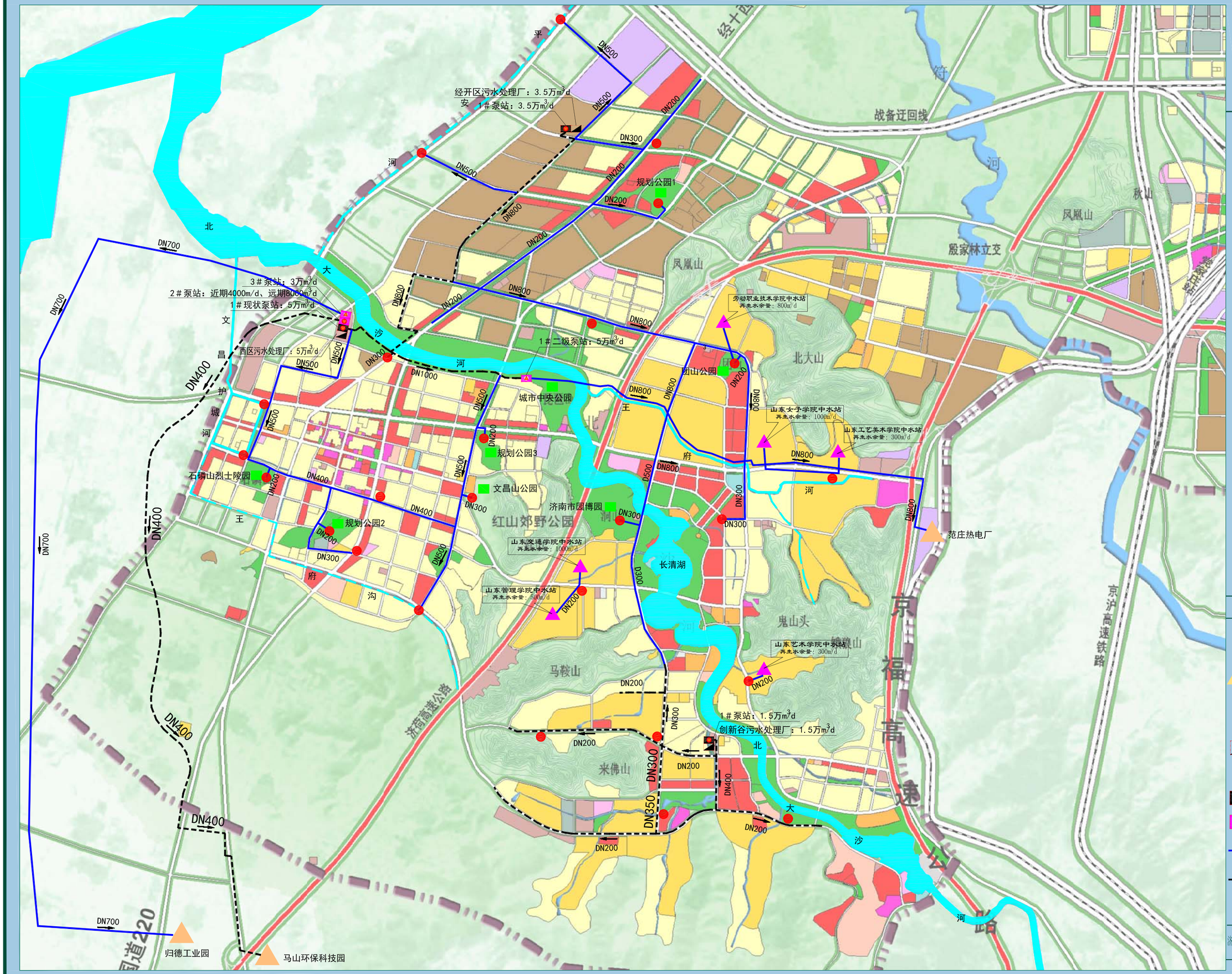
▲ 高校中水站

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2024.07

济南市长清区内再生水利用规划

城区规划再生水系统图



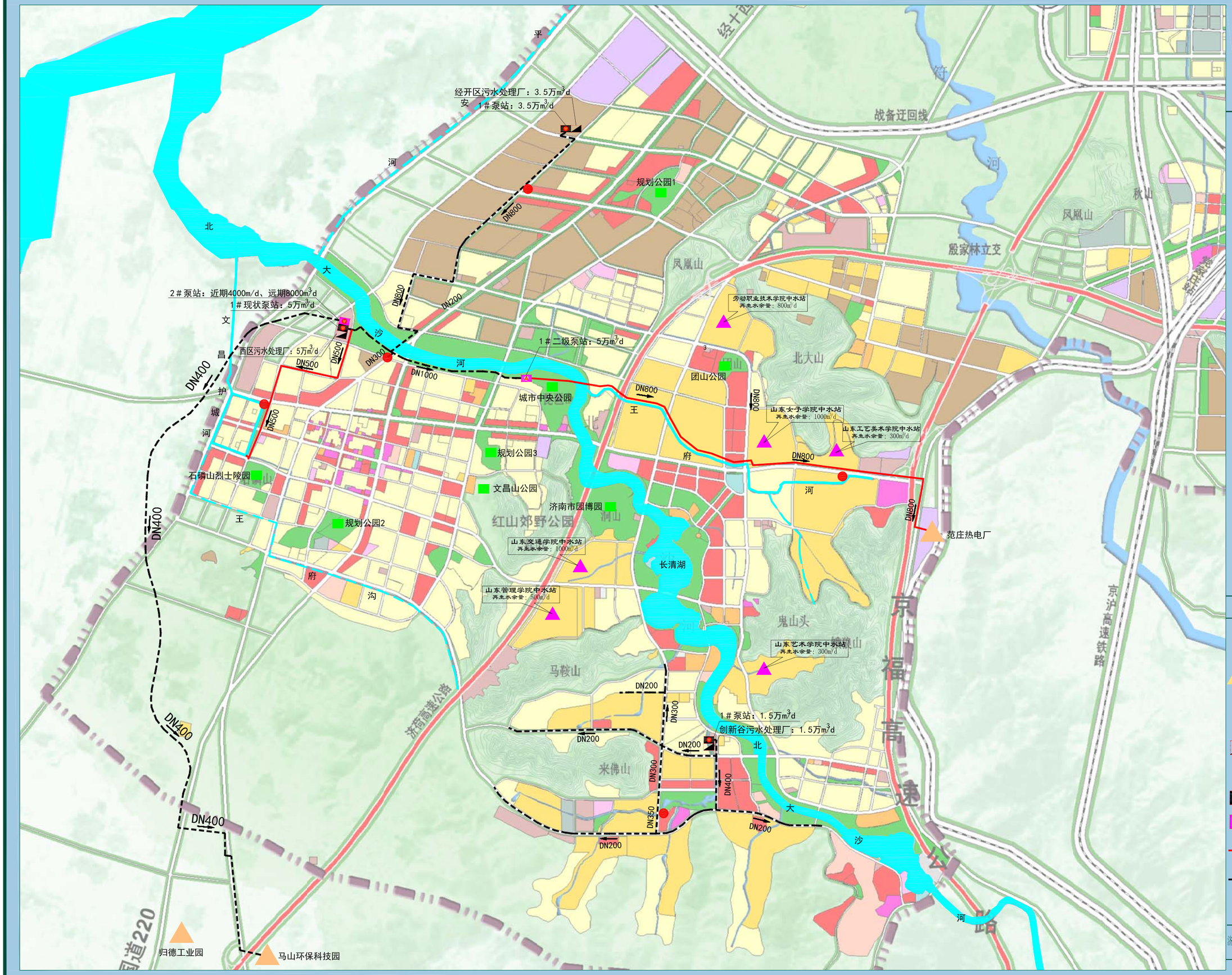
图号 10

图例

- 工业企业
- 绿化用地
- 规划取水点
- 污水处理厂
- 高校中水站
- 现状再生水泵站
- 规划再生水泵站
- 规划再生水管线（管径）
- 现状再生水管线（管径）

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期 2024.07



济南市长清区内再生水利用规划

城区再生水系统图近期建设图

图号	11

图例

- 工业企业
- 绿化用地
- 规划取水点
- 污水处理厂
- 高校中水站
- 现状再生水泵站
- 规划再生水泵站
- 管径 近期建设再生水管线
- 管径 现状再生水管线

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

日期	2024.07