吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030年）

工号：2020-G-064-005

天津市城乡规划设计出图专用章
中国市政工程华北设计研究总院有限公司
甲级　自资规甲字21120027
有效期至2022年12月31日
天津市规划和自然资源局

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

二〇二二年四月

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

董　　事　　长：张　毅

总　　经　　理：吴凡松

主管总（副总）经理：吴凡松

总　工　程　师：李颜强

战略运营部部长：刘　岩

质量管理部部长：张　洁

北京分公司院长：马洪涛

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

北京分公司

审　　定　　人：

主管（副）院长：马洪涛　马洪涛　教授级高工

院总工程师：马洪涛　马洪涛　教授级高工

项目负责人：张伟　张伟　高级工程师

给水排水专业负责人：张伟　张伟　高级工程师

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

参加编制人员

张　伟　　许慧星　　李智奇

项目业主单位

参加编制人员

张宏志　杨　俊　丁生俊　王彦明　马英华　贾春楠

王　丽　买紫薇　马向荣　张自福　许　娟　康丽华

邓朋刚　李珊珊　刘晓娟　郭永利　金　程　王黎瑾

叶冬云

目 录

第1章　规划总论

1.1. 编制背景

1.1.1. 国家层面要求

2013 年 12 月，习近平总书记在中央城镇化工作会议上发表讲话强调:“在提升城市排水系统时要有限考虑把有限的雨水留下来，有限考虑更多利用自然力量排水，建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市。”习近平总书记的讲话第一次提出了建设海绵城市的要求，为全国解决城市水问题指明了方向。

2015 年 10 月，国务院发布《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75 号），为有序推进海绵城市建设提出指导意见，要求采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响，将70%的降雨就地消纳和利用。到 2020 年，城市建成区 20%以上的面积达到目标要求；到 2030 年，城市建成区 80%以上的面积达到目标要求。该文件对海绵城市建设工作的系统性提出了明确要求，同时对于规划的编制也提出了如下要求:

1）科学编制规划。编制城市总体规划、控制性详细规划以及道路、绿地、水等相关专项规划时，要将雨水年径流总量控制率作为其刚性控制指标。划定城市蓝线时，要充分考虑自然生态空间格局。建立区域雨水排放管理制度，明确区域排放总量，不得违规超排。

2）严格实施规划。将建筑与小区雨水收集利用、可渗透面积、蓝线划定与保护等海绵城市建设要求作为城市规划许可和项目建设的前置条件，保持雨水径流特征在城市开发建设前后大体一致。在建设工程施工图审查、施工许可等环节，要将海绵城市相关工程措施作为重点审查内容；工程竣工验收报告中，应当写明海绵城市相关工程措施的落实情况，提交备案机关。

3）完善标准规范。抓紧修订完善与海绵城市建设相关的标准规范，突出海绵城市建设的关键性内容和技术性要求。要结合海绵城市建设的目标和要求编制相关工程建设标准图集和技术导则，指导海绵城市建设。

2016 年 3 月，住建部印发关于《海绵城市专项规划编制暂行规定》的通知，要求各地结合实际，抓紧编制海绵城市专项规划。《规定》明确，编制海绵城市专项规划，应坚持保护优先、生态为本、自然循环，因地制宜、统筹推进的原则，最大限度地减小城市开发建设对自然和生态环境的影响；编制海绵城市专项规划，应根据城市降雨、土壤、地形地貌等因素和经济社会发展条件，综合考虑水资源、水环境、水生态、水安全等方面的现状问题和建设需求，坚持问题导向与目标导向相结合，因地制宜地采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施。

1.1.2. 自治区层面要求

2016 年 4 月，宁夏回族自治区固原市成功入选第二批国家海绵城市建设试点。固原市通过推进海绵城市建设，提炼总结了海绵城市建设过程中的成功经验和做法，形成了一批可复制的经验和案例，对宁夏区域其他城市海绵城市建设具有一定的指导和借鉴作用。结合宁夏地区的气候特点，自治区出台了《海绵城市建设工程技术规程》，实现宁夏地区海绵城市建设标准化模式的输出，提高自治区海绵城市建设水平和工作效率，更好地指导自治区海绵城市的建设工作。

2017 年 12 月，自治区人民政府办公厅印发《关于加快推进海绵城市建设的实施意见》（宁政办发〔2017〕211 号），按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的总体思路，将海绵城市建设纳入城市规划建设管理全过程，科学规划、统筹实施，试点先行、整体提升，综合运用源头减排、过程控制等多种手段，科学推进海绵型建筑和小区、海绵型道路和广场、海绵型公园绿地、排水防涝设施、水系保护和修复等重点项目建设，有效控制雨水径流，构建自净自渗、蓄泄得当、排用结合的城市良性水循环系统，提升城市水源涵养能力和供水保障能力，缓解雨洪内涝压力，构建

和谐宜居的城市生态环境。

2020 年 7 月 21 日，为深入贯彻黄河流域生态保护和高质量发展国家战略，强化水资源最大的刚性约束，以水资源节约集约利用，保障生态保护和高质量发展，中共宁夏回族自治区委员会印发《关于建设黄河流域生态保护和高质量发展先行区的实施意见》，明确提出到 2025 年，海绵城市建成区达 40%。

1.1.3. 城市功能定位与海绵城市之间的关系

吴忠市地处宁夏中部，坐落在中华民族的“母亲河”——黄河之滨，是宁夏引黄灌区的菁华之地，是沿黄城市带核心区次中心城市、银川都市圈核心城市、新丝绸之路经济带重要的节点城市、新亚欧大陆桥沿线的区域性商贸城市。经过多年的建设和发展，形成了鲜明的城市优势和特色。

吴忠市地处黄河之滨，“双城拥岸，河渠绕廓”，是黄河流域生态保护和高质量发展先行区，必须牢固树立“绿水青山就是金山银山”理念。同时，适逢吴忠市成功入围全国城市黑臭水体治理示范城市，为了改善城区范围内的黑臭水体、水资源短缺、生态环境治理等问题，结合海绵城市建设，树立生态文明建设理念，打造滨河生态水韵城市。根据《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75 号）、《自治区人民政府办公厅关于关于加快推进海绵城市建设的实施意见》（宁政办发〔2017〕211 号）和《海绵城市专项规划编制暂行规定》（建规〔2016〕50 号）的要求，编制《吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）》，制定吴忠市海绵城市建设的总体原则、目标，摸索适合吴忠市特点、能够解决实际问题的海绵城市建设模式。按照自治区《海绵城市建设工程技术规程》，综合运用渗、滞、蓄、净、用、排等措施，开展海绵城市试点建设，积极探索不同类型的海绵城市建设方法，奠定海绵城市建设基础。

基于现场调研与项目梳理的基础上，明确改造地块与道路、新建地块与道路，以解决吴忠市改善水文循环、解决黑臭水体、提质增效为抓手，从水生态、水环境、水安全、水资源四个方面进行目标确定，并通过模型分析等方法评估与校核，明确海绵城市各类指标，细化海绵城市开发规划设计要点，综合应用“渗、滞、蓄、净、用、排”技术措施，系统统筹解决吴忠市城区水生态、水环境、水安全和水资源方面的问题，构建一整套海绵城市建设管控体系，作为各级城市规划及相关专项规划编制的参考，为吴忠市海绵城市建设提供规划管控指标，为建设项目可研、初设提供依据，以保证海绵城市建设的顺利开展。

1.2. 规划范围及期限

1.2.1. 规划范围

本次规划范围为吴忠市中心城区，东至银西高铁，西至黄河东岸，南至古青高速，北至大古铁路。规划区总面积约 110 平方公里，规划建设用地面积约 80 平方公里。

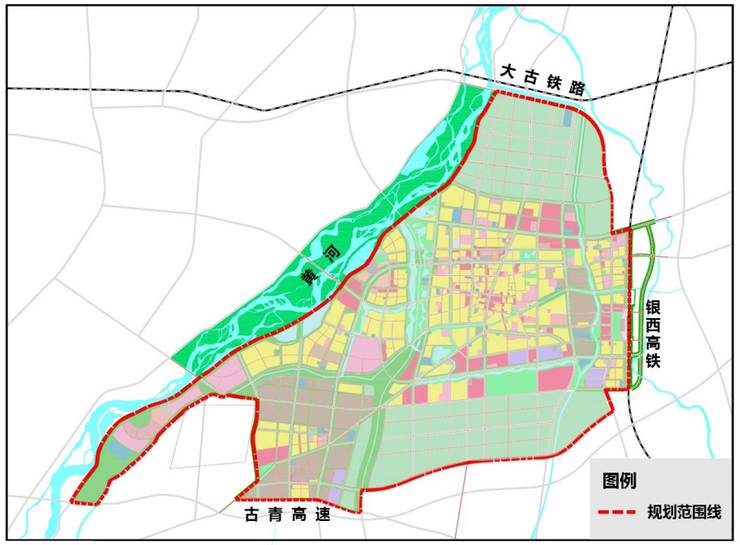


图 1-1 规划范围示意图

1.2.2. 研究范围

由于规划区位于南干沟、清水沟流域下游，在进行水安全、水环境等方面规划中，需从全流域角度分析上游流域的来水水量和水质对规划区水安全、水环境等方面的影响，因此本规划研究范围拓展至南干沟和清水沟全流域，总面积 279 平方公里。

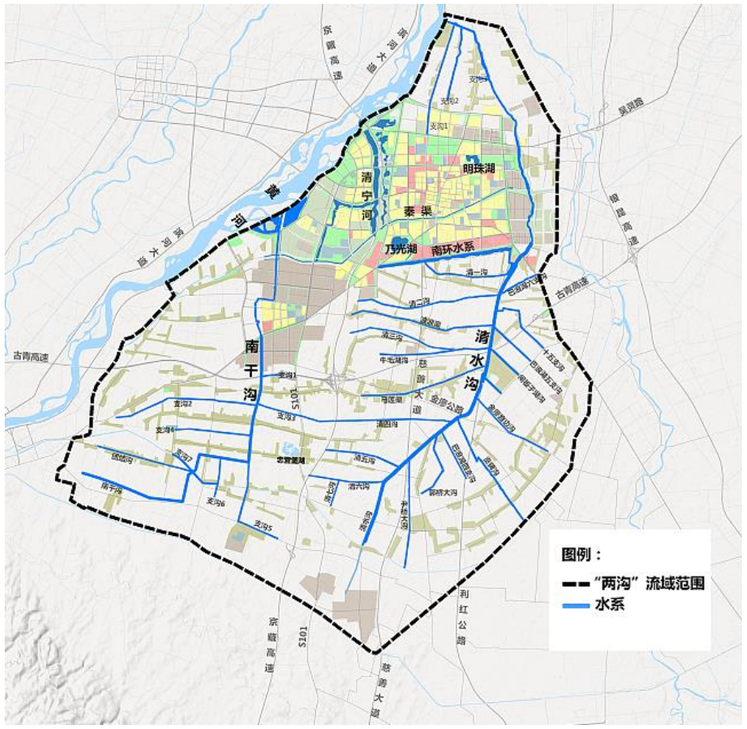


图 1-2 研究范围示意图

1.2.3. 规划期限

2020-2030 年，其中近期 2020-2025 年，远期 2026-2030 年。

1.3. 规划原则

（1）生态优先、自然循环的原则

落实低影响城市开发建设要求，充分发挥吴忠市城区原始地形地貌对降雨的积存作用，植被、土壤等自然下垫面对雨水的渗透作用，湿地、水体等对水质的自然净化作用，在确保城市排水防涝安全的前提下，最大限度地实现雨水在城市区域的自然积存、自然渗透、自然净化。

（2）规划引领、因地制宜的原则

综合考虑吴忠市自然地理条件、水文地质特点、生态环境保护要求和经济社会发展水平等因素，科学编制实施海绵城市等相关规划，完善技术标准规范，合理确定海绵城市建设目标和相关控制指标，因地制宜推进海绵城市建设。

（3）统筹推进、经济高效的原则

要依据城市总体规划，充分考虑中远期城市发展目标和规模，合理确定海绵城市建设总体方案，统一规划，分期实施。要坚持"三同步"原则，新建、改建、扩建工程均应进行低影响开发设计和建设，相关工程应与主体工程同步设计、同步施工、同步投入使用。

1.4. 规划依据

1.4.1. 法律法规

1）《中华人民共和国水法》（2016 修正）

2）《中华人民共和国水污染防治法》（2017 修正）

3）《城镇排水与污水处理条例》（国务院令第 641 号）

4）《中华人民共和国防洪法》（2016 修正）

5）《中华人民共和国防汛条例》（2011 年修订）

6）《中华人民共和国河道管理条例》（2018 年修订）

7）《中华人民共和国城乡规划法》（2019 修正）

8）其他相关法律法规

1.4.2. 国家、自治区文件

1）《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36 号）

2）《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》（国办发〔2013〕23 号）

3）《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75 号）

4）《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》（国发〔2015〕17 号）

5）《水利部关于印发推进海绵城市建设水利工作的指导意见的通知》（水规计〔2015〕321 号）

6）《住房城乡建设部办公厅关于印发海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）的通知》（建办城函〔2015〕635 号）

7）《住房城乡建设部关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知》（建规〔2016〕50 号）

8）《中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》（中发〔2016〕6 号）

9）《国务院办公厅关于加强城市内涝治理的实施意见》（国办发〔2021〕11 号）

10）《关于开展系统化全域推进海绵城市建设示范工作的通知》（财办建〔2021〕35 号）

11）《国家发展改革委 住房城乡建设部关于印发城镇生活污水处理设施补短板强弱项实施方案的通知》（发改环资〔2020〕1234 号）

12）《国家发展改革委 住房城乡建设部关于印发“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划的通知》（发改环资〔2021〕827 号）

13）《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13 号）

14）《自治区人民政府办公厅关于关于加快推进海绵城市建设的实施意见》（宁政办发〔2017〕211 号）

15）国家、自治区其他相关政策文件

1.4.3. 标准、规范

1）《防洪标准》（GB 50201-2014）

2）《城镇内涝防治技术规范》（GB 51222-2017）

3）《城镇雨水调蓄工程技术规范》（GB 51174-2017）

4）《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》（GB/T 51187-2016）

5）《城市排水工程规划规范》（GB 50318-2017）

6）《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）

7）《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》（GB 50400-2016）

8）《城市居住区规划设计标准》（GB 50180-2018）

9）《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169-2012）

10）《城市道路工程设计规范》（CJJ 37-2012）（2016 年版）

11）《公园设计规范》（GB 51192-2016）

12）《城市绿地设计规范》（GB 50420-2007）（2016 年版）

13）《城市水系规划规范》（GB50513-2009）（2016 年版）

14）《城乡建设用地竖向规划规范》（CJJ83-2016）

15）《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）

16）《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）

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

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

19）《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005）

20）宁夏地标《海绵城市建设工程技术规程》（DB64/T 1587-2019）

21）《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》

22）其他相关标准规范

第2章　城市基本条件

2.1. 城市概况

2.1.1. 区位条件

吴忠市位于黄河上游，宁夏回族自治区中部，东经 106°05′-106°22′，北纬 37°00′-38°08′。南接固原市，北靠银川市，西南连中卫市，东临陕西省榆林市，东北、西北与内蒙的鄂尔多斯市和阿拉善盟相连，东南与甘肃省庆阳市接壤。境内京藏、福银高速公路纵贯南北，青银、定武高速横穿东西，吴灵青一级公路连接利通区和青铜峡、灵武两市。

吴忠市市域土地总面积 2.07 万平方公里，占全自治区土地总面积的 28.4％。下辖利通区、青铜峡市、盐池县、同心县、红寺堡开发区 5 个县（市、区）。利通城区是吴忠市人民政府所在地，位于市域西北部，北距自治区首府银川市 58 公里，距银川河东机场约 46 公里，是全市政治、经济、文化中心，是历史悠久的塞上古城。

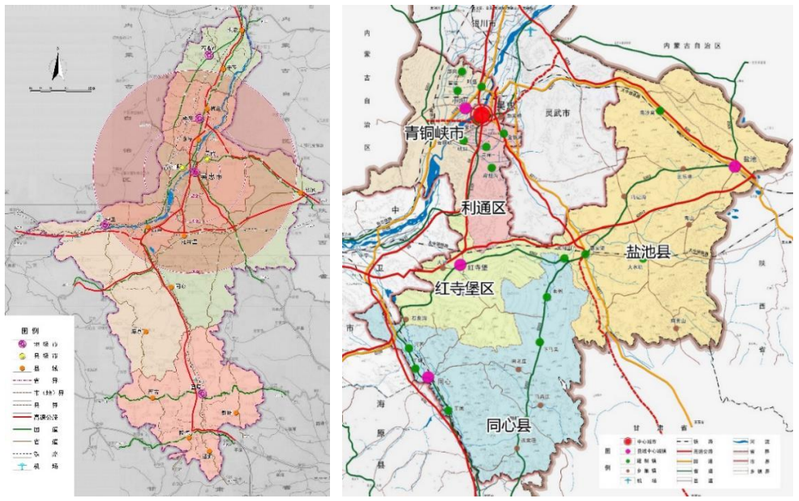


图 2-1 吴忠市区位图

利通区东北邻灵武市，南与红寺堡区交汇，西接青铜峡市。境域东西宽约 27.5 公里，南北长约 63.0 公里，土地总面积 1657.1 平方公里。利通区城市建成区范围为东至清水沟、北至朔方路、西至滨河大道、南至金积大道、金积镇，现状建成区面积 58 平方公里。

2.1.2. 社会经济

吴忠市辖利通区、青铜峡市、盐池县、同心县、红寺堡开发区 5 个县（市、区）。2020 年末全市户籍总人口 143 万人。

根据《吴忠市 2020 年国民经济和社会发展统计公报》，2020 年全市实现地区生产总值 621.77 亿元，按可比价格计算，比上年增长 6.2%。分产业看，第一产业实现增加值 85.10 亿元，增长 4.3%；第二产业实现增加值 273.02 亿元，增长 8.8%；第三产业实现增加值 263.65 亿元，增长 3.9%。三次产业结构为 13.7:43.9:42.4。按常住人口计算，预计全市人均地区生产总值 43710 元，按可比价格增长 6.0%。

2.2. 自然本底

2.2.1. 气候特征

吴忠市地处宁夏平原，为牛首山的北麓，属典型的大陆性气候，四季分明、气候干燥、蒸发强烈、降水集中，主要特点是：春旱多风，升温快，蒸发量大；夏季炎热，雨量集中；秋季短暂，降温快；冬季干冷少雪。

吴忠市多年平均降水量 194mm，多年平均水面蒸发量 1813.3mm，干旱指数 6.0。全年日照时间长。光照充足，太阳辐射强烈，日照时数长，多年平均日照时数 2800~3200 小时。多年平均气温 8.7ºC，无霜期平均 167 天，风大沙多是该地区主要灾害性天气，全年大风天数（超过八级大风）平均为 3.5 天，年平均沙暴日数为 3.2 天，多发生在 4、5 月。冬春季多盛行西北风和东北风，夏秋季多东南风。

（1）降雨特征

1988 年-2018 年，吴忠市多年平均降雨量 194 毫米。吴忠市降雨次数少，间隔长。暴雨年内分布不均，持续时间短、强度较大；各年发生暴雨次数不等，一般集中在每年的 6～9 月，其中 7、8 两个月发生次数占全年的 80%以上。

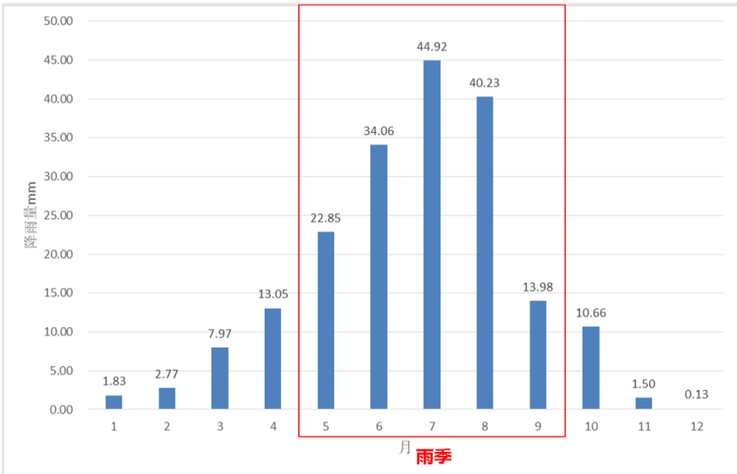


图 2-2 吴忠市近 30 年（1988-2018）月均降雨分布图

1988 年-2018 年，吴忠市日降雨量大于 2 毫米的天数年均 21 天，日降雨量大于 5 毫米的天数年均 11 天，日降雨量大于 10 毫米的天数年均 5.6 天，日降雨量大于 15 毫米的天数年均 3.1 天，日降雨量大于 20 毫米的天数年均 1.6 天，日降雨量大于 24 毫米的天数年均 1 天，日降雨量大于 30 毫米的天数年均 0.5 天，日降雨量大于 40 毫米的天数年均 0.2 天。近 30 年最大日降雨量 52.7 毫米。

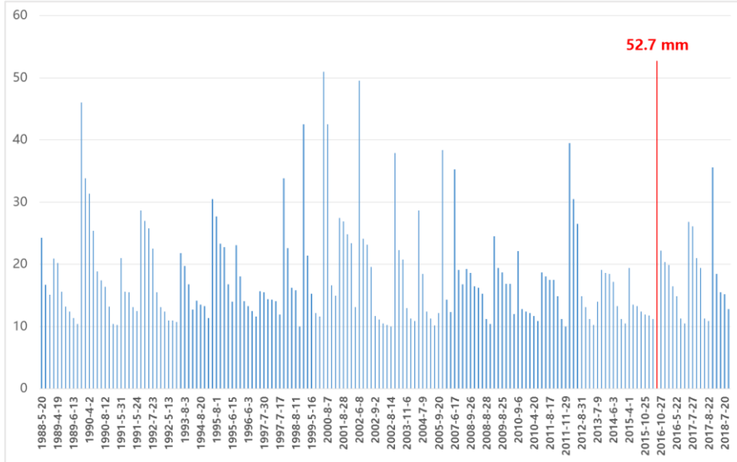


图 2-3 吴忠市近 30 年（1988-2018）10 毫米以上日降雨分布图

（2）降雨典型年

通过对吴忠市 1988-2018 年降水观测数据统计分析，30 年的年平均降水量为 194mm。首先，选取与均值差异不超过 10%的年份，即年降雨量在 175mm 至 213mm 间的年份，分别为 1998 年、2003 年、2007 年、2008 年、2009 年、2018 年。

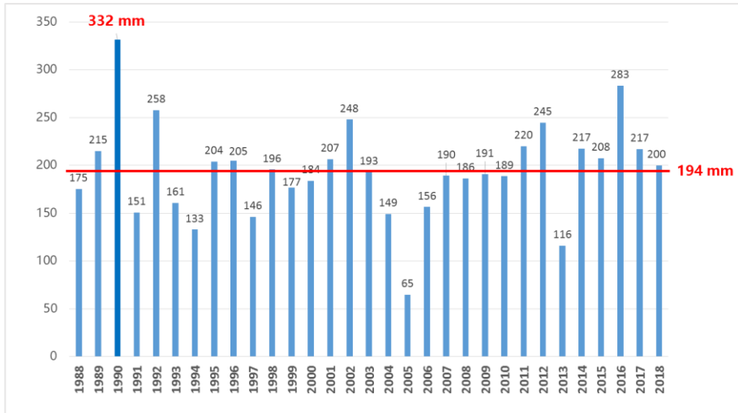


图 2-4 吴忠市近 30 年（1988-2018）年降雨量分布图

其次，对各入选年份的降雨月均值进行比较，选取与多年平均月降雨量较为接近的年份，即 1998 年和 2003 年。

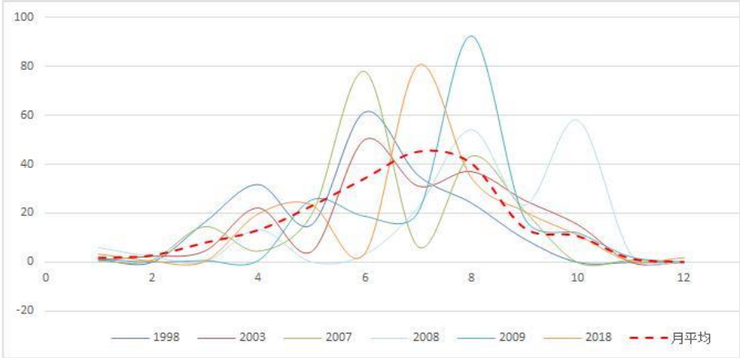


图 2-5 吴忠市月降雨量分析图

典型年取 50%频率下的年降雨量总量与实际年降雨量总量最接近的年份，并进行缩放即可较好反应出典型年内的降雨分布规律。依据吴忠市 1988—2018 年共计 30 年降雨资料进行降雨频率分析，采用 P-III 型作为频率分布线型，年降雨量频率曲线如下图，通过综合分析，与 50%频率年降雨总量 192.70mm 最接近的年份为 2003 年。

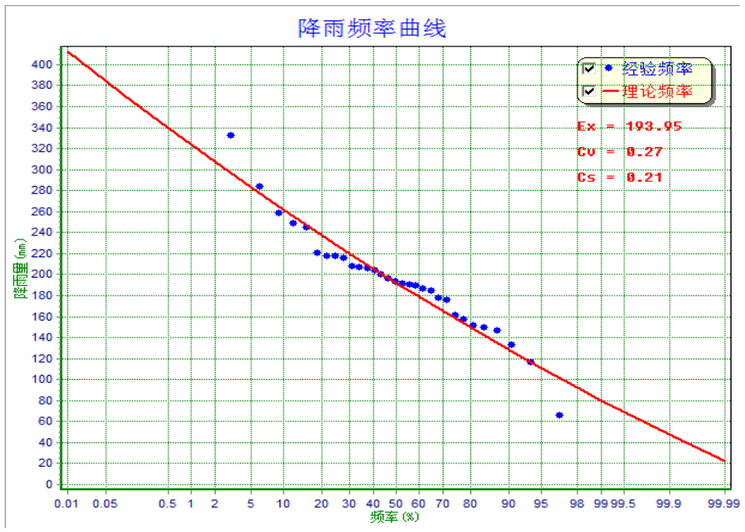


图 2-6 年降雨量分析成果

最终确定降雨典型年为 2003 年，降雨总量 192.7mm，每月降雨量详见下表。

表 2-1 典型年月降雨统计表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
降雨量（mm）	1.1	2.4	4.6	22.1	4.3	49.8	31	36.9	25.2	15.3	0	0

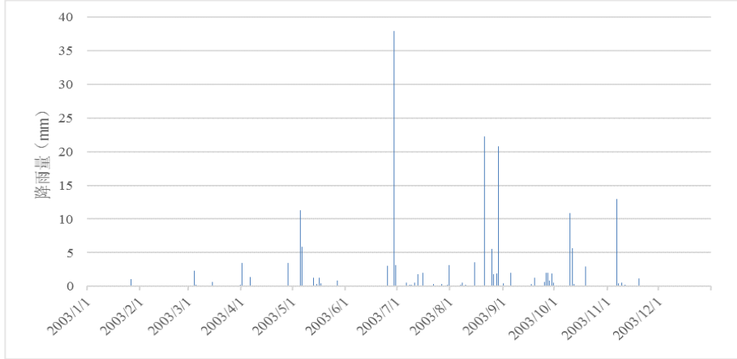


图 2-7 典型年（2003 年）降雨过程曲线

（3）设计雨型

本规划中选取 2h 的短历时降雨和 24h 的长历时降雨雨型用于模型评估分析。

城市排水管网设计一般采用短历时降雨，管网设计汇水时间和管内流行时间累计一般不超过 2h，因此，采用短历时（降雨历时取 2h）降雨设计和校核雨水管网规模。内涝评估方面，通常采用长历时（降雨历时 24h）降雨分析用于内涝防治的设计。

1）雨强度公式

根据《室外排水设计规范》规定并参考《吴忠市城市排水（雨水）防涝综合规划（2013-2030）》，本规划中采用暴雨强度公式如下：

$$q = \frac{551.4\,(1+0.584\mathrm{Lg}P)}{(t+11)^{.669}}\ (\mathrm{L/s\cdot ha})$$

q——暴雨强度计算值（L/（s·hm^2））;

t——降雨历时（min）;

2）短历时设计雨型

本规划中设计暴雨以芝加哥降雨过程线为基础，生成吴忠市各种降雨重现期条件

（1 年一遇、2 年一遇、3 年一遇、5 年一遇）的短历时（降雨历时 2h）降雨曲线，雨峰系数 r 为 0.3，如下图。

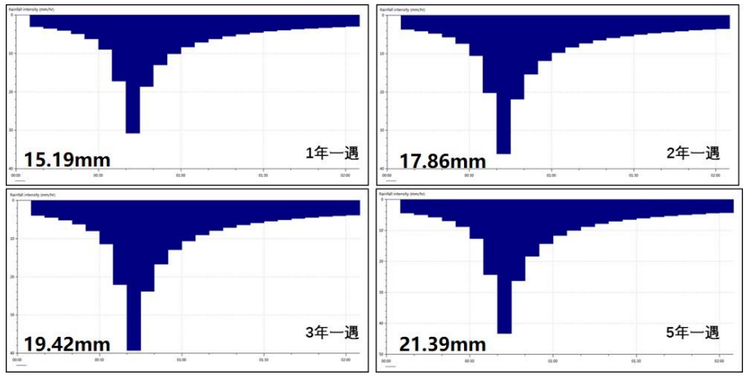


图 2-8 短历时设计雨型

3）长历时降雨雨型

考虑到管网充满情况会影响整个排水系统的排水能力，因此，采用长历时（降雨历时 24h）降雨分析用于内涝防治的设计，按照设计雨型进行分配得出设计降雨过程，以供产流、汇流计算推求设计洪水。经过分析吴忠市 20 年一遇 24 小时降雨量为 43.1 毫米，具体雨型如下图。

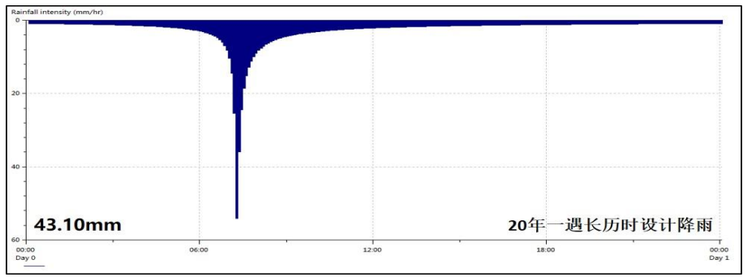


图 2-9　20 年一遇设计降雨过程图

（4）年径流总量控制率及对应设计降雨

依据住建部发布的《海绵城市建设技术指南》，对年径流总量控制率提出统一的要求。对我国近 200 个城市 1983-2012 年日降雨量统计分析，分别得到各城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量值关系。基于上述数据分析，将我国大陆地区大致分为五个区，并给出了各区年径流总量控制率 α 的最低和最高限值。其中吴忠市位于 I 区，年径流总量控制率范围为 85%≤ α ≤90%，，对应的设计雨量 14.5-18 毫米。

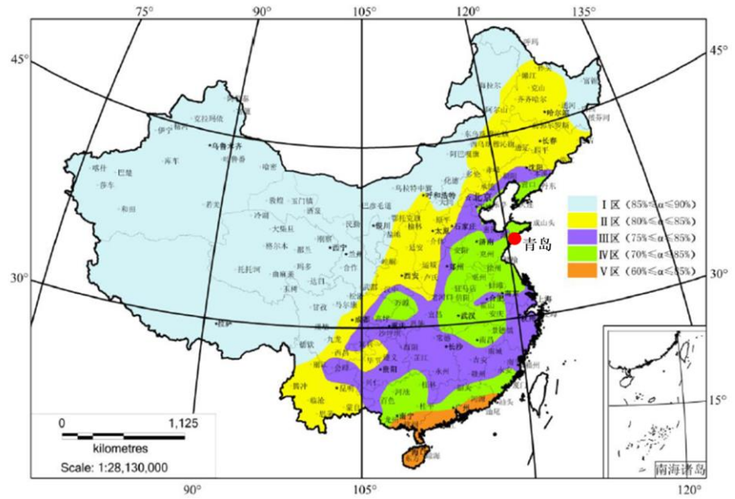


图 2-10 我国大陆地区年径流总量控制率分区图

通过对吴忠市 1988-2018 年日降水数据统计分析，得出吴忠市不同年径流总量控制与对应设计降雨量的关系。

表 2-2 吴忠市年径流总量控制率与设计降雨量对应表

年径流总量控制率	70%	75%	80%	85%	90%	95%
设计降雨量（mm）	9	10.2	12.1	14.5	18	24.2

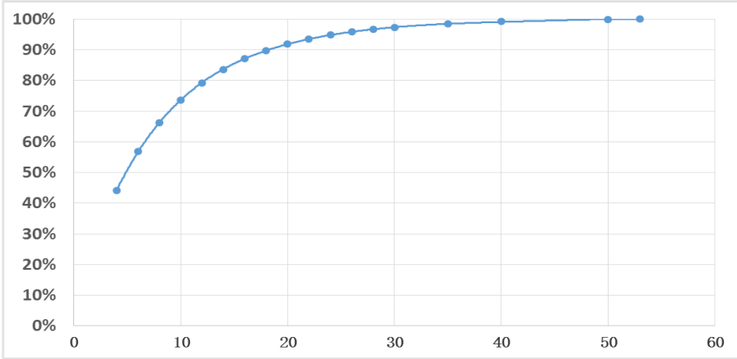


图 2-11 吴忠市年径流总量控制率与设计降雨量对应关系曲线图

2.2.2. 地形地貌

吴忠市市域地势南高北低，北部为黄河冲击平原，平均海拔 1125.8 米，南部为牛首山及罗山余脉汇合而成的黄土丘陵地带，最高点为大罗山好汉疙瘩，海拔 2624 米。

规划区及周边属于银川平原，地势较为平坦，地形整体趋势为西南高，东北低。平均海拔 1120~1140，最低海拔 1070.68，最高海拔 1168。

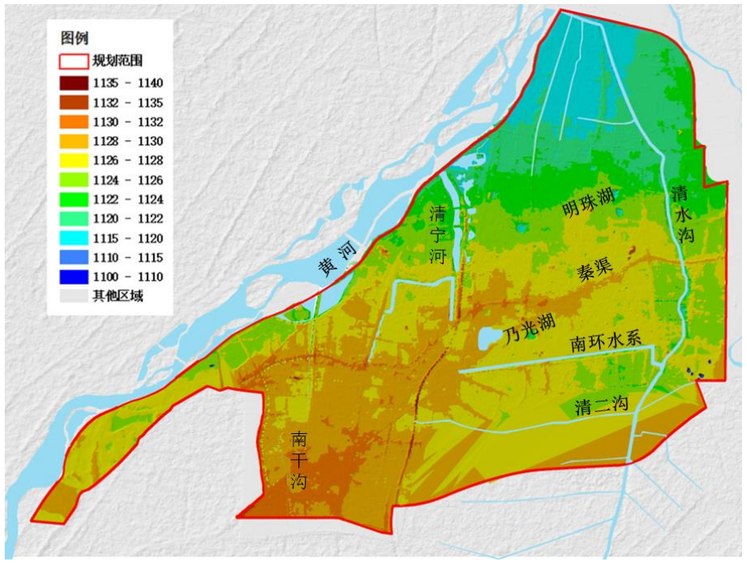


图 2-12 吴忠市规划区高程图

2.2.3. 地下水特征

吴忠市地下水主要为第四系松散沉积物中的孔隙水，水文地质条件明显受地层结构控制——贺兰山东麓洪积倾斜平原以东，由单一的碎石土地层结构渐变为砂土与黏性土、粉土互层的多层结构，使得地下水由单一的潜水渐变为多层结构的潜水～承压水。

地下水的径流受到了地形、岩性、水系、沟渠等自然和人为因素的综合影响，在贺兰山东麓洪积倾斜平原区，地下水整体上从西向东径流，水力坡度较大，在 0.8～1.5‰之间；在冲洪积平原区，地下水几乎处于滞流状态。

农田灌溉水是影响银吴平原潜水地下水位的主要因素。每年冬灌和夏秋灌期间会出现两个水位高峰期，冬灌时间为 11 月中旬，潜水位在 11 月底至 12 月初出现一次水位高峰期；夏灌于每年 4 月下旬开始，之后潜水位普遍上升，6～8 月又出现一次水位高峰。银吴平原第一承压含水层和第二承压含水层有密切的水力联系，在每年 5～9 月的大量开采期，地下水位较低，其它时间则相对较高，年变幅在 1.5m 左右。

规划区地下水的补给、径流和排泄除了受到地质、地貌、构造、岩性条件及气象、水文等因素的影响外，由于城市建设的快速发展，还极大程度受到了人为因素的影响。规划区位于黄河东岸灌区，地下水静水位埋深：-3.9～-6.4 m，丰水期与枯水期水位升降幅度在 0.5～1 m 左右。

2.2.4. 土壤特征及渗透性

规划区在地貌上属黄河冲积平原 II 级阶地，地层自上而下为人工填土及第四系冲积相黏性土、粉土和砂土层，土壤渗透性较强。根据地勘资料统计，地层分层及土壤渗透性如下。

1、人工填土（Q4ml）：本层黄褐色～灰褐色，以低液限黏土（软度-可塑）为主，低液限粉土（干-稍湿，稍密）次之。本层中包含物较少，含少量白灰、砖屑、炭屑和

根系等，有机含量较小，土质较杂，无层理，局部土粒呈团粒状。局部地段上层含较多碎砖砼块，素填土形成时间大于 10 年。

2、低液限黏土（Q4al+l）：本层土黄褐～灰褐色，可塑（局部硬可塑），无明显的层理特征，土质较均匀，局部夹薄层粉土及细砂（厚度小于 30cm），稍有光泽，切面光滑，干强度中等，韧性中等，属中高压缩性土层，该层分布不连续。

3、细砂（Q4al）：本层土黄褐～灰褐色，中密-密实，饱和，成分以长石、石英、云母为主，局部夹粉土薄夹层或透镜体，低压缩性。

4、圆砾（Q4al）：本层土灰黄色～杂色，很湿～饱和，稍密～密实，中密为主；该层以圆砾为主，局部夹厚度 0.10～0.40m 的细砂及中砂薄夹层。颗粒级配较好，分选性差。骨架颗粒磨圆度较好，以圆形及亚圆形为主；成分以灰色石英岩、石灰岩为主，灰白色和褐红色砂岩次之；粒径在 1～2.5cm 之间，以 0.2～2.0cm 为主，粉土、砂土充填。

5、卵石（Q4al）：灰褐色杂色，饱和。密实度为中密～密实。颗粒级配较好，分选性差，磨圆度好，以圆形及亚圆形为主。成分以灰色石英岩为主，灰白色和褐红色砂岩次之；颗粒粒径在 1.0-8cm 之间，以 3.0-6.0cm 为主。粉土、砂土充填。

人工堆积土属弱透水层，低液限黏土为微透水～弱透水层，细砂属强透水层。圆砾属强透水层，土壤渗透性建议值如下：

表 2-3 底层分层及土壤渗透系数建议值一览表

序号	岩性	建议值（cm/s）
1	人工填土	1.0×10^{-4}
2	低液限黏土	3.3×10^{-5}
3	细砂	3.8×10^{-3}
4	圆砾	8.0×10^{-2}
5	卵石	1.0×10^{-1}

2.2.5. 河流水系

规划区内水系较为发达，主要类型包括自然水系、人工灌渠和人工景观水体。自然水系主要有 2 条，分别是：南干沟和清水沟。人工灌渠有 1 条，即秦渠。景观水体有 4 条（处），分别是：新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）、乃光湖和明珠湖。

根据统计，规划区的现状水面面积约 468 公顷，现状水面率 4.2%。

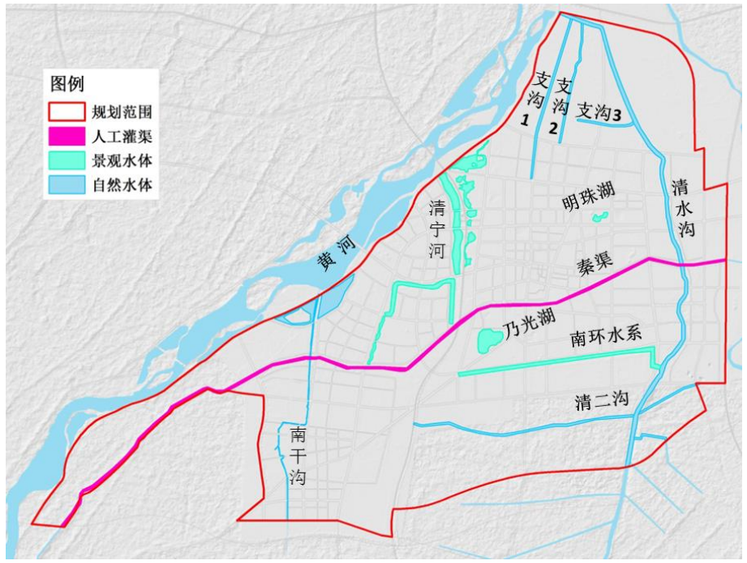


图 2-13 现状水系分布图

表 2-4 现状水系一览表

序号	类型	水系名称	总长度（km）	水面面积（ha）	现状补给水源
1	自然水系	清水沟及支沟	20.2	129.3	自然降水 农田退水 地下水
2		南干沟	7	66.2	
3	景观	新宁河（原南环水	5.5	42.8	秦渠

	水体	系段）			
4		新宁河（原清宁河段）	7.7	113	
5		乃光湖	——	27.4	
6		明珠湖	——	4.4	
7	人工灌渠	秦渠	19.9	85.1	黄河
合计			60.3	468	——

（1）自然水系

自然水系主要有南干沟、清水沟等黄河支流。

南干沟位于吴忠市利通区西南部，发源于牛首山东麓东干渠北侧，穿过汉渠、马莲渠、秦渠后，于利通区早元乡罗家湖汇入黄河，是利通区主要的入黄主干排水沟之一，南干沟全长 15.7 km，流域面积 94.54 km²，规划区内长 7km。

图 2-14 南干沟现状图

清水沟位于吴忠市利通区东南部，发源于牛首山东麓东干渠南侧，由南向北流经利通区高闸镇、马莲渠乡、金银滩镇、巴浪湖农场、上桥镇、利通区，至古城镇党家河村流入黄河，全长为 27.3 km，流域面积 183.72 km²。规划区内清水沟长 14.4km，支沟包括清二沟等多条支沟。

图 2-15 清水沟现状图

图 2-16 清二沟现状图

（2）人工灌渠

规划区内秦渠是宁夏河东灌区的最大干渠，贯穿河东灌区北部，全长 60km，最大进水量为 73m^3/s，主要负责灌溉河东灌区农田，规划区内长 19.9km。

图 2-17 秦渠现状图

（3）景观水体

规划区内人工景观水体主要有：新宁河（原清宁河段）、乃光湖、明珠湖、新宁河（原南环水系段）等，现状主要以人工灌渠为补充水源。

新宁河（原清宁河段）河南北走向，南至秦渠，北至滨河大道，由秦渠补水，长度共计 7.7km。新宁河（原南环水系段）东西走向，西至同心路，东至清水沟，由秦渠补水，长度共计 5.5km。乃光湖位于梁湾路以东，富平路以西，友谊西路以北，金湖路以南，通过秦渠补水，水域面积 27.4 公顷。明珠湖位于文卫街以东，利华街以西，开元大道以北，明珠路以南，通过秦渠补水，水域面积 4.4 公顷。

图 2-18 新宁河（原清宁河段）现状图

图 2-19 新宁河（原南环水系段）现状图

图 2-20 乃光湖现状图

图 2-21 明珠湖现状图

2.2.6. 岸线情况

近年来，经过河道生态及景观工程整治，规划区内自然水体及景观水体现状岸线基本为生态岸线，其中南干沟局部（S303~维五路），在河道改线过程中，采用混凝土砌护形式，长度约 1 公里。另外，为满足灌溉流速、流量要求，人工灌渠均采用硬质驳岸。现状生态岸线总长度 39.4km，现状生态岸线率 65%。

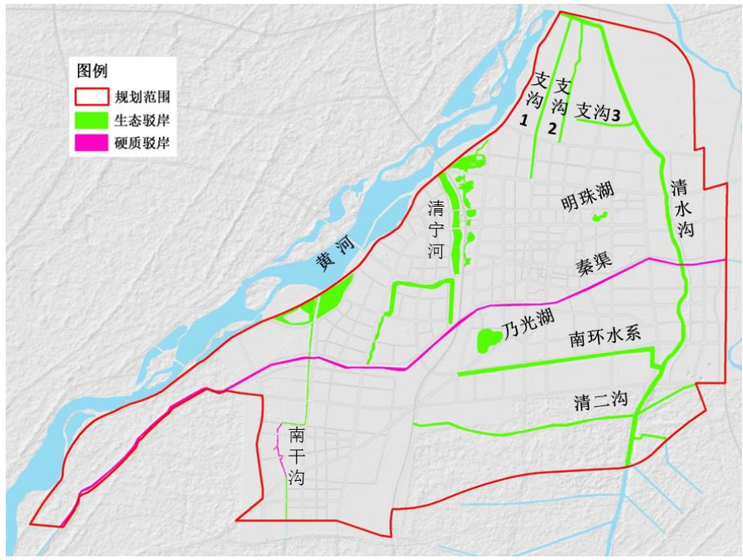


图 2-22 水系驳岸分布图

表 2-5 现状水系岸线情况统计表

序号	类型	水系名称	总长度（km）	生态岸线长度（km）	现状补给水源
1	自然水系	清水沟及支沟	20.2	20.2	自然降水 农田退水 地下水
2		南干沟	7	6	
3	景观水体	新宁河（原南环水系段）	5.5	5.5	秦渠
4		新宁河（原清宁河段）	7.7	7.7	
5		乃光湖	——	——	
6		明珠湖	——	——	
7	人工灌渠	秦渠	19.9	0	黄河
合计			60.3	39.4	

图 2-23 南干沟生态岸线

图 2-24 清水沟生态岸线

2.3. 用地及下垫面

2.3.1. 城市发展历程

通过 1985-2019 年 Google earth 卫星遥感影像，对规划区城市发展演变进行分析。

（1）1985-2000 年，城市稳步发展时期。

吴忠的城市边界南至秦渠，北至裕民街，东至原银南地区大院，西至现在西湖小区的范围。建成区面积约 7.6 平方公里。

（2）2000-2010 年，城市快速发展时期。

随着京藏高速建成以后，吴忠市实施吴青一体化发展战略，吴忠市城区开始向西发展，并基本形成利通区老城区和滨河新区协同发展的路网骨架。城区主要建设范围北至世纪大道，西至同心街，南至秦渠，东至利华街。建成区面积约 31 平方公里。

（3）2010-2019 年，城市快速稳步发展时期。

这一时期吴忠市城镇化率快速增长，城区建设随着吴青一体化和城市“西移东扩”战略的实施，主城区沿黄河发展速度加快，城区建设快速稳步发展。利通区行政办公、商业金融、居住、教育、文体、医疗及市政基础设施等建设取得了较大发展，利宁街以西、秦渠以南、世纪大道以北等区域新建了大片的居住小区。同时滨河新区、金积组团发展迅速，金积工业园区已形成了具有一定规模和影响力的集中产业发展区，随着银西高铁的建设，利通区东部又形成了高铁新区发展组团，新区路网结构快速形成。利通城区基本上形成了老城区、滨河新区、金积组团、高铁新区四片功能不同、各具特色的城市空间发展格局。城区主要建设范围东至清水沟、北至朔方路、西至滨河大道、南至金积大道、金积镇。建成区面积 58 平方公里。

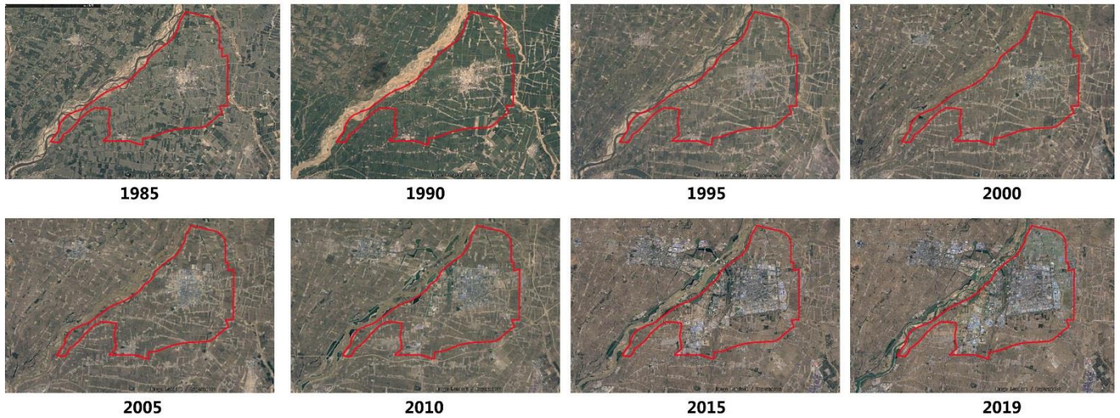


图 2-25 建成区发展演变图

2.3.2. 现状下垫面解析

通过 GIS 对规划区 2019 年航拍图进行解析，建成区下垫面中现状硬化面积（屋面、道路、铺装等）约 44.9 平方公里，占现状建成区的比例为 66%，综合径流系数约 0.67。建成区现状下垫面硬化率较高，综合径流系数高。

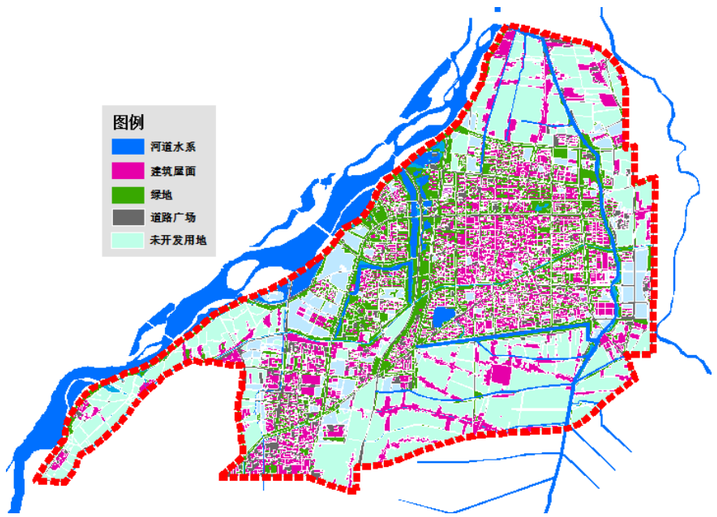


图 2-26 建成区现状下垫面解析图

表 2-6 现状建成区下垫面统计表

序号	下垫面类型	面积（ha）	径流系数
1	建筑屋面	1724	0.85
2	道路铺装	2608	0.85
3	水系	468	1
4	绿地	1780	0.2
5	未利用地	240	0.4
合计			0.67

2.3.3. 现状用地

规划区现状用地面积约 58.4 平方公里，占规划区面积的 53%。

从用地布局分布上看，现状建设用地主要分布在老城区、滨河新区和金积工业园。城区内的工业用地主要集中在城区西南侧金积工业园和城区东侧利红街与清水沟之间。商业布局多以沿街成带状分布，成规模的大型商业设施主要分布在明珠广场周边和沿迎宾大街，市场类商业设施主要分布在城区东北侧和城区南侧。居住用地分散分布。城区内绿地公园主要集中在滨河新区，老城区绿地不足、大型绿地景观较少。

从用地结构上看，居住用地、工业用地、道路与交通设施用地、绿地与广场用地占比较大，分别占建设用地比例为 28.6%、13.2%、14.6%和 26.6%。

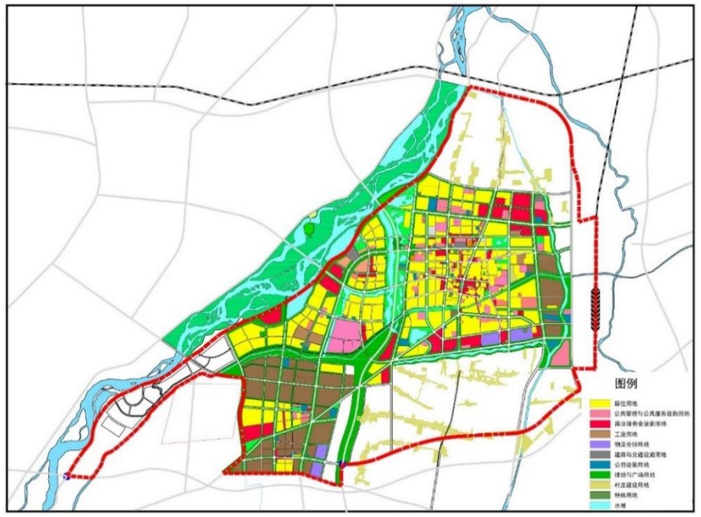


图 2-27　现状用地布局图

表 2-7 现状建设用地指标表

序号	用地代码	类别名称	用地面积（公顷）	占城乡建设用地比例
1	R	居住用地	1671.2	28.6%
2	A	公共管理与公共服务设施用地	393.3	6.7%
3	B	商业服务业设施用地	424.9	7.3%
4	M	工业用地	771.5	13.2%
5	W	物流仓储用地	84.4	1.4%
6	S	道路与交通设施用地	849.8	14.6%
7	U	公用设施用地	83.3	1.4%
8	G	绿地与广场用地	1550.6	26.6%
9	H4	特殊用地	10.9	0.2%
10	小计		5839.9	100%
11	E1	水域	468	——

2.3.4. 规划用地

2030 年，规划区建设用地规模为 110.5 平方公里。规划用地中建设用地与发展用地面积分别为 8097 ha 和 2538 ha，其中建设用地占规划区面积的 73%，发展用地占规划区面积的 23%。

规划建设用地主要分为居住用地（R）、公共管理与公共服务设施用地(A)、商业服务业设施用地(B)、工业用地(M)、物流仓储用地（W）、道路与交通设施用地(S)、公用设施用地(U)、绿地与广场用地(G)8 大类用地。

规划用地主要以居住用地、道路与交通设施用地、绿地与广场用地为主，分别占建设用地的 23.3%、20.7%、27.7%。经与现状用地对比，公共管理与公共服务设施用地、道路与交通设施用地、公用设施用地、绿地与广场用地等 4 类用地比例相对增加，居住用地、工业用地、特殊用地、水域用地比例相对减少。

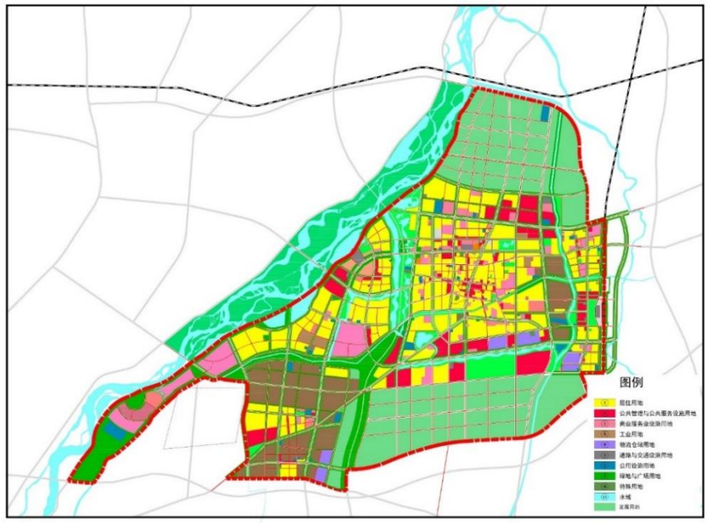


图 2-28　规划用地布局图

表 2-8 规划建设用地指标表

序号	用地代码	类别名称	现状用地		规划用地		用地比例变化情况
			面积（ha）	比例	面积（ha）	比例	

1	R	居住用地	1671.2	28.6%	1889.1	23.3%	规划减少
2	A	公共管理与公共服务设施用地	393.3	6.7%	677.2	8.4%	规划增加
3	B	商业服务业设施用地	424.9	7.3%	588.1	7.3%	——
4	M	工业用地	771.5	13.2%	771.5	9.5%	规划减少
5	W	物流仓储用地	84.4	1.4%	112.7	1.4%	——
6	S	道路与交通设施用地	849.8	14.6%	1676.9	20.7%	规划增加
7	U	公用设施用地	83.3	1.4%	129.4	1.6%	规划增加
8	G	绿地与广场用地	1550.6	26.6%	2240.8	27.7%	规划增加
9	H4	特殊用地	10.9	0.2%	10.9	0.1%	规划减少
10	小计		5839.9	100%	8096.6	100%	
11	水域		468	-	423.3		规划减少
12	发展用地		-	-	2537.8	-	-

2.4. 现状调研及海绵城市建设适宜性分析

2.4.1. 建筑小区调研

本规划编制前期，项目团队对建成区范围内主要建筑小区进行了详细踏勘调研，调研范围北至朔方路，南至金积大道，西至开元大道，东至银西高铁。覆盖吴忠市主城区的 169 座小区，10 座公园、学校、商圈以及广场，调研地块 688 个，占现状用地地块比例约 68%。

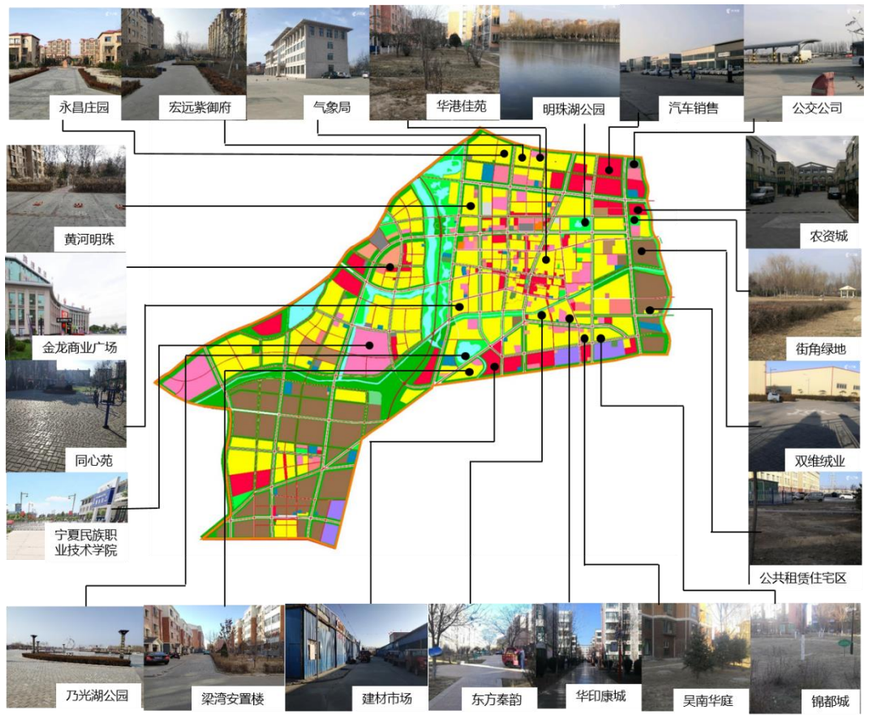


图 2-29 现状建筑小区调研示意图

调研主要内容包括：绿化及种植情况、道路及铺装情况、停车位使用情况及雨水立管断接情况等内容，作为海绵城市建设可行性分析的重要依据，并为海绵城市项目改造项目提供参考。

（1）典型小区调研情况

通过对恒昌未来城、宏远紫御府、黄河明珠、黄河水韵等建筑小区调研发现：此类建筑小区建设年代较晚，绿化面积较大，植被覆盖以草丛搭配灌木为主，绿地竖向高程均高于旁边铺装道路，硬化铺装主要以石材、面包砖铺装为主，损坏情况较少。小区内均配有地下停车场，同时地上停车位较多，车位供需比均衡，个别小区内配有景观水系。

此类小区空间条件较好，有景观水系以及大面积绿化的小区可收纳外来客水，起

到片区径流总量控制率调节作用，雨水径流控制条件较好，但由于铺装、绿化等各类设施使用情况较好，近期不宜进行大规模改造。

图 2-30 恒昌未来城

图 2-31 宏远紫御府

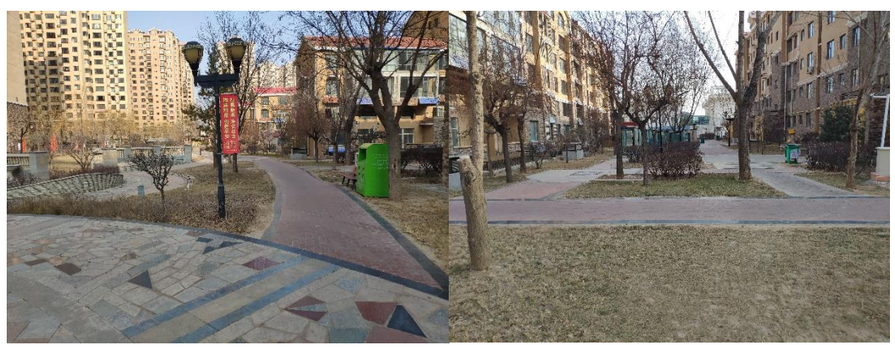


图 2-32 华宇香缇美郡

图 2-33 黄河明珠

图 2-34 黄河水韵

图 2-35 北湖花园—A 区

图 2-36 阳光骄子 A 区

图 2-37 永昌城市花园紫薇阁

图 2-38 永昌城市花园-尚菊轩

图 2-39 永昌城市花园-芸香苑

通过对车辆厂家属院、得意楼南院、左营嘉园小区、药材公司家属院等建筑小区的调查发现：此类小区建设年代较早，绿化面积普遍较小，绿化条件较差，绿化以草丛为主。混凝土铺装破损较多，面包砖铺装情况较好。停车位主要以地上为主，且车位较紧张，有挤占绿化带的情况，个别小区有地下非机动停车库。

此类小区空间条件较差，满足径流总量控制的条件较差，海绵化改造适宜性低，在改造过程中，应主要以问题为导向，对破损铺装、退化植被等进行海绵化改造，最大限度运用海绵城市理念，增加小区对雨水的蓄滞作用。同时此类小区由于现状设施条件较差，应结合老旧小区改造等工作，优先安排进行海绵化改造。

图 2-40 车辆厂家属院

图 2-41 得意楼南院

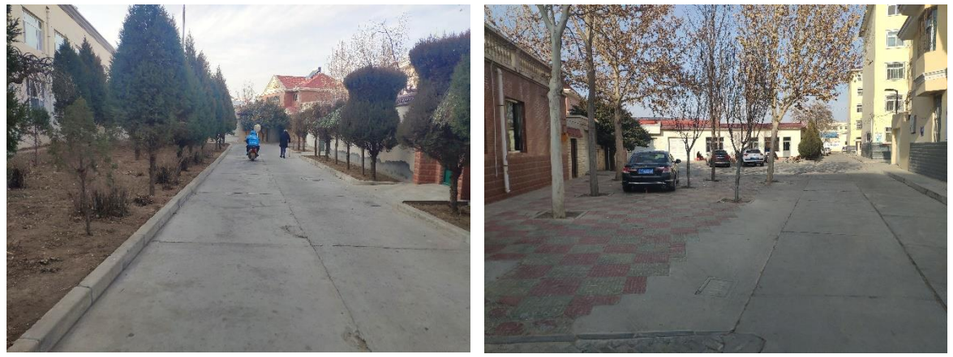


图 2-42 左营嘉园小区

图 2-43 众禾小区

图 2-44 药材公司家属院

图 2-45 西湖小区

图 2-46 五星家园

图 2-47 粮食局家属楼

图 2-48 畜牧局南小区

（2）典型公园及广场调研

通过对乃光湖公园、明珠公园、开元广场、盛元广场等公园广场的调研发现：此类公园绿化面积大，植被覆盖以草丛搭配灌木、乔木为主。硬化铺装面积大，主要以石材、面包砖铺装为主，损坏情况较少。乃光湖公园、明珠公园内均有大面积景观水系，是城市城市建成区内的天然海绵体，可结合水资源平衡、水安全需求作为海绵城市末端调蓄水体使用。

图 2-49 乃光湖公园

图 2-50 明珠公园

图 2-51 秦渠公园

图 2-52 开元广场

图 2-53 盛元广场

图 2-54 唐风广场

（3）典型学校调研

通过对吴忠市第七小学、第十小学、吴忠中学等学校调研发现：此类地块绿化面积较大，植被覆盖以草丛搭配灌木、乔木为主。硬化铺装面积较大，均配有占地面积较大的操场，主要以石材、面包砖、塑胶跑道、人工草皮铺装为主，损坏情况较少。学校空间条件较好，海绵化改造适宜性高，通过海绵化改造可有效满足自身地块的雨水调蓄需求，很好发挥径流总量控制作用。

图 2-55 吴忠市第七、第十小学

图 2-56 吴忠中学

（4）其他类型地块调研

通过对吴忠市木材市场、西市场等地块的调研发现：此类地块主要以大面积硬化铺装为主，缺少绿化覆盖，满足径流总量控制率的条件较差，海绵化改造适宜性低。

此类型地块需结合周边地块统一考虑指标分配及平衡，确保总体指标达标。

图 2-57 吴忠市体育馆

图 2-58 吴忠市木材市场

图 2-59 吴忠市西市场

图 2-60 吴忠市国际家居建材创业园

图 2-61 吴忠市居然之家市场

（5）地块调研成果

通过对吴忠市建成区主要地块的实地踏勘调研，可充分掌握建成区现状基本情况和海绵城市改造条件，为海绵城市管控指标的确定提供依据。

通过调查发现：经过近几年创城建设，现状居住小区等铺装质量总体较好，但普遍采用不透水材质。现状小区绿化情况差异较大，老旧小区绿化面积普遍较少，质量稍差，公共建筑绿化面积和质量普遍较高。现状居住小区普遍采用雨水立管断接方式，雨水能够就近引入绿地。

相关调研成果汇总如下：

表 2-9 地块调研表

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
1	北湖花园—A区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
2	北湖花园—B区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
3	车辆厂家属院	小区	无	不透水	无绿化	较紧张
4	畜牧局南小区	小区	无	不透水	无绿化	较紧张
5	大地·世纪嘉园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
6	大地小区	小区	无	不透水	无绿化	较紧张
7	得意楼南院	小区	无	不透水	无绿化	较紧张
8	芙蓉阁	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
9	复兴家园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
10	富平小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
11	工商局小区	小区	无	不透水	无绿化	较紧张
12	公安局家属院	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
13	古城学区楼	小区	无	不透水	无绿化	较紧张
14	关马湖监狱小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
15	国税小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
16	恒昌未来城	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
17	红宝花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	较紧张
18	红星家园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
19	红星裕西花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
20	宏远塞上江南	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
21	宏远紫御府	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
22	湖南中烟工业有限责任公司吴忠卷烟厂住宅小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
23	华宇香缇美郡	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
24	黄河明珠	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
25	黄河水韵	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
26	建行小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
27	金桂苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
28	金湖湾	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
29	金花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
30	金花园 A2 区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
31	金花园 B 区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
32	金花园 C 区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
33	开元世家	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
34	老包楼	小区	无	不透水	无	无
35	利通滨河锦都	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
36	利通区地税局家属住宅区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
37	利通盛世花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
38	梁湾安置楼	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
39	粮食局家属楼	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
40	罗渠公共租赁住房小区	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
41	罗渠小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
42	民生小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
43	民园新村	小区	局部破损	不透水	无	较紧张
44	气象局家属楼	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
45	秦桥五星家园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
46	秦韵湖畔	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
47	人大西院	小区	局部破损	不透水	无	较紧张
48	人行小区	小区	局部破损	不透水	无	较紧张
49	如意苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
50	润园雅居	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
51	润泽华府	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	较紧张
52	盛世花园南区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
53	盛世开元小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
54	书香苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
55	塑配小区	小区	局部破损	不透水	无	较紧张
56	天隆金韵名邸	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
57	同心苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
58	文化局家属院	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
59	文景苑	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
60	吴忠供电局 5 号小区	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
61	五星家园	小区	无	不透水	无	较紧张
62	五星小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
63	西湖小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
64	西苑小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
65	香缇半岛	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
66	小寨子	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
67	欣庆苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
68	新华社区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
69	星河国际	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
70	星河锦城	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
71	雅园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
72	阳光骄子	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
73	阳光骄子 A 区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
74	阳光骄子 B 区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
75	阳光骄子 D 区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
76	药材公司家属院	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
77	印刷厂家属楼	小区	局部破损	不透水	无	较紧张
78	永昌城市花园-牡丹苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	较紧张
79	永昌城市花园-尚菊轩	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
80	永昌城市花园-桃花苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	较紧张
81	永昌城市花园-芸香苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
82	永昌城市花园-紫薇阁	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
83	永昌花苑	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
84	永昌黎明家园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
85	永昌利宁家园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
86	永昌水岸花城	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
87	永昌庄园	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
88	御湖茗居	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
89	御龙府	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
90	裕民小区	小区	局部破损	不透水	无	较紧张
91	裕西小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
92	阅秦水韵	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
93	长庆石油吴忠小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
94	中达·依瓦诺小镇	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
95	众禾小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
96	状元府	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
97	左营嘉园小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
98	光耀荣城住宅区	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
101	华瑞小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
102	明珠花园公元世家	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
103	新开元宜人世家	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
104	恒昌新天地	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
107	中心村	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
109	东盛苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
110	恒昌幸福城 2 期	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
112	明珠花园 1 期	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
113	明珠花园 2 期	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
114	清水河畔	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
115	清水雅居	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
116	东城花园	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
117	吴材小区	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
118	湖苑名邸	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
119	柴园新村北片区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
120	李园二期	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
121	东塔寺乡李园村	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
122	柴园新村南片区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
123	金屋花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
124	朝文巷小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
125	利水北宅	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
126	农牧局家属院	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
127	宏远景秀华府	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
128	秦汉渠家属院	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
129	粮食局小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
130	永昌小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
131	谦益花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
132	万福人家	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
133	嘉宝花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
134	金塔花苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
135	柴园金塔二期	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
136	银塔小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
137	谦益名邸	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
138	金塔小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
139	工行文明小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
140	左营开元南小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
141	左营开元北小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
142	大地明珠苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
143	东方花园 a 区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
144	塔寺小区	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
145	东方御苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
146	金星小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
147	华港佳苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
148	东方花园住宅小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
149	绿地苑	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
150	金苹果园	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
151	金星花园小区	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
152	仪表厂家属院	小区	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
153	朝阳小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
154	东方秦韵	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
155	秦渠花园	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	较紧张
156	华苑小区	小区	局部破损	不透水	草丛为主，绿化面积小，景观较差	较紧张
157	华印康城	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
158	秦水嘉苑	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
159	上桥人家	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
160	塞尚明都	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
161	回乐府	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
162	新民安置区	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
163	回乐苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
164	怡河苑	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
165	锦都城	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
166	德月豪府	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
167	吴南华庭	小区	无	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	正常
168	花寺嘉苑	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常
169	水岸康桥	小区	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
170	开源广场	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
171	富平园	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
172	乃光湖公园	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	/
173	秦渠公园	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	/
174	盛元广场	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
175	唐风广场	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
176	明珠广场	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
177	利红街与明珠东路交叉口东侧公园	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	/
178	明珠公园	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	/
179	兴隆公园	公园广场	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积大，景观较好	/
180	利通区第十二小学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
181	吴忠中学初中部	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
182	吴忠市第五中学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
183	利通区第七小学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
184	利通区第十小学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
185	吴忠市第三中学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
186	吴忠中学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
187	吴忠市第四中学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
188	吴忠高级中学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
189	吴忠市第八小学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
190	盛元小学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
191	利通区第十一小学	学校	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	/
192	吴忠市国际家居建材创业园	市场	局部破损	不透水	无	较紧张
193	吴忠市居然之家市场	市场	局部破损	不透水	无	正常
194	吴忠市木材市场	市场	局部破损	不透水	无	较紧张
195	吴忠西市场	市场	局部破损	不透水	无	较紧张
196	光耀国际商贸城	市场	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
197	汽贸城	市场	局部破损	不透水	无绿化	正常
198	吴忠市鑫鲜农副产品市场	市场	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
199	北方农资农机城	市场	局部破损	不透水	无绿化	正常
200	利红街与福宁	市场	局部破损	不透水	无绿化	正常

序号	地块名称	类型	场地条件评价			
			路面铺装破损	路面铺装材质	绿化景观情况	停车位情况
	东路交叉口东侧市场					
201	东郊市场	市场	局部破损	不透水	无绿化	较紧张
202	吴忠金积工业园区纺织产业园	工厂	局部破损	不透水	无绿化	正常
203	吴忠市人民医院	医院	局部破损	不透水	灌木、草丛为主，绿化面积适中，景观一般	正常

2.4.2. 道路调研

本规划编制前期，项目团队对建成区范围内主要道路及绿化情况进行了详细踏勘调研，调研范围覆盖吴忠市主城区 50 条主要道路。调研主要内容包括：绿化及种植情况、道路及铺装情况、再生水管网覆盖情况等内容，作为道路海绵城市建设可行性分析的重要依据，并为海绵城市项目改造项目提供参考。

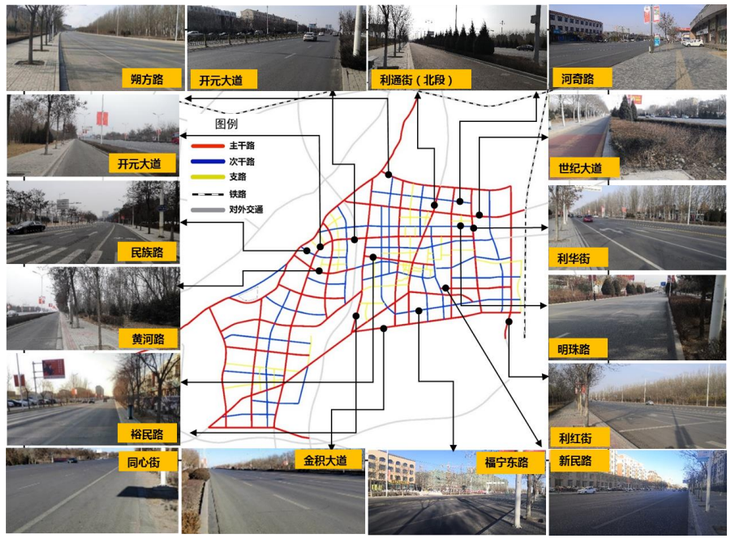


图 2-62 现状道路调研示意图

（1）现状路网布局

现状建成区道路网络整体骨架基本完善，主要以方格网路网布局形式为主。根据城市不同时期路网的建设，整体将建成区道路网络系统主要分为老城区道路网络、滨河新区道路网络、金积工业组团道路网络和高铁新区道路网络。

老城区内道路骨架已基本形成，但普遍存在红线宽度不够、路面结构单一等问题。世纪大道以南老城区域的道路断面形式多为一块板、功能不明显；缺乏绿化带，道路景观性较差；整体道路改造难度较大。

滨河新区道路网络完善，主路网骨架已经形成，路网以主、次干道为主。道路断面形式多样，以一块板和三块板形式为主，功能明显、等级结构清晰，绿化带较宽，道路景观较好，整体改造基础较好。

金积工业组团道路网络较为混乱，道路等级结构不清晰，路网密度较小，断面形式多以一块板为主，缺乏绿化带，道路改造难度较大。

高铁新区路网骨架尚未完全形成，目前主要以服务于高铁站交通疏散的主、次干路已经建成。道路断面形式多以三块板和一块板为主，功能明显、等级结构清晰；道路绿化带较宽，道路景观较好。道路绿化带、滨水景观带、广场景观等形成了良好的绿地系统。随着高铁新区的建设，高铁新区将会逐步建设级配合理、层次分明、衔接顺畅、景观优美的路网系统。

（2）道路断面形式

根据调研，对现状主要道路的典型断面进行分析，其中老城区世纪大道以北区域道路断面形式以三块板和一块板为主；世纪大道以南区域道路断面形式以一块板为主；滨河新区道路断面形式以三块板和一块板为主；金积工业组团道路断面形式以一块板为主；高铁新区道路断面形式以三块板和一块板为主。

2.4.3. 现状排水体制

通过管网普查等资料分析，结合实地调研，对规划区现状排水方式进行分析，建成区现状排水体制以合流制为主，占比约 88%，分流制区域占比约 12%。

（1）合流区域：

现状建成区中，清水沟-秦渠-利红街一线以西现状排水体制为雨污合流制，总面积约 60 平方公里，占现状建成区比例约 88%。

（2）分流区域：

现状建成区中，清水沟-秦渠-利红街一线以东（高铁新城），现状排水体制为雨污分流制，总面积约 8.2 平方公里，占现状建成区比例约 12%。

表 2-10 现状排水体制一览表

编号	排水体制（建成区）	范围	面积（km²）	占比（%）
1	合流制	清水沟-秦渠-利红街以西区域（老城区）	60	88%
2	分流制	清水沟-秦渠-利红街以东区域（高铁新城）	8.2	12%
合计	—		68.2	—

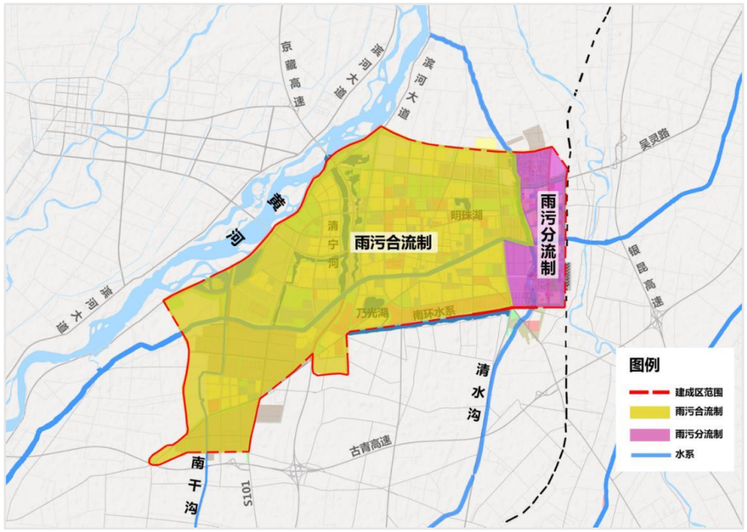


图 2-63 现状排水体制示意图

2.4.4. 现状污水系统

吴忠市现状城镇生活污水处理厂共 5 座，正在使用的污水处理厂 3 座，分别是：第一、第二和第三污水处理厂，规模分别为：6 万 m^3/d、2 万 m^3/d 和 5 万 m^3/d，第一污水处理厂出水经古城湾湿地净化后达到地表水Ⅳ类排入黄河，二污、三污现状出水排入清水沟和南干沟，设计排放标准均为一级 A。

正在建设中的污水厂 2 座，分别是：第四、第五污水处理厂，建设规模分别是：2 万 m^3/d 和 1 万 m^3/d，第四污水处理厂尾水计划通过新建人工湿地净化后达到地表水Ⅳ类排放，第五污水处理厂和第二污水处理厂尾水计划排入新建古城湾人工湿地，净化后达到地表水Ⅳ类标准。

表 2-11 现状污水厂统计表

序号	名称	规划规模（万 m³/d）	建设规模（万 m³/d）	排放标准	排水出路
1	第一污水厂	6	6.0	一级 A	经湿地净化排入黄河（出水地表水IV类）
2	第二污水厂	2	2.0	一级 A	计划进入新建尾水湿地（出水地表水IV类）
3	第三污水厂	5	5.0	一级 A	南干沟
4	第四污水厂	2	1.0	一级 A	计划进入新建尾水湿地（出水地表水IV类）
5	第五污水厂	2	2.0	一级 A	计划进入新建尾水湿地（出水地表水IV类）
合计		17	16	——	——

吴忠市第一污水处理厂是 2000 年全区首批建设的三座污水处理厂之一，于 2002 年年底建成运行。厂址位于市区世纪大道北侧，占地 142 亩，设计规模为 6 万 m^3/d，主要处理市区秦渠以北集污管网内的所有污水，工艺采用卡鲁塞尔氧化沟工艺，2018 年提标改造后，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 排放标准，尾水经过湿地进一步净化处理至地表水 IV 类标准后，排入黄河。

图 2-64 第一污水厂鸟瞰图

图 2-65 第一污水厂现状图

吴忠市第二污水处理厂 2008 年 8 月经自治区发改委批准建设，2009 年底建成，厂址位于市区秦渠以南，友谊路以北、东兴街东侧，紧靠清水沟，占地 50 亩，设计规模为日处理污水 2 万吨，主要处理市区秦渠以南生活污水，工艺采用百乐克工艺，曝气方式采用悬挂链曝气，2018 年提标改造后，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 排放标准，尾水达标排放至清水沟。

图 2-66　第二污水厂鸟瞰图

图 2-67　第二污水厂现状图

吴忠市第三污水处理厂于 2010 年 9 月经自治区发改委批准建设，位于城市西区北大街东侧，经纬三路北侧，设计规模日处理污水 2 万吨，占地 56 亩，采用百乐克(Biolak)工艺，曝气方式采用悬挂链曝气方式，主要处理金积食品园区及金积镇的生产生活污水，2019 年提标改造后，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 排放标准。同时 2019 年第三污水处理厂扩建工程完工，扩建规模为 3 万 m^3/d。污水处理工艺为流动床生物膜（MBBR）工艺，出水水质为《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准，尾水达标排放至南干沟。

图 2-68　第三污水厂鸟瞰图

图 2-69　第三污水厂现状图

第一污水处理厂服务范围现有排水泵站 4 座，其中合流制泵站 3 座（北泵站、新区泵站、西泵站），污水泵站 1 座（秦渠北一体化泵站）。

北泵站收集京藏高速以东、朔方路和世纪大道之间的雨水和污水，输送至污水处理厂。新区泵站主要收集秦渠以北、滨河大道以南、富平街以西、世纪大道与开元大道之间、利红街以东区域内雨水、污水，输送至污水处理厂。西泵站主要收集富平街以东、秦渠与开元大道之间、清水沟以西的雨水和污水，输送至新区泵站。秦渠北一体化泵站收集利红街以东、河奇路以北、清水沟以东和清水沟以西、秦渠以北高铁片

区内分流制区域内污水，并提升至河奇路合流管内。

图 2-70　北泵站现状图

图 2-71　新区泵站现状图

图 2-72　西泵站现状图

图 2-73　秦渠北一体化泵站现状图

第二污水处理厂服务范围内现有排水泵站 2 座，其中合流制泵站 1 座（花卉市场泵站），污水泵站 1 座（秦渠南一体化泵站）。

花卉市场泵站主要收集京藏高速以东、同心街之间的雨水、污水。秦渠南一体化泵站主要收集利红街以东、银西高铁以西、秦渠以南、金积路以北区域内雨水、污水，并输送至污水处理厂。

图 2-74　花卉市场泵站现状图

图 2-75　秦渠南一体化泵站现状图

第三污水处理厂服务范围现有合流制排水泵站 1 座，即金积泵站。金积泵站主要收集秦渠以南京藏高速公路以西，金廖路以北立德大道以东区域的雨水和污水，输送至污水处理厂。

图 2-76　金积泵站现状图

2.4.5. 现状雨水系统

吴忠市建成区现状排水管网约 435 公里，其中合流制主干管 190 公里，合流制支管 199 公里，雨水管 21.5 公里，污水管 24.5 公里。

现状排水口共 19 座。其中雨水排放口 16 座（全部位于清水沟沿岸），污水厂尾水排放口 3 座，无污水直排口、混接直排口、混接溢流口。

表 2-12 现状管网统计表

	合流管	污水管	雨水管	支管	合计
管网长度（公里）	190	24.5	21.5	199	435

表 2-13 现状排口统计表

	污水厂尾水排放口	分流制雨水排口	合计
排口数量（个）	3	16	19

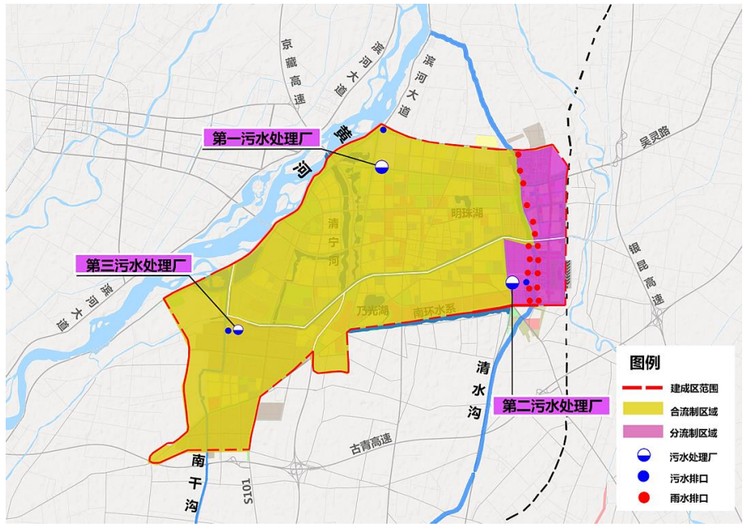


图 2-77　现状排水口分布图

2.4.6. 现状再生水系统

吴忠市有再生水厂 1 座，规模为 4 万 m^3/d，位于第一污水处理厂西侧，占地 2.0 公顷，出水主要用于城市道路及绿地浇洒、景观水系补水以及热电厂冷却用水补给。

再生水管网总长 56 公里。其中，用于城市道路和绿地浇洒、景观水系补水的再

生水管主要布设于朔方路、利红街、世纪大道、开元大道、福宁路等、滨河大道等道路，长度 45.6 公里，管径 de225~de315；用于热电厂冷却用水补给的再生水管网主要布设于富平街、开元大道，长度 10.5 公里，管径 de500。

根据 2018~2020 年再生水用量，现状再生水利用率约 5% 左右。

表 2-14 再生水管线统计表

序号	管网类型	管网长度（km）	管径
1	市政杂用	45.6	de225~de315
2	工业补水	10.5	de500
合计		56	

表 2-15 再生水使用统计表

序号	年份	再生水总用量（万 m³）	其中		再生水利用率
			热电厂用水量（万 m³）	绿化浇洒用水量（万 m³）	
1	2018	95.9	93.3	26.4	4.4%
2	2019	124.7	74.7	50	5.7%
3	2020	210	73	137	6.89

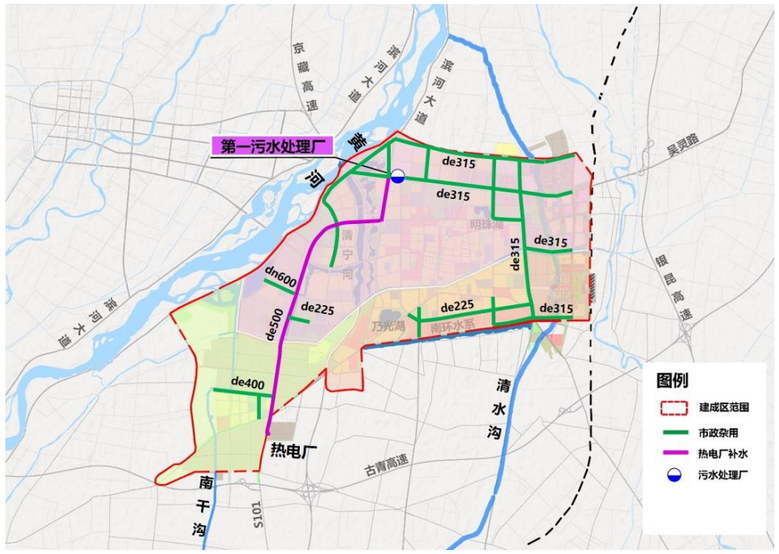


图 2-78 现状再生水系统示意图

2.4.7. 现状海绵城市建设情况

吴忠市海绵城市项目类型主要集中在城区试点道路建设、污水处理提质增效、排水防涝改造、再生水管线建设等方面。已实施海绵城市建设项目 37 项，建设项目如下表。

表 2-16 海绵城市建设项目统计表

序号	项目名称	项目内容	分区编号
1	吴忠市第四污水处理厂及集污管网工程	土建规模 2 万 m³/d，设备规模 1 万 m³/d。采用“预处理+MBR 膜格栅+生化池+MBR 膜系统+接触消毒池”工艺，出水水质达到一级 A 标准。敷设压力管网 4172 米。	QS-01
2	吴忠市第一污水处理厂尾水水质提升工程	项目位于滨河大道以东，灵周路北侧，占地 239 亩，采用“生物滞留塘+潜流湿地+表流湿地”工艺，对第一污水处理厂尾水	

序号	项目名称	项目内容	分区编号
		进行进一步净化，规模 6 万 m³/d，出水水质Ⅳ类，达标后排入黄河。	
3	吴忠市东南部引提调水及河道生态治理工程项目三期工程	主要进行河道清淤拓挖及配套建筑物建设，其中清水沟拓挖 5412 米，新建液压坝 2 座，同时建设木栈道及生态岛砌护。	
4	吴忠市东南部引提调水及河道生态治理清水沟景观二期工程	景观范围占地 81.6 公顷，其中水域面积 33.4 公顷，绿化面积 39.76 公顷，道路铺装 5.16 公顷，广场铺装 3.28 公顷，景观节点 21 个及自行车道 8.3 公里，自行车驿站 4 座，停车场 2 个，公共卫生间 5 个。	
5	吴忠市黑臭水体治理项目—涝河桥村、古城湾新村农村生活污水管网建设工程	古城湾新村新建污水管 720m。	
6	吴忠市排水防涝设施提升改造工程	三步巷、谷香巷、西湖巷、丰宁巷、民和巷、古城巷、民乐巷、食府巷、黎明南街、迎宾南街、广场北路、广场南路、新生巷等 13 条道路 dn600 排水管道，金星巷 dn800 排水管道，民生路、裕民街 dn1000 排水管道进行改造，总长 5609 米。城西排水泵站新建 1 座集水池，改造原集水坑。	
7	金滨东路（清宁街-同心大街）道路工程	新建金滨东路 810 米，宽 18-22 米，配套建设给排水工程等。	QS-02
8	胜利西街（同心大街-清宁街）道路工程	新建胜利西街长 730 米，宽 32 米，配套建设跨清宁河景观桥 1 座和给排水工程等	
10	吴忠市南干沟人工湿地水质改善工程	依托罗家湖新建人工湿地及附属工程，占地 60 亩，规模 4.5 万 m³/天，出水水质Ⅳ类。内容：坝闸、引水渠、泵站、ODX 净化系统，生物强化处理系统、氧化塘、湿地、监测站等。	

序号	项目名称	项目内容	分区编号
11	吴忠市清宁河生态治理工程	清淤、生态岸线建设、园路建设	
12	吴忠市海绵型城市道路改造项目	清宁街（开元大道-滨河路）、开元大道（清宁街-秦渠）、金积大道（同心街-利红街）、明珠路（同心街-滨河大道）合计 13 公里道路进行海绵化改造。采用透水铺装，新增植草沟、雨水花园及调蓄池	
13	吴忠市水环境综合治理 PPP 项目——吴忠市第三污水处理厂提标改造工程	项目位于南干沟东侧，秦渠南侧，规模 2 万 m³/d，出水水质一级 B 提标至一级 A，工艺由倒置 A2/O 变更为流动床生物膜（MBBR）工艺，出水达标排放至南干沟。	
14	吴忠市水环境综合治理 PPP 项目——吴忠市城市西区生活（第三）污水处理厂扩建工程	项目位于南干沟东侧，秦渠南侧，原第三污水处理厂厂址北侧，扩建污水处理设施，占地 45 亩，规模 3 万 m³/d，出水水质一级 A，工艺流动床生物膜（MBBR）工艺，达标排放至南干沟。	
15	吴忠市 2021 年海绵城市道路项目	对同心街、开元大道、民族路、清宁街 4 条道路人行道及吴忠中学部分道路进行海绵改造。合计长度 3700m	
16	2020 年吴忠市城市排水防涝设施建设工程	对利通街、义乌东巷、义乌西巷、早市巷、朝阳步行街等 11 条道路 5.4 公里排水管网进行改造	
17	吴忠市排水防涝设施提升改造工程	对金星街、民生路、西湖巷、丰宁巷、民和巷、古城巷等 18 条排水管网进行改造	QS-03
18	2020 年吴忠市排水管网 CCTV 检测及雨污混接调查项目	吴忠市市区范围内市政道路雨污水管网进行基础测绘、混接调查及管网检测、清理管道淤泥、管道检测数据录入及局部排水管道空洞检测等。检测管道总长 100474m。	

序号	项目名称	项目内容	分区编号
19	2020 年吴忠市污水提质增效排水管网改造修复工程	对吴灵西路、迎宾大街、裕民西路、清宁街、利通街、黎明街等道路管网修复，约 1.15 公里。	
20	吴忠市区再生水管道改造工程	新建再生水管网 30.21km，配套检修设施，送水泵房改造，新建清水池 1 座，新建罗家湖补水泵池 1 座	
21	吴忠市第一污水处理厂提标改造工程	规模 6 万 m³/天，出水水质二级标准提标至一级 A,工艺由卡鲁塞尔氧化沟变更为流动床生物膜（MBBR）工艺。	
22	吴忠市棚户区改造配套基础设施项目次干道三道路工程	铺设透水铺装，道路全长 1091m，	QS-04
23	吴忠市棚户区改造配套基础设施项目次干道四道路工程	铺设透水铺装，道路全长 985m，	
24	吴忠市棚户区改造配套基础设施项目次干路一道路工程	铺装雨污水管道，道路全长 1667m，	
25	吴忠市东南部引提调水及河道生态治理工程项目二期工程	清水沟涝河道拓挖 5100 米，拓宽 70-220 米；液压升降坝 1 座，宽 12 米。	
26	吴忠市东南部引提调水及河道生态治理清水沟景观一期工程	范围涝河桥至四号路及涝河桥氧化塘周边，占地 86.52 公顷，水域面积 32.67 公顷，绿化面积 36.77 公顷，道路铺装 5.19 公顷，广场铺装 10.6 公顷，景观节点 19 个。	
27	吴忠市第二污水处理厂提标改造工程	规模 2 万 m³/天，出水水质一级 B 提标至一级 A,工艺由倒置 A2/O 变更为流动床生物膜（MBBR）工艺。	
28	吴忠市入黄流域污染综合治理项目二期工程清水沟涝河桥上段治理工程	沟道清淤及边坡治理 752 米，沟道砌护 752 米，其中格宾护坡 680 米。	
29	吴忠市东片区雨污分流管网建设项目	项目位于吴忠市东部，主要建设高栖街、次干道三、次干道四及朝阳东街延伸段排水管网及附属设施。	

序号	项目名称	项目内容	分区编号
30	供电小区东侧支路南段道路工程	供电小区东侧支路南段（中华安置区-回乐路）排水管网建设项目，长度 303.5 米；	QS-05
31	2020 年吴忠市城市排水防涝设施建设二期工程	对友谊路、金积大道、迎宾街、西市场西巷等 15 条 8.5 公里排水管网进行改造	
32	利通区上桥镇农村厕所改造及污水处理项目	新建污水管道总长 43.17km，新建提升泵站 2 座，化粪池 1 座，污水排水设备 810 户	QS-06
33	吴忠市南片区排水管网新建工程	项目位于吴忠市南部，利华街南延伸段、规划子仪路新建污水管网各级 2703m。	
34	吴忠市第五污水处理厂及集污管网工程	建设规模 2.0 万 m³/d，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准，其中屠宰废水（纳管标准）预处理采用“机械格栅+气浮池”处理方式，敷设压力管网 2850 米。	
35	吴忠市入黄流域污染综合治理项目一期工程清水沟污染治理工程	涝河桥氧化塘，水面 4.14 万㎡，进水闸 1 座，退水闸 2 座，拦水坝 1 座，泵站 1 座，DN500 混凝土管 5.6 公里，出水水质Ⅳ类。	
36	吴忠市（青铜峡市）南干沟污染综合治理项目	南干沟全段清淤疏浚、重金属底泥处置	NG-01
37	金积核心区中水管道工程	金积工业园区江南路、长河路、伊利路等 7 条路新建中水管道 15795 米	

第3章　模型构建

3.1. 模型构建

3.1.1. 模型比选

3.3.1.1 模型介绍

计算机技术的发展推动了排水系统模型软件的开发和应用，借助现代信息方法和技术手段模拟旱流/降雨下排水系统水质水量过程已成为当今大势所趋。目前常用的模型软件包括:

1、SWMM 模型

美国环境保护署（EPA）研发的开源的暴雨水管理模型 SWMM 于 1971 年问世，应用领域包括城市排水管网系统规划与设计，雨水径流模拟等。SWMM 内核是典型的非恒定流模型，包含动态降雨和径流计算模块，可以对城市降雨径流过程的水量和水质进行瞬时模拟或者指定时间段的连续模拟。

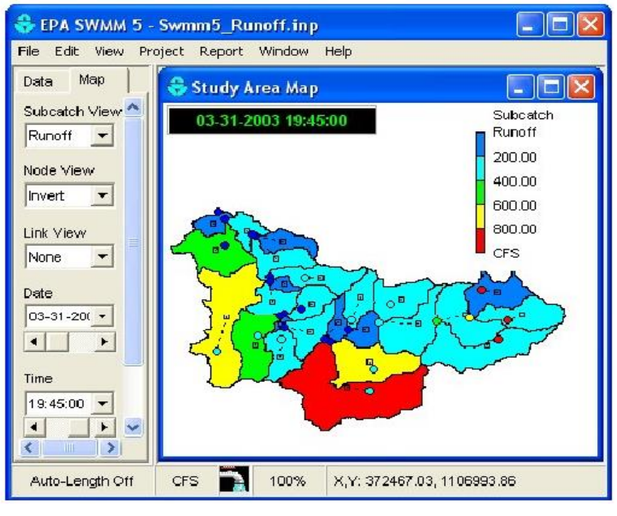


图 3-1　SWMM 用户操作界面

2、Mike Urban 及 Mike Flood 耦合模型

MIKE URBAN 排水软件是顶级的排水管网模拟系统软件。它整合了 ERSI 的 ARCGIS 以及排水管网模拟软件，形成了一套城市排水模拟系统。它包括完整的一维及二维的洪水模拟引擎，从河流洪水到平原洪泛，从城市雨洪到污水管流，从海洋风暴潮到堤坝决口，能够模拟所有的实际洪水问题。

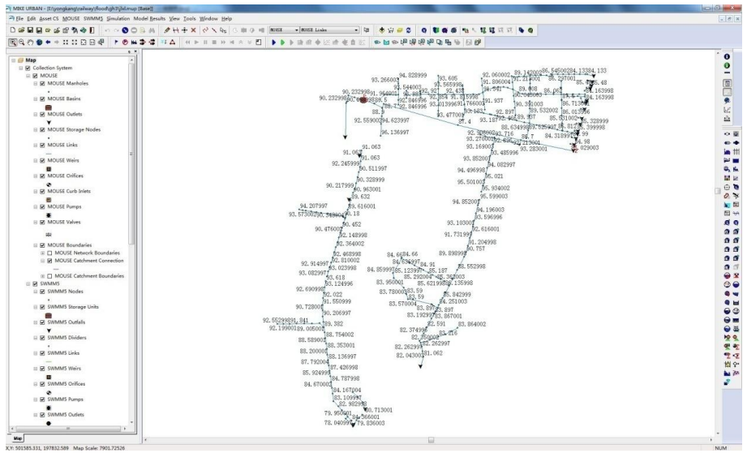


图 3-2　Mmike Urban 用户操作界面图示

3、Infoworks 模型

英国 HR Wallingford 公司开发的 Infoworks ICM 模型提供城市排水系统的模拟计算，城市水循环的水文过程模拟等。其应用领域包括模拟城市雨水排水系统、污水排水系统的实时模拟、优化方案设计；城市内涝积水和污染事故预警；排水水质和沉积物的演变；等等。Infoworks ICM 提供与多种数据库的兼容，并能自动推演缺少的系数数值，从而为模型数据导入提供便捷。

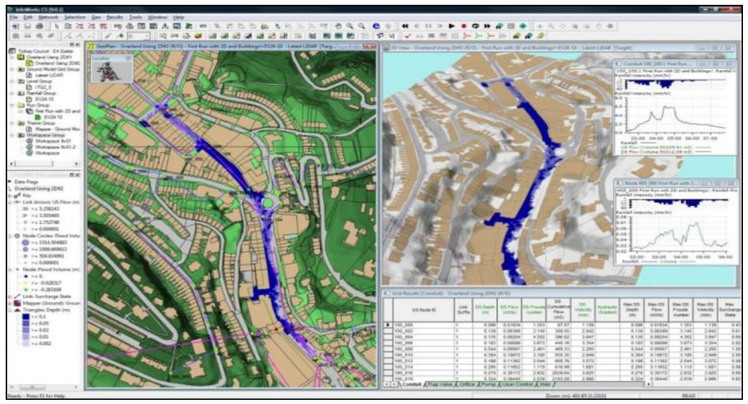


图 3-3　Infoworks 用户操作界面图示

4、DW 城市排水管网模拟系统（DigitalWater Simulation）

DW 模拟系统基于 GIS 技术实现建模与模拟评估的动态可视化，采用国际流行的排水管网计算原理作为模拟引擎，支持一维管网与二维地表的动态耦合模拟计算，支持多种类型降雨过程线的自动生成，可灵活的实现多情景建模方案对比。

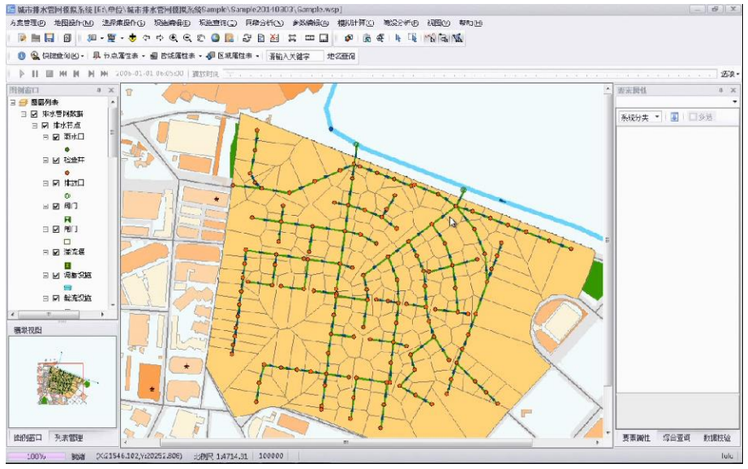


图 3-4　DigitalWater Simulation 用户操作界面图示

5、XPSWMM 雨污水模型

XPSWMM 可利用于为模拟开水路及下水道系统的流量与水质的物理表现模型制作的综合性软件。也可利用于自然水路和设计河川和下水道网络的雨水流出，追踪和水质的计算。

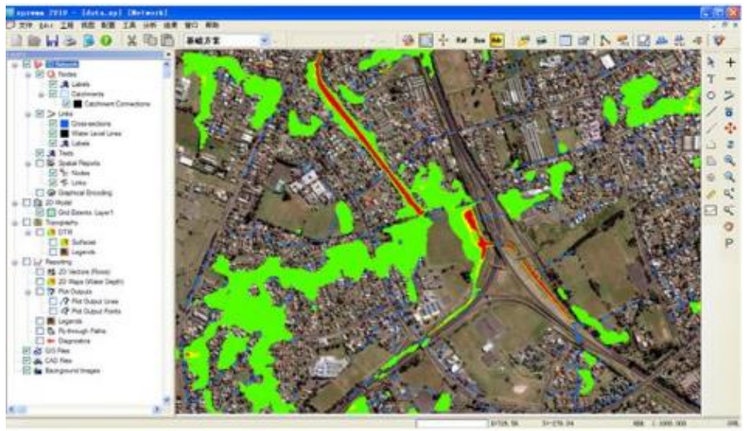


图 3-5　XPSWMM 用户操作界面图示

3.3.1.2 模型选择

本次模型辅助评估工作采用了 Infowokrs ICM 流域排水软件，该软件是目前所有商用软件内唯一将河道计算、管网计算、地面积水迁移计算、水质计算、LID 开发评估计算耦合在一个计算引擎内的软件，相较于其他排水软件，能从局部到宏观的模拟整个流域排水系统的各个环节。同时，Infowokrs ICM 软件其在结果分析、计算精度、运行稳定性等方面，要明显优于 SWWM 及部分国产软件。从计算模块、计算引擎、数据存储形式及前期数据处理等方面进行 ICM 与其他模型的对比：

1、计算模块

ICM 是目前唯一在一个独立引擎下集成了管网、LID 及河湖的一二维水力水质模拟，无缝耦合，适应用户更多方面的应用需求，特别是针对海绵项目，可满足水安全、水环境等各方面的计算要求。大到城市级别的专项规划，小到一个园区的海绵开发模式的详细设计，都可进行模拟和方案的评估。

DHI 的模型软件目前缺少详细的 LID 模块，并且分为三个不同的系统来模拟管

网、河道、2 维，这种数据存储形式也不利于一个完整的城市模型整合、维护和管理；SWMM 仅能模拟一维管网，无河道以及地面积水模块；其低影响开发仅局限于水文模拟；而其他以 SWMM 为基础的软件若不做引擎拓展开发，往往与 SWMM 有类似的问题。

2、计算引擎

ICM 是目前唯一一款可以同时利用 CPU 及 GPU(显卡)来提升模型计算速度的软件，计算速度更快，可计算的网络更大，特别是在管网和 2D 方面，同时 ICM 支持并行算法，大大提高项目效率。相较于 SWMM 及 DHI 等其他商业软件，计算更为稳定，强劲。

3、运行稳定性

ICM 软件经过多年的更新优化，软件自身问题较少，软件运行更为稳定。软件在运行模拟，尤其是在处理超大型模型网络过程中，较少出现运行报错，提高了建模效率。

4、数据存储形式

Infoworks ICM 使用数据库存储形式，可以把模型网络（包括管网，河道，LID 设施），运行结果，降雨事件，地形数据等按照具体项目类别统一存储在一个主数据库内。这种集中存储的数据管理方式可更高效合理的管理相应模型数据。以 MIKE 为主的其他商用软件多采用文件管理方式，管网，河道等数据存储在不同的软件里面，使得后期数据管理被迫分成若干个模块，造成了数据管理上的混乱，不利于管理部门对整体数据进行统一管理与后期更新。

5、前期数据处理

ICM 软件拥有丰富的前期数据处理工具，支持 GIS，CAD，Excel，数据库等数据格式的直接导入，针对原始数据中存在的缺失数据进行自动推断。如 CAD 格式直接导入 ICM，管径可通过自动抓取标注导入对应管道或者节点内；管道管径，节点地面标高等原始数据缺失，可以根据多种方式进行缺失数据的自动推断；给不同数据来源以不同的标签，标签方便后期审核数据的真实性。

6、功能拓展模块

ICM 具备各类辅助工具模块，满足各种业务发展需求。ICM Live 可与实时数据对接，进行排水系统在线预警预报；Exchange 可与第三方软件系统进行对接，通过运行脚本规划件从网页或者第三方软件远程驱动 ICM 中的工作； Model 360 无需编程即可通过 Web 界面查看 ICM 的计算结果。SWMM 其他以 SWMM 为基础的软件开发时间短为免费开源软件，工具简陋，建模效率相对较低。

3.1.2. 模型构建

3.3.2.1 基础资料整理

基础资料包括现状、规划资料。本次建模过程中所用资料主要包括：管网资料、积水点资料、降雨数据、高程数据等，主要资料内容如下。

表 3-1 现状资料来源统计表

编号	文件内容	详细内容	格式
1	排水管网&检查井	管网数据：管径、管底高程、管材、管网拓扑关系等；检查井数据：位置，地面高程，连接关系等	Shp 文件
2	泵站	泵站：泵站类型、设计资料、分布位置、泵站调度规则等	CAD，Excel、文本
3	水系数据	水系布局、水系宽度、河道水位等	Shp、Excel
3	历史易涝点	历史易涝点位置、积水深度、积水原因等	CAD
4	降雨数据	暴雨强度公式、短历时暴雨雨型、长历时暴雨雨型	文本，表格
5	城市基础图层	包括道路、绿地、建筑物等下垫面	Shp 文件,CAD
6	多光谱高分辨率影像	不同用地类型的位置和种类（农田，硬质地面，水体等）	shp 文件
7	高程数据	吴忠市高程点数据	Shp 文件
8	规划用地	试点区远期规划用地的位置和种类（道路，建筑，植被，硬质地面）	Shp 文件

3.3.2.2 管网模型构建

1、原始管网数据导入

根据吴忠市建设局提供的原始物探资料，将规划区内的相关管线和检查井资料导入模型，得到原始的物探管网网络模型。

原始物探网络包含：合流制排水管网、分流制雨水排水管网、分流制污水排水管网。规划区范围内排水体制为雨污合流制和雨污分流制共存。

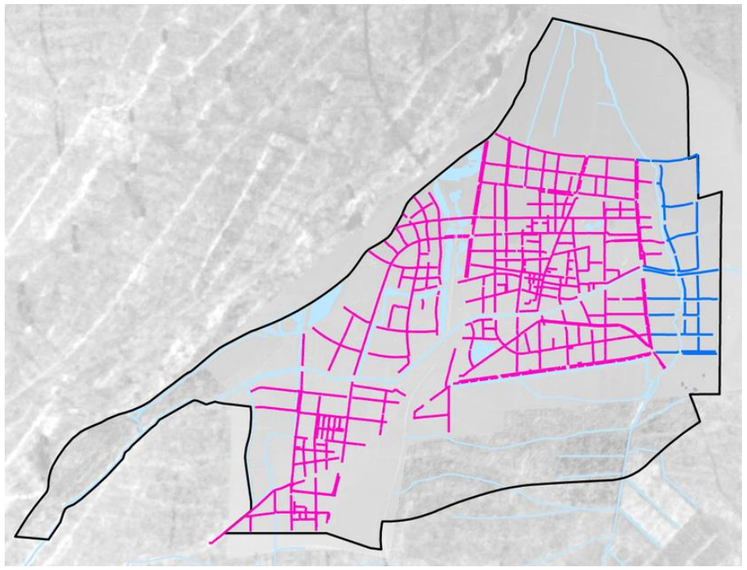


图 3-6　原始物探导入资料

检查井数据主要录入地面高程、井深及节点类型等属性，本模型方案共录入检查井 6014 个，其中合流制检查井 5558 个，雨水检查井 456 个。

管线数据需要录入管长、管材、管径及管底高程等属性，本方案模型共有管线约 230.0 公里，其中合流制管道约 208.4 公里，雨水管道约 21.6 公里。具体管径分布如下表：

表 3-2 规划区管线排水类型及管径分布表

管径	合流管		雨水管	
	长度(km)	比例(%)	长度(km)	比例(%)
[100,500]	77.7	37.3	14.8	68.59
[600,800]	79.1	37.9	4.3	20.09
[900,1500]	48.5	23.3	2.4	11.33
[1600,2200]	3.1	1.5	0.0	0.00
合计	208.4	100.0	21.6	100.00

2、管网拓扑检查校正

管网拓扑检查主要包括管网连接关系是否完整、同类要素是否重复、管道纵断面、雨污混接等。

（1）管网连接关系缺失

受限于物探资料的质量及勘查时间久远，物探资料管网并不完整，建模过程中发现部分管线存在断接。

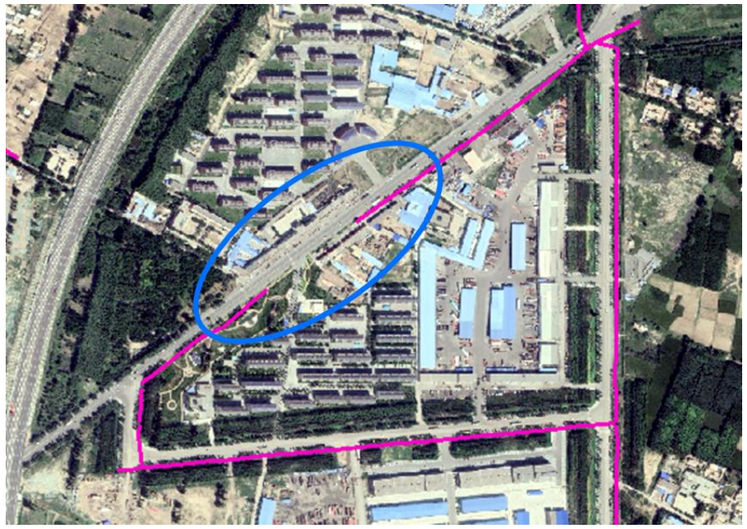


图 3-7　管线断接示意图

通过现场核查、问询相关施工单位等多种方法，对管线进行连接性检查，补充缺失管线，完善了管网拓扑，保障所有检查井和管线最终连接到合理的下游终端，共计补充 24 根管线，总长 921 米，具体管径分布如下：

表 3-3 补充管道管径统计

管径	小于 DN500	DN500-DN800	大于 DN800	合计
段数	14	4	6	24
长度 km	0.40	0.16	0.36	0.92

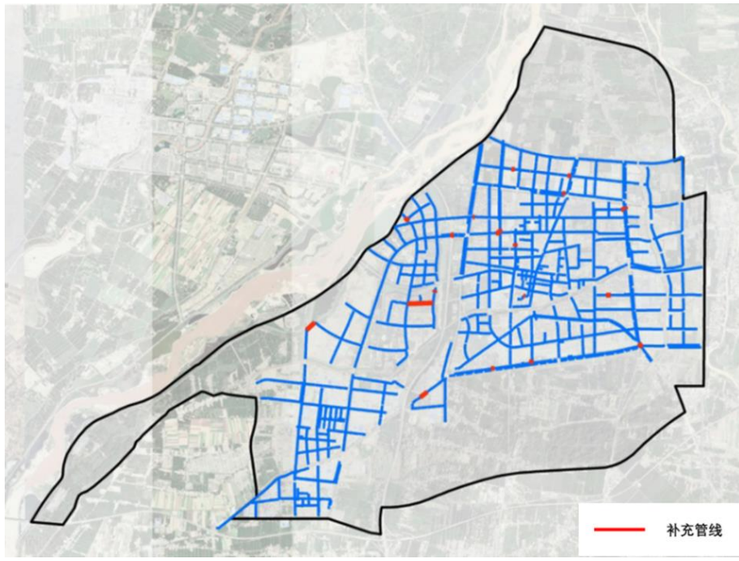


图 3-8　物探补充管道分布

（2）管网纵断面检查

在完成管网拓扑结构的梳理检查后，对全部主干管道的纵段进行了检查。发现部分管段存在下游管底高程高于上游管底高程的倒坡情况，根据问询施工单位、现场核查与工程合理性调整了存在纵断面存在问题的主干管。

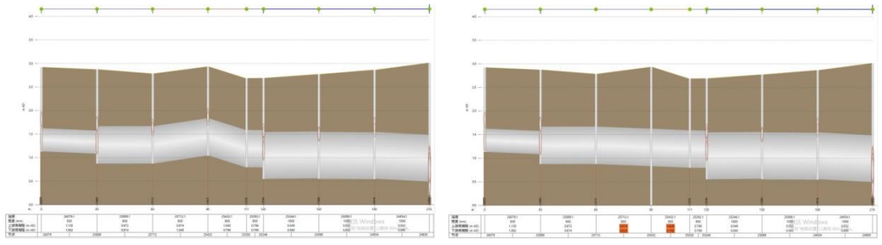


图 3-9　管网纵断面调整示意图

3、管网建模小结

综上，经模型数据梳理、现场调研，完成对现状物探资料整理和补充，对排水系统相关管线整理进行校核。最终模型管网总长 230.9 公里，其中雨水管 209.3 公里、合流管 21.6 公里，检查井共计 6014 个，定位了 19 处排河吐口。

3.3.2.3 河道模型构建

规划区内排水体制为合流制和分流制共存。由于划区内河道主要用于城市泄洪及灌溉用，对城市排涝影响较小，因此本次河道模型构建，将河道概化为雨水渠道。

本次河道建模的原始数据主要基于以下材料:

（1）吴忠市水系规划图和现在遥感解析影像，确定水系的中线及河岸线。

（2）《吴忠排水防涝综合规划》及《吴忠市清水沟、南干沟水环境综合治理工程》内现状水系分析的内容，确定河道河底高程。

（3）地形资料和现场勘查，确定河道河岸高程、河道边坡比及河道糙率。

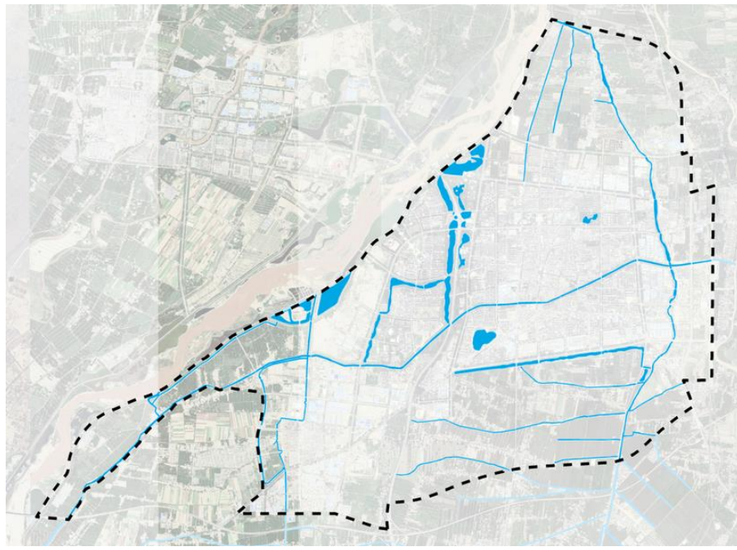


图 3-10　Infoworks 河道布置示意图

结合资料调研及现场踏勘，通过以下方式对所有规划区内河道建模:

（1）绘制河道中心线

（2）绘制河道典型位置断面

（3）利用地面高程，读取横断面线两侧高程数据

（4）根据《吴忠排水防涝综合规划》及《吴忠市清水沟、南干沟水环境综合治理工程》，输入河底高程，确定断面形态；

（5）根据中心线和横断面数据，在模型内创建河道

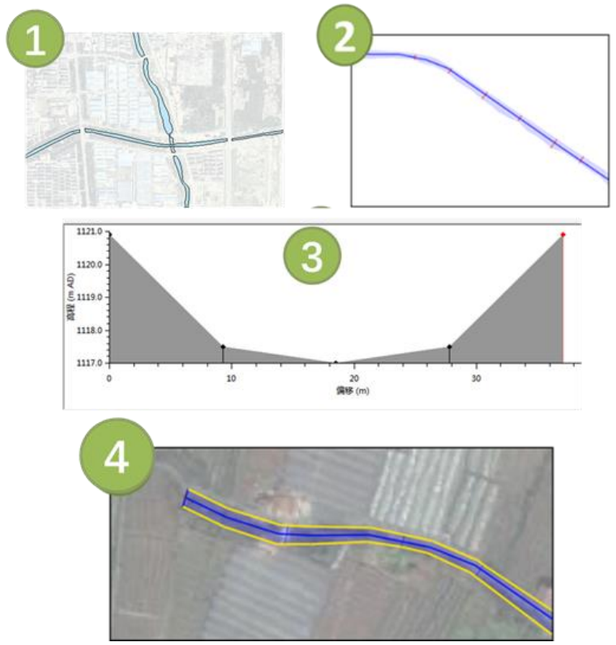


图 3-11　Infoworks 河道建模流程演示

最终模型共录入河道长度为 28.11km，水域面积约为 112.98ha。

3.3.2.4 集水区模型构建

为每一个检查井或者河道设置汇水区范围，将模型分区按照空间位置合理分配到每个检查井，在自动分配的基础上，根据地形图，手动进行局部汇水分区的排向调整，确保在模型中汇水区的划分与实际汇水分区基本一致，经分析确定规划区相关研究范围共划分 1770 个集水区。

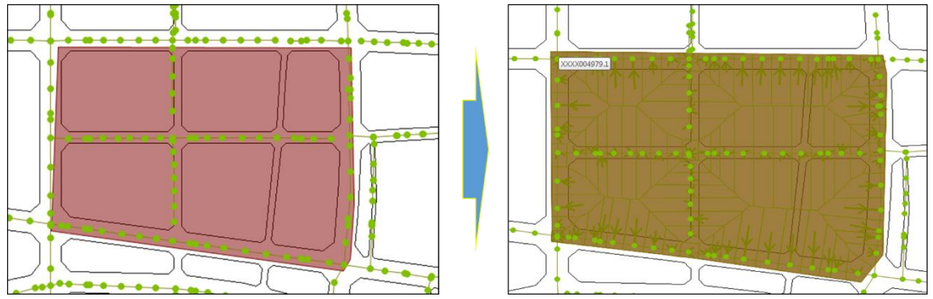


图 3-12　Infoworks 集水区细分示意图

3.3.2.5 泵站模型构建

规划范围内排水体制为以合流制为主，利红街以东区域为分流制区域。规划范围共有 7 座泵站，其中 5 座为合流制泵站，2 座污水泵站。

表 3-4 规划区泵站统计表

泵站名称	位置	现状规模（m^3/s）	排水出路
新区泵站	开元大道与黎明街交叉口西北侧	6.6	一污
西泵站	吴灵路与利宁街交叉口西南侧	6.0	
北泵站	四号路与黎明街交叉口西南侧	4.2	
秦渠北泵站	利红街以东、朔方路以南	0.2	
花卉市场泵站	同心大街与友谊路交叉口处	1.0	二污
回乐路泵站	利红街以东、朔方路以南	0.14	
金积泵站	吴青路与金积北大街交叉口东南侧	4.2	三污

图 3-13　Infoworks 模型泵站分布示意图

3.3.2.6 地表漫流模型构建

1、原始地面模型生成

根据吴忠市建设局提供的高程点数据，在 GIS 中利用邻域内插法生成 2 米*2 米精度的栅格数据，通过手工修正，将城市中一些高架等道路引起的地形升高及某些异常低洼或者隆起地形的剔除。

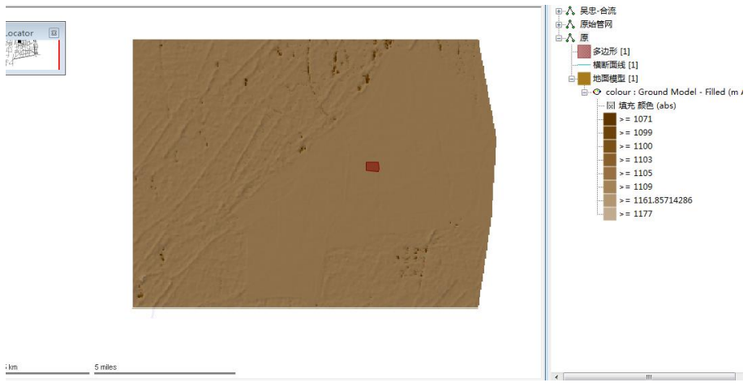


图 3-14　Infoworks 内导入地形文件

2、地面模型优化修正

直接导入的地形在农村区域可以直接使用，但在城区存在以下两个问题：

（1）由于地形数据勘测完成时间较早，部分区域地形开发后场地整平，地形抬升，结合管网敷设情况，模型中批量抬升部分地块单元高程。

（2）地面模型导入建筑，运行期间，建筑位置不会发生积水，地表漫流无法汇入建筑内部。

基于上述问题，对模型内地面模型进行了进一步的修正和优化，识别了大部分已开发地块所在区域，如果该位置地形还明显是开发前的地形，则强制太高到规划区场地控制标高。同时将建筑物范围导入模型，保证模拟时积水无法进入建筑区域，使行洪路径模拟更加精确真实。

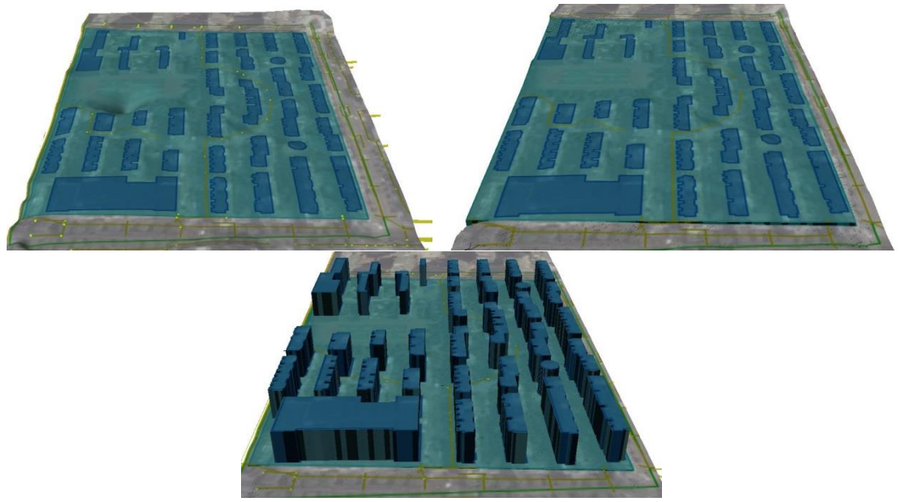


图 3-15 Infoworks 地面模型修正流程

3.1.3. 模型参数

3.3.3.1 管网参数

水力计算包括沿途水头损失和局部水头损失两部分。

1、沿途损失

沿途损失主要由管、管长、管径和糙率决定，其中管材、管长和管径为已知属性，糙率取值根据《室外排水设计规范》（2016 版）（GB50014-2006），管道粗糙度取值 n 为混凝土管为 0.013、PVC 管为 0.009、砖石管渠为 0.02。

2、局部水头损失

局部水头损失是管道进出检查井导致的水头损失，本次采用了 Infoworks ICM 基于物理实验和理论研究得到的局部水头损失模型。

$$\Delta h = K_{\mu} \cdot K_{s} \cdot K_{\vartheta} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g}$$

式中，K_s 管道当前充满度系数，K_ϑ管道当前流速系数，K_μ用户自定义系数。

其中，K_s和K_ϑ模拟在实时计算时，根据当前模拟进行时管道的水力状态转化而来；而K_μ则是模型预设好的水头损失参数，其取值取决于管道间的折角大小确定。最终根据实际管线间折角和主次关系，确定并输入管道局部水头损失。

Angle of Approach	Ku
30	3.3
60	6.0
90	6.6
＞90	8.0

图 3-16　Infoworks 水头损失系数值

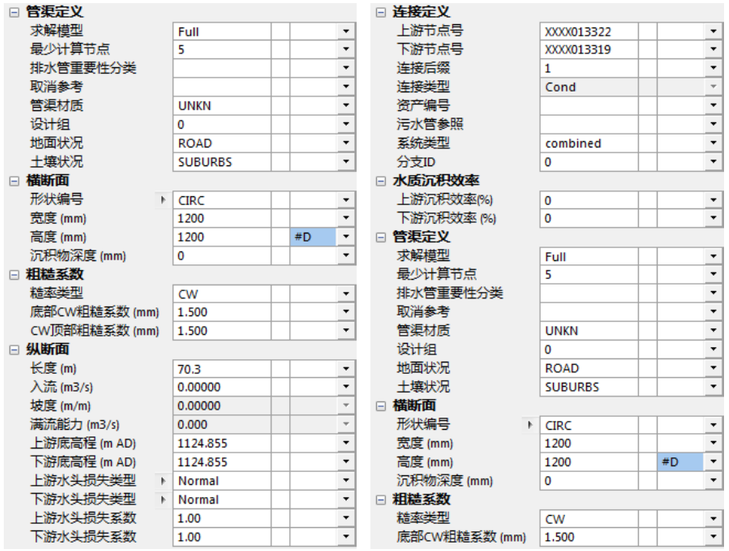


图 3-17　Infoworsk ICM 管道参数属性表

3.3.3.2 河道参数

由于河道对城市排水系统影响较小，本次模型河道参数设置仅对河道糙率进行设定。河道沿途糙率与其表层材质相关，目前吴忠市河道主要包括人工渠化河道、生态河道及自然河道。根据《天然河道糙率计算及取值方法》（张秉文.天然河道糙率计算及取值方法[J].南水北调与水利科技,2012），人工渠化河道糙率设置为 n=0.013，生态河道与自然河道的糙率设置为 n=0.03。

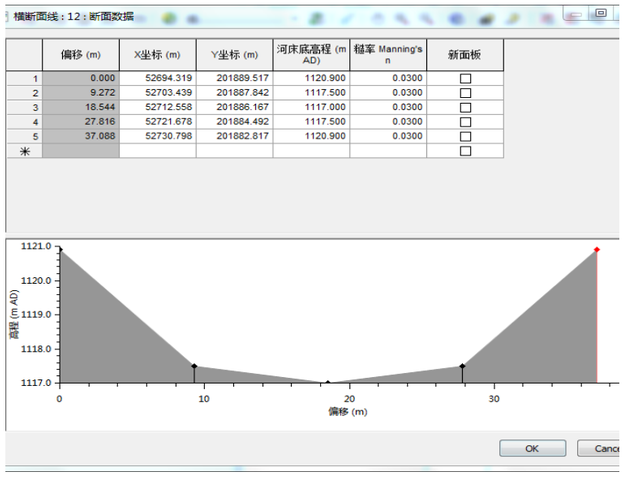


图 3-18　Infoworks 河道断面糙率设置图（自然河道为例）

3.3.3.3 集水区参数

1、集水区产流下垫面

传统的排水规划对模拟片区常采用统一的经验固定径流系数估算产流，无法体现产流表面差异的空间分布，集水区的下垫面类型和比例直接决定了集水区产流能力。本模型通过解析最新遥感航拍解析成果，得到了现状集水区下垫面类型和分布的矢量信息，为集水区下垫面进一步精确分类和模拟产汇流设置提供了数据支撑。

利用模型软件的下垫面提取工具，计算每一片集水区的下垫面实际分配情况。相较于传统的整片区域采用同一个固定径流系数，更真实的体现了不同集水区产流能力的空间分布特征，保障模拟结果更加真实可靠。

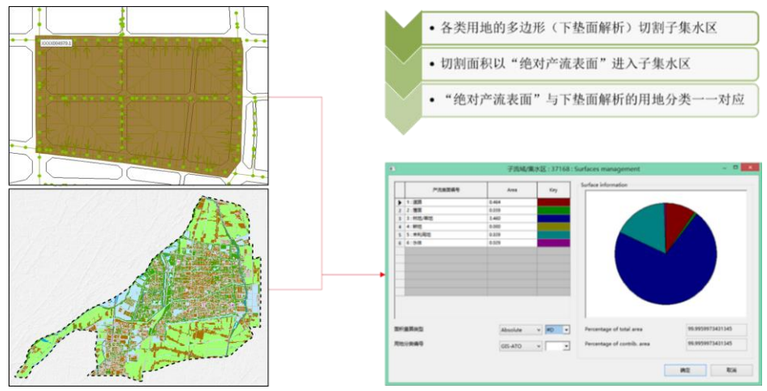


图 3-19　Infoworks 集水区下垫面提取流程

2、下垫面产流能力及汇流速度参数

下垫面可分透水面及不透水面，分别设定参数保证集水区产汇流模型的合理性。

不透水面产流过程相对稳定，故采用径流系数法预测雨水径流量，根据《海绵城市建设技术指南》与《室外排水规范》(2016 版)(GB50014-2006)，道路径流系数 0.85，屋面径流系数 0.85，未利用地取 0.45，在建用地取 0.55。

透水面产流过程相对复杂，实际降雨过程中，随着降雨的进行，土壤下渗能力将降低，产流系数增加，因此固定的径流系数法无法合理的模拟透水面的产流过程，采用霍顿产流模型来模拟表达透水面的产流过程。

吴忠规划区土壤以为素填土、粉质黏土、细砂为主，结合 SCS 土壤典型霍顿参数，选择透水性最差的、适合中国 D 类土壤的一组参数为初始数据，以降雨重现期 2 年一遇降雨径流系数 0.10，5 年一遇径流系数 0.23，10 年一遇径流系数 0.29 为目标进行参数的调整校正。通过反复调整，最终得到能同时满足以上三个条件的霍顿参数，作为本次模拟的运行参数。

SCS Soil Group	f0 (mm.hour)	fc (mm/hour)	k (1/hour)
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

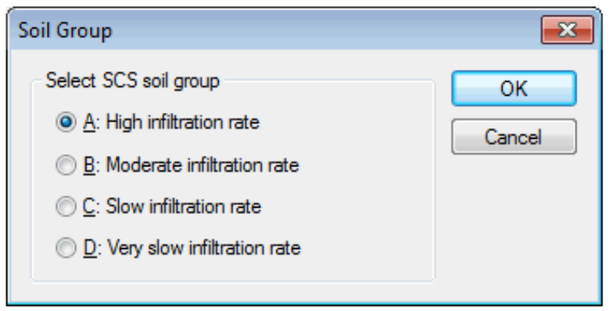


图 3-20　Infoworks 推荐的不同类型土壤霍顿参数

通过迭代计算，最终采用了初始渗透 124mm/h,稳定渗透 3.8mm/h，渗透衰减 2.5mm/h 作为模型模拟参数。该组数据能契合大部分的率定目标，同时与 C 类土壤的参数较为相似，可以认为参数基本合理。

本次模拟汇流模型采用了国内通用的 SWWM 汇流模型，根据《一种基于下垫面变化的产汇流模型及其应用》（方堃. 一种基于下垫面变化的产汇流模型及其应用[J]. 水资源与水工程学报,2012），合理设置下垫面的初渗率、稳渗率、衰减率、曼宁系数等参数。

表 3-5 集水区产汇流下垫面模型参数表

下垫面类型	产流模型	径流系数	初渗率	稳渗率	衰减率	汇流模型	曼宁系数
道路	fixed	0.85	-	-	-	SWMM	0.013
屋面	fixed	0.85	-	-	-	SWMM	0.015
林地/草地	Horton	-	124	3.8	2.5	SWMM	0.2
耕地	Horton	-	124	3.8	2.5	SWMM	0.2
在建用地	fixed	0.55				SWMM	0.04
未利用地	fixed	0.45	-	-	-	SWMM	0.04
水体	fixed	1	-	-	-	SWMM	0.001

3.3.3.4 水质参数

1、降雨径流污染参数

水质模型主要包括污染物在地表上的积累过程和降雨对污染物的冲刷过程。沉积物及污染物，在干旱天气在子集水区表面累积，在雨天被表面径流冲刷至排水系统，这个过程被称之为冲刷模型。

污染浓度积累过程的计算公式为：

$$M_0 = M_{d^{e^{-K_1 NJ}}} + \frac{P_s}{K_1}(1 - e^{-K_1 NJ})$$

其中，K1 为(消减系数/day)，Ps(积累系数 kg/ha.day)，两者决定了积累的速度，以及积累后期地表可以达到的相对稳定的浓度值。下图为浓度随天数积累的过程曲线图，显示了地表沉积随着天数的增加，积累浓度逐步上升最终达到稳定的过程。

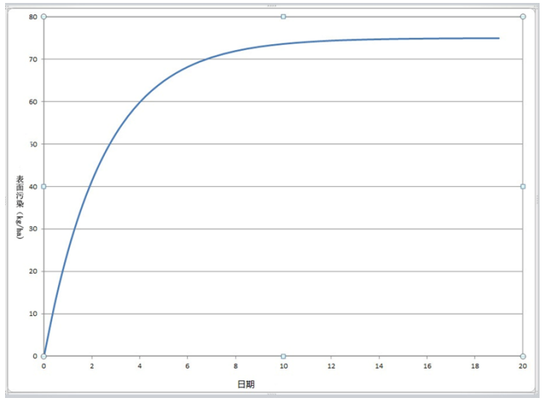


图 3-21　水文模型的地表积累过程地表积累浓度 kg/ha 与天数(days)曲线图

根据文献所得不同下垫面降雨径流水质 EMC 值范围，结合研究中主要城市 EMC 平均值及典型值选取了不同下垫面污染负荷参考值。同时，考虑到吴忠市研究结果中雨水径流污染物的指标较低，在合理分布范围内参考值选取有所调整。

2、生活污水参数

规划区排水体制分流制，同时存在雨污混接现象，因此规划区内除地表径流的冲刷和污染外，还包括生活污水污染。根据《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》，吴忠市属于五区区四类城市，城镇居民生活污水排放系数特征如下。

表 3-6 城镇居民生活产污系数表

污染物	生活污水量 L/人·天	COD 克/人·天	NH3-N 克/人·天	TP 克/人·天
产生系数	103	58	7.6	0.74

生活污水具有时间分布特征，按照东部城市的居民用水时序曲线，将日均污水量按时间进行分布，录入水质模型中，如下图。

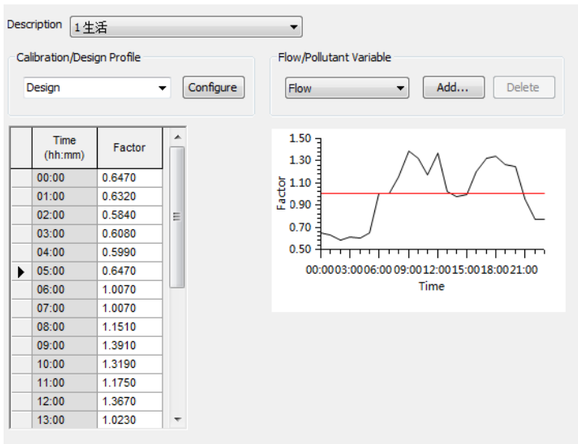


图 3-22 吴忠市居民城市用水模式曲线图

第4章　问题及需求分析

4.1. 现状问题及原因

4.1.1. 水环境问题分析

（1）河道水质改善明显，但水质稳定达标的基础尚不牢固

根据住建部、生态环境部 2016 年公布的全国城市黑臭水体清单，吴忠市共有 2 条黑臭水体，分别为南干沟和清水沟，黑臭段总长度 16 km。其中，南干沟长度为 5.6km；清水沟长度为 10.4km，均为轻度黑臭。

经过吴忠市的对城市水环境的大力治理，2018 年，南干沟、清水沟 2 条黑臭水体经生态环境部专家组评估已基本消除黑臭。

图 4-1 “两沟”已经消除“黑臭”

在消除“黑臭”基础上，吴忠市持续加大城市水环境治理力度，经过 2018~2019 年的治理，南干沟和清水沟的水质进一步改善。2019-2020 年，“两沟”黑臭水体 4 项指标均达标，入黄口水质基本达到地表水 IV 类标准。

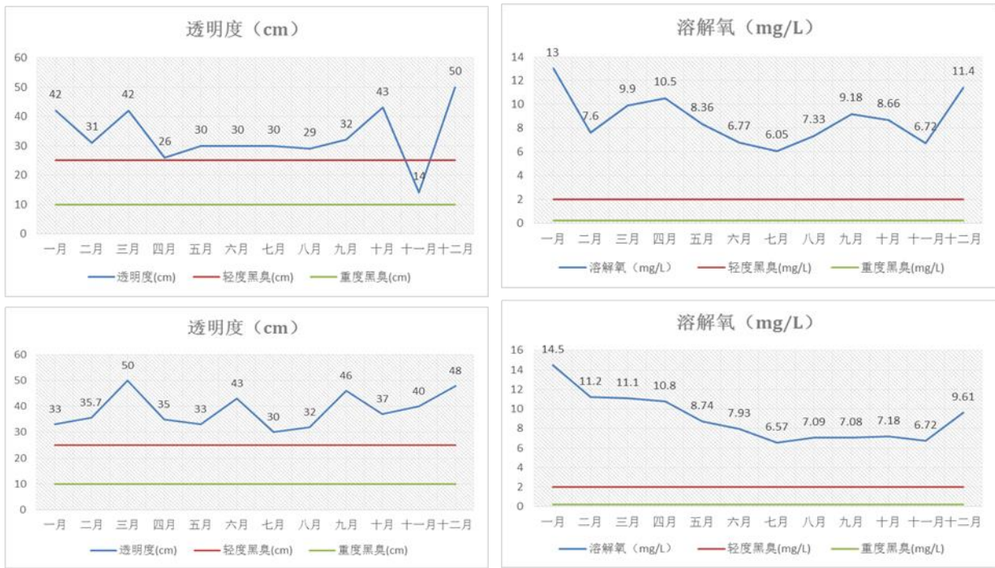


图 4-2　2019 年清水沟（上）、南干沟（下）水质检测数据（透明度、溶解氧）

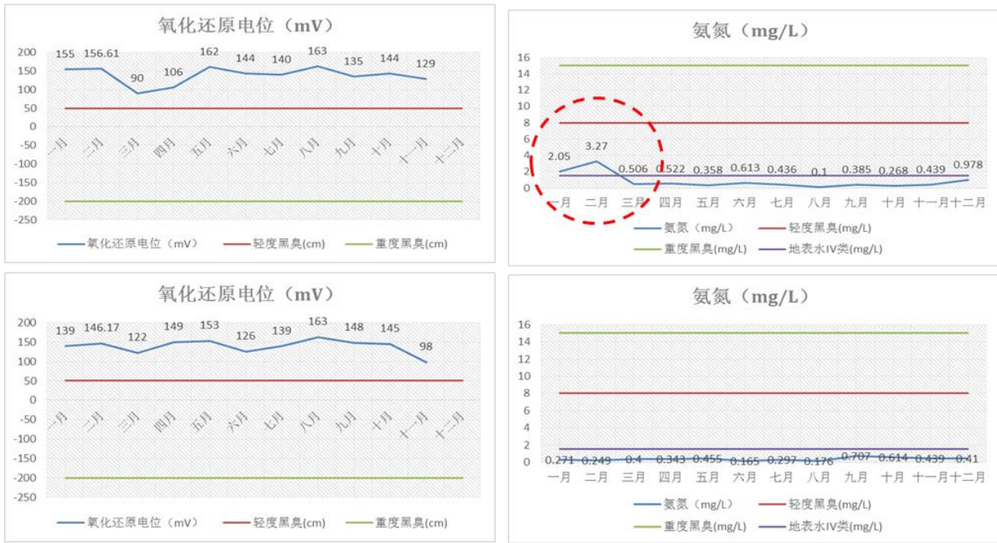


图 4-3　2019 年清水沟（上）、南干沟（下）水质检测数据（氧化还原电位、氨氮）

根据《自治区人民政府关于印发宁夏回族自治区水污染防治工作方案的通知》（宁政发〔2015〕106 号），吴忠市南干沟、清水沟等入黄排水沟水质应达到地表水 IV 类

水质。从 2019 年水质监测数据分析，南干沟全年氨氮指标均达到地表水 IV 类标准，清水沟枯水期（1~2 月）的氨氮指标尚未达到地表水 IV 类标准，清水沟水质稳定达标的基础尚不牢固。

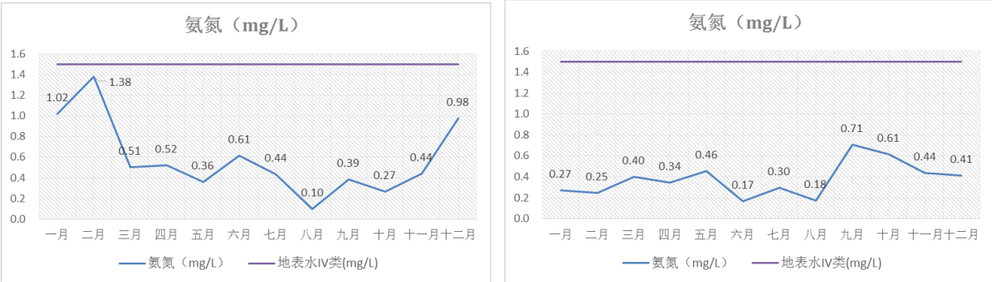


图 4-4　2019 年清水沟（左）、南干沟（右）规划区上游来水水质检测数据（氨氮）

由于清水沟巴浪湖监测点和南干沟 S303 监测点位于本规划区上游（监测指标：氨氮、溶解氧、透明度、氧化还原电位），因此对以上 2 个监测点水质监测数据进行分析，可作为规划区上游来水水质的判定依据。从 2019 年水质监测数据分析，南干沟、清水沟规划区上游来水的氨氮指标均达到地表水 IV 类标准。

（2）旱季水环境容量不足

1）现状水环境容量

地表水环境容量是指在保持水环境功能用途前提下，水体所能容纳的污染物的量或自身调节净化并保持生态平衡的能力。规划区目标水质标准为地表水 IV 类水质。按照污染物降解机理，水环境容量可划分为稀释容量和自净容量两部分。

W=W 稀释+W 自净

规划区水环境容量计算只考虑水体本身的自净容量，采用零维模型对规划区内地表水环境容量进行估算，自净容量的计算公式为：

$$W_{自净}=86.4\cdot Q\cdot(C_s-C_0)+0.001kVC_s+86.4qC_s$$

式中：W：降解容量，$t\cdot d^{-1}$；

Q：河道上游来水流量，m^3/s；

q：排污流量，m^3/s；

k：衰减系数，d^{-1}；（COD 取 0.1 d^{-1}，氨氮取 0.08 d^{-1}，TP 取 0.08 d^{-1}。）

V：区域环境体积，m^3；

C_0：上游来水污染物背景浓度，mg/L；

Cs：功能区水质标准浓度，mg/L；（地表水环境 IV 类水质 COD 为 30 mg/L，氨氮为 1.5 mg/L，TP 为 0.3 mg/L；C0：上游来水水质是 IV 类水质）。

由于规划区现状以合流制制为主，新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）、乃光湖、明珠湖等景观水体不承担雨水雨污水消纳功能。因此，规划区内污染物排放的受纳水体为南干沟和清水沟。

表 4-1 南干沟、清水沟计算参数一览表

河道名称	长度（m）	旱季宽度（m）	雨季宽度（m）	湿地面积（㎡）	旱季水面面积（㎡）	雨季水面面积（㎡）	湿地平均水深	旱季平均水深	雨季平均水深
南干沟	6000	10	20	740000	60000	120000	1.2	0.1	0.5
清水沟	20200	30	80	122800	606000	1616000	1.2	0.3	1.2

经测算，南干沟和清水沟的水环境容量分别为 40.7 t/a 和 66.1 t/a（以氨氮计）。

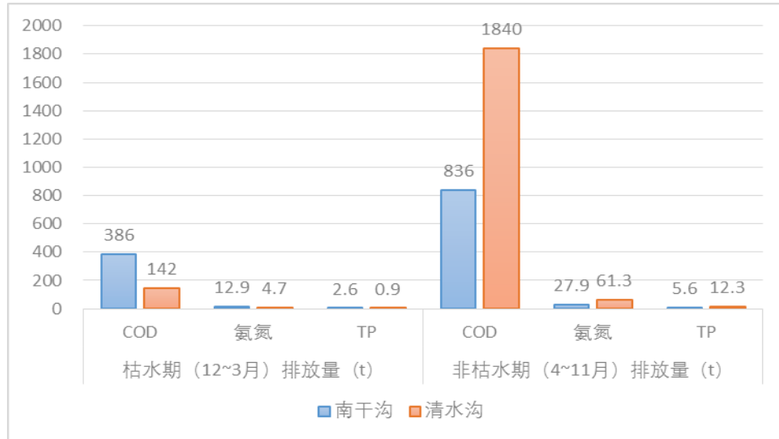


图 4-5 南干沟、清水沟水环境容量示意图

2）污染物总排放量/水环境容量

对南干沟、清水沟流域的全年污染物总排放量与水环境容量进行比较发现，南干沟、清水沟流域水环境容量均大于全年污染物总排放量。

吴忠市属于宁夏黄河灌渠，南干沟和清水沟作为主要农田退水渠，其水量及水环境容量变化不仅与旱季、雨季相关，还与灌溉期相关。由于吴忠市春灌期 4~5 月、雨季 6~9 月、冬灌期 10~11 月，因此南干沟、清水沟的枯水期为 12 月~3 月，非枯水期为 4 月~11 月。

对枯水期、非枯水期的污染物总排放量与水环境容量进行比较发现:

非枯水期，南干沟和清水沟的 COD、氨氮、TP 等水环境容量均大于污染物总排放量。枯水期(12 月~3 月),清水沟流域氨氮指标的水环境容量小于污染物总排放量。

表 4-2 南干沟、清水沟污染物总排放量与水环境容量对比一览表

	枯水期（12~3 月）排放量（t）			非枯水期（4~11 月）排放量（t）		
	COD	氨氮	TP	COD	氨氮	TP
南干沟-污染总排放量	85	8.7	0.9	230	23	2.6
南干沟-水环境量	386	12.9	2.6	836	27.9	5.6
清水沟-污染总排放量	73	**7**	0.8	460	57.8	6.1
清水沟-水环境量	142	**4.7**	0.9	1840	61.3	12.3

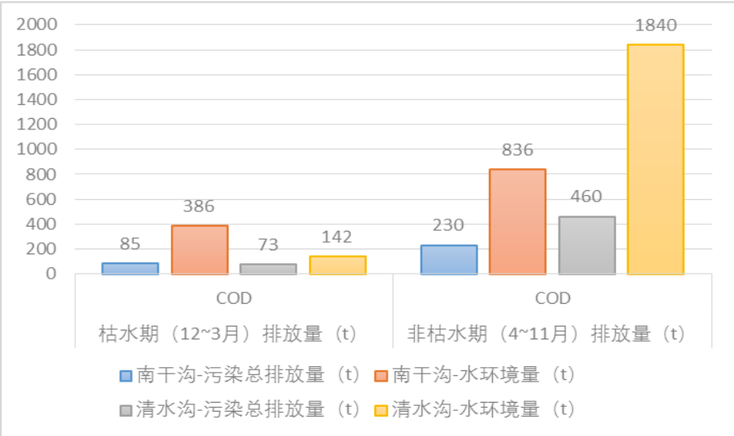


图 4-6 “两沟”污染物（COD）总排放量与水环境容量对比示意图

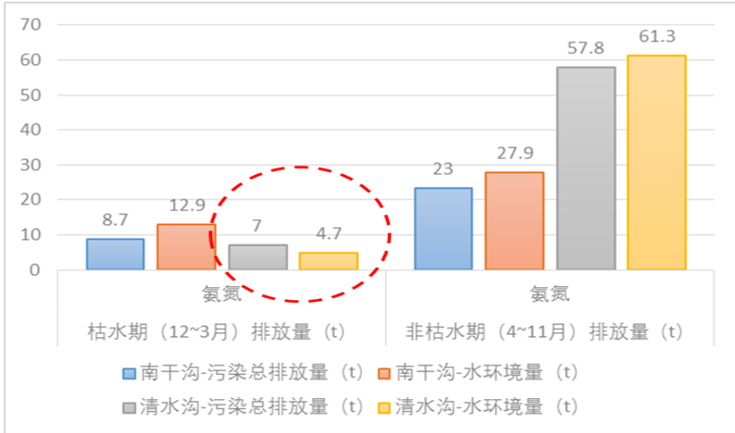


图 4-7 “两沟”污染物（氨氮）总排放量与水环境容量对比示意图

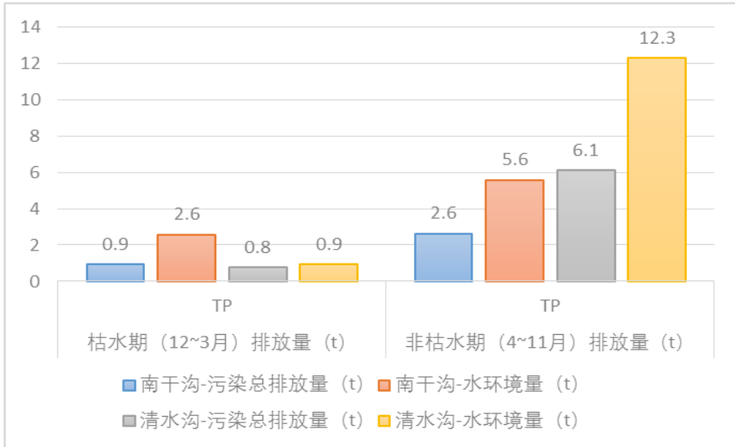


图 4-8 “两沟”污染物（TP）总排放量与水环境容量对比示意图

4.1.2. 水资源问题分析

（1）人均水资源量少，时空分布不均

吴忠市处于西北干旱地区，多年平均降雨量不足 200 毫米，降雨量少，而且降雨时空分布不均，年内 70％～80％的径流集中在 6～9 月。此外多年平均水面蒸发量超过 1800 毫米，蒸发量大。

2020 年吴忠市人均水资源量约 110 m³，属于严重缺水地区（人均低于 500m³），经济社会发展用水主要依赖限量分配的黄河水资源。

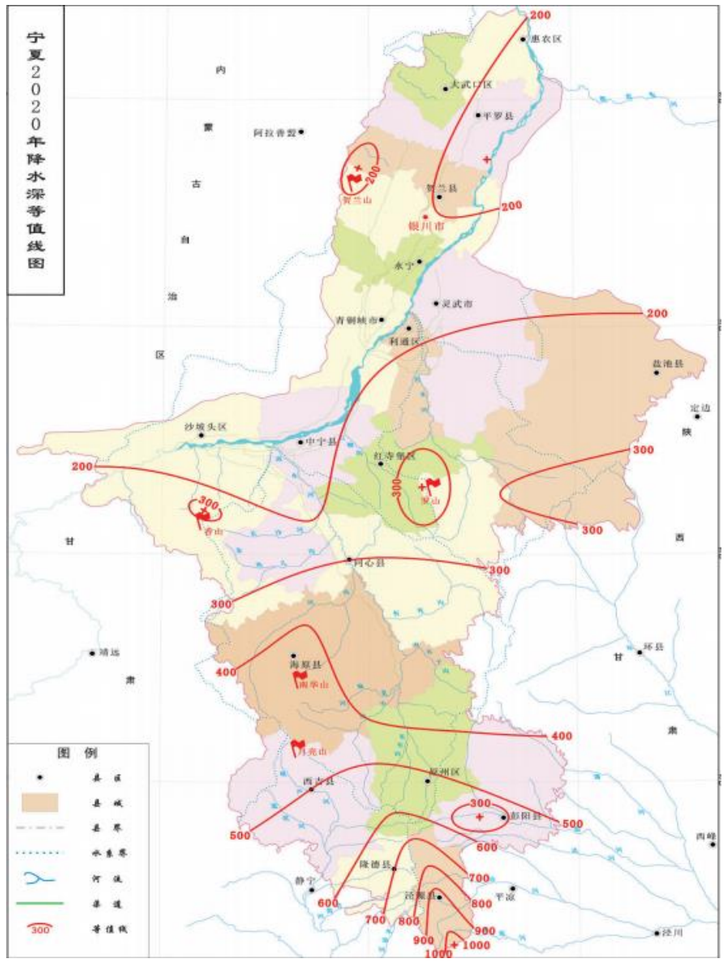


图 4-9 2020 年宁夏自治区降雨量分布图

（2）现状再生水利用率低

根据《住房城乡建设部关于印发城镇污水再生利用技术指南（试行）的通知》及《自治区人民政府关于印发宁夏回族自治区水污染防治工作方案的通知》，吴忠市要促进再生水利用，完善再生水利用鼓励政策及管网等配套设施，确保工业生产、城市绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水优先使用再生水。

2020 年吴忠市再生水实际年供水量约 210 万 m³，日均供水量约 5753m³/d，再生水利用率约 6.89%。其中，热电厂冷却水补水用水量约 73 万 m³，绿化浇洒用水量约 137 万 m³。道路浇洒、城市景观水体等尚未纳入再生水供水范围，尤其新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）乃光湖、明珠湖等城市景观水体，现状水源主要依靠秦渠补水，由于黄河水资源量按需供给，十分宝贵，因此能够拥有城市景观水体补水的水量十分有限，导致新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）等景观水体长期处于生态补水不足的状态，尤其到枯水期，秦渠供水中断，新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）等水体经常发生干涸现象。

图 4-10 干涸的新宁河（原清宁河段）（2020 年春季）

图 4-11 干涸的新宁河（原南环水系段）（2019 年秋季）

吴忠市现状再生水管网总长度 56 公里，主要分布于朔方路、世纪大道、利红街、福宁东路、清宁街、开元大道等主要道路，再生水管网的覆盖率较低，并且现状再生水管网主要呈枝状分布，尚未形成完整的环状管网，导致管网远端的供水量和供水压力不稳定。

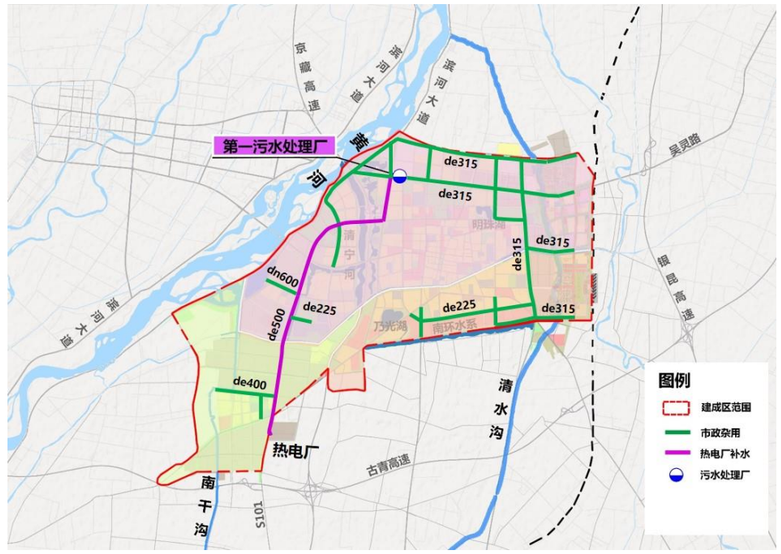


图 4-12 现状再生水管网分布示意图

4.1.3. 水生态问题分析

（1）城市下垫面硬化率高，不透水面积大

随着城市化进程推进，规划区下垫面硬化率逐年升高，现状硬化面积（包括道路、屋顶、铺装等）44.9 平方公里，占现状建成区比例 66%，综合径流系数约 0.67。

高硬化率和大面积不透水下垫面，导致降雨时地表迅速产流，径流峰值大，易产生内涝威胁，同时也导致城市热岛效应不断加剧。

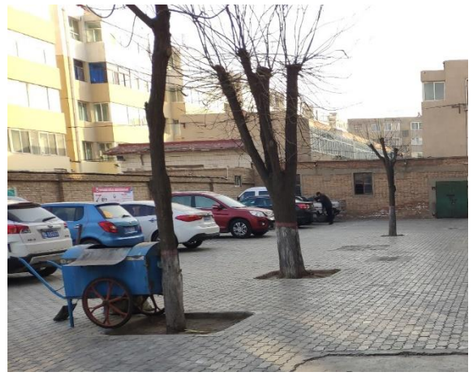


图 4-13 现状部分小区基本全部硬化

表 4-3 现状建成区下垫面统计表

序号	下垫面类型	面积（ha）	径流系数
1	建筑屋面	1724	0.85
2	道路铺装	2608	0.85
3	水系	468	1
4	绿地	1780	0.2
5	未利用地	240	0.4
合计			0.67

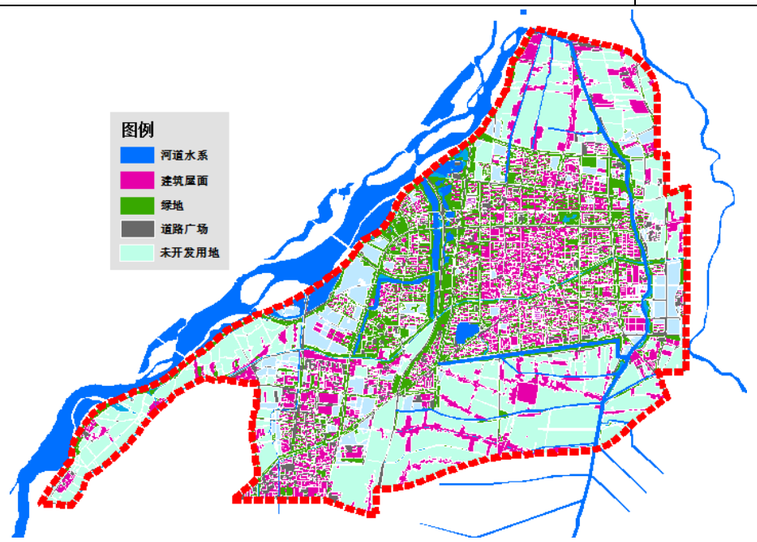


图 4-14 城区现状下垫面解析图

（2）部分岸线缺少养护，局部岸线“三面光“

规划区内现状河道生态岸线建设已经比较完善，但由于缺少对生态岸线的维护和管理，导致部分河段岸线出现冲刷坍塌、漂浮垃圾、堆放垃圾等现象。

图 4-15 局部河道及岸线缺少维护（存在垃圾和漂浮物）

南干沟局部岸线（S303~维五路）在河道改线过程中，已经硬化成三面光河道，长度约 1 公里。

图 4-16 南干沟局部岸线已经硬化（三面光）

4.1.4. 水安全问题分析

（1）现状排水管网能力评估

建成区现状排水体制以合流制为主，区域内雨水主要通过合流管网进入污水处理厂，而少部分雨水通过雨水管排入清水沟。

规划采用 Infoworks 模型模拟短历时设计降雨，根据管道充满度来评估管道排水能力。采用管道在设计降雨下最不利时刻的超负荷状态，来评价管道的设计能力达到

的设计重现期。

模型通过水力坡度与管道坡度的比来定义超负荷状态，超负荷状态按照小于 1、等于 1 和等于 2 三种类型划分:

A.超负荷状态小于1: 表明管道尚未充满，排水能力达到设计降雨的重现期标准。

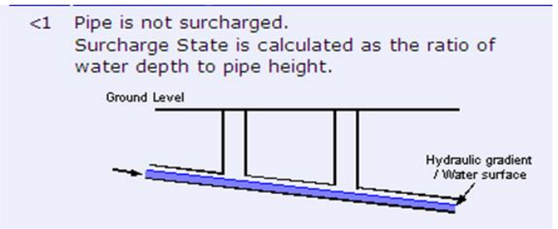


图 4-17 超负荷状态小于 1 的管道示意图

B.超负荷状态等于 1: 表明管道已充满，水力坡度小于管道坡度，管道的排水能力未达到设计降雨重现期的标准，且管道的排水能力主要受下游管道顶托的限制。

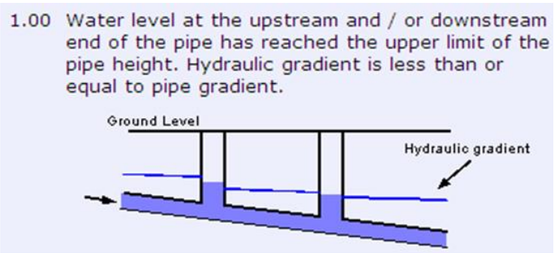


图 4-18 超负荷状态等于 1 的管道示意图

C.超负荷状态等于 2: 表明管道已充满，水力坡度大于管道坡度，管道的排水能力未达到设计降雨的重现期标准，且排水能力受自身管径的影响。

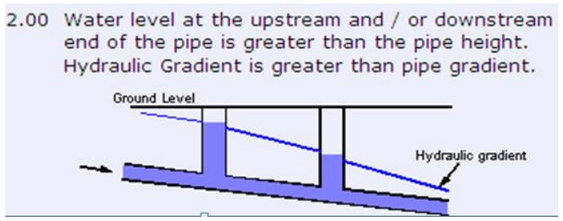


图 4-19 超负荷状态等于 2 的管道示意图

综上，超负荷状态等于 1 和等于 2 的管道均视为为超负荷运行管道，据此来评估管网的排水能力。

通过 Infoworks 模型模拟，规划区内现状管网能力不足 1 年一遇占比约 49%，管网能力 1~2 年一遇占比约 38%，规划区内约 87%的管网未达到 2 年一遇的规划标准。

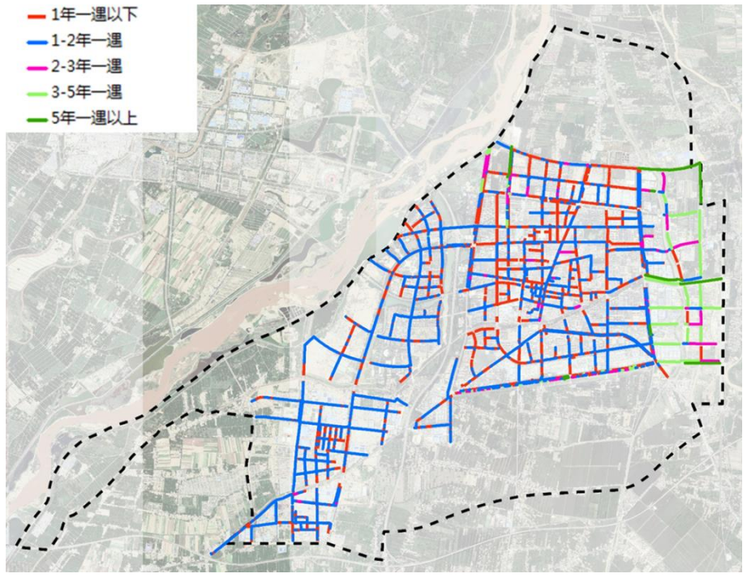


图 4-20 现状排水管渠能力评估图

表 4-4 规划区雨水管道能力评估一览表

重现期	长度（km）	比例（%）
1 年一遇以下	113.76	49.2
1~2 年一遇	88.17	38.2
2~3 年一遇	9.81	4.2
3~5 年一遇	12.42	5.4
5 年一遇以上	6.83	3
合计	230.99	100

（2）现状内涝风险评估

根据《室外排水设计规范》《治涝标准》及《吴忠市城市排水（雨水）防涝综合规划》，确定规划区的内涝防治标准为 20 年一遇。

表 4-5 内涝风险等级划分标准

内涝时间 / 内涝深度	0-30min	30-60min	60-120min
0.15-0.3m	低风险	中风险	中风险
0.3-0.5m	中风险	高风险	高风险
>0.5m	高风险	高风险	高风险

通过 Infoworks 模型软件的时间序列结果分析统计工具，对积水超过 0.15m 的位置进行积水时间和积水深度统计，得到在 20 年一遇长历时工况下，整个规划区内的内涝风险分布图，其中高风险区面积 1.2km²，占比风险区面积约 9%。根据内涝风险评估，主要有 7 个模拟积水点。

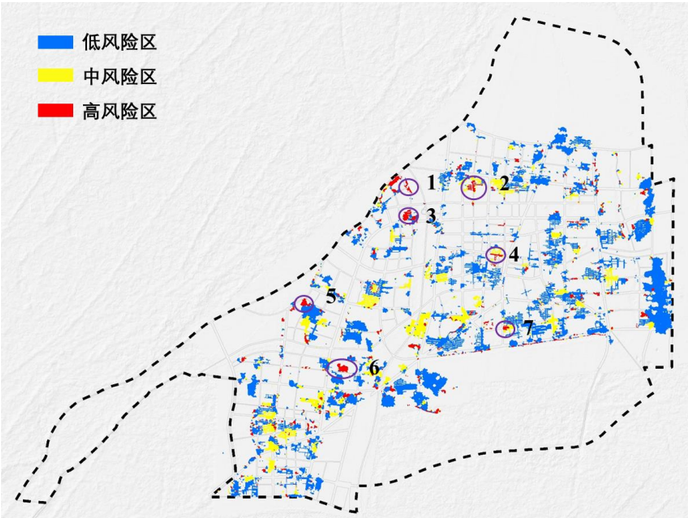


图 4-21 现状 20 年一遇长历时降雨内涝风险评估

表 4-6 现状 20 年一遇长历时降雨内涝风险评估统计表

风险等级	面积(km²)	比例(%)
低风险区	9.29	71.2
中风险区	2.56	19.6
高风险区	1.2	9.2
合计	13.05	100

（3）历史积水点

规划区现状排水体制以合流制为主，区域内雨水主要通过合流管进入污水处理厂，河道顶托对排水系统影响较小。影响城市内涝主要因素为地势低洼、管道能力以及泵站规模不足。

根据现场调研及相关部门提供的易涝点情况，规划区内现状共有 4 处历史内涝点，分别位于双都路和清宁街交叉口、黎明街（阳光骄子小区门前）、民和巷和裕民街交叉口、利通南路和福宁东路交叉口。

表 4-7 历史积水点一览表

序号	历史积水位置	模拟积水深度（cm）	对应设计降雨
1	双都路和清宁街交叉口	22	20 年一遇
2	黎明街（阳光骄子小区门前）	30	20 年一遇
3	民和巷和裕民街交叉口	42	20 年一遇
4	利通南路和福宁东路交叉口	55	20 年一遇

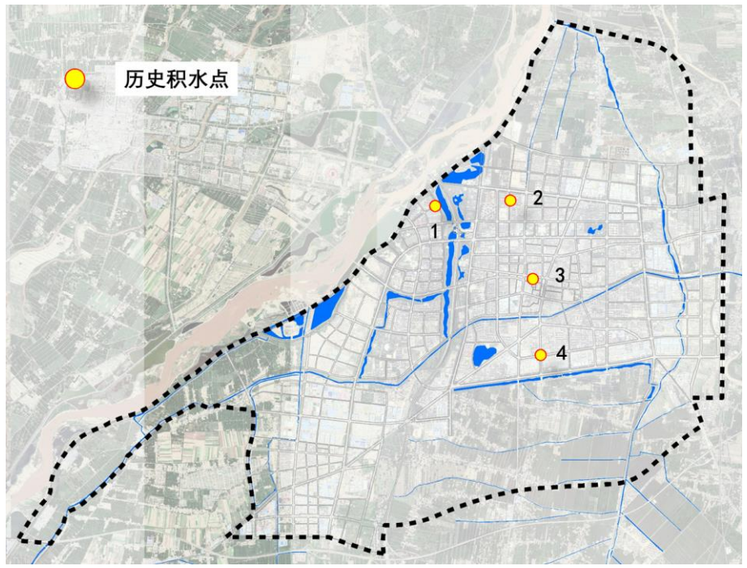


图 4-22 规划区历史积水点分布图

（4）积水点原因分析

根据模型模拟，规划区内共有 7 个易涝点，有 4 个与历史积水点重合，分别为双都路和清宁街交叉口、民和巷和裕民街交叉口、民和巷和裕民街交叉口、利通南路和福宁东路交叉口；模拟新增 3 个积水点，分别位于开元大道与清宁街交叉地块、秦汉街与滨海大道交叉口东侧地块、蔡桥村东侧地块。

与历史积水点重合的 4 个积水点，其积水原因主要为地势低洼和管网排水能力不足。新增 3 个积水点，积水原因主要为由地势低洼。

表 4-8 典型积水点积水原因分析

序号	积水点位置	积水原因	历史积水点
1	双都路和清宁街交叉口	排水能力不足、地势低洼	是
2	民和巷和裕民街交叉口	排水能力不足、地势低洼	是
3	开元大道与清宁街交叉地块	地势低洼	
4	民和巷和裕民街交叉口	排水能力不足、地势低洼	是
5	秦汉街与滨海大道交叉口东侧地块	地势低洼	
6	蔡桥村东侧地块	地势低洼	
7	利通南路和福宁东路交叉口	排水能力不足、地势低洼	是

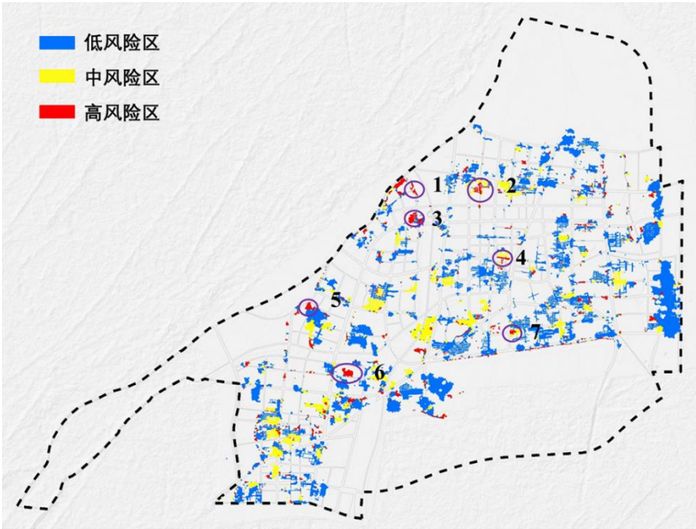


图 4-23 规划区模型模拟积水点分布图

1）积水点 1

积水点 1 位于双都路和清宁街交叉口处，模拟最大积水深度约为 0.22m。

1）该处积水点，地势低洼，造成雨水无法快速排出，造成积水;

2）该区域为合流制区域，管网排水能力较低，管径仅为 DN500，此处管道内雨水、污水通过检查井溢出，造成积水。

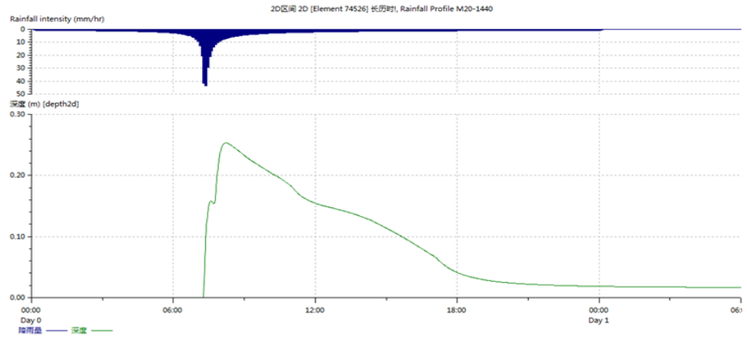


图 4-24 积水点 1 积水深度随时间变化曲线图

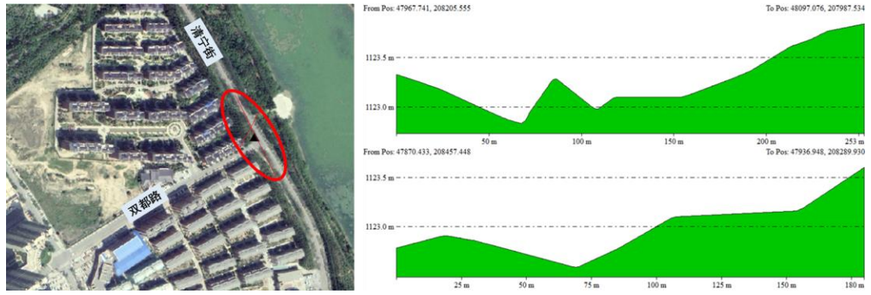


图 4-25 积水点 1 地形图

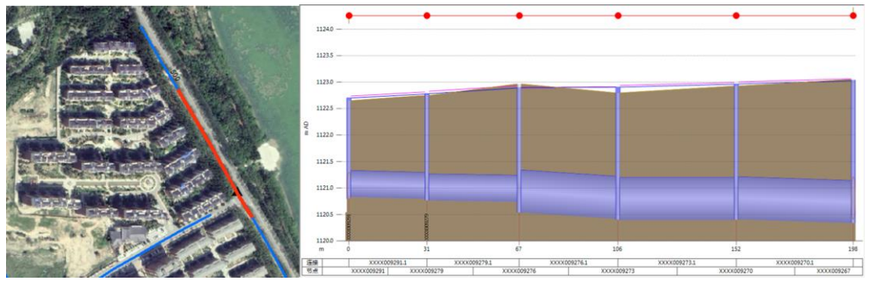


图 4-26 积水点 1 管道断面示意图

2）积水点 2

积水点 2 位于黎明街（阳光骄子小区门前）处，模拟最大积水深度约为 0.30m。

1）该处积水点，地势低洼，造成雨水无法快速排出，造成积水;

2）该区域为合流制区域，管网排水能力有限，此处管道内雨水、污水通过检查井溢出，造成积水。

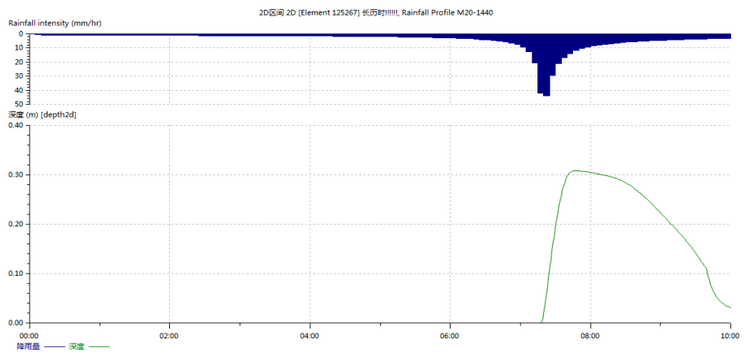


图 4-27 积水点 2 积水深度随时间变化曲线图

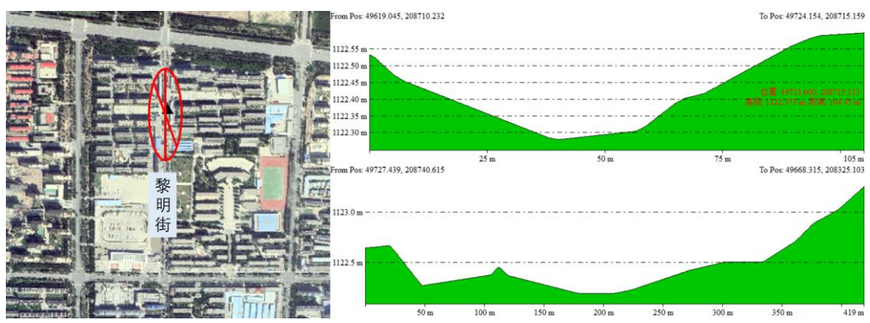


图 4-28 积水点 2 地形图

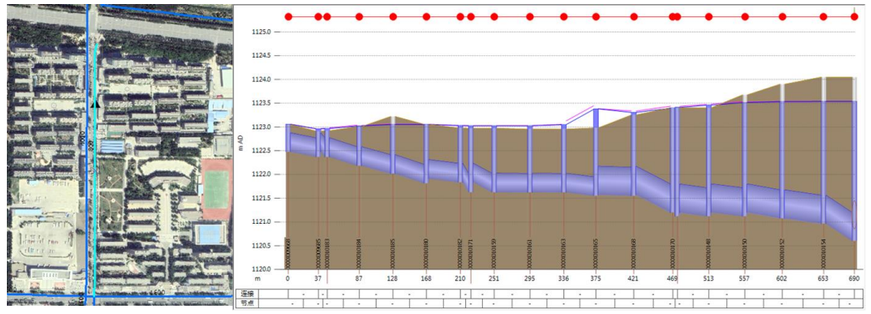


图 4-29 积水点 2 管道断面示意图

3）积水点 4

积水点 4 位于民和巷和裕民街交叉口处，模拟最大积水深度约为 0.42m。

1）该处积水点，地势低洼，造成雨水无法快速排出，造成积水;

2）该区域为合流制区域，管网排水能力有限，此处管道内雨水、污水通过检查井溢出，造成积水。

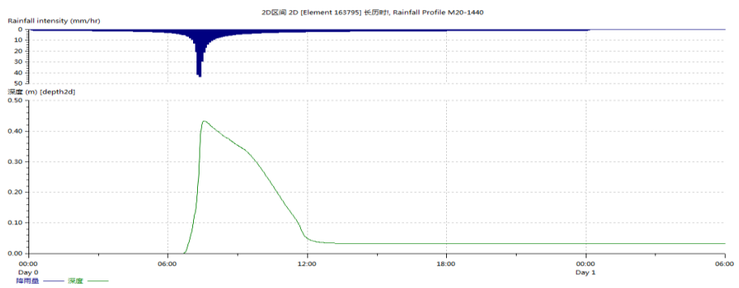


图 4-30 积水点 4 积水深度随时间变化曲线图

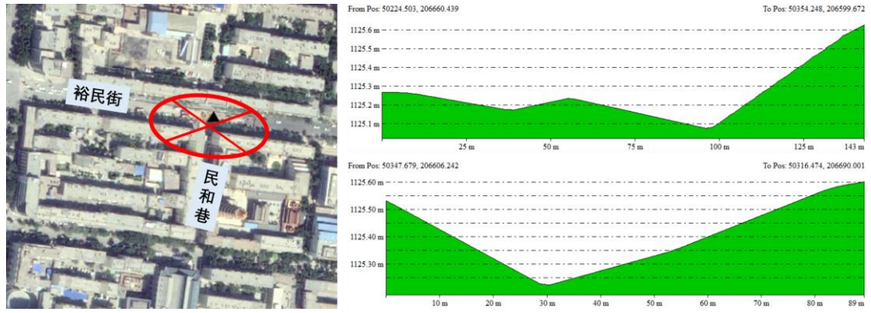


图 4-31 积水点 4 地形图

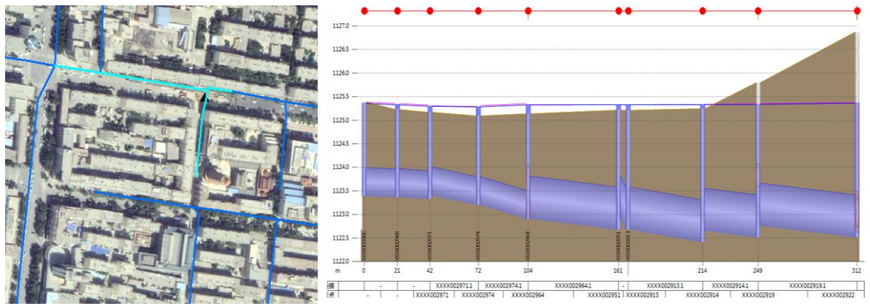


图 4-32 积水点 4 管道断面示意图

4）积水点 7

积水点 7 位于利通南路和福宁东路交叉口处，模拟最大积水深度约为 0.58m。

1）该处积水点，地势低洼，造成雨水无法快速排出，造成积水;

2）管网排水能力有限，此处管道内雨水、污水通过检查井溢出，造成积水。

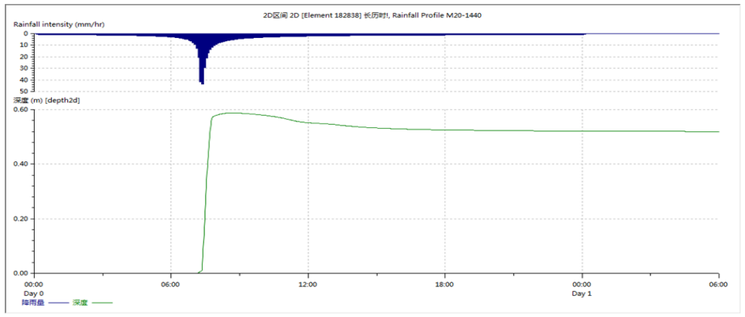


图 4-33 积水点 7 积水深度随时间变化曲线图

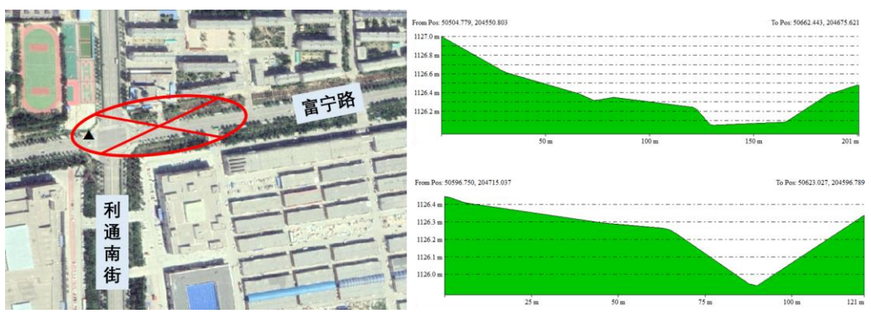


图 4-34 积水点 7 地形图

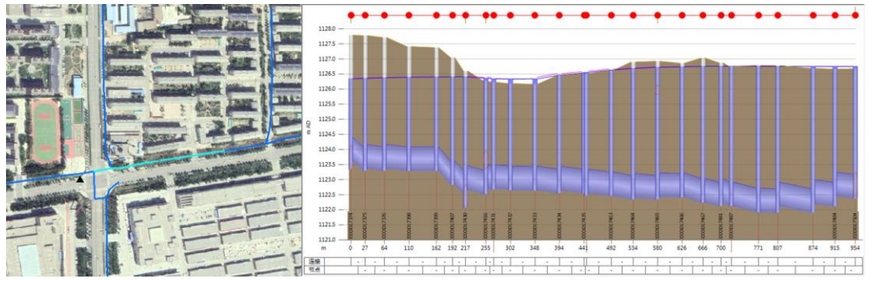


图 4-35 积水点 4 管道断面示意图

5）积水点 3、5、6

现状为未利用地、在建用地，积水原因主要是由于地势低洼，雨水无法排出，造成积水，以积水点 5 为例分析。

积水点 5 位于秦汉街与滨海大道交叉口东侧地块,该处最大积水深度约为 0.58m。该处积水点，地势低洼造成积水;

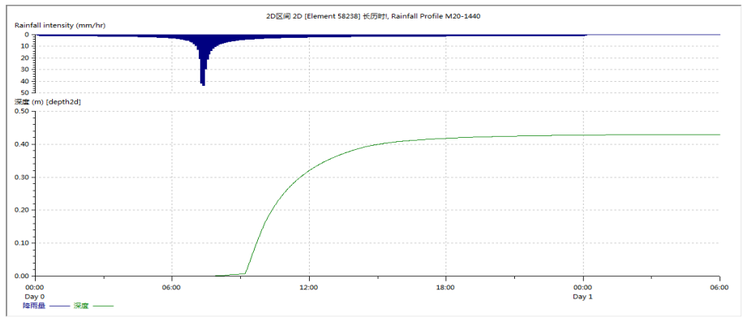


图 4-36 积水点 5 积水深度随时间变化曲线图

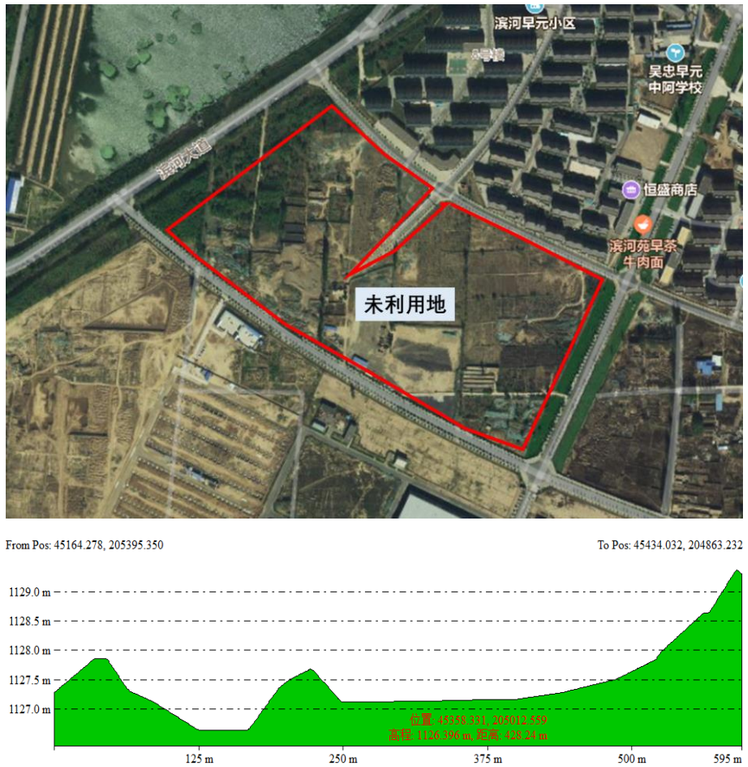


图 4-37 积水点 5 现状用地分布示意图

4.2. 需求分析

4.2.1. 海绵城市建设是生态文明建设的需要

吴忠市位于宁夏平原南部，黄河东岸灌区，南干沟、清水沟、秦渠等自然水系和人工灌渠穿城而过，城中形成多处景观水体和公园绿地，城市南、北、东三面均为大面积的平原农业区。这些水、林、田、湖等生态要素共同构成了吴忠市的自然生态格局。

海绵城市建设的目标之一就是保护山、水、林、田、湖等生态要素及恢复城市的自然水文循环，最终实现城市发展与生态文明建设的有机结合和良性互动。

4.2.2. 海绵城市建设是保护黄河母亲河的需要

2019 年 9 月 18 日，习近平总书记在主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上强调，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。

黄河流经宁夏段地区，是宁夏各种生产要素和经济活动最为集中的地区，同时也是宁夏最主要的地表水资源，对宁夏国民经济和社会发展有非常重要的影响。黄河宁夏段生态环境的保护与污染治理，直接关系宁夏生态立区、脱贫富民战略的实施效果，关乎宁夏的高质量发展。

吴忠市作为“因黄而兴”的主要城市，保护黄河母亲河则更加刻不容缓，也责无旁贷。治理黄河，重在保护，要在治理。吴忠市应紧密围绕黄河生态保护和高质量发展主线，守好改善黄河生态环境的生命线，通过海绵城市建设，严格遵循“山水林田湖草是一个生命共同体”的生态理念，不断加大污染防治和环境保护投入，以生态问题治理和生态功能恢复为导向，探索源头保护、系统治理、全局治理的新途径，实现利用水资源、改善水生态、治理水环境、消除水灾害的“四水同治”。

4.2.3. 海绵城市建设是解决城市现状水问题的需要

吴忠市现状建成区以老城区和工业集聚区为主，通过现状调查和分析，吴忠市在水环境、水资源、水生态、水安全等方面分别存在一定的问题和解决问题的实际需求，例如，枯水期入黄水质不达标问题，水资源短缺与再生水利用不充分问题，城市硬化率高与雨水资源利用率低问题，排水管网标准偏低且存在内涝积水点问题等。

海绵城市建设建设的目标之一就是老城区以问题为导向，因地制宜对老城区存在的问题进行系统统筹和治理，提升城市环境质量和应对自然灾害的能力，最终实现“小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”。

4.2.4. 海绵城市建设是改善城市人居环境的需要

吴忠市的老城区主要集中在现状建成区的中部（京藏高速与利红街之间，秦渠南北两岸），随着城市的快速发展，老城区的自然、人居环境与人民群众向往美好生活的的愿望之间存在较大的差距，同时社区居民在卫生、健身、停车等方面也有着较大的诉求和期望。

老城区的海绵城市建设，一方面要满足雨水径流控制、污染物削减等方面的目标，另一方面也要积极探索老城区、老旧小区改造的新模式，通过“1+N”的模式将海绵城市建设与提升基础设施水平、改善人居环境、满足居民诉求等相结合，最终实现老城区的有机更新和环境改善。

第5章　规划目标与技术路线

5.1. 规划目标

5.1.1. 总体目标

落实习近平生态文明思想、海绵城市理念以及在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话精神，坚持生态优先、绿色发展，共同抓好大保护，协同推进大治理，着力加强生态保护治理。

实现“小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”，恢复“水清岸绿、鱼翔浅底”的景象。

打造“塞上江南、水韵吴忠”。

5.1.2. 规划指标

表 5-1 吴忠市海绵城市规划指标一览表

序号	目标分类	指标名称	近期（2025）	远期（2030）
1	水生态保护	年径流总量控制率	城市建成区 40% 以上面积年径流总量控制率达到 85%（对应设计降雨量 14.5 mm）	城市建成区 80% 以上面积年径流总量控制率达到 85%（对应设计降雨量 14.5 mm）
2		水面率	不低于现状值（4.2%）	不低于现状值（4.2%）
3		生态岸线率	不低于现状值（65%）	不低于现状值（65%）
4	水环境改善	黑臭水体治理	全面消除黑臭，实现长制久清	全面消除黑臭，实现长制久清
5		地表水环境质量	“两沟”入黄口达到地表水 IV 类	“两沟”入黄口达到地表水 IV 类
6		合流制溢流控制率	90%（年均溢流 2 次，即降雨量＜18mm 不发生溢流）	90%（年均溢流 2 次，即降雨量＜18mm 不发生溢流）
7		污水厂进水 BOD 浓度	不低于 180mg/L	不低于 200mg/L
8		城市生活污水集中收集率	85%	90%
9	水资源节约	污水再生利用率	不低于 50%	不低于 60%
10	水安全提升	防洪达标率	100%	100%
11		内涝防治标准	20 年一遇	20 年一遇

5.2. 技术路线

5.2.1. 总体思路

海绵城市既是一套城市建设的技术措施，更是一种城市发展的理念。

在城市传统发展模式中对原有下垫面的逐渐改变，也渐渐影响了水系统在地表的自然水文过程，当城市规模发展至一定阶段，因自然特征条件改变而产生的影响累积到一定程度（也包含部分了一些不合理的人为工程），最终导致了水环境、水生态、水安全的问题出现。因此，海绵城市是一种新的城市发展理念，目标为“最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响”，以水系统的可持续发展为目标必然要求城市改变传统的发展方式，在城市的不同空间层面，通过规划建设管控，落实绿色发展理念，达到城与水的协调发展。同时在海绵城市规划建设过程中，还应注意以下策略:

（1）水系构建，生态修复

海绵城市建设首先是要对原有生态系统的保护，最大限度的保护原有的河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠、水源地等水生态敏感区，留有足够涵养水源、应对较大强度降水的林地、草地、湖泊、湿地，维持城市开发前的自然水文特征。其次是生态恢复与修复。对传统粗放式城市建设模式下，已经受到破坏的水体和其他自然环境，运用生态的手段进行恢复和修复，并维持一定的生态空间。山水林田湖是城市基本生态要素，维系城市基本生态要素，从区域层面保障城市良好的海绵城市环境。

城市水系构建：以水系生态为核心，以城市防洪排涝安全为目标，构建城市大排水通道，恢复城市水系空间和生态功能。

城市生态格局构建：以城市山水绿地格局为依据，识别城市水敏感性高的生态要素，构建吴忠市海绵城市生态系统，提出城市生态要素的保护要求与保护措施。

（2）目标问题，双重导向

目标导引：落实国家《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》《水污染防治行动计划》等国家要求，具体目标和指标达到《海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）》的要求，全面推动海绵城市建设，明确近远期建设时序，合理有序保障海绵城市建设。

问题导向：系统梳理吴忠市城市涉水问题，如黑臭水体问题、水资源利用问题、内涝积水问题、水生态问题等，提出系统的解决方案，改善城市民生。

老城区以解决城市居民的切身问题为主，例如城市合流制管网溢流问题、城市水环境问题。新城区以落实国家和自治区政策目标为主，全面实施海绵城市建设，达到国家海绵城市相关目标和指标。

（3）绿色灰色，协同共生

城市基础设施可分为市政类的灰色基础设施和环境保护、生态恢复类的绿色基础设施。海绵城市建设的四重目标即：水环境、水资源、水安全、水生态，必须发挥绿色基础设施和灰色基础设施共同发挥作用，二者缺一不可。完善的灰色基础设施可消除城市点源污染，但城市污染的面源污染问题，由于其分散性，必须发挥绿色基础设施的作用。

吴忠市地处黄河冲积平原，城市排水体制为合流制，城市排水以泵站抽排为主，污水厂、泵站和排水管网在水环境改善、黑臭水体治理方面起到了重要的作用。吴忠市海绵城市建设必须发挥分散式绿色基础设施与集中式污水收集处理设施为代表的灰色基础设施的协同作用，确保海绵城市建设的可达性。

从规划角度看，海绵城市建设是一个复杂的系统工程，需要统筹考虑其绿色基础设施、灰色基础设施建设，落实用地，协调建设，并通过工程设计整体落实。具体对吴忠而言，要发挥源头分散式透水铺装、下沉式绿地消减城市面源、雨水径流，将尽可能多的雨水留在源头地块内，在此基础上，再依托管网、泵站、污水厂，将旱季的污水全收集、全处理，将雨期的雨、污水近可能多的进行收集和处理，减少溢流排放。通过上述途径，实现吴忠市的绿色与灰色基础设施的协同共生。

（4）因地制宜，试点先行

吴忠市城区现状下垫面特征存在差异，在老城区、工业园区、滨河新区等不同的下垫面特征适宜不同的海绵城市建设策略和技术，同时建筑小区、道路广场、公建、公园绿地等不同类型用地的海绵建设重点和技术措施也不尽相同，因此需要因地制宜制定技术组合方案，开展不同类型项目海绵城市试点建设和技术示范，在此基础上再进行技术推广应用。

5.2.2. 技术路线

根据吴忠市现状问题和本底条件，结合规划总体思路，确定本规划的技术路线，主要从改善水环境、节约水资源、保护水生态、提升水安全等 4 个方面进行系统统筹和论证，以期达到系统科学的海绵城市建设目标。具体技术路线图如下：

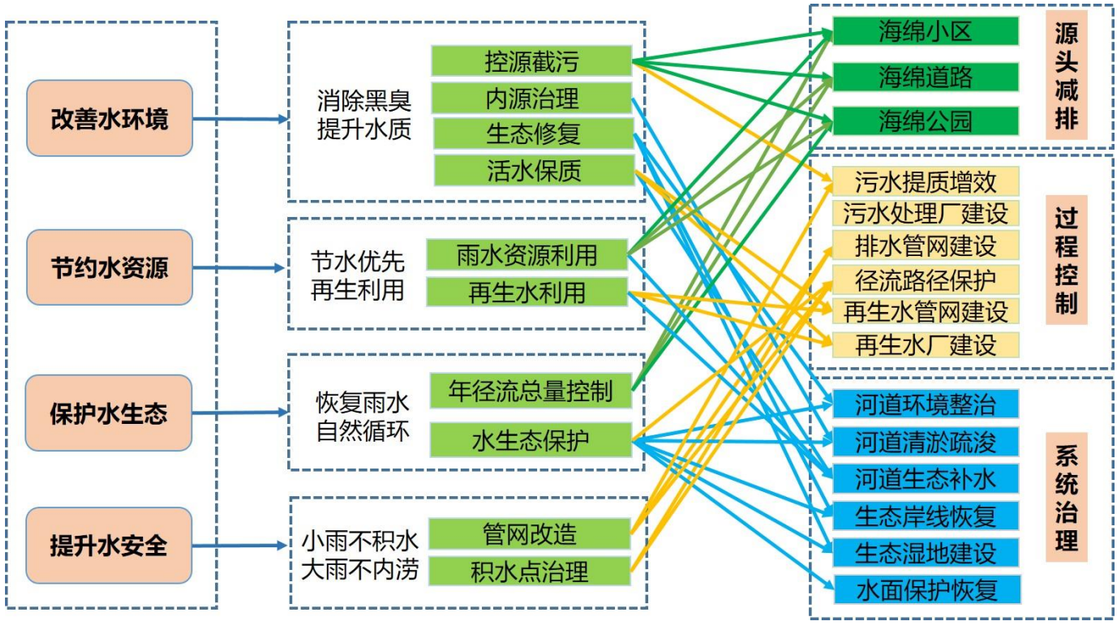

改善水环境
节约水资源
保护水生态
提升水安全
消除黑臭
提升水质
节水优先
再生利用
恢复雨水
自然循环
小雨不积水
大雨不内涝
控源截污
内源治理
生态修复
活水保质
雨水资源利用
再生水利用
年径流总量控制
水生态保护
管网改造
积水点治理
海绵小区
海绵道路
海绵公园
源头减排
污水提质增效
污水处理厂建设
排水管网建设
径流路径保护
再生水管网建设
再生水厂建设
过程控制
河道环境整治
河道清淤疏浚
河道生态补水
生态岸线恢复
生态湿地建设
水面保护恢复
系统治理

图 5-1 规划技术路线图

第6章　海绵城市空间格局

6.1. 海绵生态敏感性分析

海绵生态敏感性是与城市水生态、水环境、水安全、水资源相关性较强，对人类生产、生活活动具有特殊敏感性或具有潜在自然灾害影响，极易受到人为的不当开发活动影响而产生生态负面效应的地区。海绵生态敏感性分析是在现有的自然环境背景下，人类活动干扰和自然环境变化导致发生城市水问题的难易程度及其可能性大小，也是生态环境问题出现的概率大小。生态敏感区作为一个区域中生态环境变化最激烈和最易出现生态问题的地区，也是区域生态系统可持续发展及进行生态环境综合整治的关键地区。在城镇区域中，生态敏感区除了具有生态作用以外，还制约着城市的发展规模、发展方向、用地布局和城镇体系结构，对城镇的框架形成有重要意义。

通过生态因子评分法和 GIS 技术对城市敏感性进行分析和评价，将城市下垫面划分为最敏感区、敏感区、弱敏感区和非敏感区 4 个等级。

表 6-1　城市下垫面敏感性等级定义表

类型	定义
最敏感区	一般为地表水影响区或坡度＞20%区域，生态价值高，该区域对开发建设活动极为敏感，一旦出现破坏干扰，不仅影响正常的开发建设活动，而且可能会给该区域的生态系统带来严重破坏，属自然生态重点保护地段。
敏感区	对人类活动敏感性较高，生态恢复难，对维持最敏感的良好功能及气候环境等方面起到重要的作用，开发时须慎重。
弱敏感区	能承受一定的人类干扰，但若遭遇严重的干扰会引起环境空气质量下降，植被破坏，噪音等生态环境问题，生态恢复慢。
非敏感区	可承受一定程度的开发建设，土地可作多种用途开发。

6.1.1. 评价方法

生态敏感性评价是以规划区的生态环境现状调查资料为基础，本次规划采用层次分析法（AHP）和 GIS 空间分析相结合的方法进行分析，选择具有区域代表性的生态因子。根据各因子的生态敏感性程度不同，对每一个分级进行评价标准赋值。本次分析根据具体因子敏感性差异分别给予不同的赋值；然后根据上述赋值方法对单因子进行逐个分析，得到单因子评价结果；最后基于 AHP 分析法得出的各因子权重，对所有单因子进行加权求和，得到最终的生态敏感性综合结果，将研究范围内分为最敏感区、敏感区、弱敏感区和非敏感区 4 个等级。

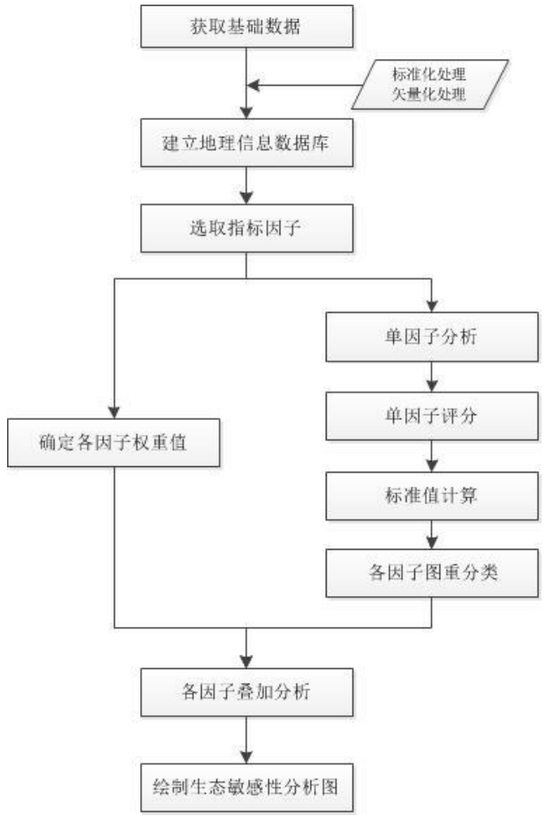


图 6-1　生态敏感性分析技术路线图

6.1.1.1 因子选取原则

（1）可行性

所选择的评价因子应尽量客观，并能较好地度量规划区内的海绵生态敏感性程度，

因子的内容应简单明了，具有较好的可操作性。

（2）代表性

影响吴忠市城市建设区内海绵生态敏感性的因子很多，但各自的影响程度有差异，应选取其中影响大、具有典型代表意义的因子，避免相同或相近的变量重复出现，使指标体系简洁易用。

（3）区域完整性

海绵生态敏感性分区同时考虑到资料的可获取性，因此，在进行海绵生态敏感性分析时，应贯彻区域完整性原则。

（4）水因素优先原则

本次海绵生态敏感性研究主要为海绵城市建设提供技术参考，因此应当优先选取与城市水生态、水环境、水安全、水资源相关的自然及生物因素，保证分析结果可以为吴忠市海绵城市建设功能分区提供定量分析依据。

6.1.1.2 因子选取

敏感因子评价工作的目的是建立一种简单易用、可接受的、透明的评估方法，以迅速高效地为区域环境管理服务，准确地把握区域最主要的生态问题，遵循科学性与客观性原则、代表性原则、综合性和主导因子相结合原则、可操作性原则、定量与定性相结合的原则，综合考虑吴忠市城区的实际情况和评价内容，选取坡度、高程、水系资源、水源地、土地利用 5 个指标因子。

表 6-2 生态敏感性分析指标因子汇总表

指标因子	评价内容
高程	海拔高程变化程度
坡度	地表单元陡缓的程度
水系资源	与河流、湖泊、水库等主要水系的距离
水源地	与水源地的距离
土地利用	建设用地、林地、耕地、草地等

6.1.2. 单因子评价

（1）高程

高程是生态环境中一个重要因素，空气温度随着海拔的升高而降低，造成植物分布的垂直分层，进而影响整个生态系统的垂直分布，随温度的降低，生态多样性随之降低，生态系统变得脆弱。

吴忠市地势南高北低，北部为黄河冲击平原，平均海拔 1125.8 米，南部为牛首山及罗山余脉，最高点海拔 2624 米。规划区及周边属于银川平原，地势较为平坦，地形整体趋势为西南高，东北低。平均海拔 1124.97，最低海拔 1070.66，最高海拔 1168。结合规划区下垫面具体情况将高程按照海拔高低分为 4 个评分等级。

表 6-3 高程因子分级情况及评分表

类型	分级	说明
高程	＜1120m	非敏感区
	1120m-1130m	弱敏感区
	1130m-1150m	敏感区
	＞1150m	最敏感区

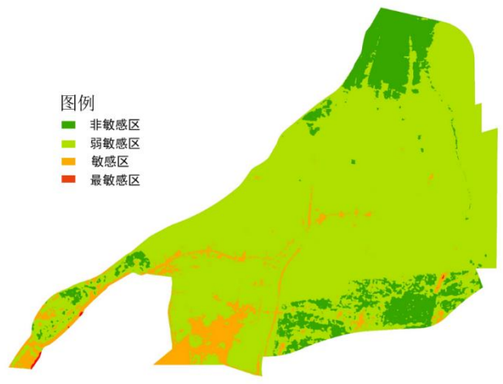


图 6-2 高程因子生态敏感性评价结果图

（2）坡度

坡度是地表单元的陡缓程度，坡度的大小对水土保持，植被生长，及城市建设有着重要的影响，《城市用地竖向规划规范》中明确规定了各类城市建设用地最大坡度不超过 25%。

本规划结合吴忠市规划区具体情况对坡度等级的划分，将坡度分为平坡小于 5°，缓坡 5°-15°，斜坡 15°-25°，陡坡大于 25°。

表 6-4 坡度因子分级情况及评分

类型	分级	说明
坡度	＜5°	非敏感区
	5°-15°	弱敏感区
	15°-25°	敏感区
	＞25°	最敏感区

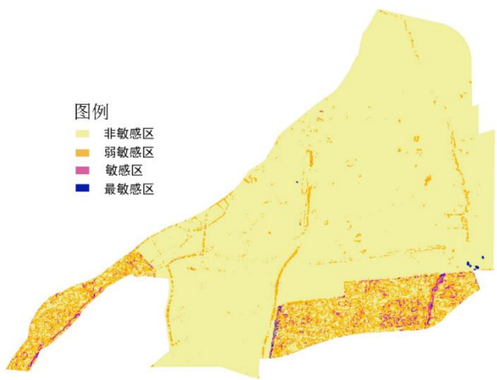


图 6-3 坡度因子生态敏感性评价结果图

（3）水系

水系对于动植物的生存生长有重要影响，也是最容易受到人为干扰的因子之一，考虑到很小的水域面积对敏感性影响不大，在分析时选取水域面积超过 1 平方公里的水体，利用缓冲分析按照距离水体的远近分出敏感性等级。

表 6-5 水系资源因子分级情况及评分表

类型	分级	说明
水系	＞500m	非敏感区
	200-500m	弱敏感区
	100-200m	敏感区
	＜100m	最敏感区

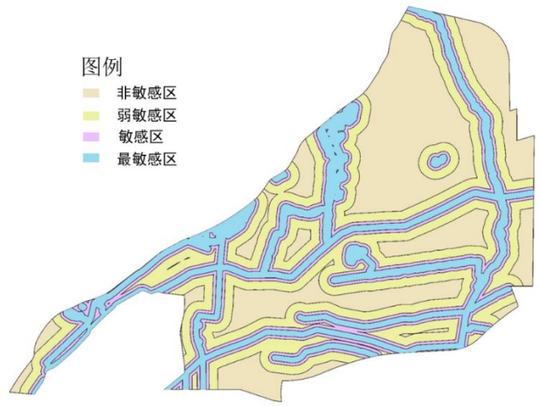


图 6-4 水系因子生态敏感性评价结果图

（4）水源地

水源地：通过缓冲分析对距水源地不同距离的用地划分等级，距离越远生态敏感性等级越低，缓冲距离以 100m、500m、1000m 为分级界限。

表 6-6 水系资源因子分级情况及评分表

类型	分级	说明
水系	＞1000m	非敏感区
	500-1000m	弱敏感区
	100-500m	敏感区
	＜100m	最敏感区

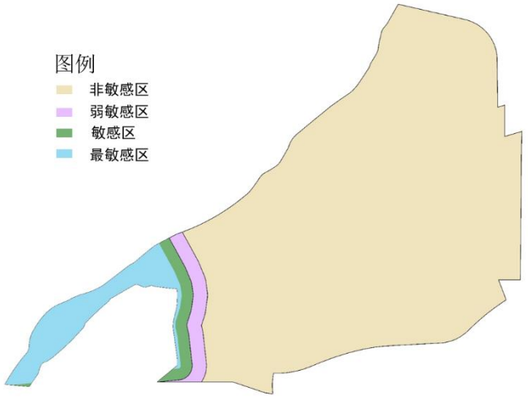


图 6-5 水源地因子生态敏感性评价结果图

（5）土地植被

不同的土地利用类型有着不同的植被覆盖程度和生物多样性，生态敏感性程度不同生态贡献率由大到小的土地利用类型依次大致为：山地（水系）>农林用地>城市绿地>建设用地，分别给予最敏感区、敏感区、弱敏感区和非敏感区的评价。

表 6-7 土地植被因子分级情况及评分

类型	分级	说明
土地植被	建设用地	非敏感区
	城市绿地	弱敏感区
	农林用地	敏感区
	山地（水系）	最敏感区

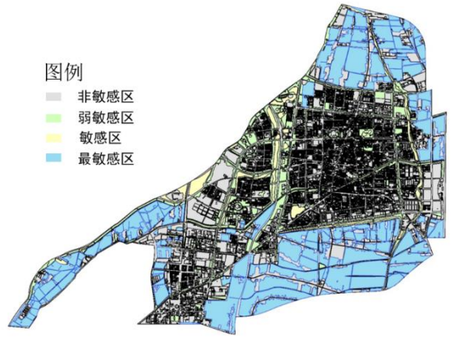


图 6-6 土地植被因子生态敏感性评价结果图

6.1.3. 生态敏感性整体评价

GIS 软件具有数据空间定位特征，能够处理海量的地理数据及其复杂的空间关系。GIS 的空间分析是基于地理对象位置和形态的空间数据分析技术，本规划利用表面分析、缓冲区分析、叠加分析等功能进行生态敏感性评价。经过单因子评价分析后，计算出各因子的标准值，同时确定各单因子的权重，再将重分类后的结果与权重相乘，得到叠加图，最后根据叠加结果来确定城市敏感性。

权重(weight)用来衡量单因子的相对重要性，权重值越大，就表示该因子对敏感性的影响越大。确定权重在生态敏感性分析中是关键的一步，往往受到决策者主观因素的影响。但是要尽量减小人为因素带来的误差，反映各项标准之间真实的相对关系。

在因子叠加分析过程中，对权重也需要进行标准化处理，使所有的权重值之和为1. 当存在 n 个因子时．所有的因子权重表示为 wl,w2,w3···等，则有$\sum Wj = 1$

目前被用于评价因子权重确定的方法已有多种，如层次分析法、排队法、权衡分析法等。由于层次分析法具有高度的逻辑性、系统性、简洁性与实用性的特点，且较为成熟，应用比较广泛、最为常见。

本规划的权重确定采用了以层次分析法为基础的成对比较法，用成对比较法进行评价因子权重确定的基本步骤如下:

（1）比较矩阵

成对比较法来源于层次分析法，因此也需要根据比例矩阵在进行比较，在计算产生权重。将因子的一对比较值定为 l、3、5、7、9(A 对 B 时的情况)。相反时按 l、1/3、1/5、1/7、I/9（B 对 A 时情况）。数值设定如表 6-8。

表 6-8 比较值设定表

比较值	定义
1	同样重要（Equal important）
3	稍微重要（Weak important）
5	明显重要（Strong important）
7	非常重要（Very important）
9	极为重要（Absolute important）

各因子比较矩阵见下表 6-9。

表 6-9 各因子比较矩阵表

因子分类	高程	坡度	水系资源	水源地	土地植被
高程	1	2	1/2	1/4	1/2
坡度	1/2	1	1/2	1/4	1/2
水系	2	2	1	1	1/2
水源地	4	4	1	1	1/2
土地植被	2	2	2	2	1

（2）因子权重计算

将每个因子依照其相互比较的重要度对应表格分别打分. 计算出每一行结果的几何平均值。将所有计算出几何平均值求和，再除各单行的几何平均值即为这行因子的权重值。

计算矩阵各行各元素乘积：$m_i = \prod_{i=1}^{n} a_{ij} \ \ i = 1,2,3,\dots,\mathrm{n}$

计算 n 次方根：$\overline{\omega_i} = \sqrt[n]{m_i}$

对向量进行$\overline{\omega} = (\overline{\omega_1}, \overline{\omega_2}, \dots, \overline{\omega_n})^T$规范化：$\widehat{\omega} = \frac{\overline{\omega_i}}{\sum_{j=1}^{n} \overline{\omega_j}} \ \ j = 1,2,\dots,n$

得到$\widehat{\omega} = (\widehat{\omega_1}, \widehat{\omega_2}, \dots, \widehat{\omega_n})^T$，为所求特征向量近似值，即各因素权重。

表 6-10 各因子权重表

因子	权重
高程	0.12
坡度	0.09
水系资源	0.20
水源地	0.27
土地植被	0.31
合计	1

（3）整合度(C.I.)计算

在获得各因子的权重后，还要检验此结果是否科学正确，因为这只是两个评价标准间的价值比较. 对全体评价标准而言不一定具备这样的价值。这时需要鉴于“整合度”(C.I.)来解决。整合度(C.I.)=（合计得分的算术平均-项目数）/（项目数-1）。一般的C.I.值在“0-1”之间，有时根据需要允许达到“0.15”。如果在此区间内，说明此权重的计算结果是合理可行的。

$$\mathrm{CI} = \frac{\frac{(5.19 + 5.13 + 5.39 + 5.42 + 5.37)}{5} - 5}{5 - 1} = 0.06$$

表 6-11 整合度计算表

选项	高程	坡度	水系资源	水源地	土地植被	合计	合计得分
高程	0.12	0.19	0.10	0.07	0.16	0.63	5.19
坡度	0.06	0.09	0.10	0.07	0.16	0.48	5.13
水系资源	0.24	0.19	0.20	0.27	0.16	1.06	5.39
水源地	0.49	0.37	0.20	0.27	0.16	1.49	5.42
土地植被	0.24	0.19	0.39	0.55	0.31	1.69	5.37

综上，权重的计算结果基本合理

6.1.4. 叠加分析

单因子制成标准化图层并确定好权重后，就可以对所有单因子按照目标要求进行叠加。其基本原理是应用加权叠加法，将各个单因了地图与各自所占权重相乘，对加权后的地图直接进行 GIS 的算术叠加，得到结果图层，计算公式如下。

$$V_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n} B_{kij} W_k}{\sum_{k=1}^{n} W_k} \quad (\sum_{k=1}^{n} W_k = 1)$$

在单因子加权分析中，标准化后的单因子地图的得分值是统一分布在一个区域值内，例如 0-1 分布或者 0-100 分布等，而权重的和为 1。所以得到的分析评价结果数值也是在此区间分布，这样的结果具有易判读性。将所有选项按V_{ij}值大小从大到小排序，得到的就是叠加后生态敏感性商低的分析结果，其中V_{ij}值最大就是最敏感选项，此时可根据评价需要再对V_{ij}进行级别划分。

综上，本规划范围内生态最敏感区面积较小，总体以非敏感区为主，占总面积的 57.12%。

图 6-7 规划区生态敏感性综合评价结果图

生态非敏感区：面积约为 63.16 平方公里，占总面积的 57.12%，主要分布在中心城区城镇建设区域，地势平坦，高程较低，土地利用类型主要为房屋建筑区、道路、构筑物等。

生态弱敏感区：面积约为 42.53 平方公里，占总面积的 38.46%，主要分布在中心城区城镇建设区域，土地利用类型主要为耕地，水系等。

生态敏感区：面积约为 3.63 平方公里，占总面积的 3.28%，是生态弱敏感区与生态最敏感区的过渡区域，土地利用类型主要为耕地，水系等。

生态最敏感区：面积约为 1.26 平方公里，占总面积的 1.14%，主要为河流水系及水源地。

表 6-12 生态敏感性统计表

类型	面积（平方公里）	比例
生态非敏感区	63.16	57.12%
生态弱敏感区	42.53	38.46%
生态敏感区	3.63	3.28%
生态最敏感区	1.26	1.14%
合计	110.57	100%

根据生态敏感性分析，本规划区需重点保护的生态要素如下：

1）金积水源地保护区（黄河以东、南干沟以西区域）。

2）现状自然水体、景观水体及周边地区（南干沟、清水沟、秦渠、新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）等）。

3）城市上游现状农田地区（主要位于建成区南侧）。

6.2. 径流路径保护

结合 GIS 空间分析和现状水系分布，提取现状条件下的自然降雨汇流路径，作为自然降雨产流的潜在汇流通道，根据汇流路径分级采取相应保护措施保障排水通畅。

高级汇流路径：以河道方式保留，根据需要划定蓝线保护范围，并在规划建设用地上体现其水域用地范围。

中级汇流路径：当与现状现状河道重合或基本重合时，应通过调整河湖水系周边

竖向保证自然汇流能通过自流或涵管进入河道。当不重合时，应结合道路排水管线设计或道路两侧绿地 LID 设施进行保留，保证汇流通畅。

低级汇流路径：尽量通过绿地形式进行保护，如果确需开发，应在评估内涝风险基础上进行合理调整，可结合道路纵断面、绿化带及排水管网等设计传输方式，保证汇流通畅。

综上，本规划范围内需要重点保护的高级径流路径有 3 条，分别是：南干沟、新宁河（原清宁河段）、清水沟，应成立专职管理机构，定期进行巡查和养护。需要次重点保护的中级径流路径主要有：新宁河（原南环水系段）、城西排水沟、清水沟支流等，需要定期进行巡查和养护。

表 6-13　径流路径保护一览表

径流路径等级	保护等级	保护措施	保护类型
高级	重点保护	专职管理、定期巡查、定期养护	南干沟、新宁河（原清宁河段）、清水沟
中级	次重点保护	定期巡查、定期养护	新宁河（原南环水系段）、城西排水沟、清水沟支流等
低级	一般保护	定期养护	排水暗渠、干管

图 6-8 径流路径分布图

6.3. 生态空间保护格局

6.3.1. 生态保护空间格局

根据吴忠市现状自然生态本底现状及特征，结合水生态敏感分析结果，确定规划区内生态空间保护格局为：“三横、三纵、一保护区”

（1）三横

三横，指横贯规划区东西向的三条保护带，分别为：黄河沿岸生态保护带、秦渠沿岸保护带、新宁河（原南环水系段）保护带。

（2）三纵

三纵，指横贯规划区南北向的三条保护带，分别为：南干沟生态保护带、新宁河（原清宁河段）生态保护带、清水沟生态保护带。

（3）一保护区

一保护区，指金积水源地及周边一二级保护区。

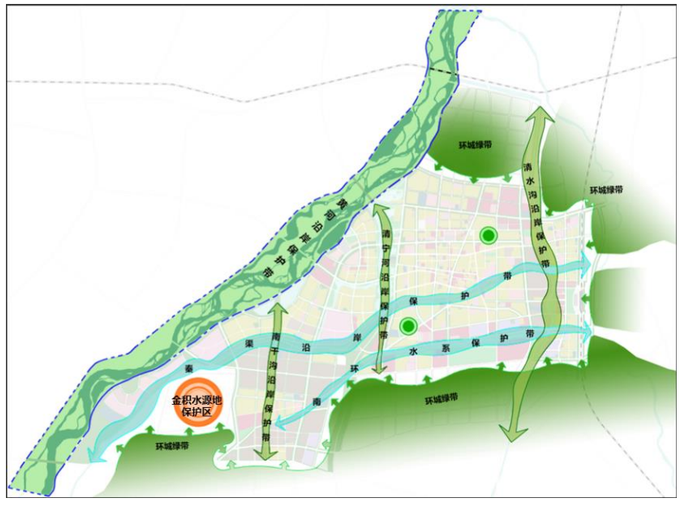


图 6-9 吴忠市生态空间保护格局示意图

6.3.2. 建设与保护指引

1、黄河沿岸生态保护带

（1）保护范围

主要指黄河吴忠城区段生态红线范围内的区域。

（2）保护指引

1）黄河防洪堤内禁止任何建设活动，可适当保留生态用地。

2）黄河吴忠城区段 200 米范围内应划定为黄河生态景观保护区，重点保护黄河河流、滩涂、湖泊、湿地、植被、林木、野生鸟类、鱼类等生态系统和生物多样性，除按规定审批的水利、防洪、道路、桥梁、环保和公共运动休闲项目等基础设施外，禁止建设其他项目，严禁向保护区内排放污水和倾倒生活垃圾、工业废渣、废液、医疗垃圾等有毒有害物质。

2、秦渠沿岸保护带

（1）保护范围

主要指秦渠及防护堤范围内的区域。

（2）保护指引

秦渠保护范围内禁止任何建设活动（水利构筑物除外），可适当保留生态用地。

3、新宁河（原南环水系段）保护带

（1）保护范围

主要指新宁河（原南环水系段）及两侧防护绿地范围内的区域。

（2）保护指引

城区内景观水体允许现状水面岸线进行局部调整，但不宜大规模填河填湖，并要求原有水陆面积动态平衡。保护范围内岸线应以生态岸线为主（景观及构筑物保护措施除外）。

4、南干沟生态保护带

（1）保护范围

主要指南干沟及两侧蓝线保护范围内的区域。

（2）保护指引

城区内有防洪要求的水系蓝线保护范围为防洪规划治导线以外 10~50m 范围，保护范围禁止任何建设活动，可适当保留生态用地。保护范围内岸线应以生态岸线为主（景观及构筑物保护措施除外）。

5、新宁河（原清宁河段）保护带

（1）保护范围

主要指清宁和及两侧防护绿地范围内的区域。

（2）保护指引

城区内景观水体允许现状水面岸线进行局部调整，但不宜大规模填河填湖，并要求原有水陆面积动态平衡。保护范围内岸线应以生态岸线为主（景观及构筑物保护措施除外）。

6、清水沟生态保护带

（1）保护范围

主要指清水沟及两侧蓝线保护范围内的区域。

（2）保护指引

城区内有防洪要求的水系蓝线保护范围为防洪规划治导线以外 10~50m 范围，保护范围禁止任何建设活动，可适当保留生态用地。保护范围内岸线应以生态岸线为主（景观及构筑物保护措施除外）。

7、金积水源地及周边一二级保护区

（1）保护范围

主要指金积水源地及一二级保护区范围内的区域。

（2）保护指引

根据《自治区人民政府关于吴忠市金积饮用水水源地保护区调整方案的批复》（宁

政函〔2020〕32 号），建立金积地下水饮用水水源地保护区，总面积 15.72 平方公里。

一级保护区面积为 0.52km²，二级保护区面积为 8.93 km²，准保护区面积 6.27km²。

6.4. 流域及分区划分

6.4.1. 流域及排水分区划分

流域及排水分区的划分，主要为确定城市水系、径流路径、排水管网及地表径流的流向和边界，是构建城市防涝和排水系统的基础。

流域划分，通常根据自然地形以及现状河道的走向进行划分。具体划分过程：根据 1：2000 地形图并结合全球数字高程模型（DEM），通过 ARCGIS 水文分析，获取地表汇流路径，并根据河道走向修正自然径流路径，最终将规划区划分为 2 个流域，即南干沟流域、清水沟流域。

图 6-10 流域划分示意图

排水分区划分，在流域划分基础上，通常沿排水口上溯，结合雨水管网收水区域、路网边界等条件，进行划分和调整。具体划分过程：以汇水分区为基础，根据规划区内排口分布及收水范围进行排水分区划分，并根据管网分布、道路边界对排水分区边界进行修正，最终共划分 8 个排水分区。

图 6-11 排水分区划分示意图

6.4.2. 管控分区

由于城市不同组团间建设年代、功能性质的不同，往往会形成具有不同特征的多个片区。在海绵城市建设和管控过程中，不同片区往往需要采取不同的管控目标和策略，因此需要对城市进行管控分区划分。

根据现状用地性质、开发建设情况，吴忠市现状用地类型主要分 4 类区域，分别是：老城区、滨河新区、金积工业园和新建区。

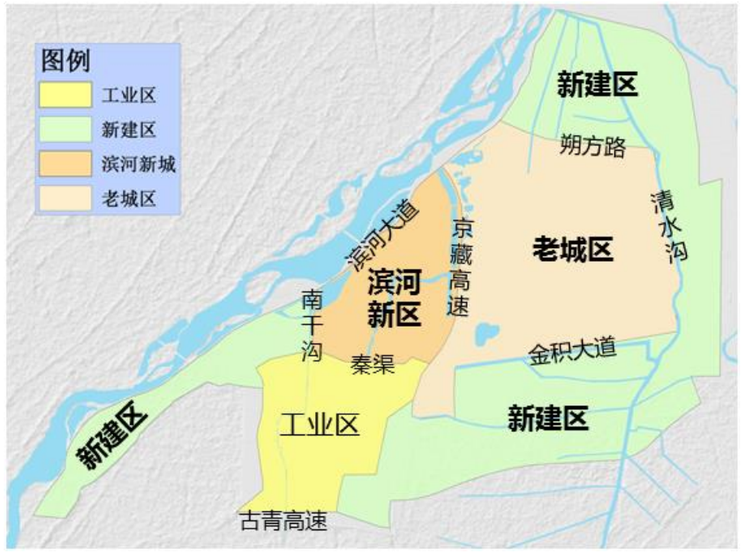


图 6-12 吴忠市现状用地类型分布图

（1）老城区

该区域为现状老城区，主要包含金积大道以北，朔方路以南，清水沟以西，京藏高速以东的区域。结合排水分区划分，老城区可进一步细分为 2 个管控分区，分别是：清水沟管控分区 3 和清水沟管控分区 5 。

在海绵城市建设过程中，应按照“因地制宜、问题导向”的原则，结合与老旧小区改造、道路改造、城市更新等工作，同步开展海绵城市改造和建设。

（2）滨河新区

该分区为新城区，主要包含秦渠以北，滨河大道以南，京藏高速以西，南干沟以东的区域。结合排水分区划分，滨河新区可分 1 个管控分区，即清水沟管控分区 2。

在海绵城市建设过程中，按照“规划引领、目标导向”的原则，在新开发地块中严格落实海绵城市建设指标和要求；建成小区和道路，应结合城市更新，同步开展海绵城市改造。

（3）金积工业园区

该分区为金积工业聚集区，主要包含古青高速以北，秦渠以南，京藏高速以西，南干沟以东的区域。结合排水分区划分，金积工业园区可划分为 1 个管控分区，即南干沟沟管控分区 1。

在海绵城市建设过程中，应按照“因地制宜、问题导向”的原则，结合与工业园区建设、道路建设等工作，同步开展海绵城市建设和改造。

（4）新建区

该分区为新城区，主要包含规划区内除老城区、滨河新城、金积工业园区以外的未开发区域。结合排水分区划分，新建区可进一步细分为 4 个管控分区，分别是：清水沟管控分区 1 、清水沟管控分区 4 、清水沟管控分区 6 和南干沟管控分区 2。

在海绵城市建设过程中，按照“规划引领、目标导向”的原则，在新开发地块中严格落实海绵城市建设指标和要求。

表 6-14 管控分区统计表

序号	用地类型	管控分区	管控分区面积（km^2）
1	老城区	清水沟管控分区 3	18.82
2		清水沟管控分区 5	10.27
3	滨河新区	清水沟管控分区 2	12.79
4	金积工业园区	南干沟管控分区 1	13.14
5	新建区	清水沟管控分区 1	13.47
6		清水沟管控分区 4	10.71
7		清水沟管控分区 6	22.75
8		南干沟管控分区 2	8.82

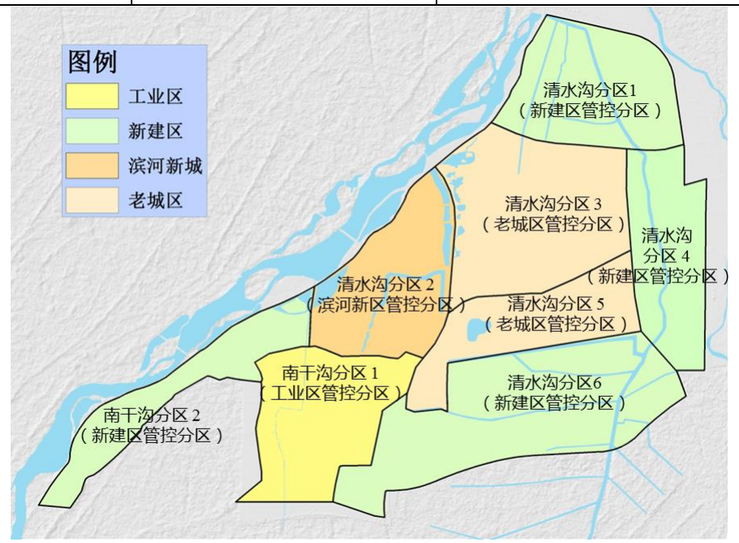


图 6-13 吴忠市海绵城市管控分区示意图

第7章　水环境保护系统方案

7.1. 水环境保护系统构建

为削减规划区污染物排放量，提高水环境容量和水体自净能力，规划主要通过控源截污、内源治理等措施，对点源污染、城市面源污染、农业面源污染和河道内源污染进行削减。同时通过生态修复、活水保质等措施，对河道进行生态岸线建设、生态湿地建设以及进行生态补水，提高水体自净能力。

综上，通过污染减排和生态修复，进一步提升吴忠市城市水环境质量，促进吴忠市黄河流域生态保护和高质量发展。

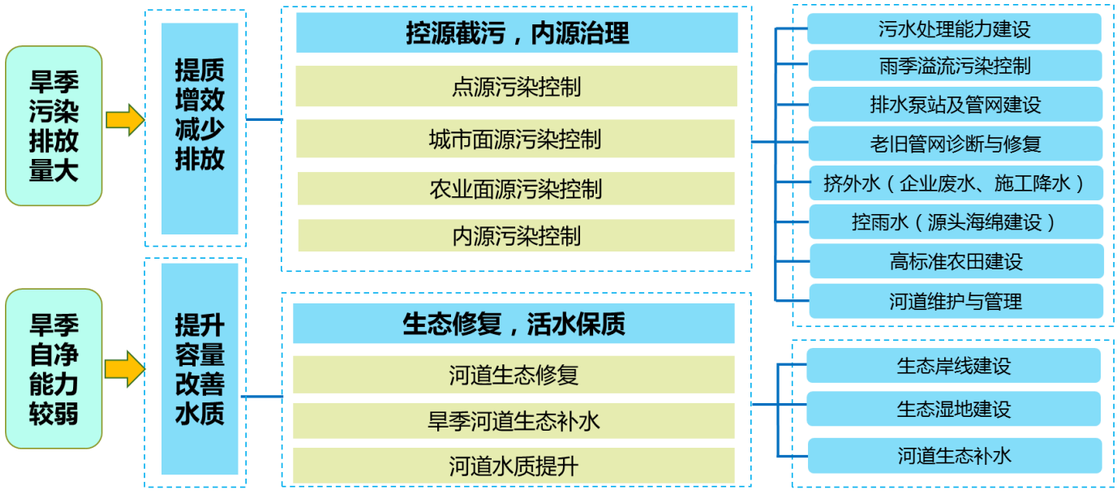


图 7-1 水环境治理技术路线示意图

7.2. 控源截污

7.2.1. 污水厂布局优化

根据现状问题（二污能力不足，三污“吃不饱”），对污水厂布局及服务范围进行优化调整：减小第一、二污水厂服务范围，增加第三污水厂服务范围，规划新建第四、第五污水厂。

表 7-1 规划污水厂布局调整一览表

序号	污水厂名称	现状服务面积（km²）	规划服务面积（km²）	增加范围	减少范围
1	一污	37	31.6	——	A. 利红街以东
2	二污	14	9.8	——	B. 同心街以西 C. 清水沟以东
3	三污	17.2	24.7	D. 秦渠以北	——
4	四污	——	18.9	利红街以东、E. 朔方路以北	——
5	五污	——	25.8	B.清水沟以东、C. 同心街以西 F. 金积大道以南	——
合计		68.2	110.8		

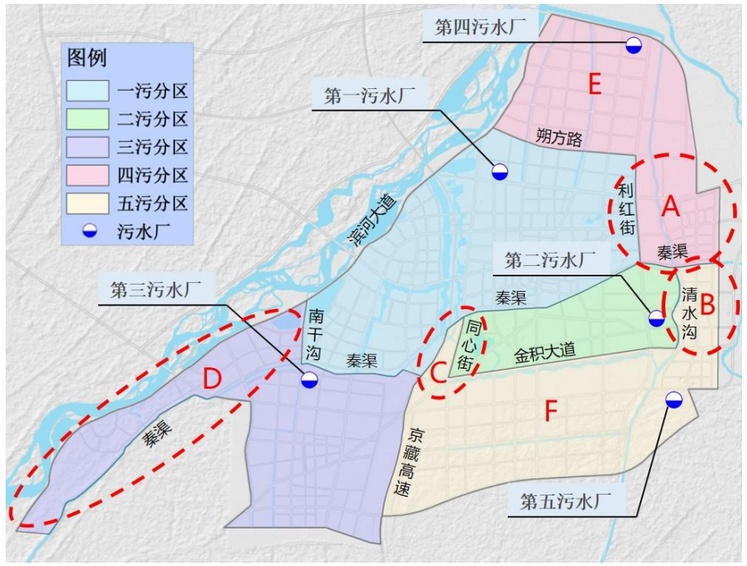


图 7-2 污水厂布局调整示意图

7.2.2. 污水管网规划

远期随地块开发和道路建设，2030 年规划新建合流管网共 88.1 公里，新建污水管网共 20.9 公里。远期，规划排水管网（合流、污水）总长度约 522.5 公里，管网密度约 4.75 公里/平方公里。

表 7-2 规划新建排水管网一览表

序号	污水系统	合流管（km）	污水管（km）	备注
1	一污系统	2.4	0	DN500-DN600
2	二污系统	0	0	——
3	三污系统	21.1	0	DN500-DN800
4	四污系统	23.4	13.8	DN500-DN1500
5	五污系统	41.2	7.1	DN500-DN1500
合计		88.1	20.9	——

表 7-3 规划排水管网统计表

序号	管网	合流管	污水管	支管	合计
1	现状管网	190	24.5	199	522.5
2	规划管网	88.1	20.9	——	

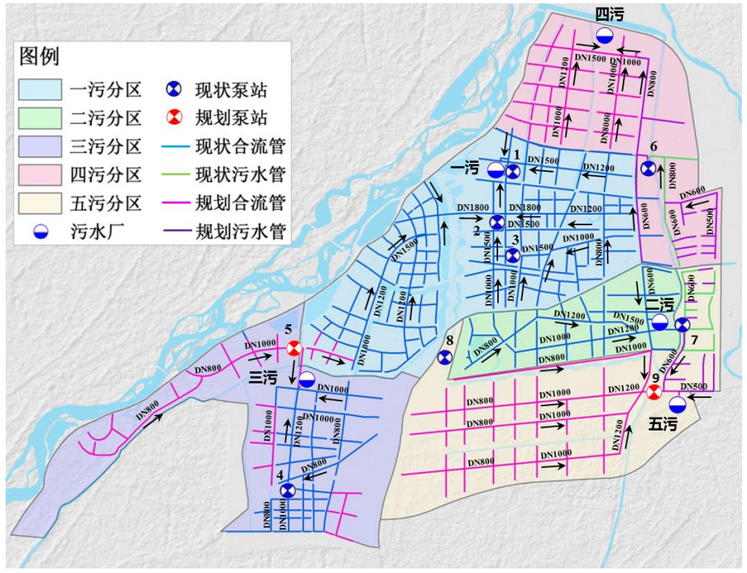


图 7-3 规划排水（污水）管网示意图

7.2.3. 污水提质增效

1、收污水

（1）老旧管网诊断与修复

近期，对 2000 以前的老旧排水管网管网进行问题诊断，诊断管网长度约 207 公里。对于发生淤堵的管网，进行清淤疏通。对于发生破损的管网，根据诊断问题等级，分区域分批次进行修复。

图 7-4　管网诊断与修复

（2）新建隔油池、沉砂池

针对吴忠污水含沙量大、油脂含量高，易造成排水管网淤积堵塞问题，近期结合老旧管网改造，对道路雨水口进行改造，增加沉泥槽和垃圾过滤网，同时对餐饮业态集中的街道建设地埋式隔油池或。

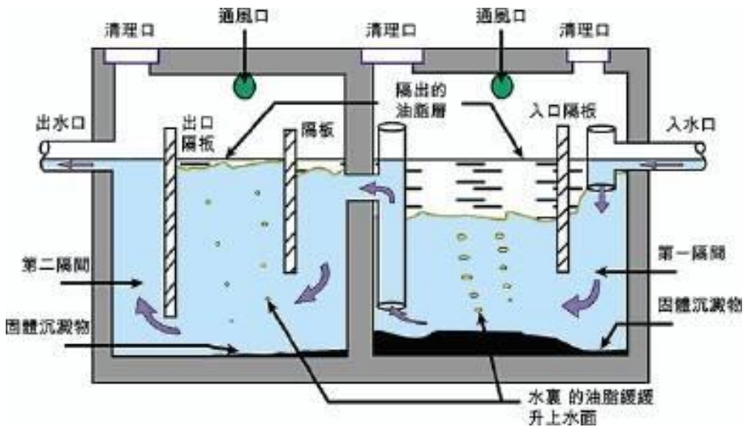


图 7-5　典型隔油池

2、挤外水

近期对工业企业等主要排水户进行排查和水质检测。对伊利乳业等处理达标的废水禁止排入市政管网。对恒丰纺织等锅炉冷却废水禁止排入市政管网。

施工降水经沉淀后，原则上应就近排水自然水体，主要排放出路有清水沟及支沟、南干沟、新宁河（原南环水系段）、新宁河（原清宁河段）等。

表 7-4 施工降水排放出路一览表

序号	分区名称	分区号	分区性质	分区面积（km²）	施工降水排放出路
1	清水沟分区 1	QS-01	新建区	13.5	清水沟支沟
2	清水沟分区 2	QS-02	现状老城区	12.8	新宁河（原清宁河段）
3	清水沟分区 3	QS-03	现状老城区	18.8	——
4	清水沟分区 4	QS-04	新建区	10.7	市政雨水管网
5	清水沟分区 5	QS-05	现状老城区	10.3	新宁河（原南环水系段）
6	清水沟分区 6	QS-06	新建区	22.8	新宁河（原南环水系段）、清一沟、清二沟

7	南干沟分区 1	NG-01	现状老城区	13.1	南干沟
8	南干沟分区 2	NG-02	新建区	8.8	——
合计				110.8	

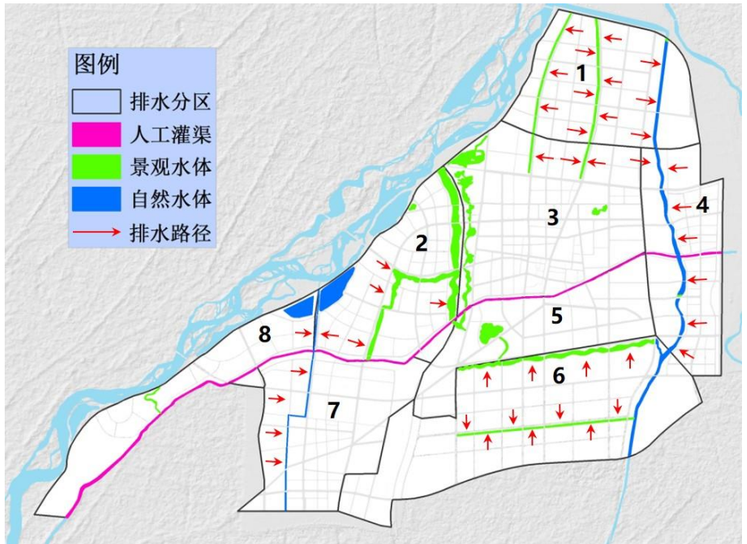


图 7-6 施工降水排放路径示意图

7.2.4. 城市面源污染控制

通过源头地块海绵城市建设可有效削减城市面源污染物的产生量。

分流制区域，年 SS 总量去除率 = 年径流总量控制率 × 低影响开发设施对 SS 的平均去除率，其中下沉式绿地、透水铺装对 SS 的平均去除率取 70%、80%，不同区域、地块间可通过年径流总量加权平均计算，最终得到规划年 SS 削减率为 63%。

合流制区域控制面源污染排放的主要方式为控制污水厂溢流频次。规划污水厂溢流频率≤10%，即年均溢流次数≤2 次（当降雨量＜18mm 时不得发生溢流）。通过模型模拟，在规划溢流控制标准下污水厂的年溢流总量约 137 万 m³，根据测算年溢流面源污染总量约 124 t，通过溢流排放的面源污染占面源污染总产生量的比例约为 17%，综上合流制区域面源污染的削减率取 83%。

在溢流污染控制方面，应充分发挥灰色和绿色设施协同作用，综合运用源头减排、过程控制、末端处理等措施，实现雨季溢流频次和溢流污染总量的有效控制。在源头地块应积极运用海绵城市设施减少雨水径流的产生量和面源污染的排放量；在过程中，应充分发挥泵站、管网的收集、转输、调节能力，在保障不发生积水内涝的前提下，有序发挥管网、泵站的转输、调蓄、调节能力，减轻下游污水厂的处理压力；在末端，应充分发挥污水厂、雨水调蓄和快速处理设施的处理能力，快速处理，减少排放。从分区控制方面，对于第一、第三污水处理厂服务分区，污水厂的现状规模均已经满足规划污水处理需求并且仍有一定的处理能力冗余，同时结合氧化沟、MBBR 工艺抗冲击负荷能力较强的工艺特点，第一、第三污水厂在雨季应充分发挥污水处理厂的处理能力，调整运行方案，加大雨天的进水量和处理量。对于第二污水处理厂，现状处理能力已经接近饱和，因此利用预留用地建设雨、污水调蓄和快速处理设施，通过物化处理技术实现 SS、COD、TP 等污染物的快速去除。对于第四、第五污水处理厂，在建设污水处理设施的同时，应考虑合流制区域雨天溢流污染的控制措施，预留用地并规划建设雨、污水调蓄和快速处理设施。

表 7-5 城市面源污染控制措施一览表

序号	名称	规划污水规模（万 m³/d）	规划雨水规模（万 m³/d）	典型年模拟溢流频次	规划溢流频次	溢流控制措施
1	一污	6	——	2	2	1、源头海绵措施建设
2	二污	2	2	6		1、源头海绵措施建设 2、在城市排水管网末端或污水处理厂，建设雨、污水调蓄和快速处理设施，通过物化处理技术实现 SS、COD、TP 等污染物的快速去除。

序号	名称	规划污水规模（万 m³/d）	规划雨水规模（万 m³/d）	典型年模拟溢流频次	规划溢流频次	溢流控制措施
3	三污	5	——	2		1、源头海绵措施建设
4	四污	2	2	——		1、源头海绵措施建设 2、在城市排水管网末端或污水处理厂，建设雨、污水调蓄和快速处理设施，通过物化处理技术实现 SS、COD、TP 等污染物的快速去除。
5	五污	2	2	——		

表 7-6 城市面源污染削减率一览表

序号	分区编号	分区名称	面积/km²	管控分区类型	排水体制	年径流总量控制率	面源污染削减率
1	QS-01	清水沟分区 1	13.5	新建区管控分区	合流制	85%	83%
2	QS-02	清水沟分区 2	12.8	滨河新区管控分区	合流制		
3	QS-03	清水沟分区 3	18.8	老城区管控分区	合流制		
4	QS-05	清水沟分区 5	10.3	老城区管控分区	合流制		
5	QS-06	清水沟分区 6	22.8	新建区管控分区	合流制		
6	NG-01	南干沟分区 1	13.1	工业区管控分区	合流制		
7	NG-02	南干沟分区 2	8.8	新建区管控分区	合流制		
8	QS-04	清水沟分区 4	10.7	新建区管控分区	分流制	90%	63%
9	合计		110.8	——		86%	81%

综上，分流制区域，通过海绵城市建设，面源污染削减率 63%。合流制区域，通过海绵城市建设和溢流控制，面源污染削减率 83%。规划区面源污染削减率（以 SS 计）为 81%。

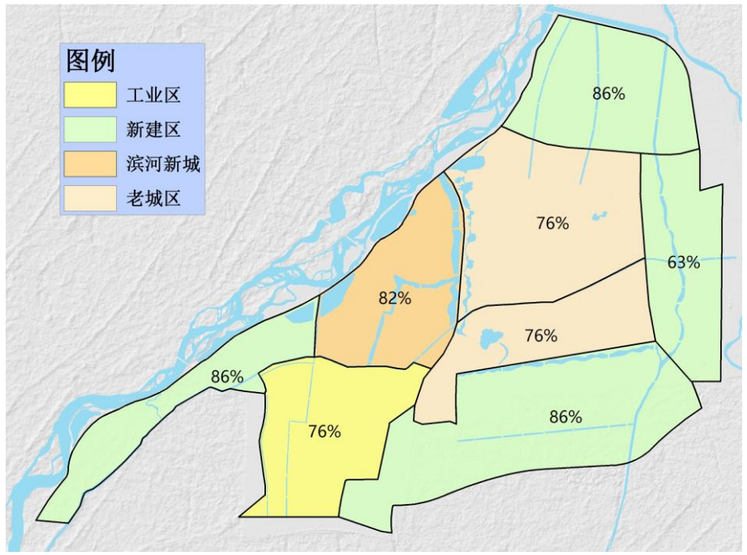


图 7-7 城市面源污染削减率示意图

7.2.5. 农业面源污染控制

1、主要目标:

近期，农作物亩均化肥施用量达到全国平均水平（22kg/亩）;

远期，农作物亩均化肥施用量接近世界先进水平（8kg/亩）;

2、农业面源污染控制策略:

（1）制定农业面源污染防治方案;

（2）加强农田退水污染治理;

（3）调整种植业结构和布局;

（4）大力发展节水农业。

表 7-7 农业面源污染控制策略一览表

序号	控制策略	控制措施
1	制定农业面源污染防治方案	1、推广低毒、低残留农药，开展农作物病虫害绿色防控和统防统治。 2、90%以上农田要实行测土配方施肥，推广精准施肥技术和机具，推广有机肥利用技术。 3、90%以上建成高标准农田，化肥使用量接近世界先进水平 8 kg/(亩·年)。
2	加强农田退水污染治理	1、利用现有农田退水沟、塘，配置水生植物群落、格栅和透水坝，建设生态沟渠、人工湿地等设施，净化农田排水及地表径流。
3	调整种植业结构与布局	1、水源地保护区周边要优先种植需肥需药量低、环境效益突出的农作物，鼓励发展生态农业。 2、调整种植结构，压减高耗水作物种植面积，建立节水型农业种植模式。
4	大力发展农业节水	1、推广渠道防渗、管道输水、喷灌、微灌等节水灌溉技术，完善灌溉用水计量设施。 2、依托规模化经营和专业化农业服务组织，推进规模化高效节水灌溉，推广农作物节水抗旱技术。

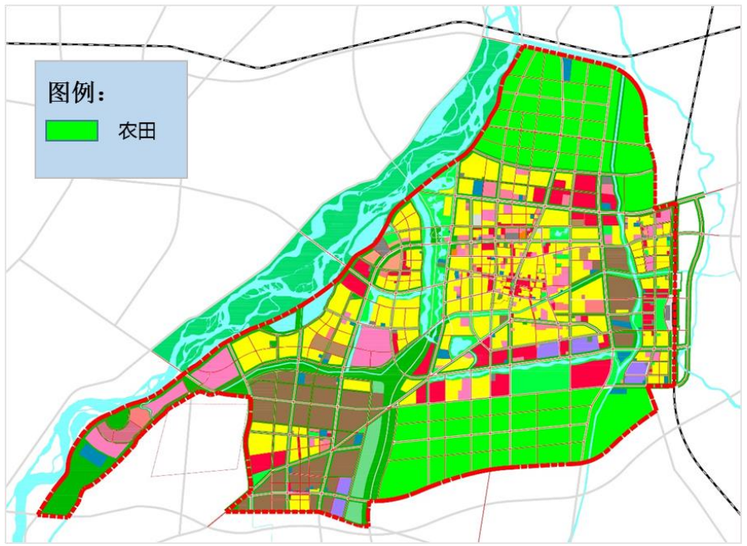


图 7-8 农业区域分布图

7.3. 内源治理

7.3.1. 河道清淤与保洁

河道清淤：每 5 年对河道进行一次清淤疏浚，削减内源污染释放量，黑臭底泥经自然晾晒脱水后运至垃圾填埋场进行无害化填埋。

河道保洁：每 1 周对河道进行一次保洁，清理散落垃圾和打捞水面漂浮物，并运送至垃收转运站进行压缩和外运。

垃圾收集：根据《城市环境卫生设施规划标准》，城区段河道周边垃圾收集点主要沿景观步道布置，间距 100~200m，在广场、停车场周边应加密布置；非城区段河道周边垃圾收集点主要沿交通道路进行布置，间距 200~400m，村镇周边应加密布置。定期对垃圾收集点的垃圾进行转运，并由中科国通进行无害化处理。

表 7-8 内源污染削减一览表

序号	内源污染治理措施	频率	污染物处置方式	备注
1	河道清淤	每 5 年一次	无害化填埋	
2	河道保洁	每 1 周一次	焚烧发电	垃圾收集点 83 处
3	垃圾收集	每 1 天一次	焚烧发电	

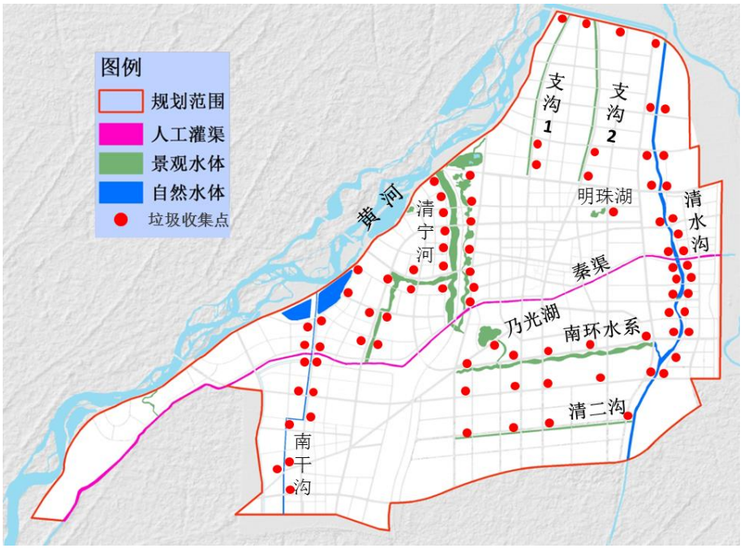


图 7-9 规划垃圾收集设施分布图

7.4. 生态修复

7.4.1. 生态岸线与湿地建设

通过生态岸线和湿地建设可进一步提高河道的生态修复和自净能力。规划生态岸线总长度 44.1 公里。规划生态湿地 5 处，总面积 124.3 公顷。详见:“10.3. 河湖生态建设与保护”章节。

7.5. 活水保质

7.5.1. 河道生态补水

近期，通过再生水向自然河道和景观水体进行生态补水，可有效提高自然河道枯水期的生态基流量，以及景观水体的蓄水量。新建第二、第三污水再生水厂，近期新增加规模合计 6 万 m³/d。

新建金积大道、同心街、富平街、清宁街、友谊大道等再生水管网 共 70 公里，设置再生水补水点 16 处。详见“8.2.4.再生水设施规划”章节。

7.6. 效果评估

通过厂前溢流污染控制及新建污水厂进一步削减点源污染排放，削减率约 12%。通过源头海绵化改造、溢流污染控制、高标准农田建设，进一步削减面源污染排放，削减率约 42%。通过河道生态化改造、生态补水，进一步提升河道水环境容量，提高率 16%。通过点面源污染的削减及水环境容量的提升，最终可实现规划水环境容量大于污染物总排放量。

表 7-9 水环境治理效果分析一览表

序号	污染源	污染方式	主要治理措施	南干沟流域（氨氮）（t/a）			清水沟流域（氨氮）（t/a）		
				削减量	削减率	排放量	削减量	削减率	排放量
1	点源	污水厂尾水	新建污水厂、完善污水管网、提质增效	0	0%	25.6	3.2	16%	16.9
2		雨季溢流	新建雨水处理设施、提升雨水处理能力	1.1	19%	4.8	3	35%	5.7
3		小计		1.1	3%	30.3	6.2	22%	22.6
4	面源	城市面源	源头海绵城市建设	--	0%	--	2	65%	1.1
5			末端溢流污染控制	--	0%	--	--	0%	--
6		农业面源	高标准农田建设、节水农业	--	0%	--	13	40%	19.5
7		小计		--	0%	--	15	42%	20.6
8	内源	内源污染	河道清淤、垃圾治理、生态修复	0	0%	0.5	0	0%	0.4
9		合计		1.1	3%	30.8	21.2	33%	43.6
10	水环境容量		生态修复、生态补水	--	--	44.8	--	--	79.3

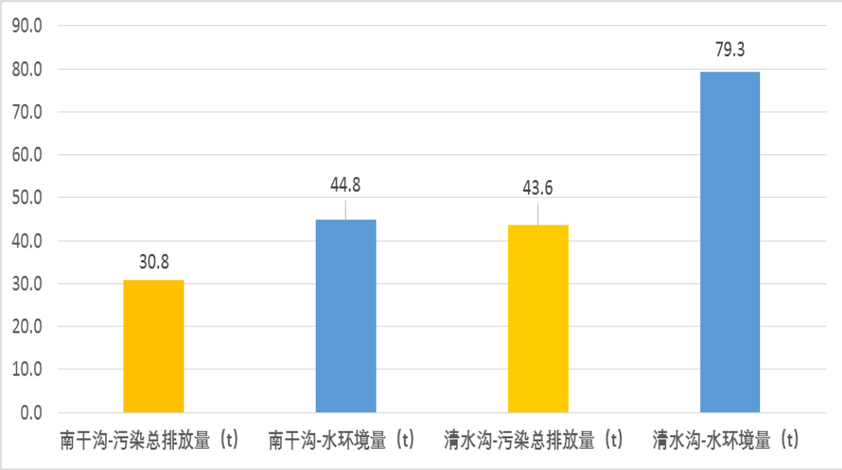


图 7-10 水环境治理效果分析图（以氨氮为例）

第8章　非常规水资源利用系统方案

8.1. 非常规水资源利用系统构建

作为水资源严重匮乏城市，吴忠市非常规水资源利用的途径主要有再生水利用和雨水资源利用。

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、河道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。

雨水资源利用的总体思路是通过海绵城市建设增加居住小区、公共建筑、公园绿地、道路绿化带等源头地块蓄滞雨水的能力，减少雨水资源的排放。

综上，通过再生水利用和雨水资源利用，进一步提升城市水资源的综合利用效率和水平，推动吴忠市节水型城市建设，促进黄河流域生态保护和高质量发展。

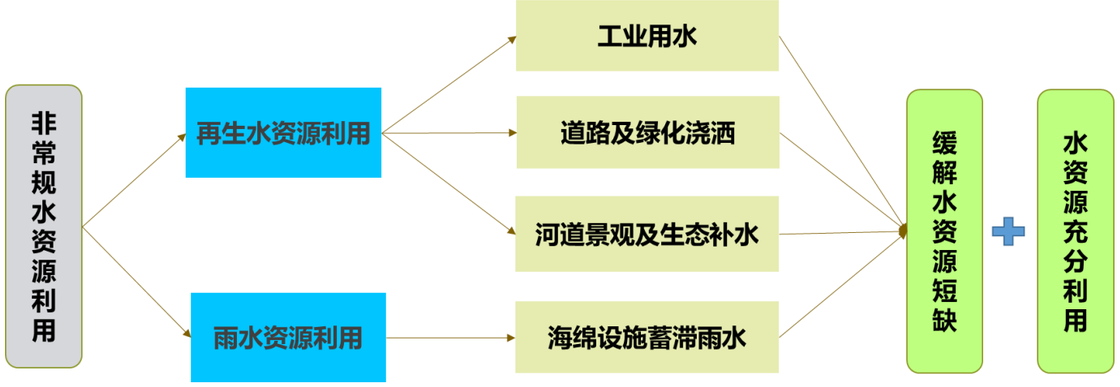


图 8-1 水资源利用技术路线示意图

8.2. 再生水资源利用

8.2.1. 利用思路

吴忠市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

8.2.2. 利用途径

根据现状调查，吴忠市金积工业园区、现代纺织产业区块工业企业用水量较大，但是园区主导产业为食品、毛纺织等，对水质要求较高，再生水利用的需求不大，可利用再生水替代自来水的途径主要有热电厂冷却用水和锅炉用水。城市非饮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。新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）、乃光湖、明珠湖等城市景观水体的观赏性景观环境用水水源目前主要为自然降水和秦渠补水，同时南干沟、清水沟枯水期的生态补水较为匮乏，因此对再生水均具有较大的使用需求。根据吴忠市的实际情况及再生水利用需求，吴忠市再生水利用主要包含以下三个方面：工业用水、城市非饮用水和景观环境用水。

表 8-1 吴忠市再生水利用方向一览表

序号	水质标准类别	分类细目	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	城市非饮用水	街道清扫	城市道路的冲洗及喷洒
		城市绿化	公共绿地、住宅小区绿化
		冲厕	新建公共建筑及有条件的住宅小区
3	景观环境用水	观赏性景观环境用水	观赏性性景观河道、景观湖泊及水景

8.2.3. 需求分析

（1）工业用水

吴忠热电厂近期再生水用水量为非供热季日均再生水用量 2000 m^3/d，供热季日均再生水用量 7000 m^3/d; 远期随着企业的发展及城市供热面积的增长，再生水用水量年均增长率按 5%考虑，则为非供热季日均再生水用量 3600 m^3/d，供热季日均再生水用量 10200 m^3/d。

（2）城市杂用

根据《吴忠市城市总体规划（2011-2030）》，远期吴忠市道路广场用地面积为 1677 公顷。根据《室外给水设计标准》（GB50013-2018），市政道路浇洒用水量指标为 2~3L/（m^2•d），本规划中取 2 L/（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 50%，远期采用再生水浇洒的道路广场用地比例为 70%，则近期吴忠市城区浇洒市政道路用水量约 0.85 万 m^3/d，远期吴忠市城区浇洒市政道路用水量约 2.35 万 m^3/d。

规划吴忠市公共绿地采用再生水进行浇洒。根据《吴忠市城市总体规划（2011-2030）》，远期吴忠市公共用地面积为 910 公顷。根据《室外给水设计标准》（GB50013-2018），绿化浇洒用水量指标为 1~3L/（m^2•d），本规划中取 3 L/（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 60%，远期采用再生水浇洒的公共绿地比例为 90%，则近期吴忠市城区浇洒绿地用水量约 1.21 万 m^3/d，远期吴忠市城区洒绿地用水量约 2.46 万 m^3/d。

考虑到吴忠市的实际情况，现状建成的建筑较难实行双管（自来水、中水）供水改造，因此本规划仅考虑新增公共建筑利用再生水冲厕的用水需求。根据《吴忠市城市总体规划（2011-2030）》，远期吴忠市新增公共管理与公共服务设施用地面积约 75 公顷（主要分布于高铁片区和新宁河（原南环水系段）以南区域），参照高铁片区控规指标，估算远期公共建筑面积约 105 公顷。节水型器具的普及率取 100%，参考国内城市建筑冲厕的经验数据，公共建筑冲厕用水标准取 2.5L／(m^2•d)。则远期吴忠市新增公共建筑冲厕用水量约 0.26 万 m^3/d。考虑在老城改造中会有一定的使用再生水冲厕的需求，暂按 0.14 万 m^3/d 考虑，则远期吴忠市公共建筑冲厕用水量约 0.4 万 m^3/d。

（3）景观环境用水

吴忠市内现有明珠湖、乃光湖、新宁河（原清宁河段）、新宁河（原南环水系段）等多处观赏性景观水体。规划采用再生水作为其景观娱乐用水的补给水源，补给量依据景观水系主管部门提供往年补水量确定，近期 40%的水量采用再生水替换，远期 50%的水量采用再生水替换，枯水期景观水体按照再生水日均补水量的 20%补充。

吴忠市规划范围内有南干沟、清水沟等 2 条自然河道。规划拟采用再生水作为其枯水期生态基流的补给水源，补给期主要为枯水期，即 11 月~次年 3 月，共 151 天。经测算，清水沟日均生态需水量 2.2 万 m^3/d，南干沟日均生态需水量 0.3 万 m^3/d，“两沟”合计 2.5 万 m^3/d。

（4）需水量分析

根据各类再生水需求量预测，吴忠市近期再生水总需水量为 3.9~4.54 万 m^3/d，远期再生水总需水量为 4.43~8.17 万 m^3/d。

通过用水季节分析，近期非供热季总用水量 4.54 万 m^3/d，供热季总用水量 3.9 万 m^3/d。远期非供热季总用水量 8.17 万 m^3/d，供热季总用水量 4.43 万 m^3/d。因此，非供热季再生水需求量大于供热季需求量。

通过再生水用途分析，近期非供热季总用水量 4.54 万 m^3/d，其中工业用水量 0.3 万 m^3/d，占比 6%; 城市非饮用水用水量 2.2 万 m^3/d，占比 49%; 景观环境用水量 2.04 万 m^3/d，占比 45%。供热季总用水量 3.9 万 m^3/d，其中工业用水量 0.85 万 m^3/d，占比 22%; 城市非饮用水用水量 0.14 万 m^3/d，占比 4%; 景观环境用水量 2.91 万 m^3/d，占比 74%。远期非供热季总用水量 8.17 万 m^3/d，其中工业用水量 0.36 万 m^3/d，占比

4%；城市非饮用水用水量 5.26 万 m^3/d，占比 65%；景观环境用水量 2.55 万 m^3/d，占比 31%。供热季总用水量 4.43 万 m^3/d，其中工业用水量 1.02 万 m^3/d，占比 23%；城市非饮用水用水量 0.4 万 m^3/d，占比 9%；景观环境用水量 3.01 万 m^3/d，占比 68%。因此，非供热季城市非饮用水用途需求量占比最大，供热季景观环境用途用水需求量占比最大。

表 8-2 再生水需水量统计表

序号	再生水用途	子项	近期日均需水量（万 m³/d）		远期日均需水量（万 m³/d）	
			非供热季/非枯水期（4~10 月）	供热季/枯水期（11~3 月）	非供热季/非枯水期（4~10 月）	供热季/枯水期（11~3 月）
1	工业用水	冷却用水	0.30	0.85	0.36	1.02
2	城市非饮用水	街道清扫	0.85	——	2.4	——
3		绿地浇洒	1.21	——	2.46	——
4		冲厕	0.14	0.14	0.4	0.4
5	景观环境用水	景观用水	2.04	0.41	2.55	0.51
6		生态补水	——	2.5	——	2.5
5	合计		4.54	3.90	8.17	4.43

8.2.4. 再生水设施规划

根据《城镇污水再生利用工程设计规范》，再生水设计供水量应由再生水利用水量、管网漏损水量、未预见水量等组成。管网漏损水量宜按再生水利用水量的 10％～12％确定，本规划中取 10%。未预见用水量可按再生水利用水量与配水管网的漏损水量之和的 8％～12％确定，本规划中取 8%。设计规模应按最高日供水量确定，本规划中日变化系数取 1.1。

综上，近期再生水最高日供水量为 5.93 万 m^3/d，远期再生水最高日供水量为 10.68 万 m^3/d。

表 8-3 再生水最高日供水量统计表（万 m^3/d）

序号	近远期	需水量	日变化系数	管网漏损率	未预见水量	最高日供水量
1	近期	4.54	1.1	10%	8%	5.93
2	远期	8.17	1.1	10%	8%	10.68

为满足近、远期再生水的供水需求，综合考虑再生水主要用户的用水量及分布情况，本规划中规划再生水厂共 4 座，总供水规模 12 万 m^3/d。其中，近期保留现状第一污水厂再生水厂，规模 4 万 m^3/d；新建第二污水厂再生水厂，来水水源为第二污水厂、第五污水厂出水经专用管线排放至牛家坊人工湿地，尾水经人工湿地处理后进入第二再生水厂，处理规模 4 万 m^3/d。远期新建第三污水厂再生水厂，规模 3 万 m^3/d。第四再生水厂，规模 1 万 m^3/d。规划污水厂规模满足近、远期再生水利用需求。

同时，根据再生水用途及用户分布情况，规划再生水主次干管共 180.32km，其中保留现状再生水管网 56km，规划新建再生水管网 124.32km。

通过规划再生水项目的实施，可满足城区工业、城市杂用及景观水体等再生水利用需求，再生水利用率可达 60%以上。

表 8-4 再生水厂规划规模统计表

序号	污水处理厂名称	预测污水量	规划污水规模	再生水厂名称	现状再生水规模	近期再生水规模	规划再生水规模
1	第一污水处理厂	6	6	第一再生水厂	4	4	4
2	第二污水处理厂	2	2	第二再生水厂（牛家坊人工湿地旁）	——	4	4
3	第五污水处理厂	2	2				
4	第三污水处理	5	5	第三再生水厂	——	2	3

5	第四污水处理厂	1	2	第四再生水厂	——	——	1
合计		16	17		4	10	12

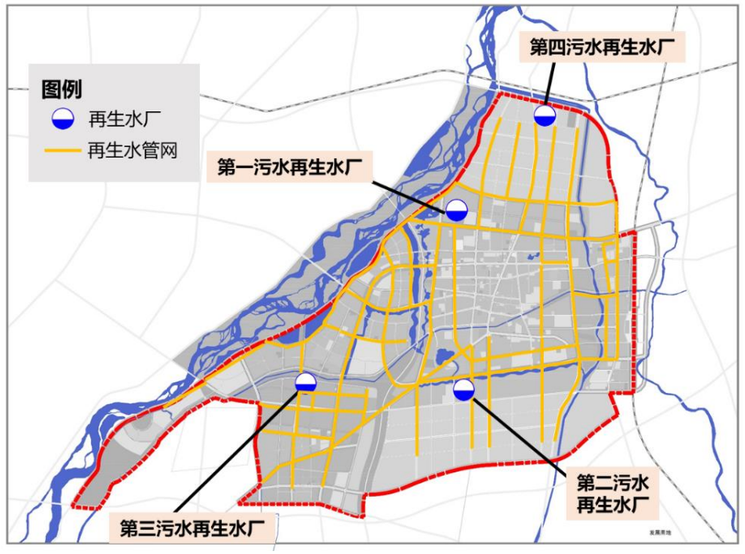


图 8-2 规划再生水系统布局图

近期保留一污再生水厂，规模 4 万 m³/d。新建第二污水再生水厂，规模 4 万 m³/d，新建三污再生水厂，规模 2 万 m³/d。实施再生水管网 37.7 公里，即金积大道、同心街、富平街、清宁街、友谊大道等，并联一、三污，实现 一大环两小环。通过近期项目的实施，可满足老城区热电厂及主要道路、绿化、景观水体等再生水利用需求。

8.3. 雨水资源利用

城市雨水收集利用，是通过雨水入渗调控和地表径流调控，实行雨水资源化，使水文循环向着有利于城市生活的方向发展。雨水作为天然界水循环系统中的重要环节，对调节、补充地区水资源和生态环境起到极为关键的作用。城市雨水的收集和利用是改善城市生态环境的重要组成部分，也是实现水资源利用和水环境可持续发展的重要途径之一。

根据吴忠市气候条件和经济发展水平等实际情况，规划主要采用分散式方式对雨水资源进行收集和利用。

分散型雨水收集利用设施是指在住宅小区、各类公共建筑、工业企业厂区、道路广场以及公园绿地等区域设置的用于收集屋顶以及硬化地面径流，并进行原位利用的小型雨水收集设施。综合考虑雨水收集和利用的必要性、可行性以及经济性等因素，本规划根据吴忠市的实际情况，确定了居住用地、公建用地和绿地作为分散型雨水收集利用的对象。

8.3.1. 收集及利用方式

城市雨水收集利用方式主要包括屋面雨水收集、屋顶绿化雨水利用、地表径流收集利用和回灌地下水四种。由于天然雨水具有硬度低，污染物少等优点，因此它在减少城市雨洪危害，开拓水源方面正日益成为城市建设和水资源管理方面关注的热点。考虑到吴忠市的气候、地质等条件，因此不宜采用回灌地下水的方式，此外屋顶绿化利用由于用量小、同时对建筑结构要求较高，不宜大规模使用。因此，根据吴忠市的实际情况，主要采用地面雨水收集并进行原位利用的方式。各类用地的雨水收集利用方式如下:

（1）居住用地

根据居住小区内是否有景观水体， 居住用地雨水的收集利用可以采用不同的方式进行。有景观水体的小区应优先利用水景收集调蓄区域内雨水，同时兼顾雨水池等雨水收集设施。通过将屋面及道路雨水收集汇入景观水体，并根据月平均降雨量、蒸发量、下渗量以及浇洒道路和绿化用水量来确定水体的体积，对于超标准雨水进行溢流排放。无景观水体的住宅小区一般面积较小。如果以雨水径流削减及水质控制为主，可以根据地形划分为若干个汇水区域，将屋面和硬质地面雨水通过植被浅沟导入雨水花园或低势绿地，进行处理、下渗，对于超标准雨水溢流排入市政管道。如果以雨水

利用为主，可以将屋面雨水经初期雨水弃流后导入雨水桶或雨水池进行收集利用，道路及绿地雨水经处理后导入地下雨水池进行收集利用。居住小区内收集到的雨水资源主要可用来冲洗小区路面、浇灌草坪、水景补水等。

（2） 公共建筑用地

对于行政办公、商业设施等公共建筑用地雨水的收集利用，降落在屋面的雨水经过初期弃流，可进入花坛和雨水桶，并溢流进入下沉式绿地，雨水桶中雨水作为就近绿化用水使用。降落在道路、广场等其他硬化地面的雨水，应利用透水铺装、下沉式绿地、渗透管沟、雨水花园等设施对径流进行净化、消纳，超标雨水可就近排入雨水管道。在雨水口可设置截污挂篮、旋流沉沙等设施截留污染物。经处理后的雨水一部分可下渗或排入雨水管，进行间接利用，另一部分可进入雨水池和景观水体进行调蓄、储存，用于绿化灌溉、景观水体补水和冲洗路面等。

（3）绿地

绿地内的雨水利用分为道路两侧绿化带和公园绿地两类，分别采用不同的收集利用方式。道路两侧绿化带雨水收集对象为路面及绿化带内的雨水，通过下沉式绿化带等进行蓄存和净化，减少绿化带的绿化浇洒需水量。公园绿地内雨水收集对象为公园内的绿地、广场和路面雨水，结合地形在地势较低处设置雨水收集装置。收集雨水主要用于公园内绿地浇洒，以替代部分绿化用水。

8.3.2. 雨水资源利用引导指标

分散式雨水利用是以地块为管控单元，进行雨水资源利用率目标的确定和引导。

雨水资源利用率：是指一年中某地块内利用雨水资源利用量占全年降落于该地块内的雨水量。雨水利用率目标，通常按照绿地>公建用地>居住用地、新建建筑>改造建筑的原则进行设定。吴忠市上述用地类型的雨水资源利用率控制指标如下：

表 8-5 各类用地雨水利用率控制指标一览表

用地类型	雨水资源利用率引导指标	
	新建	改造
公共用地	15%	10%
居住用地	12%	8%
绿地	20%	15%

第9章　水安全提升系统方案

9.1. 水安全系统构建

水安全体系主要由排水防涝体系和防洪体系构成，其中排水防涝体系包含小排水系统、大排水系统，防洪体系包含河道防洪系统。首先，基于水生态体系确定的低影响开发源头、中途和末端径流控制工程，结合吴忠市排水（雨水）防涝综合规划，分析提取规划及现状管网拓扑关系和规划用地数据，通过构建现状排水系统模型对管网能力进行模拟评估，若存在管网能力不足，应根据模拟结果对规划管网方案进行优化调整，完成对小排水系统的优化；再次通过构建二维模型对内涝风险评估，根据模拟结果，对存在出现内涝点的位置进行系统优化，结合对应标准优化积水点周边场地规划、行泄通道及雨水设施，完善大排水系统；最终，按照规划标准提高河道防洪能力，完善城市防洪体系。

基于水安全的基础架构体系并结合问题导向及目标导向，水安全系统方案将在完善区域防洪系统基础上，完善区域雨水管渠、改造低标准渠道，解决规划区内涝风险；在排水系统建设基础上，

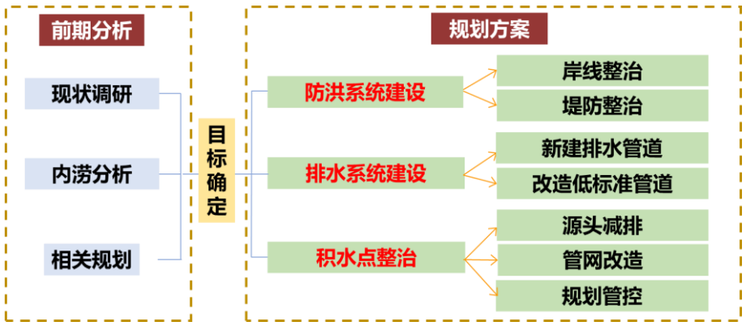


图 9-1 规划区水安全技术路线

9.2. 河道防洪体系构建

河道是城市雨水系统、行洪系统极为重要的通道，一条畅通、符合标准的河道系统是城市内部水安全的重要保障。根据清水沟流域及南干沟流域现有防洪状况，充分考虑该地区社会经济状况，从改善生态与人居环境出发，做到因地制宜、全面规划、突出重点、兼顾上下游左右岸、实现近期与远期、工程措施与非工程措施相结合，从而构建防洪体系。

结合区域内黑臭水体项整治项目，对规划范围内清水沟及支沟、南干沟的岸线及提防进行建设，以此提高河道的行洪能力。

规划区外防洪河道主要为黄河，规划区内承担防洪功能河道有 2 条：南干沟、清水沟，其他均为景观水体。根据相关规划及设计资料，黄河防洪标准 50 年一遇；南干沟、清水沟防洪标准 20 年一遇。

整治措施：黄河已经达到 50 年一遇防洪标准。南干沟、清水沟已经达到 20 年一遇防洪标准。

表 9-1 河道防洪信息一览表

流域	河道名称	起止点	长度（km）	防洪标准	具体措施	备注
清水沟流域	规划区河道	古青高速~黄河	15	20 年一遇	河道拓宽 生态护坡	治理达标
	规划区上游河道	东干渠~古青高速	12		河道拓宽 格宾石笼护砌	治理达标
南干沟流域	规划区河道	古青高速~黄河	7		格宾石笼护砌	治理达标
	规划区上游河道	峡口镇~古青高速	8		杉木桩+生态护坡	治理达标

9.3. 城市排水（雨水）系统建设

通过对吴忠市积水成因分析，综合考虑吴忠市规划区实际情况和建设能力，提出排水防涝体系建设，保障建设区水安全，具体方案如下。

9.3.1. 排水（雨水）管网系统规划

吴忠市规划区内积水集中在合流制区域内，根据《吴忠市排水防涝综合规划》确定城区内管网改造及新建的设计重现期均为 2 年一遇。

远期随地块开发和道路建设，2030 年规划新建合流管网共 88.1 公里，新建雨水管网共 3 公里。规划排水管网（合流、雨水）总长度约 301.7 公里。

表 9-2 规划新建排水（雨水）管网一览表

序号	污水系统	合流管（km）	污水管（km）	备注
1	一污系统	2.4	0	——
2	二污系统	0	0	——
3	三污系统	21.1	0	——
4	四污系统	23.4	0.9	DN400-DN600
5	五污系统	41.2	2.1	DN400-DN600
合计		88.1	3.0	——

表 9-3 规划排水（雨水）管网统计表

序号	管网	合流管	雨水管	合计
1	现状管网	190	21.5	301.7
2	规划管网	88.1	2.1	

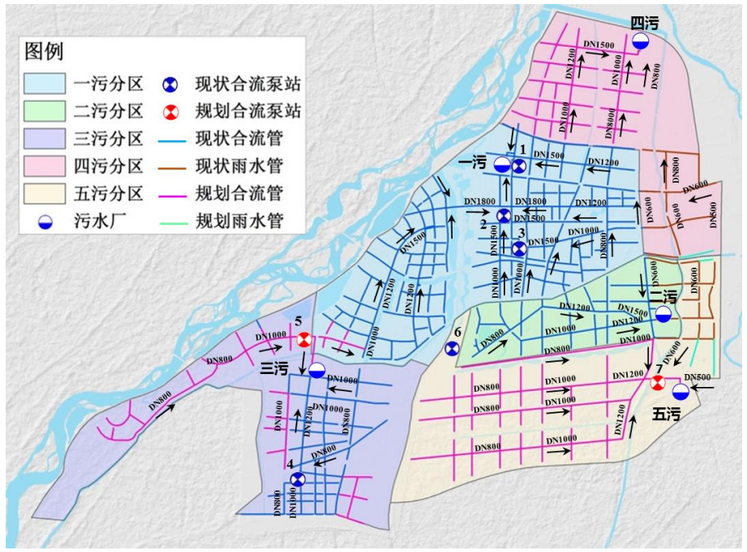


图 9-2 规划排水（雨水）管网分布图

通过 Infoworks 模拟，区域内排水管道有不同程度的提升。其中 2 年一遇以上管网增多，随着地块开发，道路建设，排水管网覆盖率增加，建设标准提高，使规划区整体管网能力得到有效提升。

表 9-4 规划排水（雨水）管网能力统计表

重现期	现状		规划	
	长度（km）	比例（%）	长度（km）	比例（%）
1 年一遇以下	113.76	49.25	53.42	17.56
1~2 年一遇	88.17	38.17	135.74	44.61
2~3 年一遇	9.81	4.25	77.80	25.57
3~5 年一遇	12.42	5.38	30.49	10.02
5 年一遇以上	6.83	2.96	6.83	2.24
合计	230.99	100.00	304.28	100.00

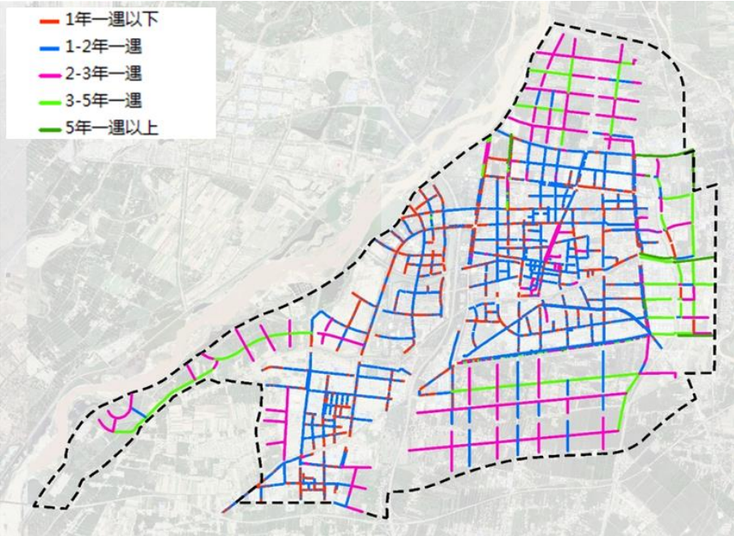


图 9-3 规划排水（雨水）管网能力评估图

根据管网排查，现状局部管网标准低、淤堵严重，导致发生积水内涝（A）。部分管网沉降、破损问题突出，导致排水不畅（B）。

近期，计划对存在问题比较突出的管网优先进行改造。其中改造排水管网 13.9 公里，新建排水管网 5.2 公里。

表 9-5 近期改造和新建排水（雨水）管网统计表

项目类型	管径	长度（m）
改造管网	DN500	359.21
	DN600	2322.02
	DN800	4902.44
	DN1000	1863.70
	DN1200	4041.22
	DN1500	373.53
	小计	13862.12
新建管网	DN400	341.07
	DN500	1695.85
	DN600	1652.85
	DN800	1470.42
	小计	5160.20

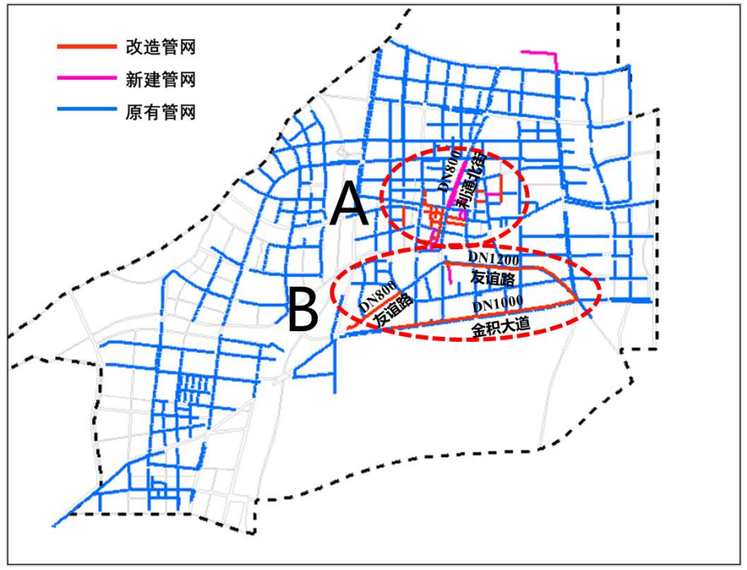


图 9-4 近期改造、新建排水（雨水）管网示意图

9.4. 局部易涝点改造方案

通过近期管网改造，对积水点 4 周边排水管网进行了提标改造，模型模拟显示，积水点 4 已经消除。

其他积水点，需根据问题原因进行积水点整治。对于排水能力不足的进行管网改造，对于地势低洼的要注意规划管控。

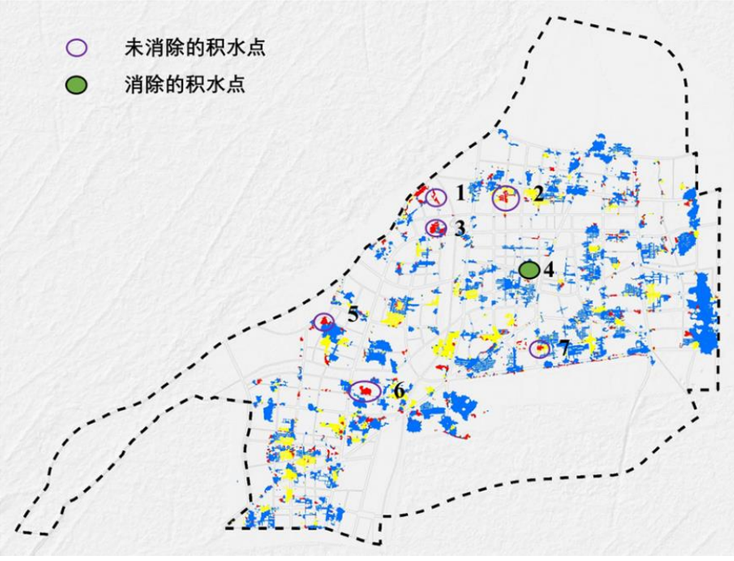


图 9-5 内涝积水点分布图

表 9-6 积水点治理措施一览表

序号	积水点位置	积水原因	治理方案
1	双都路 Vs 清宁街交叉口	排水能力不足	新建导水沟、植草沟
2	黎明街（阳光骄子小区门前）	排水能力不足	排水管网改造
3	开元大道 Vs 清宁街交叉地块	地势低洼	海绵措施、管网建设
4	民和巷 Vs 裕民街交叉口	排水能力不足	排水管网改造
5	秦汉街 Vs 滨海大道交叉口东侧地块	地势低洼	规划管控
6	蔡桥村东侧地块	地势低洼	规划管控
7	利通南街 Vs 福宁东路交叉口	排水能力不足	排水管网建设

（1）积水点 1

双都路和清宁街交叉口积水点位于双都路和清宁街交叉口处，该处最大积水深度约为 0.22m。

治理方案：结合清宁街海绵城市道路改造，新建雨水调蓄池，消除因排水管网不足造成的积水。

（2）积水点 2

位于黎明街（阳光骄子小区门前）处，该处最大积水深度约为 0.30m。

治理方案：对黎明街排水沟改造，改造后断面尺寸为 4m × 2.8m，能够有效收集和排除周边雨水。

图 9-6 积水点 2 措施布置图

（3）积水点 7

利通南路和福宁东路交叉口处，该处最大积水深度约为 0.58m。

治理方案：新建管径 DN800 的福宁东路排水管网，长 300m，将积水引入新建的金积大道排水管网 ，消除积水点积水。

图 9-7 积水点 7 措施布置图

（4）积水点 3

现状正在土建施工，模拟显示由地势低洼存在积水风险。

治理方案：项目应通过建设海绵措施消纳部分雨水，超标雨水通过市政管网排除。

图 9-8 积水点 3 治理措施布局图

（4）积水点 5、6

积水点 5、6：位于未利用地，均是由地势低洼造成积水。

治理方案：在项目建设中，要注意竖向控制和排水设施建设，通过 LID 设施消纳部分雨水，超标雨水应能够通过市政管网排除。

图 9-9 积水点 5 规划用地

图 9-10 积水点 6 规划用地

9.5. 规划方案模型评估

9.5.1. 内涝风险评估

经过源头建设、排水管网建设以及泵站建设、积水点改造完成后，规划区内积水消除以及管网能力得到有效提升。

通过 Infoworks 模拟，内涝风险得到大幅改善，20 年一遇降雨条件下，区域内基本无高风险区。中、高风险减少 2.04ha，高风险区仅有 0.13ha，主要位于绿地和未利

用地上。

表 9-7 规划区建设前后内涝风险对比分析表

风险等级	建设前		建设后	
	面积(km^2)	比例(%)	面积(km^2)	比例(%)
低风险区	9.29	71.23	6.91	80.10
中风险区	2.56	19.60	1.58	18.37
高风险区	1.20	9.17	0.13	1.54
合计	13.05	100	8.62	100

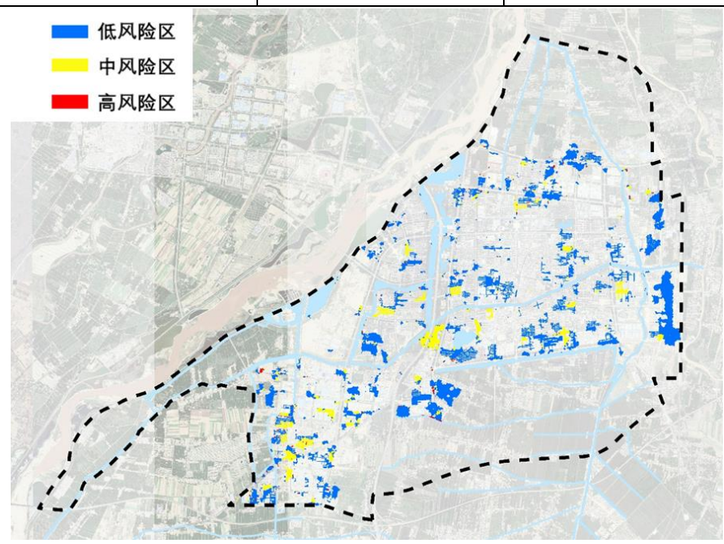


图 9-11 规划期末内涝风险评估

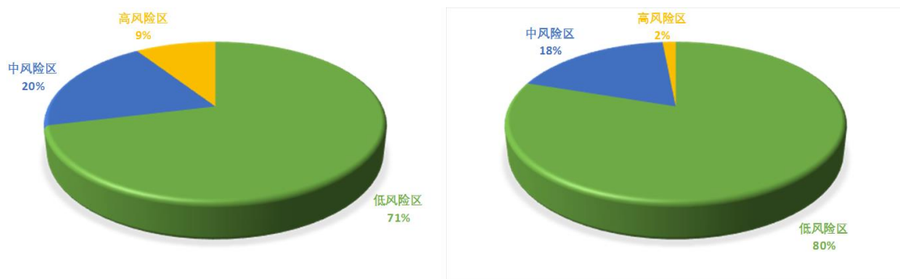


图 9-12 现状（左）和规划期末（右）内涝风险对比图

第10章　水生态保护系统方案

10.1. 水生态保护系统构建

吴忠市水生态保护的的途径主要有源头海绵城市建设和末端生态保护。

源头海绵城市建设的总体思路是通过海绵城市建设增加居住小区、公共建筑、公园绿地、道路绿化带等源头地块蓄滞雨水的能力，缓解和减少雨水径流的排放，减少城市开发建设对城市自然水文状态的影响，实现年径流总量控制的目标。

末端生态保护的总体思路是通过生态岸线建设、生态湿地建设和对河道进行生态补水，减少城市开发建设对城市自然水系的影响和破坏，进一步提升城市末端河道的生态修复能力和水质净化能力，实现水清岸绿、鱼翔浅底。

综上，通过源头海绵城市建设和末端生态保护，可进一步构建良性循环的城市水生态系统，推动吴忠市生态文明城市建设，促进黄河流域生态保护和高质量发展。

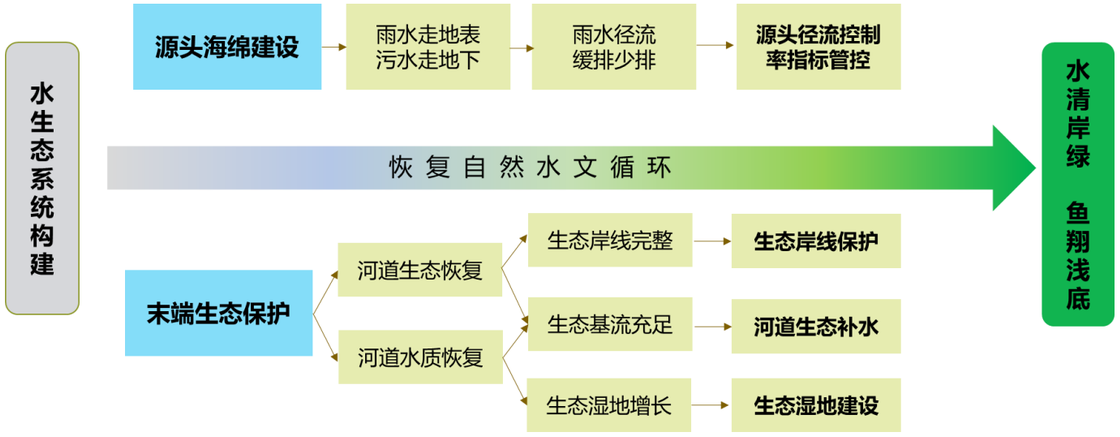


图 10-1 水生态保护技术路线示意图

10.2. 年径流总量控制率

10.2.1. 指标定义及作用

（1）指标定义

年径流总量控制率指标首次在《技术指南》中提出，定义为“根据多年日降雨统计数据分析计算，通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发（腾）等方式，场地内累计全年得到控制（不外排）的雨量占全年总降雨量的百分比。”

国务院 75 号文《指导意见》中明确指出“编制城市总体规划、控制性详细规划以及道路、绿地、水等相关规划时，要将雨水年径流总量控制率作为其刚性控制指标。”《专项导则》也将“明确雨水年径流总量控制率等目标并进行分解”作为专项规划编制的主要内容。

海绵城市是新型的城市发展方式，秉承低影响开发（LID）系统建设作为其主要理念。在《技术指南》中提出“构建 LID 系统，规划控制目标包括径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等。鉴于径流污染控制目标、雨水资源化利用目标大多可通过径流总量控制实现，各地 LID 构建可选择径流总量控制作为首要的规划控制目标。”

毋庸置疑，雨水年径流总量控制率作为核心指标在海绵城市建设过程中的合理管控，将对低影响开发系统构建的成败起到关键作用。

（2）指标作用

在年径流总量控制率指标提出之前，国内很多城市应用综合径流系数指标（部分应用雨量径流系数）进行对用地的低影响开发系统设计。《室外排水设计规范》在 2014 年修编时明确规定“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”，在条文说明中进一步说明以径流量作为地区开发改建指标的规定，地区开发应充分体现低影响开发理念，除应执行规划控制的综合径流系数指标外，

还应执行径流量控制指标。

国外 LID 设计手册中提出“LID 是基于生态的雨洪管理方法，通过场地内的绿色（植物）处理网络来管理降雨。LID 的目标是在场地内通过下渗、过滤、储存和蒸发等前期开发技术来维持接近降雨原本的自然水文状态。”这与《指导意见》中明确海绵城市工作目标“通过海绵城市建设，综合采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响，将 70%的降雨就地消纳和利用”基本一致。

因此，无论是稍早修编的《室外排水设计规范》，或是国外的 LID 设计手册，还是《指导意见》，其核心理念一致：明确城市开发建设应采用低影响开发理念，“年径流总量控制率”作为其核心指标，最终目的应是“减少城市开发建设对生态环境的影响”。

《技术指南》中提出“构建 LID 系统，规划控制目标包括径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等。”

地块、道路在城市雨洪管理中位于降雨的源头，传统的降雨管理主要是针对低重现期的大雨，例如市政管网中一般雨水管网设计重现期 P=1 或 P=3，目的是将地面径流快速外排至河道，而对地面径流过程中的污染效应以及在高重现期降雨的地面产汇流过程缺少相应管控。

近些年有不少业内专家对雨水径流污染控制进行了大量研究，但研究和控制的量化指标主要是初期雨水量，这与通过年径流总量实现径流污染控制目标的理念基本一致。在高重现期降雨（中小降雨）中的开发前后状态一直少有研究，由于综合径流系数与降雨重现期相关，因此原有通过径流系数管控开发前后实现低影响开发理念很难真正实现减少开发前后的自然生态影响。

综上所述，作为源头低影响开发系统构建的核心指标——年径流总量控制率指标的主要作用为实现场地内的水循环接近开发前的状态，包括水循环中的外排水量、水质以及循环方式，同时又兼顾了径流污染，径流峰值、雨水资源化利用等目标。

10.2.2. 管控目标

（1）规范要求

根据《技术指南》对大陆地区年径流总量控制率的分区建议，其中吴忠市位于分区中的 I 区，控制率为 85%-90%，结合近 30 年逐日降水量资料（不包括降雪），对应的设计雨量为 14.5-18.0mm。

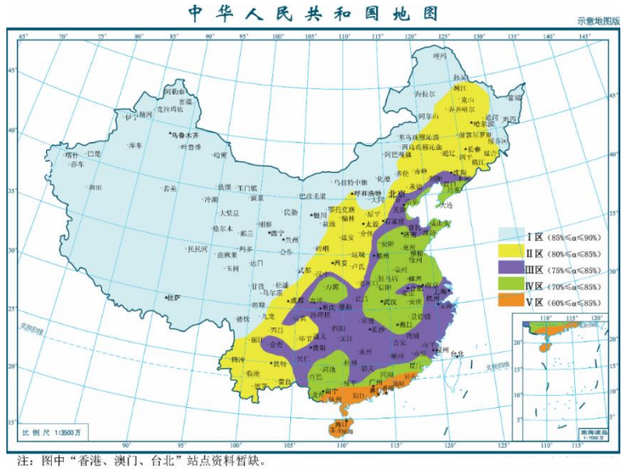


图 10-2 雨水年径流总量控制率分布图（依据 24 小时降雨数据绘制）

根据《海绵城市建设评价标准（试行）》（以下简称《评价标准》）：新建区不得低于“我国雨水年径流总量控制率分区图”所在区域规定下限值，及其所对应计算的径流体积；建成区经技术经济比较，不宜低于“我国雨水年径流总量控制率分区图”所在区域规定下限值，及其所对应计算的径流体积；新建项目不应低于“我国雨水年径流总量控制率分区图”所在区域规定下限值，及其所对应计算的径流体积；改扩建项目经技术经济比较，不宜低于“我国雨水年径流总量控制率分区图”所在区域规定下限值，及其所对应计算的径流体积。

根据《技术指南》要求，并综合考虑吴忠市中心城区的自然本底、水环境和水安全等水系统的需求，确定吴忠市中心城区年径流总量控制率不小于 85%，对应设计降

雨量不小于 14.5mm。

10.2.3. 指标分解

通过分析各管控分区的现状建设情况、土地开发强度、规划用地类型及布局、绿地率等因素，确定各管控分区的年径流总量控制率（各管控分区年径流总量控制率的基础值为 85%）。

老城区（QS-03、05）、工业园区（NG-01），现状已经基本建成，土地开发强度较高，海绵城市建设以城市更新和改造为主，年径流总控控制率指标适当下调。

滨河新城（QS-02）、高铁新城（QS-04）及其他新建区（QS-01、06， NG-02），正在或尚未集中开发建设，海绵城市建设以规划管控为主，年径流总量控制率指标适当上调。

表 10-1 指标调整一览表

现状建设情况	类别	现状建成区（QS-03、05，NG-01）	在建区域（QS-02、04）	规划新区（QS-01、06，NG-02）
	指标调整规则	-5%	0%	+5%
土地开发强度（绿地率）	类别	低（QS-05，NG-01）	适中（QS-03、04）	高（QS-01、02、06，NG-02）
	指标调整规则	-3%	0%	+3%
土地开发强度（建筑密度）	类别	高（QS-03、05、04，NG-01）	适中（QS-02）	低（QS-01、06，NG-02）
	指标调整规则	-3%	0%	+3%
水面率	类别	低（QS-05，NG-01）	适中（QS-03，NG-02）	高（QS-01、02、04、06）
	指标调整规则	0%	2%	5%

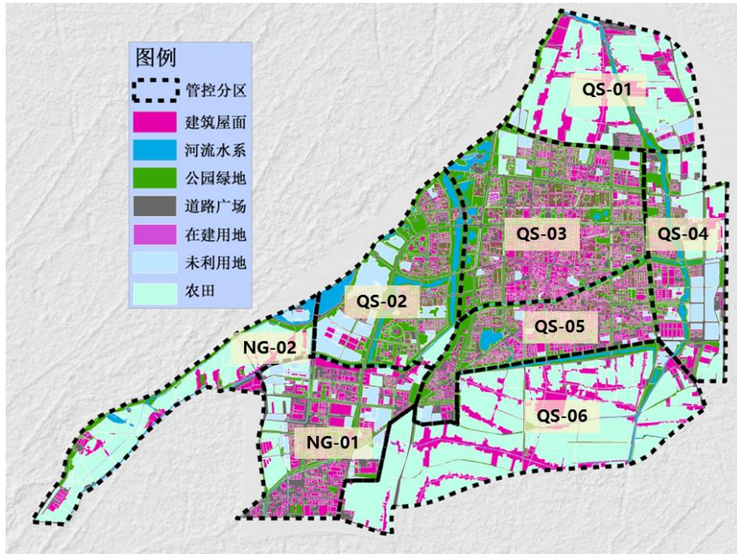


图 10-3 管控分区现状下垫面解析图

10.2.4. 指标校核

根据总规用地规划及现状建成区的下垫面解析，利用容积法计算各管控分区内每个地块的年径流总量控制率。

不同区域、地块间可通过用地面积加权平均计算，可得到各管控分区的计算年径流总量控制率。通过比较各管控分区的年径流总量控制率计算值与分解值，确定各管控分区年径流总量控制率的可达性。

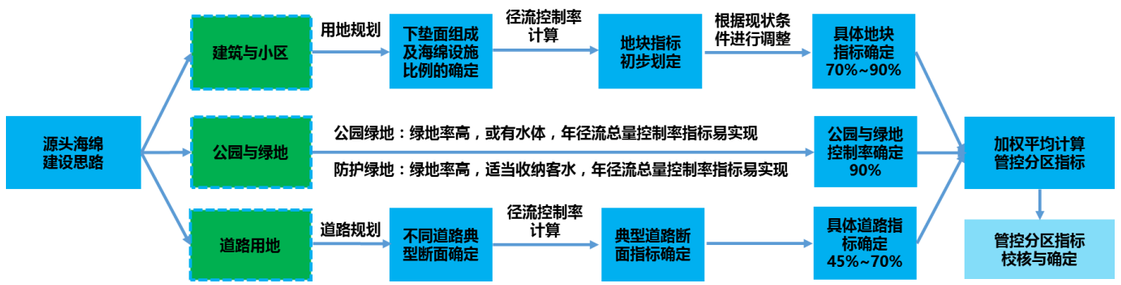


图 10-4 指标校核示意图

1、建筑与小区指标校核

根据地块的规划用地性质和下垫面组成（结合现状和控规）确定地块的海绵城市建设条件和低影响开发设施比例，利用容积法计算地块的年径流总量控制率，根据坡度、渗透性、地下空间开发强度等因素对控制率进行调整，最后确定地块年径流总量控制率指标。

根据《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》，居住用地下凹绿地率及透水铺装率取值为 20%、40%，其他用地类型参照调整取值。

表 10-2 建筑与小区低影响开发设施比例取值一览表

用地类型	下凹绿地率（%）	透水铺装率（%）	备注
居住用地（R）	20	40	取推荐值
公共管理与公共服务设施用地（A）	20	40	取推荐值
商业服务业设施用地（B）	20	50	商业地块铺装多为人行道，铺装率适当提高至 50%。
公用设施用地（U）	20	20	重载车辆较多，考虑透水铺装的结构性能，透水铺装率下调至 20%
道路与交通设施用地（S）	20	20	停车需求较多，考虑透水铺装的结构性能，透水铺装率下调至 20%
工业用地（M）	20	20	重载车辆较多，结构性要求较高，透水铺装率下调至 20%
物流仓储用地（W）	20	20	重载车辆较多，结构性要求较高，透水铺装率下调至 20%

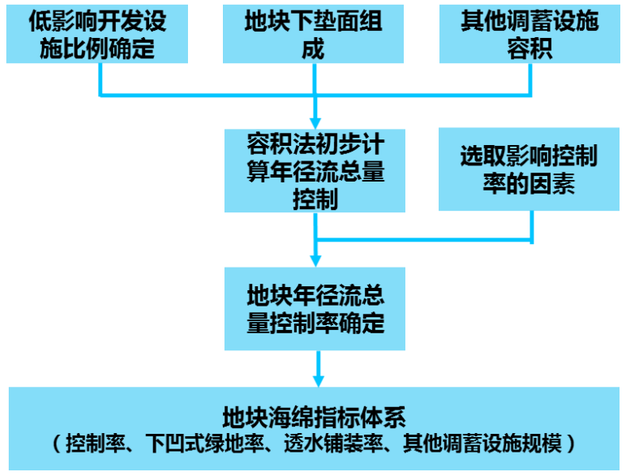


图 10-5 建筑与小区指标校核示意图

2、公园与绿地指标校核

公园与绿地本身绿地率较高，地形平坦，蓄滞雨水能力较强，可改造性较强。

根据测算，下凹绿地率取 20% 即可满足年径流总量控制率 90% 的目标要求，目标可达性较高。因此，公园与绿地的年径流总量控制率取 90% 较为合适。

表 10-3 公园与绿地低影响开发设施比例取值一览表一览表

用地类型	年径流总量控制率（%）	下凹绿地率（%）	透水铺装率（%）
公园绿地	90	20	50
防护绿地/街头绿地	90	8	50

3、道路与广场指标校核

根据现状和规划，确定道路等级、断面形式及低影响开发设施的比例。利用容积法（或模型法）计算典型断面道路的年径流总量控制率。机动车道和非机动车道不考虑透水铺装，但应坡向绿化带。中央分隔带绿化不应下凹，机非隔离带及两侧防护绿地可下凹。人行道可采用透水铺装。

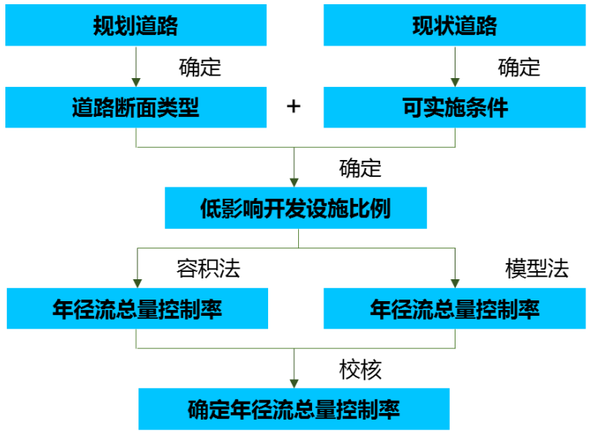


图 10-6 道路与广场指标校核示意图

10.2.5. 指标确定

根据规划用地，规划区分为 8 个管控分区，最终确定年径流总量控制率 80%~90%，规划区年径流总量控制为 85%，对应设计降雨量 14.5mm。

表 10-4 吴忠市年径流总量控制对应设计降雨量一览表

年径流总量控制率	70%	75%	80%	85%	90%	95%
设计降雨量（mm）	9	10.2	12.1	14.5	18	24.2

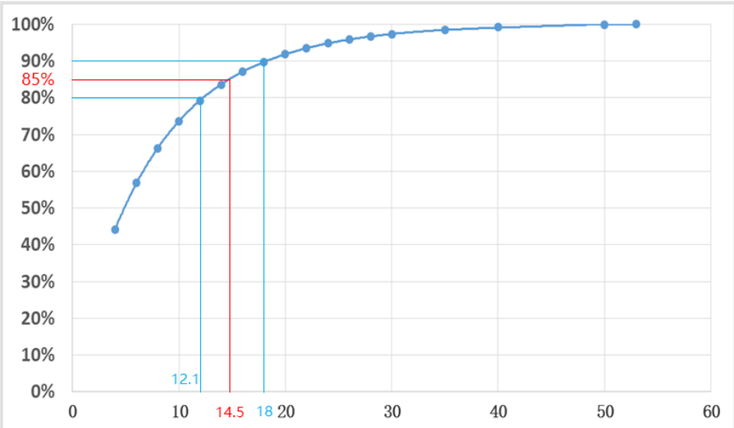


图 10-7 吴忠市年径流总量控制对应设计降雨量曲线图

表 10-5 吴忠市年径流总量控制率指标一览表

序号	分区编号	分区名称	面积（km^2）	管控分区类型	年径流总量控制率	设计降雨量（mm）
1	QS-01	清水沟分区 1	13.5	新建区管控分区	90%	18
2	QS-02	清水沟分区 2	12.8	滨河新区管控分区	85%	14.5
3	QS-03	清水沟分区 3	18.8	老城区管控分区	80%	12.1
4	QS-04	清水沟分区 4	10.7	新建区管控分区	90%	18
5	QS-05	清水沟分区 5	10.3	老城区管控分区	80%	12.1
6	QS-06	清水沟分区 6	22.8	新建区管控分区	90%	18
7	NG-01	南干沟分区 1	13.1	工业区管控分区	80%	12.1
8	NG-02	南干沟分区 2	8.8	新建区管控分区	90%	18
9	合计		110.8	——	86%	14.5

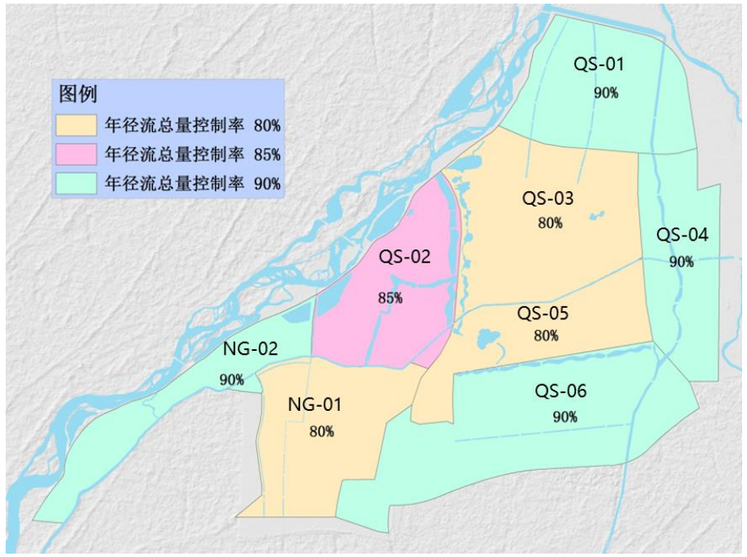


图 10-8 吴忠市年径流总量控制率管控示意图

10.3. 地块海绵城市建设

10.3.1. 地块指标体系

根据《技术指南》，地块的海绵城市建设以低影响开发系统构建为主，年径流总量控制率作为落实低影响开发的刚性指标。低影响开发设施具有补充地下水、集蓄利用、削减峰值流量及净化雨水等多个功能，可实现径流总量、径流峰值和径流污染等多个控制目标。各地在建设低影响开发设计时，应根据当地自然特征和主要水问题进行有针对性的设计，吴忠属于典型的西北地区干旱城市，低影响开发设计时可以以径流总量为主，兼顾径流污染控制目标，同时对部分降雨（与雨型有关）控制径流峰值。

城市建设用地分类中的大类包括了居住用地（R）、公共管理与公共服务设施用地（A）、商业服务设施用地（B）、工业用地（M）、仓储用地（W）、交通设施用地（S）、公用设施用地（U）和绿地与广场用地（G）。参照《评价标准》，结合吴忠市降雨量少、地下水位低、渗透能力强等自然气候特征，再根据吴忠市中心城区的用地构成以及管控条件，确定各类新建用地的年径流总量控制率的基值。各类建设用地年径流总量控制率基值详见下表。

表 10-6 各类建设用地年径流总量控制率

用地性质	年径流总量控制率基值（%）	设计雨量（mm）
R	85	14.5
A	85	14.5
B	85	14.5
M	80	12.1
W	80	12.1
S	80	12.1
U	80	12.1
G	90	18.0

在控制率基值的基础上，各类建设用地实际控制率根据实际建设条件进行适当调整，主要包括建设状况、绿化率等建设条件。

（1）基于建设状况的调整

对于用地的建设状况，可以分为改建、扩建以及新建等几种类型。一般而言，新建用地开发对于同步实施海绵城市技术较易，改扩建用地则受限于现状建成建筑和地下设施等状况，海绵城市各类技术实施应用较难。结合用地建设状况，年径流总量控制率可按下表 9-2 进行适当调整。

表 10-7 基于建设状况的用地年径流总量控制率调整表

用地性质	建设状况	年径流总量控制率调整值（%）
其它用地	新建	0~10
	改建、扩建	-5~5
G	新建	0~5
	改建、扩建	-5~5

（2）基于绿地率的调整

绿地率的大小则反应了地块采用自然生态的海绵城市技术应用可实施性。

结合建筑密度和绿地率的指标要求，年径流总量控制率可按下表 9-3 进行适当调整。

表 10-8 基于绿地率的年径流总量控制率调整表

用地性质	绿地率（%）	年径流总量控制率调整（%）
R	绿地率＜10	-10~0
	10≤绿地率＜20	-5~0
	20≤绿地率＜30	0~5
	绿地率≥30	5~10
A	绿地率＜15	-10~0
	15≤绿地率＜25	-5~0
	25≤绿地率＜35	0~5
	绿地率≥35	5~10
B	绿地率＜15	-10~0
	15≤绿地率＜25	-5~0
	25≤绿地率＜35	0~5

	绿地率≥35	5~10
M、W	绿地率＜10	-10~0
	10≤绿地率＜20	-5~0
	绿地率≥20	0~5
S	绿地率＜10	-10~0
	10≤绿地率＜20	-5~0
	绿地率≥20	0~5
U	绿地率＜10	-10~0
	10≤绿地率＜20	-5~0
	20≤绿地率＜30	0~5
	绿地率≥30	5~10

10.3.2. 地块指标计算方法

海绵设施的年径流总量控制率指标计算可参照《技术指南》，一般采用容积法进行计算。

（1）容积法计算

为实现用地年径流总量控制率，参照《技术指南》中低影响开发设施规模计算方法。海绵城市低影响开发设施以径流总量和径流污染为控制目标进行设计时，单一设施具有的调蓄容积一般采用容积法进行计算，如以下公式所示。

$V=10H\varphi F$

式中：V—设计调蓄容积，m^3;

H—降雨年径流总量控制率的设计降雨量，mm;

φ—综合雨量径流系数，通过下垫面不同雨量径流系数加权平均计算;

F—设施相对应的汇水面积，hm^2。

从公式中可看出，在设计调蓄容积不变的情况下，综合径流系数 φ 越小，则对应的设计降雨量越大，即实现年径流总量控制率指标越大；在控制率指标确定的前提下，综合雨量径流系数 φ 越小，则所需的设计调蓄容积也越小。

（2）以渗透为主的设施规模计算

根据《技术指南》，顶部和结构内部有蓄水空间的渗透设施（如复杂型生物滞留设施、渗管/渠等）的渗透量应计入总调蓄容积。渗透设施有效调蓄容积按以下公式计算。

$Vin=Vs+Win$

式中：Vin—渗透、渗滤及滞蓄设施的径流体积控制规模，m^3;

Vs—设施有效滞蓄容积，m^3;

Win—渗透与渗滤设施降雨过程中的入渗量，m^3。

其中，渗透量 Win 的计算按以下公式计算。

$Win=KJAs\ ts$

式中：Win—渗透与渗滤设施降雨过程中的入渗量，m^3;

K—土壤或人工介质的饱和渗透系数，m/s;

J—水力坡降，一般可取 1;

As—有效渗透面积，m^2;

ts—降雨过程中的入渗历时，h，一般取 3h。

当以径流总量控制为目标时，地块内各低影响开发设施的设计调蓄容积之和，即总调蓄容积，不包括用于削减峰值流量的调节容积，透水铺装仅参与综合雨量径流系数 φ 的计算，其结构内的空隙容积一般不再计入总调蓄容积，下沉式绿地的顶部和结构内部有蓄水空间的渗透设施(如复杂型生物滞留设施)的渗透量应计入总调蓄容积。

单个地块内布置多个用于径流总量控制的设施时，应划定设施相对应的排水分区，在年径流总量控制率指标复核时，采用年径流总量控制率与相应排水分区所占比例的乘积进行加权计算。对于单元的复核，应采用单个地块年径流总量控制率与相应地块所占比例的乘积进行加权计算。

10.3.3. 新建地块建设指引

1、总体思路

新建小区海绵城市建设应以目标为导向，主要通过透水铺装、下凹绿地、雨水花园等低影响开发措施，尽可能的将雨水资源“蓄滞”下来，超标雨水则通过溢流方式，由排水管网排除。

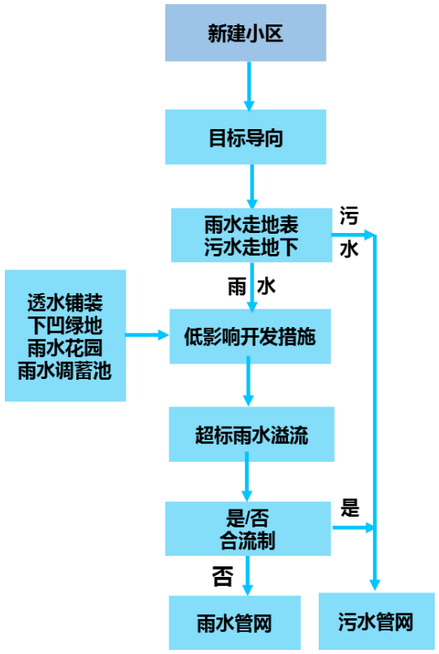


图 10-9 新建小区海绵城市建设技术路线示意图

2、常用技术措施及径流组织

海绵城市在适应环境变化方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时也可将蓄存的水“释放”并加以利用。在地块开发时主要通过减少地面硬化比例，增加透水性下垫面，并通过合理的径流组织来实现海绵城市，常用措施包括：雨落管断接、雨水桶、透水铺装、下沉式绿地、景观水体、溢流口等低影响开发技术。

雨落管断接，优先考虑雨落管断接方式，将建筑屋面的雨水引入周边绿地，通过下凹绿地、雨水花园、植草沟等措施收集、滞蓄和净化。

雨水桶，当建筑周围没有绿化空间且有雨水利用需求（例如洗车、浇花）时，可以选择雨水桶收集雨水，方便雨水资源利用。

透水铺装，负载较小的路面、停车场、人行道及自行车道可建设为透水铺装（例如透水砖、透水混凝土、透水沥青、透水地坪等）。

下沉式绿地，泛指具有一定的调蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调节容积），且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、雨水湿地、调节塘等。下沉式绿地形式多样、使用区域广、易于景观结合，径流控制效果较好，广泛应用于城市建筑与小区、道路、绿地和广场。

景观水体，宜采用生态驳岸，并通过水生动植物对水体进行净化，必要时可采取人工辅助手段对水体进行循环净化。雨水进入景观水体之前，应设置前置塘、植草沟、植被缓冲带等预处理设施，降低径流污染负荷。

溢流口，下凹绿地、雨水花园、景观水体等雨水蓄滞设施应通过溢流方式与市政管道进行连接，溢流口及雨水口宜设置截污装置。

表 10-9 建筑与小区常用低影响开发措施指引表

序号	措施分类	措施指引
1	雨落管断接	优先考虑雨落管断接方式，将建筑屋面的雨水引入周边绿地，通过下凹绿地、雨水花园、植草沟等措施收集、滞蓄和净化。
2	雨水桶	当建筑周围没有绿化空间且有雨水利用需求（例如洗车、浇花）时，可以选择雨水桶收集雨水，方便雨水资源利用。
3	透水铺装	负载较小的路面、停车场、人行道及自行车道可建设为透水铺装（例如透水砖、透水混凝土、透水沥青、透水地坪等）。
4	景观水体	宜采用生态驳岸，并通过水生动植物对水体进行净化，必要时可采取人工辅助手段对水体进行循环净化。雨水进入景观水体之前，应设置前置塘、植草沟、植被缓冲带等预处理设施，降低径流污染负

		荷。
5	溢流口	下凹绿地、雨水花园、景观水体等雨水蓄滞设施应通过溢流方式与市政管道进行连接，溢流口及雨水口宜设置截污装置。

图 10-10 典型低影响开发技术措施

（左）下凹绿地、（右）透水铺装

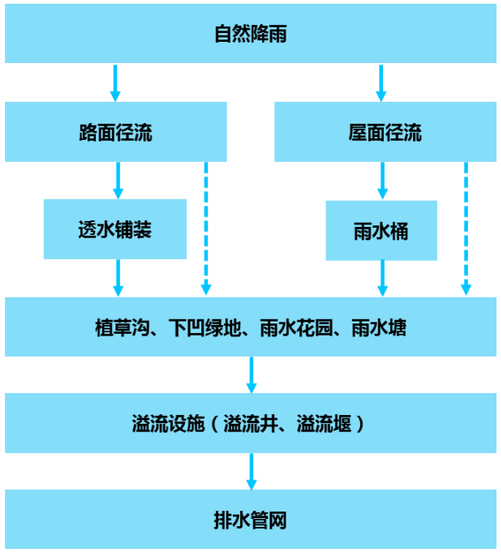


图 10-11 典型小区雨水径流组织示意图

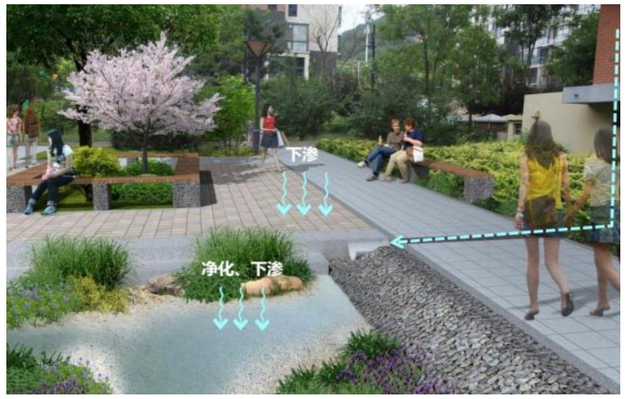


图 10-12 典型小区雨水径流组织示意图（一）

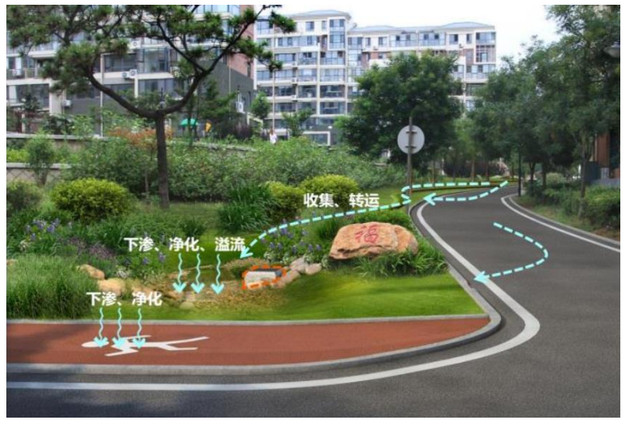


图 10-13 典型小区雨水径流组织示意图（二）

10.3.4. 建成地块改造指引

1、总体思路

根据《指导意见》，建成地块海绵城市改造“要结合城镇棚户区和城乡危房改造、老旧小区有机更新等，以解决城市内涝、雨水收集利用、黑臭水体治理为突破口，推进区域整体治理，逐步实现小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”。

对于已建成地块，由于城市经过几十年的快速扩长，城市规模已基本形成，而相

应的水问题也以逐步凸显。在现阶段，水质黑臭和局部内涝，是大多数城市面临的核心水问题，因此以问题为导向的建成区改造应抓住主要矛盾，构建以管控径流污染为主要目的的指标作为核心指标，或以内涝问题为主的解决方案进行管控。

具体改造思路为：根据老城区的建设情况、存在问题和保护重要性，在源头综合分析海绵城市设施建设条件，主要从铺装破损情况、绿地退化情况、雨水立管断接情况、排水管网存在问题等方面，确定是否进行海绵化改造及改造哪些内容。

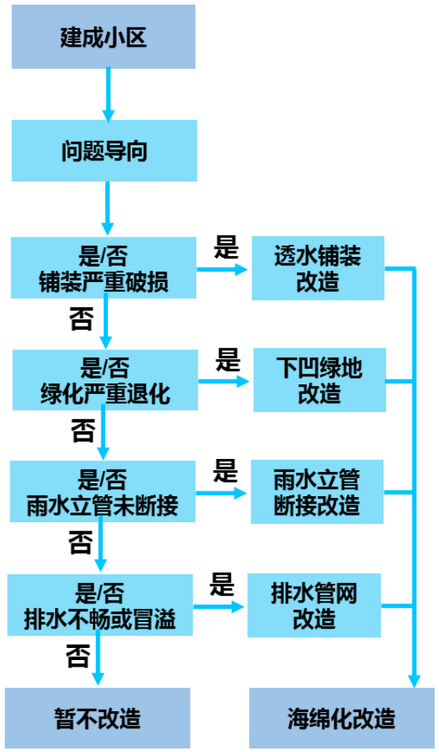


图 10-14 建成小区海绵城市改造技术路线示意图

根据建成地块的改造思路，即“问题+海绵”，结合具体存在的问题，改造类型可分为四大类：

第一类，品质提升+海绵。该类地块主要为年代较早的老旧小区，存在主要问题为停车位不足、道路破损，景观较差等。问题导向以小区品质提升为主要目的、同时加以海绵城市改造，通过源头或末端的绿色设施布局，管控面源污染排放。因此，指标管控中以年径流总量控制率主要管控目标，绿色设施的布局结合地块绿地分布，通过有效组织雨水径流，控制面源污染排放。

第二类，管网改造+海绵。该类地块包括年代较早的老小区，也包括近些年建成的一些地块，存在问题主要为污水收集系统不完善、管网老化破损等。问题导向以管网改造为主，再根据地块绿地分布，布局源头的绿色设施。该类型指标管控中年径流总量控制率不作为主要管控目标。

第三类，溢流管控+海绵。该类地块主要位于年代较早的合流制老城区，存在主要问题为溢流污染。问题导向以合流制溢流污染控制为主，结合城市排水系统，对于保留的合流制区域，采用“绿色设施+灰色设施”治理相结合的方式，即在合流制区域的源头采用绿色基础设施理念，加上末端的截流管网、调蓄池和污水处理厂的设置，管控溢流污染频次。

第四类，内涝治理+海绵。该类地块主要为建成年代较早的低洼地区，存在问题主要为地势较低，汛期期间易形成积水内涝。问题导向以解决内涝积水为主，应根据内涝原因、地块竖向、管网建设等具体条件，通过竖向调整、地块内调蓄、管网改造等措施进行改造。

2、建设引导

结合建成地块改造类型，改造内容主要包括了源头绿色设施的布局、末端的截流调蓄改造以及各种内涝治理措施等。

（1）“+海绵”引导

在征得小区业主的同意后，结合建成地块的品质提升工程，或在管网改造的同时，通过绿色设施的引导建设，管控地块的径流污染排放，同时兼顾年径流总量控制率。LID 改造在技术选择上可与新建地块的海绵城市建设类似，结合小区绿化景观的提升，

进行植草沟、生物滞留设施、雨水花园等下沉式绿地的改造；结合停车位和小区路面的整修，进行透水铺装和地坪竖向的改造。

（2）分流制区域排口改造

分流制排水系统除在源头进行海绵城市改造以外，通常在末端排口存在沿河绿带可利用的条件下，通过末端的排口雨水净化设施实现对地块径流污染的削减和控制。

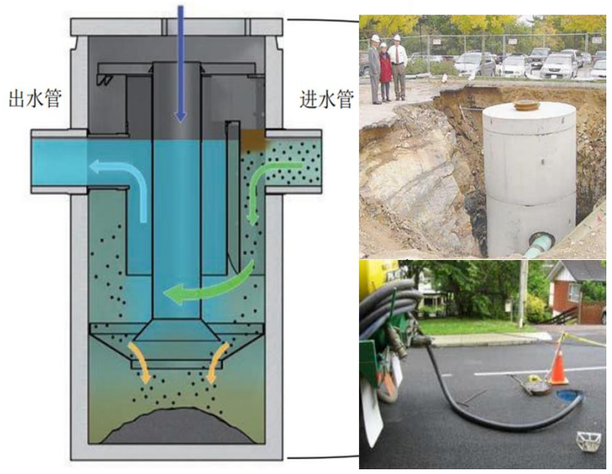


图 10-15 末端排口雨水净化设施改造示意图

（3）合流制溢流污染控制

吴忠市因特殊的气候条件，因地制宜地保留了大量合流制系统。随着黄河大保护对沿黄城市水环境质量要求的不断提高，合流制溢流污染控制将成为吴忠市一项重点工作任务。

根据吴忠市的降雨特征及排水系统收集处理能力，可采取源头海绵控制措施+末端溢流污染措施的方式共同对溢流污染进行了有效管控，即降雨→低影响开发措施→超标雨水溢流→排水管网→污水厂→河道（尾水排放或厂前溢流）。而末端的溢流控制设施则主要为充分利用管网调蓄空间和污水厂的冗余处理能力，对服务范围内的溢流频次进行控制。根据模型模拟，吴忠市合流制区域通过源头海绵+末端溢流控制的方式，可实现年均溢流频次≤2 次（即 18mm 以下降雨不溢流），同时受纳水体通过生态保护、人工湿地等措施，自净能力能够满足对溢流污染的消纳，实现入黄水质的稳定达标。

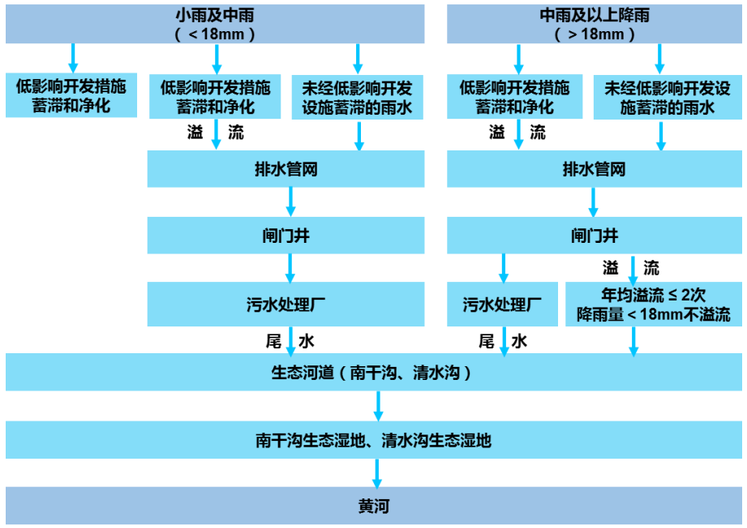


图 10-16 合流制区域雨水径流污染控制技术路线图

（4）内涝治理

解决城市老城区内涝问题核心条件是使建成区竖向高于内涝防治标准对应涝水位。因此，需结合低洼区域的现状具体条件，再通过其它一些工程性措施来解决低洼易涝问题。主要可分为两大类，第一类为提高排水能力，即提高积水点下游管网的设计标准增强管网的排水能力，迅速排除涝水；第二类为局部竖向调整，通常可通过调整低洼区域及周边地块竖向，或结合海绵城市技术措施进行消纳部分雨水等方式，消除积水内涝。建成区的内涝治理详见水安全系统规划章节。

10.4. 道路海绵城市建设

10.4.1. 道路指标体系

城市道路由机动车道、非机动车道、人行道以及绿化分隔带组成。

道路的海绵城市设计将径流雨水通过有组织的汇流与转输，引入绿地内，并通过设置在绿地内的以渗透、净化、调节等为主要功能的低影响开发设施进行处理，控制外雨水再经溢流设施排入城市雨水管网。海绵城市道路设计主要包括了道路横断面设计、竖向设计、低影响开发系统设计以及排水系统衔接设计。

国内早些时候基于对“初期雨水”的径流污染控制，曾在道路设计时引入了下凹绿地、透水铺装以及调蓄设施等做法，在设计时主要通过控制一定的初期雨水量（一般为 5~10mm）来减少初期雨水污染。

随着海绵城市理念的提出及相应试点城市的推广，雨水年径流总量控制率指标作为核心指标取代初期雨水量指标来对降雨的径流总量和径流污染进行控制，采用的低影响开发系统技术则以透水铺装、下沉式绿地（包括生态树池、植草沟、生物滞留设施）等为主。

10.4.2. 总体思路

对于道路的建设状况，可以分为改建和新建两种类型。道路改建指原有道路因交通功能需求而进行的改建，保留道路的海绵城市建设不改变原有道路的交通功能（即一般不改变道路断面布置）。

城市道路在低影响系统设计时，主要采用透水路面和下沉式绿化带等海绵城市技术来实现径流控制。由于承载不同，道路中人行道宜采用透水铺装，机动车道和非机动车道路面较少进行透水设计，但也可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面。透水路面的设计主要是降低综合道路的雨量径流系数 φ，径流总量仍需通过设计下沉绿地进行实现。

当红线内绿地空间不足时，经相关主管部门同意，可将道路雨水引入道路红线外城市绿地内的低影响开发设施进行消纳。因此，对于因满足道路功能而无法布置一定宽度绿化隔离带，且两侧有公共绿地的城市道路，可由管理部门协调，将绿地与城市道路的年径流总量控制率一同考虑。

表 10-10 道路海绵建设或改造思路

序号	分 类	建设导向	建设思路
1	建成道路	问题导向	主要从铺装破损情况、绿地退化情况、排水管网存在问题等方面，确定是否进行海绵化改造及改造哪些内容
2	新建道路	目标导向	主要通过透水铺装、植草沟、下凹绿地、雨水花园等低影响开发措施，尽可能的将雨水资源“蓄滞”下来，超标雨水则通过溢流方式，由排水管网排除。

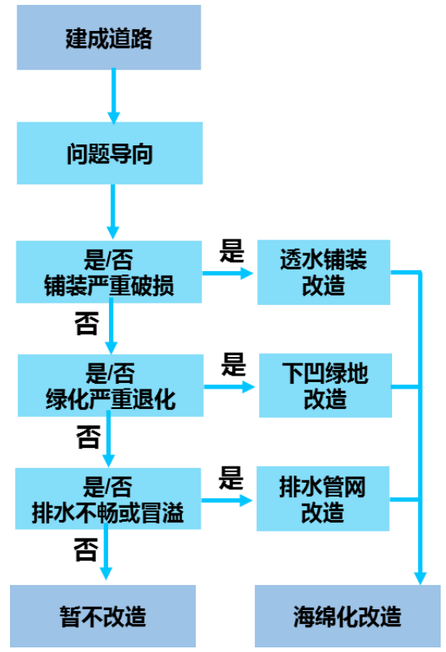


图 10-17 建成道路海绵化改造技术路线图

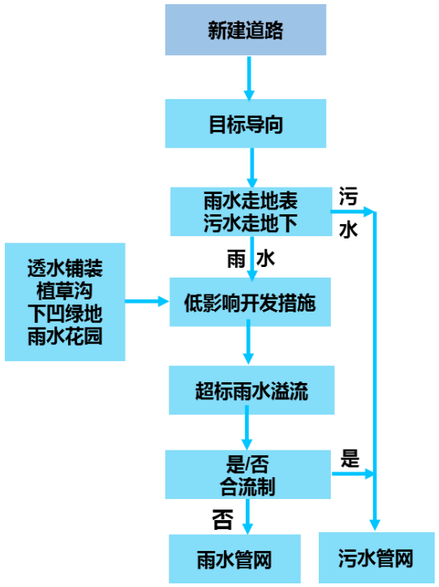


图 10-18 新建道路海绵化建设技术路线图

10.4.3. 常用技术措施及径流组织

海绵城市在适应环境变化方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时也可将蓄存的水“释放”并加以利用。在道路建设和改造时主要通过减少地面硬化比例，增加透水性下垫面，并通过合理的径流组织来实现海绵城市。

表 10-11 道路海绵建设或改造措施指引一览表

序号	措施分类	措施指引
1	机动车道	路面横坡应坡向机非隔离带，路沿石开雨水孔。
2	非机动车道	路面横坡应坡向机非隔离带，路沿石开雨水孔。
3	机非隔离带	采用下凹式生物滞留带或植草沟，纵坡与路面坡度保持一致，变坡点（地点）处及适当距离（不超过 100m）处设溢流式雨水口。有条件的道路可将雨水引入道路两侧雨水花园进行蓄滞和净化。
4	人行道	人行道应采用透水铺装（透水砖、透水混凝土、透水地坪等），路面横坡应坡向外侧绿化带。
5	绿化带	绿化带高程应低于人行道铺装面，因景观需要高于人行道铺装面时，应设置植草沟等雨水转输设施，将雨水输送至下凹绿地、雨水花园等雨水蓄滞设施。雨水蓄滞设施应采用溢流方式与市政管道进行连接，溢流口及雨水口宜设置截污装置。

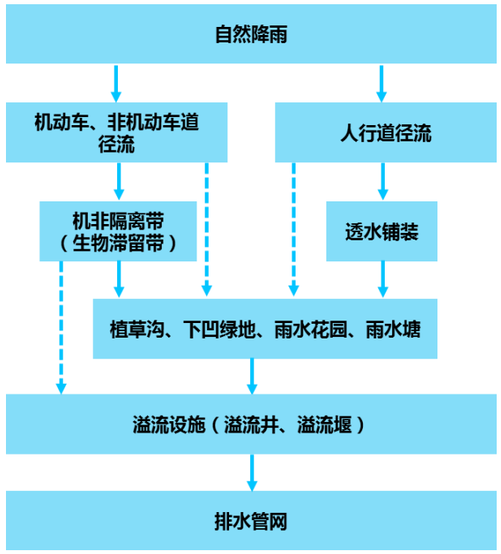


图 10-19 典型道路海绵建设技术路线图

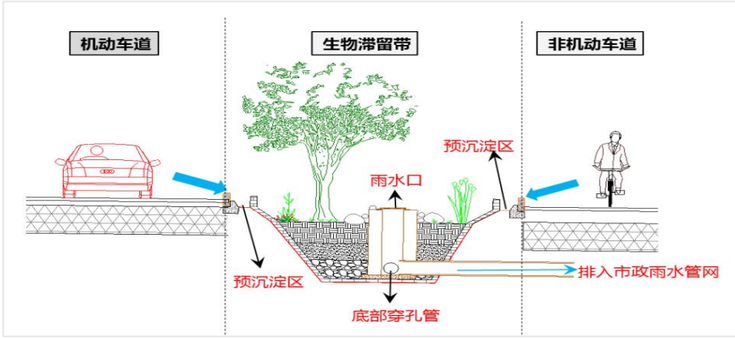


图 10-20 典型道路雨水径流组织示意图（一）

图 10-21 典型道路雨水径流组织示意图（一）

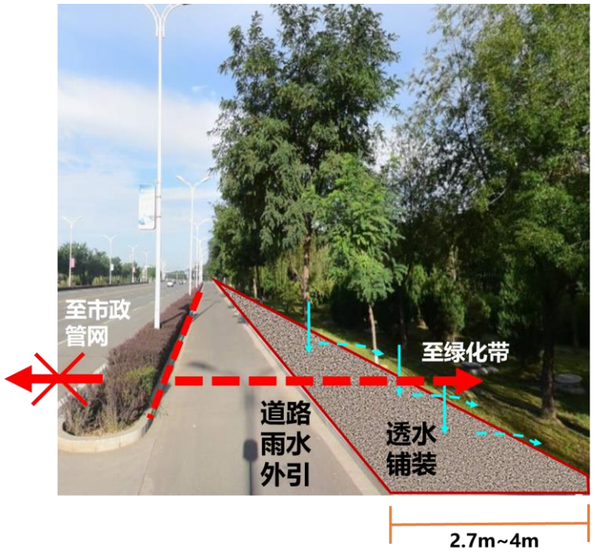


图 10-22 典型道路海绵化改造示意图

10.5. 河湖生态建设与保护

10.5.1. 河湖水体规划

规划水系主要包括：自然水系、景观水体、人工灌渠。规划水面面积 490 公顷，规划水面率 4.4% 。

表 10-12 规划河湖水体一览表

序号	类型	水系名称	总长度（km）	水面面积（ha）	补给水源
1	自然水系	清水沟及支沟	24.9	151.1	自然降水 农田退水 地下水 再生水
2		南干沟	7	66.2	
3	景观水体	新宁河（原南环水系段）	5.5	42.8	自然降水 再生水
4		新宁河（原清宁河段）	7.7	113	
5		乃光湖公园	——	27.4	
6		明珠公园	——	4.4	
7	人工灌渠	秦渠	19.9	85.1	黄河
合计			65	490	

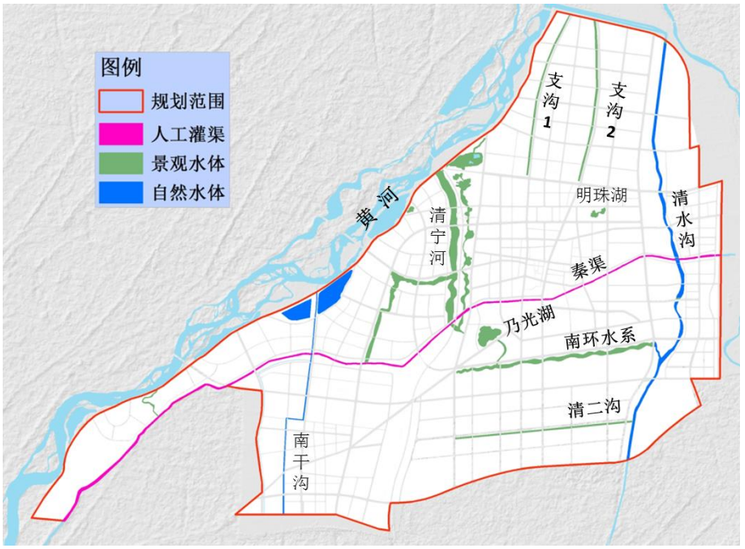


图 10-23 规划河湖水体示意图

10.5.2. 生态岸线规划

规划生态岸线 47.6 公里，规划生态岸线率 68%。硬质岸线 20.9 公里，秦渠全段、南干沟（S303~维五路）。规划生态湿地 5 处，总面积 124.3 公顷。

表 10-13 规划生态岸线及湿地一览表

序号	类型	水系名称	总长度（km）	生态岸线长度（km）	生态湿地	生态湿地面积（ha）
1	自然水系	清水沟及支沟	24.9	24.9	清水沟湿地	12.5
2					一污尾水湿地	11
3					树木园和怡养园湖系	36
4					涝河桥氧化塘	4.8
5		南干沟	7	6	南干沟湿地	60
6	景观	新宁河（原	5.5	5.5	——	——
	水体	南环水系段）				
7		新宁河（原清宁河段）	7.7	7.7		
8		乃光湖公园	——	——		
9		明珠公园	——	——		
10	人工灌渠	秦渠	19.9	0	——	——
合计			65	44.1	——	124.3

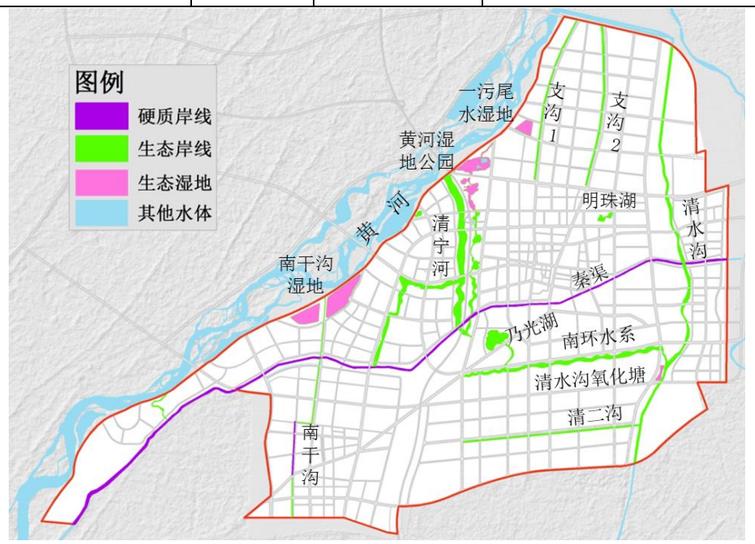


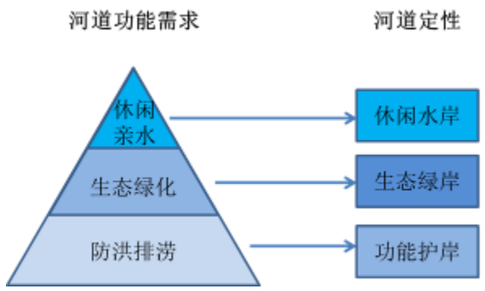
图 10-24 规划生态岸线及湿地示意图

10.5.3. 生态岸线设计原则

（1）岸线建设符合结构稳定要求;

岸线建设符合《堤防工程设计规范》中关于堤防驳岸的规范要求，生态岸线要做到结构稳定、安全可靠。

（2）符合周边环境特点，明确河段功能定位，减少刚性结构，增强岸线的景观、生态效果；



在满足防洪排涝要求的基础上发掘、提升河道的生态功能，通过局部节点布置亲水平台等元素，拉近人与河流的距离。

（3）结合吴忠市地质条件限制，满足防渗需求；

吴忠市地质条件主要为人工堆积土属弱透水层，低液限黏土为微透水～弱透水层，细砂属强透水层，圆砾属强透水层。大量渗漏导致水资源供需紧张，利用率低，因此生态岸线建设同时需要满足防渗要求。

（4）对于已建生态岸线加强管护、定期维护。

对目前已建设的生态岸线定期维护，清理垃圾，定期巡查禁止私接排水管。

10.5.4. 生态岸线建设指引

（一）直立挡墙形式

传统的直立式硬质挡墙如浆砌块石挡墙、钢筋混凝土挡墙及护壁桩挡墙为刚性结构，该类挡墙结构稳定，挡土较高，但外型不够美观、不能满足生态的要求。生态挡墙包括生态砼挡墙、自嵌式景观挡墙、格宾石笼挡墙、生态袋挡墙、生态化硬质挡墙等，不仅外表美观，而且环保经济，适合河流生态、绿化等方面的要求。

（1）格宾石笼挡墙

格宾石笼挡墙是将低碳钢丝经机器编制而成的双绞合六边形金属网格组合的工程构件，在构件中填石构成，主要用于支挡防护的柔性结构。这种结构可有效适应地基沉降，结构安全可靠。石笼中块石孔隙率较高，具有生态、环保、节能等特点。石笼钢丝通过特殊的防腐处理，强度高，耐腐蚀性强，可确保岸坡结构稳定。同时该型护坡结构新颖，景观效果好。

图 10-25 格宾石笼挡墙效果图

（2）生态袋挡墙

生态袋挡墙是通过生态袋三维排水联结扣把加筋格栅及抗紫外线生态袋紧密联结，形成三角复合内摩擦紧锁的柔性支挡结构。具有生态、环保、节能等特点。

图 10-26 生态袋挡墙断面

（二）生态护坡方案

目前常用的护坡主要有干砌/浆砌块石护坡、现浇混凝土护坡、生态砼护坡、铰接式砼块护坡、格宾石笼护坡、生态袋护坡等形式。块石护坡、混凝土等传统护坡属于

刚性护坡，适应地基沉降能力较差，且差需大量使用石材等建材，无绿化效果，不满足生态、环保及绿化要求；格宾石笼护坡、铰接式砼块护坡、生态砼护坡等护坡形式属于半柔性护坡，可有效适应地基沉降，护岸结构的孔隙或间隙内能够生长植物，景观和绿化效果也比较好，因此在生态河道的建设中应用广泛。

（1）连锁型预制砼块护坡

铰接式砼块护坡是由能够相互铰接的预制砼块相互铰接成的护坡结构。该类型护坡外型整齐统一，砼块之间相互铰接成坚固的整体，这一体系抗击风浪及水流冲刷能力较强。

图 10-27 铰接式砼块护坡

（2）格宾石笼护坡

格宾石笼护坡是将低碳钢丝经机器编制而成的双绞合六边形金属网格组合的工程网片，并在网片中填石构成的护坡结构。该类型护坡整体性好，可有效适应地基变形，抗冲刷能力较强，结构安全稳定。石笼钢丝通过特殊的防腐处理，强度高，耐腐蚀性强，结构使用寿命长。石块间隙内可长草，有效改善护岸绿化效果。配合新颖的金属网格及石块元素，大气现代，景观效果良好。

图 10-28 格宾石笼护坡

（3）生态袋生态边坡

图 10-29 生态袋生态护坡

生态袋生态护坡是通过生态袋三维排水联结扣把抗紫外线生态袋紧密联结，形成三角复合内摩擦紧锁的柔性护坡结构。该护坡有生态、环保、节能等特点。这种护坡结构对岸坡的坡度适应性能力较强，可用于较陡的边坡防护，绿化效果好，生态景观良好。

10.5.5. 河道生态补水指引

（1）生态补水需经济合理

综合考虑水系连通、补水方案，选用成本较低水源，降低河道生态补水成本。

（2）补水水源水质达标、水量稳定

规划区内清水沟、南干沟为排入黄河沟道，生态补水需满足入黄口水质达到地表水IV类的要求，并且补水量稳定，可持续构建稳定的水生态环境。

（3）生态补水后河道维持低水位

生态补水后，河道应保持低水位运行，保障河道良好的复氧条件，使河道水生植物能够良好生长。

第11章　分区管控与近期建设

11.1. 分区管控要求

在分区建设方面，坚持新区建设与老城改造同步推进。

老城区以“因地制宜、问题导向”为原则，结合老旧小区改造、道路改造及城市更新等工作，同步开展海绵城市改造。

新建区以“规划引领、目标导向”为原则，重点建设滨河新城、高铁新城等片区，严格落实海绵城市指标要求。

近期建设区总面积 39.8 平方公里。

表 11-1 近期（2025 年）建设区一览表

序号	分区编号	分区名称	面积（km^2）	管控分区类型	建设分区
1	QS-01	清水沟分区 1	13.5	新建区管控分区	
2	QS-02	清水沟分区 2	12.8	滨河新区管控分区	
3	QS-03	清水沟分区 3	18.8	老城区管控分区	近期建设区
4	QS-04	清水沟分区 4	10.7	新建区管控分区	近期建设区
5	QS-05	清水沟分区 5	10.3	老城区管控分区	近期建设区
6	QS-06	清水沟分区 6	22.8	新建区管控分区	
7	NG-01	南干沟分区 1	13.1	工业区管控分区	
8	NG-02	南干沟分区 2	8.8	新建区管控分区	
9	合计		110.8	——	

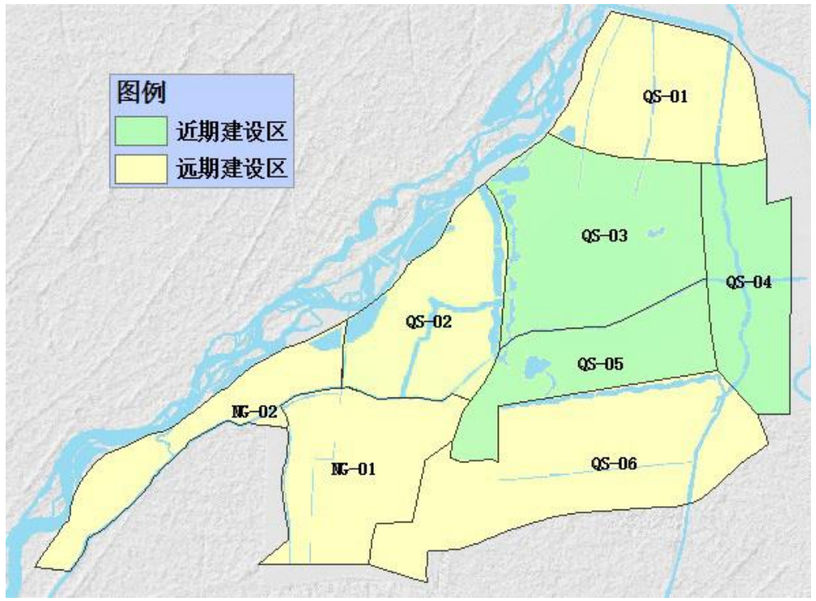


图 11-1 近期建设区示意图

11.2. 近期建设措施

在项目建设方面，结合现状存在问题重点实施海绵道路、海绵小区、污水提质增效、再生水管网建设、排水防涝提升等项目。

在海绵道路建设和改造中，积极采用透水铺装、下沉式绿地、植草沟等海绵措施，增强城市对雨水资源的“渗、滞、蓄”能力。

在污水提质增效项目中，通过管网诊断，优先改造问题突出、破损严重的排水管网，因地制宜增加沉沙池、隔油池等设施，减少管网问题。

在再生水管网方面，优先建设主干道路和景观水体补水管网，尽快形成环状管网，提高再生水的利用率和保障率。

表 11-2 近期重点建设项目一览表

序号	项目名称	项目内容	投资	分区编号	备注
1	第一再生水厂配套设施及管网工程	在古城湾人工湿地内建设清水池、送水泵房各一座；沿滨河大道、清宁街敷设古城湾人工湿地-清宁河上游管网一条，总长 6.9 公里；沿滨河大道、同心街敷设古城湾人工湿地-世纪大道管网一条，总长 2.3 公里；沿开元大道铺设庆王路-秦渠管网一条，总长 2.5 公里	7510	QS-01	
2	高速以西片区合流制溢流污水治理	2.1 万 m³硅砂蜂巢处理净化池 清宁河水质净化	6000	QS-02	
3	吴忠市新宁河（清宁河段）生态修复治理项目	清宁河沿岸东西两侧绿化工程	1443		
4	金滨路（文华街--清宁街--同心街）绿化工程	长 1453 米，道路西侧绿化带宽度为 15-55 米，东侧绿化带宽度 2-73 米，下沉绿地建设面积约为 105 亩	1146		
5	文华街南段（金滨路--银平公路）绿化工程	长约 1.5 公里，道路两侧绿化带宽度为 20-150 米， 下沉绿地建设面积约 216 亩	2690		
6	吴忠市棚户区改造配套基础设施项目金滨西路（开元大道-教育园区幼儿园）道路工程	新建金滨西路长 1165 米，宽 22 米，建设内容包括道路、桥梁、给水、雨水、排水、路灯及交通附属设施。	1838		
7	吴忠市利宁南街和明珠公园南北侧道路	道路长度 990 米，透水铺装、雨水工程等明珠公园水质提升，周边道路透水铺装改造	1497.02	QS-03	
8	明珠公园及周边道路海绵建设	明珠公园水质提升 开元大道、明珠路透水铺装改造；慢车道雨水就地消纳	254.99		
9	明珠路（文华街--利红街）绿化工程	道路长度 5730 米，北侧绿地生态修复建设面积约 163 亩	1352		
10	世纪大道（同心街--东旺街）绿化工程	道路长度 3970 米，生态修复建设面积约 420 亩	2608		
11	朔方路（同心街--东旺街）绿化工程	道路长度 5290 米，生态修复建设面积约 689 亩	3705		
12	河奇路（同心街--利红街）绿化工程	道路长度 3295 米，生态修复建设面积约 130 亩	1068		
13	吴忠市海绵城市道路改造项目	对 15 条路进行海绵化改造，合计长度 40388m	6786	QS-03 QS-05	
14	2021 年利通区老旧小区改造	粮站家属楼、新民小区等 142 个老旧小区改造	13952		
15	2021 年吴忠市排水防涝及污水提质增效项目	对文卫北街、利民巷 2 条道路老旧排水管网进行修复改造及配套附属设施建设。	523		
16	吴忠市城市排水管网改造修复项目	对黎明街（开元大道-裕民街）、（黄河路-润泽路）等 9 条街巷 5.3 公里排水管网进行改造修复	2500		
17	2021 年吴忠市排水防涝及污水提质增效项目	对文卫北街(谦南巷-胜利东路)、利民巷（胜利东路-利通南街）共计 2 条道路老旧排水管网进行改造修复及路面恢复，配套建设交通附属设施等	523		
18	吴忠市老旧小区改造项目	全市计划改造老旧小区 80 个，围绕市政配套基础设施改造提升以及小区内建筑物屋面、外墙、楼梯等公共部位维修、建筑节能改造等内容进行改造	13906		

序号	项目名称	项目内容	投资	分区编号	备注
19	悦江南	地产开发项目，配套建筑及小区附属设施	26000		社会投资
20	水岸花城三期	地产开发项目，配套建筑及小区附属设施	26000		社会投资
21	东郊市场 西侧（金乌大厦)	地产开发项目，配套建筑及小区附属设施	30000		社会投资
22	吴忠市东片区保障性安置房建设项目	占地面积约 76.83 亩，规划建设安置房 824 户，总建筑面积 11.14 万㎡，建设住宅楼 13 栋，社区服务中心及大门等配套附属设施	41016	QS-04	
23	次干道一（清水街～高栖路）绿化工程	道路长度 1371 米，下沉绿地建设面积约 41 亩	590		
24	次干道二（次干路～高栖路）绿化工程	道路长度 904 米，下沉绿地建设面积约 27 亩	389		
25	吴忠市高栖街（世纪大道～吴灵路）道路工程	道路全长 873 米 道路、给水、再生水、绿化工程等	1498.82		
26	吴忠市朝阳东路（东旺街～高栖路）道路工程	道路全长 417 米 道路、给水、再生水、绿化工程等	965.76		
27	吴灵路(利红街-东旺街)道路拓宽改造工程	道路全长 1548.7 米 道路、给水、雨水、污水、再生水、绿化工程等	3474.31		
28	东片区建筑与小区海绵建设	下凹绿地率 20%，透水铺装率 40% 吴忠市高铁片区房地产，总建筑面积 150 万平方米	33000		社会投资
29	2022 年城市东片区道路绿地生态建设项目	东片区建设绿色设施总面积为 1026.5 亩，东旺街、金积大道、高栖街、福宁路、富民路、清水街、秦渠南路、朝阳街东段、次干路、次干道三、次干道四、支路二 12 条新建道路绿地生态建设。 包括土方、绿化种植、节水灌溉、铺装及园林小品工程等	9178.1		
30	东片区 2#地块	地产开发项目，配套建筑及小区附属设施	84000	QS-06	社会投资
31	东片区 3#地块	地产开发项目，配套建筑及小区附属设施	59000		社会投资
32	“星河·朝阳赋”小区(高铁附近)	地产开发项目，配套建筑及小区附属设施	75000		社会投资
33	第二再生水厂及配套管网工程	再生水厂规模 4.0 万 m³/d，配套建设再生水池、泵房， 再生水管道 10540 米	4960		
34	牛家坊人工湿地工程	新建处理规模 40000m³/d 的人工湿地水质改善工程，设计出水水质主要指标达到地表水Ⅳ类标准。	11804		
35	城乡结合部提质增效管网改造项目	对利通街、利宁街等 14 条道路排水管网进行改造，合计长度 27447m	2745		
36	第三再生水厂及配套管网工程	实施第三污水再生水厂建设及配套管线，项目采用 PPP 模式进行建设，主要建设内容为深度处理车间、清水池、再生水泵房等	4800	NG-01	
合计			483723		其中社会投资 333000 万元

第12章　规划衔接与保障

12.1. 相关规划衔接

从海绵城市的概念和内涵可以看出，海绵城市并不是单纯的雨水技术体系，而是以构建可持续、健康的水循环系统为目的一种城市建设模式。

与传统的城市建设模式相比，海绵城市的建设，强调建设“绿色”“柔性”的生态化基础设施，并注重与传统的“刚性”“灰色”的基础设施进行有效衔接。通过“刚柔相济”，建立和完善城市的“海绵体”，从而实现削减径流污染负荷、提高雨水资源化水平、缓解城市内涝、改善城市景观等多重目标。

海绵城市专项规划是城市“绿色”“柔性”的生态化基础设施的系统设计和布局，指导城市“绿色”基础设施的规划建设。因此，有必要对城市各相关规划中有关“绿色”基础设施内容进行系统的梳理，有效衔接，从而达到海绵城市专项规划与其他规划的协调统一。

海绵城市建设是吴忠市生态文明建设以及城市品质提升的重要手段。

一方面，在专项规划编制完成后，城市总规（国土空间规划）、详细规划（控制性详细规划、修建性详细规划）在修编过程中，应与海绵城市专项规划确定的海绵城市建设方案和相关控制指标相协调，将海绵城市理念和指标要求纳入用地规划。

另一方面，在其他专项规划修编过程中，应对海绵城市专项规划与其他专项规划的相互关系进行系统梳理，有效衔接，明确各规划的作用和指导方向。

12.1.1. 城市总体规划

由于吴忠市城市总体规划编制时间较早，规划中尚未引入海绵城市理念，因此在城市总体规划修编过程中，应加强与海绵城市专项规划的协调，对专项规划中年径流总量控制率指标及水环境、水资源、水生态、水安全方面的目标指标及规划方案进行梳理，并纳入城市总体规划修编成果中。

12.1.2. 排水专项规划及排水（雨水）防涝综合规划

低影响开发雨水系统和城市大调蓄体系的建设是城市内涝防治综合体系的重要组成，应与城市雨水管渠系统同步规划设计。排水专项规划、排水防涝综合规划等相关排水规划中，应结合当地条件确定低影响开发控制目标与建设内容，并满足《城市排水工程规划规范》《室外排水设计规范》等相关要求，同时在排水体制选择、排水分区划分、排水设施规模论证方面加强与城市总规及相关专项规划的协调。

（1）推广海绵型建筑与小区，因地制宜采取透水铺装、下凹绿地、雨水调蓄与收集利用设施等措施，提高建筑与小区的雨水积存和蓄滞能力。

（2）明确低影响开发雨水系统径流总量控制目标，并与海绵城市专项规划中的目标相衔接，将控制目标通过建设项目的管控制度进行落实。

（3）最大限度地发挥低影响开发雨水系统对径流雨水的渗透、调蓄、净化等作用，低影响开发设施的溢流应与城市雨水管渠系统或超标雨水径流排放系统衔接。城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统应与低影响开发系统同步规划设计。

（4）在排水体制选择方面，应与城市总体规划、海绵城市专项规划相协调，并经过充分技术经济比较后，合理确定新区排水体制。

（5）在污水厂规划方面，应与城市总规、海绵城市专项规划相协调，同时在污水厂规模论证中，应充分考虑初期雨水处理、合流制溢流污染控制等因素。

（6）在泵站规划方面，应与城市总规、海绵城市专项规划相协调，根据《室外排水设计规范》相关要求，合理确定泵站设计重现期和设计规模。

12.2. 政策保障

12.2.1. 组织保障

（1）完善组织机构

市人民政府是海绵城建设的责任主体。首先，应成立以主管市长为组长的海绵城市建设领导小组。其次，要把海绵城市建设提上重要日程，进一步完善组织机构和工作机制，统筹规划建设，增强海绵城市建设的整体性和系统性，做到“规划一张图、建设一盘棋、管理一张网”。并尽快形成一批可推广、可复制的示范项目，经验成熟后及时总结宣传、有效推开。

（2）明确部门职责

政府各相关部门要高度重视海绵城市建设工作，在市政府统一领导下，明确各项工作分工和责任，加强沟通协调。

市住建主要牵头海绵城市专项实施，编制和修订相关规范和导则，指导项目参建各方按照国家和地方相关技术要求开展施工图设计，协调推进项目建设。同时，负责低洼积水地段治理、城市排水管网建设等工程的建设和维护工作。

市水务局和市生态环境局主要负责水资源、水环境、水生态等相关河湖水系、景观水体等工程的建设和日常维护工作。

市财政局负责政府投资海绵城市建设项目的市级资金落实，研究财政资金保障政策，推进项目绩效评价，提高资金使用效益。

市发改委主要负责将海绵城市建设中的重大项目纳入年度建设投资计划，并负责项目前期工作的协调推进。

市自然资源局主要负责将海绵城市的建设要求作为通则进行规划管理，指导建设项目的开发建设。其他各有关部门也要按照职责分工，各司其职，密切配合，共同做好海绵城市建设相关工作。

12.2.2. 制度保障

（1）推进海绵城市建设法制政策完善

在地块的建设用地规划许可证中纳入海绵城市建设综合控制指标和单项控制指标作为规划许可条件，并逐步将海绵城市建设的理念法制化。

（2）将海绵城市建设要求纳入地块开发的规划建设管控

逐步将海绵城市建设要求纳入土地出让、“两证一书”、施工图审查、开工许可、竣工验收等城市规划建设管控环节。应结合城市总体规划和建设，在各类建设项目中落实各层级相关规划中确定的海绵城市建设目标、指标和技术要求，低影响开发设施应与建设项目的主体工程同时规划设计、同时施工、同时投入使用。

地块开发过程中，弹性落实海绵城市建设指标，可按照海绵城市专项规划中规定的相关指标落实建设要求；也可在取得规划许可证后，采用第三方评估方式，评估地块开发方案达到海绵城市建设目标，通过海绵评价，获取开工许可证。

（3）完善技术标准体系

尽快组织编制海绵城市相关技术导则和相关标准，内容包括降雨参数选取、设施计算、建筑与小区设计、市政工程设计等，适用于各级规划编制、各类新建、改建、扩建项目中海绵城市设计、施工、验收管理。

（4）绩效考核与监督评估机制

建立全市的绩效考核体系，根据住建部《海绵城市建设绩效评价与考核办法》和水利部《推进海绵城市建设水利工作的指导意见的通知》，建立对海绵城市建设效果进行绩效考核和监督评估的机制。

对于政府投资建设、运行、维护的海绵城市建设项目，建立与海绵城市建设成效相关的责任落实与考核机制；对于吸引社会资本参与的海绵城市建设项目，须建立按效果付费的绩效考评机制，与海绵城市建设成效相关的奖励机制。要建立长效的监测监控系统，引进社会力量做好第三方评估，完善社会公众参与监督机制。

（5）加强城市河湖水系和绿地的保护与管理

通过划定生态红线和城市蓝线、绿线，明确保护范围，结合城市规划和水利、城市管理部门的管理要求，以《城市蓝线管理办法》《城市绿线管理办法》为基本依据，结合吴忠市实际情况，提出切实可行的管理措施，包括城市蓝线和绿线保护、管理、调整的要求，空间管制体系，五线协调的原则等，并制定动态更新机制。

12.2.3. 资金保障

（1）创新投融资机制

建立健全海绵城市建设投入保障机制，建立多元化投资机制，积极引入社会资本，拓宽融资渠道。

研究海绵城市建设项目社会公益性和经营的合理划分问题，对承担社会公益性功能部分，由政府出资保证其正常运转，发挥效益。对用于经营性的资产，可以引进市场机制进入市场，自主经营、自负盈亏，形成良性循环。

充分发挥开发性、政策性金融作用，鼓励相关金融机构在风险可控、商业可持续的前提下，对海绵城市建设提供中长期信贷支持，开展购买服务协议预期收益等担保创新类贷款业务，加大对海绵城市建设项目的资金支持力度。

（2）加大政府投入

加大海绵城市建设的财政投入力度，保障政府投资海绵建设项目在未来几年有序推进，投入方向主要为城市水环境治理和海绵基础设施领域，并加强海绵专项资金绩效管理，提高资金使用效益。

12.2.4. 能力建设

（1）人才技术能力建设

海绵城市建设目前在吴忠市还处于起步阶段，是相对比较新的理念，从规划、建设、施工到运行管理都需要新的人才储备和知识储备，因此需要大力加强和海绵城市相关的人才培养力度，通过引入相关专业技术人才、组织培训班、举办相关会议和交流等方式，增强吴忠市在海绵城市建设领域的专业技术人才的数量和人员素质。

通过示范项目开放、主题行动等吸引广大市民参与，加深市民对海绵城市、低影响开发重要意义的认识和理解，培养和激发参与海绵城市建设的积极性和自觉性。

（2）防洪排涝应急能力建设

一是开展内涝风险影响评价工作，合理确定排涝设施规模，提高设施雨水管网的设计标准。二是提高排水防涝应急处置能力，建立健全预警和应急预案分级响应机制，健全应急处置的技防、物防与人防等措施，加强排涝专业抢险队伍训练，全面配备配足临时泵站、移动泵车等机械化设施设备，进一步提高城市排水防涝应急处置能力。三是加强城区内涝风险管理，建立排水防涝数字信息化管控平台，进一步提高气象预报的准确性和时效性。

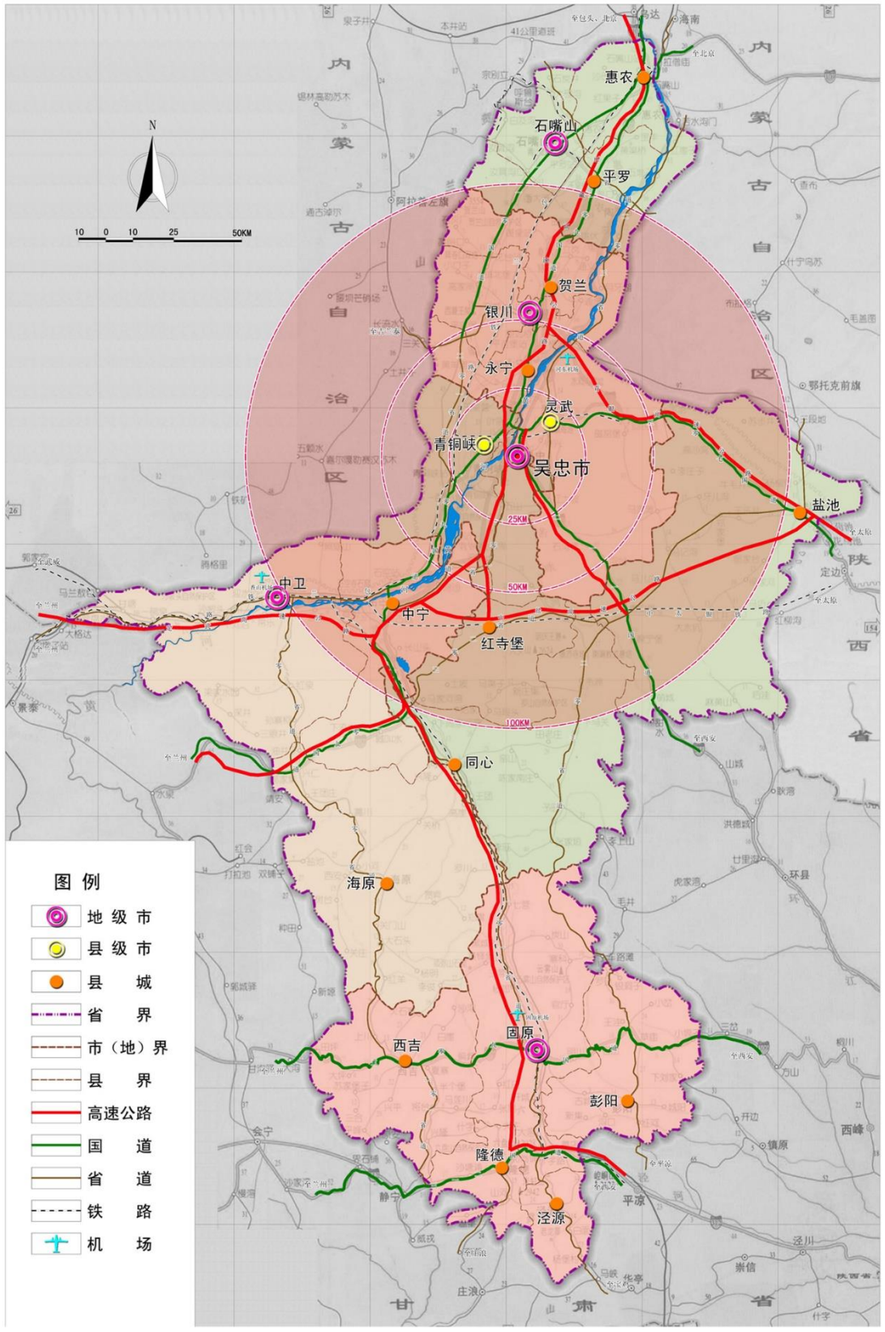
（3）水污染防治能力建设

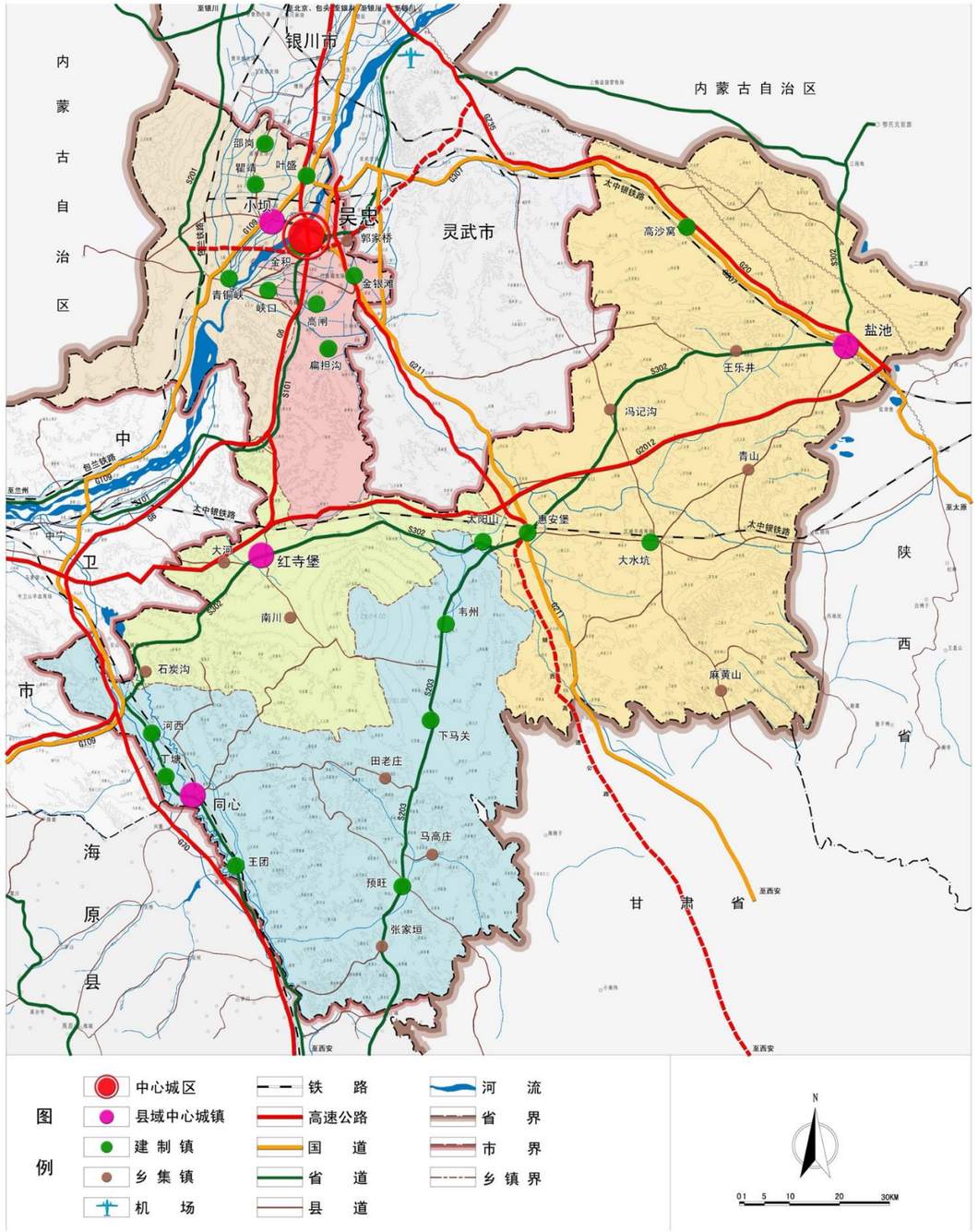
在实施海绵城市建设的同时，为了进一步分析海绵城市对城市水安全、水环境的改善作用，需要推进监测与评价能力建设，通过建立河道、排口、污水厂、泵站、管网等节点的监测设备，对水质、水量信息进行动态监测和数据汇总，为及时掌握城市水环境质量变化及污染物溯源提供有力支撑。

图纸目录

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 城市区位图

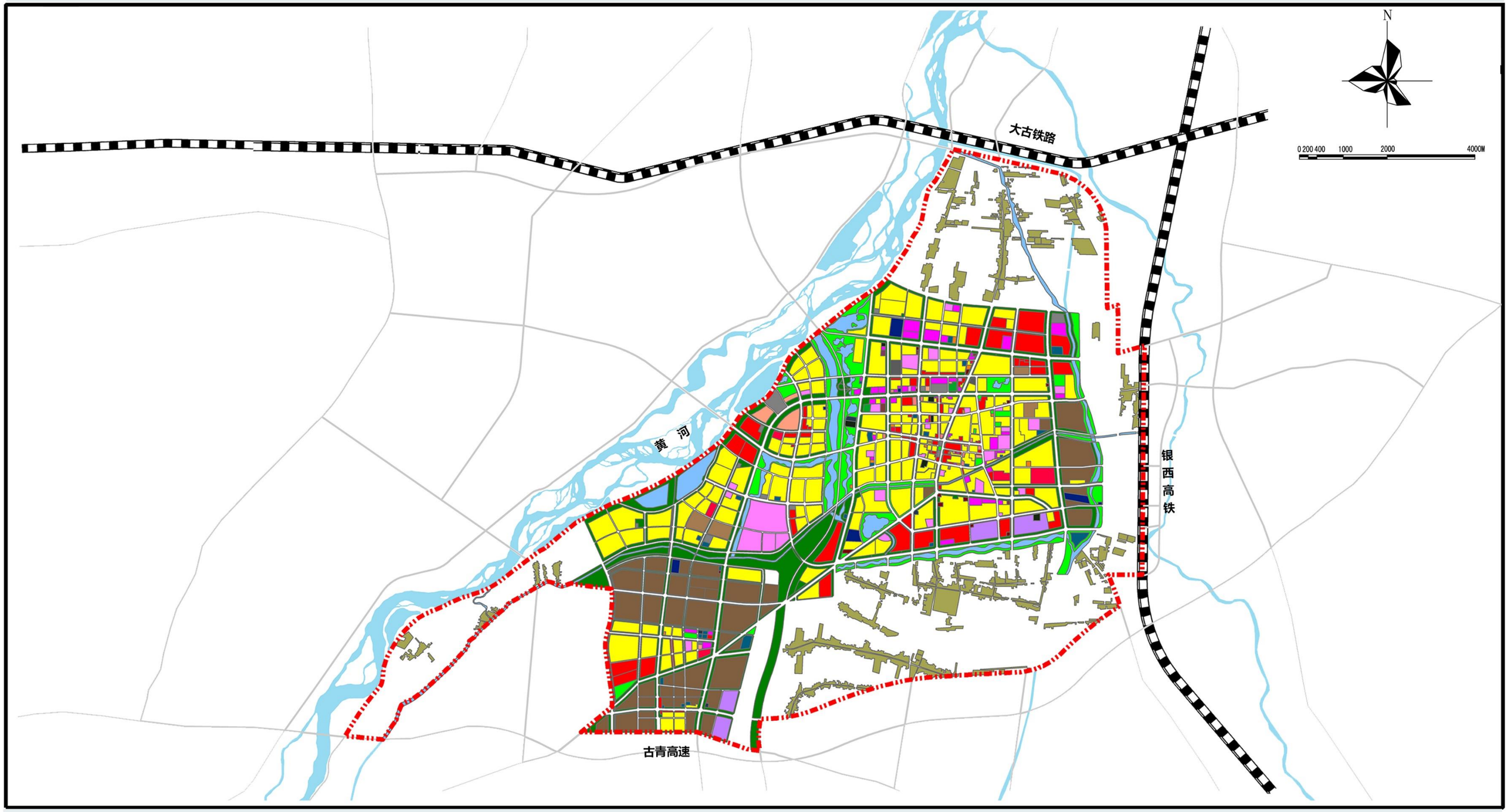




中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状用地图



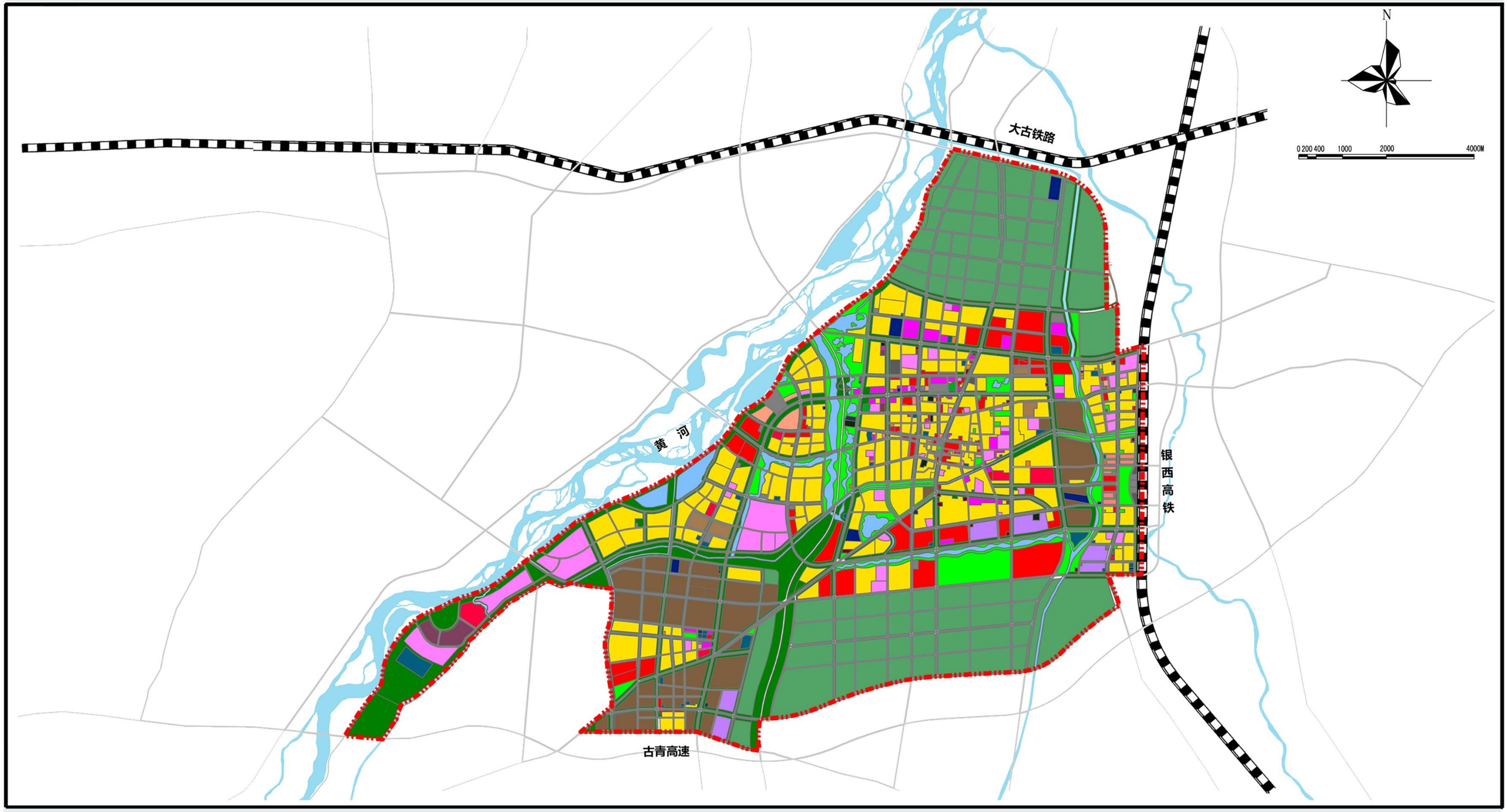
图例

- 行政办公用地
- 文化设施用地
- 教育科研用地
- 体育用地
- 医疗卫生用地
- 社会福利用地
- 宗教用地
- 商业用地
- 商务用地
- 公共设施营业网点用地
- 其他服务设施用地
- 水域
- 公园绿地
- 防护绿地
- 广场用地
- 特殊用地
- 一类工业用地
- 二类工业用地
- 二类居住用地
- 交通枢纽用地
- 交通场站用地
- 供应设施用地
- 环境设施用地
- 安全设施用地
- 一类物流仓储用地
- 村庄建设用地
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 规划用地图



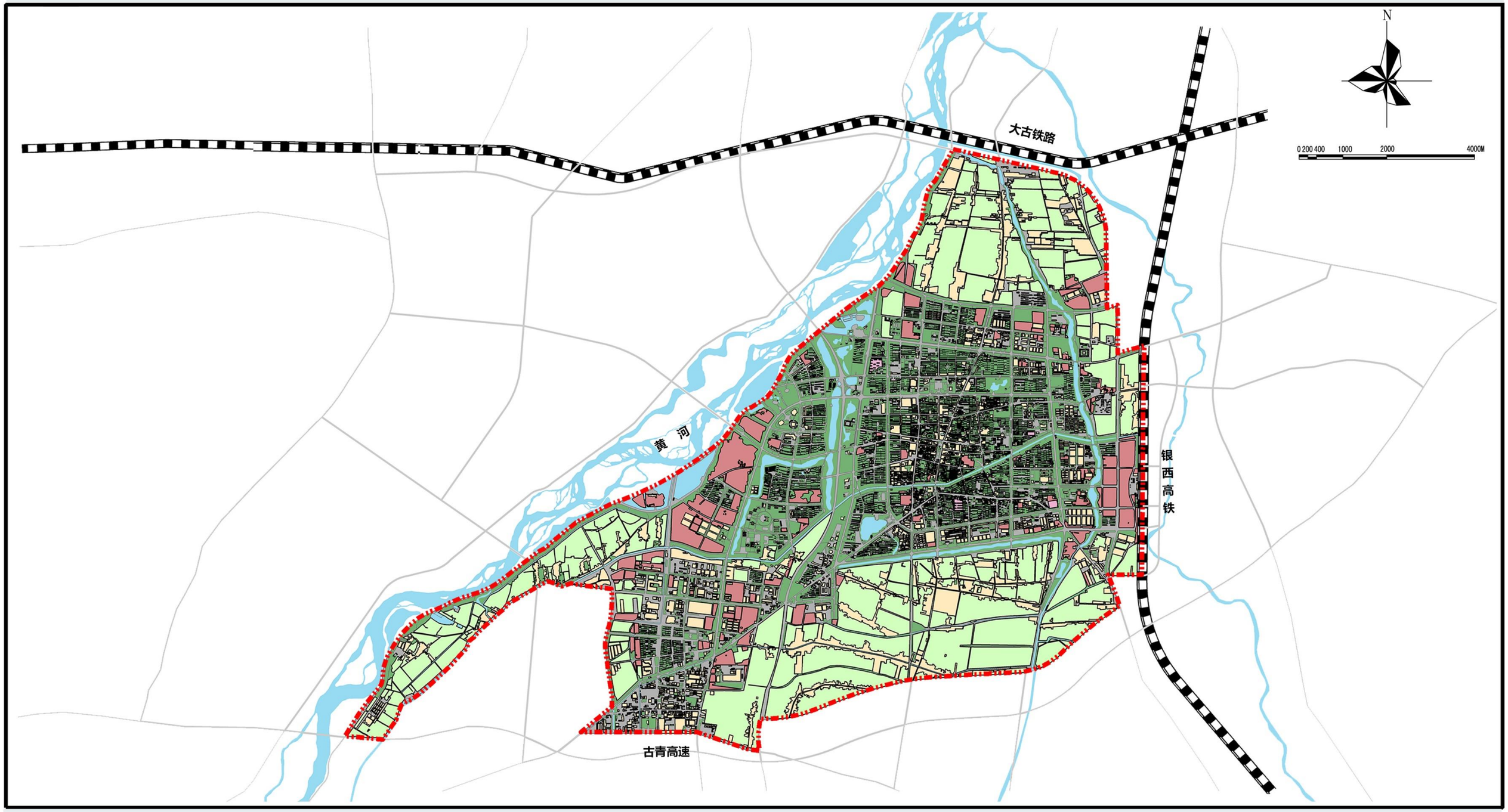
图例

- 行政办公用地
- 文化设施用地
- 教育科研用地
- 体 育 用 地
- 医疗卫生用地
- 社会福利用地
- 宗 教 用 地
- 商 业 用 地
- 商 务 用 地
- 公共设施营业网点用地
- 其他服务设施用地
- 水 域
- 公 园 绿 地
- 防 护 绿 地
- 广 场 用 地
- 特 殊 用 地
- 一类工业用地
- 二类工业用地
- 二类居住用地
- 交通枢纽用地
- 交通场站用地
- 供应设施用地
- 环境设施用地
- 安全设施用地
- 一类物流仓储用地
- 发 展 用 地
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状下垫面分析图



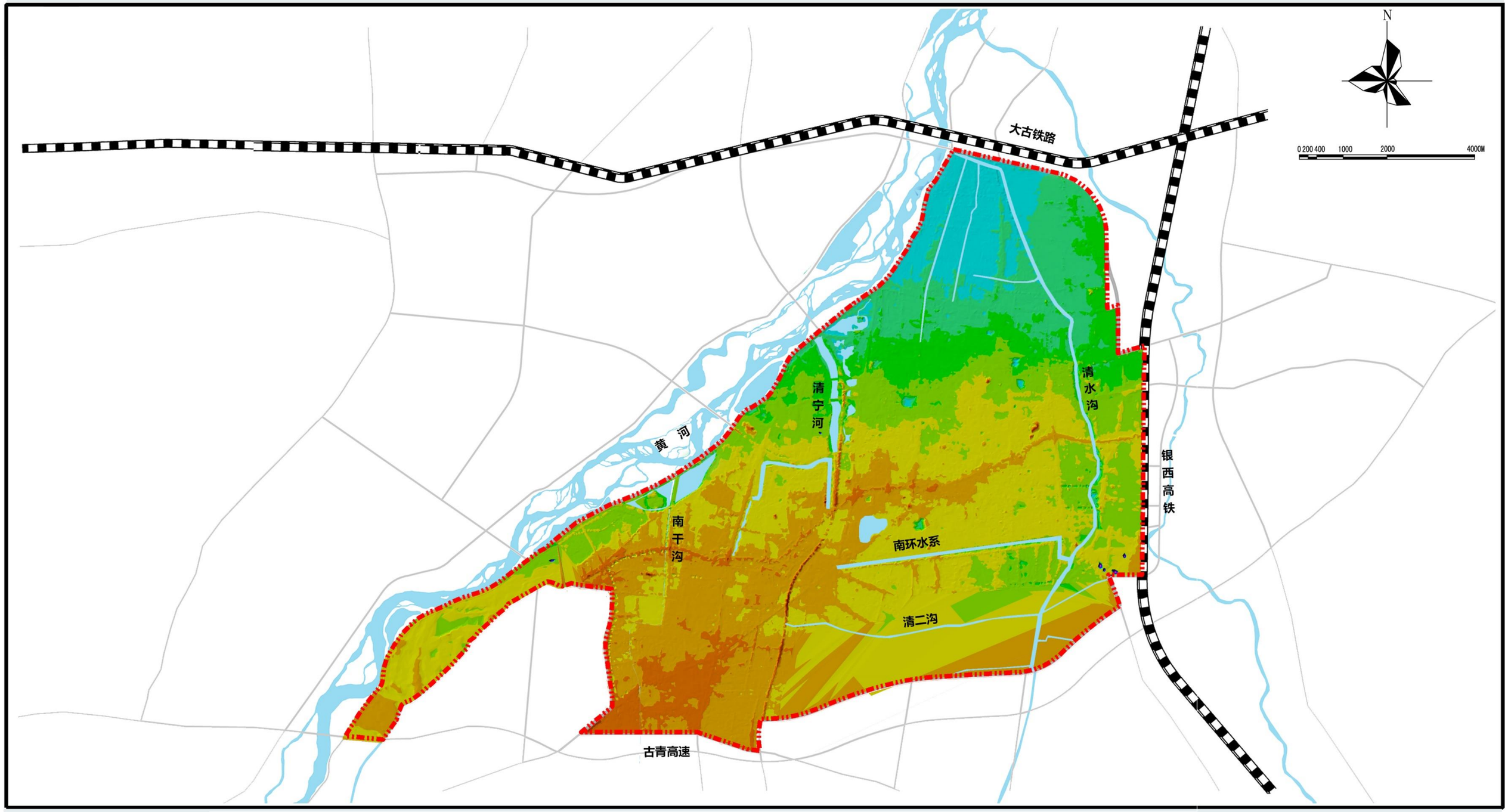
图例

- 绿 地
- 水 域
- 道路及广场
- 建 筑
- 农田园地
- 在建用地
- 未利用地
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状地形分析图



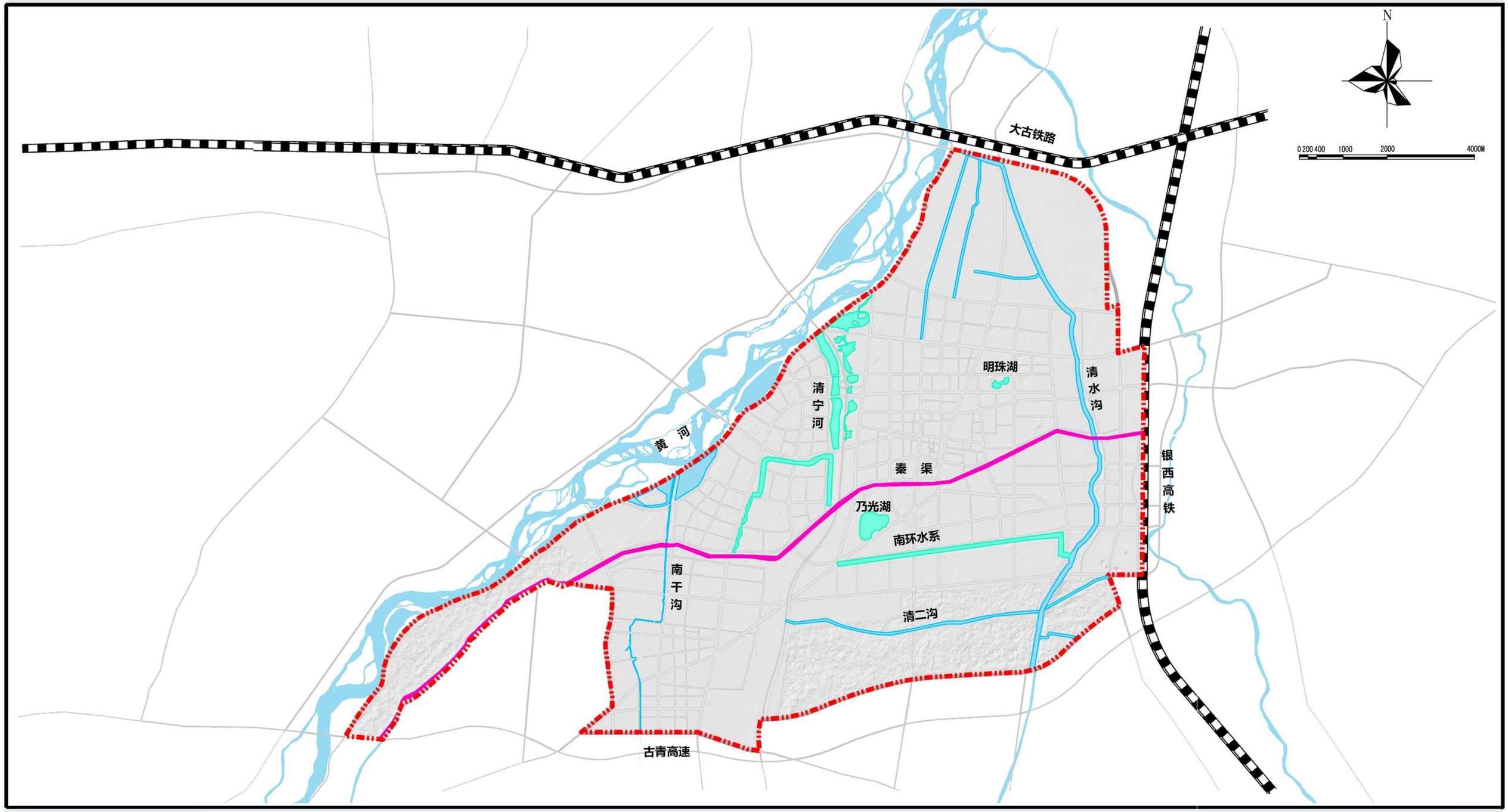
图例

- 1135 - 1140 m
- 1132 - 1135 m
- 1130 - 1132 m
- 11328- 1130 m
- 1126 - 1128 m
- 1124 - 1126 m
- 1122 - 1124 m
- 1120 - 1122 m
- 1115 - 1120 m
- 1110 - 1115 m
- 1100 - 1110 m
- 其 他 区 域
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状水系分布图



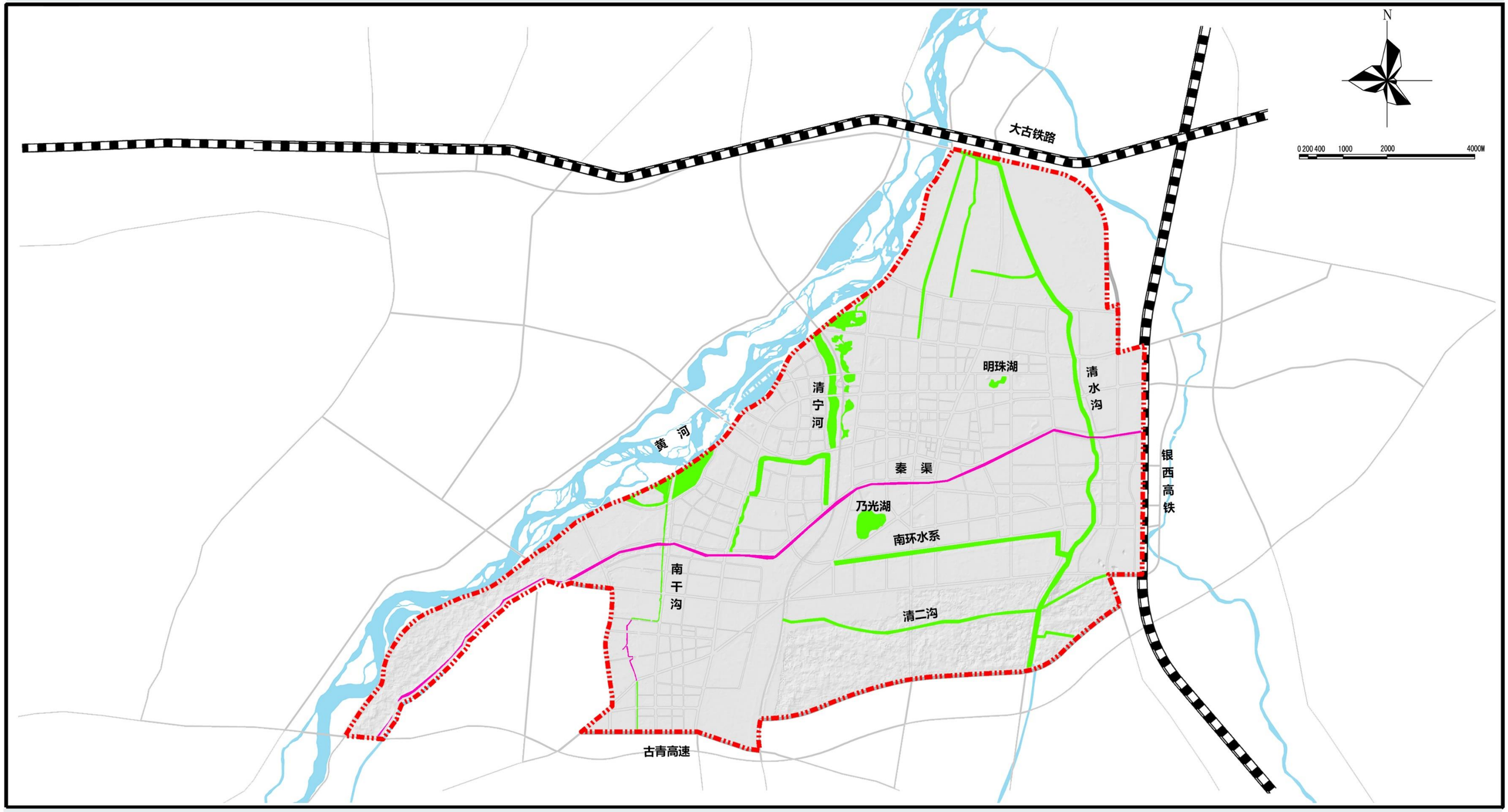
图例

- 人工灌渠
- 景观水体
- 自然水系
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状岸线分布图



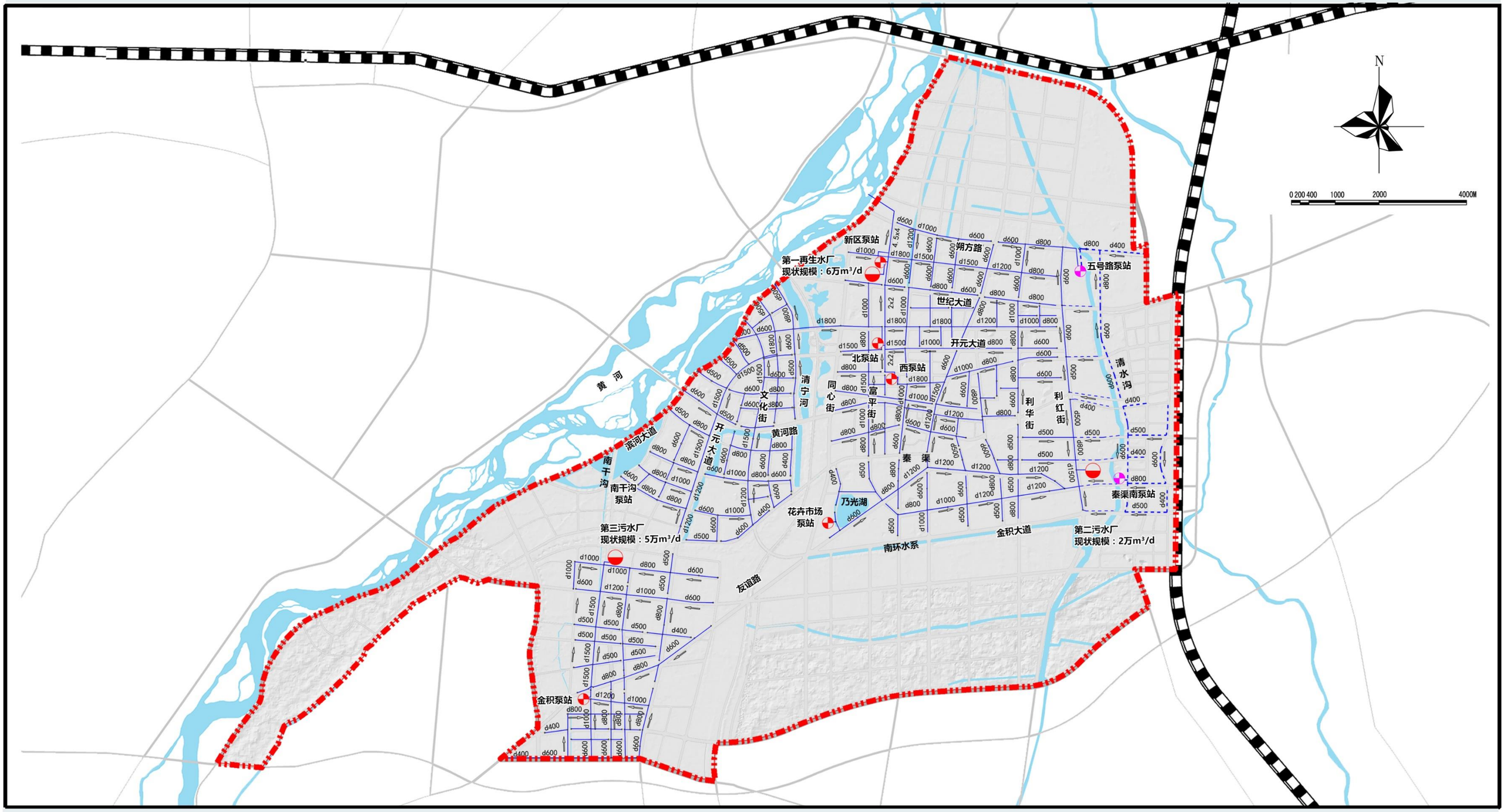
图例

- 硬质岸线
- 生态岸线
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状排水（污水）系统图



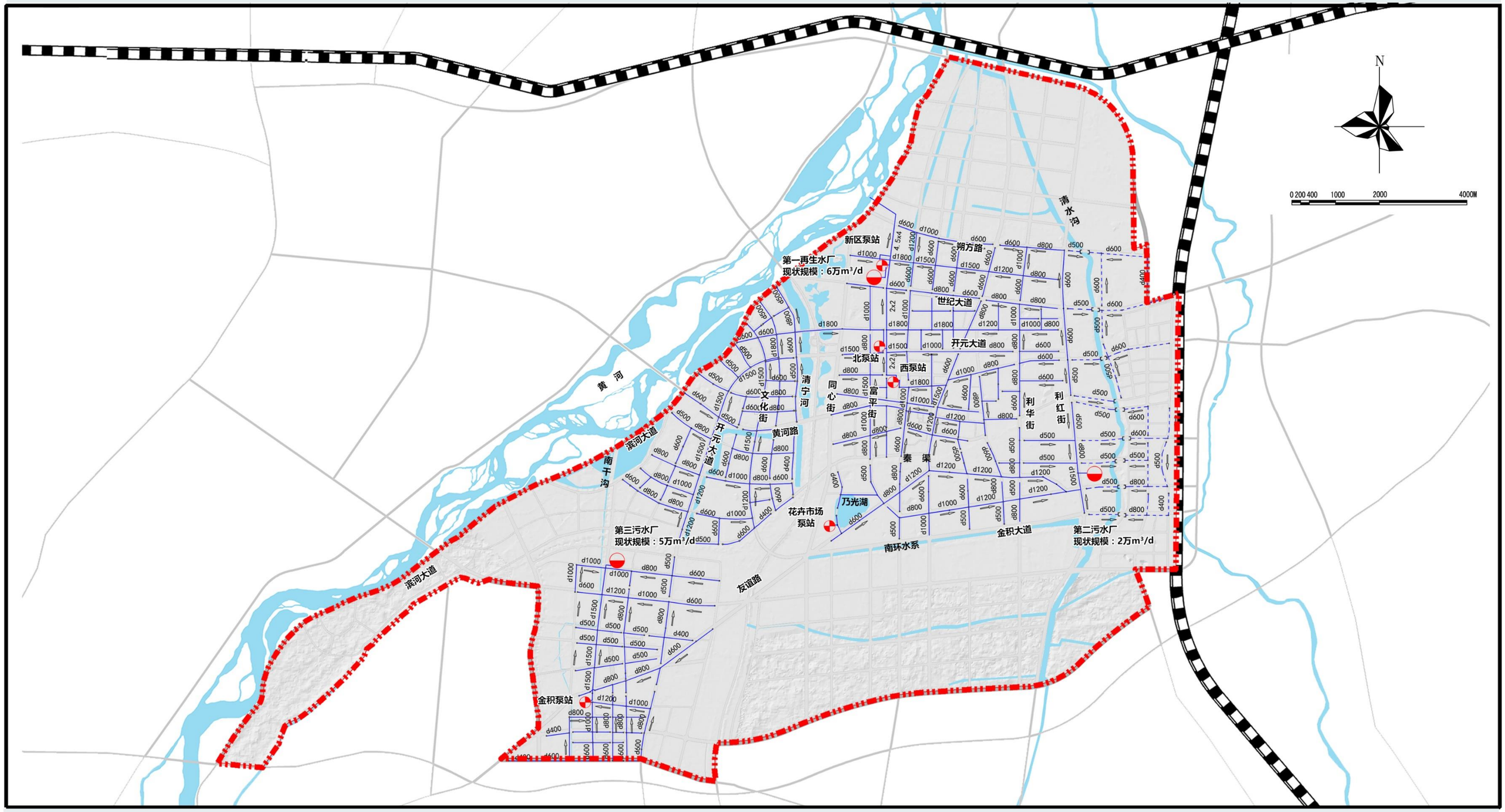
图例

- 现状合流管
- 现状污水管
- 现状污水厂
- 现状合流泵站
- 现状污水泵站
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状排水（雨水）系统图



图例

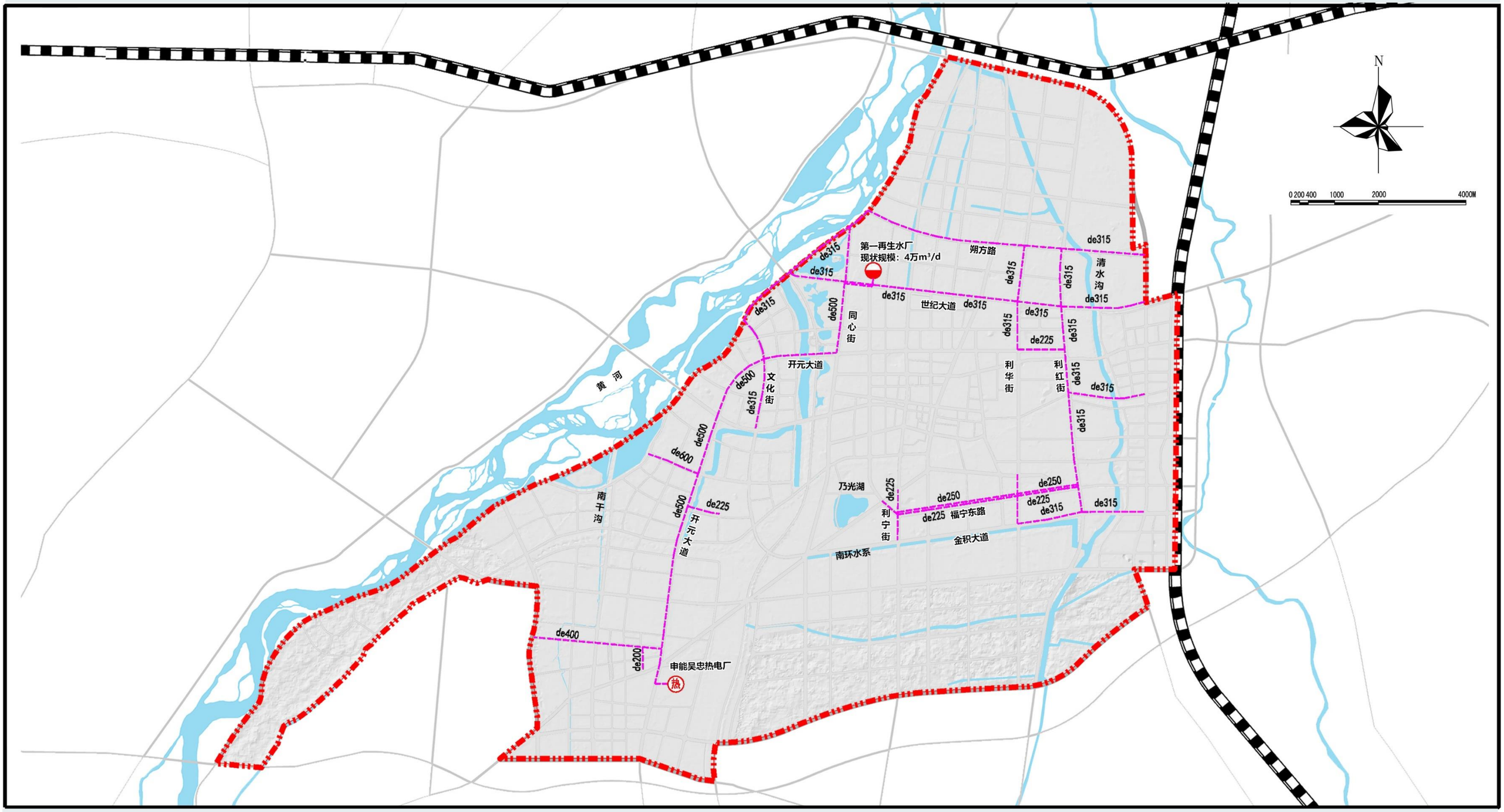
现状合流管　现状雨水管　现状污水厂　现状合流泵站

规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 现状再生水系统图



图例

现状再生水管

现状再生水厂

规划范围线

热电厂

中国市政工程华北设计研究总院

—— 海绵生态空间保护规划图

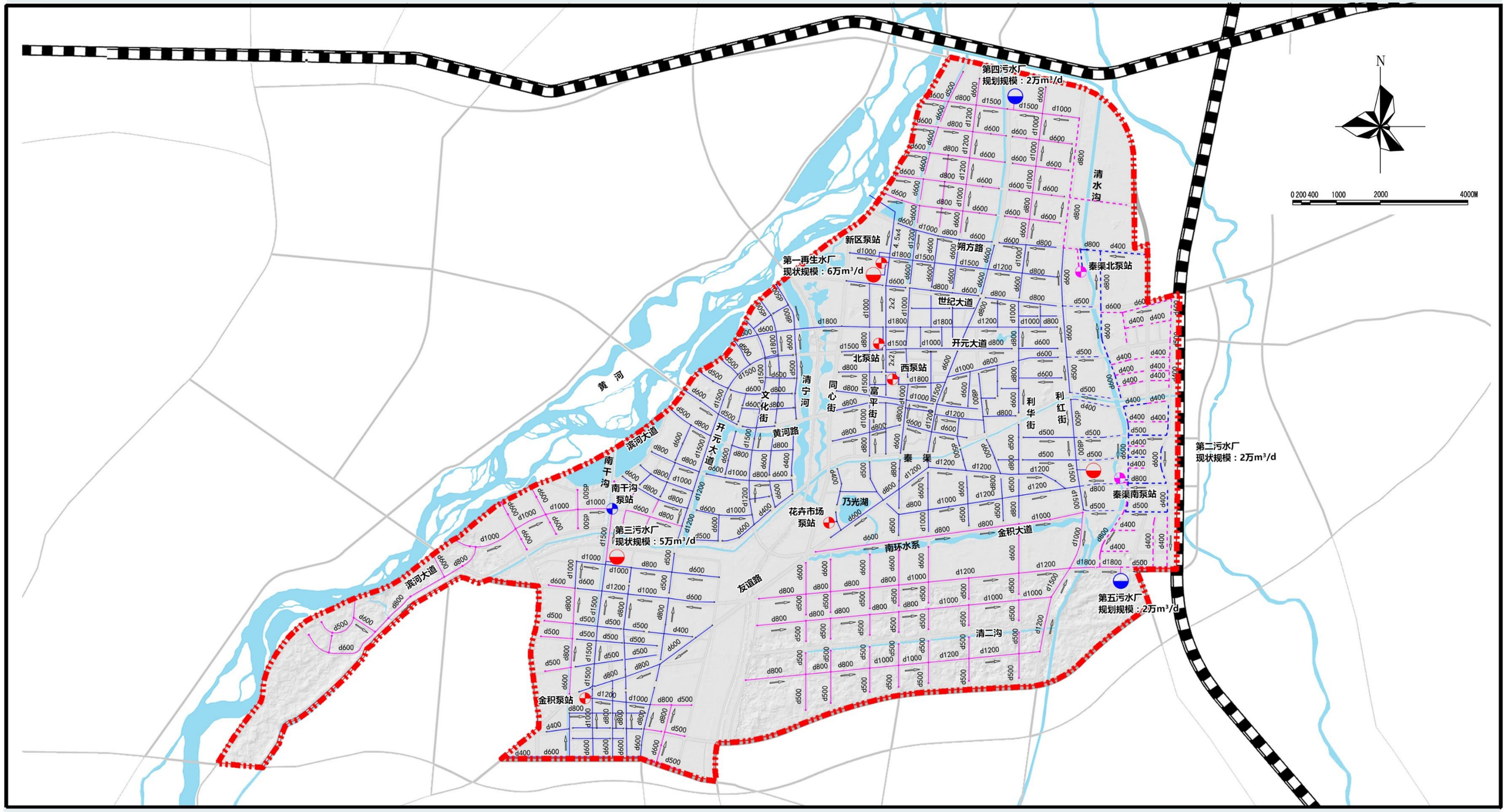
图例

水源保护地

公园水体

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 排水（污水）系统规划图



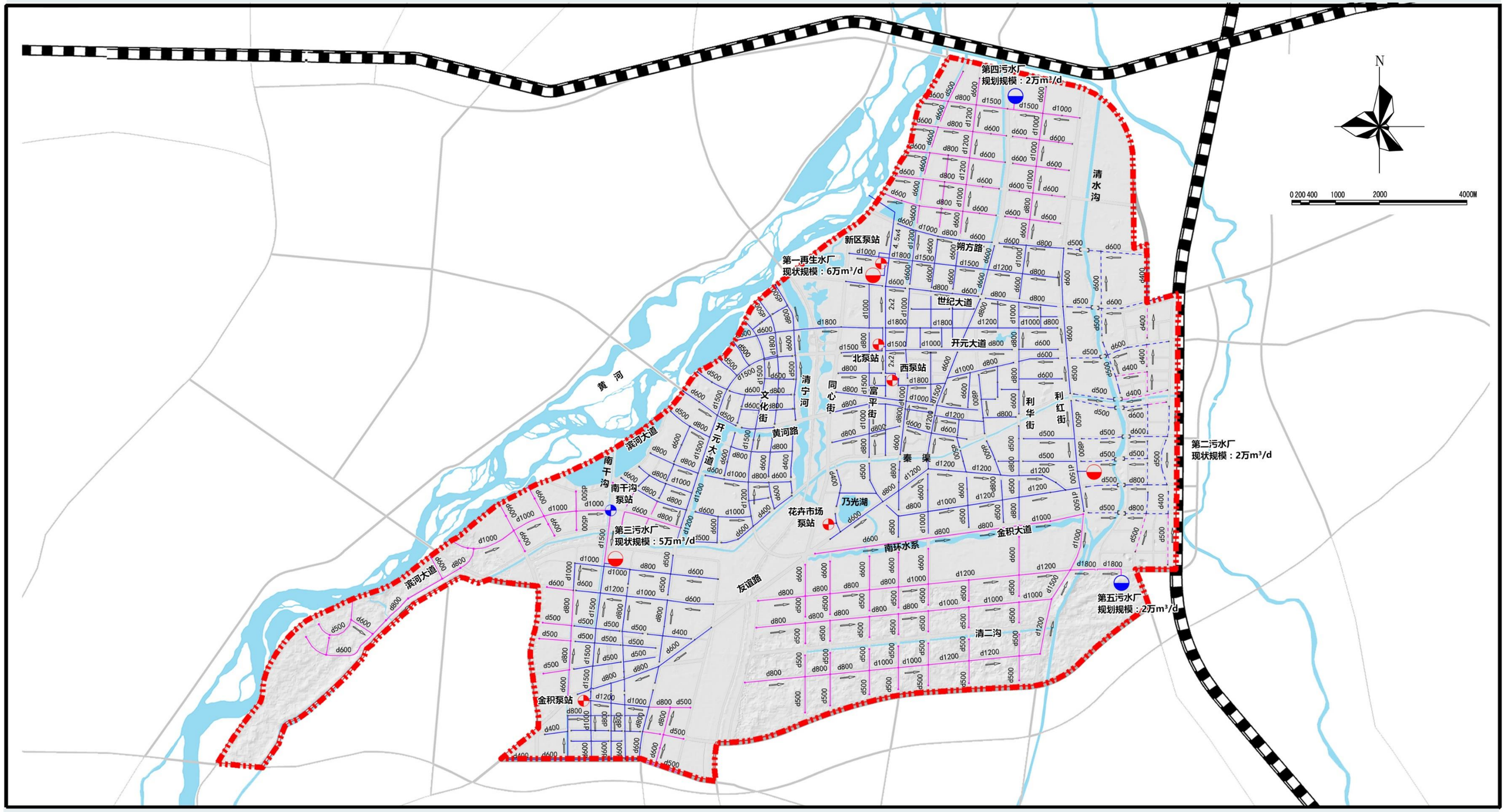
图例

- 现状合流管
- 规划合流管
- 规划范围线
- 现状污水管
- 规划污水管
- 现状污水厂
- 规划污水厂
- 现状合流泵站
- 规划合流泵站
- 现状污水泵站

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 排水（雨水）系统规划图



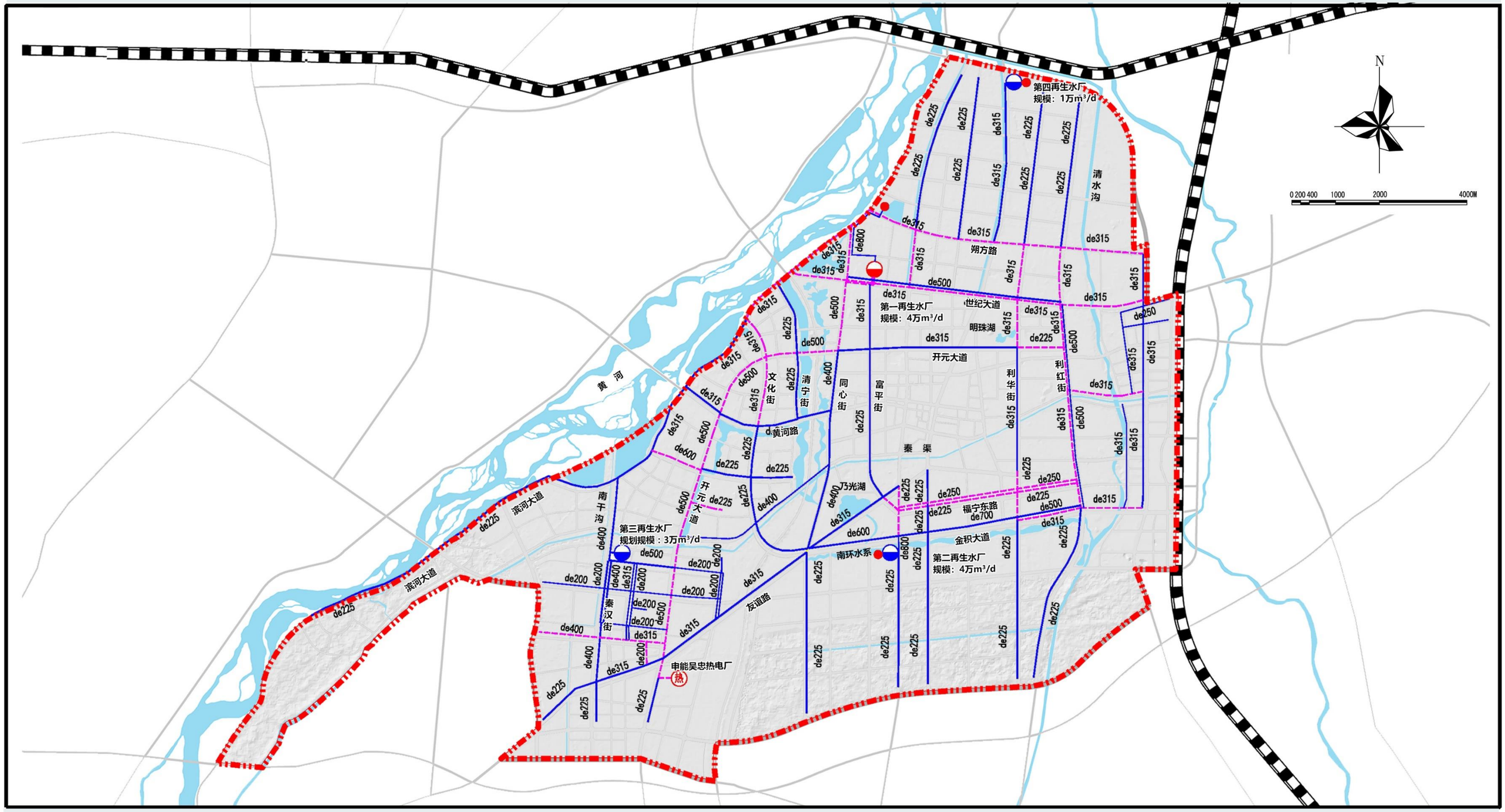
图例

- 现状合流管
- 规划合流管
- 规划范围线
- 现状雨水管
- 规划雨水管
- 现状污水厂
- 规划污水厂
- 现状合流泵站
- 规划合流泵站

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 规划再生水系统图



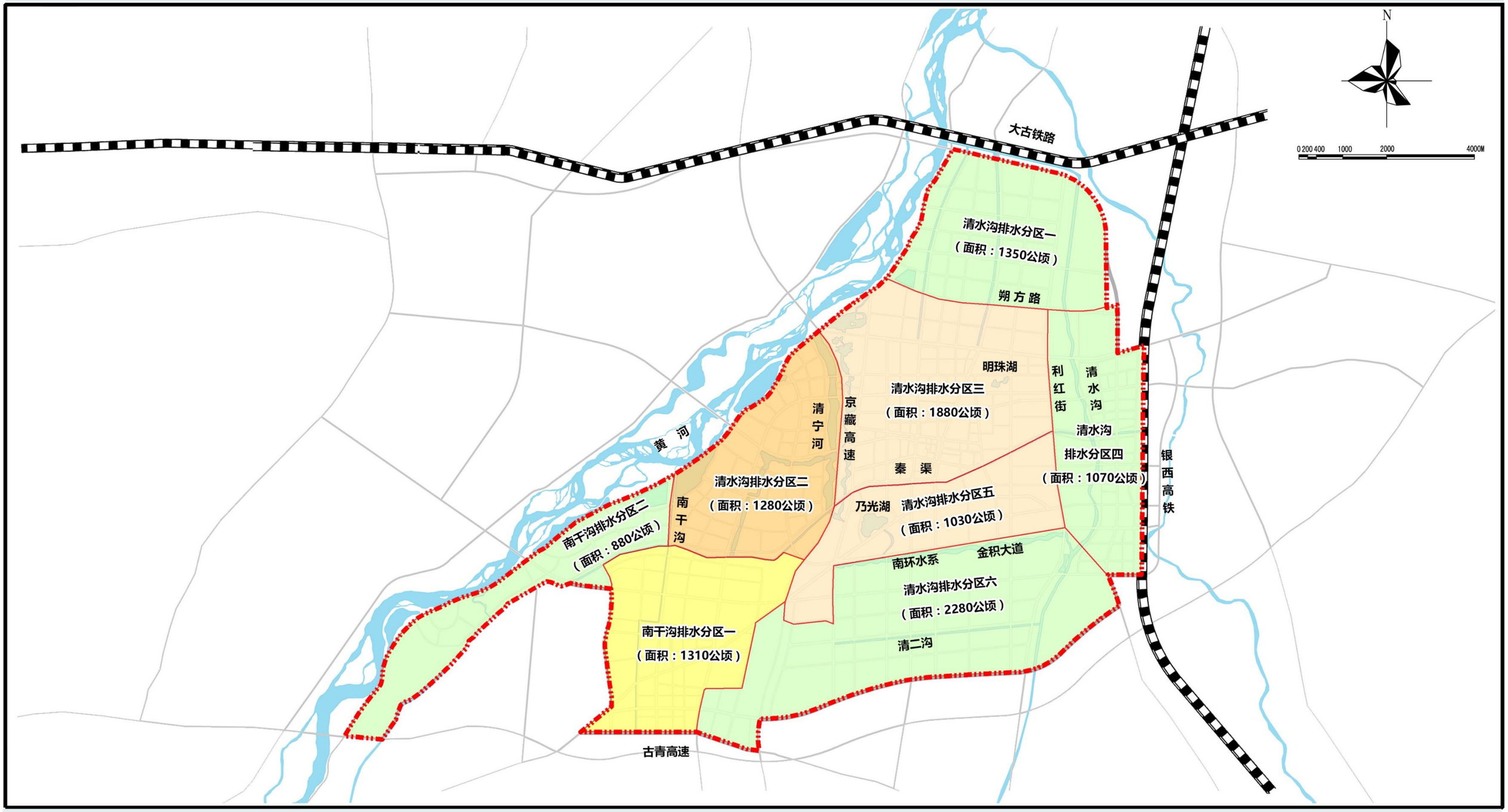
图例

- 现状再生水管
- 规划再生水管
- 规划范围线
- 现状再生水厂
- 规划再生水厂
- 热电厂

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 管控分区划分图



图例

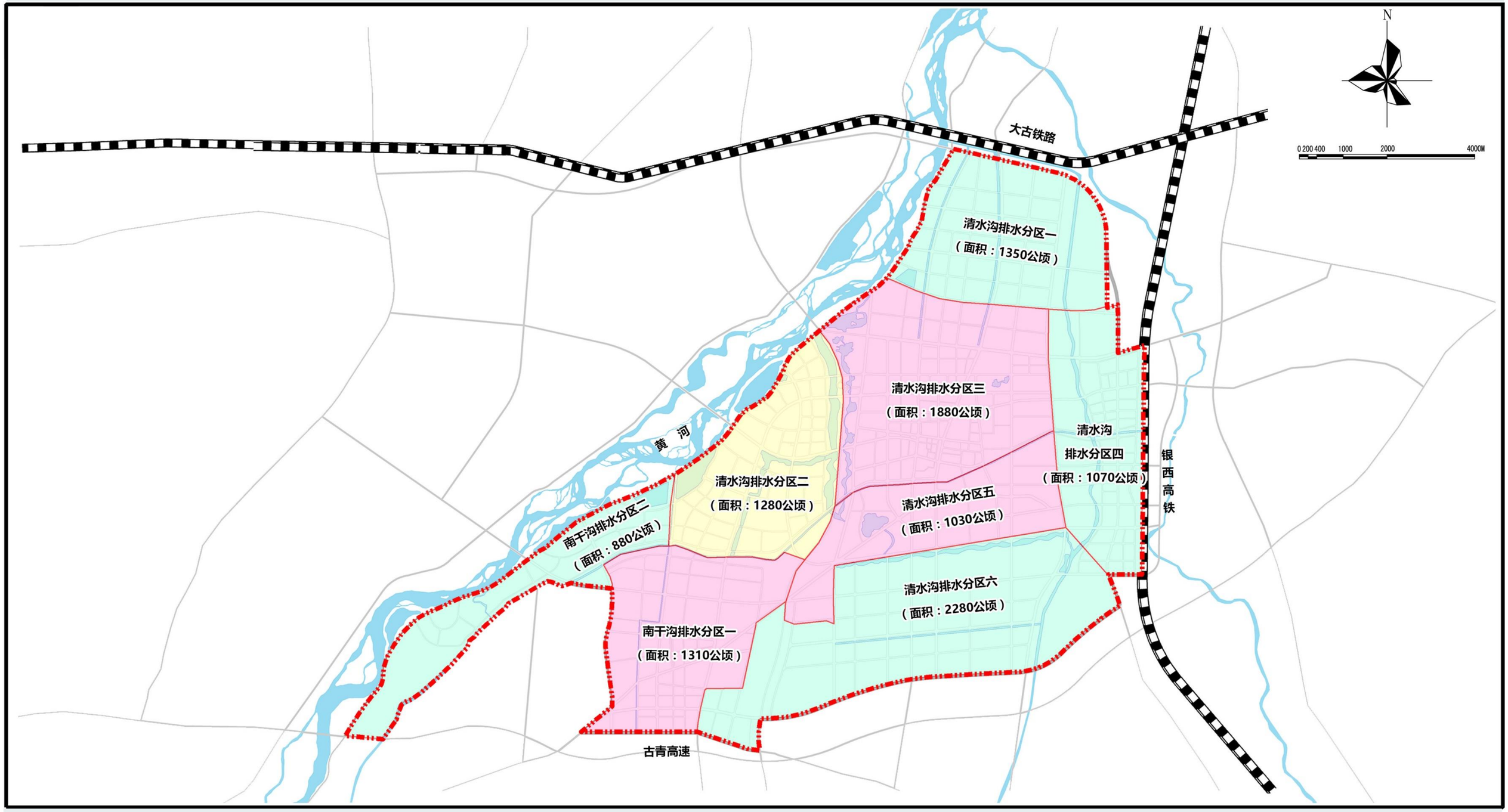
老城区　滨河新区　工业园区　新建区

规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院

吴忠市海绵城市建设专项规划（2020-2030）

—— 年径流总量控制率管控图



图例

- 年径流总量控制率80%
- 年径流总量控制率85%
- 年径流总量控制率90%
- 规划范围线

中国市政工程华北设计研究总院