

水环境规划案例 2：沈阳市水环境规划

本节以沈阳市水环境规划为例，对水环境规划的步骤和技术方法等加以说明。作为《沈阳市生态市建设总体规划（2006-2015）》研究中的专项规划之一，水环境规划以 2004 年为基准年，编制的目的在于制定城市地表水环境改善与可持续发展方案，最大限度保护和改善沈阳市的地表水环境质量，利用水资源和生态经济潜力，对沈阳市的地表水环境系统进行功能区划分，建立良性循环的地表水生态系统。

一、规划区背景

（一）社会经济状况

沈阳市是辽宁省省会，下设 9 区、4 县（市）及 5 个开发区。2004 年，户籍人口 693.9 万人，在总人口中，市区人口 492.3 万人，县（市）人口 201.6 万人；农业人口 247.6 万人，非农业人口 446.3 万人。2004 年沈阳市实现地区生产总值 1900.7 亿元，比 2003 年增长 15.5%。其中第一产业实现增加值 110.7 亿元，增长 14.2%；第二产业实现增加值 940.5 亿元，增长 19.8%；第三产业实现增加值 849.5 亿元，增长 11.1%。

（二）水文水系分布

沈阳市地表水属于辽河流域，主要由辽河水系、浑河水系及北沙河构成，流域内有天然河流 20 余条，河流总长度 1121km。沈阳市地表水系均为季节性河流，径流主要靠降水补给，因此年内分配极不均匀，冬季结冰并在部分河段出现断流。

（三）规划目标与指标

沈阳市水环境保护规划的目标为：到 2010 年，水环境主要指标基本达到国家生态市建设指标；到 2015 年，水环境持续提升，主要指标全面达到生态市建设指标。沈阳市水环境保护的指标体系包括水环境保护指标、经济发展指标、社会进步指标和其它指标计 4 大类 21 项指标，其中 13 项指标为国家生态市建设指标，其它 8 项指标为沈阳市水环境保护和生态修复需要特殊控制指标，规划的具体目标指标详见表 5-1。

表 5-1 沈阳市水环境保护规划指标体系

类别	序号	指标名称	单位	指标		
				2010 年	2015 年	现状
环境保护	1	城市水功能区水质达标率	%	100	100	0
	2	浑河及其支流水质	水质类别	IV 类	III 类	V 类
	3	辽河及主要支流水质	水质类别	IV 类	IV 类	V 类
	4	旅游区环境达标率	%	100	100	100
	5	万元 GDP 的 COD 排放强度	kg/万元	5.0	<5.0	8.5
	6	COD 排放总量	t/a	92100	78700	-
	7	NH ₃ -N 排放总量	t/a	13800	11040	-
	8	集中式饮用水水源水质达标率	%	100	100	100
	9	城镇生活污水集中处理率	%	80	85	-
	10	城市建成区生活污水集中处理率	%	85	90	70.4
	11	乡镇建成区生活污水集中处理率	%	60	65	-
	12	工业用水重复利用率	%	90	>90	82
	13	重点污染源工业废水排放达标率	%	100	100	-
	14	中水回用率	%	30	50	6
经济发展	15	单位 GDP 水耗	m ³ /万元	30	25	34
	16	应当实施清洁生产企业的比例	%	100	100	-
	17	规模化企业通过 ISO-14000 认证比率	%	20	30	3
社会进步	18	环境保护宣传教育普及率	%	95	100	88.7
	19	公众对环境的满意率	%	95	98	-
其它	20	城市水面	%	10	>10	4.68
	21	重点污染源自动在线监控率	%	>90	>95	-

二、水环境系统综合分析评价

(一) 沈阳市污染物排放和水系水质评价

1. 污染物排放

2004年，沈阳市城市污水排放量为156.86万t/d，其中：经过污水厂处理的污水量为68.4万t/d，未经处理的污水量为88.46万t/d。污水排放主要以生活污水和工业废水为主，前者约占60%。主要污染物为COD、SS和NH₃-N，排放量分别为155.50t/d、86.80t/d和24.73t/d，分别占城市排放总量的56.2%、31.3%和8.9%。

2004年沈阳市4个郊区和4个县(市)的废水排放总量为28.78万t/d，COD和NH₃-N排放量分别为45.76t/d和7.47t/d。除东陵区建成满堂河污水处理厂、辽中县正在建设辽中污水处理厂外，其他郊县均未建污水处理厂，污水直接排入受纳水体。沈阳市面源污水年排放量为14452.7万t，COD排放量为29086.79t，NH₃-N排放量为4105.61t。

综上得到2004年沈阳市的污水排放总量及其分布情况(表5-2)。

表5-2 污水及污染物排放和分布情况

分类	污水排放量 (万 t/d)	COD 排放量 (t/d)	NH ₃ -N 排放 量 (t/d)	主要排污 去向
城区	156.86	203.94	32.16	浑河
郊县	27.88	45.76	7.47	辽河、北沙河、浑 河
面源(入河 量)	0.4	0.72	0.1	辽河、浑河、北沙 河
合计	185.14	250.42	39.73	-

2. 地表水环境特征与评价

沈阳市主要河流水环境特征表现为：水质恶化、生物多样性贫乏、河床被严重破坏、人工化护坡影响浑河廊道的生态功能。此外，部分河道河堤严重塌垮、大量生活垃圾和固体废物任意堆放等，也严重影响了河流生态系统健康的维系。

根据对地表水系监测与评价，沈阳市的地表水体均未达到功能区划标准，辽河和浑河沈阳段均为劣V类水质，污染仍很严重。浑河是沈阳市城市污水的主要受纳体，从浑河监测指标的年度均值看，NH₃-N超标率最大为4.5倍，其次为

TP 超标 1.2 倍，COD 超标 0.1 倍。在监测的 11 个水库中，达到功能区划标准的有 6 座，超标的有 3 座。此外，由于辽河为过境河流，水质变化主要受上游来水控制，呈现 NH₃-N、TP 和 TN 污染加重之势。

（二）沈阳市水环境问题诊断

根据分析，目前沈阳市的水环境问题主要为：① 水资源供需矛盾突出，生态环境需水量短缺；② 地表水污染严重，地下水亦出现了超标现象；③ 污水处理率较低，污水回用量有待提高；④ 城区水系景观被破坏，河流水生态系统健康受到威胁。

三、沈阳市主要污染物排放和环境影响预测

主要污染物选取 COD 和 NH₃-N 作为预测指标，预测时段为 2010 年和 2015 年。预测方法采用系统动力学（SD）模型和情景分析法，同时辅以排污系数法、趋势外推法进行对比和修正。

为了预测不同的社会发展和经济增长速度下，沈阳市的总体发展规模、资源能源消耗以及污染物的排放情况，分 3 种情景模型进行预测。各类情景模式说明如下：情景 I，按 2004 年现状，维持现有政策下的社会经济发展，人口、能源消耗自然增加；情景 II，按 2004 年现状，发展经济，根据发展需要引进人口，有限度控制资源消耗，加大污染源控制力度；情景 III，根据沈阳市城市发展规划，超常规发展，到 2010 年沈阳市人口总量 1000 万人，工业总产值 3500 亿元，建成区面积 495km²，按照规划调整产业布局和城市发展空间，优化产业结构、能源结构，推进循环经济发展，建设资源节约型社会，严格控制排污，经济高速增长。

根据沈阳市的实际情况，在综合地方利益相关者的基础上，选择情景 III 为优选的情景（表 5-3）。

表 5-3 情景 III 的预测结果

指标	单位	2004 现状	2010 年	2015 年
----	----	---------	--------	--------

总人口数	万人	693.9	1000	1100
GDP	亿元	1900.7	3500	5600
工业生产总 值	亿元	1493.4	3010	4500
第三产业总 产值	亿元	849.5	1519	2520
三产比例	%	5.8:49.5:44.7	4.6:52:43.4	3:52:45
全市废水排 放量	万 t/a	67574.64	93075	102565
市内七区废 水量	万 t/a	61195.9	81500	83796
COD 排放量	万 t/a	9.14	21.61	23.8
NH ₃ -N 排 放量	万 t/a	1.45	4.67	5.15

四、沈阳市水资源供需平衡预测及水环境容量

(一) 水资源供需平衡与承载力分析

(1) 水资源供需平衡预测

根据沈阳市的国民经济和社会发展规划所制定的目标,以及未来城市发展规划与土地利用格局,按 2010 年、2015 年和 2020 年 3 个时段分析沈阳市水资源的供需问题。

根据历年沈阳市统计数据回归分析和城市发展规划目标,预测 2010 年、2015 年和 2020 年沈阳市水资源总需水量分别为 43.39 亿 m³、46.11 亿 m³ 和 48.91 亿 m³。

从沈阳市历年水资源总量变化来看,2005 年到 2020 年间水资源增加量主要来自于中水回用和跨境调水。预测 2010 年、2015 年和 2020 年沈阳市可供水资源量将分别达 42.2 亿 m³、43.7 亿 m³ 和 45.4 亿 m³。

基于以上预测,2010 年、2015 年和 2020 年沈阳市将分别缺水约 1.2 亿 m³、

2.4 亿 m^3 和 3.5 亿 m^3 。由于预测中都采用最小需水量计算，因此实际缺水量可能还存在不同程度的低估。因此水资源已经成为制约沈阳市发展的主要因素，沈阳已经进入严重缺水时期。

（二）沈阳市水环境容量核定

水环境容量测算以《沈阳市地表水环境功能区划（试行方案）》为基础，范围包括浑河沈阳段及其主要支流、辽河沈阳段及其主要支流、北沙河沈阳段。根据《沈阳市水环境功能区划登记表》和沈阳市各水系内污染源排放去向、入河排污口分布情况，将沈阳市内主要河流水域划分为 15 个控制单元，并分别确定水环境功能与水质目标。然后根据本章第三节的容量核定方法，计算得到沈阳市的 COD 理想水环境容量为 67214t、可利用水环境容量为 66953t、最大允许排放量为 78737t； NH_3-N 理想水环境容量为 3356t、可利用水环境容量为 3319t，最大允许排放量为 3901t。

五、水资源保护及开发利用方案

为保障沈阳市的社会经济发展和生态环境需水，根据问题诊断与环境影响预测结果，主要可采用如下的措施：节水、治污、开源。

（一）节水措施

1. 农业节水工程

农业作为沈阳地区最大的用水行业，现在农田灌溉的单位需水量为 $656m^3/$ 亩，具有很大的节水空间。据农业部门研究，沈阳市地区仅从调整农作物种植结构、推广耕作保墒技术等低投资管理措施既可每亩节约水量约 $110 m^3$ ，所以从管理环节上可以节约的水量为 2.4 亿 m^3 。

2. 服务业及城镇生活节水工程

加大节水宣传，提高节水意识，节约生活用水。推广节水马桶等具有节水工艺的家庭节水器具，建设免冲公共卫生厕所，降低人均综合生活用水量。

3. 工业生产节水工程

未来工业生产节水主要表现提高工业用水重复利用率，调整产业结构、发展低耗水型工业。通过计算，到 2010 年，可实现节水 0.21 亿 m^3 ；到 2015 年，可

实现节水 0.29 亿 m^3 。同时，进一步对产业结构进行调整，建立以生态工业为核心的工业化模式，大力发展循环经济，扶持以电子、医药、生物等低耗水的高新技术产业，减少工业对水环境的污染，提高经济活动的环境效率和资源效率。

（二）区域调水工程

目前沈阳有“北水南调”工程建设方案，即从黑龙江省境内的嫩江和吉林省内的松花江通过松辽大运河调入辽河，再经石佛寺水库调入沈阳，每年可供水约 0.91 亿 m^3 。2007 年开始，沈阳市“东水西调”工程投入使用，预计到 2010 年可实现调水 4.87 亿 m^3 ；2015 年可实现调水 8.11 亿 m^3 。

（三）沈阳市中水回用工程

污水处理厂出水达标后目前一般直接排入浑河。可积极推广中水回用作为电厂冷却用水、冲厕、灌溉、景观用水等用途，如：沈阳市北部污水处理厂出水经过深度处理后，可作为中水就近返回铁西区工业再利用。2010 年，沈阳市城市中水利用率可达到 30%，年增加水资源量 2.53 亿 m^3 ；2015 年，中水利用率可达到 50%，年增加水资源量 5.47 亿 m^3 。

（四）沈阳市雨水综合利用工程

雨水资源化是指通过规划和设计，采取相应的工程措施，将雨水转为可利用水源的过程。城市降水具有收集、控制和处理困难而复杂的特点，因此对其资源化较为复杂，可分为两大类：下渗工程和贮存工程。按照沈阳市年平均降水 566mm 计算，到 2010 年利用 5%，每年可供水量达 3.67 亿 m^3 ；2015 年利用率达到 10%，年可供水量达 7.35 亿 m^3 。

（五）地表水深度开发工程

沈阳市多年平均和 2003 年地表水资源分别为 13.01 亿 m^3 和 9.96 亿 m^3 ，而 2003 年地表水供给量 4.63 亿 m^3 ，其开发利用率为多年平均和 2003 年地表水资源的 21.6% 和 46.5%。分析其原因主要是水体污染严重，难以达到功能区划要求，无法进行开发利用。

（六）水资源利用管理措施与保障

主要包括：加快立法进程；改变多部门交叉管理的局面，成立统一管理的水务局；完善取水许可证制度，开展取水计量工作；重视水资源规划制定和实施。

六、城镇污水处理及资源化规划

在规划近期，计划分期建设 11 座污水处理厂，到 2010 年全市污水处理能力将达到 230.5 万 t/d，污水处理率将达到 90%。到 2015 年全市污水处理能力将达到 260.5 万 t/d，污水处理率将达到 92.7%。到规划远期，沈阳市的污水排放量将达到 295 万 t/d，因此需要继续加大污水处理规模。

根据沈阳市的用水类型、可能利用中水的途径，预测到 2010 年中水需求量将达到 70.2 万 m³/d。目前规划建成两个中水厂，总设计水量为 18 万 m³/d，沿二环快车道铺设三段总长约 19km 的供水干线，为沿线企业、房地产开发及市政用水提供中水水源。电厂冷却用水逐步实现全部利用中水厂提供的中水；其他工业企业可根据自身工艺特点、水质要求和财力情况，或铺设管道利用中水厂供水，或自建中水处理设施。

七、水环境生态修复与景观规划方案

（一）浑河生态修复方案

1. 规划范围

浑河生态环境修复以浑河干流为主，同时兼顾满堂河、辉山明渠、张官河、杨官河、白塔堡河、仙女河和蒲河 7 条主要支流。将浑河沈阳段分为 4 个规划区，分别为：浑河上游自然景观区，范围为浑河小仁镜村—东陵大桥段，全长 3.5km；浑河中游开发建设区，范围为浑河东陵大桥—浑河大闸段，即浑河沈阳城区段，全长 29.6km；浑河下游生态农业区，范围为浑河大闸—松辽运河入河口段，全长 10km；浑河支流河口污染控制区。

2. 方案设置

方案设置以地理位置为区划原则，以河道为生态廊道、景观绿化带和经济发

展带，建立系统的、立体的、多层次的“河道—河滩地—堤岸—护坡—缓冲带”生态修复与污染物削减体系，并自始至终进行适配性的景观设计。具体措施组合和方案设置如下：

(1) 浑河上游自然景观区规划方案：河道疏浚、河堤修缮。

(2) 浑河中游开发建设区，细分为 2 个子区。河岸区保护恢复子区：缓冲带，生态河堤，合理处理与管理固体废物，污水截流；河床生态建设子区：河道疏浚，水生植被恢复，水生植物资源管理与利用。

(3) 浑河下游生态农业区规划方案：缓冲带。

(4) 支流河口污染控制区规划方案：入河口人工湿地，水生植被恢复，水生植物资源管理与利用，河道疏浚。

(二) 水环境生态景观规划

1. 湿地景观规划

(1) 湿地景观的设计内容

主要包括 3 方面：湿地的（系统）完整性设计、植物的配置设计、水体岸线及岸边环境的设计。在本节中选择几个典型湿地加以详释。

(2) 辉山明渠入浑河河口人工湿地

辉山明渠全长 17.7km，河道年久失修，各类倾倒物严重淤积河道。同时辉山明渠也是沈阳市最长的泄洪明渠，湿地设计既要起到治污的作用，又不能影响正常泄洪，故本设计主要以表流湿地为主。辉山明渠人工湿地以表流湿地为主，所以景观设计以植物配置设计为主体，兼顾湿地完整性设计及岸线及岸边环境设计。

植被配置设计如下：辉山明渠入河口处的植被保留以乔木树种为主，草本种类少，适于建人工湿地，草本与木本结合，水生植物与陆生植物呼应，生态效果好，景观价值高。在空间布局上，将湿地植物栽植区划分成 4 个扇形区域，植物栽植呈弧形带状。第一植物区主要选择水凤仙、莎草、马蹄莲，交叉配置，并与岸边乔木结合。第二植物区选择慈姑、泽泻、芦苇、水葱。第三和第四植物区选择水葱、茭草、菖蒲、香蒲等。布水区顺应植被栽植走向呈弧形，通过管道均匀布水。由于湿地建在渠的两岸，植被栽植有自然的梯度，故设计两层叠水，既形成小型瀑布景观，又可使经湿地初步处理的水再次曝气充氧，增加处理效果。

(3) 扬官河入浑河河口人工湿地

扬官河在浑南新区境内的河段长度为 9.8km，平时处于干涸状态。由于该河口附近多为农田，且周围多是村寨、人口密度低，不适宜大规模绿带景观，应以自然恢复为主。设计首先拓宽河道，搬迁两岸违章建筑，清除侵占河道的农田，将河滩地进行植被恢复，建立大面积自然的表流人工湿地系统，植物选择慈姑、泽泻、水凤仙、莎草、马蹄莲、芦苇、水葱、茭草、菖蒲等，不划分栽植区，散植或群植，使其成为自然的植物群落。

(4) 白塔堡河入浑河河口人工湿地

①概况

白塔堡河长 48.45km，其中浑南新区段（中游段）全长 7.9km，是全段景观的高度敏感区。该河属于季节性河流，防洪能力低、污染严重，河道设障较多、影响行洪。人工湿地建在白塔堡和入浑河的入河口处，面积 80 亩。由于白塔堡河附近已规划建设一些景观工程，如园林绿化工程、堤防护岸工程等，白塔堡河已被定义为集景观、环保、防洪为一体的生态走廊。所以湿地景观设计定位为点缀白塔堡河生态廊道的亮点，在众多的人工景观，如草坪、滨河公园中展现自然之美，让人们在休闲之余体会自然河岸水草丛生的景观。

②景观设计

整体性设计：注重湿地本身系统的整体性设计，保留湿地建设处原有植被的面貌，将植被茂密的岸线部分作为表流湿地的一级处理，靠近水区的区域人工栽植水草，作为湿地与水面的过渡，植被选择以本土物种为主。景观部分以自然为主，栽植区域避免划分成规则图形，同时，植物的色彩、花色等要与周围景观协调，展现白塔堡河廊道景观的整体性。

植物配置设计：植被栽植区采用鱼鳞式设计，在保留原有乔木植被的基础上，人工种植湿地植物。考虑去污效果和景观美化作用，湿地植物选择慈姑、泽泻、水凤仙、莎草、马蹄莲、芦苇、水葱、茭草、菖蒲。岸线和岸边环境景观选择水葱、茭草、菖蒲、香蒲、荷花等。

空间布局设计：鱼鳞式布局设计是在原有植被基础上，将植被栽植区划分成鱼鳞状，每个区域以一种植物为主，如马蹄莲、水凤仙、菖蒲、香蒲等，每个鱼鳞片一个主题植物，多种植被交叉种植，同时在空余区域栽植当地低矮的杂

草为背景，其间穿插一些乔木树种，如柳树、杨树、槐树、红松、水杉等，提高湿地景观的层次性。

2. 植被恢复堤段的景观设计

对浑河而言，植被恢复堤段主要是两岸绿化带的建设，所以景观设计的重点是植被的配置设计。浑河与其支流（满堂河、白塔堡河、张官河等）构成了沈阳市的水系系统，植被配置要体现浑河的绿色廊道景观。植物配置要配合沿岸游园的建设，所以植物选择和搭配不仅要体现不同的功能特征（如防护、休闲、欣赏等），也要与已有景观相结合，形成一个和谐的整体景观模式。

浑河两岸植物恢复的目的是形成自然的廊道景观，植物选择兼有陆生和水生植物，但以陆生高大乔木树种为主，同时搭配灌木、草皮等，配置模式主要体现“乔—灌—草”的合理搭配及“水生植物—陆生植物”自然过渡的生态模式。节点游园景观包括沟渠沿线一些绿地组团、水体与道路相交位置的游园及一些与居住区绿化结合设计的绿地景观等。这些绿地游园主要体现休闲、观赏的价值，所以植物选择比较注重色彩和外形，配置模式也要多变，避免单调乏味。在植物配置中，要注意如下几方面：杜绝任何整齐排列和人工图案；整体中求变化，变化中求同一；浑河两岸植被恢复设计模式要体现廊道性、亲水性。

八、水环境监控与管理方案

（一）水环境监控

针对沈阳市水环境监测手段不先进、信息共享水平差、监督管理必要设施不足等问题，必须加强水环境与水生生态监控体系建设，建立健全生态环境监测监管网络。

（1）建设水环境监测与监控体系。

（2）全面扩大水环境质量监测覆盖面，对沈阳全市区域内 2 条河流、24 条一级支流及 32 个湖泊水库均开展水质监测，监测项目频次要满足环境质量标准规定。

（3）积极推动污染源在线监控，在沈阳市环境监测中心站建立一套污染源废水在线自动监测（控）中心平台系统，对占排污负荷 65% 以上的重点污染源安装在线监测监控系统，使重点污染源自动在线监控率达到 80%，建设城市环境

信息处理系统和水污染应急系统。

(4) 建立以遥感和地面观测站相结合、多部门信息共享的水生生态监测网络系统。包括：流域水土流失监测，水生生态监测，重大气象灾害预警监测系统。

(5) 加强环境科技的支持力度，拓展环境监测领域，建立动态快速环境安全监测系统，提高和完善环境监测能力。

(6) 建立健全规划工作进展情况通报、水质信息统一发布和定期分析制度。

(二) 水环境管理

在沈阳市水环境保护中，要从如下几方面加强水环境管理：①加强环保立法；②加大环境执法监管力度；③建立健全环境污染报告制度和环保社会监督制度。

九、规划方案综合评价

(一) 费用分析

为了实现水环境保护和生态修复目标，到 2010 年沈阳市需实施河流综合整治和生态修复工程、污水处理工程、中水回用及雨水利用工程、工业源污染控制工程、水环境监测能力建设项目等 5 大类 35 项，估算规划第一阶段总投资约达 248047 万元（表 5-3）。

表 5-3 第一阶段规划方案和项目所需投资（单位：万元）

恢复与建设工程名称	项目数量	投资总额	占总投资 (%)
污水处理厂建设项目	11	128000	51.6
河流综合整治和生态修复项目	9	13500	5.5
中水回用及雨水利用项目	11	85097	34.3
工业源污染控制项目	2	14000	5.6
水环境监测能力建设项目	2	7450	3.0
合计		248047	100

(二) 效益分析

1. 经济效益

制定沈阳市水环境规划的首要目标就是改善地表水质、修复河流生态环境、进行生态景观建设，经济效益分析主要是分析规划实施后产生的经济效益，主要内容就是将不能直接以价值指标表现的部分效益通过利用环境估值的方法计算出来。本规划经济效益以在没有实施规划情况下可能造成的经济损失来计算。

(1) 水污染造成的经济损失作为规划的经济效益

水污染造成的损失大体分 4 部分来计算。

① 人体健康损失 L_h (亿元)

运用人力资本法，结合地方流行病学调查，主要考虑癌症、肝肿和肠道疾病等 3 种病症：

$$L_h = \left(P \sum_{i=1}^3 \alpha_i S_i + \sum_{i=1}^3 \alpha_i Y_i + P \sum_{i=1}^3 \alpha_i K_i \right) M \quad (5-16)$$

其中， P 为人力资本 (万元/人·年)； α_i 为水污染导致的病症发病率； S_i 为患者的工作时间损失 (年)； Y_i 为患者的平均医疗护理费用 (万元/人)； K_i 为患者的人均护理时间 (年/人)； M 为暴露人群数量 (万人)。

根据有关资料，对于癌症、肝肿和肠道疾病，水污染在病症发病原因中所占的百分率 (α_i) 分别为 0.05%、0.5% 和 10%；患者的医疗护理费用 (Y_i) 为：癌症 5569 元，肝肿 280 元，肠道疾病 93 元；患者的人均护理天数 (K_i) 为：癌症约 36 天，肝肿约 25 天，肠道疾病 10 天；患者工作时间损失 (S_i) 为：癌症约 12 年，肝肿约 1 年，肠道疾病 15 天。2010 年的暴露人群数 (M) 取规划预测总人口数为 1000 万人 (表 5-4)；人力资本取本规划中 2010 年预期的人均 GDP 为 3.5 万元/人 (表 5-4)，代入式 5-16， L_h 约为 65.19 亿元。

② 资源利用损失 L_r

水资源导致的资源利用损失主要是指由于水污染使农林牧渔业产量减少、质量下降导致的经济损失。对这类损失的计算一般采用市场价值法，主要考虑对农业造成的影响，其公式为：

$$L_r = \alpha SP + \beta SQP \quad (5-17)$$

其中， α 为水污染导致的农业减产系数； β 为价格降低系数； S 为水污染面积，即超过农田水质标准的污水灌溉面积； Q 为污染前农产品正常产量； P 为农产品

价格。

③资源价值减少量 L_v

计算水污染导致的资源价值减少量公式为：

$$L_v = V_c - V_p \quad (5-18)$$

其中： V_c 为清洁水的价值， V_p 为受污染后水资源的价值。这里用市场价值法近似地考虑水资源价值的变化，即以市场上的清洁水价和污水水价来度量。2010年沈阳市污水排放量以 158 万 t/d 计（按生活污水考虑），代入式 5-17 得到资源价值减少量每年约 46136 万元。

④景观生态美学损失 L_s

地表水污染造成的景观生态美学损失难以进行确切估计，根据以往的研究，假定这种损失占沈阳市国民生产总值的 0.008%，然后以此推算景观生态美学损失 L_s 。预计沈阳市 2010 年景观生态美学损失约为 1700 万元。

在水生态保护规划的经济投资分析中，将损失的减少视为效益。即沈阳市水生态保护规划经济效益的估算值约为 69.98 亿元。水质的改善和生态环境的建设，将促进河流生态服务功能的恢复和旅游业、农业的发展，可产生极大的经济效益。同时减少市政水的处理费用，促进人体健康，减少污染补偿。总之，规划的实施产生的间接和直接经济效益都是很可观的。

2. 环境效益

规划实施可能带来的环境效益主要为：改善城市景观环境，提升城市形象；吸尘阻尘，促进大气环境质量的改善；涵养水源，促进水生态系统的良性循环；降低热岛效应，改善局部小气候；恢复生物物种，促进生物多样性；防洪泻洪，提高城市抵抗自然灾害能力；提升环境价值，整体提高城市生态环境质量。

3. 社会效益

沈阳市地表水水质的改善和生态环境的恢复，为公众提供了一个良好生活环境和娱乐休闲场所。

（二）目标可达性分析

通过该规划方案 and 环境保护措施与对策的实施，浑河沈阳城市段、辽河、白塔堡河、满堂河等在经历 10 年的生态恢复建设后，沈阳城市地表水水质将得到明显改善，可以达到水生态环境保护目标。沈阳市水环境改善规划制定的生态恢

复建设方案、功能定位、环境保护措施与对策、环境保护目标等均符合生态环境建设的要求，具有可操作性、可持续性、可控性与可达性。