

图 5.3.1-9 金山坡隧洞位置平面图

如上图所示，金山坡隧洞穿越异龙湖北边可溶岩区，隧址区内沿异龙湖北缘出露泉点（S06、S04），初步推测为沿南北向断层径流于异龙湖这个排泄低点出露排泄进入异龙湖。根据现场调查，泉点为灌溉用水，非饮用水源。隧道施工排水对泉点径流途径中的获得的补给存在分流袭夺，对泉流量有一定影响。但泉点作为仅灌溉水源，对当地居民生活影响较小。

(7) 大黑箐隧洞

柴河水库是昆明市主城区 6 个集中式饮用水水源地之一，担负着昆明马金铺和晋宁晋城镇及上蒜村生活、生产用水供应任务。柴河水库涉及供水人数 13280 人，灌区面积 14946.6 亩。柴河水库也是滇池最主要的向心水系之一，从属滇池和长江中上游水土保持地域范畴。

柴河水库距离大黑箐隧洞轴线 790m，距离大黑箐隧洞 3#施工支洞 300m，柴河水库水面高程为 1939m，大黑箐隧洞出口段高程 1873m，3#支洞进口高程约 1930m。柴河水库库盆地层为美党组(Pt1m)，岩性为板岩、变质粉砂岩，富水性弱，渗透性弱。因此，大黑箐隧洞的施工和运行不会对柴河水库产生影响。

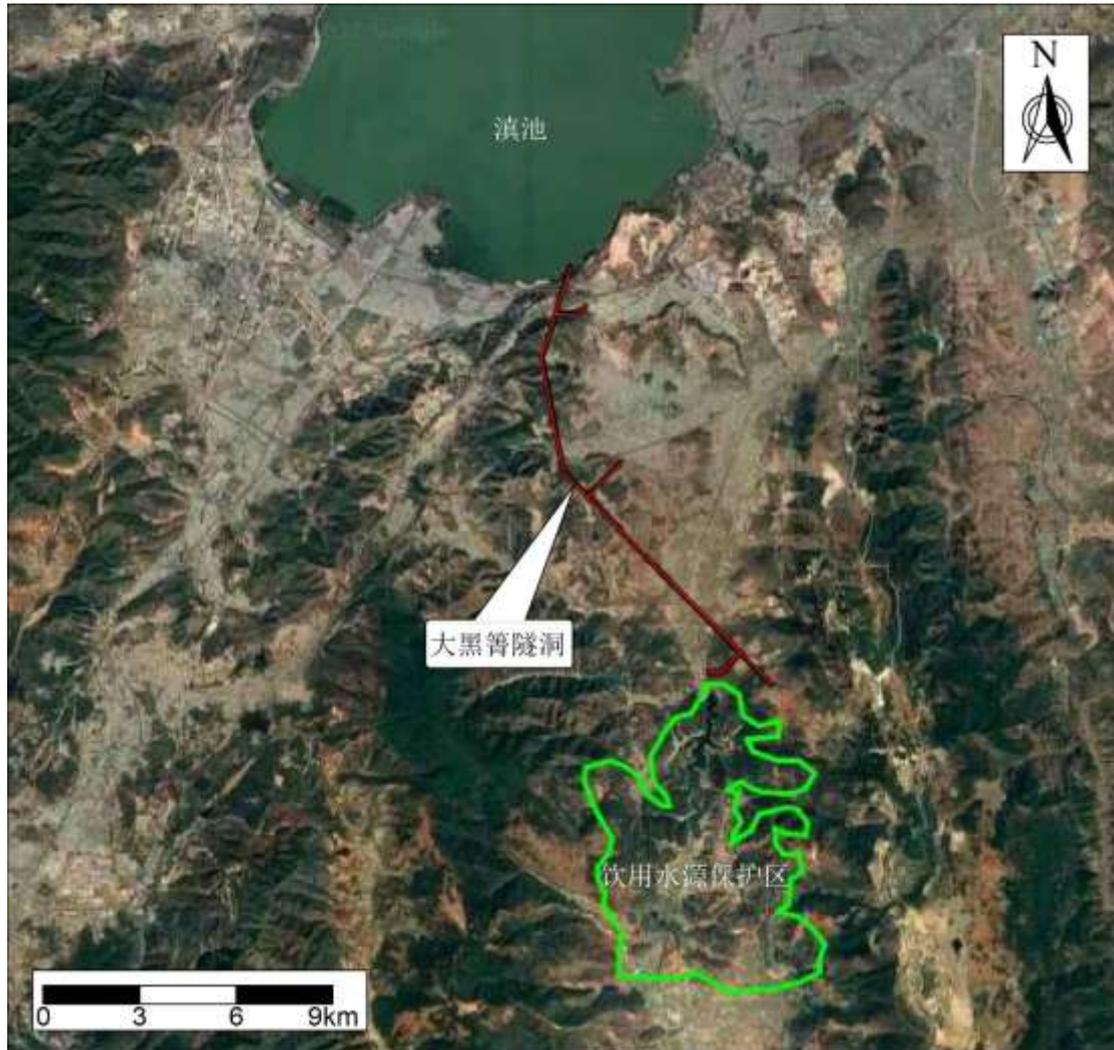


图 5.3.1-10 大黑箐隧洞与柴河水库饮用水源保护区位置关系图

5.3.2 运行期地下水环境影响

5.3.2.1 充蓄水库对地下水水位的影响

(1) 大理段

选取大理段受水区中典型的大中型充蓄水库作为本次的评价对象（表

5.3.2-1)。其中水库引水充蓄后，水库原有地下水排泄条件受库水位顶托，排泄受阻，致使库区周围地下水位升高，当地下水位接近或高出地面而形成土壤次生盐碱化、沼泽化，产生库水壅高浸没的环境问题。因此，结合库区周边土地利用类型、岩土性质、村镇分布情况，本次主要分析水库引水充蓄后浸没的可能性及影响。

表 5.3.2-1 大理段典型大中型水库特性表

序号	名称	规模	总库容 (万 m ³)	正常蓄水位 (m)	死水位 (m)	所在乡镇	充蓄水量 (万 m ³)	所在地层	是否在 岩溶区
1	海稍水库	大型	12145	1635.50	1618.00	乔甸镇	6527	Qhal	否
2	大银甸水库	中型	4085	1542.00	1513.00	金牛镇	2279	Qhpl	否
3	花桥水库	中型	1960	1803.70	1789.00	鸡足山镇	369	Qhpl	否
4	仙鹤水库	中型	1140	1685.24	1661.32	鸡足山镇	275	T3ba	否

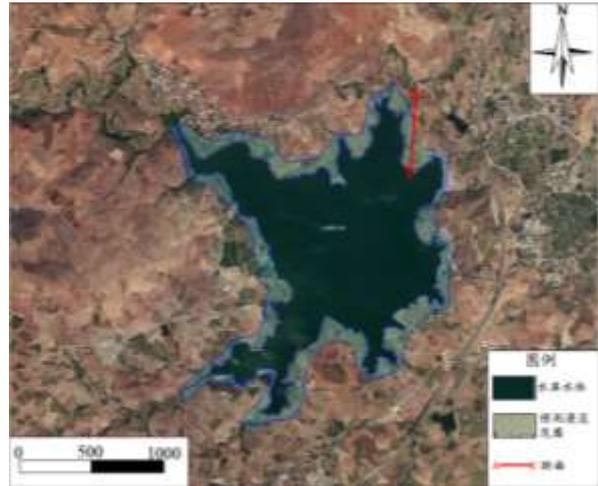
计算结果及预测浸没范围如下图表所示：

表 5.3.2-2 大理段水库地下水位壅高计算结果表 单位：m

水库名称	点位（水平距离）	地下水位壅高	壅高地下水位埋深	临界地下水位埋深	是否浸没/程度
海稍水库	50	4.37	0.63	1.3	是/强
	100	4.23	0.77	1.3	是/中
	200	4.14	0.86	1.3	是/中
	300	4.07	0.93	1.3	是/中
	400	3.98	1.02	1.3	是/弱
	500	3.76	1.24	1.3	是/弱
大银甸水库	50	6.43	0.57	1.1	是/强
	100	6.35	0.65	1.1	是/中
	200	6.12	0.88	1.1	是/弱
	300	5.93	1.07	1.1	是/弱
	400	5.69	1.31	1.1	否
	500	5.50	1.50	1.1	否
花桥水库	50	3.37	0.63	1.1	是/中
	100	3.06	0.94	1.1	是/弱
	200	2.94	1.06	1.1	是/弱
	300	2.63	1.37	1.1	否
	400	2.49	1.51	1.1	否
	500	2.28	1.72	1.1	否
仙鹤水库	50	4.17	0.83	1.1	是/弱
	100	3.95	1.05	1.1	是/弱
	200	3.81	1.19	1.1	否
	300	3.49	1.51	1.1	否
	400	3.24	1.76	1.1	否
	500	2.99	2.01	1.1	否



海稍水库浸没影响范围图



大银甸水库浸没影响范围图



花桥水库浸没影响范围图



仙鹅水库浸没影响范围图

(2) 楚雄段

根据二期工程调蓄工程布局方案，楚雄段调蓄水库的充蓄水量最小为妙峰水库 47 万 m^3 ，最大为小石门水库为 1009 万 m^3 。水库引水充蓄后，原有地下水排泄条件受库水位顶托，排泄受阻，致使库区周围地下水位升高，当地下水位接近或高出地面而形成土壤次生盐碱化、沼泽化，产生水库雍水浸没的环境问题。因此，通过结合库区周边土地利用类型、岩土性质、村镇分布情况，主要分析引水充蓄后浸没的可能性及影响。楚雄段 16 个引水充蓄的水库，其中洋派水库引水充蓄导致库区产生浸没情况的影响极大；妙峰水库、庆丰水库、东清水库、共和水库、石门水库引水充蓄导致库区

产生浸没情况的影响较大，具体分析情况如下：

1) 洋派水库

库区底部主要发育的是白垩系下统普昌河组 (K1p) 泥岩夹砂岩，裂隙发育程度低，且后期泥质充填情况严重，富水性微弱；按照规范：水库岸边的浸没只发生在土质库边的地形平缓区。如图 4.3.2.2-1, 洋派水库库区周边有大面积的农田和零散村镇分布。农田岩土类型主要是粉砂质粘土，主要种植水稻、玉米和烟草；根据中国地质调查局水文地质手册（第二版）粉砂质粘土毛细水上升高度经验值为 0.8m；故洋派水库库区临界地下水位埋深约 1.3m，洋派水库发生水库浸没产生的影响极大。

2) 妙峰水库

库区底部主要发育的是白垩系上统的马头山组 (K2m) 和江底河组下段的 (K2j1) 泥岩夹砂岩，表层裂隙发育程度一般，但后期泥质充填情况严重，富水性微弱；按照规范：水库岸边的浸没只发生在土质库边的地形平缓区，如图 4.3.2.2-2，妙峰水库库区内分布小面积的呈狭长型的农田，农田岩土类型为亚粘土，结合水库浸没发生及需要考虑影响的条件，妙峰水库在引水充蓄后库区周边农田发生水库浸没产生的影响较大。

3) 庆丰水库

库区地层岩性为白垩系泥岩和砂岩，水库库区高程为 1820m，北东向 3km 为牟定平坝区，库区内山间沟谷分布面积较大的第四系松散堆积层，农业耕作区主要分布高程在 1820-1850m 间的山间沟谷及缓坡。庆丰水库蓄水后引起的库区周边地下水抬升可能导致高程相对较低的区域发生浸没的情况，结合农业耕作区在库区周边分布的高程位置，整体水库蓄水导致库区地下水抬升产生浸没情况的对周边农业耕作区的影响较大。

4) 东清水库

库区地层岩性为白垩系下统高丰寺组 (K1g) 长石石英砂岩夹砂泥岩，

东清水库为于牟定平坝区东南侧狭长沟谷，库区周边第四系松散堆积层沿狭长型沟谷分布，水库坝体下部分布大面积的农业耕作区，主要种植作物为烟草，玉米和水稻；库区内第四系松散堆积层分布主要为北东向狭长沟谷低洼处，分布面积小，如图 4.3.2.2-4，下部农业耕作区高程几乎与库区一致，都分布在 1790-1800m 之间，根据野外调查和现场渗透试验，东清水库坝体下部农业耕作区岩土类型为粉质粘土，渗透系数 $k=0.8636 \times 10^{-3} \text{m/d}$ ，平均地下水位埋深 1.78m；库区周边临界地下水埋深约 2.5m。东清水库拟充蓄引水量在 319 万 m^3 ，引水充蓄在导致库区水面面积扩大淹没东北部狭长谷地部分农田的同时，地下水位的抬升也会导致低洼处的农田发生浸没的情况，综合地形地貌特征，东清水库蓄水导致库区地下水抬升产生浸没情况产生的影响较大。

5) 共和水库

库区地层岩性为白垩系下统高丰寺组 (K1g) 长石石英砂岩夹砂泥岩，共和水库为于牟定平坝区南部山前狭长沟谷，库区周边第四系松散堆积层沿北东南西向的狭长型沟谷分布，库区上部农田区高程仅高于水面高程 4-6m，但农田耕作区面积较小，如图 4.3.2.2-5。共和水库拟充蓄引水量在 204 万 m^3 ，引水充蓄在导致库区水面面积扩大淹没西南部狭长谷底部分农田的同时，地下水位的抬升也会导致低洼处的农田发生浸没的情况，综合地形地貌特征，共和水库蓄水导致库区地下水抬升产生浸没情况产生的影响较大。

6) 石门水库

库区地层岩性为白垩系泥岩和砂岩，石门水库为于禄丰平坝区最南端东部山间狭长沟谷，库区除最东部几乎无第四系松散堆积层布，几乎整个库区分布于基岩出露的山区，但，库区最东部位东部与禄丰平坝区平行分布的狭长型山间谷地，如图 4.3.2.2-6。最东部库区分布于第四系松散堆积

层上，南北向展布的沟谷内有相对面积较大的农业耕作区，石门水库充蓄引水量为 187 万 m^3 ，引水充蓄在导致地下水位的抬升可能会导致低洼处的农田发生浸没的情况，综合地形地貌特征，石门水库蓄水导致最东部库区地下水抬升产生浸没情况产生的影响较大。

(3) 昆明段

本次扩建的安宁大箐水库由现状规模 273 万 m^3 扩建至 2000 万 m^3 ，富民黄坡水库由 213 万 m^3 扩建至 513 万 m^3 。

据水库区基础地质资料及实地野外调查显示，安宁大箐水库区主要发育的是昆阳群黑山头组板岩，裂隙较发育，富水性较弱；富民黄坡水库区主要发育二叠系峨眉山致密块状玄武岩，风化裂隙较发育，富水性较弱；综上，两扩建水库地下水类型均为基岩裂隙水，裂隙均较发育，富水性均较弱。本次评价渗透系数参数选区间值 0.03-0.1 m/d ，降水补给强度按照各区域年均降雨量及降雨入渗系数统计所求。

经计算安宁大箐水库影响半径为 36.9-67.3m，富民黄坡水库影响半径为 45.1-82.3m。综上，本次拟扩建的安宁大箐水库及富民黄坡水库对区域地下水水位影响范围较小。

表 5.3.2-3 昆明段扩建调蓄水库影响半径计算成果一览表

工程名称	含水层厚度 H (m)	含水层渗透系数 K (m/d)	降水补给强度 W (m/d)	重力给水度 μ	计算时间 t (d)	影响半径 R (m)
大箐水库	8	0.03-0.1	0.00055	0.1	365	36.9-67.3
黄坡水库	10	0.03-0.1	0.00048	0.1	365	45.1-82.3

(4) 玉溪段

根据各调蓄水库的地形坡度，表 5.3.2-4 给出了各水库水位上升 1m、3m 和 5m 时的地下水水位影响范围。可以看出：在短期内，水库水位上升 1m 时，大部分水库的地下水水位影响范围在 50m 以内；水库水位上升 3m 时，大部分水库的地下水水位影响范围在 150m 以内；水库水位上升 5m 时，大部分水库的地下水水位影响范围在 250m 以内。

表 5.3.2-4 玉溪段调蓄水库水位变动引起的地下水位影响统计表

受水小区	水库名称	水库规模	所在乡（镇）	地形坡度	水位变幅 (m)	地下水水位影响范围 (m)
易门龙泉	岔河水库	中型	小街镇	0.05~0.18	1	5~20
					3	16~60
					5	27~100
	白龙水库	小(-)型	六街镇	0.16~0.21	1	5~6
					3	14~19
					5	24~31
玉溪红塔	东风水库	中型	玉兴街道	0.04~0.15	1	6~25
					3	20~75
					5	33~125
	凤凰水库	小(-)型	高仓街道	0.04~0.35	1	2~25
					3	8~75
					5	14~125
江川大街	石河水库	小(-)型	前卫镇	0.01~0.11	1	9~100
					3	27~300
					5	45~500
	跃进水库	小(-)型	大街街道	0.02~0.22	1	4~50
					3	13~150
					5	22~250
	捧寨水库	小(-)型	大街街道	0.02~0.1	1	10~50
					3	30~150
					5	50~250
	大寨水库	小(-)型	大街街道	0.01~0.05	1	20~50
					3	60~150
					5	100~250
华宁宁州	白龙河水 库	中型	宁州镇	0.02~0.40	1	2~50
					3	7~150
					5	12~250
通海秀山	琉璃河水 库	小(-)型	河西镇	0.05~0.27	1	3~20
					3	11~60
					5	18~100

(5) 红河段

结合库区周边土地利用类型、岩土性质、村镇分布情况，本次主要分析中型水库充蓄后浸没的可能性及影响，本次评价水库基本信息见下表。

表 5.3.2-5 红河段输水工程沿线中型水库

水库名称	兴利库容 (万 m ³)	总库容 (万 m ³)	正常蓄水位 (m)	死水位 (m)	地层代号	地层岩性	浸没影响
阿白冲 水库	1226	1538	1562.62	1516.9	Zac	砾岩、长石(石英) 砂岩	小
高冲水	970	1017	1478.41	1452.5	Pt1h、D3y	石英砂岩、石灰岩	小

库							
跃进水库	3910	5370.0	1541.57	1528.0	T3s	砂岩、长石石英砂岩	较大
绵羊冲水库	1376	1605	1362.5	1343.1	N	石英砂岩、粉砂岩	较大
长桥海水库	1587	1717.9	1288.94	1284.4	Q	浅灰色白云岩、灰岩	较大
五里冲水库	5076	7949	1458.00	1422.0	€21	石英砂岩、粉砂岩	小

根据充蓄水库分布特征，初步选取地形地貌、有无第四系堆积层分布、农业耕作区域分布高程、岩土特征、地下水位埋深等，对充蓄后发生浸没影响较大的水库进行分析。各水库具体分析情况如下：

1) 跃进水库

库底主要发育三叠系上统干海子组 (T_{3g}) 灰黑色泥质粉砂质页岩、火把冲组 (T_{3h}) 紫红黄色砾岩及石英砂岩，岩石相对隔水，其北东侧发育长大断裂。跃进水库地处中山平缓谷地，库区四周居民密布，农业生产较为发达，水库南侧及西侧地表大面积覆盖第四系全新统 (Q_{cal}) 砾石、砂、粉砂及粉质粘土，层厚 7-30m 不等，根据中国地质调查局水文地质手册 (第二版) 粉砂质粘土毛细水上升高度经验值为 0.8m；故跃进水库库区临界地下水位埋深约 1.3m，因而跃进水库发生水库浸没产生的影响较大。

2) 绵阳冲水库

库底主要发育上第三系中新统 (N) 黄白色、浅灰色砾石、含砾粗砂岩及长石石英砂岩、粉砂岩，局部夹泥盆系中统曲靖段 (D_{2dq}) 中厚层灰岩夹白云岩，其北东侧红壤土覆盖层较为广泛。绵阳冲水库地处建水盆地北侧，库区四周村落密集，农业生产活动发达，根据中国地质调查局水文地质手册 (第二版) 粉砂质粘土毛细水上升高度经验值为 0.8m；故绵阳冲水库库区临界地下水位埋深约 1.3m，水库蓄水后，地下水位轻微抬升便会浸没库区周边农田耕地，影响居民农业生产，因而绵阳冲水库发生水库浸没产生的影响极大。

3) 长桥海水库

坝址属第四系洪积-湖积沉积物，周围有大面积的农田和村镇分布。农田岩土类型主要是粉砂质粘土，主要种植水稻、玉米和烟草根据中国地质调查局水文地质手册(第二版)粉砂质粘土毛细水上升高度经验值为 0.8m；故跃进水库库区临界地下水位埋深约 1.3m，因而跃进水库发生水库浸没产生的影响较大。

5.3.2.2 潜在污染源对工程输水水质的影响

庙街乡河上湾养猪场位于巍山县庙街乡，与庙街乡的直线距离约 2.5km，东侧 260m 左右为巍山干线。从剖面图可知，巍山干线在此段高程明显高于养猪场；且此段干线设计建筑工程类型为有压管道，因此养猪场对输水水质基本不存在影响。但猪场在非正常情况下的污染物泄漏会对下游居民区地下水水质构成较大影响。建议加强猪场的防渗处理措施，比如场地内部地面硬化、周围修建挡水措施截流污水等。

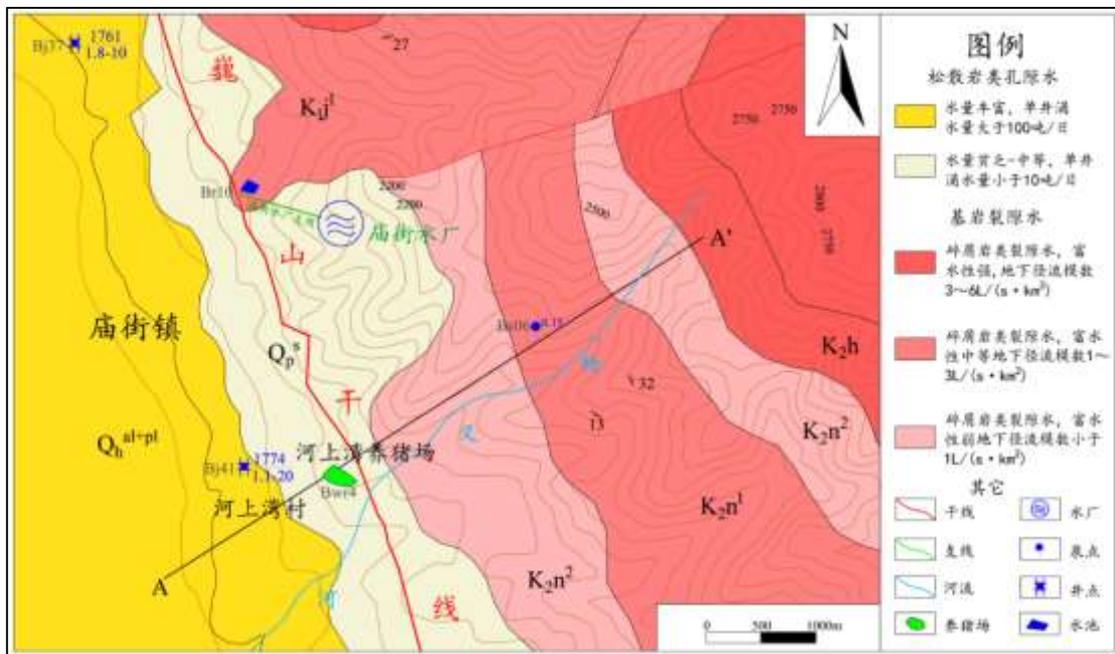


图 5.3.2-1 养猪场平面位置图

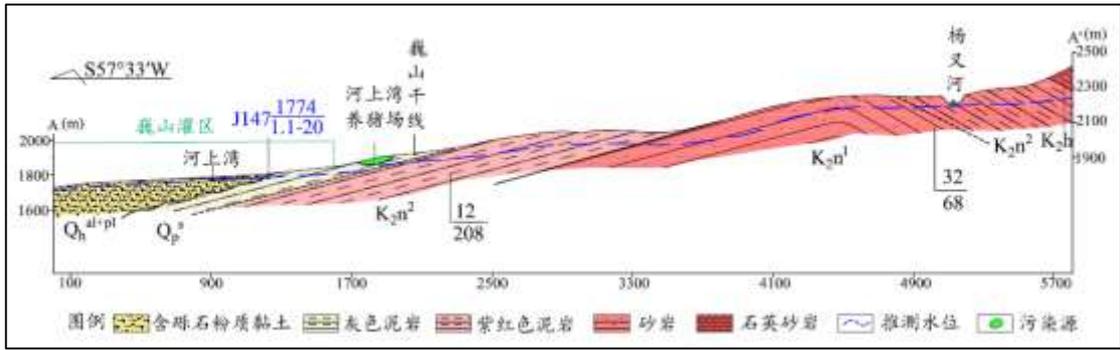


图 5.3.2-2 养猪场位置剖面图

5.3.2.3 受水区地下水环境的影响

二期工程受水小区 34 个，涉及丽江市、大理州、楚雄州、昆明市、玉溪市、红河州共 32 个县、市、区，受水区面积共 3.69 万 km²。供水总量为 34.03 亿 m³，其中供给城镇生活 9.55 亿 m³、工业 12.74 亿 m³，供给农业灌溉 5.02 亿 m³，向湖泊环境补水 6.72 亿 m³。

(1) 工业用水对地下水环境的影响

二期工程受水区内工业废水处理达标排放，处理后排水沿各条支流最终汇入金沙江、澜沧江、红河、南盘江，受滇中地区高原地形地貌控制，地表河流为区域地下水的排泄途径，地下水一般不受地表河流水量的补给。因此，二期工程通水后，受水区内工业退水对地下水水质和水量基本无影响。

(2) 生活用水对地下水环境的影响

二期工程通水运行后，城镇生活污水进入污水处理厂达标排放，其中大理市、楚雄市、昆明市、红塔区、个旧市、开远市生活污水收集率 95%，其他受水小区生活污水收集率 85%，大部分城镇生活污水都能进入污水处理厂得到处理。2040 年受水区内的污水处理厂处理工艺经升级改造后出水可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标，因此污水处理厂排水浓度 COD50mg/L、氨氮 5mg/L。污水处理厂排水进入各条支流最终汇入金沙江、澜沧江、红河、南盘江，城镇生活退水对受水区

地下水水质和水量基本无影响。

受水区生活用水有少部分为农村生活用水，存在农村生活污水的分散排放的现实，对于这部分不能进入污水处理厂的小部分生活污水，生活污水的初始浓度为 COD120mg/L、氨氮 25mg/L。本工程农村生活供水量较小，农村生活污水产生量较小，随着国家乡村振兴战略、农村人居环境整治行动计划的实施，农村生活污水收集处理系统的逐步建立，农村生活污水对地下水环境的影响将越来越小。

(3) 农业用水对地下水环境的影响

2040 年受水区内灌溉水利用系数将由现状的 0.59 提高到 0.66~0.67，实施滇中引水二期工程后，灌溉水利用系数将有所提高，农业灌溉的回归水系数 0.1。农业灌溉对地下水环境的影响主要是由大气降水和灌溉回归水溶解一部分化肥和农药进入地下水造成。农田过量施用化学氮肥后，未被植物吸收利用的氮素（主要以 NH_4^+ 形式存在），一部分转化为 NH_3 （排入大气）或被土壤所吸附、交换，余下部分在地下水好痒带（主要是表层土），被硝化为 NO_3^- 。由于 NO_3^- 带负电荷，难于被土壤颗粒吸附，因而其在地下水环境中具有高度的流动性和稳定性，除少量 NO_3^- 被脱氮菌转化为氮气外，大量 NO_3^- 进入地下水，从而造成长期的、广泛的污染。农药经过喷洒之后，一部分挥发进入大气，一部分被土壤颗粒吸附，一部分随水分渗入进入地下水中，其毒性、高残留特性便会发生效应，造成水体及土壤的污染。

农业灌溉会引起地下水中氮和磷含量的增加。因此，需要施行多种措施缓解农灌区的地下水环境，并及时对地下水水质进行监测评价。

5.4 陆生生态影响预测

5.4.1 对生态系统的影响

5.4.1.1 施工期对生态系统的影响

(1) 对生态系统功能的影响

工程占地区总面积 1030.08hm²，生物生产力减少 8097.41t/a，占评价区生物生产力 198405.89t/a 的 4.08%。主要损失来自人工植被，损失量 4369.79t/a，占评价区比例的 6.69%，剩余部分主要是自然植被损失，损失量 3651.53 t/a，占评价区比例的 2.85%。如表 5.4.1-1。

表 5.4.1-1 二期骨干工程占地区生物生产力损失

植被类型		平均生产力(g/m ² a)	评价区		占地损失		
			面积 hm ²	生产量 t/a	面积 hm ²	t/a	占评价区比例%
自然植被	半湿润常绿阔叶林	1600	618.11	9889.76	22.17	354.72	3.59
	硬叶常绿阔叶林	1100	8.72	95.92	0.38	4.18	4.36
	落叶阔叶林	1350	16.11	217.485	0.74	9.99	4.59
	暖温性针叶林	1080	7802.31	84264.948	225.43	2434.64 4	2.89
	灌丛	900	3126.63	28139.67	84.64	761.76	2.71
	稀树灌木草丛	800	699.12	5592.96	10.78	86.24	1.54
小计			12271.00	128200.74	344.14	3651.53	2.85
人工植被	人工林	550	930.67	5118.685	186.38	1025.09	20.03
	园地	450	147.61	664.245	81.66	367.47	55.32
	水田	1200	1566.82	18801.84	79.84	958.08	5.10
	旱地	700	5817.73	40724.11	288.45	2019.15	4.96
小计			8462.83	65308.88	636.33	4369.79	6.69
其他	水体	400	159.2	636.8	6.51	26.04	4.09
	城镇居民点	250	1587.73	3969.325	4.64	11.6	0.29
	交通用地	100	103.64	103.64	23.59	23.59	22.76
	工矿用地	100	186.49	186.49	14.86	14.86	7.97
小计			2037.06	4896.26	49.60	76.09	1.55
合计			22770.89	198405.89	1030.08	8097.41	4.08

(2) 对水土保持力的影响

受到工程的影响，工程区内施工前后的水土保持能力有所下降，其变化了 1.90%，基本不受影响，如表 5.4.1-2。

表 5.4.1-2 施工前后评价区水土保持力变化

时期	水土保持能力
施工前	73.35
施工后	71.98
变化百分比	-1.90

(3) 生态系统质量变化

工程区生物量损失 25198.01t, 占评价区总生产量 791029.37t 的 3.19%。主要损失来自自然植被, 损失量 19542.70t, 占评价区比例的 2.98%, 剩余部分主要是人工植被损失, 损失量 5654.32t, 占评价区比例的 4.55%, 表 5.4.1-。

表 5.4.1-3 二期骨干工程占地区生物量损失

植被类型	平均生物量(g/m ² a)	评价区		占地损失			
		面积 hm ²	生产量 t/a	面积 hm ²	生产量 t/a	占评价区比例%	
自然植被	半湿润常绿阔叶林	180	618.11	111259.80	22.17	3990.60	3.59
	硬叶常绿阔叶林	160	8.72	1395.20	0.38	60.80	4.36
	落叶阔叶林	150	16.11	2416.50	0.74	111.00	4.59
	暖温性针叶林	60	7802.31	468138.60	225.43	13525.80	2.89
	灌丛	20	3126.63	62532.60	84.64	1692.80	2.71
	稀树灌木草丛	15	699.12	10486.80	10.78	161.70	1.54
小计		12271.00	656229.50	344.14	19542.70	2.98	
人工植被	人工林	30	930.67	27920.10	186.38	5591.40	20.03
	园地	20	147.61	2952.20	81.66	16.33	0.55
	水田	15	1566.82	23502.30	79.84	11.98	0.05
	旱地	12	5817.73	69812.76	288.45	34.61	0.05
小计		8462.83	124187.36	636.33	5654.32	4.55	
其他	水体	5	159.20	796.00	6.51	0.33	0.04
	城镇居民点	6	1587.73	9526.38	4.64	0.28	0.00
	交通用地	1	103.64	103.64	23.59	0.24	0.23
	工矿用地	1	186.49	186.49	14.86	0.15	0.08
小计		2037.06	10612.51	49.60	0.99	0.01	
合计		22770.89	791029.37	1030.08	25198.01	3.19	

(4) 生态状况指数的影响

受工程的影响, 评价区施工前后的生态状况指数有轻微的下降, 其变化了 0.46%, 基本不受工程建设的影响, 如表 5.4.1-4。

表 5.4.1-4 施工前后评价区生态状况指数变化

时期	生态状况指数
施工前	0.6605
施工后	0.6575
变化百分比(%)	-0.46

(5) 生态系统质量指数的影响

受到工程的影响，评价区施工前后的生态系统质量指数有所下降，其前后变化了 1.11%，由此工程建设对评价区生态系统质量的影响较小，基本不受影响，表 5.4.1-。

表 5.4.1-5 施工前后评价区生态系统指数变化

时期	生态系统功能指数	生态系统胁迫指数	生态系统质量指数
施工前	0.8449	0.2946	0.5503
施工后	0.8449	0.3007	0.5442
变化百分比(%)	0.00	2.07	-1.11

总体而言，工程建设对评价区生物生产力和水土保持能力的减少都很少，对生物量、生态状况指数以及生态系统质量指数的减少都很少，工程建设对评价区生态系统功能和生态系统质量的影响不明显。

5.4.1.2 运行期对生态系统的影响

本工程建设运行后，无污染物产生，不再新增占地影响，评价区水资源量有所增加，区内生态用水得到补偿，河道内、各库区及湖泊水量增加，裸露的河滩地面积将逐渐减少，随着时间延长，天然河段生态系统将逐步改善。在经过一段时期后，评价区生态系统将建立新的平衡。

5.4.2 对陆生植被和景观结构的影响

5.4.2.1 施工期对植被的影响

工程建设占地总面积 1030.08hm²，其中永久占地 374.76hm²，临时占地 655.31hm²，合计占评价区总面积 22770.89hm² 的 4.52%。工程占用各植被类型面积情况如表 5.4.2-1 所示。

表 5.4.2-1 工程占地对植被的影响

植被/景观类型	评价区(hm ²)	占地面积(hm ²)			占总占地比例 (%)	占评价区同类型比例 (%)
		永久占用	临时占用	合计		
半湿润常绿阔叶林	618.11	11.15	11.02	22.17	2.15	3.59
硬叶常绿阔叶林	8.72	0.16	0.22	0.38	0.04	4.40
落叶阔叶林	16.11	0.23	0.51	0.74	0.07	4.62
暖温性针叶林	7802.31	47.74	177.69	225.43	21.88	2.89
热性灌丛	312.93	2.73	13.02	15.75	1.53	5.03

植被/景观类型	评价区(hm ²)	占地面积(hm ²)			占总占地比例 (%)	占评价区同类型比例(%)
		永久占用	临时占用	合计		
暖性石灰岩灌丛	106.91	1.45	5.47	6.92	0.67	6.47
暖温性灌丛	2706.79	14.06	47.91	61.97	6.02	2.29
稀树灌木草丛	699.12	8.12	2.66	10.78	1.05	1.54
人工林	930.67	71.39	114.99	186.38	18.09	20.03
园地	147.61	31.23	50.43	81.66	7.93	55.32
水田	1566.82	36.24	43.6	79.84	7.75	5.10
旱地	5817.73	134.35	154.09	288.45	28.00	4.96
水体	159.2	4.06	2.46	6.51	0.63	4.09
城镇居民点	1587.73	3.29	1.34	4.64	0.45	0.29
交通用地	103.64	3.58	20.02	23.59	2.29	22.76
工矿用地	186.49	4.98	9.88	14.86	1.44	7.97
合计	22770.89	374.76	655.31	1030.08	100.00	4.52

工程占用面积最大的植被类型为旱地，为 288.45hm²，占总占地面积的 28.00%，占评价区同类型植被面积的 4.50%；占用自然植被面积最大的类型为暖温性针叶林，占用面积 225.43hm²，占总占地面积的 21.88%，占评价区同类型植被面积的 2.89%；工程还占用地带性植被半湿润常绿阔叶林 22.17hm²，占总占地面积的 2.15%，占评价区同类型植被面积的 3.59%；此外，工程占用硬叶常绿阔叶林面积 0.38hm²，占用落叶阔叶林面积 0.74hm²，占用热性灌丛 15.75hm²，占用暖性石灰岩灌丛 6.92hm²，占用暖温性灌丛 61.97hm²，占用稀树灌木草丛 10.78hm²，分别占评价区同类型植被面积的 4.40%、4.62%、5.03%、6.47%、2.29%和 1.54%。

工程占用较大面积的农田，对区域农业生产有一定影响，但占用面积比例不大，影响十分有限。工程占用面积较大的暖温性针叶林和暖温性灌丛均为区域广泛分布的植被类型，占用自然植被面积比例都不大，工程建设不会引起区域景观组成和结构和生态系统完整性的明显改变。但工程施工临时占用森林面积较大，建议进一步优化工程施工布置，减少对临时占地区的森林占用。

5.4.2.2 运行期对植被的影响

本工程运行期不再对植被造成不利影响，受施工期影响的植被也将逐

步得到恢复，工程运行阶段，评价区生态用水得到补偿，对评价区内水汽条件改善具有一定积极作用，土壤和空气中含水率有所增加，有利于植被的恢复和繁衍，对评价区植被向更高层次群落的演替具有促进作用。

5.4.3 对植物的影响

5.4.3.1 施工期对植物的影响

(1) 对植物资源的影响

工程建设将造成地表植被扰动，输水线路开挖、弃渣场、施工道路、料场等建设，将破坏一定面积的云南松林、半湿润常绿阔叶林、暖性石灰岩灌丛、暖温性稀树灌木草丛等植被。受损的植被类型主要为农田和暖温性针叶林，受影响的植物均为常见植物种类，且在评价区广泛分布。受影响的主要植物种类如云南松、华山松、云南油杉、锥连栎、麻栎、旱冬瓜、车桑子、华西小石积等木本植物和区域广泛分布的草本植物。

由于受影响的植物均与区域广泛分布的植物种类，工程建设不会导致植物个体数量的明显减少，种群结构和区系组成、特征的明显改变，更不会导致物种的灭绝。

(2) 对保护植物的影响

评价区内未调查到珍稀濒危保护植物和名木古树分布。

5.4.3.2 运行期对植物的影响

工程运行期不再对评价区植物造成不利影响，评价区内生态用水得到补偿，区域水湿条件有所改善，将有利于植物的生长发育。

5.4.4 对陆生动物影响

工程建设会影响或改变动物生存、繁衍的生态环境，这已引起人们越来越多的关注。骨干工程建成后，对动植物的影响较为复杂，不仅限于骨干工程部分设施侵占了动物的栖息地和改变了动物栖息地的环境；也影响

动物的活动、迁徙等。

5.4.4.1 施工期对陆生动物的影响分析

(1) 工程施工对陆生动物的影响

工程兴建过程中，对陆生动物的影响具体表现为：

①主体工程基础开挖与排水，砂石料冲洗废水，施工人群生活污水以及各类机械的含油污水等，对水质将会产生不利影响，影响沿河生活的一些种类，如鱼类、两栖类和水生型爬行类、水域栖居型鸟类。

②基础开挖、交通运输、拌和机械的运行产生噪声污染；砂石料加工产生的粉尘与扬尘形成粉尘污染；燃煤、燃油产生废气导致气体污染。施工区的噪声污染、粉尘污染和气体污染可能使一些中小型兽类暂时迁出施工区，由于施工区处于河谷缓坡，地势相对开阔，气体和噪声的扩散条件较好，对区域环境空气质量影响不会太严重。

③弃渣、开挖造成的水土流失、生产生活的垃圾等，均会对施工区的野生动物生存产生一定程度的影响，但都可以采取措施加以预防和减免。

从整体上说，骨干工程建设将使动物的栖息和活动场所缩小，如小型穴居兽类和爬行类的洞穴、鸟类巢区的生境遭到破坏后，少数动物的繁殖将有可能受到一定影响。结果迫使原栖息在这一带的动物迁往其他生境适宜的地区，但不会导致任何物种的消失。两栖类动物也会受到一定影响，种群在一段时间内将会有大的波动，最后随着工程建设的结束，生态环境逐渐恢复，种群又会得以恢复或略有增长。

工程施工期对陆栖脊椎动物的不良影响主要表现为栖息地丧失、人类干扰加重和对动物通道的阻隔。

虽然工程施工将对动物的生境造成一定破坏，但由于工程建设区域的主要植被类型为农田和受人类活动干扰的灌丛和灌草丛植被，所以生境破

坏不会对动物的生存和繁殖造成明显影响；工程影响是短期的，施工结束后将进行土地复垦和植被恢复，多数动物有重返原环境的条件和可能。

工程施工期人类活动干扰加重可能对动物的活动产生一定影响，但工程建设的大部分地段已是受人类活动强烈影响的区域，且大多数地段原现有公路布线，原有的人为干扰已经很严重，大多数物种对干扰已经适应，所以施工期人类活动对野生动物的影响不明显。

工程施工期间将切断动物通道，通过调查，未发现横穿骨干工程建设区域的重要动物通道，而临近骨干工程区已有公路并且长期存在，且本工程施工期较短，所以工程不会对动物通道造成明显影响。

(2) 对珍稀濒危保护动物的影响

评价区有国家重点保护野生动物 20 种(国家 I 级保护动物 1 种(鸟类)，国家 II 级保护动物 16 种(鸟类 13 种、哺乳类 2 种)；无云南省省级保护种类；被《中国脊椎动物红色名录》列为珍稀濒危种类 5 种(两栖类 1 种，爬行类 3 种，鸟类 1 种)，被《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录收录的物种有 10 种(鸟类 9 种，哺乳类 1 种)。这四个名录有些种类有重复，故有珍稀保护种类 20 种。

国家 I 级重点保护鸟类黄胸鹀 (*Emberiza aureola*) 栖息于昆明市和红河州的评价区低山丘陵和开阔平原地带的灌丛、草甸、草地和林缘地带。其主要威胁来自于人类捕杀，特别是来自非法捕猎，已经濒临灭绝。在中国，黄胸鹀(俗名禾花雀)在鸟类贸易中占有很大份额，中国南方和北方该物种进入贸易市场的形式也有着极大的差异。在中国北方，此物种作为一种宠物进入贸易市场，因其雄性外形优美叫声悦耳而受到欢迎；而在中国南方，此物种作为食品进入市场，由于中医理论认为该物种有滋补强壮的作用，因而在广东民间人们将中医理论加以衍生，错误地宣传食用以黄胸鹀为主要原料煲制的汤可以补肾壮阳，极大地提高男性的性能力。虽然这一

说法没有得到现代药理学的实验支持，但这一传统仍然随着粤菜和广东饮食文化的传播而广泛传播，由于此物种始终未能实现人工繁殖，饮食文化所需的个体均系野外捕捉。这一饮食文化给黄胸鹇带来了灭顶之灾，并造成野生黄胸鹇的种群数量大幅度下降。国家 2021 年把该种动物列为 I 级重点保护鸟类，极可能是居于此种原因。所以对这种保护鸟类的威胁不是来自调水工程，调水工程对黄胸鹇影响不大。

13 种国家 II 级保护鸟类中有 7 种为猛禽，因为其活动范围大而进入评价区内觅食，但并不在此繁殖，故工程建设不会对其产生明显影响。

白胸翡翠(*Halcyon smyrmensis*)栖息于大理州、楚雄州、昆明市、玉溪市、红河州和丽江市的永胜县沿河流、稻田中的沟渠、稀疏丛林、城市花园、鱼塘。调水工程有利于扩大其栖息地，有利于该种动物的生存和繁衍。

红喉歌鸲(*Luscinia calliope*)、画眉(*Garrulax canorus*)和红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)鸣声婉转动听，是世界各地著名的笼养观赏鸟类，也是中国传统的外贸出口鸟类。每年除大量捕捉供各动物园和个人饲养观赏外，还出口境外，致使它们的种群数量显著减少，应控制捕猎，注意保护资源。故调水工程对上述 3 种保护鸟类的影响不大。

橙翅噪鹛(*Garrulax ellietii*)栖息于海拔 1500-3400m 的山地和高原森林与灌丛中。主要在大理州工程影响区边缘活动，在海拔较高的区域繁殖(吴至康观察到的巢穴位于 2400m，杨岚等观察到的巢穴位于 3250m)，工程对该种保护鸟类影响不大。

红胁绣眼鸟(*Zosterops erythropleura*)生活于阔叶林、针叶林、园亭、果园、高大行道树和竹园间。在工程影响评价区分布于昆明市、玉溪市和红河州，工程建设对该种保护鸟类影响不大。

白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstiae*)和楔尾绿鸠(*Trerons phenura*)虽在评价区有分布，但基本上是在评价区相邻的山林地区活动，偶尔可能出现在

评价区范围内。工程施工不会对上述的国家重点保护动物在当地的生存、繁衍及种群密度造成明显影响。

对珍稀物种双团棘胸蛙(*Paa yunnanensis*)主要的威胁是人们对它们的捕食，要严禁施工人员购买、捕捉和食用双团棘胸蛙，以保护这种动物。

对爬行类中的珍稀保护物种三索锦蛇(*Elaphe radiata*)、黑眉锦蛇(*Elaphe taeniura*)和黑线乌梢蛇(*Zaocys nigromarginatus*)同样存在着购买、捕捉和食用的问题。中国传统习惯有把蛇类制成泡酒饮用，认为这样制成的酒类可以治疗风湿、关节炎，这些都对蛇类和珍稀保护蛇类造成较大的威胁。要教育施工人员严格遵守国家和云南省野生动物保护法和有关条例，严禁工程施工人员购买、捕捉和食用蛇类。

对于保护物种赤狐(*Vulpes vulpes*)和豹猫(*Felis bengalensis*)，其个体大，反应机敏、运动能力极强，且分布在评价区边缘，故工程施工对它们的影响不大。

对哺乳类中的珍稀物种豹猫和复齿鼯鼠(*Trogopterus xanthipes*)，由于它们运动能力强，且分布在评价区边缘，故工程施工对它们的影响不大。

5.4.4.2 营运期对陆生动物的影响分析

本工程营运期不产生污染，不会产生新增影响。但工程管护人员检修和管理会带来一定的扰动影响，其对动物的影响甚微。在工程运行后，评价区水资源量得到增加，天然河道生态用水得到补偿，对喜湿的两栖类带来有利影响，会扩大两栖类动物的栖息地，有利于珍稀濒危动物双团棘胸蛙的生存和繁衍。同时，一些水鸟和以两栖类为食的爬行类动物会有所增加。

5.4.5 对景观的影响

5.4.5.1 景观生态组成变化

受工程影响各类景观斑块数总计变为 923 块，其中稀树灌木草丛的斑块数增加数量最多，增加了 162 块，除了人工林和园地，其余的均有所增加。各类景观平均斑块面积均有减少。工程总体对景观生态组成变化的影响不大。如下表。

表 5.4.5-1 二期骨干工程占地对景观组成的影响

景观类型	景观面积 (hm ²)		斑块数量(个)		平均斑块面积变化 (hm ²)
	施工前	施工后	施工前	施工后	
半湿润常绿阔叶林	618.11	618.11	11	13	-8.64
硬叶常绿阔叶林	8.72	8.7	2	2	-0.01
落叶阔叶林	16.11	16.15	2	2	0.01
暖温性针叶林	7802.31	7987.63	86	138	-32.84
热性灌丛	312.93	315.73	12	13	-1.79
暖性石灰岩灌丛	106.91	108.26	17	18	-0.28
暖温性灌丛	2706.79	2462.35	81	88	-5.44
稀疏灌木草丛	699.12	887.79	53	215	-9.06
人工林	930.67	375.58	42	40	-12.77
园地	147.61	140.23	3	2	20.92
水田	1566.82	1628.58	37	53	-11.62
旱地	5817.73	6035.6	126	211	-17.57
水体	159.2	161.03	8	16	-9.93
城镇居民点	1587.73	1580.04	57	58	-0.61
交通用地	103.64	75.61	7	8	-5.36
工矿用地	186.49	369.5	40	46	3.37
合计	22770.89	22770.89	584	923	-14.32

5.4.5.2 景观格局影响预测与评价

滇中引水二期骨干工程建设内容包括输水工程、调蓄工程、连通工程，工程建设新建工程占地面积较小。

(1) 景观多样性指数变化

施工前后评价区景观多样性指数和景观均匀度指数略有下降，Shannon-Weaver 多样性指数由 1.7341 下降至 1.7315，Shannon 均匀度指数由 0.6761 下降至 0.6751，Simpson 多样性指数由 0.7604 下降到 0.7587，Simpson 均匀度指数由 0.8238 下降到 0.8219。总的说来，评价区的景观多样性指数并不

因工程的实施而发生明显的改变。景观多样性指数变化见下表。

表 5.4.55-2 施工前后评价区景观多样性指数变化

时期	多样性指数 SHDI	多样性指数 SIDI	均匀度指数 SHEI	均匀度指 数 SIEI	优势度指 数 LSDI
施工前	1.7341	0.7604	0.6761	0.8238	0.3239
施工后	1.7315	0.7587	0.6751	0.8219	0.3249

(2) 景观空间格局变化

施工前后评价区景观空间格局指数破碎度指数增加，破碎度由 44.2224 上升至 44.9401，景观更加破碎化，而聚集度、连通度均有所下降，聚集度由 87.7814 下降至 87.7586，连通度由 96.3256 下降至 96.3207。总的说来，评价区的景观空间格局指数并不因工程的实施而发生明显的改变。景观空间格局指数变化见下表。

表 5.4.55-3 施工前后评价区景观空间格局指数变化

时期	蔓延度 CONTAG	聚集度 AI	连通度 COHESION	分割度指数 DIVISION	破碎度 SPLIT
施工前	56.5453	87.7814	96.3256	0.9774	44.2224
施工后	56.4358	87.7586	96.3207	0.9777	44.9401

总体来看，工程建设对评价区的景观生态组成、景观多样性指数以及景观空间格局变化的影响不大，基本不受影响。

5.4.6 对土地利用的影响

工程评价区总面积 22770.89hm²，工程占用面积 1030.08hm²，占评价区总面积 4.52%。占用面积最大的是乔木林地，占用面积 435.12hm²，占评价区乔木林地面积的 4.64%；其次旱地和水田，面积分别为 288.45hm² 和 79.84hm²，比例为 4.96%和 5.10%。占用面积比例最大的是园地，占用面积 81.66hm²，比例 55.32%；其他土地利用类型占用的面积和比例均较小（表 5.4.6-1）。

除占用园地比例稍大外，占用其他土地利用类型的比例都较小，对区域土地利用结构影响不大；占用农田面积较大，对区域农业生产会产生一

定影响。

表 5.4.6-1 二期骨干工程占地对土地利用的影响

土地利用类型	评价区面积(hm ²)	占用面积(hm ²)	占用比例(%)
乔木林地	9375.92	435.12	4.64
灌木林地	3126.63	84.64	2.71
荒草地	699.12	10.78	1.54
园地	147.61	81.66	55.32
水田	1566.82	79.84	5.10
旱地	5817.73	288.45	4.96
水体	159.2	6.51	4.09
城镇居民点	1587.73	4.64	0.29
交通用地	103.64	23.59	22.76
工矿用地	186.49	14.86	7.97
合计	22770.89	1030.08	4.52

5.5 水生生态影响预测

滇中引水二期工程由二期骨干工程和二期配套工程组成，二者相互衔接、共同发挥滇中来水对受水区的供水任务，运行期对受退水区水生生态及地表水环境的影响也是相互叠加、共同作用的，具有整体性和不可拆分性特点。因此，本次评价将二期工程水生生态评价区作为一个整体开展运行期环境影响评价工作，具体工作由评价单位委托中科院昆明动物研究所开展并编制相应子专题报告。

5.5.1 对浮游植物的影响

5.5.1.1 施工区影响

工程建设期对浮游植物的影响主要体现在施工对河道或其他水体的物理扰动，这种扰动往往是小范围和短期的，待工程施工结束后，这种影响会消失，被扰动的区域的浮游植物也会逐渐得到还原，总体影响较小。

5.5.1.2 受水区影响

新建调蓄水库中，中村水库库区水体由河流态转变为湖库态，浮游植物密度和生物量均会有所上升；大唐、杨柳田水库坝址处河流为季节性冲沟，现状浮游植物生物量较少，建库后库区浮游植物密度和生物量上升变

化较明显。对于黄坡、大箐 2 座扩建调蓄水库而言，水质将会得到改善，浮游植物密度和生物量将会降低，往喜清洁型浮游植物群落方向发展。部分水库目前水质较好，预测来水对水库水质影响不大，浮游植物群落变化较小。

在已建调蓄水库中，调水水质较好，对原有水质较好的水库，浮游植物群落结构影响较小；对一些水质尚好，但劣于来水水质的水库，水质将得到提升，浮游植物密度将会减少，往喜清洁型浮游植物群落方向发展。

受水河道中水质较好的，浮游植物群落趋于稳定，受水后影响较小；水质较差的，水质将得到较大提升，水流增大，浮游植物密度和生物量将会降低，往喜清洁型、河流型浮游植物群落方向发展。

受水的湖泊在长期的清洁水体稀释下，水质改善，浮游植物将会有下降趋势，往喜清洁型浮游植物群落方向发展。但也应该注意，由于面源污染的增加，部分湖湾可能会有营养增加，藻类密度增加的情况。

调查河段的浮游植物均为广布种，不会形成新的外来物种入侵。

5.5.1.3 退水区影响

退水区水质得到改善，水量增加，且退水区浮游植物密度和生物量与受水区密切相关，预测退水区的河流浮游植物密度均有下降的趋势。

5.5.2 对浮游动物的影响

5.5.2.1 施工区影响

工程建设期对浮游动物的影响主要体现在施工对河道或其他水体的物理扰动，这种扰动往往是小范围和短期的，待工程施工结束后，这种影响会消失，被扰动的区域的浮游动物也会逐渐得到还原，总体影响较小。

5.5.2.2 受水区影响

新建调蓄水库中，中村水库库区水体由河流态转变为湖库态，浮游动

物密度和生物量均会有所上升；大唐、杨柳田水库坝址处河流为季节性冲沟，现状浮游植物生物量较少，建库后库区浮游动物密度和生物量上升变化较明显。对于黄坡、大箐 2 座扩建调蓄水库而言，水质将会得到改善，浮游植物密度和生物量将会降低，往喜清洁型浮游植物群落方向发展。部分水库目前水质较好，预测来水对水库水质影响不大，浮游植物群落变化较小。

在已建调蓄水库中，调水水质较好，对原有水质较好的水库，浮游动物群落结构影响较小；对一些水质尚好，但劣于来水水质的水库，水质将得到提升，浮游动物密度将会减少，往喜清洁型浮游动物群落方向发展。低温水进入水库中后，可能会引起局部的水温降低，并导致一些浮游动物生长和繁殖减缓。

受水的河道中，水质较好的河道，浮游动物群落趋于稳定，受水后影响较小；水质较差的河道，水质将得到较大提升，水流增大，浮游动物密度和生物量将会降低，往喜清洁型、河流型浮游动物群落方向发展。

受水的湖泊在长期的清洁水体稀释下，水质改善，浮游动物将会有个体大型化，密度下降趋势，往喜清洁型浮游动物群落方向发展。但也应该注意，由于面源污染的增加，部分湖湾可能会有营养增加，浮游动物密度增加的情况。

调查河段的浮游动物均为广布种，不会形成新的外来物种入侵。

5.5.2.3 退水区影响

退水区水质得到较大改善，水量增加，且退水区浮游动物密度和生物量与受水区密切相关，预测退水区的河流浮游动物密度均有下降的趋势。

5.5.3 对底栖动物的影响

5.5.3.1 施工区影响

项目施工区域将会占领原有底栖动物的生活环境，导致局部底栖动物不复存在，但这些区域都比较小，仅在坝址和跨线桥桥墩等区域，对整体的底栖动物群落影响较小，且调查中的底栖动物均是广布种，对物种生存影响较小。

5.5.3.2 受水区影响

受水区内新建、扩建调蓄水库总体上底栖动物种类和数量将均有增加；此次对受水区水库的监测发现，各水库中底栖动物主要以节肢动物门的种类为主，随着已建水库库区水量和水位的增加，节肢动物门种类的种群数量也将有所增加。

调查河段的底栖动物均为广布种，不会形成新的外来物种入侵，但应关注一些原有的外来物种在水质改善后种群的变化。

5.5.3.3 退水区影响

受水区退水河流主要为坝区河流，随着河流水质的改善，一些其它的底栖动物种群会重新在河流内建立，但可能需要很长的一段时间。另外，退水区河流水量的增加，也将有利于底栖动物种群的建立和恢复。

5.5.4 对水生植物的影响

5.5.4.1 施工区域影响

项目施工区域将会占领原有水生植物的生活环境，导致局部水生植物不复存在，但这些区域都比较小，仅在坝址和跨线桥桥墩等区域，对整体的水生植物群落影响较小，且调查中的水生植物均是广布种，对物种生存影响较小。

5.5.4.2 受水区影响

受水库区内水生植物较少，多为漂浮植物，调水对水库内水生植物影响较小。

调查河段的水生植物均为广布种，不会形成新的外来物种入侵，但应关注已有的外来物种在调水后的种群变化。

5.5.4.3 退水区影响

随着调水水量的增加，各坝区河流的水量增加，水质可以得到有效的改善。

5.5.5 对鱼类的影响

滇中引水二期工程施工期对鱼类的影响主要是涉水工程对鱼类及其生境的影响。工程建成运行后，将水源区金沙江来水引入受退水区，受退水范围主要涉及金沙江、澜沧江、红河和珠江（南盘江）水系，对受退水区内的现有充蓄水库、河流、补水湖泊等水文情势、水质等产生影响，进而对这些水体中的鱼类及其生境产生影响，同时也存在水源区鱼类进入受退水区水体造成的外来种入侵的可能性；此外二期工程新建 3 座水库，还将新增大坝阻隔并造成鱼类生境变化。

5.5.5.1 对受水区的影响

大理州断面受水区包括落漏河、桑园河、楚场河等金沙江水系一级支流，西河、毗雄河等礼社江支流和澜沧江支流黑惠江等流域及海稍、团结、大银甸、花桥、仙鹅、益民海、崔家箐、锁水阁、甸中河、大坝、巴冲箐、桑木箐、黑泥箐等充蓄水库在内的大理市广大受水区域。

楚雄州断面受水区包括龙川江、蜻蛉河、普登河等金沙江水系一、二级支流，绿汁江及其支流沙甸河，还包括东清、共和、挨小河、洋派、妙峰、罗家冲、耐桥、九龙甸、龙虎、庆丰、小石门（拟建，单独立项）、中

石坝、石门、大跃进、老鸦关等充蓄水库在内的楚雄州广大受水区域。

昆明市断面受水区包括补水湖泊滇池以及黄坡(扩建)、大箐(扩建)、宝象河、箐门口、张家坝水库等充蓄水库在内的昆明市广大受水区域。

玉溪市断面受水区包括杞麓湖和琉璃河水库、岔河水库、东风水库、凤凰水库、石河水库、跃进水库、捧寨水库、大寨水库、白龙河水库、中村水库(拟建)等在内的玉溪市广大受水区域。

红河州断面受水区包括异龙湖和长桥海、高冲水库、阿白冲水库、青云水库、跃进水库、大庄水库、五里冲水库、大唐水库(拟建)、杨柳田水库(拟建)等在内的红河州广大受水区域。

对所有州市受水区的影响主要体现以下方面:

(1) 施工对受水区的影响

工程建设期间,人类活动增加,所产生的生活污水、生产垃圾以及工程弃渣、废水,影响施工河段的水质,导致鱼类生境环境受到一定影响;施工爆破、噪声将会使鱼驱离施工区附近的河段,但一般不造成鱼类死亡。施工期地表基础开挖、车辆等设备冲洗、场地降尘洒水等会造成坝址局部河段水体浑浊,透明度降低,水质下降;尤其是输水线路上跨河建筑物等涉水工程施工,将对水体河床底泥造成扰动,局部范围内影响到鱼类栖息地,对鱼类有驱赶作用。此外施工开挖建设、基坑排水、交通运输过程中,可导致泥沙、污染物经雨水冲刷入河,引起河水悬浮物偏高,同时加剧对周围河流及其他水体水质的破坏,对鱼类生长造成一定的不利影响。上述这些都会造成河流水质发生变化,影响浮游生物生物量,从而影响了鱼类索饵场以及适宜生境。由于本工程为线性工程,线路长但施工范围较狭窄,与河流水系的交叉点不多,在做好污水、固废、渣土收集清运、处理等环保措施的前提下,工程施工对评价区鱼类生境的影响较有限。同时,随着施工结束,生境逐渐恢复,鱼类会回到工程影响区域并寻找适应的生境生

长、繁殖。

根据近年及本项目的现场调查，广大受水区河流都是以耐污性的广布种和外来种为主，如麦穗鱼、棒花鱼、鲫鱼、泥鳅、鰕虎鱼；各充蓄水库的鱼类组成十分相似，均是以鲤、鲫、草鱼、鲢、鳙、鳊等大中型经济鱼类为主，杂以喜浅水区生活的小型杂鱼，如麦穗鱼、棒花鱼、泥鳅、鰕虎鱼、黄幼鱼、食蚊鱼等，均未发现有保护价值的土著鱼类。因此，施工对受水区土著鱼类的影响较小。

（2）对鱼类区系组成的影响

滇中引水工程为跨流域调水，工程建成运行后，金沙江水将会被引入澜沧江水系、红河水系和南盘江水系。不同水系之间由于环境的不同和物种长期的进化，往往分布有不同的物种，而人为引水后，如果不采取措施，可能造成金沙江鱼类进入其他水系的现象。对受退水区水体而言，红河段大桥河等属于红河水系，大理州涉及到澜沧江水系，其余河流、湖泊大多属南盘江水系，金沙江来水存在可能带入外来种的风险。

根据《滇中引水工程环境影响报告书》中的分析评价，认为滇中引水工程水源区鱼类组成和受退水区水环境条件存在较大差异，水源区即使有少量鱼类进入补水湖泊和水库，其存活并形成稳定种群的可能性也很小，不会对受退水区的水生生态产生较大的不良影响。同时，在《滇中引水工程环境影响报告书》对金沙江取水口、分水口门等处采取相应一系列拦鱼措施的基础上，鱼类成体很难经过输水管线成功进入其他水体。因此本次评价认为鱼卵和鱼苗进入取水口的可能性也较小，即使有少量鱼卵和鱼苗随水流进入取水口，但在取水口强大的吸力下，卵苗能够存活的可能性极小，即使有极少量存活下来，经过滇中引水工程主干线和二期工程各分段长达数百公里的输水管道之后，随着沿程溶氧的降低和水力冲击，估计基本不会有存活卵苗的能够成功进入调蓄水库等水体。因此，对滇中二期工

程受水区而言，可以假定滇中引水管线来水没有外来种鱼类及其卵苗输入，综合来看外来种入侵的风险较低。同时根据近年及本项目的现场调查，各补水河流和充蓄水库现在基本以广布种和外来种为主，土著特有鱼类很少，水源区分布的 5 种外来物种，基本上在受退水区也均有分布，因此即使发生外来种入侵，入侵对土著鱼类造成的实际影响有限。此外，由于水质和水量的提高和增加，增加了环境容纳量，会提高受水区鱼类种群数量，对当地的土著鱼类也会有正面影响。

此外，滇中引水二期工程输水过程中，由于部分水源区来水需进入充蓄水库进行调节，然后再进行供水的情况，可能发生在线、充蓄调节水库内的鱼类进入输水线路的可能，存在鱼类随管线输送至供水末端水体的可能，也存在鱼类在输水管线内死亡而污染水质、影响滇中引水二期工程沿线的供水安全保障的风险。因此，需采取针对性的拦鱼措施。

（3）对鱼类繁殖的影响

影响鱼类繁殖的因素很多，但是根据以往的研究经验来看，最主要的影响因素可能是水温、水位、流速等水文要素和水质要素。

低温水对鱼类的影响主要是延迟鱼类生长速度，以及对于繁殖期的鱼类可能会因为水温过低而繁殖失败。根据《滇中引水工程环境影响报告书》评价结果，以滇中引水工程输水总干渠最末端分水口门——新坡背为例，新坡背水温较石鼓水源区水温略有降低，降低幅度为 0.4°C ，因此滇中引水工程输水总干渠沿程水温降温影响较小。滇中引水二期工程输水线路全长 1839.39km，其中管道占线路总长的 64.51%，隧洞仅占线路总长的 10.50%。因此，滇中引水工程二期工程输水隧洞长度和占比均较低，二期工程隧洞输水过程对来水水温基本无影响，对于输水线路上的管道、渡槽等其他建筑物而言，其输水过程中受外环境温度影响，对滇中来水可有一定程度的增温，因此经二期工程输水至受水区后，将进一步减小滇中来水与受水区

水体的温差；而对滇池、杞麓湖、异龙湖 3 个天然湖泊而言，水源区来水对湖泊水温无明显影响。同时，根据本次环评地表水影响预测结果，滇中来水进入已建、扩建调蓄水库后不会对库区水温产生明显影响，新建的大唐、杨柳田、中村水库建成后库区可能会出现垂向水温分层现象，但新建水库所在河流现状鱼类资源较贫乏，水库建成后扩大了水域面积、增加鱼类生存空间，对这 3 座水库所在河流鱼类资源存在有利影响。因此，水源区来水的水体温差对受水区鱼类繁殖总体上无明显影响。

工程建成引水后对水位、流速对受水区鱼类繁殖的影响在于，水位频繁大幅涨落、河岸受强烈冲刷等情况，会对产粘沉性卵鱼类的鱼卵孵化造成不利影响；此外水位频繁的大幅涨落会影响受水区水库、河流着生藻类、底栖动物的生长，从而影响鱼类的觅食。对本工程充蓄水库而言，滇中来水进入充蓄水库后会加快库区水体置换周期、流速有所加快，导致库区水位较引水前变化更为频繁，会造成对库区鱼类产卵繁殖的影响。根据调查，这些充蓄水库目前主要鱼类为鲢、鳙、鲤、鲫等常见种类，这些鱼类对库区水体流速的变化具有一定适应性，因鲤、鲫会选择在沿岸带产粘性卵，滇中来水造成的水位变化对鲤、鲫繁殖的产生一定影响；而鲢、鳙为产漂流性卵的大型鱼类，在水库无法繁殖，而且会被逐渐捕捞，滇中来水对其繁殖的影响可以忽略不计；总体上工程运行造成水位、流速变化对充蓄水库鱼类影响较为有限，随着工程长期稳定运行后，调蓄水库鱼类将会逐渐适应滇中来水造成的水环境变化。对于受水区河流而言，评价范围内分布的产粘沉性卵鱼类在繁殖期间会将卵产于浅滩的沙砾上或粘附在植物、树枝上，在水流的刺激下孵化，如受水区河段水位发生大幅涨落的情况，以及河水流速过大、强烈冲刷河岸的情况，会严重影响鱼类的繁殖。根据现状调查，评价区内受水区河流没有典型的鱼类产卵场分布，受影响的主要是常见、广布鱼类，且地表水分析预测认为滇中来水不会影响河岸稳定、

不会造成明显冲刷影响，对受水区鱼类繁殖的影响总体较小。根据地表水评价结果，滇中来水不会改变受水区充蓄水库、河流流态，对流速及鱼类生存环境的影响较有限。

滇中引水二期工程水源区水质状况较好，水源区来水进入受水区水体后，有利于受水区河流、充蓄水库水质的提升，根据本次环评地表水影响预测结果，工程运行期一些现状水质存在超标问题的充蓄水库水质都得到明显改善。因此，随着滇中引水二期工程受水区水体水质改善，对鱼类的繁殖和生存、生境的改善都存在有利影响。

综上，本工程运行期影响鱼类繁殖的因素主要是水位、流速变化因素，水温因素无明显影响，水质因素为有利影响；结合鱼类组成和资源、分布状况分析，工程运行期对受水区鱼类繁殖造成的不利影响较小。但为尽量减免不利影响，在保证减水河段生态基流的基础上，需要根据鱼类生态习性，进行生态调度并加强对水环境和水生生物的监测，保证受水区水域水位的连续性和稳定性。

（4）大坝阻隔影响

对滇中引水二期工程评价区现有调蓄水库而言，二期工程不会改变现有库区和坝下河流的连通性质，没有新增阻隔影响，并通过本工程实施对一些坝下有生态用水需求的河流恢复下泄生态流量，有利于鱼类生境的改善。二期工程新建大唐、杨柳田、中村水库，水库建成后将在现有河流上新增 3 座大坝，其中大唐、杨柳田水库位于位于分水岭附近的河流源头地区，坝址处为季节性冲沟、无常流水，现状基本无鱼类资源分布；中村水库位于中村河上游，现状调查发现仅有泥鳅、棒花鱼、黄鳝、鲫鱼等少数种类分布，鱼类种类和资源量均较少，没有洄游性鱼类分布。因此，滇中引水二期工程实施后对鱼类的大坝阻隔影响仅限于 3 座新建水库，但这 3 座水库涉及河流的鱼类种类和资源量均较少、没有洄游性鱼类分布，工程

建成运行后无明显的新增大坝阻隔影响。

(5) 对渔业资源的影响

工程建成运行后，受水区的水量和水质都会得到提高，受水水库水量会增加，水置换速率加快，水质得到改善，河流或水库流量增加，为水生生物提供更好的生活环境。在水环境得到改善的同时，水体渔业产量也会相应提高，从而促进渔业资源的发展。此外，二期工程输水线路以管道为主、隧洞仅占 10.50%，管径大多较小且多为明管，因此工程建成运行后，虽然水源地水温较低，但由于输水线路较长，通过输水管线以后，水温可逐步提升，一般不会存在低温水的进入水库造成的不利影响。对于受水区异龙湖及各充蓄水库而言，目前现存的鱼类是以外来种为主，投放的鱼苗、鱼种主要是鲢、鳙等滤食性鱼类，投放这些鱼类的主要目的是为了控制水质而不是渔业增产，而且这些水体目前的主要功能也是供水和生态用水，不是渔业生产，因此补水对渔业资源存在有利影响，同时不会影响这些水体的主要功能。

5.5.5.2 对退水区的影响

滇中引水二期工程退水区主要涉及金沙江水系的龙川江、渔泡江、螳螂川，澜沧江水系黑惠江，南盘江水系的泸江、曲江，以及元江水系的扒河、礼社江等，这些河流水体既是金沙江引水后的受水区，同时又是滇中引水蓄水进入下游生活、生产和农业灌溉用水的退水区。工程建成运行后，退水区的水量都会得到提高，水置换速率加快，但退水水质可能较差，退水进入河流后可能对下游水质可能会产生不利影响。工程对这些河流鱼类的影响主要体现在以下方面：

(1) 对鱼类区系组成的影响

金沙江水系退水区主要河流流龙川江、螳螂川（普渡河）、落漏河、桑

园河、楚场河、蜻蛉河、普登河等与引水水源同一水系，从鱼类区系来看，金沙江上游江段相对以“青藏高原类群”为主，落漏河、桑园河等退水区河流长期断流或污染较大，基本没有鱼类分布，楚场河等河流鱼类组成以广布种和外来种为主，土著鱼类中鲫鱼、泥鳅等“老第三纪类群”为区系主要成分，与水源区的鱼类种类组成有一定差异。螳螂川（普渡河）、牛栏江则是以“老第三纪类群”为主(王晓爱等,2009),各自的鱼类种类组成相差较大，尤其是珍稀、特有物种。

珠江流域南盘江水系的曲江、泸江等河流鱼类组成以广布种和外来种为主，土著鱼类中鲫鱼、泥鳅等“老第三纪类群”为区系主要成分，与水源区的鱼类种类组成有一定差异。

元江支流大桥河、扒河、西河、毗雄河、星宿江鱼类组成以广布种和外来种为主，土著鱼类中鲫鱼、泥鳅等“老第三纪类群”为区系主要成分，兼有一些以昆明高原鳅为代表的“青藏高原类群”、以斑原缨口鳅、横纹南鳅为代表的“南方类群”和以马口鱼为代表的“东亚类群”，与水源区的鱼类种类组成差异较大。

澜沧江支流黑惠江鱼类组成以广布种和外来种为主，土著鱼类中鲫鱼、泥鳅等“老第三纪类群”为区系主要成分，兼有少量以湄南南鳅为代表的“南方类群”，与水源区的鱼类种类组成有一定差异。

因为滇中引水工程的特点，引水进入引水湖泊和水库后，供给城镇生活用水、工农业用水后退水经过污水处理过程流入退水河流中，基本不会有大鱼、小鱼及鱼苗成活，因此推测上游金沙江物种入侵下游退水河流的风险较小。从退水过程分析，城镇生活、工业用水、农业灌溉用水用完之后自然退入河流，退水河流里的水体与输水管线没有直接联系。假设退水河流里的鱼类能进入输水管线，这些鱼类需要逆流进入受水区，首先需要克服海拔落差，各退水河流的海拔比受水区及周边充蓄水库的海拔都低；

其次需要经历用水及污水处理过程，即经过退水河流上溯到污水处理设施、经过工农业及生活用水单元后，再经管道废水逆流进入受水区水库和湖泊，再从输水管线进入引水区的可能性基本为零。由此可见，滇中引水导致生物入侵的可能性较小。在采取了一系列的拦鱼措施后，发生鱼类物种入侵的可能性会更小，因此对退水区的鱼类区系不会产生较大的影响。

(2) 对鱼类繁殖的影响

鱼类繁殖对水质、流量、水位等水环境因子都有一定的要求，土著鱼类对这些水环境因子的变化尤其敏感，大多数鱼类鱼卵的孵化都需要清洁、高溶氧的流水。滇中引水工程各水系水量分配为长江流域 22.34 亿 m^3 ，澜沧江流域 0.29 亿 m^3 ，元江流域 2.08 亿 m^3 ，珠江流域 9.45 亿 m^3 。水量主要集中在长江流域和珠江流域，澜沧江、元江流域水量较少。各州（市）水量分配为：大理 3.60 亿 m^3 ，丽江 0.22 亿 m^3 ，楚雄 4.32 亿 m^3 ，昆明 15.97 亿 m^3 ，玉溪 4.97 亿 m^3 ，元江 5.08 亿 m^3 ；比重依次为：11%、0.6%、13%、47%、14%、15%，昆明市引水量最大。根据本报告水环境影响预测评价结果，随着退水区水污染防治和水环境保护工作不断加强，本工程运行期退水河流水质与现状相比均得到一定程度的改善和提升，对于退水区 12 条一级支流和 4 大干流的水质预测断面而言，运行期除普渡河（螳螂川）水质超过 III 类水质标准外，其余河流断面均可满足 III 类水质标准。而工程运行期退水区河流水质的改善，则有利于鱼类的生存和繁殖。根据目前鱼类资源调查结果推测，在退水过程中，随着 4 大水系各河道流量加大、流速加快，水质改善将有利于喜流水的鱼类，特别是宽鳍鱲等土著鱼类的繁殖。此外，灌区退水会对其范围内的鱼类资源产生一定影响，不过从目前所调查的鱼类种类来看，退水区鱼类组成以耐污性较强的外来种为主，如麦穗鱼、食蚊鱼、泥鳅等，较少有土著鱼类分布；同时结合水质预测结果考虑，未来在加强灌区农业面源污染防治、河流水环境治理等措施的情况下，灌

区河流水质也会逐步改善，有利于恢复较好的鱼类生存环境，灌区附近河流的鱼类可以利用水质较好的支流繁殖，实际影响程度可能有限。因此，工程运行期退水水质对鱼类生存环境的不利影响总体较小、且存在一定的有利影响。

对于退水区大部分产粘沉性卵的鱼类（如高原鳅、鲤、鲫等），如果引水过程中导致受水水体水位变幅过大，对退水区而言，流量、水位等因子均不稳定，粘附鱼类的水草的水位和微环境温度也不稳定，从而会影响鱼卵的孵化和鱼苗的生长。根据本工程可研报告，二期工程 2040 水平年供水量组成中，大部分为城镇生活和工业用水，这些用水对象为均匀用水，其产生的退水也是均匀的，无明显季节和时段的差异；农业用水过程与农业耕作生产过程有关，产生的退水存在一定的季节性差异，但农业用水仅占二期工程总用水量的 15%，这部分水通过渠道输送至成片灌区农田中进行灌溉后并形成退水，是一个缓慢且具有缓冲的过程，对河流水文情势的影响较为缓和，基本不会造成退水河流水位、流量的大幅波动，不会对鱼卵孵化和鱼苗生长等繁殖过程造成明显不利影响。此外，由于退水河流水位、流量较现状有所增加，为鱼类提供了更大的生境空间，也有利于鱼类资源的提升。

综上，本工程运行期对退水河流鱼类繁殖的影响较小，但为加强鱼类资源保护，需要加强对水环境和水生生物的监测，并做好运行期鱼类资源保护和管理措施。

5.5.5.3 对珍稀保护和特有鱼类的影响

滇中引水二期工程水生态环境影响评价区域内 4 大水系的鱼类中，记录到珍稀保护和特有鱼类共 31 种，包括 2 种国家二级和 4 种云南省级重点保护野生鱼类，以及其他 25 种列入《中国濒危动物红皮书 鱼类》、《中国

生物多样性红色名录 内陆鱼类》珍稀鱼类，未发现洄游性鱼类。评价区域4大水系涉及的珍稀濒危鱼类为：滇池金线鲃、银白鱼、单纹似鲃、细头鳅、侧纹云南鳅、黑斑云南鳅、异色云南鳅、长臀云南鳅、滇池球鳔鳅、多鳞白鱼、大鳞白鱼、鳊鱼良白鱼、云南鲴、长身鱖、抚仙吻孔鲃、花鲈鲤、宜良墨头鱼、昆明裂腹鱼、大头鲤、翘嘴鲤、杞麓鲤、云南鲤、异龙鲤、小鲤、昆明鲃、中臀拟鲃、长须鲃（长须拟鲃）、金氏鳅。其中滇池金线鲃仅分布于滇池周边龙潭及其附属水体，大头鲤分布于星云湖，也曾引入异龙湖养殖，鳊鱼良白鱼分布于抚仙湖，大鳞白鱼、异龙鲤仅分布于异龙湖，杞麓鲤、抚仙鲃也曾分布于异龙湖和抚仙湖，由于异龙湖曾全湖干枯，目前以上珍稀濒危物种均已灭绝；其余珍稀濒危鱼类多分布于滇中引水二期影响评价区域的金沙江、南盘江干流和支流，及其附属水体；针对水生态影响评价区范围内珍稀濒危鱼类的现状，其多分布于评价区内的几大高原湖泊及和本工程退水区的主要河流。评价区内的高原湖泊中，滇池、异龙湖、杞麓湖为二期工程生态补水湖泊，受生态补水影响；退水河流主要受水文水质等水环境要素变化影响。

根据地表水专题的预测，至设计水平年2035年，滇池、异龙湖、杞麓湖湖体水质能够较现状明显改善，年内全湖平均浓度能够达到Ⅲ类水要求。随着该引水工程的运行，水质将会得到改善，土著鱼类的整体生存环境改善，水生植物群落逐渐恢复，浮游生物群落和底栖动物群落逐渐由耐污型向清洁型演替，随着该引水工程项目的运行，湖体受水，水质将会好转，土著特有鱼类增殖放流的不断推进，土著特有鱼类群落将逐渐恢复，一些在异龙湖已经灭绝的土著鱼类物种有望重建种群，滇中引水二期工程项目全面运行后，将会对异龙湖等受水区湖泊、水库和河流水体鱼类产生积极的改善和水生态系统恢复。对于抚仙湖、星云湖，因本工程不对其产生补水、受退水影响，因此基本不会对其湖区分布的珍稀保护鱼类产生影响。

根据本次评价的水源工程、管渠引水工程等产生的干支流上游退水影响分析，随着退水区水污染防治和水环境保护工作不断加强，二期工程运行期各河流水质与现状相比均有所改善，这一趋势有利于珍稀濒危和特有鱼类的保护。由于退水进入河流，退水区河流流量、水位等均比现状有所增大，但随着流程向下游延伸，对流量、水位的影响程度逐渐减小。根据现状调查，分布于退水区河流的珍稀濒危鱼类主要有单纹似鲃、昆明裂腹鱼、光唇裂腹鱼、四川裂腹鱼等，种类和数量均不多，其中单纹似鲃主要分布于南盘江水系，昆明裂腹鱼、四川裂腹鱼主要分布于金沙江水系，光唇裂腹鱼主要分布于澜沧江、南盘江上游，这些鱼类均为适应江河环境的流水性鱼类。从生态习性分析，这些珍稀濒危鱼类对退水区河流流量、水位增大带来的变化具有较强的适应性，且退水河流及其干流有较多的适生生境，不会对其造成明显不利影响。

综上，根据珍稀濒危鱼类的分布状况、生态习性和工程对其生存条件的影响分析来看，滇中引水二期工程运行期珍稀濒危鱼类物种的不利影响极小。

5.5.5.4 对鱼类三场的影响

(1) 对产卵场影响

滇中引水二期工程水生态影响评价区域金沙江、澜沧江、南盘江和元江 4 大水系鱼类相对典型的集中产卵场分布情况为：金沙江水系支流勐岗河，滇池及其附属水体、龙潭；澜沧江水系一级支流黑惠江洱源县炼铁乡段；南盘江水系曲江干流曲江镇段、华溪镇段，泸江干流面甸镇段；元江水系绿汁江绿汁镇段、大桥河段。

以上涉及的评价区产卵场均分布于该引水工程评价区的退水区和补水湖泊（滇池），水源均来源于金沙江干流石鼓段取水点，经多级提水泵、输

水管渠，进入调蓄水库之后，引入各灌区饮用水、生活用水和灌溉用水点，最后经灌区灌溉后再汇入金沙江、澜沧江、南盘江、元江 4 大水系各干支流河段。依据调查结果，以上金沙江、澜沧江、南盘江和元江 4 大水系评价区鱼类集中产卵场多分布于一级支流干流河段，常常分布有横纹南鳅、条纹小鲃、湄南南鳅、前鳍高原鳅、鲫、泥鳅等中小型土著鱼类，河流常年保持较为稳定的流量、流速、水温和水文指标。经核实，黑惠江洱源县炼铁乡段的鱼类产卵场位于退水范围上游，不受退水影响，另 2040 水平年由于本地用水量增幅较大，导致绿汁江绿汁镇段断面水量较现状略有减少，但该变化与二期工程无直接关系；其余产卵场所在河流由于二期供水后产生的退水汇入，其河流水体在 2040 水平年的年内来水分配过程与现状一致，水量较现状相比均有一定程度增大，但增幅总体有限。退水汇入导致水体的流量增加将会对以上提及产卵场带来积极效应，但由于产卵场所在河道水量变化总体较有限，影响也较有限。

滇中引水一期、二期工程均为管道、隧洞输水，无意间进入管渠的稚鱼或鱼卵难以存活，并在所有各级渠道进出口加装拦网的前提下，均能预防物种的扩散，因此管渠引水造成物种扩散的影响几率较小。新建和改扩建水库，以及已建调蓄水库多为人工增殖的鲢、鳙、鲫、鲤和罗非鱼等经济鱼类，以及麦穗鱼、鰕虎鱼、高体鳊和食蚊鱼等养殖引入的小型野杂鱼类，其亦能在库区完成自然繁殖，同时下泄河道也未发现土著鱼类集中产卵场。因此，滇中引水二期工程对评价区鱼类产卵场的影响不大。

（2）对索饵场影响

根据滇中引水二期工程评价区鱼类索饵场调查，评价区鱼类集中索饵场主要分布于金沙江水系龙川江干流、支流勐岗河、渔泡江干流、滇池周边水系和龙潭，澜沧江水系黑惠江，南盘江水系曲江干流、泸江干流，元江水系绿汁江干流、支流星宿江和沙甸河汇口、以及大桥河。依据现场水

质以及水生生物的调查情况来看，引水后灌溉水体进入各水系的干支流水体，水流量增加，水体化肥农药残留将会对索饵场鱼类产生一定的影响，但影响较小，况且以上提及的主要为评价区相对较为集中的鱼类索饵场，分布的横纹南鳅、条纹小鲃、湄南南鳅、前鳍高原鳅、鲫、泥鳅等土著鱼类，其只要河流生境适宜以及饵料生物丰富，其鱼类索饵场多为生境范围内广泛分布；对于新建和改扩建水库短期内浮游动、植物和底栖生物总量增加，使基础饵料生物资源量显著增加，索饵场面积增大，会为库区鱼类的天然生物饵料资源提供保证，并随着浮游动植物生物量逐渐达到新的平衡，鱼类索饵场也将达到稳定状态。

（3）对越冬场的影响

新建和改扩建水库，形成库区，水域面积增大，水流变缓，水位加深，岸边水温在日照条件下上升较快，冬季饵料生物资源会增大，且不易受到外界干扰，这些又为鱼类提供了理想的越冬场所。已建调蓄水库库区深水区域也多为库区鱼类潜在越冬场，灌区输水和供水即使会导致库区水位下降，但对整个库区来说变化不大，其对库区鱼类越冬场影响较小。另外，滇中引水二期工程评价区河流断面干支流鱼类集中的越冬场主要集中于龙川江、黑惠江干流下游深水区，金沙江、澜沧江、南盘江和元江干流，基于工程影响分析，引水作业后集中越冬场的水文情势将不会发生变化，对鱼类越冬基本没有影响。

5.5.6 对滇池国家级水产种质资源保护区的影响

滇中引水工程对受水区重要湖泊、河流的影响主要体现在滇池国家级水产种质资源保护区。滇池国家级水产种质资源保护区核心区为牧羊河、冷水河和滇池周边9个龙潭。

（1）保护区概况

根据农业部办公厅关于公布第三批国家级水产种质资源保护区的面积范围和功能分区的通知（农办渔[2010]104号）要求，2010年9月30日设立滇池国家级水产种质资源保护区。

保护区位于昆明市，总面积1865.3公顷，其中核心区面积1832公顷，实验区面积33.3公顷。

核心区是盘龙江上游的牧羊河、冷水河（沿河岸垂直外延100米区域）其拐点坐标分别为（ $102^{\circ} 49' 10.29'' E$ ， $25^{\circ} 10' 14.49'' N$ ； $102^{\circ} 46' 21.82'' E$ ， $25^{\circ} 20' 50.05'' N$ ； $102^{\circ} 48' 58.55'' E$ ， $25^{\circ} 21' 46.89'' N$ ）和以滇池周边9个龙潭涌泉为圆心、半径200米区域。

实验区分为两处：滇池西岸实验区：位于滇池西岸海口办事处白鱼口村委会水域，范围在东经 $102^{\circ} 39' 25.51''$ — $102^{\circ} 39' 27.04''$ ，北纬 $24^{\circ} 48' 21.25''$ — $24^{\circ} 48' 01.11''$ 之间，面积20公顷；滇池东岸实验区：位于滇池东岸晋宁县新街乡水域，范围在东经 $102^{\circ} 39' 27.38''$ ，北纬 $24^{\circ} 48' 11.35''$ 之间，面积13.3公顷。

核心区特别保护期为1月1日—5月31日。主要保护对象是滇池金线鲃，其他保护物种有昆明裂腹鱼、云南光唇鱼、云南盘鮡、昆明高原鳅、横纹南鳅、侧纹云南鳅、细头鳅、鲫鱼等。

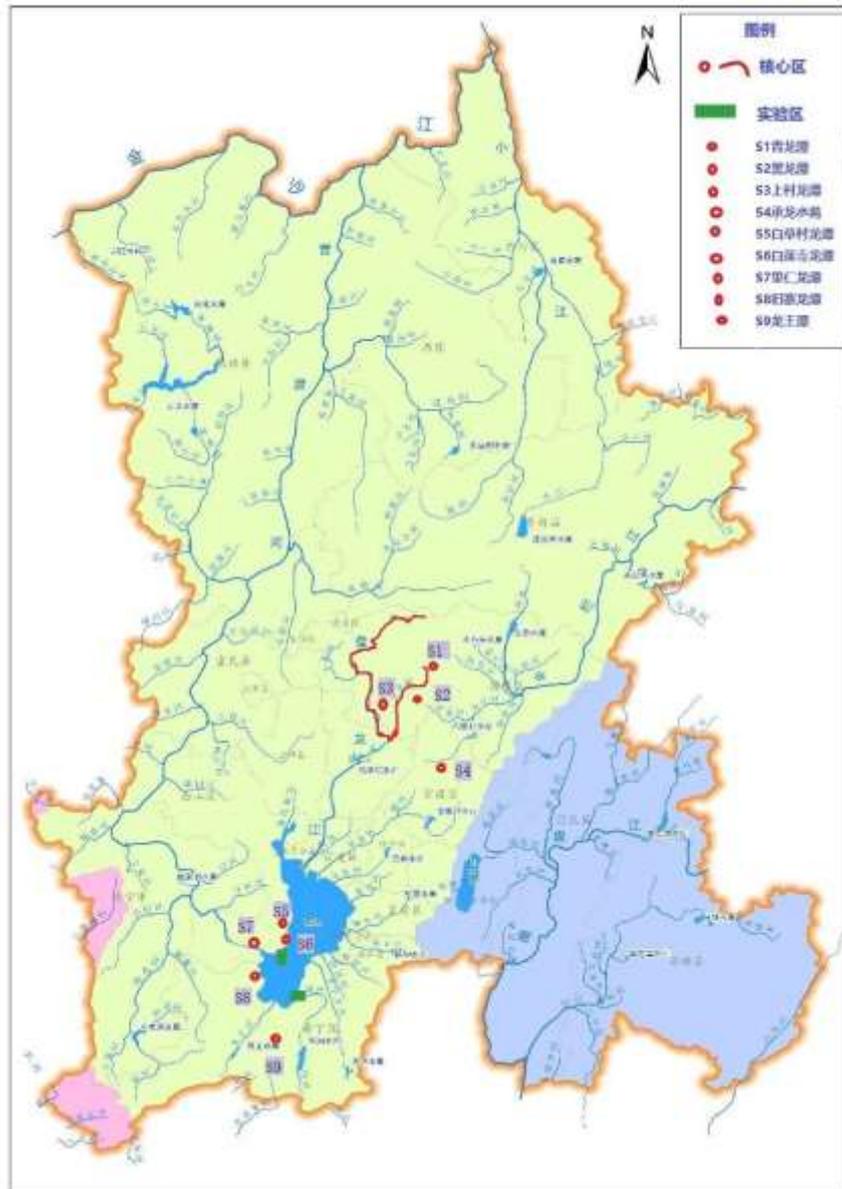


图 5.5.6-1 滇池水产种质资源保护区功能区划示意图

表 5.5.6-1 9 个龙潭核心区位置

编号	地点	所属地	纬度 (N)	经度 (E)
S1	承龙水苑	官渡	25°08'47.1"	102°57'49.5"
S2	里仁龙潭	海口	24°47'45.6"	102°35'22.4"
S3	龙王潭	晋宁	24°32'31.5"	102°40'22.4"
S4	黑龙潭	嵩明	25°16'23.2"	102°52'52.7"
S5	青龙潭	嵩明	25°18'16.8"	102°53'19.3"
S6	白草村龙潭	西山	24°50'03.0"	102°38'56.7"
S7	上村龙潭	嵩明	25°17'41.7"	102°51'47.1"
S8	旧寨龙潭	晋宁	24°44'30.8"	102°35'28.1"
S9	白莲寺龙潭	西山	24°48'27.7"	102°39'05.4"

(2) 项目与水产种质资源保护区的位置关系

根据项目工程资料，滇中引水二期工程昆明段输水线路不与滇池国家级水产种质资源保护区核心区、实验区发生汇交（图 5.5.6-2）。从输水管线与盘龙江、松华坝水库的位置关系图（图 5.5.6-3）可以清楚看出，输水管线位于松华坝水库坝下，基本沿盘龙江布置，保护区核心区冷水河、牧羊河为松华坝入库河流，输水管线距离保护区核心区 2 条河流很远，不会对保护区空间结构造成直接影响。管线离保护区最近的位置为核心区 S3 龙王潭（图 5.5.6-4），该龙潭位于充蓄水库柴河水库以南的上游，距柴河水库约 1km，距柴河水库分水闸约 5.9km。输水线路工程不会对龙王潭产生直接影响，柴河水库充蓄金沙江来水，会进一步保证龙王潭的地下水，对龙王潭土著鱼类的保护将产生有利影响。其他龙潭距离管线均在约 10km 以上，管线不会对这些龙潭产生直接影响。工程施工产生的污染物会随着径流和雨水汇流到滇池湖体，从而对滇池西岸白鱼口实验区和滇池东岸晋宁新街实验区产生间接影响，估计影响程度较小。



图 5.5.6-2 昆明段输水线路与滇池水产种质资源保护区的位置关系

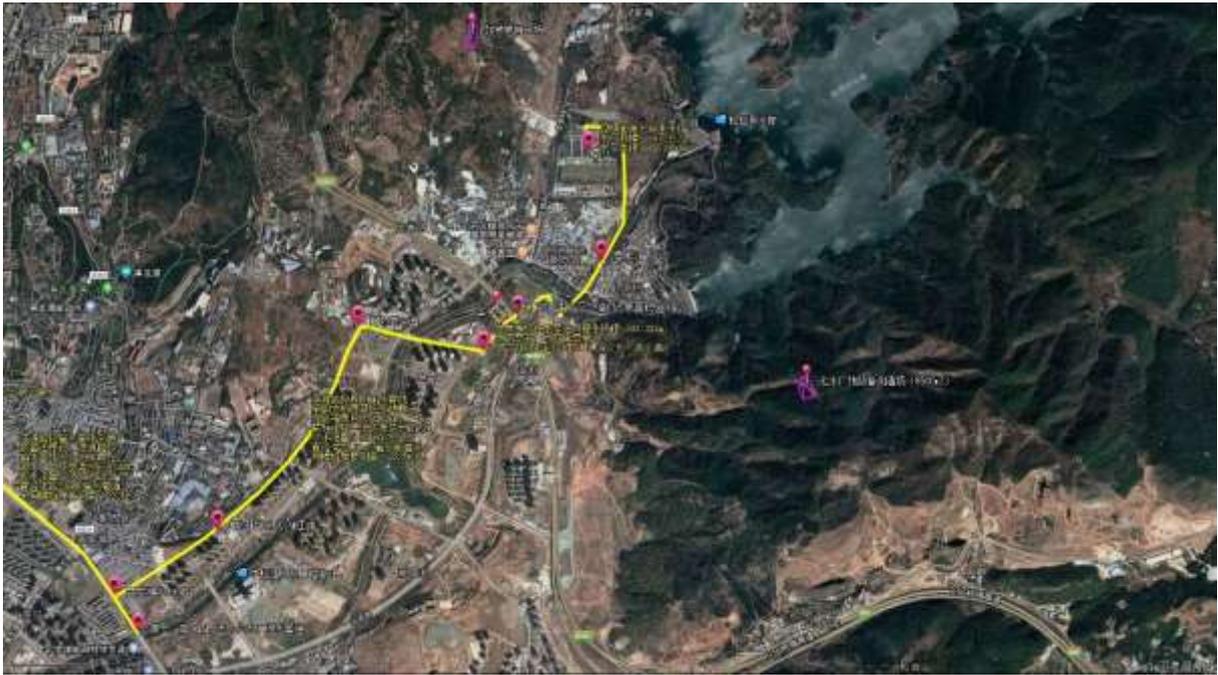


图 5.5.6-3 输水管线与盘龙江、松华坝水库的位置关系（黄色实线表示引水管线）

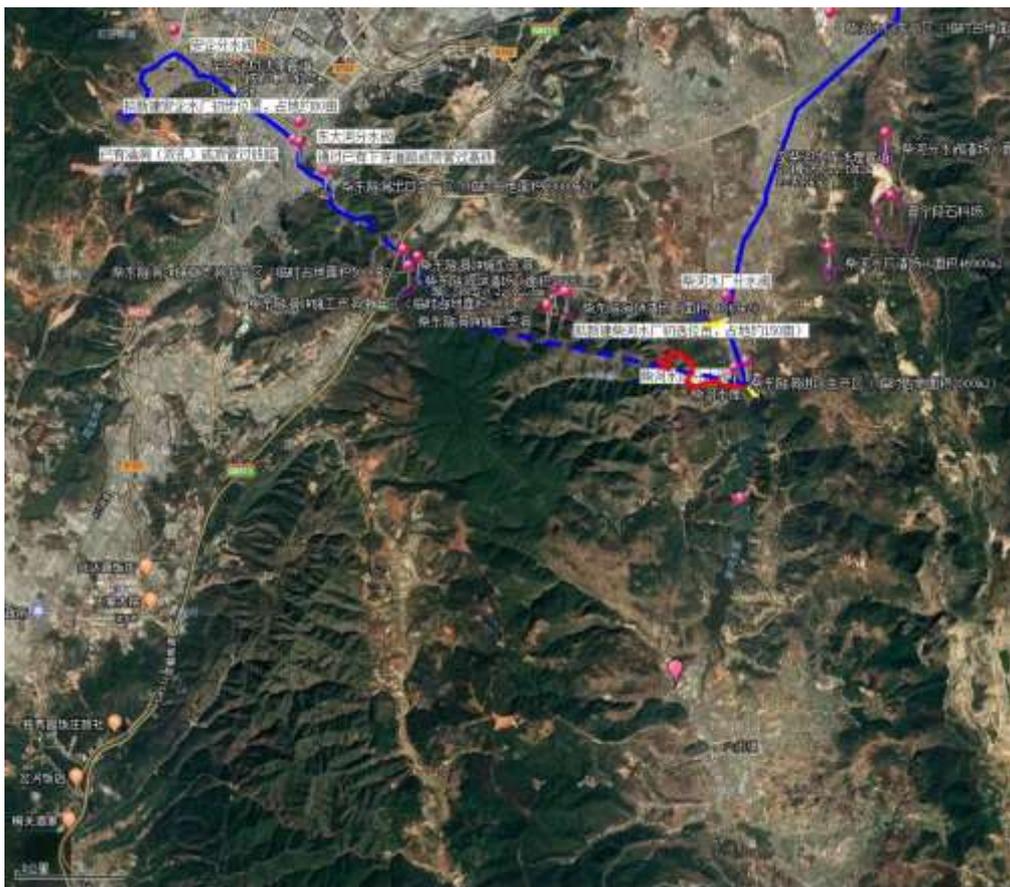


图 5.5.6-4 保护区核心区 S3 龙王潭与工程的位置关系
(红色气球符号表示 S3 龙王潭，蓝色实线表示引水管线)

根据上文的分析，本工程引水造成水源区鱼类进入受水区的可能性较小，特别是在采取了一系列的拦鱼措施后，发生鱼类物种入侵的可能性也相应较小，因此对滇池国家级水产种质资源保护区的鱼类区系不会产生较大的影响；极端情况下即使少数金沙江高寒鱼类或急流性鱼类入侵滇池，因水文、水温等环境条件不适宜也难以存活；滇池湖体目前以外来种为主，极端情况下即使金沙江的外来种（棒花鱼、麦穗鱼、高体鳊、鲫、泥鳅）通过引水工程进入滇池，因为这 5 种鱼类在滇池目前已属常见种，不会产生真正意义上的外来种入侵；滇池特有鱼类基本仅存在于远离湖体的附属水体中，因上游松华坝水库等水利工程的阻隔，即使金沙江鱼类进入滇池，也无法上溯到这些附属水体，而对于下游周边的龙潭，因这些外来种无法入侵滇池湖体生存，因而也不会由滇池湖体入侵到周边龙潭之中，因此不会对滇池国家级水产种质资源保护区核心区造成实质性的影响。滇中引水工程实施后，滇池补水量占滇池水量比重较小，补水量所占比重为 0.89%~3.61%，两者混合后，对滇池水温影响较小，滇池水温变化不大，对其生活的鱼类影响较小。而且工程对滇池进行补水，从而增加了滇池流域的水量，增加了水域面积，改善了滇池水质，促进了鱼类的繁殖，对恢复增加特有鱼类种群的恢复起到积极作用。

因此，滇中引水二期工程昆明段输水工程对滇池国家级水产种质资源保护区的结构和功能均不产生直接影响，更不会影响保护区重点保护鱼类的重要生境、“三场”及洄游通道，对保护区的总体影响很小，本工程对保护区结构和功能影响是短暂、可控、可恢复的。

5.6 声环境影响预测

5.6.1 施工期噪声影响预测

通过工程分析可知，本工程施工期噪声主要来自两方面：一是施工机

械设备运行产生的固定电源噪声，二是机械车辆行驶产生的流动交通噪声。现根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)分别采用不同的预测模式进行预测评价。

5.6.1.1 施工机械噪声预测

(1) 预测模式及参数选择

施工噪声可近似视为点声源处理，固定源噪声采用《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)中推荐的无指向性点源户外声传播衰减模式，公式如下：

$$L_i=L_1-20\lg(r_i/r_1)$$

其中： L_i ——与声源相距 r_i (m) 处的单机施工机械噪声级 (dB)；

L_1 ——与声源相距 r_1 (m) 处的单机施工机械噪声级 (dB)；

L ——与声源相距 r_1 (m)处的机械联合作业施工机械噪声级(dB)；

r_1 ——测点据声源源强距离 (m)。

(2) 预测结果

在噪声预测过程中，不考虑噪声在传播过程中的几何发散、遮挡、空气吸收和地面效应作用下产生的衰减量，点噪声源贡献值预测结果见表 5.6.1-1。

表 5.6.1-1 施工区主要施工机械噪声影响预测表

声源	源强 dB (A)	与声源不同距离的噪声值 dB (A)						达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》的距离 (m)	
		10m	20m	50m	100m	200m	400m	昼间	夜间
混凝土拌和站	80	60.0	54.0	46.0	40.0	34.0	28.0	4	18
挖掘机	80	62.0	56.0	48.0	42.0	36.0	30.0	4	18
推土机	85	65.0	59.0	51.0	45.0	39.0	33.0	6	32
手持式风钻	68.5	48.5	42.5	34.5	28.5	22.5	16.5	1	5
振动碾	85	65.0	59.0	51.0	45.0	39.0	33.0	6	32
振捣器	85	65.0	59.0	51.0	45.0	39.0	33.0	6	32
钢筋加工系统	90	70.0	64.0	56.0	50.0	44.0	38.0	10	56
电焊机	67.5	47.5	41.5	33.5	27.5	21.5	15.5	1	5
汽车起重机	83	63.0	57.0	49.0	43.0	37.0	31.0	5	25
装载机	80	60.0	54.0	46.0	40.0	34.0	28.0	4	18

计算最不利情况，即所有声源同时作用下在距离处的噪贡献值预测结果见表 5.6.1-2。

表 5.6.1-2 不同施工机械噪声叠加预测值

声源	源强 dB (A)	与声源不同距离的噪声值 dB (A)					
		10m	15	20m	50m	100m	200m
等效值	94	73.9	70.4	66.0	59.9	53.9	47.9

工程夜间不施工，因此，根据上述两表计算结果分析，各施工机械影响范围昼间大部约在 10m 左右，因此处于 10m 以内的居民点施工机械噪声不达标，如果不同机械同时施工，则影响范围在 15m 左右，因此联合施工的情况下，15m 以内的居民点超过建筑施工场界环境噪声排放标准。

(3) 声环境敏感点影响分析

据调查，工程输水线路、弃渣场、生产生活区评价范围内分布有 40 个居民点，其中弃渣场周边有 1 个居民点，生产生活区周边有 8 个居民点。工程区周边居民点主要受影响为输水线路施工开挖平整、弃渣车辆运输、生产区加工的影响。

根据施工特性，施工期敏感点噪声影响预测结果详见表 5.6-3。本工程夜间禁止施工，因此，夜间不会对居民点产生影响。表 5.6-3 中，昼间在无遮挡、联合施工的情况下，输水线路区金竹林、杨凹子、中卫营、薛井村、赵家寨、大水村、左锁村、姚家寨、李家寨、作佳、普陀岩、半月池、陶村居民点超标，超标 0.7~16.3dB。生产生活区周边金马村、山头村分别超标 6.5dB、0.5 dB。

在实际施工过程中施工机械一般为间歇性使用，例如推土机、挖掘机仅在前期土石方开挖时使用，钢筋加工也是间歇性工作，因此不会出现以上所有施工机械持续性的运行而造成强烈的噪声影响的情况。表 5.6-3 中的预测值仅仅考虑了距离衰减，而实际传播过程中还会受到树木、建筑物等对噪声的阻隔和衰减作用，因此实际当中施工机械噪声的影响程度及范围

应比理论上的推算要低一些，主要受影响对象为距离工程最近的第一排房屋居民，背后其余居民由于前排房屋起到一定的阻隔作用受到的噪声影响将有很程度的降低。居民点与工程区存在 0~40m 的高差，噪声影响会得到进一步减小。另外，由于输水线路均呈线性，分段施工后各段工程量不大，施工周期短，居民点所受施工噪声影响仅局限于一定的施工时段内，所受的影响时间较短。但为减轻施工机械噪声影响，在施工过程中必须对作业时段进行合理的安排，做好机械的维修保养，尽量减少噪声对居民的影响，生产区布置在远离居民点的一侧。

施工噪声仅伴随于施工活动，随工程结束而消失，所以施工机械对周围声环境质量不会产生明显影响。

表 5.6.1-3 环境敏感点施工噪声预测 单位：dB (A)

工程区	敏感点	距离最近的工程/直线距离(m)	主要使用的施工机械							联合作业噪声预测	背景值		叠加背景值		建筑施工场界环境噪声排放标准		超标	
			推土机	挖掘机	载重汽车	钢筋加工	汽车吊	电焊机	混凝土拌合站		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
输水线路	三孔桥	30.0	55.5	50.5			34.5	38.0		56.7	49.8	41.4	57.5	56.9	70	55	达标	1.9
	金竹林	5.0	71.0	66.0			50.0	53.5		72.3	48.9	39.2	72.3	72.3	70	55	2.3	17.3
	杨凹子	5.0	71.0	66.0			50.0	53.5		72.3	48.9	39.2	72.3	72.3	70	55	2.3	17.3
	盘江西路埋管两侧居民点	40.0	53.0	48.0			32.0	35.5		54.2	52.9	42.1	56.6	54.5	70	55	达标	达标
	八水厂一级支渠道沿线居民	12.0	63.4	58.4			42.4	45.9		64.7	53.2	42.5	65.0	64.7	70	55	达标	9.7
	前卫营	120.0	43.4	38.4			22.4	25.9		44.7	50.7	47.5	51.7	49.3	70	55	达标	达标
	中卫营	3.0	75.5	70.5			54.5	58.0		76.7	50.7	47.5	76.7	76.7	70	55	6.7	21.7
	薛井村	3.0	75.5	70.5			54.5	58.0		76.7	50.7	47.5	76.7	76.7	70	55	6.7	21.7
	土基甸	45.0	51.9	46.9			30.9	34.4		53.2	47.9	41.4	54.3	53.5	70	55	达标	达标
	杨柳田	51.0	50.8	45.8			29.9	33.3		52.1	47.9	41.4	53.5	52.5	70	55	达标	达标
	湾子寨	93.0	45.6	40.6			24.6	28.1		46.9	47.6	42.1	50.3	48.1	70	55	达标	达标
	赵家寨	5.0	71.0	66.0			50.0	53.5		72.3	47.6	42.1	72.3	72.3	70	55	2.3	17.3
	大水村	2.0	79.0	74.0			58.0	61.5		80.3	47.6	42.1	80.3	80.3	70	55	10.3	25.3
	左锁村	2.0	79.0	74.0			58.0	61.5		80.3	47.6	42.1	80.3	80.3	70	55	10.3	25.3
	姚家寨	3.0	75.5	70.5			54.5	58.0		76.7	47.6	42.1	76.7	76.7	70	55	6.7	21.7
	李家寨	1.0	85.0	80.0			64.0	67.5		86.3	47.6	42.1	86.3	86.3	70	55	16.3	31.3
	作佳	3.0	75.5	70.5			54.5	58.0		76.7	47.6	42.1	76.7	76.7	70	55	6.7	21.7
	普陀岩	4.0	73.0	68.0			52.0	55.5		74.2	47.6	42.1	74.2	74.2	70	55	4.2	19.2
	王三寨	104.0	44.7	39.7			23.7	27.2		45.9	47.6	42.1	49.9	47.4	70	55	达标	达标
半月池	3.0	75.5	70.5			54.5	58.0		76.7	47.6	42.1	76.7	76.7	70	55	6.7	21.7	
肖家海	67.0	48.5	43.5			27.5	31.0		49.8	47.6	42.1	51.8	50.4	70	55	达标	达标	
寺脚底	65.0	48.7	43.7			27.8	31.2		50.0	47.6	42.1	52.0	50.7	70	55	达标	达标	

	万家营	7.0	68.1	63.1			47.1	50.6		69.4	47.6	42.1	69.4	69.4	70	55	达标	14.4
	许家营	8.0	66.9	61.9			45.9	49.4		68.2	47.6	42.1	68.3	68.2	70	55	达标	13.2
	陶村	6.0	69.4	64.4			48.4	51.9		70.7	47.6	42.1	70.7	70.7	70	55	0.7	15.7
	旧符家营	8.0	66.9	61.9			45.9	49.4		68.2	47.6	42.1	68.3	68.2	70	55	达标	13.2
	唐家边	50.0	51.0	46.0			30.0	33.5		52.3	47.6	42.1	53.6	52.7	70	55	达标	达标
	九天观	48.0	51.4	46.4			30.4	33.9		52.7	47.6	42.1	53.8	53.0	70	55	达标	达标
	孙家营	117.0	43.6	38.6			22.6	26.1		44.9	47.6	42.1	49.5	46.7	70	55	达标	达标
	松村	45.0	51.9	46.9			30.9	34.4		53.2	47.6	42.1	54.3	53.5	70	55	达标	达标
	高坡	7.0	68.1	63.1			47.1	50.6		69.4	47.6	42.1	69.4	69.4	70	55	达标	14.4
弃渣场	赵山	10.0			70.0					70.0	48.9	39.2	70.0	70.0	70	55	达标	15.0
生产生活区	三孔桥	30.0				60.5		50.5	60.9	49.8	41.4	61.2	60.9	70	55	达标	5.9	
	大石洞	133.0				47.5		37.5	47.9	49.8	41.4	52.0	48.8	70	55	达标	达标	
	落索坡新村居民点	39.0				58.2		48.2	58.6	52.9	42.1	59.6	58.7	70	55	达标	3.7	
	龙泉小学	109.0				49.3		39.3	49.7	56.5	43.0	57.3	50.5	70	55	达标	达标	
	金马村	5.0				76.0		66.0	76.4	53.2	42.5	76.5	76.4	70	55	6.5	21.4	
	沙沟村	12.0				68.4		58.4	68.8	53.2	42.5	68.9	68.8	70	55	达标	13.8	
	东古城	145.0				46.8		36.8	47.2	50.7	47.5	52.3	50.4	70	55	达标	达标	
	山头村	10.0				70.0		60.0	70.4	50.7	47.5	70.5	70.4	70	55	0.5	15.4	

5.6.1.2 交通噪声

交通噪声采用《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)中推荐的公路(道路)交通运输噪声预测模式。

机动车辆产生的噪声,距行驶路面中心 7.5m 处的平均辐射噪声级,可按下列各式计算:

小型车(3.5t 以下): $L_S=12.60+34.73 \lg V_L$

中型车(3.5-12.0t): $L_M=8.80+40.48 \lg V_M$

大型车(12.0t 以上): $L_H=22.0+36.32 \lg V_H$

施工区以大型车辆为主(主要为 15t~25t),选择单车种(15t)进行预测。交通噪声预测范围在距道路中心线 200m 内。预测点接受到的交通噪声值为:

$$L_{eq}(h)_i = (\overline{L_{OE}})_i + 10 \lg \left(\frac{N_i}{V_i T} \right) + 10 \lg \left(\frac{7.5}{r} \right) + 10 \lg \left(\frac{\psi_1 + \psi_2}{\pi} \right) + \Delta L - 16$$

式中: $L_{eq}(h)_i$ — 第 i 类车的小时等效声级, dB(A);

$(\overline{L_{OE}})_i$ — 第 i 类车速度为 V_i , km/h; 水平距离为 7.5 米处的能量平均 A 声级, dB(A);

N_i — 昼间, 夜间通过某个预测点的第 i 类车平均小时车流量, 辆/h;

r — 从车道中心线到预测点的距离, m; (A12) 适用于 $r > 7.5m$ 预测点的噪声预测。

V_i — 第 i 类车的平均车速, km/h;

T — 计算等效声级的时间, 1h;

ψ_1 、 ψ_2 — 预测点到有限长路段两端的张角, 弧度; 式中取 $\psi_1 = \psi_2 = \pi/2$;

ΔL — 由其他因素引起的修正量, dB(A)。

本次预测忽略 ΔL 的影响, 按最不利条件(即最靠近公路最近距离、且未采取任何措施时)预测各路段交通噪声影响程度。

滇中引水工程二期配套工程分为大理段、丽江段、楚雄段、昆明段、玉溪段、红河段。输水线路各段场内施工道路，均按按三级路设计，为泥结碎石路面，各段路面宽大部分为 3.5m。

各输水线路各条主要道路均按照最高时段车流量进行预测，影响范围预测详见表 5.6.1-4。各输水线路段最高时段车流量根据施工组织设计得知。

表 5.6.1-4 道路高峰时段噪声预测值

场内道路	时间段	车流量 (辆/小时)	车速 (km/h)	与声源不同距离的噪声预测值 dB (A)							
				10m	20m	50m	70m	80m	100m	150m	200m
大理段	昼间	25	20	52.97	49.96	45.98	44.52	43.94	42.97	41.21	39.96
	夜间	12	15	46.50	43.49	39.51	38.05	37.47	36.50	34.74	33.49
丽江段	昼间	25	20	52.97	49.96	45.98	44.52	43.94	42.97	41.21	39.96
	夜间	12	15	46.50	43.49	39.51	38.05	37.47	36.50	34.74	33.49
楚雄段	昼间	25	20	52.97	49.96	45.98	44.52	43.94	42.97	41.21	39.96
	夜间	12	15	46.50	43.49	39.51	38.05	37.47	36.50	34.74	33.49
昆明段	昼间	30	25	56.32	53.31	49.33	47.86	47.28	46.32	44.55	43.31
	夜间	15	15	47.47	44.46	40.48	39.02	38.44	37.47	35.71	34.46
玉溪段	昼间	20	20	52.00	48.99	45.01	43.55	42.97	42.00	40.24	38.99
	夜间	10	15	45.71	42.70	38.72	37.25	36.67	35.71	33.94	32.70
红河段	昼间	21	20	52.22	49.21	45.23	43.76	43.19	42.22	40.46	39.21
	夜间	10	15	45.71	42.70	38.72	37.25	36.67	35.71	33.94	32.70

由上表预测结果可以看出，输水线路各路段场内各条主要道路两侧 20m 以外处均满足 1 类声环境质量标准，10m 以外处均满足 2 类声环境质量标准。

位于二期骨干工程场内道路 200m 范围内的无居民点分布，因此交通运输对周边居民点不产生影响。

5.6.1.3 爆破及振动影响预测

(1) 爆破影响

由于爆破噪声具有短时、定时、定点的特点，噪声强度可达 125~132dB (A)，本工程爆破点有地下泵房以及施工支洞等，此外，工程在土石方开挖时还会有少量爆破作业，其产生的影响是瞬间的。由于爆破时噪声很大，对施工人员及施工区附近居民都会有一定的影响，因此，需合理安排好爆

破时间，避免爆破施工对周围居民点日常生活造成较大影响。

(2) 爆破振动影响

根据国家 GB6722-2003 《爆破安全规程》，爆破振动对建筑物的安全允许标准见表 5.6.1-5。

表 5.6.1-5 爆破振动对建筑物影响的安全允许标准

序号	保护对象类型	安全允许振速 (cm/s)		
		<10Hz	10-50Hz	50-100Hz
1	土坯房、毛石房、土窑洞	0.5-1.0	0.7-1.2	1.1-1.5
2	一般砖房	2.0-2.5	2.3-2.8	2.7-3.0
3	钢筋混凝土结构房屋	3.0-4.0	3.5-4.5	4.2-5.0

根据相关研究成果，单响装药量和离爆炸点的距离是确定地面震动等级的重要参数，通过质点速度与距离函数的相关换算（参看《爆破与振动控制》1993年10月第5期），0.5cm/s的换算距离为9m/kg，并得出安全极限曲线，并计算出各级装药量下的安全距离。经计算，本项目当装药量在30-60kg时的安全距离为69.7m。

实施阶段，建设单位应根据实际单孔装药量对现场振动影响进行实时监测，确定对厂界建筑物无影响的具体爆破方案，报监理后方可实施。

5.6.2 运行期噪声影响预测

工程建成运行后，主要噪声源为泵站运行噪声，水泵运行噪声源强一般为85~90 dB(A)，水泵和电机安装在水泵房，运转时直接影响工作人员和周围环境。

泵站位于厂房内，根据《建筑隔声设计 空气隔声技术》中推荐的经验公式：

$$R=23 \log m - 9 \quad (\text{式 } 1)$$

$$R=13.5 \log m + 13 \quad (\text{式 } 2)$$

其中，*m* 为构件的综合面密度。

式 1 适用于 $m \geq 200\text{kg/m}^2$ ，式 2 适用于 $m \leq 200\text{kg/m}^2$ 。

厂房墙体一般为砖、水泥等材料，综合面密度约为 396 kg/m^2 ，大于 200 kg/m^2 ，因此，选用公式 5.6-2，经计算，泵站厂房隔声约为 51dB，则经过墙体隔声后的泵站噪声约为 34dB~39dB，小于声环境《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准，因此，建设单位只要认真落实采取低噪声设备、合理布局泵站设置、安装减振垫以及增强泵房密闭性等措施，运行期泵站不会对居民点产生噪声影响。

5.7 空气环境影响预测

5.7.1 施工期空气环境的影响

5.7.1.1 燃油废气影响

工程施工期间，各种施工机械、爆破、运输车辆等将产生一定量的燃油废气。施工区的燃油设备主要是施工机械和运输车辆，其排放的尾气在施工期间对施工作业点和交通道路附近的大气环境造成一定程度的污染，产生 SO_2 、 CO 、 NO_2 等污染物。运输车辆的废气是沿交通路线沿程排放。施工机械的废气基本是以点源形式排放。由于工程排污量不是很大，且为瞬时排放，且工程区环境空气质量较好，工程区地势开阔有利于污染物干降尘、湿降尘及大气扩散转移，从而使空气中的污染物浓度大大降低，空气质量将大大好转。因此，预测施工生产废气排放对环境造成的影响不大。

总体来说，本工程燃油废气的排放量小、排放点分散、属施工期间间歇性排放，工程施工区地势开阔，空气流通性好，环境空气质量现状良好，排放废气中的各项污染物能够很快扩散，不会引起局部大气环境质量的恶化。

5.7.1.2 扬尘的影响

（1）交通扬尘的影响分析

本工程施工期交通对环境空气的影响主要包括车辆运输过程中产生的

扬尘和尾气排放的影响。目前国家已经对出厂及正在投入行驶的各类机动车辆制定了严格的检测、限制要求，施工期使用的运输将要求选择达到相应国家标准的车辆，其尾气排放中的主要污染物 CO、NO₂ 等对沿线环境的影响很小。由于施工交通主要是大型车辆运输砂石料、水泥、弃渣等，运输过程中产生的 TSP 等对沿线的环境将产生一定影响。

车辆行驶产生的扬尘，在完全干燥情况下，可按下列经验公式计算：

$$Q = 0.123(V/5)(W/6.8)^{0.85}(P/0.5)^{0.75}$$

式中：Q——汽车行驶的扬尘，kg/km·辆；

V——汽车速度，km/h；

W——汽车载重量，t；

P——道路表面粉尘量，kg/m²；

表 5.7.1-1 为一辆载重 20t 的卡车，通过一段长度为 500m 的路面时，不同行驶速度和不同路面清洁程度下产生的扬尘量。由此可见，在同样路面清洁情况下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速情况下，路面清洁度越差，则扬尘量越大。

表 5.7.1-1 不同车速和地面清洁程度时的汽车扬尘 单位：kg/辆 km

车速 \ P	0.1 (kg/m ²)	0.2 (kg/m ²)	0.3 (kg/m ²)	0.4 (kg/m ²)	0.5 (kg/m ²)	1 (kg/m ²)
5 (km/h)	0.11	0.19	0.25	0.31	0.37	0.63
10 (km/h)	0.22	0.37	0.51	0.63	0.74	1.25
15 (km/h)	0.33	0.56	0.76	0.94	1.16	1.88
20 (km/h)	0.44	0.75	1.01	1.26	1.49	0.63

尘粒在空气中的传播扩散情况与风速等气象条件有关，也与尘粒本身的沉降速度有关。不同粒径的尘粒的沉降速度见表 5.7.1-2。

表 5.7.1-2 不同粒径尘粒的沉降速度 单位：kg/辆 km

粒径 (μm)	10	20	30	40	50	60	70
沉降速度 (m/s)	0.003	0.012	0.027	0.048	0.075	0.108	0.147
粒径 (μm)	80	90	100	150	200	250	350

沉降速度 (m/s)	0.158	0.17	0.182	0.239	0.804	1.005	1.829
粒径 (μm)	450	550	650	750	850	950	1050
沉降速度 (m/s)	2.211	2.614	3.016	3.418	3.82	4.222	4.624

由表可知，尘粒的沉降速度随粒径的增大而迅速增大。当粒径为 250 μm 时，沉降速度为 1.005m/s，因此可以认为当尘粒大于 250 μm 时，主要影响范围在扬尘点下风向近距离范围内，而真正对外环境产生影响的是一些微小尘粒。

交通运输扬尘不会在大范围内平均分布，但在小空间内浓度较高，在道路局部地段积尘较多的地方，载重车辆经过时会掀起浓密的扬尘，根据其他工程现场实测情况，类似路面交通运输产生的扬尘影响范围一般在宽 10~50m、高 4~5m 的空间内，3 分钟后较大颗粒即可沉降于地面，微细颗粒在空中停留时间较长，但是在扬尘中所占比重较小，因此影响也较小。

根据经验公式，交通运输扬尘产生量与车辆的行驶速度和路面清洁程度有关，在同样路面清洁程度条件下，速度越快，扬尘量越大，所以必须实施车辆限速行驶；而在同样车速的情况下，路面越脏，扬尘量越大，因此必须保持路面清洁。根据相关工程经验，施工阶段对行驶路面勤洒水(每天 4~5 次)，可以使空气中粉尘量减少 70~90%，起到了很好的降尘效果。当洒水频率为 4~5 次/d 时，扬尘造成的 TSP 污染距离可缩小到 20~50m 范围内，预计对周边环境影响较小。

根据现场调查情况，工程施工道路区附近无居民点分布，因此交通运输扬尘不会对居民点产生不利影响，运输粉状物料须采取密闭措施。

(2) 施工区扬尘

施工期土石方开挖与填筑及施工结束后临时设施拆除均会造成粉尘、扬尘等环境空气污染；混凝土拌和产生粉尘和扬尘；建筑材料若运输、装卸、储存方式不当，可能造成泄露，产生扬尘和粉尘污染。

根据对类似施工现场及周边的 TSP 监测，距施工场地不同距离处空气

中的 TSP 浓度变化见表 5.7.1-3。

表 5.7.1-3 施工近场空气中 TSP 浓度监测值 单位：mg/m³

监测点位置	场地不洒水	场地洒水
10m	1.75	0.437
20m	1.30	0.350
30m	0.78	0.310
40m	0.365	0.265
50m	0.345	0.250
100m	0.330	0.238

由监测数据可知，施工场地周边地区 TSP 浓度值在 50m 范围内呈明显下降趋势，50m 范围以外，通过洒水降尘等措施，TSP 的影响基本控制在 50m 以内。

5.7.1.3 砂石料加工系统粉尘影响分析

砂石料加工系统原料经过破碎、筛分、传输过程中将产生粉尘，类比相似砂石加工项目，产尘量约为原材料的 0.01%。本工程砂石加工系统生产能力为 250t/h，则砂石加工产生粉尘 25kg/h。砂石料加工系统采取湿法加工，破碎、筛分、皮带输送机头部及尾部（转运点）安装自动喷雾除尘装置，场内加强洒水降尘等措施，生产粉尘可减少 99.5%。。则砂石加工系统无组织排放粉尘量为 0.125kg/h。

（1）污染源情况

表 5.7.1-4 正常情况下砂石加工系统无组织污染源参数

无组织位置	无组织排放源（m）			污染物	无组织源强（kg/h）	质量标准（μg/m ³ ）
	长	宽	高			日均值的 3 倍折算
生产区	122	87.0	5.0	颗粒物	0.125	900

（2）AERSCREEN 模型预测

采用《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）推荐模式清单中的 AERSCREEN 模型进行预测，计算预测因子最大落地地面浓度值。根据项目所在地环境特点，项目估算模型参数详见表 5.7.1-5。

表 5.7.1-5 估算模型参数表

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	农村
	人口数（城市选项时）	/
最高环境温度/°C		33.3
最低环境温度/°C		-7.0
土地利用类型		草地
区域湿度条件		中等湿度
是否考虑地形	考虑地形	不考虑
	地形分辨率/m	/
是否考虑岸边熏烟	考虑岸边熏烟	不考虑
	岸线距离/km	/
	岸线方向/°	/

通过采用 AERSCREEN 估算模式对项目正常工况下无组织废气排放情况进行计算，得到项目排放废气最大地面浓度为 $59.98\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大地面浓度占标率 $P_{\text{max}}=6.66\%$ ， $1\% < P_{\text{max}} < 10\%$ ，根据《环境影响评价技术导则-大气环境》（HJ2.2-2018），大气评价等级为二级。按照导则的要求，二级评价项目不进行进一步预测与评价，只对污染物排放量进行核算。

（3）污染物排放量核算

污染物排放量核算表包括有组织及无组织排放量、大气污染物年排放量、非正常排放量等。”因此，本项目污染物排放量核算主要包括无组织排放量核算、大气污染物年排放量核算及非正常排放量核算。砂石料加工系统无组织排放粉尘量核算详见表 5.7.1-6。

表 5.7.1-6 项目无组织排放量核算表

序号	无组织位置	产污环节	污染物	排放标准		年排放量 (t/a)
				标准名称	浓度限值 (mg/m ³)	
1	砂石料加工系统	筛选、破碎、传输	颗粒物	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）	1.0	1.1

通过模型预测可知，砂石料加工系统通过湿法加工、采取喷雾除尘、密闭破碎传输等措施后，无组织排放粉尘最大落地浓度为 $59.98\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，对周边环境空气质量影响有限。环评建议严格按照湿法作业、喷雾除尘、密闭破碎传输进行生产加工，定期对喷淋系统进行检修，一旦发现设备有破损，

则应立即停产，待废气处置设备恢复运行后再行生产。

5.7.1.4 混凝土生产粉尘影响分析

混凝土生产系统粉尘产生在水泥、粉煤灰、骨料的运输、装卸及进料过程中。本工程在各工程分散布置混凝土拌合机、拌和站，混凝土系统较为分散，规模均不大，粉尘影响范围有限；系统粉尘主要对现场工作人员产生影响。为降低系统粉尘对现场工作人员的影响，混凝土生产系统过程中进行洒水降尘，以降低现场粉尘。

5.7.2 运行期空气环境的影响

工程运行设工程管理所，除管理人员做饭产生的餐厨油烟外，不产生其他废气排放，油烟经大气稀释后，对环境空气质量基本不产生影响。

5.8 固体废弃物影响预测

5.8.1 施工弃渣

工程弃渣将按照水土保持设计要求堆放在指定的弃渣场。工程开挖产生的土石方除一部分作为混凝土系统料源外，大部分作为弃渣堆放在弃渣场。

弃渣堆放将破坏原地貌、植被与地表组成物。同时由于弃渣场属人工塑造的松散堆积体，若不采取适当的护坡、排水等防护措施，容易造成渣体冲刷、滑落和坍塌，引发新的水土流失。若严格执行水土保持设计规范要求，届时工程弃渣不会对环境造成重大影响。

结合水土保持设计报告完善内容。

5.8.2 建筑垃圾

工程的建筑垃圾大多为固体废弃物，主要来自于建筑活动的三个环节：建筑物的施工（生产）、建筑物的使用和维修（使用）、建筑物的拆除（报废）。施工过程中产生的建筑垃圾主要有开挖的土石方、碎砖、混凝土、砂

浆、桩头、包装材料等；使用过程中产生的主要有塑料、橡胶等；拆卸废料如：废混凝土、废砖、废瓦、废钢筋、木材、碎玻璃、塑料制品等。建筑垃圾露天堆放影响空气质量；且长期堆放的建筑垃圾对于发酵、雨水淋溶等而渗滤出污水，严重污染周围的地下水和地表水；施工场地附近多成为建筑垃圾的临时堆场所，由于只考虑施工方便和缺乏应有的防护措施，在外界因素的影响下建筑垃圾堆出现崩塌，阻碍道路甚至冲向其他建筑物的现象时有发生。

5.8.3 生活垃圾

生活垃圾产生部位分散于输水沿线各建构筑物及生产生活区。施工生活垃圾分为有机物和无机物，有机物主要有厨余、纸类、塑料、皮革、织物、草木等；无机物主要有废玻璃、废易拉罐、砖石、灰土等。

生活垃圾若不妥善处理，一方面将破坏周围自然景观，可能造成地表水环境和土壤污染，另一方面生活垃圾孳生蚊蝇、造成鼠类肆虐，对环境卫生和人群健康不利。为保障工程施工区环境卫生，维护施工人员清洁卫生的工作和生活环境，防止蚊、蝇和鼠类大量繁殖引起传染病流行，防止水体水质及环境空气污染，生活区垃圾必须及时清扫并妥善处理。

运行期输水工程管理人员以附近交通便利的村镇为生活区，生活垃圾归入当地的收运系统。而不具备交通条件的工程段，运行管理人员选择原有的适宜的施工营地作为生活区，生活垃圾投放至施工期原有的垃圾桶和垃圾池内。

5.9 土壤环境影响预测

5.9.1 施工期影响

(1) 施工废水对土壤环境的影响

施工机械、运输车辆保养、冲洗过程中均会有含油废水产生，主要

污染因子为 SS、石油类，浓度分别约 1200mg/L、100mg/L，排放方式为间歇排放。含油废水直接排放会对土壤的理化性质产生影响，对周边农作物的生长不利，造成农作物减产。因此，为避免含油废水对周边农田及农作物的不利影响，有利于工程结束后施工迹地的恢复，保证施工占地复耕后的土地质量。本工程施工期对产生的施工污废水集中处理达标后排放，进入冲沟最终汇入地表水体，生活垃圾运至垃圾处理场处置，在采取上述措施后，不会对土壤产生影响。

(2) 工程施工对土壤环境的影响

提水泵站、调蓄水库等工程较为集中，对土壤影响集中在小区域范围内，输水干支线的管道、倒虹吸、明渠（或暗涵）、渡槽等工程主要分布于沿线及灌区范围内，对土壤影响呈线性分布。

输水骨干工程、配套工程和田间工程，以及施工道路、渣场和生产生活区等临时措施的建设可能造成施工期表土扰动，弃渣等，将导致部分地区土壤紧实度、含水量等性质发生改变，表层土壤环境被破坏，从而影响植物的生长。因此，应对扰动区表土进行收集并单独存放，在施工结束后用于扰动区的植被恢复。随着施工中各种防护措施、施工结束后植被恢复措施的实施，对土壤环境产生的影响将会得到缓解。

5.9.2 运行期影响

工程运行期的主要污染物为各级工程管理所产生的生活污水，通过当地污水管网或厕所收集，不会引起土壤的盐化、酸化和碱化。

本工程对土壤环境的影响主要集中在运行期的农业灌溉，2030 水平年供给农业灌溉 4.94 亿 m^3 ，2040 水平年，工程供给农业灌溉 5.00 亿 m^3 。2017 年，滇中引水工程受水区有效灌溉面积 534.90 万亩，占云南省有效灌溉面积的 18.9%，预测到 2030 水平年，滇中受水区灌溉面积将达到 622.91 万亩，

其中农田有效灌溉面积 554.28 万亩，耕地灌溉率为 62.2%。对于新增和改善的灌区，对土壤的可能的影响包括盐渍化、潜育化和浸没等。

根据国内外研究表明，土壤如果长期受污水灌溉，会对土壤环境产生影响。会增加土壤容重，堵塞土壤孔隙，破坏土壤结构，使土壤出现板结现象等，使土壤肥力降低。污水在带来营养物质的同时，有些还带来重金属离子及盐分，对土壤质量造成巨大的威胁，并进一步威胁着人类健康。本工程取水水质很好，满足灌溉用水要求，不会对土壤造成威胁，但为保护土壤环境，需要确保灌溉水质，避免灌溉水在输送过程中受到污染。本工程运行期提水灌溉可能对土壤的影响包括土壤盐渍化、潜育化和浸没影响。

(1) 对土壤的盐渍化影响

耕作土壤的次生盐渍化主要与大气蒸发力、地下水埋深、土壤特性、矿化度和人为灌溉、施肥和种植方式有着直接的关系。从国内经验来看，盐渍化主要产生于干旱平原地区。

本工程受水区的灌区具有天然的地表水排泄通道，且建有排涝、排水措施，无大面积沼泽化、盐碱土。灌区存在一定的积盐条件，但是灌溉后的土壤在全年中进行的脱盐作用远大于积盐作用，灌溉水源满足灌溉用水标准，引起区内地下水位抬升影响范围有限，局部地下水位附近可能存在条带状土壤次生盐碱化，影响耕种，不会发生大面积土壤次生盐碱化影响。

根据调查，本工程受水区滇中地区主要的土壤类型为红壤、赤红壤和紫色土等，土壤的渗透性能较好。通过对灌溉土壤 pH 值的测定，其值在 4.61 ~ 8.55。从目前灌区灌溉状况看，地下水位没有明显升高。本工程实施后，受水区的灌区灌溉主要采用节水灌溉的方式，如滴灌、微灌等，灌区地下水位提升有限，同时由于节水灌溉退水量少，灌区排泄条件好，水位升高不大。

灌区现状灌区不存在盐渍化现象。工程运行后会引引起区域水文情势的变化，但总体影响不大。同时进入地下水中的氨氮含量少，污染物浓度总体上是被稀释。灌区运行后对灌区地下水水质影响较小。灌区运行后引起部分地下水位抬升可能会引起区域的土地盐渍化。灌溉水矿化度低，且灌区总体表层土层透水性较好，排泄条件好，矿化度低，无盐系地层出露。工程运行期，大水漫灌、串灌，大块田地土地不平整，灌水不均匀，化肥施用量过高，农作物耕作制度不合理，土地弃耕和渠道渗漏等均会使灌区内的土壤产生盐渍化。

针对工程运行期可能引起的盐化影响，采用《环境影响评价技术导则土壤环境导则（试行）》（HJ 964-2018）中的附录 F “土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

计算土壤演化综合评分值（ S_a ），具体如下：

$$S_a = \sum_{i=1}^n Wx_i \times Ix_i$$

式中： n — 影响因素指标数目；

Wx_i — 影响因素 i 指标评分；

Ix_i — 影响因素 i 指标权重。

土壤盐化因素赋值情况见下表：

表 5.9.2-1 土壤盐化影响因素赋值表

影响因素	分值				权重
	0分	2分	4分	6分	
地下水位埋深（GWD）/（m）	$GWD \geq 2.5$	$1.5 \leq GWD < 2.5$	$1.0 \leq GWD < 1.5$	$GW < 1.0$	0.35
干燥度（蒸降比值）（EPR）	$EPR < 1.2$	$1.2 \leq EPR < 2.5$	$2.5 \leq EPR < 6$	$EPR \geq 6$	0.25
土壤本底含盐量（SSC）/（g/kg）	$SSC < 1$	$1 \leq SSC < 2$	$2 \leq SSC < 4$	$SSC \geq 4$	0.15
地下水溶解性总固体（TDS）/（g/L）	$TDS < 1$	$1 \leq TDS < 2$	$2 \leq TDS < 5$	$TDS \geq 5$	0.15
土壤质地	黏土	砂土	壤土	沙壤、粉土、砂粉土	0.10

根据本工程土壤监测理化特性资料，并结合地下水专题的相关资料，对各个土壤监测点的盐化进行预测评价，详见下表：

表 5.9.2-2 工程盐化预测评价表

序号	采样点位	地下水埋深 GWD (m)		干燥度 (蒸 降比值) EPR		土壤本地含盐 量 SSC/ (g/kg)		地下水溶性总 固体 TDS/(g/L)		土壤质地		综合 评分 Sa
		数值	分值	数值	分值	数值	分值	数值	分值	数值	分值	
1	鹤庆灌区	>5	0	2.03	2	0.04	0	<1	0	壤土	4	0.9
2	巍山灌区	>5	0	2.49	2	0.02	0	<1	0	壤土	4	0.9
3	弥渡灌区	>5	0	2.70	4	0.02	0	<1	0	壤土	4	1.4
4	祥云灌区	>5	0	3.01	4	0.16	0	<1	0	壤土	4	1.4
5	宾川灌区旱地	>5	0	4.62	4	0.46	0	<1	0	壤土	4	1.4
6	宾川灌区水田	>5	0	4.62	4	1.16	2	<1	0	壤土	4	1.7
7	拟建海稍灌区旱地	>5	0	4.62	4	0.24	0	<1	0	壤土	4	1.4
8	拟建海稍灌区水田	>5	0	4.62	4	0.6	0	<1	0	壤土	4	1.4
9	姚安灌区	>5	0	2.81	4	0.07	0	<1	0	壤土	4	1.4
10	牟定灌区	>5	0	2.23	2	0.06	0	<1	0	壤土	4	0.9
11	楚雄灌区	>5	0	2.27	2	0.09	0	<1	0	壤土	4	0.9
12	双柏受水区	>5	0	2.09	2	0.1	0	<1	0	壤土	4	0.9
13	元谋灌区	>5	0	4.82	4	0.07	0	<1	0	壤土	4	1.4
14	武定受水区	>5	0	2.03	2	0.15	0	<1	0	壤土	4	0.9
15	大箐水库淹没的库周	>5	0	2.24	2	0.76	0	<1	0	黏土	0	0.5
16	大箐水库下游灌区	>5	0	2.24	2	0.81	0	<1	0	黏土	0	0.5
17	黄坡水库淹没的库周	>5	0	2.25	2	0.34	0	<1	0	黏土	0	0.5
18	黄陂水库下游灌区	>5	0	2.25	2	1.45	2	<1	0	黏土	0	0.8
19	拟建马金铺水厂附近	>5	0	2.61	4	0.84	0	<1	0	黏土	0	1
20	拟建西山团结水厂附近	>5	0	1.82	2	1.14	2	<1	0	黏土	0	0.8
21	红塔灌区	>5	0	1.77	2	0.08	0	<1	0	壤土	4	0.9
22	江川灌区	>5	0	2.27	2	0.01	0	<1	0	壤土	4	0.9
23	琉璃河水库扩建淹没区	>5	0	1.98	2	0.08	0	<1	0	壤土	4	0.9
24	通海灌区	>5	0	1.98	2	0.09	0	<1	0	壤土	4	0.9
25	易门灌区	>5	0	2.17	2	0.02	0	<1	0	壤土	4	0.9
26	华宁灌区	>5	0	1.91	2	0.1	0	<1	0	壤土	4	0.9
27	蒙自灌区	>5	0	2.69	4	0.02	0	<1	0	壤土	4	1.4
28	开远灌区	>5	0	2.50	4	0.07	0	<1	0	壤土	4	1.4
29	大练庄水库淹没的库周	>5	0	2.06	2	0.5	0	<1	0	砂壤	6	1.1
30	石屏县异宝片灌区	>5	0	2.06	2	0.5	0	<1	0	砂壤	6	1.1
31	石屏县北部山片灌区	>5	0	2.06	2	0.6	0	<1	0	砂壤	6	1.1
32	东风水库淹没的库周	>5	0	2.68	4	0.6	0	<1	0	砂土	2	1.2
33	双帽山水库淹没的库周	>5	0	2.68	4	0.5	0	<1	0	砂壤	6	1.6
34	云降寨水库淹没的库周	>5	0	2.68	4	0.6	0	<1	0	砂壤	6	1.6
35	曲江提水泵站周边	>5	0	2.68	4	0.6	0	<1	0	砂壤	6	1.6
36	建水县跃进片灌区	>5	0	2.68	4	0.8	0	<1	0	砂壤	6	1.6
37	建水县青龙片灌区	>5	0	2.68	4	0.3	0	<1	0	砂壤	6	1.6
38	建水县老楚蚌片灌区	>5	0	2.68	4	0.5	0	<1	0	砂壤	6	1.6

序号	采样点位	地下水埋深 GWD (m)		干燥度 (蒸 降比值) EPR		土壤本地含盐 量 SSC/ (g/kg)		地下水溶性总 固体 TDS/(g/L)		土壤质地		综合 评分 Sa
		数值	分值	数值	分值	数值	分值	数值	分值	数值	分值	
39	建水县清水塘片灌区	>5	0	2.68	4	0.6	0	<1	0	砂壤	6	1.6
40	建水县面甸片灌区	>5	0	2.68	4	0.5	0	<1	0	砂壤	6	1.6
41	建水县曲江片灌区	>5	0	2.68	4	0.6	0	<1	0	砂壤	6	1.6

从表中可以看出，各个土壤监测点的盐化综合评分值 Sa 大于 1 且小于 2，根据导则中的土壤盐化预测表，本项目建成后，水库、泵站和受水区的灌区土壤可能存在轻度盐化的现象。

(2) 对土壤的潜育化影响

土壤潜育化是指土壤长期滞水，严重缺氧，产生较多还原物质，使高价铁、锰化合物转化为低价状态，使土壤变成蓝灰色或青灰色的现象。潜育化土壤较非潜育化土壤还原性有害物质较多，土性冷，土壤的生物活动较弱，有机物矿化作用受抑制。易导致稻田僵苗不发，迟熟低产。而本工程所在的滇中地区的灌区所在区表层土层透水性较好，区域耕地土壤普遍缺硼、锰、钼和硫等元素，灌溉水利条件较好，且排泄条件好使其灌溉时间短而排水快，因此不存在对土壤潜育化影响。

(3) 对土壤的浸没影响

本工程的输水管道大部分位于地下水位之上，工程运行时，输水管道不存在漏水的情况下，不会产生对周边土壤的浸没现象。

退水区的灌区内残积土壤区及坡积土壤区主要分布于低山丘陵区的山坡及山顶地带，地下水位埋深较大，基本不会产生灌溉引起的浸没问题。河流冲积土壤区地下水位埋深浅，工程运行后，分布在坝区和坝区边缘的丘陵地区，灌区推行高效节水灌溉，不存在大面积漫灌形式，不会产生浸没影响。

(4) 对土壤环境质量的影响

本工程退水区的灌区土壤以红壤、赤红壤和紫色土等为主。土壤是一

种多孔体，土壤水分和土壤空气共存于土壤孔隙中，土壤中的水分，直接制约着通气状况。水分过多及由之引起的地下水位抬升，土壤渍涝和沼泽化均可恶化土壤的通气状况。灌溉后将促进作物对土壤养分的吸收能力，对土壤微生物活动有提高作用。但灌水过多，将导致有效养分流失，同时土壤在腐殖质化的同时，积累大量的有机酸、硫化氢、甲烷等物质，对作物和微生物产生毒害作用。在通气不良的土壤中，速效性的硝态氮也容易收到反硝化细菌的作用变成游离氮消失在大气中。

本工程供水后，预测到 2030 水平年，滇中引水工程受水区灌溉面积将由现状 2017 年的 534.90 万亩达到 622.91 万亩，灌溉面积较工程建设前有所增加，但现状灌区工程涉及的区域主要地类为农田，在农业生产中，将来必须精准施肥、微灌或滴灌，则不会明显增加灌区化肥、农药的施用量，如果耕种、灌溉的方式不科学，将增加灌区内的农业面源污染物的残留，对土壤的质量有一定的不利影响。

因此，为减小对灌区土壤质量的影响，应从灌溉方式、灌区化肥、农药的种类和施用量等方面进行优化。

5.10 社会环境影响

5.10.1 社会经济

滇中地区是云南省国民经济和社会发展的核心区域，也是云南省缺水最严重的区域，水资源短缺与能源、原材料生产优势成为突出矛盾，缺水已在一定程度上制约了区域经济的整体发展。滇中引水工程的实施，不仅可以使受水区现有优势资源充分发挥效益，还可提高工业产品质量，降低生产成本，提高其市场竞争力，并可推进云南省作为我国面向东南亚开放桥头堡建设战略的实施，保障云南省经济社会的可持续发展，对提高中国在大湄公河次区域合作组织的地位，维护边疆稳定和民族团结意义重大。

滇中引水工程建成后，可解决受水区 780 万人的城镇生活用水，约占受水区城镇人口的 72%；可创造工业增加值 5374 亿元，约占受水区工业增加值的 71%；可新增灌溉面积 49.2 万亩，改善灌溉面积 63.6 万亩，合计灌溉面积 112.8 万亩。

滇中引水工程的建设，将直接拉动当地 GDP 的增长，间接投资带动土石方工程、当地建材产业、运输产业、农村服务业等地方经济的发展，产生拉动当地经济、保障农民增收、缓解农村贫困的积极社会效应。

5.10.2 水资源利用

滇中引水工程的实施，从根本上解决滇中地区水资源短缺问题。工程 2040 水平年向城镇生活和工业供水 22.29 亿 m^3 ，占总需水量的 64%。引入水质优良、水量稳定的金沙江水源将彻底扭转滇中地区城镇生活和工业靠挤占农业和生态用水的不利局面，破除制约区域高质量跨越式发展的瓶颈，支撑滇中地区新型城镇化进程，为加快推进滇中城市群和滇东南城市群建设提供水资源保障。通过滇中引水工程置换供水，受水区当地水源退还农业供水 1.1 亿 m^3 ，同时还直接向农业供水 5 亿 m^3 ，有效提高受水区复种指数和农业供水保障程度，充分发挥农业在农村社会保障体系中的基础性作用。

另一方面，随着城镇化、工业化进程的加快，滇中地区水资源供需矛盾日益突出。水资源短缺引起城镇生活和工业用水挤占农业用水，农业用水挤占生态用水填补缺口的连锁反应，使得区内河湖生态环境恶化。现状水平年滇中受水区城镇用水挤占灌溉和生态水量 5.9 亿 m^3 。滇中引水工程实施后，通过水量置换本区水源工程退还挤占的生态用水，同时直接向滇池、杞麓湖、异龙湖等水质恶化的高原湖泊补充清洁水资源 6.72 亿 m^3 ，通过水系连通工程也能兼顾解决这些湖泊主要入湖河流的生态修复用水，将

极大改善流域内河道和滇池湖体的生态及水环境状况，为打赢碧水保卫战、九大高原湖泊保护治理提供水资源保障。

再次，滇中引水工程是连通金沙江、澜沧江、红河、珠江四大水系，润泽滇中主要城市群的骨干连通工程。同步建设滇中引水工程主体工程 and 二期工程，构建水源可靠、丰枯相济的滇中水网，依托稳定的水源，构筑跨区域、跨流域河湖水系连通工程体系，突破水资源制约经济社会发展瓶颈，形成与新型城镇化、工业化、信息化、农业现代化相适应的供水安全保障体系，满足滇中城市经济圈经济社会发展供水需求。

5.10.3 土地资源

滇中引水工程输水线路建设征占地涉及丽江、大理、楚雄、昆明、玉溪、红河 6 个州市。永久占地方面，输水线路征地范围为条带状，且占地分散于输水线路沿线的狭长区域，分属 6 个州市的各个县（区）。临时占地也呈条带状分散在输水线路沿线，临时占地工程完建后可基本恢复其原有土地功能。因此，工程占地不会造成行政区内土地资源格局的改变，占地对土地资源的影响总体较小。

5.10.4 景观

二期骨干工程除昆明段黄坡水库、大箐水库改扩建，红河段大唐水库、杨柳田水库新建外，其他州市受水区均利用已建水库工程进行水量充蓄。黄坡水库、大箐水库、大唐水库、杨柳田水库改扩建、新建造成一定陆域面积的淹没和景观类型的改变。但淹没的陆域范围有限，不会对区域景观环境整体质量造成明显影响。其他已建水库水量充蓄均在正常淹没线以下，无新增淹没影响和对景观类型的改变。总体而言，二期骨干工程水库调蓄不会对现有景观造成明显改变，对景观环境的影响不大。

5.10.5 民族宗教文化

滇中引水工程实施后，受水区人均水资源在地区间的差异减少，流动人口较引水前有所增加，这样带来了不同民族的文化交流，民族文化的多样性增加，民族之间团结和睦相处。

同时，实施滇中引水工程，有利于解决缺水问题，扩大灌溉范围，实现农田稳产增产和农民增收。对各少数民族来说，工程将有力促进当地工农业生产，提高生活水平，医疗、卫生、教育条件更加完善，总体上提升了民族人口的生活水准，有利于民族文化的传承。从少数民族生活习惯考虑，工程不会产生太大不良效应，不存在移民问题，现有民族格局也不会有太大改变。

综上所述，滇中引水工程的实施将对少数民族经济发展起到重要促进作用。

5.10.6 人群健康

二期工程各州市受水县（区）大量外来人口迁入、自然环境改变、生活环境与设施变化可能导致传染病的上升或局部流行。因此在施工区必须对各种传染病，尤其是肠道传染病和呼吸道传染病采取预防控制措施，进行密切监测。

工程涉及的昆明市富民县及红河州建水县、个旧市均曾为云南省鼠疫疫区，可能存在鼠疫自然疫源地。因此，施工期大量人员涌入，短期内人口密度增加，鼠疫感染和传播风险增加，应加强鼠疫监测并做好应对防范措施。

工程区流行性出血热平均报告发病率高于全省同期平均水平，因此在流行性出血热高发的春、秋两季，应重点增强工程沿线易感区的流行性出血热防疫和监测工作，并做好易感人群的保护工作。

施工期，各生产生活区供水系统独立布置，生活用水经水池净化后饮

用，可保证施工人员饮水安全，有效预防流行性疾病、地方病、传染病等的传播和爆发。

施工期大量外来人员涌入，一方面可能带入外来疾病，引起某些疾病的相互传染甚至流行，对当地居民健康具有一定威胁，同时医护人员和床位将进一步下降，对当地居民医疗卫生环境有一定影响。

此外，滇池、杞麓湖、异龙湖生态补水进入原水体，若水质不达标或携带血吸虫病等，可能引起受水湖泊区域动物、人类相关疾病的感染、传播风险，导致某类传染病随输水大面积的爆发。

5.10.7 公众参与

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第4号）的程序和要求，在滇中引水建管局和各州市滇引办的积极配合下，环评单位开展了二期工程的环境影响评价公众参与，形成环境影响评价公众参与说明。

根据环境影响评价公众参与说明，各州市受水区公众对二期工程是认同和支持的，认为工程建设可优化水资源配置、提高供水保障，改善当地水利、交通基础设施条件和河道、湖库生态环境，并要求须认真做好环境保护各项工作，减缓工程建设带来的不利环境影响。

5.11 对环境敏感区的影响

5.11.1 对玉溪红塔山市级自然保护区的影响

根据现状分析，本工程占地不涉及玉溪红塔山市级自然保护区，骨干工程玉溪段红塔干线北市区二水厂分干线距保护区边界最近直线距离约2.0m。

由于本工程不涉及占用保护区土地，因此对保护区生态系统结构、功能及保护对象无直接影响。工程施工对保护区的影响主要为施工间接影响，体现在大气和噪声污染。

工程施工期间，各种施工机械、运输车辆等将产生一定量的燃油废气和粉尘。产生 SO_2 、 CO 、 NO_2 等污染物。对施工作业点和交通道路附近的大气环境造成一定程度的污染。但靠近保护区线路主要为箱涵、施工道路和隧洞，箱涵工程量小，工程燃油废气的排放量小、排放点分散、属施工期间歇性排放，加上工程施工区地势开阔，空气流通性好，环境空气质量现状良好，排放废气中的各项污染物能够很快扩散，不会引起局部大气环境质量的恶化。施工期所带来的粉尘污染只要采取适当的措施，其影响可降至最低，对自然保护区环境质量的影响不大。施工结束后这种影响将消失。

工程施工爆破、使用施工机械和运输车辆，将不可避免的会对保护区范围内的声环境质量造成临时性的超标，尤其会对在其中活动的野生动物产生惊扰。但施工噪声仅伴随于施工活动，随工程结束而消失，所以施工机械对周围声环境质量不会产生明显影响。

5.11.2 对风景名胜区的影晌

本工程评价区内分布有风景名胜区 3 处，根据现状分析，本工程将对玉溪九龙池风景名胜区和石屏异龙湖省级风景名胜区造成直接影响；对滇池国家级风景名胜区造成间接影响。

5.11.2.1 对滇池国家级风景名胜区的影晌

经现状分析，大黑箐隧洞进口距滇池国家级风景名胜区边界最近距离约 140m。由于距离较近，且工程处于滇池流域，因此工程建设可能对风景区造成一定间接影响。根据风景区规划，工程区附近无景点分布，因工程工期短，不直接占地，所以，工程建设对滇池国家级风景名胜区影响非常有限，但工程建设中，应做到施工废水收集处理不外排，固体废物收集处理，避免因施工影响到滇池水质和景观质量。

5.11.2.2 对玉溪九龙池风景名胜区的影

根据现状分析，骨干工程玉溪段红塔干线董炳隧洞约 575m 下穿九龙池风景区白龙潭景区，隧洞进出口及施工临时设施均不涉及风景区范围，且相聚较远，因此，工程建设不会对风景名胜区产生占地及施工影响，对景区内主要景点也无影响。

根据风景区规划范围，隧洞上方及周边均无地表水源、水库和泉眼等景观，因此，隧洞施工不会对风景区造成影响，但施工前须向风景区主管部门进行报备，取得主管部门同意后方可开工建设。

5.11.2.3 对石屏异龙湖风景名胜区的影

依据石屏异龙湖风景名胜区总体规划（未批复）的规划范围图，石屏干线金山坡隧洞涉及穿越异龙湖风景名胜区中的风景恢复区，涉及长度约 2.5km；施工新建进场道路（含临时/永久用地）涉及穿越风景恢复区，涉及长度约 9.4km（永久 3.2km，临时 6.2km）。

（一）工程建设对异龙湖风景区结构完整性的影响分析

工程涉及异龙湖风景区的发展控制区和风景恢复区，不涉及风景区的生态保护区、自然景观保护区、史迹保存区、风景游览区等需要特别关注及保护的区域。涉及景区工程为管道建设，工程量小，在施工期间也可保证风景区对外交通的畅通，工程不影响风景区对外交通、风景区游览线。涉及风景区部分为临时占地，工程建设完成采取植被恢复等措施后，基本对风景名胜区无影响，因此，本工程线路及布置均未切割功能区和游览线路，工程建设对异龙湖风景区结构完整性无影响。

（二）施工期对风景名胜区景观环境的影响分析

（1）施工活动对风景名胜区景观环境的影响

工程涉及风景区主要为管道建设，对风景区的影响主要是施工期开挖、堆料对景观的视觉影响。施工期禁止在管道沿线弃土，并防止雨季等回填

土可能造成水土流失，在完善边坡绿化及景观设计的前提下，对风景名胜区的影 响逐渐减弱并消失。

在施工期间噪声、水、空气、固体废弃物等方面的影响都是暂时的，在采取相应的措施后，可将这些影响减低到最低程度，在施工结束后，影响将消失。

（2）施工期“三废”对风景名胜区景观环境的影响

1) 废水：本工程现阶段风景区范围内无施工生产生活区，工程施工基本不会产生生产 生活废水，不会对风景名胜区地表水和地下水环境的影响。

2) 废气：工程建设施工、土方工程、材料运输与露天堆放以及车辆运输等所产生的扬尘，降低空气的能见度，对风景名胜区环境空气有一定的影响。但工程废气的排放特性为间歇性、流动性排放，每天的排放量较小，无法形成积累，且扬尘主要源于部分施工区域和工程运输道路附近，影响范围较有限。只要施工期认真洒水降尘，施工期的环境空气质量的影响就可以降低到最小。

3) 废渣：禁止建筑垃圾、施工人员生活垃圾以及工程弃渣对风景名胜区生态环境和景观产生影响。本工程规划的弃渣场选址不位于风景名胜区内，不会对景区造成不利影响，在施工过程中注意加强施工管理，禁止随意弃渣及丢弃垃圾。

（3）施工期噪声对风景名胜区景观环境的影响分析

施工期噪声污染源为各种施工设备、运输车辆等，施工期间，施工噪声源强大多超过规定标准，对于周边的居民点有一定影响，需采取防护措施。施工产生的噪声的振动对周围环境影响较大。因此，施工噪音对旅游有一定的影响，需加强管理。

（4）施工占地对风景名胜区景观环境的影响分析

本工程涉及风景区占地主要为临时占地。依据遥感影像判读，依据遥

感影像判读，占用的风景区土地主要为耕地，不涉及自然植被，涉及的耕地施工结束后可进行复耕，对于自然植被在施工结束后可以采取的措施进行绿化恢复，施工占地对异龙湖景区环境的影响较小。工程建设完成后，对异龙湖风景名胜区环境基本无影响。

（三）运行期对异龙湖风景名胜区景观环境的影响分析

异龙湖为本工程的受水湖泊，工程运行后，入湖水量增加，加上滇中水源水质优于异龙湖水质，对异龙湖的补水有利于异龙湖水质改善，对异龙湖景区景观资源质量的提升有促进作用，有利于异龙湖风景名胜区景观环境的改善。

5.11.3 对国家森林公园的影响

根据现阶段工程布置和已有资料分析，本工程建设将对弥渡东山国家森林公园造成影响。

（一）水环境影响

本工程雪峰山隧洞穿越东山森林公园，部分区域可能会产生地下涌水，隧洞排水具间断性和分散性特点，水中不含有毒物质，主要污染物为 SS，需处理后排放或回用于绿化和道路洒水。

在隧洞开挖初期，需使用混凝土浇注衬砌以支护围岩洞室，此时，混凝土砂浆与喷涌出的地下水相互混杂形成混凝土浇筑废水，也即隧洞施工废水。隧洞施工废水主要为喷混和衬砌时产生的废水，通过收集处理达标后回用生产，对水环境的影响较小。

（二）噪声、粉尘影响

施工爆破、临时便道修建等施工过程中，将产生一定的噪声和扬尘，对施工场界 200m 以内区域的环境有一定的不利影响。对植物植被而言，在干旱季节，粉尘、扬尘将会降低近邻地区植物的光合作用，对部分种类的

个别植物产生一定的影响，但雨季到来后，这种影响将极大的降低。在施工过程，采取湿法作业、洒水降尘等措施后，这种间接影响将会降至最小，且随施工结束而消失。

工程施工中需要使用许多大型施工机械和运输车辆，施工时，不可避免的会对公园范围内的声环境质量造成临时性的超标，尤其会对在其中活动的野生动物产生惊扰。但工程区处于森林公园边缘地带，工程区周边人为活动较多，野生动物活动较少。而且施工噪声仅伴随于施工活动，随工程结束而消失，所以施工机械对周围声环境质量不会产生明显影响。

（三）占地对公园生态系统的影响

根据可研设计资料，本工程穿越森林公园输水线路为管道及隧洞布置，主要为临时占地。依据遥感影像判读，占用的森林公园土地主要为暖温性针叶林、灌丛及稀树灌木草丛这些次生植被，这种植被类型在森林公园其他区域也分布广泛，占地不会导致这些植被类型面积的大量减少及消失，对森林公园内的天然植被的稳定性和多样性影响较小，不会出现生物多样性减少导致的区域生态系统结构和功能的变化。而且工程涉及森林公园段为管道及隧洞，隧洞下穿对植物植被基本无影响，管道在施工结束后将进行植被恢复，可把对森林公园生态系统的影响降到最低。总体而言，工程对森林公园的生态系统影响轻微。

5.11.4 对重要湿地的影响

评价区内分布有异龙湖重要湿地，根据现阶段工程布置和已有资料分析，工程占地不涉及异龙湖重要湿地，不会对重要湿地造成直接影响。在做好施工期管理，防止施工“三废”进入异龙湖的前提下，对异龙湖产生不利影响有限。石屏异龙湖重要湿地为本工程充蓄湖泊，间接影响见生态补水对异龙湖的影响论述。

5.11.5 对国家湿地公园的影响

根据现状分析，大黑箐隧洞工程涉及区域为湿地公园的合理利用区，占用面积 0.788hm^2 。工程存在对地表及景观的切割影响。工程建设运行将对湿地公园生态系统、生物多样性和环境质量造成一定影响。

（一）对生态系统及景观的影响分析

本工程以隧洞形式下穿湿地公园，隧洞口、挡水围堰和永久进场道路占用国家湿地公园，根据现场调查，工程仅涉及人工林生态系统，生态系统组成较为简单，工程占用人工林生态系统占湿地公园同类型生态系统面积的 1.74% ，对湿地公园生态功能影响较小。工程隧洞口及挡水围堰距滇池湖岸较近，工程施工期会对湿地公园景观质量产生一定影响。但由于工程区位于湿地公园边缘地带，在施工期进行围挡等措施的基础上，对湿地公园景观格局影响有限。

本工程建成后，隧洞口将进行植被恢复和景观改造，施工道路两侧栽植绿植并与园区道路和谐统一，生态系统功能将逐渐恢复，工程建设期对陆生生态系统的影响逐渐减弱至消失。工程运行期对陆生生态系统无影响。

工程运行期，滇池水量受滇中来水影响，将对湿地公园内水生生态系统造成一定影响。此外，滇中来水为 II 类水质，工程运行有利于滇池水质的改善，对水体景观质量具有改善作用。

（二）对生物多样性的影响

（1）对植物植被的影响

工程区植被现状以人工植被桉树林和黑荆树林为主、植物种类多为常见景观植物，工程建设不会对植物多样性造成影响。

（2）对陆栖脊椎动物的影响

项目区植被现状以人工植被为主，缺乏哺乳动物生境，同时，区内两栖、爬行及兽类种类少，种群数量小，无保护种类。陆生脊椎动物以鸟类

为主，施工期间，工程占地会侵占鸟类栖息环境，减少鸟类觅食范围；人为活动的增加以及隧洞开挖、挡水围堰搭建、施工机械噪音会惊吓、干扰某些鸟类；但工程占地面积小，鸟类将通过迁移和飞翔来避免工程施工对其栖息和觅食的影响。通过现状调查，工程周边无鸟类集中栖息和繁殖地，因此对鸟类影响有限。由于鸟类对噪声比较敏感，施工活动和机械噪声可能对工程周边鸟类停歇会有一些影响，因此应采取一定的降噪、减震措施。在采取措施基础上，其影响不大。本工程运行不产生噪声和污染物，对鸟类不产生明显不利影响。

（3）对鱼类的影响

本次工程不直接涉水，但挡水围堰建设将不可避免的造成局部水体扰动，导致小范围内水体浑浊，但工程占地面积小，围堰工程工期短，且靠近湖岸边缘，因此，受影响的鱼类数量较小，待施工结束后，当地土著鱼类可依旧按照其习性进行活动。在施工期间，施工废水、隧洞涌水、机械噪声对工程区及周边鱼类的正常活动将受到一定程度的影响，应采取保护措施。工程运行期不产生污染物，工程构筑物本身不对鱼类造成影响。但滇中来水进入滇池后，一定程度上改变了滇池水量、流态，对湿地公园鱼类及产卵场将造成一定影响。同时，滇中来水对湿地公园水质起到一定改善作用，一定程度上有利于鱼类种群的发展及土著种类的恢复，如滇池金线鲃、银白鱼等。

（三）对环境质量的影响

（1）对地表水的影响

工程施工过程中不可避免地会对评价区的水环境产生一定的影响。主要影响包括隧洞排水和机修含油废水、混凝土拌和冲洗废水和施工人员生活污水对水质的污染影响。

（2）对大气环境的影响

本工程对大气产生影响主要来自于燃油废气的影响交通扬尘的影响，这些污染物在施工期将使周围大气环境质量阶段性下降。

5.11.6 对饮用水水源保护区的影响

评价区内分布有 5 处饮用水水源保护区，均受工程建设的影响。

5.11.6.1 对楚雄市九龙甸水库饮用水水源保护区的影响

九龙甸水库是本工程直接充蓄调节水库，根据水源保护区保护范围图，骨干工程九龙甸 1#输水管约 1362m 位于二级保护区，约 1362m 位于准保护区。

本工程不属于污染型项目，工程运行后不排放污染物，工程对水源保护区的影响主要是施工产生的影响。

施工期对水源保护区的影响主要是施工废水对地表水体的影响；地表扰动对植被的破坏、对动物生境带来的影响以及施工固体废弃物带来的影响。在采取废污水处理措施后，出水可以回用于生产、绿化，固体废弃物的合理处置不会影响到九龙甸水库水质。施工开挖将不可避免对水源保护区内地表植被造成破坏，采取水土保持措施后，影响可以得到控制，施工结束后随着植被恢复措施的落实，扰动区域内植被的水源涵养能力可以得到逐步恢复。在严格执行相关环保水保措施基础上，工程施工不会对九龙甸水库水质造成明显影响。

5.11.6.2 对昆明市柴河水库饮用水水源保护区的影响

根据现状分析，本工程大黑箐隧洞下穿水源保护区二级区，水源保护区内无地表工程。因此，工程施工不会对饮用水水源保护区地表水水质造成影响，根据地质分析，隧洞均位于地下水位以下，水位埋深普遍较浅，岩体透水性弱~中等为主，隧洞施工有可能造成水库渗漏，应进行施工超前预报，提前固结灌浆，防止水库渗漏影响用水。

在严格执行相关环保措施基础上，工程施工对昆明市柴河水库饮用水水源保护区不利影响有限。

5.11.6.3 对玉溪市东风水库饮用水水源保护区的影响

东风水库是本工程在线调节水库，根据现状分析，北市区二水厂干线约 140m 涉及水源保护区一级区；董炳隧洞 6065m、董炳 1#支洞 830m 下穿水源保护区二级区，中村河倒虹吸约 600m、董炳河倒虹吸约 562m、中村西生产生活区涉及水源保护区二级区；大石洞、中村东、中村西生产生活区涉及准保护区。

董炳隧洞全长 8.651km，隧洞一般埋深 150~270m，最大埋深 320m，隧洞进出口段、深切冲沟段埋深 25~54m，埋深较浅，上覆有效岩体 10~36m，属浅埋洞段，累计长度约 380m。浅埋洞段围岩工程地质条件较差，地下水活动性较强，隧洞施工可能造成地下水位下降，对水源保护区水量造成影响。

施工期混凝土加工系统冲洗废水、机修含油废水、隧洞外排水、施工人员生活污水将对水源保护区水质造成不利影响，因此，施工期废水需全部处理后回用，禁止外排。项目建成后，基本没有污染物的排放，不会对水源地造成明显的不利影响。

在严格执行相关环保措施基础上，工程施工对东风水库饮用水水源保护区的影响较小。

5.11.6.4 对红塔区红旗水库饮用水水源地保护区的影响

根据现状分析，本工程小石桥村弃渣场涉及水源保护区二级区，该弃渣场作为水源保护区内原有矿坑的生态治理工程。本工程弃渣不属于危险废物，因此，弃渣（矿坑治理）不会对饮用水水源保护区水质造成不利影响，随着矿坑的治理，体现出更多的为有利影响，但施工过程中应遵守水

源地管理规定。

5.11.6.5 对石屏县阿白冲水库集中式饮用水水源地保护区的影响

经现状分析，骨干工程石屏干线摸左哨隧洞出口天然河道防冲处理段 1410m，进场永久新建道路 787.62m，场内临时新建道路 1.13km 涉及水源保护区的一级保护区；摸左哨隧洞全段、摸左哨隧洞出口天然河道防冲处理段 460m、腊家山隧洞 560m、摸左哨村弃渣场涉及二级保护区范围；进场永久新建道路 573m，进场永久改扩建道路 3.35km、场内临时新建道路 1.91km 涉及二级保护区。

涉及水源保护区输水线路主要为隧洞形式。隧洞洞身本身不会对地表植被造成破坏，但洞口、施工道路等在施工建设过程开挖对地表的扰动及对植被的破坏，会造成一定的水土流失，如果不实施水土保持措施，将会对水源保护区产生一定的影响；隧洞施工过程中，可能会产生隧洞外排水，隧洞排水具间断性和分散性特点，水中不含有毒物质，主要污染物为 SS，需处理后回用于绿化和道路洒水，禁止在保护区内外排。

水源保护区二级保护区内分布有摸左哨村弃渣场，在施工期间，应严格施工管理，禁止乱倒施工弃渣和施工人员垃圾随意丢弃。总体而言，本工程在做好水保及环保措施的前提下，工程建设对水源保护区的影响较小。

工程运行期无任何污染物排放，同时具有向水库补水的功能，依据水质监测结果，滇中引水水质为 II 类水，阿白冲水库现状水质为 III-IV 类，供水可增加阿白冲水库的水环境容量，有利于水质的改善和保护。因此本工程的建设对阿白冲水库水源保护区影响较小。

5.11.7 对生态保护红线的影响

根据现状分析，工程建设将不可避免的涉及生态保护红线，工程施工将造成生态保护红线在州市范围内面积较小，性质改变。

但由于本工程为线路工程，占地多为条带状，占地面积占同区域内划定红线面积比例小，一般不会对生态保护红线的主导功能造成显著影响。

由于目前各州、市生态保护红线正在优化调整，待生态红线的评估工作完成后，再根据生态保护红线范围优化工程布置，尽量避让生态保护红线以减轻影响。本工程生态保护红线不可避让性论证报告正在开展中，但还未形成最终成果。

5.11.8 对环境敏感区影响小结

5.11.8.1 对自然保护区的影响

工程建设仅对玉溪市红塔山市级自然保护区产生小范围间接影响，施工过程中，施工人员可能会进入保护区，从而对保护区造成一定不利影响和破坏风险。另外，施工“三废”、扬尘和噪声可能对保护区内的动植物造成一定不利影响，在加强施工管理和环保措施基础上，其影响十分微弱。

5.11.8.2 对风景名胜区的影响

本工程建设不会对玉溪九龙池风景名胜区造成影响。工程建设对石屏异龙湖省级风景名胜区的影响主要体现在：施工期占地开挖，破坏景观环境质量，管线布置、施工设施及施工粉尘对主要景观和视觉景观的影响，施工“三废”对景观的影响。在采取保护措施基础上，影响较小。大黑箐隧洞工程距滇池国家级风景名胜区较近，施工废水、扬尘可能对风景区内的景观质量造成一定不利影响，在采取所措施基础上，影响甚微。

5.11.8.3 对森林公园的影响

本工程建设对弥渡东山国家森林公园的影响主要体现在占地影响破坏植被、噪声影响森林公园内的动物资源、粉尘对植物个体的影响。在采取保护措施基础上，工程对森林公园的生态系统影响轻微。

5.11.8.4 对重要湿地的影响

工程占地不涉及异龙湖重要湿地，不会对重要湿地造成直接影响。异龙湖为本工程充蓄湖泊，补水可改善水质，长期来看，工程运行对异龙湖重要湿地的保护和水环境改善是有利的。

5.11.8.5 对国家湿地公园的影响

工程建设将对云南晋宁南滇池国家湿地公园的生态系统、生物多样性和环境质量带来一定影响，在采取环保措施的基础上，其影响将得到一定缓解，滇中来水对湿地公园水质改善具有积极作用。

5.11.8.6 对饮用水水源保护区的影响

工程干线、提水管、倒虹吸、隧洞、弃渣场等工程布置于水源保护区内，工程建设对饮用水水源保护区的影响主要体现在工程施工占地和水土流失影响；隧洞施工对地下水水位和隧洞涌水排放影响；地表开挖、堆渣对水质的影响等。

在做好隧洞涌水处理，水土保持措施及遵守水源保护区管理规定的基基础上，工程建设对饮用水水源保护区的影响较小。

6 环境保护对策措施

6.1 地表水环境保护措施

6.1.1 施工期废水处理措施

6.1.1.1 基坑排水

(1) 排水特性

二期骨干工程大黑箐隧洞进口段施工采取围堰导流，施工基坑开挖作业面不大，由降水、渗水与岩屑混合形成基坑排水。类比同类工程，基坑排水不含有毒有害物质，主要污染物 SS 浓度约 1000mg/L。

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑，应对基坑排水进行处理。大黑箐隧洞进口段位于滇池外海水域，施工基坑排水须处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》（GB/T18920-2002）后用于绿化和道路洒水，禁止外排。

(3) 处理工艺

根据基坑排水量小、污染物种类单一、处理工艺简单的特点，以及所在区域水环境敏感特征，结合类似工程实际处理效果，本阶段推荐采用平流式沉淀法处理工艺。平流式沉淀池停留时间 2h，处理后上清液用于绿化和道路洒水，沉砂每 2 天清理 1 次至弃渣场压实堆存处理。

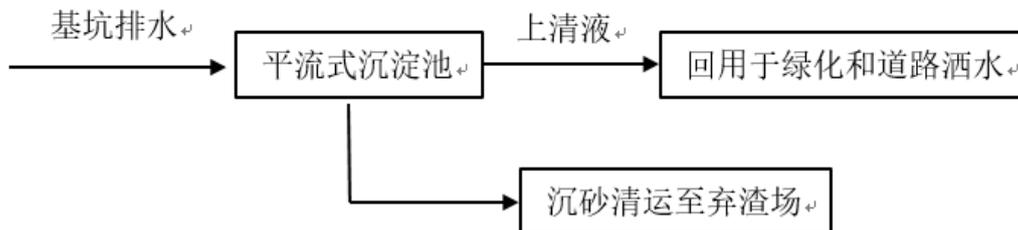


图 6.1.1-1 基坑排水平流沉淀法处理工艺流程图

(4) 构筑物设计

根据基坑排水处理工艺及排水特点，对基坑排水处理设施进行典型设计。按照大黑箐隧洞进口段排水规模 1.44m³/h，平流式沉淀池设计有效停留

时间 2h，沉淀池有效容积为排水规模的 1.2 倍考虑。

表 6.1.1-1 二期骨干工程基坑排水处理设施典型设计表

名称	排水规模 (m ³ /h)	平流式沉淀池长×宽×高 (m)	数量 (个)	构筑物结构	备注
大黑箐隧洞	1.44	3.0×1.2×1.0	1	钢筋砼	沉淀池有效容积按排水规模的 1.2 倍考虑

表 6.1.1-2 二期骨干工程基坑排水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
平流式沉淀池	18.79	9.72	0.76	5.83	1.17

6.1.1.2 隧洞排水

(1) 排水特性

二期骨干工程施工过程中，隧洞高程较低且地下水位埋深较高时，可能产生大量隧洞施工涌水。隧洞开挖使用混凝土浇注衬砌支护围岩洞室，混凝土砂浆与喷涌的地下水相互混杂形成混凝土浇筑废水，即隧洞排水。

二期骨干工程共布设隧洞 11 座，含单独计列大黑箐隧洞。隧洞排水点主要位于隧洞进出口和施工支洞口。根据同类工程经验，隧洞排水具间断性和分散性，排水不含有毒有害物质，主要污染物 SS 浓度可达 100~5000mg/L，pH 值呈碱性。

表 6.1.1-3 二期骨干工程隧洞排水情况表

区段	序号	隧洞名称	隧洞排水点	接纳水体, 功能	排水强度 (m ³ /h)	处理规模 (m ³ /h)	排放要求
大理州	1	雪峰山隧洞	雪峰山隧洞进口	毗雄河, IV	860.6	900	二级
			雪峰山隧洞 1#支洞口	巴冲箐水库, IV	860.6	900	二级
			雪峰山隧洞 2#支洞口	巴冲箐水库, IV	860.6	900	二级
			雪峰山隧洞出口	大坝水库, IV	860.6	900	二级
昆明市	2	牛背山 1#隧洞	牛背山 1#隧洞进口	螳螂川, V	24.5	25	二级
			牛背山 1#隧洞 1#支洞口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标
			牛背山 1#隧洞 2#支洞口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标
			牛背山 1#隧洞 3#支洞口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标
			牛背山隧洞出口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标
	3	牛背山 2#隧洞	牛背山 2#隧洞进口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标
			牛背山 2#隧洞 1#支洞口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标
			牛背山 2#隧洞出口	螳螂川, V	24.5	25	一级 A 标

	4	小律隧洞	小律隧洞进口	螳螂川, V	12.6	15	一级 A 标
			小律隧洞 1#支洞口	螳螂川, V	12.6	15	一级 A 标
			小律隧洞 2#支洞口	螳螂川, V	12.6	15	一级 A 标
			小律隧洞 3#支洞口	螳螂川, V	12.6	15	一级 A 标
			小律隧洞出口	螳螂川, V	12.6	15	一级 A 标
玉溪市	5	中村隧洞	中村隧洞进口	东风水库, III	4.1	5	禁止排放
			中村隧洞出口	东风水库, III	4.1	5	禁止排放
	6	董炳隧洞	董炳隧洞进口	东风水库, III	892.1	900	禁止排放
			董炳隧洞 1#支洞口	东风水库, III	892.1	900	禁止排放
			董炳隧洞 2#支洞口	东风水库, III	892.1	900	禁止排放
			董炳隧洞出口	东风水库, III	892.1	900	禁止排放
红河段	7	摸左哨隧洞	摸左哨隧洞进口	阿白冲水库, III	184.2	200	禁止排放
			摸左哨隧洞出口	阿白冲水库, III	184.2	200	禁止排放
	8	腊家山隧洞	腊家山隧洞进口	阿白冲水库, III	402.3	450	禁止排放
			腊家山隧洞出口	阿白冲水库, III	402.3	450	禁止排放
	9	金山坡隧洞	金山坡隧洞进口	阿白冲水库, III	985.4	1000	禁止排放
			金山坡隧洞 1#支洞口	异龙湖, III	985.4	1000	一级
			金山坡隧洞 2#支洞口	异龙湖, III	985.4	1000	一级
			金山坡隧洞出口	阿白冲水库, III	985.4	1000	禁止排放
	10	杨柳田隧洞	杨柳田隧洞进口	泸江, IV	45.1	50	二级
			杨柳田隧洞出口	泸江, IV	45.1	50	二级
11	大黑箐隧洞	大黑箐隧洞进口	滇池外海, III	182.3	200	一级	
		大黑箐隧洞 1#支洞口	滇池外海, III	182.3	200	一级	
		大黑箐隧洞 2#支洞口	滇池外海, III	182.3	200	一级	
		大黑箐隧洞 3#支洞口	滇池外海, III	182.3	200	一级	
		大黑箐隧洞出口	滇池外海, III	182.3	200	一级	

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑, 应对隧洞排水进行处理。根据隧洞进出口和施工支洞口所处区域水环境功能以及环境敏感程度, 涉及东风水库、阿白冲水库 2 个饮用水水源保护区和大黑箐隧洞的, 须 SS 处理满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准, 其他指标处理满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准后排放; 其他 III 类, IV 类、V 类水体径流区, 隧洞排水处理分别达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级、二级标准后排放。昆明段隧洞排水处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后排放。

(3) 处理工艺

根据隧洞排水量、污染物种类、处理工艺以及受纳水体水环境敏感特征，本阶段选择平流式自然沉淀法、辐流式混凝沉淀法、平流式絮凝沉淀法三种处理工艺进行比选。

平流式自然沉淀法：高悬浮物的隧洞排水经隧洞口提升泵进入调节池，除去大颗粒悬浮物，然后进入两级平流沉淀池进行自然沉淀，上清液排放，泥沙外运至弃渣场。该处理方案工艺流程简单，基建技术要求不高，运行操作简单，运行费用少，但为达到较好处理效果，沉淀池规模较大，占地面积大。

辐流式混凝沉淀法：高悬浮物的隧洞排水经隧洞口提升泵进入调节池，除去大颗粒悬浮物，然后进入加药间加入混凝剂、助凝剂的反应池，进行絮凝反应，再进入一级辐流式沉淀池进行沉淀出水排放，泥沙外运至弃渣场。该处理方案添加了加药环节，处理效果较自然沉淀法好，但工艺流程稍复杂，施工难度大，且耐负荷冲击能力差。

平流式絮凝沉淀法：高悬浮物的隧洞排水经隧洞口提升泵进入调节池，除去大颗粒悬浮物，然后进入由加药间加入絮凝剂、助凝剂的反应池，进行絮凝反应，再进入一级平流式沉淀池进行沉淀出水排放，泥沙外运至弃渣场。该处理方案与辐流式混凝沉淀工艺处理效果类似，但施工难度低，耐负荷冲击能力提高，而占地面积较辐流混凝沉淀工艺稍高。

由于隧洞排水初期悬浮物含量高，中后期含量可能较低，处理负荷变幅大，且大部分隧洞出口位于沟箐、山脊地区，生产用地紧张，施工难度大，综合考虑处理效果、场地条件、施工简便性等方面，推荐在每个隧洞进出口和施工支洞口采用平流式絮凝沉淀法的隧洞排水处理工艺。

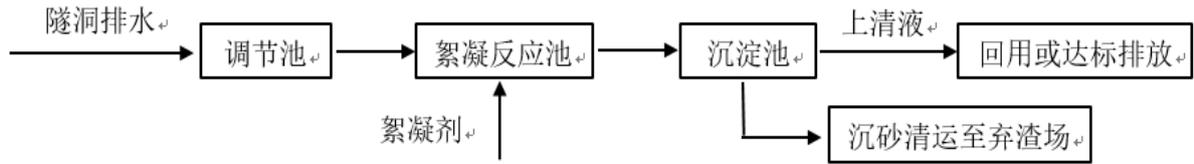


图 6.1.1-2 隧洞排水水平流式絮凝沉淀法处理工艺流程图

(4) 构筑物设计

根据隧洞排水处理工艺及排水量，对不同排水规模处理设施进行典型设计。二期骨干工程共布设 11 个隧洞，隧洞进出口和施工支洞口排水点 38 个，预测排水量在 4.1~985.4m³/h。其中，涉及 III 类水体的排水点 19 个，涉及 IV 类水体的排水点 6 个，涉及 V 类水体的排水点 13 个。

本阶段选取 5、15、25、50、200、450、9000、1000m³/h 共 8 个排水处理规模设施进行设计，隧洞排水处理规模根据排水量取上限进行匹配。参照滇中引水工程隧洞排水处理工艺，调节池停留时间 1h，絮凝反应池停留时间 0.5h，沉淀池停留时间 2h，各处理设施设计高度已预留超高。

表 6.1.1-4 二期骨干工程隧洞排水处理设施典型设计表

序号	排水规模 (m ³ /h)	数量 (个)	调节池 长×宽×高 (m)	絮凝反应池 长×宽×高 (m)	沉淀池 (单格) 长×宽×高 (m)	构筑物 结构	备注
1	5	2	3×2.5×2	2×1.5×1	5×1×1	钢筋砼	沉淀池 为 2 格
2	15	5	10×4.5×1	2×4.5×1	5×3×1		
3	25	8	5×5×3	5×3×1	5×5×1		
4	50	2	7×7×3	4.2×7×1	7×7×1		
5	200	7	20×15×2	10×10×1.2	10×10×2		
6	450	2	30×15×3	10×9×3	15×10×3		
7	900	8	30×15×6	10×9×6	15×10×6		
8	1000	4	26×19.5×6	13×7.7×6	13×13×6		
总计		38					

表 6.1.1-5 二期骨干工程隧洞排水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
调节池	70951.65	25588.24	955.79	7224.21	1444.84
絮凝反应池	25048.77	14562.49	268.55	2377.10	475.42
沉淀池	68048.43	34263.08	761.30	6559.14	1311.83
合计	164048.85	74413.81	1985.64	16160.45	3232.09

6.1.1.3 砂石料加工系统废水

(1) 废水特性

二期骨干工程配套建设大箐水库、大唐水库 2 座砂石料加工系统，施工期砂石料加工系统生产废水产生量约 214.8 万 m^3 。类比同类工程经验，生产废水主要污染物 SS 浓度可达 50000mg/L。

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑，应对生产废水进行处理。大箐水库、大唐水库砂石料加工系统废水受纳水体水环境功能为Ⅲ类，大箐水库位于安宁，生产废水处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准后排放，大唐水库生产废水处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后排放。

(3) 处理工艺

根据生产废水特点及受纳水体水环境特征，结合国内大中型砂石料加工系统废水处理有效实例，本阶段选择平流式絮凝沉淀法，辐流式混凝沉淀法，混凝、分离、过滤一体成套设备处理法三种处理工艺进行比选。

平流式絮凝沉淀法：废水先进入预沉池进行沉淀后通过自流加入絮凝剂，进入平流沉淀池进行二次沉淀，经重力分离过程从平流沉淀池顶部排出经处理后的清水达标排放；从沉淀池底部排出的沉砂清运至弃渣场。

辐流式混凝沉淀法：废水在辐流式沉淀池中进行加药混凝沉淀，污泥进行重力沉降，上清液达标排放，沉渣干化后清运至弃渣场。

混凝、分离、过滤一体成套设备(DH 高效成套设备)：废水经废水提升泵提升至 DH 高效污水净化器中，在废水提升泵出口管道上设置混凝混合器，在混凝混合器前后分别投加絮凝剂和助凝剂，在管道中完成直流混凝反应。然后进入净化器中，经离心分离、重力分离及污泥浓缩等过程从净化器顶部排出经处理后的清水。从净化器底部排出的沉渣提升至真空带

式过滤后脱水干化，干化沉渣清运至弃渣场。

表 6.1.1-6 砂石料加工系统废水处理工艺技术比较

序号	项目	DH 高效污水净化器	辐流式混凝沉淀工艺	平流式絮凝沉淀工艺
1	工作原理	采用一体化组合式废水处理技术，将混凝反应、旋流分离、重力分离、污泥浓缩等功能组合运用，将废水沉淀停留时间缩短（20~30min），实现了污水快速高效处理	运用重力沉降原理，废水沉淀停留时间较长，加药絮凝废水沉淀时间不小于 3h，设备体积较大，处理效率略低	采用重力沉降原理，废水加药沉淀停留时间不小于 3h，沉淀池容量要求大，对于细颗粒处理效率较低
2	处理负荷	进水 SS 适应性强，浓度可高达 60000mg/L，对 SS 颗粒无要求。处理 ≤50000mg/L 的高浓度废水时，无需进行预处理减轻处理负荷。可以满足处理负荷水量、水质较大范围的浓度	对高浓度高悬浮物废水处理浓度可高达 170000mg/L，但对处理负荷波动性适应能力相对较差	在沉淀池面积足够大时，对高浓度悬浮物适应能力较强
3	排泥	所排污泥浓度高，污泥含水量 <80%，排泥量较小	所排污泥浓度高，污泥含水量 <85%	污泥含水率较高，达 90% 以上
4	运行稳定性	运行稳定可靠，可任意启停，进水水量在 20% 波动范围内不影响处理效果；而冲击负荷强，运行操作简单，可实时监控	运行稳定性较差，影响因素多，如体积庞大，进、出水难均匀，易发生短流，影响沉淀效率	运行较稳定，处理效果受沉淀物的粒径、浓度等影响
5	日常维护保养	本体设备无转动部件，罐体内部无需保养和维护；污泥定时排放，采用快速排泥，不堵塞	刮泥机械故障多，排泥管易堵塞，需人工清理	需人工或机械利泥，劳动强度较大
6	占地面积	单台处理能力 200m ³ /h 的设备占地面积约 16m ²	单台处理能力为 200m ³ /h 的辐流沉淀池占地面积约 150m ²	场地条件要求高，处理能力 200m ³ /h 占地面积约 200m ²
7	设备费用	投资较高	投资较低	投资较低
8	运行费用	耗电，费用相对较高	费用一般	费用较低
9	处理效率	极高	较低	较高
10	效果	可满足砂石料加工系统回用水质要求及《城市污水再生利用 城市杂用水水质》中道路清扫、消防及城市绿化水质标准		

针对砂石料加工系统实际情况和排水接纳水体水环境功能为 III 类特征，综合考虑建设、占地及施工条件、运行经济性等因素，推荐采用平流式絮凝沉淀法的生产废水处理工艺。

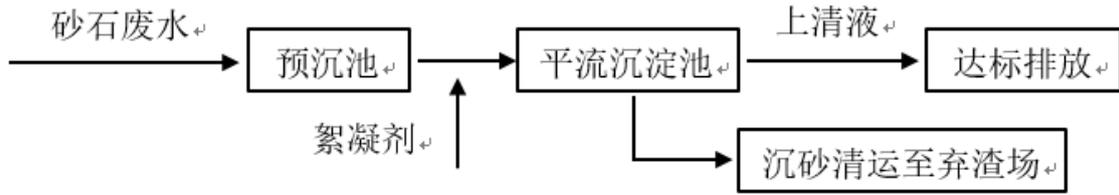


图 6.1.1-3 砂石料加工系统废水平流式絮凝沉淀法处理工艺流程图

(4) 构筑物设计

根据生产废水处理工艺及废水量，对生产废水处理设施进行典型设计。大箐水库、大唐水库砂石料加工系统废水排放规模分别为 24.4m³/h、15.2m³/h，预沉池停留时间 1h，规模按废水排放规模的 1.2 倍考虑。平流式沉淀池两座并联，每座一组间歇沉淀，设计沉淀时间 1h。

表 6.1.1-7 二期骨干工程砂石料加工系统废水处理设施典型设计表

名称	废水规模 (m ³ /h)	预沉池 长×宽×高 (m)	平流沉淀池 长×宽×高 (m)	数量 (套)	构筑物结构	备注
大箐水库砂石料加工系统	24.4	5.0×4.0×1.5	5.0×4.0×1.5	1	钢筋砼	平流沉淀池两座并联，间歇沉淀
大唐水库砂石料加工系统	15.2	4.0×3.0×1.5	4.0×3.0×1.5	1	钢筋砼	

表 6.1.1-8 二期骨干工程砂石料加工系统废水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
预沉池	142.3985	61.9905	4.608	35.608	7.1216
平流沉淀池	284.797	123.981	9.216	71.216	14.2432
合计	427.1955	185.9715	13.824	106.824	21.3648

6.1.1.4 混凝土拌和冲洗废水

(1) 废水特性

二期骨干工程共布设 73 台混凝土拌和机，含大黑箐隧洞布设的 8 台。混凝土拌和废水主要来自拌和设备的日常冲洗，冲洗废水产生量较小，呈间歇性排放，主要污染物 SS 浓度可达 5000mg/L，pH 呈碱性。

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑，应对冲洗废水进行处理。混凝土拌和冲洗废水受纳水体水环境功能在Ⅲ类~Ⅴ类，冲洗废水处理达《混凝土用水标准》（JGJ63-2006）后（ $\text{pH}>5$ ， $\text{SS}\leq 2000\text{mg/L}$ ）回用于混凝土拌和，不外排。

（3）处理工艺

根据冲洗废水特点及受纳水体水环境特征，本阶段选择中和沉淀法、成套设备法两种处理工艺进行比选。

中和沉淀法：冲洗废水经简易沉砂池沉淀后，投酸性中和药剂进入中和沉淀池进行中和沉淀反应，上清液进入蓄水池，经水泵抽至混凝土拌和机处进行回用。本方法适用于废水产生量小的混凝土拌和处理系统。

成套设备法：将混凝反应、旋流分离、重力分离、污泥浓缩等功能综合运用，将废水处理时间缩短为 20~30min，实现污水快速高效处理。本方法适用于废水产生量大、连续排放的混凝土拌和处理系统。

工程施工作业面点多分散，施工量较小，混凝土拌和冲洗废水排放量小，呈间歇性，综合经济适用推荐采用中和沉淀法的冲洗废水处理工艺。

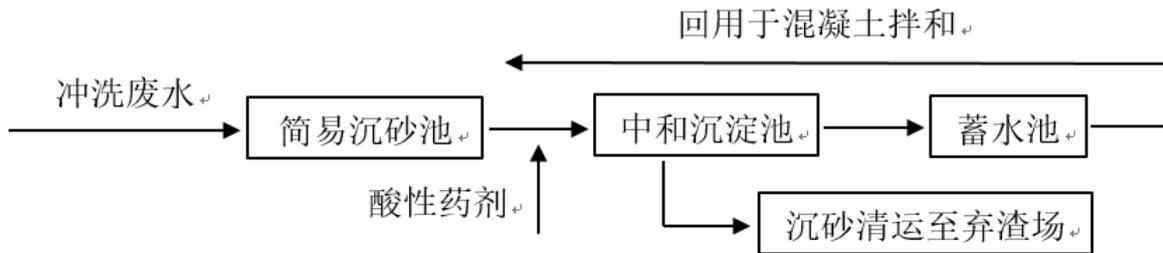


图 6.1.1-4 混凝土拌和冲洗废水中和沉淀法处理工艺流程图

（4）构筑物设计

根据冲洗废水处理工艺及废水排放量，对不同废水规模处理设施进行典型设计。二期骨干工程混凝土拌和机生产规模在 1.5~90m³/h，废水规模分 1、3、5、10、30m³/d 共 5 个类别考虑。其中废水规模为 5m³/d 的混凝土拌和机占比最多。

简易沉砂池停留时间 12h，规模按废水规模的 1.2 倍考虑，1 座 2 格间

歇使用。中和沉淀池停留时间 24h，规模按 2 格简易沉砂池考虑。蓄水池设计有效停留时间 24h，规模与中和沉淀池一致。

表 6.1.1-9 二期骨干工程混凝土拌和冲洗废水处理设施典型设计表

序号	废水规模 (m ³ /h)	数量 (套)	简易沉砂池 长×宽×高 (m)	中和沉淀池 长×宽×高 (m)	蓄水池 长×宽×高 (m)	构筑物结构	备注
1	1	2	1.0×1.0×1.2	2.0×1.0×1.2	2.0×1.0×1.2	钢筋砼	简易沉砂池规模按废水规模的 1.2 倍考虑
2	3	12	2.0×1.5×1.2	4.0×1.5×1.2	4.0×1.5×1.2		
3	5	53	2.5×2.0×1.2	5.0×2.0×1.2	5.0×2.0×1.2		
4	10	5	4.0×2.0×1.5	4.0×4.0×1.5	4.0×4.0×1.5		
5	30	1	9.0×2.0×2.0	6.0×6.0×2.0	6.0×6.0×2.0		
总计		73					

表 6.1.1-10 二期骨干工程混凝土拌和冲洗废水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
简易沉砂池	4243.285	2303.213	133.624	1093.072	218.6144
中和沉淀池	8486.569	4606.425	267.248	2186.144	437.2288
蓄水池	4243.285	2303.213	133.624	1093.072	218.6144
合计	16973.139	9212.851	534.496	4372.288	874.4576

6.1.1.5 机修含油废水

(1) 废水特性

二期骨干工程共布设 49 个生产生活区，含大黑箐隧洞布设的 4 个。生产生活区施工机械、车辆检修、保养等产生少量含油废水。类比同类工程经验，废水不含有毒物质、呈间歇性排放，主要污染物 SS、石油类浓度分别为 300~1500mg/L、10~50mg/L。

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑，应对含油废水进行处理。根据含油废水接纳水体水环境功能，位于 II 类水体和饮用水源径流区的，含油废水须处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》(GB/T18920-2002) 后用于绿化和道路洒水，禁止外排；III 类，IV 类、V 类水体径流区，含油废水处理分别达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级、二级标准后排放。昆明段

含油废水处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准后排放。

(3) 处理工艺

根据含油废水特点及接纳水体水环境特征,本阶段选择简易除油沉淀法、隔油沉淀法、隔油过滤法、成套油水分离器四种处理工艺进行比选。

表 6.1.1-11 生产区含油废水处理工艺方案比较

处理工艺	方案比较
简易除油沉淀	适用于场地狭窄、处理规模小的机修及保养系统。设置集水池及简易隔油池处理后排放。在施工区车辆停放场,可在洗车检修台下布置排水沟,车辆停放场周边布置集水池,收集排水沟内的机械清洗废水,在集水池末端设隔油板,集水池出口处设薄壁堰溢流水。定时清除隔油板壁聚积的废油,并清理沟底淤泥。
隔油沉淀法	由隔油池与沉淀池组成,占地规模较大,处理量灵活。设置集水沟和隔油池,并进行一定时间的沉淀处理后出水。在施工区车辆停放场,可在洗车检修台下布置集水沟。
隔油过滤法	污水在小型隔油池内由浮子撇油器排除废油,废水再经焦炭过滤器进一步除油。
成套油水分离器	油水分离效果好,油份回收和去除率高,适用于含油量高的废水,能满足大修时石油类高峰浓度达标排放的要求。

经四种处理工艺比较,推荐对II类水体和饮用水源径流区产生的含油废水采用成套油水分离器的处理工艺,处理达标后用于道路浇洒及绿化用水,不外排;对III类~V类水体径流区产生的含油废水采用隔油沉淀法的处理工艺。



图 6.1.1-5 成套油水分离器处理工艺流程图

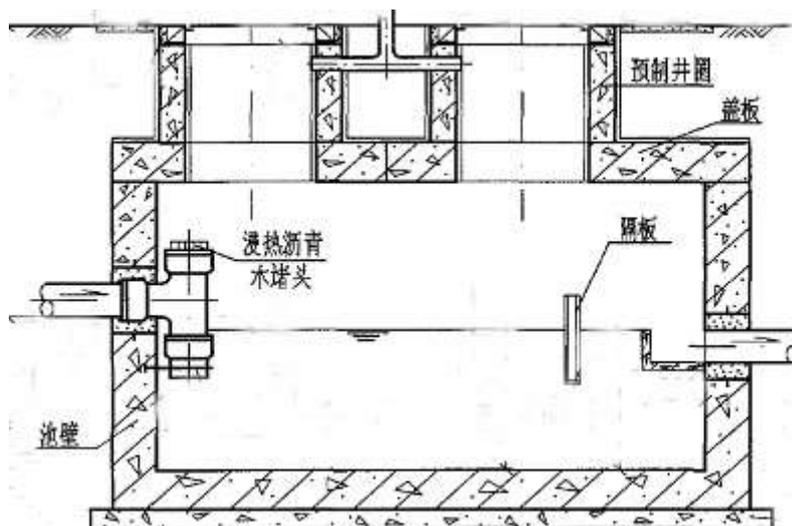


图 6.1.1-6 隔油沉淀池处理工艺流程图

(4) 构筑物设计

根据含油废水处理工艺、废水量以及接纳水体水环境功能，对含油废水处理设施进行典型设计。

生产生活区点多面广分散，含油废水产生量在 1~4m³/d，按废水规模 1.2 倍，即 5m³/d 的含油废水处理设施进行设计。

表 6.1.1-12 二期骨干工程含油废水接纳水体水环境功能及处理工艺表

接纳水体水环境功能	废水规模 (m ³ /d)	数量 (套)	处理工艺
II类、饮用水源地	5	15	成套油水分离器
III类~V类	5	34	隔油沉淀法
合计		49	

成套油水分离器型号为 YSF-1，调节池设计有效停留时间 8h，回用池设计有效停留时间 12h。隔油沉淀池型号为 GC-1QF，废水停留时间 10min，流速不大于 0.005m/s，清污周期 10~15d，规模见给排水标准图集 04S519《小型排水构筑物》。

表 6.1.1-13 二期骨干工程含油废水处理设施典型设计表

处理工艺	废水规模 (m ³ /d)	数量 (套)	调节池 长×宽×高 (m)	回用池 长×宽×高 (m)	备注
成套油水分离器	5	15	2.5×1.0×1.0	2.5×1.0×1.0	设备型号 YSF-1
隔油沉淀法	5	34	废水停留时间 10min，流速不大于 0.005m/s，清污周期 10~15d		设备型号 GC-1QF

表 6.1.1-14 二期骨干工程含油废水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
调节池	238.62	134.46	8.91	70.41	14.082
回用池	238.62	134.46	8.91	70.41	14.082
隔油沉淀池	1081.744	609.552	40.392	319.192	63.8384
合计	1558.984	878.472	58.212	460.012	92.0024

6.1.1.6 施工人员生活污水

(1) 污水特性

二期骨干工程共布设 49 个生产生活区，含大黑箐隧洞布设的 4 个。生产生活区施工人员产生一定生活污水。根据相似工程经验，生活污水不含有毒物质、呈间歇性排放，主要污染物 SS、COD、BOD₅、总磷、氨氮浓度分别为 150mg/L、250mg/L、150mg/L、4.5mg/L、20mg/L。

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑，应对生活污水进行处理。生活污水接纳水体水环境功能为 II 类水体、饮用水源径流区以及滇池流域的，生活污水须处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》(GB T 18920-2002) 后用于场地、道路浇洒及绿化用水，禁止外排；生活污水接纳水体水环境功能为 III 类、IV 类、V 类的，生活污水须分别处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级、二级标准后排放。昆明段生活污水处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后排放。

(3) 处理工艺

根据生活污水特点及接纳水体水环境特征，本阶段选择成套处理设备、污水处理站、厌氧生物膜池三种处理工艺进行比选。

表 6.1.1-15 生活区生活污水处理工艺方案比较

处理工艺	成套处理设备	污水处理站	厌氧生物膜池
工艺	A/O (厌氧+生物接触氧化法)、 A/A/O (厌氧+缺氧+生物接触氧化法)	A/A/O (活性污泥法)	A/A/O (活性污泥法)
运行费用	1 元/m ³ ~2 元/m ³	1 元/m ³ ~2 元/m ³	0.3 元/m ³ ~0.6 元/m ³

占地	较小	较大	一般
处理能力	200m ³ /d 以下	5000m ³ /d 以上	200m ³ /d 以下
处理效果	《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》(GB T 18920-2002)	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A、B 标	《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级、二级标准
运行管理	全自动控制, 不需人员管理	需专人管理运行	无需专人管理运行

经三种处理工艺比较, 推荐对 II 类水体和饮用水源径流区产生的生活污水采用厌氧+生物接触氧化法(A/O)+过滤+消毒的处理工艺, 对 III 类~V 类水体径流区产生的生活污水, 污水量较小的(5m³/d、10m³/d)采用厌氧生物膜池处理工艺, 污水量较大的(15m³/d 以上)采用厌氧+生物接触氧化法(A/O)处理工艺。

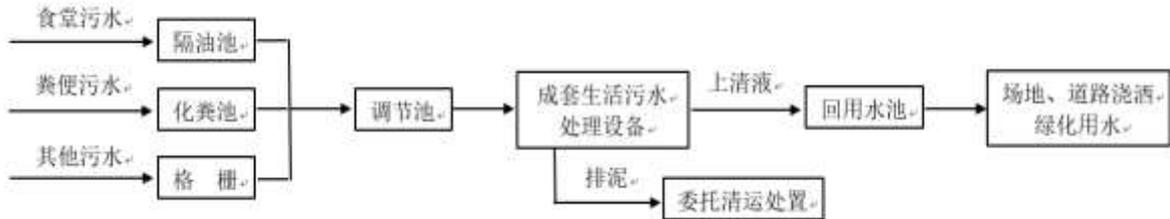


图 6.1.1-7 厌氧+生物接触氧化法+过滤+消毒处理工艺流程图

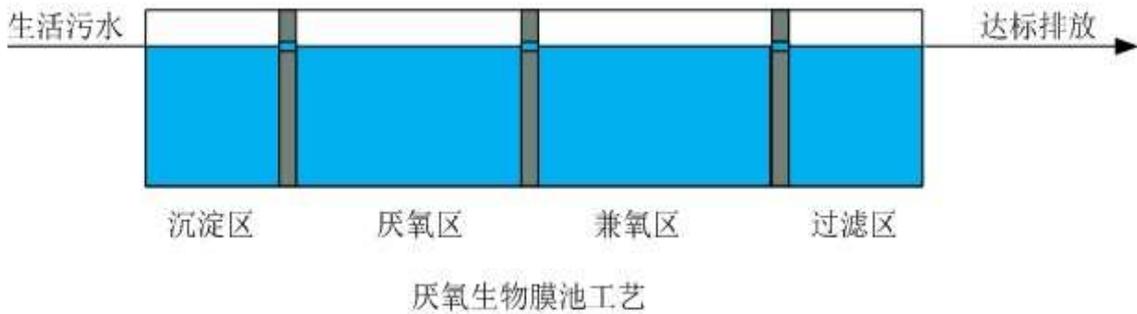


图 6.1.1-8 厌氧生物膜池处理工艺流程图

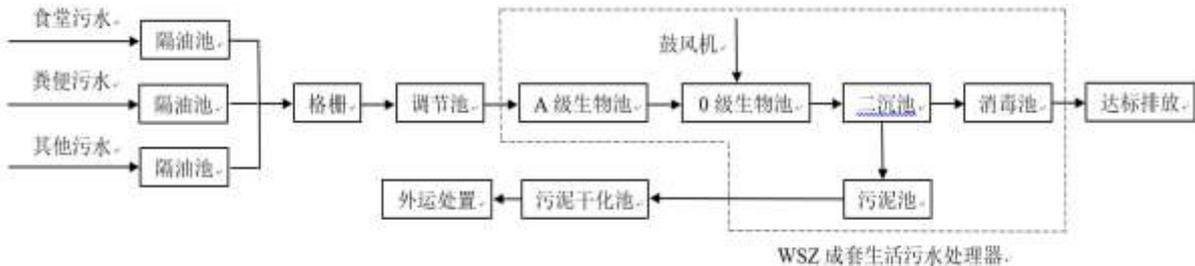


图 6.1.1-9 厌氧+生物接触氧化法处理工艺流程图

(4) 构筑物设计

根据生活污水处理工艺、污水量及受纳水体水环境功能，对不同污水规模处理设施进行典型设计。

生产生活区生活污水规模在 4~30m³/d，按污水规模 1.2 倍，即 5~40m³/d 的生活污水量进行处理设施设计。

表 6.1.1-16 二期骨干工程生活污水受纳水体水环境功能及处理工艺表

受纳水体水环境功能	污水规模 (m ³ /d)	数量 (套)	处理工艺
II类、饮用水源	5	2	厌氧+生物接触氧化法+ 过滤+消毒
	10	6	
	15	3	
	20	2	
	30	1	
	40	1	
III类~V类	5	2	厌氧生物膜池法
	10	10	
	15	14	厌氧+生物接触氧化法
	20	5	
	30	2	
	40	1	
合计		49	

厌氧+生物接触氧化法+过滤+消毒处理工艺调节池设计有效停留时间 8h，回用水池设计有效停留时间 12h。格栅渠型号为 RSD-500×2000×5，隔油池型号为 GG-1SF，化粪池型号为 G1-2QF，成套污水处理设备型号为 WSZ-F-1 (3L13×D 型风机 2 台，功率 1.5kW，AS10-2CB 型水泵 2 台，功率 1.1kW)，回用水泵 1 台。

厌氧+生物接触氧化法处理工艺调节池设计有效停留时间 8h，回用水池设计有效停留时间 12h。格栅渠型号为 RSD-500×2000×5，隔油池型号为 GG-1SF，化粪池型号为 G1-2QF，成套污水处理设备型号为 WSZ-F-1 (3L13×D 型风机 2 台，功率 1.5kW，AS10-2CB 型水泵 2 台，功率 1.1kW)，回用水泵 1 台。

厌氧生物膜池处理工艺沉淀区、过滤区设计有效停留时间 12h，厌氧区、

兼氧区设计有效停留时间 24h。

表 6.1.1-17 二期骨干工程施工期生活污水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
格栅渠	933.0938	713.7578	14.504	157.176	31.4352
隔油池	7009.706	6499.994	15.318	309.912	61.9824
化粪池	11549.46	10358.44	29.83125	579.5033	115.9007
调节池	2102.279	1521.483	28.55	311.958	62.3916
回用水池	2501.749	1679.085	39.65	412.794	82.5588
沉淀池	1425.016	1264.128	5.768	97.088	19.4176
厌氧池	1606.736	1348.608	8.848	130.528	26.1056
兼氧池	1606.736	1348.608	8.848	130.528	26.1056
过滤池	1425.016	1264.128	5.768	97.088	19.4176
合计	30159.79	25998.23	157.0853	2226.575	445.3151

表 6.1.1-18 二期骨干工程施工期生活污水处理设施典型设计表

处理工艺	污水规模 (m ³ /d)	数量 (套)	格栅渠 长×宽×高 (m)	隔油池 长×宽×高 (m)	化粪池 长×宽×高 (m)	调节池 长×宽×高 (m)	成套生活污水 处理设备	回用水池 长×宽×高 (m)	备注
厌氧+生物接触氧化法+过滤+消毒	5	2	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	1.3×1.7×1.0	WSZ-F-1	2.0×1.7×1.0	调节池、回用水池设计有效停留时间分别为 8h、12h
	10	6	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	1.3×1.7×2.0	WSZ-F-1	2.0×1.7×2.0	
	15	3	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	2.0×1.7×2.0	WSZ-F-1	3.0×1.7×2.0	
	20	2	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	2.6×1.7×2.0	WSZ-F-1	4.0×1.7×2.0	
	30	1	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	4.0×1.7×2.0	WSZ-F-1	6.0×1.7×2.0	
	40	1	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	5.0×1.7×2.0	WSZ-F-1	8.0×1.7×2.0	
厌氧+生物接触氧化法	15	14	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	2.0×1.7×2.0	WSZ-F-1	3.0×1.7×2.0	调节池、回用水池设计有效停留时间分别为 8h、12h
	20	5	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	2.6×1.7×2.0	WSZ-F-1	4.0×1.7×2.0	
	30	2	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	4.0×1.7×2.0	WSZ-F-1	6.0×1.7×2.0	
	40	1	2.0×0.6×1.5	1.5×1.0×3.7	2.95×1.35×4.25	5.0×1.7×2.0	WSZ-F-1	8.0×1.7×2.0	
处理工艺	污水规模 (m ³ /d)	数量 (套)	沉淀区 长×宽×高 (m)	厌氧区 长×宽×高 (m)	兼氧区 长×宽×高 (m)	过滤区 长×宽×高 (m)	备注		
厌氧生物膜池法	5	2	0.5×2.0×3.0	1.0×2.0×3.0	1.0×2.0×3.0	0.5×2.0×3.0	沉淀区、过滤区设计有效停留时间 12h，厌氧区、兼氧区设计有效停留时间 24h		
	10	10	1.0×2.0×3.0	2.0×2.0×3.0	2.0×2.0×3.0	1.0×2.0×3.0			

6.1.2 运行期废污水处理措施

(1) 污水特性

二期骨干工程运行期，管理人员产生一定人员生活污水。根据类似工程经验，生活污水不含有毒物质，产生量小、较分散，主要污染物 SS、COD、BOD₅、总磷、氨氮浓度分别为 150mg/L、250mg/L、150mg/L、4.5mg/L、20mg/L。

(2) 处理要求

从环境保护角度考虑，应对管理人员生活污水进行处理。运行期单个管理处（所）人员数量较少。从综合利用角度考虑，应对污水处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》（GB T 18920-2002）后用于场地及绿化用水，不外排。

(3) 处理工艺

根据施工人员生活污水产生量及处理工艺比选，结合运行期管理人员数量及生活污水特点，推荐采用厌氧生物膜池的污水处理工艺。处理工艺流程见图 6.1.1-8。

(4) 构筑物设计

运行期，各管理处（所）人员在 3~82 人，生活污水规模在 0.24~6.56m³/d，按污水规模 1.2 倍，结合管理处（所）人员数量综合考虑，取 2m³/d、4m³/d、8m³/d 的生活污水量进行处理设施设计。其中，2m³/d、4m³/d、8m³/d 污水处理设施分别为 4 套、10 套、2 套。

表 6.1.2-1 二期骨干工程运行期生活污水处理设施典型设计表

处理工艺	污水规模 (m ³ /d)	数量 (套)	沉淀区 长×宽×高 (m)	厌氧区 长×宽×高 (m)	兼氧区 长×宽×高 (m)	过滤区 长×宽×高 (m)	备注
厌氧生物膜池法	2	4	0.5×0.8×3.0	1.0×0.8×3.0	1.0×0.8×3.0	0.5×0.8×3.0	沉淀区、过滤区设计有

	4	10	0.5×1.6×3.0	1.0×1.6×3.0	1.0×1.6×3.0	0.5×1.6×3.0	效停留时间 12h, 厌氧区、兼氧区 设计有效停留时间 24h
	8	2	1.0×1.6×3.0	2.0×1.6×3.0	2.0×1.6×3.0	1.0×1.6×3.0	

表 6.1.2-2 二期骨干工程运行期生活污水处理设施主要工程量表

处理设施名称	土石方开挖 (m ³)	土石方回填 (m ³)	垫层混凝土 (m ³)	池体混凝土 (m ³)	钢筋 (t)
沉淀池	1695.416	1568.256	4.816	90.04	18.008
厌氧池	1826.416	1637.376	6.816	114.8	22.96
兼氧池	1826.416	1637.376	6.816	114.8	22.96
过滤池	1695.416	1568.256	4.816	90.04	18.008
合计	7043.664	6411.264	23.264	409.68	81.936

6.1.3 运行期水环境保护措施

在“滇中引水工程环境影响报告书”和“滇中引水工程受退水区水污染防治规划”中，已经系统、全面的制定了工程受退水区水环境保护措施，但由于本期工程在总取、退水量以及调蓄水库等方面发生了一些变化，需要针对这些变化新增的环境影响制定相应的水环境保护措施。

6.1.3.1 输水水质保护措施

二期工程主要是在一期工程的主干渠的基础上，向周边修建引水支渠进行生活、灌溉、调蓄以及工业等引水，沿线工程建筑物除隧洞以外，主要为管道、渠道、暗涵、倒虹吸等，同时还存在利用天然河道输水。因此二期工程的水质污染事故风险主要存在于各支线中，特别是含有明渠段的支线和利用天然河道输水。由于明渠和利用天然河道输水部分处于露天状态，因此明渠和河道水质污染风险主要来源于外部污染物的进入。输水总干渠明渠（暗涵）段和天然河道输水段应严格按照《饮用水水源保护区污染防治管理规定》的有关要求，对干渠两侧露天输水构筑物划定水源保护范围，在保护范围内执行《饮用水水源保护区污染防治管理规定》。

滇中引水二期骨干工程未设置明渠（暗涵）。二期骨干工程红河段利用天然河道 1 条，长 1.90km。

在上述保护范围内天然河道两侧修建栅栏隔离屏障 3km，并设置相应的界桩、警示牌、标示牌等，强化饮用水水源安全监管建设，保障人民群众饮水安全。防护隔离栏的选择应考虑与景观协调、抗老化、耐侵蚀、不易受外力撞击变形等特点，且施工安装不受地形起伏限制，需要对于山地、坡地、多弯地带适应性强。综合以上因素，采取目前在公路工程上普遍采用的防护栏较为合适，防护栏主要由混凝土支墩加金属立柱进行固定，焊接低碳钢丝编制的防护网，该种防护网适合长距离大面积使用，防护效果良好。

6.1.3.2 进一步推动受退水区水污染防治规划的落实

从工程受退水区各河流水质变化趋势分析中可知，“十三五”阶段工程受退水区主要河流水质整体呈现改善趋势，但从“滇中引水工程受退水区水污染防治规划”水污染治理措施执行情况总结也反应出已制定水污染治理措施的落实整体偏慢。其原因与工程治污方案和地州区域治污方案的不匹配存在一定的因果。

在 2016 年 1 月，云南省人民政府批复的《云南省水污染防治工作方案》（2016-2020）中，对工程受退水区各条河流的主要控制断面水质目标及其达标要求进行严格的规定，并制定了较完善的执行和监督计划。因此，在工程受退水区，可以结合水污染防治工作方案，以控制断面水质达标为基准，推动地州区域治污能力建设，促进工程各项治污目标的完成。

6.1.3.3 饮用水水源地水质保障补充措施

（1）充蓄水库水源保护措施

根据工程可行性研究报告，53 座调蓄水库中，将有 34 座水库为饮用水

水厂供水，其中在线水库 13 座，充蓄水库 16 座，补充供水水库 5 座。34 座水库中，9 座已纳入《滇中引水工程受退水区水污染防治规划》中，另有 7 座现状为饮用水水源水库，再有 18 座现状非饮用水水源，亦未纳入《滇中引水工程受退水区水污染防治规划》，饮用水水库分类汇总见表 6.1.3-1。

表 6.1.3-1 饮用水水库分类汇总表

功能	数量	已纳入规划	未纳入规划	
			现状水源	非水源
在线	13	2	3	8
调蓄	16	7	4	5
补充	5	0	0	5
合计	34	9	7	18

从水质现状监测调查结果可知，上述将为饮用水水源的 34 座水库中，仅有 8 座水库水质达标，包括 3 座纳入水污染防治规划的水库，4 座现状饮用水水源水库和 1 座新建水库（拟建水库坝址断面水质达标）。根据《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T 338-2018）、《集中式饮用水水源地环境保护状况评估技术规范》（HJ 774-2015）以及《集中式饮用水水源地规范化建设环境保护技术要求》（HJ 773-2015）等饮用水水源地相关技术规划，饮用水水源地都应划定饮用水水源保护区；饮用水水源保护区应按照相关法律、法规要求，开展点、面源污染治理，确保水源水质安全。因此，对上述 34 座水库，云南省各级人民政府及生态环境管理部门应在本工程建成运行前，完成饮用水水源保护区的划定、点面源污染防治工作，满足“先治污后通水的要求”。上述 34 座饮用水水库的详细状况，包括水质目标、供水对象、现状水质类别、治污规划收纳状况等见表 6.1.3-2。

表 6.1.3-2 34 座饮用水水库详细状况表

序号	名称	水质现状	水质目标	水厂	备注	类型
1	大银甸水库	III~劣 V 类	III 类	宾川二水厂	已纳入	调蓄
2	花桥水库	IV~劣 V 类	III 类	宾川二水厂	已纳入	调蓄
3	仙鹤水库	II~IV 类	III 类	宾川二水厂	未	调蓄
4	益民海水库	V~劣 V 类	III 类	宾川二水厂	未	调蓄
5	崔家箐水库	II~III 类	III 类	乔甸水厂	未	调蓄
6	山高村水库	V~劣 V 类	III 类	长坡岭水厂；补充水源	未	补充

序号	名称	水质现状	水质目标	水厂	备注	类型
7	洋派水库	Ⅲ类	Ⅲ类	百花冲备用水源	已纳入	调蓄
8	妙峰水库	Ⅲ~Ⅳ类	Ⅲ类	南山坝水厂	未	调蓄
9	小黑坝水库			光禄镇生活供水	未	补充
10	毛板桥水库			老红山水厂补偿供水	未	补充
11	老厂河水库			孙家屯水厂补偿供水	未	补充
12	九龙甸水库	Ⅱ类	Ⅲ类	观音山水厂、第二水厂	已纳入	调蓄
13	龙虎水库	Ⅲ类	Ⅲ类	牟定二水厂现状及规划 补充水源地	已纳入	调蓄
14	挨小河水库	Ⅲ类	Ⅲ类	规划元谋三水厂	未	调蓄
15	老鸦关水库	Ⅲ类	Ⅲ类	土官水厂	未；现状为土官 水厂水源地	调蓄
16	岔河水库	Ⅱ~Ⅴ类	Ⅱ类	二水厂等4个水厂	已纳入	调蓄
17	白龙水库	Ⅱ~Ⅲ类	Ⅱ类	六街水厂	已纳入	在线
18	黄坡水库扩 建	Ⅱ~Ⅳ类	Ⅲ类	麦竜水厂、富民二水厂	未	在线
19	箐门口水库	Ⅲ~Ⅴ类	Ⅲ类	团结水厂、温泉水厂	未；现状为温泉 水厂水源	调蓄
20	大箐水库扩 建	Ⅱ~Ⅲ类	Ⅲ类	草铺生活水厂	未；现状为水库 下游农村生活 用水水源	在线
21	石河水库	Ⅲ~Ⅴ类	Ⅲ类	在线；回头山水厂备用水 源	未；	在线
22	东风水库	Ⅲ~Ⅳ类	Ⅲ类	在线；北市区水厂	已纳入；现状为 市第一、二水厂 水源	在线
23	凤凰水库	Ⅲ类	Ⅲ类	研和水厂	未；现状为研和 水厂水源	调蓄
24	跃进水库	Ⅳ类	Ⅲ类	在线；江川二水厂、江川 三水厂备用水源	未	在线
25	白龙河水库	Ⅲ~劣Ⅴ类	Ⅱ类	华宁水厂	已纳入	调蓄
26	海棠水库			九溪水厂备用水源	未	补充
27	琉璃河水库 扩建	Ⅲ~Ⅳ类	Ⅲ类	在线；河西水厂、城西水 厂、里山水厂	未；现为河西镇 城镇供水水源	在线
28	阿白冲水库	Ⅲ~Ⅳ类	Ⅲ类	在线；石屏一、二水厂； 在建	未；在线水库	在线
29	高冲水库	Ⅱ类	Ⅱ类	在线；石屏一、二水厂； 现状水源	未；现为石屏 一、二水厂供水 水源	在线
30	青云水库	Ⅲ类	Ⅱ类	建水一水厂备用水源	未；现状为建水 一水厂水源	调蓄
31	红罩塘水库	Ⅲ类	Ⅲ类	在线；建水二水厂、羊街 水厂备用	未；新建	在线
32	长桥海水库	Ⅳ~劣Ⅴ类	Ⅲ类	在线；大屯水厂、北坡水 厂	未	在线
33	大庄水库	Ⅳ~劣Ⅴ类	Ⅲ类	在线；开远二、三水厂	未	在线
34	五里冲水库	Ⅱ~劣Ⅴ类	Ⅱ类	四通水厂；在线	未	在线

(2) 输水线路水质保护

制定输水干线分段水质污染控制标准，划定水源保护区范围。输水干线明渠段应严格按照《饮用水水源保护区污染防治管理规定》的有关要求，尽早对干线两侧一定区域设定水源保护范围，在保护范围内执行《饮用水水源保护区污染防治管理规定》。

6.1.3.4 加强输水河流、充蓄水库库区污染防治工作

工程共利用 53 座调蓄水库，同时利用 12 条河流作为输水河道。目前，调蓄水库和输水通道河流污染问题比较严峻，部分调蓄水库由于供水功能变化提高了水质保护目标。

根据滇中引水环评批复中“在输水涉及的相关河库达到相应水质要求前，不得实施调水、输水”的要求，在滇中引水通水前，应根据输水河流、充蓄水库径流区存在的污染问题，地方政府应编制污染防治方案，对输水河流开展清淤疏浚、河岸加固、污染治理，确保输水河流输水后水质达标，补水后不会导致河流漫溢现象；对水质不达标的充蓄水库，开展径流区污染防治措施，确保水质达标。

通过采取有针对性的污染防治措施，以有效削减、控制水污染源，改善水库、输水河道水质，确保滇中引水通水前各水库、输水河流达到相应水质目标。

6.1.3.5 加强水质保护监督与管理

(1) 输水线路

强化水质保护管理，设立专门机构协同各县区对输水线路水质保护进行统一管理，制定应急预案。

加强输水线路水质保护，避免人畜活动、意外事故对明渠段水质的影响，保证滇中引水工程输水安全。

规划输水线路经过的跨河建筑物施工时，应采取措施保护交叉河流的水质，避免污染河流水质。

加强线路水质环境管理和宣传教育工作，提高公众环保意识。

（2）受退水区

严格执行行政区污染物排放总量控制制度，建立实施受水区退水河流域污染物排放总量控制制度，执行污染物排放总量控制防控方案。

1) 严格执行行政区污染物排放总量控制制度

实施污染物排放总量控制是环境保护法规定的一项基本制度，并已纳入各行政区首长任期的考核指标范围。我国实施总量控制的水污染物有两项，为 COD_{Cr} 和 NH₃-N。按设定的计算条件，滇中引水工程实施后，受水区所属行政区 2030 年、2040 年六个区域排污量，与“十三五”期间总量控制指标相比较，可控制在合理范围内；对应的 34 个受水小区 2030 年、2040 年排污量，与“十三五”期间总量控制指标相比较，在合理范围内。

实施总量控制的污染物及其指标并不是固定不变，而是根据对社会经济发展及环境保护的总体要求在五年计划中作出规定或调整。因此，就滇中引水工程实施后六个受水区所属行政区的总量控制要求而言，实际上处于无法确定的状态。从《水污染防治行动计划》规定的目标、指标、任务看，未来总量控制要求存在进一步趋严的可能。因此，必须严格执行总量控制制度，保障各受水区符合现行总量控制要求。

2) 建立实施受水区退水河流域污染物排放总量控制制度

滇中引水工程 34 个受水区退水共涉及 12 条河流。以受水区为控制单元，根据水环境保护功能区划，12 条退水河流设置控制断面，以满足控制断面达标、预留非受水区排水需求为原则，建议制定规划目标年 2030 年和 2040 年退水河流域水污染物排放总量控制制度。

基于河流水环境保护的流域性特点，为保障滇中引水工程实施后退水

河流的水环境保护功能要求，受水区应当按退水河流域建立起联防联控的环境保护机制体制，建立实施受水区退水河流域污染物排放的总量控制制度，进行严格管控，从环境保护上建立起适应于流域环境管理的机制、体制和制度，才能为滇中引水工程的实施及受水区社会经济的绿色发展保驾护航。

3) 建立水文情势变化与水质监测相结合的联合防控机制

为防止退水河流枯水期天然流量波动加重退水对河流水环境质量的影响，应建立水文情势变化与水质监测相结合的联合防控机制。当退水河流水文情势向不利于河流稀释自净能力方向变化且水质监测结果出现加重趋势时，可根据工业企业的性质、类别，根据需要，通过安排检修、错时运行、限产等手段调整工业配水方案，减轻对退水河流水质的影响。

6.1.3.6 加强污染物排放治理

(1) 提高生活污水收集处理率及回用率

就目前国家污水处理的技术而言，所有受水区污水处理厂处理工艺经改造后，尤其是在 2030 年滇中引水工程实施后，出水水质达到一级 A 标是没有问题的，同时根据国家近期发布的《水污染防治行动计划》(2015 年)的要求，故提出在滇中引水工程各受水区污水处理厂至 2030 年、2040 年城镇生活污水及工业废水各污水处理厂出水水质必须达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标的要求，受水小区中大理市、楚雄鹿城、安宁连然、晋宁昆阳、呈贡龙城、昆明市区、西山区谷律、官渡区小哨、蒙自市在 2030 年后的城市污水收集处理率到达 95%；其他各小区城市污水收集处理率到达 85%。

(2) 进行污染物总量控制

受水区各级政府要把限制排污总量作为水污染防治和污染减排工作的

重要依据，对排污量已超出水功能区限制排污总量的地区，限制审批新增取水口和入河排污口。制定并严格实施滇中引水受水区退水水污染物综合治理规划，明确退水处理的工程和管理要求。

（3）严格实行截污导流工程

严格做好各受水区截污导流工程，以及城市规划及环境基础设施建设的工作，科学规划城市排水管网，实施城区雨污分流次干管网建设。改建和扩建城市污水处理厂，提高污水处理率；此外，各受水区所有工矿企业及居民生活排出的污水都必须经过污水处理厂处理。经处理后的尾水分别导向回用处理设施、农业灌溉设施和择段排放设施等，依靠各类污水资源化设施和区域综合整治工程，提高污水的资源化水平，使治污工程项目形成“治、截、导、用、整”一体化的治污工程体系。

（4）严格要求提高污水处理收集、处理效率及回用率

吸引投资，多渠道筹集污水处理设施建设资金，稳步推进污水处理产业化行业体制。推行污水处理行业股份合作制和 BT 建设模式，提高污水处理行业投资和运营的效率。进一步加强污水收集管网的建设投入，提高截污能力和污水处理设施效率，提升各受水区治污减排能力。

建议云南省相关部门制定相关规定，对回用率提出强制性要求，城市生活污水以及城市工业废水经处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标要求后至少有 30% 的水进行再生水回用，用于绿化、农业灌溉、工业补充水。而滇中引水工程所供水，可作为生态补水补入各一级支流，即保证了用水要求，也可进一步提高一级支流的环境容量。

（5）受退水区工业、生活污水补充处理措施

根据第 5 章受退水区污染物排放变化趋势分析中，受退水区城镇生活污水、工业污水处理设施规模匹配性分析结果，2030 年存量工业、生活污

水处理规模需增加 0.66 万 t/d，2040 年存量工业、生活污水处理规模需增加 6.93 万 t/d，具体见表 6.1.3-3。

表 6.1.3-3 存量工业、生活污水处理扩增规模情况

设计水平年	小区名称	污水类型	污水量	污水处理厂规模（包括规划）	须扩增规模
2030 年	鹤庆黄坪	工业	0.04	0.02	0.02
	大姚金碧	工业	0.37	0.25	0.12
	牟定共和	工业	0.13	0.12	0.01
	武定近城	工业	0.11	0.04	0.07
	呈贡龙城	工业	0.45	0.23	0.22
	晋宁昆阳	工业	0.37	0.15	0.22
	小计		1.47	0.81	0.66
2040 年	鹤庆黄坪	工业	0.04	0.03	0.01
	大姚金碧	工业	0.59	0.26	0.33
	牟定共和	工业	0.46	0.11	0.35
		生活	6.71	2.4	4.31
	武定近城	工业	0.05	0.04	0.01
	姚安栋川	工业	0.67	0.21	0.46
	元谋元马	工业	0.04	0.03	0.01
	安宁连然	工业	2.39	1.14	1.25
	晋宁昆阳	工业	0.33	0.15	0.18
	开远开远	工业	0.46	0.44	0.02
小计		11.74	4.81	6.93	

2030 年增量工业、生活污水处理规模需增加 0.40 万 t/d，2040 年增量工业、生活污水处理规模需增加 1.90 万 t/d，具体见表 6.1.3-4。

表 6.1.3-4 增量工业、生活污水处理扩增规模情况

设计水平年	小区名称	污水类型	污水量	污水处理厂规模（包括规划）	须扩增规模
2030 年	巍山南诏	工业	0.14	0.1	0.04
	祥云祥城	工业	0.92	0.8	0.12
	牟定共和	工业	0.17	0.1	0.07
	南华龙川	工业	0.12	0.1	0.02
	双柏妥甸	工业	0.21	0.2	0.01
	武定近城	工业	0.13	0.1	0.03
	元谋元马	工业	0.19	0.1	0.09
	华宁宁州	工业	0.11	0.1	0.01
	江川大街	工业	0.81	0.8	0.01
	小计		2.80	2.40	0.40
2040 年	宾川牛井	工业	0.31	0.3	0.01
	牟定共和	工业	0.18	0.1	0.08
	南华龙川	工业	0.25	0.2	0.05
	双柏妥甸	工业	0.23	0.2	0.03

设计水平年	小区名称	污水类型	污水量	污水处理厂规模（包括规划）	须扩增规模
	武定近城	工业	0.14	0.1	0.04
	元谋元马	工业	0.18	0.1	0.08
	西山谷律	工业	0.23	0.2	0.03
	华宁宁州	工业	0.16	0.1	0.06
	建水临安	工业	0.23	0.2	0.03
	开远开远	生活	5.59	4.1	1.49

（6）加快农村污水处理设施的发展

农村生活污水的排放对退水河流污染负荷有一定的贡献值，减少农村生活污水的排放能够增加退水河流的环境容量。受水区内各级人民政府应认真贯彻党的十九大精神，加快推进生态文明建设和乡村振兴战略，根据《中共中央办公厅、国务院办公厅关于印发〈农村人居环境整治三年行动方案〉的通知》（中办发〔2018〕5号）精神，大力整治农村生活污水。推动城镇污水管网向周边农村延伸，推广低成本污水处理技术，鼓励采用生态处理工艺，提高受水区内农村生活污水收集处理率，降低入河排污量。

（7）农业面源污染防治措施

农业面源污染源主要有化肥、农药等，目前其控制主要是从控源、节水灌溉、回归水净化等方面。科学保护和合理利用水资源，大力发展节水农业，进一步提高农业用水效率；加大农业面源污染防治力度，实施化肥农药零增长行动，实施种养业废弃物资源化利用、无害化处理；加强测土配方施肥、秸秆还田、增施有机肥、保护性耕作等措施落实，提升耕地质量；全面落实生态保护补助奖励政策，扩大新一轮退耕还林还草规模，加快重点地区生态保护；大力推进农业清洁生产，积极推广节地、节水、节种、节肥、节药、节能等节约型农业技术和节能型农业装备。

6.2 水资源保护措施

6.2.1 生态流量泄放措施

为发挥本工程的生态效益，本工程将改造已建调蓄水库的生态流量泄

放措施，作为“以新带老”环保措施。本工程针对已建的在线调节和充蓄调节两类水库采取“以新带老”措施，增设生态流量下泄措施方案。

6.2.1.1 下泄措施布设原则

本次二期工程不考虑补偿调节水库的“以新带老”生态流量下泄措施，但在水资源配置中预留补偿调节水库的生态水量。“以新带老”生态流量措施选择的基本原则如下：

(1) 针对一些小型水库，供水方式是通过水库涵洞（涵管）放水进入渠道（或者河道）后，再从渠道（或者河道）取水灌溉，这些水库的坝下生态流量可从河道或者渠道下放，通过输水渠道（河道）简单改造接入管道即可下泄生态流量。

(2) 针对中型水库，一般情况下采用在压力管道或者放空管上接入生态流量专用设施，通过生态放水管将生态流量下泄到坝址下游河道内。

(3) 针对输水管线和供水线路与下游河道较远的情况，采取虹吸管措施下泄生态流量。

6.2.1.2 下泄措施方案

骨干工程对 2 座在线调节和 3 座充蓄调节水库提出“以新带老”生态流量下泄措施。具体见下表：

表 6.2.1-1 骨干调蓄水库生态流量下放设施改造一览表

类型	序号	州（市）	水库名称	规模	总库容	“以新带老”增设生态流量下泄措施方案	
						接入方案	生态放水管径
在线	1	昆明市	黄坡水库扩建	小一型	762.6	水库放空管末端旁通接入	DN200mm, 钢管长度约 4m
	2	玉溪市	东风水库	中型	9025.0	压力输水管道上接入	DN300mm, 钢管长度约 100m
充蓄	3	楚雄州	九龙甸水库	中型	6300.0	压力输水管道上接入	DN200mm, 钢管长度约 30m
	4		中石坝水库	中型	1098.0	输水渠道简单改造接入	DN100mm, 钢管长度约 50m
	5		长桥海灌溉库	中型	4480.0	压力输水管道上接入	DN300mm, 钢管长度约 50m

对于上述水库，必须优先保证下泄河道内生态流量，汛期生态流量按多年平均天然流量的 30%，枯期按多年平均天然流量的 10% 及 Q90 法较大值进行生态基流下泄。

6.2.1.3 典型措施方案

(1) 压力输水管道上接入方案

该方案在原有水库的输水隧洞内增设生态流量管，或在输水管线内增设阀门和管线，将管线延伸至坝址下游河道下泄生态流量。

方案需要结合大坝的输水隧洞形式和实际情况进行分析论证，完成设计工作。典型压力输水管道上接入方案见下图：

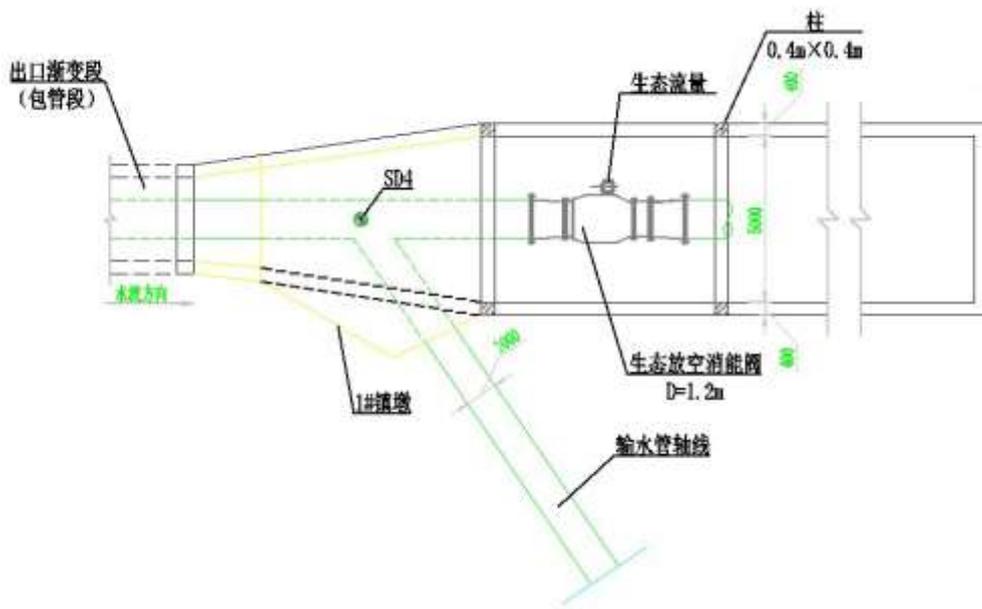


图 6.2.1-1 压力输水管道上接入方案典型设计图

(2) 输水渠道简单改造接入方案

本方案利用拦河坝后的引水渠首部埋设生态流量管，通过渠首下泄生态流量。

方案在引水渠首部埋设相应管径的生态放流管道，工程量较小，但生态管道中心高程需要高于库底高程，才能保证下游生态流量下泄。输水渠

道简单改造接入方案典型设计图见下图。

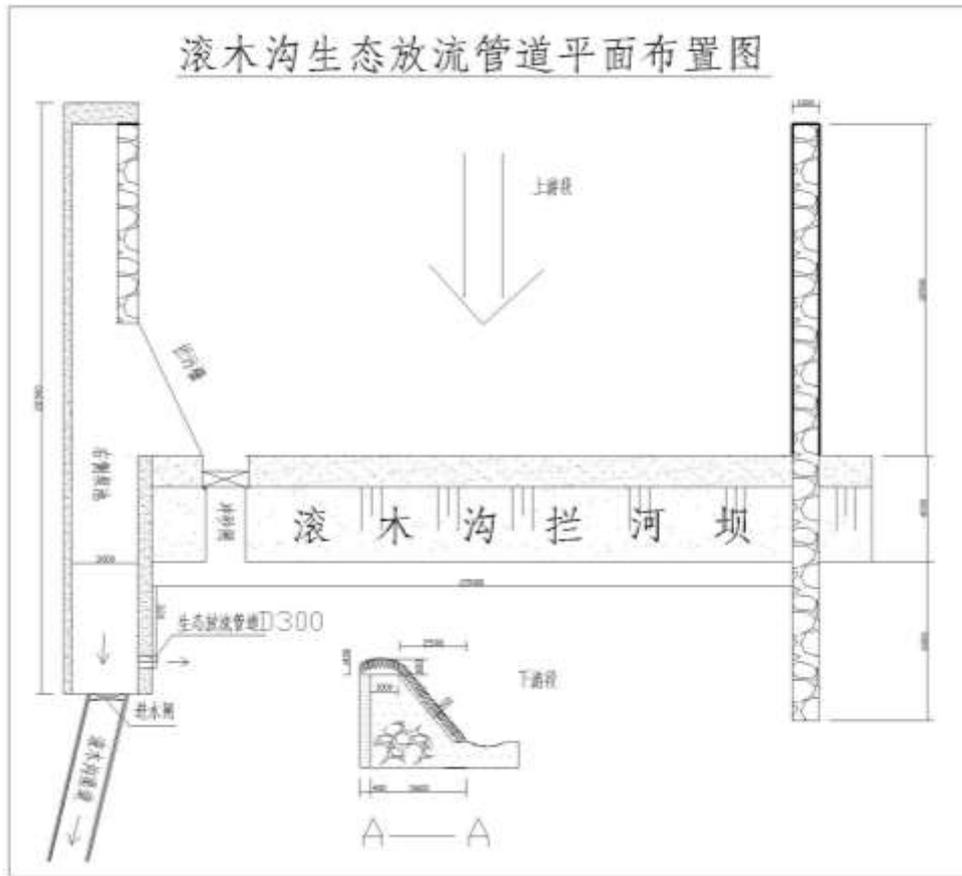


图 6.2.1-2 输水渠道简单改造接入方案典型设计图

(3) 倒虹吸方案

本方案为在大坝上游和下游之间建立一个虹吸管方案构筑物，通过真空泵在虹吸管中形成水头，将库区内的水下泄到坝后，作为生态流量下泄。

方案需安装虹吸管及真空泵，该方案只需安装真空泵及固定虹吸管即可，对水库大坝和水库取水不产生影响，虹吸管方案施工完毕后，不会对水库的运行产生影响。倒虹吸方案典型设计图见下图。

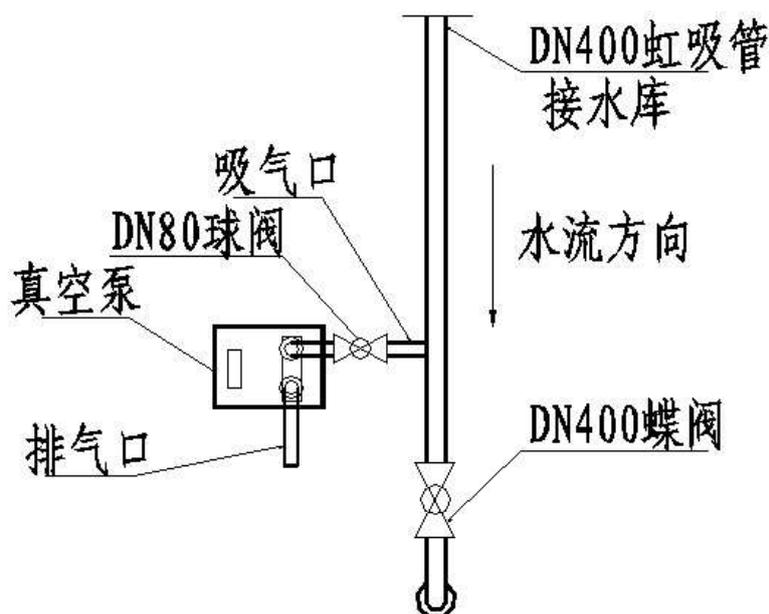


图 6.2.1-3 倒虹吸方案典型设计图

6.2.2 优化水资源配置方案

加强水资源的统一管理，遵循“先节水后调水，先治污后通水，先环保后用水”的“三先三后”原则和实行最严格水资源管理制度的原则，合理配置生活、生产、生态用水。

加大受水区经济结构的调整力度，促进经济结构优化升级和区域经济社会协调发展，加大低耗水产业比重，提高循环经济水平，限制高耗水产业发展，实现经济增长方式由“高消耗、高污染、低效益”向“低消耗、低污染、高效益”转变，从根本上扭转对水资源的高度依赖，减轻水资源利用的压力。

6.2.3 提高节水水平

在农业生产中提高灌溉水利用系数、扩大节水灌溉面积；在工业方面调整水价、限制高耗水企业的发展和推行节水工艺和技术、工业废水回用；在城市生活方面普及节水器具和减少城市管网漏损率等措施。不断提高水资源利用效率，大力建设节水型社会，缓解水资源供需矛盾，建立并完善总量控制和定额管理相结合制度、取水许可与水资源有偿使用制度、科学

的水价形成机制等。

根据受水区的资源条件和产业发展结构，支柱产业几乎包括了所有高用水工业。鉴于受水区的水资源特点，建议滇中地区在充分发挥当地特有资源优势的条件下，严格高耗水产业的准入门槛，引进先进工艺技术，提高工业用水回用率。鼓励建立规模化的生态园区，形成循环经济产业链，做到上游产品、下游产品的综合循环利用，构建生态工业群落。通过吸收、借鉴国内外新技术和经验，逐步建立健全污水再生利用产业及政策，提升再生水回用水平。

6.2.4 提高用水效率

(1) 城镇生活节水指标

城镇生活节水主要体现在城镇管网漏失率的降低，节水器具的使用程度上。滇中地区现状管网漏失率 15%，略大于全国平均管网漏失率 12% ~ 13%。通过普及节水器具，加强实施节水措施等，预测规划年城镇管网漏失率下降为 10%。

在综合考虑各类节水措施的基础上，结合滇中地区经济社会发展水平、水资源条件、节水措施的实施力度、节水的社会和经济承受能力等因素，提出规划水平年的节水目标要求，见表 6.2.4-1。

表 6.2.4-1 滇中规划区城镇生活节水指标

州(市)	年份	城镇生活节水指标 (L/人 d)			节水器具普及率 (%)		
		居民住宅	公共用水	城镇环境	节水水嘴	节水便器	节水洗衣机
大理	2030	149	89	32	90	85	95
	2040	156	90	37	95	95	98
永胜	2030	135	80	29	90	85	95
	2040	150	87	36	95	95	98
楚雄	2030	143	85	31	90	85	95
	2040	150	87	36	95	95	98
昆明	2030	156	93	34	95	90	95
	2040	162	94	38	100	98	98
玉溪	2030	151	90	33	90	85	95

	2040	159	92	38	95	95	98
红河	2030	137	82	30	90	85	95
	2040	148	86	35	95	95	98
曲靖	2030	129	77	28	90	85	95
	2040	139	80	33	95	95	98
滇中规划区	2030	148	88	32	92	88	95
	2040	156	90	37	98	98	98

(2) 城镇工业节水指标

滇中地区工业用水浪费严重、利用效率低，并且本地区可利用水资源缺乏，要维持滇中地区工业发展、满足用水需求，采取提高工业用水重复利用率以降低工业取水定额、减少工业取水总量，是行之有效的节水措施之一。根据滇中地区水资源状况、节水投入的可能性及国家的有关要求，将工业用水重复利用率目标定为：2030 年达到 81% 以上，2040 年提高到 86% 以上。滇中地区各地（州）市工业用水重复利用率发展目标均以此为标准。为保证滇中地区工业经济与资源、环境的协调发展，根据滇中规划区工业行业的实际状况，确定滇中规划区工业取水总量控制目标为：2030 年年均增长率控制在 2.1% 以内，2040 年年均增长率控制在 1.2%。见表 6.2.4-2。

表 6.2.4-2 滇中规划区一般工业节水指标

节水指标	2030 年	2040 年
万元工业增加值取水量 (m ³ /万元)	35	25
取水量年均增长率	2.1%	1.2%
重复利用率 (%)	81%	86%

(3) 灌溉节水

灌溉节水主要体现在灌溉水利用系数的提高。目前滇中地区灌溉水利用系数平均达到 0.54，已高于全国平均水平。由于滇中地区水资源相对紧缺，根据滇中灌区规模和节水灌溉发展实际，各规划水平年按照节水要求，仍需逐步提高节水水平。

滇中地区农业节水措施是在加强节水管理，结合调整作物结构及农艺

措施节水的基础上，主要通过以渠道衬砌为主的防渗措施提高水利用系数，局部条件较好的地区可推广先进的节水灌溉技术。规划 2030 年滇中区灌溉水利用系数提高到 0.63~0.67，平均由现状的 0.54 提高到 0.65。灌溉水利用系数在达到国家节水灌溉强制性规范要求的基础上，进一步有所提高。

滇中区应落实节约资源和保护环境的基本国策，逐步建立与水资源和水环境承载能力相适应的国民经济体系。建立自律式发展的节水机制，在产业布局和城镇发展中充分考虑水资源条件；控制用水总量，转变用水方式，提高用水效率，减少废污水排放，降低经济社会发展对水资源的过度消耗和对水环境与生态的破坏。实行严格的总量控制，控制需求的过快增长，通过节约用水和提高水的循环利用，满足经济社会发展的需要。现状水资源开发利用挤占生态环境用水的地区，要通过节约使用和优化配置水资源，逐步退减经济发展挤占生态环境的水量，修复和保护河流生态和地下水生态；按照提高水资源利用效益的要求，严格用水定额，控制不合理的需求，通过节水减少排污量，保护水环境；在生态环境脆弱地区，要按照保护优先、有限开发、有序开发的原则，加强对生态环境的保护。

6.2.5 加强水资源管理制度的建设

(1) 建立健全流域与区域管理相结合的水资源管理体制

完善水资源管理制度，逐步形成有利于水资源合理开发、高效利用、有效保护，实现水资源评价、规划、配置、调度、节约、保护的综合管理，提高管理水平，是水资源可持续利用的重要任务。

贯彻落实《中华人民共和国水法》，建立并完善流域水资源管理体制，明确流域与区域管理的职责，建立各方参与的民主协商、共同决策、分工负责的流域议事决策机制和高效的执行机制，建立健全区域水资源可持续利用协调机制，完善流域与区域相结合的水资源管理体制，加强流域水资

源统一规划、统一配置、统一调度、统一管理。

(2) 建立健全总量控制与定额管理相结合的用水管理制度

云南省水行政主管部门组织有关行业主管部门，按照职责分工，结合节水型社会建设的发展需要，科学制订本行政区域内用水定额，明确各行政区域的用水总量控制目标。各行政区域按照总量控制目标，逐级分配用水总量控制指标。按照统筹协调、综合平衡、留有余地的原则，取水许可审批机关向取水户下达用水计划，保障合理用水，抑制不合理的需求。

(3) 实施以水功能区管理为基础的水资源保护制度

建立健全排污总量控制制度，严格入河排污权管理，建立入河排污口登记和审批制度，将水功能区限排总量分解到入河排污口，加强对排污口的监督管理。新建、改建、扩建入河入湖排污口要进行严格论证，强化对主要河流和水库的管制，坚决取缔饮用水水源保护区内的排污口。严格取水和退水水质管理，合理制定取用水户退排水的监督管理控制标准。通过多部门协作，加大水污染治理力度，减少废污水和污染物的排放量。采取强有力的措施，控制和减少非点源污染物入河量。

6.3 地下水环境保护措施

6.3.1 应急性供水措施

根据以往工程经验，一般在两种情况下采取应急性供水措施：一是在地下水源点受工程施工影响大，已经造成泉点或水井疏干，需要采取长期性的供水替代方案，由于供水替代方案施工需要一定周期，为保障这段时间内当地居民基本生活，采取应急供水措施；二是地下水水源点与工程存在一定水力联系，工程施工会造成泉点或水井水量有所减少但不会疏干，该情况下雨季工程建设对水源点水量影响不显著，不影响居民正常生活，但旱季短期内可能造成居民取水困难，从而影响居民正常生活，这种情况

下可采用应急供水措施。

在水资源出现短缺、供水紧急状态下，坚持遵循“先生活，后生产”的原则，应首先保证人民生活需要，维护社会安定为基本原则，保障人民生活供水；其次是保证生活必需品的生产供水；最后是保证支柱产业的重点工业用水。

应急供水措施一般采用水车送水的方式。水车送水不仅方便居民就近取水，而且由于水车为相对封闭的环境，因此便于水的卫生防护，还可以在水车中进行饮水消毒。因此，这种应急性供水方式一般能符合卫生需求。一辆8吨的水车，日供水4~6次时，按每人每日供水80升计算，可供400~600人饮用。本工程可能需要应急供水的有6个村组，涉及的人口数量约为12942人，因此这些村组出现取水困难问题时，3个片区配备1辆8吨的水车，日供水6次，可以满足受影响村组的正常饮水需求。

表 6.3.1-1 应急性供水措施一览表

序号	居民点	受影响人口	用水量 (m ³ d)	应急供水水源	运距 (km)
1	桑木箐村	600	48	祥城镇自来水厂	11.7
2	大平地西村	200	16	谷律乡自来水厂	5.7
3	桃园村	100	8		23.1
4	山头村	12042	963	东风水库	5.1
5	古城村			北城镇自来水厂	4.8
6	东前村				4.1

6.3.2 替代水源工程措施

6.3.2.1 实施原则

评价区村镇常用的水源主要来自于地下泉点、水井、箐沟、水库、自来水等。隧洞施工期，替代性水源的选择应结合村镇水源特点，考虑以下几个方面：

(1) 水质良好。地下水水质符合《地下水质量标准》GB/T14848-1993

的Ⅲ类标准；地表水源水质符合《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的要求，或符合《生活饮用水水源水质标准》（CJ3020-1993）的要求。

（2）水量充沛。设计取水量保证率一般为95%。

（3）如果附近已经有自来水管网的，应优先选择自来水作为水源，将管网接通至受影响居民点。

（4）当有多个水源可选时，应从水质、水量、投资、运行成本、施工和管理条件、卫生防护条件进行综合比较，择优选取。

（5）当选用山泉水时，尽可能使之重力自流，以节省造价。

（6）取水、输水、净化设施安全经济和维护方便。

（7）具有施工条件。

6.3.2.2 替代水源方案

（1）供水替代方案比选

根据以往工程经验，替代供水措施主要分为以下几种类型：

1）隧洞开挖之后，可能导致地下水用水户现状水源点疏干及影响大，周边可以找到泉眼、水库、小溪等稳定的替代水源的地区，对此类解决措施为在泉眼、水库、小溪引水至每个村落，在每个村落设置一个高位水池，在高位水池进行消毒处理之后，再由高位水池输水至各用水户。

2）隧洞开挖之后，可能导致村落现状水源点疏干及影响大，周边找不到水库、河流等稳定的替代水源，但可以开采利用地下水的区域，采取打机井抽水的措施解决人畜饮水问题。

3）隧洞开挖之后，对地下水用水户现状水源点可能造成水量减少（影响程度中等、弱），影响程度不严重，针对此类的解决措施主要为修筑水窖，加大储水量，必要时采取水车运水的供水措施，以保证居民正常生活用水。

根据工程区特殊的雨水、地表水及地下水的转化规律、水资源形成机

理和过程，以及土地资源分布及社会经济情况，按照“因地制宜、因土制宜、因水制宜及按需制宜”的原则，不同片区选择不同的供水替代方案。

（2）替代水源方案

1) 大理段不涉及地下水集中式水源地，以及岩溶水源地，因此没有影响大的保护目标。仅在巍山干线中的雪峰山隧洞的开挖中，由于该条隧洞属于埋深长隧洞，在开挖过程中容易影响附近的含水层，可能造成隧洞周边桑木箐村的生活用水的井泉漏失。根据评价区地下水用水户受影响程度及所在区域特点，替代性水源包括地下泉水、地表溪沟水、地表库水，对造成影响的用水户采取修建水窖、打井、引地表水等恢复措施。

2) 昆明段设计替代水源工程 2 处。如出现隧洞施工造成敏感饮用泉点流量减小或直接将其疏干，并对饮用村庄饮水造成影响的，提出替代解决方案。本次主要选在泉点附近低洼地带以新建机井的方式为影响到的村庄集中供水，在大平地西村、桃圈村各打一口机井，并通过水泵抽水至高位蓄水池，并铺设管道进入户。

3) 玉溪段红塔干线董炳隧洞会穿越玉溪盆地东侧白龙潭、小龙潭、双林寺泉群的补给径流区，董炳隧洞施工过程中会揭露地下暗河管道，造成白龙潭、小龙潭、双林寺泉群的减流，甚至断流。白龙潭、小龙潭、双林寺泉群地下水供水对象为山头村、古城村和东前村，人口 12042 人，牲畜 11316 头，耕地面积 5410 亩。山头村、古城村和东前村位于红塔区坝区，周边已经有自来水管网，因地下水资源丰富当地居民习惯于以地下水作为生产生活水源。董炳隧洞施工期应加强对周边泉点的水量监测，一旦出现水量减少影响到当地居民生产生活情况的，建议采取从周边自来水管网主管接入受影响村庄，再铺设支管至各户，并对自来水费进行一定补偿。自来水水质、水量有保障，对于坝区内的受影响用水户，是较为理想的替代水源措施。

6.3.3 受退水区地下水环境保护措施

受退水区的工业、农业和生活用水的回灌亦会影响区域地下水水质。对受退水可能带来的受纳水体污染问题，提出以下控制对策与建议：

(1) 严格控制受退水区的居民生活用水及工业用水的直接回灌，建立相应处理能力的污水处理厂，配套建设污水管网，使得污水处理后出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 标要求后一部分用作中水回用，部分排放。

(2) 灌区生产源头控制措施。加强科学技术指导，大力宣传科学施肥知识，并采取措施。通过提高化肥、农药的使用效率来减少其使用量；鼓励施用有机肥；通过采用平衡施肥、测土施肥、肥料深施等措施来改良施肥方法，避免在作物生长的早期大量使用氮肥。

(3) 灌区退水向地表水迁移过程的生态工程措施。通过生态拦截和湿地自然净化系统建设对灌区农田退水污染进行控制。从过程阻截、多级净化的角度出发，利用生态排水渠道进行首次拦截，之后再利用湿地条件，形成稳定塘-植被-根系-土壤等多级复合湿地生态净化系统，对农田灌溉退水损失的氮磷和农药成分进行在此拦截净化，可将径流中污染物浓度降至最低。

(4) 大力发展生态农业，合理施用农药、化肥。深入开展无公害农产品、绿色食品和有机食品生产基地建设土作，加强绿色、有机食品管理体系建设，组织绿色、有机食品认证土作；结合受水区实际，主要发展以山林为基地、种养结合的生态农业园和种养殖和沼气池配套组合的生态农业园。及时回收和贮存旧农膜，提高残留地膜回收及循环利用率，大力推广适期揭膜技术，减少白色污染，促进农业发展。同时大力推广测土配方施肥技术，注重氮、磷、钾之间的合理比例，改善肥料结构，做到平衡、科学施肥，提高化肥利用率，以减少农业面源污染。实行农作物病虫害综合防治，

积极控制和削减农药施用量，禁止高毒高残留农药的使用，大力推广高效低毒低残留的生物农药，这样，有利于促进生态农业的快速发展，改善受水区生态环境，提高人民的生活质量。

(5) 提高对农村人居环境改造的资金投入。加大对农村生态环境保护基础设施建设的资金投入力度，加快农村由化肥、农药、畜禽导致的水污染处理设施的建设步伐。

(6) 提高基层组织、群众、农民的环保意识。在受退水区地下水环境保护过程中，提高基层组织、群众、农民特别是农民的环境意识。首先，应通过广播、电视、报纸等新闻媒体向农民宣传环境保护知识，宣传获得经济、生态效益的典型事例，并让他们参观一些生态农业示范区，调动农民保护环境的积极性。其次，发挥农村社区、非政府组织的作用，提高农民的环境意识和参与环境保护的积极性。受退水区地下水环境保护，需要基层组织、农民的广泛参与，应建立健全农民的公众参与制度；发挥非政府组织在环境保护中的积极作用。

(7) 加强农村新能源建设。大力发展以沼气为纽带的“畜（禽）-沼-果（粮、菜、茶、药）”生态养殖-沼气-有机肥料-高效种植的循环农业模式，减少畜禽养殖污染。进行秸秆气化，推广应用秸秆气化炉等。把沼气池与厕所、鸡舍、猪圈等畜禽设施相配套，使畜禽产生的废弃物与秸秆进入沼气池，将沼液、沼渣的综合利用与种养业的高效开发同步进行，既解决了各种秸秆、畜禽的废弃物利用难题，又大大改善了农民的居住环境和卫生条件，能有效减少受退水区地下水污染。

(8) 加强对受退水区灌溉退水的水质监测，特别是水质的 COD_{Cr}、氨氮、总氮、总磷、亚硝酸盐氮等指标的监测。

6.4 陆生生态保护措施

6.4.1 避让措施

(1) 要综合考虑区域的植被覆盖情况，合理布置工程用地，以减少对区域植被的破坏。工程设计时要尽量减少高质量植被区域的占用，以保持区域的生物生产力，同时避开恢复力较差的植被，以避免后期植被恢复措施难以实施或者实施的效果较差。

(2) 优化工程布置，减少临时占地，临时占地尽量避免占用自然植被。

(3) 加强宣传教育和施工管理，减少施工影响。工程施工期间，加强施工人员的教育和管理，严格控制薪柴使用，严禁乱砍滥伐，偷捕盗猎，减少工程施工对植被和动植物的影响。

(4) 加强施工监理，规范施工。在施工过程中，不随意破坏植被或进行施工占地；在人员活动较多和较集中的施工营地，设置自然保护、环境保护的警示牌，提醒人们依法保护自然环境和生物多样性。

(5) 加强防火，预防森林火灾。在工程建设期，应加强防护，如在施工区、临时居住区及周围山上竖立防火警示牌，划出可生火范围、巡回检查、做好消防队伍及设施的建设工作等，以预防和杜绝森林火灾发生。在项目施工期严格管理，避免可能引起林火的施工作业，对施工人员加强管理，严禁一切野外用火。森林防火道应根据不同林分区划进行。

(6) 加强水域污染防治，保护栖息环境。良好的生态环境是动物赖以生存的物质条件，根据相关法律法规，加强对环境(特别是水体)污染的防治，施工过程中要建立一系列施工注意事项，在加强水域质量监测的同时，要求施工建设单位或个人及时发现、上报污染源，预防和减少机械用油、施工耗材、生活污水对水体的污染。此外，对施工、生活垃圾实行定点堆放，科学处理。

(7) 加强卫生防疫，杜绝传染病发生。部分啮齿类是一些自然疫源性

疾病的传染媒介，工程建设将侵占它们的部分栖息地，它们在转移过程中会在临近某些局部范围的密度增高。在这种情况下，既要维护自然生态系统的食物链关系，又要重视对施工人员的宣传教育，避免施工人员接触，也要做好相关防疫工作。

(8) 制定合理的水库初期蓄水计划，减少对冬眠动物的影响。各水库蓄水初期，应结合野生动物的生态习性，制定水库蓄水计划，水库蓄水选择夏季进行并控制水面提升速度，避开两栖、爬行类等野生动物的冬眠期，避免其受淹没死亡。

6.4.2 减缓措施

(1) 结合水土保持工程，加强植被保护和景观维持。采用等高线施工作业，严禁弃渣、弃土直接倒入水体中。避免雨天施工，减少水土流失量。

(2) 及时进行临时占地生态恢复和永久占地区的绿化美化，减少水土流失，提高生态环境质量。

(3) 工程施工期间，严格控制在规划用地范围内施工，不干扰周围动植物，对相关施工装备安装隔声设备，减少工程施工及爆破噪声对野生动物的惊扰，并力求避免在晨昏和夜间施工。避免影响一些夜行性动物和趋旋光性的动物的夜间活动。

(4) 设立动物救护站，对于规划范围内受伤的动物进行救治，并实施动物种群分布、数量监测，加强保护力度。无论是在施工期，还是在运行期，均需加强对评价区内野生动物分布及数量的监测，以此为保护措施的制定及执行提供科学合理的参考数据。此外，特别要对重点保护及濒危野生动物的重要越冬地、繁殖地、觅食地的保护，防治和控制生态环境污染，严禁在此类型地域开展游玩、施工等干扰性、破坏性活动，以最大程度上减少人为干扰因素对珍稀濒危保护动物的影响，实现此类型动物的就地保

护。

(5) 工程区若发现调查错漏的保护植物，应及时上报林草部门，并采取移栽及采种育苗等措施，以保护其种质资源。

6.4.3 补偿措施

工程建设要永久性的和临时性占用一部分耕地、森林等，使这些资源受到损失，因此必须按照国家相关土地补偿标准予以补偿。

(1) 林地补偿

工程占用的有林地。应根据国家关于林地补偿相关规定，业主向地方缴纳森林植被恢复费，专款用于异地造林和养护。

(2) 耕地补偿

工程占用的水田和旱地，应根据有关政策对占用的耕地和农田进行补偿，缴纳耕地开垦费，并根据“占数量多少，垦数量多少”的原则开垦与所占耕地数量质量相当的耕地，确保评价区农田的动态平衡。

6.4.4 修复措施

(1) 生态修复原则

1) 保护原有生态系统的原则

工程区生态环境复杂，植被类型多样，在生态修复的过程中，必须尽量保护施工占地区原有的生态环境，生态修复的植被类型应尽量与工程区原有的植被类型相一致。

2) 保护生物多样性的原则

植被修复措施不仅考虑植被覆盖率，而且需要在利用当地原有物种的情况下，尽量使物种多样化，避免单一。

3) 保护耕地资源的原则

评价区耕地资源珍贵。可利用的土地范围较狭小，因此，应尽量恢复

原有耕地资源。

4) 与当地经济发展一致原则

生态恢复措施以营造生态林和经济林为主，兼顾生态效益和经济效益，在提高生态环境质量的同时，增加农民的经济收入，促进评价区内经济发展，更好的保护当地生态环境。

5) 与其它相关措施协调

生态恢复措施是在考虑水土保持植物措施和土地复垦措施的基础上，有针对性的拟定评价区植被恢复方案。

(2) 生态修复方案

1) 根据工程区的植被现状进行分析，确定工程区域现有的主要植物群落类型及其主要特征。

2) 根据本工程施工迹地生境条件特征及各工程区域植被恢复、植物绿化及景观美化等多方面生态功能要求，拟定需要恢复的植被类型。

3) 在水保植物措施，进行地带性植被修复。

4) 结合工程施工迹地等工程在空间上布设情况，从整体上把握本工程生态修复的总体目标，进而拟定生态修复区的划分。

根据以上生态修复的分区思路，本工程的生态修复区分为临时施工迹地恢复区、业主营地景观美化区两大类，根据工程占地资料分析，本工程临时用植被面积约 621.61hm²，其中占用自然植被面积约 258.50hm²，占用人工植被约 363.11hm²，在临时施工迹地恢复区中，根据工程区的地貌类型分为河谷阶地、中山山原和石灰岩坡地三大施工迹地类型，初拟各修复区域的生态恢复目标，见表 6.4.4-1。

表 6.4.4-1 工程生态修复目标及分区修复一览表

序号	生态修复区		施工区域	恢复目标
1	临时施工迹地恢复	河谷阶地	工程区临时占用旱地及水田的施工迹地，面积约 248.12hm ²	农耕地

2	区	中山山原	工程区临时占用云南松林、常绿阔叶林、人工林的施工迹地，面积约 304.43hm ²	云南松林、常绿阔叶林
3		石灰岩坡地	工程区占用暖性石灰岩灌丛和稀树灌木草丛的施工迹地，面积约 69.06hm ²	暖性石灰岩灌丛
4	业主营地景观绿化区		永久建设用地	乡土物种绿化景观

①河谷阶地

河谷阶地为工程区的主要农耕地分布区。在工程结束后，应尽量将施工区恢复为农耕地，以维护区域生态系统的多样性和当地经济发展。

输水线工程生产生活区、渣料场等临时施工区占用一定量的旱地和水田，施工结束后，应根据占用的立地条件恢复为旱地和水田。水田可种植水稻，旱地可种植玉米、马铃薯等作物。不适宜耕作的区域可恢复为经济林地或园地。

②中山山原

工程输水线工程区的大部分施工迹地为中山山原地区。中山山原的生态修复目标是暖性针叶林，在水热条件较好的地区也可以通过封山育林的方式恢复为常绿阔叶林。

③石灰岩坡地

石灰岩坡地的生态修复为石灰岩灌丛为目标。输水线工程区占用暖性石灰岩灌丛和稀树灌木草丛的临时施工基地均可恢复为石灰岩灌丛。暖性石灰岩灌丛的群落结构可为灌木和草本两层。灌木层以清香木、马桑、火棘为主，草本层可采用细柄草、黄茅、毛甘青蒿、金灯草、尼泊尔老鹳草等。

6.5 水生生态保护措施

根据滇中 I 期引水工程水生生态保护总体思路，水生生态保护措施以栖息地保护为主，其他多种保护措施为辅的水生生态保护方案，滇中 I 期工程提出设置拦鱼设施，因此，滇中引水工程二期工程不会发生跨流域物