

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 430—2024

替代 SL 430—2008

调水工程设计导则

Guideline for design of water diversion projects

2024 - 07 - 25 发布

2024 - 10 - 25 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准
《调水工程设计导则》的公告

2024 年第 15 号

中华人民共和国水利部批准《调水工程设计导则》（SL/T 430—2024）为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	调水工程设计导则	SL/T 430—2024	SL 430—2008	2024. 7. 25	2024. 10. 25

水利部

2024 年 7 月 25 日

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL/T 1—2024《水利技术标准编写规程》的要求，对 SL 430—2008《调水工程设计导则》进行修订。

本标准共 20 章。主要技术内容有：调水工程建设必要性和任务、水文、工程地质、水资源供需分析与配置、工程总体布局及工程规模、节水评价、工程布置及建筑物、机电及金属结构、施工组织设计、建设征地与移民安置、环境保护、水土保持、劳动安全与工业卫生、节能设计、工程管理、数字孪生工程、工程投资、经济评价等。

本次修订的主要内容有：

- 修改了部分术语及定义；
- 细化了第 3 章“调水工程建设必要性和任务”章节内容；
- 增加了“节水评价”“劳动安全与工业卫生”和“数字孪生工程”章节；
- 原第 8 章“水资源保护”与原第 14 章“环境影响评价”合并为“环境保护”一章；
- 细化了第 6 章“水资源供需分析与配置”和第 7 章“工程总体布局及工程规模”章节内容；原“7.1 工程总体布局与实施方案”按照水源工程布局、输水工程布局、调蓄工程布局、控制工程布局和工程实施影响分析及处理等内容分五节提出设计要求；
- 细化了第 9 章“工程布置及建筑物”章节内容；增加了“输水方式和建筑物型式选择”一节，细化了“工程选线及选址”和“工程总布置”内容，原“9.5 水工建筑物设计”按照取水建筑物、泵站、渠道、隧洞、管道、

渡槽、倒虹吸、水闸、调蓄建筑物、穿越建筑物等类型分十节提出和完善了设计要求；增加了“工程监测设计”一节；

——原“10.3 电工”和“10.4 调度及自动化”名称分别修改为“10.3 电气一次”和“10.4 电气二次”；

——补充完善了“建设征地与移民安置”“环境保护”“水土保持”和“工程管理”等章节内容。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL 430—2008

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部规划计划司

水利部调水管理司

本标准解释单位：水利部规划计划司

水利部调水管理司

本标准主编单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准参编单位：水利部南水北调规划设计管理局

中水北方勘测设计研究有限责任公司

浙江省水利水电勘测设计院有限责任公司

本标准出版单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：刘志明 邵剑南 王九大 王 平

孙庆国 吴正桥 吴剑疆 杨 晴

伍 杰 池建军 张永进 王朋基

李 响 牛万军 文学鸿 唐景云

孟伟超 韩小妹 范瑞朋 张爱静

李爱玲 姚玉琴 黄锦辉 闫俊平

辛凤茂 张 安 吕传亮 张小宝

李 臻 关 炜 姚文锋 贾 静

王 伟 林 顺

本标准审查会议技术负责人：汪易森 段红东

体例格式审查人：于爱华

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条 2 号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	术语	4
3	调水工程建设必要性和任务	5
3.1	建设依据	5
3.2	建设必要性	5
3.3	开发任务	6
3.4	外部条件	6
4	水文	7
4.1	一般规定	7
4.2	径流和水资源量分析计算	7
4.3	设计洪水	7
4.4	泥沙、冰情、水文自动测报系统	8
5	工程地质	10
6	水资源供需分析与配置	12
6.1	一般规定	12
6.2	规划范围与分区	12
6.3	设计水平年和设计保证率	13
6.4	调入区水资源供需分析	13
6.5	可调水量	14
6.6	水资源配置	14
7	工程总体布局及工程规模	16
7.1	一般规定	16
7.2	水源工程布局	17
7.3	输水工程布局	17
7.4	调蓄工程布局	18
7.5	控制工程布局	18

7.6	工程实施影响分析及处理	19
7.7	工程规模	19
7.8	调度运行方式	22
8	节水评价	24
8.1	一般规定	24
8.2	现状节水水平评价	24
8.3	现状节水潜力分析	24
8.4	节水目标与节水指标	25
8.5	设计水平年节水符合性分析	25
8.6	节水措施方案及节水效果评价	25
9	工程布置及建筑物	26
9.1	一般规定	26
9.2	工程等级和标准	26
9.3	工程选线及选址	27
9.4	输水方式和建筑物型式选择	29
9.5	工程总布置	30
9.6	取水建筑物	33
9.7	泵站	34
9.8	渠道	34
9.9	隧洞	35
9.10	管道	38
9.11	渡槽	39
9.12	倒虹吸	40
9.13	水闸	41
9.14	调蓄建筑物	42
9.15	穿越建筑物	43
9.16	工程监测	43
10	机电及金属结构	45
10.1	一般规定	45
10.2	水力机械	45

10.3	电气一次	47
10.4	电气二次	51
10.5	金属结构	52
11	施工组织设计	54
11.1	一般规定	54
11.2	施工导流	54
11.3	料场的选择与开采	55
11.4	施工总布置	56
11.5	主体工程施工	57
11.6	施工总进度	58
12	建设征地与移民安置	60
12.1	一般规定	60
12.2	建设征地范围	60
12.3	实物调查	60
12.4	移民安置规划	61
12.5	土地复垦	62
13	环境保护	63
13.1	一般规定	63
13.2	调水工程方案环境合理性评价	63
13.3	环境现状调查与评价	64
13.4	环境影响预测评价	65
13.5	环境保护措施	66
13.6	环境管理与监测计划	67
14	水土保持	69
14.1	一般规定	69
14.2	水土保持调查与勘测	69
14.3	主体工程水土保持评价	69
14.4	水土流失防治责任范围及防治分区	70
14.5	水土流失影响分析与预测	70
14.6	弃渣场设计	71

14.7	表土保护与利用设计	71
14.8	水土保持工程设计	71
14.9	水土保持监测和管理	72
15	劳动安全与工业卫生	73
15.1	一般规定	73
15.2	劳动安全	73
15.3	工业卫生	73
16	节能设计	74
16.1	一般规定	74
16.2	总体布置节能	74
16.3	建筑物节能	74
16.4	机电及金属结构节能	75
16.5	施工方案节能	76
16.6	工程管理节能	77
16.7	节能效果综合评价	77
17	工程管理	78
17.1	一般规定	78
17.2	管理体制、机构设置和人员编制	78
17.3	工程管理范围和保护范围	78
17.4	工程管理设施	79
17.5	运行管理	80
18	数字孪生工程	81
18.1	一般规定	81
18.2	系统体系结构	81
18.3	系统功能	82
18.4	系统性能	83
18.5	通信传输及网络	83
18.6	网络安全	84
18.7	运行实体环境	84
19	工程投资	86

19.1	一般规定	86
19.2	编制方法	86
20	经济评价	88
20.1	国民经济评价	88
20.2	财务评价与资金筹措方案	88
20.3	不确定性分析和风险分析	89
20.4	综合评价	89
	标准用词说明	91
	标准历次版本编写者信息	92
	条文说明	93

1 总 则

1.0.1 为指导调水工程设计，规范调水工程设计内容和技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改扩建大中型调水工程的设计。

1.0.3 调水工程的设计应符合下列总体要求：

1 应符合已批复的流域规划、区域综合规划、水网建设规划和水资源规划对流域水资源开发利用与保护的要求。

2 应处理好调入区与调出区水资源开发利用、经济社会发展与生态环境保护之间的关系，做到“确有需要、生态安全、可以持续”。

3 应对工程开发任务、总体布局方案及调水规模，从技术、经济、生态环境、输水安全与风险等方面进行充分的论证；工程总体设计方案应满足技术先进、经济合理、节能环保、安全可靠的要求。项目建议书报告、可行性研究报告和初步设计报告阶段的设计内容和深度应分别满足 SL/T 617、SL/T 618 和 SL/T 619 及其他相关技术标准的要求。

4 应在总结和吸收工程实践经验的基础上，结合实际情况，注重技术创新，积极采用新技术、新材料、新设备和新工艺。

1.0.4 调入区需水预测应充分考虑节水因素及用户对水质的要求；调出区可调水量分析应充分考虑调出区经济社会发展用水需要和生态环境保护要求。调水对调出区经济社会和生态环境产生影响时，应采取措施减缓影响，提出合理的处理方案。

1.0.5 本标准主要引用下列标准：

GB/T 20988 信息安全技术 信息系统灾难恢复规范

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南

GB 50052 供配电系统设计规范

GB 50174 数据中心设计规范
GB 50265 泵站设计标准
GB 50288 灌溉与排水工程设计标准
GB 50446 盾构法隧道施工及验收规范
GB/T 50434 生产建设项目水土流失防治标准
GB 50635 会议电视会场系统工程设计规范
GB 50706 水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范
GB 51018 水土保持工程设计规范
GB/T 51297 水土保持工程调查与勘测标准
SL 17 疏浚与吹填工程技术规范
SL 72 水利建设项目经济评价规范
SL 104 水利工程水利计算规范
SL 251 水利水电工程天然建筑材料勘察规程
SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准
SL 274 碾压式土石坝设计规范
SL 279 水工隧洞设计规范
SL 303 水利水电工程施工组织设计规范
SL 311 水利水电工程高压配电装置设计规范
SL 455 水利水电工程继电保护设计规范
SL 485 水利水电工程厂（站）用电系统设计规范
SL 492 水利水电工程环境保护设计规范
SL 511 水利水电工程机电设计技术规范
SL/T 617 水利水电工程项目建议书编制规程
SL/T 618 水利水电工程可行性研究报告编制规程
SL/T 619 水利水电工程初步设计报告编制规程
SL 629 引调水线路工程地质勘察规范
SL 642 水利水电地下工程施工组织设计规范
SL 677 水工混凝土施工规范
SL/T 722 水工钢闸门和启闭机安全运行规程
SL/T 820 水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范

DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程

HJ/T 88 环境影响评价技术导则 水利水电工程

TD/T 1031 土地复垦方案编制规程

TD/T 1036 土地复垦质量控制标准

1.0.6 调水工程设计除应符合本标准规定外，还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

下列术语及其定义适用于本标准。

2.0.1 调水工程 water diversion project

为满足缺水地区生活、生产和生态用水需求，而兴建的跨流域、跨区域进行水资源优化配置的水利工程。

2.0.2 调出区 area of water outflow

调出水量涉及的流域（区域）。

2.0.3 调入区 area of water inflow

调入水量涉及的流域（区域）。

2.0.4 受水区 water receiving area

调水的供水受益范围，可分为直接受水区、间接受水区和应急供水区。

2.0.5 取水点 water intake point

水源取水枢纽（水库、水闸、泵站等）建筑物所在的位置。

2.0.6 受水点 water receiving point

受水区接受调水量的输水线路末端位置。

2.0.7 输水线路区 area of water conveyance line

取水点至受水点间输水系统经过的地区。

2.0.8 输水方式 mode of water conveyance

水流输送过程中的压力状态和流动方式，包括有压、无压、加压和重力流输水等方式。

2.0.9 控制建筑物 control structures

具有控制流量或水位等作用的节制闸、分水闸（阀）、流量调节阀和退水闸（阀）等建筑物的统称。

2.0.10 穿越建筑物 traversing structures

从铁路、公路、油气管道、市政管线等人工障碍物下部穿越或上部跨越的各类结构或建筑物的统称。

3 调水工程建设必要性和任务

3.1 建设依据

3.1.1 应以批复的流域规划、区域综合规划、水资源规划为主要依据。

3.1.2 应综合考虑批复的涉及调入区、调出区经济社会发展相关规划的要求。

3.2 建设必要性

3.2.1 必要性论证应按照“确有需要、生态安全、可以持续”的原则，立足流域整体和水资源空间均衡配置，围绕工程开发任务，从受水区缺水存在问题、经济社会发展对水资源的迫切需求和调出区具备调水条件等方面逐项展开论述。

3.2.2 应根据国家和省级国土空间规划及主体功能区规划、城市总体规划等相关经济社会发展规划，说明调入区在区域经济社会发展中的地位和作用，并结合水资源供需分析成果，综合分析调入区经济社会发展对水资源的需求。

3.2.3 应从区域水资源特点、现状供用水量及结构、节约用水水平等方面，分析调入区水资源开发利用现状及存在的主要问题。选择实际干旱年份，分析水资源短缺对居民生产生活的影响，对区域经济社会发展带来的制约，造成的经济损失和导致的生态环境问题。

3.2.4 应从水资源开发利用水平、工程建设条件、生态环境影响、工程投资等方面，分析开发利用当地水资源的难度。

3.2.5 应从提高区域水资源承载能力、缓解城乡供水矛盾、提高城乡供水及农业灌溉保证率、减小对生态环境的影响或改善生态环境状况、促进经济社会高质量发展等方面，分析调水工程建设的作用和效益。

3.3 开 发 任 务

3.3.1 应结合调水工程必要性论证和调水的紧迫性要求，统筹考虑工程各项开发任务的重要性、对工程规模的要求、工程所起的作用等因素，综合论证工程开发任务及排序。

3.3.2 分期建设的调水工程可根据调水的轻重缓急程度、经济社会发展水平、资金筹措能力等因素，结合工程分期实施安排，提出工程分期任务及排序。

3.4 外 部 条 件

3.4.1 应分析工程调入区、输水线路区、调出区和邻近有关地区的经济社会、生态环境、土地利用等外部因素，收集有关地区和部门对工程建设的意见、建议和有关协议。

3.4.2 应分析需要与有关地区、部门等协调的主要问题、条件。

3.4.3 应分析影响工程立项建设的制约因素。

4 水 文

4.1 一 般 规 定

4.1.1 调水工程水文分析计算应包括调出区、调入区和有关工程设计断面的地表水资源量、地下水资源量、地下水可开采量和水资源总量，以及调出区、调入区的有关工程和输水线路交叉建筑物等设计断面的设计洪水（位）和泥沙等主要内容。

4.1.2 应了解调水工程涉及地区的气象气候、地形地貌、水文地质、土壤植被等自然地理状况，以及江河湖库分布、水利工程建设情况等。

4.1.3 应着重搜集有关地区的暴雨和洪水资料，以及有关水文和水资源的分析计算和调查研究成果等。

4.2 径流和水资源量分析计算

4.2.1 应分析调出区和调入区的径流特性、丰枯变化和互补性等，计算有关工程控制断面的设计径流量。根据资料条件 and 设计要求，选用径流系列代表段和代表年时，应将调出区与调入区作为整体进行分析，调出区和调入区的径流系列宜同步。

4.2.2 应分析计算调出区和调入区的地表水资源量、地下水资源量、地下水可开采量和水资源总量等，需要时分析计算输水线路涉及区域的可利用水资源量。

4.3 设 计 洪 水

4.3.1 调出区与调入区的大中型水库、水闸和泵站等工程的设计洪水分析计算应根据有关技术标准进行。

4.3.2 输水线路穿越河流的交叉断面上、下游附近的水文站具有 30 年以上的可靠流量资料时，宜根据流量资料计算水文站和交叉断面的设计洪水。

4.3.3 交叉断面所在地区流量资料短缺时，可利用邻近地区自然地理条件相似的参证站成果，采用水文比拟法等推求交叉断面的设计洪水。也可根据暴雨资料推求交叉断面的设计洪水，需要时对水文手册和暴雨径流查算图表等的设计暴雨参数和产汇流参数等进行复核。

4.3.4 交叉断面上游水库具有调蓄作用时，应分析计算水库的调蓄影响，宜采用同频率洪水组成法拟定设计洪水的地区组成。

4.3.5 交叉断面设计洪水位的计算应符合下列规定：

1 当交叉断面所在河段无洪水漫溢、分流、串沟及大的支流汇入时，可采用水面线法或曼宁公式分析计算交叉断面的设计洪水位。

2 当交叉断面所在河段有洪水漫溢、分流、串沟及大的支流汇入时，可采用二维非恒定流数学模型等方法推算交叉断面的设计洪水位。

3 应利用河段附近的实测或调查资料对设计洪水位成果进行检验。

4.4 泥沙、冰情、水文自动测报系统

4.4.1 对于从多沙河流调水的工程，应根据设计需要，统计分析取水断面的悬移质含沙量及其年内、年际变化特征，分析含沙量与流量的关系；对于泵站等对河流泥沙较为敏感的建筑物和设备，还应分析泥沙的颗粒级配和矿物组成等。

4.4.2 对于需布置过河输水倒虹吸的交叉断面，应分析计算最大月平均含沙量均值。当交叉断面河流无实测泥沙资料时，可选用邻近地区自然地理条件相似、具有 30 年以上资料的水文站作为参证站，根据参证站的设计成果考虑地理条件差异进行估算。

4.4.3 对于寒冷地区的调水工程，应统计有关河段的冰情特征，提出结冰开始时间、解冻时间、冰层厚度、开河方式、流冰量、最大冰块尺寸等数据，分析冰情对工程施工与运行的影响。输水工程埋于地下时，应分析统计有关冻土深度、冻融时间等资料。

4.4.4 应根据调水工程的建设和运行管理要求，进行水文自动测报系统规划设计，在取水断面、输水工程控制断面、配水工程关键节点等进行水文要素的自动测报。当水源工程为水库时，应进行水库雨水情自动测报系统规划设计。

5 工程地质

5.0.1 调水工程地质勘察应执行 SL 629 的有关要求，按阶段工作深度要求开展勘察工作，评价调水线路及建筑物的工程地质条件和工程地质问题，为工程方案选择、线路（场址）比选、工程设计和施工提供地质资料。

5.0.2 调水工程地质勘察范围应包括调水线路和建筑物场址区及周边与其相关的地带，并满足方案比选和工程施工的需要。

5.0.3 调水工程勘察应采用综合勘察方法，对影响工程建设的重大工程地质问题应进行专题研究。

5.0.4 区域构造稳定性勘察应评价区域构造稳定性，确定工程沿线地震动参数。对于强震区的重要水工建筑物宜单独确定地震动参数。

5.0.5 调蓄工程勘察应在勘察库坝区工程地质条件和水文地质条件的基础上，评价水库渗漏、库岸稳定、浸没及水库诱发地震，以及坝（闸）基沉降、渗漏及渗透稳定、抗滑稳定及边坡稳定性等，并提出岩土体物理力学参数建议值。

5.0.6 输水渠道（管道）勘察应在勘察渠道（管道）沿线工程地质条件的基础上，进行渠道工程地质分段，评价渠道边坡稳定、渠基稳定、渠道渗漏、渗透稳定和浸没等。

5.0.7 输水隧洞勘察应在勘察隧洞沿线工程地质条件的基础上，进行隧洞围岩工程地质分类，提出岩土体物理力学参数建议值，评价隧洞进出口边坡及浅埋洞段围岩稳定性，评价涌（突）水、有害气体、放射性危害等影响以及掘进机或盾构机施工的适宜性等。对深埋长隧洞宜在重要地质界线、区域大断裂及大型储水构造等不良地质部位布置深钻孔，开展地应力、地温、地下水位、岩体渗透性及岩体波速测试，基本查明产生涌（突）水、围岩大变形、岩爆、高地温及高外水压力的地质条件。

5.0.8 对深埋长隧洞以及可能存在重大地质风险或前期难以查明工程地质条件的隧洞，应提出施工期超前地质预报方案。超前地质预报应根据隧洞地质风险类型、风险等级和场地条件等选取合适的预报方法，当地质条件复杂或可能存在重大地质风险时应采用不同预报方法互相验证。

5.0.9 渠系建筑物和穿越建筑物勘察应在勘察建筑物场地工程地质条件的基础上，评价建筑物地基沉降变形、地震液化、边坡稳定性及基坑涌水等，提出岩土体物理力学参数建议值。穿越铁路、高等级公路的建筑物勘察还应符合相关行业的技术标准。

5.0.10 天然建筑材料勘察应包括工程所需各类料源的分布、储量、质量及开采运输条件，评价工程可利用开挖料的质量。

6 水资源供需分析与配置

6.1 一般规定

- 6.1.1 水资源供需分析应收集以往有关水资源规划成果，调查有关地区经济社会、资源利用、生态环境保护等方面的要求。
- 6.1.2 调入区水资源供需分析应在考虑节水、治污并合理利用当地水源的基础上，分析调入区合理的需调水量。
- 6.1.3 调出区水资源供需分析应在考虑未来经济社会发展用水、生态环境用水的基础上，分析调出区可调水量。

6.2 规划范围与分区

- 6.2.1 调水工程规划范围应包括调入区、调出区以及输水沿线区域。
- 6.2.2 调出区水资源供需分析范围应包括与取水点断面来水有直接关系的上游区域和取水后可能受调水影响的下游区域。
- 6.2.3 调入区水资源供需分析范围应包括调水工程水资源调入涉及的流域、行政区域或两者的外包区域。
- 6.2.4 应以调出区、调入区水资源供需分析成果为基础，综合考虑工程建设条件、技术经济指标等因素，选定调水工程的受水区。
- 6.2.5 调出区水资源供需分析计算分区应以取水点断面为界，取水点断面以上应考虑现有及未来规划的主要供水工程的位置、水文站等因素；取水点断面以下应考虑调水可能影响的对象。
- 6.2.6 调入区水资源供需分析计算分区应考虑河流水系、行政区划和供水系统水力联系等因素，并结合调水工程受水区受水点位置、水源及输水工程布局论证等工作，结合分水口门控制范围，合理划分受水区计算分区。

6.3 设计水平年和设计保证率

6.3.1 调水工程设计应设置现状基准年和设计水平年，设计水平年可设置近期设计水平年和远期设计水平年。

6.3.2 调水工程现状基准年选择应综合考虑水文情势和资料条件，并能反映经济社会发展规模和水资源开发利用情况，且应具有代表性，宜从近1年~3年中选取。调水工程现状基准年应能反映正常来水年份的水文情势。

6.3.3 调水工程设计水平年选取应考虑工程建设和达效周期，并与区域经济社会发展规划及远景规划目标年份相衔接。

6.3.4 供水设计保证率应考虑调水工程的开发任务及供水对象的重要程度，结合水资源分布及可利用情况合理确定，并符合SL 104、GB 50288的相关规定。城乡生活与工业供水工程设计保证率应采用历时保证率；农业灌溉供水工程设计保证率应采用年保证率。

6.4 调入区水资源供需分析

6.4.1 调入区水资源开发利用现状评价应包括水资源量和水资源可利用量评价、现状供用水量分析、现状用水水平分析、现状节水水平分析等内容。

6.4.2 与需水预测有关的经济社会发展指标应包括人口及城镇化率、国民经济发展指标、农业发展及土地利用指标等。近期经济社会发展指标应以各级人民政府制定的国土空间规划、国民经济和社会发展规划及有关行业发展规划为基本依据，中远期经济社会发展指标应采用相关行业部门的规划成果，或依据其提供的资料进行预测。对于发展指标相对突出的地区，宜设置多组可能的发展方案。

6.4.3 调入区需水预测应遵循“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”要求，按照适度从紧的原则，制定可行的节水方案，采用节水的定额进行经济社会发展需水预测，并对预测结果

进行合理性分析。

6.4.4 可供水量预测应在现状实际供水量的基础上，考虑区域水资源条件、生态环境约束要求，合理挖潜当地水资源，结合现有工程供水能力可能的增减变化和规划拟新建、配套、扩建工程可能增供的水量进行预测，同时考虑非常规水利用量。

6.4.5 基准年水资源供需分析应以现状供用水量为基础，分析各计算分区基准年的缺水量、缺水过程、缺水对象和缺水分布，提出现状水资源开发利用存在的主要问题。

6.4.6 设计水平年水资源供需分析应以各计算分区需水预测成果、可供水量预测成果为基础，计算调水工程建设前各计算分区的缺水量、缺水过程、缺水对象和缺水分布，提出缺水解决途径和方向。

6.4.7 需调水量分析应以调水工程沿线各计算分区水资源供需分析成果为基础，分析调水工程重要控制断面的长系列需调水量及过程。

6.5 可 调 水 量

6.5.1 调水工程取水水源选择应考虑流域综合规划和流域水量分配方案的相关要求、受水区需调水量、调出区水源条件、输水距离、提水扬程等因素，拟定可能的取水河段，分析采取集中水源点、分散水源点、集中与分散相结合等可能的水源方案，进行技术经济综合比选后确定。

6.5.2 应在考虑调出区所在河流生态环境用水及经济社会发展用水需求的基础上，分析调出区可调水量及其过程。

6.5.3 工程可调水量应结合水源条件、对下游的影响、调水工程设计方案、受水区调蓄工程布局等进行统筹论证确定。

6.5.4 调水工程宜综合分析工程规模、投资、年运行费等技术经济指标与可调水量的关系。

6.6 水 资 源 配 置

6.6.1 应明确受水区水资源配置原则，从用水次序以及供水次

序等方面统筹好外调水与当地水的关系，实现受水区达到设计供水保证率的要求。

6.6.2 应根据调水工程规模和工程布局论证最终成果，提出工程建成后的受水区水资源配置方案，确定调水工程的设计调水量及多年平均调水量，明确受水区各类当地水源及调水工程调水量在各用水户之间的水量分配方案，以及调水工程在行政区分界、流域分界等重要控制断面的水量分配方案。

6.6.3 应对推荐的水资源配置方案进行合理性分析，对调水工程实施后调出区、调入区河道内外生活、工业、农业、生态供水设计保证率及供水满足程度进行评价，分析与水资源刚性约束制度相关要求的符合性等。

6.6.4 应分析受水区和调出区同时发生特枯水年的不利供水条件，以及在遭遇突发性水污染事件、区域骨干水源发生事故情况下的水资源应急保障措施。

7 工程总体布局及工程规模

7.1 一般规定

7.1.1 调水工程总体布局应遵循资源配置高效、生态环境协调、工程技术可靠、技术经济合理的原则，考虑区域水资源开发利用特点及用水户需求，结合工程建设条件，对取水点、输水工程线路及主要控制点、受水点、调蓄工程、影响处理工程等进行统筹布局，达到规划水资源配置的要求。

7.1.2 调水工程主体工程与配套工程的划分宜以受水点为分界点，受水点以上建设内容为主体工程，其下作为配套工程建设内容。各类工程的受水点可按下列原则划分：

1 对于城镇供水工程，原则上以现有或规划的水厂（农村集中供水点）作为受水点。规划水厂选址尚不明确或不直接向受水区供水对象供水的工程，可以天然河道投入点、末端调蓄水库（池）、分水口门、配水枢纽等为受水点。

2 对于农业灌溉工程，以支渠（分支渠）向斗渠的分水口门或干渠直斗口门为受水点。

3 对于生态补水工程，以补水对象（河、湖、库）为受水点。

7.1.3 调水工程布局方案论证应结合受水区用户需求，对水源至输水工程末端之间的各个工程环节拟定可能的多种方案，综合考虑调入区、调出区的经济社会布局、可调水量、输水线路布局、生态环境、征地移民、施工、管理、效益、投资及费用等要素，进行综合比较，推荐工程总体布局。

7.1.4 调水工程体系中宜设置调蓄工程；调蓄工程应结合供水系统特点和用户的分布情况进行合理布局。

7.1.5 调水工程应安排检修期，并分析检修工况对输水工程、调蓄工程布局及规模的影响。

7.1.6 具备分期建设条件的大型调水工程，可结合近远期设计水平年、受水区供水对象缺水紧迫程度、资金筹措和工程建设及运用条件，拟定可能的分阶段供水目标与范围，论证主体工程分期实施方案。分期实施方案应在调水工程总体目标及任务的统一规划下制定。

7.2 水源工程布局

7.2.1 调水工程水源取水点选择应以水资源配置方案选定的水源区为基础，结合水源区取水条件以及输水工程主要控制点要求，以实现水资源配置方案为目标，拟定不同的取水点和取水方式组合水源工程布局方案，进行技术经济综合比选。

7.2.2 调水工程有多个水源点时，应根据各水源的径流条件和调蓄能力，研究不同水源组合的工程布局方案。

7.2.3 取水点位置选择应考虑取水高程对输水工程线路布局的影响。

7.3 输水工程布局

7.3.1 输水工程布局方案应以输水工程主要控制点、总体线路走向分析为基础，拟定不同的输水工程布局方案，并进行技术经济综合比选。

7.3.2 输水工程主要控制点应选取输水线路主要干支线分水点、重要地形地物穿越点、调蓄水库、分水口门、受水点（水厂）等，以确定输水工程走向。

7.3.3 对于存在多个主要控制点，输水线路涉及多个控制因素的调水工程，宜首先进行输水线路走向的方案比选，再在选定输水线路走向的基础上，对局部输水工程布局进行方案比选。

7.3.4 宜选择受水区已建的主要水厂、调蓄水库等作为受水点；当受水点为规划新建水厂时，应结合受水区国土空间规划等相关规划，对受水点进行多方案技术经济比选。

7.3.5 对于控制点位置及控制水位要求复杂的输水段，应拟定

不同控制点高程，分析其对整体输水线路水头沿程分配及工程规模的影响，进行综合技术经济比较确定。

7.3.6 输水线路布局应分析取水口与受水点之间的水头条件，按照主要控制点水位要求，论证采用自流、提水或自流与提水相结合的输水方式。

7.3.7 对于穿越河流、交通设施等的输水线路段，应分析交叉建筑物型式对输水工程全线设计水头分配的影响。

7.3.8 应对输水工程主要控制点设计水位进行分析计算，根据工程布置条件的调整，确定输水工程各段设计水面线。

7.3.9 调水工程利用天然河道输水时，应分析该河道承担的行洪、排涝、供水、灌溉、航运、河道整治（或河势控制）等功能，明确各功能所需的水位、流量、占用河道时间、河道形态等，协调各功能要求，经综合分析后确定河道供水设计水位、流量、输水时间。

7.4 调蓄工程布局

7.4.1 调水工程宜结合工程建设条件设置调蓄工程或利用具有调蓄能力、水质满足供水要求的已建调蓄工程进行水量调节，以减小输水工程设计流量、提高供水安全保障能力。

7.4.2 利用已建水库或湖泊进行调蓄时，应处理好新增供水任务与其现状开发任务之间的关系。

7.4.3 当调水工程输水系统需新建调蓄工程时，应通过有无调蓄工程的方案技术经济比较，论证新建调蓄工程的必要性及合理性。

7.5 控制工程布局

7.5.1 分水口门应与受水区配套工程统筹布局，宜与当地水源互联互通，提高外调水的利用率及供水的可靠性。

7.5.2 无压输水渠系节制闸应设置在输水线路分水口门、退水闸的下游；节制闸控制的输水沿线设计水位应满足渠道输水、分

水口、退水闸分水要求。

7.5.3 可根据工程需要和布置条件在相邻节制闸之间的输水线路段布置退水闸（阀）。退水闸（阀）位置选取应考虑工程退水能够就近进入河道或当地供排水系统，有条件时宜采用分水退水结合的方式。退水闸（阀）应急退水时，应避免对退水区域产生不利影响。

7.6 工程实施影响分析及处理

7.6.1 应分析调水工程建设前、后河道流量和水位变化、上下游河势变化及影响，以及对现有供水工程、灌排体系等其他工程功能和效益的影响。

7.6.2 当调水工程对现有工程的功能和工程效益产生较大影响时，应安排适当的工程措施减免影响，恢复原功能，并作为调水工程的影响处理工程纳入工程建设内容。

7.6.3 调水工程调度运行应与河道的防洪、排涝、航运、发电等调度要求相协调。

7.7 工程规模

7.7.1 调水工程的调水量包括多年平均调水量和设计调水量，应按照拟定的水资源配置原则，进行调出区与受水区长系列联合调度调节计算，以满足受水区各用水户供水保证率要求为目标，考虑工程投资、生态环境影响、征地移民、运行费用等多因素，经多方案技术经济综合分析比较后确定。调水工程的调水量确定还应满足下列要求：

1 当调出区水资源较丰富、可调水量大于需调水量时，可按“以需定供”的原则，满足受水区强化节水后的用水需求。

2 当调出区可调水量小于调入区需调水量时，应按“以供定需”的原则，统筹考虑调出区水资源开发利用强度合理确定。

7.7.2 水源工程建筑物规模特征参数，应包括取水工程的设计流量、设计水位等。新建水源水库时，应分析水源工程设计调节

库容与调水量、输水工程设计流量、供水保证率之间的关系，经多方案技术经济比较，分析确定水库设计调节库容和各项特征水位。

7.7.3 调水工程各级输水系统的设计流量，应通过分析调水工程长系列调水过程确定。调水工程输水线路较长时，还应拟定输水总干、分干渠（管）的分段设计流量，并考虑未来分水口门之间水量调配、灵活调度需要，结合工程投资及效益分析，综合比选拟定输水总干、分干渠（管）分段设计流量。设计流量应满足下列要求：

1 各级输水系统设计流量应满足各用水户供水过程和设计供水保证率要求。调水工程与受水区当地水源工程联合向用水户供水时，各级输水工程设计流量应为联合调节计算后满足用水户设计供水保证率要求的相应流量，并计入各级输水系统的输水损失量。

2 直接向水厂供水的输水线路设计流量，应考虑水厂以下用水户的日变化系数。

3 输水系统中有调蓄工程时，应考虑工程调蓄对各级输水系统设计流量的影响。

4 利用现有河道输水时，应协调输水与防洪、排涝、航运、发电等功能的关系，同时考虑冰期结冰、泥沙淤积对输水效率的影响，确定输水时间和输水工程规模。

5 应考虑检修期输水总干渠（管）的供水要求，分析对输水工程设计流量的影响。

7.7.4 输水工程主要控制点设计水位应根据各受水点的位置、高程，结合输水线路布置和设计要求，考虑整个输水系统的水头分配等情况，经多方案技术经济比较后分析确定。设计水位应满足下列要求：

1 输水线路末端为灌区时，其设计水位应满足灌溉工程取水要求；输水线路末端为水厂时，设计水位不应低于水厂前池设计水位。

2 输水工程线路上有在线调节水库时，输水线路入库及出库控制点设计水位应与调蓄水库特征水位运用条件相协调。

3 利用现有防洪、排涝、航运河道输水时，输水线路设计水位应满足防洪、排涝、航运的要求。

7.7.5 在线调蓄水库工程规模应按照工程总体布局中对水库的定位及综合利用任务要求确定，包括水库特征水位、调节库容，出入库设计流量及时段等。

7.7.6 调水工程中的提水泵站设计参数应按照 SL 104 的有关要求确定。

7.7.7 调水工程控制建筑物的设计参数应结合控制性建筑物运用要求确定，还应满足下列要求：

1 分水口门设计流量应根据口门以下用水户供水过程综合分析确定。分水口门直接向水厂供水时，分水口门设计流量应考虑水厂日变化系数影响；分水口门以下有调蓄水库时，应考虑水库充水工况对分水口门设计流量的要求。

2 节制闸设计流量应与输水线路设计流量一致，并考虑所在渠段的最大过流能力等因素，综合分析确定。

3 输水线路上的倒虹吸、渡槽等交叉建筑物的规模，应根据所在区段渠系工程的规模，结合输水系统水头分配等合理确定，并与交叉工程设施的规模相适应。

4 退水口门设计流量应考虑退水时间、水位要求、退水区域的接纳能力等，经综合分析确定。

5 应分析工程正常运行条件下控制建筑物通过设计流量时需要的最低水位，作为分析确定控制建筑物设计水位的基础。还应考虑工程检修或事故中断供水等特殊时期运行条件，分析控制建筑物安全运行的各项特征水位，作为工程设计及运行调度的依据。

7.7.8 应根据影响分析结论，以不降低原用户利益为原则，分析确定影响处理工程规模。

7.7.9 应根据调水量、可利用水头，以及电力系统对电力电量

的需求，对建设余能回收电站的必要性和装机规模等进行论证。

7.7.10 应根据调水工程分期建设的任务和分期建设方案，考虑不同分期方案之间的衔接，拟定分期建设规模。

7.8 调度运行方式

7.8.1 调水工程的调度运行方式应包括正常工况及特殊工况调度运行方式。正常工况调度运行方式应包括水量调度方式及工程控制运行方式。

7.8.2 调度方式拟定应考虑下列主要因素：

1 水源工程、输水工程和各分水口门，应按照满足河道内、外用户供水保证率及破坏深度要求制定的水量调度计划统一调度。

2 受水区应联合调水工程分水口以下调蓄水库和其他供水水源统一进行水量调度。

3 调水工程输水系统中具备年调节以上调蓄能力的水库时，可单独分析制定水量调度方式，按照月或旬水量进行长系列调节计算；调水工程输水系统中无调蓄工程时，应与调水工程输水系统以外的其他水源进行联合水量调度，并应对受水区枯水年、水源区枯水年等不利年份的水量调度方案进行重点分析，制定水量调度规则。

7.8.3 节制闸运行方式应满足分水口门分水要求。当某一分水口分水流量发生变化时，应通过其上下游节制闸正常运行调度，实现输水建筑物输水流量的稳定过渡。

7.8.4 分水闸（阀）应按照用水户需求进行分水，开启过程应平稳，避免水位剧烈变化对输水工程安全产生不利影响。

7.8.5 应研究调水工程与相关防洪、排涝、灌溉、航运工程的关系，提出满足各功能要求的工程调度运行原则。

7.8.6 寒冷和严寒地区的输水工程有冰期输水要求时，应研究流冰、冰盖条件下输水的冰期调度运行方式。

7.8.7 应根据调水工程检修安排和可能事故工况，提出检修期

和事故期水量及工程调度运行方式。

7.8.8 事故工况调度运行时，应重点分析输水线路水力学条件突变后可能引起的输水系统水位（压力）升高或降低产生的影响，以此确定控制建筑物的安全挡水设计高程以及工程控制运用的边界条件，包括节制闸（阀）开、关时间和流量调整速率等。

8 节水评价

8.1 一般规定

8.1.1 节水评价范围应为调水工程的受水区，可结合工程规划范围扩大至调入区；节水评价设计水平年应与调水工程设计水平年一致。

8.1.2 节水评价内容应包括现状节水水平评价、现状节水潜力分析、节水目标与节水指标、设计水平年节水符合性分析、节水措施方案及节水效果评价，按照节水要求分析评价调水工程建设的必要性和调水规模的合理性。

8.1.3 应遵循节水优先原则，落实水资源刚性约束制度和相关规划中的节水目标和指标要求。

8.1.4 应收集评价范围供水量和供用水结构、供用水效率（用水定额）、用水总量和用水效率管控要求、规划节水目标、节水措施等相关资料和调查研究成果，先进地区、评价范围周边及类似地区的供用水效率（用水定额）指标等。节水评价所需相关资料应满足适用性、可靠性和代表性要求，否则应进行补充调查和监测。

8.2 现状节水水平评价

8.2.1 应分析评价现状用水量与用水结构的合理性、各类用水户的节水水平。具备资料条件时可进行典型用水户节水水平评价。

8.2.2 应分析说明现状供水工程规模与运行情况、非常规水源利用情况，评价现状供水系统节水水平。

8.2.3 可从节水技术、节水措施、节水管理等方面分析现状节水存在的问题及其产生的原因。

8.3 现状节水潜力分析

8.3.1 应在现状节水水平评价基础上，结合评价范围实际情况，

分析现状各类用水户节水的可能性。

8.3.2 应以现状各类用水户用水量为基础，结合各类用水户设计水平年的节水指标，估算各类用水户的存量节水潜力。

8.4 节水目标与节水指标

8.4.1 应综合考虑水资源、取用水与节水等因素，参照先进地区及周边类似地区的节水水平，提出设计水平年的合理节水目标。

8.4.2 应根据调入区和调水工程的特点，考虑水资源利用效率和效益，确定设计水平年各项节水指标，并分析评价其先进性和可达性。节水指标应体现区域和行业特点并与所采取的节水措施相协调。

8.5 设计水平年节水符合性分析

8.5.1 应分析需水预测成果、可供水量预测成果以及水资源配置方案的节水符合性。

8.5.2 应从合理节水和挖潜的角度，论证新增调水的必要性，评价调水规模的合理性。

8.5.3 应对长距离调水工程的输水效率进行节水符合性分析。

8.6 节水措施方案及节水效果评价

8.6.1 应根据评价范围实际情况提出合理可行的节水措施方案，包括工程措施和非工程措施。

8.6.2 应说明评价范围存量节水量的使用方向。应采用定量与定性相结合的方法，分析评价节水措施方案的节水效果。

9 工程布置及建筑物

9.1 一般规定

9.1.1 调水工程水工建筑物的布置与设计应根据各自功能需要，做到任务明确，相互协调，确保调水工程安全和运行正常。

9.1.2 调水工程水工建筑物设计应遵循下列原则：

1 做到统筹兼顾、合理布局、综合利用、环境友好、系统设计、保障安全，兼顾景观要求。

2 满足安全、卫生、适用和经济等要求。

3 便于施工安装、操作管理、检修维护以及安全防护等。

9.1.3 输水线路与铁路、公路、航道等工程交叉时，其穿越建筑物设计等级和技术标准除应满足国家标准和水利行业标准要求外，尚应满足铁路、公路或航运等行业有关标准的规定。

9.1.4 扩建、改建调水工程的布置应考虑对已建水利工程的影响。

9.1.5 对调水工程中水力学条件复杂、结构体型应用经验较少的重要建筑物，应开展模型试验研究，主要包括河工模型试验、水工（水力学）模型试验、水工结构模型试验。

9.2 工程等级和标准

9.2.1 调水工程等别应根据工程的功能、调水规模和供水对象重要性，按照 SL 252 的要求确定。

9.2.2 水工建筑物级别和洪水标准应根据建筑物的规模，按照 SL 252 的要求确定。

9.2.3 无坝引水枢纽工程建筑物级别应根据设计引水流量确定；有坝引水枢纽工程建筑物级别应按库容和设计引水流量对应的最高级别确定。

9.2.4 利用现有河道输水时，河道堤防级别应根据河道承担调

水任务的输水流量、原河道堤防级别、输水位抬高可能造成的影响等因素综合确定，不应低于原河道堤防级别。

9.2.5 穿越堤防、渠道的永久性水工建筑物的级别，不应低于所穿越堤防、渠道的级别。

9.2.6 与其他水利水电工程建筑物联合布置的渠系建筑物，其建筑物级别应按其中最高建筑物级别确定。兼有供水、发电等多种用途的渠系建筑物，其建筑物级别应按不同用途对应的最高级别确定。

9.2.7 调水工程中调蓄水库有关的挡水、取水及泄水建筑物级别、洪水标准，应根据库容、坝高、设计引水流量等综合分析确定；利用已建水库作为在线调蓄水库时，应复核其工程等级和洪水标准，且不应低于按照新建调水工程调蓄水库复核确定的工程相应等级和标准。

9.2.8 渠道与各类河渠交叉建筑物连接渠段的洪水标准应与相应的主体建筑物洪水标准一致。

9.3 工程选线及选址

9.3.1 输水线路布置宜符合下列原则：

1 在满足调水工程总体布局要求的前提下，宜选用长度短而顺直的线路。

2 布置在沿线地质构造简单、地层结构稳定、水文地质条件较好，并有利于水质和水量保障的区域。

3 符合土地利用规划布局，减少征地与移民数量。

4 宜规避自然保护区、风景名胜区和文物保护区等环境敏感区。

5 减少对穿越或者相邻既有建筑物的影响。

6 工程安全可靠，施工、运维方便，经济合理。

7 在满足输水任务的前提下，宜做到近远期相结合。

9.3.2 输水线路应综合考虑水源条件、受水区分布情况、地形地质条件、现有输水设施、工程布置要求、穿越障碍物和交叉建

筑物情况、施工条件、征地移民、环境影响、工程运行管理、工程投资等因素，经多方案技术经济比选后确定。

9.3.3 输水线路宜避免通过地震断裂带、岩溶、断层、沉陷（采矿塌陷）区、高地热区、高地下水、泥石流、滑坡危险地带等不良地质地段。当输水线路无法避开不良地质段时，应结合输水建筑物选型采取相应的工程处理措施。当输水线路无法避开深埋长隧洞时，应对输水线路开展专题论证。

9.3.4 在满足输水任务的前提下，输水线路宜短而顺直，宜避免经过地形起伏过大地区，合理利用天然水头，并考虑分水、退水及检修的要求。当输水线路需设置弯道时，转弯半径应满足输水结构型式的相应技术标准的要求。

9.3.5 输水线路宜避免穿越蓄滞洪区。需穿越时应进行论证，并采取相应的工程措施。

9.3.6 输水线路与公路、铁路、地下管道交叉时，应优先考虑利用现有桥、涵等设施立体交叉。输水线路穿越天然河道、沟渠时，应根据交叉河道的防洪、排涝、航运等要求，合理选择交叉点，可选择平交或立交方式。

9.3.7 在与河道、湖泊原有防洪功能相协调，且水质有保证的情况下，调水工程宜利用现有河道、湖泊及水工建筑物。

9.3.8 城区段输水管道宜与城市综合管廊相结合布置。

9.3.9 输水线路宜避开厂矿企业等设施，避免对既有水利、交通等基础设施的干扰，应避开有毒害物污染区。当不可避免与城市污水排水管道交叉时，宜布置在污水管道上方。当布置在污水管道下方时，应对调水工程管道采取针对性保护措施。

9.3.10 跨海管道布置应符合国家海域使用管理和海底管道管理的相关规定。

9.3.11 采用明渠输水时，宜避免或减少高填方或深挖方渠段。高填方渠段宜避开人口密集和有重要设施的区域。

9.3.12 输水线路布置宜考虑施工期和运行期交通条件。

9.3.13 大型调水工程穿越大江大河及铁路等重要基础设施时，

宜对穿越工程的选址选线进行专题论证。

9.3.14 取水枢纽位置应根据取水条件和取水方式以及与输水设施的关系，结合地形地质、施工等条件选择。对于取水枢纽建筑物级别为1级~2级的重要取水枢纽位置，应通过技术经济比较确定。

9.3.15 泵站站址应选择地形开阔、岸坡稳定、岩土坚实、水文地质条件有利，且便于输水线路前后衔接、交通方便、附近有电源条件的场址。

9.3.16 新建调蓄水库库址应根据输水线路沿线地形地质条件、工程布局要求，宜选择天然沟谷、洼地，且移民占地少、施工方便、无环境影响制约、浸没影响小，并满足防洪、供水要求等条件的场址。库址选择应进行综合技术经济比选。

9.3.17 分水闸、节制闸、退水闸等闸址应根据水闸的功能、特点和运用要求，综合考虑地形、地质、水流、冲淤、冻土、冰情、征地拆迁、环境、施工、管理等因素选定。退水闸宜选择在地势低洼、有排水通道处。

9.3.18 调水工程调压室（井、塔等）建筑物位置选择宜符合下列要求：

- 1 满足有压隧洞、管（涵）的压力控制要求。
- 2 靠近输水线路。
- 3 避开居民区和重要设施。
- 4 避开不良地质地带。
- 5 溢流式调压设施应有适当的退水出路。
- 6 有压输水隧洞的调压设施可考虑利用施工支洞。

9.4 输水方式和建筑物型式选择

9.4.1 输水方式应根据地形地质条件、控制节点水头差、输水规模、工程布置、施工条件、征地移民、生态环境、运行管理和工程投资等因素，经综合比选可采用无压、有压或者无压和有压组合等输水方式。

9.4.2 采用有压输水方式时，根据水源和受水点之间水头差，可选择有压重力流输水、泵站加压输水或两种组合输水方式。有压输水建筑物可根据地形地质条件选用管道、隧洞、箱涵等型式。

9.4.3 采用无压输水方式时，渠系布置应考虑受水区所处位置的特点，发挥自流输水的优势。输水建筑物可根据地形地质条件采用明渠、隧洞、渡槽、无压暗涵以及无压管道等型式。

9.4.4 利用天然河道输水时，水质应满足供水目标要求，必要时局部可采用输水专用通道将供水系统与天然河道分离。

9.4.5 穿越铁路、高等级公路、渠道等建筑物及河湖时，应结合地形地质条件、施工条件、运行管理、工程投资等因素，经综合比选后确定输水建筑物型式。

9.4.6 对位于寒冷地区，且有冬季输水任务的工程，输水方式和建筑物选型应考虑防冰冻要求。

9.5 工程总布置

9.5.1 应根据选定的调水工程总体布局和运行调度要求，综合考虑水流输送、控制以及分水、退水等功能要求，结合地形地质条件、工程建设条件、施工环境、征地移民和工程投资等因素，确定首部取水枢纽、输水建筑物、控制建筑物、各类交叉建筑物、泵站和调蓄水库等主要建筑物的布置。

9.5.2 有坝引水工程的枢纽布置应符合相应大坝、水闸等建筑物设计规范的要求。

9.5.3 进水口应能在各级运行水位下保持进流流态均匀平稳，与后接输水建筑物平顺过渡，能满足流量引用或泄放要求，无压输水系统进水口应具备可靠的调节流量功能。

9.5.4 采用有坝引水时，取水口布置应符合下列要求：

1 取水口位置应考虑水库泥沙淤积或漂浮物影响，布置在地形开阔、库岸稳定、岩土坚实、入流顺畅的位置，并避开鱼类产卵区等生态敏感区。

2 取水口高程和规模应根据规划供水水位、供水流量，结合输水建筑物布置确定。引水工程控制建筑物的过流能力应满足水库设计最低供水位时取水流量要求。

3 水闸、阀门等控制设施的过流能力应满足水库供水水位变化和供水系统运行调度要求，并满足设施检修的需要。

9.5.5 采用无坝引水时，取水口布置应符合下列要求：

1 取水口布置应满足保障引水水质和水量要求，且运行管理灵活方便，并避开鱼类产卵区等生态敏感区；应根据河岸地形地质条件、河道洪水特性、泥沙淤积、河床变迁规律等特点，结合对通航影响，通过技术经济比较后确定。

2 取水口高程应根据取水河段的水文条件、供水要求，并结合输水建筑物布置，经综合论证确定。

3 在多泥沙河流上引水，应采取防、排沙措施，减少泥沙进入渠道，必要时可在渠道合适位置布置沉沙池。

4 在有漂浮物的河流上，应采取防、排漂措施，防止漂浮物进入渠道。寒冷地区的工程有冬季取水要求的，应考虑防排冰设施。

5 应根据需要整治渠首附近上下游河道，使河床保持稳定，保证取水口引水顺畅。

6 引水工程控制设施布置应满足天然河道防洪、通航和引水工程安全运行等要求。

7 取水口轴线与河道来水方向夹角宜小于 60° 。

9.5.6 采用泵站提水时，取水口布置应符合下列要求：

1 满足供水水质和水量要求，且运行管理灵活方便。

2 取水口布置应满足泵站取水水位要求。

3 采取有效防沙、排沙措施。

4 在有漂浮物的河流上，应采取有效防漂、排漂措施，防止漂浮物影响泵站正常运行。

9.5.7 输水线路沿线应根据输水任务、工程安全、运行调度要求，布置分水设施、退水设施、节制闸（阀）、检修闸（阀）、排

气阀、连通阀、调节闸（阀）等建筑物。输水建筑物布置应符合下列要求：

1 分水设施应根据用水户分布及其配套设施规划，并结合用户要求和运行调度模式，布置在运行过程中水位或断面压力水头相对稳定的部位。

2 退水设施应结合工程安全需要和退水条件布置，选择合适的退水位置，宜布置在重要交叉建筑物的进口前。

3 节制闸应根据输水工程的调度模式、水位或流量控制要求布置，并宜与分水建筑物、退水建筑物及重要交叉建筑物结合布置。

4 检修闸（阀）应根据渠道、渡槽、倒虹吸、隧洞和管道等建筑物检修要求进行布置。

9.5.8 梯级泵站选址宜考虑主要分水口位置，合理分配扬程。在满足机组选型、输水管道承压情况下，宜减少泵站级数。梯级泵站布置应按系统技术经济最优原则，并结合地形地质条件、各级调蓄水库（池）控制水位、泵站进出水池水位等经综合比较确定。梯级泵站前池应布置事故溢流弃水通道。

9.5.9 以城市供水和工业供水为主的输水线路应考虑线路检修期的用水需求。具备条件时，可优先考虑双线输水、多线输水或部分双（多）线输水。

9.5.10 输水工程布置时应考虑检修条件。拟定检修条件时应结合输水建筑物的特点、沿线调蓄水库的分布情况、用水户的依赖程度等，经分析合理确定。必要时检修条件可分段拟定。

9.5.11 对于大型交叉建筑物，应经安全性分析确定是否需要考虑单独检修条件。当需要考虑单独检修时，应按多通道输水设计，并应在交叉建筑物进出口布置检修闸。

9.5.12 长距离有压输水工程应结合水力过渡过程分析，确定水锤防护设施。可根据输水流量、沿线压力分布，结合过渡过程计算，选择调压塔（井、室）、泄压阀、高位水池、保水堰等调压设施型式及位置。

9.5.13 由无压输水向有压输水转变时宜设置稳流设施或加压设施。可根据地形地质条件、输水流量、水头分配等选择稳流调节池、加压泵站。

9.5.14 由有压输水向无压输水转变时宜设置消能建筑物。可根据输水流量、消能水头、消能时长，选择消力池（井）、调节池、跌水、陡坡、消能电站等消能建筑物。

9.5.15 调水工程线路穿越野生动物活动地区时，应预留野生动物迁徙通道。

9.5.16 调水工程布置宜考虑必要的运行维护道路和防汛抢险设施。

9.5.17 无压自流输水应采用合适的输水纵坡，合理分配水头。输水渠系纵坡应根据运用要求、上下游水流衔接及检修条件等分析确定。纵坡设计应满足不冲不淤流速要求，沿程不宜变化过多，不宜设置平坡或反坡。

9.5.18 调水工程管理范围内建筑物景观和周边环境的设计方案宜根据工程特点、地域特色等，结合人文、景观、环境等要求确定。

9.6 取水建筑物

9.6.1 取水建筑物的布置应保证在河湖、水库水位变幅范围内以及可能的河势变化条件下取到设计保证率的相应水量。取水口布置应与周边相关建筑物协调，并宜设置拦鱼设施。

9.6.2 取水方式应根据水文、水质、地形地质条件，结合用水要求，并考虑输水建筑物型式和布置，经技术经济比较后确定。

9.6.3 岸坡陡峭、岩体坚固稳定时，取水口型式可采用岸塔式、塔式或竖井式取水口型式。强震区不宜采用塔式取水口。

9.6.4 对于水量丰沛的多泥沙河流，可采用表层取水的分层式取水方式。

9.6.5 位于多泥沙河流上的大中型取水工程，其防沙、排沙设施的设计方案应通过水工模型试验验证。

9.6.6 严寒地区的取水工程，应根据当地冰情和自然条件，采取相应的防冰措施。

9.7 泵 站

9.7.1 泵站厂房布置应根据机组台数和选型、水力条件、地形地质条件、施工条件以及运行维护要求等因素，经综合比选后确定。平面布置上可采用矩形、圆形或其他形式，空间布置上可采用地面式、半地下式和地下式。

9.7.2 当泵站和电站厂房联合布置时，宜综合考虑主厂房、安装场（间）、副厂房和主变室的布置。

9.7.3 地下泵站根据地形地质条件，合理布置进水口、进水隧洞、主变洞、主厂房及安装场（间）、出水隧洞、出水池、地面开关站、交通洞、通风洞、电缆洞和厂外排水系统等建筑物。

9.7.4 当泵站采取分期建设时，应统筹考虑泵站厂房总体布置，便于近远期设计、施工的衔接。

9.7.5 对现有泵站进行扩建时，扩建泵站的厂区布置应与现有建筑物厂区统筹考虑。

9.7.6 对现有泵站厂房改造时，应根据 SL 316 对现有泵站厂房开展安全鉴定，如泵站存在病险情况，应采取相应加固改造措施。

9.7.7 泵站设计除应符合本标准规定外，还应符合 GB 50265 和 GB 50288 的规定。

9.8 渠 道

9.8.1 渠道型式选择应根据地形地质条件、输水流量、施工条件、环境影响、征地移民和运行安全等因素选择明渠或暗渠。当渠道穿越城镇、村庄等区域时，可采用暗渠型式。

9.8.2 渠道纵坡宜根据沿线水头分配，结合地形条件、输水流量、工程投资等因素，经方案比选后确定，并应遵循下列原则：

- 1 渠道纵坡宜接近地面比降，避免深挖方、高填方，并宜

做到挖填方平衡。

2 渠道各分段之间、各级渠道之间以及重要建筑物上下游的过水断面应平顺衔接。

3 设计流速应满足不冲和不淤的条件。

9.8.3 利用天然河道输水时，应根据河道现状情况、输水和水质要求对河道进行必要的整治。输水水位高于原河道水位时，应分析其影响，并采取相应的工程措施。

9.8.4 渠道糙率可按照的相关规定选取。当渠道沿线交叉建筑物、桥梁、分水口等建筑物较多时，应分析其局部水头损失的影响，综合确定渠道糙率。

9.8.5 渠道断面要素应结合渠道沿线地形地质条件、输水能力、施工要求、征地移民、工程投资等因素分析比较确定，并遵循下列原则：

1 输水明渠应按设计流量确定过水断面尺寸。

2 输水渠道渠顶超高由风浪等因素引起的壅高和安全加高计算确定。当渠顶高程由渠道外洪水位控制时，渠顶高程应由堤外设计洪水位及校核洪水位加相应的超高确定。

3 受泥沙影响的渠道断面应考虑渠底可能产生泥沙淤积的影响。

4 有航运要求的输水明渠断面还应满足航运相关标准要求。

5 渠道边坡应满足渗透稳定和抗滑稳定的要求。

6 渠道断面设计应方便施工和运行管理。

9.8.6 过水断面边坡设计安全系数应执行 SL 274 中的相关规定。

9.8.7 对现有渠道改造应遵循下列原则：

1 宜利用原有建筑物，避免大量挖填。

2 应对拟利用的渠道及其建筑物的功能及安全性进行复核。

9.9 隧 洞

9.9.1 输水隧洞断面型式应根据地形地质条件、输水方式、输

水流量、施工条件等因素经综合分析比较确定，并应遵循下列原则：

1 无压隧洞宜采用圆拱直墙断面。当围岩为软弱岩石或者围岩较破碎等地质条件较差时，可采用马蹄形断面或圆形断面。

2 有压隧洞宜采用圆形断面。当围岩强度可承受内外水压力时，可采用便于施工的其他断面形式。

3 无压隧洞采用圆拱直墙断面且顶拱锚喷支护时，水面线不宜超过直墙范围。无压隧洞洞内最大设计流量水面线以上空间不宜小于隧洞断面面积的 15%，且高度不应小于 0.4 m。

4 采用掘进机施工时，断面宜采用圆形，同时应满足设备开挖的最小尺寸要求。

5 掘进机法施工的隧洞，施工期服务洞、预备洞、始发洞、检修洞、组装洞、拆卸洞等辅助洞室的断面设计，应满足掘进机安全通过等要求。

9.9.2 水工隧洞的过流能力计算应符合下列规定：

1 有压隧洞应按管流计算，在最不利运行条件下全线洞顶处最小压力水头不应小于 2.0 m。

2 无压隧洞的过流能力，长洞应按均匀流计算，短洞可按非均匀流计算。

3 无压隧洞开敞式进口宜按堰流计算，深式进口宜按管流计算。

9.9.3 隧洞衬砌设计应符合下列原则：

1 应综合考虑围岩条件、断面形状、施工条件等，并应利用围岩的自稳能力和承载能力。

2 衬砌的强度、稳定性和耐久性应能满足隧洞长期安全使用的要求。

3 衬砌结构类型应根据使用要求、围岩类别、工程地质和水文地质条件、隧洞埋置深度、结构受力特点，结合工程施工条件、环境类别，通过工程类比和结构计算综合分析确定。对环境地下水水质可能污染输水水质的洞段，应提出外水内渗控制要求及

措施。

9.9.4 采用掘进机施工的水工隧洞，应根据工程地质及水文地质条件、断面尺寸等通过分析计算或工程类比，确定隧洞衬砌结构与支护参数。敞开式掘进机施工洞段可采用不衬砌、锚喷混凝土或纤维混凝土、现浇混凝土衬砌。护盾式或盾构式掘进机施工洞段宜采用预制钢筋混凝土管片衬砌或纤维预制钢筋混凝土管片衬砌，有压隧洞需复核管片在内压作用下的安全性。

9.9.5 锚喷支护设计应符合下列原则：

1 应根据围岩地质条件、地下水及洞室开挖跨度、使用年限及使用条件进行。

2 无外水洞段宜采用水泥砂浆锚杆，易于塌孔的软弱岩层宜采用自钻式锚杆；有外水洞段或锚杆孔有渗涌水现象时，宜采用药卷锚杆。采用砂浆或药卷的用量，应保证将杆体与岩壁间的空间填实。

3 对软弱围岩、膨胀性围岩、蚀变岩洞段，可采用锚杆喷射纤维混凝土结合钢拱架（格栅拱架）联合支护形式。必要时可采用喷射纳米纤维混凝土、可伸缩钢拱架支护型式。

9.9.6 不良地质洞段设计应符合下列原则：

1 隧洞穿越可能突泥涌水地层时，应根据地质情况、涌水来源、涌水量、水压及对环境的影响，按截断水源、引排涌水、降低围岩透水率的理念，进行防止或控制涌水造成围岩失稳的工程措施设计。

2 高外水洞段宜采用围岩与衬砌联合受力的设计理念，通过对隧洞周围进行高压灌浆，使围岩成为相对不透水层，形成衬砌与围岩固结圈联合受力结构。

3 隧洞穿越断层破碎地层时，应加强初期支护刚度，必要时可超前加固围岩。

4 隧洞穿越软岩大变形、蚀变岩等洞段，应遵循“超前支护、加固围岩、预留变形、及早封闭、底部加强、衬砌紧跟”的综合整治理念。

5 岩爆洞段的断面型式、支护方式及开挖程序等宜考虑地应力及岩爆的影响，遵循“以防为主、防治结合”的思路，对可能发生岩爆段应进行监测、预警，根据岩爆强弱等级采取相应处理措施。

6 隧洞通过岩溶地层时应根据超前地质预报提供的岩溶性质、范围、与隧洞空间关系、富水情况等，采取相应处理措施。

7 隧洞通过有毒有害气体赋存区的洞段，宜根据有毒有害气体的来源、分布、涌出量和气压，进行超前探测、气体检查等，采取相应处理措施。

9.9.7 对于深埋长隧洞工程，当施工期补充地质勘察和超前地质预报揭示的地质条件与原勘察设计的条件差别较大时，应及时对隧洞原支护和衬砌设计进行复核调整。

9.9.8 隧洞设计除应符合本标准规定外，还应符合 SL 279 的规定。

9.10 管 道

9.10.1 管道条数应考虑供水重要性、地形地质条件、调蓄工程布置、输水流量、检修条件、工程投资、运行维护等因素，经综合技术经济比较后确定。采用多条管道输水时，管道间距应满足施工和运行维护的要求，并结合事故检修期供水要求等因素设置连通管。

9.10.2 管径应根据水力学计算，考虑工程投资、施工条件、运行维护和制造水平等因素，经技术经济比较后确定，流速不宜大于 3 m/s。

9.10.3 管材应结合地形地质条件、管径、内水压力、施工条件、耐久性要求、运行维护等因素，经技术经济比较后确定。

9.10.4 有压管道恒定流状态下管顶最小压力水头不宜小于 2 m，在管道出口处可根据具体情况适当降低，不应小于 1 m。

9.10.5 根据地形条件、水锤防护、防洪要求、检修维护等因素，确定控制阀、检修阀、空气阀、排水阀、减压阀等设施布置

和型式。各类阀室（井）宜结合布置。

9.10.6 管道的埋置深度应根据管道承受外压能力、冲刷深度、冻土深度、抗浮稳定要求、环境条件和检修条件等综合确定。当覆土区种植农作物时，埋置深度还应大于耕作层和农作物生长所需的覆土深度、农业机械耕作活动影响深度；穿越河道的管道应按 9.12 节的有关要求执行；穿越铁路、公路、油气管道等设施的管道应按 9.15 节的有关要求执行。

9.10.7 有压输水管道应进行水力过渡过程计算。对小管径、低流速、低压力的输水管道系统，水力过渡过程计算可采用经验公式或参照类似工程经验进行。对复杂和高压力输水管道应进行水力过渡过程数值模拟计算。

9.10.8 管道的水锤防护措施应结合水力过渡过程分析计算确定。

9.10.9 应结合管道所处环境进行内、外防腐设计。内防腐应根据管材特点、输水水质、耐久性要求等因素综合确定；外防腐应根据管材特点、管道沿线土壤和地下水腐蚀程度、耐久性要求等因素综合确定。

9.11 渡 槽

9.11.1 渡槽选址应结合地形地质条件、所跨河道河势、建筑物布置、征地移民、对周边环境的影响、施工条件、运行管理等因素，满足行洪、流冰、排漂、通航等要求，通过技术经济比选确定。

9.11.2 渡槽结构型式应根据渡槽规模、地形地质、施工条件、环境条件、运行管理和工程投资等因素，因地制宜，经技术经济比较后确定。渡槽结构型式可选用梁式、拱式、拱梁组合式、桁架式、斜拉式、落地式、涵洞式、连续刚构式等型式。

9.11.3 当输水流量较大时，为检修方便和提高运行的可靠性，宜选择单线多槽方案；当地形地质条件较复杂时，可采用多线多槽布置方式。

9.11.4 应结合调水工程总体布置要求、地形地质条件、水文条件、河段河势特点、洪水影响、槽身结构特性及施工条件等因素，综合分析确定渡槽跨度和上部槽身主要断面尺寸。槽身采用架槽机、造槽机施工的渡槽，其结构型式应专门论证。

9.11.5 渡槽下部结构可根据地形地质条件、槽身重量、跨越河道水流条件、冻胀力大小等情况选择重力墩、排架与桩基础、排架与扩大基础组合等型式。

9.11.6 拱式渡槽根据输水流量、地形地质条件、施工条件等情况，可选择板拱、箱形拱、肋拱、双曲拱、桁架拱等支撑型式。

9.11.7 斜拉式渡槽根据地形地质条件、跨度、跨数等情况，可选择单塔体系、双塔体系及多塔体系；根据结构稳定性和结构强度，可选择悬浮体系、支承体系、塔梁固结体系与刚构体系。

9.11.8 涵洞式渡槽应根据河道防洪标准下的允许涵前壅水高度及涵洞出口河床的抗冲性能、漂浮物情况以及地形地质条件，通过调洪演算确定涵洞孔底高程、纵坡、孔径尺寸、洞身长度。大型涵洞式渡槽宜通过水工模型试验进行验证。

9.11.9 连续刚构式渡槽槽跨布置应考虑跨径和槽墩等因素对结构受力与施工的影响，并结合水文、地质、环境等条件综合比选后确定。多跨渡槽宜采用等跨布置。

9.11.10 渡槽设计除应符合本标准规定外，还应符合 GB 50288 的规定。

9.12 倒虹吸

9.12.1 倒虹吸型式应根据地形地质条件、设计流量、压力水头、外荷载、工程布置条件等因素，经技术经济比较后确定，其型式可采用埋置式或桥式。

9.12.2 埋置式倒虹吸顶部埋置深度应根据冻土厚度、管道抗浮稳定、覆土耕作要求、管道检修条件等因素综合确定；穿越河流时，管道宜埋入校核洪水冲刷线以下不小于 0.5 m，并应满足河道防洪、通航和河道整治要求。大型工程宜对管顶及管道上下游

侧采取防护措施，埋置深度无法满足冲刷要求时，防护措施应专门论证。桥式倒虹吸的桥下净空，应满足防洪、通航等要求。

9.12.3 倒虹吸进、出口应设渐变段与前后渠道平顺连接。倒虹吸进口宜设置拦污设施；多线布置时进出口宜设置检修闸门或工作闸门以满足分线检修或运用要求。应根据运行、检修排水要求设置退水和排水建筑物。采用长距离倒虹吸输水时，应充分考虑小流量或低糙率工况，必要时在进出口考虑设置消能设施。大型工程进、出口消能设施的布置宜通过水工模型试验确定。

9.12.4 当倒虹吸布置缩窄河道行洪断面时，应加强进出口防护，宜设置弧形裹头与河道水流平顺衔接。

9.12.5 倒虹吸断面结构型式应根据地形地质条件、施工条件、水力学计算、压力水头等因素，经技术经济比较后确定，可采用管道、箱涵等型式。

9.12.6 倒虹吸的基础应根据地质条件、地下水位情况及地基承载力要求，考虑采用相应的处理措施。

9.12.7 倒虹吸的地基处理应采用下列措施：

1 对承载力较高的土壤地基，管涵可埋置在未经扰动的天然地基中。

2 对松软的土壤地基，承载力不能满足要求时，应对地基进行处理。可采用换填处理、夯实处理、设置混凝土基座等措施，必要时还可采用桩基础处理。

3 对其他特殊基础，应结合工程实际进行专门研究。

9.12.8 倒虹吸在初期充水、小流量等运行情况下，不应发生水流拉断、明满流交替等工况。

9.13 水 闸

9.13.1 调水工程中的水闸可分为取水闸、分水闸、节制闸、退水闸等类型，水闸设计应包括总体布置、水力设计、结构设计和地基处理设计等。

9.13.2 水闸进出口应保证水流均匀平顺，避免产生有害冲刷和

泥沙淤积。

9.13.3 多泥沙河流上的取水枢纽，应在取水闸的相邻位置设冲沙闸（排沙闸）或泄洪冲沙闸，必要时可设置拦沙或沉沙设施。

9.13.4 取水闸的枢纽布置，可采用数学模拟方法进行水流流态的分析研究验证。水流流态复杂的大型水闸枢纽布置，应经水工模型试验验证。数学模拟或水工模型试验范围应包括水闸上下游可能产生冲淤及流态复杂的河（渠）段。

9.13.5 节制闸或泄洪闸的轴线宜与河（渠）道中心线正交；分水闸、退水闸或排冰闸的轴线与河（渠）道中心线的夹角宜小于 30° 。

9.13.6 闸室结构根据河（渠）道断面型式、泄流特点和运行要求，可选用开敞式、胸墙式、涵洞式等结构型式。

9.13.7 闸孔孔数及孔口尺寸选择应根据水力学要求、水闸地基条件、运用要求、闸门结构型式、启闭机容量，以及闸门的制作、运输、安装等因素，经综合分析后确定。

9.13.8 退水闸出口布置宜结合退水流量、出口消能、出水是否通畅等因素，综合考虑导流防护设施布置。

9.14 调蓄建筑物

9.14.1 调蓄水库总体布置应根据库址地形地质条件、输水工程及供水区情况，经技术经济论证比较后，合理确定挡水、泄水、放空、引水、供水等建筑物布置。

9.14.2 调蓄工程挡水建筑物型式应根据场址条件，经综合论证比较后确定。设置泄洪、放空建筑物时，其设计应满足相关标准要求。

9.14.3 调蓄工程中入库、出库建筑物的进、出口应与输水建筑物平顺相接，保证进、出口水流平稳。入库进口和出库出口宜分散布置，以便库内水体循环更换。

9.14.4 平原水库的平面布置与围坝轴线，应根据坝址区的地形地质条件、坝型、坝基处理方式、水库中各建筑物的布置及施工

条件等，经综合比较后确定。库区及坝基处于透水地层时，应计算库区及围坝坝基渗漏所造成的水量损失。库区及坝基防渗措施可采用垂直防渗、迎水面防渗铺盖、库底铺塑等型式，经综合比较后确定。

9.14.5 调水工程调蓄池的位置及布置应考虑调蓄要求、水力衔接、地形地质条件、征地移民、环境影响、工程投资等因素综合确定。

9.15 穿越建筑物

9.15.1 输水线路穿越铁路、高等级公路、油气管道、市政管道等建筑物时，应经技术经济比较确定穿越方式。

9.15.2 输水线路宜与公路、铁路等建筑物垂直交叉，如需斜交时，交角不宜小于 60° 。

9.15.3 输水管道与其他输水管道、输电（通信）线路、石油管道、天然气管道等交叉时，应查明影响的具体范围，做好保护措施设计，并设置相应标志、标识。穿越建筑物与既有设施的间距应考虑施工和运行维护的空间，并满足相关标准要求。

9.15.4 穿越建筑物应根据穿越建筑物的重要程度、穿越方式等因素进行防渗、排水设计。

9.16 工程监测

9.16.1 调水工程各输水建筑物安全监测设计应根据建筑物重要性、地形地质条件、工程布置、工程运用及设计要求，确定监测部位、监测项目、监测断面、监测仪器，选定主要监测仪器及设备数量。安全监测自动化系统应与数字孪生平台融合建设。

9.16.2 安全监测方法应包括巡视检查和仪器监测，重点和专门安全监测项目应采用仪器监测。对于长期监测项目，监测仪器设备宜具备可修复或可更换条件；对重要建筑物的监测断面、测点布置宜加密，监测项目和设备可适当冗余配置。

9.16.3 输水线路穿越重要交叉建筑物或通过不良地质渠（洞）

段时，应进行专门安全监测设计。

9.16.4 大中型调水工程管道输水宜布设管道渗漏、爆管的安全监测设施。

9.16.5 建筑物级别为 1 级、2 级的输水管道，工作压力大于 0.5 MPa 的 3 级建筑物管道，工作压力大于 1.0 MPa 的 4 级~5 级建筑物管道，以及采用新结构、新材料、新工艺、新设计理论和方法的管道等应进行安全监测。

9.16.6 调水工程水量监测应符合下列规定：

1 水量监测站网应按经济、合理、实用原则进行全面规划、统一布设。

2 监测设施宜布置在分水闸后、水流平稳输水渠段。分水口强渗漏段首尾应布置流量监测设施。

9.16.7 调水工程水质监测应根据污染物来源和分布，以及入水断面和分水断面布设情况，合理布设水质监测断面和监测点。

10 机电及金属结构

10.1 一般规定

10.1.1 调水工程中的水力机械、电气、金属结构设计应与整个调水工程的重要性和建设标准协调一致，重大技术问题应根据工程的重要程度和实际需要，分阶段进行必要的专题论证和研究，做到技术先进、经济合理、运行灵活、安全可靠、检修维护方便。

10.1.2 调水工程水力机械设计应遵循下列规定：

1 水泵的效率应符合水泵设备能效限定和节能评价的有关规定，大型水泵（装置）的效率指标应通过综合论证确定。

2 水泵进、出水流道的设计，应根据泵站特征水位、泵型及地形地质条件确定，并满足水泵安全、高效、稳定运行的要求。大型泵站的进、出水流道应进行三维流动数值仿真计算优化，并通过装置模型试验验证。

3 过机水流含沙量或水体腐蚀性指标超过相关规范要求时，应对水泵过流部件的材质和抗磨蚀保护措施进行综合论证后选择。

10.1.3 调水工程电气设计应包括供电系统、现地计算机监控、现地站内通信、电力系统通信、视频监视等内容，电气设计方案应根据工程任务、运行方式、供水对象重要性综合确定。

10.1.4 调水工程金属结构设备的选型、布置原则宜统一，并满足远程（自动化）调度运行的要求。

10.2 水力机械

10.2.1 水泵型式和技术参数应综合考虑工程总体布置、水泵设计制造水平、投资及运行费用等因素，经综合比较选定，并应符合下列要求：

1 调水工程中的梯级泵站或泵站群中泵站的主要设计参数和条件相近的,宜优先选用同一种泵型;选择不同泵型,经综合比较差别不大时,宜优先选择结构简单、利于工程运行和维护的泵型。最大扬程在 4 m 及以下的泵站,宜选用贯流式水泵;扬程变化幅度较大的大、中型低扬程泵站,宜选用具有调节性能的全调式轴流式水泵。

2 对于叶轮直径大于 1000 mm 的离心泵、叶轮直径大于 1600 mm 的轴流泵、混流泵,应有可靠的水泵模型试验资料。否则应依据相关标准进行模型验证试验,其试验台应具有相关资质。

3 新研发的水泵水力模型,或从国外引进水力模型或产品时,应进行论证。

10.2.2 泵站装机台数的选择,应符合下列要求:

1 泵站装机台数的选择应经过技术经济综合比较后确定。

2 梯级泵站机组台数的确定,应综合考虑泵站间来水、分水、调蓄能力等因素,并满足梯级泵站间流量匹配的要求。

3 对于有分期建设要求的泵站,水泵单机流量的确定应考虑各分期供水流量的要求。

4 对于运行在多泥沙水流中的泵站,应考虑水流泥沙含量、泥沙特性对水泵流量的影响,选择单机流量时,宜适当留有裕度。

5 备用机组的台数应根据工程的重要性、运行条件、年运行小时数、输水系统的调蓄能力等因素确定,宜为 1 台~2 台。超过 2 台的,应进行论证。

10.2.3 泵站扬程变幅超过有关规定时,应复核所选水泵能否在全部运行工况范围内安全、稳定运行。如不满足要求应进行分析并提出解决措施。

10.2.4 梯级泵站主泵选型应考虑泵站间流量匹配,以避免弃水或机组频繁开、停机等现象。

10.2.5 应按照相关规范要求,对可能产生水锤危害的泵站系统

进行水力过渡过程分析计算。对计算结果不满足要求的，应采取安全可靠、经济合理的防护措施。

10.2.6 通过有压管（涵）串联的泵站或并联运行的水泵应满足下列要求：

1 通过有压管（涵）串联运行的泵站，单台水泵的设计流量应合理匹配。串联运行泵站的数量不宜超过两座，并应对第二级泵站水泵进水系统和水泵主体结构的强度进行校核。

2 并联运行的水泵，设计扬程应接近。确定并联机组台数时，应考虑泵站输水系统水力损失占水泵运行总扬程的比值，比值较大时，并联运行的水泵台数不宜超过 4 台。当采用定速水泵和变速水泵并联运行时，应核定变速水泵的变速范围和运行稳定性。

10.2.7 水泵最大轴功率的确定应考虑其运行范围、运行工况及水流含沙量的影响。

10.2.8 压力输水管线系统上的调节阀、空气阀、排水（泥）阀、泄水（压）阀、检修阀及流量计等设备配置，应根据工程总体布置和工程管理要求经综合比较后确定；空气阀的配置应根据输水系统水力过渡过程分析计算成果核定。

10.2.9 调水工程中含有多座泵站并需要逐级进行充水时，充水系统的设计宜统筹考虑。

10.3 电 气 一 次

10.3.1 电源引接（电力接入）及供电系统应符合下列要求：

1 调水工程的电源引接（电力接入）方案应根据工程规模和负荷性质，结合所在地区的电力系统发展规划，经技术经济比较确定。

2 调水工程的沿线闸站、梯级泵站的供电系统应整体设计、统筹设置。应根据各水工建筑物的规模、在调水系统中的重要性及建筑物之间的相互影响程度，合理确定供电线路引接点、供电电压、供电回路数及无功补偿方案等。

3 调水工程的供电系统设计,宜根据施工供电与永久供电负荷等级、负荷位置及负荷容量等情况,优先采用“永临结合”设计原则。

4 调水工程的供电负荷等级的确定及各级负荷的电源引接应符合 GB 50052 的有关要求。

5 调水工程供电系统的双电源,可采用下列方式引接:

- 1) 引接自两回独立的供电线路;
- 2) 引接自一回供电线路及一组自动投切的柴油发电机组(或其他随时投入的自备电源)。

6 输水线路沿线小容量用电设施引接 400 V 农电供电的,可考虑采用直流供电系统并配置蓄电池组,以提高供电可靠性。外部供电电源引接有困难的,可结合工程区域风、光资源情况,经论证后选择分布式新能源电源进行供电。

7 调水工程中的余能回收电站电力接入方案应按照 SL 511 的相关规定设计。

10.3.2 调水工程电气主接线应符合下列要求:

1 应根据工程供电系统设计及其在工程中的重要性、建设规模、运行方式、电机起动方式、配电装置选型等因素,按满足供电可靠、接线简单、操作灵活、维修方便、便于实现自动化、节省投资等要求确定。分期建设时,应便于分期过渡。

2 泵站工程电气主接线设计应按照 GB 50265 的相关规定设计。

3 闸站、阀室的供电系统,高压侧宜采用线路-变压器组接线,低压侧宜采用单母线接线。

4 调水工程供电系统无功补偿方案,应根据供电部门要求经分析计算后确定。

5 余能回收电站的电气主接线应按照 SL 511 的相关规定设计。

10.3.3 调水工程的站(厂)用电系统应符合下列要求:

1 应根据工程的规模、电气主接线型式、运行和检修方式、

分期要求等特点，合理确定设计方案。调水工程中规模相近的泵站、余能回收电站站（厂）用电配置宜统一。

2 泵站站用电应按照 SL 485、GB 50265 的相关规定设计。

3 余能回收电站的厂用电应按照 SL 485 的相关规定设计。

4 装机容量大于等于 1 MW 的泵站，应设置独立的站用电系统，站用电电源可结合泵站运行方式选择。泵站站用电系统独立运行时宜设置低压无功补偿装置。

5 布置在室内的站（厂）用变压器宜采用干式变压器，低压配电装置宜采用户内成套开关设备。

10.3.4 主要电气设备选择应符合下列要求：

1 应与整个调水工程的建设标准和原则协调一致，且优先选用节能环保型产品，并符合当地环境条件。

2 选择前应进行短路电流计算。

3 泵站主要电气设备的选择应按照 GB 50265 的相关规定设计。

4 余能回收电站、闸站及阀室主要电气设备的选择应按照 SL 511 的相关规定设计。

5 主变压器台数、容量、型式等的选择应根据装机规模、供电系统、机组起动方式、电气主接线型式、运行方式及环境等因素综合确定。变压器额定容量应采用标准容量系列值。供电系统电压波动偏移不能满足泵站运行要求时，宜采用有载调压型变压器。

6 电动机的型式、额定电压、功率因数、电抗参数及机组转动惯量（ GD^2 ）等的选择，应结合供电系统、机组起动方式、电气主接线型式、运行方式及设备选择等因素综合分析确定。

7 66 kV 及以上高压配电装置应根据电压等级、工程环境、地理条件、工程布置等情况，对敞开式开关设备（AIS）、气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）及混合式配电装置（H-GIS）等多种配电装置进行综合技术经济比选后确定。

8 3 kV~35 kV 高压配电装置宜选用户内成套开关柜，也

可选择预装式变电站。供电容量小于 500 kVA，且室内布置受限的闸站、阀室，可采用杆上变压器供电。

10.3.5 过电压保护及接地装置应符合下列要求：

1 过电压保护及接地设计应结合调水工程整体布局开展，设计方案应与各建筑物总体设计原则、方案相协调。

2 调水工程发电及供配电系统中性点接地方式应按照 SL 511 的相关规定设计。

3 调水工程室外配电装置、架空进线、母线桥、露天油罐等设施均应装设直击雷保护装置。

4 与外部连接的架空线路应在进站处设置过电压保护装置。电动机、干式站用变压器回路应配置过电压保护装置。直接与架空线路连接的直配电机的过电压保护措施还应根据电动机的容量确定。

5 对于高土壤电阻率工程地区，经接触电势及跨步电势校验不会造成人身和设备伤害的，可提高工程允许接地电阻值。

10.3.6 调水工程照明系统应符合下列要求：

1 相同规模、功能的建筑物配电系统、照度标准及照明设备型式宜一致。

2 应根据照明场所空间、照度标准要求选择灯具及光源的型式，宜选用光效高、寿命长的 LED 灯、荧光灯、金属卤化物灯及高压钠灯等照明光源。

3 大型泵站的主副厂房、交通洞、廊道、户外设备区域等场所，宜采用自动调节照度或自动开关的照明控制方式。

10.3.7 电气设备布置应符合下列要求：

1 主要电气设备布置，应根据工程的环境条件、地形地貌、主要建筑物布置特点、运行维护及便于分期施工等条件，经综合分析确定。

2 调水工程电气设备布置应按照 GB 50265 和 SL 511 的相关规定设计。

3 调水工程高压配电装置的布置应按照 SL 311 的相关规定

设计。

4 大中型泵站宜采用“站变合一”的专有变电站。高压配电装置和主变压器宜靠近负荷中心布置，并应减少占地。

10.4 电 气 二 次

10.4.1 调水工程现地监控系统的设计应符合下列要求：

1 泵站监控系统应按照 GB 50265 的相关规定设计。大型泵站可在现地保留中控室站控级监控设备，中型泵站站控级监控设备可简化配置，小型泵站可在厂房设置现地控制单元进行集中控制。

2 余能回收电站监控系统应按照水电站现行规范设计。

3 沿线水闸、阀门、35 kV 及以上配电设备应结合系统规模配置精简的现地监控系统，设备状态应上传至工程集控中心。

4 应按照 GB/T 22240 的规定确定工控系统网络安全保护等级，并根据相应等级的防护要求进行安全防护设计。工程全线采用远程集中控制的，全线工控系统可作为一个安全保护对象统一进行保护等级的划定。

10.4.2 调水工程电气设备继电保护应按照 SL 455 的相关规定设计。

10.4.3 计算机监控网络及通信系统设计应遵循下列原则：

1 调水工程中泵站、余能回收电站计算机监控系统的网络、站内通信以及与电力系统的通信，按照泵站和水电站现行规范设计。

2 地处偏远且有人值班的工程设施，宜设置应急通信系统。

3 直流通信负荷宜设置单独的直流通信电源。

10.4.4 直流电源系统设计应遵循下列原则：

1 泵站、余能回收电站以及变电站的直流电源系统可按照 DL/T 5044 的相关规定设计。

2 工程沿线设置的水位、压力、流量、雨量、小型水质自动监测等设施，若采用交流充电的直流蓄电池供电，蓄电池事故

放电时间应按 48 h 计算，事故放电过程应按监测装置最大运行方式考虑。当采用风力、光伏充电装置充电时，蓄电池事故放电时间应按平均连续无有效日照（风速）天数计算。

10.4.5 调水工程火灾报警系统设计应遵循下列原则：

1 调水工程的泵站、余能回收电站应在厂房内、室外变电站和辅助生产建筑物内设置火灾探测器；接受远程集中控制的闸站启闭机室、户内 10 kV 及以上变电站（开关站）、柴油发电机房、沿线重要通信节点机房、水质自动测站机房、加氯间等主要场所宜设置火灾探测器。

2 沿线建筑物设置的火灾报警控制器应接入现地监控系统或直接接入全线集控中心。

10.5 金属结构

10.5.1 调水工程金属结构设计应遵守下列规定：

1 对特殊运行条件下的非常规闸门、启闭设备的选型和布置应进行论证。

2 对于工程需要采用的新材料、新产品宜进行论证。

3 对运行过程中所清理出来的污物应提出存放或处理措施。

10.5.2 调水工程首部枢纽金属结构设计，应根据枢纽水工建筑物的布置，对水电站、溢洪道、输水洞、泄水底孔、引水渠、泵站、节制闸等水工建筑物的闸门、拦污栅、启闭机等进行方案布置和比较。应对有坝引水进水口和无坝引水进水口的拦污、清污方式做方案研究，提出金属结构布置方案。

10.5.3 调水工程明渠的金属结构设计，应根据渠道及水闸等建筑物的总体布置，经比选提出金属结构布置方案。渠道可视需要在分水闸或节制闸处设拦污、清污设备，倒虹吸的进口设安全防护栅，季节性输水的渠道金属结构的检修设备可根据检修条件进行简化。

10.5.4 泵站进水口应设检修闸门、拦污栅、清污设备和启闭机等金属结构设备。有条件时检修闸门与拦污栅可共槽。引水渠或

前池进口处可加设拦污、清污设备。进水口建筑物如有防淤或调节流量要求时，应增设进水口工作闸门及启闭设备。

10.5.5 泵站出水口应根据水泵机组形式，提出断流用闸门及启闭机的布置方案。应根据运行要求，论证出口设事故闸门、工作闸门的一门、一机布置的必要性。

10.5.6 调水工程中调节流量或退水的工作阀门可选用流量调节阀、锥形阀，检修阀门可选用蝶阀、偏心半球阀。压力管道工作阀门宜采用流量调节阀并布置在管道末端，压力管道分水口宜设置检修蝶阀及旁通充水管，分水管末端设置工作阀门。

10.5.7 应结合调水工程调度运行要求，提出各金属结构设备的使用功能要求及措施、设备运行使用条件。

10.5.8 调水工程触水部位金属结构设备防腐所用涂装（涂料、金属涂层等）原材料应符合环境保护标准的规定，涂料应符合卫生标准要求。

10.5.9 寒冷和严寒地区调水工程有冬季运行工况时的金属结构设计应遵循下列原则：

- 1 闸门不应承受静冰压力，闸门门槽宜设防冰冻设施。
- 2 泵站前池或渠道进水口的拦污栅宜倾斜布置。
- 3 退水闸宜兼有排冰功能。
- 4 启闭机房宜设保温措施。
- 5 采用液压启闭机时，液压油的凝点应低于环境最低温度，液压启闭机油箱宜设加热设备。

11 施工组织设计

11.1 一般规定

11.1.1 调水工程应进行全线或分段的施工组织设计，对在工程中起主要作用，失事后将造成严重灾害的或严重影响工程效益的或具有独立功能的单体建筑物，可单独编制施工组织设计。

11.1.2 调水工程施工组织设计，应遵循下列原则：

1 应收集工程沿线地区水文、气象、地形、地质等资料，了解建筑材料来源和供应条件，以及对外交通、施工供电、供水及通信等条件。

2 应根据工程总体布置，结合实际，因地制宜、因时制宜、统筹安排、妥善协调各单体建筑物的施工，按照“绿色施工”的理念做到节约用地、节能减排和保护环境，积极推广应用新技术、新工艺、新材料和新设备。

3 应考虑建设期与运行期、近期与远期、临时与永久的结合。

4 应考虑与当地现有或规划中的高速公路、铁路、航道、输油气管道、电力线路等设施的交叉关系以及相关部门的意见，统筹规划施工布置和施工进度。

5 应遵守 SL 17、SL 303、SL 642 等相关标准的规定。

11.2 施工导流

11.2.1 布置在河道内的单体建筑物应进行施工导流设计。

11.2.2 导流建筑物级别和设计洪水标准应符合 SL 252 的有关规定。

11.2.3 在现有河道堤防或库区围堤上新建或改扩建的水闸、泵站等建筑物需跨汛施工时（在一个枯水期内不能达到拦挡汛期河道内洪水要求的），其导流建筑物设计洪水标准应与堤防或库区

围堤工程防洪标准一致；且完建的闸、站拦洪设施达到挡汛期洪水标准的，其导流建筑物设计洪水标准可与相应枯水时段的堤防或库区围堤工程防洪标准一致。

11.2.4 利用导流建筑物挡水发电、供水、通航、交通时，经技术经济论证，导流建筑物级别可提高一级并与相应水工建筑物级别协调确定。当建筑物级别提高为 2 级时，其洪水标准应综合分析确定。

11.2.5 施工期使用年限超过 3 年的隧洞洞口（含竖井口），经技术经济论证，其导流建筑物级别可提高一级，相应洪水标准应综合分析确定。最高不应超过输水隧洞的设计洪水标准。

11.3 料场的选择与开采

11.3.1 天然建筑材料的质量、勘察储量应符合 SL 677、SL 251 及水工建筑物对料源物理力学特性的要求。

11.3.2 料场的选择应符合下列规定：

1 根据工程沿线单体建筑物的分布，合理分段（区），优先利用满足使用要求的工程开挖料，统筹进行物料平衡分析，确定各施工分段（区）对各种天然建筑材料的数量、质量及供应强度要求。

2 综合分析料源的分布、储量、质量、剥采比、开采运输加工等条件，以及环境保护、征地等要求，按优质、经济、节能、环保、就近取材等基本原则，经技术经济比较，分段选定料场。必要时，可对单独开采料场或调运距离较远的利用料与市场选购材料进行技术经济比较，确定材料供应方式。

3 堤防与建筑物填筑用土料应与有关专业充分协调，并与当地有关部门沟通，最终对土料场进行技术经济、征地、环保等比选，择优选定。

4 料场选择及开采加工应符合环境保护和水土保持的有关规定。

11.3.3 料场开采规划应符合 SL 303 的有关规定。

11.4 施工总布置

11.4.1 应根据调水工程的特点、行政区划、工程布置、土石方调配等综合分析，合理划分施工分区。对布置相对集中的水库、泵站及交叉建筑物等规模较大的单体建筑物可单独划分工区。

11.4.2 施工总布置应结合全线、分段、分区统筹考虑，做到合理利用地形和施工条件，施工设施布置紧凑，减少施工干扰，满足施工总进度和施工强度要求，并符合环境保护和水土保持的有关规定。

11.4.3 施工总布置宜做到土石方挖填平衡。应统筹规划弃渣场和利用料临时堆存场地，弃渣处理应符合环境保护及水土保持的要求。对临时占用的耕地应予以复耕。

11.4.4 对外交通和场内交通运输方案，应根据运输量、运输强度和大件运输等要求，结合施工总布置进行技术经济比较，统筹规划，合理确定。

11.4.5 输水隧洞的施工支洞布置应符合下列规定：

1 施工支洞布置及断面型式选择应根据输水隧洞布置和规模、地形地质条件、结构型式、施工方法、施工设备和施工进度等要求，经技术经济比选后确定，并符合 SL 303 的有关规定。施工支洞布置宜兼顾长距离隧洞运行维护要求。

2 采用钻爆法施工时，施工支洞间距不宜超过 3 km；采用掘进机法施工时，施工支洞布置应与主洞统筹考虑，独头掘进距离不宜超过 20 km。

3 地形、地质条件允许时，洞线宜短，兼顾工程量均衡及检修、分期建设等要求，并宜采用平洞，洞口设置应能满足防洪要求。

4 支洞断面型式及尺寸应能满足交通、出渣、通风、排水、供电、供风、人行等布置要求。

5 盾构机始发工作井和接收工作井应根据洞线和永久检修通道布置、地质和环境条件、设备性能、工期要求等进行布置。

工作井尺寸应满足盾构机组装、始发、接收、解体和调头等要求，并符合 GB 50446 的有关规定。

11.4.6 输水河道疏浚的排泥区布置应符合 SL 17 的有关规定，并满足环境保护和水土保持要求。

11.4.7 埋置式输水管道的施工布置应结合管道沟槽断面型式、开挖和支护方式、施工降排水等要求，在管道沟槽两侧或单侧进行临时堆渣、管材存放、施工道路及截（排）水措施等的布置，并留有安全距离。对于场地狭窄或征地受限时，可考虑充分利用沟槽开口范围，采取相邻区段交替施工的方式进行布置。

11.5 主体工程施工

11.5.1 取水建筑物、泵站、调蓄水库、输水明渠、管涵、交叉建筑物、控制建筑物等常规工程的施工，应根据建筑物布置型式及工程规模，结合施工场地条件，从施工强度和工期等方面进行分析比较，提出合理的施工方案和施工设备选型。

11.5.2 对深埋长隧洞等控制工期、投资占比较大及施工难度较大的单项工程或采用施工新技术、新工艺、新材料和新设备的单项工程施工方案，应做重点研究。

11.5.3 大型调水工程施工宜采用可重复使用的大型成套施工设备，提出设备的选型和数量。

11.5.4 长距离输水隧洞工程，应进行钻爆法与掘进机法施工方案比选。比选时应考虑隧洞沿线地形地质条件、地下水状况、隧洞长度、断面形状及大小、有无布置施工支洞和检修支洞的条件等因素。

11.5.5 输水隧洞施工，应执行下列规定：

1 根据隧洞断面型式、独头掘进长度、地质条件和地表结构及沉降要求等因素，研究选用掘进机施工的可行性。掘进机选型应综合考虑输水隧洞沿线地形地质条件、洞身结构设计、施工工期等因素，经技术经济比较后确定。

2 在断层破碎带、流沙层、淤泥层等易坍塌且富含水地层

中开挖隧洞时，宜研究选用冷冻法进行地层加固后再进行开挖，开挖后应及时支护。根据隧洞埋深及地形地质条件，可选择垂直冷冻法或水平冷冻法，冻结帷幕厚度及冻结时间应与开挖方法和支护措施相适应，并考虑冻胀和融沉影响。

3 对于深埋长隧洞工程，当施工期补充地质勘察和超前地质预报揭示的地质条件与原勘察设计的地质条件差别较大时，应及时对隧洞原设计的开挖方法和支护措施进行复核调整。

4 隧洞施工通风、排水应遵守 SL 303、SL 642 的有关规定。存在有毒有害气体、突涌水、高地温、高地应力（岩爆）、大型溶洞等地质条件下的地下工程，宜做专题研究。

11.5.6 大跨度渡槽工程的槽身施工，可结合槽身总长、单跨长度及重量、断面形状及大小、施工场地条件及导流条件等，进行常规法与造槽机法、架槽机法施工方案比选。

11.5.7 输水河道疏浚应根据土质可挖性、施工工况、水文气象条件、泥土处理和工程进度、质量、安全、环保等要求选择机械设备，各类挖泥船应根据疏浚岩土开挖难易程度选择。疏浚土处理应符合 SL 17 的有关规定和环境保护等要求。

11.5.8 当地质条件允许时，埋置式管道可采用顶管法或水平定向钻法施工，跨河管道可采用沉管法施工。

11.6 施工总进度

11.6.1 编制施工总进度时，应与全线、分段、分区进度统筹考虑，根据我国施工管理水平和机械化程度，合理安排施工期。

11.6.2 施工总进度计划安排宜采用国内平均先进施工水平编制，并留有余地，均衡分配资源，同时应充分考虑业主及当地有关部门对施工工期的有关建议及要求，在施工进度安排中予以考虑。单项工程施工进度与施工总进度应相互协调，各项目施工程序应前后兼顾、衔接合理、干扰少、施工强度均衡。

11.6.3 施工总进度应突出关键工程、重要工程、技术复杂工程，并考虑大型施工设备的制造、运输、拆装、试运行的工期和

新筑堤坝沉降期、混凝土龄期及河渠改造期的行洪、排涝和输水、深埋长隧洞不良地质条件处理等因素。应明确准备工程起点时间，明确截流、下闸蓄水、掘进机（或盾构机）始发掘进、隧洞贯通、试通水或工程发挥效益和工程完工日期。

11.6.4 隧洞钻爆法开挖进尺可按循环作业时间进行分析和工程类比确定。掘进机开挖进度，可根据单位进尺、每天掘进时间和每月掘进天数，以及地质条件、掘进机的类型和工程类比分析确定。隧洞混凝土衬砌施工进度，可按每浇筑段时间分析和工程类比确定。

11.6.5 对于深埋长隧洞工程，当施工期补充地质勘察和超前地质预报揭示的地质条件与原勘察设计的地质条件差别较大时，应分析其对施工工期的影响，必要时可对施工工期进行动态调整。

12 建设征地与移民安置

12.1 一般规定

12.1.1 调水工程建设征地与移民安置应执行相关规定，减少征地移民数量，妥善安置移民的生产、生活，以保障工程顺利建设。

12.1.2 调水工程建设征地与移民安置规划设计主要内容应包括：确定建设征地范围，调查建设征地范围内各类实物，分析评价工程建设征地影响，对农村移民安置、城（集）镇迁建、企（事）业单位处理、专项设施处理、土地复垦等开展规划设计。

12.2 建设征地范围

12.2.1 调水工程包含水源水库或调蓄水库时，建设征地范围应包括工程建设区和水库淹没影响区；调水工程不包含水源水库或调蓄水库时，建设征地范围应为工程建设区。

12.2.2 调水工程建设用地按照用地性质应分为永久用地和临时用地。

12.3 实物调查

12.3.1 实物调查应遵循合法、客观、公正、公开、准确的原则。

12.3.2 应对工程建设征地范围内的农村、城（集）镇、企（事）业单位和专项设施等分别进行调查、统计。输水线路穿越城（集）镇时，应对涉及的地下公共设施、地下市政管道等市政设施等进行重点调查。

12.3.3 实物调查统计应符合下列要求：

- 1** 各类实物按水源工程、输水工程、调蓄工程分别统计。

- 2 各类实物按永久用地和临时用地分别统计。
- 3 各类实物按县级行政区划分别统计。
- 4 配合工程方案比选时，应对各比选方案的主要实物调查成果进行统计说明。

5 文物古迹和矿产资源压覆调查由项目法人或项目主管部门委托具备相应资质的单位会同主体设计单位共同进行。宗教设施应会同当地人民政府共同调查。

12.3.4 实物调查应满足不同设计阶段的深度要求，各比选方案应按同等深度要求进行调查。

12.3.5 应分析建设征地范围内主要实物和重要影响对象分布特征，评价建设征地影响。

12.4 移民安置规划

12.4.1 移民安置规划应包括农村移民安置、城（集）镇迁建、企（事）业单位处理、专项设施处理、库底清理等内容。

12.4.2 农村移民集中安置点选址应遵循因地制宜、有利生产、方便生活、保护生态的原则，并与当地乡村建设要求相适应。有条件的地方，可结合小城镇建设进行。

12.4.3 城（集）镇迁建规划应以现状为基础，根据建设征地影响程度，综合分析当地自然、经济、社会条件以及城（集）镇的性质和功能，明确迁建、功能恢复、撤销合并等处理方式。

12.4.4 企（事）业单位处理应包括企业单位、事业单位、国有农（林、牧、渔）场处理。个体工商户可参照企（事）业单位处理。

12.4.5 专项设施处理应符合相关规定，并根据各专项设施特点、受影响程度和移民安置需要，按照原规模、原标准或者恢复原功能的原则提出技术可行、经济合理的处理方式，明确复建、改建、新建、防护、一次性补偿等处理方式。

12.4.6 调水工程包含水源水库和调蓄水库工程的，应按规定开展库底清理规划设计。

12.5 土地复垦

12.5.1 土地复垦宜以按原地类恢复为原则，对未利用地宜恢复为耕地；对不能恢复原地类的土地以及损毁的未利用土地，宜按照因地制宜、农用地优先和符合当地土地利用规划的原则进行复垦。

12.5.2 应根据临时用地面积、土地利用现状、用途和使用期限编制土地复垦方案。土地复垦方案编制应符合 TD/T 1031、TD/T 1036 的相关规定。

13 环 境 保 护

13.1 一 般 规 定

13.1.1 调水工程环境保护应落实相关规划、规划环评及其审查意见等提出的各项环境保护要求，按照“先治污后通水”的原则编制输水河湖水质保护规划及受水区水污染防治规划。

13.1.2 调水工程方案布局应避让禁止开发的生态保护红线，确需占用环境敏感区的，应履行相关规定。

13.1.3 调水工程环境影响评价范围主要包括调出区（水源区）、输水线路区和受水区。应根据调水工程特性及区域环境特点，按 HJ/T 88 及环境要素评价相关规定等设置评价内容并进行预测评价，按 SL 492 的规定进行环境保护设计。

13.2 调水工程方案环境合理性评价

13.2.1 调水工程应按照先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水的“三先三后”原则，结合流域区域生态保护红线、环境质量底线、资源开发利用上线和生态环境准入清单的“三线一单”等约束条件，论证引调水规模、调水过程及水资源配置方案的环境合理性。从生态环境较为敏感或脆弱的水源区取水的调水工程，应开展基于生态约束下的可调水量研究，以支撑调水规模论证。

13.2.2 调水工程方案论证时，应综合调水工程与生态保护红线等重要环境敏感区的区位关系分析、工程建设运行对环境敏感区及生态环境的影响程度和范围，结合调出区调水河流水质安全及风险评估等，对调水水源及工程选线选址和工程布局等建设方案进行环境比选分析，并从环境角度提出推荐意见。

13.2.3 对采用河湖进行输水的调水工程，应开展输水线路河湖污染源调查、水质达标分析和水质安全比选论证，以保障供水水

质安全；对采用隧洞输水的引调水工程，特别是岩溶发育强烈地区，应根据各方案对地下水环境的影响程度进行比选论证。

13.3 环境现状调查与评价

13.3.1 环境现状调查与评价范围应涵盖工程直接影响和间接影响区域，主要包括调出区河流取水河段及上游、下游河段（含连通的水域）、输水线路区、受水区、淹没区及移民安置区和工程建设区（施工占地区）等。

13.3.2 应结合调水工程和影响地区的特点开展调查，各环境要素及其调查方法和范围，执行 HJ/T 88 中环境现状调查和评价的相关规定，重点调查评价下列内容：

1 工程涉及环境敏感区、生态保护红线及珍稀保护动植物及其栖息生境等环境敏感保护目标的基本情况。

2 调出区调水河流水源点上下游水质现状调查评价及周边污染源、风险源调查。水源区水质调查评价包括取水口、库区河段、入库支流等，风险源调查包括取水口上游及汇水区所有污染源。同时收集历史资料进行水质变化分析。

3 输水线路区河流、受水区退水受纳河流的水质现状调查评价及污染源调查。对于采用河湖输水的调水工程，应参照水源区水质调查评价要求，对所有河湖及上游河段或汇水支流开展调查、监测和评价。

4 调出区河流、输水河湖或输水线路穿越河流、受水区退水受纳河流及调蓄水体的水生生态现状。

5 调出区、输水线路区和受水区陆生生态及社会环境现状。

6 水源区和输水线路区涉及血吸虫病疫区时，宜调查并收集血吸虫病流行情况、钉螺分布等资料。

13.3.3 环境现状调查评价应总结分析工程区现状主要环境问题，识别环境保护目标和环境制约因素，环境保护目标重点包括水功能水质目标和下游生态环境敏感目标，并评价水源区、输水河湖水质能否满足供水水质目标要求。

13.3.4 对于分期建设的调水工程，宜开展和调水工程有关的已建工程环境影响回顾性评价。

13.4 环境影响预测评价

13.4.1 环境影响预测评价应按调出区、输水线路区及受水区等不同区域开展各环境要素的影响预测评价。

13.4.2 水文情势影响预测评价应包括下列重点内容：

1 应重点对调出区河湖、输水线路区及受水区等不同河流的水文情势变化进行预测，并重点对主要保护鱼类栖息地或涉水湿地等生态敏感河段及其他重要断面的水文要素变化进行分析。

2 考虑维持河流生态功能及鱼类产卵、湿地保护等敏感保护目标生态需求等，合理确定水源区调水河流取水断面及调蓄工程下游主要控制断面生态流量过程，开展生态流量满足程度评价，执行 SL/T 820 的相关规定。

13.4.3 水环境影响预测评价应包括下列重点内容：

1 水源区水质安全论证，应在取水口及其上游区域水质、污染源及风险源调查的基础上，考虑水源区经济社会发展新增污染影响及水库蓄水后水文情势变化，预测不同水文保证率下水源区取水水质变化并进行风险分析，分析其是否满足供水水质目标要求。水质预测评价因子主要考虑化学需氧量（COD）、氨氮、总氮和总磷等，也可根据周边污染源调查增加特征污染物。

2 输水河湖水质安全论证，应结合输水线路相关区域水污染防治规划，预测设计水平年输水河湖接纳污染源新增及消减情况，基于现状水质调查评价的背景值基础上，预测分析输水线路河渠交叉处、输水河湖及调蓄水体等的水质变化趋势，预测输水线路、输水调蓄湖（库）各主要控制节点水质状况，分析输水期间水质能否满足水质目标；对于兼具防洪排涝功能的输水河湖应注意初期雨水污染影响。

3 应预测水源区取水口下游减水河段及调入区河流水质变化，对水源区氮、磷浓度高于调入区的调水工程，应对调入区河

湖进行藻类及水华风险分析。

4 受水区新增排水对退水接纳水体水环境的影响，应结合受水区水污染防治规划及实施方案、考虑区域存量污染负荷削减及新增供水的污染负荷及其治理措施等因素进行预测评价；对污染严重的受水区应考虑治污效果不确定性及可能产生的水环境风险。

5 对长隧洞输水的调水工程，应论证隧洞施工对线路区地下水水位及水环境的影响范围和程度。

13.4.4 生态环境影响预测评价主要包括下列内容：

1 结合水文情势影响预测评价，考虑珍稀保护动植物生态习性及其与水文节律变化的响应关系，按照调出区、输水线路区和受水区开展生态环境影响预测评价。

2 对调出区河流生态，应通过预测下游减水河段保护鱼类等水生生物生境、生物多样性及资源量、湿地生态等的变化，分析调水后取水点下游河流生态系统演变和水文情势变化的关系，并重点关注枯水年枯水时段的不利影响程度。

3 陆生生态应重点预测施工占地、开挖及水库淹没对陆生生态及珍稀保护野生动植物及其生境的影响。

4 对于涉及灌区的调水工程应论证区域地下水水位变化后对土壤次生盐碱化的影响。

5 调水工程涉及血吸虫等疫源地时，应预测其扩散及其对人群健康的影响。

13.4.5 环境敏感区影响宜在工程可行性研究报告阶段开展专题评价工作，根据专题评价提出自然保护区、风景名胜区及重要湿地等环境敏感区影响预测或评价分析内容。

13.4.6 调水工程应综合分析各调水方案的环境影响，为调水方案综合比选提供环境支撑。

13.5 环境保护措施

13.5.1 调水工程应针对环境产生的不利影响，采取避让、减

缓、修复、补偿、管理、监测、科研等对策措施。

13.5.2 枯水期调水后不能满足水源区下游取水、生态环境需水要求时，应提出调水避让要求。

13.5.3 水环境保护措施应主要包括下列内容：

1 水源区和输水线路区应依法划定饮用水水源保护区，并采取物理隔离或生物隔离等防护措施，提出水源及其上游区水污染控制措施。

2 对输水河湖及调蓄水库，应结合区域污染防治规划，提出采取截污导流、湿地生态处理、面源控制和内源治理等水环境综合整治措施。

3 长隧洞输水工程应根据施工期隧洞排水水量及水质预测，开展隧洞排水处理工艺方案比选及效果分析，对禁止排放区域应根据实际情况采取深度处理或导排等措施。

13.5.4 生态保护措施应主要包括下列内容：

1 制定水源水库或取水断面以及调蓄水库下泄生态流量保障措施，主要包括生态流量泄放设施和生态调度方案。对取水口下游生态环境的不利影响可制定合理的生态调度方案以及采取其他补偿措施。

2 鱼类保护措施体系主要包括拦鱼设施、栖息地保护、过鱼设施及鱼类增殖放流等措施。

3 对珍稀濒危保护植物等造成影响的，应采取工程措施就地防护或异地移栽等措施。对珍稀濒危等野生保护动物及其生境造成影响的，应提出优化设计和调度、救助、构建动物廊道或生境重建等措施。

13.5.5 针对自然保护区、风景名胜区等环境敏感区产生的不利影响，应提出减缓、修复或补偿措施。

13.6 环境管理与监测计划

13.6.1 调水工程应针对水源区、输水线路区及受水区环境影响特点制定环境管理方案，提出施工期项目建设单位环境管理机构

设置、运行期环境管理机构设置及环境管理制度和实施方案。

13.6.2 水质监测应明确调出区河湖、输水线路及各分水口门等重要节点的水质监测方案，包括设置自动监测设备的站点和监测因子。

13.6.3 生态流量监控应明确生态流量泄放的在线监测及调度管理措施等内容。

13.6.4 生态监测应重点提出过鱼、增殖放流、生物多样性保护、湿地修复等重大环保措施效果监测和评估要求；制定调出区河湖及重要环境敏感区生态环境变化跟踪监测计划。

14 水土保持

14.1 一般规定

14.1.1 调水工程水土保持设计应坚持生态优先的原则，遵循优化主体工程设计，节约土地资源，优先综合利用开挖土石方量减少弃渣量，优先保护、利用与建设植被的设计理念，进行主体工程评价和水土保持措施布局。

14.1.2 调水工程水土保持设计主要内容应包括防治责任范围与防治分区、主体工程水土保持评价、水土流失影响分析与预测、弃渣场设计、表土保护与利用设计、水土保持工程设计和水土保持监测设计。调水工程水土保持设计应在调查勘测的基础上开展。

14.1.3 调水工程的水土流失防治标准、水土保持工程级别和设计标准，以及措施布局，应根据线性工程特点，针对线路具体条件确定。

14.2 水土保持调查与勘测

14.2.1 水土保持调查内容主要应包括区域经济社会情况、地形地貌、区域地质、水文气象、土壤、植被、表土资源、水土流失现状，以及水土保持区划、水土流失重点预防区和重点治理区的划分情况、其他水土保持敏感区分布情况等。

14.2.2 输水线路区水土流失现状调查的方法可以遥感、无人机调查为主，结合收集资料和实地调查等方法。

14.2.3 应对 4 级及以上弃渣场进行地质勘察，勘察范围包括弃渣场场区和防护建（构）筑物区，勘察内容和方法应符合 GB/T 51297 的规定。

14.3 主体工程水土保持评价

14.3.1 调水工程水土保持评价应包括水土保持制约性因素评价

及主体工程选址、总体布局与建筑物型式、施工组织设计、工程征占地等合理性评价，以及主体工程具有水土保持功能措施的评价。

14.3.2 应根据调水工程总体布局与工程设计，针对调水工程所涉及的水土流失重点预防区和重点治理区、水土保持敏感区等，进行水土保持制约性因素评价，明确评价结论。

14.3.3 对穿越山区、丘陵区工程，应从减少扰动原地表、损坏植被面积、弃渣量等方面，对主体工程总体布局和建筑物型式进行合理性评价，避免深挖、高填、高陡边坡工程。

14.3.4 应从保护生态角度，评价施工方法的合理性，减少工程开挖扰动原地表与损坏原植被的范围；评价土石方平衡的合理性，加强工程开挖土石方量的回填利用及弃渣综合利用，减少弃渣量，并提出进行工程弃渣减量化分析和弃渣综合利用方案。

14.3.5 应评价主体工程中具有水土保持功能的措施是否符合水土保持要求。

14.4 水土流失防治责任范围及防治分区

14.4.1 应根据调水工程的征占地及扰动地表范围界定水土流失防治责任范围。

14.4.2 应按地形地貌、气候等自然条件或工程布局划分一级分区，按工程布置、施工布置、移民安置与专项设施复建工程布置划分二级分区，情况复杂时可划分三级分区。

14.5 水土流失影响分析与预测

14.5.1 调水工程水土流失影响分析内容应包括工程弃渣量分析和扰动原地表、损毁植被面积的分析；水土流失预测内容应包括土壤流失量预测和水土流失危害分析。

14.5.2 应根据工程沿线的自然条件和工程特点，划分预测单元，进行土壤流失量的预测。

14.5.3 预测总时段应划分为施工准备期、施工期和自然恢复

期，对于施工准备期短的工程段，施工期可包含施工准备期。各预测单元的预测时段应按各工程段的实际扰动时间确定。

14.6 弃渣场设计

14.6.1 应根据引调水工程区地形地貌提出弃渣场选址原则，弃渣场选址应避开水土保持敏感区及其他禁止弃渣的区域，并减少占用耕地和林地。

14.6.2 弃渣场排洪和防洪标准应根据弃渣场级别确定。上游有汇水面积的沟道型弃渣场，应提出弃渣场排洪标准确定的原则。

14.6.3 弃渣场应进行整体稳定与边坡稳定分析计算，并根据弃渣场类型、场地条件确定稳定计算的内容。

14.7 表土保护与利用设计

14.7.1 表土剥离与利用应重点分析穿越山区工程段表土分布范围和分布厚度、可剥离数量，以及表土的利用方向和利用数量。

14.7.2 应分工程段进行表土剥离与利用量的平衡分析，明确自身表土不足防治区的表土来源。

14.7.3 应明确各防治区表土的堆存位置，以及不需要剥离、可就地保护表土的分布及保护措施。

14.8 水土保持工程设计

14.8.1 应根据 GB/T 50434 的规定确定水土保持防治标准等级和防治指标值，根据 GB 51018 的规定确定水土保持工程级别和设计标准。

14.8.2 应根据调出区、输水线路区和调入区地形地貌、水土流失特点，按划定的防治分区选择合理的工程措施、植物措施、临时措施进行水土流失防治，提出有针对性水土流失防治总体布局 and 措施体系。

14.8.3 应根据调出区、输水线路区和调入区地形地貌特点，结合各工程区（段）生态功能需求，拟定植被恢复与建设工程

布局。

14.8.4 应根据工程沿线立地条件，合理选择植物种类，调水工程的各类建筑物按植被恢复与建设工程的级别与设计标准开展植物配置与设计。在主体工程设计安全的条件下，应对开挖、填筑边坡布置边坡绿化措施。

14.8.5 应根据弃渣场规模、地形地貌条件和建筑材料，选择技术经济合理的拦挡工程和排洪（水）工程建（构）筑物型式。弃渣场堆渣前应清除影响弃渣场稳定的场区树木。

14.8.6 对于大型弃渣场，应根据弃渣场的安全风险，提出安全监测设计方案。

14.8.7 应根据调水工程的特点，设置临时性防护措施，以减少水土流失及对原地貌的破坏。

14.9 水土保持监测和管理

14.9.1 水土保持监测应明确监测项目、内容、方法、时段、频次，进行监测点的布置，并结合调水工程特点制定合理可行的水土保持监测计划。

14.9.2 监测方法应利用遥感、航测等新技术、新方法，配合定位观测、实地调查和巡查等开展。

14.9.3 水土保持工程管理应以建设期管理为主，提出建设单位水土保持管理机构与人员的设置与职责，以及各参建单位的职责，重点提出弃渣场的选址、运输、堆置、防护工程、安全等全过程管理设计。

14.9.4 应提出永久征地范围内的水土保持设施运行期的维护管理方案，重点对建筑物区景观绿化工程和永久征地范围内的弃渣场进行维护管理。

15 劳动安全与工业卫生

15.1 一般规定

15.1.1 劳动安全与工业卫生设计应根据设计阶段的要求，阐明设计原则、设计方案，分析和预测可能存在的危险、有害因素的种类和危害程度，提出合理可行的安全对策及措施。

15.1.2 工程设计中所选用的设备和材料均应符合有关劳动安全与工业卫生标准的规定。

15.1.3 调水工程的劳动安全与工业卫生设计，以及安全标志与安全色的设置应符合 GB 50706 的有关规定。

15.2 劳动安全

15.2.1 隧洞施工过程中，应提前做好地质、地下水的预报，做好及时支护，及时排水，做好防塌方、防涌水的预案，确保施工人员安全。

15.2.2 长距离输水隧洞设计应考虑运行期工作人员进洞所必需的通风、交通、排水措施。

15.2.3 输水管道上的掺气孔（阀）和通气孔（阀）的孔口，不应指向工作人员工作或经常通行的部位。管道检修孔口设置应考虑进入方便程度、通风等因素。

15.2.4 架空高度大于 2 m 的渡槽应设置栏杆防护设施。

15.3 工业卫生

15.3.1 对泵站机组、柴油发电机等可能产生噪声和振动的设施，应采取相应的降噪、减振措施。

15.3.2 长距离输水管道和隧洞检修通道设计应考虑运行维护所需的照明设施。

16 节能设计

16.1 一般规定

16.1.1 调水工程设计应体现节约能源的原则，节能与技术要求应统一。

16.1.2 调水工程的节能设计应根据调水工程所在地自然条件、工程任务与规模、工程所在地能源供应状况、国家和地方制定的节能中长期规划和节能目标等，合理确定工程节能设计原则，还应符合水利工程有关节能设计规定。

16.1.3 调水工程的节能设计内容应包括总体布置、建筑物、机电设备及金属结构、施工方案、工程管理、节能评价等方面。

16.2 总体布置节能

16.2.1 调水工程总体布置应将节能降耗作为布置方案的比选条件之一。输水线路布置应考虑取水点的取水条件、取水点与受水点的天然落差、输水沿线的地形条件，合理选择线路布置形式。

16.2.2 调水工程总体布置宜减少水头和水量损失以节约能源，在条件许可时宜优先采用自流引水方式，并对工程布置和水力糙率选择进行优化。对具备设置条件的余能回收电站应开展论证。

16.2.3 采用泵站提水时，应结合泵站布置、地形、地质条件等，合理确定泵站提水扬程，减小管网运行水力损失。泵站的布置应紧凑，便于管理，并应综合考虑工程投资和运行管理费用等因素进行方案比选。

16.3 建筑物节能

16.3.1 应根据当地自然环境、不同建筑物的使用目的及使用要求等确定各类建筑物的节能设计原则，应对工程量、水力损失、能耗量等进行比较，合理确定各类建筑物的节能要求。

16.3.2 调水工程的生产用房及其辅助用房、管理用房等建筑物的采光、供电、照明、通风与空气调节系统等节能设计应符合有关标准要求。在技术和经济合理的基础上，宜利用地热、太阳能和风能等可再生资源。

16.3.3 地下建筑物应考虑机电设备和人员所需要的运行环境、空气温度、湿度及采光等要求，通过优化设计实现节能目标。

16.4 机电及金属结构节能

16.4.1 水力机械设备节能设计应遵循下列原则：

1 应根据工程特点、设备使用基本条件，通过节能降耗、技术经济综合分析，确定主要设备的规格型式、技术参数、能效指标和设计方案。

2 水力机械及其辅助设备应满足设备能耗限定值和节能指标相关规定，优先选用技术成熟、性能先进、符合国家规定标准的高效节能产品，并根据厂房布置条件、工程地质、地形条件等因素合理确定。当采用非标设备时，其能效指标应经过必要的论证和优化。

3 具有多种泵型可供选择时，应综合分析水泵效率、工程投资和运行费用等因素择优确定。需要进行研制开发的水泵应考虑模型试验。

16.4.2 电气设备节能设计应遵循下列原则：

1 应根据工程特点、使用基本条件及使用目的等，通过节能降耗、技术经济综合分析，确定电气设计方案和主要设备位置、型式、技术参数及能效指标。

2 电气设备应满足设备能耗限定值和节能指标相关规定，优先选用技术成熟、性能先进、符合国家规定标准的高效节能产品。

3 变压器优先选用符合国家规定标准的低损耗系列产品，并选择合理的冷却方式。

4 电气设备控制应合理选择所需要的控制方式及其控制

设备。

16.4.3 金属结构设备节能设计应遵循下列原则：

1 应包括各类以电动机驱动或液压驱动的闸门。应合理选择闸门及其支承型式、支承材料和材质；应合理布置启闭机位置，并应优化启闭机容量、扬程、行程和启动方式。

2 寒冷地区的闸站排冰、防冻设计应满足长期、安全、可靠和节能运行的要求。

3 根据污物及进水流道型式，应合理选择清污设备型式及节能的运行方式。

16.4.4 暖通空调及给排水系统节能设计应遵循下列原则：

1 通风、集中采暖、空气调节及给排水系统的节能设计，应符合民用建筑节能管理相关规定和公共建筑节能设计标准要求。

2 管理用房采暖、生活热水设计宜考虑地热、太阳能、风能等可再生资源，并应优先考虑热水作为采暖热媒。泵站主厂房应利用电动机热风采暖，副厂房采暖设备应采用高效节能产品。

3 条件允许时应优先采用自然通风。机械通风应根据建筑物运行环境要求，优先选择符合国家规定标准的高效节能型风机。

16.5 施工方案节能

16.5.1 施工总布置设计应结合调水工程总体布置特点，综合分析施工条件和工程所在地区社会、自然条件等因素，处理好施工节能与施工场地布局的关系，合理确定并统筹规划为工程施工服务的各种临时设施。

16.5.2 施工分区规划、导流方案、施工进度均应考虑施工节能的要求。

16.5.3 主体工程施工方法选择应符合节能要求，施工设备选择应满足施工方法、进度、质量和安全的要求，设备及配套设施应高效、低能耗。对高海拔、严寒地区的施工节能措施，必要时可

进行专题研究。

16.6 工程管理节能

16.6.1 工程管理设施应节能、高效，其配置应少而精；改扩建工程应利用现有管理设施。系统、存储、网络、通信、通风、空调等工程管理设备应采用高效节能型设备。

16.6.2 在满足功能要求的条件下，应优化工程运用调度方案。

16.6.3 调水工程应对主要设备和系统进行能耗计量和监测。用能计量应符合有关规定。

16.7 节能效果综合评价

16.7.1 工程用能应包括施工期用能和运行期用能。工程设计时应分别明确其用能品种、来源和用能总量。

16.7.2 工程建设施工期、投产后运行期的能耗总量单位应以标准煤计。

16.7.3 能效水平评估应将工程的综合能耗指标与有关规定的国内生产总值能耗综合指标进行对比，做出综合评价。

17 工 程 管 理

17.1 一 般 规 定

17.1.1 调水工程管理设计内容应包括管理单位组建方案、外部隶属关系、管理体制、机构设置、人员编制、工程管理设施设备、工程管理范围和保护范围、调度运行管理等，应与主体工程设计同步进行。

17.1.2 管理设施设备应具有先进性，符合有关标准要求，安全可靠、经济实用、便于操作；改扩建工程应利用现有的管理设施，按照相关要求完善管理设计。

17.2 管理体制、机构设置和人员编制

17.2.1 调水工程管理设计应统筹考虑区域间、流域间协调要求，在总结现有建设模式的基础上，根据调水工程任务和管理单位收益状况等，分析确定调水工程管理单位类别和性质。

17.2.2 调水工程建设期和运行期的管理体制应根据相关规定，结合调水工程特点、规模、供水对象、工程布置、行政区划、资金筹措方式、管理单位性质等确定，管理机构宜分级设置，并明确相应的职责和权利。

17.2.3 应根据调水工程规模、线路长度、工程布置和机构设置方案，按照精简高效、管养分离、集约管理等原则，统筹考虑工程信息化、自动化、现代化管理要求，鼓励一人多岗，合理确定管理单位岗位设置和人员编制。

17.3 工程管理范围和保护范围

17.3.1 工程管理范围应按照保障安全、节约用地、利于管理的原则确定，并应符合下列规定：

- 1** 水库、泵站、交叉建筑物、水闸工程管理范围应按照有

关标准确定。

2 输水明渠工程管理范围应为渠道开口线或堤外坡脚线以外合理距离，按工程规模并根据实际情况需要确定。

3 倒虹吸、暗渠、渡槽、涵洞等建筑物的工程管理范围，应为各建筑物上游、下游防护工程、建筑物各组成部分的覆盖范围，两侧为建筑物外轮廓线以外合理距离，按工程规模并根据实际情况需要确定。

4 隧洞工程管理范围进出口应为渐变段外轮廓线，进口、出口两侧为建筑物轮廓线外合理距离，按工程规模并根据实际情况需要确定。

5 利用现有河道、湖泊的，其管理范围应与所在地河湖管理范围规定和要求相协调。

17.3.2 调水工程管理范围应与穿越的轨道交通、铁路、公路、堤防、重要地下管线等有关管理范围相协调。

17.3.3 调水工程应在管理范围以外划定工程保护范围。隧洞和暗涵根据工程需要划定工程保护范围。

17.3.4 应根据工程管理的要求和相关规定，明确管理范围的管理要求和保护范围的限制要求。应对工程管理范围禁止从事的活动、土地的保护性开发工作，保护范围内禁止或者限制从事的活动等提出要求。输送饮用水的或周边人类活动频繁的人工明渠区段，应设置隔离防护设施。

17.4 工程 管理 设施

17.4.1 应按照有利管理、方便生活、经济适用的原则，综合分析、合理确定管理用房建筑面积、建设标准和征地面积，确定工程管理所需的生产办公、文化福利用电电源及供水设施，管理单位办公、生产和生活设施等用房设计应符合相关规定。

17.4.2 应根据工程等级、规模、机构设置配备必要的交通设施和管理道路。应根据调水工程管理的需要，确定对外交通道路和内部管理道路建设要求，以及必要的对外交通、内部交通设施。

17.4.3 生产、生活区的庭院工程和环境绿化美化设施，应通过庭院总体规划和建筑布局合理确定。

17.4.4 提出其他管理设施及维护设施的内容和数量。

17.5 运行管理

17.5.1 应明确工程日常维护、安全监测、调度运行等方面的管理内容；应明确工程主要建筑物和设施的操作要点，提出主要建筑物维护、检修的条件和技术要求。

17.5.2 应根据 SL/T 722 的有关规定，提出闸门和启闭机的安全运行管理要求。

17.5.3 应提出工程监测要求和各监测项目的监测技术要求；对改扩建工程，应提出对原有监测设施的保护措施或更新改造方案，保持监测数据的连续性。

17.5.4 应提出供用水管理要求。

17.5.5 应明确工程水量调度主要原则和管理权限，服从流域防洪调度，与重大水利枢纽、流域水资源统一调度相协调。

17.5.6 应在工程财务评价的基础上，提出工程运行初期和正常运行期间所需要的年运行管理费用、经费来源和水费征收办法。

18 数字孪生工程

18.1 一般规定

18.1.1 数字孪生调水工程建设方案应与工程的规模、调度运行方式、监控对象数量等相匹配。

18.1.2 数字孪生调水工程的应用功能应依据工程建设期、运行期的建设和管理需求设计。系统交换接入或监测采集的各类专业信息应能支撑数字孪生调水工程的各项应用功能。

18.1.3 数字孪生调水工程应构建在工程各类自动化监控系统之上，用于工程的仿真分析、调度决策支持、运行维护和信息资源管理。

18.1.4 数字孪生调水工程的开发建设应采用建筑信息模型（BIM）、地理信息系统（GIS）等信息技术；建设和运行管理需要的定位、时钟、导航等服务功能应采用北斗卫星导航系统。

18.1.5 数字孪生调水工程应与工程关联流域的数字孪生平台（系统）相衔接，共享相关信息。

18.2 系统体系结构

18.2.1 调水工程宜设置工程集控中心，并采用全线集中监控运行方式。含全线集中监控层、现地集中控制层在内，工程监控层级不宜超过 3 级。当控制对象少或工程线路短时，不宜超过 2 级。集控中心的布置和集中控制系统的部署方案应通过技术经济比选确定。

18.2.2 当工程规模大且可分区（段）调度运行管理时，可结合沿线控制建筑物或分区（段）的运行管理机构部署集控分中心的工控系统，各分中心共用的管理信息系统宜集中部署。

18.2.3 承担城镇供水任务且无在线调蓄能力的大（1）型、超长距离调水工程宜设置备用集中控制系统，且宜结合沿线工程设

施部署。

18.2.4 系统采用的架构、技术标准和协议应便于系统或平台之间便捷地交换数据和互操作，且应保证系统安全、利于系统运行维护。

18.2.5 调水工程建设期和运行期的信息基础设施、平台可统筹设计。建设期系统的设计宜采用灵活通用、敏捷高效、易于部署和配置的轻量化软件框架。运行期系统应注重高可用性和高安全性。

18.3 系统功能

18.3.1 工程建设期宜通过建设管理系统（平台）对施工安全、施工质量、施工进度和投资完成情况全过程、全要素进行记录和监督管理。

18.3.2 工程建设管理系统（平台）应对施工期雨水情进行监视并具备预报、预警功能，对主要施工机械设备进行安全作业监视。

18.3.3 工程运行期系统宜对工程运行状态进行监测、监视、控制和仿真分析（在线/离线），对工程本体的运行状态、调度方案（含工程预案）进行仿真预演。工程以现地运行控制为主要运行方式的，其信息系统功能定位宜以工程运行监视和工程调度为主。

18.3.4 宜结合工程实际运行需求对取水建筑物及工程干线沿线的节制闸、分水闸（阀）、调流阀实施远程集中控制。工程干线其他闸（阀）、支线及以下输水线路沿线的闸（阀）状态，可结合工程具体情况确定是否纳入监视、控制范围。

18.3.5 工程的集控中心（分中心、备用集控中心）应实现对重要机电及金属结构设备、重要建筑物的高清视频监视，并与工程主要设备操作、火灾报警、安防等系统的信号实现联动。

18.3.6 系统应具备工程运行状态评价功能，并宜对工程重要建筑物、机电设备的安全状态进行预测。

18.3.7 工程水量调度的仿真分析计算宜提供单一或多目标下的最优调度决策方案。

18.3.8 工程现地监控系统的上行信息宜直接传送至集控中心，涉及工程安全的重要状态信息应有备用通信通道。

18.3.9 调水工程宜配置移动巡查、巡检系统。

18.3.10 数字孪生调水工程应具备向外部系统共享公共信息的服务能力。

18.4 系 统 性 能

18.4.1 信息系统应具备高可用性、伸缩性和扩展性，且有高的设备资源利用率。

18.4.2 系统响应速度应满足工程运行要求，实时应用系统的人机交互界面加载刷新最大等待时间不应超过 3 s。

18.4.3 计算机网络设备及应用服务应具备高可靠性，平均故障间隔时间（MTBF）不小于 10000 h，平均修复时间（MTTR）不大于 72 h。

18.4.4 信息系统可用率应不小于 99%。

18.4.5 系统应满足至少 5 个调水年度核心业务的数据存储容量。工程的调度控制指令、建筑物运行状态参数、机电设备运行状态参数宜长期保存。

18.5 通信传输及网络

18.5.1 调水工程骨干通信网络组网方案应结合工程布置、网络承载业务类型和业务量等，经技术经济比选确定。大容量、远距离的通信传输应考虑利用公共通信资源。

18.5.2 通信网络接入层、汇聚层宜采用星型或树形网络结构，通信网络核心层（骨干传输网）宜采用环形或网状结构。系统通信节点数小于 5 时，可简化网络拓扑结构。

18.5.3 工程骨干通信光缆宜沿输水线路敷设，应根据输水线路型式、安装环境选择安全、经济的敷设方式，包括架空敷设、穿

管理设、隧洞设计水面线以上吊装等方式。有条件时，也可采用工程专用电力线路的光纤复合架空地线（OPGW）或光纤复合架空相线（OPPC）作为通信通道。

18.5.4 工程沿线孤立的小数据量通信站点可采用无线移动公网、北斗卫星或其他长距离、低功耗无线通信方式。

18.5.5 工程语音调度系统应覆盖工程沿线有人值班的站点。当站点有网络通信条件时，宜配置基于软交换的语音通信系统。

18.5.6 应配置通信传输及计算机网络管理系统。

18.6 网 络 安 全

18.6.1 工程通信传输及计算机网络应按照安全分区、横向隔离、纵向认证的原则进行设计。

18.6.2 宜将单个业务应用完整地置于一个安全区内。当单个业务应用跨不同安全分区通信时，应通过安全隔离网关通信。

18.6.3 应按照 GB/T 22240 的规定确定系统网络安全等级保护的级别，保护基本要求应满足 GB/T 22239 的规定。

18.6.4 承载实时控制业务的控制子网应按照工控网络防护要求进行安全防护设计，可包括设置工控漏洞扫描系统、工业防火墙、工业隔离网关、主机加固，杀毒软件等安全措施。

18.6.5 管理信息子网应配置认证系统、硬件防火墙、漏洞扫描、安全审计、入侵防御系统、杀毒软件等安全措施。

18.6.6 系统应建设数据备份及灾难恢复系统，灾难恢复系统应按 GB/T 20988 的相关规定设计。

18.6.7 数字孪生调水工程应按照信息系统密码应用要求同步开展密码应用设计。

18.7 运 行 实 体 环 境

18.7.1 工程中具备远程控制功能的集控中心、分中心宜配置用于运行监视的大屏幕显示系统。

18.7.2 集控中心用于运行操作的工控系统终端设备应冗余配

置；管理信息系统的终端设备应根据系统业务规模设置，终端设备数量不宜超过 6 台。

18.7.3 工程视频会议系统宜覆盖集控中心、分中心、备用集控中心，视频会议系统应按照 GB 50635 的相关规定设计。

18.7.4 余能回收电站的集中监视及控制宜设置在电站中控室。

18.7.5 工程各级集控中心的机房应按照 GB 50174 的相关规定设计。

18.7.6 工程集控中心、分中心、备用集控中心通信机房和沿线重要通信站点机房应设置电子门禁。

19 工 程 投 资

19.1 一 般 规 定

19.1.1 调水工程投资主要指标包括工程部分投资、建设征地移民补偿投资、环境保护工程投资、水土保持工程投资、静态总投资、价差预备费、建设期融资利息、总投资等。

19.1.2 调水工程可按整体工程统一确定投资，也可综合考虑行政区划及工程类别等因素，按行政区划或工程类别分别确定工程投资。

19.2 编 制 方 法

19.2.1 工程部分概（估）算的编制应符合下列规定：

1 依据水利工程设计概（估）算编制规定和相关定额确定工程部分投资，其中涉及其他行业的单项工程，可依据相应行业的费用标准和定额确定投资。

2 根据工程规模和工程属性确定工程类别。大型水源工程按枢纽工程类别，其他水源工程按引水工程类别。输水线路上的渠道、管道、泵站、水闸、渡槽、隧洞、箱涵、暗渠、倒虹吸、调蓄水库、电站、其他渠系建筑物和交叉建筑物等一般列入引水工程类别，其中工程规模满足水利工程设计概（估）算编制规定要求的泵站、调蓄水库等独立建筑物和其他重要建筑物，列入枢纽工程类别。

3 基础单价可按整体工程统一综合确定，也可按行政区划或工程类别分段确定。

4 根据工程设计，按照水利工程设计概（估）算编制规定的要求确定项目划分。工程部分应列示建筑工程、机电设备及安装工程、金属结构设备及安装工程、输水管道设备及安装工程、临时工程、独立费用、基本预备费等项目投资。

19.2.2 建设征地移民补偿概（估）算的编制应符合下列规定：

1 依据相关规定，以实物调查成果和移民安置规划成果为基础进行编制。

2 征地移民补偿费用概（估）算项目划分为农村部分、城（集）镇部分、企（事）业单位、专项设施、库底清理、其他费用以及预备费、有关税费等部分。

3 对建设征地范围跨省（自治区、直辖市）的调水工程，征地移民补偿费用概（估）算应分省（自治区、直辖市）编制。对同一省（自治区、直辖市）域范围内跨多个市（州）的，应分市（州）分别编制。

19.2.3 环境保护工程概（估）算的编制应符合下列规定：

1 依据有关规定进行编制。

2 调水工程环境保护投资可按行政区划或水源工程、输水工程等工程类别计列投资，计列方式与主体工程投资一致。

19.2.4 水土保持工程概（估）算的编制应符合下列规定：

1 应依据水土保持相关规定编制。

2 调水工程水土保持投资可按行政区划或工程类别分别计列投资，具体计列方式与主体工程投资一致。

3 当行政区基础单价存在差异时，可统一计算综合基础单价，也可按行政区分别计算基础单价。水土保持补偿费应按行政区分别计列。

19.2.5 建设征地移民补偿、环境保护、水土保持等投资，应与工程部分投资一起汇总后列入项目总投资。

20 经济评价

20.1 国民经济评价

20.1.1 调水工程的年运行费应包括调水专用工程、共用工程中调水分摊部分以及利用的已有工程因调水而增加的年运行费。应分别计算工程运行初期和正常运行期的年运行费。

20.1.2 具有综合利用功能的调水工程，应根据需要进行各项功能之间的费用分摊，以及主要供水地区或供水部门之间的费用分摊。

20.1.3 调水工程经济效益应按照有、无项目对比可获得的直接效益计算，具体效益计算方法应符合 SL 72 的规定。

20.1.4 应根据受水区需水量增长情况，工程供水能力及配套程度，分别计算项目运行初期及正常运行期的供水效益。对社会、生态和环境效益宜量化，难以量化的可定性分析。没有采取补偿措施的不利影响应计入负效益。

20.1.5 具有综合利用功能的调水工程，除应对整体项目进行国民经济评价外，还应针对调水部分进行评价，必要时应对其他功能、主要供水目标或地区进行国民经济评价。

20.2 财务评价与资金筹措方案

20.2.1 工程投资及成本费用除应按功能分摊外，还应根据评价需要分段和在不同地区、不同用水户之间进行分摊。

20.2.2 调水工程应对整体工程进行供水成本测算。必要时应对各重要节点进行供水成本测算。

20.2.3 应根据用水户（或用水地区）的经济状况，分析测算可承受水价。

20.2.4 应按照“补偿成本、合理收益、优质优价、公平负担”的原则，结合工程供水成本、用户可承受水价等，进行整体工

程、重要节点以及主要用水户的水价测算，并对测算水价的可行性进行分析。

20.2.5 贷款能力测算，应根据贷款来源及还款条件，测算不同工程供水价格情况下，项目资本金与债务资金比例。对于工程供水价格，可参照《水利工程供水价格管理办法》有关规定分析确定。

20.2.6 对准公益性调水工程，应根据权益投资者不同的预期报酬率要求，测算资本金中政府资本金与企业资本金的比例。

20.2.7 在贷款能力测算成果的基础上，应根据工程财务状况和各投资者的出资能力，综合考虑投资分摊结果等因素，拟定资金筹措方案。

20.2.8 调水工程除进行整体工程财务评价，分期建设时，还应对分期工程进行财务评价。必要时，可针对独立核算管理单位进行财务评价。

20.2.9 应考虑受水区用水增长情况，预测工程运行初期及正常运行期的水费收入。应对工程运行初期的财务生存能力进行分析，提出维持工程运行的措施。

20.2.10 对于以社会公益性质为主，国民经济效益及社会效益显著的调水工程，当财务收入不能维持工程正常运行时，应提出维持工程正常运行的水价标准或财务补贴措施。

20.3 不确定性分析和风险分析

20.3.1 调水工程应进行不确定性分析，并以敏感性分析为主。

20.3.2 调水工程应进行风险分析。财务风险和经济风险可在敏感性分析的基础上进行。应根据风险评价的结果，提出规避、控制与防范风险的措施。

20.4 综合评价

20.4.1 应在国民经济评价的基础上，根据调水工程涉及的各项社会因素，采取定量和定性分析相结合的方法，从国家及地方的

角度，进行社会效益分析及评价。

20.4.2 应在国民经济评价和财务评价的基础上，根据工程投资规模及分期建设情况，调入区水资源紧缺对经济发展的影响，从工程的经济效益、社会效益、环境效益、生态效益和工程运行财务指标等方面对工程进行综合评价。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应	
宜	允许稍微有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

标准历次版本编写者信息

SL 430—2008

本标准主编单位：水利部南水北调规划设计管理局

本标准参编单位：中水北方勘测设计研究有限责任公司
深圳市水利规划设计院

本标准主要起草人：张国良 高安泽 祝瑞祥 王宏斌
郑永良 牛万军 宋新峰 姚建文
郝福良 张怀军 徐建闽 程大珍
欧阳晓红 任东红 何广海 刘冰营
张士杰 刘澜文 张左强 周梁山
张功权 陈洪蛟 王晓全 李加水
刘 卫 李明强 陈宝中 张艳春

中华人民共和国水利行业标准

调水工程设计导则

SL/T 430—2024

条 文 说 明

修 订 说 明

SL/T 430—2024《调水工程设计导则》，经水利部 2024 年 7 月 25 日以第 15 号公告批准发布。

本标准在修订过程中，编制组根据新时代水利高质量发展对调水工程设计的要求，总结了多年来我国调水工程规划设计、建设和运行中的实践经验和存在问题，积极贯彻落实“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路和“确有需要、生态安全、可以持续”的水利工程论证原则，以及“先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水”的调水工程建设要求，对原标准进行了全面的修订。修订后的标准，融合了调水工程建设的新理念、新要求，体现了近年来调水技术发展的新成果，拓展了调水工程规划设计的各专业要求，同时兼顾了现行相关国家标准、行业标准的衔接与协调。

为便于调水工程规划、勘测、设计人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《调水工程设计导则》编制组编制了本标准的条文说明，对修订《调水工程设计导则》的目的、依据以及修订、新增条款缘由进行了说明。本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	96
2	术语	99
3	调水工程建设必要性和任务	100
4	水文	102
5	工程地质	106
6	水资源供需分析与配置	108
7	工程总体布局及工程规模	119
8	节水评价	127
9	工程布置及建筑物	131
10	机电及金属结构	181
11	施工组织设计	191
12	建设征地与移民安置	202
13	环境保护	204
14	水土保持	207
15	劳动安全与工业卫生	213
16	节能设计	214
17	工程管理	219
18	数字孪生工程	222
19	工程投资	228
20	经济评价	230

1 总 则

1.0.1 在原标准基础上，编制目的增加了规范调水工程设计技术要求的内容。新中国成立以来，我国已修建了近 300 座调水工程，自 SL 430—2008《调水工程设计导则》颁布以来，随着南水北调东、中线工程的建设，我国各地大型调水工程建设也迎来建设高峰，调水工程技术快速发展，调水工程经验不断丰富。本次修订《调水工程设计导则》的目的，就是通过总结已建调水工程的经验和教训，进一步规范调水工程的设计原则和内容，重点提出调水工程总体设计的技术要求，用于指导调水工程设计。

1.0.2 本条提出了本导则的适用范围主要针对大中型调水工程。“大中型”调水工程的划分标准见 SL 252《水利水电工程等级划分及洪水标准》。

1.0.3 将原标准 1.0.2 条、1.0.3 条、1.0.4 条和 1.0.6 条进行合并，将条变为款，补充了第 1 款需要符合区域综合规划和水资源规划对流域水资源开发利用与保护的要求。增加了本条明确了调水工程设计需要依据的有关上位规划。调水工程设计必须遵守《中华人民共和国水法》等相关法律法规，服从国家和区域经济社会发展的战略部署和产业政策，符合有关规划的要求。流域（区域）综合规划是根据经济社会发展需要和水资源开发利用现状编制的开发、利用、节约、保护水资源和防治水害的总体部署；水资源规划是符合流域综合规划总体安排的专业规划。开展设计的调水工程一般是上述规划所确定规划目标的具体工程项目，因此调水工程设计必须符合上述有关规划的安排。

跨流域、跨区域调水工程是水资源优化配置的重要手段。调水工程要坚持“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路，按照“确有需要、生态安全、可以持续”的论证原则以及“先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水”的要求进行

规划设计。调出水量要以优先保证调出区各项合理用水为前提，同时根据调入区资源性缺水的实际情况，合理调整产业布局，优化结构，强化节约用水。调出区的合理用水除国民经济用水外，还包括满足生态与环境的基本用水和生态敏感目标的用水，不能以牺牲调出区的生态与环境为代价，来增加调入区的供水，特别是用来改善调入区的生态。

在原标准 1.0.2 条基础上细化了各设计阶段的设计内容和深度需要符合的有关编制规程。调水工程设计与其他类型的水利工程一样，包括项目建议书、可行性研究报告和初步设计等各个阶段的设计工作。各设计阶段的内容和深度需满足项目建议书、可行性和初步设计报告编制规程的要求。调水工程一般都涉及调出区、调入区及工程沿线的经济、社会、环境、技术等多方面问题，要使调水工程建设成功，需要在前期设计阶段对工程规模、总体方案等重点和难点内容进行深入论证和研究，因此本标准重点针对前期阶段中要论证和解决的有关总体设计的内容，具体建筑物和专业内容还需按照相关技术标准要求进行设计。

1.0.4 对于调入区，通过工程措施调入水量，除了需要经济投入外，还会减少调出区的水资源可利用量，因此在国民经济发展总体布局、用水结构和用水定额等方面都要考虑处于缺水地区的客观条件，满足节水要求。

在原标准 1.0.5 条基础上，增加了调出区可调水量分析需要充分考虑调出区经济社会发展需要，调出区经济社会和生态环境受到影响时，需采取措施减少对调出区影响。对于调出区，由于本身处于相对丰水地区，国民经济发展总体布局、用水结构和用水定额等方面均与此相适应，调出水量后需要仍能满足国民经济和生态环境的用水要求。当然，建设节水型社会的总体要求适用于任何地区。调水工程需要以保证调出区各方面利益为前提，调出区利益受到调水影响的，必要时需要采取措施减少影响。

调水工程涉及对调出区和调入区水资源的重新配置，将对调出区和调入区的经济与社会、生态与环境等产生不同程度的影

响。因此，调水工程设计除需要符合流域综合规划的安排外，还需要考虑社会发展、技术经济及生态与环境影响等因素，对工程任务、调水规模、总体布局及工程总体设计进行充分论证。总体设计方案需要满足技术、经济、环境、安全等方面的要求。

2 术 语

本节删除了“可调水量”“交叉建筑物”“调度及自动化”术语，增加“输水方式”“穿越建筑物”术语，将术语“收水点”改为“受水点”。

2.0.1 调水工程一般由取水口、泵站、水闸、渡槽、倒虹吸、余能回收电站、输水渠道、管道、隧洞、调蓄水库等组成。

2.0.6 在原标准基础上，将“收水点”修改为“受水点”术语，术语定义也相应调整。

2.0.10 原标准 2.0.10 条为“交叉建筑物”，因交叉建筑物在 SL 26《水利水电工程技术术语》中已有专门的定义，本标准不再重复定义。同时，增加“穿越建筑物”术语。穿越建筑物可以是交叉建筑物的一部分，或是一座单列的交叉建筑物。

3 调水工程建设必要性和任务

本次结合 2021 年修订的 SL/T 617《水利水电工程项目建议书编制规程》、SL/T 618《水利水电工程可行性研究报告编制规程》关于工程建设必要性和任务的有关规定，对原标准进行了扩充和细化，从原标准的 3 条条文，扩充至本次修订的 4 节、12 条。

3.2 建设必要性

3.2.1 工程建设的必要性论证是对项目区经济社会发展地位、区域水资源供求关系与形势、工程建设任务的深度分析与高度总结。

3.3 开发任务

3.3.1 原标准中，对工程开发任务介绍较少，本次修订补充了相关条文。本条指出了论述调水工程的开发任务需要考虑的因素。开发任务排序可分为四个层次：一是将重要的、决定工程主要规模的任务排在“为主”的位置；二是将次要任务、对工程规模有一定影响的任务排在“结合”的位置；三是将解决问题相对较少、可以承担的任务排在“兼顾”的位置；四是将没有明确具体要求，且还需配合其他项目，但可起到一定解决问题作用的任务排在“创造条件”的位置。

通常，专用的调水工程的任务较为单一，一般与水源点，供水范围和供水对象一起描述，如“从某河流引水，满足某地区（城市）的城乡生活用水等”；另有一些调水工程利用天然河道、沟渠输水，需要承担供水、灌溉、航运、行洪、排涝、发电等多项功能（如南水北调东线、引江济淮等工程），其工程任务则需要结合工程建设必要性、工程规模等论证确定。

3.4 外部条件

3.4.1 原标准中，对工程建设的外部条件介绍较少，本次修订补充了相关条文。工程所在地区的生态、自然、社会、环境等因素，相关行业规划、有关部门和地区对工程建设的要求等外部条件，都会对工程的建设目标和任务产生影响，甚至制约项目的立项。充分调查、收集项目相关地区的行政主管部门对工程总体规划、工程规模、布置、效益和损失补偿等方面的要求和建议，统筹考虑，并遵循国家有关政策和法规，提出初步解决方案和措施。

4 水 文

4.1 一 般 规 定

4.1.1 调出区与调入区区域的地表水资源量、地下水资源量、地下水可开采量和水资源总量计算是调水工程水文分析计算的基本内容。调出区与调入区的水资源分区，一般以全国水资源综合规划的水资源分区为基础，按气象条件、河流水系、流域分水岭、枢纽坝址和行政区界等，结合水资源配置和水资源供需分析计算进行划分。

调出区与调入区有关工程设计断面是指水库坝址、电站厂址以及引水口、水闸和泵站等建筑物所在断面。

输水线路交叉建筑物是指输水工程沿线的跨河（沟）建筑物，其所在断面也称交叉断面。

4.1.2 调水工程所涉及地区的气象气候、地形地貌、水文地质、土壤植被等自然地理情况和江河湖泊分布状况是水文要素形成的基本条件。流域的治理开发反映了人类活动的影响。这些因素关系到流域的水文特征和水文分析计算的内容，所以通常需进行详细了解。

4.1.3 基本资料是水文计算的基础。除按有关规定要求搜集外，本条强调了着重搜集的资料。有关地区的暴雨图集、水文手册、治涝手册、水文和水资源的调查研究成果是水文分析计算的重要参考资料，主要包括枢纽工程的水文分析计算成果、历史洪水调查成果、水资源及其开发利用调查评价成果等。

4.2 径流和水资源量分析计算

本节由原标准的 3 条变为 2 条。原标准中的 4.2.1 条和 4.2.2 条均是关于径流系列和代表段的，本次修订进行了合并，在 4.2.1 条中进行说明。

4.2.1 大型调水工程的调出区和调入区一般相距较远，调出区和调入区所在地区自然地理、水文气象条件等有所差异。调出区与调入区径流的互补性是指调出区径流与调入区径流丰、枯不同步。调出区与调入区年、月经流互补性分析，可通过点绘调出区代表站与调入区代表站同期径流过程线、相关关系等方法进行。一般调出区与调入区相距越远，流域的自然地理、水文气象条件差别越大，其径流系列的相关性越差，而互补性越好。

考虑调出区和调入区的年径流系列的丰枯遭遇组合情况，选择调水工程径流系列的代表段和代表年，要求调出区和调入区的年径流系列同步主要是为了便于分析计算。

4.2.2 调出区和调入区的水资源量分析计算是调水工程水文分析计算的重要内容，其中，计算地下水的可开采量，首先分析地表水与地下水的补给关系。为避免重复，补给河流的泉水等不归为地下水可开采量，若在泉域打井或傍河打井作为水源地进行开采，按取用河川径流量考虑。

4.3 设计洪水

4.3.1 原标准 4.3 节的 4 条均是关于输水工程过河建筑物交叉断面设计洪水（位）的内容，考虑到调水工程还涉及水源工程和配水工程，如水库、水闸、泵站等工程，本条增加了对此类工程设计的有关规定，因此，本节由原标准的 4 条变为 5 条。

4.3.2 交叉断面或其上、下游附近的水文站具有超过 30 年以上的可靠流量资料，此时，可以认为资料条件较好，根据流量资料计算水文站的设计洪水，在此基础上推算交叉断面的设计洪水。

4.3.3 交叉断面河流（沟）上下游短缺实测流量资料时，可选择邻近地区自然地理条件相似并具有 30 年以上可靠流量资料的参证站，按水文比拟法等推求交叉断面的设计洪水。多数情况下，并无参证站可利用，但交叉断面所在地区的暴雨资料系列超过 30 年，此时，可采用经审定的暴雨径流查算图表、水文手册等，通过计算设计暴雨推求设计洪水。当暴雨等值线图等所用资

料系列截止年份距设计年份间隔时间较长，或近年有大暴雨洪水发生时，延长暴雨资料系列，对暴雨径流查算图表和水文手册的设计暴雨参数和产汇流参数等进行复核。

4.3.4 参考南水北调工程设计经验，当上游水库控制面积占交叉断面以上总面积的 10% 以上，或水库控制面积虽不大但为暴雨区时，需要考虑上游水库对洪水调蓄的影响；当交叉断面与上游水库坝址距离很近，区间面积小于交叉断面以上河流总面积的 5% 时，可直接采用与上游水库相同标准的设计下泄流量或适当加成；当上游水库对洪水的调蓄作用较小时，可不考虑其影响。

交叉断面以上设计洪水的地区组成，可运用同频率法拟定，采用计算成果较大的地区组成方式。一般情况下，区间洪水同频率、水库以上相应的组成方式成果偏大。

4.3.5 本条分别对交叉断面所在河段是否有漫溢、分流、串沟及大的支流汇入等不同情况下设计洪水位的分析计算方法进行了规定。

1 当交叉断面所在河段洪水无漫溢、分流、串沟及大的支流汇入，此时河道洪水比较归顺，水面没用明显的横比降，因此，可以运用水面线法或曼宁公式计算设计洪水位。利用曼宁公式计算时，一般做法是由曼宁公式推算交叉断面的水位流量关系曲线，再依据该曲线推求设计流量对应的水位。

原标准 4.3.4 条关于交叉断面设计洪水位为 3 款，其中第 1 款和第 2 款均是针对交叉断面所在河段无漫溢、分流、串沟及大支流汇入的情况，本次进行了合并。

2 当交叉断面所在河段有洪水漫溢、分流、串沟及大的支流汇入，此种情况下，河道洪水比较散乱，水面多有明显的横比降，水面线法和曼宁公式已不适用，可以采用二维非恒定流数学模型等方法推算设计洪水位。

3 如果河段附近有实测或调查的洪水位资料或水面线资料，通常要利用这些资料对分析计算的设计洪水位进行检查验证。

4.4 泥沙、冰情、水文自动测报系统

4.4.1 对于从多沙河流调水的工程，含沙量往往是制定年引水时间或分析渠道泥沙淤积的要素。根据设计要求，一般统计分析历年各级含沙量出现的天数和发生的时间及与流量的关系。

对于高扬程泵站，泥沙可能对水泵产生严重的磨损。根据设计要求，需要分析泥沙的颗粒级配及矿物组成。

4.4.2 对于需布置输水倒虹吸建筑物的交叉断面，计算最大月平均含沙量均值，以便计算交叉断面河道的一般最大冲刷深度。当交叉断面河流无实测泥沙资料时，可选择邻近地区自然地理条件相似并具有超过 30 年资料的水文站作为参证站，计算参证站的历年平均最大月平均含沙量，考虑水文气象条件和下垫面条件的差异，如降雨量、土壤植被等因素，对参证站的成果进行修正，作为交叉断面的设计值。

4.4.3 对于从寒冷或严寒地区河流调水的工程，冰情往往是制约年引水时间的因素。根据工程设计和运行管理要求，选择代表站统计有关河段的冰情特征，提出结冰开始时间、解冻时间、冰层厚度、开河方式、流冰量、最大冰块尺寸等数据。输水工程埋于地下时，分析统计有关冻土深度、冻融时间等资料，为防止输水工程的冻融破坏和确定埋深提供依据。

4.4.4 调水工程水文遥测站网的布设要以满足工程水量管理调度的监测要求为基本原则。如果水源工程为水库时，要满足水库工程水文自动测报的要求。输水工程和配水工程需在有关水量分配的主要控制断面或计量断面设立水量自动监测站（点）。

5 工 程 地 质

5.0.1 本条规定了调水工程地质勘察总的原则和目的。对勘察工作具体的技术要求，在 SL 629《引水线路工程地质勘察规范》相应的技术标准里都有规定，本标准不再重复。

5.0.2 本条为新增条款。本条规定了调水工程勘察的范围。勘察工作需要考虑工程与周边环境的相互影响。

5.0.3 本条为新增条款。调水工程线路长、建筑物多，涉及的地貌单元多样、地层岩性众多、地质构造及水文地质条件复杂。需要根据工程特点、地质条件和环境条件，采取遥感、测绘、物探、钻探、坑槽探、试验等多种手段进行综合勘察，各种勘察方法互相验证，提高勘察工作质量。此外，对于影响调水工程建设的重大地质问题，如深埋隧洞的涌（突）水、岩爆、围岩大变形、有害气体等需要进行专题研究。

5.0.4 本条规定了调水工程区域构造稳定性勘察的内容和要求。区域构造稳定性评价的目的是在工程方案选择时，尽量选择区域稳定性相对较好的地段，避开不利地段。进行区域构造稳定性评价需要了解区域构造背景，研究断层活动性，确定地震动参数。

地震动参数是工程抗震设计的重要依据，一般可以根据 GB 18306—2015《中国地震动参数区划图》直接查得。GB 50487—2008《水利水电工程地质勘察规范》（2022年版）和 SL 629 规定，对 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于等于 $0.10g$ 地区的引调水工程的重要建筑物，需要进行地震安全性评价工作。

5.0.5 调蓄水库类型较多，除利用天然沟谷或平原围限建库外，还有利用天然湖泊调蓄，或人工开挖围限成库，或采用地下水库等。本条是对新建调蓄水库库区和坝（闸）址区各类建筑物的勘察要求。工程地质条件主要包括地形地貌、地层岩性、地质构

造、水文地质条件、物理地质现象、岩土（体）物理力学性质等。

5.0.6、5.0.7 主要规定了渠道（管道）、隧洞的工程地质勘察的要求。

在拟采用掘进机法或盾构机施工的引水隧洞地质勘察中，隧洞线路的选择要充分考虑掘进机或盾构机施工的特点，尽量采用顺直的线路，同时对影响掘进机或盾构机施工的主要工程地质问题，如膨胀岩、涌水、外水压力、岩溶、大型断裂破碎带等进行专题勘察和试验研究，为设计和施工提供依据。

5.0.8 本条为新增条款。隧洞为地下工程，特别是深埋隧洞，水文地质条件和工程地质条件复杂，受当前勘探手段、地质理论和自然环境等条件的限制，施工前无法完全查明隧洞的工程地质条件和工程地质问题，施工安全风险大。对深埋长隧洞、可能存在重大地质风险或前期难以查明地质条件的隧洞，施工过程中开展超前地质预报工作是降低施工风险、保障施工安全的重要手段。超前地质预报方法主要有地质分析法、物探法、超前钻探（导洞）法等，需要根据隧洞风险类型、风险等级和场地条件等选择合适的预报方法，最好两种以上方法互相验证。

5.0.9 主要规定了渠系建筑物和穿越建筑物的工程地质勘察的要求。穿越建筑物主要为输水线路穿越铁路、高等级公路、重要堤防（河道）、大型渠道等建筑物时所布置的水工建筑物。穿越铁路、高等级公路的建筑物的工程地质勘察要符合相关行业的勘察技术标准。

6 水资源供需分析与配置

6.1 一般规定

6.1.1 在进行水资源供需分析时需重视调入区和调出区基本情况和基本资料的搜集、整理、分析。通常流域和区域水资源综合规划已对调水工程所在区域进行了水资源供需分析和有关安排，因此可收集有关规划成果，了解已有规划的实施情况和存在问题。

6.1.2、6.1.3 调出区与调入区水资源供需分析一般是有所区别的，调入区需要适当从紧，调出区则可以适当从宽。

6.2 规划范围与分区

原标准此节分为 4 条，分别对调入区水资源供需分析范围、调出区水资源供需分析范围、调入区水资源供需分析计算分区、调出区水资源供需分析计算分区进行了规定。本次修订在原标准 4 条条文的基础上，增加了 2 条条文对调水工程规划范围和受水区选择进行了规定。

6.2.2 调出区取水点断面上游水资源供需分析范围一般选择该断面以上流域。下游范围根据影响对象的分布确定，重点分析取水点所在一级支流河口以上区域。影响流域或水系全局的调水工程，对整个流域或水系进行研究。当拟调水量小于取水点断面多年平均来水量的 5% 时，调出区水资源供需分析可简化。

6.2.3 调入区水资源供需分析，首先结合调水工程的任务，拟定调水工程可能的供水范围，考虑供水范围及所在流域已建和拟建的供水系统等确定调入区水资源供需分析范围。

6.2.4 调水工程受水区的选择，通常以调入区、调出区水资源

供需分析为基础，重点关注以下区域：

- (1) 现状城乡供水挤占农业、生态用水的区域。
- (2) 现状城乡供水水源为单一地下水或地表水供水的区域。
- (3) 现状地下水已超采、需要进行地下水压采的区域。
- (4) 具备利用其他工程措施进行水源置换增加供水的区域。
- (5) 在调水工程沿线具备应急供水条件的区域。
- (6) 在调水工程沿线具备向河湖库渠补水条件的区域。
- (7) 在充分利用当地水资源和考虑节水后仍存在供水缺口的区域。

受水区通常分为直接受水区、间接受水区、应急供水区。直接受水区是指能够直接配置调水工程水量的区域；间接受水区是指通过其他工程措施置换当地水源而增加调水工程水量的区域；应急供水区是指工程正常调度情况下不供水，而在应急条件下需要供水的区域。

6.2.5 调水可能影响的对象主要是指调水断面下游河道内的生态保护对象、引水口以及水电站等。因此，调出区水资源供需分析的计算分区划分考虑这些因素，以利于分析调水对其产生的影响。

6.2.6 调入区水资源供需分析计算分区的划分，与受水区范围大小及前期工作深度有关。对于受水区范围较大的工程，先考虑行政区划、流域水系、现有供水工程体系等因素划分水资源供需分析的计算分区，通常情况下，为较全面地反映水资源供需情况，计算分区不能过粗，避免出现分区总体上供需是平衡的，而内部有些地区有余，有些地区不足的现象。考虑到社会经济、供水资料等基础资料获取的难易程度，可选择水资源分区套行政区为宜。随着前期工作的深入，再结合调水工程控制点位置（含受水点位置）、水源和输水线路布局、分水口门控制范围，细化水资源供需分析的计算分区。

6.3 设计水平年和供水保证率

本次修订在吸纳原标准 2 条条文的基础上,增加了 6.3.2 条、6.3.3 条 2 条条文,分别对现状基准年、设计水平年的确定方法和原则进行了规定。

6.3.2 现状基准年通常选用距报告编制年 1 年~3 年内的某一年份,并考虑该年份供用水相关数据的代表性,必要时需对其数据进行修正。考虑到调水工程前期工作周期往往较长,因此,在不同的工作阶段,要及时调整现状基准年。现状基准年的经济社会指标、供水量、用水量等资料是近、远期设计水平年水资源供需分析评价的基础,需进行详细的调查和分析,以真实反映现状水平。

6.3.3 设计水平年是工程设计规模达效的年份。对具有区域水资源配置功能和任务的重大调水工程,调水规模可以适当留有余地,以应对区域水资源利用的不确定性。一般调水工程可采用一个设计水平年,当调水工程供水范围和建设规模较大、建设期和工程完全达效时间较长时,设计水平年可分为近期设计水平年和远期设计水平年两个阶段考虑。近期设计水平年可采用工程建成后 5 年~10 年的年份;远期设计水平年可采用工程建成后 20 年~30 年的年份。

6.3.4 调水工程一般是城市水源的一部分或只是补水工程,是通过与其他水源的联合供水来满足各用户的供水保证率。因此,调水的保证率不一定要与用户供水保证率相同。SL 104《水利工程水利计算规范》第 6.1.3 条规定,城乡供水工程设计保证率采用历时保证率,并根据供水对象所属行业、区域的有关规定确定,取值范围可为 95%~97%。GB 50288《灌溉与排水工程设计标准》第 3.2.2 条规定,灌溉设计保证率可根据水文气象、水土资源、作物组成、灌区规模、灌溉方式及经济效益等因素,按照表 1 确定。

表 1 灌溉设计保证率

灌溉方式	地区	作物种类	灌溉设计保证率/%
地面灌溉	干旱地区 或水资源紧缺地区	以旱作为主	50~75
		以水稻为主	70~80
	半干旱、半湿润地区 或水资源不稳定地区	以旱作为主	70~80
		以水稻为主	75~85
	湿润地区 或水资源丰富地区	以旱作为主	75~85
		以水稻为主	80~95
	各类地区	牧草和林地	50~75
喷灌、微灌	各类地区	各类作物	85~95
注 1：作物经济效益较高或灌区规模较小的地区，一般选用表中较大值；作物经济效益较低或灌区规模较大的地区，一般选用表中较小值。 注 2：引洪淤灌系统的灌溉设计保证率可取 30%~50%。			

6.4 调入区水资源供需分析

原标准 6.4 节包括 5 条条文，分别对水资源开发利用现状分析评价、经济社会发展预测、需水预测、可供水量预测和缺水量预测进行了规定。本次修订结合近年来调水工程前期论证工作实际，增加了 6.4.5 条、6.4.6 条 2 条条文，分别对现状基准年、设计水平年的水资源供需分析进行了规定，细化有关内容。在 6.4.7 条中对缺水量的基础上，对需调水量的计算进行了规定。

6.4.1 调入区水资源开发利用评价成果，尽可能利用相关流域、区域已经审批的水资源调查评价成果、水文成果，说明水资源量的数量、组成、空间分布，不同年代水资源量变化情况，特枯水年和枯水年组情况等。

(1) 对于水资源量和水资源可利用量评价，分析不同频率水资源总量、地表水资源量、地下水资源量、地表水与地下水重复量等成果；说明区域地表、地下水资源量不同阶段的变化情况，分析近年来水资源量增加或衰减的原因及未来可能的变化趋势；

评价区域地表水资源量时空分布特征，特别是特枯水年和连续枯水年的径流特点；分析评价受水区水资源变化对区域水资源可利用量的影响。

(2) 对于现状供用水量分析，可利用区域、流域公布的水资源公报成果，并结合有关水厂供水、水利工程调查资料，综合分析受水区各计算分区现状供用水量成果。

供水量可按照当地地表水（蓄、引、提）、地下水（浅层地下水、深层承压水）、外调水、非常规水源等水源类别统计；并说明现状重要水源工程的建设规模、任务、设计供水量和供水对象，分析近年来实际供水量变化情况；对于供水量衰减较多的工程，要分析其供水量衰减的原因。

用水量可按照城镇综合生活（城镇居民生活、第三产业）、工业、农村生活、农业灌溉，河道外生态（生态、景观用水）等用水类别进行统计，重点分析近年来用水量及其结构的变化趋势及其原因。对于因限时、限区供水等临时措施影响导致统计数据不能反映实际用水情况时，需要分析计算因限制措施减少的用水量，并对有关成果进行合理修订。

(3) 对于受水区现状用水水平分析，主要计算分析区域人均综合用水量、万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量、工业用水弹性系数、人均城镇居民生活用水量、人均农村居民生活用水量、城镇大生活用水定额、第三产业万元增加值用水量、农业灌溉亩均用水量、灌溉水利用系数等指标；并与所在区域颁布的相关用水定额、用水效率指标等进行对比分析。

6.4.2 经济社会发展指标预测可与全国及周边地区进行对比协调；一些地区因新政策、新规划、新战略实施，通常会带来的区域经济社会发展指标具有机械性增长，且往往存在不确定性，对于这种情况可以拟定多组经济社会指标预测方案，分析对需水预测成果的影响。

6.4.3 SL 429《水资源供需预测分析技术规范》对需水预测方法和参数选择作出了详细规定。目前常见的需水预测方法都有其

适用条件和局限性。进行需水预测时通常可以采用多种方法分析，相对而言，定额法较为成熟、采用的也较多。

调入区需水预测包括基准年需水预测和设计水平年需水预测。

对于基准年需水预测，可在现状年实际用水量的基础上，剔除部分不合理用水量（如利用深层地下水），增加因限时供水等临时措施导则的减少用水量后，合理修正。在分析基准年农业灌溉需水时，部分地区有效灌溉面积与实际灌溉面积差距较大，如采用有效灌溉面积计算会使基准年农业灌溉需水量远大于现状年实际农业灌溉用水量，此时往往需要通过综合分析合理确定灌溉面积，计算基准年农业灌溉需水。

设计水平年需水定额需要和邻近地区、产业结构组成类似地区的需水定额进行对比，分析需水定额预测的合理性；对于具有农业灌溉任务的工程，其长系列灌溉定额试验成果需要与种植结构相似、降水条件类似地区的已有成果相协调。需水量预测成果合理性分析方法包括发展趋势分析、结构分析、弹性系数分析、用水效率分析、节水指标分析等。

6.4.4 水资源短缺地区为缓解重要城市生活和工业用水矛盾，通常会调整当地大中型水库、引水工程原设计任务和供水对象，在优先满足城镇生活和工业用水后，再向农业灌溉用水，且往往生态流量下泄要求考虑不足，使得区域水资源供需矛盾并不明显。因此，现状水平年可供水量分析，主要模拟分析各供水工程在实际供水次序和运用要求时（如不考虑下泄生态流量要求，在具备引水条件下，优先满足城镇用水，再向农业灌溉供水）的可供水量。

基准年可供水量预测，是指在优先考虑各工程所在河流生态流量下泄要求，按照工程原开发任务和次序，计算向不同供水对象的可供水量及过程。通过与现状水平年可供水量分析对比，可说明现状挤占河道内生态环境用水和农业灌溉用水的情况，分析受水区现状水资源开发利用存在的主要问题。

设计水平年可供水量分析，一般需要注意以下方面：

(1) 蓄水工程可供水量计算，需要考虑多年平均可供水量、最大年份可供水量、最小年份可供水量之间的关系。一般情况下，对于年调节水库，兴利库容尽可能用于增加枯水期可供水量；对于多年调节水库，需对兴利库容在年内和年际之间的调蓄作用进行方案比较分析，试算用于增加枯水年（特枯年）可供水量、提高供水保证率、减少破坏深度的最佳兴利库容利用方案。

(2) 对于总供水量中当地地下水供水量占比较大的区域，可研究控制多年平均不超采、枯水年份适度超采部分地下水的利用方式。

(3) 非常规水源可供水量通常需要考虑用户对非常规水源的接受能力。

(4) 对于已建调水工程，考虑工程来水变化、用水对象及其需求变化、生态流量需求变化、工程长期运行后实际过流能力等因素，复核设计水平年可供水量及供水过程。

(5) 对于利用现有河道输水的调水工程，通常研究河道输水控制条件对供水时间、可供水量的影响，协调供水与河道其他功能的关系，必要时分析河道整治前后的输水效率，确定是否需要采取提高供水能力的措施。

6.4.5 基准年水资源供需分析是论证受水区现状水资源开发利用存在主要问题的基础。

6.4.6 设计水平年水资源供需分析是调水工程的建设必要性论证、受水区范围选择、需调水量确定的重要支撑。

设计水平年水资源供需分析往往与受水区当地大中型水库、湖泊等调蓄工程的运用方式有关，需通过试算分析利用现有调蓄工程改变供水过程、增加区域缺水时段供水量的可能性。研究将调蓄工程纳入调水工程体系对增加可供水量、降低枯水年（特枯年）破坏深度、减少输水工程规模的作用，分析调蓄工程兴利库容、特征水位等运用条件变化的可能性，按照调整运用方式前和调整运用方式后两种情况进行水资源供需分析；调整运用方式前

的成果用于工程建设的必要性论证，调整运用方式后的成果用于工程规模确定。

6.4.7 调水工程重要控制断面包括取水首部、行政区分界、流域分界、分水口门、输水终点等，可从调水工程末端断面向前叠加输水损失进行推求。

对于一些具有供水、灌溉、生态等综合利用任务的调水工程，不同供水对象对调水工程供水保证率要求有所差别，一般将需调水量划分为基本需调水量以及相机需调水量。基本需调水量由城镇生活和工业、特殊重要条件下的农业灌溉等对供水保证率要求较高的供水对象需调水量构成，是确定调水规模的基础方案；相机需调水量由农业灌溉、河湖生态等供水保证率要求较低的供水对象需调水量构成。在基本需调水量与基本+相机需调水量之间，弹性设置多组方案进行调水规模方案比选。

6.5 可 调 水 量

6.5.1 调水工程取水水源选择考虑的因素较多，通常在具体操作中考虑以下4方面内容：

(1) 调出区在国家主体功能区规划、省级主体功能区规划、相关生态功能区规划中的定位。

(2) 调出区来水量及来水过程是否满足需调水量及过程要求；若单一水源不满足条件时，通常可考虑采取两个或以上水源方案。对于可调水量过程不满足需水过程、河道水位不满足引水渠首设计水位要求时，可研究考虑建设水源水库、引水枢纽的必要性。

(3) 水源所在河流的现状水质及未来水质保护是否满足用水户水质条件。

(4) 水源选址是否存在生态环境敏感制约因素、是否存在社会稳定风险等制约条件。

6.5.3 调出区可调水量通常和调水工程设计规模方案、受水区调蓄工程布局有关。因此，在实际操作中，通常要结合调水工程

设计规模方案，分析计算不同水源工程调蓄规模与输水工程规模组合下的可调水量。一般对于具有水源调蓄能力的调水工程，可拟定不同兴利库容利用方案，论证多年平均可调水量、年最大可调水量、年最小可调水量之间的关系，在此基础上分析可调水量。对于长距离跨多个流域、供水范围较大的调水工程，还要考虑研究调出区和受水区水文径流系列丰枯遭遇情况，并结合受水区调蓄工程布局方案，研究通过设置反调节水库，以提高枯水年可调水量。

根据目前调水工程经验，调出区可调水量一般不超过取水断面径流量的 40%，有特殊规定的除外。

6.5.4 调水工程可调水量一方面受水源区的来水条件和调水点以下已建、在建及规划水利水电工程的效益损失影响；另一方面又受工程方案和建设规模（如水源水库调节能力、渠道输水规模）、受水区范围大小影响。通常受水区范围越大（即需调水量越大），输水渠道和水源水库规模越大，相应可调水量也会增大，工程造价也会增加。调水工程作为区域性重大供水基础设施，工程建成后再扩建的成本十分巨大，因此既要考虑经济社会发展的不确定性，也要考虑工程建设的经济合理性以及调度运行方式的不确定性。在工程可调水量论证中，尤其是涉及国家水资源权益的河流开发，可考虑对水源工程取水断面、输水工程重要控制节点断面的不同可调水量方案进行技术经济分析，以经济调水量作为进一步论证调水工程规模的因素。经济调水量主要采用总规模单方水投资、新增规模单方水投资、差额单方水投资等指标进行判别。

（1）当经济调水量小于设计水平年需调水量时，通常会考虑缩小受水区范围、减少需调水量的可能性。

（2）在水源区水资源相对丰富的情况下，统筹考虑流域综合规划和流域水量分配方案的有关要求，当经济调水量大于设计水平年需调水量时，通常会研究进一步扩大受水区范围的影响，分析未来经济社会对供水保障需求的趋势，从快速响应经济发展变

化角度，以经济调水量确定工程规模。

(3) 对于输水距离长、分水口门多的调水工程，通常会研究各相邻分水口门需调水量的关系，并以重点经济发展区域分水断面为控制节点，研究区段的经济调水量，作为确定长距离调水工程输水规模的基础。

6.6 水资源配置

原标准共包括 5 条条文，其中 6.6.2 条规定了建立供水系统网络节点图。本次修订简化了该条文内容，一方面是因为在前节水资源供需分析工作中，已经需要考虑建立工程建成前的供水系统网络；另一方面随着计算机分析技术的提高，建立供水系统网络节点图已经成为必需的工作过程，不需要单独强调。此外，在吸纳原标准其他条文的基础上，对一些技术内容进行了细化。

6.6.1 调水工程水资源配置，在用水次序方面，一般是优先配置供水保证率要求高的行业；对于有特殊要求的用户，可结合其重要性分析，调整用户配置次序。在供水次序上，一般结合不同水源工程的水量、水质特点和用户对水量水质的要求，明确不同水源的供水次序、以及各水源工程向不同供水目标的供水次序；对于调水工程受水区范围较大、分水口门较多时，一般需要研究调水工程向不同地区的供水方式。

6.6.3 水资源配置方案合理性分析是检查调水工程建成后的配置效果，一般会从以下方面进行分析：

(1) 统计分析主要供水对象的供水保证率是否满足设计保证率要求。

(2) 评价遇连续枯水年组或特殊干旱年情况，调水工程对区域水资源配置方案的保障作用；分析不满足需调水量年份用户的破坏深度是否满足设计要求。

(3) 从调水工程建成前后受水区供水结构、配置水量、用水效率指标等方面，分析评价与所在行政区域用水总量控制指标、河流水量分配方案等行政管理要求的适应性。

(4) 分析遭遇突发性水污染事件以及骨干供水水源发生事故中断供水等特殊情况下，是否可以通过应急水源减免供水影响。

(5) 分析调水后对受水区生态环境的改善作用，如地下水位回升、断流河道恢复畅流、湿地修复、河湖水质改善和水面维持等。

6.6.4 特殊枯水年缺水情势分析，可以调入区与调出区的径流互补性分析结果为基础，按调入区和调出区发生特枯水年为条件，分析其供水状况。应急对策一般包括工程措施和非工程措施，对所采取的应急对策进行定量与定性分析，评估对社会、经济、生态和环境可能带来的作用与影响。

7 工程总体布局及工程规模

7.1 一般规定

7.1.2 本条主要从供水灌溉体系相对完整性、有效发挥工程综合利用功能、实现水资源合理配置以及有利于工程达效的角度，明确主体工程与配套工程的划分原则，受水点作为调水工程输水系统的终点，受水点以上建设内容为主体工程，承担提供水源、输水和调蓄功能。水库与水库、渠（管）与渠（管）的连通路，承担水资源联合调配功能，可纳入主体工程。上述划分原则与渠（管）道设计规模、水库调蓄容积、工程取用水量等工程规模指标并无关联，也不宜涉及事权划分规定、资金补助政策调整等因素。

部分大型调水工程前期工作审批过程中对于工程建设内容也有一些习惯性规定或做法，如筛选将灌区 0.3 万亩~1.0 万亩以上的支渠，供水流量大于 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 或调水量大于 3 亿 m^3 的干支管等，纳入中央资金补助范围。部分设计单位仅按照上述资金补助范围开展工程设计，对没有纳入资金补助范围的主体工程未考虑开展相应设计工作，其结果对于促进调水工程整体效益发挥、实现水资源合理配置是不利的。

对于南水北调、引江济淮、滇中引水等供水范围广、牵涉用户多、投资规模大的调水工程，由于前期工作过程中工程总体布局尚待比选论证，受水区部分规划水厂的具体位置尚难完全确定；还有一些具有灌溉任务，且新增灌溉面积 5 万亩以上的调水工程，由于灌区涉及面广、设计内容相对复杂，灌区往往与输水线路的设计深度存在一定差距，在前期工作过程中新增灌溉范围难以完全确定。上述情况可结合工程分期实施方案论证，以分水口门、调蓄水库（池）、配水枢纽等作为受水点开展设计工作。

7.1.3 本条强调了调水工程总体布局方案论证时需进行多方案

比选，拟定方案首先考虑基本满足水资源配置方案要求，进行多方案技术经济综合比选时，选择技术可行、经济合理、环境影响小、社会可接受的方案。必要时还可考虑补偿影响措施、地区之间经济社会发展水平的差异、政策措施等相关因素。

7.1.5 调水工程检修期需充分考虑工程的特点及调水过程，结合受水区其他水源条件等因素综合分析确定。

7.1.6 具备分期建设条件的调水工程主要针对工程体系中的输水隧洞、管道、渠道、泵站、水库枢纽、交叉建筑物等工程型式，分析分期建设的可行性。

特殊工程经论证后，可以选择远近结合一次建成方案。如对于隧洞、大型交叉建筑物等重要控制性节点工程，经论证一次建成可显著降低工程造价，或后续扩建存在很大困难，或按照最终规模建设与分期实施相比投资增加不多，且可显著提高特殊年份或工程检修、应急抢修时供水保障程度的，可综合考虑工程建设条件、实施可能、投资及运行成本等因素，可以推荐一次建成的方案。

7.2 水源工程布局

7.2.1 调水工程取水一般按以下方式选择：

(1) 水源地高程较高、受水区高程较低，为节约能源、减少运行费用，有条件的尽可能选择自流方式。

(2) 水源地高程较低、受水区高程较高的，可选用提水方式。

(3) 调水规模较大、调水距离长，所在地区地形复杂的，可选用自流和提水相结合的方式。

根据目前已建工程的情况，只要条件允许，首选方式是自流，其次是提水方式。采用提水方式时，需综合考虑运行管理费用和工程投资等因素进行全面比较。目前，大多数的调水工程采用的是自流和泵站提水相结合的方式。当采用自流畅输水方式，渠道位置高于地面高程较大时，需对渠道风险进行分析。

7.2.2 调水工程可设置单一水源点，也可设置多个水源点。水源工程可从天然水域取水或人工水域取水，区别在于两者的水源条件和取水保证率不同；从人工水域取水，由于采取了人工控制措施，一般可以减小输水工程的流量规模，提高引水的保证率，但工程投资相应增大。当供水水源丰富、调水规模相对较小时，可直接从江河、湖泊等天然水域取水；当供水水源年内分配不均匀，调水规模相对较大，要求保证率较高时，可从水库等人工水域取水。

7.3 输水工程布局

7.3.1 输水工程布局比选可重点考虑主要控制点位置、高程及水位要求、线路走向、输水方式、重要交叉建筑物穿越方式等因素，考虑尽可能缩短输水距离、降低工程造价、节省工程运行费用、减少社会与环境影响、便于管理等方面进行综合分析。

7.3.2 重要地形穿越点一般指对输水线路设计水位影响较大的重要位置。对于输水距离较长的调水工程，可按主要控制点划分为若干输水段，按照分段桩号进行排序。

7.3.6 输水建筑物型式比选主要考虑水质、输水安全等因素。有条件的可优先采用明渠输水，也可采用有压或无压管涵输水等方式。以城乡供水为主的调水工程，考虑水质保障要求，在与明渠输水方案相比工程投资增加幅度不大的情况下，可优先采用管道输水。

7.4 调蓄工程布局

7.4.1 调水工程输水系统中的调蓄工程包括与调水工程水资源配置方案相关，或与工程输水线路直接相关的调蓄工程，一般具有以下作用：

- (1) 调节不均匀的调水过程，减小输水线路设计流量。
- (2) 利用已建水库及天然湖泊等输水，节省工程投资。

(3) 与外调水联合调度共同满足受水区供水保证率要求。

(4) 作为输水系统中的备用水源，提高调水工程检修或事故期间的供水保证程度。

根据调蓄工程与输水线路的相对位置与水力联系，调蓄工程可分为在线调节、充蓄调节、补偿调节等类型。

(1) 在线调节水库与输水系统之间为双向互连互通，输水系统中的水可进入水库，水库水也可进入输水系统。在线调节水库的规模直接影响输水工程入库段的设计流量；具备输水条件时，可研究利用调蓄水库库区输水的方案。

(2) 充蓄调节水库位置一般比输水线路低，输水线路可以向水库进行充蓄，但入库后的水量一般不再回到输水系统。在调水工程水量不足时，充蓄调节水库可利用事先充蓄的水量向受水区供水，提高用水户的供水保证率。

(3) 补偿调节水库位置一般比输水线路高，与输水系统没有直接水力联系，而是与调水工程一起共同向用水户供水，具备与外调水进行联合调度的条件，在调水工程水量不足时，可增加用水户的供水量，提高用水户供水保证率。

7.5 控制工程布局

控制工程包括为满足调水工程调度运行要求而设置的分水口门、节制闸、退水闸（阀）等控制建筑物。为了满足长距离调水工程水量调度要求，需要考虑用户分水、适时输水以及工程安全运行条件，研究提出工程安全运行要求的控制工程总体布局。

7.5.1 本条提出了分水口门布局的一般原则：

(1) 调水工程水量易受水源区、工程输水条件影响，外调水与当地水实行联合供水，可以提高受水区的供水保证程度。

(2) 分水口一般靠近受水区主要供水对象，并考虑输水工程沿线城市用水、农业灌溉用水、生态环境补水要求。

(3) 分水口门一般考虑输配水与现有供水工程结合，充分利用现有水库、洼地调蓄和现有渠系输水，节约配套工程投资。

(4) 从便于水量调度管理角度出发, 分水口门设置数量不宜太多。

7.5.2 节制闸主要用于控制输水工程水位, 满足分水口门引水以及退水闸退水的要求。

7.5.3 退水闸(阀)主要用于工程事故或其他应急工况下的退水而设置, 以保证输水工程安全。

7.6 工程实施影响分析及处理

7.6.1 调水工程影响分析主要为以下几个方面:

(1) 取水口以上河段包括水库建坝、库区水位加高移民搬迁、水土保持和环境保护、供水、发电、航运等影响。

(2) 取水口以下河段包括工农业及生活用水、生态环境、发电、航运等影响。

(3) 输水线路区: 利用现有防洪排涝河道输水或与防洪排涝河道交叉, 以及输水线路对沿线及交叉的公路、铁路、渠道、左(右)岸排水、环保、文物等影响。

(4) 调入区对城镇、工业、农业、环保等方面的影响。根据已建工程的经验, 调水影响处理工程协调工作量很大, 与地方政府和群众的利益关系密切, 处理的妥善与否直接影响调水工程的建设和效益的发挥。

7.6.2 本条提出了调水影响处理工程安排原则。一般按恢复原有工程的功能和按原规模的效益, 安排影响处理工程。当影响处理工程的建设规模和标准需要进一步提高时, 需进行必要性、可行性和经济合理性论证。

7.6.3 调水工程利用已有水库、河道等蓄水、输水时, 需研究所需要增加的调节能力、输水能力, 并将调水过程与设计洪水过程叠加, 分析调水对已有工程防洪、排涝的影响, 提出洪水或涝水期间停止调水或其他措施的调度运用方案。

根据《中华人民共和国防洪法》的有关规定, 在河道、蓄滞洪区建设非防洪工程项目, 需进行防洪影响评价。

7.7 工程规模

7.7.1 调水量是调水工程的重要特征指标。多年平均调水量一般根据受水区设计水平年的缺水过程和调出区可调水量过程，采用长系列法进行逐月、逐旬联合调度调节计算，分析不同年份供水过程及不同用水户的满足程度推求确定，设计调水量为长系列逐年调水量中相应于设计供水保证率要求的年调水量。必要时可进行逐日调节计算。

年调水量指标一般包括调水工程多年平均调水量，和相应于设计供水保证率典型年的调水量，以及工程取水口断面、输水工程末端断面或分水口门断面、用水户断面等主要控制断面的年调水量等。年调水量需计入水量损失，调水工程系统的水量损失包括各单项工程的蒸发和沿程渗漏损失等。

调水工程不同调水规模综合分析比较时，需要分析不同调水规模方案的技术及经济指标。技术指标包括调水量、设计流量、供水保障程度、调水线路长度及断面尺寸、建筑物、征地移民指标、环境敏感点、调水效益等；经济指标包括工程造价、运行费用、单方水投资、差额单方水投资等。

7.7.2 取水泵站引水时，工程规模特征参数一般包括泵站的最低运行水位、最高运行水位、设计洪水位、校核洪水位以及特征扬程等。

采用闸坝引水时，工程规模特征参数一般包括闸坝的设计挡水位、设计洪水位、校核洪水位等。

7.7.3 由于设计水平年各分水口门相应用水户的需水增长存在不确定性，调水工程建成后往往与原设计的水资源配置方案存在差异，导致输水线路分水口门之间水量有所调整。因此，可通过分析不同分水口门增加水量与输水工程分段设计流量之间的关系，通过技术经济比较，综合分析确定总干渠（管）分段设计流量。

调水工程总干渠（管）在检修期往往需要降低或中断供水，

检修期前往可利用总干渠（管）对受水区的调蓄工程进行充蓄，因此，需要时可考虑一定的充库流量，适当加大总干渠（管）设计流量，利于保障总干渠（管）检修期间受水区基本用水要求。

7.7.4 输水工程主要控制点主要包括工程起点、终点、重要建筑物进出口、分水点、与调蓄水库运用相关的控制点等。

7.7.7 考虑工程安全因素，当退水条件较好时，按照尽快退水的原则，退水口门设计流量可按渠（管）道设计流量考虑。

7.7.10 调入区的需调水量是随着不同水平年经济社会发展而变化的，在近期水平年和远期水平年需调水量相差较大的情况下，为避免因工程规模闲置而造成的资金浪费，故对于规模较大、工程较复杂的调水工程，需拟定不同的分期实施规模。分期规模一般依据不同水平年水资源配置成果、调入区缺水紧迫程度、资金筹措情况、施工条件先易后难、调水工程由简单再复杂的顺序等因素来拟定。分期建设规模一般是逐步扩大。通过采取适当的保障措施，使分期建设的工程及时发挥效益。

7.8 调度运行方式

7.8.1 调水工程的调度运行方式是满足用水户水量调度要求所采用的工程调度运用基本规则。正常工况调度运行是指按照正常供水计划，控制调水工程输水系统实行目标供水的方式，可以分为稳定输水状态和过渡状态。渠道稳定输水状态下输水工程系统一般为恒定渐变流，过渡状态是指两个恒定状态之间的过渡过程。特殊工况调度运行指发生控制系统操作失灵、建筑物结构损坏、水质污染等突发事件时，对控制工程采取紧急调度措施以控制事故的发展及影响范围的调度运行，一般以控制事态发展，减小事故所造成的损失和影响范围为目的。

7.8.2 当调水工程可调水量大于受水区需调水量时，可按以需定供的原则调度，在满足生产生活用水需求后，还可考虑利用输水工程空余输水能力相机向受水区进行生态补水。当调水工程可

调水量小于受水区生产生活需调水量时，可采用以供定需的原则调度，按生活、工业、农业灌溉的先后次序分配水量，并优先向无调节水库的用水户供水。

7.8.3 节制闸一般采用渠段下游常水位运行、渠段上游常水位运行、等容量运行等运行方式。渠段下游常水位（闸前常水位）运行方式即保持节制闸前设计水位不变，水位不动点位于渠段下游端。渠段上游常水位（闸后常水位）运行方式即保持节制闸后设计水位不变，水位不动点位于渠段上游端。等容量运行方式即每一渠段在任何时候均维持相对稳定的蓄水量，当流量变化时水面线绕渠段中点附近旋转，保持渠段中点水位不变。控制容量方式即通过对渠道系统中每个渠段的蓄水量进行控制来实现渠道的输水调度。

7.8.8 事故工况调度运行方式是指调水工程运行过程中一旦发生操作失灵、建筑物结构损坏、水质污染等突发事件时采取的应对措施。

8 节水评价

本章为新增章节。落实生态文明建设总体要求，坚持“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路，遵循“确有需要、生态安全、可以持续”重大工程论证原则，调水工程建设需开展节水评价，以分析工程调入区节水水平与节水潜力，说明工程建设的必要性，论证工程调水规模的合理性。本章的主要内容包括现状节水水平评价、现状节水潜力分析、节水目标与节水指标、设计水平年节水符合性分析、节水措施方案及节水效果评价。

8.1 一般规定

8.1.1 节水评价的范围一般与调水工程水资源供需分析及配置范围相同。

8.1.3 在调水工程设计中贯彻“先节水，后调水”的原则，落实水资源刚性约束制度，严格控制用水总量和用水效率，合理确定用水规模和用水结构，推动充分节水和高效用水。

8.1.4 供水量和供用水结构、供用水效率（用水定额）等实际供用水资料为现状节水水平评价的基础。用水总量和用水效率管控要求、规划节水目标等一般为最基本节水要求。先进地区、评价范围周边及类似地区的供用水效率（用水定额）指标，一般用于比较分析。

8.2 现状节水水平评价

8.2.1 基于现状供用水资料，分析现状水平年用水量与用水总量控制指标的符合性，以及生活、生产、生态用水结构的合理性。一般通过比较分析受水区与所在流域（区域）及周边、类似地区各类用水户的现状用水效率（定额）指标，评价现状节水

水平。

8.2.2 一般通过分析现有供水工程在输水系统渠系（管道）中的水量损失情况，并与受水区所在流域（区域）其他类似工程进行对比分析，结合供水工程设计供水规模、实际供水能力等分析供水系统节水情况。

8.2.3 一般从节水技术发展、节水措施实施、节水政策制定与节水监督管理等方面分析存在的节水问题，从水资源条件、经济社会发展水平、供用水状况、节水投入水平、节水政策执行力度、节水监管考核、社会节水意识等方面分析节水问题产生的原因。

8.3 现状节水潜力分析

8.3.1、8.3.2 结合水资源禀赋条件、经济社会发展水平和产业布局、水资源开发利用条件、节水成本和用水习惯等，分析各类用水户在设计水平年可能达到的用水效率（定额）指标，并按照相关规程分别估算受水区的存量生活、工业和农业节水量。

8.4 节水目标与节水指标

8.4.1 结合区域用水总量控制与用水效率控制目标要求，并与流域综合规划、水资源规划等相关规划相衔接，综合考虑经济社会发展水平、水资源禀赋和开发利用条件，合理提出设计水平年节水目标。拟定节水目标时，要充分考虑节水目标的社会、环境可接受程度，处理好适度节水与地下水补给、区域水循环系统和生态环境的关系。

8.4.2 依据法律法规、国家标准、行业标准、地方标准等相关文件和相关规划等，提出设计水平年各类用水户的节水指标值。节水指标一般包括用水总量指标、用水效率（定额）指标、其他节水指标等类型。

8.5 设计水平年节水符合性分析

8.5.1 需水预测节水成果节水符合性分析，主要是对设计水平

年的经济社会发展指标、用水效率（定额）指标和需水量预测成果的合理性进行分析。分析设计水平年经济社会发展预测指标与近年社会经济统计指标、地区规划发展指标的协调性，与国家宏观经济政策对当地发展定位的符合性；所采用的用水效率（定额）指标与区域用水效率控制要求和相关规划要求的符合性；需水结构及需水年增长率的合理性，与用水总量控制指标、相关分水方案（协议）的符合性。

可供水量预测成果的节水符合性分析，主要是对设计水平年供水系统的可供水量和非常规水源利用量的合理性进行分析。可供水量预测成果节水符合性分析需退还现状供水中不合理开发利用的水量，从供水系统挖潜改造、合理配置、运行调度管理等方面，分析现有供水系统进一步增加供水的可能性。非常规水源利用需符合相关规划或国家政策的要求，并明确其供水对象。

水资源配置方案的节水符合性主要分析调水工程建成前的缺水情况，包括主要缺水对象、缺水量、缺水程度及缺水过程等；调水工程建成后的水资源配置情况，包括供用水结构及各类用水户的保障程度等；水资源配置方案与所在流域水量分配方案或分水协议的符合性。

8.5.3 从输水方式、线路布置等方面进行分析。

8.6 节水措施方案及节水效果评价

8.6.1 节水工程措施一般包括降低供水管网漏损率、提高农田灌溉水利用系数、增加高效节水灌溉面积、提高工业用水重复利用率、提高非常规水源利用率等方面，要符合水资源开发利用实际，具有经济性和可行性；节水非工程措施一般包括管理制度、用水计量监测、水价、水费及水资源税征收、水利信息化等方面，要符合国家及地方相关政策要求，具有可操作性。

8.6.2 存量节水量的使用方向主要包括满足新增需水量、减少地下水开采量、增加河湖生态水量等。节水措施方案的经济效果

主要包括减少开源、供水、污水处理等成本和提高用水效益等；社会效果主要包括提高供水保证率和用水效率、社会节水意识等；生态环境效果主要包括减少取用水量、废污水排水量和增加河湖生态水量等。

9 工程布置及建筑物

9.1 一般规定

9.1.1 调水工程属于线型工程，涉及的水工建筑物种类较多，各建筑物的布置和设计需要结合调水任务、规模、各自结构特点，明确其功能，互不干扰、统一协调，既需要满足由水源点向各受水点输水功能，又要满足工程运行管理、环境景观、信息化调度等要求。

9.1.2 新增条款。增加调水工程水工建筑物设计原则。

9.1.3 在原标准 9.1.2 基础上增加穿越航道的要求。与铁路、公路和航道交叉布置的输水建筑物设计标准是保证建筑物安全的重要指标。输水建筑物与铁路、公路和航道工程分级标准指标在形式、内容上存在差异，仅从指标值上难以比较，本条强调按交叉工程中较重要工程的工程级别和要求较高的标准为准的原则确定。输水建筑物与铁路、公路、航道等建筑物交叉布置还需要注意满足相关建筑物净空、间距的规定。

9.1.4 新增条款。对已建输水工程进行改造的，需要考虑对原有输水工程的供水影响和安全影响。例如在一期输水工程附近新建二期输水工程，施工基坑需要研究是否采取支护、截渗和安全监测等综合措施，避免或降低对一期输水工程的安全影响。

9.1.5 在原标准 9.5.18 条基础上，补充说明需要开展水工模型试验的工程种类。水力学条件复杂的、结构体型应用经验较少的建筑物，如输水规模较大的取水枢纽、渡槽、倒虹吸、水闸，以及多功能枢纽、调压池等建筑物需要进行相应的模型试验为工程设计提供技术支撑。

9.2 工程等级和标准

本节删除了原标准与 SL 252 相同的工程等、建筑物级别和

洪水标准的内容，补充了 SL 252 未涵盖的内容。

9.2.1 在原标准 9.2.1 条、9.2.2 条基础上调整，说明直接引用 SL 252 的相关规定。

9.2.2 在原标准 9.2.3 条、9.2.4 条、9.2.8 条的基础上调整，说明直接引用 SL 252 的相关规定。

9.2.3 新增条款，补充 SL 252 未涵盖的内容。

9.2.4 在原标准 9.2.5 条的基础上修订。当河道输水能力满足设计输水要求且不影响河道防洪要求时，无需采取工程措施或只需安排输水影响处理工程的，输水河道堤防级别可按原河道堤防级别确定。当河道输水能力不满足设计输水要求或对河道防洪有影响时，需采取工程措施扩大输水能力的，输水河道级别按输水或堤防所属工程等别较高者确定。

9.2.5 在原标准 9.2.6 条的基础上，增加了穿越渠道的要求。穿越堤防、渠道的永久性水工建筑物设计需要满足防洪规划的要求，避免刚建成不久，因堤防、渠道标准提高，又要对水工建筑物进行加固或改建。

9.2.6 新增条款，规定与其他水利水电工程建筑物联合布置的渠系建筑物的级别。

9.2.7 在原标准基础上细化调蓄水库的洪水标准。考虑到水库溃坝后风险后果一般比输水工程永久性建筑物严重，因此调蓄水库级别和洪水标准通常取高值。

9.2.8 新增条款，规定渠道与各类河渠交叉建筑物连接渠段的洪水标准。

9.3 工程选线及选址

9.3.1 新增条款，增加输水线路布置的原则。输水线路布置通常还需考虑以下因素：避开毒害污染区，保证输水水质安全；避开地质断层、滑坡、泥石流等不良地质构造区间，保证工程安全；沿用现有或规划道路敷设输水管道，对工程施工、维护和运行管理有利；线路布置结合行政区划，便于用水管理；考虑近、

远期结合，以适应城镇远景发展的需要。当输水线路无法避开环境敏感区，通常采用工程措施降低输水线路对生态环境的影响。

9.3.2 在原标准 9.3.1 条的基础上，按照重要性梳理比选影响因素。

9.3.3 在原标准 9.3.2 条的基础上，增加了不良地质段的种类。输水线路在地震断裂带、沉陷区、滑坡危险带等不良地质条件地区布设时，可能遭遇相应的地质灾害，会引起工程管线断裂、隧洞塌方、明渠基础塌陷等破坏事故，造成损失，在选线时需尽量避开这些不良地质地段。确实无法避开时，如线路与岩层、构造断裂面及主要软弱带交叉时，线路通常与岩层、构造断裂面及主要软弱带走向呈较大的交角。长隧洞和深埋隧洞定义详见 GB 50487。

9.3.4 在原标准 9.3.3 条的基础上，补充输水线路布置兼顾的因素。短直、平顺的输水线路可节省工程投资，并可减少占地、降低水头损失和能耗。当输水渠道布置需要转弯时，线路转弯半径通常尽可能取大值，以改善输水渠道水流条件。弯道半径通常不小于 5 倍水面宽度。有通航任务的渠道，通常根据航道等级确定，并满足交通部门要求。

9.3.5 原标准 9.3.4 条，蓄滞洪区是流域防洪的重要组成部分，在蓄滞洪区内修建调水工程，势必影响蓄滞洪区的正常运用，同时蓄滞洪区的运用也会影响到工程的正常运行。因此，为保证工程运行安全，输水线路通常避免布置在滞洪区内。不可避免时，一般进行专门论证，包括进行防洪影响评价，根据其相应的防洪标准确定其防洪自保措施。

9.3.6 在原标准 9.3.5 条和 9.4.8 条合并的基础上，增加优先考虑利用现有桥、涵等设施立体交叉的规定。立交方式可采用渡槽、倒虹吸、隧洞、涵洞等建筑物型式。如南水北调中线一期工程主要采用立交方式与河道交叉，东线一期工程除了立交穿越黄河外，其余主要采用平交方式与河道交叉。

9.3.7 在原标准 9.3.6 条基础上，增加水质有保证的情况下的考虑因素。在不提高排涝水面线和不改变河道、湖泊现有排涝体

系情况下，且水质有保证的情况下，调水工程通常尽量利用现有河道、湖泊及水工建筑物等。如南水北调东线一期工程利用了邵伯湖、高邮湖、洪泽湖、南四湖、东平湖等湖泊和三阳河、运河、徐洪河、不牢河等河道进行输水；引江济淮工程利用了沿线的菜子湖、瓦埠湖、东淝河、西淝河等湖泊和河道进行输水。

9.3.8 新增条款，增加城市输水线路与管廊结合的布置关系。在规划和建有城市综合管廊的区域，优先将输配水管道纳入管廊。

9.3.9 新增条款，增加输水线路与其他设施的布置关系。输水线路与其他设施需保持一定安全距离，避免相互干扰。输水管道与污水管道交叉时，输水管道通常敷设在上面，且通常不有接口重叠；当输水管道敷设在下面时，通常采用钢管或钢套管，且套管通常伸出交叉管段一定的安全长度，套管的两端通常采用防水材料封闭。

9.3.10 新增条款，增加跨海管道布置要求。根据《中华人民共和国海域使用管理法》和《铺设海底电缆管道管理规定》（1989年，国务院令第27号）等有关法律法规的要求，通常需要对海底管道（隧洞）路由开展专题论证工作。

9.3.11 在原标准9.3.7条的基础上修订。高填方、深挖方不仅会造成挖填工程量增加、引起工程投资增大，还可能带来工程安全隐患和对周边地区的影响。高填方渠道如施工质量不好可能造成渠堤沉降、裂缝等现象，引起渗漏或失稳等危害；深挖方渠道易受地下水影响引起边坡失稳等现象。因此，在输水线路选线时通常避开高填方和深挖方地段。对于高填方明渠，如不可避免，为了降低高填方渠段溃渠引起的次生灾害，高填方渠段通常布置在城镇或居民区的下游方向。

9.3.12 新增条款，增加输水线路布置考虑交通因素的规定。输水线路靠近既有交通道路或公路结合布置，既有利于施工期的临时运输，又可方便运行期输水建筑物的巡视检查和运行维护。

9.3.13 新增条款，增加大型调水工程穿越大江大河及铁路等重要基础设施的规定。对于大型调水工程，当输水线路穿越大江大河、铁路、高速公路、大型输水工程时，输水工程自身施工安全

和运行安全十分重要，其选址选线对工程布置、工程施工和工程投资等影响较大，因此需做专题分析。如南水北调中线一期工程、东线一期工程穿越黄河工程选址，广州西江引水工程穿越北江工程选址等都开展了穿越工程的专题论证。

9.3.14 在原标准 9.3.10 条和 9.4.2 条第 1 款的基础上修订，梳理取水枢纽选址考虑的因素。取水条件要考虑水源、水质、河势、取水保证率等条件以及河道整治规划的要求、对已建建筑物的影响等因素。重要的取水建筑物指引水流量较大（如取水枢纽建筑物级别为 1 级~2 级），取水位置对工程投资影响较大的取水建筑物。当水源为水库时，通常需要对坝下取水和库内取水进行技术经济比选。当在已建水库库内取水时，还需要考虑取水条件和施工围堰的布置。

9.3.15 在原标准 9.3.9 条和 9.4.4 条第 1 款的基础上修订，梳理泵站选址考虑的因素。

9.3.16 在原标准 9.3.8 条的基础上修订，梳理新建调蓄水库库址选择考虑的因素。

9.3.17 新增条款，增加分水闸、节制闸、退水闸等闸址选址的规定。

9.3.18 新增条款，增加调压塔选址的规定。调压塔退水通道要尽量避免对周边群众的生活、生产造成影响；并避开重要的基础设施布置。

9.4 输水方式和建筑物型式选择

本节为新增章节，条文均为新增条文，本章增加了调水工程输水方式和建筑物型式选择的规定。

9.4.1 输水方式选择是建筑物选型的基础，是整个调水工程总体设计的重要内容，需考虑多方面因素进行综合比较、统筹安排，研究提出合理可行的输水方式。一般而言，当具备输水水头条件时，优先采用节能的无压输水或有压重力流输水。相比无压输水，有压输水方式在输水线路纵断面布置灵活，更容易适应地形和穿越障碍物。国内部分调水工程输水方式见表 2。

表 2 国内部分调水工程输水方式

序号	工程名称	所在段落	建成或 通水年份	输水长度 /km	设计流量 /(m ³ /s)	加大流量 /(m ³ /s)	主要输水方式	主要输水型式
1	山东引黄济青	水源工程	1989	253.14	45		无压输水	明渠
2	东深供水改造	取水口太园泵站— 雁田隧洞	2003	15.4	100		泵站加压提水、 无压输水	渠道、渡槽、 隧洞、有压埋管
3	广州西江引水	取水泵站— 江村水厂、 西村水厂	2010	71.6	远期 40.51/ 近期 28.00		泵压输水	埋管
4	山西万家寨 引黄供水	太原支线	2011	115.75			有压重力 流输水	埋管
5	上海青草沙水源 地水原水工程	长兴岛屿输水、 长江原水过江管/ 严桥支线	2011	13.8/27	81.94		有压重力流/ 泵压输水	盾构隧洞/ 有压埋管
6	吉林引嫩入白 调水工程	总干渠/城市供水	2011	52.417/ 57.113	65~35/ 3.3~2.59		无压输水/ 泵站提水、 有压重力流输水	明渠、埋管

表 2 (续)

序号	工程名称	所在段落	建成或 通水年份	输水长度 /km	设计流量 /(m ³ /s)	加大流量 /(m ³ /s)	主要输水方式	主要输水型式
7	海南省 大广坝灌区	高干渠	2013	14.8	11.5	14	无压输水	明渠
		戈枕水库中干渠	2013	77.3	25	30	无压输水	明渠、渡槽、 隧洞
		戈枕水库低干渠	2013	44.64	13.5	15.5	无压输水	明渠、渡槽
8	南水北调中线 一期工程	陶岔起点—京冀界	2014	1222.38	350~50	420~60	无压输水, 局部 倒虹吸为有压 重力流输水	明渠、渡槽
		北京段	2008	54.83	50	60	泵站加压、有压 输水, 小流量 有压重力流输水	埋管、暗涵
		天津干线	2014	155.29	50	60	无压接有压 重力流输水	箱涵
9	南水北调东线 一期工程	长江—东平湖	2014	1045.36	500~100		泵站加压输水, 无压输水	河道明渠、 湖泊
		东平湖—大屯水库	2014	181.38	50		无压输水	明渠
		胶东干线 (与引黄 济青渠道相接)	2014	239.78	50		无压输水	明渠、暗涵

表 2 (续)

序号	工程名称	所在段落	建成或 通水年份	输水长度 /km	设计流量 /(m^3/s)	加大流量 /(m^3/s)	主要输水方式	主要输水型式
10	牛栏江—滇池 补水工程	输水线路	2014	115.85	23		无压输水	隧洞
11	东莞东江 引水一期	东江取水口— 松木山水库	2015	30.066	27	30	泵压输水	有压埋管
12	甘肃引洮供水 一期会宁北部	二干渠延伸渠道段/ 输水总干管	2016	20.25/35.92	1.41/0.81	1.58/	无压输水/有压 重力流输水	隧洞/埋管
13	贵州黔中	总干渠	2018	62.85	22.77	26.831	无压输水	明渠(暗渠)、 渡槽、隧洞
14	福建晋江向台湾 金門供水工程	穿越海底段	2018	16	0.39 (设计) / 0.64 (远期)		有压重力流输水	有压埋管 (HTPE 高强 塑料管)
15	延安黄河引 水工程	黄延线	2018	83.35	4.2~1.6		泵站加压输水	埋管、隧洞
16	杭州千岛湖 配水工程	千岛湖—闲林水库 输水主线	2019	113.22	38.89	58.2	有压重力流输水	隧洞及埋管

表 2 (续)

序号	工程名称	所在段落	建成或 通水年份	输水长度 /km	设计流量 /(m^3/s)	加大流量 /(m^3/s)	主要输水方式	主要输水型式
17	鄂北水资源配置	丹江口水库— 王家冲水库	2020	269.672	38~1.8		主要无压输水、 局部有压重力 流输水	明渠、无压暗涵、 渡槽、隧洞、 倒虹吸、管桥
18	海南省红岭灌区	总干渠	2020	15.662	45		无压输水	明渠、渡槽、 隧洞、暗涵
		东干渠	2020	145.856	40		无压输水	明渠、渡槽、 隧洞、倒虹吸、 暗涵
		西干渠	2020	29.891	6		无压输水	明渠、渡槽、 隧洞、暗涵
19	引汉济渭	秦岭输水	建设中	98.28	70	75.5	泵站加压输水， 无压输水	隧洞
20	武都引水 二期灌区	西梓干渠	建设中	108.177	28.5		无压输水	明渠、隧洞、 渡槽
21	贵州英岩	总干渠	建设中	19.02	34		无压输水	隧洞
		毕大供水工程	建设中	26.383	6		泵站加压输水	埋管、隧洞

表 2 (续)

序号	工程名称	所在段落	建成或 通水年份	输水长度 /km	设计流量 /(m^3/s)	加大流量 /(m^3/s)	主要输水方式	主要输水型式
22	引江济淮	引江济巢/ 江淮沟通段/ 江水北送西淝河段	建设中	208.5/ 155.1/ 185.9	300~280		泵站提水, 无压输水	河道明渠、 湖泊
		江水北送阜阳 供水/亳州供水	建设中	37.895	7.74/5		泵站加压输水	有压埋管
23	引绰济辽	取水枢纽—通辽	建设中	318.94	18.58~8.83		前段无压, 后段有压	无压隧洞、 有压埋管
24	滇中引水	石鼓水源—大理 I 段长育村	建设中	114.99	135		泵站加压输水、 无压输水	隧洞、渡槽、 暗涵、倒虹吸
		大理 I 段长育村— 红河段个旧新坡背	建设中	549.246	135~20		无压输水	隧洞、渡槽、 暗涵、倒虹吸
25	珠三角水 资源配置	鲤鱼洲取水— 罗田水库	建设中	90.3	80~55		泵站加压输水	隧洞、埋管

表 2 (续)

序号	工程名称	所在段落	建成或 通水年份	输水长度 /km	设计流量 /(m^3/s)	加大流量 /(m^3/s)	主要输水方式	主要输水型式
26	广西桂中乐潭 水库引水灌区 一期工程	总干渠	建设中	30.354	70~63.49		无压输水	明渠、隧洞、 渡槽
		北干渠	建设中	56.56	27.38		无压输水	明渠、隧洞、 渡槽
27	百色灌区	百色水库引水总干管、 南干、北干那桑 高位水池	建设中	117.953	6.6~1.48		有压重力流输水	埋管、隧洞
28	环北部湾广东 水资源配置工程	西江—高州水库干线		127.33	110		泵站加压提水， 无压输水， 局部倒虹吸为 有压重力流输水	隧洞、隧洞式 倒虹吸、埋管
		高州水库—鹤地 水库干线	建设中	74.35	70		无压输水， 倒虹吸有压 重力流输水	隧洞、隧洞式 倒虹吸
		分干线		288.65	26~5		泵站加压输水、 有压重力流输水	隧洞、埋管

9.4.2 长距离有压输水工程优先考虑利用水源地与受水点的高程差采用有压重力流输水，若水源地与受水点之间的水位差不能完全满足有压重力流输水要求时，在设置必要的水锤防护设施下，也可以采用有压重力流结合泵站加压输水的方式，以节约运行能耗。

有压输水可采用管道或隧洞型式，相比无压输水而言，过流面积小，同等条件下所需管道或隧洞内径相比无压管道或隧洞较小，还可以穿过公路、河道、山坡等不利地形。泵站加压输水是水泵提供压能的管道压力流输水。管道输水的优点是水量损失少、防污染性强，管道输水可适应地形起伏布置和穿越障碍物，运行管理方便。穿越山区丘陵段，采用隧洞方案可缩短线路长度，对地表植被和环境影响小。当采用封闭式有压输水时，通常考虑一定的工程措施将水锤压力控制在设计范围内。

9.4.3 无压输水是一种运行费用低、节约能源的输水方式。明渠输水可适用于大流量的输水，但是输水线路受地形影响较大，蒸发和漏损量较大，沿途易受洪水和污染影响，渠系建筑物数量较多。隧洞、渡槽、暗涵、无压管道输水能力与明渠相比受到一定限制。

9.4.5 穿越铁路、高等级公路时，尽量从铁路和公路下部穿越，穿越施工一般采用顶管（涵）、水平定向钻埋管、掘进隧洞、明挖埋管（涵）等方法。穿越河湖、渠道时，一般采用上部跨越和下部穿越等方式。上部跨越施工一般采用架空管道（管桥）等方法；下部穿越施工一般采用沉管、顶管、水平定向钻埋管、掘进隧洞、明挖埋管（涵）等方法。

沉管及架空管道输水形式需要长时间封航进行施工作业，对水道通航影响较大。顶管对不良地质条件的适应性较差，当顶管管径大、顶进距离长时，顶进施工难度很大。盾构或钻爆法隧洞对不良地质条件的适应性相对较强，工程投资大，工期长。

9.4.6 在原标准 9.4.12 条基础上修改。在寒冷地区，明渠冬季输水容易产生冰坝、冰盖等病害现象，控制闸部位易出现冰冻阻

水现象。因此，有冬季输水需求的，其输水建筑物型式尽量采用能埋置在地下冻土深度以下的暗涵、埋管或者隧洞等。进水口、调压池（塔、井）等地面建筑物也通常考虑防冰冻要求。

9.5 工程总布置

本节为补充原 9.4 章节。

9.5.1 原标准 9.4.1 条。

9.5.2 新增条款。水源水库大坝工程布置通常符合 SL 274《碾压式土石坝设计规范》、SL 319《混凝土重力坝设计规范》、SL 282《混凝土拱坝设计规范》、SL 265《水闸设计规范》等技术标准的布置要求。

9.5.3 新增条款，新增进水口的规定。进水口的布置通常满足 SL 285《水利水电工程进水口设计规范》的要求。

9.5.4 在原标准 9.4.2 条基础上，删除与首部取水枢纽总布置无关的第 4 款和第 5 款内容。处于多泥沙、多漂浮物河流上的枢纽工程，引水工程进水口一般有防沙、防污措施，以便避免推移质进入引水系统。排沙设施通常与引水工程进水口布置在一起，形成“门前清”效果。进水口布置在库岸稳定、地形地质条件适宜、入流通畅的位置，既能达到引水效果良好，又能降低地基处理投资。

取水隧洞进口顶板高程通常满足水库供水运行最低水位以下淹没深度要求，进水口底板高程通常高于进水口合理使用年限内的水库淤积高程以上。

9.5.5 在原标准 9.4.3 条基础上修订，增加取水口轴线与河道来水方向夹角的规定。无坝引水枢纽进水口底板高程选择及其枢纽布置通常能够满足河、湖枯水期水位时引水流量。无坝引水渠首的引水角通常取 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，当超过 60° 时通常开展专门论证，对重要工程还通常通过水工模型试验论证。引水口前沿宽度一般不小于进水口宽度的 2 倍。

9.5.6 在原标准 9.4.4 条基础上修订，站址选择内容移至

9.3.15 条，补充防、排沙要求。

9.5.7 在原标准 9.4.7 条基础上，增加检修闸（阀）布置要求。

9.5.8 原标准 9.4.9 条和 9.5.10 条合并，增加梯级泵站前池布置要求，细化梯级泵站保证站间流量平衡措施。

9.5.9 在原标准 9.4.11 条增加双线输水的应用范围。采用双（多）线输水通常可以提高供水保证率。采用单管输水还是双（多）管输水，一般需要根据管材、管径、运行要求等经技术经济比较确定。

9.5.10 原标准 9.4.13 条。对于一旦发生漏水破坏事故，检修或者维修难度大、维修时间长的输水建筑物（如封闭埋管、隧洞、倒虹吸或者渡槽等）通常在入口之前设置检修闸门或者阀门。长距离输水隧洞的检修通道通常结合施工支洞、对外交通条件进行布置。

9.5.11 原标准 9.4.14 条。

9.5.12 新增条款，增加水锤防护设施和调压设施的规定。有压输水工程的调压设施形式多样，可根据工程特点研究确定。南水北调中线天津干线输水型式主要为低压箱涵，线路长 155 km，工作内压不大于 0.1 MPa，沿线设置了 8 个保水堰。由于天津有压箱涵段长度较大，不同输水流量所需水头不同，保水堰井具有自动调节水头，分段消耗富余水头，分段控制有压箱涵内水压力的功能，阶梯式布置保水堰井，利于水力惯性控制，缩短了检修闸门关闭时间，便于运行管理。压力输水隧洞利用施工支洞改建成斜井式调压井也是一项经济有效的水锤防护措施，如千岛湖配水工程 113 km 隧洞结合施工支洞设置了 12 条调压斜井。

9.5.13 新增条款，增加有压流和无压流转换需要布设稳流池的规定。稳流调节池是连接无压输水和有压输水的建筑物，调节池的作用是在各种运行工况下使无压流和有压流在此处分界和衔接，保证无压段和有压段保持各自相对稳定的流态。调节池的布置原则是使上游段无压建筑物保证一定的净空，下游段有压建筑物保证淹没。

9.5.14 新增条款，增加消能建筑物的规定。

9.5.15 新增条款，增加野生动物迁徙通道的规定。

9.5.16 新增条款，增加运行维护道路和防汛抢险设施的规定。对于大型输水建筑物，明渠渠顶、控制闸、渡槽槽顶、埋管阀门井、隧洞进出口、调蓄调压设施等通常考虑运行检修通道，并设置必要的隔离保护设施。有压输水隧洞可以结合施工支洞设置永久性的入洞检修通道，压力管道要根据检修需要设置进人孔等设施。

9.5.17 新增条款，增加输水渠系纵坡的规定。

9.5.18 新增条款，增加建筑物景观和周边环境设计的规定。

9.6 取水建筑物

本节为新增内容，规定了取水建筑物布置及结构设计要求。

9.6.1 新增条款，规定了取水建筑物布置要求。河道水位涨落，会引起取水流量发生变化，通常保证在各种水位下，都能满足过流能力。在河势不稳定的河段布置取水建筑物，一般采用导流堤式无坝取水方式，同时与进水闸、泄水闸配合使用，按照正面进水，侧面排沙、泄水的形式进行布置。

9.6.2 新增条款，增加取水方式的规定。有坝引水 and 无坝引水的取水方式均需要考虑工程引保证程度。当采用有坝引水方式取水时，需要研究利用水库挡水水头输水的经济合理性，经综合比选后确定是采用库内取水还是坝后取水方式。

9.6.3 新增条款，增加取水口型式。岸塔式进水口通常选在水流稳定的河岸或库岸、有利的地形以及良好的地质地段。通常避免高边坡开挖，确保地基可靠和边坡稳定。修建进水口不能造成河势重大变化，否则将给取水口的功能和运行造成不利影响。一般通过水工模型予以验证，确保良好的进水条件。

9.6.4 新增条款，增加多泥沙河流取水方式。取水建筑物对泥沙处理的好坏，直接影响工程的运行，取水口一般靠近主流，避免淤积。同时，通常根据河流泥沙分布规律，结合弯道环流原理

等，尽可能取表层水。对于泥沙较多的河流，则需论证是否需专门设置排沙系统。有坝（闸）引水渠首位于水量较丰沛的多泥沙河流，或坝（闸）上下游水位差较大时，一般采取表层取水、底部廊道排沙的引水方式。底部冲沙廊道布置在进水闸前的沉沙槽内，其顶部与进水闸底槛齐平，末端由冲沙闸控制。

9.6.5 新增条款，增加防沙、排沙设计规定。

9.6.6 新增条款，增加防冰措施的规定。

9.7 泵 站

本节为新增节，细化了原条文有关泵站布置设计内容，补充了泵站布置设计要求。

9.7.1 新增条款，补充了 GB 50265《泵站设计标准》未包含的泵站布置设计要求。泵站厂区布置包括对引水渠、拦污栅桥、进水渠、进水池、主厂房、出水池、出水渠、安装间、副厂房和厂区交通、绿化、排水等建筑物和设施进行统筹安排。近年来，国内部分调水工程加压泵站主要特性见表 3。

9.7.2 新增条款，增加泵站和电站厂房联合布置规定。泵站与电站联合布置时，可采用以下几种方式：

（1）平行并列式。泵站、电站横向轴线平行或重叠，泵站和电站厂房均正向进水，泵站主厂房、电站主厂房与共用安装间呈“一”字形或“品”字形布置。

（2）前后并列式。泵站、电站纵向轴线平行或重叠，泵站前置，电站后置，泵站和电站厂房均正向进水，泵站、电站不共用安装间。

（3）垂直式。电站纵向轴线与泵站纵向轴线接近平行，电站厂房正向进水，泵站厂房侧向进水。

陕西省引汉济渭工程黄金峡水利枢纽泵站与电站采用前后并列式联合布置，三河口水利枢纽泵站与电站采用平行并列式联合布置。

表 3 国内部分调水工程加压泵站主要特性表

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装机台数	单机设计流量 (m^3/s)	总设计流量 (m^3/s)	总装机容量 /kW	设计扬程	年运行时间 /h	厂房型式	主要建筑物
1	东深供水改造	莲湖	2003	抽芯式混流泵	8	16.7	100	24000	13	8000	地面厂房	
2		旗岭	2003	抽芯式混流泵	8	15	90	40000	26.6	8000	地面厂房	
3		金湖	2003	抽芯式混流泵	8	15	90	40000	26.6	8000	地面厂房	
4	广州西江引水	取水泵站	2010	卧式单级双吸离心泵	12	4.051	40.51	30000	38		地面厂房	
5	吉林引松供水工程	冯家岭分水	2011	卧式离心泵	12	1.74/ 2.95	30.56	19240	107/15~ 36.5		地面厂房	钢制压力罐前池、发电厂房和出水池
6	吉林引嫩入白调水工程	白沙滩泵站	2011	立式全调节导叶式混流泵	6	13.16	65	1700	9.23		地面厂房	引渠、前池、进水池、主泵房、出水池、出水渠、副厂房、安装间和变电站

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装 机 台 数	单 机 设 计 流 量 (m^3/s)	总 设 计 流 量 (m^3/s)	总 装 机 容 量 /kW	设计 扬 程	年运行 时间 /h	厂房型式	主要建筑物
7	上海青草沙 水源地下水原 水工程	取水泵站	2011				200				地面厂房	取水头部、 穿堤引水涵 管、闸室、连 接段、前池 (沉沙池)、进 水间、泵站厂 房、变电站、 出水管等
8	南水北调 中线一期	惠南庄	2008	卧式单级 双吸离心泵	8	10	60	58400	58.2		地面厂房	进水管、前 池、发电厂房 和出水池
9		江都三站 改造	2014	立式轴 流泵	10	13.5	100	16000	7.8		地面厂房	
10	南水北调 东线一期	江都四站 改造	2014	立式轴 流泵	7	30	180	24850	7.8		地面厂房	
11		宝应站	2014	导叶式 混流泵	4	33.4	100	13600	7.6		地面厂房	

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装机台数	单机设计流量 (m^3/s)	总设计流量 (m^3/s)	总装机容量 /kW	设计扬程	年运行时间 /h	厂房型式	主要建筑物
12	南水北调 东线一期	金湖站	2014	灯泡贯流泵	5	37.5	150	11000	2.45		地面厂房	
13		洪泽站	2014	立式混流泵	5	37.5	150	17500	6		地面厂房	
14		淮安四站	2014	立式轴流泵	4	33.4	100	10000	4.18		地面厂房	
15		淮安二站改造	2014	立式轴流泵	2	60	100	10000	3.81		地面厂房	
16		淮阴三站	2014	灯泡贯流泵	4	33.4	100	8800	4.28		地面厂房	
17		泗洪站	2014	灯泡贯流泵	5	30	120	10000	3.23		地面厂房	
18		泗阳站	2014	立式轴流泵	6	33	164	18000	6.3		地面厂房	
19		刘老涧二站	2014	立式轴流泵	4	29.4	80	8000	3.7		地面厂房	

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装机台数	单机设计流量 (m^3/s)	总设计流量 (m^3/s)	总装机容量 /kW	设计扬程	年运行时间 /h	厂房型式	主要建筑物
20	南水北调 东线一期	睢宁二站	2014	导叶混流泵	4	20	60	12600	9.2		地面厂房	
21		皂河二站	2014	立式轴流泵	3	25	75	6000	4.7		地面厂房	
22		皂河一站改造	2014	导叶式混流泵	2	100	200	14000	4.7		地面厂房	
23		邳州站	2014	竖井贯流泵	4	33.4	100	7800	3.2		地面厂房	
24		刘山站	2014	立式轴流泵	5	31.5	125	14000	5.73		地面厂房	
25		解台站	2014	立式轴流泵	5	31.5	125	14000	5.84		地面厂房	
26		蔺家坝站	2014	灯泡贯流泵	4	25	75	5000	2.4		地面厂房	
27		台儿庄	2014	立式轴流泵	5	31.25	125	12000	4.53		地面厂房	

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装机台数	单机设计流量 (m^3/s)	总设计流量 (m^3/s)	总装机容量 (kW)	设计扬程	年运行时间 /h	厂房型式	主要建筑物
28	南水北调 东线一期	万年闸	2014	立式 轴流泵	5	31.25	125	14000	5.49		地面厂房	
29		韩庄	2014	后置式灯 泡贯流泵	5	31.25	125	9000	4.15		地面厂房	
30		二级坝	2014	后置式灯 泡贯流泵	5	31.25	125	8250	3.21		地面厂房	
31		长沟	2014	液压全调 节型立式 轴流泵	4	33.5	100	11200	3.86		地面厂房	
32		邓楼	2014	机械全调 节式立式 轴流泵	4	33.5	100	8960	3.57		地面厂房	
33		八里湾	2014	机械全调 节式立式 轴流泵	4	33.4	100	8960	4.78		地面厂房	

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水 年份	水泵类型	装机 台数	单机设计 流量 (m^3/s)	总设计 流量 (m^3/s)	总装机 容量 /kW	设计 扬程	年运行 时间 /h	厂房型式	主要建筑物
34	浙东引水 工程	萧山枢纽 泵站	2012	立式 轴流泵	5 用 1 备	10	50	4200	3.0	4950	地面厂房	泵站、进水池、出水池、进水闸、排涝闸
35	东莞东江 引水一期	沙角泵站	2015 年 建成	立式定浆 可抽芯 斜流泵	5	7.5	30	13000	26.01	2519	地面厂房	进水池、进水闸、进水管、前池、主泵房、出水管、调压塔、副厂房、安装间和变电站
36		泰岗圩	2015 年 建成	立式定浆 可抽芯 斜流泵	5	7.5	30	14250	28.77	2519	地面厂房	进口压力水箱、主厂房、副厂房、出口压力水箱、安装间和变电站

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水 年份	水泵类型	装机 台数	单机设计 流量 (m^3/s)	总设计 流量 (m^3/s)	总装机 容量 /kW	设计 扬程	年运行 时间 /h	厂房型式	主要建筑物
37	延安黄河 引水工程	延水关 一级站	2018		8 (6大 2小)	0.84 (大) / 0.42 (小)	4.2	4340	44.16		地面厂房	进水管、吸水池、主副厂房、出水管
38		延水关 二级站			7	0.78	3.9	4970	66.8		地面厂房	HPS 泥沙处理站、调蓄池、吸水池、进水管、主厂房、副厂房、安装间、出水管、调蓄池
39		柏树圪 三级站			7	0.78	3.9	12600	150.1		半地下 厂房	进水管、调蓄池、进水池、主副厂房、出水管、出水池

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水 年份	水泵类型	装 机 台 数	单 机 设 计 流 量 (m^3/s)	总 设 计 流 量 (m^3/s)	总 装 机 容 量 /kW	设 计 扬 程	年运行 时间 /h	厂 房 型 式	主要建筑物
40	延安黄河 引水工程	高家湾 四级站 (主线/充库)	2018		6/4		2.98/ 1.3	7658	46.1/ 91.6		地面厂房	高位进水管、进水管、主、副厂房出水管、高位进水池
41		新舍古 五级站 (延安/子长)										
42		禹居 六级站										
43		曲溪交 六级站 (主线/ 贾家坪)										
					4		1.25/ 0.35	1800	67.2		地面厂房	进水调蓄池、进水池、进水管、主副厂房、出水管、出水调蓄池

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装 机 台 数	单 机 设 计 流 量 $/(m^3/s)$	总 设 计 流 量 $/(m^3/s)$	总 装 机 容 量 $/kW$	设 计 扬 程	年运行 时间 $/h$	厂房型式	主要建筑物
44	延安黄河 引水工程	永坪 七级站 (子长/永坪)	2018		7		0.7/ 0.55	3996	202.43 /30.78		地面厂房	调节池、吸 水池、进水管、主副 厂房、出水管
45		黄金峡 取水泵站	2020	立式单级 单吸 离心泵	7	11.67	70	126000	106.45	1224	河床式泵 站、坝后 电站	引水渠、泵 站厂房、泵站 扬水管道和出 水池、电站厂 房、尾水渠
46	引汉济渭	三河口泵站	2020		2(常 规)/ 2(供 水、发 电双 向可 逆式)			64000			地面厂房	进 水口、压 力管道、供水 阀室、尾水系 统、连接洞、 主厂房、副厂 房、主变室

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水 年份	水泵类型	装机 台数	单机设计 流量 (m^3/s)	总设计 流量 (m^3/s)	总装机 容量 /kW	设计 扬程	年运行 时间 /h	厂房型式	主要建筑物
47	珠三角 水资源配置	鲤鱼洲 取水泵站	建设中	立式单级 单吸蜗壳 离心泵	8	13.5	80	72000	42.2/ 25.5 (对应管 道糙率 0.014 和 0.01)		半地下式	
48		高新沙 加压泵站	建设中	立式单级 单吸蜗壳 离心泵	6	15	60	72000	56/ 51.4 (对应管 道糙率 0.015 和 0.012)			
49		罗田 加压泵站	建设中	立式 抽芯式 混流泵	4	10	30	20000	35.6/ 32.7 (对应管 道糙率 0.015 和 0.010)		半地下式	

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装机台数	单机设计流量 (m^3/s)	总设计流量 (m^3/s)	总装机容量 (kW)	设计扬程	年运行时间 /h	厂房型式	主要建筑物
50	贵州夹岩	毕大取水 泵站	建设中	RDLO 600 ~ 1075A	6	1.5	6	22300	160.37		地面厂房	取水塔、进水 隧洞、进水管、主副厂 房、出水管、 提水钢管
51	滇中引水	石鼓取水 加压泵站	建设中		12	13.5	135	480000	219.16	7002	地下厂房	引水渠(含 沉沙池)、进 水塔、进水流 道、进水调压 室、进水检修 蝶阀室、地下 泵房、主变 洞、其他附属 洞室、排水廊 道、副厂房、 出水隧洞、出 水检修阀室、 出水池、地面 开关站

表 3 (续)

序号	项目名称	泵站名称	通水年份	水泵类型	装台数	单机设计流量 (m^3/s)	总设计流量 (m^3/s)	总装机容量 /kW	设计扬程	年运行时间 /h	厂房型式	主要建筑物
52	环北部湾 广东水资源 配置工程	地心泵站	建设中	立式单吸 单级离心泵	6 (5用 1备)	22	110	276000	168.0		半地下式	拦漂排、拦污闸、引水渠、进水闸、主副泵房、出水钢管、量水间及检修阀室
		廉江泵站		单级双吸离心泵	6 (4用 2备)	6	24	18900	39.5		地面厂房	
		合雷泵站		单级双吸离心泵	6 (4用 2备)	5	20	10800	27.59		地面厂房	
		松竹泵站		单级双吸离心泵	7 (5用 2备)	2.6	13	22050	78.03		地面厂房	
		龙门泵站		单级双吸离心泵	6 (4用 2备)	2.6	10	18900	78.03		地面厂房	

9.7.3 新增条款，增加地下泵站布置的规定。

9.7.4 在原标准 9.5.15 条基础上，修订泵站采取分期建设的规定。泵站分期建设时需统筹考虑近远期泵站的衔接，既可以为后期泵站预留厂房位置，也可以厂房土建工程一次建成，预留机组位置。如南水北调东线一期泵站布置时预留二期泵站位置，引黄入晋总干一级泵站、驷马山滁河四级站土建工程一次建成，机组分期安装。

9.7.5 新增条款，增加扩建泵站布置的规定。

9.7.6 新增条款，增加现有泵站厂房改造前需要安全鉴定的规定。

9.7.7 新增条款，增加也需要执行 GB 50265 和 GB 50288 的规定。

9.8 渠 道

本节为新增独立成节内容，细化了原条文有关渠道布置及结构设计要求。

9.8.1 新增条款，增加渠道型式选择的规定。

9.8.2 新增条款，增加渠道纵坡选择的规定。渠道纵坡是渠道设计中的关键要素，直接影响渠道断面的选取，且与渠道的冲刷、淤积等相关，影响整个渠道的正常运行。一般根据渠道沿线地形、地质条件，设计流量和含沙量等因素，通过计算分析确定。同时要做好挖填平衡，减少工程占地，减少弃渣量。渠道与各交叉建筑物的水面线需保持平顺衔接，避免出现突变。

渠道内的水流速不能发生渠床冲刷（不超过不冲流速）和泥沙淤积（不小于不淤流速）。计算不冲流速的经验公式有很多，但都有一定的局限性，针对不同性质渠道单独分析，并类比已建工程，在设计过程中参考使用。浑水渠道的允许不淤流速通常根据水流挟沙能力，按各地区经验公式计算确定。

9.8.3 在原标准 9.5.7 条基础上修订。

9.8.4 新增条款，增加渠道糙率的规定。

9.8.5 在原标准 9.5.1 条～9.5.6 条基础上修订，规定渠道断面要素的要求。受泥沙影响的渠道包括易出现外洪水入渠或受风

沙影响可能造成淤积的渠段，以及渠道引水水体本身含沙量较大的渠道。

9.8.6 新增条款，增加过水断面边坡设计安全系数的规定。在渠道流量、纵坡、糙率及边坡系数一定的情况下，一般选用水力最佳断面，渠道工程量最小，但水力最佳断面对于梯形断面渠道常为窄深式，这种窄深式渠道对配水、施工不利，常因土方单价偏高而影响经济性，因此需综合分析确定。

渠道边坡系数结合边坡稳定计算结果选定，多级边坡坡比变化不能过大。当变形对渠道防渗衬砌结构有影响或开挖卸荷导致变形破坏时，一般同时进行有限元应力应变计算。

9.8.7 新增条款，增加现有渠道改造的原则规定。渠道改建前，取得现有渠道的水力要素、渠地质条件等基础资料，结合监测数据取得渗流量，类比当地已有工程作为基础设计资料。尽可能地利用现有渠道，优先采取加高培厚的方法。

渠道改造前对现有渠道的过流能力、安全超高、边坡稳定、衬砌形式进行复核。

9.9 隧 洞

本节为新增独立成节内容，细化了原条文有关隧洞布置及结构设计要求。

9.9.1 在原标准 9.5.9 条基础上增加了有压隧洞断面型式的规定。

3 无压输水隧洞洞内水面线以上的净空关系到隧洞输水过程中是否会发生明满流过渡问题，为防止出现明满流过渡状态，在通气条件良好、水流为恒定流情况下，水面线以上通常要留有足够的空间，条文中的规定与水利隧洞设计规范要求一致。对于长距离、大直径的隧洞，其断面设计对工程量影响较大，净空尺寸还需要专门论证。

9.9.2 新增条款，增加水利隧洞的过流能力计算的规定。无压隧洞分为长洞和短洞，对短洞其过流能力一般不受洞长影响，仅取决于进口型式，开敞式进口按堰流计算，深式有压进口按管流

计算。无压长洞，过流能力会受洞长影响，需通过推求控制断面的水面线后，计算过流能力。

9.9.3 新增条款，增加隧洞衬砌设计的规定。外水压力是隧洞设计需重点关注的问题，深埋隧洞水文地质条件复杂，隧洞开挖后可能无渗水，也可能会穿越高承压水洞段、有地下暗河的岩溶洞段、穿越河流隧洞以及强透水性的断层破碎带洞段等引发事故，鉴于外水荷载的复杂性，对于深埋隧洞，外水荷载的选择和采取的工程措施对地下水环境和工程安全影响很大，通常要专门研究。

9.9.4 新增条款，增加掘进机施工洞衬砌的规定。

9.9.5 新增条款，增加锚喷支护设计的规定。

9.9.6 新增条款，增加不良地质洞段设计的规定。当隧洞穿过断层破碎带、软岩、膨胀岩、岩爆及有害气体等不良洞段时，一般根据具体情况采取相应措施，同时在施工中加强地下水水量、围岩变形、支护和衬砌等监测。

掘进机施工的隧洞预留变形量考虑围岩收敛变形、不均匀沉降量及结构变形等因素；依据断面尺寸、不良地质条件所占比例、机型等情况，考虑设备的扩挖能力，综合分析后确定预留变形量。

掘进机设备选型时通常提出扩挖能力要求，在围岩变形过大时，能够使用边刀扩挖，临时加大开挖直径，同时对掘进机设备推力和扭矩提出要求，增加自行脱困的能力。

4 软岩大变形洞段根据围岩类别、工程特点选择合适的支护和衬砌方式，确保施工期及运行期的结构安全。一般处理措施如下：

(1) 轻微大变形段，一般采取长短锚杆组合、钢筋网喷混凝土或纤维混凝土、设置钢拱架、加强二次衬砌等措施。

(2) 中等大变形段，一般采取长锚杆、钢筋网喷混凝土或纤维混凝土、增设缓冲层、设置钢架、二次衬砌采用钢筋混凝土等措施。

(3) 强烈大变形段，一般采取预加固地层、分部开挖、长锚

杆、锚索、钢筋网喷混凝土或纳米粗纤维混凝土、喷混凝土层留纵缝、增设缓冲层、可缩式钢架、二次衬砌采用钢筋混凝土等先让后抗措施。超前支护采用超前小导管或超前锚杆，必要时采用管棚。

对于蚀变岩洞段，一般采取下列措施：

(1) 轻微蚀变段采用锚喷混凝土，必要时架设钢拱架；

(2) 中等蚀变和强蚀变无水段采用锚喷粗纤维混凝土，有水段采用锚喷纳米粗纤维混凝土，架设钢拱架。必要时采用伸缩钢拱架支护型式。

(3) 蚀变岩洞段超前预处理措施采用自进式中空注浆钢花管或自进式中空注浆锚杆。

6 水工隧洞穿越岩溶地区情况一般较复杂，通常根据不同岩溶规模、与主洞的相对关系及充填物情况采取相应的处理措施。一般采取下列措施：

(1) 规模较小且位于隧道拱顶以上的溶洞，根据溶洞洞壁稳定程度，一般采取喷锚等措施对溶腔壁进行加固，并采取回填混凝土、回填灌浆、固结灌浆等处理措施。

(2) 对隧道底部有充填的溶洞，通常根据溶洞充填物的特征以及溶洞与隧道的位置关系，采取桩基、注浆、换填、跨越等措施进行处理。

(3) 隧道穿越规模较大的空溶洞或暗河通道时可采取跨越方式或局部改线通过。

(4) 掘进机通过溶洞前，通常进行超前钻探作好超前地质预报，根据了解的地质情况采取相应的措施。

7 通过有害气体赋存区的洞段，首先要通过必要的勘测手段查明气体来源、类别、浓度及赋存区的分布，预测对施工期和运行期人员的危害，视实际情况采取隔离、封闭、引排等措施，保证施工人员的安全。有害气体赋存区通常不采用锚喷结构做永久衬砌，主要是考虑到锚喷支护很难起到封闭或隔离有害气体的作用。

9.9.7 新增条款，对于深埋长隧洞，隧洞埋深大、穿越地层多样，水文地质条件和工程地质条件复杂，受当前勘探手段和自然环境等条件的限制，施工前无法完全查明深埋长隧洞的工程地质条件，同时，深埋隧洞围岩的力学特性和破坏特征与浅部岩体显著不同，施工过程中需根据施工期补充地质勘察和超前地质预报揭示的地质条件对隧洞的支护和衬砌进行动态设计。

9.9.8 新增条款，增加隧洞设计也要符合 SL 279《水工隧洞》的规定。

9.10 管 道

本节为新增独立成节内容，细化了原条文有关管道布置及结构设计要求。

9.10.1 新增条款，增加管道条数的规定。重要的供水对象或单一水源的供水对象，对供水保证率要求较高，一般根据情况采用双线输水。双线输水具有较高的安全度，当一条线路出现故障时，另一条线路可继续输水，从而提高供水对象的供水保证率，但双线输水一般投资较大，尤其是对长距离输水管道影响较大。对输水流量较大的管道，也需要对管道条数进行经济技术比较。多条管道输水时，管道间距选择要根据施工条件和后期运行维护要求确定。

9.10.2 新增条款，增加管径的规定。管径是管道设计的重要参数，对重力流输水的管道，在满足过流能力和其他条件基础上，尽量减小管径，以减小工程投资；对加压输水的管道，通常综合考虑线路投资、泵站投资、运行费用等综合确定，一般参照经济流速拟定比选管径。

9.10.3 新增条款，增加管材的规定。输水管道管材对工程安全性和投资至关重要，管材的选择首先要考虑安全性要求，在各种工况下不能出现爆管、漏水等问题，其次从施工、耐久性、投资等方面综合选定。

9.10.4 在原标准 9.5.8 条第 1 款基础上修订。本条规定了有压管道的最小压力水头。

9.10.5 在原标准 9.5.8 条第 3 款基础上修订。管道附属设施是管道设计重要部分，关系到管道的安全运行和检修管理难度。检修阀布置除正常检修分段外，还通常结合考虑管道沿线重要建筑物检修维护要求。

9.10.6 在原标准 9.5.8 条第 2 款基础上修订管道埋置深度的规定。

9.10.7、9.10.8 在原标准 9.5.13 条基础上修订，增加水力过渡过程和管道水锤防护的规定。管道的水力过渡过程计算是管道设计的重要内容。对小管径、低流速、低压力的输水管道系统发生水锤破坏的概率较小，水锤对管道系统的影响较小，根据经验公式或参照类似工程经验可控制在合理范围内，对复杂和高压力输水管道水力过渡过程计算结果对管道安全运行尤为重要，通常专门研究。

9.10.9 新增条款，增加管道内外防腐的规定。

9.11 渡 槽

本节为新增内容，补充了渡槽布置设计要求。

9.11.1 增加渡槽槽址的规定。

9.11.2 增加渡槽结构型式的规定。随着调水工程的技术发展，近年来，我国渡槽的型式呈现出多样化的发展趋势。国内部分调水工程渡槽工程特性见表 4。

(1) 梁式渡槽的支撑结构是重力墩或排架，槽身搁置于墩（架）顶部，既起输水作用，又是承受荷载而起纵梁作用的结构。梁式渡槽整体受力性较好，受力结构简单、明确，裂缝容易控制，水密性好，且施工方便，对所跨越河道的行洪影响较小，是采用最广泛的渡槽型式。

(2) 拱式渡槽是在槽身与墩台之间增设了主拱圈和拱上结构，拱上结构将上部荷载传给主拱圈，主拱圈再将传来的拱上竖向荷载转变为轴向压力传给墩台。主拱圈是拱式渡槽的主要承重结构，以承受轴向压力为主，拱内弯矩相对较小，近年来随着技术发展拱式渡槽的跨度也在不断加大。

表 4 国内部分长距离调水工程渡槽工程参数见表

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规模 (槽数—净宽×净高) (槽—m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) (孔数×m)	槽墩最大高度或架空高度 /m	槽身型式	渡槽纵坡	设计流量 (m^3/s)	加大流量 (m^3/s)
1	东深供水改造	旗岭	2003	0.63	薄壳无粘结预应力混凝土 U 形槽	1—7×4.9	7×50+9×30	20	排架支撑、双肋无铰拱支撑	1/1000	90	
2		樟洋	2003	1.0			* ×12+	10				
3		金湖	2003	2.3			* ×24	10				
4	南水北调中线一期	刁河	2014	0.66	双线双槽预应力开口箱梁结构	2—13.0×7.2	8×40+1×30		梁式	1/25000	350	420
5		湍河	2014	1.03	3 槽双向预应力混凝土 U 形结构	3—9.0×7.23	18×40	8.23	梁式	1/25000	350	420
6		严陵河	2014	0.54	双线双槽预应力开口箱梁结构	2—13.0×7.4	6×40		梁式	1/25000	340	410
7		潦河	2014	0.437	双槽分缝设拉杆不加肋普通混凝土矩形槽	2—11.0×8.4	24×6.1		涵洞式		340	410

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规模 (槽数-净宽×净高) (槽- m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) (孔数×m)	槽墩最大高度或架空高度 /m	槽身型式	渡槽纵坡	设计流量 (m^3/s)	加大流量 (m^3/s)
8	南水北调中线一期	十二里河	2014	0.275	双线双槽预应力开口箱梁结构	2-13.0×7.78	2×30		梁式		340	410
9		贾河	2014	0.48	双线双槽预应力开口箱梁结构	2-13.0×7.8	5×40		梁式		330	400
10		草墩河	2014	0.331	双线双槽预应力开口箱梁结构	2-13.0×7.8	5×30		梁式		330	400
11		澧河	2014	0.86	双线双槽三向预应力开口箱梁结构	2-10.0×7.92	12×40+2×30		梁式	1/3900	320	380
12		澎河	2014	0.31	双线双槽分缝不加肋普通混凝土矩形槽	2-10.15×7.2	2×19.5+7×19		涵洞式		320	380
13		沙河	2014	9.075	双线四槽三向预应力混凝土 U 形槽	4-8.0×7.4	47×30	12	梁式		320	380

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规格 (槽数—净宽×净高) /(槽— m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) /(孔数×m)	槽墩最大 高度或 架空高度 /m	槽身型式	渡槽 纵坡	设计流量 $/(m^3/s)$	加大流量 $/(m^3/s)$
14	南水北 调中线 一期	沙河— 大郎河	2014	3.56	双线双槽普 通混凝土结构 矩形槽	2—12.5×7.8	178×20	8.5	涵洞式		320	380
15		大郎河	2014	0.49	双线四槽预 应力混凝土 U 形槽	4—8.0×7.8	10×30	8.5	梁式		320	380
16		大郎河— 鲁山坡	2014	1.82	双线双槽普 通混凝土结构 矩形槽	2—12.5×7.8	91×20	6.9	涵洞式	1/6400	320	380
17		鲁山坡	2014	1.53	整体单槽普 通混凝土结构 矩形槽	2—12.5×7.9		0	落地式		320	380
18		肖河	2014	0.25	双槽分缝普 通混凝土矩 形槽	2—12.0×7.7	6×6		涵洞式		315	375
19		兰河	2014	0.26	双槽分缝普 通混凝土矩 形槽	2—12.0×7.7	6×8		涵洞式		315	375

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规格 (槽数—净宽×净高) /(槽—m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) /(孔数×m)	槽墩最大 高度或 架空高度 /m	槽身型式	渡槽 纵坡	设计流量 $/(m^3/s)$	加大流量 $/(m^3/s)$
20	南水北 调中线 一期	索河	2014	0.4	双槽分缝不 加肋普通混凝 土矩形槽	2—12.0×7.82	21×6		涵洞式		265	320
21		淤泥河	2014	0.204	双槽不分缝 单隔墙普通混 凝土矩形槽	2—9.2×7.1	4×6		涵洞式		245	280
22		汤河	2014	0.294	双槽不分缝 单隔墙普通混 凝土矩形槽	2—8.8×7.6	2×28+3×8.5		涵洞式		245	280
23		澄阳河	2014	0.302	三槽一联预 应力钢筋混凝土 矩形槽	3—7.0×7.1	4×30		梁式		235	265
24		牯牛河 南支	2014	0.424	三槽一联预 应力钢筋混凝土 矩形槽	3—7.0×7.0	8×30		梁式		235	265
25		谿河	2014	0.829	三槽一联预 应力钢筋混凝土 矩形槽	3—7.0×6.8	16×40		梁式	1/3900	230	250

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度/km	结构型式	槽身尺寸规模 (槽数-净宽×净高) /(槽- m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) /(孔数×m)	槽墩最大高度或架空高度/m	槽身型式	渡槽纵坡	设计流量 (m^3/s)	加大流量 (m^3/s)
26	南水北调中线一期	氐河	2014	0.458	三槽一联预应力钢筋混凝土矩形槽	3-7.0×6.7	9×30		梁式	1/4100	220	240
27		午河	2014	0.334	三槽一联预应力钢筋混凝土矩形槽	3-7.0×6.7	5×30		梁式	1/4200	220	240
28		漕河	2014	2.3	三槽一联预应力钢筋混凝土矩形槽	3-6.0×5.4	24×10+ 35×20+ 41×30		梁式	1/3900	125	150
29		平寨	2018	0.217	U 形	2.05 m×1.65 m (槽壳半径×直壁高度)	主拱跨度 108 m		拱式	1/1500	22.656	26.729
30		白鸡坡	2018	0.25	U 形	2.05×1.65 (槽壳半径×直壁高度)	主拱跨度 156 m		拱式	1/1500	20.942	24.701
31	贵州黔中	龙场	2018	0.349	U 形	2×1.6 (槽壳半径×直壁高度)	主拱跨度 200 m		拱式	1/1500	19.849	23.459
32		祠堂边	2018	0.19	U 形	2×1.6 (槽壳半径×直壁高度)	主拱跨度 108 m		拱式	1/1500	20.759	24.485
33		青年队	2018	0.838	U 形	1.95×1.55 (槽壳半径×直壁高度)	主拱跨度 108 m		拱式	1/1500	17.729	20.938

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度/km	结构型式	槽身尺寸规模 (槽数×净宽×净高) (槽—m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) (孔数×m)	槽墩最大高度或架空高度/m	槽身型式	渡槽纵坡	设计流量 (m^3/s)	加大流量 (m^3/s)
34		塔山坡1号	2018	0.827	U形	1.95×1.55 (槽壳半径×直壁高度)	主拱跨度 108 m		拱式	1/1500	17.516	20.686
35		草地坡	2018	0.892	连续刚构桥 槽合一	4.25 m×3.7 m (过水断面宽度×高度)	最大跨度 180 m	45~52	连续 刚构式	1/1500	21.076	24.86
36		徐家湾	2018	0.986	连续刚构桥 槽合一	4.25 m×3.7 m (过水断面宽度×高度)	最大跨度 180 m	60~92	连续 刚构式	1/1500	20.942	24.701
37		河沟头	2018	0.94	连续刚构桥 槽合一	4.25 m×3.7 m (过水断面宽度×高度)	最大跨度 150 m	58~81	连续 刚构式	1/1500	19.849	23.459
38	贵州黔中	焦家	2018	0.836	连续刚构桥 槽合一	4.25 m×3.7 m (过水断面宽度×高度)	最大跨度 180 m	50~57.5	连续 刚构式	1/1500	17.783	21.002
39		杨柳2号	2018	0.175	U形		最大跨度 15 m		折线拱	1/1750	16.363	
40		菜子冲	2018	1.736	箱形	2.0 m×1.9 m (槽壳半径×直壁高度)	最大跨度 50 m		简支梁式	1/1750	21.011	21.138~
41		太平农场2号	2018	0.39	U形/箱形	~1.6 m×1.3 m (槽壳半径×直壁高度)	最大跨度 40 m		简支梁式	1/1750	16.263	15.536
42		岩子台2号	2018	0.341	U形		最大跨度 45 m		简支梁式	1/1750	15.557	

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规格 (槽数—净宽×净高) (槽— m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) (孔数×m)	槽墩最大高度或架空高度 /m	槽身型式	渡槽纵坡	设计流量 (m^3/s)	加大流量 (m^3/s)
43	鄂北水 配置 工程	孟楼渡槽	2020	4.99	单孔梁式三向预应力矩 形槽	1—6.5×5	166×30+ 1×10	12	简支梁式	1/5000	38	
44		七方 (文庄)	2020	1.22	单孔梁式三向预应力矩 形槽	1—6.4×4.9	40×30	9.2	简支梁式	1/5000	36.2	
45		七方 (杨冲)	2020	1.74	单孔梁式三向预应力矩 形槽	1—6.4×4.9	58×30	11.3	简支梁式	1/5000	36.2	
46		七方 (方寨)	2020	1.48	单孔梁式三向预应力矩 形槽	1—6.4×4.9	49×30	7.9	简支梁式	1/5000	36.2	
47		七方 (套楼)	2020	1.31	单孔梁式三向预应力矩 形槽	1—6.4×4.9	43×30	11.1	简支梁式	1/5000	36.2	
48		七方 (申冲)	2020	0.45	单孔梁式三向预应力矩 形槽	1—6.4×4.9	15×30	7.6	简支梁式	1/5000	36.2	

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规格 (槽数—净宽×净高) /(槽— m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) /(孔数×m)	槽墩最大 高度或 架空高度 /m	槽身型式	渡槽 纵坡	设计流量 /(m ³ /s)	加大流量 /(m ³ /s)
49	鄂北水 配置 工程	七方 (王坡)	2020	0.92	单孔梁式三 向预应力矩 形槽	1—6.4×4.9	30×30	9.6	简支梁式	1/5000	36.2	
50		沙河	2020	1.38	单孔梁式三 向预应力矩 形槽	1—5.8×4.6	46×30	7.1	简支梁式	1/5000	28.6	
51		优良河	2020	0.12	单孔梁式常 态混凝土矩 形槽	1—5.2×4.2	4×30	4	简支梁式	1/3500	26.7	
52		华阳河	2020	0.19	单孔梁式常 态混凝土矩 形槽	1—4.7×3.8	6×30	5	简支梁式	1/3500	20.2	
53		源水	2020	0.19	单孔梁式 常态混凝土 矩形槽	1—4.7×3.8	6×30	12.4	简支梁式	1/3500	20.2	
54		源水支 沟	2020	0.22	单孔梁式 常态混凝土 矩形槽	1—4.7×3.8	7×30	6	简支梁式	1/3500	20.2	

表 4 (续)

序号	工程名称	渡槽名称	通水年份	建筑物长度 /km	结构型式	槽身尺寸规模 (槽数-净宽×净高) /(槽- m×m)	跨径布置 (孔数×跨度) /(孔数×m)	槽墩最大高度或 架空高度 /m	槽身型式	渡槽纵坡	设计流量 /(m ³ /s)	加大流量 /(m ³ /s)
55	滇中引水	积福村		0.595	预应力 U 形双槽	2-7×6.2	17×30		圆端形空心墩加桩基础	1/3500	135	
56		董家村		0.301	简支预应力矩形三箱	3-5×4.2	7×30	6.4~8.4	钢筋混凝土实心墩	1/2000	120	
57		柳家村		0.268	矩形, 三向预应力钢筋混凝土结构	2-6.05×6.2	*×30	10~13	梁式	1/4000	115	
58		风屯		0.238	矩形	2-5.85×6.1	*×30	11~14	梁式	1/4000	105	
59	引江济淮	鲁支河		0.156	矩形	2-5.7×6.0	拱跨 84m, 槽身跨度 6m	拱式结构净跨 84 m	多箱室上承式箱型拱式	1/4000	100	
60		舒庐干渠	2020 年建设中		单箱结构水槽, 预应力梁桥结构	1-6×3.2	1×120+2×65		预应力梁桥结构	1/4000	18	23.2
61		庐南分干渠	2020 年建设中		单箱开口结构水槽, 预应力混凝土连续梁	1-4×2.25	1×120+2×65		预应力混凝土连续梁	1/4000	9	10.8
62	江西	莲花九曲山			斜拉式渡槽		1×111.53+2×17					

(3) 桁架式渡槽又分为桁架拱式、桁架梁式和梁型桁架式。桁架拱式是横向联系（横系梁、横隔板及剪刀撑等）将数榀桁架拱片连接而成的整体结构。桁架拱片是主要承重结构，其下弦或上弦做成拱形，既是拱形结构又具有桁架的特点。梁型桁架是指在竖向荷载作用下支撑点只产生竖向反力的桁架，其作用与梁相同。桁架梁式与梁型桁架的不同之处在于桁架梁式以矩形截面槽身的侧墙和 $1/2$ 槽底板（呈 L 形）取代梁型桁架的下弦杆或上弦杆，是不产生水平反力的梁型结构。桁架杆件制作较为复杂，若采用混凝土弦杆，杆端铰接处受力复杂，容易开裂；若采用钢弦杆则造价较高，并且后期维护难度大。

(4) 斜拉式渡槽一般由塔、墩、拉索及主梁（槽身）四部分组成，自塔上伸出若干斜向拉索将主梁吊起，从而形成一种多次超静定的承重跨越结构。斜拉结构具有跨度大、梁体尺寸小、能适应各种地形地基、造型简明轻巧美观。但是斜拉结构作为一种高次超静定结构，在内力变形计算以及施工等要求均较严格。

(5) 落地式渡槽指渡槽直接坐落于天然地基上，渡槽底部无架空的支撑结构。落地式渡槽型式较少，常与填方渠道经济技术比选输水型式。南水北调中线一期工程鲁山坡渡槽采用落地式。

(6) 涵洞式渡槽是指当输水渠渠底高程与交叉河流的设计或校核洪水位接近时，输水渠用渡槽方式过河，渡槽槽身可能横向挡水，槽下成为河流过水涵洞的结构型式。槽身与涵洞结合为一整体，即渡槽的底板是涵洞的顶板。为便于检修，一般按多槽布置。涵洞式渡槽下部行洪时，槽身可能局部挡水，对河道上游洪水有壅蓄作用，因此设计时需根据洪水过程线进行调洪计算，确定涵洞前最高水位和涵洞流量。

(7) 连续刚构式渡槽是指采用变截面箱梁作为上部主梁槽身，槽墩与槽身形成刚性连接的渡槽。槽体与中间槽墩采用刚性连接。连续钢构式渡槽主梁全槽纵向由单箱箱梁、过渡箱梁及两箱箱梁依次连续排列组合而成，既是承载结构也是过水结构，见示意图 1。

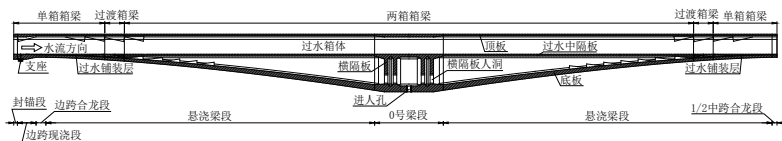


图 1 连续钢构式渡槽主梁总体构造纵向示意

9.11.3 新增条款，增加渡槽单线和多线的规定。为检修方便和提高运行的可靠性，对于流量较大的渡槽（如建筑物级别为 1 级的渡槽），槽身通常选择多槽方案。根据表 4 国内渡槽工程实例，目前国内单槽输水渡槽中最大输水流量为 $90 \text{ m}^3/\text{s}$ 。对于输水流量较大且渡槽轴线同一断面地形地势高差大、地基存在软硬不均和地基不均匀沉陷等地形地质条件较复杂的渡槽，通常采用基础与槽身多线多槽布置方式。多线多槽采用分离式基础，单线多槽通常采用整体式基础。当输水流量较大时，单线多槽和多线多槽方案通常结合地形地质条件、工程布置、施工技术水平、运行管理便利和工程投资等方面进行技术经济比选。

9.11.4 新增条款，增加渡槽跨度和上部槽身主要断面尺寸的规定。

9.11.5 新增条款，增加渡槽下部结构的规定。重力墩墩身截面有多种型式，选用时主要考虑水流特性，尽量减少墩旁河床的局部冲刷和水流压力，并使水流顺畅通过槽孔。

9.11.6 新增条款，增加拱式渡槽支撑型式的规定。拱式渡槽各结构型式一般有以下几种：

（1）板拱在径向的截面为矩形实体截面，可采用浆砌石、混凝土预制块砌筑或现浇混凝土。板拱构造简单，施工方便，多用于地基条件较好的中小跨度的拱式渡槽。

（2）箱形拱为钢筋混凝土箱形拱，拱的外形与板拱相似，但截面为空心结构。

（3）肋拱式支承一般采用钢筋混凝土结构，拱圈由分离的拱肋组成，肋间用横撑连接以加强拱肋的整体性，保证拱肋横向稳

定。肋拱结构外形轻巧美观，自重较轻，工程量少。

(4) 双曲拱由拱肋、拱波、拱板、横系梁（横隔板）等构件组成。双曲拱能充分发挥材料的性能，造型美观，适于修建大跨径渡槽。

(5) 折线拱为空腹拱式渡槽主拱圈采用折线型拱轴线。

(6) 桁架拱既是拱形结构，又具有桁架的特点，因此能充分发挥材料的力学性能。

9.11.7 新增条款，增加斜拉式渡槽的规定。斜拉式渡槽结构型式一般有以下几种：

(1) 悬浮体系的塔与墩固接，主梁除两端支承于两岸的墩台上外，中间完全悬挂在斜拉索上。当拉索间距较密时，主梁沿纵向各断面变形及内力变化较为均匀。主梁不允许产生横向自由摆动，需要在两端墩台及塔柱处设置横向约束，以增加结构的抗风及抗震稳定性。

(2) 支承体系的塔与墩固接，主梁除支承于两岸墩台外，塔墩处还设有支点。为了减少主梁的温度应力，各支承点通常采用相同的滚动支座或连杆支座，使之无纵向水平约束，但在横槽方向，仍需在塔墩处和两端墩台处设置水平约束。由于主梁在支点处出现较大的负弯矩，通常需要局部增高塔墩附近主梁的高度，以增加梁断面的惯性矩。

(3) 塔梁固结体系的塔固结于梁，再将梁支承于墩上。塔梁固结体系的优点为塔与梁内温度应力很小，主梁跨中的轴向拉力接近于零，而塔墩处轴向压力较其他三种体系均大，这一轴向力分布情况对混凝土结构十分有利。但塔梁固结体系的整体刚度较小，由于塔、梁、索的全部重量需通过支座传给塔墩，要求设置特制支座。

(4) 刚构体系的塔、梁、墩在交点处互相固接，整个结构的刚度较大，在荷载作用下，梁和塔的挠曲较小，但塔、梁、墩固接处的负弯矩较大，需要加高固接点附近梁的断面，此外温度变化及混凝土收缩徐变等也将产生较大影响。

9.11.8 新增条款，增加涵洞式渡槽的规定。涵前允许壅水高度一般根据当地的防洪要求确定。

9.11.9 新增条款，增加连续刚构式渡槽槽跨的规定。目前，我国西南地区调水工程中有部分渡槽采用连续刚构式渡槽，主跨跨径最大已达 200 m。预应力混凝土连续刚构渡槽跨径为 120 m～200 m 且输水流量为 $15 \text{ m}^3/\text{s} \sim 25 \text{ m}^3/\text{s}$ 时（对应均布水荷载一般为 $6 \text{ kN/m} \sim 15 \text{ kN/m}$ ），结构自重产生的弯矩占总弯矩的 60%～80%，承载力被自重消耗较大。

9.12 倒虹吸

本节为新增内容，全部条款均为新增条款，规定了倒虹吸布置及结构设计要求。

9.12.1 倒虹吸是管道输水常见建筑物，多采用埋置式，在穿越高差较大的深切沟谷或河流时也可采用桥式。

9.12.2 埋置式倒虹吸在穿越沟谷或河流时，其埋置深度通常在考虑校核洪水时的冲刷深度基础上适当留有余地。

9.13 水 闸

本节为新增内容，全部条款均为新增条款，规定了水闸布置设计要求。

9.13.1 调水工程一般除在取水枢纽需设置取水闸（引水闸）、冲沙闸、泄洪闸外，通常在沿线还需设置节制闸、分水闸、退水闸等控制建筑物。节制闸的作用是对输水建筑物内的水位和流量进行控制调节，分水闸的作用是调控向分水目标提供的水量。退水闸的作用宣泄输水建筑物内多余水量，以保证建筑物的安全并为建筑物检修创造条件。受冰情影响的调水工程，有时还需要设置排冰闸。

节制闸、分水闸、退水闸通常需要联合运用，在布置上需要考虑相互之间的联系，通常联合布置。

调水工程中水闸的布置与常规水闸类似，主要由闸室、上游

连接段和下游连接段三部分组成。

设计中注意选择合适的闸址，并与调水工程整体布置相协调，闸址的选择一般根据工程总体规划要求，同时考虑地形、地质等条件。

为了避免与现行行业标准 SL 265 重复，本章只针对水闸总体布置内容提出要求。

9.13.5 取水枢纽中的节制闸或泄洪闸闸址通常选择在河道顺直、河势相对稳定的河段，也可选择在弯曲河段裁弯取直的新开河道上。为了保证节制闸或泄洪闸（特别是汛期泄洪）泄水通畅，减少对上、下游河（湖）床的冲刷影响和对堤防的威胁，故要求节制闸或泄洪闸的轴线最好与河道中心线正交。

进水闸、分水闸闸址通常选择在河岸基本稳定的顺直河段或弯道凹岸顶点稍偏下游处。为了保证进水闸或分水闸有足够的引水量或分水量，减少进水闸或分水闸闸前泥沙淤积或被挟带入渠，故要求进水闸或分水闸的轴线与河（渠）道中心线的夹角通常小于 30° 。

9.13.6 进水闸一般采用开敞式水闸。但对于上游水位变幅较大，而引水流量并不太大的进水闸，一般考虑采用带有胸墙的开敞式水闸，引水流量较小时，一般考虑涵洞式进水闸。

9.14 调蓄建筑物

本节为新增内容，全部条款均为新增条款，规定了调蓄建筑物布置设计要求。

9.14.2 调蓄工程挡水建筑物可根据选定的工程场址，选择重力坝、拱坝、土石坝等型式。

9.14.3 新建或利用输水工程附近的现有水库作为调节水库时，根据运行调度需要，进行水库与输水工程之间的连接和控制建筑物设计，连通工程的进、出口通常与输水工程平顺相接，保证进出口水流平稳。进、出口之间的距离尽量加大，使库水可以循环更换，以利于水质保护。

9.15 穿越建筑物

本节为新增内容，全部条款均为新增条款，规定了穿越建筑物布置设计要求。

9.15.1 穿越建筑物方式结合地形地质条件、防洪影响、对现有建筑物影响、投资等因素确定，一般采用立体交叉，穿越方式有顶管、定向钻、开挖埋置、渡槽等，对穿越河道选择平面交叉时，考虑输水方式，防洪、水质等因素影响。

9.15.2 为减少穿越建筑物降低施工难度、减小工程投资，穿越建筑物布置时穿越段长度尽量短，选线尽量避免反复多次穿越，还要考虑原有建筑物和穿越建筑物的沉降、稳定和安全，条件允许时尽量降低穿越建筑物难度。

9.15.3 对输水建筑物与其他建筑物之间的最小水平间距和垂直间距可参照 GB 50289《城市工程管线综合规划规范》的相关规定执行。

9.16 工程监测

本节为新增内容，规定了工程监测布置设计要求。

9.16.1 在原标准 9.5.16 条基础上进行了局部修改。输水工程建筑物安全监测设计目的是为安全调度运行提供依据，发现问题，及时解决，及时掌握建筑物运行状况，验证科学研究和设计成果的正确性，为水工设计理论发展积累资料，确保全线运行安全。监测设计依据建筑物重要性、地质条件，选择监测断面，布置监测仪器、完成监测项目布置设计。不同建筑物的安全监测设计（隧洞、水闸、倒虹吸、渡槽、桥梁、泵站、管涵、明渠）在相关标准中均有规定。

9.16.2 新增条款，增加安全监测方法的规定。调水工程建筑物需要针对水位、流量、位移、扬压力、流态、冲刷、淤积、挠度、变形、渗流、应力、应变、温度、裂缝、边坡稳定等项目内容进行监测。SL 725《水利水电工程安全监测设计规范》针对不

同建筑物级别和类型，结合工程实际选择监测项目，测点布设、监测方法、精度要求、监测频次等内容提出了具体要求，在设计中应遵照执行。本条强调了对于长期监测项目和关键部位重点监测项目的监测设备，要保障设备的可靠性。

9.16.3 在原标准 9.5.17 条基础上，新增输水线路穿越重要交叉建筑物的监测规定。一般在以下不良地质渠段进行专门安全监测设计：

- (1) 中、强膨胀土渠段。
- (2) 中等以上湿陷性黄土渠段。
- (3) 煤矿采空区渠段。
- (4) 饱和砂土渠段。
- (5) 其他特殊渠段。

一般在以下不良地质洞段进行专门安全监测设计：

- (1) 岩溶段。
- (2) 软岩大变形段。
- (3) 活动断裂段。
- (4) 突泥涌水段。
- (5) 高地下水段等。

9.16.4 新增条款，增加输水管道渗漏、爆管的规定。

9.16.5 新增条款，增加管道监测的规定。

9.16.6、9.16.7 新增条款，增加调水工程水量、水质监测在 SL 365《水资源水量监测技术导则》和 SL 219《水环境监测规范》中有相关规定，以及符合国家现行有关标准的规定。

10 机电及金属结构

10.1 一般规定

原标准本节 10.1.3 条~10.1.5 条均为调度自动化的设计要求，本次修编结合电气一次及电气二次设计内容，对此 3 条进行了合并，并将信息化相关要求列入数字孪生工程章节中。原标准本节 10.1.6 条、10.1.7 条均为金属结构设计要求，本次修编对两条内容进行了合并。

10.1.1 长距离调水工程中往往包含有 1 座或多座大型泵站，当设计时，如果在国内没有同等规模、相同类型的泵站设计资料可借鉴，设计单位需对一些重大技术问题开展必要的研究工作，如：高性能水泵水力模型（含装置）的研发、大型水泵结构设计、多泵站群大型电动机选型和接在同一电网中的多泵站群运行稳定性及无功补偿、运行在多泥沙水流中的水泵结构设计和抗泥沙磨蚀措施、长距离输水工程复杂管路系统水力学仿真和过渡过程分析等，都属于重大技术问题。对这些重大技术问题需要根据工程的重要程度和实际需要，在可行性研究报告阶段立项并开展初步的研究工作，初步设计阶段需提交研究成果。

10.1.2

1 水泵效率是泵站运行效益的重要技术指标，在国内已建和在建的大型调水工程，如引江济淮一期工程、南水北调东线一期工程中，都曾对水泵的效率进行了专题论证。国务院南水北调工程建设办公室还专门组织国内专家，有针对性地制定了《南水北调泵站工程水泵采购、监造、安装、验收指导意见》，对大型低扬程水泵装置效率指标提出了明确规定。

10.1.4 长距离调水工程中，由于水工建筑物数量、种类较多，与之配套的金属结构设备类型及规格型号相应也很多，因此在工程设计中应统筹兼顾，设备类型及规格能统一的尽量统一，以降

低采购成本和工程造价，并便于工程通水后的运行和维护。为满足调水工程全线自动化操作需要，需研究和确定金属结构设备及辅助设备（拉杆、锁锭等）实现远程控制的设计方案。

10.2 水力机械

10.2.1 设有泵站的调水工程往往因其输送流量大、年运行时间长、距离远而电能消耗占工程年运行费的比例很大，直接影响到工程的运行效益；泵组设备的可靠性和运行稳定性直接影响到供水系统的运行安全。因此水泵型式的选择要根据泵站的规模、扬程范围及运行条件，并从经过实际工程使用验证、技术成熟、性能先进的水泵模型或国家推荐的系列产品中选择若干可能的方案，从技术特性、经济指标、运行可靠性及设计制造经验等方面，经综合比较选定。

1 当调水工程中包含有多座泵站时，为保证水泵选型质量和泵站间的匹配运行，便于今后设备采购、安装和运行维护，根据具体情况考虑基本的选型原则，尽可能减少泵型规格数量。当同一扬程段有两种以上泵型可供选择时，从技术特性（叶轮直径、转速、效率、气蚀余量）、经济指标（泵机组设备、传动设备、启动设备的投资、厂房土建投资、年调水电费）、运行可靠性（包括水泵运行的稳定性、设备使用的可靠程度）以及设计制造经验、制造难度等方面，经技术经济比较后择优选定。

根据国内外水利水电工程实践和运行经验，最大扬程在 4 m 及以下的泵站，大都选用了贯流式水泵机组，机组选型经济合理、技术可行。

对于扬程变化幅度较大的大、中型低扬程泵站，水泵选型时需要考虑运行的水力稳定性要求。

2 由于工程需要，当用户或设计者对所选择的水泵技术资料需要有更深一步的了解，或需要辨别资料的可靠性时，可通过水泵模型试验对水泵水力特性进行验证，所选择的、用于验证水泵模型性能的试验台需要通过权威部门的鉴定，并具有为用户提

供权威准确数据的资质。

3 水力模型研发主要是指,对于大型、特大型或有特殊要求的调水工程,当现有泵型或水泵水力模型均不能满足工程前期设计要求时,为保证工程规划设计的顺利进行,在前期需开展水泵水力模型的研发工作,其目的是为水泵选型、确定泵站布置方案及水泵关键技术经济指标提供决策支持。

10.2.2

1 调水工程中泵站装机台数,要考虑泵站年运行时间、运行方式和大修要求、枢纽布置及对外交通运输条件、泵组设备制造能力和技术水平等因素的影响,分别计算机电设备、土建工程费用及耗电量,经过经济技术综合比较后确定。

4 运行在多泥沙水流中的水泵,除了其通流部件会受到泥沙磨损外,可能会加剧汽蚀,从而造成磨损和汽蚀联合破坏,使水泵抽水能力下降,出水流量减小。由于不同泵型可能遭受的泥沙磨蚀程度不同,会直接影响调水工程梯级泵站间的流量平衡。为了保证泵站供水流量要求,除了选择汽蚀性能好的水力模型外,水泵单机流量需根据泥沙含量、颗粒级配、泥沙颗粒形状及硬度等特性指标,留有适当裕量。一般经验,当泥沙含量在 5 kg/m^3 及以上时,水泵单机流量在原来的基础上增大 $3\% \sim 5\%$ 。

5 备用机组台数与泵站重要性、泵组年运行小时及调度运行方式密切相关。一般情况下,工业及城市生活供水工程泵站的年利用小时较高且要求的供水保证率高,为了使泵组能够轮换运行以提供必要的检修维护时间,提出了需要考虑必要的检修备用机组;对封闭的梯级输水泵站和特别重要的供水泵站,如果输水系统调蓄能力不足,还需要考虑事故备用机组;当水泵容易受到含沙水流的磨蚀或强腐蚀介质的腐蚀时,为保证泵站供水安全并使受损泵组及时得到修复,可适当增加备用机组的台数。

10.2.3 本条强调了对扬程变幅较大的水泵在各扬程、流量区域对运行稳定性和汽蚀性能的要求。当为了在高扬程区保证系统流量平衡而增大水泵稳定运行范围、通过加大配套电动机功率来增

大水泵的供水能力时，需要研究其可行性和合理性。

10.2.4 输水系统流量（水量）平衡控制是长距离调水工程特殊的和需要认真研究的重要课题，在工程输水系统总体设计和总体调度运行原则确定后，输水系统流量（水量）调度平衡要求直接影响到机电设备的设计和控制原则。由于调水距离比较长，所调水量很宝贵，要做到不弃水运行。

造成级间不平衡流量（水量）的因素可能包括：级间有水流汇入或分出；级间调蓄能力不足；输水系统存在蒸发、渗漏等输水量损失；泵站进、出水侧水位有变化；存在泥沙磨损和汽蚀问题；水泵制造允许流量偏差等。

梯级输水系统流量（水量）平衡控制措施通常都会涉及工程调蓄设施和设备调节控制措施两方面，影响面都比较大，因此，针对工程实际情况和当前技术发展水平，通过技术经济综合比较后确定需要采取何种措施。

10.2.5 水锤计算及水锤防护设计和工程安全相关，需要设计者分阶段对可能产生水锤危害的泵站系统进行过渡过程分析计算。随着技术进步，输水系统过渡过程计算主要采用计算机数值分析计算。但在规划和项目建议书阶段，因往往受到泵组技术资料及设计深度等因素的限制，可以采用简易算法，如图解法、经验公式法等，在可行性研究及以后的阶段，需要采用专业软件对过渡过程进行详细的数值分析计算。水锤防护措施选择需要通过水锤计算及技术经济综合比较后确定，做到技术安全可靠、经济合理。

10.2.6 水泵串、并联运行主要指采用离心泵组的泵站。

1 梯级有压串联运行的泵站，系通过有压输水洞（管）、调压塔等，将两座泵站间的压力尽可能均匀的分配给各级泵站，达到系统输水流量的自动平衡。当有压串联运行的泵站数量超过两座时，输水系统的水力过渡过程及水锤防护十分复杂，因此本条对串联运行的泵站数量提出了限制要求。串联运行的泵站单台水泵的设计流量也需要综合考虑各种因素，合理匹配。当后一级泵

站因故抽送流量少于前一级泵站的来流量时会造成其进水系统冲高升压，所以，需要对其水泵进水系统和主体结构的强度进行校核。

2 并联运行的水泵台数选择，除考虑了土建管道工程费用因素外，还要考虑对水泵性能的影响。如长距离输水管线中，水泵机组并联台数过多，当只有一台泵组运行时其管路通过流量只有总流量的几分之一，由于水力损失与过流量成平方关系，管路水头损失会非常小，造成水泵运行工况严重偏离设计工况，扬程大大降低，流量加大并有可能导致降低水泵的安装高程、增大配套电动机功率等。此外，对于高扬程低比转速（ $N_s \leq 90$ ）的离心泵，由于扬程—流量曲线可能存在驼峰区，还需考虑并联运行的稳定性。

当有定速泵组和变速泵组并联在一根出水总管上运行时，变速泵的调速运行范围会受到限制，需要分析变速泵组调速运行范围。

10.3 电 气 一 次

本节为新增章节，将原标准中电气一次专业相关内容独立成节，并完善了设计要求。

10.3.1 在原标准 10.3.1 条基础上，增加了调水工程电源引接方式的推荐。

1 电源引接（电力接入）系统方式设计是以区域电力系统发展规划设计为基础的。跨流域调水工程规模大、影响区域广、可能分期建设、工期长等特点可能对区域电力系统发展规划有一定影响。因此，对用电负荷规模及容量较大的工程，在前期阶段可通过开展电源引接（电力接入）专题设计，进行多方案技术、经济比选，以提出合理的方案。

2 调水工程通过沿线闸站、梯级泵站、阀室等建筑物实现整体功能，这些建筑物在调水工程中需要协调运行、工作。电源引接及供电系统设计中，既要满足独立建筑物供电要求，还要考

虑根据整体工程布置、建筑物间功能影响及供电系统的配置统一。

3 调水工程施工供电位置与永久供电位置接近,部分工程施工供电容量与永久供电容量相当。合理采用“永临结合”的供电设计方案能避免供电系统的重复建设,减少工程的整体投资。

5 许多调水工程地处偏僻地区,局部电网相对不发达。在有条件的地区可以通过引接两回独立供电线路作为双电源。当引接两回线路困难时,可引接一回线路作为主供电电源,并设置自动投切的柴油发电机作为备用电源。

6 输水线路上的小型闸门、阀门、流量计等,供电容量不大,引接外来电源代价较大。在风、光充沛地区,采用新能源自发电电源供电可以保证供电的可靠性,有利于降低实施难度,并减少投资。

10.3.2 在原标准 10.3.2 条基础上,增加了余能回收电站、闸站、阀室电气主接线选择设计的要求。

3 闸站、阀室的供电规模不大,推荐高压侧采用线路一变压器组接线,低压侧采用单母线接线。既可满足供电系统的可靠性要求,也可以提高工程建设经济性,并有利于供电系统的统一。

10.3.3 新增条款,增加了调水工程站(厂)用电系统设计的要求。

4 装机容量大于等于 1 MW 的泵站,水泵电机额定电压多采用 3 kV~10 kV,需要设置独立的站用电系统。装机容量大于等于 1 MW 且水泵电机采用低压供电的泵站,设置独立的站用电系统,有利于减少主变压器的空载运行损耗,并利于提高泵站运行的灵活性。

10.3.4 在原标准 10.3.3 条基础上,增加了短路电流计算及小容量供电系统电气设备选择设计的要求。

6 对于跨流域调水工程,所建泵站多采用大型电动机。大型电动机中异步电动机造价较同步电动机低,但其效率也较同步

电动机低，且稳定性也不如同步电机，功率因数也较低。同步电机具有效率高、抗干扰能力强稳定性好（尤其适用于一段母线带多台机情况）、功率因数高，而且可无级调节，无功与电网匹配合理等优点。对某些年运行小时数较大的泵站，结合一次投资及长期运行成本综合考虑，一般采用同步电动机更合理。特别是一些大型、在调水系统中起重要作用、且经济指标相差不明显情况下更需要优先考虑采用同步电动机。近年来随着对工程综合性能要求的提高，在水利工程中较多的大、中型泵站设计选用了同步电动机。

8 为了提高调水工程供电系统的可靠性，供电规模较大的建筑物推荐设置配电室，并采用成套开关柜以提高供电可靠性、安全性。对于供电规模较小的闸站、阀室，供电可靠性要求不高，不设置专用配电室时，一般采用箱式变电站或杆上变压器进行供电。

10.3.5 新增条款，增加了调水工程过电压保护及接地装置设计的要求。

3 室外配电装置、架空进线、母线桥、露天油罐等设施多为裸露凸起金属构筑物，遭雷击概率较高。通过装设直击雷保护装置，有利于减少装置本身的雷击损伤概率，并有效减少感应过电压的侵入。

5 大型泵站工程多采用大接地短路电流系统，接地装置的接地电阻要求值 $R \leq 2000/I$ 。其中，2000 为接地故障接地装置电位，单位为 V； I 为接地装置的最大入地短路电流，单位为 A。

岩石的电阻率在 $5000 \Omega \cdot \text{m}$ 以上，属于高土壤电阻率。大型泵站工程位于岩石等高土壤率地区时，通常地形条件较差，很难满足接地电阻值要求。此时，根据工程情况，采取均压、绝缘、隔离等措施，使接触电势及跨步电势校验降低至安全范围内，可提高接地装置电位至 5000 V，从而提高接地电阻要求值。

10.3.6 新增条款，增加了调水工程照明系统设计的要求。

3 大型泵站主副厂房、户外设备区域照明面积大，灯具功率高；交通洞、廊道较长，照明利用率不高。通过采用自动调节照度或自动开关对照明灯具进行控制，能满足场所的照明功能要求，且利于提高照明系统的节能指标。

10.3.7

4 对于大中型泵站，泵站“站变合一”的专有变电站高压配电装置基本为 35 kV 或 110 kV 电压等级。35 kV 电压等级户外敞开式布置基本为早年建设的。近年来随着成套开关柜普遍应用，越来越多的 35 kV 电压等级的采用了户内成套开关柜式布置方案。对于 110 kV 电压等级由于造价原因，多采用户外敞开式布置，但近年来也有一些工程采用了户内 GIS 式布置。

“站变合一”的专有变电站是针对以往的“站变合一”的专用变电站提出的。在调查中了解到全国现运行的大中型泵站中绝大多数泵站都采用了“站变合一”的专用变电站方式。此种方式技术可行，经济合理。是大多数泵站运行部门及供电管理部门都比较欢迎的方式。但同时调查中也了解到在“站变合一”的专用变电站中，虽然有些变电站布置与泵站“合一”了，但由于变电站的产权及管理仍属供电部门。造成泵站与变电站运行管理不统一。很容易出现管理、运行及检修等矛盾与混乱。鉴于以往经验，并考虑到跨流域调水工程的规模及重要程度，在本条中推荐采用“站变合一”的专有变电站，即所有权和运行管理权与泵站统一的变电站方式。

10.4 电气二次

本节为新增章节，将原标准中电气二次专业相关内容独立成节，并进一步完善了设计要求。

10.4.1 在原标准 10.4.1 条基础上，细化了调水工程现地监控系统设计的要求。

4 调水工程一般是一个水系贯通的水利工程，这样的工程当采用全线集中控制时，理想的做法是将工程集控中心工控设备

到现地监控设备整体作为一个系统进行保护等级定级和安全防护设计。

当调水工程由多个无水力联系的输配水设施组成时，各个输配水设施的控制系统更适合分别进行保护等级定级和安全防护设计。

10.4.3

2 “地处偏远”一般是指工程设施周边无公共通信网络且交通极不便利。

10.4.4 在原标准 10.4.7 条基础上，细化了调水工程直流电源系统设计的要求。

2 工程上水位、压力、流量、雨量、水质等监测设备一般是间歇性工作，在这样的工作模式下独立工作 48 h，是考虑运行人员在发现电源设备故障后抵达现场维修的可接受时间。

10.4.5 本条内容为新增，增加了调水工程火灾报警系统设计的要求。

调水工程一般采用全线集中监控运行方式，通过在沿线控制建筑物设置火灾探测器，可使运行人员及时发现现场是否有火灾发生。火灾报警信号统一传送至集控中心和备用集控中心，便于运行人员及时发现火灾险情。

10.5 金属结构

10.5.1

1 这里指工程所必需而类型又不常用的闸门和启闭机。

3 这里主要指清污设施清理出来的污物。以往工程对这个问题都没有做深入研究，而在工程运行后所清理出来的污物对下游或周边环境造成新的污染。为此工程在设计中注意考虑这一问题，可与有关专业共同研究，提出存放或处理措施。

10.5.3 为防止生物、杂物不慎进入倒虹吸造成伤害或堵塞，在倒虹吸进口布置安全防护栅，在污物量大的情况下也可采用清污设备。

10.5.4 GB 50265 对泵站工程金属结构布置设计有相关规定，金属结构设备选型一般需要考虑调水工程整体性要求。

10.5.6 调水工程中调节流量或退水的工作阀门常用的有流量调节阀、锥形阀，根据流量大小和控制精度、消能等要求进行选择。压力管道末端工作阀门采用流量调节阀有利于控制管道压力变化。

10.5.8 本条规定是为了避免调水工程触水部位金属结构设备防腐在调水过程中造成二次污染。

10.5.9 对于寒冷和严寒地区调水工程有冬季运行工况时的金属结构设计需注意对门槽设防冰冻设施，以保证闸门冬季正常运行；尽量将拦污栅倾斜布置以便于清理浮冰。

11 施工组织设计

为适应当前技术发展水平，突出调水工程特点，满足调水工程设计需要，本次修订对原标准部分条文进行了归并、精简，并新增了部分条文。主要修订如下：

11.1 节，原标准中 11.1.2 条～11.1.4 条合并至本次修订后的第 11.1.2 条，对应该条第 1～3 款。

11.2 节，原标准中 11.2.2 条～11.2.4 条为导流建筑物级别和设计洪水标准的规定，相应内容在 SL 252 中均有详细规定，本次修订对上述三条规定统一精简为引用 SL 252 的相关规定。新增了破堤施工导流、利用导流建筑物挡水发电、供水、通航、交通以及隧洞洞口导流标准的规定。

11.3 节，根据三阶段报告编制规程，对本节标题进行了修改，与编制规程保持一致。结合已修订的 SL 303《水利水电工程施工组织设计规范》相关内容，按照料源质量和数量要求、料场选择、料场开采规划三个方面进行了修订，补充了料源质量和储量要求、料场开采规划和环境保护、水土保持要求，完善了料场比选内容。

11.4 节，新增了输水隧洞的施工支洞布置、输水河道疏浚的排泥区布置和埋置式输水管道的施工布置三条规定。

11.5 节，新增了输水隧洞、大跨度渡槽、疏浚工程以及非明挖铺管施工四条规定。

11.6 节，新增了控制施工进程的关键工序和节点、隧洞施工循环进尺以及深埋长隧洞施工期与原勘察设计的地质条件差别较大时工期影响分析与调整三条规定。

11.1 一般规定

11.1.1、11.1.2 调水工程线路长、建筑物多，施工组织设计涉

及内容比较广泛，本节内容主要针对调水工程的特点提出基本要求，其他未涉及的内容需遵守 SL 303、SL 642《水利水电地下工程施工组织设计规范》、GB 50268《给水排水管道工程施工及验收规范》、SL 17《疏浚与吹填工程技术规范》等相关规范及规定。

重要的单体建筑物在工程中起主要作用，失事后将造成严重灾害或严重影响工程效益，一般其规模较大、建筑物级别高、技术复杂，且多为工期控制性项目，一般单独编制施工组织设计。如南水北调中线一期工程穿黄隧洞（长度 4.73 km，2 条内径 7 m 隧洞，输水设计/加大流量为 265/320 m³/s，主要建筑物为 1 级）、滇中引水一期工程香炉山隧洞（为深埋长隧洞，长度 62.45 km，洞径 8.3 m~9.3 m，设计流量 135 m³/s，主要建筑物为 1 级）等重要单体建筑物，在专题设计时均单独编制了施工组织设计。调水工程一般不可避免地会与现有或规划中的公路、铁路、桥梁等建筑物产生交叉，进行施工组织设计时，需妥善处理二者的关系，使方案合理、便于实施。

11.2 施工导流

11.2.2 大型、中型及重要的单体建筑物工程，其施工导流建筑物的级别和设计洪水标准与 SL 252 的规定一致。SL 252—2017 中表 4.8.1 规定了导流建筑物级别；SL 252—2017 中表 5.6.1 规定了导流建筑物设计洪水标准。

11.2.3 在现有堤防上新建或改扩建的水闸、泵站等枢纽工程，若工程规模较大，需跨汛施工时，导流建筑物不仅需要保护施工中的水工建筑物，也需要承担原堤防的防洪功能，保护堤外的城镇、工矿企业、交通等设施，因此，导流建筑物设计洪水标准需同堤防工程防洪标准一致；由于导流建筑物使用年限较短，因此其建筑物级别仍按 11.2.2 条确定。当现有堤防上新建或改扩建的水闸、泵站等枢纽工程规模较小，能在一个枯水期完工，且利用完建的闸、站拦洪设施能挡汛期洪水标准的，按施工时段堤防

工程防洪标准确定的导流建筑物规模较大时，按 11.2.2 条确定导流建筑物设计洪水标准。

11.2.4 结合 SL 252—2017 中 4.8.3 条和 5.6.2 条的规定，增加了供水、交通的要求。当导流建筑物提级至 2 级建筑物后，其洪水标准需结合挡水发电、供水、通航、交通等建筑物相应的设计洪水标准，综合分析确定。一般情况下，可比相关行业永久建筑物洪水标准降低一个量级，比 3 级导流建筑物洪水标准提高一个量级。

11.2.5 隧洞洞口（含竖井口）导流建筑物级别一般为 4 级～5 级，相应洪水标准为 5 年～20 年一遇。SL 252、SL 303 中在确定导流建筑物级别时，4 级～5 级导流建筑物的使用年限限定为不超过 3 年（导流建筑物经过一个完整的汛期定为一个使用年）。洞口导流建筑物的使用年限越长，遭遇洪水破坏的可能性越大，承担的风险也就越大。因此，一般情况下使用年限超过 3 年的洞口，经技术经济论证，其导流建筑物级别可提高一级。

由于洞口作为施工期人员和物资进出的重要通道，且多布置在地势较低的冲沟内，防洪安全极其重要，特别是当洞内排水为逆坡排出的洞口，洪水一旦进入洞口，将淹没工作面，洞内人员、设备难以避险，可能造成较为严重的人员伤亡、设备损失和工期延误。而适当提高洞口防洪标准，导流防洪费用增长幅度一般较小或基本不增加。

TB 10003—2016《铁路隧道设计规范》中 13.4.1 条规定了隧道为增加工作面而设置的施工斜井或竖井井口位置需考虑场地条件和防洪要求，井口需高出频率为 1/100 的洪水水位至少 0.5 m，且有可靠的防洪措施。

JTG/T D70—2010《公路隧道设计细则》中 20.2.1 条和 20.3.1 条规定了施工竖井和斜井井口位置的高程需高出频率为 1/100 的洪水水位至少 0.5 m，如设在低洼处，需设有确保安全的防洪措施。

11.3 料场的选择与开采

根据三阶段报告编制规程，对原标准本节的“天然建筑材料”修订为“料场的选择与开采”，与编制规程保持一致。

11.3.1 引用 SL 303—2017 中 3.1.2 条～3.1.4 条、3.3.3 条，主要提出料源质量和数量的要求。料源质量除需满足 SL 677《水工混凝土施工规范》、SL 251《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》的有关规定外，天然料或加工料还需满足水工建筑物对料源的物理力学特性和质量要求。

11.3.2 参考 SL 303—2017 中 3.2 节的有关规定。调水工程可以根据工程沿线单体建筑物的分布，以交叉建筑物、洞口为节点，结合施工布置要求，合理确定天然建筑材料供应分段（区），并充分考虑利用满足使用要求的开挖料，必要时可以对开挖料进行加工改良，料场选择需符合环境保护和水土保持的有关规定，避开生态保护红线、公益林、基本农田等区域。对于开挖利用料调运距离较远，且附近有合格商品料时，可以通过技术经济比较，确定材料供应方式。

11.3.3 参考引用 SL 303—2017 中 3.3 节的有关规定，其内容如下：

（1）料场开采规划需根据工程特性和要求、料场地形地质等条件以及受洪水、冰冻等影响的情况，综合分析比较后确定开采、运输、堆存、加工、弃料处理、边坡支护及水土保持方案。

（2）料场选用一般先近后远，先水上后水下，先库区内后库区外。

（3）对于受施工期洪水影响的料场，需考虑停采期备料量。停采期备料量按需用量的 1.2 倍考虑。

（4）在有航运要求的河段取料需考虑砂砾料开采对通航的影响，并采取相应处理措施。

（5）料场开挖边坡需保持稳定。料场开挖边坡级别、抗滑稳定分析的最小安全系数标准、安全监测需按照 SL 386《水利水

电工程边坡设计规范》执行。

11.4 施工总布置

11.4.1、11.4.2 施工工区需根据工程规模的大小、施工能力及工期要求划分,做到便于管理、方便施工。调水工程一般为线型工程,建筑物点多面广,布置分散,而水库、泵站、交叉建筑物等作为输水线路上的节点工程,在工程中起重要作用,其主要建筑物规模相对较大、建筑物级别高、布置相对集中,因此,对布置相对集中的水库、泵站及重要的交叉建筑物可以单独划分为一个工区,如渝西水资源配置工程圣中水库(等别为Ⅱ等,主要建筑物为2级)、环北部湾广东水资源配置工程地心泵站(设计引水流量 $110 \text{ m}^3/\text{s}$,总装机容量为336 MW,主要建筑物为1级)、南水北调中线一期工程湍河渡槽(输水设计/加大流量 $350/420 \text{ m}^3/\text{s}$,主要建筑物为1级)等均单独划分工区;输水建筑物根据距离长短、施工能力及工期要求划分工区。施工总布置方案需根据施工总进度和施工强度的要求,考虑不同施工时段对施工场地的需求,做好前后衔接,避免重复拆迁,同时要符合环境保护和水土保持的有关要求。

11.4.3 土石方挖填平衡计算除考虑主体工程外,还要计算临时工程的场地平整、施工道路等土石方工程量;利用开挖料的工区,还需考虑利用料临时堆存场地。

11.4.4 在现有对外交通条件的基础上,进行全线、分段、分区的对外交通规划,场内主要交通干线布置需与对外交通干线布置和对外交通运输方案、运输量和运输强度相适应。近年来,调水工程中采用掘进机法施工的隧洞越来越多,掘进机设备属大件,因此对外交通和场内交通需满足大件运输的要求。

11.4.5 参考 SL 303—2017 中 4.6.8 条,并补充了掘进机施工时支洞设置间距、工程量均衡、永久检修、分期建设等要求。掘进机主轴承设计寿命一般不低于 20000 h,理论掘进长度可达 $20 \text{ km} \sim 25 \text{ km}$,结合已建工程统计,提出掘进机施工支洞需结

合主洞统筹考虑，独头掘进距离一般不超过 20 km；对于支洞及其服务的主洞采用同一台掘进机施工时，掘进机施工的总长度（包括支洞和主洞）一般不超过 20 km。同时施工支洞布置还需结合掘进机检修、隧洞衬砌等要求，设置检修支洞、衬砌支洞等。一般掘进机每掘进约 10 km 需进行一次全面检修；敞开式掘进机施工隧洞有衬砌要求时，需结合衬砌长度和工期要求设置衬砌支洞。

支洞断面型式及尺寸需能满足交通、出渣、通风、排水、供电、供风、人行等布置要求，其中交通包括人、机、材运输，含大件运输，对于大坡度、长下坡的支洞，需结合交通运输设备特点，研究在支洞内设置缓坡段、避险洞等措施，确保长支洞的交通运输安全；出渣包括有轨、无轨运输及带式输送机出渣；通风包括通风管、风机等设置。

受设备性能、管片运输及排泥能力等限制，盾构机独头掘进距离一般不超过 5.0 km，故始发工作井和接收工作井间距一般也不会太长。工作井一般与永久检修通道结合，节省投资。工作井尺寸需满足盾构机从组装到解体全过程中的施工空间要求。

11.4.6 参考引用 SL 17 的有关规定，其内容如下：

（1）疏浚土选择陆地处理时，排泥区布置需结合下列要求：

- 1) 吹填防渗铺盖、堤脚较近处的连片坑塘与薄弱地带。
- 2) 加宽加高堤身或填筑堤内、外戗台，提高防洪标准。
- 3) 吹填地基或庄台，需做软基处理。
- 4) 加高边滩、填筑安全防洪保护带。
- 5) 吹填生产、生活、环保用地。
- 6) 用作建筑材料、肥料。

（2）疏浚土选择水下处理时，排泥区布置需考虑下列要求：

- 1) 不影响行洪、排水、通航等。
- 2) 排泥区需与岸滩相连，设计成彼此相连的土滩。
- 3) 排泥区需尽量选在深槽或深潭内。
- 4) 采用边抛法处理疏浚土时，需考虑对挖槽及下游河道的

影响。

5) 当用泥驳或自航式挖泥船抛泥时,排泥区所需最小水深需满足施工船舶通行要求。

6) 选择的水下排泥区需具备与疏浚工程量相适应的容量。

11.4.7 GB 50268 中规定了管沟沟槽两侧边缘安全距离。对于场地狭窄或征地受限的埋管施工,当采取相邻区段交替施工的方式进行布置时,因涉及物料倒运,一般情况下可能增加费用和工期。

11.5 主体工程施工

11.5.1、11.5.4 由于受地形地质条件的限制,调水工程中采用深埋长隧洞作为输水建筑物的方案越来越多,采用常规钻爆法开挖隧洞难以满足快速、安全、文明施工的需要。掘进机施工技术经过近半个世纪的发展,技术已相当成熟,采用掘进机开挖比常规钻爆法开挖具有掘进速度快、施工安全、超挖少和对围岩扰动小的优势,可以把长隧洞由于受施工条件限制而不得不设计成折线的布置形式改成直线布置形式,不仅缩短了洞线长度,还减少了施工支洞的数量和相应的临建设施,带来巨大的经济效益和社会效益。

11.5.2、11.5.3 随着科学技术的不断进步,越来越多的新技术、新材料、新工艺应用于工程建设中,施工设备和设备工法也在不断创新,如南水北调工程中推广使用的大型渠道衬砌机,施工质量好、效率高。施工组织设计中需积极推广应用这些先进技术,提高工程质量和生产效率,降低工程造价。

控制工期、投资占比较大及施工难度较大的单项工程在整个工程中地位重要,其施工成败关系整个工程的成败,对其施工方案进行重点研究是必要的。如滇中引水一期工程香炉山隧洞长 62.45 km,工程部分静态投资为 111 亿元(不含移民及环水保投资),施工工期 96 个月,为工程施工工期控制性项目。香炉山隧洞线路长、埋深大,穿越多条大断(裂)层,沿线地质条件复

杂且环境保护要求高,采用掘进机与钻爆法结合施工,施工难度极大,为此开展了隧洞施工方案、掘进机选型、隧洞施工及安全防护措施、隧洞突水突泥及岩溶等突发事件应急处置措施、施工及运行对当地水环境影响以及渗控及水环境保护措施等专项研究。

11.5.5 长距离输水隧洞施工方法,参考引用了 SL 642—2013 中 2.2 节和 SL 303—2017 中 4.6.3 条、4.8.3 条的有关规定,其主要内容如下:

(1) 岩石掘进机适用于岩石单轴抗压强度为 30 MPa~200 MPa 的隧洞,围岩类别以 I~Ⅲ类为主,独头掘进超过 5 km,洞径为 3 m~12 m 的圆形断面。

1) 敞开式:适用于围岩完整性较好、Ⅲ类及Ⅲ类以上围岩比例较高(一般在 85%以上,扣除钻爆法施工段)、且岩爆不是隧洞施工主要风险的中硬—坚硬岩隧洞的施工。在深埋隧洞中,完整的 I 类、Ⅱ类围岩洞段往往存在较大的强岩爆风险,因此,即使该隧洞围岩条件很好,但同样不适用于敞开式掘进机施工。当采取有效支护手段并经论证,也可应用于软岩隧洞,但掘进速度需予以限制。以Ⅱ类、Ⅲ类围岩为主的硬岩隧洞,一般选用敞开式掘进机施工。当隧洞有衬砌要求时,还需综合考虑施工工期进行机型选择。

2) 护盾式:适用于中等坚硬的完整性较差的岩体、软岩或局部土层的隧洞,以Ⅲ类、Ⅳ类围岩为主的隧洞。对于有衬砌要求隧洞,护盾式掘进机采用管片衬砌,能有效节省工期,但承受的内水压力一般小于 0.6 MPa。

a. 单护盾:适用于有一定自稳性的软岩地层,围岩收敛变形相对较快。围岩收敛变形速度是指相对于双护盾适应的围岩收敛速度。

b. 双护盾:适用于较完整、有一定自稳性的软岩—硬岩地层,围岩收敛变形相对较慢。

(2) 盾构法:适用于埋深较浅的穿河隧洞,一般地层多变、

存在软土地层、地表结构复杂且对施工期防渗和沉降控制要求较高时，一般采用盾构法施工。盾构法施工需按照 GB 50446《盾构法隧道施工及验收规范》的有关规定执行。

(3) 冷冻法：一般用于富水、易坍塌地层，对临近建筑物和地下构筑物扰动影响要求极高的隧洞（道）工程。如引洮工程饱水粉细砂洞段、云南星云湖出流改道隧洞工程饱水粉砂质黏土夹粉细砂洞段，由于成洞困难，采用冷冻法加固。当地层天然含水率较小或渗透系数极大时，需慎用冷冻法。冻结期间不停电，冻结帷幕形成期间，冻结帷幕内及帷幕外 200 m 区域内的透水层中不得有降水施工。

(4) 通风和排水：隧洞施工通风需根据洞内需风量分析、物料运输通道设置、隧洞断面布置，确定通风方式和通风设备配置及运行方式；施工安排需尽早形成自然通风条件，在未形成自然通风前或自然通风难以满足要求时，需采用机械通风。

排水系统布置时，需对排水量进行估算，确定各排水泵站的排水流量，并考虑一定富裕量；上坡开挖隧洞时，可以利用排水沟自流排水；平坡及向下坡开挖隧洞时，需在适当地点设置集水井或积水箱并用水泵排水，排水管线一般在洞侧边墙下部用支架托起，不占压排水沟；若预测可能发生突发涌水洞段，排水系统无法承担时，需有应急预案。

(5) 有害气体、岩爆及大型溶洞：隧洞通过有害气体赋存区的洞段，一般根据有害气体的来源、分布、涌出量和气压，进行超前探测、气体检查等，采取相应处理措施。岩爆洞段的断面型式、支护方式及开挖程序等一般考虑地应力及岩爆的影响，遵循“以防为主、防治结合”的思路，对可能发生岩爆段要进行监测、预警，根据岩爆强弱等级采取相应处理措施。隧洞通过岩溶地区时要强化超前地质预报，查明岩溶性质、范围、与隧洞空间关系、富水情况等，采取相应处理措施。

11.5.6 渡槽墩基和槽墩按照常规方法，参照桥梁施工。槽身施工常规法包括满堂支架法、预制吊装法。满堂支架法施工灵活，

回收利用率高，但高空作业多，受河道水流影响大，施工工期长。预制吊装法是槽身在预制厂或施工现场附近整体预制，然后采用合适起吊重量及幅度的起重机单樑提升吊装就位的施工方法，适用于中小型渡槽工程。

造槽机法是利用自带模板、自动向前移位的专用模架设备——造槽机，逐跨向前进行原位浇筑槽身；架槽机法是槽身在预制厂完成混凝土预制，经地面运输至提槽位置，由提槽机吊槽、运槽机运槽、架槽机架槽。东深供水金湖渡槽、南水北调中线湍河渡槽工程采用造槽机施工，南水北调中线沙河渡槽采用架槽机法施工，效果良好。

造槽机、架槽机施工机械化程度高，能够实现标准化流水作业，施工质量易于控制，效率高，但由于造槽机、架槽机定制设备投入较高，因此，适用于跨度大、联跨长的渡槽槽身施工。对于联跨长度短，定制设备投入产出效益比低，经济性差，不建议采用。

11.5.7 参考引用 SL 17 的有关规定，其主要内容如下：

（1）耙吸挖泥船和绞吸挖泥船一般开挖松散砂壤土、淤泥及软塑黏土等。

（2）链斗挖泥船能够开挖各种淤泥、软黏土、砂和硬黏土，对于极硬黏土、砂、风化岩可以采用结构较强和挖掘能力较好的重型链斗挖泥船挖掘。

（3）对于夹石砂质土、砾石以及清理爆破后的石块，可以采用大型抓斗挖泥船配合各种不同类型的抓斗开挖。

（4）对于软岩、强风化岩或断裂的岩石、硬黏土，以及拆除围堰、打捞沉物和排除水下障碍物等，可以采用铲斗挖泥船挖掘。

（5）疏浚土处理需遵循经济、安全、环保的原则，综合考虑疏浚土数量、物理力学指标、污染程度、疏浚方法、场地条件、社会需求、环保及占地要求、河床演变及航行要求、经济等因素，可以采取排泥区堆泥固结、脱水压滤再转运的陆地处理方式或水下处理方式。对含有毒害物质的疏浚土要采用相应的技术措施进

行特殊处理。疏浚土处理方案需会商并征得有关管理部门同意。

11.6 施工总进度

11.6.1、11.6.2 严格执行基本建设程序，遵照国家政策、法令和有关规程规范，是编制施工总进度最基本的原则。施工总进度编制需对全线控制性工程总工期或分段关键线路项目作重点研究，采取有效的技术或安全措施，缩短工程建设周期。对复杂的工程，留有余地。单项工程施工进度既是施工总进度的构成部分，又是编制施工总进度的基础；既要服从总进度的整体安排，又要为合理调整施工总进度提供依据。

拟定施工总进度通常包括工程筹建期、工程准备期、主体工程施工工期和工程完建期四个阶段。

施工总进度安排时，一般情况下考虑业主及当地有关部门对施工工期的有关建议及要求，有利于使总工期和进度安排更合理。

调水工程大部分单项工程可能为非控制性工期项目，另一般情况下考虑非控制性工期项目的资金投入时间价值，能避免非控制性工期项目早完工但控制性工程没完工而不能发挥效益。

11.6.3 参考引用了 SL 303—2017 中 8.1.4 条的有关规定，补充了关于调水工程长隧洞的重要节点，以及河渠改造、大型施工设备、新筑堤坝沉降期和混凝土龄期等要求。

对现有河（渠）道改造的工程，工期安排时需考虑原河（渠）道的防洪、排涝和输水等要求，避开行洪或输水时段，做好河（渠）道原功能运用期与改造施工期的合理衔接。

输水隧洞采用岩石掘进机和盾构机施工时，工期安排时需考虑设备制造、运输、拆装、试掘进以及深埋长隧洞不良地质条件处理等时间，并留有余地。

对于新筑堤坝，需考虑工程沉降期及混凝土龄期等因素。特别是对于填方渠道与交叉建筑物连接部位的后筑渠堤，当沉降期考虑不足时，其与相邻的先期填筑渠堤之间易形成不均匀沉降，影响工程运行安全。

12 建设征地与移民安置

根据 SL/T 618—2021《水利水电工程可行性研究报告编制规程》，将本章名称由“征地移民”修改为“建设征地与移民安置”。

12.1 一般规定

12.1.1 相关规定包括《大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例》《中华人民共和国土地管理法》等政策法规。

12.2 建设征地范围

12.2.2 本条为新增内容，根据用地性质，将建设用地分为永久用地和临时用地。

永久用地一般包括永久建（构）筑物、对外交通、闸坝壅水淹没区、输水隧洞（包含施工支洞）进出口、渡槽、明渠、外露倒虹吸、管理范围、管理单位现场用地等。

临时用地一般包括料场、渣场、暗涵、地下掩埋输水管道、地下掩埋倒虹吸、临时堆场、作业场（含辅助企业）、临时道路、施工营地、其他临时设施用地等。

12.3 实物调查

根据 SL 290—2009《水利水电工程建设征地移民安置规划设计规范》的规定，将“实物指标调查”修改为“实物调查”。

原标准该节是 2 条，修订后改为 5 条，增加了实物调查的原则、不同设计阶段的深度要求等内容。

12.4 移民安置规划

根据 SL 290—2009 的规定，对本节内容进行了充实，不仅

包括农村移民安置，还包括城（集）镇迁建、企（事）业单位处理、专项设施处理、库底清理等内容，因此将名称由“农村移民安置”修改为“移民安置规划”，相应的条目内容由 2 条增加为 6 条。

12.4.3 采取迁建方式处理的城（集）镇在合理确定迁建人口规模和建设用地规模的基础上开展迁建规划设计。

12.4.4 企（事）业单位处理内容包括确定处理方式和核算补偿费用，处理方式包括迁建、改建、一次性补偿等。事业单位处理根据受影响程度和服务对象变化情况，结合移民安置规划和当地有关规划，在征求地方人民政府、主管部门和单位意见的基础上，提出处理方式。国有农（林、牧、渔）场，是指利用国有土地、森林、草原、水域或其他自然资源，从事农业、林业、畜牧业或渔业的国有企（事）业单位。

12.4.5 在符合国家有关法律法规、政策规定和相关行业规程规范要求的基础上确定专项设施处理方式。

12.5 土地复垦

本节属新增内容，根据 SL 290—2009 的规定增加了临时用地后的土地复垦内容。同时将原“征地移民补偿投资”的内容统一调整至第 19 章“工程投资”中进行说明。

13 环 境 保 护

本节为新增内容，规定了开展调水工程多方案环境比选、基于生态约束的可调水量研究及方案布局环境合理性评价的技术要求。

13.2.1 生态保护红线指具有特殊生态功能、必须强制严格保护的区域，是保障和维护国家生态安全的底线和生命线，通常包括具有重要水源涵养、生物多样性维护、水土保持、防风固沙、海岸生态稳定等功能的生态功能重要区域，以及水土流失、土地沙化、石漠化、盐渍化等生态环境敏感脆弱区域。

基于生态约束条件下的可调水量是指以维护调水河流生态安全为目标，基于调出区水资源水环境承载能力及各生态要素保护要求，协调开发与保护关系、在地表水资源开发上限不突破、可持续发展用水有余地、生态流量有保障、影响河段水质能达标、不利生态影响可接受的前提下，从调水断面可持续调出的水量比例和引水过程约束要求。

13.3 环境现状调查与评价

13.3.1 在原标准 14.2.1 条基础上，明确调查评价范围包括直接影响和间接影响区域。

13.3.2 在原标准 14.2.2 条基础上，对各环境要素调查评价内容进行细化完善。本次新增规定了重点调查水域和陆域范围及相关环境要素。环境敏感区指依法设立的各级各类自然保护区域以及对建设项目产生的环境影响特别敏感的区域，主要包括生态保护红线范围内或者其外的下列区域：①自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区；②永久基本农田、基本草原、森林公园、地质公园、重要湿地、天然林、野生动植物重要栖息地、重点保护野生植物生长繁

殖地、重要水生生物的自然产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场、水土流失重点预防区、沙化土地封禁保护区、封闭及半封闭海域；③以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等为主要功能的区域，以及文物保护单位。

3 污染源重点调查调出区河流上游及汇水区、受水区评价范围内工业污染源、采矿污染、生活污水及农业面源等状况。

13.3.3 在原标准 14.2.3 条基础上，强调了水源区及输水河湖水质评价。

13.3.4 新增条款，对分期建设的调水工程提出环境影响回顾性评价要求。

13.4 环境影响预测评价

13.4.1 新增条款，明确调水工程按调出区、输水线路区及受水区等不同区域开展环境影响预测评价的要求。

13.4.2 新增条款，强调了基于保护鱼类、湿地等环境敏感目标的调出区河流生态流量论证技术要求。调出区河流生态流量确定，按照 SL/T 820《水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范》的相关规定，考虑取水口下游河段鱼类繁殖、湿地维护、咸潮防治、尾间湖泊与河口保护等河湖生态环境用水需求，开展下游水文情势和生态调查研究，科学确定调水断面及其他相关控制断面生态流量保障目标。

13.4.3 在原标准 14.3.1 条第 3 款基础上，增加了水源区水质及输水河湖水质影响预测及供水安全论证的技术要求。

13.4.4 在原标准 14.3.1 条第 2 款基础上，从调出区河流生态系统、珍稀保护动植物等方面细化生态影响预测评价要求。调出区生态影响论证是调水工程实施的关键，考虑调出区所在流域和区域已建、在建工程的环境影响因素，深入研究引调水工程建设及运行对河流水文情势、生态环境以及各类自然保护区可能产生的影响，避免造成不可逆的环境影响。

13.4.5 新增条款，规定了环境敏感区预测论证的技术要求。根

据 SL/T 618，工程可研报告环评篇章内容及结论与环境影响评价专题成果保持一致。

13.5 环境保护措施

本节名称和 SL/T 618、SL/T 619《水利水电工程初步设计报告编制规范》保持一致，将原标题“环境保护对策措施”调整为“环境保护措施”。

13.5.1 在原标准 14.4.1 条基础上，明确环境保护对策措施包括避让、减缓、修复、补偿、管理、监测、科研等类型。

13.5.2 原标准 14.4.3 条相关内容调整为此条。

13.5.3 在原标准 14.4.2 条第 3~5 款基础上，细化规定了水源区水质保护及输水河湖水质保护技术要求。针对面源问题突出且对水质影响较大的输水河湖，提出农田径流控制、农村生活及畜禽养殖面源治理措施，农业灌溉退水可采取生态沟渠、人工湿地、稳定塘等处理措施。对内源问题需要提出清淤、氮磷控制及生态补水等防治措施和管理要求。

13.5.4 新增条款，补充了鱼类保护措施体系技术要求。过鱼设施主要包括鱼道、升鱼机、集运鱼系统等类型，设计时需要明确过鱼对象、过鱼季节等；鱼类增殖放流措施设计时明确鱼类增殖站站址、增殖放流对象、放流规模、放流地点等。根据 SL/T 618，可研阶段对各类水生态保护措施进行方案论证或比选；根据 SL/T 619，对过鱼设施一般需开展专题设计，并开展鱼类游泳能力试验和进鱼口等流场的数值模拟和物理模型试验。

13.6 环境管理与监测计划

本节在原标准 14.5 节环境监测基础上，提出了制定调水工程环境管理方案的要求，以及水质监测、生态流量监控、生态监测等监测计划等技术要求，将名称“环境监测”调整为“环境管理与监测计划”。

14 水土保持

14.1 一般规定

原标准该节为 2 条，修订后改为 3 条。根据 SL/T 618—2021 的规定，增加了水土保持设计理念和原则的规定，同时将原 13.1.2 条按 SL/T 618—2021 的规定进行了调整。

14.1.1 该条为新增内容。提出了水土保持设计的原则与理念。“生态优先”是水土保持工程设计一贯坚持的原则，水土保持措施首先选择生态措施，包括平地型弃渣场的拦挡措施、排水措施需首先考虑生态挡墙和生态沟。优化主体工程设计、节约土地资源、优先综合利用开挖土石方量减少弃渣量、优先保护和利用与建设植被的设计理念，贯穿于水土保持设计始终，从主体工程评价开始直到水土保持措施布局与设计。

14.1.3 原标准该条是对于水土流失防治责任范围的规定，本次修订改为对于水土流失防治标准的规定。根据 GB/T 50434《生产建设项目水土流失防治标准》的规定水土流失防治标准等级根据项目所处地区水土保持敏感程度和水土流失影响程度确定，而水土流失防治六项指标值按八个水土保持区划一级区制定。调水工程线路长，沿途所涉及的地形地貌、水土流失敏感区复杂，且有可能涉及的水土保持区划在一个以上，因此，水土流失防治标准和防治指标值的确定需根据项目所在区域的水土保持敏感程度、影响程度具体情况确定。一般情况下，涉及一个以上水土保持区划的项目水土流失防治标准与防治指标值按就高不就低原则确定。

14.2 水土保持调查与勘测

根据 GB/T 51297—2018《水土保持工程调查与勘测标准》的规定，将“区域概况及水土流失现状调查”改为“水土保持调

查与勘测”，并增加了关于弃渣场地质勘察的规定。

14.2.1 水土保持现状调查是对调水工程的水源工程、输水线路工程、调入区沿线区域自然概况、经济社会、水土流失等现状的调查，以及水土保持区划、水土保持重点预防区和重点治理区、其他水土保持敏感区的调查，是水土保持工程设计的基础。现状调查的重点是自然概况，主要包括地形地貌、水文气象、土壤、植被、腐殖土分布、水土流失类型、强度、分布情况等现状内容。调查项目所在水土保持区划的一级区，所涉及的国家、省级、地市、县级水土流失重点预防区和重点治理区分布情况，以及其他水土保持敏感区如自然保护区、饮用水源保护区、世界文化及自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园及重要湿地、生态红线、永久基本农田保护区等敏感区域。

14.2.2 调水工程的特点是线路长，工程项目多，像南水北调工程跨越多个省、市，对输水线路区的自然概况和水土流失现状调查以遥感、无人机调查的方法为主，并结合常规的收集资料、实地调查等方法进行。

14.2.3 GB/T 51297 规定，对 4 级及以上弃渣场进行地质勘察，5 级弃渣场以地质调查为主。弃渣场稳定计算、堆置方案、拦挡、排洪工程设计均需以地质资料为依据进行。

14.3 主体工程水土保持评价

根据 SL/T 618—2021 的规定，增加了关于水土保持评价内容的规定及水土保持制约性因素评价、施工方法合理性与土石方平衡合理性的评价规定，取消了关于料场、弃渣场的评价。原标准该节为 3 条，修订后改为 5 条。

14.3.1~14.3.5 水土保持制约性因素评价要有针对性，根据工程设计内容评价主体工程设计从水土保持角度减少扰动和损坏植被情况等；工程选址、总体布局与建筑物型式的评价，重点对输水线路和建筑物型式等是否符合水土保持要求，并提出优化方案，特别是在山地、丘陵区土壤侵蚀强烈地区尽量避免深挖、高

填工程，最大限度地减少对原生地貌的扰动；施工组织设计评价主要包括对料场选择和开采方式、道路布置、施工布置、土石方平衡、施工方法和工艺等的评价。对于穿越工程、隧洞工程等需采取先进施工方法与工艺，减少对原地表和植被的扰动；调水工程输水线路长，弃渣量大，弃渣场选址难度大，渠系建筑物、渠道、管道、箱涵等开挖土石方需尽量加大回填利用量或用于骨料等其他用途。协调相关专业提高工程对于弃渣的综合利用率，同时有条件的需协调地方政府，调查、研究周边农村和其他工程建设对于弃渣的综合利用，最大限度地减少弃渣量。

14.4 水土流失防治责任范围及防治分区

14.4.1 水土流失防治责任范围包括调水工程新增征占地面积和扰动的现有工程地表范围、不在现场征地范围的管理单位占地，以及移民集中安置区与专项设施复建区范围。

14.4.2 调水工程的特点是线路长，可能跨越多个流域或区域，地貌类型差异较大，根据调水线路工程特点，本节规定了需按地貌类型、气候等自然条件或者工程布局划分一级分区，按工程布置和施工布置、移民安置与专项设施复建工程的布置划定二级分区。

14.5 水土流失影响分析与预测

根据 SL/T 618—2021 的规定，将“水土流失预测分析”改为“水土流失影响分析与预测”，并增加了水土流失预测时段的规定。原标准该节为 2 条，修订后改为 3 条。

14.5.1 根据 GB 50433《生产建设项目水土保持技术标准》的规定对原水土流失影响分析与预测内容调整为水土流失影响分析的内容包括工程弃渣量和扰动原地表、损坏植被面积的分析，预测的内容包括土壤流失量预测和水土流失危害预测。

14.5.2 调水工程线路长，沿线自然条件、水土流失情况复杂，不同地貌类型土壤侵蚀背景值与扰动后的土壤侵蚀模数差异较

大，因此，土壤流失量的预测需根据地貌类型，划分预测单元进行。

14.6 弃渣场设计

根据 SL/T 618—2021 和 SL/T 619—2021 的规定，增加了弃渣场设计一节。

14.6.1 弃渣场选址需要避开自然保护区、饮用水源保护区、世界文化及自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园及重要湿地、生态红线、公益林地等敏感区，以及永久基本农田、河道与湖泊管理区、已建水库等禁止弃渣区域。弃渣场选址需在合理的运距范围内，首先选择坑、洼地堆放，既可以造地，也减少防护措施工程量，且弃渣场安全稳定；其次选择生产力低下的土地如荒草地、次生灌木林等，少占耕地林地生产力高的土地。

14.6.2 引调水工程弃渣场数量多，选址情况复杂，需针对不同情况提出弃渣场排洪和防洪标准确定的原则。相应标准中弃渣场的排洪和防洪标准是区间值，实际确定中都按上限确定或者都按下限确定均不合适，需根据弃渣场周边具体情况确定。

14.6.3 一般沟道型弃渣场、坡地型弃渣场整体稳定计算和边坡稳定计算均需要开展，而填坑弃渣场的顶面高程与坑口齐平或低于坑口时不进行稳定分析，平地型弃渣场视具体情况简化稳定分析计算。

14.7 表土保护与利用设计

根据 SL/T 618—2021 和 SL/T 619—2021 的规定，增加了表土保护与利用设计一节。

14.7.1 山区地形复杂，坡度陡缓不一，地表植被也有差异，因此表土分布厚度差别较大，剥离难度较大，是表土保护与利用分析的重点区域。而平原地区一般以耕地为主，表土厚度大，相应分布均匀，容易剥离。

14.7.2 引调水工程线路长，表土平衡不适合在整个工程中进

行，需在合理的运距范围内分段进行平衡。

14.8 水土保持工程设计

根据 SL/T 618—2021 的规定，将原“水土流失防治方案”修改为“水土保持工程设计”，并根据新颁布水土保持相关标准调整了相应内容。

14.8.1 调水工程线路长，从调出区、输水线路区和调入区沿线可能涉及多个水土保持区划一级区。根据 GB/T 50434 的规定，水土流失防治标准和防治指标值按水土保持区划一级区确定，当调水工程涉及一个以上水土保持区划一级区时，水土流失防治标准和防治指标值需要根据所涉及沿线的实际情况确定。

14.8.2 按防治分区划分的规定，调水工程按地形地貌条件划分一级分区，则水土流失防治总体布局和措施体系相应按一级防治区拟定。

14.8.3 调水工程线路长，跨越的地形地貌复杂，从调出区、输水线路区到调入区的生态功能不同，有的输水线路可能涉及城镇区，并且各类建筑物规模有差异，则确定的植被恢复与建设工程的级别与设计标准会有所不同。因此，调水工程植被恢复与建设工程需要根据地形地貌特点，结合各工程区（段）生态功能进行布局。

14.8.4 植被恢复与建设工程需在对当地立地条件分析的基础上，推荐多树种、多草种，并优先选用当地乡土种类。边坡绿化措施一般适用于降水条件好的南方地区，降水条件较好的北方地区通过增加灌溉设施增强边坡绿化措施的适用范围，而在降水条件差的西北地区一般实施较困难。

14.8.6 需要进行安全监测的弃渣场需要根据弃渣场规模、堆渣高度、弃渣场失事风险确定，一般对于 3 级及以上弃渣场或者弃渣场下方存在保护对象时需开展安全监测。安全监测项目包括表面变形监测、滑移监测（深部变形监测）、渗压监测、视频监测等。

14.9 水土保持监测和管理

根据 SL/T 618—2021 的规定，将“水土保持监测”修改为“水土保持监测和管理”，相应增加了 2 条管理的规定。

14.9.1 调水工程的特点是线路长，涉及的气候类型多样，水土保持监测需根据各防治分区水蚀、风蚀、重力侵蚀等不同的特点，选择代表性强的监测点，采用相应的监测方法，制定切实可行的监测计划。

15 劳动安全与工业卫生

本章为新增章节，全部条款均为新增条款。

15.1 一般规定

15.1.1 水利项目设计阶段分为项目建议书阶段、可行性研究报告阶段、初步设计阶段、招标设计阶段和施工设计阶段，与之对应的水电项目设计阶段为预可行性研究报告阶段、可行性研究报告阶段、招标设计阶段和施工设计阶段。各阶段设计深度需符合各行业的有关规定。

15.1.3 在易发生危险和存在不安全因素的部位设置安全标志，是为了引起工作人员的注意，防患于未然。安全标志分为禁止标志、警示标志、指令标志和提示标志四类。

16 节能设计

根据机电及金属结构部分在水利工程实际建设内容，参考GB/T 50649—2011《水利水电工程节能设计规范》有关章节结构，在本次修编中对有关内容结构进行了优化调整，将原导则中的二级标题“水力机械设备节能”“电气设备节能”“金属结构设备节能”“暖通空调及给排水系统节能”统一为一项二级标题“机电及金属结构节能”。同时，根据国民经济发展和工作实际需要，新增“工程管理节能”和“节能效果评价”两项二级标题相关内容。

16.1 一般规定

16.1.1 节约能源是解决我国能源问题的根本途径。节能设计是加强节能工作的重要组成部分，对合理利用能源、提高能源利用效率，从源头上杜绝能源的浪费具有重要意义。

16.1.2 调水工程设计在涉及能耗的各个环节进行节能设计，使项目及单项工程符合国家或行业有关标准的规定。设计选用的主要设备和材料需提出明确的节能指标或要求。

16.2 总体布置节能

16.2.1 调水工程规划贯彻“节能、经济”的设计理念，在规划厂站址、线路选择、水工建筑物设计方案比选、设备及材料选取时充分考虑节能、节地、节约资源等要求，力求将工程设计成一个“资源节约、环境友好”型工程。

16.2.2 在原标准基础上增加了设置余能回收电站的要求。合理的输水线路不仅可以降低工程量，还可以降低水力损失。线路上如设置余能回收电站，输水系统运行中水锤影响需符合相应规定。

16.2.3 合理确定泵站的扬程和级数，是为了降低长期运行电能损耗。

16.3 建筑物节能

16.3.1 大坝、渡槽、倒虹吸设计一般通过综合比选，减少水泥用量或钢筋用量，减少了耗能材料的消耗；渠道设计根据功能的不同综合比较各种衬砌型式和线路布置，力求工程量小、占地少；管道设计中，材料糙率影响水头损失，满足经济的条件下选用糙率较低的管道材料；闸门建筑物设计中需充分考虑闸门及附件的金属结构工程量以及长期运行的电、油消耗，综合比较分析确定合理的闸孔型式尺寸；泵房等建筑物维护结构参照民用建筑物使用新材料和新技术，采暖系统一般需充分利用机组冷却水循环取暖，有条件多利用自然光，泵房内所有设备均要满足节能要求，无人值守或少人值守区域尽可能采用智能控制照明系统。

16.3.2 有条件的生产用房需利用自然采光和通风，在 GB 55015《建筑节能与可再生能源利用通用规范》中，对各类建筑物结构的能耗标准均做出明确规定。同时，国家也鼓励建筑节能技术进步，鼓励引进国外先进的建筑节能技术，禁止引进国外落后的建筑用能技术、材料和设备。增加对可再生资源的利用，投资会相应增加，但节能效果明显，需进行必要的技术经济比选。

16.3.3 在地下的泵房、闸站、电气设备房、控制室设计中，也要考虑节能目标。原标准中有关附属建筑物、生活办公建筑物节能要求调整到工程管理节能章节。

16.4 机电及金属结构节能

16.4.1

1、2 针对机组直接耗能的附属设备，以及水力机械辅助设备、起重设备、机修设备中的耗能设备，均需提出各系统设备年耗电量。

3 有多种泵型可供选择时，需考虑机组运行调度的灵活性、

可靠性、运行费用、主机组费用、辅助设备费用、土建投资、主机组事故可能造成的损失等因素进行比较论证。

16.4.2

1、2 由于电气设备的运行能耗大小既影响泵站运行的安全性，又影响运行的经济性，因此在电气设计过程中，所有电气设备在满足安全稳定运行条件下，同时要具有较高的经济运行指标，以控制运行能耗、提高工程的整体效益。为了缩短低压配电距离、减少电压损失、提高供电可靠性，根据工程规模，厂用负荷及分布、枢纽布置及地区电网等条件，需通过技术经济比较确定设置厂用电供电方式和电压等级等。

3 随着变压器生产工艺和水平的不断提高，变压器的性能已有了非常大的提高，选择低损耗的变压器会带来更多的能源效益。GB/T 17468《电力变压器选用导则》对变压器的冷却方式的选择有相应规定。

16.4.3 合理选择和布置闸门的结构和布置型式、闸门支承型式，以优化启闭机容量。当启闭设备容量较大时，采用变频控制，以降低启动电流并提高运行效率，达到降低能耗的目的；同时变频技术的采用，减少电机启制动时的冲击，优化设备的运行状态，从而延长设备的使用寿命，降低日常维护和保养费用。

16.4.4

1 根据泵站、管理用房、生产用房、电气设备房特点，为贯彻先进、适用、经济和节能的设计原则，合理利用天然冷、热源及可再生资源，选用节能、可靠的新设备、新材料。

2 国家节能指令第四号明确规定：“新建采暖系统应采用热水采暖”。实践证明，采用热水作为热媒，不仅对采暖质量有明显的提高，而且便于进行节能调节。因此，需明确采用热水为热媒。

3 优先采用自然通风主要原因是：自然通风具有投资少、基本不耗电、经济、管理简单等优点。当自然通风达不到室内空气参数的要求时，采用辅助以机械通风的自然通风或其他通风或

空气调节的方式。

16.5 施工方案节能

根据工程实际情况，本章节结合 GB/T 50649 有关施工方案节能内容，对原导则相关结构内容进行了优化调整。将原施工组织设计节能、施工方案节能、工艺过程节能、挖填平衡节能 4 项要求调整为施工总布置节能、施工方案节能、施工方法及设备节能 3 项要求。

16.5.1 施工总布置节能设计的重点是研究利用工程开挖料作为坝体填筑料及混凝土骨料的可能性，做好土石方挖填平衡，统筹规划堆渣、弃渣场地。

16.5.2 施工分区规划及营地设置是否合理，关系到施工节能效果，故需特别重视。由于施工导流方案的选择也涉及节能问题，故在施工节能设计中亦需同时考虑这方面的影响因素。

16.5.3 不同动力类型的施工机械在高海拔地区使用时，其功率和生产能力随高程的增加将有所下降，但下降的程度不尽相同，因此，在机械配备和选型时予以高度重视。工程施工中所使用的施工机械设备主要有土石方施工设备、基础处理施工设备、混凝土施工设备、机电和金属结构安装施工设备等，消耗的能源用于驱动施工机械设备。

16.6 工程管理节能

16.6.1 测报系统和数据采集系统等优先采用集中控制，采用遥测、通信、计算机等先进技术建设自动化的系统工程。

16.6.2 一般工程遵循“无人值班，少人值守”的原则，采用先进的自动化控制系统、优化调度管理系统能节约大量的人力、物力。

16.6.3 工程的运行能耗直接影响运行成本和工程效益。对工程运行中的主要耗能设备和系统进行能耗计量或监测，如管理建筑物年耗能，生活给排水能耗，管理车辆年油耗等。

16.7 节能效果综合评价

16.7.1~16.7.3 按照国家有关规定，对调水工程节能设计开展评价。

17 工 程 管 理

17.1 一 般 规 定

17.1.1 本条规定了调水工程管理设计的主要内容。为了使调水工程建成投产后能满足生产、经营管理和职工生活需要，提出需要具有相应的管理条件和管理设施。

17.1.2 管理设计是工程建成后正常运行的基础，调水工程使用寿命都在几十年，管理设计要充分考虑现代化管理的需要及可持续发展要求，使管理设施安全可靠，经济高效；对于改扩建工程，现有管理设施能够使用的应当利用，并且按照现有的标准要求要求进行升级改造。

17.2 管理体制、机构设置和人员编制

17.2.1 国务院《水利工程管理体制改革实施意见》中对管理单位分类定性有相应的规定。

17.2.3 调水工程管理将进一步扩大利用信息技术和自动化设备，极大提高水利工程管理的工作效率，替代部分工作人员，统筹考虑机构设置和人员编制。

17.3 工程管理范围和保护范围

17.3.1 根据调水工程安全、维护、检修、美化环境和管理的需要，在工程覆盖范围以外划定一定范围，由工程管理单位管理和建设。合理确定调水工程管理范围，是管理设计的重要内容之一，也是进行工程建设和管理运用的基本依据。

工程管理范围内的土地，在工程建设前期需要通过必要的审批手续和法律程序，实行划界确权，明确管理单位的土地使用权。

由于调水工程一般是单项工程组成的综合工程，而各单项工

程基本都有相应的工程管理设计规范，所以本标准不作重复规定，条文中仅对调水工程特有的输水明渠、倒虹吸、暗渠、渡槽、涵洞、隧洞等建筑物的工程管理范围作了规定，明确按照工程规模并根据实际需要确定，满足管理要求。调水工程利用现有河道、湖泊的，一般需要与地方划定的河湖管理范围相协调。

17.3.3、17.3.4 在工程管理范围和保护范围的占地中，保护范围土地内禁止或者限制从事的活动有相关规定。工程管理单位做好工程管理范围内已征收土地的保护性开发工作，不能在工程管理范围内从事危害调水工程正常运行的活动。为有效保护运行期间的工程安全，根据工程的特点，对其保护范围内提出禁止或限制活动的要求，并作出相应的管理规定。对管理范围用地需要征收，根据国家及地方相关法规，按照相应管理规范复核土地征收数量。按照工程管理设计规范要求，提出管理范围内的土地利用规划和管理办法。为了保证工程安全运用，防止工程影响范围内水土流失与水质污染，在设计中依据《中华人民共和国水法》或《南水北调工程供用水管理条例》以及地方水利工程相关的法规规章等，明确工程管理与保护范围内的管理限制要求。

17.4 工程 管理 设施

17.4.1~17.4.4 规定了工程管理设施设计的原则与内容。《党政机关办公用房管理办法》以及《党政机关办公用房建设标准》（发改投资〔2014〕2674号）等对办公用房标准也有相应的规定。

17.5 运 行 管 理

针对调水工程运行管理的要求，新增 17.5.2 条和 17.5.5 条两条，17.5.2 条为闸门和启闭机的安全运行管理要求，已有相应标准，17.5.5 条是调水工程调度原则，是调水工程调度运行的重要制度。

17.5.1 为了保证调水工程安全运用，要求编制各主要建筑物及

附属设施和设备的运用、维修及工程监测、水质监测的技术要求，使工程管理人员有章可循。

17.5.2 调水工程运行中闸门和启闭机等安全运用需要满足 SL/T 722《水工钢闸门和启闭机安全运行规程》的有关要求。

17.5.4 水量调度是工程运行管理的重要内容，考虑到水量调度涉及较多供水利益和供用水单位，在设计阶段明确水量调度的原则和管理权限，以便后续工作中实施。

17.5.5 调水工程往往输水线路长，涉及不同区域，供水范围广，供水计划根据供需要求提前提出，以确保工程调度计划制定和科学有序调水。

17.5.6 调水工程年运行管理费，是指全部工程项目（包括附属设施）初期运行和正常运行阶段，每年需要支出的全部运行管理费用，在 SL 72《水利建设项目经济评价规范》中对年运行管理费的项目内容和计算方法等都作了明确规定。

国家发展改革委令第 54 号公布的《水利工程供水价格管理办法》中规定，“新建重大水利工程实行基本水价和计量水价相结合的两部制水价，原有工程具备条件的可实行两部制水价。”“基本水价按照适当补偿工程基本运行维护费用、合理偿还贷款本息的原则核定，原则上不超过综合水价的 50%。”“新建工程的基本水费按设计供水量收取，原有工程按核定售水量收取；计量水费按计价点的实际售水量收取。”两部制水价按上述规定确定。

18 数字孪生工程

本章为新增章节，增加了数字孪生调水工程的设计要求。

18.1 一般规定

18.1.1、18.1.2 数字孪生调水工程的规模和软件开发工程量主要与系统的监视对象数量以及工程业务应用的数量紧密相关，业务应用根据建设阶段一般分建设期应用和运行期应用，根据监视对象和软件辅助分析目的的不同，开发难度也有较大差别。系统的业务应用需要围绕工程建设任务开展，也不能超出运行管理单位的职责范围。

18.1.3 工程各类自动化监控系统处于现地监控层，其中最核心的是计算机监控系统，一般在电气章节设计，数字孪生工程属于生产管理层，逻辑上位于计算机监控系统之上，主要负责从各类自动化系统或其他信息采集站点获取数据，进行离线或在线的分析等工作。

18.1.4 调水工程多属于线性工程，工程跨度较大，建筑物多，比较适宜采用 BIM、GIS 等三维技术进行辅助。

18.1.5 开展数字孪生水利工程建设的大型和重要中型调水工程，主要指承担城镇和工业供水任务的调水工程；当工程取水区、输水线路和受水区涉及的河流、湖泊已建有流域数字孪生平台，调水工程数字孪生平台与该流域数字孪生平台需要相互共享水利信息。

18.2 系统体系结构

18.2.1 调水工程要求上下游水位、流量、压力相互衔接，局部的调整将影响线路上其他部位的运行，甚至威胁到工程安全。因此，理想的做法是采用全线集中控制方式运行，对工程全线进行

统一协调的控制，确保工程运行安全、调度科学合理。采用扁平化的控制体系结构，可以快速掌握工程运行状态，系统各组成部分职责明晰，能有效提高工程管理效率，而且不会受制于设计阶段工程管理机构设置不能很好地明确的情况。这里的控制层级一般指具备集中控制能力的层级，包括现地集中控制室、区域集中控制中心（分中心）和全线集控中心（总中心），备调中心与全线集控中心属于同一层级。

所谓“控制对象少”，一般是指调水工程沿线需要接受远程控制的控制性建筑物（闸门、阀门等）数量在 10 处左右，甚至更少。在这个数量水平下，通过可靠的计算机监控系统，几乎不需要对监控对象进行分区控制。因此，在全线集中监控层和现地集中控制层之间，也就不需要单独设置一层控制系统。所谓“工程线路短”，一般认为一个连续的调水工程线路未跨越地级市的边界，即可认为是短线路。这样的工程，在运行管理上也常作为一个整体，不再分区、分段。特殊情况，当工程线路短、但控制对象多时，也常采用 2 级控制的方式。

18.2.2 所谓“工程规模大”，对监控系统来说，一般是指工程线路长，或者线路并不长但线路数量多，分为了多个区片。当调水工程各区片或线路分段之间水力联系较弱，且分别独立运行控制时上下游影响较小，可根据工程运行管理的职责分工，分设各区或各段的区域控制系统，此时，总调中心功能定位以运行监视和调度为主。

18.2.3 设置备用集控系统的目的是保障城镇供水任务的连续性，由于具备在线调蓄能力的工程已通过工程措施保障了供水连续性，因此不再设置备用集控系统；推荐在工程沿线选址备用集控中心，是考虑通信通道的便利性以及运行人员便利性。特别重要的调水工程，在选址备用集控中心时需考虑同时避免系统级故障和区域级故障。

18.2.5 建设期的信息化应用越来越普及，更有利于工程的建设质量控制。建设期由于现场环境设施不完善，多为临时性设施，

业务和用户变化也频繁，不利于建设大规模的信息系统。因此，推荐采用轻量化的系统开发方案，灵活开发、快速部署、易于配置。建设期各类应用优先部署在水利行业内公用的云计算平台，其次考虑部署在调水工程同步建设的私有云计算平台或公共云计算平台。

18.3 系统功能

18.3.1、18.3.2 在建设过程中，通过工程建设管理系统（平台）进行建设管理已被行业广泛接受，但建设期信息系统的投资计列方式与运行期信息系统不同，设计时根据工程实际需求，对确有必要的应用系统进行设计和开发。建设期各类应用系统需要合理运用自动化的声、光、电等监测和显示技术进行支撑。

18.3.3 工程运行状态主要包括水位、雨量、压力、流量、沿线水温、水质、气象、建构筑物安全监测数据以及发电机组、电动机组、主变压器、GIS、大功率高压变频器、避雷器、大型水闸、大型阀门等设备的状态监测数据。工程本体安全需包括建筑物和主要机电设备的安全。工程运行状态、调度方案、工程预案的预演方式，根据工程运行需要和经济性，可以是三维空间下的表达方式，也可以是二维空间下的表达方式。

18.3.5 视频监视范围需要覆盖取水口、泵站、远程控制闸站、消能电站、柴油发电机房、沿线 35 kV 及以上专用输配电系统、沿线重要通信节点站机房、水质自动测站、调蓄水库（池）、大跨越渡槽、其他重要交叉建筑物等重点关注的设施。工业电视系统的视频信息在工程集控中心、分中心可视。工程视频信息的获取优先采取数据共享交换，避免重复设置前端设备。视频信息优先存储在现地，且存储时间不小于 30 d。

实现系统间的联动，目的是提升工程运行控制的安全性、便捷性。重要机电设备及建筑物一般包括取水口、泵站、远程控制闸站、消能电站、柴油发电机房、沿线 35kV 及以上专用输配电系统、沿线重要通信节点站机房、水质自动测站、调蓄水库

(池)、重要交叉建筑物、大跨越渡槽等。

18.3.6 工程运行状态评价对象主要包括两部分：一部分是建筑物的安全，主要通过安全监测系统反映；另一部分是机电设备的安全，主要通过 SCADA 系统和专用的设备在线监测系统反映。调水工程整体的运行状态评价需要对建筑物运行状态和机电设备运行状态进行综合的定性或定量评价。

18.3.7 工程运行期最优调度决策是在满足供水需求和供水安全的前提下，以全线水量损耗最小或电能损耗最小为优化目标，根据需要，也可以最短控制调节时间为优化目标。

18.3.8 工程现地监控系统上行信息直接传送至集控中心是避免层层转发导致的数据延迟和不一致的情况，也避免了转发站点故障时集控中心无法及时收到数据；重要信息的备用通信信道是针对采集远距离实时信息的情况，通过设置备用通道，可有效保证重要实时信息的可靠上传。当通信系统采用环形网络拓扑结构时，可认为具备备用通道。涉及工程安全的重要状态信息主要包括闸（阀）门开度及沿线的流量、水位、压力、水质自动站测值等。由于调水工程中的泵站有较完备的监控网络，其运行状态可不再建立备用通信信道。

18.3.9 调水工程移动巡查、巡检可运用手持智能移动终端或无人机进行现场信息的采集。

18.3.10 调水工程向外部有关系统或公众共享必要的工程信息，主要用于水行政主管部门的行业监管和行业内信息共享，如引水流量、河道或湖泊水位、水库水位、降雨量、地下水位、水质、墒情等；当调水工程河渠有通航任务时，也需要向航运部门共享水位、流量等信息。

18.4 系 统 性 能

18.4.2 根据 DL/T 578—2008《水电厂计算机监控系统基本技术条件》中 4.5.1.2.2 的要求，人机交互界面画面响应时间不大于 2 s；根据 GB/T 37546—2019《无人值守变电站监控系统技术

规范》中 9.1 节的要求，实时画面响应不大于 2 s，其他画面响应不大于 3 s。根据调水工程实时性要求弱于水电厂的特点，结合运行人员的操作体验，因此制定不大于 3 s 的画面响应时间要求。

18.4.3 根据 DL/T 578—2008 中 4.5.2.3 款的要求，主控计算机的平均故障间隔时间不小于 8000 h；根据 GB/T 37546—2019 中 9.1 节的要求，站控层 MTBF 不小于 20000 h。经综合考虑调水工程运行维护特点，暂取不小于 10000 h 的要求。系统平均修复时间（MTTR）不大于 72 h 是考虑到系统开发单位抵达现场，并维修成功的可接受的时间。

18.5 通信传输及网络

18.5.1 通信传输及网络系统的设计范围包括工程集控中心（分中心）连接到工程现地站，以及现地站之间的通信通道的设计。

18.5.2 通信节点数小于 5，这样的网络规模采用单环或星型拓扑一般可获得较好的性价比，不必通过增加网络拓扑的复杂度来换取可靠性。

18.6 网络安全

18.6.1、18.6.2 调水工程的通信及计算机网络一般都会划分为物理上相互独立的控制子网和管理信息子网。控制子网主要承载泵站、闸门、阀门等设施的实时控制业务；管理信息子网根据承载业务可进一步进行安全域的逻辑划分和隔离。

18.6.3 为确保水利工程信息系统安全，要求信息系统规划、建设同步落实网络安全等级保护制度。

18.6.4 工控系统网络安全的防护方案一般与 IT 系统的防护方案不同，需要根据工控系统采用的协议、系统运行特点、威胁来源等进行安全防护设计。

18.6.7 网络和信息安全设计中，可根据 GB/T 39786—2021《信息安全技术 信息系统密码应用基本要求》开展密码应用

设计。

18.7 运行实体环境

18.7.1 大屏幕显示系统选型需要结合显示设备的用途综合考虑。长期开机，需要对工程进行不间断监视的，有必要配置大屏幕显示系统。

18.7.2 用于运行操作的工控系统终端设备采用冗余配置是系统可靠性设计的基本要求，一般配置 2 台操作员工作站和 1 台工程师工作站；管理信息系统的终端设备根据系统业务规模设置，目前调水工程的任务有限，其业务系统数量也不会太多，工程中可能会应用的系统主要有水量优化调度、工程安全监测与管理、水环境监测、运维管理、视频监控等，考虑到系统使用过程中的同时率，因此不必每个系统配置一台终端设备，为合理控制集控中心建设规模，因此限制终端设备数量不超过 6 台，足够满足工程运行管理需要。

18.7.3 调水工程视频会议系统设备配置规模需要根据使用频率、会议室面积及参会人员规模合理确定。

18.7.4 首先，余能回收电站监控中心的运行任务与调水工程集控中心的运行任务有所不同；其次，余能回收电站一般装机容量较小，电压等级也不高，远程集控的代价相对较大，在电站现地运行控制也更便于电网调度。

19 工程投资

根据表述内容，将原标准 17 “投资” 调整为 “工程投资”，以准确界定范围，避免概念过于宽泛。

19.1 一般规定

在原标准 17.1 节基础上调整，删除 17.1.3 条关于配套工程投资的表述。

19.1.1 在原标准 17.3.4 条基础上调整。根据 SL/T 619，工程投资文件包括工程部分、建设征地移民补偿、环境保护工程、水土保持工程四部分。根据《水利工程设计概（估）算编制规定》，工程投资是指汇总工程部分、建设征地移民补偿、环境保护工程、水土保持工程四部分静态投资，并统一计算价差预备费、建设期融资利息后，合计得到的工程总投资。

19.1.2 在原标准 17.1.2 条基础上增加可以按整体工程统一确定投资的要求。长距离调水工程跨越多个行政区时，确定工程投资的基础单价差别大，或者考虑投资管理需要，可以按行政区划分段独立编列投资文件，也可以按控制建筑物或重要建筑物为节点分段独立编列投资文件。

19.2 编制方法

在原标准 17.2 节基础上调整，删除 17.3.6 条关于配套工程投资的表述。

19.2.1 在原标准 17.1.1 条、17.2.1 条～17.2.3 条、17.3.1 条～17.3.3 条基础上调整。调水工程往往涉及多个行业，如公路、铁路、水运、房屋、供电、信息化等，其单项工程投资的确定方法根据设计深度确定。初步设计阶段，单项工程可以按造价指标计算投资，如果设计深度满足相关行业初步设计阶段深度要

求，也可以依据相关行业概算编制规定、费用标准和定额编制单项工程概算。项目建议书和可行性研究阶段，受单项工程设计深度限制，一般按造价指标计算投资。

根据《水利工程设计概（估）算编制规定》，调水工程一般采用引水工程标准，其中主要建筑物级别为1级或2级的泵站、调蓄水库、其他重要控制性建筑物采用枢纽工程标准。

调水工程概（估）算的项目划分根据工程具体情况确定，可以将调水工程作为一个整体统一进行项目划分，列示渠道、管道、建筑物等工程项目，也可以先按行政区划进行分段，再根据各段建设内容分别列示渠道、管道、建筑物等工程项目。

基础单价是确定工程投资的关键因素之一，可根据调水工程特点采用不同的计算方法。对于每个独立编制的投资文件，可以按行政区划分段确定基础单价，也可以根据工程量或者投资比例，综合加权平均确定基础单价。

19.2.2 相关规定指国家和省（自治区、直辖市）的法律、法规及有关征地补偿的规定。

19.2.3 《水利工程设计概（估）算编制规定（环境保护工程）》对调水工程环境保护工程概（估）算编制有相应的规定。

19.2.4 《水土保持工程概（估）算编制规定》中的《生产建设项目水土保持投资概（估）算编制规定》对水利水电工程水土保持投资概（估）算编制有相应的规定。价格水平年、砂石料、油料、钢筋、水泥等主要材料预算价格与工程部分相关材料预算价格一致。

19.2.5 在原标准 17.3.4 条基础上调整。

20 经济评价

20.1 国民经济评价

原标准共 6 条条文，其中第一条“调水工程的费用应只计入调水工程建设新增加的固定资产投资、流动资金和年运行费”，但在实际操作中根据 SL 72—2013 中 1.0.5 条“水利建设项目经济评价应遵循费用与效益计算口径一致的原则”对已建工程的效益和费用进行同口径考虑。例如引江济淮工程利用了当地现有河道及闸站输水，工程建成后会在一定程度上增加了现有工程的调度管理难度，在开展国民经济评价时，考虑到工程效益难以在已建工程、新建工程中合理分摊，因此在费用分析中适当考虑了已有工程的年运行费。因此，本次修订删除了该条文。

20.1.1 调水工程的实施可能对调出区、输水线路沿线地区等产生不利影响，包括用水影响、生态环境影响、发电影响、航运影响等，以及利用已有水利工程造成对该工程原有功能的影响等，通常需要将影响处理费用计入调水工程的工程费用中，不能完全处理的影响所产生的负效益，需计入工程的效益中。如南水北调东线一期工程投资中包括了对江苏省里下河地区用水的补偿投资，南水北调中线一期工程投资中包括了对汉江中下游的用水影响治理工程投资，工程费用中则均纳入了影响处理工程的费用。

在 SL 12 中，已明确规定了年运行费用的组成。工程运行初期，受调入区配套工程建设的影响，其供水量尚未达到设计供水量；同时，调入区需水量也尚未达到设计水平年的需水规模。因此，在进行费用计算时，通常需分析运行初期的供水量，并计算不同供水量所对应的年运行费用。

20.1.2 一些水利工程具有综合利用的功能，如调水工程的渠首枢纽工程，除供水功能外，多还具有防洪、发电等功能，输水河道除输水外还具有泄洪、航运、除涝等功能。在国民经济评价

中，除对整体工程进行经济评价外，通常还会在工程费用分摊的基础上，对供水部分进行经济评价。

调水工程线路长，供水地区多，为评价对某地区供水的经济合理性，通常会在供水地区之间进行费用分摊。由于工程对各地区的供水保证率的差别，不同供水地区之间的费用分摊采用供水量比例进行分摊时，可以考虑供水保证率的差别对工程效益的影响。

南水北调东线工程根据沿线供水口门分布情况，划分区段，按照各区段规划增供水量分摊工程费用，分摊计算公式（1）如下：

$$C_n = \sum_{i=1}^n \frac{W_n}{\sum_{j=1}^m W_j} C_i \quad (1)$$

式中 C_n ——第 n 段分摊的工程费用；

C_i ——第 i 段参与分摊的共用工程费用；

W_n ——对应第 n 段的增供水量；

W_j ——对应第 j 段的增供水量；

n ——顺调水方向对分摊区段的编号（ $n=1, 2, \dots$ ）；

m ——区段划分总数。

20.1.4 调水工程线路长，供水范围广，工程运行初期，受水区的配套程度影响工程供水效益的发挥，因此计算效益时通常会考虑受水区的配套程度。由于受水区的需水量增长有一定的过程，运行初期供水效益通常可以参考水资源供需分析与配置章节的需水量增长情况，预测设计水平年前各年的供水量相应分析运行初期的供水效益。

水文现象具有随机变化的特性，调出区、调入区不在同一流域，两个流域径流量丰、平、枯的不同遭遇，其调出区可调水量、调入区需水量的变化，直接影响工程的供水量。通常以多年平均供水量计算的多年平均供水效益作为工程正常运行期的供水效益。

20.1.5 本条中的主要供水目标通常按照供水城市或供水区域进行划分,采用其分摊后的工程费用计算经济指标,其主要目的是论证工程对某一区域供水的经济合理性。

20.2 财务评价与资金筹措方案

原标准本节包括 11 条条文,其中第 5 条“以预测的水价为基础进行财务评价其结果不可行时应按照满足资本金利润率要求与贷款偿还要求测算水价并分析水价的可行性”在实际操作中基本不会涉及,适用性不强,本次进行了删减。

20.2.1 分段分摊费用的目的,一是作为各用水户出资比例的依据,二是为了测算各用水户的供水成本,以便为水价制定提供依据。一般会按照供水量比例或分水流量比例逐段进行分摊,并考虑供水保证率的影响。在工程设计及调度运行上,不同用水户采取不同的供水保证率,为了体现供水优质优价原则,供水保证率高的行业或地区分摊较多的过程投资及运行费用。费用分摊时如何体现供水保证率,目前还没有公认的计算方法,一般采取对供水量进行折算的方法进行,即供水保证率低的供水量乘以小于 1.0 的折算系数。

20.2.2 重要节点指主要分水口、计量断面或重点建筑物等位置。

20.2.4 拟订合理可行的水价是调水工程项目贷款能力测算及财务评价的基础。水价的高低直接关系到工程财务收入及工程建设资金筹措方案,关系到工程财务评价的可信度。因此,本条强调在综合分析比较的基础上,确定水价。综合分析指按照下面给出的几种水价测算方法进行测算比较。

(1) 参考现行市场供水价格并考虑水资源开发利用状况预测的水价。

(2) 原水成本水价、成本利润水价。

(3) 用户可承受的水价。

(4) 价格主管部门和国家有关部门核定批准的水价。

(5) 供水受水双方协议商定的水价。

20.2.5 我国现行的水价制度市场化程度较低，供水水价由水利部门提出方案，经价格主管部门核定审批，重要供水工程的水价由上级政府批准或举行价格听证会，在现行水价基础上预测的水价偏低则导致财务评价上不可行。因此，可在满足资金筹措方案的基础上推算水价，提出不同资金筹措方案的推算水价，供参考决策。

2023年4月，开始实施国家发展改革委制定的《水利工程供水价格管理办法》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第54号令），其中对水利工程供水价格拟定原则、拟定办法等做了规定。该办法第四条明确“中央直属及跨省（自治区、直辖市）水利工程供水价格原则上实行政府定价，由国务院价格主管部门制定和调整。鼓励有条件的水利工程由供需双方协商确定价格，或通过招投标等公开公平竞争形成价格”。第二十九条明确“各省（自治区、直辖市）价格主管部门可以参照本办法，对本省（自治区、直辖市）骨干水利工程供水价格进行管理，或商水行政主管部门参照本办法并结合本地实际情况，制定本省（自治区、直辖市）水利工程供水价格管理办法”。

20.2.6 资本金应付利润率方案通常会考虑以下几种情况：

- （1）不同来源的资本金采用相同的应付利润率分配方案。
- （2）还贷期、还贷后不同应付利润率分配方案。
- （3）还贷期全部资本金均不分配利润方案。

20.2.10 受水价政策的影响，调水工程特别是向农业供水的调水工程，其财务收入较低，经济指标较优而财务上往往不可行。对于该种情况，一般会从建设资金来源及组成、水价标准及财务补贴三方面进行分析，例如增大资本金、减少贷款额度、降低贷款利息、提高水价标准、或运行期每年给予补贴等，提出各种可行的维持工程正常运行方案及各项政策保证措施等，供决策部门参考。

20.3 不确定性分析和风险分析

20.3.2 调水工程可能遇到各种复杂问题，如线路地质问题，水

源区、受水区的水量丰枯遭遇问题，输水线路的安全问题，水源区、受水区的经济发展对供需水量的变化影响等，均将对工程经济效益的发挥和财务收入造成很大影响。SL 72 对敏感性分析和风险分析的具体方法及参数选取有相应规定。

20.4 综合评价

20.4.1 社会评价一般从国家和地方两个层次进行分析，考察与项目建设有关的各种可能的影响因素，包括正面影响和负面影响，直接影响和间接影响，短期影响和长期影响，局部影响和全局影响等。

其发展规划和要求应重点收集与水资源开发利用或受水资源影响的有关方面的规划；对于调水规模小，仅对区域经济产生影响的工程，以收集地区的中期和远期发展规划资料为主，并从地方层次面上进行社会评价。

20.4.2 综合评价应对项目经济上和财务上是否合理、可行提出明确的结论，为决策提供科学依据。调水工程有些效益及影响难以用货币指标量化表示，如对调入区经济的促进作用，对各项产业发展的影响，对人民的收入提高及生活质量的改善，对生态环境的影响等。