

编 委 会

- 主 编** 朱卫东(甘肃省定西市渭源县水务局)
刘晓芳(勐海县大型灌区管理局)
孙塘根(中国水利水电第十二工程局有限公司施工科学研究院)
- 副主编** 韩 冷(中国水利水电第十二工程局有限公司)
季德雨(河南省水利第二工程局)
许尔金(浙江省温州市水利建设管理中心)
关 旭(深圳市广汇源环境水务有限公司)
- 编 委** 常宗记(长江勘测规划设计研究有限责任公司)
张文涛(云南省滇中引水工程建设管理局昆明分局)
张玉飞(云南云水工程技术检测有限公司)
茹轶伦(云南润滇工程技术咨询有限公司)
拔丽萍(云南华水投资管理有限公司)
杨 清(中国水利水电第十二工程局有限公司)
李振华(南水北调中线干线工程建设管理局河北分局磁县管
理处)
胡 滨(中国水利水电第十二工程局有限公司)
罗 明(广东平建建设集团有限公司)

前 言

水利工程施工是指根据设计方案中所提出的工程结构、数量、质量、进度及造价等要求,对水利工程进行修建。水利工程在具体施工过程中的技术措施、操作方式、维修应用等,都是水利工程管理的重要组成部分。为了确保水利工程建成投入使用后能够实现预期效果和验证原设计的正确性,必须要在水利工程施工全过程实行有效的管理方案。

需明确的是,对于水利工程管理来说,其基本任务是保持工程建筑物和设备的完整、安全,使其处于良好的技术状况,与此同时,还要采取相应的措施来确保水利工程设备的使用与运行,以更好地控制、调节、分配、使用水资源,从而充分发挥其防洪、灌溉、供水、排水、发电、航运、环境保护等效益。

本书根据水利工程施工相关规范,结合作者多年的经验编写而成,主要包括水利工程施工综述、基础工程施工、导截流工程施工、爆破工程施工、土石坝工程施工、混凝土坝工程施工、渠系工程施工、水利工程造价、水利工程招投标,以及水利工程施工质量管理、成本管理、进度管理、合同管理、施工安全与环境安全管理等内容。

本书可以作为土建类专业本科、大专教材,以及短训班和自学班的教学用书,也可供基本建设管理部门及建筑业各种技术管理人员参考。本书在编写的过程中参考了大量规范和相关图书,在此向有关作者表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳切地希望读者对本书存在的问题提出批评和意见,以待进一步修改,使之更加完善。

目 录

第 1 章 水利工程施工综述	(1)
1.1 水资源概况	(1)
1.2 水利工程施工基础	(4)
1.3 水利工程施工技术	(11)
1.4 水利工程施工管理	(16)
1.5 水利工程施工组织设计	(30)
第 2 章 基础工程施工	(35)
2.1 地基处理	(35)
2.2 岩基灌浆	(42)
2.3 基础与地基的锚固	(50)
2.4 其他地基处理方法	(52)
第 3 章 导截流工程施工	(58)
3.1 施工导流	(58)
3.2 截流施工	(72)
3.3 施工排水	(75)
3.4 施工度汛	(79)
第 4 章 爆破工程施工	(82)
4.1 爆破的概念、常用术语及分类	(82)
4.2 爆破材料与起爆方法	(84)
4.3 爆破工序	(87)
4.4 爆破安全控制	(88)
第 5 章 土石坝工程施工	(90)
5.1 坝料规划	(90)
5.2 土石料开采、运输与压实	(91)
5.3 土料防渗体坝	(98)
5.4 面板堆石坝	(104)
5.5 砌石坝施工	(107)

第 6 章	混凝土坝工程施工	(110)
6.1	混凝土生产	(110)
6.2	混凝土的温度控制和分缝分块	(117)
6.3	常态混凝土筑坝	(123)
6.4	碾压混凝土筑坝	(127)
第 7 章	渠系工程施工	(130)
7.1	水闸施工	(130)
7.2	装配式渡槽施工	(136)
7.3	渠道与涵洞施工	(139)
7.4	倒虹吸管施工	(145)
第 8 章	水利工程造价	(149)
8.1	工程造价概述	(149)
8.2	基础价格确定	(154)
8.3	工程单价编制	(163)
8.4	工程概算、估算和预算	(180)
第 9 章	水利工程招投标	(197)
9.1	工程招标与投标	(197)
9.2	投标过程	(212)
9.3	投标决策与技巧	(218)
第 10 章	水利工程施工质量管理	(224)
10.1	质量管理概述	(224)
10.2	质量体系建立与运行	(233)
10.3	工程质量统计与分析	(248)
10.4	工程质量事故的处理	(251)
10.5	工程质量评定与验收	(253)
第 11 章	水利工程施工项目成本管理	(257)
11.1	施工项目成本管理的基本任务	(257)
11.2	施工项目成本控制	(263)
11.3	施工项目成本降低的措施	(267)
11.4	工程价款的结算与索赔	(269)
第 12 章	水利工程施工进度管理	(273)
12.1	进度管理概述	(273)



12.2	实际工期和进度的表达	(276)
12.3	进度拖延原因分析及解决措施	(281)
第 13 章	水利工程施工合同管理	(286)
13.1	合同管理概述	(286)
13.2	施工合同的实施与管理	(289)
13.3	施工合同索赔管理	(293)
第 14 章	水利工程施工安全与环境安全管理	(297)
14.1	施工安全管理	(297)
14.2	环境安全管理	(309)
	参考文献	(316)
	后记	(318)

第 1 章 水利工程施工综述

1.1 水资源概况

1.1.1 世界水资源概况

从广义上来说,地球上的水资源是指水圈内的总水量。由于海水难以直接利用,因而通常所说的水资源主要指陆地上的淡水资源。通过水循环,陆地上的淡水得以不断更新、补充,满足人类生产和生活的需要。水是地球上最丰富的资源,覆盖地球表面 71% 的面积。虽然地球上的水数量巨大,但能直接被人们生产和生活利用的却很少。地球上近 98% 的水是既不能供人饮用也无法灌溉农田的海水,淡水资源仅占总水量的 2.53%,而在这极少的淡水资源中,有 70% 以上被冻结在南极和北极的冰盖中,加上难以利用的高山冰川和永冻积雪,有 87% 的淡水资源难以利用。人类真正能够利用的淡水资源是江河湖泊和地下水的一部分,约占地球淡水量的 0.26%,占地球总水量的 0.007%,即真正可有效利用的全球淡水资源每年约为 9000 km³。

世界上不同地区因受自然地理和气象条件的制约,降雨量和径流量有很大差异,因而产生不同的水利问题。

非洲是高温干旱的大陆,其单位面积水资源在各大洲中最少,不及亚洲或北美洲的一半。非洲水资源集中在西部的扎伊尔河等流域。除赤道两侧地区雨量较大外,大部分地区少雨,沙漠面积占陆地的 1/3。非洲尼罗河是世界上最长的河流,其水资源孕育了古埃及文明。

亚洲是面积大、人口多的大陆,雨量分布很不均匀。东南亚及沿海地区受湿润季风气候影响,水量较多,但因季节和年际变化,雨量差异甚大,汛期的连续降雨常造成江河泛滥,如中国的长江、黄河,印度的恒河等都常给沿岸人民带来灾难,防洪问题是这些地区沉重的负担。中亚、西亚及内陆地区干旱少雨,以致无灌溉即无农业,必须采取各种措施开辟水源。

北美洲的雨量大东南向西北递减,大部分地区雨量均匀,只有加拿大的中部、美国的西部内陆高原及墨西哥的北部为干旱地区。密西西比河为该洲的第一大河,洪涝灾害比较严重,美国曾投入巨大的力量整治这一水系,并建成沟通湖海的干支流航道网。美国在西部的干旱地区修建了大量的水利工程,对江河径流进行调节,并跨流域调水,保证了工农业用水的需要。

南美洲以湿润大陆著称,径流模数为亚洲或北美洲的两倍有余,水量丰沛。北部的亚马孙河是世界第二长河,流域面积及径流量均为世界各河之冠,水资源也较丰富,但流域内人烟稀少,水资源有待开发。

欧洲绝大部分地区的气候温暖、湿润,年际与季节降雨量分配比较均衡,水量丰富,河网稠密。欧洲人利用优越的自然条件,发展农业、开发水电、沟通航运,促进了欧洲经济的发展。

全球淡水资源不仅短缺而且地区分布极不平衡。按地区分布,巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚、中国、印度、哥伦比亚和刚果 9 个国家的淡水资源占了世界淡水资源的 60%。而人口数量约占世界人口总数 40% 的 80 个国家和地区则严重缺水。目前,全球有 80 多个国家约 15 亿人口面临淡水不足问题,其中 26 个国家的 3 亿人口完全生活在缺水状态。预计到 2025 年,全世界将有 30 亿人口缺水,涉及国家和地区达 40 个。水资源正在变成一种宝贵的稀缺资源。水资源问题已不仅仅是资源问题,更成了关系到国家经济、社会可持续发展和长治久安的重大战略问题。

1.1.2 我国水资源概况

由中华人民共和国水利部《2020 年中国水资源公报》可知,我国水资源情况如下。

1. 我国水资源总体情况

2020 年,全国降水量和水资源总量比多年平均值明显偏多,大中型水库和湖泊蓄水总体稳定。全国用水总量比 2019 年有所减少,用水效率进一步提升,用水结构不断优化。

2020 年,全国平均年降水量 706.5 mm,比多年平均值偏多 10.0%,比 2019 年增加 8.5%。

全国水资源总量 31605.2 亿立方米,比多年平均值偏多 14.0%。其中,地表水资源量 30407.0 亿立方米,地下水资源量 8553.5 亿立方米,地下水与地表



水资源不重复量为 1198.2 亿立方米。全国水资源总量占降水总量的 47.2%，平均单位面积产水量为 $3.34 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。

全国 705 座大型水库和 3729 座中型水库年末蓄水总量比年初增加 237.5 亿立方米，62 个湖泊年末蓄水总量比年初增加 47.5 亿立方米。东北平原、黄淮海平原和长江中下游平原浅层地下水水位总体上升，山西及西北地区平原和盆地略有下降。

全国供水总量和用水总量均为 5812.9 亿立方米，受新冠疫情、降水偏丰等因素影响，较 2019 年减少 208.3 亿立方米，其中，地表水源供水量 4792.3 亿立方米，地下水源供水量 892.5 亿立方米，其他水源供水量 128.1 亿立方米；生活用水 863.1 亿立方米，工业用水 1030.4 亿立方米，农业用水 3612.4 亿立方米，人工生态环境补水 307.0 亿立方米。全国耗水总量 3141.7 亿立方米。

全国人均综合用水量 412 m^3 ，万元国内生产总值(当年价)用水量 57.2 m^3 ，耕地实际灌溉亩均用水量 356 m^3 ，农田灌溉水有效利用系数 0.565，万元工业增加值(当年价)用水量 32.9 m^3 ，城镇人均生活用水量(含公共用水)207 L/d，农村居民人均生活用水量 100 L/d。按可比价计算，万元国内生产总值用水量和万元工业增加值用水量分别比 2019 年下降 5.6% 和 17.4%。

2. 降水量

2020 年，全国平均年降水量 706.5 mm，比多年平均值偏多 10.0%，比 2019 年增加 8.5%。

从水资源分区看，10 个水资源一级区中有 7 个水资源一级区降水量比多年平均值偏多，其中松花江区、淮河区分别偏多 28.8% 和 26.5%；3 个水资源一级区降水量偏少，其中东南诸河区比多年平均值偏少 4.8%。与 2019 年比较，7 个水资源一级区降水量增加，其中淮河区、海河区、长江区分别增加 73.9%、23.0% 和 21.0%；3 个水资源一级区降水量减少，其中东南诸河区、西北诸河区分别减少 14.2%、12.9%。

从行政分区看，24 个省(自治区、直辖市)降水量比多年平均值偏多，其中上海、安徽、湖北、黑龙江 4 个省(直辖市)分别偏多 30% 以上；7 个省(自治区、直辖市)比多年平均值偏少，其中福建、广东 2 个省分别偏少 10% 以上。

3. 地表水资源量

2020 年，全国地表水资源量 30407.0 亿立方米，折合年径流深 321.1 mm，比多年平均值偏多 13.9%，比 2019 年增加 8.6%。

从水资源分区看,10个水资源一级区中有6个水资源一级区地表水资源量比多年平均值偏多,其中淮河区、松花江区分别偏多54.0%和51.1%;4个水资源一级区地表水资源量比多年平均值偏少,其中海河区、东南诸河区分别偏少43.8%和16.2%。与2019年比较,7个水资源一级区地表水资源量增加,其中淮河区、辽河区分别增加217.7%和53.8%;3个水资源一级区地表水资源量减少,其中东南诸河区减少32.7%。

从行政分区看,18个省(自治区、直辖市)地表水资源量比多年平均值偏多,其中上海偏多104.9%,江苏、安徽、黑龙江、湖北4个省分别偏多70%以上;13个省(自治区、直辖市)偏少,其中河北、北京2个省(直辖市)分别偏少50%以上。

2020年,从国境外流入我国境内的水量185.1亿立方米,从我国流出国境的水量5744.7亿立方米,流入界河的水量1876.9亿立方米;全国入海水量19071.0亿立方米。

4. 地下水资源量

2020年,全国地下水资源量(矿化度不超过2g/L)8553.5亿立方米,比多年平均值偏多6.1%。其中,平原区地下水资源量2022.4亿立方米,山丘区地下水资源量6836.1亿立方米,平原区与山丘区之间的重复计算量305.0亿立方米。

全国平原浅层地下水总补给量2093.2亿立方米,南方4区平原浅层地下水计算面积占全国平原区面积的9%,地下水总补给量385.8亿立方米;北方6区计算面积占91%,地下水总补给量1707.4亿立方米。其中,松花江区401.6亿立方米,辽河区129.1亿立方米,海河区185.7亿立方米,黄河区166.5亿立方米,淮河区341.4亿立方米,西北诸河区483.1亿立方米。

1.2 水利工程施工基础

1.2.1 水利工程施工理念

查阅《现代汉语词典》,“水利”一词有两种含义:①利用水力资源和防止水灾害的事业;②指水利工程,如兴修水利。“工程”也有两种含义,其中一种是:土木建筑或其他生产、制造部门用较大而复杂的设备来进行的工作。确切地说,水利



工程是对天然水资源兴水利、除水害所修建的工程(包括设施和措施)。“设施”是指为进行某项工作或满足某种需要而建立起来的机构、系统、组织、建筑等。“措施”是指针对某种情况而采取的处理办法。“施工”是按照设计的规格和要求建筑房屋、桥梁道路、水利工程等。

水利工程施工就是按照设计的规格和要求,建造水利工程的过程。所以,施工的目的是设计的实现和运用需要的满足。施工的依据是规划设计的成果。施工的特征包括实践性和综合性,实践性是指工程必须经得起实际运用的检验,容不得半点虚假和疏忽,综合性是指单纯靠工程技术难以实现规划设计的目的,需要综合运用自然科学和社会科学的知识及经验。施工的目标要追求安全经济,主要表现在质量和进度上。保证质量才能保证安全,这是一切效益的根本前提,有效益就有“盈利→再生产→再盈利”的良性循环。保证进度才有效益,这需要科学又先进的施工方法和管理方法。

过去,以人力施工为主时,施工技术主要研究工种的施工工艺。现在,随着科学的发展和技术的进步,更加讲究施工机械与工艺及其组合用于各种建筑物时的施工方案与要求,同时对科学、系统的施工管理提出了更高的要求。施工单位负责工程施工,需要建设单位按时进行工程结算,以获得资金财务上的支持,需要设计单位及时提供图纸,需要材料、设备供应单位按质按量适时供应所需的材料和设备,以保证施工的顺利进行。而我国又将工程建设纳入基本建设管理,只有工程建设项目列入政府规划,有了获批的项目建议书以后,才能进行初步查勘和可行性研究;只有可行性研究报告经审核通过,才可据以编制设计任务书,落实勘察设计单位,开展相应的勘测、设计和科研工作;只有当开工准备已具有相当程度,场内外交通已基本解决,主要施工场地已经清理平整,风、水、电供应和其他临建工程已能满足初期施工要求时,才能提出开工报告,转入主体工程施工。因此,施工管理又必须符合国家对工程建设管理的要求,笼统地讲就是要按基本建设程序办事。

1.2.2 水利工程建设程序

任何一个工程的建设过程都是由一系列紧密联系的工作环节所组成的。为了保证建设项目的正常进行和顺利实现,国家将工程建设过程中各阶段、各环节之间存在的内在程序关系进行科学化和规范化,成为工程建设项目必须遵守的基本建设程序。

水利工程建设也要严格遵守国家的基本建设程序。就水利工程项目而

言,其工程规模庞大、枢纽建筑布局复杂、涉及施工工种繁多,难免会对工程施工产生较大干扰;复杂的水文、气象、地形、地质等条件,则会给整个施工过程带来许多不确定的因素,进而加大施工难度;工程建设期间涉及建设、设计、施工、监理、供货等众多部门,相互间的组织、协调工作量较大。根据水利工程建设的特点,在总结国内外大量工程建设实践的基础上,我国逐步形成了现行的水利水电工程基本建设程序。

工程项目建设过程,通常从进度上划分为规划、设计、施工三大阶段。就水利工程建设项目的建设过程而言,具体划分为编制项目建议书、可行性研究、设计、开工准备、组织施工、生产准备、竣工验收、投产运行、项目后评价九小阶段。这些阶段既有前后顺序联系,又有平行搭接关系,在每个阶段以及阶段与阶段之间,又由一系列紧密相连的工作环节构成了一个有机整体。

1. 编制项目建议书

项目建议书是在区域规划和流域规划的基础上,对某建设项目的建议性专业规划。项目建议书主要是对拟建项目作出初步说明,供政府选择并决定是否列入国民经济中长期发展计划。其主要内容为:概述项目建设的依据,提出开发目标和任务,对项目所在地区和附近有关地区的建设条件及有关问题进行调查分析和必要的勘测工作,论证工程项目建设的必要性,初步分析项目建设的可行性与合理性,初选建设项目的规模、实施方案和主要建筑物布置,初步估算项目的总投资。区域规划和流域规划中都包括专业规划和综合规划,专业规划服从综合规划;区域规划、流域规划、国民经济发展规划之间的关系,是前者为后者提供建议,但前者最终要服从后者。

2. 可行性研究

可行性研究是在项目建议书的基础上,对拟建工程进行全面技术经济分析论证的设计文件。其主要任务是:明确拟建工程的任务和主要效益,确定主要水文参数,查清主要地质问题,选定工程场址,确定工程等级,初选工程布置方案,提出主要工程量和工期。初步确定淹没、用地范围和补偿措施,对环境影响进行评价,估算工程投资,进行经济和财务分析评价,在此基础上提出技术上的可行性和经济上的合理性的综合论证,以及工程项目是否可行的结论性意见。

3. 设计

(1) 初步设计。

可行性研究报告经审核通过,即意味着建设项目已初步确定。可根据可行



性研究报告编制设计任务书,落实勘察设计单位,开展相应的勘测、设计和科研工作。初步设计是在可行性研究的基础上,在设计任务书的指导下,通过进一步勘察,对工程及其建筑物进行的最基本的设计。

其主要任务是:对可行性研究阶段的各种基本资料进行更详细的调查、勘测、试验和补充,确定拟建项目的综合开发目标、工程及主要建筑物等级、总体布置、主要建筑物形式和轮廓尺寸、主要机电设备形式和布置,确定总工程量、施工方法、施工总进度和总概算,进一步论证在指定地点和规定期限内进行建设的可行性和合理性。

(2) 招标设计。

招标设计是为进行水利工程招标而编制的设计文件,是编制施工招标文件和施工计划的基础。招标设计要在已经批准的初步设计及概算的基础上,对已经确定实行投资包干或招标承包制的大中型水利水电工程建设项目,根据工程管理与投资的支配权限,按照管理单位及分标项目的划分,按投资的切块分配进行分块设计,以便于对工程投资进行管理与控制,并作为项目投资主管部门与建设单位签订工程总承包(或投资包干)合同的主要依据。同时提交满足业主控制和管理所需要的,按照总量控制、合理调整的原则编制的内部预算,即业主预算,也称为执行概算。

(3) 施工详图。

初步设计经审定核准,可作为国家安排建设项目的依据,进而制定基本建设年度计划,开展施工详图设计以及与有关方面签订协议合同。施工详图是在初步设计和招标设计的基础上,绘制具体施工图的设计,是现场建筑物施工和设备制作安装的依据。

其主要内容为:建筑物地基开挖图,地基处理图,建筑物体形图、结构图、钢筋图,金属结构的结构图和大样图,机电设备、埋件、管道、线路的布置安装图,监测设施布置图、细部图等,并说明施工要求、注意事项、所选用材料和设备的型号规格、加工工艺等。施工详图不用报审。施工详图设计为施工提供能按图建造的图纸,允许在建设期间陆续分项、分批完成,但必须先于工程施工进度的相应准备时期。

4. 开工准备

初步设计及概算文件获批后,建设项目即可编制年度建设计划,据以进行基本建设拨款、贷款。水利工程建设周期较长,为此,应根据批准的总概算和总

进度,合理安排分年度的施工项目和投资。分年度计划投资的安排,要与长期计划的要求相适应,要保证工程的建设特性和连续性,以确保建设项目在预定的周期内能顺利建成投产。

初步设计文件和分年度建设计划获批后,建设单位就可进行主要设备的申请订货。

在建设项目的主体工程开工之前,还必须完成各项施工准备工作,其主要内容如下:①落实工程永久占地与施工临时用地的征用,落实库区淹没范围内的移民安置;②完成场地平整及通水、通电、通信、通路等工程;③建好必需的生产和生活临时建筑工程;④完成施工招投标工作,并择优选定监理单位、施工单位和主要材料的供应厂家。

建设单位按照获批的建设文件,组织工程建设,保证项目建设目标的实现;建设单位必须按审批权限,向主管部门提出主体工程开工申请报告,经批准后,主体工程方能正式开工。

5. 组织施工

施工阶段是工程实体形成的主要阶段,建设、设计、监理、供应和施工各方都应围绕建设总目标的要求,为工程的顺利实施积极协作配合。建设单位(即项目法人)要充分发挥建设管理的主导作用,为施工创造良好的条件。设计单位应按时、按质完成施工详图的设计,满足主体工程进度的要求。监理单位要在建设单位的授权范围内,制定切实可行的监理计划,发挥自己在技术和管理方面的优势,独立负责项目的建设工期、质量、投资的控制及现场施工的组织协调。供应单位应严格遵照供应合同的要求,将所需设备和材料保质、保量、按时供应到位。施工单位应严格遵照施工承包合同的要求,建立现场管理机构及质量保证措施,合理组织技术力量,加强工序管理,服从监理监督,力争按质量要求如期完成工程建设。

6. 生产准备

生产准备是建设项目投产前所需进行的一项重要工作,是建设阶段转入生产经营阶段的必要条件。建设单位应按照建管结合和项目法人责任制的要求,在施工过程中按时组建专门机构,适时做好各项生产准备工作,为竣工验收后的投产运营创造必要的条件。

生产准备应根据不同类型的工程要求确定,一般应包括如下内容。

(1)生产组织准备。建立生产经营的管理机构及相应管理规章制度。



(2) 招收和培训生产人员。按照生产运营的要求,配备生产管理人员,并通过多种形式的培训,提高人员素质,使之满足运营要求。要组织生产管理人员参与工程的施工建设、设备的安装调试及工程验收,使其熟练掌握与工程投产运营有关的生产技术和工艺流程,为顺利衔接基本建设和生产经营做好准备。

(3) 生产技术准备。生产技术准备主要包括技术资料的收集汇总、运行方案的制定、岗位操作规程的制定等工作。

(4) 生产物资准备。生产物资准备主要是落实投产运营所需要的原材料、工(器)具、备件的制造或订货,以及其他协作配合条件的准备。

(5) 正常的生活福利设施准备。

7. 竣工验收

竣工验收是工程完成建设目标的标志,是全面考核基本建设成果、检验设计和工程质量、办理移交手续、交付投产运营的重要环节。当建设项目的建设内容全部完成,并经过所有单位工程验收,符合设计要求时,可向验收主管部门提出申请,根据国家颁布的验收规程,组织单项工程验收。

验收的程序会随工程规模大小而有所不同,一般分两阶段验收,即初步验收和正式验收。工程规模较大、技术较复杂的建设项目可先进行初步验收。初步验收工作由监理单位会同设计、施工、质量监督、主管单位代表共同进行,初步验收的目的是帮助施工单位发现遗漏的质量问题,及时补救;待施工单位对初步验收中发现的问题做出必要的处理之后,再申请有关单位进行正式验收。在竣工验收阶段,建设单位要认真清理所有财产和物资,办理工程结算,并编制好工程竣工决算,报上级主管部门审查。

8. 投产运行

验收合格的项目,办理工程正式移交手续,工程即从基本建设转入生产运营或试运行。

9. 项目后评价

建设项目竣工投产并已生产运营1~2年后,对项目所做的系统综合评价,称为项目后评价。其主要内容如下:

① 影响评价,即评价项目投产后对各方面的影响;

② 效益评价,即对项目投资、国民经济效益、财务效益、技术进步、规模效益、可行性研究深度等进行评价;

③过程评价,即对项目的立项、设计、施工、建设管理、竣工投产、生产运营等全过程进行评价。

项目后评价的目的是总结项目的建设成功经验。对于项目管理中存在的问题,及时进行纠正并吸取教训,为今后类似项目的实施,在提高项目决策水平和投资效果方面积累宝贵经验。

上述基本建设程序的组成环节、工作内容、相互关系、执行步骤等,是经过水利工程建设长期实践总结出来的,反映了基本建设活动应有的、内在的、本质的、必然的联系。由于水利工程建设规模较大,牵涉因素较多,且工作条件复杂、效益显著、施工建造难度大、一旦失事后果严重,因此水利工程建设必须严格遵守基本建设程序和规范规程。

1.2.3 水利工程施工的任务

(1)在编制项目建议书、可行性研究、初步设计、施工准备和施工阶段,根据其不同要求、工程结构的特点,以及工程所在地区的自然条件,社会经济状况,设备、材料、人力等资源供应情况,编制施工组织设计和投标计价。

(2)建立现代项目管理体系,按照施工组织设计,科学地使用人力、物力、财力,组织施工,按期完成工程建设,保证施工质量,降低工程成本,多快好省地全面完成施工任务。

(3)在施工过程中开展观测、试验和研究工作,推动水利水电建设科学技术的进步。

(4)在生产准备、竣工验收和后评价阶段,完善工程附属设施及施工缺陷部位,并完成相应的施工报告和验收文件。

1.2.4 水利工程施工的特点

(1)受自然条件影响大。工程多在露天环境中进行,水文、气象、地形、工程地质和水文地质等自然条件在很大程度上影响着工程施工的难易程度和施工方案的选择。在河床上修建水工建筑物,不可避免地要控制水流,进行施工导流,以保证工程施工的顺利进行。在冬季、夏季和雨天施工时,必须采取相应的措施,避免气候影响的干扰,保证施工质量及进度。

(2)工程量和投资大,工期长。水利枢纽工程量一般都很大,有的甚至巨大,修建时需花费大量的资金,同时施工工期也很长。如中国三峡水利枢纽工程,仅



混凝土浇筑总量就为 2820 万立方米,工程静态投资 900 多亿元人民币,动态投资 2000 多亿元人民币,施工总工期 17 年。又如中国黄河小浪底水利枢纽工程,土石方填筑为 5570 万立方米,土石方开挖 3905 万立方米。所以,加快施工进度,缩短建设周期,降低工程造价,对水利水电工程建设具有重大意义。

(3)施工质量要求高。水利工程多为挡水和泄水建筑物,一旦失事,对下游国民经济和生命财产会造成很大的损失,所以需要提高施工质量要求,稳定、安全、防渗、防冲、防腐蚀等必须得到保证。

(4)相互干扰限制大。水利工程一般由许多单项工程组成,布置比较集中,工种多,工程量大,施工强度高,再加上地形条件的限制,施工干扰比较大,因此必须统筹规划,重视现场施工与管理。

(5)多方因素制约施工。修建水利工程会涉及许多部门,如在河道上施工的同时,往往还要满足通航、发电、下游灌溉、工业及城市用水等的需要,这会使施工组织和管理变得复杂化。

(6)作业安全难保障。在水利水电工程施工中有爆破作业、地下作业、水域作业和高空作业等,这些作业常常平行交叉进行,对施工安全非常不利。

(7)临建工程修建多。水利工程多建在荒山峡谷河道,交通不便,人烟稀少,常需要修建临时性建筑,如施工导流建筑物、辅助工厂、道路、房屋和生活福利设施,这些都会大大增加工程难度。

(8)组织管理难度大。水利工程施工不仅涉及许多部门,而且会影响区域的社会、经济、生态甚至气候等因素,施工组织和管理所面临的是一个复杂的系统。因此,必须采取系统分析的方法,统筹兼顾,全局优化。

1.3 水利工程施工技术

1.3.1 土石方施工

土石方施工是水利工程施工的重要组成部分。我国自 20 世纪 50 年代开始逐步实施机械化施工,至 20 世纪 80 年代以后,土石方施工得到快速发展,在工程规模、机械化水平、施工技术等各方面取得了很大成就,解决了一系列复杂地质、地形条件下的施工难题,如深厚覆盖层的坝基处理、筑坝材料、坝体填筑、混凝土面板防裂、沥青混凝土防渗等施工技术问题。其中,在工程爆破技术、土石

方明挖、高边坡加固技术等方面已处于国际先进水平。

1. 工程爆破技术

炸药与起爆器材的日益更新,施工机械化水平的不断提高,为爆破技术的发展创造了重要条件。多年来,爆破施工从以手风钻为主发展到潜孔钻,并由低风压向中高风压发展,这为加大钻孔直径和提高钻孔速度创造了条件;液压钻机的应用,进一步提高了钻孔效率和精度;多臂钻机及反井钻机的采用,使地下工程的钻孔爆破进入了新阶段。近年来,通过引进开发混装炸药车,实现了现场连续式自动化合成炸药生产工艺和装药机械化,进一步稳定了产品质量,改善了生产条件,提高了装药水平,增强了爆破效果。此外,深孔梯段爆破、洞室爆破开采坝体堆石料技术也日臻完善,既满足了坝料的级配要求,又加快了坝料的开挖速度。

2. 土石方明挖

挖凿岩机具和爆破器材的创新,极大地促进了梯段爆破及控制爆破技术的发展,使原有的微差爆破、预裂爆破、光面爆破等技术更趋完善;施工机具的大型化、系统化、自动化使得施工工艺和施工方法产生了重大变革。

(1)施工机械。我国土石方明挖施工机械化起步较晚,除黄河三门峡工程外,中华人民共和国成立初期兴建的一些大型水电站,都经历了从半机械化逐步向机械化施工发展的过程。直到20世纪60年代末,土石方开挖才具备低水平的机械化施工能力。此时的主要设备有手风钻、 $1\sim 3\text{ m}^3$ 斗容的挖掘机和 $5\sim 12\text{ t}$ 的自卸汽车。该阶段主要依靠进口设备,可供选择的机械类型很少,谈不上选型配套。20世纪70年代后期,施工机械化得到迅速发展,20世纪80年代中期以后发展尤为迅速。此时期常用的机械设备有钻孔机械、挖装机械、运输机械和辅助机械四大类,形成了配套的开挖设备。

(2)控制爆破技术。基岩保护层原采用分层开挖,经多个工程试验研究和推广应用,发展到采用水平预裂(或光面)爆破法和孔底设柔性垫层的小梯段爆破法一次爆除,确保了开挖质量,加快了施工进度。特殊部位的控制爆破技术解决了在新浇混凝土结构、基岩灌浆区、锚喷支护区附近进行开挖爆破的难题。

(3)土石方平衡。在大型水利工程施工中,十分重视对开挖料的利用,力求挖填平衡,其常被用作坝(堰)体填筑料、截流用料和加工制作成混凝土砂石骨料等。