

土石坝施工

许四复 郭诚谦

水利电力出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍国内外土石坝施工方法和经验。对提高广大水利水电工程技术人员土石坝施工技术水平，具有重要的现实意义。

全书共分十三章，内容包括：施工组织设计及施工总平面布置；导流、截流；施工期的渡汛与分期施工；坝基处理；料场规划及其处理；筑坝材料的开采；筑坝材料的运输；土石坝的填筑；雨季施工；冬季施工；反滤料与护坡施工；土坝及土石坝施工质量控制；土石坝主要事故发生原因及其防治措施。

本书可供水利水电工程技术人员参考；也可供大专院校有关专业师生参考。

土 石 坝 施 工

许四复 郭诚谦

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 43印张 986千字

1986年8月第一版 1986年8月北京第一次印刷

印数0001—1990册 精装定价11.10元

书号 15143·5849

目 录

前 言

概 论	1
第一章 施工组织设计及施工总平面布置	3
第一节 系统工程在土石坝施工组织上的应用	3
第二节 施工组织设计编制内容	5
第三节 基本资料的搜集	7
第四节 施工方法的研究	10
第五节 施工总体布置	11
第六节 施工辅助企业	21
第七节 房屋及仓库建筑	24
第八节 施工总平面布置	29
第九节 施工总进度	30
第二章 导流、截流	40
第一节 导流截流的洪水标准、洪水频率计算和调洪演算	40
第二节 导流方式和布置、分期导流水力计算	48
第三节 截流方式和发展趋势	62
第四节 单墩立堵龙口的水力计算	73
第五节 截流抛投料	86
第六节 护底	90
第七节 截流抛投技术	92
第八节 对截流的几点重要认识	95
第九节 闭气(龙口戽堤防渗)	96
第十节 定向爆破截流	97
第十一节 围堰设计	102
第三章 施工期的渡汛与分期施工	129
第一节 施工运用期拦洪标准的确定	129
第二节 施工期渡汛方式的选择与措施	133
第三节 土石坝施工运用期拦洪方式的选择与措施	142
第四节 土坝及土石坝的分期施工	146
第四章 坝基处理	149
第一节 坝基与岸坡结合处理	150
第二节 某些特殊基础的处理方法	159
第三节 湿陷性黄土地基的处理	164
第四节 岩溶地基的处理	172

第五节	截水槽施工	176
第六节	防渗墙施工	184
第七节	干筑防渗墙的施工	257
第八节	振冲法	259
第九节	强夯法	265
第五章	料场规划及其处理	269
第一节	筑坝材料的复查	269
第二节	料场规划	277
第三节	土料含水量的处理措施	280
第四节	粗粒土的处理	285
第五节	防渗土料的拌制方法	298
第六章	筑坝材料的开采	301
第一节	开挖机械的种类与技术性能	301
第二节	开挖机械设备的选择	318
第三节	料场开挖的施工布置原则与装料面的确定	321
第四节	无轨运输条件下的开采方式	323
第五节	有轨运输条件下挖土机的开采	326
第六节	铲运机的开采	333
第七节	采砂船、铲扬式挖石船开采水下砂砾料	334
第八节	其他几种挖掘机械的施工	340
第九节	堆石料开采	345
第七章	筑坝材料的运输	377
第一节	各种运输机械的性能	377
第二节	运输设备的选择	388
第三节	自卸汽车运输	391
第四节	有轨运输	401
第五节	有轨运输的卸料面	415
第六节	皮带运输	423
第八章	土石坝的填筑	433
第一节	土石坝的填筑概况	433
第二节	压实机械及选择原则	435
第三节	压实参数的选择方法	444
第四节	野外碾压试验	463
第五节	土石坝填筑时各种接坡、接缝及基础接触面、填筑层面等结合的要求与处理方法	474
第六节	土石坝的填筑工艺	483
第七节	斜墙、心墙土石坝及碾压式堆石的施工	512
第八节	钢筋混凝土面板堆石坝的施工	515
第九节	沥青混凝土的施工	528
第九章	雨季施工	555
第一节	气象预报的意义和雨天填筑停工标准	555

第二节	坝型、筑坝材料选择和施工安排	557
第三节	雨季施工措施	558
第四节	雨季土料填筑常见事故的处理	562
第十章	冬季施工	563
第一节	影响冬季施工的几个气象因素	563
第二节	负温对土料性质的影响	568
第三节	土坝冬季施工的主要措施	573
第十一章	反滤料与护坡施工	583
第一节	反滤料的筛选	583
第二节	削坡、整坡及压实	588
第三节	反滤料(或垫层)的铺设	591
第四节	护坡	594
第十二章	土石坝施工质量控制	606
第一节	施工全面质量管理的意义、与组织形式	606
第二节	土石坝施工现场质量控制的内容	608
第三节	工程验收	617
第四节	土石坝质量控制中现场常用的试验方法与资料统计分析	618
第五节	沥青混凝土的质量控制	626
第十三章	土石坝主要事故发生原因及其防治措施	629
第一节	基础渗漏管涌原因及其防治	629
第二节	土坝滑坡	654
第三节	土坝裂缝原因分析和处理措施	662
	主要参考文献	682

概 论

我国兴建土石坝有悠久的历史,早在公元前二千多年就有修建堤坝工程的记载,“帝尧求能平治洪水者,四岳举鲧,帝封鲧为崇伯使治之。鲧乃大兴徒役,作九仞之城……”;公元前613~591年(楚庄王时),楚相孙叔敖倡导,在安徽省寿县西南,兴修堤堰,建成一座蓄水水库,这便是后世著名的灌溉工程——芍陂,又名安丰塘。此后,公元514年又兴建了“长九里,下阔一百四十九丈,上广四十五丈,高二十丈,深十九丈五尺”的拦河大坝——浮山堰土坝。随着经验的积累,我国劳动人民兴建堤坝的规模愈来愈大,技术也愈来愈进步。据不完全统计,自公元722年至公元1912年间,治水活动达3234次。秦代修建的灵渠人字形分水石坝——铤堤,至今尚在安全运用。解放后,土石坝施工技术有了突飞猛进的发展,建成了各种大坝8万6千余座,其中土石坝占95%以上。在50~60年代,根据国情,成功的采用了以火车(有轨运输)、皮带机运输为主,机械压实的半机械化、机械化施工方法,创造了一整套火车、皮带机运输上坝的经验。自70年代,开始采用自卸汽车运输、震动碾等压实的全机械化施工,建成了碧口、石头河等100米以上的高土石坝。位于高山峡谷的碧口土石坝,采用机械化施工,日上坝强度达17000立方米,月上坝强度达27万立方米,因此,为我国日益增涨的高土石坝设计与施工,提供了宝贵的经验。

由于世界各国土石坝施工机械与施工技术的发展,使得高土石坝的施工技术发展尤为迅速。在高坝领域中,至70年代,土石坝的数量与高度已显著超过混凝土坝。仅就国外已建100米以上的高坝而言,1952年共有42座,土石坝占31%,至1980年已建和在建100米以上的高坝为441座,土石坝占52%,而100米以下的大坝中,土石坝的比例则更大。就高度而论,土石坝与混凝土坝比较,三十年代混凝土坝高度已达221米(美国鲍尔德坝),六十年代为285米(瑞士大狄克逊坝),此后没有再发展。而土石坝在三十年代的高度为121米,六十年代为155米,七十年代则发展到310~325米,并拟修建425米的高坝,有一座土石坝的施工总工程量已达1.37亿立方米。特别是近年来钢筋混凝土面板碾压堆石坝的经济性、施工速度等方面的先进性更是使土石坝“锦上添花”。

国外高土石坝施工的主要经验是优先使用枢纽各建筑物的开挖土、石料上坝;30~60吨自卸汽车和高速长皮带机运输;斗容4~6立方米的挖掘机、200~400马力的推土机开挖;重8~10吨以上的振动碾、50~100吨的气胎碾压实,使土石坝机械化施工能充分做到成龙配套,简化了施工工艺,实现了高度机械化和高速施工。例如美国奥洛维尔坝,高242米,体积5964万米³,仅用500名工人、4年内填筑完毕,河谷异常狭窄(高宽比1:1.2)、高237米的契伏心墙坝,在年雨量为4000~6000毫米的恶劣气候条件下,1100万米³的坝体填筑,仅用34个月即完成。

土石坝与混凝土坝施工相比较,土石坝最为突出的优点除了使用当地材料、节约水泥、钢材、木材外,还不需要象混凝土坝那样修建庞大规模的施工企业;坝体上升的增长

速度可以不受任何限制。国外土石坝心墙填筑上升速度已达0.6~1.0米/日，月上升速度达12~20米/月，甚至已能用118个工作日，建成一座高74米的土石坝。由于国外在土石坝施工中，能充分利用枢纽建筑物的开挖料筑坝，以及严密的科学施工管理、生产工厂化等，使得土石坝的经济性显著优于混凝土坝，甚至每米³填土单价仅为混凝土的1/30~1/70，这也是国外高土石坝在近代迅速崛起的主要原因之一。

土石坝施工包括各种碾压式土坝、土石坝、堆石坝、土石混合坝、混凝土面板堆石坝等。以施工方法论之，由于振动碾的出现，能采用象压实土坝或土石坝砂砾料一样的施工方法来压实堆石，即所谓碾压式堆石，从而取代了50年代以前所采用的辅以高压水枪冲实的抛填式堆石法。由于60年代以后世界各国对于粘性土料、砂及砂砾料、砾质土料以及堆石等筑坝材料，都采用了机械压实的方法，所以从施工观点而言，则无需再区分土坝、土石混合坝、堆石坝。因此，本书所介绍的施工技术，适用于各种碾压式土石坝，其中有些内容已为我国1982年修订的《碾压式土石坝施工技术规范》所采用。

我国水利资源丰富，水电蕴藏量居世界首位。在实现我国“四化”的宏伟目标中，大力开发水电能源，缩短施工工期，降低工程造价，是摆在我们水利水电科技工作者面前的重要任务。也正为此，我们尝试编著此书，力图系统地介绍现代土石坝的施工技术与经验，从而有助于我国高土石坝的发展和施工技术的提高。

第一章 施工组织设计及施工总平面布置

第一节 系统工程在土石坝施工组织上的应用

土石坝施工具有复杂的、大规模的施工系统。其中又包含许多分系统，如截水槽的排水、开挖，灌浆，回填，截水墙或灌浆廊道的混凝土浇筑，坝体土砂石料的开挖、运输、上坝、铺料、碾压，砂石料及反滤料的筛选、运输、填筑。这些工程都具有其独立的施工系统，但又互相穿插和制约。为这些关键工程服务的，还有许多辅助的工程系统，如对外的交通系统，场内的运输系统，风、水、电系统，场内外的通讯系统，各种附属企业及加工厂，各类型的仓库，供施工人员使用的生活系统。不论是主体工程或辅助设施，在外部都受社会的政治、经济及自然条件的影响和制约，如当地资源供应的可能性，原有的交通运输条件，工地的水文、气象、地质条件等。内部各工序之间的衔接，资源的流动，信息的传递，工期的安排和时间的分配，都存在着十分复杂的联系。对这样复杂的施工体系，施工组织管理等的核心就是计划，包括施工前的计划编制，施工中的计划控制和情况变化时的计划调整。也就是对各个工序在空间和时间上进行布置和规划，并对所需的各种资源如劳力、施工机械、施工设备、材料、动力、资金在每个工序上进行分配。施工方法的选择，施工总平面布置的安排，施工资源的分配，工期的优化，均与此密切相关。

施工组织管理的任务就是用系统方法来运筹和控制各种主客观因素，在保证施工安全、满足质量要求，以及考虑资金、资源和工期限制等客观条件的前提下，求得最优的效果，使工期最短或造价最低等等。

在施工场地布置及施工方法上，存在着：开挖废料的利用与堆置；运输线路之间的干扰；各个料场的储量及其在使用时间的分配；料物上坝方法的选优；心墙土料填筑与堆石坝壳在运输填筑中的干扰；冬、雨季施工工序的合理调整；施工机械及各种资源使用时对不均衡状况的调整等。

在工期的安排上，存在着：对资源的制约；在既定工期的条件下如何使资源的分配最优化以及使投资最少。

施工组织管理就是用系统分析方法来解决调整、平衡这一连串的矛盾。因为在施工前如不进行详细、系统地分析，用逻辑推理与运筹方法逐个进行优化求解，施工过程中又不能针对现实出现的许多意外因素，随时进行调整平衡，就不可能达到上述所提的目的。

例如，某工地在截水槽施工时，为加速截水槽的开挖回填，把开挖出来的料物，堆放在截水槽的两旁，从单纯的截水槽开挖这一工序来说，的确加快了施工进度，但在进行灌浆廊道的混凝土浇筑时，都妨碍了进料的交通运输。在坝体填筑时，由于堆置弃料部分尚未清基，又得将这部分弃料重新挖除运出，造成料物的重复搬运。所以有时在某一工序看来似乎是合理的，可以缩短工期，降低造价，但是从工程的连续工序与整体上来看，不仅延误其他工序的进度，增加施工困难，还会加大了整个工程的造价。而这些不合理的现象，

如能在施工前从整个系统加以分析研究，是不会发生的。

为了进行系统分析，施工前必须提供施工基本条件，这包括自然条件与人为因素。如工程所在地的气象条件（包括气温、湿度、风速、风向、日照、雨量、雪量）；水文条件（各种不同频率的最大、最小流量，发生的时间，流量水位关系等等）；地质条件（坝基覆盖层的厚度，地下水的活动情况，土、砂、石料的储量、分布，覆盖层厚度、级配及其物理力学性质）；国家对该工程提出的开工日期，投产要求；可能提供的资源，资金情况；工程所在地的社会经济情况，交通运输条件等，凡是与工程有关的资料越全面、越准确，对于系统分析的成果将会更加切合实际，如电子计算机的软件，只有输入精确的数字与信息，才会得到最优的答案。

施工进度的制定，修改与实施，是施工计划的核心。过去大都采用绘制横道图（或称条形图）的施工进度表来表示各个工序的起止及延续的时间，这种表格只能静态地表示各个施工环节的进度，不能清晰地看出各个环节之间的相互依存与相互制约的关系。目前我国已开始采用系统工程的网络分析方法，来表示施工程序，编制施工进度计划。

施工组织设计提出后，只能做为施工的指导性文件，并不能完全适应工程进度中千变万化的情况。对不同的工序和随着施工情况的变化，还要作出相应的决策来管制各种流动率的增减，从而有效地控制施工进度，保证各关键施工项目如期完成。因为要实施并完成某一工序，需要资源，资源的流动需要决策，而决策的依据是信息。包括技术条件，资源存量，机械设备的完好率，工程进度现状以及自然和外界因素的变迁等。通过这些信息与计划对比，权衡得失，然后做出决策，对原始施工组织进行调整。调整后的计划又反馈至分析周期，直至对决策认为满意时，输出信息，以控制各资源活门。于是按照活门的指示，将材料、设备、劳务分配到各该工序。另一方面现金即流出，以补充材料，设备以及劳动的储备。在施工过程中，工序的完成情况，技术条件和各种资源存量、变动的信息又不断反馈给决策者，构成情报周期，从而引起计划工序中资源流动率的相应调整。整个施工系统就是在情报周期和分析周期的不断循环中进行调整和控制，以达到最优的施工效果。

例如：土石坝工程系由基础处理与坝体填筑等几个主要工序所组成。由于水库工程从开工第一天就是与洪水搏斗的开始，许多单项工程必须考虑枯水季节与洪水季节的施工。在一个枯水季节若不能如期完成既定的关键工序，即使只延长十天、八天，也会使工期后拖一年，甚至毁于一旦。如大坝合龙后的第一个枯水季节，必须将大坝修筑到一定高程，以防御某一频率的洪水。如频率选得过高，该期要求填筑的工程量过大，即造成施工强度的高峰，相应带来物资、劳力、机械设备、资金供应，甚至交通运输、供电、供风、供水的高峰。使附属设施相应加大，工程造价大为提高。如选择的标准偏低，遇到超标准洪水，由于土石坝不允许坝顶过水，就会造成无法弥补的损失。不仅可能摧毁已建工程，还会因大坝溃决造成下游城镇的生命财产损失。这就需要在进行施工组织设计时，利用系统分析方法进行选优，反复平衡，确定施工方法，提出技术供应，绘出施工总平面布置及分项工程施工布置，安排大型临时设施，并绘制施工网络计划图表，做为施工的指导性文件。

施工过程中也往往会遇到特殊的意外情况。例如自然气象的变化，降雨天气超过原计划的日数，减少了施工工作天数，使工程进度后拖，而洪水提前到来，则会造成围堰破堤

或截水槽被水淹没；突然的停电事故，则会影响截水槽的开挖回填；雨后道路泥泞，则会影响物资的及时供应等等。施工过程中往往会发生许多或大或小的意外事件。这就需要高度准确而又及时的信息，传递到决策单位，以便及时采取措施、排除事故，力争挽回失去的时间。如改变施工方法，采用新技术，增加施工班次，增加机械设备，加速物化劳动的流程等等措施，使暂时失去平衡的工序，迅速恢复平衡。除进度计划外，其他如料场的选择与规划，施工总平面图的布置，运输线路的选择与布置，设备检修与更新等方面的问题，也可采用系统分析的方法进行选优。

关于系统分析的理论 and 计算方法，已有专著论述，本章只限于具体应用上，在进行规划过程，可参照有关资料进行。

第二节 施工组织设计编制内容

根据基本建设程序的要求，一般工程按两个阶段设计，即初步设计与技施设计，重大工程按三个阶段设计，即初步设计、技术设计与施工详图。施工组织设计为各个设计阶段文件中的一部分，也是编制施工总概算的主要依据。在初步设计阶段，通过编制施工组织设计，可以进一步论证工程的可行性，使总的施工系统与分项工程施工系统的安排更加合理，更臻完善。在施工详图阶段，应进行单项工程或分年分期的施工设计，如输水泄洪道工程；土石坝工程；溢洪道工程。对土石坝的施工组织设计，还应划分为基础处理；拦洪渡汛计划；截流工程；冬季施工等专项。各专项施工组织设计应以初步设计阶段的施工设计为纲，在该设计范围内进行，以避免顾此失彼，影响全盘施工安排。

施工组织设计编制后，应与各阶段的设计书，根据基建程序规定报请上级审查。一经审查批准后，即具有一定的法律作用，施工阶段对重大施工方法与场地布置的改变，应取得原批准单位的同意，否则不得任意更改。

各个阶段的施工组织设计只是深度不同而已，均应包括以下内容：

1. 工程有关的基本资料

- (1) 地形资料 包括各种比例尺的地形图。
- (2) 气象资料 据此以安排施工进度，研究施工方法，决定施工的工作日数。
- (3) 水文资料 研究施工围堰的标准、导流流量、导流时间、导流方案，工程的拦洪标准，大坝的拦洪高度，补充决定施工工作日的资料。
- (4) 工程地质与水文地质资料。
- (5) 筑坝材料的复核。
- (6) 工程所在地的社会经济情况。
- (7) 对外交通现况。

2. 施工方法

- (1) 施工条件与施工制约：
 - 1) 自然条件与工程要求的制约；
 - 2) 施工场地的限制；

- 3) 机械化施工条件;
- 4) 物资、劳力、资金供应的制约。

(2) 施工方法的研究:

- 1) 施工方案的比较与选优;
- 2) 施工机械化程度的选择;
- 3) 单项工程的施工方法。

(3) 技术定额指标的确定:

- 1) 定额资料的分析;
- 2) 关键性工序的定额测定;
- 3) 技术定额指标的确定。

3. 施工总平面布置

(1) 施工平面布置的原则:

- 1) 决定布置的依据;
- 2) 施工总平面布置图及其说明;
- 3) 单项工程施工布置及其说明。

(2) 运输系统的布置:

- 1) 场内外交通方式的选择;
- 2) 对外运输线路的布置;
- 3) 场内运输道路的布置。

(3) 风、水、电、通讯系统的布置。

(4) 施工附属企业:

- 1) 骨料、反滤料加工与筛分系统的选优;
- 2) 混凝土拌合系统的方案比较与确定;
- 3) 机械修配厂的规模、位置及所需设备;
- 4) 运输设备的保养与维修场地;
- 5) 附属加工厂的种类, 规模与所需设备。

(5) 仓库建筑面积与场地布置。

(6) 生活实施的布置与建筑面积。

4. 施工进度

(1) 安排施工进度的主要依据。

(2) 施工工序的排队。

(3) 绘制施工网络图。

(4) 关键路线的确定。

(5) 分项工程的施工网络图。

5. 技术供应计划

(1) 劳力供应计划:

- 1) 劳动力的来源及其需要量;

- 2) 对技术工人技术水平的要求;
- 3) 劳动工资计划;
- 4) 劳动保护与施工安全计划;
- 5) 技术工人的培训计划。
- (2) 材料物资供应计划:
 - 1) 实需材料数量及其来源;
 - 2) 材料运输数量及运输计划;
 - 3) 材料供应流程计划;
 - 4) 材料储存数量计划;
 - 5) 材料堆放、保管与验收;
 - 6) 物资的回收与处理。
- (3) 施工机械供应计划:
 - 1) 所需施工机械设备的数量、性能、规格及其供应来源;
 - 2) 施工机械的调度与平衡计划;
 - 3) 施工机械的维护、检修计划。
- (4) 风、水、电的供应计划:
 - 1) 工地对风、水、电的需求数量;
 - 2) 风、水、电的平衡计划。
- (5) 组织与管理:
 - 1) 工程承包方式;
 - 2) 工程承包单位;
 - 3) 施工进度计划的调整及优化方法;
 - 4) 领导关系及有机的分工;
 - 5) 全面质量管理及各种技术责任制的制定;
 - 6) 经济管理方式和成本分析。

第三节 基本资料的搜集

基本资料是进行施工系统分析的主要依据,为了准确地求得最优施工技术方 案,必须提供可靠的资料和数据。资料和数据 的准确可靠程度对施工系统分析的成果将有很大的影响。因此对基本资料 和数据 的正确处理也是施工组织设计工作中十分重要的一环,并且在一定的情况下,必须采用数理统计、概率论等方法,对诸如雨量、气温、流量、风速、日照等等进行系统的分析。兹将进行施工系统分析需要搜集的资料分述如下:

1. 地形资料

土石坝工程通常由于工程量较大,而且筑坝材料多数取之于现场,如取土场,采石场,砂砾料场等等分布均较广阔。为了使各种物料在各个施工过程提供选择和取舍的机会,勘查数量往往要求大于实际需要量,所以在进行施工系统分析时,需要有一张范围较大

的地形图，以供施工总平面布置之用。在安排测量任务时，应有预见性地把所需面积划入测量范围。以往许多工地，在安排测量工作时缺乏预见性，为压缩工作量，随意缩小测量范围，至使用时，不得不一而再，再而三地扩展补测。每增测一部分，就要做许多重复工作，反而增添了许多不必要的工作量。

对各主要建筑物，如溢洪道，泄洪洞，发电站等；各种施工场地及临时设施如土场、石场、砂砾料场，反滤料筛分场，运输设备停放场，生活设施等均应根据各种不同的需要，测量各种不同比例尺的地形图。

在坝址处需进行坝址纵横断面测量，取得纵横断面图。

此外，为复核筑坝材料的调查情况，需在料场作方格网测量，并打好方格桩，以供应用。

兹将各种地形图的具体要求列表1-1：

表 1-1

项 目	用 途	比 例 尺	等高线间距(米)	
			山 地	河床或较平坦地区
较大面积地形图	绘制施工总平面布置图	1:5000	2~5	1.0
主要建筑物地形图	土石坝施工场地布置图	1:1000	1.0	0.5
	溢洪道、泄洪洞及发电站施工布置图	1:500	1.0~0.5	0.25
料场地形图	取土场	1:1000	1.0	
	采石场	1:500	0.5	
	砂砾料场	1:1000	0.5	
临建场地地形图	生活区	1:500	0.5	
	附属工厂区	1:500	0.5	

2. 气象资料

- 1) 施工地点多年各月平均最高、最低气温以及极端最高最低气温；
- 2) 各月日平均气温在 5℃ 以下、0℃ 以下、-5℃ 以下等的平均天数，以及最多、最少天数，及其起止日期；
- 3) 夏季气温超过 30℃ 的多年平均天数和持续时间；
- 4) 土壤冻结与解冻的起迄日期，冻土层厚度；
- 5) 多年平均降雨量与历史最高、最低年份的降雨量；
- 6) 根据历年统计资料分析日降雨量在 0.5、2、10 毫米以下，以及 10~20 毫米、20~30 毫米和 30 毫米以上的天数；
- 7) 各月平均、最多、最少的降雨、降雪、冰雹天数；
- 8) 各月平均、最高、最低蒸发量；
- 9) 各月日最高、最低、平均相对湿度；
- 10) 各月发生六级以上大风的天数及其持续时间；最大风速；施工工地不同季节的主

要风向；

11) 冬季的日照时间。

3. 水文资料

- 1) 频率为 $P = 1\%$ 、 2% 、 5% 、 10% 、 20% 的各月最大、最小和平均流量；
- 2) 工地曾经发生过有记录的最大流量；
- 3) 河流起始流冰时间及封冻日期；
- 4) 河流开始化冻日期及化冻后的流冰天数；
- 5) 频率为 $P = 1\%$ 、 2% 、 5% 、 10% 的枯水期及汛期的流量过程线；
- 6) 坝址测站的水位流量关系曲线；
- 7) 水库库容曲线；
- 8) 水库水位与面积关系曲线。

4. 工程地质与水文地质资料

除设计提出的工程地质与水文地质资料外，为施工组织管理，尚需针对施工的特殊需要，补充必要的工程地质与水文地质资料：

- 1) 施工围堰的工程地质条件，基岩等高线图，覆盖层的厚度，物理力学性质及渗透系数，用以确定围堰位置、形式及其施工方法；
- 2) 坝基地下水动态，如有无承压水，承压水头的高度，可能的涌水量；覆盖层（第四纪地层）的颗粒级配、密实度、渗透系数；基岩的裂缝发育情况、风化深度等。用以研究基础开挖方法、使用何种机械设备及数量；基坑的排水方法，排水系统的布置；选择截水槽回填时的堵排水方法等。

5. 筑坝材料的复核

在进行施工之前，对筑坝材料必须进行全面复核，因为材料的物理力学性质及其储量直接影响土石坝的施工方法、施工程序、施工速度和工程造价。辽宁大伙房水库就是在施工前对土料的含水量缺乏足够的认识，以致坝体填筑了一部分，因含水量过大，压实容重达不到设计要求，不得不中途停工。然后对土料重新进行复查，并经修改设计、采取相应的施工处理方法后复工，使工期延误了一年。

对土料料场，应根据设计规范的要求，按规范复查土料储量及抽检土料的物理力学与化学性质；料场范围、有效层厚、各料场的储量（包括上下游，左右岸，不同高程的储量）；土场表层腐植土的层厚及数量；同一土场不同深度土料物理力学性质的变化情况（如粘粒含量、颗粒级配，用以研究采取分层开采，选择不同压实容重，或采用立面混合开采）；天然含水量与最优含水量的差值；雨季或冬季各土场土料含水量的变化情况、土场的自然坡度、雨季施工的排水条件（供选择开采方法与各料场开采使用的先后顺序）。

对石料料场，应根据其不同高程，计算石料储量，了解风化层厚度、软弱夹层层厚（特别是砂页岩地区，更应对页岩层的层厚、物理力学性质进行试验），并进行爆破试验，以选择爆破与开采方法。

对砂砾料料场，由于砂砾料一般都分布在河漫滩上，因此不仅需对砂砾料的颗分、相对密度进行抽查核实，还需对水上方量与水下方量进行较为精细的计算，以供研究水上或水

下方量的开采方法与需使用的机械设备。

对其他主体工程如泄洪洞、溢洪道的开挖出渣弃料，应复查其数量、物理力学性质、可能开挖的时间，以便研究能否利用其上坝及其价值。

6. 工程所在地的社会经济情况

对工程所在地的社会经济情况要求掌握以下内容：

1) 离工程较近的城镇社会经济情况，包括城市人口数量，当地修配、加工、制造企业的生产能力，可资利用的条件，以及可能提供工程的产品、种类和数量；

2) 工程附近农村的土地、劳力状况、种植习惯，有否解决工地付食供应的能力，能提供的品种及数量；

3) 可供移民的村镇及其社会经济情况，工程永久占地与临时施工用地对农民生活的影响及可能采取的措施。

7. 对外交通现况

工程中需要大量的物资和人员与外地流通，以及对外交通现况必需掌握：

1) 最近火车站离工地的距离，该站站台的吞吐能力，目前正常担负多少任务，尚有多大余裕可供工程使用，卸料站台是否还有发展余地；

2) 河流有无水运条件，可以提供的运输能力有多大；

3) 目前主要公路干线的技术条件、货源情况、饱和程度及其离工地的距离。

8. 本地区电网供电现状

要调查本地区电网的供电现状是否尚有余裕提供施工的电 源？可以提供多少？有无备用电源等。

第四节 施工方法的研究

施工方法是施工组织设计的核心，它决定着是否能以相对最少的生产力获得最好的施工效果。关于施工方法的选择，将在以后各章中详细探讨，在此仅作一般的概述。

1. 施工条件分析

施工前为对土石坝工程的施工能够进行系统地分析，以使确定研究的问题不局限于一时一事，而是反映整个系统的目标，用以制定最优施工方案。必须对施工的有利与不利条件，客观事物与人为因素的存在和预测可能发生的问题一并列举。不仅要土石坝工程本身的施工提出最优方案，还必须将以土石坝工程为主体，配合泄洪洞、溢洪道、电站等的施工视为一整体加以处理。因此应在第三节中所提供的基本资料基础上，着重对以下施工条件进行分析：

1) 施工特性。工程主要组成部分的型式、尺寸，工程数量，技术要求；

2) 工地附近城镇农村的社会、经济情况及公用设施，包括交通、通讯与电力系统供电情况；

3) 自然条件：

其一、气候条件。分析全年可供施工的天数（扣除雨日、降雪、大风、停工日数）冬

季施工条件，及其他特殊要求；

其二、根据水文特征对施工提出的特殊要求，如合龙前要求完成的工作量，第一年拦洪期枯水季节可供施工的天数，要求填筑高度，抗御多少年一遇的洪水，必须完成多少工作量，日平均上坝强度是否可能达到。

2. 运输条件分析

土石坝的工程量，运输任务极其繁重，因此整个土石坝的施工方法都随着运输工具的选择来进行。如土、砂、石料场的运距、要求平均日上坝强度、高峰日上坝强度；土、砂、石料场分布的范围、高程、上下游及左右岸拦洪前可能使用的料场与拦洪后可供开采的料场；工程所处的地形条件（如丘陵河漫滩形或峡谷形的施工工地）；国家可能提供的施工设备。由此而对运输方法进行最优化的选择，如采用有轨运输、无轨运输或是皮带机运输。在有轨运输上还可比较是采用标准轨还是 762 轨距轨，是用燃煤机车或用柴油机车还是用电力机车。对无轨运输，应分析采用多大容量的载重汽车。对皮带机运输是采用宽皮带或窄皮带、长皮带或短皮带，即采用皮带直接上坝或用汽车倒运上坝等等方案。而这些方案又与许多外部和内部因素紧密相关。如燃料、动力来源及其运输条件；国内所能供应的自卸汽车吨位，进口汽车的单价，外汇供应，零件补充；修建铁路公路的场地及其工程量；皮带机所需的动力及其装、卸环节等。将这些互相关联的要素，列出方程，可用排队论，博弈论，决策论，搜索论或运筹法求解，以取得最佳的运输方法。在运输方法决定后，再研究配合运输的装、卸、碾压等方法。当发现运输方法配合装、卸、运、碾压后的方案不尽合理时，即反馈至其他施工方法以比较之，直至取得最优方案。

第五节 施工总体布置

根据已确定的施工方案，研究并安排施工场地的布置，包括场内运输道路，风、水、电、通讯，附属企业，材料试验室，质量控制系统设施以及生活福利设施；材料堆放，废料弃置场地；可供施工现场利用的道路，移民遗留下来的民房等；基础处理，施工导截流，抢拦洪坝高等三个特定阶段的场地布置（这些特定阶段的场地布置要尽量符合整个系统的场地布置）。

根据工程的施工条件、工期要求、施工方法与场内施工布置，对所需的大型临时设施应逐一提出规模、容量、使用的起运点时间，并对其必要性与合理性做出相应的论证。

1. 运输系统

对外交通线路

在进行对外交通线路的选择前，必须对原有公路现状（包括路基路面等级、种类、宽度、坡度、曲率半径，桥梁涵洞的等级标准、载重量、完好程度、防洪标准等）进行系统的调查分析。如标准过低和公路的坡度过大，曲率半径过小，有无就地改造加固或缓行的可能。其跨越沟道，河流，铁路的情况，系平交或立交，有无堵塞交通的卡口。现有货流情况，包括骡马大车，拖拉机，汽车的通过密度，货流方向。当地政府对本地区发展交通事业的规划。

应调查离工地最近的铁路干线基本情况：货流量，现有站台的吞吐量，有无修筑专用支线或增设专用站台的可能；最近接线地点到工地有无修筑铁路的条件，其工程量、投资、工程完工后该铁路专用线有无存在的价值等等。

为确定对外交通方案，必须对运输物资的品种、质量进行较为准确的计算。除全部工程运输总量之外⁶，还应明确逐年运输量、运输强度、高峰的月、日运输量。

根据货运量及现有交通线路情况，对采用公路或铁路或两者兼用进行优选。土石坝工程一般工程量大，如有些材料当地没有，需由外地供应，运输量更大，而且汽车运输费用较火车运输单价高，因此就有考虑修建铁路专用线的必要，但公路、铁路专用线的基建投资相差很大，在选择对外交通线路时，应将对外运输做为一个独立的系统加以分析，选出最优的对外交通线路。如岳城水库和密云水库在经过比较选优后，均采用标准轨铁路专用线及对外公路干线做为对外交通的大动脉。岳城水库为均匀土质坝，坝体土石方工程量达2800万米³，而工地附近除有丰富的土料外，既无合格可供混凝土所需的细骨料，及大坝所需的反滤料，也没有块石可供大坝护坡之用。这些材料的运输总量达100万吨以上，大部分砂料取自离工地129公里的砂场，加上工地的其他物料及生活供应，最高日运输强度达5000吨。京汉铁路干线上的讲武城车站离工地仅14公里，车站至工地均为开阔而平坦的地形，如修建铁路专用线，可在讲武城车站接轨，路基工程小，工程完工后线路可以拆除。因此铁路的基建投资仅为路基，枕木及钢轨折旧费用。由于地形平坦，施工简单，可在较短的时间完成通车，经进行技术经济论证，选择了修建铁路专用线，并使路基直接上坝，使料物减少倒运次数，以节约投资，对保证施工进度起到积极的作用。

岗南水库地处山区，离石家庄50公里，原有公路已由石家庄通到平山县，平山到工地只有26公里需另行修筑公路专线。石太铁路离工地最近的车站为井径站，距岗南水库30公里，在选择对外交通线路时，未经系统分析，即决定在井径车站设专用卸料台，做为材料的转运站，另建762轨距铁路接通工地，同时修建平山到岗南公路，目的为提高运输能力。但是当时对铁路线未作可行性研究，线路所经河流、冲沟、山地较多。尤其是对横跨冶河铁路桥所需的设计和建设时间未作充分论证，即行动工。结果由于冶河桥的建设耽误较长时间，以致水库已达拦洪标准，而铁路尚未通车。

场内运输系统

场内运输为土石坝施工的中心环节，运输方法的选择，运输线路的布置是否得当，直接影响到施工进度与工程造价，关于运输方法的选择将在第七章中专门论述。在土、砂、石料运输上坝方法确定以后，应根据日上坝强度（高峰），运输机械的装载能力，车辆允许的通过密度，计算所需道路数量。如采用762轨距的机车运输，则除计算主干线车辆通过数量，以决定其铺轨对数外，还要考虑大坝上下游联络线、左右岸联络线、通往检修场的专用线、加煤加水站、以及装料、卸料站台的长度与对数。如采用汽车运输时，应根据汽车的通过强度、装卸料方法，选定汽车的载重量，并考虑道路的对数与标准。过去一些土石坝工地，运输量大，工期长，但却采用标准很低的泥结碎石路面，施工时不仅增加大量的道路养护用工、洒水等。雨后道路泥泞，运行困难，晴天尘土飞扬，影响车辆行走速度，增加车辆损坏率，加长汽车的维修时间、替换速度和设备的储量。