

大坝施工技术 与组织

王景海 黄自瑾 等 编译



西北工业大学出版社

大坝施工技术与组织

王景海 黄自瑾 范桦 章继光 丁朴荣 编译

西北工业大学出版社

1991年7月 西安

内 容 简 介

本书系统论述了大坝施工的各个方面,从准备工程、施工导流、坝基开挖到坝体施工,以至完建后的初期蓄水观测等皆分章叙述。内容以施工技术为主线,并顾及施工组织与管理。本书还将目前广泛关注的大坝施工的“安全管理与环境保护”和正在世界各地蓬勃发展的“碾压混凝土坝的施工”各列一章,作了系统、扼要的介绍。

本书可供大学、专科、中技水利水电类专业师生作为施工教学参考书。也可供从事水利水电工程建设的人员参考,特别是对从事大坝施工的技术人员具有很高的实用参考价值。

大 坝 施 工 技 术 与 组 织

编译者 王景海 黄白谨 等

责任编辑 王 璐

责任校对 钱伟峰

*

西北工业大学出版社出版发行

(西安市友谊西路127号)

陕西省新华书店经销

西安交通大学印刷厂印装

ISBN7-5612-0145-1 / TV · 2

*

开本 787×1092 毫米 1/16 11.5 印张 1 插页 278 千字

1991 年 7 月第 1 版 1991 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1-3000 册 定价: 4.55 元

前 言

开发水利资源，发展水电、灌溉、防洪、航运等事业，离不开大坝建设。我国兴建的各类坝为数众多，具有相当丰富的建坝经验。在总结我国自己经验的同时，引进国外的建坝经验作为参考，无疑是很有裨益的。出于这种考虑，我们以日本“土木施工法讲座”中的《大坝施工法》为主要参考，编译了这本《大坝施工技术与管理》。书中全面介绍了大坝施工的各个方面，从准备工程、施工导流、坝基开挖到坝体施工，以至完建后的初期蓄水观测等皆分章叙述。内容以施工技术为主，突出重点，并顾及施工组织和管理。对在大坝施工中可能碰到的各类技术问题都作了较为详细的介绍。书中还将目前受到广泛关注的大坝施工的“安全管理与环境保护”和正在世界各地蓬勃发展的“碾压混凝土坝施工”各列一章，作了较为系统的论述。

本书初稿第一、四、十章由王景海完成，第二、三章由范桦完成，第五、八、九章由黄自谨完成，第七章由章继光完成，第六章由丁朴荣完成。全书稿由王景海担任主编译，最后由黄自瑾校审定稿。

本书在编译出版过程中得到陈嘉谋、杨致忠等同志的大力支持与帮助，在此谨表深切谢意。由于编译者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬希读者批评指正。

编译者

1989年10月

目 录

第一章 概 论	1
第一节 坝工技术的发展	1
第二节 施工方法与施工设备选择	5
第二章 施工计划和准备工程	8
第一节 现场条件调查	8
第二节 进度计划	10
第三节 准备工程	14
第三章 施工导流	28
第一节 施工导流方式的选择	28
第二节 导流流量	29
第三节 施工导流隧洞	29
第四节 施工围堰	34
第五节 坝内临时底孔	38
第六节 封堵工程	39
第七节 施工期安全渡汛	43
第四章 坝基开挖与石料开采	44
第一节 开挖计划	44
第二节 坝基开挖	45
第三节 砂石料开采	47
第四节 开挖施工方法及实例	48
第五节 弃土场	54
第五章 大坝基础处理	55
第一节 基础处理概念	55
第二节 处理断层的回填混凝土	55
第三节 混凝土坝基础的特殊处理	61
第四节 基础灌浆	67
第六章 混凝土坝施工	81
第一节 混凝土坝施工设备计划要点	81

第二节	浇筑层进度表	86
第三节	混凝土浇筑前的处理和检查	88
第四节	混凝土的浇筑	90
第五节	模板的架设	96
第六节	接缝及其处理	99
第七节	预埋件	104
第八节	大坝混凝土的温度控制	107
第七章	填筑坝施工	112
第一节	概述	112
第二节	施工计划	112
第三节	碾压试验和开采试验	115
第四节	材料的开采和运输	119
第五节	基岩接触面的施工	124
第六节	填筑	126
第七节	检查廊道施工	131
第八节	质量管理	132
第八章	碾压混凝土坝施工	143
第一节	混凝土坝施工的合理化	143
第二节	碾压混凝土概述	146
第三节	碾压混凝土的配合比	146
第四节	碾压混凝土施工	151
第五节	碾压混凝土施工管理与设备计划	160
第九章	安全管理与环境保护	162
第一节	安全管理	162
第二节	环境保护	163
第十章	大坝初次蓄水的观测	171
第一节	概述	171
第二节	初次蓄水时的观测	172

第一章 概 论

第一节 坝工技术的发展

关于坝工建设技术的发展，可以归纳为下列九个方面。

1. 施工方法的合理化 纵观混凝土坝和填筑坝的发展历史，其演变的方向有二：混凝土坝是由重力坝向空腹重力坝和拱坝的方向发展，通过减少坝体体积以降低造价；填筑坝则是通过采用大型机械化施工和放宽对土石料的要求以降低坝体土石方的单价，达到节约投资的目的。材料性质不良而影响到坝体安全时，则增加坝的体积，而坝体体积所增加的费用，从施工方面设法予以补偿。

在软弱基岩的情况下，坝底面积大的填筑坝比较适宜，但有的坝址采用填筑坝时，溢洪道和施工导流存在问题，所以应尽可能探讨能否修建混凝土坝。过去，用如图 1-1 所示的设置凸坝踵以加宽坝的底宽来进行处理。现在，可以采

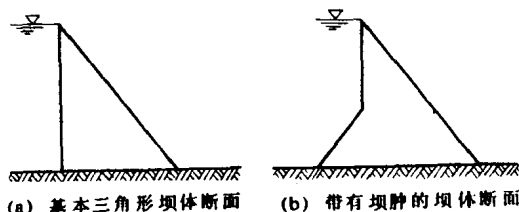


图 1-1 凸坝踵设计图

用加大底板和用碾压混凝土的新型施工方法。长期以来，混凝土重力坝施工采用分块浇筑法，因要设置模板，使浇筑作业复杂化，而且难于大规模机械化施工。采用碾压混凝土施工法，将整个一层混凝土进行通仓浇筑，混凝土浇筑后再设接缝，是一种更合理、更经济的混凝土坝施工方法。

2. 设计、施工的一体化 施工与设计的关系是相互协调的。就是说既可利用某种设计方法使得施工较易，也有可能通过某种施工技术使设计简化。从设计与施工是一个整体的立场出发，设计方面看来省钱的并不就是经济的坝工设计。以碾压混凝土坝为例，碾压混凝土是机械化施工，所以浇筑仓面必须宽阔平整。若坝体内布置有泄水管时，由于泄水管的安装及其周围混凝土浇筑复杂化，就会使施工变得麻烦，工期也要延长 2~3 个月。如从设计、施工一体化的角度出发，就应当考虑取消安装埋设困难且施工拖延工期的坝内泄水管，而与在坝外山体中布置泄水隧洞的方案进行比较研究：如果通过坝体合理化施工所节省的费用大于由于开挖泄水隧洞所增加的工程费时，就应该修改坝体设计，采用坝外泄水隧洞方案。再以泄水管喇叭口为例，由于喇叭口部分为复杂的曲面，故施工很困难。将泄水管进水口作成喇叭口形的目的是为了使泄水管内水流平顺，防止管内发生负压。有的设计在进口周边设置如图 1-2 所示的斜坡口以代替具有复杂曲面的泄水管。设置这种斜坡口，能够防止产生负压。当然，由于不设置喇叭口会降低流量系数，因此，要加大泄水管断面，且由于增加了斜坡口部分的模板，故不可避免地会增加工程费用。但如把设计

和施工合为一体，则斜坡口式泄水管容易施工甚至会降低造价。

3. 施工设备的合理化 采用适合工程规模的施工设备，对顺利施工和降低造价是至关重要的。需要将施工设备进行分析，将适合于工程规模和施工条件的施工设备加以标准化。在这种情况下，需要对施工设备和混凝土质量综合起来考虑，而不是单纯地考虑使施工设备适合于工程规模。也就是说，为使施工设备简便，不可避免地会影响到混凝土质量。这可通过在混凝土配合比设计阶段，采用高质量的配合比加以弥补；而混凝土质量的降低，可通过加强施工设备来弥补。

4. 施工机械的通用化 坝工建设所使用的机械设备多数都是适合于施工现场的专用设备，这种设备是按照大坝施工的特殊条件而制造的，平行式缆式起重机最具有代表性。因系专用设施，在该工地使用工效很高。但一般说来，设备的价格也较昂贵，且从订货到交货需要相当长的时间。在坝用施工设备方面，作为初期投资的机械类固定设备费用很大，且因系专用机械，转用于其他工程往往有许多困难。虽然说大坝施工有其特殊性，需要使用专用设备，但也绝不是非用专用设备不可。作为大坝工程的规划人员，应充分研究使用通用机械的可能性，以减少固定的初期投资。使用通用机械的工效虽然要比使用该坝施工专门定制的机械低，但由于通用机械单价便宜，从整体看，也还是能够相互弥补的。此外，当筑坝工程的投资突然增加时，可以从附近的工地及时调进通用机械；而投资突然减少时，也能迅速把通用机械转移到附近其他工地去。例如，运输混凝土的方法改用自卸汽车、移动式旋臂起重机、塔式起重机或固定式缆机以代替平行式缆机。碾压混凝土的施工方法就是混凝土的垂直运输采用固定式缆机，在仓面上的水平运输用自卸汽车，来代替已往的平行式缆机。

5. 探讨新坝型 地质和地形条件良好的坝址已越来越少。过去，只是单纯地从地形和地质条件来考虑坝型。地形条件适于修建拱坝，而在地质条件不适合时，则选用混凝土重力坝。如果判明地质条件也不适于修建混凝土重力坝时，就选用填筑坝。虽然也有混凝土重力坝和填筑坝组合成的所谓混合坝，但这并非积极地适应地形、地质条件所设计出的新坝型，而是原来按重力坝设计整个坝体，因局部坝址的地质条件不好，仅在该局部改用填筑坝。那么，什么是积极适应地形和地质条件多样性的坝型呢？采用碾压混凝土坝可算作一例。这种坝是近年发展起来的新坝型，既可防止填筑坝那种“溢流垮坝”的危险，又可降低混凝土坝的混凝土单价。也就是说不是将已有的拱坝、填筑坝等作为模式，单纯地按坝址条件确定坝型，而是探求适合于坝址地形和地质条件的最佳坝型。

进一步举例来看，例如两岸岩石坚硬，而在河床中有断层横穿的情况。注意到两岸坚固而河床处有弱点这一情况，较为合理的坝型是使河床部位少承受荷载，两岸多承受荷载。就是说可以考虑跨河道作成一个向上凸起的拱，将断层覆盖起来，再在此拱之上修建

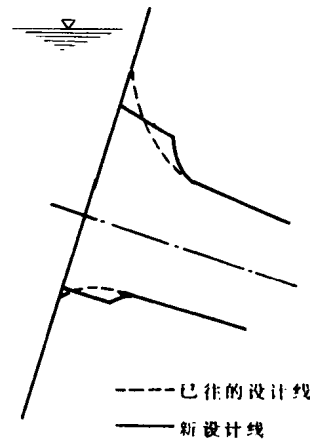


图 1-2 喇叭口部分的形状

拱坝或混凝土重力坝。另外，有时主动利用超静定结构也比较有利。例如整个基岩为不良岩层的坝址，就不象过去那样，将坝体、护坦、导流墙和二道坝分别作为独立的建筑物来设计和施工，而是把以上建筑物用钢架或钢筋连成整体，作为超静定结构。设计时，使坝体、护坦和二道坝全部基底承受剪力，水压力不仅由坝体承担，而是由坝体、护坦、二道坝和导流墙联结而成的整体结构来承担。不必拘泥于现成的概念，而需要根据大坝设计的原则去灵活考虑建筑物的设计。

另一方面，由于理想的筑坝材料已日趋减少，今后在设计和修建大坝时，不得不考虑使用好坏混杂的筑坝材料。对于筑坝材料质量参差不齐的坝，设计时提高其安全性的途径有二：其一就是减小施工阶段材料质量变化的幅度，使满足设计条件的优质料散布在坝内各处，但从整个坝体应力条件来看，这会使应力分布不匀，所以应将质量特优的材料剔出，或按性质把材料分为几级，必要时再进行混合。其二是在设计阶段选用即使材料性质有若干变动而安全系数也不会急剧变化的坝型。

6. 提高坝的安全性 大坝是巨型建筑物，一旦失事，就会给当地人民的生命财产造成难以想像的损失。1959年，著名的坝工设计专家科因（Coynce）设计的马尔帕塞坝发生溃决，使下游遭受到严重的灾害，对坝工技术人员震惊很大；1971年圣费尔南多地震时，洛杉矶水运局的一座大坝边坡崩塌；1976年堤堂坝的溃决等事件，已成为近年来在社会上产生巨大反响的新闻。大坝的设计与施工无论如何必须保证安全。然而，坝工技术人员在设计上所能够肯定的是，所设计的大坝建筑物对于设计阶段所假定的外力在容许条件以内才是安全的。但外力属于自然现象，无法保证不会发生超过设计时所假定的外力。如果大坝称得起是安全的，那就意味着除了对于设计阶段所假定的外力是安全的以外，即使发生超过设计阶段所假定的外力，大坝也还要具有一定程度的安全性。也就是说，设计时要考虑不使大坝受到毁灭性的破坏。大坝的安全性由设计阶段的安全性和管理阶段的安全性构成。所谓管理阶段的安全性，就是建立完备的监测系统（应监测的项目及其观测设备），监视管理阶段大坝处于何种状态，是否安全。必要时，及时采取补救措施。过去，在坝内设置有许多埋设仪器，这些仪器是为了要验证设计阶段的假设在实际工程运行中出现怎样的数据而埋设的。安全管理用的观测设备是为了判断坝的安全性，计有：渗流量测定设备、地下水位计和变位计等。具体说来，安全管理设备就是设置检查廊道、采用自动溢流方式溢洪、增加超高和增设降低库水位的泄水设施等。

7. 探讨简化管理的途径 各地所修建的大坝逐年投入管理阶段，可是，大坝在管理阶段并非不存在问题。大坝管理是一件十分困难的工作。由于气象条件异常，各地经常出现难以预料的集中暴雨，使水库调度变得复杂化。由于少数人员必须对付复杂的自然现象，所以在每座坝上都配备了各种设备和仪器。但因水库调度是以预测自然现象为依据的，有时预测不准，也会出现难以预料的结果。为了很好地应付这种事态，在设计时，就要致力于设计和修建出便于管理的大坝。在这方面可以考虑的方向有三：第一，采用自由溢流式溢洪道。利用闸门调节洪水时，需配备操作闸门的人员和设备，而且还要防止可能发生误操作。不设闸门的坝（无闸坝）的优点，操作简便、十分安全。第二，可考虑采用泄洪洞方案。因地形条件不同，有的情况下泄洪洞比自由溢流式溢洪道安全。一般说来，泄洪洞和溢流式溢洪道相比，单位水头增加而泄量增加较少，所以超泄的潜力较小。过去一般认为不应采用泄洪洞方式。但如果地质条件很差，只能修建填筑坝，不能修建其他坝

型，且必须修建很大的溢洪道，如图 1-3 所示的高边坡，若岩性较差，很难维护管理。万一洪水期发生边坡崩塌，将会造成严重的事故。从安全管理大坝的角度出发，将泄洪洞的不利条件与溢洪道边坡维护管理的难易程度加以比较，在使得泄洪断面有较大富裕的前提下，有的坝采用泄洪洞方案较为理想。第三，对水库实行统一调度。就是由统一调度机关根据各水库建立的运行规程进行联合调度。库容小的水库调度得无论怎样神妙，其效果也不会很大。故对于库容小的水库，应使其调度十分简化。另一方面，对于库容大的水库，调度时应该适应气候条件和下游情况。应把人员和机械设备都集中在大水库上。

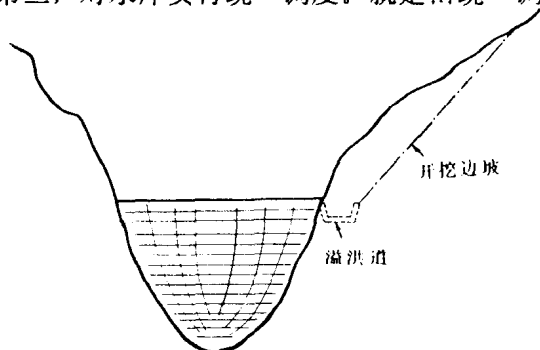


图 1-3 溢洪道断面图

8. 延长坝的使用期限 为要延长大坝的使用期限，可供考虑的方向有三：第一是设置能适应将来用水目标的变化所需要的有关设施。水库调度运用随着用水目的不同而异，但水库运用也要能灵活地适应社会需要。例如，需要把放水管设置在水库深处，以便能够利用水库深处的水。至于如何预测和评价将来用水目标的变化，以及变化过程将如何发展等问题，虽然尚难以定论，但设计出的坝应能容易地适应社会需要的变化乃是今后应当研究的课题之一。第二是解决淤积问题。淤积问题一直是坝工技术人员伤脑筋的一个问题。当前解决淤积的办法是，把水库划分为不受回水影响的天然河段、回水末端、库内和坝体四部分，分别采取不同措施解决水库淤积问题。例如，在回水末端修筑高约 10m 的拦砂坝，使来水中流至拦砂坝的粗颗粒沉积下来，不进入库内。拦砂坝淤满时，用机械挖除。而流进库内的小颗粒泥沙用挖泥船疏浚或通过底孔用异重流冲沙加以排除。第三是防止坝体老化。实践证明，混凝土坝经过若干年后，就会呈现出老化现象。对于老化现象必须从根本上采取措施，而判定老化现象的方法和补救办法也是今后应该研究的一个课题。

9. 保护库区环境 环境保护的重要性的环境保护措施的必要性越来越被人们所认识。有人认为坝是破坏环境的罪魁祸首，也有人认为坝是青山绿水新环境的创造者。修坝对自然环境的确有所破坏，但从更广范围看，这也是人类为了改善生活环境而从事的活动。建坝时，应该进行环境评价，以使大坝和自然环境和谐地融为一体。过去在施工中也考虑到环境问题，诸如在开挖的边坡上种植草皮或进行喷浆、禁止夜间运输材料和进行浊水处理等，这些措施往往都是从防止公害的角度考虑的。但是，现在坝工设计的基本原则就是要注意环境的美化。例如，应绘制大坝竣工示意图。再如要从远眺大坝和山体的协调一致来考虑选择栏杆的细部设计和大坝周围的绿化植树及其布局安排。有时只需要将坝顶照明方式从直接照明改为间接照明，就可能构成新奇美丽的远景。选择施工方法时也同样要考虑环境。诸如由平行移动式缆机改用固定式缆机，使山体开挖量减少；不采用难以拆除的钢筋混凝土缆机轨道，而采用容易拆除的钢架轨道等。

在设计方面，研究桥梁的形式和色彩，使其能与景观相协调；为了改善下游环境，设计时应考虑将泄水形成人工瀑布，以供观赏；在制定植树造林计划时，要与远景相适应；必要时，可在回水末端修建一座辅助性低坝，以便在主坝因调洪而降低水位使环境美受到

破坏时,该地区仍能保持青山绿水的美景,供人们游览观赏。

在管理方面,必须设置保护水库水质的设备。所谓水库水质的三大问题是冷水、浊水和富营养化。作为解决问题的措施是采用能从库内不同高程分层引水的设备引水。水库回水末端往往有大片的平缓地带,可能在数十年内,只能来一次洪水,因而这部分通常是灌木繁茂、杂草丛生,有碍观瞻。应积极地整理库区环境,也可采取修筑堤防把这部分平地与河道隔开。此外,对于防洪水库,在正常蓄水位和防洪限制水位之间的库边,裸露地表很不雅观。恰好在此期间,前来水库观光游览的人很多。这也是今后急待解决的一大问题。

第二节 施工方法与施工设备选择

一、选择合理的施工方法

1. 综合评价施工方法 大坝工程是一项综合性的系统工程。为了建坝,需要集中并综合实施各项工程。只有按部就班地、有效地实施各项工程,才能够高质量地、经济地修建大坝。修建大坝的施工方法必须结合有关工程综合考虑,协调一致。在选择施工方法时,应事前研究编制流程图及计划进度表,掌握施工总进度,找出决定工程进度的关键部分,选择能解决关键问题的施工方法。在大坝施工中,影响工程进度的关键是设置埋件。泄水管、闸门和检查廊道等大型埋设物,特别是对金属结构部分的施工要事先商定施工程序,如果对施工进展情况考虑不周,决策失误,则有可能大大推迟施工总进度,所以需要事先进行充分的研究。

其次,选择施工方法的本身,也应综合考虑。这并不是指如前所述的谋求施工方法的相互配合,而是指诸如确定混凝土配合比这种单项工程方法。选择骨料时,并不是只着眼于骨料本身就作出决定,而应该从用骨料制备混凝土的整体出发,综合考虑确定。在骨料的调查阶段,对骨料的评价是骨料质量越好就评分越高。看来这容易形成一种误解,以为评120分的骨料比评100分的骨料好。其实,评120分的骨料岩性虽比评100分的骨料质地坚硬,但在碎石机、棒磨机粉碎骨料时,机器磨损大、效率差。而且100分以下的骨料也并非全不合用。假定骨料最低的合格分数取为70分,则在70分和100分的骨料之间,应进行对比研究,即对骨料和水泥用量进行组合优选。在水泥用量相同的情况下,100分骨料的强度比70分骨料高。即使是70分的骨料,也可以通过增加水泥用量而达到与100分骨料相同的混凝土强度。以往,偏重于尽可能要求质量高的骨料,而很少考虑质量差而加大水泥用量也可以加以利用的情况,应对此进行比较研究。最近以来,由于质量差的骨料逐渐多起来,也有加大水泥用量予以利用的实例。这是在不得不利用劣质骨料的情况下所想出的办法。碾压混凝土筑坝方法尚处于发展阶段,最迫切的问题是,在选择施工方法时,需要研究 1m^3 混凝土单价由那些因素组成,各个组成环节是否能够改进。

2. 积极稳妥地采用新施工方法 大坝乃是重要的工程建筑物,因此,对于其安全性必须慎之又慎。但并非墨守旧有的施工方法就好。坝工技术人员必须为提高安全性和施工效率而不断地钻研。对于新施工方法最好采用积极的态度,边研究边实践,逐步稳妥地前进。采用新施工方法时,确实令人有一种不安全的感,但是经过慎重研究之后,确认该

施工方法十分安全时，就应该断然下决心采用。

二、选择良好的施工设备

1. 使设备合理、均衡 大坝的施工设备应该是合理、均衡的。例如，从施工道路看，虽都叫施工道路，却又各式各样。有运土料的道路，有运骨料的道路，有运水泥、钢材等材料的道路，直至修建观测站的临时道路。在修筑以上道路时，虽说同是施工道路，但不可按同一标准修筑。运骨料的道路其宽度和路面结构要适合运骨料的自卸汽车要求。而修观测站的道路，要按最低要求修筑。更进一步考虑，关于运骨料的道路，在运输量 10^5m^3 的情况下和运输量 10^6m^3 的情况下，即使使用同一型号的自卸汽车，其路面宽度和结构也应有所不同。例如，运输量 10^5m^3 时，应该加以探讨，或是全线基本采用单车道，只在某些路线段设置避车道，而不修双车道；或是采用砾石路面，放缓自卸汽车行车速度，而不铺砌路面。在考虑施工设备的规模时，需要考虑施工设备的利用程度。此外，混凝土设备在 $5 \times 10^4\text{m}^3$ 和在 $50 \times 10^4\text{m}^3$ 的情况下，当然也应该有所区别。有的坝混凝土浇筑方量约 $4 \times 10^4\text{m}^3$ 却使用和混凝土浇筑方量 $50 \times 10^4\text{m}^3$ 的坝相同的混凝土设备进行施工，这确实是大材小用。在此情况下也要综合考虑混凝土质量和施工设备的关系，而不是单纯地研究合理的施工设备。既要施工设备简便，又要使混凝土质量比一般情况好。

2. 施工设备的备用 施工设备通常在设计时应考虑备用，特别是机械设备，在采用质量规格不齐的机械时，如不经过长期使用，就很难得知机械能力如何。据经验得知，机械能力按产品目录规定的 60—70% 考虑为宜。

三、顺利施工的注意点

1. 设计人员和施工人员事前应该充分协商 无论怎样好的设计，如果没有精心的施工，则无法建成高质量的大坝。尤其不能忘记的是，大坝工程与其说是技术人员修的，不如说是体力劳动的工人建成的。需要事先把设计意图和施工方法告知在第一线进行大坝施工的工人，以使他们对工程有充分的理解。按照设计要求进行施工是理所当然的，但设计和施工的关系并不象单向交通，而是在设计和施工之间必须多次往返协调。施工困难的设计就很可能导致工程质量低劣。无论怎样努力扩大设计方面的有利条件，如果不能很好地施工，则施工方面的缺陷会使其效果抵消。某坝在设计阶段就多次与施工单位往来协商，设计图纸一绘好，就把设计意图和图纸送往现场，听取施工技术人员的意见，再根据施工人员的意见，对设计进行必要的修改。这样一来，现场的施工技术人员起到了参加设计的作用，尚未开工就对自己将要修建的大坝全貌有深刻印象，所以该坝的施工进行得很顺利。另外有一座坝与此相反，由于有关水电站厂房的设计推迟，当坝体工程上升很高以后，才进行厂房的施工。故对炸药限制用半个药包，以使得大坝附近的开挖对坝体混凝土不致造成有害的影响。因为爆破孔的钻孔作业的困难，并与混凝土浇筑作业相互干扰等，被迫进行了额外的开支。工序前后颠倒，就会出现预料不到的麻烦和被迫多开支。所以，对施工进度管理必须给予充分的注意。

2. 对施工工人的指示应该具体 对于施工工人的指示应该明确具体，应在事前提早通知。由于人们都有一种倾向，往往是从对自己有利方面作出判断，因而指示应该明确无

误。不可只是提出说：“把基岩清扫干净”，而要明确地说“将海绵浸湿而后拧干，再用它把基岩表面上的岩屑微粒擦掉，擦 1-3 次，擦净为止”。又如检查廊道与启闭机室的相通和拱坝的埋件等立体结构，最好用立体形象来说明。可以用胶泥土和萝卜等作成立体模型予以说明。即使不能制作立体模型，也不要仅用平面图和断面图来说明，可以经常练习立体写生画技巧，最好用绘在纸上的立体图进行说明。某拱坝在制定帷幕灌浆计划时，没有制作立体模型，在平面图上没有发现灌浆帷幕有缝隙。但制作了立体模型进行研究后，才得知在灌浆帷幕上有缝隙。

3. 事先作好骨料和石料的调查研究 前已论及，在选择骨料时，过分硬的骨料未必就好。在调查骨料和坝体材料时，主要是采用钻探及槽探进行粗略调查。实际开挖后，往往岩石性质和储量与调查阶段的设想有差异。有很多工程因相信调查阶段的假定值，对于材料开采计划中出现的漏洞，因缺乏采取措施的思想准备，故而不得不多花投资。骨料调查的最初阶段很重要，应特别重视。在混凝土开始浇筑后才发现骨料不足，再采取措施，就会开支大而效果差，这一点应该牢记在心。

4. 主要施工方法应尽可能事前进行试验 在初次参加大坝建设的工人较多的情况下，最好事先用原大模型进行试验和试操作。一提到试验研究，往往误认为这是在研究所和大学里搞的困难工作，是与现场无关的麻烦事情。试验研究不仅要在研究所和大学里进行，而且也需在现场进行。研究所和现场进行试验的目的不同，现场不需像研究所那样要制定周密的试验计划、严格地制作和养护试件，而是只要得知施工方法所取得的大致结果、趋势和管理方法即可。现举两个实例如下：第一，混凝土冬季施工的管理方法。在现场，混凝土冬季施工后，气温不象研究室那样固定不变，而是每时都在变化。由于现场气温低，需要弄清楚混凝土产生强度的时间延迟多少。从研究室来看，为了推定这种场合下混凝土的强度，就必须进行大量的试验。但在现场，即使数值有些不准确，只要足以判断延长保温的时间和需要洒水养护的时间即可。第二，有一座坝拟采用沥青止水防渗。但不知用直馏沥青还是用氧化沥青为好，也不知道该掺入多少石灰以使沥青固化。为了堵塞沥青井内的孔隙，要用多大的融化电压为好等问题都不甚清楚。为此，在现场制作了高约 10m 的实物尺寸模型，与工人们一起对掺合石灰的方法、配合比、通电方式及沥青的融化时间进行了试验。由于工人们亲自在实践中动脑筋，掌握了施工方法，所以施工进展很顺利。

5. 确定好应监督的部位 对于大坝这种巨型建筑物进行施工监督并非易事，一座坝的技术监督人员有限，因此，必须很好地研究应该进行监督的重点，进行省力而有效的施工监督。施工监督除了在现场附近观察外，最好还从远处观察，变化观察角度进行监督。例如，在混凝土浇筑现场，可以直接在振捣器旁进行监督，有时还可以在混凝土拌和楼用双筒望远镜观察监督。此外，建筑物的重要部位和容易出问题的地方，最好请教前辈有经验的人，作到心中有数。例如，填筑坝心墙的基岩接触面是很重要的部位，接触面应该绝对避免有卵石和树根。接触面以外夹杂有树根当然也不好，但对于接触面则应特别注意。预先弄清楚应该监督的重要部位，是进行有效监督的必要条件。容易出问题的地方就正是难以施工的地方，例如，墙与墙的交接处或使用特殊模板的部位。如果难以施工的部位施工质量较好，则其他部位一般不会有问题。

第二章 施工计划和准备工程

第一节 现场条件调查

各个坝址的地形、地质、气象和水文特性等条件不同，因此，制定施工计划与作准备工程时，必须预先调查，正确掌握现场的各种条件。现场条件可分自然条件和社会条件两类。

一、自然条件的调查

1. 气象调查 筑坝工程的工期较长，要达数年之久，工程施工往往受限于气象条件。因此，需要尽可能对长系列的气象条件进行特别仔细的调查和统计分析，并加以整理，以便能用来作为估算有效工作日和制定冷却计划的基本资料。有关气象的调查项目列举如下。①天气：历年各月的各种天气情况的日数、坝址处发生浓雾的次数、持续时间及能见度。②气温：历年各月的最高、最低及平均气温，以及 0°C 以下的日数。③降水量：历年各月的降水量、最大降水量，历年最大持续降水量及其日期，台风期和台风次数及其路径，积雪量和积雪期。④其它：风向、风力、地震和湿度等。

2. 流量调查 拦河坝进行施工时，必须充分调查水流特性，尽可能地搜集整理长系列资料。用这些资料确定围堰高度，施工导流隧洞和施工导流明渠的泄流能力，以及开挖进度，混凝土浇筑计划，施工导流隧洞和导流底孔的封堵时期等。有关流量的调查项目如下。①流量：日流量、年径流量以及流量和水位的关系。②洪水流量：历年各月的最大洪水过程，历年发生最大洪水流量的年、月、日；历年各月发生洪水的次数；上游气象观测站或水文站的降水量或流量和坝址处洪水流量的关系及洪峰到达时间。

3. 水质调查 为了制定冷却计划和工程用水的废水处理计划，以及拟定其他由于施工而引起水质污染的防治措施，都需要预先调查河道水质的现状。有关水质的调查项目如下。①水温：历年各月最高、最低及平均水温。②浊度：每月测定三次，另外，汛期前后的浊度也需要测定。③其它：PH、BOD（生物需氧量）、色度和透明度等。

4. 地质和地形调查 一般都对坝址的地质和地形进行详查，但对于临时工程往往容易草率从事，不充分进行地质和地形调查，就在图纸上制定施工计划，决定机械配置。如在机械已经订货后才发现地基有缺陷，再采取措施就要花费大量经费或不得已要变更施工计划。甚至有的工程在施工期间发生滑坡和塌方等，严重影响了工程进度。缆式起重机、碎石机、筛分楼、棒磨机、混凝土拌和楼和水泥罐等的基础，需要有足够的承载能力，对于这类机械设备的基础以及带式输送机的分段和基础位置等，须进行特别仔细的地质和地形调查。此外还需要预先对设置临时设施整个地区的滑坡和塌方进行调查。

地质调查：通过物探、钻探和槽探等方法，掌握表土的厚度和基岩的状况，并对地下

水位、断层、节理的走向和倾角及其它地质状况进行调查，以便能预测由地形变化而引起的滑坡和塌方等。

地形调查：地形图是临时设施布置计划的基本资料。在初步规划临时设施时，最好用 $1/2\,000 \sim 1/5\,000$ 的地形图，而在进行详细设计时，就需要 $1/500 \sim 1/1\,000$ 的地形图。在绘制地形图时，需设置基本的三角点和水准点，明确标出其坐标位置，并需予以保护，不使在施工期间受到损坏。把图纸上所规划的临时设施的布置计划，在现场付诸实现时，需要利用这些测量控制点。

5. 骨料调查 骨料是大坝工程中最重要且用量很大的一种材料。所以也需要预先对骨料的储量、组成及其性质进行详查。大坝所用骨料有天然骨料和人工骨料两种。最近由于天然骨料已逐渐短缺，所以大部分大型混凝土坝都采用人工骨料。但小型坝和临时设施的混凝土，也有可能利用天然骨料即可满足要求，因而对两种骨料，都需要预先进行调查。

天然骨料调查：进行勘探。对所采取的试样，查明岩石名称、比重、强度、级配分布和有无有机质，同时查清有效层的厚度，可供开采的储量及河道水位和地下水位等。

人工骨料调查：首先选择料场，通过开挖试坑，钻孔和开挖表土层等，查明岩石分布状况，岩石性质和风化状况。其次，需把石料送到骨料加工厂或附近的碎石厂进行骨料破碎试验，并对骨料进行筛分试验，物理试验和化学试验。

选择骨料料场时，应使料场尽可能靠近坝址和在计划布置骨料加工厂的附近。不仅要调查储量和质量，而且还要考虑石料的运输方法，施工过程中的噪音，振动和爆破等作业对周围居民的影响，以及表土和不良岩层的弃土量，弃土位置及其运输方法以及开采后场地的处理措施等。

6. 环境调查 必须预先估计到由于临时设施而引起的地形变化和施工的噪音、振动、尘埃、废气和水质污染等，对周围植被、陆生和水生生物的影响程度。目前普遍要求在制订计划时，要尽可能地减小这些不良影响。为此，在施工前需要依靠专家预先调查植被、陆生和水生生物等生态系的现状。

二、社会条件调查

1. 运输条件调查 大坝施工现场一般都在偏僻的山区，交通往往不便。为了建坝，除了集中大量人员和器材外，还需要运进各种各样的工程机械、骨料加工设备和闸门等。为此就需要估算所需运输的器材和机械的数量及单件重量，外形尺寸大小和形状等，并充分研究运输路线及运输方法。

在施工初期，大部分施工机械要运进现场，而在施工期间每天则要不断地大量运进水泥、钢筋及其它混凝土埋件、炸药、油脂等。此外，大量施工人员和生活物质的输送以及各种交通车辆经常来来往往。因此，需要就主要车站或主要城市的运输路线的运输条件，进行认真调查，以便研究措施，使施工运输顺利进行。

就大坝建设的特殊条件来说，施工中经常涉及到的有缆式起重机、凿岩机、碎石机、铲运机、大型推土机等重型机械和变压器及闸门等重型设备，并且，其中每个部件都要用大型工具运输。所以需要货物转运站、装卸设备，运输道路的距离、宽度、坡度、最小

半径、路面状况、桥梁的容许荷载、隧道的断面尺寸、交通量、安全设施、与居民的关系等运输设施及其运输能力进行调查并对资料加以整理。

2. 供水调查 工程用水一般利用河水，在决定泵站的位置时，就需要预先考虑涨水时的水位及水流挟砂情况。取用饮用水时，往往利用污染少的地下水或潜流水，但必须进行水质检验，以检查是否适于作为饮用水。也要考虑因工程用水对原来水的使用权有所影响，所以这方面也需要进行调查。

3. 动力调查 施工中的各种机械设备需要电能作为主要动力。为此，需要研究施工现场的设备容量，估计其最大负荷容量，调查研究可能满足最大容量的输电系统，并与电力公司签定有关供电合同。在多数情况下，需要重新架设输电线路。但在大坝工程中含有修建发电站项目时，对输电设施提前投资，在施工期加以利用，往往比较有利。

4. 社会环境调查 在制定临时设施计划时，需要了解和工程有关的法律，如：自然环境保护法、文物保护法、土地管理法、渔业法、森林法、水法等。需要充分研究法律规定牵涉到临时设施的内容。研究时，将法律规定的管制区正确标绘在坝址及布置临时设施的工区的地形图上。当临时设施计划及其施工项目与法律规定有矛盾时，必须事先研究相应的措施。

第二节 进度计划

一、概述

大坝施工是多种多样的工程和作业的统一体。经常出现某一工程项目没有完工时下一项工程就不能施工，该工程没有及时完成，将会对其它工程带来严重的障碍等。因此，构成整个工程的各个工程项目是相互配合，相互影响的复杂的系统。因此，为了高效率地进行大坝施工，需要制定计划。在制定计划时，要正确掌握筑坝工程的目标和施工现场的各种条件，对临时设施所需工程项目，需有较全面的知识，同时，需要系统研究以上工程项目的组合方法。

筑坝工程大致可分为主体工程，管理设施，临时设施和赔偿工程。将这些构成各项工程的工程项目加以整理列于表 2-1。在表中将筑坝工程所需的临时设施分为准备工程、施工设备、施工管理及安全管理设施等。

准备工程系指坝体施工前所需兴建的各项工程。包括运输设施，施工道路，施工用建筑物，施工供电，供水和供风，通信及照明等有关各种设施以及围堰和施工导流隧洞等各项工程。

施工设备系指坝体施工直接需要的临时设备，包括骨料的开采、运输、加工、贮存和出料设备；混凝土的拌和、运输和浇筑设备；水泥的运输和贮存设备；冷却和灌浆设备及废水处理设备等。

施工管理设备系指为了满足主体工程质量要求，按照设计文件和施工说明书要求而进行施工所需的设备。包括工业电视，混凝土配合比记录装置，温度计，测缝计和测锤线等各种观测仪表的埋设。

