

(3) 首台(批)机组发电(或工程发挥效益)是项目开始还贷的起点。水利水电工程施工筹建期和准备期工程项目繁多、数量较大,其中施工准备期如导流工程等的工程投资和所需时间均占较大比例,具有与其他行业如建筑、火电等显著不同的特点,对于位于边远地区的大型水利水电工程尤甚。如装机容量1350MW的大朝山水电站设计安排完成筹建和准备工作需3年时间,占整个项目实施阶段历时的35%;截流前需完成投资额约13.82亿元,占整个项目实施阶段投资的33%。由于工程筹建期受当地条件和国家宏观调控政策的制约很大,有的工程仅对外交通和施工供电线路的建设就需时较长,且易受国家政策等其他条件影响,故工程筹建期不计入总工期是适宜的。工程建设总工期为后三项工期之和。

上述施工阶段基本按照水利水电行业的惯例进行划分的,在施工组织设计时,具体施工阶段划分和施工项目内容安排,必须符合现行的国家、水利部和地方政府关于水利水电工程项目基本建设程序的政策和相关规定。针对具体工程建设时,依据当前的产业政策,可以对各施工阶段的具体工作内容和施工项目安排进行调整、合并;在实际施工进度安排时,相邻两个阶段不存在明显的划分界限,其工作安排往往可交叉进行,比如:工程筹建期的中对外交通、施工供电和通信系统、施工场地征地以及移民等工作内容,在不影响工程施工的前提下,可以纳入工程准备期中进行。

主体工程施工期起点以控制总进度的关键线路上的项目的施工起点计算。当控制工期的项目为拦河坝时,考虑到主河床实现截流是工程项目实施的重要里程碑,截流后工程施工全面展开,故此类水利水电工程主体工程施工起点确定为主河床截流后基坑开挖。当控制工期的项目为发电厂房系统时,尤其是充蓄水库工程或抽水蓄能电站的地下厂房,地质条件复杂,支护处理量大,工期长,故主体工程起点以厂房主体土建工程施工或地下厂房顶拱开挖为起点。当控制工期的项目为输水系统中长引水工程,尤

其是长引水隧洞工程,在进度关键线路上,以输水系统主体工程施工为起点。有些充蓄水库工程或抽水蓄能电站的上(下)水库工程量大,在进度关键线路上,则以上(下)水库工程施工为起点。主体工程施工期起点见表37。

表37 主体工程施工期起点一览表

序号	关键线路项目	主体工程施工期起点	备注
1	拦河坝(含河床式厂房、坝后式厂房、拦河闸)	主河床截流或拦河坝主体土建工程施工	—
2	发电厂房系统	厂房主体土建工程施工或地下厂房顶拱层开挖施工	—
3	输水系统	输水系统主体工程施工	—
4	充蓄水库工程或抽水蓄能电站的上(下)库工程	上(下)库主体工程施工	—
5	水闸	水闸主体工程开挖施工	—
6	泵站	泵站主体工程开挖施工	—
7	疏浚	疏浚主体工程开挖施工	—
8	堤防	堤防主体工程填筑施工	—
9	渠道	渠道主体工程开挖施工	—
10	其他	主体防护、挡墙工程砌筑	护坡、护岸、护底、挡墙等

**8.1.3** 本条主要针对编制施工总进度提出若干要求与原则,使设计人员有所遵循。强调“单项工程施工进度需与施工总进度相互协调”,“宜采用国内平均先进施工水平合理安排工期”,对于“地质条件复杂、气象条件恶劣或受洪水制约”的工程,工期安排宜适当留有余地。“平均先进施工水平”随着工程规模、工程环境条件的不同而不同,且随着时间的推移是不断发展的,设计时需充分调查、合理选用。

**8.1.4** 水利水电工程施工总进度需重点研究关键线路、次关键线

路上各作业的逻辑关系，以及技术复杂、难度大、相对重要工程的工作历时。在设计文件中明确影响施工形象的重要工程能够顺利开展的必要条件，对项目业主决定前期准备工作的进行和组织主体工程施工具有重要的参考作用。

**8.1.5** 横道图是以往设计中经常采用的形式。使用网络图编制施工总进度的方法，由于其具有许多优点，需该大力推广，本条对此加以明确规定。网络图的编制需按 JGJ/T 121 的有关规定执行。进度计划的表达方式主要有横道图和网络图两种，横道图表达直观易懂、容易掌握，便于检查和计算资源需求状况，但不能全面而准确的反映各项工作之间相互制约、相互依赖、相互影响的关系；存在难以在有限的资源下合理组织施工、挖掘计划的潜力等缺陷。而网络图恰恰弥补了横道图的不足，尤其是在对关键线路、关键工作的表现上非常直观，利于进度控制中抓住主要矛盾，同时对于机动时间可通过计算或直接读取的方式得到，便于对进度计划的调整和优化。水利水电工程施工总进度网络图编制步骤如下：

(1) 确定目标、分解工程项目：水利水电工程总进度目标是确保第一批机组的发电工期（或工程发挥效益）。在此前提下，视具体工程不同将其施工划分为几个单项工程，以水力发电工程为例划分如下：导流工程、挡水工程、泄洪工程、引水发电工程、防护工程等。

①导流工程：根据导流程序及其与大坝施工的逻辑关系，导流工程可分解为：导流泄水建筑物、截流、围堰、导流工程下闸封堵等施工。

②挡水工程：根据坝型的不同，大坝工程可分为混凝土坝和土石坝工程，其施工工序的划分不尽相同。坝体上升至发电高程、水库蓄水并满足第一批机组发电的要求，是控制水利水电工程施工进度的主要目标。

③泄洪工程：一般包括泄洪洞（孔），溢洪道和消能防冲建筑物等。泄洪工程需与施工导流、度汛相协调。

④引水发电工程：主要由引水系统、厂房系统、尾水系统组成。

⑤防护工程：特指专项防护工程。

(2) 确定施工方案：针对具体的施工方案，分析每个单项工程的施工工序，各施工工序之间以及各单项工程之间的逻辑关系等，绘制施工进度网络图。

(3) 确定工序历时：各工序工作时间的确定分两种情况，一种是对于工序相对复杂、持续时间较长、往往难以用传统方法计算工序工期的情况，可通过施工仿真计算确定；另一种是工序相对简单、持续时间不长，或不确定因素较少的情况，可按实物工程量、工程经验和有关定额估算工序工期。

(4) 计算网络时间参数，判断关键工作和关键线路。

(5) 对网络进度进行资源、工期优化。

**8.1.6** 水利水电工程方案控制性进度的比选需从工期、施工强度、资源配置、投资和效益等方面综合考虑。

有条件时需采用计算机仿真技术，对资源配置、施工强度和工期风险等进行分析优化。水利水电工程施工中的资源一般指机械设备、劳动力、材料、水、电等，施工强度指标通常指最大强度、平均强度和不均衡系数，机械设备指标指其年、月利用率情况和不同机械配套的合理性。

随着计算机技术的发展，利用计算机技术进行施工组织设计已渐成主流。目前国内、外工程管理类软件大部分可用于施工方案的编制，可适应各种不同结构类型的工程，软件内容大部分以各种不同的施工工艺、不同的质量、安全等技术措施为单位，形成内置的施工组织设计模块或素材库，用户则根据工程具体情况，查询、浏览、编辑，所以编制方案的针对性强，能突出重点，也不会遗漏内容。只要输入相应数据，便能迅速生成所需的图表。有些软件对数据库内的资料均可以进行增加、修改或删除，这样就能更好地适应形势的发展，及时将成功的施工新材料、新工艺和新技术输入计算机，运用到实际工

程中去。

施工总进度仿真以网络计划技术为基础，采用蒙特卡罗（Monte - Carlo）随机模拟方法，对拟订的工程进度计划进行不确定性分析，评价拟订的工程总进度计划的可行性。施工总进度计划仿真分析结果包括施工总工期（或控制性工期）的分布、不同工期的完工概率和各个工序成为关键工作的概率（或关键度指标）等。

施工总进度蒙特卡罗（Monte - Carlo）仿真可基于工序持续时间的分布型式已知或影响工程进度计划的随机事件的发生概率已知进行，前者是较为成熟的施工总进度仿真方法，该方法通过对各个工序持续时间的抽样，然后依据逻辑关系和相应约束推求一次模拟的总工期（或控制性工期）；后者是一种新的方法，它通过对可能影响工程进度计划的随机事件抽样，通过分析事件对各个工序的影响机制生成各个工序的持续时间，然后依据逻辑关系和相应约束推求一次模拟的总工期（或控制性工期）。

基于工序持续时间的分布型式已知施工总进度计划仿真的步骤通常按照下列步骤进行：

(1) 按照工程总进度各个工序之间逻辑关系，建立网络进度计划。

(2) 采用计划评审技术（PERT）、工程类比、工程定额、施工仿真分析等方法，估计各个工序的时间参数，确定各个工序的持续时间的分布型式。

(3) 运用蒙特卡罗（Monte - Carlo）方法，随机生成各个工序的持续时间。

(4) 根据逻辑关系，计算网络进度计划的总工期（或控制点工期）和关键路线。

(5) 记录本次模拟的总工期（或控制点工期）和关键工作。

(6) 重复步骤(3) ~ 步骤(5)，直到达到预定的模拟次数N为止。

(7) 按照得到的工期区间统计总工期（或控制点工期）的频率，绘制直方图，拟合形成经验分布曲线，统计计算各个工序成为关键工序的频率或关键度指标。

基于影响工程进度计划的随机事件的发生概率已知施工总进度计划仿真的步骤可按下列步骤进行：

(1) 按照工程总进度各个工序之间逻辑关系，建立网络进度计划。

(2) 确定影响进度计划实施的特定事件可能发生的概率。

(3) 确定不受特定事件影响情况下的各个工序的持续时间以及特定事件对各个工序影响的程度。

(4) 运用蒙特卡罗（Monte - Carlo）方法，对特定事件的发生进行抽样。

(5) 根据特定事件发生对各个工序的影响程度，计算各个工序的持续时间，再依据逻辑关系，计算网络进度计划的总工期（或控制点工期）和关键路线。

(6) 记录本次模拟的总工期（或控制点工期）和关键工作。

(7) 重复步骤(3) ~ 步骤(5)，直到达到预定的模拟次数N为止。

(8) 按照得到的工期区间统计总工期（或控制点工期）的频率，绘制直方图，拟合形成经验分布曲线，统计计算各个工序成为关键工序的频率或关键度指标。

对于规模较大的复杂的水利水电工程或工程采用了新工艺、新设备等使得工程某些关键工序的持续时间较难估计或估计精度不佳情况下，需采用单项工程施工过程计算机仿真方法，辅助总进度计划仿真分析。

## 8.2 筹建工程及准备工程施工进度

**8.2.1 准备工程施工进度编制**依据控制性施工进度计划，做好与主体工程施工进度合理衔接。编制准备工程施工进度步骤如下：



(1) 确定准备工程的项目，了解各项准备工程施工情况，收集工程量等资料。

(2) 根据准备工程规模、施工特性和工程总体控制性施工进度计划，参照类似工程经验，初步编制准备工程施工进度计划。

(3) 综合平衡土石方、砌石、混凝土、房屋建筑等工程的施工强度，结合投资计划和征地移民进度调整施工准备计划。

(4) 编制、完善准备工程进度计划。

明确对外交通工程中的道路、隧道和桥梁等，以及地下工程施工交通通道（如抽水蓄能电站工程中的关键工程—地下厂房工程的通风洞），为了加快施工进度，保证主体工程顺利开工，建议在施工筹建期或准备期内建设。

场内交通主干线需尽可能提前与对外交通等筹建工程同期施工，场内其他公路与所服务的主体工程协调施工，以便节约前期筹建和准备时间。施工筹建、准备工程施工参考工期见表 38。

表 38 施工筹建、准备工程施工参考工期

序号	项目	规模	施工条件	参考工期/年	备注
1	准轨铁路	100km	山区	2~3	—
			丘陵	1~2	—
2	窄轨铁路	50km	—	0.5~1.0	—
3	公路	100km	山区	1.5~2.5	—
			丘陵	1.0~2.0	—
4	大型桥梁	>300m	—	0.5~1.0	—

**8.2.2~8.2.4** 合理安排好准备工程施工进度是保证按计划完成主体工程施工的先决条件，需着重对其施工进度进行分析。对于混凝土工程是关键工程的情况，需重点分析两大系统建设的施工工期。施工准备工程施工参考工期见表 39。

表 39 施工准备工程施工参考工期

序号	项目	规模	参考工期/年	备注
1	天然砂石系统	—	0.5~1.0	—
		>150 万 t/年	1.5~2.5	—
		30 万~150 万 t/年	0.5~1.5	—
		<30 万 t/年	0.5	—
2	混凝土系统	>70 万 m <sup>3</sup> /年	1.0~1.5	—
		30 万~70 万 m <sup>3</sup> /年	0.5~1.0	—
		<30 万 m <sup>3</sup> /年	0.5	—
3	高压输电线	100km	0.5~1.5	山区取大值
4	施工供水 (含取水泵站、 净化水池等)	小型	<1.0	山区取大值
		中型	0.5~1.5	
		大型	1.5~2	
5	通信线路	100km	0.5~1.0	山区取大值
6	房屋建筑	10 万 m <sup>2</sup>	0.5~1.0	—
		10 万~20 万 m <sup>2</sup>	1.0~2.0	—
		>20 万 m <sup>2</sup>	2.0~3.0	—
7	施工供电工程 (含变电站等)	小型	<0.5	山区取大值
		中型	0.5~1.0	
		大型	1.0~1.5	

### 8.3 导流工程施工进度

**8.3.1** 合理安排导流工程进度关系着工程建设的总工期，对其中关键性的节点工期如开工、截流、下闸、蓄水等日期的确定要有充分论证，同时能否满足主体工程工期要求是选择导流方案的因素之一，因此导流工程和施工进度安排相辅相成。

**8.3.2** 对于施工导流为控制工期的关键项目，提早开工有利于缩短工程施工工期，且为后续工作提供有利条件。一次拦断河床施工导流程序是在建成导流隧洞等泄流建筑物之后，上、下游围

堰一次拦断河床，形成基坑，进行坝基开挖处理，而后坝体全面升高。一次拦断河床施工导流方案的一般施工程序见图 3。

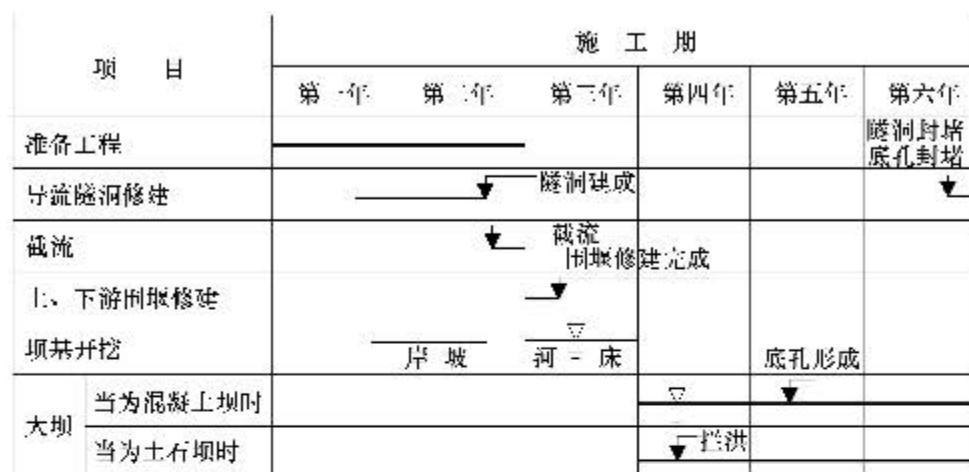


图 3 一次拦断河床施工导流（隧洞导流）的一般施工程序

**8.3.3** 鉴于以往工程经验，有些分期导流工程在截流时对一期围堰拆除进度不够重视，以致带来不利于施工的问题，故在导流施工进度安排时需引起重视。分期导流方案一般采用分二期导流，其施工程序是将闸、坝分为二期施工，第一期先围一岸，进行一期基坑施工，待形成导流条件后，进行二期围堰截流，形成二期基坑，修建二期工程，直至工程完建。根据地形、水工布置和施工条件，也有分三期或多期施工导流的工程，其施工程序和二期导流方案基本相同。

**8.3.4** 确定河道的截流时间时，需充分考虑河流的水文气象特征、施工总进度安排、通航、供水等多方面因素后经综合分析确定。由于枯水期或汛后期河道流量基本处于下降趋势，流量相对较小，有利于减小截流规模和截流强度；在总进度安排中截流时间安排在枯水期或汛后期，可在非汛期完成堰体填筑、围堰闭气、基坑排水等准备工作，可以为主工程施工争取到相对宽裕的施工周期。特别是北方工程，可以为混凝土浇筑施工提供最大限度的混凝土施工工期。另外，枯水期或汛后期由于通航交通相对较小，受截流影响也相对较小。因此，大部分工程的截流时间

基本都安排在枯水期或汛后期进行。河道流量小、截流后堰体填筑量较小的工程也可以在汛前期进行截流。国内部分工程截流施工历时及抛投强度资料见表 40。

**8.3.5** 围堰工程施工受洪水制约，其上升速度需满足设计挡水时段的要求，一个枯水期建议达到设计要求的面貌，使其能安全运用和度汛。

**8.3.6** 过水围堰在围堰过水前通过预报从基坑安全撤退，过水后经清淤、抽水后才能重新入基坑施工。安排进度时，这些工作对工期的影响需有所考虑。对于多泥砂河流上建坝、基坑过水后淤积很严重的情况，需引起重视。

**8.3.7** 需重视基坑初期排水的进度安排，因为开挖工效高低与基坑积水情况有很大的关系，以往有些工程不重视围堰防渗措施的质量或在防渗措施未完成情况下强行抽排，结果造成大量漏水。若围堰或地基大量漏水，有时会淹没整个基坑，基坑开挖工作将无法进行。

为了加快施工进度，盲目提高施工排水速度，可能会导致由于基坑降水速度过快，危及堰基边坡稳定，所以需考虑合适的排水程序和一定的排水工期。大型基坑排水时间可控制在 5~7d，中型基坑排水时间可控制在 3~5d。

**8.3.8** 强调合理确定挡水建筑物施工临时度汛时段，充分分析论证需在度汛时段之前达到工程的度汛面貌。

**8.3.9** 导流泄水建筑物（如导流隧洞、导流底孔等）封堵工程包括下闸、堵漏、洞内排水和清理、混凝土凿毛、分层分块浇筑混凝土、温度控制冷却、灌浆等工序，均需在一个枯水期内完成，故建议在汛后下闸。若在汛前下闸，需加强隧洞进口段衬砌与闸门结构，并对度汛安全进行充分论证。

**8.3.10** 大型水利水电工程的工程量大、工期长，为尽早发挥效益，国内已建的许多大型工程均在施工期间开始蓄水。影响施工期蓄水的因素很多，其控制因素是枢纽工程的施工总进度和施工形象面貌。在开始蓄水前，主要单项工程需要达到规定的防洪要

表 40 国内部分工程截流施工实例

工程名称	河流	截流流量 (m <sup>3</sup> /s)	截流方法与特点	龙口宽度 /m	最大落差 /m	最大流速 (m <sup>3</sup> /s)	主戗堤顶宽 /m	截流历时	投抛强度 /[m <sup>3</sup> /昼夜或 (m <sup>3</sup> /h)]
三峡	长江	11600~8480	平抛垫底，单戗双向立堵	130	0.66	4.22	35	29.5h	154000 (9100)
葛洲坝	长江	4610	单戗两岸立堵，拦石坎护底，下戗辅行	209	3.23	7.5	25	36h	70000
大伙房	浑河	30~22	平堵，两条简易木棧桥，0.1~0.15m卵石护底	20	2.6	3.32	—	2.5h	—
神门河	黄河	2030	单戗一岸立堵	56	2.97	6.75	15~25	133h	7000 (294)
三门峡	神门岛泄水道	1720	单戗一岸立堵，设管柱拦石栅，用混凝土爆破体	35	4.37	6.50	8	32h	(107)
	鬼门河泄流道	960	先下闸(未堵死)，后单戗两岸立堵	76	7.08	5.25	5	74.5h	4800
拓溪	资水	80	多龙口立堵、平堵、下闸相结合作，12m立堵，5m平堵，5m下闸	22	1.09	4.48	—	12.5h	—
盐锅峡	黄河	447~400	单戗一岸立堵，设管柱拦石栅	55	4.43	5.2	10	36h	(190)
位山	黄河	755~322	立堵，埽工截流，柳石枕合龙	—	1.6	3.78	—	—	—

表 40 (续)

工程名称	河流	截流流量 (m <sup>3</sup> /s)	截流方法与特点	龙口宽度 /m	最大落差 /m	最大流速 (m <sup>3</sup> /s)	主戗堤顶宽 /m	截流历时	投抛强度 /[m <sup>3</sup> /昼夜或 (m <sup>3</sup> /h)]
丹江口	汉水	310~280	先平堵后立堵，截流前覆盖层已冲光，平抛一部分以减少水深	23	2.84	6.88	7.5~14	3.2h	—
刘家峡	黄河	220	三戗进占，单戗双向立堵，左岸用汽车，右岸用溜石槽	19	2.97	4~5	—	7h	(220)
青铜峡	黄河	346~325	立堵，简易浮桥平抛护底，护底宽 60m，顺水长 37m	40	1.18	4.65	10	27.3h	7300
西津	郁江	624	预先平抛填坑，单向立堵，设拦石栅，最后下闸合龙	149	1.75	4.7	—	80.7h	2500
龚嘴	大渡河	448~426	单戗两岸立堵，曾用地锚链系四面体	96	4	7	14~20	49.5h	(287)
恶滩	红水河	824	单戗一岸立堵，仅用竹笼截流	24	4.66	9.0	—	7d	—
天桥	黄河	1000~150	单戗两岸立堵	48	3.10	6.0	左 10, 右 14	7d	3000
白山	第二松花江	126	双戗两岸立堵，下戗分粗落差 0.2m	上 18, 下 20	1.48	4.8	8	3.8d	5352
大化	红水河	1390	单戗一岸立堵，预先平抛填坑，设拦石栅，下戗辅行	59.4	2.33	4.2	16	24h	上 12686, 下 4397

求。这些要求在施工总进度中需做出具体安排。对于大流量、低水头分期导流的大型枢纽工程，还可以论证利用围堰挡水发电的可能性。施工导流进度安排对河道通航条件影响较大，需充分考虑施工期临时通航方案，统筹规划、合理安排。

## 8.4 土石方明挖工程施工进度

**8.4.1** 在水利水电工程施工中，土石方明挖主要是指按照建筑物设计体型、范围和对周边及建基面的要求进行的露天开挖，是水利水电工程的先行工序，不仅直接影响后续工序的进行，而且事关工程整体的进度、质量、安全及运行的稳定性。

土石方明挖可以包括坝基、溢洪道、堤防、渠道、地面厂房等水工建筑物地基开挖，以及隧洞进、出口开挖。土石方开挖一般自上而下分层进行，分层厚度经综合研究确定。土石方明挖的工期计算需分析工程所处的地形、地质条件、施工工作面布置、施工方法和施工设备的资源配置等，工期计算需包括采取特殊施工措施的工期、施工期大坝拦洪和蓄水对土石方明挖的影响工期。

土石方明挖一般分为一般明挖和沟槽开挖。土石方明挖包括永久工程或临时工程的场地清理、地基开挖、料场覆盖层清除等，一般土石方明挖不需要临时支撑就可以大面积开挖。沟槽开挖主要指小面积开挖。场地清理主要指永久或临时工程的施工用地需要清理的全部区域的植被清理和表土清挖。在土石方明挖进度编制时需考虑排水和降水措施施工期。

土石方明挖出渣通道是影响开挖强度和工期的重要因素，在土石方明挖工期编制时，需充分考虑出渣通道的影响。在土方渠道及沟槽开挖过程中，需慎重研究确定开挖边坡，制定合理的边坡支护方案，确保施工安全和制定工期的合理性。

大型水利工程主体土石方开挖情况见表 41。

**8.4.2** 出渣通道是影响开挖强度及工期的重要因素之一。从目前国内外工程施工发展趋势来看，对出渣道路等级要求越来越高，

表 41 大型水利工程主体土石方开挖一览表

序号	工程名称	坝型	最大坝高 /m	岩石性质	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	开挖强度 /（万 m <sup>3</sup> /a）	开工年份
1	新安江	宽缝重力坝	105	砂岩、石英砂岩	586	—	1957
2	刘家峡	混凝土重力坝	147	云母石英片岩	811	—	1958
3	青铜峡	混凝土重力坝	42.7	灰页岩、砂岩	692	—	1958
4	碧口	土石坝	101.8	千枚岩、凝灰岩	531	—	1969
5	葛洲坝	土石坝、重力坝、削坡	53.8	砾岩、砂岩、粉砂岩	7464	1259	1971
6	白山	重力拱坝	149.5	混合岩	501	—	1975
7	大化	空腹重力坝	78.5	薄层泥岩、泥质灰岩	747	—	1975
8	潘家口	重力坝、土石坝	107.5	片麻岩	539	78	1975
9	安康	混凝土重力坝	147	千枚岩	793	83	1978
10	天生桥二级	重力坝	58.7	灰岩、页岩	546	180	1982
11	岩滩	宽缝重力坝	110	辉绿岩	1058	42	1985

表 41 (续)

序号	工程名称	坝型	最大坝高 /m	岩石性质	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	开挖强度 /(万 m <sup>3</sup> /a)	开工年份
12	五强溪	混凝土重力坝	87.5	砂岩、石英岩	555	—	1986
13	隔河岩	重力拱坝	151	灰岩、页岩	588	110	1987
14	水口	混凝土重力坝	101	黑云母花岗岩	879	—	1987
15	李家峡	混凝土面板堆石坝	165	片麻岩、片岩、混合岩	575	178	1988
16	天生桥一级	混凝土面板堆石坝	178	灰岩	2116	408	1991
17	二滩	双曲拱坝	240	玄武岩、正长岩	814	370	1991
18	龙虎	混凝土面板堆石坝	71.8	花岗岩	624	350	1992
19	三峡	混凝土重力坝	183	花岗岩	12145	4400	1994
20	小浪底	斜心墙堆石坝	154	砂岩、粉砂岩	3625	1400	1994
21	洪家渡	混凝土面板堆石坝	179.5	灰岩	560	—	1999
22	龙滩	碾压混凝土重力坝	216.5	灰岩、砂岩、泥岩	1775	—	2001
23	水布垭	混凝土面板堆石坝	233	灰岩	—	—	2001

所以在计算施工工期时需考虑出渣道路这一因素。

国内部分工程石方明挖强度及工期情况见表 42。国外部分工程石方明挖强度及工期情况见表 43。

表 42 国内部分工程石方明挖强度及工期统计表

工程名称	开挖项目	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	月平均开挖强度 /万 m <sup>3</sup>	施工工期 /月	备注
三门峡	坝基石方	82.5	3.4	24	分二期施工
新安江	坝基石方	32.8	2.75	12	左、右岸分期施工
葛洲坝	一、二期河床	5134.5	82.8	62	扣除停工时间
梅山	坝基石方	33.7	8.4	4	—
龙羊峡	坝基石方	118	4.5	26	—
大化	厂坝石方	81.6	5.6	15	—

表 43 国外部分工程石方明挖强度及工期统计表

工程名称	开挖项目	月平均开挖强度 /万 m <sup>3</sup>	施工年份
摩西罗克	石方	12.0	1965—1966
新布拉巴	石方	8.5	1966—1967
德沃歇克	石方	9.8	1966—1968
契尔克	石方	5.3	1966—1970
大古力	石方	15.6	1969—1970
姆拉丁其	石方	3.2	1970—1972

**8.4.3** 根据以往一些工程的经验教训，坝基水上部分的岸坡开挖与导流工程施工不重视安排平行作业，以致在截流后水上部分的岸坡开挖与基坑内的施工同时进行，形成很大的干扰，影响工效，有的还会造成人身事故或工程质量事故，延误工期。所以，建议坝基岸坡开挖与导流工程平行施工，河流截流前基本完成，为基坑全面开挖工作作好准备，以利于克服干扰，缩短工期。国内部分水利水电工程坝基开挖资料见表 44。

表 44 国内部分水利水电工程坝基开挖资料

工程 名称	坝型、岩石、 导流方式	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	部位	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	面积 /万 m <sup>2</sup>	开挖厚度 /m	平均开挖 强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	施工期 (年-月)	开挖程序	开挖方式
	总量 坝基					最大 平均				
宝珠寺	混凝土重力坝， 岩石有页岩、灰 岩，并以砂岩为 主，明渠三期导流	492 252	右岸挡水坝段 及导流坝段	150.7	3.8	—	—	1987-10—1991-12	自上而下 及上下结合 开挖	主要采用 KQD-80 及 KQ-150 型潜孔钻机微 差爆破，边界进行预裂爆 破；出渣使用 3~5m <sup>3</sup> 装 载机，1~3m <sup>3</sup> 反铲，4m <sup>3</sup> 电铲，装 15t 汽车运输
蜀衡子	混凝土重力坝， 三叠系玄武岩为 主，明渠二期导流	661 225	厂房坝段	54.04	2.9	20	—	—	—	—
天生桥 二级	碾压混凝土重力 坝，TSI 岩层明渠 导流	184 75	坝体	46.92	2.6	—	—	—	—	—
										主要用 4m <sup>3</sup> 烧毁机或 3.8m <sup>3</sup> 装载机装 10~20t 自卸车出渣，液压履带钻 机钻孔，微差挤压及预裂 爆破
			左岸坝段	41.21	—	18	—	1985-01—1985-12	自上而下 开挖	预裂切割爆破，挖掘机 装渣，自卸汽车出渣
			—	70	—	—	—	—	—	—
			—	113.3	—	51	—	—	—	—
								1986—1989		

表 44 (续)

工程 名称	坝型、岩石、 导流方式	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	部位	开挖量 /万 m <sup>3</sup>	面积 /万 m <sup>2</sup>	开挖厚度 /m	平均开挖 强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	施工期 (年-月)	开挖程序	开挖方式
	总量 坝基					最大 平均				
东风	双曲率混凝土薄 拱坝，中山叠层水 宁组灰岩，右岸 导流洞	213.3 39.72	左坝肩	13.427	1.35	15	10	0.64	1989-06—1991-02	坝基开挖采用深孔爆破 微差爆破及少量抛掷爆 破和无保土护坡一次爆 破技术，出渣用推土机推 至河床岸边，用推土机推 至河床岸边，用液压挖掘机 装 18t 自卸汽车运输
小浪底	土质心墙堆石 坝二叠纪、三叠纪 砂岩、砾砂岩、黏 土岩，分期导流， 隧洞导流	9027 866	坝基	518.4 (右)	86.6 (总)	44 (总)	10 (右)	(7.1 (右))	1994-12— 2000-06(总) 1994-12— 1995-11(右)	深孔爆破及爆破 侧边预裂，建基面用保 护层浇筑，心墙槽 壁预裂。河床及右岸 (坡 比 1:1.36) 建基面留保 层，采用柔性垫层一灰 浆灌注，左岸坡比 1:0.75， 建基面预裂。右岸分台阶 出渣，左岸一次出渣
黑河	黏土心墙、砂砾 石坝，云母石英片 岩、砾石片岩，左岸 钙质石英岩，左岸 导流洞	223.8 (其中 石方 113.6)	右坝肩 左坝肩 河床	84.6 103.4 41.4	6.32 7.93 8.41	55 61 26	13.4 13.1 5.0	6.1 7.2 8.6	1996-09—1997-10 1996-10—1998-09 1998-11—1999-03	深空弹性爆破，心墙槽 壁预裂。河床及右岸 (坡 比 1:1.36) 建基面留保 层，采用柔性垫层一灰 浆灌注，左岸坡比 1:0.75， 建基面预裂。右岸分台阶 出渣，左岸一次出渣

**8.4.4** 利用开挖渣料作为土石坝体填筑料或进行混凝土骨料制备，可以达到节约投资、保护环境的双重目的，应当加以提倡。为提高开挖渣料的直接利用率，因而建议开挖进度安排与填筑需求协调一致，否则会影响到坝体升高速度、混凝土浇筑或增加二次倒运工作量和工程费用。

**8.4.5** 土料场地下水位较高时，需考虑提前降低地下水位的工期与干扰，土料含水量过大不能满足直接使用的，进度安排时需考虑翻晒的时间，以便土料开采强度与填筑强度相协调。分析料场位置、开挖规模、开采条件以及土料性质等条件，便于结合表层清理、分层开挖与边坡防护、填筑方法等因素合理安排开采进度。

土料开采受雨水影响明显，进度安排时需分析有效施工天数并适当留有余地，以确保不对填筑工期造成影响。受主体工程填筑的影响，确需开采土料的，需协调好填筑与开采的进度，确保填筑质量，开采强度和进度安排需考虑采取保护措施对开采的影响。

**8.4.6** 砂砾石料场开采往往受水文气象条件影响明显。进度安排时需结合使用部位或使用要求，尽量避开低温、洪水、蓄水等影响，以降低开采难度、节省费用。

**8.4.7** 石料开采的工期计算时需分析工程所处的地形、地质条件、施工工作面布置、施工方法和施工设备的资源配置等，工期计算需包括对覆盖层清理、不良地质及不稳定边坡处理等采取特殊施工措施的影响工期。

**8.4.8** 用于加工骨料的石料需要提前开采，开采的时段需结合骨料需求高峰强度、加工系统的生产能力，以及考虑设备故障、天气等因素需要储备数量进行计算。一般骨料备用量不少于5~7d用量，重要且条件复杂的工程尚需更长，比如溪洛渡工程，备用量为15d使用量。因此，用于加工的石料开采进度需要综合分析，提前安排。

**8.4.9** 强调开挖边坡支护的适时性和及时性，特别是高边坡开挖的支护，需引起足够重视。

## 8.5 地基处理工程施工进度

**8.5.1** 主要提示有关地基处理需注意的事项。

**8.5.2** 两岸岸坡有地质缺陷的坝基基础处理工程量大，处理起来较复杂，是对总工期起控制作用的因素之一，所以需作较详细分析，以落实所需工期。同时需注意坝基范围以外部分，亦需在蓄水前完成。如龙羊峡工程岸坡地基处理工程量很大，直接影响到施工总工期。

**8.5.3** 岸坡不良地质地基处理技术复杂、处理工程量很大、牵涉到总工期问题需慎重分析工期，在工期安排上需有所考虑，并要求在覆盖前完成。

明确了固结灌浆、帷幕灌浆的施工顺序和施工工期安排的要求：

(1) 明确固结灌浆和帷幕灌浆的施工顺序。由于固结灌浆孔浅，采用的灌浆压力较小，且布置范围较大，先施工可以将浅层岩石中的裂隙充填密实，从而减小了帷幕灌浆时的串、冒浆情况，也可以使帷幕灌浆采用较大压力。

(2) 目前国内工程一般采用有盖重(式)灌浆，但也将无盖重灌浆作为一个重要的补充措施。为了增强固结灌浆效果，建议在混凝土盖重情况下施灌，特殊情况下可以采用无盖重下基岩施灌，有利于缩短固结灌浆时间，减少与后续工程的施工干扰，但混凝土与岩石接触面是否需要补灌及如何补灌问题，在方案选择时需综合考虑研究确定。

(3) 面板堆石坝帷幕灌浆一般安排在坝基趾板面施工，混凝土坝帷幕灌浆可以在廊道、灌浆平洞内完成，需在蓄水前结束施工。为保证帷幕后排水孔有效性，排水孔的施工需安排在帷幕灌浆后进行。帷幕灌浆的施工工期需考虑施工场地的条件。

**8.5.4** 混凝土防渗墙施工工期考虑下列因素：

- (1) 混凝土防渗墙槽段的划分。
- (2) 工程地质及水文地质条件。

- (3) 施工分期、施工导流度汛的安排。
- (4) 施工部位、墙体的深度和厚度。
- (5) 造孔工艺、施工设备性能、施工场地条件和混凝土供应能力。

(6) 混凝土龄期与防渗墙检测时间等。

混凝土防渗墙的槽孔建造工期满足下列要求：

(1) 槽孔建议分期建造，槽孔建造结束后，经检查合格后方可进行清孔。

(2) 清孔检验在换浆完成1h后进行，合格后需在4h内开浇混凝土。

高压喷射灌浆防渗墙施工工期结合分析论证或工程类比确定，并考虑下列因素：

- (1) 工程需要、地质条件、地下水流速和水文地质条件。
- (2) 喷射灌浆形式、高喷墙体结构形式和规格尺寸。
- (3) 施工工艺、施工条件和设备生产能力。
- (4) 防渗墙的龄期和检测时间等。

**8.5.5** 采取开挖置换的地基处理方式时，根据基础开挖、坝体浇筑（填筑）施工工期确定其合理工期。

振冲加固施工工期结合分析论证或工程类比确定，并考虑下列因素：

- (1) 设计荷载、设计桩长、设计桩径。
- (2) 地层特性、振冲桩体的材料和设计每延米的填筑量。
- (3) 施工工艺、振冲器具的功率和填料方式等。

灌注桩施工工期结合分析论证或工程类比确定，并考虑下列因素：

- (1) 地质、水文地质条件。
- (2) 设计的桩径、桩深尺寸。
- (3) 成孔的施工工艺、钢筋笼体的安装和混凝土浇筑等。

锚索施工工期结合分析论证或工程类比确定，并考虑下列因素：

- (1) 工程地形、地质条件和地下水情况。
- (2) 钻孔工艺、施工部位、施工条件和张拉设备等。

## 8.6 土石方填筑工程施工进度

**8.6.1** 实际施工有时难于实现设计要求的度汛面貌，处于非常被动的局面，某些工程因此引起失事事故，造成不必要的损失，故专门列此一条，要求在设计时对工期分析需作到充分合理。

**8.6.2** 明确了坝体填筑强度满足总工期、度汛要求，同时考虑填筑强度的均衡性、协调性和料场出料能力、设备生产能力的要求。

随着筑坝技术的发展，堆石坝大量采用，施工设备不断向大吨位、高容量、高功率、高效率、多种类、配套化方向发展，实际填筑强度在加大。如水布垭面板堆石坝坝高233m，坝体总填筑量1546万 $m^3$ ，其坝体填筑施工从2003年1月底开始，至2006年9月完成，填筑总工期40.5个月（已扣除2003年6月1日—9月20日汛期坝面过水影响时间），平均月填筑强度38.17万 $m^3$ ，高峰月填筑强度75.11万 $m^3$ ，其坝体高峰月填筑量与填筑总量比例为1:20.58。十三陵抽水蓄能电站上水库板堆石坝坝高75m，坝体总填筑量275万 $m^3$ ，其坝体填筑施工从1992年4月开始，至1993年9月20日完成，历时18个月，平均月填筑强度15万 $m^3$ ，高峰月填筑强度28.28万 $m^3$ ，其坝体高峰月填筑量与填筑总量比例为1:9.72。鲁布革水电站直心墙堆石坝，坝高103.5m，坝体总填筑量222万 $m^3$ ，其坝体填筑历时25.6个月，高峰月填筑强度22.33万 $m^3$ ，其坝体高峰月填筑量与填筑总量比例为1:10。坝体填筑施工的各期填筑强度需有协调均衡要求，其比值建议不超过1.3~1.6，以免使用过多的施工机械、劳动力和临时设施。

近年来施工的混凝土面板堆石坝填筑强度统计见表45。

**8.6.3** 强调设计者需重视水文、气象对土石坝施工进度的影响，并需分析料场开采、坝体填筑等的年、月施工天数。部分土石坝计划的施工天数见表46。

表 45 混凝土面板堆石坝填筑强度统计表

序号	坝名	坝体体积 /万 m <sup>3</sup>	平均强度 /(万 m <sup>3</sup> /月)	高峰强度 /(万 m <sup>3</sup> /月)
1	水泊渡	49.40	5.39	—
2	老渡口	133.84	14.90	—
3	古洞口	193.50	11.06	—
4	大桥	198.00	8.49	—
5	鲁布革	222	8.95	—
6	芹山	248.00	14.88	—
7	那兰	249.30	17.00	19.00
8	龙首二级	253.00	15.18	—
9	引子渡	286.00	44.40	—
10	街面	342.00	38.50	—
11	瓦屋山	350.00	21.00	—
12	升钟	357	14.59	—
13	公伯峡	471.00	34.20	—
14	盘石头	540.00	23.14	—
15	冶勒	670	24.36	—
16	乌鲁瓦提	677.00	30.09	—
17	吉林台	836.20	40.00	69.00
18	董箐	891.00	44.55	—
19	洪家渡	906.00	29.00	33.70
20	三板溪	960.00	40.00	71.67
21	滩坑	1000.00	40.00	60.00
22	紫坪铺	1167.00	43.00	86.00
23	茅坪溪	1213	30.33	—
24	天生桥一级	1800.00	55.00	117.93
25	瀑布沟	2052	48.86	—
26	溧阳(抽水蓄能)	2158	53	—
27	水布垭	2326.00	36.40	—
28	糯扎渡	3591.66	73	—
29	小浪底	5185	106.11	157.97

表 46 部分土石坝计划的施工天数

工程名称	月份												施工情况
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
石头河	17/20	12/19	23/30/	17/25	17/26	15/23	15/25	16/26	16/19	16/25	22/28	22/25	202/291 土料 173d, 石料 336d
毛家村	16/29.5	18/27	23/29	25/26	19/24.5	0/22.5	0/25	0/22	0/18	16/24	23/25.5	27/29.5	167/302.5 接近
升钟	25/30	25/24	25/30	24/29	21/28	22/24	19/25	21/22	15/23	23/26	25/29	25/31	270/321 没达到
鲁布革	25/27	24/25	26/27	16/22	0/14	0/11	0/15	0/11	0/15	0/19	17/19	29/29	137/237 —
松涛	28.5/26	22.5/22	26.5/27	21.5/25	17.5/23	14.5/23	18.5/25	15.5/25	5/20	17/23	20/25	26/27	233/288 没达到
黑河	17/20	12/12	23/28	17/26	15/27	15/22	16/24	10/18	16/21	22/27	22/24	202/275 土料 225d, 石料 262d	
小浪底	22/25	16/19	22/24	18/22	19/23	17/22	14/21	18/22	18/23	21/23	23/25	226/271 —	

注：分子为土料施工天数，分母为坝壳料施工天数。

**8.6.4** 施工期需临时过水的土石坝，一般坝体防护工作量都很大，因此要求设计者在进行工期分析时需慎重考虑。

**8.6.6** 土质心墙坝、土质斜墙坝和均质土坝的上升速度，结合导流设计、施工总进度安排、施工方法分析比较选定。土石坝上升速度主要受心墙（斜墙）上升速度的控制，心墙（斜墙）施工上升速度和土料的性能、有效工作日、工作面条件、运输与碾压设备性能以及施工工艺等有关，一般通过分析并结合工程经验确定，必要时可以进行现场生产性试验。黏土料填筑速度一般为 $0.2\sim0.5\text{m/d}$ ， $3\sim7\text{m}/\text{月}$ ，最高可以达 $10\text{m}/\text{月}$ 以上，黑河坝曾达到 $14\text{m}/\text{月}$ 。

**8.6.7** 一般来说，沥青混凝土心墙施工进度决定沥青混凝土心墙坝体填筑进度，沥青混凝土心墙与两侧过渡料交错式平起上升，两侧的坝壳料进度略低于心墙进度或与心墙进度一致。沥青混凝土斜墙在坝体填筑完成后施工，为了保证施工质量，在满足施工进度要求的情况下，最好在坝体沉降完成后，再进行沥青混凝土斜墙施工。

**8.6.8** 混凝土面板堆石坝填筑，在保证按期达到各期计划目标的前提下，各个施工期的填筑强度均衡，避免使用过多的施工机械、劳动力和临时设施，保持施工的均衡性。堆石坝施工进度，需按石料的开采强度、运输能力和填筑强度进行复核。

在截流后可以先期填筑趾板线下游 $20\sim30\text{m}$ 范围外的堆石体，在此范围内的垫层、过渡层和部分堆石体可以待浇筑趾板后再填筑。

混凝土面板堆石坝的施工工期主要受坝体填筑控制，需合理安排防渗体施工时间，减少防渗体施工与坝体填筑等相互干扰。混凝土面板施工前，相应坝体需有不小于3个月的预沉降期。坝高不大于 $70\text{m}$ 时，面板混凝土最好一次浇筑完成；坝高大于 $70\text{m}$ 时，根据施工安排或提前蓄水需要，面板建议分二期或三期浇筑。分期浇筑的面板，其施工缝需低于填筑体顶部高程，高差建议大于 $5\text{m}$ 。近年来施工的混凝土面板堆石坝填筑强度统计见表47。

表47 混凝土面板堆石坝填筑强度统计表

序号	坝名	坝体体积 /万 $\text{m}^3$	平均强度 /(万 $\text{m}^3/\text{月}$ )	高峰强度 /(万 $\text{m}^3/\text{月}$ )
1	水泊渡	49.40	5.39	—
2	老渡口	133.84	14.90	—
3	古洞口	193.50	11.06	—
4	大桥	198.00	8.49	—
5	鲁布革	220	8.95	—
6	芹山	248.00	14.88	—
7	那兰	249.30	17.00	19.00
8	龙首二级	253.00	15.18	—
9	引子渡	286.00	44.40	—
10	街面	342.00	38.50	—
11	瓦屋山	350.00	21.00	—
12	升钟	357	14.59	—
13	公伯峡	471.00	34.20	—
14	盘石头	540.00	23.14	—
15	冶勤	670	24.36	—
16	乌鲁瓦提	677.00	30.09	—
17	吉林台	836.20	40.00	69.00
18	董箐	891.00	44.55	—
19	洪家渡	906.00	29.00	33.70
20	三板溪	960.00	40.00	71.67
21	滩坑	1000.00	40.00	60.00
22	紫坪铺	1167.00	43.00	86.00
23	茅坪溪	1213	30.33	—
24	天生桥一级	1800.00	55.00	117.93
25	瀑布沟	2052	48.86	—
26	溧阳（抽水蓄能）	2158	53	—
27	水布垭	2326.00	36.40	—
28	糯扎渡	3591.66	73	—
29	小浪底	5185	106.11	157.97

有研究文献表明，高 178m 的天生桥一级混凝土面板堆石坝在施工及初期蓄水期间，混凝土面板所出现的裂缝和超常脱空的主要原因是堆石徐变量大，面板混凝土浇筑离填筑完成时间太短造成的。为保证混凝土面板施工质量，避免混凝土面板和防浪墙脱空，洪家渡工程设计建议面板混凝土施工时坝体需自然沉降 3 个月以上，最好经历一个汛期；水布垭工程设计进度安排面板混凝土浇筑滞后坝体填筑 6~10 个月或使其与临时坝顶有近 20m 的高差。所以，本条规定混凝土面板施工前，相应坝体需安排一定的沉降期，主要是针对高面板堆石坝工程的。

**8.6.9** 堤防、护岸、护坡工程属于线性工程，分期分段施工有利于保证工程进度，有利于多工种、多部门协同施工，灵活掌握施工时段，突出重点，解决关键部位的防汛问题，保证工程安全。

## 8.7 混凝土工程施工进度

**8.7.1** 本条明确了混凝土工程施工和导流度汛、混凝土生产系统、运输浇筑能力及混凝土温控等工程项目有密切关系，安排混凝土施工进度时需综合考虑，引起足够重视。

**8.7.2** 本条明确了混凝土浇筑月工作日一般情况下采用的天数，对控制直线工期的关键项目施工天数需要细致计算，即日历天数扣除气象停工天数。

北方地区施工时间一般为 4—10 月，仅 7 个月，如再考虑汛期暴雨、洪水的影响，施工有效时间会更短。冬天、雨天需要施工时，需采取有效措施（如冬天搭暖棚、雨天搭遮雨棚、夏天降温等）。

**8.7.3** 本条阐明了常态混凝土平均升高速度需考虑的因素，混凝土浇筑进度有两个主要指标，一个是浇筑强度，它是反映机械设备容量与混凝土不均匀系数的指标；另一个是坝体平均升高速度，它是反映形象面貌和施工程序的指标。这二者指标都能满足要求，才能实现工程进度计划。

坝体常态混凝土升层高度强约束区（高度 $\leqslant 0.2L$ ， $L$  为坝体最大宽度）可以按 1.5~2m 考虑，脱离强约束区后可以为 3.0m。坝体常态混凝土正常浇筑情况下月平均浇筑强度可以按表 48 选取。月平均上升高度可以按表 49 参考选用。

表 48 常态混凝土月平均浇筑强度参考值

混凝土总量 /万 m <sup>3</sup>	月平均浇筑强度 /万 m <sup>3</sup>	月平均浇筑强度 占总量百分比/%
20~60	2.0~4.0	10.0~5.0
60~120	3.0~5.0	5.0~4.0
120~250	4.0~8.0	3.5~3.0
250~500	6.0~15.0	3.0~2.4

表 49 常态混凝土月平均上升高度参考值 单位：m

坝型	一般坝段	引水、溢流坝段	闸坝
重力坝	4.0~6.0	3.0~4.0	4.0~6.0
重力拱坝	5.0~7.5	3.0~4.0	4.0~6.0
薄拱坝	6.0~8.0	—	—
轻型坝	6.0~9.0	—	—

**8.7.4** 本条阐明了碾压混凝土平均升高速度需考虑的因素，每一升层高度，强约束区（高度 $\leqslant 0.2L$ ， $L$  为坝体最大宽度）可以按 1.0~2.0m 选取，脱离强约束区后可以为 3.0~6.0m。坝体碾压混凝土正常浇筑情况下，月平均浇筑强度可以按表 50 选取。坝体碾压混凝土正常浇筑情况下，月平均上升高度可以按表 51 选用。

表 50 碾压混凝土月平均浇筑强度参考值 单位：万 m<sup>3</sup>

混凝土总量	月平均浇筑强度	混凝土总量	月平均浇筑强度
100 以下	3.0~5.0	250~500	12.0~15.0
100~250	7.0~12.0	500 以上	15.0~25.0

表 51 碾压混凝土月平均上升高度参考值 单位: m

坝型	挡水坝段	溢流坝段
重力坝	5.0~8.0	4.5~6.0
拱坝	9.0~12.0	6.0~9.0

**8.7.5、8.7.6** 主要根据国内实践经验,强调了施工进度与安全度汛的关系,彼此需互相协调,尤其是接缝灌浆涉及的问题比较多,需作妥善安排。

混凝土坝接缝灌浆需符合下列要求:

- (1) 需自下而上分层进行。
- (2) 同一高程上重力坝建议先灌纵缝再灌横缝,拱坝建议先灌横缝再灌纵缝。
- (3) 横缝灌浆建议从大坝中部向两岸推进。
- (4) 纵缝灌浆建议从下游向上游推进;也可以先灌上游第一道纵缝后,再从下游向上游推进。每一灌区高度建议为9~12m,面积建议为200~300m<sup>2</sup>。当每一灌区高度超过12m,面积超过300m<sup>2</sup>时需特别论证。

各灌区符合下列条件时方可进行灌浆:

- (1) 灌区两侧坝块混凝土的温度需达到设计规定值。
- (2) 灌区两侧坝块混凝土的龄期建议大于6个月。在采取了有效冷却措施情况下,一般不少于4个月。
- (3) 除顶层外灌区上部混凝土厚度一般不少于9m,其温度需达到设计规定值。
- (4) 接缝的张开度一般不小于0.5mm。
- (5) 灌区密封,管路和缝面畅通。

同一高程的灌区灌浆,需符合下列要求:

- (1) 灌浆结束3d后,其相邻的灌区方可灌浆。
- (2) 相邻灌区具备灌浆条件时,可以采用同时灌浆方式,也可以采用逐区连续灌浆方式。
- (3) 采用连续灌浆时,前一灌区灌浆结束后8h以内,开始

后一灌区的灌浆,否则仍需间隔3d后再进行灌浆。

同一坝缝的灌区灌浆,需符合下列要求:

- (1) 下层灌区灌浆结束14d后,上层灌区方可灌浆。
- (2) 上下层灌区具备灌浆条件时,可以采用连续灌浆方式,但上层灌区灌浆需在下层灌区灌浆结束后4h以内进行,否则仍需间隔14d后再进行灌浆。

**8.7.7** 一般情况下基础岩石开挖完成后再覆盖混凝土。但当厂房为关键工程时经充分论证覆盖混凝土可以与岩石开挖交叉进行施工。当厂房混凝土浇筑需与岩石开挖交叉进行时,需论证其必要性和安全性,强调爆破开挖对已浇筑或新浇筑混凝土不要产生有害影响。

**8.7.8** 本条对厂房工程的施工进度做出了相关规定,并明确了需考虑的因素。为充分发挥桥机(一般为小桥机)的吊装作用,一般优先形成安装间,尽早完成桥机(特别是小桥机)的安装。

**8.7.11** 考虑到国内一些工程施工均衡性较差,以致既占用了施工设备又延长了工期。一般混凝土浇筑不均衡系数与导流方式和坝型虽有一定关系,但不明显,可以忽略不计。但是与浇筑期历时有关。通常建设工期历时短的,其均衡性较好,月不均衡系数就低;反之,月不均衡系数偏高,高峰时段与高峰年的月不均衡系数也相应增大。根据实际工程施工经验推荐不均衡系数建议值,详见表52。

表 52 不均衡系数建议值

项 别	整个工程 浇筑期	高 峰 时 段		
		历时超过 15个月	历时 12个月	历时小于 8个月
国内平均先进值	2.36	1.6	1.5	
国外先进值	1.31	1.28	1.2	
建议值	2.3~1.3	1.6~1.3	1.5~1.25	1.4~1.2

通过对20世纪90年代以来国内已建和在建的部分大坝混凝土浇筑月不均衡系数进行的统计表明,常态混凝土坝的月不

均衡系数大多为 1.27~1.7，个别项目如 1994 年完工的东风薄拱坝（坝高 162m）的月不均衡系数达 2.44；高峰年浇筑混凝土的月不均衡系数多数为 1.2~1.4，最大为 1.68。可见 20 世纪 90 年代以来，我国混凝土坝的施工技术和管理水平已经有了很大进步，接近国外水平。国内已建大型工程常态混凝土浇筑高峰不均衡系数见表 53，国内大型工程常态混凝土坝浇筑月不均衡系数见表 54，国内已建碾压混凝土坝的月不均衡系数见表 55。

表 53 国内已建大型工程常态混凝土浇筑高峰不均衡系数

工程名称	高峰年强度 (万 m <sup>3</sup> /年)	高峰月强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	高峰年月平均强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	月不均衡系数
五强溪	117	16.3	9.7	1.68
隔河岩	90.4	10.2	7.5	1.4
漫湾	88	9	7.3	1.233
龙羊峡	72	7.5	6	1.25
二滩	211.6	24.5	17.6	1.392
三峡二期	542.85	55.35	45.24	1.224
注：二滩工程强度为整个工程的全部统计结果。				

表 54 国内大型工程常态混凝土坝浇筑月不均衡系数

坝型	工程名称	坝高 /m	坝体 混凝土 总量/m <sup>3</sup>	混凝土 浇筑净 历时/月	平均强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	高峰月 强度/(万 m <sup>3</sup> /月)	月不均衡 系数
拱坝	东风	162	42.56	26	1.64	4	2.44
	二滩	240	410	39	10.38	16.36	1.575
	小湾	294.5	846.9	64	13.23	22.5	1.7
	锦屏一级	305	430	56	10.27	17.47	1.7
	拉西瓦	250	253.9	45	6.42	8.35	1.3
重力 坝	三峡二期	181	1600	41.29	38.75	55.35	1.43
	漫湾	132	240	34	7.06	9	1.27

表 55 国内已建碾压混凝土坝施工指标

坝型	工程名称	坝高 /m	碾压 混凝土 总量 /m <sup>3</sup>	混凝土 浇筑净 历时/月	平均强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	高峰月 强度 (万 m <sup>3</sup> /月)	月不 均衡 系数
拱坝	普定	75	13.7	9.6	1.43	2.54	1.77
	招徕河	107	22	10.27	2.14	3.96	1.85
	光耀	200.5	279	34	8.21	24.84	3.03
重力坝	大朝山	111	135.25	29.5	4.58	9.1	1.99
	棉花滩	115	64	18	3.56	5.96	1.68
	龙滩一期	192	341	51	6.69	28	4.19
	江垭	131	137	22	6.23	12	1.93
	官地	168	327	23	14.21	28.3	1.99

## 8.8 地下工程施工进度

**8.8.1、8.8.2** 主要考虑到地下厂房布置往往形成一组洞室群，它深受工程地质与水文地质以及建筑物布置的影响，其施工干扰性较大，如不事先加以统一考虑，则会影响工程进度。所以，要实现快速施工，需做好施工程序设计，提出有效的技术措施。

水利水电工程地下建筑物包括：引水隧洞、尾水隧洞、导流洞、泄洪洞、放空洞、排砂洞、调压井、地下主副厂房、主变压器室、尾闸室、交通洞、通风洞（井）、出线洞（井）、排水洞和施工支洞等。

- (1) 按照工作性质分为过水和不过水两大类。
- (2) 按其结构特性分为不衬砌结构、柔性支护结构（喷锚支护）、混凝土衬砌结构和钢衬结构等。
- (3) 按体型和布置型式可以分为平洞、斜井、竖井、大型洞室等。

地下工程施工主要工序为：开挖，出渣，安全处理或临时支护，浇筑混凝土衬砌或锚喷混凝土衬砌，灌浆及附属工作，金属

结构及机电安装等。

**8.8.3、8.8.4** 地下工程的施工进度，与地质、水文地质、断面和断面形状、采用的施工方法及工作面个数有关。同时受交通条件的限制，因此在编制地下工程施工进度之前，研究设置施工支洞布置的合理性与必要性，为地下工程洞室群的施工程序的合理衔接创造条件，满足施工总进度的要求。

确定开挖作业循环进尺的因素较多。虽然其成果的主要参数是钻孔深度，但是国内外计算钻孔深度的公式有以装渣时间、钻孔时间或循环作业时间作为主要控制因素的，也有综合上述三个因素的，本标准推荐根据综合装渣、钻孔、一次支护的循环作业时间确定开挖作业循环进尺。

(1) 最大钻孔深度受钻孔设备和围岩类别限制，按照 SL 378《水工建筑物地下开挖工程施工规范》中的规定：

① I ~ III类围岩，采用手风钻造孔时，循环进尺建议为 2.0~4.0m；采用液压单臂或多臂钻造孔时，循环进尺建议为 3.0~5.0m。

② IV类围岩，循环进尺建议为 1.0~2.0m。

③ V类围岩，循环进尺建议为 0.5~1.0m。

(2) 单项工序的进度按下列规定经分析确定：

① 对关键线路中的主要洞室，需进行循环作业进尺分析。

② 钻爆法月进尺可以按以循环作业时间计算的理论月进尺乘以 0.6~0.7 的系数安排。

(3) 钻爆法施工每循环的炮孔深度需根据洞室的围岩条件、断面尺寸和钻孔机械的性能确定。炮孔深度一般不超过隧洞宽度的 0.6 倍，每循环开挖进尺建议为炮孔深度的 0.85~0.9 倍。并需按 SL 378 的规定确定循环进尺。平洞开挖循环作业的时间，符合下列要求：

① 以班为单位进行安排。

② 小断面洞室可以安排每班两个及以上的作业循环。

③ 中型断面洞室可以每班一个循环。

④ 大断面洞室可以 2~3 班一个循环。

(4) 爬罐开挖速度，一般为 2~3m/d。

(5) 天井钻机开挖速度，结合井深、地质条件、设备、岩石性状、井的倾角和钻井直径等综合考虑，一般为 4~10m/d。

(6) 随着地下工程施工设备、施工工艺、施工水平的日益更新，地下工程开挖工期也将会不断缩短，需不断积累实际工程经验，通过类比来确定地下工程开挖施工工期。国内部分平洞钻爆法施工实例见表 56。

(7) 小断面斜井、竖井和导井开挖时采用向上开挖法，选用爬罐开挖作为升降钻孔平台是一种先进、成熟的方法。爬罐目前是国内、外陡倾角、长斜井施工最常采用的设备。爬罐开挖具有施工安全性能良好、出渣容易、施工进度快的优点。爬罐的开挖速度受地质条件、工程规模、施工条件和设备性能等制约。爬罐开挖速度，建议为 2~3m/d。在国内水利水电工程项目的反导井施工中，许多大、中型抽水蓄能电站（如广州抽水蓄能电站、浙江天荒坪抽水蓄能电站、十三陵抽水蓄能电站、桐柏抽水蓄能电站等）进行了成功应用。国内部分工程爬罐法施工实例见表 57。

(8) 天井钻机是一种将竖井钻机和巷道掘进技术结合而成的设备，天井钻机开挖竖井、斜井是一种高效率、高安全、高质量、施工方便、人工劳动强度小的凿井施工方法。天井钻机安装在露天或两个工作面的上工作面，天井钻机开挖速度需根据钻孔深度、钻孔直径、井孔倾角、地质条件、施工条件和设备性能等因素综合确定。国内的天井钻机在水利水电工程上一般用于 45°~90° 大倾角斜井、竖井的施工，国产天井钻机直径一般为 1.2m、1.4m、2.0m，深度可以达 400m。国外天井钻机扩孔直径可以达 7.0m，井深可以达 1000m，可以在 0°~360° 范围内使用，从软岩到硬岩均可以使用天井钻机进行施工，但岩石硬度会影响钻机的钻速。随着天井钻机性能的不断更新，天井钻机在水利水电工程中将会更广泛应用。天井钻机开挖导井施工实例见表 58。

表 56 国内部分平洞钻爆法施工实例

工程项目	开挖断面尺寸	围岩性质和类别	开挖方法	主要施工机械		开挖速度/(m/月)
				平均	最高	
鲁布革 引水隧洞	圆形 φ8.8m	白云岩、 石灰岩 I~Ⅲ	全断面开挖	三臂液压台车, 3m <sup>3</sup> 侧卸式装载机, 15~20t 自卸汽车	230	373.56
天生桥二级 引水隧洞	圆形 φ9.7~12.2m	灰岩 砂页岩 I~V	全断面开挖	液压多臂钻, 装载机, 自卸汽车	60~70	140
小浪底 1号导流洞	圆形 φ16.5m	砂岩 Ⅲ~V	上部中导洞三层 台阶五步开挖	二臂液压台车, 988D 装载机, DROYT 正向铲, 15~20t 自卸汽车	93.58	—
广州 (抽水蓄能Ⅰ期) 尾水隧洞	马蹄形 9.0m×9.8m	花岗岩 I~W	全断面开挖	三臂液压台车 3m <sup>3</sup> 侧卸式装载机, 15~20t 自卸汽车	156.19	181.70
大朝山 1号尾水洞	圆形 φ16.00m	玄武岩 II~W	上部中导洞二层 台阶三步开挖	三臂液压台车, HCR 履带钻机, 966F 装载机, 15t 自卸汽车	54.86	导洞 150 扩挖 210
漫湾 1号导流洞	方圆形 16.0m×19.0m	流纹岩 II~W	上部边导洞二层 台阶三步开挖	TH480 液压台车, 5.4m <sup>3</sup> 装载机, 712 钻孔钻, 15~20t 自卸汽车	顶拱 237.3	顶拱 271.9
二滩 1号导流洞	方圆形 15.0m×15.5m	玄武岩 II~W	上部边导洞四层 台阶五步开挖	—	43.40	—

表 57 国内部分工程爬罐法施工实例

技术指标	渔子溪二级	鲁布革		广州(抽水蓄能)		天生桥二级		天荒坪		桐柏	
		调压井	压力斜井、 排水斜井	I期	II期	压力直井	压力斜井	(抽水蓄能)	(抽水蓄能)	桐柏	(抽水蓄能)
洞长/m	总长 570, 其中斜井 388	64	—	上斜井 406.202, 下斜井 347.459	上斜井 397.72, 下斜井 351.84	六条平均 588, 其中直井 178.3	六条平均 588, 其中直井 178.3	总长 697.43, 反导井长 324	总长 413.19, 反导井长 278	先导井后 扩大法。	先导井后 扩大法。
倾角/(°)	46	—	48	50	50	—	—	58	50	反导井结合, 反导井 STH - 5D 型爬罐	反导井结合, 反导井 STH - 5EE 型爬罐
施工方法	先导井 后扩大法。 先导井: SIH - 5L 爬罐	先导井 后扩大法。 先导井: SIH - 5L 爬罐	先导井 后扩大法。 先导井: SIH - 5L 爬罐	先导井后 扩大法。 爬导井; 扩大 爬罐法。扩大; 使 用支柱式钻 机平台车, 手风钻孔	先导井; 正反 井 SIH - 500 型及 SIH - 5EE 型爬罐	先导井后 扩大法。 扩 大法。 导井: 正反 井结合, 反 井 STH - 5型爬罐	先导井后 扩大法。 扩 大法。 导井: 正 井结合, 反 井 STH - 5D 型爬罐	先导井后 扩大法。	先导井后 扩大法。	正 导井; 正 井结合, 反 井 STH - 5EE 型爬罐	正 导井后 扩大法。
导井	部位	下段	中段	—	1号 2号 排水井上斜井下斜井上斜井下斜井	—	—	—	—	—	—
平均月进尺/m	—	56	89	121	120	—	—	正井 30.4, 21.9, 反井 113.15 33.1	正井 37.7, 78, 反井 134.1 138.4	55	—
最高月进尺/m	70	56	100	160	180	94	77	正井 37.7, 78, 反井 134.1 138.4	80	127	—

表 58 天井钻机开挖导井施工实例

技术指标	十三陵(抽水蓄能)		二滩		琅琊山(抽水蓄能)		大朝山		张河湾 (抽水蓄能)
	出线竖井	1号高压 管道下斜井 (50°)	引水隧洞 竖直段	500kV 电缆钢井	压力管道	排风竖井	TJ 通风竖井	尾调室 通风竖井	F 厂房 通风竖井
开挖直径/m	8.6	6.6~4.6 (88.2m <sup>2</sup> )	10.6 6.6m× 4.85m	—	—	—	—	—	7.76
井深/m	157.84	238	竖井段 70m, 加上上弯段 共 94.7 m	274 (倾角 37°58')	133.7	148.3 (73°)	101 (90°)	162.18 (87.167°)	133.56 (87.167°)
地质条件	砾岩、 安山岩 砾岩抗压	玄武岩	玄武岩	薄层夹 中厚层 灰岩	薄层夹 中厚层 灰岩	—	—	—	—
反井钻机型号	LM-200	LM-200	H170	RBSER250	LM-120	LM-120	LM-120	LM-120	ZYF2.0/400型
导孔直径/mm	216	216	300	300	216	216	216	216	270
平均日进尺/(m/d)	14.6	8.3	—	17.13	7	7	14.43	18	26.6
扩孔直径/mm	1400	1400	1524	1524	1400	1400	1400	1400	1400
平均日进尺/(m/d)	10.57	9.12	—	15.22	11	15	4.39	5.4	10.23
从导孔开始至扩孔完 综合进尺/(m/d)	6.34	1.39	6号竖井 3.8m; 5号竖井 4.3m	8	共完成 7 条竖井, 累计总深度 959.35m	坚井 6 条和压力管道 1 条, 总钻孔深度 825.07m	—	—	反井钻机导 井深 307m

(9) 随着我国常规水电站和抽水蓄能电站的大量兴建，大型、特大型地下厂房越来越多。根据以往工程实践，为了保证围岩稳定、方便施工、发挥施工设备能力和满足工期要求，大型洞室开挖需遵循下列原则：

①对于高边墙、大跨度的地下洞室开挖，首先需研究确定合理的开挖分层。分层高度一般为 6~10m，地下厂房的第 2 层一般为岩锚吊车梁所处部位，层高需考虑岩锚的造孔和安装、吊车梁混凝土浇筑以及下层开挖爆破的影响，一般在吊车梁以下不小于 2m 较合适。

②设置合理的施工通道（施工支洞）。施工通道包括永久通道和增设的临时通道，对于特大型洞室或控制性工程，需设置双向通道。

③为了加快施工进度，需创造条件进行立体平行流水作业，即“立体多层次、平面多工序”的施工程序。

国内部分大型地下厂房开挖施工实例见表 59。

**8.8.5** 随着水利水电工程的建设和发展，兴建各种用途的深埋长隧洞越来越多，地质条件也越来越复杂，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，采用掘进机开挖技术经过近半个世纪的发展，应用已相当成熟，具有如下优势：

(1) 掘进速度快。

(2) 隧洞施工安全、文明程度高。

(3) 把成折线的隧洞改成直线隧洞，缩短了洞线长度，减少了施工支洞的数量和相应的临建设施。

(4) 减少超挖和对围岩的扰动，经济效益、时间效益和社会效益巨大。

根据国外公司经验，掘进机开挖速度参考数据为：

(1) 每小时的进尺：①硬岩 1.5~2.5m/h，②中硬岩 2.5~4.5m/h，③软岩 4.0~6.0m/h。

(2) 每天安排掘进时间 16~18h。

(3) 每月安排掘进天数 22~25d。

表 59 国内部分地下厂房开挖施工实例

序号	工程名称	装机容量/MW	厂房尺寸(长×宽×高)/(m×m×m)	开挖量/万 m <sup>3</sup>	围岩性质	开挖分层/层	开挖工期/月	月施工强度/(m <sup>3</sup> /月)
1	白山(一期)	900	123×25×54.35	15.46	混合岩	3	43	3680 10700
2	鲁布革	600	125×15.5×32.7	7.7	白云质灰岩	5	22.5	3245 16000
3	广州(抽水蓄能一期)	1200	146.5×21×44.54	10.5	块状黑云母花岗岩	5	17.5	4192 18400
4	广州(抽水蓄能二期)	1200	150.5×21×47.64	11.94	块状黑云母花岗岩	6	20	5970 —
5	东风	510	105×21.7×48	8.9	石灰岩	5	26	3462 —
6	十三陵(抽水蓄能)	800	145×23×46.6	12.91	砾岩	7	27	6148 —
7	太平驿	260	112.2×19.7×45.3	5.7	花岗岩	6	23	2478 8994
8	天荒坪(抽水蓄能)	1800	200.7×21×47.64	17	凝灰岩	6	22	7727 —
9	小浪底	1800	251.5×26.2×61.4	27.6	砂岩	10	38	7263 —
10	大广坝	240	87×14×37.5	4.07	玄武岩、凝灰岩	5	16.5	2467 —
11	二滩	3300	280.29×30.7×65.68	40.5	正长岩、玄武岩	10	33.5	11960 —
12	大朝山	1350	233.9×26.4×67.3	27.92	玄武岩、凝灰岩	7	29	9600 —

表 59 (续)

序号	工程名称	装机容量/MW	厂房尺寸(长×宽×高)/(m×m×m)	开挖量/万 m <sup>3</sup>	围岩性质	开挖分层/层	开挖工期/月	月施工强度/(m <sup>3</sup> /月)
13	棉花滩	600	129.5×21.9×52.08	12.5	花岗岩	6	16.5	11900 —
14	泰安(抽水蓄能)	1200	190×24.5×52.27	21	花岗岩	6	26.5	7900 —
15	桐柏(抽水蓄能)	1200	182.7×24.5×60.25	19.2	花岗岩	7	27	7100 —
16	龙滩	4200	388.5×28.9×77.3	64.06	砂岩、粉砂岩、泥板岩	9	32	2070 —
17	水布垭	1600	168.5×23×69.47	18.3	砂岩	8	26	7000 —
18	张河湾(抽水蓄能)	1000	151.55×23.8×50.8	—	变质安山岩	—	21	— —
19	宜兴(抽水蓄能)	1000	155.3×22×52.4	—	砂岩、粉沙质泥岩	7	24	— —
20	蒲石河(抽水蓄能)	1200	165.8×22.7×54.1	17.86	混合花岗岩	7	23.5	7600 —
21	三峡(右岸地下厂房)	4200	311.3×32.6×87.24	61.8	花岗岩、闪长岩	9	36	17170 —
22	拉西瓦	4200	311.75×30×74.84	—	花岗岩	9	35	— —
23	溪洛渡(右岸厂房)	6300	443.34×31.9×75.6	62.63	—	—	30	20877 —
24	向家坝	3200	255.2×34.3×88.2	59.53	细至中细粒砂岩	10	34	17509 25000

随着掘进机在水利水电工程中的不断应用和工程经验的不断积累，可以通过工程类比的方式确定掘进机的开挖进度安排。引黄入晋工程部分采用掘进机，其掘进速度见表 60。

国内、外若干隧洞应用掘进机施工概况见表 61。

表 60 引黄入晋工程已使用的双护盾掘进机施工统计

工程名称	刀头直径 /m	长度 /km	最高日进尺 /(m/d)	最高月进尺 /(m/月)	平均月进尺 /(m/月)
南干 4 号洞	4.920	6.64	99.4	1821.5	998
南干 5 号洞北段		19.30			
南干 5 号洞南段	4.820	6.21	81.0	1417	748
南干 6 号洞		13.98			
南干 7 号洞北段	4.880	21.28	79.3	1635	788
南干 7 号洞南段	4.895	19.36	75.9	1324	774
总干 6 号洞	6.125	6.7	51.2	876.8	601
总干 7 号洞	6.125	2.7	51.2	948	529
总干 8 号洞	6.125	12.2	65.6	1083.9	711
连接段 7 号洞	4.819	13.46	113.2	1637.5	1245

8.8.6 本条主要给出临时支护和开挖的时间关系，在施工进度安排时需充分考虑。

8.8.7 地下工程混凝土浇筑工期受施工条件、衬砌施工工艺、混凝土生产及运输能力等制约。衬砌混凝土施工工期安排可以根据实际工程类比确定。在洞室围岩自稳情况较好或已有临时支护的情况下，每浇筑段时间一般为 3~7d。

竖井、斜井衬砌混凝土建议采用滑模及配套的混凝土运输设备施工；平洞一般采用钢模台车及配套的混凝土运输设备施工。

国内部分水电站斜井、竖井滑模工程实例见表 62。

表 61 国内、外若干隧洞应用掘进机施工概况

国别	隧洞名称	施工时间 (年-月)	洞径 /m	断面 面积 /m <sup>2</sup>	用掘进机 掘进长度 /m	岩石及抗压强度 /MPa	掘进机 型号	平均进尺 /m	日最大 进尺 /m
								日	月
中国	新王庄	1981—1983	5.8	26.2	1449	砂质灰岩，60~83	SJ-58A	5.16	129
中国	新王庄	1981—1983	5.8	26.2	1449	长石石英岩，276.4	SJ-58A	—	57.5
中国	引大入秦	1990—1992	4.8	18.1	11649	砾岩，砂岩，页岩，30~50	罗宾斯	33.28	832
中国	秦岭 1 线	1998—1999	8.8	60.8	3685	片麻岩，花岗岩，78~325	TB880E	11.32	283
中国	山西引黄	1997—2001	4.9	18.9	86865	砂岩，白云质灰岩，页岩	罗宾斯	45.2	1130
中国	天生桥二级	1985—1987	10.8	92	—	石灰岩，30~100	罗宾斯	—	70
美国	奥埃	1945	7.9	48.7	—	软页岩	罗宾斯	24	600
美国	奥埃	1958	9.0	63.2	2350	软页岩	罗宾斯	20	500
美国	纳伐约	1956	6.45	32.5	3000	砂页岩，35~40	休斯	17.4	435
美国	阿佐梯	1966	3.8	11.3	20000	砂页岩，28~35	—	62	1550
美国	勃莱柯	1967	3.04	7.2	13600	砂页岩，28~35	—	41.1	1027
美国	奥索	1968	3.2	8.0	8000	页岩，7~35	—	69	1725
美国	圣路易	1966	2.4	4.5	3048	石灰岩，燧石，84~105	佳伐式	15.2	380
								24.4	

表 61 (续)

国 别	隧洞名称	施工时间 (年-月)	洞径 /m	断面 面积 /m <sup>2</sup>	用掘进机 掘进长度 /m	岩石及抗压强度/ MPa	掘进机 型号	平均进尺 /m		日最大 进尺/m
								日	月	
美国	弗城	1966	4. 2	13. 7	488	石灰岩, 角闪岩, 42~17. 5	—	12. 0	300	17
美国	巴克斯金	1976—1976	7. 16	40. 0	11000	砂岩	—	14. 7	376	15. 5
美国	华盛顿地铁	—	5. 79	26. 1	—	—	—	18	360 (周最大 进尺)	260
瑞士	柯勃	1968—1969	3. 0	7. 02	1145	英岗岩	—	5. 3	132. 5	15. 7
日本	惠郡山	1968	4. 45	15. 8	4250	英岗岩, 80~110 50~100	—	4. 6	115	20. 0
日本	大山	1968—02— 1968—10	4. 3	14. 4	1798	凝灰岩, 硅岩, 黏板岩, 50~100	—	8. 57	214	26. 4
日本	香川引水	1969	4. 3	14. 4	7752	页岩, 40~130	—	20. 9	522	—
巴基斯坦	曼格拉导流洞	1964—01— 1964—02	11. 1	97	467	粉砂岩, 0. 85~12. 6	—	67(周 最大 进尺)	—	22
澳大利亚	塔斯马尼亚	—	4. 9	18. 7	7010	页岩, 84~12. 6	—	20. 8	522	—
奥地利	沃拉	1981—1982	3. 5	9. 5	6770	安山岩	—	32	800	58

表 62 国内部分水电站斜井、竖井滑模工程实例

工程项 目	设计参数	模版型式	衬砌速度/(m/月)	
			平均	最高
天荒坪 (抽水蓄能)	斜井高 723. 56m, 倾角 58°, 开挖直径 8m, 衬砌后内径 7m	XHM - 7m 不间断式滑模系统	上斜井 190. 30; 下斜井 93. 04	230. 3
	电缆井井高 126. 16m	液压滑模、连续滑升	—	2. 40m/d
广州 (抽水蓄能)	上井 406m, 下井 347m, 倾角 50°, 平均开挖直径 9. 7m, 衬砌后内径 8. 5m	英国 CSM 公司研制的 XDM-8. 5m 间断式滑模系统	102	149
桐柏 (抽水蓄能)	斜井长 413. 12m, 倾角 50°, 平均开挖直径 10m, 衬砌后内径 9m	LSD 斜井连续式滑模系统	—	189. 5
鲁布革	调压井高 64m, 倾角 90°, 开挖直径 15m, 衬砌后内径 13m	液压滑模、连续滑升	2. 73m/d	—
天生桥二级	调压井高 90m × 3 条, 倾角 90°, 开挖直径 24m, 衬砌后内径 21m	液压滑模、连续滑升	一个月滑完	—

国内部分工程平洞混凝土衬砌钢模台车工程实例见表 63。

**8.8.8 地下厂房混凝土浇筑**是地下工程施工中重要的施工项目和环节, 其施工工期直接影响机电设备的安装, 影响首台机组的发电工期, 地下厂房混凝土浇筑分一、二期混凝土。一期混凝土包括厂房的顶拱、边墙、底板、弯管段和扩散段。二期混凝土以机组分段, 每机组段自下而上分层浇筑, 其浇筑时间需与水轮发电机组(包括座环和蜗壳)的安装时间统一考虑, 保证机电设备的安装工期, 从而保证机组发电的工期。

**8.8.9 隧洞混凝土衬砌段的灌浆**是隧洞施工重要环节之一, 灌

表 63 国内部分工程平洞混凝土衬砌模台车工程实例

工程项目	设计参数	模板型式	浇筑块长 /m	混凝土运输方式	混凝土平均浇筑强度 /(m <sup>3</sup> /月)	施工工速度 /(m/月)	备注
鲁布革 引水隧洞	洞长 9382m, 开挖直径 8.8m, 衬砌后内径 8.0m	针梁式钢模台车	15	搅拌车、 混凝土泵车	2610	167	270 一次性 衬砌
小浪底 1号导流洞	洞长 16.5m, 衬砌后内径 14.5m	无轨底拱钢模, 有轨边顶模钢模台车	12	搅拌车、 混凝土泵车	4998	—	— — —
广州(抽水 蓄能一期) 尾水隧洞	洞长 1424.5m, 开挖断面 9m×9.8m(马蹄形), 衬砌后内径 9m	针梁式钢模台车	15	搅拌车、 混凝土泵车	4000	105	165 一次性 衬砌
大朝山 1号尾水隧洞	洞长 1152m, 开挖直径 16m, 衬砌后内径 15m	CM150 钢模台车	15	搅拌车、 混凝土泵车	—	底拱 180; 边顶 120	— —
漫湾 1号导流洞	洞长 458m, 开挖断面 16m×19m(D×h), 衬砌厚度 0.5m	顶拱钢模台车、边端蝴蝶模 钢模	顶 19.2 边 24.0	搅拌车、 混凝土泵车	5700	81	180 —

表 63 (续)

工程项目	设计参数	模板型式	浇筑块长 /m	混凝土运输方式	混凝土平均浇筑强度 /(m <sup>3</sup> /月)	施工工速度 /(m/月)	备注
二滩 1号泄洪洞	洞长 15m×15.5m(D×h), 衬砌厚度 1m	钢模台车, 脚升模板	8	搅拌车、 混凝土泵车	3026	—	— — —
天生桥二级 引水隧洞	洞长 9700m, 平均开挖直径 9.7m, 衬砌后平均内径 8.7m	全断面钢模台车, 边顶拱和底板钢模	15	搅拌车、 混凝土泵车	—	90	150 一次性 衬砌
隔河岩引水洞	平均洞长 446m(4 条), 衬砌后平均内径 8.5m	针梁式钢模台车	—	搅拌车、 混凝土泵车	—	—	84 一次性 衬砌
溪洛渡右岸 导流洞	平均洞长 1464m(3 条), 城门洞型, 开挖断面 21m×23m 衬砌后断面 18m×20m	穿行式边顶拱钢模台车	12	搅拌车、 混凝土泵车	30000	—	先底板、 后边顶拱

浆施工与混凝土衬砌施工有搭接，滞后于混凝土衬砌施工。隧洞混凝土衬砌灌浆中规定了一般按先回填灌浆、后固结灌浆、再进行接缝灌浆的施工顺序，说明了灌浆施工和衬砌混凝土的时间要求。

隧洞混凝土衬砌段的灌浆，需按先回填灌浆、后固结灌浆的顺序进行。回填灌浆需在衬砌混凝土达到70%设计强度后进行，固结灌浆建议在该部位回填灌浆后7d后进行。当在隧洞中进行帷幕灌浆时，需先进行回填灌浆、固结灌浆，再进行帷幕灌浆。

水工隧洞钢衬段各类灌浆的顺序需按设计规定进行。钢衬接触灌浆需在衬砌混凝土浇筑结束60d后进行。

隧洞顶拱回填灌浆需分区段进行，每区段长度一般不大于50m。回填灌浆建议分为两个次序进行，后序孔需包括顶孔。在规定的压力下，灌浆孔停止吸浆，延续灌注5min即可以结束。

隧洞固结灌浆需按环间分序、环内加密的原则进行。环间建议分为两个次序，地质条件不良地段可以分为三个次序。在规定的压力下，灌浆孔段注入率不大于0.4L/min时，延续灌浆30min，可以结束。

水工隧洞钢衬接触灌浆，在规定的压力下，灌浆孔停止吸浆，延续灌注5min，可以结束。

地下工程灌浆施工进度安排时，每台灌浆机组的月生产能力：回填灌浆一般为500m<sup>2</sup>；固结灌浆一般为300m。

## 8.9 金属结构及机电安装施工进度

**8.9.1、8.9.2** 强调体现关键线路上的金属结构及机电安装施工与土建工程施工的衔接，并需对其工期分析留有适当余地。机组安装进度安排需协调与土建工程施工的交叉衔接，控制机电安装进度的土建工程交付安装的时间按下列各项交面时间逐项确定：

- (1) 安装场交面时间。
- (2) 尾水管安装工作面的交面时间。
- (3) 座环安装工作面的交面时间。
- (4) 蜗壳安装工作面的交面时间。

- (5) 发电机层交面时间。
- (6) 桥机轨道梁交面时间。
- (7) 厂房封顶时间。
- (8) 副厂房、开关站交面时间。

### 8.9.3 压力钢管安装施工进度需考虑下列要求：

- (1) 需考虑天锚、地锚、轨道及支墩、吊装及牵引设备、插筋等施工的前期准备工作所占用的时间。
- (2) 平洞压力钢管安装进度需根据运输距离、管径、材质及厚度确定一个安装单元的安装时间。
- (3) 斜井、竖井压力钢管安装进度除需考虑平洞压力钢管安装的相关因素外，还需考虑洞内的管节运输时间及材料运输、人员上下运输等因素。

### 8.9.4 闸门、拦污栅及启闭机工程工期可以按如下估算：

- (1) 闸门安装工期估算。

平面闸门埋件安装总工期可以按式(7)估算：

$$M = A + B + C + D + T_1 + T_2 \quad (7)$$

式中  $M$ ——平面闸门埋件安装总工期，班；

$A$ ——底槛安装工期，班，可以按表64规定计算求得；

$B$ ——主、反轨安装工期，班，可以按表64规定计算求得；

$C$ ——门楣安装工期，班，可以按表64规定计算求得；

$D$ ——侧轨安装工期，班，可以按表64规定计算求得；

$T_1$ ——测量控制点设置、脚手架搭设、拆除和油漆工期，班；

$T_2$ ——二期混凝土浇筑和养护工期，班。

表64 平面闸门埋件安装工期

项目	底槛	主、反轨	门楣	侧轨
	A	B	C	D
工期/班	0.3L	0.75H	0.4h	0.15H <sub>1</sub>
埋件长/m	L	H	h	H <sub>1</sub>

(2) 平面闸门门叶组装工期见表 65。

表 65 平面闸门门叶组装工期

单位: 班

门叶组装方法	门叶宽度/m			
	<5	5~8	8~12	12~16
整体门叶	6	6	7	7
门叶二节组成、节间螺栓连接或销轴连接	9	12	14	16
门叶二节组成、节间焊接	12	15	18	20
注: 每增加一节门叶, 当节间螺栓连接或销轴连接时, 增加 2 个班; 当节间焊接, 门宽≤8m 时, 增加 3 个班; 门宽>8m 时, 增加 4 个班。				

(3) 平面闸门门叶安装工期见表 66。

表 66 平面闸门门叶安装工期

单位: 班

门叶组装方法	门叶宽度/m			
	<5	5~8	8~12	12~16
门叶整体吊入	2	2.5	3	3
门叶分节吊入, 二节组成, 节间螺栓连接或销轴连接	3	4	5.5	6
门叶分节吊入, 二节组成, 节间焊接	8.5	11.0	14.5	16
注 1: 在安装前, 门叶经过组装或已拼装成整体。 注 2: 表列安装工期不包括吊杆安装、脚手架搭、拆和油漆工期。 注 3: 每增加一节门叶, 当节间螺栓连接或销轴连接时, 增加 2 个班; 当节间焊接, 门宽≤8m 时, 增加 3 个班; 门宽>8m 时, 增加 4 个班。				

(4) 弧形埋件安装总工期可以按式(8)估算:

$$M = A + B_1 \text{ (或 } B_2 \text{)} + C + D_1 \text{ (或 } D_2 \text{)} + T_1 + T_2 \quad (8)$$

式中  $M$ —弧形闸门埋件安装总工期, 班;

$A$ —底槛安装工期, 班, 可以按表 67 规定计算求得;

$B$ (或  $B_1$ )—露顶(或潜孔)侧止水座板安装工期, 班, 可以按表 67 规定计算求得;

$C$ —侧轮导板安装工期, 班, 可以按表 67 规定计算

求得;

$D$ (或  $D_1$ )—≤15t(或>15t)铰座钢梁安装工期, 班, 可以按表 67 规定计算求得;

$T_1$ —测量控制点设置、脚手架搭设、拆除和油漆工期, 班;

$T_2$ —混凝土浇筑和养护工期, 班。

表 67 弧形闸门埋件安装工期

项目	底槛	侧止水座板		侧轮导板	铰座钢梁	
		露顶	潜孔		≤15t	>15t
	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
工期/班	0.3L	0.3H	0.4H	0.15H	5	7

注 1: 表中  $L$ 、 $H$  为埋件长度、高度, m。  
注 2: 铰座钢梁需争取和支铰座组装成整体后一起安装。

(5) 露顶式、潜孔式弧形闸门安装总工期可以按式(9)和式(10)估算:

$$M_1 = A + n_1 B + n_2 C + D + E + T_1 \quad (9)$$

$$M_2 = KA + n_1 B + n_2 C + D + E + F + T_1 + T_2 \quad (10)$$

式中  $M_1$ —露顶式弧门安装总工期, 班;

$M_2$ —潜孔式弧门安装总工期, 班;

$A$ —根据弧形闸门安装方法, 分别取  $A_1$ 、 $A_2$  或  $A_3$ , 其安装工期可以从表 68 中查得;

$K$ —系数, 需根据弧门所承受的水头大小、结构形式和施工条件等综合考虑, 一般取 1.1~1.5;

$n_1$ —门叶焊缝系数;

$B$ —门叶焊接工期, 班, 可以从表 68 中查得;

$n_2$ —门叶节数;

$C$ —门叶吊装工期, 班, 可以从表 68 中查得;

$D$ —支臂焊接工期, 班, 可以从表 68 中查得;

$E$ ——支腿间桁架连接工期，班，可以从表 68 中查得；  
 $F$ ——门楣安装工期，班，可以从表 68 中查得；  
 $T_1$ ——测量控制点设置、脚手架搭设、拆除和油漆工期，班；  
 $T_2$ ——门楣二期混凝土浇筑和养护工期，班。

表 68 弧形闸门安装工期 单位：班

安装方法	门叶宽度				
	<5m	5~8m	8~12m	12~16m	
分件吊装空间穿轴	$A_1$	12	14	18.5	20
支铰整体吊装	$A_2$	10	12	16	17
支铰支腿整体吊装	$A_3$	9	11	14	15
门叶每条接缝焊接	$B$	1.5	2	3	3
门叶吊装	$C$	1	1	1.5	1.5
支臂接缝焊接	$D$	1	1.5	2	2.5
支腿间桁架连接	$E$	2~3		3~4	
门楣安装	$F$	3~4		4~6	

注：潜孔式弧形闸门门楣虽是埋件，但一般均配合弧形闸门一起安装，故列入弧形闸门安装工期。

(6) 船闸人字门埋件安装工期见表 69。

表 69 船闸人字门埋件安装工期 单位：班

安装项目	单扇门叶宽度		
	<9m	9~15m	15~20m
底槽	0.4L		
底枢底座、枕座、枕垫块、顶枢拉架埋件	$4+0.5H$	$5+0.5H$	$6+0.5H$

注：表中  $L$  为底槽长度，m； $H$  为门叶高度，m。

(7) 船闸人字门门叶安装总工期估算方法如下：

人字门门叶竖立安装总工期可以按式(11)估算：

$$M = nA + (n-1)B + C + D + E + F + G + H + T_1 + T_2 \quad (11)$$

式中  $M$ ——人字门门叶竖立安装总工期，班；  
 $n$ ——门叶节数；  
 $A$ ——拼装一节门叶工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $B$ ——焊接一节门叶工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $C$ ——背拉杆安装调整工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $D$ ——顶枢拉杆安装和门体轴线调整工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $E$ ——支、枕垫块安装调整工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $F$ ——填层浇筑工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $G$ ——底、侧止水安装工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $H$ ——其他附件安装工期，班，可以从表 70 中查得；  
 $T_1$ ——测量控制点设置、门体临时加固及拆除、脚手架搭设和拆除、油漆涂装工期（班）；  
 $T_2$ ——二期混凝土浇筑和养护工期，班。

船闸人字门门叶平地安装总工期为  $0.8M$ ，班。

表 70 船闸人字门门叶竖立安装工期 单位：班

安装项目	单扇门叶高度/m							
	<9	9~15	15~20	>20	单扇门叶宽度/m			
		<15	≥15	<15	≥15	<15	≥15	
拼装一节	$A$	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0
焊接一节门叶焊缝	$B$	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5
背拉杆安装调整	$C$	2	2	3	3	4	4	5
顶枢拉杆安装和门体轴线调整	$D$	2	2	4	4	6	5	7
支、枕垫块安装调整	$E$	3	4	5	5	6	6	7

表 70 (续)

安装项目		单扇门叶高度/m						
		<9	9~15	15~20	>20	单扇门叶宽度/m		
			<15	≥15	<15	≥15	<15	≥15
填层浇筑	F	3	4	5	5	6	6	7
侧、底止水安装	G	3	4	5	5	6	6	7
其他附件安装	H	1.0	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0

注 1: 预应力背拉杆乘 1.5。  
注 2: 支垫块系分块安装。

(8) 启闭机安装工期估算。

螺杆式启闭机安装工期见表 71。

表 71 螺杆启闭机安装工期

启门力/kN	<100	100~300	>300
安装工期/d	4~6	6~10	10~16

固定卷扬式启闭机安装工期见表 72。

表 72 固定卷扬式启闭机安装工期

启门力/kN	单吊点	400~1000	1000~2000	2000~4000	4000~6000
	双吊点	2×160~2×500	2×500~2×1000	2×1000~2×2000	2×2000~2×3000
安装工期/d	5~8	8~14	14~18	18~24	

台车式启闭机安装工期见表 73。

表 73 台车式启闭机安装工期

启门力/kN	单吊点	400~1000	1000~2000	2000~4000	4000~6000
	双吊点	2×160~2×500	2×500~2×1000	2×1000~2×2000	2×2000~2×3000
安装工期/d	15~20	20~30	40~50	50~70	

门式启闭机安装工期见表 74。

表 74 门式启闭机安装工期

启门力/kN	单吊点	<1000	2000	3500~400	>4000
	双吊点	2×400	2×1000	2×1600	—
		2×500	—	—	2×2500
		2×750	2×1250	2×2000	—
安装工期/d		50~60	60~70	70~80	80~90

液压启闭机安装工期见表 75。

表 75 液压启闭机安装工期

启门力/kN	<1000	1000~2000	2000~4000	4000~6000
安装工期/d	15~20	20~25	25~30	30~40

桥式启闭机安装工期见表 76。

表 76 桥式启闭机安装工期

启门力/kN	<500	1000	2000	3000	>4000
安装工期/d	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80

清污机安装工期见表 77。

表 77 清污机安装工期

拦污栅宽度/m	<3	5	8
安装工期/d	15~20	20~25	25~30

8.9.5 机电设备工程工期按如下估算:

(1) 机电辅助设备和管路安装工期估算。辅助设备或系统管路的安装工期可以按式(12)估算:

$$T_1 = \frac{Q\Phi K}{DdN} \quad (12)$$

式中  $T_1$  —— 辅助设备或系统管路安装施工工期, 月;

$Q$  —— 辅助设备或系统管路安装工程量, 设备单位为 t,

管路单位为 m;

$\Phi$ ——辅助设备或系统管路安装设计预算定额, 工日, 可以查该电站设计预算定额;

$K$ ——高峰系数, 可以取 1.2~1.4;

$D$ ——每人每月工作日, 取 21 日/(人·月);

$d$ ——每天工作的班数, 建议取 1~2;

$N$ ——该系统管路或设备安装施工人数, 可以根据施工进度需要安排。

蝴蝶阀或机组管路的安装工期可以按式(13)计算:

$$T_2 = \frac{WK}{DdN} \quad (13)$$

式中  $T_2$ ——蝴蝶阀或机组管路安装工期, 月;

$W$ ——蝴蝶阀或机组管路安装设计预算定额, 工日/台, 机组管路安装工程量, 以水轮发电机空气冷却器环形供水管直径及定子铁芯外径表示, 由电站设计预算定额中查取。

(2) 厂房桥式起重机安装参考工期见表 78。

表 78 厂房桥式起重机安装工期

起重机型号	跨度/m	安装工期/d
150/50 桥式	14	20
350/75/10 桥式	21	30
400/80/10 桥机	21	35
500/125/16 桥机	28	40
1200/125/16 桥机	33.5	45
2×250/125/16 桥式	26	40
2×350/150/16 桥式	26	45

注 1: 安装工期系从主梁吊装起至起重机试验证止。  
注 2: 表中所列安装工期不包括轨道安装工期。

(3) 水轮发电机组主要单项工程参考工期见表 79。

表 79 水轮发电机组主要单项工程参考工期 单位: d

项 目	座环安装	蜗壳挂装	定子组装	定子下线	转子组装
50~100MW	15~20	30~40	40~50	40~50	50~65
100~200MW	20~25	40~55	50~60	50~60	65~80
200~300MW	25~30	55~65	60~70	60~70	80~90
300~400MW	30~35	65~75	70~80	70~80	90~100
400~600MW	35~40	75~85	80~90	80~100	100~120
700MW (风冷)	40	90	100	110	130
700MW (水内冷)	40	90	100	180	130

注 1: 表中工期适用于立轴混流式机组。

注 2: 立轴轴流式机组最大单机容量小于 300MW, 其单项工程工期(除蜗壳外)可以在表中对应的工期基础上乘系数 1.1~1.2 求得。

注 3: 立轴冲击式机组最大单机容量小于 200MW, 其单项工程工期可以参考上表并取下限。

注 4: 贯流式机组单机容量更小(不大于 100MW), 其结构形式与混流式机组区别较大, 单项工期建议根据实际情况确定。

**8.9.6 机组安装次序**一般需根据安全、交通及安装条件确定。常规水轮发电机组并网发电前的调试包括机组本身的无水、有水调试两种, 还有水道充水试验。抽水蓄能机组由于还包含水泵试验, 其所需调试时间一般比常规水轮发电机组长 1~2 个月时间。

## 9 施工劳动力及主要技术供应

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 需针对施工总进度进行资源优化，在不影响总工期情况下，调整非关键线路上的工程项目，使施工劳动力、主要施工设备数量及主要材料总需要量及分年需要量相对均衡。

**9.1.2** 计算劳动力数量时，是以施工总进度为基础，而施工总进度表上的工程项目是各施工工序的综合项目。因此，计算劳动力所需的定额需根据工程施工条件和施工方法经综合分析后拟定。

### 9.2 施工劳动力

**9.2.2** 强调需根据工程实际配备施工劳动力人数。直接生产人员按工作面、工作班制及施工方法，以混合工种配备计算，是一种较科学、能反映实际情况的计算方法，其成果有一定的竞争力且又结合实际，一般可优先采用。

**9.2.5** 生产人员总数包括直接生产人员和间接生产人员。目前水利水电工程施工管理水平较过去有较大的提高，管理人员数量有所减少，管理人员取生产人员总数的 5%~8%（大型工程通常取低值，小型工程视具体情况分析取值）。缺勤人员取生产人员总数和管理人员之和的 4%~6% 比较合适。

### 附录 A 施工组织设计工作的依据和所需资料

**A.0.1、A.0.2** 附录 A 所列施工组织设计工作的依据和所需资料按初步设计深度制定。使用时需注意以下几点：

(1) 强调目前初步设计阶段施工组织设计工作内容及其成果需执行 SL 619，工程量计算需执行 SL 328《水利水电工程设计工程量计算规定》。其他设计阶段施工组织设计工作内容及其成果需执行的标准虽未提及，但设计时需理解目前项目建议书编制阶段执行的是 SL 617《水利水电工程项目建议书编制规程》，可行性研究阶段执行的是 SL 618《水利水电工程可行性研究报告编制规程》。

(2) 设计对地方政府、业主及国民经济各有关部门对工程建设的要求不能忽视，需深入进行研究，妥善解决。

(3) 市场经济条件下采用招标发包方式建设水利水电工程，设计时不必再专门收集和掌握某一特定施工单位的情况，只有对国内外施工队伍的施工装备、技术特点和管理水平有所了解，才能切合实际地作好施工组织设计工作。

(4) 条文中所列出的工作依据和各项资料，并非每个工程设计时都需全部具备；另外，有的工程设计时尚需增加某些资料，由于需要的资料内容繁多，且不同工程需要的资料也不尽一致，因此本标准不可能一一列举，设计时可根据具体情况确定。

## 附录 B 导流标准确定的风险度分析法

**B.0.1** 施工导流的挡水建筑物的设计必须考虑施工洪水过程和导流建筑物泄流能力，确定上游设计水位与上游围堰高程，分析上游围堰高程与上游设计水位的关系，判断围堰是否满足度汛要求。公式(B.0.1)给出了分析确定围堰的堰前水位超过围堰设计挡水位可能性的概念和方法。

**B.0.2** 以往施工导流设计标准只考虑施工洪水过程，即洪水的重现期，计算采用式(14)：

$$T = 1/P \quad (14)$$

而围堰是否满足度汛要求，不仅与施工洪水过程有关，还与导流建筑物泄流能力有关。因此，综合考虑施工洪水过程和导流建筑物泄流能力确定上游设计水位，将导流的风险率 $R$ 转换成当量洪水重现期 $T_r$ 。

**B.0.3** 由于在导流设计标准中考虑了导流建筑物泄流能力的不确定性，因此当量洪水重现期 $T_r$ 要求大于或等于设计洪水重现期(或导流标准)。

**B.0.4** 在围堰使用运行年限内， $n$ 年内遭遇超标洪水的动态综合风险率 $R(n)$ 类似于过去的含义，采用式(15)表示：

$$R(n) = 1 - (1 - 1/T)^n \quad (15)$$

**B.0.5** 施工洪水过程线采用P-III型分布。

**B.0.6** 在施工导流泄洪建筑物及其规模确定的情况下，受围堰上游水位和泄流建筑物流量系数等水力参数影响，导流建筑物的泄流能力的不确定性可采用三角分布进行描述。

**B.0.7** 施工导流设计不仅仅受施工洪水过程和导流建筑物泄流能力的影响，还有其他随机性因素，如：

- (1) 典型洪水过程线确定与水文资料的收集、整理和选择。
- (2) 由于工程测量、计算以及围堰上游库区的坍塌等自然因

素引起围堰上游库容与水位之间关系的变化。

(3) 上游围堰起调水位的影响等。

**B.0.8** 为了确定上游围堰的堰顶高程和堰前水位，通过Monte-Carlo随机抽样水文特性和水力条件的不确定性，每一次抽样进行一次调洪演算，统计分析计算堰前水位。1~8步骤给出了随机调洪演算的计算流程。

当坝体的修筑高程超过围堰的高程，采用坝体的临时断面度汛时，施工导流标准风险分析校核度汛洪水标准的方法和步骤与围堰挡水度汛的方法相同。

**B.0.9** 对于导流标准选择，风险、投资(或费用)与工期三者之间的关系取决于两方面的约束，一方面是最大允许的施工进度要求；另一方面是最大允许投资的限制。这两个要求的理解是超载洪水发生后，是否有允许的时间和投资重新恢复被破坏的导流建筑物重新恢复。导流标准是通过协调风险、投资(或费用)与工期三者之间的关系而确定的。对于初期导流而言，围堰和导流泄水建筑物的规模取决于两方面的约束，一个是最允许的施工进度要求；另一个是最大允许投资的限制。同时，超载洪水发生后有无允许的时间和投资把被破坏的导流建筑物重新恢复起来，也是影响取舍的重要因素。在选择导流标准决策时，考虑决策者在能够接受的风险范围内，需协调处理投资规模、施工进度、超载洪水导致的导流建筑物损失、溃堤时对河道下游的损失和发电工期的损失等关系后进行综合决策。

## 附录 C 天然建筑材料设计需要量计算

**C. 0.1** 表 C. 0.1 中各种料物自然方和压实方折算系数与《水利建筑工程概算定额》(水利部文件水总〔2002〕116号) 及《水利建筑工程预算定额》(水利部文件水总〔2002〕116号) 土石方松实系数是一致的。

**C. 0.2** 在进行料物的设计需要量计算时, 各种损耗补偿系数难以通过实验确定, 每个工程都不尽相同, 在具体选用时一般根据工程自身特点按下列原则综合考虑选取:

(1) 土料加工损耗是指土料翻晒、加水、掺砾及筛分等工艺过程的损耗, 结合工程具体情况综合分析选用; 石料和砂砾料加工损耗补偿系数与最终加工的成品料有关, 一般过渡料取小值; 垫层料和反滤料取大值;

(2) 转存损耗补偿系数主要与堆存场地条件有关, 存料场设置在弃渣场上部时, 转存损耗取大值。

(3) 开采损耗补偿系数需根据料场开采条件, 料场夹层分布、节理和构造发育以及岩性破碎成粉等情况, 综合分析选用。

## 附录 D 岩土开挖级别划分及洞室开挖通风指标

### D. 1 岩土开挖级别划分

**D. 1.1** 岩土开挖级别划分与 SL 378 的岩石分级和《水利建筑工程概算定额》《水利建筑工程预算定额》的土类分级及岩石类别分级基本一致。

### D. 2 洞室开挖所需通风量及风速值

**D. 2.1~D. 2.3** 洞室开挖所需通风量及风速值与 SL 378 规定的通风指标基本一致。原标准规定工作面附近的最小风速不要低于 0.25m/s, 比 SL 378—2007 中 11.2.5 规定的 0.15m/s 略大, 鉴于过去施工中由于对环境卫生认识不够, 通风设备能力往往不够, 因此为改善作业环境, 保障施工人员的身体健康, 本次修订仍采用原标准的规定, 作为施工组织设计的控制指标, 使用时需注意这一点。

表 80 (续)

规范名称	低温季节混凝土施工气温标准
美国 ACI 306—1978	日平均气温连续 3 天低于 4.5℃
日本土木学会规范	日平均气温低于 4℃
西德工业标准 DIN 1045 规定	日平均气温低于 5℃
国际建设材料及结构试验研究协会, RILEM 规定 (1963 年)	日平均气温低于 5℃

## 附录 E 混凝土施工温度控制

**E.0.1** 由于大体积混凝土温度控制并不是施工组织设计一个专业的工作内容, 因此所列内容仅为大体积混凝土温度控制基本参数的选择和确定的一般要求和目前成熟的防裂措施。相邻坝块过大的高差对坝体是不利的, 主要有以下几个方面:

(1) 先浇坝块长期暴露在空气中, 受到气温剧烈变化的作用, 容易产生表面裂缝。

(2) 先浇坝块长期暴露时间较长, 散热较大, 温度较低, 而后浇坝块温度较高, 在两坝块之间形成温差, 从而引起不同的变形, 减小接缝张开度, 影响接缝灌浆质量。

(3) 相邻坝块高差在接缝两侧可能产生较大的剪切变形, 对于接缝的止水设备也是不利的。

基于上述原因, 在混凝土施工中, 一般都限制相邻坝块高差, 使各坝块尽量均匀上升。

**E.0.2** 从以下几个方面阐述:

(1) 关于低温季混凝土施工气温标准问题, SL 677 中规定“日平均气温连续 5 天稳定在 5℃ 以下或最低气温连续 5 天稳定在 -3℃ 以下时”。由于日平均气温降至 5℃ 以下时, 混凝土强度增长明显减缓; 最低气温 -3℃ 以下时, 混凝土易受早期冻害, 所以采用此双指标控制是需要的。我国现行 SL 677 以及苏联、日本、美国等国, 亦均根据气温条件规定为一种标准, 见表 80。

表 80 国内外低温季节混凝土施工气温标准

规范名称	低温季节混凝土施工气温标准
《水工混凝土施工规范》(SL 677)	日平均气温连续 5 天稳定在 5℃ 以下或最低气温连续 5 天稳定在 -3℃ 以下时
苏联规范 (1976 年)	日平均气温低于 0℃ 或最低气温低于 -5℃

由表 80 可见, 大多数都以平均气温低于 5℃ 为低温季节混凝土施工的气温标准, 这与混凝土养护温度低于 5℃ 时其强度增长显著减缓是一致的。

确定低温季节施工期需依据当地 10 年以上气象资料。当地缺少资料可借鉴邻近地区气象部门资料。

(2) 提出经济合理低温季节施工的温度范围为日平均气温为 -20~5℃。从理论上讲只要供热保温符合要求, 在任何负温条件下, 都可以进行混凝土施工, 但比较经济的还是施工期平均气温在 -20℃ 以上。根据桓仁、白山、红石水电工程的经验, 日平均气温低于 -20℃ 时, 施工设备、建筑材料及施工各环节出现问题的几率成倍增加。比如: 暖棚法、电热法或蒸汽法在低于 -20℃ 条件下施工, 供热管的接头、运料胶带、电器开关出现故障几率增加, 施工人员的劳动生产率也将大大降低。在此条件下施工, 将增加大量的人力、物力。经济合理的施工温度范围是根据当前水利水电工程施工企业通常使用的设备、建材及施工工艺水平提出的。

(3) 混凝土的强度是其养护龄期和温度乘积的函数, 不同的龄期与温度的乘积相等时其强度亦大致相同。用这一乘积计算混凝土强度的方法称为成熟度法。成熟度法可解决不需混凝土试块只需测得养护温度和龄期, 计算出成熟度就可以查出或计算出混凝土强度。

SL 677 对混凝土早期允许受冻的临界强度规定为: “受冻期无外来水分时, 抗冻等级小于 (含) F150 的大体积混凝土抗压

强度需大于 5.0 MPa (或成熟度不低于  $1800^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ )；抗冻等级大于 (含) F200 的大体积混凝土抗压强度需大于 7.0 MPa (或成熟度不低于  $1800^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ )；结构混凝土不要低于设计强度的 85%。受冻期可能有外来水分时，大体积混凝土和结构混凝土均不要低于设计强度的 85%。”

成熟度  $1800^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$  是北方严寒地区桓仁、白山、红石工程中的应用成果，对普通硅酸盐水泥拌制的混凝土强度可达到 28d 标准养护的 40% 以上，同大体积  $C_{90}15\sim C_{90}20$  混凝土达到允许受冻临界的强度基本一致。成熟度法计算混凝土早期强度运用于 50℃ 以下养护条件的普通混凝土和 30℃ 以下养护的掺外加剂混凝土，在其标准值的 60% 以内吻合较好。

## 附录 F 施工交通运输主要技术标准

### F.1 对外交通运输量和运输强度计算

**F.1.1** 表 F.1.1-1 混凝土坝外来物资和设备运输量指标表及表 F.1.1-2 土石坝枢纽外来物资和设备运输量指标表中数据参考《水利水电工程施工组织设计手册》(第 1 卷)，在应用中，可根据实际情况调整，参考标准如下：

- (1) 水泥。引水式枢纽一般取上限，重力坝坝后式厂房枢纽一般取下限。当地下工程的混凝土量占混凝土总量的 40% 以上时，可在限基础上再增加 10%~20%。
- (2) 木材。坝型为轻型坝或闸，又较多的使用木模时，一般采用上限，对大量使用钢模板的工程一般取下限。
- (3) 钢材。坝型为轻型坝闸时一般取上、中限，地下工程较多时一般取上、中限，重力式坝型一般取下限。
- (4) 施工机械。大、中型工程且机械化程度不高时一般取下限。
- (5) 永久机械设备。低坝或闸一般取上限，高坝一般取下限。
- (6) 煤炭。北方及高寒地区的工程一般取上限，南方取下限。
- (7) 油料。施工机械化程度较高时一般取上限。反之取下限。
- (8) 房建材料。施工布置与城镇全部或部分结合时一般取上、中限，反之取下限。
- (9) 生活物资。施工机械化程度较低，工期较长的工程一般取上限，反之取下限。
- (10) 其他。引水式工程一般取上限，堤坝式工程一般取下限。

**F.1.2** 第二种方法（详算）房建材料运输量计算中  $B_i$  取值可参考表 81。

**F.1.5** 昼夜高峰运输强度的确定中  $T_i$  取值可参考表 82， $K_i$  取

值可参考表 83。

表 81 企业厂房、仓库、住宅、宿舍、公共建筑建筑运输量

项 目		单位建筑面积运输量/(t/m <sup>2</sup> )	
		厂房、仓库	住宅、宿舍、公共建筑
砖混结构		0.65	
砖基础 土坯墙	砖柱瓦顶平房	0.35	0.35
	瓦顶平房		0.31
	活动房屋		0.10

表 82 各种运输方式月运输天数

项 目	运输天数 $T_i/d$			
	铁路运输	公路运输	水路运输	水陆联运
东北、西北、	30	23~26	20~25	20~25
华东、中南	30	25~28	20~25	20~25
西南	28	25~28		

表 83 器材供应和运输不均匀系数

运输方式	铁路运输	公路运输	水路运输	水陆联运
$K_i$	1.05	1.10	1.15	1.15

## F.2 公路工程主要技术标准

**F.2.1** 表 F.2.1 按照 JTG B01 及 GBJ 22 相关规定编制, 适用于水利水电工程场外永久交通道路的设计。

**F.2.2** 考虑水利水电工程特点, 公路上大、中型桥梁的工程造价及施工复杂等因素, 规定桥位原则上服从路线走向, 路桥综合考虑, 以避免因强调桥位而忽视线形布置的合理性, 而增加桥梁的工程造价或使设计、施工过于复杂。

**F.2.3** 考虑洞内的排水需要, 隧道内的纵坡不要小于 0.3%。寒冷及严寒地区地下水发育的隧道, 为了减少冬季排水沟产生冻

害, 加大排水纵坡以利于排水。

## F.3 水运工程技术标准

**F.3.3 ~ F.3.8** 水运主要技术标准摘自 JTJ 212, 适用于内河码头的设计。

## F.4 场内道路主要技术指标

**F.4.1** 本条为场内主要施工道路的技术指标。适用于场内主要临时道路的设计, 如场内各工区之间、生产与生活区之间、至天然建材产地的道路、至弃渣场的施工道路等。

由于受到各种因素的制约, 部分水利水电工程的场内道路的一些技术指标, 如平曲线半径、路线纵坡、视距等, 均采用了降低标准的方法。但同时水利水电工程交通运输多采用较大吨位的车辆, 路面宽度受到车型的限制。如拉西瓦、糯扎渡、天生桥一级、洪家渡等工程场内公路最大纵坡达到 12%~15%, 路面宽度达到 14~15m。其中拉西瓦电站右坝肩开挖施工道路, 最大纵坡达到 30%。

向家坝左岸坝段坝基不良地质体开挖施工主干道长 400m, 路面宽度 10m, 最小转弯半径 18m, 最大纵坡 12%。非主干道中最短 90m, 路面宽度 9m, 最大纵坡 13%。

构皮滩水电站根据施工需要, 共设置 22 条场内道路, 总长 27.42km, 其中隧道 5.9km, 主要技术标准如下: 干线道路按露天矿山 3 级标准修建; 计算行车速度为 20km/h; 路面宽度为 7.5~9.0m, 路基宽度为 8.5m~11m, 最小转弯半径 20m, 最大纵坡 9%, 路面结构形式为混凝土路面或泥结碎石路面; 设计荷载为汽-超 20 级, 校核荷载为挂-200t。

锦屏一级水电站左岸边坡开挖中, 道路宽度 10m, 纵坡一般采用 12%, 局部达到 28%, 主要用于履带式机械行走。

随着我国西部高原地区水利水电工程的建设开发, 高原公路设计逐渐引起重视。高原地区公路随着海拔高度的增加, 大气压

力、空气湿度和密度都逐渐减小。空气密度的减小，使汽车发动机的正常操作状态受到影响，从而使汽车的动力性能受到影响。研究及试运转表明，解放牌汽车发动机平均功率在海拔 1000m 处，下降 11.3%；2000m 处下降 21.5%；3000m 处下降 33.3%；4000m 处下降 46.7%；4500m 处下降 52.0%。另外，空气密度变小，散热能力也降低，发动机易过热。经常持久使用低挡，特别容易使发动机过热，并使汽车水箱中的水易沸腾而破坏冷却系统。根据实验与分析，当海拔高度超过 3000m 时，需考虑对纵坡予以折减。

**F.4.2** 本条为场内非主要施工道路的技术指标。适用于场内非主要临时道路的设计，如修配厂、钢筋加工厂、木模加工厂等各施工工厂设施之间，以及生活区内部的道路等。

## F.5 斜坡道卷扬运输设备选择计算

**F.5.1~F.5.4** 估算斜坡道卷扬运输小时运输量、一次牵引循环时间、矿车有效载重和一次需要牵引的矿车数时，公式中未给定的指标和系数可参考有关资料选用。

## F.6 公路重大件（大型物件）分级

**F.6.1、F.6.2** 因水利行业尚未明确重大件（大型物件）分级，本标准依据交通部颁发的《道路大型物件运输管理办法》中的相关规定，对水利水电工程重大件（大型物件）进行分级。

# 附录 G 施工工厂设施

## G.3 供水系统设计有关资料

**G.3.1** 供水系统高峰时段日平均用水量是由各供水单元最高日最高时设计供水量通过平衡计算后确定的。单元用水量的具体算法是：根据工程进度计划里各单项工程的施工进度、规模来确定高峰时段日平均用水量，单元计算时应对本单元的施工工艺生产用水、施工机械用水、施工现场生活用水分别计算。

浇洒道路和绿化用水量应根据路面、绿化规划、气候和土壤等具体情况而定。初设阶段资料不全时，可按下列指标估算：浇洒道路和广场用水量一般为  $2.0 \sim 3.0 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ；浇洒绿地用水量一般为  $1.0 \sim 3.0 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

**G.3.2** 消防用水量大小按扑灭一处火灾所需消防水量及同时发生火灾数目而定，而扑灭一处火灾所需消防水量及同时发生火灾的数目则取决于人口数及建筑物特征。

**G.3.3** 生活用水水压应符合 GB 50013 中的有关规定。消防用水水压应符合 GB 50016 的有关规定。

表 G.3.3-1 所列数值系一般用户的水压要求，个别要求水压较高者，应单独加压。

施工场区一般采用低压制消防，要求给水管网中最不利点的压力不小于  $0.1 \text{MPa}$ 。

**G.3.4** 水利水电工程建设生产用水量大，对水质要求不高（无特殊的物理化学指标要求），地表水一般经沉淀后即可使用，但水中含泥量不宜超过  $20 \sim 100 \text{mg/L}$ （洪水期取高限），过大时应进行处理。

为保证混凝土质量，混凝土拌和用水和养护用水所含物质不应使混凝土产生有害影响。符合国家标准的饮用水适用于拌和和养护混凝土。地表水、地下水和其他类型水是否适用于拌和和养

护混凝土, JGJ 63《混凝土用水标准》、SL 677 和 GB 50204《混凝土工程施工质量验收规范》均作出了响应规定。JGJ 63 中规定应检验以下三项限制指标:

- (1) 混凝土拌和养护用水与标准饮用水试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于 30min。
- (2) 混凝土拌和养护用水配制水泥砂浆 28 天抗压强度不得低于用标准饮用水拌和的砂浆抗压强度的 90%。
- (3) 拌和与养护混凝土用水的 pH 值和水中的不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐的含量应符合表 84 的规定。

如果满足这三项指标, 则可用于拌和和养护混凝土。

表 84 拌和与养护混凝土用水的指标要求

项 目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	≥5	≥4.5	≥4.5
不溶物/(mg/L)	≤2000	≤2000	≤5000
可溶物/(mg/L)	≤2000	≤5000	≤10000
氯化物(以 Cl <sup>-</sup> 计)/(mg/L)	≤500	≤1000	≤3500
硫酸盐(以 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 计)/(mg/L)	≤600	≤2000	≤2700
碱含量/(mg/L)	≤1500	≤1500	≤1500

注: 碱含量按 Na<sub>2</sub>O+0.658K<sub>2</sub>O 计算值表示。采用非碱活性骨料时, 可不检测碱含量。

施工机械及设备用水水质应根据不同要求分别确定, 有关标准中均有相应的规定。

GB 50029《压缩空气站设计规范》规定的空气压缩机的冷却水水质指标要求如下:

- (1) 悬浮物含量不宜大于 100mg/L。
- (2) pH 值不得小于 6.5, 不宜大于 9。
- (3) 具有热稳定性。

GB 50072 中规定的氨压缩机等制冷设备及冷凝器冷却水水质指标应符合表 85 的规定, 并规定洪水期浑浊度可适当放宽。

表 85 冷却水水质指标

设备名称	碳酸盐硬度/(mg/L)	pH 值	浑浊度/(mg/L)
立式壳管式冷凝器淋浇式冷凝器	6~10	6.5~8.5	150
卧式壳管式冷凝器蒸发式冷凝器	5~7	6.5~8.5	50
氨压缩机等制冷设备	5~7	6.5~8.5	50

GB/T 1576《工业锅炉水质》规定了锅炉用水水质指标要求。

其他施工机械设备用水水质指标, 可以按照机械设备用水性质参考上述水质指标选用确定。

GB 5749 中规定的生活饮用水水质标准见表 86。

表 86 生活饮用水水质标准

指 标	限 值
水质常规指标及限值	
1. 微生物指标 <sup>①</sup>	
总大肠菌群/(MPN/100mL 或 CFU/100mL)	不得检出
耐热大肠菌群/(MPN/100mL 或 CFU/100mL)	不得检出
大肠埃希氏菌/(MPN/100mL 或 CFU/100mL)	不得检出
菌落总数/(CFU/mL)	100
2. 毒理指标	
砷/(mg/L)	0.01
镉/(mg/L)	0.005
铬(六价)/(mg/L)	0.05
铅/(mg/L)	0.01
汞/(mg/L)	0.001
硒/(mg/L)	0.01
氟化物/(mg/L)	0.05
氯化物/(mg/L)	1

表 86 (续)

指 标	限 值
硝酸盐(以 N 计) /(mg/L)	10 (地下水源限制时为 20)
三氯甲烷/(mg/L)	0.06
四氯化碳/(mg/L)	0.002
溴酸盐(使用臭氧时) /(mg/L)	0.01
甲醛(使用臭氧时) /(mg/L)	0.9
亚氯酸盐(使用二氧化氯消毒时) /(mg/L)	0.7
氯酸盐(使用复合二氧化氯消毒时) /(mg/L)	0.7
3. 感官性状和一般化学指标	
色度(铂钴色度单位)	15
浑浊度(NTU-散射浊度单位)	1 (水源与净水技术条件限制时为 3)
臭和味	无异臭、异味
肉眼可见物	无
pH	不小于 6.5 且不大于 8.5
铝/(mg/L)	0.2
铁/(mg/L)	0.3
锰/(mg/L)	0.1
铜/(mg/L)	1
锌/(mg/L)	1
氯化物/(mg/L)	250
硫酸盐/(mg/L)	250
溶解性总固体/(mg/L)	1000
总硬度(以 $\text{CaCO}_3$ 计) /(mg/L)	450
耗氧量( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 法, 以 $\text{O}_2$ 计) /(mg/L)	3 (水源限制, 原水耗氧量 $>6\text{ mg/L}$ 时为 5)
挥发酚类(以苯酚计) /(mg/L)	0.002

表 86 (续)

指 标	限 值
阴离子合成洗涤剂/(mg/L)	0.3
4. 放射性指标 <sup>②</sup>	指导值
总 $\alpha$ 放射性/(Bq/L)	0.5
总 $\beta$ 放射性/(Bq/L)	1
① MPN 表示最可能数; CFU 表示菌落形成单位。当水样检出总大肠菌群时, 应进一步检验大肠埃希氏菌或耐热大肠菌群; 水样未检出总大肠菌群, 不必检验大肠埃希氏菌或耐热大肠菌群。	
② 放射性指标超过指导值, 应进行核素分析和评价, 判定能否饮用。	
饮用水中消毒剂常规指标及要求	
消毒剂名称	与水接触时间
氯气及游离氯制剂(游离氯) /(mg/L)	至少 30min
一氯胺(总氯) /(mg/L)	至少 120min
臭氧( $\text{O}_3$ ) /(mg/L)	至少 12min
二氧化氯( $\text{ClO}_2$ ) /(mg/L)	至少 30min
水质非常规指标及限值	
1. 微生物指标	
贾第鞭毛虫/(个/10L)	<1
隐孢子虫/(个/10L)	<1
2. 毒理指标	
锑/(mg/L)	0.005
钡/(mg/L)	0.7
铍/(mg/L)	0.002
硼/(mg/L)	0.5
钼/(mg/L)	0.07
镍/(mg/L)	0.02
银/(mg/L)	0.05
铊/(mg/L)	0.0001

表 86 (续)

指 标	限 值
氯化氰(以 CN <sup>-</sup> 计)/(mg/L)	0.07
一氯二溴甲烷/(mg/L)	0.1
二氯一溴甲烷/(mg/L)	0.06
二氯乙酸/(mg/L)	0.05
1, 2 -二氯乙烷/(mg/L)	0.03
二氯甲烷/(mg/L)	0.02
三卤甲烷(三氯甲烷、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、三溴甲烷的总和)	该类化合物中各种化合物的实测浓度与其各自限值的比值之和不超过1
1, 1, 1 -三氯乙烷/(mg/L)	2
三氯乙酸/(mg/L)	0.1
三氯乙醛/(mg/L)	0.01
2, 4, 6 -三氯酚/(mg/L)	0.2
三溴甲烷/(mg/L)	0.1
七氯/(mg/L)	0.0004
马拉硫磷/(mg/L)	0.25
五氯酚/(mg/L)	0.009
六六六(总量)/(mg/L)	0.005
六氯苯/(mg/L)	0.001
乐果/(mg/L)	0.08
对硫磷/(mg/L)	0.003
灭草松/(mg/L)	0.3
甲基对硫磷/(mg/L)	0.02
百菌清/(mg/L)	0.01
呋喃丹/(mg/L)	0.007
林丹/(mg/L)	0.002
毒死蜱/(mg/L)	0.03
草甘膦/(mg/L)	0.7

表 86 (续)

指 标	限 值
敌敌畏/(mg/L)	0.001
莠去津/(mg/L)	0.002
溴氰菊酯/(mg/L)	0.02
2, 4 -滴/(mg/L)	0.03
滴滴涕/(mg/L)	0.001
乙苯/(mg/L)	0.3
二甲苯/(mg/L)	0.5
1, 1 -二氯乙烯/(mg/L)	0.03
1, 2 -二氯乙烯/(mg/L)	0.05
1, 2 -二氯苯/(mg/L)	1
1, 4 -二氯苯/(mg/L)	0.3
三氯乙烯/(mg/L)	0.07
三氯苯(总量)/(mg/L)	0.02
六氯丁二烯/(mg/L)	0.0006
丙烯酰胺/(mg/L)	0.0005
四氯乙烯/(mg/L)	0.04
甲苯/(mg/L)	0.7
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯/(mg/L)	0.008
环氧氯丙烷/(mg/L)	0.0004
苯/(mg/L)	0.01
苯乙烯/(mg/L)	0.02
苯并(a)芘/(mg/L)	0.00001
氯乙烯/(mg/L)	0.005
氯苯/(mg/L)	0.3
微囊藻毒素-LR/(mg/L)	0.001
3. 感官性状和一般化学指标	
氨氮(以 N 计)/(mg/L)	0.5
硫化物/(mg/L)	0.02
钠/(mg/L)	200

#### G. 4 供电系统设计有关资料

**G. 4.1~G. 4.3** 参阅《水利水电工程施工组织设计手册》第四卷第11篇第4章（中国水利水电出版社，1991年）相关内容拟定。

**G. 4.5、G. 4.6** 参阅《水利水电工程施工组织设计手册》第四卷第11篇第4章（中国水利水电出版社，1991年）相关内容拟订。

#### 附录 H 施工总布置堆场和仓库面积计算

**H. 0.1、H. 0.2** 估算材料储存量、堆场和仓库面积时，需注意公式中未给定的指标和系数可参考有关资料选用。

## 附录 I 土石方填筑工程和混凝土工程 受气象因素影响的停工标准

**I.0.2、I.0.3** 影响混凝土浇筑的气象因素主要有降雨、气温、大风和能见度等，明确了低温季节混凝土施工的界定。其中雨季施工问题在旱、雨季分明的我国南方多雨的地区较为突出。一般情况下，当降雨强度达到某一限值就不得进行混凝土施工。按照 GB/T 28592《降水量等级》不同时段的降雨量等级划分见表 87。

**表 87 不同时段的降雨量等级划分** 单位：mm

等级	12h 降雨量	24h 降雨量
微量降雨 (零星小雨)	≤0.1	≤0.1
小雨	0.1~4.9	0.1~9.9
中雨	5.0~14.9	10.0~24.9
大雨	15.0~29.9	25.0~49.9
暴雨	30.0~69.9	50.0~99.9
大暴雨	70.0~139.9	100.0~249.9
特大暴雨	≥140.0	≥250.0

按照 GB/T 28591《风力等级》并参考有关资料风力等级划分标准见表 88。

**表 88 风力等级划分**

风力等级	名称	风速 /(m/s)	风压 /(km/h) $W_0 = V^2 / 16$ (10N/m <sup>2</sup> )	陆地地面 物体景象	海岸渔船景象	海面浪高/m	
						海面状态	一般 浪高
0	无风	0~0.2	<1	0~0.0025	静、烟直上	静	—
1	软风	0.3~1.5	1~5	0.0056~0.014	烟能表示方向，但风向标不动	寻常渔船觉摇动	微波
2	轻风	1.6~3.3	6~11	0.016~0.68	人面感觉有风，树叶微响，风向标转动	渔船张帆时可随风转移行 2~3km/h	小波 0.2 0.3
3	微风	3.4~5.4	12~19	0.72~1.82	树叶及微枝摇动不息，旌旗展开	渔船渐觉簸动，随风移行 5~6km/h	小波 0.6 1.0
4	和风	5.5~7.9	20~28	1.89~3.9	能吹起地面纸张与灰尘，树枝摇动	渔船满帆时，可使船身倾于一方	轻浪 1.0 1.5
5	清风	8.0~10.7	29~38	4~7.16	有叶的小树摇摆，内陆的水面有小波	渔船缩帆（即收去帆之一部分）	中浪 2.0 2.5
6	强风	10.8~13.8	39~49	7.29~11.9	大树枝摇动，电线呼响，举伞困难	渔船加倍缩帆，捕鱼须注意风险	大浪 3.0 4.0
7	疾风	13.9~17.1	50~61	12.08~18.28	全树摇动，迎风步行不便	渔船停港中，在海者下锚	巨浪 4.0 5.5