

水利水电工程施工组织设计规范(试行)

SDJ 338—89

编制说明

前 言

原水利电力部水利水电规划设计院(以下简称规划院),在 1983 年 1 月以(83)水规设字第三号文指令我院主持制订《水利水电工程施工组织设计规范》(以下简称本规范)。同年 6 月,规划院又以(83)水规设字第九号文邀请了部属各勘测设计院、长委及黄委两个流域机构、部分省设计院和大专院校共 22 个单位 40 余人在成都讨论《规范编制提纲》及商定编制分工协作事宜。经协商确定本规范编制分工如下:

主要负责				协编分工		
章次	章名	单位	编写人	协编内容	单位	编写人
一	总则	成都院	徐世志			
二	施工导流	长委	陈尚德 朱永福 严华俊 刘正启	导流泄水建筑物	东北院	李瑞珍
				基坑排水	中南院	杨佩章 腾子佩
三	主体工程施工	成都院	徐世志 王友全 博鸿明 陈连青 任德昌	碾压式土石坝施工	昆明院 陕西机械学院	徐永 杨全民
				混凝土冬季施工	东北院	吴承章
				地基处理	昆明院	杜作霖
四	施工交通运输	北京院	刘景云	场内交通	天津院	许强华
五	施工工厂设施	成都院	王世德	混凝土预冷、预热系统	长委 东北院	郭燕鸿 吴承章
				机械修配、加工厂	昆明院	叶志强
五	施工工厂设施			压缩空气,供水, 供电,通讯系统	长办 昆明院	姚本福 叶志强
六	施工总布置	西北院	曾宪典		天津院	许强华
七	施工总进度	华东院	左兆熙			

①第五章编制负责人王世德在编制过程中由成都院调往浙江省水专,调动时双方商定:仍由王世德负责该章编制工作。

我国幅员辽阔,各地区、各河流自然条件相互差异甚大,水利水电工程枢纽布置和建筑物型式千变万化,施工条件各不相同,具有很大灵活性,施工组织设计必须因时、因地制宜。编制普遍用于各地区和各式各样工程的施工组织设计规范显然绝非易事;且编制中既无蓝本,又缺国内外参考资料,更增加了编制难度。为此,我们采取了不完全同于其他规范编制的方法、步骤。

《初稿》编制阶段先后编了三稿:第一稿称《样稿》,顾名思义,即编出试样;通过同行集会讨论并根据讨论意见,对《样稿》进行较大的修改补充后,编制出第二稿。各章第二稿分头送请同行专家咨询并分章召开小型会议预审,各章负责编写人再根据咨询、预审意见修改第二稿后,送交主编单位汇总整理为《初稿》即第三稿,报送规划院。

《送审稿》编制也是由各章节编写人根据《初稿》审查大会上提出的意见和建议先进行修改、补充,再由主编单位汇总,送请国内有权威的专家咨询后,再报上级审查定稿。

本规范编制采取这种反复讨论、咨询、审查、修改、补充的作法,显然期望能起到集

思广益、群策群力作用，使本规范的编制质量有所保证。实践证明：在规范编制难度极大的情况下，采取上述各种措施是行之有效的，每种方法和每一步骤均起到了良好作用。通过每一步骤，规范质量均有所改善和提高。本规范共七章 34 节 354 条，附录五个。规范中既有指导性条款，也有指令性规定，还有一些参考性建议，具备了设计法规的内容，颁发后对水利水电工程施工组织设计和工程建设无疑会起到良好作用。

经过几年艰苦努力，水利水电工程施工组织设计长期无章可循的局面即将结束，这是在水电部规划设计院强有力地领导下，全体编写人密切协作、配合的结果，也是有关专家咨询、指导的结果，是国内同行共同劳动的结晶，由于参与本规范编制工作人数众多，不能一一列出名单，特此致歉，并深表谢意。

原水利电力部成都勘测设计院《水利水电  
工程施工组织设计规范》编制组

## 第一章 总则

第 1.0.1 条明确本规范的主要用途。

第 1.0.2 条明确本规范的适用范围。条文中提到的大、中型水利水电工程，其划分标准应按《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》(SDJ12—78)中的规定执行。

根据目前我国水利水电工程设计阶段的划分情况，各阶段施工组织设计名称需否在本规范中作出明确规定？例如：可行性研究阶段定名为“施工要点设计”或“施工设计纲要”，初步设计阶段定名为“施工组织设计”，技施设计阶段定名为“施工措施计划”，编制招标投标设计文件时定名为“施工规划”等等。这样正名可避免各设计阶段均统称“施工组织设计”而含义混淆和设计阶段不清。由于对这一问题认识上并未统一，故本规范仍统称“施工组织设计”。

第 1.0.3 条现行规范中，特别是某些施工技术规范中列有属于施工组织设计范畴的条文，应纳入本规范。这样，同一个问题有可能出现在两本规范内，如果彼此规定有出入或矛盾，正文中规定“应以本规范为准”。这是因为本规范是施工组织设计的专业技术规范。

第 1.0.4 条长期以来，普遍存在忽视施工组织设计的现象，本条说明施工组织设计的地位和作用是希望能因此改善此种状况，使有关方面正确认识施工组织设计的重要作用，加强对施工组织设计工作的领导，并认真做好设计工作，使这种作用充分体现出来。

第 1.0.5 条“总则”内所列的各项原则，是针对整个施工组织设计而言，对各章、节普遍适用。对仅适合特定章、节的具体原则，则分别列入各章节中。

关于强调结合国情推广新技术、新材料、新工艺和新设备，这是考虑到目前我国水利水电建设技术还较为落后，与先进国家相比有不小差距，为了尽快改变此种状况，必须改善施工技术和提高管理水平，才能加快工程建设和节省工程投资。

对于国内已成功应用的先进施工技术，如“系统分析方法”、“新奥法”、“碾压混凝土筑坝”等等，应尽可能在设计中应用。对国外的先进技术、施工设备以及有关专利等，应结合国情在引进中既积极又慎重。

第 1.0.6 条本条所列出的各项依据资料，并非每个工程设计时都需全部具备；另一方面，有的工程设计时可能尚需增加某些资料，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，因此本规范不可能一一具体列出，设计时可根据工程具体情况确定。

第二项是根据目前一些水利水电工程由中央和地方合资兴办、且地方政府往往作为业主。在这种情况下，设计对地方政府的意见不仅不能忽视、而且应深入研究，妥善解决。

第四项是考虑到今后必然采用招标投标方式建设水利水电工程，设计时不再是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编标工作。

第 1.0.7 条目前全国各设计院对《水力发电工程初设编制规程》(SDJ169—85)第七章有关施工组织设计内容的规定，有的单位严格执行，有的单位并没有完全遵照执行，甚至对某些比较重要的内容在初设文件中也未作交待，这不仅会给上级机关审批文件时难以作出正确决策，甚至会给工程建设带来损失。为了纠正此种不正常现状，本条强调设计的工作内容和深度应执行初设规程及补充规定。

第 1.0.8 条设计文件质量直接关系到工程建设效益，努力提高施工组织设计文件质量是设计必须达到的主要目标，因此，在“总则”中加以强调。

如何衡量设计文件质量优劣?主要根据两个方面：首要是文件可能取得的实质效果，其次，外观情况。实质性效果包括设计体现出来的工期长短、造价高低、技术措施是否先进落实、工程是否安全、施工质量可否得到保证等等，当然不是单纯以其中某一项作为评定标准，而是全面综合分析，将施工组织设计作为一个整体来权衡产品质量优劣。产品外观情况虽属次要问题，但也不能忽略，包括设计工作内容和深度是否满足本规范第 1.0.7 条规定，文字报告及附图是否符合质量要求等。

## 第二章 施工导流

### 第一节 一般规定

第 2.1.1 条强调施工导流设计的重要性，要求设计人员将施工导流设计视为枢纽设计的重要组成部分，设计中给予高度重视，充分分析第一手资料，作好各种比较方案组，选择出最优方案，使工程建设达到工期短、投资省、效益高的目的。

第 2.1.2 条施工导流设计不仅要解决初期导流问题，而且要妥善解决施工全过程的挡、泄水问题，因而要求设计人员必须纠正以往只重视初期导流而忽视后期导流的倾向。后期导流设计涉及的内容往往随工程情况不同而异，对大中型拦洞坝一般包括坝体临时挡水、封堵导流泄水建筑物和水库蓄水等几个阶段；对中小型闸、坝工程，可能不存在坝体临时挡水问题。但对任何工程施工都存在着后期导流问题，而且初期、后期导流密切相关，是一个不可分割的有机整体，设计中必须统筹规划，全面安排，才能设计出经济合理、安全可靠的导流方案。关于洪水标准的风险度分析理论研究近年来有所进展，这个理论是把工程的有效服务年限、工程溃坝损失与采用的洪水标准联系起来，用动态经济分析的方法寻找最经济的洪水标准。如何进行动态经济分析，目前尚无实例，但这种把工期、溃坝影响作为洪水标准选择的因素是先进的，是从经济观点出发的。因此在制定导流标准时，考虑了这一因素，把施工年限、库容和坝高作为拟定导流标准的基本指标，目的是既便于当前导流设计时定级使用，又为将来进一步进行风险度分析打下基础。

第 2.1.3 条由于本规范所定的导流建筑物级别、设计洪水标准与《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区部分)》(SDJ12—78)中的有关规定不完全一致，本规范编制时，是在总结多年来导流工程实践经验的基础上，对 SDJ12—78 规定作了若干补充、修改，不仅内容更加全面、系统，而且突出了导流建筑物系临时建筑物这一特点，导流标准有所降低。由于 SDJ12—78 是现行标准，故特别指出：施工导流应以本章规定为准。

第 2.1.4 条水力条件和布置简单的导流工程，设计中若通过水力学计算即可得到准确可靠的成果，则不须进行导流模型试验。相反，如果工程布置水力条件复杂或有综合利用要求的大型工程，仅靠水力计算不可能如实地反映导流建筑物运用过程中的情况或难以满足综合利用要求，则必须在初设过程中进行必要的导流模型试验，以验证和改善工程布置。

### 第二节 施工导流标准

第 2.2.1 条导流标准规范化,这在我国尚属第一次。1964 年制定的《大型水利水电枢纽工程施工组织设计工作简则》、1978 年颁布执行的《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》(SDJ12—78)和 1983 年颁布的《碾压式土石坝施工技术规范》(SDJ213 — 83)等准则都对施工导流标准作了一些零星规定,但都不够全面系统,缺乏完整性。从施工导流角度衡量,有的规定尚待研究。如:《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》(以下简称 SDJ12—78),确定临时性建筑物的级别时,只考虑被围护的永久建筑物的级别这唯一因素,未能全面反映导流工程的复杂性。上述三个法定文件,第一个颁发时间较早,对施工导流仅作了一些原则性的规定,缺乏数据,不够具体;第二个主要是针对永久建筑物制定的,对临时建筑物的特点欠考虑;第三个仅涉及与土石坝有关的某些施工导流专门性问题,如过水围堰、截流、封孔、水库蓄水等,未能系统地解决施工导流设计的全部问题。本规范从施工导流本身具有的特点出发,在现行有关规范、标准的基础上,参考国内外施工导流实践经验,对已有的零星规定作进一步的综合、修改、补充、完善,形成水利水电工程导流设计的一套完整规范。

规范编制中,按理应该把国内外特别是我国 30 多年导流标准资料全部收集起来,加以系统总结,从中找出规律,作为拟定条文的依据,但实际上无法做到这点。因为我国建国以来,至 1981 年止,已建大型水库 321 座,加上副坝 26 座,共 347 座;中型水库 2293 座,加上国外已建工程就更多,欲收集到所有已建工程的导流资料,既不可能,也无必要。为此,编制本规范时,按照宜粗不宜细的原则:所定标准有一个范围,以便适应多种情况;条文尽可能精简,力求具体明确,避免模棱两可;拟定了挡水和泄水、不过水围堰和过水围堰、坝体临时挡水及封堵蓄水等相应的导流标准;但未考虑不同导流方式对导流标准的影响,实际上,导流方案与导流标准是互相影响的,使用本规定时须注意这一点。按一般设计程序是先定方案、后定标准,反过来,不同标准在经济效益上的差别衡量方案的优劣,从而决定导流方案的取舍。如潘家口工程将二期导流方案由全年挡水改为枯水时段挡水,设计流量由  $11700\text{m}^3/\text{s}$  降到  $1400\text{m}^3/\text{s}$ ,节省投资 580 万元,并加快了施工进度;石泉工程将明渠导流方案改为分期导流方案,降低了导流标准,缩短工期一年半时间。由此可见,导流方案与导流标准的紧密关系。本规范划分导流标准的特点主要有:

1.划级未划等。确定的导流建筑物级别具有以下几个特点:SDJ12—78 根据枢纽工程的库容、防洪、灌溉和发电等固定指标将枢纽工程划分五等。施工导流在施工全过程中往往复杂多变,不同的施工阶段可能采用不同的导流方式和不同的标准,因而不宜也不能对整个导流工程固定划等。本规范仅划导流建筑物的级别而不划等,并将导流建筑物划分为三级,与 SDJ12—78 规定比较,取消了二级导流建筑物。

2.按施工阶段划级。工程施工全过程中,由于不同时期采用的导流方式可能不同,从而分为若干个施工阶段。各施工阶段导流建筑物的级别应视其服务对象的重要性不同而有区别,如巴基斯坦的塔贝拉工程分为四个施工阶段:原河床导流;明渠导流;隧洞导流和隧洞完建。各阶段采用不同的导流标准。

3.严格控制最高级别出现。导流建筑物属短期使用的临时性工程。为了节约投资,在拟定划级所依据各种指标时,指导思想是将绝大部分导流工程划为Ⅳ级或Ⅴ级,对划为Ⅲ级导流建筑物的指标控制较严。

影响导流建筑物级别划分因素很多,本规范表 2.2.1 归纳为保护对象、失事后果、使用年限、导流工程规模四项指标,将导流建筑物型式这一影响因素放在洪水标准中考虑;将水文、地质、地形、施工条件等影响因素放在研究导流方案时考虑。

表 2.2.1 所列的保护对象、失事后果属于客观条件,在决定导流方案之前大致就可判断,导流建筑物使用年限和工程规模必须在拟定导流方案之后才能确定。

表 2.2.1 中四项指标说明:

1.保护对象是永久建筑物，其级别作为划分导流建筑物级别的依据之一，这和SDJ12—78规定精神一致，各级永久建筑物相应的临时建筑物级别一般应划为Ⅳ～Ⅴ级；只有在施工期有特殊要求的Ⅰ级永久建筑物，其导流建筑物级别才有条件研究提高到Ⅲ级的可能性。

2.失事后果一栏很难用定量指标体现。SDJ12—78把防洪保护城镇、工矿企业按特别重要、重要、中等和一般，共划分四级。美国土木工程学会大坝分级标准，将失事后果按人口死亡和灾害划分三级。英国土木工程学会按人口死亡和财产损失划分为四级。苏联CH435—72新规范中提出施工期按成本分类划分等级。但目前没有掌握具体资料。本规范将围堰失事后带来的经济损失按其程度划为重大、较大和较小三级。

失事后果的定量分析方法如经济流量法，把设计流量、洪水重现期、导流建筑物的使用年限、风险率和工程费用等综合起来加以研究的方法，国内未采用过，暂不列入规范。

3.使用年限系指各施工阶段导流建筑物的运用年限，年限的概念，即经济的概念，施工导流期间，围堰挡水期越长，遭遇洪水破坏的可能性越大，承担的风险也就越大。近年来国外对风险度理论研究很广泛，我国对此项理论研究还不够深入，目前尚无条件列入规范。

国内外大型水电工程主体工程施工期(从基坑开挖到发电)大约为5～7年，一般工程大约3年左右。根据《全国大型水库》资料统计分析表明，施工总工期(从开工到竣工)：土石坝1～3年约占60%，1～5年约占70%，大于或等于7年约占20%左右；混凝土坝1～3年约占30%，1～5年约占50%，大于或等于7年约占40%。上述工程中有的由于种种原因拖延了工期，并非正常施工情况，由于导流建筑物使用年限是按施工阶段计算的，其值远远小于总工期，故将Ⅲ级导流建筑物使用年限定在3年以上，Ⅳ～Ⅴ级导流建筑物的使用年限框在3年以内。

4.导流工程的规模用围堰高和堰前库容来衡量，SDJ12—78划分大坝级别用水库总库容衡量，大于1亿m<sup>3</sup>为大型水库，小于1亿m<sup>3</sup>为中小型工程。美国土木工程学会提出按坝高和库容两项指标分级。我国几个大型工程的围堰高和库容见表2-2-1。

表 2-2-1

工程名称	围堰高(m)	库容(亿 m <sup>3</sup> )
龙羊峡	53	9.8
丹江口	45	26
升钟	46.5	2
三峡(三期)	85	124

本规范规定工程规模的上限为围堰高大于50m、库容大于1亿m<sup>3</sup>，两项指标要同时满足。按此标准划分，龙羊峡和三峡导流建筑物可划为Ⅲ级，丹江口及升钟的导流建筑只能定为Ⅳ级。围堰高和库容两者同时控制，不仅考虑了溃坝水头与水量的影响，而且也考虑到平原地区与高山峡谷地区的区别，一般情况下，平原地区库容较大，围堰较低；高山峡谷地区围堰较高，但库容较小。例如大伙房工程处于丘陵区，堰高37m，库容达10.39亿m<sup>3</sup>，石头河工程位于高山峡谷地区，堰高51.2m，库容仅0.255亿m<sup>3</sup>。按表2.2.1“围堰工程规模”一栏规定，大伙房堰前库容大于1亿m<sup>3</sup>，相应导流建筑物级别应划为Ⅲ级，但堰高37m，只能划为Ⅳ级，由于两者需同时满足，其导流建筑物级别只能定为Ⅳ级。规定同时满足堰高与库容两个指标，实质上是由较低指标控制，在平原地区河流上往往是堰高控制，高山峡谷区河流则多受库容控制。

第2.2.2条本条规定了表2.2.1的使用方法。如采用将4项指标综合分析确定导流建筑物级别的办法，由于可能有若干组合方案，具体确定时将会产生困难，故未用此办法，而是根据4项独立指标分别划级，按其中最高级确定导流建筑级别。

第2.2.3条SDJ12—78规定，临时建筑物最多划出4种级别，最高为Ⅱ级，实践证明国

内并无Ⅱ级导流建筑物的现状，本规范规定为3种级别，但允许个别特殊工程经上级批准后可另行规定。

第2.2.4条本条规定不同级别的导流建筑物应在洪水标准、超高等方面有不同的技术要求，建筑物同一级别但型式不同，其技术要求也各异。

第2.2.5条有三方面意思。第一、在不同施工阶段，导流建筑物可能有不同级别；第二、同一施工阶段的导流建筑物，可能因作用和型式不同，其级别也不一，如上游围堰、下游围堰、纵向围堰就可能采用不同级别；第三、同一施工阶段必须采用相同的洪水标准，采用同一洪水标准以统一各导流建筑物的设计高程。本条建议按主要挡水建筑物统一确定洪水标准是通常采用的方法，但并不排除个别导流建筑物的洪水标准可以稍有不同。

第2.2.6条同一导流建筑物的不同部位因作用不同应有差别，如混凝土纵向围堰的上段、中段和下段，中段如与坝体结合，可能需要分别拟定不同的级别。

第2.2.7条本条是研究挡枯水期流量导流建筑物的导流标准，这种采用低水围堰、枯水期导流的方式，或者又叫“抢主体代临时”、“抢坝不抢堰”的方式，在我国长期广泛使用，如潘家口、大伙房、桓仁、白山、云峰、映秀湾、石泉、枫树坝等，都获得成功，取得一定的经济效益，利用低水围堰修建高水围堰亦属此种类型。采用这种导流方式的最大优点就是围堰低，一个枯水期将主体工程抢出水面。本条规定导流建筑物的级别仍按表2.2.1考虑。

第2.2.8条利用围堰挡水发电应具备一定的条件，不仅要有有利的施工条件，而且还要有有利的水工枢纽布置方案。葛洲坝工程是我国水电工程围堰发电的一个例子，其经验可供参考。

第2.2.9条同期导流建筑物中如其中一部分系利用永久建筑物，利用部分的结构设计标准应按永久建筑物采用，但其作为担负导流任务而言，与其他临时导流建筑物组合成一个整体，其导流设计级别应与其他临时导流建筑物级别相同，即仍应按表2.2.1规定划分，亦即导流设计洪水标准不因其系永久建筑物而提高。

第2.2.10条规定提高导流建筑物结构设计级别应具备的条件。

第2.2.11条本条规定实际上是表2.2.1及上述各条的补充，按表2.2.1规定及上述各条规定确定的导流建筑物级别是否会出现不合理现象，因影响因素错综复杂，结果很难预料，如果出现了，本条规定允许修正。为执行上述各条开一缺口。

第2.2.12条按以下几个问题阐述：

1.洪水标准分级，我国曾采用一级、两级、三级3种方法，即一级不分设计校核，只有一个标准，英美等国多用此法；两级分设计、校核，我国过去常用；三级即设计校核之外，再加保坝标准。SDJ12—78规定临时建筑物的洪水标准不分设计校核，本条采用这一规定，使用起来简便。

2.导流建筑物类型的影响：洪水标准需否考虑导流建筑物类型的影响，有不同看法。本条考虑了导流建筑物类型的影响。一般概念，土石类型漫水失事的可能性比混凝土类型建筑物要大一些。根据1981年《全国水库垮坝登记手册》资料统计，绝大多数垮坝坝型为土石型，混凝土坝型只有四川的3座小坝，均为小(2)型，且均属坝身漏水导致垮坝。垮坝总数中由于过水漫顶失事的占51.5%，仅有2座大型土坝工程，即河南的板桥和石漫滩，1975年8月8日遇特大洪水漫顶垮坝，相反，闹德海、磨子潭、佛子岭、拓溪等混凝土坝型，发生洪水漫顶后，都未垮坝。水电工程中，由于洪水漫顶而溃堰也是土石类型占多数，如白莲河上游土石围堰、新丰江下游土石过水围堰、新安江一期木笼围堰、建溪上游横向土石围堰等等。因此，表2.2.2将围堰类型列为确定洪水标准的一个条件，土石围堰的设计洪水标准较同级混凝土围堰定的更高。

3.水文计算问题，关于洪水理论频率和经验频率等概念问题，留待施工设计洪水专题论

证解决。本条采用重现年法，与 SDJ12—78 相同，便于使用。

4.洪水标准封顶：根据 SDJ12—78 临时建筑物的洪水标准规定，III级导流建筑物采用 50 年重现期封顶。IV级导流建筑物封顶洪水标准为常用标准，比较重要。对IV级建筑物洪水封顶有两种不同意见，一是 30 年，一是 20 年。前者为 SDJ12—78 规定，后者为我国惯用标准。据不完全统计，我国导流标准习惯用 5 年、10 年、20 年、50 年等标准。从风险角度考虑，如施工期 3 年，采用 30 年重现期，风险率约为 0.1，即有 90%的保证；采用 20 年，风险率约为 0.15，即约 85%的保证率，相差仅 5%。从我国设计实际出发，并考虑到规范具有一定的先进性，本条规定IV级导流建筑物采用 20 年封顶。为了增加安全度，某些特别重要工程建议考虑遭遇超标准洪水的应急措施。

5.表 2.2.2 所列标准略低于 SDJ12—78 水平，给定的为范围值，可按具体情况分析选用。

第 2.2.13 条对采用洪水标准的上限值应具备的条件作出了一些具体规定，以便选用。

第 2.2.14 条关于上游有梯级水库的设计流量选择计算应注意的原则。

第 2.2.15 条为围堰修筑期间的安全标准。

第 2.2.16 条采用过水围堰允许基坑淹没的导流方式在国内外得到相当广泛运用，让河流最大洪峰流量通过围堰或施工中的坝体，事实证明是既经济又可行的。国内外已建过水围堰最大高度达 40m，最大单宽流量  $90\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。虽然过水围堰在工程建设中得到广泛应用，也积累了不少经验，但至今尚未正式列入规范。

过水围堰的特点是既挡水又泄水，过水时最危险的流量不一定发生在最大洪水期，因此，其标准应按挡水和过水两种情况分别拟定。

1.根据我国设计施工经验，选择过水围堰的挡水流量必须经过充分比较论证，使选定的流量符合河流水文特性、满足基坑工期要求，而且经济合理。

2.我国以往习惯采用的过水围堰挡水标准变化范围，一般是在挡水时段 3~20 年一遇之内，本条采用这个范围值是可靠的。

3.除了按重现期确定外，当水文系列较长时，亦可在分析实测资料基础上确定。

第 2.2.17 条过水围堰的级别，我国以往习惯的设计方法是根据 SDJ12—78 表 2 规定，对应永久建筑物的等级即可确定围堰级别，此标准主要用于堰体稳定和结构计算。本条规定按表 2.2.1 确定过水围堰级别，一般情况下因挡水期围堰较低，库容较小，所定级别不会高于IV级，这是符合我国实际设计施工情况的。

第 2.2.18 条过水流量同样可用频率法和实测资料两种方法确定。第一种方法用确定的围堰级别查表 2.2.2 选定过水流量标准，第二种方法是分析实测洪水后选定过水标准。

围堰过水最危险状况不一定发生在最大洪水期，如苏联托克托古里高 40m 的土石过水围堰，运用过程中遭遇 500 年一遇超标准洪水，并持续了 14 昼夜，围堰未遭破坏。因此，本条规定过水期应找出最危险流量作为控制标准。

第 2.2.19 条截流时段选择的一般规定。

第 2.2.20 条本条重点在于降低常用的截流标准。

1.由于施工管理、施工技术和机械化水平的提高，截流经验不断丰富，目前对大流量的河道截流已不再是困难问题了。国内外实际最大截流流量为  $8100\text{m}^3/\text{s}$ ，最大截流落差 7.13m，最大单宽流量  $33\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ ，使用的最大载重汽车 50t。

2.以往国内外多选用 5~20 年一遇月或旬平均流量作为截流标准，据不完全统计，我国实际截流情况是：除极个别工程外，设计截流流量远远大于实际发生的流量，其比值最大为 5 倍，一般为 1~3 倍。如按工地截流材料备用量与实用量比较，少则超出 50%，多则 3~4 倍。说明我国以往截流标准普遍偏高，因此应适当降低截流标准，故将上限 20 年一遇降低到 10 年一遇。

允许采用频率法以外的其它方法，设计中往往都是采用综合比较成果方法确定截流流



量的。即先分析实测水文资料，然后再比较频率分析成果后确定，或者同时用两种方法。

第 2.2.21 条坝体施工期挡水渡汛标准采用 SDJ12—78 第 18 条规定，本规范中的表 2.2.3 即引用该标准中表 7 之值。

第 2.2.22 条水库蓄水阶段或大坝施工期运用阶段的渡汛标准，因导流泄水建筑物已经封堵、永久泄洪建筑物已具备泄洪能力，可按碾压式土石坝施工技术规范规定执行。本规范的表 2.2.4 中土石坝之值即在该规范表 3.3.2-3 的基础上增加了Ⅲ级大坝标准后定出的。这个标准比建成后的大坝正常运用洪水标准低，用正常运用时的下限值作施工期运用的上限值。由于混凝土坝施工期运用的标准应比土石坝低，故取土石坝的下限值作混凝土坝的上限值。

第 2.2.23 条、2.2.24 条导流泄水建筑物封堵和水库施工期蓄水标准的一些规定。

第 2.2.25 条本条一、二两点与 SDJ12—78 规定相同，表 2.2.5 即该标准中的表 8。三、四两点是确定安全超高时尚应考虑的其他因素。

第 2.2.26 条本条根据常用原则规定。

第 2.2.27 条规定了围堰结构设计所依据的抗滑及边坡稳定安全系数。

### 第三节 施工导流方式

第 2.3.1 条导流方式不仅指初期导流而且包括后期导流，因此分类时应把常用的后期导流方式，如底孔导流包括在内。至于各类方式如何定义，目前看法上尚有分歧，本规范也无须对此作出定论。

第 2.3.2 条所列原则主要是从因地制宜和经济观点出发来研究确定各类导流方式，使工程达到缩短工期、降低造价和提前受益的目的。

第 2.3.3 条大中型水利枢纽一般均优先研究分期导流的可能性和合理性。因这类工程工程量较大、工期较长，分期导流有利于提前受益，且对施工期通航、过木和排冰影响较小。国内采用分期导流的工程较多，如三门峡、新安江、西津、丹江口和葛洲坝等。影响采用分期导流的因素很多，纵向围堰的布置条件是主要因素之一。布置纵堰后的一期河床束窄系数根据国内外 20 个采用分期导流工程的统计资料(表 2-3-1)，最大为 70%(青铜峡)，最小为 27%(古田一级)，平均为 51%。经分析后本规范建议采用 40%~60%。

表 2-3-1 国内外分期导流一期河床束窄系数实例

枢纽名称	河床束窄系数(%)	枢纽名称	河床束窄系数(%)
青铜峡	70	别木尔	60
新安江	60	萨阳-舒申斯克	58
西津	60	伏尔谢	52
三门峡	58	布拉茨克	30
丹江口	50	齐雅	50
大化	40	克拉斯诺雅尔斯克	50
富春江	37	齐姆良	49
古田一级	27	乌格里却	47
高尔可夫	68	卡霍夫卡	40
古比雪夫	60	铁门	35

第 2.3.4 条隧洞导流方式的一般适用的条件。

第 2.3.5 条明渠导流方式的一般适用条件。

第 2.3.6 条国内外工程实践表明，山区性河流洪枯水位变幅大，可采用过水围堰配合其



他泄水建筑物的导流方式，一般以隧洞导流居多。表 2-3-2 列出国内外围堰 24 例，其中隧洞导流计 18 例，占 75%，分析原因，因隧洞呈压力流后，泄量随水头增加较慢，如作不过水围堰，围堰高度可能达到一个枯水期内难以建成的高度，所以山区性河流采用隧洞导流时，宜研究过水围堰方案。

表 2-3-2 国内外工程采用过水围堰方案实例

枢纽名称	导流方式	过水围堰型式	枢纽名称	导流方式	过水围堰型式
新安江	分期导流	木笼围堰	卡勃里列(葡萄牙)	隧洞导流	上游混凝土拱围堰
凤滩	分期导流	上游混凝土拱围堰	毕科特(葡萄牙)	隧洞导流	上游混凝土拱围堰
富春江	分期导流	土石围堰	多康(伊拉克)	隧洞导流	混凝土拱围堰
黄龙滩	明渠道导流	土石围堰	卡里巴(南罗德西亚)	隧洞导流	混凝土圆筒形围堰
大化	厂房导流	上游土石围堰，下游混凝土围堰	阿台加达维拉(西班牙)	隧洞导流	上游堆石围堰
柘溪	明渠隧洞混合导流	土石围堰	阿科索姆巴(加纳)	隧洞导流	土石围堰
上犹江	隧洞导流	上游土石围堰，下游木笼围堰	努列克(苏)	隧洞导流	土石围堰
乌江渡	隧洞导流	上游混凝土拱围堰	托克托古里(苏)	隧洞导流	砂砾石围堰
建溪	隧洞导流	上游混凝土围堰	纳格鲁(阿富汗)	隧洞导流	土石围堰
刘家峡	隧洞导流	上游混凝土拱围堰	乌斯特汗泰斯克(苏)	隧洞导流	堆石围堰
马列克(法国)	隧洞导流	堆石围堰	卡博拉巴萨(莫桑比克)	隧洞导流	土石围堰
毕克索托(巴西)	隧洞导流	土石围堰	阿尔坎塔拉(西班牙)	隧洞导流	混凝土拱围堰

第 2.3.7 条这种枯水期导流方式在我国应用很多，特别是一个枯水期有条件抢出枯水面的中型闸、坝工程更适宜采用。

第 2.3.8 条本条再次强调要重视后期导流，实际上大型工程的后期导流相当复杂，稍有疏忽会带来麻烦，甚至给工程及国民经济有关部门造成损失。

第四节 围堰

第 2.4.1 条围堰工程系临时性建筑物，具有使用期短、修建时间受限制、使用任务完成后往往还需拆除等特点。因此，围堰结构型式必须在满足安全运用的基础上，力求结构简单、修筑及拆除方便、造价低廉。设计中应作多种比较方案，经全面论证后，因地制宜地选择适应这些特点的堰型。

第 2.4.2 条土石围堰系就地取材修建，堰体材料可充分利用工程开挖渣料和截流戗堤，有利于降低工程造价；且具有施工技术简单、能直接在流水中修建、施工过程中即可投入运用等优点。因此，是设计中常采用的一种堰型。

第 2.4.3 条混凝土围堰断面相对较小，具有较强的抗冲能力，因此，纵向围堰常采用这种堰型。当过水围堰单宽流量较大时也宜采用。

碾压混凝土是近年来国际国内发展的新技术，具有造价低、施工速度快等优点。由于围堰施工需要与洪水赛跑，因此修建碾压混凝土围堰十分有利，应尽可能推广采用。

第 2.4.4 条 1908 年美国纽约州布法罗城黑石港修建第一座钢板桩格型围堰后，国外已

广泛应用在水利、港口工程，1976 年长江葛洲坝二期围堰工程，采用了钢板桩围堰，设计施工运转良好，这种围堰具有安全可靠、抗冲刷、断面小、施工机械化程度高，易于拆除等优点。特别是钢板桩回收率高可以重复使用。但该种围堰的钢板桩要求为横向锁口抗拉强度高的直腹板型，国内尚未定型生产，故全面推广受到限制。钢板桩格型围堰按其平面几何形状分成圆型、鼓形和花瓣形三种。

围堰的高度除美国马克兰德厂房的双排圆形格形围堰的高度为 35.0m 外，其余均在 30m 以下，故本规范定为 30m 为最大上限。一般可在 20m 以下。

美国肯塔基围堰建在 29m 厚覆盖层上，板桩通过 15m 厚砂砾石覆盖层，打桩相当困难。

第 2.4.5 条根据国内已建的木笼围堰实践经验，其最大高度达到 18m，但结构处理极为困难，运用中发生拉开现象。草土围堰最初是在兰州自来水厂取水口施工中应用，围堰高为 6m。70 年代开始，黄河上的青铜峡、盐锅峡和八盘峡，汉江上的石泉等枢纽修建的草土围堰均超过 10m。

第 2.4.6 条葛洲坝砂壤土( $K=10^{-4}$ cm/s)作围堰防渗心墙，运用中证明防渗效果良好，且国内外在围堰及永久性工程设计中多采用此值，亦能满足要求，故围堰防渗土料的渗透系数定为  $K \leq 10^{-4}$ cm/s。

堰壳料的排水效果要求良好，一般可用  $K$  值大于  $10^{-2}$ cm/s 的无凝聚性的自由排水材料。

第 2.4.7 条围堰结构设计大部分与坝工设计要求相同，由于围堰具有使用期短、围堰前水位时涨时落等特点，设计荷载只需按正常情况进行计算，若遇超标荷载，可采取临时措施解决，因此，围堰顶宽应满足防汛抢险施工需要。

第 2.4.8 条围堰一般只需进行常规边坡稳定安全校核，如围堰水头较高，宜对其应力、应变进行有限元分析。

第 2.4.9 条混凝土围堰也具有使用期短，特别洪水时涨时落、最高水位持续时间不长等特点。因此将基础允许出现的拉应力定为 0.1~0.15MPa，堰面允许 0.2MPa 拉应力。

第 2.4.10 条选用何种堰基防渗方式主要取决于堰基覆盖层深度、组成情况、物理力学特征和渗流特性。设计中针对覆盖层的不同情况，采用相适应的有效防渗措施，以达到防渗效果好、施工方便、工期满足要求、防渗处理费用较低的目的。

第 2.4.11 条、第 2.4.12 条条文提出的是过水围堰和不过水围堰一般常用的防冲措施，设计中应针对工程具体情况，因地制宜地采取有效的防冲措施，选用恰当的材料，力求在节约投资的基础上，使围堰在运用过程中安全可靠。

## 第五节 导流泄水建筑物

第 2.5.1 条、第 2.5.2 条明渠布置应力求水力学条件良好，尽量不恶化施工条件，并能减少工程量，特别是困难的水下开挖量。明渠上、下游水流衔接条件以及出口消能设计对运行安全影响甚大。白山水电站河床较窄，平水期水面宽 100m，导流明渠宽 20m、长 566m，利用左岸凸出岩面将水流挑至明渠进口，具有良好的进水条件，出口与下游河道主流交角仅  $15^\circ$ 。水流衔接也较顺畅，并经多次水工模型试验得到验证。实际运行中，无论截流和  $7800\text{m}^3/\text{s}$  洪峰渡汛均运行安全。说明在窄河床上设置的导流明渠，如果上、下游水流衔接条件良好，进出口与河床主流的交角选择恰当，仍可获得满意结果。

第 2.5.3 条为使明渠后期封堵方便，一般应避免作成“光板”式，如果明渠内不设闸墩，封堵明渠时必须另建围堰，增加了施工麻烦，往往还会因此拖长工期、影响枢纽工程按时受益，陆水导流明渠设计就有过这方面的教训。

第 2.5.4 条导流隧洞布置除须适应地质条件外，并力求水力学条件良好、工程量省。具体布置时一般可参考《水工隧洞设计规范》，但导流隧洞系临时性建筑物，应因地制宜适当降低标准，例如净距未作具体规定，可根据地质和受力条件研究确定。导流隧洞如能与永

久隧洞相结合，可节省工程费用。中、低水头枢纽，永久隧洞进口一般较低，如能满足导截流要求，则有可能全部结合利用，如四川升钟水库即利用 8m 内径放空隧洞作为导流隧洞。高水头枢纽，永久隧洞进口高程较高，仅下游一段有可能利用作为导流隧洞的一部分，毛家村导流隧洞与发电放水隧洞相结合即为一例。

第 2.5.5 条具体进行导流隧洞设计时应注意的一般问题。

第 2.5.6 条不与永久工程结合的导流隧洞，其衬砌与否以及衬砌型式受多种条件影响，如围岩稳定性、开挖及衬砌的施工条件、隧洞工作水头及流速等，必须进行技术经济比较确定。如果围岩在内、外水压力作用下能保持稳定时，可优先考虑不衬砌型式，以达到缩短工期、节约投资的目的。但如果隧洞掘进形成的起伏差较大时，若不衬砌或喷锚，隧洞糙率过高，将大大影响泄流能力，这种情况下，就值得研究衬砌的合理性。关于衬砌型式，一般情况下混凝土衬砌投资较贵，但衬砌厚度如能减薄到 20~15cm(湖南镇工程系用 20cm 厚度衬砌)，则因其糙率小，在宣泄同样流量下，开挖断面相对较小，因此，隧洞衬砌与否必须经过技术经济比较后确定。隧洞衬砌设计可参照《水工隧洞设计规范》有关规定。

第 2.5.7 条当底孔孔口段、孔身段出现不可避免的负压时，应尽量减少负压区，应通过水工模型试验选定良好的进口曲线，国内几个工程采用的底孔进口曲线如表 2-5-1。

表 2-5-1 底孔进口曲线

工程名称	底孔尺寸 (宽×高, m)	进口段顶部曲线
新安江	10×13	$\frac{x^2}{23.5^2} + \frac{y^2}{7.0^2} = 1$
磨子潭	2.5×5	$\frac{x^2}{2.5^2} + \frac{y^2}{0.75^2} = 1$
黄龙滩	8×11	$\frac{x^2}{7^2} + \frac{y^2}{3^2} = 1$
三门峡	3×8	$\frac{x^2}{10^2} + \frac{y^2}{3^2} = 1$
桓仁	3.5×4	$\frac{x^2}{6^2} + \frac{y^2}{1.5^2} = 1$
白山	9×14.2	$\frac{x^2}{20.4^2} + \frac{y^2}{6.8^2} = 1$

磨子潭底孔运行中由于进水条件不好，减少泄量 20%。

应注意导流底孔闸门槽对水流的影响，通常底孔闸门孔槽布置在坝外，并须采取措施防止底孔闸门槽顶部进水，使水流在闸门槽后脱离孔壁、孔顶形成负压现象，不仅会减少泄流量，而且可能产生气蚀破坏，影响坝体混凝土质量。如岳城水库坝内涵管闸门槽顶进水，泄量降低 20%~50%；柘溪坝内涵管闸门槽进水，门槽后流态不稳，引起门槽及管身气蚀破坏。

第 2.5.8 条底孔最大宽度与坝体应力、闸门制造水平、底孔最大尺寸与个数、上、下游水流衔接条件等有关，应经综合比较后确定。表 2-5-2 是国内几个工程导流底孔的宽度与坝段宽的比值，可供设计时参考。

表 2-5-2

工程名称	坝型	坝高(m)	坝段宽(m)	底孔宽(m)	底孔宽/坝段宽
新安江	重力坝	105	20	10	0.50

凤滩	空腹重力坝	111	18	6	0.33
枫树坝	空腹重力坝	93.3	17	7	0.4
桓仁	支墩坝	78.5	16	3.5	0.2
黄龙滩	重力坝	107	20; 16	8; 6	0.4; 0.38
三门峡	重力坝	106	15.6	3	0.19
白山	重力拱坝	150	20	9	0.45
丹江口	重力坝	110	24	4	0.17

第 2.5.9 条盐锅峡工程两个  $4\text{m} \times 9\text{m}$  导流底孔, 施工过程中, 上部坝体缺口与下部底孔同时泄洪, 致使两个底孔间的  $3\text{m}$  厚中墩被气蚀击穿, 两侧孔壁亦遭到  $2.5\text{m}$  深的严重气蚀破坏, 这一事故给工程施工造成很大困难。为尽量避免发生这种情况, 若在坝体缺口或梳齿段下部布置底孔同时泄洪时, 应重视水力学条件, 并尽可能通过水工模型试验确定可否采取这种布置方式。

第 2.5.10 条导流涵管如仅按导流使用看, 属于临时性建筑物, 但因其埋在当地材料坝底部, 构成坝体一部分, 如导流管道开裂、漏水, 土坝产生不均匀沉陷, 可能沿管外壁发生集中渗流, 引起土坝失事。当涵管建在土基上时, 地基必须特殊处理, 有的建在软基上的涵管, 平面上采用格形的钢板桩, 在板桩间开挖坝基土层, 回填坝体土料, 压实后再将涵管置于其上。

第 2.5.11 条空腹坝在施工过程中坝体过流时, 必须采取措施使腔内形成水垫, 或浇筑临时溢流面。几个工程实例:

石泉大坝右岸 12 号~22 号坝段为空腹重力坝, 1972 年汛期, 右岸坝体过水时, 先在空腹内充水平压, 利用后腿的骑缝廊道和下游水位连通, 过水对前后腿未带来任何危害。凤滩电站是一座空腹重力拱坝, 大坝在空腹封顶前, 经历了 1972、1973 年两个汛期。1972 年汛期右岸坝段前后腿已浇至  $135\text{m}$  高程以上, 坝体自重较大, 且重心偏向上游, 故挡水稳定没有问题; 1973 年汛期左岸坝段前腿浇至  $126\text{m}$  高程, 后腿浇至  $114\text{m}$  高程, 尾水管已形成, 过水前利用尾水管连通空腹内水位和下游水位, 形成水垫, 故未发生冲刷地基现象。在 1974 年汛期, 8 号~12 号坝段汛期留作过水缺口, 为改善坝面流态, 增加挑距, 将过水缺口浇成斜坡, 该年最大流量  $8230\text{m}^3/\text{s}$ , 上游水位  $151.6\text{m}$ , 坝顶水深  $8.6\text{m}$ , 过洪后空腹顶未发现异常现象。大坝渡汛断面见图 2-5-1。桓仁为单支墩混凝土坝, 在封腔前为满足渡汛需要, 将左岸两个坝腔浇成  $1\sim 3\text{m}$  厚的 T 形临时混凝土溢流面, 达到了安全渡汛目的。

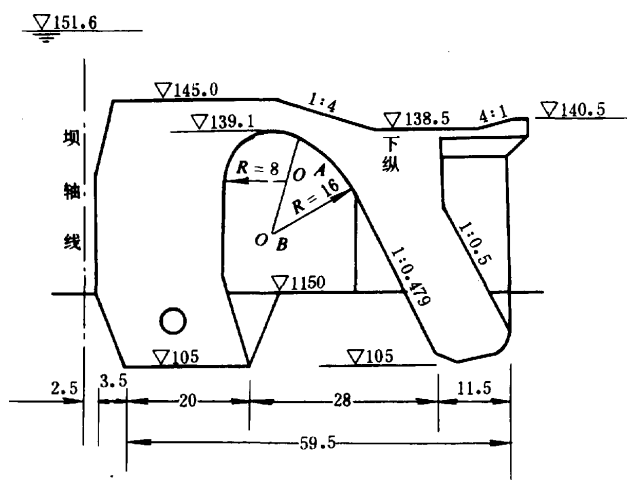


图 2-5-1 1974 年凤滩大坝渡汛剖面图

第 2.5.12 条由于厂房结构复杂, 既有土建施工又有机电安装, 工期较长, 一般情况下, 不宜通过厂房过流。经论证厂房必须过流时, 则应在不影响按期发电情况下, 经过水工模

型试验,确定过流方式、部位及泄流能力,并确认不会发生气蚀和震动破坏。关于厂房过流方式,富春江电站在尾水管顶部临时封盖后泄流,大化电站利用未完建的蜗壳和尾水管泄流。后者流态复杂,发生涌浪及漩涡,厂房泄流应尽量避免采用这种方式。

## 第六节 河道截流

第 2.6.1 条强调必须十分重视河道截流设计。

第 2.6.2 条河道截流一般有立堵、平堵以及较特殊的定向爆破、截流闸等方式。

随着大吨位载重汽车的出现,运载的重量愈来愈重,立堵截流已不再具有很大难度,国内不少工程截流实践,均成功地采用这种方式。当最大流速约  $7\text{m/s}$ 、立堵时要求抛投块体的最大重量  $25\sim 30\text{t}$ ,装运均不成问题。当水头超过  $3.5\text{m}$ ,流速加大,立堵截流要求的块体重量大大增加,可采用双戗堤或多戗堤进占分担落差,降低抛投块体重量;也可采用先修截流闸分流,以降低戗堤水头,待抛石截流后,再下闸断流。

苏联在 50 年代用浮桥平堵截流例子较多。60 年代逐步减少,70 年代后期基本不再采用,主要是浮桥价格昂贵,架设和运用技术条件复杂。60 年代后期罗马尼亚与南斯拉夫合建的铁门电站和苏联的布拉茨格电站,用立堵与平堵相结合的方案。平堵部分是修筑栈桥。栈桥价格很贵,施工技术条件也很复杂,故架桥平堵截流方法目前已不常采用。当水力学条件允许和已具有设备的情况下,可以研究采用船只平抛作为截流的辅助措施。

第 2.6.3 条泄水道泄流能力是影响截流难度的重要因素,截流泄水道在截流前的进出口围堰往往由于水下拆除和时间紧迫而未能全部清除,从而使实际截流水头比设计计算值为高。据苏联对 70 年代以前的一些截流工程进行统计,约有 70% 的电站由于围堰拆除不净而抬高了水头。1981 年元月葛洲坝截流二江泄水道的下游围堰拆除也未达到预定的要求。因此设计时应充分估计到可能发生这种情况,适当留有余地。

第 2.6.4 条截流戗堤一般和上围堰结合,但如果下围堰地形、地质、交通条件更为有利,特别是龙口段地质条件良好、上下游围堰间水头差又不大时,也可比较截流戗堤和下围堰结合方案。

第 2.6.5 条有关龙口宽度和位置选择应考虑的一般性因素。设计时应针对具体工程情况,综合分析戗堤地形、地质、交通和水力学条件而定,有的工程采取工程措施后还可将不利条件转化为有利条件。

第 2.6.6 条在有覆盖层的河道上截流,为了保证截流安全和减少龙口抛投量,往往采取护底措施。护底优点为:增大龙口糙率,减少龙口合龙时的工程量,减少抛投物流失,降低了截流难度。护底的范围应根据水工模型试验确定。

第 2.6.7 条预进占段一般流速较低,除裹头外,开挖渣料一般均能满足要求,大量利用开挖渣料可降低截流费用。

龙口段流速较高,截流时可分别抛投大块石、石串或混凝土四面体等。

截流备料量究竟应高出需用量多少才使截流既安全又经济,以往我国实践设计资料相互差别甚大,规律性差,因此条文中难以提出肯定数据。但总的看来备料量一般均偏大很多,造成了不必要的浪费,今后有必要针对这一问题作专门研究,拟出降低备料量的措施。

截流抛投物应具有较强的透水能力,使截流过程中透过戗堤的流量占较大比例,从而可降低截流难度。

## 第七节 基坑排水

第 2.7.1 条关于排水费用的比重。“基坑排水费用在导流造价中所占比重较高”这一观点已被很多实际工程所证实。从表 2-7-1 可以看出,每个工程的基坑排水费用占导流工程造价的比重不一,最大的高达 263%,而最小的仅有 1.2%。如果计算基坑渗水量大,就应加强

围堰及地基防渗措施；反之，如果围堰堰身及地基渗流量估计较小，就宜简化围堰防渗措施，不必花过多的防渗费用，因此，基坑排水应与围堰防渗措施同步研究比较，以达到降低工程造价目的。

表 2-7-1 国内几个导流工程投资与基坑排水费对比

工程名称	导流工程投资(万元)	基坑排水费(万元)	百分比%
五强溪	6678.0	990.0	14.8
小东江	143.7	10.5	7.3
东风	1310.0	150.0	11.5
湾塘	143.0	46.0	32.2
岩滩	5922.3	420.0	7.1
铜街子	8680.0	355.0	4.1
紧水滩	1341.7	49.0	3.7
大峡	1513.8	17.3	1.2
渔子溪二级	46.0	121.0	263.0

第 2.7.2 条、第 2.7.3 条计算初期排水和经常性排水量时涉及降水量标准的采用，一种意见用频率概念，即按 5~10 年一遇标准，另一种意见用实测资料。条文中采用实测资料。初期排水的可能降水量按抽水时段多年日平均考虑。

第八节 施工期蓄水、通航、过木、排冰

第 2.8.1 条大型水利水电枢纽的工程量大、工期长，往往为了满足国民经济发展需要，采取边施工、边蓄水、枢纽提前受益办法。国内已建的许多大型工程如新安江、柘溪、乌江渡、丹江口和葛洲坝均在施工期间开始蓄水，因此，大型水利水电枢纽应论证施工期蓄水的可能性。影响施工期蓄水因素很多，起控制作用的因素是枢纽施工总进度计划，因为施工期蓄水前，不少单项工程均应竣工或达到满足蓄水要求的形象，初期发挥效益的主体建筑物必须形成需要的规模，有关建筑物还应确定相应防洪标准，蓄水后不能影响全部工程正常地完建施工等，这些均应在施工总进度中作出明确安排。大流量、低水头分期导流的大型枢纽，还可以论证利用围堰挡水受益的可能性，葛洲坝利用二期上游围堰挡水发电和通航，取得了巨大的经济效益。

第 2.8.2 条在进行施工期蓄水历时计算时，必须综合考虑下游用水要求，因为下游通航、灌溉、发电和居民生活用水，有时是重复利用，不宜简单叠加得出，必须通过综合分析，扣除合理用水量。施工期蓄水历时的计算方法常用频率法和典型年法。频率法一般偏于安全，为国内设计和施工单位常采用。施工蓄水后，必须校核坝体安全上升高程，要求各月末上升到下月最高水位以上，除汛期洪水不能越过坝体外，还应校核临时挡水断面的稳定和应力，混凝土坝纵缝灌浆和坝体封拱灌浆均应达到相应高程。施工期蓄水前，坝前水库一般具有一定库容，但枢纽尚未达到设计泄洪能力，在计算施工水位及校核防洪渡汛安全时，应考虑水库调蓄作用。

第 2.8.3 条在通航、过木河流上的施工期临时能通航、过木问题应予以充分重视，特别是在重要的通航河流上，往往制约着水工、施工方案的取舍。但其毕竟是临时性措施，既要解决施工期货运过坝问题，也要节约投资。为此应调查收集原河流通航过木的各种指标，与交通、森林部门共同确定，施工期的过坝货(木)运量，一般情况下，可按国家批准的指标设计。

第 2.8.4 条要求维持施工期不断航并非所有河道均能办到，长江是我国最重要的通航河道，葛洲坝工程截流期间也断航半年多。临时断航期间可用各种临时措施解决货运过坝问



题。

在通航过木河道上无论采用何种导流方案，均应研究施工期通过导流建筑物通航、过木的方案，但经研究后认为不可能或不合理时，也可采用其它过坝措施。

第 2.8.5 条由导流建筑物过木时，既要满足过木要求，也必须保证建筑物安全。

第 2.8.6 条桓仁工程 1959 年春截流后，排冰仅限于 4 个宽 9m 的坝体缺口，由于上游混凝土围堰炸除后留下间距为 7m 的 4 个支墩，故实际过冰为支墩所形成的缺口控制。为保证顺利排泄冰凌，开江前夕在坝前 2km 的范围内进行人工撒成一个个  $2\text{m} \times 3\text{m}$  的长方格子，使之连成网状。1959 年春系典型文开江，最大冰厚仅 0.54m，开江前夕减为 0.3m 左右，整个江面已有  $\frac{1}{3}$  以上面积扩为清沟。3 月 23 日开江时，冰盖被分割为  $2\text{m} \times 3\text{m}$  小块，顺利通过坝下泄，个别较大冰块因其厚度薄，在缺口处破碎后下泄。

白山工程当 1977 年截流后，1977 年春在明渠上、下游 1.5~2.5km 范围内破冰，目的是使冰盖破成小于  $(6\text{m} \times 6\text{m})$  的小块(通过模型试验结果，对于 9m 宽的底孔， $(6\text{m} \times 6\text{m})$  以下冰块基本上能顺利地通过)，下游破冰是为流冰开出一条畅通水道，以防下游产生冰坝壅水，并对下游河段堆积严重处进行了重点破冰。底孔经历 4 次流冰未被堵塞，安全渡凌。该工程围堰堰前库容 3500 万  $\text{m}^3$ ，开江的洪水过程线呈尖瘦型，水库有一定的调蓄作用，故对流冰采用排蓄结合的方法。

青铜峡大坝梳齿在 1966~1967 年冬季封堵时，主体工程已基本完工，采用排蓄结合方式解决流冰问题，即用电站 7 条泄水管排冰，当堰前水位较围堰顶高出约 0.5m，堰顶流速接近 1.0m/s，具备排冰的条件；利用峡谷以上开阔段蓄冰，该库距坝 8km 的一段为峡谷弯道(水面宽 300m 左右)，弯道以上河宽一般为 2000~3000m，设计时在峡谷弯道处设置一些障碍物，使冰凌停留封冻，并大量蓄在上游开阔河段内，而下游基本无冰凌流出，经过实践的验证，工程安全渡凌。

### 第三章 主体工程施工

#### 第一节 一般规定

第 3.1.1 条由于整个工程中的各个施工项目施工难易程度不一，对工程建设工期、投资、工程质量和施工安全等各方面的影响程度也有所差别，施工的方法存在轻重、主次之别。某些简易工程项目或显然可用常规方法施工的项目无需进行方案比较；但施工难度大、对工程建设影响较大者，应分项在设计中做多方案比较。

第 3.1.2 条选择施工方案的原则既要有定量指标，也要进行定性分析。各种定量指标说明各比较方案的优劣程度，在比较过程中当然是必不可少的，但某些内容很难用数字体现，则只好定性分析，例如条文中的第二、三两款，内容只能起定性作用。

第 3.1.3 条所选设备必须与服务对象、工程所在地的自然环境、水工、施工条件相适应，这是基本条件。

设备生产能力既不宜选得过大，也不宜太小。过大将增加设备购置费、降低设备利用率；过小会影响施工进度、拖长工期。以往国内工程所用施工设备往往偏多，这和自营施工方式分不开，还可能与设备性能较差、维修、保养不善、零部件供应不及时、操作人员技术差和施工管理不善多种因素有关。工程采用招标承包方式建设后，这些问题可望得到改善，否则，投标单位将会在激烈竞争中失利。

选择设备型号、数量可根据工程平均施工强度或高峰施工强度、设备制造厂家的产品目录、设备性能说明书、工程实践生产率等资料分析确定，并使所选设备适合本工程具体条件，一般可先选主要施工设备型号数量，再选与之配套的设备。国外已大量利用计算机模拟技术作为选择设备手段，国内也开始作了尝试，取得了良好效果。

当某项工程可用多种施工设备施工时，则应进行技术经济比较。经济比较既要考虑设

备购置价格，也要分析运行维修费用；设备利用率也是应考虑的问题，例如地基开挖设备能否与后期混凝土浇筑相结合或用作开采骨料，应针对工程具体情况研究确定。

影响施工设备选择的因素很多，设计中应针对工程具体条件，综合分析各方面因素，全面进行技术经济比较后才能恰当地选定。

第二节 土石方明挖

第 3.2.1 条岩土开挖等级是确定岩石钻孔、爆破难易程度的定量指标，是合理选择开挖方法、爆破参数、生产定额和计算开挖单价的主要依据。比较常见的分级法有 M·M 普洛托李亚可诺夫、A·Φ 苏哈诺夫、岩心钻探、按岩层弹性波速度和附表 1.1 的分级五种，其中附表 1.1 分级法是我国目前水利水电工程施工和概预算编制中使用的分级法，故在本规范中采用。

开挖区内岩土等级确定正确与否对开挖单价和材料、设备、劳动力的数量均有较大影响，故应慎重。通常按岩石容重、可钻性和抗压强度来选定岩石等级。

第 3.2.2 条有些工程为了减少前期工程量，只重视导流工程，放松了坝肩开挖，结果河床截流后不能进行基坑施工，只好回头来再挖坝肩，延误了工期。另外，考虑到坝肩、基坑上下交叉作业容易发生安全事故，所以规定截流前应完成(或基本完成)水上坝肩开挖。同时考虑到也确有少数工程(如葛洲坝)，岸坡平缓，与基坑同时开挖不会影响直线工期和施工安全，可以不受此限。

据有关资料，铲、车容量比的合理值如表 3-2-1。

表 3-2-1 铲、车容量比的合理值

汽车运距(km)	<1.0	1.0~2.5	3.0~5.0
挖掘机	3~5	4~7	7~10
装载机	3	4~5	4~5

表 3-2-1 是从运输角度考虑的，考虑到道路、桥梁因素以及常用 4m<sup>3</sup> 挖掘机的实际情况，要达到较高的铲、车容量比一般是困难的。例如 4m<sup>3</sup> 挖掘机，如铲、车容量比  $n=5$ ，要求汽车载重量即达 30t，但是 30t 的自卸汽车在许多公路桥梁是难以通过的。

第 3.2.4 条毫秒爆破具有降低地震强度、减少单位耗药量、改善爆破质量(渣堆集中，渣粒均匀)、减少后冲破坏和飞石等优点，故应采用。毫秒爆破包括微差挤压爆破与微差爆破。前者虽有炸药单耗较高和后冲力较大的缺点，但钻孔与出渣可以完全平行，出渣经常在渣堆较高的条件下进行，因而生产率较高。

深孔爆破垂直钻孔容易，装药方便，但大块率高，易留根坎，后冲破坏严重，梯段坡面稳定性差，而且梯段高度受炸药包直径限制，因此在地基开挖中不宜广泛应用。如果大块率高，留了根坎，必然出渣效率低，后冲破坏严重，坡面稳定性差，反过来又会降低钻孔效率，而且增加了预留保护层厚度；梯段高度受药包直径限制很大，以梯段高 12m 为例，设坡面倾角为 70°，相对间距(或炮孔密集系数) $M=1.0$ ，炸药单耗  $q=0.6\text{kg/m}^3$ ，装药系数  $K=0.5$ ，炸药密度  $\Delta=1.0\text{g/cm}^3$ ，超钻  $h$  取 1.0m，孔顶至坡顶距离  $e$  取 2.0m，最小抵抗线  $W=2m+12\text{tg}70^\circ=6.37\text{m}$ ，则相应药包直径为：

$$d = W \cdot \sqrt{\frac{qMH}{7.85K\Delta}} = 6.37 \sqrt{\frac{0.6 \times 1.0 \times 12}{7.85 \times 0.5 \times 13 \times 1.0}} \\ = 24(\text{m}) = 240(\text{mm})$$

而基础开挖中药包直径不宜大于 100~150mm，显然难以适应。若将  $H$  降至 6.0m， $h$  降至

0.5m。其他不变，则

$$d = 4.2 \sqrt{\frac{0.6 \times 1.0 \times 6}{7.85 \times 0.5 \times 6.5 \times 1.0}} = 1.58(\text{mm})$$

故当坡面角  $70^\circ$  时，梯段高度一般宜不大于 6m。倾斜孔爆破则相反，它具有抵抗线一致，爆块均匀，大块率低，不易留根块，后冲破坏小，梯段坡面稳定，爆堆形状好，出渣效率高和梯段高度不受钻孔直径限制等许多优点，虽然钻孔技术复杂，效率低，装药操作较困难，但可通过增加钻机数量或采用效率较高的钻孔机来解决。但因考虑到梯段不高和地质条件适宜时，采用垂直孔更为有利，因此在地基开挖中未明确规定采用倾斜深孔爆破。

第 3.2.5 条预裂防震在许多工程实践中已证明是行之有效的防震措施，而且具有工期短、投资省、有利于机械化施工等许多优点，对基础质量要求高的大坝、厂房等工程的边坡开挖应采用。

采用预裂爆破时的超挖量计算，由于考虑今后是实行招标方式施工，故此规定未列入规范中。

第 3.2.6 条根据白山电站坝基扇形孔爆破经验，预裂效果很好，全部可见半圆孔壁，孔壁光滑无裂痕，不平整度 20cm 左右，预裂区的断层及节理面均无张开现象，而且辐射孔最大一次爆破药量达 600kg，因此规定在地基中采用辐射孔爆破时，坑道及辐射孔布置应结合地基预裂爆破一并考虑。

第 3.2.7 条由于影响爆破的参数较多，而地震的破坏作用较大，参数选择不当会带来十分严重后果，因此要求对大型或特殊爆破工程的技术方案及爆破参数有条件时宜通过试验确定。

第 3.2.8 条洞室爆破虽具有一次爆破量大、需要机械设备简单、可缩短工期、适于交通困难和人烟稀少地区施工等许多优点，但由于装药集中引起的地震较大，因而对基岩破坏大，对边坡稳定及周围的地面地下建筑物的保护不利，因此严禁在大坝及其邻近的水工建筑物地基开挖中使用。

第 3.2.9 条预裂或光面爆破，采用手风钻时可以不留台阶，采用潜孔钻及钻孔台车，可以留台阶。

对高边坡开挖规定应采用预裂爆破或光面爆破，是从边坡稳定、施工安全和减少超欠挖等方面考虑，这在国内外施工中都有丰富的经验。

每层开挖后应尽快支护，不仅从边坡稳定、安全出发，也为了方便施工，锚喷作业点距平台过高则施工困难，尤其是台车钻孔应在台车工作高度范围内。

第 3.2.10 条由于影响水下开挖的因素很多，故这里只作原则规定。水下开挖实例：

一、铜街子电站砂石料场用日本 UH30 型  $3\text{m}^3$  液压反铲开挖，挖深可达 6~8m，配 12t 贝利汽车的实际小时生产能力约 80 余  $\text{m}^3$ (实方)。

二、三门峡电站尾水渠水深 18m，用  $1\text{m}^3$  抓斗开挖，台班产量 100 余  $\text{m}^3$ 。

三、福建镇海港用日本  $8\text{m}^3$  抓斗船，连船带机配套共重 6000 余 t，抓斗 30t，5~6 级风以下可运行开挖铁板砂，水下可达 20m，开挖爆破礁石，当水深大于 10m 就挖不动，抓斗经常打翻，但按机械铭牌可挖深 40m。

四、南京大桥工程局四处沉井开挖作业中全用吸石机，据介绍，吸深不小于 5m，最深可达 50m，常用管径 300mm。

五、龚嘴电站坝下游清淤，用  $\phi 530\text{mm}$  管吸石机吸渣，水深 10~25m，吸渣供风量  $100\text{m}^3/\text{min}$ ，吸出卵石粒径  $\phi=200\sim 480\text{mm}$ ，平均台班出渣量  $63\text{m}^3$ ，潜水吊装大块石  $0.5\text{m}^3/\text{人时}$ 。

第 3.2.11 条挖掘机与自卸汽车配合出渣需要的最小沟槽宽度见表 3-2-2，可作设计参考。

由于挖掘工作面的最小宽度，不同的资料差别较大，故正文未作明确规定。金属矿山规定的最小工作面宽度见表 3-2-3(垂直孔)，水泥矿山规定的最小工作面宽度见表 3-2-4。

表 3-2-2 挖掘机和自卸汽车配合需要的最小沟槽宽度

以挖掘机为准			以自卸汽车为准		
斗容(m <sup>3</sup> )	沟槽宽度(m)		载重量(t)	沟槽宽度(m)	
	两边装车	一边装车		大回转运行	90° 转弯倒车
0.5	12.0	10.0	7.0	18	13
1.0	15.0	12.0	10.0	19	14
2.0	20.0	15.0	12.0	22	16
3.0	23.0	17.0	15.0	23	16
4.0	23.0	17.0	20.0	23	16
10.0	28.0	22.0	32.0	23	6
			60.0	27	20

表 3-2-3 金属矿山规定最小挖掘工作面宽度 单位: m

岩石硬度 <i>f</i>	梯段高度(m)			备注
	8	10	12	
>12	23~34	36~39	41~44	用 YQ-150 潜孔钻钻孔
6~12	28~32	31~36	35~41	用 YQ-150 潜孔钻钻孔
<6	24~26	26~30	29~35	用 YQ-150 潜孔钻钻孔

表 3-2-4 水泥矿山规定挖掘工作面最小宽度

梯段高(m)	挖掘机斗容(m <sup>3</sup> )	汽车载重量(t)	工作面最小宽度(m)	
			<i>f</i> >6 岩石	<i>f</i> <6 岩石
10	0.5~1.0	3.5~7.0	18	20
12	2.0~4.0	7.0~25.0	20	24
15	2.0~4.0	7.0~25.0	24	28
20	4.0~6.0	>25.0	30	34

注：上列两表之值差别较大，估计前者为垂直孔，后者为倾斜孔。

第 3.2.12 条深而窄的坑槽、陡峻而较窄的岸坡开挖，钻孔爆破与出渣工序之间不能直接配套(即不要求严密配合)，直接配套的要求是：

- 1)钻孔爆破的石渣应满足挖掘机的生产能力；
- 2)爆破参数与爆岩块度与挖掘机的斗容相协调；
- 3)配套机械都能充分发挥效率。

第 3.2.13 条在实际施工中，开挖一个台阶少则一两个月，多则几个月，道路使用时间很短，所以虽然行车密度较高(一般属 II、III 级公路)，仍可采用超限标准。

在大坝厂房基坑开挖中，开挖深度有时很大，出渣道路布置非常困难。例如二滩电站下游围堰顶高程 1029.0m，基坑最低开挖高程 965.0m，高差达 64m，下基坑道路平均坡度每增加 1%，基坑长度即可缩短 50 余 m，即两岸导流隧洞各缩短 50 余 m，导流隧洞投资约可减少 4%，效果十分显著。而且有时基坑受地形、地质条件限制，长度很难增加，所以应该允许采用超限标准。

《矿山冶金设计参考资料》规定，出渣道路坡度 10%~13% 时。相应限制坡长为 250~150m，比《厂矿道路设计规范》(JJ2227，试行)标准低一些，水利水电工程基坑开挖时间不长，故出渣道路最大坡度限制为 15%。

出渣道路一般应采用双车道循环线，当出渣强度低，仅一台挖掘机开挖，且地形陡峻，

修建双车道工程量过大时，可以采用单车道。

第 3.2.14 条土石方平衡工作一般由负责施工总布置人员为主并会同开挖方法设计人员一起进行。

以往的施工组织设计中都不考虑二次倒渣。根据鲁布格电站引水隧洞的施工经验，有时倒渣反而是合理的。鲁布格引水隧洞系日本大成公司施工，隧洞出渣时先将石渣暂时堆存于洞口，每排炮石渣出完进行钻孔作业时，再利用洞内装运的同一机械将洞口堆存的石渣运至渣场，这样使用机械效率能得到较充分的利用，比直接从洞内运至渣场更为经济合理。我们认为，鲁布格的经验在出渣与钻孔不能平行作业、且出渣时间短的情况下是合理的，明挖中这种情况很少，所以规定：“除经论证确属有利外，避免二次倒运”。

### 第三节 地基处理

第 3.3.1 条本条系根据国内外各个工程的实践经验，阐述地基防渗加固处理的特性。根据建筑物的类型及对地基的不同要求、覆盖层地基和岩基各自不同的特点，论述如何合理选择最优地基处理施工方案，特别强调对于重要工程一定要通过现场生产试验论证，确定施工中的各种参数和施工工艺，不仅是为了指导施工，而且也作为施工组织设计时使用。

第 3.3.2 条本条指出帷幕灌浆施工中在布置场地时应考虑的问题，根据国内外已建工程的经验，推荐廊道断面一般尺寸。

第 3.3.3 条为增强固结灌浆效果，宜在混凝土盖重情况下施灌。特殊情况下，亦可在基岩表层施灌，但混凝土与岩石接触面是否需要补灌及如何补灌问题，方案选择时应综合考虑研究确定。

第 3.3.4 条论述地基灌浆在施工程序上必须遵循的原则，只有这样才能保证灌注质量，达到满意的效果。

第 3.3.5 条钻孔机械型号及其性能随着生产实践在不断地改进创新，涌现出许多新产品。本条规定选择钻孔机械时应遵循的原则。

第 3.3.7 条当地质条件较差、采用水泥浆液对地基进行灌注而不能满足水工建筑物对地基要求时，常采用化灌材料施灌，以增强灌浆效果。由于化灌材料都具有不同程度的毒性，污染环境，故强调要采用符合环保要求的化灌材料。目前世界各国都很重视无毒化灌材料的研制。

第 3.3.8 条为保证防渗墙施工顺利进行，并能按计划完成，施工平台的高程、平面尺寸必须使各项施工作业达到既安全又方便的目的。

第 3.3.9 条本条是确定防渗墙槽孔长度所应遵循的原则。

第 3.3.10 条本条系结合国内工程实践经验，指明选择防渗墙造孔机械时应考虑的因素。

第 3.3.11 条根据国内各个工程实践，为满足防渗墙槽孔施工要求，定出了制浆土料的质量指标，并对确定浆液生产和输浆方式时应考虑的因素作了原则性规定。

第 3.3.12 条本条论述了泥浆槽中防渗墙混凝土浇筑的方式，并对槽孔中导管布置的原则作了说明。

第 3.3.13 条地基处理随着科研、生产实践的不断发展，涌现出许多新技术、新工艺、新材料。在研究地基处理施工方案时要结合具体情况，尽量推广应用新成果。

### 第四节 混凝土施工

第 3.4.2 条水工建筑物混凝土施工分期一般是根据截流、导流、拦洪、渡汛、蓄水等各阶段进度要求划分。

混凝土浇筑顺序一般是由低高程逐步上升，但对上部结构复杂、基岩易风化、荷载大或沉陷量较大的基础混凝土应优先浇筑。各期具体浇筑部位和高程主要根据起重机及混凝

土供料线路的布置确定。

第 3.4.3 条混凝土直接从带式输送机入仓，经国内工程实践证明有以下问题：①混凝土分离；②料堆集中；③砂浆损失多。据丹江口工程测试资料，滑槽、储料斗等粘附造成的砂浆损失为 1.5%~2.5%，带式输送机运输损失为 0.63%~2.14%（未计多台带式输送机转运）。

汽车直接入仓浇筑的主要问题是：①入仓前很难保证将轮子冲洗干净；②倒退入仓无法铺砂浆。葛洲坝一期工程有严重教训，二期工程又出现相同问题而禁止使用汽车直接入仓。汽车运送混凝土道路应平整，以免过分震动而使混凝土液化泌水和骨料下沉分离。

第 3.4.4 条门座式起重机（以下简称门机）适用于混凝土工程量较大、浇筑强度较高的大型闸、坝工程。塔式起重机（以下简称塔机）也基本上相同，但更适宜布置应用在建筑物呈铅直壁面的工程。

由于起吊设备栈桥一般在基坑开挖后浇筑桥墩及安装设备，因而时间上不能满足建筑物基础混凝土浇筑要求，栈桥上起吊臂杆也还不可能完全控制各个部位混凝土浇筑，因此栈桥方案尚需辅以其它浇筑设备。

所用机型和栈桥布置一般根据坝或厂房体形、尺寸和技术要求而定。对于 100m 以上高坝常需设高、低栈桥，往往还需拆迁。需用设备数量根据混凝土浇筑强度及设备型号、性能通过计算确定，同一栈桥上设备台数须满足相互间运行安全要求。

栈桥一般设在建筑物范围外以免占压工作面，也可设在厂坝之间，但应尽可能少占压坝块。栈桥高程应设在施工期设计洪水位以上，并宜与供料线高程协调。桥墩可用混凝土结构，结合利用闸墩等永久墩墙，当工期紧或有特殊要求时也可用钢墩。栈桥大梁宜采用箱形梁，不用枕木直接将轨道固定在钢梁上。

第 3.4.5 条平行移动式缆索式起重机（以下简称缆机）适用于各种坝型，特别对峡谷中的重力坝利用率较高。其主、副塔应紧靠河岸布置，使主索跨度较短。由于两岸需设置既平行、且高差不太大的行走平台，故对两岸地形要求较高，土建工程较大；且缆机结构较复杂，安装工作量较大。施工中可能发生压块现象，尤其是宽河床、多坝段的工程，对多机组的坝后厂房，当用缆机吊装钢管和进水口埋件时，处于主索下的其它坝块都不能作业。

辐射式缆机由于只有一岸行走平台，布置较灵活，易适应地形。适用于各类坝型，更适用于薄拱坝施工。

当两台辐射式缆机及同平台并轨运行时，欲取得更大的工作控制面，可将两台缆机固定塔分开设置。

固定式缆机宜专门用于转料、安装或协同移动式缆机工作。其优点是具有较大的跨度和起重量，适应各种地形条件，基础工程量小，结构简单。缺点是：工作面仅呈狭窄带状，使用范围有限，若欲扩大工作面，可用摇摆塔式等改进型的缆机。

第 3.4.6 条大型起吊设备吊运混凝土的台月生产率不仅与吊罐容量和小时循环次数有关，还与机械的控制范围有密切关系。缆机一般控制的面积较大，能够浇筑的仓面多，时间利用系数较高，所以台月生产率也高；而门、塔机等臂杆式机械，由于其活动范围小，能够控制的浇筑块少，设备效率得不到充分发挥，所以台月生产率一般比缆机低。据部分国外统计资料分析，吊罐容量  $3\sim 6\text{m}^3$  的缆机，平均台月生产率约  $(1\sim 3.5)\text{万 m}^3$ ，而同容量的门塔机，其台月平均生产率仅  $(0.3\sim 1.3)\text{万 m}^3$ 。

大型混凝土起吊机械吊运坝上各种金属结构、小型设备和大型预制件等占用吊运混凝土的当量时间百分比，系根据《施工组织设计》1987 年 1 期的数据。

第 3.4.7 条国产缆机小车的到运行速度为  $360\sim 420\text{m/min}$ ，吊钩升降速度  $90\sim 120\text{m/min}$ 。国外高速缆机运行速度：小车  $500\sim 600\text{m/min}$ ；吊钩  $125\sim 290\text{m/min}$ 。塔架移动速度，国内外相差不多，一般多是  $6\sim 8\text{m/min}$ 。缆机跨度愈大，小车运行速度愈大。

国产 10t 缆机，50 年代在柘溪工程浇筑混凝土月强度达  $12200\text{m}^3$ ；刘家峡用 20t 缆机，



月最高强度超过 30000m<sup>3</sup>；乌江渡工程 20t 单机台班产量最高达 924m<sup>3</sup>(水平运距 100m、提升 55m 情况)。

缆机吊运混凝土的生产率除用公式计算外，还应根据类似工程的实际生产率综合分析确定。统计国内已建工程实践资料，20t 缆机 6m<sup>3</sup> 吊罐高峰时段生产率见表 3-4-1。

表 3-4-1 缆机吊运混凝土施工指标

吊运混凝土强度	次/h	m <sup>3</sup> /台班	m <sup>3</sup> /台月(平均/最高)
指标	8~18	750	15000~30000

根据国外缆机运行统计资料，欧洲缆机最高循环次数：67 台平均最高 13.5 次/h，大平均每小时循环 10 次；美国 37 台缆机小时循环次数平均最高值为 16 次/h，大平均值为 12.6 次/h。

缆机安装工期一般需时约 3 个月，用工约 10000~15000 工日。主索及钢绳的使用寿命及置换需时见表 3-4-2。

表 3-4-2 缆机主索及钢绳使用时间

项目	使用寿命	置换需时
主索	当使用新索时可不考虑更换	
小车牵引钢绳	1500~2000h	
吊钩起重钢绳	750~1000h	

门机吊运混凝土的生产率，除进行计算外，还应根据门机的工作条件，参照类似工程的实践数据综合研究确定。国内 10t 门机在施工高峰时段吊运混凝土的生产强度见表 3-4-3。

表 3-4-3 10t 门机吊运混凝土高峰时段生产率统计

项目	次/h	m <sup>3</sup> /台班	m <sup>3</sup> /台月
产值指标(平均/最高)	10/22	310/450	5000/10000

第 3.4.8 条用 Fortan 语言编制的“缆机浇筑混凝土坝的计算机模拟程序”，适用于 M-160 机和 IBM-PC/XT 机，已于 1986 年 12 月由原水电总局主持通过评审鉴定，主要评审意见如下：

研究混凝土坝浇筑过程，合理确定浇筑工期、浇筑强度及施工方案，对整个工程总工期和总造价具有十分重要的意义。本专题在国内系首次采用计算机模拟混凝土浇筑过程，对于预测施工工期、确定缆机台数、逐年逐月的施工强度和浇筑程序等重要指标，以及对二滩工程合理选择浇筑方案提供了科学的依据。而且为解决其他复杂的水利水电工程课题开创了有益的途径。本课题所建立的数学模型及计算机程序反映了二滩混凝土坝浇筑施工的客观实际，能适应多种施工制约条件。本程序使用方便，便于进行多方案比较，还可用以模拟同类的混凝土坝浇筑过程……。

对于门座式、塔式起重机浇筑混凝土的计算机模拟原理基本相同，只需在缆机模拟程序的基础上作适当修改即可。

第 3.4.9 条应贯彻执行以钢代木、节约木材、积极推广使用定型组合钢模的技术经济政策。

根据葛洲坝大江厂房 14 台机组尾水管模板设计施工经验，“分层空心式”钢木混合结构模板能提高工效 1.5 倍(每套模板的安装和拆除工日，分别由过去的 1800 个和 390 个减少到 700 多个和 160 多个)。节约木材 270m<sup>3</sup>/台套，节省投资 1.6 万元/台套，且能缩短工期 1 个月以上。今后若能根据机组、机型由厂家制造定型尾水管模板，租赁工程单位使用，可增加周转次数，经济效益将更大。

第 3.4.10 条大型河床式电站坝段横缝如葛洲坝、铜街子等电站皆超过 30m，为适应施工浇筑能力和温控要求，在坝段中均设有错缝。通仓浇筑不仅能避免垂直施工缝对结构物整体性的影响，而且可以加快施工进度，减少模板工程量，降低工程造价。但对浇筑强度和温控要求较高。对坝高小于 70m 的坝段，按目前的机械浇筑能力和制冷措施，在低温季节通仓浇筑基础混凝土是可能的；高坝采用通仓浇筑则应有论证。

第 3.4.11 条坝体的接缝灌浆对坝体的施工进度和造价影响较大，提出本条以期能在初设时对坝体的接缝灌浆进行认真研究。

现行规范规定混凝土龄期大于 6 个月才能灌浆，施工中由于某种原因采用所谓“三连续”施工方式(即取消一、二期水管冷却的间歇时间，采用连续浇筑、连续冷却、连续灌浆的方式)进行坝体接缝灌浆的问题，东江水电站温控补充报告中提出了明确结论：7 月份浇筑混凝土时，不能采用“三连续”的程序施工。1987 年 10 月在成都召开的初稿审查会上，一些代表提出：接缝灌浆限制 6 个月龄期太严，根据东江电站的试验，为满足混凝土的干缩要求，混凝土有 3 个月的龄期就够了，因此本规范规定：“在采取有效措施情况下，混凝土龄期不宜短于 4 个月”。设计时可根据具体情况选用。

空腹坝封顶灌浆考虑超冷温度系根据凤滩等工程经验提出的。该工程封顶灌浆采用了较稳定温度更低的超冷温度，腹拱圈未出现拉应力，节省了配筋。

第 3.4.12 条当采用平浇法浇筑、机械生产能力不能满足仓面要求时，可采用台阶法浇筑，其浇筑顺序和要求如图 3-4-1 所示。台阶法使用的基本条件是薄层，根据吊运混凝土设备的能力和混凝土散热的需要，浇筑块高宜在 1.5m 以内。其台阶宽不小于 1.0m，斜坡坡度不小于 1:2，浇筑块前进方向卸料宽不小于 2.8m(考虑用 3m<sup>3</sup> 吊罐卸料时需要的宽度)。

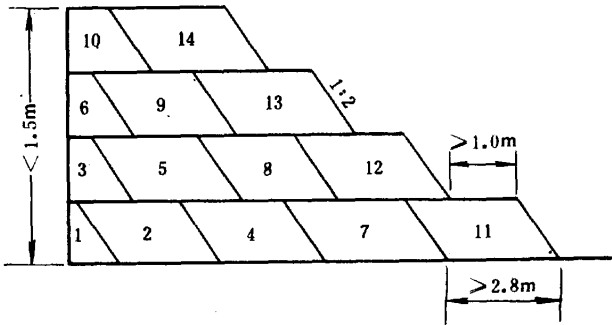


图 3-4-1 台阶浇筑法

第 3.4.13 条“坝体混凝土温控措施优化”有两个计算机程序：第一，单坝块混凝土温控措施优化；第二，大坝整体温控措施优化。第一个程序已于 1986 年 12 月由原水电总局组织专家鉴定通过，其评审意见如下：

大体积混凝土合理的温度控制，对保证混凝土坝的整体性和加快施工速度等方面都起着重要作用，在经济上也具有相当的意义。本专题研究的目的是：以二滩水电站工程混凝土施工的温控措施为对象，应用系统分析方法，寻求费用最小的坝块温控措施。

本专题建立的数学模型以坝块混凝土的温控费用最小作为目标函数，同时把设计规范、自然条件、水化热、浇筑能力、坝块尺寸、各冷却措施的效应等因素作为约束条件。模型应用了热传导理论，因此能够较好地反映温控措施的内在联系。在求解这个坝块混凝土温控措施优化模型时，所用的可变容差法是可行的；计算结果是合理的，所以认为该课题的成果基本上是成功的。可用于单块实体混凝土浇筑块的温控措施的规划和设计，并为大坝总体温控措施的优选奠定了基础。

大坝整体温控措施优化程序已于 1987 年编制出来，并通过实例计算证明可行。这个程序更切合工程实际，具有更大的实用价值，但尚未鉴定。

第 3.4.14 条在旱、雨季分明的我国南方多雨的地区雨季施工问题较为突出。施工组织设计中应分析比较雨日停工对施工进度的影响以及采取有效的防雨措施的可能性与合理性。一般情况下，遇大雨和暴雨时，应停止浇筑。降雨强度根据施工规范划分的等级为：

小雨 1~3mm/h，地面已全湿，但无积水；

中雨 3~10mm/h，可以听到雨声，地面有积水；

大雨 10~20mm/h，雨声激烈，遍地积水。

第 3.4.15 条一、关于低温季混凝土施工气温标准问题，《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)中曾规定“(1)寒冷地区的日平均气温稳定在 5℃以下或最低气温稳定在-3℃以下时；(2)温和地区的日平均气温稳定在 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，如图 3-4-2 所示；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。但再分两类地区、又用不同气温为控制标准就没有必要了，因混凝土强度增长与是否受冻害影响均以气温控制，而不随地区不同改变控制标准。

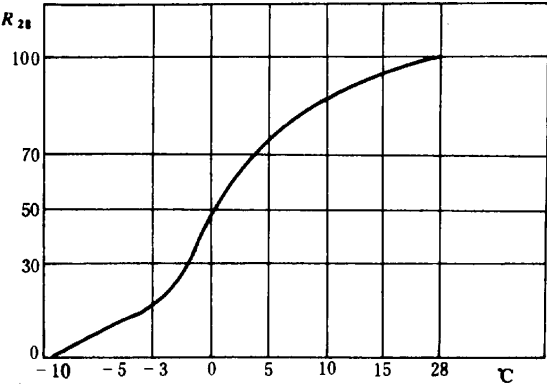


图 3-4-2 各种温度下养护的混凝土强度与  $R_{28}$  的关系

其次，我国原水电部 1964 年《水工建筑物混凝土及钢筋混凝土工程施工技术暂行规范》，以及苏、日、美等国，亦均根据气温条件规定为一种标准，如表 3-4-4 所示。

表 3-4-4 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
中国原水电部《水工混凝土及钢筋混凝土工程施工技术暂行规范》(1964 年)	日平均气温在 5℃以下，或最低气温在-3℃以下
中国交通部航务工程局《混凝土及钢筋混凝土冬季施工若干规定》(1962 年)	室内最低气温低于 0℃
苏联规范(1976 年)	日平均气温在 0℃以下，或最低气温在-5℃以下
美国 ACI306-78	日平均气温连续三天低于 4.5℃
日本土木学会规范	日平均气温低于 4℃
西德工业标准 DIN1045 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℃

表 3-4-4 的规范规定中，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。故本规范附录一中取消了“温和地区的日平均气温稳定在 3℃以下”这一段规定。“稳定”二字通常指连续 5d，设计中统计有困难，施工中亦难掌握，故亦取消。

二、“当日平均气温低于-20℃或日最低气温低于-30℃时，一般应停止浇筑”是考虑以下几个原因而提出的：

1.随负温的逐渐降低,混凝土单价相应显著增加。如拉古哨低温季节施工期平均温度 $-3.4^{\circ}\text{C}$ ,采暖计算温度 $-21^{\circ}\text{C}$ 时,低温季节混凝土单价增加 32%;桓仁低温季节施工期平均温度 $-8.5^{\circ}\text{C}$ ,采暖计算温度 $-27^{\circ}\text{C}$ 时,混凝土单价增加 41%;白山低温季节施工期平均温度 $-10.7^{\circ}\text{C}$ ,采暖计算温度 $-29^{\circ}\text{C}$ 时,混凝土单价增加 56%。可见,如再考虑 $-30^{\circ}\text{C}$ 以下继续施工时,低温季节增加费用将会更多。

2.在 $-30^{\circ}\text{C}$ 以下继续施工时,将带来许多问题,如:

(1)现浇混凝土的边角部位很难避免受冻,影响质量;(2)在低于 $-15^{\circ}\text{C}$ 时,铁路运输骨料的车箱底板即开始冻结一层骨料;当气温降至 $-30^{\circ}\text{C}$ 时,冻结层可达 10cm 厚,易造成混料;(3)地弄卸料口门冻结,影响卸料。

3.外温愈低,要求混凝土出机温度愈高,各项保温设施的要求也愈高,热损亦愈大,相应能源耗费愈多。

故从混凝土施工质量和经济效益考虑,作了这一明确规定。

三、“当日平均气温低于 $-10^{\circ}\text{C}$ 时,必须在暖棚内浇筑”,比《水工混凝土施工规范》降低了 $5^{\circ}\text{C}$ ,这是根据桓仁、白山等工程的施工实践经验,证明降低 $5^{\circ}\text{C}$ 是可行的。

四、将过去“混凝土允许受冻的临界强度”改以“成熟度”(混凝土养护温度与养护时间的乘积)作为衡量标准的原因在于:

1.低温混凝土施工现场均系在变温情况下养护的,试验室标准养护试件的强度值很难代表浇筑块的实际强度,而根据不同时间与不同养护温度的乘积累计值却能较准确的代表混凝土实际强度。

2.混凝土的养护温度较易观测,也即成熟度较易得出,而量测混凝土强度就相对困难一些。

3.目前国际上已广泛使用以“成熟度”为检验混凝土是否允许受冻的标准。我国于 1964 年由原水电总局与水电一局在桓仁水电站进行过一些试验研究,建议  $1800^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  为混凝土的成熟度,以后又在回龙山与白山水电站的低温季节混凝土施工中得到应用,均感到简易可行。

“成熟度”系英国绍尔根据其试验,发现混凝土在低于 $-10^{\circ}\text{C}$ 时,强度停止增长,得到成熟度计算式:

$$R = \sum (T + 10) \Delta t$$

式中  $R$ ——成熟度,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ;

$T$ ——混凝土在时间  $\Delta t$  内的温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta t$  ——养护时间, h。

东北勘测设计院科学研究所与水电一局于 1984 年又对不同水泥品种通过试验取得如下数值:

当采用普通硅酸盐水泥时,  $R = \sum (T + 10) \Delta t$ ;

当采用矿渣大坝水泥时,  $R = \sum (T + 5) \Delta t$ 。

上两项试验中如系掺加化学外加剂,该常数值应通过试验确定。

《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)原对混凝土允许受冻的临界强度规定为:“大体积内部混凝土应不低于  $5\text{MPa}$ ;外部混凝土及钢筋混凝土应不低于  $10\text{MPa}$ ”,均相应混凝土在标准养护 28d 强度的 40%以上。如现按  $1800^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  的成熟度为标准,对普通硅酸盐水泥

拌制的混凝土强度，也可达  $40\%R_{28}$  以上。两项衡量标准较接近。

从白山低温季施工的实际资料也证明此种检验标准实用，即使混凝土成熟度达不到  $1800^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  受冻，混凝土后期强度也不致受影响，如 1980 年 12 月在 10 号坝段 326m 高程的暖棚内浇筑混凝土，两天后因故停止供热，使混凝土受冻，当时强度仅 4.5MPa，相应成熟度仅  $672^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ，设计标号为  $R_{90}$  等于 200 号，受冻后继续养护，后期强度仍达 36.4MPa；1981 年 1 月在地下开关站洞内设有保温设施的部位浇筑边墙混凝土，一天后亦因故停止供热，使混凝土受冻，该时强度仅 1.5MPa，相应成熟度仅  $288^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ，设计标号  $R_{28}$  等于 200 号，受冻后继续养护，后期强度仍达 27.8MPa，接近标准养护件强度  $R_{28}$  等于 29.7MPa。这两个实例，一方面说明混凝土早期受冻后，如继续养护，对后期强度的影响不大，同时也说明即使混凝土的成熟度低至  $288^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  受冻，对混凝土后期强度的恢复也无甚影响。

从这里也可看到国外规范中允许混凝土受冻的成熟度值有的定得很低，如法国规定为  $480^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ，也许是考虑了后期混凝土强度可能恢复之故；当然也有高的，如瑞士定为  $2520^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 。但总的看，绝大多数在  $1400^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  以下。故我国初次将混凝土允许受冻以临界强度为标准改为以成熟度为标准，暂定为  $1800^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ，其相应标准养护混凝土  $40\%R_{28}$  是稳妥的，是能够保证混凝土质量的。

五、《水工混凝土施工规范》第 4.1.22 条规定“有抗冻要求的混凝土必须掺用加气剂”，第 6.0.8 条规定“寒冷地区低温季节施工的混凝土掺加气剂时，其含气量可适当增加”。但含气量每增加 1%，混凝土强度要降低 3%~4%，故附录一中规定“掺气量通过试验确定”。

第 3.4.16 条根据国内外资料，碾压混凝土筑坝可较常规混凝土筑坝节约水泥，简化温控措施，减少模板工程量，能充分发挥机械效率，加快施工进度，降低工程造价。

碾压混凝土配合比设计应使水泥和水的用量最小、又满足碾压要求，由于粗骨料粒径愈大，所需水泥和水的量愈少，但所需的压实功愈大，故提出粗料最大粒径要选择得当，本条规定一般为 80mm。一般大坝内部混凝土多采用三级配，但在模板附近及基岩面宜采用二级配。

由于碾压混凝土多采用高块连续浇筑，虽水泥用量较少，水化热不易散发，因此仍须进行温控设计，并有防裂措施。

第 3.4.17 条大型复杂的地基处理工程，须进行专门的施工组织设计，为确定地基处理方案提供依据。本条仅为针对混凝土置换地基所提出的要求。

洞室群的挖填施工，不仅涉及洞室壁本身开挖、支护和衬砌等工序的协调问题，还必须考虑附近坝体混凝土龄期、防渗、灌浆、排水等对传力洞群施工爆破所提出的要求。

第 3.4.18 条河床式厂房施工的起吊设备吊运混凝土与承担辅助工作的工时比值，根据葛洲坝一期厂房施工统计资料：共 16 台门、塔机，平均工时利用率 47.6%，月平均吊运混凝土 1455 罐，辅助吊运工作与吊运混凝土月平均工时比值为 1:3.45(即辅助工作工时约占 30%)、月最高工时比值为 1:2.17(即辅助工作工时约占 46%)。

## 第五节 碾压式土石坝施工

第 3.5.2 条气象资料的选用，在规范中应说明：

认真分析工程所在地区气象台(站)的观测资料，这对于气象条件比较复杂的地区是必要的。这类地区，有些气象台(站)虽然距工程所在地比较近，但并不属同一气象分区，条件差别较大，不宜选用。

各种气象要素对坝料施工的影响程度分为两类：第一类是对坝料施工有显著影响，设计工作中需用其具体数据，如降水、气温和蒸发等，应根据各种量级对施工影响的程度，制表统计分月出现的天数。第二类是对坝料施工有影响，但不使用具体数据，如相对湿度、

日照、云量、风力、风向等气象资料，也应统计作定性分析用。

第 3.5.3 条料场选择的基本原则是能满足坝料的质量要求、数量要求，开采条件好、单价低和不占或少占耕地。

条文中规定储量相对集中，可采数量应能满足坝料需要，《水利水电工程天然建筑材料勘察规程(试行)》(SDJ17—70)规定，详查阶段勘探储量一般不少于设计需要量的 2.0 倍。因勘察储量并不是可采量，设计阶段应作开采规划，可采量应大于需要量。

料场开采规划的关键问题是如何保证料场能够按各期上坝强度要求，提供符合质量标准的坝料。

第 3.5.4 条料场供应中，应做好料物平衡工作，充分合理地利用工程开挖渣料，对降低工程造价、保证施工质量具有重要意义，是碾压式土石坝施工组织设计的重要课题之一。国外十分重视这项工作。国内近期建设中，在渣料利用方面也积累了一些经验。设计时应作好以下几点：

- 1)在确定枢纽布置时，考虑挖、填方平衡；
- 2)改变选料观念，合理用料；
- 3)作好土石方调度规划。

人工制备反滤料和垫层料工艺比较复杂，费用较高(约为堆石单价的 2~4 倍)，只有当工地附近缺乏值得开采的天然材料、远距离采运不经济时，才宜人工制备。

开采天然砂砾料常受河段水情影响，应妥善处理。

第 3.5.5 条土料场的规划，除要保证上坝所要求的强度外，在许多情况下，还需要对土料进行处理，主要是调整含水量，有时也要求改良土料物性。这些处理工作应在料场或合适的场地进行，不应把不合格的土料运到坝面上去处理。

土料场一般土层较厚，地形比较平缓，开采条件较好，常与农业争地。我国耕地有限，在设计中应作好还耕规划，保护土地资源。

第 3.5.6 条坝料运输是保证上坝强度的中间环节。一般上坝强度较高，自卸汽车运送各种坝料具有较好的适应性，运输能力高，设备通用，能直接铺料，机动灵活，设备易于获得等，目前多被选用。带式输送机的爬坡能力强，道路修筑比较简易，运输费用较低，也能达到较高的运输能力，应根据工程具体条件进行技术经济比较后确定。

第 3.5.7 条布置上坝道路首要的是正确确定道路标准。这是保证汽车正常使用、减少轮胎消耗、提高运输能力基本条件。条文中强调了道路布置应当兼顾周围建筑物施工通道要求，施工期过坝运输要求，沟通两岸交通要求，并尽量和永久公路结合。应统筹规划，使枢纽工程的交通网趋于合理。

道路修建费用较高，修建时间较长，布置又常受地形条件的限制。因此，条文中强调了应根据各段道路的任务，确定各自的标准。以期达到既能满足要求，又节约费用的目的。

第 3.5.8 条土料的铺层厚度、碾压遍数等施工参数及碾压设备选择，应通过现场碾压试验最终确定。在一般情况下，细粒土料应选静碾，砂石料可用振动型碾；含水量高、强度低的土用轻碾，含水量低、强度高的土用重碾；碾压过程中要求破碎粗粒时可用凸块碾或锥型碾。

第 3.5.9 条土料雨季施工原则是“避开、防护、适应”。一般情况下应尽量避免在雨季进行土料施工。施工进度上作合理安排，通常能够作到这点。

在雨日不太多、降雨强度大、花费不大情况下，采取一般性防护措施常能奏效。

选配含水量变化不敏感的土料适应雨季施工，可以延长施工时段，争取小雨日施工，增加施工天数。

第 3.5.11 条面板坝的垫层料在施工期和运行期均起很重要的作用。要求选料严格，压实标准高，设计阶段应作为重要课题进行研究，以确定它的制备、铺筑和压实方法。



混凝土面板坝和沥青斜墙坝面板一经浇筑(铺筑),若坝体排水不畅,或因临时挡水设有临时防渗体,使施工期渗过面板的渗水及坝体施工时的充水不能及时排除,会使面板承受反向压力,面板有因此遭到破坏的实例,设计工作应引起注意。

第 3.5.12 条面板坝上游坝坡必须整平压实。当前多用振动平碾顺坡碾压。

上游坡面碾压分级长度以 10~20m 为宜,分级长度过大,振动碾不易控制,影响碾压质量。

马来西亚的巴特埃(Batai)面板堆石坝施工时,上游坡面采用震动夯板压实(夯板装于反向铲臂端),效果甚佳,可以作为辅助压实设备。

第 3.5.13 条面板纵缝分缝宽度应根据施工条件确定。为了便于滑模制作、操作和混凝土分料入仓浇筑,一般取 12m,墙边根据情况取 12m 或 6m。浇筑块过大施工困难,过小分缝太多。

中等高度以下的面板坝无特殊要求时,可不设水平缝。面板由下而上一次浇筑到顶;高的面板坝若因蓄水拦洪需要,也可分期浇筑面板。到目前为止,尚无多于两期浇筑先例。

第 3.5.14 条混凝土面板浇筑用的滑模尚无定型设备,条文中对滑模的基本要求供设计时参考。

模板滑行速度应据气温和混凝土施工性能经过实验确定。

第 3.5.15 条沥青混凝土石板工程规模较大,采用专用机械铺筑时,沥青混合料的运输多数采用汽车配立式保温吊罐。这种运输方式比较机动灵活,运输温度损失少。只有当工程规模不大、半机械化铺筑或布置运输道路有困难时,可采用其它运输方式。故规定“宜用汽车配保温吊罐运输”。

面板斜坡过长将给牵引斜坡铺压机械的卷扬机带来困难,这不仅是卷扬机的钢丝绳容量有一定限度,而且还由于过长的钢丝绳在自重作用下下垂擦坏已铺好的面板,同时,由于牵引机械与铺压机械相距过远,会使铺筑变得不方便,斜坡运距也相应加大。日本沼原蓄能电站上池沥青混凝土面板斜坡长度达 150m,创长斜坡施工记录。但多数斜坡长不超过 120m,故规定斜坡长度超过 120m 时,可采用二级铺设。

加大面板摊铺宽度可减少面板施工缝、提高防渗效果和面板的整体性,国外的面板多采用铺设宽度 3~4m,我国牛头山水库铺设宽度采用 3m。根据铺设宽度单层防渗影响的初步研究,单层防渗的组织渗透系数  $K$  可按式求得:

$$K = \frac{(b + 0.45)K_t}{b} \quad (\text{m/s})$$

式中  $b$ ——条幅宽度,即一次铺设宽度, m;

$K_t$ ——条面的渗透系数, m/s。

根据上式,可绘得  $K \sim b$  关系曲线如图 3-5-1 所示。从图 3-5-1 中可以看出:随着铺设条幅宽度的增加,  $K$  值减小很快,超过 4m 以后,  $K$  值减小缓慢。增大条幅宽度提高防渗效果不明显且施工困难,因此认为 3~4m 为宜。

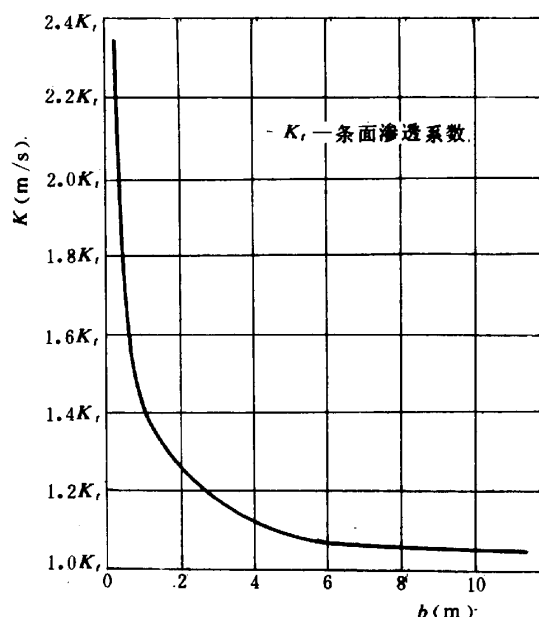


图 3-5-1  $K \sim b$  关系曲线

第 3.5.16 条心墙每层铺设厚度与碾压机械的压实功能有关，应通碾压试验确定。根据国内外施工实例统计资料见表 3-5-1，铺设厚度一般为 25cm，故规定心墙每层铺设厚度为 20~30cm。

表 3-5-1 心墙铺设厚度实例

工程名称	碧流河	高岛	武利	街所
铺设厚度 (cm)	20	25~30	25	25

第 3.5.17 条寒冷地区是指年度内最低月平均气温小于  $-10^{\circ}\text{C}$ 、年内日平均气温大于  $5^{\circ}\text{C}$  的天数少于 215d 的地区。

当沥青混凝土暂停施工，越冬时若其表面不加保护直接暴露在大气中，气温骤降会引起表面收缩，下部受到约束，导致产生贯穿性裂缝，防渗性和整体性遭到破坏。一般应在表面用干砂覆盖，形成一个保温层，使表面温差减少，控制温度应力在沥青混凝土抗拉强度允许的范围内，而不产生裂缝。保护层厚度应根据当地的最大冻结深度而定。复工时，可将覆盖层清除干净后继续施工。

第 3.5.18 条土石坝坝面施工是多料种、多工序共同作业，施工作业集中，彼此关系密切，必须协调相互间的关系，因此在条文中提出了一些原则。

第 3.5.19 条碾压式土石坝施工机械选型配套除应遵循一般性原则外，还强调了坝体填筑作业面和各施工系统作业线施工设备选型配备应当注意的问题。

## 第六节 地下工程施工

第 3.6.1 条地下工程施工组织设计是否合理，首先取决于对围岩特征的掌握程度。但在地下工程施工前，一般很难取得完整的地质资料，因而总是带有某些不确定因素进行设计的。

围岩分类的目的是为了选择合理的设计计算理论、提供正确的设计参数、确定合理的施工方法、准确地计算施工定额、选择合适的施工机具。因此，一个合理的围岩分类，对地下工程的设计、施工均有重要意义。但目前国内、外地下工程围岩分类繁多，由于使用目的和勘测手段不同，分类原则和采用的指标也就各异。

本规范统一采用《隧洞设计规范》地下工程围岩分类表，作为选择开挖方法、支护型

式和确定钻爆参数的依据。

第 3.6.2 条钻爆法与掘进机法是目前地下工程开挖中两个行之有效的施工方法。二法各有所长,在不同范围内或在不同条件下表现出各自的优点。因此,评价某一工程适宜采用哪一种开挖方法,是一件复杂而又细致的工作。《地下工程施工规范》中回避了这一条款,国内也缺乏可供参考之蓝本。我们在汇集到的 48 个施工实例的基础上,经分析后,从隧洞断面型式、尺寸、洞长、地质条件及岩石抗压强度等 4 个条件,作为选择钻爆法与掘进机法的依据。

为了说明掘进机施工的适用范围,特编写了地下工程施工专题资料《掘进机施工》,对掘进机的适用范围说明如下:

一、隧洞断面型式和洞径问题,从国外制造公司生产的 195 台掘进机中的 16 台掘进机的性能分析,除铣削滚筒式掘进机可在软岩中掘出非圆形隧洞外,一般只适用于圆形隧洞,在确定其运用的洞径时,考虑了以下几点:

- 1.目前国内外已生产的 200 多台掘进机,其适用洞径为 1.98~11.25m。
- 2.从国外 4 个主要制造公司生产的 101 种不同规格的掘进机分析,掘进洞径小于 6.7m 的机种占 85%;洞径 9m 以上的机种仅占 5%左右。
- 3.从采用掘进机进行施工的 272 个工程实例资料分析,使用 6.7m 直径掘进机的工程占 92%;使用 9m 以上直径掘进机的工程仅占 4%以下。
- 4.直径 9m 以上掘进机的平均自重高达 160t/m,较之 3~6.7m 直径的掘进机的平均自重高出很多,增长了 1.5~3 倍,从而制造和运输都很困难。
- 5.大直径掘进机购置费用高,经济风险大。

根据上述情况又考虑今后发展,故条文中规定掘进机适用范围为 3~12m 洞径。

二、若隧洞长度太短,掘进机的制造或购置费用占施工总费用的比例大,且掘进机的安装准备时间占掘进机总工期的比例也必然较大,远不如钻爆法经济合理。从美国 35 条隧洞的施工成本曲线(钻爆法 12 条,掘进机法 23 条)分析。当隧洞长度 3~6km 时,掘进机施工成本下降最快。另据国外有关资料介绍,当隧洞长度超过洞径 600 倍且岩性在中硬范围内,掘进机施工比钻爆法施工更为经济。

根据以上情况,故条文中提出隧洞长度超过 3km 或 600 倍洞径时,可研究采用掘进机施工的合理性。

三、围岩地质条件:

1.国内外多年的施工实践证明,掘进机对复杂地层的适应性差,尤其是在塌陷、涌水、暗河地段掘进易发生事故,掘进速度及变换施工方法的适应性等方面远不如钻爆法。

2.目前掘进机虽可在抗压强度达 250MPa 的硬岩中掘进,但耗刀率及费用较在抗压强度为 100MPa 的中等硬岩中掘进高约 5 倍(见专题资料)。实践证明,掘进机在岩石抗压强度 50~100MPa 范围内使用的经济效果最佳。

第 3.6.4 条布置施工支洞和确定支洞数量、型式及尺寸是地下工程施工组织设计的重要内容。支洞布置应根据地形地质条件、主洞的布置、工程量、施工期限、施工方法及机械化程度等具体情况,通过技术经济比较后确定。支洞型式与尺寸,除与上述诸因素有关外,还应考虑支护型式、运输方式、运输强度和运距等条件。主洞洞底高程与施工支洞进口高程之差往往是决定运输方式和支洞长度的条件。为计算支洞长度,本条对有轨与无轨(汽车)运输的纵坡作了规定,其数据基本与《施工规范》的规定相符。但考虑到国内施工运输设备型号较多,其中一些性能好的汽车(如进口汽车)爬坡能力强,根据国内一些工程实践经验,对无轨运输纵坡提出了两个要求:其一,一般不宜大于 9%;其二,局部最大纵坡不宜大于 14%。

第 3.6.5 条用钻爆法开挖平洞的方法甚多,方案的取舍取决于围岩类别、断面尺寸、工

期要求、施工机械化程度以及施工技术水平等因素。对需支护的洞室，若断面尺寸相宜，宜优先研究全断面开挖方法。

圆形隧洞应尽量避免扩挖底角，是根据鲁布格引水隧洞施工情况列入的。目的是避免增加施工附加量(洞挖及混凝土回填量)，降低施工成本。

第 3.6.6 条目前国内的渔子溪、鲁布格等工程竖井施工已经引进使用阿立马克爬罐，并取得了成功的经验，故将此施工方法列入规范中。

第 3.6.7 条平洞与斜井的区别在于洞内能否行驶水平运输车辆，车辆需由提升设备牵引者为斜井。考虑到公路最大纵坡规定为 9%，即稍小于  $6^\circ$ 。所以在正文中规定以  $6^\circ$  为平洞与斜井的区分界限。

第 3.6.8 条洞室群施工中，平行和交叉作业项目多，条文规定编制网络进度的目的是从中抓住关键施工项目，优化施工程序，使设计人员能合理地做好施工规划。

第 3.6.9 条地下洞室施工难免避开软弱岩层和不良地质洞段，设计时针对工程具体情况，分别采取正文所列出的一项或多种措施。

第 3.6.10 条隧洞等地下洞室施工自一个工作面向纵深方向推进、开挖、衬砌和灌浆工序具有反复循环方式。因此，确定隧洞开挖的循环进尺，是地下工程施工组织设计的重要内容。各工序所占时间比重大致如下：开挖 40%~60%，混凝土 20%~25%，准备工作 7%~10%，安装与灌浆工程各约占 10%~15%与 5%~10%。开挖用工数约为混凝土衬砌用工数的 1.2~1.5 倍，安装和灌浆用工数较少。开挖循环作业的工序组成和编制循环作业图表的具体建议如下：

1.本规范规定每一循环进尺值与《地下工程施工规范》中所推荐的数据稍有出入，当凿岩机钻孔时，由 2~3m 改为 1.2~3m；多臂钻车钻孔时，由 3~5m 改为 2.5~4.5m。因为爆破进尺深度仅为钻孔深度的 0.8~0.9 倍。

2.循环作业图表的主要工序均应标注炮孔数量、钻孔总长度、每一循环出碴量与炸药耗量等。这样规定一方面是为了促使设计人员慎重确定最优循环进尺方案，另一方面是便于概算人员计算费用。

第 3.6.11 条钻孔工序是开挖循环作业中的主要工序之一，为了确定每一开挖循环中钻孔需要的工时，必须计算钻孔总长度。但钻孔长度或者炮孔数量与洞室断面的构造型式、岩石硬度、构造节理、炸药性质、钻孔直径和深度以及是否采用光面或预裂爆破等多种因素有关。因此，本条文对炮孔数量计算未做定量规定。

第 3.6.12 条出渣运输可大体上遵照《施工规范》的有关规定执行。考虑到车速的大小对计算车辆的配备数量有一定影响，为减少计算工作量，提出了：

1.机车牵引时速平均按 6km 考虑。主要是综合考虑以下因素：洞内驶速不超过 10km，调车及人员稠密段驶速限制为 3km，弯道、道岔或视线不良洞段时速不超过 5km，并考虑了装渣与等待时间而定出的。

2.汽车洞内驶速 10km 的规定较日本等一些国外的规定偏低，不利于减少柴油机排出废气中的有毒气体，有条件似应提高一些。为了避免与《施工规范》的规定相矛盾，仍按时速 10km 考虑，其中已包含了转弯、错车等速度减小的影响在内。

第 3.6.13 条正文中所指的“临时支护”系开挖过程中的施工支护，应有别于工程的永久支护(衬砌)。

锚喷支护是充分利用围岩的自承能力和柔性变形、有效地控制和维护围岩稳定的新型支护方式。国内外许多工程实践证明，锚喷支护是地下工程施工的一种多、快、好、省的支护型式，到目前为止，我国煤炭、冶金、铁道、水电和人防部门，应用锚喷支护的地下洞室已达到 1000km 以上。1975 年，冶金部对 12 个冶金矿山采用锚喷支护的 40km 长的巷道检查结果，98%以上良好。铁道部对成昆线中采用锚喷支护的长约 11km 的洞段进行

调查,虽已运行 10 年,支护仍基本完好的占 95.6%存在问题的只有 4m,仅占全支护长度的 0.04% 以下。可见,锚喷支护的工作情况良好的。为此,正文规定为优先采用的临时支护型式。

用喷混凝土支护地下洞室既能防止岩石风化,也起防渗作用,其防渗性能相当于 S8 的混凝土设计标号。加之喷射混凝土层能很快具有强度、提高围岩的稳定性,故广泛应用于地下工程施工中。施工组织设计的主要任务是确定喷层厚度和混凝土需要量(包括回弹损失)。值得提出的是:水泥裹砂法喷射混凝土新工艺(简称 SEC 法)自 70 年代日本首先发明后,国内自 1980 年开始研究,先后在八一林、渔子溪二级电站中试验应用,并已通过技术鉴定。这种方法的主要措施是:先在一部分砂中掺入 12%~16%的水,与水泥拌和,使砂的表面形成一层泥浆壳,再将已加入减水剂的其余水量注入,拌制成砂浆,然后在混合管中将砂浆泵中的砂浆与从喷射机输送来的已加了速凝剂的砂、石骨料混合,再经输料管送到喷嘴喷出。这种新工艺具有:一次喷射厚度较大、喷层与岩石的粘结力及其强度高;水泥耗量及回弹损失少;施工中的粉尘浓度低等优点。因此,正文规定应尽量采用水泥裹砂法喷射混凝土。

第 3.6.14 条预应力锚索在地下洞室中广泛应用已有近 20 年的历史,目前国内最大的预应力吨位只有 3175kN,实践证明,对于不同部位应选用不同类型的锚索,才能达到预期的效果。对大跨度、高边墙洞室采用预应力锚索的效果明显。但它是一项工作量大、工序多、费用高(表 3-6-1)的施工项目,采用时,应有充分论证。

表 3-6-1 预应力锚索费用统计

	统计日数(年)	每 kN 造价(元 /kN)	每 kN · m 造价[元 /(kN · m)]	备注
梅山水库大坝	1965	1.954	0.057	2352kN 级
梅山水库大坝	1965	2.516	0.074	3175kN 级
丰满泄洪洞		2.000	0.200	588kN 级
双牌电站	1980	3.470	0.095	3185kN 级
白山#15 坝段	1981	2.246	0.155	588kN 级
白山地下厂房	1982	2.500	0.194	588kN 级
丰满坝基	1983	4.630	0.093	1764kN 级

第 3.6.15 条通风设计是施工组织设计工作中不可缺少的部分。关于地下工程施工中有害气体允许含量、需要的风量及风速等具体数值,基本引用《地下开挖工程施工技术规范》中的规定。

第 3.6.16 条在设计中应对粉尘危害予以足够重视,宜采用湿式凿岩、喷雾洒水、机械通风、个人防护等综合措施,对所采取的措施应计算耗水量及费用。

由于汽油机械废气中的有害气体(一氧化碳及氮氧化物)浓度为柴油机械的十几倍至几十倍,对人体危害严重,所以规定洞内严禁汽油机械进入。

高海拔地区空气稀薄、氧含量低,使洞内内燃设备油料燃烧不充分,排出废气中的有害气体量增加。因此,规定尽量选择有轨运输。

第 3.6.17 条地下洞室模板应适应地下洞室的下述特点:

- 1)洞室多为规则断面;
- 2)模板绝大部分为单面结构(另一面为岩体);
- 3)开挖时多出现超挖,计算模板荷载时应计入超挖影响,因此,宜采用移动式模板。

根据湖南镇闸门井、调压井,密云泄洪闸闸门井,贵州红林调压塔,白山电站拦污栅墩等工程使用滑模的经验,与一般常规模板相较,滑模具有以下优点,因此,有条件采用滑模部位,应尽可能选用。

- 1)可节约投资 60%~70%；
- 2)工期较短，仅为常规模板的 1/2~1/4；滑模施工进度参见表 3-6-2；

表 3-6-2 滑模施工进度

工程名称		组装时间 (d)	实耗工期		日平均进尺		最大进尺	
			台班	d	m	m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup>
密云泄洪洞闸门井			90	30	1.99	33.3	2.6	43.55
贵州红林调压塔		<30	27	9	1.93	61.0	3.0	96.11
白山电站拦污栅墩			192	64	0.79	105.5		
湖南镇	小井	11	111	37	1.86	53.7	2.5	75.0
	大井	15	85	29	2.69	167.9	4.56	296.0
	闸门井	10	87	29	1.61	101.2	2.0	126.0

- 3)劳动力可减少 10%~50%；
- 4)混凝土表面光洁度有明显提高。

国内水电系统在隧洞底拱及 45° 以上斜井混凝土施工采用拉模已取得了成功，白山水电站在 2 号、3 号引水斜洞(直径达到 7.5m)中采用全断面拉模衬砌工艺的成功，进一步证明了拉模的优越性。采用拉模不仅可以缩短工期(白山电站 2 号、3 号洞各用了一个月，而 1 号洞采用立模逐段衬砌方法，用了 6 个月)，而且有明显的经济效益(表 3-6-3)。

表 3-6-3 拉模经济效益

工程名称	碧口水电站	西洱河一级电站
节约木材(m <sup>3</sup> /m)	0.446	0.24
节约劳力(工日/m)	2.92	2.20
节约投资(元/m)	40.32	76.51

第 3.6.18 条钢模台车主要有两种类型：一种为钢模单独承受施工荷载，台车仅用来运输、安装和拆除模板；另一种是钢模与台车成一体，共同承受荷载。我国水工隧洞用的钢模台车绝大部分系第一种类型，故予以推荐。

按水工混凝土施工规范规定，钢模拆除时间应在混凝土达到设计标号的 40%~50%后拆模，我国渔子溪电站引水隧洞(圆形断面、内径 5m)浇筑混凝土 36~72h 后拆模；映秀湾电站引水隧洞(圆形断面、内径 8m)，衬砌 48~72h 后拆模。国外拆模时间较短，例如美国混凝土学会建议：最短的拆模时间应根据实践经验和混凝土试件强度确定。对于外露的混凝土面最短拆模时间不得小于 12h，施工缝不得短于 8h。总之，拆模时间应根据混凝土强度增长速度、洞室形状、跨度及外部荷载等因素确定。由于施工组织设计时难以获得混凝土试件的强度资料，因此，条文中对拆模时间规定为，一般按混凝土浇筑后 24~72h 以内拆模计算。

#### 第四章 施工交通运输

##### 第一节 一般规定

第 4.1.1 条本条规定了对外交通和场内交通的范围。

对外交通一般运距较长，运输量和运输强度相对比较稳定，运输工具比较单一，而且一般在工程竣工后还要作为水电站永久对外交通。施工期间一般自成系统。

场内交通运输比较复杂，其中有外来物资的转运，以及大量土石方的堆弃、回填、砂石骨料及混凝土的浇筑运输等。这些运输多是与工程施工直接联系，往往对运输要求严格，且水利水电施工的特点是地形条件复杂、运输强度大、车型大，又多是临时性质，工程完



工后一般无用途,即使使用,运输量也大大减少。因此,在设计时应充分考虑上述特点。

第 4.1.2 条铁道部、交通部等交通运输部门的规程、规范及技术标准,是建国以来经验的总结,其中有些是通过一系列科学试验并参照国外先进经验拟定的。交通部公路规划设计院为了配合《厂矿道路设计规范(试用稿)》的修改,与其他有关院校、设计院等 15 个单位于 1978~1980 年对“矿山道路主要技术指标的研究”进行了大量的调查与现场实验。而且现有规程规范及技术标准一般都规定了在特殊情况下的处理办法,比如在特殊困难地段最大纵坡可以提高 1%~2% 等等。因此一般均能适合水利水电工程施工交通运输的要求。尤其是铁路专用线的设计,如不按铁道部有关规范办理,一般不予以接轨,综合以上原因,因此本规范规定应参照现行有关设计规范或技术标准。但同时也考虑了水电工程的施工交通运输特点:有少数重大件运输和运输期较短等,容许交通运输标准有一定的灵活性,尤其是场内下基坑道路,高差大,线路短,展线比较困难,往往难以满足规定的最大限制坡度的要求,以往施工中曾用过 12% 甚至 14% 的坡度。因此提出了在保证运输安全的前提下经过充分论证容许适当降低标准。论证的内容一般包括工程基建投资及油耗。坡度增大,工程投资减少了,但油耗增加了。也应结合基坑内道路布置条件进行综合比较论证。

路基路面宽度主要决定于车型即车辆的宽限,水利水电工程场内交通运输多采用较大吨位的车辆,车型较宽,因此规定应能满足施工期主要车型的运输要求。

重大件运输是水电工程施工交通运输的一大特点,但占运输总量的比重小,只要能保证安全通过即可。可以采用减速、重大件运输时禁止其它车辆通行等措施,然后确定其极限指标。至于桥、涵载重标准可以采用降低安全系数(或提高材料的允许应力)或者采用临时加固、绕行等措施予以解决。但在通过某些大桥、隧道、绕行与临时加固确有困难时,也允许根据实际情况适当提高其设计标准。

第 4.1.3 条施工交通道路必须保持良好的技术状况,才能经济地完成其施工运输任务。但是道路的养护以往多被人们忽视,结果路况很差,造成车辆过早损坏,加大了配件、轮胎和油料消耗,影响生产和安全。为了引起有关部门对此项工作的重视,因此,本规范明确规定,应设置与其标准相适应的安全交通管理、维护等设施,以及经常作好养护以保持其良好的技术状态。要作为设计内容,以解决养护机构和劳力指标等,而不是要求在设计规范中规定具体养路技术问题或管理问题。

第 4.1.4 条原水利电力部水利水电工程施工交通运输方式一般由公路(无轨)或准轨(有轨)铁路运输比较确定,如有水路运输条件也应尽量利用,但河道通航往往受季节性影响,一般仅作为施工辅助通道。就公路和铁路比较,公路运输方便、灵活、可靠、适应性强,可以单独解决施工期的高峰运输强度及重大件运输任务,而且基建工程量少、工期短,因此一般应优先考虑采用作为水电工程施工的交通运输方式。

铁路基建工程量大,占地较多,施工期限长而且一般不能单独承担施工交通任务,初期还需以公路配合,因此一般不宜采用,但是当路网距工地较近,施工场地较为宽阔或梯级开发能够结合利用,经过经济技术比较论证确实经济可靠时,也可采用。

第 4.1.5 条目前我国铁路、交通等部门已从国外引进有关铁道、公路线路和桥涵设计的计算机程序软件包,并在应用中证明利于加快设计进度、提高设计质量,是一种行之有效的先进设计手段。水电部门也应对此项先进技术的应用持积极态度,尽快引进,以提高设计质量、节约工程投资。故在本规范中作出此条规定。

## 第二节 对外交通

第 4.2.1 条对外交通运输方案选择的正确与否直接影响水利水电工程的进度和造价,因此必须慎重对待。在进行方案比较时,必须进行综合分析,技术上应满足施工进度对运输的要求,运行必须方便灵活,方案本身经济合理,工期短、便于与场内交通衔接,并能减

少占地面积和中转环节。在进行经济分析时，必须计算投资利息及综合经济效益，如有条件，应采用系统分析方法进行选择。

第 4.2.2 条一、工程所在地区附近可资利用的交通运输条件，是选择交通运输方案的基本条件，任何方案都脱离不了现有交通运输条件，进行方案选择时，必须充分掌握并着重研究工程所在地区可资利用的交通运输条件。

二、施工期间的总运输量和运输强度对运输方案及线路标准的拟定有着极为密切的关系，是决定运输方案的主要因素。大、中型水利水电工程在施工期间的对外总运输量和运输强度均比较大，选定的方案必须满足其要求。因此需着重分析研究、合理确定总运输量及运输强度。

三、与国家(地方)交通干线的连接条件必须充分分析研究，在现有线上联接应与有关主管单位进行联系。铁路设计规范明文规定：铁路专用线与路网接轨，应经该主管路局同意；在工业企业上接轨，应经该主管单位同意；在新线上接轨，应经该主管设计单位同意。公路接线也是如此。同时也应分析研究该联接地点是否能满足施工交通运输的要求。

场内交通是对外交通的延续，在研究对外交通方案时，必须密切联系场内交通，尽可能使场内、外交通运输联系成为一个有机的整体，使外来物资尽快地运往各用户，尽可能减少中转环节。

四、专用线的标准应根据施工总进度合理选定，确定的技术标准应能满足施工总进度对运输强度的要求。

专用线的施工工期也是对外交通方案选择的一个条件，选定方案应能满足施工总进度对交通运输的要求，确保工程开工后能及时通车，并保证交通运输畅通。以往有些工程的主体工程开工后，施工交通干线还未修通，以致影响施工总进度计划的顺利执行。

五、研究转运站的设置以及主要桥涵、渡口、码头、站场、隧道等的建设条件，务使外来物资转运距离短、沿线主要建筑物工程量少、投资省，以缩短施工准备期及总工期，尽早投入运行。

第 4.2.3 条运输方案选择原则有以下几点：

一、选定方案的运输能力应满足工程各时期施工需要，这是一条最基本的原则。

二、尽可能减少中转、确保物资器材运输及时、安全可靠是保证运输能力、减少装卸费用及物资损耗所必需。

三、四两项是为了尽可能减少对外交通运输基建设资的措施。

五、如果对外交通线路在主体工程开工后仍不能建成通车，往往给施工带来很大损失，则将影响施工进度或增加工程投资。

六、是否符合规程、规范是选择方案的标准之一，而且只有符合规程、规范的技术条件和适应水利水电工程的施工特点，才能达到所需要的运输能力，也才能作到运输安全可靠。

七、如果方案比较基础不一致，所用的数据不准确，则无法进行比较或得出的结论不正确。

第 4.2.4 条外来物资总运输量、分年运输量及运输强度是对外交通运输设计的重要内容，应分项详细计算，避免漏项。

第 4.2.5 条有重大件运输是水利水电工程施工交通运输的一个特点，是比较复杂的问题，它与运输方案的选择有密切的关系，在施工交通运输设计中，研究各运输方案能否适应重大件运输，需要进行比较。重大件的运输线路、运载工具、装卸设备以及交通沿线各种建筑物的承载能力等，均应配合有关专业进行研究比较，在确定方案时，应征求有关专业部门的意见。订立有关协议，必要时还应写出专题报告，报请上级各有关部门审批。

第 4.2.6 条转运站应设置在火车站或港口码头附近，这样可以减少装卸倒运量，转运站

一般包括仓库、料棚、堆场、道路、办公及生活福利设施，需要有足够的场地。

转运量视外来器材物资来源的具体情况而定，通常生活物资中的主副食品和当地建筑材料，多由邻近地区供应，直达工地，不需转运。需要转运的主要是水泥、钢材、木材、机械设备、煤炭、油料及其他，一般情况下转运量约占总运输量 60%。转运站的规模与交通运输部门的运输计划密切相关，因此需与有关部门洽商。

第 4.2.7 条对外交通线路一般需要委托专业部门进行设计，当线路里程较短、设计院有力量承担时，也可自行设计。委托设计应在枢纽工程可行性报告批准后提出委托设计任务书，以便尽早审批和设计。

### 第三节 场内交通

第 4.3.2 条场内运输包括：工程外来器材、物资，施工工厂设施产品，工程堆弃料物，经过工地的当地运输物资，进出工地的各类人员等。运输量及运输强度是以施工总进度为依据。确定各个时段料物需要量，并挑选出大宗料物运输作为重点。叠加计算各单项工程(或工作面)、各场(厂)区、各施工工厂设施不同时段的运输强度和主要料物运输流向。据以确定运输道路的走向、规模及技术标准。

第 4.3.7 条运输方式、车辆型号(机车或起控制作用的拖车)、行车密度及行人量是确定桥梁、渡口型式及其规模的重要依据。

施工地区河道特别是有通航、过木要求的河道上选择桥梁、渡口位置及型式时，应根据可靠的地质资料，必要时尚应进行水工模型试验。如工程施工需要尽早沟通河道两岸运输线，可先建简易桥梁或渡口等过河设施，然后再建正式桥梁、渡口。

## 第五章 施工工厂设施

### 第一节 一般规定

第 5.1.1 条长期以来，本章内容一直称为“施工辅助企业”，这一名称未能确切反映“施工工厂设施”或系直接生产的一道工序、或为主体工程施工服务的固有性质，因此，有碍于发挥其应有作用，甚至可能影响工程施工质量。在编制本规范中，经过多次讨论，决定更名为“施工工厂设施”，简称“施工工厂”。

本条主要说明施工工厂的组成与任务，明确施工工厂是供应主体工程施工所需的各种建筑材料，以及直接为生产服务的其他各项工厂，其中供水、供电、通讯系统还可兼顾职工生活需要。工地上纯粹为生活服务的设施，不属于“施工工厂”范畴。

第 5.1.2 条与一般工矿企业相比，水利水电工程施工工厂往往规模大，设备与投资多，要求建成速度快，但使用时间却只有几年。其产品通常批量少、品种多、生产不均衡。施工工厂总体规划时，如何适应这一特点，是急待解决的课题。

按照过去施工组织体制，几乎都是每开工一个项目，就重建几十个“大而全”、“小而全”的施工工厂，这不仅投资大、工期长、效益差，而且也影响专业队伍的培养和技术水平的提高。

根据国内外施工经验，水电工程施工对其原材料、成品、半成品、机械设备配件以商品形式对外发展横向协作关系，依照合同按质、按量、定期供应，充分利用现有施工基地与当地工矿企业力量，以及尽可能提前修建永久设施，为工程施工服务，都是行之有效的积极措施。因此将上述经验列入规范。

施工工厂与一般工矿企业在厂址选择上有其类似性。本条内容不仅归纳了水电工程施工有关经验，同时也参考一般工矿企业相类似工厂厂址选择设计手册或规范有关内容。

其中“协作关系密切的施工工厂宜集中布置”，主要是考虑到施工工厂不同于独立的工矿企业，它往往是由工程局(或总承包商)统一领导的。除生产危险性产品的工厂外，各施工

工厂靠近布置，比一般工矿企业更利于协作配合，防止重复建设，对利用率不高的大型和专用设备可以考虑合用；压缩空气、供水、供电、通讯、交通、仓库以及公共生活福利设施也易统一布局解决；便于生产管理。

第 5.1.3 条本条规定主要参考原水电部建设总局《关于加强施工组织设计的几项规定》(试行)第八点，国家建委关于颁发《工程建设标准规范管理办法》的通知第七条以及《施工组织设计工作简则》中施工工厂有关条款编制的。

根据我国多年实践经验，一旦国家批准开工，往往施工很紧迫。为了适应这种要求，筛分楼、拌和楼、罐式水泥库、风冷楼、带式输送机桁架、排架等结构物，应尽可能采用装配式钢结构。实际上三门峡、新安江、丹江口等工程的钢结构水泥罐拌和楼都转辗数工地，历时二、三十年，几经拆迁至今仍在用；湖南镇、葛洲坝、万安使用的钢结构筛分楼，有的也已拆迁使用二、三次。因而尽管组装式钢结构一次投资及钢材耗量较多，由于重复使用，大大节约施工时间与劳动力，加快了施工速度，因而仍是经济合理的，国外这方面使用很普遍，甚至地弄、挡墙、骨料料罐都采用钢结构，且有系列产品可供选用，这一经验值得研究推广。

装配式定型化钢结构厂房国内水电工程应用很少，但国外使用很广泛，有专门化的公司成套出售和租赁。根据需要运至现场拼装即成，竣工后拆除回收，施工现场还原。如加拿大丘吉尔瀑布水电站的装配拆卸式机修车间，其建筑面积为 $(24 \times 48)\text{m}^2$ 。苏联近年来施工一般采用装配式结构，目前主要有 YTC-420-06、BYC-20-00 及 3CT 型，它们有不同的跨度与缘高，有的可悬挂起重设备或安桥式起重机。根据托克尔水电站使用的经验，尽管前期投资较大，但与砖结构相比，劳动力少 3 倍，运量少 4 倍，由于可重复使用而取得经济效益。日本大成公司承包鲁布革电站引水隧洞工程中，全工程只有一幢三层楼的活动房屋，下层作修配间，上层作职工宿舍。我国大城市的建筑工地，也已逐步采用活动房屋代替临时建筑房屋。因此本规范规定施工工厂逐步推广装配式定型结构厂房(包括活动房屋)。

施工工厂设计工作量很大，乌江渡工程仅砂石混凝土系统归档工艺、结构图就有 2120 张(其中结构图尚有不少散失在外)。东江工程这部分图纸亦有 1710 张。目前各设计院与工程局专业设计人员一般都少，工艺与结构设计往往忙于应付，难以进行多方案比较，以求得更经济合理。为此组织专业人员，通过调查研究，总结经验，配合工艺进行系列化设计，具有重要意义，本条款强调其必要性。

第 5.1.4 条水电工程施工普遍存在设备利用率低，平均设备利用率只有 44.5%，个别工程局只有 30%。施工设备也大体相当。以机修为例，1981 年平均为 45.3%，1982 年上半年平均为 43.65%，此外年平均出勤台班数也很低，通常只有 200。这固然与水电施工产品的多变性，施工负荷的不均衡，维修、配件供应跟不上等有关，但与设备选型不当也有一定关系。

施工工厂设备选型中，往往注重某工程在特定条件下选用该设备的经济合理性。对其通用性、多功能性注意不够，这应引起重视。为提高设备利用率和降低生产成本，特作出本条规定。

## 第二节 砂石加工系统

第 5.2.1 条砂石厂生产规模计算办法很多，有按混凝土高峰月强度设计；也有按高峰时段月平均强度设计。若按高峰月强度设计，不考虑堆料场调节作用，系统设备过多，相应基建工程量过大；采用高峰年月平均浇筑强度设计，则堆料场容量过大；若堆料场容量较大，理论上可按累计生产和需用曲线关系计算砂石厂生产规模。但这种计算是完全建立在按计划生产和施工的基础上。水利水电工程的高峰施工期往往是在主客观条件都比较有利的情况下出现。用累计曲线法容易脱离实际，目前已很少采用。

经统计,国内大多数工程高峰时段常连续3~5月,其月平均浇筑强度一般为高峰月浇筑强度的70%以上。以高峰时段月平均强度设计砂石加工系统,既考虑了堆料场调节因素,适当降低生产规模,又较切合实际,因此予以推荐。

砂石混凝土系统设计作业制度目前尚未规范化,同一浇筑强度,由于选用不同的月工作日与日工作小时数,结果会出现很多生产强度,在数据与引用上引起混乱。因此有必要制订一套规范化的计算方法,首先是设计采用的作业制度规范化。这样做使统计与分析工作也统一起来。

我国三门峡、刘家峡、新安江、丹江口、白山、龚嘴、乌江渡、铜街子等工程设计中混凝土生产均选用月工作日25d,日工作小时数20h,这大体能反映目前水电施工情况。当然在高峰期间,不少工程由于采取人休机不休等措施,实际工作日与时数超过上述值。但考虑到水电工程施工受社会与自然条件影响很大,选用上述值给施工留有一定余地也是必要的。

砂石厂与混凝土工厂生产是有原则区别的。因砂石料可通过堆料场贮备调节,而混凝土则必须即时生产,不能较长时间贮存。这意味着砂石厂有条件在一定范围内按计划均匀生产,而混凝土工厂则需按施工高峰配备设备,一般采用三班工作制。对砂石厂一般规定采用二班制,其理由是:

1)每天有一个班可作设备保养和维修或作生产准备,以保证砂石厂长期、稳定、持续生产;

2)砂石厂可按高峰时段月平均砂石需要量配备。高峰月用料由堆料场补充,即使由于某种原因供料有困难时,砂石厂尚可增加班制补足;

3)高峰期延续时间短,按二班制设计,工人及设备生产率较高。

二班制由于设备常处于完好状态下,交接班时间又短,故每班有效生产时间按7h计是可能的。选矿厂、水泥矿山的经验与有关规定也证实了这一点。

应该指出,当砂石生产规模很大,采用三班制比二班制生产可节约较多投资时,也可考虑三班制生产,此时每日工作时间可定为20h。在砂石厂内某些车间(单元),由于连续生产对质控更为有利,本身设备故障较小,工艺布置允许单独生产时(如制砂车间),也可采用三班工作制。对于小型采石场,由于破碎比控制,所选用设备一班已能完成生产任务或生产环节尚不能实现机械化作业时,亦可采用一班制生产。粗碎或超径处理工作班次与采场作业相一致,将有利于减少二次挖运。详见专题报告《作业制度计算规范化》。

第5.2.2条 砂石料勘探资料是砂石加工系统设计的基础,是选定料场、确定工艺流程、设备选型及技术经济指标的重要依据,也是勘测工作中易被忽视的环节。

不少工程砂石料源总调查数量不足,有的把工程自近而远的一切零星料场贮量都算在内,只比需要略多一点。乌溪江工程即属这类情况。不少工程施工已近高峰尚在进行料场探勘与选择工作。

此外是没有达到相应的精度,或取样、试验方法缺乏代表性,造成贮量及级配误差过大。如鱼嘴韩家坝料场, $A_2$ 级资料150mm以上骨料含量不到12%,实际开采后却达30%以上;原勘探资料含砂不足,实际用不完。紫坪铺茅亭料场勘探资料,纯砂层有几万立方米,实际开采几千立方米即完。

亦有些工程由于水下勘探困难,以水上级配资料代替水下资料进行设计。如潘家口工程开挖后才发现水下部分基本上属于泥卵石,蛮石含量很大。但此时加工系统已近建成,成为无米之炊,相当被动。

施工中途才发现料源不足或勘探和实际资料出入很大,使得所选料场及工艺设备不合理,不得不边施工边勘查料场,重建砂石加工系统,从而影响主体工程施工,带来经济损失。

骨料某些质量指标若不符规范时,有些可通过加工处理得到改善。如乌江渡采石场原料中含泥量平均高达 12.66%,5~20mm 骨料中尚有泥团,但增加洗泥工序后,仍满足了要求;渔子溪山砂细度模数过大,坚固性不符规范要求,试验表明,经棒磨机加工,使二者都符合要求。问题的关键在于技术可靠性和经济性。因此本条规定,若砂石料某些技术质量指标不符要求,必须有加工处理试验与技经比较论证方可使用。

骨料碱活性反应引起混凝土过量膨胀,使水坝、桥梁、海堤导致破坏的事例,国外有不少报导。如美国派克坝和厂房全面开裂,其原因就是骨料具有碱活性反应的流纹岩和安山石。因此一般情况应避免使用。

碱骨料反应之强弱不仅与骨料活性有关,而且与水泥中含碱量有关。如美国阿里佐那州的盐河骨料,经试验认为有害,但诺曼·佛特坝混凝土采用这种骨料,由于用的是低碱水泥,没有引起破坏。而斯蒂瓦特·山坝使用高碱水泥,发生了严重开裂。

大化坝下游料场灰岩中含有 5%~10%燧石,经试验掺加 30%粉煤灰后,使膨胀率削减了 63%,与普通 525 号水泥混合使用,无有害反应。

已有工程试验证明,如原岩节理发育,破碎后大、中石骨料不足,如二滩工程,原选定主要开采坝上游的霸王山料场为白云岩。其岩脉间距为 12~50mm,并在三个方向上互相平行,一经加工,多数成 5~20mm 骨料。

第 5.2.3 条本条采用《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)中第 4.1.6 条的内容。

天然砂砾石与人工骨料相比,同样级配和水泥用量时,混凝土和易性好,保持相同和易性,一般水泥用量省(当然,若天然砂砾石岩性质量差,级配分布不理想时,人工骨料可比天然骨料省水泥,如大化)。同时砂石加工工艺简单、能耗小。当主体工程附近有合适的天然砂砾石,其单价一般比人工骨料低。但随着运距的增加,天然骨料成本逐渐加大,从映秀湾、乌江渡和大化的实践证明,在一般情况下,若无现成准轨铁路或水运可资利用时,天然砂砾石料源距主体工程 10~15km 时,其综合生产成本,与距主体工程 1~2km 的人工骨料生产成本相当。且人工骨料所征用地矛盾不象天然骨料河滩或台地突出,开采不受洪水或气象影响,相应砂石贮量可以减少,骨料级配、质量易于控制,可无弃料生产等优点,因此作本条规定。

人工骨料的的生产成本中,块石开采费用约占 35%,利用开挖渣料作原料,不仅可降低人工骨料成本,减少挖运设备,此外尚可节省运渣费用,大大减少堆渣用地和环境污染。我国已建的映秀湾、乌江渡的南岸和渔子溪耿达人工砂石系统,几乎全都利用开挖渣料生产骨料。巴西的伊泰普工程,计有混凝土 1100 余万  $m^3$ ,除掺用少量细砂外,2400 万 t 粗细骨料均利用开挖渣料生产。

为了经济合理地选出料源,本规范推荐采用系统分析法,把贮藏量、级配、运距、采运方法以及是否要碎石/是否利用开挖渣料等问题作为一个系统,整体地进行考虑,从所有可能的方案中选出最优方案。若用常规料源选择办法是十分费时和困难的。如二滩工程共有 7 个天然砂砾石料场,分布在距坝 40~140km 范围,尚有采石场与开挖渣料作人工料源等多种组合方案,人工手算费工费时,用系统分析方法易于优选。

第 5.2.4 条长期以来对采场的组织设计常被忽视,极大多数工程在初设阶段都未作正规料场开采组织设计。三门峡工程在这方面相对来说做得较好,亦仅进行了料区划分和线路布置。新安江工程因没有作好开采组织设计,在枢纽蓄水后无法继续水下开采,不得不改从陆上开采。由于盲目采挖,致使设备未能充分发挥效用,边区死角很大,或乱堆覆盖层、弃料,造成料场利用率很低,更是屡见不鲜。

在开采程序上,多由近及远开采,结果混凝土高峰期反要采运远处料场,增加了运输设备。

各料场级配综合平衡,一般都较重视,但对开采组织如何确保级配平衡却注意不够。



鉴于各料场不同料区的料层级配并不相同，如开采组织不当，即使经计算能够平衡的各料场，不同时期仍有不同粒径的骨料要废弃，葛洲坝工程就有这方面的经验。

河滩料场汛期开采防洪挡排水代价大，停采又增加开采强度和堆贮费用，如何合理确定开采流量标准、汛期安全撤退、汛后迅速恢复生产、河心料场有效开采时间、保证安全通航措施等等，只有通过周密的开采组织才能选定。

第 5.2.5 条大型采砂船或其它水下采挖设备，每艘达数百万元，它属于专用设备，若无工程衔接使用，将会造成大量资金积压，对此应予重视。

整体组装运输的采砂船，应对河道不同时期水深进行调查，铜街子工程原曾考虑过采用 250m<sup>3</sup>/h 采砂船。但因河道水浅，采砂场进出场均需疏通河床，费用昂贵，只得放弃这一方案。

水下开挖砂的流失往往很大，动水下开采更甚。三门峡、新安江、丹江口测得情况如表 5-2-1。

表 5-2-1 采砂船开采砂料损失及细度模数增加值

工程名称	水流流速(m/s)	砂料损失(%)	细度模数增加
三门峡	静水	13.6	0.25
新安江	较低流速	18.0	0.29
	1.25	41.2	1.23
丹江口	动水	45(最大达 60%)	

细砂过多流失既改变了料场级配比例，又使细度模数加大，从而影响混凝土工艺性能。因此合理确定开采路线与顺序，创造静水或低流速条件开采很有必要。

第 5.2.6 条以往工程开挖与砂石生产往往是两个组织机构，开挖队为了加快施工进度，对于爆破粒度控制、超径处理、开挖渣料按有用、无用分别堆存的阻力较大。采用招标承包方式建设后，承包单位为了获利，这一问题是可解决的。

开挖与浇筑若平行交叉作业，可减少石料储备量，提高开挖渣料利用率。映秀湾工程人工骨料主要利用隧洞出渣，因开挖期长，可与其它浇筑工程平行进行，基本上达到边挖边用的目的。

第 5.2.7 条国内外矿山开采的经验表明，洞室爆破比深孔爆破原岩破碎平均粒度大，超径量多，二次爆破量大，相应挖掘机生产效率下降，粗碎负荷加重。洞室爆破所用洞室巷道的施工条件较差，所费劳动力多。乌江渡采石场洞室爆破消耗的人工是深孔爆破的 8.7 倍。该工程前期进行了 10 次洞室爆破，爆破毛料 81.51 万 m<sup>3</sup>，平均单位耗药量 0.614kg/m<sup>3</sup>。以后采用深孔爆破(其中不少采用微差挤压深孔爆破)49 次，爆破毛料 134.86 万 m<sup>3</sup>，单位耗药量为 0.48kg/m<sup>3</sup>。

微差挤压爆破在矿山、采场得到了广泛的应用，实践证明，其掌子面爆破整齐，爆破平均粒度小且易于控制，钻孔效率高，钻孔、装载与粗碎效率更高，观音山石灰矿对齐发与微差挤压爆破对比成果，证实了微差爆破具有明显优越性。

但料场揭顶、削帮、拉槽等开拓料场作业，如属于孤立的山头采场地势陡峻、狭窄，使用大型钻机钻孔工作条件差、台阶形成困难，则可考虑洞室爆破。对于小型采场为了获得小粒径骨料，才采用浅孔爆破(一般指孔径 70mm 以下，孔深 5m 以内的爆破)，此外采场修路、处理底坎线、整边坡、井巷平洞掘进等辅助性作业也采用浅孔爆破。

原岩最大粒度直接关系到破碎机型号选择，破碎段的划分，但原岩最大粒度与采石场规模、岩性、钻孔爆破方法、采挖运输机械选型有关。苏联非金属矿山研究院曾作过研究，对于正向铲铲斗的宽度与岩石的平均粒度之比由 3 增至 11 时，正向铲的生产能力增长显著，比值再增大几乎不再增加，考虑到钻爆与装车后的运输费用，最优比值宜在 5.7~6.7 之间。

为了提高钻爆、采装和运输的综合效率，国外多从按要求粒度进行爆破设计办法以达

到最优破碎程度，而要求的破碎粒度与采场规模有关。

鄂式或旋回式破碎机进料最大粒度系根据目前国产破碎机产品性能资料所拟定。

第 5.2.8 条砂石厂厂址选择涉及的面很广，应通过全面技术经济比较确定。

本条一、二两款侧重从运输角度来比较选择厂址。一般料场均有一定弃料量，当料源集中时，砂石厂的粗碎设施越近料场，弃料运输周转量就越少；在多料场供料时，如狮子滩、新丰江石岸系统，印度的巴克拉坝将砂石厂设在主料场附近，其目的也是减少弃料运输。因此引起骨料倒流时，则应在比较倒流量与弃料量运费后判别。人工骨料一般可避免弃料。但由于毛料运输作业班制与成品作业班制的不同，加上成品堆料场的调节作用，使得毛料运输强度远大于成品运输强度，为了减少运输设备，砂石厂宜靠近采料场。如果能与混凝土工厂共用成品堆料场，可减少受料、发料、堆存、转运设施，经济有利，又可减少骨料破碎率。映秀湾、乌江渡人工砂石系统位置均属这一类型。

由于砂石厂距居住区过近，噪声远超过环保要求而发生纠纷的事例已很多，因而设计中应予以重视。

第 5.2.9 条大、中型砂石系统一般要近一年才能完建，在此期间，导流及附属工程所需砂石料，如另建立一套临时砂石系统，不仅增加了额外工程量，分散了施工力量，而且临时系统砂石质量往往难以保证。如果砂石系统工艺布置能灵活适应分期分批投产需要，将是经济合理的方案。

工艺流程计算中，有不少重要数据仅仅是个控制性的大概值。如各级骨料需用级配百分比，往往是全工程的综合平均值。原料及各种破碎机产品粒度级配，或是料场平均值，或仅有几组试验的成果。有的只是按其它工程或典型方程推算。因此在不同时期，开采不同区域、深度时，原料级配变化很大，产品粒度级配及需用级配都在发生很大波动。乌江渡工程从总体平衡计算，破碎设备采用开路生产能满足要求，但某一时期二、三级配混凝土增多时，便出现有些级配骨料用量大幅度减少，堆料场容纳不下，而有些级配又感到不足，仅靠调整排料口的办法，难于达到目的。丹江口、葛洲坝、潘家口和渔子溪等工程都有这方面的经验与教训。为此，要求工艺设计有一定灵活性，以适应实际生产变化的需要。

砂石厂合理利用坡地，不仅可使布置紧凑，减少土建工程量，同时会充分利用落差自流运输，减少运输设备和能耗，这已为不少砂石厂实践所证实。瑞士高坝施工现场布置有个共同特点，大多数砂石混凝土系统联成一体，依山布置，占地不多，无大挖大填，由于料场位于坝头附近，居高临下，成品用带式输送机运至混凝土工厂，能耗很省，这一经验值得借鉴。

同一作业的多台同规格设备，在同一高程对称或同轴布置，为的是利于流程变换与设备互换，便于检修、起吊与集中管理。设备对称与同轴布置，非标准设备采用同规格相同布置，主要使得结构与非标准设备设计简化、制作与安装方便。

关于砂石系统一般车间允许露天布置，主要是根据乌江渡、大化、葛洲坝、东江等工程的经验。上述工程运行时间大多在 5 年以上，从实践看问题不大，但对电气设备均加以防护。美国、日本等国砂石系统各车间一般也是露天布置的。

第 5.2.11 条一般工程大、中、小、细四级粗骨料，大石为 150~80mm，细石为 20~5mm，此外，还参照了矿山工程划分的标准拟定本标准，见表 5-2-2。

表 5-2-2 粗、中、细碎划分标准

项目		资料名称			
		《工程机械使用手册》(上册)	《机械工程手册》11 卷(矿山机械)	本规范划分标准	《选矿设计参考资料》
粗碎(mm)	D	1200~500	1200~300	1100~300	采用颚式或旋回破碎机
	d	200~100	300~100	350~100	
中碎(mm)	D	500~100	300~100	350~100	采用标准圆锥破碎机

	$d$	100~20	100~30	100~20	
细碎(mm)	$D$	100~20	100~30	100~50	采用短头圆锥破碎机
	$d$	20~1	25~3	20~5	

注： $D$ 、 $d$ 分别为进料与出料粒度(指通过 95%的筛孔尺寸)。

破碎后产品的粒度分布特性，在计算破碎及筛分流程时，具有重要意义。但各种岩石破碎后粒度特性是不一样的，即使同一种岩石，由于产地、风化程度不一，也不尽相同，在无试验资料时，通常按高登-安德列耶夫-舒曼公式或罗逊-莱蒙勒尔公式求得粒度特性方程。经推算前者实际上是后者的近似式，但罗逊-莱蒙勒尔公式计算比较复杂精确，考虑到破碎后粒度特性方程本身就是近似值，因此本规范推荐了高登-安德列耶夫-舒曼计算式。对于大型工程若有需要时，可通过试验确定。

关于破碎段数的确定根据如下：

当采石场采用  $4\text{m}^3$  正向铲装车时，其总破碎比为

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} = \frac{1000 \sim 1100}{150} = 6.7 \sim 7.3$$

根据表 5.2.2 计算，一般粗、中两段破碎即可。在有制砂任务时：

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} = \frac{1000 \sim 1100}{20} = 50 \sim 55$$

同表 5-2-2 计算，一般需粗、中、细三段破碎才能完成。

上二式中  $i$ ——破碎作业总破碎比；

$D_{\max}$ ——原石料中最大给料粒度，mm；

$d_{\max}$ ——破碎最终产品的最终粒度，mm。

最大粒度指通过 95%物料的方形筛孔尺寸。

对于小型工程，破碎机型号往往由进料粒度控制，生产能力有富裕，为了简化工艺，减少设备，此时可充分利用富裕生产能力，增加循环负荷量，以减少一段破碎，但应注意计算时留有一定余地。渔子溪二级人工砂系统即采用这一办法，使用二段破碎完成各级骨料生产任务，但由于实际破碎产品粒度分布特性向粗偏移，因此往往细碎产品不足。

第 5.2.12 条钢结构受料仓，在骨料强烈冲击下，耐磨性很差，而且噪声很大。因此一般都采用钢筋混凝土结构。

为防止成品受料仓混料，仓壁交线与水平面交角必须确保骨料顺利卸完。本规范采用了《火力发电厂设计技术规范》第 4.4.5 条规定，该交角应大于  $55^\circ$ 。钢结构比混凝土仓面可减少  $5^\circ$ ，定为  $50^\circ$ 。三门峡混凝土系统钢筋混凝土受料仓正好采用  $55^\circ$ ，实践证明大于 20mm 骨料卸料顺畅，但小于 20mm 骨料与砂自流下滑较差。可见  $55^\circ$  正是该交角的下限值。

受料仓有效容积，对于机车运输时，国内各水利水电工程均为一列车容量。料仓长度按一列车分成四次、三次或二次卸完设计。个别工程运输强度很大时，如三门峡混凝土系统即按一次卸完设计。由于料仓土建投资很大，一般情况下，其总长不应大于列车长的 1/2。

第 5.2.13 条大型旋回破碎机是指 900/130 型以上旋回机。对于 700/10 型旋回破碎机若进料粒度较小，也允许挤满仓给料。但应避免供料不均造成排料波动大，特别当原料粒度很小，数车料涌下，冲击或卡死胶带机。乌江渡即因此而使旋回机卡料造成主轴扭断。增设缓冲料仓、由槽式给料机供料后，才确保生产的正常运行。因而挤满仓供料时，旋回机下设缓冲仓而后由给料机供料是必要的，其容量应小于受料仓有效容量，在征求部分设计与运行单位意见后，认为载重 20t 的自卸车以 1~2 车厢容积为宜。

破碎机的处理能力与岩石性质、破碎机的类型、规格及其性能、以及操作条件等因素有关。目前尚无理论计算方法，设计时可用工程类比，也可采用经验公式进行概略估算确定。

第 5.2.14 条当工艺布置需要中、细碎单独系统运行时，为均衡上下段作业的生产能力，应设中间料仓。按《选矿设计参考资料》推荐圆锥机 10~15min 用量中碎前可控制在 100m<sup>3</sup> 以内，细碎前则有可能近 200m<sup>3</sup>，土建费用会增大，工艺布置困难。因此调整为 15~20min 用量，这样，细碎前中间料仓容量亦可控制在 200m<sup>3</sup> 以内。

第 5.2.15 条制砂车间设储料罐，除起调节均衡生产、减少上下工序相互牵制作用外，尚能稳定骨料含水量。

国内各工程人工砂生产实践表明，当储料仓有 8~24h 容量时，筛分或制砂作业发生常见性故障一般不致相互影响。

工程实践证明：制砂车间设专用检修起吊设备意义不大。

第 5.2.16 条水利水电工程砂石厂一般采用多级筛分，同时供应多种成品。人工砂石料系统大多采用半闭路生产，筛分效率对循环负荷影响很大，因此必须引入部分筛分效率的概念，以区别相同一层筛中，对各级骨料有不同的筛分效率，从而可以比较准确地反映出实际筛分效果，但其计算工作量很大。如果在不同时期有不同处理能力与级配要求，又要选用最优排料口组合，以及各期中细碎负荷分配，要保持适当范围内，用手算极为繁琐，因此，宜采用电算程序计算。

若用手算，本规范作了若干假定。因此，常常是计算小于孔径之半的物料过该层筛时的部分筛分效率。通常总筛分效率在 85% 以上，因此这种粒径的部分筛分效率很高(表 5-2-3)，可见假定部分效率为 100%，误差甚小。说明了残留的上层筛下物，全是相邻下一级的难筛粒。实践证明，上述假定的流程计算成果与部分筛分效率概念，与电算成果基本上没有差别，因此是可行的。

表 5-2-3 部分筛分效率(%)

总筛分效率(%)	颚式破碎机	旋回破碎机	标准圆锥机	中型圆锥机	短头圆锥机
90	99.8~99.98	99.36~100	99.95~100	100	99.96~100
85	96.05~99.7	97.34~99.92	98.2~99.97	99.96	99.51~99.94

第 5.2.17 条湿式筛分有利于筛分效率提高，降低机械运行温度，使清洗、筛分结合，简化生产工艺，有利于防尘，因而国内水利水电工程一般均采用湿式筛分。

关于筛洗厂冲洗水压，目前国内各大中型工程基本上均在 0.2MPa 以上，一般能达到冲洗质量要求。

冲洗用水因各工程含泥量、含砂率相差悬殊(大多在 1~3t/m<sup>3</sup> 内)，故水量变化很大，不宜作硬性规定。

乌江渡工程人工骨料系为石灰岩，含有大量黄粘土，采用 8300×2400 槽式洗矿机后，将砂石中泥团基本清除，在清洗前含泥量近 15%，洗后一般均在 0.5% 以下。

目前矿山系统将原石可洗性分成易洗、中等可洗与难洗三等，分别采用不同洗泥方式(表 5-2-4)，由于水利水电系统使用不多，有待进一步验证。

表 5-2-4 原石可洗性分类

原石种类	粘土存在状态	按粘土的塑性指数	按粘土的粘滞系数(t/m <sup>2</sup> )	一般可采用洗泥方法
易洗原石	带有砂质粘土	<5	<0.2 0.2~0.5	振动筛冲洗水压≥0.2MPa
中等可洗原石	带有粘土在手上能擦碎的原石	5~10	0.5~2	槽式或圆筒式洗泥机一次擦洗



难洗原石	带有粘土、泥团、在手上难擦碎的泥团	>10	2~6 6~10	槽式洗泥机二次或圆筒式、水枪与槽或洗机配合使用
------	-------------------	-----	-------------	-------------------------

第 5.2.18 条目前国内不少工程，砂在清洗脱水过程中，均产生大量流失，乌江渡工程损失量占砂产量 12.5%。刘家峡开始只用一级  $\phi 750$  螺旋洗砂机，细砂流失严重时竟达 30%~35%。有些工程为了弥补这一损失，改善砂子级配，只得再设一套细砂回收设施。

经调查：造成细砂大量流失的主要原因是冲洗用水量波动很大；沉砂斗槽结构型式落后，自动控制常失灵，工艺布置不合理，砂水悬空而下，使分级机沉降区流态混乱造成细砂流失。螺旋分级机溢流问题也是原因。在新型沉砂斗、箱产品出现前，选择螺旋分级机返砂与溢流能力计算应留有一定余地。

在筛分用水量不大的情况下，若采用喇叭形宽堰螺旋分级机就有可能取消沉砂斗、槽，使筛分楼减少一层高度，骨料及冲洗水提升高度相应降低，从而节约了能耗。桥板水库砂石厂筛分设计中即采用这一办法，在日本有这类定型系列产品，不少工程采取这种工艺布置方案。

第 5.2.19 条振动筛处理能力计算，我国各行业基本上按苏联九因素法(简称 S 法)，日本基本上也用这种方法。S 法考虑了筛网的有效面积、层数、物料容重、筛孔尺寸、粗细粒料含量、颗粒形状、湿度和筛分效率。由于影响筛分机处理能力的因素很多，带有一定机遇性，没有大量试验资料是无法鉴别所列计算参数的准确性的，所以延用了几十年至今没有变化。

而美国大型工程施工手册推荐建筑工程砂石筛分采用十二因素计算式(简程 A 法)。除包含 S 法的九因素外，尚增加倾角、孔形和有效开孔面积三项因素。西德 B·K·singh 根据试验又建立十一因素计算式(简称 G 法)，G 法与 A 法相比又少了一个倾角因素。目前我国尚无有关试验与实践统计资料判别，但通过逐项分析比较，可以认为 S、G 法只是 A 法的一种特例，相比之下 A 法考虑的因素更为全面。

筛分机处理能力尚要受到筛网允许通过能力的约束，在筛网卸料端的物料层厚应小于 4 倍筛孔尺寸。料层过厚将妨碍小颗粒物料的沉降与透筛，使得筛分质量无法保证。因此应按筛分允许通过能力进行核算。

第 5.2.20 条根据映秀湾、乌江渡实践经验，在一般情况下，棒磨机制砂可开路生产，不必进行粒度调整。

如选用锤式、反击式、盘式破碎机制砂或不均匀掺用碎石屑、天然砂，致使砂的粒度级配或细度模数难以控制时，则应与筛分机组成闭路生产，或进行粒度调整。

国内外试验与实践证明，保持进料粒径、进料量及料浆浓度的相对稳定，是棒磨机制砂控制人工砂细度模数及石粉含量的重要措施。当前有些工程对此未引起足够重视，将细碎后骨料不经筛分直接作为制砂原料，由于粒度变化大，从而使人工砂细度模数无法控制。

第 5.2.21 条破碎车间一般露天设置，设备机修可用移动式起重机解决。当中、细碎车间设备较多时，应设梁式起重机。表 5-2-5 所推荐的检修起重机吨位，系根据国产各类破碎机难于拆卸的最大部件重量来决定的。若机型改变，则起重量要相应改变。

表 5-2-5 破碎机的检修起重机吨位

破碎机型号和规格(mm)	起重机	
	起重量(t)	型式
600×900 颚式	10	手动
900×1200 颚式	15	手动
700 旋回式	20	手动
900 旋回式	50/10	手动

1200 旋回式	50/10	手动
900 圆锥式	3	手动
1200 圆锥式	5	手动
1750 圆锥式	10	手动
2200 圆锥式	20	手动
$\phi 1000 \times 700$ 单转子反击式	3	手动
$\phi 1250 \times 1250$ 双转子反击式	10	手动
$\phi 1000 \times 800$ 锤式	3	手动
$\phi 1430 \times 1300$ 锤式	5	手动

在严寒地区建厂房，当破碎机数量少于 3 台时，厂房中应预留起重吊环，以便检修时吊挂葫芦。

第 5.2.22 条目前确定堆料场骨料储备量的方法有 4 种：按累计生产和需用曲线计算；按月最高浇筑强度计算，按高峰年月平均浇筑强度计算及按高峰时段(最高浇筑强度的 70% 以上的连续施工期)月平均浇筑强度计算。

同第 5.2.1 条理由，本规范采用高峰时段月平均值，为了简化问题，作了峰荷量大体呈三角形分布的假定与调整，并考虑堆场有 7~10d 的最低储备量后，即推导出堆料场的总贮量。

冬季冰冻期、汛期、水库淹没后骨料储备量以及利用开挖渣料的原料储备量，往往会超过砂石厂与混凝土工厂的正常生产与级配调节必要储备量。

一般情况下，除了满足必要的生产调节、级配调节、骨料温控与砂石脱水所必须的成品储量外，应尽可能多堆毛料与半成品料。如映秀湾为了利用开挖渣料，在山谷地形上，抛投高度达 20m，推土机堆料在一很小范围内，可储存半成品 16 万  $\text{m}^3$  而地弄长仅 30m，土建费用很省。国外如巴克拉、伊尔库克等亦都很重视毛料储存。白山、红石等工程冰冻期筛分作业困难，只能以储存成品骨料为主。

筛洗后初出螺旋分级机的砂含水率达 14%~17%，要满足水工混凝土施工规范要求，自然脱水至 6% 以内，天然砂一般需要 5d 左右，而人工砂需 5~7d。

第 5.2.23 条本条内容虽与《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)第 4.1.12 条基本相同。但因属施工组织设计范畴，因此予以重复，并作了局部修改。

第 5.2.24 条碎石与砾石能否混合堆存使用，历来争议较大，为了简化筛分、堆存工艺设施，降低土建费用，一般工程均采用混合堆存。但用水量很难控制，混凝土坍落度波动很大，因而有些单位认为两者应分别储存。

碎、砾石混用，国内外各种比例均有实例，问题的核心在于混合比例能否稳定与分布均匀。根据一般经验，当碎石在骨料中的比值波动范围在  $\pm 10\%$  时，不调整用水量，仍基本能保持混凝土原有的性能。

人工砂与天然砂的混用，只要砂的混合比波动值控制在  $\pm 15\% \sim 20\%$  范围内，不调整用水量，坍落度变化范围亦可控制在  $\pm 1\text{cm}$  以内。

考虑到堆存、转运过程中产生破碎、分离及其它不利因素，因此本规范将碎、砾石混合比允许波动范围定为小于或等于  $\pm 10\%$ ，人工砂与天然砂混合比允许波动范围不大于  $\pm 15\%$ 。

第 5.2.25 条由于大中型砂石混凝土系统骨料发送总量与发料强度都很大，地弄出料仍较为经济，且对确保砂石质量、稳定与降低骨料温度等有利，因此被广泛采用。对于小型水电工程，如采用地弄发送，每立方米骨料所分摊土建费用将很高，此时选用机械挖装出料将可能更为经济。渔子溪砂石系统即利用装载机出料。



有些大中型工程堆料场，因地下水位高，地基承载力很低或设置地弄将会产生很大不均匀沉陷时，为了节约地基处理工程量和确保安全运行，亦应考虑选用机械挖装出料方式，象故县水库砂石系统堆料场在湿陷性黄土区，地弄两端不均匀下降差达 2.4m，给工程安全带来很大威胁。在此条件下，就值得考虑或更换地点、或采用机械挖装出料方式。

关于地弄布置应遵循的原则依据如下：

1.地弄进口及顶面高出地面，目的为防止地表水从进口及地弄盖板卸料口或盖板侧面流入地弄。

2.地弄排水往往被设计所忽视，不少工程总结中都提到这方面教训。三门峡地弄因横向裂缝甚多，漏水很大，而地弄纵坡为 1‰，由于排水中含有大量泥沙，难以清除淤泥和污水；七里弄、葛洲坝及万安有些地弄，下雨时大量积水，常使工人进出困难；新安江混凝土生产地弄纵坡 2‰，无法将含泥沙的水排除，雨季水位上升，为防止带式输送机马达受淹，只得拆除，直接影响生产。铜街子工程临时系统亦与此相似，因此提出地弄应重视水与泥浆的排除。

各工程实践证明，若地形有利，纵坡应大于 5‰。但平坦地区采用这一纵坡将使开挖过大，亦可分段汇集，机械排除。

3.各工地地弄卸料口，一般在 3~5 个内选取，规定“各种料的取料口不宜少于 3 个”是为了扩大活容积，有利于改善堆料场骨料分离和含水量的稳定。且不少工程曾出现过地弄卸料被堵塞的事故，若只有 1~2 个卸料口，将影响正常供料需要。

4.如采用电动推杆这类弧门，停电时弧门不能自行关闭，将会出现骨料堵塞地弄事故。

5.独头地弄设安全出口，尚可与自然通风相结合。

第 5.2.26 条国内砂石厂，极大多数不设计量设备。不同时期、不同品种砂石生产量大多根据运输工具装卸次数来估算，造成一个工程有很多统计值。这对加强工程管理、统计分析资料都是不利的。

原岩在钻爆、挖装过程中，常易将各种金属混入岩石中，这对中细碎设备的安全运行威胁很大。映秀湾人工砂石系统上述设施因未订到货而未装，曾数次发生圆锥机被卡住事故。此后，从料石中检得挖土机斗齿、二锤、钢钎、钻头、铁件数十件。施工单位认为在中细碎前设置金属探测器和金属处理设备很有必要。

第 5.2.27 条减少转运环节与落差，采取密闭生产是减少粉尘的重要手段。湿法生产、湿式除尘是一项简单、方便、经济、有效的除尘手段。对于砂石生产，一般要进行清洗工序，采用湿式收尘不仅工艺允许，而且可以二者结合。因此优先予以推荐。

砂石筛分破碎制砂车间一般噪声均在 110dB(A)以上，即使叉管溜槽处也超过 100dB(A)，严重危害工人健康，不少砂石厂附近居民也因环境污染而要求拆迁工厂。目前紧水滩、葛洲坝等工程都试用过耐磨塑料垫溜槽，一般只能降低十多分贝，车间内噪声仍远远超过国家规定，但设置隔音操作间后，情况大为改善。铜街子筛分厂隔音室可将噪声降至国家标准以下，采取隔音操作室是可行的措施。

### 第三节 混凝土生产系统

第 5.3.1 条混凝土生产系统设计中，对满足浇筑强度都较重视，而对满足质量、品种及温控要求有时注意不够。如龚嘴工程只有一座拌和楼，且发料斗只有一个，施工高峰期间经常以三级配混凝土代替四级配混凝土，高标号混凝土代替低标号混凝土，水泥用量增加，影响大坝混凝土温控。大化工程选用的  $3 \times 1.5\text{m}^3$  拌和楼不能满足掺粉煤灰要求，只得改四级配为三级配，将空出的骨料仓改装粉煤灰，但弧门、秤量机构不能适应，带来新的问题。也有的工程在初设中对于制冷、供热、加冰措施未予考虑，给施工设计带来被动，因此本

条款对混凝土生产系统的基本任务予以强调。

国内外混凝土生产系统设计生产能力计算公式中，高峰月浇筑强度均由总进度表中查得，但各项参数选用有分歧。从实际施工情况看，一般每月均可超过 25d，如三门峡工程高峰期间星期天不休息，全月出勤。柘溪工程高峰年中，全年工作 357d，平均每月工作 29.4d。苏联战后修建的大多数工程，高峰月工作天数亦多为 28~30d。关于每天工作小时数，亦大多超过 20h，如柘溪工程高峰情况下每天达 22h，苏联的卡霍夫水利枢纽每天工作约为 22h。考虑到设计进度与今后实际进度有一定出入，三门峡、刘家峡、新安江、丹江口、富春江、乌江渡等工程在设计中，均取  $N=25d$ ， $M=20h$ ，给施工留有一定余地是适宜的。

由于自然条件、社会经济条件、水工建筑物布置与结构型式、施工机械化程度及施工技术和组织管理水平不同，都将影响混凝土浇筑不均衡性。统计了国内外 71 个水电工程施工强度方面资料，我国混凝土浇筑日不均匀系数变化幅度自 1.09~2.11，算术平均值为 1.53，国外日不均匀系数变化幅度自 1.02~1.85，算术平均值为 1.28；国内外算术平均值为 1.35。

关于时不均匀系数，统计了国外 135 个水电工程有关资料，算术平均值为 1.02，即当每天按工作 20h 计时，可以不考虑时不均匀系数。我国生产统计一般均以班为单位，对于高峰小时生产强度资料很少，但从上犹江资料看，时不均匀系数为 1.2。

近年来，各施工单位均逐步认识到组织均衡生产，有利于混凝土生产、运输、起重、平仓及振捣各工序机械设备利用率；有利于提高劳动生产率。今后采取招投标制后，促使施工技术与组织管理水平不断提高，不均匀系数必将有所下降，因此确定日不均匀系数以国内外算术平均值为准，即  $K_d=1.35$ ，而时不均匀系数  $K_h=1.1$ （即国外平均水平与上犹江统计值之间）。那么相应的不均匀系数  $K=1.5$ 。这与我国绝大多数工程设计生产强度所选用的值也是一致的。

大坝混凝土浇筑设备是大坝施工的主要控制性设备，混凝土系统的生产能力，还应按浇筑设备的最大能力进行校核，使两者协调配套。

第 5.3.2 条拌和楼理论生产率按下式求得：

理论生产率=单台公称容量×台数×小时搅拌次数。

小时搅拌次数系采用我国建设部 JJ21—84、JJ22—84 标准。而后根据拌和楼实践经验加以调整，最后纳入 GB321—80《优先数和优先数系》中的  $R_{80}$  系列。这样可以避免某些设计和生产厂家，将拌和楼生产能力定得过高，造成选用不当。

对于其它系列拌和楼也可按此式推算，但当搅拌机台数超过 4 台时，因生产能力受称量速度控制，只能提高拌和楼设备利用率，而理论生产率与 4 台相当。

非自动化拌和楼，人工配料往往难以满足搅拌需要，因此生产率将低于表 5-3-1 中之值。

表 5-3-1 混凝土拌合楼理论生产能力

锥形倾翻搅拌机		强制式搅拌机	
搅拌机台数×每台公称容量( $m^3$ )	理论生产能力( $m^3/h$ )	搅拌机台数×每台公称容量( $m^3$ )	理论生产能力( $m^3/h$ )
1×750	20	1×500	20
2×750	40	1×750	30
1×1000	25	2×750	60
2×1000	50	1×1000	40
3×1000	75	2×1000	75
1×1500	40	1×1500	60
2×1500	75	2×1500	115
3×1500	115	1×3000	115
4×1500	132	2×3000	230
1×3000	60		
2×3000	115		

3×3000	180		
4×3000	236		

注：所列值是指设备配套拌和楼(站)，在生产正常混凝土配合比级配不变、坍落度不小于 50mm、不加冰及掺合料情况下，小时平均生产能力。

需加冰及掺合料时，应根据试验或其它工程生产经验，适当调整生产能力。拌制干硬性、低坍落度混凝土不仅要增加搅拌时间，还要大大缩小搅料筒的有效容积，因此需要重新核算拌和楼的生产能力。

第 5.3.3 条混凝土系统规模划分标准系根据第 5.2.1 条砂石系统规模相对应的混凝土生产能力拟定的。

工地自制的简易拌和站(楼)，一般情况下生产量与质量上很难满足大、中型工程水工混凝土施工要求，工人劳动条件也差。根据我国目前的工业发展水平，一般不再采用，本条所说的拌和楼均指自动化拌和楼。

一个独立的混凝土系统由若干座拌和楼组成时，如能选用同型号拌和楼，对于培训、设备维修、零部件配备均为有利。过多的拌和楼会使布置和施工组织都复杂化，各种材料进出干扰很大。从地弄向拌和楼供料，以 1~2 座楼比较合适，要设两条以上地弄或一条地弄布置两条以上带式输送机，一条带式输送机向两条以上分料都比较困难。但考虑大型混凝土系统的需要和国内外的实例，提出不超过三座的限制。伊泰普时产 1080m<sup>3</sup> 混凝土仅设二个混凝土系统，每个系统 3 座楼，目前国内各工程一个系统拌和楼也均在 3 座以下。

搅拌机容量与骨料最大粒径关系：目前国内外搅拌机容量与允许最大骨料粒径关系见表 5-3-2。曾有不少施工单位因搅拌机容量过小，迫使改用三级配。造成骨料弃料或破碎加工量增大。混凝土罐容量最好为搅拌机公称容量的整倍数，以利于起重、运输和搅拌相互配套，充分发挥它们的生产效益。

表 5-3-2 搅拌机容量与骨料最大粒径关系

公称容量(m <sup>3</sup> )	骨料允许最大粒径(mm)	
	自落式搅拌机	强制式搅拌机
750	80	60
1000	80~120	80
1500	120~150	80
3000	150	

第 5.3.4 条水利水电工程混凝土生产系统大多数设在坝下游，水库蓄水后尚能运行。只有当砂石料来自上游，或下游在一定范围内确难找到合适场地时，才设在上游。

在不受爆破威胁或施工现场干扰的情况下，一般都希望混凝土生产系统尽可能靠近浇筑地点。三门峡、新安江、龚嘴、大化等工程拌和楼距大坝均在 500m 以内，这对保持混凝土均匀性、不产生离析、易于卸料、防止混凝土产生初凝等均更有利。对有温控要求的混凝土，可以减少热量损失或温度回升。《水工混凝土施工规范》SDJ207—82 规定，混凝土运输时间不宜超过 60min，在夏天应控制在 30min 以内。

拌和楼、水泥罐、制冷楼、堆料场地弄等不少属于高层或重载建筑物，对于地基要求较高，如国产拌和楼对地基承载能力要求约 0.15~2.0MPa 以上。混凝土生产系统因忽视地质问题而带来损失的工程也不少。如三门峡、故县水库混凝土系统地基曾产生滑坡。

关于前期与后期混凝土系统统筹兼顾，包括临时系统与永久系统相结合，分别承担不同部位、不同高程混凝土浇筑任务，其目的是避免无为的拆迁带来人力和物力的损失。

混凝土生产系统往往紧靠水工建筑物，在场地狭窄的情况下，常出现相互干扰。大化工程混凝土工厂与高压输电线干扰，迫使拆迁重建。葛洲坝工程西坝混凝土生产系统设计中高压输电线开关站未予重视，与开关站最近距离仅几十米，水泥粉尘影响开关站安全

运行，水电部决定拆除重建，不仅浪费资金，而且系统投产时间延长了半年。

但若经过充分论证，混凝土生产系统使用时间与永久性建筑施工、运行工期能够错开时，亦可占用永久建筑物场地(或空间)。新安江工程限于施工场地狭窄，其混凝土系统就是占用永久开关站的位置，然而仍顺利完成了混凝土生产任务。

第 5.3.5 条集中设置便于集中供料，供料设施与储料设施可以共用，工程量省。分散设置的生产能力需按分区混凝土浇筑高峰强度设计，其总和大于工程总的高峰强度，根据一些工程统计，集中设置规模约小 15%，人员少配 25%~30%，投资和运行费用相应较低，我国大多数工程均采用集中方案。但经过设计充分论证，设置不可行或不经济，则宜分散布置。

第 5.3.6 条本条内容是吸取了国内外混凝土生产系统布置中的经验和教训。例如新安江工程混凝土生产系统场地很狭，3 座拌和楼均设在开关站上，但由于充分利用从 110~40m 高程间 70m 的自然高差，分成 4 个台阶进行紧凑布置，使工程量较相类似生产规模的系统小得多。瑞士大狄桑色坝混凝土生产系统的骨料原料从破碎、筛分、堆存至混凝土工厂全设在一山坡上，利用自然地形高差，分成五个台阶，为分台阶布置提供了很好的典范。

第 5.3.7 条拌和楼出料铁路线路布置方式，直接关系到所生产的混凝土能否顺利发送，确保拌和楼不间断地正常生产。目前国内外水电工程拌和楼下铁路大多采取循环岔道方式。但刘家峡、乌江渡、安康和龙羊峡工程是采用了尽头线布置方式，实践证明这种方式只适用于拌和楼生产能力较低的情况，当拌和楼所安搅拌机大于  $3 \times 1.5\text{m}^3$  时，生产能力便难以很好发挥，龙羊峡拌和楼生产能力上不去即与此有关。机车牵引小容量混凝土罐或罐数少时，其矛盾更为突出。

新安江两座 C240 拌和楼虽使用循环岔道布置方案，但两座楼间距只有 7m 且又在同一轨道上，从而其运行情况也和尽头线布置方式相当，使得生产能力无法充分发挥。该工程总结中认为应将它们间距再拉开 15m 才能满足要求。

第 5.3.8 条国产拌和楼骨料小时运输能力约为小时需要量的 1.5~2 倍，富余量并不很大，因此骨料供应点中心到拌和楼距离，目前一般控制在 300m 以内，超过 300m 后，换料将很困难。

因此，当输送距离过长或一条胶带机向两座拌和楼供料及拌和楼需利用料仓风冷骨料时，则应根据供料控制方式核算供料能力。特别是采取周期式循环风冷骨料时，料仓有效储量下降一半以上，使供料变换更加频繁。供料带式输送机难以满足生产要求，如葛洲坝 4×J3-3 拌和楼，铭牌生产能力  $270\text{m}^3/\text{h}$ ，实际最大生产能力为  $180\text{m}^3/\text{h}$ ，当需循环风冷骨料时，降到  $100\text{m}^3/\text{h}$  以下。本条即在上述经验基础上制订的。

第 5.3.9 条国内混凝土生产系统骨料总储量大多为月高峰日平均的 3~7d 需用量，实践证明，当总储量小于 2d 时，其活容积常不足二个班的生产需用量，加上各级骨料需要量与储存量百分比存在不均衡的因素，此时管理稍有疏忽或运输线路上出些问题，便会影响正常生产进行。龚嘴工程原设计有 3d 的储量，施工时为了减少开挖量，将堆料场由 140m 长缩短到 100m，实际贮量不足 2d，高峰期间经常供料不足。他们认为总贮量以 3~7d 为宜，乌江渡江南系统，因受施工场地限制，堆场总储量  $10000\text{m}^3$  其中活容积只有 1d 的使用量，既不能保证脱水需要，也影响供料，因此后来又增设  $10000\text{m}^3$ 。

美国混凝土施工手册规定骨料堆存 3~7d。日本一般水电工程也在这一范围，但有些工程受地形限制时，储量仅几小时的需用量。我国有些工程条件较困难，如白山工程预热仓与堆料场相结合，为减少基建费用，骨料只有 1.5d 的储量。

综合国内外经验及初稿审查会中代表们的建议，规定“一般不超过月高峰平均 3~5d 的需用量，特别困难时，可减少到 1d 的需用量”。

第 5.3.10 条骨料从加工厂至拌和楼，要经过很多转运环节，尽管采取各种措施，但破

碎、分离、混料和污染仍属难免，一般工程超逊径与含泥量很难控制在规范允许范围以内。为保证混凝土质量，二次筛洗是积极有效的措施。

以往二次筛洗均在混凝土系统进拌和楼前进行，近年来国外广泛采取拌和楼前清洗脱水，而将筛分作业设在拌和楼顶，按混凝土级配比例输送混合料，筛分后直接入仓。这一做法使得从筛分厂至拌和楼间骨料层层设防的质控措施和代价都大为减少；减少了骨料轮换时间使带式输送机效率大大提高，同时骨料至拌和楼间距离原则上可不受限制，这对于喷水冷却骨料具有很大意义；拌和楼料仓可基本上处于满仓状态，使拌和楼料仓容量可以大大减少，料仓骨料层厚的均衡与稳定使风冷骨料的风压、风量和冷却工况也都能保持稳定。尽管拌和楼顶设二次筛分会增加拌和楼高度和负荷，增加一些投资，但根据国外经验，从总体考虑仍属经济合理。也正因如此，美国垦务局和陆军工程师团规定大体积混凝土必须使用二次筛分拌和楼。美国哈扎公司规定混凝土量超过 4 万  $\text{m}^3$  的工程，都使用二次筛分拌和楼。因此对于大型工程，特别是有喷水冷却与风冷骨料时，应积极考虑采用二次筛分的拌和楼。

第 5.3.11 条综合式工艺流程节省燃料、配料精度高、温度稳定、均匀灰尘少、劳动条件好以及产量高，适合于大中型工程。但设备较复杂，一次性投资较大。

沥青混凝土制备机械额定生产能力一般是针对道路工程的，水工沥青混凝土中细料用量较多，必须延长搅拌时间才能保证搅拌均匀，故而生产能力下降，据国外工程实践统计分析，一般拌制水工沥青混合物生产率均为额定值的 65%~75%。

沥青拌和厂厂址应尽可能靠近铺筑现场，除了便于管理、避免离析外，更主要是减少运输过程温度损失，以确保施工质量。

国外沥青混凝土施工实践证明，一般情况下，运输时间在 0.5h 以内，运输过程热量损失较小，这对提高起始碾压温度，保证沥青混凝土施工质量十分有利。

沥青混凝土工厂应远离易燃仓库与建筑物，以减少发生火灾的可能性，由于生产过程会产生大量有毒烟尘，故要求远离生活区，并希望设在下风处。厂址选择其余要求，同混凝土工厂。

第 5.3.12 条半固态沥青可桶装或罐装运至工地。前者成本较高(每桶装 200kg，而铁桶费约为 30~40 元)。同时装卸费较多，费劳力多，故当沥青用量大的工程宜采用罐车运输。

国内有些工程由于储油池内无加热设施，使用时从池中取出沥青极为困难。故本规范对此作出规定，一般均采用蒸气排管加热。

独立的储油池(罐)容积不宜过大，不然加热溶化能耗过多；过小则储油池(罐)数目过多，实践证明以 1~2d 用量为宜。

第 5.3.13 条美国、日本等在 70 年代后，散装水泥使用比重已占 95% 以上。因此，本规范特予强调多用散装水泥。在选用散装水泥的同时，尚应考虑今后同时供应袋装水泥可能性。在布置上、工艺设计上对如何联合运行留有余地。

袋装水泥损耗率一般为 2.5%~5%(水电工程 60 年代做过一些统计，严重时损耗率达 8%~10%)，而散装水泥损耗率可降低到 0.5%。据北京地铁统计，使用散装水泥后，混凝土单价下降 11%。

水泥固定厂家计划供应，不仅使工地水泥仓库容量可大幅度减小，水泥运输均衡化，同时给管理工作带来很大方便，这是各水电工程施工的共同经验。新安江、青铜峡、柘溪等工程都使用过 30 余个不同厂家、不同品种和牌号的水泥，这给混凝土配合比选择、落实技术措施带来困难，如减水剂因水泥品种不同，其效果有差异；掺粉煤灰也会因使用不同厂家水泥，其后期强度增长率和水化热的降低程度也不一样。水泥品种繁多，常易发生一个浇筑块同时使用数种水泥，影响混凝土的均匀性，并使凝固过程中产生各种应力。因此，水泥定厂家、定品种供应具有重要意义。



水泥在我国基本上一直处于供不应求状况，供应保证性差，一个大中型水利水电工程常有十余家水泥厂供应，标号、品种混杂。因而水泥贮量较大，大多数工程贮存 6~10d 的使用量。乌江渡工程水泥系统设计中对水泥贮存天数建议值为：铁路运输且直达工地时，5~7d，汽车运输时，7~10d；水运且距离较远时，10~15d。上述数值与我国水利水电工程当前实际水平是相近的。

考虑到混凝土浇筑高峰时段一般仅 2~3 月，水泥贮存量过大将给施工布置带来困难，并增加基建及运行费用，过长的贮存还使水泥质量受到影响，因此水泥仓库不宜过大。

今后水泥供应必将逐步定点按计划供应，运输也可采取承包方式。按水泥储存天数下限值减少 1~2d 是完全可能的，目前国外不少水利水电工程水泥储存天数只有 1~2d，因此储存天数拟向低值调整。初稿讨论会中，与会代表均认为从各水利水电工程施工实践看，铁路与公路运输保证率大体相近。

第 5.3.14 条国内水利水电工程袋装水泥大多以人工背抬为主，消耗体力大，据白山工程统计，平均人工装卸一次，水泥损耗约 1%，可见机械化装卸作业是很必要的。

袋装水泥拆包工作条件恶劣，丹江口工程抖袋间粉尘浓度高达  $1941\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产率低，为了改变这一局面，不少工程在试用拆包机械。目前由于设计和制造中尚存在一些问题，主要是袋装水泥经长途运输或多次转运造成纸袋破烂或变形，使拆包困难。喂包、除尘、捆袋工序配套也有待完善，拆包机尚有缺陷。但在湖南镇与乌江渡工程使用中，加强机械维护，情况尚可。工人劳动条件改善，乌江渡拆包粉尘最高浓度  $194.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，拆包效率也较高。

第 5.3.15 条使用气力卸料车厢，使工地水泥卸料设施简化，水泥车厢不需严格定位，卸载强度变化适应性大，并省去卸料设施土建机械费用。如白山工程重力卸料车厢通过单仓泵转运，其卸料坑直径 7m，深度达 9.25m，外加钢筋混凝土盖板，工程量很大。乌江渡工程曾作比较，采用气力卸料车厢可节省卸料坑土建投资约 4 万余元。对于不少工程卸料坑尚存在地下水排除问题。

此外，采用重力卸料车厢使水泥输送高度增加约 8.5m，能耗亦增加，随着气力卸料车厢的出现，目前国内各水利水电工程也逐步改用这种设备，因此本规范推荐优先选用气力卸料车厢。

棚车装散装水泥，虽可以增加铁路运输返空利用率，但工地要增加一整套真空卸载设备及土建设施，设备多，动力消耗很大。如三门峡工程采用棚车运输散装水泥，其卸料设备装机容量比气力卸料车厢要多 1000kW，很不经济，且工人劳动环境条件极差，因此一般不宜选用。

铁路部门对列车进站后允许停留时间有规定，超过要罚款处理。因此，卸载设备选用、站台布置长度均应满足在规定时间内完成卸载作业。

设中继站转送水泥势必增加一套输送设备及分离设备，给管理带来麻烦。增加了输送环节，使管道弯道接头增多，能量损失增加。

白山工程从 312m 高程向 361m 高程输送水泥，输送高度 83m，原设计设中继站分二级提升，后作了经济比较，设中继站比一次输送方案，不仅设备与土建费用增加 35.34 万元，而且每年还要增加运行管理费用 7.5 万元，因此改变方案，使用效果也很好。

第 5.3.17 条圆筒形散装水泥仓较库房、料斗型结构受力条件有利，用料省、经济，同时单位占地面积储存水泥量大(表 5-3-3)，因此一般都选用圆筒形。

表 5-3-3 不同型式水泥库主要技术指标

水泥库的形式	容量(t)	库面积的利用系数	储存水泥量(t)	
			每平方米库面积上	每立方米库容积内
库房式	100~500	0.6~0.8 0.9	1.2~2	0.3~0.5



料斗式	15~100	0.9~1.0	3~10	0.4~0.8
圆筒式	100~2000		10~20	0.6~1.0

根据建工部的设计经验，深仓( $H/D > 1.5$ ， $H$ ——筒高， $D$ ——筒径)又比浅仓( $H/D < 1.5$ )经济，一般设计成果  $H/D=2.5$  左右，国内水利水电工程水泥仓库  $H/D=(1.8\sim 2.2)$  左右。

单罐容量在地基应力及水泥输送高度允许的情况下，宜选大值，因大容量罐比小容量经济，技术指标更为先进。表 5-3-4 为苏联标准水泥库的技术经济指标。

表 5-3-4 标准水泥库的技术经济指标

指标名称	单位	指 标				
水泥罐数量及其容量	个×t	4×500	4×1000	4×1000	4×1500	3×1500
水泥罐的结构材料		金属		钢筋混凝土		
场地面积每座 水泥罐的金属用量 (t)或混凝土用量( $m^3$ )	公顷 t 或 $m^3$	0.35 74.5	0.41 130	0.41 70	0.41 93	0.60 93
仓库主要库房的容积	$m^3$	3895	5320	5820	7350	14488
受料装置的能力	t/h	130	180	180	180	360
装机容量	kW	252.0	252.0	252.0	252.0	300

国内水利水电工程水泥罐单个容量主要为 500t、1000t 与 1500t 三种。目前各工程水泥供应品种、标号繁杂的局面一时尚难完全摆脱，为了水泥标号、品种更换的需要，水泥罐数一般不得小于 3 个，当同时使用标号、品种很多时，只有适当减少单个水泥罐容量，增加罐数来满足储存要求，并吸收目前国内工程经验，倒罐所用设备宜与仓库系统输送设备结合。

第 5.3.18 条拌和楼内用风量较少，对风压稳定要求相对较严，如与开挖用风结合，当开挖用风出现瞬间高峰时，风压下降，将影响拌和楼操作稳定，造成称量误差或误操作，风量减少时，仍要开动大容量压气机，反而不经济。因此三门峡、龙羊峡、葛洲坝等工程拌和楼用风多单独在拌和楼附近设厂供风，各种低压风通过减压阀减压取得，国外拌和楼常自备压气机。

水泥系统用风风压很低(小于 0.35MPa 所需风量又较大，如采用降压阀降压将造成能量损失很大，单独设立低压压气站将是合理的。系统内的少量高压用风可从拌和楼或开挖用压气厂引进。

如水泥系统用风量较大、风压较高可与开挖用风结合，以减少设备维护、保养工作，且因开挖与混凝土浇筑高峰往往错开，压气设备可互为备用，相互调节，土建设施也可相应减少。故结合设厂将是有利的。但为防止开挖用风出现瞬间风压下降给水泥系统供风带来不良后果，压气站机型选择与管网布置设计中，应确保水泥系统用风由专机供应。

第 5.3.19 条实践证明，由于粉煤灰比重小，在气力输送过程中，采用水泥输送常用的二级收尘设备效果差，粉煤灰难以沉降，大量外溢。因此对于干式粉煤灰气力输送要重视分离、收尘问题。从万安工程使用低压高浓度的脉动气力输送粉煤灰看，效果很好，值得推广。

#### 第四节 混凝土预冷、预热系统

第 5.4.2 条本条主要参考《大坝混凝土质量控制研究专题报告之二十二骨料及混凝土温度观测》一文。

国内不少工程在堆料场采取增加堆高、地弄取料、搭棚、喷水等措施。这对防止骨料升温，减少温控负担有良好效果，这些措施简便易行，对温控手段薄弱工程尤为重要。各

工程由于情况不同,上述措施效果不尽相同,特别是相对湿度影响较大,但一般均能达到本规范所列数值水平。

干燥并曝晒在阳光下,砂石温度常大大高于实际温度,一般应尽量避免。

水泥温度实测资料较少,根据丹江口 1959~1962 年实测拌和楼水泥温度最高为 36℃,丹江口为袋装水泥,可能储存时间较长,葛洲坝散装水泥的实测温度也很少超过 40℃。但东风与五强溪工程调查中发现有时可达 50℃。而铜街子工程在使用附近的峨眉水泥厂专门为工程生产的矿渣水泥时,由于厂方为尽快腾空仓库,有时工地测得的水泥温度可达 70℃以上。但这属于特例。根据上述情况,本规范推荐夏季水泥入机温度一般在 40~50℃范围选取。否则应采取改善堆存方式,延长堆存时间等降温措施,若因此增加制冷容量在技术经济上是不合理的。

根据丹江口和葛洲坝现场加冰的实测情况,一般由冰破碎而成的冰屑,由于表面有附着水,所以入机时通常为 0℃,片冰制成时为 -8~-12℃,隔热储存后为 -5℃;转运多次或无隔热储存后亦多为 0℃,且有融化现象。

冰的潜热利用率根据丹江口、葛洲坝、桓仁等工地情况,由于隔热措施不善,一般都在 75%左右,现场实测有时更低。国外片冰约按 100%考虑,规范推荐冰的冷量利用率为 85%~100%。

第 5.4.3 条本条内容基本同《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)第 5.2.2 条。所列各种骨料预冷方法均已在国内水利水电工程施工中采用过。

采用直接水冷法时应有脱水措施,使骨料含水率保持稳定,粒径小于 5mm 的细骨料一般不宜用直接水冷法,其原因是脱水问题难以解决。

风冷是否适用于 5~20mm 骨料看法不一,一般认为由于风阻过大,风冷得不偿失,且易冻结。

由于骨料含尘使冷风系统逐渐积累大量粉尘。不仅影响冷却效率,甚至造成不能正常运行。葛洲坝一期工程曾在制冷楼内将用风湿式除尘,但回风湿度温度均明显提高,冷量损失较大。根据葛洲坝二期的运行经验:骨料进冷却仓前冲洗是最有利的,不仅能去除大量石粉而且湿润了骨料表面,在进一步风冷时因水份蒸发而提高了冷却效果。但须控制进楼前的含水量。

第 5.4.4 条不同工况下制冷效果相差很大,因此规定各项制冷容量均应折算为标准工况冷量。此外往复式与螺杆式氨压机折合系数相差很大,因而尚应注明机型。但设备选型时对配置电机、冷凝器等均应按实际工况选择。

第 5.4.6 条当水温超过 60℃时,水与水泥拌和时易产生假凝现象。如室外气温很低,为提高混凝土出机口温度,水温需高于 60℃时,则应改变拌和顺序,将骨料与水先拌和,然后加入水泥拌和。

第 5.4.7 条预热料仓与露天料堆预热方式相比具有热量损耗小、防雨雪条件好、预热效果也好等优点。但土建工程量较大、工期长、投资多,故在严寒地区(最低月平均气温在 -10℃以下地区),因混凝土出机口温度要求高,只得采用料仓预热方式。而一般寒冷地区(最低月平均气温在 -10℃以上地区),选用露天堆料预热已基本能满足预热要求。桓仁、白山等工程最低月平均气温在 -10℃以下,采用预热料仓;刘家峡、龙羊峡等工程月平均气温在 -10℃以上,采用露天堆料预热。本条是在总结上述经验基础上制定的。

《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)第 6.0.13 条关于“粗骨料以直接用蒸气(汽)加热,但不得影响混凝土的水灰比”的要求很难办到。桓仁工程粗骨料直接用蒸汽加热,三门峡工程水浸骨料预热,均因脱水不好,难以控制混凝土的水灰比而影响质量,因而一般不宜采用直接蒸汽预热骨料或水浸预热骨料。

第 5.4.8 条本条为混凝土低温季节施工供热范围。

第 5.4.9 条从我国水利水电工程施工经验表明,混凝土预热系统集中供热热能损耗少、供热设备少,较为经济。管理、布置也较分散布置方便,因而一般情况下都采取集中供热方式。

第 5.4.10 条混凝土组成材料在冷却和加热过程中,采取有效的隔热、降温或采暖,对管道及拌和楼的围护保温、减少能量损耗、达到预冷、预热目的之必要措施。刘家峡工程曾采用过真空气化法,将骨料冷却到  $5^{\circ}\text{C}$  左右,但由于冷罐、地弄和拌和楼隔热条件过差,致使骨料在冷却罐内存放 3 小时后,竟回升到  $22^{\circ}\text{C}$ ,预冷效果尽失,(苏)齐姆良斯克水力枢纽工程的廊道、地弄因未设保温设施,结果骨料预热效果大为降低,使用过程中不得不加设保温措施。

对于地弄、廊道的预热,通常安装暖气片或幅射电热板采暖,保持室温在  $5^{\circ}\text{C}$  以上,以防砂石过冷。

低温季节施工的露天堆料场,当气温低于  $-15^{\circ}\text{C}$  时,砂与小石因含水量较高,很易积成冻层,使卸料困难,不少工程采取预先放空一个卸料口,以免冻结,而后推土机供料,但有的工程(如刘家峡、三门峡)在堆场安装热蒸汽排管,效果很好。

冷热系统的隔热材料的选用条件是不同的,鉴于目前注意不够,本条强调了不可混用的规定。

## 第五节 压缩空气、供水、供电和通讯系统

第 5.5.1 条本条系指压缩空气(简称压气)系统的供气对象。距施工现场较远的施工工厂和临建工程用风量不大,一般可由自备空压机供气。

根据水利水电工程用气点分散和经常变动的特点和设站的经验,压气站不宜过分集中,否则会导致管道过长,不仅增加投资,也使漏气、压力损失增大,这将导致风动工具生产效率大幅度下降。所以对压气站集中或分散设站,需进行认真研究比较后确定。

现在大型凿岩设备正在向液压发展,仅需少量供冲孔的压气,可随机供应,大型风动凿岩机及长隧洞掘进国外也倾向于随机供气,既可缩短输气距离减少压气损失,又使凿岩设备及其动力具有更大机动性,所以本条提出在有设备配套的条件下尽可能地采用随机供气。

附录三所推荐的压气需用量计算公式为常用公式。其中凿岩机同时工作系数的资料来源为《压缩空气站设计手册》。两台装岩机同时工作系数取  $0.7\sim 0.9$ ,资料来源于苏联电站部《在坚硬岩层中用矿山法修建水电站水工隧洞的施工组织与机械(基本规则)》。

高原修正系数采用《压缩空气站设计手册》资料,由于原高程系由英尺化为  $\text{m}$ ,数字零散,作了调整。《水泥矿山设计手册》及《冶金矿设计参考资料》也是如此处理的。

关于管网允许压力降,是管网设计的一个重要标准,它直接关系到管径尺寸合理选择和风动工具能否经济、高效的工作。管道中压降过大,将会使风动设备效率显著下降,同时风动工具空气的单位消耗量大幅度增加。根据苏联《矿井风管的装置和使用》一书中试验成果,当风压由  $0.6\text{MPa}$  下降到  $0.4\text{MPa}$  时,钻孔设备效率下降一半多,同时单位孔深的耗风量增加 80% 以上。因此防止风管中压力损失过大是有很意义的。

根据苏联《矿井技术操作规程》、美国《施工规划、设备和方法》、瑞士 Atlas copco 及国内有关手册资料归纳,管道允许总压降有三种基本类型:

- 1)不超过压气机所提供压力的  $10\%\sim 15\%$ ;
- 2)不超过  $0.05\sim 0.1\text{MPa}$ ;
- 3)不超过该段工作压力的  $5\%\sim 8\%$ 。

水利水电工程压气机大多压力为  $0.7\sim 0.8\text{MPa}$ ,当损耗为  $10\%\sim 15\%$  时,即相当于损失  $0.07\sim 0.11\text{MPa}$ 。因而前二种规定实际是相近的。第三种规定“该段工作压力”概念不明确,

实际上是指压气机出口和管道出口端的压力平均值。当压降损失为管道中平均工作压力 5%~8%时,经核算,相当于压气机所提供压力的 12%~15%,当压气机出口压力为 0.7MPa 时,管道总压降为 0.084~0.105MPa;出口压力为 0.6MPa 时,管道总压降为 0.072~0.09MPa。由此可见,上述三类型规定提法不一,但实际压降值是相近的。一般情况下压气机出口压力多为 0.7~0.8MPa,风动工具额定工作压力为 0.5~0.6MPa,上述规定均能保证风动工具正常工作。考虑到平均工作压力概念容易混淆,因此本条推荐管网总压降值最大不应超过压缩空气站供给压力的 10%~15%。

第 5.5.2 条本条主要根据《压缩空气站设计规范》(TJ29—78)第 5 条内容拟定。原规定:“三、有近期扩建的可能性”对水利水电工程施工压气系统意义不大,故予删简。

压气站应靠近“负荷中心”,系指各用风点耗风总量的重心所在地。当受爆破安全或施工布置场地限制时(如隧洞施工),压缩空气站至用气地点的距离最好在 0.5km 以内,至多 2km。“位于空气洁净,通风良好之处”,包含了避免靠近散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体,以及粉尘等有害物的场所内容。

第 5.5.3 条本条规定取自《压缩空气站设计规范》(TJ29—18)第 8 条、第 9 条。

第 5.5.4 条本条规定施工给水系统的任务是保证供应一定数量、质量和水压的施工生产、生活和消防用水。

生产用水有各种不同用途,对要求的水质、水压标准也不一,设计中应遵循附录 5-3 所列有关规定。

其中施工生产用水水压要求,主要根据用水设备要求的进水口压力拟定。

确定供水量的原则是满足不同时期日高峰需要量,由于分区日高峰用水量并非同时出现,只有满足不同时期用水量要求,才真正满足了施工供水水量要求。

生产用水、现场生活用水和生活区用水情况不同,前者宜以班计,后者宜以昼夜计。因而不均匀系数亦应分别选定。

总供水量=生产用水量+生活用水量 $\geq$ 消防用水量。

第 5.5.5 条水源选择应考虑的因素,除列出《室外给水设计规范》(TJ13—74 试行)第 18 条所列一般性原则外,由于水利水电工程往往地处深山峡谷,有可能利用地下水或自流水,有条件时,应优先采用这些比较经济的方案。施工用水与农业争水矛盾突出,在选择水源时应考虑这一因素,必要时应达成相应协议。

不少工程实践已证明,施工生产废水(特别是冷却水)的回收,不仅可节约能耗与水资源,同时有利于污水达到排放标准。因而结合环保要求与经济论证,有条件时应考虑废水回收。

第 5.5.6 条水利水电工程施工场面大、用户比较分散,施工场地地形条件差别甚大,供水系统或集中或分散,应根据现场条件及其它因素通过技术经济比较后确定。

第 5.5.7 条地下水、地表水是两大主要水源,地表水多在江河中取,根据水利水电工程的特点和建设经验拟出几点原则。其中取水点紧靠基坑排水口或砂石筛分污水排水口的事例很多,因此取水点一般宜布置在施工场地上游与污水排水口有一定距离,并加强水质处理。

第 5.5.8 条基本上根据《室外给水设计规范》的有关规定,但根据水利水电工程施工给水管系统的临时性特点作了补充修正。

第 5.5.9 条因水利水电工程施工供水的不均匀性大和现场地形特点,一般采取设高位蓄水池调节,以减少高水塔投资和减少水泵的频繁启动。关于生产、生活用水池容量,系根据经验确定。

第 5.5.10 条本条规范的目的主要是便利管道施工和管理。

管道经济流速与管径、地区材料、设备、动力价格及建筑费用有关,水电工程施工给水系统属于临时性设施,建安费用所占比重较大,因此管道经济流速宜取偏高值。

第 5.5.11 条本条阐明施工供电的任务。目前大中型水利水电工程施工供电主要采用电网供电。辅以自备电厂等联合供电的方法。自备电源在电网供电系统形成前供电，以后兼作备用电源，这样较为经济，同时，施工一级负荷供电可得到保证。

第 5.5.12 条本条阐明施工供电的负荷计算。水利水电工程施工现场一类负荷主要有井、洞内的照明、排水、通风和基坑内的排水、汛期的防洪、泄洪设施以及医院的手术室、急诊室、局一级通讯站以及其他因停电即可能造成人身伤亡或设备事故引起国家财产严重损失的重要负荷。由于单一电源无法确保连续供电，供电可靠性差，因此大中型电站应具有两个以上的电源，否则应建自备电厂。

需要系数法为我国目前各设计部门对施工供电设计用电负荷所常用的计算办法，但当资料不足时，尚可采用总同时系数法。其总同时系数，从目前国内若干工程统计资料分析在 0.21~0.31 范围内(表 5-5-1)，这本身反映了各工程的设备有效利用率很低，随着经济改革的进展，该值应该有所提高，因而规范推荐总同时系数在 0.25~0.4 范围选取。

表 5-5-1 国内若干水电工程总同时系数统计

工程名称	总同时系数
三门峡	0.26~0.28
新安江	0.31
丹江口	0.26
刘家峡	0.30
葛洲坝	0.21

第 5.5.13 条本条阐述自备发电厂供电方式及容量计算原则。其内容参考《动力系统规划设计手册》(水利电力部西北电力设计院编)有关内容，结合大中型水利水电工程施工特点拟定。

第 5.5.14 条本条为供电系统输、配电电压等级选择。

各级电压合理的输送半径及容量，系参照《电力工程设计手册》第一册，附表 1-6 中有关数值和《火力发电工程施工组织设计导则(试行)》中的第二节第 125 条内容，结合水利水电工程施工供电情况进行调整后拟定。

第 5.5.15 条配电网规划设计的七条规定，是根据我国 30 多年来水利水电建设施工中的经验和教训，并参考冶金矿山建设中的配电系统设计成功经验综合制定。

第 5.5.16 条本条根据有关设计手册和国内已建的几个大型水电工程施工供电配电系统运行总结拟定的。生产与生活用电配电所分开设置，目的是便于管理。

第 5.5.17 条本条主要阐述施工通讯系统的组成与总要求。目的是强调在通讯系统中处处应“迅速、准确、安全与方便”。

从施工实践证明，一般中、小型工程，生产调度与施工管理通讯合并是能满足生产指挥要求的，这样既节省了投资，又使维修管理工作简化。

无线电通讯对于大型工程已成为现代管理不可缺少的联络设施，对有外商承包的施工工程尤显重要，因而本条予以强调。

为延长调度总机、交换机的寿命及重要用户电路故障时可调换电路，故调度总机容量按用户统计数增加 20%~30%。

国内水利水电工程施工管理通讯交换机容量，一般每百人 2~5 门(表 5-5-2)，考虑到近年来通讯电话容量一般有较快的增长，且施工人数又有大幅度的减少，为利于提高工作效率，因而推荐每百人 5~10 门，大型工程、施工布置分散时宜取大值，反之取小值。

表 5-5-2 国内部分水利水电工程施工通讯电话站交换机制式及容量

工程名称	施工人数 (人)	施工通讯电话交换机				说明
		局网	制式	容量(门)	门/百人	

葛洲坝	50000	单局制	纵横	2200	4.4	
刘家峡	11000	多局制	步进, 供电	300	3	
白山	22000	多局制	供电	1100	5	
安康	14500	多局制	纵横	630	4.3	
龙羊峡	17500	单局制	准电子, 供电	600	3.4	
石泉	10000	多局制	供电, 磁石	200	2	
湖南镇	6459	单局制	供电	400	6.2	高峰实装 300 门, 即 4.6 门/百人
碧口	14606	单局制	供电	200	1.4	

注：交换机容量为工程局一级电话站的数字，不包括局下厂级小交换机。

第 5.5.18 条本条中“其工作频率应考虑避免与该地区无线电设备的干扰”主要指不选用附近地区已使用的无线电频率，以防相互干扰。因此无线电通讯工作频率应在全国无线电管理委员会颁发的《无线电频率划分规定》范围内合理选取外。尚应经当地无线电管理委员会审批确定。

无线电超短波通讯较灵活、方便、可靠，人员、车辆或移动设备可以流动通话，没有线路工程，应变能力强，因而很适宜于生产调度及在一定范围内移动机械设备通讯。

关于低速数据传输的某些遥测系统(如水情遥测)由于短波通讯绕射能力强，相对而言衰减较少，因而目前国内大、中型电站施工期水情遥测系统，基本采用无线电短波设备(单边带无线电设备)。但其缺点是国产设备质量较差，所以提出亦可采用超短波。

对外无线或有线通讯通道的投资高，若与永久通讯合并，这不仅可节约投资，同时可使线路走廊合理。不少工程实践证明这是经济、合理、可行的方案。

施工用电极大多数采用电网供电，一般情况下，电力载波是既经济又安全的方案，只有当施工变电站距供电部门较近，且架设通讯线路投资低于电力载波通道时，才采用架设通讯线方案，本条即根据以上理由制定的。

第 5.5.19 条对于施工区布置分散的工程，若集中设电话站，势必增加线路工程，使投资增加。此外线路电阻过大，亦直接影响通讯质量，因此宜分散建电话站，形成多局制电话网，刘家峡、白山、安康、石泉、碧口、映秀湾均采用多局制。反之，施工布置相对集中工程，集中设电话站、形成单局制将更为有利。

第 5.5.20 条采用人工供电式交换机设备简单，占地较小，对容量在 100 门以下的中、小型工程一般可以似满足通讯要求，因而推荐使用；磁石式人工交换机耗电量小，可以采用干电池供电，尽管这种机型技术落后，大容量使用不便，但对工程早期若交流电源尚不可靠时，仍有选用价值；当容量大于 100 门以上的长期通讯系统，宜选用纵横制式自动交换机。它技术上较先进、寿命长、故障率低，相应维修量也少，故予推荐。在有条件的工地，尚可考虑选用性能更先进的程控式自动交换机，但这种设备对环境与维护要求高，选用时应予注意。

第 5.5.21 条本条主要为减少通讯线路工程量及避免各种干扰，确保通讯准确、安全。

## 第六节 机械修配、加工厂

第 5.6.1 条本条主要是阐明机械修配厂(站)的任务。

目前有些水利水电工程机械修配厂有侧重加工制造而偏废修配的倾向，规模相对都较大，但设备修理仍得不到保证。

随着国家技术经济的发展和体制的改革，水利水电工地机械修配朝着压缩现场规模的方向发展。其原因之一是推行投资包干与工程承包后，机械折旧年限从经济性考虑将采取“经济寿命”，设备更新加快，从而使从购置到报废期间修理次数较过去大为减少；二



是水利水电工程施工机械化程度不断提高,施工机械日益向大型化、现代化发展,施工机械修理要求越来越高,况且品种多,厂牌又杂,要修配厂来满足全部施工机械设备修理,将越来越不现实;三是工程发包及施工机械租赁企业的出现,也就失去了设置为全工地服务的修配厂的必要性。国外经验是充分利用社会力量以减少修理工作量的规定,促使施工机械修配厂向小型化、轻装化发展。

机械修配厂(站)规模统一以年计划劳动量来表示,不再以过去曾普遍采用的以主要机床台数表示。

第 5.6.2 条本条主要指出机修厂(站)址选择及布置的一般原则。其中“靠近汽车修配厂设置”,是考虑到施工机械中的内燃机底盘等与汽修厂修理内容基本一致,靠近便于协作。

由于不少机修厂在布置中对待修、拆装、修竣施工机械设备存放场地和原材料、燃料和废料无足够堆置场地,建成后造成被动,故予以强调。

第 5.6.4 条大多数水利水电工程多位于较偏僻工业不发达地区,所以大型、重型施工机械设备,重型车辆往往还需就地修理,目前尚不宜出现场只进行维护和部分中修,而不进行大、中修。从当前若干工程机修的经验看,以更换部件和总成为主的修理方法,是减少劳动力和设备、提高修理质量、延长修理间隔的有效途径之一。

由于汽车有较大的机动性,原则上应尽可能不在现场修理。只有当汽车数量较多,使用期超过大修周期,且远离工业基地或专业修理厂时,才单独设厂。

从现有十五个部属水电工程局统计资料看,机械及汽车修配厂设备利用率大多在 40%~50%之间,低的仅 20%~30%,装备生产率很低,因而当汽车年大修量不大时,并入机械修配厂,对提高机械设备利用率和经济效益都是有利的,云南若干前期建设的中型水电工程均是采取这一办法的。

第 5.6.5 条为便于经济有效的管理,从国内钢铁、冶金、交通运输部门对汽车保养站服务范围,推荐值均在 50~300 辆之间,这与目前水利水电工程汽车保养站服务范围基本一致,因而本规范确定选用该值。

为使修配厂、保养站规模与工作量直接挂钩,一般用标准台或以工时劳动量表示。但考虑到保养站有时车型单一,如乌江渡采石场便设置专保 T-20 型汽车,此时不如用自然台表示规模更为有利。

若汽车型号符合水利电力部 1982 编制的《水利水电施工机械保修技术经济定额》中所列 13 种车型的,其修理定额可按该规定值选取。

第 5.6.6 条大型钢管运输困难,即使加工成瓦状,途中变形仍较大,将增大校正工作量,而节省加工工序不多,因而宜在工地制作。若运输及变形可以解决,亦可由厂家加工成节、或瓦状运至工地组装。龚嘴、鲁布革即这样做的。但厚壁、小直径钢管则不受此限。

第 5.6.7 条本条主要阐明木材加工厂任务,为缩小工厂规模,提出尽可能利用附近木材加工企业能力。

关于加工厂规模的确定,考虑到目前水利水电工程钢模、钢木组合模板、滑模及混凝土预制构件大量使用,木材加工厂规模大为缩小,计算中不宜再套用原有各工程统计值。

第 5.6.8 条由于混凝土预制件厂亦需钢筋、木模制作,因而若场地允许施工布置相对集中时,这三厂联合设置,可减少管理人员、合理调配辅助劳动力和运输设施,可联合使用汽车吊、履带吊和龙门吊,提高设备利用率,降低各加工厂生产成本;不少大中型水利水电工程已采用这种方式,工程招投标后,这三个施工工厂常作为一个合同。

木材加工厂防火极为重要,有的工程因防火设施不好,数次发生火灾,给工程带来很大损失,且木材加工厂噪声高达 110dB 左右,因此厂址应远离火源和生活办公区。

第 5.6.9 条关于木材干燥方式,由于水利水电工程一般细木构件工作少,防变形要求不严格,根据水利水电工程实践,一般采用数月的自然干燥,已能满足要求,如细木构件量

大，要在 3~12d 内达到 12%~15%含水量要求，经论证亦可采取蒸汽或高频电等人工干燥措施。

第 5.6.10 条本条主要阐明钢筋加工厂任务与规模的确定。钢筋加工厂规模过去设计一般由年钢筋用量来推算产量。考虑到初设阶段施工总进度一般按月编制，利用高峰期各部位混凝土强度及钢筋含量来计算规模更为准确一些，故予推荐。

第 5.6.11 条是否单独设置混凝土预制厂应视预制量多少和场地等条件确定，当年构件需要量小于 3000m<sup>3</sup> 时，一般相当于日产 10m<sup>3</sup>，所需场地不大，因而可以就地拌制，不必单独设厂。混凝土预制构件重量大、易损坏，厂址应设在交通方便、接近用户处。

第 5.6.12 条同第 5.1.2 条有关编写说明。

第 5.6.13 条关于工地设厂条件，有的部门规定制氧厂距工地超过 50km，或昼夜用氧量超过 480m<sup>3</sup>/d。以 50km 划线，对于水利水电工程并不适宜，自设制氧厂，在经济上主要是减少了氧气瓶往返运输费，但各水利水电工程临时性制氧厂，其生产成本往往高于永久制氧厂出售价，有些要甚至高出 80%左右，即使不计入这一因素，一般工程制氧厂土建费用与不设厂增加运输费用对比，其经济半径约 250km。

根据水利水电工程施工特点，选用小容量的设备，更能适应不同时期耗氧量变化较大的需要。如果若干工程共用一制氧厂，或在当地有销售市场，其生产规模大且均匀时，亦可采用大容量机组。

## 第六章 施工总布置

### 第一节 一般规定

第 6.1.1 条“施工总布置”的名称以往有以下几种习惯提法：“施工总平面布置”；“施工布置”；“施工总体布置”；“施工总布置”等。

考虑到施工总布置不是研究施工工地上某个局部，也不仅限于平面问题，它是涉及施工工地的整体布局以及时间、空间协调问题，所以宜称“施工总布置”。

本条主要是阐明在进行工程施工总布置时应注意的一些问题，包括：调查了解、收集整理、综合分析本项设计工作所涉及的各种基本资料；在此基础上，合理确定各种临时设施规模；布置时应综观全局、统筹规划、协调局部与整体间的关系，避免顾此失彼；使施工总布置设计成果不仅能保证工程施工顺利进行，而且具有良好的技术经济效益。

第 6.1.2 条“因地制宜、因时制宜”作为设计原则，说明施工总布置的问题比较广泛，又是随机的，无一定格局可以沿用，所以在设计过程中，要以先进的施工技术成果为依据。采用恰当的组织型式，使布置规划合理，交通运输畅通便捷，努力改善各项施工技术指标，分清主次缓急，根据不同的时间、地点、条件等各个方面因素，进行方案比较，得到最优成果。

第 6.1.3 条方案比较一般宜具备八个方面的定量指标，论证选定方案的合理性。这些成果也就是《水力发电工程初步设计编制规程(试行)》(SD169—85)所规定的内容：场地平整土石方工程量；土石方平衡计算、施工总布置土建安装工程量，各类房屋分区布置一览表，站场、码头和仓库装卸设备需要量，施工场地占地面积估算等。

第 6.1.4 条选择施工总布置方案除定量比较外，尚应按本条所提出的条件进行定性分析比较，阐明各方案优缺点和存在的问题，结合各方案定量指标，权衡利弊，决定取舍。研究当地或其他专业部门的工厂和设施(包括机修、汽修、金属结构加工、制造、木材加工、制氧、混凝土预制构件等)为水利水电工程施工服务，以往曾有过不少实例。这样做的结果，在节省投资、提高经济效益、加快施工进度方面都会收到较好的效果。当前，正进行体制改革，扩大工厂企业自主权，逐步走向社会化，为水利水电工程施工更有效地利用创造了有利的条件。

第 6.1.5 条当结合城镇规划进行布置时，如果城镇建设超出施工所需的建设规模及建筑标准，则超出部份的投资，应取得协议，由有关部门分摊。

第 6.1.6 条主要施工工厂和临建设施的防洪标准不宜定得太死，因工程规模、工期、河流水文条件等各工程互不相同，正文中提出一个范围，以便设计时针对工程具体情况作出较为符合实际的选择。临时工程防洪还需考虑回水、涌浪、冰凌、冲刷、浸没、坍岸等影响，必要时应采取可靠的防护措施，以确保场地和设施的安全。

确定施工场内的主要交通干线、桥梁、隧道等建筑物的设计防洪标准时，还应参考有关专业部门颁布的规程、规范的规定。详见附表 4.1、附表 4.2、附表 4.3，一般情况下，临时工程防洪标准应低于表内之值。

若经研究确定主要施工工厂和临建设施与城镇规划相结合时，应与城镇防洪标准相适应，详见附录四中附表 4.3。

## 第二节 施工总布置及场地选择

第 6.2.1 条根据以往施工经验，施工场地布置大致可分为三个阶段：

工程准备阶段，主要是人员、设备进场、形成风水电系统，导流工程、临时房建工程以及主体工程开工前必要的施工工厂，包括临时骨料筛分、混凝土拌和系统及相应的修配、仓库等。

主体工程施工阶段，为工程全面施工的关键阶段。必须确保重点，照顾一般，全面规划，统筹安排。在布置上一般先以开挖工程为主，逐步转为地基处理、主体工程填筑或混凝土浇筑以及金属结构安装工程为主。

工程完建阶段，应妥善解决水库蓄水、发电有关布置问题，作好工程管理单位的厂区规划，合理使用场地；随着主体工程施工强度显著降低，逐步清还租用的施工场地。

第 6.2.2 条在施工布置方案比较前，必须根据现场实际情况作好各施工临时设施的比较研究工作。条文中指出的六个方面不是孤立的，而是相互关连又互相制约，必须妥善协调相互间的关系，才能为各种可能方案的技术经济比较提供依据。

第 6.2.3 条选择施工场地，首先应根据枢纽布置特点以及附近场地的相对位置、高程、面积和征地范围等主要指标，研究对外交通进入施工场地与内部交通的衔接条件和高程，场地内部地形条件各种设施及货流方向，特别是大量当地天然建筑材料的流向，选择场内交通的主要运输道路。并以交通道路为纽带，结合地形条件，设置各类临时设施。在方案比较中应重点研究分区规划的有关问题，形成布局合理、相互协调的有机整体。

第 6.2.4 条当工程所在地附近场地狭窄、施工布置困难时，需采取相应措施获得场地满足施工总布置要求。在一般情况下，施工场地不宜布置在坝址上游水库区，如果场地不足时，则应研究利用水库区的可能性。但应分析库水位变化情况，以及水库坍岸的影响，如果松软基础，还应考虑浸没的影响，避免因考虑不周而拆迁临建工程。

利用弃渣场作为施工场地时，应特别重视解决导流、洪水带来的冲刷影响，也要考虑主河道及两岸沟谷洪水顶冲的影响，作好防护设施。当开挖渣料不足，采用堤坝围护时，应妥善解决场地防洪和排水问题。

对原河道进行截弯取直获得施工场地时，因工程量一般极为浩大，必须与其他方案进行比较，论证经济上的合理性，才宜选用。

第 6.2.5 条土石方平衡除计算主体工程量外，还应包括临建工程的场地平整、站场、码头、道路等所有土石方工程量。

向枢纽工程上游弃渣(包括水库区)要进行技术经济论证，向下游弃渣应保证下游河道不被淤堵或缩小河床行洪断面、抬高发电尾水位、恶化通航过木条件。

在发展旅游事业的地区，还应避免弃料对自然景物或周围环境造成的不良影响；堆渣

场也不应放在危及工程安全及不稳定地质地段。

开挖渣料利用应根据施工进度计算挖填、堆弃数量，作好平衡规划，作到高料高用，低料低用，合理调配，避免干扰，以提高土石方利用率和减少运输总量。

第 6.2.6 条以往有的工程因征地困难，严重影响准备工程进度，为此，施工总布置应紧凑合理，节约用地，避免占用过多耕地，减轻移民安置问题，并切实遵照国家征用土地法，绘制施工征地图，按征用土地审批权限报请审批，为移民安置工作创造有利的条件。

利用弃渣场改土造田，应当认真考虑。但对于改土造田的办法，应根据工程具体情况确定。

第 6.2.7 条如在这些地区布置临时设施，或将给工程施工带来危害，或为国家法律(如环保法)所不允许，应避开这类地区设置临建工程。

第 6.2.8 条采取相应的防护措施系指抛石、抛铅丝笼、抛填混凝土预制块、干砌块石、浆砌块石、混凝土砌块和挡墙等，以上不同材料的抗冲流速，可查阅有关参考资料选用。采用这些措施时，视防护边坡土质情况，分别设置垫层、反滤层、集水、排水设施。在严寒地区尚应考虑冰冻的影响。

第 6.2.9 条工程的施工排水总量由地表雨水、居民区生活污水、施工废水、机械设备冲洗水等组成，并考虑场地内的冲沟流量，分部位计算排水量。根据地质情况，选定排水建筑物的型式、断面和尺寸。并根据工程所处位置的地形、水文、气象因素及环境保护要求选择排水方式，出水口最好利用沟谷自然排入河道，并结合岸边防冲加固措施，选定出水口型式。

有些地区降雨大，历时长，设计中应尽量避免冲沟水流进入施工基坑和主要施工场地，以免山洪影响生产和职工生活。

### 第三节 施工分区规划

第 6.3.1 条本条规定 8 个分区，目的是为了统一施工分区名称，便于按分区统计建筑和占地面积，以便类似工程能相互比较，便于总结。

第 6.3.3 条混凝土和当地材料坝两种坝型，在布置上应优先保证主要生产系统布置在较好位置，使其运用可靠、经济合理，应妥善解决重点设施的布置问题，其他临时设施则处于从属的地位。在设计中宜花较多的精力研究重点设施布置方案，其他非重点项目围绕重点项目布置。

在总结工程实践资料的基础上归纳为 6 个方面问题，在研究比较施工分区时，一般情况下应参照这些进行布置。为了减少职工体力消耗，居住区距工作地点一般以不超过 3km 为宜。学校、医院应远离施工区和交通主要干线，放在比较安静的地方。

第 6.3.4 条和第 6.3.5 条在确定这些项目的规模时，还应参考类似工程实践经验。

第 6.3.6 条随着我国水利水电工程营建方式的改变，生活福利设施建筑面积原有的计算方法已难以适应招标投标竞争方式的需要。本条所作的规定是为了降低生活福利设施建筑面积，使设计更符合实际，充分反映工程建设的施工机械化水平和施工管理水平。

由于目前尚无更为先进合理的计算方法来计算生活福利设施建筑面积，故仍规定“参照《水利水电基本建设工程设计概算编制规定(试行)》附件 3 中人均建筑面积综合指标 16~20m<sup>2</sup>/人计算”。

施工总工期年平均劳动人数的计算见第 7.8.3 条。

## 第七章 施工总进度

### 第一节 一般规定

第 7.1.1 条《水利发电工程初步设计编制规程》(SD169—85)及“关于建筑业和基本建设

管理体制若干规定”中对工程工期的规定是编制施工总进度的主要根据之一，设计中应千方百计采取措施，满足规定要求，但是也存在主管部门或业主对工期的规定脱离工程客观实际的情况，或操之过急，工期定得太短；或由于某种原因定得过长。如果经过论证后确认存在工期规定不合理的情况，设计中应实事求是反映情况，并提出更加现实合理的替代方案，报请上级主管部门或业主复核。

第 7.1.2 条由于各设计单位对总工期的划分缺乏统一的划分标准，造成不必要的混乱现象，为此，本规范特加以明确。

以往，工程施工大体上分为 3 个阶段：即施工准备，主体工程施工，工程完建。

基本建设管理体制推行招标承包制之后，两个阶段仍然需要，但准备阶段则需划分为 2 个阶段：第一阶段为工程筹建期。由建设单位负责进行，如对外交通、施工用电、通讯、施工征地与移民等，以及招标评标签约等涉及对外协作的筹建工作。工程筹建期的长短视具体情况而定。有的边远地区筹建水利水电工程仅对外交通与施工用电线路的建设就需要较长的时间，在交通发达地区则较短，故工程筹建期以不包括在准备工程工期之内为宜，但宜在设计文件中必须有所阐明。

第二阶段为工程准备期，即按合同规定由土建承包商单位所做的准备工作。在推行招标承包制之后，承包单位为提高经济效益及加快工程进度，准备工程一般均大大精简，使准备工程工期尽可能缩短。在安排施工总进度时必须考虑到这点。

第 7.1.3 条主要根据国内外过去施工实践中的经验与教训，强调加快准备工程进度是缩短总工期与提高工程质量的重要环节，并强调了对施工工厂与临时建筑尽可能采用标准设备与装配结构。

第 7.1.5 条鉴于近些年来，初步设计中施工总进度编制工作越来越简化，甚至不进行施工总进度方案比较，不能达到工期优化的目的，所以，在本条中明确提出要进行施工总进度比较。随着计算机的应用与系统工程学的发展，多做几个进度方案是完全有条件的。

第 7.1.6 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。

第 7.1.7 条横道图和斜线图是以往设计中经常采用的形式，网络图属于引进不久的编制施工总进度方法，由于其具有许多优点，为推广起见，本条加以明确规定。

第 7.1.8 条单项工程进度是施工总进度的组成部分，是局部与整体间的关系，其进度安排不能脱离施工总进度的指导。同时它又是编制施工总进度的基础和依据，通过单项工程施工方法研究、落实单项工程进度后，才能看出施工总进度是否合理和可行，从而为调整完善施工总进度提供依据。因此在设计中两者必须紧密配合，才能编制出整体较优的施工总进度方案。

## 第二节 导流工程施工进度

第 7.2.1 条本条首先强调合理安排导流工程进度的作用与重要性，对其中的关键性的计划日期如开工、截流、渡汛、蓄水日期的确定要有充分论证。其次阐明要抓紧进行，争取与洪水作斗争的主动权。使之立于不败之地。根据当前大型施工机械设备与施工技术的发展，初期导流工程一般情况可以在 2 年之内完成。

第 7.2.2 条围堰工程施工受洪水制约，一个枯水期宜达到设计要求的面貌，使其能安全运用和渡汛。鉴于以往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，以致带来某些不利于施工的问题，故提醒引起设计重视。

第 7.2.3 条在大流量河流上修建土石坝，通常上游围堰与主坝结合，但围堰工程量很大，在一个枯水期又难以完成，在这种情况下允许堰体在较低高程过水，如新安江与龙滩的堆石坝方案均研究过，美国涅尔维尔土石坝就是这样实践的。但鉴于过水情况较复杂，应进行水工模型试验论证较为有把握。但在单项工程进度安排中，不能忽视过洪前防护与过洪

后清除工作所需时间。

第 7.2.4 条由于围堰施工时间有限,如果不能按期达到预定高程、投入运用的要求,就会给工程造成被动局面或推迟在基坑内开工时间,故强调截流宜在枯水期内与不在流冰期内进行。

第 7.2.5 条导流泄水建筑物如导流隧洞、导流底孔的封堵工程包括下闸、堵漏、孔洞内排水、清理、混凝土凿毛,分层分块浇注混凝土、温控冷却,灌浆等工序均必须在一个枯水期内完成,故宜在汛后下闸。如在汛前下闸带来的问题是隧洞进口段衬砌与闸门结构强度均必须加强,增加造价,同时安全渡汛也必须有充分的研究,否则将会引起很被动的局面。

### 第三节 坝基开挖和地基处理工程施工进度

第 7.3.1 条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要同时进行,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,其教训是很多的。所以正文规定坝基岸坡开挖与导流工程平行施工,河流截流前基本完成,为基坑全面开工作好准备,以利克服干扰,缩短工期。

对平原地区的河床式水电站,往往坝轴线较长,而两地岸坡也较平缓,相互干扰较少,允许岸坡开挖与基坑开挖搭接进行。但指出必须以不延长总工期为原则。

第 7.3.2 条基坑开挖设计要重视基坑排水的进度安排,因为开挖工效高低与基坑积水疏干程度有很大的关系,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水,结果造成大量漏水。如围堰或地基大量漏水,有时会造成淹没整个基坑,使基坑开挖工作无法进行。所以必须考虑一定的排水工期。

第 7.3.3 条主要提示有关地基处理应注意事项。如遇到不良地质地基处理在工期安排应有所考虑,并要求在覆盖前完成。

以往,为保证固结灌浆质量,多在有混凝土覆盖情况下与混凝土交叉作业。目前,国内外均有灌浆在岩石开挖前进行的实例,这种施工程序利于加快施工进度,在设计中如能采取保证固结灌浆质量的有效措施,可以采用这种施工程序安排进度。帷幕灌浆必须在蓄水前完成。

第 7.3.4 条主要就岸坡不良地质地基处理方案慎重分析工期,如龙羊峡工程,岸坡地基处理工程量很大,牵涉到总工期问题,并提请注意,对坝基范围以外部分亦应在蓄水前完成。

第 7.3.5 条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应有所考虑。鉴于多泥砂河流上建坝,基坑过水后淤积情况很严重,如大化水电站清淤一次花 3~4 个月,大大影响工期,值得引起重视。

第 7.3.6 条深覆盖层地基处理工程量大,处理起来较复杂,在总工期中亦是起控制作用的因素之一,所以应作较详细分析,以落实所需工期。

### 第四节 混凝土工程施工进度

第 7.4.1 条混凝土坝施工进度往往是控制水利枢纽施工总进度,而在混凝土坝施工进度中混凝土浇筑是关键工序,它和导流、地基开挖与处理以及金属结构安装等工程项目有密切关系,受气候条件影响也很大,通常在研究混凝土工程进度时,必须掌握有效工作天数。

第 7.4.2 条混凝土浇筑进度有二个主要指标,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才能实现工程进度计划。

第 7.4.3 条、第 7.4.4 条此二条主要根据国内实践经验，强调了施工进度与安全渡汛的关系，彼此应互相协调，尤其是接缝灌浆涉及的问题更多，必须作妥善安排。

第 7.4.5 条考虑到国内一些工程施工均衡性较差，以致多占用了施工设备又延长了工期。编者收集了国内外 81 座混凝土各类坝型的实践资料，其中中国 18 例，日本 20 例，苏联 13 例，美国 30 例。从这些资料中各项指标分析，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。凡是建设工期历时短的，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。兹就以上 4 个国家实例高峰时段与高峰年月不均衡系数如表 7-4-1。

表 7-4-1 K 值

国别	整个浇筑期 K 值				高峰时段 K 值			高峰年 K 值		
	例数	加权平均	最大值	最小值	加权平均	最大值	最小值	加权平均	最大值	最小值
中国	18	2.71	4.74	1.85	1.85	2.78	1.51	1.78	2.38	1.28
日本	20	2.14	2.90	1.44	1.65	2.57	1.28	1.65	2.16	1.35
苏联	13	2.10	2.9	1.40	1.69	2.03	1.36	1.53	1.75	1.20
美国	30	2.45	4.18	1.31	1.95	3.28	1.29	1.85	2.31	1.28

从以上成果中可知日本与苏联较先进，美国居中，而我国处于后进地位，也就是说我国仍有潜力存在，实有必要规定几个不同阶段的月不均匀系数，而且仍以我国 18 个实例为基础，推求平均先进值，然后再推荐建议值，详见表 7-4-2。

表 7-4-2

项目	施工时段			
	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

随着水利水电工程基本建设体制的改革逐步发展，大力推行工程施工招标承包制，各工程局在投标中精打细算，上述建议的各阶段月不均匀系数是能实现的。

第五节 碾压式土石坝施工进度

第 7.5.1 条鉴于以往某些碾压式土石坝的施工进度安排不够周密，以致到了汛期，尚无法达到预定的形象面貌，处于非常被动的局面，某些工程因之造成失事事故，造成不应有的损失，故专门列此一条，必须在设计中加以高度重视。

第 7.5.2 条确定坝体填筑强度按需要、可能、经济三原则：

- 一、需要。同时满足工期和填筑断面高峰期要求。并且强度较为协调平衡。
- 二、可能。分析本工程实际施工条件，安排的填筑强度应与出料、运料能力协调，能够实现。
- 三、经济。应当进行经济分析，达到经济施工的目的。

第 7.5.3 条鉴于以往某些工程采用历年平均值来估算有效工作日，但碰上丰水年份，就使工程进度落后于安全渡汛要求，形成极为被动与危险的局面，值得引为教训，故列上本条，以引起设计人员重视。

第 7.5.4 条根据日本 18 座土石坝施工实践统计资料(详见表 7-5-1)，整个坝体填筑月不



均匀系数最小 1.68，最大 2.64，18 座平均 2.16，并参考巴西伊泰普土石坝填筑施工资料后，确定月不均匀系数宜小于 2.0。随着土石填筑施工机械化程度日益提高和招标承包制的推行，这个指标是可能达到的。

表 7-5-1 日本土石坝(坝高 82~176m 填筑不均匀系数)

坝石	堆石		反滤层		心墙土料		合计	
	日	月	日	月	日	月	日	月
高赖	3.68	2.26	3.0	1.84	3.43	2.24	2.88	2.64
手取川	3.47	2.27	2.81	2.59	2.87	2.10	3.17	2.34
九头	2.01	2.15	2.07	1.66	2.08	5.72		1.77
岩层	3.53	3.09	3.65	1.84	3.65	1.80	2.44	2.81
七仓	3.20	2.01	3.50	2.17	4.0	2.47	2.81	2.01
下小乌	2.60	2.12		1.89	2.89	1.89	2.24	1.68
赖户		2.33		1.92	2.85	1.90		2.39
木洼	2.72	1.80	3.22	1.98	2.95	2.09	2.2	1.80
三保	3.50	2.41	3.69	2.04	3.09	1.82	3.08	2.28
黑川	2.11	1.77	5.38	1.94	2.71	1.57	1.90	1.69
喜撰山	2.31	1.91	4.38	1.78	3.16	1.89	1.95	1.89
卡沙	3.27	2.67	4.55	2.19	4.51	2.54	2.91	2.35
明神	2.64	1.99	4.17	2.25	4.55	2.71	2.15	2.09
二居	4.85	2.69	4.01	2.15	3.85	2.44	3.96	2.59
大雪		1.96		1.43		2.05		1.97
南原	3.42	2.88	3.63	2.0	2.24	2.13	2.51	2.46
寺内	2.33	2.17	3.02	2.37	2.52	2.06	1.94	1.79
油谷	3.53	2.60	3.29	2.57	2.90	1.96	3.15	2.37
平均	3.07	2.28	3.63	2.03	3.19	2.30	2.46	2.16
最大	4.85	3.09	5.38	2.59	4.55	5.72	3.96	2.64
最小	2.01	1.77	2.07	1.66	2.08	1.57	1.96	1.68

第六节 地下工程施工进度

第 7.6.1 条、第 7.6.2 条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，必须做好施工程序设计，提出有效的技术措施，优选工期也才有可能。

第 7.6.3 条许多因素制约着隧洞、竖井、斜井和地下厂房等工程施工进度，安排进度时，应针对工程具体条件和施工队伍的装备、施工管理水平等因素分析确定。

第七节 金属结构及机电安装进度

第 7.7.1 条根据国内外建设经验，金属结构与机电安装的控制工期必须在施工进度上注明，同时要确定与土建工程施工的衔接关系，详细安装工作应另编制单项安装网络图，如葛洲坝工程后期，一年可安装 7 台机组，是较成功的实例。

第 7.7.2 条本条主要为适应招标承包制的需要而列入的。引水管、机组等开始安装的基本条件宜在设计中加以明确。

第八节 施工劳动力及主要技术供应

第 7.8.1 条、第 7.8.2 条及第 7.8.3 条考虑到以往一些工程初步设计中所提出的劳动力高峰时段人数偏高很多，很不适应当前体制改革的形势，究其原因：

- 1)定额太落后;
- 2)计算方法也值得研究;
- 3)由于吃“大锅饭”的关系,施工单位希望多要建房面积,以解决历史上遗留下来的职工生活住房问题。

以石塘水电站为例,混凝土浇筑设计月强度为 20000m<sup>3</sup>,初设提出的劳动力高峰时段人数为 3800 人,审查时要求增加到 4500 人。但经过公开招标、中标单位仍为原水利电力部第十二工程局,投标书中只列 2400 人(其中民工 800 人),相差较大。水口水电站为重力坝、坝后厂房,在初设中月高峰混凝土筑坝强度为 13.5 万 m<sup>3</sup>,月高峰开挖强度为 20 万 m<sup>3</sup>,提出劳动力高峰时段人数为 21000 人,经国外专家咨询降低为 7000 人,而在土建工程国际公开招标中,进入终评的四家承包商提出月高峰强度与劳动力高峰时段人数见表 7-8-1。

表 7-8-1

承包商	月高峰强度(万 m <sup>3</sup> )			劳动力高峰时段人数(人)	
	开挖	混凝土浇筑	土石方填筑	当地	外籍
一	33.1	9.5	22.1	2517	30
二	40.2	11.6	23.1	3720	40
三	34	9.5	10.2	5400	
四	36.3	9.7	23.6	2000	

本节在第 7.8.1 条中规定直接生产人员应按工作面、施工方法以混合工种配备计算。这是一种较科学、较能反映实际的计算方法,它能较好地反映当时的施工技术、管理水平,为了使设计成果具有一定的竞争性又不脱离实际,文中规定“结合国内平均先进施工水平”。由于本阶段尚未能明确工程是否采用国际招标,故在文中没把国外平均先进施工水平列上。

间接生产人员计算,目前除施工工厂人员可按日工作班制及岗位配备外,其它人员采用定额或工程比法计算,在第 7.8.2 条中规定了计算原则。

第 7.8.5 条针对施工总进度进行优化,在不影响总工期前提下,调整非关键线路上的工程项目,使提出的分年施工劳动力、主要设备和材料需求较为均衡。