

201790

基本馆藏

施工导流规划与计算

吕兴祖著



水利电力出版社

PDG

序 言

我国的水力资源非常丰富，据最近的估计约在三亿吨左右，仅次于苏联，占世界第二位。在开发条件方面也比較优越，我国河流的自然条件极有利于水电站的建设，大部分水电站均可建造在峡谷地区，从而工程量较小，且又可建成拥有较大水头和库容的水电站。因此，发电成本很低，只有火电成本的 $1/3 \sim 1/10$ 。另一方面，建造水电站的地址几乎均在工业区域和人口稠密地区，故对于施工和建成后的供电也很方便。由于上述有利条件和社会主义建设的需要，解放以来，在党的正确领导下我国水电站的建设得到蓬勃的开展，并已获得了显著的成績。今后将有更大更多的水电站出现。

水电站建设必须在河床或滩地上进行，经常要与洪水作斗争。只有战胜洪水，掌握了水流的规律，才能把水害变为水利。因此，开工之前周密地规划施工导流和进行必要的计算与试验，就成为首要的任务之一。

作者近年来在教学中累积了些经验；并参考了有关国内外水电建设的资料，写成此书。希望本书能在祖国突飞猛进的水电和水利建设事业中有所贡献。唯本人知识浅陋，错误之处在所难免，尚希读者不吝指正。

吕英祖 1958年4月于西安

目 录

序 言

第一章 概論	3
1-1 我國水电和水利建設的成就及其意义	3
1-2 水利建設的特点及施工导流规划的必要性	4
1-3 拟定导流方案的原則及其內容	5
第二章 拟定导流方案所需的原始資料	6
2-1 应具备的原始資料	6
2-2 原始資料的分析	7
第三章 施工流量的选择	8
3-1 施工流量选择标准	8
3-2 設計时段的确定	9
3-3 特殊情况下施工流量的确定	11
第四章 拟定导流方式	15
4-1 初建阶段的导流方式	15
4-2 完建阶段的导流方式	18
4-3 导流方式的选择	23
4-4 水利工程的导流实例	27
4-5 施工进度安排	39
第五章 导流建筑物的布置及計算	42
5-1 圍堰的布置	42
5-2 泄水建筑物的布置和計算	45
第六章 导流水力計算	46
6-1 概述	46
6-2 隧洞导流水力計算	47
6-3 分期圍堰的水力計算	59
6-4 圍堰高程及圍洪高程的确定	61
第七章 截流措施及計算	66
7-1 概述	66
7-2 預先形成靜水后截流	67
7-3 利用木籠、柳樁、梢樁、竹籠截流	68
7-4 流水中拋石截流	71
7-5 流水中冲填土裹截流	81

第一章 概 論

1-1 我国水电和水利建設的成就及其意义

周总理在党的第八次代表大会上关于发展国民經济的第二个五年计划的建議的报告中說：“在第二个五年计划期間，必須繼續进行华中和內蒙古兩地区以鋼鐵工业为中心的工业基地的建設，积极进行西南、西北和三門峽周圍等地区以鋼鐵工业和大型水电站为中心的新工业基地的建設……”。

电是工业的动力，若离开了它很难設想能把其他的工业建設得更快、更好。因此，电的供应是发展其他工业的重要关键。由于目前工业用电与生活用电日益增多，故电力工业的发展也必須进一步的提高。我国蘊藏着丰富的水力資源，对大力开展水力发电建設是工业上

最理想的电源，且水电的成本远远低于($\frac{1}{3} \sim \frac{1}{10}$)火电成本。我国从

解放以来就大力进行水电站的建設，首先完成了丰满水电站的改建工程，繼則陸續完成官厅、獅子灘、古田及上犹等水电站，1957年开始，三門峽、新安江、以礼河、岷江紫坪鋪和刘家峽五大水电站也將相繼开工或做施工准备。上述工程的混凝土数量各在100万~300万方不等，发电量也在100万千瓦左右，三門峽水电站容量为110万千瓦，刘家峽容量为100万千瓦，新安江水电站发电容量为58万千瓦。目前世界上仅有4个已建成的100万千瓦以上的水电站，50万~100万千瓦的水电站也不过10个。因此，上述工程都可以排在世界大水电站的行列內。五大水电站的攔河壩的壩高都在70至124公尺。刘家峽采用重力拱壩；三門峽为重力壩（壩內式厂房）；新安江为重力壩，厂房采用頂部溢流式；以礼河的引水道共長13公里，这些都是当前技术性比較高的工程。五大水电站建成后，將以三門峽为中心建立山西、陝西、河南的电力系统；以刘家峽为中心建立甘肃、青海的电力系统；以新安江为中心建立浙江、江苏的电力系统；以以礼河为中心建立云

南电力系统；以岷江为中心建立四川电力系统。五大水电站总计每年可以为国家节约 800 万吨以上的煤，为工业基地供应大量的廉价的电力，这些都將无疑地加速祖国的社会主义建設。

水利建設对发展国民经济也有着重大的意义。解放初期即在淮河干支流建成石漫灘、板桥和白沙諸水庫以及渦河集、荆江分洪諸工程。第一个五年計劃期間又建成和正在修建薄山、南湾、佛子嶺、梅山、响洪甸、磨子潭、官厅、大伙房及三門峽等九座大型水庫以及三河閘、杜家台分洪閘等八座大水閘和几十座中型水閘。灌溉工程如引黃济卫、苏北灌溉总渠（可灌溉二千万亩）、陝西的洛惠渠等也建設了三百多处。仅第一个五年計劃的水利工程的土石方和混凝土总量即达 63 亿公方，相当于 40 多座万里長城，这些工程都是中国水利史上从来没有过的。这些巨大的成就无疑地由于党的正确領導，使水电事业也随着其他工业一样得到蓬勃的发展。

1-2 水利建設的特点及施工导流規劃的必要性

从五大水电站的建設看来，他們的特点是規模大、工期短，一般都在五年左右完成，大多处于交通不便的峡谷，且受洪水的威胁很大。一般的治河防洪工程也都要在沿河的狹長地帶甚至長达数公里至数百公里地帶进行施工，因此，归納起来，水利建設具有以下特点：

1. 工地变化范围大，施工技术性高。水电站建設有时需在工作面很小的狹窄地帶施工，各工程需交叉施工，沿河灌溉工程又需在不規則的狹長地帶施工，无标准設計可遵循。

2. 工程种类复杂，一般水利工程都需要一些特殊的工程，例如水下澆筑混凝土、圍堰、合龙堵口及閘門工程等。

3. 有季节性，必須战胜洪水才能完成工程。因此，整个施工过程將是一场艰巨的战斗过程。

針对以上特点，从事水利的工程技术人员必須在施工前有周密的规划和組織方能避免施工中的損失，因而，施工导流規劃是占着首要的地位。

施工导流是决定壩型选择、樞紐布置及施工方案的主要环节之一。故在拟定导流方案时，还必须和施工方法及場地布置结合起来，只有这样才能对以后的施工可更切实、更順利的进行。若对于施工导流的问题考虑不周和疏忽，将会引起严重的危害后果。例如选择施工流量过小，将导致围堰的失事，使建筑物、基坑和場地布置遭受淹没的损失，从而不能保证按期完工和发电。1954年佛子嶺水庫由于设计流量估计不足而遭受洪水淹没。不仅如此，由于未考虑到的洪水来临，还有可能使水力樞紐中的主要建筑物（土壩、混凝土壩等）遭到破坏而威胁下游居民的生命财产。相反的，如果选择施工流量过大，则必然会增加导流建筑物（围堰、隧洞、渠道等）的费用，从而提高了整个工程的造价。其他例如不恰当的导流方式，主观的拟定导流建筑物型式，都会增加施工中不必要的复杂性和困难，提高工程的费用，而造成巨大的浪费。

1-3 拟定导流方案的原则及其内容

在拟定导流方案时，为避免上述情况的产生必须遵循下列原则：

1. 充分研究水文、气象等的原始资料；并选择最适宜的 **施工流量**：
 2. 降低导流建筑物的费用。为此应尽可能与永久性泄水建筑物相结合。如官厅和大伙房水庫利用永久性泄洪隧洞导流，佛子嶺水庫也利用永久性泄水孔做为宣泄施工流量之用。此外，还应对围堰的性质（过水或不过水围堰）和类型进行比较，以使其在保证工期的条件下达到最好的经济指标；
 3. 施工期间仍应满足下游航运、工农业及居民等用水的要求。
 4. 导流建筑物应力求施工简单、造价低，以便在最短期内完成。
- 同时，选择围堰型式时应尽量利用当地材料，还应考虑围堰拆除的措施。

拟定施工导流方案时可以从以下几方面着手：

1. 分析与导流有关的原始资料；
2. 选择最合宜的施工流量；

3. 拟定导流方式，布置导流建筑物，进行水力计算；
4. 截流措施及水力计算；
5. 确定围堰型式。

第二章 拟定导流方案所需的原始资料

2-1 应具备的原始资料

在规划导流方案之前，必须具备所需的一切原始资料，其中主要应具备的资料如下：

一、水文气象

1. 历年实测逐月最大最小及平均流量；
2. 洪峰历时过程；
3. 壅址水位流量关系曲线；
4. 水库水位容积曲线；
5. 降雨记录及雨日统计资料；
6. 气温、湿度、风力、风向及水面蒸发量等资料。

二、地形

1. 水库区地形图。一般采用比例尺为 $1/10,000 \sim 1/50,000$ ，个别地段需要补充测量时，可采用较大比例尺（ $1/2,000 \sim 1/5,000$ ）；

2. 壅址地形图。对于平原河流，比例尺可采用 $1/1,000 \sim 1/2,000$ ，对于山区河流采用 $1/500$ ；

3. 水库区河床纵断面图。对于山区河流，水平比例尺采用 $1/50,000$ ，垂直比例尺采用 $1/500$ ；对于平原河流，水平比例尺采用 $1/100,000$ ，垂直比例尺采用 $1/200$ ；

4. 工程所在地段的横断面图。水平比例尺采用 $1/2,000$ ，垂直比例尺采用 $1/200$ ；

三、工程地质及水文地质

1. 壅址工程地质图；
2. 壅区地质纵横剖面图；

3. 壩基岩盤、風化帶及復蓋層等高綫圖；
4. 壩基岩石及復蓋層滲透系數及摩擦系數；
5. 基坑滲水量；
6. 岩石含水層與壓力水可能存在高程。

四、當地條件

1. 當地建築材料（砂、石、土、木材、竹材等）出產情況；
2. 當地水電供應情況；
3. 當地交通運輸情況；
4. 當地勞動力供應情況。

五、其他

1. 水力樞紐布置及壩的結構圖；
2. 國家技術文件——要求的施工期限及發電日期；
3. 技術經濟調查報告；
4. 航運資料——施工期航運量、通航船隻、木筏尺寸、通航季節性等；
5. 有關臨時建築資料；
6. 有關地震資料。

2-2 原始資料的分析

為了防止施工導流過程中發生意外的損失造成浪費，必須在擬定導流方案時，對所有的原始資料進行詳細的分析，對於不足或不够詳盡的資料應提出進一步要求，對於某些與當地情況不符的資料應要求重行勘測或由設計人員親自下現場了解。總之，必須要獲得足夠資料；並對該資料進行分析和熟悉後，方能正確進行規劃和設計。對所有資料應對以下幾方面進行分析：

1. 水文氣象資料 對於施工導流規劃來講，水文氣象的資料占主導地位。我們知道，水位變化幅度的大小，流量過程綫的特征，洪水流量的延續時間等均與導流方案有密切的關係。因此，在進行導流規劃之前，應對該項資料仔細研究，對於其來源（如水位流量關係曲綫及其產生的原因和汛期洪峯的形成等）也應詳加推敲和分析，並進一

步制成一些必要图表；

2. 測量資料 測量資料对于拟定导流方案及布置导流建筑物也有密切关系，因此，应审查其是否詳尽与准确；

3. 地質及水文地質資料的分析 地質及水文地質条件影响导流方案非常明显。只有了解了河床、河灘及兩岸岩盤特性，掌握了河床岩石的冲刷性質及地下水存在情况后，方能正确的拟定导流方案及布置导流建筑物。

4. 壩的結構型式和樞紐布置 导流方案与壩的結構型式及樞紐布置是有着互相影响的。对于河床式和壩后式电站，导流方案的选择必須研究厂房的型式和布置；在通航河道中，所采取的导流方案，大多以通航設備及其型式为先决条件。另一方面，壩的結構型式和布置，也必須通过导流规划，进一步验证是否现实和经济。

第三章 施工流量的选择

3-1 施工流量选择标准

所謂施工流量就是在施工时期为宣泄洪水而规定的設計流量。施工流量确定的大小是对工程的安全和经济有着很大的关系。确定施工流量的标准与临时水工建筑物的級別有关。苏联国家标准对临时水工建筑物的級別作了如下（表 3-1）的规定：

当拥有足够数据时，在下述情况下允許提高临时水工建筑物的要求，而將其等級提高一級。

1. 当临时建筑物的失事可能引起下游工矿企业和居民区产生灾难时；

2. 当临时建筑物的失事可能引起 I、II 級工程的永久性建筑遭到严重损坏致延誤工期；

表3-1 临时水工建筑物的級別

号次	水利工程的級別	临时水工建筑物的級別
1	I	IV
2	II	IV
3	III	V
4	IV	V

例如在土壩施工中，根据具体情况的分析，当圍堰被漫頂后，使正在施工中的土壩可能受淹而遭到严重损坏，为此即可提高对圍堰的要求。在另外情况下，允許降低对Ⅳ級临时建筑物的要求，并把它列入Ⅴ級。

1. 当地質和水文条件經過完善的研究，并且研究的結果在保証工期的条件下临时建筑物不会发生事故时；

2. 修理不大而構造簡單的結構物（例如不擋水的擋水牆、导流堤、分水堤、不支承開启閉机械的工作桥，修理用閘門和护岸結構物等），同时此类临时建筑物的损坏不致破坏主要建筑物工作时。

对不同級别的临时建筑物有不同的最大流量的頻率要求，其規定如表(3-2)：

表 3-2

号 次	运 用 情 况	最 大 流 量 的 計 算 頻 率		
		临 时 建 筑 物 的 級 别		
		Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
1	正 常 的	2.0	5.0	10.0
2	非 常 的	1.0	—	—

3-2 設計时段的确定

根据上节所述的規定，即可确定对不同等級的頻率要求，但还必须指出，我們在确定施工流量时，应从具体情况出发。因此在确定設計施工流量之前，必須选择設計时段，即圍堰可能保护主要建筑物进行施工的期限。

首先应先进行水文、气象資料分析。

1. 月平均流量及其年分配統計表（表 3-3）；

2. 历年各月出現最大流量統計表；

3. 月降水量、降水日数及其年內分配統計表；

4. 气温統計表——应进行多年平均，絕對最高及絕對最低温度的

統計。

表 3-3

月 平 均 流 量	月 份												全 年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
多 年 (公方/秒)	80	85	87	203	105	200	350	700	550	300	150	100	2,910
%	2.8	2.9	3.0	7.0	3.6	6.9	12.0	24.0	19.0	10.3	5.1	3.4	100
丰 水 年 (公方/秒)	75	90	150	340	260	300	500	1000	800	250	130	80	3,975
%	1.9	2.3	3.8	8.6	6.6	7.6	12.5	25.0	20.0	6.3	3.4	2.0	100
枯 水 年 (公方/秒)	50	45	70	105	80	120	250	450	300	230	110	70	1,880
%	2.7	2.4	3.7	5.6	4.3	6.4	13.3	24.0	16.0	12.2	5.8	3.6	100
多年最大 (公方/秒)	105	200	350	440	320	350	550	1000	800	400	305	200	5,020
%	2.1	4.0	7.0	8.8	6.4	7.0	10.5	20.0	16.0	8.0	6.2	4.0	100
多年最小 (公方/秒)	50	45	50	100	70	120	200	400	250	200	100	60	1,645
%	3.0	2.7	3.0	6.1	4.3	7.3	12.2	24.3	15.2	12.2	6.1	3.6	100

根据上述統計可繪出相应图表，特别是月平均流量分配图对于确定設計时段有着指导作用，从图中可以看出逐月水量突出的月份及各月的分配情况。从其它图表中也可以看出最大实测流量产生的月份，降水量及降水日集中的月份，最高气温与最低气温值及时期。根据分析可推出其产生的原因及其对施工的影响，然后从保証工期出发，即可进一步确定設計时段。

設計时段的确定与水工建筑物的型式、导流方式、施工进度及期限有关。对于土壩、堆石壩及肋墩壩来说，一般是不允許溢水的，如果施工期限較長，而一个枯水期不能建成时，往往設計时段就选择全年为标准，其施工流量則应全年最大洪水的要求頻率来設計。如果安排的进度考虑到洪水来临以前壩身起攔洪作用，即筑到一定的攔洪高程，此时設計时段即可采用枯水时期，而施工流量应按該期最大流量頻率来設計。假設上述建筑物系考虑分期施工的导流方式，則施工时段可根据具体情况而定。对混凝土实体壩来说，壩身可以考虑过水，此时选择設計时段时，即可考虑洪峯来时河床部分停工，而洪水过后繼續施工，設計时段即可选择在枯水时期的較短时段。至于选择那个时段为适宜，必須反复进行技术与經濟的比較方能最后肯定。

3-3 特殊情况下施工流量的确定

該河道流量水位变化比較大,而且壩身或基坑允許过水的情况下,按設計标准建造高圍堰是很不經濟;且在技术上也有困难。此时可以考虑过水圍堰的型式。

根据我国情况,水电站多修在山区。山区河流的特点是洪水期流量特別大,而枯水期流量則特別小。因而,水位的变化幅度也很大。此时,如按常規設計导流工程,則无疑地要增加費用,故在最近設計上考虑过水圍堰的型式。如上犹江水电站所在河道非常狹窄,常水位时水面寬仅 40 公尺,水深約 63 公尺。当洪水来临时河寬增加不多,但水深却可增加至 18 公尺之多。因此,該工程在进行了若干方案的比較后,最后选定了过水圍堰的型式。

設計流量的选择,应根据技术經濟比較来确定。即在保証工期和工程安全的条件下,允許基坑淹沒或壩身过水若干次以达到降低圍堰和导流建筑物的造价而获得最大的效果。

采用不同的設計流量,將有不同的年淹沒次数。一般來說每次基坑淹沒后須进行圍堰的修理、基坑排水,因而造成人力物力和時間的損失(例如机械設備可能毀坏或需要搬运以及造成停工等)。故淹沒次数越多則其淹沒費用也增加,技术上也不适宜;但另一方面淹沒次数多說明設計流量小,使圍堰和导流建筑物的費用减小,为此需进行技术經濟方案比較后方能确定最适宜的設計流量,其方案比較步驟如后。

1. 确定不同流量超过次数

(1)繪制不同流量發生次数頻率曲綫 根据历年水文觀測資料,特别是枯水季的流量过程綫,首先定出几种可能的設計流量,再按照所定的設計时段中的流量数据,求出各年超出該流量的次数,按递减的次序排列,即可求出相应的頻率。

例如对某工程初步选定了 100 方/秒、150 方/秒及 200 方/秒三种設計流量,此时即可分別求出其頻率曲綫(表3-4)。

表3-4 1937~1956年11月~3月时段内超过100方/秒的发生次数统计表

次 序	发生次数	年 份	P (%)	次 序	发生次数	年 份	P (%)
1	10	1938	—	9	6	1952	—
2	10	1941	11.8	10	6	1942	67.4
3	9	1940	18.8	11	4	1956	74.3
4	8	1949	—	12	3	1950	81.2
5	8	1954	—	13	1	1948	—
6	8	1942	39.6	14	1	1937	95.1
7	7	1951	—	15			
8	7	1953	53.5	16			

$$\text{表中 } P = \frac{m-0.3}{n+0.4} 100\%$$

式中 P ——超过设计流量次数的频率%；

m ——该值按递减次序排列的位置；

n ——数列的总项数。

根据上述统计表即可绘制频率曲线。在某种频率下即可找出超过某流量的次数。

此法的优点是确定超过次数时贯彻了机率的概念，但缺点却是没有一定的规范，一般仅是按建筑物的重要性相应的来确定其频率。

(2) 根据统计求出平均超过次数。根据历年资料求出超过某流量的总次数，用年数平均后，即得年平均超过次数。考虑一个安全值后，即可做为估计的依据。

2. 淹没损失及导流总费用的计算

根据不同流量超过次数，估计出国堰的过水淹没损失及其导流的总费用（表3-5）然后绘出其费用与不同流量的关系曲线图（图3-1）。

根据上述曲线，可求出最经济的设计流量。

为了证实所采用流量的技术上可能性，必须进一步从保证施工进度出发，来验证是否有现实意义。为此还



图3-1 不同施工流量的费用曲线

各时段的降雨日数，从月平均停工天数的年分配曲线，即可求出各月的停工天数。

(2)统计法 根据历年降雨记录，统计求出各月不同降雨量的平均日数(表3-6)。根据施工要求，即可求出各月停工天数，此法不需绘制频率曲线，故较为简化。

各月因雨停工的天数确定以后，即可进一步求出各月的施工天数(表3-7)。求得施工天数以后，根据可能采用的导流方式安排控制性施工进度，然后进一步验证所选用的经济设计流量是否有现实性，从而最终肯定一个既经济；且又在技术上可行的方案。

第四章 拟定导流方式

4-1 初建阶段的导流方式

一、由原河床宣泄

1. 滩地法 (图4-1) 这种方法多适于平原河流具有滩地的条件下，此时，泄水建筑物和主要混凝土建筑物均布置在滩地上。建筑物基础可以设置在岩石上，也可以设置在非岩石基础上。施工顺序是先建造滩地的建筑物，在建筑物内留有梳齿或底孔。这一期的围堰根据河流水位的情况，一般无需设置或设置一个较小围堰即可，建筑物可在无水的情况下

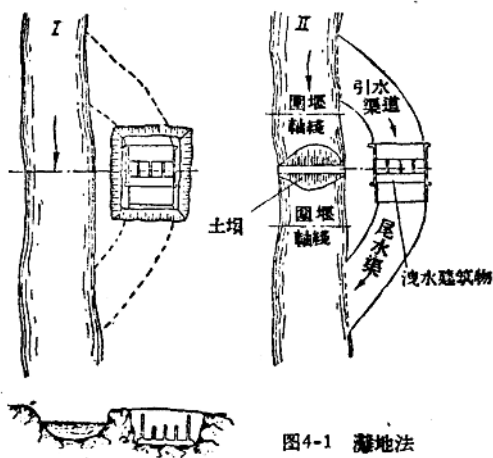


图4-1 滩地法

建筑。第二期截断河流，这多半用水力机械化的方法先抛石截流后，再采用一侧冲填的方法在水中筑坝，此时，水流由第一期建筑物预留的缺口处或底孔中宣泄。

此法的主要优点是工作面大，工作可以在无水和没有干扰的情况下顺利开展；同时，河床的水流和航运可以在无束狭和无阻碍的条件下正常宣泄和通行，它的缺点则是土方工作量较大，必须采用机械化的方法来完成才可能是经济的。

2. 分期围堰法 此法适用于平原；同时，也适用于河谷较宽的山区河流，国内国外采取此法甚广。此法的实质就是把挡水建筑分成几期（两期或三期）来施工，每一期在施工中，都利用围堰来隔绝水流（图4-2、4-3）。

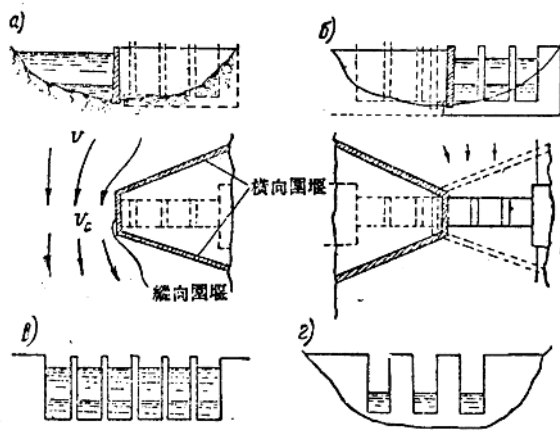


图4-2 分期围堰泄水示意图（利用梳齿完建）

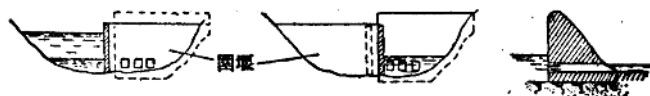


图4-3 分期围堰完建阶段利用底孔泄水示意图