

抽水蓄能电站 及常规水电站引水建筑物设计

姚廉华 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

抽水蓄能电站 及常规水电站引水建筑物设计

姚廉华 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要

本书比较全面和系统地论述了水利水电工程设计人员在进行引水建筑物全过程设计应考虑和解决的设计计算课题,以及可以运用的电子计算机程序。设计人员在有关的规程规范和技术资料、科技文献等有所了解和熟悉的前提下,能比较顺利和高效地开展引水建筑物的设计计算,达到加快设计进度,提高设计质量和精度的目的。

书中分别论述了常规水电站和抽水蓄能电站两种不同型式电站的设计过程、设计要点、设计方法和手段,对常规水电站几项主要的引水建筑物,如压力钢管、压力隧洞等,提出具体的设计计算内容及应注意和需探讨的问题;对抽水蓄能电站,则重点按中、高水头大容量电站在引水系统设计过程中所需要解决和探讨的问题,一一加以详细的介绍和论述。并均附以工程实例供设计人员参考。

结合常规水电站和抽水蓄能电站引水建筑物设计,编者已先后编制了82个专用的计算程序,其中有35个程序已编入《水利水电工程设计计算程序集(续集二)》(DOS2.0版),和《水利水电工程设计计算程序集(视窗版)3.0版》,由乌鲁木齐正海水利科技有限公司发行。其余程序可与广东省水利电力勘测设计研究院电算室联系或直接联系本书作者姚廉华,欢迎使用。

图书在版编目(CIP)数据

抽水蓄能电站及常规水电站引水建筑物设计/姚廉华编
著. —北京:中国电力出版社,2005
ISBN 7-5083-3423-X

I. 抽… II. 姚… III. ①引水式水电站—建筑设计
②抽水蓄能水电站—建筑设计 IV. TU271.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第084398号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005年11月第一版 2005年11月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 10.5印张 233千字 2插页

印数 0001—2000册 定价 17.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

广东省水利电力勘测设计研究院自 20 世纪 50 年代成立以来先后承担了省内大部分大、中型水利水电工程的设计工作和一些国外电站工程，为广东省的水利水电建设事业做出了卓越的贡献。从 80 年代到现在又先后开展了若干个抽水蓄能电站的普查、选点、设计和建设等工作，建成了世界上装机容量（2400MW）最大的广州抽水蓄能电站，正在修建相同规模的惠州抽水蓄能电站，正在设计深圳、阳江、清远等大容量、高水头的抽水蓄能电站。

编者有幸在这些不同类型水电站的设计、施工、运行等工作中，从事水电站引水建筑物的设计，历时 44 个年头。对水电站工程中引水建筑物所占的位置和重要性，以及与其他水工建筑物有别的独特之处，有了比较深刻的认识和体会。通过总结，很愿意把自己积累到的经验、体会和教训与同行和对此有兴趣的设计人员进行交流和探讨。在各级领导和同行设计人员的热情关注和鼓励下，完成了全书的撰写工作。同时，进一步认识到引水系统建筑物无论从设计内容、理论、方法和技术难点等方面都有其独特的地方，涉及的科学领域广，并且在各种不同的设计阶段均需提出不同的设计参数和成果。为使设计工作达到计算机程序化设计与 CAD 电脑制图的双重效果，还要不断在设计手段和工具上有所改革和提高。

为达到使引水系统各部分建筑物的设计计算从烦琐的、重复性的手工计算中解脱出来，跟上电子技术的飞跃发展并加快设计进度、提高设计精度和质量的目的，本书对引水系统各部分建筑物的设计论述只侧重在设计过程的实际操作，也就是使设计人员具体在进行引水系统建筑物设计时如何去思考有关问题，如何能按有关规程规范和科技文献的方法和思路开展工作。另外，对各部分建筑物的设计理论、计算公式和方法等不再以文字论述的方式加以推导解释，而是把它们归纳到所推荐使用的计算机程序软件中，其理论等可参见有关的规程规范和文献。

本书所推荐的电算程序软件，都是遵照水利水电系统及土木建筑方面现行颁布的规程规范和标准所论述和推荐的方法进行编制、调试和运用的，大部分程序已在实际电站工程设计中广泛推广和使用，同时在运用过程中不断加以完善和补充。其中大部分程序已于 1998 年纳入水利水电系统《水利水电工程设计计算程序集（续集二）》（DOS 版），及 2003 年推出的《水利水电工程设计计算程序集（视窗版）3.0 版》。在设计过程中有可能还要用到一些其他方面的程序，如有限元计算程序、框架、排架、板梁系统及桩基等方面的程序，读者可以另行调用，完成有关的设计计算。作者的最终心愿是能达到电算程序化设计计算和 CAD 电脑绘图的双重效益，也希望本书能起到这样的作用，使水电站引水系统各部分建筑物的设计更上一层楼。

本书在撰写与出版过程中得到广东省水利电力勘测设计研究院领导在人力、物力上的

热情支持和帮助，特此向该院领导、水工室领导表示感谢！电算室沈廷潮同志和陈燕宇同志在文稿的电子版制作、武汉大学水电工程学院陈鑑治教授在文稿的校审、水工室郑晶星同志在插图的绘制等方面给予了大力协助，在此深表感谢！

姚廉华

2005年2月2日

目 录

前言

第一篇 常规水电站引水建筑物设计

第一章 概述	3
第一节 水电站引水建筑物设计内容	3
第二节 引水建筑物类型	3
第三节 引水建筑物设计可采用的电子计算机程序	5
第四节 引水建筑物基本设计要求和步骤	7
第二章 常规水电站引水建筑物设计	9
第一节 布置类型	9
第二节 设计要点	9
第三节 主要建筑物布置	14
第三章 引水式水电站压力钢管设计	16
第一节 设计基本资料和技术参数	16
第二节 设计计算手段	16
第三节 进水口的布置	16
第四节 压力钢管的平、纵剖面布置	16
第五节 压力钢管的水力计算	18
第六节 压力钢管的结构设计	18
第七节 压力钢管镇、支墩结构设计	22
第八节 压力钢管异型管的展开计算	23
第九节 压力钢管工程量计算	23
第四章 引水式水电站压力隧洞设计	25
第一节 概述	25
第二节 压力隧洞的平、纵剖面布置	25
第三节 压力隧洞的水力学设计	27
第四节 压力隧洞的结构设计	28
第五节 压力隧洞的灌浆设计	29

第六节 压力隧洞的外排水系统设计	30
第七节 压力隧洞的工程量计算	30
第五章 引水式水电站引水建筑物设计工程实例	31

第二篇 抽水蓄能电站引水建筑物设计

第六章 概述	67
第一节 引水建筑物的组成	67
第二节 引水建筑物的布置和设计	68
第七章 进(出)水口建筑物	78
第一节 进(出)水口的组成和功能	78
第二节 进(出)水口的布置	79
第三节 进(出)水口的水力学计算	80
第四节 进(出)水口的结构设计	82
第五节 进(出)水口工程量计算	83
第八章 管道建筑物	84
第一节 管道的组成	84
第二节 管道的结构型式	85
第三节 管道的水力计算	85
第四节 结构设计	86
第五节 工程量计算	86
第九章 分岔系统	88
第一节 结构布置	88
第二节 岔管的支护型式和结构设计	89
第三节 岔管的水力计算	90
第四节 岔管的工程量计算	90
第十章 调压设施	91
第一节 调压井的结构布置	91
第二节 调压井的水力计算	92
第三节 调压井的结构设计	92
第四节 调压井的工程量计算	93

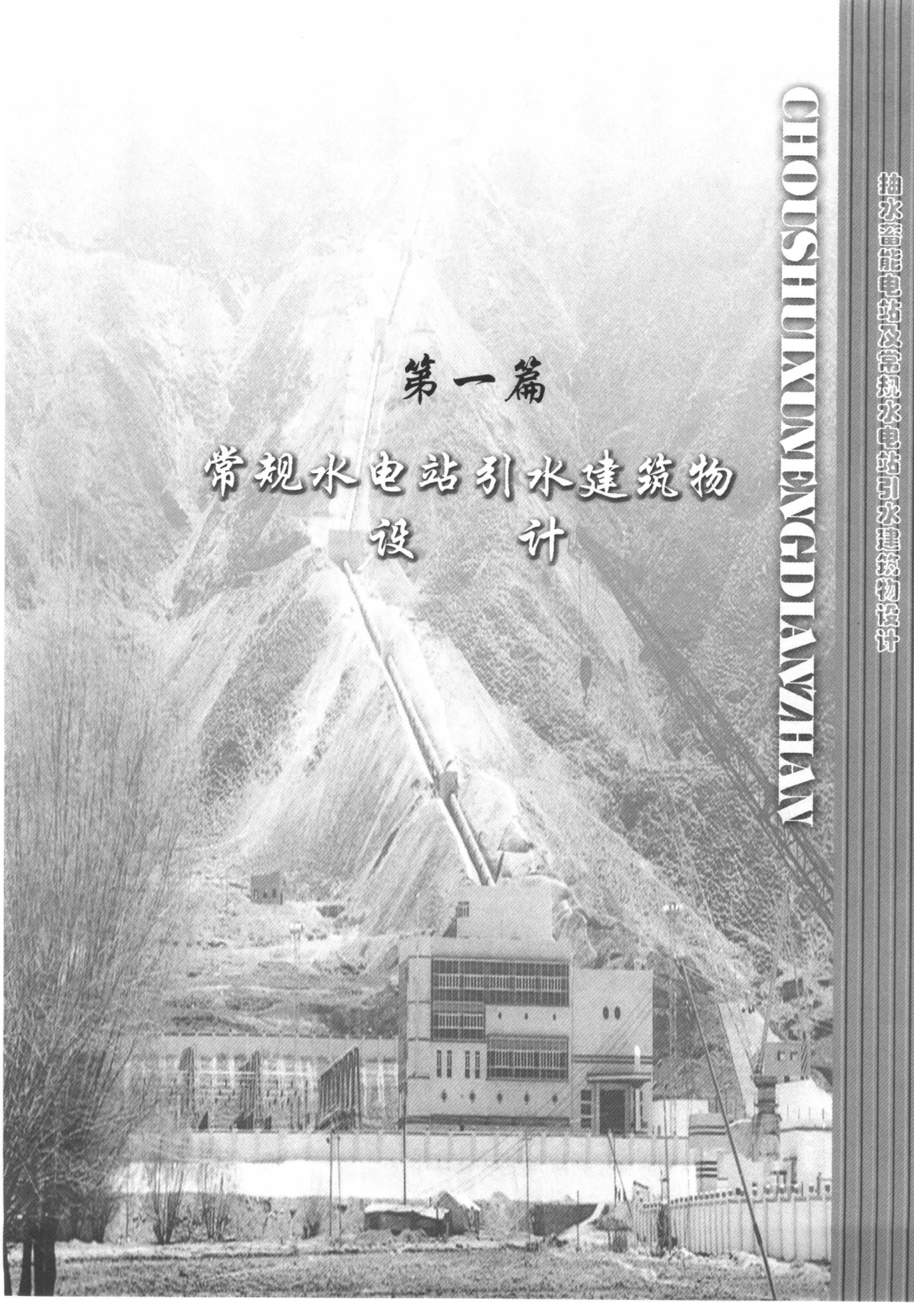
第十一章 灌浆设计	94
第一节 灌浆类型	94
第二节 灌浆设计	94
第十二章 排水设计	95
第一节 目的	95
第二节 排水系统的布置	95
第十三章 堵头设计	98
第一节 结构型式和尺寸选定	98
第二节 堵头结构设计	98
第三节 堵头实例	99
第十四章 引水系统的观测设计	102
第十五章 其他有关科研试验和外委项目	103
第十六章 抽水蓄能电站引水系统设计实例（可行性研究阶段）	104
第一节 设计基本资料	104
第二节 设计过程	107
第三节 设计计算实例	107
第四节 计算成果汇总	158
参考文献	159

抽水蓄能电站及常规水电站引水建筑物设计

CHOU SHU XUN NENG DIAN ZHAN

第一篇

常规水电站引水建筑物 设计



第一章

概 述

第一节 水电站引水建筑物设计内容

水利水电工程的引水建筑物是指向水电站厂房水轮发电机组提供发电流量的所有土木工程建筑物。包括设置在河床上或挡水建筑物上的进水口、渠系建筑物（含明渠、渡槽、箱涵、涵管、虹吸管等）、压力管道（含压力隧洞、当地材料坝内涵管、混凝土坝或当地材料坝内埋管、现浇钢筋混凝土明管、预制钢筋混凝土管、露天压力钢管、其他管材的压力管道等）、埋藏式压力钢管（钢内衬素混凝土回填钢管，预制钢筋混凝土钢管）、压力分岔管（埋藏式钢筋混凝土岔管、明露钢岔管），与引水建筑物有关的闸门井和调压井等也附属于引水建筑物。

第二节 引水建筑物类型

水电站引水建筑物的布置和类型随着水电站的开发方式和功能而有不同的组成内容。一般常规水电站的引水建筑物的布置型式和类型比较多。

以最简单的河床式水电站来看，只有一个直接设置在河床上的进水口、闸室和流道（进水及出水）组成。

坝后式水电站引水建筑物由设在坝面上游侧一定高程处的进水口、坝内埋管和坝后管道组成。

引水式水电站往往在水头高、流量小的山区丘陵地带，一般由进水口、明渠〔渡槽、无压涵管（洞）〕、压力隧洞、压力前池、露天布置的钢筋混凝土或其他管材的压力管道或压力钢管组成。引水式水电站的引水建筑物有时会包含所有的引水建筑物类型，有时也可能是几种类型组成。

图 1-1 给出常规水电站可能的各种参考布置类型。在一些特殊的地区，为了增加该地区电站的来水流量，也会通过许多途径将远离所修建电站区域的水源用引水建筑物把水收集和引进水库。

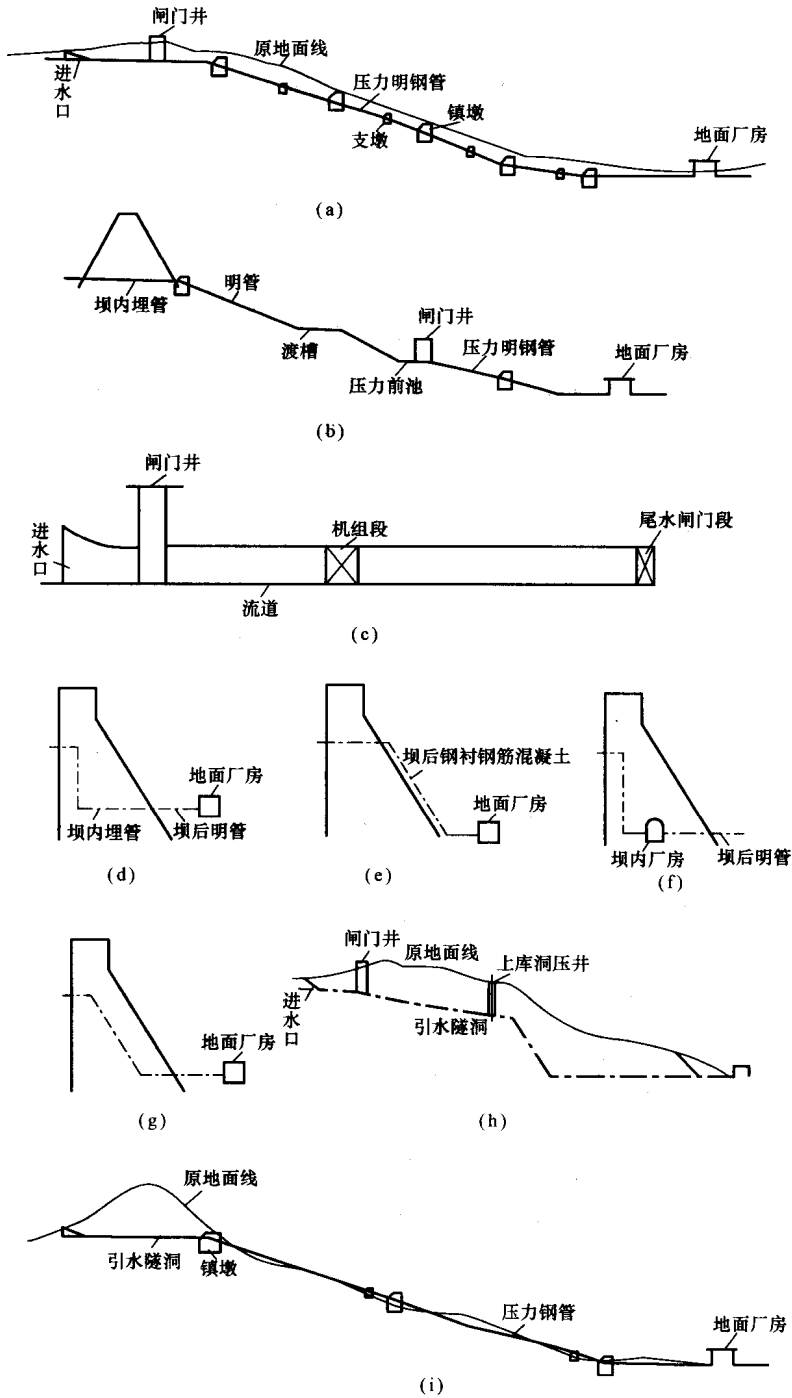


图 1-1 常规水电站布置类型

第三节 引水建筑物设计可采用的电子计算机程序

表 1-1 给出了水电站引水建筑物在进行布置和设计计算时当前具有的电算程序和来源，供参考使用。

表 1-1 电子计算机程序目录

序号	程序说明	程序文件名	程序来源
1	无压隧洞水面曲线计算程序	D-16	《水利水电工程设计 计算程序集（视窗版） 3.0版》
2	引水系统水头损失计算程序	D-17	
3	分岔管水头损失计算程序	D-18	
4	引水系统水锤压力计算程序	D-19	
5	阻抗（圆筒式）调压井涌浪计算	D-20	
6	差动式调压井涌浪计算	D-21	
7	双室式调压井涌浪计算	D-22	
8	小波动过渡过程计算	D-23	
9	压力明钢管应力分析	N-9	
10	压力明钢管抗外压稳定分析	N-10	
11	压力明钢管振动计算	N-11	
12	压力明钢管支承环应力分析	N-12	
13	压力明钢管镇墩结构计算	N-13	
14	压力明钢管支墩结构计算	N-14	
15	坝内埋藏式钢管应力分析	N-15	
16	埋藏式压力钢管结构计算	N-16	
17	埋藏式压力钢管抗外压稳定分析	N-17	
18	埋藏式压力钢管抗外压稳定分析（Amstug法）	N-18	
19	各种异形钢管展开计算	N-19	
20	大、小偏心圆锥管展开计算程序	N-20	
21	正对称 Y 型岔管结构计算	N-21	
22	月牙肋钢管应力分析程序	N-22	
23	蝶梁钢管岔管结构计算	N-23	
24	埋藏式钢筋混凝土岔管结构计算	N-24	
25	圆形压力隧洞衬砌计算	G-18	
26	圆形压力隧洞弹性力学法衬砌计算	G-19	
27	圆形压力隧洞温度应力计算	G-20	
28	圆形压力隧洞限裂校核计算	G-21	
29	圆形压力隧洞锚喷衬砌应力分析	G-22	
30	透水隧洞法计算圆形压力隧洞衬砌程序	G-23	
31	圆形高压预应力隧洞衬砌计算	G-24	
32	方变圆渐变段压力隧洞衬砌计算	G-25	
33	圆形钢筋混凝土压力管道结构计算	G-26	
34	露天式圆形水池结构计算	G-27	
35	钢筋混凝土穹顶薄壳结构计算程序	G-28	
36	调压井、压力隧洞工程量计算程序	Q-4	

续表

序号	程序说明	程序文件名	程序来源	
37	箱涵结构计算程序	HN	《供水管道与渠系建筑物设计软件包》	
38	圆形钢筋混凝土倒虹吸管结构计算程序	HR		
39	压力钢管铸铁管结构计算程序	HZ		
40	U形钢筋混凝土渡槽结构计算程序	DC		
41	坝后背管结构计算程序(弹性中心法)	DP1		
42	双层混凝土钢板防渗地下高压管道计算程序	XSI		
43	圆形管道基础反力计算程序	HF		
44	拼合式半圆形涵管结构计算程序	HT		
45	拱涵结构计算	GH		
46	密间距刚性环压力钢管整体结构分析计算程序	ARR		
47	倒虹吸管镇墩结构计算程序	ZT		
48	锚筋式钢管抗外压稳定计算程序	PP		
49	配筋及限裂计算程序	RRR		
50	平底闸室整体稳定分析计算程序	SCS		
51	三面刚构式钢筋混凝土涵洞结构计算程序	BR		
52	椭圆形钢筋混凝土有压涵管结构计算程序	HP		
53	水电站水锤压力 Calame - Gaden 近似分析计算程序	WHA		
54	WES 溢流坝过流能力计算	WES		《水闸、引水建筑物结构及工程量计算程序集》
55	曲线形溢流坝段水面线计算	DAM		
56	设尾水调压井条件的计算	WS		
57	双调压室水位波动稳定计算	UDT		
58	水闸(宽顶堰)水力计算程序	SZ		
59	水闸宽顶堰、驼峰堰泄洪能力计算程序	SZ1		
60	河床式厂房稳定及基础应力计算程序	CF		
61	施工支洞堵头结构计算	TD		
62	隧洞工程量计算程序	SG		
63	钢管管身工程量及造价计算	GB		
64	调压井工程量计算程序	TJ		
65	施工支洞堵头工程量计算	TC		
66	闸门井工程量计算	ZM		
67	进出口喇叭段、反坡段混凝土钢筋工程量计算	JS		
68	管道综合水头损失计算程序	CH2		
69	初拟管道直径、流量, 进水口淹没深度等计算	CH1		
70	常规水电站管道水锤压力计算	CG1		
71	抽水蓄能电站水锤压力数值解法计算程序	CH3		
72	抽水蓄能电站水力过渡过程计算《管道信息》辅助程序 1	CH8		

续表

序号	程序说明	程序文件名	程序来源
73	抽水蓄能电站水力过渡过程计算《管道信息》辅助程序 2	CH9	《水闸、引水建筑物结构及工程量计算程序集》
74	抽水蓄能电站水力过渡过程计算《管道信息》辅助程序 3	CH10	
75	压气式调压室体形、水力学、工程量等计算	CH7	
76	坝内垫层钢管结构计算	CG3	
77	虹吸式进水口设计	CG4	
78	有压隧洞过流能力及 H-Q 曲线计算程序	H-QY	
79	无压隧洞过流能力及 H-Q 曲线计算程序	H-Q	
80	无压明流洞水面线(指数法)计算程序	SL	
81	无压明流洞水面线(分段法)计算程序	HH	
82	进水口淹没水深计算程序	WY1	
83	供水工程回填压力钢管结构计算程序	HZ1	

- 注 1.《水利水电工程设计计算程序集(续集二)》(DOS版),由新疆水利学会计算机应用专业委员会 1998 年出版,作者姚廉华。
- 2.《水利水电工程设计计算程序集(视窗版)3.0版》,由新疆水利学会计算机应用专业委员会 2003 年出版,作者姚廉华等。
- 3.《供水管道与渠系建筑物设计软件包》(视窗版),由广东省水利电力勘测设计研究院 2002 年出版,作者姚廉华。
- 4.《水闸、引水建筑物结构及工程量计算程序集》(视窗版),由广东省水利电力勘测设计研究院 2004 年出版,作者姚廉华。

引水建筑物从规划选点阶段到施工图阶段,从枢纽布置到确定建筑物的几何尺寸、配置钢筋、计算工程量等都可以通过表 1-1 所列电算程序来完成。特别是在可行性研究阶段,不同内容的多个方案比较设计中,电算程序能更好地发挥其积极作用,起到加快设计进度、提高设计质量和设计精度的要求。设计人员可以从许多繁琐的重复性的计算工作中解放出来,用更多的精力和时间去研究和探讨学术上和技术上的问题,达到设计成果的最优化。

第四节 引水建筑物基本设计要求和步骤

一、基本设计要求

- (1) 建筑物在任何情况下,均能满足强度要求,保证安全运行。
- (2) 整个引水系统在所有运行工况下均不应产生负压。
- (3) 工况变化能很快过渡到新的工况,衰减快。
- (4) 建筑物必须有足够刚度,能抗外压稳定。
- (5) 在任何情况下避免进气,以保证机组稳定运行。
- (6) 应避免水力共振出现。

二、设计步骤

- (1) 确定各部分建筑物的高程,如进水口底板或管线的中心高程、明渠和箱涵渡槽的

坡降、压力钢管起点和进入厂房前的管中心高程。

(2) 水力学设计。包括明流建筑物部分的水面线，压力管道和其余建筑物的水头损失，调压井的涌浪计算，以及抽水蓄能电站的大波动和小波动水力过渡过程计算等。

(3) 根据不同的设计阶段提出建筑物的各部分几何尺寸、结构体型，框算或详细开展各建筑物的结构强度、稳定、抗滑等有关的大量计算。

(4) 提出不同设计阶段不同精度要求的工程数量。

(1)~(3)步的设计计算均可调用许多有关的电算程序或大型有限元计算程序来完成。

第二章

常规水电站引水建筑物设计

第一节 布置类型

常规水电站引水建筑物有以下几种布置类型：

(1) 进、出水口设在挡水坝上游或水库中，将水库中的水由沿山布置的长明渠、渡槽、涵洞（管）等引至压力前池后布置一露天设置的压力管道（钢管、混凝土管或其他管材的压力管）进入厂房机组，如图 1-1 (a) 所示。这种布置类型多数用在库区的地形条件与安装机组的发电水头的条件相差较大，为满足发电技术参数要求，则不远千里的将水由水库引至厂房，因而这种典型引水式水电站的水头都比较高，引用的发电流量较小。

(2) 进水口设在混凝土坝上游坡一定高程处。由进水口沿坝内埋管将水引入厂房机组。引水建筑物的布置随坝内或坝后厂房的具体情况可以有好多布置型式。如厂房设在坝内，则可由一小上平段、下平段和深竖井组成，如图 1-1 (f) 所示。如厂房在坝后一段距离，可以采用埋内埋管和坝后钢衬钢筋混凝土坝后管或压力钢管组成，如图 1-1 (d)、(e) 所示。若坝体断面较大也可以采用埋内管为斜管及坝后明钢管的布置型式，如图 1-1 (g) 所示。各种布置型式需要结合技术条件和工程经济等问题综合考虑后才能选择最优方案。

(3) 进水口设在库区，不通过坝体而是通过可满足围岩覆盖厚度要求的压力隧洞或压力隧洞出口后沿山坡布置的压力明管将水引到厂房机组。此时厂房可以是地下厂房，也可能是地面厂房或半地下式井筒，地下厂房的引水建筑物较简单，只有进水口和压力隧洞（含各种衬护型式的隧洞、喷锚，埋藏式压力钢管、岔管、尾水洞等）。地面厂房或半地下式厂房的引水建筑物包括进水口、压力隧洞、明露压力管道等组成，如图 1-1 (h)、(i) 所示。

(4) 进水口设在河床，由进水口及流道（含进水及出水流道）组成河床式水电站的引水建筑物，如图 1-1 (c) 所示。

第二节 设计要点

一、选点规划设计阶段

选点规划设计阶段主要是配合规划专业在规划区域内调查到的可作为水电站站址开发的上水库和下水库之间进行引水系统的布置。应具备开发区域的地形图，各站址相应的水库的水位、库容、拟开发的电站装机容量、机组台数和可能有的机组技术参数等有关资