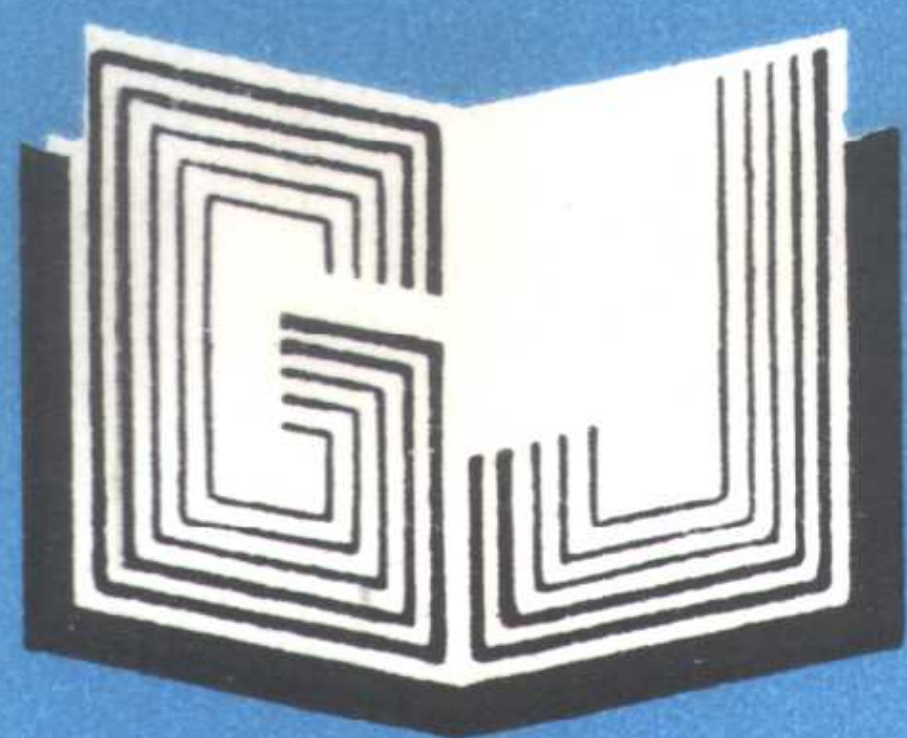




高等学校教材

水电站建筑物设计参考资料

四川联合大学 张治滨
郑州工学院 季 奎
福州大学 王筱生
大连理工大学 范素兰

合编



高 等 学 校 教 材



水电站建筑物设计参考资料

四川联合大学	张治滨	合编
郑州工学院	季 奎	
福州大学	王筱生	
大连理工大学	范素兰	

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为水利类专业水电站部分毕业设计参考书。书中第一部分对取水口、引水隧洞、明渠、管道、调压井和厂房等工程设计的基本原则、布置方法、工程措施等作了详细介绍。在附录中编排了毕业设计适用的机电设备厂家资料。

第二部分为水电站教材中各章节的思考题、例题、习题。有不少详细的计算实例。本书适用水利类专业的大专院校师生，也可为工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水电站建筑物设计参考资料/张治滨等编. —北京: 中国水利水电出版社, 1996

高等学校教材

ISBN 7-80124-259-9

I. 水… II. 张… III. 水力发电站-建筑-设计-参考资料 N. TV73-67

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 17462 号

书 名	高等学校教材 水电站建筑物设计参考资料
作 者	四川联合大学 张治滨 郑州工学院 季 奎 合编 福州大学 王筱生 大连理工大学 范素兰
出 版	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京市密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 455 千字 3 插页
版 次	1997 年 6 月第一版 1999 年 10 月北京第二次印刷
印 数	1721—3720 册
定 价	19.50 元

前 言

随着我国教育事业的发展,各门学科均编写了多种统编教材,以利大专院校各学科学生学习时参考。毕业设计在工科院校中,所占学时比例较大,但一直无一本教材。为便于学生作毕业设计时参考方便,因此在高教部科技司的组织领导下,由四所高校教师针对毕业设计参考之需而编写了本参考教材。

本书共分两部分。第一部分供学生在学习了专业课的基础上,作毕业设计时用。书中除了讲述教材基本原理外,尽量对设计某项工程应考虑的原则、措施、步骤作详细介绍。

第二部分是对教材的补充,在学生学完教材各章后,对学生提出思考题,帮助学生领会教材的中心意义。提出的例题,便于学生作习题时有所参考。

本书的编写分工如下:第一部分第一章、第三章由福州大学王筱生副教授编写;第一部分第二章、附录,第二部分第二章由大连理工大学范素兰副教授编写;第一部分第四章和第二部分第一章、第三章、第四章由郑州工学院季奎教授编写;第一部分第五章由四川联合大学张治滨副教授编写。本书由张治滨副教授统稿,大连理工大学卜华仁教授主审。

在编写过程中,得到清华大学谷兆祺教授多次指导,在此向他表示感谢。

作 者

1996年5月

目 录

前 言

第 一 部 分

第一章 水电站进水建筑物	1
第一节 水电站进水建筑物的型式	1
第二节 开敞式进水口及沉沙池	3
第三节 深孔式进水口	8
第二章 输水建筑物	18
第一节 有压隧洞	18
第二节 露天式压力水管	21
第三节 埋藏式压力钢管	38
第四节 参考图	46
第三章 平水建筑物	53
第一节 压力前池及日调节池	53
第二节 调压室	59
第四章 调节保证计算	90
第一节 调节保证计算的任务及计算标准	90
第二节 调节保证计算条件	91
第三节 调节保证计算原理	92
第四节 调节保证电算简介	101
第五章 水电站厂房	103
第一节 概述	103
第二节 水电站厂房设计的原始资料	109
第三节 水电站厂区布置	110
第四节 装设立轴机组的主厂房立面各高程的确定	114
第五节 主厂房平面各层尺寸的确定	121
第六节 主厂房布置中的一些构造要求	127
第七节 厂房水下建筑中的结构布置	131
第八节 地下厂房布置中的特殊问题	141
附录一 水轮机系列型谱及部分国产水轮机、发电机的主要技术参数	148
附录二 尾水管尺寸	154
附录三 发电机、主变压器参考尺寸	160
附录四 桥式起重机参考尺寸	166
附录五 水轮机的阀门	172

第 二 部 分

第一章 水力机械.....	176
第一节 水轮机类型、构造、工作原理	176
第二节 水轮机动力特性思考题	180
第三节 水轮机选型例题	180
第四节 混凝土蜗壳的水力计算例题	187
第五节 习题	200
第六节 调速系统与水泵思考题	201
第二章 水电站开发方式及引水系统	206
第一节 思考题	206
第二节 例题	207
第三节 习题	230
第三章 水电站水力过渡过程	234
第一节 思考题	234
第二节 例题	235
第三节 习题	246
第四章 水电站厂房	248
第一节 思考题	248
第二节 例题	248
参考文献	306

第一部分

第一章 水电站进水建筑物

第一节 水电站进水建筑物的型式

水电站进水建筑物是水电站水流的进口，由于进口后连接的引水方式、水流流态和所处位置的不同，进水口的基本型式也不同。

一、按照水流条件分

(一) 无压进水口

无压进水口的主要特点是进水口范围内的水流为无压流，进水口后面一般连接无压引水建筑物，故此种进水口亦称为开敞式进水口 [图 1-1-1 (a)]。无压进水口以引进表层水为主，因而防沙、防污和防冻等问题均较突出，是设计中需要解决的重要课题。

(二) 浅孔式进水口

浅孔式进水口是淹没于水下不深的进水口 [图 1-1-1 (b)]。进水口充满水流，没有自由水面，属有压进水口。但浅孔式进水口因闸前水较浅，进口底板接近河底，防沙等三防问题仍较突出，设计中应认真对待。浅孔式进水口常见于拦河闸式低水头的引水枢纽，低坝河床式水电站的进水口、压力前池的进水口等。

(三) 深孔式进水口

深孔式进水口 [图 1-1-1 (c)] 是高坝大水库中的水电站进水口。孔口淹没深度大，底板距库底远，三防问题不突出。

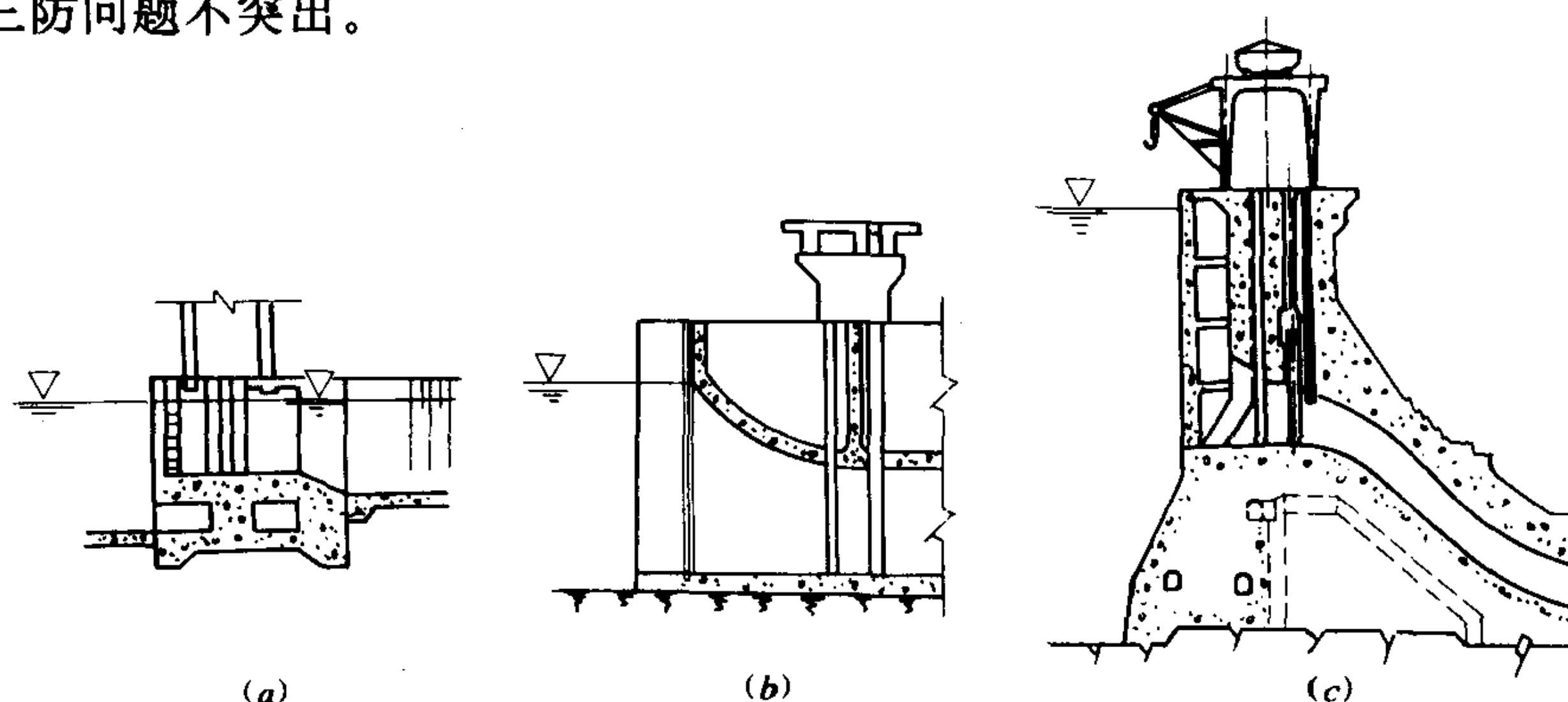


图 1-1-1 进水口型式

(a) 无压进水口；(b) 浅孔式进水口；(c) 深孔式进水口

二、按在水力枢纽中的位置分

(一) 河岸式进水口

河岸式进水口位于水库或河道的岸边，按结构特点和进口闸门装置的位置，又可分为

隧洞式进水口、压力墙式进水口、塔式进水口和节制闸式进水口等。前三种为有压进水口 [图 1-1-2 (a)]；后一种为开敞式进水口。

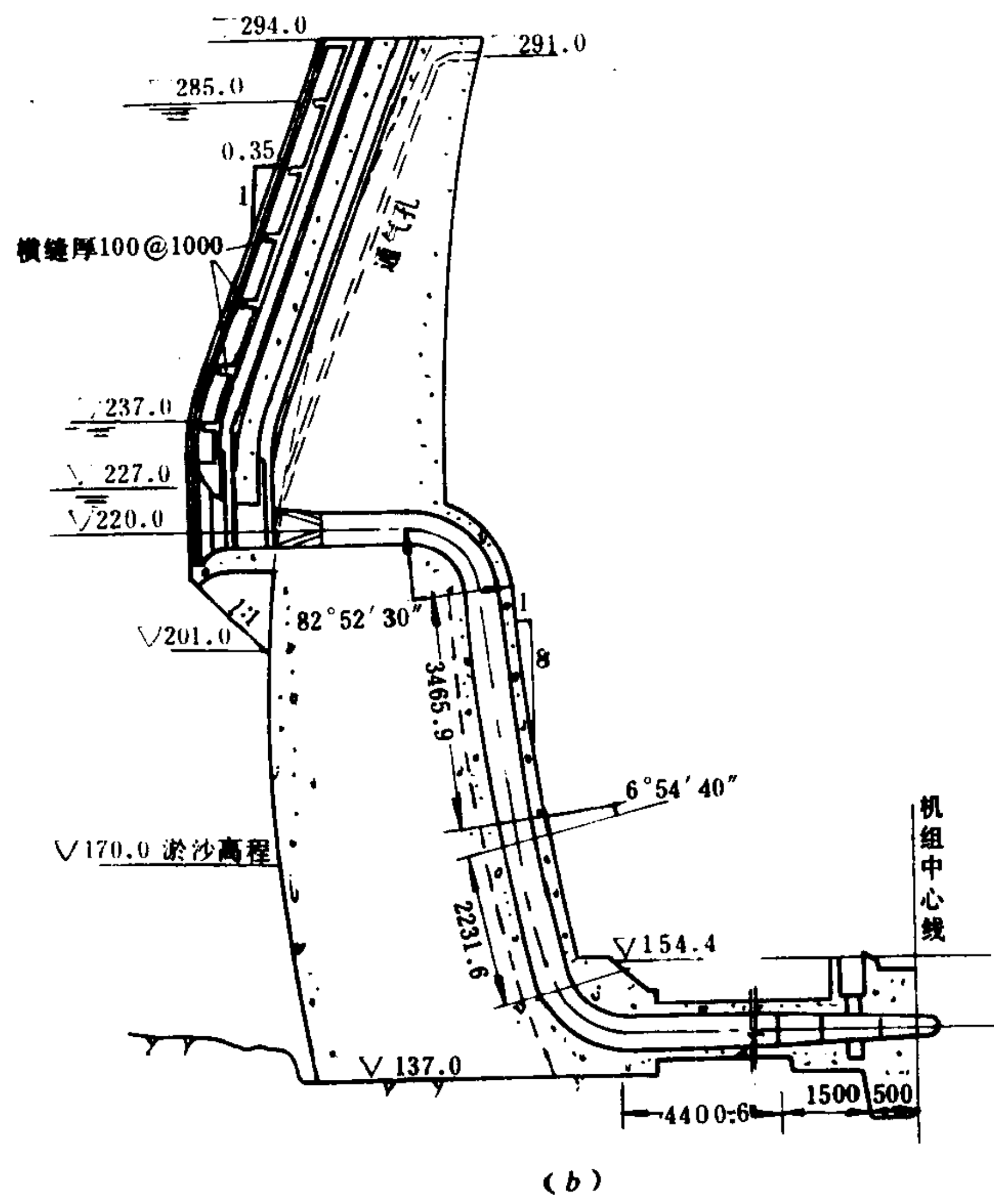
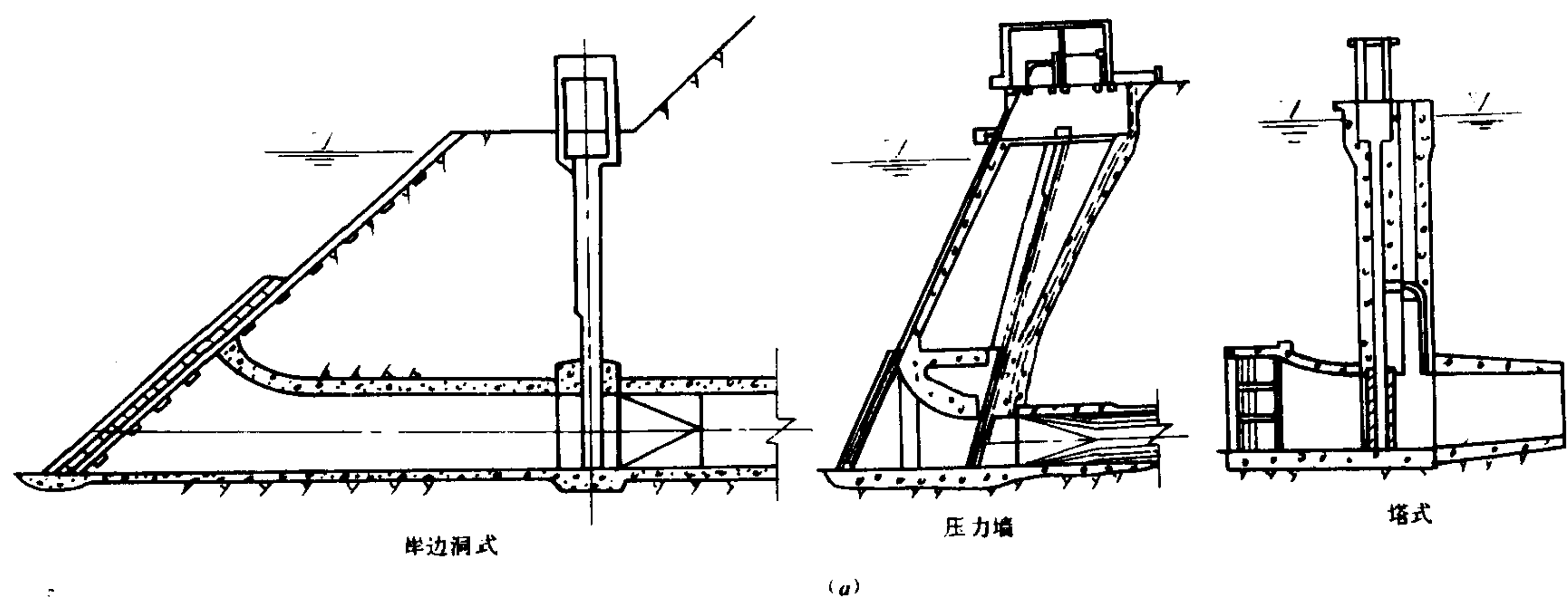
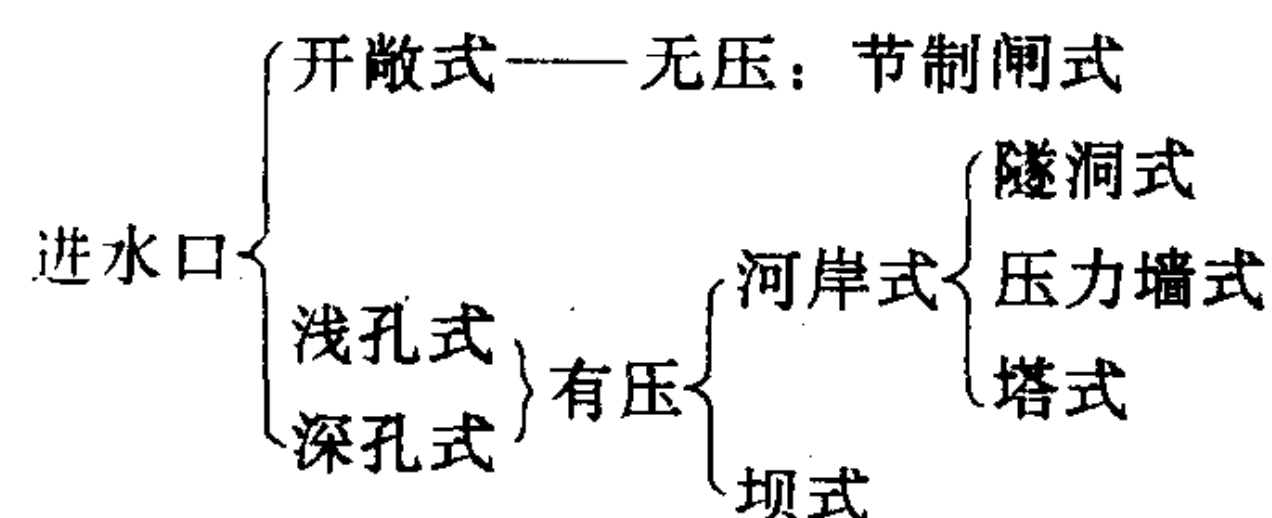


图 1-1-2 河岸式及坝式进水口
(a) 河岸式；(b) 坝式

(二) 坝式进水口

当水电站枢纽中的挡水建筑物是混凝土坝时，进水口多设在坝上，称坝式进水口 [图 1-1-2 (b)]。

综上所述，进水口型式可简要归纳如下：



第二节 开敞式进水口及沉沙池

一、开敞式进水口布置及尺寸拟定

(一) 开敞式进水口布置

工程上常将开敞式进水口设在河道主流比较集中、河床稳定、河岸坚固的河段上，防止因主流左右摆动而影响取水。进水口中心线与河道水流交角最好为 $30^\circ \sim 45^\circ$ (图 1-1-3)，交角太大水流条件不好。地质上应尽量避免高边坡开挖和处理的地段。

从防沙考虑，应充分利用河流弯道的环流作用，将进水口设在凹岸，引进河流表层清水，将底沙挟带到凸岸，以减轻泥沙对进水口的威胁，减少入渠泥沙，同时避免回流引起漂浮物的堆积。进水口位置应设在弯道顶点以下水最深、单宽流量最大、环流作用最强的地方。这个地点距弯道起点的距离 L 可由式 (1-1-1) 初步确定，即

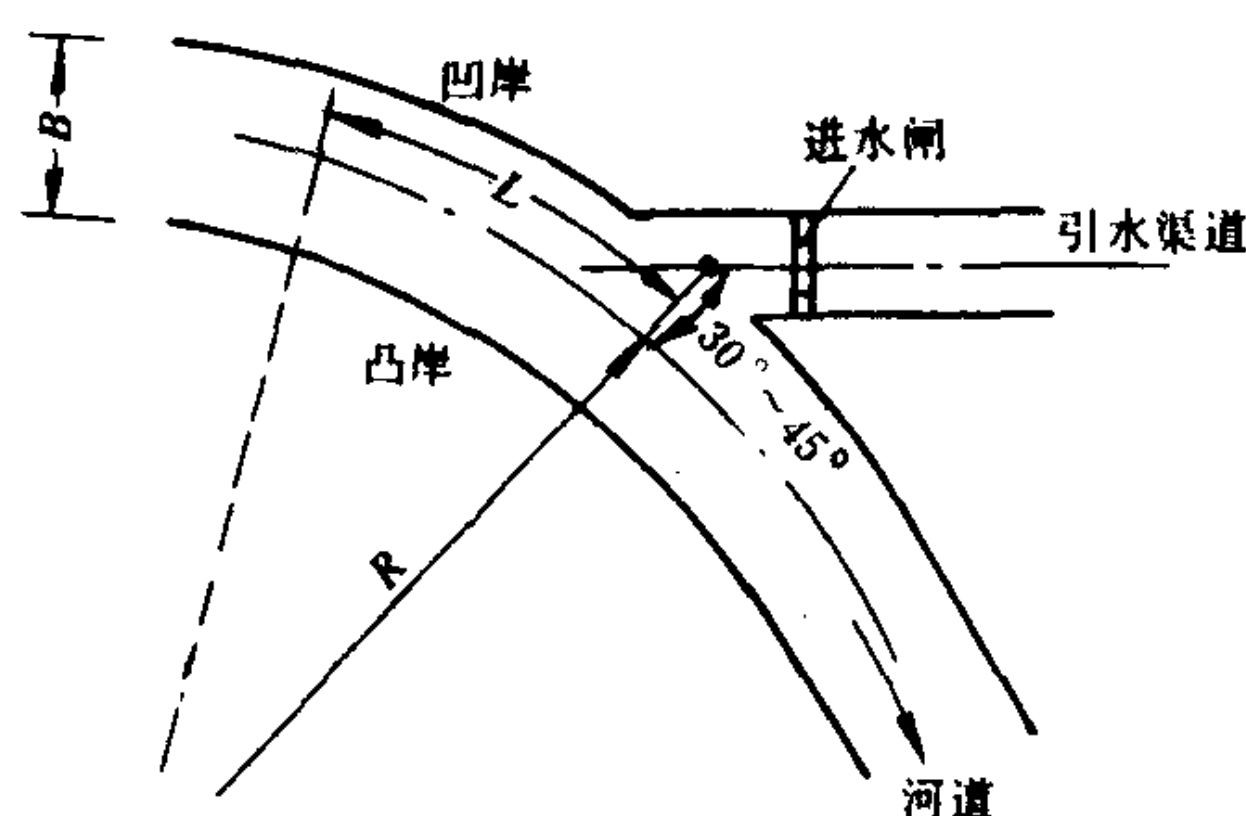


图 1-1-3 进水口位置示意图

$$L = mB \sqrt{4 \frac{R}{B} + 1} \quad (1-1-1)$$

式中 B ——河道水面宽度，m；

R ——河道中心线半径，m；

m ——系数，取 0.8~1.0。

当受地形条件所限，不能将进水口设在凹岸而必须设在凸岸时，应将进水口设在凸岸中点偏上游处。因该处环流作用较弱，泥沙较少。必要时也可在河流对岸设丁坝，将河流的主流逼向凸岸，以利引水。

(二) 开敞式进水口孔口尺寸拟定

1. 进水口底板顶面高程

决定底板高程时需考虑的因素较多，实际工程中要通过技术经济比较确定。一般情况下，底板顶面高程可比闸前设计水位时的河床平均高程至少高出 1.0~2.0m，视河道含沙量的多少而定，以便引水防沙。与后接的总干渠底部高程相同或稍高。

2. 开敞式进水口孔口尺寸

开敞式进水口孔口尺寸拟定时可按已确定的过闸流量、上下游水位、闸孔型式以及闸底板高程等，利用水力学公式确定孔口总宽度，然后拟定闸孔数及孔口尺寸。开敞式进水口一般属于宽顶堰，水流处于淹没出流状态。因此，孔口总净宽可由式（1-1-2）计算，即

$$B = \frac{Q}{\sigma \epsilon m \sqrt{2g} H_0^{3/2}} \quad (1-1-2)$$

式中 B ——闸孔总净宽，m；

Q ——设计引用流量， m^3/s ；

σ ——淹没系数，取决于 h_n/H_0 ，由表 1-1-1 中查取； h_n 为堰顶起算的下游水深，m；

m ——流量系数，进口边缘为直角时， $m=0.32\sim0.36$ ；为圆角时， $m=0.36\sim0.37$ ；

H_0 ——计入引近流速的堰顶水头，m。

孔口总宽度算出后，单孔宽度愈小，闸孔数就愈多。因闸墩妨碍水流，从水力学条件看，以孔数少些为佳。而单孔宽度的确定常取决于闸的型式、闸门材料、启闭设备和闸孔运用要求等。用卷扬机启闭的钢丝网平面闸门，每孔宽一般不超过 6~8m，用弧形钢闸门，一般为 8~12m。每孔宽度选定后，闸孔数目 n 为孔口总宽 B /单孔宽度 b ， n 应为整数，最好取用奇数。分孔后，需进一步验算闸孔的过水能力。

表 1-1-1 淹 没 系 数 σ 表

h_n/H_0	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
σ	1.00	0.995	0.990	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.90	0.87
h_n/H_0	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	
σ	0.84	0.82	0.78	0.74	0.70	0.65	0.59	0.50	0.40	

二、沉沙池的作用、设置条件、尺寸拟定

（一）沉沙池的作用及设置条件

在多泥沙河流上修建水电站进水口时，为了防止水中有害的或过多的泥沙进入引水道，减少引水道淤积和对水轮机的磨损，常修建沉沙池。但对修建的必要性，应通过技术经济比较加以论证。国内外有关规范建议，设计水电站进水口时，当水中有害粒径的泥沙含量小于 $0.2\text{kg}/\text{m}^3$ 时，可以不建沉沙池。

沉沙池设计的基本原理是，加大沉沙池的过水断面，减少水流的流速及其挟沙能力，使有害的泥沙沉淀在沉沙池内，而将清水引入水道。同时可在进水口前设置拦沙坎，坎顶高程比进水口前的引水渠底高程高 0.5~1.0m，并利用排沙闸冲排堆沙。

（二）沉沙池的类型

水电站沉沙池常用的平面布置形状有直线形或称矩形 [图 1-1-4 (a)]、曲线形 [图 1-1-4 (b)] 和沉沙条渠等三种。常用的冲沙方法有定期冲沙和连续冲沙两种。

1. 直线形沉沙池

直线形沉沙池又可分为单室、双室、多室以及有侧渠的沉沙池等四种。

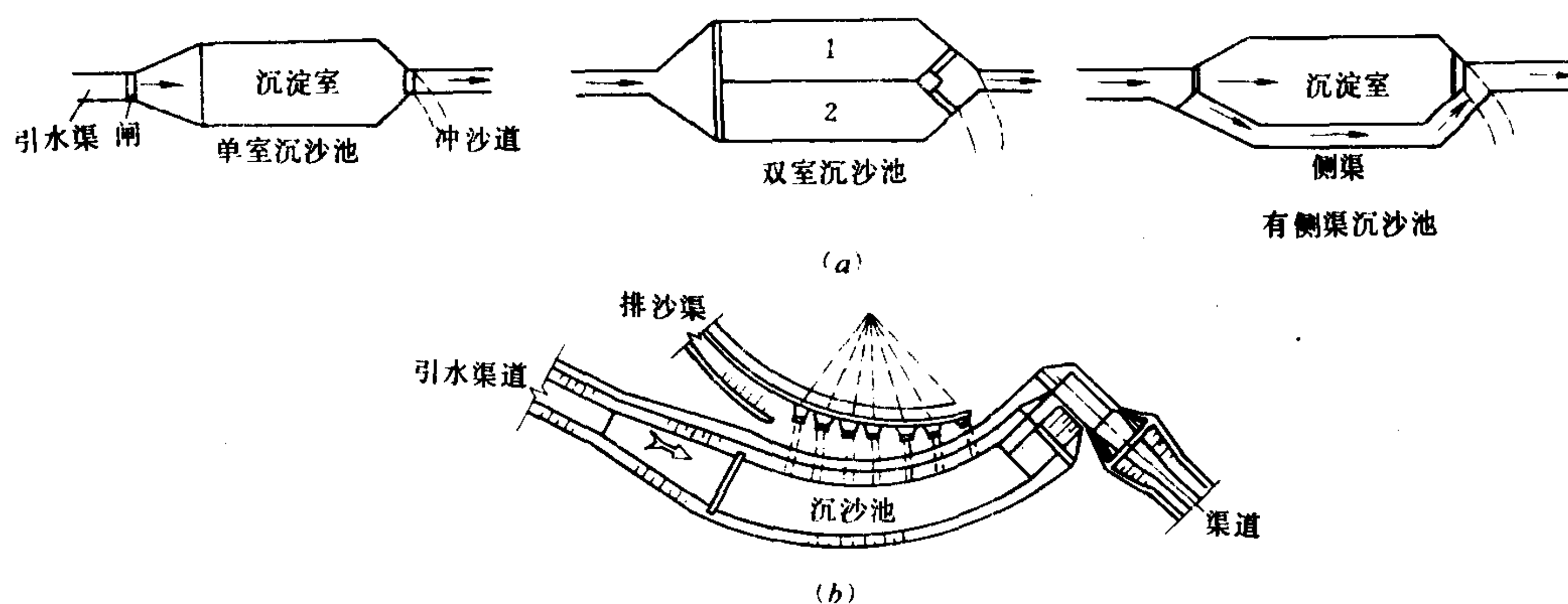


图 1-1-4 几种沉沙池示意图

(a) 直线形；(b) 曲线形

单室和双室沉沙池是最简单的形式。当供水流量大于 $15 \sim 20 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，可采用双室沉沙池。双室沉沙池的设计一般有两种情况。第一种情况是沉沙池中每个沉淀室都能通过引水道的全部流量，保证了沉沙池在任何时候都能冲洗和供水；第二种情况是沉沙池的每个沉淀室只通过引水道总流量的一半，当其中的一个沉淀室冲沙时，另一个沉淀室则可通过电站总流量。这样，沉沙池的冲沙时间必须选在电站需水量最小时进行。多室沉沙池不仅可连续冲沙和供水，而且冲沙时所需的流量亦较少。

2. 曲线形沉沙池

曲线形沉沙池较直线形沉沙池优越，它不仅结构简单、造价低廉、施工方便，而且排沙效果很好，能排走 $90\% \sim 100\%$ 的进入引水道的推移质泥沙，对于减少和防止泥沙进入水轮机能起决定性的作用。曲线形沉沙池在多泥沙河流的进水口工程中应用较多。

定期冲沙的沉沙池，其冲沙次数主要决定于所引水流含沙量和流量的大小。一般每隔半个月或一个多月冲沙一次。汛期水流含沙量大，冲沙次数可多一些。连续冲沙的沉沙池，可随泥沙的淤积随时进行冲沙，但结构较复杂。一般用于水流含沙量较多、泥沙粒径较粗且不允许停止供水的水电站。

(三) 沉沙池尺寸拟定

1. 沉沙池结构布置及尺寸

定期冲沙的沉沙池由进口段、沉淀室、出口段、冲沙廊道（或冲沙闸）以及节制闸等部分组成（图 1-1-5）。为使沉沙池进水口和出水口水流平顺、流速分布均匀，一般在沉沙池的进水口和出水口用渐变段与上下游渠道联接，使水流沿平面及深度上均能均匀扩散和收缩。渐变段在平面上扩散角 $\theta < 20^\circ$ （常用 $10^\circ \sim 20^\circ$ ）。进口段的长度一般取 $15 \sim 30 \text{ m}$ ；出口段的长度一般取 $10 \sim 20 \text{ m}$ 。沉沙池内水流平均流速应小于 0.25 m/s 。沉淀室数目一般为 $2 \sim$

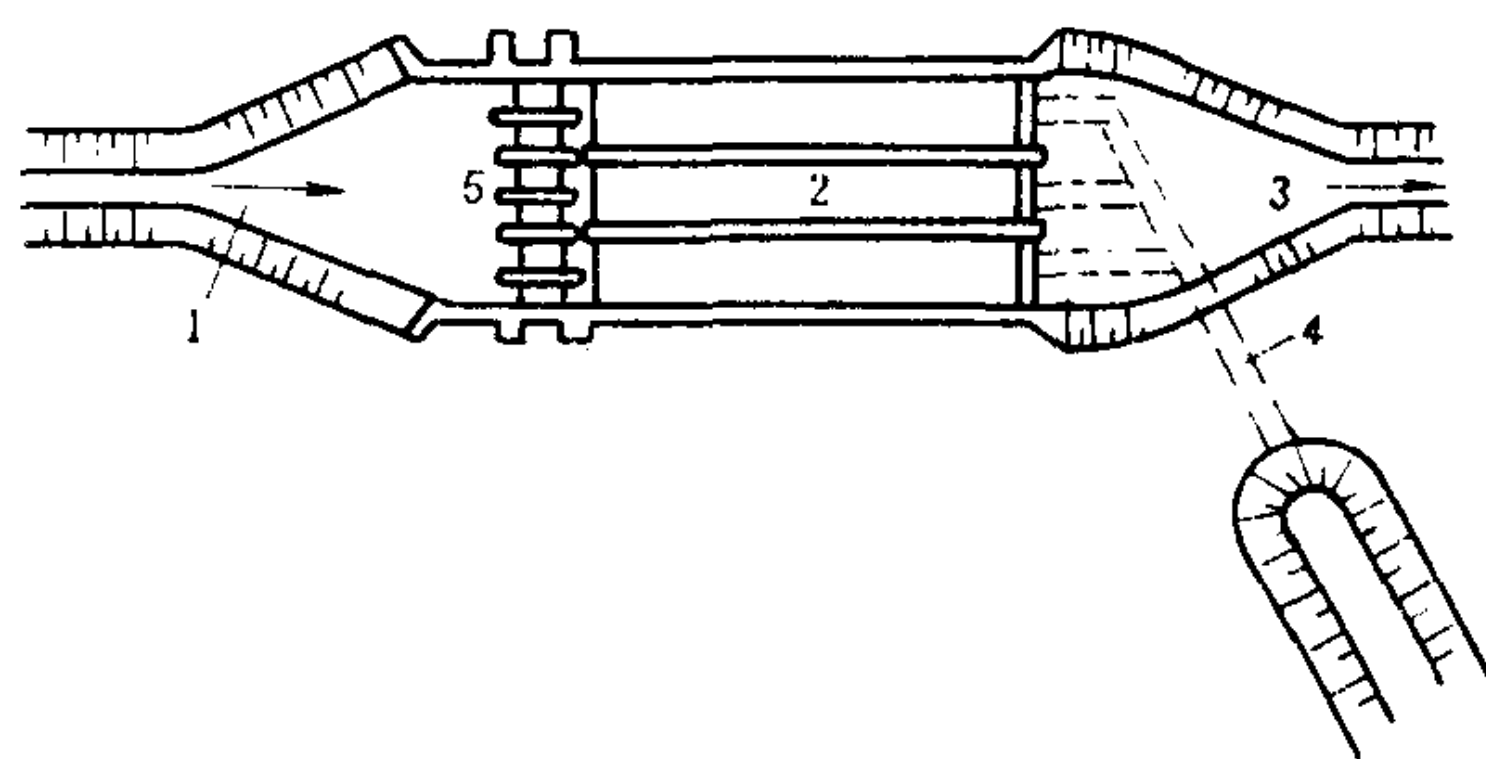


图 1-1-5 沉沙池的组成部分

1—进口段；2—沉淀室；3—出口段；
4—冲沙廊道；5—节制闸

沉淀室数目一般为 $2 \sim$

3 个，其横断面多为矩形，宽度最好不超过工作长度的 35%。水电站用的沉沙池工作深度一般为 4~5m。沉沙池的底坡可以是正坡或倒坡，坡度为 0.02~0.005，若采用正坡时，冲沙廊道进口一般设在沉沙池末端。多室沉沙池的岸墙和分水墙，一般用钢筋混凝土建成；单室和双室沉沙池的岸墙可用片石或混凝土板砌护成斜坡；亦可采用砌石、混凝土和钢筋混凝土的混合结构。沉淀室应分段设伸缩沉陷缝，砌石和混凝土结构的缝距一般取 10m 左右，钢筋混凝土结构一般取 10~20m，缝内应加设止水防漏。

2. 沉沙池池身的尺寸

沉沙池各部分基本尺寸可先参照已建成的同类型的沉沙池尺寸，结合本工程的实际情况初步拟定，然后进行泥沙沉降及冲沙的水力学计算，再按照一些经验公式进行核算，最后确定沉沙池池身的设计尺寸。

(1) 泥沙的沉降速度。设计沉沙池前必须了解泥沙实际沉降速度。应根据实际测验值取定，当无实测资料时，可参考表 1-1-2 选用。计算时，通常将泥沙按其机械组成为 4~6 组，计算每一组泥沙的平均沉降速度 ω ，然后求出泥沙加权平均沉降速度 ω_{cp} 。计算公式为

表 1-1-2 泥沙粒径与沉降速度的关系

粒径 (mm)	沉降速度 (mm/s)				粒径 (mm)	沉降速度 (mm/s)			
	水温 0℃	水温 10℃	水温 20℃	水温 30℃		水温 0℃	水温 10℃	水温 20℃	水温 30℃
0.001	0.00037	0.00051	0.00067	0.000832	0.25	17.2	21.0	24.4	27.5
0.002	0.00152	0.00206	0.00267	0.00333	0.3	22.3	26.7	30.8	34.4
0.003	0.00341	0.00463	0.00601	0.00748	0.35	27.4	32.8	37.1	41.4
0.004	0.00604	0.00822	0.0107	0.0133	0.4	32.9	38.7	43.4	48.6
0.005	0.00946	0.0129	0.0167	0.0208	0.5	43.3	50.6	56.7	61.9
0.006	0.0136	0.0185	0.0240	0.0299	0.6	54.3	62.6	69.2	75.0
0.007	0.0185	0.0252	0.0327	0.0407	0.7	65.2	74.2	81.2	88.5
0.008	0.0242	0.0329	0.0426	0.0531	0.8	75.0	85.5	93.7	102
0.009	0.0306	0.0416	0.0540	0.0674	0.9	85.5	96.0	106	114
0.01	0.0379	0.0514	0.0667	0.0832	1.0	95.2	107	117	125
0.02	0.152	0.206	0.267	0.333	1.5	143	160	172	177
0.03	0.341	0.463	0.601	0.748	2.0	190	205	205	205
0.04	0.604	0.822	1.07	1.33	2.5	229	229	229	229
0.05	0.946	1.29	1.67	2.05	3.0	251	251	251	251
0.06	1.36	1.85	2.40	3.17	3.5	271	271	271	271
0.07	1.85	2.52	3.50	4.08	4.0	290	290	290	290
0.08	2.42	3.41	4.41	5.13	5.0	324	324	324	324
0.09	3.06	4.19	5.55	6.18	6.0	355	355	355	355
0.1	3.70	4.97	6.12	7.35	7.0	383	383	383	383
0.15	7.69	9.90	11.8	13.7	8.0	409	409	409	409
0.2	12.3	15.3	17.9	20.5					

(5) 冲沙廊道断面尺寸。廊道断面通常用矩形，进口为喇叭形。为便于检修，廊道的截面高度最好不小于 1.5m，冲沙廊道口应设闸门，并有可靠的止水。对于砾石河段，应保证廊道最小流速为 3m/s，廊道的转弯半径一般为其宽度的 10~15 倍。

三、设计参考图

(一) 渔子溪水电站一级引水枢纽布置图

电站进水口后设沉沙池，进水口地处河床平均坡度 2.8% 的山区河流上，年平均悬移质 117.7 万 kg，推移质 23.5 万 kg。经 10 余年的运行证明，这样的设计是成功的。如图 1-1-7 所示。

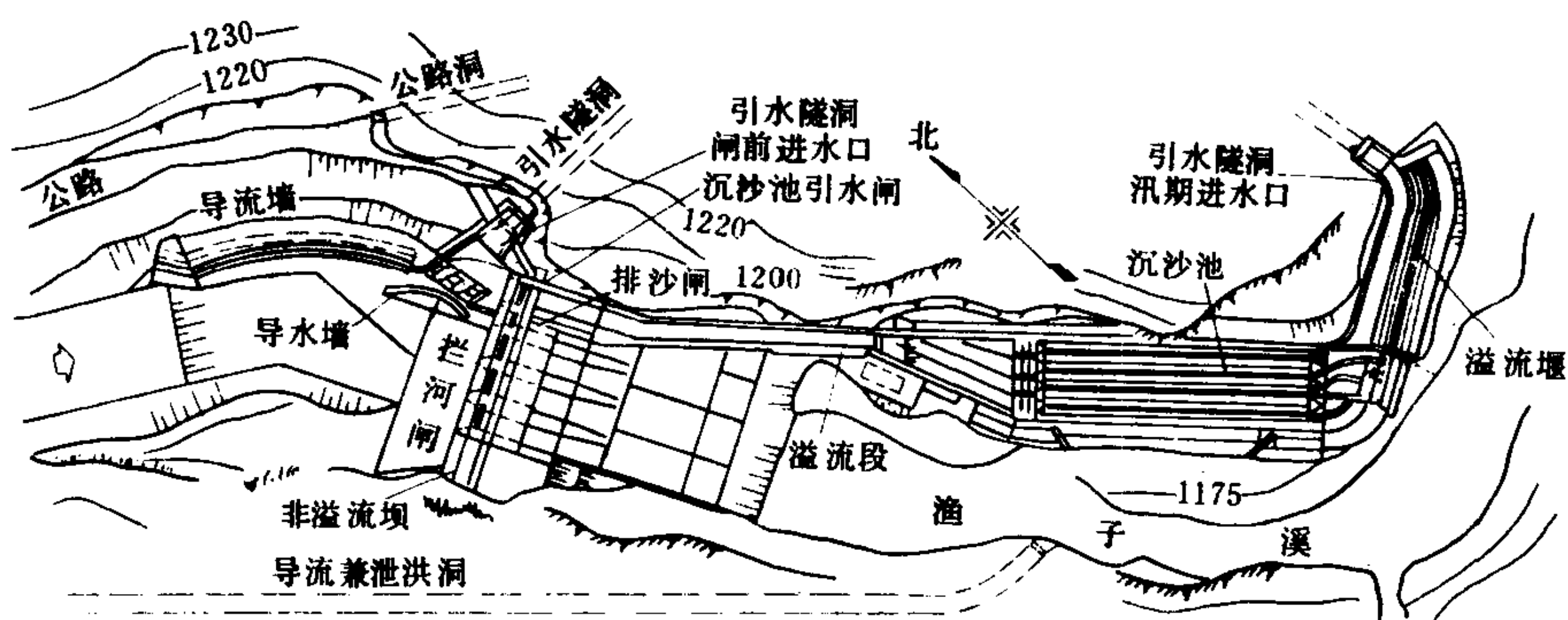


图 1-1-7 渔子溪一级电站引水枢纽布置图

(二) 映秀湾水电站引水枢纽布置图

电站装机 $3 \times 45\text{MW}$ ，最大引用流量 $240\text{m}^3/\text{s}$ 。如图 1-1-8 所示。

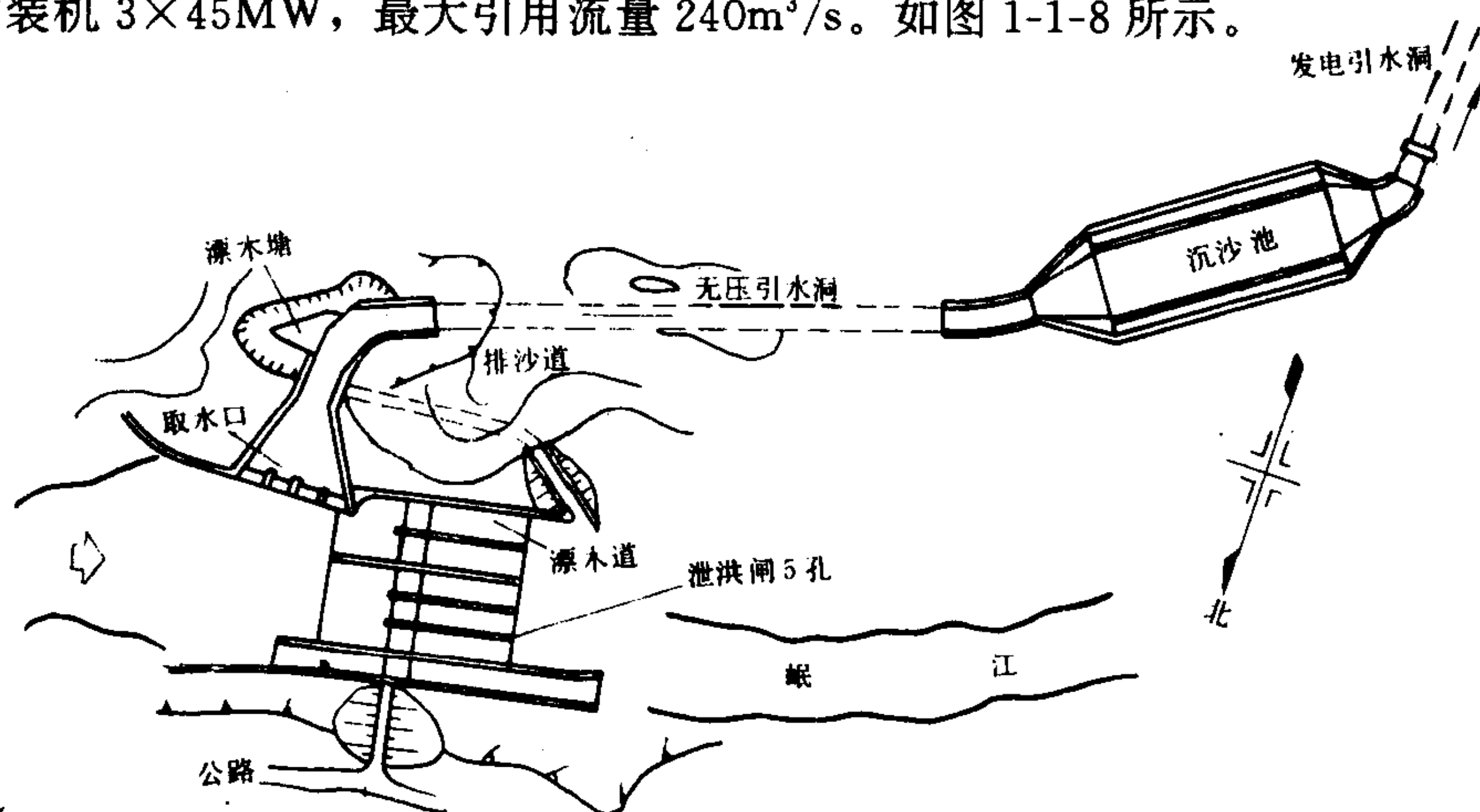


图 1-1-8 映秀湾水电站引水枢纽布置图

第三节 深孔式进水口

深孔式进水口按其在水力枢纽中布置型式不同，可分为坝式和河岸式两大类。河岸式进水口的结构型式有隧洞式、压力墙式和塔式三种。

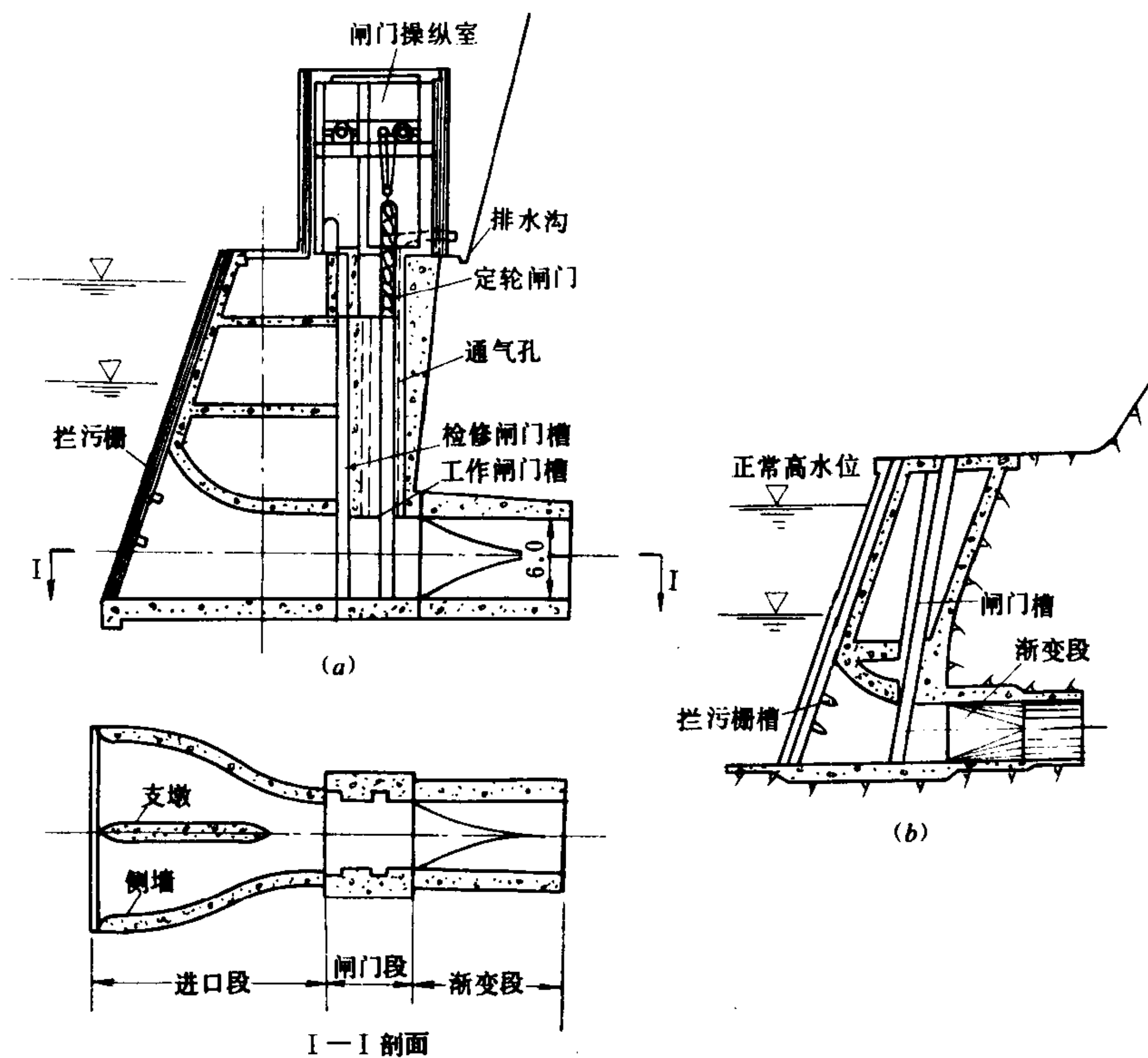


图 1-1-10 压力墙式进水口

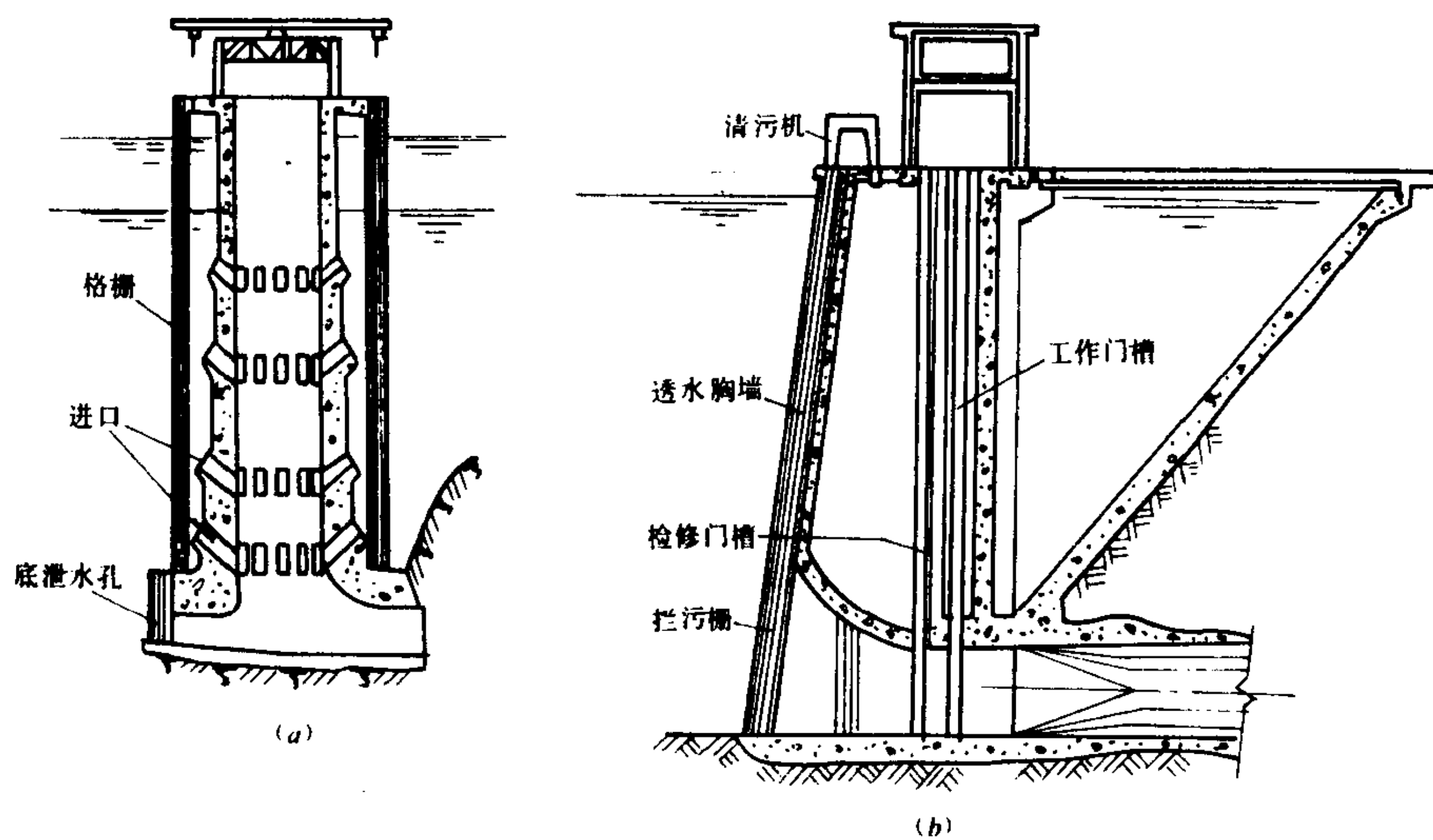


图 1-1-11 塔式进水口

(四) 坝式进水口

坝式进水口是坝后式或坝内式水电站厂房布置时最常采用的进水口型式，它的主要特征是进水口在坝体上游面，与坝体结合形成一个整体。压力水管穿过坝身进入厂房，线路

短，水力条件好。图 1-1-12 是最常见的混凝土坝的坝式进水口典型布置。

二、深孔式进水口高程选择

(一)深孔式进水口高程选择时需考虑的因素

(1) 进口顶部高程应在水电站运行中可能出现的最低水位以下，并有一定的淹没深度，以免产生漩涡而吸入空气和漂浮物，引起振动和噪音，减少流量，降低水轮机的出力。

(2) 进口底部高程必须在水库设计淤沙高程以上，以免堵塞进水口。如无法满足此项要求时，应设置冲沙设备，保证进口门前不被淤积。

(3) 考虑闸门结构、启闭设备及引水道的造价，进口高程应尽可能提高。

(4) 进口高程应考虑综合利用的要求，如满足灌溉、渔业、航运、供水要求等。

(二) 进口高程选择

1. 进口底部高程

进口底部高程通常应在水库设计淤沙高程以上 0.5~1.0m。当设有冲沙设备时，应根据排沙条件决定。

2. 进口顶部高程

(1) 避免进水口前出现吸气漏斗和漩涡的临界淹没深度 s_k ， s_k 可按式 (1-1-18) 计算 [图 1-1-13 (a)]，即

$$s_k = cv \sqrt{a} \quad (1-1-8)$$

式中 s_k ——进水口闸门门顶低于水库最低水位的淹没深度，m；

c ——经验系数， $c=0.55\sim0.73$ ；对称进水的进口取小值，侧向进水的进口取大值；

v ——闸门断面处通过最大引水流量时的流速，m/s；

a ——闸门孔口净高，m。

式 (1-1-8) 只能作为初步确定进水口淹没深度之用，并需计入风浪影响。

(2) 避免压力管道出现负压，进口闸门顶 B 点在水库最低水位以下的最小安全距离 s ，可按式 (1-1-9) 计算 [图 1-1-13 (b)]，即

$$s = \delta + 1.5(1 + h_i) \frac{v_i^2}{2g} \quad (1-1-9)$$

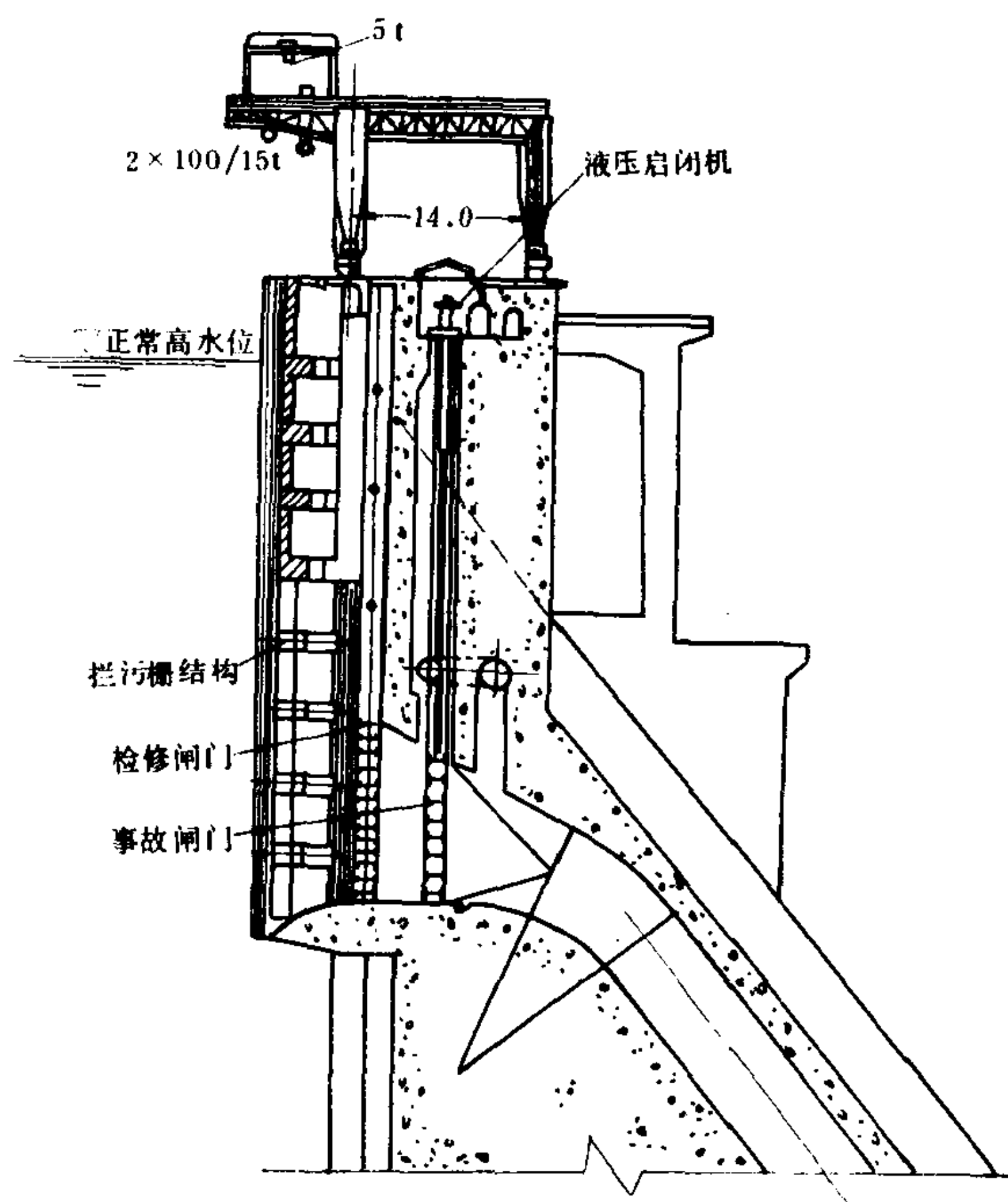


图 1-1-12 坝式进水口