

福建省水利水电科学研究所 编

福建省 水利水电科学研究所 建所四十周年论文集 (1959~1999)

40



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

PDG



闽江下游河工模型试验 福建省科委“七五”重点攻关项目



射水法造墙机 — 获1992年国家科技进步三等奖



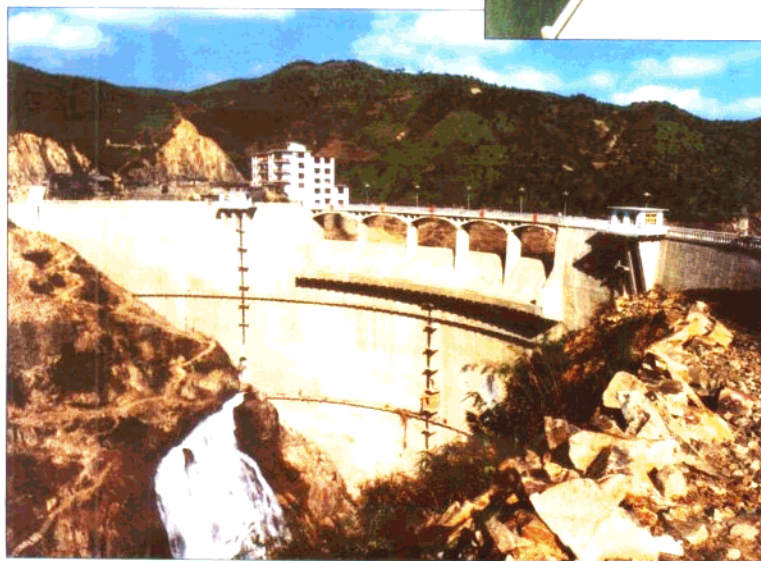
射水法建造地下混凝土连续防渗墙在工民建深基坑开挖中的应用



水位流速自动测量仪器 径流自动控制系统



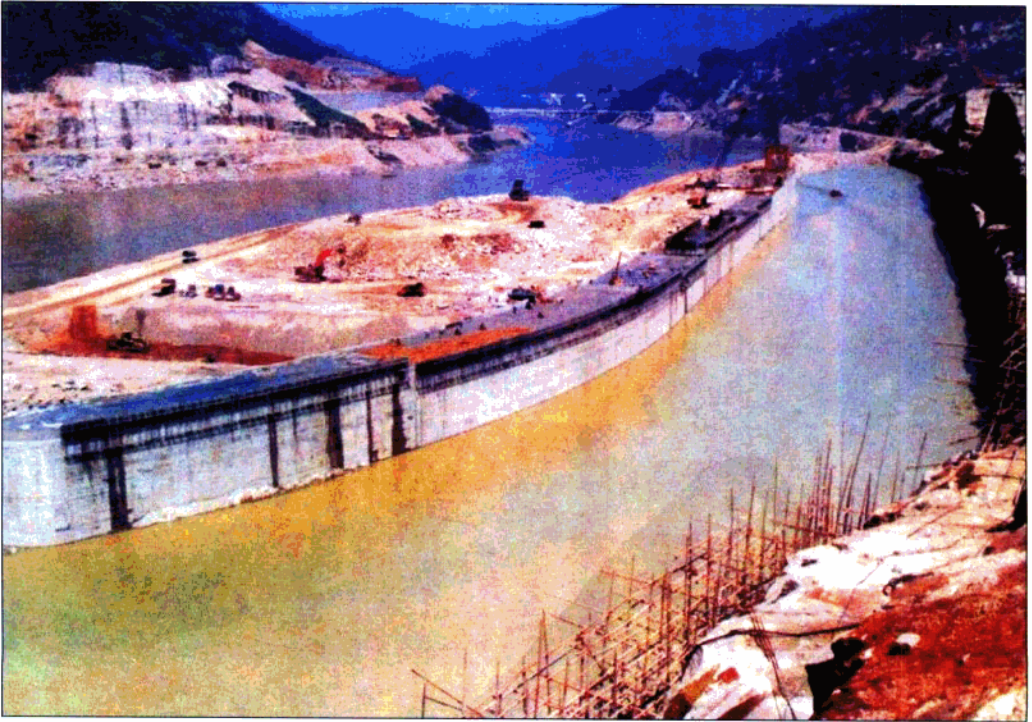
松溪县茶州水库浆砌石空腹重力坝——
获1989年福建省科技进步三等奖



寿宁县麻竹坪水库浆砌石三心双曲拱坝——获1995年福建省科技进步三等奖



大田县坑口水库碾压混凝土坝——获1988年国家科技进步一等奖

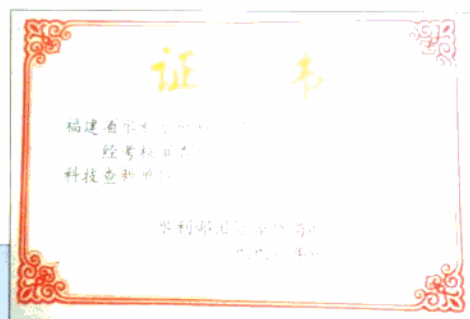


承担了水口水电站一期混凝土工程质量检测评定

QAB 78/3



土工织物测试仪——获1998年福建省科技进步三等奖



福建省水利水电科技情报中心站、水利部部级科技查新单位

编委会名单

名誉主编 蔡健民

主 编 翁志雄

副主编 陈家璋 陈泽曦 王钦乐 李兴平

编 委 王锭一 郑懋志 游建良 周永富

李孝成 卓存实 康辉平

责任编辑 郑 怡

序

福建省水利水电科学研究所成立于1959年7月，十年动乱期间并入省水利建设大队，1978年恢复重建。从成立至今，已整整40周年。

在40年历程中，科研所立足本省，开展了大量的水工河工模型试验、水流泥沙研究、软土地基加固、堤坝防渗处理、碾压混凝土坝材料与特种水泥的应用、水工金属无破损探伤检测、潮汐能开发利用，以及坝工设计技术、农田节水灌溉、低产田改造、围海工程和海岸防护、农村水电电气化、科技情报等研究工作，形成了自己的优势与特色。现有8个专业研究室，门类比较齐全，设备比较先进，能独立承担水利水电工程科学试验研究、技术咨询服务，设计、监理、施工及检测任务，为福建省水利水电建设提供了智力支持和技术服务，加快了福建省水利水电建设事业发展的步伐，提高了福建省水利科技在全国的地位。

改革开放以来，科研所认真贯彻《中共中央关于科学技术体制改革的决定》和全国科技工作会议精神，解放思想、推进改革，实行所长负责制，开拓业务范围，调整专业布局，加强核算管理，探索新的分配机制，在“依靠”、“面向”、“攀高峰”和“稳住一头，放开一片”方面做出了新成绩，为科教兴水做出了新贡献。

在40年的历程中，科研所为福建省的水利水电事业做了大量的试验研究工作，取得了数百项的研究成果，出版了部分著述，先后荣获国家级、省部级科技进步奖16项。其中砌石坝建坝技术、碾压混凝土材料试验研究、射水法建造地下防渗墙技术、水口水电站碾压混凝土质量现场检测评定、闽江下游河工模型试验等更是跻身国内水利行业的先进行列。受联合国粮农组织的委托，主编了《水轮泵工程》，还出版了《石拱渡槽的拱式木拱架》、《小型拦河坝》、《机电排灌》、《山塘小水库》、《山区低产田的“水改”》、《堤坝白蚁的防治》、《福建砌石坝》、《拱坝设计参考资料》等。这些成果来自实践，又在实践中推广应用，在八闽大地结出丰硕的果实。

这次为纪念建所40周年而编辑出版的论文集是精选出来的研究成果，是40年来福建省水利水电学术、技术发展的一个标志。考虑到1965年已出过科研所《试验研究成果汇编》，因此，这次收入论文集的主要是1978年科研所恢复重建后获奖以及在国内外学术交流、发表的文章。共有71篇，分10个部分，其中水工水力学13篇，土地地基5篇，基础工程7篇，坝工结构12篇，建材化学14篇，计算机应用5篇，质量检测4篇，情报信息3篇，科研管理3篇，其他5篇。论文内容贴近福建省水利水电实践，覆盖面广，针对性强，具有一定的水平，有较高的应用和参考价值。

论文作者中既有从50年代起就投身水利的老科技工作者，也有60年代从水利院校毕业出来，在长期水利水电建设中积累丰富经验的骨干，更多的是风华正茂的中青年水利科技工作者，展现了福建省水利科学技术不断发展，知识不断创新，人才辈出，一代新人茁壮成长的喜人景象。

金秋十月，在我们欢庆新中国成立 50 周年的时候，新世纪正一步步向我们走来。新世纪在呼唤着水利！面向 21 世纪，我们必须从战略的高度着眼，继续艰苦奋斗，不懈努力，进一步把福建的水利搞好。面对着洪涝灾害，水资源短缺和水环境恶化这三个水问题，21 世纪的福建水利建设要根据国家的计划和财力，按照规划的要求，抓重点，分步实施。要努力建立稳定的水利投资体系，制定完善的水利经济政策，坚持依法治水，科学治水，做好水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护工作，不断开创福建省水利水电事业的新局面。为此，要努力探索在市场经济条件下发展水利科技的有效途径，要结合实际坚持应用研究开发，吸收一切先进的科技成果，积极引进新技术、新工艺、新材料、新设备，加强技术创新，为科教兴水提供人才支持，知识保证，创新动力和发展后劲。相信科研所的全体职工会以建所四十周年为新起点，继往开来、锐意进取、扎实工作、再创辉煌。

论文集的出版得到了福建省水利水电厅的关心和支持，得到了中国水利水电出版社和《中国农村水利水电》编辑部的热情帮助，谨此表示衷心的感谢！

蔡健民

1999 年 9 月 19 日

目 录

序

水 工 水 力 学

巴歇尔量水槽实践过程中几个问题的初步分析	黄霖恩	卞鼎光 (3)
福建省水利水电工程建设和运行中存在的几个水力学问题	黄霖恩	(7)
峡谷泄流挑坎形式的对比试验研究	李怀根	陈伯淦 (11)
闽江下游南、北港分流比的研究	郑鸣芳	(15)
闽江推移质泥沙分析	陈伯淦	(19)
木兰溪下游河道特性及蜿蜒曲折的原因初析	陈伯淦	(26)
伯努利方程 p/γ 项物理意义初步探讨	陈泽曦	(31)
浅谈防洪非工程措施	陈家璋	李 兢 (35)
“1998. 6. 23”洪水给我们的启示	李怀根	(38)
福州市义序自来水厂取水口防淤治理	卓存实	(45)
流体力学的有限元分析系数矩阵中的零元素问题	陈泽曦	(48)
福建省水利枢纽工程的泥沙淤积及防治措施	黄霖恩	王克群 (51)
水库淤积上延问题的分析	姜乃森	张启舜 黄霖恩 (53)

土 工 地 基

排水砂井在大官坂海堤软基处理中的应用	王钦乐	蒋义深	卞鼎光 (61)
白潘海堤淘刷破坏原因及防护措施探讨	王钦乐	翁义深	洪双庆 姜金城 (68)
K ₀ 固结三轴剪切试验研究			康辉平 (74)
土工织物在加固软土地基上的应用		康辉平	刘 强 (77)
影响均质土坝浸润线位置的若干因素分析			黄可明 (80)

基 础 工 程

射水法建造混凝土地下连续防渗墙试验研究	韩德生	(85)
射水法建造地下钢筋混凝土挡土截水墙 ——在土建基坑开挖支护中的应用	李必峰	(91)
射水法建造地下混凝土连续墙接缝技术与防患措施	卞 椒	(96)
塑性混凝土地下防渗墙在三山岛金矿尾矿库防渗工程的应用	李孝成	(101)
山东省三山岛金矿尾矿库防渗工程围井试验与成果分析	黄可时	林振枢 (106)
射水法建造混凝土防渗墙在复杂扰动地质地层中施工技术的探索研究	阮东涌	(111)
射水法造墙技术及其在工程中的应用	翁志雄	李孝成 (114)

坝 工 结 构

梅花周边缝拱坝溃坝原因初步分析	陈时声 (121)
小型砌石拱坝设计计算几个问题的初步探讨	陈泰明 (124)
水春红五一水库副坝纵向裂缝原因的定性分析	黄征宇 (126)
东溪水库电站引水管坝段光弹模型试验	王天怡 (128)
茶州砌石空腹重力坝扬压力实测成果分析	陈家驹 (130)
水埠拱坝裂缝成因及其处理	黄文赋 (136)
重力坝断面参数的优化选择	周永富 (139)
天生桥二级(坝索)水电站厂房边坡堆积体整治设计研究	范东辉 (144)
清溪二级电站浆砌石空腹重力坝设计中的几个问题	蔡汉族 (149)
福建省橡胶坝建坝情况与问题思考	王钦乐 (154)
土石过水围堰护面块体的稳定分析	陈泽曦 (158)
地质层析成像(CT)新技术在水利水电工程中的应用	陈家璋 陈维惠 周厚昌 (162)

建 材 化 学

坑口碾压混凝土筑坝材料及振动压实的研究	王天怡 胡福生 梁 润 (169)
玻璃纤维增强混凝土及其在薄壳渡槽修补中的应用	朱颂茜 王锐一 (175)
蜡侵混凝土在海工建筑物上的防腐应用研究	宋思清 李孝成 (180)
1.5h 推定碾压混凝土强度试验方法的研究	田必和 (184)
超缓凝剂减水增强作用机理的研究	张 鸿 (189)
超高速离心工艺生产钢筋混凝土电杆	姚 杨 张 鸿 黄佩雄 (195)
速凝防水砂浆的研究及其在高滩地建闸施工中的应用	王锐一 朱颂茜 (198)
福州粉煤灰在水口水电站工程中的应用与研究	田必和 李邦全 (203)
渗流及环境水对大坝安全性的影响	林圣敏 李邦全 林树勋 (208)
论水口水电站建成后对南平区段水质的影响与对策	陈启昕 (212)
砌石拱坝的自防渗体系研究	朱颂茜 (216)
塑性混凝土地下防渗墙的应用	李孝成 (220)
福建省沿海水利工程钢筋混凝土的腐蚀与处理	王锐一 (224)
环氧乳液涂料在长乐洋屿水闸钢筋混凝土闸门防腐处理中的应用	林树勋 (229)

计 算 机 应 用

大型结构分析程序 SAP5 功能简介	陈泰明 (235)
用 AutoCAD 绘制海堤稳定分析电算成果	周永富 蔡汉族 (237)
图书情报管理现代化的硬件配置和软件的应用与改进	周永富 李 兢 陈爱军 (239)
BASIC 语言水利水库控制运用电算程序	黄文赋 (243)
中小型水电站厂房 CAD 水机软件的研制	游建良 (246)

质 量 检 测

超声波探伤在水电站压力钢管焊缝检验中的应用	姚 杨 (253)
混凝土非破损检测技术及其在福建省水利水电工程中的应用	李孝成 (258)
水泥电杆力学试验台座的布置与设计	施文晖 (262)
无损检测在芹山电站导流洞混凝土强度检测中的应用	林圣敏 (264)

情 报 信 息

中文图书资料数据库文献著录与标引	李承楝 穆秀娥 (271)
利用微机进行图书情报管理的实践与体会	薛金才 (275)
水利科技情报效果的定量评价	李 兢 (279)

科 研 管 理

科技成果转化生产力的思考	陈家璋 (285)
科教兴水战略与职工教育	田必和 (288)
浅谈科研经费管理	郑懋志 林振官 (290)

其 他

数字显示遥控占标	林有发 罗训森 陈泉宏 蔡吉熙 孙水金 (295)
DSF—100 型电磁水压阀	柯志峰 黄可时 (296)
中小型水轮机比转速的选择	郑鸣芳 (298)
并联电容器无功补偿装置中保护回路的改进	李赛英 (303)
水电站低压机组中性点之间联接过热原因及解决方法	黄明聪 赖维敏 (306)

水 工 水 力 学

巴歇尔量水槽实践过程中几个问题的初步分析

黄霖恩 卞鼎光

一、概述

巴歇尔量水槽 30 年代以前在美国的灌溉渠系上已经得到广泛的应用, 30 年代初期前苏联也开始大量引进使用, 国内于 50 年代开始使用, 如陕西渭惠渠到 60 年代初期, 在斗渠上的量水设备中有 80% 用的是巴歇尔量水槽, 其他如泾惠渠等也都有应用。

巴歇尔量水槽又称文透里量水槽, 其构造与一般量水槽相同, 由进水段、喉道及出水段三部分组成, 结构较为复杂, 且各部尺寸的相互关系应严格遵守, 造价较高, 施工精度要求高, 但行进流速及下游潜没度对量水精度的影响可加控制并予以估算, 且喉道不易淤积。

福建省 60 年代中期在同安县汀溪水库、晋江县新安水库等灌区都先后采用过。当时福建省水利科所还在汀溪水库总干渠和右干渠上分别建了三座巴歇尔量水槽 (喉道宽度分别为 3.5 m、3.0 m、1.5 m) 并进行原型观测, 随后又在室内进行了四个模型对比试验 (喉道宽度分别为 3.5 m、3.0 m、2.0 m、1.5 m), 并曾提出有关流量估算公式。

本文系就汀溪水库、东张水库、杜塘水库近年来对各自灌区的巴歇尔量水槽所进行的大量原型观测资料, 对已有沿用的几个流量估算公式进行粗略分析, 并在实测资料的基础上提出新的流量估算公式。就喉宽、槛高对壅水、潜没度的影响及设计步骤和算例也作了一定的分析和介绍。此外, 还对“矩形无喉段量水槽”的设计方法作了简要介绍。

二、各家计算流量经验公式的验证及新经验式的选定

1. 自由流时各家计算式的验证

(1) 1920 年 R. L. Parshall 提出的公式为 (1ft = 0.3048 m)

喉宽 W (ft)	流量 Q 计算公式 (ft^3/s)	适用范围
0.25	$Q = 0.992 H_t^{1.547}$	$\frac{H_F}{H_t} \leq 0.6$
0.5	$Q = 2.06 H_t^{1.58}$	
0.75	$Q = 3.07 H_t^{1.53}$	
1 ~ 8	$Q = 4WH_t^{1.522W^{0.026}}$	$\frac{H_F}{H_t} \leq 0.7$
10 ~ 50	$Q = (3.6875W + 2.5)H_t^{1.6}$	$\frac{H_F}{H_t} \leq 0.8$

现为易于比较起见, 将喉宽为 1~8ft 及 10~50ft 所相应的 Q 计算式化为公制如下

$$\begin{array}{ll} \text{喉宽 } W \text{ (m)} & Q \text{ 计算式 } (\text{m}^3/\text{s}) \\ 0.305 \sim 2.438 & Q = 0.371W(3.281H_t)^{1.57W^{0.026}} \end{array} \quad (1)$$

$$3.05 \sim 15.24 \quad Q = (2.291W + 0.473)H_t^{1.6} \quad (2)$$

(2) 苏联 Г. И. CAEHKO 1947 年提出的公式为

$$Q = 0.372W \left(\frac{H_{\pm}}{0.305} \right)^{1.569} w^{0.026} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3)$$

式 (3) 适用于 $\frac{H_{\mp}}{H_{\pm}} \leq (0.64 \sim 0.7)$ 。

(3) 福建省水科所 1966 年建议选用的经验公式为

$$Q = 0.372W(3.28H_{\pm})^{1.538} w^{0.026} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (4)$$

式 (4) 适用于 $\frac{H_{\mp}}{H_{\pm}} \leq 0.7$ 。

表 1 各家流量计算式误差比较

比较项目	按(1)或(2)式计算 Q	按(3)式计算 Q	按(4)式计算 Q	按(5)式计算 Q
实测点数	425	425	425	425
平均误差(%)	8.41	11.29	8.60	0.48
误差绝对值平均(%)	8.50	11.33	8.62	2.31
最大误差(%)	19.38	22.25	19.42	13.83
误差 ≥ 10% 点数	134	294	133	4
误差 ≤ 5% 点数	70	24	52	379

现利用同安县汀溪水库总干渠古井巴歇尔量水槽(喉宽 3.5 m, 设计最大过流量 10 m³/s, 实际过流量 7.247~0.404 m³/s) 1975~1979 年实测资料共 260 点; 右干渠马头山巴歇尔量水槽(喉宽 1.5 m, 设计最大过流量 2.5 m³/s, 实际过流量 3.34~0.56 m³/s) 1974~1979 年实测资料共 152 点; 福清县东张水库首岭巴歇尔量水槽(喉宽 3 m, 实际过流量 11.96~2.446 m³/s) 1965 年、1979 年实测资料共 13 点(上列实测流量均用流速仪按流速~面积法测流计算结果) 验算上述各经验式, 其结果比较如表 1。

可见, 无论是 1920 年 R. L. Parshall 原计算式、1947 年前苏联提出的计算式或 1966

年省水科所建议的公式, 与古井等近年来的实测资料相比其计算误差均相当大, 必须根据实测资料另推流量估算式。

为求得误差较小的经验估算式, 可将上述 425 点实测资料点绘 $H_{\pm} \sim q^{2/3}$ 经验关系图, 其适线计算式为

$$q = 2.213H_{\pm}^{1.548} \quad (5)$$

其中

$$q = \frac{Q}{W} [\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})]$$

式中: W 为喉道宽, m; Q 为通过量水堰流量, m³/s; $H_{\pm}$ 为相应 Q 时量水堰上游水尺读数, m。

式 (5) 的适线误差各项结果列如表 1 所示。

2. 潜没流时各家公式的验算

1920 年 R. L. Parshall 所提出及 1966 年福建省水科所所建议的计算潜没流流量的方法均采用查图法, 由于原图太小, 无法应用进行验算。仅对 1947 年 Г. И. CAEHKO 提出的如下计算式进行验算。

$$Q_{\text{潜}} = Q_n - 0.0746W^{0.815} \left\{ \left[\frac{H_{\pm}}{\left(\frac{0.928}{K} \right)^{1.8}} - 0.0747 \right]^{4.57-3.14K} + 0.093K \right\} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (6)$$

$$K = H_F / H_L$$

式中: Q_0 为按式 (3) 计算的流量, m^3/s ; W 为喉道宽, m ; H_L 为相应 Q_0 时量水槽上游水尺读数, m ; H_F 为相应 Q_0 时量水槽下游水尺读数, m 。

验算时利用汀溪水库左干渠蔡圪巴歇尔量水槽 (喉宽 1.5 m , 实际过流量 0.537~2.156 m^3/s) 1974~1979 年共 122 点实测资料; 东张水库首岭巴歇尔量水槽 (喉宽 3 m , 实际过流量 3.094~8.893 m^3/s) 1965 年、1966 年共 16 点实测资料, 验算结果如表 2 所示。

可见, 式 (6) 误差相当大, 必须根据实测流量重推估算式。

利用上述实测资料点绘 $\left(\frac{H_L - H_F}{H_L}\right) \sim (Q_0/Q_0)^{2/3}/W^{0.2}$ 的经验关系图, 适线后得:

$$Q_0 = Q_0 \left[0.966 \left(\frac{H_L - H_F}{H_L} \right)^{0.242} W^{0.3} \right] \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (7)$$

式中: Q_0 为按式 (5) 计算的 Q 值, m^3/s ; H_L 、 H_F 为量水槽在 Q_0 时上、下游水尺的读数, m ; W 为喉道宽, m 。

式 (7) 适线误差如表 2 所示, 可见利用式 (7) 及式 (5) 联合计算潜没流流量, 可满足精度要求。

三、喉宽、槛高对壅水、潜没度的影响及设计步骤

从巴歇尔量水槽的设计可见, 喉道宽度 W 是决定量水槽各部结构尺寸的一个主要因素, 但满足同样的过流量却可以选择不同的喉道宽, 其具体选择应同时考虑经济适当与技术合理, 即要求满足最大过流量时 W 能尽量小, 又要求上游水位不超过上游渠道允许最大壅水高 (指不影响上游建筑物的过流及不致使水流溢出两侧渠墙的壅水位), 并限制下游的潜没度 K 以便保证一定的量水精度要求。因此, 上游允许壅水高度 (包括量水槽壅水高度 $Z = H_L - H_F$ 及量水槽上游水头损失 $h_f = H_{L\text{上}} - H_L$, $H_{L\text{上}}$ 为量水槽上游渠道水位)、量水精度要求 (用潜没度 K 代表) 以及经济上的合理性要求, 综合规定了喉宽 W 及槽槛高 H 的合理选择及组合。以下几点为合理选择 W 及 H 的参考经验。

(1) 喉宽 W 在设计时一般可先假设为上游渠道最高水位时水面宽的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。

(2) 槽槛高 (量水槽喉道底板高出渠底数) 则可按渠道的最大流量及相应水位在设定 W 、 H_L 、 H_F , 并满足上游允许壅水、下游允许潜没的条件下求得, 一般在渠道坡降较小, 影响上游渠段长度较大时, 槽槛应低些; 反之, 在量水槽上游影响渠道长度不大而坡降较大时, 则槽槛可高些。

(3) 量水槽上游允许壅水除应根据具体情况 (例如不影响上游建筑物壅水的要求及上游渠墙顶高程的限制等) 进行校验外, 对因设置量水槽而产生的水头损失的估算, 则可按图 1 提供的经验曲线参考使用。

表 2 潜没流时各家计算公式误差比较

比较项目	按(6)式计算 Q_0	按(7)式计算 Q_0
实测点数	138	138
平均误差 (%)	32.28	0.68
误差绝对值平均 (%)	32.28	2.28
误差 $\geq 5\%$ 点数	138	13
K 值范围	0.6~0.916	0.6~0.916

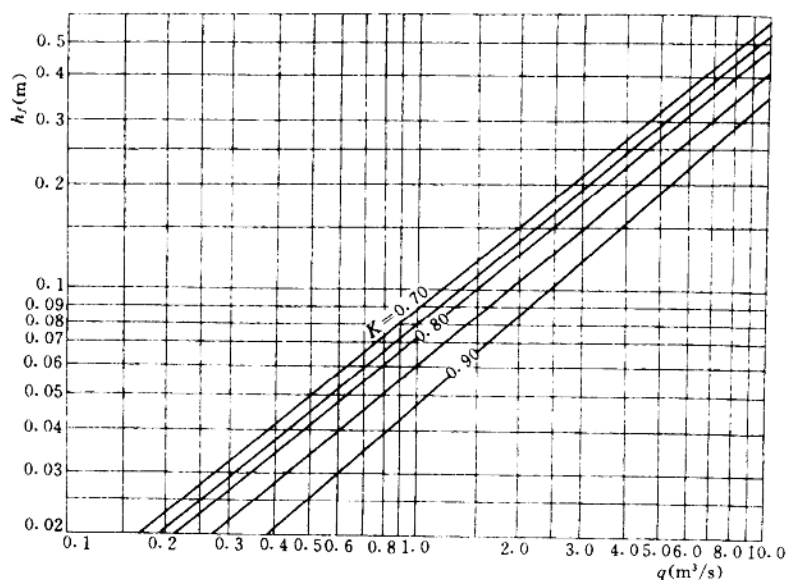


图 1

(4) 下游允许潜没度，主要根据要求的允许精度来定，一般对于只出现自由流的量水槽， K 值可控制使其不大于 0.7，而对允许出现潜没流的量水槽， K 值则可控制使其不大于 0.95。

(5) 对于同条件的渠道在过流量相同时，一般是喉道宽愈大，则槽槛高也愈大，结果，上游壅水降低，下游潜没度也降低；反之亦然。

根据上述原则和经验，可列不同量水槽的设计步骤为：

对于自由流量水槽：①假设喉宽 W ；②根据量水槽可能最大过流量 Q_m 求 $\frac{Q_m}{W} = q$ ；③由式 (5) 求 H_+ ，并设 $H_F = (0.6 \sim 0.7) H_+$ ；④求实际壅水高 $Z + h_f$ ($Z = H_+ - H_F$ ； h_f 值可查图 1)；⑤与上游允许壅水高 h_k 比较， $Z + h_f \geq h_k$ 时，应加大 W 并重复上列①～④步骤，直至 $h_k > Z + h_f$ 为止；⑥槽槛高 $H = h_m - H_F$ (h_m 为相应 Q_m 时原渠道水深)。

对于潜没流量水槽：①假设喉宽 W ，取潜没度 $K = 0.9 \sim 0.95$ ；②由量水槽可能最大过流量 Q_m 按式 (7) 计算 H_+ ；按 K 求 H_F ；③求实际壅水高 $Z + h_f$ (同上自由流)；④与上游允许壅水高 h_k 比较， $Z + h_f \geq h_k$ 时，应加大 W 并重复上列①～③步骤直至 $Z + h_f < h_k$ 为止；⑤求槽槛高 $H = h_m - H_F$ ；⑥根据所定的 W 、 H 值反求其他较小过流量 Q_i (相应的原渠道水深为 h_i) 时的 H_F 、 H_+ ，并校核是否 $K \leq 0.95$ ，否则应重新加大 W ，按上列①～⑥重新计算直至 $K \leq 0.95$ 为止。一般说来，对于同一座量水槽，在通过较小的流量时，其潜没度多半比通过最大流量时的潜没度小。