

广东省小灌区 定型设计实用手册

广东水利电力职业技术学院

广东省水利水电技术中心

广东省水利电力勘测设计研究院

二〇一四年六月

前 言

为加强农田水利薄弱环节建设，推进适应水利现代化的进程，加快小型农田水利工程建设，深化农田水利设施运行管护机制改革，提高农田水利建设管理水平，保证小灌区建设和管理做到质量可靠、技术先进、经济合理、安全实用、使用方便及水资源合理开发利用，广东省水利厅组织编制了《广东省小灌区定型设计实用手册》（以下简称《手册》）。《手册》的编制单位为广东水利电力职业技术学院、广东省水利水电技术中心和广东省水利电力勘测设计研究院。在广东省水利厅农水处及相关处室的指导下，编制单位自2012年4月开始工作，2013年4月完成征求意见稿，2013年6月完成送审稿，2013年12月通过审查。

《手册》分总则、灌溉渠道定型设计、渠系建筑物定型设计三部分。小灌区涉及的内容很多，涵盖面广，本《手册》主要针对小灌区中的渠道和渠系建筑物工程，包括渠道横断面优化及衬砌设计和渠系建筑物定型设计，对灌区常用的涵洞、渡槽、倒虹吸、桥梁、跌水、量水设施、分水闸和节制闸等渠系建筑物进行了定型设计，报告中给出了详细的设计方案，附有结构图纸，并举实例说明其用法。本手册主要以图表形式表达工程设计内容，设计方法简便易行，设计成果通用易取，可供广大水利工作者，特别是基层的水利同仁们参考和借鉴。

本《手册》由广东省水利厅印发，广东水利电力职业技术学院

负责具体解释工作。在使用过程中，希望各单位积极总结经验，提出意见和修改建议。

《手册》编写过程中，得到了水利厅有关处室积极配合和帮助，许多领导与专家提供了大力支持和指导，在此表示衷心感谢。由于设计水平有限，加之时间较为仓促，本书难免存在不足与疏漏之处，恳请读者批评指正，以便于今后进一步修改完善、充实提高。

《广东省小灌区定型设计实用手册》编写小组

目 录

1 总则	1
1.1 编制依据.....	1
1.2 适用范围.....	1
2 灌溉渠道的定型设计	2
2.1 渠道设计的一般规定	2
2.2 梯形衬砌断面设计	3
2.2.1 水力最优断面设计.....	3
2.2.2 一般断面设计.....	10
2.2.3 举例.....	32
2.3 矩形衬砌断面设计	33
2.3.1 断面形式.....	33
2.3.2 设计要点.....	34
2.3.3 水力计算.....	36
2.3.4 举例.....	44
2.4 生态渠道设计	45
2.5 附图	45
3 渠系建筑物定型设计	46
3.1 涵洞	46
3.1.1 设计说明.....	46
3.1.2 适用范围.....	47
3.1.3 设计要点.....	47
3.1.4 附图.....	54
3.2 渡槽	55
3.2.1 设计说明.....	55
3.2.2 适用范围.....	55
3.2.3 设计要点.....	55
3.2.4 附图.....	61
3.3 倒虹吸管	61

3.3.1	设计说明.....	61
3.3.2	适用范围.....	62
3.3.3	设计要点.....	62
3.3.4	附图.....	64
3.4	便桥.....	64
3.4.1	设计说明.....	64
3.4.2	附图.....	65
3.5	陡坡.....	65
3.5.1	设计说明.....	65
3.5.2	适用范围.....	65
3.5.3	设计要点.....	65
3.5.4	定型设计表.....	67
3.5.5	附图.....	67
3.6	跌水.....	67
3.6.1	设计说明.....	67
3.6.2	适用范围.....	67
3.6.3	设计要点.....	68
3.6.4	定型设计表.....	69
3.6.5	附图.....	69
3.7	量水建筑物.....	69
3.7.1	设计说明.....	69
3.7.2	适用范围.....	69
3.7.3	设计要点.....	70
3.7.4	附图.....	73
3.8	分水闸.....	73
3.8.1	设计说明.....	74
3.8.2	适用范围.....	74
3.8.3	设计要点.....	74
3.8.4	附图.....	76

3.9 节制闸	76
3.9.1 设计说明.....	76
3.9.2 适用范围:	76
3.9.3 设计要点.....	76
3.9.3 附图.....	78
参考文献	79

1 总则

1.1 编制依据

本手册依据现行规程规范编制，并服从现行规程规范，依据的主要规程规范有：

- (1) 《灌溉与排水工程设计规范》（GB50288-99）
- (2) 《渠道改造技术规范》（GB50599-2010）
- (3) 《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》（SL482-2011）
- (4) 《渠道防渗工程技术规范》（SL18-2004）
- (5) 《节水灌溉技术规范》（SL207-98）
- (6) 《农田排水工程技术规范》（SL/T4-1999）
- (7) 《灌溉渠道系统量水规范》（GB/T21303-2007）

1.2 适用范围

本手册适用于设计灌溉面积小于 1 万亩的小型灌区和大中型灌区设计流量 $1\text{m}^3/\text{s}$ （不含 $1\text{m}^3/\text{s}$ ）以下的末级渠系改造工程。

在参考使用本手册时，需遵从现行规程规范要求，并结合工程实际情况开展设计工作。

2 灌溉渠道的定型设计

2.1 渠道设计的一般规定

灌溉渠道应依干渠、支渠、斗渠、农渠顺序设置固定渠道。1万亩以下的小型灌区可减少渠道级数，干渠、支渠、农渠三级即可。灌溉渠道系统布置应符合灌区总体设计和灌溉标准要求，并应符合以下原则：

(1) 各级渠道应选择在各自控制范围内地势较高地带。干渠、支渠宜沿等高线或分水岭，斗渠宜与等高线交叉布置。

(2) 渠线应避免通过风化破碎的岩层、可能产生滑坡及其他地质条件不良的地段。

(3) 渠线宜短而直，并应有利于机耕，避免深挖、高填和穿越村庄。

(4) 石渠或刚性衬砌渠道的弯道曲率半径不应小于水面宽度的2.5倍。

(5) 渠系布置应兼顾行政区划，每个乡、村应有独立的配水口。

(6) 自流灌区范围内的局部高地，可实行提水灌溉。

(7) 井渠结合灌区，不宜在同一地块布置自流与提水两套灌溉渠道系统。

(8) 干渠上主要建筑物及重要渠段的上游，应设置泄水渠闸；干渠、支渠和重要的斗渠末端应有退水设施。

(9) 对渠道沿线山洪应予以截导，防止进入灌溉渠道。必须引洪入渠时，应校核渠道的泄洪能力，并应设置排洪闸、溢流侧堰等安全

设施。

渠道的纵、横断面设计应符合下列要求：

- (1) 保证设计输水能力、边坡稳定和水流安全通畅。
- (2) 各级渠道之间和渠道各分段之间以及重要建筑物上、下游水面平顺衔接。
- (3) 本级渠道放水口水位高出平整后田面进水端不小于 10cm。
- (4) 渗漏损失量较小。
- (5) 占地较少，工程量较小。
- (6) 施工、运用和管理方便。

灌溉渠道横断面有梯形、矩形、U型、复合型等多种断面形式，由于本《手册》主要针对设计流量在 $1\text{m}^3/\text{s}$ （加大流量 $1.3\text{m}^3/\text{s}$ ）以下小型渠道，本设计选取小型灌区常见的梯形及矩形断面作定型设计。根据小型农田灌溉渠系工程特点，选用设计流量在 $0.015\text{m}^3/\text{s} \leq Q \leq 1\text{m}^3/\text{s}$ （加大流量 $1.3\text{m}^3/\text{s}$ ）之间，进行细化分级作为设计流量进行灌溉渠道设计。

2.2 梯形衬砌断面设计

2.2.1 水力最优断面设计

设计流量 $Q \geq 0.3\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，推荐采用梯形衬砌断面，过水断面按水力最优断面设计。断面衬砌（现浇）示意图如图 2.1 所示。

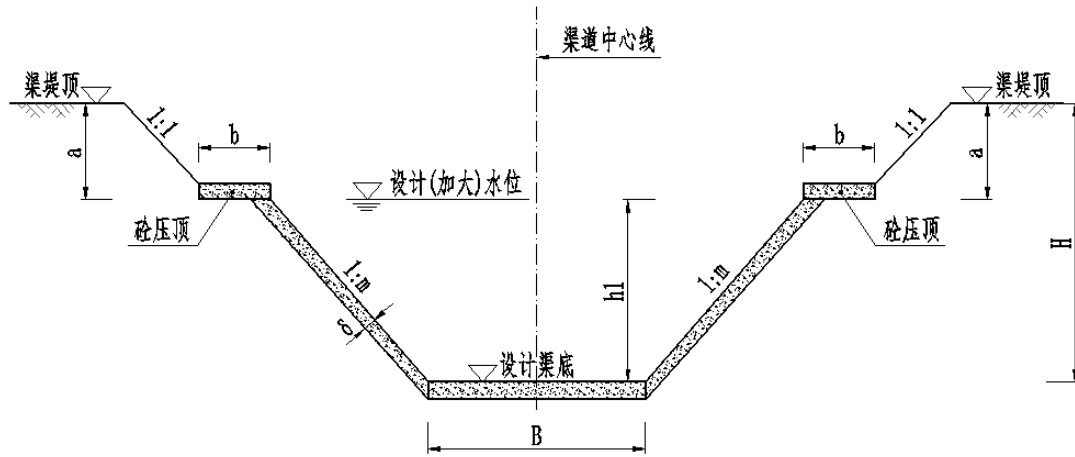


图 2.1 断面衬砌（现浇）示意图

其中： B —衬砌渠底宽（m）；

h_1 —通过加大流量时的水深、衬砌渠深度（m）；

H —渠深（m）；

δ —衬砌厚度（m）；

m —边坡系数；

b —现浇混凝土压顶宽，根据我省工程实际，一般取宽 10~30cm，厚 10cm。如衬砌后渠岸边土质较好，又比较平整的，可不设压顶。

a —渠堤超高（m），按规范及我省实际经验，取值参考表 2.1。

表 2.1 渠堤超高 a 值表

设计流量（ m^3/s ）	<0.3	0.3~1.0
渠堤超高 a （m）	0.2~0.4	0.3~0.5

注：衬砌高度 h_1 按加大水位控制，加大水位以上可采用草皮护坡。

梯形断面渠道边坡系数的取值可按下列方法确定：梯形断面水深小于或等于 3m 挖方渠道，最小边坡系数可按表 2.2 确定，水深大于 3m 或地下水位较高的挖方渠道，边坡系数应根据稳定分析计算确定；

采用机械开挖的挖方渠道，边坡可按表所列数值或稳定分析计算成果适当加大；采用刚性衬砌的挖方渠道，边坡在满足衬砌前土质边坡的基础上可适当减小。

表 2.2 挖方渠道的最小边坡系数

土质	渠道水深 (m)		
	<1	1~2	>2~3
稍胶结的卵石	1.00	1.00	1.00
夹沙的卵石或砾石	1.25	1.50	1.50
黏土、重壤土	1.00	1.00	1.25
中壤土	1.25	1.25	1.50
轻壤土、沙壤土	1.50	1.50	1.75
沙土	1.75	2.00	2.25

填方渠道的渠堤填方高度小于或等于 3m 时，其内、外边坡最小边坡系数可按表 2.3 确定；渠堤填方高度大于 3m 时，其内、外边坡系数应根据稳定分析计算确定。渠堤填方高度大于 5m 设宽度不小于 1m 的戽道。

表 2.3 填方渠道的最小边坡系数

土质	渠道水深 (m)					
	<1		1~2		>2~3	
	内坡	外坡	内坡	外坡	内坡	外坡
黏土、重壤土	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00
中壤土	1.25	1.00	1.25	1.00	1.50	1.25
轻壤土、沙壤土	1.50	1.25	1.50	1.25	1.75	1.50
沙土	1.75	1.50	2.00	2.00	2.25	2.00

水力最优断面过水面积最小，湿周最短，能节省衬砌工程量。对于小型渠道，衬砌断面按水力最优断面设计是比较经济合理的。梯形

渠道水力最优断面的水力要素计算公式如下（《水力计算手册》）：

确定边坡系数 m 后，满足水力最佳断面条件的宽深比条件为：

$$\beta_m = \frac{b_m}{h_m} = 2(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (2.1)$$

$$R_m = \frac{h_m}{2} \quad (2.2)$$

$$Q = 4(2\sqrt{1+m^2} - m) \frac{\sqrt{i}}{n} \left(\frac{h_m}{2}\right)^{8/3} \quad (2.3)$$

式中， Q —流量， m^3/s ；

m 、 i 、 n —边坡系数、比降、糙率，混凝土糙率取 0.017；

h_m —水力最佳断面的水深， m ；

R_m —水力最佳断面的水力半径， m ；

b_m —水力最佳断面的底宽， m ；

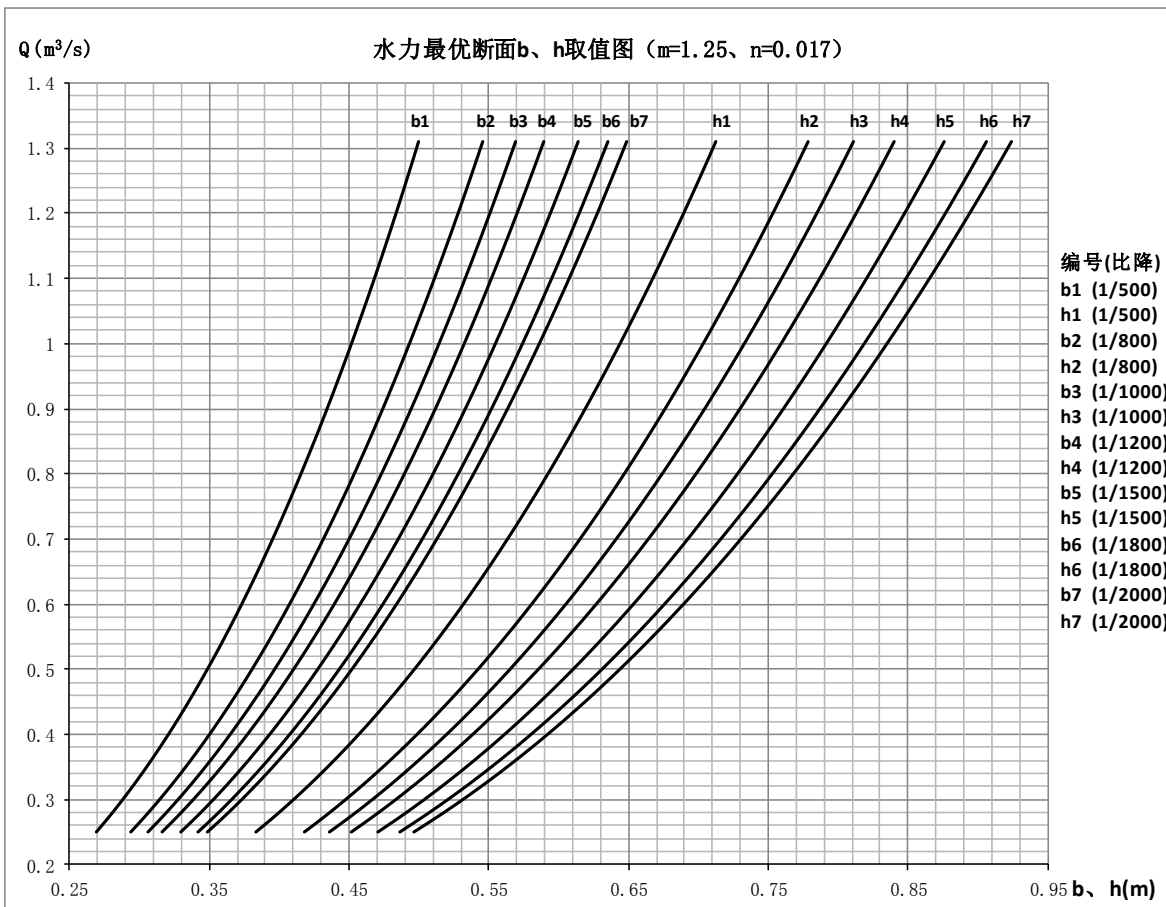
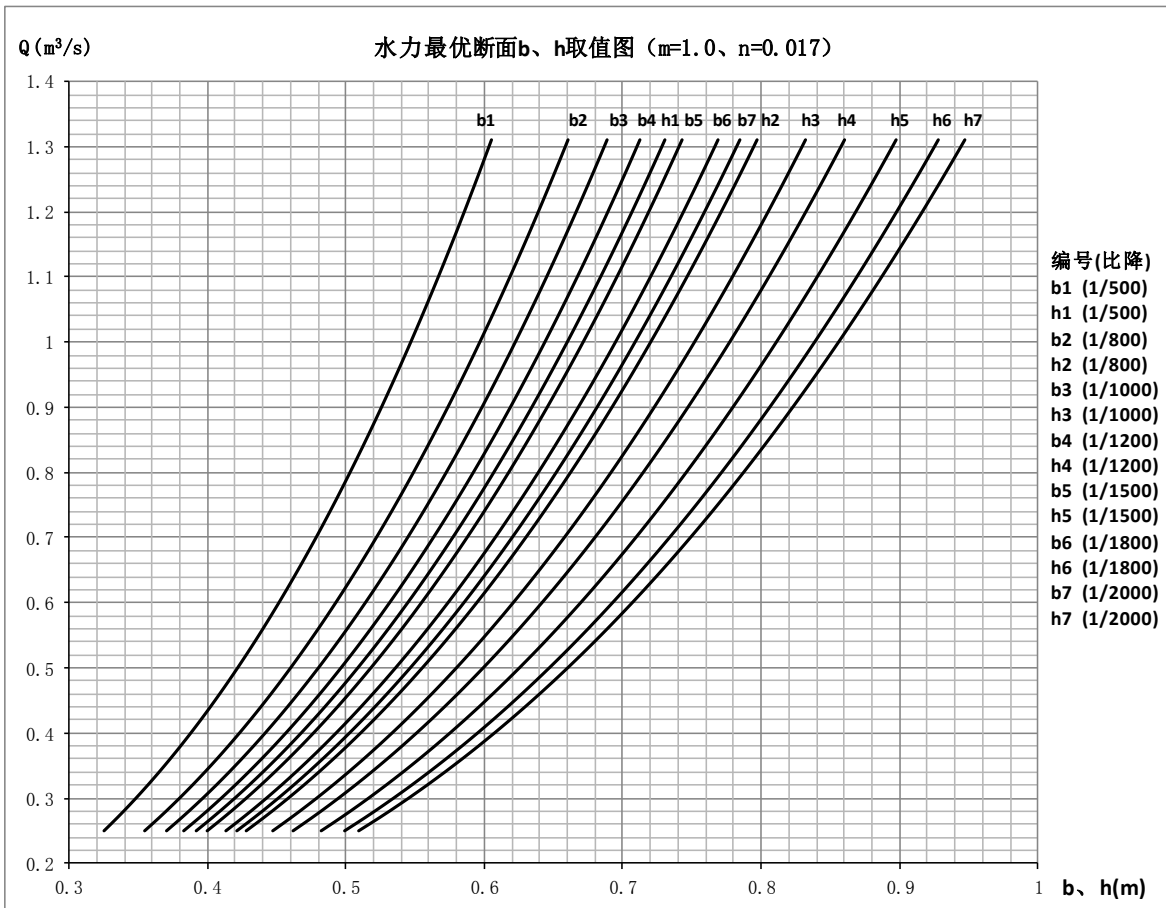
β_m —水力最佳断面的宽深比。

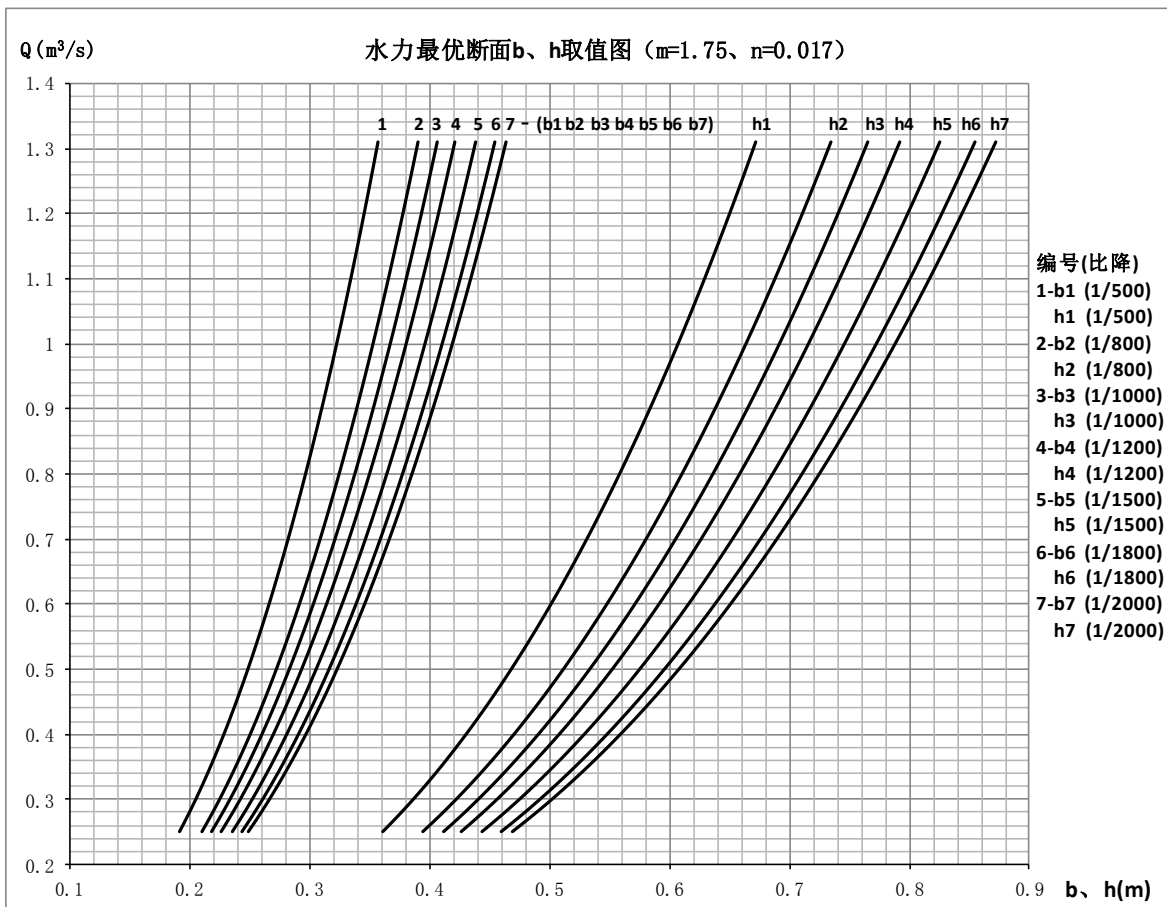
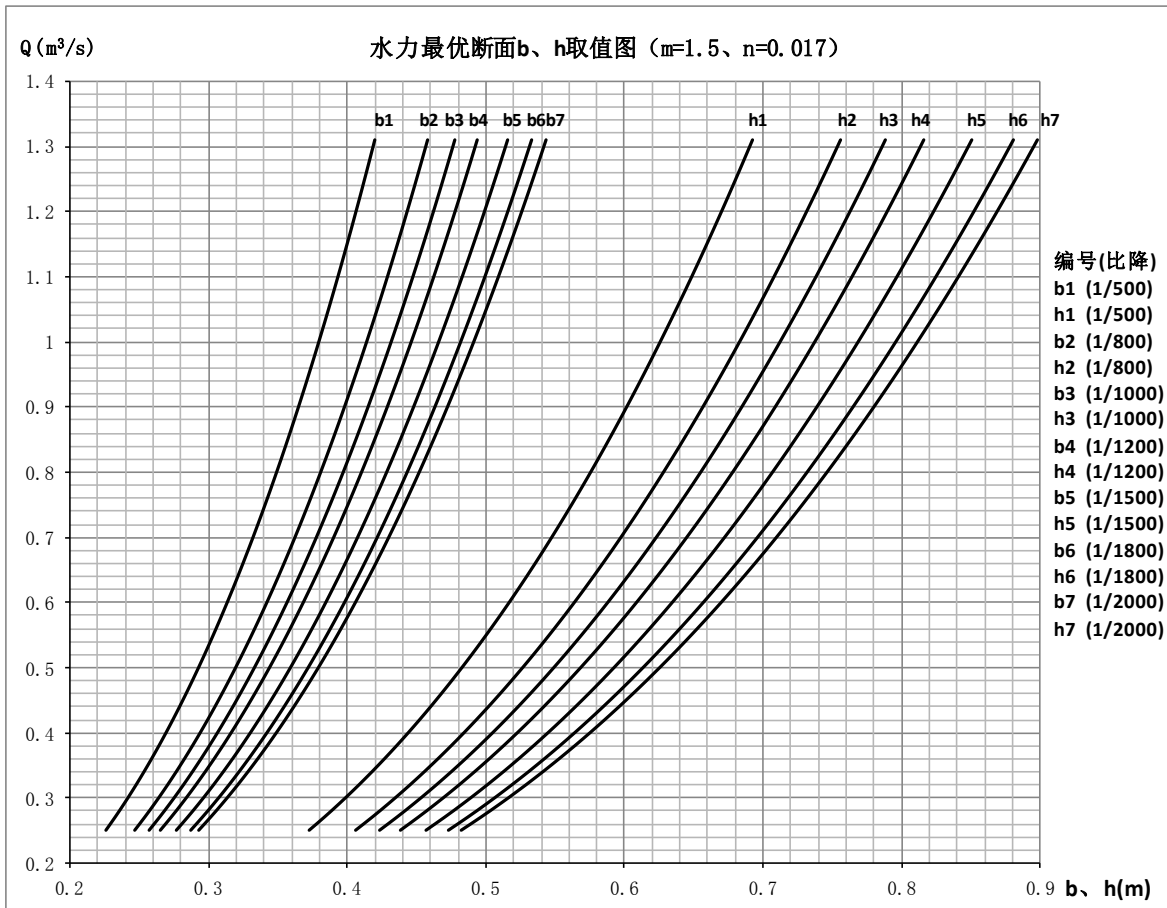
进行水力最佳断面的计算时，可先用式（2.1）计算出 β_m ，然后应用式（2.4）的方法计算出 b_m 、 h_m 。

$$h_0 = \left(\frac{nQ}{\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{8}} \frac{(\beta + 2\sqrt{1+m^2})^{1/4}}{(\beta + m)^{5/8}}, \quad \beta = b/h, \quad b = \beta h_0 \quad (2.4)$$

式中， β —宽深比， $\beta = b/h$ ，为渠道底宽与水深之比，设计时可用水力最佳断面或实用经济断面的宽深比。

按水力最优断面计算方法，根据不同流量 Q 、比降 i ($i=1/500$ 、 $1/800$ 、 $1/1000$ 、 $1/1200$ 、 $1/1500$ 、 $1/1800$ 、 $1/2000$)、边坡系数 m ($m=1.0$ 、 1.25 、 1.5 、 1.75 、 2.0 、 2.25) 的渠道底宽 b 及水深 h 计算，绘制的相关曲线图如图 2.2 所示。





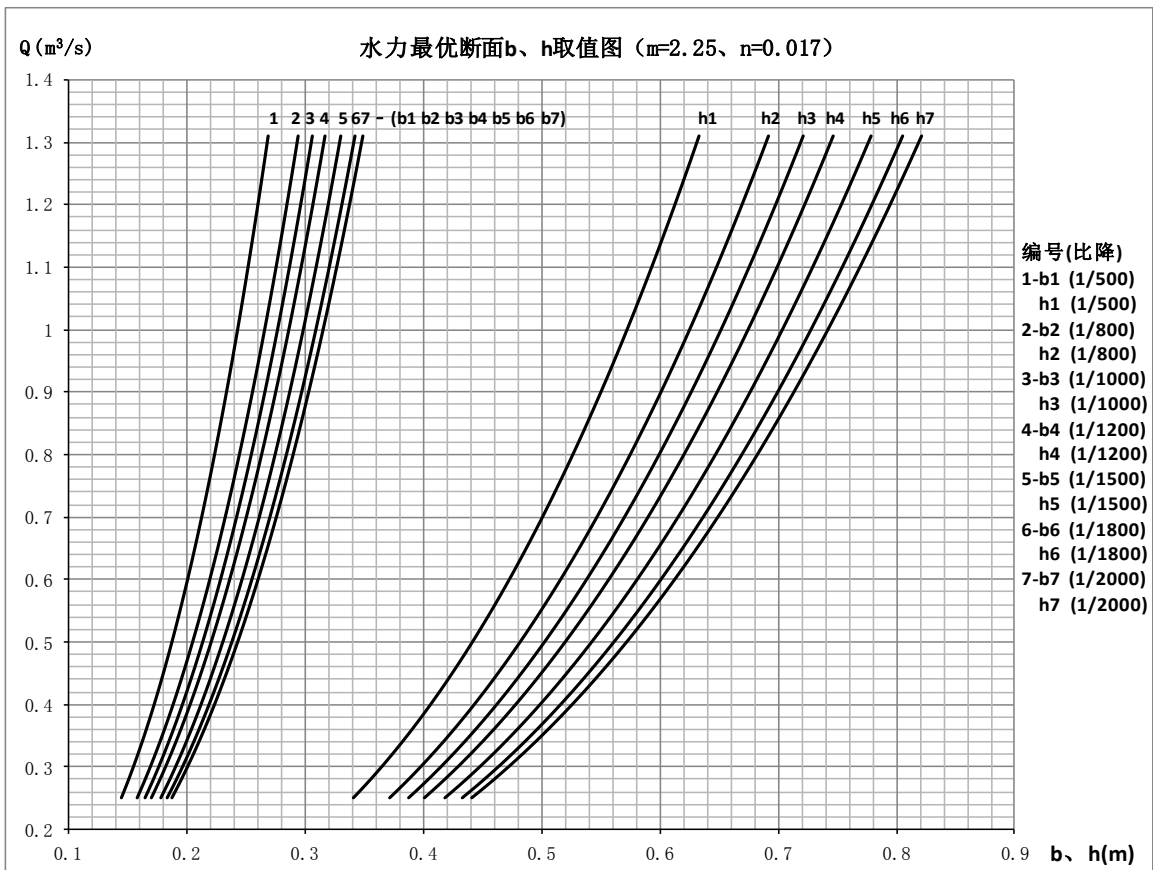
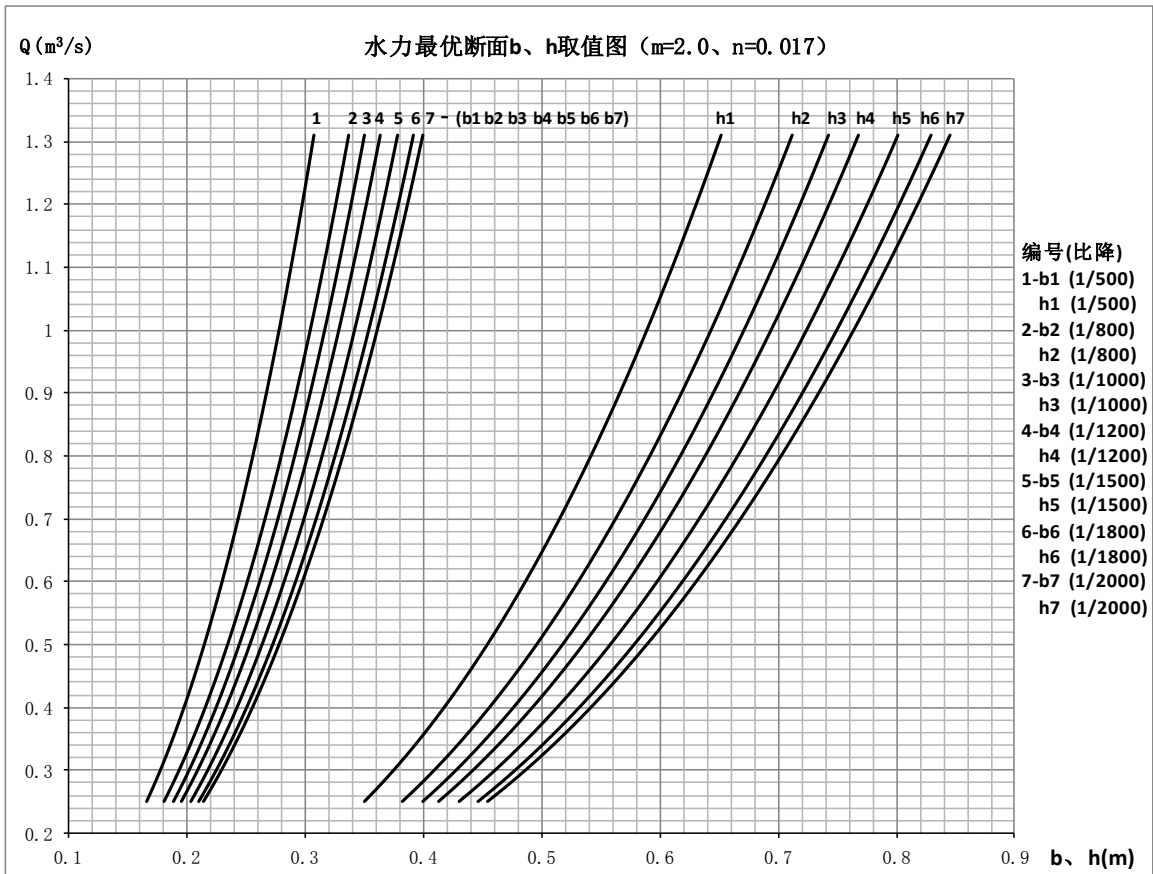


图 2.2 水力最优断面曲线图

2.2.2 一般断面设计

对于按水力最优断面实施有困难的，在衬砌断面设计时按明渠均匀流计算方法，根据谢才公式和明槽均匀流的性质，谢才系数 C 按曼宁公式计算，有：

$$Q = AC \times (Ri)^{1/2} \quad (2.5)$$

$$C = \frac{1}{n} \times R^{1/6} \quad (2.6)$$

由 (2.5)、(2.6) 公式得：

$$Q = \frac{1}{n} \times AR^{1/6} (Ri)^{1/2} \quad (2.7)$$

式中， v —断面的平均流速， m^2/s ；

Q —设计(加大)流量， m^3/s ；

A —过水断面面积， m^2 ；

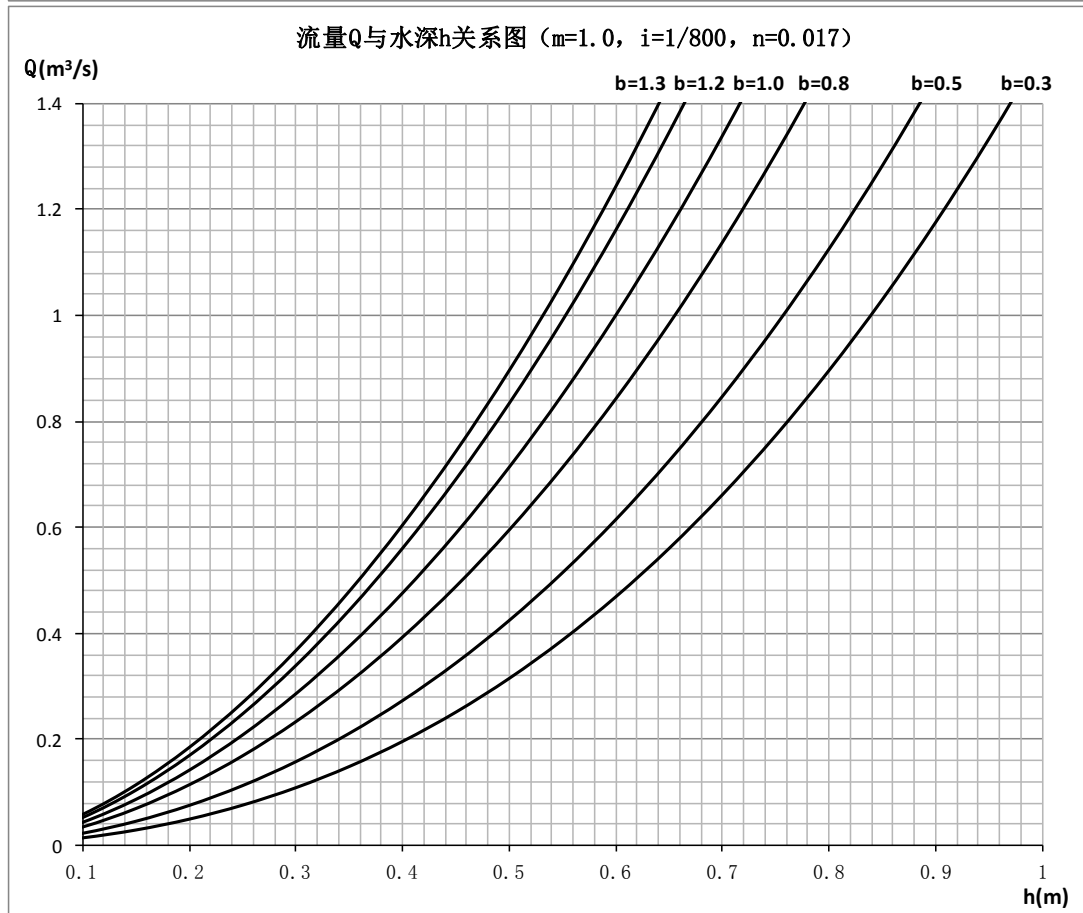
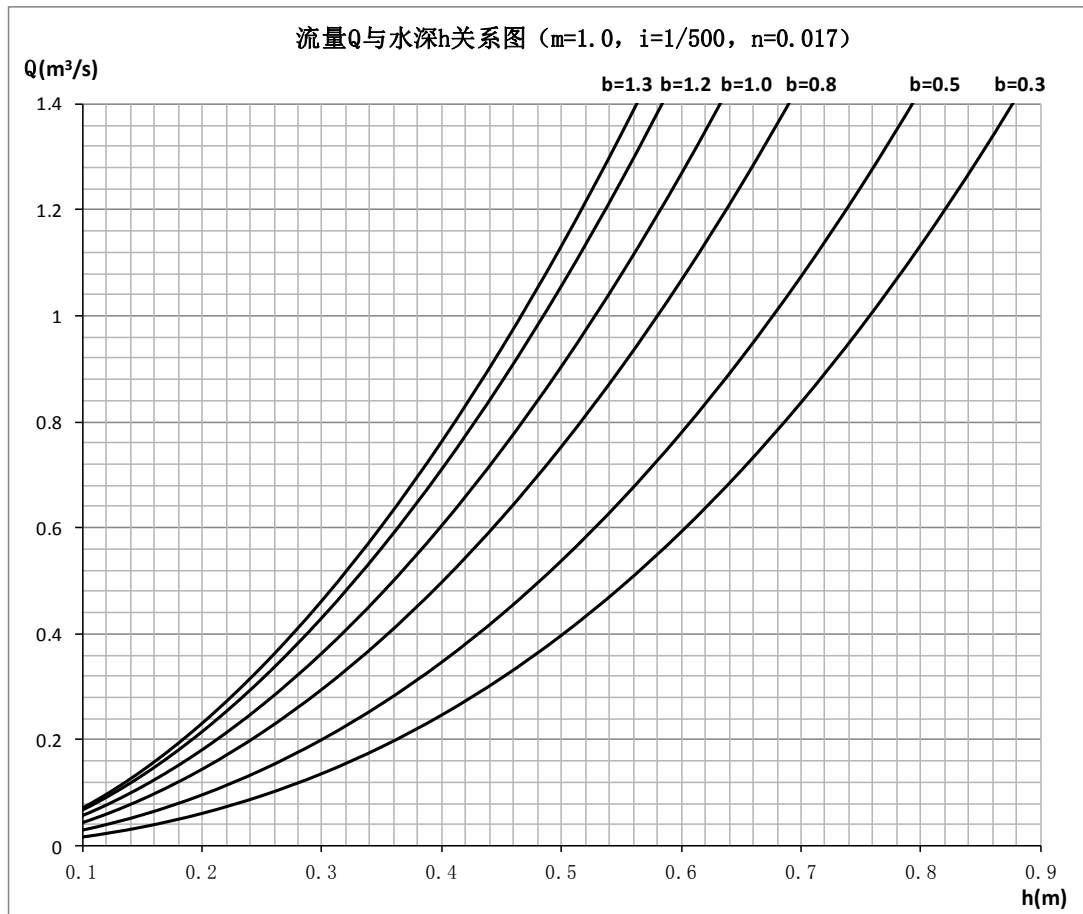
R —水力半径， m ；

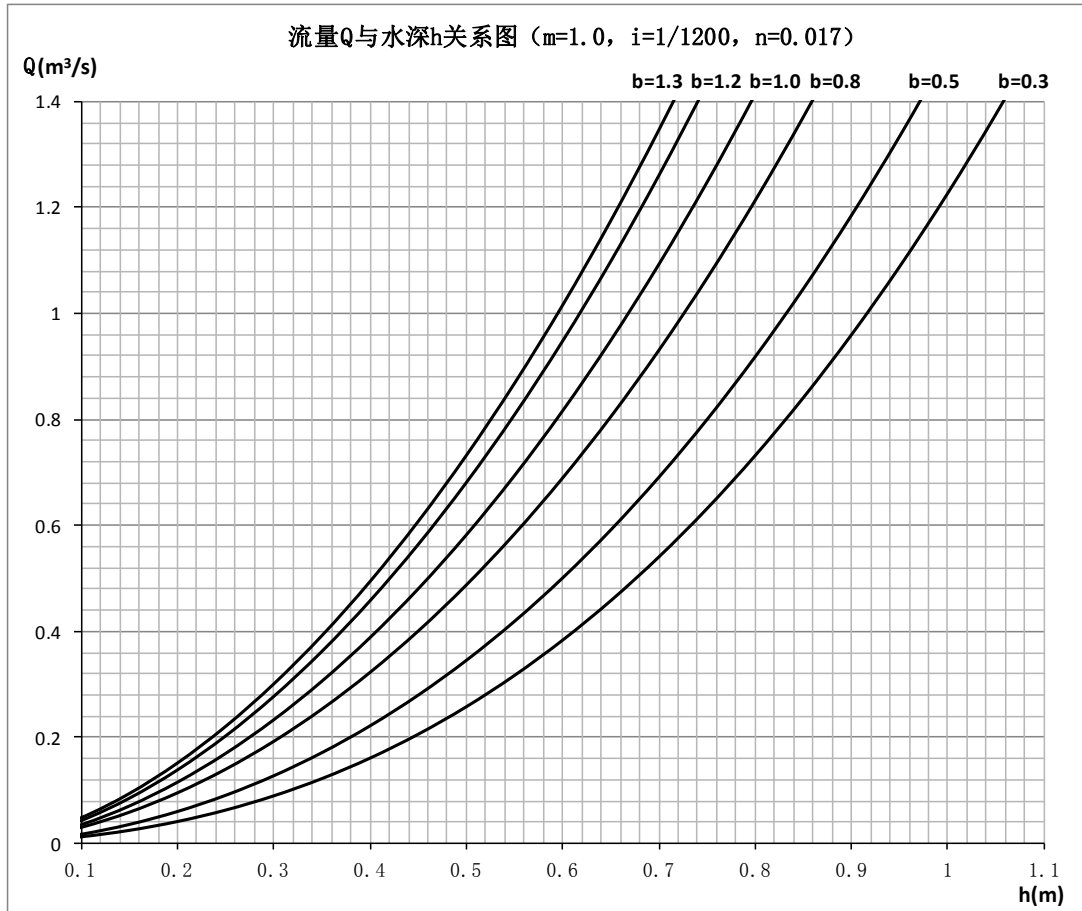
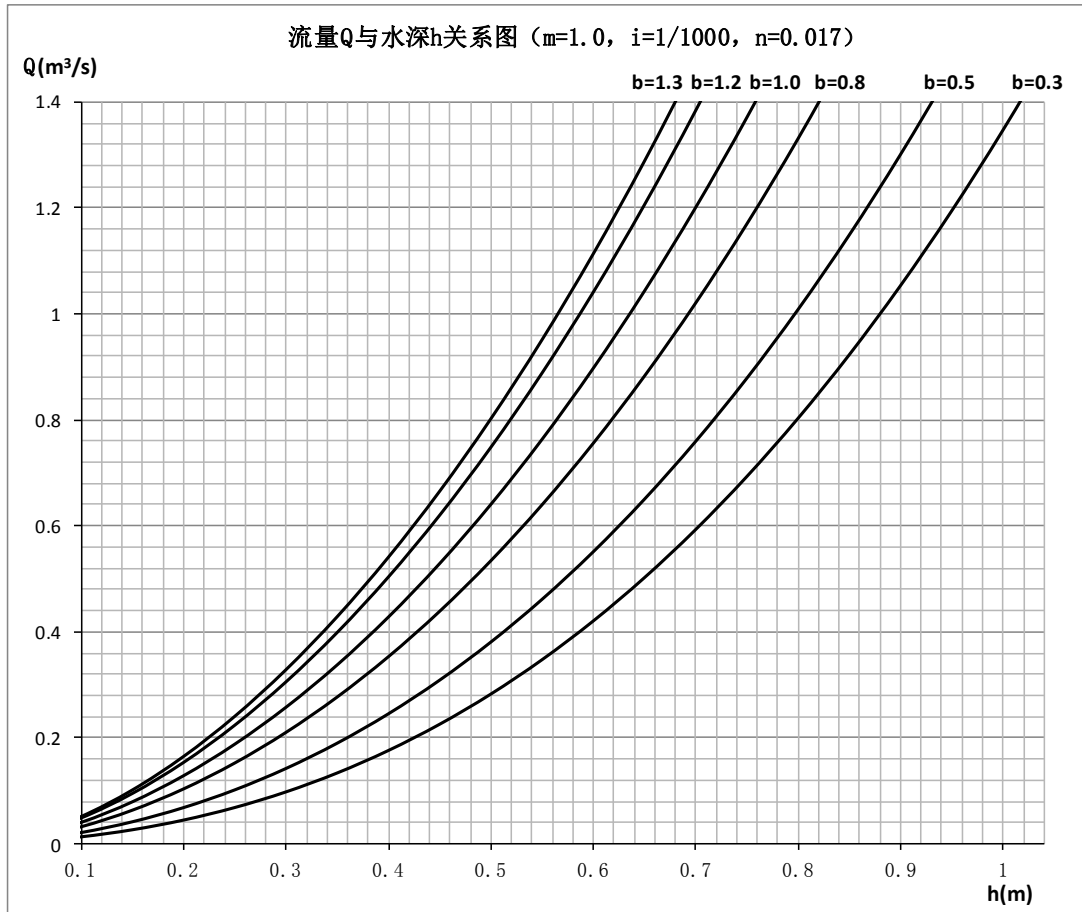
C —谢才系数；

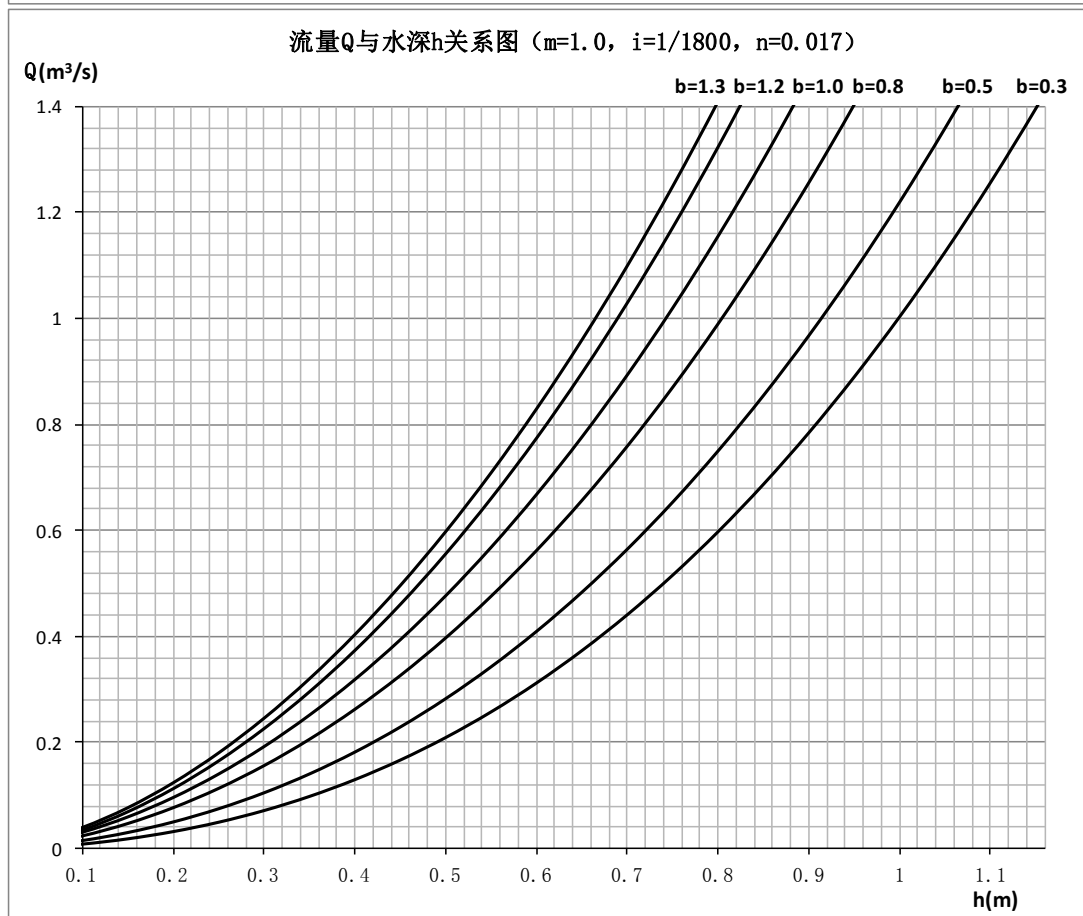
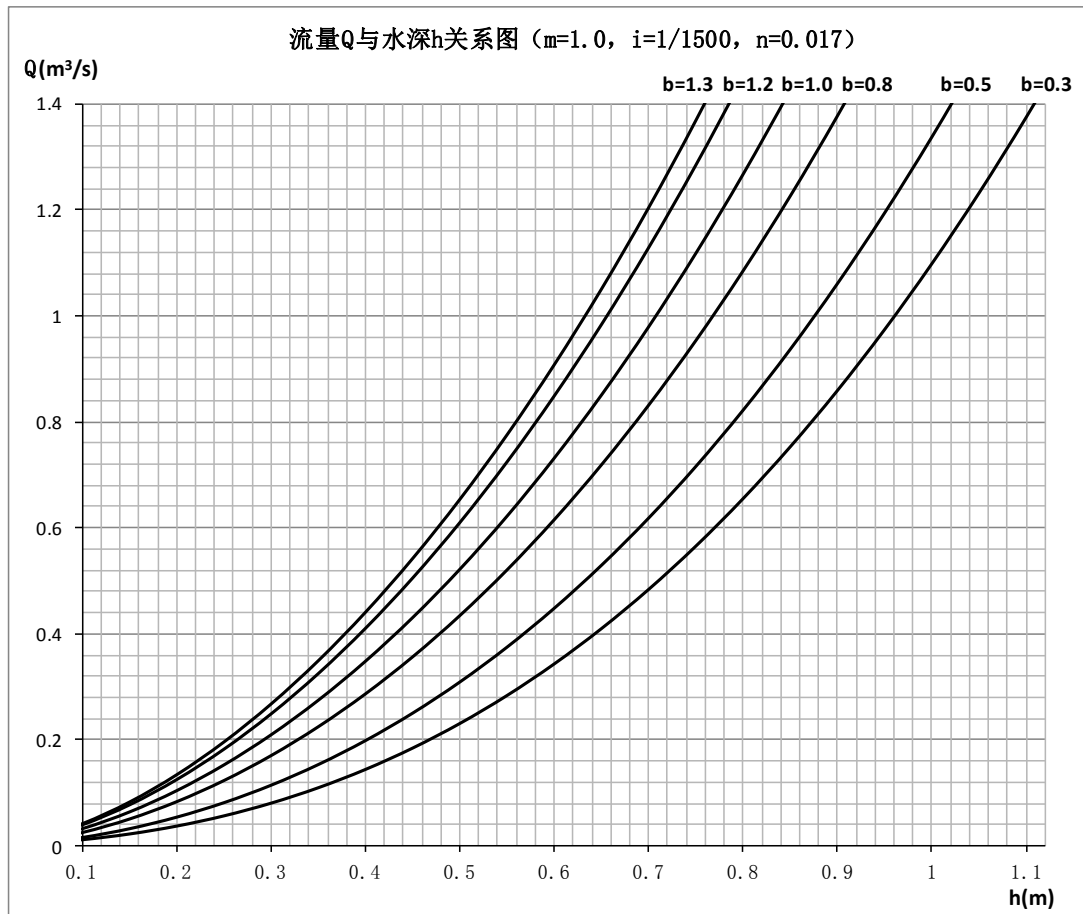
i —比降；

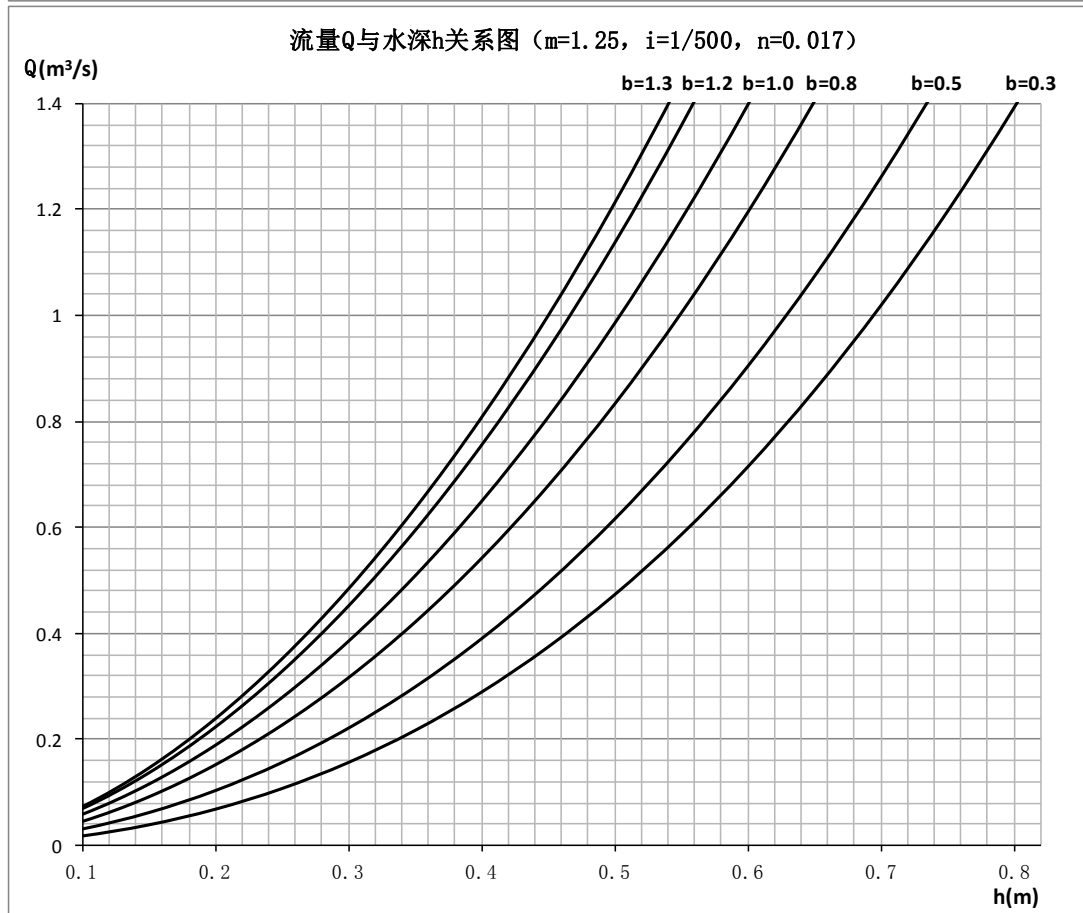
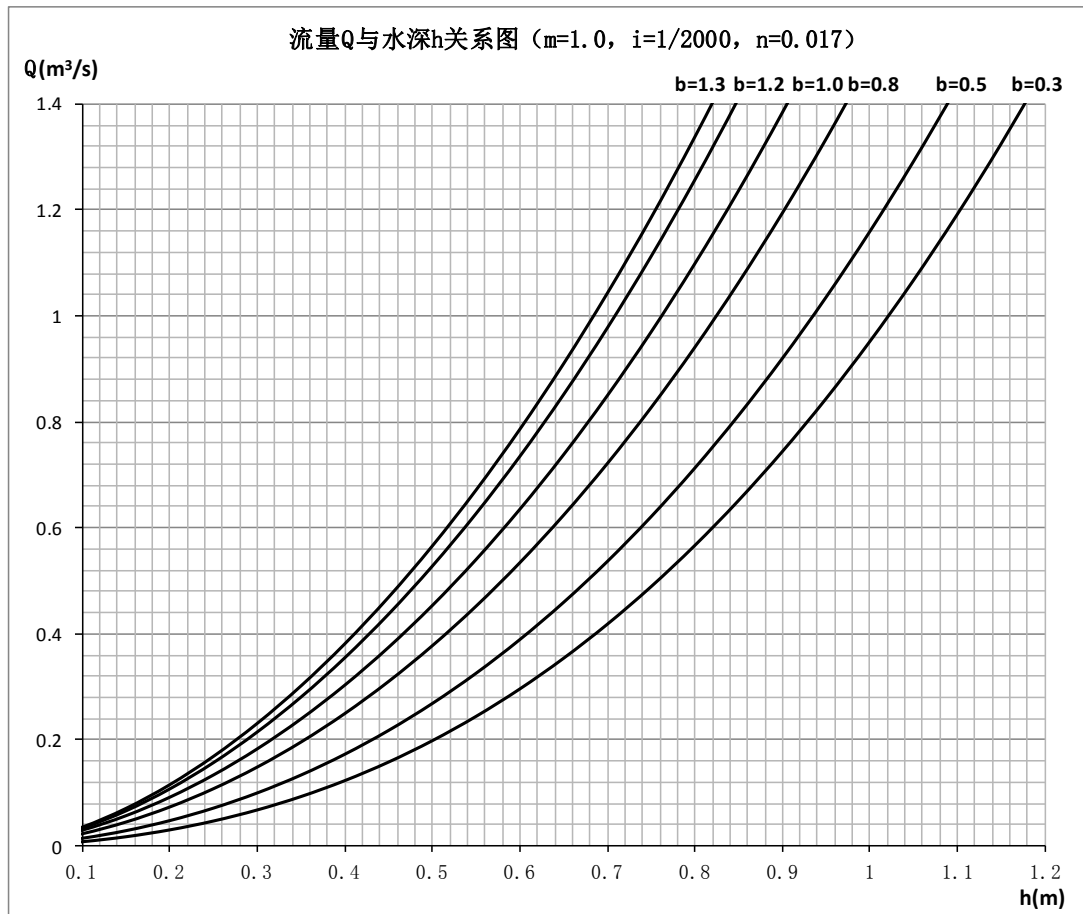
n —糙率，混凝土糙率取 0.017。

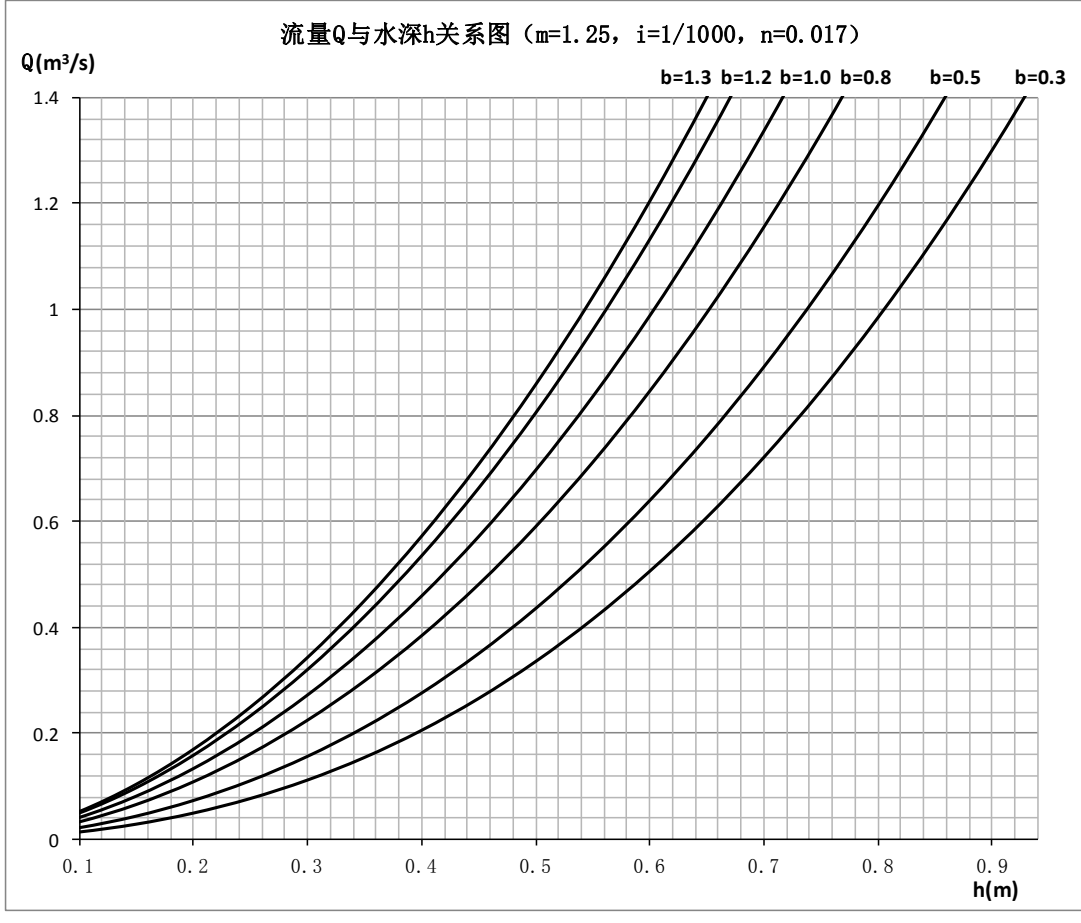
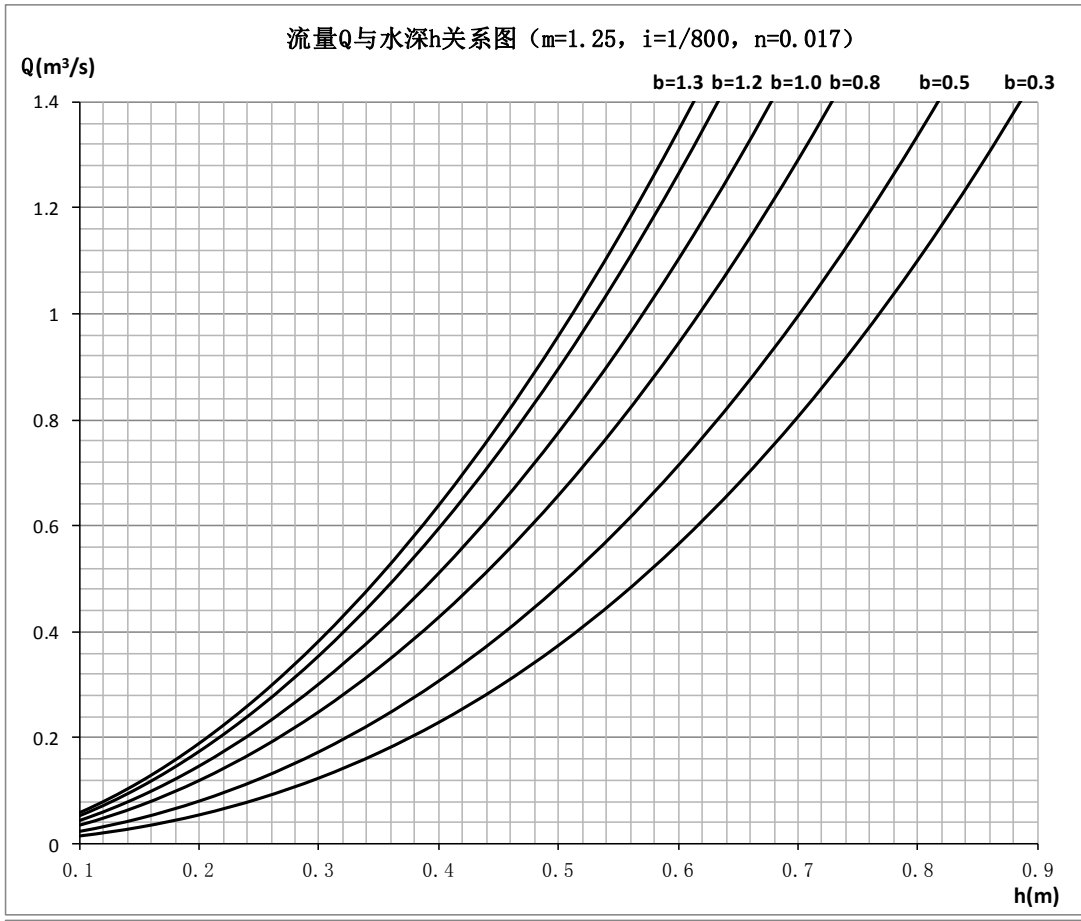
根据以上公式计算，不同底宽 b ($b=0.3、0.5、0.8、1.0、1.2、1.3$)、比降 i ($i=1/500、1/800、1/1000、1/1200、1/1500、1/1800、1/2000$)、边坡系数 m ($m=1.0、1.25、1.5、1.75、2.0、2.25$) 的流量 Q 与水深 h 关系，见图 2.3。

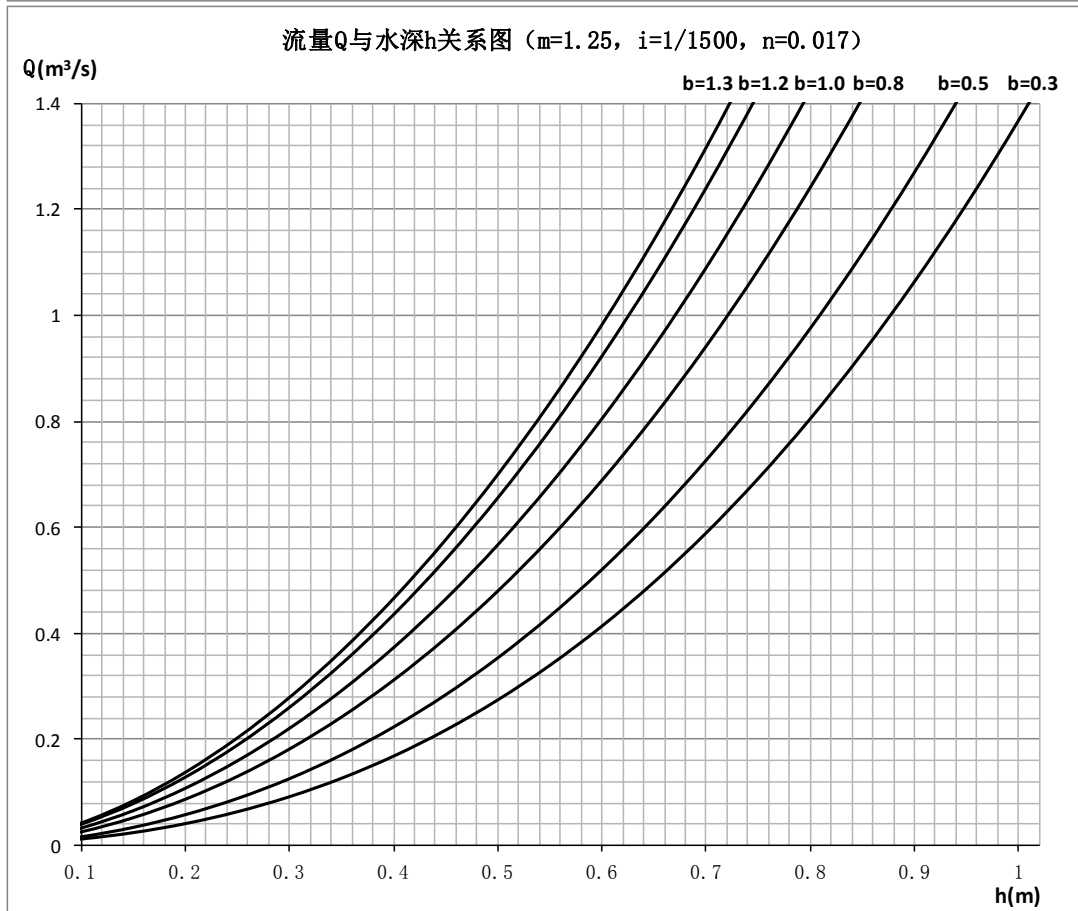
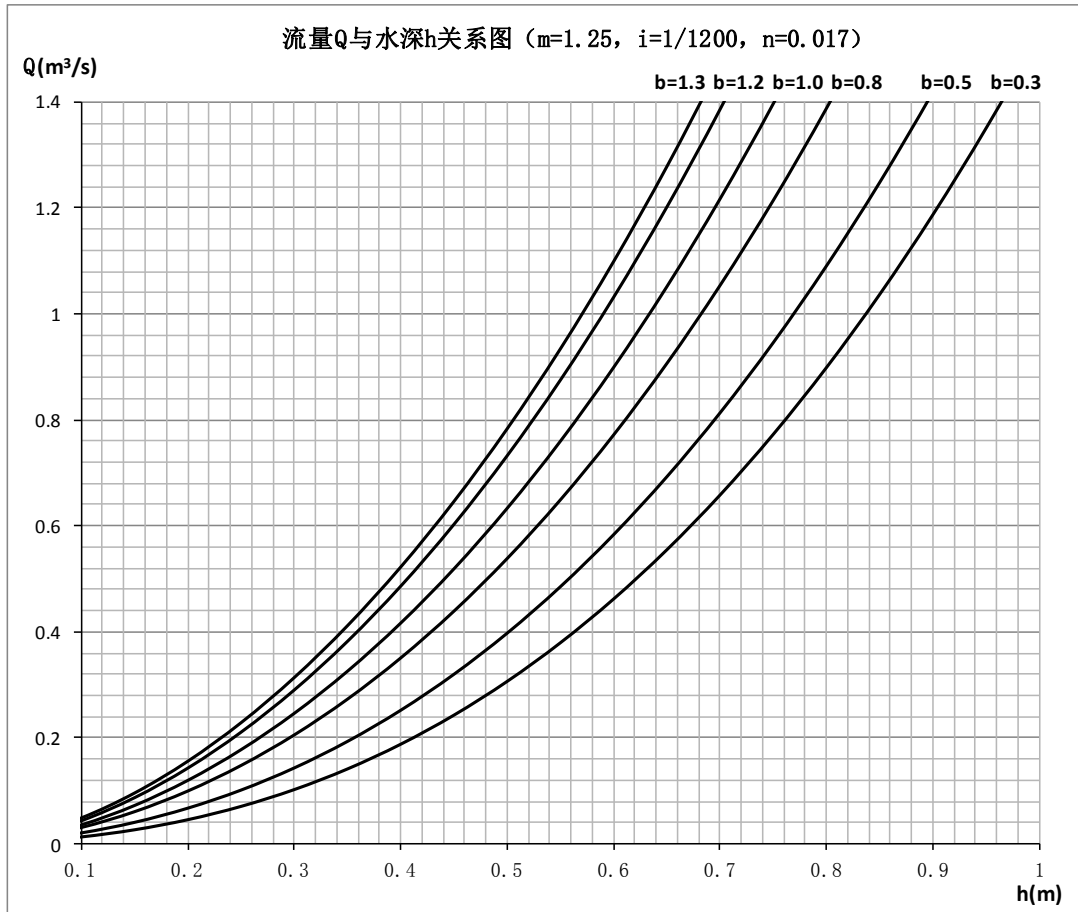


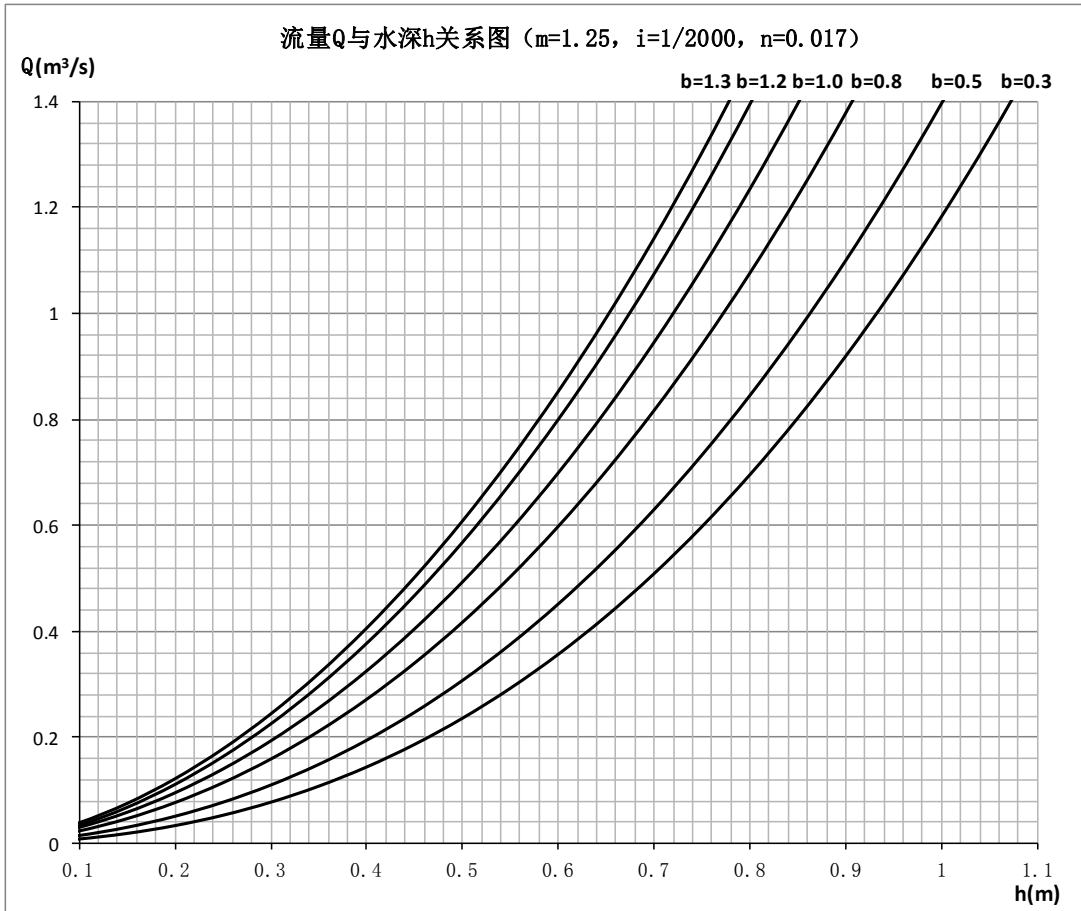
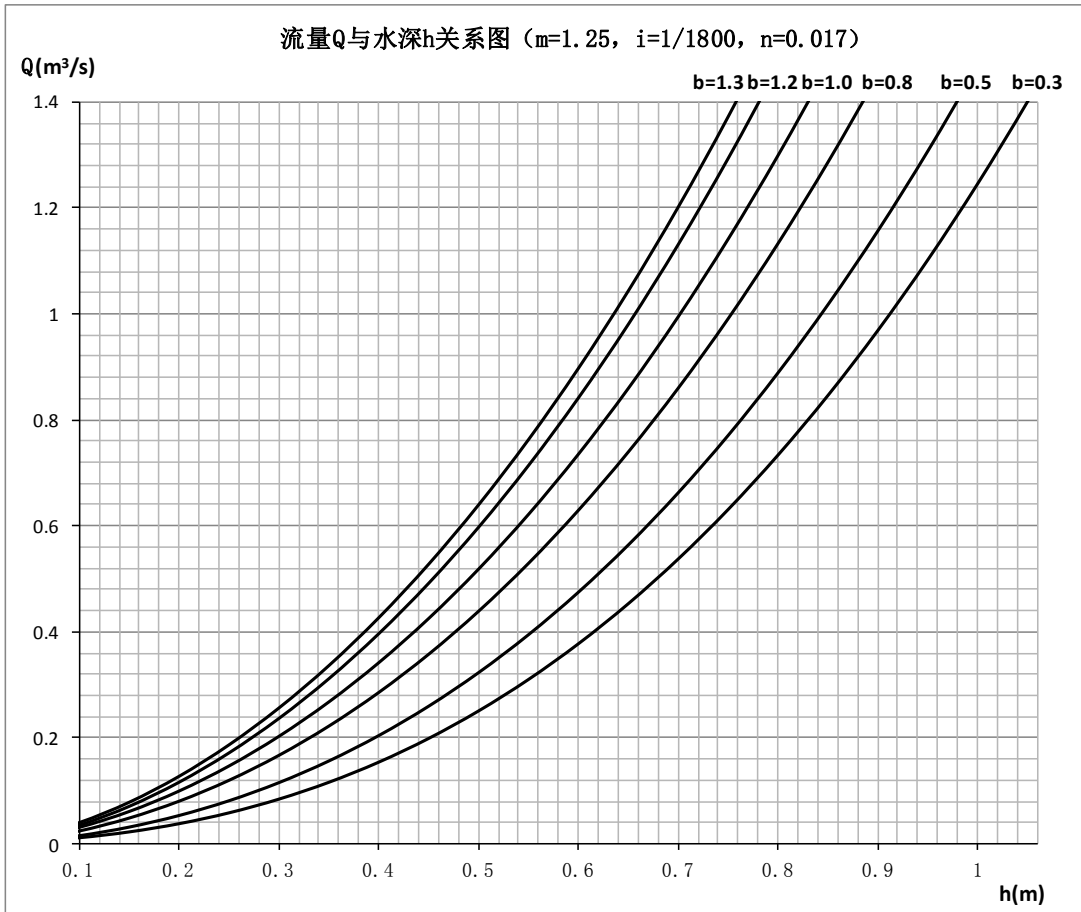


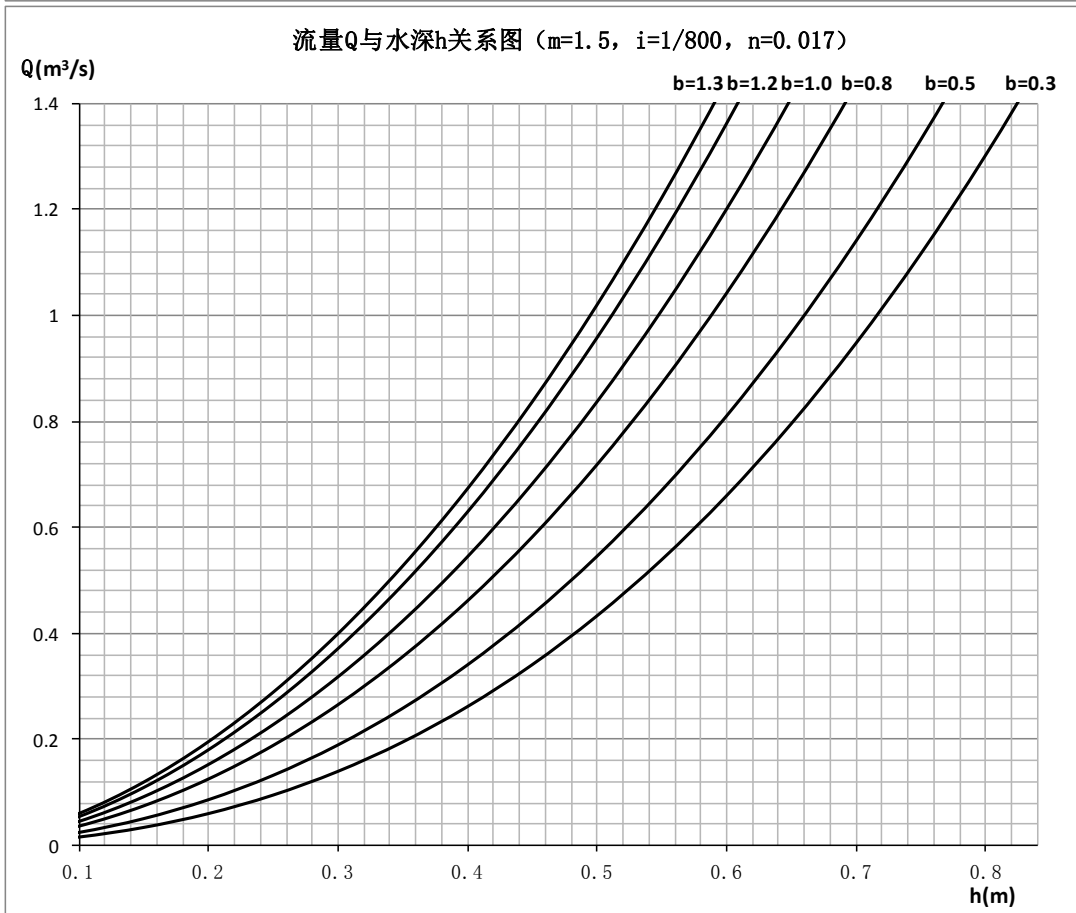
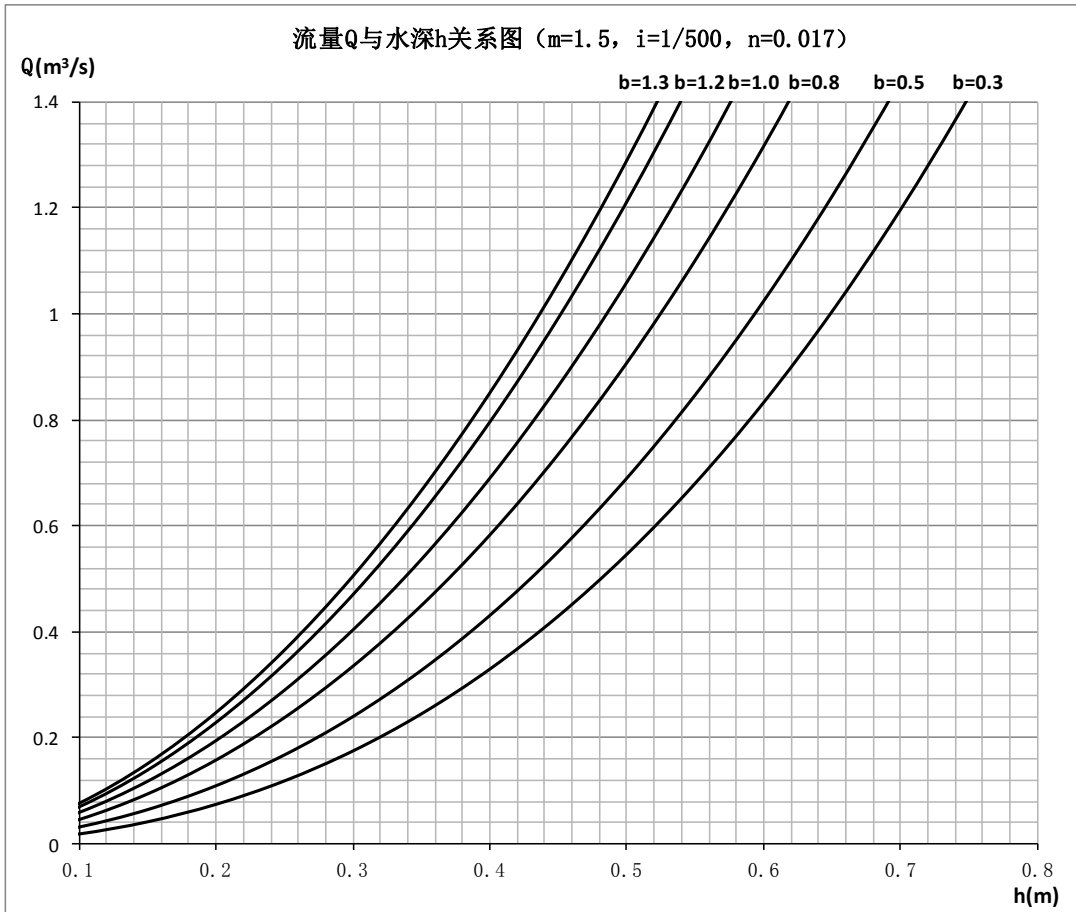


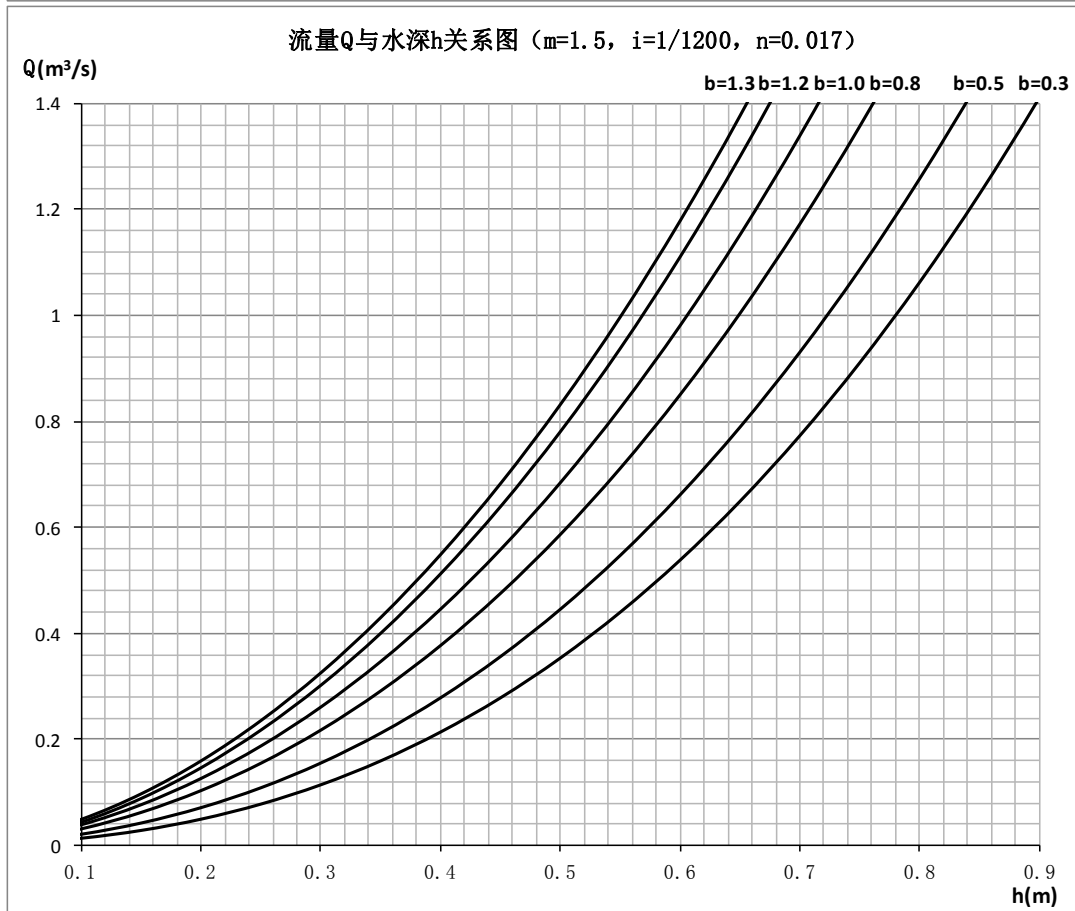
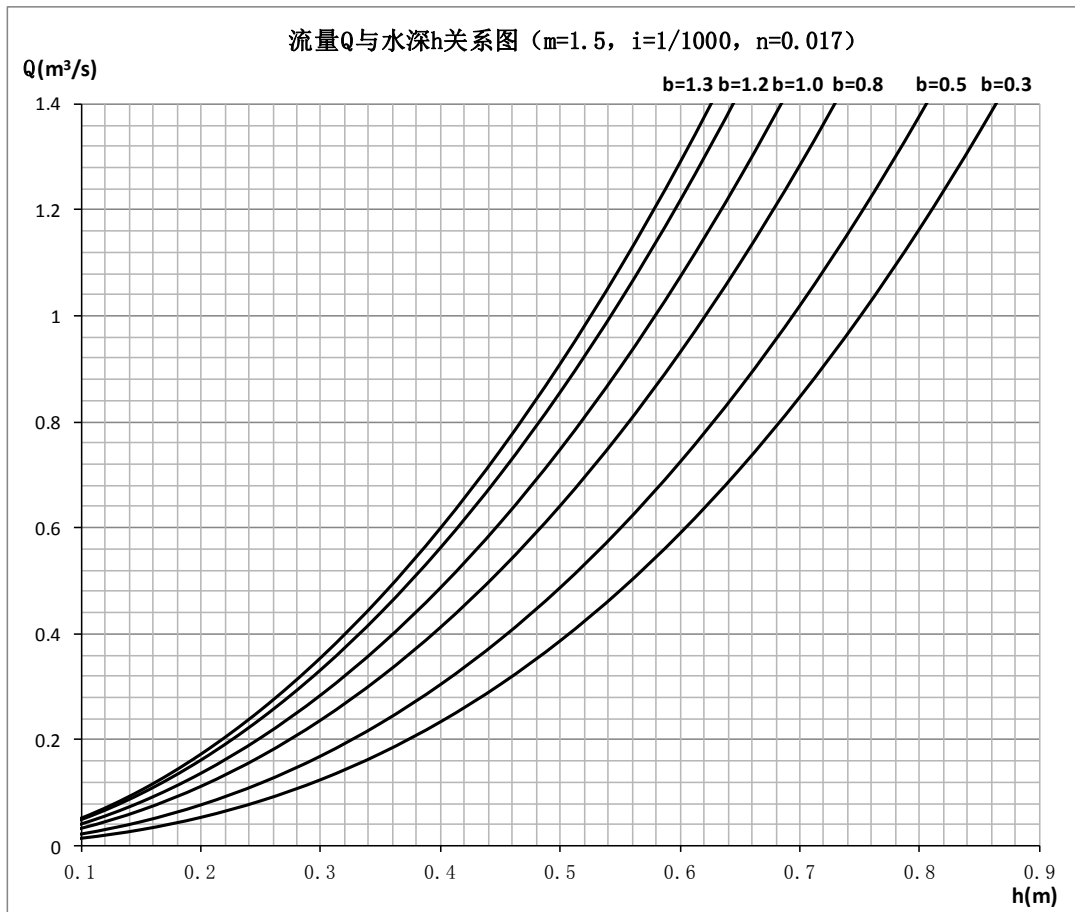


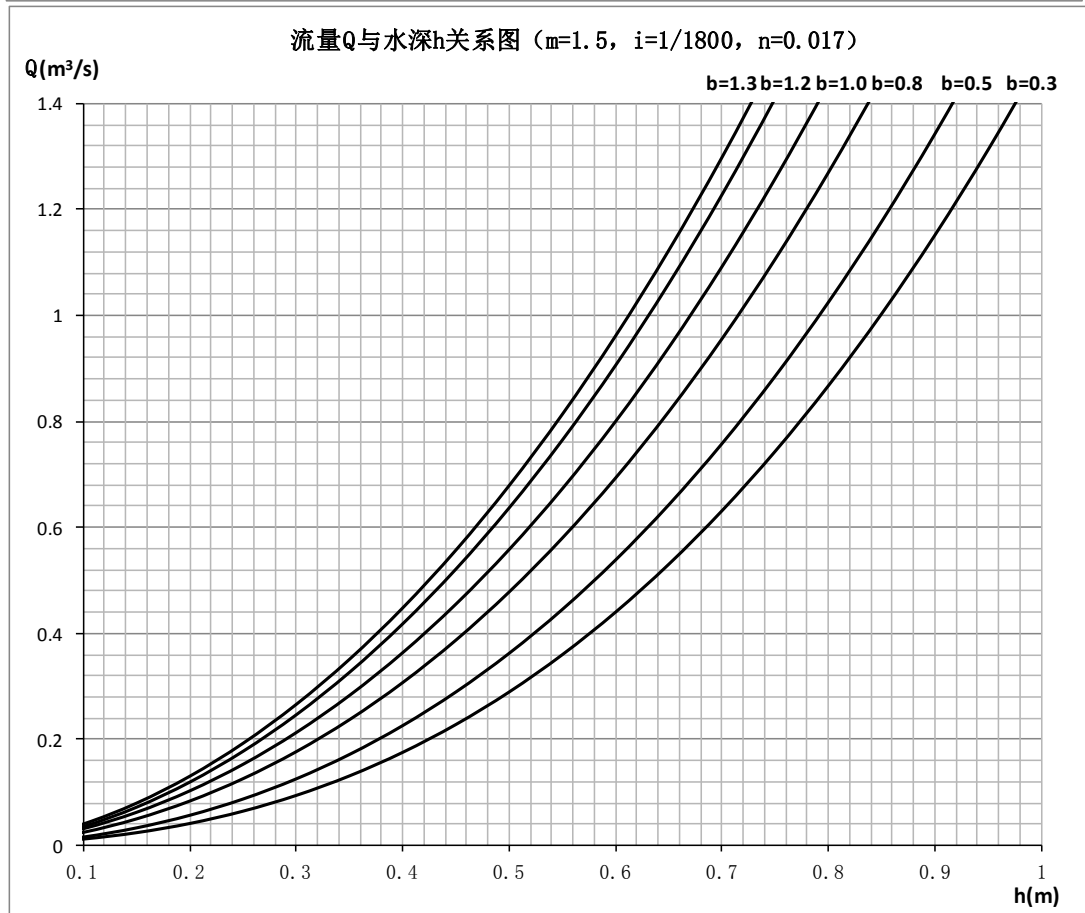
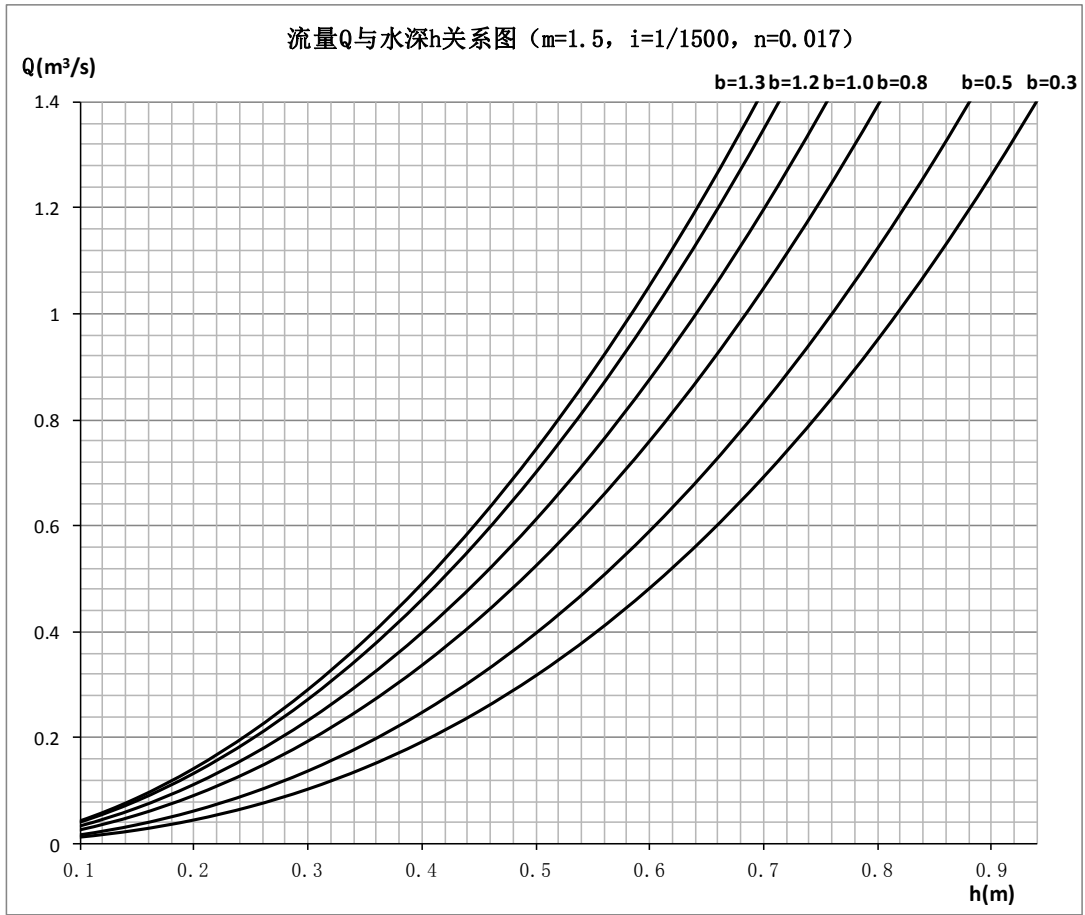


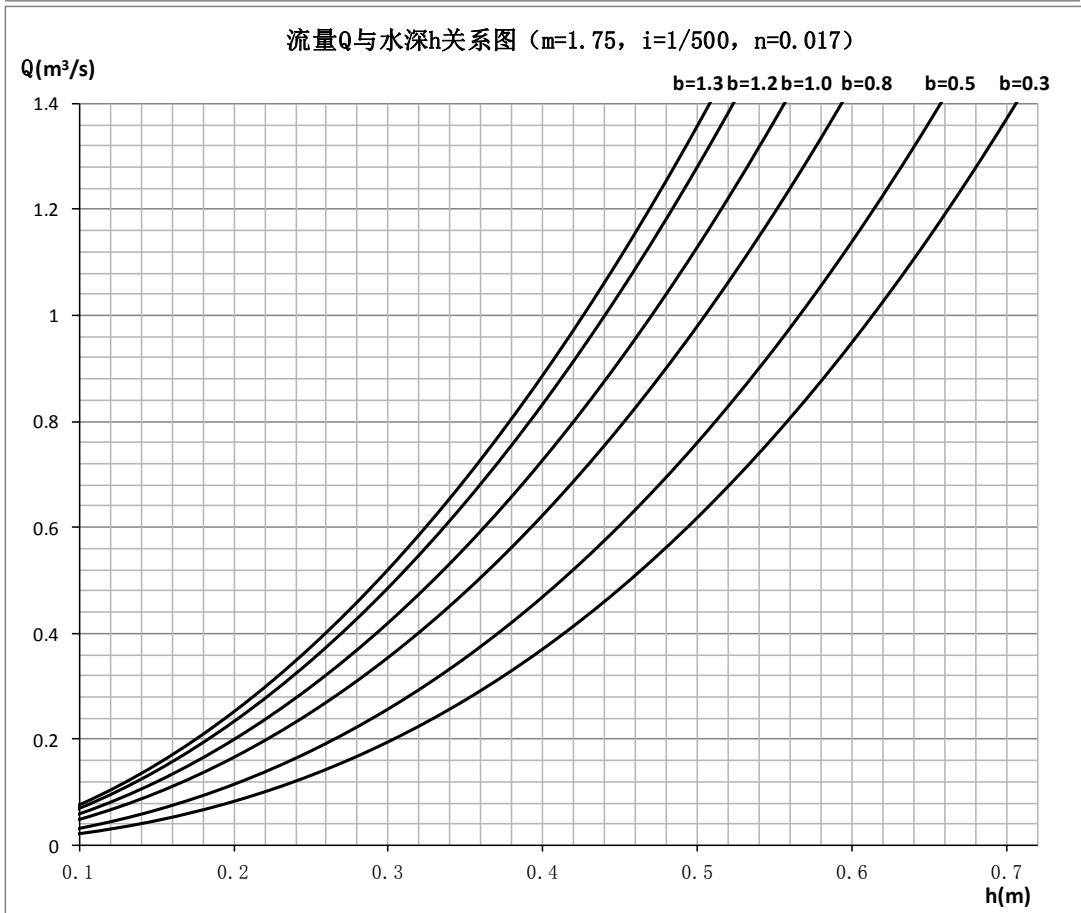
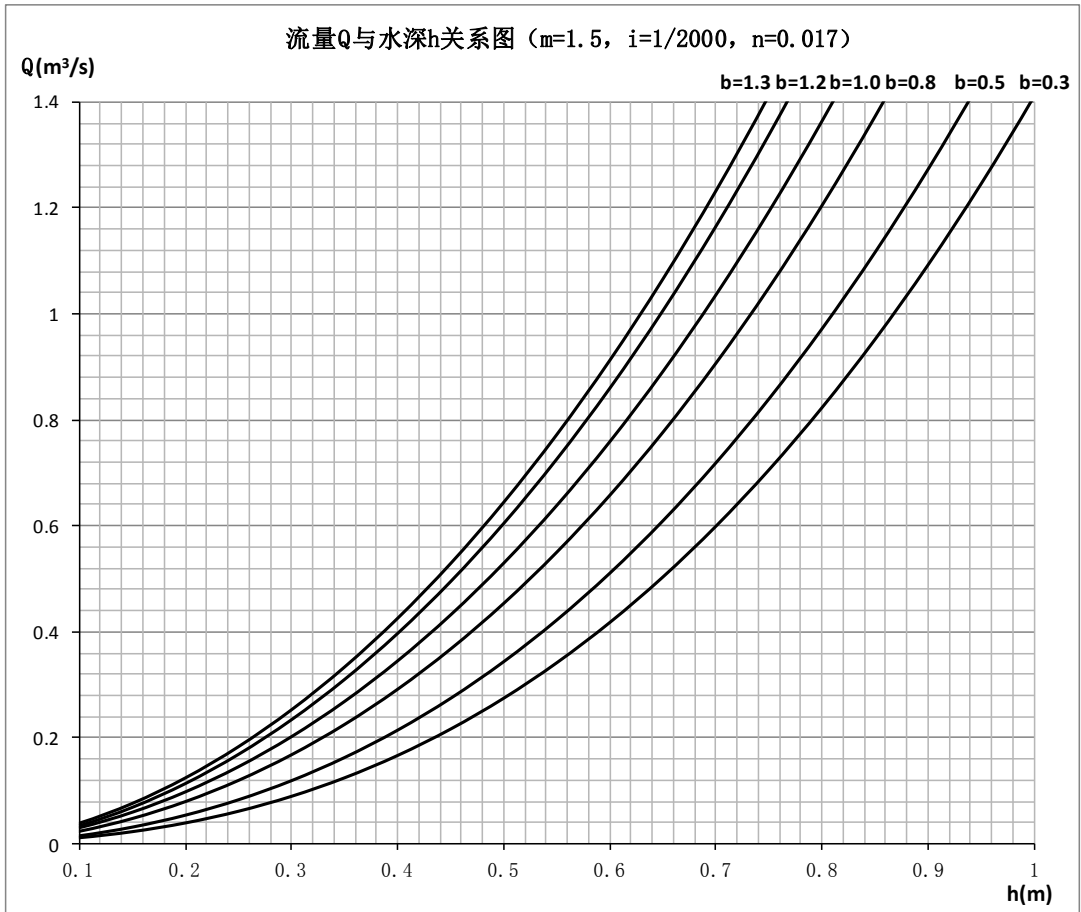


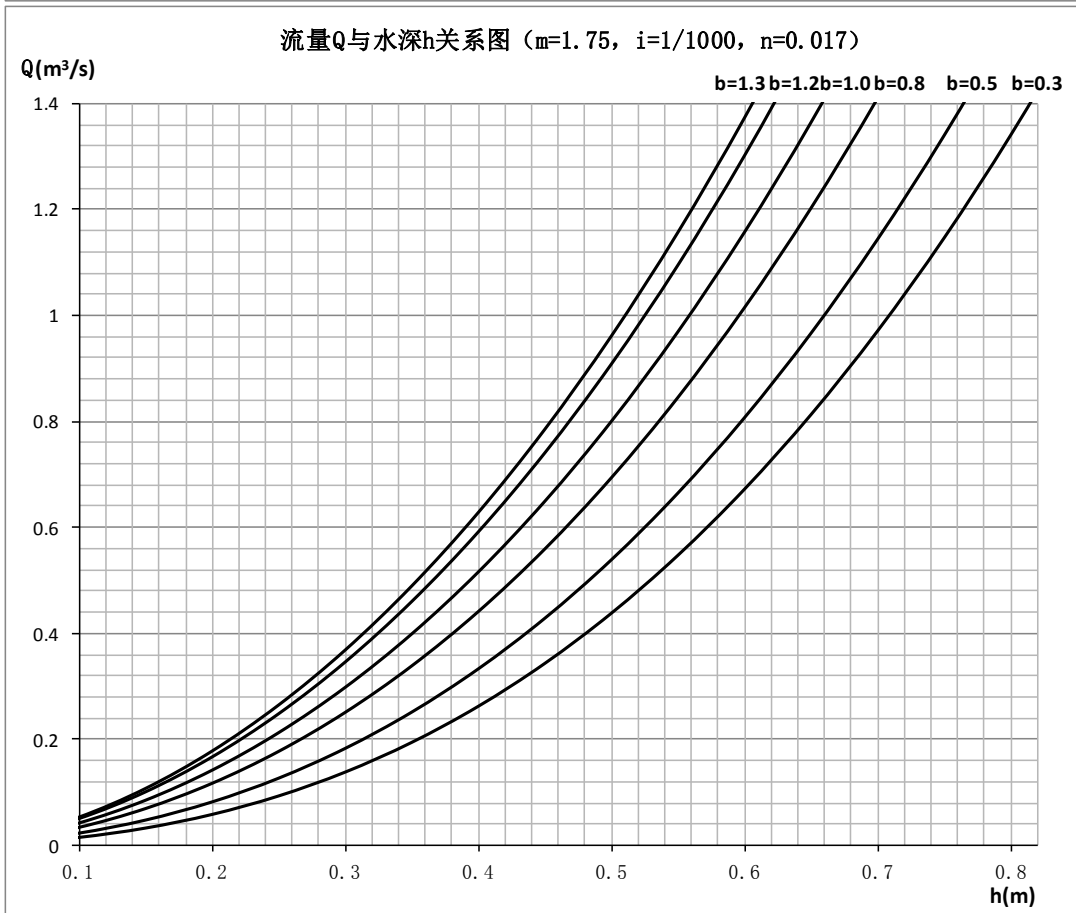
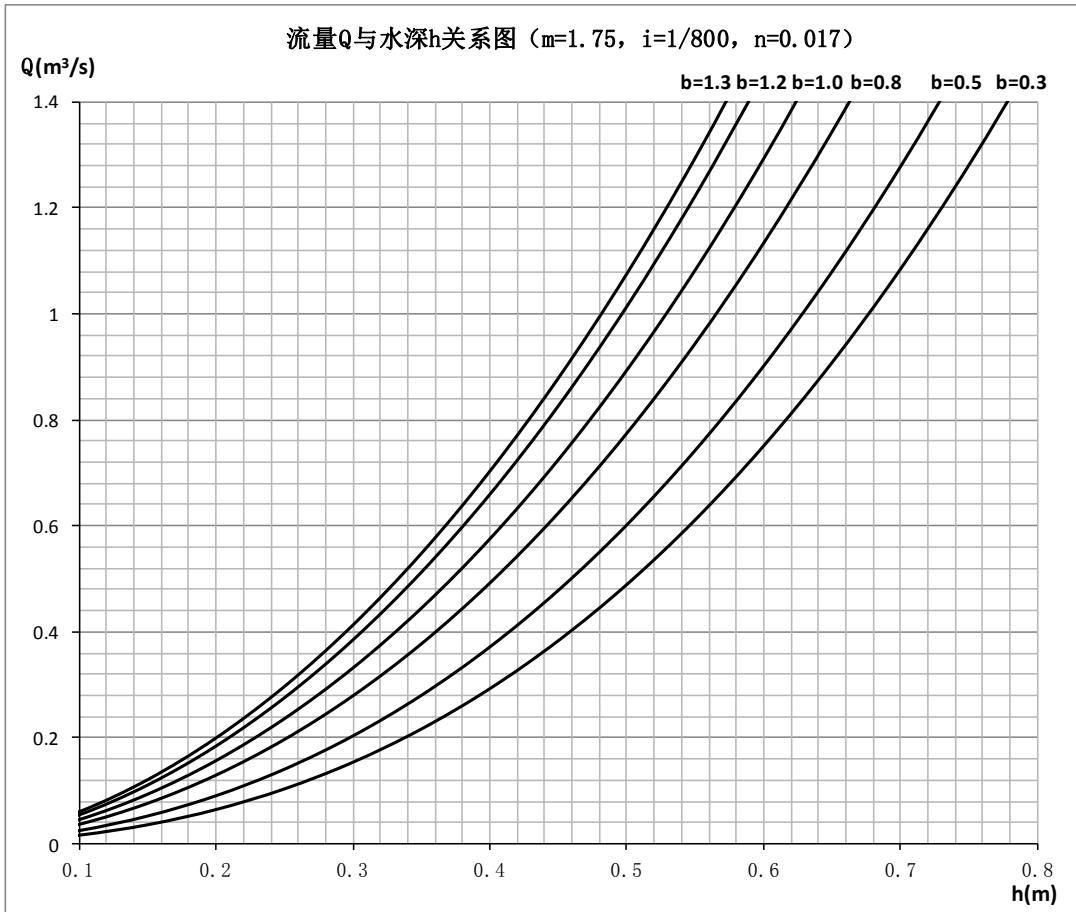


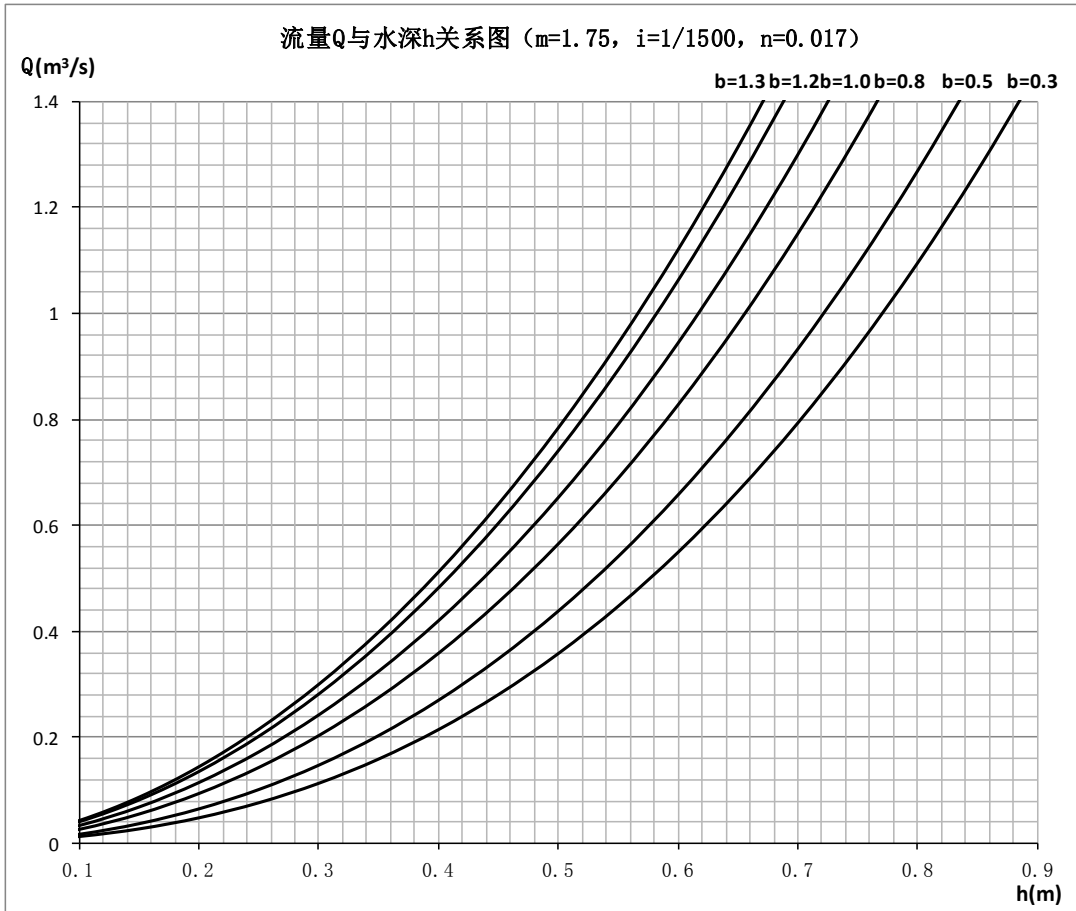
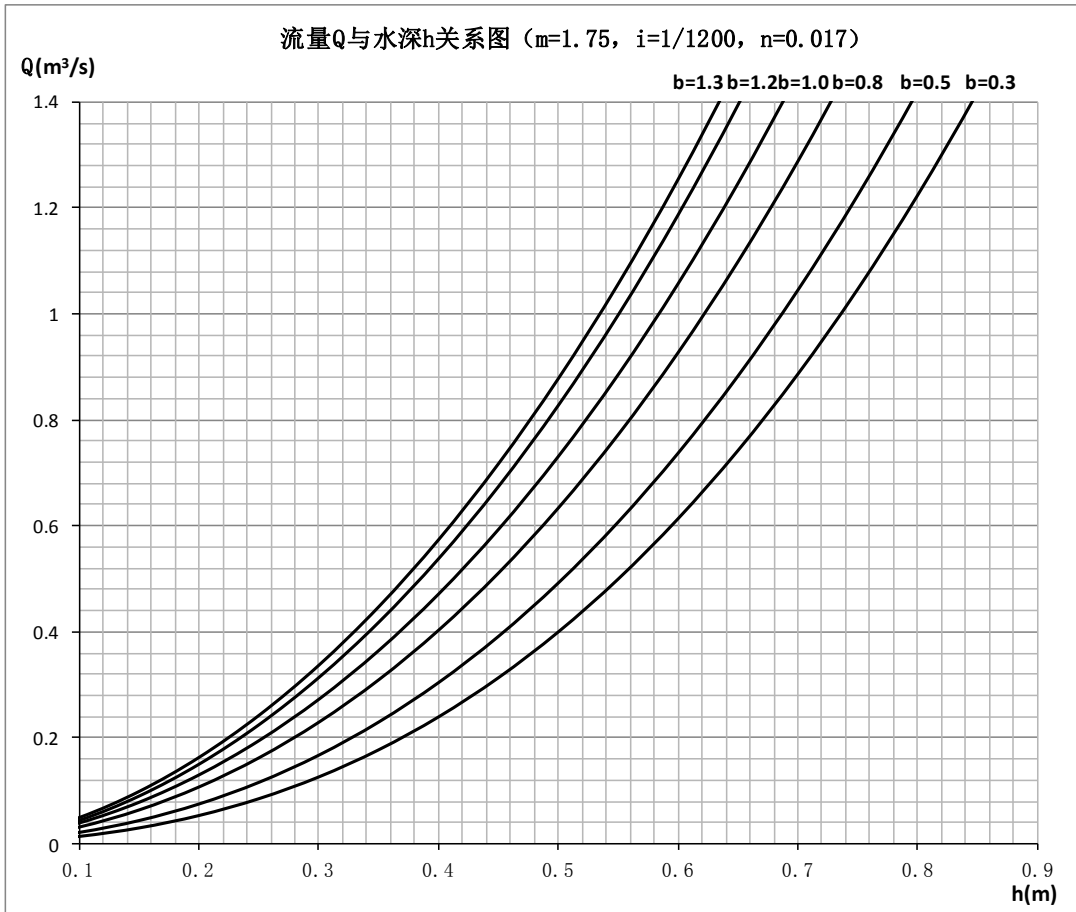


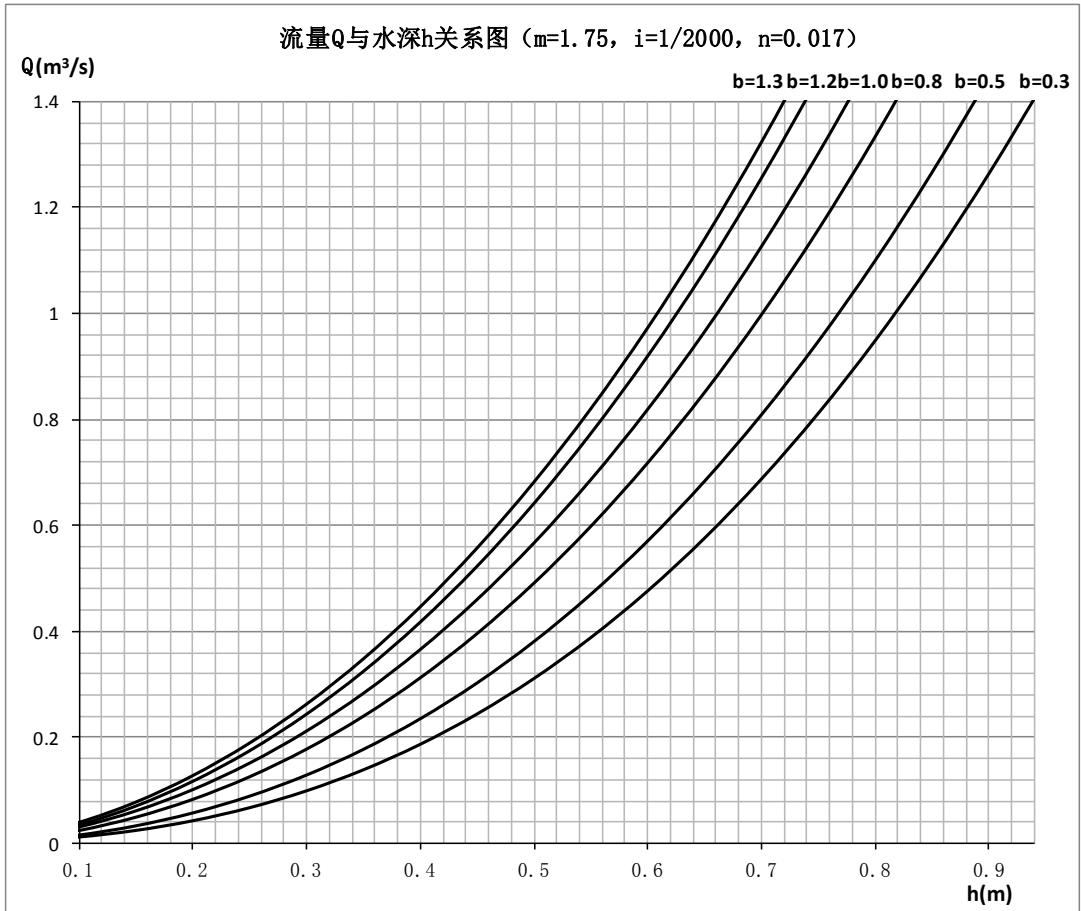
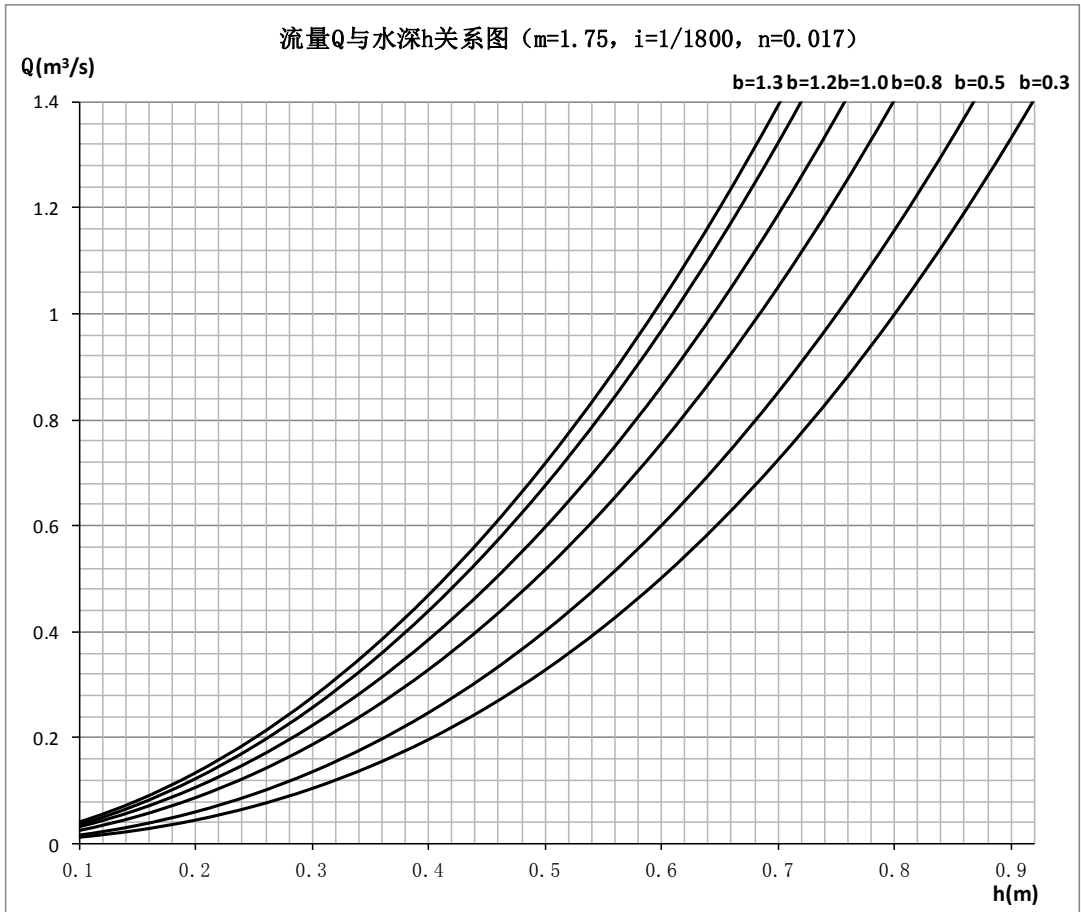


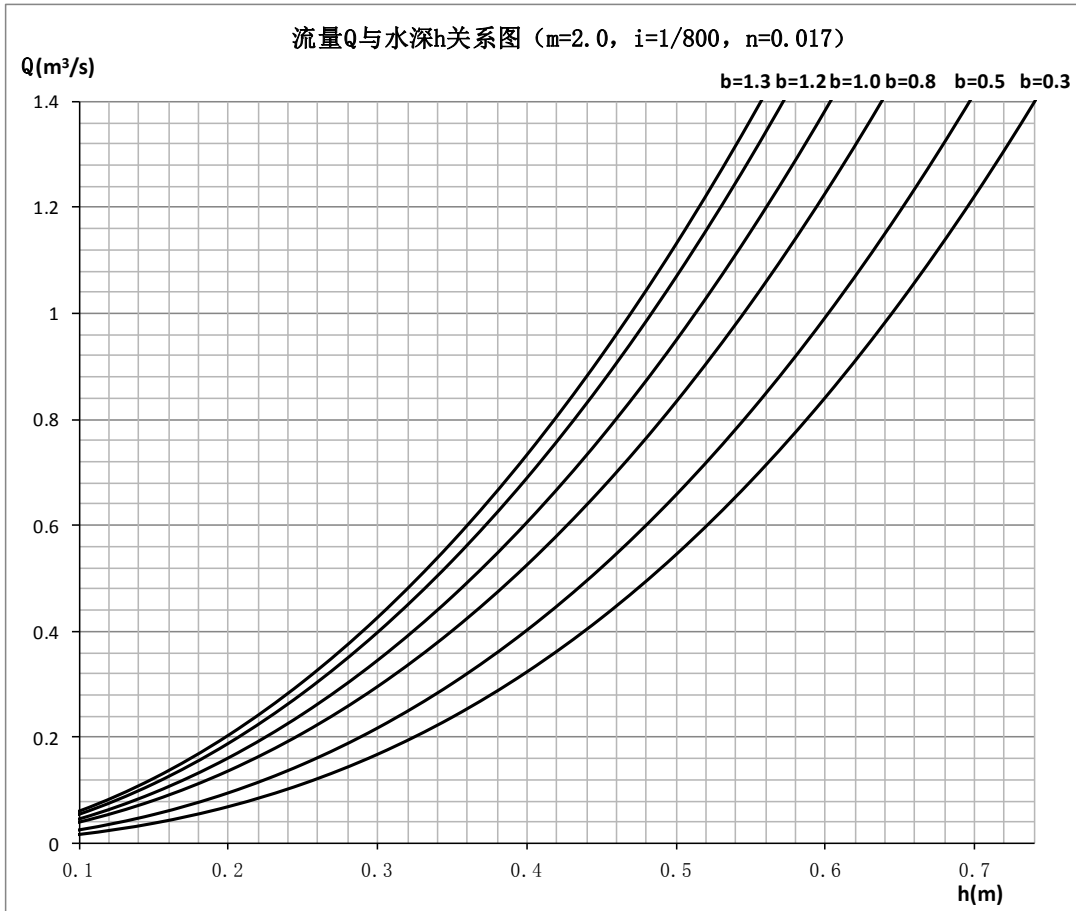
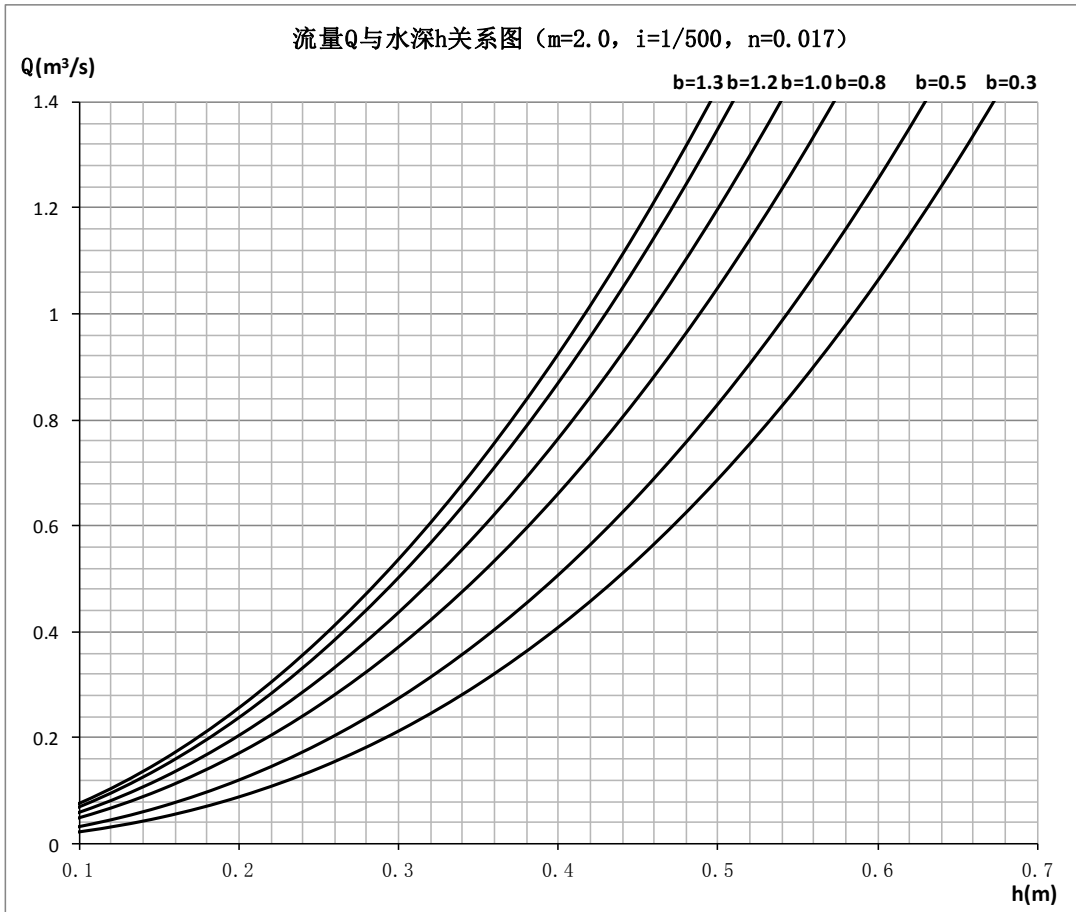


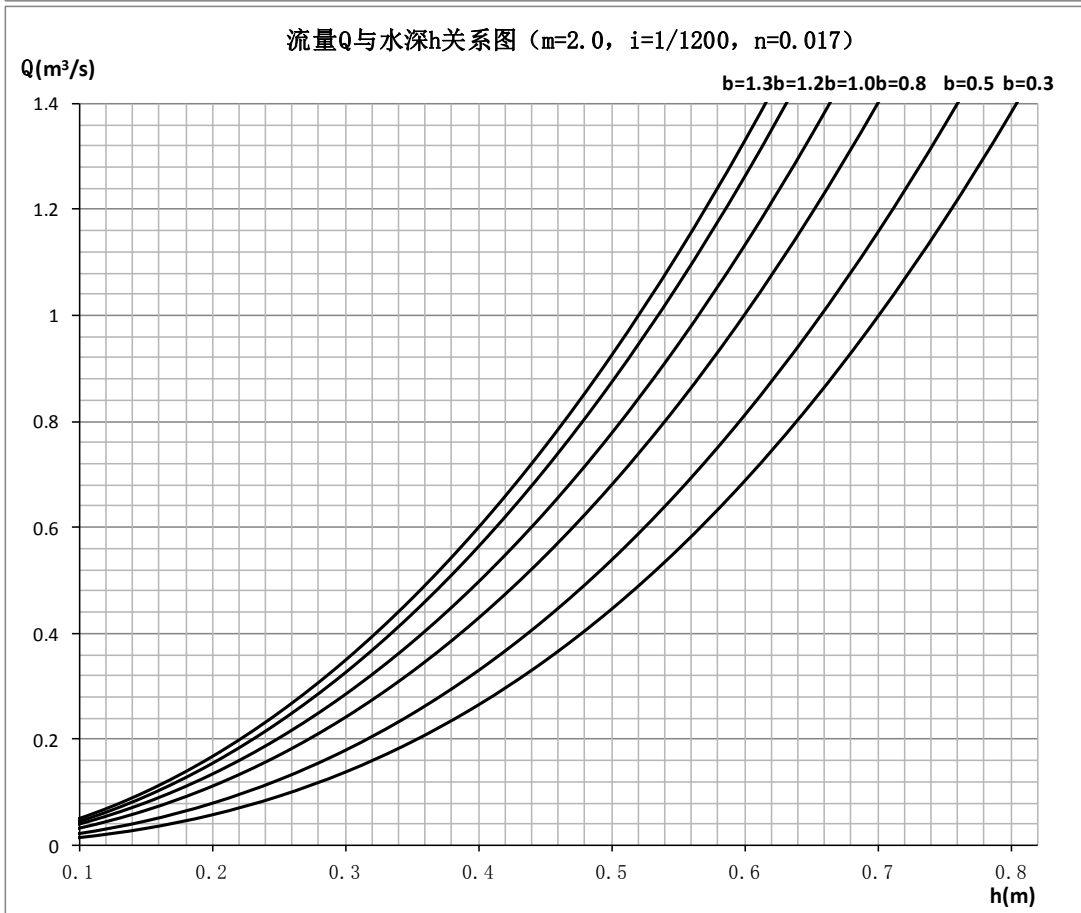
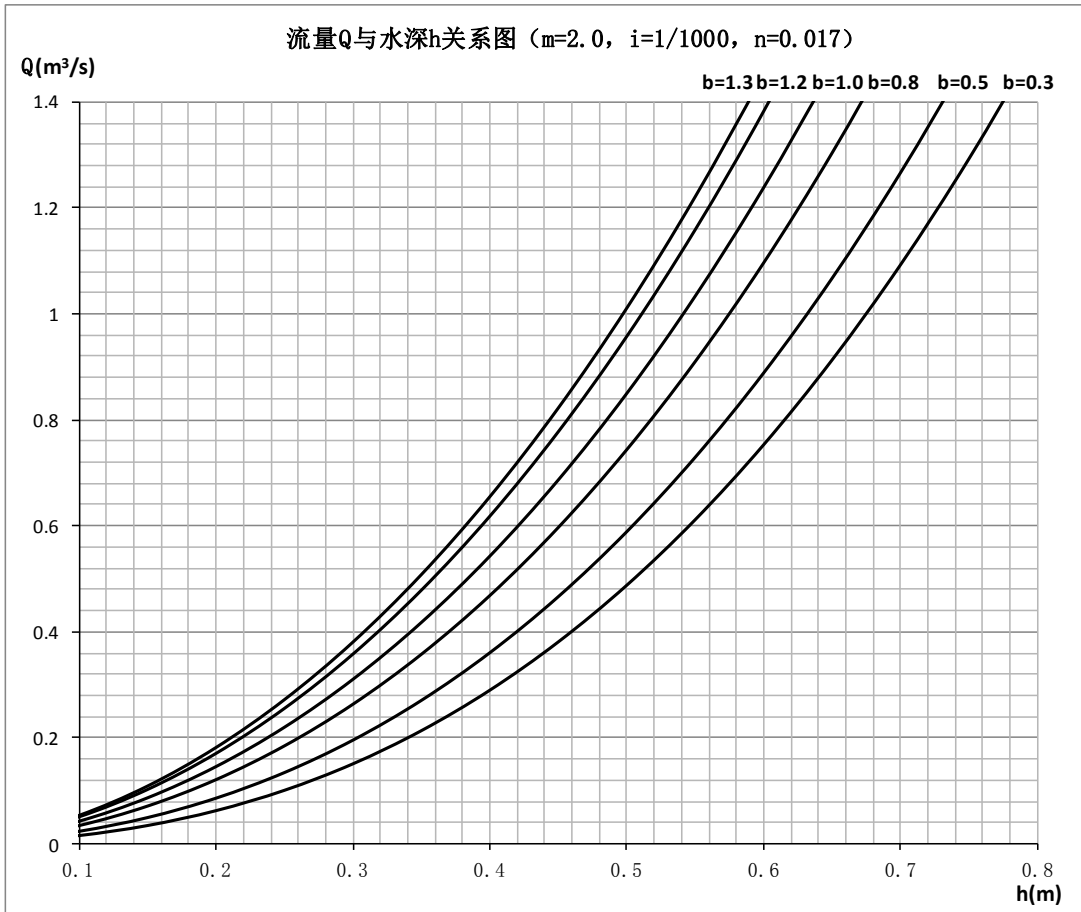


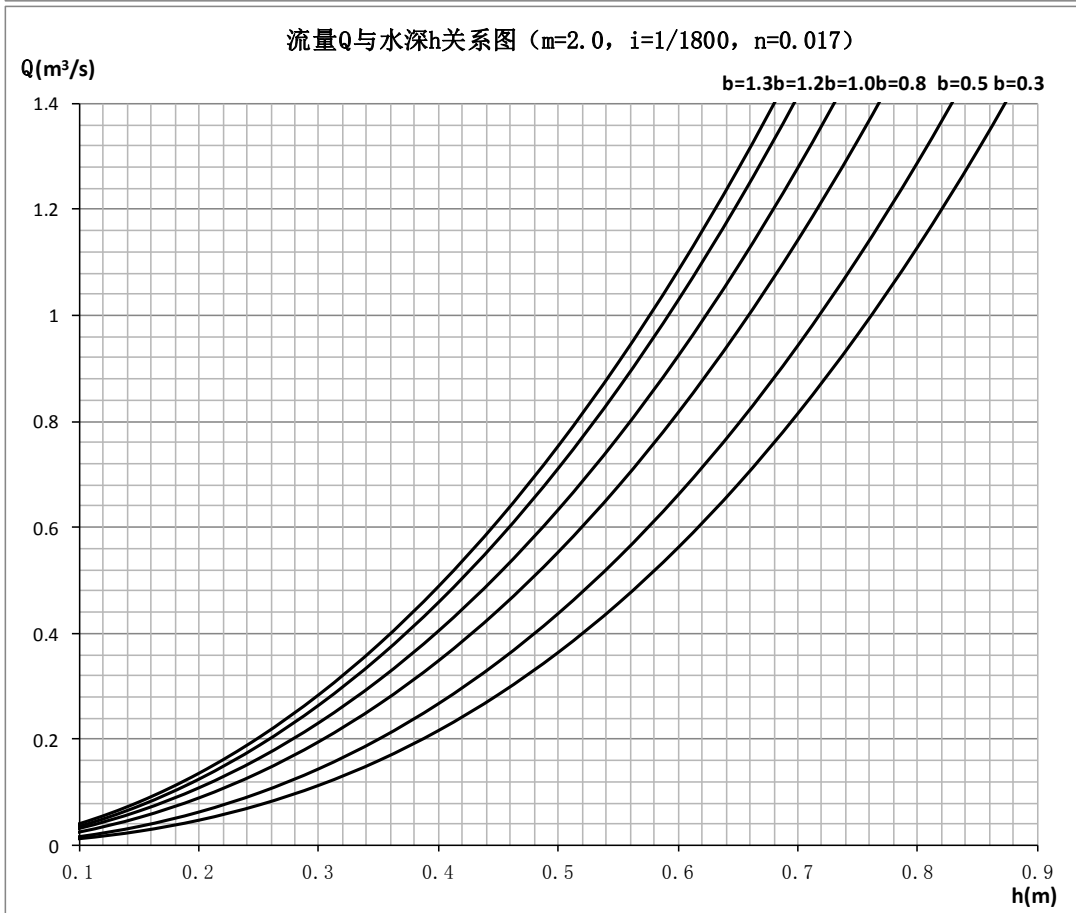
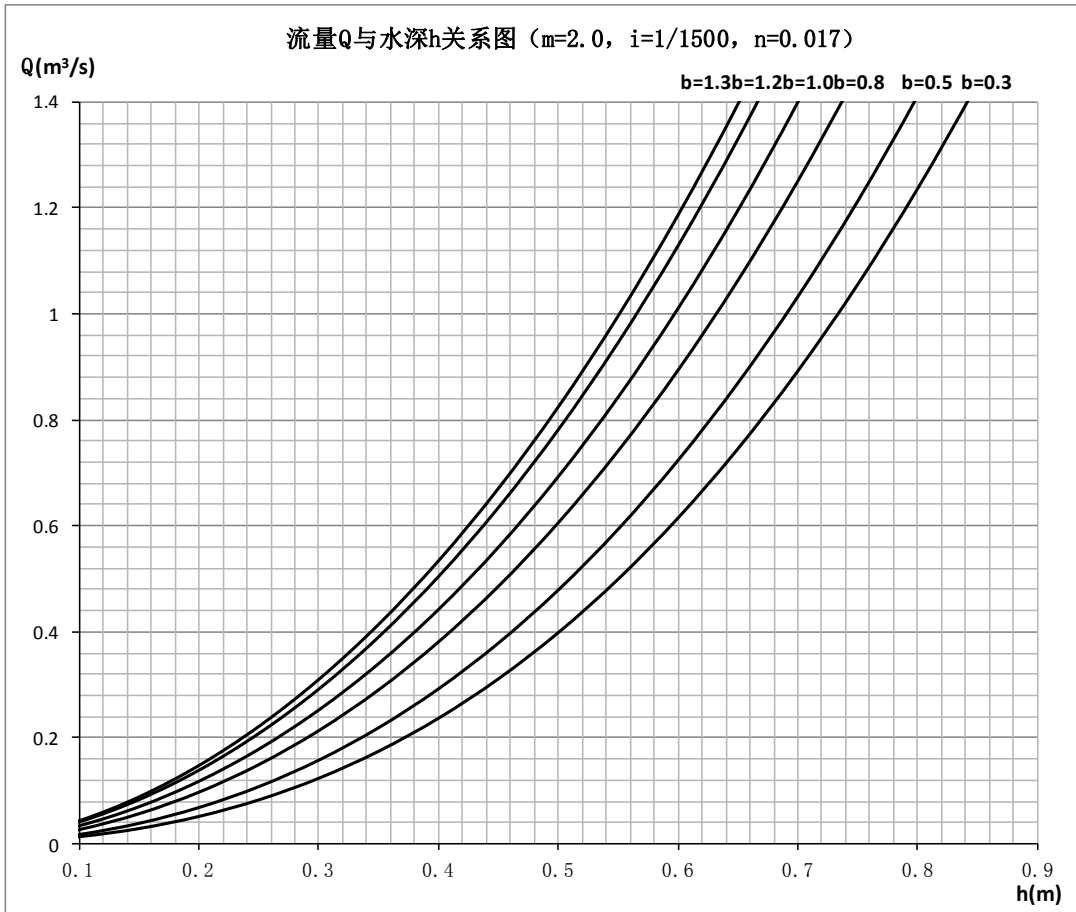


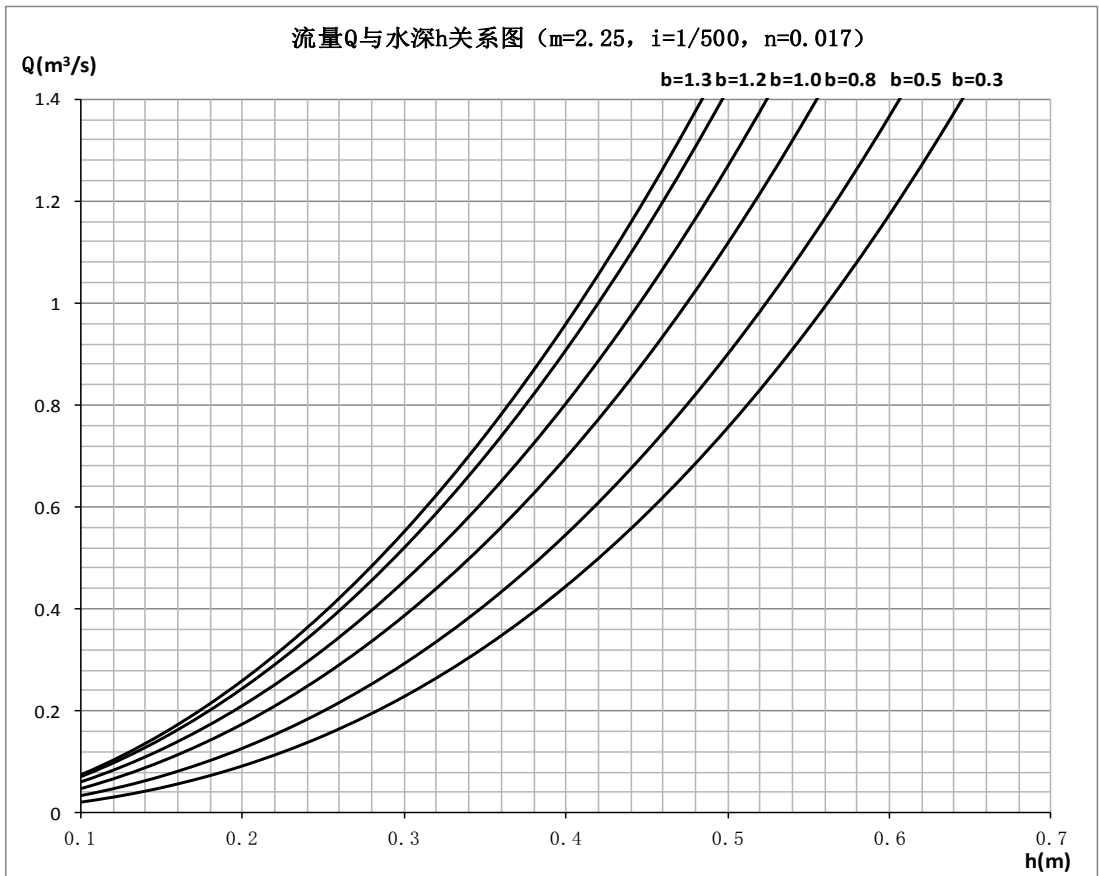
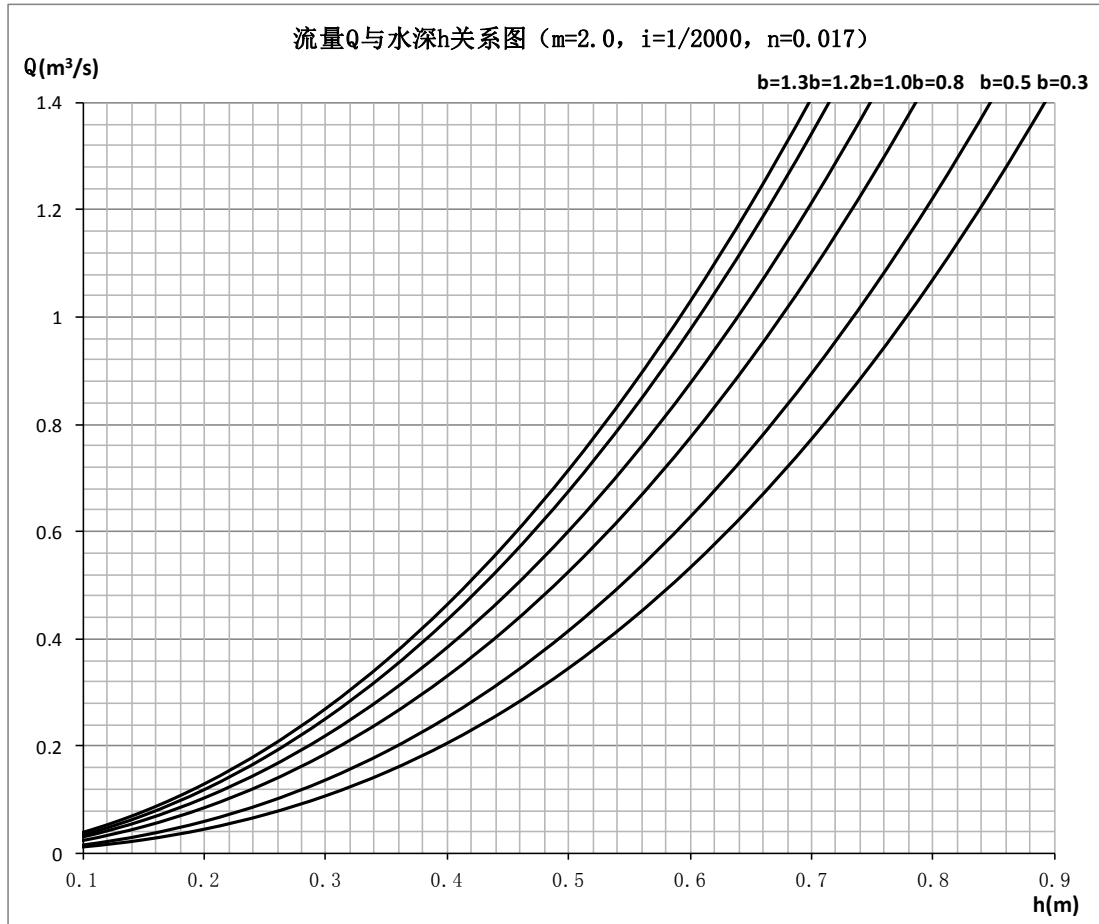


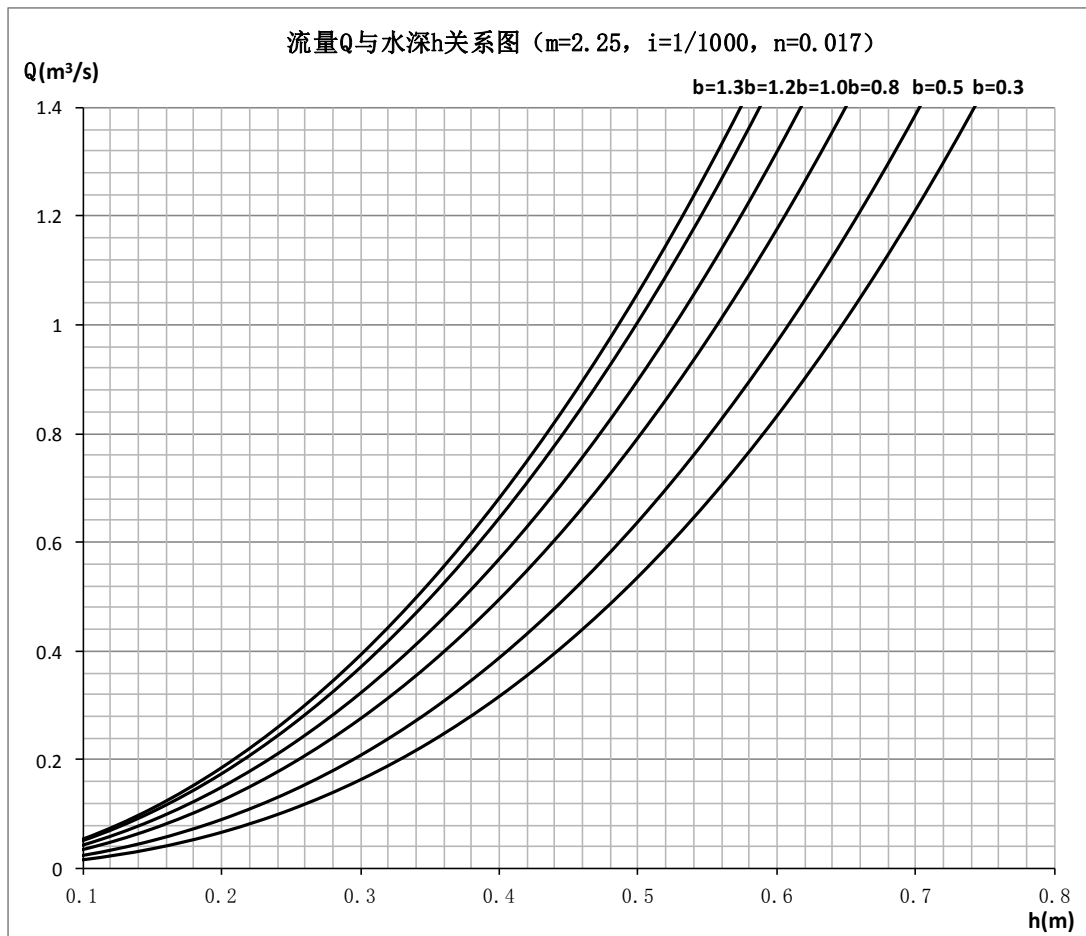
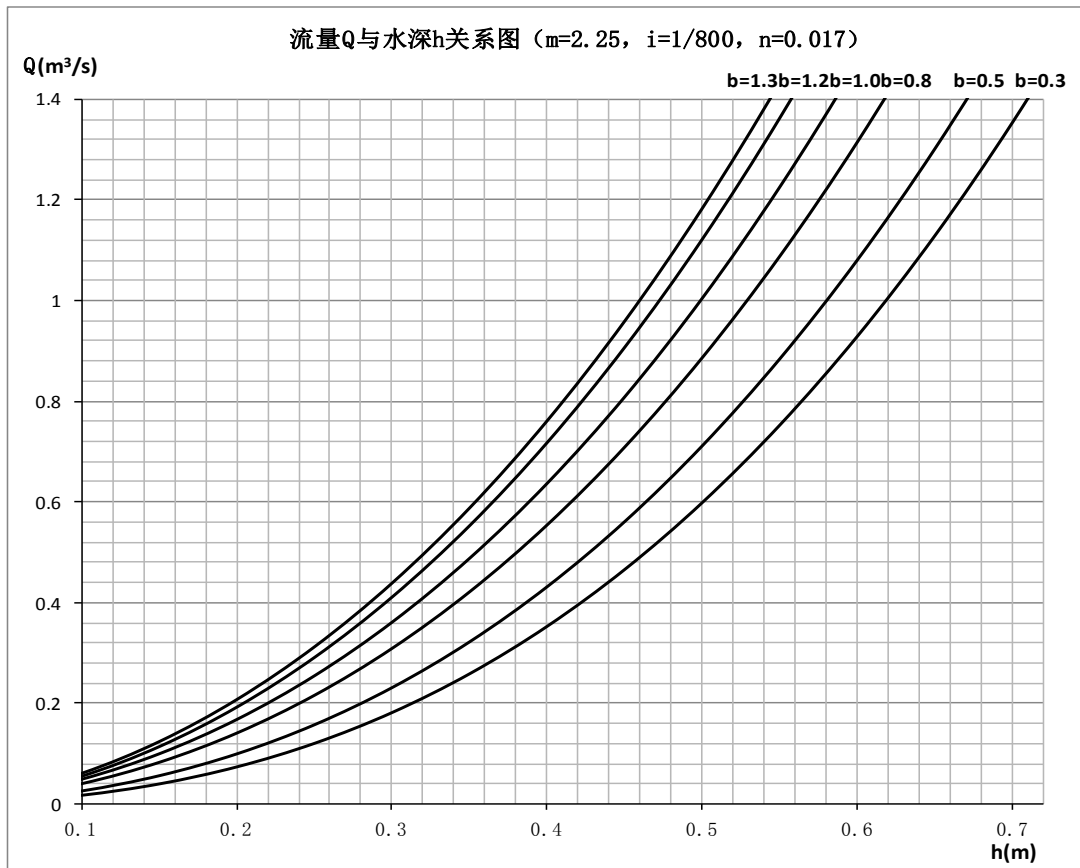


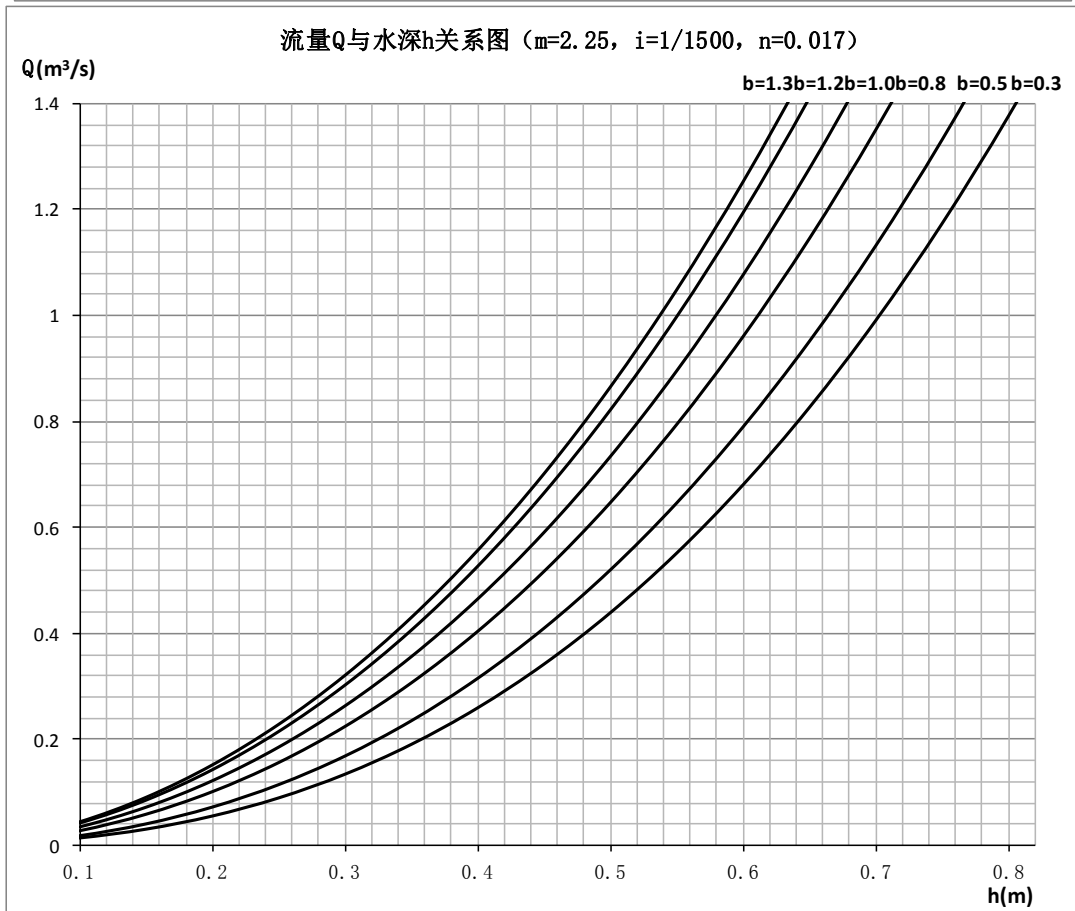
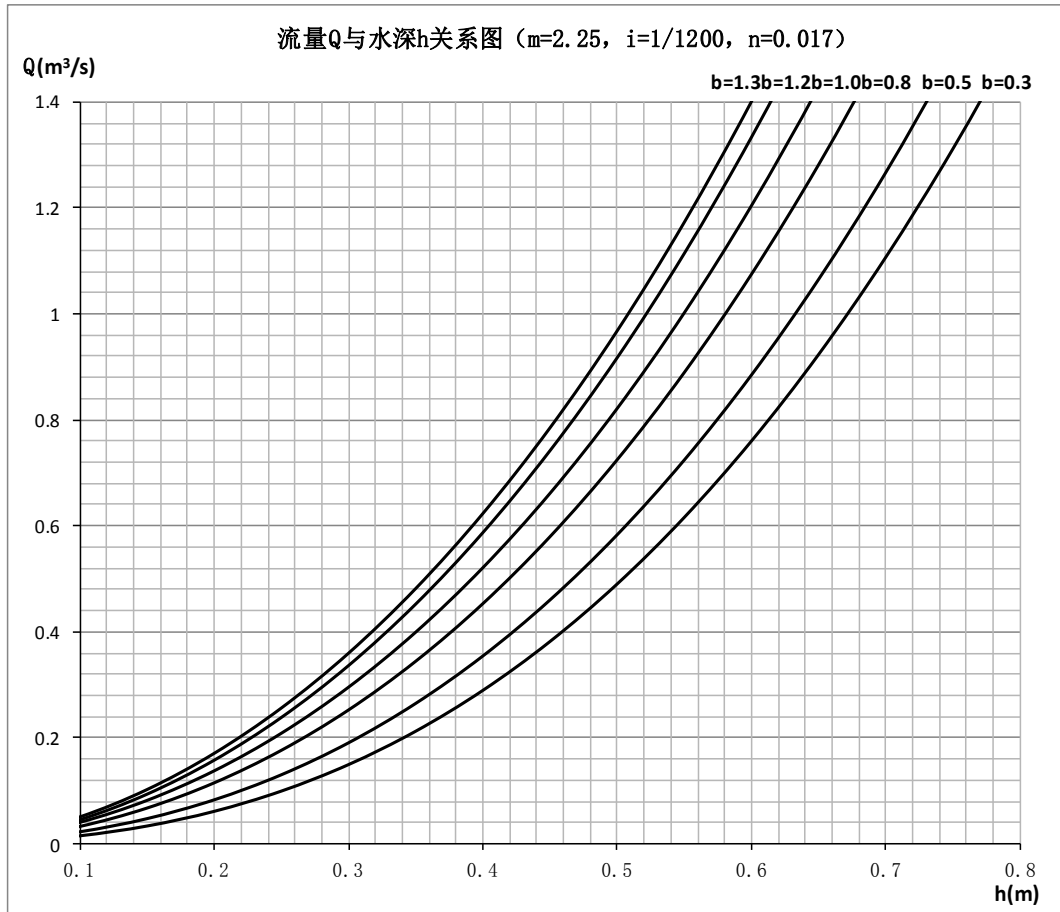












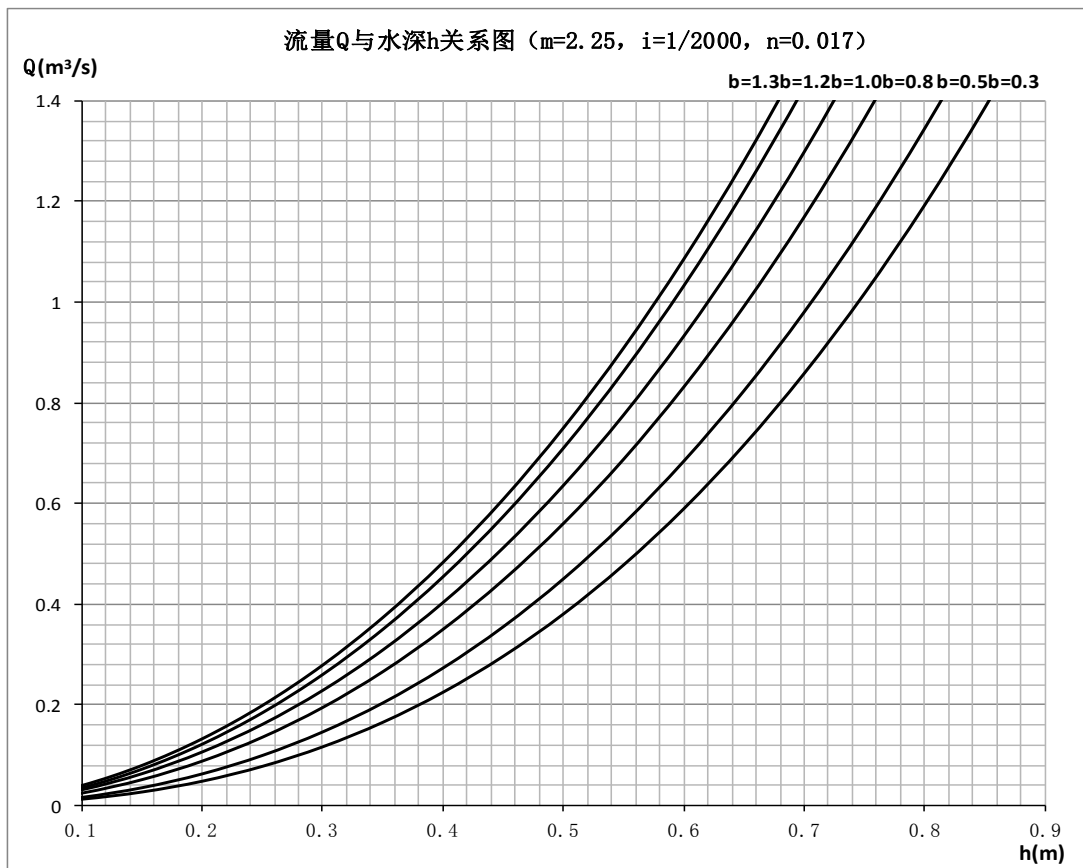
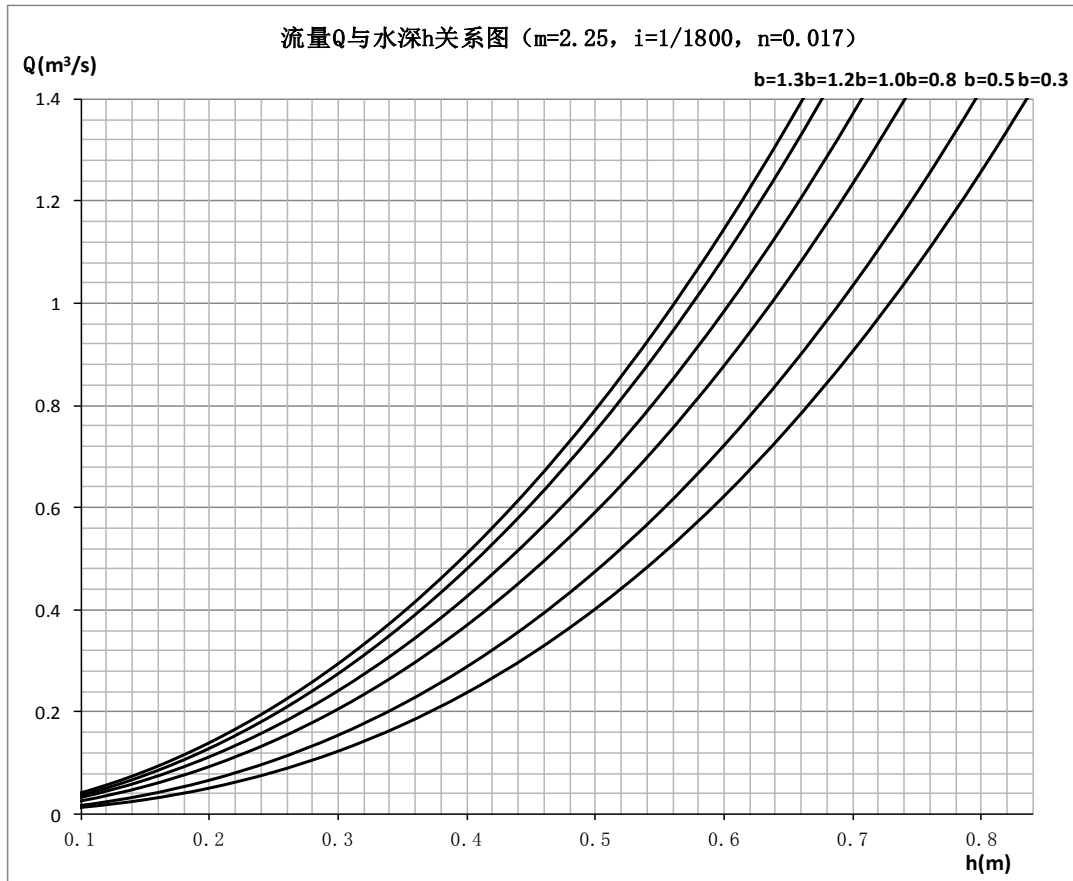


图 2.3 边坡系数 m 、比降 i 的流量 Q 与水深 h 关系图

2.2.3 举例

(1) 某梯形渠道设计(加大)流量 $Q=0.8\text{m}^3/\text{s}$, 渠底比降 $i=1/1800$, 边坡系数 $m=1.25$, 试求其水力最佳断面尺寸。

按水力最优断面求解, 已知边坡系数 $m=1.25$ 、设计(加大)流量 $Q=0.8\text{m}^3/\text{s}$, 查<水力最优断面 b 、 h 取值图 ($m=1.25$ 、 $n=0.017$)> 得:

$$b(1/1800) = 0.53\text{m} \quad h(1/1800) = 0.76\text{m}$$

已知设计(加大)流量 $Q=0.8\text{m}^3/\text{s}$, 查表 2.1 确定渠堤超高 $a=0.5\text{m}$, 衬砌高度按设计加大水深控制, 求得渠道底宽 $B=0.53\text{m}$, 渠深 $H=0.76+0.5=0.81\text{m}$, 衬砌高度为 0.76m 。

(2) 某渠道设计流量 $Q=0.8\text{m}^3/\text{s}$, 渠底比降 $i=1/2000$, 边坡系数 $m=1.25$, 渠道底宽 $b=0.8\text{m}$, 试求其断面尺寸。

按明渠均匀流求解, 查<流量 Q 与水深 h 关系图 ($m=1.25$, $i=1/2000$, $n=0.017$)> 得:

$$h(1/2000) = 0.69\text{m}$$

已知设计流量 $Q=0.8\text{m}^3/\text{s}$, 查表 2.1 确定渠堤超高 $a=0.5\text{m}$, 衬砌高度按设计加大水深控制, 求得渠深 $H=0.69+0.5=1.19\text{m}$, 衬砌高度为 0.69m 。

2.3 矩形衬砌断面设计

2.3.1 断面形式

广东省内灌区现有渠道断面形式以矩形断面的渠道数量较多，如果边坡不便挖成斜坡或受用地限制，可采用矩形衬砌断面，衬砌形式主要有砖砌（砂浆抹面）和埋石混凝土挡墙两种形式。衬砌断面示意图如图 2.4、2.5 所示。

(1) 矩形衬砌（砖砌）断面

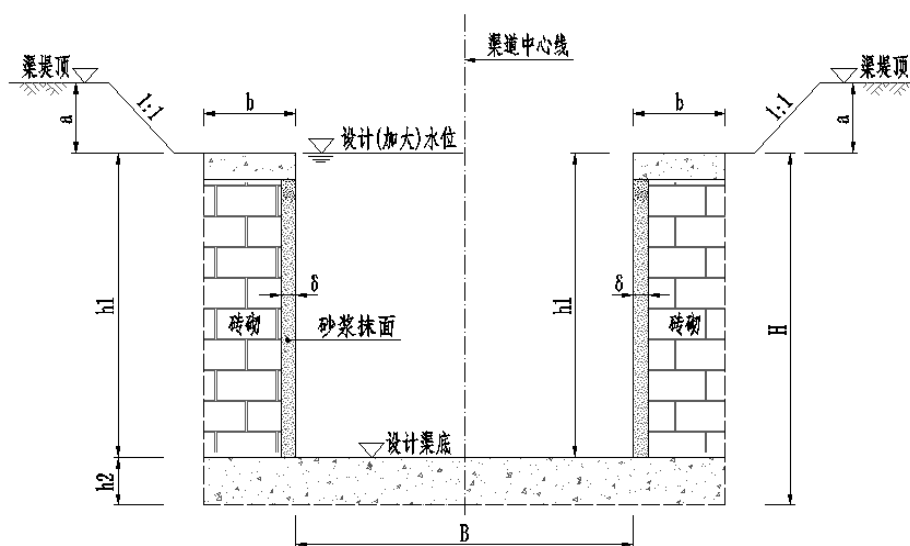


图 2.4 矩形衬砌（砖砌）断面示意图

其中： B —衬砌渠底宽（m）；

h_1 —通过加大流量时的水深、衬砌渠深度（m）；

h_2 —底板厚度（m），现浇混凝土，厚 10cm；

H —边墙高（m）；

δ —砂浆抹面厚度（cm），取 $\delta=2\text{cm}$ ；

b_1 —边墙厚（m），取值见表 2.5；

a —渠堤超高（m），按规范及我省实际经验，取值参考表 2.4。

(2) 矩形衬砌（埋石砼挡墙）断面

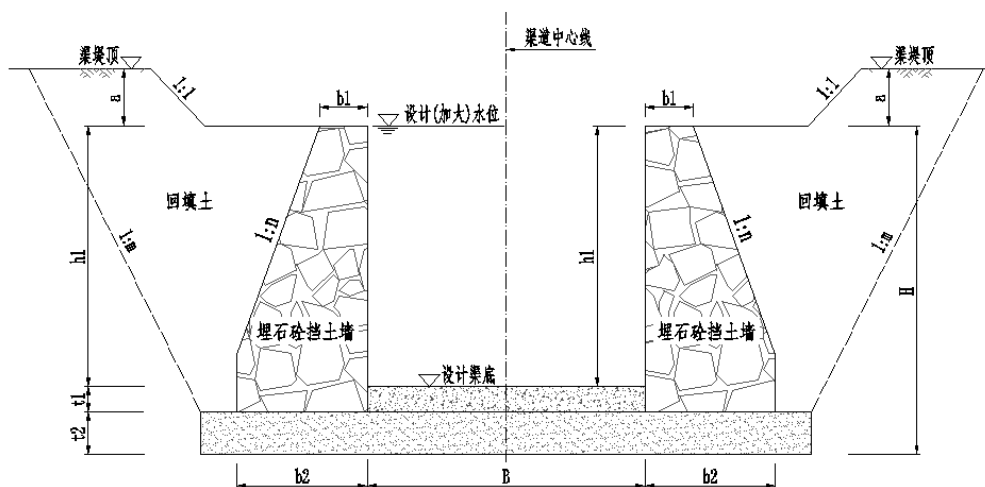


图 2.5 矩形衬砌（埋石砼挡墙）断面示意图

其中： B —衬砌渠底宽（m）；

h_1 —通过加大流量时的水深（m）；

t_1 —底板厚度（m），现浇混凝土，厚 5—10cm；

t_2 —级配砂碎石垫层厚度（m），厚 $\geq 0.3\text{m}$ ；

H —边墙高（m）；

b_1 —埋石砼挡墙顶宽度（m）；

b_2 —埋石砼挡墙底宽度（m）；

n —埋石砼挡墙背边坡；

m —挡墙基础开挖边坡；

a —渠堤超高（m），按规范及我省实际经验，取值参考表 2.4。

（注：挡墙参数 b_1 、 b_2 、 n 需经挡墙稳定分析后确定。）

2.3.2 设计要点

矩形渠道的衬砌形式应根据渠道大小及现状的实际地形地貌，因地制宜地选用合适的衬砌形式。

矩形断面小型渠道一般多采用砖砌筑，但在广东省实际工程中也有部分矩形断面小型渠道采用现浇混凝土衬砌。由于边墙需依靠自身重力维持稳定，砌筑断面较大，材料浪费较严重，本手册原则上不推荐采用矩形衬砌断面。特殊情况必须采用矩形衬砌方式的，砖衬砌 1.2m 以下和混凝土衬砌 0.8m 以下渠道边墙高度与厚度取值见表 2.5 与表 2.6。

为保证砖砌渠道整体稳定性，对边墙高度大于 0.6 米的砖砌渠道，应加横撑，横撑间距以 3—5 米为宜。

表 2.4 渠堤超高 a 值及衬砌超高 a₁ 值表

设计流量 (m ³ /s)	<0.3	0.3~1.0
渠堤超高 a (m)	0.2~0.4	0.3~0.5
衬砌超高 a ₁ (m)	0.10~0.15	0.15~0.20

表 2.5 砖砌矩形断面渠道边墙高度与厚度取值表

边墙高 H (m)	墙厚 b ₁ (mm)	
	无粘性土	粘性土
0.8~1.2	240	240
0~0.8	180	180

表 2.6 现浇混凝土矩形断面渠道边墙高度与厚度取值表

边墙高度 H (m)	墙厚 b ₁ (mm)	
	无粘性土	粘性土
0.8	200	120
0.7	180	120
0.6	160	110
0.5	140	100
0.4	120	100
0.3	100	100

2.3.3 水力计算

对于矩形断面按明渠均匀流计算方法，根据谢才公式和明槽均匀流的性质，谢才系数 C 按曼宁公式计算，有：

$$C = \frac{1}{n} \times R^{1/6} \quad (2.8)$$

$$Q = \frac{1}{n} \times AR^{1/6} (Ri)^{1/2} \quad (2.9)$$

式中， v —断面的平均流速， m^2/s ；

Q —设计(加大)流量， m^3/s ；

A —过水断面面积， m^2 ；

R —水力半径， m ；

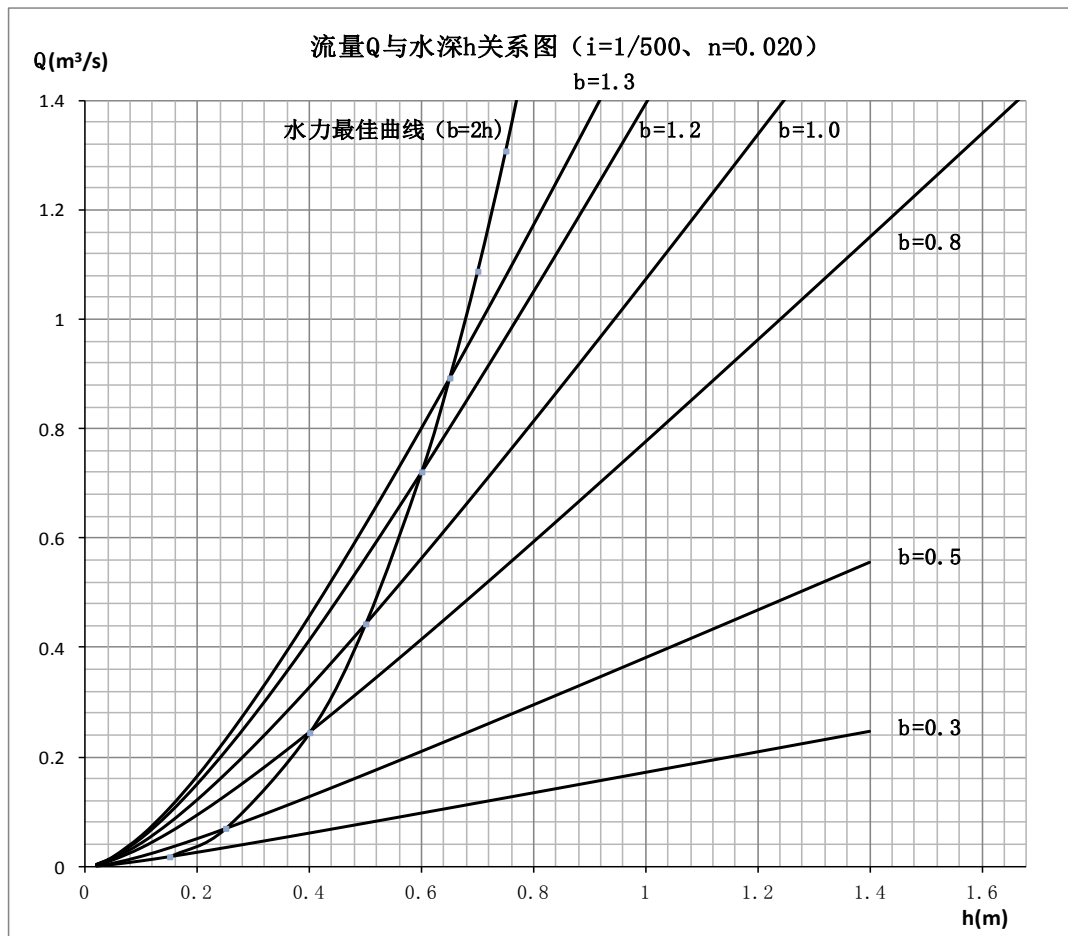
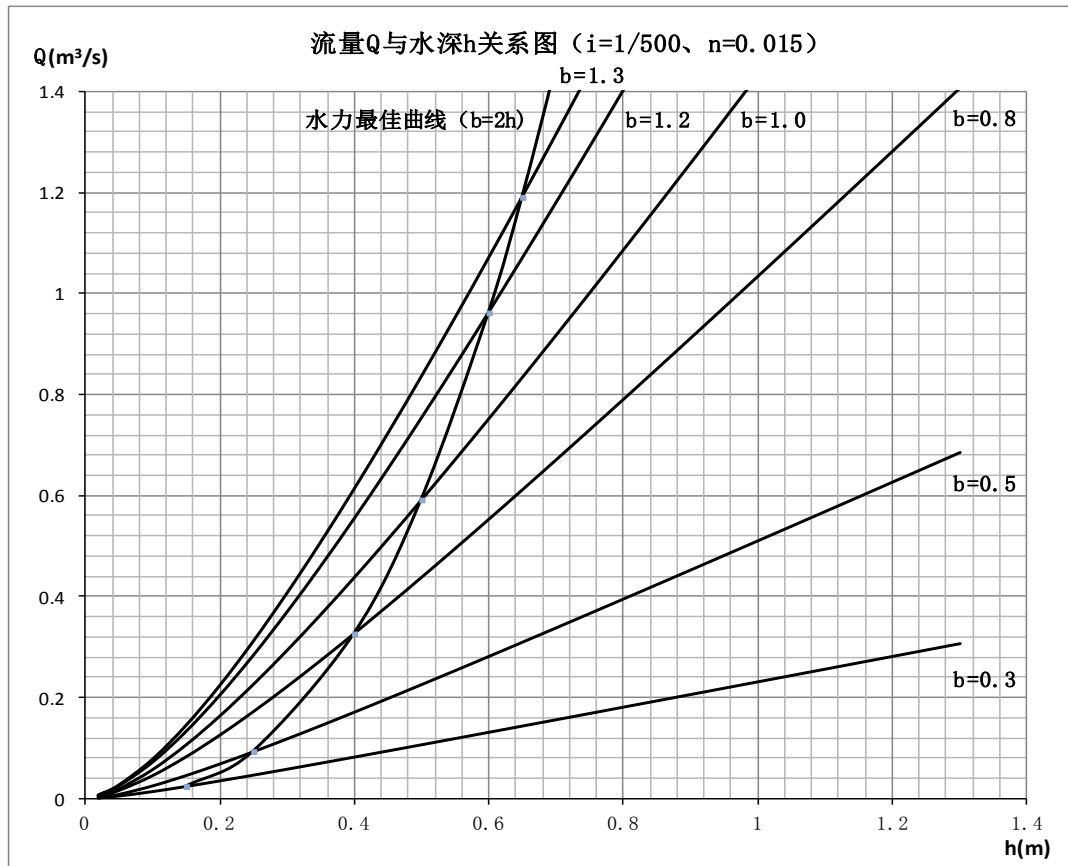
C —谢才系数；

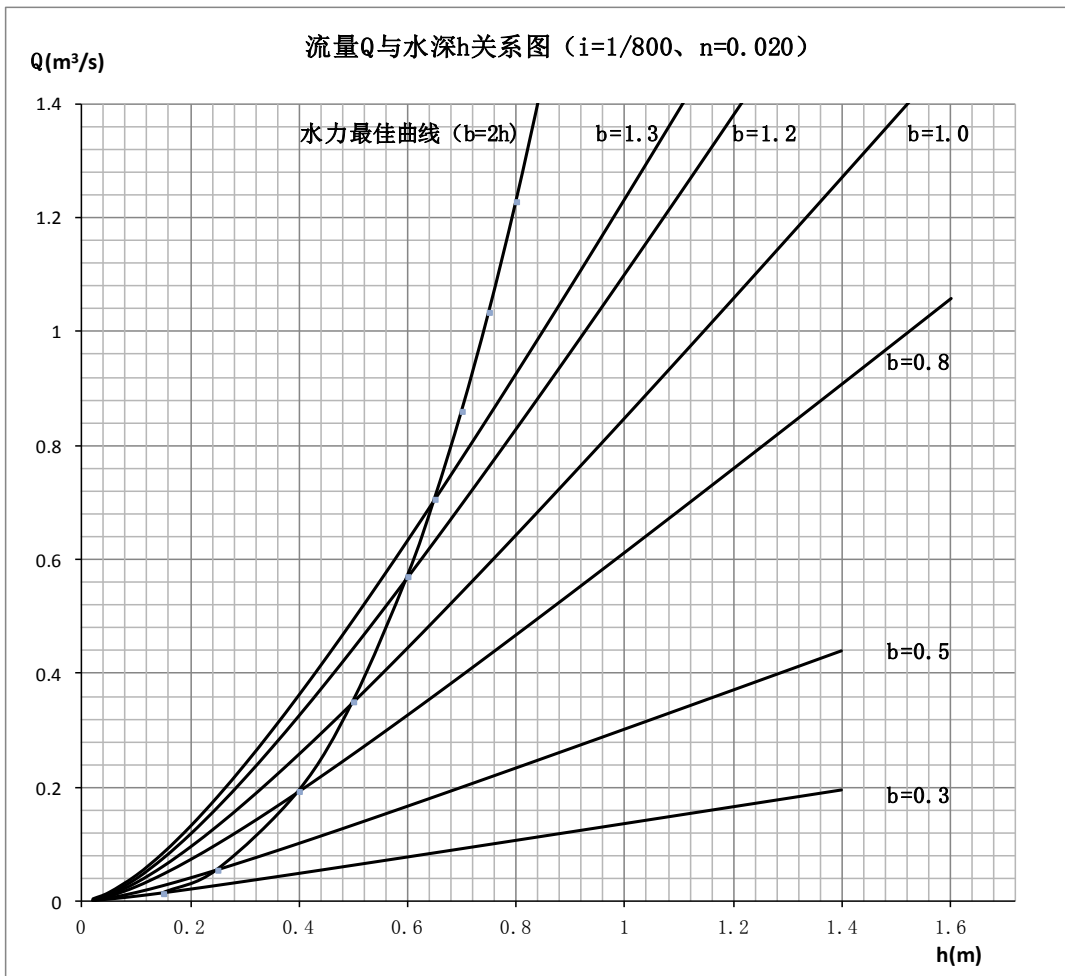
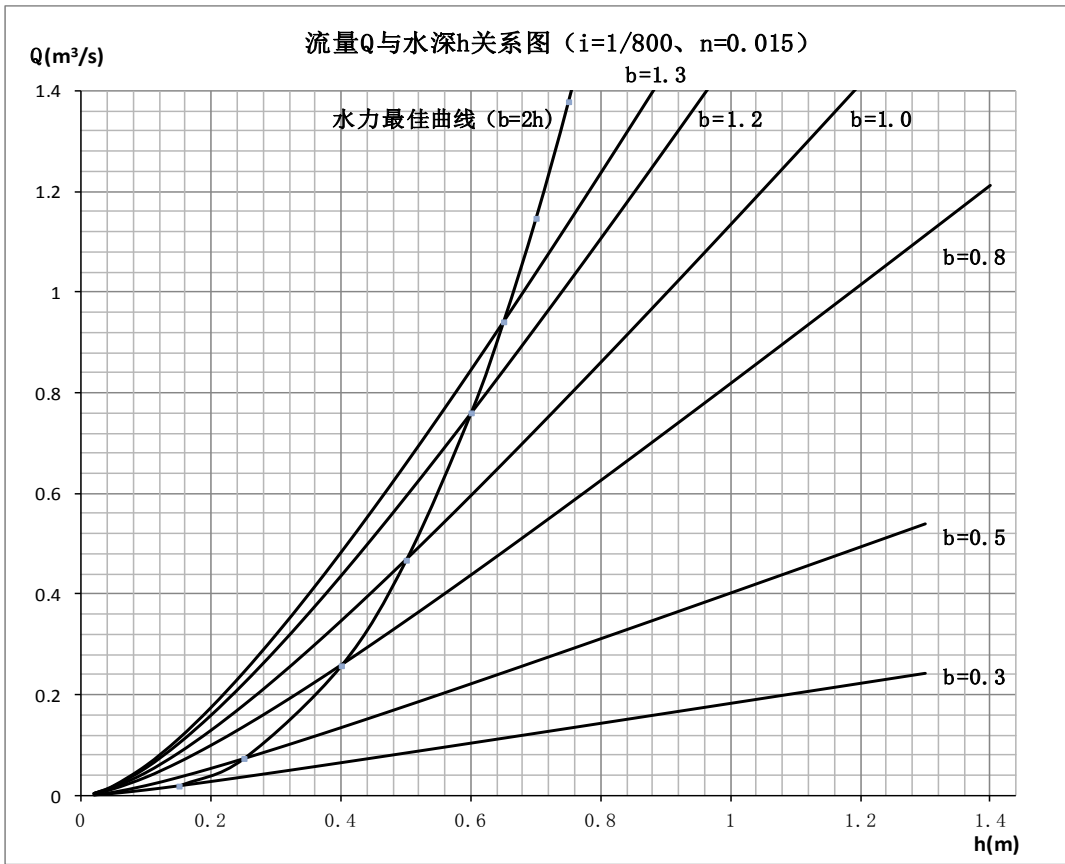
i —比降；

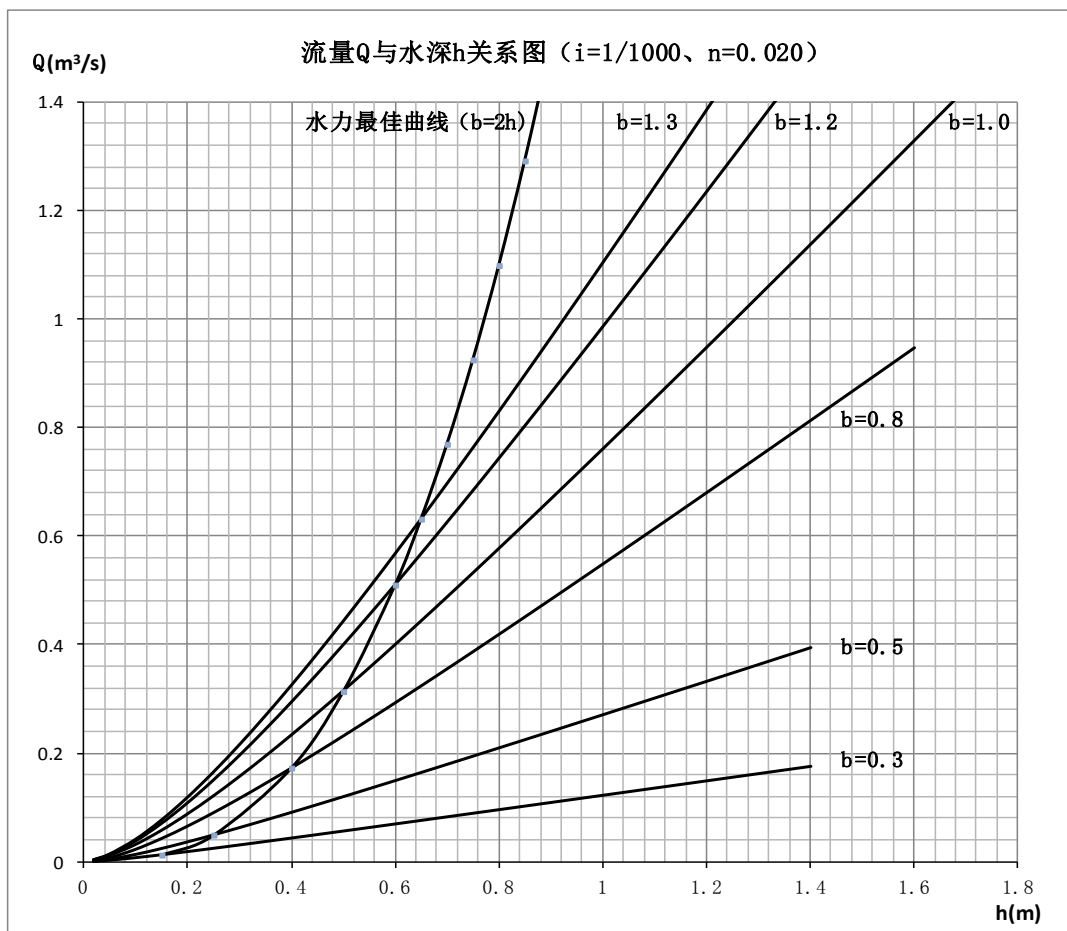
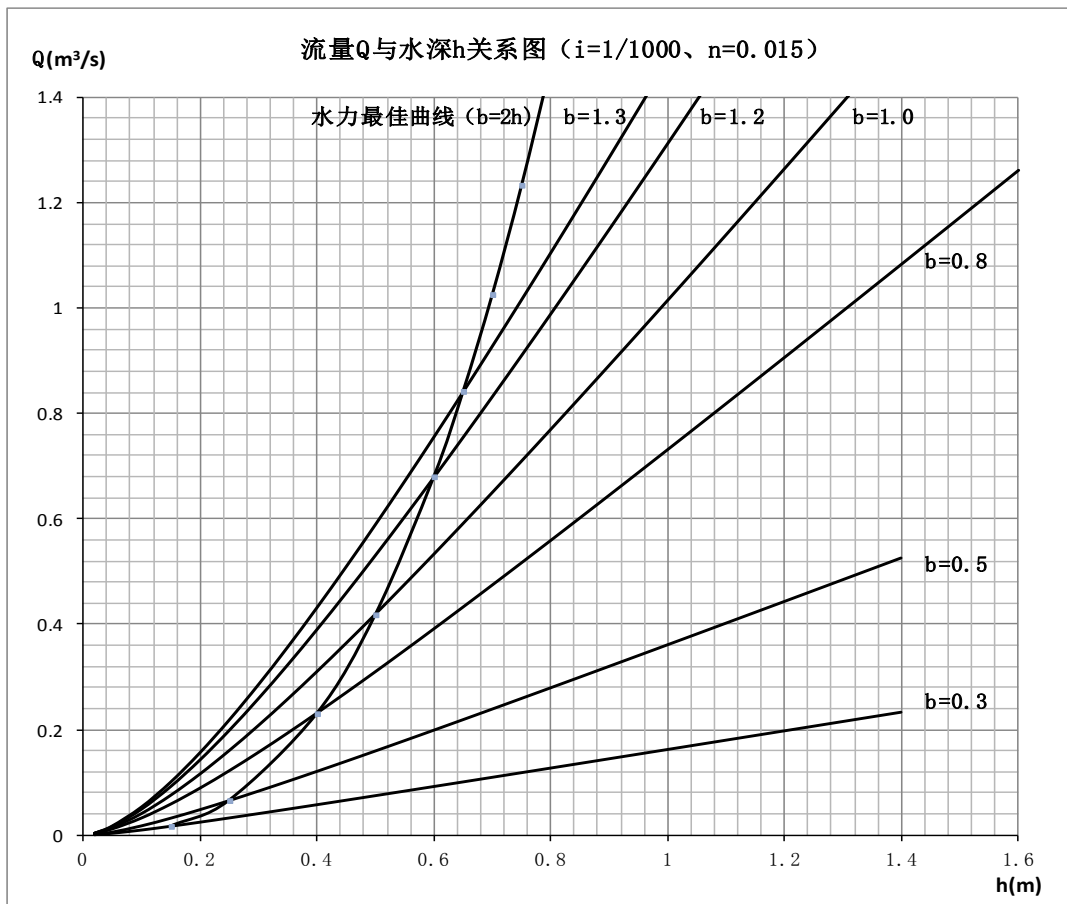
n —糙率，水泥砂浆抹面糙率取 0.015，浆砌石、埋石砼糙率取 0.020。

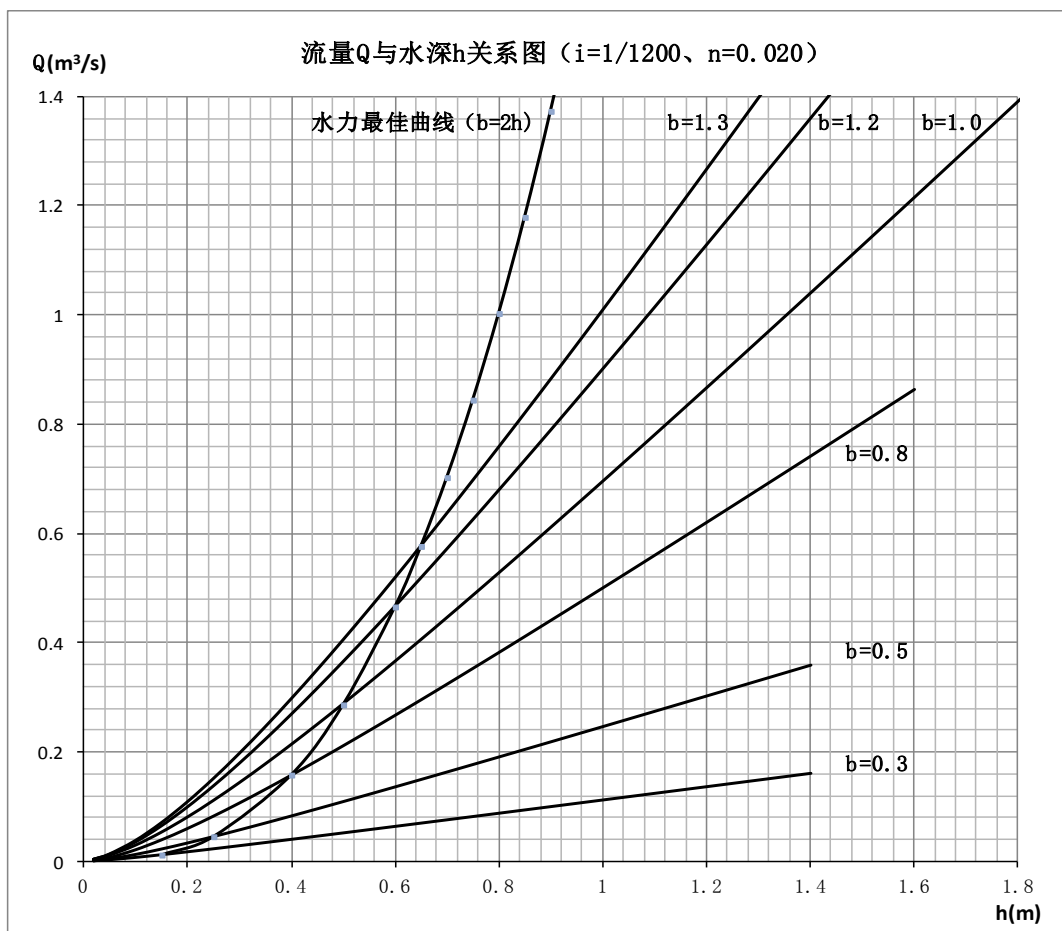
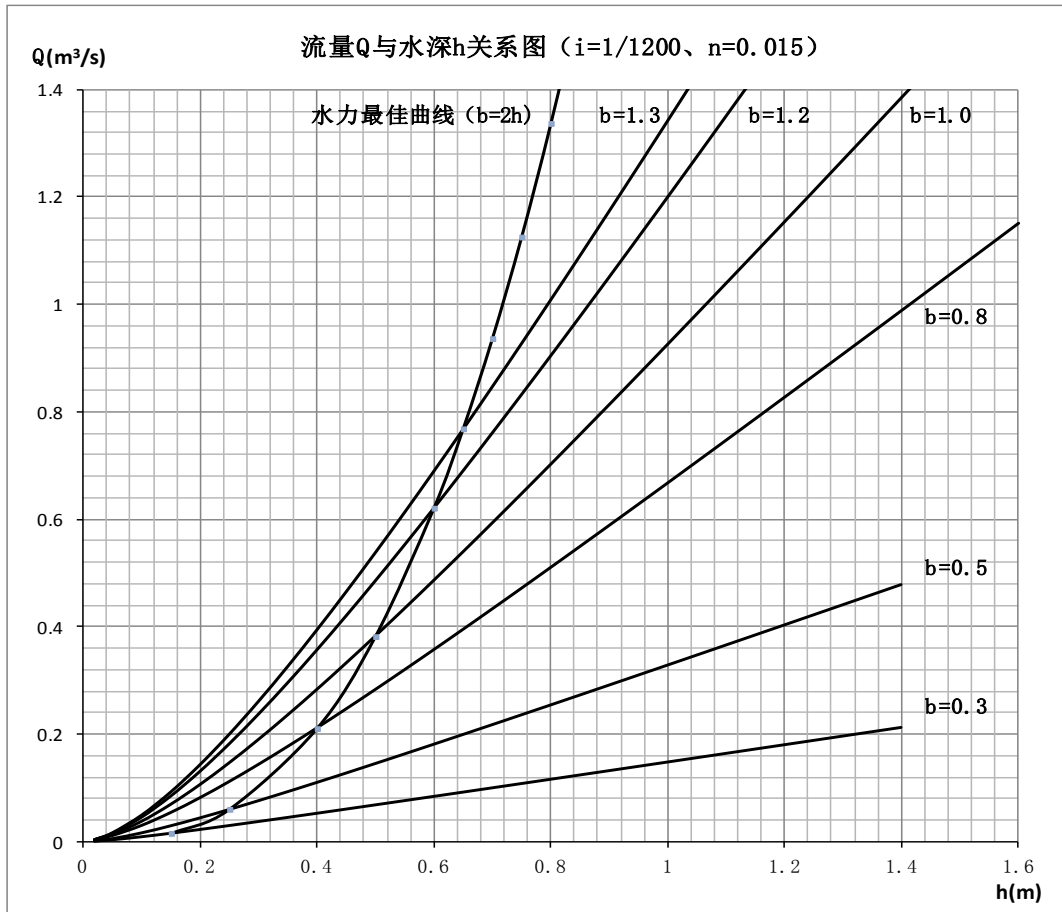
其中，最优水力断面条件为： b （底宽）= $2h$ （水深）。

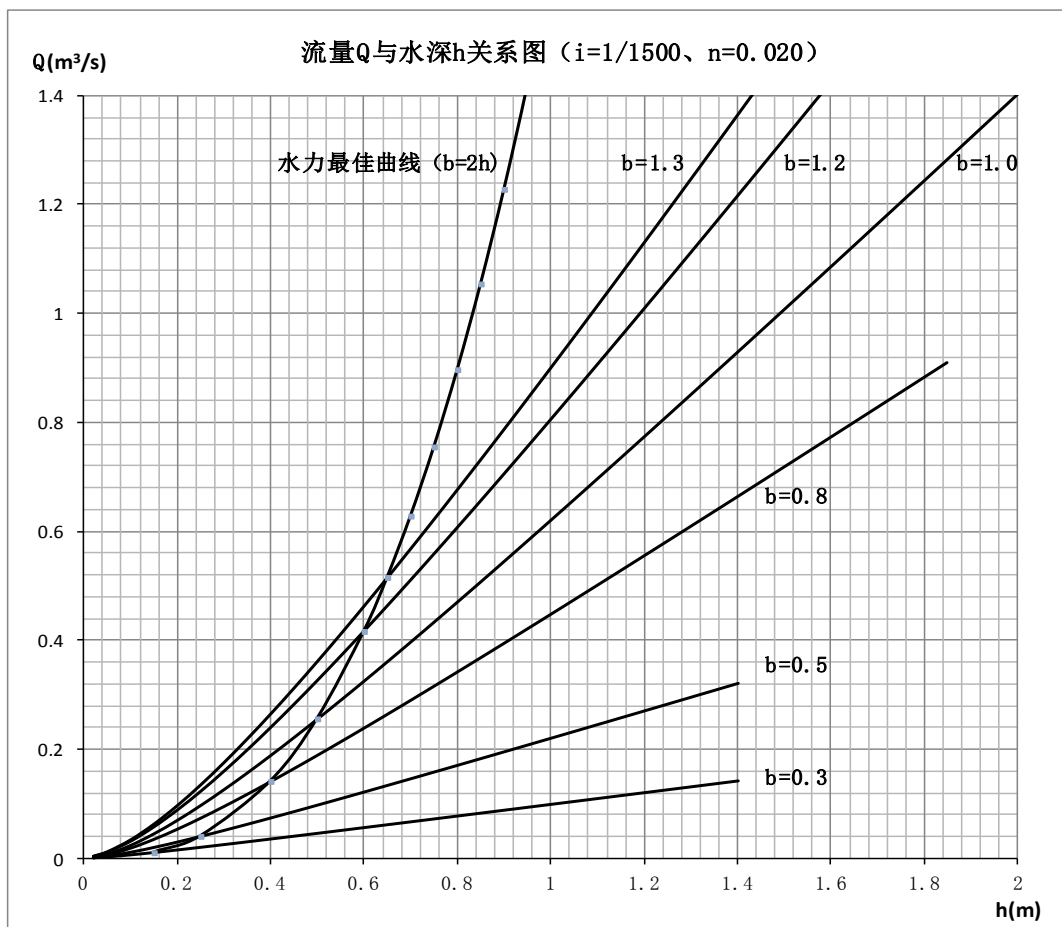
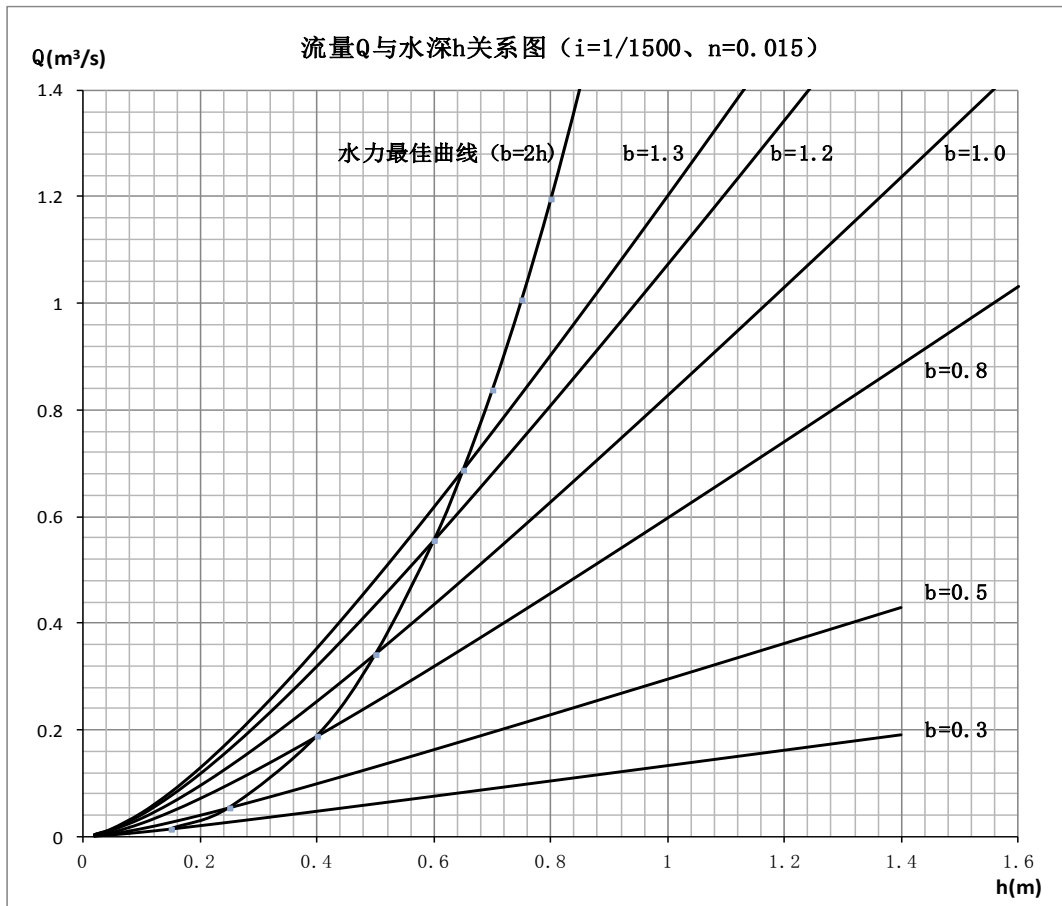
矩形断面渠道多为村旁、路边等流量较小的渠道，考虑到矩形断面渠道完全按“最优水力断面”设计，可能开挖或回填土方较大，特殊情况可依据设计（加大）流量按现有断面，稍作修整后进行衬砌。按明渠均匀流计算方法，不同比降 i 的流量 Q 与水深 h 关系，如图 2.5 所示。

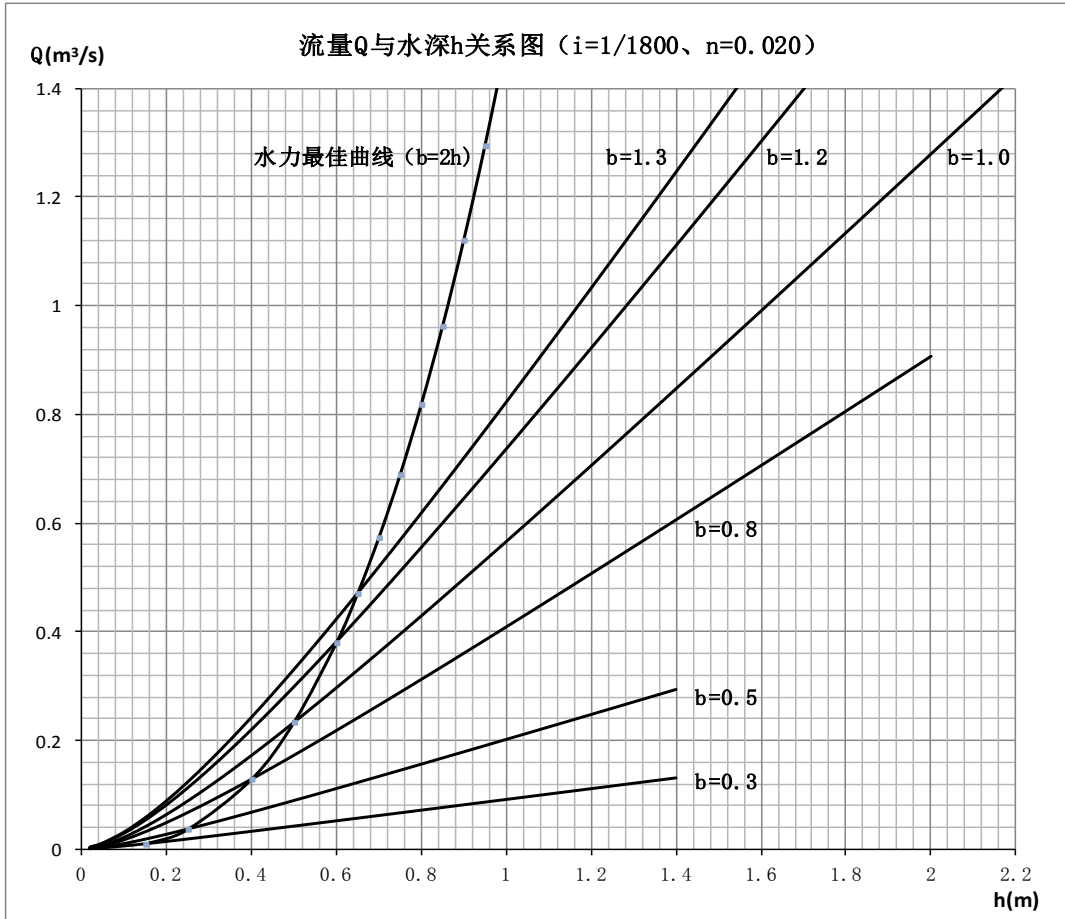
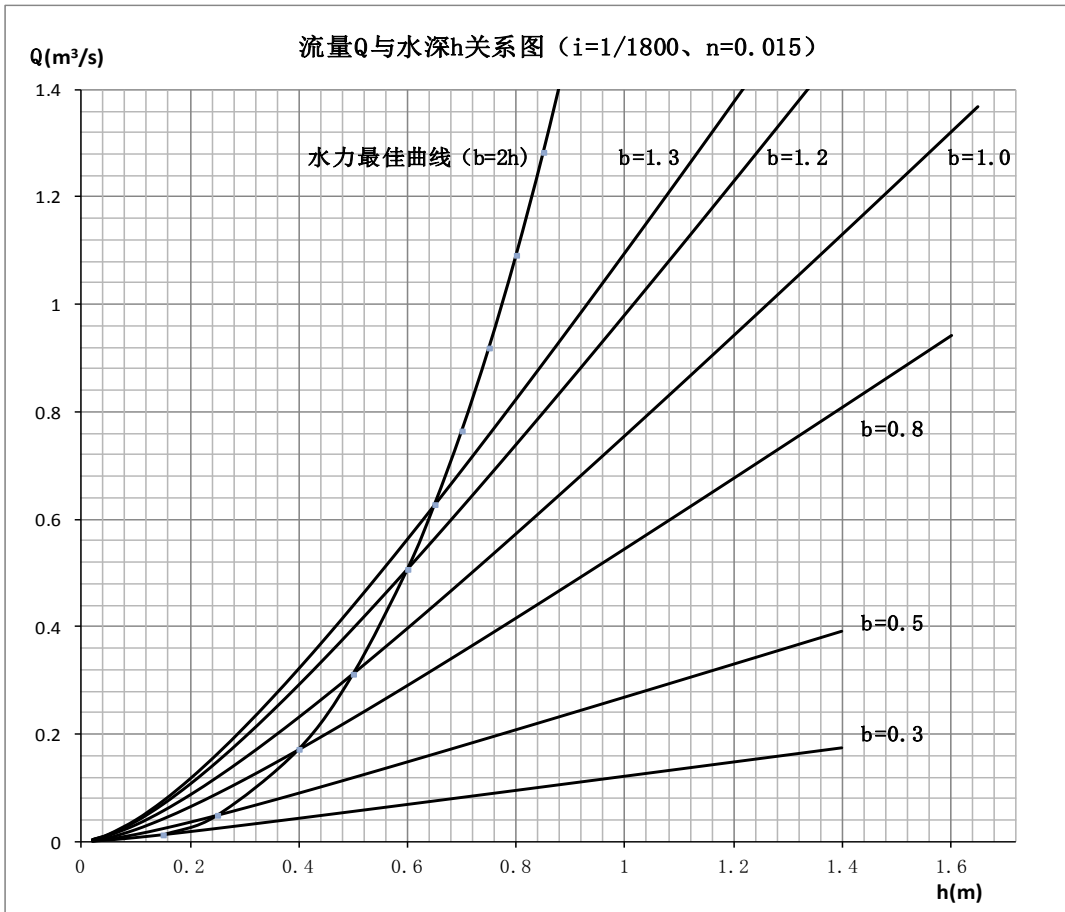












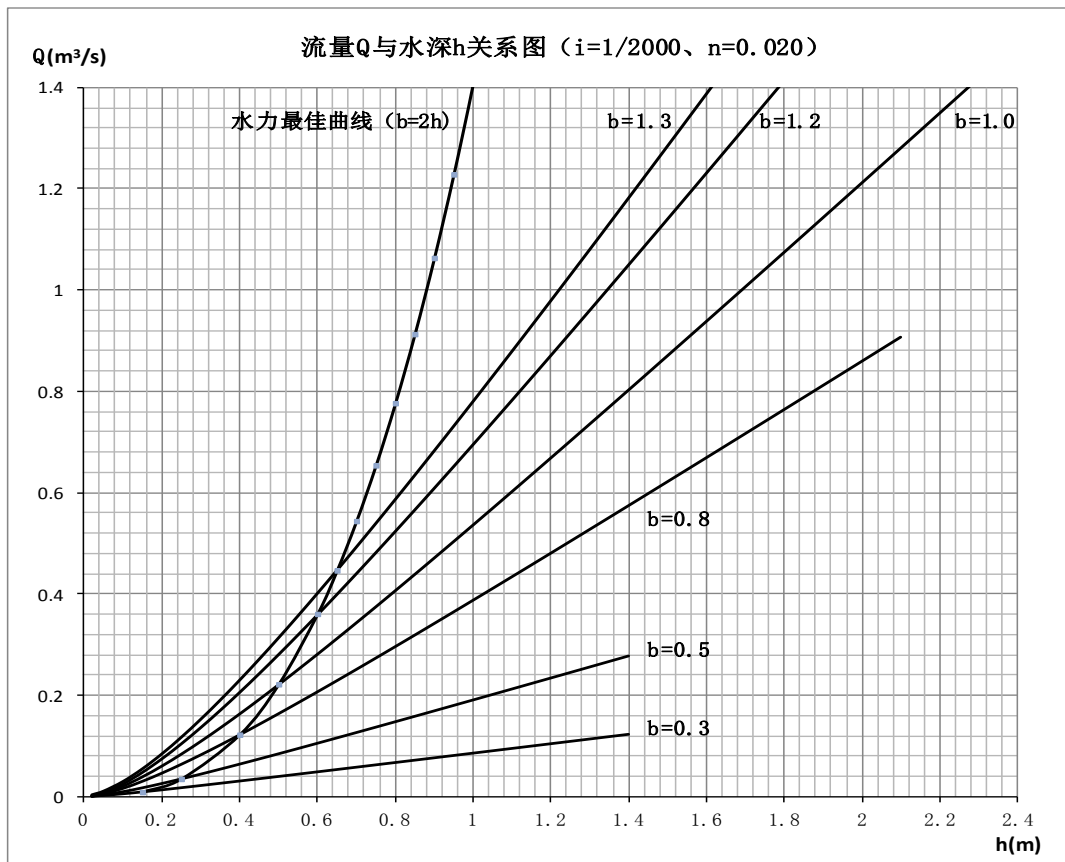
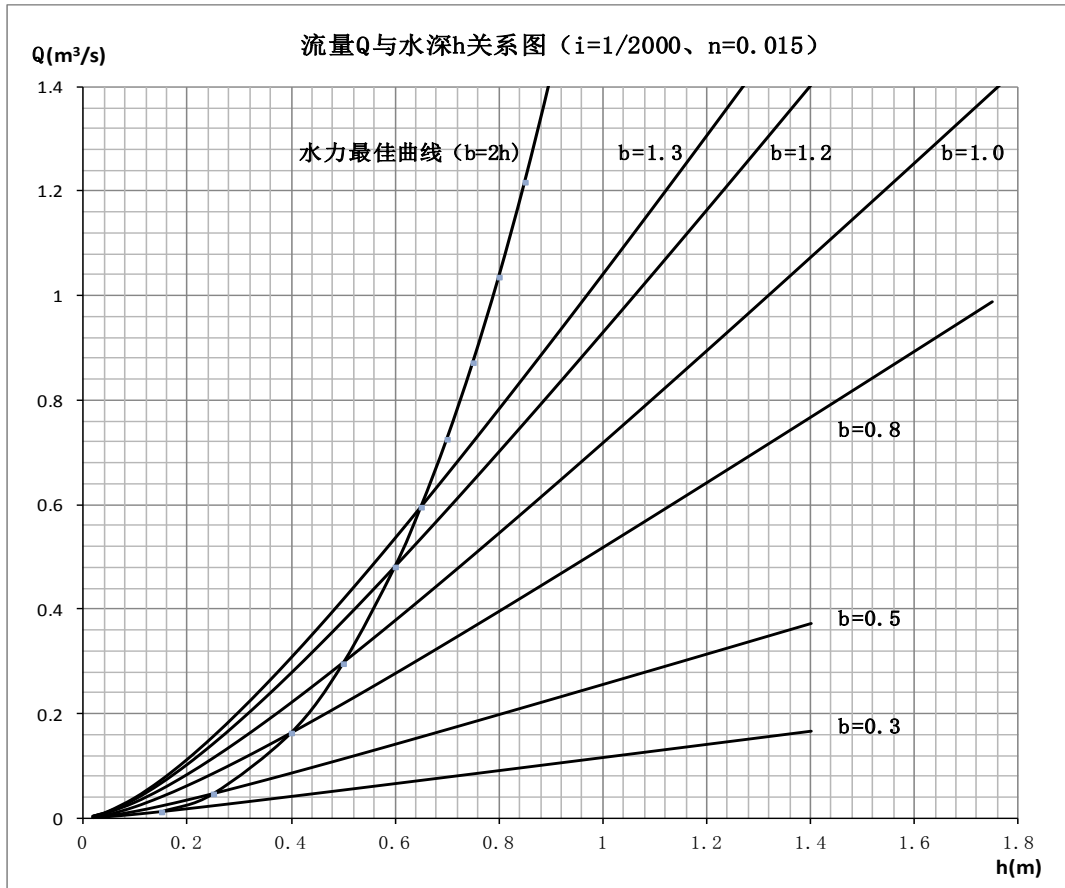


图 2.5 不同比降 i 的流量 Q 与水深 h 关系图

2.3.4 举例

(1) 某矩形砖砌渠道设计加大流量 $Q=0.6\text{m}^3/\text{s}$ ，渠底比降 $i=1/2000$ ，表面水泥砂浆抹面 ($n=0.015$)，试求其水力最佳断面尺寸。

按水力最优断面求解，查<流量 Q 与水深 h 关系图 ($i=1/2000$, $n=0.015$)>中的水力最佳曲线可得：水深 $h=0.65\text{m}$ ，底宽 $B=2h=1.3\text{m}$ 。

已知设计(加大)流量 $Q=0.6\text{m}^3/\text{s}$ ，查表 2.4 确定渠堤超高 $a=0.5\text{m}$ ，衬砌高度按设计加大水深控制，求得渠道底宽 $B=1.3\text{m}$ ，渠深 $H=0.65+0.5=1.15\text{m}$ ，衬砌高度为 0.65m 。

(2) 某矩形渠道断面底宽为 1.0m ，坡降 $i=1/2000$ ，渠道设计流量 $Q=0.4\text{m}^3/\text{s}$ ，试确定其断面尺寸。

①采用砖砌形式（水泥砂浆抹面）

查<流量 Q 与水深 h 关系图 ($i=1/2000$, $n=0.015$)>中 $b=1.0$ 曲线，可得水深 $h=0.61\text{m}$ 。

根据流量 $Q=0.4\text{m}^3/\text{s}$ ，查表 2.4 确定渠堤超高 $a=0.5\text{m}$ ，衬砌高度按设计加大水深控制，求得渠深 $H=0.61+0.5=1.11\text{m}$ ，衬砌高度为 0.61m 。

②采用砼埋石挡墙形式

查<流量 Q 与水深 h 关系图 ($i=1/2000$, $n=0.020$)>中 $b=1.0$ 曲线，可得水深 $h=0.8\text{m}$ 。

根据流量 $Q=0.4\text{m}^3/\text{s}$ ，查表 2.4 确定渠堤超高 $a=0.5\text{m}$ ，衬砌高度按设计加大水深控制，求得渠深 $H=0.8+0.5=1.3\text{m}$ ，衬砌高度为 0.8m 。

2.4 生态渠道设计

一般地，渠道存在的问题主要有两个：渗漏、渠坡失稳。渗漏可能来自三个部位：单侧渠坡、两侧渠坡、渠底。防渗衬砌方案应体现生态理念，针对具体问题而定，哪里需要就在哪里采取措施，尽量减少砌护。对渠道存在的以下情况宜考虑生态设计：

（1）渠坡稳定、透水性弱微的土渠，可仅进行修整、清淤，不衬砌。

（2）渠坡易坍塌、透水性弱微的土渠，可仅采取增加渠坡稳定性的措施，如用干砌块石或混凝土预制块砌护。

（3）穿越村庄、人口较为密集的渠段，可采用生态混凝土预制块砌护。其作用有二，一是生态效果明显，二是方便不慎落渠人员攀爬上岸。

（4）衬砌顶高程取加大水位，以上采用草坡护坡。

2.5 附图

渠道典型断面图详见附图 2.1。

3 渠系建筑物定型设计

渠系建筑物是灌溉工程中的重要组成部分，本《手册》对小型农田灌溉工程中常用的涵洞、水闸、渡槽、倒虹吸、桥梁、跌水、量水设施等建筑物进行了定型设计。根据小型农田灌溉渠系工程的特点，在保证渠系建筑物功能及质量前提下，设计形式上力求达到施工简单快捷，且符合我省实际情况。

3.1 涵洞

3.1.1 设计说明

填方渠道跨越沟溪、洼地、道路、渠道或穿越填方道路时，可在渠下或路下设置涵洞。涵洞轴线宜短而直，并宜与溪沟、道路中心线正交，进、出口应以圆锥形护坡、扭曲面护坡、八字墙、曲线形翼墙或走廊式翼墙与上、下游渠道平顺连接。出口流速过大时，应有消能防冲设施。涵洞根据水头、建筑材料及施工条件等，选用混凝土或钢筋混凝土管涵，也可采用钢筋混凝土矩形涵、箱涵或混凝土。明流管涵水面以上的净空高度不应小于洞高的 $1/4$ ，箱涵不应小于洞高 $1/6$ 。涵洞顶部填土厚度不应小于 1m ，上部为衬砌渠道时不应小于 0.5m 。软土地基上涵洞的分节应根据施工、温度等条件确定。各节之间以及首、末节与进、出口连接处应设伸缩沉降缝，缝距不宜大于 10m ，且不宜小于洞高的 2 倍，缝内设防渗止水。管涵应设混凝土或砌石管座，其包角可取 $90^\circ\sim 135^\circ$ 。

3.1.2 适用范围

本设计手册的适用范围流量为 $0.1\text{m}^3/\text{s}\sim 1.3\text{m}^3/\text{s}$ ，圆形钢筋混凝土管涵（即路下管涵），比较符合农村实际，在农田水利中应用比较广泛。

3.1.3 设计要点

(1) 涵洞设计基本资料

涵洞设计的主要基本资料如下：

① 建筑物级别。

② 输水涵洞的设计流量及加大流量、进出口水位及设计水头、渠道水力要素等。

③ 排洪涵洞的控制流域面积、雨量资料、河道纵横断面、河床地质、水文资料。

④ 排涝涵洞的排涝面积、雨量资料、排涝时间、水位资料等。

⑤ 地形资料：排洪涵洞需要 $1/5000\sim 1/10000$ 地形图，用以确定流域面积、干流长度、平均坡降等流域特征值，以及量算上游水位-容积曲线；规模较大的排水涵洞，应有 $1/500\sim 1/1000$ 大比例尺地形图，用于进出口连接端的工程布置。

⑥ 地质资料，主要是地基岩性及物理力学指标等。

(2) 洞身结构型式

涵洞洞身结构有箱涵、矩形盖板涵、拱涵、圆管涵等型式。小型灌区中涵管推荐采用工厂预制钢筋混凝土管。根据《混凝土和钢筋混凝土排水管标准》（GB/T 11836-2009）的要求，预制钢筋混凝土圆涵

可参照表 3.1 进行选择。

圆管涵需根据地基条件采用相应的基础型式。当地基为软弱的土层时，一般采用 C10 素混凝土或 M7.5 浆砌石基础[图 3.1 (a)]；当地基为较密实的土层时，可采用砂砾石垫层基础[图 3.1 (b)]。当地基为岩层时，可不做基础，仅在管下铺一层 C10 混凝土垫层[图 3.1 (c)]。

表 3.1 钢筋混凝土管规格、外压荷载和内水压力指标

公称 内径 D_0 / mm	有效 长度 L /mm \geq	I 级管				II 级管				III 级管			
		壁厚 t /mm	裂缝 荷载/ (kN/m)	破坏 荷载/ (kN/m)	内水 压力/ MPa	壁厚 t /mm \geq	裂缝 荷载/ (kN/m)	破坏 荷载/ (kN/m)	内水 压力/ MPa	壁厚 t /mm \geq	裂缝 荷载/ (kN/m)	破坏 荷载/ (kN/m)	内水 压力/ MPa
200	2000	30	12	18	0.06	30	15	23	0.10	30	19	29	0.10
300		30	15	23		30	19	29		30	27	41	
400		40	17	26		10	27	41		40	35	53	
500		50	21	32		50	32	48		50	44	68	
600		55	25	38		60	40	60		60	53	80	
700		60	28	42		70	47	71		70	62	93	
800		70	33	50		80	54	81		80	71	107	
900		75	37	56		90	61	92		90	80	120	
1000		85	40	60		100	69	100		100	89	134	
1100		95	44	66		110	74	110		110	98	147	
1200		100	48	72		120	81	120		120	107	161	
1350		115	55	83		135	90	135		135	122	183	
1400		117	57	86		140	93	140		140	126	189	
1500		125	60	90		150	99	150		150	135	203	
1600		135	64	96		160	106	159		160	144	216	
1650		140	66	99		165	110	170		165	148	222	
1800		150	72	110		180	120	180		180	162	243	
2000		170	80	120		200	134	200		200	181	272	
2200		185	84	130		220	145	220		220	199	299	
2400		200	90	140		230	152	230		230	217	326	
2600	220	104	156	235	172	260	235	235	353				
2800	235	112	168	255	185	280	255	254	381				
3000	250	120	180	275	198	300	275	273	410				
3200	265	128	192	290	211	317	290	292	438				
3500	290	140	210	320	231	347	320	321	482				

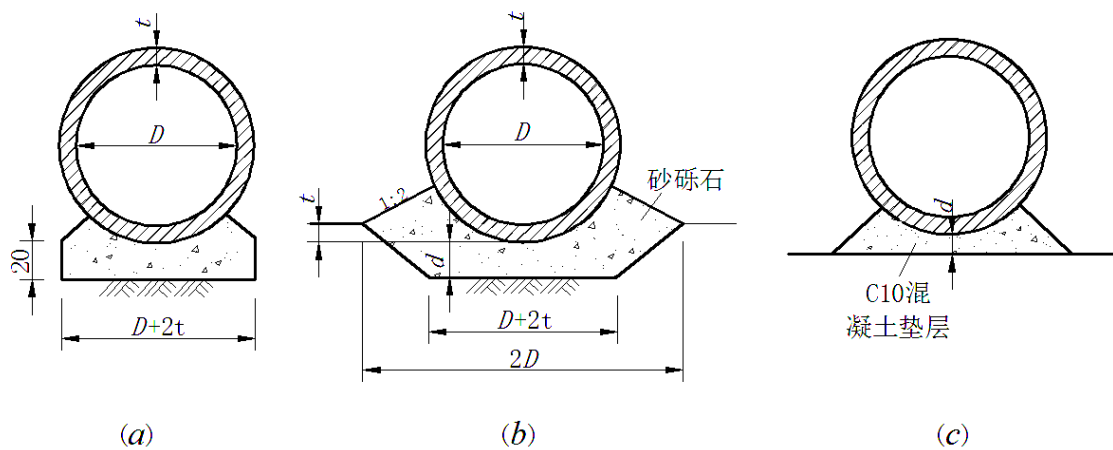


图 3.1 圆管涵基础图 (单位: cm)

(a) 混凝土或浆砌石基础; (b) 砂砾石垫层基础; (c) 混凝土平整层

圆管涵每节预制管的接头均应作接缝处理。接缝分平口接头缝和企口接头缝两种 (图 3.2)。平口接头缝一般可采用热沥青浸炼过的麻絮填塞, 再用热沥青填充, 最后用两层涂满热沥青的油毛毡或 8 层热沥青浸炼过的防水纸粘贴在缝外。企口接头缝一般可采用水泥砂浆或石棉沥青填塞。

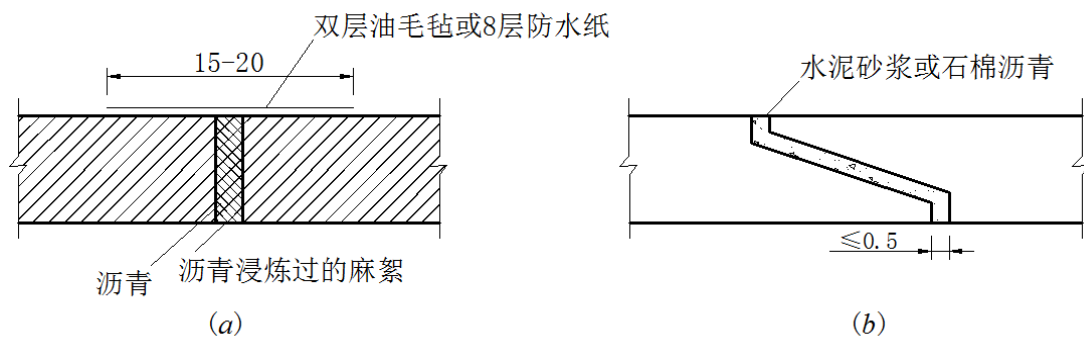


图 3.2 圆管涵接缝图 (单位: cm)

(a) 平口接头缝; (b) 企口接头缝

(3) 涵洞进出口连接段布置

涵洞的进出口连接段根据涵洞类型、河沟断面及地形条件等有多

种结构布置型式，常用的有八字式洞口、端墙（一字墙）式洞口、扭曲面式洞口等。

①八字式洞口。是常用的一种布置型式，由八字形斜降墙组成，墙身一般为 M7.5 浆砌石重力式墙或 C15 素混凝土半重力式墙，平面扩散角一般采用 30° 。这种洞口布置结构及施工简单，水流条件较好，根据原水电部水科院《灌(65)11 长闸身（带公路桥）不同进口型式试验报告》，进口采用 30° 收缩角的八字墙，水损系数 $\xi = 0.09$ 。建议优先选用。

②端墙（一字墙）式洞口。即在涵洞端部设垂直于洞轴线的挡墙，墙身一般为 M7.5 浆砌石重力式墙或 C15 素混凝土半重力式墙。这种洞口型式简单经济，但水流条件不如八字墙式好，局部水头损失相对较大。

③扭曲面式洞口。水流条件好，水头损失小，但结构和施工较复杂。

(4) 涵洞水力计算

灌区设计中，常见涵洞的水力计算是：已知设计流量、进口水深及出口水深，确定洞身断面尺寸。计算一般先判断流态，再选用相应流量计算公式进行断面设计。

①涵洞水流流态判别

《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》（SL482-2011）推荐方法，涵洞水流流态根据进口水深、出口水深和洞高的关系，分为无压流、半无压流、非淹没压力流及淹没压力流，其判别标准为：

进口水深 $H \leq 1.2D$ (D 为洞高, H 、 D 单位均为 m) 时: 当出口水深 $h < D$, 为无压流; 当 $h \geq D$, 为淹没压力流; $1.2D < H \leq 1.5D$ 时: 当 $h < D$, 为半压力流; 当 $h \geq D$, 为淹没压力流; $H > 1.5D$ 时: 当 $h < D$, 为非淹没压力流; 当 $h \geq D$, 为淹没压力流。

②无压流涵洞长洞与短洞的判别。

无压流涵洞过流能力计算还与洞身长度有关, 分为长洞与短洞, 其判别标准为: $L < 8H$ 时为短洞; $L \geq 8H$ 时为长洞。 L 为洞身长度, 单位为 m 。

③无压流涵洞过流能力计算

计算公式

$$Q = \alpha \varepsilon m B \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \quad (3.1)$$

$$H_0 = H + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (3.2)$$

$$\sigma = 2.31 \frac{h_s}{H_0} \left(1 - \frac{h_s}{H_0}\right)^{0.4} \quad (3.3)$$

$$h_s = h - iL \text{ (短洞)} \quad (3.4)$$

式中 Q ——涵洞过流量, m^3/s ;

B ——洞宽, m ;

m ——流量系数, 可近似采用 $m=0.36$;

ε ——侧收缩系数, 可近似取 $\varepsilon=0.95$;

H_0 ——包括行近流速水头在内的进口水深, m ;

g ——重力加速度;

σ ——淹没系数, 亦可由表 3.2 查得;

h_s ——洞进口内水深，m，对长洞需以出口水深为控制水深，从出口断面向上游推求水面线以确定洞进口内水深；

v ——上游行近流速，m/s；

α ——动能修正系数，可采用 1.05。

表 3.2 淹没系数 σ 值表

h_s / H_0	\leq	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.91
σ	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.83	0.80
h_s / H_0	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.995	0.998
σ	0.77	0.74	0.70	0.66	0.61	0.55	0.47	0.36	0.28	0.19

无压涵洞净空高度：

无压流一般要求水面以上净空面积不小于洞身断面面积的 10%~30%，净空高度根据涵洞断面型式及洞身高度确定，见表 3.3，并应不小于 0.4m。

表 3.3 无压涵洞水面以上净空高度 单位：m

断面型式 进口净高	圆涵	矩形涵洞
≤ 3	$\geq D/4$	$\geq D/6$
> 3	≥ 0.75	≥ 0.5

注：D 为涵洞内侧高度或者圆涵内径，m。

④半压力流涵洞过流能力计算

$$Q = m_1 A \sqrt{2g(H_0 + iL - \beta_1 D)} \quad (3.5)$$

m_1 ——流量系数，由表 3.4 查得；

A——洞身断面面积；

β_1 ——修正系数，由表 3.4 查得；

i ——洞底坡降。

表 3.4 流量系数 m_1 和修正系数 β_1 值表

进口型式	m_1	β_1
圆锥形护坡	0.625	0.736
八字墙、扭曲面翼墙	0.670	0.740
走廊式翼墙	0.576	0.715

⑤非淹没压力流涵洞过流能力计算

$$Q = m_2 A \sqrt{2g(H_0 + iL - \beta_2 D)} \quad (3.6)$$

$$m_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi + \frac{2gL}{C^2 R}}} \quad (3.7)$$

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (3.8)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (3.9)$$

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_5 + \xi_6 \quad (3.10)$$

m_2 ——流量系数；

β_2 ——修正系数，可采用 0.85；

R ——水力半径，m；

χ ——湿周，m；

C ——谢才系数；

n ——糙率，混凝土洞可采用 0.014；

$\sum \xi$ ——除出口损失系数以外的局部水头损失系数总和；

ξ_1 ——进口损失系数，顶部修圆的进口可采用 0.1~0.2；

ξ_2 ——拦污栅损失系数，与栅条形状和尺寸有关，一般可采用 0.2~0.3；

ξ_3 ——闸门槽损失系数，可采用 0.05~0.1；

ξ_5 ——进口渐变段损失系数，可由表 3.5 查得；

ξ_6 ——出口渐变段损失系数，可由表 3.5 查得。

表 3.5 渐变段水头损失系数

渐变段型式	进口	出口
扭曲面	0.1~0.2	0.3~0.5
八字斜墙	0.2	0.5
圆弧直墙	0.2	0.5

⑥淹没压力流涵洞过流能力计算

$$Q = m_3 A \sqrt{2g(H_0 + iL - h)} \quad (3.11)$$

$$m_3 = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi + \frac{2gL}{C^2 R}}} \quad (3.12)$$

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 + \xi_5 + \xi_6 \quad (3.13)$$

$$\xi_4 = \left(1 + \frac{A}{A_{\text{下}}}\right)^2 \quad (3.14)$$

m_3 ——流量系数；

$\sum \xi$ ——局部水头损失系数的总和；

$A_{\text{下}}$ ——出口后下游过水断面面积， m^2 ；

ξ_4 ——出口损失系数，当出口后下游过水断面较大，比值 $A/A_{\text{下}}$ 很小时， ξ_4 可近似取为 1。

3.1.4 附图

详细设计见附图 3.1。

3.2 渡槽

3.2.1 设计说明

渠道跨越河流、渠沟、洼地、道路，采用其他建筑物不适宜时，可选用渡槽。渡槽是输水渠道水流跨越河渠、道路、山冲、谷口等的架空输水建筑物，渡槽轴线应短而直，进、出口应与上、下游渠道平顺连接。由槽身、支承结构、基础及进出口建筑等部分组成。

渡槽槽身横断面宜采用矩形，矩形槽身的深宽比宜采用 0.6~0.8。槽身过水断面的平均流速宜控制为 1.0~2.5m/s。

本设计推荐渡槽采用梁式渡槽，槽身断面为矩形，纵向支承形式为简支式，支承结构为单排架。

3.2.2 适用范围

- (1) 设计流量 $Q=0.1\sim 1.0\text{m}^3/\text{s}$ ，加大流量不大于 $1.3\text{m}^3/\text{s}$ ；
- (2) 槽宽 $B=0.5\sim 1.4\text{m}$ ；
- (3) 排架高 H 小于 10m；
- (4) 单跨跨度 L 小于 10m；
- (5) 坡降 $i=1/500, 1/800, 1/1000, 1/1500$ 。

3.2.3 设计要点

- (1) 过水能力计算的方法与公式

渡槽过水能力计算根据槽身长度 L 与渡槽进口渐变段前上游渠道水深 h_1 的不同比值，采用不同公式。当 $L>15h_1$ 时，按明渠均匀流公式计算。

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3}i^{1/2} \quad (3.15)$$

式中， Q -流量， m^3/s ;

A -过水断面面积， m^2 ;

R -水力半径， m ;

i -渡槽纵坡;

n -为糙率，钢筋混凝土结构 $n=0.013\sim 0.015$ 。

当 $L \leq 15h_1$ 时，槽身为矩形断面时按堰流公式计算：

$$Q = \sigma_s \epsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (3.16)$$

(2) 渡槽总水头计算公式

①进口水面降落 Z_1

进口段水面降落

$$Z_1 = (1 + \zeta_1)(v^2 - v_1^2) / 2g \quad (3.17)$$

式中， v_1 、 v -分别为上游渠道及渡槽内的平均流速；

ζ_1 -进口段局部水头损失系数，与渐变段形式有关。圆弧直墙为 0.2，八字形为 0.3。

②槽身沿程水头损失

$$Z_2 = iL \quad (3.18)$$

式中， i 、 L -槽身纵坡和长度。

③出口水面回升

$$Z_3 = (1 - \zeta_2)(v^2 - v_2^2) / 2g \quad (3.19)$$

式中， v_2 、 v -分别为上游渠道及渡槽内的平均流速；

ζ_2 -出口段局部水头损失系数，与渐变段形式有关。圆弧直墙、八字墙均为 0.5。

④渡槽总水头损失

$$\Delta Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \quad (3.20)$$

(3) 纵坡、横断面型式与尺寸的拟定

在满足通过设计流量时渡槽的总水头损失等于或略小于渠系规划中给定的允许水头损失的前提下尽可能选择较小的槽底纵坡。初步拟定时， i 值可在 1/500~1/1500 范围内选用。

槽身横断面常用的是矩形。从过水能力看，应按水力最佳断面的条件选择深宽比（矩形槽身水力最佳断面的深宽比 $H/B=0.5$ ），但梁式槽身的深宽比大些有利于加大槽身纵向刚度，梁式矩形渡槽的深宽比常用 $H/B=0.6\sim 0.8$ 。槽身通过设计流量时，矩形槽身顶部在水位以上的超高不小于水深水位 1/12 加 50mm。槽身通过加大流量时，槽中水面与槽身顶部或拉杆底面的高差不小于 100mm。

矩形槽身侧墙厚度不小于 120mm，一般为墙高的 1/12~1/16。

(4) 纵坡、流量与槽身断面关系

钢筋混凝土矩形槽身断面不同槽底纵坡下各种流量的槽身过水断面尺寸，平均流速可参考表 3.6。设计时应根据加大流量确定槽身尺寸，本设计加大流量为设计流量基础上加大 30%。

表 3.6 钢筋混凝土矩形渡槽槽身断面特性表(n=0.014)

i=1/500					i=1/800				
Q _{max} (m ³ /s)	B (m)	水深 H (m)	A (m ²)	V (m/s)	Q _{max} (m ³ /s)	B (m)	水深 H (m)	A (m ²)	V (m/s)
1.3	1.1	0.79	0.869	1.496	1.3	1.2	0.86	1.032	1.260
1.2	1.1	0.74	0.814	1.474	1.2	1.2	0.81	0.972	1.235
1.1	1.1	0.69	0.759	1.449	1.1	1.2	0.76	0.912	1.206
1	1.1	0.65	0.715	1.399	1	1.2	0.71	0.852	1.174
0.9	1.0	0.66	0.660	1.364	0.9	1.1	0.71	0.781	1.152
0.8	1.0	0.6	0.600	1.333	0.8	1.0	0.72	0.720	1.111
0.7	1.0	0.54	0.549	1.275	0.7	1.0	0.65	0.650	1.077
0.6	0.9	0.54	0.486	1.235	0.6	0.9	0.65	0.585	1.026
0.5	0.8	0.53	0.424	1.179	0.5	0.9	0.56	0.504	0.992
0.4	0.7	0.52	0.364	1.099	0.4	0.8	0.54	0.432	0.926
0.3	0.7	0.41	0.287	1.045	0.3	0.7	0.49	0.343	0.875
0.2	0.6	0.36	0.216	0.926	0.2	0.6	0.43	0.258	0.775
0.1	0.5	0.26	0.13	0.769	0.1	0.5	0.3	0.15	0.667
i=1/1000					i=1/1500				
Q _{max} (m ³ /s)	B (m)	水深 H (m)	A (m ²)	V (m/s)	Q _{max} (m ³ /s)	B (m)	水深 H (m)	A (m ²)	V (m/s)
1.3	1.3	0.86	1.118	1.163	1.3	1.4	0.93	1.302	0.998
1.2	1.3	0.81	1.053	1.140	1.2	1.4	0.88	1.232	0.974
1.1	1.2	0.82	0.984	1.118	1.1	1.3	0.89	1.157	0.951
1	1.2	0.77	0.924	1.082	1	1.3	0.83	1.079	0.927
0.9	1.1	0.77	0.847	1.063	0.9	1.3	0.76	0.988	0.911
0.8	1.1	0.71	0.781	1.024	0.8	1.2	0.75	0.9	0.889
0.7	1.0	0.71	0.71	0.986	0.7	1.1	0.75	0.825	0.848
0.6	1.0	0.63	0.63	0.952	0.6	1.1	0.66	0.726	0.826
0.5	0.9	0.61	0.549	0.911	0.5	1.0	0.640	0.640	0.781
0.4	0.9	0.52	0.468	0.855	0.4	0.9	0.600	0.540	0.741
0.3	0.8	0.47	0.376	0.798	0.3	0.8	0.550	0.440	0.682
0.2	0.7	0.4	0.28	0.714	0.2	0.7	0.46	0.322	0.621
0.1	0.6	0.27	0.16	0.616	0.1	0.6	0.32	0.19	0.529

(5) 进出口渐变段的型式和长度确定

渡槽进、出口应设渐变段，渐变段长度应按两端渠道水面宽度与槽身水面宽度之差所形成的进口水流收缩角和出口水流扩散角控制。进口水流收缩角宜为 $11^{\circ} \sim 18^{\circ}$ ，出口水流扩散角宜为 $8^{\circ} \sim 11^{\circ}$ 。

(6) 矩形渡槽配筋

①矩形渡槽底板配筋

底板采用 C25 混凝土，混凝土保护层厚度为 25mm。各跨度渡槽底板可参考表 3.7~3.9 进行配筋。表中 H 为底板顶面以上墙高，槽宽 B 为净宽。

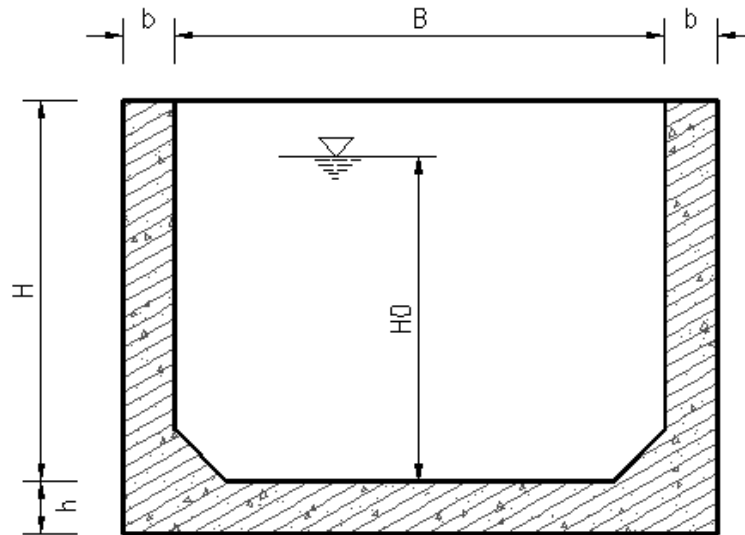


图 3.3 矩形渡槽断面示意图

表 3.7 跨度 L=10m 时矩形渡槽底板配筋参考表

槽宽 B(m)	侧墙高 H(m)	底板和侧墙厚 (m)	底板底层配筋	底板面层配筋	分布筋
1.4	1.1	0.2	Φ22@200	Φ12@200	Φ8@150
1.0	0.7	0.15	Φ22@150	Φ12@150	Φ8@150
0.5	0.4	0.15	Φ22@100	Φ12@100	Φ8@150

表 3.8 跨度 L=8m 时矩形渡槽底板配筋参考表

槽宽 B(m)	侧墙高 H(m)	底板和侧墙厚 (m)	底板底层配筋	底板面层配筋	分布筋
1.4	1.1	0.2	Φ20@200	Φ12@200	Φ8@150
1.0	0.7	0.15	Φ20@150	Φ12@150	Φ8@150
0.5	0.4	0.15	Φ20@100	Φ12@100	Φ8@150

表 3.9 跨度 L=6m 时矩形渡槽底板配筋参考表

槽宽 B(m)	侧墙高 H(m)	底板和侧墙厚 (m)	底板底层配筋	底板面层配筋	分布筋
1.4	1.1	0.2	Φ18@200	Φ12@200	Φ8@150
1.0	0.7	0.15	Φ18@150	Φ12@150	Φ8@150
0.5	0.4	0.15	Φ18@100	Φ12@100	Φ8@150

②矩形渡槽槽身侧墙配筋

槽身侧墙厚 15~20cm，采用 C25 混凝土，混凝土保护层厚度为 25mm。侧槽在满槽水情况下进行配筋计算，因槽身侧墙高度不大于 1.1m，产生的内力较小，可按构造要求配置钢筋。受力钢筋配置在侧墙内侧，不能小于最小配筋率，建议配置 Φ10@200，分布钢筋采用

$\Phi 6@150$ 。

(7) 单排架设计

一般情况下，立柱断面尺寸：长边（顺槽向） b_1 为排架总高的 $1/20\sim 1/30$ ，短边 h_1 取 b_1 的 $0.5\sim 0.8$ 倍。横梁的间距可略大于立柱间距，横梁高 h_2 可为跨度（即立柱间距）的 $1/6\sim 1/8$ ，梁宽 b_2 可取 h_1 的 $0.5\sim 0.7$ 倍。

小型渡槽槽宽不大于 1.4m ，槽深不大于 1.1m ，可参考以下建议设计排架。

高度小于 6m 的排架，建议立柱间距依槽宽定， $b_1=400\text{mm}$ ， $h_1=250\text{mm}$ ，立柱两侧均配置 $3\Phi 14$ 钢筋，箍筋采用双肢 $\Phi 8@200$ ；横梁 $b_2=250\text{mm}$ ， $h_2=250\text{mm}$ ，横梁间距 2.5m ，横梁顶部与底部均配置 $2\Phi 14$ 钢筋，箍筋采用双肢 $\Phi 6@200$ 。

高度 $6\text{m}\sim 10\text{m}$ 的排架，立柱与横梁尺寸同上，建议横梁受力钢筋至到 $3\Phi 14$ ，箍筋采用双肢 $\Phi 6@200$ ；立柱两侧均配置 $3\Phi 16$ 钢筋（沿长边布置），箍筋采用双肢 $\Phi 8@200$ 。

3.2.4 附图

典型渡槽设计图见附图 3.2~3.4。

3.3 倒虹吸管

3.3.1 设计说明

倒虹吸管是长距离输水工程中通过河流、谷地、洼地、道路或其他渠道的压力输水管道，是一种渠道交叉建筑物，是灌溉渠系工程中

的重要建筑之一。

输水工程与山谷、河流或其他渠道相交时，可用倒虹吸、渡槽、填方渠道下的涵洞等交叉建筑物。这些建筑物各有其适用条件，选用时应因地制宜，全面考虑，一般在以下情况下可考虑采用倒虹吸管。

当输水河渠与河流、山谷、洼地、道路等障碍物或其他渠道交叉，且高差较小，建渡槽或涵洞均不能满足洪水宣泄，或有碍船只、车辆通行时，应修建倒虹吸管从障碍物底部通过。

3.3.2 适用范围

- (1) 流量 $Q \leq 1.3 \text{m}^3/\text{s}$;
- (2) 管径 $D_0 \leq 1.0 \text{m}$;
- (3) 设计水头 $H \leq 20 \text{m}$;
- (4) 地基承载力 $\geq 150 \text{kpa}$ 。

3.3.3 设计要点

(1) 倒虹吸管布置

倒虹吸管宜设在地形较缓处，应避免通过可能产生滑坡、崩塌及其他地质条件不良的地段。倒虹吸轴线在平面上的投影宜为直线，并宜与河流、渠沟、道路中心线正交，进、出口应与上、下游渠道平顺连接。穿越河流时应埋入设计洪水冲刷线以下 0.5m 并采用砌护措施。

倒虹吸管进、出口应设渐变段，其长度可分别取上、下游渠道设计水深的 $3 \sim 5$ 倍和 $4 \sim 6$ 倍。进口宜设沉砂池和拦污栅，渐变段和管道之间，应根据需要设置连接段或压力前池，确保通过不同流量时管道进口均处于淹没状态。出口宜设闸门控制，出口渐变段可设置消力池，

其下游渠道应护砌 3~5m。

(2) 倒虹吸管管径及管材

采用以下公式初拟管径 D_0 ：

$$D_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (3.21)$$

式中 v 为管内流速，管内流速不宜过大，以免增加水头损失，平原和河网化地区，管内适宜流速为 1.5~2.5m/s。各流量下管径可参考下表 3.10 取值。

表 3.10 流量与管径

Q (m ³ /s)	D ₀ 取值(mm)
0.3	500
0.4	550
0.5	600
0.6	650
0.7	700
0.8	750
0.9	800
1.0	850
1.1~1.2	900
1.2~1.3	1000

(3) 管座

倒虹吸管可直接（或通过砂垫层）铺设在坚固、稳定的水平状或符合管外形的弧形素土（或岩石）地基上。如遇不良工程地质条件，应采取换填，并设 C15 素混凝土管座基础。

(4) 镇墩

倒虹吸管管轴线方向变化处需设置封闭式镇墩。镇墩可用钢筋混凝土或素混凝土结构。

镇墩尺寸参考以下经验值拟定。

- ①长度：管内径 D_0 的 1.5~2.0 倍；
- ②底部最小宽度：管壁厚度 δ 的 2~3 倍；
- ③顶部及侧墙最小厚度：管壁厚度 δ 的 1.5~2 倍；
- ④圆弧段外半径：管内径 D_0 的 2.5~4.0 倍；
- ⑤弯段圆心角 θ 与两侧管段的中心夹角相等。

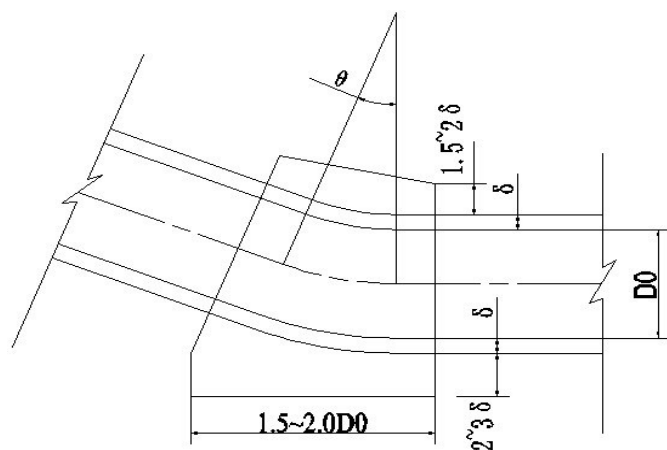


图 3.4 镇墩示意图

3.3.4 附图

倒虹吸定型设计图见附图 3.5。

3.4 便桥

3.4.1 设计说明

公路与渠道、沟溪、洼地相交时，可在路下设置涵洞或修建小桥跨越。根据《公路工程技术标准 JTG B 01-2003》和《公路桥涵设计

通用规范 JTGD60-2004》第 5.0.2 条分类规定，单孔跨径小于 5m 的称为涵洞；单孔跨径在 5m~20m 之间的为小桥。便桥按荷载可分为公路桥、农桥等，按结构型式可分梁式、涵洞式、板式等。本手册渠道设计流量为 $1.3\text{m}^3/\text{s}$ 以内，与公路相交时，跨径一般都较小，涵洞式、板式便桥为常用结构型式。

3.4.2 附图

便桥定型设计图见附图 3.6~3.20。

3.5 陡坡

3.5.1 设计说明

陡坡为急流明槽，一般为挖方工程。为了减少土石方开挖量，底坡应沿天然地面坡度布置，其横断面应尽量少。

本设计为单级陡坡，沿天然地面坡度顺直布置，纵坡不变。进口段、陡槽和消力池采用等宽矩形断面，进口渐变段为八字型导水墙。材料为 C20 混凝土。

3.5.2 适用范围

- (1) 流量 $Q \leq 1.3\text{m}^3/\text{s}$;
- (2) 落差 $P \leq 2\text{m}$;
- (3) 适用于地基承载力 $\geq 150\text{KPa}$ 的中等强度以上的粘壤土、非湿陷性黄土、沙壤土。

3.5.3 设计要点

- (1) 陡坡底宽计算

$$b_d = \frac{Q}{\sqrt{2gm}H_0^{1.5}} \quad (3.12)$$

式中 m — 流量系数，取 0.35~0.36

H_0 — 计及堰前流速水头的堰上水头 (m)

Q — 设计流量， m^3/s

g — 重力加速度

b_d — 陡坡底宽，m

(2) 陡坡水力计算

对于落差较小，泄量不大的陡坡，主要是推求陡坡末端的跃前水深，作为考虑衬砌材料和消能工设计计算的依据。

设上游渠道水深为 h ，陡坡落差为 P ， q 为单宽流量

则陡坡末端流速为：

$$v = \sqrt{2g(P+h)} \quad (3.23)$$

陡坡末端水深为：

$$h_1 = q/v \quad (3.24)$$

陡坡边墙的高度取进水口边墙高度和消力池边墙高度的连线。

(3) 消能计算

选用矩形消力池，设下游渠道水深为 h_t ，跌后水深为 h_2 ，陡坡末端水深为 h_1 。根据取水输水建筑物丛书《跌水与陡坡》（刘韩生等编著）的消能公式，考虑到本设计为小型陡坡，对公式进行简化。

池深

$$d = h_2 - h_t \quad (3.25)$$

$$\text{式中: } h_2 = \frac{1}{2} h_1 \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh_1^3}} - 1 \right)$$

池长:

$$L = (4.3 \sim 4.9)h_2 \quad (3.26)$$

3.5.4 定型设计表

表 3.11 陡坡定型设计表

Q (m^3/s)	b_d (cm)	h (cm)	p (cm)	h_1 (cm)	d (cm)	L (cm)
0.3	50	55	100	11	30	350
			200	9	50	400
0.5	50	75	100	17	40	460
			200	14	60	520
1.0	80	90	100	21	40	520
			200	17	60	600

3.5.5 附图

陡坡定型设计图见附图 3.21。

3.6 跌水

3.6.1 设计说明

跌水是农田灌溉渠系工程中常见的落差建筑物，渠道经过陡峻的地段时，可设置跌水。跌水由进口、跌水墙、消力池及出口组成。

本设计为开敞式单级跌水，矩形缺口，与渠道的渐变段采用八字型导水墙连接，材料为 C20 混凝土。

3.6.2 适用范围

- (1) 流量 $Q \leq 1.3m^3/s$;

(2) 落差 $P \leq 2\text{m}$;

(3) 适用于地基承载力 $\geq 150\text{KPa}$ 的中等强度以上的粘壤土、非湿陷性黄土、沙壤土。

3.6.3 设计要点

(1) 矩形缺口宽 b_c 计算

流量:

$$Q = Mb_c h^{1.5} \quad (3.27)$$

式中: h — 渠道水深

M — 缺口流量系数, $M = 2.1 - 0.08 \frac{b_c}{h}$

Q — 流量, m^3/s

b_c — 矩形缺口宽, m

采用试算法计算缺口宽度。

(2) 消能计算

选用矩形消力池, 设落差为 P , 上游渠道水深为 h , 下游渠道水深为 h_t , 单宽流量为 q , 跌前水深为 h_1 , 跌后水深为 h_2 。根据取水输水建筑物丛书《跌水与陡坡》(刘韩生等编著)的消能公式, 考虑到本设计为小型跌水, 对公式进行简化。

池深 d

$$d = h_2 - h_t \quad (3.28)$$

$$\text{式中: } h_1 = \frac{q}{\sqrt{2g(P+h-h_1)}}, \quad h_2 = \frac{1}{2} h_1 \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh_1^3}} - 1 \right)$$

池长 L

$$L = l_1 + l_2 \quad (3.29)$$

式中： $l_1 = \sqrt{h(2P+h)}$, $l_2 = 3.2h_2$

3.6.4 定型设计表

表 3.2 跌水定型设计表

Q(m ³ /s)	b (cm)	b _c (cm)	h (cm)	P (cm)	d (cm)	L (cm)
0.5	50	45	75	100	40	550
				200	60	700
1.0	80	60	90	100	40	650
				200	60	750

3.6.5 附图

跌水定型设计图见附图 3.22.

3.7 量水建筑物

3.7.1 设计说明

根据我省小型灌区改造工程“三位一体”的要求，小型灌区工程必须配套完善测水量水设施，且满足精度要求。根据流量、比降、水流含沙量等不同情况，小型灌区可选用三角形量水堰、梯形量水堰、巴歇尔量水槽或无喉道量水槽等。

本设计采用三角形量水堰和梯形量水堰。

3.7.2 适用范围

- (1) 流量 $Q \leq 1.3 \text{m}^3/\text{s}$;
- (2) 宽度 $B = 0.25 \sim 1.5 \text{m}$ 。

3.7.3 设计要点

(1) 三角形薄壁量水堰

三角形薄壁量水堰结构型式如图所示，三角形薄壁堰堰板必须平整坚固且垂直于渠岸和渠底，堰板的上游面必须是光滑的，堰顶夹角 α 的范围是 $20^\circ \sim 100^\circ$ ，其垂直平分线应铅直，并与渠道两岸等距。堰口表面应是平面，与堰板上游面相交成直角锐缘，缘顶厚度在1-2mm之间。

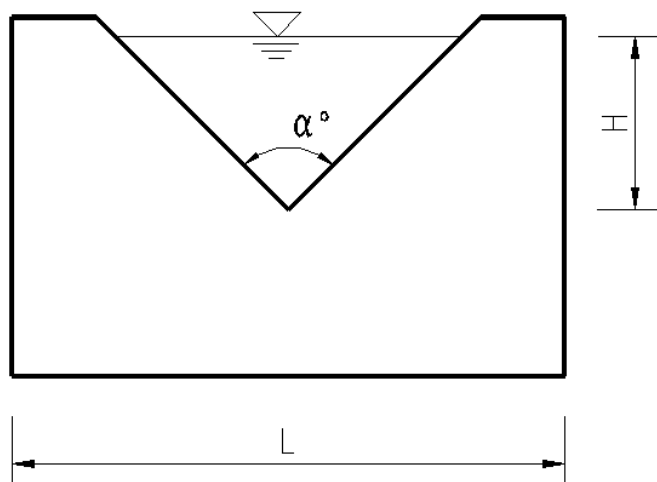


图 3.5 三角堰示意图

流量计算

①自由出流时（下游水位低于堰口）

对于直角三角堰($\alpha = 90^\circ$)，如果取堰顶高与侧边宽度相等($P = T = h_{\max}$)，流量公式如下：

$$Q = 1.4H^{2.5} \quad (3.30)$$

公式适用适用范围为： $0.03\text{m} < H < 0.3\text{m}$

②淹没出流时

下游水位高于三角薄壁堰顶角的顶点时，即形成淹没出流。对于直角三角堰($\alpha = 90^\circ$)，流量公式如下：

$$Q = 1.4f_n H_1^{2.5} \quad (3.31)$$

其中：

$$f_n = \sqrt{0.756 - \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^2 + 0.145} \quad (3.32)$$

上式中： f_n 为淹没系数； H_1 为上游水头，m； H_2 为下游水头，m。

三角形薄壁堰淹没系数见表 3.13：

表 3.13 三角薄壁堰淹没系数表

H_2/H_1	f_n	H_2/H_1	f_n	H_2/H_1	f_n	H_2/H_1	f_n
0.30	0.998	0.50	0.932	0.70	0.802	0.90	0.545
0.32	0.993	0.52	0.922	0.72	0.784	0.92	0.508
0.34	0.989	0.54	0.912	0.74	0.765	0.94	0.461
0.36	0.984	0.56	0.901	0.76	0.744	0.96	0.404
0.38	0.978	0.58	0.889	0.78	0.722	0.98	0.328
0.40	0.972	0.60	0.877	0.80	0.699		
0.42	0.962	0.62	0.863	0.82	0.674		
0.44	0.957	0.64	0.849	0.84	0.647		
0.46	0.949	0.66	0.834	0.86	0.617		
0.48	0.941	0.68	0.818	0.88	0.585		

(2) 梯形薄壁量水堰

梯形薄壁量水堰结构型式如图所示，为上宽下窄的梯形缺口。

堰口侧边斜坡比通常为 4:1（竖:横），堰口呈锐缘状。

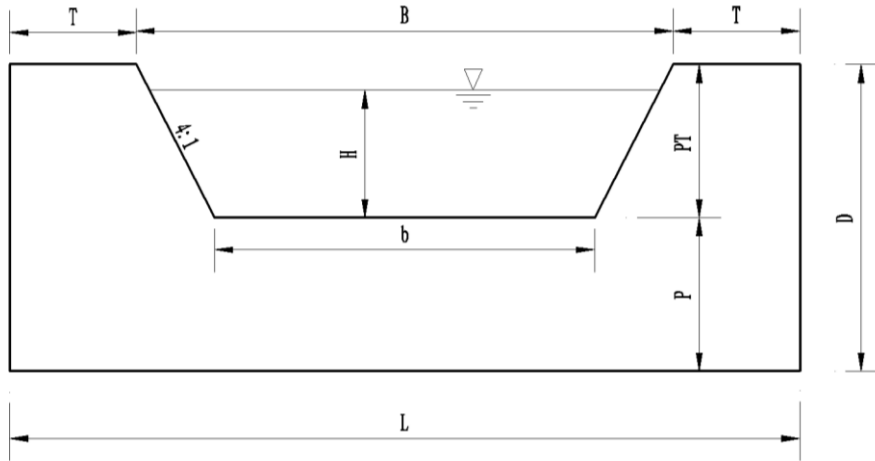


图 3.6 梯形量水堰示意图

尺寸要求:

$$b \leq 1.5\text{m}, \quad B = b + h/2, \quad H = b/3 + 5\text{cm}, \quad T = b/3, \quad P \geq b/3, \quad D = P + H + 5\text{cm},$$

$$L = B + 2T + 16\text{cm}$$

表 3.14 梯形薄壁量水堰几何尺寸 单位:cm

b	B	H_{\max}	H	T	P	D	L	流量范围(L/s)
25	31.6	8.3	13.3	8.3	8.3	26.6	64.2	2~12
50	60.8	16.6	21.6	16.6	16.6	43.2	110.0	10~63
75	90.0	25.0	30.0	25.0	25.0	60.0	156.0	30~178
100	119.1	33.3	38.3	33.3	33.3	76.6	201.7	61~365
125	148.1	41.6	46.6	41.6	41.6	93.2	247.5	102~640
150	177.5	50.0	55.0	50.0	50.0	110.0	293.5	165~1009

流量计算

①自由流流量公式

$$Q = 1.86bH^{1.5} \quad (3.33)$$

公式适用范围:

$$0.25\text{m} \leq b \leq 1.5\text{m}, \quad 0.083\text{m} \leq H \leq 0.5\text{m}, \quad 0.083\text{m} \leq P \leq 0.5\text{m}$$

②淹没流流量公式

$$Q = 1.86\sigma_N bH^{1.5} \quad (3.34)$$

$$\sigma_N = \sqrt{1.23 - (h_n / H)} - 0.127 \quad (3.35)$$

式中：Q — 流量，m³/s；

H — 堰上水头，m；

b — 堰口底宽，m；

σ_n — 淹没系数；

h_n — 下游水面高出堰槛水深，m。

3.7.4 附图

量水堰定型设计图见附图 3.23~3.24.

3.8 分水闸

分水闸是干渠以下各级渠道首部控制并分配流量的闸，将上级渠道的流量按需要分入下级渠道，用以控制和调配流量，以达到计划用水的目的。分水闸设计应符合下列规定：

(1) 单股分水闸的分水角宜取 60°~90°，双股分水闸的分水角宜对称相等，多股分水闸的分水角可因地制宜确定。

(2) 闸室结构可采用开敞式或封闭式。

(3) 闸室进口不应凸入上级渠道。

(4) 闸前设计水位宜按分水比例，采用比上级渠道设计流量相应水位略低的水位。

(5) 闸底槛顶宜与上级渠底齐平或稍高于上级渠底，多泥沙

渠道上的闸底槛顶应高于上级渠底。

3.8.1 设计说明

(1) 涵洞式分水闸

由进口段、控制段、涵管段及出口段组成。

涵管过水能力计算公式如下（上、下游水位均高出涵顶的压力流）：

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g\Delta Z} \quad (3.36)$$

式中： ω — 涵管过水面积（ m^2 ）；

ΔZ — 涵闸上、下游水位差（ m ）；

δ — 侧向引水系数；

$$\mu = \frac{\delta}{\sqrt{\xi_{\text{进}} + \xi_{\text{出}} + \xi_{\text{门}} + \xi_{\text{沿}}}} \quad (3.37)$$

$\xi_{\text{进}}$ 、 $\xi_{\text{出}}$ 、 $\xi_{\text{门}}$ 、 $\xi_{\text{沿}}$ — 分别为进口、出口、门槽、沿程损失系数，

$\xi_{\text{进}}=0.2$ ， $\xi_{\text{出}}=1.0$ ， $\xi_{\text{门}}=0.2$ ； $\xi_{\text{沿}} = \frac{1}{45} \times \frac{L}{4R}$ ；

L — 洞身长（ m ）；

R — 水力半径（ m ）。

(2) 开敞式分水闸

由进口段、闸室和出口段组成。

3.8.2 适用范围

设计流量在 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 以内（含 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ）。

3.8.3 设计要点

(1) 闸室布置

闸孔净宽：涵洞式分水闸，根据涵管过流能力确定涵管管径（详

见表 3.15)；开敞式分水闸与渠道宽度一致。

闸顶高程：与两侧渠堤顶齐平；

闸底坎高程：与渠底齐平或稍高于渠底；

闸底板：厚度宜采用 0.2~0.3m，长度根据上部结构确定；

闸墩宽度：满足闸门槽最小构造尺寸要求

(2) 进、出口段

长度：宜控制在 1 倍闸室长度内。

材料：宜采用混凝土结构。

(3) 水闸涵管管径-水位-流量关系

表 3.15 涵管管径-水位-流量关系计算表

	管径	管径	管径	管径	管径	管径	管径	管径	管径
堰上	0.2m	0.3m	0.4m	0.5m	0.6m	0.7m	0.8m	0.9m	1.0m
水头	对应	对应	对应	对应	对应	对应	对应	对应	对应
	流量	流量	流量	流量	流量	流量	流量	流量	流量
0.2m	0.01	\	\	\	\	\	\	\	\
0.4m	0.027	0.059	0.078	\	\	\	\	\	\
0.6m	0.037	0.092	0.161	0.227	0.25	0.084	\	\	\
0.8m	0.045	0.115	0.215	0.332	0.449	0.54	0.561	0.396	\
1m	0.051	0.135	0.257	0.411	0.583	0.759	0.916	1.025	1.037
1.2m	0.057	0.152	0.294	0.477	0.692	0.927	1.168	1.395	1.585
1.4m	0.062	0.167	0.326	0.535	0.786	1.07	1.374	1.685	1.986
1.6m	0.067	0.181	0.355	0.587	0.87	1.195	1.553	1.932	2.319
1.8m	0.072	0.194	0.383	0.635	0.946	1.309	1.714	2.151	2.611
2m	0.076	0.206	0.408	0.68	1.017	1.413	1.861	2.35	2.872

3.8.4 附图

分水闸定型设计图见附图 3.25~3.31。

3.9 节制闸

节制闸是调节水位以满足上游引水的需求，控制渠道下泄流量，以保证下游用水需求的控制建筑物。节制闸设计应符合下列规定：

- (1) 闸室结构宜采用开敞式。
- (2) 闸底坎高程宜与渠底齐平或稍高于渠底。
- (3) 闸孔设计过水断面面积宜与渠道过水断面面积相适应。

3.9.1 设计说明

设计采用整体开敞式闸型，堰型为平底宽顶堰型。由上游连接段、闸室和下游连接段等建筑物组成。

3.9.2 适用范围：

底宽为 0.5~1.2m 的梯形渠道，设计流量在 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 以内（含 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ）。

3.9.3 设计要点

(1) 闸室布置

闸孔净宽：梯形渠道，根据过闸流量和上下游水位差确定（详见表 3.16）；矩形渠道，取上游渠道宽度。

闸顶高程：水闸上游高水位+0.3 或与两侧渠堤顶齐平；

闸底坎高程：与渠底齐平或稍高于渠底。；

闸底板：厚度宜采用 0.3~0.5m，长度根据上部结构和地基条件

确定；

闸墩宽度：满足闸门槽最小构造尺寸要求。

(2) 上、下游连接段

长度：宜控制在 1.5~2 倍闸室长度内。

材料：宜采用混凝土结构。

(3) 水闸过水能力计算公式

公式如下：

$$Q = m\epsilon B\sqrt{2gH_0}^{3/2} \quad (3.38)$$

式中：Q——流量，m³/s；

m——流量系数，查表取值 0.385；

ε——闸墩侧收缩系数；

H₀——计入行近流速水头，m， $H_0 = H + v^2 / 2g$ ；

g——重力加速度，m/s²；

B——总净宽，m。

(4) 水闸闸孔净宽-水位-流量关系

表 3.16 闸孔净宽-水位-流量关系计算表

闸前 水位	闸后 水位	闸孔 净宽 0.3m 对应 流量	闸孔 净宽 0.4m 对应 流量	闸孔 净宽 0.5m 对应 流量	闸孔 净宽 0.6m 对应 流量	闸孔 净宽 0.7m 对应 流量	闸孔 净宽 0.8m 对应 流量	闸孔 净宽 0.9m 对应 流量	闸孔 净宽 1.0m 对应 流量
0.2	0.15m	0.041	0.055	0.069	0.084	0.098	0.113	0.128	0.144
0.3m	0.25m	0.072	0.096	0.12	0.145	0.17	0.196	0.223	0.25
0.4m	0.35m	0.103	0.138	0.173	0.209	0.246	0.283	0.321	0.36
0.5m	0.45m	0.126	0.167	0.209	0.251	0.293	0.335	0.377	0.419

0.6m	0.55m	0.155	0.206	0.258	0.31	0.361	0.413	0.465	0.516
0.7m	0.65m	0.184	0.246	0.307	0.369	0.43	0.491	0.553	0.614
0.8m	0.75m	0.214	0.285	0.356	0.428	0.499	0.57	0.641	0.713
0.9m	0.85m	0.243	0.324	0.405	0.487	0.568	0.649	0.73	0.811
1m	0.95m	0.273	0.364	0.455	0.546	0.637	0.728	0.818	0.909
1.1m	1.05m	0.302	0.403	0.504	0.605	0.706	0.806	0.907	1.008

3.9.3 附图

分水闸定型设计图见附图 3.32~3.37。

参考文献

- 【1】 GB50288-99, 灌溉与排水工程设计规范 [S].
- 【2】 SL207-98, 节水灌溉技术规范 [S].
- 【3】 SL18-2004, 渠道防渗工程技术规范 [S].
- 【4】 DB33T 408-2003, 农田水利工程灌排渠用预制混凝土构件 [S].
- 【5】中小型水利水电工程典型设计图集[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- 【6】何配德, 徐永年等. 小型水利工程施工 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- 【7】水利部农村水利司. 灌溉管理手册 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.
- 【8】华东水利学院. 水工设计手册—灌区建筑物 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.
- 【9】竺慧珠, 陈德亮, 管枫年, 熊启钧等. 取输水建筑物丛书 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- 【10】田富. 实用水利技术手册 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1995.