

水工钢结构课程设计

1 设计任务书

一、题目

平面钢闸门设计

二、设计资料

闸门形式：溢洪道露顶式平面钢闸门；

孔口净宽：9.60m；

设计水头：5.40m；

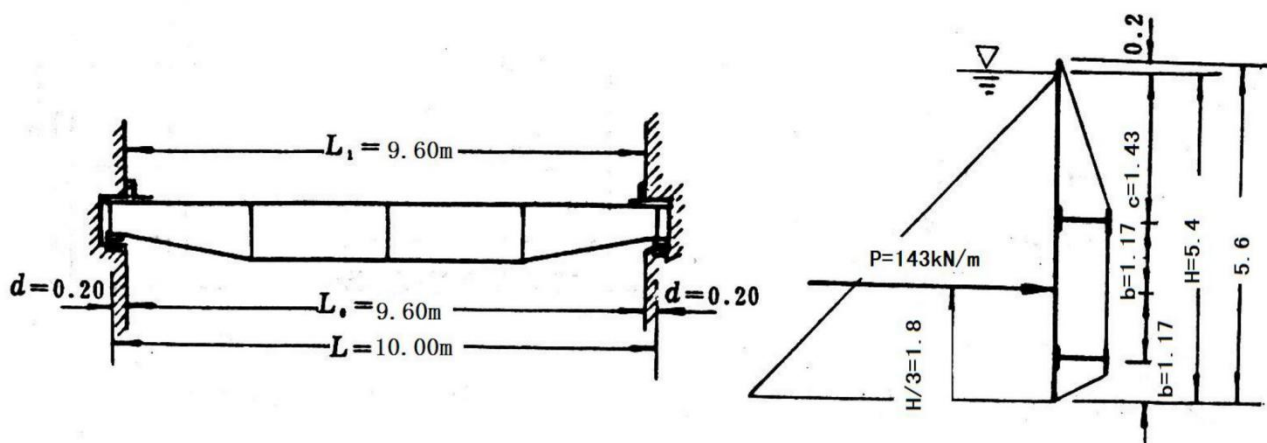
结构材料：Q235；

焊条：E43；

止水橡皮：侧止水用P形橡皮；

行走支承：采用胶木滑道，压合胶木为MCS-2；

混凝土强度等级：C20



例图 7.1 闸门主要尺寸图 (单位：m)

三、设计内容

根据给定的原始资料，需完成以下设计内容：

1. 了解任务，熟悉资料，确定闸门结构的形式并对其进行布置；
2. 面板设计
3. 水平次梁、顶梁和底梁的设计
4. 主梁设计
5. 横隔板设计
6. 纵向联结系设计

7. 边梁设计等。

四、课程设计的要求

1、总体要求

集中布置，明确要求，提倡讨论，独立完成，严禁抄袭，拷贝现象。

2、成果要求

(1) 说明书一份，内容包括：工程概况及基本资料；闸门结构布置、面板设计、水平次梁、顶梁、低梁设计、施工图绘制等。说明书应文字通顺，字迹工整，论据充足。

(2) 设计图纸 1~2 张

2 设计指导书

一、 目的要求

《水工钢结构》是水利水电工程专业的重要专业课，为了加强学生对基本理论的理解和《水工钢结构设计》规范条文的应用，培养学生独立分析问题和解决问题的能力，必须在讲完有关课程内容后，安排适当时间的课程设计，以提高学生的综合运用能力。

二、 闸门结构的形式及布置

- (1) 闸门尺寸的确定；
- (2) 主梁的形式；
- (3) 主梁的布置；
- (4) 梁格的布置及形式；
- (5) 联结系的布置及形式。

三、主要设计计算步骤

1、面板设计

- 1) 估算面板厚度；
- 2) 面板与梁格的连接计算；

2、水平次梁、顶梁和底梁的设计

- 1) 荷载与内力计算;
- 2) 截面选择;
- 3) 水平次梁的强度验算;
- 4) 底梁和顶梁设计

3. 主梁设计

- 1) 截面选择;
- 2) 截面改变;
- 3) 翼缘焊缝;
- 4) 腹板局部稳定验算;
- 5) 面板局部弯曲与主梁整体弯曲的折算应力验算。

4. 横隔板设计

- 1) 荷载和内力计算;
- 2) 横隔板截面选择和强度计算;

5. 纵向联结系设计

- 1) 荷载和内力计算;
- 2) 斜杆截面计算;

6. 边梁设计等。

7. 绘制施工图

露顶式平板刚闸门设计

1-1. 设计资料

闸门形式：溢洪道露顶式平板刚闸门；

孔口净宽：9.6m；

设计水头：5.4m；

结构材料：Q235 钢；

焊条：E43；

止水橡皮：侧止水用P 形橡皮；

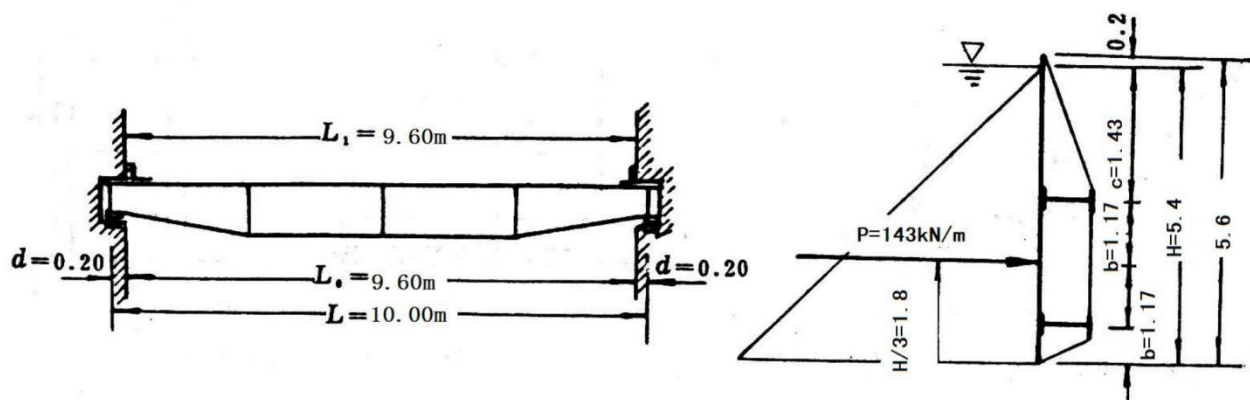
行走支撑：采用胶木滑道，压合胶木为MCS-2；

混凝土强度等级：C20；

1-2. 闸门结构的形式级布置

(1) 闸门尺寸的确定 (图 1)

- 1) 闸门的高度：考虑风浪所产生的水位超高为 0.2m，故闸门高度 $H=5.4+0.2=5.6\text{m}$ ；
- 2) 闸门的荷载跨度为两止水的间距； $L_1=9.6\text{m}$ ；
- 3) 闸门的设计跨度： $L=L_0+2d=9.6+2\times 0.2=10\text{m}$ ；



例图 7.1 闸门主要尺寸图 (单位：m)

- (2) 主梁的形式：主梁的形式根据水头的大小和跨度大小而定，本闸门属于中等跨度，为了方便制造和维护，决定采用实腹式组合梁。
- (3) 主梁的布置：根据闸门的高宽比，决定采用双主梁。为了方便两个主梁设计水位所受的水压力相等。两个主梁的位置对称与水压力的作用线 $Y=H/3=1.8\text{m}$ 。并且要求下悬梁 $a \leq 0.2H$ 且 $a \geq 0.4\text{m}$ ，上悬梁才 $c \leq 0.45H$ ，

今取 $a=0.63 \approx 0.12H=0.12\times 5.4=0.648$ ，

主梁间距 $2b=2(Y-a)=2(1.8-0.63)=2.34\text{m}$ ，

则 $c=H-2b-a=5.4-2.34-0.63=2.34=0.45H=2.43\text{m}$ 所以，满足要求。

(4) 梁格的布置和形 1 式。梁格采用复式布置和等高连接，水平次梁穿过横隔板上的预留孔并且被横隔板所支撑。水平次梁为连续梁，其间距应上疏下密，使得面板各区需要的厚度大致相等，梁格布置具体尺寸如图 2 所示

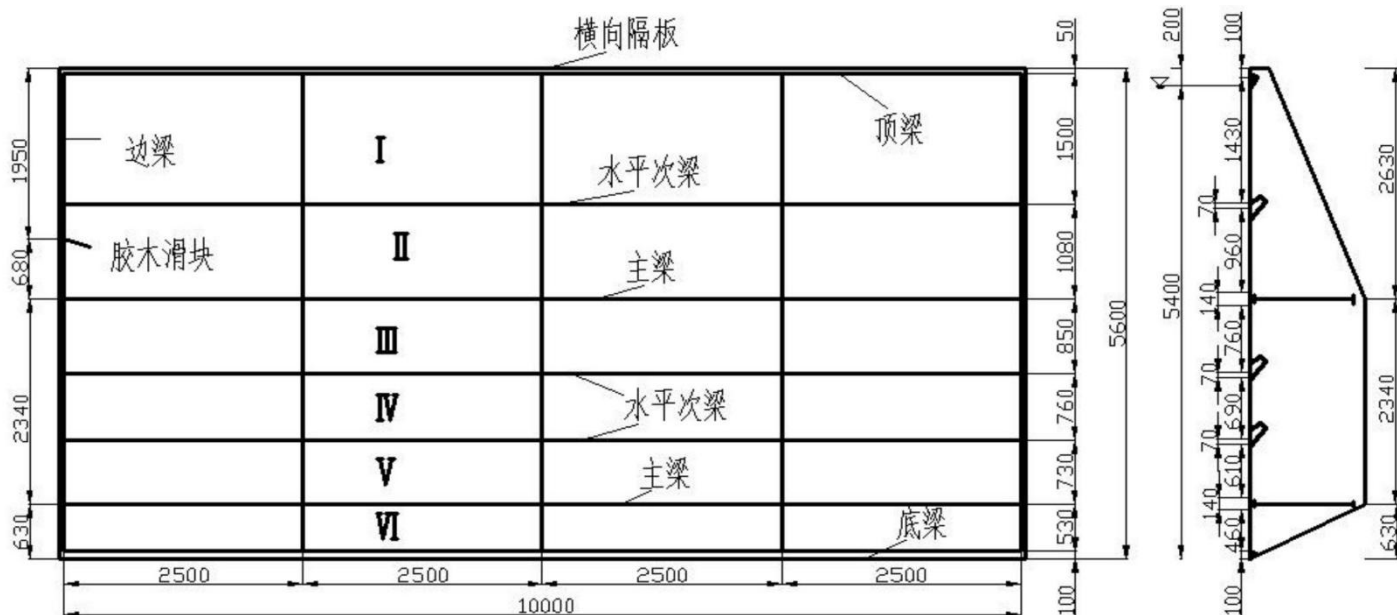


图2 梁格布置尺寸图

(5) 连接系的布置和形式。

1) 横向连接系，根据主梁的跨度，决定布置 3 道横隔板，其间距为 2.5m。横隔板兼作竖直次梁。

2) 纵向连接系，设计在两个主梁下翼缘的竖直平面内，采用斜杆式桁架。

3) 边梁与行走支撑，边梁采用单复式，行走支撑采用胶木滑道。

1-3. 面板设计

(1) 估计面板厚度，假定梁格布置尺寸如图 1 所示。面板厚度按式

$$t = a \sqrt{\frac{kp}{0.9 \times a \times [\sigma]}} ;$$

计算 当 $b/a \leq 3$ 时, $a=1.5$, 则 $t = a \sqrt{\frac{kp}{0.9 \times 1.5 \times 160}} = 0.068 a \sqrt{kp} ;$

当 $b/a > 3$ 时, $a=1.4$, 则 $t = a \sqrt{\frac{kp}{0.9 \times 1.4 \times 160}} = 0.07 a \sqrt{kp} ;$

现在列表进行计算

面板厚度的估算

区格	a (mm)	b (mm)	b/a	R	p (N/mm ²)	\sqrt{kp}	t (mm)
I	1430	2490	1.51	0.568	0.006	0.058	5.64
II	960	2490	2.59	0.5	0.019	0.097	6.33
III	760	2490	1.89	0.5	0.028	0.118	6.1
IV	690	2490	3.23	0.5	0.036	0.134	6.47
V	610	2490	4.08	0.5	0.043	0.147	6.28

VI	460	2490	5.41	0.75	0.05	0.194	6.25
----	-----	------	------	------	------	-------	------

根据表的计算，选用面板厚度为 $t=8\text{mm}$ 。

(2) 面板与梁格计算。面板局部挠曲是产生的垂直与焊缝长度的横向拉力 P 的计算。已知面壁

那厚度 $t=8\text{mm}$ ，并且取最大弯曲应力 $\sigma_{\max} = [\sigma] = 160 \text{ N/mm}^2$ ；

$$\text{则 } p = 0.07t \sigma_{\max} = 0.07 \times 8 \times 160 = 89.6 \text{ N/mm} ;$$

面板与主梁连接焊缝方向单位长度内的剪力为

$$T = \frac{VS}{2I_0} = \frac{343200 \times 600 \times 8 \times 283}{2 \times 1364180000} = 171 \text{ N/mm} ;$$

计算面板与主梁连接的焊缝厚度为

$$h_f = \frac{\sqrt{p^2 + T^2}}{0.7[\tau_f]} = \frac{\sqrt{89.6^2 + 171^2}}{0.7 \times 115} = 2.398 \approx 2.4 \text{ mm} \quad \text{面板与梁格}$$

连接焊缝取其最小厚度 $h_f = 6 \text{ mm}$ ；

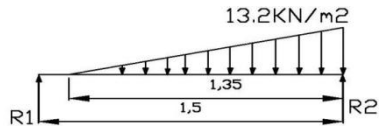
1-4 水平次梁，顶梁和底梁的设计

(1) 荷载与内力计算。水平次梁和顶梁都是支撑在横隔板上的连续梁，作用在他们上面的水平压力计算。

$$\text{即 } q = p \frac{a_{\text{上}} + a_{\text{下}}}{2} ;$$

列表计算后得 $\sum q = 144.81 \text{ KN/m}$ ；

水平次梁，顶梁和底梁均布荷载的计算

梁号	水压强度 P (KN/m ²)	梁间距 (m)	$\frac{a_{\text{上}} + a_{\text{下}}}{2}$	$q = p \frac{a_{\text{上}} + a_{\text{下}}}{2}$	备注
1 顶梁					顶梁荷载按下图计算 $R = \frac{\frac{1.35 \times 13.2}{2} \times \frac{1.35}{3}}{1.5} = 2.67$ 
2	13.2	1.5	1.29	17.03	
3 上主梁	23.8	1.08	0.965	22.97	
4	32.1	0.85	0.805	25.84	
5	39.6	0.76	0.745	29.5	
6 下主梁	47.3	0.73	0.63	29.8	
7 底梁	53.9	0.53	0.365	19.67	

根据表的计算，水平次梁计算荷载取 29.5kN/m ，水平次梁为四跨连续梁，跨度为 2.5m ，如下图所示，水平次梁弯曲时的边跨中弯矩为

$$M_{\text{次中}} = 0.077ql^2 = 0.077 \times 29.5 \times 2.5^2 = 14.2 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

支座 B 处的弯矩为

$$M_{\text{次支}} = 0.107ql^2 = 0.107 \times 29.5 \times 2.5^2 = 19.73 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

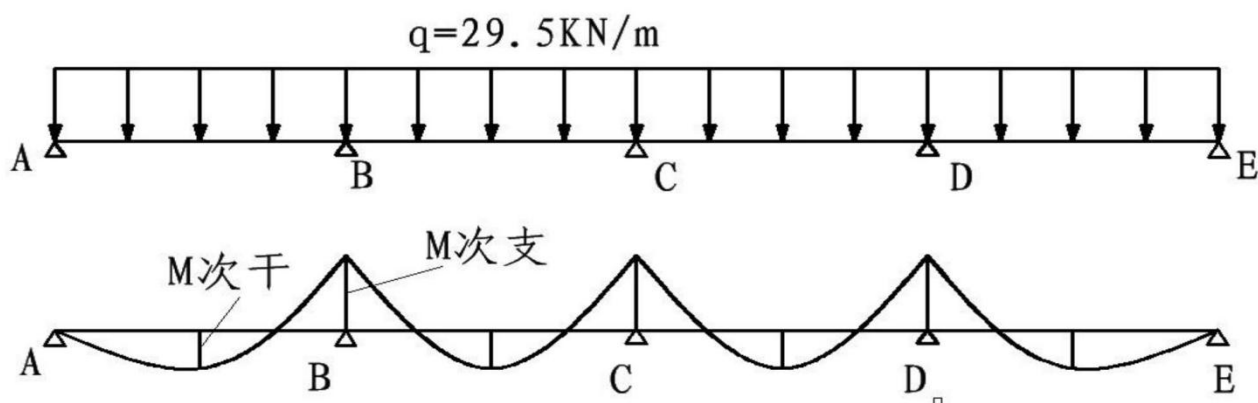


图3 水平次梁计算简图和弯矩图

(2) 截面选择

$$W = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{19.73 \times 10^6}{160} = 123312 \text{ mm}^2$$

考虑利用面板作为次梁截面的一部分，选择 [16b 有附录查表得到： $A = 2515 \text{ mm}^2$ ，

$$W_x = 11680 \text{ mm}^2; I_x = \text{mm}^4; b = 65; t_w = 8.5。$$

面板参加次梁工作有效宽度： $B \leq b_1 + 60t = 65 + 60 \times 8 = 545 \text{ mm}$;

$$B = \varepsilon_1 b \quad (\text{对跨间正弯矩段})$$

$$B = \varepsilon_2 b \quad (\text{对支撑负弯矩段})$$

按 5 号梁计算，设梁间距： $b = \frac{1}{2}(b_1 + b_2) = \frac{1}{2}(730 + 760) = 745 \text{ mm}$;

对于第一跨中正弯矩段取： $l_0 = 0.8l = 0.8 \times 2340 = 1872 \text{ mm}$;

对于支座负弯矩段取： $l_0 = 0.4l = 0.4 \times 2340 = 936 \text{ mm}$ 根据 l_0/b 查表得到

对于 $\frac{l_0}{b} = \frac{1872}{745} = 2.513$ ，得到 $\varepsilon_1 = 0.781$ ，则 $B = \varepsilon_1 b = 0.781 \times 745 = 582 \text{ mm}$ 。

对于 $\frac{l_0}{b} = \frac{936}{745} = 1.256$, 得到 $\epsilon_1 = 0.361$, 则 $B = \epsilon_1 b = 0.361 \times 745 = 269mm$ 。

对第一跨中选用 $B=545\text{mm}$ ，则水平次梁组合截面面积为：

$$A=2515+545\times 8=6875\text{mm}^2$$

组合截面形心到槽钢中心线的距离为：

$$e = \frac{545 \times 8 \times 84}{5910} = 53\text{mm} ;$$

跨中组合截面的惯性矩及截面模量为：

$$I_{\text{次中}} = + 2515 \times 53^2 + 545 \times 8 \times 31^2 = (\text{m} ;$$

$$W_{\text{min}} = \frac{22065195}{133} = 165900(\text{mm}^2) ;$$

对支座段选用 $B=269\text{mm}$ ，则组合截面面积为：

$$A = 2515 + 269 \times 8 = 4667 (\text{mm}^2) ;$$

组合截面形心到槽钢中心线距离：

$$e = \frac{269 \times 8 \times 84}{4667} = 39(\text{mm}) ;$$

支座处组合截面惯性矩及截面模量为：

$$I_{\text{次B}} = + 2515 \times 39^2 + 269 \times 8 \times 45^2 = (\text{mm}^4) ;$$

$$W_{\text{min}} = \frac{17533115}{119} = 147337 (\text{mm}^2) ;$$

(3)水平次梁的强度验算。由支座 B 处支座弯矩最大，而截面模量最小，故只需验算支座 B 处截面的弯矩 强度。即

$$\sigma_{\text{次}} = \frac{M_{\text{次B}}}{W_{\text{min}}} = \frac{19.73 \times 10^6}{147337} = 133.9(\text{mm}^2) < [\sigma] = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} ;$$

说明水平次梁选用 $[16\text{b}]$ ，满足要求。

轧成梁的剪应力一般很小，可不必验算。

(4) 水平次梁的挠度验算。受均布荷载的等连续梁，最大挠度发生在边跨，由于水平次梁在 B 支座处截面的弯矩已经求出 $M_{\text{次B}} = 19.73\text{kN} \cdot \text{m}$ ，则边跨挠度可近似地计算为：

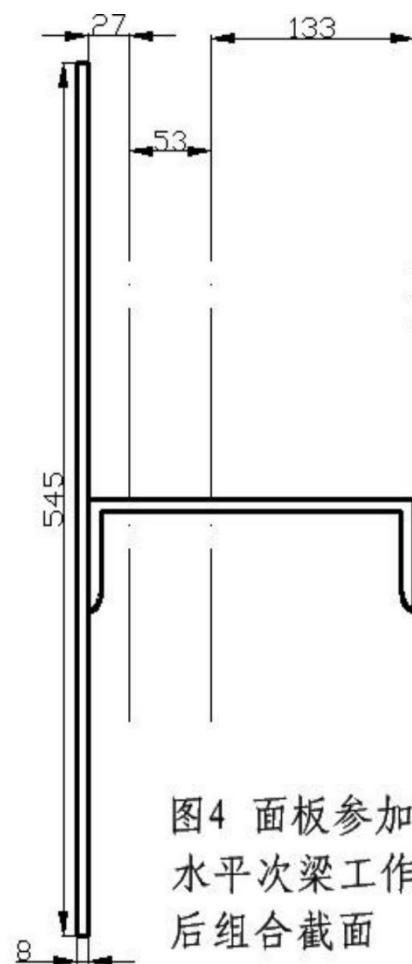


图4 面板参加水平次梁工作后组合截面

$$\begin{aligned} \frac{u}{l} &= \frac{5}{384} \times \frac{ql^2}{EI_{\text{次}}} - \frac{M_{\text{次}B}l}{16EI_{\text{次}}} \\ &= \frac{5 \times 29.5 \times (2.34 \times 10^3)^3}{384 \times 2.06 \times 10^5 \times 22065195} - \frac{19.73 \times 10^6 \times 2.34 \times 10^3}{16 \times 2.06 \times 10^5 \times 22065195} ; \\ &= 1.08 \times 10^{-3} - 6.35 \times 10^{-4} = 0.000455 \leq \left[\frac{u}{l} \right] = \frac{1}{250} = 0.004 \end{aligned}$$

故水平次梁选择 [16b]，满足强度和刚度的要求。

(5) 顶梁和底梁。顶梁荷载较小，但考虑水面漂浮物撞击影响，必须加强顶梁刚度，所以也

采用 [16b]，底梁也采用 [16b]。

1-5 主梁设计

(1) 设计资料

1) 主梁跨度 (图 5)；净跨 (孔口 宽度) $L_0=9.6\text{m}$ 。计算跨度 $L=10\text{m}$ 。

荷载跨度 $L_1=9.6\text{m}$ ；

2) 主梁荷载 $q=1/2p=71.5\text{KN/m}$ ；

3) 横向隔板间距：2.5m；

4) 主梁容许挠度 $[u] = L/600$ ；

(2) 主梁设计。主梁设计包括：①截面选择；②梁高改变；③翼缘焊缝；④腹板局部稳定性验

算；⑤面板局部弯曲与主梁整体弯曲的折算应力验算。

1) 截面选择。

①弯矩与剪力。弯矩与剪力的计算如下：

$$M_{\max} = \frac{1}{2} \times 71.5 \times 10 \times \left(\frac{10}{2} - \frac{9.6}{4} \right) = 929.5 (\text{KN} \cdot \text{m}) ;$$

$$V_{\max} = \frac{1}{2} ql_1 = \frac{1}{2} \times 71.5 \times 9.6 = 343.2 \text{KN} ;$$

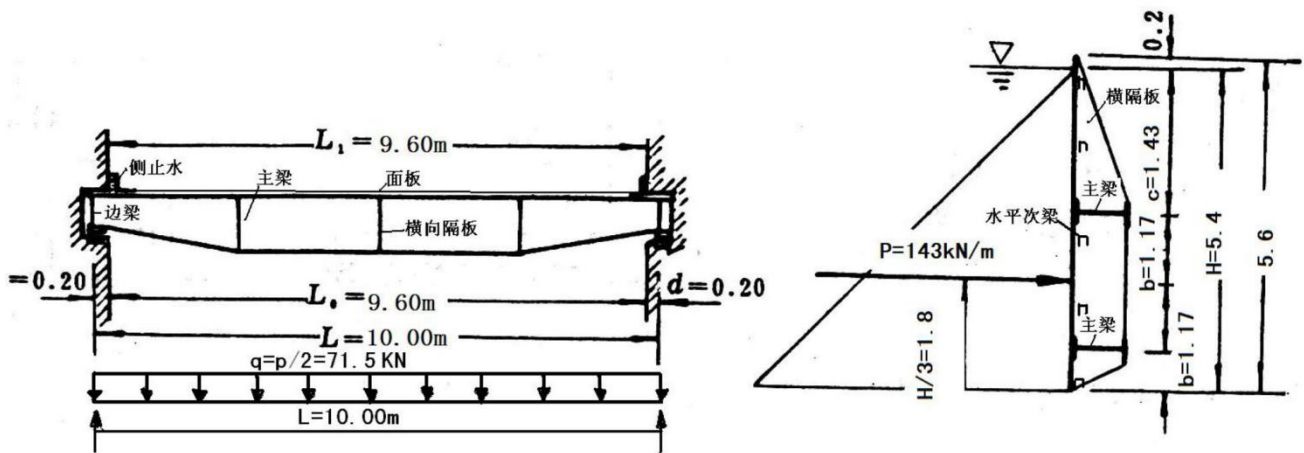


图5 平面刚闸门的主梁位置计算简图

②需要的截面模量。已知 Q235 钢的容许应力 $[\sigma] = 160 \text{ N/mm}^2$ ，考虑刚闸门自重引起的附加应力作用，取容许应力 $[\sigma] = 0.9 \times 160 = 144 \text{ N/mm}^2$ ，则需要的截面模量数为

$$W = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{929.5 \times 100}{144 \times 0.1} = 6455 \text{ (cm}^3\text{)};$$

③腹板高度选择。按刚度要求的最小高梁为

$$h_{\min} = 0.96 \times 0.23 \frac{[\sigma]L}{E \left[\frac{v}{l} \right]} = 0.96 \times 0.23 \frac{144 \times 10^2 \times 10 \times 10^2}{2.06 \times 10^7 \times (1/600)} = 92.6 \text{ (cm)};$$

$$\text{经济梁高 } h_{ec} = 3.1 W^{\frac{2}{5}} = 3.1 \times 6455^{\frac{2}{5}} = 103.6 \text{ (cm)};$$

由于 刚闸门中的横向隔板重量将随增加，故主梁高宜选此 h_{oc} 小，但不小于 h_{\min} 。现在用腹板高度 $h_0 = 100 \text{ cm}$ 。

④腹板厚度选择。按经验公式 $t_w = \frac{\sqrt{h}}{11} = \frac{\sqrt{100}}{11} = 0.91 \text{ cm}$ 。选 $t_w = 1.0 \text{ cm}$ 。

⑤翼缘截面选择。每个翼缘截面为

$$A_1 = \frac{W}{h_0} - \frac{t_w h_0}{6} = \frac{6455}{100} - \frac{1.0 \times 100}{6} = 48 \text{ (cm}^2\text{)};$$

下翼缘选用 $t_1 = 2.0 \text{ cm}$ 符合钢板要求。

需要 $b_1 = \frac{A_1}{t} = \frac{48}{2} = 24 \text{ cm}$ ，选用 $b_1 = 25 \text{ cm}$ 。（在 $\frac{h}{2.5} \sim \frac{h}{5} = 40 \sim 20 \text{ cm}$ 之间）

上翼缘的部分截面可利用面板，故只需设较小翼缘板同面板连接，选用 $t_1=2.0\text{cm}$ ， $b_1=12\text{cm}$ 。

面板兼作主梁上翼缘的有效宽度取为

$$B=b_1+60\delta=12+60\times 0.8=60(\text{cm});$$

上翼缘截面面积为

$$A_1=12\times 2.0+60\times 0.8=72(\text{cm}^2);$$

⑥弯应力强度验算。主梁跨中截面（图6）的几何特性见下表。截面形心距为

$$y_1 = \frac{\sum Ay'}{\sum A} = \frac{10532.4}{232} = 45.4(\text{cm});$$

截面惯性矩

$$I = \frac{t_w h_0^3}{12} + \sum Ay^2 = \frac{1\times 100^3}{12} - 318827 = 402160(\text{cm}^4);$$

截面模量

$$\text{上翼缘顶边: } W_{\min} = \frac{I}{y_1} = \frac{402160}{45.4} = 8858(\text{cm});$$

$$\text{下翼缘底边: } W_{\min} = \frac{I}{y_2} = \frac{402160}{59.4} = 6770(\text{cm});$$

$$\text{弯应力 } \sigma = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} = \frac{929.5\times 100}{6770} = 13.73 < 0.9\times 16 = 14.4(\text{KN}/\text{cm}^2);$$

所以，次截面梁设计安全。

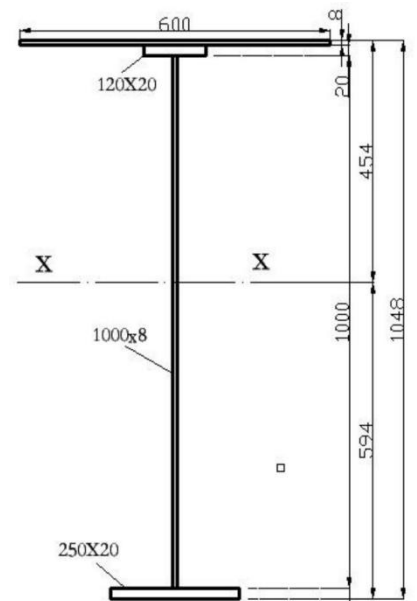


图6 主梁跨中截面图

主梁跨中截面的几何特性

部位	截面尺寸 (cmxcm)	截面面积 (cm ²)	各形心离面 板 表面距离 y' (cm)	Ay' (cm ³)	各形心离中和轴 距离 y=y'-y ₁ (cm)	Ay ² (cm ⁴)
面板部分	60x0.8	48	0.4	19.2	-45	97200
上翼缘板	12x2.0	24	1.8	48.2	-43.6	45623

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/926241210050010221>