

15-18

铁水包设计快速算法

石大良(东方汽轮机厂铸造分厂 四川绵竹县:618201)

TG 232.7

摘要:介绍了铁水包包体设计的快速计算方法。计算结果表明,快速算法适用于一般铁水包设计,也适用于各种有色金属浇包的设计,为铁水包设计应用 CAD 技术创造了条件。

Shi Daliang. Quick Calculation Method for Ladle Design. The paper has introduced the quick calculation method for the ladle body design. The calculation result shows that the quick calculation method is not only suitable for the design of common ladle for molten iron, but also is suitable for the design of ladle for molten nonferrous metals. It has created conditions for the application of CAD technique in ladle design.

关键词:铁水包 设计 快速算法 熔融金属罐

在铁水设计过程中,设计计算工作量是很大的,特别是包体设计。按照传统设计方法,一般都是先按额定容量初定出结构尺寸,然后确定零件尺寸并通过强度校核和刚度校核定出最终尺寸。特别是为了保证铁水包使用过程中的安全和轻便,必须计算出包体的空包重心和满包重心,以便优选包轴位置,从而使设计计算的繁杂性和计算量大为增加,很难适应当前社会主义市场经济的发展,不能满足用户的特殊需要。为此,笔者在总结长期工作实践经验的基础上,对铁水包包体各组成零件之间的几何关系进行分析和归纳,导出了铁水包包体设计快速算法,为铁水包设计应用 CAD 技术创造了条件。

1 铁水包设计基本尺寸参数 D_1

众所周知,一定容量的铁水包,只有当包腔内的液体金属表面积最小时,才有利于液态金属保温。这时,铁水包容量与尺寸的关系应满足下式:

$$D_1 = 2 \sqrt[3]{\frac{3 \operatorname{tga} \cdot G_1}{\pi \rho [1 - (d_1/D_1)^3]}}$$

式中 D_1, d_1 ——铁水体积上、下直径, dm

G_1 ——铁水额定容量, kg

tga ——包体斜度

ρ ——铁水密度, kg/dm³

通常,包体斜度可取为 $\operatorname{tga} = 0.05$, 铁水高

度 $H_1 = 0.95D_1$, 铁水密度可取为 $\rho = 7.0 \text{ kg/dm}^3$, 故(1)式经过化简之后可得:

$$D_1 = 0.5952 \sqrt[3]{G_1} \approx 0.6 \sqrt[3]{G_1} \quad (2)$$

2 铁水包设计快速计算公式

如果以(2)式计算值 D_1 为铁水包设计的基本尺寸参数,以包体上口中心为计算基准点,则铁水包包体各组成零件的简图和尺寸、体积、重心坐标的计算公式如下(现以 18t 电动铁水包设计为计算实例说明,计算结果中直径、高度、重心坐标等单位为 dm, 体积单位为 dm³, 重量单位为 kg)。

2.1 基本数据

基本尺寸 $D_1 = 0.6 \sqrt[3]{G_1}$	计算值: 15.724
安全线高 $E = 0.104D_1$	1.635
搪衬壁厚 $\Delta = 0.083D_1$	1.305
搪衬底厚 $\Delta_1 = 0.104D_1$	1.635

2.2 包内铁水(图 1)

上口直径 $D_1 = 0.6 \sqrt[3]{G_1}$	15.724
高度 $H_1 = 0.95D_1$	14.938
下底直径 $d_1 = 0.905D_1$	14.230
体积 $V_1 = 0.67749D_1^3$	2633.86
重心坐标 $y_1 = 0.5632D_1 (=0.4592D_1 + E)$	8.8558

若包腔内全部注满铁水,则有:

铁水体积 $V_r = 0.76D_1^3$	2954.63
------------------------	---------

重心坐标 $y_T = 0.5077D_1$

7.9831

体积 $V_3 = 3.826\delta D_1(\delta + 1.1155D_1)$

170.374

2.3 搪衬(图2)

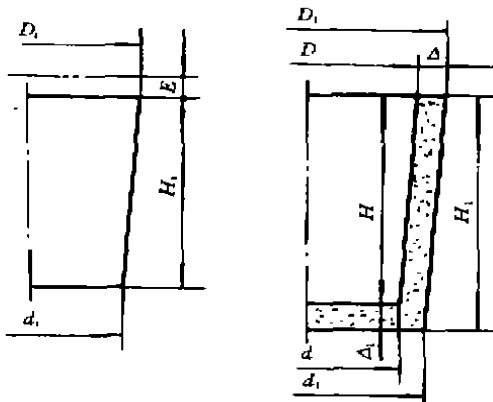


图1 包内铁水

图2 搪衬

包腔上径 $D = D_1 + 0.1E = 1.0104D_1$

15.890

包腔深度 $H = H_1 + E = 1.054D_1$

16.570

包腔底径 $d = d_1 = 0.905D_1$

14.230

上口外径 $D_2 = D + 2\Delta = 1.1764D_1$

18.498

高度 $H_1 = H + \Delta_1 = 1.158D_1$

18.209

下底外径 $d_1 = D_1 - 0.1H_1 = 1.0606D_1$

16.677

体积 $V_1 = 0.3811D_1^3$

1481.59

重量 $G_1 = V_1\rho_1$ (取 $\rho_1 = 2\text{kg}/\text{dm}^3$)

2963.18

重心坐标 $y_1 = 0.6603D_1$

10.3826

2.4 挡泥圈(图3)

板厚按板材规格圆整(包壳、加固圈、底板、包底加强筋的板厚也按板材规格圆整)。

板厚 $\delta_1 = 0.012D_1$

0.18

外径 $D_2 = D_1 + 0.01D_1 = 1.1864D_1$

18.655

内径 $d_2 = d_1 = 1.0606D_1$

16.677

体积 $V_2 = 0.222\delta_1 D_1^2$

9.880

重心坐标 $y_2 = 0.5\delta_1$

0.09

2.5 包壳(图4)

板厚 $\delta = 0.01D_1$

0.16

定位尺寸 $h_3 = \delta_1$

0.18

上口内径 $D_3 = D_1 = 1.1764D_1$

18.498

高度 $H_3 = H_1 + 0.06D_1 = 1.218D_1$

19.152

下底内径 $d_3 = D_3 - 0.1H_3 = 1.0546D_1$

16.583

重心坐标 $y_3 = \frac{0.609D_1 + (\delta + 1.0952D_1)}{\delta + 1.1155D_1} + \delta_1$

9.5835

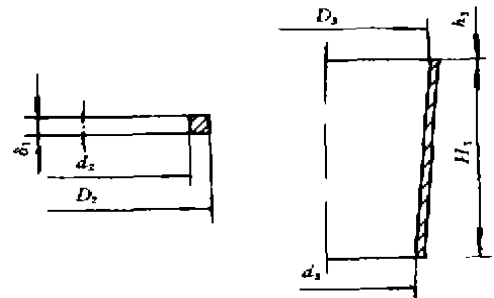


图3 挡泥圈

图4 包壳

2.6 上加圈(图5)

板厚 $\delta = 0.01D_1$

0.16

定位尺寸 $h_4 = \delta_1$

0.18

上口内径 $D_4 = D_3 + 2\delta = 1.1764D_1 + 2\delta$

18.818

高度 $H_4 = 0.09D_1$

1.415

下口内径 $d_4 = D_4 - 0.1H_4 = 1.1674D_1 + 2\delta$

18.676

体积 $V_4 = 0.2827\delta D_1(3\delta + 1.1764D_1)$

13.498

重心坐标 $y_4 = 0.045D_1 + \delta_1$

0.8876

2.7 中加固圈(图6)

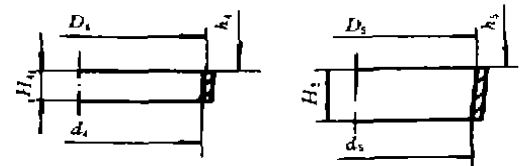


图5 上加圈

图6 中加固圈

板厚 $\delta = 0.01D_1$

0.16

定位尺寸 $h_5 = 0.706D_1 + \delta_1$

11.281

上口内径 $D_5 = D_3 - 0.0546D_1 + 2\delta$

$= 1.1218D_1 + 2\delta$

17.959

高度 $H_5 = 0.16D_1$

2.516

下口内径 $d_5 = D_5 - 0.1H_5 = 1.1058D_1 + 2\delta$

17.708

体积 $V_5 = 0.5027\delta D_1(3\delta + 1.1218D_1)$

22.916

- 重心坐标 $y_5 = 0.626D_1 + \delta_1$ 10.0232
- 2.8 下加固圈(图7)
- 板厚 $\delta = 0.01D_1$ 0.16
- 定位尺寸 $b_6 = 1.208D_1 + \delta_1$ 19.175
- 上口内径 $D_6 = D_3 - 0.1118D_1 + 2\delta$
 $= 1.0646D_1 + 2\delta$ 17.060
- 高度 $H_6 = 0.09D_1$ 1.415
- 下口直径 $d_6 = D_6 - 0.1H_6 = 1.0556D_1 + 2\delta$
 16.918
- 体积 $V_6 = 0.2827\delta D_1(3\delta + 1.0646D_1)$
 12.248
- 重心坐标 $y_6 = 1.163D_1 + \delta_1$ 18.4675

2.9 底板(图8)

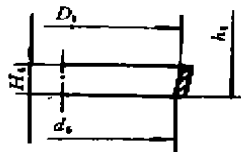


图7 下加固圈

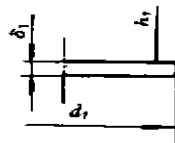


图8 底板

- 板厚 $\delta_1 = 0.012D_1$ 0.18
- 定位尺寸 $b_7 = 1.158D_1$ 18.208
- 外径 $d_7 = d_1 = 1.0606D_1$ 16.677
- 体积 $V_7 = 0.8835\delta_1 D_1^2$ 39.319
- 重心坐标 $y_7 = 1.158D_1 + 0.5\delta_1$ 18.2984

2.10 包底加强筋

按铁水包容量大小,包底加强筋可由设计者分别选用“+”字筋、“井”字筋、“田”字筋。

- 板厚 $\delta_2 = 0.01D_1$ 0.16
- 高度 $H_8 = 0.05D_1$ 0.786
- 长度 $L_1 = 2.11D_1$
 $L_2 = 3.64D_1$
 $L_3 = 5.75D_1$ (“田”字筋) 90.413
- 体积 $V_{81} = 0.1055\delta_2 D_1^2$
 $V_{82} = 0.182\delta_2 D_1^2$
 $V_{83} = 0.2875\delta_2 D_1^2$ 11.374
- 重心坐标 $y_8 = 1.183D_1 + \delta_1$ 18.782

2.11 整包桶体

- 上部外径 $D_w = 1.1764D_1 + 4\delta$ 19.14
- 外形高度 $H_w = 1.218D_1 + \delta_1$ 19.33
- 底部外径 $d_w = 1.0546D_1 + 2\delta$ 16.90

金属桶体重量 $G_7 = 7.8 \sum_{i=2}^7 V_i$ 2181

金属桶体重心 $y_7 = \frac{\sum_{i=2}^7 V_i y_i}{\sum_{i=2}^7 V_i}$ 10.8532

空包重心 $y_8 = \frac{G_1 y_1 + G_7 y_7}{G_1 + G_7}$ 10.5821

满包重心 $y_m = \frac{G_1 y_1 + G_7 y_7 + G_2 y_2}{G_1 + G_7 + G_2}$ 9.2324

3 铁水包主要参数计算对比

应用铁水包设计快速算法,只需给出铁水包额定容量一个参数,即可很快计算出铁水包包体的各个设计数据,大大提高了设计效率。为了验证以上快速计算公式的正确性,现以10t、15t、20t 电动铁水包为例,将计算结果与文献给出的参考数据进行对比,见下表。

G_t	10t		15t		20t	
	文献值	计算值	文献值	计算值	文献值	计算值
D	1300	1360	1490	1495	1637	1646
d	1163	1170	1330	1339	1466	1474
H	1350	1362	1550	1560	1710	1716
B	130	134.4	150	153.9	170	169.4
A	110	107.3	120	122.8	130	135.2
d_1	130	134.4	150	153.9	170	169.4
δ	12	12.9	14	14.8	16	16.3
δ_1	16	15.5	18	17.8	20	19.5

4 快速算法的应用

4.1 以上快速计算公式适用于一般铁水包设计,也适用于各种有色金属浇包的设计。但对不同的包体斜度或不同密度的液体金属,应用前述公式(1)重新计算其基本尺寸参数 D_1 的计算系数。例如仅就灰铸铁来说,随其牌号不同,碳当量多少不一样,其密度也不一样。根据经验和实测,当包体斜度为 $\text{tg}\alpha = 0.05$ 时,高温铁水的 D_1 计算系数应在 0.595~0.606 之间。即:

$$D_1 = (0.595 \sim 0.606) \sqrt[3]{G_t} \quad (\text{dm}) \quad (3)$$

4.2 铁水包设计快速算法也可用于钢水包设计。只是应用时除需注意钢水密度外,还应控制钢水的高径比在 1.0~1.2 的范围内。例如,

冲天炉钢结构前炉炉盖

杨毅(芜湖电工机械厂 安徽芜湖市:241001)

芜湖电工机械厂冲天炉一直使用铸铁前炉盖,系采用大型刮板造型铸造而成,盖内搪塞耐火材料。使用中存在寿命较短(因耐火材料脱落易炸裂或烘坏)及传热快等问题。现改用钢结构炉盖,见图1所示。根据工业炉的筑炉基本原理,采用钢板焊接、内层砌制耐火砖的炉盖,经过一年多的使用,效果较好。因为炉盖的热损失小(采用SW-2型表面温度计现场在同等条件下测试,铸铁炉盖为165℃,而钢结构炉盖为65℃),故保温性能好。

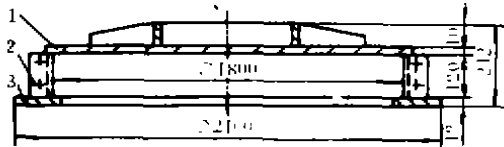


图1 钢结构炉盖

1. 盖板 2. 夹紧圈 3. 底板

炉盖采用低碳钢板焊制,要求底板平整,里面铺砌耐火砖(见图2)。在筑炉时,必须注意要使中间4块耐火砖的垂直交点在底板圆心上,耐火砖的泥浆灰缝控制在1mm以内,并留出20mm×20mm对称的出气孔。砌完后,放上由4个夹紧环(厚10mm钢板制成)组成的夹紧圈。夹紧环与夹紧环之间放4块20mm厚的木

当包体斜度为 $\text{tg}\alpha=0.05$ 时,钢水底径与上径之比应为0.88~0.90,以避免钢水包内钢水的压头小、散热快或者钢水中的杂质和气体不易排尽。因此,应按前述原理重新推算各公式的计算系数。

4.3 用快速算法进行浇包设计计算,可以完成浇包包体及其各组成零件的材料选择,计算其具体尺寸和相互位置关系,并很快求出空包与满包的重心座标。然后只需将计算结果按需要进行圆整,从而使复杂的设计计算大大简化。如果有条件应用CAD&CADD技术(图9),则效果更佳。

— 18 —

块(定位用),用螺栓紧固时必须对称且同时紧固。夹紧圈与底板间采用连续焊接,然后放上盖板并使其与夹紧圈仰焊点固,最后把炉盖起吊翻转180°进行连续焊接,并在盖板上四角焊上有紧固螺栓的垫板。

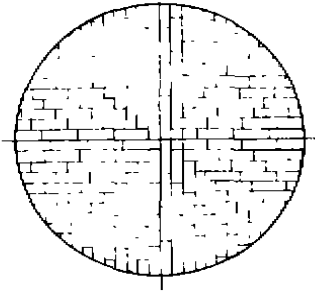


图2 耐火砖的铺砌

采用铸铁炉盖耗用铁水约900kg,而采用钢结构炉盖耗用钢材约400kg和耐火砖148块,后者金属材料消耗少,且寿命长,保温性好。使用钢结构炉盖应注意以下问题:①必须清除原来前炉上沿四周的耐水泥,保持四周平整,并均匀铺层旧砂,炉盖与前炉用螺栓紧固时需紧力均匀,严防因跑火而烘坏法兰致废。②使用时应防止冲击、振动等,以免耐火砖因振动移动塌落。③使用中若砌入盖内的耐火砖烘损1/5高度时,应搪塞耐火材料补平。

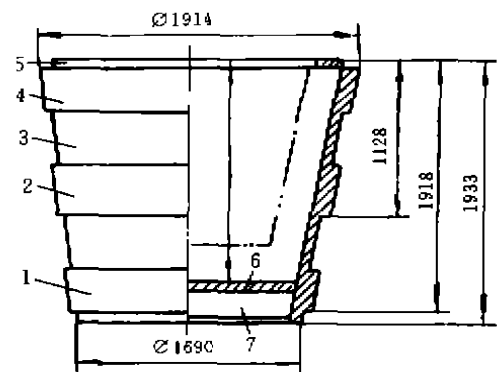


图9 10t 电动铁水包包体结构

5 参考文献

- 董超. 铸造设备设计. 北京:机械工业出版社,1980.