

水工金属结构制造材料的损耗分析

赖德元

(中国水利水电第十工程局, 四川都江堰, 611830)

摘要 本文根据实际经验对水工金属结构产品制造过程中的材料损耗率进行了分析, 并提出了建议损耗率, 可供制造厂家参考。

关键词 压力钢管 闸门 钢材损耗率

水电站压力钢管和闸门金属结构制造加工中钢材的损耗率, 虽在有关预算定额和施工手册中有所规定和推荐, 但因其分类不细, 或相互间幅度相差大, 或实际供料条件与测算不符等诸多原因, 缺乏应用的合理性和权威性, 尤其是钢材转入市场供货后仍属供不应求阶段, 即是钢厂定货生产也只能满足材质的厚度要求, 不能按要求规格供货, 有的还必须增供一定比例的短板, 这样就增加了制造耗量。有关损耗形成机理, 也未见著分析认证, 为了加深对损耗率的理性认识, 弄清制造加工必需的损耗量, 从而在操作中从损耗组成的各方面加以控制, 力求备料与用量接近, 我们按一般加工工艺结合操作经验, 进行一定的计算后, 得到了在既定条件下的损耗率, 其成果如下:

1 压力钢管各类管形的材料损耗

1.1 直管

1.1.1 找正切割

各种规格的板材在轧制后都不可能很规则, 下料都必须将其找正切割。一般较规则的板找正量, 每侧约 5 mm, 切割缝 3 mm, 板宽按 1 600 mm 计, 其损耗率为: $2 \times (5 + 3) / 1\,600 \times 100\% = 1\%$; 板长按 6 000 mm 计, 其损耗率为 $2 \times (5 + 3) / 6\,000 \times 100\% = 0.27\%$ 。

1.1.2 增设凑合量

安装调正需在定位节之间增设凑合调节节, 其长度视管径和轴线长度而定, 该增加量计入材料总量内。一般轴线长度在 50 m 左右, 增设 300 mm 的凑合余量, 其损耗增加率为: $0.3 / 50 \times 100\% = 0.6\%$ 。

1.1.3 板头丢料

由于加工用板一般不能按管材需要生产钢板,

规范需要纵缝间距必须大于 500 mm, 因此就容易出现丢头的情况。按每 5 张钢板可能出现一次丢头而计, 其损耗率为 $0.5 / (6 \times 5) \times 100\% = 1.7\%$ 。

1.1.4 错缝及尺寸限制

由于管道中设有支承环, 刚性环, 镇墩等固定位置结构, 为使环缝距离尺寸足够, 往往产生板宽方向的弃料, 按 30 m 产弃料 300~500 mm 一次测算, 其损耗率为: $0.5 / 30 \times 100\% = 1.7\%$, 结合以上所述直管的总损耗率为: $(1 + 1.27 + 0.6 + 1.7 + 1.7 + 0.2)\% = 5.47\%$ 。

1.2 弯管

弯管的转弯半径一般取管径的 3 倍左右, 设计管轴线弦长计算重量, 而制造放样展开, 取最大弦边为板宽取料, 二者的差值 $[(6 + 1) / 6 - 1] \times 100\% = 17\%$, 另外直管制造的基本损耗, 则弯管制造时用料损耗为 22.5%。

1.3 锥管

锥管的展开是扇形, 用料是矩形, 其展开角一定, 在其范围内的损耗也基本确定。如图 1 所示, 板

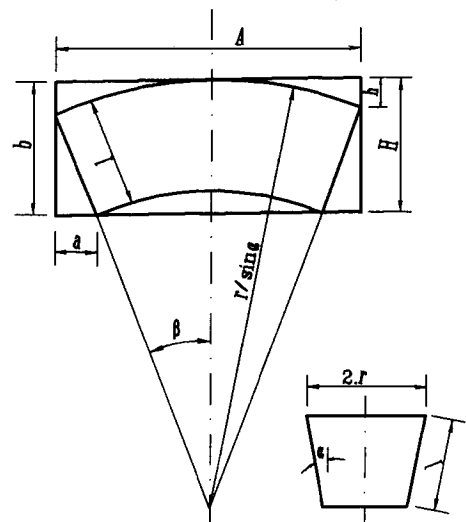


图 1 锥管展开用料损耗图

宽的损耗为: h/H , 板长的损耗率为: a/A 。

1.3.1 板宽损耗

$$h = r / \sin \alpha [1 - \cos(\alpha \cdot \sin \alpha)]$$

α ——被展开正锥对应的圆心角

一般锥管设计的顶角在 7° 以上, 当整锥展开时:

$$h = r / \sin 3.5^\circ [1 - \cos(180^\circ \times \sin 3.5^\circ)] = 0.3r$$

一般引水管道锥管直径差 200~400, 其素线长度

度为:

$$l = 100 \sim 200 / \sin 3.5^\circ = 1.640 \sim 3.280$$

钢管直径按 2.500 计算, 其损耗率为:

$$\begin{aligned} U &= h_1/H = h_1/(l + h_1) \\ &= (0.3 \times 1.250) / [(1.640 \sim 3.280) + \\ &\quad 0.3 \times 1.250] \\ &= 0.186 \sim 0.103 \end{aligned}$$

1.3.2 板长损耗

$$\begin{aligned} V &= a/A = (l \cdot \sin \beta) / [(2r/\sin \alpha) \cdot \sin \beta] \\ &= l \cdot \sin \alpha / 2r \end{aligned}$$

当 $l = 1.640 \sim 3.280$, $r = 1.250$ 时,

$$\begin{aligned} V &= [(1.640 \sim 3.280) \times \sin 3.5^\circ] / (2 \times 1.250) \\ &= 0.04 \sim 0.08 \end{aligned}$$

1.3.3 总损耗率

$$\begin{aligned} W &= U + V + 5\% = (0.186 \sim 0.103) + (0.04 \sim \\ &\quad 0.08) + 0.05 = 0.276 \sim 0.16 \end{aligned}$$

1.4 岔管

岔管的主体构造为三个锥管, 其锥管的锥角均为一般锥管的 3~5 倍, 半锥顶角 $10^\circ \sim 20^\circ$; 其损耗计算同前锥管。

1.4.1 板宽损耗

整锥展开弓高

$$h_1 = [r / \sin(10^\circ \sim 20^\circ)] \cdot \{1 - \cos[180^\circ \times \sin(10^\circ \sim 20^\circ)]\} = (0.84 \sim 1.532)r$$

两瓣展开弓高

$$h_1 = [r / \sin(10^\circ \sim 20^\circ)] \cdot \{1 - \cos[90^\circ \times \sin(10^\circ \sim 20^\circ)]\} = (0.213 \sim 0.412)r$$

一般公切球直径为主管的 1.2 倍, 出口直径为公切球的 $\sqrt{2}/2$ 倍, 直径差 Δr 为:

$$\Delta r = r(1 - \sqrt{2}/2) = 0.3r$$

素线长

$$l = \Delta r / \sin \alpha = 0.3r / \sin(10^\circ \sim 20^\circ) = (1.728 \sim 0.877)r$$

整体展开板宽损耗

$$U = h_1/(l + h_1) = (0.84 \sim 1.532)r / \{[1.728 + (0.84 \sim 1.532)] \cdot r\} = 0.327 \sim 0.47$$

$$U = h_1/(l_2 + h_1) = (0.84 \sim 1.532)r / \{[0.877 + (0.84 \sim 1.532)] \cdot r\} = 0.489 \sim 0.636$$

$$U_1 = 0.327 \sim 0.636$$

两瓣展开板宽损耗

$$U_2 = h_2/(l_1 + h_2) = (0.213 \sim 0.412)r / \{[1.728 + (0.213 \sim 0.412)] \cdot r\} = 0.11 \sim 0.193$$

$$U_2 = h_2/(l_2 + h_2) = (0.213 \sim 0.412)r / \{[0.877 + (0.213 \sim 0.412)] \cdot r\} = 0.19 \sim 0.32$$

$$U_2 = 0.11 \sim 0.32$$

1.4.2 板长损耗

当 $r = 1.500$, $l = (1.334 \sim 0.877)r$ 时,

$$\begin{aligned} V &= (1.334 \sim 0.877) \cdot r \cdot \sin(10^\circ \sim 20^\circ) / 2r \\ &= 0.15 \end{aligned}$$

1.4.3 总损耗率

$$\begin{aligned} \text{整锥展开: } W_1 &= U_1 + V = (0.327 \sim 0.636) + \\ &\quad 0.15 = 0.477 \sim 0.786 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{两瓣展开: } W_2 &= U_2 + V = (0.11 \sim 0.32) + 0.15 \\ &= 0.26 \sim 0.47 \end{aligned}$$

岔管的每锥是被切去一部分后不完善的锥, 展开圆心角在 $180^\circ \sim 360^\circ$ 之间, 实际单块展开较以上推算结果还偏大, 考虑套裁基本能满足, 故较老的施工手册损耗为 50%~60% 还是有依据的。

1.5 加劲环

一般加劲环都是钢板拼焊而成, 其分瓣切割如图 2。B 为每瓣环所需的板长: $B = h / \cos \alpha$

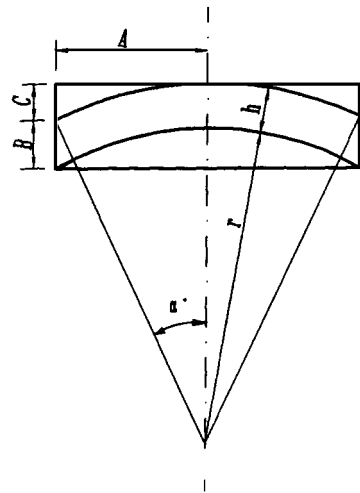


图 2 加劲环分瓣切割图

1.5.1 每瓣环在其切割范围的损耗

$$\begin{aligned} U &= AB / [(\pi/180^\circ) \cdot \alpha(r + h/2) \cdot h] - 1 \\ &= [(r + h) \cdot \sin \alpha \cdot (h/\cos \alpha) \cdot 180] / [\pi \cdot \alpha \cdot \\ &\quad (r + h/2) \cdot h] - 1 \end{aligned}$$

$$= 57.3(r + h) \cdot \text{tg} \alpha / [\alpha \cdot (r + h/2)] - 1$$

一般 $h = (0.08 \sim 0.12)r$

$$\begin{aligned} U_1 &= 57.3 \times 1.08r \cdot \text{tg} \alpha / (1.04\alpha \cdot r) - 1 \\ &= 59.5 \text{tg} \alpha / \alpha - 1 \end{aligned}$$

$$U_2 = 57.3 \times 1.12 \operatorname{tg} \alpha / 1.06 \alpha - 1 = 60.5 \operatorname{tg} \alpha / \alpha - 1$$

当 $\alpha = 30^\circ$ 时, $U_1 = 0.145, U_2 = 0.164$

当 $\alpha = 25.7^\circ$ 时, $U_1 = 0.114, U_2 = 0.133$

1.5.2 被切板材两端去损

$$V = (C + B) \cdot A / [(\pi/180) \cdot \alpha(r + h/2) \cdot h] - 1$$

$$V = 180(r + h) \sin \alpha [r + h - (f + h) \cos \alpha + h / \cos \alpha] / [\pi \cdot \alpha \cdot (r + h/2) \cdot h] - 1$$

$$V = 57.3(r + h) \sin \alpha [(r + h)(1 - \cos \alpha) + h / \cos \alpha] / [\alpha \cdot (r + h/2) \cdot h] - 1$$

当 $h = 0.08r$ 时

$$V_1 = \{1.08r^2 \sin \alpha [1.08(1 - \cos \alpha) + 0.08 / \cos \alpha] \times 57.3\} / (1.04 \times 0.08 \alpha \cdot r^2) - 1$$

$$= 744 \sin \alpha [1.08(1 - \cos \alpha) + 0.08 / \cos \alpha] / \alpha - 1$$

当 $h = 0.12r$ 时

$$V_2 = \{1.12r^2 \sin \alpha [1.12(1 - \cos \alpha) + 0.12 / \cos \alpha] \times 57.3\} / (1.06 \times 0.12 \alpha \cdot r^2) - 1$$

$$= 505 \sin \alpha [1.12(1 - \cos \alpha) + 0.12 / \cos \alpha] / \alpha - 1$$

当 $\alpha = 30^\circ$ 时, 每板长材料切割 n 块时,

$$V_1 = \{744 \sin 30^\circ [1.08(1 - \cos 30^\circ) + 0.08 / \cos 30^\circ] / 30 - 1\} / n = 2/n$$

$$V_2 = \{505 \sin 30^\circ [1.12(1 - \cos 30^\circ) + 0.12 / \cos 30^\circ] / 30 - 1\} / n = 1.43/n$$

当 $\alpha = 25.7^\circ$ 时, 每板长材料切割 n 块时,

$$V_1 = \{744 \sin 25.7^\circ [1.08(1 - \cos 25.7^\circ) + 0.08 / \cos 25.7^\circ] / 25.7 - 1\} / n$$

$$= 1.46/n$$

$$V_2 = \{505 \sin 25.7^\circ [1.12(1 - \cos 25.7^\circ) + 0.12 / \cos 25.7^\circ] / 25.7 - 1\} / n$$

$$= 1.08/n$$

当 $n = 30$ 时,

$$V_1 = 2/30 = 0.067, V_2 = 1.43/30 = 0.048;$$

$$V_1 = 1.46/30 = 0.049, V_2 = 1.08/30 = 0.036;$$

当 $\alpha = 30^\circ, n = 30$ 时, 切割加劲环的总损率为:

$$W_1 = (U_1 \sim U_2) + (V_1 \sim V_2)$$

$$= (0.145 \sim 0.164) + (0.067 \sim 0.048)$$

$$= (0.145 + 0.067) \sim (0.164 + 0.048)$$

$$= 0.212, \text{即 } 21.2\%$$

当 $\alpha = 25.7^\circ, n = 30$ 时, 切割加劲环的总损率

为:

$$W_2 = (U_1 \sim U_2) + (V_1 \sim V_2)$$

$$= (0.114 \sim 0.133) + (0.049 \sim 0.036)$$

$$= (0.114 + 0.049) \sim (0.133 + 0.036)$$

$$= 0.165, \text{即 } 16.5\%$$

2 闸门类结构制造的材料损耗

闸门类结构由门叶及埋件组成, 一般门叶类占总量的 60%~80%, 面板占门叶的 25%~35%, 总体的 15%~25%, 其制造的损耗组成为:

2.1 找正切割

如前直管所述损耗率 1%。

2.2 小件切割

为计算的简便, 除面板以外的构件统称为“小件”。假设其每小件板尺为 300×4000 , 每块板材下料 5 块小件板, 其宽度切割损耗率为 $(3 \times 5 + 1) / (5 \times 300) = 1.1\%$, 长度方向切割损耗率为: $(2 \times 3) / 4000 = 0.15\%$, 总损耗率为 1.25%。

2.3 丢料

板宽丢料: 按每 10 块小件丢边 200 mm 计, 损耗率为: $200 / (10 \times 300) \times 100\% = 6.7\%$

板长丢料: 按每 5 块小件丢头 500 mm 计, 损耗率为: $500 / (5 \times 4000) \times 100\% = 2.5\%$

丢料损耗率为: 9.2%

2.4 异形块件

主梁腹板, 上下纵梁腹板及各筋肋均为异形构造。以腹板“鱼鲫”形为算例, 端侧与腹中高之比为 0.5~1, 每侧转折起始点为长度 $(1/4 \sim 1/6)$; 被切除部分高取 0.25, 长 0.2, 其被切除部分占梁的损耗为:

$$0.25 \times 0.2 \times 100\% = 5\%$$

若异形块件占小件的 30%, 其占小件损耗率为 $0.05 \times 0.3 \times 100\% = 1.5\%$

2.5 切割焊收缩

受热一次收缩一次, 切割、焊接总收缩率 0.3%。

2.6 小件按占总体 80%, 占总体收缩率

$$U_1 = (1.25 + 9.2 + 1.5 + 0.3) \times 0.8 \times 100\%$$

$$= 9.8\%$$

2.7 面板

由于运输的限制面板宽度在 3 m 左右, 设长度为 6 m。施工中拼板及错缝等需要, 板宽度方向平均丢料 150 mm, 长度方向平均丢料 400 mm, 其丢料损耗率为:

$$(0.15/3 + 0.4/6) \times 100\% = 11.7\%$$

焊接切割收缩率为 0.2%。

面板占总量 20%, 占总体损耗率为:

$$U_2 = (11.7 + 0.2) \times 0.2 \times 100\% = 2.38\%$$

(下转第 83 页)

线,即直线 交纵座标轴为D点,D点电压就是继电器3 YJ 的准确整定值点。

为了证明D点就是正确的整定值点,我们可以进行理论分析。当D点整定值即 $U_{DZ-J} = U_D = 141.5V$ 时,随着机组转速上升,永磁机率上升,ZZX-2型转速信号继电器3 YJ 的动作电压值随频率变化沿直线 上升,在A点处,直线 与曲线 相交,继电器恰好动作。

我们为了证实这一理论分析的正确性,在现场开机做2号机组过速试验。当数字式频率计显示 $f = 70 Hz$ 时,即转速高达140% 额定转速时,继电器动作,喇叭响,过速保护动作于停机且联动关闭主阀。这里证实了理论分析的正确性。

然而,只要我们注意观察附图的直线 和曲线 并不是在A点相交,更确切点说应是在A点相切;这里的相切就意味着继电器3 YJ 在A点是处于临界动作状态。如果继电器3 YJ 因轴承变形或其他原因造成反作用力矩稍为增大些,则直线 就会在曲线 的上方,两线没有交点,这就必然会造成3 YJ 拒绝动作。为了保证继电器能可靠动作。我们不得不暂时将3 YJ 的整定值略为降低一些,这又留下不能准确整定的隐患。

5 技改建议

ZZX-2型转速信号装置由三相全波整流和五个

执行元件组成,其中1 YJ、2 YJ、3 YJ、4 YJ 均属于电磁型电器。按技术说明书要求:1 YJ 整定值为95%,2 YJ 整定值为85%,3 YJ 整定值为140%,4 YJ 整定值115%。由于各继电器的起始动作气隙,磁场的磁阻也不相同,因此,它们的动作电压随频率变化特性曲线也不相同,要使每一个继电器都能按永磁机实际输出特性曲线正确动作,是很麻烦的事。

近几年来许多老水电厂正在进行技术改造,我省安砂水电厂1992年就选用四川中鼎电气控制公司研制生产的DZK-II、(III)电脑转速测控仪。可取代水轮发电机组转速继电器,同时兼有双路测量频率,机组转速百分比(或实际转速)机组甩负荷及过速试验最大转速记忆等功能的新一代机组自动化控制仪表。该测控仪充分利用单片机特长,实现了精度高功能强、易操作等优点,集频率表、转速表、转速继电器,测试仪表于一体。其测控精度由晶振决定,不用担心转速接点出口值因长期运行而变化,可以免去各转速出口值的常规检验,减少专业人员的工作量,提高可靠性。采用永磁机,发电机电压互感器残压测频,扩宽测量范围。可根据现场需要方便地对6个转速出口值进行整定。建议选用该测控仪。

作者简介

叶少强 男 福建省南靖南二电厂 副总工兼生技科长 工程师

(收稿日期:1998-04-06)

(上接第55页)

2.8 总体损耗率

$$U = 1 + U_1 + U_2 = (1 + 9.8 + 2.38)\%$$

$$= 13.18\%$$

若是弧形闸门,其门框纵梁还应有锥管的性质。

水工金属结构制造材料损耗率表

名 称	施工组织设计手册	87水电建设安装预算定损/%	建议损耗/%	备 注
直 管	5	5	5	
弯 管	20~ 30	15	20	备料25%,再利用20%,净耗20%
锥 管	15~ 20	15	20	
岔 管	球直径2 m 以下		40~ 50	
	球直径3 m 以上	35~ 40	35~ 40	
刚 性 环	15~ 20	15	20	不少于7瓣组合
伸 缩 节	10~ 20	15	20	结构件用料
平 板 类 闸 门		13	13	
弧 形 闸 门			15	

3 建议结构制造材料损耗

各构件制造材料损耗形成机理的分析,只是在其材料使用范围内的损耗率,还未设计尺寸与实际材料不吻合的丢料;另外在材料使用中“损耗”也能

作一些再利用,综合权全考虑,建议材料损耗值计算见上表。

作者简介

赖德元 男 中国水利水电第十工程局安装分局 总工程师 高级工程师

(收稿日期:1998-06-11)

ABSTRACT

System Science and Technology

—Reviews on History and Tentative Plan for Future Reform in Our Bureau

Ma Shimian

(Chinese 10th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract The paper describes great changes occurred with system reform and development of science and technology in the 10th Bureau. The views and suggestions are presented in relation to property right, improvement of internal structure, reform of three systems and prosperity of the Bureau by means of science and education.

Key words the 10th construction bureau, history, reform, tentative plan

Application of Tunneling Machine in Irrigation Project for Water Diversion from Datonghe to Qinwangchuan

Xue Jihong

(Chinese 10th construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract Main parts, backup, auxiliary facilities and construction organizations for tunneling machine used in irrigation project for water diversion from Datonghe to Qinwangchuan are introduced. The problems of the tunneling machine in construction and improvement in construction method are summarized. Rapid construction rates will be achieved by using tunneling machine in long tunnel at hydropower project.

Key words double shield, tunnel boring machine, backup, construction technique, construction organizations, construction method

Application of RCC for Dam Construction at Huatan Hydropower Station

Liu Qiang

(Chinese 10th construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract RCC technique for dam construction is playing an important role with its unique advantages. The paper gives a description in detail on RCC raw material test, mix design, intermediate test and selection of various construction methods and parameters in construction of the Huatan RCC dam.

Key words RCC, mix design, Vc value, compactness, quality

Damage Analysis on Material for Hydraulic Metal Structures

Nai Deyuan

(Chinese 10th construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract Damage ratio of material for hydraulic metal structures during manufacture is analyzed according to practical experience. The proposed damage ratio is provided for the reference to manufactory.

Key words penstock, gate, damage ratio of steel

Rapid Construction for Underground Powerhouse at Taipingyi Hydropower Station

Du Yaling

(Chinese 10th construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract The underground powerhouse at the Taipingyi hydropower station is consisted of 28 caverns with large size, many cavern intersections, large amount of rock bolts and shotcrete and crane beams on rock wall. The actual construction period for underground project (22.5 months) meets that specified in the Contract two months ahead of time, in which tunnel excavation, open cut, rock bolts, shotcrete were completed and 2 x 125t overhead cranes were installed. 816t penstock installation was completed in 59 days. Construction period for tailrace tunnel meets that specified in the Contract one year ahead of time. The project is excellent. No serious accident happened during construction. For the 10th Bureau, the internal mechanism reform is deepened, technology and management is improved by construction of such large and complex underground powerhouse.

Key words Taipingyi hydropower station, underground powerhouse, rapid construction