

2000 典管中的焊接基准值（焊接 C 值）

东北电力设计院 黎明红 黄 涛

[内容摘要] 2000 典管与 87 典管的最大区别之一就是引入了焊接基准值（焊接 C 值），文中简要论述了焊接基准值的确定过程及由此引起的管道壁厚的变化。

[关键词] 2000 典管 焊接基准值 对口

1 前言

2000 典管的编制，考虑以往经常出现的管道与管道或管道与管件对焊出现的错口问题，我们这次参考了美国端部对焊标准 B36.25 的有关规定并结合国内的实际情况，在新典管中给出了一个焊接基准值（焊接 C 值），以保证焊接对口要求，同时为管道工厂化提供便利条件。焊接基准值即为能保证焊接对口要求的管道或管件内径，典管中引入焊接基准值，已于 2002 年 6 月通过电力规划设计协会组织的审查。

2 美国标准中的焊接基准值

美国 B36.25 标准针对管件的对口问题，采用了以焊接 C 值为基准的方法，使得各种管件在打坡口时能保证内径基本一致，达到合理的焊接对口。其推荐的焊接基准值如下：

对于外径管，它的焊接 C 值为：

$C = \text{公称外径} - \text{外径负偏差} - \text{最小壁厚} - \text{机加余度}$

对于内径管，它的焊接 C 值为：

$C = \text{最小内径} + \text{内径正偏差} + \text{内径负偏差} - \text{机加余度}$

3 焊接基准值的确定

美国 B36.25 标准推荐的焊接基准值是力求找到一个最合理的接口基准，针对该基准值来打坡口可以使得两个对接的管件都能在这一基准直径上对口而且最小壁厚还可以满足要求，这种公式的基础是由于符合美国 A530 标准的管道其外径正偏差非常小，因此这种焊接 C 值取法可以使绝大多数管件合理对口，而内径部分需要削去

的部分又不是很大，但是本次典管的管道还包括中国及德国管道，这两种管道的外径正偏差比美国标准规定的要大得多，如果同样采用美国方法来设定焊接值，则会导致与管件焊接的管道有可能其内径大于焊接基准值，因此为了满足中国、德国管道的实际情况，我们做了如下分析。

3.1 确定焊接基准值各种可能的方法

根据各种管材的壁厚和管径偏差，确定一个合理的焊接基准值。各符号意义如下：

“C”-----内径加工尺寸

Dmax-----管子最大外径

Dmin-----管子最小外径

Dn-----公称外径

Di-----具有最大外径负偏差和最大壁厚负偏差管子的最大内径

Di'-----具有最大外径正偏差和最大壁厚负偏差管子的最大内径

Sn-----管子公称壁厚

Sm-----管子最小壁厚

Sc-----管子计算壁厚

E-----壁厚圆整值

a-----管子外径正偏差（%）

b-----管子外径负偏差（%）

m-----管子壁厚负偏差（%）

3.1.1 方法一

该方法是以最大外径 Dmax 和 Sn 来求取“C”值，即：

“C”=Dmax-2*Sn(1-m).....(1)

下面我们按公式（1）对具有最大外径负偏差和最大壁厚负偏差的管子进行分析：

按式（1）有

“C”=Dn(1+a)-2Sn(1-m).....(2)

首先看对口是否可行

选择极端情况即具有最大外径负偏差和最大壁厚负偏差的管子,它的最大内径:

$$D_i = D_n(1-b) - 2S_n(1-m) \dots\dots\dots(3)$$

将(2)式和(3)式相减,即:

$$\begin{aligned} "C" - D_i &= D_n(1+a) - 2S_n(1-m) - [D_n(1-b) - 2S_n(1-m)] \\ &= D_n(a+b) \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

显然(4)式 >0 ,实际对口时可以通过加工 D_i (扩大内径) 保证对口要求。

再看能否保证最小壁厚

我们也选择极端情况即具有最大外径负偏差的管子,按“C”值加工后,剩余壁厚应满足下式:

$$D_n(1-b) - [D_n(1+a) - 2S_n(1-m)] \geq 2S_m$$

$$\text{即: } 2[S_n(1-m) - S_m] \geq D_n(a+b)$$

$$2[(S_c+E)(1-m) - S_m] \geq D_n(a+b)$$

$$2[S_c(1-m) + E(1-m) - S_m] \geq D_n(a+b)$$

$$2[S_m + E(1-m) - S_m] \geq D_n(a+b)$$

$$2E(1-m) \geq D_n(a+b)$$

$$E \geq [D_n(a+b) -]/[2(1-m)] \dots\dots\dots(4b)$$

式(4b)即为壁厚条件的判断式。

如果 $E \geq [D_n(a+b)]/[2(1-m)]$,则满足壁厚条件,

如果 $E < [D_n(a+b)]/[2(1-m)]$,则需要增加壁厚圆整值。

3.1.2 方法二

该想法是以最小外径 D_{min} 和 S_n 来求取“C”值。

$$"C" = D_{min} - 2S_n(1-m) \dots\dots\dots(5)$$

首先看对口是否可行

对于具有最大外径正偏差和最大壁厚负偏差的管子,它的最大内径

$$D_i' = D_n(1+a) - 2S_n(1-m) \dots\dots\dots(6)$$

将(5)式和(6)式相减,即:

$$\begin{aligned} "C" - D_i' &= D_n(1-b) - 2S_n(1-m) - \\ &[D_n(1+a) - 2S_n(1-m)] = -D_n(a+b) \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

式(7)永远是负值,说明对于具有最大外径正偏差和最大壁厚负偏差的管子,它的最大内径已超过“C”值,如果是 GB3087 的管子,当 $D_n \geq 100\text{mm}$ 时,式(7)值将 $\geq 2.25\text{mm}$,不能满足焊接错口要求。因此方法二不具有普遍性,不可行。

3.1.3 方法三

该方法是以最小外径 D_{min} 和 S_m 来求取“C”值。

$$"C" = D_{min} - 2S_m \dots\dots\dots(8)$$

首先看对口是否可行

对于具有最大外径正偏差和最大壁厚负偏差的管子,它的最大内径

$$D_i' = D_n(1+a) - 2S_n(1-m) \dots\dots\dots(9)$$

将(8)式和(9)式相减,即:

$$\begin{aligned} "C" - D_i' &= D_n(1-b) - 2S_m - [D_n(1+a) - 2S_n(1-m)] \\ &= 2[S_n(1-m) - S_m] - D_n(a+b) \\ &= 2[(S_c+E)(1-m) - S_m] - D_n(a+b) \\ &= 2[S_c(1-m) + E(1-m) - S_m] - D_n(a+b) \\ &= 2[S_m + E(1-m) - S_m] - D_n(a+b) \\ &= 2E(1-m) - D_n(a+b) \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

如果式(10) ≥ 0 ,即 $E \geq D_n(a+b)/[2(1-m)]$,则满足对口要求;

如果式(10) < 0 ,即 $E < D_n(a+b)/[2(1-m)]$,则需要增加壁厚圆整值。

再看能否保证最小壁厚

因为“C”是以最小外径为基础考虑的,因此对于大于最小外径的管道,都可以保证按“C”值加工后的最小壁厚。

3.1.4 方法四

最后一种方法就是以最大外径 D_{max} 和最小壁厚 S_m 来计算“C”值。

$$"C" = D_n(1+a) - 2S_m \dots\dots\dots(11)$$

首先看对口是否可行

选择极端情况即具有最大外径负偏差和最大壁厚负偏差的管子,它的最大内径:

$$D_i = D_n(1-b) - 2S_n(1-m) \dots\dots\dots(12)$$

将(11)式和(12)式相减,即:

$$\begin{aligned} "C" - D_i &= D_n(1+a) - [D_n(1-b) - 2S_n(1-m)] \\ &= D_n(a+b) + 2[S_n(1-m) - S_m] \dots\dots\dots(13) \end{aligned}$$

通过分析可以看出,式(13)大于零,满足对口要求。

再看能否保证最小壁厚

我们也选择极端情况即具有最大外径负偏差的管子,按“C”值加工后,剩余壁厚应满足下式:

$$D_n(1-b) - [D_n(1+a) - 2S_m] \geq 2S_m$$

$$\text{即: } -D_n(a+b) \geq 0 \dots\dots\dots(14)$$

式(14)不成立,因此方法四不可行。

3.2 焊接基准值的优选

由上述四个方法分析后得知,只有方法一和方法三可行,计算“C”值的公式分别为:

“C”=Dmax-2*Sn(1-m).....(A)

对口总能满足要求

壁厚判断式为 $E \geq [Dn(a+b)]/[2(1-m)]$

“C”=Dmin-2Sm.....(B)

对口判断式为 $E \geq Dn(a+b)/[2(1-m)]$

壁厚总能满足要求。

从(A)、(B)两个公式的判断式来看,虽然判断式的形式是一样的,但用(A)式计算“C”值,则需要对管道壁厚进行判断;如果用(B)式计算“C”值,则需要对管道对口是否满足要求进行判断,判断的目标有所不同,但结果是一致的。因此,

对于外径管

C值=实际最大外径-2 实际最小壁厚

壁厚判断式为 $E \geq [Dn(a+b)]/[2(1-m)]$ 。

对于内径管

C=最小内径+内径正偏差+内径负偏差

以上的推断是基于对接接头没有错边的情况下推导出来的,如果按照《电力建设施工及验收技术规范》(火力发电厂焊接篇)中的要求,“对接单面焊的局部错口值不应超过壁厚的10%,且

不大于1mm”的规定,“C”值的取值和判断式可写成如下形式:

对于外径管

C值=实际最大外径-2 实际最小壁厚-2Min(1mm,0.1公称壁厚)

壁厚判断式为 $E \geq [Dn(a+b)-2Min(1mm,0.1Sn)]/[2(1-m)]$ 。

对于内径管

C=最小内径+内径正偏差+内径负偏差

采用上述判断式,可以减少考虑“C”值后引起的管道壁厚的增加,同时也更符合实际施工情况。

4 引入焊接基准值对管道壁厚的影响

在2000典管中,由于管道及管件均按考虑了满足焊接值目的进行设计,即引入了焊接基准值,所以有些管道和管件的取用壁厚会有小幅上调。具体如下:

对于高温高压参数,管道重量增加0~6%

对于中低压参数,管道重量增加0~10%

而且,重量增加的百分数随管径的增大而减小。

小知识

主要能源热量换算系数表

		石油	热量单位		固体燃料		天然气		电力
		10 ⁶ t	10 ¹² Btu	10 ¹² cal	煤炭 10 ⁶ t	褐煤 10 ⁶ t	10 ⁹ m ³	10 ⁹ f ³	10 ⁹ kWh
石油		1	40	10000	1.5	3.0	1.111	39.2	11.63
热量单位	10 ¹² Btu	0.025	1	252	0.038	0.076	0.028	0.988	0.293
	10 ¹² cal	0.0001	0.004	1	0.00015	0.0003	0.00011	0.00392	0.0012
固体燃料	煤炭 10 ⁶ t	0.67	26.46	6666.7	1	2	0.74	26.15	7.75
	褐煤 10 ⁶ t	0.33	13.23	3333.3	0.5	1	0.37	13.07	3.88
天然气	10 ⁹ m ³	0.90	35.71	9000	1.35	2.70	1	35.3	10.47
	10 ⁹ f ³	0.026	1.012	255	0.038	0.076	0.028	1	0.296
电力	10 ⁹ kWh	0.086	3.41	860	0.129	0.258	0.096	3.37	1