钢结构(中英文),40(1),68-73(2025)
DOI:10.13206/j.gjgS23110302
ISSN 2096-6865
CN10-1609/TF

steel construction (Chinese & English)
gjg.ic-mag.com

扣件式钢管满堂支撑架立杆计算长度的插入方法

范国富
(中油吉林化建工程有限公司,吉林吉林 132000)

摘 要:研究建筑施工扣件式钢管满堂支撑架立杆长度的计算方法。现行规范中的计算长度系数线性插入方法为:按照T/CECS 699—2020《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》中附录D,满堂支撑架的步距h或立杆伸出顶层水平杆中心线至支撑点的长度a以固定的步距递增,以立杆段初始计算长度L_C为自变量,先通过线性插入方法计算出相应的满堂支撑架立杆计算长度系数(μ_1或μ_2),进而再计算出相应的立杆段力学计算长度L_L。新提出的计算长度直接线性插入方法为:按照T/CECS 699—2020附录D中给出的特定参数(步距h、立杆间距、立杆伸出顶层水平杆中心线至支撑点的长度a)下的立杆计算长度系数(基于理论和试验结果得到的μ_1或μ_2),先计算出特定参数下的L_L,h或a(或$h+2a$),再以固定的步距递增,以L_C($h+2a$或h)为自变量,通过线性插入方法再计算出相应的L_L。通过对以上两种插入方法的L_L和L_C(a或$h+2a$、h)的散点图和拟合函数的分析,发现现行规范中的计算长度系数线性插入方法的计算结果违背了线性插入的基本原则(插入的因变量超出了被插入因变量的范围)。进一步的分析表明:T/CECS 699—2020附录D中的L_C、L_L按线性函数拟合具有足够的精度,完全可以将二者视为线性关系;满堂支撑架立杆的计算长度L_0、长细比λ、稳定系数φ、稳定承载力均呈线性关系;现行规范中,将实际上为下凹的$L_C-\mu$二次项或幂的函数错误地视为线性函数,是导致产生L_L(或承载力)违背线性插入基本原则的原因。结合有关文献中针对稳定承载力的实测和有限元分析的结果,参考现行的英国标准BS 5975:2019中的计算方法,提出了以L_C($h+2a$或h)为自变量,直接线性插入扣件式钢管满堂支撑架立杆计算长度的方法。

关键词:支撑架;立杆计算长度系数;立杆计算长度

0 引 言

T/CECS 699—2020《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》[1](简称《标准》)在JGJ 130—2011《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》[2](简称《规范》)的基础上做了许多改进和完善,但两个规范中的下列内容完全相同:满堂支撑架的立杆伸出顶层水平杆中心线至支撑点的长度a在[200,500]mm区间时,立杆承载力按线性插入;满堂支撑架的步距两级之间计算长度系数按线性插入。《标准》和《规范》没有给出立杆承载力线性插入的方法;按照《标准》和《规范》中的立杆计算长度系数线性插入的方法,原建设部科技发展促进中心(今住建部建筑节能与科技司)2005年的全国建设行业科技成果推广项目中,某建筑云安全计算软件等现行的众多安全计算软件的插入计算结果均违背了线性插入的基本原则,其最终线性插入的立杆计算长度、立杆稳定承载力超出了被插入的两端点的阈值,此插入结果与有关文献中针对稳定承载力的实测结果和有限元分析的结果不符。因此,需要找到正确的扣件式钢管满堂支撑架立杆计算长度、立杆承载力的插入方法。

1 立杆计算长度的两种插入方法

1.1 《标准》中立杆计算长度的计算公式

顶部立杆段为:

$$L_0 = kL_L = k\mu_1 L_C = k\mu_1(h + 2a) \tag{1a}$$

非顶部立杆段为:

$$L_0 = kL_L = k\mu_2 L_C = k\mu_2 h \tag{1b}$$

作 者:范国富,高级工程师,一级建造师,主要从事建筑施工技术的研究。
Email:fanguofu-hqc@cnpc.com.cn
收稿日期:2023-11-03

式中：h 为步距，mm；a 为立杆伸出顶层水平杆中心线至支撑点的长度，mm，$a \in [200,500]$ mm；μ_1、μ_2 分别为考虑满堂支撑架整体稳定因素的单杆计算长度系数，统称为 μ；L_C 为立杆段初始计算长度，mm，顶部立杆段为 $h+2a$、非顶部立杆段为 h（$a=0$）；L_L 为立杆段力学计算长度，mm；k 为满堂支撑架立杆计算长度附加系数；L_0 为满堂支撑架立杆计算长度，mm。

1.2 《标准》中 μ 的线性插入方法

1）顶部立杆段。依据《标准》附录 D（简称附录 D）的表 D-1 或表 D-2 及其注而确定插入的四点边界，如图 1 所示。A、B、C、D 四点和插入点 Y 的步距及立杆伸出顶层水平杆中心线至支撑点的长度 a 组成的坐标分别为 A（h_0，200）、B（h_0+300，200）、C（h_0，500）、D（h_0+300，500）、Y（h_0+h_x，$200+a_x$），h_x 和 $a_x \in [0,300]$ mm，h_0 为附录 D 中给定的步距。以顶部立杆段初始计算长度 L_C 为自变量，以计算长度系数 μ 为因变量，线性插入 AB 点、CD 点的计算长度系数 μ_{AB}、μ_{CD}，再进而线性插入 Y 点对应的计算长度系数 μ_Y，最后按照式（1a）求出插入点 Y 的力学计算长度 $L_{0,Y}$，可以证明：从 AB、CD 点开始插入与从 AC、BD 点开始插入所得到的 μ_Y 相同。

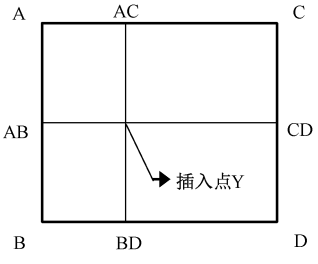


图 1　四点边界示意

Fig. 1　Four-point boundary diagram

2）非顶部立杆段。附录 D 的表 D-3 或表 D-4 中，参照顶部立杆段的插入方法，一次性插入 AB 点对应的计算长度系数 μ_{AB}，再按照式（1b）求出插入点 AB 的力学计算长度 $L_{0,AB}$。

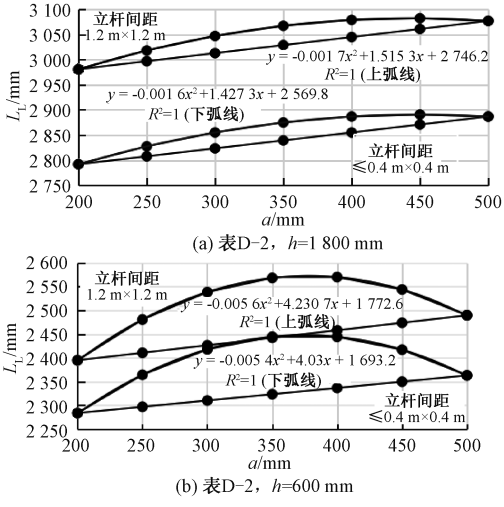
1.3 L_L 的直接线性插入方法

1）顶部立杆段。参照图 1，首先计算出附录 D 中表 D-1 或表 D-2 对应 A、B、C、D 四点的立杆段力学计算长度，以立杆段初始计算长度 L_C 为自变量、立杆段力学计算长度 L_L（而不是计算长度系数 μ）为因变量，经过 3 次直接线性插入而插入立杆段力学计算长度 $L_{L,Y}$，再由式（1a）求出插入点 Y 的力学计算长度 $L_{0,Y}$，可以证明：从 AB、CD 点开始插入与从 AC、BD 点开始插入所得到的 $L_{L,Y}$ 相同。

2）非顶部立杆段。在《标准》附录 D 的表 D-3 或表 D-4 中，参照顶部立杆段的插入方法，一次性插入 AB 点对应的立杆段力学计算长度 $L_{L,AB}$（而不是计算长度系数 μ_{AB}），再由式（1b）求出 AB 点的力学计算长度 $L_{0,AB}$。

2　两种插入方法的 L_L 与 a（或 $h+2a$）、h 的散点图分析

按照《标准》中 6.9.3 条款和附录 D 中表 D-2 和表 D-4 数据，以可用于安全等级为Ⅰ级的满堂支撑架（剪刀撑设置加强型）为例，h 的递增阶梯为 100 mm，a 的递增阶梯为 50 mm，对立杆段力学计算长度 L_L 的计算结果进行数据图形分析。计算拟合得到如图 2 所示的顶部立杆段 L_L 与 a 的散点图和如图 3 所示的非顶部立杆段 L_L 与 a 的散点图。图中：曲线段为按照第 1.2 节中 μ 的线性插入方法计算出的 L_L 与 a 的散点图；直线段为按照 1.3 节中新提出的直接线性插入方法计算出的 L_L 与 a 的散点图。



(a) 表D-2，h=1 800 mm

(b) 表D-2，h=600 mm

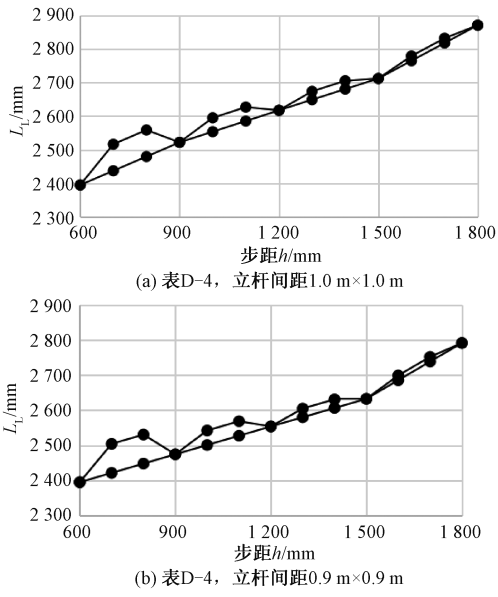
图 2　顶部立杆段力学计算长度 L_L 与 a 的散点图

Fig. 2　Scatter diagrams of the mechanical calculation length L_L and a of the top vertical rod segment

2.1 计算长度系数线性插入法中顶部立杆段 L_L 与 a 的弧线散点图分析

图 2（a）中的两条弧线表明，同步距不同立杆间距时，计算长度系数线性插入得到的 L_L 与 a（或 $h+2a$）均呈现向上凸起的抛物线且抛物线对称轴均在插入点之间（出现超出上端点 L_L 的插入点）。同步距全部立杆间距的相对应图形（略）表明：随着立杆间距的逐渐减小，抛物线逐渐整体下落（L_L 逐渐减小）且凸起变化不大。

图 2（b）中的两条弧线表明，同立杆间距不同步距时，计算长度系数线性插入得到的 L_L 与 a（或 $h+$



(a) 表D-4，立杆间距1.0 m×1.0 m

(b) 表D-4，立杆间距0.9 m×0.9 m

图3 非顶部立杆段力学计算长度 L_L 与 a 的散点图

Fig. 3 Scatter diagram of mechanical calculation length L_L and a of the non-top vertical rod segment

$2a$)均呈现向上凸起的抛物线且抛物线对称轴均在插入点之间(出现超出上端点 L_L 的插入点)。同立杆间距全部步距的相对应的图形(略)表明:随着步距的逐渐减小,抛物线整体逐渐下落(L_L 逐渐减小)且凸起逐渐增大,抛物线的对称轴逐渐由上端点向下端点移动(超出上端点 L_L 的插入点逐渐增多)。

2.2 计算长度系数线性插入法中非顶部立杆段 L_L 与 h 的多折线散点图分析

更多的拟合图形(略)分析表明,立杆纵、横向等间距(正方间距)且间距分别为 1.2、1.0、0.9、0.75、0.6、≤0.4 m,步距 $h\in[900,1\,800]$ mm 时,计算长度系数线性插入得到的 L_L 与 h 基本呈线性关系;$h\in[600,900]$ mm 时,L_L 与 h 呈现向上凸起的抛物线且抛物线对称轴均在插入点之间(出现超出上端点 L_L 的插入点),随着立杆间距的逐渐减小,抛物线逐渐下落(L_L 逐渐减小)且凸起变化不大。

图3中的多折线表明,立杆正方间距为 1.0、0.9 m,$h\in[1\,200,1\,800]$ mm 时,计算长度系数线性插入得到的 L_L 与 h 基本呈线性关系;$h\in[600,1\,200]$ mm 时,h 在 300 mm 区间长度内,L_L 与 h 呈现向上凸起的抛物线且抛物线对称轴均在插入点之间(出现超出上端点 L_L 的插入点),随着立杆间距的减小,抛物线逐渐下落(L_L 逐渐减小)且凸起逐渐增大。

2.3 计算长度直接线性插入法中 L_L 与 a 或 h 的直线散点图分析

依据《标准》中附录 D 的计算长度系数,a 或 h 在 300 mm 变化区间内,按照立杆段力学计算长度 L_L 直接线性插入的方法,散点图无异常情况(详见图2、3中的直线段)且满足《标准》中的第 5.4.9 条款要求,即当 a 在[200,500] mm 区间时,承载力按线性插入。

3 附录D中的 L_C(h+2a 或 h)与 μ 的非线性关系分析(h 和 a 的递增阶梯分别为 100、50 mm)

3.1 附录D中的 L_C 与 μ 的函数拟合

运用线性、二项式和幂函数分别对《标准》附录D中的立杆段初始计算长度 L_C(h+2a 或 h,自变量)与立杆计算长度系数 μ(因变量)进行拟合,拟合函数的决定系数 R^2 区间见表1。

表1 三种拟合函数 R^2 的区间值

Table 1 Interval values of R^2 of the three fitting functions

附录D中的表单号	拟合的函数	$L_C-\mu$ 的 R^2 的区间值
表D-1(a=0.5 m)	线性函数3	[0.927 6,0.993 8]
	二项式函数1	[0.989 9,0.997 8]
	幂函数2	[0.975 7,0.995 8]
表D-1(a=0.2 m)	线性函数3	[0.915 9,0.969 2]
	二项式函数1	[0.993 6,0.999 8]
	幂函数2	[0.988 9,0.998 5]
表D-2(a=0.5 m)	线性函数3	[0.944 4,0.970 4]
	二项式函数1	[0.997 3,0.999 9]
	幂函数2	[0.989 2,0.997 9]
表D-2(a=0.2 m)	线性函数3	[0.921 2,0.945 5]
	二项式函数1	[0.995 2,0.999 4]
	幂函数2	[0.992 7,0.998 4]
表D-3	线性函数3	[0.878 7,0.920 6]
	二项式函数2	[0.990 4,0.996 6]
	幂函数1	[0.993 9,0.999 0]
表D-4	线性函数3	[0.881 8,0.902 1]
	二项式函数2	[0.990 4,0.995 3]
	幂函数1	[0.995 7,0.998 8]

注:函数后面的数字序号1、2、3表示相关性由大到小的排列序号。

3.2 附录D中的 L_C 与 μ 的非线性关系分析

由表1数据可以看出:对附录D中的表D-1和表D-2,L_C-μ 的拟合函数中,最相关的是二项式函数、次相关的是幂函数;对表D-3和表D-4,最相关的是幂函数、次相关的是二项式;对表D-1~表D-4,线性函数的 $R^2\in[0.878\,7,0.993\,8]$,相关性最小,即:附录D中的立杆段初始计算长度 L_C(h+2a 或 h)与计算长度系数 μ(因变量)为非线性关系。

4 L_C 与 L_C、μ、L_L 的关系

以附录D中表D-2(a=0.2 m)为例,绘制立杆

段初始计算长度 L_C 与 L_C、μ、L_L 的图形，详见图 4。

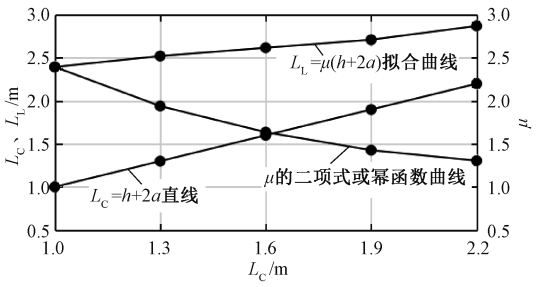


图 4　L_C 与 L_C、μ、L_L 的关系曲线

Fig. 4　Relations among L_C, L_C, μ, and L_L

由图 4 可以看出：以立杆段初始计算长度 L_C 为自变量，线性的立杆段初始计算长度 L_C-L_C 函数乘以下凹的二项式或幂的立杆计算长度系数 L_C-μ 函数等于线性的立杆段力学计算长度 L_C-L_L 函数，若按照《标准》和《规范》的规定，将 L_C-μ 视为线性函数，必然导致 L_C-L_L 函数形成上凸的图形（图 2、3）。经过全面而系统地计算和图形分析：附录 D 中表 D-1～表 D-4 的其他相应数据的图形均同图 4；其立杆段力学计算长度 L_L 与立杆段初始计算长度 L_C 的线性相关性见表 2。

表 2　L_L 与 L_C 的 R^2 的区间值

Table 2　Interval values of R^2 between L_L and L_C

附录 D 中的表单号	L_L-L_C 的 R^2 的区间值
表 D-1（a=0.5 m）	[0.946 3,0.980 2]
表 D-1（a=0.2 m）	[0.943 3,0.985 5]
表 D-2（a=0.5 m）	[0.972 8,0.998 1]
表 D-2（a=0.2 m）	[0.973 2,0.998 2]
表 D-3	[0.943 0,0.985 7]
表 D-4	[0.972 7,0.998 2]

由表 2 的数据可以看出：附录 D 中的立杆段力学计算长度 L_L 与立杆段初始计算长度 L_C 按线性函数拟合，整体决定系数 $R^2 \in [0.971\,1, 0.999\,1]$，具有足够的精度，完全可以将二者视为线性关系。实际的 L_L（因变量）的线性插入中，因为 L_C 的阈值宽度更小（仅为 300 或 600 mm），L_L 的线性插入值与立杆段初始计算长度 L_C 的线性相关系数将进一步提高。文献[3-4]中针对稳定承载力的实测和有限元分析的结果与此结论相同。

5　两种插入方法的立杆计算长度 L_0、ΔL_0 的数据的分析

按照上述两种插入方法，计算立杆段力学计算长度 L_L 以及 a 或 h 在 300 mm 变化区间内的最大立杆计算长度差 ΔL_L，结果详见表 3。

表 3　L_L 和 ΔL_L 的统计结果

Table 3　Statistical results of L_L and ΔL_L　mm

《标准》附录 D 中的表单号	立杆正方间距 1.2、1.0、0.9、0.75、0.6、≤0.4 m，$a \in [200,500]$ mm	
	L_L 区间	最大立杆计算长度差 ΔL_L
表 D-1	[2 526,3 262/3 266]	113/187
表 D-2	[2 284,3 077/3 083]	96/175
表 D-3	[2 527,3 150/3 167]	257
表 D-4	[2 284,2 981]	175

注："/"后数据仅为计算长度系数线性插入方法的计算结果；其他数据为两种插入方法的共有结果。

由表 3 的数据可以看出，两种插入方法的立杆段力学计算长度 $L_L \in [2\,284, 3\,266]$ mm，考虑到满堂支撑架立杆计算长度附加系数 $k \in [1.155, 1.291]$，则：满堂支撑架的立杆计算长度 $L_0 \in [2\,638, 4\,216]$ mm；a 或 h 在步距差 300 mm 长度内，满堂支撑架的最大立杆计算长度差 ΔL_0 为 332 mm（$\Delta L_0 = k\Delta L_L = 1.291 \times 257 = 332$ mm）。

6　满堂支撑架立杆的计算长度 L_0、长细比 λ、稳定系数 φ、稳定承载力间的线性关系

按照第 5 节中的结论：满堂支撑架的立杆计算长度 $L_0 \in [2\,638, 4\,216]$ mm，ϕ48.3 × 3.6 钢管立杆的回转半径 i 取 15.9 mm，则：满堂支撑架的立杆长细比 $\lambda \in [166, 265]$（即 2 638/15.9 = 166，4 216/15.9 = 265）；a 或 h 在 300 mm 步距差长度内，满堂支撑架的最大立杆长细比的差 $\Delta\lambda$ 为 21（$\Delta L_0/i$ = 332/15.9 = 21）。应用《标准》中表 A.0.5 轴心受压构件（Q235 钢）的长细比 λ 与稳定系数 φ 的数据（$\lambda \in [166, 265]$ 在 $[\lambda, \lambda + 21]$ 区间内），进行长细比 λ（自变量）与稳定系数 φ（因变量）的线性拟合，得到其线性相关系数 $R \in [0.998\,3, 0.999\,8]$、$R^2 \in [0.996\,7, 0.999\,6]$，即：满堂支撑架立杆的长细比 λ 与稳定系数 φ 线性相关。按照文献[5]，在 $\lambda \in [166, 265]$ 在 $[\lambda, \lambda + 21]$ 区间内（弹性模量 E 取 206 GPa、屈服强度取 235 MPa）进行长细比 λ（自变量）与稳定系数 φ（因变量）的线性拟合，其线性相关系数 $R \in [0.997\,5, 0.999\,3]$、$R^2 \in [0.995\,0, 0.998\,7]$，即：满堂支撑架立杆的长细比 λ 与稳定系数 φ 亦线性相关。

故设：

$$\varphi = m_1\lambda + m_2 \tag{2a}$$

又：

$$\lambda = L_0/i \tag{2b}$$

$$L_0 = kL_L \tag{2c}$$

按照第4节中的结论,有:

$$L_L = m_3 L_C + m_4 \tag{2d}$$

可以得出:

$$F_r = \varphi\sigma S_A = [m_1 k(\frac{m_3 L_C + m_4}{i}) + m_2]\sigma S_A = (n_1 L_C + n_2)\sigma S_A \tag{2e}$$

式中:m_1、m_2、m_3、m_4、n_1、n_2 分别为线性函数中的常数;F_r 为满堂支撑架立杆稳定承载力,N;σ 为满堂支撑架立杆的抗拉、压、弯强度设计值,MPa;S_A 为满堂支撑架立杆的截面面积,mm^2。

因此,在确定立杆材质(Q235)、规格(直径和壁厚)时,满堂支撑架立杆的计算长度 L_0 与长细比 λ、稳定系数 φ、稳定承载力均呈线性关系。

若按照《标准》和《规范》的方法:

$$L_L = \mu L_C = (m_5 L_C + m_6)L_C \tag{3}$$

其中 $\mu = m_5 L_C + m_6$

式中:m_5、m_6 分别为线性函数中的常数。

由图4可以看出:L_C-μ 二次项或幂的拟合函数的曲线实际上是下凹的,但按照《标准》和《规范》的方法,将其不正确地视为线性函数,必将导致 L_C-L_L 出现式(3)中上凸的二项式(抛物线)函数曲线,即出现图2、3中的违背线性插入基本原则的情况。

7 结 论

1)附录D中的满堂支撑架立杆计算长度系数 μ 与立杆的初始计算长度 L_C、步距 h 均非线性相关,因而,附录D中的注1:步距两级之间计算长度系数按线性插值是不正确的。

2)附录D中的立杆段初始计算长度 L_C、立杆段力学计算长度 L_L 按线性函数拟合,具有足够的精度,完全可以将二者视为线性关系。

3)满堂支撑架立杆的计算长度 L_0 与长细比 λ、稳定系数 φ、稳定承载力 F_r 均呈线性关系。

4)满堂支撑架立杆计算长度可按以插入方法计算。a. 附录D的表D-1、表D-2中,参照图1,以顶部立杆段初始计算长度 $L_C(h+2a)$ 为自变量,以顶部立杆段力学计算长度 L_L 为因变量,线性插入AB点、CD点的 $L_{L,AB}$、$L_{L,CD}$,再进而插入Y点对应的立杆段力学计算长度 $L_{L,Y}$,最后求出插入点Y的立杆力学计算长度 $L_{0,Y}$,可以证明:从AB、CD点开始插入与从AC、BD点开始插入所得到的 $L_{L,Y}$ 相同。此方法满足《标准》中的 $a \in [200,500]$ mm 时,立杆承载力的线性插入要求。b. 附录D的表D-3、表D-4中,参照顶部立杆段的插入方法,按 $a \equiv 0$,以非顶部立杆段初始计算长度 L_C(即 h)为自变量,一次插入的 $L_{L,AB}$ 即为AB点对应的立杆段力学计算长度 $L_{L,AB}$,进而求出AB点的立杆力学计算长度 $L_{0,AB}$。

参考文献

[1] 中国工程建设标准化协会. 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准:T/CECS 699—2020[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2020.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范:JGJ 130—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2011.

[3] 陆征然,陈志华,孙涛,等. 扣件式钢管模板支架中立杆伸出顶层水平杆长度对承载力影响的研究[C]//中国钢协结构稳定与疲劳分会第12届(ASSF-2010)学术交流会暨钢结构教学研讨会论文集. 宁波:2010.

[4] 杨宏伟. 扣件式钢管模板支撑体系整体受力性能分析[D]. 长沙:中南大学,2009:71-72.

[5] British Standards Institution. Code of practice for temporary works procedures and the permissible stress design of falsework:BS 5975:2019[S]. London:BSI Standards Limited,2019:171.

A Method for Calculating the Length of the Vertical Rods of Steel Pipe Fully-Supported Frames with Fasteners

Guofu Fan

(*China Petroleum Jilin Chemical Engineering & Construction Co., Ltd.*, (*JCC*), *Jilin* 132000, *China*)

Abstract:

This paper studied the method of calculating the length of the vertical rods of steel pipe fully-supported frames with fasteners in construction. The linear interpolation method for calculating the length coefficient in the current specification: according to Appendix D of *Technical Standard for Safety of Steel Tubular Scaffold with Couplers in Construction* (T/CECS 699—2020), the step length h of the fully-supported frame or the length a of the vertical rod extending from the center line of the top horizontal rod to the support point

increased with a fixed step length, and the initial calculated length L_C of the vertical pole section was taken as an independent variable, firstly, the calculated length coefficient (μ_1 or μ_2) of the vertical bar of the fully-supported frame was calculated by linear insertion method, and then the calculated length L_L of the corresponding vertical rod segment was calculated. The newly proposed direct linear interpolation method for calculating length was as follows: the length coefficient (μ_1 or μ_2 based on theoretical and experimental results) was calculated according to the specific parameters given in Appendix D of T/CECS 699—2020 (step distance h, distance between vertical poles, length a from the center line of the vertical rod extending out of the top horizontal rod to the support point), firstly, the mechanical calculation length L_L of the vertical rod section under specific parameters was calculated, and then the step distance h of the fully-supported frame or the length a (or $h+2a$) of the vertical pole extending from the center line of the top horizontal rod to the support point was increased by a fixed step, and the initial calculated length L_C($h+2a$ or h) of the vertical rod section was taken as the independent variable, then, the corresponding mechanical length L_L of the vertical rod segment was calculated by linear insertion method. By analyzing the scatter plots and fitting functions of the mechanical calculation length L_L of the vertical rod segment and the initial calculation length L_C(a or $h+2a$, h) of the above two insertion methods, it was found that the calculation results of the linear interpolation method of the calculation length coefficient in the current specification violated the basic principle of linear interpolation (the interpolated dependent variable exceeded the scope of the interpolated dependent variable). Further analysis showed: the initial calculation length L_C and mechanical calculation length L_L in Appendix D of T/CECS 699—2020 were fitted according to linear function with sufficient accuracy, and could be regarded as linear relations; the calculated length L_0, the slenderness ratio λ, the stability coefficient φ and the stability bearing capacity were all linear; in the current specification, the function which was actually a concave L_C-μ quadratic term or power was wrongly regarded as a linear function, which led to the reason that the calculated length L_L (or bearing capacity) of the vertical rod segment violated the basic principle of linear interpolation. Based on the measured results and finite element analysis of the stable bearing capacity in relevant literatures, and referring to the calculation method in the current British standard BS 5975:2019, a method of directly calculating the length of the vertical rod with linear insert fasteners was proposed, taking the initial calculation length L_C($h+2a$ or h) as the independent variable.

Key words: support frame; length coefficient of vertical rod calculation; length of vertical rod calculation