

# 液压千斤顶并联使用的方法与条件

李俊涛

[合伯检测技术(上海)有限公司, 上海 201613]

**摘要:**对液压千斤顶并联使用的方法和条件进行了分析和评价,对相同规格和不同规格的千斤顶进行讨论,明确了液压千斤顶并联使用的正确方法和相关条件,分析了回归方程对应点的标定值与回归值之间的误差,并对并联回归方程的标定值与回归值之间的误差进行了分析和讨论。结果表明:在一定条件下,可以将液压千斤顶并联使用的误差控制在一定范围内,且具有明显的优化效果。

**关键词:**液压千斤顶; 并联; 校准值; 回归值; 并联回归方程; 并联试验力

**中图分类号:** TH211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4012(2024)04-0009-03

## Methods and conditions for parallel use of hydraulic jacks

LI Juntao

[Hebo Testing Technical Service(Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201613, China]

**Abstract:** The methods and conditions of parallel use of hydraulic jacks were analyzed and evaluated. The same specifications and different specifications of jacks were discussed. The correct methods and related conditions of parallel use of hydraulic jacks were clarified. The error between the calibration value and the regression value of the corresponding points of the regression equation was analyzed, and the error between the calibration value and the regression value of the parallel regression equation was analyzed and discussed. The results show that under certain conditions, the error of parallel use of hydraulic jacks could be controlled within a certain range, and it had obvious optimization effect.

**Keywords:** hydraulic jack; parallel; calibration value; regression value; parallel regression equation; parallel test force

在工程领域中,依据 JJG 621—2012《液压千斤顶》对液压千斤顶(以下简称千斤顶)进行检定或校准,千斤顶主要用于桩基工程和结构工程的力值施加与控制。然而,在工程施工实际应用中,限于自有千斤顶等测量设备的规格数量有限或出于经济效益方面的考虑,施工单位经常将数台(两台及以上)小规格的千斤顶以并联的方式组合在一起,形成一个较大的负载力,以完成工程施工中较大力值的施加与控制。

JJG 621—2012 检定规程并没有涉及千斤顶并联检定的问题,而为了确保工程施工质量,在千斤顶的使用过程中,工程施工单位往往需要将千斤顶并联使用,以解决工程施工中的实际测控问题。因此,

笔者对千斤顶并联使用的方法进行分析研究,以期为基础工程施工单位千斤顶的并联使用条件与可靠的并联组合方法提供数据支持。

## 1 试验方法

### 1.1 千斤顶的并联

当工程施工中需要测控的力值超出施工单位现有能力时,除了添置、调配适用的大规格千斤顶外,将冗余的千斤顶并联<sup>[1]</sup>使用也是一种实用有效的方法,但千斤顶的并联使用必须满足以下条件:并联使用的每台千斤顶必须经过计量检定,符合相应千斤顶的准确度等级;检定或校准时采用同一型号、规格及等级的压力表;证书中除了不少于 5 点的检定或校准结果外,还应该附有相应的回归方程;千斤顶活塞有效行程应选择大于千斤顶并联顶升距离;千斤顶并联使用

收稿日期:2023-11-15

作者简介:李俊涛(1978—),男,硕士,工程师,主要从事计量校准检测工作,ljt78514@mail.sh.cn

的压力表和油泵是经检定或校准千斤顶中的一个; 并联千斤顶承载的底座和压盖应有足够强度和刚度, 压盖受力点应有球头副, 有条件进行并联力值验证时, 该球头副可移去, 仅使用验证用标准测力仪的压头即可。三并联千斤顶工作方式如图 1 所示。

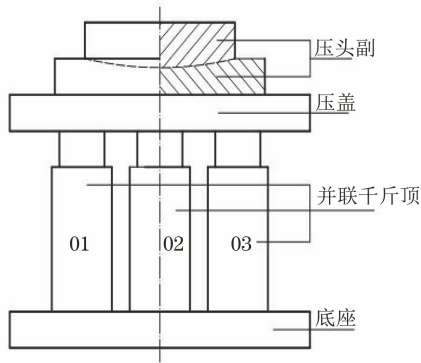


图 1 三并联千斤顶工作方式示意图

### 1.2 并联原则

依据理论力学原理, 千斤顶并联属于空间平行力系。

(1) 当选择型号和规格均相同的千斤顶并联时, 千斤顶应整齐对称排列, 各千斤顶试验力形成的几何中心就是并联力值的作用中心<sup>[2]</sup>。

相同规格千斤顶并联方式如图 2 所示。图 2a) 是两台相同型号、相同规格千斤顶的并联投影示意图, 并联后试验力的作用点在两台千斤顶几何中心连线的中点位置。图 2b) 是 3 台相同型号、相同规格千斤顶的并联投影示意图, 并联后试验力的作用点在 3 台千斤顶几何中心连线区域的中心位置。同理, 图 2c) 和图 2d) 分别为 4 台和 5 台相同型号、相同规格千斤顶的并联投影示意图, 并联后试验力的作用点分别在 4 台和 5 台千斤顶几何中心连线区域的中心位置。

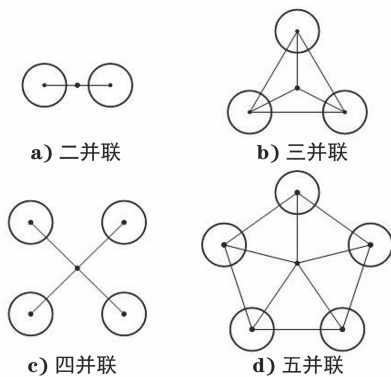


图 2 相同规格千斤顶并联方式示意图

(2) 当型号、规格均不同的千斤顶并联或型号、规格均相同的千斤顶非对称并联时, 应根据静力学

的力值合并法则进行两两合并, 最后得到的合力即千斤顶并联力值的作用中心。该方法虽然简易通用, 但不能忽视千斤顶的位置, 应给予固定的先决条件<sup>[3]</sup>, 三并联千斤顶工作方式如图 3 所示。

(3) 提供千斤顶检定或校准的检定装置也必须具有相应的准确度要求和操作控制要求<sup>[4]</sup>。

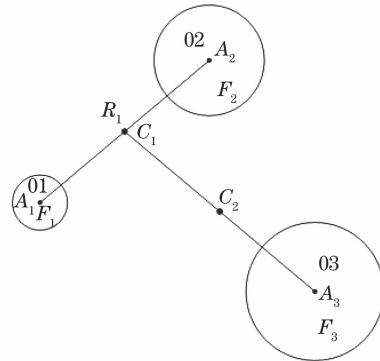


图 3 三并联千斤顶工作方式示意图

图 3 列举了 3 台规格不同、位置不对称且固定的并联千斤顶, 其中 01、02、03 分别为千斤顶编号, 对应负载力分别为  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$ , 对应各千斤顶施力中心点符号分别为  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_3$ 。首先, 01 号和 02 号千斤顶的合力  $R_1 = F_1 + F_2$ , 作用点  $C_1$  在 01 号和 02 号千斤顶的中心连线上, 具体位置按式(1)确定。

$$L_{A_1 C_1} = \frac{F_2}{F_1} L_{C_1 A_2} \quad (1)$$

式中:  $L_{A_1 C_1}$ 、 $L_{C_1 A_2}$  分别为点  $A_1$  至点  $C_1$  及点  $C_1$  至点  $A_2$  的线段长度, 下同。

将合力  $R_1$  作用点  $C_1$  与 03 号千斤顶中心  $A_3$  连线, 按式(2)确定合力  $R$  的具体位置。

$$L_{C_1 C_2} = \frac{F_3}{R_1} L_{C_2 A_3} \quad (2)$$

最终合力为

$$R = R_1 + F_3 = F_1 + F_2 + F_3 \quad (3)$$

多台不同规格、不同位置的千斤顶并联后的负载中心与合力分析计算方法依此类推。

### 1.3 检定结果的回归方程

在千斤顶测量范围内, 依据 JJG 621—2012 规程检测的压强与力是一组离散的数值对。当工程施工中需要对力进行测量或控制时, 如果按照千斤顶证书提供的检定点数据操作, 其试验力的测量与控制结果应该是能够满足千斤顶相应等级要求的; 而如果为了使千斤顶能在给定力范围内连续使用, 根据千斤顶送检单位的需要, 计量检定单位应建立千

千斤顶回归方程。回归方程一般为依据最小二乘法确立的一次或二次曲线。常见的一次回归方程如式(4)所示。

$$y = a + bx \quad (4)$$

式中:  $y$  为千斤顶压强;  $a$ 、 $b$  分别为回归系数;  $x$  为千斤顶试验力。

## 2 试验设备与试验结果

### 2.1 试验设备

3台液压千斤顶的技术参数为: 01号千斤顶型号为HJD100D-200-65A, 编号为J-507-301; 02号千斤顶型号为HJD100D-200-65A, 编号为J-507-302; 03号千斤顶型号为HJD100D-200-65A, 编号为J-507-303。

精密耐震压力表的技术参数为: 等级0.4级; 规格100 MPa; 分度值0.5 MPa; 编号16-12-223。

标准测力仪的技术参数为: 等级0.1级; 型号CG-3-2MN; 编号G 20012。

### 2.2 回归方程的合并

用3台千斤顶分别进行校准, 校准结果及回归方程如表1所示。由表1可知: 01号千斤顶的回归方程为  $y = 0.38 + 0.0648x$  (相关系数为0.999 977); 02号千斤顶的回归方程为  $y = 0.24 + 0.0651x$  (相关系数为0.999 978); 03号千斤顶的回归方程为  $y = 0.38 + 0.0647x$  (相关系数为0.999 999)。

表1 各千斤顶校准数据与结果

项目	校准点/kN	校准结果/MPa				重复性/%
		第1次	第2次	第3次	平均值	
01	200	13.2	13.1	13.3	13.2	1.5
	400	26.4	26.5	26.6	26.5	0.8
	600	39.4	39.3	39.2	39.3	0.5
	800	52.3	52.3	52.1	52.2	0.4
	1 000	65.3	65.3	65.1	65.2	0.3
02	200	13.1	13.2	13.1	13.1	0.8
	400	26.4	26.5	26.6	26.5	0.8
	600	39.4	39.3	39.3	39.3	0.3
	800	52.3	52.3	52.2	52.3	0.2
	1 000	65.3	65.3	65.2	65.3	0.2
03	200	13.3	13.2	13.3	13.3	0.8
	400	26.4	26.3	26.3	26.3	0.4
	600	39.2	39.3	39.2	39.2	0.3
	800	52.2	52.1	52.1	52.1	0.2
	1 000	65.1	65.2	65.1	65.1	0.2

通过3台千斤顶的回归方程可以得到各对应校准点的回归值, 表2为千斤顶回归值与校准值之间的误差, 其中校准值为表1中各千斤顶3次校准结果的算术平均值, 回归值为表1中各千斤顶回归方程在校准点的计算值。

表2 千斤顶回归值与校准值之间的误差

试验力/kN	01号千斤顶			02号千斤顶			03号千斤顶		
	回归值/MPa	校准值/MPa	误差/%	回归值/MPa	校准值/MPa	误差/%	回归值/MPa	校准值/MPa	误差/%
200	13.3	13.2	0.8	13.3	13.1	1.5	13.3	13.3	0.0
400	26.3	26.5	-0.8	26.3	26.5	-0.8	26.3	26.3	0.0
600	39.3	39.3	0.0	39.3	39.3	0.0	39.2	39.2	0.0
800	52.2	52.2	0.0	52.3	52.3	0.0	52.1	52.1	0.0
1 000	65.2	65.2	0.0	65.3	65.3	0.0	65.1	65.1	0.0

以表1中02号和03号千斤顶校准结果的算术平均值建立二并联回归方程, 以表1中01号、02号和03号千斤顶校准结果的算术平均值建立三并联

回归方程。千斤顶并联回归值与并联校准值之间的误差如表3所示。

表3 千斤顶并联回归值与并联校准值之间的误差

单项	二并联				三并联			
试验力/kN	试验力/kN	回归值/MPa	校准值/MPa	误差/%	试验力/kN	回归值/MPa	校准值/MPa	误差/%
200	400	13.3	13.2	0.8	600	13.3	13.2	0.8
400	800	26.3	26.4	-0.4	1 200	26.3	26.4	-0.4
600	1 200	39.2	39.2	0.0	1 800	39.3	39.3	0.0
800	1 600	52.2	52.2	0.0	2 400	52.2	52.2	0.0
1 000	2 000	65.2	65.2	0.0	3 000	65.2	65.2	0.0

(下转第16页)

体,当冷却速率增大至 8 °C/s 时,贝氏体几乎全部消失,组织基本为马氏体,维氏硬度提高到 378 HV。

(4) 当冷却速率大于 10 °C/s 时,组织为单一马氏体,马氏体临界转变冷却速率为 10 °C/s。

**参考文献:**

[1] 李硕,方光锦,汪青芳,等. 23MnNiMoCr54 钢的热变形行为[J]. 金属热处理,2021,46(5):127-132.  
 [2] 刘莹,骆春民. 45 钢控轧控冷工艺模拟试验[J]. 理化检验(物理分册),2022,58(12):1-3.  
 [3] 周光理,张小康,丁敬,等. 42CrMo 合金钢棒材硬度及显微组织控制[J]. 理化检验(物理分册),2021,57(8):15-20.  
 [4] 王瑞敏,刘曼,周剑华,等. R350HT 钢轨钢的连续冷却转变曲线[J]. 金属热处理,2022,47(9):153-157.  
 [5] 李凯,胡建文,石少坤. 42CrMo 钢连续冷却转变曲线的测定与分析[J]. 金属热处理,2020,45(9):237-240.  
 [6] 陈明毅,杨占兵,陈曦,等. 一种高强无碳贝氏体非调质钢的过冷奥氏体动态连续冷却转变曲线[J]. 金属热处理,2018,43(11):11-15.  
 [7] 葛琛,赵洪山,郑磊,等. 900 MPa 级高强钢的连续冷却转变及组织调控分析[J]. 钢铁,2023,58(3):128-134.  
 [8] 周文浩. 高强度桥梁钢 Q690q 的连续冷却转变行为

[J]. 金属热处理,2022,47(9):202-208.  
 [9] 李敬,刘辰,杨跃辉,等. 厚规格 Q690D 高强钢板的连续冷却转变行为[J]. 金属热处理,2022,47(9):171-174.  
 [10] 王培文,赵新华,王中学,等. 屈服强度 600 MPa 级及以上热轧带肋钢筋国内外标准综述[J]. 轧钢,2019,36(5):63-66.  
 [11] 张念,陈章明,赵红强,等. 38MnSiVS5 非调质钢的 CCT 曲线测定与分析[J]. 特殊钢,2022,43(1):82-85.  
 [12] 亓福川,黄治东. 低锰钛微合金化 Q355B 钢奥氏体连续转变曲线测定研究[J]. 山东冶金,2021,43(3):46-48.  
 [13] 刘观猷,陈亮,葛亮,等. 屈服强度 500 MPa 级高强度高韧性耐候钢的研制[J]. 现代交通与冶金材料,2021,1(6):70-75.  
 [14] 李伟. 72A 静态 CCT 曲线的测定与分析[J]. 河北冶金,2020(3):72-75.  
 [15] 朱康峰,周一帆,尤学文,等. 三种热处理工艺对低合金耐磨钢组织和磨损性能的影响[J]. 材料热处理学报,2021,42(10):108-115.  
 [16] 江畅,王子波,王杨,等. 冷作硬化非调质钢的连续冷却相变规律[J]. 钢铁,2022,57(3):91-96.  
 [17] 罗永恒,何涛. X70 级管线钢控轧控冷工艺开发与应用实践[J]. 宽厚板,2022,28(3):23-25.  
 [18] 王庆敏,刘应心,刘鑫. 变形工艺对 Q345GJC 高建钢连续冷却相变的影响[J]. 河北冶金,2020(4):22-26.

(上接第 11 页)

**3 结果与讨论**

(1) 表 1 数据显示 3 台千斤顶单独校准时,重复性最大值为 1.5%;表 2 数据显示回归值与校准值之间误差的最大值为 1.5%,但能满足 A 级千斤顶 2%的要求。

(2) 考虑油缸与活塞间密封圈摩擦力的影响,发现千斤顶校准结果的重复性与误差在小力值时受到的影响较大,且其中有示值相对分辨力的作用。表 3 中千斤顶并联回归值与并联校准值之间的误差明显优于单独使用千斤顶时产生的回归值与校准值之间的误差。

(3) 通过对试验数据的分析,可以确定千斤顶回归方程的回归值与校准值之间产生的误差只要控制在符合规程要求等级的技术指标内,其并联承载力必定会被控制在千斤顶准确度等级的技术指标内,且使用效果会较千斤顶单独使用效果更佳,因多

台千斤顶并联相当于一个液压缓冲器,不仅降低了压强的波动性,还明显减弱了摩擦力对并联承载力的影响。

(4) 需要注意在实际应用过程中,必须保证并联千斤顶受力框架的强度和刚度满足 JJG 621—2012 中第 7.1.2 节的要求。

**参考文献:**

[1] 何玮山. 并联千斤顶组锚杆抗拔试验方法研究及其应用[J]. 广东土木与建筑,2018,25(5):40-42.  
 [2] 倪守忠,李海根. 多油缸超大力值叠加式力标准机的设计方案[J]. 船舶工程,2012(增刊 1):3.  
 [3] 何金木. 一种高精度液压千斤顶检定装置的研究[J]. 科技资讯,2014(35):1.  
 [4] 乔红光,李国利. 液压千斤顶校准曲线的建立与检定或校准结果的质量控制[J]. 中国计量,2021(10):25.