

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2368—2005

代替 TB/T 2368—1993

动力转向架构架强度试验方法

Motive power units-Bogies and running gear-Bogie frame structure strength tests
(UIC CODE 615-4 OR:Motive power units-Bogies and running
gear-Bogie frame structure strength tests,MOD)

2005-06-27 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目 次

前 言	II
1 序 言	1
1.1 超常载荷的静强度试验	1
1.2 模拟主要运营载荷的静强度试验	1
1.3 模拟特殊运营载荷的静强度试验	1
1.4 疲劳试验	1
2 总 则	1
2.1 试验构架的要求	1
2.2 应变片的布置	1
3 超常载荷的静强度试验	2
3.1 载荷的定义(参见附录 A)	2
3.2 试验过程与试验结果	2
4 模拟主要运营载荷的静强度试验	2
4.1 载荷的定义(参见附录 A)	2
4.2 试验过程	3
4.3 试验结果	4
5 模拟特殊运营载荷的静强度试验	4
5.1 载荷的定义	4
5.2 试验过程	5
5.3 试验结果	5
6 疲劳试验	5
6.1 试验条件	5
6.2 试验载荷	5
6.3 试验过程	6
6.4 试验结果	7
附录 A(资料性附录) 静强度试验中的加载示意图	8
附录 B(规范性附录) 疲劳试验加载图式	9
附录 C(规范性附录) 疲劳试验阶段的定义	10
附录 D(资料性附录) ORE B12/RP17 提供的钢材疲劳极限图	11
参考文献	14

前 言

本标准修改采用 UIC 615-4 OR《动力转向架构架强度试验方法》，2003 年 2 月第二版。修改的主要内容包括：明确了试验构架具有合格证，建议试验委托单位提供构架有限元计算报告，参照 OREB12/RP17 的疲劳极限图等内容，对乘客载荷部分增加了卧铺车的规定，修改了牵引电动机和传动系统的动荷系数，增加了对疲劳试验频率的规定，取消了疲劳试验为推荐性试验的相关内容。此外，在不改变原文含义的情况下，为了便于理解，还进行了少量文字方面的修改。

本标准的动力转向架包括动车组（动力集中、动力分散）和机车等干线铁路用动力转向架，对于城轨列车动力转向架，除乘客载荷按城轨相关标准执行外，可以参考此标准进行构架强度试验。

本标准代替 TB/T 2368—1993《内燃、电力机车转向架构架静强度试验方法》。

TB/T 2368—1993《内燃、电力机车转向架构架静强度试验方法》只对构架主结构的静强度试验方法进行了规定，而本标准对构架主结构和各种吊座的静强度试验方法、构架主结构的疲劳强度试验方法都进行了规定。

本标准的附录 A 为资料性附录，附录 B、附录 C 为规范性附录，附录 D 为资料性附录。

本标准由铁道部标准计量研究所提出并归口。

本标准由铁道科学研究院机车车辆研究所负责起草。

本标准主要起草人：黄成荣、陈厚熾、黄体忠、严江河。

本标准于 1993 年首次发布，本次为第一次修订。

动力转向架构架强度试验方法

1 序 言

本标准规定了在试验台上鉴定动力转向架构架(以下简称“构架”)承受各种运营载荷能力的试验方法。

鉴定试验由 4 个部分组成。

1.1 超常载荷的静强度试验

这部分试验的目的是验证在运用时可能出现的最大载荷的共同作用下,转向架构架没有永久变形的危险。

1.2 模拟主要运营载荷的静强度试验

这部分试验的目的是验证在运用时出现的主要载荷(垂向、横向和轨道扭曲)的共同作用下,转向架构架没有产生疲劳裂纹的危险。

1.3 模拟特殊运营载荷的静强度试验

这部分试验的目的是验证在转向架零部件(电动机、制动器、减振器和抗侧滚扭杆等)产生的载荷的反复作用下以及通过小半径曲线时,转向架构架没有产生局部疲劳裂纹的危险。

1.4 疲劳试验

疲劳试验的目的是确定转向架的总体寿命、评估安全裕量、检查在静强度试验中没有确认的潜在薄弱点。因此疲劳试验要在静强度试验完成后进行。

2 总 则

本章包括试验构架要求和应变片布置的原则两部分内容。

2.1 试验构架的要求

被试构架应按照设计图纸加工完整,具有合格证,并与同种产品采用相同的加工工艺进行生产。

a) 静强度试验建议使用带有悬挂装置和牵引电动机的完整转向架;

b) 出于实际考虑,在转向架上进行疲劳试验不大可能,需仔细研究试验工装。

试验工装应尽可能重现构架在运营中的变形。尤其要注意各连接件上(吊座、弹簧、止挡、铰链等)力的传递情况。

2.2 应变片的布置

应选取构架的所有高应力点作为测点,布置应变片测试应力。布置应变片的原则为:

a) 对已知主应力方向的单向应力测点,沿主应力方向贴单向应变片;

b) 对已知两个主应力方向的测点,沿主应力方向贴双向应变片;

c) 对其他测点,贴三向应变片。

应变片有效区域的尺寸不应超过 6 mm。

测点的选择应由经验丰富的工作人员参考有限元计算结果完成。如果需要,可通过脆漆法或其他适当的方法进行预备试验。

两向及三向应力状态测点的应力合成为 Von Mises 应力。

构架强度有限元计算报告建议由试验委托单位负责提供。

3 超常载荷的静强度试验

3.1 载荷的定义(参见附录 A)

3.1.1 垂向试验载荷(转向架每侧)

$$F_{z1\max} = F_{z2\max} = \frac{1.4g}{2n_b} (m_v + c_1 - n_b m^+) \quad (1)$$

式中:

$F_{z1\max}$ 、 $F_{z2\max}$ ——转向架两侧的垂直试验载荷,单位为牛顿(N);

g ——重力加速度($g = 9.81 \text{ m/s}^2$);

n_b ——转向架数;

m_v ——整备状态下的空车重量,单位为千克(kg);

m^+ ——转向架重量,单位为千克(kg);

c_1 ——超常商用载荷,包括:

a) 每个座位(卧铺车为每个床位)1名乘客,乘客质量为 80 kg ①(下文同),

b) 每平方米走廊、进出口和公务间4名乘客②,

c) 每平方米行李间载重 300 kg 。

3.1.2 横向试验载荷(每转向架)

$$F_{y\max} = 2 \left[10^4 + \frac{(m_v + c_1)g}{3n_e n_b} \right] \quad (2)$$

式中:

$F_{y\max}$ ——横向试验载荷,单位为牛顿(N);

n_e ——每转向架上的轮对数。

3.1.3 扭曲试验载荷

对应于转向架翘曲至一个车轮 100% 减载时的构架扭曲载荷,以分析转向架脱轨时的情况。

在超常载荷的静强度试验中没有模拟纵向力。

对于三轴转向架($n_e = 3$),认为中间轴不传递横向力。

对于运用环境异常恶劣的情况,超常载荷试验中的系数 1.4 可以增大到 2.0。

3.2 试验过程与试验结果

试验分两步进行:

a) 预备试验,用正式试验载荷的 $\frac{1}{2}$ 加载,以确认在全载荷试验时不会出现大的问题;

b) 全载荷试验,该试验不应导致任何一点超过弹性极限[对于钢材,可以使用下屈服极限(下文同)]或卸载后产生永久变形。

在该试验中没有考虑作用在转向架上的惯性力。因此,为平衡作用在车轮上的力,作用在二系悬挂上的横向力一般偏大。如果试验结果表明二系横向悬挂上的部件超过弹性极限,应专门针对这些部件重新进行试验,此时,横向载荷减小到原载荷的 $\frac{1}{2}$ 。

4 模拟主要运营载荷的静强度试验

4.1 载荷的定义(参见附录 A)

4.1.1 垂向力

不同工况下作用在转向架每侧的垂向力 F_{z1} 和 F_{z2} 由 4.2 中的表 1 给出,其中:

① 郊区型动车按 70 kg 计;

② 视具体运用情况可增加到 10 名。

$$F_z = \frac{g}{2n_b} (m_v + 1.2c_2 - n_b m^+)$$
(3)

式中:

F_z ——模拟运营载荷工况作用在每个转向架上的基本垂向力,单位为牛顿(N);

c_2 ——模拟运营商用载荷,包括:

- a) 每个座位(卧铺车为每个床位)1名乘客,
- b) 每平方米走廊、进出口和公务间2名乘客^①,
- c) 每平方米行李间载重300kg。

4.1.2 作用在每转向架上的横向力

$$F_y = 0.5(F_z + 0.5m^+g)$$
(4)

式中:

F_y ——模拟运营载荷工况作用在每转向架上的横向力,单位为牛顿(N)。

表1 模拟主要运营载荷试验工况表

载荷工况	构架每侧的垂向力		作用在整个构架上的横向力	扭曲载荷
	F_{z1}	F_{z2}		
0	安装牵引电动机		0	
1	F_z	F_z	0	
2	$(1+\alpha-\beta)F_z$	$(1-\alpha-\beta)F_z$	0	
3	$(1+\alpha-\beta)F_z$	$(1-\alpha-\beta)F_z$	$+F_y$	
4	$(1+\alpha+\beta)F_z$	$(1-\alpha+\beta)F_z$	0	
5	$(1+\alpha+\beta)F_z$	$(1-\alpha+\beta)F_z$	$+F_y$	
6	$(1-\alpha-\beta)F_z$	$(1+\alpha-\beta)F_z$	0	
7	$(1-\alpha-\beta)F_z$	$(1+\alpha-\beta)F_z$	$-F_y$	
8	$(1-\alpha+\beta)F_z$	$(1+\alpha+\beta)F_z$	0	
9	$(1-\alpha+\beta)F_z$	$(1+\alpha+\beta)F_z$	$-F_y$	
10	$(1+\alpha-\beta)F_z$	$(1-\alpha-\beta)F_z$	$+F_y$	5‰的轨道扭曲
11	$(1+\alpha+\beta)F_z$	$(1-\alpha+\beta)F_z$	$+F_y$	5‰的轨道扭曲
12	$(1-\alpha-\beta)F_z$	$(1+\alpha-\beta)F_z$	$-F_y$	5‰的轨道扭曲
13	$(1-\alpha+\beta)F_z$	$(1+\alpha+\beta)F_z$	$-F_y$	5‰的轨道扭曲

线路扭曲的引入不应改变垂向力的总和。
注:工况2、工况4、工况6和工况8的试验目的仅为评价横向力的影响。

4.1.3 扭曲载荷

对应于转向架运行于5‰扭曲线路时的构架扭曲载荷。

4.2 试验过程

试验工装应保证试验载荷作用在运用中出现这些载荷的确切位置,同时应能模拟悬挂和转向架/车体连接件的作用方式与自由度。

定义构架在安装牵引电动机之前的状态为试验初始状态(应变片零点)。

牵引电动机安装完毕后,就可以对转向架构架施加不同组合的载荷,其中:

- a) 由车体垂向运动(浮沉)引起的垂向力动态变化,用垂向力的一个百分数描述为 βF_z 。

① 视具体情况可增加到4名

b) 由车体侧滚运动引起的垂向力动态变化,用垂向力的一个百分数描述为 αF_z 。

对于常规运行条件:

$$\alpha = 0.1 \quad \beta = 0.2$$

如果已知线路质量明显偏差或者车辆运行在非常大的欠超高条件下,可以使用更大的 α 、 β 值。

模拟主要运营载荷的静强度试验按照表 1 所定义的工况依次进行试验。

4.3 试验结果

对于每个测点,记录由 4.2 定义的每一种载荷工况引起的应力值。

由这些值计算出每一工况下的应力值,并从中找出最小值 $\sigma_{\min}$ 和最大值 $\sigma_{\max}$ 后,得到平均应力 σ_{ave} 和应力幅 $\Delta\sigma$:

$$\sigma_{\text{ave}} = \frac{\sigma_{\min} + \sigma_{\max}}{2} \quad (5)$$

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (6)$$

极限应力由疲劳极限图给出。在没有作出我国铁路常用材料疲劳极限图之前,参照 ORE B12/RP 17 提供的钢材疲劳极限图,如附录 D 所示。

可允许个别测点的测试结果超出极限应力 20%,但应在随后的整个疲劳试验过程中对这些测点进行严密监视。

如果由于横向力的影响,二系横向悬挂部位部件上的测试结果超过弹性极限的 20% 时,要专门针对这些部件重新进行试验,试验时横向载荷减小到原来的 $\frac{1}{2}$,原因与 3.2 所述相同。

5 模拟特殊运营载荷的静强度试验

5.1 载荷的定义

该试验模拟的作用力主要取决于转向架设计的具体特征,并与转向架的牵引、制动方式等有关。因此,不可能在本标准中详细地限定所有试验,本标准只对大多数构架都有的主要悬/吊座的试验进行描述。

5.1.1 牵引电动机和传动系统

通过施加下述载荷,模拟由于电动机和传动系统的惯性引起的动态影响:

在构架的吊挂点上,施加 x 倍于悬吊重量的载荷,对于抱轴式 x 取 4.5,对于架悬或半体悬 x 取 2.5。

对于运用环境异常恶劣的情况,动荷系数 x 的取值可以适量增大。

5.1.2 电动牵引/制动装置

模拟作用在构架上驱动力的载荷施加在轴箱纵向力作用处。

模拟电动机反扭矩的载荷施加在电动机吊座处。

5.1.3 空气制动装置

模拟制动装置作用在构架上的力,力的作用点为运用中产生这些力的位置(比如由闸瓦作用在车轮上产生的反力或由闸片作用在制动盘上产生的反力)。

试验使用的载荷值为常用制动的最大值。

5.1.4 减振器

在每个减振器座(抗摇头、垂向、横向和纵向)上施加 $1.5F_A$ 的力。 F_A 为减振器在卸荷速度时的减振力。

5.1.5 抗侧滚扭杆

如果在 4 所规定的试验中不能安装抗侧滚扭杆(例如转向架装有二系空气簧的情况),需进行如下的特殊试验:将扭杆安装在构架上,固定一侧的扭臂,将另一侧扭臂抬起,使扭杆扭转一定的角度;然后

压下,使扭杆扭转一定的角度。扭杆扭转的角度相当于在运用中常见的角度值[约为 20 毫弧度 (mrad)]。

5.1.6 纵向力

该纵向力由摇头运动以及通过小半径曲线时作用在轮对上的力引起。

对于除径向转向架以外的传统转向架的每条轮对,该纵向力的数值一般为:

$$F_x = 0.1(F_z + 0.5m \cdot g) \quad (7)$$

式中:

F_x ——由摇头运动以及小半径曲线通过时作用在轮对上的力引起的纵向力,单位为牛顿(N)。

注:施加纵向力 F_x 时,可以用试验台、其余轮对或构架本身作为承力点。

5.2 试验过程

在所有模拟特殊运营载荷的静强度试验中都要首先在构架的每侧施加垂向载荷 F_z ,并记录所有车轮下的反作用力[对于两轴转向架为(q_{11} 、 q_{12} 、 q_{21} 和 q_{22}),对于三轴转向架为(q_{11} 、 q_{12} 、 q_{21} 、 q_{22} 、 q_{31} 和 q_{32})]。

然后,分别以正反两个方向施加前面描述的各种特殊运营载荷。首先是一个方向,然后是反方向。在整个过程中要保证车轮下的反作用力之和[($q_{11} + q_{12} + q_{21} + q_{22}$)或者($q_{11} + q_{12} + q_{21} + q_{22} + q_{31} + q_{32}$)]保持恒定。

这样,每一个测点都得到了三个应力值,找出其中的最大值和最小值就能够确定 σ_{ave} 和 $\Delta\sigma$ 。

5.3 试验结果

对于每一种模拟特殊运营载荷的静强度试验,要将由主要运营载荷产生的应力与由特殊运营载荷所产生的应力相叠加,叠加后的结果不应超过疲劳极限图给出的极限应力。叠加方法应避免构架每侧垂向载荷 F_z 的重复影响。

6 疲劳试验

6.1 试验条件

疲劳试验以下列方式之一进行:

a) 驱动系统(牵引电动机和齿轮传动机构)的存在不影响试验载荷的施加时,试验构架可安装驱动系统进行试验;

b) 在驱动系统拆除后不影响构架刚度,试验构架可拆除驱动系统进行试验。

6.2 试验载荷

6.2.1 垂向载荷(构架每侧)

垂向载荷由静态、准静态和动态三部分构成:

a) 静态部分:

$$F_{zs1} = F_{zs2} = F_z \text{ (见 4.1)} \quad (8)$$

式中:

F_{zs1} 、 F_{zs2} ——分别为作用在构架左、右两侧的垂向载荷的静态部分,单位为牛顿(N)。

b) 准静态部分(模拟曲线上的侧滚):

$$F_{zq1} = -F_{zq2} = \pm \alpha F_z \text{ (见 4.1)} \quad (9)$$

式中:

F_{zq1} 、 F_{zq2} ——分别为作用在构架左、右两侧的垂向载荷的准静态部分,单位为牛顿(N)。

c) 动态部分(模拟车体浮沉):

$$F_{zd1} = -F_{zd2} = \pm \beta F_z \text{ (见 4.1)} \quad (10)$$

式中:

F_{zd1} 、 F_{zd2} ——分别为作用在构架左、右两侧的垂向载荷的动态部分,单位为牛顿(N)。

6.2.2 横向载荷(每转向架)

横向载荷由准静态和动态两部分构成:

a) 准静态部分:

$$F_{yq} = \pm 0.25(F_z + 0.5m^+g) \quad (11)$$

式中:

F_{yq} ——作用在整个构架上横向载荷的准静态部分,单位为牛顿(N)。

b) 动态部分:

$$F_{yd} = \pm 0.25(F_z + 0.5m^+g) \quad (12)$$

式中:

F_{yd} ——作用在整个构架上横向载荷的动态部分,单位为牛顿(N)。

6.2.3 扭曲载荷

对应于转向架运行于5%扭曲线路时的构架扭曲载荷。

6.3 试验过程

疲劳试验在试验台上进行。试验工装应能将载荷施加并分配到在实际运营中产生这些力的确切位置,并同时能模拟悬挂和转向架/车体连接件的作用方式与自由度。

疲劳试验加载的频率范围为2 Hz~7 Hz。

6.3.1 准静态载荷和动载荷

疲劳试验载荷由交替反映左曲线和右曲线的交变准静态载荷和动载荷的重复作用构成。

如果4的静强度试验表明线路扭曲只在转向架有限的区域上引起应力,而这些区域由垂向力和横向力所造成的应力比较小,那么在疲劳试验中只包含垂向力和横向力。

在这种情况下,垂向力和横向力的准静态和动态力随时间变化的规律如附录B所示。

在每一段对应于左曲线或右曲线的准静态载荷范围内,垂向和横向动载荷的循环次数一般为20次;如果转向架运用于曲线比较多的线路,动载荷的循环次数要减少到10次;如果曲线数量特别多,动载荷的循环次数还要进一步的减少。

垂向力和横向力动态分量的频率和相位都相同,见附录B的图解。

试验载荷应包含同样数量的模拟左曲线段和模拟右曲线段。

根据施加载荷值的不同,疲劳试验分三个阶段完成(见附录C):

a) 第一阶段动载荷的循环次数为 6×10^6 。

b) 第二阶段动载荷的循环次数为 2×10^6 ,试验载荷的静力部分不变,准静态部分和动载荷部分为第一阶段的1.2倍。

c) 第三阶段动载荷的循环次数为 2×10^6 ,试验载荷的静力部分不变,准静态部分和动载荷部分为第一阶段的1.4倍。

6.3.2 线路扭曲载荷

施加线路扭曲载荷的总次数为 10^6 ;

在第一阶段(见附录C的图示)施加 6×10^5 次,其他两个阶段各 2×10^5 次,在后两个阶段线路扭曲幅值要分别乘以1.2和1.4。

在确定线路扭曲试验时,应考虑静强度试验的结果和现有试验装置的能力:

a) 当4的静强度试验表明转向架构架不受线路扭曲影响时(例如转向架构架抗扭刚度较低或是铰接框架式转向架),疲劳试验不必施加线路扭曲载荷;

b) 当静强度试验表明,在线路扭曲载荷作用下转向架构架的应力应变情况明显不同于垂向载荷和横向载荷作用的结果时,模拟线路扭曲的疲劳试验可以与其他载荷的试验分开进行;

c) 如果上述两个条件都不满足,试验台应允许同时施加垂向力、横向力和线路扭曲载荷。

6.4 试验结果

在前两个载荷阶段的试验完成之后不应出现任何形式的裂纹。这一结论应由在完成 4×10^6 次动载荷循环,以及在第一和第二载荷阶段终了时所进行的无损探伤检验(磁粉探伤或渗透探伤)来确定。

在第三载荷阶段,允许出现在转向架运行中不需要马上修复的微小裂纹。

如果出现这种裂纹,建议制造厂家对转向架设计进行局部改进,以便增强转向架的强度,但无需进行进一步的试验。

在静强度试验中产生最大应力的测点,尤其是超过 4.3 定义的应力极限的测点,应在疲劳试验的整个过程中用应变仪监测其应力变化。

已在静强度试验中确定由于横向力过大而超载的位于二系悬挂之上的零部件,可以出现任何形式的裂纹。

建议在转向架构架疲劳试验之前,对转向架连接装置(如柔性接头)进行疲劳试验确定其使用寿命,使转向架构架试验能够顺利完成。



附录 A

(资料性附录)

静强度试验中的加载示意图

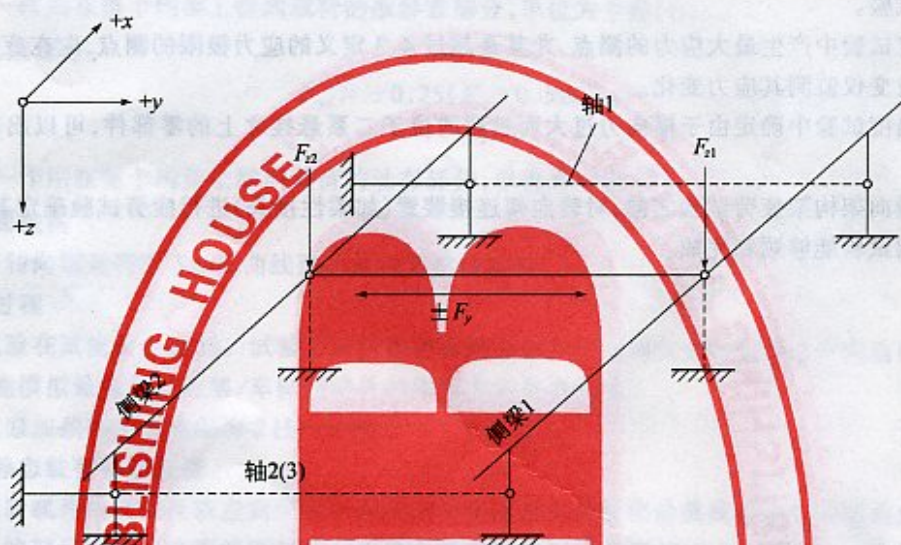


图 A.1 静强度试验中的加载示意图

附录 B
(规范性附录)
疲劳试验加载图式

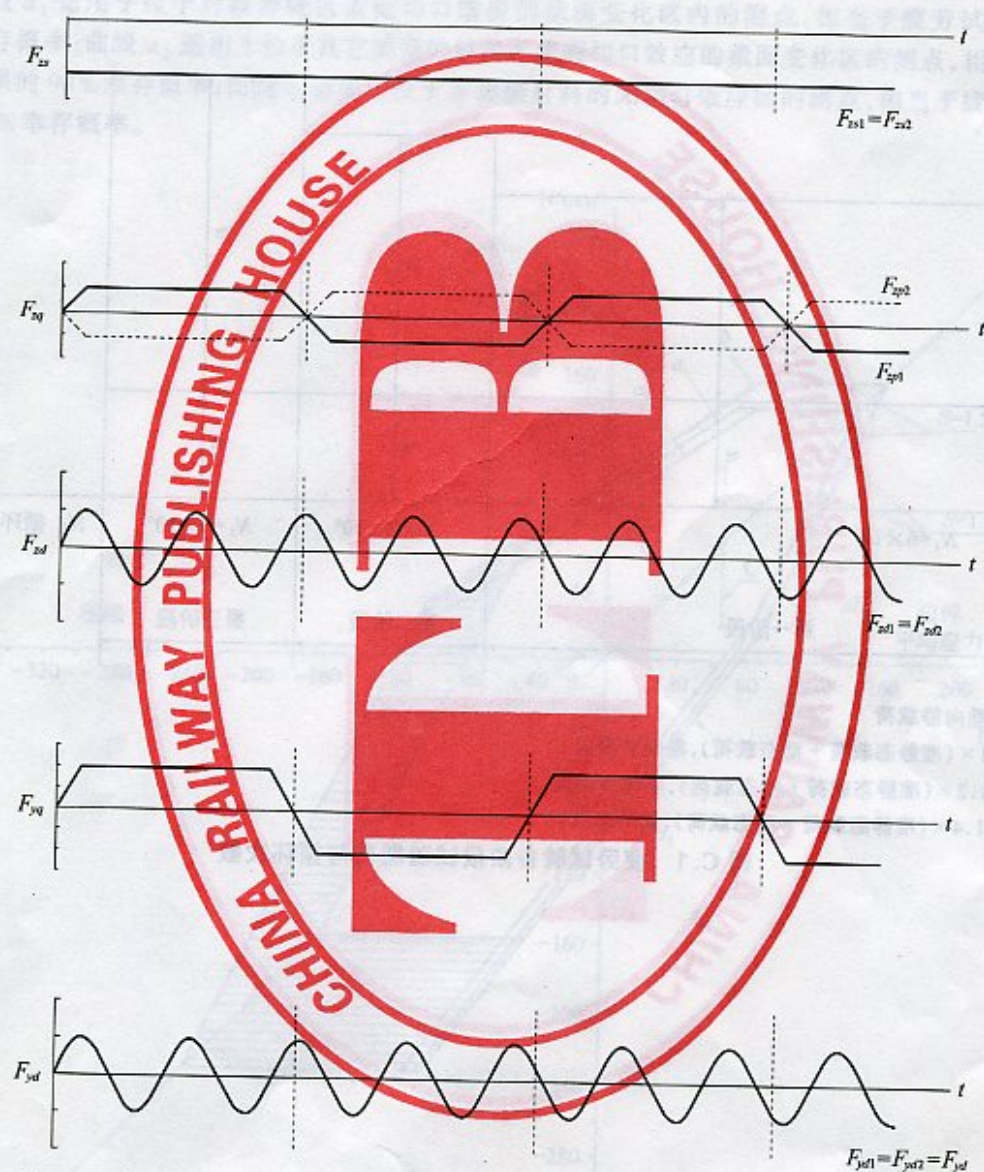


图 B.1 转向架构架疲劳试验加载图式(分别在 z 方向和 y 方向上的作用力图式)

附录 C
(规范性附录)
疲劳试验阶段的定义



图 C.1 疲劳试验各阶段试验载荷与循环次数

附录 D
(资料性附录)

ORE B12/RP17 提供的钢材疲劳极限图

曲线 a_1 适用于位于对接焊缝区或低切口效应的截面变化区内的测点, 相当于疲劳试验结果的 75% 幸存概率; 曲线 a_2 适用于位于其它类型的焊缝区或高切口效应的截面变化区的测点, 相当于疲劳试验结果的 90% 幸存概率; 曲线 b 适用于位于非焊接材料的无切口效应区的测点, 相当于疲劳试验结果的 50% 幸存概率。

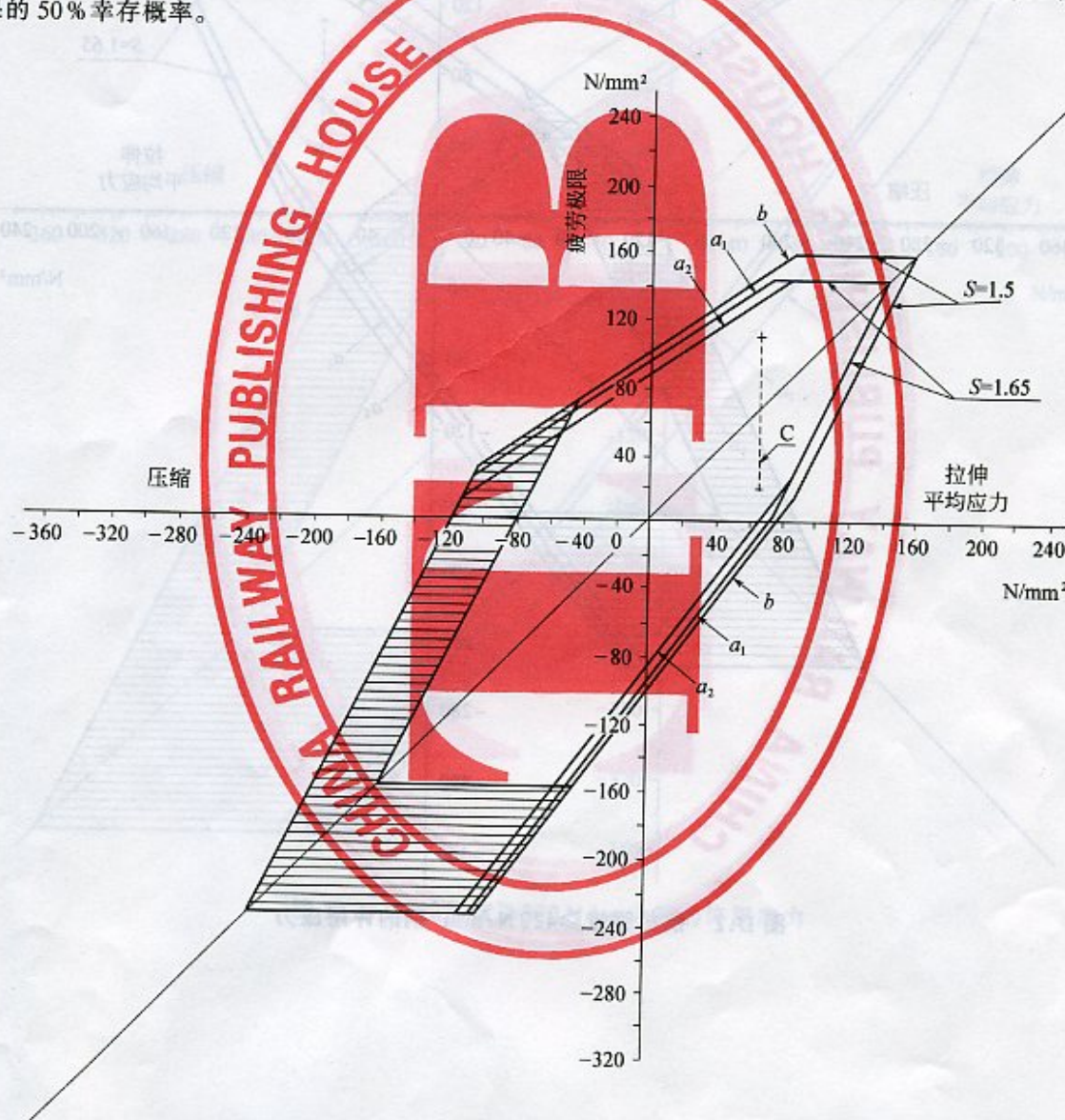
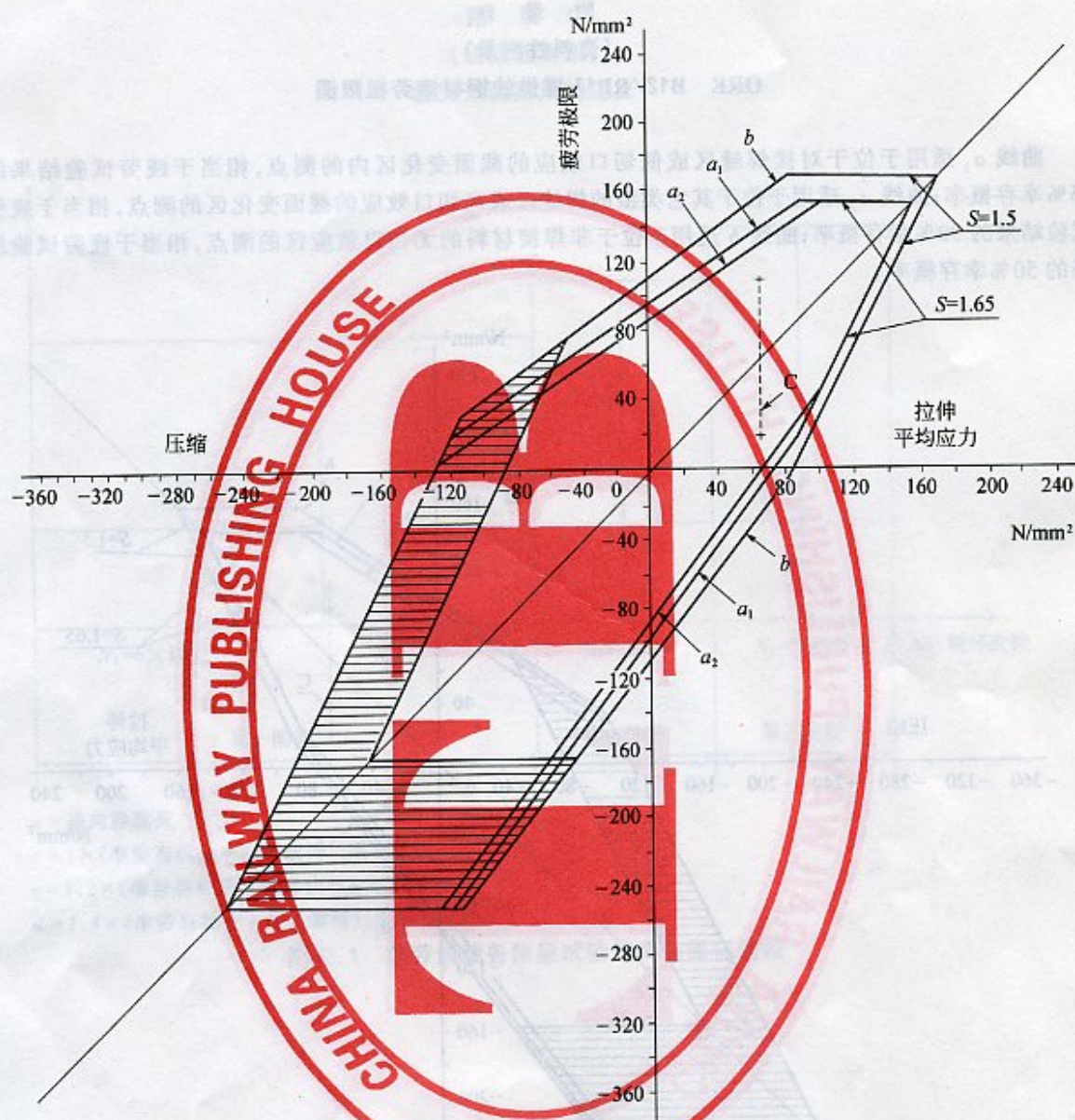
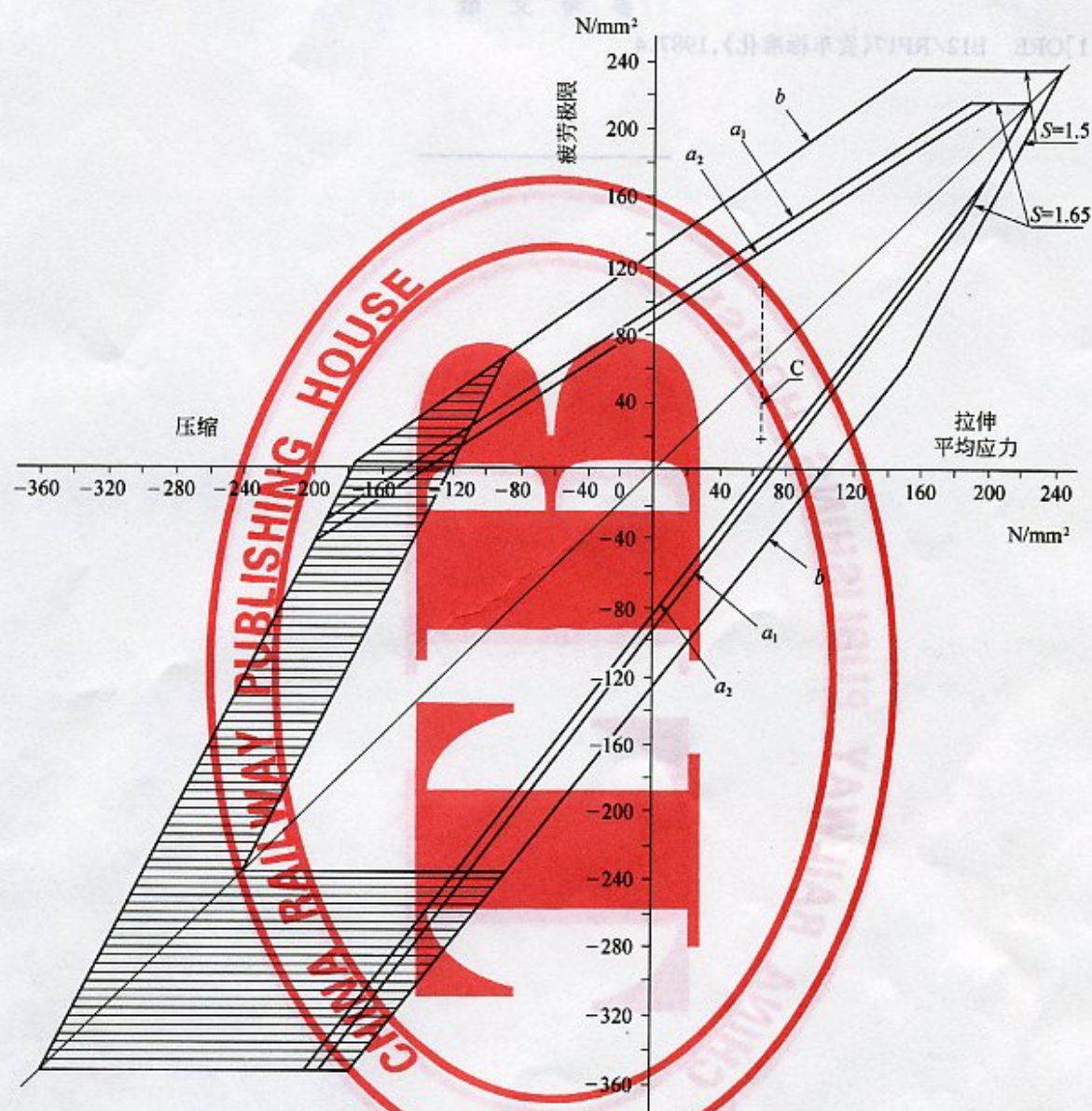


图 D.1 抗拉强度 ≥ 370 N/mm² 钢的许用应力

图 D.2 抗拉强度 $\geq 420 \text{ N/mm}^2$ 钢的许用应力

图 D.3 抗拉强度 $\geq 520 \text{ N/mm}^2$ 钢的许用应力

TB/T 2368—2005

参 考 文 献

[1] UIC CODE 615-4 OR: Motive power units - Bogies and running gear - Bogie frame structure strength tests, MOD)

中 华 人 民 共 和 国
铁 道 行 业 标 准
动 力 转 向 架 构 架 强 度 试 验 方 法

Motive power units - Bogies and running
gear - Bogie frame structure strength tests
(UIC CODE 615-4 OR: Motive power units - Bogies
and running gear - Bogie frame structure
strength tests, MOD)
TB/T 2368 — 2005

*

中国铁道出版社出版、发行
(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)
读者服务部电话: 市电(010)51873174, 路电(021)73174
北京市兴顺印刷厂印刷
版权专有 侵权必究

*

开本: 880 mm × 1 230 mm 1/16 印张: 1.25 字数: 27 千字
2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

*

统一书号: 15113·2194 定价: 10.00 元