

中华人民共和国铁道部标准

铁路结合梁设计规定

TBJ 24—89

主编单位：铁道部专业设计院

批准部门：铁 道 部

施行日期：1990年5月1日

- $[T]$ ——联结器的容许静力荷载；
 R ——混凝土的标号；
 $[T_s]$ ——联结器的容许疲劳荷载；
 ρ ——联结器所受纵向剪力绝对最小值与绝对最大值之比；
 T ——每个联结器所受的纵向剪力；
 Q ——相应于每片主梁的横截面上由于第二 受力阶段的荷载所产生的竖向剪力；
 S ——相应于每片主梁的混凝土面积（换算成钢）对结合梁截面重心轴的面积矩；
 m ——每片主梁的横截面上每排联结器的个数；
 I_0 ——相应于每片主梁的结合梁截面的换算惯性矩（混凝土换算成钢）；
 q_{max} ——梁端部结合面上单位梁长的最大纵向剪力；
 Q_s ——结合梁半个跨度上由于混凝土收缩引起的纵向剪力之总和；
 l_{cs} ——混凝土收缩引起的纵向剪力的计算传递长度；
 Q_t ——结合梁半个跨度上由于温度变化影响引起的纵向剪力之总和；
 l_{ct} ——温度变化影响引起的纵向剪力的计算传递长度；
 $[\tau_c]$ ——纯剪时混凝土的容许剪应力；
 $[\sigma_{st-1}]$ ——有箍筋及斜筋时混凝土的容许主拉应力；
 $[\sigma_{st-2}]$ ——无箍筋及斜筋时混凝土的容许主拉应力；
 σ_{c-1} ——混凝土的局部承压应力；
 $[\sigma_c]$ ——中心受压时混凝土的容许应力；
 A ——影响混凝土板局部受压的计算底面积；
 A_c ——混凝土板的局部受压面积；
 T_s ——每个联结器承担的由于混凝土收缩引起的剪力；
 T_t ——每个联结器承担的由于温度变化影响引起的剪力。

关于发布《铁路内燃机车机务设备设计规则》 等四个铁路工程建设标准规范的通知

铁建〔1989〕161号

根据(85)铁基字731号文、铁基〔1986〕1316号文安排,由第三勘测设计院主编的《铁路内燃机车机务设备设计规则》(TBJ21-89)、电气化工程局主编的《铁路电力机车机务设备设计规则》(TBJ22-89)、专业设计院主编的《电气化铁路电力设计规定》(TBJ23-89)和《铁路结合梁设计规定》(TBJ24-89),业经部审定,现予批准发布,自1990年5月1日起施行。

本规范由部建设司负责解释。本规范及其条文说明的印发由建设司标准科情所负责组织。

铁 道 部

一九八九年十一月二十四日

编 制 说 明

本规定是根据铁道部(85)铁基字 731号文件的通知,由我院负责主编,在编制过程中曾与铁道部大桥工程局合作进行了部分科学试验。

本规定是在以往结合梁设计经验和实践的基础上编制的。在编制过程中进行了调查研究和科学试验,吸收了近年来国外结合梁规范中的先进部分和研究成果,并对关键性条文进行了较全面的比较和试设计。全部条文共五章,分别为总则、内力计算、截面设计、混凝土板和钢梁的联结、其他。

本规定在我国是第一次编制,有些内容还有待今后补充和完善。在执行过程中,希各单位结合工作实践,认真总结经验,注意积累资料。如发现需要修改和补充之处,请将意见及有关资料寄铁道部专业设计院,并抄送铁道部建设司标准科情所供今后修订时参考。

铁道部专业设计院

一九八九年三月

主 要 符 号

- n ——计算温度变化影响时，钢与混凝土的弹性模量比；
 n_1 ——计算考虑徐变的恒载和混凝土收缩时，钢与混凝土的弹性模量比；
 n_2 ——计算活载时，钢与混凝土的弹性模量比；
 N_h ——混凝土板截面内的法向力；
 N_g ——钢梁截面内的法向力；
 ε_s ——混凝土的收缩率；
 E_h ——混凝土的弹性模量；
 E_g ——钢的弹性模量；
 d ——混凝土板的截面重心至钢梁截面重心间的距离；
 A_h ——相应于每片主梁的混凝土板的截面积；
 A_g ——相应于每片主梁的钢梁的截面积；
 l ——梁的计算跨度；
 M_h ——混凝土板截面中的弯矩；
 M_g ——钢梁截面中的弯矩；
 I_h ——相应于每片主梁的混凝土板绕其自身重心轴的惯性矩；
 I_g ——相应于每片主梁的钢梁绕其自身重心轴的惯性矩；
 σ_h ——混凝土板的法向应力；
 σ_g ——钢梁的法向应力；
 a ——联结器间距；
 J ——联结器模量；
 α ——计算时采用的钢或混凝土的线膨胀系数；
 t ——在环境温度变化时，钢梁和混凝土板的温度差；

目 录

第一章	总 则	1
第二章	内力计算	3
第三章	截面设计	4
第四章	混凝土板和钢梁的联结	8
第五章	其 他	16
附 录	本规定用词说明	17
附加说明		18
	《铁路结合梁设计规定》条文说明	19

第一章 总 则

第1.0.1条 本规定适用于国家铁路网中1435mm标准轨距铁路钢板梁和钢筋混凝土板通过联结器结合在一起共同承受荷载的上承式结合梁的设计。

第1.0.2条 设计结合梁时除应符合本规定要求外，还应按《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)(以下简称《桥规》)的有关规定执行。

第1.0.3条 设计结合梁所用的荷载，除本规定另有规定者外，应按《桥规》第三章的规定执行。

第1.0.4条 由静活载(不计冲击力)所引起的结合梁的竖向挠度不应超过跨度的 $1/800$ 。

结合梁应预设上拱度。但当恒载和静活载产生的总挠度不超过跨度的 $1/1600$ 时，也可不设。

上拱度曲线应与恒载和半个静活载产生的挠度曲线基本相同，但方向相反。当单独用调整道碴高度的方法设置上拱度不能实现时，可将上拱度全部或部分设在钢梁上。

第1.0.5条 在计算荷载的最不利组合作用下，梁的横向倾覆稳定系数不应小于1.3。

第1.0.6条 结合梁应能适应千斤顶将其顶起，起顶设备和结构本身都应按起顶荷重超载30%检算。

第1.0.7条 结合梁应计及温度变化影响产生的内力，根据钢梁和钢筋混凝土板之间实际的温度变化的差值计算，在缺乏足够的技术资料时，可认为在梁和板内的温度在各自高度范围内为一定值，其差值可用 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 。

第1.0.8条 结合梁所用基本钢材和焊接材料应符合《桥规》

第四章第二节的要求。容许应力和提高系数应符合《桥规》第四章第三节的规定，但在主力和温度变化影响组合作用下的钢梁容许应力提高系数可用1.15。

第1.0.9条 结合梁的混凝土板所用混凝土和钢筋等材料应符合《桥规》第五章第二节的要求。混凝土板的容许应力和提高系数应符合《桥规》第5.3.4条的规定，钢筋的容许应力和提高系数应符合《桥规》第5.3.5条的规定。

第1.0.10条 结合梁的钢梁和支座部分的计算与构造除本规定另有要求者外，均应按《桥规》第四章的有关条文执行。

第1.0.11条 结合梁钢筋混凝土板部分的计算与构造除本规定另有要求者外，均应按《桥规》第五章的有关条文执行。

第1.0.12条 在钢梁翼缘和钢筋混凝土板的结合面上应根据计算和构造要求设置联结器，联结器应具有足够的强度和耐久性。

第1.0.13条 在一般情况下，当结合梁的结合面上设置足够的联结器时，除计算混凝土收缩和温度变化影响外，可认为钢梁和钢筋混凝土板完全共同作用，即整个结合梁受荷载后符合平面假定。

第1.0.14条 计算结合梁截面特性时，可将混凝土截面换算成钢截面。钢与混凝土的弹性模量比 n ， n_1 ， n_2 按表1.0.14采用。

钢与混凝土的弹性模量比 表1.0.14

计 算 工 况	混 凝 土 标 号	
	≥400	<400
计算温度变化影响时 n	6	7
计算考虑徐变的恒载和混凝土收缩时 n_1	15	13
计算活载时 n_2	10	15

第二章 内 力 计 算

第2.0.1条 结合梁的内力计算应根据施工步骤确定，可按第一受力阶段和第二受力阶段进行，或仅按第二受力阶段进行。第一受力阶段的荷载由钢梁单独承受，第二受力阶段的荷载则由整个结合梁承受。

第2.0.2条 分析结合梁内力所用的截面可用其实有尺寸，不计剪力滞后和板内钢筋的影响。

第2.0.3条 在计算连续梁内力时，除符合本规定第2.0.2条的要求外，还应计入中间支点处受拉混凝土板开裂的影响。

第2.0.4条 在计算连续梁内力时，应计入混凝土收缩、基础不均匀沉降以及由于温度变化影响所引起的二次力。

第2.0.5条 计算桥面板垂直于线路方向的横向弯矩时，可根据结构的连接情况考虑钢梁对桥面板变形的约束影响。

第三章 截面设计

第3.0.1条 拟定结合梁截面时，宜将中性轴置于钢梁截面内。如中性轴位于混凝土板截面内时，不得计入受拉混凝土的作用，且在板的受拉侧应配置钢筋，其截面最小配筋率应按《桥规》第5.3.2条的规定办理。

第3.0.2条 计算结合梁截面应力时，混凝土板的有效宽度应采用以下各项中之最小值：

一、主梁间的板 w ：

1. 两主梁中心距之半；
2. 主梁跨度的 $1/6$ ；
3. 如板有梗肋时，取 $\frac{b}{2} + c + 6h$ 。

二、主梁外侧的悬臂板 w_1 ：

1. 主梁中心至板的悬臂端之间的距离；
2. 主梁跨度的 $1/12$ ；
3. 如板有梗肋时，取 $\frac{b}{2} + c + 6h$ 。

以上符号的定义见图3.0.2。

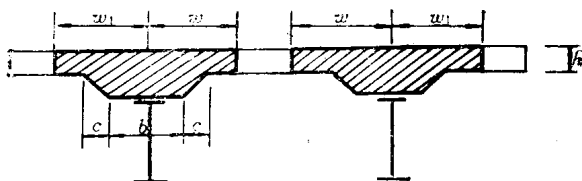


图 3.0.2 混凝土板有效宽度示意图

第3.0.3条 计算结合梁横截面上的剪应力时，可假定竖向

剪力由钢梁单独承受，不计混凝土板的作用。

第3.0.4条 由于混凝土收缩在钢梁和混凝土板中引起的内力和应力按下式计算：

$$N_h = -N_g = \frac{\varepsilon_s E_g}{\frac{n_1}{A_h} + \frac{1}{A_g} + \frac{n_1 d^2}{I_h + n_1 I_g}} \left[1 - e^{-k\left(\frac{1}{2} - x\right)} - e^{-k\left(\frac{1}{2} + x\right)} \right] \quad (3.0.4-1)$$

$$M_h = \frac{I_h}{I_h + n_1 I_g} N_h \cdot d \quad (3.0.4-2)$$

$$M_g = \frac{n_1 I_g}{I_h + n_1 I_g} N_h \cdot d \quad (3.0.4-3)$$

$$\sigma_h = \frac{N_h}{A_h} - \frac{M_h}{I_h} \cdot y_h \quad (3.0.4-4)$$

$$\sigma_g = \frac{N_g}{A_g} - \frac{M_g}{I_g} \cdot y_g \quad (3.0.4-5)$$

上式中的内力和应力均以受拉力为正。

式中 ε_s ——混凝土的收缩率；对于整体灌注的钢筋混凝土板，相当于降低温度15℃；对于分段灌注的钢筋混凝土板，相当于降低温度10℃；对于装配式钢筋混凝土板，相当于降低温度5~10℃；

E_g ——钢的弹性模量，可用210000MPa；

N_h, N_g ——分别为钢筋混凝土板和钢梁截面中的法向力，MN；

M_h, M_g ——分别为钢筋混凝土板和钢梁截面中的弯矩，MN·m

σ_h, σ_g ——分别为钢筋混凝土板和钢梁截面中的法向应力，MPa；

n_1 ——计算混凝土收缩(考虑徐变时)钢与混凝土的弹性模

量比, 按第1.0.14条采用;

l ——梁的计算跨度, m ;

x ——自跨度中央算起的梁截面坐标, m ;

$$k^2 = \frac{1}{\mu E_g} \left(\frac{n_1}{A_h} + \frac{1}{A_g} + \frac{n_1 d^2}{I_h + n_1 I_g} \right)$$

$$\mu = \frac{a}{J}$$

a ——联结器间距, m ;

J ——联结器模量, 即使一个联结器在结合面上沿梁的纵向产生单位位移所需的力, MN/m ;

A_h ——相应于每片主梁的混凝土板截面积, m^2 ;

A_g ——相应于每片主梁的钢梁截面积, m^2 ;

I_h ——相应于每片主梁的混凝土板截面绕其重心轴的惯性矩, m^4 ;

I_g ——相应于每片主梁的钢梁截面绕其重心轴的惯性矩, m^4 ;

d ——混凝土板的截面重心至钢梁截面重心间的距离, m ;

y_h ——自混凝土板的截面重心至所考虑的纤维间的距离, 向上为正, m ;

y_g ——自钢梁截面重心至所考虑的纤维间的距离, 向上为正, m ;

以上符号的定义参看图3.0.4。

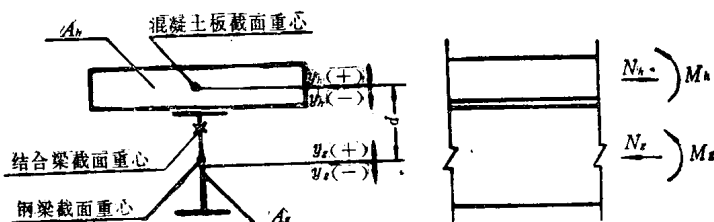


图 3.0.4 计算混凝土收缩和温度变化影响的简图

第3.0.5条 由于温度变化，在钢梁和混凝土板中引起的内力和应力按下式计算：

$$N_h = -N_g$$

$$= \frac{\frac{n}{A_h} + \frac{1}{A_g} + \frac{\alpha t E_g}{I_h + n I_g} \frac{n d^2}{I_h + n I_g}}{\left[1 - e^{-k \left(\frac{1}{2} - x \right)} - e^{-k \left(\frac{1}{2} + x \right)} \right]}$$

(3.0.5—1)

$$M_h = \frac{I_h}{I_h + n I_g} N_h \cdot d$$

(3.0.5—2)

$$M_g = \frac{n I_g}{I_h + n I_g} N_h \cdot d$$

(3.0.5—3)

$$\sigma_h = \frac{N_h}{A_h} + \frac{M_h}{I_h} y_h$$

(3.0.5—4)

$$\sigma_g = \frac{N_g}{A_g} + \frac{M_g}{I_h} y_g$$

(3.0.5—5)

上式中的内力和应力均以受拉为正。

式中 $k^2 = \frac{1}{\mu E} \left(\frac{n}{A_h} + \frac{1}{A_g} + \frac{n d^2}{I_h + n I_g} \right)$

α ——计算时采用的钢或混凝土的线膨胀系数可用
0.00001/℃；

t ——在温度变化时钢梁和混凝土板的温度差，当环境温度升高时为正，无足够资料时可按第1.0.7条采用；

n ——计算温度变化影响时钢与混凝土的弹性模量比，按本规定第1.0.14条采用；

其他符号同本规定第3.0.4条。

第3.0.6条 结合梁中的混凝土板当在外力组合作用下为受拉时，不得计入混凝土板抵抗外力的作用；否则应按受拉杆件设计，并参照《桥规》第5.3.11条检算其裂缝宽度，符合《桥规》表5.3.10的要求。

第四章 混凝土板和钢梁的联结

第4.0.1条 混凝土板和钢梁之间的结合面上的纵向剪力应由固定于钢梁并埋于混凝土板中的联结器承受，不计板和梁之间的粘结作用。

第4.0.2条 联结器的静力强度、疲劳强度和联结器模量应根据“推出”试验确定。“推出”试验的试件应按照联结器在结合梁中的实际工作状态设计，也可按图4.0.2所示的图式设计，其尺寸和布置视联结器的大小和钢筋混凝土板的具体情况而定。试件中钢梁和钢筋混凝土板之间的结合面上应采取措施消除两者之间的粘结力；试件应考虑联结器能抵抗上拔力的影响；试验的加载速度应保持均匀。

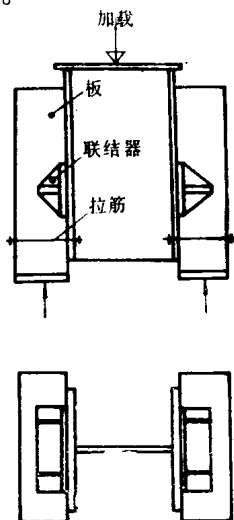


图 4.0.2 联结器试件

第4.0.3条 在采用如图4.0.3所示型式和尺寸的刚性联结器

时，每个联结器的容许静力荷载，容许疲劳荷载和联结器模量可采用下列数值：

一、容许静力荷载 $[T]$ ：

在主力作用下， $[T] = 0.00162R(\text{MN})$

在主力和附加力组合作用下，容许静力荷载的提高系数为1.20。

二、容许疲劳荷载 $[T_n]$ ：

$$[T_n] = \frac{0.302}{1 - 0.77\rho} (\text{MN})$$

三、联结器模量 J

$$J = 1.83 \times 10^3 (\text{MN/m})$$

式中 R ——混凝土标号；

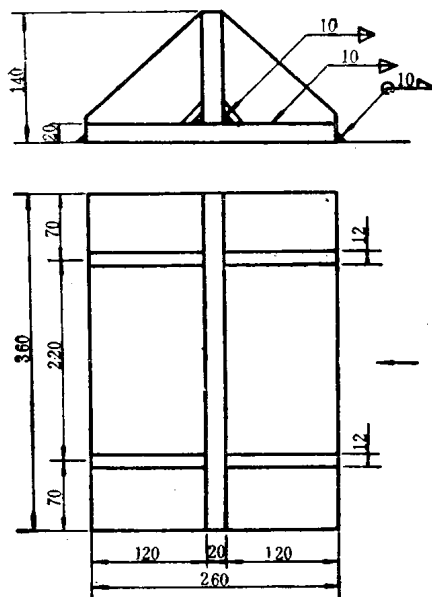


图 4.0.3 刚性联结器简图
(尺寸以mm计)

$\rho = \pm \frac{|T_{\max}|}{|T_{\min}|}$, 联结器所受纵向剪力之绝对最小值与绝对

对最大值之比,同方向的力取正号,反方向的力取负号。

第4.0.4条 在有足够技术依据和安全可靠的基础上,方可采用本规定中未列入的联结器。

第4.0.5条 联结器上由于第二受力阶段的竖向荷载引起的纵向剪力按下式计算:

$$T = \frac{QS}{mI_0} a \quad (4.0.5)$$

式中 T ——每个联结器所受的纵向剪力, MN;

Q ——每片主梁的横截面上由于第二受力阶段荷载所产生的竖向剪力, MN;

S ——相应于每片主梁的混凝土面积(换算成钢)对结合梁截面重心轴的面积矩, m^3 ;

m ——每片主梁的横截面上每排联结器的个数;

I_0 ——相应于每片主梁的结合梁截面的换算惯性矩(混凝土换算成钢), m^4 ;

a ——联结器纵向间距, m。

第4.0.6条 结合面上由于混凝土收缩引起的纵向剪力应由梁端部一段范围内的联结器承受,并按下式计算:

一、求梁端部结合面上单位梁长的最大纵向剪力 $q_{\max}$,其值为:

$$q_{\max} = \frac{2Q_s}{l_{cs}} \quad (\text{MN/m}) \quad (4.0.6)$$

式中 Q_s ——结合梁半个跨度上由于混凝土收缩引起的纵向剪力总和,其数值等于本规定(3.0.4—1)式跨中处的 N_h , MN;

l_{cs} ——混凝土收缩引起的纵向剪力计算传递长度,

$$l_{cs} = 2\sqrt{\frac{\mu Q_s}{\varepsilon_s}} \quad (\text{m})$$

二、假定单位梁长上纵向剪力在梁端为 q_{max} ，在距梁端 l_{ct} 处为0，按直线变化作出结合面上计算单位梁长的纵向剪力分布图：

三、根据计算的单位梁长纵向剪力分布图计算每个联结器所受的纵向剪力 T_i 。

第4.0.7条 结合面上由于温度变化影响引起的纵向剪力应由梁端部一段范围内的联结器承受，并按下式计算：

一、求梁端部结合面上单位梁长的最大纵向剪力 q_{max} ，其值为：

$$q_{max} = \frac{2Q_t}{l_{ct}} \quad (\text{MN/m}) \quad (4.0.7)$$

式中 Q_t ——结合梁半个跨度上由于温度变化影响引起的纵向剪力之总和，其数值等于本规定（3.0.5—1）式跨中处的 N_h ，MN；

l_{ct} ——温度变化影响引起的纵向剪力计算传递长度，

$$l_{ct} = 2 \sqrt{\frac{\mu Q_t}{\alpha t}} \quad (\text{m})$$

二、假定单位梁长上纵向剪力在梁端为 q_{max} ，在距梁端 l_{ct} 处为零，按直线变化作出结合面上计算单位梁长的纵向剪力分布图；

三、根据计算单位梁长上纵向剪力分布图计算每个联结器所受的纵向剪力 T_i 。

第4.0.8条 设计联结器时应分别按下列三种情况检算：

一、在第二受力阶段的竖向恒载和活载作用下，每个联结器所受的纵向剪力 T 不得大于在主力作用下的容许静力荷载 $[T]$ 和容许疲劳荷载 $[T_n]$ ；

二、在第二受力阶段的竖向恒载、活载和混凝土收缩影响的作用下，每个联结器所受的纵向剪力不得大于在主力作用下的容许静力荷载 $[T]$ 和容许疲劳荷载 $[T_n]$ ；

三、在恒载、活载、混凝土收缩和温度变化影响作用下。每