

## 组合梁设计新旧钢结构设计规范对比

# 组合梁设计新旧钢结构设计规范对比

吴海楠

(中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司 北京 100013)

**[摘要]** 在多层和高层钢结构中，组合梁因其适用性强、经济性好的特点，得以被广泛应用。《钢结构设计标准》GB50017-2017（以下简称新钢标）目前已经完成发布，已于2018年7月正式实施。新钢标对于组合梁的规定相较《钢结构设计规范》GB50017-2003（以下简称旧钢规）有大幅度的修改，如新钢标对有效翼板宽度的原则和方法有了较大的调整。相较旧规范而言，新规范概念明确、思路清晰，能够满足现阶段组合梁较为精细的设计要求，本文重点从几个设计要点出发针对组合梁设计阐述新旧钢结构设计规范有何异同。

**[关键词]** 组合梁；有效翼板宽度；宽厚比

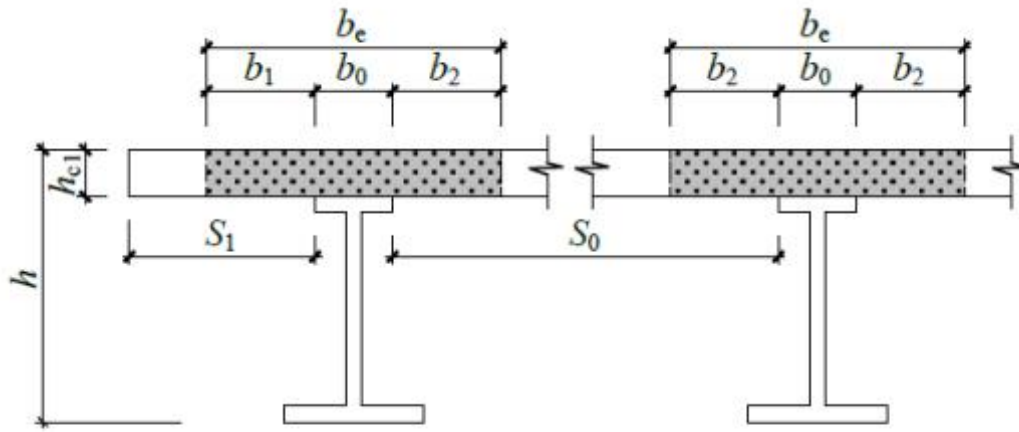
## 1 组合梁翼板尺寸的确定原则

### 1.1 新旧规范对于组合梁有效翼板尺寸确定原则的异同

组合梁有效翼板宽度主要由三部分构成：一部分为板托顶部的宽度，记为 $b_0$ ，另外两部分，分别为梁外测和梁内侧的翼板计算宽度，分别记为 $b_1$ 、 $b_2$ 。

对于有板托顶部的宽度，新旧钢结构设计规范并没有区别，都是取板托顶部宽度，当有板托时且板托倾角 $\alpha < 45^\circ$ 时按照 $\alpha = 45^\circ$ 计算。当无板托时，新旧版本均取为钢梁上翼缘的宽度；当无板托时，且混凝土板与钢梁不直接接触（如之间有压型钢板分隔）旧钢规总是取钢梁上翼缘宽度，而新钢标取栓钉的横向间距，仅有一列栓钉时取 $0$ （mm）。

对于梁外测和梁内侧的翼板计算宽度 $b_1$ 、 $b_2$ ，旧钢规 $b_1$ 、 $b_2$ 各取梁跨度的 $1/6$ 和翼板厚度的 $6$ 倍中的较小值，而新钢标中确定 $b_1$ 、 $b_2$ 的原则进行了大幅度调整，其确定原则为各取梁等效跨径的 $1/6$ ，我们可以看到新钢标中引入了等效跨径的概念，其规定为：对于简支组合梁，其取为简支组合梁的跨度；对于连续组合梁，中间跨正弯矩区取为 $0.6l$ ，边跨正弯矩区取为 $0.8l$ ， $l$ 为组合梁跨度，支座负弯矩区取为相邻两跨跨度之和的 $20\%$ （mm）。新旧规范都规定了 $b_1$ 不应超过翼板实际外伸宽度 $S_1$ ， $b_2$ 不应超过相邻钢梁上翼缘或板托间净距 $S_0$ 的 $1/2$ ，如下图所示。



(a) 不设板托的组合梁

图1

下表为新旧规范的对比和对有效翼板宽度的影响。

新旧规范有效翼板宽度取值原则影响 表1

03版《钢规》	17版《钢标》	影响
取板托顶部的宽度，没用板托的时候，无板托的时候取上翼缘的宽度。	增加了“当混凝土板和钢梁不直接接触（如之间有压型钢板分隔）时，取栓钉的横向间距，仅有一列栓钉时取0	影响b <sub>0</sub> 的取值
b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub> 各取梁跨度的1/6和翼板厚度的6倍中的较小值	b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub> ——各取梁等效跨径l <sub>e</sub> 的1/6； 等效跨径l <sub>e</sub> ：对于简支梁取组合梁跨度L；对于连续组合梁，中间跨正弯矩区取0.6L；边跨取0.8L	影响b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub> 的取值

其中b<sub>0</sub>和板托有关，但目前实际工程中几乎都没有做板托的案例，所以实际最后影响到有效翼缘宽度的也就只有b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>的取值了。

## 1.2 新旧规范对于组合梁有效翼板尺寸的对比实例

以PKPM V4.2版SATWE软件计算结果说明不同条件下组合梁有效翼缘宽度：

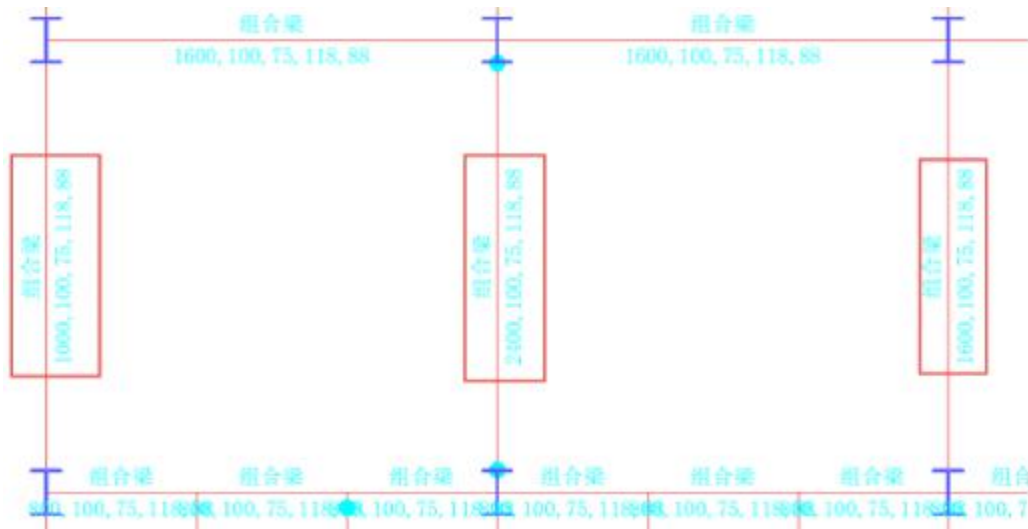


图2 组合梁有效翼缘宽度确定结果

新旧规范有效翼板宽度取值实例及校核过程 表2

校核条件	软件计算 (17新钢标)	软件计算 (03旧钢规)	校核过程
简支梁；中间跨；翼缘400宽；梁跨度6000；	2400	1600	$400+6000/6+6000/6=2400$
连续梁；中间跨；翼缘400宽；梁跨度6000	1600	1600	$400+ ( 0.6 \times 6000 / 6 ) \times 2 = 1600$
连续梁；中间跨；翼缘400宽；梁跨度6000	1000	1000	$400+ ( 0.6 \times 6000 / 6 ) = 1000$

由以上对比可以发现，对于简支梁，新钢标的计算结果较旧钢规，有效翼缘宽度会变大，这样带来的直接效果就是组合梁混凝土部分的面积增加，中和轴也更容易进入到混凝土楼板中，使钢梁全截面受拉，这样更有利于组合梁的宽厚比控制，组合梁中的钢梁在更多时候会采用弹性设计方法，对宽厚比的限值就会更加宽松。

对于连续梁，即使考虑了最多0.6的跨长折减，在大部分情况下，有效翼缘的宽度也不会小于旧钢规，也就不会出现比旧钢规更小的情况，总体上与旧钢规尺寸相当。

## 2 组合梁负弯矩区段新增轴力平衡式

新钢标14.2.1条（旧钢规11.2.1条），完全抗剪连接组合梁的抗弯强度在负弯矩作用区段的计算公式 加入了计算钢梁受压区面积的截面轴力平衡式：

新旧规范负弯矩区段验算对比 表3

旧钢规	新钢标	增加内容
$M' \leq M_s + A_{st} f_{st} (y_3 + y_4/2)$ $M_s = (S_1 + S_2) f$	$M' \leq M_s + A_{st} f_{st} (y_3 + y_4/2)$ $M_s = (S_1 + S_2) f$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;"> <math display="block">f_{st} A_{st} + f(A - A_c) = f A_c</math> </div>	明确了通过轴力平衡式求 $y_3$

### 3 组合梁板件宽厚比要求

宽厚比的执行原则还是和旧钢规保持一致，即判断组合梁中和轴的位置，如果中和轴在混凝土板内，则认为钢梁部分采用弹性设计，此时宽厚比等级按用户指定的宽厚比等级执行（一般建议按S4级执行即可）；如果中和轴在钢梁内，则认为钢梁部分采用塑性设计方法，此时应按钢结构设计标准第10章执行；对于铰接的组合梁，按S3级控制宽厚比。

### 4 新旧规范的剪跨区段及纵向剪力差异

新钢标14.3.4条（旧钢规11.3.4条），抗剪连接件计算时的划分区段进行了调整，新钢标中是以正弯矩最大点到边支座作为 $m_1$ 区段，以正弯矩最大点到中支座（负弯矩最大点）区段， $m_2$ 和 $m_3$ 区段，如下图所示：

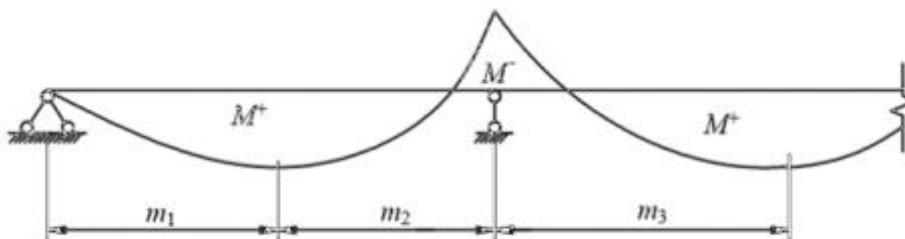


图3 新钢标连续的组合梁剪跨区划分图

旧钢标中根据弯矩绝对值最大点及零弯矩点为界限将连续的组合梁划分为正弯矩区段剪跨区段 $m_1$ 和 $m_2$ ，和负弯矩区段 $m_3$ 和 $m_4$ ，如下图所示：

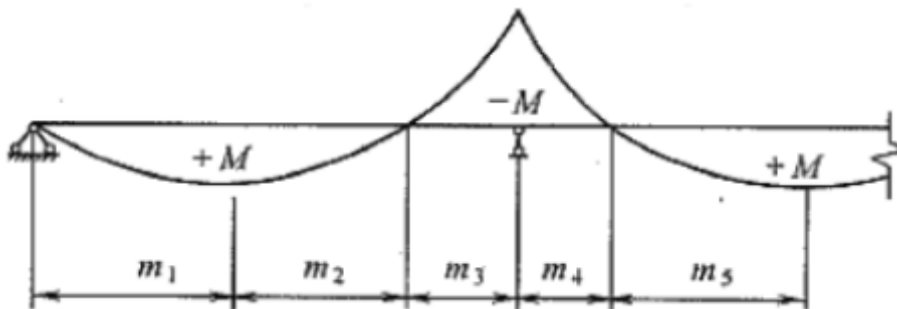


图4 旧钢规连续的组合梁剪跨区划分图

由上述新旧规范对于剪跨区段的划分我们可以看出新规范考虑了柔性抗剪连接件发挥的剪力重分布能力将剪跨区段合并，方便了连接件的设计，随着剪跨区段的改变，每个剪跨区段的剪力计算 $V_s$ 的确定也有所改变，新旧规范 $V_s$ 差异归纳为下表。

新旧规范各剪跨区段纵向剪力取值对比 表4

	旧钢规		新钢标	
剪跨区段	正弯矩区段m1和m2	负弯矩区段m3和m4	边支座区段m1	中支座区段m2和m3
$V_s$ 取值		$A_{st}f_{s1}$	$\min(Af, b_e h_c 1 f_c)$	$\min(Af, b_e h_c 1 f_c) + A_{st}f_{s1}$

### 5 新钢标新增纵向抗剪验算

考虑到实际使用中，抗剪连接件会在界面上形成较大剪力，导致混凝土受压破坏，所以抗剪件的界面也需要进行承载力验算。

新钢标14.6.1规定了纵向抗剪验算的具体方法，程序也在使用阶段的验算中增加该部分的验算，并增加了该部分验算的结果输出。

**14.6.1** 组合梁板托及翼缘板纵向受剪承载力验算时，应分别验算图 14.6.1 所示的纵向受剪界面 a-a、b-b、c-c 及 d-d。

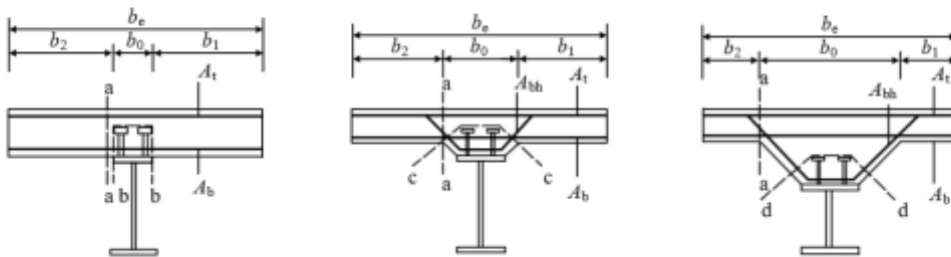


图 14.6.1 混凝土板纵向受剪界面

图5 混凝土板纵向受剪界面

目前程序在组合梁工具箱中进行了纵向抗剪验算，并输出了各个受剪界面的验算结果，如下图所示：

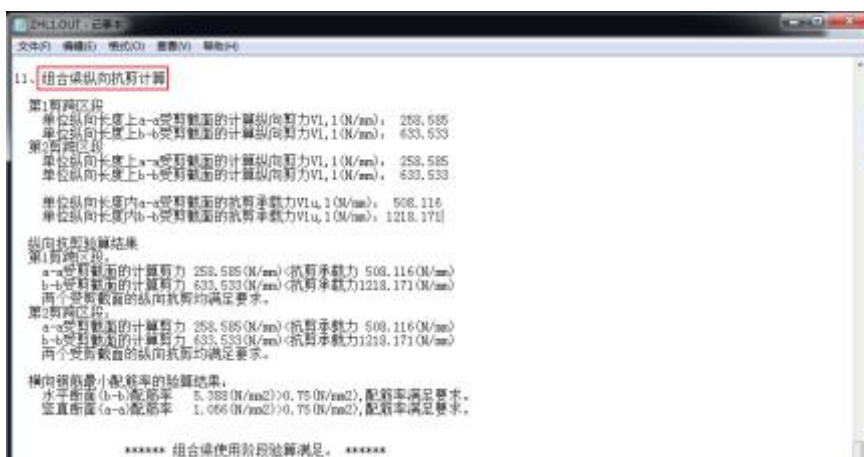


图6 组合梁工具箱纵向抗剪验算结果

## 6 总结

《钢结构设计标准》GB50017-2017正式发布后，其对于组合梁的计算改动较大，主要体现在组合梁有效翼板宽度的尺寸变化，组合梁负弯矩区段新增轴力平衡式，塑性设计时，构件板件宽厚比要求的变化，剪跨区段和纵向剪力 $V_s$ 的变化以及新增的纵向抗剪验算，在本文中对以上各条进行了一一对比，希望能够在组合梁设计时，对设计人员有所裨益。

### 参考文献

- [1] GB50017-2017钢结构设计标准[S].北京：中国建筑工业出版社，2018
- [2] GB50017-2003钢结构设计规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2003
- [3] 《钢结构设计标准》2017应用指南PKPM2010 v4.2版，2018.
- [4] 童根树.钢结构的平面内稳定[M].北京：中国建筑工业出版社，2015.