

冶金建筑参考资料8301

法国钢结构设计规范 补充规定及说明

冶金工业部建筑研究总院技术情报研究室编

1983年7月

编译者的话

我们曾于1979年9月编译出版了1966年法国钢结构设计规范（包括说明，附录）及钢结构塑性计算建议等。现编译出版的是1966年规范的补充规定及说明部分，是对规范中有关材料和结构的弹塑性性能等方面有了新的发展，增加了新的内容。该译文对科研、设计、教学等人员都有一定的参考价值。

由于我们水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编译者

编辑
出版

冶金工业部建筑研究总院技术情报研究室

责任 陈 智
编辑：

电话：66.4061

地址：北京学院路

补 充 规 定

目 录

前 言	5
1. 总则	5
1.1 定义	5
1.2 目的	6
1.3 有效范围	6
1.4 参考其他标准和实验	6
2. 材料	6
3. 计算依据	7
3.1 极限状态	7
3.2 外力和应力	7
3.3 外力的组合	8
3.4 应力计算	10
4. 截面强度	11
4.1 总规定	11
4.2 法向力	11
4.3 弯矩	11
4.4 剪力	11
4.5 弯矩和法向力	12
4.6 弯矩、法向力及剪力	15

5. 构件的稳定性	20
5.1 无局部屈曲条件	20
5.2 受弯梁的抗侧倾强度	24
5.3 屈曲强度	38
6. 变形	38
6.1 使用极限状态下的变形	38
6.2 最终极限状态下的变形	38
7. 考虑二阶理论的影响	38
8. 连接	39
8.1 总规定	39
8.2 孔对构件承载能力的影响	40
8.3 铆钉连接	41
8.4 非预应力螺栓连接	41
8.5 拧紧控制螺栓连接	41
9. 符号	44
9.1 几何特性	44
9.2 力学特性	45
9.3 系数或参数	46
9.4 内力、应力和变形	46
9.5 外力(荷载)	46
9.6 强度规定	47
9.7 定位角标	47

前 言

自从CM 1966 规范出版以来，已经对材料和结构的弹塑性性能方面的认识有了巨大的进展。最重要之点是：

- 假定形成塑性铰或球形铰以及破坏机构的应力计算方法；
- 截面的塑性强度；
- 构件的稳定性。

这些重大进展使该规范增加了新的规定内容。

本规范所采用的力的组合形式与均衡系数和CM 1966相同。本规范也为统一规范的出版铺平了道路，它将研究有关弹性或塑性模型的应力计算以及构件的弹性和塑性强度。

事实上，弹性能仅仅是弹—塑性能的一个特殊情况。当根据典型的弹性模型确定应力时，就能应用截面强度和构件稳定性的规定。因此，钢材不必要具有全塑性能，只需符合CM 1966 规范《钢材类别》部分中所陈述的条件。

1. 总则

1.1 定义

为了验算钢结构的安全度，进行塑性计算时，考虑“最终极限状态”，在此最终极限状态下，结构或结构的一部分由于有足量的构件相继塑化而形成一种机构，称之为破坏机构。这些塑化可能是局部的（如：在型材某截面中形成塑性球形铰，或者在一个板中形成塑性铰），或者扩展到一个杆件（如法向力的塑化）。

1.2 目的

本规范规定钢结构塑性计算的应用范围，并确定验算标准，以便保证结构物具有满足要求的安全度。

1.3 有效范围

本规范适用于杆件组成的平面结构或结构构件。这类构件不能因位移或反复变化而引起疲劳破坏，或由于塑性变形积累而过早破坏。

本规范有效使用条件为：

- 钢材符合第2条所规定的钢号；
- 结构要符合第5和第7条中规定的稳定性条件；
- 节点在结构平面外的位移被抑止。

1.4 参考其他标准和实验

本规范不排斥最终极限状态下框架强度验算的其他标准，但应保证结构的安全度。在运用包括直接实验在内的其他标准时，建筑师要评价与工程有关的技术说明书中规定的限度。特别是，在均衡荷载作用下，一部分结构处于弹性范围内，可以现行的弹性计算规范为依据进行验算。

2. 材料

本规范可无条件地应用于相当NF A35-501或NF A49-501号标准的E24、E26、E30和E36钢号及NF A86-201号标准的E355钢号的结构钢材，对于其他钢号的钢材需要通过试验检验，其性能要具有能形成破坏机构所必要的局部塑化。

3. 计算依据

3.1 极限状态

3.1.1 验证安全度及该规范所指的结构使用能力时，应采用极限状态法。极限状态的原则是，所考虑的计算外力和应力的组合不致在结构中或在其中一个构件中出现任何一种不应出现的现象。

3.1.2 有两种极限状态要加以考虑：

——最终极限状态。它相应于下列一种限度：

- 静态平衡；
- 强度或稳定形式。

——使用极限状态。超此极限状态，使用条件和耐久性或偶然的其他特殊条件不再被保证。

3.2 外力和应力

3.2.1 外力

外力是施加于结构上的荷载，引起变形的力和力矩。

3.2.2 应力

应力是以适宜的结构分析方法，分析结构在外力作用下某截面内产生的内力。

3.2.3 外力值

根据定义，进行强度验算时引用的外力值应是最不利值；在外力递减对结构的影响比外力递增更为不利的情况中，最小值视为最不利值。

外力值可根据现行资料，或按结构用途直接确定，或参照标准。

法规或规范确定，依其是否用统计数据确定外力值，又分为“特征值”或“标定值”。

3.24 外力的考虑

为了进行最终极限状态和使用极限状态下的验算，应考虑直接外力和间接外力。

3.3 外力的组合

3.31 均衡系数

为了验算极限状态下的安全度，外力的特征值或标定值应乘以均衡系数，这样就获得外力的均衡值。这些系数的值取决于所考虑的极限状态（使用极限状态或最终极限状态），所考虑的外力的类型（永久外力或变化外力）以及所研究的外力的组合（同时考虑变化外力）。

3.32 均衡系数的数值

3.32-1 最终极限状态

1. 正常使用的工程

• 永久外力

种 类	均 衡 系 数
— 静载、永久荷载、施加于结构上的 预应力及变形产生的外力，支柱不均匀位移	根据最不利情况 取 1.33 或 1
— 温度 (T)	

· 变化外力

种	类	均衡系数
—使用或试验荷载 (Q)		1.5
—雪荷 (SN)		1.42 (计算时, 考虑三 种荷载中的二种荷载同时作用)
—风荷 (WL)		1.33 (计算时, 考虑三种 荷载同时作用)

2. 安装期间的结构

安装期间结构验算应符合 GB66 规范, 或按照这些规范但不考虑塑性。

3. 例外情况

a. 当某一结构的破坏后果比一般结构破坏后果更为严重时, 业主可以规定增大计算中所使用的均衡系数值。

b. 相反, 在某些可预见的情况下, 尽管是例外, 如容许结构有限的失调, 甚至有轻微的破坏, 则在业主的同意下, 可把例外荷载的均衡系数减小。

c. 当仅为了限定由于重大事故造成的损失时, 可以进行稳定性验算, 且把这种重大事故发生过程, 施加于结构上的荷载及力的估算值的均衡系数可降低到 1。

极端气象荷载 (雪和风) 作用下的结构验算和地震时的强度验算一样, 验算时可以规定所考虑的各种效应 (包括永久荷载) 的均衡系

数均可降低到 1。

3.32-2 使用极限状态

进行使用极限状态下的验算时，所有均衡系数均取 1。

3.4 应力计算

3.41 最终极限状态

3.41-1 应力的塑性计算

验算时应考虑直接和非直接均衡外力的最不利组合。

计算中对于所考虑的各种均衡外力的各种组合情况，人们认为，每一个均衡外力皆与系数 α （荷载系数）成比例变化，验算所求得的破坏系数 α_u 至少等于 1。当出现下述现象之一，就达到了破坏系数 α_u ：

- 1) 有足够数量的构件塑化以后，结构形成一机构（第 4 条）；
- 2) 结构的整体稳定性不再受保证（第 7 条）；
- 3) 结构的某一构件（梁、柱、连接、……）的应力改变到大于此构件的强度（第 4、5、8 条）。

3.41-2 应力的弹性计算

假定结构的应力计算始终处于弹性状态。

3.42 使用极限状态

验算时应考虑非均衡力的最不利组合。在这些最不利组合下，验算结构是否符合变形标准（第 6.1 条）。

4. 截面强度

4.1 总规定

当某一截面承受简单的或复杂的力时，只要在此截面中可求出为平衡这些力的容许应力的塑性分布，其强度就得到保证。

对于一般截面，下述更详细的规定给出了截面的最终强度值，在这些限值以内，应力应保持不变。这些应力将遵守前面陈述过的总则。

4.2 法向力

截面中的法向力不应大于截面的塑性法向力，即：

$$N \leq N_p, \quad \text{同时} \quad N_p = A_{eff} \sigma_0$$

式中 A_{eff} —— 截面的有效面积。

4.3 弯矩

截面中的弯矩不应大于截面常用的塑性弯矩，即：

$$M \leq M_p, \quad \text{同时} \quad M_p = Z \sigma_0$$

式中 Z —— 截面的塑性模量。

由于是相对于 $x-x$ 轴弯曲，或者是相对于 $y-y$ 轴弯曲，因此塑性弯矩以 M_{px} 或 M_{py} 表示 ($M_{px} = Z_x \sigma_0$, $M_{py} = Z_y \sigma_0$)。

4.4 剪力

截面中的剪力不应大于截面的塑性剪力，即： $V \leq V_p$ ，同时

$$V_p = 0.58 A_p \sigma_0$$

对于工字形或箱形截面：

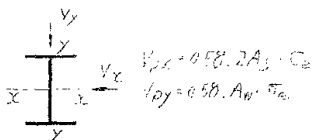
如果剪力是在腹板平面内，则 A_p 为腹板或诸腹板的面积 (A_w)；

如果剪力是在与翼缘相平行的平面内，则 A_p 为二个翼缘截面积 ($2A_f$)。

对于矩形截面：

A_p 为截面的面积。

由于剪力或是在 XOZ 平面内，或是在 YOZ 平面内，因此分别以 V_{px} 或 V_{py} 表示塑性剪力。同样，对于工字形截面：



4.5 弯矩和法向力

4.5.1 工字形或箱形截面对 $x-x$ 轴弯曲

某一截面的弯矩不应超过极限弯矩，即：

$$M_x \leq M_{ux}$$

同时，如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq C$ ，则 $M_{ux} = M_{px}$

如果 $C < \frac{N}{N_p} \leq 1$ ，则 $M_{ux} = \left(\frac{1 - \frac{N}{N_p}}{1 - C} \right) M_{px}$

C 取 $\frac{1}{2} \frac{A_w}{A}$ 值与 0.25 中之较小值。

对于一般的等翼缘工字钢，即 IPE 型钢 (IPE 80 ~ 800)

如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.18$, 则 $M_{ux} = M_{px}$;

如果 $0.18 < \frac{N}{N_p} \leq 1$, 则 $M_{ux} = 1.22 \left(1 - \frac{N}{N_p}\right) M_{px}$

对于一般HE型钢 (HEA、HEB、HEM 100~600):

如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.10$, 则 $M_{ux} = M_{px}$

如果 $0.10 < \frac{N}{N_p} \leq 1$, 则 $M_{ux} = 1.11 \left(1 - \frac{N}{N_p}\right) M_{px}$

4.52 相对于YY轴弯曲的箱形截面

截面中的弯矩不应超过极限弯矩, 即:

$$M_y \leq M_{uy}$$

同时, 如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} < G$, 则 $M_{uy} = M_{py}$;

如果 $G < \frac{N}{N_p} \leq 1$, 则 $M_{uy} = \left[\frac{1 - \frac{N}{N_p}}{1 - G} \right] M_{py}$

G 取 $\frac{A_f}{A}$ 和 0.25 中之较小值。

4.53 相对于YY轴弯曲的工字形截面

截面中的弯矩不应大于极限弯矩, 即:

$$M_y \leq M_{uy} ,$$

同时，如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq \frac{A_w}{A}$ ，则 $M_{uy} = M_{py}$ ；

$$\text{如果 } \frac{A_w}{A} < \frac{N}{N_p} \leq 1, \text{ 则 } M_{uy} = \left[1 - \frac{\left(\frac{N}{N_p} - \frac{A_w}{A} \right)^2}{1 - \frac{A_w}{A}} \right] M_{py}$$

对于一般的 IPE 截面

如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.36$ ，则 $M_{uy} = M_{py}$ ；

$$\text{如果 } 0.36 < \frac{N}{N_p} \leq 1, \text{ 则 } M_{uy} = \left[1 - \frac{\left(\frac{N}{N_p} - 0.36 \right)^2}{0.64} \right] M_{py}$$

对于普通的 HE 型钢：

如果 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.20$ ，则 $M_{uy} = M_{py}$ ；

$$\text{如果 } 0.20 < \frac{N}{N_p} \leq 1, \text{ 则 } M_{uy} = \left[1 - \frac{\left(\frac{N}{N_p} - 0.20 \right)^2}{0.80} \right] M_{py}$$

4.54 矩形截面

某一截面的弯矩不应大于极限弯矩，即：

$$M \leq M_u$$

$$\text{式中 } M_u = \left[1 - \left(\frac{N}{N_p} \right)^2 \right] M_p$$

由于弯曲是相对于xx轴或yy轴，因此， M 、 M_u 、 M_p 也应以角标 x 和 y 表示。

4.55 承受双轴向弯曲（或偏心弯曲）及法向力的截面

某一截面的 M_x 、 M_y 及 N 应符合下述条件：

$$\left(\frac{M_x}{M_{ux}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_y}{M_{uy}}\right)^\beta \leq 1$$

式中 M_{ux} 、 M_{uy} ——对二主轴之一弯曲，并且承受一法向力 N 的截面的极限弯矩（在第4.51、4.52、4.53 及4.54 条款中已给出 M_{ux} 、 M_{uy} 值）。只要剪力 V_x 和 V_y 对相对应的极限弯矩的影响可以忽略，则此公式有效，如4.6 条所示。

α 及 β 值：

对于I 字形截面：

如 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.2$ ，则 $\alpha = 2$ ， $\beta = 1$ ；

如 $0.2 < \frac{N}{N_p} \leq 1$ ，则 $\alpha = 2$ ， $\beta = 5 \frac{N}{N_p}$ ；

对于箱形截面：

如 $0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.8$ ，则 $\alpha = \beta = \frac{1.66}{1 - 1.18\left(\frac{N}{N_p}\right)^2}$ ；

如 $0.8 < \frac{N}{N_p} \leq 1$ ，则 $\alpha = \beta = 6$ 。

对于矩形截面:

$$\alpha = \beta = 1.73 + 1.8 \left(\frac{H}{N_p} \right)^2$$

4.6 弯矩、法向力及剪力

4.6.1 对 xx 轴弯曲的 I 字形截面或箱形截面截面中的 M_x 、 N 、

V_y 应遵守下述条件:

$$\text{如 } 0 \leq \frac{V_y}{V_{py}} + 0.2 \frac{N}{N_p} \leq 0.6, \text{ 则 } M_x \leq M_{ux};$$

$$\text{如 } 0.6 < \frac{V_y}{V_{py}} + 0.2 \frac{N}{N_p} \leq 1,$$

$$\text{则 } M_x \leq M_{ux} - M_{pw} \left(2.5 \frac{V_y}{V_{py}} + 0.5 \frac{N}{N_p} - 1.5 \right)$$

式中 M_{pw} —— 腹板 (或诸腹板) 的全塑性弯矩,

$$M_{pw} = \frac{t_w \cdot h w^2}{4} \sigma_s$$

M_{ux} —— 仅有法向力 N 时的极限弯矩 (在 4.5.1 条中已给出 M_{ux} 值)。

对于普通的 IPE 型钢:

$$\text{如 } 0 \leq \frac{N}{N_p} \leq 0.18 \quad \text{及} \quad 0 \leq \frac{V_y}{V_{py}} + 0.2 \frac{N}{N_p} \leq 0.6$$

$$\text{则 } M_x \leq M_{px};$$