

木結構計例題

И.Я.依万宁 著

建筑工程出版社

TU311
2261

~~86.12.22~~ ~~2312-62~~

木 結 构 計 算 例 題

經蘇聯高等教育部審定為高等土建院系教材

滕徵本 沈世釗 周仕積 齊銘揚 譯



建 築 工 程 出 版 社 出 版

• 1959 •

內容提要 本書敘述膠合的梁式結構和拱式結構，以及杰列維亞金板榫拼合的方木組合斷面的梁、拱和桁架等的數字計算例題。在每一例題中，不論在計算方面和構造方面，都作了方案比較，從而尋找降低建築造價的經濟上合理方案。

本書可供大學建築專業學生，以及木結構設計人員和施工人員參考之用。

原本說明

書 名 ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

編 著 者 И. Я. Иванин

出 版 者 Машстройиздат

出版地址 及 年 份 Москва—1950

木 結 構 計 算 例 題

滕征本等 譯

1958年7月第1版 1959年4月第2次印刷 2,845—8,355冊

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·190千字·印張7 $\frac{3}{4}$ ·插頁1·定價(10)1.50元

建築工程出版社印刷廠印刷 新華書店發行 書號: 756

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第032號)

TL/311
2201

~~86-2342-4~~

木結構計算例題

經蘇聯高等教育部審定為高等土建院系教材

滕徵本 沈世釗 周仕禎 齊銘揚 譯

建築工程出版社出版

• 1959 •

內容提要 本書敘述胶合的梁式結構和拱式結構，以及杰列維亞金板梢拼合的方木組合斷面的梁、拱和桁架等的數字計算例題。在每一例題中，不論在計算方面和構造方面，都作了方案比較，從而尋找降低建築造價的經濟上合理方案。

本書可供大學建築專業學生，以及木結構設計人員和施工人員參考之用。

原本說明

書 名 ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

編 著 者 И. Я. Иванов

出 版 者 Машистройиздат

出版地址
及 年 份 Москва—1950

木 結 構 計 算 例 題

滕征本等 譯

*

1958年7月第1版 1959年4月第2次印刷 2,845—8,355冊

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·190千字·印張7 $\frac{3}{4}$ ·插頁1·定價(10)1.50元

建築工程出版社印刷廠印刷 新華書店發行 書號: 756

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬庄)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第02號)

目 录

序 言	4
例題一 杰列維亞金梁的計算	6
例題二 胶合工字梁的計算	17
例題三 平行翼緣胶合梁的計算	23
例題四 双坡矩形断面胶合梁的計算	28
例題五 单坡交叉腹板工字梁的計算	32
例題六 撑托式桁架的計算	50
例題七 杰列維亞金梁組成的三鉸拱的計算	64
例題八 弧形胶合拱的計算	77
例題九 模架拱的計算	90
例題十 三角形樺接圓木桁架的計算	98
例題十一 梯形樺接方木桁架	129
例題十二 鋼木桁架的計算	150
例題十三 齿环鍵結合梯形桁架的計算	166
例題十四 弓形桁架的計算	201
附 录	226

序 言

苏联丰富的森林资源,無論在过去或现在,决定了木材被广泛用作基本建筑材料之一。

从十二世紀开始,俄罗斯的人民建筑师就創造了木结构的卓越例子。

俄罗斯天才学者И. П. 庫里宾、Д. И. 儒拉夫斯基、В. Г. 苏霍夫等人工程上的創造,远远超过了同时代的国外木结构方面的研究者。

但是,尽管革命前的卓越的俄国科学技术活动家們已創造了工程技术上的光輝范例,但工程木结构在科学理論和实验研究基础上的广阔发展,还是在伟大的十月革命以后在社会主义建設事业中才得到的。

苏联木结构学派繼承了革命前俄国木材建筑的傳統和丰富的經驗,把零散的木结构的构造方法和計算方法統一为一个单一的有論据的体系,这在国外的实践中是沒有先例的。

本書系由实体式木结构和桁式木结构的数字計算例題所組成。

数字計算例題包括了我国建筑实践中使用的和效果肯定的现代木结构的各種主要型式以及那些必須推广的木结构。

由于建筑工业化的发展,我們把重点放在工厂制造的結構上,其中包括也可以在工地条件下制造的結構。这类結構有胶合的梁式結構和拱式結構,以及杰列維亞金板梢拼合的方木組合断面的梁、拱和桁架。在計算例題中高度工业化的胶合木结构占有較多的篇幅,目前已为这种結構在建筑中的广泛使用提供了必要的条件。

在每一个数字例題中均詳細地并在方法上順序地敘述了全部

計算过程,引用了现行“木結構設計标准及 技术规范”(HuTY-2-47)、国定全苏标准和其他依据材料,并且尽可能給出整个結構型式或个别細部构造方案的选择依据。仅在两个例題中(例題一和十)有屋盖构件的詳細計算,而在其余的例題中为了避免重复,或直接給出作用在承重結構上的荷重,或直接选用屋盖結構,不再計算。

本書是按苏联高等教育部审定的高等土建院系的木結構教学大綱編写的。著者首先抱着教学法上的目的——尽可能地包括构件、构件的連結以及平面結構本身等的各种类型的計算,使得在具体的数字例題中能全面深刻地掌握木結構理論。所以在例題中,不論是在計算方面和在构造方面都作了方案比較。例如,在梯形桁架(例題十三)的腹杆杆件計算中,一次是驗算应力,另一次是决定需要的連接物数量,而第三次是决定短填块的間距;在三角形圓木桁架中(例題十)則給出了三个支座节点的构造方案:单齿的,双齿的和加枕块的。

通过各种构造方案的比較、它們的材料消耗的比較以及对劳动量及工业化等問題的考虑,著者力求教会大学生們善于寻求能促使建筑造价降低的經濟上的合理方案。

我国建筑事业的现代要求使我們在設計时不仅要考虑建筑质量和新的建筑技术的推广,而且要找出能促使造价降低的經濟上合理的(有論据的)方案。

計算例題的叙述虽有教学上的性質,但本書对于設計人員和施工人員等工程技术工作者也是有用的。在計算过程中著者象作实际工作那样利用了計算尺和容許的数字进位。

本書后面列有附录,它們都是大学生們在独立完成木結構的計算图解作业或課程設計时的必要資料。

最后,著者向給予本書提出宝贵意見的評閱者Г. В. 斯温齐茨基副教授、П. Я. 卡敏泽夫教授、М. Е. 卡崗教授、Б. А. 奥斯温斯基副教授和 И. В. 斯里茨庫霍夫工程师致以真摯的謝意。

И. 依 万 宁

例題一 杰列維亞金梁的計算

設 計 題

要求計算一个杰列維亞金板梢拼合的組合断面梁，該梁拟用作工业廠房輔助間屋蓋的承重結構。

基本計算資料

梁的跨度—— $l = 4.9$
公尺；

梁的間距—— $B = 4.5$
公尺；

牆——磚牆；

梁上屋蓋——保暖的屋蓋，保暖材料用刨花板；

油毡屋面，坡度为 5° ；

梁的材料——松木，其含水量不大于23%；

建筑地点——莫斯科；

廠房簡图见图1。

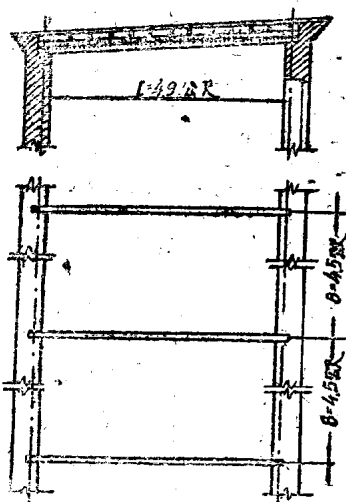


图 1

解

Ⅰ. 屋蓋的選擇。屋面結構構件的計算

1. 屋蓋的選擇

按題設条件拟出保暖屋蓋的构造^①（见图2）。现按下列次序，驗算所取結構的各构件。

保护用的斜鋪板用Ⅲ～Ⅳ級木材做成，一般不加計算，因为它

^① 一般選擇保暖屋蓋的構造時要考慮廠房的工藝條件和地方材料，包括保暖材料在內。選定的構造要經熱工驗算。

是鋪在密鋪的或間距為20~30公分的木條(屋面条)組成的稀鋪的承重鋪板上的。

鋪板中木板的寬度取8~10公分,但不得大於12公分,以免在干縮時發生過大的撓曲,從而防止油毡的可能裂開。

根據國定全蘇標準 3008-45 斜鋪板的厚度取為1.6~1.9~2.5公分(見附錄3)。

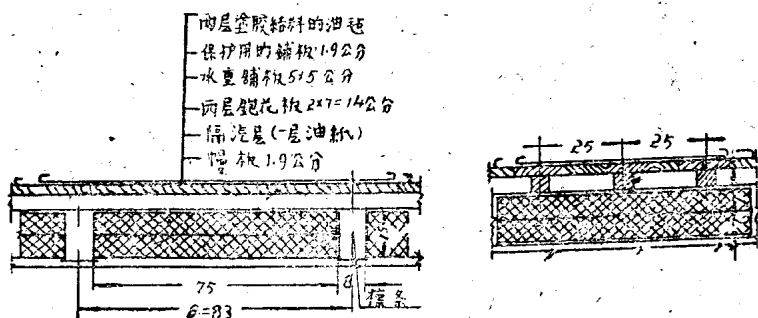


圖 2

在本例的情況下,當木條間距為83公分時,為了構件的劃一起見,下慢板與斜鋪板採用相同的厚度,即1.9公分。

2. 屋面条的計算

根據標準及技術規範(ННТУ-2-47)第81條的規定,承重鋪板按下列各荷重組合進行強度及撓度的計算:a)自重及雪,б)自重和集中荷重 $P=100$ 公斤(工人及工具);同時在我們雙層屋面板(保護鋪板及承重鋪板)的情況下,集中荷重可認為分布在承重鋪板的0.5公尺的寬度上。

但是,對屋面条來說,最不利荷重往往是作用在一根屋面条中央點的集中安裝荷重 $P=100$ 公斤;對於這種荷重也要進行強度驗算,但不考慮其剛度。

由於根據標準及技術規範(ННТУ-2-47)第9條的規定,這種荷重系屬於附加的外力作用,故此時容許應力要乘以修正系數

1.2. 屋面標条的布置要使得标准刨花板(全苏标准 8435-1488)刚好能准确地鋪在標条之間, 由此得標条間的淨距为75公分。

設標条宽度为 8 公分, 承重鋪板的計算跨度为:

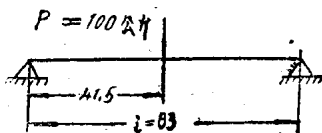
$$l = 75 + 8 = 83 \text{ 公分。}$$

忽略数值不大的屋面坡度并把屋面条看作为单跨簡支梁, 求得其最大弯矩为(图 3):

$$M_{\text{макс}} = \frac{P \times l}{4} = \frac{100 \times 0.83}{4} = 20.75 \text{ 公斤-公尺。}$$

需要的断面抗矩为:

$$W = \frac{M_{\text{макс}}}{[\sigma_{\text{н}}] 1.2} = \frac{20.75}{120 \times 1.2} = 14.4 \text{ 立方公分。}$$



采用方形断面的屋面条($W = \frac{h^3}{6}$), 則有:

图 3

$$\frac{h^3}{6} = 14.4; \text{ 由此得 } h = \sqrt[3]{6 \times 14.4} = 4.42 \text{ 公分;}$$

式中 $[\sigma_{\text{н}}] = 120 \text{ 公斤/平方公分}$ ——对临时及輔助結構物取用的容許应力(见标准及技术规范 ННТУ-2-47 表 5)。

按规格取屋面条的断面为 $5 \times 5 \text{ 公分}$ (见附录 3)。

3. 標条的計算

根据构造上的理由, 取屋面標条的高度不得小于 15 公分(根据鋪設两层厚度各为 7 公分的刨花板的条件)。

估算作用在標条上的荷重。

a) 永久荷重(屋盖自重):

- 1) 兩層油毡及兩層胶結料(见国定全苏标准 1693-45 或附录 2).....6.0 公斤/平方公尺(屋面)
- 2) 保护鋪板 0.019×5009.5

3) 承重鋪板	$0.05 \times 0.05 \times \frac{100}{25} \times 500$		5.0	公斤/平方公尺(屋面)
4) 兩層刨花板(見附录 1)	0.14×500		70.0	〃
5) 隔汽層(一層油毡紙)	固定全苏标准 1886-45		2.2	〃
6) 下慢板	0.019×500		9.5	〃
7) 檩条	$0.08 \times 0.15 \times \frac{100}{83} \times 500$		7.5	〃
总計				109.5 〃

作用在水平投影面每平方公尺上的荷重为:

$$g = \frac{109.5}{\cos 5^\circ} = \frac{109.5}{0.996} = 110 \text{ 公斤/平方公尺。}$$

6) 暂时荷重:

1. 雪荷重: 根据全苏标准 90058-40 雪荷重按下式計算(見附录 12 第 1 节):

$$p_c = S_x c = 100 \times 1 = 100 \text{ 公斤/平方公尺(屋盖的水平投影面);}$$

式中 S ——雪层的計算重量; 对莫斯科来說是第Ⅲ区应為 100 公斤/平方公尺;

c ——系数, 对单坡式屋面的坡度 $\alpha \leq 25^\circ$ 者 $c=1$ (此处 $\alpha = 5^\circ < 25^\circ$)。

2. 风荷重: 按国定全苏标准 1664-42, 风荷重不产生正压力(見附录 12 第 3 节)。

反向压力(吸力)为:

$$P_B = K \cdot q = -0.8 \times 40 = -32 \text{ 公斤/平方公尺(垂直屋面);}$$

式中 K ——空气动力系数; 对单坡屋面坡度 $\alpha = 5^\circ < 15^\circ$ 者, $K = -0.8$;

q ——与风速有关的风压值, 在莫斯科(第Ⅰ地理区)为 40 公斤/平方公尺。

因为 $P_B = -32 \text{ 公斤/平方公尺} < g = 110 \text{ 公斤/平方公尺}$, 因此

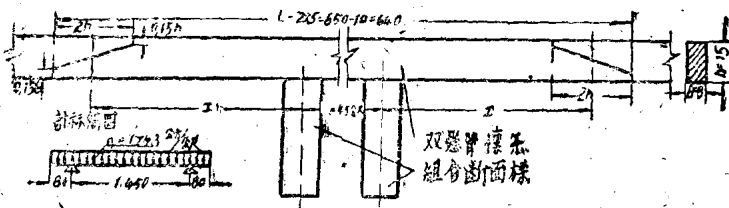


图 4

当屋盖构件具有必要的构造上的固定时，反向风荷重为屋盖自重所抵销。

于是，作用在檩条上的计算线荷重为：

$$q_p = (g + p_c) B_1 = (110 + 100) 0.83 = 174.3 \text{ 公斤/公尺。}$$

檩条设计成铰为间跨成对布置的悬臂梁式体系，根据规格，用最大长度6.5公尺的木材来做。

考虑到铰的构造和方木两端各为5公分的可能截掉的长度，来确定悬臂的长度 x ，如图4所示。

$$x = \frac{L - 2 \times 5 - l - 2h}{2} = \frac{650 - 10 - 450 - 2 \times 15}{2} = 80 \text{ 公分；}$$

$$\text{或 } \frac{x}{l} = \frac{80}{450}；\text{由此得 } x = \frac{80}{450} l = 0.177 l。$$

与此相应，有（见Г.Г.卡尔生教授主编的“木结构教程”1942年版第一册之附录5）：

$$M_{\text{max}} = -0.0728 q_p l^2 = -0.0728 \times 174.3 \times 4.5^2 \times 100 = \\ = 25700 \text{ 公斤/公分；和 } f_{\text{max}} = 0.0039 \frac{q_p l^4}{EJ}。$$

按强度条件求得需要的断面抗矩为：

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{M_{\text{max}}}{[\sigma_H]} = \frac{25700}{100} = 257 \text{ 立方公分。}$$

当檩条断面高度为 $h = 15$ 公分时，确定其宽度： $b = \frac{6 \times 257}{15^2} = 6.86$ 公分，根据标准及技术规范 ННТУ-2-47（见附录3）所推荐的情简规格，最后采用檩条断面为 8×15 公分。

该断面的惯性矩为：

$$J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{7 \times 15^3}{12} = 1960 \text{ 公分}^4。$$

校核檩条的刚度。

最大挠度按下式计算：

$$f_{\text{max}} = 0.0039 \frac{q_P l^4}{EJ_x} = \frac{0.0039 \times 1.743 \times 450^4}{100000 \times 1960} = 1.43 \text{ 公分}。$$

$$\frac{f_{\text{max}}}{l} = \frac{1.43}{450}，\text{由此得 } f_{\text{max}} = \frac{1.43}{450} l = \frac{l}{315} < \left[\frac{l}{200} \right]，$$

式中 $\left[\frac{l}{200} \right]$ ——屋盖檩条的容许挠度（见标准及技术规范
ННТУ-2-47第80条）。

檩条中的悬梁的长度为：

$$l_{\text{вкл}} = l - 2x + 2h = 450 - 2 \times 80 + 2 \times 15 = 320 \text{ 公分}。$$

这些悬梁也可用6.5公尺长的木材做成。事实上，如果将木材
两端各截掉5公分，再一截为两半，就得到悬梁的长度：

$$l_{\text{вкл}} = \frac{650 - 2 \times 5}{2} = 320 \text{ 公分}。$$

II. 梁的计算

1. 梁断面的选择

梁自重按下式计算：

$$g_{\text{CB}} = \frac{g + p_c}{\left(\frac{1000}{K_{\text{CB}} l} - 1 \right)} = \frac{110 + 100}{\left(\frac{1000}{10 \times 4.9} - 1 \right)} = 10.8 \approx 11；$$

式中 K_{CB} ——自重系数，对组合断面的板桁梁取为 7~12。

作用在梁上的线荷重为：

$$q = (g + g_{\text{CB}} + p_c) B = (110 + 11 + 100) 4.5 \approx 1000 \text{ 公斤/公尺}。$$

最大弯矩：

$$M_{\text{Макс}} = \frac{ql^2}{8} = \frac{1000 \times 4.9^2}{8} \approx 3000 \text{ 公斤/公尺} = 300000 \text{ 公斤/公分。}$$

設組合断面梁是由三根方木組成的(圖 5), 根据强度条件計算需要的断面抗矩:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{M_{\text{Макс}}}{[\sigma_n]0.8} = \frac{300000}{100 \times 0.8} = 3750 \text{ 立方公分;}$$

式中 0.8——对于三根方木組成的梁断面的系数。設刨光的方木的宽度为 $b = 14.5$ 公分, 求得断面的高度为:

$$h = \sqrt{\frac{6 \times 3750}{14.5}} = 39.4 \text{ 公分;}$$

取 $h = 43.5$ 公分; 同时, 断面系按照规格由三块刨光的方木組成 $(14.5 \times 14.5)_3$ 。

按下式校核挠度:

$$f_{\text{Макс}} = \frac{5}{384} \times \frac{ql^4}{EJ_p} = \frac{5 \times 10 \times 490^4}{384 \times 100000 \times 69700} = 1.08 \text{ 公分;}$$

式中 J_p ——組合断面的慣性矩, 等于:

$$J_p = 0.7 \frac{bh^3}{12} = 0.7 \times \frac{14.5 \times 43.5^3}{12} = 69700 \text{ 公分}^4$$

由比值 $\frac{f_{\text{Макс}}}{l} = \frac{1.08}{490}$ 得:

$$f_{\text{Макс}} = \frac{1.08}{490} l = \frac{1}{453} l < \left[\frac{l}{200} \right].$$

2. 板梢的計算

梁的各根方木用橡木板梢拼合, 板梢尺寸按全苏标准 90063-40 规定(圖 6):

板梢厚度 $\delta_{\text{пл}} = 1.2$ 公分;

长度 $l_{\text{пл}} = 4.5 \delta_{\text{пл}} = 4.5 \times 1.2 = 5.4$ 公分。

板梢插入两根被拼方木的深度各为:

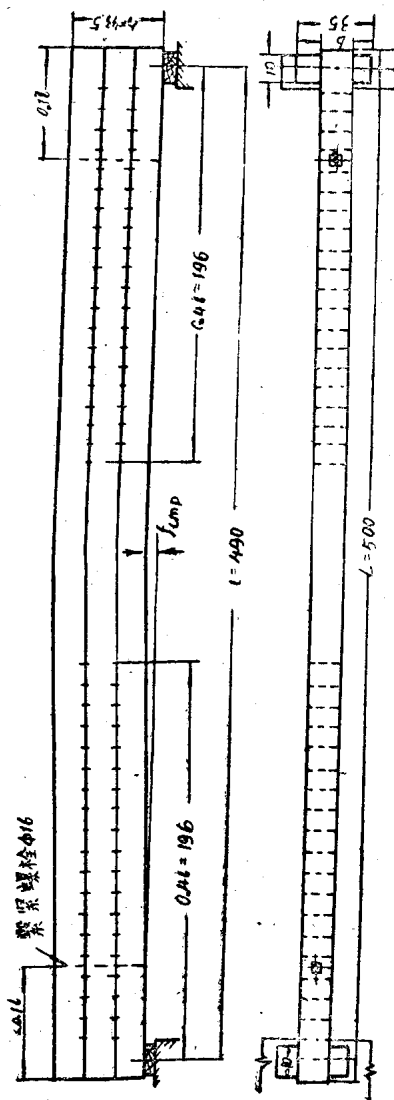


图 5

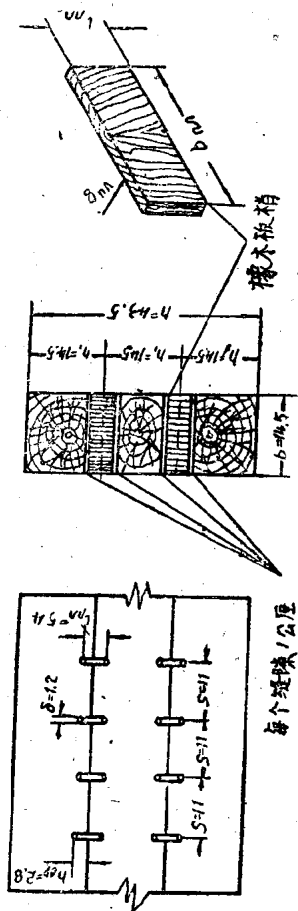


图 6

$h_{BP} \leq \frac{l_{\Pi\lambda}}{2} + 1 \text{ 公厘} = \frac{5.4}{2} + 0.1 = 2.8 \text{ 公分}$; 每根方木上的刻槽深度应有: $h_{BP} \leq \frac{h_1}{5}$; 在我們的情况下:

$$\frac{h_1}{5} = \frac{14.5}{5} = 2.9 \text{ 公分} > h_{BP} = 2.8 \text{ 公分}.$$

因为梁方木的宽度 $b = 14.5$ 公分, 沒有超过 15 公分, 所以鏈式凿槽机可以凿出貫穿的板梢槽。

每个板梢的容許內力按下式决定:

$$[T_{\Pi\lambda}] = 11T_{\Pi\lambda}b = 11 \times 5.4 \times 14.5 = 860 \text{ 公斤}.$$

半跨上每条拼縫中板梢的最小容許数量按下式計算:

$$n_{\Pi\lambda} = \frac{1.5MS}{[T'_{\Pi\lambda}]J_{6P}};$$

式中 J_{6P} ——整个断面的慣性矩;

S ——拼縫以上部分的面积靜矩。

对三根方木組成的梁而言, 有:

$$\frac{J_{6P}}{S} = \frac{bh^3}{12} : \frac{bh^2}{9} = \frac{3}{4}h.$$

在我們的情况下,

$$\frac{J_{6P}}{S} = \frac{3}{4}h = \frac{3 \times 43.5}{4} = 32.6 \text{ 公分}.$$

代入后得:

$$n_{\Pi\lambda} = \frac{1.5 \times 300000}{860 \times 32.6} = 16.1 \text{ 个}.$$

設將板梢分布在梁端部的 0.4 l 的一段上, 用所要求的中綫間距:

$$S = 9\delta_{\Pi\lambda} = 9 \times 1.2 \approx 11 \text{ 公分},$$

則梁每端的板梢数为:

$$n = \frac{0.4l}{S} = \frac{0.4 \times 490}{11} \approx 18 \text{ 个} > [0.8n_{\Pi\lambda}] = 0.8 \times 16.1 \approx 13 \text{ 个}.$$