

# 地下车库几种常用梁板结构体系的比较

张有波

贵州省建筑设计研究院有限责任公司

**摘要：**通过从结构受力、经济性、施工难易程度等几个方面对十字梁、单向次梁、井字梁、加腋大板这几种常用的结构形式进行比较，并对各种结构形式的应用及设计提出指导性意见。

**关键词：**十字梁；单向次梁；井字梁；加腋大板

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.02.020

## 引言

随着我国城市化的快速发展，新建的楼盘及各种商业综合体越来越多，体量越来越大，为了更加专业的把控项目质量，各大房开公司也组建了自己专业设计施工管理团队，对设计院设计的项目的要求越来越高，不但要保证安全适用，对经济、美观的要求也越来越高。而地下车库作为建筑群中一个功能部分，其面积和体量都比较大，相对于整个建筑造价占比高，同时地下车库大部分都是标准柱网尺寸，构件模块化程度非常高，研究清楚一个柱开间的结构体系就可以迅速推广到整个地下室空间使用，因而研究地下车库各种结构形式的受力特点及经济效果，具有一定的现实意义，本文选取了十字梁、单向次梁、井字梁及加腋大板几种常用的结构形式进行比较，从其受力性能，施工方便以及对材料的消耗量等方面进行比较，得出各种结构形式的特点，从而对其在设计及施工过程中的应用提出一些指导性意见：

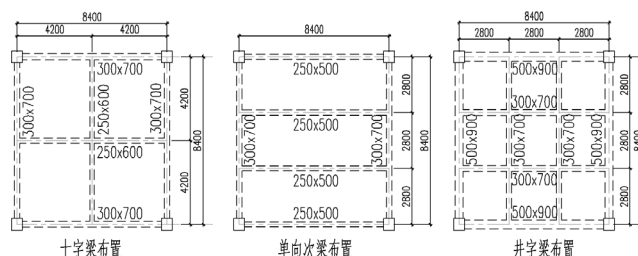
## 一、各种结构形式简介

### (一) 十字梁、单向次梁、井字梁（详如下示意图）

十字梁就是在一个柱间内两个方向跨中部位各设一道次梁，两个方向次梁相交形成一个“十”字的结构形式；单向次梁就是一个柱间只在一个方向设置次梁，一般为了形成单向板，板的长宽比最好大于3，从而往往

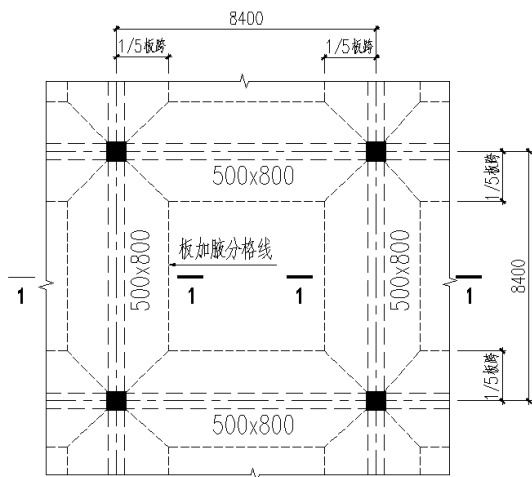
需要设置两道次梁；井字梁就是一个柱间两个方向各设两道次梁，两个方向次梁相交于柱间形成一个“井”字的结构形式。

这几种结构形式都是大家都比较熟悉的结构形式，也是这么多年以来一直使用的比较成熟的结构体系，这种结构形式具有传力明确，结构赘余度高的优点；其中地下车库楼面作为一般的小汽车车库用房，其荷载并不大，一般可采用十字梁或单向次梁的结构形式，而对于有人防荷载的车库楼屋面板，或者是较厚覆土或消防车荷载的车库屋面板，由于荷载比较大，往往需要采用井字梁屋盖才能满足受力要求。其中对车库楼面十字梁楼盖和单向次梁楼盖，本文将选择一个具体的案例进行比较，详后续补充：

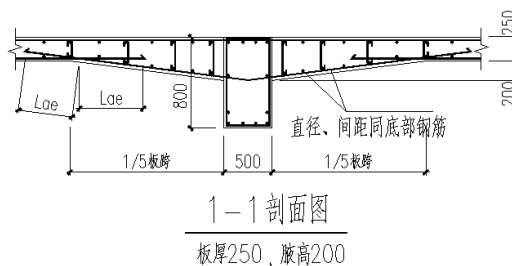


### (二) 加腋整间大板（详如下示意图）

相对于前述几种结构形式，加腋整间大板是相对较新的一种结构形式，所谓加腋大板，就是只在柱子轴网上设框架梁而不设其他次梁、同时在连续板的支座处于板底加斜腋的结构形式，一般加腋长度大概可取跨度的1/5左右，大概接近连续梁弯矩图反弯点的位置，加腋高度一般可取板厚的0.8~1.5倍左右，加腋整间大板具有以下特点：



顶板加腋示意图



1-1剖面图  
板厚250，腋高200

1. 构件受力合理

车库顶板由于覆土或消防车等受荷较大，同时车库顶板往往也是作为种植屋面使用，需要满足防水抗渗要求，故而从受力及构造方面考虑往往需要设计较厚的楼盖，如《地下工程防水技术规范》（GB50108-2008）4.1.7条及《种植屋面工程技术规程》（JGJ155-2017）5.4.2条均要求不小于250mm，既然需要那么厚的板，那么从受力的角度而言板的跨度就可以尽量做大，而没必要在中间布置次梁，尤其相比于井字梁而言，那么厚的板只是为了构造需要，板的承载潜力并没有得到充分利用，通过在板的支座处加腋，从连续板的剖面来看，板的截面尺寸和连续梁的弯矩图相符，即支座弯矩大处构件截面厚抗力也大，而且相对于十字梁或井字梁等施加在主梁上的集中荷载，大板传递给框架梁的线荷载相对更加均匀，框架梁的弯矩峰值会相对更小；计算分析表明，加腋整间大板存在拱效应，空间作用明显，相对于普通的平板，加腋整间大板存在面内压应力，楼盖弯矩相对较小，跨中拉应力的范围也比较小，有利于抵抗楼盖开裂，所以这种形式受力更为合理；

2. 施工快捷，空间美观

加腋大板整个空间没有次梁，除了主梁就是一块大板，无论是模板的制作和安装，还是钢筋的下料和绑扎，都会省掉不少材料和工序，从而为缩短施工工期创造有利条件。同时从美观角度，开阔的头顶空间不但让人觉得舒畅，也让设备管线的布置更加灵活，有利于创造一个更加合理有序管网路径；

3. 具有明显的经济合理性

从结构受力的基本原则分析，该结构形式受力均匀，具有明显的拱效应，能够充分发挥厚板的承载潜力，可以预见，其在钢筋及混凝土用量上相对于传统的井字梁楼盖相对较为节约，具体能节约多少，本文将选择一个具体案例对井字梁和加腋大板进行比较，详见后续。

二、各种结构形式的比较

(一) 工程概况

以一个单建式的双层地下车库为例，设防烈度7度（0.1g），抗震等级四级，场地类别II类，柱网尺寸8.4mX8.4m，纵横向各8跨，建筑长宽均为67.2m，层高均为3.9m，柱截面为600X600，混凝土强度均为C35，钢筋均为HRB400钢筋，采用PKPM2021V12版本计算，按最新的通用规范执行；

(二) 十字梁楼盖和单向次梁楼盖计算结果对比

首层楼面采用十字梁及单向次梁方案进行比较，板厚均为120mm，梁截面及布置详前述示意图，楼面恒载均为2kN/m<sup>2</sup>，十字梁楼面恒载为3.4kN/m<sup>2</sup>，梁楼面活荷载折减系数取0.8；单向次梁楼面活载为4.0kN/m<sup>2</sup>，梁楼面活荷载折减系数主梁取0.6，次梁取0.8。

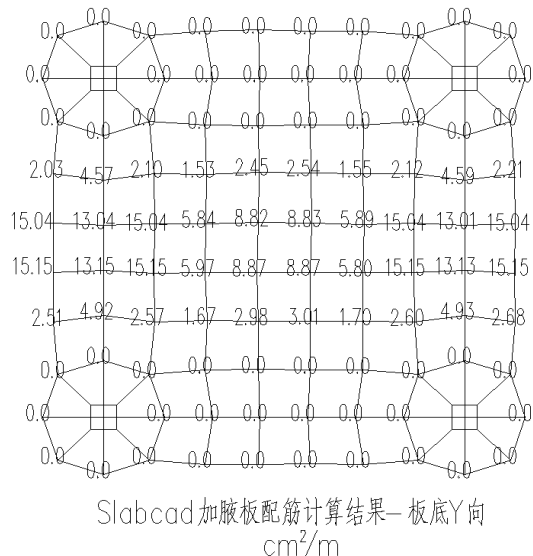
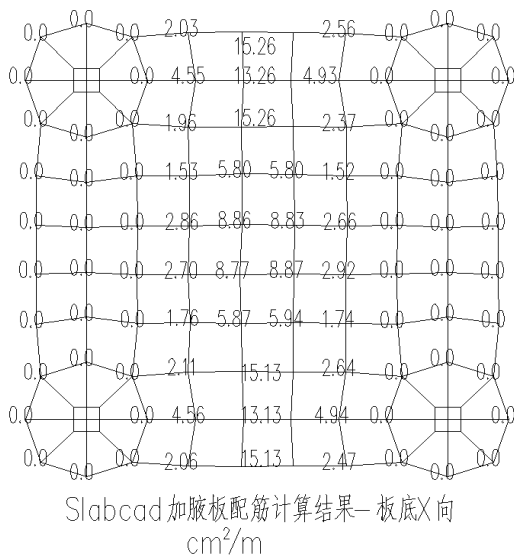
采用分离式配筋，钢筋及混凝土用量统计见下表1，从表中可以看出相对于十字梁楼盖，单向次梁楼盖砼用量大概节约9.1%，梁板钢筋大概节约2.1%，有一定节约，但效果并不是太明显；

表1 十字梁与单向次梁楼盖方案钢筋及砼单位面积消耗量

方案	总面积	梁板砼单位用量	梁筋单位用量	板筋单位用量	梁板钢筋合计
十字梁方案	4515.84m <sup>2</sup>	0.22m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	14.36kg/m <sup>2</sup>	6.74kg/m <sup>2</sup>	21.10kg/m <sup>2</sup>
单向次梁方案	4515.84m <sup>2</sup>	0.20m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	14.50kg/m <sup>2</sup>	6.16kg/m <sup>2</sup>	20.66kg/m <sup>2</sup>
孰小/孰大		90.9%			97.9%

(三) 井字梁屋盖和加腋整间大板屋盖计算结果对比

车库屋面采用井字梁及加腋整间大板方案进行比较，板厚均为250mm，梁截面及布置详前述示意图，屋面恒载均为20kN/m<sup>2</sup>（考虑1m覆土），屋面施工活荷载按5kN/m<sup>2</sup>，屋面消防车荷载按荷规附录B考虑覆土折减，井字梁楼盖取为35×0.93=32.5kN/m<sup>2</sup>，加腋大板楼盖取为20×1.0=20kN/m<sup>2</sup>，计算梁时消防车荷载折减系数均为0.80；屋面板较厚，钢筋按双层双向加附加筋的形式设计考虑；主要统计结果如下表2，从图中可以看出相对于井字梁楼盖，加腋大板具有较高的经济性，砼用量可省17.1%，钢筋用量可省15%左右；



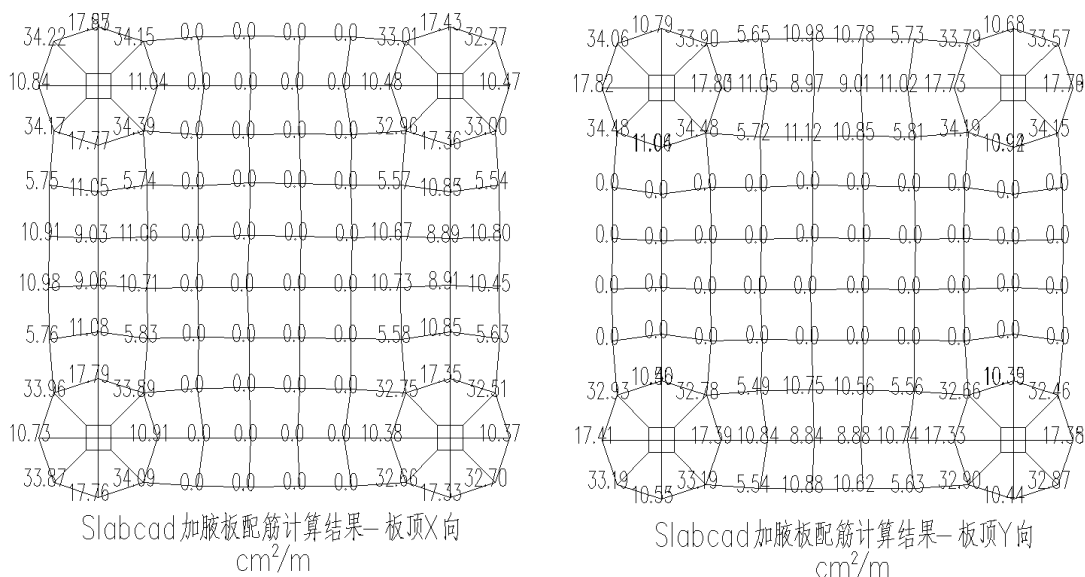


表2 井字梁与加腋大板屋面方案钢筋及砼单位面积消耗量

方案	总面积	梁板柱砼单位用量	梁筋单位用量	板筋单位用量	梁板钢筋合计
井字梁方案	4515.84m <sup>2</sup>	0.41m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	65.64kg/m <sup>2</sup>	16.45kg/m <sup>2</sup>	82.09kg/m <sup>2</sup>
加腋大板方案	4515.84m <sup>2</sup>	0.34m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	34.70kg/m <sup>2</sup>	35.10kg/m <sup>2</sup>	69.80kg/m <sup>2</sup>
较小/较大		82.9%			85.0%

加腋板的配筋计算时，可采用PKPM中的SlabCad或者PMSap进行计算，有消防车荷载和无消防车荷载的工况要分别考虑，消防车荷载和屋面活荷载可不同时组合，无消防车荷载时需要同时满足承载能力极限状态和正常使用极限状态，需要控制挠度和裂缝；而有消防车的荷载工况只需满足承载能力极限状态即可，因为钢筋砼构件的挠度及裂缝计算时采用荷载准永久组合，而消防车荷载准永久值系数为0，故验算消防车荷载工况时没有必要验算挠度和裂缝。

需要说明的是，本次加腋大板屋面梁计算时并未采用弹性板假定；有人认为加腋板比较厚，具有较大的平面外刚度，可以采用弹性板假定，让梁板协同受力，这样部分屋面荷载可以通过板直接传给柱子，减小梁的导荷面积，从而减小了梁的配筋，本人试算了下，相对于非弹性板，在弹性板假定下梁配筋能减小高达25%以上，可以说效果非常明显；但本人认为，计算梁配筋时应该慎重使用弹性板假定，板作为直接受力构件，在使用过程中由于各种因素往往会产生裂缝，没法保证处于弹性受力状态，一旦板出现塑性发展，梁受到的荷载势

必加大，原设计的配筋将会偏小，从而有安全隐患，故本次车库顶板梁配筋设计时未采用弹性板假定。

### 三、结论及建议

(一) 地下车库楼面常用的十字梁方案和单向次梁结构体系，后者相对节约一点，但效果并不明显，具体数据可参加本次统计样本，在建筑体量较大时且对经济性追求较高时，可考虑采用单向次梁结构体系；

(二) 地下车库屋面常用的井字梁和加腋整间大板结构体系，加腋大板不但受力合理、空间美观、节约模板节约工期，而且对混凝土及钢筋的用量也有比较明显的节约，在受荷较大且有抗渗要求的地方，如较高覆土或消防车经过车库顶板，人防地下室的楼板及顶板，加腋大板方案具有很多优势。

### 参考文献

- [1]程浩. 地下车库楼盖设计方案对比分析[J]. 绿色科技2018(22):133-135.
- [2]彭丽红,张元坤. 加腋整间大板结构的设计及应用[J]. 广东土木与建筑, 2008(07).