

〔苏〕И. Б. 巴尔斯基著

刘洪林 谢国章 译



拖拉机设计与计算

中国工业出版社

拖拉机设计与计算

〔苏〕И. Б. 巴尔斯基著

刘洪林·谢国章 译

中国工业出版社

本书系根据 И. Б. 巴尔斯基教授所著：“拖拉机设计与计算”1962 年苏联国家机器制造出版社的版本译出，和 1957 年吉林工业大学（原长春汽车拖拉机学院）拖拉机教研室根据 И. Б. 巴尔斯基在该校讲课时讲稿的译本比较，在内容上有很大的不同。

本书阐述了拖拉机设计程序及一般设计原则；花了很大的篇幅介绍液力传动、行星传动和液力操纵等先进结构的设计与计算方法。对各种拖拉机的典型结构给予评价和采用的建议，并介绍了零部件的计算方法和材料选用。在附录中列出了设计人员在实际工作中所需要的各种参考资料等等。

本书可作为高等学校、拖拉机专业的教学参考书，也可作为拖拉机工业工程技术人员的参考用书。

И. Б. Барский

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ТРАКТОРОВ

МАШГИЗ 1962

* * *

拖拉机设计与计算

刘洪林 谢国章 译

农业机械部拖拉机局编辑（北京东华门北河沿 54 号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙 10 号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第 110 号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32·印张 11 5/8·字数 310,000

1963 年 12 月北京第一版·1963 年 12 月北京第一次印刷

印数 0001—2,340·定价(10—7)1.95 元

*

统一书号：15165·2708（农机-54）

目 录

第一章 导言	1
§ 1. 生产前的設計准备阶段	1
§ 2. 拖拉机工作的评价指标, 各机构的工作条件和負荷情况	3
§ 3. 拖拉机結構的工艺性	5
§ 4. 拖拉机的保养和修理	15
§ 5. 对部件和机构的結構所提出的要求	15
第二章 离合器	17
§ 6. 离合器的用途, 分类和結構	17
§ 7. 摩擦式离合器	18
§ 8. 液力偶合器	48
§ 9. 液力传动所用工作液体	65
第三章 变速箱	67
§ 10. 变速箱的用途, 分类和結構	67
§ 11. 变速箱的計算程序	72
§ 12. 变速箱元件的結構和計算	75
§ 13. 行星传动	113
§ 14. 液力变扭器	133
§ 15. 液力机械传动	156
第四章 联軸节	166
§ 16. 联軸节的用途, 分类和結構	166
§ 17. 联軸节元件的計算	178
第五章 輪式和履带式拖拉机的后桥	182
§ 18. 中央传动	182
§ 19. 履带式拖拉机的轉向机构	183
§ 20. 輪式和履带式拖拉机的制动器	189
§ 21. 輪式拖拉机的差速器	204
§ 22. 末端传动	211
§ 23. 拖拉机传动系統机构的操纵机构	219

第六章 輪式拖拉机的行走部分	231
§ 24. 驅動輪和导向輪	231
§ 25. 輪式拖拉机的前軸	240
§ 26. 改变驅動輪輪距的方法	255
第七章 輪式拖拉机的轉向机构	257
§ 27. 轉向机构的用途和拖拉机的轉向方法	257
§ 28. 操向机构	257
§ 29. 轉向梯形装置	263
§ 30. 轉向机构的传动比, 轉向拉杆和轉向杠杆	270
§ 31. 輪式拖拉机轉向机构的加力器	272
第八章 履带式拖拉机的行走部分	276
§ 32. 履带式拖拉机的悬架	276
§ 33. 履带行走装置	292
§ 34. 拖拉机机构的密封装置	315
第九章 拖拉机的机架和工作装置	322
§ 35. 拖拉机的机架	322
§ 36. 牵引装置	324
§ 37. 农用拖拉机的动力輸出軸	326
§ 38. 传动皮帶輪	334
§ 39. 农用拖拉机的悬挂系統	336
§ 40. 驅動輪的加载装置	346
附录	352
1961—1965 年必須生产的拖拉机、自动底盘及其发动机的 远景型譜	352
1959—1965 年拖拉机的运输机器型譜	356
制造传动系統零件金属材料的簡要机械性质	359
用于制造传动系統零件的主要材料	361
农用拖拉机的輪胎参数	364
液压传动中作为工作液体的某些潤滑油的簡要特性	366
文献	367

第一章 导 言

为了实现全部农活综合机械化的任务，需要生产能够比较全面地满足不同地区使用条件的各类机器，需要提高机器的生产率和运行速度，需要降低结构的金属消耗量，还需要提高耐磨性和经济性，所有这些，都促使人们不断地创制比较完善的机型。

无论是新机器的创制，或是现有机器的改进，都是一个由各方面专家所组成的大集体的工作结果，这些专家包括设计师、工艺师、试验员和工人。而设计师在整个过程里具有主导地位。

新结构的设计及其生产准备是按程序、分阶段进行的。

§ 1. 生产前的设计准备阶段

技术任务书

在设计工作开始以前，设计师将得到技术任务书。在技术任务书中规定了对未来机器的主要要求。给出的参数是根据拖拉机的用途和使用条件而确定的。

一般在技术任务书中列出的有：

- a) 拖拉机的用途；
- б) 使用条件的特点；
- в) 拖拉机的技术经济指标；
- г) 对总体布置的要求；
- д) 生产规模；
- е) 与其它企业的协作和生产的专业化程度；
- ж) 与拖拉机配组的农机具的资料；
- з) 不停止生产过渡到新型号的可能性；
- и) 特殊条件及要求。

技术任务书只表示出对新拖拉机的主要要求，它丝毫不束缚设计师的创造积极性。

在上級領導机关批准技术任务书之后，开始进行草图設計。

草图設計

根据技术任务书进行草图設計。草图設計时做拖拉机的牵引計算，确定各部件的作用力和力矩，选择最完善的結構方案，計算零件的强度并确定其形状和尺寸，以及合理地規定零件加工和部件装配的方法。

在企图創制最完善、最經濟和成本低廉的机器的同时，設計师还应当保証它的使用費用低廉。因此，在一些情况下，如果有可能使得使用和修理費用降低，那么即使增加結構的最初出厂价格也会是合理的。

在这个設計阶段中应提交出最重要部件的图紙和 拖拉机 总图。

在草图設計取得相当的机关同意和批准后可进行 技术設計。

技术設計

进行技术設計时要繪制工作图，編制拖拉机試驗样机零件和材料明細表以及技术条件。参加結構設計的工艺师要为試制車間編出主要零件的工艺，并設計工艺装备。然后制造拖拉机样机，进行全面的試驗。在試驗过程中进行“完善”，即消除試驗中发现的結構缺点和工艺缺点。完善后的拖拉机被推荐投入大量（或成批）生产。当推荐的样机被采納后，进入生产設計准备的最后阶段——工作图設計。

工作图設計

在此阶段，作出并复制已被采納的样机的装配图和工作图，明确公差配合、技术条件、明細表和生产拖拉机所需要的其它技术文件。工艺师設計大量生产或成批生产条件下零件制造的工艺規程。

至此，完成了拖拉机的生产准备工作，并开始它在基本車間

的制造。

§ 2. 拖拉机工作的评价指标，各机构的工作条件和负荷情况

拖拉机除了要满足农业技术要求以外，必需在最低结构金属耗量条件下，保证无磨损，无损坏的长期可靠的工作。

为了满足这些要求，设计师应当很好的知道拖拉机的工作条件和对它的一切要求，研究拖拉机使用的先进经验，考虑拖拉机设计制造工艺和修理方面的最新成就。

评价指标

在ГОСТ 7057-54 和 491-55 以及其它一些有关拖拉机试验的文献中叙述了拖拉机的评价指标，并列出了确定这些指标的方法。这些指标大致分为三类[11]。

为了满足农业技术要求，对产量发生影响的拖拉机指标，如：通过性，机动性及行驶的平顺性，应当是较高的。

通过性主要和下列因素有关：单位接地压力，拖拉机轴距，地隙，工作机构保护带的大小，拖拉机外廓宽度和高度，行走装置型式和耕作斜坡的倾斜度。

机动性由下列因素表征：拖拉机最小转弯半径，行驶时间利用系数，拖拉机直线行驶的稳定性，工作机构的最小保护带，土壤耕作深度的均方根偏差，拖拉机机体的角振动和线振动。

技术经济指标包括决定拖拉机生产率及其工作经济性的主要参数。

拖拉机的生产率用它的小时生产率来评价，而小时生产率则与以下因素有关：拖拉机牵引功率，牵引力，发动机的扭矩储备，打滑率的大小，配组的方便性，挡数和范围，悬挂系统或牵引系统的型式。

拖拉机工作的经济性用燃料经济性和使用耗费来表征，即与下列因素有关：整个拖拉机机组的比燃料消耗率，润滑油的消耗，

拖拉机价格及其工作期限，修理周期，修理和维护费用，修理的方便性及其它。

一般技术指标用来评价拖拉机工作的安全性和舒适性，这与下列因素有关：驾驶室型式，座位数量，操纵的方便性和轻便性，工作延续时间，拖拉机保养的周期和简易程度，纵向和横向稳定性的临界角度和制动器的工作效能。

拖拉机各机构的工作条件和负荷情况

选定机构的原理图后，进行总布置。

零件上的作用力和力矩与以下因素有关：拖拉机的用途及功率，与拖拉机配组农机具的型式，工作地区，土壤条件以及拖拉机手熟练程度。有些情况下，作用到传动系统零件上的负荷可以比发动机额定扭矩大若干倍。例如，在耕地时就会出现这种现象（当拖拉机因为某种原因偶然停驶，然后用猛然结合离合器的方法带动入土的犁起步）。

当拖拉机遇到障碍物猛然停驶时，也会产生类似工作条件。

拖拉机带农业机器工作时（如带犁或中耕机），土壤的不同一性、偶然的坚实、前次翻耕时的漏耕、植物根等等因素在拖拉机的挂钩上不断地产生脉动负荷。如果机组编组得正确，则可依靠拖拉机机组和发动机飞轮的动能来克服此负荷；然而此时传动系统零件会受到动负荷。当在不平地区工作时，会遇到长坡及其它障碍物，为了拖拉机的不间断和均匀工作，编排机组时，应当使发动机以 90—94% 的负荷工作。

若拖拉机轴距与犁的幅宽不相适应，有时将农具牵引点相对拖拉机纵轴偏移。因此而产生的转向力矩单边作用在行走部份后桥和转向机构的零件上。所以在设计拖拉机时，必需特别注意协调拖拉机轴距与耕作农具的幅宽。

当农业拖拉机带康拜因、喷雾器、厩肥撒播机及其它机器工作时，决定传动系统零件负荷的条件与带耕作机具工作时的条件不同。这些机器重量相当大，但运动阻力不大。当拖拉机降低速

度时，这些机器靠惯性运行，“推撞”拖拉机，因而使拖拉机挂鈎上的負荷产生更大的波动。为了保证运行的均匀性，編排机組时应考虑到，使发动机功率儲备(15—20%)比耕地时大一些。

运输作业在拖拉机总工作量中所占的比重越来越大。不久以前，翻地占拖拉机总工作量的60—70%。现在，尤其在机器拖拉机站改組及技术轉交集体农庄后，拖拉机的平均年負荷急驟增加，其使用范围也有所扩大。拖拉机越来越广泛的拖带拖車或半拖車，作为运输工具使用。設計农业拖拉机时一定要考虑到运输速度，以及拖拉机与拖車和半拖車配組的可能性。进行运输作业时，拖拉机传动系統零件的負荷也是不均匀的。为了减少挂鈎上負荷波动对传动系統的影响，最好在牵引装置中装設緩冲弹簧。

以上列举的拖拉机使用实例表明：零件上負荷的大小和性质取决于拖拉机的使用条件。因此，在开始計算之前，应当先确定与拖拉机配組农具的項目和名称，它們的运动阻力，重量，重心座标，速度和挂鈎上負荷的性质。

土壤成份是决定拖拉机工作条件及其零件負荷的重要因素。

应当指出，由于确定零件在实际条件下真实的工作情况很复杂，設計师們常常不得不采用基于一系列假說和假定的約定的計算方法。

§ 3. 拖拉机結構的工艺性

新的拖拉机样机不仅应当与現代的技术发展水平和使用要求相适应；而且在生产方面还应该是最合理的。这表示設計师应当創制有“工艺性”的結構，即所选定的部件布置方案，零件形状和材料，一方面能保证部件应有的耐久性，同时还允許采用最简单、最便宜的方法来制造零件。产品成本的降低不仅可以靠改善生产过程，也可以靠創造在工艺方面合理的結構来实现。只有在設計师很好知道生产工艺和本厂設備情况的条件下，才有可能創制这类产品結構。

設計新結構时，設計师应当遵循下列观点：

1. 結構簡單合理。如果不能簡化使用，降低使用成本，或者不能賦予新的性能就不允許使結構複雜化。結構應當是合理的和經濟的；

2. 必要的制造精度。各个零件和部件的制造精度取决于零件的工作条件、用途、部件装配条件以及生产規模；

3. 材料和毛坯制造方法的合理选择。机械加工是一种繁重和昂貴的加工方法，机械加工时金属損耗(金属屑)达到70%；因此在工业中出現减少机械加工并代之以精密鑄造，焊接，冲压等的趋势。由此观点出发，应当仔細地选择材料和考虑毛坯制造方法；

4. 保證部件能簡單的，不需修配（在大批和大量生产中）的装配；

5. 采用先进工艺。采用先进工艺的可能性在很大程度上取决于零件的形状。因此，在設計零件时，一定要考虑应用高效率工艺过程的可能性；

6. 采用标准部件和零件。为了降低新样机的成本并更快的投入生产，在結構中采用标准部件和零件具有重大意义。下面将逐項研討上述各点建議。

加工精度和光洁度

产品制造成本随着制造精度和表面光洁度要求的提高而增加。因此在选择零件制造精度时，必需从配合表面間实际需要的間隙出发，該間隙是使用条件和部件装配条件所允許的。

零件尺寸的增大和公差的严格化都使得制造变得更复杂和昂貴。

在图 1 中表明典型零件各种加工方法的价格（以約定单位表示）和精度的关系[3]。

采用专用夹具，工具和机床可以大大提高制造精度并降低成本，但上述制造价格和精度相互約制的規律仍有效。为了降低成本，必需尽可能减少零件精加工表面的数目，降低这些表面的精度和光洁度要求。

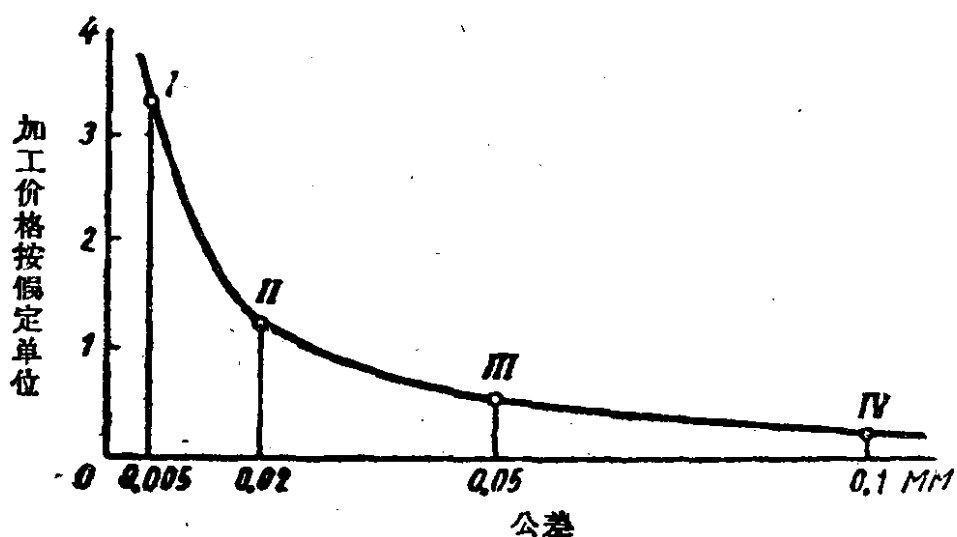


图 1 零件加工价格与制造精度的关系

点	孔 的 加 工	轴 的 加 工
I	钻, 磨, 精研,	车削, 磨, 精研
II	钻, 磨	车削, 磨
III	钻, 清理, 铰孔	车削
IV	钻	轴由冷拔棒料制成

材料的选择

最新工艺的应用, 以及生产的协作和专业化, 使得另件加工价格不断减少。这时材料价格所占的比例提高, 而达到机器价格的 50—60%。因此降低结构的金属耗量和采用价廉而又易于加工的材料成为设计最重要任务之一。对所选择的材料。应提出下列要求:

- a) 保证零件必要的机械强度和耐久性;
- 6) 零件加工困难程度最小;
- B) 价格低廉而又不缺乏。

对材料进行评价时, 不仅要考虑材料本身的价格是否低廉而

且还要考虑到能以价廉的方法制造毛坯和进行加工。这就涉及到材料的物理化学性能。

随着技术的发展，不断出现各种具有高强度和其他特殊性能的材料。例如。在比較短的时间內生鉄的强度极限由 10—15 公斤/毫米²增加到 80 公斤/毫米²，結構鋼——由 60 公斤/毫米²提高到 180 公斤/毫米²等等。对結構鋼和生鉄性能的分析表明，在許多情况下，特别是在采用鑄件能减少接合面和联結件，因而使結構刚度提高的情况下，完全可以采用生鉄材料。

設計師有无限的可能性广泛地用塑料来代替金属。用塑料毛坯可以制造壁厚 0.3—0.4 毫米的零件，并且不需要加工就可获得最后的形状。塑料的毛坯可以用各种的方法得到，并且塑料有很高的机械强度，这就几乎可以把它們应用在所有部件里。用冲压，鑄造，切割，胶合，焊接，切削方法制就的塑料毛坯，可以获得最合理的外形和尺寸。

象燃油箱，駕駛室，水泵壳体和水泵叶輪，机油泵壳体和机油泵齿輪，分配机构，軸套及一系列其它零件和部件，都可以用塑料制造。

假如分析零件的耐久性，則发现各种部件中零件的工作期限是不同的。一些零件在整个拖拉机大修以前要更换若干次，而其它零件則在全部修理間隔期內能可靠地工作。設計師可用两种方法来保証同一部件中的零件具有相同的耐久性：采用不同材料，或者使用相同材料，但各种零件具有不同的强度儲备。变速箱齿輪即为一例。因为拖拉机各挡使用的期限和使用的剧烈程度不同，最好使受輕負荷传动的零件具有不大的强度儲备。用所謂有差別的材料使用方法（一个零件由材料不同的几部份組成，各部分用焊接，鉚接或螺釘联接），有很大的經濟效果。这样变速箱齿輪，末端传动的从动齿輪，履带式拖拉机的驅動輪，就最好做成組合式的：在紧张条件下工作并很快磨損的齿圈应当用优质鋼制造，而輪轂則用可鍛鑄鉄或低合金鋼制造。

必須力求减少材料的种类，因为这可使材料供应容易，并簡

化零件在修理厂中的加工。

获得毛坯的方法

选定了材料、零件的尺寸和形状，就在一定程度上决定了毛坯获得的方法：如特种轧材、锻压、铸造等等。应当记住，在一个企业内存在很多种的毛坯制造方法是不合理的，因为这引起需要掌握很多种毛坯生产方法的问题。当选择某种方法来制造零件的毛坯时，必需最大限度地利用该方法；获得必需的形状和尺寸；以避免或者减少机械加工。例如，现代的铸造生产工艺，可用不同的生产方法，保证得到各种的精度(表1)。

表 1 各种制造方法的毛坯精度

制 造 方 法	毛坯重量公斤	最小壁厚毫米	精 度 毫米
机器造型铸造	250	3—5	1—2
压力铸造	10—16	1 以上	0.2
精密铸造	无限制	0.8 以上	0.15
锻锤模锻	100 以下	2.5	0.25—0.40

零件机械加工难度的降低

设计师掌握着许多减少机械加工难度的可能性，加工难度的降低必然导致零件价格的降低。设计师进行设计时，应当全面考虑部件的制造过程，分析所有的工序，以使得另件的形状以及它在机床上的固定等不要引起加工上的困难。为了防止切削工具的折断，需在机械加工的零件上，考虑工具自由进刀和退刀的可能性。为此通常特意做出退刀槽。这些退刀槽的大小和形状取决于加工的形式，工具的结构和尺寸(图2)。

钻斜孔或不全孔时会引起钻头偏移以致折断。为此必须做出加工端面或改变另件形状(图3)。

“盲”孔的加工困难得多，特别在需要加工底面时。把“盲”孔

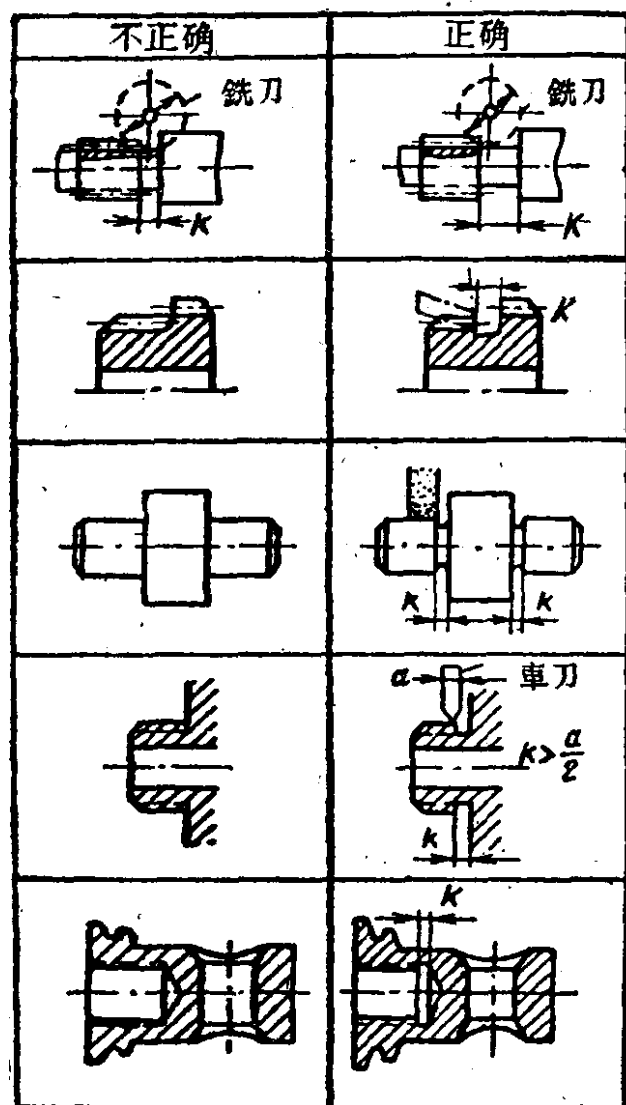


图 2 零件加工简图

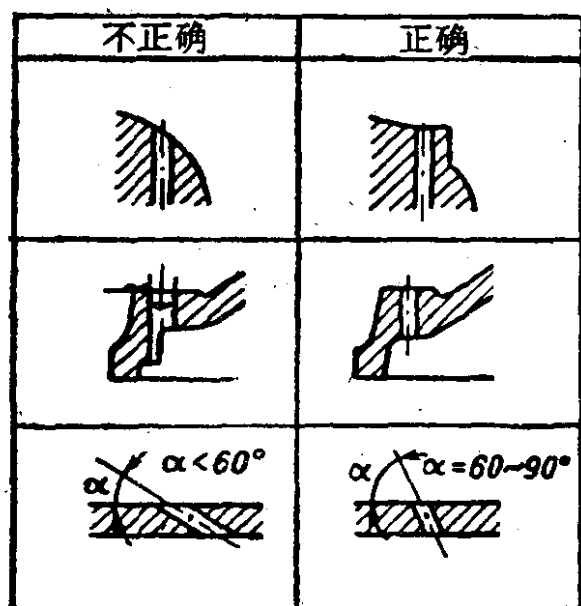


图 3 斜孔和不全孔的结构型式

的底部做成镶配的，常常是合理的，因为这使得有可能变“盲”孔加工为通孔加工。

设计壳体突缘及其它类似零件时，应力求使加工表面宽度相同，否则铣刀将受交变负荷而减少寿命。

切削工具的统一化是一个极端重要的问题。必须使机件的尺寸（中心孔直径，齿轮模数，螺纹钻孔直径，花键槽尺寸等等）与标准刀具的尺寸互相协调。需力求减少制造零件所需刀具的种类。例如，设计一根带有几个花键槽的阶梯轴时，如果零件工作条件允许，最好是将花键宽度做成相同的，因为这将大大缩减加工的辅助时间。

为了简化箱形零件（变速箱壳体等）的加工，需力求避免加工孔的内端面。在此情况下，最好将该孔直径加大做为通孔加工，然后镶上衬套。如果若干孔应严格同心，则需

考虑用一次定位及一次走刀車完这些孔。当有几个不同直径的同心孔时，最好按直径的递减排列，以保証刀具可由一边走刀。如中間孔应比边缘孔小，則应当加大中間孔的直径，然后再在該孔上鑲套。

为了簡化加工，有时将零件做成組成式，或者相反，将若干簡單零件合而为一。

变速箱的——齒輪为后面一种結構的例子，这时两个或更多的齒輪联合为一个零件。制造阶梯軸时，也有降低加工难度的可能性(减少阶梯数目)。一般生产阶梯軸时，常要求使用专用设备。

选择基准面和在图紙上标注尺寸的工艺依据

零件制造的难度和精度在很大程度上与下列因素有关：机械加工安装的正确性，設計基准和工艺基准的选择，以及在图紙上标注尺寸的方法。在不可能用同一的基准时，各基准之間也应该彼此协调，否則装配时就要修配工。正确选定的基准应保証能方便而可靠的檢驗零件；可能使用簡單的标准量具；保証达到足够的加工精度而金属切除量最小；以及使零件对刀具的安装簡單和可靠。

基准面的选择应当与零件的制造工艺完全协调。如果选择一个只有在加工了其它表面后才能加工的表面做为基准面，則很难保証要求的尺寸。在图 4 上表明两种軸的两种尺寸标注法，在图 4, a 上，讀数由齒輪的磨光端面算起，但磨削是在車削之后进行的，因而尺寸可能失真。为了滿足技术要求，工艺师不得不規定非常严格的机械加工公差，这会増加零件加工的难度。

將讀数由先加工的軸端面計算起較為正确(图 4, b)。

如果一个零件兼有加工表面和不加工表面，而毛面又以一个或几个加工表面为基准，此零件的加工将是十分困难的。

毛面尺寸在机械加工前不可能保証在給定的范围内。此类零件的毛面需互为尺寸标注的基准，不要与加工表面糾纏在一起。

在图 5 上表明几种自由尺寸的标注方法。图 5, a 的方法是不

正确的，因为它不能分清三个尺寸（40；55；280）中哪一个是自由尺寸。图 5, б 和 в 所示的标注方法是正确的。

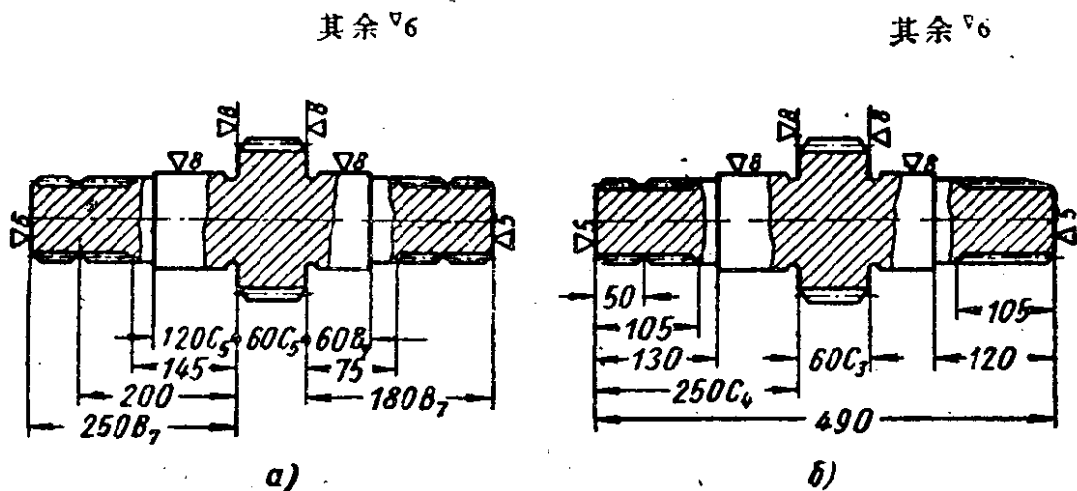


图 4 轴上尺寸的标注方法

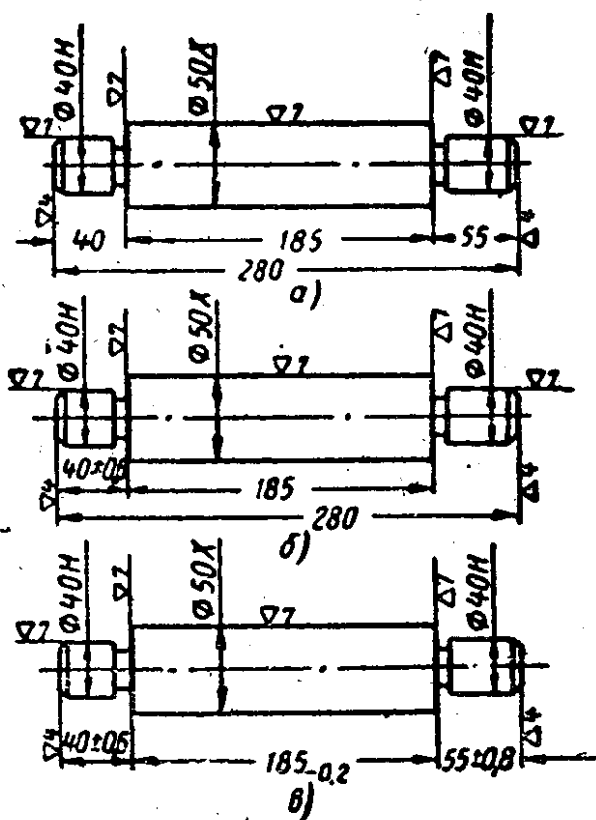


图 5 自由尺寸的标注

保证装配的要求

评价一种机构时，不只要考虑到部件装卸的可能性，而且还应考虑更多方面。需要分析：装配后零件的运动是否被破坏；零件在部件中的相互几何位置是否保证不变；部件装配和拆卸的困难和繁杂程度；装配和拆卸工作需要些什么种类和多少数量的专用装备；个别零件的可接近性程度，工具是否可以方便地接近它们等。

设计基准和工艺基准的正确选择，对部件装配的简便化有很大意义。设计基准能保证零件相配位置的不变性。在图 6, a 和 б