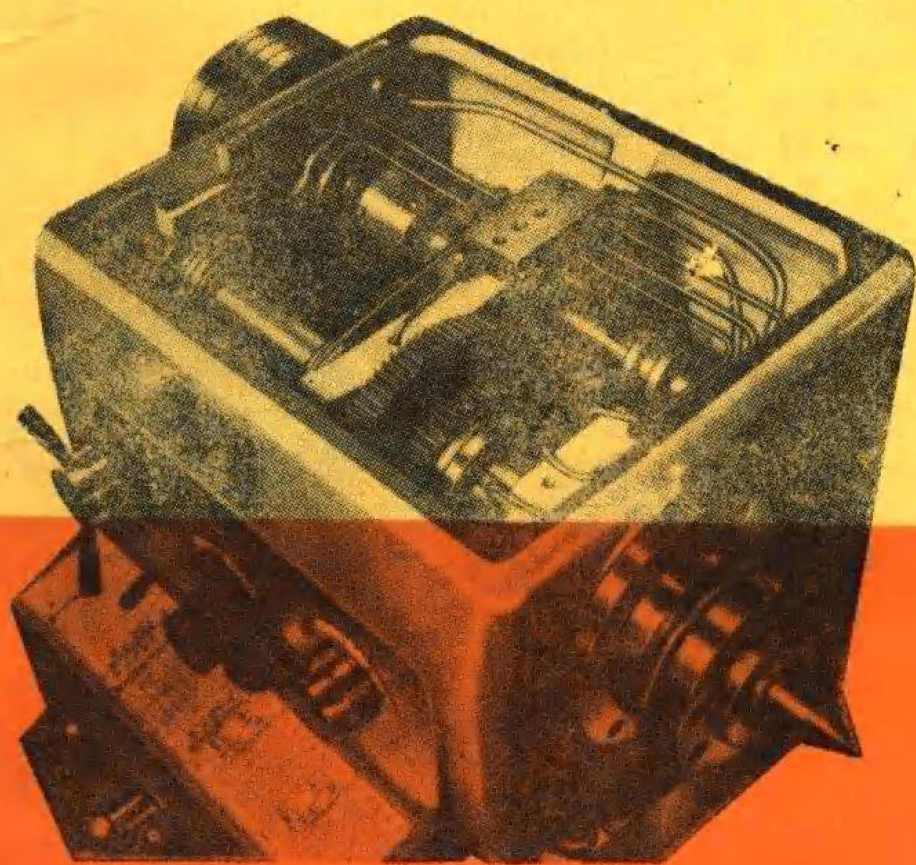


机床主轴设计指导

(供课程设计、毕业设计参考)

清华大学 曹金榜 易锡麟
张玉峰 陈田养 王长春



机械工业出版社

前 言

本书为高等院校机械制造类本科学生机床课程设计指导用书，也可作为其他各类学校的机床毕业设计和课程设计的参考。

机床设计是培养学生在产品设计方面分析问题和解决问题能力的重要实践环节，我们就是根据这种指导思想编写的。

本书主要是结合我们多年的教学实际经验，针对学生在机床设计过程中经常遇到的各种问题而编写的，因此，本书不仅从一般方法上给予指导，而且在各个环节上都着重启发引导学生尽可能地去思考问题，以利于实际工作能力的提高。

本书各章节的次序，基本上是按照机床设计程序编排的，并根据机床设计和计算的需要，穿插必要的图表和数据（只选取适合中型车床和铣床的有关数据和标准）。本书应与“机床设计”教科书和一般标准手册配合使用。

本书由清华大学精密仪器系机床教研组曹金榜、易锡麟、张玉峰、陈田养、王长春编写；由曹金榜、李民范统稿及修改。

在编写过程中，得到北京机床研究所、北京第一机床厂等单位的帮助，在此表示衷心感谢。

限于编者的水平，书中的错误或不妥之处，敬请读者指正和批评。

目 录

第一章 概 述	(1)
1-1 编写说明	(1)
1-2 设计目的	(1)
1-3 题目和内容	(2)
第二章 参数拟定	(4)
2-1 中型车床参数的拟定	(4)
2-2 升降台铣床参数的拟定	(9)
2-3 检查与思考	(11)
第三章 传动设计	(12)
3-1 主传动方案拟定	(12)
3-2 传动结构式、结构网的选择	(12)
3-3 转速图拟定	(15)
3-4 带轮直径和齿轮齿数的确定	(19)
3-5 几种中型机床的主传动特点简介	(22)
3-6 主传动设计中应注意的问题	(25)
3-7 检查与思考	(27)
第四章 传动件的估算和验算	(28)
4-1 三角带传动的计算	(28)
4-2 传动轴的估算和验算	(30)
4-3 齿轮模数的估算和计算	(36)
4-4 片式摩擦离合器的选择和计算	(41)
4-5 检查与思考	(43)
第五章 展开图设计	(44)
5-1 结构设计内容、技术要求和方法	(44)
5-2 展开图及其布置	(45)
5-3 I 轴(输入轴)的设计	(48)
5-4 齿轮块设计	(52)
5-5 传动轴设计	(57)
5-6 主轴组件设计	(61)
5-7 制动器设计	(68)
5-8 尺寸和配合的标注	(70)
5-9 检查与思考	(70)
第六章 截面图设计	(72)
6-1 截面图内容和涉及的问题	(72)

6-2	轴的空间布置	(73)
6-3	操纵机构	(75)
6-4	润滑	(78)
6-5	外形造型和箱体设计中的其他问题	(83)
6-6	检查与思考	(86)
第七章	升降台式铣床主轴变速箱设计的特点	(87)
7-1	铣削与传动系统设计	(87)
7-2	铣削与飞轮	(87)
7-3	主轴头结构与铣刀类型	(90)
7-4	主运动的反向和制动	(92)
7-5	其他特点	(92)
第八章	编写设计计算说明书	(93)
8-1	说明书的作用和要求	(93)
8-2	说明书的主要内容	(93)
附 录	(95)
附一1	常用计量单位	(95)
附一2	公差与配合	(95)
附一3	一些标准件	(100)
附一4	教学中应注意的几个问题	(109)
附一5	几种车床和铣床的结构参考图	(111)

第一章 概 述

1-1 编写说明

一、编写目的及适用对象

车床、铣床等机床是各类机械制造厂用得很多的通用设备，学生比较熟悉，在结构上兼有一般机械的某些特点。因此，许多学校机械制造类专业都选择机床主轴变速箱设计作为课程设计或毕业设计的题目。

本书是为解决高等院校的本科、专科及中专学生在进行机床主轴变速箱设计时所遇到的各种问题而编写的。在编写中，力求结合我们的教学经验，并吸取兄弟院校的经验，作为安排和取舍内容的依据。

本书也可作为电视大学、职工大学机械类学生在设计机床主轴变速箱时以及教师在辅导学生设计时的参考。

二、编写要点

1. 力求结合教学实际，注意加强设计方法的指导。因此，在编排顺序上与设计程序相一致；在内容上，针对学生在设计过程中的一些困难和问题组织材料。

设计机床主轴变速箱时，要涉及原理、结构、公式、数据、工艺和标准等方面的问题，在教科书和手册中已有较详细的论述和资料。因此除了为本书的系统性所必需和某些重要资料外，尽量不重复教科书和手册的内容。学生在设计时，应同时参考教科书和手册。

2. 考虑到选择中型车床主轴变速箱作为设计题目的最多，本书是以设计中型普通车床主轴变速箱为主要对象。实际上，大部分材料同样适用于其他类型机床的主轴变速箱设计，但要注意各类机床的特点，不能完全照搬。考虑到选择升降台式铣床主轴变速箱作为设计题目的也较多，因此，在第七章中对升降台式铣床主轴变速箱设计的一些特点作了简要阐述。

3. 为使学生在设计中达到较宽、较深的要求，各章中选编了多种可能的方案和结构，以开拓思路，活跃思想。重要的地方有简短的提示，帮助学生学习和消化，以期掌握设计和选择方案的要领。

有些章节结尾给有少量思考和自我检查题，以利学生对重要的设计问题和环节能更深入地理解。

4. 为便于设计顺利进行，在有关章节或附录里，选编了一些常用的或在一般手册上难以查到的资料和数据，并精选了一些中型车床和升降台铣床的主轴变速箱展开图和截面图，作为结构设计的参考，以提高学生学习和设计的实效和质量。

1-2 设计的目的

机床设计是学生在学完基础课、技术基础课及有关专业课的基础上，结合机床主传动部

件（主轴变速箱）设计进行的综合训练。其目的：

1. 掌握机床主传动部件设计过程和方法，包括参数拟定、传动设计、零件计算、结构设计等，培养结构分析和设计的能力。
2. 综合应用过去所学的理论知识，提高联系实际和综合分析的能力。
3. 训练和提高设计的基本技能。如计算、制图、应用设计资料、标准和规范、编写技术文件（说明书）等。

1-3 题目和内容

一、题目

以设计传动级数较少的中型通用机床的主传动部件为宜。如：

1. 最大工件回转直径为 $\phi 400\text{mm}$ 普通车床的主轴变速箱。
2. 1号、2号卧式升降台式铣床的主传动部件。

学时较少时，可以在题目内直接给出参数。如设计：

最大工件回转直径为 $\phi 400\text{mm}$ 普通车床的主轴变速箱：

电机功率 $N=7.5\text{ kW}$ ；级数 $Z=12$ ；最大转速 $n_{max}=1200\text{ r/min}$ ；公比 $\phi=1.41$ 。

二、设计程序

用框图表示设计的大体程序和关系：（见下页）

三、各主要部分的内容

1. 参数拟定

根据机床类型、规格和其他特点，了解典型工艺的切削用量，结合实际条件和情况，并与同类机床对比分析后确定：极限转速 n_{max} 和 n_{min} 、公比 ϕ （或级数 Z ）、主传动电机功率 N 。

2. 运动设计

根据拟定的参数，通过结构网和转速图的分析，确定传动结构方案和传动系统图，计算各传动副的传动比及齿轮的齿数，并验算主轴的转速误差。

3. 动力计算和结构草图设计

估算齿输模数 m 和轴径 d ，选择和计算正反向离合器、制动器。

将各传动件及其它零件在展开图和剖面图上做初步的安排、布置和设计。

4. 轴和轴承的验算

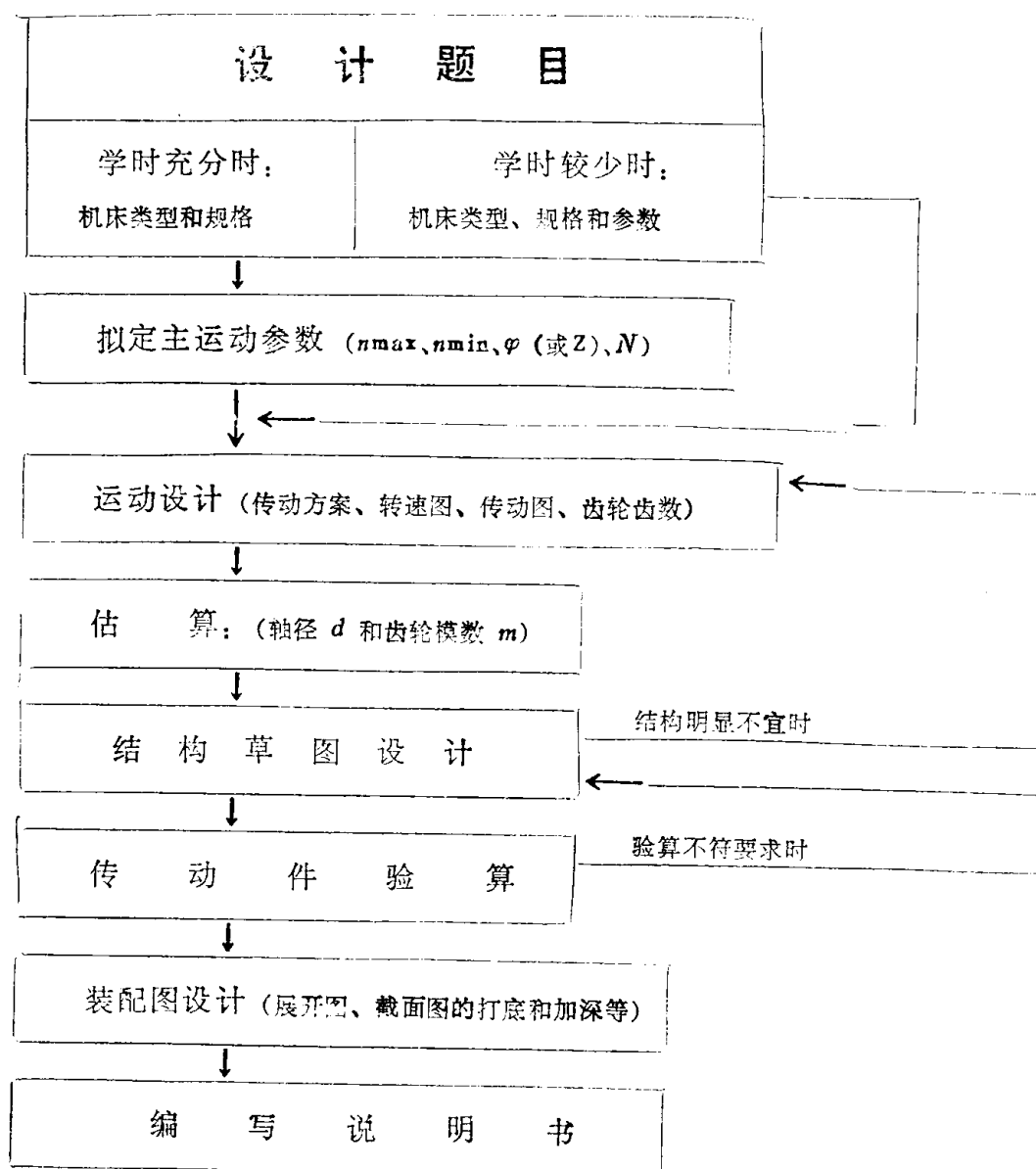
在结构草图的基础上，对一根传动轴的刚度（学时充裕时，也可以对该轴的强度进行验算）和该轴系的轴承的寿命进行验算。

5. 主轴变速箱装配设计

主轴变速箱装配图是以结构草图为“底稿”，进行设计和绘制的。图上各零部件要表达清楚，并标注尺寸和配合。

6. 设计计算说明书

应包括参数、运动设计的分析和拟定，轴和轴承的验算等，此外，还应对重要结构的选择和分析做必要的说明。



四、二个重要的设计指导思想

在学习和设计过程中应注意两个问题:

一是要注意设计的科学性和条理性, 另一点就是要注意和实际的结合。

机床设计和制造的发展速度是很快的。由原先的只为满足加工成形而要求刀具与工件间的某些相对运动关系和零件的一定强度和刚度, 发展至今日的高度科学技术成果综合应用的现代机床的设计, 也包括计算机辅助设计 (CAD) 的应用。但目前机床主轴变速箱的设计还是以经验或类比为基础的传统(经验)设计方法。因此, 探索科学理论的应用, 科学地分析和处理经验、数据和资料, 既能提高机床设计和制造水平, 也将促进设计方法的现代化。

同时, 在设计中处处从实际出发, 分析和处理问题是至关重要的。从大处讲, 联系实际是指在进进行机床工艺可能性的分析、参数拟定和方案确定中, 既要了解当今的先进生产水平和可能趋势, 更应了解我国实际生产水平, 使设计的机床、机器在四化建设中发挥最佳的效益。从小处讲, 指对设计的机床零部件的制造、装配和维修要进行认真的、切实的考虑和分析, 对推荐的设计数据和资料要结合实际情况进行取舍。通过设计实践, 了解和掌握结合实际、综合思考的设计方法。

第二章 参数拟定

机床(机器)设计的初始,首先需要确定有关参数,它们是传动设计和结构设计的依据,影响到产品是否能满足所需要的功能要求。因此,参数拟定是机床设计中的重要环节。

机床参数有主参数和基本参数。

主参数是机床参数中最主要的,它直接反映机床的加工能力、特性,决定和影响其它基本参数的数值,如车床的最大加工直径 D ,铣床的工作台宽度 B (在设计题目中直接给出)。

基本参数是一些与加工工件尺寸、机床结构、运动和动力特性有关的参数,可归纳为:尺寸参数、运动参数和动力参数。

专用机床的加工对象比较具体,工艺要求明确,所以设计专用机床一般只要针对加工对象的具体工艺要求,参考有关资料和分析计算就可拟出参数。

但通用机床加工对象繁多,形状、尺寸和材料不同,工艺范围很宽:既有粗加工,又有精加工;既有硬质合金刀,又有高速钢刀等。因此,必须对设计的机床的工艺范围和使用情况作全面的调研和统计,依据某些典型工艺、加工对象和适当兼顾其它的可能工艺加工的要求,拟定机床参数。在拟定参数时,还要考虑机床发展趋势的要求、国内外同类型机床的对比等。这样,使拟定的参数能满足机床在经济合理的原则下,最大限度地适应各种不同的工艺要求。

由于学时有限,不可能要求学生实际工作做充分的调查研究。但学生对拟定参数的过程和方法应当了解,并且可适当做些练习。

2-1 中型车床参数的拟定

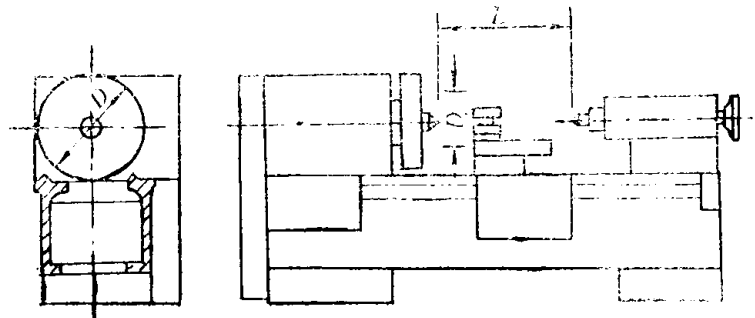
一、了解车床的基本情况和特点——车床的规格系列和类型。

通用机床的规格和类型有系列型谱作为设计时应该遵照的基础。因此,对这些基本知识和资料作些简要介绍。

1. 系列型谱的内容

机床的“系列型谱”是机床制造行业发展品种和用户选择的依据。我国普通车床目前有3种系列、14个品种、8种规格的产品。(见下页)

应联系自己所设计的车床规格、系列和品种,明确在主传动部件方面应具有那些特点,并考虑在设计时应如何体现这些特点。



三种系列车床的品种、特点

系列	普通型	万能型	轻型
品种	普通、卡盘、轴程控车床等	万能、马鞍、万能精密车床	轻型、轻型马鞍车床
用途	现代化大中型机械制造业大批或成批生产车间，也可纳入生产线或自动线。能加工常用公制、模数螺纹。	一般机械制造业、科研院所、工具机修等单件、小批生产单位。具有广泛的万能性，可车公、英、模数、端面螺纹。	轻、纺、仪表、农机维修、教学实习等生产单位，能加工常用的公、模数螺纹。
性能	生产率较高、具有高速和强力切削能力。 转速级数 $Z_n=12\sim 16$ ，进给 $Z_s<30$ 。电机功率约为万能型的125%，重量为其125%	有广泛的万能型，可进行高速和强力切削。 $Z_n=16\sim 22$ ； $Z_s>30$ 。	有一般的万能性，能高速切削。 $Z_n=12$ ； $Z_s<12$ ；电机功率约为万能型的50%，重量为其75%。
结构	结构复杂程度中等，操纵方便，有好的刚度和抗振性能。	结构比较复杂，操纵比较方便，有较好的刚度和抗振性能。	结构简单，体积小、重量轻、刚度一般。

2. 车床主参数（规格尺寸）和基本参数(GB1582-79, JB/Z143-79)

最大工件回转直径 $D(\text{mm})$	320			400			
刀架上最大工件回转直径 $D_1 \geq$	160			200			
主轴通孔直径 $d \geq$	36			50			
主轴头号(JB2521-79)	4.5			6			
最大工件长度 L	500—1000			750—2000			
系列	普通型	万能型	轻型	普通型	万能型	轻型	
主轴转速	范围	40~2500	16~2000	20~2000	32~1600	12.5~2000	25~1600
	级数	12	16	12	16	18	12
纵向进给量 mm/r	0.03~2	0.03~2	0.03~1	0.03~2.5	0.025~2	0.03~1.25	
主电动机功率(KW)	3~4	3~4	1.5~3	7.5~13	5.5~10	3~5.5	

注：规格和尺寸参数要遵照，运动和动力参数供参考。

二、拟定参数的步骤和方法

1. 极限切削速度 v_{max} 、 v_{min}

根据典型的和可能的工艺选取极限切削速度要考虑：工序种类、工艺要求、刀具和工件材料等因素。允许的切速极限参考值如下：

加工条件	v_{\max} (m/min)	v_{\min} (m/min)
硬质合金刀具粗加工铸铁工件		30~50
硬质合金刀具半精或精加工碳钢工件	150~300	
螺纹(丝杠等)加工和铰孔		3~8

2. 主轴的极限转速

计算车床主轴极限转速时的加工直径,按经验分别取 $(0.1\sim 0.2)D$ 和 $(0.45\sim 0.5)D$, 则主轴极限转速应为:

$$n_{\max} = \frac{1000v_{\max}}{(0.1\sim 0.2)\pi D} \text{ r/min}$$

$$n_{\min} = \frac{1000v_{\min}}{(0.45\sim 0.5)\pi D} \text{ r/min}$$

在 n_{\min} 中考虑车螺纹和铰孔时,其加工最大直径应根据实际加工情况选取 $0.1D$ 和 50mm 左右。

在最后确定 n_{\max} , n_{\min} 时,还应与同类型车床进行对比。

举例:拟定最大工件回转直径为 400mm 的普通车床的运动参数。

根据切削需要,主轴极限转速:

$$n_{\max} = \frac{1000v_{\max}}{\pi d_{\min}} = \frac{1000 \times 300}{\pi \times 0.15 \times 400} = 1592 \text{ r/min}, \quad n_{\min} = \frac{1000v_{\min}}{\pi d_{\max}} = \frac{1000 \times 5}{\pi \times 60}$$

$$= 32 \text{ r/min}, \quad \text{转速范围 } R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{1590}{32} = 49.7。$$

考虑到设计的结构复杂程度要适中,故采用常规的扩大传动,并选级数 $z=12$ 。今以 $\varphi=1.26$ 和 1.41 代入 $R=\varphi^{z-1}$ 式,得 $R=12.7$ 和 43.8 , 因此取 $\varphi=1.41$ 更为适合。

各级转速数列可直接从标准数列表中查出。标准数列表给出了以 $\varphi=1.06$ 的从 $1\sim 10000$ 的数值,因 $\varphi=1.41=1.06^8$, 从表中找到 $n_{\max}=1600$, 就可每隔 5 个数值取出一个数,得: $1600, 1120, \dots, 53, 37.5$ 共 12 级转速。

标准数列表

1.00	2.36	5.6	13.2	31.5	75	180	425	1000	2360	5600
1.06	2.5	6.0	14	33.5	80	190	450	1060	2500	6000
1.12	2.65	6.3	15	35.5	85	200	475	1120	2650	6300
1.18	2.8	6.7	16	37.5	90	212	500	1180	2800	6700
1.25	3.0	7.1	17	40	95	224	530	1250	3000	7100
1.32	3.15	7.5	18	42.5	100	236	560	1320	3150	7500
1.4	3.35	8.0	19	45	106	250	600	1400	3350	8000

续上页表

1.5	3.55	8.5	20	47.5	112	265	630	1500	3550	8500
1.6	3.75	9.0	21.2	50	118	280	670	1600	3750	9000
1.7	4.0	9.5	22.4	53	125	300	710	1700	4000	9500
1.8	4.25	10	23.6	56	132	315	750	1800	4250	10000
1.9	4.5	10.6	25	60	140	335	800	1900	4500	
2.0	4.75	11.2	26.5	63	150	355	850	2000	4750	
2.12	5.0	11.8	28	67	160	375	900	2120	5000	
2.24	5.3	12.5	30	71	170	400	950	2240	5300	

3. 主轴转速级数 Z 和公比 φ

已知:

$$\frac{n_{\max}}{n_{\min}} = R_n$$

$$R_n = \varphi^{Z-1}$$

且: $Z = 2^a \times 3^b$

a 、 b 为正整数, 即 Z 应可分解为 2 和 3 的因子, 以便用 2、3 联滑移齿轮实现变速。如取 4 或 5 的因子, 则要用 2 个相互连锁的滑动齿轮, 以确保只有一对齿轮啮合, 这种传动由于结构复杂, 很少采用。

普通型和轻型车床系列, 结构较简单, 转速级数 $Z = 8 \sim 18$ 级为宜。

由于 Z 为 2 和 3 的因子积, 而 φ 又为标准数列, 因此, 如果按串联传动设计时, 在 Z 、 φ 定后, R_n 值已定, 应适当地变动 n_{\max} 或 n_{\min} , 以符合 $\varphi^{Z-1} = R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$ 的关系。

这样, 就确定了主传动部件 (主轴变速箱) 的运动参数: n_{\max} 、 n_{\min} 、 Z 、 φ 。并与同类型车床进行类比分析。

4. 主电机功率——动力参数的确定

合理地确定电机功率 N , 使机床既能充分发挥其使用性能, 满足生产需要, 又不致使电机经常轻载而降低功率因素。

目前, 确定机床电机功率的常用方法有:

- 1) 类比法: 对同类型机床使用的功率实际情况进行调查, 进行分析对比。
- 2) 估算法: 按机床典型加工条件 (工艺种类、加工材料、刀具、切削用量) 进行估算。
- 3) 试验测定法: 根据典型的、起决定作用的加工条件, 在同类 (或相似) 机床上进行切削试验, 直接测定电机功率。

一般采用估算法类比法相结合方法确定通用机床电机功率。

功率估算以及试验中的决定性加工条件分析, 即重切削的典型工艺条件分析和用量值的确定, 内容十分繁杂, 推荐下面的一些数据以供练习之用。

1. 中型普通车床典型重切削条件下的用量

刀具材料: YT15; 工件材料: 45号钢; 切削方式: 车削外圆。

推荐数据:

系列和规格 切削用量	φ320		φ400	
	普通型	轻型	普通型	轻型
切深 $a_p(t)$ mm	3.5	3	4	3.5
进给量 $f(s)$ mm/r	0.35	0.25	0.4	0.35
切削速度 v_m /min	90	75	100	80

2. 功率估算法用的计算公式:

1) 主(垂直)切削力: $F_z = 1900 a_p f^{0.75} N$;

2) 切削功率: $N_{切} = \frac{F_z v}{61200} \text{ kW}$;

3) 估算主电机功率: $N = \frac{N_{切}}{\eta_{总}} = \frac{N_{切}}{0.8} \text{ kW}$

N 值必须按我国生产的电机在 Y 系列的额定功率选取, 计有 2.2、3、4、5.5、7.5、10 (11) kW 等。

国内外一些中型车床的参数

型号	制造厂	规格 D (mm)	级数 Z	转速范围 R_n (r/min)	公比 φ	进给量 s (mm/r)	主电机 N (kW) n (r/min)	其他
C616	济南-机床	320	12	45~1930	1.41	0.03~3.34	4(1500)	分离传动
C615	山西新峰 机床厂	320	8	44~1000	1.58	0.025~1.1	2.8(1500)	集中传动
S32	捷克 TOS	320	13	32~1600	1.23			
Sag12	意大利	306	8	80~2000	1.58	0.06~0.48	3HP(1500)	
CA6140	沈阳-机床	400	24	10.5~1400	1.26	0.08~1.59	7.5(1500)	集中传动
DUE400	西德 VOF公司	425	24	11.2~2240	1.26	0.1~9	11	分离传动
D20	日本	450	16	16~2000	1.4		7.5	集中传动
LEO-30	日本 WASLNO	510	12	30~1800	1.5~1.93	0.05~0.7	5.5	集中传动

2-2 升降台铣床参数的拟定

一、系列、规格和用途

升降台铣床有：万能、卧式、立式三个品种。这种铣床主要用于铣削平面、沟槽和成形表面等。在一般机械厂的工具车间、机修车间、和单件、成批机加工车间都有使用。

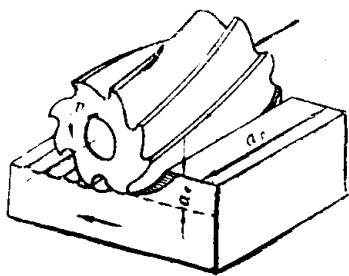
铣床的主参数是指工作台宽度。

升降台铣床主参数和基本参数：

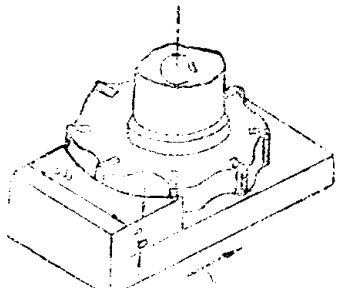
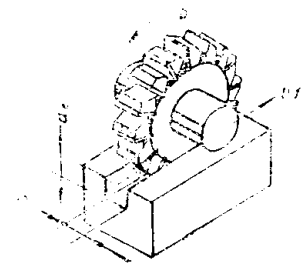
工作台工作面宽度 B		200	250			320		
工作台长度 L		900	1100			1320		
系列		万能	万 能	半自动	轻 型	万 能	半自动	轻 型
主轴序号		40			50		40	
主轴转速	范 围	40—1800	35—1600	32—1600	30—750	30—1500	32—1600	30—750
	级 数	12			8	18		8
工作台纵向进给量 mm/min		12—720		8—1250	12—300	12—960	12—1250	12—300
主电机功率 kW		3	4	5.5	3	7.5	11	4

二、典型工艺和用量参考

0号、1号卧式铣床的典型工艺和用量的极限参考值：

切 削 方 式	刀 具	工 件 材 料	用 量	决 定 参 数
平 铣 	高速钢圆柱形平铣刀： $D=80\sim 100\text{mm}$ 齿数 $z=10$	灰铸铁 HB190	粗铣 $v=15\sim 20\text{m}/\text{min}$	n_{min}

续表

端 铣 	硬质合金端铣刀: $D=75\sim 110\text{mm}$	齿数 $z=3\sim 4$	45号钢	精或半精铣 $v=200\sim 300\text{m/min}$	n_{\max}
		齿数 $z=4$	镁铝合金	粗铣 $v=80\sim 12\text{m/min}$ $a_t=0.1\sim 0.3\text{mm/z}$ $a_e=(0.6\sim 0.9)D$ $a_p=3\sim 4\text{mm}$	N
三面刃铣 	高速钢三面刃铣刀 $D=120\text{mm}$ 齿数 $z=22$		灰铸铁	粗铣 $v=15\sim 21\text{m/min}$	n_{\min}

三、铣削力和功率计算

1. 主(切向)切削力 F

硬质合金端面铣刀铣削碳钢工件:

$$F=670a_e^{0.86} a_f^{0.72} D^{-0.86} a_p Z N$$

2. 切削功率 $N_{\text{切}}$

$$N_{\text{切}} = \frac{F v}{61200} \text{ kW}$$

四、国内外一些卧升降台式铣床的参数

型号	制造厂	规格 $B(\text{mm})$	级数 z	转速范围 $R_n(\text{r/min})$	公比 φ	电机 $N(\text{kW})$	进给量 mm/min	其它
X6120	桂林机床厂	200	12	40~1800	1.41	3(1500)	12~720	集中传动
X5125	齐齐哈尔机床厂	250	12	15~1600	1.41	4(1500)	12~720	分离传动
X6132	北京第一机床厂	320	18	30~1500	1.26	7.5(1500)	12~1000	集中传动
XY70	日本牧野	305	16	30~1800		5.5	15~1500	广用万能铣
F-2	西德	280	12	40~1800	1.41	5.5马力	10~600	
UF-20	美国	300	12	45~2000	1.41	4(1400)		

2-3 检查与思考

一、怎样理解主参数（规格）与基本参数（尺寸参数、运动参数和动力参数）的主从关系？

二、 R_n 、 φ 、 Z 三者之间要符合 $R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \varphi^{Z-1}$ 的关系，在拟定这些参数时应按什么原则和思路来协调三者的关系？

第三章 传动设计

3-1 主传动方案拟定

拟定传动方案，包括传动型式的选择以及开停、换向、制动、操纵等整个传动系统的确定。传动型式则指传动和变速的元件、机构以及其组成、安排不同特点的传动型式、变速类型。

传动方案和型式与结构的复杂程度密切相关，和工作性能也有关系。因此，确定传动方案和型式，要从结构、工艺、性能及经济性等多方面统一考虑。

传动方案有多种，传动型式更是式样众多，比如：传动型式上有集中传动的主轴变速箱，分离传动的主轴箱与变速箱；扩大变速范围可以用增加传动组数，也可用背轮机构、分支传动等型式；变速型式上既可用多速电机，也可用交换齿轮、滑移齿轮、公用齿轮等。

显然，可能的方案很多，优化的方案也因条件而异。对于教学训练来讲，不必强调在方案上一定要有独特之处，但一定要学会分析几种现有的方案、型式，然后按照设计的具体要求、具体条件选择合理可取的方案和型式。

3-2 传动结构式、结构网的选择

结构式、结构网对于分析和选择简单的串联式的传动不失为有用的方法，但对于分析复杂的传动并想由此导出实际的方案，就并非十分有效。考虑到课程设计题目的机床级数和变速范围都不会太多、太大，一般均可用串联式传动就能获得连续不重复的转速数列。因此，对结构式、结构网作必要的分析，还是需要的。

例：以变速级数 $Z=12$ 的主传动部件为例，简单地说明选择结构式、结构网的思路和步骤。

一、确定传动组及各传动组中传动副的数目

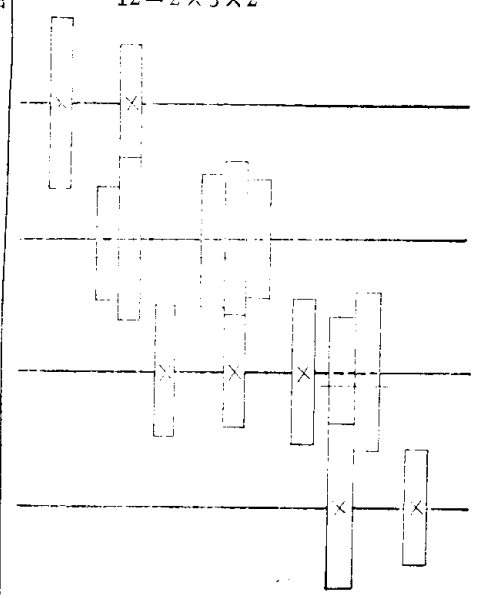
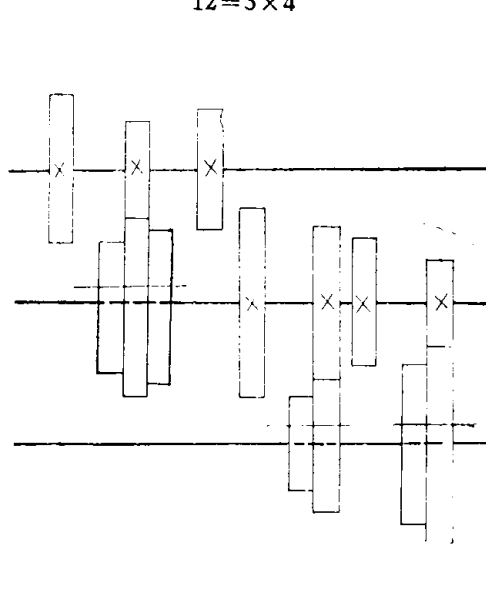
级数为 Z 的传动系统由若干个顺序的传动组组成，各传动组分别有 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 \dots 个传动副。即

$$Z = Z_1 Z_2 Z_3 \dots$$

传动副数由于结构的限制以2或3为合适，即变速级数 Z 应为2和3的因子：

$$Z = 2^a \times 3^b$$

可以有如下两种方案：

传动组和各组传动副数目	$12 = 2 \times 3 \times 2$ 	$12 = 3 \times 4$ 
传动齿轮数目	$2 \times (2 + 3 + 2) = 14$ 个	$2 \times (3 + 4) = 14$ 个
轴向尺寸	$15b$ (b 为齿轮宽度)	$19b$
传动轴数目	4 根	3 根
操纵机构	简单: 两个双联滑移齿轮和一个三联滑移齿轮。可单独也可集中操纵。	复杂: 四联滑移齿轮作为整体式, 滑移长度为 $12b$; 如拆为2个双联滑移齿轮, 需要有自锁, 以保证只有一个齿轮副啮合。

相比之下, 还是传动副数分别为 2、3、2 的三个传动组方案为优。

二、传动组传动顺序的安排

12级转速传动系统的传动组, 可以安排成: $3 \times 2 \times 2$, 或 $2 \times 3 \times 2$, 或 $2 \times 2 \times 3$ 。

选择传动组安排方式时, 要考虑到机床主轴变速箱的具体结构、装置和性能。

在 I 轴如果安置换向摩擦离合器时, 为减小轴向尺寸, 第一传动组的传动副数不能多, 以 2 为宜。有时甚至只用一个定比传动副。

主轴对加工精度、表面粗糙度的影响最大, 因此主轴上齿轮少些为好。最后一个传动组的传动副常选用 2, 或者用一个定比传动副。

三、传动系统的扩大顺序的安排。

对于 $12 = 2 \times 3 \times 2$ 或者 $12 = 3 \times 2 \times 2$ 等传动, 均有: $3! = 6$ 种可能排列, 亦即有 6 种结构式和对应的结构网。根据实现传动的可能结构和综合效果的分析, 选择其中一、二种作为设计方案。

传动方案的扩大顺序与传动顺序可以一致, 也可以不一致。结构式 $12 = 2 \cdot [1] \cdot 3 \cdot [2] \cdot 2 \cdot [6]$ 的传动中, 扩大顺序与传动顺序一致, 称为顺序扩大传动; 而 $12 = 2 \cdot [2] \cdot 3 \cdot [1] \cdot 2 \cdot [6]$ 的传动, 扩大顺序与传动顺序就不一致。