



广东工程职业技术学院

项目八

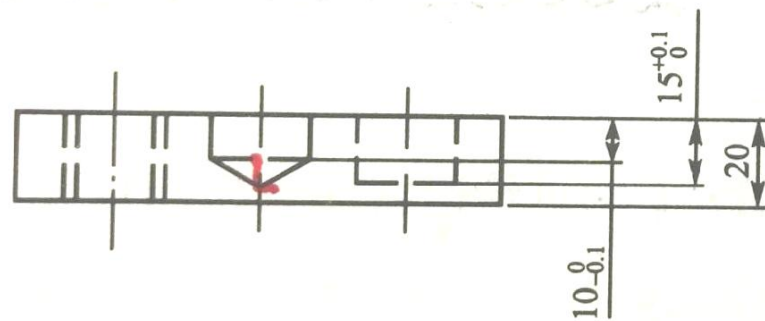
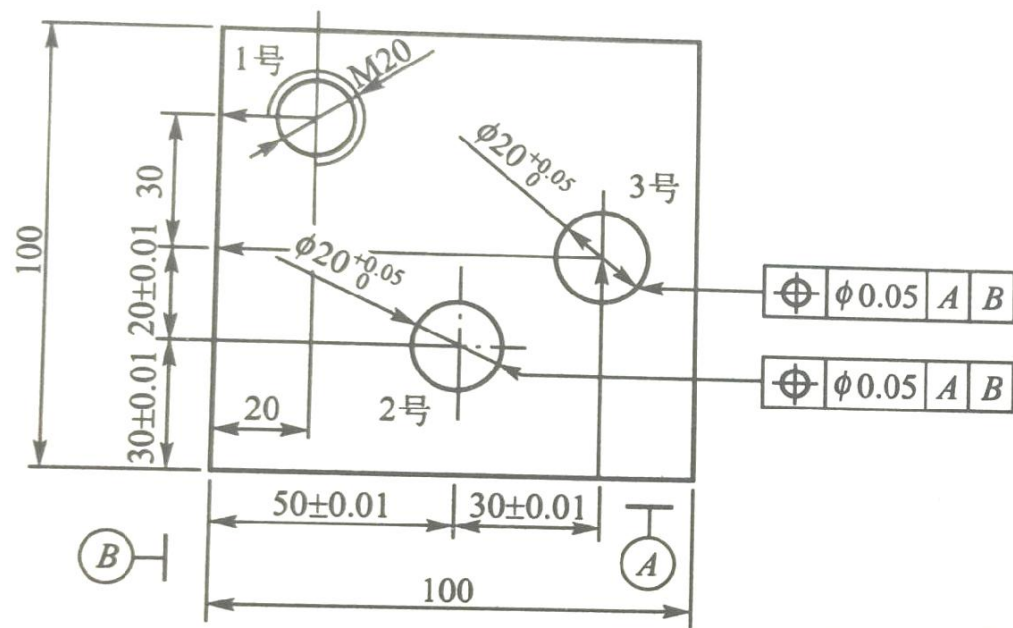
型腔类零件数控铣削加工





孔系加工

- 任务要求：加工如图所示孔系零件，毛坯尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，材料为45号钢。



(a) 零件图



孔加工方案与经济公差

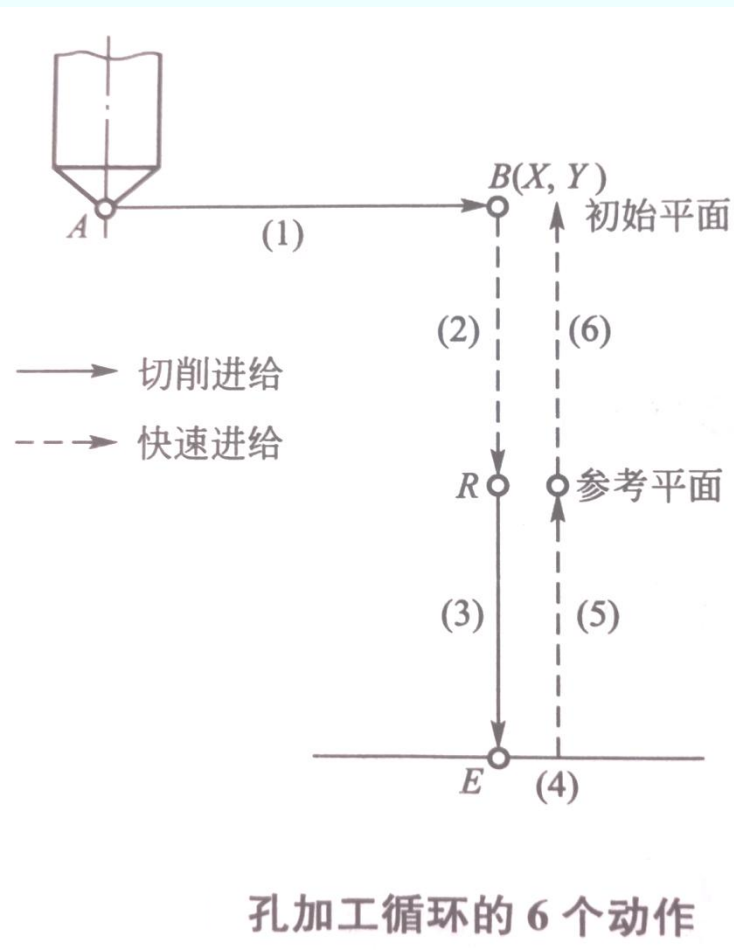
序号	加工方案	经济公差等级	表面粗糙度 Ra (μm)	适用范围
1	钻	IT11-13	20	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯，也可用于加工有色金属（表面粗糙度稍差），孔径 $<(15-20)\text{mm}$
2	钻-铰	IT8-9	5.0-2.5	
3	钻-粗铰-精铰	IT7-8	2.5-1.25	
4	钻-扩	IT11	20-10.0	同上，但孔径 $>(15-20)\text{mm}$
5	钻-扩-铰	IT8-9	5.0-2.5	
6	钻-扩-粗铰-精铰	IT7	2.5-1.25	
7	钻-扩-机铰-手铰	IT6-7	0.63-0.160	
8	钻-（扩）-拉	IT6-7	2.5-0.160	大批大量生产（精度视）
9	粗镗（或扩孔）	IT11-13	20-10.0	除淬火钢外各种材料，毛坯有铸出孔或锻出孔
10	粗镗（粗扩）-半精镗（精扩）	IT8-9	5.0-2.5	
11	粗镗（扩）-半精镗（精扩）-精镗（铰）	IT7-8	2.5-1.25	
12	粗镗（扩）-半精镗（精扩）-精镗-浮动镗刀块精镗	IT6-7	1.25-0.63	
13	粗镗（扩）-半精镗-磨孔	IT7-8	1.25-0.32	主要用于加工淬火钢，也可用于不淬火钢，但不宜用于有色金属
14	粗镗（扩）-半精镗-粗磨-精磨	IT6-7	0.32-0.160	
15	粗镗-半精镗-精镗-金刚镗	IT6-7	0.63-0.080	主要用于精度要求较高的有色金属加工
16	钻-（扩）-粗铰-精铰-珩磨 钻-（扩）-拉-珩磨 粗镗-半精镗-精镗-珩磨	IT6-7	0.32-0.040	精度要求很高的孔
17	以研磨代替上述方案的珩磨	IT6 以上	0.160-0.010	



基础知识

• 1、孔加工循环的动作

- 动作（1）：刀具在X轴和Y轴定位。
- 动作（2）：刀具快速移动到R参考平面
- 动作（3）：刀具进行孔加工。
- 动作（4）：刀具在孔底的动作。
- 动作（5）：刀具返回到R点。
- 动作（6）：刀具快速移动到初始平面。





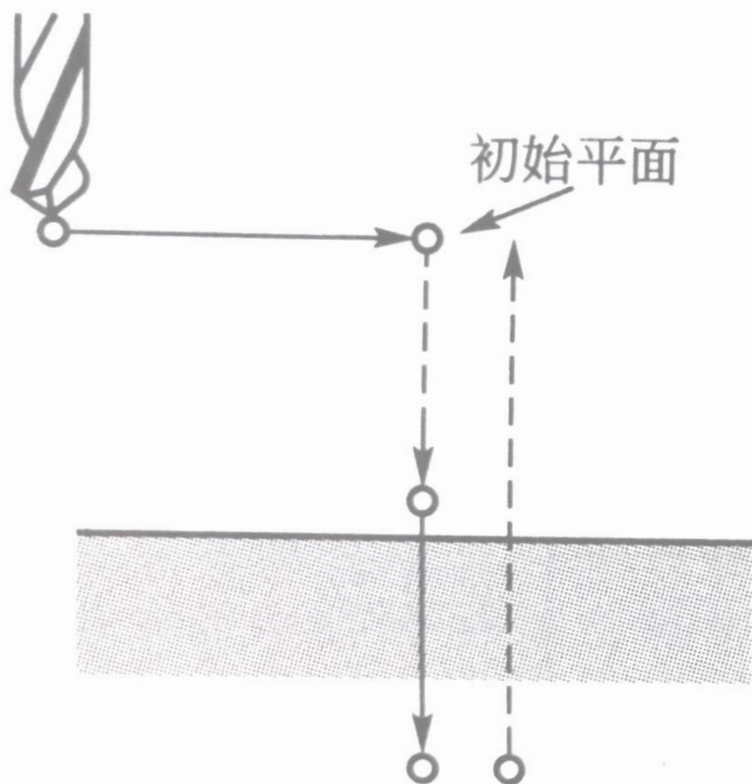
• 2、孔加工循环

- 孔加工循环指令为模态指令，一旦某个孔加工循环指令有效，在其后的所有（X，Y）位置均采用该孔加工循环指令进行加工，直到用G80取消孔加工循环指令为止。
- G98和G99两个模态指令控制孔加工循环结束后，刀具分别返回初始平面和参考平面，其中，G98是默认方式。
- 采用绝对坐标和相对坐标编程时，孔加工循环指令中的值有所不同，**建议尽量采用绝对坐标。**

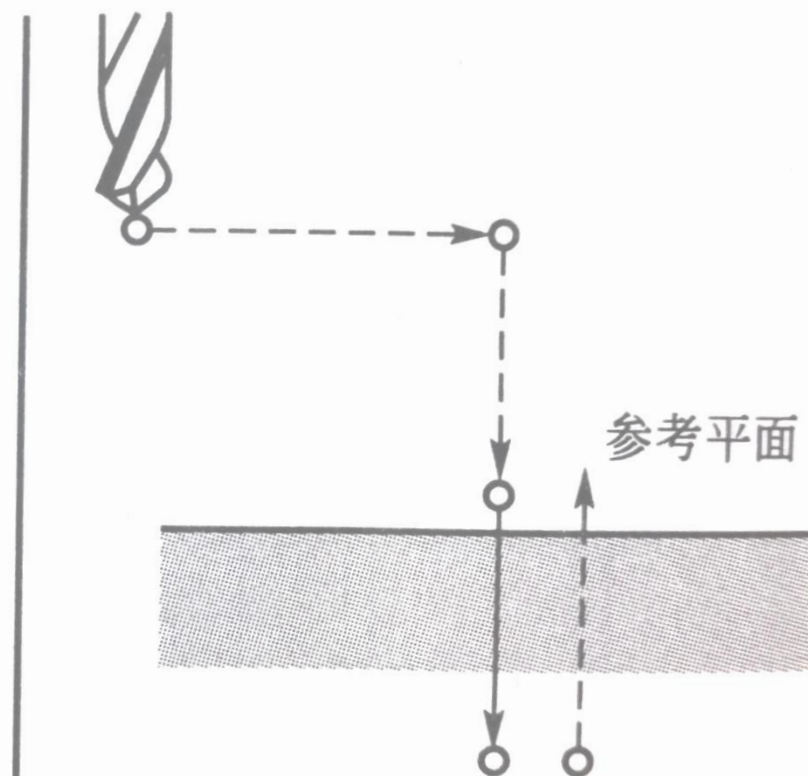




- (1) 钻孔循环指令G81。主轴正传，刀具以进给速度向下运动钻孔，达到孔底位置后，快速退回（无孔底动作）。



(a) 用G98指令



(b) 用G99指令



- 格式:
- G81 X__Y__Z__F__R__K__。
- X、Y为孔的位置
- Z 为孔底位置（深度）
- F 进给速度（mm/mim）
- R 参考平面位置
- K 重复次数（如果需要的话）





- 钻孔循环指令G82。G82在孔底加进给暂停动作，即当钻头加工到孔底位置时，刀具不作进给运动，并保持旋转状态，使孔的表面更光滑。
- 该指令一般用于扩孔和沉头孔加工。
- 格式：
- G82 X__Y__Z__F___**P**___R__K___。
- P 为刀具在孔底位置的暂停时间，单位为ms。





- 钻深孔循环指令G83。由于是深孔加工，所以采用间歇进给（分多次进给）有利于排屑。
- 每次进给深度为Q，直到孔底位置为止，设置系统内部参数d（控制退刀距离）。
- 格式：
- G83 X___Y___Z___F___ **Q**___R___K___。
- Q 为每次进给的深度，它必须用增量值设置。



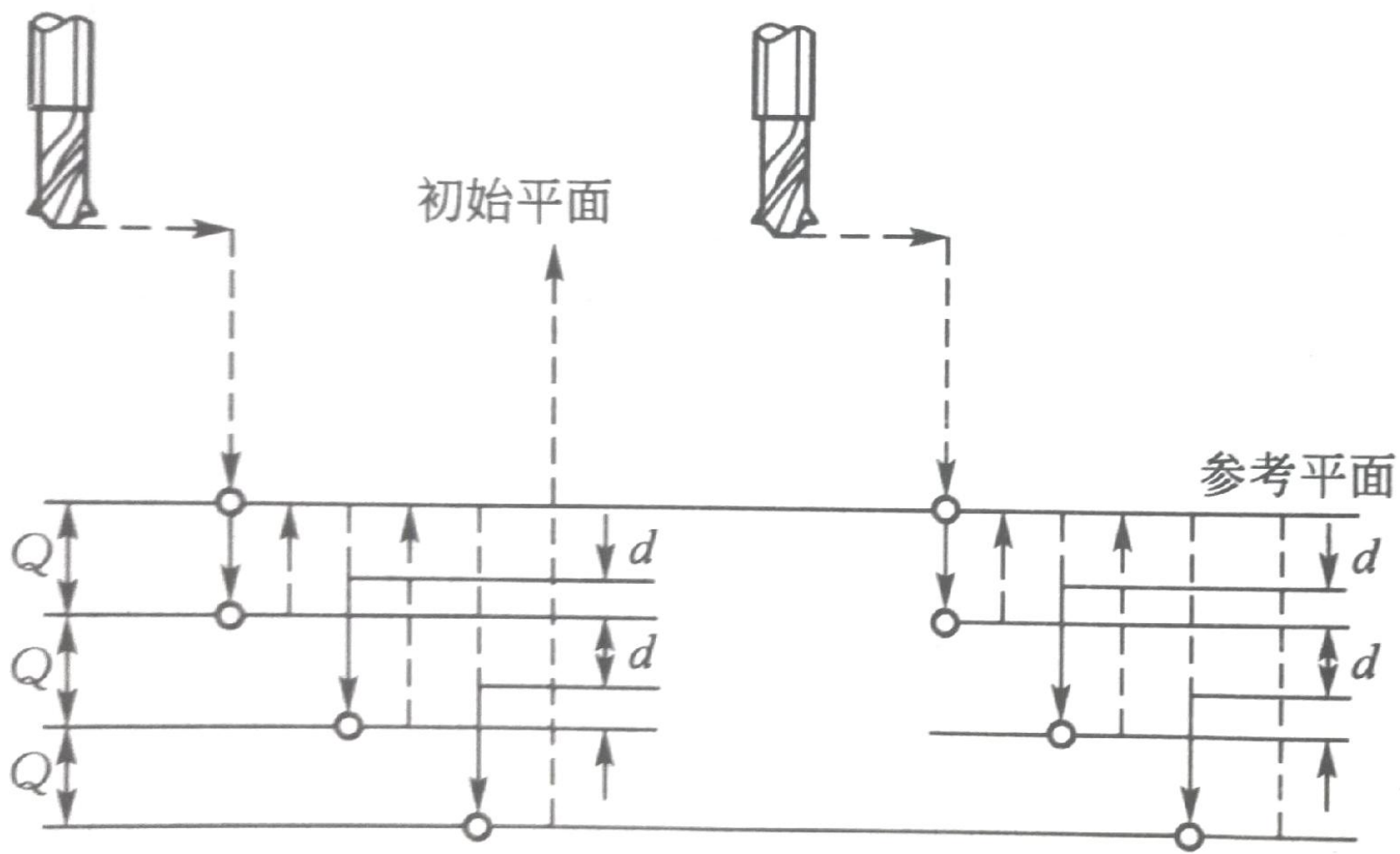


图 11.7 G83 深孔钻孔加工循环





- （4）攻螺纹循环指令G84。攻螺纹进给时主轴正转，退出时主轴反转。
- G84 X___Y___Z___R___P___F___K___。
- 与钻孔加工不同的是，攻螺纹结束后的返回过程不是快速运动，而是以进给速度反转退出。
- 攻螺纹过程要求主轴转速与进给速度成严格的比例关系，因此，编程时要求根据主轴转速计算进给速度。





- 攻螺纹时进给速度计算方法:
- $F = S \times P$
- F 进给速度, mm/min
- S 主轴转速, r/min
- P 螺纹导程, mm
- (5) 左旋攻螺纹循环指令G74。G74与G84的区别是: 进给时主轴反转, 退出时主轴正转。
- G74 X___Y___Z___R___P___F___K___。





- （6）高速钻深孔循环指令G73。由于深孔加工，采用间歇进给（分多次进给），每次进给深度为Q，最后一次进给深度小于或等于Q，退刀量为d（由系统内部设定），直到孔底位置为止。
- 该钻孔加工方法因为退刀距离短，比G83钻孔速度快。
- G73 X__Y__Z__R__Q__F__K__。
- Q 为每次进给的深度，为正值。



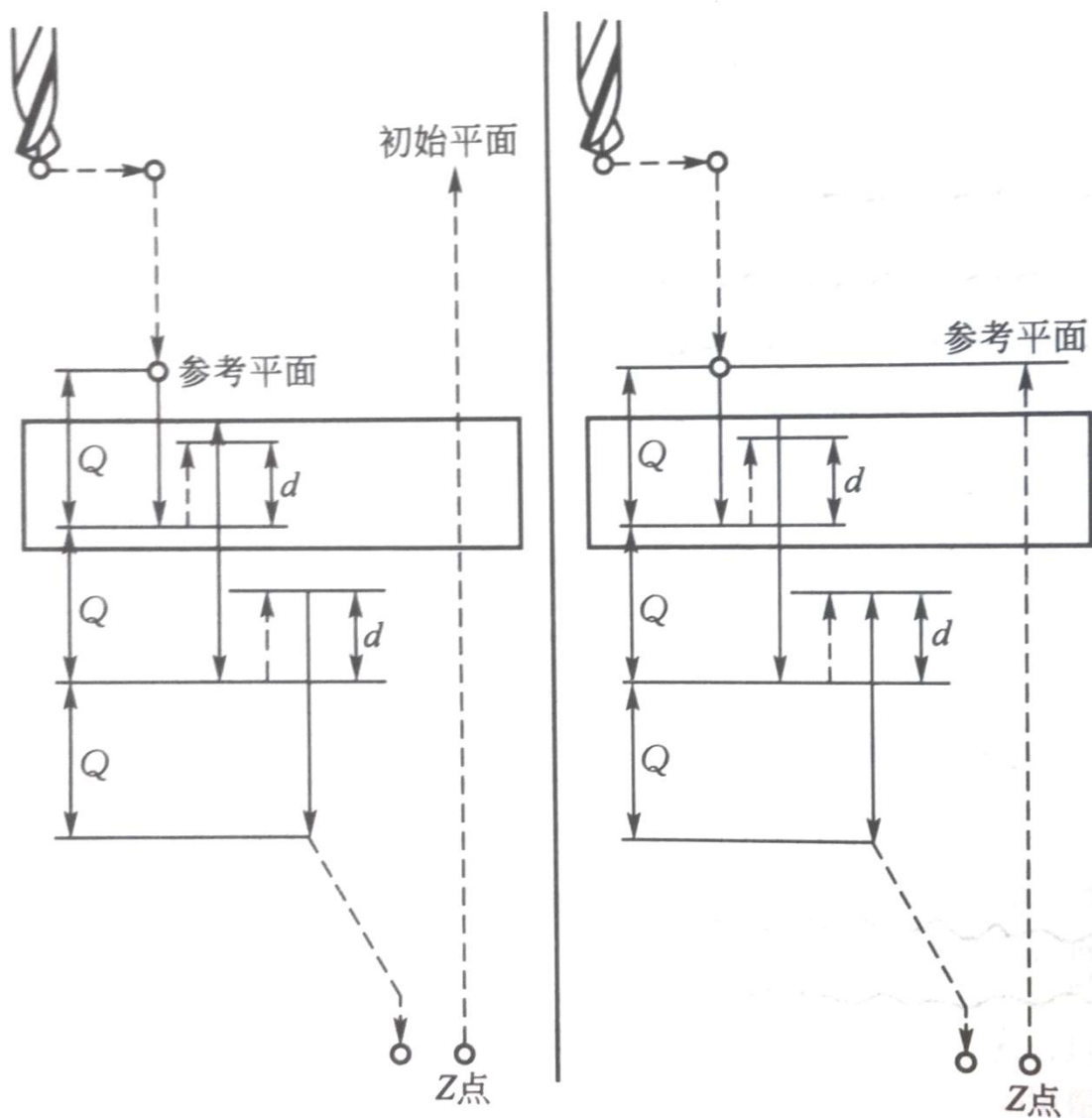


图 11.8 G73 高速深孔钻孔加工循环



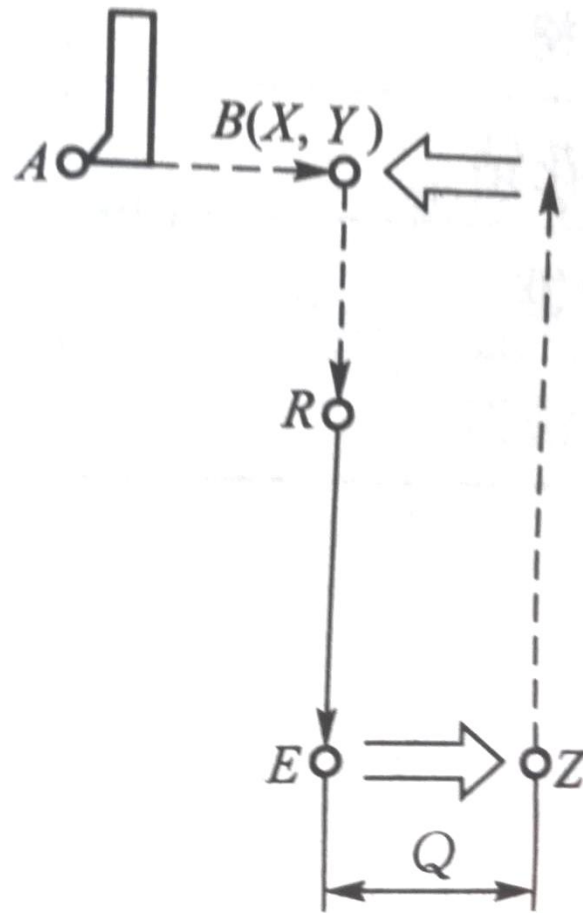
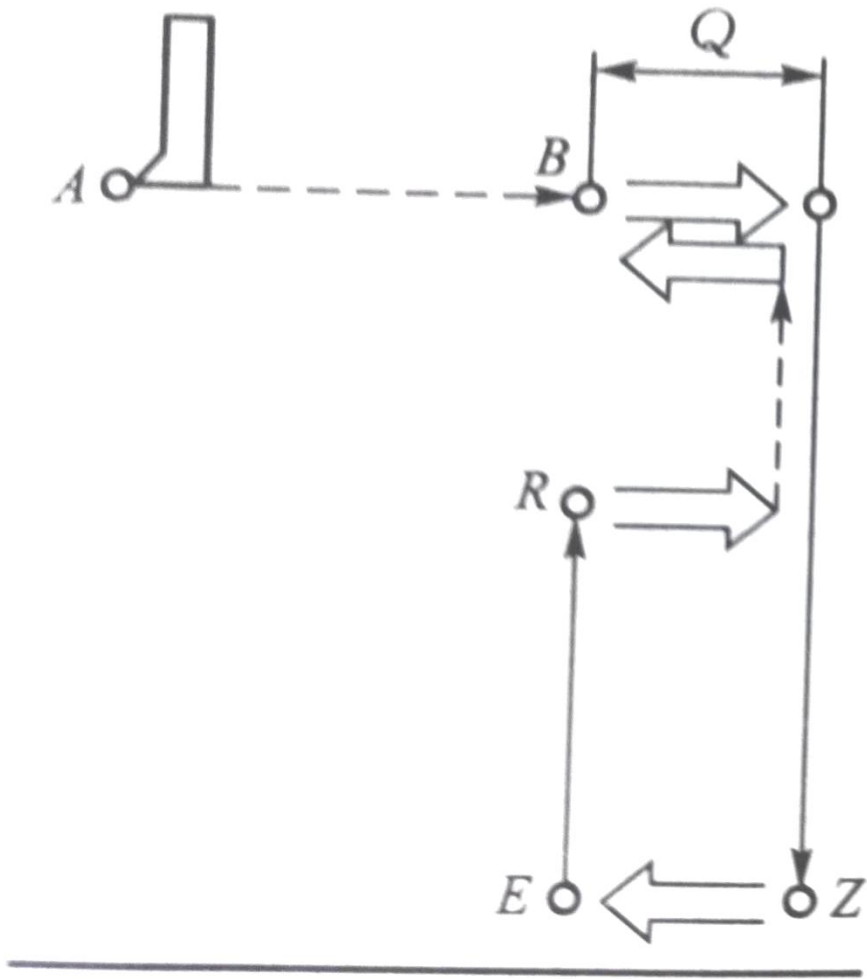


- （7）镗孔循环指令G85。主轴正转，刀具以进给速度向下运动镗孔，到达孔底位置后立即以进给速度退出（没有孔底动作）。
- 格式：G85 X__Y__Z__R__F__。
- （8）镗孔循环指令G86。与G85的区别是：G86在到达孔底位置后，主轴停止，并快速退出。
- 格式：G86 X__Y__Z__R__F__。
- （9）镗孔循环指令G89。与G85的区别是：G89在到达孔底位置后，加进给暂停（有孔底动作）。
- 格式：G89 X__Y__Z__R__F__P__。



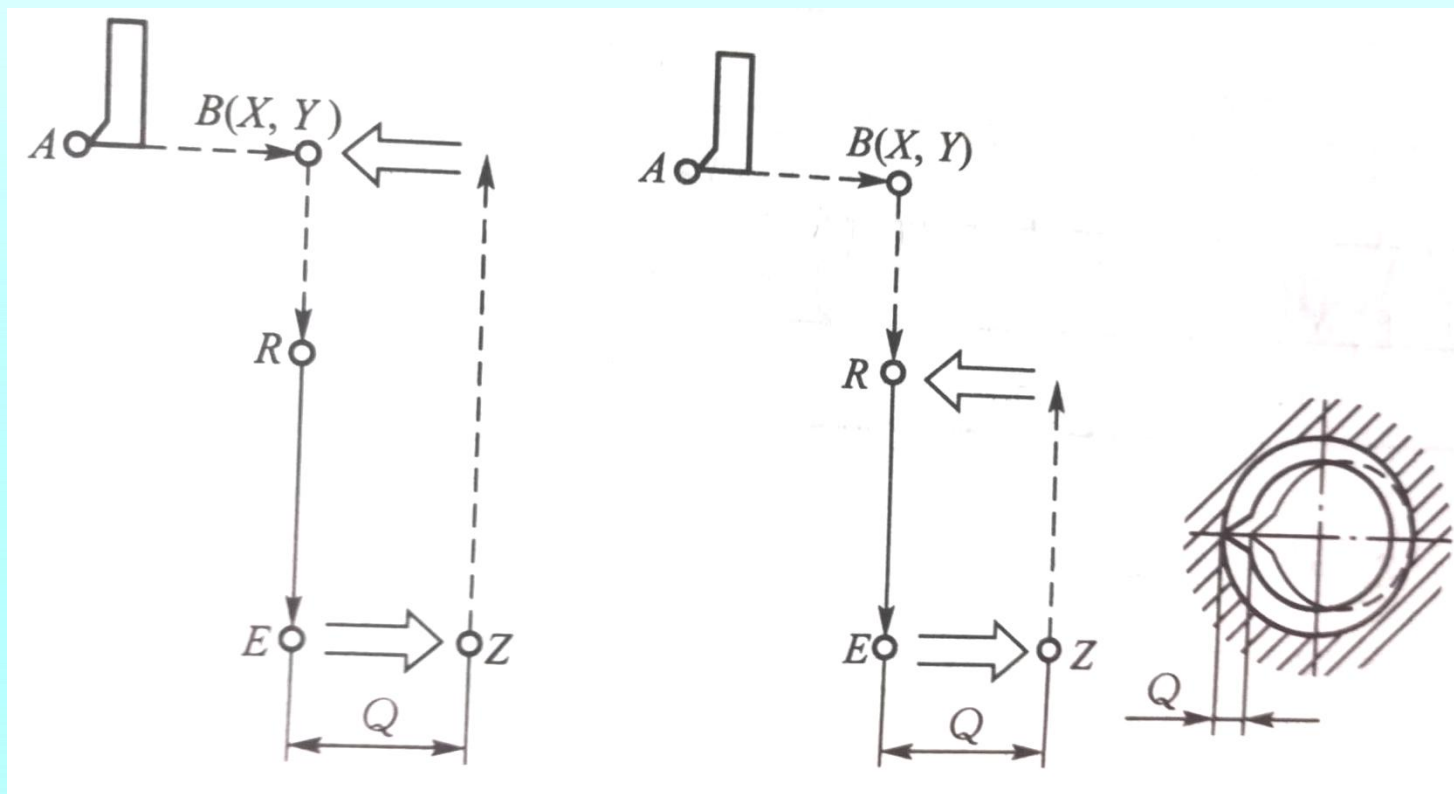


— (10) 背镗循环指令G87。



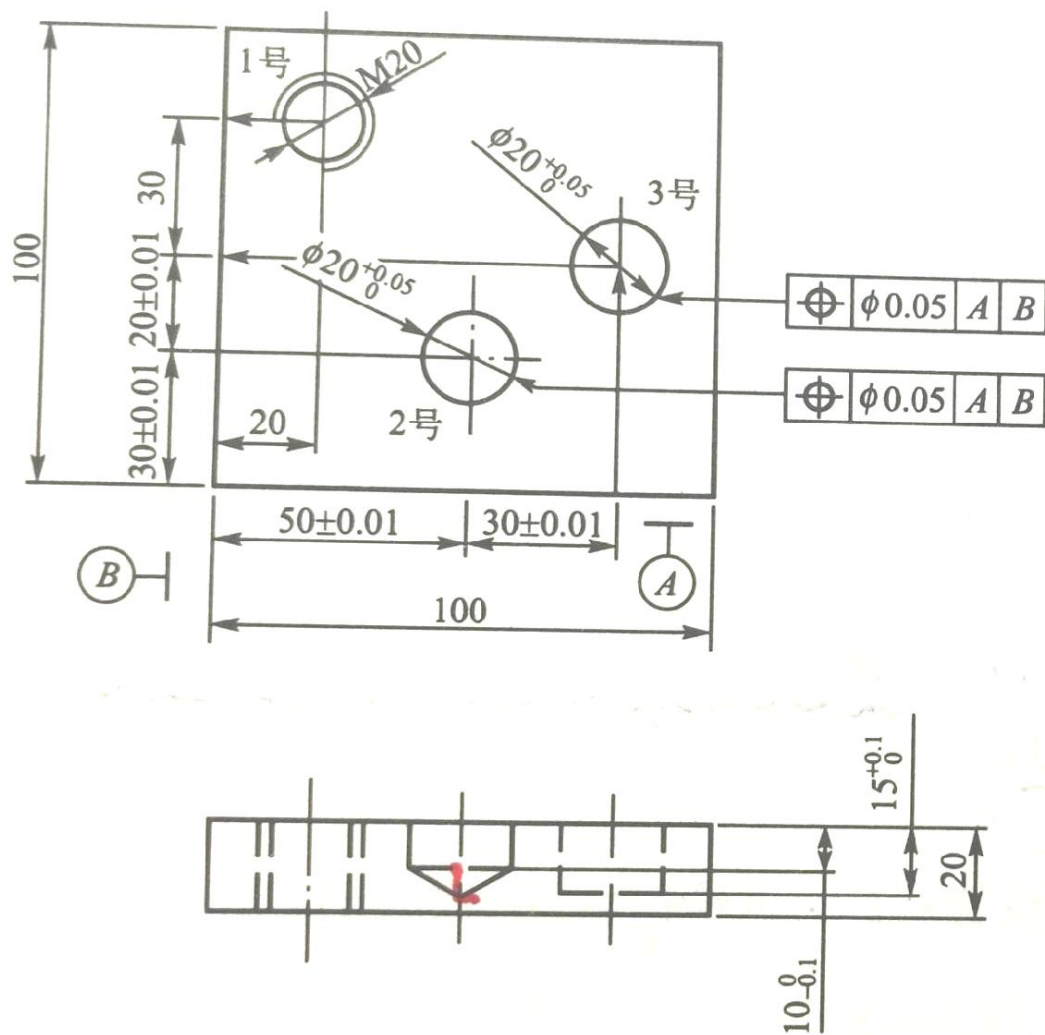


- (11) 精镗循环指令G76。G76与G85的区别是：G76在孔底有3个动作，即进给暂停、主轴准停（定向停止）、刀具沿刀尖的反方向偏移Q值，然后快速退出，这样可以保证刀具不划伤孔的表面。





11.2.2 任务实施



(a) 零件图





- 1. 工艺分析与工艺设计

- 图样分析。零件由两个盲孔和一个螺纹孔组成，两个孔直径的尺寸公差为 $(0, +0.05)$ ，孔深尺寸公差分别为 $(0, +0.1)$ 和 $(-0.1, 0)$ ，孔的位置尺寸公差为 ± 0.01 ，位置度公差为 0.05 。
- 公差不对称的加工部位要采用中差编程。
- 用钻头加工通孔时，要注意钻头导向部分的长度要完全伸出工件。
- 用钻头加工盲孔时，Z向尺寸要计算上刀尖的长度。





— (2) 加工工艺路线设计。

公制内螺纹(6H)常用规格极限尺寸表(粗牙)

公称直径× 螺距	螺纹精度等 级	大径	中径		小径		攻丝前钻头 直径
		最小	最大	最小	最大	最小	
M3×0.5	6H	3	2.775	2.675	2.599	2.459	2.5
M4×0.7		4	3.663	3.545	3.422	3.242	3.3
M5×0.8		5	4.605	4.48	4.334	4.134	4.2
M6×1		6	5.5	5.35	5.153	4.917	5
M8×1.25		8	7.348	7.188	6.912	6.647	6.8
M10×1.5		10	9.206	9.026	8.676	8.376	8.5
M12×1.75		12	11.063	10.863	10.441	10.106	10.2
M14×2		14	12.913	12.701	12.21	11.835	12
M16×2		16	14.913	14.701	14.21	13.835	14
M18×2.5		18	16.6	16.376	15.744	15.294	15.5
M20×2.5		20	18.6	18.376	17.744	17.294	17.5
M22×2.5		22	20.6	20.376	19.744	19.294	19.5
M24×3		24	22.316	22.051	21.252	20.752	21
M27×3		27	25.316	25.051	24.252	23.752	24



公制内螺纹(6H) 常用规格极限尺寸表(细牙)

公称直径× 螺距	螺纹精度等 级	大径	中径		小径		攻丝前钻头 直径
		最小	最大	最小	最大	最小	
M3×0.35	6H	3	2.863	2.773	2.721	2.621	2.65
M4×0.5		4	3.775	3.675	3.559	3.459	3.5
M5×0.5		5	4.775	4.675	4.599	4.459	4.5
M6×0.75		6	5.645	5.513	5.378	5.188	5.2
M8×0.75		8	7.645	7.513	7.378	7.188	7.2
M8×1		8	7.5	7.35	7.153	6.917	7
M10×0.75		10	9.645	9.513	9.378	9.188	9.2
M10×1		10	8.5	9.35	9.153	8.917	9
M10×1.25		10	9.348	9.188	8.912	8.647	8.8
M12×1		12	11.51	11.35	11.153	10.917	11
M12×1.25		12	11.368	11.188	10.912	10.647	10.8
M12×1.5		12	11.216	11.026	10.676	10.376	10.5
M14×1		14	13.51	13.35	13.153	12.917	13
M14×1.5		14	13.216	13.026	12.676	12.376	12.5
M16×1		16	15.51	15.35	15.153	14.917	15
M16×1.5		16	15.216	15.026	14.676	14.376	14.5
M18×1		18	17.51	17.35	17.153	16.917	17
M18×1.5		18	17.216	17.026	16.676	16.376	16.5
M18×2		18	16.913	16.701	16.21	15.835	16
M20×1		20	19.51	19.35	19.153	18.917	19
M20×1.5		20	19.216	19.026	18.676	18.376	18.5
M20×2		20	18.913	18.701	18.21	17.835	18
M22×1		22	21.51	21.35	21.153	20.917	21
M22×1.5		22	21.216	21.026	20.676	20.376	20.5
M22×2		22	20.913	20.701	20.21	19.835	20





—

加工直径	转速/进刀量（10mm以下手动进给）				
	Q235A	45	45HB	球墨铸铁	灰口铸铁
φ 5	1000	1000	1000	1000	1000
φ 7	630	630	630	630	630
φ 10	400/0.1	315/0.1	400/0.1	400/0.13	500/0.13
φ 12	400/0.1	315/0.1	315/0.1	400/0.13	500/0.13
φ 14	315/0.13	315/0.13	250/0.13	315/0.20	400/0.20
φ 16	315/0.13	250/0.13	200/0.13	315/0.20	400/0.20
φ 20	315/0.13	250/0.13	160/0.13	315/0.20	400/0.20
φ 22	250/0.13	250/0.13	160/0.13	250/0.13	315/0.20
φ 25	200/0.25	200/0.25	125/0.25	250/0.25	315/0.25
φ 30	160/0.25	200/0.25	125/0.25	200/0.32	250/0.32
φ 35	125/0.32	125/0.32	100/0.32	160/0.4	200/0.4
φ 40	100/0.32	100/0.32	80/0.32	125/0.4	160/0.4
φ 50	80/0.32	80/0.32	63/0.32	100/0.4	125/0.4





钻头直径、转速、进给参数表

钻头直径	转速 (r/min)	进给 (mm/r)
78	63	0.4
56-69	80	0.4
46-55	100	0.4
36-45	125	0.32
29.5-35	160	0.32
20.5-28	200	0.25
18-20	250	0.25
14.5-17.5	320	0.16
11.5-14	400	0.1
9.4-11	500	0.1
7.5-9	630	0.1
4.8-7	800	0.1
2-4.2	1250	0.1





高速钢钻头钻销不同材料的切削用量

加工材料		硬度		切削速度 V /(m/min)	钻头直径 d_0 /mm					钻头螺 旋角 /(°)	峰角 /(°)
		硬度 (HBS)	硬度 (HR)		<3	3~6	6~13	13~19	19~25		
					进给量 f /(mm/r)						
碳 钢	低碳钢	125~175	71~78HRB	24	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
	中碳钢	175~225	88~98HRB	20	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
	高碳钢	175~225	88~98HRB	17	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
合 金 钢	W(c)=0.12%~0.25%	175~225	88~98HRB	21	0.08	0.15	0.20	0.40	0.48	25~35	118
	W(c)=0.30%~0.65%	175~225	88~98HRB	15~18	0.05	0.09	0.15	0.21	0.26	25~35	118
工 具 钢		196	94HRB	18	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
		241	24HRC	15	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
灰 铸 铁	软	120~150	≤80HRB	43~46	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	20~30	118
	硬	160~220	80~97HRB	24~34	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	14~25	118
可锻铸铁		112~126	≤71HRB	27~37	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	20~30	90~118
铜及铜 合金	高加工性	~124	10~70HRB	60	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	15~40	118
	低加工性	~124	10~70HRB	20	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	0~25	118
铝及铝合金		45~105	≤62HRB	105	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	32~42	90~118
塑料		—	—	30	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	15~25	118





硬质合金钻头钻销不同材料的切削用量

加工材料	抗拉强度 σ _b /MPa	硬度 (HBS)	进给量 f/(mm/r)		切削速度 v/(m/min)		切削液
			钻头直径 d ₀ /mm				
			5~10	11~30	5~10	11~30	
工具钢	1000	300	0.08~0.12	0.12~0.2	35~40	40~45	非水溶性切削油
	1800~1900	500	0.04~0.15	0.05~0.08	8~11	11~14	
	2300	575	<0.02	<0.03	<6	7~10	
铸钢	500~600	—	0.08~0.12	0.12~0.2	35~38	38~40	非水溶性切削油
热处理钢	1200~1800	—	0.02~0.07	0.05~0.15	20~30	25~30	
淬硬钢	—	50HRC	0.01~0.04	0.02~0.06	8~10	8~12	
灰铸铁	—	200	0.2~0.3	0.3~0.5	40~45	45~60	干切或乳化液
黄铜	—	—	0.07~0.15	0.1~0.2	70~100	90~100	
合金铸铁	—	230~350	0.03~0.07	0.05~0.1	20~40	25~45	非水溶性切削油或乳化液
	—	350~400	0.03~0.05	0.04~0.08	8~20	10~25	
冷硬铸铁	—	—	0.02~0.04	0.02~0.05	5~8	6~10	
可锻铸铁	—	—	0.15~0.2	0.2~0.4	35~38	38~40	干切或汽油
铝	—	—	0.15~0.3	0.2~0.6	125~270	130~140	
硅铝合金	—	—	0.2~0.6	0.2~0.6	125~270	130~140	
酚醛树脂	—	—	0.2~0.4		10~120		—
热固性树脂	—	—	0.04~0.1		60~90		—





数控铣削加工工序卡片

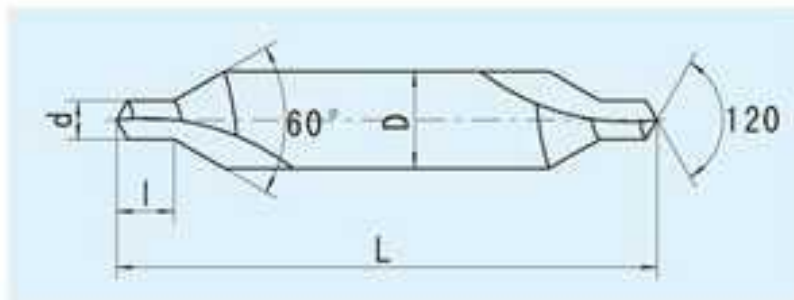
产品名称	零件名称	工序名称	工序号	程序编号	毛坯材料	使用设备	夹具名称
	孔系零件	数控铣削		09901	45 号钢	数控铣床	平口钳
工步号	工步内容	刀具			主轴转速 /r.min ⁻¹	进给速度 /mm.min ⁻¹	切削深度 /mm
		类型	材料	规格			
1	钻中心孔	中心钻	高速钢	A2	500	60	
2	钻 1 号和 3 号预制孔	麻花钻	高速钢	Φ17.5	275	70	8.75
3	钻 2 号预制孔	麻花钻	高速钢	Φ19.6	220	80	9.8
4	加工 M20 螺纹	丝锥	高速钢	M20	200	500	
5	铣 2 号和 3 号孔	立铣刀	高速钢	Φ20	1500	540	1.25
编制 (日期)		校核 (日期)		审核 (日期)		批准 (日期)	





— (3) 刀具选择。

刀具号	刀具规格	刀具长度补偿号
T01	A2中心钻	H01
T02	$\phi 17.5$ 麻花钻	H02
T03	$\phi 19.6$ 麻花钻	H03
T04	M20 丝锥	H04
T05	$\phi 20$ 键槽铣刀	H05





广东工程职业技术学院



