

泵产品零件无损检测泵受压铸钢件 射线检测方法及其底片的等级分类

1 范围

本标准规定了厚度为 5~300 mm 铸钢件的 X、 γ 射线检测方法及其底片等级分类方法。

本标准适用于泵受压铸钢件的射线检测。配套的管件和法兰等受压铸钢件的射线检测也可参照本标准执行。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 4792—84 放射卫生防护基本标准

GB 5618—85 线型像质计

3 检测人员

3.1 检测人员必须具备有关射线检测的基本理论和操作技术,应该了解被检工件的铸造工艺和使用条件,并经考核取得有关部门认可的射线检测资格证书。

3.2 评片人员的视力应每年检查一次,校正视力不得低于 1.0,并要在距离 400 mm 时能读出高为 0.5 mm、间隔为 0.5 mm 的一组印刷体字母。

4 射线照相方法

4.1 射线照相要求

4.1.1 铸钢件表面应经外观检验合格。表面上的不规则状态在底片上的图象不应掩盖焊缝中的缺陷或与之相混淆,否则应做适当的修磨。

4.1.2 铸钢件检测部位应做永久性或半永久性标记,作为每张射线底片重新定位的依据。铸钢件不适合做标记时,应采用透照部位草图或展开图进行标注。

4.2 射线照相灵敏度

4.2.1 射线照相灵敏度用式(1)表示:

$$K = (d / t) 100\% \dots\dots\dots(1)$$

式中:K——用百分数表示的射线照相灵敏度;

d ——射线照相底片上可辨认到的最细钢丝直径,mm;

t ——铸钢件被透照处的壁厚,mm。

4.2.2 射线照相质量等级为 A 级(普通灵敏度)和 B 级(高级灵敏度)。

4.3 射线源的选择

4.3.1 X 射线管电压的选择参照图 1。

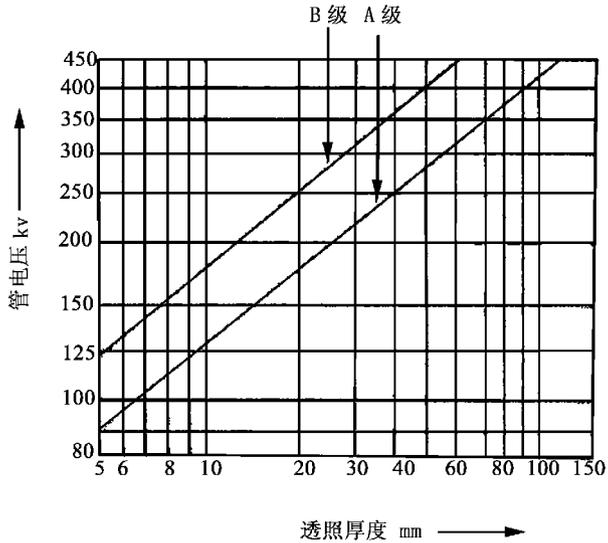


图 1 管电压与透照厚度关系

4.3.2 γ 射线源可根据透照厚度和灵敏度要求按表 1 选择。

表 1 不同透照厚度范围的射线源

射线源	A 级	B 级
	透照厚度 mm	
Ir 192	20~100	40~90
Co60	40~200	60~150
1~2MeV X 射线	50~200	60~150
>2MeV X 射线	≥ 50	≥ 60

4.4 胶片和增感屏

4.4.1 胶片

应根据铸钢件厚度、射线照相灵敏度和增感方式选择胶片种类。A 级方法应选用 3 型或粒度更小的胶片；B 级方法应选用 1 型或 2 型胶片。胶片类型及其特性见表 2。

表 2 射线胶片的分类

胶片类型	粒度	感光速度
1	超微粒胶片	很慢
2	微粒胶片	慢
3	中等颗粒胶片	中等速度
4	较大颗粒胶片	快速

4.4.2 增感屏

4.4.2.1 射线照相应使用金属增感屏或不用增感屏，增感屏的厚度可按表 3 选择。增感屏和胶片在透照过程中应始终相互紧贴。

表 3 金属增感屏厚度的选择

射线源	A 级	B 级
	增感屏厚度 mm	
<400 kV	0.02~0.25, 前、后屏为铅增感屏	
Ir192	0.05~0.25, 前、后屏为铅增感屏	
Co60	0.1~0.5, 前、后屏为铅、钢或铜增感屏	0.4~0.7, 前、后屏为钢或铜增感屏
1~2MeV X 射线	0.1~1.0, 前、后屏为铅增感屏	
>2~6MeV X 射线	1.0~1.5, 前、后屏为铜或钢增感屏	
>6~12MeV X 射线	前屏 1.0~1.5, 后屏小于 1.5, 增感屏材料可用铜、钢或钽	
>12MeV X 射线	1.0~1.5, 前屏为钽或钨增感屏, 后屏不用	

4.4.2.2 表 3 中钢质增感屏的材料也可用合金钢制造。100 kV 以下的射线源在透照时,可不用前屏。

4.5 焦距

透射焦距为射线源到铸钢件表面的最小距离 f 加上铸钢件透照厚度 t 的和。 f 值可按附录 A(标准的附录)的方法确定。若由于条件所限,不能满足附录 A 确定的 f 值,但能透照出 4.7.2 规定的像质计最小线径时, f 值选择可不受附录 A 的限制。

4.6 散射线的屏蔽

为了提高射线照相灵敏度,应使用适当的方法对散射线进行屏蔽。为检查背散射,可在暗盒背面贴附一个“B”铅字标记(B 高为 13 mm,厚度为 1.6 mm)。若在底片的较黑背景上出现“B”的较淡影像,则说明背散射防护不够,应予重照,若在较淡背景上出现“B”的较黑影像,则不作为底片判废的依据。

4.7 像质计

4.7.1 应根据铸钢件的厚度按 GB 5618 的规定选用像质计的规格和尺寸。

4.7.2 在被检部位的射线底片上能识别的像质计最小线径应符合附录 B(标准的附录)的规定。

4.8 透照方案及布置

4.8.1 透照前应按铸钢件的形状、尺寸、透照部位的防护条件等做好透照工艺设计。

4.8.2 原则上以透照部位的最小壁厚方向为透照方向,如在此方向不能透照或不适当时,可从其他合适的方向进行透照。

4.8.3 透照厚度是指实际透照方向的厚度,应采用适当的方法测量,如实测有困难,可采用制图方法来确定。

4.8.4 透照配置

对铸钢件进行透照时,射线源、像质计及胶片的相对位置原则上根据图 2、图 3、图 4 和图 5 的规定。

4.8.5 定位标记和识别标记

4.8.5.1 定位标记包括中心标记(↑)和搭接标记(↑)。

4.8.5.2 识别标记应置于每张底片的下方,包括:工件编号、部件编号、返修透照部位,还应有返修标记 R_1 、 R_2 ……(其脚标 1、2……指返修次数)。

4.8.6 像质计的放置位置

4.8.6.1 像质计应放在靠近射线源一侧的工件表面,并置于胶片边缘位置。如放置有困难时,也可放在被检部位胶片一侧,如图 3 和图 4 所示,但此时像质计应提高一级或通过对比试验,使实际灵敏度达到规定要求,并附加铅字“F”标记。

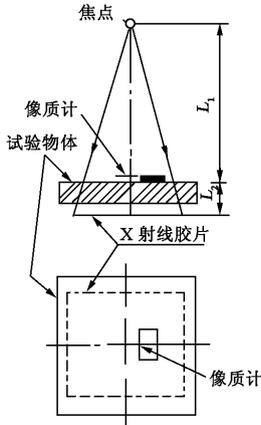


图2 平板铸件透照配置

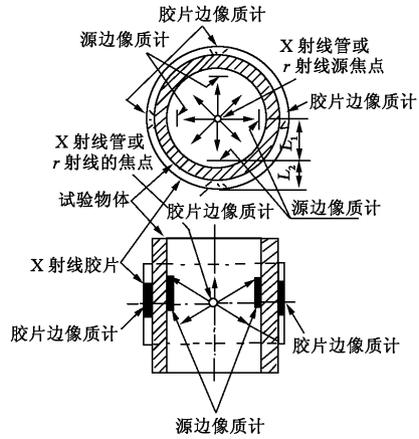


图3 管状铸件透照配置(内部线源透照法)

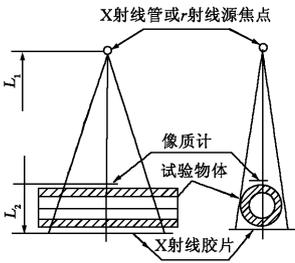


图4 管状铸件透照配置(双壁单层透照法)

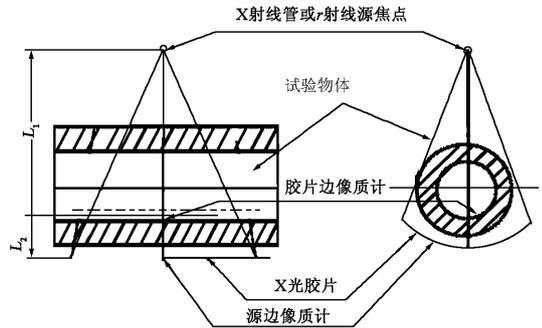


图5 管状铸件的透照配置(双壁双层透照法)

4.8.6.2 当被检部位厚度变化较小时,像质计可放在具有代表性的部位,如若达不到该要求,则应在厚的部位和薄的部位分别放置像质计。

4.8.6.3 采用射线源置于圆心位置的周向曝光技术时,像质计应每隔 90° 放置一个。

4.9 胶片处理及对底片的要求

4.9.1 胶片应按胶片说明书或公认的有效方法处理。

4.9.2 底片上有效评定区域内的黑度应满足表4的规定。采用双胶片曝光和厚度补偿时,黑度范围可适当扩大,但黑度值不得超过4.0。

表4 底片的黑度范围

级别	底片黑度的有效范围	灰零度
A	1.2~3.5	≤ 0.3
B	1.5~3.5	

4.9.3 若上述黑度要求不能满足,但可以满足4.7.2规定的像质计最小线径时,其黑度值范围可不受4.9.2的限制。

4.9.4 在焊缝影像上,如能清晰看到长度不小于10 mm的像质计钢丝影像,则认为是可识别的。

4.9.5 底片有效评定区内不允许存在妨碍评级的任何伪缺陷。

4.10 底片的观察

4.10.1 评片应在专用评片室内进行。评片室内的光线应较暗淡,其照明亮度不得在底片表面产生反射。

4.10.2 观片灯应有观察底片最大黑度为 3.5 的亮度,其最大亮度应不小于 100000 cd/m^2 ,漫射光亮度应可调。并应满足表 5 的规定。对不需要观察或透光度过强的部分,应采用适当的遮光板以屏蔽强光。

表 5 观光灯的亮度

cd/m^2

底片黑度	观光灯亮度	透过底片照明亮度
1.0	300	≥ 30
1.5	1000	
2.0	3000	
2.5	10000	
3.0	10000	
3.5	30000	
4.0	100000	≥ 10

5 射线底片缺陷分类和评定方法

5.1 缺陷分类及尺寸测定

5.1.1 底片上铸造缺陷分为气孔、夹砂和夹渣、缩孔和缩松、内冷铁未熔合和泥芯撑未熔合、热裂纹和冷裂纹等五类。

5.1.2 缺陷尺寸是按照底片上缺陷呈像的大小来测定的。对缩孔只测定每个缺陷明显部分的尺寸,而不包括周围模糊阴影部分的尺寸。当两个以上缺陷在底片上部分重叠时,应分别测定其尺寸。

5.1.3 当缺陷与评定区边界相接时,应将其划入该评定区内计算。

5.2 气孔、夹砂和夹渣类的缺陷等级分类

5.2.1 单个缺陷的点数,应根据缺陷大小按表 6 计算,但小于表 7 规定的缺陷可不计算缺陷点数。

表 6 缺陷尺寸和缺陷点数的换算

mm

缺陷尺寸	≤ 2.0	$>2.0 \sim 4.0$	$>4.0 \sim 6.0$	$>6.0 \sim 8.0$	$>8.0 \sim 10.0$
缺陷点数	1	2	3	5	8
缺陷尺寸	$>10.0 \sim 15.0$	$>15.0 \sim 20.0$	$>20.0 \sim 25.0$	$>25.0 \sim 30.0$	$>30.0 \sim 60.0$
缺陷点数	12	16	20	40	80

表 7 不计点数的缺陷最大尺寸

mm

缺陷等级	透照厚度				
	≤ 10	$>10 \sim 20$	$>20 \sim 40$	$>40 \sim 80$	$>80 \sim 120$
	不计点数的缺陷最大尺寸				
1	0.4	0.7	1.0		1.5
2~4	0.7	1.0	1.5		2.0

5.2.2 应在底片上缺陷最多的区域选定评定区,评定区的大小按照透照厚度根据表 8 和表 10 决定。

5.2.3 气孔和夹砂、夹渣类缺陷的等级,应根据缺陷点数的总和,分别按表 8 和表 10 评定,但 1 级的最大气孔和夹砂、夹渣尺寸分别不得超过表 9 和表 11 的规定。

表 8 气孔在不同等级中的最大点数

mm

缺陷等级	透照厚度					
	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
	评定区(直径)					
	20	30	50	50	70	70
1	3	4	气孔的最大点数		10	12
2	4	6	10	18	19	22
3	6	9	15	24	28	32
4	缺陷点数超过 3 级或缺陷尺寸超过壁厚 1/2 者					

表 9 1 级所允许的最大气孔尺寸

mm

透照厚度	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
气孔最大尺寸	3.0		4.0	5.0	7.0	9.0

表 10 夹砂和夹渣在不同等级中的最大点数

mm

缺陷等级	透照厚度					
	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
	评定区(直径)					
	20	30	50	50	70	70
	夹砂和夹渣最大点数					
1	5	8	12	16	20	24
2	7	11	17	22	28	34
3	10	16	23	29	38	44
4	缺陷点数超过 3 级者或缺陷尺寸超过壁厚 1/2 者					

表 11 1 级所允许的夹砂和夹渣的最大尺寸

mm

透照厚度	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
夹砂和夹渣最大尺寸	6.0		8.0	10.0	14.0	18.0

表 12 缩孔缺陷可不作评定的最大尺寸

mm

缺陷等级	透照厚度					
	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
	缩孔类缺陷不作评定的最大尺寸					
1	条状	5.0				
	树状 mm ²	10.0				
2	条状	5.0				10.0
	树状 mm ²	30.0				40.0

5.3 缩孔类缺陷的等级分类

5.3.1 缩孔类缺陷等级分类时,在底片上选取缩孔长度,面积最大的部位为评定区。评定区的大小应根据透照厚度按表 13 和表 14 的规定选取。

5.3.2 缩孔类缺陷根据形状可分为条状缩孔、树枝状缩孔和大面积缩松。

5.3.3 条状缩孔缺陷长度的计算:一个条状缩孔是以缩孔的最大长度为缺陷长度,两个及两个以上条状缩孔是以各个缩孔长之和为缺陷长度。

5.3.4 树枝状缩孔缺陷面积的计算:一个树枝状缩孔是以缺陷的最大长度和与它正交的最大宽度相乘的积为缩孔的缺陷面积,两个及两个以上树枝状缩孔是以各个缩孔面积之和作为缺陷面积。

5.3.5 当评定区内同时存在树枝状缩孔和条状缩孔时,应将条状缩孔当作树枝状缩孔来评定,其长度按条状缩孔之长,而宽度以长的 1/3 计算。

5.3.6 大面积缩松缺陷面积是以缺陷的最大长度和与它正交的最大宽度相乘的积来计算的。

5.3.7 缩孔类缺陷的等级,应根据评定区内长度或面积进行评定。但小于表 12 规定的缩孔类缺陷不计。

5.3.8 条状缩孔根据评定区内缺陷长度的总和按表 13 评定,树枝状缩孔根据评定区内缺陷面积的总和按表 14 评定,大面积缩松根据评定区内缺陷面积的总和按表 14 中括号内数值评定。

表 13 条状缩孔在不同等级中的缺陷最大长度

mm

缺陷等级	透照厚度					
	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
	评定区(直径)					
	50			70		
条状缩孔缺陷的最大长度						
1	12		18	30		50
2	23		36	63		110
3	45		63	110		145
4	缺陷长度超过 3 级者					

表 14 树枝状缩孔在不同等级中的缺陷最大面积

mm

缺陷等级	透照厚度					
	≤10	>10~20	>20~40	>40~80	>80~120	>120~200
	评定区(直径)					
	50			70		
树枝状缩孔缺陷的最大面积 mm ²						
1	250(1000)		600(1600)	800(1600)		1000(1600)
2	450(2000)		900(3000)	1350(3000)		2000(3000)
3	800(3000)		1650(5000)	2700(5000)		3000(5000)
4	缺陷长度超过 3 级者					

5.4 底片上存在的裂纹(热裂纹和冷裂纹)、内冷铁未熔合和泥芯撑未熔合一律定为 4 级。

5.5 缺陷的综合评级

在评定区内,同时存在两类或两类以上缺陷时应首先按缺陷种类分别进行等级评定,然后按下面给定的方法进行综合评级。

5.5.1 在评定区内,同时存在两类或两类以上且等级不同的缺陷时,取其中的最低等级定为综合评定等级。

5.5.2 在评定区内,同时存在两类或两类以上且等级相同的缺陷时,其缺陷点数、长度和面积都超过该级规定的中间值,其综合评定等级应降低一级。

5.5.3 在 1 级要求的底片上,其评定区内若同时出现气孔或夹砂、夹渣性质的缺陷,其单个缺陷的大小

已超过表 9 和表 11 的规定,但其总点数不超过 1 级规定的数值,此时应评为 2 级,若评定区内存在其他种类的 2 级缺陷,其综合评级结果仍应为 2 级。

6 验收要求

6.1 泵铸件不允许有裂纹(热裂纹和冷裂纹),内冷铁或泥芯撑未熔合缺陷存在。

6.2 铸钢件的射线检测验收合格等级应不低于表 15 的规定,对于与管道焊接的泵体,其焊接坡口部位的验收等级,应提高一级或由供需双方协议执行。

表 15

缺陷类型	壁厚 mm	
	<51	≥51
	合格等级	
气孔	2	3
夹砂和夹渣	3	
缩孔和缩松	2(条状),3(树枝状)	

6.3 若供需双方有协议时,铸钢件的射线检测合格级别可按协议执行。

6.4 经射线检测不合格的铸钢件,可根据焊补的有关规定进行补焊,焊补部位应按本标准的要求再次进行检测并按表 6~表 11 进行验收。其中焊补部位的未熔合、未焊透,按铸造缺陷的未熔合处理;焊补部位的气孔、夹渣分别按铸造缺陷的气孔、夹渣处理;焊补裂纹按铸造裂纹处理。

7 射线照相检测记录

射线照相检测时应记录如下内容:

- 铸钢件名称、制造厂家;
- 检测日期、编号;
- 材料、透照厚度及部位;
- 仪器名称、焦点、焦距、管电压、管电流、曝光时间、射线源种类及强度;
- 胶片种类、增感方式和暗室处理条件;
- 射线照相灵敏度和底片黑度;
- 缺陷等级分类结果;
- 定位图及用户要求的项目等;
- 检测和审核人员签名(包括检测日期、审核日期、单位盖章)。

8 射线照相检测报告

8.1 检测结束后,应对检测结果及有关事项进行整理归纳,并写出检测报告。其主要内容可参见附录 C(提示的附录)。

8.2 底片及经有关人员签字的原始记录和检测报告必须妥善保存 7 年以上,以备随时查核。

9 射线照相防护

射线照相的防护应符合 GB 4792 的有关规定。

附录 A
(标准的附录)

确定射线源到铸钢件最小距离(f)的方法

A1 查图法

根据铸钢件被透照厚度从图 A1 查出 f/d 值,再按式(A1)求出 f 值:

$$f = (f/d) d \dots\dots\dots(A1)$$

式中: f ——射线源到铸钢件最小距离,mm;

d ——射线源有效尺寸,mm。

射线源有效尺寸 d 的计算:

- a) 正方形焦点 $d = a$ (a 是正方形边长);
- b) 矩形焦点 $d = (a+b)/2$ (a, b 是矩形边长);
- c) 椭圆形焦点 $d = (a+b)/2$ (a, b 是椭圆形的长、短轴长度);
- d) 圆形焦点 d 是圆形焦点的直径。

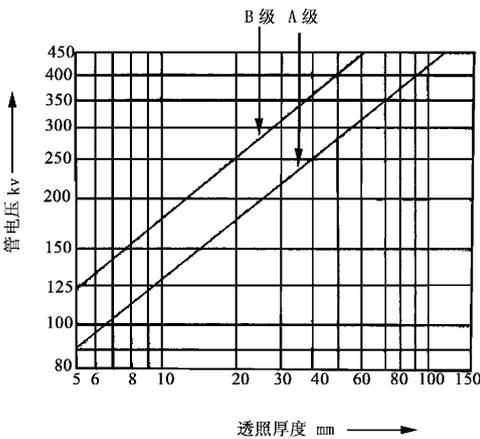


图 A1 透照厚度 t 与最小 f/d 值的关系

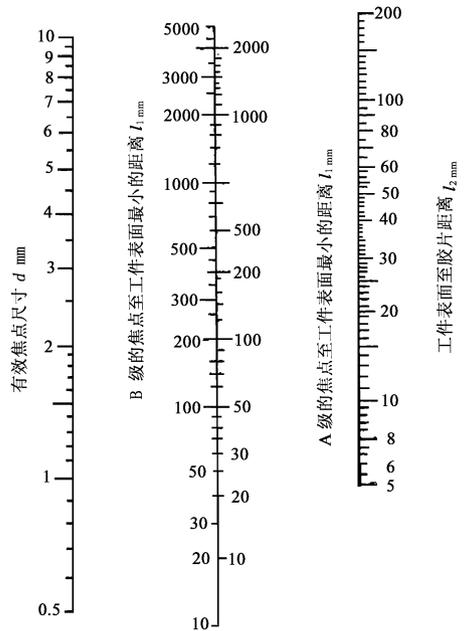


图 A2 射线源到铸钢件最小距离 f 的诺模图

A2 图解法

根据图 A2,按已知焦点有效尺寸 d 和被透照铸钢件厚度 t (分 A 和 B 两级),用图解法求出 f 值。

附 录 B
(标准的附录)
像质计的选择使用

B1 像质计的选择应按表 B1 的规定进行。

表 B1 象质计的选用

mm

透照厚度		线直径	要求达到的 像质计指数
A	B		
≤ 5	≤ 6.3	0.100	16
$> 5 \sim 6.3$	$> 6.3 \sim 8$	0.125	15
$> 6.3 \sim 8$	$> 8 \sim 10$	0.15	15
$> 8 \sim 10$	$> 10 \sim 13$	0.20	13
$> 10 \sim 13$	$> 13 \sim 18$	0.25	12
$> 13 \sim 18$	$> 18 \sim 20$	0.32	11
$> 18 \sim 20$	$> 20 \sim 25$	0.40	10
$> 20 \sim 26$	$> 25 \sim 32$	0.50	9
$> 26 \sim 32$	$> 32 \sim 45$	0.64	8
$> 32 \sim 50$	$> 45 \sim 56$	0.80	7
$> 50 \sim 63$	$> 56 \sim 70$	1.00	6
$> 63 \sim 80$	$> 70 \sim 90$	1.25	5
$> 80 \sim 100$	$> 90 \sim 120$	1.60	4
$> 100 \sim 140$	$> 120 \sim 150$	2.00	3
$> 140 \sim 180$	$> 150 \sim 190$	2.50	2
$> 180 \sim 225$	$> 190 \sim 300$	3.20	1

附 录 C
(提示的附录)
射线检测报告

报告编号:

工件名称			制造厂家			工件编号			
主体材质			公称壁厚	mm	执行标准				
探伤条件	探伤机型号			增感法	透度计类型				
	探伤机规格			管电压	kV	管电流	mA		
	像质计指数			透照方式	曝光时间		min		
	底片类型			焦距	mm	黑度			
	底片尺寸	mm×mm	有效长度	mm	检测日期				
序号	底片编号	缺陷位置	缺陷性质	缺陷尺寸	mm	评定级别	备注		

初评: 年 月 日 复评: 年 月 日 (可加附页)