

# 第四章 GB 5677—1985 铸钢件射线 照相及底片等级分类方法

本标准规定了厚度为 5 ~ 300mm 铸钢件的 X 射线、 $\gamma$  射线照相方法及射线底片等级分类方法。

## 1 射线照相方法

### 1.1 射线照相方法的要求

1.1.1 铸钢件表面必须清理干净,经外观检查合格后才能进行射线照相。

1.1.2 工件表面应采用永久性或半永久性标记作为对每张射线底片重新定位的依据。不适合打印标记时,应采用透视部位详细草图或其他标记方法。

1.1.3 探伤人员必须具备有关射线探伤基本理论和操作技术,应该了解被探工件的铸造工艺和使用条件,并取得有关无损检测人员资格鉴定机关的射线探伤资格证书。

### 1.2 射线照相灵敏度

1.2.1 射线照相灵敏度用下式表示:

$$K = \frac{d}{t} \times 100$$

式中:  $K$ ——以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线直径, mm;

$t$ ——铸钢件被透照处的厚度, mm。

1.2.2 射线照相灵敏度分为 A 级(普通灵敏度级)和 B 级(高灵敏度级)。

A 级射线照相灵敏度  $K_A \leq 2.0\%$ 。

B 级射线照相灵敏度  $K_B \leq 1.5\%$ 。

但透照厚度小于 10mm 时,底片上必须读出直径为 0.2mm 的象质计钢线。

### 1.3 射线源的选择

X 射线管电压的选择按图 1 其他射线源可根据透照厚度和灵敏度级别按表 1 选择。

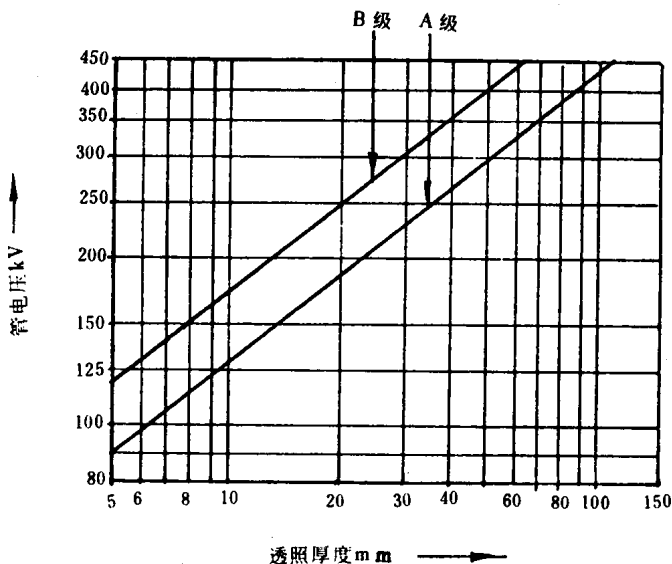


图 1 管电压与透照厚度关系  
 不同透照厚度范围的射线源

表 1

射 线 源	A 级适用厚度范围	B 级适用厚度范围
	mm	mm
$\text{Ir}^{192}$	20 ~ 100	40 ~ 90
$\text{Co}^{60}$	40 ~ 200	60 ~ 150
1 ~ 2 MV X 射线	50 ~ 200	60 ~ 150
> 2MV X 射线	$\geq 50$	$\geq 60$

### 1.4 胶片的选择

在适当曝光时间内应根据铸钢件厚度,照相灵敏度和增感方式选择胶片种类。A 级方法应使用 3 型或者粒度更小的胶片;B 级方法应使用 2 型或 1 型胶片。胶片类型的选择见表 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

胶 片 类 型	粒 度	感 光 速 度
3	中等颗粒的胶片	中等速度
4	较大颗粒的胶片	快速

### 1.5 增感屏的选择

本标准中应使用金属和金属荧光增感屏。金属屏的厚度可按表 3 选择。

表 3 金属屏厚度的选择

厚度 射线源	级别	A 级	B 级
	< 400kV	0.02 ~ 0.25mm 前、后屏为铅增感屏	
$\text{Iy}^{192}$	0.05 ~ 0.25mm 前、后屏为铅增感屏		
$\text{Co}^{60}$	0.1 ~ 0.5mm 前,后屏为铅、钢 或铜增感屏	0.4 ~ 0.7mm 前、后屏为钢或铜 增感屏	
1 ~ 2MV	0.1 ~ 1.0mm 前后屏为铅增感屏		
2 ~ 6MV	1.0 ~ 1.5mm 前后屏为铜或钢增感屏		
6 ~ 12MV	前屏厚度为 1.0 ~ 1.5mm ,后屏厚度小于 1.5mm 增感屏材料可用铜、钢或钨		
> 12MV	1.0 ~ 1.5mm 前屏为钨或钨增感屏 ,后屏不用		

注 :表中钢质增感屏的材料也可用合金钢制造。

100kV 以下射线源 ,可不用前屏。

### 1.6 焦距的确定

确定射线源到工件的最小距离( $f$ ) ,加上工件透照厚度( $t$ )即为所需的焦距。 $f$ 值可按附录 A(补充件)中的任意一种方法确定。

### 1.7 散射线的屏蔽

1.7.1 为了提高射线照相灵敏度可采用如下几种方法屏蔽散射线 :

- a. 在射线源的窗口加铅罩和滤光板 ;
- b. 工件非透照部位用厚铅板屏蔽 ;
- c. 暗盒后边垫壁厚大于 2mm 铅板屏蔽 ;
- d. 透照工作台用 6mm 厚铅板覆盖 ;
- e. 用铅丸、铁豆砂和补偿液屏蔽。

1.7.2 为测定铸件有散射线的影响可在暗室用相纸 D 形箱子。铸件平放箱内底面出现 B 形字图象。

## 1.8 透照的布置

1.8.1 射线源、象质计、铸钢件及胶片的透照位置按图 2 布置。

1.8.2 每张底片上应有象质计图象。如透照厚度变化较大,可在工件厚的部位和薄的部位各放一个象质计。如采用 360°周向曝光法,则可在每个象限的工件上各放置一个象质计。

1.8.3 象质计必须放在铸件的射线源一侧。当不可能时,才可放在铸件的胶片一侧,并用 F 字给予标记。但必须通过对比试验,使实际灵敏度达到 1.2 条的规定。

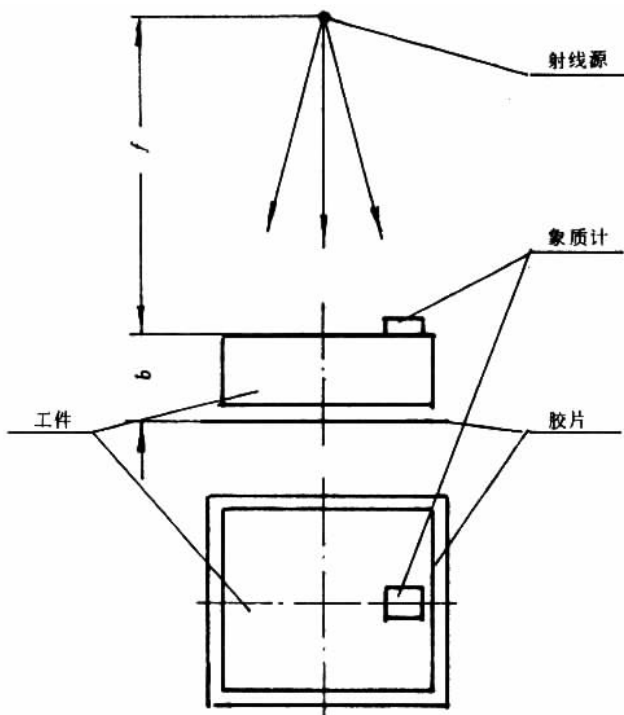


图 2 透照位置布置图

## 1.9 铸钢件透照方向和透照厚度

要求以铸钢件最小厚度的方向为透照方向。如不可能从这个方向透照时,方可采用其他方向透照。

透照厚度是指实际的透照厚度,当厚度实测不可能时,可采用制图方法来决定。

1.10 象质计

应根据铸钢件厚度按 GB 5618—85《线型象质计》选用。

1.11 胶片暗室处理及对底片的要求

1.11.1 胶片应按胶片推荐的配方进行暗室处理。为了保证底片的质量应采用槽式显影法。

1.11.2 底片照相灵敏度必须满足 1.2 条的规定。工件上必须有永久性的或半永久性的铸件部位号和定位标记。底片上的部位号必须和铸件上的部位号一致,铸件上的定位标记处,应放铅质的定位标记,此标记必须在底片上呈像,以便核对缺陷位置。

1.11.3 底片上没有缺陷部位的黑度应满足表 5 的规定,表 5 规定的黑度范围即有效的评片范围。采用双胶片曝光技术和厚度补偿技术时,可扩大底片上黑度有效的评片范围。

表 5 底片的黑度范围

级 别	黑度范围
A 级	1.0~3.5
B 级	1.5~3.5

1.11.4 底片上不允许存在妨碍底片评级的伤痕和斑点等缺陷。

1.12 底片的观察

底片黑度较大时,应选用合适亮度的观片灯观察。观片灯的亮度应可调,并应满足表 6 的规定。观片灯的观察屏面上应设有大小可调的屏蔽窗口,使用时可根据底片观察面积来调整窗口大小。

表 6 观片灯的亮度  $cd/m^2$

底 片 黑 度	观片灯亮度
1.0	300
1.5	1000
2.0	3000
2.5	10000
3.0	10000

底片黑度	观片灯亮度
3.5	30000
4.0	100000

注 底片黑度小于、等于 2.5 时 ,透过底片照明亮度应不小于 30cd/m<sup>2</sup>

底片黑度大于、等于 3 时 ,透过底片照明亮度应不小于 10cd/m<sup>2</sup>。

## 2 射线底片等级分类方法

2.1 本标准是铸钢件质量评级的通用标准之一。使用本标准时可由制造厂和用户双方根据铸钢件使用要求 ,制造可能性和其他条件 ,协商选择本标准的某一级为合格级 ,同一铸钢件的不同部位 ,也可选择不同的合格级 ;同一部位对不同类型的缺陷 ,也可选择不同的合格级。

2.2 底片上铸造缺陷分成气孔 ;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。

2.3 缺陷尺寸的测定是按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 ,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。

### 2.4 气孔和夹砂、夹渣类缺陷的等级分类方法

气孔和夹砂、夹渣类缺陷的等级分类 ,首先应在底片上以缺陷点数最多的区域选定评定视野。评定视野的大小根据透照厚度分别按表 9 和表 11 决定。

2.4.1 单个缺陷的点数 ,应根据缺陷大小 ,按表 7 查出点数。但小于表 8 规定的缺陷可不计算缺陷点数。

2.4.2 两个以上缺陷的点数是评定视野内缺陷点数的总和。

2.4.3 缺陷如在评定视野界线上 ,在计算点数时也应包括缺陷在线外的部分。

2.4.4 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 9 和表 11 评定。但一级所允许的最大气孔和夹砂、夹渣尺寸分别不得超过表 10 和表 12 的规定。

表 7 缺陷尺寸和缺陷点数的换算

缺陷尺寸 ,mm	< 2.0	> 2.0 ~ 4.0	> 4.0 ~ 6.0	> 6.0 ~ 8.0	> 8.0 ~ 10.0
缺陷点数	1	2	3	5	8

缺陷尺寸 $\mu\text{m}$	< 2.0	> 2.0 ~ 4.0	> 4.0 ~ 6.0	> 6.0 ~ 8.0	> 8.0 ~ 10.0
缺陷尺寸 $\mu\text{m}$	> 10.0 ~ 15.0	> 15.0 ~ 20.0	> 20.0 ~ 25.0	> 25.0 ~ 30.0	> 30.0 ~ 60.0
缺陷点数	12	16	20	40	90

表 8

不计点数的缺陷最大尺寸

mm

透照厚度 适用范围	< 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
1 级	0.4	0.7	1.0		1.5		1.5
2 级以下	0.7	1.0	1.5		2.0		2.0

表 9

气孔在不同等级中允许的最大点数值

等 级	透照厚度 mm	< 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
	评定视野 (直径) mm	20	30	50	50	70	70	100
1		3 以下	4	6	8	10	12	14
2		4	6	10	16	19	22	25
3		6	9	15	24	28	32	40
4		9	14	22	32	38	42	60
5		14	21	32	42	49	56	80
6		缺陷点数超过 5 级者 缺陷尺寸超过壁厚 1/2						

表 10

一级所允许的最大气孔尺寸

mm

透照厚度	$\leq 10$	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
气孔最大尺寸	3.0	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0	10.0

表 11

夹砂和夹渣在不同等级中允许的最大点数值

等 级	透照厚度 mm	$\leq 10$	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
	评定视野 (直径) mm	20	30	50	50	70	70	100
1		5 以下	8	12	16	20	24	28
2		7	11	17	22	28	34	42

		透照厚度 mm						
		≤ 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
等 级	评定视野 (直径) mm	20	30	50	50	70	70	100
	3		10	16	23	29	36	44
4		14	23	30	38	46	54	76
5		21	32	40	50	60	70	90
6		缺陷点数超过 5 级者, 缺陷尺寸超过壁厚						

表 12 一级所允许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	> 200 ~ 300
夹砂和夹渣的最大尺寸	6.0	6.0	8.0	10.0	14.0	18.0	20.0

## 2.5 缩孔类缺陷的等级分类方法

2.5.1 缩孔类缺陷的等级分类时,首先在底片上选取缩孔长度、面积的最大部位为评定视野。评定视野的大小应根据透照厚度按表 14 决定。

2.5.2 缩孔类缺陷根据形状可分成条状缩孔、树枝状缩孔和大面积缩松。

2.5.8 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;两个以上条状缩孔是以各个缩孔长度之和为缺陷长度。当缩孔正处在评定视野边界线上时,也应包括缺陷在线外的部分。但长度小于表 13 中规定的缩孔可不计算缺陷长度。

表 13 缩孔类缺陷可不计算缺陷长度和面积的最大值

适用范围		透照厚度 mm						
		≤ 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
1 级	条状, mm	5.0						
	树枝状, mm <sup>2</sup>	10.0						
2 级以下	条状, mm	5.0			10.0			
	树枝状, mm <sup>2</sup>	30			40			

2.5.4 树枝状缩孔缺陷面积的计算:一个树枝状缩孔的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为缩孔的缺陷面积。两个以上树枝状缩孔是以各个面积之和为缺陷面积。当缩孔正处在评定视野边界线上,在计算面积时,也应包括缺陷在线



外的部分。

2.5.5 当评定视野内同时存在树枝状缩孔和条状缩孔时,其缺陷面积计算,也应把条状缩孔当作树枝状缩孔来计算。其长度是条状缩孔之长,其宽度是长度的三分之一。

2.5.6 大面积缩松缺陷面积的计算,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为大面积缩松的缺陷面积。

2.5.7 缩孔类缺陷的等级,应根据缺陷长度或面积的总和,来进行评定。

条状缩孔根据缺陷长度的总和,按表 14 评定。

树枝状缩孔根据缺陷面积的总和,按表 15 评定。

大面积缩松根据缺陷面积的总和,按表 15 中括号内的数值评定。当铸件厚度大于 40mm 时,用射线照相不易发现此类缺陷。

表 14 条状缩孔在不同等级中允许缺陷的最大长度 mm

透照厚度 评定视野 (直径)	≤ 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
	50		70			70	100
等级 1	12 以下		18	30		50	60
2	23		36	63		110	120
3	45		63	110		145	160
4	75		100	160		180	200
5	100		145	230		250	270
6	长度超过 5 级者						

表 15 树枝状缩孔在不同等级中允许缺陷的最大面积 mm<sup>2</sup>

透照厚度 评定视野 (直径)	≤ 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
	50		70			100	
等级 1	250 (1 000)		600 (1 600)	800		1 000	1 600
2	450 (2 000)		900 (3 000)	1 350		2 000	3 600
3	800 (3 000)		1 650 (5 000)	2 700		3 000	5000
4	1 600 (6 000)		2 700 (9 000)	5 400		8 000	9000
5	3 600 (10 000)		6 300 (16 000)	9 000		12 000	14 000

透照厚度 mm	≤ 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 300
	50		70			100	
6	面积超过 5 级者						

2.6 底片上呈现内冷铁完全未熔合和泥芯撑完全未熔合性质的缺陷时应定为六级。

2.7 底片上呈现热裂纹和冷裂纹时应定为六级。

### 2.8 缺陷的综合评级

2.8.1 在评定视野内,同时存在两类以上缺陷时的综合评定方法,应按缺陷种类分别进行等级评定,以最低等级定为综合评定等级。

2.8.2 在评定视野内,同时存在两类以上相同等级缺陷时,其缺陷点数、长度和面积都超过该级规定的中间值时,其综合评定等级应降低一级。但已定六级者综合评定等级仍为六级。

2.8.3 在一级要求的底片上,其评定视野内,出现气孔或夹砂和夹渣性质的缺陷,其单个缺陷大小已超过表 10 或表 12 的规定,但其点数总值又不超过一级规定的数值,在此情况下如在此评定视野内出现其他类似一种定为二级的缺陷,则综合评定的等级仍为二级。

## 3 记录

射线照相时要作如下记录:

- a. 铸钢件名称及制造厂家;
- b. 探伤日期及编号;
- c. 材质及透照厚度;
- d. 探伤仪器名称、焦点、焦距、管电压、管电流及曝光时间。 $\gamma$ 射线源种类和强度;
- e. 胶片的种类、增感方式、显、定影条件;
- f. 探伤灵敏度和底片黑度;
- g. 等级分类的结果。

确定射线源到工件最小距离( $f$ )的方法

(补充件)

## A.1 查图法

根据工件被透照厚度从图 A1 查出  $f/d$  值。

$$f = (f/d) \cdot d$$

式中： $f$ ——射线源到工件最小距离，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  $d = \frac{a+b}{2}$  ( $a$ 、 $b$  是矩形边长)。
- c. 椭圆形焦点  $d = \frac{a+b}{2}$  ( $a$ 、 $b$  是椭圆的长、短轴长)。
- d. 圆形焦点  $d$  是圆形焦点的直径。

## A.2 图解法

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

图例：已知透照厚度  $t = 37\text{mm}$ 。射线源有效尺寸  $d = 3\text{mm}$ 。诺模图  $d$  尺 3 点和  $t$  尺 37 点连线在  $f$  尺上的交点可确定  $f$  值。A 级  $f = 250\text{mm}$ ；B 级  $f = 500\text{mm}$ 。

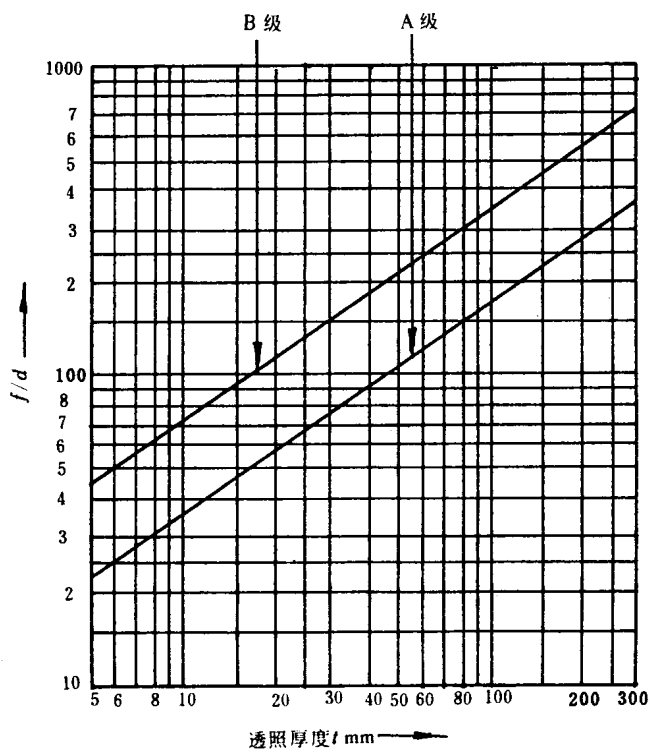


图 A1 透照厚度  $t$  与最小  $f/d$  值的关系

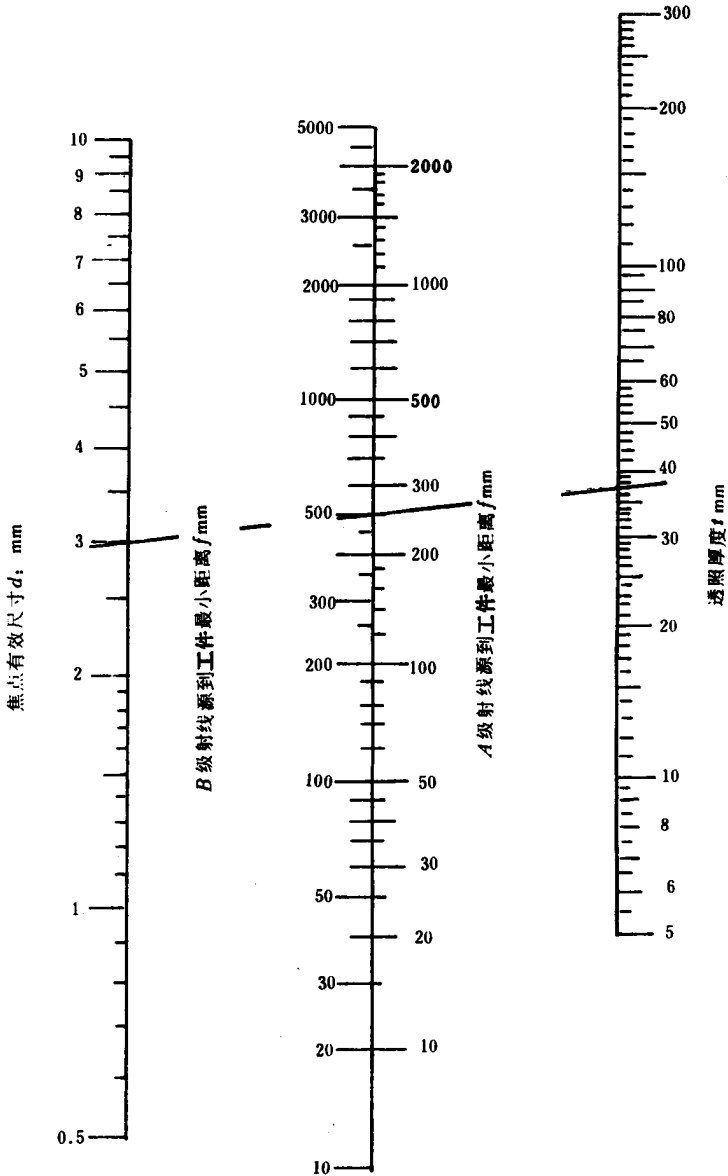


图 A2 射线源到工件最小距离的诺模图

(图例  $d = 3\text{mm}$ ,  $t = 37\text{mm}$  则 B 级时  $f = 500\text{mm}$ )