中华人民共和国航空航天工业部
航空工业标准

HB/Z 88-90

指 导 性 技 术 文 件

不锈钢丝制圆柱螺旋压缩、拉伸弹簧的设计与制造

1990—09—18 发布　　1990—12—01 实施

中华人民共和国航空航天工业部　批准

目 次

1 主题内容与适用范围----------(1)
2 引用标准----------(1)
3 弹簧的设计计算----------(1)
3.1 材料和适用温度----------(1)
3.2 极限应力图及其应用----------(2)
3.2.1 极限应力图----------(2)
3.2.2 极限应力图的应用----------(2)
3.3 许用应力的确定----------(3)
3.3.1 压缩弹簧的许用应力----------(3)
3.3.2 拉伸弹簧的许用应力----------(3)
3.3.3 高温弹簧的许用应力----------(3)
图1 1Cr18Ni9 $N=5\times10^4$ 的极限应力图----------(4)
图2 1Cr18Ni9 $N=10^5$ 的极限应力图----------(5)
图3 1Cr18Ni9 $N=10^6$ 的极限应力图（包括喷丸处理）----------(6)
图4 1Cr18Ni9 $N=10^7$ 的极限应力图----------(7)
图5 Cr12Mo5Ni4Mo3AL $N=10^5$ 的极限应力图----------(8)
图6 Cr12Mo5Ni4Mo3AL $N=10^6$ 的极限应力图（包括喷丸处理）(9)
3.4 压缩弹簧的设计计算----------(10)
3.4.1 结构尺寸----------(10)
3.4.2 术语、符号及计算公式----------(11)
3.4.3 在最大工作载荷下的圈间余隙----------(13)
3.4.4 稳定性计算----------(13)
3.4.5 频率计算----------(14)
3.4.6 螺旋角 $\alpha>9°$ 时变形量的计算----------(15)
3.5 拉伸弹簧的设计计算----------(15)
3.5.1 结构尺寸----------(15)
3.5.2 术语、符号及计算公式----------(17)
3.5.3 常温拉伸弹簧的初应力 τ_0----------(19)

3.6 高温弹簧的有关设计计算----------(19)
4 弹簧的特殊处理----------(21)
4.1 强压处理----------(21)
4.2 立定处理----------(21)
4.3 加温加荷时效处理----------(21)
4.4 喷丸处理----------(21)
5 在设计图样上应填写的主要内容和技术要求----------(22)

附录A 1Cr18Ni9、Cr12Mn5Ni4Mo3Al 弹簧钢丝机械性能及直径公差(参考件)----------(23)
附录B 弹簧喷丸强化工艺(参考件)----------(25)
附录C 强度与硬度换算表 (参考件)----------(27)
附录D 弹簧的设计计算示例(参考件)----------(28)
附录E 弹簧的曲度系数 K(K₁)(参考件)----------(33)
附录F 弹簧的典型工艺 (参考件)----------(36)
附录G 弹簧的典型工作图(参考件)----------(39)

中华人民共和国航空航天工业部航空工业标准

不锈钢丝制圆柱螺旋压缩、拉伸弹簧的设计与制造

HB/Z88-90

代替 HB/Z88-84

1 主题内容与适用范围

本指导性技术文件规定了压缩、拉伸弹簧的设计与制造等技术要求。

本指导性技术文件适用于工作载荷为变载（冲击载荷除外）、材料为1Cr18Ni9、Cr12Mn5Ni4Mo3Al Ⅰ组、$d=0.8\sim6$mm圆截面冷拉不锈钢丝制圆柱螺旋压缩弹簧（包括喷丸弹簧）和拉伸弹簧。

2 引用标准

HB 5298	Cr12Mn5Ni4Mo3Al不锈弹簧钢丝技术条件
HB 5865～5866	不锈钢丝制圆柱螺旋压缩弹簧
HB 5867～5868	不锈钢丝制圆柱螺旋拉伸弹簧
HB 5869	不锈钢丝制圆柱螺旋压缩、拉伸弹簧技术条件
Q/LB 33	1Cr18Ni9不锈弹簧钢丝技术条件

3 弹簧的设计计算

3.1 材料和适用温度

弹簧的材料和适用温度见表1。

航空航天工业部1990-09-18 发布　　1990-12-01 实施

表 1

材料牌号	技术条件	适用温度	备　注
1Cr18Ni9	Q/LB 33-84[1]	t=-60～+250℃	喷丸弹簧可用于
Cr12Mn5Ni4Mo3AL I组	HB 5298-85 （上钢研 19-77）	t=-60～+300℃	t=-60～+200℃

注：1) Q/LB 33-84 为大连钢厂企标，经航空部、冶金部联合鉴定通过。

3.2　极限应力图及其应用

弹簧根据载荷、工作循环次数、循环特征、工作温度等进行设计计算。

3.2.1　极限应力图

极限应力图通常由$[\tau_{Kmax}]$应力线、$[\tau_{Kmin}]$应力线与水平线（屈服极限）组成。为了使$[\tau_{Kmax}]-[\tau_{Kmin}]$极限应力图（或称等寿命图）适用于 d=0.8～6mm 制弹簧查取$[\tau_K]$值，极限应力图用$\frac{[\tau_{Kmax}]}{\sigma_{b\,min}}-\frac{[\tau_{Kmin}]}{\sigma_{b\,min}}$来表示，其存活率为 P=99.9%，置信度为 95%，并已考虑了载荷公差、尺寸公差对应力的影响，使用是安全的。对特别重要的弹簧可降低许用应力或做必要的疲劳试验。

1Cr18Ni9 制弹簧的$\frac{[\tau_{Kmax}]}{\sigma_{b\,min}}-\frac{[\tau_{Kmin}]}{\sigma_{b\,min}}$极限应力图见图 1～图 4。

Cr12Mn5Ni4Mo3Al 制弹簧的$\frac{[\tau_{Kmax}]}{\sigma_{b\,min}}-\frac{[\tau_{Kmin}]}{\sigma_{b\,min}}$极限应力图见图 5、图 6。

3.2.2　极限应力图的应用

极限应力图适用于变载（冲击载荷除外）。

当材料、循环特征 r、工作循环次数 N 确定之后即可查出$\frac{[\tau_{Kmax}]}{\sigma_{b\,min}}$值，将该值乘以$\sigma_{b\,min}$就得出$[\tau_{Kmax}]$，则$[\tau_{Kmin}]=[\tau_{Kmax}]\cdot r$。

喷丸弹簧查对应工作循环次数的喷丸$\frac{[\tau_{Kmax}]}{\sigma_{b\,min}}$应力线。

当工作循环次数 $N\geq10^6$ 选用III级精度时，其许用应力降低 5% 使用。

3.3　许用应力的确定

3.3.1　压缩弹簧的许用应力

压缩弹簧的许用应力按图1～图6查取。

3.3.2　拉伸弹簧的许用应力

拉伸弹簧的许用应力按下式确定：

$$[\tau_{ke}]=0.85[\tau_k] \quad (1)$$

3.3.3　高温弹簧的许用应力

高温弹簧的许用应力按下式确定：

$$[\tau_{kg}]=[\tau_k]\cdot K_\tau \quad (2)$$

$$[\tau_{keg}]=[\tau_{ke}]\cdot K_\tau \quad (3)$$

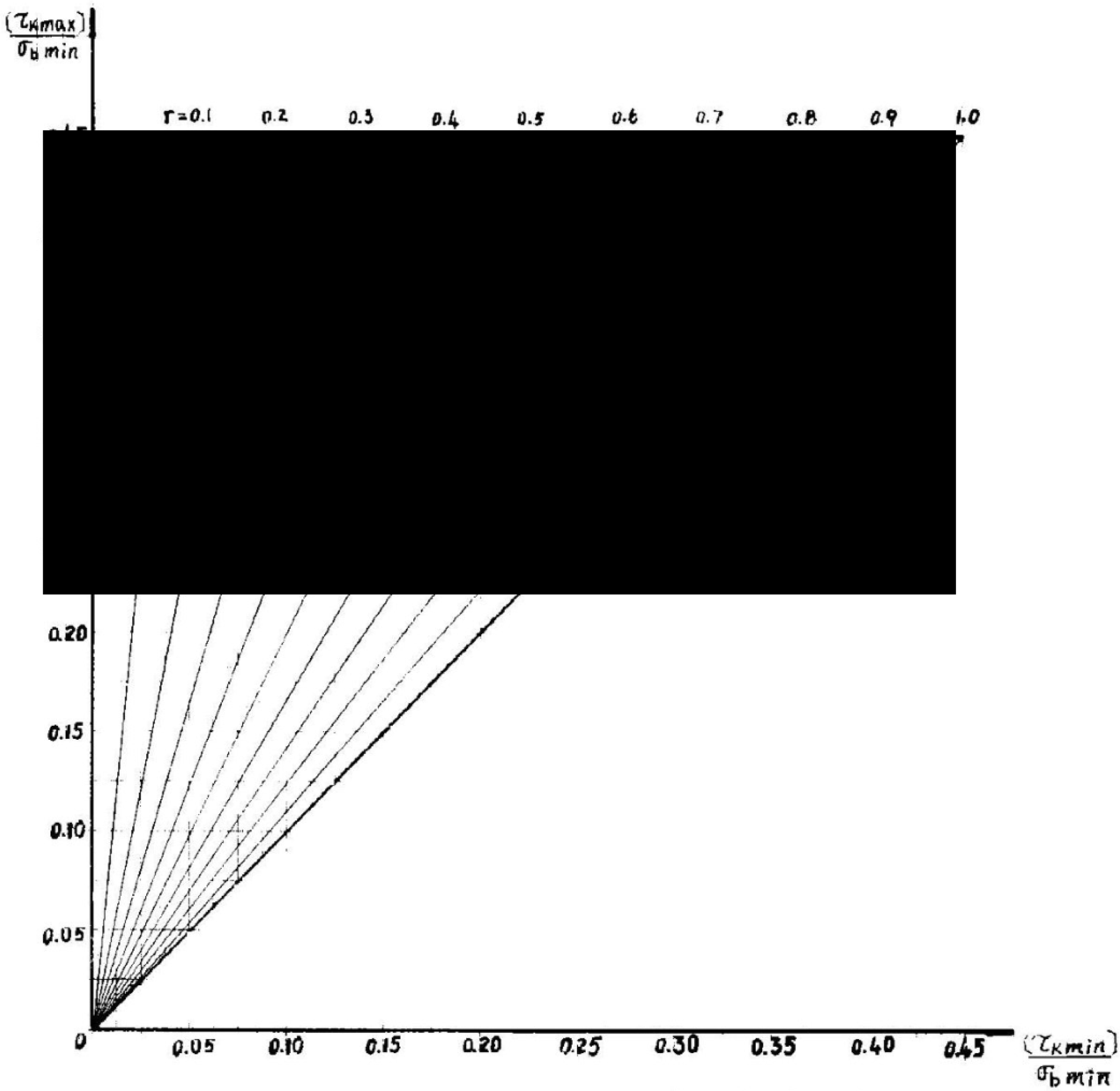


图1　1Cr18Ni9　$N=5\times10^4$　$\frac{(\tau_{Kmax})}{\sigma_b min}-\frac{(\tau_{Kmin})}{\sigma_b min}$ 极限应力图

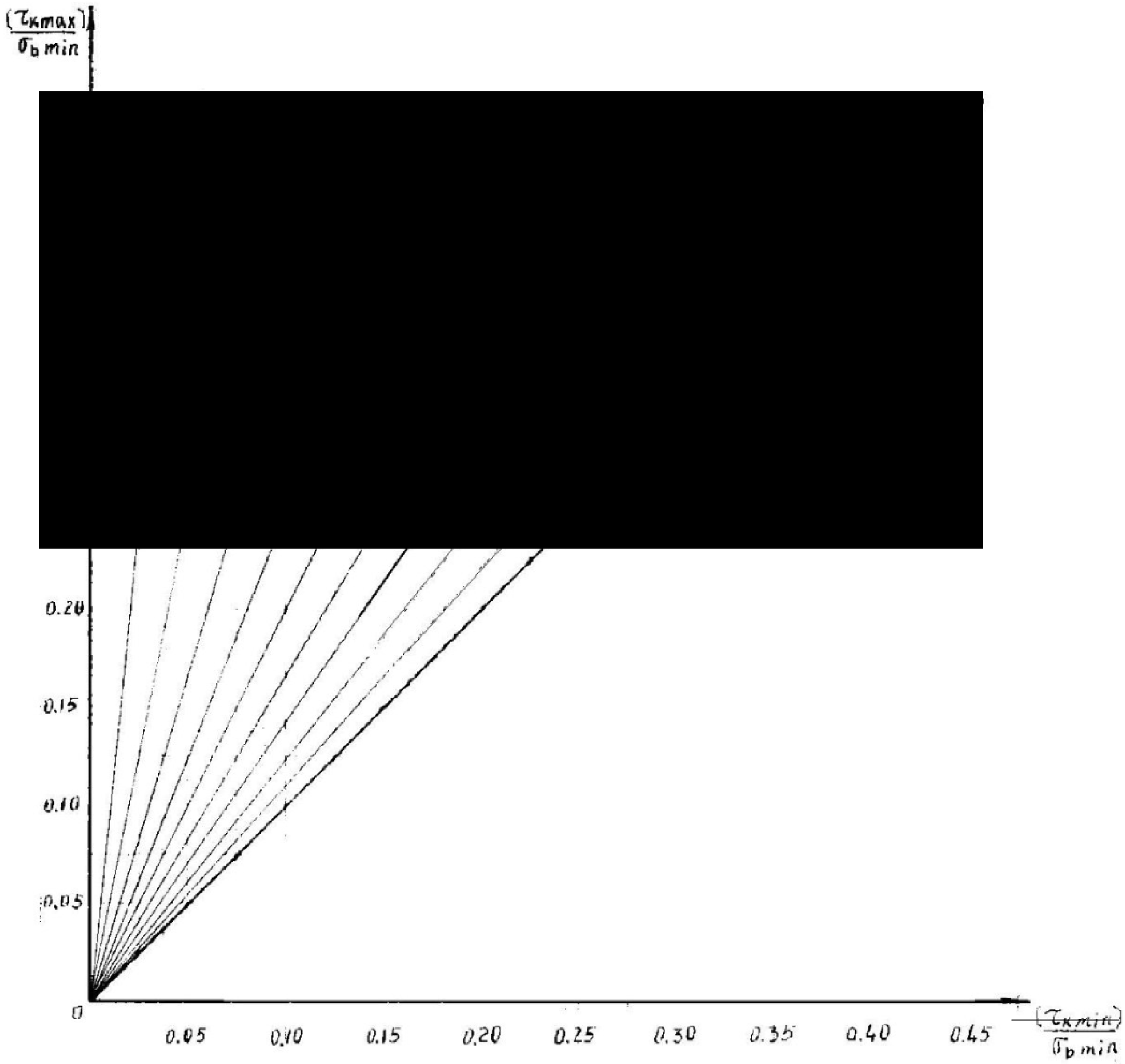


图2　1Cr18Ni9　$N=10^5$　$\frac{(\tau_{kmax})}{\sigma_b min}-\frac{(\tau_{kmin})}{\sigma_b min}$ 极限应力图

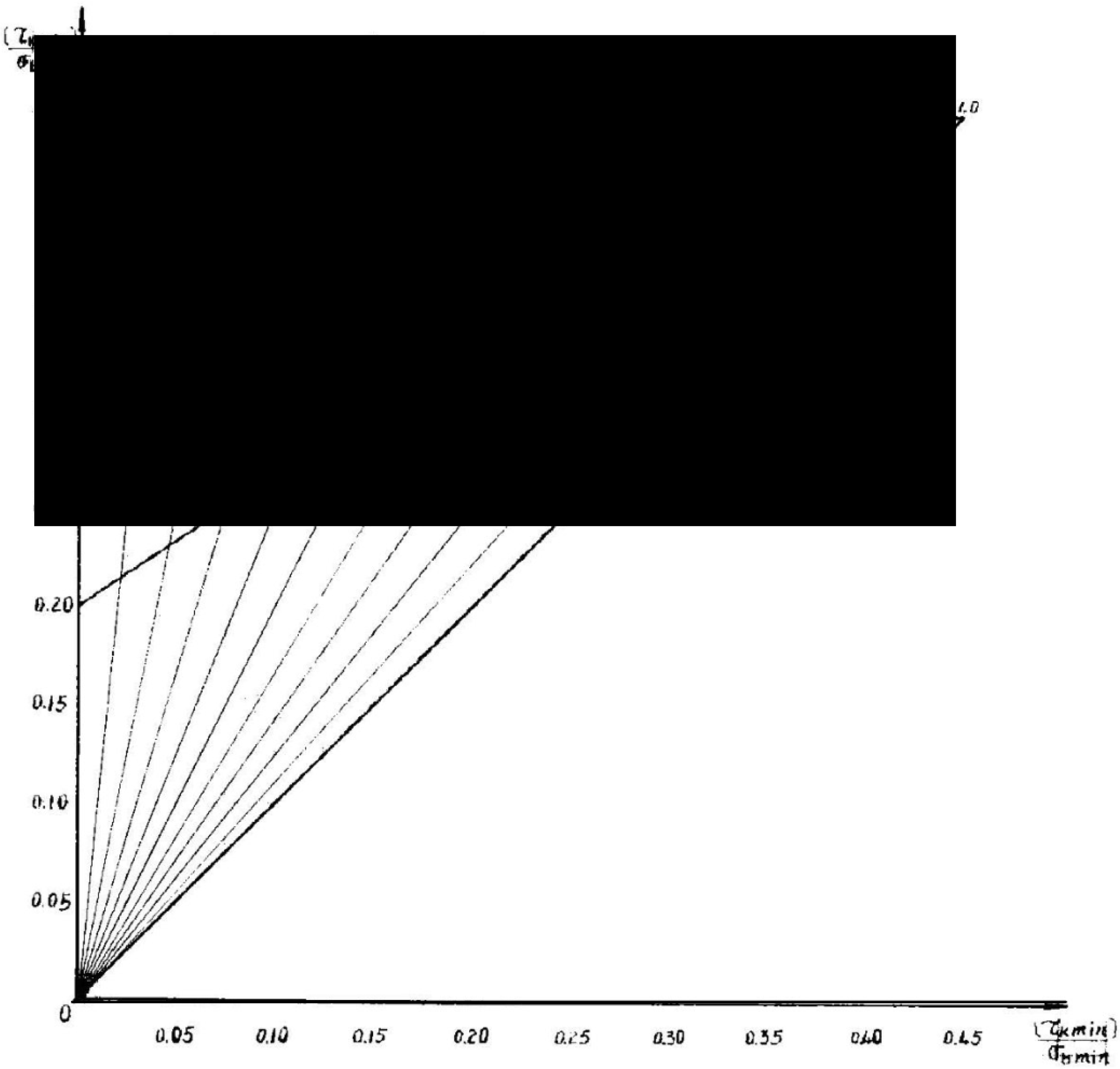


图3　1Cr18Ni9　$N=10^6$　$\frac{(\tau_{K\max})}{\sigma_{b\min}}-\frac{(\tau_{K\min})}{\sigma_{b\min}}$极限应力图

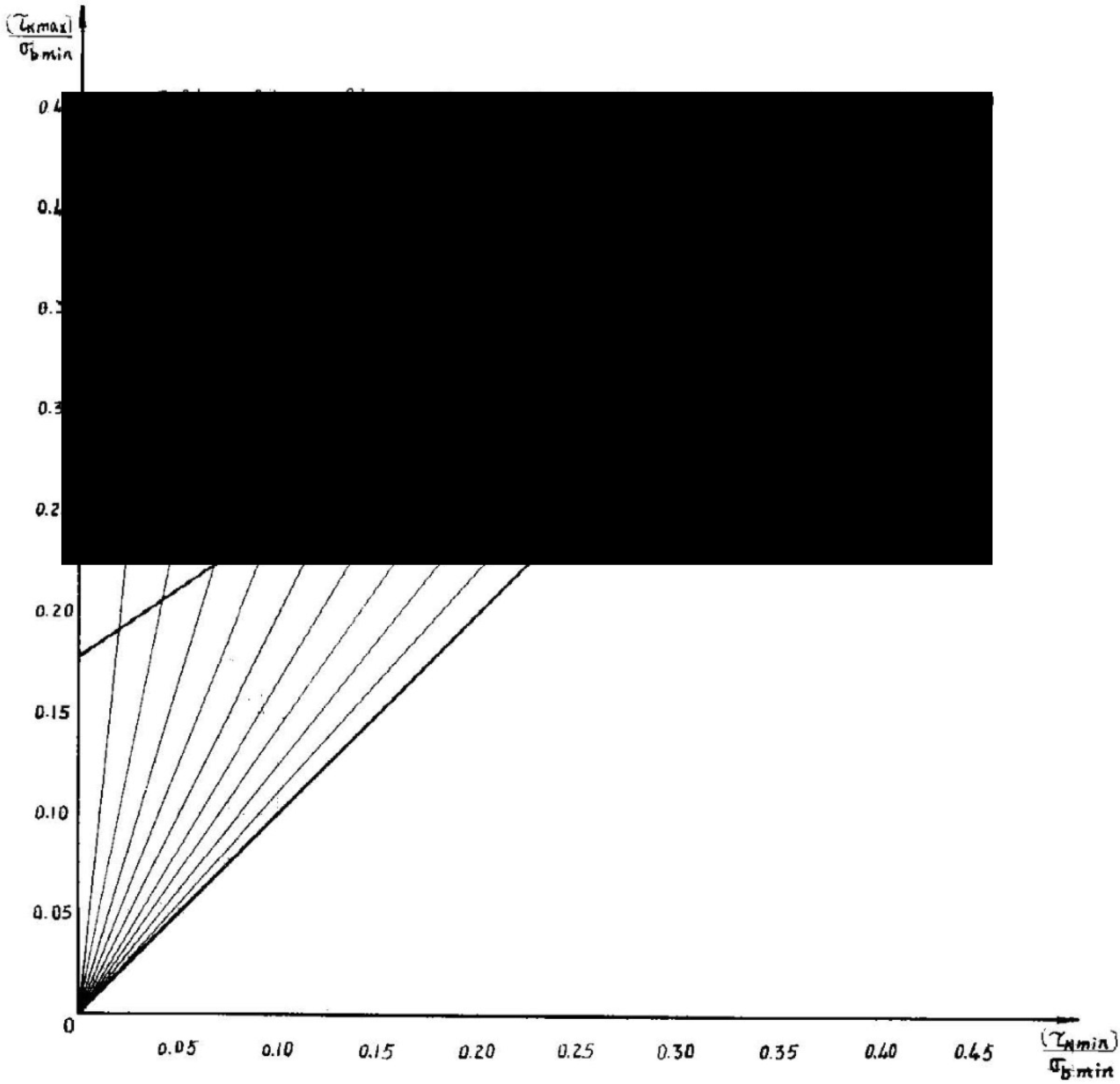


图4　1Cr18Ni9　$N=10^7$　$\frac{(\tau_{K max})}{\sigma_{b min}}$ — $\frac{(\tau_{K min})}{\sigma_{b min}}$ 极限应力图

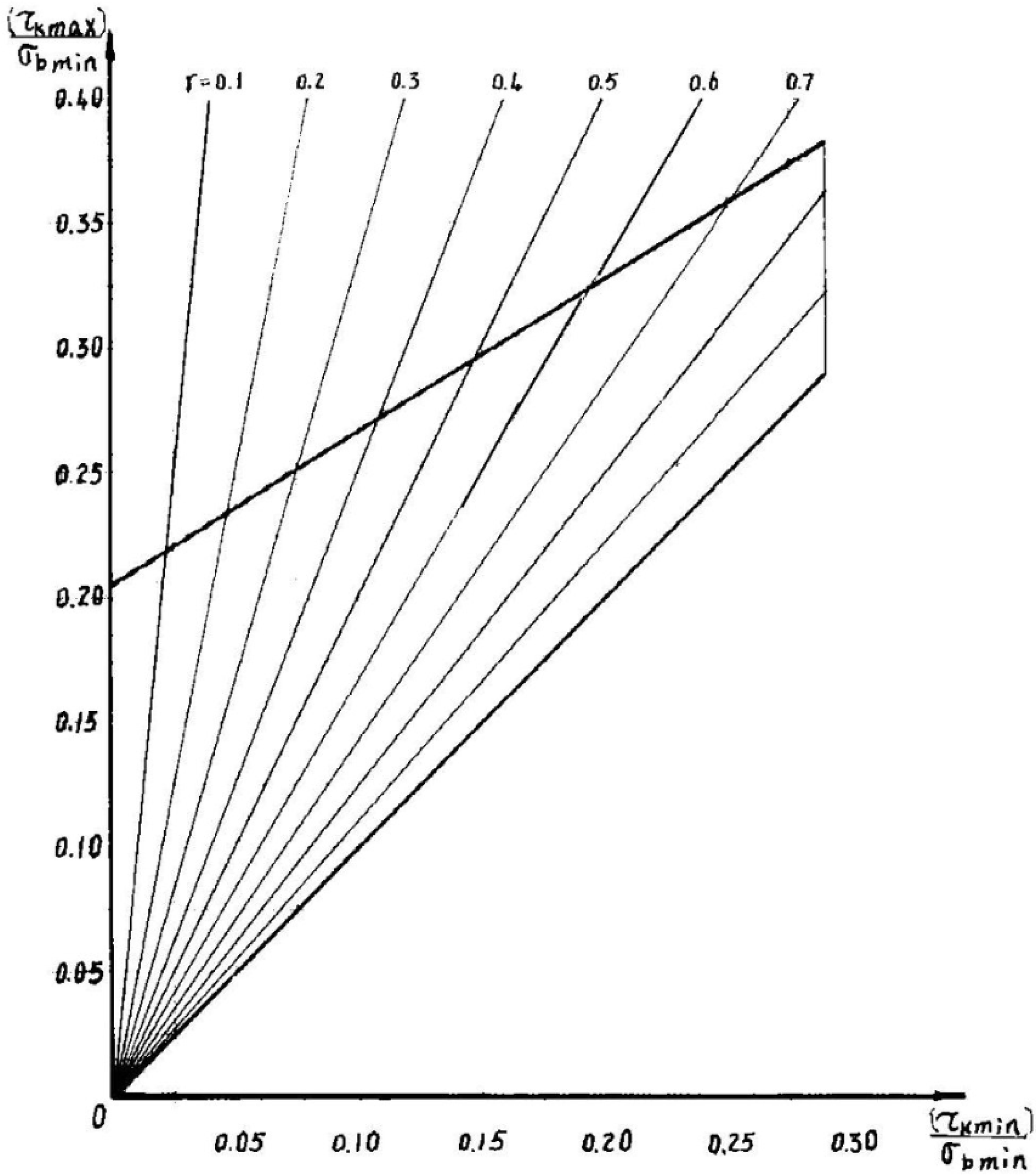


图5 Cr12Mn5Ni4Mo3Al $N=10^5$ $\frac{(\tau_{kmax})}{\sigma_{bmin}}$ — $\frac{(\tau_{kmin})}{\sigma_{bmin}}$ 极限应力图

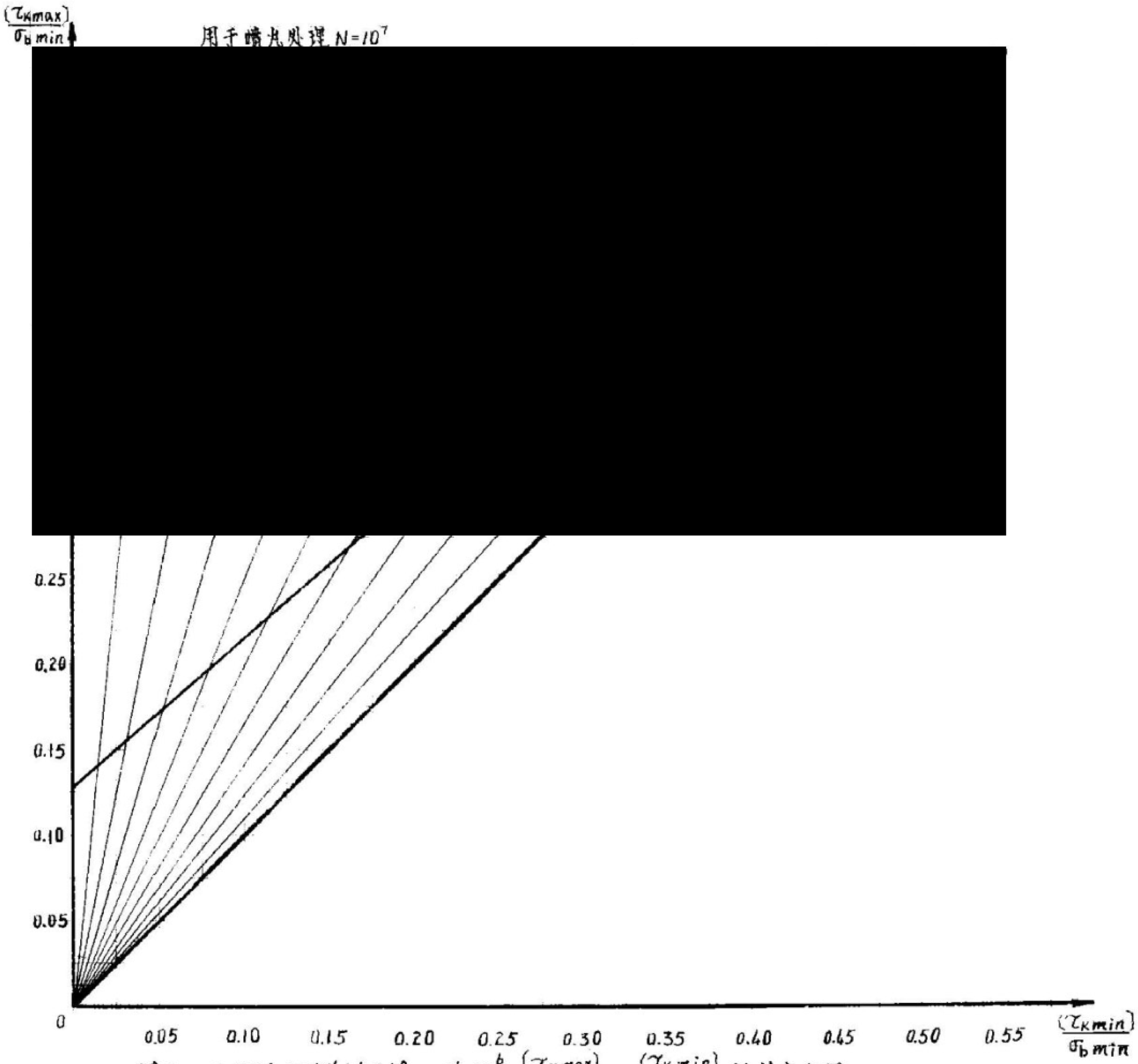


图6 Cr12Mn5Ni4Mo3Al $N=10^6$ $\frac{(\tau_{K max})}{\sigma_{b min}}$ — $\frac{(\tau_{K min})}{\sigma_{b min}}$ 极限应力图

3.4　压缩弹簧的设计计算

3.4.1　结构尺寸

结构尺寸见图7。

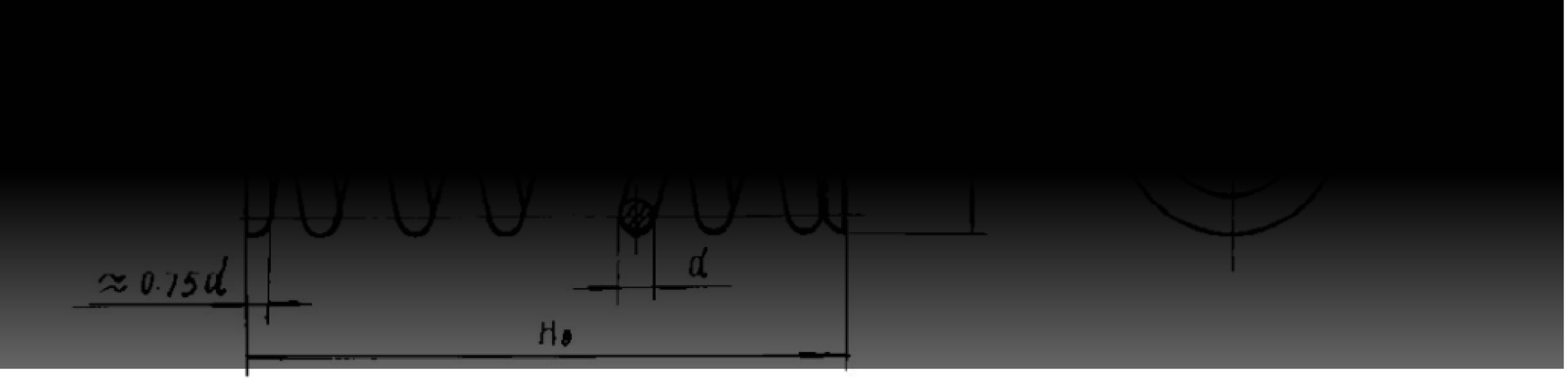


图7　压缩弹簧的结构尺寸

3.4.2　术语、符号及计算公式

术语、符号及计算公式见表2。

表 2

序号	术语名称	符号	计算公式	单位	备注
1	循环特征	r	$r=\frac{P_1}{P_2}=\frac{F_1}{F_2}=\frac{\tau_{K\min}}{\tau_{K\max}}$	—	
2	工作循环次数(寿命)	N		次	
3	钢丝直径	d		mm	
4	弹簧外径	D_w		mm	
5	弹簧中径	D	$D=D_w-d$	mm	
6	弹簧内径	D_n	$D_n=D_w-2d$	mm	
7	最大工作载荷	P_2	$P_2=\frac{\pi d^3}{8DK}[\tau_K]$	N	
8	最小工作载荷	P_1	$P_1=P_2\cdot r$	N	
9	弹簧刚度	P'	$P'=\frac{\Delta P}{\Delta F}=\frac{P_2-P_1}{h}=\frac{P}{F}$	N/mm	
10	弹簧单圈刚度	p'	$p'=P'n=\frac{Gd^4}{8D^3}$	N/mm	
11	理论压并载荷	P_b	$P_b=\frac{\pi d^3}{8D}\tau_b$	N	
12	许用应力	$[\tau_K]$		MPa	由图1～图6查取
13	工作应力	τ_K	$\tau_K=\frac{GdK}{\pi D^2 n}F$	MPa	$\tau_K\leqslant[\tau_K]$
14	理论压并应力	τ_b	$\tau_b=\frac{Gd}{\pi D^2 n}F_b$	MPa	$\tau_b\leqslant\tau_s$
15	钢丝屈服极限	τ_s		MPa	1Cr18Ni9 $\tau_s=0.48\sigma_b$ Cr12Mo5Ni4Mo3Al $\tau_s=0.58\sigma_b$
16	P_1作用下单圈变形量	f_1	$f_1=f_2\cdot r$	mm	
17	P_2作用下单圈变形量	f_2	$f_2=\frac{8D^3}{Gd^4}P_2$	mm	
18	P_1作用下变形量	F_1	$F_1=f_1\cdot n$	mm	
19	P_2作用下变形量	F_2	$F_2=f_2\cdot n$	mm	
20	压并变形量	F_b	$F_b=H_0-H_b$	mm	

续表 2

序号	术语名称	符号	计算公式	单位	备注
21	工作行程	h	$h=F_2-F_1$	mm	
22	最大压并高度	H_{bmax}	$H_{bmax}=n_1 \cdot d$	mm	
23	压并高度	H_b	$H_b=(n_1-0.5)d$	mm	
24	P_1 作用下的高度	H_1	$H_1=H_0-F_1$	mm	
25	P_2 作用下的高度	H_2	$H_2=H_0-F_2$	mm	
26	自由高度	H_0	$H_0=H_{bmax}+\delta_z+F_2$	mm	取0.5的倍数
27	最大工作载荷下的总余隙	δ_z	$\delta_z=\delta \cdot n$	mm	$\delta_z \geqslant 15\% F_2$
28	最大工作载荷下的单圈余隙	δ		mm	$\delta \geqslant \delta_{min}$
29	最大工作载荷下的单圈最小余隙	δ_{min}		mm	
30	有效圈数	n	$n=\frac{P'}{P'}=\frac{Gd^4}{8(P_2-P_1)D^3}h=\frac{Gd^4}{8PD^3}h$	—	圈数最佳值为0.5
31	支承圈数	n_z		—	通常 $d\leqslant 3$ $n_z=2.5$ $d>3$ $n_z=2$
32	总圈数	n_1	$n_1=n+n_z$	—	
33	高径比	b	$b=\frac{H_0}{D}$	—	两端固定 $b\leqslant 5.3$； 一端固定 一端回转 $b\leqslant 3.7$； 两端回转 $b\leqslant 2.6$
34	剪切弹性模量	G		MPa	1Cr18Ni9. G=68600 Cr12Mo5Ni4Mo3Al. G=81400
35	曲度系数	K	$K=\frac{4C-1}{4C-4}+\frac{0.615}{C}$	—	
36	旋绕比	C	$C=\frac{D}{d}$	—	
37	单圈展开长度	l	$l=\frac{\pi D}{\cos\alpha}\approx \pi D$	mm	
38	螺旋角	α	$\alpha=tg^{-1}\frac{H_0-(n_z-0.5)d}{\pi D n}$	(°)	
39	弹簧钢丝材料密度	ρ		g/cm^3	1Cr18Ni9 $\rho=7.85$ Cr12Mo5Ni4Mo3Al $\rho=7.77$
40	单圈质量	q	$q=\frac{\pi d^2}{4}l\rho$	g	
41	质量	Q	$Q=(n_1-0.5)q$	g	

3.4.3　在最大工作载荷下的圈间余隙

为保证在最大工作载荷作用下弹簧特性线的线性关系，圈间应有一定的最小余隙δ_{min}，其值按表3选取。当表中计算值$\delta_{min} < 15\% f_2$时，应取$15\% f_2$，但不得小于0.2mm。

对工作应力较低的弹簧应加大δ，使$\delta > \delta_{min}$。

表3

C	[redacted]								
δ_{min} mm									
C	13	14	15	16	17	18	19	20	22
δ_{min} mm	0.37d	0.41d	0.45d	0.5d	0.55d	0.6d	0.65d	0.7d	0.75d

3.4.4　稳定性计算

当高径比超过规定值时，应进行稳定性计算，并核核临界载荷与最大工作载荷之比值。

$$P_L = C_B \cdot P' \cdot H_0 \quad \text{----------} (4)$$

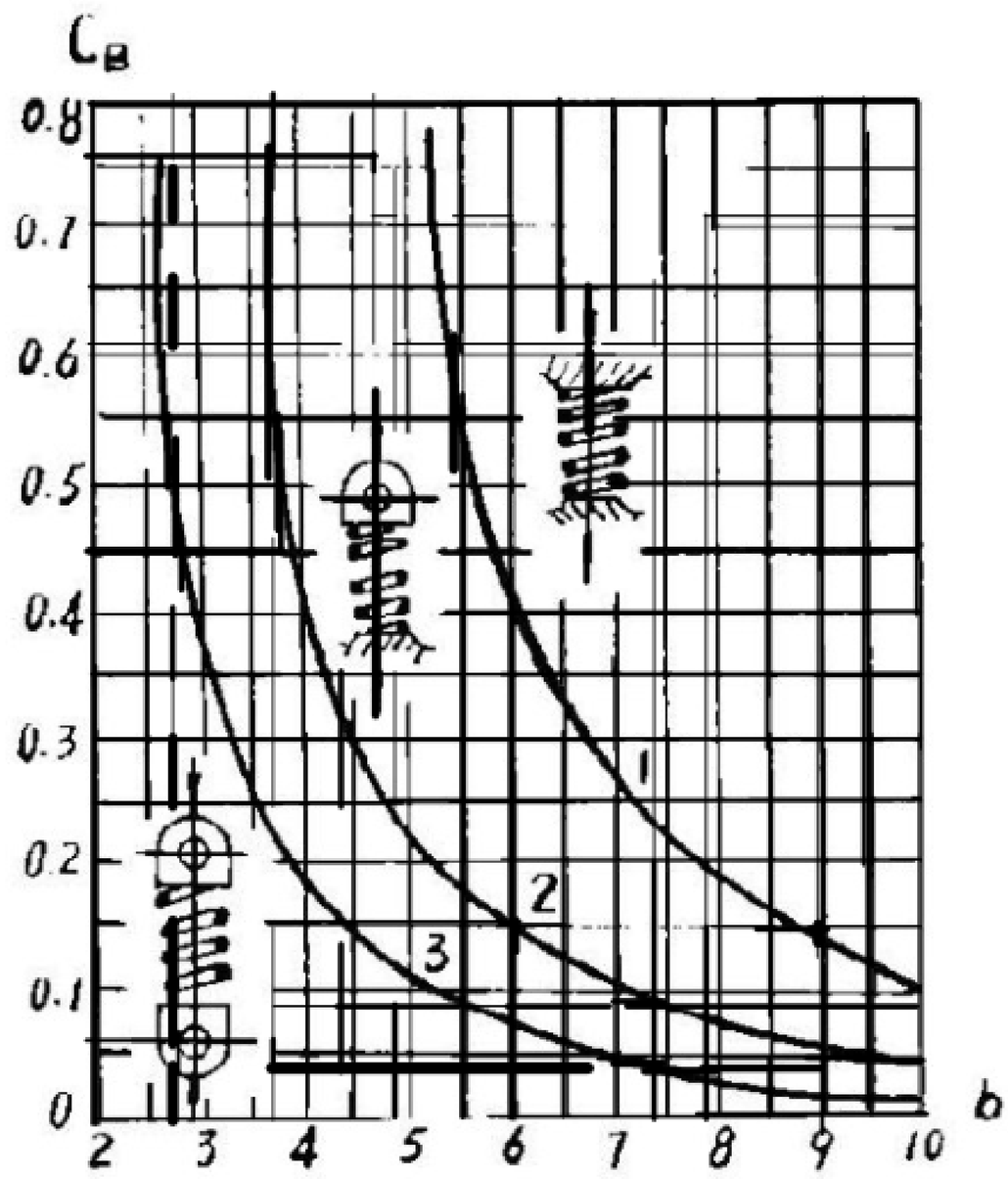
$$F_L = C_B \cdot H_0 \quad \text{----------} (5)$$

$$\frac{P_L}{P_3} = 2 \sim 2.5 \quad \text{----------} (6)$$

式中：P_L——临界载荷　N；

F_L——临界变形量　mm；

C_B——稳定性系数，见图8。



1. 两端固定；2.一端固定，一端回转；3.两端回转。

图8　稳定系数C_B与高径比b关系

3.4.5　频率计算

为了避免弹簧受频率的影响而破坏，应计算固有频率并校核固有频率与工作频率之比值，其计算式见表4。

表4

序号	名　　称	符号	计　算　公　式	单位	备　注
1	弹簧两端固定时的固有频率	n_g	$n_g=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{d}{nD^2}\sqrt{\frac{Gg}{2\rho}}$	1/s	$g=9.8m/s^2$
2	1Cr18Ni9 制弹簧固有频率	n_g	$n_g=3.33\times10^5\frac{d}{nD^2}=1.49\times10^2\frac{\tau_{kh}}{hK}$	1/s	根据序号1公式
3	Cr12Mn5Ni4Mo3AL 制弹簧固有频率	n_g	$n_g=3.66\times10^5\frac{d}{nD^2}=1.39\times10^2\frac{\tau_{kh}}{hK}$	1/s	根据序号1公式
4	变　程　应　力	τ_{kh}	$\tau_{kh}=\tau_{kmax}-\tau_{kmin}$	MPa	
5	工　作　频　率	n_c		1/s	
6	固有频率与工作频率之比值	λ	$\lambda=\frac{n_g}{n_c}>10$	—	

3.4.6　螺旋角α＞9°时变形量的计算

当螺旋角α＞9°如需精确计算变形量时应考虑η的影响。

$$F=\eta\frac{8PD^3n}{Gd^4} \quad \text{----------} (7)$$

或

$$f=\eta\frac{8PD^3}{Gd^4} \quad \text{----------} (8)$$

$$\eta=\cos\alpha+2\frac{G}{E}\cdot\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha} \quad \text{----------} (9)$$

式中：η——螺旋角α＞9°时变形量的修正系数；

E——弹性模量，1Cr18Ni9　E＝176000MPa

Cr12Mn5Ni4Mo3Al　E＝191000MPa

3.5　拉伸弹簧的设计计算

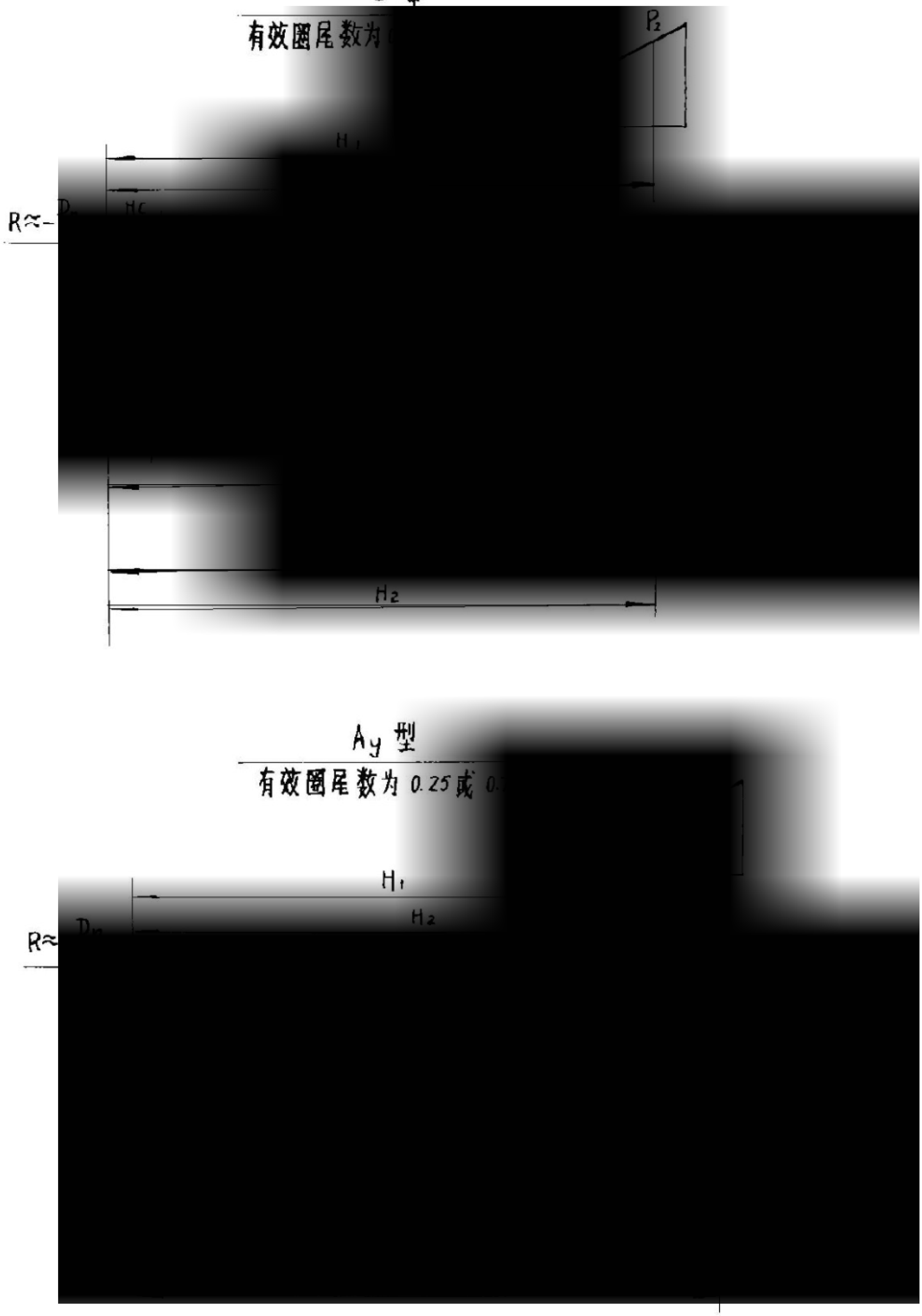
拉伸弹簧的设计计算与压缩弹簧基本相同，但由于初拉力和钩环的影响，使设计计算有所不同。

3.5.1　结构尺寸

结构尺寸见图9。

B 型

有效圈尾数为



Ay 型

有效圈尾数为 0.25 或

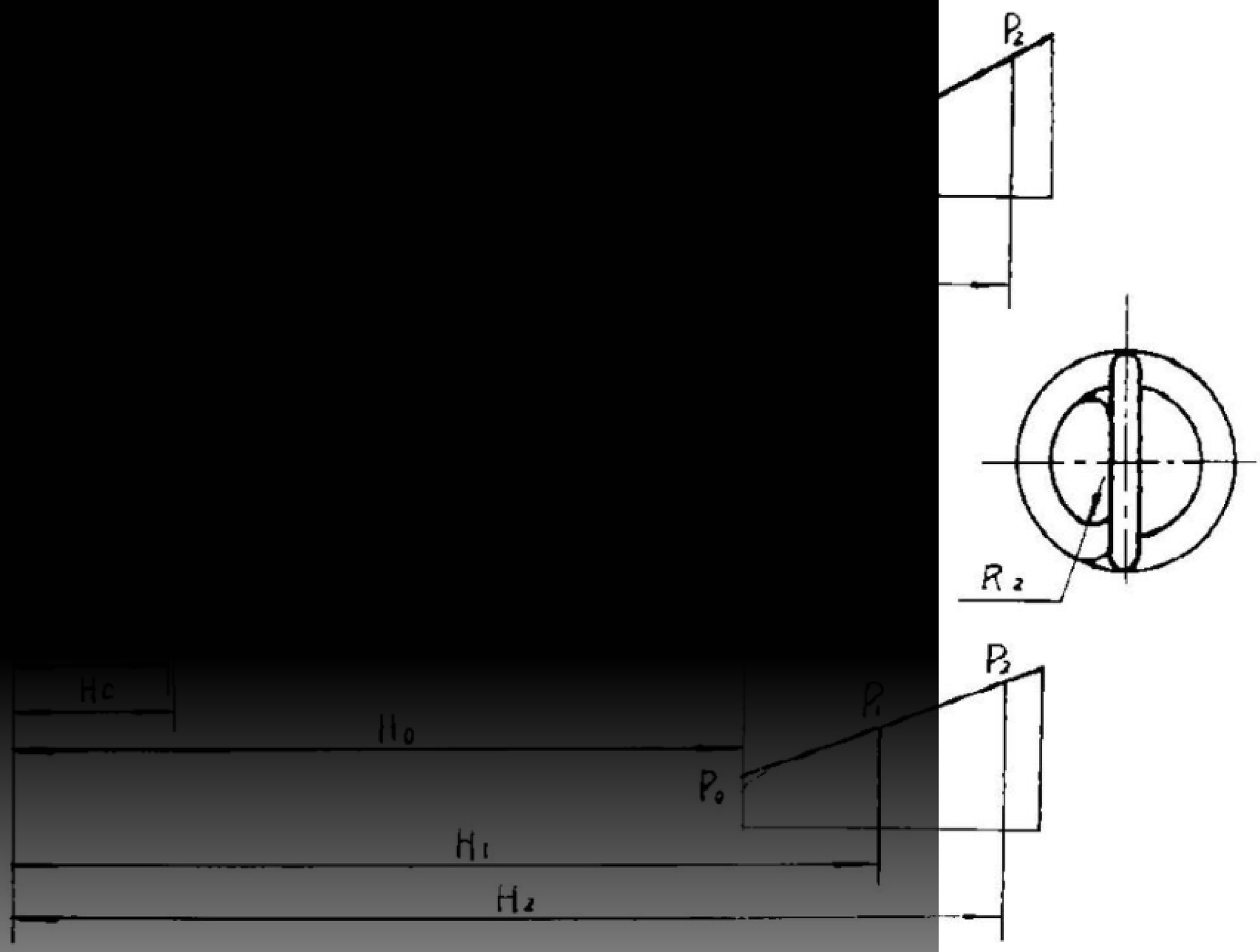


图 9　拉伸弹簧的结构尺寸

3.5.2　术语、符号及计算公式

术语、符号及计算公式见表 5

表 5

序号	术语名称	符号	计算公式	单位	备注
1	循环特征	r	$r=\frac{P_1}{P_2}=\frac{\tau_{KLmin}}{\tau_{KLmax}}$	—	$P_0=0$时 $r=\frac{F_1}{F_2}$
2	最大工作载荷	P_2	$P_2=\frac{\pi d^3}{8DK}[\tau_{KL}]$	N	
3	最小工作载荷	P_1	$P_1=P_2\cdot r$	N	
4	弹簧刚度	P'	$P'=\frac{\Delta P}{\Delta F}=\frac{P_2-P_1}{h}=\frac{P-P_0}{F}$	N/mm	
5	初拉力	P_0	$P_0=\frac{\pi d^3}{8D}\tau_0$	N	

续表 5

序号	术语名称	符号	计算公式	单位	备注
6	极限载荷	P_j	$P_j=\frac{\pi d^3}{8D}\tau_j$	N	
7	拉伸弹簧的许用应力	$[\tau_{KL}]$	$[\tau_{KL}]=0.85[\tau_K]$	MPa	
8	拉伸弹簧的工作应力	τ_{KL}	$\tau_{KL}=\frac{Gdk}{\pi D^2 n}F+\tau_0 K$	MPa	$\tau_{KL}\leq[\tau_{KL}]$
9	初应力	τ_0		MPa	按图10选取
10	极限应力	τ_j	$\tau_j=\frac{Gd}{\pi D^2 n}F_j+\tau_0$	MPa	$\tau_j\leq 0.85\tau_s$
11	P_1 作用下的单圈变形量	f_1	$f_1=\frac{8D^3}{Gd^4}(P_1-P_0)$	mm	$P_0=0$时，$f_1=f_2\cdot\gamma$
12	P_2 作用下的单圈变形量	f_2	$f_2=\frac{8D^3}{Gd^4}(P_2-P_0)$	mm	
13	极限变形量	F_j	$F_j=\frac{8D^3n}{Gd^4}(1.25P_2-P_0)$	mm	
			$F_j=\frac{8D^3n}{Gd^4}(1.1P_2-P_0)$		用于1Cr18Ni9 $\gamma\geq 0.75$时
14	P_1 作用下的高度	H_1	$H_1=H_0+F_1$	mm	精确至 0.1
15	P_2 作用下的高度	H_2	$H_2=H_0+F_2$	mm	精确至 0.1
16	自由高度	H_0	$H_0=d(n+1)+2H_h$	mm	用于半圆钩环
			$H_0=d(n+1.5)+2H_h$		用于圆钩环压中心
17	钩环高度	H_h	$H_h=\frac{D_n}{2}$	mm	用于半圆钩环
			$H_h=D_n$		用于圆钩环压中心
18	钩环测量高度	H_c	$H_c=H_h+\frac{d}{2}$	mm	用于半圆钩环
			$H_c=H_h+\frac{d}{4}$		用于圆钩环压中心
19	半圆钩环处的曲度系数	k_1	$k_1=\frac{4C_1-1}{4C_1-4}+\frac{0.615}{C_1}\leq 1.176k$	—	
20	半圆钩环处的旋绕比	C_1		—	
21	半圆钩环处的转接半径	R_1	$R_1\geq\frac{C_1-1}{2}d$	mm	
22	圆钩环压中心转接处转接半径	R_2	$R_2\geq\frac{D_w-3d}{6}$	mm	

3.5.3　常温拉伸弹簧的初应力 τ_0

常温拉伸弹簧的初应力 τ_0 按图10选取。

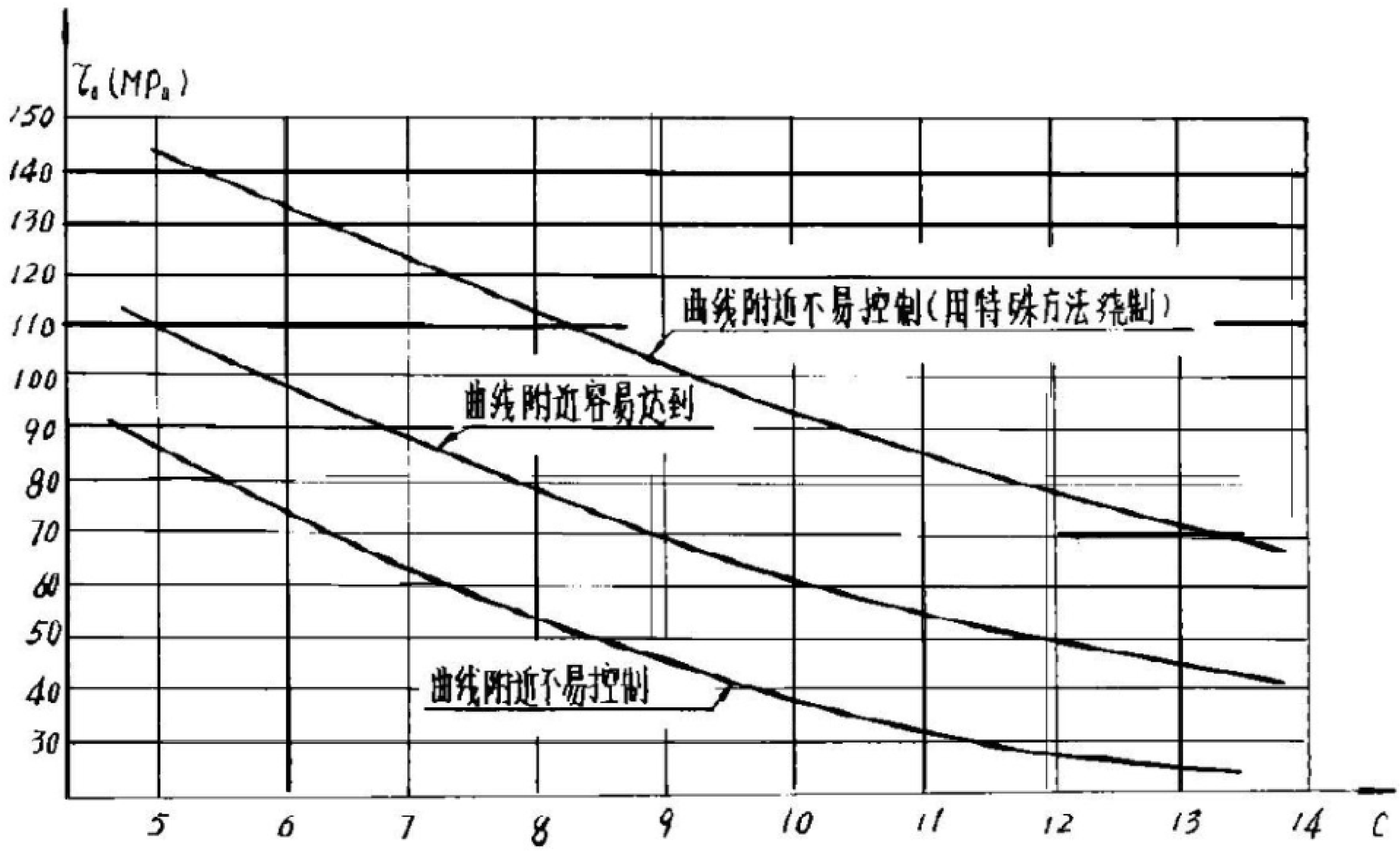


图10　1Cr18Ni9、Cr12Mn5Ni4Mo3Ae 制常温拉伸弹簧初应力 τ_0

3.6　高温弹簧的有关设计计算

3.6.1　弹簧工作温度 $t>+60°C$ 时，其材料的弹性模量、许用应力都会有所降低，因此按表6进行设计计算。

3.6.2　温度对弹性模量的修正系数 K_g、许用应力的修正系数 K_τ 见表7。

表6

序号	术语名称	符号	计算公式	单位	备注
1	高温弹簧的最大工作载荷	P_{2g}	$P_{2g}=\frac{\pi d^3}{8DK}[\tau_{Kg}]$	N	
			$P_{2g}=\frac{\pi d^3}{8DK}(\tau_{Kug})$		用于拉伸弹簧
2	高温弹簧的最小工作载荷	P_{1g}	$P_{1g}=P_{2g}\cdot r$	N	

续表 6

序号	术语名称	符号	计算公式	单位	备注
3	高温弹簧在常温下测定之最大工作载荷	P_{2c}	$P_{2c}=\frac{P_{2g}}{K_g}$	N	
4	高温弹簧在常温下测定之最小工作载荷	P_{1c}	$P_{1c}=\frac{P_{1g}}{K_g}=P_{2c}\cdot r$	N	
5	高温弹簧的刚度	P'_g	$P'_g=\frac{K_g G d^4}{8D^3 n}=P'\cdot K_g$	N/mm	
6	高温弹簧在常温下测定之刚度	P'_c	$P'_c=\frac{P'_g}{K_g}$	N/mm	
7	高温弹簧的单圈刚度	p'_g	$p'_g=P'_g\cdot n$	N/mm	
8	高温压缩弹簧的许用应力	$[\tau_{kg}]$	$[\tau_{kg}]=[\tau_k]\cdot K_\tau$	MPa	
9	高温拉伸弹簧的许用应力	$[\tau_{klg}]$	$[\tau_{klg}]=[\tau_{kl}]\cdot K_\tau$	MPa	
10	高温压缩弹簧的工作应力	τ_{kg}	$\tau_{kg}=\frac{K_g G d K}{\pi D^2 n}F=\frac{8P_g DK}{\pi d^3}$	MPa	$\tau_{kg}\leq[\tau_{kg}]$
11	高温拉伸弹簧的工作应力	τ_{klg}	$\tau_{klg}=\frac{K_g G d K}{\pi D^2 n}F=\frac{8P_g DK}{\pi d^3}$	MPa	$\tau_{klg}\leq[\tau_{klg}]$
12	高温弹簧在 P_{1g} 作用下的变形量	F_1	$F_1=\frac{8D^3 n}{K_g G d^4}P_{1g}$	mm	
13	高温弹簧在 P_{2g} 作用下的变形量	F_2	$F_2=\frac{8D^3 n}{K_g G d^4}P_{2g}$	mm	
14	高温弹簧的弹性模量	G_t	$G_t=G\cdot K_g$	MPa	

表 7

材料	修正系数	工作温度℃	+150	+200	+250	+300
1Cr18Ni9	K_τ	未喷丸	0.92	—	0.88	—
		喷　丸	—	0.80	—	—
Cr12Mn5Ni4Mo3Al		未喷丸	—	0.90	—	0.83
		喷　丸	—	0.80	—	—
1Cr18Ni9	K_g		0.95	0.93	0.90	—
Cr12Mn5Ni4Mo3Al			0.96	0.95	0.93	0.91

4　弹簧的特殊处理

4.1　强压处理

强压处理是将弹簧压至各圈接触并保持一定时间后卸载，使弹簧钢丝表层产生与工作应力相反的残余应力，因而使实际工作应力减少，也就是提高了弹簧的承载能力。弹簧强压时，其保持时间一般为12~48h（或更长时间），具体时间应根据生产经验、重要程度以及工作应力的大小由设计者确定。

强压处理的应力应满足下式要求：

$$\tau_b = \frac{8 P_b D}{\pi d^3} > \tau_s \quad \text{------} \quad (10)$$

4.2　立定处理

弹簧均需立定处理，处理方法按HB5869规定。

4.3　加温加荷时效处理

当工作温度 $t > +60°C$ 时，应进行加温加荷时效处理，处理方法按HB5869规定。

4.4　喷丸处理

压簧采用喷丸处理，可提高变载工作下的许用应力，如果在同样的工作应力下工作，其寿命将大幅度提高，因而通常用于高寿命或应力较高且应力幅较大的变载部位上。

4.4.1　弹簧的喷丸处理要求按HB 5869 规定。

4.4.2　对于重要的工作应力较高的拉伸弹簧钩环转接处最好进行喷丸处理。

4.4.3　喷丸处理的工艺按附录B进行。

5　在设计图样上应填写的主要技术要求

填写的主要技术要求包括以下内容：

a. 图中需标出：几何尺寸、载荷及其偏差。

b. 有效圈数、总圈数或支承圈数。

c. 旋向：左旋需注明，不注明者为右旋。

d. 工作温度大于+60℃需标出实际工作温度。

e. 材料：材料牌号及其技术条件。

f. 特殊处理或试验要求。

g. 技术条件按HB 5869 的规定（需注明精度等级，不注明者为III级）。

附　录　A

1Cr18Ni9、Cr12Mn5Ni4Mo3Al 弹簧钢丝机械性能及直径公差

（参考件）

为便于根据 $\frac{(\tau_{k\,max})}{\sigma_{b\,min}}-\frac{(\tau_{k\,min})}{\sigma_{b\,min}}$ 极限应力图确定 (τ_k)，按 Cr12Mn5Ni4Mo3Al、1Cr18Ni9 技术条件摘录如下。

由于技术条件中所列机械性能为废止的计量单位，在材料技术条件未更改前，暂按此数据（括号内为原计量单位）。

A1　Cr12Mn5Ni4Mo3Al　I组弹簧钢丝的机械性能（摘自 HB 5298-85）

表 A1

钢丝直径 d mm		>0.7~1.0	>1.0~1.5	>1.5~2.0	>2.0~2.5	>2.5~3.0
σ_b	MPa	2010~2260	1960~2210	1910~2160	1860~2110	1810~2060
	(kgf/mm²)	(205~230)	(200~225)	(195~220)	(190~215)	(185~210
钢丝直径 d mm		>3.0~3.5	>3.5~4.0	>4.0~5.0	>5.0~6.0	
σ_b	MPa	1770~2010	1720~1960	1670~1910	1620~1860	
	(kgf/mm²)	(180~205)	(175~200)	(170~195)	(165~190)	

A2　1Cr18Ni9 弹簧钢丝的机械性能（摘自 Q/LB 33-84）

表 A 2

钢丝直径 d mm		>0.7~0.8	>0.8~1.0	>1.0~1.3	>1.3~1.6	>1.6~1.9	>1.9~2.2	>2.2~2.6	>2.6~3.0
σ_b	MPa	1910~2110	1860~2060	1810~2010	1770~1960	1720~1910	1670~1860	1620~1810	1570~1770
	(kgf/mm²)	(195~215)	(190~210)	(185~205)	(180~200)	(175~195)	(170~190)	(165~185)	(160~180)
钢丝直径 d mm		>3.0~3.4	>3.4~3.8	>3.8~4.2	>4.2~4.6	>4.6~5.0	>5.0~5.6	>5.6~6.4	
σ_b	MPa	1520~1720	1470~1670	1420~1620	1370~1570	1320~1520	1270~1470	1230~1420	
	(kgf/mm²)	(155~175)	(150~170)	(145~165)	(140~160)	(135~155)	(130~150)	(125~145)	

A3 Cr12Mn5Ni4Mo3Al 弹簧钢丝直径极限偏差（摘自HB 5298-85）

表A 3

mm

钢丝直径d	≥0.6~0.9	≥1.0~1.2	≥1.3~2.0	≥2.3~4.5	≥5.0~6.0
极限偏差	±0.02	+0.03 -0.02	±0.03	±0.04	±0.05

A4 1Cr18Ni9 弹簧钢丝直径极限偏差（摘自Q/LB 33-84）

表A 4

mm

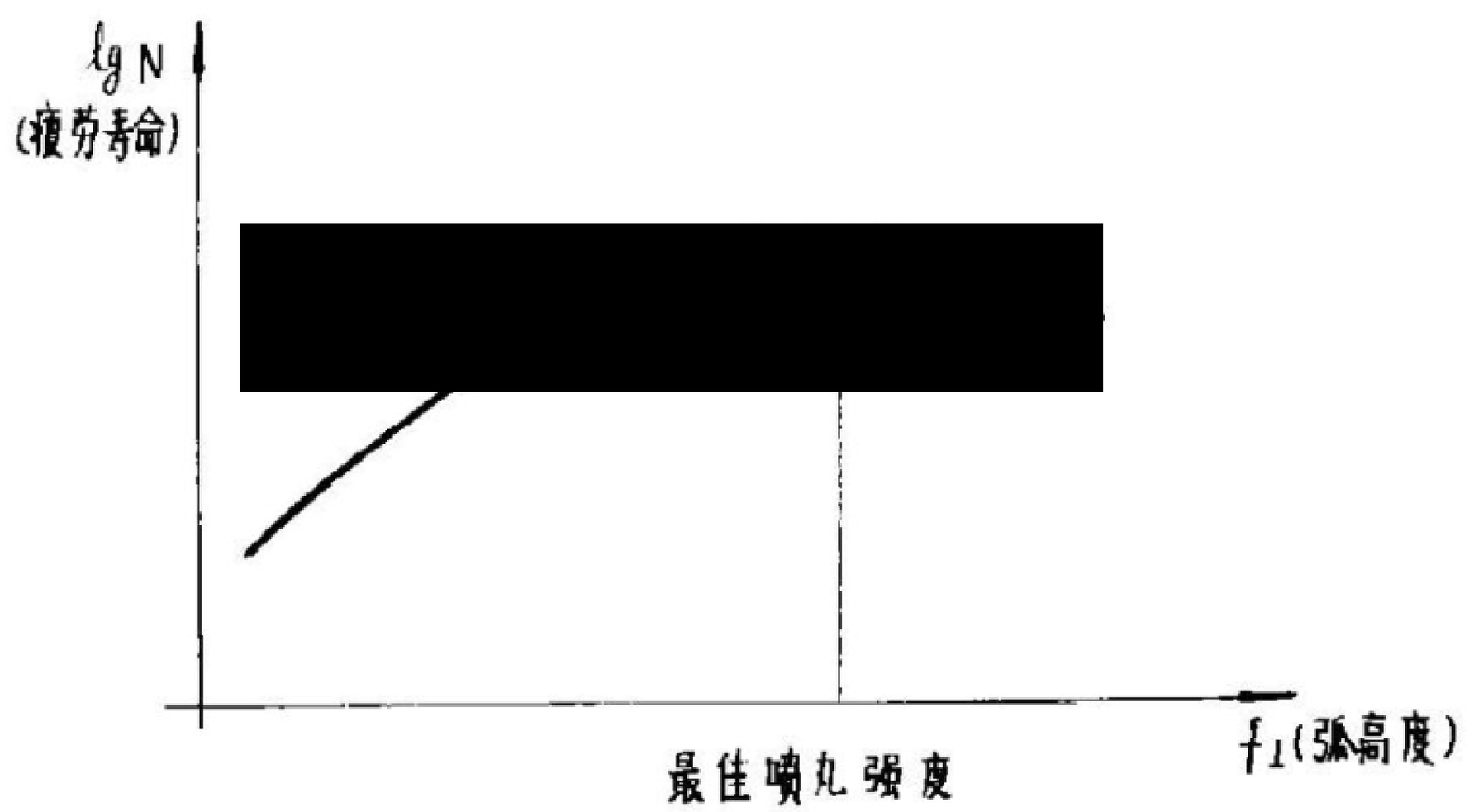
钢丝直径	>0.6~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0
极限偏差	+0.02 -0.01	±0.02	+0.03 -0.02

附　录　B
弹簧喷丸强化工艺
（参考件）

B1　弹簧的喷丸强化工艺应按航空零件喷丸强化工艺说明书HB/Z 26进行。

B2　根据HB/Z 26第二章规定，喷丸强度、覆盖率和喷丸部位应在图纸上注明（对于弹簧仅注明喷丸强度、覆盖率）。为了使喷丸强化达到预期的效果，必须选择适当的喷丸参数。

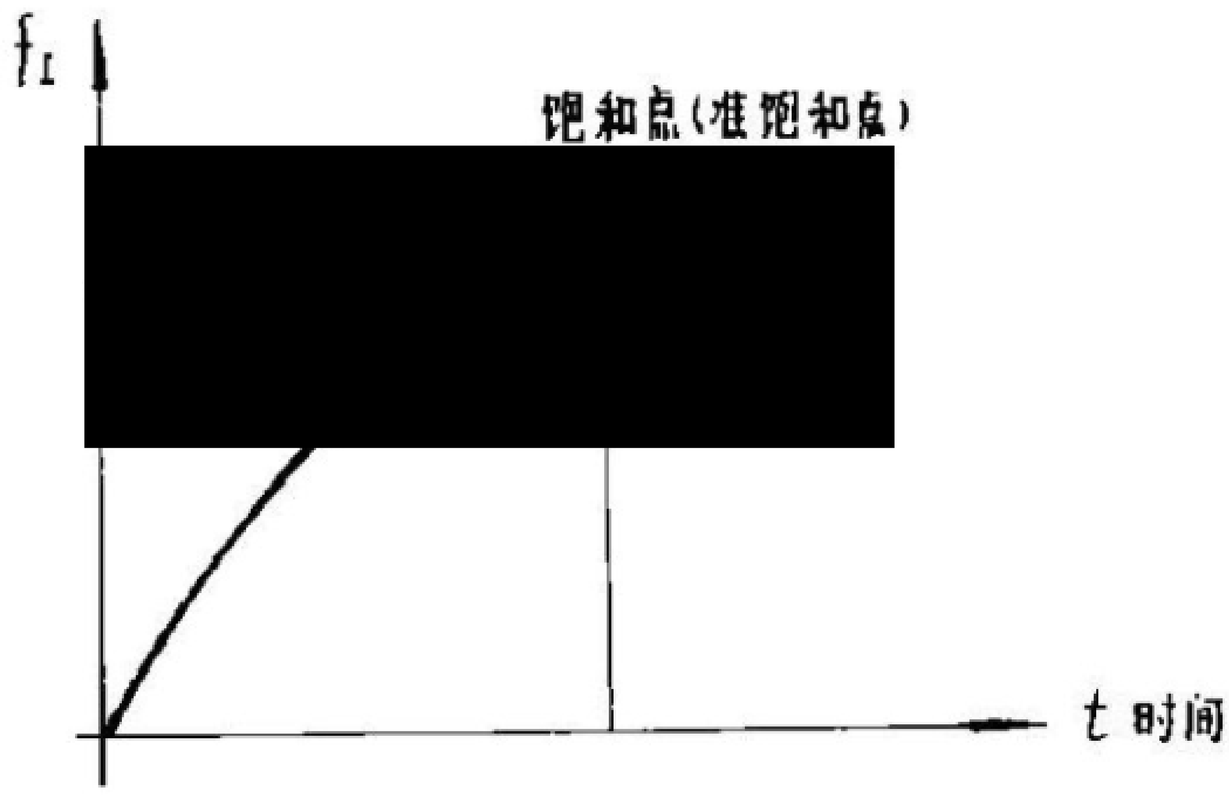
试验用弹簧的喷丸参数是应用数理统计回归分析的方法来确定的，按有关资料说明，选用覆盖率200%，然后用不同的喷丸强度对试验件进行喷丸。试验件所用的f_I（Ⅰ型试片弧高度值）分别等于0.15、0.24、0.33、0.44、0.50、0.60各4～6件。全部试件在相同的应力水平条件下（τ_{kmax}、τ_{kmin}）进行疲劳对比试验，将数据进行处理后便可得到f_I-N的疲劳图（见图B1），通过所得方程直接计算出最佳喷丸强度。



图B1　f_I-N 曲线

从图B1可以看出，开始喷丸强度增高，疲劳寿命也增高，但喷丸强度超过一定界限，寿命反而下降，因此它存在一个最佳值（范围）。

B3 喷丸强度（弧高度）值是喷丸工艺参数（弹丸直径、弹丸速度、流量、喷丸时间、角度等）的函数，在做喷丸强度试验时，只改变喷丸时间，固定其余条件，使喷丸强度随时间的增长而增高，然后逐渐变化缓慢，最后达到饱和（或准饱和），此点即为弧高度值，如图B2。



图B2 弧高度饱和曲线

再改变弹丸直径或速度、流量（气动喷丸机即改变压缩空气的压力）就可得到不同的弧高度值。

B4 为了保证喷丸效果，有条件的工厂，可抽样进行喷丸后的残余应力检验。重点是检查弹簧内壁残余应力的大小。如果图纸上有残余应力的要求，喷丸后应满足图纸上规定的数值。也可以通过疲劳试验，确定最佳喷丸工艺。

B5 其它

B5.1 为了保证压缩弹簧的喷丸效果，弹簧内壁的喷丸应覆盖均匀，因此弹簧的间距（圈间缝隙）必须大于三倍的弹丸直径。

B5.2 对钢丝直径小于1.6mm的压缩弹簧，只要工艺条件许可，喷丸后弹簧尺寸、几何形状符合图纸要求，亦可进行喷丸强化。但此时采用小直径的玻璃丸和选用较小的弧高度为宜，以防止弹簧变形。

附 录 L
强度与硬度换算表
（参考件）

强 度 与 硬 度 换 算 表
（括号内的数值为原计量单位）

钢丝直径 d mm	Cr12Mn5Ni4Mo3AE 技术条件规定 σ_b MPa (kgf/mm²)	推荐的硬度值 HRC	钢丝直径 d mm	1Cr18Ni9 技术条件规定 σ_b MPa (kgf/mm²)	推荐的硬度值 HRC
0.8	2010～2260 (205～230)	53～57	0.8	1910～2110 (195～215)	52～56
1.0	2010～2260 (205～230)	53～57	1.0	1860～2060 (190～210)	52～56
1.2	1960～2210 (200～225)	53～57	1.2	1810～2010 (185～205)	51～55
1.6；2.0	1910～2160 (195～220)	52～56	1.6	1770～1960 (180～200)	50～54
2.5	1860～2110 (190～215)	52～56	2.0	1670～1860 (170～190)	49～53
3.0	1810～2060 (185～210)	51～55	2.5	1620～1810 (165～185)	48～52
3.5	1770～2010 (180～205)	50～54	3.0	1510～1770 (160～180)	47～51
4.0	1720～1960 (175～200)	50～54	3.5	1470～1670 (150～170)	45～49
4.5；5.0	1670～1910 (170～195)	49～53	4.0	1420～1620 (145～165)	44～48
6.0	1620～1860 (165～190)	48～52	4.5	1370～1570 (140～160)	43～47
			5.0	1320～1520 (135～155)	42～46
			6.0	1230～1420 (125～145)	40～44

附　录　D
弹簧的设计计算示例
（参考件）

D1　许用应力 $[\tau_k]$、$[\tau_{kl}]$、$[\tau_{kg}]$的确定

D1.1　常温下工作的弹簧，其 $[\tau_k]$ 的确定

例 1　已知材料为 1Cr18Ni9 的压缩弹簧，循环特征 $r=0.2$，$d=3.0mm$，$N=10^6$ 时，求 $[\tau_{kmax}]$、$[\tau_{kmin}]$ 值。

由图 3 查得 $r=0.2$ 时的 $\left[\frac{\tau_{kmax}}{\sigma_{bmin}}\right]=0.233$

$\therefore [\tau_{kmax}]=0.233\times\sigma_{bmin}=0.233\times1510=366MPa$

$[\tau_{kmin}]=[\tau_{kmax}\cdot r]=73.2MPa$。

例 2　已知材料为 1Cr18Ni9 的拉伸弹簧，循环特征 $r=0.2$，$d=3.0mm$，$N=10^6$，求 $[\tau_{klmax}]$、$[\tau_{klmin}]$。

由例 1 知 $[\tau_{kmax}]$、$[\tau_{kmin}]$

$\therefore [\tau_{klmax}]=0.85[\tau_{kmax}]=311MPa$；

$[\tau_{klmin}]=[\tau_{klmax}]\cdot r=62.2MPa$。

例 3　已知材料为 Cr12Mn5Ni4Mo3AC 的压缩弹簧，喷丸处理，循环特征 $r=0.2$，$d=3mm$，$N=10^7$，求 $[\tau_{kmax}]$、$[\tau_{kmin}]$。

由图 6 查得 $r=0.2$ 时的 $\left[\frac{\tau_{kmax}}{\sigma_{bmin}}\right]=0.38$

$\therefore [\tau_{kmax}]=0.38\times\sigma_{bmin}=0.38\times1810=688MPa$；

$[\tau_{kmin}]=[\tau_{kmax}]\cdot r=138MPa$。

D1.2　高温下工作的弹簧，其 $[\tau_{kg}]$ 的确定

例 1　已知材料为 Cr12Mn5Ni4Mo3AC 的压缩弹簧，其工作温度 $t=+300°C$，循环特征 $r=0.5$，$d=3.0mm$，$N=10^6$，求 $[\tau_{kgmax}]$、$[\tau_{kgmin}]$。

由图 6 查得 $r=0.5$ 时的 $\left[\frac{\tau_{kmax}}{\sigma_{bmin}}\right]=0.225$；

$$\begin{aligned}\therefore [\tau_{kgmax}]=[\tau_{kmax}]\cdot k_\tau&=0.225\sigma_{bmin}\times0.83\\&=0.225\times1810\times0.83\\&=338MPa;\end{aligned}$$

$[\tau_{kgmax}]=[\tau_{kgmax}]\cdot r=169MPa$。

例2　已知材料为1Cr18Ni9的拉伸弹簧，其工作温度 $t=+250°C$、循环特征 $r=0.5$，$d=1.6mm$，$N=10^5$，求 $[\tau_{Klg\,max}]$、$[\tau_{Klg\,min}]$。

由图2查得 $r=0.5$ 时的 $[\frac{\tau_{k\,max}}{\sigma_{b\,min}}]=0.383$

$\therefore [\tau_{Kl\,max}]=0.85\times0.383\sigma_{b\,min}=0.85\times0.383\times1770=576MPa$；

$[\tau_{Klg\,max}]=[\tau_{Kl\,max}]\cdot K_\tau=576\times0.88=507MPa$；

$[\tau_{Klg\,min}]=[\tau_{Klg\,max}]\cdot r=254MPa$

D 2　弹簧的设计计算示例

例1　设计一个材料为1Cr18Ni9，$t\leqslant+60°C$，$P_2=470N$，$P_1=188N$，$N=10^6$，$h=10mm$，$D_w\leqslant35mm$，载荷精度为II级、两端固定的压缩弹簧。

确定循环特征：$r=\frac{P_1}{P_2}=\frac{188}{470}=0.4$

根据已知条件由图3得：$[\frac{\tau_{k\,max}}{\sigma_{b\,min}}]=0.273$

计算弹簧刚度：$P'=\frac{P_2-P_1}{h}=\frac{470-188}{10}=28.2\,N/mm$

弹簧的尺寸参数计算：将假设 d 代入公式 $d=\sqrt[3]{\frac{8P_2DK}{\pi[\tau_{k\,max}]}}$ 使等式近似成立，再变动 D_w，计算有关尺寸后列表进行优选。

定 $D_w=35mm$，　设 $d=4.5mm$ 时：

$$d=\sqrt[3]{\frac{8P_2DK}{\pi[\tau_{k\,max}]}}=\sqrt[3]{\frac{8\times470\times30.5\times1.22}{\pi\times374}}=4.42\,mm\quad 取\ d=5mm$$

此值与假设的 d 值差距远，因而再设 $d=5mm$ 时：

$$d=\sqrt[3]{\frac{8\times470\times30\times1.253}{\pi\times361}}\doteq5.0\,mm$$

此值与假设的 d 值近似，因而定 $d=5mm$，再变动 $D_w=35、33、32$ 分别进行有关参数计算后列出下表：

表D1

方案 No	D mm	P' N/mm	d mm	p' N/mm	n	$[\tau_{Kmax}]$ MPa	K	F_2 mm	F_1 mm	δ_z mm	H_0 mm	τ_{Kmax} MPa	Q g
1	30	28.2	5	198	7.0	360	1.253	16.6	6.6	4.9	66.5	360	123
2	28	28.2	5	244	8.1	360	1.213	16.1	6.7	6.1	76.3	340	138
3	27	28.2	5	272	9.6	360	1.284	16.6	6.6	6.7	81.3	333	145

从表中可以看出No1重量较轻，确定选择No1并计算有关尺寸：

$H_{bmax}=n,d=45mm$

$H_2=H_0-F_2=49.9mm$

$H_1=H_0-F_1=59.9mm$

$\frac{H_0}{D}=\frac{66.5}{30}=2.2$（符合稳定性要求）

例2 当工作寿命一定时，将下列要求的压缩弹簧进行喷丸与不喷丸的设计计算比较。

材料为 Cr12Mn5Ni4Mo3Al，$t\leq+60°C$，$P_2=210N$，$P_1=105N$，$D_w\leq18mm$ $N=10^6$，$h=5mm$。

确定循环特征：$r=\frac{P_1}{P_2}=\frac{105}{210}=0.5$

根据已知条件由图6得：

不喷丸时：$[\frac{\tau_{Kmax}}{\sigma_{b\,min}}]=0.225$

喷丸时：$[\frac{\tau_{Kmax}}{\sigma_{b\,min}}]=0.55$ （$N=10^7$时：$[\frac{\tau_{Kmax}}{\sigma_{b\,min}}]=0.55$）

确定弹簧刚度：$P'=\frac{P_2-P_1}{h}=\frac{210-105}{5}=21\ N/mm$

参照例1的方法确定弹簧的有关尺寸：

表 D2

方案 №	P' N/mm	D mm	d mm	P' N/mm	n	H_{bmax} mm	$[\tau_{kmax}]$ MPa	K	F_2 mm	F_1 mm	δ_j mm	H_0 mm	τ_{kmax} MPa	Q g
未喷丸	21	15	3	244	11.6	42.3	407	1.311	10.0	5.0	4.2	56.5	390	34.9
喷丸	21	12	2	94.2	4.5	14	1050	1.253	10.0	5.0	1.3	25.3	1000	5.9

由此可看出在同寿命下，喷丸弹簧可大幅度提高许用应力并减轻结构重量。

为了使弹簧正常工作，应求出 $\lambda=\frac{n_g}{n_c}>10$ 时的工作频率 n_c：

未喷丸弹簧：

$$n_g=3.66\times10^5\frac{d}{nD^2}=3.66\times10^5\times\frac{3}{11.6\times15^2}=421\ 1/s$$

$$\therefore\ n_c<\frac{n_g}{10}=42\ 1/s$$

喷丸的弹簧：

$$n_g=3.66\times10^5\times\frac{2}{4.5\times12^2}=1130\ 1/s$$

$$\therefore\ n_c<\frac{n_g}{10}=113\ 1/s$$

例3　高温弹簧的设计计算示例

设计一个材料为 Cr12Mn5Ni4Mo3Al 的压缩弹簧，其 $t=+200\,^\circ C$、$P_{2g}=160N$、$P_{1g}=80N$、$D_w=22mm$、$N=10^6$、$h=5.2mm$、$d=3.0mm$，两端回转。

确定循环特征：　$r=\frac{P_{1g}}{P_{2g}}=\frac{80}{160}=0.5$

根据已知条件由图6得：

$$\left(\frac{\tau_{kmax}}{\sigma_{b\,min}}\right)=0.225\qquad 则\ [\tau_{kmax}]=407MPa$$

确定弹簧刚度：　$P'_g=\frac{P_{2g}-P_{1g}}{h}=\frac{160-80}{5.2}=15.4\quad N/mm$

确定高温时的弹簧许用应力：

$$[\tau_{kg}]=[\tau_k]\cdot K_\tau=407\times0.9=366\ MPa$$

表D3

NO	P_g' N/mm	D_w mm	d mm	P_g' N/mm	n	H_{bmax} mm	$[\tau_{kgmax}]$ MPa	K	F_2 mm	F_1 mm	δ_J mm	H_0 mm	τ_{kgmax} MPa	Q g
1	15.4	22	3	114	7.4	29.7	366	1.238	10.4	5.2	3.6	43.7	355	30.6

计算有关尺寸：

$H_1 = H_0 - F_1 = 38.5\,mm$

$H_2 = H_0 - F_2 = 33.3\,mm$

$\frac{H_0}{D} = \frac{43.7}{19} = 2.3$　（满足稳定性要求）

附　录　E

弹簧的曲度系数 $K(K_1)$

（参考件）

表E1（$2 \leq C(C_1) \leq 7$）

$C(C_1)$ \ 尾数	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2.0	2.058	2.049	2.040	2.031	2.023	2.014	2.006	1.998	1.990	1.982
2.1	1.975	1.967	1.960	1.952	1.945	1.938	1.931	1.924	1.918	1.910
2.2	1.904	1.898	1.892	1.885	1.879	1.873	1.867	1.861	1.856	1.850
2.3	1.844	1.839	1.833	1.828	1.823	1.817	1.812	1.807	1.802	1.797
2.4	1.792	1.787	1.782	1.777	1.773	1.768	1.764	1.759	1.755	1.750
2.5	1.746	1.742	1.737	1.733	1.729	1.725	1.721	1.717	1.713	1.709
2.6	1.705	1.701	1.698	1.694	1.690	1.687	1.683	1.679	1.676	1.672
2.7	1.669	1.666	1.662	1.659	1.655	1.652	1.649	1.646	1.643	1.639
2.8	1.636	1.633	1.630	1.627	1.624	1.621	1.618	1.615	1.612	1.610
2.9	1.607	1.604	1.601	1.598	1.596	1.593	1.590	1.588	1.585	1.583
3.0	1.580	1.577	1.575	1.572	1.570	1.567	1.565	1.563	1.560	1.558
3.1	1.556	1.553	1.551	1.549	1.546	1.544	1.542	1.540	1.537	1.535
3.2	1.533	1.531	1.529	1.527	1.525	1.523	1.521	1.518	1.516	1.514
3.3	1.512	1.510	1.509	1.507	1.505	1.503	1.501	1.499	1.497	1.495
3.4	1.493	1.492	1.490	1.488	1.486	1.484	1.483	1.481	1.479	1.477
3.5	1.476	1.474	1.472	1.471	1.469	1.467	1.466	1.464	1.462	1.461
3.6	1.459	1.458	1.456	1.455	1.453	1.451	1.450	1.448	1.447	1.445
3.7	1.444	1.443	1.441	1.440	1.438	1.437	1.435	1.434	1.432	1.431
3.8	1.430	1.428	1.427	1.426	1.424	1.423	1.422	1.420	1.419	1.418
3.9	1.416	1.415	1.414	1.412	1.411	1.410	1.409	1.407	1.406	1.405
4.0	1.404	1.403	1.401	1.400	1.399	1.398	1.397	1.395	1.394	1.393
4.1	1.392	1.391	1.390	1.389	1.387	1.386	1.385	1.384	1.383	1.382
4.2	1.381	1.380	1.379	1.378	1.377	1.375	1.374	1.373	1.372	1.371
4.3	1.370	1.369	1.368	1.367	1.366	1.365	1.364	1.363	1.362	1.361
4.4	1.360	1.359	1.358	1.357	1.357	1.356	1.355	1.354	1.353	1.352
4.5	1.351	1.350	1.349	1.348	1.347	1.346	1.345	1.345	1.344	1.343
4.6	1.342	1.341	1.340	1.339	1.339	1.338	1.337	1.336	1.335	1.334
4.7	1.334	1.333	1.332	1.331	1.330	1.329	1.329	1.328	1.327	1.326

续表E 1

尾数 / C(C₁)	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
4.8	1.325	1.325	1.324	1.323	1.322	1.322	1.321	1.320	1.319	1.319
4.9	1.318	1.317	1.316	1.316	1.315	1.314	1.313	1.313	1.312	1.311
5.0	1.311	1.310	1.309	1.308	1.308	1.307	1.306	1.306	1.305	1.304
5.1	1.304	1.303	1.302	1.302	1.301	1.300	1.300	1.299	1.298	1.298
5.2	1.297	1.296	1.295	1.295	1.294	1.294	1.293	1.292	1.292	1.291
5.3	1.290	1.290	1.289	1.289	1.288	1.287	1.287	1.286	1.286	1.285
5.4	1.284	1.284	1.283	1.283	1.282	1.281	1.281	1.280	1.280	1.279
5.5	1.279	1.278	1.277	1.277	1.276	1.216	1.275	1.275	1.274	1.273
5.6	1.273	1.272	1.212	1.271	1.271	1.270	1.270	1.269	1.269	1.268
5.7	1.267	1.267	1.266	1.266	1.265	1.265	1.264	1.264	1.263	1.263
5.8	1.262	1.262	1.261	1.261	1.260	1.260	1.259	1.259	1.258	1.258
5.9	1.257	1.257	1.256	1.256	1.255	1.255	1.254	1.254	1.253	1.253
6.0	1.253	1.252	1.252	1.251	1.251	1.250	1.250	1.249	1.249	1.248
6.1	1.248	1.247	1.247	1.246	1.246	1.245	1.245	1.245	1.244	1.244
6.2	1.243	1.243	1.243	1.242	1.242	1.241	1.241	1.240	1.240	1.240
6.3	1.239	1.239	1.238	1.238	1.237	1.237	1.236	1.236	1.236	1.235
6.4	1.235	1.235	1.234	1.234	1.233	1.233	1.233	1.232	1.232	1.231
6.5	1.231	1.231	1.231	1.230	1.229	1.229	1.229	1.228	1.228	1.228
6.6	1.227	1.227	1.226	1.226	1.226	1.225	1.225	1.225	1.224	1.224
6.7	1.223	1.223	1.223	1.222	1.222	1.222	1.221	1.221	1.221	1.220
6.8	1.220	1.219	1.219	1.219	1.218	1.218	1.218	1.217	1.217	1.217
6.9	1.216	1.216	1.216	1.215	1.215	1.214	1.214	1.214	1.214	1.213
7.0	1.213	1.213	1.212	1.212	1.212	1.211	1.211	1.210	1.210	1.210

表E2 $(7 \leq C(C_1) < 11)$

尾数 \ C(C₁)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.00	1.213	1.184	1.162	1.145	1.131	1.120	1.110	1.102	1.095	1.088
0.05	1.211	1.183	1.161	1.144	1.130	1.119	1.109	1.101	1.094	1.088
0.10	1.210	1.182	1.160	1.143	1.130	1.118	1.109	1.101	1.094	1.088
0.15	1.208	1.180	1.159	1.143	1.129	1.118	1.109	1.101	1.094	1.088
0.20	1.206	1.179	1.158	1.142	1.128	1.117	1.108	1.100	1.093	1.087
0.25	1.205	1.178	1.157	1.141	1.128	1.117	1.108	1.100	1.093	1.087
0.30	1.203	1.177	1.157	1.140	1.127	1.116	1.107	1.099	1.093	1.087
0.35	1.202	1.176	1.156	1.140	1.127	1.116	1.107	1.099	1.092	1.087
0.40	1.200	1.175	1.155	1.139	1.126	1.115	1.106	1.098	1.092	1.086
0.45	1.199	1.174	1.154	1.138	1.126	1.115	1.106	1.098	1.092	1.086
0.50	1.197	1.172	1.153	1.138	1.125	1.114	1.106	1.098	1.091	1.086
0.55	1.196	1.171	1.152	1.137	1.125	1.114	1.105	1.097	1.091	1.085
0.60	1.195	1.170	1.151	1.136	1.124	1.114	1.105	1.097	1.091	1.085
0.65	1.193	1.169	1.150	1.135	1.123	1.113	1.104	1.097	1.090	1.085
0.70	1.192	1.168	1.150	1.135	1.123	1.113	1.104	1.096	1.090	1.085
0.75	1.191	1.167	1.149	1.134	1.122	1.112	1.104	1.096	1.090	1.084
0.80	1.189	1.166	1.148	1.133	1.122	1.112	1.103	1.096	1.090	1.084
0.85	1.188	1.165	1.147	1.133	1.121	1.111	1.103	1.096	1.089	1.084
0.90	1.187	1.164	1.146	1.132	1.120	1.111	1.102	1.096	1.089	1.084
0.95	1.185	1.163	1.146	1.132	1.120	1.110	1.102	1.095	1.089	1.083

表E3 $(17 \leq C < 26)$

C \ 尾数	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
17	1.083	1.083	1.082	1.082	1.081	1.081	1.080	1.080	1.079	1.079
18	1.078	1.078	1.077	1.077	1.077	1.076	1.076	1.075	1.075	1.074
19	1.074	1.074	1.073	1.073	1.073	1.072	1.072	1.071	1.071	1.071
20	1.070	1.070	1.070	1.069	1.069	1.069	1.068	1.068	1.068	1.067
21	1.067	1.066	1.066	1.066	1.066	1.065	1.065	1.065	1.064	1.064
22	1.064	1.063	1.063	1.063	1.063	1.062	1.062	1.062	1.061	1.061
23	1.061	1.061	1.060	1.060	1.060	1.060	1.059	1.059	1.059	1.059
24	1.058	1.058	1.058	1.058	1.057	1.057	1.057	1.057	1.056	1.056
25	1.056	1.056	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.054	1.054	1.054

附　录　F
弹簧的典型工艺
（参考件）

F 1　Cr12Mn5Ni4Mo3AC 弹簧工艺

F 1.1　绕制
F 1.2　切断、磨、矫、清洗（或制钩环）
F 1.3　时效处理
F 1.4　立定处理
F 1.5　磨、去毛刺清洗
F 1.6　检验

F 2　用 Cr12Mn5Ni4Mo3AC 制弹簧需“加温加荷时效”处理时

F 2.1　按 F1.1～F1.5 制作
F 2.2　加温加荷时效处理
F 2.3　检验

F 3　用 Cr12Mn5Ni4Mo3AC 制弹簧需喷丸处理时

F 3.1　按 F1.1～F1.5 制作
F 3.2　喷丸按附录 B 进行
F 3.3　回火处理
F 3.4　立定处理
F 3.5　检验

F 4　用 Cr12Mn5Ni4Mo3AC 制弹簧，经喷丸处理后需进行“加温加荷时效”处理时

F 4.1　按F3.1、F3.2制作
F 4.2　加温加荷时效处理
F 4.3　检验

F 5　1Cr18Ni9 弹簧工艺

F 5.1　绕制
F 5.2　切断、磨、矫或制钩环
F 5.3　回火处理
F 5.4　立定处理
F 5.5　磨、去毛刺并清洗
F 5.6　检验

F 6　用1Cr18Ni9制弹簧需加温加荷时效处理时

F 6.1　按F5.1～F5.5 制作
F 6.2　加温加荷时效处理
F 6.3　检验

F 7　用1Cr18Ni9制弹簧需喷丸处理时

F 7.1　按F5.1～F5.5制作
F 7.2　喷丸：按附录B进行
F 7.3　回火处理
F 7.4　立定处理
F 7.5　检验

F 8　用1Cr18Ni9 制弹簧，经喷丸处理后需进行“加温加荷时效”处理时

F 8.1 按F 7.1、F 7.2 制作

F 8.2 加温加荷时效处理

F 8.3 检验

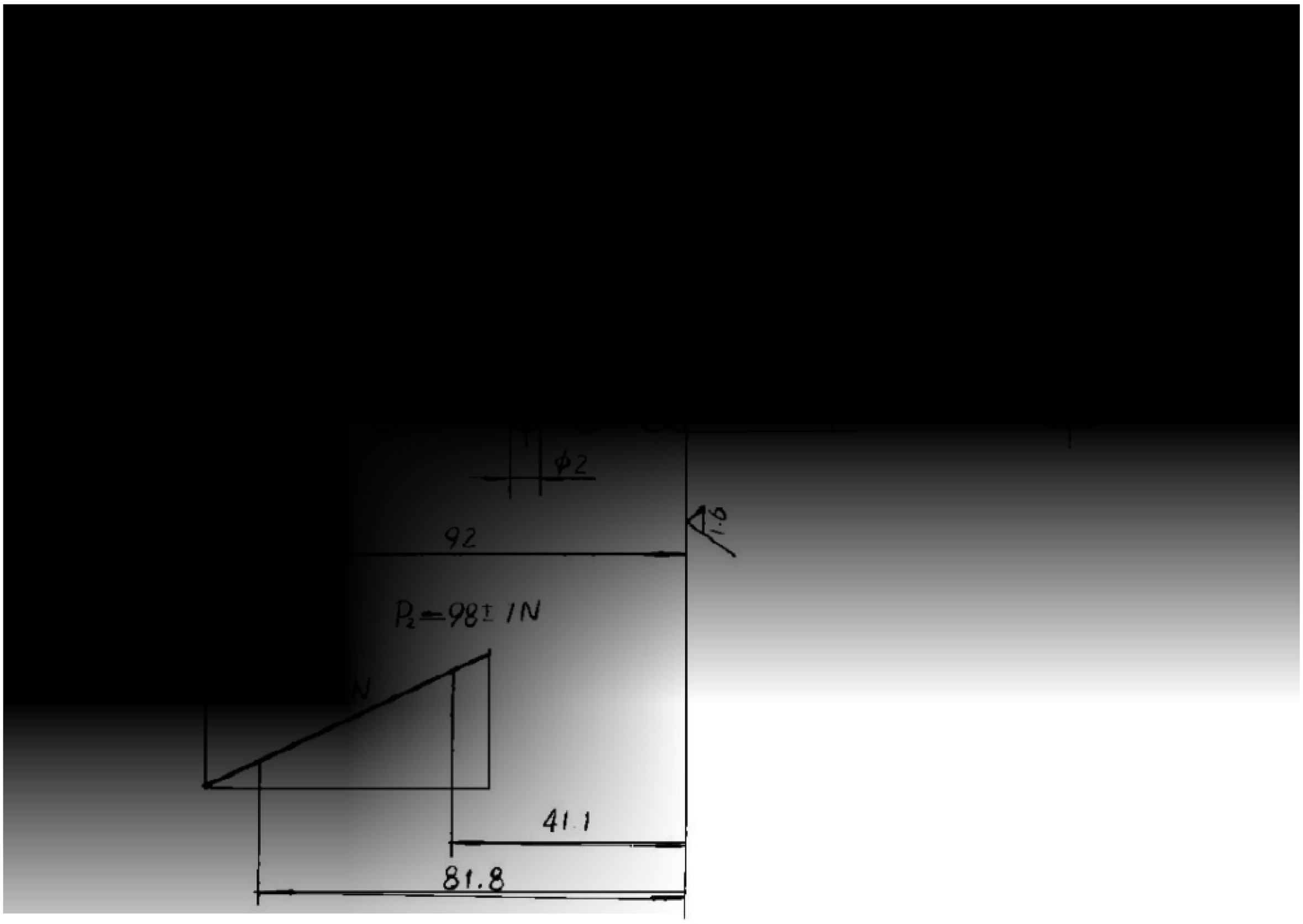
注：① 以上的工艺安排是对主要工序而言的。

② 时效处理或回火处理应在空气炉（或真空炉）中进行，处理后允许有色泽变化。

③ 常温弹簧如需"强压处理"时其工序应安排在成品检验之前进行。

附 录 G
弹簧的典型工作图
（参考件）

为使设计的技术要求基本上统一，下面给出压簧、拉簧的典型工作图，供设计参考使用。



图G1

材料：$Cr12Mn5Ni4Mo3Ae$ Ⅰ组按HB5298—85
有效圈数：$n=14.5$，支承圈数：$n_d=2.5$
喷丸 $f_1=0.35-0.40mm$，覆盖率200%
技术条件按HB5869
其它

G2 要求刚度的典型工作图

图 G 2

材料：1Cr18Ni9 按 Q/LB 33－84

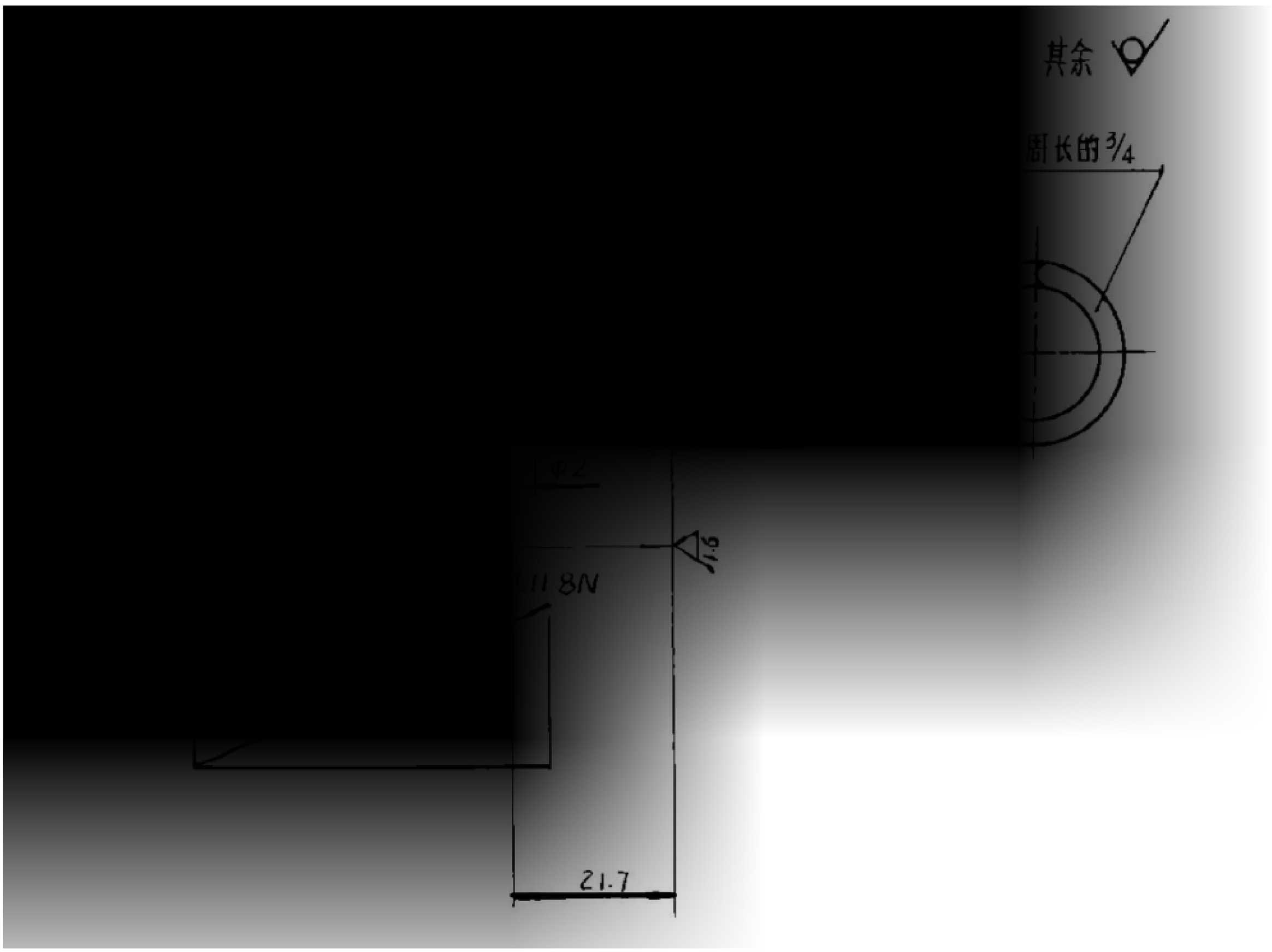
有效圈数 $n=8.5$，支承圈数 $n_z=2$

刚度 $P'=28.7\pm2.9$ N/mm

技术条件按 HB5869

其它

G3　要求一点载荷的典型工作图



图G3

材料：Cr12Mn5Ni4Mo3Al　Ⅰ组按HB5298－85

有效圈数 $n=6.5$，支承圈数 $n_z=2.5$

技术条件按HB5869

其它

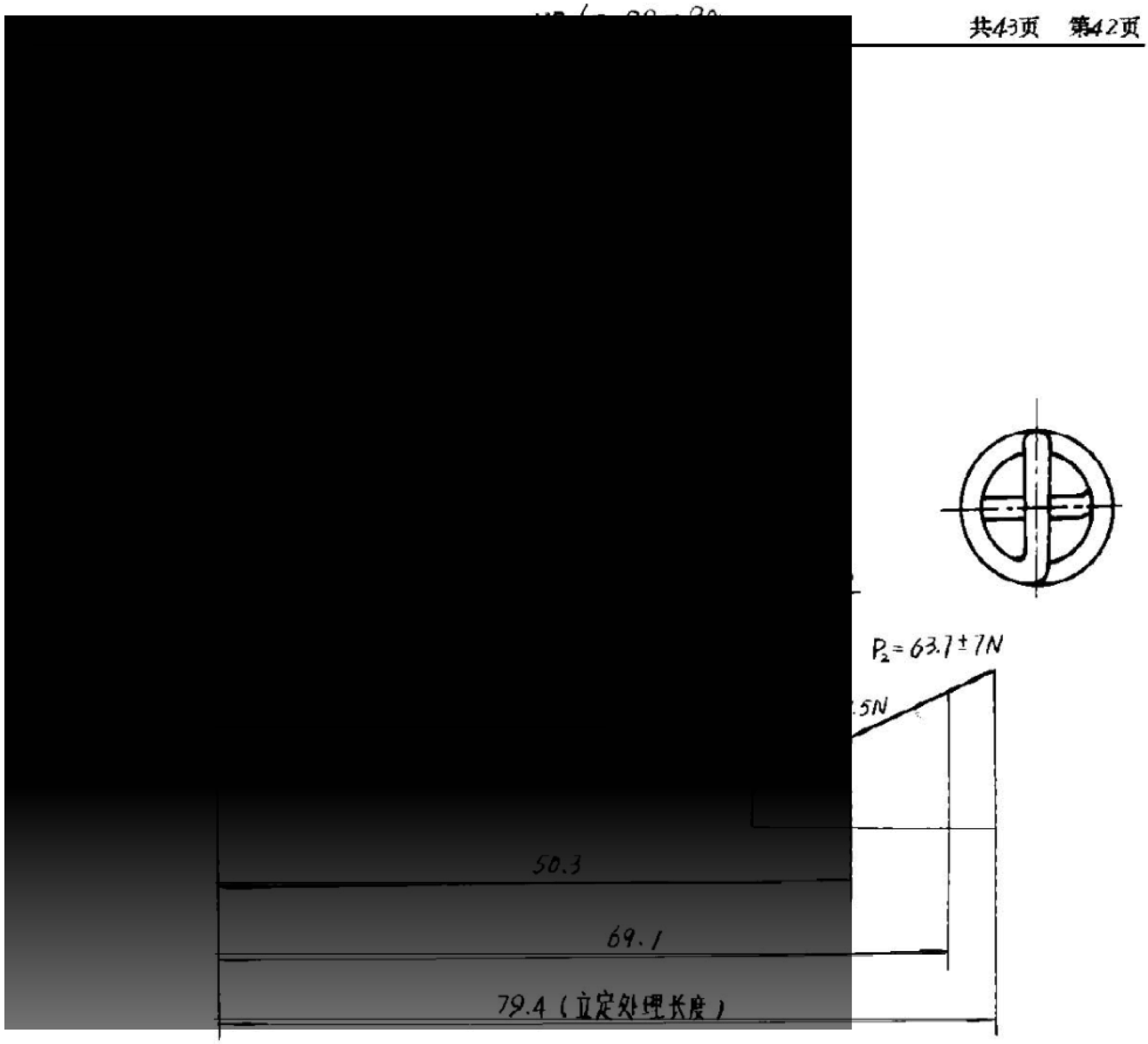


图 G 4

材料：1Cr18Ni9 按 Q/LB 33—84
有效圈数：n=14.25
技术条件按 HB 5869
其它

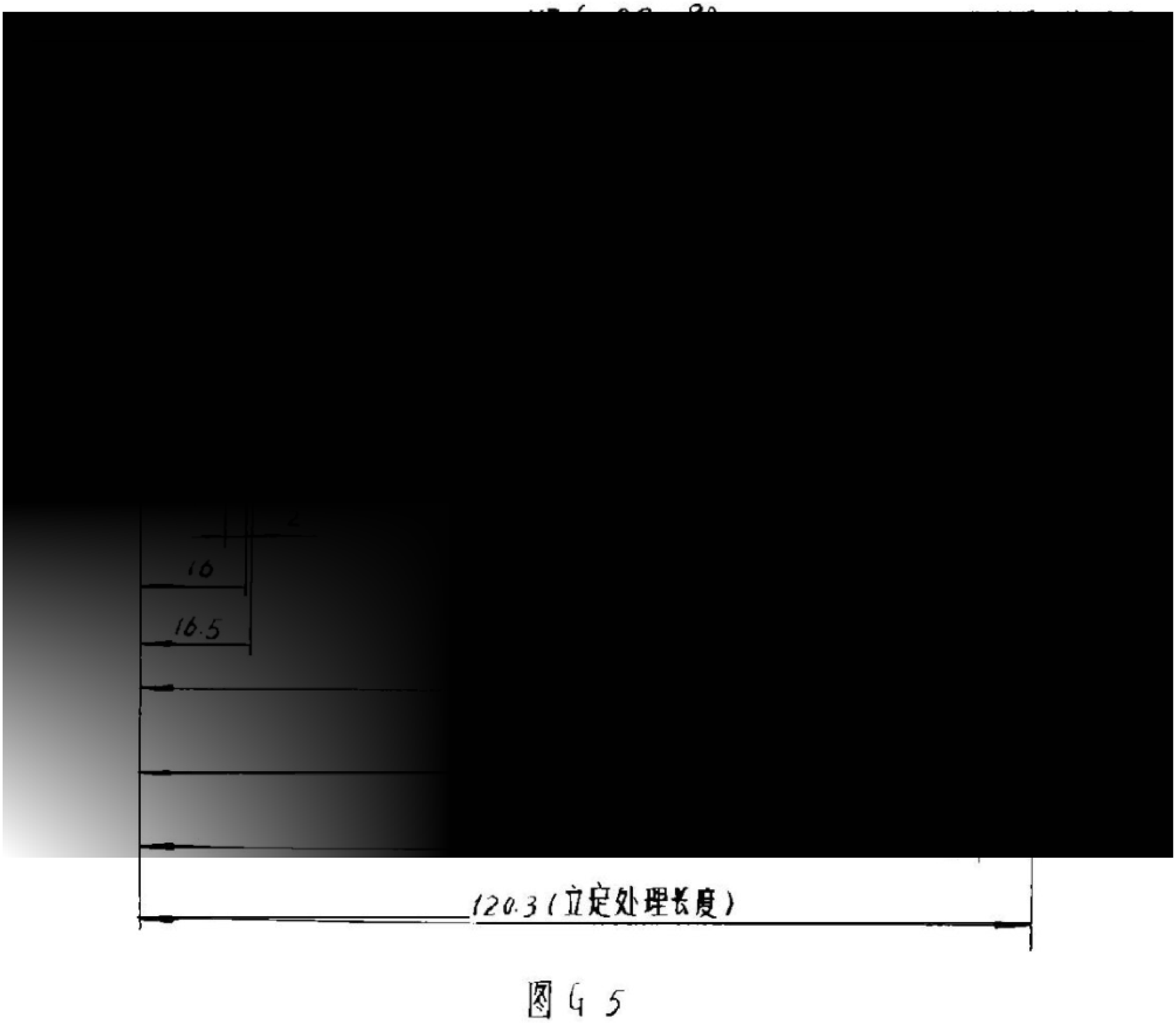


图 4 5

材料：1Cr18Ni9 按 Q/LB 33－84

有效圈数：n=12.75

工作温度：t=150℃

技数条件按 HB 5869

其它

附加说明

本标准由航空航天工业部三〇一所提出。

本标准由航空航天工业部六〇二所、三〇一所及沈阳飞机制造公司负责修订。

本标准于1985年首次发布，1990年6月第一次修订。