

中华人民共和国第一机械工业部
ZHONGHUA RENMIN GONGHEGUO DIYI JIXIE GONGYEBU

电工专业指导性技术文件
DIANGONG ZHUANYE ZHIDAOXING JISHU WENJIAN

大型发电机 通风计算公式

电指 (DZ) 29—63

(内部发行)

北 京

1965

中华人民共和国第一机械工业部

电工专业指导性技术文件

大型发电机

通风计算公式

电指 (DZ) 29-63

技术标准出版社出版 (北京安定门外小黄庄)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 114 号)

新华书店内部发行

787 × 1092 ¹/₁₁ × 4 · 80,000字 1965年9月第一版 1965年9月第一次印刷

印数: 1—5,000

统一书号: 15169 · (2) — 30 定价 (料八): 0.65元

目 次

一、基础部分.....	1
二、汽轮发电机通风计算.....	14
(一) 计算数据.....	14
(二) 通风系统.....	15
(三) 汽轮发电机离心风扇的简化计算方法.....	25
(四) 当采用氢冷时通风参数的换算.....	26
(五) 汽轮发电机通风计算例题.....	26
三、水轮发电机通风计算.....	30
(一) 计算总则.....	30
(二) 带斗式风扇的磁极特性计算.....	31
(三) 无斗式风扇时磁极单独作用的计算.....	33
(四) 转子(支架、磁轭、磁极径向分量)综合计算.....	33
(五) 离心风扇计算.....	36
(六) 风阻计算.....	36
(七) 定子端部通风计算.....	38
(八) 水轮发电机通风计算例题.....	40

中华人民共和国	电工专业指导性技术文件	电指(DZ) 29-63
	第一机械工业部	代替

大型发电机通风计算公式

一、基础部分

1. 基本数据:

- | | | |
|------------|--|---------|
| (1) 电机额定功率 | P_N | 千瓦 (kw) |
| (2) 电机额定效率 | η | % |
| (3) 电机总散热量 | $p = P_N \left(\frac{1-\eta}{\eta} \right) - p_m$ | 千瓦 (kw) |

式中:

 p_m ——轴承机械损耗 (kw), 由电磁计算提供数据

- | | | |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|
| (4) 通风系统空气的允许温升 | $\Delta\theta_a = 20 \sim 25$ | 度 ($^{\circ}\text{C}$) |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|

- | | | |
|-----------------|--|---------------------------------------|
| (5) 通风系统的“需要风量” | $Q_a = \frac{p}{C \cdot \Delta\theta_a}$ | 米 ³ /秒 (m ³ /S) |
|-----------------|--|---------------------------------------|

式中:

 C ——空气的定容比热见表 1-1

2. 基本公式

- | | | |
|------------------|--|---------------------------|
| (1) 流量压降特性 | $H = Q^2 Z$ | 毫米水柱 (mmH ₂ O) |
| (2) 串联风阻 (图 1-1) | $Z_a = Z_{a1} + Z_{a2} + Z_{a3} + \dots + Z_{ai}$
$Z_b = Z_{b1} + Z_{b2} + Z_{b3} + \dots + Z_{bi}$ | |
| (3) 并联风阻 (图 1-2) | $Z_A = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{Z_{a1}}} + \frac{1}{\sqrt{Z_{a2}}} + \frac{1}{\sqrt{Z_{a3}}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{Z_{ai}}} \right)^2}$ | |

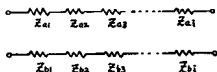


图 1-1 串联风阻

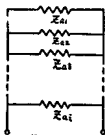


图 1-2 并联风阻

- | | |
|----------|--|
| (4) 局部风阻 | $Z_c = \xi \frac{\gamma}{2g} / S^2 = \zeta / S^2$
$\zeta = \xi \frac{\gamma}{2g}$ |
|----------|--|

式中:

- γ ——气体比重
 S ——该风阻面积, 米² (m²)
 ξ, ζ ——局部阻力系数

3. 常用系数

(1) 空气定容比热 C

C 与空气温度的关系

表 1-1

空气温度 (°C)	0	10	20	30	40	45	50	60	70
C (kW·S/m ³ ·°C)	1.27	1.22	1.19	1.14	1.11	1.10	1.08	1.05	1.02

当空气温度为 45° C 时, $C = 1.1 \text{ kW} \cdot \text{S} / \text{m}^3 \cdot \text{C}$ 。(2) 空气动力粘滞系数 ν ν 与空气温度的关系

表 1-2

空气温度 (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70
$\nu \cdot 10^{-4} (\text{m}^2/\text{S})$	0.130	0.139	0.157	0.164	0.170	0.181	0.192	0.202

(3) 空气密度 ρ

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = 0.0473 \frac{B}{T}$$

公斤·秒²/米⁴ (kg·S²/m⁴)

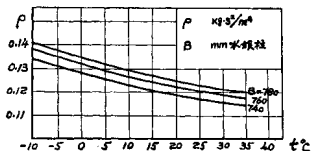
式中:

B —— 大气压

毫米水银柱 (mmHg)

T —— 绝对温度

$$T = 273 + t^{\circ}\text{C}$$

图 1-3 ρ 与空气温度的关系

(4) 常用阻力系数:

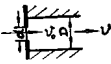
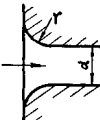
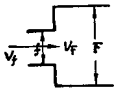
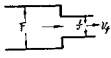

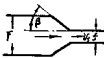



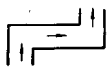
表 1-3

项号	名称	图例	ξ	备注
1	突缘进口		1	
2	平口进口		0.5	



大型发电機通風計算公式

电指(DZ) 29—63

(續表)

項 号	名 称	图 例	註	备 注
3	平 口 槽 孔		图 1—4	v 为大截面内风速
4	圆 弧 进 口		$r = 0.1d$ $\xi \approx 0.2$ $r \approx d$ $\xi \approx 0$	
5	突 然 扩 张		图 1—6	V_f 为計算压降时的风速
6	突 然 收 縮		图 1—5	V_f 为計算压降时的风速
7	逐 漸 扩 张		图 1—6	V_f 为計算压降时的风速
8	逐 漸 收 縮		图 1—5	V_f 为計算压降时的风速
9	等 截 面 折 角 管		图 1—8	
10	等 截 面 弯 曲 管		图 1—9	
11	变 截 面 直 角 管		图 1—10	
12	二 元 曲 管 组 合 之 一		图 1—11	

(續表)

项 号	名 称	图 例	备 注
13	二元曲管組合之二		图 1-11
14	三元曲管組合		图 1-7

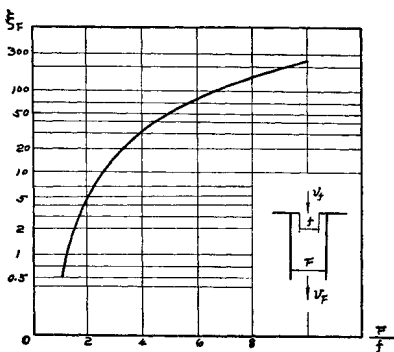


图 1-4 平口栅孔阻力系数

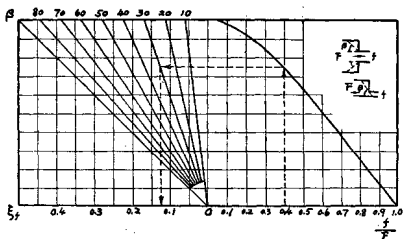


图 1-5 单边及双边收缩管的局部阻力系数

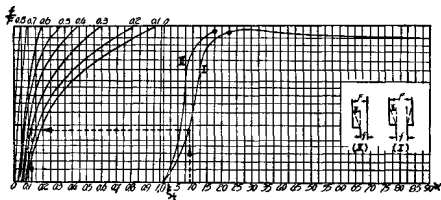


图 1-6 单边及双边扩张管在各种收缩角时的局部阻力 (当 $\alpha=90^\circ$ 时而为突然扩张)

例如, $\alpha = 9^\circ$, $\frac{f}{F} = 0.3$ 的双边扩张管 $\xi = 0.12$

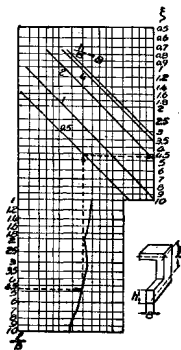


图 1-7 直形双曲管之局部阻力系数

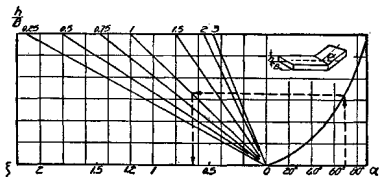


图 1-8 折角管阻力系数

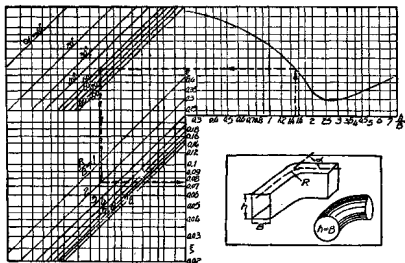


图 1—9 弯管的局部阻力系数

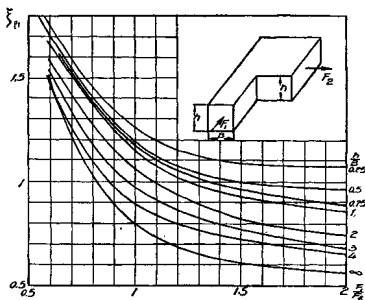


图 1—10 截面变化的直形曲管的阻力系数

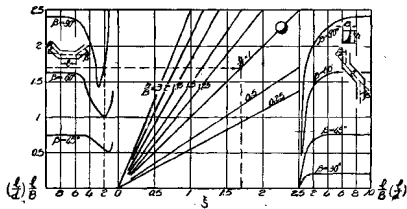


图 1—11 斜形双曲管之局部阻力系数

4. 螺旋漿風扇計算

(1) 基本尺寸

- a. 葉片外徑 D_{2f} 米 (m)
- b. 葉片內徑 D_{1f} 米 (m)
- c. 葉片寬度 (平均值) b_f 米 (m)
- d. 葉片數 i
- e. 葉片高度 $h_f = \frac{D_{2f} - D_{1f}}{2}$ 米 (m)
- f. 安裝角 (根部) θ_1 度 (°)
- g. 升力面積 $S = \left(\frac{D_{2f} - D_{1f}}{2} \right) b_f i$ 米² (m²)

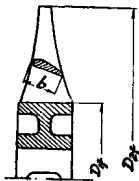


圖 1-12 螺旋漿風扇外型

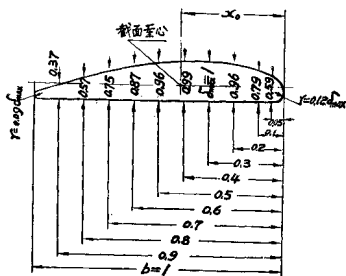


圖 1-13 一種典型的螺旋漿風扇葉片斷面尺寸

(2) 螺旋漿風扇計算程序

- a. 軸向風速 $v = \frac{Q}{F}$ 米/秒 (m/s)
- 軸向有效面積 $F = 0.8 \frac{\pi}{4} (D_{2f}^2 - D_{1f}^2)$ 米² (m²)
- b. 切向速度 $u_e = u_e - C_m = 0.85u_e$ 米/秒 (m/s)
- 氣流旋轉速度 $C_m = 0.15u_e$ 米/秒 (m/s)
- $u_e = \frac{\pi D_{1f} n}{60} = \frac{\pi (D_{1f} + D_{2f})}{2} \times \frac{n}{60}$ 米/秒 (m/s)
- c. 合成速度 $W = \sqrt{v^2 + u_e^2}$ 米/秒 (m/s)
- d. 安裝角按設計值 (已定) θ_1 度 (°)
- 在不同葉片高度處安裝角按如下規律 $\epsilon_f \theta_1 = \frac{D_{1f}}{D_x} \cdot \epsilon_f \theta_1$
- e. 沖擊角 $\alpha = \theta_f - \varphi$ 度 (°)
- θ_f : 當 d 式中 $D_x = D_{1f}$ 時的安裝角, $\varphi = \sin^{-1} \frac{v}{W}$ 度 (°)

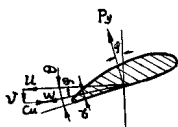


图 1-14 螺旋桨风叶速度三角形

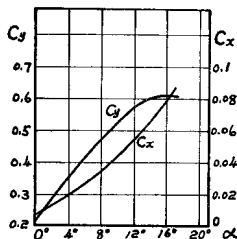
f. 升力系数 C_y 和阻力系数 C_x

$$\left. \begin{aligned} C_y &= 0.0585\alpha \\ C_x &= 0.008 + 0.003\alpha \end{aligned} \right\} 0 < \alpha < 8^\circ$$

$$\left. \begin{aligned} C_y &= 0.47 + 0.05(\alpha - 8^\circ) \\ C_x &= 0.032 + 7.5 \cdot 10^{-4}(\alpha - 8^\circ)^2 \end{aligned} \right\} 8^\circ < \alpha < 12^\circ$$

$$\frac{C_y}{C_x} = s \quad \text{—— 升阻比}$$

或查图 1-15

图 1-15 升力系数 C_y 、阻力系数 C_x 和冲击角的关系g. 升力 P_y 及阻力 P_x

$$P_y = \frac{\gamma}{g} C_y W^2 S \quad \text{公斤 (kg)}$$

$$P_x = \frac{\gamma}{g} C_x W^2 S \quad \text{公斤 (kg)}$$

h. 轴向力 P'_y 和切向力 P'_x

$$\begin{aligned} P'_y &= P_y \cos \varphi - P_x \sin \varphi \\ &= \frac{\gamma}{g} W^2 S (C_y \cos \varphi - C_x \sin \varphi) \quad \text{公斤 (kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'_x &= P_x \cos \varphi + P_y \sin \varphi \\ &= \frac{\gamma}{g} W^2 S (C_x \cos \varphi + C_y \sin \varphi) \quad \text{公斤 (kg)} \end{aligned}$$

i. 理论全压头

$$H_t = \frac{\gamma}{g} \frac{W^2 i b}{\pi D_j} (C_y \cos \varphi - C_x \sin \varphi) \quad \text{毫米水柱 (mmH}_2\text{O)}$$

j. 静压头

$$H_s = H_t - H_d - H_f \quad \text{毫米水柱 (mmH}_2\text{O)}$$

 H_d ——动压头

$$H_d = 0.0612 v^2$$

 H_f ——流体损失

大型发电机通风计算公式

电指(DZ) 29—63

$$H_v \approx 0.05C_v^2$$

以不同流量代入项 a、b、i、j 中可得

$$H_v = f(Q) \text{ 特性}$$

k. 风扇有效功率

$$P_m = 9.81P'_v \nu \cdot 10^{-3}$$

$$= 9.81\rho W^2 S(C_x \cos\varphi - C_y \sin\varphi) \nu \cdot 10^{-3} \quad \text{千瓦 (kw)}$$

l. 制动功率 (消耗功率)

$$P_b = 9.81P'_s \mu \cdot 10^{-3}$$

$$= 9.81\rho W^2 S(C_x \cos\varphi + C_y \sin\varphi) \mu \cdot 10^{-3} \quad \text{千瓦 (kw)}$$

m. 风扇效率

$$\eta = \frac{P_m}{P_b}$$

$$= \frac{C_x \cos\varphi - C_y \sin\varphi}{C_x \cos\varphi + C_y \sin\varphi} \frac{\nu}{\mu}$$

$$= \frac{\varepsilon - \varepsilon' \varphi}{1 + \varepsilon' \varphi} \frac{\nu}{\mu}$$

在实用中考虑到表面摩擦及翼尾涡旋效应, 由项 m 求出之 η 尚须乘以系数 0.9, 即:

$$\eta' = 0.9\eta$$

5. 冷却器计算

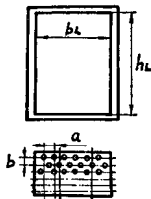


图 1—16 冷却器计算尺寸

冷却器数, N

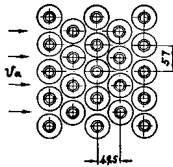
螺旋式冷却器计算公式

(1) 管径	内径	d_1	米 (m)
	外径	d_2	米 (m)
(2) 绕簧直径			米 (m)
(3) 一米管长上的绕簧圈数			
(4) 一米管长的散热面		f_s	米 ² (m ²)
(5) 总散热面		F_s	米 ² (m ²)
(6) 一米管长与水接触面		f_w	米 ² (m ²)
(7) 水管横断面		S_w	厘米 ² (cm ²)
(8) 水管排数		Z_s	
(9) 水管数	一排	Z_p	
	总共	Z	
(10) 水管间距	每排中管距	a	米 (m)
	水管排间距离	b	米 (m)
(11) 水管长	有效长	h_L	米 (m)

	全 长	l_0	米 (m)
(12) 材料	水管 软管		
(13) 水路数		n_w	
(14) 需排出的损耗		p	千瓦 (kw)
(15) 电机风量		Q_a	米 ³ /秒 (m ³ /S)
(16) 冷却器进水温度		t_w	度 (°C)
(17) 冷却器出风温度		t_a	度 (°C)
(18) 水管中水速		$v_w = \frac{Q_w v_w}{0.365 n_w N Z}$	米/秒 (m/S)
		(通常 $v_w = 1 \sim 1.5 \text{ m/S}$)	
(19) 水量		$Q_w = \frac{0.365 n_w N Z v_w}{n_w}$	米 ³ /小时 (m ³ /h) 或米 ³ /秒 (m ³ /S)
(20) 水压降		$h_w = (0.031 \frac{l_0}{d_1} + 1.3) \frac{v_w^2}{2g} n_w$	毫米水柱 (mmH ₂ O)
(21) 通过冷却器的空气温度降落		$T_a = \frac{p}{1.1 Q_a}$	度 (°C)
(22) 冷却水温度升高		$T_w = \frac{0.86 p}{Q_w}$	度 (°C)
(23) 逆流时平均温差		$\Delta t = \frac{T_a - T_w}{2.3 \log \left(1 + \frac{T_a - T_w}{t_a - t_w} \right)}$	度 (°C)
(24) 进风面积		$S_a = N h_2 \left(Z_p + \frac{1}{2} \right) a$	米 ² (m ²)
(25) 进风速度		$v_a = \frac{Q_a}{S_a}$	米/秒 (m/S)
(26) 冷却器风阻压降		ΔH_L 查图1—17, 1—18	毫米水柱 (mmH ₂ O)
(27) 冷却器热负荷		$K_1 = \frac{p}{i_a h_c N Z \cdot \Delta t}$	千瓦/米 ² 度 (kw/m ² °C)
(28) 传热系数		$K =$ 查图1—19, 1—20	
(29) 传热余量		$M = \frac{K - K_1}{K}$	

大型发电机通风计算公式

电指 (DZ) 29-63



水管直径 内径 17mm
 外径 19mm
 绕簧直径 54mm
 一米水管上的绕簧数 (约) 142圈

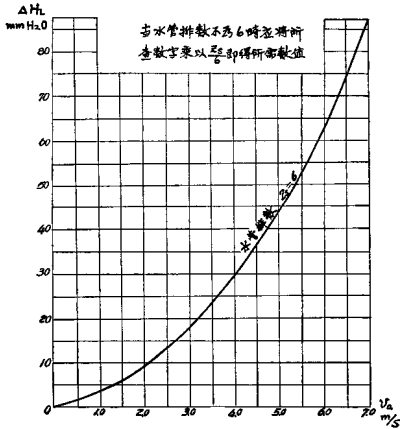
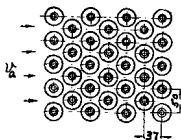


图 1-17 冷却器风压降与进风速度关系 (一)



水管直径 内径 17mm
 外径 19mm
 绕管直径 43mm
 一米水管上的绕管数(约) 200圈

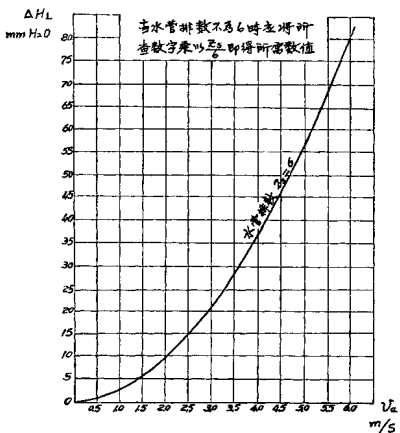
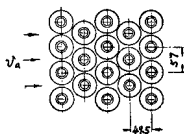


图 1—18 冷却器风压降与进风速度关系(二)

大型发电机通风计算公式

电指(DZ) 29-63



水管直径 内径 17mm
 外径 19mm
绕管直径 54mm
一米水管上的绕管数(约) 142圈

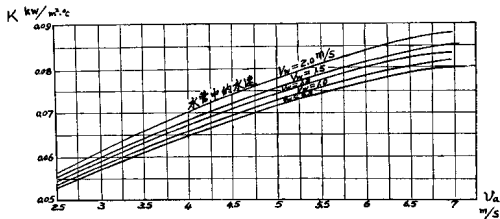
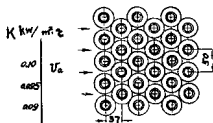


图 1-19 冷却器传热系数与进风速度关系(一)



水管直径 内径 17 mm
 外径 19 mm

绕管直径 43 mm

一米水管上的绕管数(约) 200圈

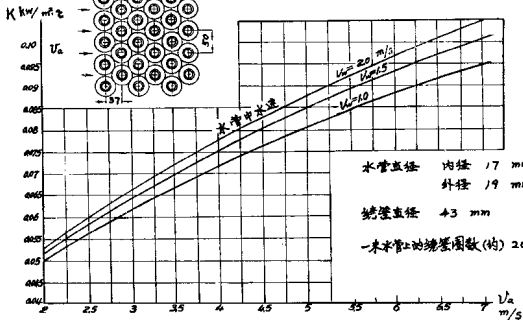


图 1-20 冷却器传热系数与进风速度关系(二)

二、汽轮发电机通风计算

(一) 计算数据

计算数据

m; m²

表 2—1

序号	名称	符号	备注	序号	名称	符号	备注
1	地基入口处长度	a_0		35	定位筋数	n_T	
2	地基入口处宽度	b_0		36	定位筋宽	b_T	
3	端盖入口处长度	a_{d1}		37	定子铁心外径	D_s	
4	端盖入口处宽度	b_{d1}		38	第 I 出风室宽度	b'_{s1}	
5	挡风板的平均直径	D_{df}		39	第 I 出风室长度	l_{s1}	
6	挡风板的平均宽度	b_{df}		40	第 II 出风室宽度	b'_{s2}	
7	风扇外径	D_{zf}		41	第 II 出风室长度	l_{s2}	
8	风扇内径	D_{zf}		42	机座出风口长度	l_H	
9	风扇宽度	b_f		43	机座出风口宽度	b_H	
10	风扇叶片数	Z_f		44	进入第 I 风室前平均直径	D_{s0}	
11	风扇叶片厚	Δ_f		45	进入第 I 风室前截面高度	b_{s0}	
12	风扇叶片倾角 (入口处)	β_1		46	引风圆管直径	d_f	
13	扩散器入口直径	D_{1K}		47	引风圆管数	n_f	
14	扩散器入口宽度	b_{1K}		48	引风方管宽度	b_0	
15	扩散器出口直径	D_{2K}		49	引风方管长度	l_0	
16	扩散器出口宽度	b_{2K}		50	引风方管总面积	$\Sigma b_0 a_0$	
17	定子线圈端部直径(平均)	D_d		51	花鼓通风孔数	n_h	
18	定子线圈端部宽度	b_d		52	花鼓通风孔高	h_h	
19	定子线圈端部外径	D'_d		53	花鼓通风孔宽	b_h	
20	护环外径	D_h		54	大齿通风道数	n_{Δ}	
21	气隙平均直径	D_k		55	大齿通风道宽	b_{Δ}	
22	气隙平均长 (单面)	$\delta(\delta')$	δ' 为在护环下的气隙长度	56	大齿通风道高	h_{Δ}	
23	定子机座壁内径	D_N		57	槽楔通风孔直径	d_g	
24	定子铁心内径	D_i		58	风室 II 下的楔孔数	n_{02}	
25	定子槽数	Z_1		59	风室 II 下的楔孔数	n_{02}	
26	定子槽宽	b_n		60	小齿进风孔数	n'_{Δ}	
27	第 I 风室通风沟数	n_{s1}		61	小齿进风孔宽	b'_{Δ}	
28	第 II 风室通风沟数	n_{s2}		62	小齿进风孔高	h'_{Δ}	
29	第 III 风室通风沟数	n_{s3}		63	小齿出风孔数	n''_{Δ}	
30	第 I 风室进风区宽	b_{s1}		64	小齿出风孔宽	b''_{Δ}	
31	第 II 风室进风区宽	b_{s2}		65	小齿出风孔高	h''_{Δ}	
32	第 III 风室进风区宽	b_{s3}		66	冷却器长度	h_L	
33	通风片厚度	e		67	冷却器宽度	b_L	
34	通风沟高度	h_{T1}					