

总129号

隧道通风模型試驗报告

铁道部科学研究院西南研究所

一九七六年九月

~~X6/13~~ U45/1

目 录

- 一. 试验目的
- 二. 试验内容及方法
- 三. 结果分析和有、无帘幕比较
 1. 帘幕压力
 2. 汇流阻力系数
 3. 流量比
 4. 有效风量
 5. 通风时间
 6. 汇流效率
 7. 风机功率
 8. 有、无帘幕比较

四. 结论

一. 试验目的:

目前,我国铁路隧道运营通风采用下列三种方式: 洞口喷咀式通风, 洞口有帘幕风道式通风以及竖井式通风。近年来,许多单位在洞口喷咀式通风方面做了大量工作,特别是自贵昆线岩脚寨隧道通风方式以洞口无帘幕风道式改为洞口喷咀式以来,许多原设计为洞口有帘幕风道式通风的隧道也想改成洞口喷咀式通风,以达到不设帘幕减少妨害行车因素的目的。而洞口喷咀式通风及洞口有帘幕风道式通风各有利弊,但在同样条件下将两者予以比较的分析资料尚不多见。故本试验的目的之一是比较上述两种通风方式的技术经济效果;其次本试验的目的还在于了解这两种通风方式中主要参数的变化规律,为合理地设计提供依据。

二. 试验内容及其布置

试验是沿用岩脚寨隧道模型进行的(图1),模型用0.5毫米及0.75毫米白铁皮制做,全长67米,设有阻力箱以调节模型长度。模型与隧道的比尺1:15。测定内容:流量比、汇流阻力系数、汇流效率及帘幕件上的压力等。试验按不同的风道断面积、风道与隧道夹角,共分14组(表一)。测定布置

(图2)。



图1 岩脚寨隧道模型

试验分组

表1

组别	通风方式	面积比($\frac{F_{隧}}{F_{风}}$)	夹角
1	洞口有帘幕风道式	2:1	15°
2	洞口无帘幕风道式	2:1	15°
3	洞口有帘幕风道式	4:1	15°
4	洞口无帘幕风道式	4:1	15°
5	洞口有帘幕风道式	8:1	15°
6	洞口无帘幕风道式	8:1	15°
7	洞口无帘幕风道式	12:1	15°
8	洞口无帘幕风道式	16:1	15°
9	洞口有帘幕风道式	8:1	30°

接2页

组别	通风方式	面积比($\frac{F_{隧}}{F_{风}}$)	夹角
10	洞口无帘幕风道式	8:1	30°
11	洞口有帘幕风道式	8:1	45°
12	洞口无帘幕风道式	8:1	45°
13	洞口有帘幕风道式	8:1	60°
14	洞口无帘幕风道式	8:1	60°

测定项目:

1. 在稳压室前1.05米及后0.74米测静压差,建立静压—风量关系曲线,以确定无帘幕时风机的供风量。
2. 在距风道口10厘米处①测静压。
3. 在距风道口5.79米处②测汇流终点的静压。
4. 在模型直线段距出口6.66米处③测动压,求其隧道中的风量。
5. 设帘幕时在曲线洞口端④测帘幕上的静压。
6. 在⑦处测静压,以确定无帘幕时风道口的静压。
7. 用通风干湿温度计及高原动槽水银气压计测气象资料。

测动压	③	测静压	⑦
1:8		1:8	
1:8		1:8	
1:8		1:8	
1:8		1:8	
1:8		1:8	

② 测静压

⑤⑥ 测静压差

① 测静压

④ 测静压

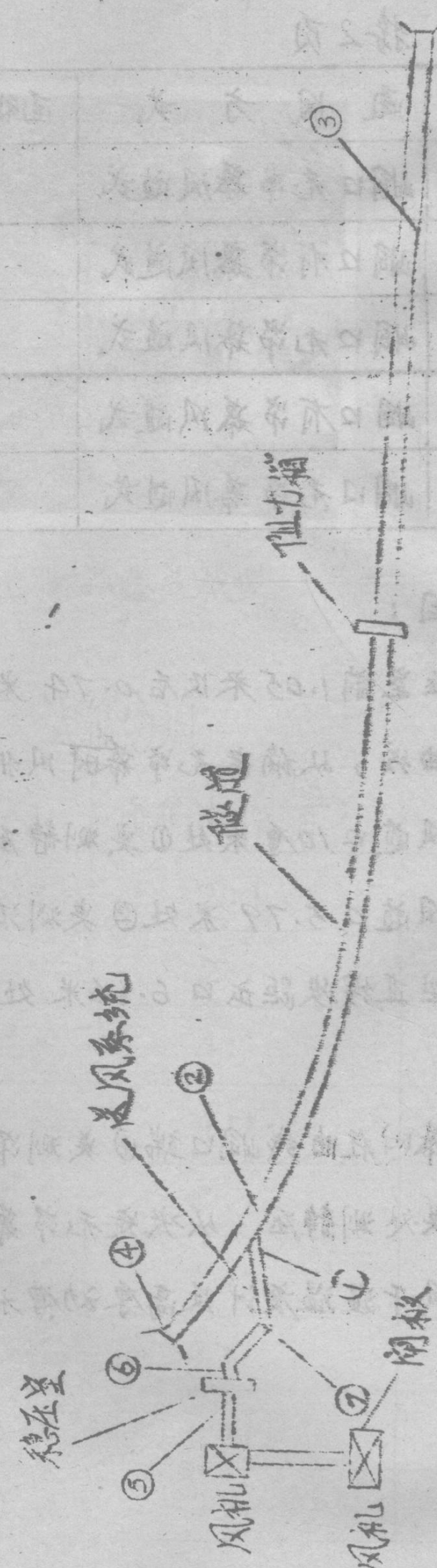


图2 测风布置图

三、结果分析和有、无帘幕比较：

1. 帘幕压力：

帘幕压力在有帘幕隧道通风中是个很重要的数据，据以进行帘幕的结构设计。

图3及图4，给出了在同一角度下不同风道断面状；以及风道断面积不变，角度变化时，帘幕压力与隧道长度，供风量的关系。

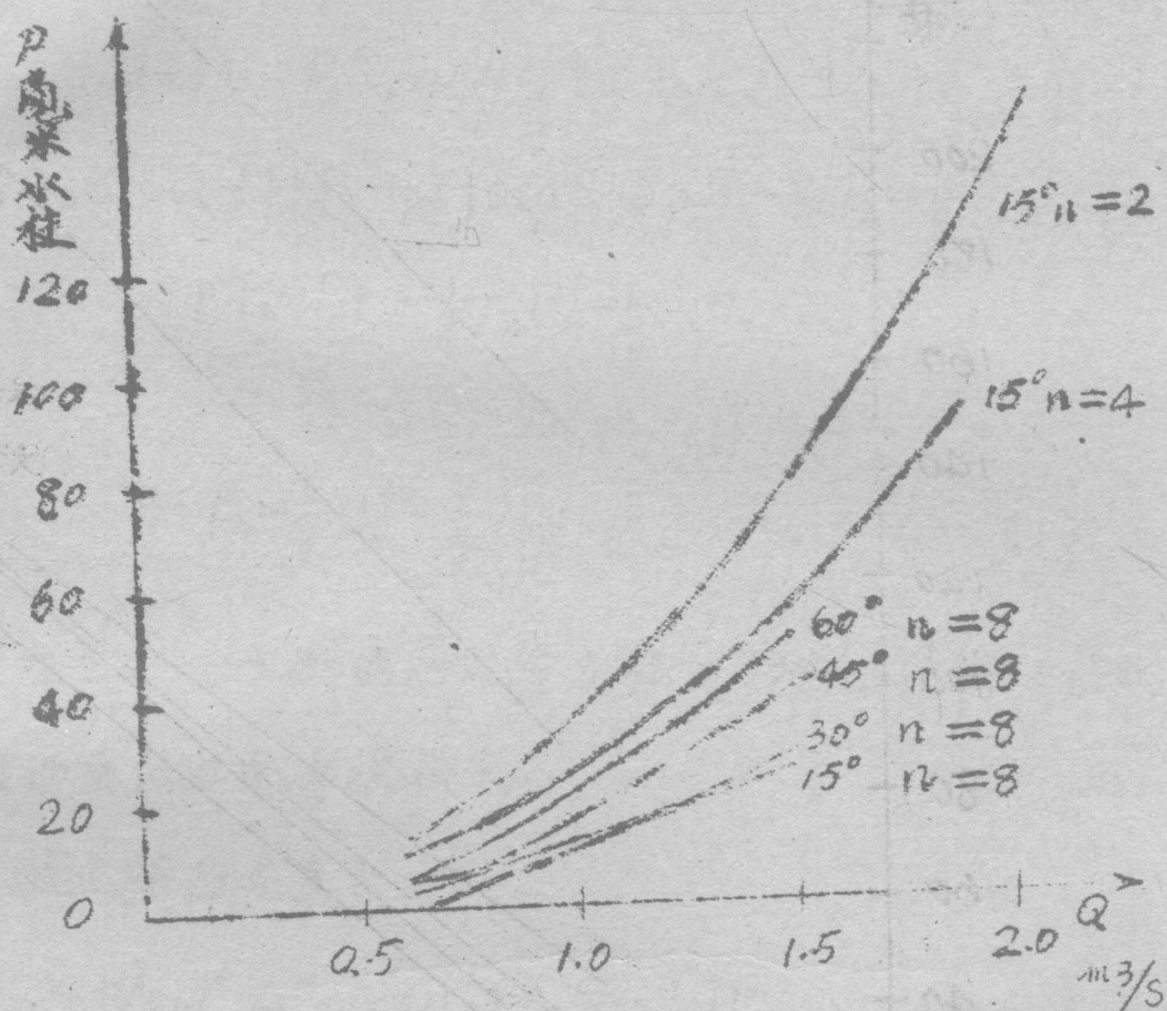


图3 面积比及夹角变化时帘幕压力与风量的关系

从图3及图4可知，帘幕压力随风量和供风量增加而增大；在相同风量情况下，隧道愈长，帘幕压力也愈大；在角度相同时，隧道与风道面积比(n)有关， n 愈大，帘幕压力愈小。

n 愈小，帘幕压力愈大；在相同断面时，风速与隧道夹角(α) 愈小，帘幕压力也小， α 愈大，帘幕压力也愈大。即帘幕压力与供风量、 n 、 α 及隧道长度 L 皆因素有关。为了找出其间的关系，我们利用图5，建立 00—11—22 封闭件的动量方程。

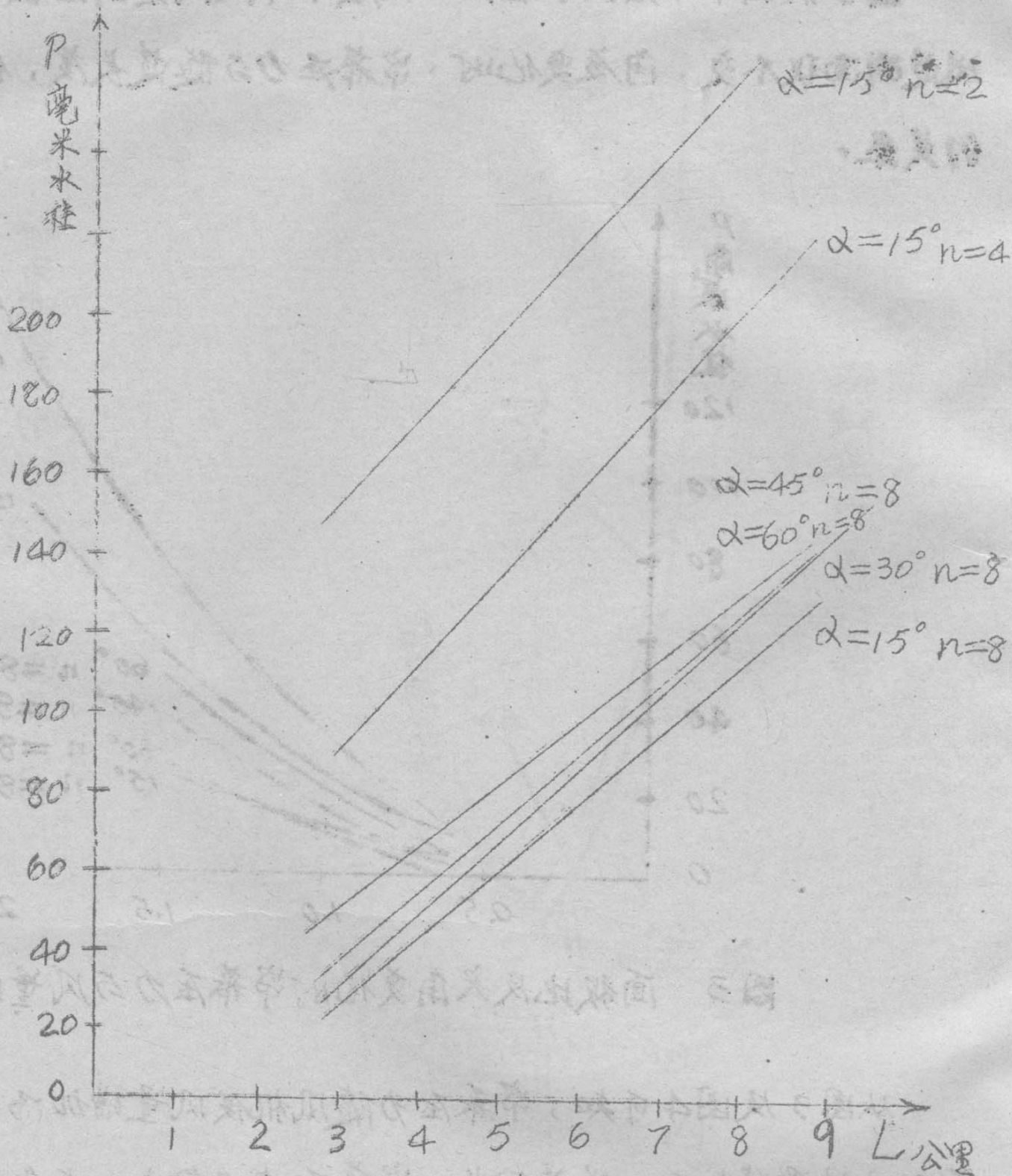


图4 帘幕压力与隧道长度的关系

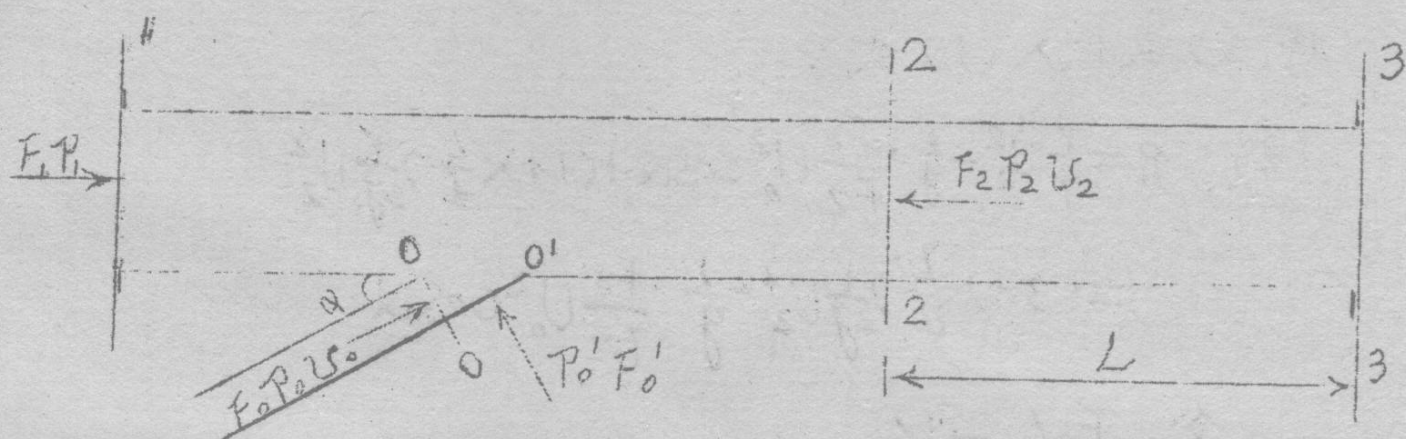


图 5

$$P_0 F_0 \cos \alpha + P_1 F_1 - P_0' F_0' \sin \alpha - P_2 F_2 = \frac{\gamma}{g} F_2 U_2^2 - \frac{\gamma}{g} F_0 U_0^2 \cos \alpha$$

$$\therefore F_0' = F_0 \cot \alpha$$

$$\text{假设 } P_0' \approx P_0$$

$$\text{故 } P_0 F_0 \cos \alpha + P_1 F_1 - P_0 F_0 \cot \alpha \cdot \sin \alpha - P_2 F_2 = \frac{\gamma}{g} F_2 U_2^2 - \frac{\gamma}{g} F_0 U_0^2 \cos \alpha$$

$$\therefore P_1 F_1 - P_2 F_2 = \frac{\gamma}{g} F_2 U_2^2 - \frac{\gamma}{g} F_0 U_0^2 \cos \alpha$$

$$\therefore F_1 = F_2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\gamma}{g} U_2^2 - \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{F_0}{F_2} U_0^2 \cos \alpha \quad \dots (1)$$

其次建立 22—33 断面的能量方程，33 断面距出口很近，略去 33 断面至出口的摩擦损失。

又设：管道断面不变。

$$\text{则 } P_2 + \frac{\gamma}{2g} U_2^2 = P_3 + \frac{\gamma}{2g} U_2^2 + \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\gamma}{2g} U_2^2$$

$\therefore$ 出口损失系数为 1.0

$$\text{故 } P_3 = 1.0 \frac{\gamma}{2g} U_2^2$$

$$\therefore P_2 = \left(1 + \lambda \frac{L}{d}\right) \frac{\gamma}{2g} U_2^2 \quad \dots (2)$$

将(2)式代入(1)式:

$$\begin{aligned} \text{得 } P_1 &= \frac{\gamma}{g} U_2^2 - \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{F_0}{F_2} U_0^2 \cos \alpha + (1 + \lambda \frac{L}{d}) \frac{\gamma}{2g} U_2^2 \\ &= (3 + \lambda \frac{L}{d}) \frac{\gamma}{2g} U_2^2 - \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{F_0}{F_2} U_0^2 \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\text{令 } F_0/F_2 = 1/n$$

$$\text{则 } P_1 = (3 + \lambda \frac{L}{d}) \frac{\gamma}{2g} U_2^2 - \frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{g} U_0^2 \cos \alpha \quad \dots\dots (3)$$

(3)式即为直线隧道(断面不变), 帘幕压力的一般表达式, 式中未考虑由于管道断面及流向的变化造成动量交换、涡流损失在运动方向上的分力。故(3)式计算出来的数值较实际测定值偏低。但式中概括了风量、角度(α)及面积比(n), 基本上反映了帘幕压力的变化规律。

图6和图7给出了帘幕压力的实测与计算曲线比较, 一般实测压力为计算压力的0.8~1.2倍, 故建议在公式(3)-(4)的基础上乘以一个通过孔坊试验求得的修正参数。

$$P = a \left[(3 + \lambda \frac{L}{d}) \frac{\gamma}{2g} U_2^2 - \frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{g} U_0^2 \cos \alpha \right] \quad \dots\dots (5)$$

$$\text{或 } P = a \left[(3 + \lambda \frac{L}{d}) \frac{\gamma}{2g} \cdot (\frac{Q}{F_2})^2 - \frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{g} (\frac{Q}{F_0})^2 \cos \alpha \right] \quad \dots\dots (6)$$

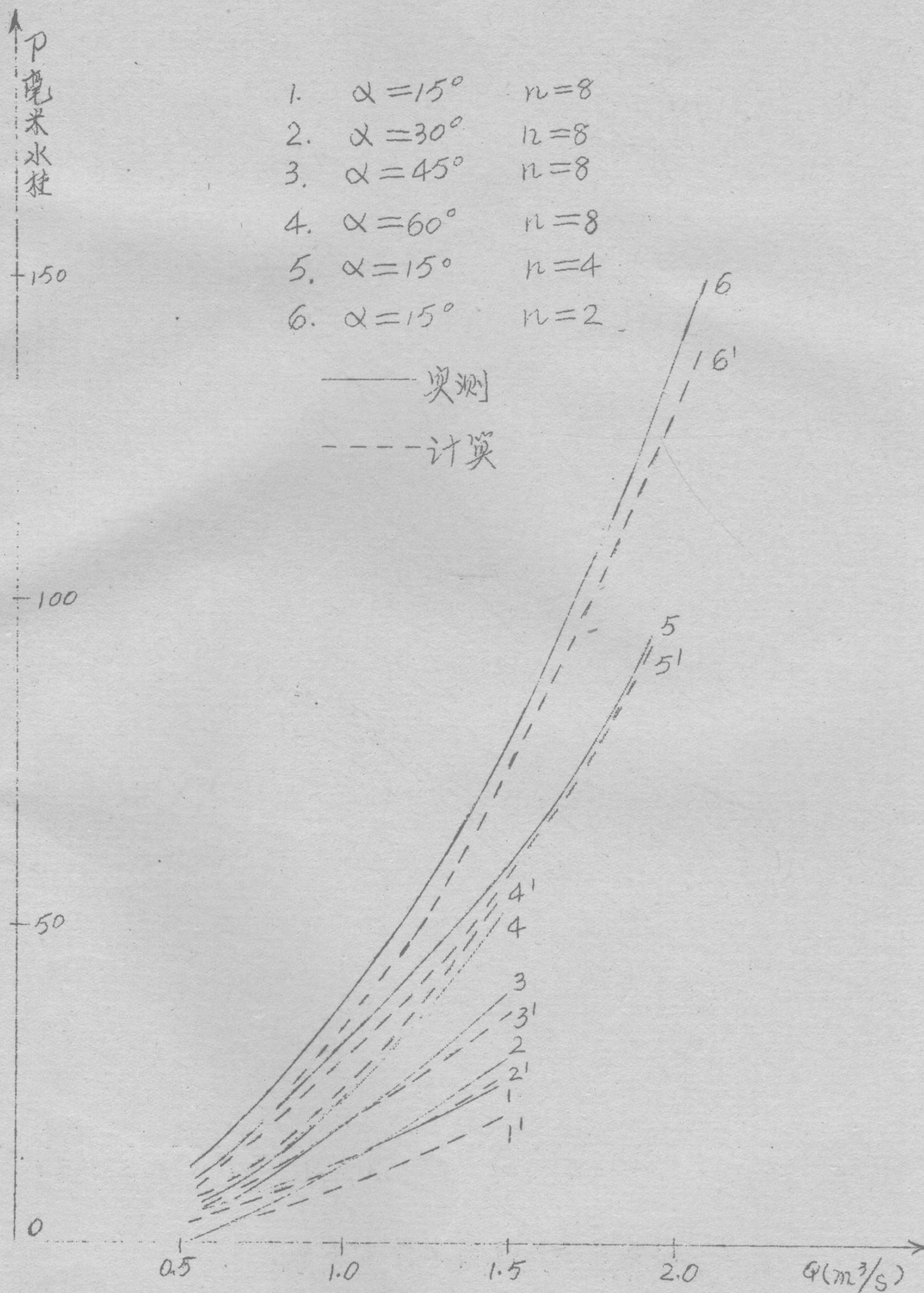


图6 面积比及夹角变化时帘幕压力与风量关系

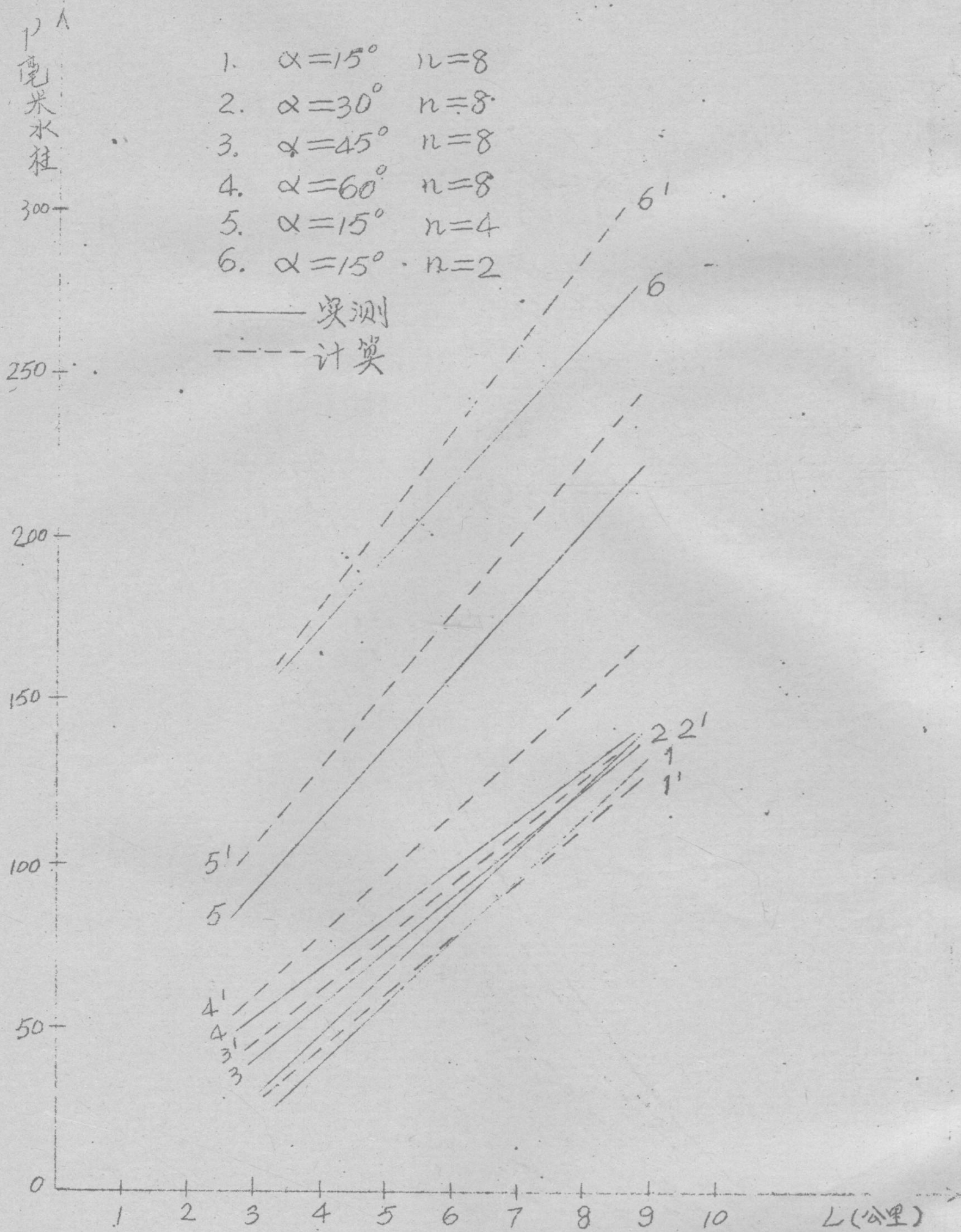


图7 帘幕压力与隧道长度的关系

2. 汇流阻力系数:

风道中的气流进入隧道时, 由于转弯和突然扩大, 以及气流的汇合造成的能量损失称为汇流阻力损失, 用 ξ 表示, ξ 称为汇流阻力系数, 按公式 $\frac{H-H_0}{\frac{\rho}{2} V_0^2}$ 计算。

据《水力摩阻》*一书所介绍的公式:

$$\xi = \zeta \left(\frac{4R - R^2 - 2}{n^2} + 1 - \frac{2}{n} \cos \alpha \right)$$

式中: R —— 流量比,

n —— $F_{\text{隧}}/F_{\text{风}}$,

α —— 风道中线与隧道中线夹角,

ζ —— 大于1的修正系数, 我们在计算中取 $\zeta=1$ 。

为了测得在不同情况下的汇流阻力系数, 我们改变了风道与隧道的夹角(α)、隧道断面与风道断面的面积比(n)、风机供风量、隧道长度(在实际上, 改变隧道长度, 风机工作情况发生了变化, 供风量也略有改变)、在有、无帘幕的情况下进行了试验。现将试验结果和理论计算分别绘于图8—图13中。

从图8和图9看出:

① 汇流阻力系数(ξ)与风机供风量(Q)大小无关, 即与风道口的风速大小无关。

* 苏 N. E. 依杰里奇克《水力摩阻》 电力工业出版社
一九五七版

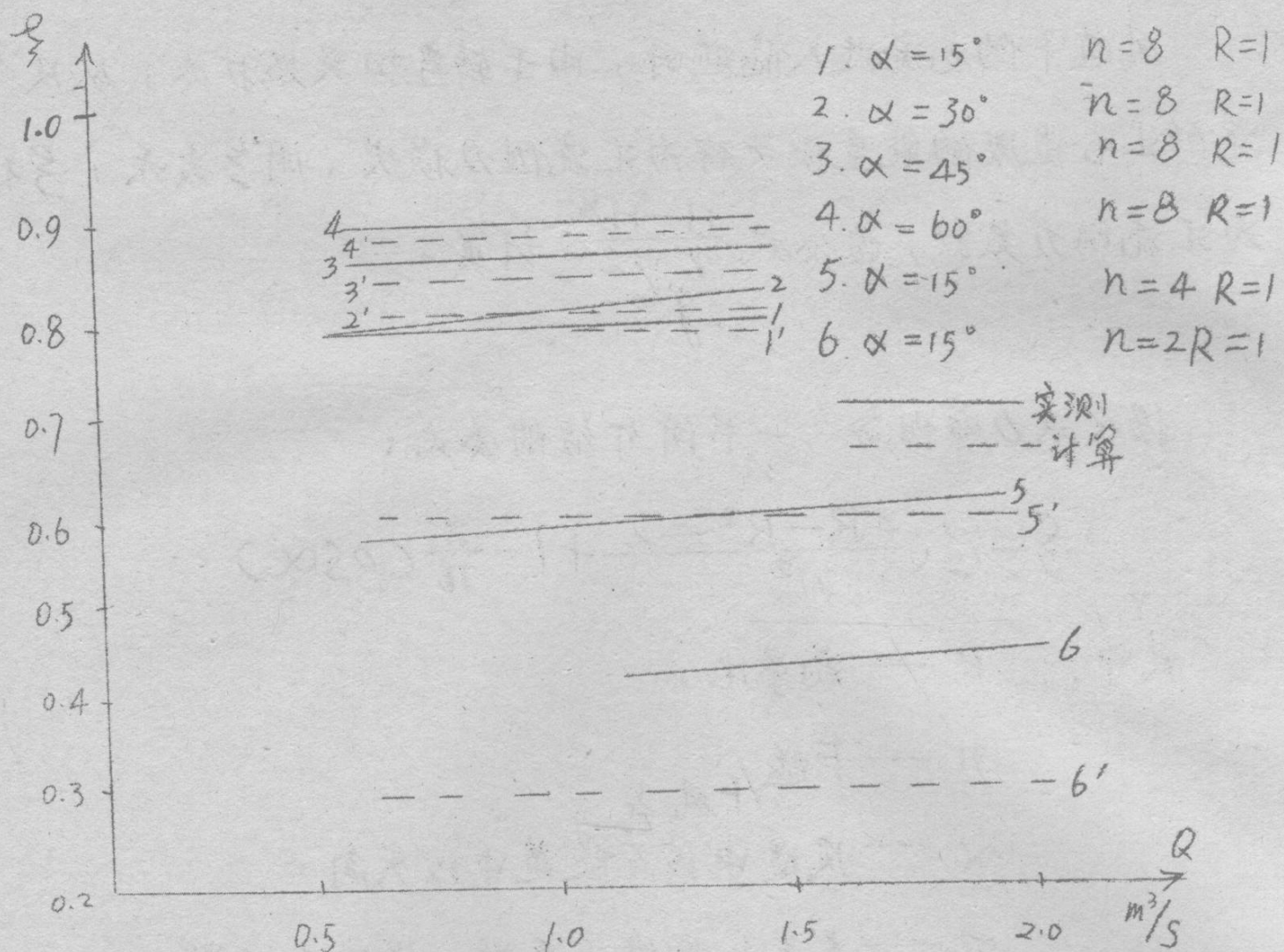


图8 风道口风量与汇流阻力系数的关系

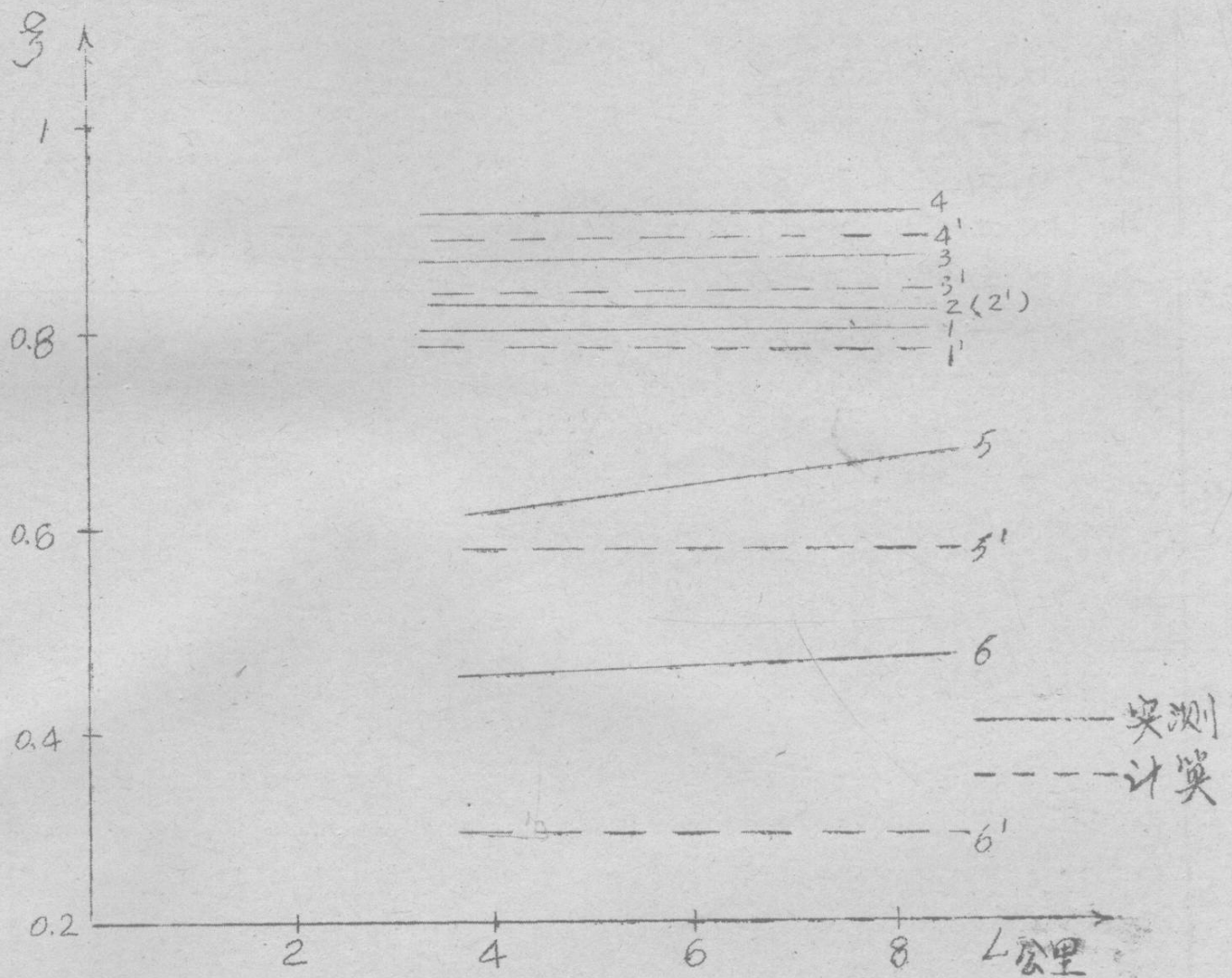
② 汇流阻力系数受隧道长度的影响较小。

③ 在面积比较大时 ($n=4$ 以上)，不同角度情况下，实测与计算相差不大，但在面积较小时 ($n=2$)，实测和计算相差较大。

图10和图11分别绘出了夹角和面积比变化时，流量比与汇流阻力系数的关系。

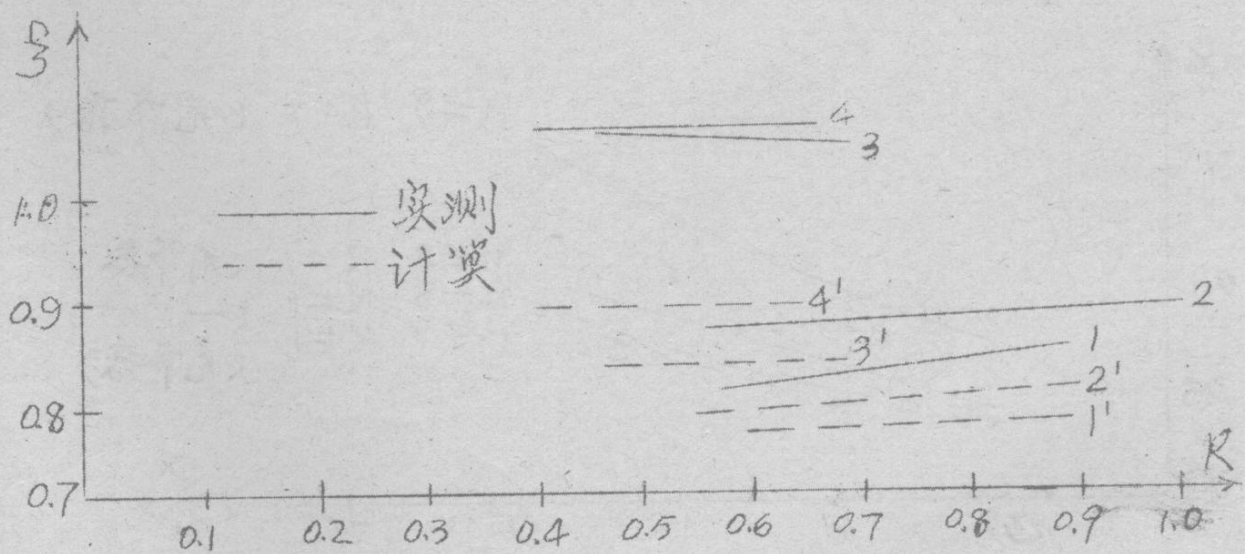
从图10中可看出面积比一定时 ($n=8$)，在各种不同角度下，流量比变化对汇流阻力系数影响较小。试验结果基本为一直线。实测值比理论计算值大。

图11表示出夹角恒定时 ($\alpha=15^\circ$)，面积比变化情况下，



- | | |
|--|--|
| 1. $\alpha = 15^\circ$ $n = 8$ $R = 1$ | 4. $\alpha = 60^\circ$ $n = 8$ $R = 1$ |
| 2. $\alpha = 30^\circ$ $n = 8$ $R = 1$ | 5. $\alpha = 15^\circ$ $n = 4$ $R = 1$ |
| 3. $\alpha = 45^\circ$ $n = 8$ $R = 1$ | 6. $\alpha = 15^\circ$ $n = 2$ $R = 1$ |

图9 隧道长度与汇流阻力的关系



- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. $\alpha = 15^\circ$ $n = 8$ | 2. $\alpha = 30^\circ$ $n = 8$ |
| 3. $\alpha = 45^\circ$ $n = 8$ | 4. $\alpha = 60^\circ$ $n = 8$ |

图10 夹角变化时, 流量比与汇流阻力系数的关系

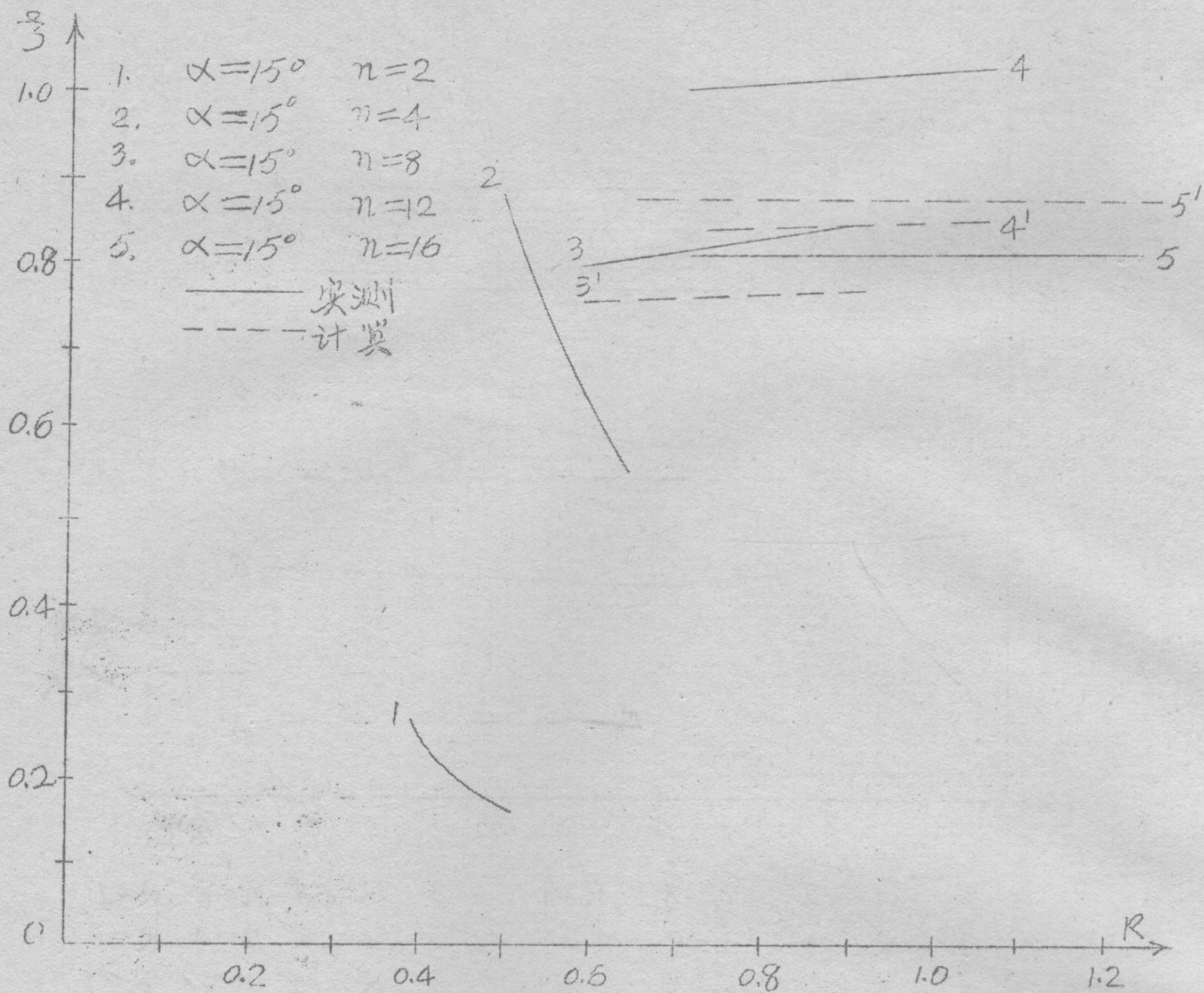


图11 面积比变化时, 流量比与汇流阻力系数的关系

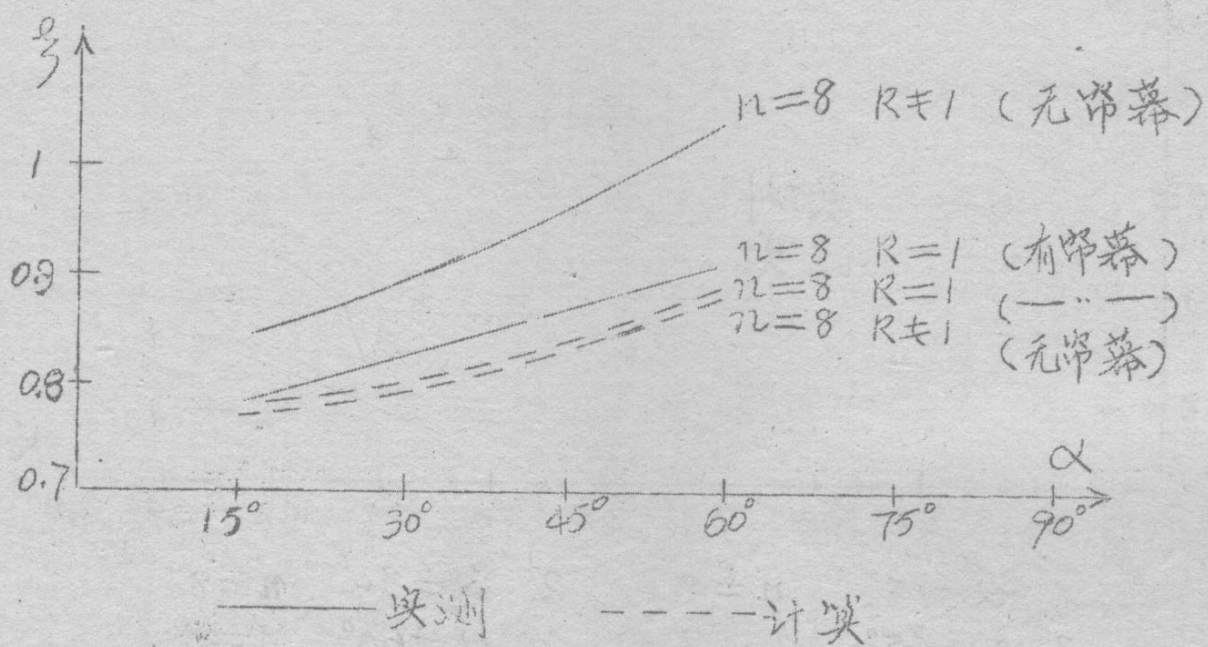


图12 夹角与汇流阻力系数的关系

流量比与汇流阻力系数的关系。

从图11中可以看出 $n \geq 8$ 的情况下，流量比对汇流阻力系数影响较小，实测和理论计算都说明这种情况，但 $n \leq 4$ 时，流量比对汇流阻力系数的影响就较明显，从实测结果可看出比问题，故在面积比小时，考虑汇流阻力系数不应忽略流量比这个因素。

图12和图13给出了风道和隧道夹角、面积比与汇流阻力系数的关系，当面积比一定时（ $n=8$ ），无论有、无帘幕的情况

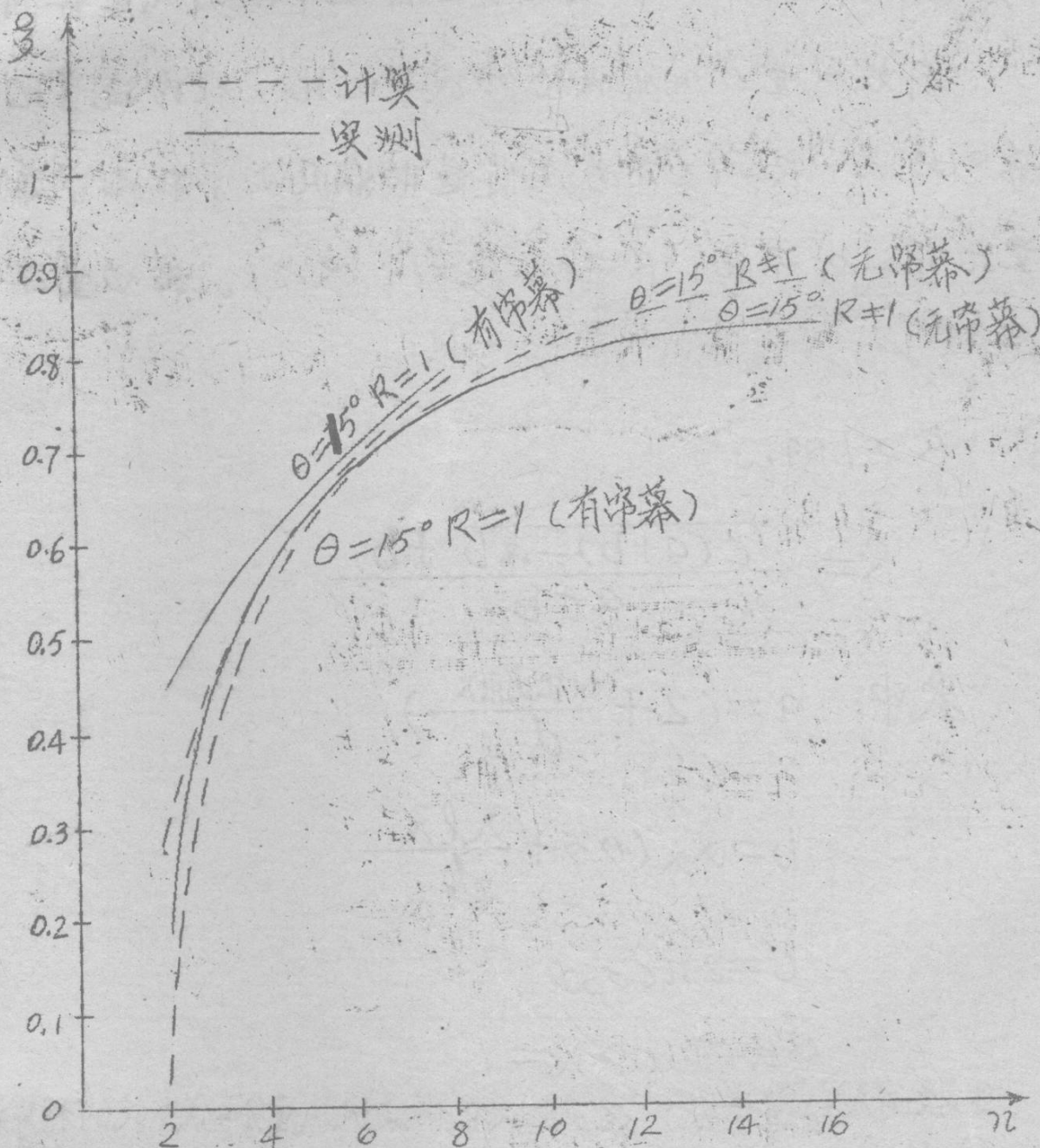


图13 面积比与汇流阻力系数的关系