中华人民共和国国家标准

色漆和清漆　遮盖力的测定

第一部分　适于白色和浅色漆的 Kubelka-Munk 法

Paints and varnishes—Determination of hiding power—Part 1: Kubelka-Munk method for white and light coloured paints

GB/T 13452.3—92

国家技术监督局批准并发布

1992-04-28 批准　1993-03-01 实施

本标准等效采用国际标准 ISO 6504/1—1983《色漆和清漆——遮盖力的测定——第 1 部分:适于白色和浅色漆的 Kubelka-Munk 法》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了测定白色漆和浅色漆的遮盖力的方法,而该遮盖力系指对比率必须是98%时的涂布率。

本标准适用于三刺激值中 Y 大于 70 的色漆漆膜,不适用于荧光和金属漆。

2 引用标准

GB 3186 涂料产品的取样

GB 6750 色漆和清漆 密度的测定

GB 6751 色漆和清漆 挥发物和不挥发物的测定

GB 9270 浅色漆对比率的测定 聚酯膜法

GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

3 原 理

本方法是基于 Kubelka 和 Munk 方程式,该方程式表明色漆漆膜的散射和吸收系数与其颜色和不透明性之间的关系。

为了测定遮盖力,需要用黑色底材上厚度为 t 的色漆漆膜的反射率(R_B)和反射系数(R_∞)导出 Kubelka-Munk(K-M)方程式。

4 Kubelka-Munk(K-M)方程

$$a=\frac{1}{2}\left(R_\infty+\frac{1}{R_\infty}\right) \tag{1}$$

$$b=a-R_\infty \tag{2}$$

$$R_B=\frac{1}{a+b\coth bSt} \tag{3}$$

$$R=\frac{1+R_g(a-b\coth bSt)}{a+b\coth bSt-R_g} \tag{4}$$

式中 R_∞——反射系数,即当漆膜厚度再增加而反射率不再变化时该漆膜厚度的反射率;

R_B——厚度为 t 的色漆漆膜涂覆在黑色底材上的反射率;

R——厚度为 t 的色漆漆膜涂覆在白色底材上的反射率;

R_g——白色底材的反射率(本方法 $R_g=0.80$);

S——散射系数,μm^{-1};

t——色漆漆膜的厚度,μm。

本方法采用式(1)至式(4)时,将用仪器测得的 CIE 三刺激值 Y 除以 100 来分别表示 R、R_B 及 R_∞。

遮盖力 $V_{0.98}$是可得到对比率 0.98(R_B/R)时的涂布率,由方程式规定的同样的漆膜厚度 $t_{0.98}$来确定。

$$V=\frac{1000}{t} \tag{5}$$

式中　V——遮盖力，m^2/L；

t——湿漆膜厚度，μm。

根据式(3)和式(4)，当对比率等于0.98时：

$$0.98=\frac{a-0.8+b\coth bSt_{0.98}}{(a+b\coth bSt_{0.98})[1-0.8(a-b\coth bSt_{0.98})]}$$

或经演算后：

$$t_{0.98}=\frac{1}{bS}\operatorname{arcoth}\left(\frac{0.02+\sqrt{D}}{1.568b}\right) \tag{6}$$

式中　$D=3.136a[1-0.98(1-0.8a)]-2.5084$

和

$$V=\frac{1000}{t}=\frac{1000bS}{\operatorname{arcoth}\left(\frac{0.02+\sqrt{D}}{1.568b}\right)}=K\cdot S$$

注：如果 $Y=\coth X$，则 $X=\operatorname{arcoth}Y$。

由此可见，由于 $R_g(0.80)$和对比率(0.98)是常数，因此因子 a 是R_∞的函数。

散射系数 S 由式(3)换算而得。a 和b 的值是已知的，分别由式(1)和式(2)计算得：

$$S_t=\frac{1}{b}\operatorname{arcoth}\left(\frac{1-aR_B}{bR_B}\right) \tag{7}$$

为了简化计算，可以根据测得的 R_B 和 R_∞值从一系列现成的曲线图找出产品的 S_t(见附录A)。

根据 S_t 除以漆膜厚度 t 可以计算出散射系数S，并且由式(5)和式(6)可以得到 $V_{0.98}$。a 值与各种R_∞值的对应表使计算简化(见附录B)。

注：合适的表和曲线图可参照 DIN 53162 和 ASTMD 2805。附录B中的表带有修正，也可从 ISO 2805得到。

5　仪器和材料

5.1　底材

5.1.1　R_B 的测定用

5.1.1.1　玻璃板：黑色、平整光亮，厚度不小于6mm，尺寸为200mm×200mm。

5.1.1.2　聚酯薄膜：洁净，未经处理，透明，均匀厚度在30～100μm，按5.1.1.1规定的玻璃板一起，尺寸至少为100mm×150mm。

5.1.2　R_∞的测定用

5.1.2.1　光滑平整的纸质卡片，易于被溶剂型和水稀释型色漆弄湿，但不透过，其反射率与受试色漆相似。

低反射系数的色漆需用灰色卡片，高反射系数色漆需用白色卡片。另外，瓷砖或玻璃板也可使用。

5.2　漆膜涂布器

需要一系列的漆膜涂布器，可制得漆膜厚度在40～150μm范围内的均匀漆膜。棒型涂布器适于涂在玻璃板上，绕线式涂布器比较适于涂在聚酯膜或纸质卡片上。

涂覆的漆膜宽至少分别为 150mm(玻璃板)和 70mm(聚酯膜)。覆盖面积至少分别为 100mm×125mm 或 60mm×60mm,并且厚度均匀。推荐使用自动涂布器。

5.3 反射仪

一种能给出指示读数与受试表面反射光强度成正比的光电仪器,其精度在 0.1%。其光谱灵敏度接近于 CIE D65 光源和 CIE 标准观察者的颜色匹配因子 $\bar{y}(\lambda)$。

注:①光束和光探测器的相对几何条件能够影响反射率的测量。但应考虑到使用市售反射仪产生的偏差显著地小于第 9 章规定的再现性的数值。发生争议时,应使用不包括镜面反射在内的8°/漫射几何条件。

②除了参照目的外,可以使用 C 光源。

5.4 样板

为在黑玻璃板上涂布漆膜,需采用尺寸至少为 100mm×125mm 长方形的金属板。对于聚酯膜需采用尺寸至少为 60mm×60mm 的金属板或层压板。

6 取　　样

按照 GB 3186 的规定,检查和取样。

7 操作步骤

7.1 R_∞的测定

取适量色漆试样,倒在纸卡片的一端,使其成为一条直的横条。立即用合适的涂布器以固定的速度刮涂,以得到均匀的漆膜厚度。重复该操作,以便提供厚度为 75、100、125、150μm 均匀的干漆膜。按 7.2.1.3 所述使涂层干燥,测量每块涂漆纸卡的涂层反射率,记录反射率的值作为反射系数 R_∞,它与漆膜厚度无关。

注:如果漆膜厚度达 150μm 时,反射率仍在升高,应再涂漆直至所获得的反射率恒定为止。

7.2 R_B 的测定

7.2.1 试验漆膜的制备

应制备出色漆试样所给出的干膜反射率至少比色漆试样的反射系数 R_∞低 0.02 的漆膜厚度。

7.2.1.1 聚酯膜法

用下述方法之一制备聚酯膜涂层(5.1.1.2):

a. 将聚酯膜铺展在黑玻璃板(5.1.1.1)上,玻璃板上滴几滴恰好足量的石油溶剂,由于表面张力固定住聚酯膜,应保证没有石油溶剂弄湿聚酯膜的上表面,聚酯膜与玻璃板之间不能夹杂气泡。

也可使用绕线式涂布器①。

b. 固定聚酯膜的一端,将其铺在一块平坦的橡胶垫上面。根据所需要的厚度,取适量色漆试样,倒在聚酯膜的一端,使其成为带状,立即用合适涂布器以固定的速率刮涂,得到均匀厚度的漆膜。用这种方法制备四块漆膜。

7.2.1.2 黑玻璃板法

采用说明:

① ISO 标准无此规定。

取适量色漆试样,倒在黑玻璃板一端,使其成为一条直的横条。立即用合适的涂布器以固定的速率刮涂,得到均匀厚度的漆膜。另取黑玻璃板(5.1.1.1)重复施涂,直至制出四个接近相同厚度的均匀漆膜为止。

7.2.1.3 干燥条件

将涂过漆的底板置于水平位置,可根据色漆的种类和协议的有关程序使色漆干燥。在反射率测量之前,试验漆膜在 23±2℃,相对湿度(50±5)%的条件下,干燥至少 24h,但不得超过 168h。

7.2.2 反射率 R_B 的测量

注:读数的变化类似于非均匀漆膜所引起的结果,并且取决于所采用的方法。如果第 9 章的精密度不能得到,应检查该方法。

7.2.2.1 聚酯膜法

将涂过漆的聚酯膜固定在黑色玻璃板上,在聚酯膜下面和玻璃板之间滴入几滴石油溶剂以确保光学接触。至少在四个点上测量试验漆膜的反射率,计算每块板的平均反射率 R_B。

7.2.2.2 黑玻璃板法

直接用反射仪(5.3)测量反射率 R_B,每块板至少在四个点上读取读数,测量时应避开边缘部位,然后计算每块板的平均反射率 R_B。

7.3 漆膜厚度的测定

注:按聚酯膜法(7.3.1)或 GB/T 13452.2 中湿膜厚度测量及更合适的其他方法。

7.3.1 聚酯膜法

用金属板和刀片或精密的模压机从涂过漆的聚酯膜中央切割至少尺寸为 60mm×60mm 的相等面积。

称量割下的涂漆聚酯膜片,精确至 0.1mg。用溶剂除去漆膜,但该溶剂必须不影响干的聚酯膜的质量,完全干燥后称量该聚酯膜质量。记录漆膜的质量 m,即涂漆和未涂漆的聚酯膜质量之差,另用三块试验膜重复此操作。

8 结果表示

8.1 湿膜厚度的计算

按式(8)计算四块膜中每一块的湿膜厚度。

$$t=\frac{m}{A\cdot\rho\cdot NV}\times 10^8 \tag{8}$$

式中 m——色漆漆膜的质量,g;

A——金属板的面积,mm^2;

ρ——色漆的密度,g/mL;

NV——色漆的不挥发物含量,%(m/m);

t——湿漆膜厚度,μm。

8.2 遮盖力的计算

根据每块漆膜的厚度 t 和测出的 R_B 的值,R_∞ 的平均值,用第 4 章给出的方程式计算遮盖力。

附录C中给出了使用表和曲线图以及由公式计算结果的实例。

9 精密度

通过实验室所得试验结果的统计分析，该方法的精密度如下：

9.1 重复性(r)

由同一操作者在同一实验室内，用同一台设备，在一短时间间隔内采用本标准试验方法，对同一材料进行试验所得到的两个单独试验结果之间绝对差值低于2%时，可预计结果的概率为95%。

9.2 再现性(R)

由不同操作者在不同实验室，采用本标准试验方法，对同一材料进行试验所得到的两个单独试验结果之间绝对差值低于6%时，可预计结果的概率为95%。

10 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

a. 受试色漆的型号和名称；

b. 注明本标准和相应的国家标准；

c. 干燥时间和(或)烘烤条件；

d. 计算试验结果时所用的色漆密度值和不挥发物含量的质量百分数；

e. 是否使用黑色玻璃为底材，或使用聚酯膜为底材；

f. 试验结果；

g. 其他与试验所规定的程序任何不同之处；

h. 试验日期。

附 录 A

由 R_B 和 R_∞ 测定 S_t 的曲线图

(补 充 件)

在测定每块漆膜的 R_B 值和 R_∞ 值的平均值之后，参照图A1的曲线，可找出合适的曲线图(圆圈中的号码表示图号)。

图中的每一条曲线是由一定范围的 R_B 值和 R_∞ 值相对应标绘出 S_t 值，并记录于每条曲线上。附录C给出使用这些曲线图的例子。

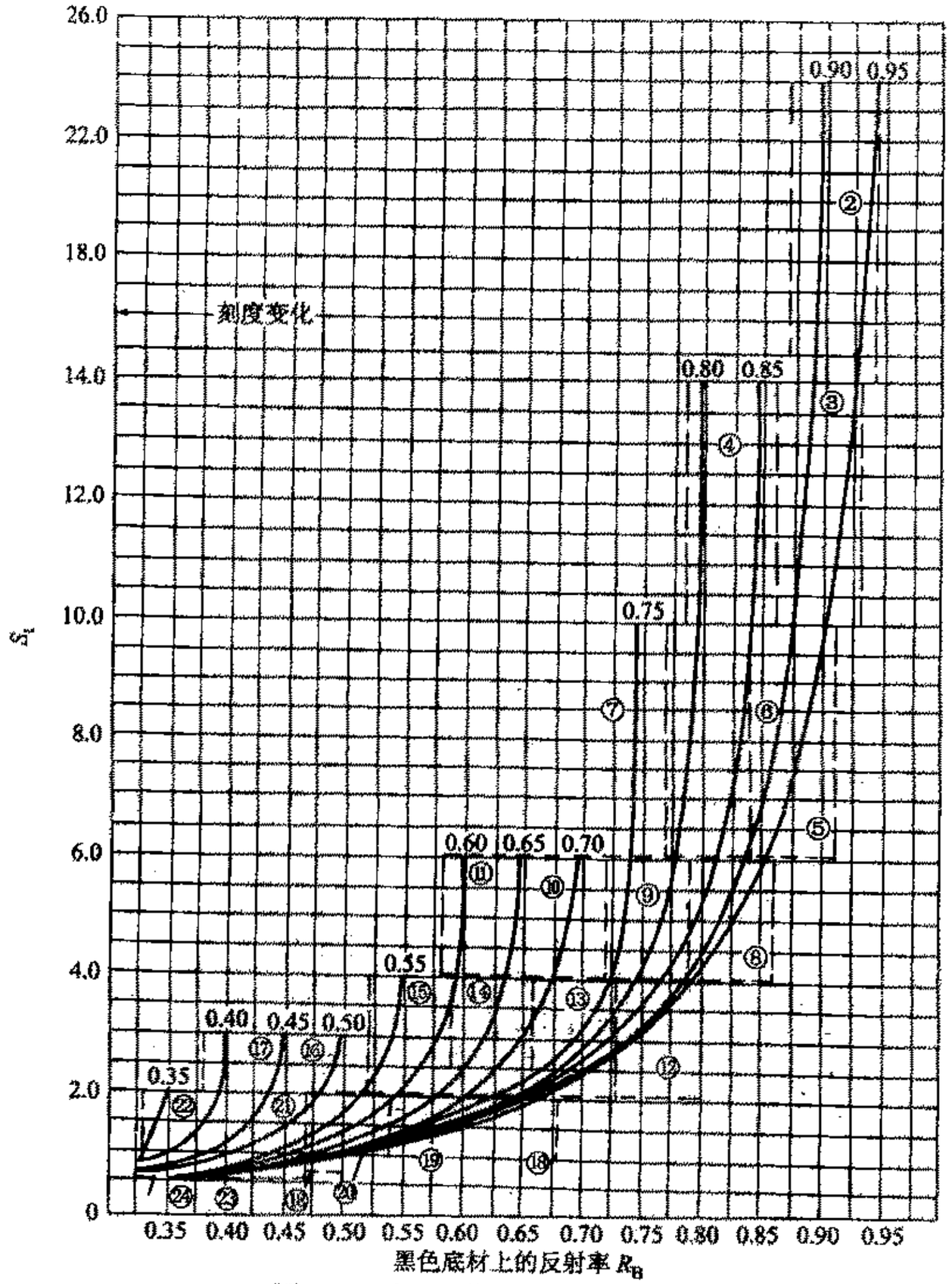


图 A1　由 R_B 值和 R_∞ 值从坐标图上找 S_t

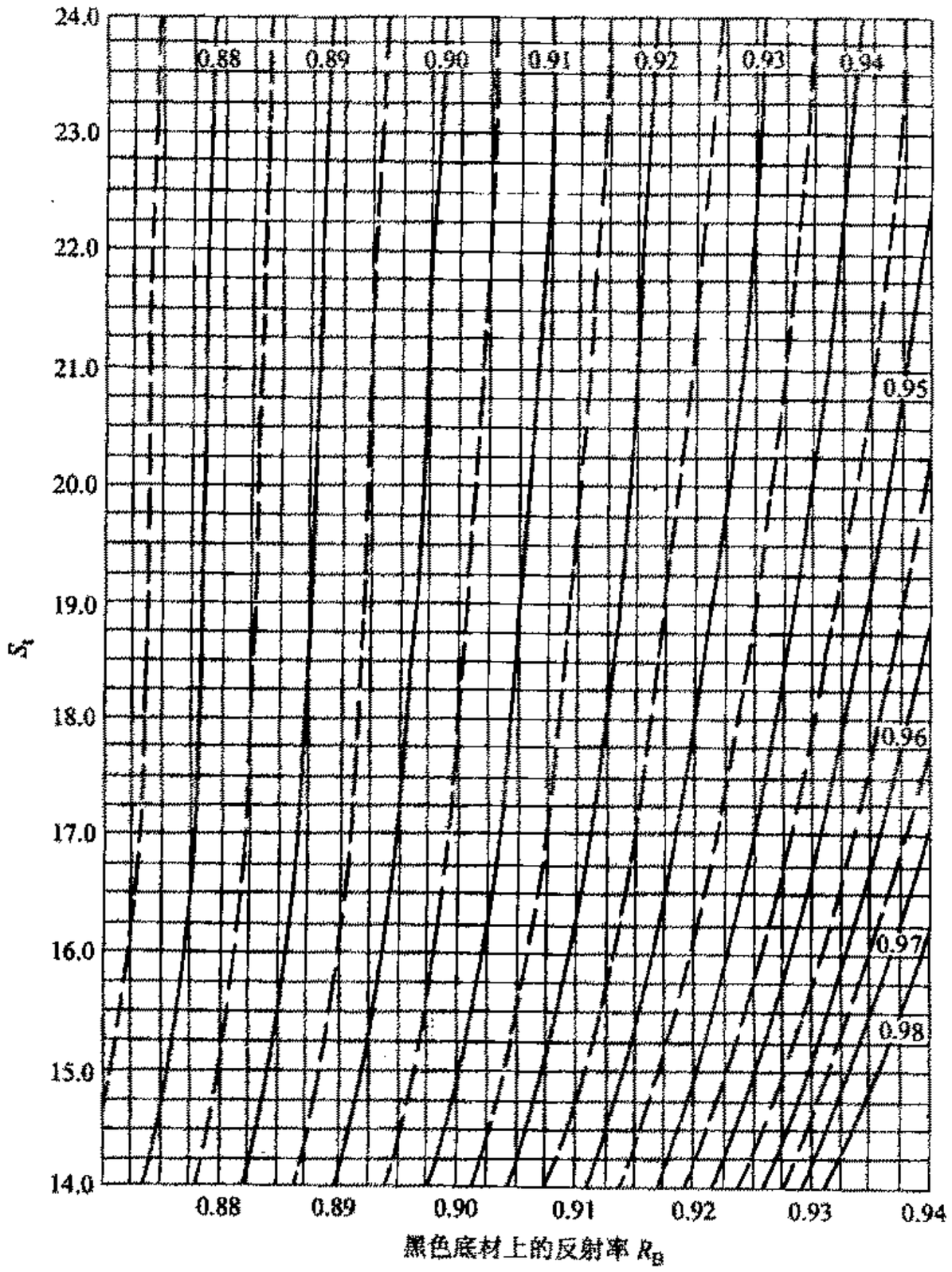
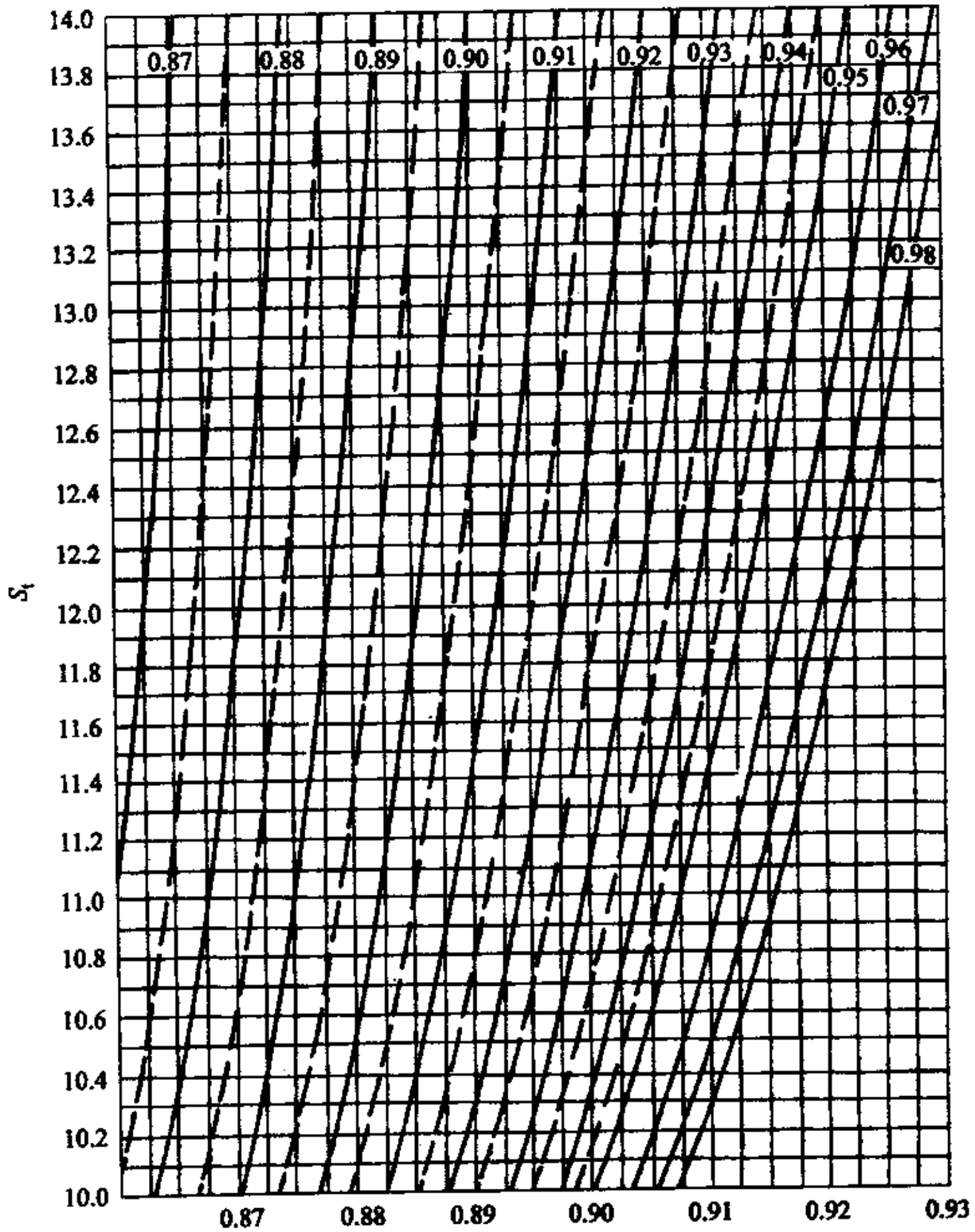


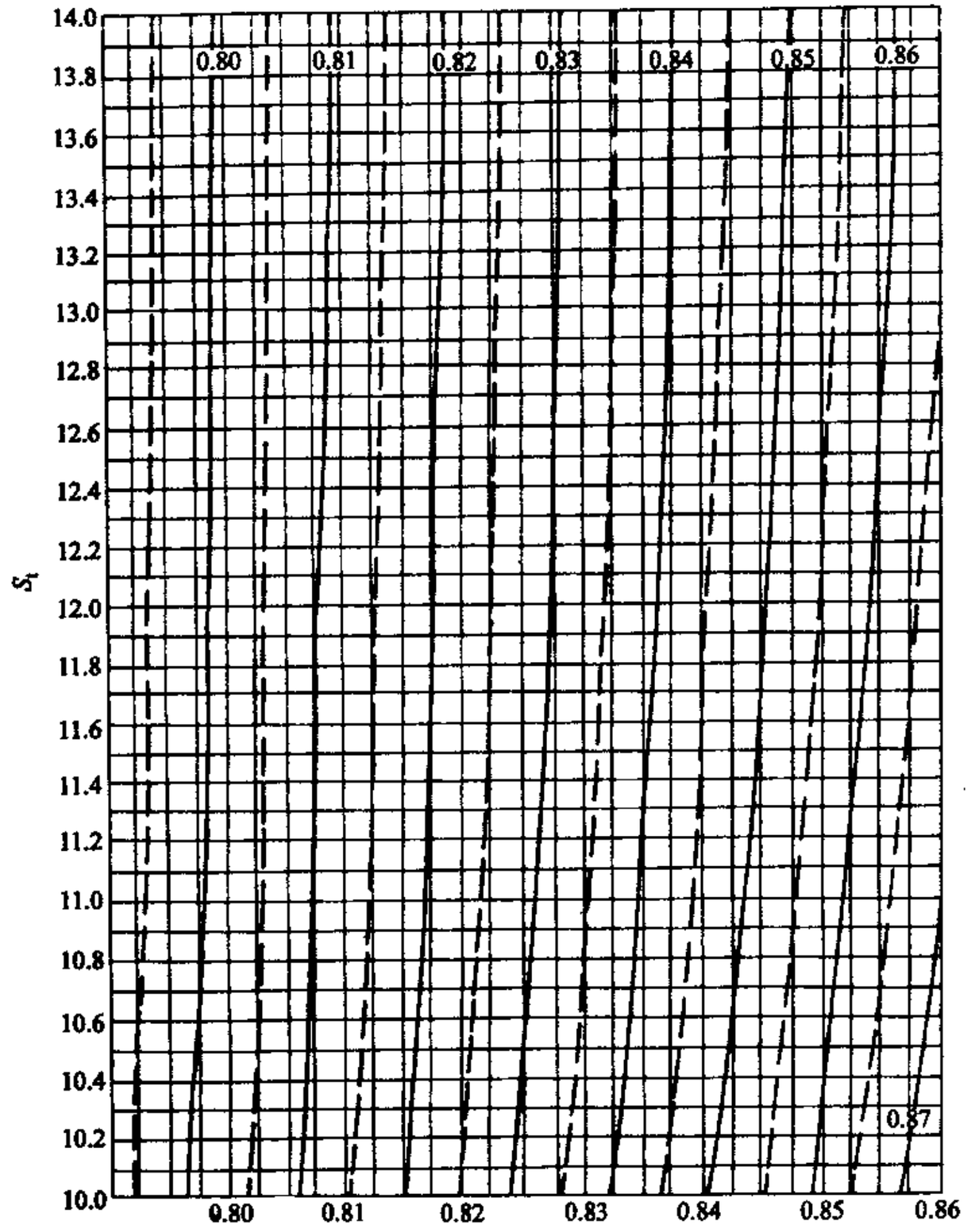
图 A2　分布图上的 S_t 值

$0.87 \leqslant R_B \leqslant 0.94$　$0.88 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



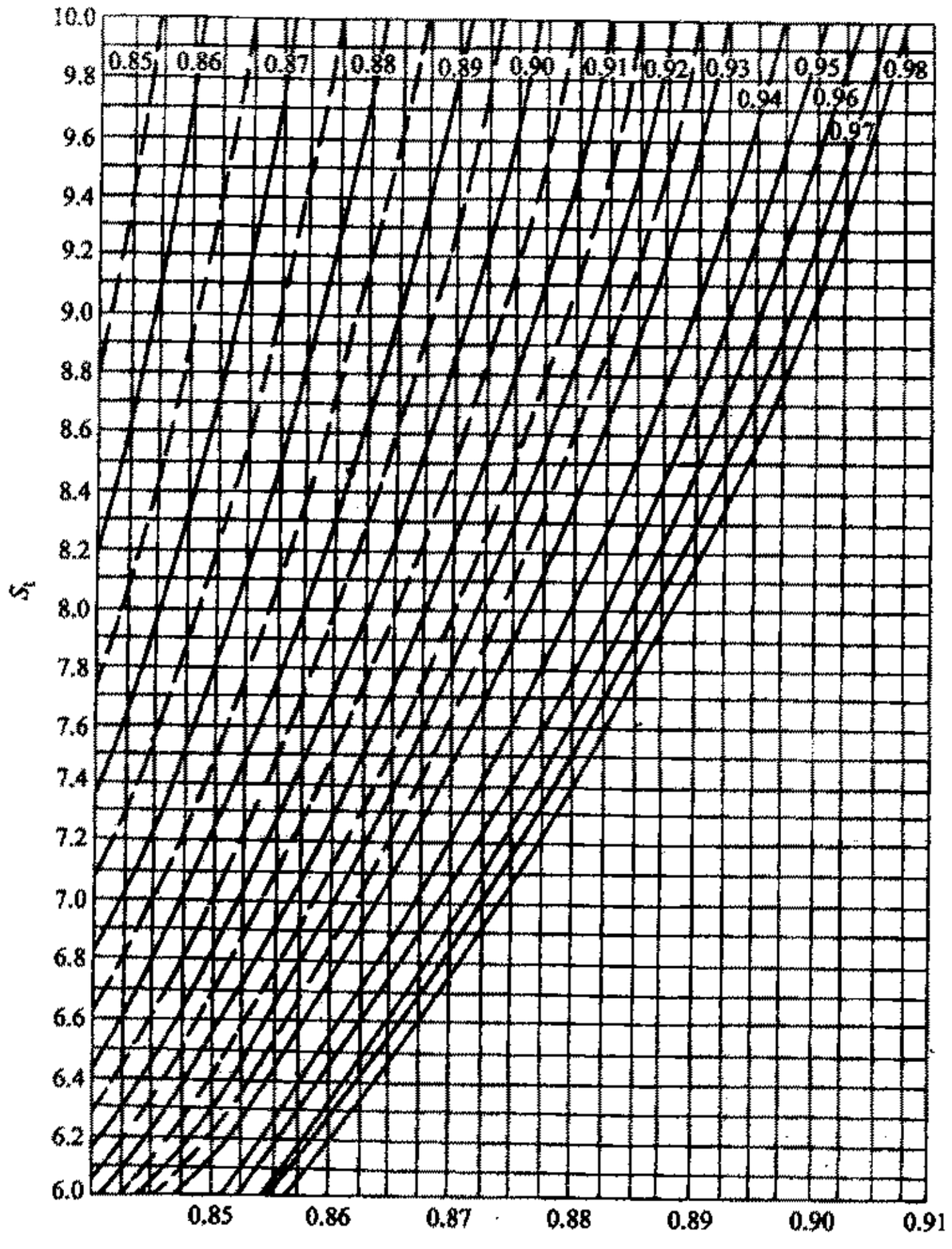
图A3　分布图上的 S_t 值

$0.86 \leqslant R_B \leqslant 0.93$　$0.87 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



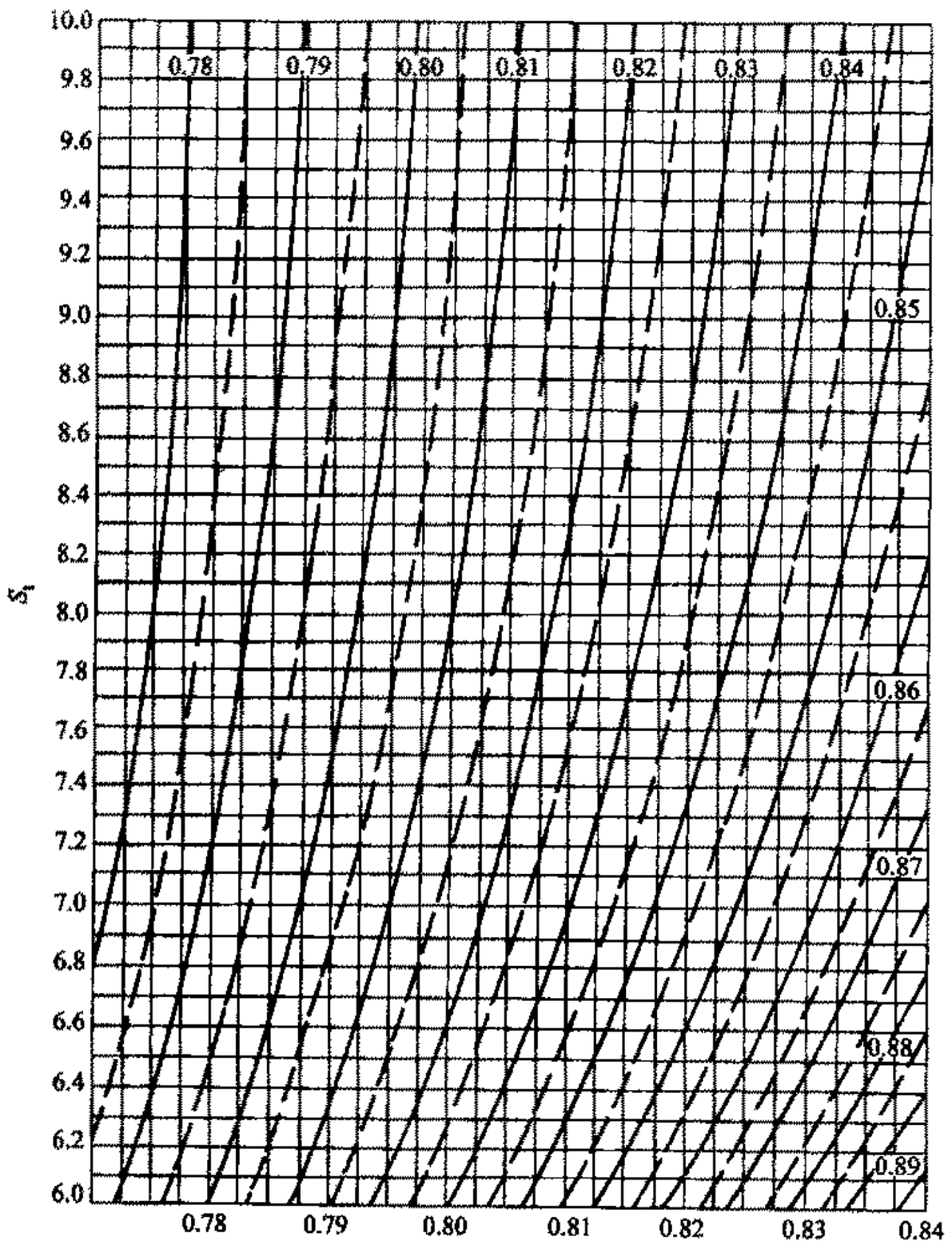
图A4　分布图上的 S_t 值

$0.79 \leqslant R_B \leqslant 0.86$　$0.80 \leqslant R_\infty \leqslant 0.86$



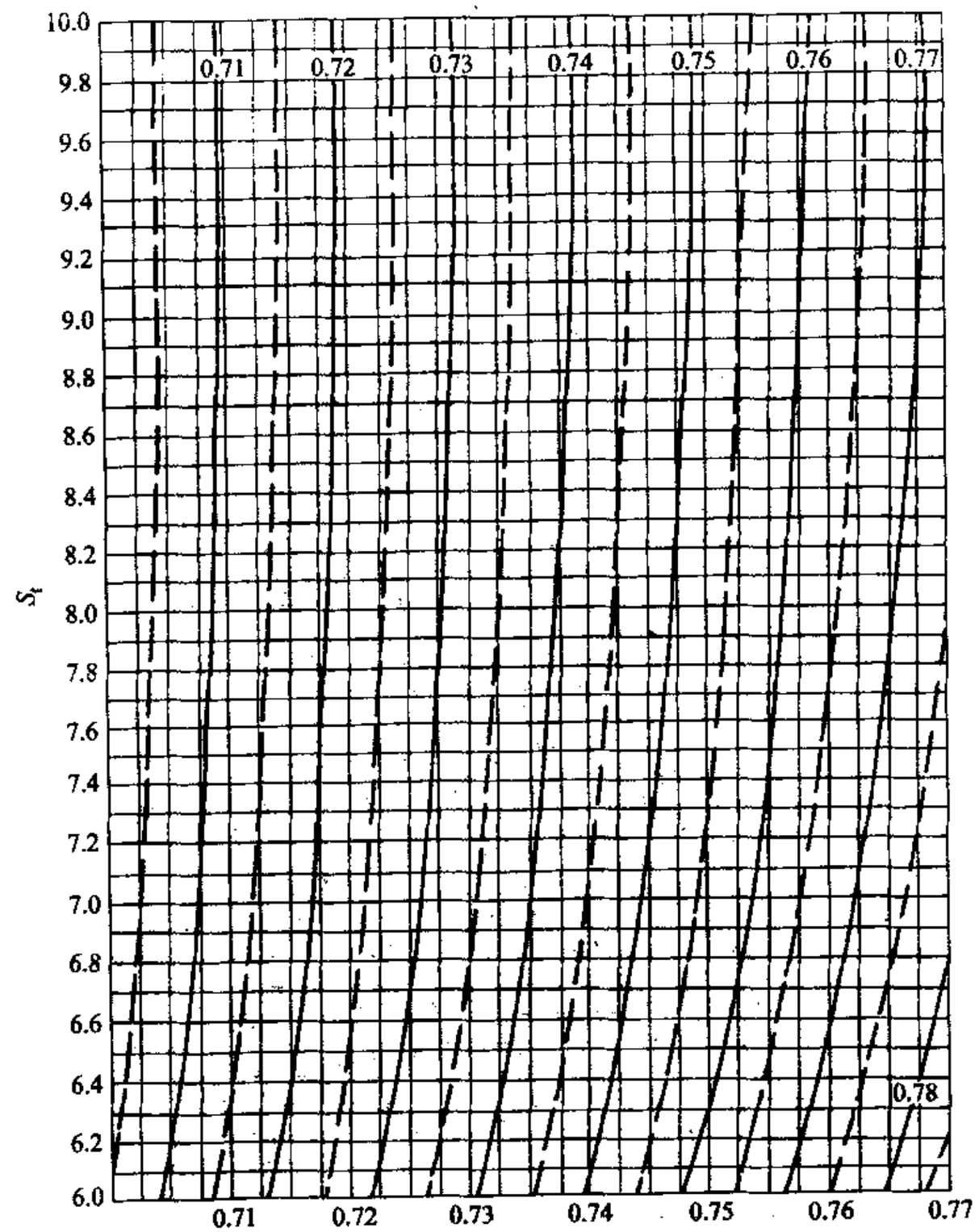
图A5　分布图上的 S_1 值

$0.84 \leqslant R_B \leqslant 0.91$　$0.85 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



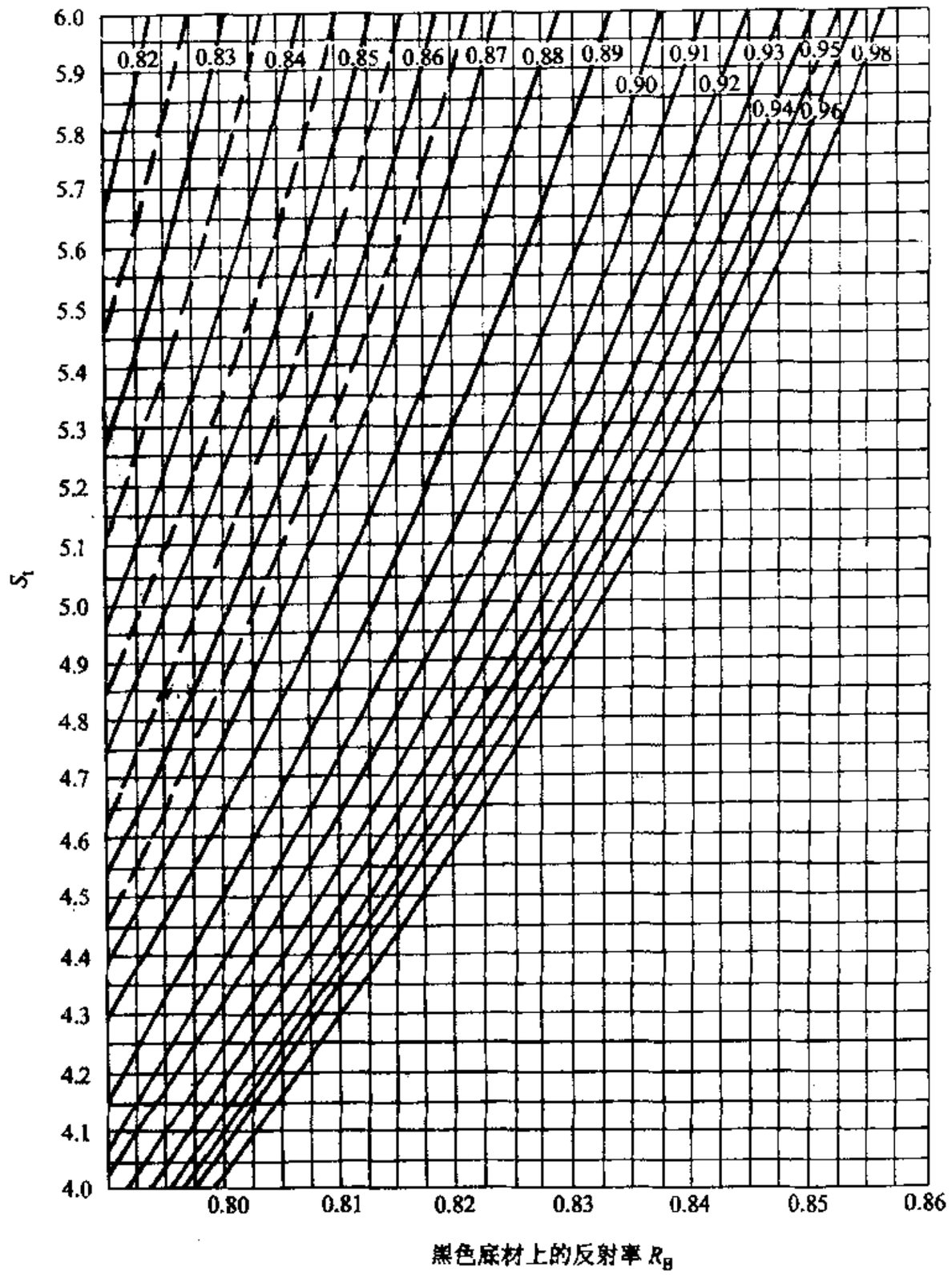
图A6　分布图上的 S_1 值

$0.77 \leqslant R_B \leqslant 0.84$　$0.78 \leqslant R_\infty \leqslant 0$



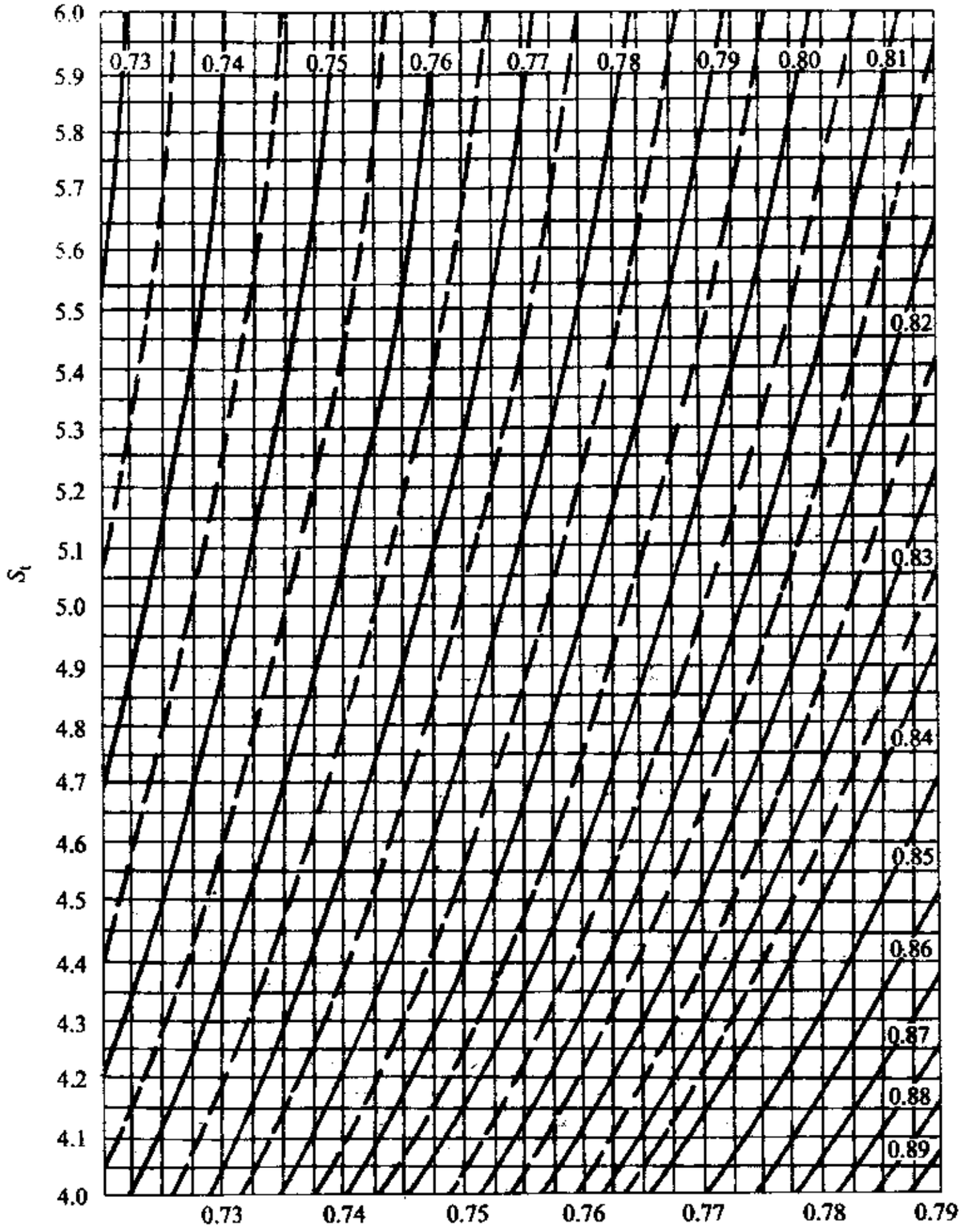
图A7　分布图上的 S_t 值

$0.70 \leqslant R_B \leqslant 0.77$　$0.71 \leqslant R_\infty \leqslant 0.77$



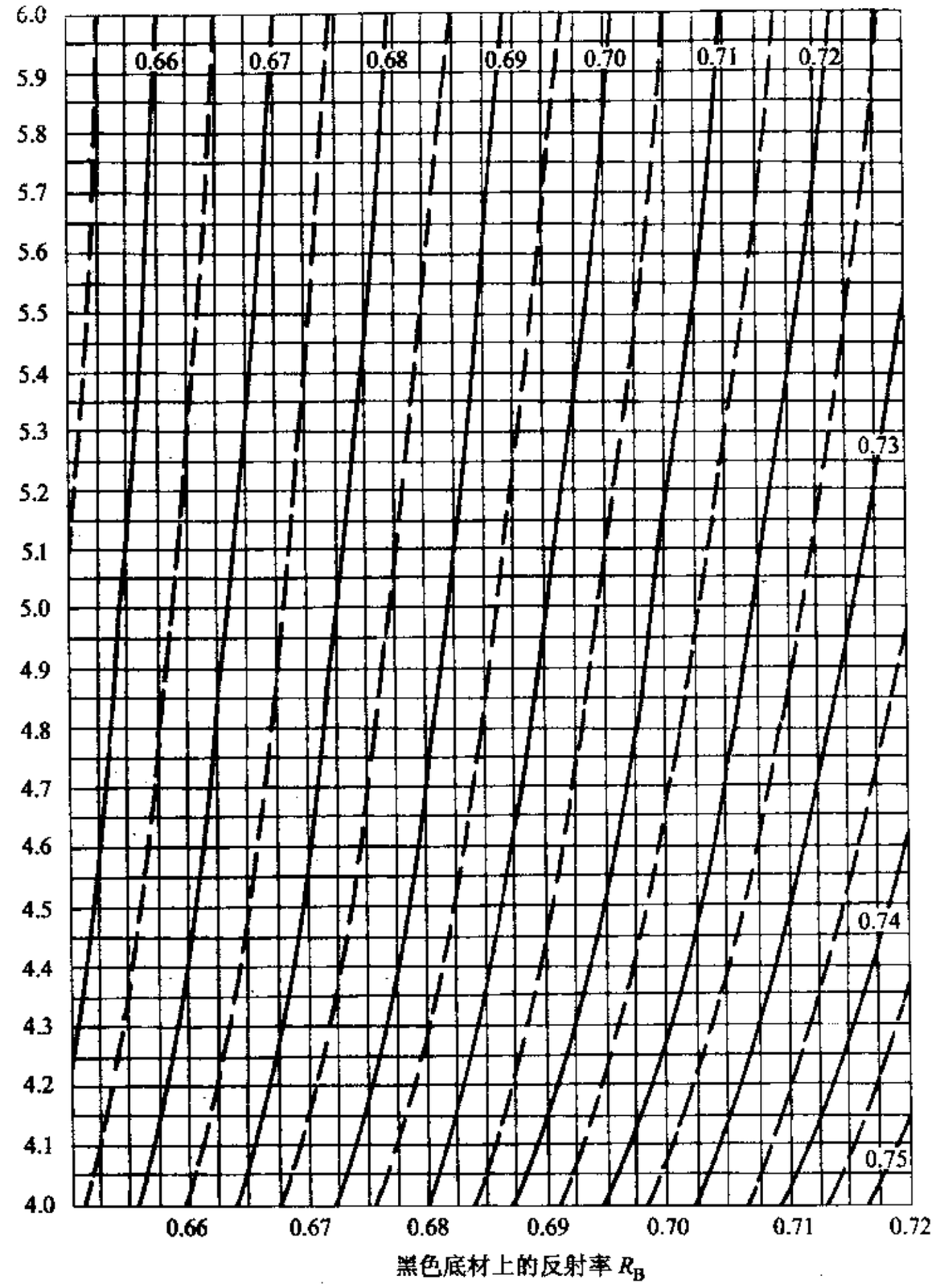
图A8　分布图上的 S_t 值

$0.79 \leqslant R_B \leqslant 0.86$　$0.82 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



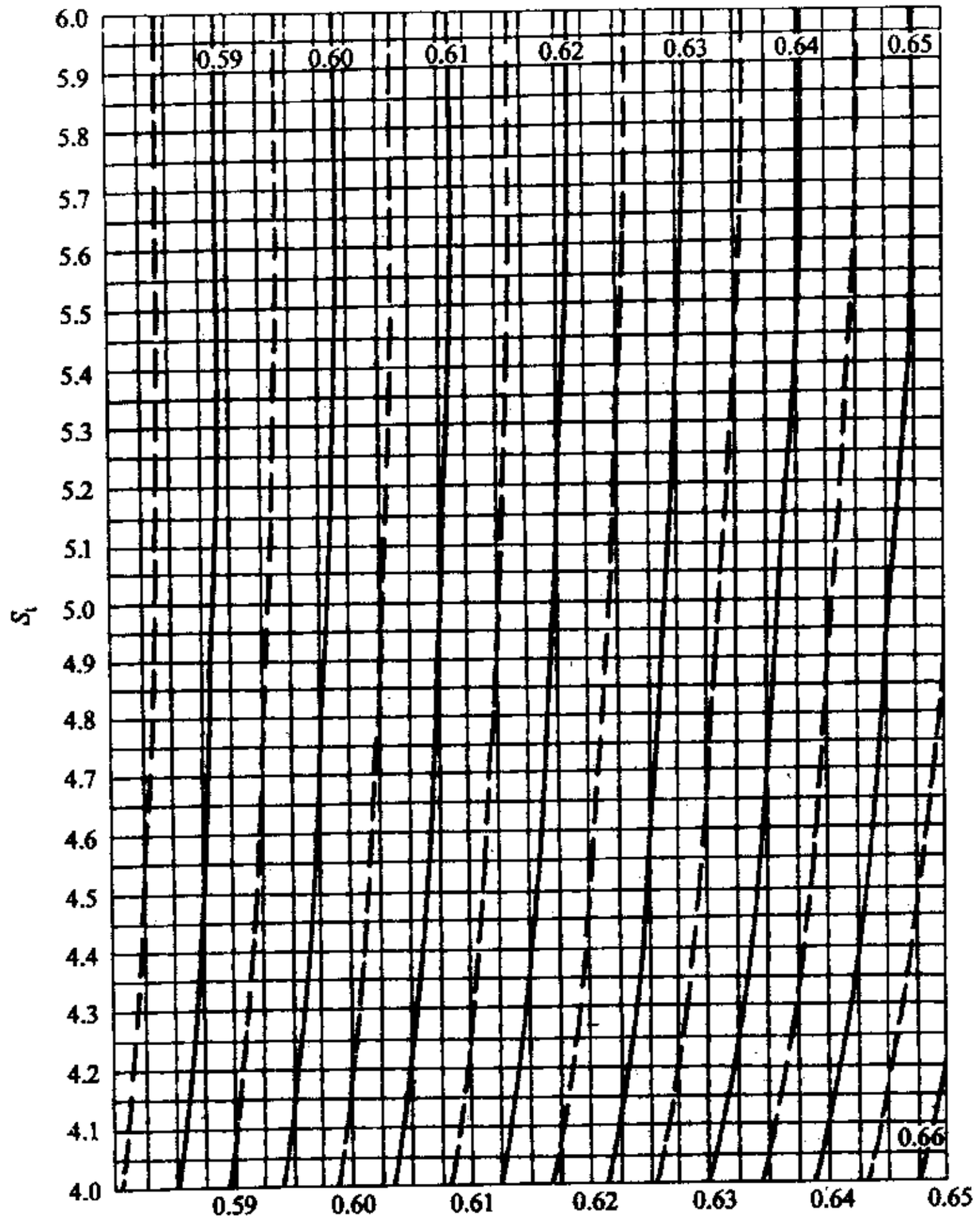
图A9　分布图上的 S_t 值

$0.72 \leqslant R_B \leqslant 0.79$　$0.73 \leqslant R_\infty \leqslant 0.89$



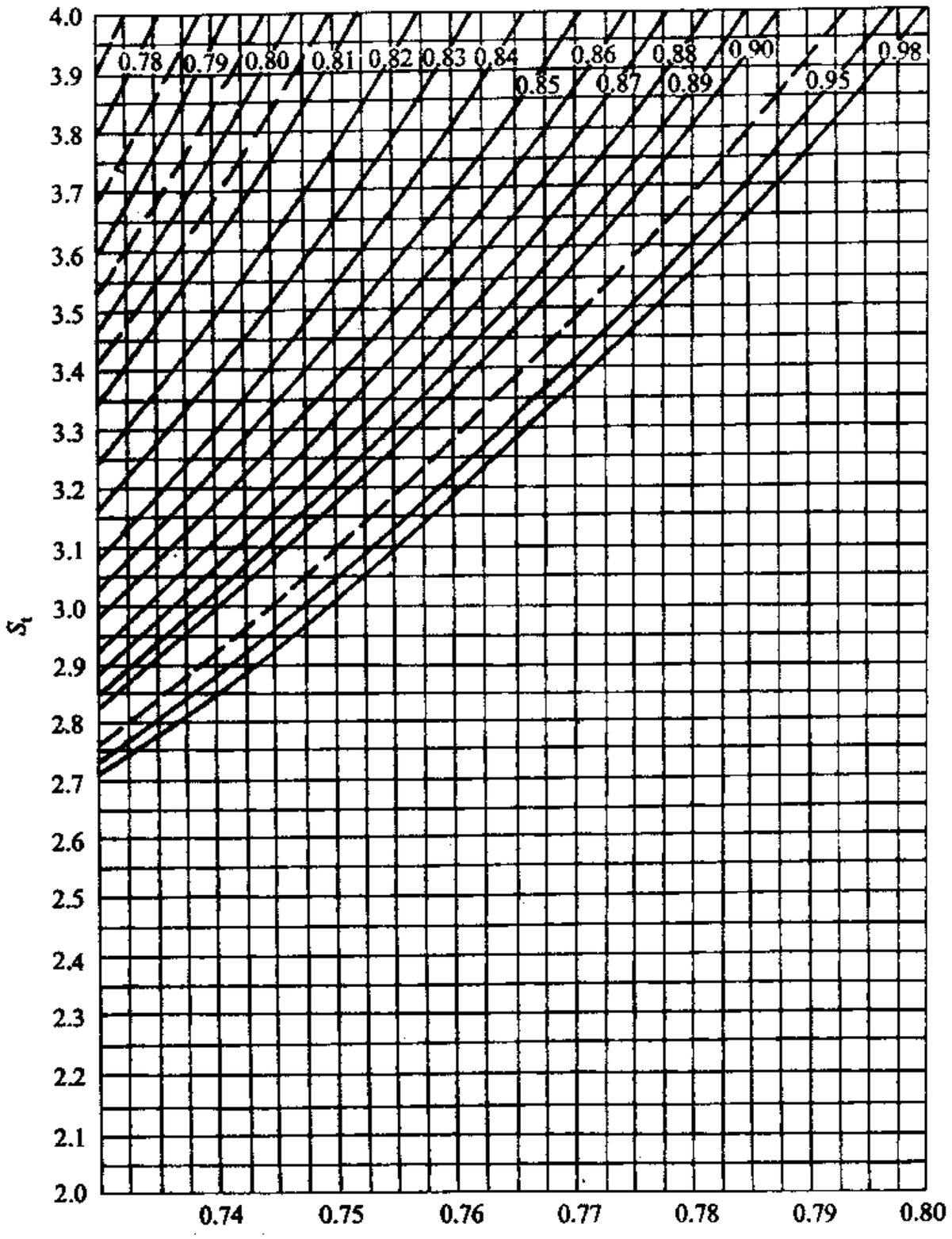
图A10　分布图上的 S_t 值

$0.65 \leqslant R_B \leqslant 0.72$　$0.66 \leqslant R_\infty \leqslant 0.75$



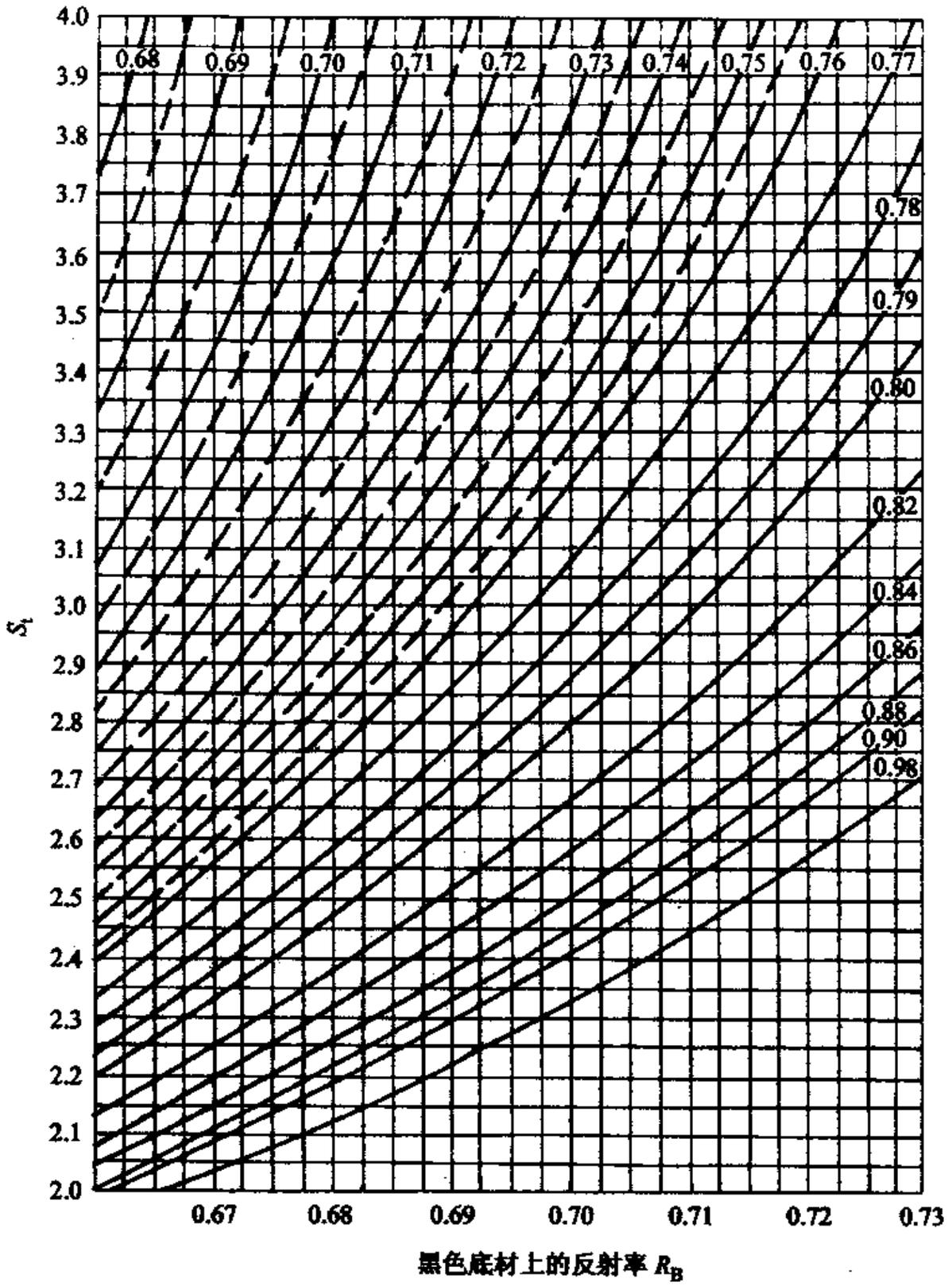
图A11　分布图上的 S_t 值

$0.58 \leqslant R_B \leqslant 0.65$　$0.59 \leqslant R_\infty \leqslant 0.66$



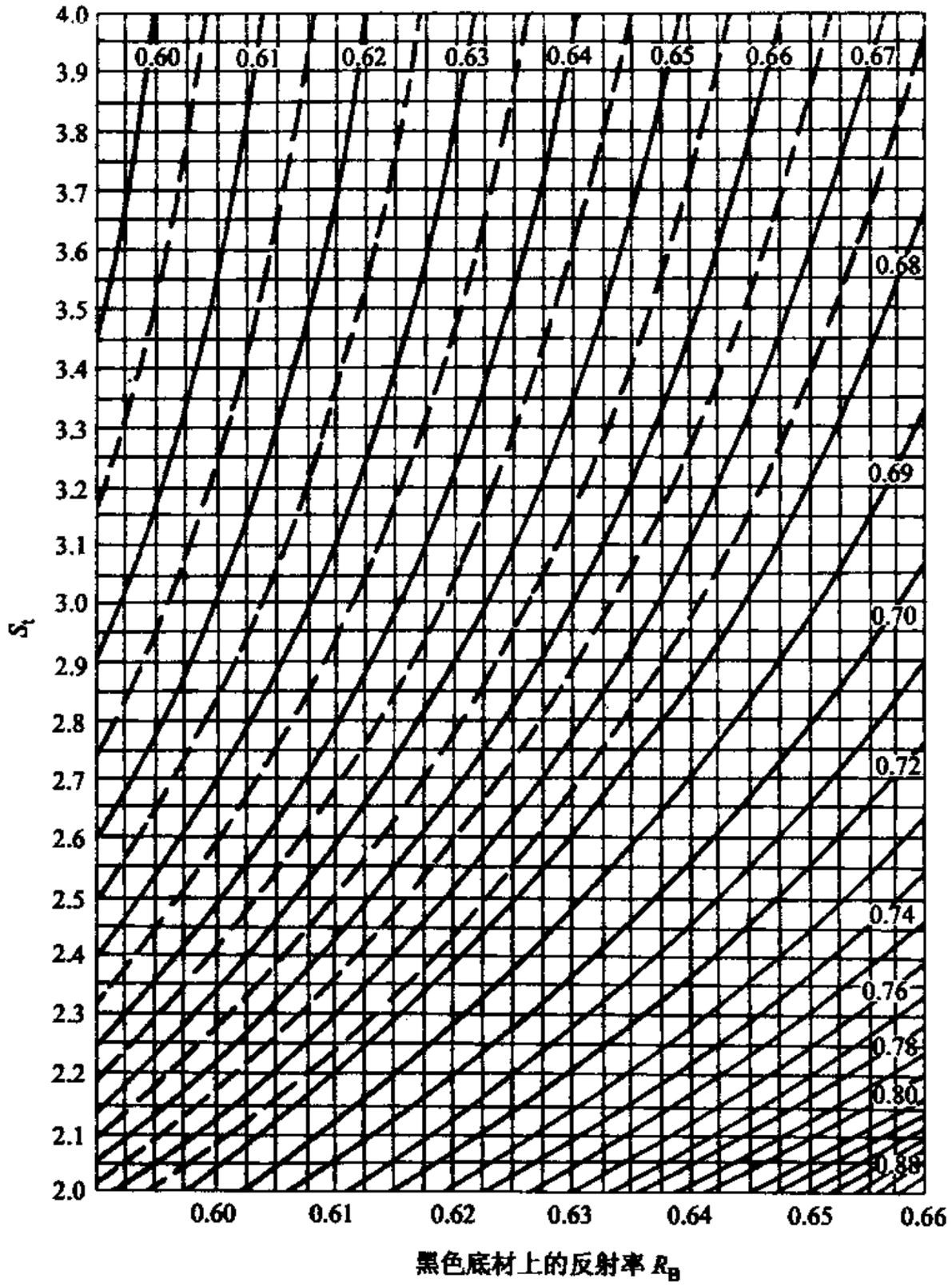
图A12　分布图上的 S_t 值

$0.73 \leqslant R_B \leqslant 0.80$　$0.78 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



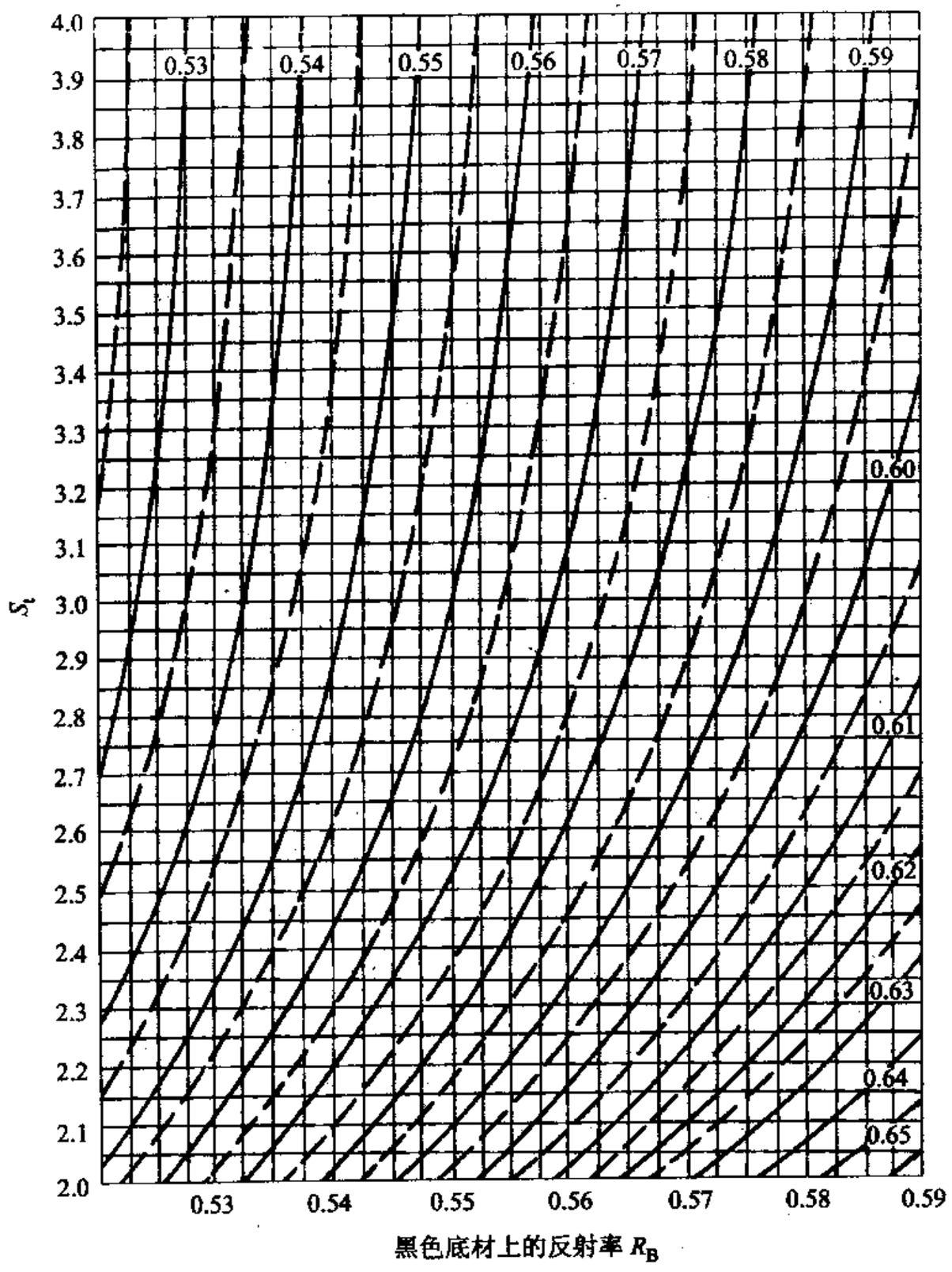
图A13　分布图上的 S_t 值

$0.66 \leqslant R_B \leqslant 0.73$　$0.68 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



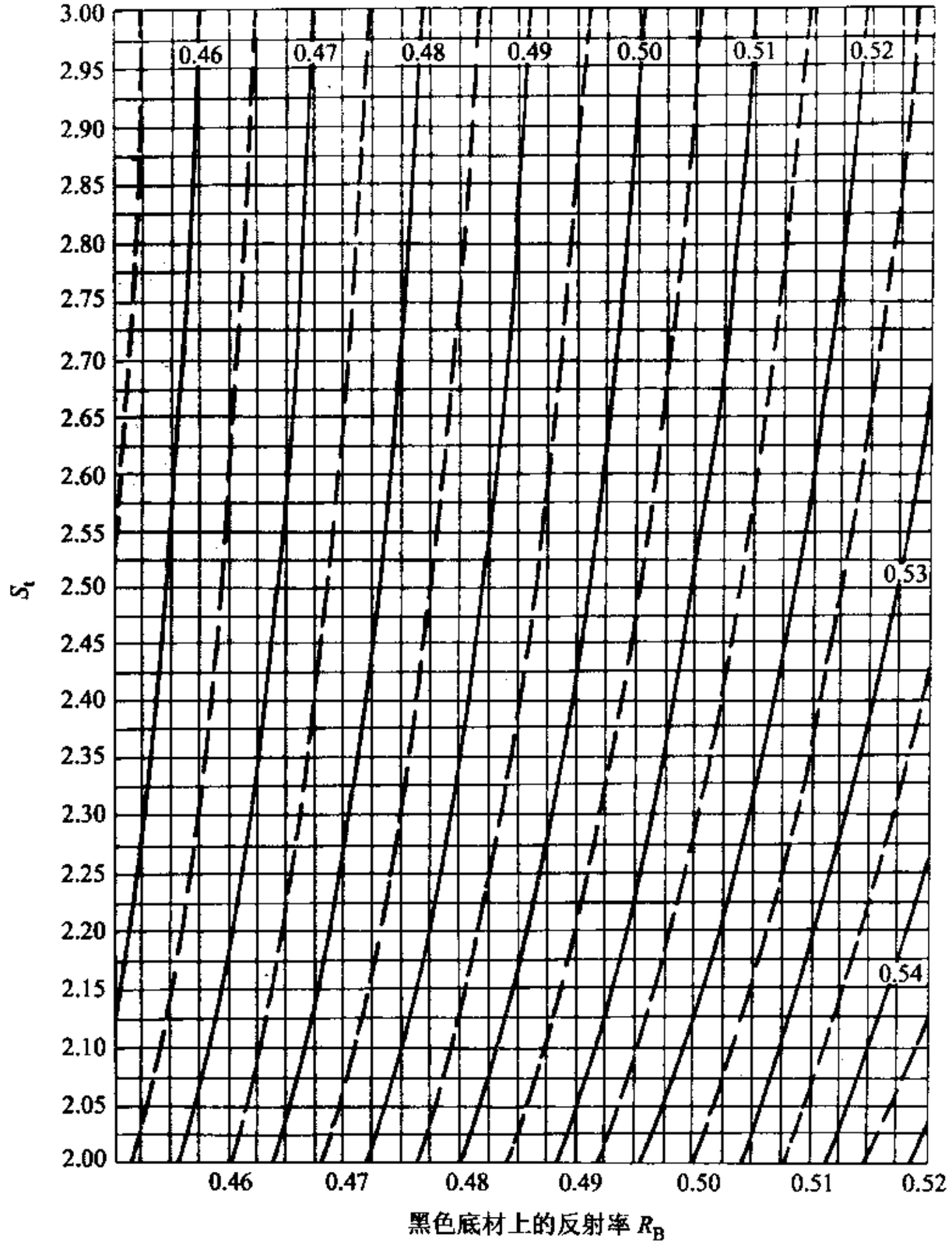
图A14　分布图上的 S_t 值

$0.59 \leqslant R_B \leqslant 0.66$　$0.60 \leqslant R_\infty \leqslant 0.85$



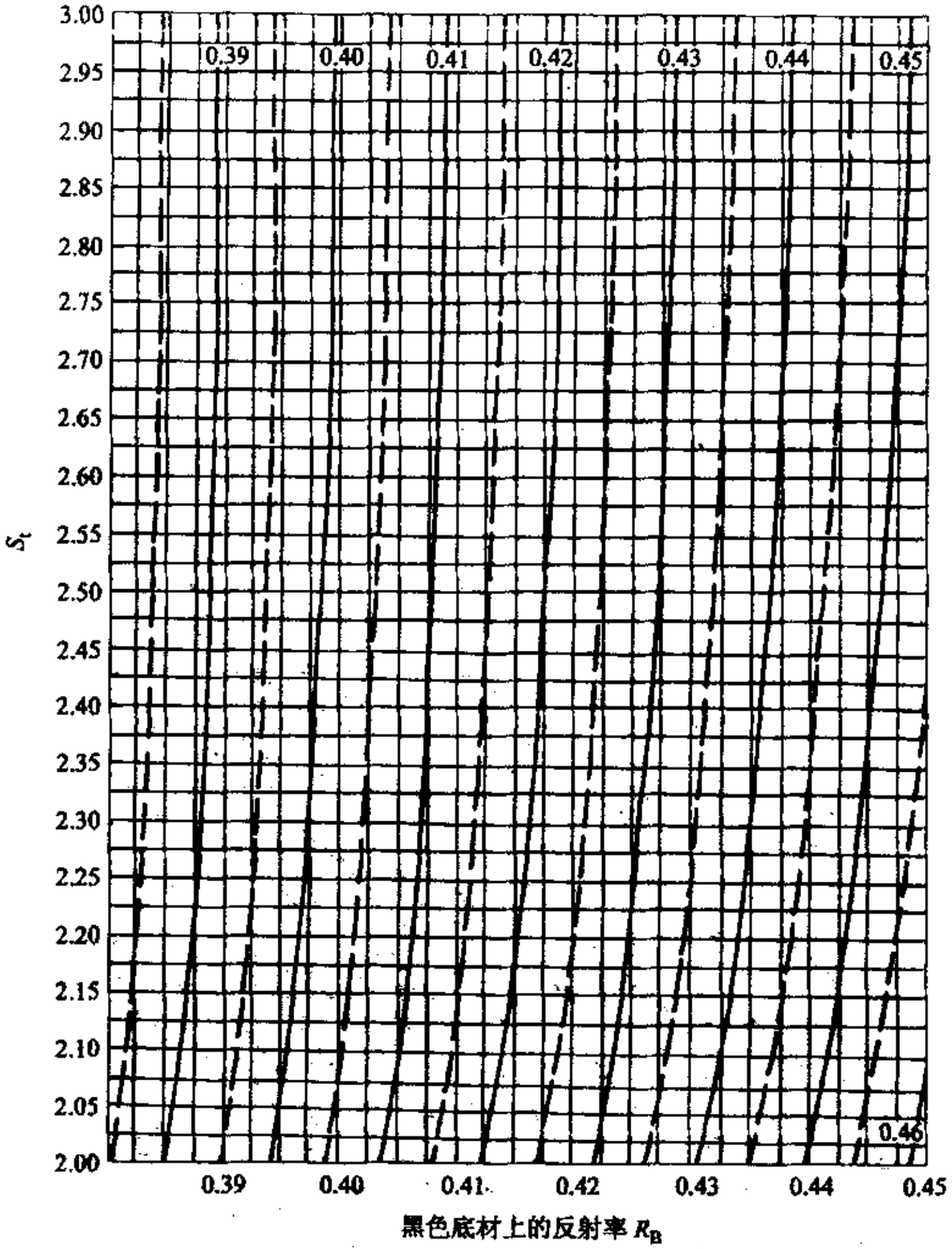
图A15　分布图上的 S_t 值

$0.52 \leqslant R_B \leqslant 0.59$　$0.53 \leqslant R_\infty \leqslant 0.65$



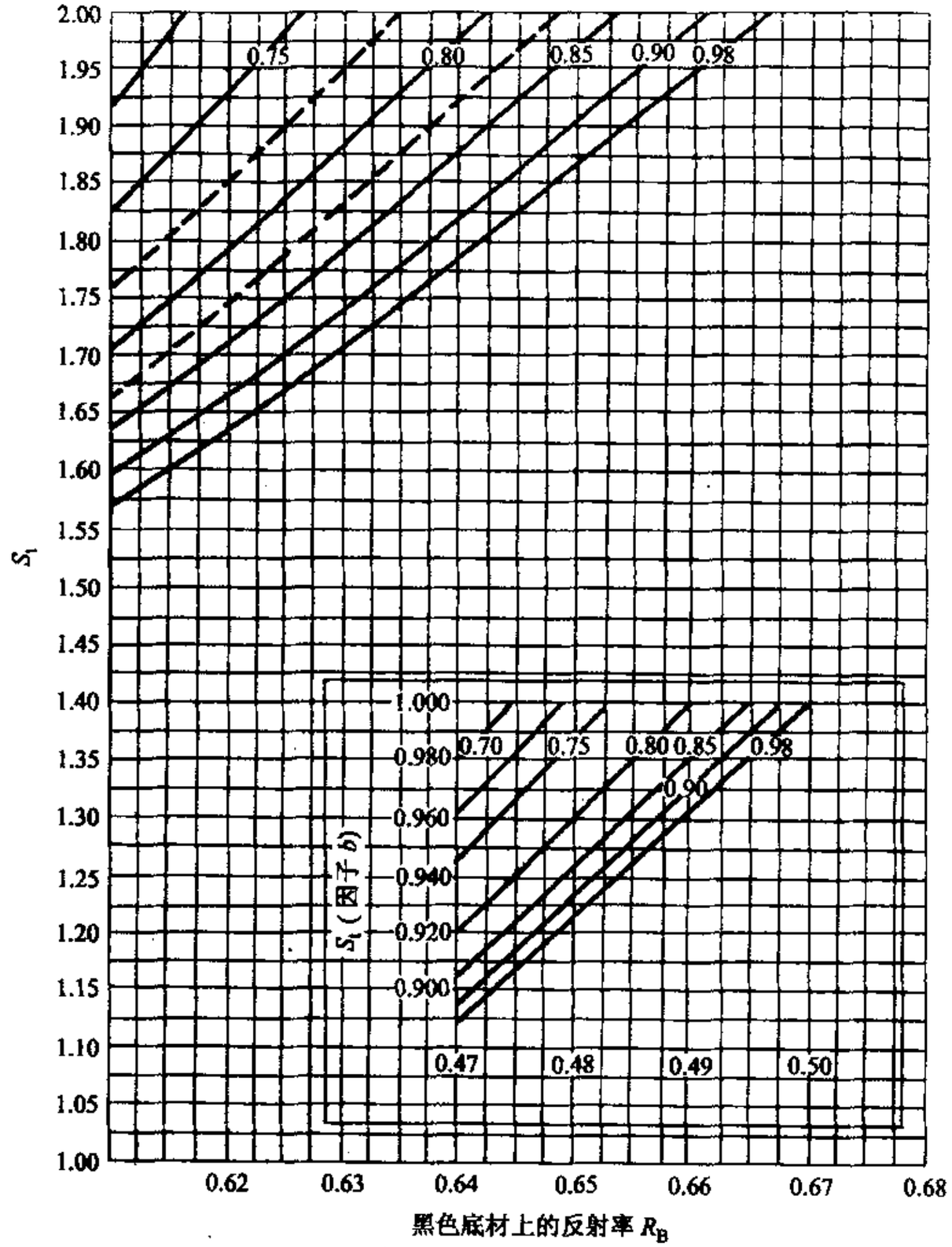
图A16　分布图上的 S_t 值

$0.45 \leqslant R_B \leqslant 0.52$　$0.46 \leqslant R_\infty \leqslant 0.54$



图A17 分布图上的 S_t 值

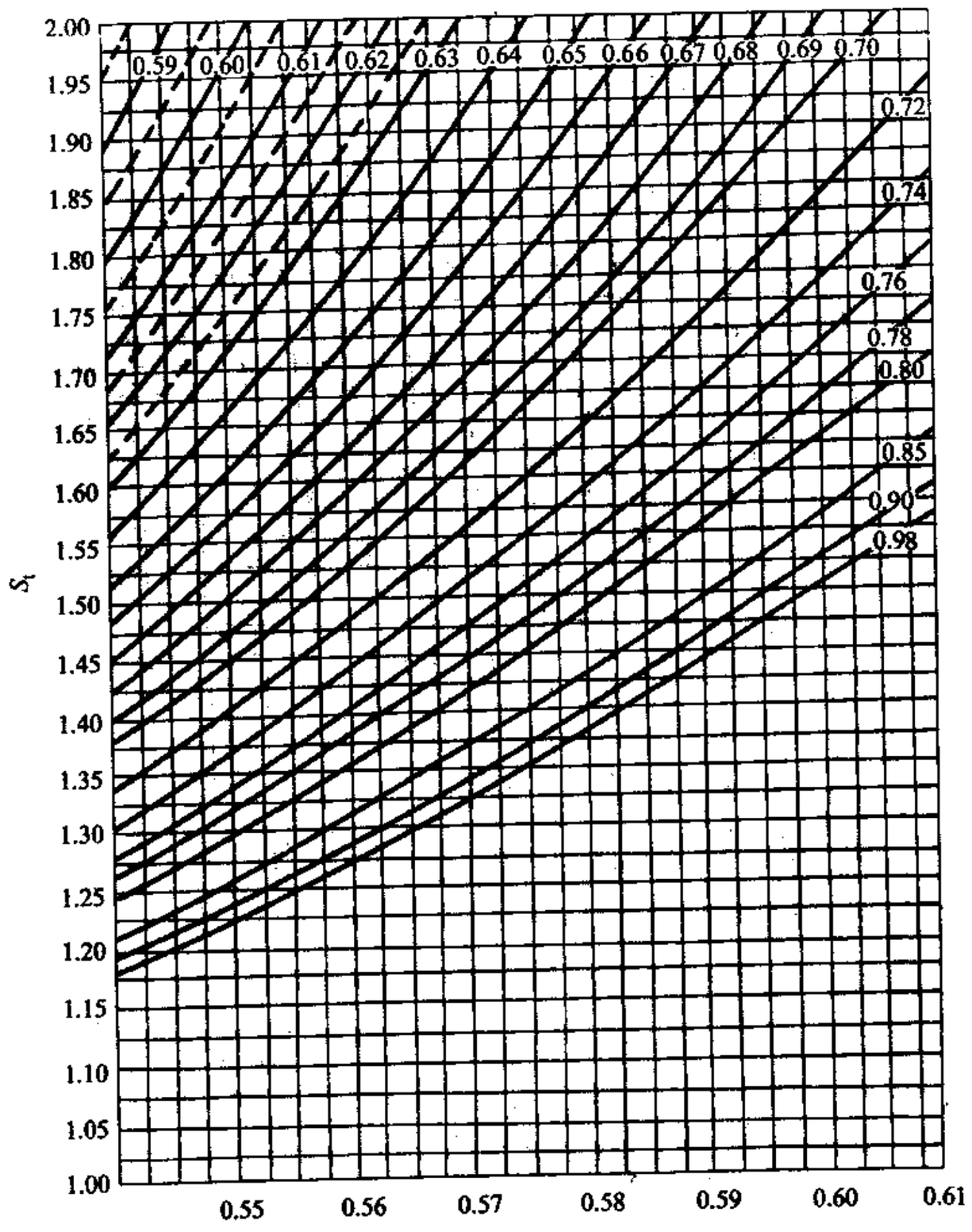
$0.38 \leqslant R_B \leqslant 0.45$ $0.39 \leqslant R_\infty \leqslant 0.46$



图A18 分布图上的 S_t 值

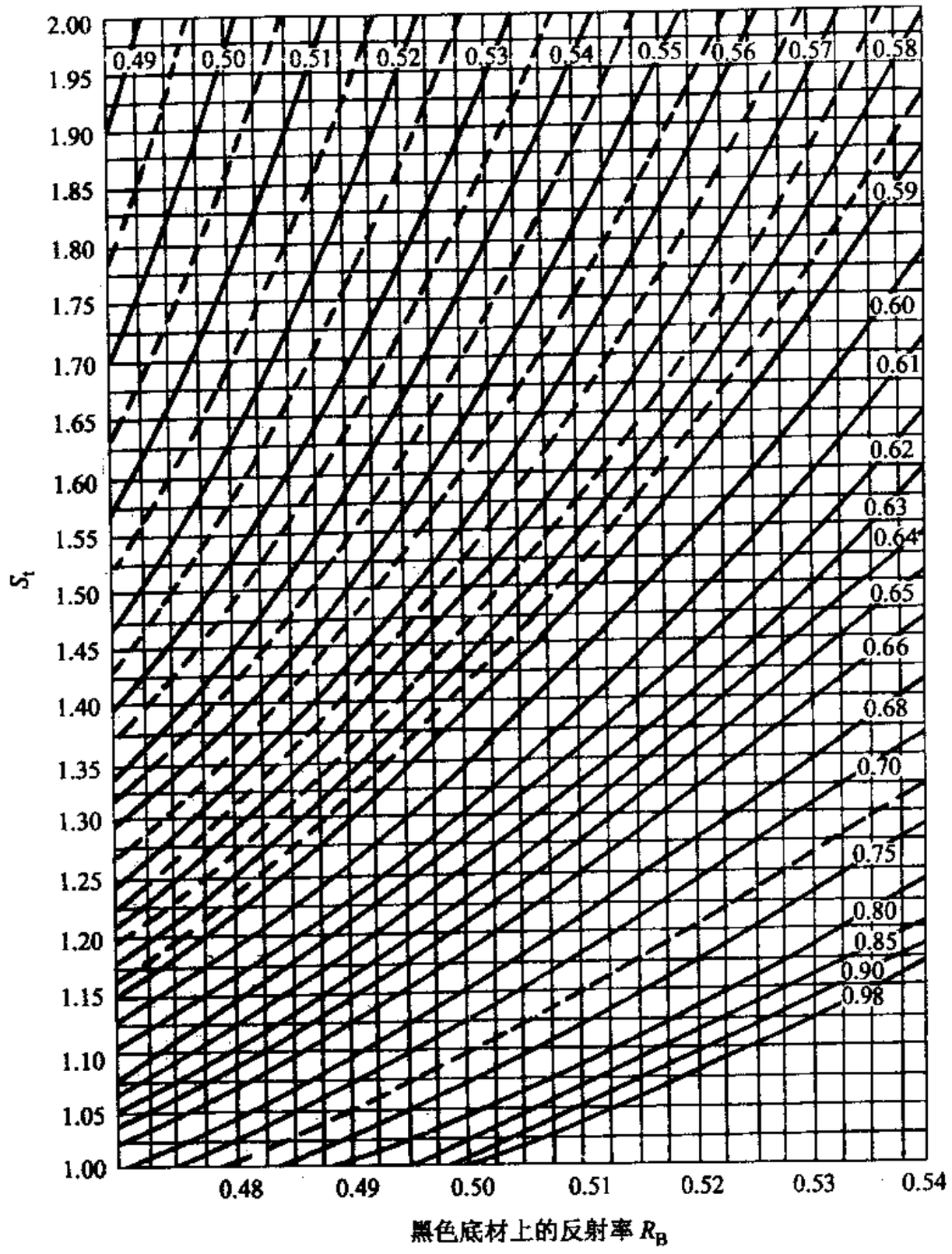
$0.61 \leqslant R_B \leqslant 0.68$ $0.47 \leqslant R_B \leqslant 0.50$

$0.75 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$ 和 $0.70 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



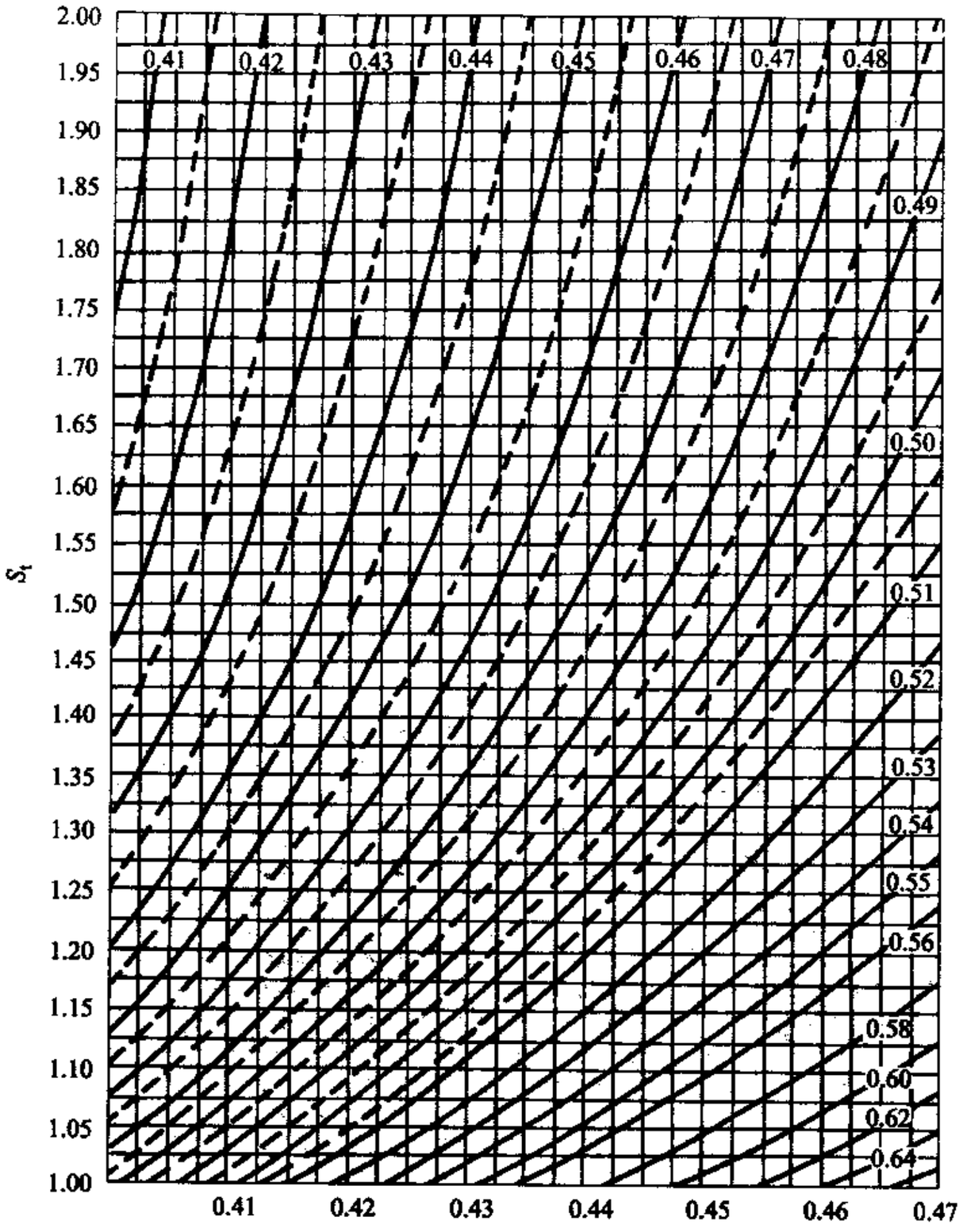
图A19　分布图上的 S_t 值

$0.54 \leqslant R_B \leqslant 0.61$　$0.59 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



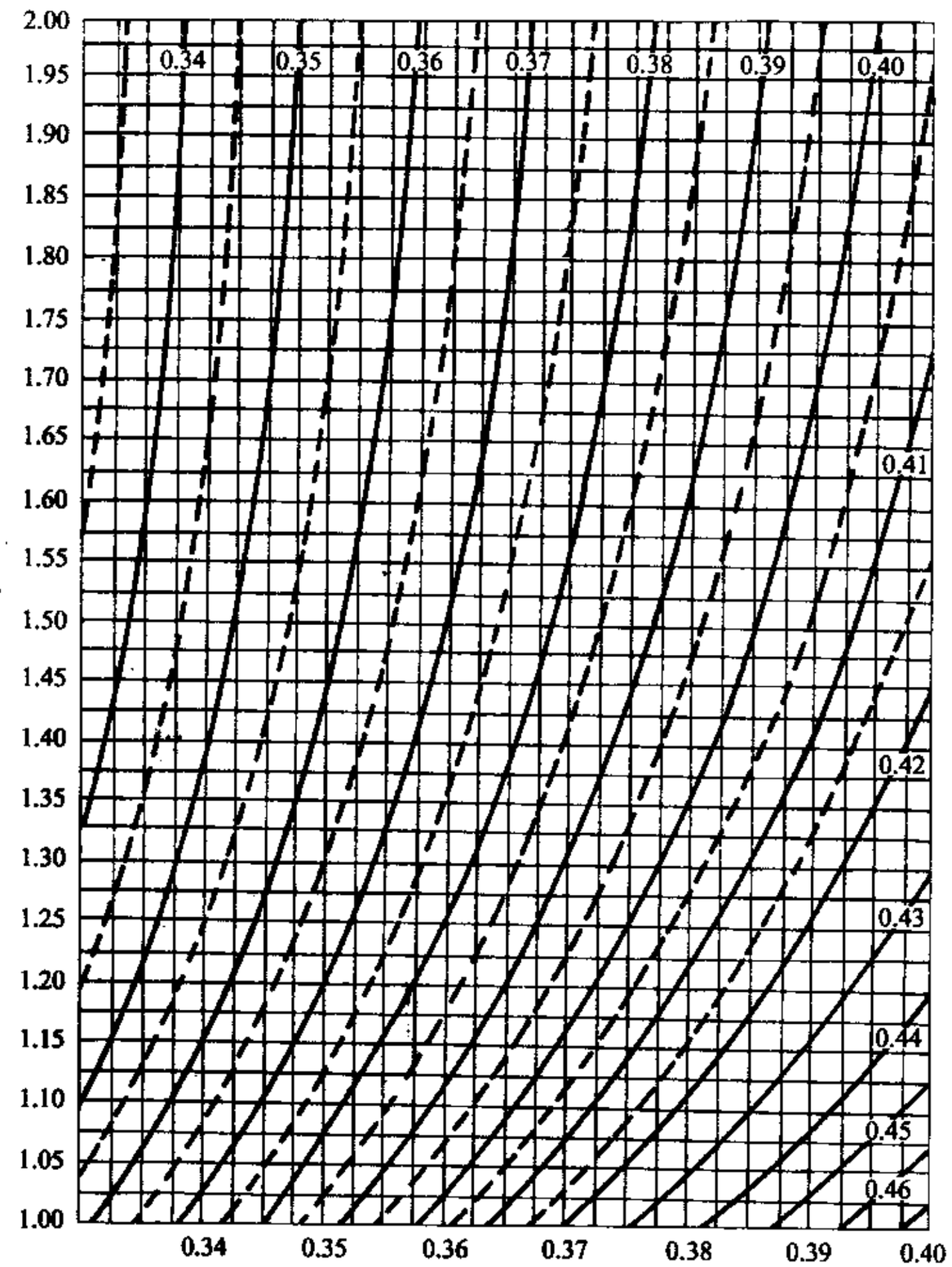
图A20　分布图上的 S_t 值

$0.47 \leqslant R_B \leqslant 0.54$　$0.49 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



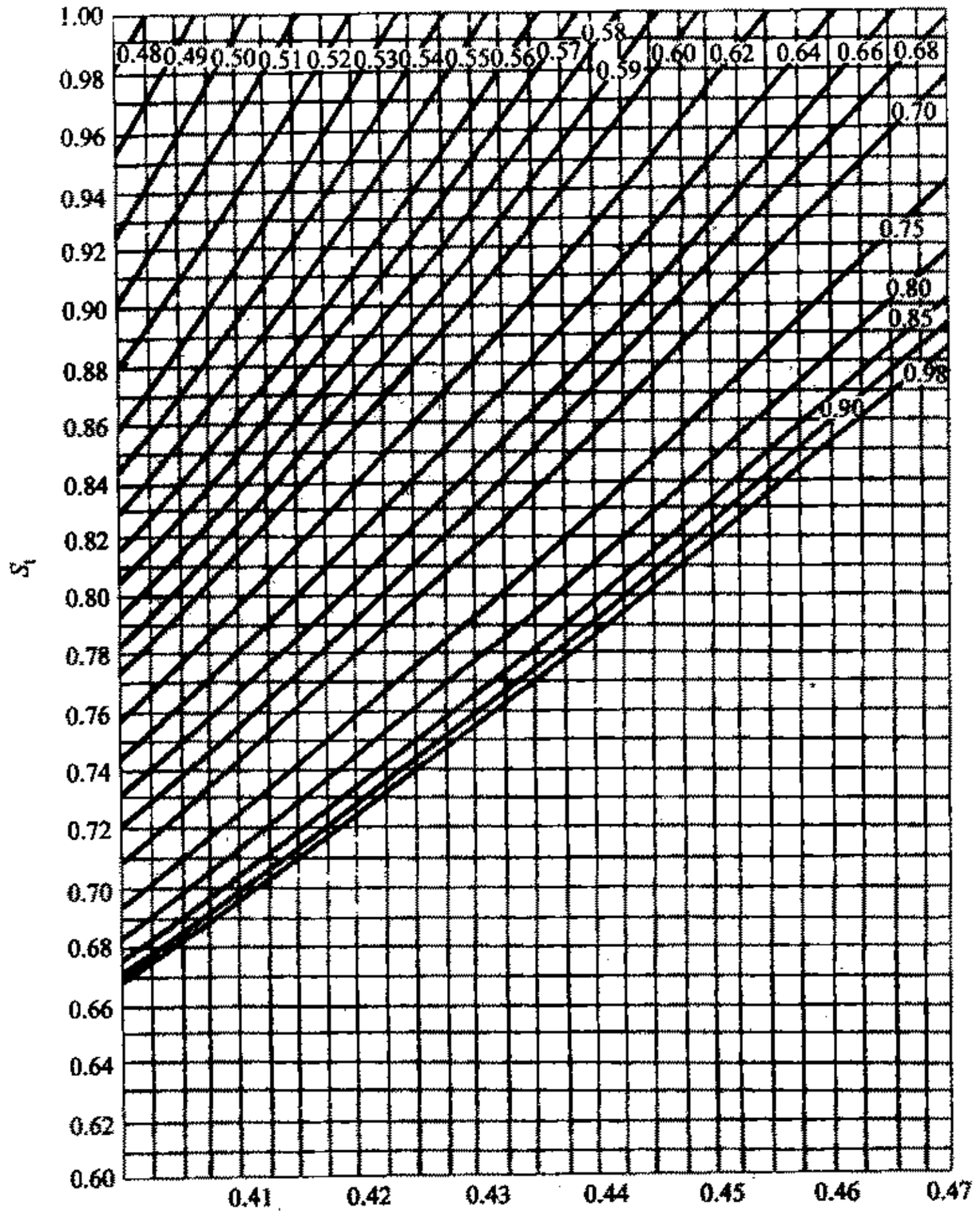
图A21　分布图上的 S_t 值

$0.40 \leqslant R_B \leqslant 0.47$　$0.41 \leqslant R_\infty \leqslant 0.64$



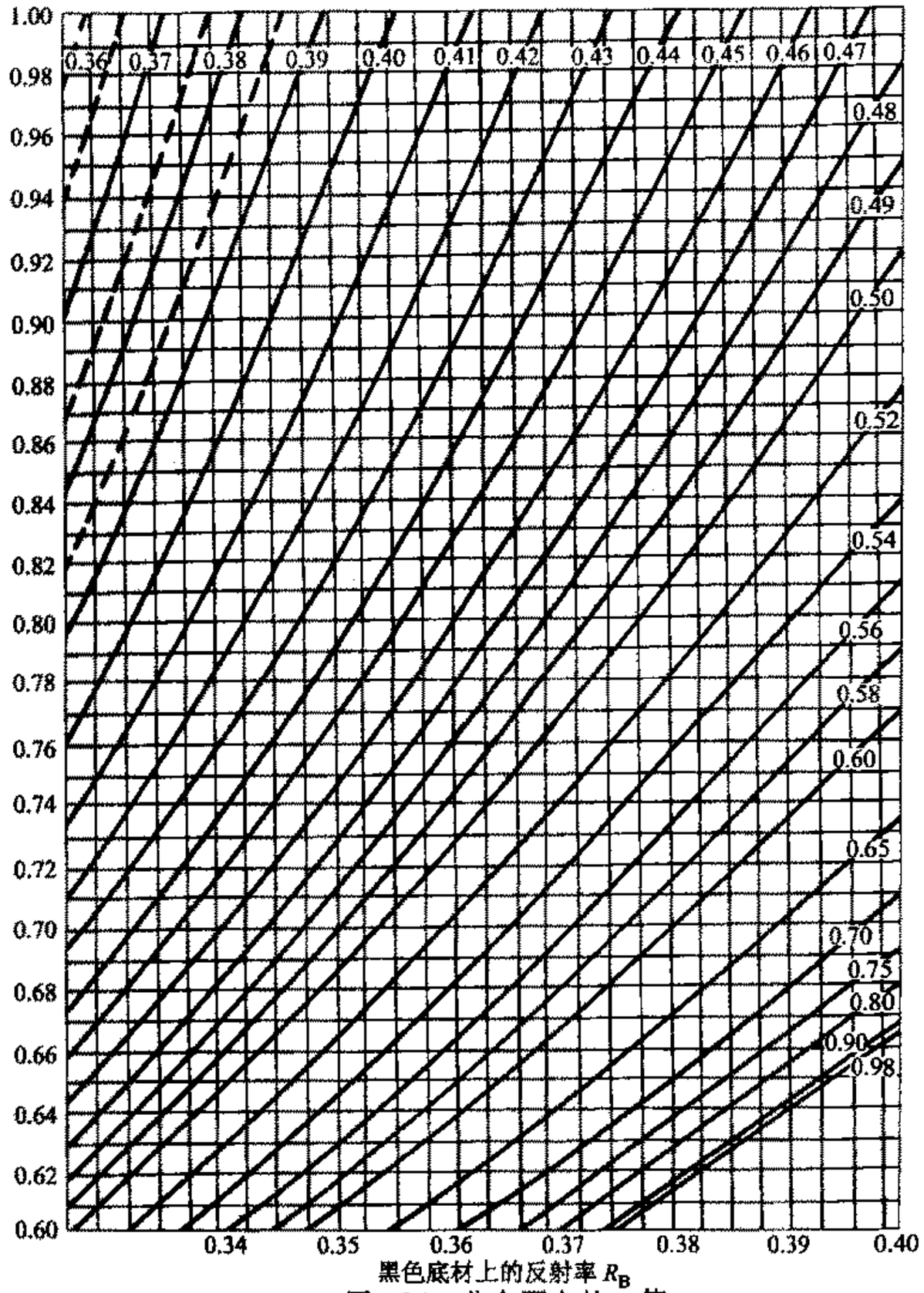
图A22　分布图上的 S_t 值

$0.33 \leqslant R_B \leqslant 0.40$　$0.34 \leqslant R_\infty \leqslant 0.46$



图A23　分布图上的 S_t 值

$0.40 \leqslant R_B \leqslant 0.47$　$0.48 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$



图A24　分布图上的 S_t 值

$0.33 \leqslant R_B \leqslant 0.40$　$0.36 \leqslant R_\infty \leqslant 0.98$

附 录 B

反射系数 R_∞和因子 α 值关系表

（补 充 件）

表 B1

R_∞	因子 α	R_∞	因子 α	R_∞	因子 α	R_∞	因子 α
0.125	1352.1	0.455	391.3	0.630	249.4	0.805	151.4
0.150	1153.1	0.460	386.3	0.635	246.2	0.810	149.0
0.175	1006.5	0.465	381.2	0.640	243.0	0.815	146.6
0.200	893.1	0.470	376.3	0.645	239.8	0.820	144.1
0.225	802.3	0.475	371.4	0.650	236.6	0.825	141.9
0.250	727.6	0.480	366.7	0.655	233.5	0.830	139.5
0.275	664.8	0.485	361.9	0.660	230.5	0.835	137.2
0.300	611.0	0.490	357.3	0.665	227.4	0.840	135.0
0.310	591.6	0.495	352.7	0.670	224.3	0.845	132.7
0.320	573.2	0.500	348.3	0.675	221.3	0.850	130.4
0.330	555.2	0.505	343.8	0.680	218.2	0.855	128.2
0.335	546.8	0.510	339.4	0.685	215.2	0.860	126.0
0.340	538.8	0.515	335.1	0.690	212.5	0.865	123.8
0.345	530.9	0.520	330.8	0.695	209.6	0.870	121.7
0.350	523.2	0.525	326.7	0.700	206.7	0.875	119.6
0.355	515.5	0.530	322.5	0.705	203.8	0.880	117.4
0.360	508.0	0.535	318.4	0.710	201.0	0.885	115.4
0.365	500.7	0.540	314.4	0.715	198.2	0.890	113.3
0.370	493.5	0.545	310.5	0.720	195.3	0.895	111.3
0.375	486.6	0.550	306.5	0.725	192.6	0.900	109.4
0.380	479.7	0.555	302.6	0.730	189.9	0.905	107.5
0.385	473.0	0.560	298.9	0.735	187.2	0.910	105.5
0.390	466.4	0.565	295.0	0.740	184.6	0.915	103.7
0.395	459.9	0.570	291.2	0.745	181.8	0.920	101.9
0.400	453.6	0.575	287.5	0.750	179.2	0.925	100.2
0.405	447.4	0.580	283.8	0.755	176.6	0.930	98.5
0.410	441.4	0.585	280.3	0.760	174.0	0.935	96.9
0.415	435.4	0.590	276.7	0.765	171.4	0.940	95.4
0.420	429.5	0.595	273.2	0.770	168.8	0.945	93.9
0.425	423.4	0.600	269.6	0.775	166.3	0.950	92.5
0.430	418.0	0.605	266.2	0.780	163.8	0.955	91.3
0.435	412.6	0.610	262.8	0.785	161.2	0.960	90.0
0.440	407.1	0.615	259.4	0.790	158.7	0.965	88.9
0.445	401.8	0.620	256.0	0.795	156.3	0.970	88.0
0.450	396.5	0.625	252.7	0.800	153.9	0.975	87.2

附 录 C

测定 R_B 和 R_∞ 计算遮盖力的实例

（参 考 件）

C1 散射系数 S 的测定

C1.1 依据 R_B、R_∞ 和 S_t 间的关系曲线测定 S_t。例如，对 $R_B=0.78$ 和 $R_\infty=0.92$ 的白漆，图 A1 的曲线指明所需的曲线在图 12 中。相应的直线的交点得出 $S_t=3.70$。

C1.2 S_t 除以 t（例如：18.7μm；散射系数 S 为 $0.198\mu m^{-1}$）。

C2 遮盖力 V 的测定

C2.1 参照附录 B 中的表，从测定的 R_∞ 值可得到 α 的值，如 $R_\infty=0.92$，$\alpha=101.9$ 因此，

$$V=\alpha S=20.2 m^2/L$$

C2.2 如果不用表和曲线图，计算如下：

C2.2.1 使用式(1)和式(2)由 R_∞ 测定 a 和 b。

$$a=\frac{1}{2}\left(R_\infty+\frac{1}{R_\infty}\right)=\frac{1}{2}(0.92+1.08696)=1.00348$$

$$b=a-R_\infty=1.00348-0.92=0.08348$$

C2.2.2 用式(7)由 R_B 和 R_∞ 测定 S_t。

$$S_t=\frac{1}{b}\text{arcoth}\left(\frac{1-aR_B}{bR_B}\right)$$

$$=\frac{1}{0.08348}\text{arcoth}\left\{\frac{1-(1.00348\times0.78)}{0.08348\times0.78}\right\}$$

$$=\frac{1}{0.08348}\text{arcoth}\left(\frac{0.21729}{0.06511}\right)$$

$$=\frac{1}{0.08348}\text{arcoth}3.3372$$

$$=\frac{0.3091}{0.08348}=3.703$$

采用给出的 t 值，例如 C1.2 即 $t=18.7\mu m$。

$$S=\frac{3.703}{18.7}=0.198\mu m^{-1}\text{与 C1.2 相同}$$

C2.2.3 使用式(6)测定 $t_{0.98}$。

$$t_{0.98}=\frac{1}{0.08348\times0.198}\text{arcoth}\left(\frac{0.02+\sqrt{D}}{1.568\times0.08348}\right)$$

按下式计算 D：

$$D=3.136\times1.00348\times\{1-0.98[1-(0.8\times1.00348)]\}-2.5084$$

$$=0.0303$$

因此，$\sqrt{D}=0.1741$

并且，$t_{0.98}=\frac{1}{0.01653}\text{arcoth}\left(\frac{0.02+0.1741}{1.568\times0.08348}\right)$

$$=\frac{\text{arcoth}1.483}{0.01653}$$

$$= \frac{0.818}{0.01653} = 49.48\mu m$$

C2.2.4 用式(5)测定 V。

$$V = \frac{1000}{49.48} = 20.2 m^2/L$$

附加说明：

本标准由中华人民共和国化学工业部提出。

本标准由涂料和颜料标准化技术委员会归口。

本标准由天津化工站化工商品技术研究所起草。

本标准主要起草人史玉清。