上海市高中课本

SHU XUE

数学

代数与初等函数

第二册

上海教育出版社

上海市高中课本

数　学

代数与初等函数

第　二　册

上海市中小学教材编写组编

上海教育出版社出版

（上海永福路 123 号）

上海新华书店发行　上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32　印张 7.375　字数 163,000

1980 年 12 月第 1 版　1981 年 12 月第 2 次印刷

印数 22,001—87,000 本

统一书号：K 7150·2403　　定价：0.44 元

（限国内发行）

说　明

上海市高中数学课本，是根据全日制十年制中学数学
学大纲的精神和要求，在上海市中学理科班数学教材基础
按《代数与初等函数》、《立体几何》、《平面解析几何》、《微
分初步》分科编写的，由以苏步青教授为主任委员，郑启
姚晶为副主任委员的上海市中学数学教材审稿委员会审
本册教材是《代数与初等函数》第二册，主要内容是平面三
的知识，供本市三年制高中一年级第二学期选用.

参加本册教材审稿的还有余元希、吴启贵、曹乃全等
志，在编审过程中，本市大专院校和中学的部分数学教师也
出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢. 参加本册教
编写的有周玉刚、李俊明、陈肇曾、韩希塘、陈嘉驹、张福生、
天忠、姜宝坤等同志。

由于我们编写时间仓促，限于水平，教材中肯定有不少
题，欢迎广大师生批评指正.

上海市中小学教材编写组

一九八〇年七月

目　　录

第一章　任意角的三角函数

在初中里，我们已经初步学过了一些简单的三角知识和它的应用．例如锐角三角函数的概念、解直角三角形、解斜三角形等等．这一章，我们将在前面所学的三角知识的基础上，系统地学习关于任意角的三角函数的概念、同角三角函数的基本关系式以及三角函数的简化公式等知识．

三角知识在理论研究和生产实际工作中都很重要．例如它在天文学、物理学和测量学以及其它学科方面都有着极其广泛的应用．

一　0° 到 360° 的角的三角函数

1.1　0° 到 360° 的角的三角函数的定义

在初中里，我们已经学习过 0° 到 180° 角的三角函数的定义，现在我们把这个定义推广到 0° 到 360° 角的情况．

设 α 是 0° 到 360° 的一个角．我们以这角的顶点为原点、以它的始边为 x 轴的正半轴 (Ox)，建立直角坐标系(图 1.1)．我们规定，角的终边在某一象限内，就说这个角是这一象限的角(或这个角在这一象限里)．例如，终边在第一象限的角叫做第一象限的角，终边在第三象限的角叫做第三象限的角．如果角的终边落在坐标轴上，那末就认为这个角不属于任何象限．

我们在角 α 的终边上任意取一点 P，它的坐标是 (x, y)，

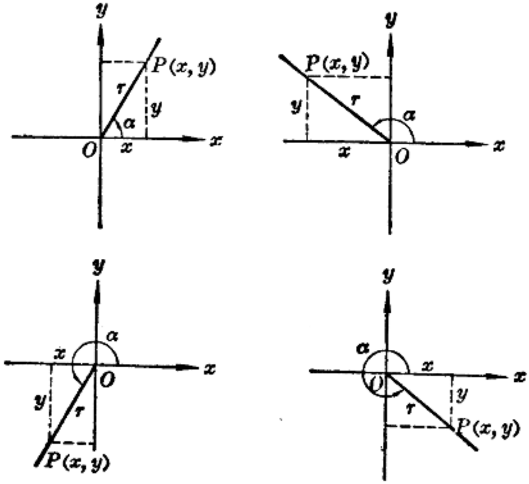


图 1.1

它和原点的距离是 $r(r>0)$. 那末角 α 的正弦、余弦、正切、余切分别是

$$\sin\alpha=\frac{y}{r};\ \cos\alpha=\frac{x}{r};\quad \operatorname{tg}\alpha=\frac{y}{x};\quad \operatorname{ctg}\alpha=\frac{x}{y}.$$

对于一个确定的角 α, 在它的终边上再任意取一点 $P'(x', y')$, 得到 x'、y'、r'(图 1.2), 由于 $\triangle OP'M'\backsim\triangle OPM$, 而且 x 和 x'、y 和 y' 的符号相同, 所以

$$\frac{y'}{r'}=\frac{y}{r},\quad \frac{x'}{r'}=\frac{x}{r},$$

$$\frac{y'}{x'}=\frac{y}{x},\quad \frac{x'}{y'}=\frac{x}{y}.$$

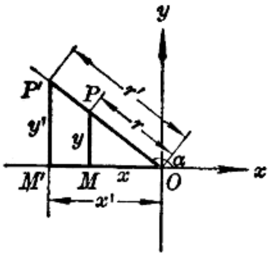


图 1.2

这就是说, 上面四个比值与 P 点

在角 α 终边上的位置无关.

当 $\alpha=90°$ 或 $270°$ 时, 角 α 的终边在 y 轴上, 由于 $x=0$, 所以 $\operatorname{tg}\alpha$ 无意义; 当 $\alpha=0°$、$180°$ 或 $360°$ 时, 角 α 的终边在 x 轴上, 由于 $y=0$, 所以 $\operatorname{ctg}\alpha$ 无意义. 除了这些角以外, 对于确定的角 α, 上面四个比值都有确定的值与它对应. 因此, 正弦、余弦、正切、余切建立了一个 $0°\sim360°$ 角的集合到一个比值集合的单值对应, 它们都是以角为自变量、以比值为函数值的函数, 这些函数统称为**三角函数**.

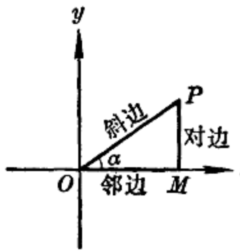


图 1.3

显然, 当 α 是锐角时, 上面规定的定义, 和初中所学的直角三角形里的锐角的正弦、余弦、正切、余切的定义是完全一致的. 实际上, 如果把直角三角形的锐角的顶点与原点重合, 相邻的直角边与 x 轴正方向重合(图 1.3), 这时 $OP(r)$ 是斜边, $PM(y)$ 是角 α 的对边, $OM(x)$ 是角 α 的邻边. 那末

$$\sin\alpha=\frac{y}{r}=\frac{\alpha\text{ 的对边}}{\text{斜边}},\quad \cos\alpha=\frac{x}{r}=\frac{\alpha\text{ 的邻边}}{\text{斜边}},$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{y}{x}=\frac{\alpha\text{ 的对边}}{\alpha\text{ 的邻边}},\quad \operatorname{ctg}\alpha=\frac{x}{y}=\frac{\alpha\text{ 的邻边}}{\alpha\text{ 的对边}}.$$

上面这种用直角三角形的边之比值所定义的锐角 α 的正弦、余弦、正切和余切, 通常叫做**锐角三角比**.

x、y 和 r 之间除了可以组成上面四个比值外, 还可以组成两个比值 $\frac{r}{x}$ 和 $\frac{r}{y}$, 它们也是角 α 的三角函数, 分别称为**角 α 的正割**($\sec\alpha$)和**余割**($\csc\alpha$), 即

$$\sec\alpha=\frac{r}{x}\ (\alpha\text{ 终边不在 }y\text{ 轴上}),$$

$$\csc\alpha=\frac{r}{y}\ (\alpha\text{ 的终边不在 }x\text{ 轴上}).$$

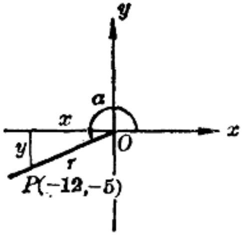


图 1.4

对于角 α 的终边上一点 P 的坐标 (x, y) 和原点 O 到 P 的距离 r，知道了其中的任意两个数，就可以应用勾股定理求出第三个数，再根据三角函数的定义，求出角 α 的六个三角函数值.

例1 已知角 α 终边上一点 $P(-12, -5)$，求角 α 的六个三角函数值.（图 1.4）

解 $\because$ $x=-12$, $y=-5$,

$\therefore$ $r=\sqrt{x^2+y^2}=\sqrt{(-12)^2+(-5)^2}=13$.

$$\therefore\quad \sin\alpha=\frac{y}{r}=-\frac{5}{13},\quad \cos\alpha=\frac{x}{r}=-\frac{12}{13},$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{y}{x}=\frac{5}{12},\qquad \operatorname{ctg}\alpha=\frac{x}{y}=\frac{12}{5},$$

$$\sec\alpha=\frac{r}{x}=-\frac{13}{12},\quad \csc\alpha=\frac{r}{y}=-\frac{13}{5}.$$

例2 求 $0°$、$180°$、$270°$ 的六个三角函数值.

解 (1) 当 $\alpha=0°$ 时，$x=r$, $y=0$. [图 1.5(1)]

$\therefore$ $\sin 0°=0$, $\cos 0°=1$, $\operatorname{tg} 0°=0$,

$\operatorname{ctg} 0°$ 不存在，$\sec 0°=1$, $\csc 0°$ 不存在.

(2) 当 $\alpha=180°$ 时，$x=-r$, $y=0$. [图 1.5(2)]

$\therefore$ $\sin 180°=0$, $\cos 180°=-1$, $\operatorname{tg} 180°=0$,

$\operatorname{ctg} 180°$ 不存在，$\sec 180°=-1$, $\csc 180°$ 不存在.

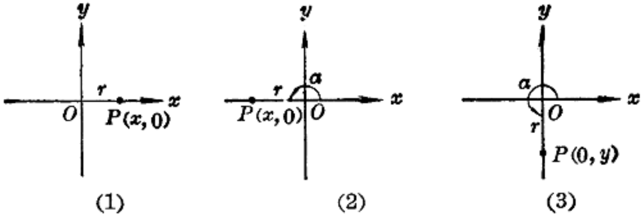


图 1.5

(3) 当 $\alpha=270°$ 时，$x=0$，$y=-r$．[图 1.5(3)]

$\therefore$ $\sin 270°=-1$，$\cos 270°=0$，$\operatorname{tg} 270°$ 不存在，

$\operatorname{ctg} 270°=0$，$\sec 270°$ 不存在，$\csc 270°=-1$．

容易求出 90°、360° 角的各三角函数值．这些特殊角的各三角函数值经常要用到，现列表如下：

	0°	90°	180°	270°	360°
$\sin\alpha$	0	1	0	-1	0
$\cos\alpha$	1	0	-1	0	1
$\operatorname{tg}\alpha$	0	不存在	0	不存在	0
$\operatorname{ctg}\alpha$	不存在	0	不存在	0	不存在
$\sec\alpha$	1	不存在	-1	不存在	1
$\csc\alpha$	不存在	1	不存在	-1	不存在

例 3 求角 150° 的六个三角函数值．

解 如图 1.6 所示．在角的终边上取一点 P，使 OP 的长为 1，过 P 点作 x 轴的垂线 PM，则 $\angle POM=180°-150°=30°$．在直角 $\triangle OMP$ 中：

$\because$ $|MP|=\frac{1}{2}|OP|=\frac{1}{2}$，$|OM|=\sqrt{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2}=\frac{\sqrt{3}}{2}$，

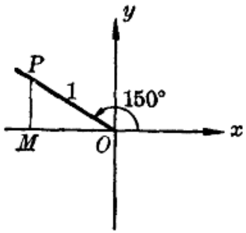


图 1.6

$\therefore$ P 的坐标是$\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{1}{2}\right)$.

由三角函数的定义，得

$$\sin 150^\circ=\frac{1}{2},\ \cos 150^\circ=-\frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$\operatorname{tg} 150^\circ=-\frac{\sqrt{3}}{3},$$

$$\operatorname{ctg} 150^\circ=-\sqrt{3},\ \sec 150^\circ=-\frac{2}{3}\sqrt{3},\ \csc 150^\circ=2.$$

练 习 1.1(1)

1. 角终边上一点 P 的坐标是:

(1) $(-5, 12)$; (2) $(6, -8)$;

(3) $(-2, 0)$; (4) $(4a, -3a)$. $(a>0)$

分别求出这些角的六个三角函数值.

2. 根据三角函数的定义，求出角 90°、120°、360° 的六个三角函数值.

3. 求下列各式的值:

(1) $5\sin 180^\circ-6\cos 0^\circ+3\operatorname{tg} 0^\circ+5\sin 90^\circ$;

(2) $a\cdot\sin 0^\circ+b\cdot\cos 90^\circ+c\cdot\operatorname{tg} 180^\circ$;

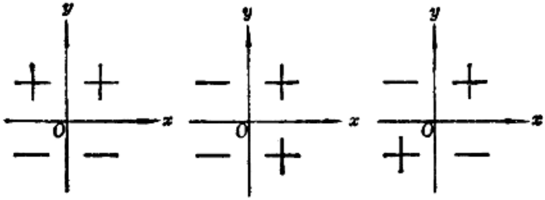
(3) $2\cos 0^\circ+3\sin 90^\circ-4\cos 180^\circ+5\sin 270^\circ-6\cos 360^\circ$;

(4) $p^2\sin 90^\circ-2pq\cos 0^\circ-q^2\sec 180^\circ$， 其中 $p=\frac{1}{3}$, $q=\frac{1}{2}$.

4. 设 $\alpha=45^\circ$, $\beta=135^\circ$，求下式的值:

$\sin(\alpha+45^\circ)+2\sin(\alpha-45^\circ)-4\cos 2\beta+3\cos(\beta+135^\circ)$.

由于角 α 的终边上一点到原点的距离 r 总是正的，因此



$\sin\alpha$ 和 $\csc\alpha$　　　$\cos\alpha$ 和 $\sec\alpha$　　　$\mathrm{tg}\,\alpha$ 和 $\mathrm{ctg}\alpha$

图　1.7

角 α 的各三角函数值的符号取决于它终边上一点的坐标 x 和 y 的符号．容易看出，正弦和余割在第一、二象限内是正的，而在第三、四象限内是负的；余弦和正割在第一、四象限内是正的，在第二、三象限内是负的；正切和余切在第一、三象限内是正的，在第二、四象限内是负的．(图 1.7)

例 4　确定下列各三角函数值的符号：

(1) $\cos 150^\circ$；　　　(2) $\sin 345^\circ$；

(3) $\mathrm{tg}\, 260^\circ$；　　　(4) $\mathrm{ctg}\, 289^\circ 50'$.

解　(1) $\because$　150° 是第二象限的角，

$\therefore$　$\cos 150^\circ < 0$；

(2) $\because$　345° 是第四象限的角，　$\therefore$　$\sin 345^\circ < 0$；

(3) $\because$　260° 是第三象限的角，　$\therefore$　$\mathrm{tg}\, 260^\circ > 0$；

(4) $\because$　$289^\circ 50'$ 是第四象限的角，

$\therefore$　$\mathrm{ctg}\, 289^\circ 50' < 0$.

例 5　根据下列条件，确定 0° 到 360° 的角 θ 是第几象限的角：$\sin\theta < 0$ 且 $\mathrm{tg}\,\theta > 0$.

解　$\because$　$\sin\theta < 0$,

$\therefore$　$\theta \in S_1 = \{$第三象限的角$\} \cup \{$第四象限的角$\}$.

$\because$　$\mathrm{tg}\,\theta > 0$,

$\therefore$　$\theta \in S_2 = \{$第一象限的角$\} \cup \{$第三象限的角$\}$.

所以，符合条件：$\sin\theta<0$ 且 $\operatorname{tg}\theta>0$ 的角：

$$\theta\in S_1\cap S_2=\{第三象限的角\}.$$

例 6 确定下列积或商的符号：

(1) $\sin 105°\cdot\operatorname{tg}284°$； (2) $\dfrac{\cos 195°}{\operatorname{tg}84°}$.

解 (1) $\because$ $105°$ 是第二象限的角，

$\therefore$ $\sin 105°>0$.

$\because$ $284°$ 是第四象限的角，

$\therefore$ $\operatorname{tg}284°<0$.

$\therefore$ $\sin 105°\cdot\operatorname{tg}284°<0$.

(2) $\because$ $195°$ 是第三象限的角， $\therefore$ $\cos 195°<0$.

$\because$ $84°$ 是第一象限的角， $\therefore$ $\operatorname{tg}84°>0$.

$$\therefore\quad \frac{\cos 195°}{\operatorname{tg}84°}<0.$$

练 习 1.1(2)

1. (口答)确定下列各角的六个三角函数值的符号：

(1) $210°$； (2) $140°$；

(3) $0°30'$； (4) $359°45'$.

2. 确定下列积或商的符号：

(1) $\operatorname{tg}242°\cdot\cos 100°$； (2) $\dfrac{\sin 90°1'}{\operatorname{tg}180°2'}$.

3. 根据下列各式条件，分别确定 $0°$ 到 $360°$ 的角 θ 所在的象限：

(1) $\sin\theta$ 和 $\operatorname{tg}\theta$ 同号；(2) $\csc\theta$ 和 $\operatorname{tg}\theta$ 异号；

(3) $\dfrac{\cos\theta}{\operatorname{tg}^2\theta}$ 是负值； (4) $\dfrac{\operatorname{tg}\theta}{\cos\theta}\cdot\dfrac{\sin\theta}{\operatorname{ctg}\theta}$ 是正值.

4. 设 x 为三角形的一个内角，下列哪几个函数的值可以取

得负值:

(1) $\sin x$;　　(2) $\cos x$;

(3) $\operatorname{tg} x$;　　(4) $\operatorname{ctg}\dfrac{x}{2}$.

1.2 化 90° 到 360° 角的三角函数为锐角三角函数

在初中学习解斜三角形时，我们已经知道钝角的三角函数可以化为锐角三角函数. 就是说, 把钝角 θ 表示成 $180°-\alpha$ (α 是锐角)的形式(图 1.8), 那末 $180°-\alpha$ 与 α 的三角函数值之间有下面关系式:

$$\sin(180°-\alpha)=\sin\alpha;\quad \cos(180°-\alpha)=-\cos\alpha;$$
$$\operatorname{tg}(180°-\alpha)=-\operatorname{tg}\alpha;\quad \operatorname{ctg}(180°-\alpha)=-\operatorname{ctg}\alpha.$$

现在我们来研究如何把 180°～360° 的角的三角函数化为锐角三角函数.

先来说明 180°～360° 的角的表示形式.

设 α 是锐角, 那末

180° 到 270° 的角, 可以表示成 $180°+\alpha$ 的形式;

270° 到 360° 的角, 可以表示成 $360°-\alpha$ 的形式.

下面我们来讨论 $180°+\alpha$、$360°-\alpha$ 与锐角 α 的三角函数值之间的关系.

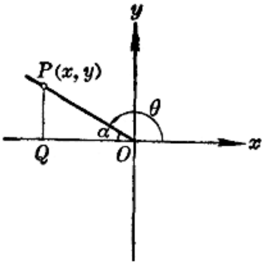


图 1.8

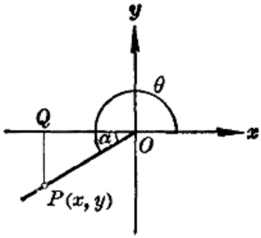


图 1.9

设 $\theta=180°+\alpha$，在 θ 的终边上任意取一点 P (图 1.9)，$|OP|=r$. 过 P 作 x 轴的垂线交 x 轴于 Q，则

$$\sin\alpha=\frac{|PQ|}{|OP|},\ \cos\alpha=\frac{|OQ|}{|OP|},$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{|PQ|}{|OQ|},\ \operatorname{ctg}\alpha=\frac{|OQ|}{|PQ|}.$$

又设 P 的坐标为 (x, y)，则

$$x=-|OQ|,\ y=-|PQ|.$$

$$\because\quad \sin\theta=\frac{y}{r}=-\frac{|PQ|}{|OP|},\ \cos\theta=\frac{x}{r}=-\frac{|OQ|}{|OP|},$$

$$\operatorname{tg}\theta=\frac{y}{x}=\frac{|PQ|}{|OQ|},\ \operatorname{ctg}\theta=\frac{|OQ|}{|PQ|},$$

$$\therefore\quad \sin\theta=-\sin\alpha,\ \cos\theta=-\cos\alpha,$$

$$\operatorname{tg}\theta=\operatorname{tg}\alpha,\ \operatorname{ctg}\theta=\operatorname{ctg}\alpha.$$

即 $\quad\boldsymbol{\sin(180°+\alpha)=-\sin\alpha;\ \cos(180°+\alpha)=-\cos\alpha;}$

$\boldsymbol{\operatorname{tg}(180°+\alpha)=\operatorname{tg}\alpha;\ \operatorname{ctg}(180°+\alpha)=\operatorname{ctg}\alpha.}$

上面我们借助于三角函数的定义和直角三角形中锐角三角比的定义，证明了 $180°+\alpha$ 的三角函数与锐角 α 的三角函数之间的关系式. 对于 $360°-\alpha$ 与锐角 α 的三角函数间的关系，我们只要注意到在图 1.10 里有 $x=|OQ|$、$y=-|PQ|$，利用这些条件，用上面同样的方法，可以证明 $360°-\alpha$ 与锐角 α 的三角函数间的关系为：

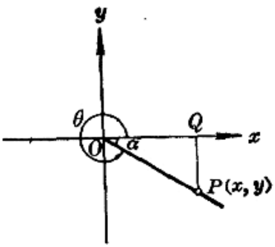


图 1.10

$\boldsymbol{\sin(360°-\alpha)=-\sin\alpha;}$

$\boldsymbol{\cos(360°-\alpha)=\cos\alpha;}$

$\boldsymbol{\operatorname{tg}(360°-\alpha)=-\operatorname{tg}\alpha;}$

$\boldsymbol{\operatorname{ctg}(360°-\alpha)=-\operatorname{ctg}\alpha.}$

学生自行证明这些关系式.

把上面这些结论归纳起来就是：

$180°\pm\alpha$、$360°-\alpha$ 的三角函数可以化为锐角 α 的同名三角函数，它的符号就是把 α 看作锐角时，原三角函数在相应象限内的符号，它的绝对值就是锐角 α 的三角函数值。

例 1 求下列各三角函数的值：

(1) $\sin 150°$、$\cos 150°$；

(2) $\sin 200°$、$\operatorname{tg} 200°$；

(3) $\cos 314°24'$、$\operatorname{ctg} 314°24'$.

解 (1) $\sin 150°=\sin(180°-30°)=\sin 30°=\frac{1}{2}$，

$\cos 150°=\cos(180°-30°)=-\cos 30°=-\frac{\sqrt{3}}{2}$；

(2) $\sin 200°=\sin(180°+20°)=-\sin 20°=-0.3420$，

$\operatorname{tg} 200°=\operatorname{tg}(180°+20°)=\operatorname{tg} 20°=0.3640$；

(3) $\cos 314°24'=\cos(360°-45°36')=\cos 45°36'$

$=0.6997$，

$\operatorname{ctg} 314°24'=\operatorname{ctg}(360°-45°36')=-\operatorname{ctg} 45°36'$

$=-0.9793$.

例 2 把下列各三角函数化成锐角的三角函数：

(1) $\sin 329°$；　　(2) $\cos 187°$；

(3) $\operatorname{tg} 161°29'$；　　(4) $\operatorname{ctg} 214°59'$.

解 (1) $\sin 329°=\sin(360°-31°)=-\sin 31°$；

(2) $\cos 187°=\cos(180°+7°)=-\cos 7°$；

(3) $\operatorname{tg} 161°29'=\operatorname{tg}(180°-18°31')=-\operatorname{tg} 18°31'$；

(4) $\operatorname{ctg} 214°59'=\operatorname{ctg}(180°+34°59')=\operatorname{ctg} 34°59'$.

练　习　1.2

1. 求下列各三角函数的值：(查表)

(1) $\sin 165°17'$;　　(2) $\cos 116°4'$;

(3) $\operatorname{tg} 103°31'$;　　(4) $\operatorname{tg} 150°14'$;

(5) $\operatorname{ctg} 315°52'$;　　(6) $\cos 217°23'$.

2. 把下列各三角函数化成锐角的三角函数：

(1) $\sin 341°15'$;　　(2) $\cos 204°26'$;

(3) $\cos 359°52'$;　　(4) $\operatorname{tg} 137°54'$;

(5) $\operatorname{tg} 215°58'$;　　(6) $\operatorname{ctg} 176°6'$.

1.3　已知角的一个三角函数值，在 0° 到 360° 内求角

我们知道，如果 $\sin 30° = x$，那末 x 的值，只能是 $\frac{1}{2}$. 反过来，如果 $\sin \alpha = \frac{1}{2}$，那末在 0° 到 360° 范围里，$\alpha$ 有两个值：$\alpha = 30°$ 或 $\alpha = 150°$.

下面我们举例来说明，怎样利用 $180° \pm \alpha$、$360° - \alpha$ 与锐角 α 的三角函数值之间关系，由已知角的一个三角函数值，求出和它对应的 0° 到 360° 内的角.

例 1　已知 $\sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$，在 0° 到 360° 内，求角 α.

解　$\because$　$\sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} > 0$,

$\therefore$　α 是第一象限或第二象限的角；

$\because$　$\sin 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}$，　$\sin(180° - 45°) = \sin 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}$,

$\therefore$　$\alpha = 45°$，或 $\alpha = 135°$.

例 2　已知 $\cos \alpha = -0.7660$，在 0° 到 360° 内，求角 α.

解　$\because$　$\cos \alpha = -0.7660 < 0$，$\therefore$　α 是第二象限或第三象限的角. 查三角函数表，求出适合条件 $\cos \theta = 0.7660$ 的锐角 θ，得 $\theta = 40°$.

$\because\quad \cos(180°-40°)=-\cos 40°,$

$\quad\;\; \cos(180°+40°)=-\cos 40°,$

$\therefore\quad \alpha=140°$, 或 $\alpha=220°$.

例 3 在 0° 到 360° 内，求适合于下式的角 x:（精确到 1′）

$$9\,\mathrm{tg}^2 x-25=0.$$

解 $\because\ \mathrm{tg}^2 x=\frac{25}{9}$, $\quad\therefore\ \mathrm{tg}\,x=\pm\frac{5}{3}$.

由 $\mathrm{tg}\,x=\frac{5}{3}$, 得 $x=59°2'$, 或 $x=180°+59°2'=239°2'$;

由 $\mathrm{tg}\,x=-\frac{5}{3}$, 得 $x=180°-59°2'=120°58'$, 或 $x=360°-59°2'=300°58'$.

练 习 1.3

1. 求适合下列条件的角 α:

(1) $\cos\alpha=\frac{\sqrt{3}}{2}$, $270°<\alpha<360°$;

(2) $\sin\alpha=-\frac{1}{2}$, $180°<\alpha<270°$;

(3) $\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{\sqrt{3}}{3}$, $180°<\alpha<270°$;

(4) $\mathrm{ctg}\,\alpha=-\sqrt{3}$, $270°<\alpha<360°$.

2. 求适合于下式的 0° 到 360° 内的角 x:

(1) $\sin x=-\frac{\sqrt{3}}{2}$; (2) $\cos x=\frac{1}{2}$;

(3) $\sin x=0.3469$; (4) $\cos x=-0.4099$.

3. 求适合下列各式的 0° 到 360° 内的角 x:

(1) $2\cos x+\sqrt{3}=0$; (2) $\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,x+1=0$;