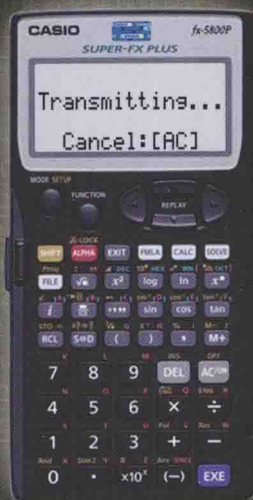


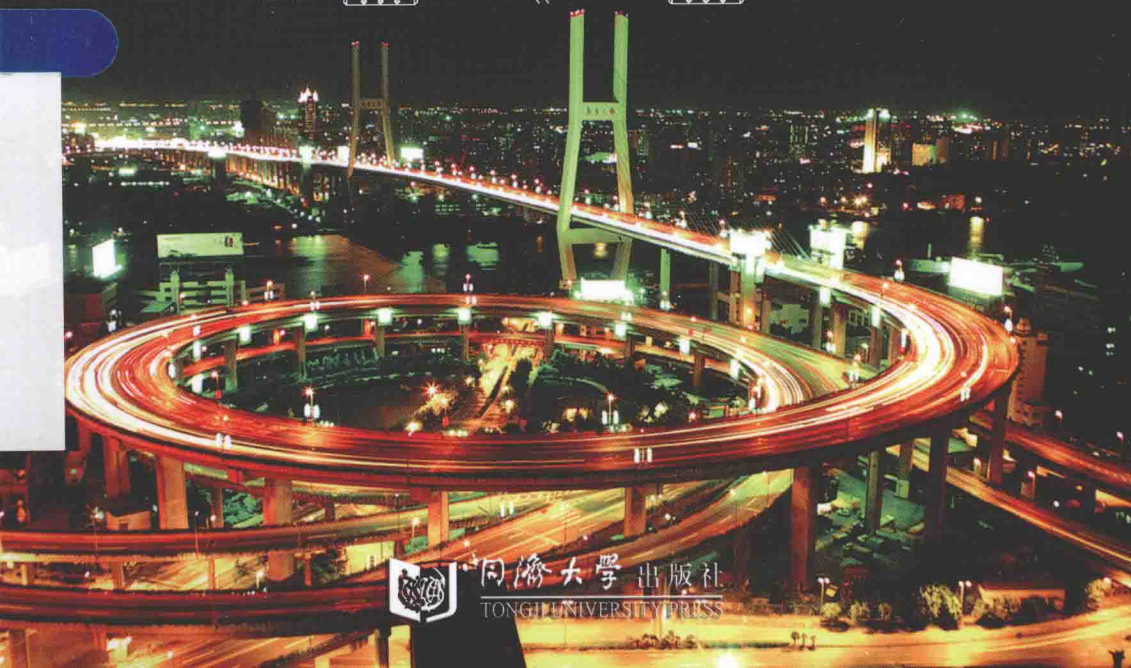
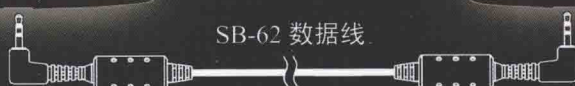
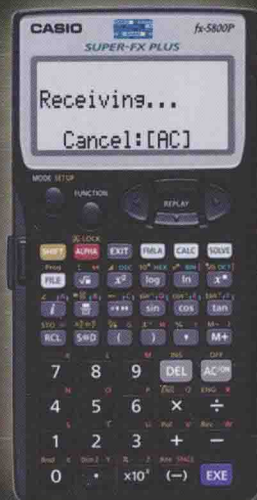
CASIO *fx-5800P* 工程编程机

道路桥梁隧道测量程序与案例

覃辉 段长虹 编著



fx-5800P 相互传输程序



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

CASIO fx-5800P 工程编程机
道路桥梁隧道测量程序与案例

覃 辉 段长虹 编著

内 容 提 要

在广泛征求交通施工企业一线工程用户对书后文献[1]意见的基础上,本书隆重推出的 2015 版 QH2-7TV2015 与 QH2-8TV2015 程序几乎将 fx-5800P 工程编程机的功能用到了极致。2015 版程序的坐标反算功能程序模块,采用了笔者最新研发的快速精确搜索法重新编写,搜索测点垂点所在平曲线元的误差小于 1mm,缓曲线元测点垂点的计算误差小于 1mm,计算速度比文献[1]的 2011 版程序平均提高 20%。2015 版程序的计算成果全部采用集中显示,新增高速公路路基施工层考虑松铺系数的挂线测量,边坡挂线测量与土石方工程量基础数据计算功能,将桥梁墩台桩基坐标计算所用的墩台中心直角坐标修改为墩台中心斜交坐标。本书还新增了桥梁墩台桩基与盖梁角点放样及其校正程序、平分中矢法布置直线桥梁轴线墩台桩基坐标计算及其放样程序、平行布置曲线桥梁墩台轴线桩基坐标计算方法、桥台锥坡曲线碎部点坐标计算原理及其程序、测角与边角后方交会快速计算程序。

作者精心录制了总容量为 16GB 的输入与执行本书全部程序的高清晰操作视频文件,压制在 2 片单面双层 DVD 光盘上,专供卡西欧 2015 版 fx-5800P 大礼包。

本书适合于交通施工企业的工程技术人员使用,也可供高等院校交通土建与测绘类专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

CASIO fx-5800P 工程编程机道路桥梁隧道测量程序与

案例 / 覃辉,段长虹 编著. --上海:同济大学出版社,2015.2

ISBN 978-7-5608-5727-5

I. ①C… II. ①覃… ②段… III. ①道路测量—可编程序
计算器—应用程序②桥梁测量—可编程序计算器—应用程序
③隧道测量—可编程序计算器—应用程序
IV. ①U412.24-39②U442-39③U452.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 005968 号

CASIO fx-5800P 工程编程机道路桥梁隧道测量程序与案例

覃 辉 段长虹 编著

责任编辑 杨宁霞 责任校对 徐春莲 装帧设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 16.25

字 数 325 000

版 次 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 9 月第 2 次印刷

书 号 ISBN-978-7-5608-5727-5

定 价 34.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

版权所有 侵权必究

前 言

读者使用本书程序遇到问题时,可以通过 QQ645707921 向作者咨询,有关 fx-5800P 工程机的问题请咨询卡西欧(中国)贸易有限公司的陈鹏 QQ631815356。

本书推出的 2015 版 QH2-7TV2015 与 QH2-8TV2015 程序是在书后文献[1]2011 版程序的基础上再次修改,改进与优化了程序的很多细节功能,并新增坐标正反算路基与边坡挂线测量功能,还新增了一线工程用户急需的部分综合测量程序。

(1) QH2-7TV2015 与 QH2-8TV2015 程序新增功能与改进细节

① 采用了笔者最新研发的快速精确搜索法重新编写两个程序的坐标反算功能模块,新程序搜索测点垂点所在平曲线元的误差小于 1mm,缓曲线元测点垂点的计算误差小于 1mm,计算速度比文献[1]的 2011 版程序平均提高 20%。

② 路基施工层考虑松铺系数 λ 的挂线测量,边坡挂线测量与土石方工程量基础数据输出。挂线测量的工程意义是:可以使用全站仪同时测设钢钎边桩的平面位置及其钢丝线的挂线高度,并使用坐标反算功能严格检核,确保钢钎及其钢丝线的准确无误。

③ 将桥梁墩台桩基坐标计算功能所用的墩台中心直角坐标修改为墩台中心斜交坐标,当桥梁的墩台轴线与路线斜交时,用户可以使用墩台设计大样图的标注尺寸快速获取墩台桩基的墩台中心斜交坐标,不再需要在 AutoCAD 重复绘制精确的大样图。该功能还适用于斜交涵洞碎部点的测量坐标计算。

(2) 新增综合测量程序

① 测角与边角测量后方交会程序:由于全站仪都具有后方交会测量与计算功能,所以,文献[1][2]都没有编写该程序。但很多工程用户反映各类全站仪的后方交会功能操作方法差异较大,在施工测量实践中感觉并不好用。

② 桥梁墩台桩基与盖梁角点放样及其校正程序:桥梁墩柱浇筑到设计高程后的施工内容是支模浇筑盖梁,测量员的工作是放样盖梁角点的平面位置。由于拼装盖梁模板是在悬停于高空的狭小空间内进行,而全站仪一般是安置在地势较低的地面,使用全站仪极坐标法放样盖梁角点是比较难操作的。施工员根据已浇筑完成的墩柱与盖梁设计图纸,往往可以初步确定盖梁模板角点的初始位置,地面测量员通过实测盖梁模板初始角点的测量坐标,再使用该程序算出该角点在墩柱横向与纵向的校正值,供施工员自主快速地调整到设计位置,无须再接收测站全站仪测量员的指挥。

③ 平分中矢法布置直线桥梁墩台轴线桩基坐标计算及其放样程序:原理上,只要桥梁的墩台横轴 X 是按路线中线布置的,都可以使用 QH2-7TV2015 或 QH2-8TV2015 程序计算并放样墩台桩基的坐标,但对于曲线路线直线布置桥梁轴线的情形就无法计算,需要编写专门的程序计算。

④ 桥台锥坡曲线碎部点坐标计算原理及其程序:在各种桥梁施工手册中,都是使

用包络线法放样桥台锥坡曲线，本书的锥坡坐标计算程序是使用变形椭圆计算锥坡曲线的碎部点坐标，通过对工程案例的分析得出结论，变形椭圆是比包络线法更精确实用的锥坡曲线。

笔者编写的系列专著深受盗版图书的侵害，为了便于读者识别盗版图书，本书的部分 fx-5800P 计算器按键采用了灰底色背景按键——，在图书各章节的表格中，对某些重要的数据行也采用灰底色背景表示。如果是誊印制版印刷的盗版图书，书中的灰底色背景按键将全部变黑，基本看不清其文字内容。购书时，如果读者发现图书存在这种现象，就说明您购买的图书是盗版图书，请您向同济大学出版社发行部举报(021-65981186)，并要求经销商为您调换正版图书。

本书只发行纸质版图书，不发行电子版图书，电商网上凡是有售本书电子版的图书均为使用纸质图书扫描后制成 pdf 文件的盗版图书。作者承诺尽最大努力为正版图书用户提供售后服务，但不为盗版图书用户提供服务，感谢广大用户支持正版图书，在此，谨向购买正版图书的用户致谢。

本书按“基于问题、基于项目、基于案例”的指导思想编写，借此，也对提供本书真实工程案例与承担测试工作的用户一并表示感谢，希望今后继续得到你们的支持，以改进我们的研发工作。

笔者精心录制了总容量为 16GB 的输入与执行本书全部程序的高清晰操作视频文件，压制在 2 片单面双层 DVD 光盘上，专供卡西欧公司 2015 版 fx-5800P 大礼包。

编 者

2015 年 7 月

母机程序文件目录

本书的全部程序文件与案例数据库子程序文件已分装到 2 台 fx-5800P 母机中, 卡西欧(中国)贸易有限公司出品的含防伪标签的正版大礼包分 Q1 版与 Q2 版两种, Q1 版大礼包中的 fx-5800P 新机已传输好 Q1 母机程序, Q2 版大礼包中的 fx-5800P 新机已传输好 Q2 母机程序。

Q1 母机装入了本书第 2 章的 4 个综合程序, 第 3 章的 QH2-7TV2015 主程序文件、16 个子程序文件、13 个图书案例数据库子程序文件, 共有 4+1+16+13=34 个程序文件, 占用机器内存 21 326 字节, 剩余 7 174 字节可供用户执行程序使用, 文件目录列于表 1。

表 1 Q1 母机程序与图书案例数据库子程序文件名列表

序	主程序	子程序文件名	字节数	说明
1	QH2-1	无	1 056	测角与边角后方交会计算程序
2	QH2-2	无	522	桥梁墩台盖梁角点校正程序
3	QH2-3	无	836	平分中矢法布置桥梁轴线桩基坐标程序
4	QH2-4	无	586	桥台锥坡曲线碎部点坐标计算程序
5	QH2-7T V2015	SUB2-71/SUB2-72/SUB2-73/ SUB2-74/SUB2-75/SUB2-76/ SUB2-77/SUB2-78/SUB2-79/ SUB2-7A/SUB2-7B/SUB2-7C/ SUB2-7D/SUB2-7E/SUB2-7F/ SUB2-7G	14 410, 含 16 个子 程序 文件	含断链、基于数据库子程序输入设计数据的交点法任意基本型曲线三维坐标计算程序, 具有三维坐标正反算、路基与边坡挂线测量、超高及边桩设计高程计算、边坡开口位置计算、墩台斜交坐标系桩基坐标计算、隧道超欠挖计算等功能
6	用于 QH2-7T V2015 程序计 算的图 书案例 数据库 子程序 文件	数据库子程序文件名 JD8	第 2.3 节	临海中桥中心桩坐标与走向方位角计算
		数据库子程序文件名 JD44	第 3.2 节	含长链的路基与边坡挂线测量计算
		数据库子程序文件名 JD1	第 3.3 节	斜交桥梁墩台桩基与盖梁角点坐标计算
		数据库子程序文件名 JD2	第 3.4 节	平行布置曲线桥梁墩台轴线桩基坐标计算
		数据库子程序文件名 JD40	第 3.5 节	斜交涵洞碎部点测量坐标计算
		数据库子程序文件名 JD16	第 3.6 节	高速公路隧道超欠挖计算
		数据库子程序文件名 JD7	第 3.7 节	单线铁路隧道超欠挖计算
		数据库子程序文件名 BJD1	第 3.9 节	第一/二均为非完整缓和曲线的回头曲线
		数据库子程序文件名 EJD1	第 3.9 节	第一/二均为非完整缓和曲线的匝道曲线
		数据库子程序文件名 WNJD1	第 3.10 节	回头曲线指定线元号的坐标反算
		数据库子程序文件名 MJD1	第 3.10 节	含大于半圆弧的回头曲线坐标正反算
		数据库子程序文件名 JD19	第 3.10 节	含短链的基本型平曲线坐标正算
		数据库子程序文件名 ZBJD1	第 3.11 节	输入平竖曲线设计数据中桩三维坐标计算
Q1 母机已占用 21 326 字节			Q1 母机剩余 7 174 字节	

Q2 母机装入了本书第 1 章的 6 个程序文件、第 4 章的 QH2-8TV2015 主程序文件、15 个子程序文件、11 个图书案例数据库子程序文件, 共有 6+1+15+11=33 个程序文件, 占用机器内存 21 482 字节, 剩余 7 018 字节可供用户执行程序使用, 文件目录列于表 2。

表 2

Q2 母机程序与图书案例数据库子程序文件名列表

序	主程序	子程序文件名	字节数	说明
1	QH1-4	无	204	复数格式坐标反算边长与方位角程序
2	QH1-4N	无	220	坐标反算边长与方位角程序
3	QH1-5 V2015	无	318	基于串列输入数据坐标反算边长与方位角程序
4	QH1-6 V2015	无	594	两个高斯平面坐标系相互变换程序
5	QH1-7 V2015	无	446	建筑坐标与测量坐标相互变换程序
6	QH1-8T V2015	无	1 758	可计算 5 种类型导线近似平差程序, 闭合、附和、单边无定向、双边无定向与支导线
7	QH2-8T V2015	SUB2-81/SUB2-82/SUB2-83/ SUB2-84/SUB2-85/SUB2-86/ SUB2-87/SUB2-88/SUB2-89/ SUB2-8A/SUB2-8B/SUB2-8C/ SUB2-8D/SUB2-8E/SUB2-8F	13 164, 含 15 个子 程序	含断链、基于数据库子程序输入设计数据的线元法三维坐标计算程序, 最多允许输入约 70 个平曲线元的设计数据, 具有三维坐标正反算、路基与边坡挂线测量、超高及边桩设计高程计算、边坡开口位置计算、墩台斜交坐标系桩基坐标计算、隧道超欠挖计算等功能
8	用于 QH2-8T V2015 程序计 算的图 书案例 数据库 子程序 文件	数据库子程序文件名 EX4-1	第 4.1 节	含直转直线线元的平曲线坐标正算
		数据库子程序文件名 JD44-8	第 4.3 节	含长链的路基与边坡挂线测量计算
		数据库子程序文件名 JD1-8	第 4.4 节	斜交桥梁墩台桩基与盖梁角点坐标计算
		数据库子程序文件名 JD40-8	第 4.5 节	斜交涵洞碎部点测量坐标计算
		数据库子程序文件名 JD16-8	第 4.6 节	高速公路隧道超欠挖计算
		数据库子程序文件名 JD7-8	第 4.7 节	单线铁路隧道超欠挖计算
		数据库子程序文件名 C-8	第 4.8 节	隧道左右洞之间车行横洞超欠挖计算
		数据库子程序文件名 ZBJD1-8	第 4.9 节	含非完整缓和曲线平竖曲线计算
		数据库子程序文件名 WNJD1-8	第 4.10 节	回头曲线指定线元号的坐标反算
		数据库子程序文件名 MJD1-8	第 4.10 节	含大于半圆弧的回头曲线坐标正反算
		数据库子程序文件名 FS-8	第 4.11 节	含直转直线的道路改造工程平曲线计算
Q2 母机已占用字节数 21 482			Q2 母机剩余 7 018 字节	

目 录

前言

母机程序文件目录

1 复数及基于统计串列存储数据的编程方法与程序	1
1.1 复数的几何表示方法	1
1.2 复数显示格式的设置及其应用	4
1.3 共轭复数	4
1.4 复数形式坐标反算边长与方位角程序(QH1-4)	5
1.5 基于统计串列输入数据的极坐标法放样程序(QH1-5V2015)	8
1.6 2015 版两个高斯平面坐标系相互变换程序(QH1-6V2015)	10
1.7 2015 版建筑坐标与测量坐标相互变换程序(QH1-7V2015)	15
1.8 2015 版单一导线近似平差原理与程序(QH1-8TV2015)	19
1.9 程序语句与常用提示字符的输入方法	38
2 常用施工测量综合程序	42
2.1 测角与边角后方交会计算程序(QH2-1)	42
2.2 桥梁墩台盖梁角点校正程序(QH2-2)	49
2.3 平分中矢法布置直线桥梁轴线墩台桩基坐标计算及其放样程序(QH2-3)	53
2.4 桥台锥坡曲线碎部点坐标计算原理及其程序(QH2-4)	68
3 2015 版交点法程序 QH2-7TV2015 计算工程案例	78
3.1 数据库子程序的编写原理与方法	78
3.2 高速公路路基与边坡挂线测量的原理、方法与工程案例	91
3.3 斜交桥梁墩台桩基与盖梁角点坐标计算及其放样案例	114
3.4 平行布置曲线桥梁墩台轴线桩基坐标的计算原理与方法	124
3.5 斜交涵洞碎部点测量坐标计算	126
3.6 高速公路隧道超欠挖计算工程案例	130
3.7 单线铁路隧道超欠挖计算工程案例	140
3.8 隧道二衬轮廓线主点数据的获取方法	147
3.9 高速公路匝道曲线含有非完整缓和曲线的工程案例	150
3.10 交点法回头曲线计算工程案例	160
3.11 数据库子程序输入平竖曲线设计数据的工程案例	169
3.12 2015 版交点法源程序 QH2-7TV2015	173

4	2015 版线元法程序 QH2-8TV2015 计算工程案例	187
4.1	含直转点直线的工程案例	187
4.2	数据库子程序的编写原理与方法	189
4.3	高速公路路基与边坡挂线测量的原理、方法与工程案例	194
4.4	斜交桥梁台桩基与盖梁角点坐标计算及其放样案例	205
4.5	斜交涵洞碎部点测量坐标计算	211
4.6	高速公路隧道超欠挖计算工程案例	214
4.7	单线铁路隧道超欠挖计算工程案例	219
4.8	隧道左右洞之间车行横洞超欠挖计算工程案例	222
4.9	含非完整缓和曲线线元的高速公路匝道平竖曲线计算工程案例	227
4.10	回头曲线计算工程案例	230
4.11	含直转直线线元的道路改造工程案例	236
4.12	2015 版线元法源程序 QH2-8TV2015	239
	参考文献	252

1 复数及基于统计串列存储数据的编程方法与程序

复数(complex number)最早出现在解方程中, 由于负数无法开根号, 所以很多方程无法解, 但这些方程确实不能说没有意义, 引进复数概念后, 方程就可以解了。后来在几乎所有需要数学的领域都有应用, 复数就像负数一样将数集进一步扩展, 现在复数依然是最大的数集。

fx-5800P 的复数计算可以在 **COMP** 模式或程序中进行, 使用复数编程进行坐标方位角反算与坐标计算, 无论是变量输入还是计算公式都比使用实数计算要简便得多, 尤其是进行坐标变换计算。

工程用户很少使用复数进行测量计算, 一是因为他们不了解复数计算的原理与方法, 二是现在的 PC 机程序语言基本没有复数计算函数及语句。其实, 使用 fx-5800P 的复数功能进行平面坐标计算, 只需要了解很少的复数基本定理, 利用 fx-5800P 强大的复数功能就可以轻松实现。复数计算远没有工程用户想象的那样复杂。

本书介绍的全部路线测量程序都是使用复数计算原理编写。使用复数编程进行坐标计算, 既可以节省变量, 又可以简化程序。

1.1 复数的几何表示方法

复数有式(1-1)所示的直角坐标、极坐标与指数等三种表示方法, 其中前两种也称复数的几何表示法, fx-5800P 只能对直角坐标格式与极坐标格式的复数进行计算。

$$z = x + yi = r \angle \theta = re^{i\theta}, \text{ 要求 } r > 0 \quad (1-1)$$

fx-5800P 计算器只能对直角坐标与极坐标表示的复数进行计算, 不能计算指数表示的复数。

1) 直角坐标表示法

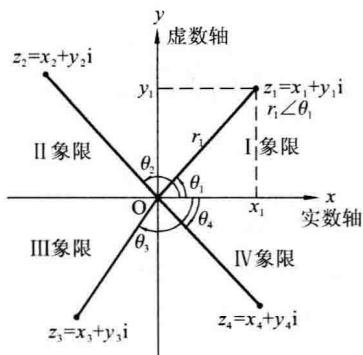
复数的直角坐标格式为 $z=a+bi$, 称 a 为复数的实部(real part), b 为复数的虚部(imaginary part), $i^2=-1$, 按 $\boxed{i}$ 键输入 i 。

如果将一个复数存入字母变量 **B**, 则 **ReP(B)** 为提取复数变量 **B** 的实部, **ImP(B)** 为提取复数变量 **B** 的虚部, 按 $\boxed{\text{FUNCTION}} \boxed{2} \boxed{4}$ 键输入 **ReP**(, 按 $\boxed{\text{FUNCTION}} \boxed{2} \boxed{5}$ 键输入 **ImP**(, 按 $\boxed{\text{FUNCTION}} \boxed{2}$ 键为调出复数函数菜单, 结果如图 1-1(b)所示。

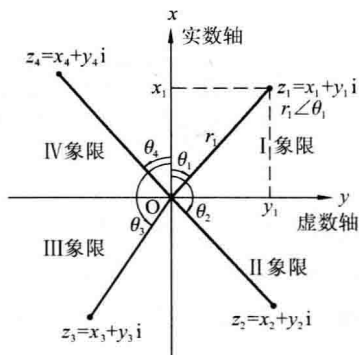
1:MATH	2:COMPLX	1:Abs	2:Arg
3:PROG	4:CONST	3:Conjg	4:ReP
5:ANGLE	6:CLR	5:ImP	6:r∠θ
7:STAT	8:MATRIX	7:a+bi	

(a)
(b)

图 1-1 复数函数菜单



(a) 笛卡尔平面直角坐标系



(b) 高斯平面直角坐标系

图 1-2 复数的直角坐标表示法与极坐标表示法的关系

复数的几何意义是一个复数对应于一个复平面上的点。在图 1-2(a)所示的笛卡尔坐标系中，是以横轴为实数轴，纵轴为虚数轴，象限为逆时针编号；而在图 1-2(b)所示的测量高斯平面直角坐标系中，是以纵轴为实数轴，横轴为虚数轴，象限为顺时针编号。

[例 1-1] 试分别计算复数函数 $(1.5+2.5i)^2$ 与 $\sqrt{1.5+2.5i}$ 的值。

[解] 按 $\text{[ON] [SETUP] [8] [1]}$ 键，设置 **Norm 1** 格式显示数值。按 $\text{[C] [1.5] [+][2.5] [i] [)] [x^2]}$ 键，结果如图 1-3(a)所示；按 $\text{[ON] [\sqrt{}] [1.5] [+][2.5] [i] [)] [\sqrt{}]}$ 键，结果如图 1-3(b)所示。

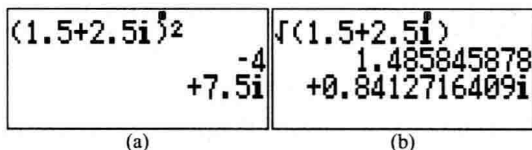


图 1-3 在 COMP 模式输入直角坐标格式复数计算案例

本书约定，为了节省篇幅，凡是键入用于计算的数字，一律不用方框数字符号。

2) 极坐标表示法

复数的极坐标格式为 $z=r\angle\theta$ ， r 为复数 z 的模(absolute value)， θ 为复数 z 的辐角(argument)，按 $\text{[ON] [\angle]}$ 键输入 $\angle$ ，辐角的单位应与计算器的当前角度单位相同。

如果将一个复数存入字母变量 **B**，则 **Abs(B)** 为计算复数变量 **B** 的模，**Arg(B)** 为计算复数变量 **B** 的辐角，按 [FNCN] [2] [1] 或按 $\text{[FNCN] [1] [\downarrow] [1]}$ 键输入 **Abs(**，按 [FNCN] [2] [2] 键输入 **Arg(**，按 [FNCN] [2] 键为调出复数函数菜单，结果如图 1-1(b)所示。

按极坐标格式 $r\angle\theta$ 输入复数时，要求 $r>0$ ， $r<0$ 时机器将出错。例如，在 **COMP** 模式，按键 $\text{2 [ON] [\angle] -45 [FNCN]}$ ，结果为 $1.414213562-1.414213562i$ ；如果按 $\text{-2 [ON] [\angle] -45 [FNCN]}$ 键，屏幕显示错误信息“**Math ERROR**”。

复数 $z=a+bi$ 的辐角 θ 定义为以实数轴为 0 方向，取值范围为 $0^\circ\sim\pm 180^\circ$ 的水平角。

在图 1-2(a)所示的笛卡尔坐标系中，当 z 点位于 I、II 象限时，辐角 θ 为逆时针角，取值范围为 $0^\circ\sim+180^\circ$ ；当 z 点位于 III、IV 象限时，辐角 θ 为顺时针角，取值范围为

$0^\circ \sim 180^\circ$ 。

在图 1-2(b)所示的测量高斯平面直角坐标系中，当 z 点位于 I、II 象限时，辐角 θ 为顺时针角，取值范围为 $0^\circ \sim +180^\circ$ ；当 z 点位于 III、IV 象限时，辐角 θ 为逆时针角，取值范围为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

使用辐角函数 **Arg** 算出的辐角 θ 与极坐标函数 **Pol** 算出的辐角定义是相同的，使用 **Arg** 函数计算边长复数的测量坐标方位角 α 时，算出的辐角 $\theta > 0$ ，则 $\alpha = \theta$ ；算出的辐角 $\theta < 0$ 时，则 $\alpha = \theta + 360^\circ$ 。

[例 1-2] 试计算复数 $1.5+2.5i$ 的模与辐角。

[解] 按 **SETUP** **3** (**Deg**) 键设置角度单位为十进制度，按 **FUNCTION** **2** **1** **1.5** **+** **2.5** **i** **)** **ENTER** 键，结果如图 1-4(a)所示；按 **FUNCTION** **2** **2** **1.5** **+** **2.5** **i** **)** **ENTER** 键，结果如图 1-4(b)所示；按 **MODE** 或 **2nd** **←** 键可将其转换为六十进制角度显示，结果如图 1-4(c)所示。

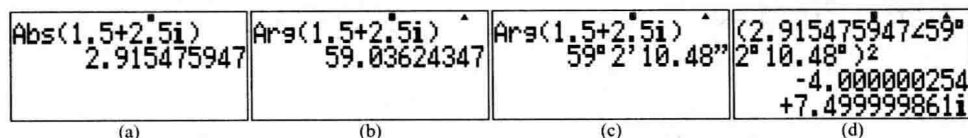


图 1-4 计算复数的模与辐角和极坐标格式复数计算案例

[例 1-3] 试计算复数 $2.915475947 \angle 59^\circ 2' 10.48''$ 的平方。

[解] 按 **SETUP** **3** (**Deg**) 键设置角度单位为十进制度，按 **2.915475947** **∠** **59** **°** **2** **'** **10.48** **"** **)** **x²** **ENTER** 键，结果如图 1-4(d)所示。它们与图 1-2(a)所示的直角坐标格式复数计算的结果有少许差异，这是因为机器内部是使用 15 位尾数计算的，而本例的模 **2.915475947** 只取到了 10 位数的缘故。

[例 1-4] 在高斯平面直角坐标系中，已知某边长的坐标增量分别为 $\Delta x = 105.399\text{m}$ ， $\Delta y = -74.968\text{m}$ ，试用复数计算该边的平距 r 与方位角 α 。

[解] 设角度单位已设置为十进制度，按 **FUNCTION** **2** **1** **105.399** **-** **74.968** **i** **)** **ENTER** 键，结果如图 1-5(a)所示；按 **▶** 键调出最近执行的表达式，按 **ENTER** 键删除模函数 **Abs**(，按 **FUNCTION** **2** **2** 键修改为辐角函数 **Arg**(，按 **ENTER** 键，结果如图 1-5(b)所示。因辐角为负数，所以，还应加 360° 才能得到边长的方位角，按 **+** **360** **°** **ENTER** 键计算边长的方位角，结果如图 1-5(c)所示。

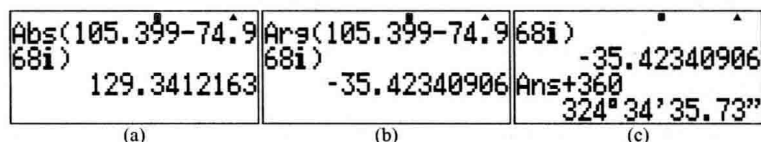


图 1-5 使用复数的模与辐角函数反算边长与方位角

1.2 复数显示格式的设置及其应用

1) 复数显示格式的设置

fx-5800P 出厂设置的复数显示格式为直角坐标格式,按 **MODE** **SETUP** **▼** 键调出图 1-6(a)所示的设置二页菜单,按 **[4]** (**COMPLX**)键调出图 1-6(b)所示的复数显示格式设置菜单,按 **[1]** (**a+bi**)键为设置直角坐标格式复数显示,或按 **[2]** (**r∠θ**)键为设置极坐标格式复数显示。

通过转换复数显示格式计算[例 1-4]的方法为:按 **MODE** **SETUP** **▼** **[4]** **[2]** (**r∠θ**)键设置复数为极坐标格式显示,按 **AC** **105.399** **—** **74.968** **i** **EX** 键,结果如图 1-6(c)所示。

将极坐标格式复数 $129.3412163 \angle 324^\circ 34' 35.73''$ 转换为直角坐标格式显示的方法为:按 **SHIFT** **SETUP** **▼** **[4]** **[1]** (**a+bi**)键设置复数为直角坐标格式显示,按 **AC** **129.3412163** **SHIFT** **∠** **324** **...** **34** **...** **35.73** **...** **EX** 键,结果如图 1-6(d)所示。

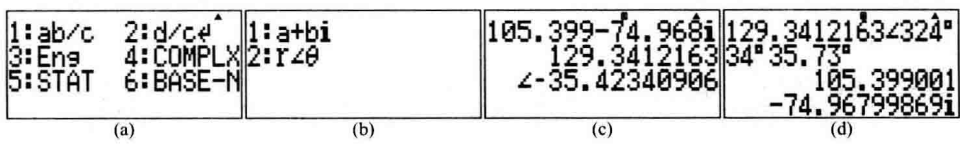


图 1-6 复数显示格式设置菜单及其应用案例

2) 应用功能键的复数显示格式命令转换

按 **FUNCTION** **[2]** (**COMPLX**)键调出图 1-1(b)所示的复数功能菜单,其中 **►a+bi** 为将其前面的复数转换为直角坐标格式显示, **►r∠θ** 为将其前面的复数转换为极坐标格式显示,忽略当前设置的复数显示格式。

执行与图 1-6(c)相同操作的方法是:按 **AC** **105.399** **—** **74.968** **i** **FUNCTION** **[2]** **[6]** **EX** 键,结果如图 1-7(a)所示;执行与图 1-6(d)相同操作的方法是:按 **AC** **129.3412163** **SHIFT** **∠** **324** **...** **34** **...** **35.73** **...** **FUNCTION** **[2]** **[7]** **EX** 键,结果如图 1-7(b)所示。

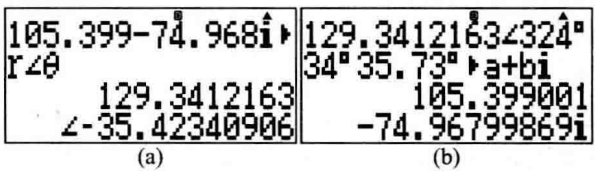


图 1-7 应用功能键的复数显示命令转换复数显示案例

1.3 共轭复数

称复数 $a-bi$ 与复数 $a+bi$ 互为共轭复数(conjugate complex number)。例如, $3+4i$ 的共轭复数为 $3-4i$, $3-4i$ 的共轭复数为 $3+4i$ 。

由图 1-2 可知,无论是在数学笛卡坐标系还是测量高斯平面直角坐标系,复数与其共轭复数的几何意义都是关于实

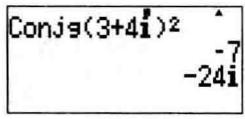


图 1-8 计算复数函数的共轭复数案例

数轴 x 对称。

[例 1-5] 试计算 $(3+4i)^2$ 的共轭复数。

[解] 按 FUNCTION 2 3 3 + 4 i) x^2 EXE 键，结果如图 1-8 所示。

1.4 复数形式坐标反算边长与方位角程序(QH1-4)

1) 原理

fx-5800P 的 26 个 **A~Z** 字母变量存储器不占用机器 28 500 字节的内存空间，且每个字母变量存储器都固定占 22 字节，可以存储一个复数。当某个字母变量存储器存储一个实数时，只占用了 12 字节，剩余的用于存储复数虚部的 10 字节并没有使用。因此，在坐标反算编程中，可以将一个点的坐标以复数形式存入一个字母变量中，这样可以减少字母变量的使用数量。

QH1-4 程序的功能是根据用户输入的两点复数形式坐标，计算其边长与方位角。

2) 程序

程序文件名：QH1-4，占用内存 204 字节

"XY→HD,α QH1-4"↵

Deg:Fix 3↵

"X+YiS="?A↵

Lbl 0:"X+YiE,π↵END="?B↵

ReP(B)=π↵Goto E↵

Arg(B-A)→J↵

J<0↵J+360→J:Cls↵

"XE=":Locate 4,1,ReP(A)↵

"YE=":Locate 4,2,ImP(A)↵

"HD=":Locate 4,3,Abs(B-A)↵

"α=":Locate 4,4,J°↵

Goto 0↵

Lbl E:"QH1-4↵END"

显示程序标题

设置角度单位/数值显示格式

输入复数形式起点(Start)坐标

输入复数形式终点(End)坐标

判断是否结束程序

计算辐角

转换复数辐角为方位角/清除屏幕

重复显示端点坐标

显示边长

显示方位角

继续输入下一个端点的坐标

输入程序时，按 SHIFT SET UP 3 键输入 **Deg**，按 SHIFT SET UP 6 3 键输入 **Fix 3**，按 FUNCTION 3 ▽ ▽ 5 键输入 **Cls**，按 FUNCTION 3 ▽ ▽ 4 键输入 **Locate**，按 FUNCTION 4 ▽ 2 键输入 α ，按 ... 键输入 $^\circ$ ，按 FUNCTION 2 1 键输入 **Abs**，按 FUNCTION 2 2 键输入 **Arg**，按 FUNCTION 2 4 键输入 **ReP**。

3) 案例

表 1-1 列出了 5 个点的平面坐标。

表 1-1 计算边长与方位角案例

点号	x/m	y/m	起迄点号	HD _{ij} /m	α_{ij}
1	3885.634	3114.471			
2	4281.739	3592.881	1→2	621.108	50°22'35.6"
3	3356.668	3419.507	1→3	610.616	150°01'46.09"
4	3373.397	2385.189	1→4	891.201	234°54'58.89"
5	3968.103	3005.750	1→5	136.460	307°10'54.11"

执行程序 QH1-4，计算表 1-1 的 1 号点分别至 2~5 号点的边长与方位角的屏幕提示与用户操作过程如下：

屏幕提示	按键	说明
X,Y→HD,α QH1-4		显示程序标题
X+YiS=?	3885.634 (+) 3114.471 (i) (EX)	输入 1 点坐标复数
X+YiE,π↗END=?	4281.739 (+) 3592.881 (i) (EX)	输入 2 点坐标复数
XE=4281.739		重复显示 2 点坐标
YE=3592.881		
HD=621.108		显示 1→2 的水平距离
α=50°22'35.6"	(EX)	显示 1→2 的方位角
X+YiE,π↗END=?	3356.668 (+) 3419.507 (i) (EX)	输入 3 点坐标复数
XE=3356.668		重复显示 3 点坐标
YE=3419.507		
HD=610.616		显示 1→3 的水平距离
α=150°1'46.09"	(EX)	显示 1→3 的方位角
X+YiE,π↗END=?	3373.397 (+) 2385.189 (i) (EX)	输入 4 点坐标复数
XE=3373.397		重复显示 4 点坐标
YE=2385.189		
HD=891.201		显示 1→4 的水平距离
α=234°54'58.89"	(EX)	显示 1→4 的方位角
X+YiE,π↗END=?	3968.103 (+) 3005.75 (i) (EX)	输入 5 点坐标复数
XE=3968.103		重复显示 5 点坐标
YE=3005.750		
HD=136.460		显示 1→5 的水平距离
α=307°10'54.11"	(EX)	显示 1→5 的方位角
X+YiE,π↗END=?	(EX) π (EX)	输入 π 结束程序
QH1-4↗END		程序结束

在生产实践中，工程用户可能不太习惯以复数形式输入坐标，可以将 QH1-4 程序修改为下面的 QH1-4N 程序。

程序文件名：QH1-4N，占用内存 220 字节

"XY→HD,α QH1-4N"↵

显示程序标题

Deg:Fix 3↵

设置角度单位/数值显示格式

"XS=?A:"YS=?B↵

输入起点 x, y 坐标

A+Bi→E↵

将起点坐标存为复数形式

Lbl 0:"XE,π↗END=?"C↵

输入端点 x 坐标

C=π↗Goto E↵

判断是否结束程序

"YE=?D↵

输入端点 y 坐标

C+Di→F↵

将终点坐标存为复数形式

Arg(F-E)→J ↵	计算辐角
J<0 ↵ J+360→J:Cls ↵	转换复数辐角为方位角/清除屏幕
"XE=":Locate 4,1,C ↵	重复显示端点坐标
"YE=":Locate 4,2,D ↵	
"HD=":Locate 4,3,Abs(F-E) ↵	显示边长
"α=":Locate 4,4,J° ↵	显示方位角
Goto 0 ↵	继续输入下一个端点的坐标
Lbl E:"QH1-4N ↵ END"	

执行 QH1-4N 程序，计算表 1-1 的 1 号点分别至 2~5 号点的边长与方位角的屏幕提示与用户操作过程如下：

屏幕提示	按键	说明
XY→HD,α QH1-4N		显示程序标题
XS=?	3885.634	输入 1 点的 x 坐标
YS=?	3114.471	输入 1 点的 y 坐标
XE,π↵END=?	4281.739	输入 2 点的 x 坐标
YE=?	3592.881	输入 2 点的 y 坐标
XE=4281.739		重复显示 2 点坐标
YE=3592.881		
HD=621.108		显示 1→2 的平距
α=50°22'35.6"		显示 1→2 的方位角
XE,π↵END=?	3356.668	输入 3 点的 x 坐标
YE=?	3419.507	输入 3 点的 y 坐标
XE=3356.668		重复显示 3 点坐标
YE=3419.507		
HD=610.616		显示 1→3 的平距
α=150°1'46.09"		显示 1→3 的方位角
XE,π↵END=?	3373.397	输入 4 点的 x 坐标
YE=?	2385.189	输入 4 点的 y 坐标
XE=3373.397		重复显示 4 点坐标
YE=2385.189		
HD=891.201		显示 1→4 的平距
α=234°54'58.89"		显示 1→4 的方位角
XE,π↵END=?	3968.103	输入 5 点的 x 坐标
YE=?	3005.75	输入 5 点的 y 坐标
XE=3968.103		重复显示 5 点坐标
YE=3005.750		
HD=136.460		显示 1→5 的平距
α=307°10'54.11"		显示 1→5 的方位角
XE,π↵END=?	π	输入 π 结束程序
QH1-4N↵END		程序结束显示

QH1-4 程序只有 204 字节，而 QH1-4N 程序却为 220 字节，QH1-4 程序的字节数只有 QH1-4N 程序字节数的 92.7%。这说明，使用复数输入坐标还可以节省内存。

1.5 基于统计串列输入数据的极坐标法放样程序(QH1-5V2015)

1) 原理

QH1-4 程序与 QH1-4N 程序的是通过屏幕人机对话方式输入点的坐标计算两点之间的边长与方位角。由于 fx-5800P 具有 List X、List Y 与 List Freq 三个统计串列，可以在执行程序之前，按 **MODE** **[4]** 键进入 **REG** 模式，将点的坐标预先输入 List X 与 List Y 统计串列中，执行程序时，就只需要输入点号，由程序从统计串列中按用户输入的点号调用其坐标计算边长与方位角，称这种编程方式为基于统计串列输入数据的编程法。

如图 1-9 所示，1, 2 号点为已知点，3~6 号点为设计建筑物的轴线交点，在 1 号点安置全站仪，设置 2 号点为后视方向，当使用极坐标法放样 3~6 号点时，需要计算出 1 号点分别至 3~6 号点的水平距离 d_i 及坐标方位角 α_i 。

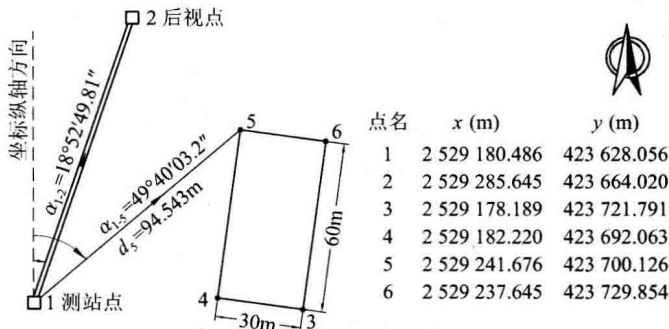


图 1-9 建筑物极坐标法放样略图

2) 程序

程序文件名: QH1-5V2015, 占用内存 318 字节

"QH1-5 V2015" **↵**

Deg:Fix 3:FreqOn **↵**

n **→** **N**: "TOTAL Pn=": **N** **↵**

Lbl 0: "Sn=": **A** **↵**

A **<** **1** **Or** **A** **>** **N** **Or** **Frac(A)** **≠** **0** **→** **Goto E** **↵**

List X[A] **+** **List Y[A]** **→** **B** **↵**

Lbl 1: "S.On=": **C** **↵**

C **<** **1** **Or** **C** **>** **N** **Or** **Frac(C)** **≠** **0** **→** **Goto E** **↵**

If C=A: **Then** "S.On=S_n, REPEAT!": **Goto 1**: **IfEnd** **↵**

List X[C] **+** **List Y[C]** **→** **D** **↵**

Arg(D-B) **→** **J** **↵**

J **<** **0** **→** **J** **+** **360** **→** **J**: **Cls**: **Norm 1** **↵**

"Sn=": **Locate 4,1,A**: "S.On=": **Locate 7,2,C** **↵**

Fix 3: "HD=": **Locate 4,3,Abs(D-B)** **↵**

"α=": **Locate 4,4,J** **↵**

Goto 1 **↵**

Lbl E: "QH1-5 V2015" **→** **END**

显示程序标题

设置角度单位/数值显示格式/打开频率串列

提取与显示统计串列存储的总点数

输入测站点号(Station)

测站点号非法时结束程序

生成测站点坐标复数

输入放样点号(Set-out point)

放样点号非法时结束程序

生成放样点坐标复数

测站→放样点辐角

辐角转换为方位角/清除屏幕

重复显示起始点号

显示测站→放样点平距

显示测站→放样点方位角

重复输入下一个放样点号

☐ 输入程序时，按 **SETUP** **[5]** **[1]** 键输入 **FreqOn**，按 **FUNCTION** **[7]** **[2]** **[1]** 键输入 **n**，按 **FUNCTION** **[1]** **[3]** 键输入 **Frac(**，按 **FUNCTION** **[7]** **[1]** **[1]** 键输入 **List**。