# 《机器视觉》实验指导书

V 1.0

# 实验一 光源及图像采集、系统标定实验



# 哈尔滨工业大学(深圳) 实验与创新实践教育中心

# 目录

1.1	实验目的	. 2
1. 2	实验注意事项	. 2
1.3	实验内容	. 2
1.4	实验设备	. 2
1.5	实验步骤	. 6
	1.5.1 图像采集	. 6
	1.5.2 相机标定	. 7
	1.5.3 编程实现图像采集	13
1.6	实验任务要求	18

### 1.1 实验目的

1) 掌握连接工业数字相机,熟悉使用实验平台软件采集图片;

2) 了解各种光源,以及工业相机常用参数,熟悉使用软件设置参数;

3) 掌握 Halcon 联合 VS 通过编程实现打开相机并采集图片、显示图片;

#### 1.2 实验注意事项

1) 上机前做好充分准备,包括学习工业数字相机相关基础知识,了解相机常 用参数的含义等。

2) 上机时要遵守实验室的规章制度,爱护实验设备。要熟悉与实验相关系统 软件的使用方法。

3) 实验过程中关键器件轻拿轻放,禁止未经允许随意拆装。

4) 相机和光源接线时,必须仔细核对是否正确(否则极易损坏器件)。

5) 实验结束, 必须确保实验平台所有器件回归原位并摆放整齐, 关闭电源并 整理实验台, 经老师检查后方可离开。

#### 1.3 实验内容

(1) 实现相机连接和图像采集、相机标定,理解在实际项目中相机的采图过程。

(2) VS 调用 Halcon 库, C++编程实现相机连接和图像采集、显示。

### 1.4 实验设备

实验设备包括机器视觉运动平台,德国 basler aca1300-60gm 黑白相机,低角度环形光源。



图 1-1 机器视觉运动平台

打开机器视觉实验运动平台下方电气柜窗口,总空气开关如图 1-2 的位置,向上推动,电脑进入开机状态。待电脑开机之后,将遥控手柄的急停开关向右旋转,开关抬起,并按下绿色按钮,给设备上电,如图 1-3 所示。



图1-2 电控柜



图 1-3 遥控手柄

图 1-4 所示为实验中陆续用到的各类光源, "1"为背光源, "2"为同轴光 源, "3"为低角度环形光源, "4"为直射环形光源。德国 basler aca1300-60gm 黑白相机如图 1-5 所示。



图 1-4 各类光源示意图



图 1-5 basler aca1300-60gm 黑白相机

## 1.5 实验步骤

#### 1.5.1 安装相机

① 给机器视觉实验平台上电,打开工控机,参见图 1-2、1-3。

② 转动运动平台 Z 轴上方的黑色旋钮,将相机卡在槽位,并旋紧旋钮固 定相机,如图 1-6。



图 1-6 安装相机示意图

③ 连接相机网线、电源线如图 1-7,注意**电源线的插头与插孔对准,切勿** 蛮力插拔。



图 1-7 连接相机示意图

④ 利用合适螺钉将光源固定在平台 Z 轴合适的位置上,参考下图 1-8,并 将光源电源线接至平台 Z 轴后侧电源接口, "CH"按钮为通道选择,右侧两个 按钮可以调节当前通道的亮度大小。



图 1-8 固定相机示意图

⑤ 若需要控制平台移动,应首先使能 X、Y 轴。方法是:启动桌面的 "KImage 2D"软件,进入软件后,双击选择"线扫描拍照定位"项目。在弹出的提 示是否保存配置,选择"否"。进入项目,点击"X 使能"和"Y 使能",此时摇动 摇杆即可控制平台进行 X、Y 方向移动,注意行程不要超出范围。

1.5.2 相机标定

相机参数需要根据实验相机的型号,查询该相机的像元尺寸、镜头的 焦距等信息。在设置标定板参数时,若使用的是标准的标定板,则根据具 体的标定板信息进行设置。

本次实验的标定板参数:

圆点列数:7 圆点行数:7 圆点间距:10mm 圆点直径:5mm 板厚度:3.75mm

7

相机参数:

水平/垂直像素尺寸: 5.3 X 5.3 μm

焦距: 12 mm

① 生成标定板

打开 Halcon, 输入算子 gen\_caltab, 回车, 打开如下图 1-9 所示窗口, 即将 生成一个.descr 和一个.ps 的描述文件。

本实验标定板点阵式 7\*7,每个圆点之间的间距是 0.01 米,圆点直径与圆 点间距离的比值为 0.5。生成的两个文件可以通过后面的文件夹符号(红色圈出) 来改变存储位置,建议新建文件夹,勿使用软件默认存储位置。

20	算子窗口 - 编辑:	'gen caltab'在函数'mai	in'的'1'行	_ 🗆 X
输入算子或函数 gen_	_caltab			~
<b>gen_caltab</b> HALCON算子: Gener calib	ate a calibration plate	e description file and angularly arranged mar	a corresponding ks.	PostScript file for a
参数				
<u>8</u>				
🖻 XNum	7		~	integer
YNum	7		~	integer
MarkDist	0. 01		~	real
DiameterRatio	0.5		~	real
CalPlateDescr	'caltab.descr'		\[         \]     \[	filename.write (string)
CalPlatePSFile	'caltab.ps'			filename.write (string)
			改	变存储位置
☑ 高级并行选项 ——				
确定	替换	应用	取消	帮助

点击"确定",运行后,对应文件夹内会出现标定板文件。

图 1-9 算子 gen\_caltab



图 1-10 标定板 7X7

② 通过标定助手实现标定

打开标定助手,选择标定板的描述文件(刚才生成的.descr 的文件,不要用 默认文件)、厚度和单个像元的宽高以及焦距,如下图。

<b>@</b>	Calibration : Calibra	ation 02 - 🗆 💌
文件(E) 标定(C) 作	代码生成( <u>G</u> )帮助( <u>H</u> )	
🖻 🖃 📲 🧐		
安装 标定 结	果 代码生成	
▶ 标定任务		
● 全标定: 位姿和所	有摄像机参数	
○ 用户自定义: 为标	定选择个别的参数	上一步生成的描述文件
▲ 标定板 ————		
描述文件	iles/MVTec/HALCON-18. [1	-Progress/calib/calplate_80mm.cpd
厚度	3. 750 🖨 mm	
▶ 摄像机参数		
摄像机模型	面扫描 (Division)	▼ 导入参数
	── 倾斜	
投影模型	投影	~
单个像元的宽 (Sx)	5. 300	<b>₽</b> µm
单个像元的高(Sy)	5. 300	<b>₽</b> µm
焦距	12.000	mm

图 1-11 标定助手"安装"选项卡

③ 加载图像

可以实时采集,也可以采集好一起导入。一般推荐选择采集好后,一起导入的方式,即:离线标定。注意:相机为独占方式运行,同一时刻只允许一个线程占用相机,并且必须为"软触发"模式。若使用 Halcon 采集助手采集图片出现提示"超时",软件卡死采图失败,则需更改相机当前模式。方法是:关闭 Halcon,保证相机不被其他软件占用,双击桌面"basler 驱动"软件,点击右上角图标"""连接相机,在"Acquisition Controls"的 Trigger Mode 由"ON"改为"OFF",如下图。

ylon Viewer 64-Bit		
File View Camera Tools ?		
🖄 🧏 🗐 🗆 🕒 🛽	🛯 🔲 🔴 🔍 🔍	🔍 🗾
Devices		8×
/ GigE		
Basler acA1300-60gm	(21960326)	
		E Autor Com Et
		V Auto-Scan
Features [Basler acA1300-60gm (	21960326)]	ē ×
Search (Ctr1+F)		ρ
Feature	Value	
▲ Favorites		
Add favorites by right-	clicking a feature below.	
▲ Basler acA1300-60gm (219603	326)	
Analog Controls		
Image Format Controls		=
> AOI Controls		=
Acquisition Controls		
AcquisitionFrameCoun	it 1	
Trigger Selector	Frame Start	<b></b>
Trigger Mode	Off	
Generate Software Tr	i Execute	
Trigger Source	Line 1	
Trigger Activation	Rising Edge	
Trigger Delay (Abs)	[ 0. 0	
Exposure Mode	Timed	•
Exposure Auto	Off	
T T (AL-)	r	

图 1-12 相机卡死处理方法

采集各个角度和位置的图像(大于 10 张),将载入的图像选择一幅为参考 位姿,点击"设为参考位姿",在"品质问题"中,显示对标定图像质量的评价, 若精度要求不是非常高的场合,提示"检测出品质问题"可以酌情接受;若提示 "标定点提取失败"则图像不可用,如果提示"确定"则表明图像质量没问题。 选择状态为"确定"的一幅图像作为参考图像。单击右侧"标定"按钮,即可自 行标定。如下图 1-13。

注意:实验过程中如需移动工作台,应首先使能 X、Y 轴。方法是:启动 桌面的"KImage 2D"软件,进入软件后,双击选择"线扫描拍照定位"项目。弹出 提示是否保存配置,选择"否"。进入项目,点击"X 使能"和"Y 使能",此时摇 动摇杆即可控制平台进行 X、Y 方向移动,注意行程不要超出范围。

11

	Calibrat	ion : Calibration Ol	
(件 OF) 标定 (C) 代码生成 (G) 書	習助(H)		
> 🔜 📲 🖳 📀			
安妆 标定 结果 优码生成			
2 国际人 <b>计</b> 回码委在由于			
ノ 国际木集助士			<b></b>
▲ 标定			
图像		状态	▲ 加载
C./Vsers/DFF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-1520-57-50.jpg	检测出品质问题	□ 实时图像
			E
C:/Users/DYF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-1520-58-22.jpg	检测出品质问题	移除
			務除版有
C:/Users/DYF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-1520-58-42.jpg	检测出品质问题	
	and the second second second		保存
C:/Users/DYF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-1521-10-17.jpg	检测出品质问题	保存所有
C: /Ifrom / DYE / Dorlet on / TWACE / Troop	2021-04-15 21-10-42 in a	检测中导度问题	
C., OSEIS, DIT, DESKCOP, IMAOL, IMAGE	2021 04 13_21 10 42.jpg		一 一 市 新
C:/Users/DYF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-15 21-10-49. jpg	检测出品质问题	▼ 白动更新
C:/Users/DYF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-1521-10-56.jpg	检测出品质问题	2. 为关来(一)?
			<b>以</b> 小影考[1]3
C:/Users/DYF/Desktop/IMAGE/Image	2021-04-1521-11-13.jpg	检测出品质问题	- 标定
■ 品质问题			
范围 描述	品质		图像测试
· 图像 标定板过曝	0%		所有
2 序列 检测出某些图像的品质有问题	0%		序列测试
3 序列 视野没有完全被标定板覆盖到	0%	Show	
4 序列 旋转角度没有被先后覆盖到	0%		警告级别(%)
			70
			📝 实时测试
1 标定板提取参数			

图 1-13 标定助手"标定"选项卡

④ 标定结果

标定完成后,"结果"选项卡显示标定的参数结果,状态显示"标定成功", 得到相机内参和外参。如图 1-14。插入代码即可将代码插入程序中。

)		Calibra	ation : Calibra	ation 01		>
文件(17) 标定(12)	) 代码生成 (G) 帮助 (H)					
> 📕 📲 🖼	. 0					
安装 标定	结果 代码生成					
🔺 标定状态 👘						
状态 标定成功	ከ					
平均误差 0.022687	72				像素	
🔺 摄像机参数 —						
单个像元的宽(Sx)	) 5.30208			μm		保存
单个像元的高(Syi	) 5.3			μm		
建距	25. 3444			nm		
(appa	-814.529			1/m <sup>2</sup>		
中心点x坐标(Cx)	656.49			像素		
中心点y坐标(Cy)	479.63			像素		
图像宽	1280			像素		
國像高	1024			像素		
🔺 攝像机位姿 —						
-19.9821		mm	X方向旋转(	). 646975	度	保存
10.8117		mm	Y方向旋转;	359. 507	度	
1044.44		mm	Z方向旋转,	79. 1568	度	
□ 原点在图像角上	E					
▲ 显示结果 ──						
◙ 原始参考图像				🔽 显示坐标系的轴		
◎ 模拟的参考图像	录					

图 1-14 "结果"选项卡

#### 1.5.3 编程实现图像采集

① 在开始之前需要安装好 Halcon 12(及以上版本)和 VS2010(及以上版本),实验室电脑安装 VS版本为 2010,所以这里以 VS2010为例。运行 VS2010,新建项目,并选择控制台应用程序(注意是 64 位工程)。

② 将 Halcon 相关路径导入到工程,在解决方案中右击,选择属性——配置属性——C++——常规——附加包含目录,包含 halcon 相关头文件。如图 1-15 所示。

通用属性	附加包含目录	D:\programFiles\MVTecHA	LCON12.0\include;D	:\progra
配置属性	解析 #using 引用			
常规	油油产自由中			
调试	附加包含目录	? ×		
VC++ 日录				
♥ C/C++	D:\programFiles\MVTecHALCON12.0	\include ^		
吊规	D:\programFiles\MVTecHALCON12.0	\include\halconcpp		
优化	and the first operation of the balance of the second second	A CONTRACTOR OF		
预处理器		>		
代码生成				
语言				
预编译头	继承的值:			
输出文件				
浏览信目		2		
<b>主</b> 纲				
마국17				
〉链接諾		~		
> 清単工具				
> 资源	☑ 从父级或项目默认设置继承(!)	<del>定</del> (M) >>		
> XML 文档生成器				
> 浏览信息		The Desiver		
> 生成事件		佣定 取消		
> 自定义生成步骤		10		
、代码分析				
A LORDONI				
	附加包含目录			
	指完个或多个要添加到包含路径中的日录。	当日录不止一个时,清田分号分隔。 (川路谷))		

图 1-15 包含 halcon 相关头文件

③ 在解决方案中右击,选择属性——配置属性——链接器——常规——附 加库目录,包含 halcon 相关库文件(一定是 64 位)。

置(C): 活动(Debug)	~ 平台(P): 活动(W	/in32)	~	配置管理器(O)
通用属性 ^	輸出文件	附加库目录	? ×	
1 配置属性	显示进度			
常规	版本		* + X	
调试 VC++ 目录	启用增量链接 取消显示启动版权标志	D:\programFiles\MVTecHALCON12.0\lib\x64-win64	<b></b> ^	
✓ C/C++	忽略导入库			
常规	注册输出	<	>	
优化	逐用戶重定向			
预处理器	附加库日求			p;%(AdditionalLib
代码生成	(住田市(仕辞))	继承的值:		
语言	使用库依赖坝制入		<u>^</u>	-
预编译头	開けりは都会			
輸出文件	格链接器整告初为错误			
浏览信息	福制文件输出			
高级	创建可热修补映像		~	
命令行	指定节特性		1	
∨ 链接器		□ 从父级或项目默认设置继承(I)	宏(M) >>	
常规				
输入		确定	取消	
清单文件				
调试				-
系统				
优化				
嵌入的 IDL				
高级	附加库目录			
命令行	允许用户重写环境库路径(/L	IBPATH:folder)		
> 清单工具 🛛 🗸 🗸				

图 1-16 包含 halcon 相关库文件

④ 在解决方案中右击,选择属性——配置属性——链接器——输入——附加依赖项,填写依赖库。

通用属性	附加依束	颅	halconcpp.lib;%(/	Additional Dependencie	es)
配置属性	忽略所有	1默认库			
常规	忽略特定	<b>言默认库</b>			
调试	模块定义	(文件			
VC++ 目录	将模块演	和到程序集			
× C/C++	嵌入托管	资源文件			
em	强制符号	刮用			
市水	<b>3</b> 正认尽力口者	Bab DU			
17C/K	程序集制	附加依赖项	?	×	
规处埋蓄					
代码生成		halconcpp.lib		^	
语言					
预编译头					
输出文件					
浏览信息					
高级				~	
命会行		<		>	
		继承的值:			
· wilker					
市水				<u>^</u>	
输入					
清单文件					
调试					
系统	4				
优化		l			
嵌入的IDL		レルの物成で日野は沿着株子の			
高级	Bills (1. to TT		<u>宏(M</u> )	>>	
10-4X	附加依赖顷			26	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	指定要添加	1	确定取消	μ μ	
> 消平上具 >					
				确定取消	应用(A)
		图 1-17 埴	写依赖库		
⑤ 运行 H	alcon,	点击工具栏的"国	助手"——"打开	干新的 Imag	e Acquicitio
⑤ 运行 H	alcon , Image	点击工具栏的"E Acquisition : Image	助手"——"打ヲ Acquisition Ol	干新的 Imag	e Acquicitio
⑤ 运行 H <u> 文件(F) 采集(</u>	alcon , Image i) 代码:	点击工具栏的"E Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H)	助手"——"打开 Acquisition Ol	干新的 Imag	e Acquicitio
5 运行 H <sup>(1)</sup> 文件(F) 采集(A	alcon , Image 1) 代码:	点击工具栏的"B Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H)	助手"——"打ヲ Acquisition Ol	干新的 Imag	e Acquicitio
⑤ 运行 H → 文件(F) 采集(A ► 🔒 🞜	alcon , Image a)代码: 尋 @=	点击工具栏的"E Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H) <b>亲 ②</b>	助手"——"打 <del>月</del> Acquisition 01	干新的 Imag	e Acquicitio
<ul> <li>⑤ 运行 H</li> <li>文件(F) 采集()</li> <li>▷ □ □ □</li> <li>資源 连接</li> </ul>	alcon , Image q) 代码: 豪	点击工具栏的" Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H) <b>♀ ②</b> 检测 代码生成	助手"——"打ヲ Acquisition 01	干新的 Imag	e Acquicitio
<ul> <li>⑤ 运行 H</li> <li>文件(P) 采集()</li> <li>▷ □ □ □</li> <li>资源 连接</li> <li>⑥ 图像获取接□</li> </ul>	alcon , Image g) 代码: 泰数 (I)	点击工具栏的"F Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H) <b>柴 ②</b> 检测 代码生成	助手"——"打升 Acquisition 01	干新的 Imag	e Acquicitio
<ul> <li>⑤ 运行 H</li> <li>文件(F) 采集()</li> <li>▷ □ □ □</li> <li>◎ 图像获取接□</li> </ul>	alcon , Image g) 代码: 豪勤 参数  (I)	点击工具栏的" Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H) <b>♀ ②</b> 检测 代码生成	助手"——"打升 Acquisition Ol	干新的 Imag	e Acquicitio
<ul> <li>⑤ 运行 H</li> <li>文件(F) 采集()</li> <li>▷ □ □ □</li> <li>资源 连接</li> <li>⑥ 图像获取接口</li> </ul>	Talcon , Image g) 代码: 豪勤 参数 I(I) 自动检	点击工具栏的" Acquisition : Image 生成(G) 帮助(H) ♥ 22 检测 代码生成 则接口(t)	助手"——"打引 Acquisition 01 File	干新的 Imag	e Acquicitio

图 1-18 Image Acquicition

选择文件(S)...

选择接口: DirectShow

选择路径(D).

0

0.0 ms

⑥ 点击"自动检测接口", Halcon 将自动搜寻目前电脑连接的相机, 切换到 "连接"标签页。

0		Image Acquisitio	n : Image	Acquisition O	1	_ 🗆 🗙
之件(F)	采集(q)	代码生成(G) 昇	ß助(H)			
	1	🖻 😤 🔞				
资源	连接 参	数 检测 作	代码生成			
接口库	hAcqDirec	tShow. dll (Rev.	6.0)			
设备(D)	[0] USB 1	Video Device	~	端口(P)	0	~
相机类型	default		~			
	□ 触发(r)	)				选择
分辨率	X 全部	✓ Y 全部	~	颜色空间(1)	rgb	~
汤(F)	default		$\sim$	位深度(B)	8	Ŷ
一般	-1					×
连接	ŧ(n)	采集(S)	实	时(v)	检测(t)	所有重置(A)
E接到:Dir	rectShow					0 0.0 ms

图 1-19 "连接"标签页

⑦ 点击"连接"——"采集"或"实时"	即完成单张/实时采图。
Contraction of the second s	Mage Acquisition : Image Acquisition 01 - □ × 文件(F) 妥集(a) 代码生成(G) 契助(H)
Contraction of the second s	
and the second	资源 连接 參数 检测 代码生成
	接口库 hAcqDirectShow.dll (Rev. 6.0)
and the second	设备(D) [0] USB Video Device    满口(D) 0
the second se	相机类型 default ~
the second se	□ <b>触发(z)</b> 选择
the second se	→ 分辨率 X 全部 → X 全部 → 颜色空间(1) rsb →
the set of	场(E) default ~ 位深度(B) 8 ~
	断开(1) 采集(2) 实时(x) 检测(t) 所有重置(A)
	1 2499.4 ms

图 1-20 采集图像

⑧ 点击"代码生成"——"插入代码",在程序编辑器可看到上述操作的 Halcon 代码。这里需要注意的是,一定要在生成的代码基础上,手动添加 "dev\_open\_window"算子,否则导出的C++程序在运行时,不会自动创建窗口, 无法显示图片框。

D	程序窗口 – main () – 主线程: 13944	- 🗆 🗙
<b>(</b> )		- 🖻 🎼
1 2 4 5 6 7 7 8 9 9 1 1 1	<pre>* Imain () * Image Acquisition 01: Code generated by Image Acquisition 01 * Image Acquisition 01: Code generated by Image Acquisition 01 * open_framegrabber ('DirectShow', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', 8, 'rgb', -1, 4 grab_image_start (AcqHandle, -1) 5 dev_open_window(0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle) 6 while (true) 7 grab_image_async (Image, AcqHandle, -1) 8 * Image Acquisition 01: Do something 9 dev_display(Image) 8 endwhile 1 close_framegrabber (AcqHandle)</pre>	'false', 'de

图 1-21 Halcon 代码

⑨ 选择工具栏"文件"——"导出",如下图 1-22 所示,选择"C++",即可生成 C++代码。

C:/Users/Lenovo/D	esktop/unnamed.cpp
C++ - HALCON/C++	
导出范围	
<ul> <li>●程序</li> <li>○当前</li> </ul>	前函数
○ 外部函数 ○ 当前	前库
函数属性	
☑ 导出本地函数内容	
□ 导出外部函数内容	20-7-4-L
	*部函数 4 人
外部函数目标地址	
☑ 仅在函数比导出文	件新的时候进行导出
窗口导出	
	○ 使用夺击惧恢
細中 ● 原始 ○ Ⅷ-8	

图 1-22 生成 C++代码

10 用 VS2010 打开生成的 cpp 文件。阅读导出的 C++代码,可以看出连接

相机并采图的操作逻辑,**重点关注"action()"函数体部分**。红色框出的部分为 打开相机的功能函数,当使用 halcon 打开相机时,该函数的各个参数赋值会自 动生成,使用不同的接口以及相机,匹配的参数也会不同。

```
void action()
{
    // Local iconic variables
    HObject ho_Image:
    // Local control variables
    HTuple hv_AcqHandle;
    //Image Acouisition 01: Code generated by Image Acouisition 01
    OpenFramegrabber("DirectShow", 1, 1, 0, 0, 0, 0, "default", 8, "rgb", -1, "false",
        "default", "[0] USB Video Device", 0, -1, &hv_AcqHandle);
    while (0 != 1)
    {
        GrabImage(&ho_Image, hv_AcqHandle);
        //Image Acquisition 01: Do something
    }
    CloseFramegrabber(hv_AcqHandle);
}
```

图 1-23 函数参数赋值

主要代码如上图 1-23 所示。可以看到"OpenFramegrabber"就是直接使用 Halcon 导出的函数。若当前连接的相机不同,使用接口不同,该函数的参数也 会不同,参数初始值由 halcon 自动生成。

① 新建 VS 控制台应用程序,注意切换到 64 位,将 Halcon 导出的 C++代 码移植到 VS 编辑区,注意头文件"include "HalconCpp.h",以及命名空间"using namespace HalconCpp;"两段代码的添加。配置相关 Halcon 链接库、头文件的路 径,详见步骤①~④。最后编译、运行 VS 程序,弹窗显示采集到的图片。

## 1.6 实验任务要求

(1) 通过 Halcon 实现相机标定;

(2) Halcon 导出代码在 VS 平台运行,实现采集图像。