

LCP-2021A 使用手册

版本	作者	说明
210404	小林博士	初始版本

- [LCP-2021A 使用手册](#)

- [概述](#)

- [处理能力](#)
 - [网络问题](#)

- [安装以及需求包](#)

- [引入](#)

- [基本参数说明](#)

- [观测数据信息](#)
 - [观测设备信息](#)

- [最简调用法和自动识别](#)

- [数据目录要求](#)
 - [文件名要求和部分配置文件信息](#)
 - [最快调用](#)
 - [局限性](#)

- [调用参数说明](#)

- `ini_file`
 - `raw_dir`
 - `lst_dir`
 - `red_dir`
 - `steps="lbfipecdg"`
 - [各步骤简介](#)
 - [建议的步骤方式](#)
 - `obj=None, band=None`
 - `bandobj=None`
 - `base_img_id=0`
 - `base_cat_file=None, base_fits_file=None`

- `starxy=None`
- `ct_coord=None`
- `tgt_id=0, ref_id=None, chk_id=None`
- `overwrite=False`
- `noplot=False`
- `fig_set=None`
- `filename_fmt=None`
- `extra_config=None`

- [输出文件格式](#)

- [本底平场合并和改正](#)
- [测光](#)
- [图像对齐](#)
- [猜测目标和参考星](#)
- [提取指定星信息](#)
- [较差测光](#)
- [绘图](#)

- [配置文件中的参数](#)

- [配置文件优先级](#)
- [屏幕显示信息](#)
- [输出文件名](#)
- [本底平场合并参数](#)
- [边缘处理](#)
- [Source-Extractor相关](#)
- [孔径测光参数（未来版本使用）](#)
- [证认图绘制](#)
- [场星匹配](#)
- [猜测目标星与参考星](#)
- [给定坐标匹配目标时的误差容许值](#)
- [观测站地理位置](#)
- [fits头中观测时间日期关键字和片段起止](#)
- [自动识别文件名模板](#)

概述

LCP-2021A = Light Curve Pipeline, Version Jan 2021

本程序基于Python3开发，用于从赤道式望远镜观测的非密集星场中变源的光变曲线提取。

处理能力

- 本版本程序针对没有场旋的赤道式望远镜观测图像设计。
- 对于地平式望远镜，若通过消旋器控制可以实现观测全过程视场方向基本不变，也可以处理。
- 如果有场旋，请等待下一版本。
- 对于望远镜观测中发生的视场漂移，本程序可以自动解决。
- 对于视场畸变，在视场较小的情况下，不影响本程序处理。
- 如果缺失当天的bias或者flat，请自行选取近期数据使用；若近期也没有数据，本程序可以处理，但是无法确保精度。
- 对于密集星场，无法保障处理结果以及精度。此处密集，特指已经出现星像重叠的情况。
- 本程序调用Source-Extractor (Bertin et al 2008) 进行找源和测光，可以通过调整该程序的参数对测光过程进行控制。
- 如果需要使用其它测光程序，可以自行测光，也可以等本程序后续版本进行多种方式的测光。
- 本程序针对一个晚上的观测数据进行自动处理，若要合并多个晚上数据，需要手工进行。

网络问题

由于 `astropy` 包需要连接境外服务器同步日心实时运动等数据，很难连通，每个步骤执行时都会等待网络连接。为避免此问题，需要在调用前禁用自动更新。

```
1 | from astropy.utils import iers
2 | iers.conf.auto_download = False
```

禁用后在运行时将得到警报称使用历史数据进行插值，可能有误差。该误差主要在计算BJD和HJD时发生，如果确实需要提高精度，请自行设法联网下载实时数据。

安装以及需求包

Python版本：3.5-3.8，3.5以下未经测试，3.9以及以上由于太新也未经测试。Python2无法执行。

需要调用Source-Extractor进行测光，需要安装该软件。在Linux系统上可以使用 `yum`、`apt-get` 等系统包管理工具安装，对于macOS的早期版本，可以先安装 `MacPorts` 或 `brew` 进行安装，较后期版本，可以通过conda安装，参考网址：

<https://anaconda.org/conda-forge/astromatic-source-extractor>

Python引用的程序包：`os` `sys` `numpy` `scipy` `re` `astropy` `matplotlib`

以上程序包并没有特定版本要求，越高越好。可以使用 `pip` 安装，或者用 `conda` 安装，根据各自安装Python的方式而定。

引入

在Python3以及相关包安装好之后，下载本程序即可。建议将本程序放在独立的路径中。以下假设程序放在 `/home/data/pipeline/` 下，程序本身目录名称为 `lcp21a`。

以下均假设程序在 `jupyter notebook` 或 `jupyter-lab` 中运行。

```
1 | import sys
2 | sys.path.append("/home/data/pipeline/")
3 | import lcp21a
```

基本参数说明

本程序运行，需要提供以下基本信息

观测数据信息

1. 原始数据所在目录，其内部直接存放观测原始数据，包括当天的本底、平场、科学数据等。至于该目录应该怎样命名，原始数据如何归档等，本程序不做要求。
2. 列表目录，用于存放自动生成的数据列表。可以将不同天的列表存放于同一个目录下，也可以每天分开存放，不影响程序处理。
3. 处理结果存放目录，建议和原始观测数据分开存放，避免管理混乱，非要放一起也不影响程序处理。注意留出必要的磁盘空间，通常为原始数据大小的2倍。

观测设备信息

以下信息和观测设备有关，通常在同一台望远镜观测得到的数据，这三个项目信息是一致的，填入配置文件即可。

1. 在观测文件名中，应包括观测目标名称、波段、观测序列号等信息，以便程序自动识别。如果文件名无法体现这些信息，那么处理方式1：手动建立文件列表，2：将数据文件改名为符合要求的文件名模式。
2. 在fits文件头中，应能获取到观测时间(UTC)，至少精确到秒。时间和日期可以在同一个关键字，也可以在不同的关键字。
3. 观测站所在地理位置，经度、纬度、海拔等，但是不要求很精确。

最简调用法和自动识别

数据目录要求

以下假设各类数据保存于以下路径。注意：路径命名等根据个人习惯进行，没有任何限制，但是建议原始数据和处理结果分离。

- 原始数据： `/home/data/raw/20210212_60/`
- 文件列表： `/home/data/lst/20210404_60/`
- 处理结果： `/home/data/red/20210404_60/`

文件名要求和部分配置文件信息

假设使用兴隆观测基地60厘米望远镜数据，文件名例子为 `J1836+3847_V_0123.fit`，其中 `J1836+3847` 为目标名，`V` 为波段，`0123` 为序号。`fits`头中 `DATE-OBS` 关键字表示观测日期和时间，格式为 `'2021-02-12T12:34:56'`。在当前目录下建立配置文件 `60.ini`，并写入如下信息：

```
1 site_lon = 117.57722 # 117:34:38      # 兴隆观测站的经度
2 site_lat = 40.395833 # +40:23:45     # 兴隆观测站的纬度
3 site_ele = 900       # 兴隆观测站的高度
4 date_key  = "DATE-OBS" # 观测日期头文件关键字
5 date_start = 0        # 开始字符
6 date_end   = 10       # 结束字符
7 time_key   = "DATE-OBS" # 观测时间头文件关键字
8 time_start = 11       # 开始字符
9 time_end   = 19       # 结束字符
10 filename_temp = "(?P<obj>[^_]*)(?P<band>[a-zA-Z]{0,1})_
11 (?P<sn>[0-9]{4}).fit" # 文件名模板
```

最后一个项目的换行，是为了便于阅读，实际应在一行内完成。

最快调用

```
1 lcp21a.do_all(
2     ini_file="60.ini",
3     raw_dir="/home/data/raw/20210212_60/",
4     lst_dir="/home/data/lst/20210212_60/",
5     red_dir="/home/data/red/20210212_60/",
6     ct_coord=("18:36:56.34", "+38:47:01.3"),
7     steps="lbfipocdg",
8 )
```

以上只要提供额外配置文件、原始数据目录、列表目录、处理结果目、目标星坐标、操作步骤等，即可自动完成全部工作。

其中，目标星坐标是为了进行JD到BJD之间的转换，可以是目标坐标，也可以是图像中心坐标，差异并不大。后续会增加对HJD的计算。如果不提供，那么将不计算BJD/HJD，并且最终出图为JD。

局限性

以上调用法，将自动从观测文件名中提取目标信息、波段信息，并对所有目标进行依次处理。同时将从数据中自动猜测目标星，选择参考星。目标星选择原则是图像中信噪比较好，在全部观测数据中亮度变幅较大的目标，参考星的原则则是信噪比好且变化最小的星。绘图时，自动根据光变幅度等设置绘图参数。

如果图像中有其他变星，并且变幅超过目标星，可能会导致误判。如果目标星太暗，信噪比太低，也可能在

自动猜测时被直接忽略。这种情况，需要指定目标星的位置。

自动选择的参考星，只考虑在当天的数据中的稳定性，不代表在多天的数据合并时的长期稳定性。典型的例子是长周期系外行星或者双星，在非掩食阶段基本上没有光变，但是长期来看不适合作为参考星。自动选择的参考星仅供参考。

调用参数说明

以上调用仅包括必须的信息，本节对参数进行逐一介绍。并举例说明用法。可选参数在标题中包括了默认值。

`ini_file`

配置文件名。通常情况下，会按照以下顺序加载配置文件：

1. 程序所在路径的 `default.ini`，这个文件中包含了所有必须的字段，以及作者选定的默认值
2. 执行时路径的 `default.ini`，进行一些个性化啊的、通用的设置
3. 本参数指定的配置文件，用于针对性地进行配置
4. 通过后面的 `extra_config` 参数指定的配置项

以上配置文件，如果涉及到同一个配置项，越往后优先级越高。一般第一个中放置的是作者给出的默认值，第二个给出数据处理人员的常用值，第三个根据站点、望远镜等给出具体参数。

如果不想给出自定义配置文件，可以设置本参数为None或者空字符串、空列表等。

`raw_dir`

原始数据所在路径，必选参数。

`lst_dir`

列表文件所在路径，必选。

自动生成的列表文件名称格式为 `<obj>_<band>.lst`。其中本底列表为 `bias.lst`，没有波段信息，平场列表为 `flat_<band>.lst`。

特别地，如果希望将列表放在同一个目录下，但是每个文件名有相应的前缀，那么也可以用如下方式提供参数

```
lst_dir="/home/data/lst/20210212_60_",
```

如果不以 `/` 结尾，那么最后一段将是文件名前缀而非目录名。

如果提供的是目录名，并且目录未创建，会自动创建。

red_dir

处理结果所在路径，必选。

如果本参数只给出路径，结尾不是 `/`，本程序会自动加上 `/`。必要时会自动创建路径。

steps="lbfipocdg"

本次要操作的步骤，每个字母代表一个步骤。可以任意选定步骤，通常为全部执行，或者每次执行其中一步或者连续的几步。但是原则上不建议跳过步骤。

各步骤简介

- **l** (List):

本步骤为自动列表，自动根据给定的文件名模板去解析原始数据目录中的文件名，生成列表。如果下面的 `obj`, `band` 参数为空，那么就解析全部模板和波段，否则只解析指定内容。

如果 `steps` 参数包括本步骤，那么 `do_all` 函数将返回生成的列表信息，可以保存在变量中供后续使用。

自动生成的列表将包括所有满足文件名规则的文件，如果其中有部分文件被判定为数据不好，可以手工从列表中剔除，但是不建议删除原始文件。原始文件作为观测原始记录，应当原样保存。

- **b** (Bias combine):

本底合并。对本底列表中指定的本底文件进行中值合并。

- **f** (Flat combine):

平场合并。分波段进行，将平场原始文件减去合并的本底，随后每一幅图像根据中值进行归一化，最后逐个像元取中值，得到合并后的平场。

- **i** (Image correction):

科学图像的平场本底改正。原始图像进行减本底除平场。由于目前大部分望远镜都不再需要进行暗流改正，因此本程序未考虑暗流处理步骤

- **p** (Photometry):

逐幅图像进行测光，调用Source-Extractor。输出结果包括SE自己的星表格式，以及本程序转换后的格式，自己的格式包括fits表格版本和文本版本

- **o** (Offset):

在测光找星基础上，进行图像对齐，给出各图相对指定图像的像元位移量。本程序不对图像进行裁剪。本程序暂时不对图像进行旋转改正处理，也暂时不进行天测处理，后续版本将加入该步骤。

- **k** (pick stars):

本步骤为隐藏步骤，未在上面的例子中列出。本步骤可以单独执行，用于从数据中猜测目标星和参考星，并且返回找到的星的坐标，供用户选用。如果指定了 `c` 步骤但是未指定目标坐标，如前例，也会自动调用本步骤进行猜测。

- **c** (Catalog extract):

抽取出目标星和参考星的仪器星等，生成星表。本步骤要求提供目标星和参考星的xy坐标，将在给定坐标附近从各幅图像测光结果中找星，此处会根据图像之间的偏移量，正确计算给定坐标在不同图像上的对应位置。对于个别测光有问题的图像，可能出现在指定位置找不到星或者匹配到多颗星的情况。

输出格式分为3种，fits表格、横向文本（每幅图像一行，每颗星依次排列）、纵向表格（每颗星一行）。

注意，本步骤只负责提取仪器星等，不负责进行较差星等计算。在后续的较差分析中，可以自行编程读取数据进行，也可以从提取的列表中对目标进行筛选。此外，这里的提取操作，不区分目标星、参考星、校验星，因此可以提取多颗目标星和校验星。

- **d** (Differential calibration):

利用参考星对目标星和校验星进行较差定标并保存较差结果。在 **c** 步骤中可以提取多颗星的星等，在本步骤可以进行筛选。

- **g** (draw Graph):

利用较差定标结果绘制光变曲线图。

建议的步骤方式

如果数据基本上正常，可以一次性使用全部步骤，即 `steps="lbfipocdg"`。特别说明：提供步骤时只要在该字符串中有对应字母即可，给出的顺序不影响执行顺序，不在步骤代码中的字符不影响操作。

如果希望逐步查看结果或者考虑对逐个步骤的参数进行优化，可以每次执行一个步骤，即每次只给出一个字母代码。建议第一次调用 `"l"`，并保存结果，后续使用该结果指定目标。

```
1 bandobj = lcp21a.do_all(  
2     ini_file="60.ini",  
3     raw_dir="/home/data/raw/20210212_60/",  
4     lst_dir="/home/data/lst/20210212_60/",  
5     red_dir="/home/data/red/20210212_60/",  
6     ct_coord=("18:36:56.34", "+38:47:01.3"),  
7     steps="l", # 生成列表并返回列表信息  
8 )  
9 lcp21a.do_all(  
10     ini_file="60.ini",  
11     raw_dir="/home/data/raw/20210212_60/",  
12     lst_dir="/home/data/lst/20210212_60/",  
13     red_dir="/home/data/red/20210212_60/",  
14     bandobj=bandobj, # 使用此前生成的列表信息  
15     ct_coord=("18:36:56.34", "+38:47:01.3"),  
16     steps="bf", # 可以同时做几个相连的步骤  
17 )
```

正如上面的例子，可以同时做几个相连的步骤，但是不建议跳步做，例如 `"bi"` 这样就不建议。因为这样执行，如果本底没变，那么 **b** 这一步完全没必要，如果变了，那么平场没有被对应生成，是不恰当的。通常来说，重做了前序步骤后，后序步骤也需要根据之前的结果重做。

但是也有一些特例，例如步骤 **o**，由于测光步骤 **p** 中兼顾了找源和测光，而测定视场偏移必须依赖找源结果，因此 **o** 在 **p** 之后进行。但是一旦成功完成了，后续可以单独运行 `p+c`，因为偏移量和测光本身无关。

obj=None, band=None

目标和波段。这两个参数要么一起提供，要么一起不提供。如果只提供一个，那么将视为二者都不提供。

如果提供，那么将只处理该目标、该波段观测数据。如上面的例子，不提供 `band` 和 `obj`，依赖于 `1` 步骤的结果，自动对全部数据都进行处理。

特别地，`band` 可以为一个字符串或者列表、元组等，表示依次处理多个波段数据。`obj` 也可以是列表或元组，表示处理多个目标的数据。

bandobj=None

如果未提供 `band` 或 `obj`，那么就根据本参数进行处理。用法参见前一节的例子。特别需要说明的是，如果 `band`、`obj`、`bandobj` 都未提供，步骤中也不包含 `1`，程序将由于没有处理目标而直接退出。

base_img_id=0

本参数对 `o` 和 `c` 步骤有效，用于指定图像列表中哪一幅为基准，默认为第一幅（从0开始编号）。在观测时，往往前几幅数据是测试性质，用于证认目标星、选定合适的曝光时间等，因为也具有科学价值，也会提供给用户，但是也可能质量并不好。本参数可以全序列中任意一幅作为基准。特别强调，文件名编号往往从0001开始，而这里的编号从0开始，所以如果指定10，那么对应图像是0011。

特别地，如果有同一台望远镜非当天的观测数据，也可以拿来作为基准。基准数据仅用于作为对齐基准，其中的测光信息不会被加入目标星表。此时，指定 `base_img_id=-1`，并且必须指定 `base_cat_file` 和 `base_fits_file` 两个参数，前者为本系统生成的单幅星表，后者为图像本身（因为不作为科学数据，用原始图像或者平场本底改正后图像均可）。

base_cat_file=None, base_fits_file=None

当指定 `base_img_id=-1` 时，必须同时指定这两个文件作为外部基准，否则程序将无法执行。如下面的例子：

```

1 base_dir="/home/data/"
2 lcp21a.do_all(
3     ini_file="60.ini",
4     raw_dir=base_dir+"raw/20210212_60/",
5     lst_dir=base_dir+"lst/20210212_60/",
6     red_dir=base_dir+"red/20210212_60/",
7     obj="J1836+3847",
8     band="BVRI",
9     base_img_id=-1,
10    base_cat_file=base_dir+"red/20210211_60/J1836+3847_V/J1836+3847_V_0001.cat.",
11    base_fits_file=base_dir+"red/20210211_60/J1836+3847_V/J1836+3847_V_0001.bf.",
12    starxy=[(1020, 894), (1539, 274), (874, 1363)],
13    ct_coord=("18:36:56.34", "+38:47:01.3"),
14    steps="oc",
15 )

```

在上面的例子中，`starxy` 提供的是在2月11日数据中的坐标。这样对于一个目标的观测，只需要选一张质量较好的历史数据标定目标位置即可。

starxy=None

指定目标星，格式见上面的例子，为一个列表，列表的每个元素为一对x、y坐标。可以指定多颗源坐标。坐标精度要求不高，本程序将在指定坐标附近进行找源。

如果未给定该参数，那么本程序将自动调用 `k` 步骤，从数据中猜测目标星和参考星。

ct_coord=None

本参数为一个二元元组，分别为赤经赤纬，用于指明目标的天球坐标，或者是图像中心的天球坐标。该参数用于将观测的JD转换为BJD，精度满足转换要求即可。如未提供该参数，那么输出信息中BJD将由于无法转换而全为0。

特别说明：如果一个晚上观测了多个目标，那么 `l` 步骤将列出所有目标，建议从 `c` 步骤开始手动逐个目标执行，否则无法正确进行BJD计算。

tgt_id=0, ref_id=None, chk_id=None

这一系列参数为步骤 `d` 使用，用于指定starxy中给出的一系列目标，哪一个是目标星，哪一组是参考星，哪一组是校验星。当 `ref_id` 或 `chk_id` 为空时，默认列表中除了目标星之外，都作为参考星和校验星。

本步骤建议手工逐步进行，即先只指定目标星，将所有猜测可用的星都作为参考星和校验星进行绘图，根据图中展示的数据情况，筛选最终的参考星和校验星。

overwrite=False

本程序每个步骤都会检查本步骤的结果是否已经存在，如果发现该步骤已经执行过，那么将跳过本步骤。所以当需要对数据进行重新处理时，要么手工删除/改名原处理结果，要么设置本参数为 `True` 进行强制覆盖。

特别注意，对于 `ip` 两个步骤，是否跳过是逐个文件进行判断的。因此可能发生以下场景：在数据处理一半时，由于环境影响（如断电、内存不足、硬盘空间不足）或用户本人因素需要中断执行。当继续处理时，如果选用 `overwrite=True`，将从头开始处理，而设置 `overwrite=False`，将跳过已经处理的部分，从此前的断点位置继续开始。对于大规模数据处理，可以节省时间，并且方便中途打断。或者观测时的实时处理，合理利用本参数可以避免重复处理数据。

以上参数为建议选用的参数，部分参数虽然可以缺省，但是仅限于简单情况。而以下参数则为高级参数，如果不确定用法，建议不设定，直接用默认值。

`noplot=False`

本程序默认为在notebook上输出图像，并且自动保存到文件中。如果在终端运行，建议设置本参数为 `True`，只在后台画图并保存，不显示出来。

`fig_set=None`

本参数用于指定绘图时的细节，本参数应该是一个字典，可选择的关键字及其默认值如下：

```
1  {
2      "step_tgt_chk": None, # 绘图时，在目标星和第一颗校验星之间距离多远（星等）
3                          # 默认为目标星变幅标准差的2倍加上校验星变幅的5倍
4      "step_chk_chk": None, # 校验星之间的相互距离，默认为校验星变幅的5倍
5      "marker_tgt": "rs", # 目标星的颜色和图标
6      "marker_chk": ("b*", "g*", "m*", "c*"), # 校验星的颜色和图标，依次轮换
7      "xlim": None, # x轴范围，默认为自动选择
8      "ylim": None, # y轴范围，默认为自动选择的上下翻转
9      "bjd_0": 0, # BJD零点，也就是横坐标减去一个固定数值，方便显示
10     "figsize": (20, 10), # 画布大小
11 }
```

`filename_fmt=None`

本参数用于指定输出结果文件名的格式，格式基本上为 `{step}_{obj}_{band}_{type}.{format}`，详见下面的字典。若非特殊情况，例如希望不同处理模式结果输出到不同文件，否则不建议修改。

```

1  {
2      "bias_lst":      "bias.lst",
3      "flat_lst":      "flat_{band}.lst",
4      "file_lst":      "{obj}_{band}.lst",
5
6      "bias_fit":      "bias.fits",
7      "flat_fit":      "flat_{band}.fits",
8      "imgproc_log":   "imgproc_{obj}_{band}.log",
9      "wcs_txt":       "wcs_{obj}_{band}.fits",
10     "offset_txt":     "offset_{obj}_{band}.txt",
11     "pick_txt":       "pick_{obj}_{band}.txt",
12     "cat_fit":        "cat_{obj}_{band}.fits",
13     "cat_table_txt":  "cattb_{obj}_{band}.txt",
14     "cat_list_txt":   "catls_{obj}_{band}.txt",
15     "finding_img":    "cat_{obj}_{band}.png",
16     "cali_fit":       "cali_{obj}_{band}.fits",
17     "cali_txt":       "catli_{obj}_{band}.txt",
18     "lc_png":         "lc_{obj}_{band}.png",
19
20     "bias_log":       "log/bias.log",
21     "flat_log":       "log/flat_{band}.log",
22     "phot_log":       "log/phot_{obj}_{band}.log",
23     "wcs_log":        "log/wcs_{obj}_{band}.log",
24     "offset_log":     "log/offset_{obj}_{band}.log",
25     "pick_log":       "log/pick_{obj}_{band}.log",
26     "cat_log":        "log/cat_{obj}_{band}.log",
27     "cali_log":       "log/cali_{obj}_{band}.log",
28     "lc_log":         "log/lc_{obj}_{band}.log",
29 }

```

需要说明的是，以上文件，`xxx.lst` 文件保存于 `lst_dir` 列表目录中，其余文件保存在 `'red_dir'` 处理结果目录中，处理日志（`xxx.log`）保存在 `red_dir/log` 目录。

extra_config=None

对于配置文件中的配置项，如果需要临时进行修改，而不去改动配置文件时，可以使用本参数。本参数为字典，关键字和取值等参考下文中配置文件介绍。

输出文件格式

本程序每个步骤都有输出，大部分步骤输出的文件将作为下一步骤的输入，有些步骤输出数据表格，可能会有多个格式，此时不同格式内容相同，只是为了满足不同需求。如果希望将其中某一个步骤用自己的程序替换，只要确保输出文件格式一致即可。以下讨论时涉及到的文件名，都以系统默认配置为准。

本底平场合并和改正

输出 `bias.fits` 和 `'flat_{band}.fits'`，科学图像改正后输出为 `xxxx_bf.fit`。

测光

利用Source-Extractor对改正后的图像进行测光，输出 `xxxx_se.fits`，二进制星表。然后将其中的内容转换为本程序自己的格式，输出 `xxxx_cat.fits` 和 `xxxx_cat.txt`，前者是Bin-Table FITS格式，数据位于Ext-1，而Ext-0只有头部，存放原fits头部。文本文件星表为二进制星表的备份，便于人工阅读。

后随步骤中，如果前一步骤输出分为二进制格式和文本格式的，原则上本程序读二进制格式，文本仅供人工阅读参考。如果输出只有文本，那么下一步骤读文本。

列名	数据类型	内容
Num	uint16	序号
X	float64	星像中心X坐标，1开始
Y	float64	
Elong	float32	伸长率，即长轴比短轴
FWHM	float32	半高全宽，像素单位
Mag	float32	仪器星等
Err	float32	星等误差
Flags	uint16	SE标志位
Alpha	float64	赤经，度，如果缺WCS信息，则为0
Delta	float64	赤纬，度

图像对齐

输出 `offset_{obj}_{band}.txt`，本步骤只输出文本。该文件表示每幅图像相对基准图像的位移，每行一张图像。

列名	数据类型	内容
No	3d	序号
Filename	20s	文件名
Cnt	4d	全图有几颗星参与匹配
It	2d	匹配几轮结束
X_Med	+8.3f	X方向偏差中值
X_Std	7.4f	X方向偏差标准差
Y_Med	+8.3f	同上
Y_Std	7.4f	同上
Mag_Med	+7.3f	匹配后星等差中值
Mag_Std	7.4f	星等差标准差
T_JD	10.6f	文件JD-2458000

猜测目标和参考星

输出 `pick_{obj}_{band}.txt`，但是注意，本文件仅供人工阅读，不作为后续程序输入。本程序内部自动将选取的目标传递给下一步骤。

列名	数据类型	内容
GNo	3d	在基准星表中的原始编号
X	7.2f	在基准星表中的X坐标
Y	7.2f	同上
Mag	5.2f	在基准星表中的仪器星等
Std	7.3f	在所有图像中的标准差
Dif	7.3f	在所有图像中的最大与最小星等差
Var	3s	是否被认为是变星，如果是，写 <code>var</code> ，否则写 <code>---</code>
Ref	3s	是否被认为是参考星，如果是，写 <code>ref</code> ，否则写 <code>---</code>

提取指定星信息

输出 `cat_{obj}_{band}.fits` , `cattb_{obj}_{band}.txt` , `catls_{obj}_{band}.txt` 等3个星表, 以及 `cat_{obj}_{band}.png` 。证认图显示基准图像, 并且标出选定星的位置和编号。

`cat_{obj}_{band}.fits` 二进制星表格式, 每行为一个文件中的星, 其中星的信息是N元数组。

列名	数据类型	内容
File	(str, 20)	文件名
Band	(str, 10)	波段
Expt	float32	曝光时间
DT	(str, 22)	观测时间日期, yyyy-mm-ddTHH:MM:SS.ss
JD	float64	观测时间儒略日
BJD	float64	BJD
X	float64*n	n颗目标X的坐标
Y	float64*n	同上
Mag	float32*n	仪器星等
Err	float32*n	误差
FWHM	float32*n	半高全宽
Elong	float32*n	伸长率
Idx	int*n	在原星表中序号

`cattb_{obj}_{band}.txt` , 文本格式, 每行一个文件, 同样的, 每行中有N颗星的数据, 以00结尾的列, 可能有N组。

列名	数据类型	内容
File	s	文件名
Band	5s	波段
ExpTime	5.1f	曝光时间
DT	22s	观测日期时间
JD	15.7f	JD
BJD	15.7f	BJD
ID00	4d	第i颗星在原星表中的序号
X00	6.1f	X坐标
Y00	6.1f	Y
Mag00	7.4f	仪器星等
Err00	6.4f	星等误差

`catls_{obj}_{band}.txt`，文本格式，每行为一颗星，nf幅图像，每幅图像选ns颗星，一共有nf*ns行。

列名	数据类型	内容
DT	22s	观测日期时间
Mag	7.4f	仪器星等
ExpTime	5.1f	曝光时间
Band	5s	波段
File	s	文件名
BJD	15.7f	BJD
Err	6.4f	星等误差
No	2d	星序号
FWHM	5.2f	半高全宽
Elongation	5.3f	伸长率
JD	15.7f	JD
ID	4d	第i颗星在原星表中的序号
X	6.1f	X坐标
Y	6.1f	Y

较差测光

输出 `cali_{obj}_{band}.fits` 和 `cali_{obj}_{band}.txt` ，其中前者为二进制表，参考星和校验星数据为多组。后者为文本文件。二进制列和文本列对应关系同上，下面只列出二进制数据列。两种格式都是每行表示一幅图像的数据。

列名	数据类型	内容
File	(str, 20)	文件名
DT	(str, 22)	观测日期时间，格式同前
JD	float64	JD
BJD	float64	BJD
CaliCst	float32	定标常数，是参考星的均值
MagTgt	float32	目标星仪器星等
CaliTgt	float32	目标星校正后星等
ErrTgt	float32	目标星测光误差
MagRef	float32*n_ref	参考星仪器星等，多列
ErrRef	float32*n_ref	同上
MagChk	float32*n_chk	同上
CaliChk	float32*n_chk	同上
ErrChk	float32*n_chk	同上

绘图

输出 `lc_{obj}_{band}.png`，上部是目标星光变曲线，下部是校验星光变曲线，在图例中会标出校验星的序号和标准差。

配置文件中的参数

配置文件中的信息，用于控制程序运行。通常适用于所有数据处理过程。以下分类介绍参数。

配置文件优先级

在调用时，可以支持多个配置文件，按照优先级由低到高依次为：`lcp21a`目录下的 `default.ini`，当前工作路径下的 `default.ini`，通过 `ini_file` 参数指定的配置文件，如果有多个，后面的优先级比前面的高，通过 `extra_config` 参数指定的具体配置项。

当优先级更高的方式指定了低优先级方式中出现的配置项目时，以高优先级的为准，换句话说，按照优先级从低到高加载配置项，后加载的覆盖先加载的。

屏幕显示信息

```
1 | log_level = "INFO" # 用来指定处理时在屏幕上显示的信息数量，DEBUG全部信息，INFO常规信息，
```

输出文件名

针对每一幅科学图像，处理之后输出的文件中间名，添加在原文件名的尾部，扩展名之前。

`separate_folder` 表示是否为每一次处理的输出结果单独创建文件夹。

例如 `J1836+3847_v_0001.fit`，经过本底平场改正之后的文件

为 `J1836+3847_v_0001/J1836+3847_v_0001.cat.fits`，最终测光结果文件

为 `J1836+3847_v/J1836+3847_v_0001.cat.fits`。

```
1 | bf_mid = "bf"
2 | cat_mid = "cat"
3 | se_mid = "se"
4 | separate_folder = True
```

本底平场合并参数

指定本底平场合并的函数，不过通常情况下选中值而非均值。此外，可以对平场进行选择。

```
1 | bias_comb_function = "median" #本底合并函数median或mean
2 | flat_comb_function = "median" #平场合并函数median或mean
3 | flat_limit_low = 5000 #用于合并的平场值的下限
4 | flat_limit_high = 50000 #用于合并的平场值的上限
```

边缘处理

在选星作为定位、流量定标等工作时，删去距离边缘太近的星。

```
1 | bf_border_cut = 0
```

Source-Extractor相关

`se_cmd` 用于指示Source-Extractor的命令名，不同系统、不同版本可能不一样。后面则是指定在SE输出的星表中，选用哪些列。如果在 `default.sex` 和 `default.param` 中选择了不同的模式，那么这里要相应变更。

```

1 | se_cmd = "sex"          # source extractor在mac下的名称
2 |          # 在Linux一般为sextractor
3 | se_x   = "x_image_dbl"  # SE输出的x坐标所用的列名称
4 | se_y   = "y_image_dbl"  # 同上
5 | se_ra  = "alpha_j2000" # SE输出的ra坐标所用的列名称
6 | se_de  = "delta_j2000" # 同上
7 | se_mag = "mag_auto"     # 选用的仪器星等列名
8 | se_err = "magerr_auto"  # 选用的测光误差列名
9 | fwhm   = "fwhm_image"   # 半高全宽列名
10 | elong  = "elongation"  # 伸长率

```

孔径测光参数（未来版本使用）

测光孔径，天光孔径的内径和宽度。当前版本未使用这些参数。

```

1 | phot_aper   = 12.5
2 | phot_iann   = 25.0
3 | phot_wann   = 10.0

```

证认图绘制

绘制证认图时的scale设置。

```

1 | plot_img_lowsigma = 1.0
2 | plot_img_highsigma = 5.0

```

场星匹配

```

1 | offset_tri_nstar    = 5 # 用于三角形匹配的点源个数，建议5-10个，太多了反而不好
2 | offset_tri_matcherr = 0.0005 # 三角形匹配时边长比例误差
3 |
4 | offset_err_limit    = 0.1 # 用来做offset的星所需要达到的测光精度
5 | offset_count        = 30  # 满足精度用来做offset的星的个数（按亮度顺序）
6 | offset_max          = 40.0 # 做offset时进行每一幅图与参考星图的匹配时，
7 |      # 两颗星判定为同一颗星的初始距离，此后根据匹配结果开始迭代，求出两图之间的偏移量
8 | offset_min          = 3.0  # 当偏移量的标准差小于min值时，则得到最终偏移量
9 | offset_iter         = 8    # 最多迭代次数，如果超过该迭代次数还未收敛，则认为迭代失败
10 | offset_factor       = 2.0  # 第二次迭代的容错值，为上一次匹配偏移量标准差的2倍

```

猜测目标星与参考星

```

1 | pick_err      = 0.1      # 第一轮选择, 误差上限
2 | pick_star     = 100     # 第一轮最多不超过多少颗
3 | pick_var_std  = 0.1     # 最终选定时目标变星, 在全部图像中的定标后标准差下限
4 | pick_var_dif  = 0.25    # 目标变星亮度最大、最小值之差下限
5 | pick_ref_std  = 0.025   # 最终选定的参考星, 在全部图像中的定标后标准差上限
6 | pick_ref_dif  = 0.1     # 参考星亮度最大、最小值之差上限
7 | pick_ref_n    = 20      # 最多找几颗参考星

```

给定坐标匹配目标时的误差容许值

```

1 | cali_dis_limit = 10.0    # 提取所需目标星的坐标误差容错值, 单位像元
2 | cali_sky_limit = 2.5     # 同上, 采用天球坐标, 单位角秒

```

观测站地理位置

本节为望远镜所在观测站地理位置, 其中纬度北为正, 南为负, 经度东为正, 西为负, 或者从本初子午线向东按 0° - 360° 计。海拔以米为单位, 精确度要求较低。

```

1 | site_lon = 117.57722 # 117:34:38      # 兴隆观测站的经度
2 | site_lat = 40.395833 # +40:23:45     # 兴隆观测站的纬度
3 | site_ele = 900       #                # 兴隆观测站的高度

```

fits头中观测时间日期关键字和片段起止

本节内容与望远镜输出的fits文件头有关, 不同望远镜配置可能不同。以下配置针对 `DATE-OBS='2021-02-12T12:34:56.78'` 这样的格式。

```

1 | date_key   = "DATE-OBS"    # 观测日期头文件关键字
2 | date_start = 0             # 开始字符
3 | date_end   = 10            # 结束字符
4 | time_key   = "DATE-OBS"    # 观测时间头文件关键字
5 | time_start = 11            # 开始字符
6 | time_end   = 19            # 结束字符

```

自动识别文件名模板

本节与望远镜输出文件名有关, 不同望远镜配置不同。若无法正确写出正则表达式, 可以考虑跳过自动识别, 手工编制列表。下面给的格式分别针对两种不同情况, 前者是 `J1836+3847_0001V.fit`, 后者是 `J1836+3847_V_0001.fit`。

```
1 | filename_temp = "(?P<obj>[^_]*)(?P<sn>[0-9]{4})(?P<band>[a-zA-Z]{0,1}).fit"
```

```
1 | filename_temp = "(?P<obj>[^_]*)(?P<band>[a-zA-Z]{0,1})(?P<sn>[0-9]{4}).fit"
```