

天文信息学与虚拟天文台2021学术年会



山东大学 (威海)
SHANDONG UNIVERSITY, WEIHAI

基于Web的远程控制观测系统

曹海 山东大学威海天文台

云南·丽江 2022.7

主要内容

CONTENTS

- 1 系统开发背景** Background and Status
- 2 目标与需求** Goals and Requirements
- 3 系统设计** Design
- 4 自主观测与策略** Strategy of Observation
- 5 运行情况** Demonstration

- 天文观测台站和设备数量急剧增长
- 不同设备的结构和控制程序各异
- 不同台站设备之间的实时协同存在困难
- 自动化、智能化控制需求不断增加
- 跨平台、跨终端的操作已经成为趋势

目标

- 建立统一的综合控制系统，降低操作复杂性
- 实现设备的快速切换和跨平台远程实时控制
- 解决低带宽下的设备可靠控制和数据采集和管理
- 能够自动执行观测计划，完成天文观测和碎片观测

需求

- 集成各类设备控制到一个系统中，简化操作
- 基于Web构建控制系统，通过浏览器控制设备
- 设计应用通讯协议和标准，减少不必要的数据交互
- 制定和生成观测计划，实现自主观测

系统四层架构



应用层

网站

手机App

小程序

桌面应用

批处理脚本

HTTP

Websocket

服务层

Web服务

权限管理

设备管理

观测服务

数据服务

通用标准接口

驱动层

通用驱动子层

专有驱动子层

RJ45

USB

RS232

Wireless

设备层

圆顶

望远镜

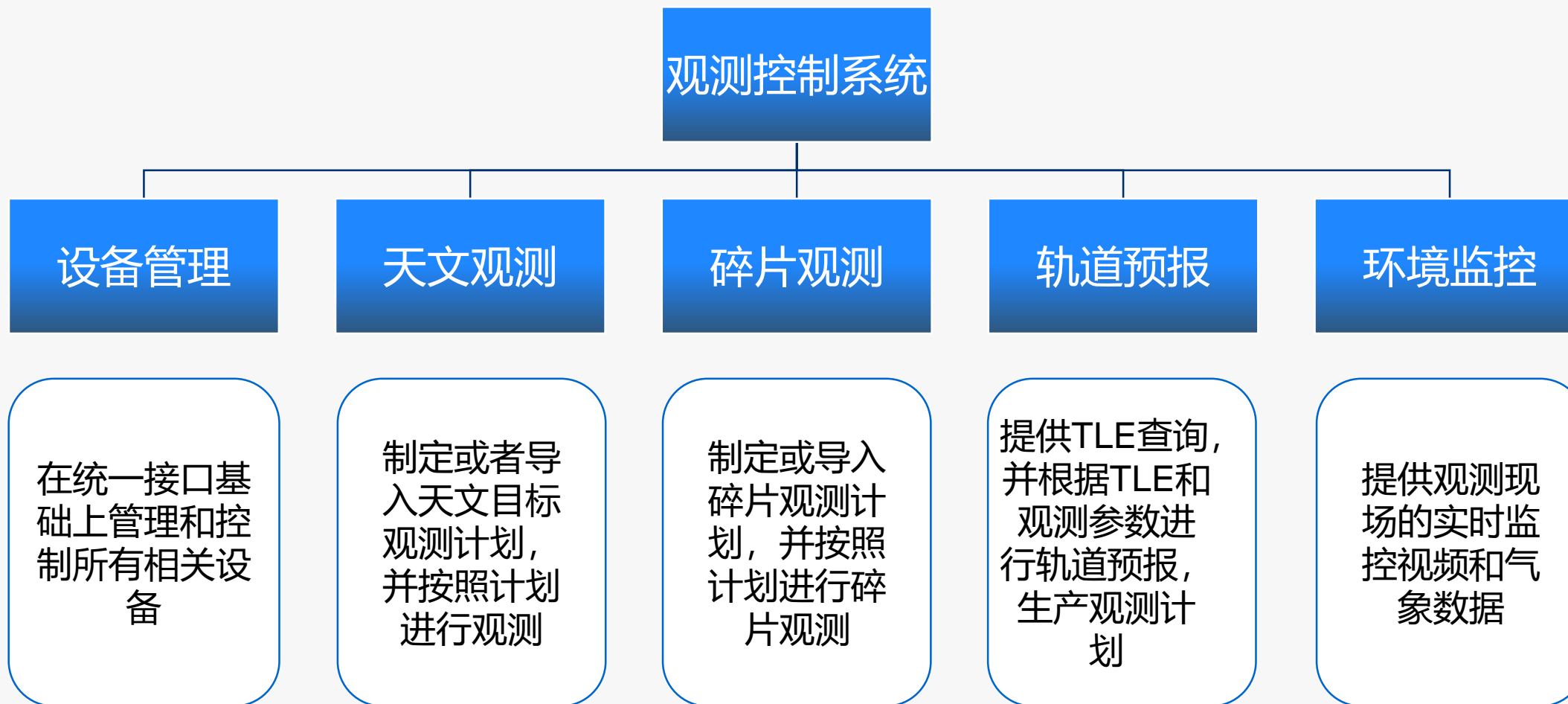
相机

转轮

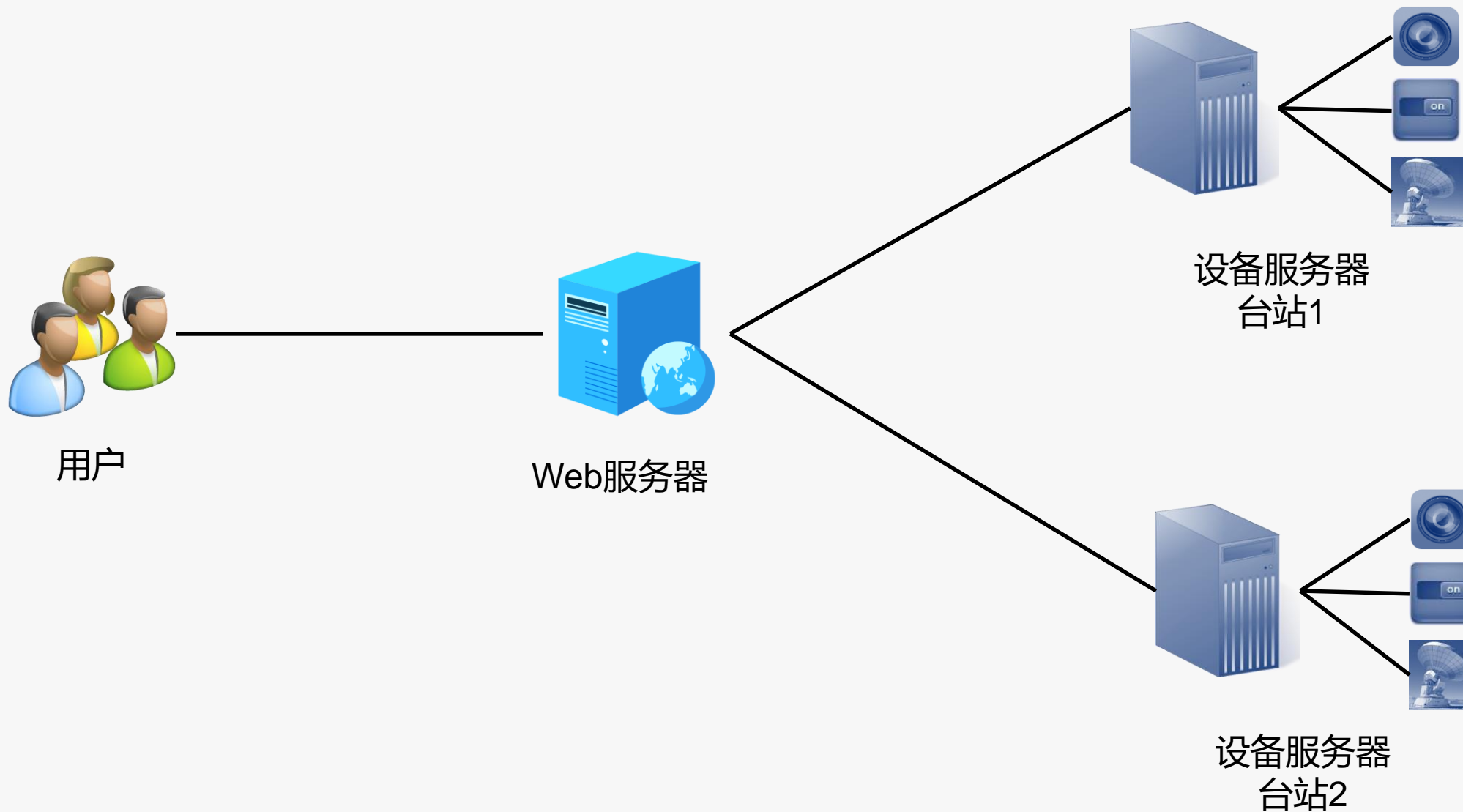
气象站

视频

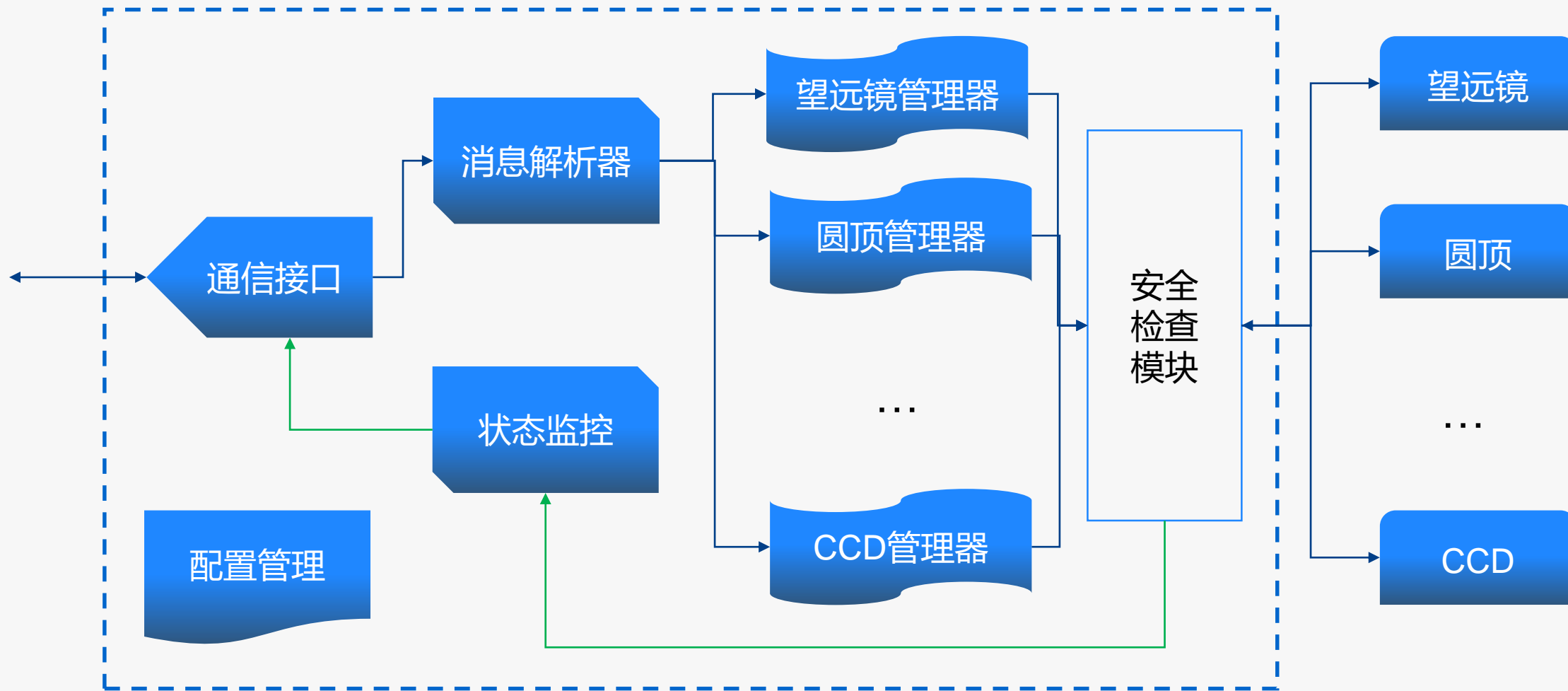
系统总体设计——基本功能



系统总体设计——软件结构与工作流程



详细设计——设备管理



设备管理器设计

详细设计——权限管理



- 任意时刻每个台站的设备只能由一个用户进行控制
- 设备控制权自动切换到最新申请的用户



详细设计——通信协议



- 浏览器通过 **Websocket** 与设备通信
- 协议格式使用 **json**，完全开放
- 协议类型分为命令(command)，响应 (response)，通知 (notify)
- 每个交互消息均由唯一自动生成的Id进行标识

```
{
  "type": "command",
  "message": "Telescope.Slew",
  "data": {
    "RA": 120.05,
    "Dec": 37.2
  }
}
```

```
{
  "type": "response",
  "message": "Telescope.Slew",
  "data": {
    "code": 0,
    "status": "OK"
  }
}
```

```
{
  "type": "notify",
  "data": {
    "Telescope": {
      "RA": 123.05,
      "Dec": 37.1,
      "Altitude": 34.2,
      "Slewing": true,
      "SideOfPier": 0,
      "Tracking": false
    },
    "Camera": {
      "ImageReady": true,
      "Temperature": -10
    },
    "Dome": {}Object {...},
    "Filter": {}Object {...},
    "Focuser": {}Object {...}
  }
}
```

● 观测策略的表示

- ✓ **静态策略**通过观测任务目标顺序列表表示，一般存储在引导文件中，每行一条。根据任务不同，可包含：起止时间、波段、曝光时长、赤经、赤纬、运动速度、信噪比要求等
- ✓ **动态策略**根据任务要求和当前执行情况，即时调整观测任务的执行顺序。

● 天文观测策略

- ✓ 使用定时器机制进行循环观测，直至时间结束。
- ✓ 当观测目标较多且时间有重叠时，使用**短时优先的贪婪方法**调度观测顺序

● 碎片观测策略

- ✓ 碎片观测的特点是需要动态跟踪目标，且曝光读取时间往往短于目标切换时间，
- ✓ 需要更高效的优化算法。

详细设计——碎片观测策略



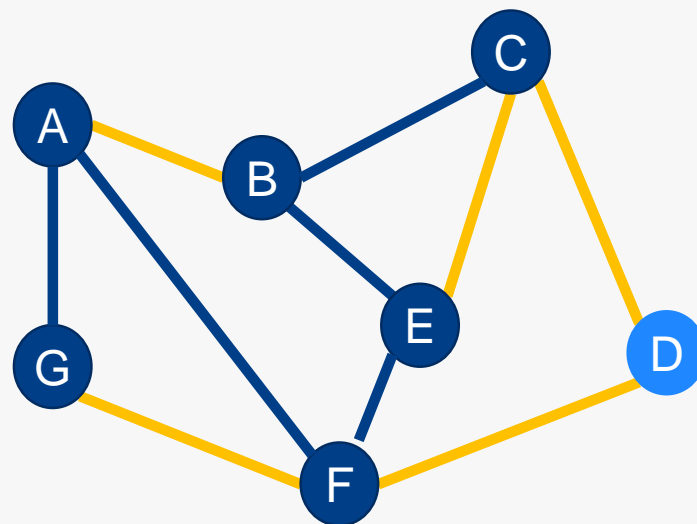
- 模拟退火算法规划单望远镜碎片观测策略

任务集合: $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, $t_i = (p_i, b_i, w_i)$

观测序列: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$,

能量函数:

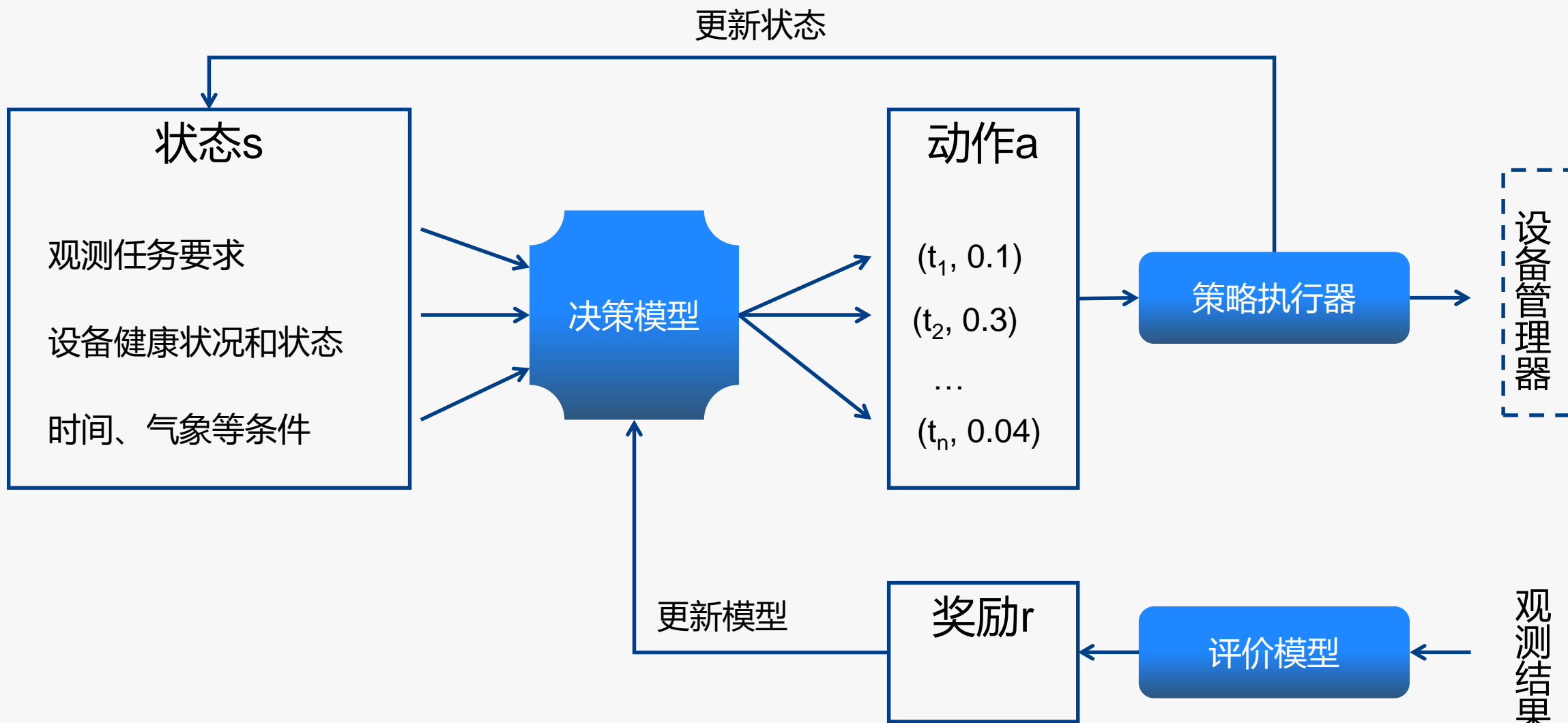
$$\operatorname{argmax}_S \sum_{i=1}^n x_i (b_i - C(p_i))$$



- 使用深度强化学习 (RL) 完成观测任务规划

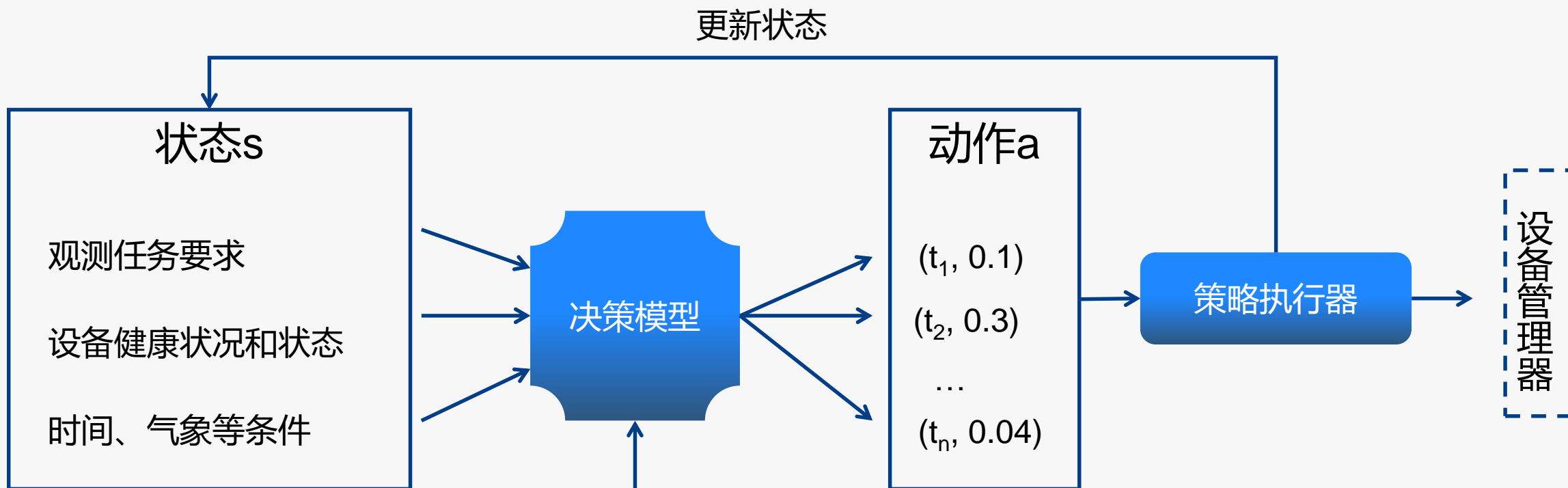
- ✓ 观测任务要求、设备和气象条件作为**状态**, 观测任务的选择作为**动作**
- ✓ 转换成策略网络训练和强化问题

详细设计——基于强化学习的碎片观测规划



基于强化学习的观测规划策略框架

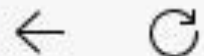
详细设计——基于强化学习的碎片观测规划



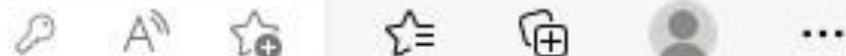
多望远镜协同观测问题

1. 抽象为有条件的**负载均衡**和单望远镜问题
2. Multi-Agent Reinforcement Learning

- 数据存储于CCD所在的本地服务器
- 采用不同的线路传输数据，与控制网络分离
- 通过数据快照方式进行数据预览
- 输出采集完成信号，可实现与数据处理软件联动
- 针对不同类型的观测任务制定了不同的FITS文件头标准



⚠ 不安全 | 219.231.164.103:88/#/



设备设置

天文观测

碎片观测

轨道预报

视频监控

电源

主机电源:

已打开

🔌 关闭

赤道仪电源:

已打开

🔌 关闭

附属设备电源:

已打开

🔌 关闭

人员

观测者:

用户名:

🔒 控制

自动观测系统

👤 用户

🔒 密码

登录

[忘记密码](#)

山东大学威海天文台

设备控制

望远镜

历元:

赤经: 21:18:42.48 赤纬: +49° 54' 29"

: : ° ' "

高度角: 方位角: 码边:

 恒星跟踪

CCD

读出模式: 增益:

BIN: 温度:

偏置: 焦距:

曝光时长 (秒):

状态:

圆顶

方位角: 天窗: 跟随望远镜

滤光片

类型: 模式:

滤光片:

状态:

选择目标

天文观测

目标编号:

赤经: : :

赤纬: ° ' "

滤光片:

曝光时长
(秒):

[计算器](#)

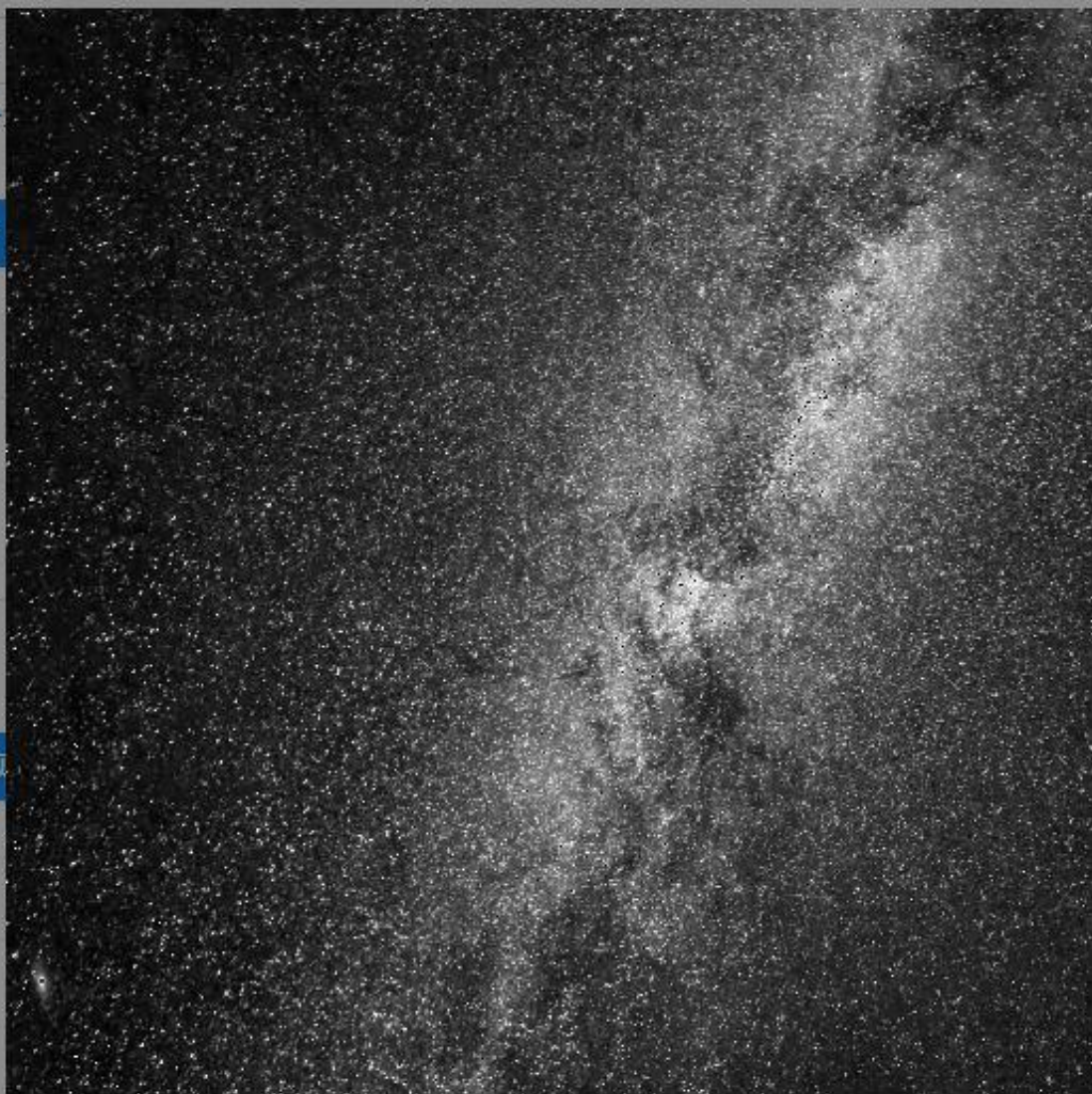
曝光间隔
(秒):

提交执行

当前目标:

目标	赤经	赤纬	滤光片	曝光时刻	时长	文件下载	预览
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"	JV	2022-07-16 01:17:04	30	 曝光中...	
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"	JU	2022-07-16 01:16:43	15	20220716_WHOE60_3C 461_JU_000...	
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"	JU	2022-07-16 01:16:26	15	20220716_WHOE60_3C 461_JU_000...	
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"	JV	2022-07-16 01:15:50	30	20220716_WHOE60_3C 461_JV_000...	
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"	JV	2022-07-16 01:15:16	30	20220716_WHOE60_3C 461_JV_000...	

数据快照预览



操作

移除

移除

预览



目标编号: 3C 461

赤经: 23 : 23 : 24

赤纬: 58 ° 48 ' 54 "

滤光片: JU

曝光时长 (秒): 15

帧数: 2

+

目标	赤经	赤纬
3C 461	350 : 51 : 00	58° 48' 53"
3C 461	350 : 51 : 00	58° 48' 53"

提交执行

提交计划

停止观测

目标	赤经	赤纬
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"
3C 461	23 : 23 : 25.08	58° 48' 53"

2022-07-16 01:16:43

15

20220716_WHOE60_3C 461_JU_000...

2022-07-16 01:16:26

15

20220716_WHOE60_3C 461_JU_000...

轨道预报

目标编号:

43394



更多

查询结果:

```
SERVIS 2 DEB
1 43394U 10023D 22196.03287538 -.00004473 00000+0 -87634-2 0 9994
2 43394 100.9102 118.5731 0027384 80.2006 280.2206 13.34961291400041
```

轨道预报

目标TLE:

```
SERVIS 2 DEB
1 43394U 10023D 22196.03287538 -.00004473 00000+0 -87634-2 0 9994
2 43394 100.9102 118.5731 0027384 80.2006 280.2206 13.34961291400041
```

预报时段:

2022-07-16 09:08



预报时长 (分):

10

预报间隔 (秒):

1

滤光片:

JV x JI x JC x N x

曝光时长 (秒):

1.0

曝光间隔 (秒):

0

+ 添加

✓ 预报

📄 预报结果

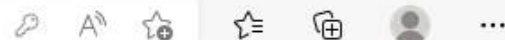
✓ 提交计划

目标	起始时间	预报时长 (分)	预报间隔 (秒)	曝光时长 (秒)	曝光间隔 (秒)	滤光片	操作
BEIDOU 6	2022-07-16 09:08	15	1	1	0	JU JB JV JR	移除
SERVIS 2 DEB	2022-07-16 09:08	10	1	1	0	JV JI JC N	移除

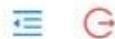
碎片观测



⚠ 不安全 | 219.231.164.103:88/#/



设备设置 天文观测 **碎片观测** 轨道预报 视频监控



↓ 观测计划

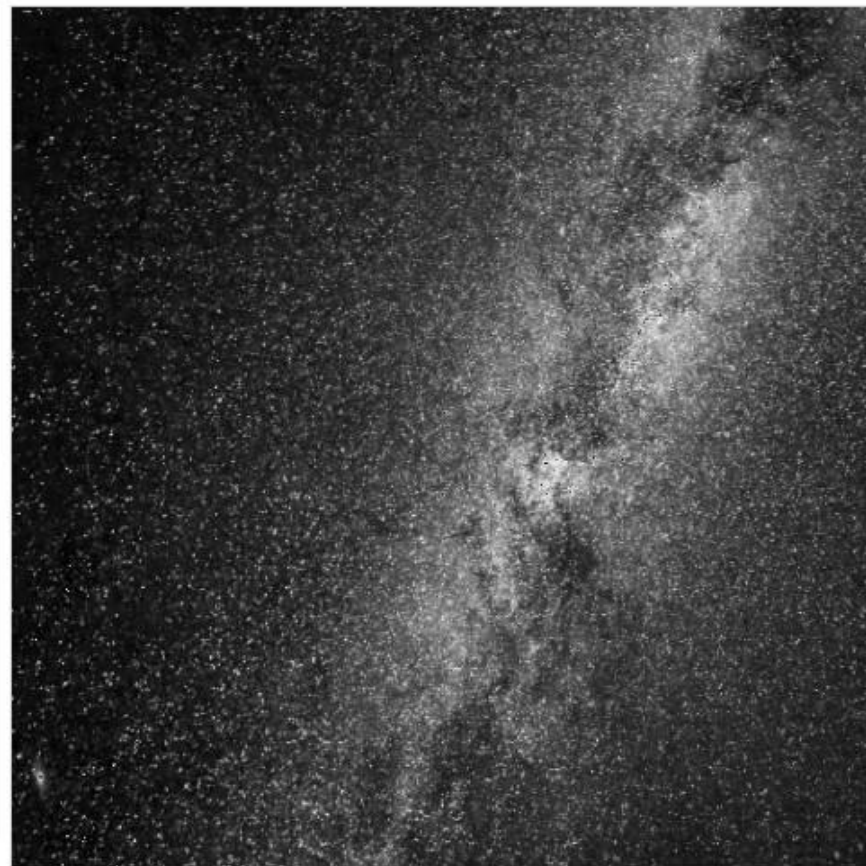
▶ 开始观测

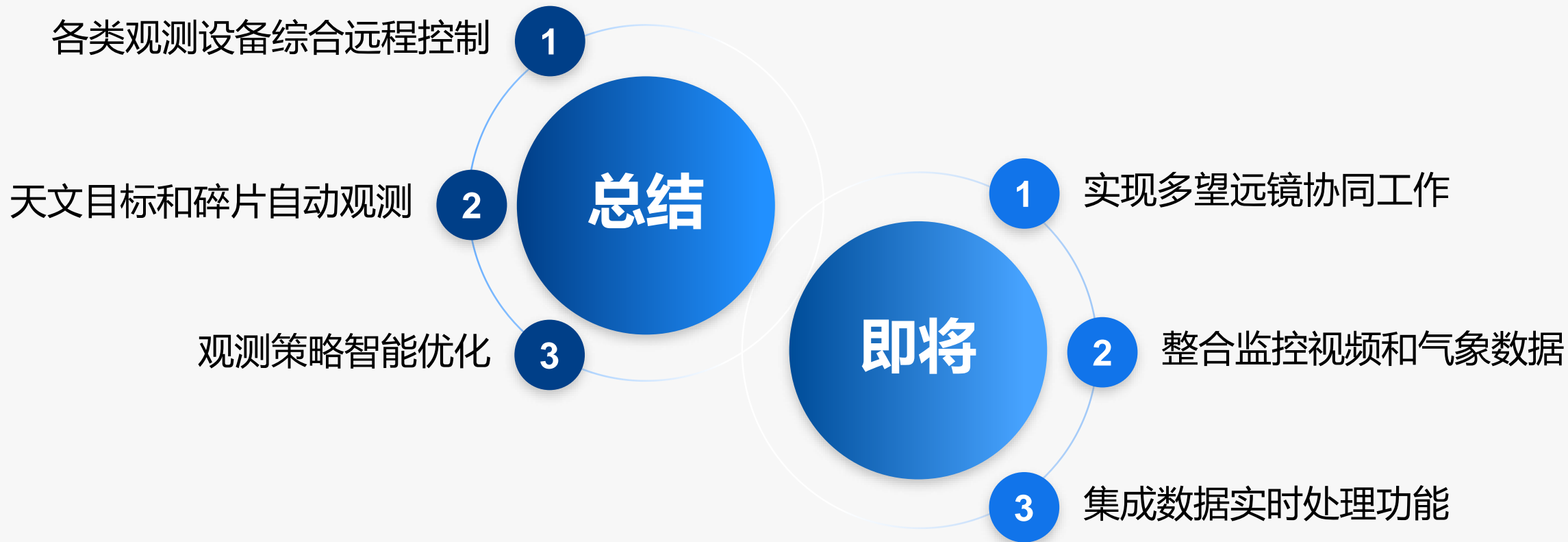
# Object	DateTime(utc)	RightAscension(deg)	Declination(deg)	Distance(km)	Altitude(deg)	Azimuth(deg)	R.A.Rate	DecRate		
FilterIndex	ExposureTime	Repeat								
37210	2022-07-16 01:08:32	115.579916	-4.888035	38421.724000	32.024084	127.394029	0.004180	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:33	115.584097	-4.887999	38421.721000	32.024110	127.394000	0.004181	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:34	115.588277	-4.887963	38421.718000	32.024137	127.393972	0.004180	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:35	115.592457	-4.887926	38421.714000	32.024164	127.393943	0.004180	0.000037	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:36	115.596637	-4.887890	38421.711000	32.024190	127.393914	0.004180	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:37	115.600818	-4.887854	38421.708000	32.024217	127.393885	0.004181	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:38	115.604998	-4.887818	38421.705000	32.024243	127.393856	0.004180	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:39	115.609178	-4.887782	38421.701000	32.024270	127.393827	0.004180	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:40	115.613358	-4.887746	38421.698000	32.024297	127.393798	0.004180	0.000036	0	1 1
37210	2022-07-16 01:08:41	115.617539	-4.887710	38421.695000	32.024323	127.393769	0.004181	0.000036	0	1 1

目标	曝光时刻	时长	滤光片	赤经	赤纬	文件	预览
----	------	----	-----	----	----	----	----



暂无数据





基于Web的远程控制观测系统



山东大学 (威海)
SHANDONG UNIVERSITY, WEIHAI

谢 谢

曹海 山东大学威海天文台

天文信息学与虚拟天文台2021年学术年会