

# 光谱分析实验流程

## 1. Introduction

本文提供了一个天文学光谱分析的简单流程，旨在帮助实验人员快速区分 Galaxy 和 QSO 的光谱，并对 QSO 光谱进行发射线和吸收线的匹配，以及计算红移。

实验者将看到一些未知红移的 QSO 或 Galaxy 光谱。实验人员需要给出：

1. 光源类型 (QSO 或 Galaxy, 用几句话简短陈述理由, 如连续谱形态如何、发射线/吸收线有哪些, 发射线/吸收线形态如何, 是否有辅助特征如 Ly $\alpha$  forest 等)
2. 你识别出的谱线信息。格式为：“发射线名-静止系波长 $\lambda_{\text{rest}}$ -观测波长 $\lambda_{\text{obs}}$ -发射线or吸收线”
3. 计算 QSO 的红移。 (无需计算 Galaxy 红移)
4. 对光谱进行评分：
  - 【3分】：能认出 2 条以上的主要谱线 (对 QSO, 为 Ly $\alpha$ , C IV, C III, Mg II 等；对 Galaxy, 为 O [II], O [III], Ca (K), Ca (H), Balmer 系等)
  - 【2分】：能认出 1 条主要谱线，且有其他形态特征 (如连续谱形态等) 辅助判断；
  - 【1分】：能认出 1 条主要谱线，但没有其他形态特征辅助判断；
  - 【0分】：光谱信噪比差，难以进行推断.
- 注：如果光谱评分为 0，则无需填写2和3两点里的信息。

## 2. QSO 光谱

### 2.1 QSO 光谱的典型特征

1. **连续谱**：QSO 的连续谱明显。高红移的 QSO 呈现蓝端（短波）流量较高，红端（长波）流量较低的趋势。低红移的 QSO 相对较为平坦。
2. **发射线**：QSO 的发射线一般是成套出现的。典型发射线包括：

谱线	静止系波长 $\lambda_{\text{rest}} (\text{\AA})$	备注
Ly $\alpha$	1216	高红移可见。一般是流量最高的谱线，且具有一定展宽。谱线轮廓不对称，红翼延展，蓝翼被抑制。可能呈现单峰或双峰结构。
C IV	1548.20, 1550.77	高红移可见。紧密的双线。分辨率不足的情况下可能呈现单线。
C III]	1909	基本可见。
Mg II	2799	基本可见。

这些谱线一般较宽，且成对/成套出现在蓝端。

低红移 QSO 的红端可能存在一些窄发射线，如

谱线	静止系波长 $\lambda_{\text{rest}}$ (Å)	备注
O [III]	3727.1, 3729.9	紧密的双线。分辨率不足的情况下可能呈现单线。
Hδ	4102.9	
Hγ	4341.7	
Hβ	4862.7	

3. 其他特征：在 Ly $\alpha$  谱线左侧存在细密、尖锐的吸收线丛，称为 Ly $\alpha$  forest. 这也是 Ly $\alpha$  发射线的典型特征。

## 2.2 QSO 光谱红移的计算

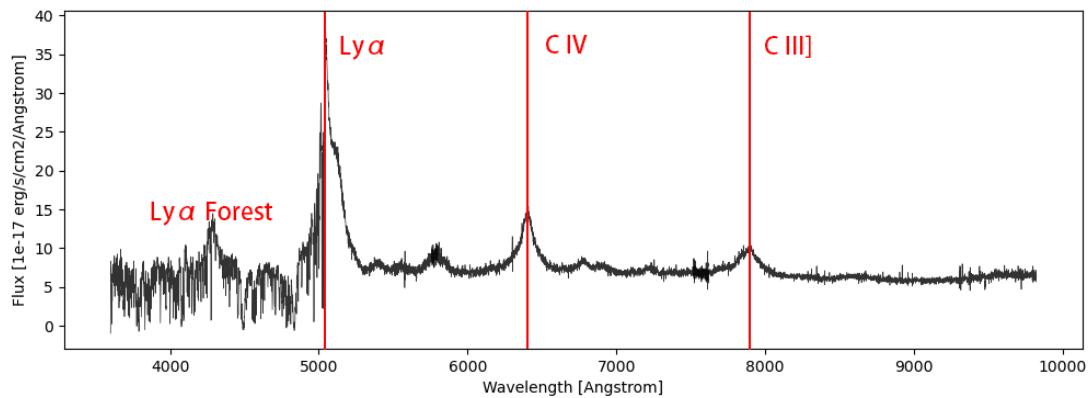
当完成发射线匹配之后，使用发射线的观测波长  $\lambda_{\text{obs}}$  和静止系波长  $\lambda_{\text{rest}}$  进行红移计算：

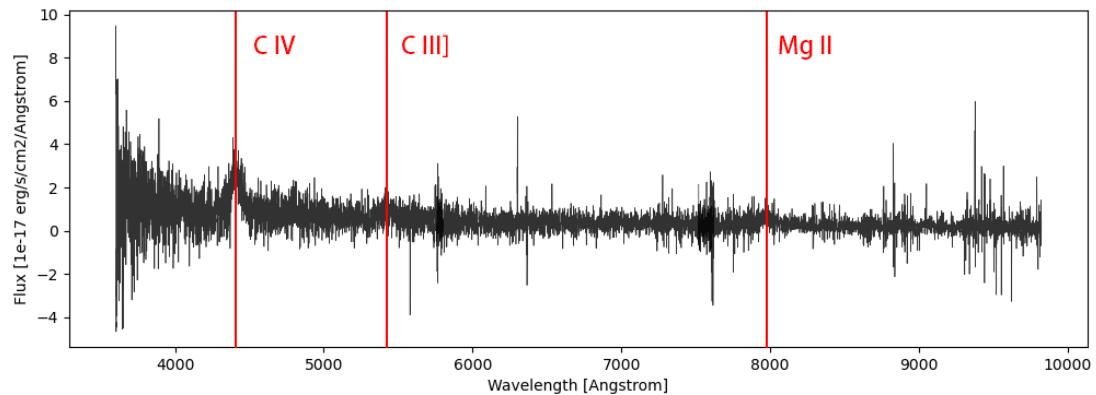
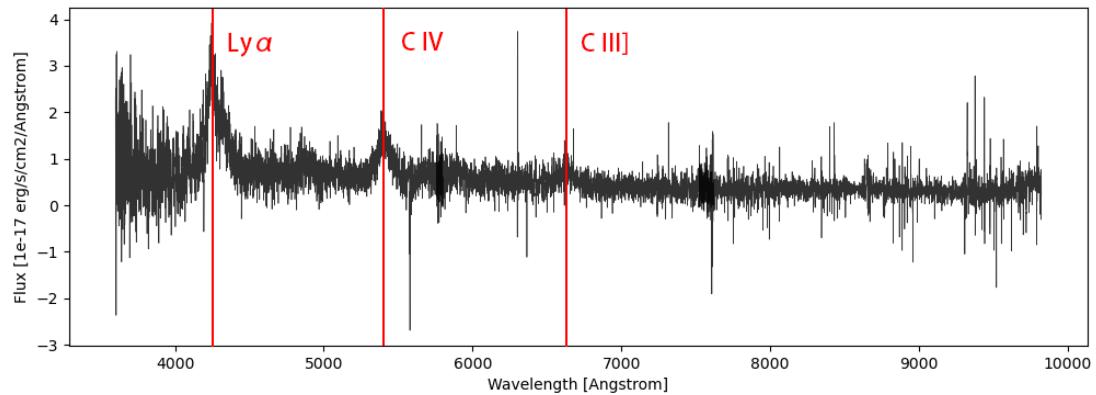
$$z = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda_{\text{rest}}} - 1.$$

由于外流 (outflow) 的存在，一般取较低电离态的发射线 (lower ionisation lines) 作为 QSO 的红移. 例如，同时确认了 Mg II 和 C IV 时，Mg II 的电离态更低，因而取 Mg II 的红移作为 QSO 红移。

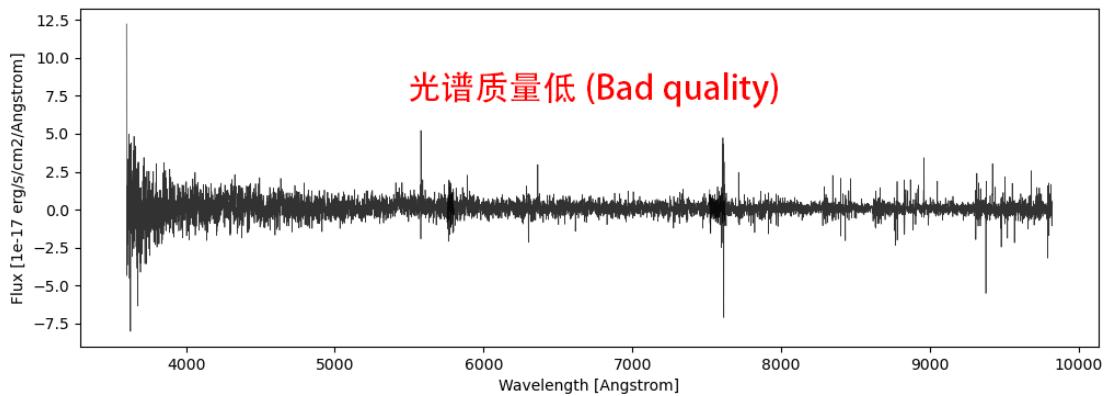
特别注意：由于 Ly $\alpha$  易被吸收、散射、受辐射转移影响，因而在计算红移时的可信度不高。

## 2.3 一些例子





Bad example:



### 3. Galaxy 光谱

#### 3.1 Galaxy 光谱的典型特征

本工作涉及的 Galaxy 光谱可分为三种：ELG, BGS 和 LRG. 三种 Galaxy 的光谱形态有一些区别，因而在细节上需要区分介绍。本实验对光谱的光源进行分类时，只需要精确到 Galaxy 即可，无需继续细分。

- 1. 发射线和吸收线：** Galaxy 光谱中的发射线和吸收线，具有高且窄的轮廓. 常见的发射线和吸收线包括：
  - 发射线

- O [II] = 3727.1 Å / 3729.9 Å 双线
- O [III] = 4960.3 Å / 5008.2 Å 双线
- N [II] = 6549.8 Å / 6585.3 Å 双线
- S [II] = 6718.3 Å / 6732.7 Å 双线

- 吸收线

- Ca (K) = 3934.8 Å
- Ca (H) = 3969.6 Å
- G-band = 4305.6 Å
- Mg = 5176.7 Å
- Na = 5895.6 Å
- CaT = 8498, 8542, 8662 Å 三线

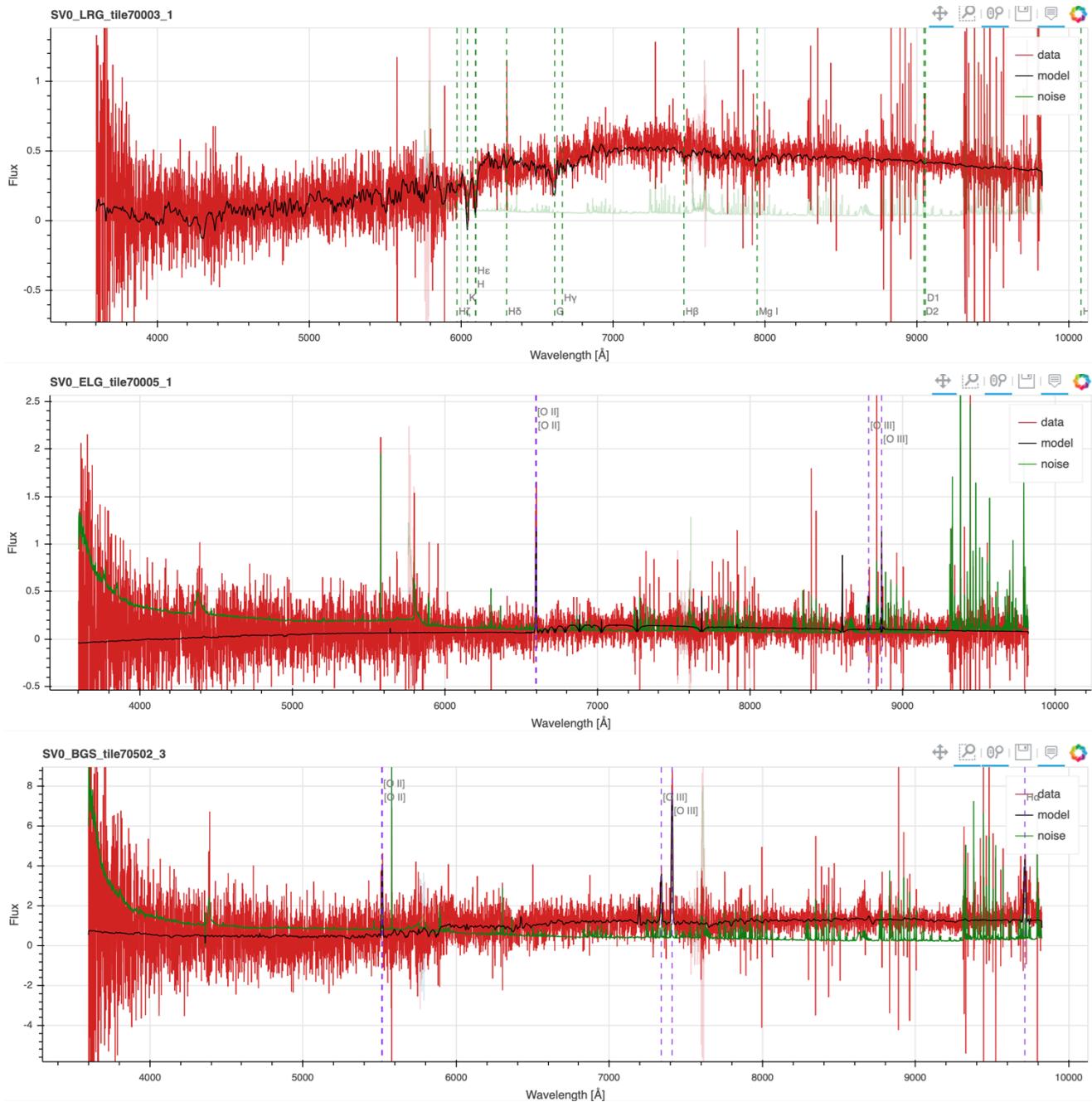
- 发射线或吸收线: Balmer 线系

- Hδ = 4102.9 Å
- Hγ = 4341.7 Å
- Hβ = 4862.7 Å
- Hα = 6564.6 Å

一般 ELG 和 BGS 存在较强的发射或吸收线，特别是 Balmer 线。LRG 中少见强发射线，常见 Ca 的 H 和 K 吸收线。

2. 在常规观测深度 (nominal depth) 下，在 ELG 中少见连续谱。LRG 的连续谱在静止系波长 4000 Å 左右存在断裂 (strong break)。

### 3.2 一些例子 (对谱线的判定比较复杂，暂时用 DESI 的 PPT 为例)



### Bad Example:

