

◆ DESI SURVEY —

暗能量光谱仪首年数据发布 DESI DR1

迄今最大河外星系红移样本 · 18.7M 天体

2026年



内容导航



01

发布背景与科学目标

五年巡天计划与暗能量核心问题

02

观测策略与目标选择

5000光纤仪器与五类目标体系

03

数据处理与产品体系

从原始光谱到红移目录全流程

04

科学应用与未来展望

宇宙学约束与增值产品

01

◆ CHAPTER —

发布背景与科学目标

绘制宇宙三维结构，破解暗能量之谜
DESI五年巡天计划与DR1里程碑意义



Mission: Map the Universe and Decode Dark Energy

暗能量是否为宇宙最大的未解之谜



重子声学振荡与红移空间畸变



测量多个宇宙学时期的 *BAO* 与 *RSD*



中微子与结构增长



约束暗能量状态方程、结构增长与中微子质量总和



原初暴胀



探索原初暴胀的观测特征



3D 宇宙图



在5年巡天中构建从 $z=0$ 到 $z\approx 4$ 的最精细 3D宇宙图

DESI 旨在以空前精度约束暗能量与结构增长

5000 Fibers, Five Target Classes

Mayall 4m 望远镜搭载 5000 机器人光纤，单次曝光覆盖 8 平方度视场



仪器核心

主镜口径	4m
机器人光纤	5000 根
视场	8 deg ²



Bright Galaxy Survey

红移范围	0-0.6
目标：近邻亮星系	
近邻宇宙	



Luminous Red Galaxies

红移范围	0.4-1.1
目标：红星系群	
星系演化	



Emission-Line Galaxies

红移范围	0.6-1.6
目标：发射线星系	

DR1 Sets Record: 18.7M Redshifts

9000+deg²

天区覆盖率

红移测量高置信

4倍

样本规模

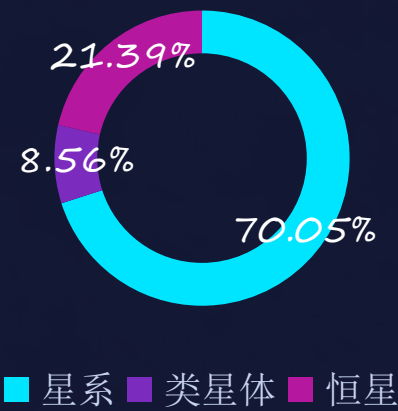
约为所有SDSS项目总和

13个月

观测时长

主巡天数据 + 均匀SV再处理

高置信红移构成



高置信红移数据分布

类别	高置信红移数
星系	13.1M
类星体	1.6M
恒星	4.0M

DR1是迄今最大的河外星系红移样本

02

◆ CHAPTER —

观测策略与目标选择

5000光纤同时观测，五类目标分层巡天
从仪器设计到巡天执行的完整链路



Instrument: 10 Spectrographs, Three Cameras



500 fibers

每台光谱仪500根光纤，共10台光谱仪

Three cameras

蓝、红、近红外相机（B、R、Z）

[O II] optimized

针对[O II]双线优化（ $z = 0.6-1.6$ ）

Camera	Wavelength (Å)	Pixel (Å)	$R = \lambda/\Delta\lambda$
B	3600–5800	0.8	2000–3500
R	5760–7620	0.8	3400–4800
Z	7520–9824	0.8	3800–5200

Photometric Selections Drive Five Classes



精密色选与星等限制，最大化各类目标数密度与红移效率

分时观测优先级

3 类

Primary targets

源自 Legacy Surveys 测光与 Gaia 数据

Bright-time

BGS、MWS

亮时间

Dark-time

LRG、ELG、QSO

暗时间

星等限制

4 类

BGS_BRIGHT r 19.5

LRG z_fiber 21.6

ELG g_fiber 24.1

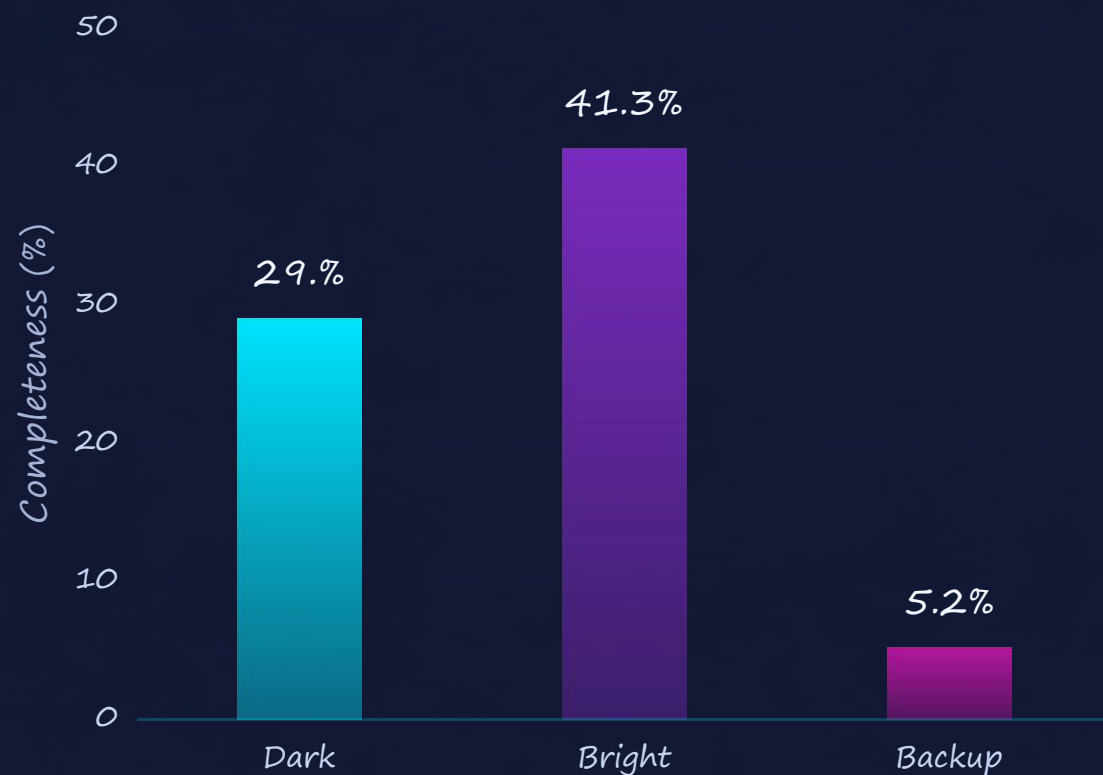
QSO r 23

Secondary & tertiary targets 支持定制化科学项目

Survey Completeness After Year One

观测项目完成度对比

首年结束后各观测程序完整性 (%)



● Dark 深场 29.0% · Bright 亮场 41.3% · Backup 备用 5.2%

亮时间进度领先

备份刚开始

- *Merged Target List* 动态更新优先级, 优先 *Ly α QSOs*
- *Next Tile Selector* 选场, 首年观测 *5000+ tiles*
- Dark tiles: *1000 s* 有效曝光; Bright tiles: *180*
- *Special tiles* 约占 *2%* 观测时间

Dark 29.0%

Bright 41.3%

Backup 5.2%

03

◆ CHAPTER —

数据处理与产品体系

从原始光谱到红移目录的完整流水线
数据还原、样本分布与产品组织



From Raw Pixels to Confident Redshifts



从原始像素到可信红移的 五步自动处理流水线

1

每日标定

bias / darks / arcs / flats
四类校准帧

>

2

光谱提取

Spectroperfectionism 算法 · 扣除天光 · 流量定标

>

3

红移拟合

Redrock 基于 *PCA* 模板 · *STAR / GALAXY / QSO*

>

4

质量标记

ZWARN = 0 代表红移可信

>

5

三重校验

发射线拟合

Mg II 双线

QuasarNET 分类器

Iron Pipeline: Beating the Early Release



按红移区间拆分新QSO模板

提升目标分类精度

实测光纤吞吐率改进 天光扣除

系统误差低于 1%

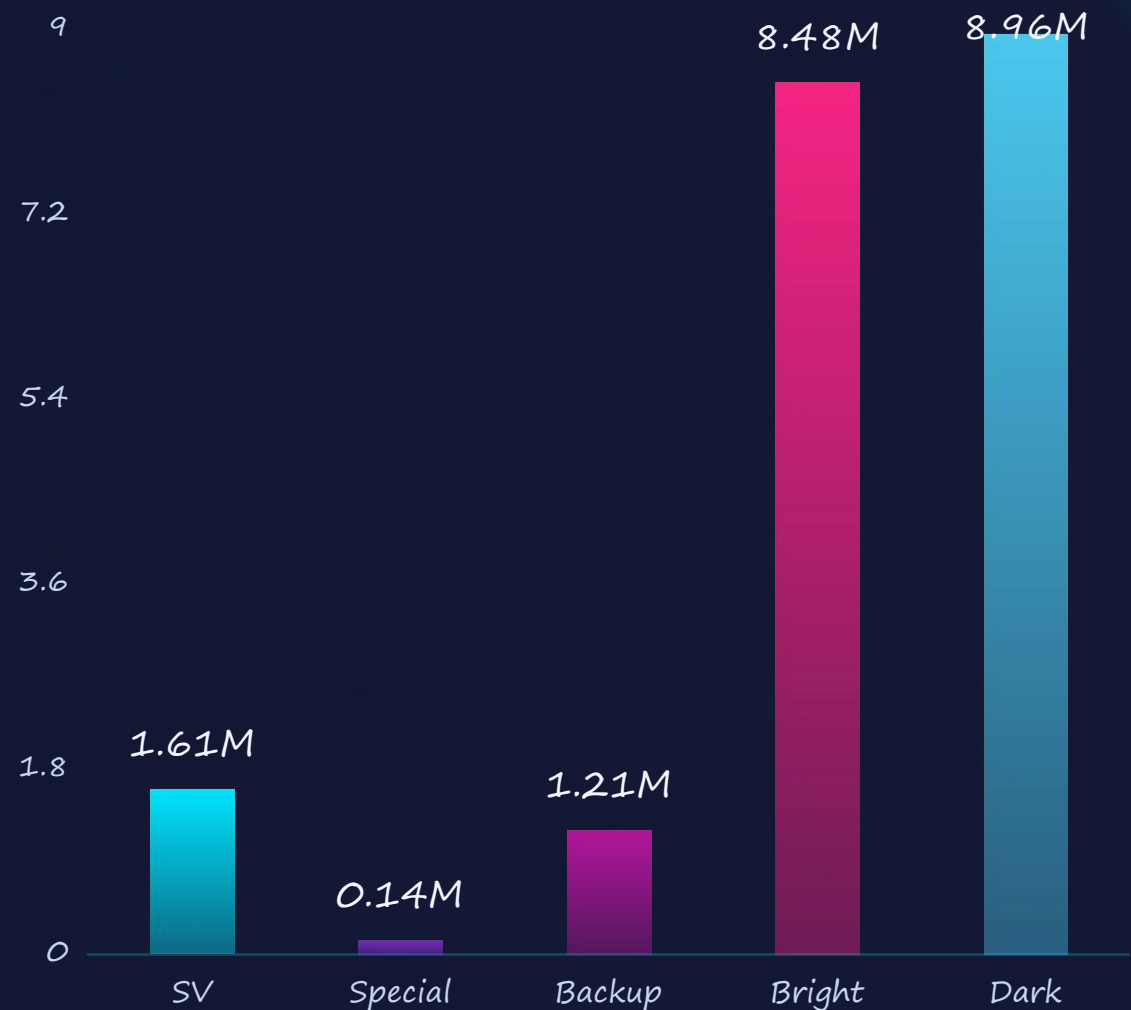
Gzip 压缩中间文件节省磁盘

叠加文件保持无损存储

性能指标一览

Performance Metric	Value
Wavelength precision	0.025 Å
Sky subtraction	below 1 percent systematic
Flux calibration	6–10 percent
Redshift outliers – BGS, LRG, ELG	at most 0.3 percent
Redshift outliers – QSO z below 2.1	0.7 percent
Redshift outliers – QSO z above 2.1	1.8 percent

Decomposing the 18.7M Sample



主巡天构成

18.7M

置信红移定义

ZCAT_PRIMARY 且 ZWARN=0

主巡天

Bright 8.5M, Dark 9.0M, Backup 1.2M

主巡天贡献

Bright+Dark 合计 17.4M, 占比 93%

MWS 恒星样本

覆盖 Bright、Dark、Backup 三类程序

总红移 18.7M

DR1 Products: Tile, HEALPix, and Merged Catalogs

数据树 目录结构统一组织，按主题分域存储

两种叠加方式

2 项

Tile 叠加

按观测区块聚合曝光

HEALPix 叠加

$N_{\text{Side}}=64$ · 跨区块聚合

合并目录与核心索引

合并目录

`zall-pix-iron · zall-tilecumulative-iron`

ZCAT_PRIMARY: 指向每个目标的最优红移

27 个 VACs 与 LSS 目录共同构成完整发布

统一产品模型确保可溯源、可复现

04

◆ CHAPTER —

科学应用与未来展望

超越预期，开启河外星系研究新纪元
宇宙学约束、增值产品与五年展望

DESI DR1 数据已催生多项突破性科学成果，从暗能量状态方程到银河系考古学，从时域天文到宇宙学模拟验证，展现光谱巡天数据的巨大科学潜力。



LSS Catalogs Powering Cosmology

v1.2 支撑 *BAO* 基线结果, v1.5 提供大尺度聚类更优修正

谱 LSS目录版本与宇宙学用途

v1.2 *BAO*基线与宇宙学基线 · 当前基线

v1.5 大尺度聚类测量修正 · 更优版本

功能 复现DR1 *BAO*测量 · *full-shape* · 4-tracer宇宙学

未来 *Fiber-assignment*实现在 *LSScats* 中

Ready-to-use clustering catalogs and randoms in LSScats

27 VACs Extend the Science Reach

27个增值产品VACs

VACs使单一巡天满足从恒星到类星体的广泛科学需求



General

3

LS DR9测光

天空光谱

宇宙学链



Milky Way

3

RVSpecFit

BHB恒星

分光光度距离



Extragalactic

4

HETDEX

空洞

矮星系

强引力透镜



Quasar

3

AGN分类

黑洞质量

DLA与Mg II吸收体



Ly α forest

2

流量透射场

BAO相关函数

Ahead of Schedule: 50M Redshifts by 2026

DESI COSMIC WEDGE

Redshift $z \approx 4$



首年进展

超预期

50M 星系与类星体

最终预计样本规模，进度大幅领先计划

25M 银河系恒星（包含于最终样本）

进展与价值

巡天覆盖

DR1 覆盖超 9000 deg^2 ，未来发布将补齐剩余天区

科学价值

支撑核心宇宙学之外的变革性天体物理研究

◆ DESI DR1 —

绘制宇宙图景， 解码暗能量

>18.7M红移样本，开启宇宙学研究新篇章
DESI DR1 以迄今最大河外星系红移样本，
为暗能量本质与宇宙结构演化提供前所未有的精确约束

2024

