

2025 年清华大学学生暑假社会实践支队总结报告

“鸟岛与少年”生态调研报告¹

青海湖周边不同生境植物群落分析²

内容摘要：为探究青海湖周边不同生境植物群落的组成特征与多样性格局，本研究在湖东沙地、小泊湖湿地草滩、克图沙漠草地过渡带、褡裢湖高寒草甸、甘子河湿地及短花针茅草原共六个样地开展植被调查。通过重要值计算与多样性指数分析发现，不同生境间植物群落差异显著。沙地与草原群落以禾本科、菊科和豆科物种为主导，物种丰富度和均匀度较高，表现出较强的生态适应性；湿地与高寒草甸群落则由少数优势物种控制，均匀度与多样性指数普遍偏低。整体来看，湿地系统呈现“单优势—低多样性”的格局，而干地系统则因环境异质性与适度干扰维持了更高的物种多样性。本研究揭示了青海湖地区不同生境下群落结构的生态学差异，为理解高原生态系统功能与生物多样性保护提供了参考。

关键词：青海湖；植物群落；物种组成；重要值；多样性指数

引言：青海湖位于青藏高原东北部，处在东亚季风、印度季风带和西风带的汇聚区和半湿润半干旱、干旱区过渡带，拥有丰富的气候资源、水资源和野生生物等资源，是我国最大的内陆高原咸水湖。^[1]青海湖独特的气候和地理位置孕育了独特的生态系统与多样化的植被类型。湖区周边由于地形、土壤、水文和人类活动等因素的影响，形成了诸如沙地、沙漠草地过渡带、湿地、高寒草原等多种生境类型。这些生境承载着不同的植被群落，其物种组成、优势种结构及生态功能存在显著差异。

随着生态保护与区域发展战略的推进，研究青海湖不同生境类型下植物群落的结构特征与物种多样性，对于理解高原生态系统的功能维持机制与制定分区保护措施具有重要意义。然而，当前关于青海湖周边生境间植被群落差异的系统性实地调查仍相对较少，尤其是在湿地、沙地与人为干扰区域之间的对比研究尚属空白。

本研究以青海湖周边六个典型生境样地为研究对象，涵盖沙地、沙漠草地过渡带、湿地、高寒草原等类型，通过样方法调查各样地的物种组成、群落盖度与生态重要值，比较各类生境下植被结构与物种多样性的差异，旨在为青海湖生态监测、生境管理与生物多样性保护提供基础数据与参考依据。

一、材料与方法

（一）研究区概况

¹ 本文作者：“鸟岛与少年”赴青海湖鸟岛实践支队

² 报告执笔人：孟德宽（清华大学生命科学学院 2023 级本科生），绘图：陈思霖（清华大学生命科学学院 2024 级本科生）

本研究样地均位于青海湖周边区域，选取六个具有代表性的不同生境进行植被调查。
六个样地包括：

1. 湖东种羊场东部沙地（样地 1）

地势开阔，土壤以沙质土为主，干燥且扰动较少，典型植物包括冰草 (*Agropyron cristatum*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、紫大麦草(*Hordeum roshevitzii*)等；

2. 小泊湖湿地上方草滩（样地 2）

位于湿地边缘过渡区，土壤湿润度较高，群落中常见优势种包括海乳草 (*Glaux maritima*)、蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*)、马蔺 (*Iris lactea*)等；

3. 克图样地（样地 3）

位于沙漠草地过渡带边缘，受人为干扰显著，土壤板结程度不一，植被稀疏但多样性较高；

4. 甘子河褡裢湖（样地 4）

为高寒草甸典型生境，水源充足、土壤湿润，植物群落结构稳定，以华扁穗草 (*Roegneria kamoji*)、蕨麻 (*Potentilla anserina*)为主；

5. 甘子河湿地（样地 5）

为典型湿地生境，水位较高，具季节性积水，植被以海韭菜 (*Triglochin maritimum*)、藁草 (*Carex spp.*) 等耐湿种类为主；

6. 甘子河短花针茅草原（样地 6）

为典型高寒草原类型，地表覆盖度较高，代表物种包括短花针茅 (*Stipa breviflora*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、早熟禾属 (*Poa*)等。

各样地海拔均在 3000 米以上，属典型高原气候，夏季短而温和，降水集中，日照强烈。不同生境在地形、土壤湿度、干扰程度等方面差异明显，从而造就了各具特征的植物群落结构。

（二）研究方法

1. 样地设置

本研究选取了青海湖周边六个典型生境作为调查样地，分别为湖东种羊场东部沙地（样地 1）、小泊湖湿地（样地 2）、克图沙漠草地过渡带（样地 3）、甘子河褡裢湖高寒草甸（样地 4）、甘子河湿地（样地 5）以及甘子河短花针茅草原-青海固沙草草原复合区（样地

6)。各样地均在前期踏查基础上选择具有代表性的植被分布区域，并沿直线布设样方进行等距采样。

在每个样地中，按照拉线法沿一条直线等距布设 1m×1m 的样方，样方数量根据地形与植被分布情况设定，最少为 2 个，最多为 6 个。各样方覆盖样地内的主要植物群落类型，具有代表性。样方调查内容包括物种名称、个体数量、自然高度，并采用目测法记录盖度，用于后续群落结构与多样性分析。

2. 调查内容

在每个 1m×1m 的样方中，样方调查内容包括物种名称、个体数量，并采用目测法记录盖度，用于后续群落结构与多样性分析。

1. 计算方法

盖度 (coverage) 是指植物地上部分垂直投影的面积占地面的比率；植株高度 (height) 可以指示生长情况和生长态势。由于本研究期间无法使用刈割法测量样方内生物量，故通过样方的绝对盖度与植株的平均高度来部分反映样方内生物量的高低。

优势度是指物种的生态重要性，用生态重要值 (important value, I.V.) 表示。在草原生态类型中，生态重要值一般由相对高度 (relative height, RH)、相对频度 (relative frequency, RF)、相对盖度 (relative coverage, RC) 三者之和的平均值计算出，公式如下：

$$\text{生态重要值 (I.V.)} = (\text{相对高度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3^{[2]}$$

本研究通过对各样地中各物种的生态重要值的比较，来判断该样地的优势物种。

物种多样性 (species diversity) 是一个能更好地反映生态系统群落结构与功能特性并衡量其稳定程度的指标。采用物种丰富度指数 (Patrick, R)，香农-威纳多样性指数 (Shannon-wiener, H)，优势度指数 (Simpson, D) 和均匀度指数 (Pielou, J) 评价物种群落的多样性，计算公式如下：

(1) Patrick 物种丰富度指数：

$$R = S$$

(2) Shannon-wiener 指数：

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

(3) Simpson 生态优势度指数：

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

(4) Pielou 均匀度指数：

$$J = \frac{H}{\ln S}$$

式中， S 为样方内物种数； P_i 是样方中第 i 种植物的密度。这 4 种指数的值越大，代表该生境内的物种多样性越高。

2. 数据统计

运用 Microsoft Office Excel 软件进行数据整理和群落多样性指标计算。

二、结果与分析

（一）调查地区的物种组成概况

调查地区的高寒草原共有植物 19 科 45 属 50 余种，其中莎草科、禾本科、菊科、藜科的种数量超过了 5 种（表 1），为青海湖周边的优势类群。

表 1 调研期间被子植物种类一览

科	属	中文名	拉丁学名
禾本科	针茅属	紫花针茅	<i>Stipa purpurea</i>
		长芒草	<i>Stipa bungeana</i>
	冰草属	冰草	<i>Agropyron cristatum</i>
	早熟禾属	未定种	<i>Poa spp.</i>
	赖草属	赖草	<i>Leymus secalinus</i>
	大麦属	紫大麦草	<i>Hordeum roshevitzii</i>
	羽茅属	醉马草	<i>Achnatherum inebrians</i>
	固沙草属	青海固沙草	<i>Achnatherum inebrians</i>
	芦苇属	芦苇	<i>Phragmites australis</i>
	薹草属	未定种	<i>Carex spp.</i>
莎草科		寸草	<i>Carex duriuscula</i>
	水葱属	水葱	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
	扁穗草属	华扁穗草	<i>Blysmus sinocompressus</i>
	莎草属	白鳞莎草	<i>Cyperus nipponicus</i>
	鸢尾属	马蔺	<i>Iris lactea</i>
水麦冬科	水麦冬属	海韭菜	<i>Triglochin maritima</i>
石蒜科	葱属	青甘韭	<i>Allium przewalskianum</i>
		蒙古韭	<i>Allium mongolicum</i>
罂粟科	角茴香属	细果角茴香	<i>Hypecoum leptocarpum</i>
毛茛科	侧金盏花属	蓝侧金盏花	<i>Adonis coerulea</i>
菊科	蒿属	冷蒿	<i>Artemisia frigida</i>

		甘青小蒿	<i>Artemisia przewalskii</i>
	紫菀属	阿尔泰狗娃花	<i>Aster altaicus</i>
	蒲公英属	蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>
		白花蒲公英	<i>Taraxacum albiflos</i>
	火绒草属	火绒草	<i>Leontopodium leontopodioides</i>
豆科	黄芪属	多枝黄芪	<i>Astragalus polycladus</i>
		斜茎黄芪	<i>Astragalus laxmannii</i>
	棘豆属	宽苞棘豆	<i>Oxytropis latibracteata</i>
蔷薇科	蕨麻属	蕨麻	<i>Argentina anserina</i>
	毛莓草属	鸡冠茶	<i>Sibbaldianthe bifurca</i>
		毛莓草	<i>Sibbaldianthe adpressa</i>
	金露梅属	金露梅	<i>Dasiphora fruticosa</i>
马齿苋科	马齿苋属	大花马齿苋	<i>Portulaca grandiflora</i>
苋科	藜属	藜	<i>Chenopodium album</i>
	刺藜属	刺藜	<i>Teloxys aristata</i>
	轴藜属	轴藜	<i>Axyris amaranthoides</i>
	虫实属	帕米尔虫实	<i>Corispermum pamiricum</i>
	盐角草属	盐角草	<i>Salicornia europaea</i>
	猪毛菜属	刺沙蓬	<i>Salsola tragus</i>
	青兰属	白花枝子花	<i>Dracocephalum heterophyllum</i>
紫草科	微孔草属	微孔草	<i>Microula sikkimensis</i>
	鹤虱属	鹤虱	<i>Lappula myosotis</i>
	紫丹属	砂引草	<i>Tournefortia sibirica</i>
卫矛科	梅花草属	三脉梅花草	<i>Parnassia trinervis</i>
茜草科	拉拉藤属	蓬子菜	<i>Galium verum</i>
伞形科	防风属	防风	<i>Saposhnikovia divaricata</i>
	大瓣芹属	裂叶大瓣芹	<i>Semenovia malcolmii</i>
报春花科	珍珠菜属	海乳草	<i>Lysimachia maritima</i>
列当科	马先蒿属	阿拉善马先蒿	<i>Pedicularis alaschanica</i>
		长花马先蒿	<i>Pedicularis longiflora</i>
十字花科	独行菜属	独行菜	<i>Lepidium apetalum</i>
	肉叶芥属	蜚果芥	<i>Braya humilis</i>

出在湿润草滩环境中该物种对群落的高度控制力。其次为蒲公英 (0.7172) 与马蔺 (0.3842), 分别在数量与盖度上具有较大优势。

在次要物种中, 华扁穗草 (0.2452) 与芦苇 (0.2296) 共同体现了禾本科植物在湿润环境中的适应性。早熟禾属 (0.1796) 与紫大麦草 (0.1771) 重要值相对较低, 仅在局部小斑块中有一定表现。

整体来看, 该草滩生境群落的均匀度较低, 由海乳草单一物种强烈主导, 反映出湿地边缘生态条件下植物群落的趋同化趋势。优势物种以耐湿、耐盐碱类群为主, 显示出湿地草滩环境下群落组成的特殊性与脆弱性。

3. 克图沙漠草地过渡带 (样地 3)

克图样地处于沙漠草地与典型草地之间的过渡带, 受人为干扰影响显著, 土壤板结程度较高, 群落结构较为复杂。根据重要值计算结果 (图 1.C), 群落优势种为早熟禾属, 其相对重要值达 0.5166, 显著高于其他物种, 表现出对该样地的强烈控制力。其次为藜 (0.3535), 该物种为典型的耐旱耐瘠薄类群, 显示出在受扰动环境中较强的生存适应性。

此外, 冰草 (0.2654)、赖草 (0.2597) 与鸡冠茶 (0.2521) 的重要值均超过 0.25, 在群落中具有重要的生态地位, 反映出禾本科与蔷薇科物种在该生境中的优势适应性。帕米尔虫实 (0.2206) 与多枝黄芪 (0.2064) 则体现了沙生植物与豆科固氮植物在群落维持中的作用。

群落次要物种包括金露梅 (0.1402)、独行菜 (0.0768) 与藁草 (0.0683), 而其他物种如醉马草、冷蒿等重要值均较低, 多为伴生或偶见类群。

总体来看, 克图样地群落呈现出单优势+多伴生的格局, 其中早熟禾属优势最为突出, 但群落整体多样性仍然较高, 反映了该过渡带在干旱、扰动双重作用下的植物群落特征。

4. 甘子河褡裢湖高寒草甸 (样地 4)

褡裢湖样地群落呈现出典型的高寒草甸特征, 优势物种分化明显 (图 1.D)。群落中华扁穗草占据绝对优势, 其相对重要值高达 1.7420, 远超其他物种, 对群落结构起决定性作用。其次为蕨麻 (0.3147)、紫大麦草 (0.2529) 与白花蒲公英 (0.2492), 共同构成了群落的主要伴生种群。

此外, 早熟禾属与三脉梅花草分别具有 0.1851 和 0.1737 的重要值, 在群落中占有一定地位。火绒草重要值较低, 仅为 0.0824, 多为伴生种类。

整体来看, 该草甸群落以莎草科物种为主导, 表现出单一优势物种极强+多伴生种共存的结构特征, 反映出湿润高寒环境下草甸群落的典型性与稳定性。

5. 甘子河湿地 (样地 5)

湿地群落中优势物种表现极为突出, 以扁囊藁草为绝对优势 (图 1.E), 其相对重要值达 1.4016, 在群落中占据主导地位。其次为三脉梅花草 (0.3787)、华扁穗草 (0.2848) 与海韭菜 (0.2525), 均为湿地型或湿生指示种。

早熟禾属与长花马先蒿分别具有 0.2132 和 0.1831 的重要值,在群落中仍有一定优势。水葱和苔藓类植物相对重要值较低(0.15 与 0.14 左右),多为伴生或微生境占优势的类群。

整体来看,湿地群落由单优势藁草类群控制,伴随多种湿生草本与苔藓类群,群落均匀度较低,但典型性极强。

6. 甘子河短花针茅草原(样地 6)

高寒草原样地群落结构复杂,优势物种分布较为均衡。群落中相对重要值最高的为寸草(0.6559),是青藏高原草地最典型的建群种之一(图 1.F)。其次为冷蒿(0.4726)、毛莓草(0.4022)和紫花针茅(0.3668),均表现出较强优势地位。早熟禾属和阿尔泰狗娃花的重要值分别为 0.2733 与 0.2116,属于重要的伴生类群。

此外,蜆果芥(*Braya humilis*, 0.1697)、多枝黄芪(0.0752)、宽苞棘豆(0.0745)及冰草(0.0647)等也在群落中占有一定地位。部分次要物种如蒙古韭、甘青韭和大花马齿苋的重要值均在 0.05 左右,为群落物种多样性提供补充。

整体而言,该草原群落以禾本科、莎草科、蔷薇科和菊科物种为主导,群落优势种多、伴生种丰富,体现了典型高寒草原群落的高适应性与相对稳定性。

(三) 不同生境的生物多样性指数分析

在湖东沙地(样地 1), Patrick 指数(14)显示物种数量较为丰富, Shannon 指数(2.229)和 Simpson 指数(0.870)均处于较高水平,同时 Pielou 均匀度(0.844)也较高。这表明沙地群落不仅物种数多,而且优势种分布较均衡,群落整体多样性水平较高。

小泊湖湿地草滩(样地 2)的 Patrick 指数(7)和 Shannon 指数(1.268)均较低, Simpson 指数(0.622)和 Pielou 均匀度(0.652)也明显低于沙地。这是因为群落由少数优势物种(如海乳草、蒲公英)控制,导致物种间分布不均衡,从而降低了群落的整体多样性。

克图样地(样地 3)物种丰富度最高 Patrick 指数(29), Shannon 指数(2.204)与 Simpson 指数(0.852)也较高,但 Pielou 均匀度(0.655)处于中等水平。这说明该过渡带受干扰作用较大,促进了物种混杂共存,从而增加了物种数,但群落中仍存在部分优势种,导致均匀度未达到最高。

在裕綫湖高寒草甸(样地 4), Patrick 指数仅为 7, Shannon 指数(0.764)、Simpson 指数(0.338)和 Pielou 均匀度(0.393)均为六个样地中最低。这与华扁穗草的绝对优势地位密切相关,群落物种分布极不均衡,导致整体多样性偏低。

甘子河湿地(样地 5)与草甸类似, Patrick 指数为 7, Shannon 指数(0.985)和 Simpson 指数(0.469)偏低, Pielou 均匀度(0.506)表明群落由单一优势物种(*Carex meyeriana*)控制,均匀度不足,多样性水平有限。

短花针茅草原(样地 6)表现出较高的多样性, Patrick 指数(14)与沙地相当, Shannon 指数(1.859)和 Simpson 指数(0.782)均较高, Pielou 均匀度(0.704)显示群落中优势

种虽存在，但物种间分布相对均衡。该生境在群落稳定性和物种共存方面表现出较强的生态优势。

整体来看，湿地系统（草滩、褡裢湖草甸、甘子河湿地）的物种多样性指数普遍偏低，而沙地与草原系统（湖东沙地、克图过渡带、短花针茅草原）的多样性水平则明显更高（图 2）。

在湿地类样地中，群落往往表现出单优势物种占据主导的格局。例如，褡裢湖高寒草甸的华扁穗草和甘子河湿地的扁囊薹草都具有极高的重要值，导致 Shannon 指数仅有 0.764–0.985，均匀度不到 0.51。这种现象与湿地环境的稳定性和强烈的生态位过滤效应有关：湿地条件下，水分和土壤环境更适合某些特定类群（如莎草科、禾本科湿生种）的生长，其他物种难以竞争，因而群落趋向于低多样性、低均匀度。

相比之下，干地系统（沙地与草原）则展现出较高的多样性。湖东沙地（Shannon 2.229, Simpson 0.870）和短花针茅草原（Shannon 1.859, Simpson 0.782）均表现出较高的物种丰富度和均匀度，说明干旱、风蚀与贫瘠土壤条件反而使不同类群得以共存，避免了单一物种的绝对优势。克图样地更是由于人为干扰和过渡带的环境异质性，拥有最高的物种丰富度（Patrick 29），虽然均匀度一般，但整体多样性仍居于前列。

综上所述，湿地群落多样性受限于稳定的环境条件和单优势效应，而干地群落则因环境异质性和适度干扰而呈现更高的物种多样性水平。

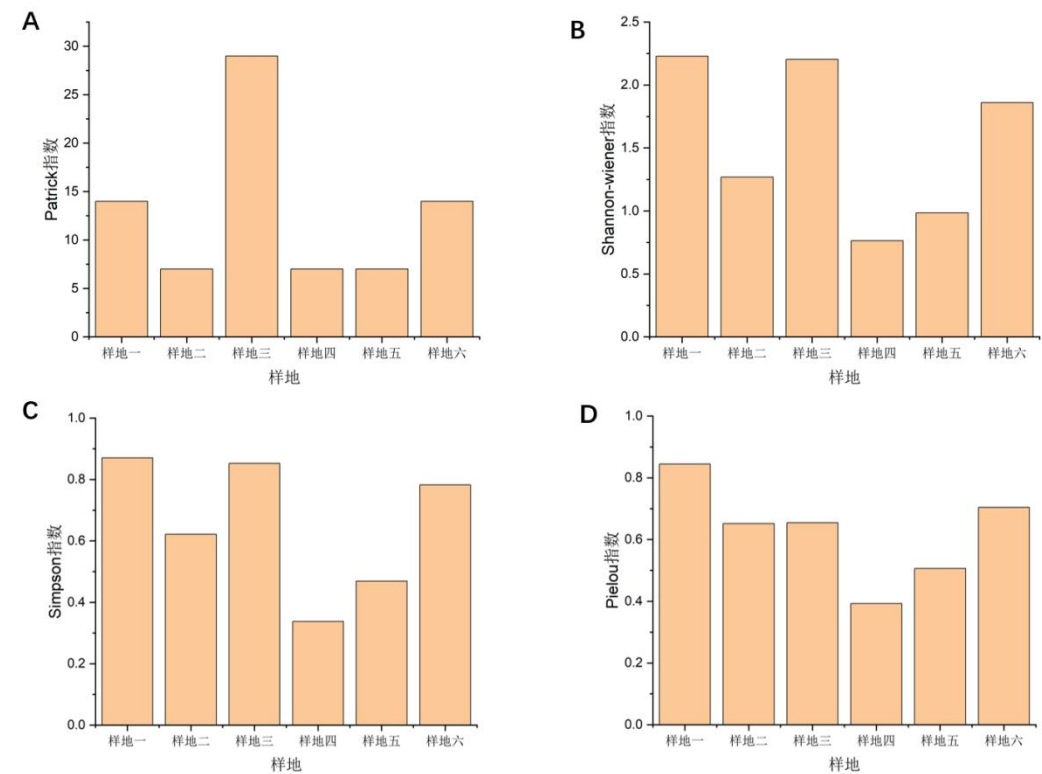


图 2 不同生境的生物多样性指数 A. Patrick 指数，B. Shannon 指数，C. Simpson 指数，D. Pielou 均匀度指数

三、讨论与结论

本研究基于青海湖周边六个不同生境的植物群落调查与分析,比较了各生境的物种组成与多样性指数特征。结果表明:

1. 物种组成差异显著

沙地与草原系统中优势物种多为禾本科、菊科及豆科类群,如甘青小蒿、紫花针茅、冰草等,表现出较强的耐旱、耐瘠薄特性;而湿地系统则由莎草科与湿生禾本科类群主导,如扁囊薹草、华扁穗草、海乳草等,呈现单优势明显的结构。

2. 多样性指数呈现生境分化

湿地系统(小泊湖草滩、褡裢湖草甸、甘子河湿地)的 Shannon 指数普遍较低(0.764–1.268), Simpson 指数低于 0.62,均匀度多在 0.51 以下,显示出单优势种主导下的低多样性格局。相反,干地系统(湖东沙地、克图过渡带、短花针茅草原)则表现出更高的物种丰富度与均匀度,其中湖东沙地和短花针茅草原的 Shannon 指数分别为 2.229 和 1.859, Simpson 指数为 0.870 和 0.782,均为六个样地中的高值。克图过渡带的 Patrick 指数最高(29),反映出干扰与环境异质性对物种数增加的重要作用。

3. 湿地与干地系统的对比

湿地环境相对稳定,资源条件单一,导致群落被少数适生种强烈过滤并占据主导,典型表现为“单优势—低均匀度”格局;而干地环境条件严酷,异质性高,植物种群在竞争与分化中形成了多样性更高的群落结构。特别是克图过渡带,在人为干扰与环境过渡的共同作用下,物种数目最多,但优势度分布不均,表现为“高丰富度—中等均匀度”的特征。

这些结果揭示了青海湖周边不同生境下植物群落的适应性策略:湿地群落依赖少数优势湿生物种维持稳定,而干地群落则通过物种共存与生态位分化提升整体多样性。由此可见,群落多样性的维持不仅受环境条件制约,也与干扰程度和生境异质性密切相关。

总体而言,湿地系统在结构上更稳定但多样性较低,而沙地与草原系统虽然处于更严酷的环境,却因生态位分化和种间竞争而保持了较高的多样性。这一差异对于理解青海湖地区的生态系统功能与生物多样性保护具有重要意义。

参考文献

-
- [1] 李晓东:《青海湖水体对流域气候和生态环境变化的响应》,兰州大学,2022年。
 - [2] 牛翠娟等:《基础生态学》,北京:高等教育出版社,2015年,第151-152页。