

## 现代辫状河定量规模统计——以雅鲁藏布江辫状河段为例

黄钰, 姚宗全

新疆大学地质与矿业工程学院 新疆乌鲁木齐

**【摘要】** 辫状河砂体储层是我国中生代含油气盆地中重要的陆相碎屑岩储层类型, 心滩砂体作为其核心构型单元, 其定量表征对储层预测与建模具有重要意义。本文基于 Google Earth 遥感影像, 以雅鲁藏布江中游典型砂质辫状河段为研究对象, 系统测量了心滩长度、宽度、面积、辫状河道宽度及辫流带宽度等 38 组地貌参数, 通过统计回归建立了各参数之间的定量关系模型。结果表明: 心滩长度与宽度、心滩宽度与面积、心滩宽度与辫流带宽度、辫状河道宽度与辫流带宽度均呈现显著正相关关系。研究进一步结合沉积背景分析, 明确了该定量模型的适用条件为强物源供给、常年流水、地形平缓的砂质辫状河环境。本成果丰富了辫状河储层地质知识库, 可为相似沉积背景下的地下辫状河储层构型刻画与三维地质建模提供定量依据, 提升稀井网区储层预测精度。

**【关键词】** 辫状河; 心滩; 定量关系; 地质知识库

**【收稿日期】** 2025 年 12 月 15 日 **【出刊日期】** 2026 年 1 月 16 日 **【DOI】** 10.12208/j.sdr.20260018

### Quantitative scale statistics of modern braided rivers- Taking the braided river section of the Yarlung Zangbo River as an example

Yu Huang, Zongquan Yao

Geology and Mining Engineering College, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang

**【Abstract】** Braided river sand bodies constitute a significant type of continental clastic reservoir in the Meso-Cenozoic petroliferous basins of China. Channel bar sand bodies, as the key architectural element of such reservoirs, are of great importance for reservoir prediction and modeling through quantitative characterization. Based on Google Earth remote-sensing images, this study selects a typical sandy braided-river reach in the middle reaches of the Yarlung Zangbo River as the research object. A total of 38 sets of geomorphic parameters, including channel-bar length, width, area, braided-channel width, and braided-belt width, were systematically measured. Statistical regression was employed to establish quantitative relational models among these parameters. The results demonstrate significant positive correlations between bar length and width, bar width and area, bar width and braided-belt width, as well as between braided-channel width and braided-belt width. Furthermore, by integrating sedimentary background analysis, the applicable conditions of the quantitative models are clarified: they are suitable for sandy braided-river environments characterized by strong sediment supply, perennial flow, and gentle topography. This study enriches the geological knowledge database of braided-river reservoirs and can provide a quantitative reference for the architectural characterization and 3-D geological modeling of subsurface braided-river reservoirs under similar sedimentary settings, thereby improving reservoir prediction accuracy in areas with sparse well networks.

**【Keywords】** Braided river; Channel bar; Quantitative relationship; Geological knowledge base

#### 引言

辫状河砂体储层作为重要的陆相碎屑岩储层类型之一, 在我国中生代含油气盆地中占有较大的

比例<sup>[1]</sup>。心滩砂体是辫状河储层的重要研究对象, 辫状河的几何形态演变特征与心滩砂体定量表征的研究一直备受关注, 且逐渐由定性描述向多元量化

表征方向转变<sup>[1]</sup>。野外露头解剖、现代沉积解剖、密井网解剖以及沉积模拟实验是建立储层的常用方法,国内外学者在该方面做过大量研究<sup>[1,2]</sup>。野外露头解剖虽能提供高精度的三维构型信息,但受出露条件限制,难以连续追踪同一期砂体的完整空间展布,且古流向恢复等参数获取往往受构造变形影响<sup>[3]</sup>。现代沉积解剖(如探槽)可直观观察沉积过程和内部结构,但工作量大、耗时长,且通常局限于局部河段或短期演化,难以获得大尺度的系统统计规律<sup>[4]</sup>。密井网解剖依赖地下钻井资料,能精细刻画储层非均质性,但井间预测的不确定性依然存在,且对井网密度要求高,在经济性或资料条件上难以普遍满足<sup>[5]</sup>。沉积模拟实验(水槽实验)能够再现沉积过程并控制变量,但由于实验尺度与原型存在较大差异其定量结果外推至地下储层时需谨慎校正<sup>[6]</sup>。因此,单一方法均难以同时满足宏观连续观察与定量参数提取的双重需求,亟需引入新的技术手段来弥补上述不足。

分析表明,现有建库方法在定量化和宏观指导方面存在缺陷,Google Earth 软件提供了一种定量测量河道及宏观观察河道流向的功能,通过测量储层三维地质建模所需基本参数及相关参数统计,为合理建立辫状河储层、提升建模精度提供依据。本文运用 Google Earth 测量了雅鲁藏布江辫状河的心滩坝宽度、

心滩坝长度、心滩坝面积、辫状河道宽度、辫流带宽度,建立了现代辫状河的定量地质模式,丰富并完善了辫状河储层地质知识库,为地下辫状河储层的构型研究及各微相的平面展布研究提供指导。

### 1 辫状河沉积特征

辫状河沉积体系主要发育河道、心滩、废弃河道和泛滥平原等沉积微相,其中心滩是最为重要的油气储集体之一<sup>[1]</sup>。在心滩通常呈顶凸状,内部发育多期垂向叠置的沉积体,其间被近水平的泥质夹层分隔,顶部常覆盖河漫滩细粒沉积<sup>[2]</sup>。辫状河沉积模式形成于水动力强、流量变幅大、河道游荡性强的环境,反映了以垂向加积为主的建设过程<sup>[1]</sup>。基于储层定量表征的实际需求,后续研究将重点围绕心滩这一关键沉积微相展开。

### 2 研究方法及数据准备

从 Google Earth 获取的一张辫状河心滩坝照片(图 2)可以清晰的分辨出心滩坝宽度( $W_{bar}$ )、心滩坝长度( $L_{bar}$ )、心滩坝面积( $A_{bar}$ )、辫状河道宽度( $W_{ch}$ )、辫流带宽度等( $W_{belt}$ )。本文为明确辫状河构型参数关系特征,对雅鲁藏布江呈典型辫状河的多个河段进行地貌参数的测量,建立数据表(表 1)(测量数据如表 1 所示),后进行统计与回归,寻找这些参数之间的关系,为地下辫状河储层构型的定量表征提供有力依据。

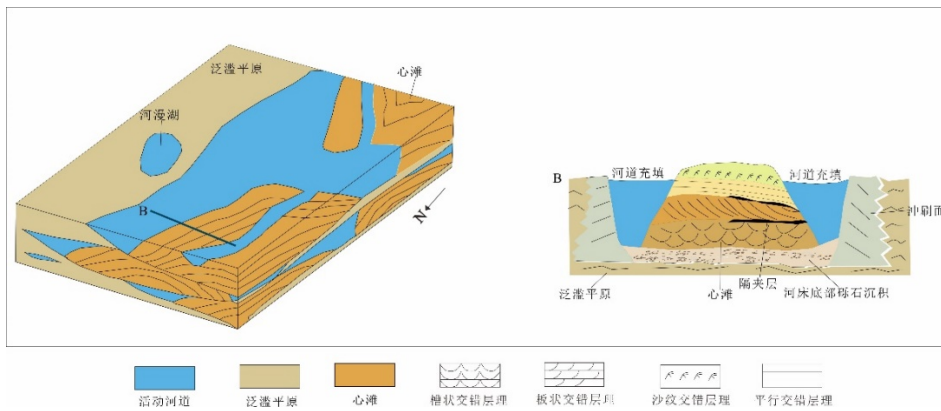


图 1 辫状河沉积模式

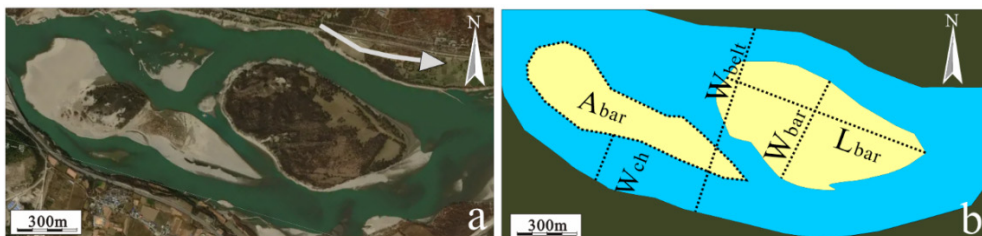


图 2 雅鲁藏布江现代河流测量

本文选取具有代表性的砂质辫状河, 主要来源为雅鲁藏布江的中游宽谷段内。在选择测量点处辫状河特征必须明显, 且河流处于自然发育状态,

心滩在卫星照片中形态特征清晰。此次研究共统计 38 组辫状河砂体规模相关参数, 计划通过最小二乘法进行拟合分析, 得到对应关系方程和相关系数。

表 1 现代辫状河规模相关参数

序号	心滩长/m	心滩宽/m	心滩面积/m <sup>2</sup>	辫状河道宽/m	辫流带宽/m	长宽比
1	2050	850	2390000	320	1775	2.41
2	1515	842	3502000	156	1528	1.80
3	1180	920	2680000	340	1860	1.28
4	1498	895	2227000	239	1717	1.67
5	2750	810	1071000	310	1710	3.40
6	1322	517	3026000	271	1708	2.56
7	1380	780	2430000	300	1780	1.77
8	1374	510	3034000	151	1008	2.69
9	1800	870	1760000	330	1990	2.07
10	1291	410	2181000	134	807	3.15
11	3350	1850	3076000	391	2710	1.81
12	4150	2150	4150000	397	2760	1.93
13	3350	1600	2850000	350	2484	2.09
14	4406	2160	4664000	245	2494	2.04
15	2650	1350	2540000	280	2090	1.96
16	3162	1630	3526000	312	2543	1.94
17	3350	1800	3760000	380	2510	1.86
18	3980	2050	4120000	378	2810	1.94
19	4320	2250	4060000	390	2910	1.92
20	2080	1300	2720000	280	1890	1.60
21	4180	1950	3874000	380	2460	2.14
22	4050	2350	4174000	412	3040	1.72
23	2761	943	1741000	281	2442	2.93
24	3520	1900	2940000	360	2310	1.85
25	3780	2000	3151000	380	2460	1.89
26	4220	2200	3860000	390	2910	1.92
27	2850	1250	2170000	260	1830	2.28
28	3477	1614	3288000	378	4040	2.15
29	4380	2400	4620000	381	2610	1.83
30	3580	1550	3150000	320	2030	2.31
31	3280	1950	3730000	380	2460	1.68
32	2950	1400	3040000	300	2470	2.11
33	3680	1800	3460000	370	2560	2.04
34	5537	2481	6500000	392	3599	2.23
35	3380	1600	3030000	330	2190	2.11
36	3780	2300	4360000	390	2667	1.64
37	3750	1700	3280000	360	2310	2.21
38	3920	2150	4300000	404	2960	1.82

### 3 数据统计分析

本研究基于 Google Earth 高分辨率遥感影像, 结合河流地貌学与河流动力学原理, 对雅鲁藏布江砂质辫状河流域开展定量化观测, 系统测量了心滩(长度、宽度、面积)、辫状河道宽度及辫流带宽关键地貌参数, 并建立参数数据库。

#### 3.1 心滩长度与宽度之间的关系

心滩的长度与宽度是表征心滩规模的重要参数, 心滩是辫状河储层内部的重要砂体之一<sup>[1]</sup>。虽然辫状河在游荡过程中形成大小形态不一的心滩地貌形态特征, 但心滩长度与宽度却有着很好的正相关关系(图3), 具体关系式如下:

$$y = 0.1485x + 7.0306 \quad R^2 = 0.7316 \quad (1)$$

式中 x—心滩长度, m; y—心滩宽度, m。

#### 3.2 心滩宽度与面积之间的关系

心滩面积可以表征心滩单元在平面上的发育规模, 通过心滩宽度与面积之间的参数关系统计回归, 发现心滩宽度与心滩面积具有很好的相关性(图3)。同样

$$y = 187.78x - 1700.1 \quad R^2 = 0.8552 \quad (2)$$

式中 x—心滩宽度, m; y—心滩面积, m<sup>2</sup>。

#### 3.3 心滩宽度与单一辫流带宽度之间的关系

由于辫状河道的游荡与分叉, 使得辫状河呈带状分布形成辫流带, 辫流带宽度是辫状河砂体横向规模的重要参数之一<sup>[1]</sup>。心滩宽度与辫流带宽度的关系统计可以连接二者关系, 进而分析辫流带砂体与心滩砂体的规模。通过辫流带宽度与心滩宽度的参数关系回归, 发现辫流带宽度与心滩宽度具有较好的正相关性(图3)。

$$y = 1.701x + 37.293 \quad R^2 = 0.6533 \quad (3)$$

式中 x—心滩宽度, m; y—单一辫流带宽度, m。

#### 3.4 辫状河道宽度与单一辫流带宽度之间的关系

辫状河道宽度也是辫流带内的主要地貌参数之一<sup>[1]</sup>, 由现代辫状河规模相关参数得到图3。探讨辫状河道与辫流带的参数关系也可以为构型单元的定量表征提供重要依据, 辫流带宽与辫状河道宽的正相关性较好。

$$y = 1.0516x + 33.716 \quad R^2 = 0.7009 \quad (4)$$

式中 x—辫状河道宽度, m; y—单一辫流带宽度, m。

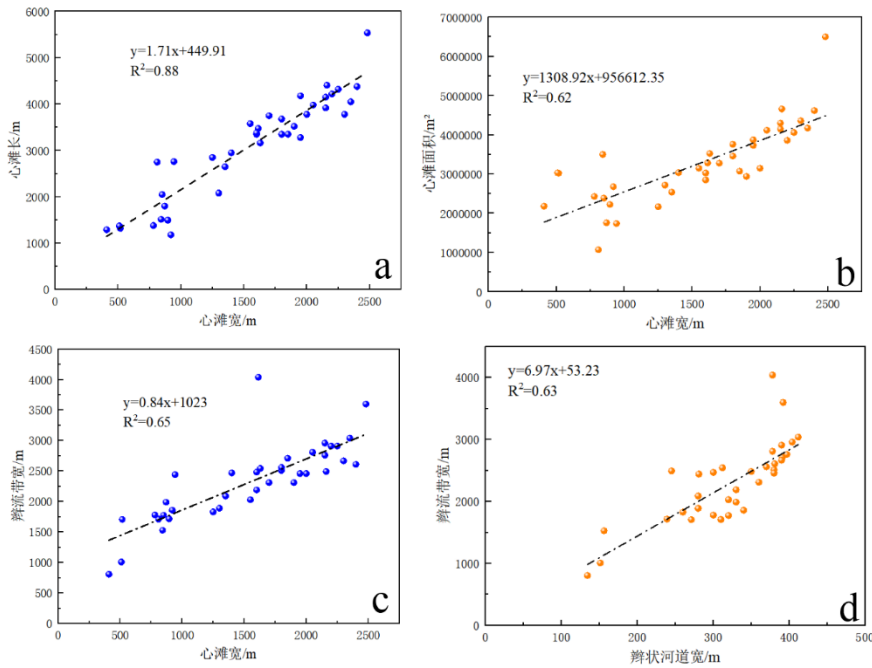


图3 雅鲁藏布江辫状河参数相关公式

(a) 心滩长度与宽度之间的关系; (b) 心滩宽度与面积之间的关系; (c) 心滩宽度与单一辫流带宽度之间的关系; (d) 辫状河道宽度与单一辫流带宽度之间的关系

本文可见心滩长度与宽度关系、心滩宽度与心滩面积、心滩宽度与辫流带宽度、辫状河道宽度与辫流带宽度的关系等都存在很好的正相关性(图3)。其反映出辫状河在发育过程中形态的整体响应性。

#### 4 地质知识库适用性条件分析

现代辫状河关系模型可为辫状河储层建模提供指导和参考。选取具有强物源供给、常年流水的现代砂质辫状河平坦河道段,包括西藏拉萨河、雅鲁藏布江、俄罗斯勒拿河等13个河道段,建立现代辫状河关系模型,将其应用鄂尔多斯盆地石盒子组底部的盒8下亚段(强物源供给的缓坡浅水辫状河三角洲沉积模式)的辫状水道宽度的计算<sup>[7]</sup>。袁静(2021)和乔雨朋(2021)定量建立了多条现代砂质辫状河的多个关系模型,将其中一个现代关系模型与储层实测值进行对比,验证其可靠性后,继而确定所有关系模型应用到储层表征中的合理性<sup>[1,8]</sup>。其主要对地下储层测量的心滩长度与应用经验公式计算的结果进行契合度对比。因此,本文主要对现代辫状河测量河段的沉积发育背景、水动力条件等进行全面的论述与分析,为相似条件下的储层定量表征的深化研究提供参考。

本文的测量河段主要来源为雅鲁藏布江的中游宽谷段内发育典型辫状河的区域。其中游段为里孜至派镇河段,河段近东西向发育,河谷形态总体呈宽窄相间的串珠状地貌,自上而下可分为岗科峡谷段、日喀则宽谷段、妥峡峡谷段、山南宽谷段、藏木峡谷段和米林宽谷段<sup>[9,10]</sup>。中游河段因地形变化形成湍急峡谷段落为宽谷段落,宽谷地形相对平缓,部分发育为农耕区<sup>[9,10]</sup>。雅鲁藏布江中游流域以温带半湿润半干旱高原季风气候为主,流量大且常年稳定,其输沙率及径流量整体虽表现出较强的年内分配不均匀性,但总体而言具有稳定且较强的水动力条件<sup>[9,10]</sup>。测量河段为典型辫状河,常见心滩和辫状河道相间发育,废弃河道及泛滥平原等较为少见。

总体而言,测量河段为强物源供给、常年流水、地形相对平缓的现代砂质辫状河。若有地下储层研究区具有相近的发育背景和地貌形态,可衡量验证其可靠性后,迁移指导稀井网的单砂体构型刻画等。其研究对储层精细刻画具有一定的现实意义。

#### 5 结论

基于雅鲁藏布江砂质辫状河的实测数据,本文

建立了心滩长度、宽度、面积与辫状河道宽度、辫流带宽度之间的定量关系结果表明,心滩长度与宽度、心滩宽度与面积、心滩宽度与辫流带宽度、辫状河道宽度与辫流带宽度均呈现良好的正相关关系。

研究河段在地形上表现为峡谷与宽谷相间分布,宽谷段地势相对平缓,部分区域已发展为农耕地。该区域属温带半湿润半干旱高原季风气候,河流流量大且常年较为稳定,虽然输沙率与径流量在年内分配上存在明显的不均匀性,但总体上具备较强的水动力条件。综上所述,测量河段属于强物源供给、常年流水、地形相对平缓的现代砂质辫状河,其研究对具有相同沉积背景的储层精细刻画具有一定的现实意义。

#### 参考文献

- [1] 乔雨朋. 辫状河-曲流河沉积演化及其储层构型精细研究 [D]; 中国石油大学(华东), 2021.
- [2] 李胜利, 马水平, 周练武, et al. 辫曲转换与共存的主要影响因素及对古代河流沉积环境恢复的启示 [J]. 地球科学, 2022, 47(11): 3960-76.
- [3] YAO Z, YU X, SHAN X, et al. Braided - meandering system evolution in the rock record: Implications for climate control on the Middle - Upper Jurassic in the southern Junggar Basin, north - west China [J]. Geological Journal, 2018, 53(6): 2710-31.
- [4] YUE D, LI W, WANG W, et al. Analyzing the architecture of point bar of meandering fluvial river using ground penetration radar: A case study from Hulun Lake Depression, China [J]. Interpretation, 2019, 7(2): T437-T54.
- [5] KELLY S. Scaling and hierarchy in braided rivers and their deposits: Examples and implications for reservoir modelling [M]. 2006: 75-106.
- [6] 王随继 倪, 王光谦. 河型的时空演变模式及其间关系 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2000, (S1): 96-100.
- [7] 瞿雪姣, 李继强, 张吉, et al. 辫状河致密砂岩储层构型单元定量表征方法 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2018, 48(05): 1342-52.
- [8] 袁静, 周涛, 王学军, et al. 区分河型的河道砂体几何参数定量表征方法及其应用 [J]. 中国石油大学学报(自

然科学版), 2021, 45(03): 1-11.

44(05): 85-96.

[9] 洛珠尼玛, 王建群, 徐幸仪. 雅鲁藏布江流域径流变化特征及趋势分析 [J]. 水文, 2011, 31(05): 76-9+63.

[10] 李翘楚, 拉多, 王昌萍. 雅鲁藏布江中游米林地区河谷植物群落构建及其驱动因素 [J]. 生态科学, 2025,

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**