

粒度分析方法在沉积环境研究中的运用

——以东欢坨煤矿为例

陈隆煜, 宋土顺*, 李鹏辉, 温恒利, 徐建博

华北理工大学矿业工程学院, 河北 唐山

收稿日期: 2021年6月10日; 录用日期: 2022年1月20日; 发布日期: 2022年1月27日

摘要

粒度分布特征是沉积岩的主要特征之一, 也是沉积岩分类定名的定量指标, 粒度大小能反映出沉积区的水动力强弱和搬运过程, 可作为分析环境的依据, 粒度能直接影响到沉积岩的物理性质。本文以东欢坨煤矿为研究区, 以东欢坨煤矿补勘7井累深404~421 m岩芯为研究对象, 通过岩石学研究方法, 分析碎屑岩的成分、结构和构造等特点, 结果表明: 砂岩的岩石类型主要为中-细粒岩屑长石砂岩, 主要颗粒粒度在0.25~0.5 mm之间, 岩石碎屑颗粒分选中等, 磨圆中等, 发育孔隙式胶结, 颗粒支撑, 以点接触为主, 其次为线接触。并通过对碎屑颗粒的粒度分布曲线分析, 判段该地区的搬运方式滚动、跳跃、悬浮; 水动力条件较弱; 沉积环境为陆相氧化和沼泽还原沉积。

关键词

东欢坨, 粒度分析, 沉积分析, 沉积环境

Application of Grain Size Analysis in Sedimentary Environment Research

—Taking Donghuantuo Coal Mine as an Example

Longyu Chen, Tushun Song*, Penghui Li, Hengli Wen, Jianbo Xu

Mining Engineering Institute, North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei

Received: Jun. 10th, 2021; accepted: Jan. 20th, 2022; published: Jan. 27th, 2022

Abstract

Grain size is not only one of the main characteristics of sedimentary rocks, but also a quantitative

*通讯作者。

文章引用: 陈隆煜, 宋土顺, 李鹏辉, 温恒利, 徐建博. 粒度分析方法在沉积环境研究中的运用[J]. 地球科学前沿, 2022, 12(1): 127-134. DOI: 10.12677/ag.2022.121014

index for classification and naming of sedimentary rocks. Grain size can reflect the hydrodynamic characteristics of sedimentary areas, and can also be used as a basis for analyzing and comparing the environment. Grain size can directly affect the physical properties of sedimentary rocks. This paper takes Donghuantuo Coal Mine as the research area, and the core of 404~421 m in depth of No.7 well in Donghuantuo Coal Mine as the research object. Through the petrological research method, the characteristics of clastic grain properties, rock association and sedimentary structure are analyzed, and the microscopic petrographic analysis and grain size analysis are carried out. The conclusion is that the main rock type of sandstone is medium fine grained lithic arkose; The main particle size is between 0.25~0.5 mm. The rock clastic particles are moderately sorted and rounded, with pore type cementation and particle support. Point contact is the main type, followed by line contact. Through the analysis of the grain size distribution curve of the clastic particles, the transportation mode of the area is judged as rolling, jumping and suspending; The hydrodynamic condition is weak; The sedimentary environment is continental oxidation and swamp reduction.

Keywords

Donghuantuo, Grain Size Analysis, Sedimentary Analysis, Sedimentary Environment

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

煤层顶部砂岩易遭受风化作用,对生产和环境造成严重影响,在煤矿开采过程中,顶板砂岩的强蚀变影响着煤层开采、导水通道设置和瓦斯排逸[1]-[6]。目前对于东欢坨古冶组地区顶板砂岩的研究涉及到水文、瓦斯量以及岩性等多个方面[7] [8] [9] [10]。武强等[1]采用构造场、渗流场等物理场对东欢坨顶板涌水条件进行了评价并提出了安全性分区方案。马亚杰等[2]利用当地地质构造特征结合水文地质有关数据及信息,对该地区顶板突水的控制因素进行了研究,之后又结合钻孔水量规律[3],帮助了该矿区水害防治工作的进行。马丛林等[4]对东欢坨地区煤层顶板与瓦斯涌出量之间的关系进行了研究,得出瓦斯涌出量与顶板含泥量相关的结论。在矿区生产过程中,水害问题直接影响矿井安全生产,煤层顶部砂岩对瓦斯涌出和涌水的制约关系尚未明确[11] [12] [13] [14] [15],因此,开展沉积物粒度特征分析对煤矿区安全生产具有重要意义。

粒度是沉积岩的主要特征之一,过去的粒度测量方法很多,如沉降、悬浮等,但这些方法的测量数据不够准确,且效率低。随着计算机的发展,粒度分析也有了更加准确高效的方法[16] [17] [18] [19]。本文通过西图粒度分析法,对东欢坨地区沉积岩的碎屑颗粒大小,形状,空间分布等特征进行研究,鉴别沉积环境、气候,分析沉积区搬运时的能量大小,从而分析沉积区的搬运水动力特征。

2. 地质背景

东欢坨矿坐落于河北省唐山市的丰润区,所处的地质构造区是车轴山向斜的东南侧,车轴山向斜在华北开平煤田的西北方,是一个呈隐伏的向斜,其轴向大约为 NE63°,向斜的西北部发生局部倒转,地层的走向大约是 NE72°,倾角大约为 75°左右。向斜的东南方地层走向大约为 NE33°,倾角大约为 20°;由上二叠系古冶组地层作为向斜的核部。矿区的面积大约为 52.3 平方公里,其最低的高程为 2 米,地势

的特点为东北部高，西南部低，其中奥陶纪石灰岩为含煤地层的基底且含煤量丰富，下覆地层依次为寒武纪地层和震旦纪地层。在经历包括海西 - 印支期构造运动、燕山早中期构造运动及燕山晚期构造运动三个应力活化期的叠加后，导致在车轴山向斜为主的先期控制下矿区形成了许多断层(如图 1)。煤矿区在太古代变质杂岩、元古界变质岩系和花岗岩系基底之上，发育奥陶系、石炭系、二叠系和地表第四系沉积地层，为一套典型的华北型地层[11]，煤矿位于石炭系的唐山组、开平组及二叠系地层中的赵各庄组[12]，上部古冶组含少量煤线，矿区内煤的类型主要为气煤，共有 14 层[13]。

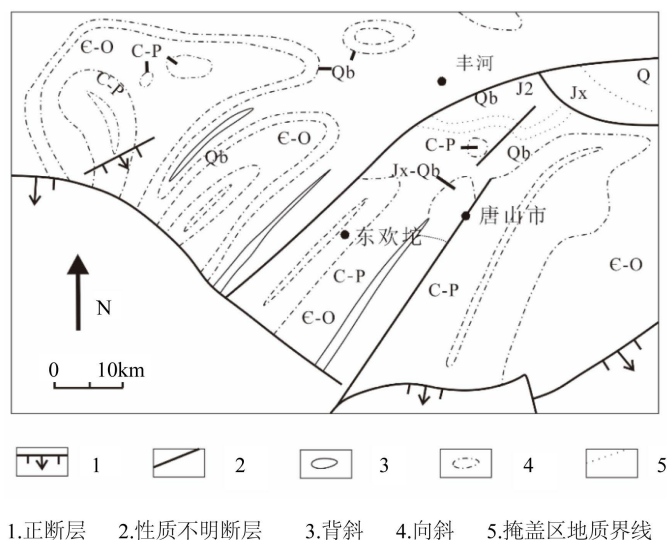


Figure 1. Simplified geological structure diagram of Donghuantuo coal mine area

图 1. 东欢坨煤矿区地质构造简图

3. 研究方法

以东欢坨煤矿补勘 7 井累深 404~421 m 岩芯为研究对象，首先在矿区岩心取样的基础上，通过岩石学研究的方法，在显微镜下对样品的矿物含量及结构进行观察，并对其有关特征进行记录，最后根据记录结果对其进行定名，为下一步的研究做铺垫。通过岩石学研究方法，在矿区岩芯取样基础之上，通过偏光显微镜、西图粒度分析和 X-射线衍射分析等技术手段，分析东欢坨地区岩层的显微岩石学、粒度特征和沉积环境等。

4. 研究结果

4.1. 显微岩相学

在野外和岩芯观察基础之上，采集研究区含煤线地层样品 10 件，制作岩石薄片，在偏光显微镜下进行观察和鉴定。

研究表明：中细粒岩屑长石砂岩为砂岩的主要岩石类型(图 2~图 6)。砂岩为碎屑结构，粒径分布在 0.25~0.5 mm 之间，为中 - 细粒碎屑结构。骨架碎屑分选中等，磨圆呈次圆状，骨架碎屑以线接触为主，点接触次之，碎屑主要有石英、长石、岩屑，其次为高岭石和云母，填隙物及胶结物主要为黏土及硅质矿物，孔隙状胶结，颗粒支撑。杂基含量在 1%~9% 之间。对 10 个样品的成分进行统计定名。样片的成分统计表见表 1。



Figure 2. Figure of DHB7-1 single polarizer
图 2. DHB7-1 单偏镜下图



Figure 3. Figure of DHB7-2 single polarizer
图 3. DHB7-2 单偏镜下图



Figure 4. Figure of DHB7-5 single polarizer
图 4. DHB7-5 单偏镜下图

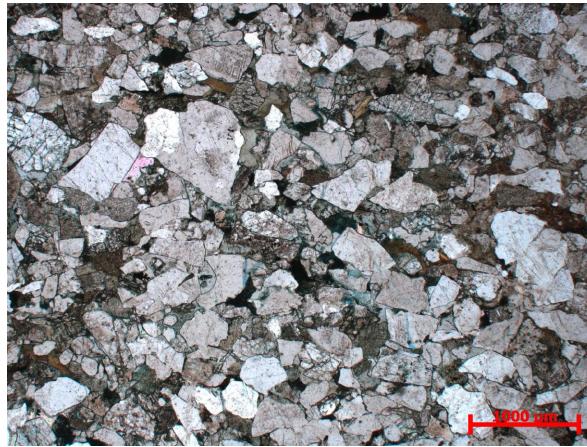


Figure 5. Figure of DHB7-8 single polarizer
图 5. DHB7-8 单偏镜下图

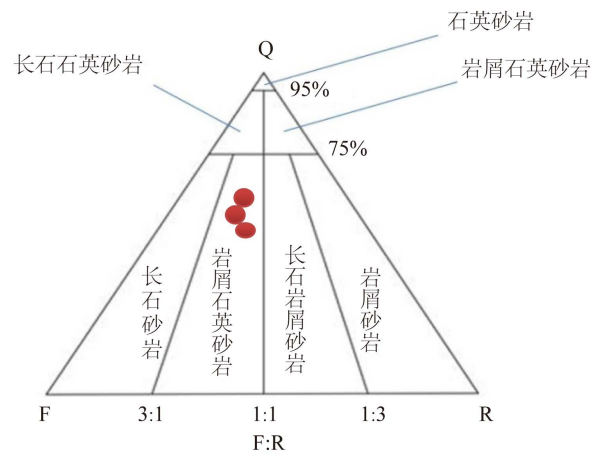


Figure 6. Triplet division name
图 6. 三端元组分定名

Table 1. Statistics of sample debris composition
表 1. 样品碎屑成分统计表

编号	石英(Q) (%)	碱性长石(fs) (%)	岩屑(R) (%)	云母 (%)	胶结物 (%)	杂基 (%)	岩石名称
L-1	24	36	25	7	5	3	岩屑长石砂岩
L-2	40	35	19	3	1	2	岩屑长石砂岩
L-3	36	25	29	8	1	1	岩屑长石砂岩
L-4	37	42	14	2	1	4	长石砂岩
L-5	33	43	14	2	1	4	长石砂岩
L-6	22	26	20	10	7	15	岩屑长石杂砂岩
L-7	25	40	15	6	6	8	长石岩
L-8	35	25	28	8	2.5	1.5	岩屑长石砂岩
L-9	30	37	23	8	1	1	岩屑长石砂岩
L-10	21	26	42	7	2	3	长石岩屑砂岩

石英：单偏光下无色，表面干净，无解理，少量裂理发育，正低突起，发育石英次生加大边，正交偏光下干涉色一级灰白，以单晶石英为主。

长石：单偏光下无色，发育绢云母化，蚀变后呈黄褐色，碱性长石为负低突起，斜长石为正低突起，正交偏光下干涉色一级灰白，斜长石聚片双晶发育，微斜长石格子双晶发育。

云母：主要为黑云母，单偏光下多色性明显，呈浅黄褐至暗褐色，部分脱铁导致颜色不均匀，一组完全解离，正低 - 正中突起，干涉色鲜艳达二级顶 - 三级顶，近平行消光。

岩屑：主要为砂岩、硅质岩和变质岩岩屑。

4.2. 粒度分析

通过沉积物粒度分布参数统计图来表示岩屑的粒度分布以及其粒度分布范围，包括各级沉积物粒度所占的比例、沉积物粒度累计含量等一系列沉积物粒度分布特征[9]。在利用沉积物粒度分布参数的统计图来表征沉积物样品的粒度特征之时，注意到其不但可以用来表征出各个样品的各粒径的相对含量的变化，还可以直观地体现研究区域的沉积物的搬运方式。

根据沉积物粒度分析的结果可以得知：每一个沉积物样品间的颗粒的粒度含量的差异比较大，并呈现出比较强的相关性，然而总体的沉积物颗粒的差异较小。每一个沉积物样品的颗粒粒度的分布大致都在 0.25 到 0.5 毫米。沉积物样品的结构主要为中细粒碎屑结构，并对沉积物样品的空隙大小及其分布特征、裂缝的大小及其分布特征以及吼道参数等结构构造进行分析可知：沉积物骨架碎屑具中等分选性，磨圆大多呈球形与半球形，沉积物碎屑大多为线接触，其次为点接触。

4.3. 沉积环境分析

沉积物沉积过程中的水动力条件可以通过粒度分析曲线得以体现，而不同的沉积环境可以通过不同的水动力条件来进行推断[6] [7] [8]。从粒度分析曲线的斜率可以推测出沉积物颗粒的分选性，曲线的斜率小说明沉积物颗粒分选性差，曲线的斜率小表明沉积物颗粒的分选性好。据此，从样品 1、2、5、8 的颗粒粒度分析曲线图(图 7~10)可以得知：沉积物颗粒的搬运方式有滚动搬运、悬浮搬运、跳跃搬运，在曲线上形成三组搬运方式并且各自成段。

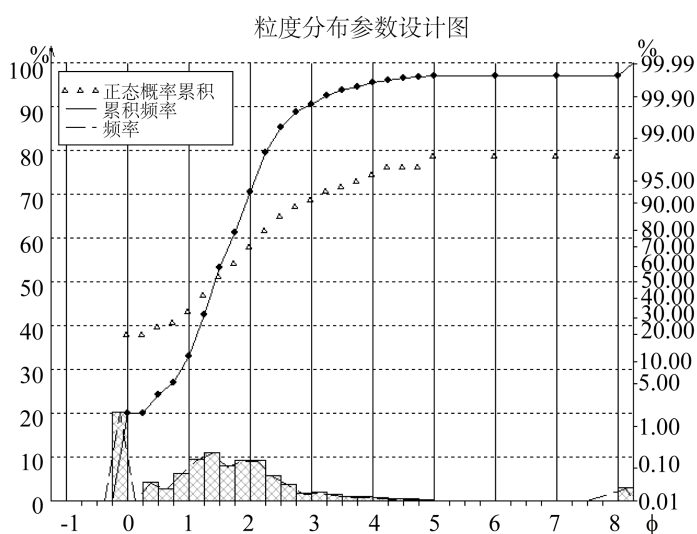


Figure 7. Particle size distribution curve (DHB7-1)

图 7. 粒度分布曲线图(样品 DHB7-1)

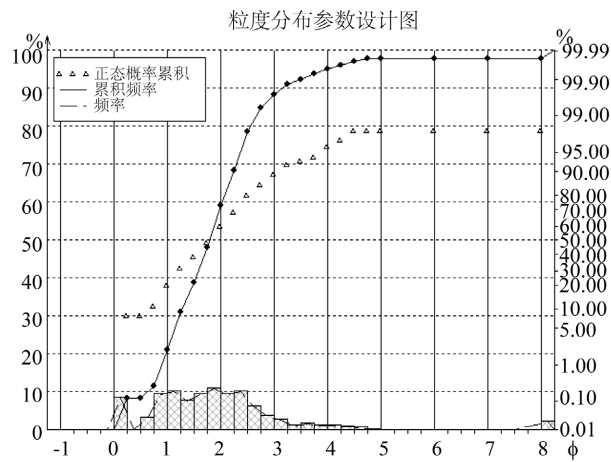


Figure 8. Particle size distribution curve (DHB7-2)
图 8. 粒度分布曲线图(样品 DHB7-2)

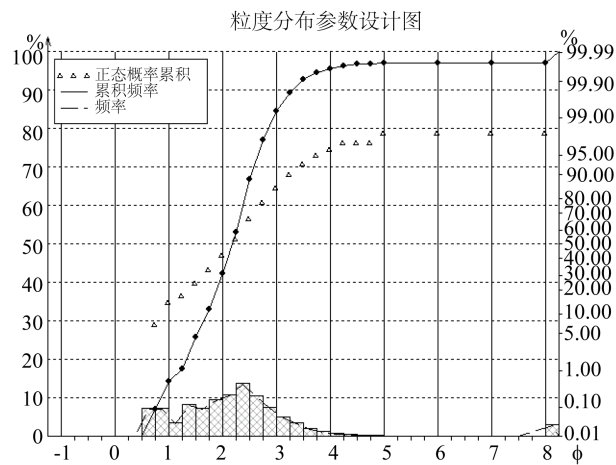


Figure 9. Particle size distribution curve (DHB7-5)
图 9. 粒度分布曲线图(样品 DHB7-5)

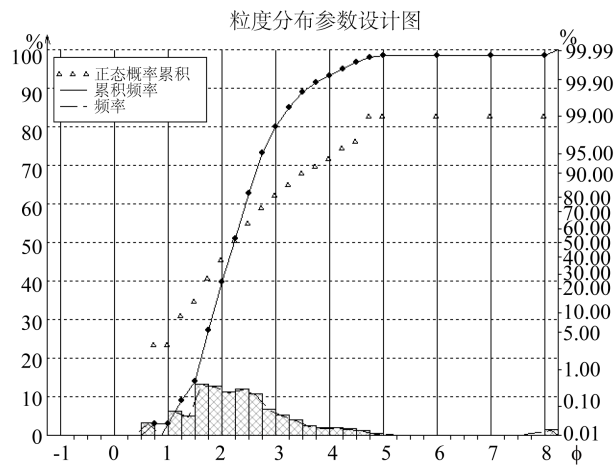


Figure 10. Particle size distribution curve (DHB7-8)
图 10. 粒度分布曲线图(样品 DHB7-8)

通过对东欢坨煤矿补勘 7 井累深 404~421 m 岩层 1、2、5、8 样品粒度分布统计, 每个样品的主要颗粒粒度大都分布在 0.25~0.5 mm 之间, 颗粒分选好, 表明水动力条件较弱或者是一个远物源的沉积环境。

5. 结论

1) 主要岩石类型为中-细粒岩屑长石砂岩, 粒径在 0.25~0.5 mm 之间, 碎屑颗粒的分选中等, 磨圆中等, 孔隙胶结, 颗粒支撑。

2) 沉积环境为沼泽还原沉积, 沉积物搬运方式为滚动、跳跃、悬浮, 水动力条件较弱。

基金项目

华北理工大学创新创业训练项目(X2019228)、校级教育教学改革研究与实践项目(L20110)、河北省高等教育教学改革研究项目(2018GJJG220)、华北理工大学混合式课程教改项目(H01CT077)、河北省专业学位研究生教学案例库建设项目(KCJSZ2018060)、河北省研究生示范课程建设项目(KCJSX2019095)、河北省专业学位研究生教学案例库建设项目(KCJSZ2021063)、河北省高等学校青年拔尖人才计划项目(BJ2017018)和国家文物保护利用示范区建设项目(QDLWHYJ0008)联合资助。

参考文献

- [1] 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1978.
- [2] 肖晨曦, 李志忠. 粒度分析及其在沉积学中应用研究[J]. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2006, 25(3): 118-123.
- [3] 丁喜桂, 叶思源, 高宗军. 粒度分析理论技术进展及其应用[J]. 世界地质, 2005, 24(2): 203-207.
- [4] 华小虎, 邵水源, 刘伯荣. 粉体粒度测试中的误差分析与研究[J]. 中国粉体技术, 2005, 11(6): 22-25.
- [5] 许淑梅, 张晓东, 翟世奎, 等. 长江口及其邻近海域表层沉积物粒度划分及变化规律研究[J]. 海洋地质前沿, 2007, 23(2): 1-8.
- [6] 赵澄林, 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 第 3 版. 北京: 石油工业出版社, 2001: 63-71.
- [7] 崔永平, 蔺宏斌, 李文厚. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组的两种粗碎屑三角洲[J]. 中国石油勘探, 2002, 7(4): 36-40.
- [8] 朱锐, 张昌民, 龚福华, 易雪斐. 粒度资料的沉积动力学在沉积环境分析中的应用: 以江汉盆地西北缘上白垩统红花套组沉积为例[J]. 高校地质学报, 2010, 16(3): 358-364.
- [9] Zhang, X., Zhang, H., Chang, F., et al. (2021) Long-Range Transport of Aeolian Deposits during the Last 32 kyr Inferred from Rare Earth Elements and Grain-Size Analysis of Sediments from Lake Lugu, Southwestern China. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **567**, 110-116.
- [10] 武强, 江中云, 孙东云, 等. 东欢坨矿顶板涌水条件与工作面水量动态预测[J]. 煤田地质与勘探, 2000, 28(6): 32-35.
- [11] 马亚杰, 常江. 东欢坨北二采区 8 煤顶板水害危险性评价[J]. 河北联合大学学报(自然科学版), 2013, 35(3): 9-13.
- [12] 郑燕, 马亚杰, 张长江, 王东. 东欢坨矿 8 煤层顶板疏放水规律研究[J]. 煤炭工程, 2017, 49(1): 67-70.
- [13] 马丛林. 东欢坨矿 8 煤层瓦斯涌出特征及其影响因素研究[J]. 华北科技学院学报, 2017, 14(2): 28-31+37.
- [14] 李小明, 王强, 洪益清, 等. 区域构造对开滦矿区东欢坨矿煤系的控制作用[J]. 中国煤炭地质, 2008, 20(10): 42-44.
- [15] 田洪胜, 洪益清, 马亚杰. 开滦东欢坨矿水文地质特征及防治对策[J]. 地下水, 2009, 31(3): 110-113.
- [16] 吴金水, 刘景, 谢卫东, 李伍. 开滦矿区 14 煤煤厚特征及沉积环境分析[J]. 煤炭工程, 2019, 51(7): 129-133.
- [17] 宋土顺, 刘立, 刘娜, 周冰. 酸性流体作用下长石的稳定性及数值模拟[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(S1): 1052-1053.
- [18] 宋土顺, 曲希玉, 刘红艳, 刘立, 于志超, 于淼. 岩屑长石砂岩与 CO₂ 流体在水热条件下的相互作用[J]. 矿物岩石, 2012, 32(3): 19-24.
- [19] 宋土顺, 刘立, 王玉洁, 等. 鄂尔多斯盆地漂白砒砂岩特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(5): 679-684.