**ICS 73.020**

**D15**

**中国煤炭学会团体标准**

CCS/T XXXX-2023

**煤矿采空区矸石流态化充填技术规范**

**Technical specification for fluidized backfilling of gangue in goaf of coal mine**

（征求意见稿）

=

2023-XX-XX发布  202X-XX-XX实施

**中国煤炭学会 发布**

前言

本标准GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国煤炭学会提出并归口。

本标准起草单位：渭南陕煤启辰科技有限公司、陕西煤业化工技术研究院有限责任公司、山东康格能源科技有限公司、陕西陕煤韩城矿业有限公司。

本标准主要起草人：曹鑫、左小、李亮、张伟龙、惠博、高少辉、王赵君、南德熠、吴杰、胡俊峰、吕玉柱、张杰、冯博、邸广强、施现院、王旭、解飞翔。

煤矿采空区矸石流态化充填技术规范

1.范围

本标准规定了矸石流态化充填有关的术语与定义、流态化浆体材料的构成、储存及性能、充填系统布置、充填设备、充填工艺以及充填效果监测等要求。

本标准适用于以处理煤矸石为主要目的的煤矿采空区矸石流态化充填。

2.规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文。

GB/T 39489 全尾砂膏体充填技术规范

NB/T 10727 煤矿膏体充填开采技术规范

GB/T 39834 综合机械化膏体袋式充填采煤技术要求

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

JB/T 13439-2018 矿用活塞式充填泵送机

煤矿安全规程（国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局）

建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范（国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局、国家能源局、国家铁路局）

煤矿测量规程（国家能源部）

3.术语与定义

下列术语和定义适用于本文件：

3.1

冒落区充填空间 Filling space in caving area

工作面回采作业后，经来压顶板垮落后，形成一定的冒落区，冒落区中的空洞、空隙等可二次利用的空间。

3.2

矸石流态化浆体 Gangue fluidization slurry

经破碎筛分后的煤矸石与水混合可直接用于充填至冒落区的流态化浆体。

3.3

胶凝材料 Cementitious material

在物理、化学作用下，能从浆体变成坚固的石状体，并能胶结其他物料，制成有一定机械强度的复合固体的物质。

3.4

浆体浓度 Slurry concentration

固体质量占浆体总质量的百分比，表示成式（1）。

 （1）

式中：

—浆体浓度，%；

—固体质量，单位为千克（kg）；

—浆体质量，单位为千克（kg）。

3.5

坍落度 Slump

自重状态下，浆体自然塌落的最终高度与坍落度筒高度的差值。

3.6

屈服应力 Yield stress

浆体从静止状态变化到流动状态需克服的临界剪切应力。

3.7

低位充填孔 Low filling hole

通过（区段）煤柱，向工作面冒落区施工的终孔位置位于煤层中用于充填的钻孔。

3.8

高位充填孔 High filling hole

通过（区段）煤柱，向工作面冒落区施工的终孔位置高于煤层一定距离用于充填的钻孔。

3.9

废料孔 Waste material hole

通过（区段）煤柱，向工作面冒落区施工的终孔位置位于煤层中用于处理废料、冲洗管道用水的钻孔。

3.10

管道冲洗水 Pipeline flushing water

充填完毕后用于清理充填管路中遗留浆体的生产用水。

3.11

充填挡墙 Filling retaining wall

使流态化浆体密闭在指定充填区域内所构筑的墙体或密封体。

3.12

事故池 Accident pool

用于处理可能发生或发生堵管事故时充填管道中的流态化浆体、水的储存设施。

4.矸石流态化浆体材料构成、储存及性能要求

4.1矸石流态化浆体构成

4.1.1矸石流态化浆体通常由不同粒径的矸石和水构成，为满足不同工况条件（如增加浆体输送距离、控制顶板下沉等），可添加粉煤灰、胶凝材料和外加剂等。

4.1.2矸石粒径组成一般不大于5mm，其中粒径小于75*μ*m的矸石含量不小于20%，若粒径小于75*μ*m的矸石含量不满足以上条件，可添加粉煤灰替代。

4.1.3胶凝材料应采用水泥、其他部分或全部替代水泥的具有胶凝作用的材料；

4.1.4外加剂一般包括絮凝剂、泵送剂、减水剂等；

4.1.5可用净化后的矿井水作为制备流态化浆体的用水和管道冲洗水。

4.2矸石流态化浆体原材料储存

4.2.1储存设施

矸石流态化浆体原材料储存设施应满足下列要求：

（1）经破碎满足要求的矸石应在储矸仓（棚）中储存；

（2）若添加胶凝材料、粉煤灰和粉状外加剂，应采用仓式存储，液体外加剂应采用罐式存储。

4.2.2储存条件

矸石流态化浆体原材料储存条件应满足下列要求：

（1）储矸仓（棚）的环境温度应大于0℃，否则应采区保暖措施；储矸仓（棚）顶部应进行遮挡，防止雨雪天气造成矸石含水量变化；

（2）胶凝材料、粉煤灰和粉状外加剂应密封存储，防止受潮。

4.3矸石流态化浆体性能要求

矸石流态化浆体的性能应满足如下要求：

（a）浆体浓度一般不超过80%；

（b）流态化充填材料的坍落度一般不低于240mm，试验方法应符合GB/T 50080-2016中4.1的规定；

（c）流态化充填材料的屈服应力应不大于200Pa，屈服应力的测试方法见附录。

5.矸石流态化充填系统布置

5.1矸石流态化充填系统组成

5.1.1破碎筛分系统

由给料机、破碎机、振动筛、运料皮带、储矸仓（棚）等设备及设施组成，各系统布置如图1所示。

5.1.2浆体制备系统

由供水装置、计量装置、运料皮带和搅拌装置组成。

5.1.3浆体输送系统

由充填泵、充填管道及其配件（如管卡、支架等）、管阀（如切换阀、清管阀、监测泄浆阀、伸缩阀、布料阀）等组成。

5.1.4集中控制系统

由压力传感器、浓度传感器、设备控制传感器、数据传输光缆和集控中心（包括数据接收、故障诊断、传达控制命令）等组成，能实现充填系统的智能化监测与无人值守自动化控制。

5.1.5充填孔

由低位充填孔、高位充填孔和废料孔组成。

5.1.6其他辅助系统

由供水、供电、供暖、压风、防尘、降噪等系统组成。应能满足生产需求、清洗管道需求，符合防寒及环保相关规定。

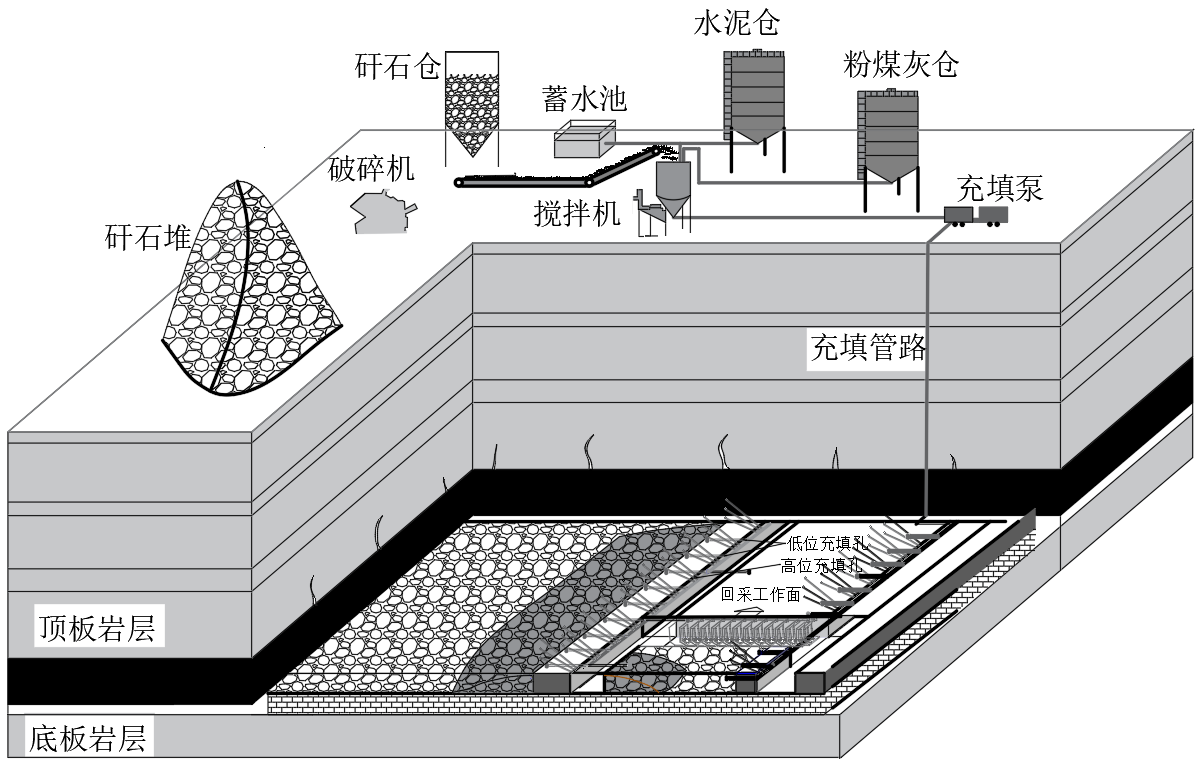


图1 矸石流态化充填系统布置

5.2矸石流态化充填工艺流程

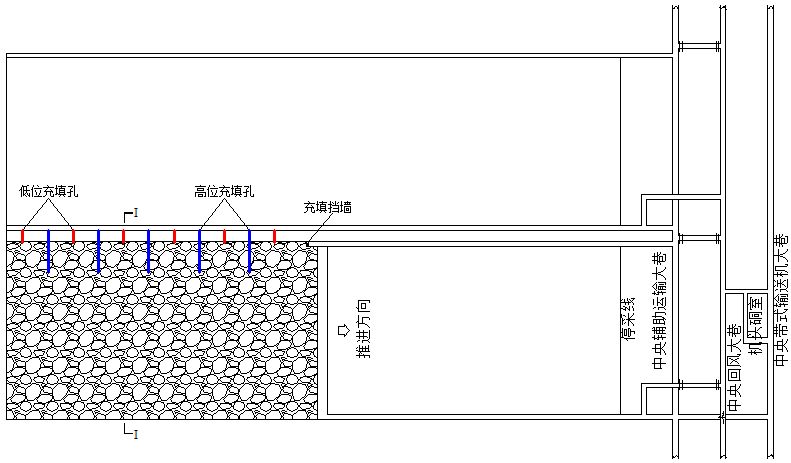
矸石流态化充填工艺按图2所述典型工艺流程实施：



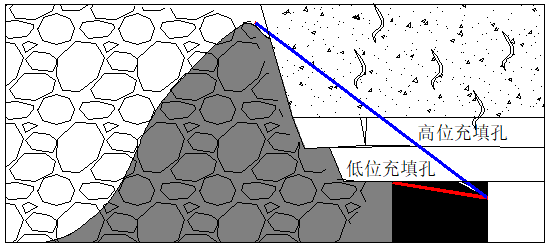
图2 矸石流态化充填典型工艺流程图

5.3充填孔布置

充填孔滞后于工作面一定距离，由低位充填孔和高位充填孔组成，充填孔的布置如图3所示。为避免矸石流态化浆体流入工作面，充填孔距工作面的距离应不小于2天的推进步距，若为俯采工作面，则应增加充填孔与工作面的间距，必要时需在回采巷道内施工充填挡墙。



（a）平面图



（b）剖面图

图3 充填孔布置示意图

6.矸石流态化充填设备要求

6.1主要充填设备

6.1.1破碎机

一般选用高细破碎机一次将煤矿矸石破碎至5mm粒径以下，其破碎能力一般不小于矸石粉用量的1.5倍。

6.1.2搅拌机

搅拌机是实现物料混合、搅拌、配制的主要设备，一般按充填设计能力的1.5倍进行实际选型。

6.1.3矿用充填泵

矿用充填泵是泵送流态化浆体的动力设备，根据充填设计要求，一般选择处理能力大于设计能力20%的充填泵，充填泵的选型应符合JB/T 13439-2018的技术要求。

6.1.4充填管路

一般充填管选择双层金属耐磨复合钢管，管径一般根据流态化浆体输送的速度、距离以及充填泵的充填能力等进行选择。

7.矸石流态化充填工艺要求

7.1流态化浆体制备和输送工艺要求

7.1.1流态化浆体制备要求

（1）将破碎好的矸石和水按照一定配比送入搅拌机中均匀混合，不应采用因受潮胶结的块体和由于其它原因难以打散的物料制备浆体；

（2）输送至搅拌机的所有物料应严格定量控制，搅拌机料位应高于搅拌叶片的1/2处；

（3）浆体浓度应按照设计浓度进行配制，根据充填区域和充填目的的不同，可适当调整目标浓度范围。

7.1.2流态化浆体输送要求

（1）充填管道输送宜采取定浓度、定流量的输送方式；

（2）充填系统减阻一般采取增加管道直径、添加外加剂、调整充填配比、降低输送浓度等措施；

（3）井下管道敷设在顶板时，应采用锚杆、钢绳悬挂；敷设在巷道底板时，主管道应有管道支架；

（4）充填管道连接方式：

（a）充填孔套管的连接一般采用螺纹钢管接头；

（b）不需经常拆卸且不经常发生堵管的管段的连接一般采用法兰盘接头；

（c）需经常拆卸且易发生堵管的管段的连接一般采用快速接头。

7.2流态化充填施工工艺要求

7.2.1充填准备阶段

充填准备阶段的要求如下：

（a）布置挡浆装置：在工作面回采巷道的后方可能出现漏浆的位置处，布置挡浆板或者施工充填挡墙；

（b）布料管布置：充填管路铺设在巷道底板，充填布料阀通过布料管与巷帮上的充填孔联接；

（c）闸阀检查：布料阀应处于直通状态；

（d）准备完毕，报告充填站进行充填。

7.2.2正常充填阶段

正常充填阶段的要求如下：

（a）管道充水：充填管道内注满清水，保证满管流，并润滑管壁；

（b）充填材料推水：制备流态化充填材料，泵送流态化充填材料推动充填管道内的水，调节切换阀，将清水通过废料孔排进采空区；

（c）正常充填：充填由远离工作面的第一个低位充填孔开始，由远到近，先低位充填孔后高位充填孔的顺序进行充填，即泵送流态化充填材料到达远端的第一个低位充填孔后，切换布料阀至布料状态进行第一个低位充填孔的充填，当孔口压力表示数增加，则证明第一个低位充填孔充填完毕，沿着工作面推进方向切换第二个低位充填孔的布料阀为布料状态，切换第一个布料阀为直通状态；依次进行低位充填孔的充填，当低位充填孔充满后，将远端的第一个高位充填孔的布料阀切换为布料状态，进行第一个高位充填孔的充填，依次进行其他高位充填孔的充填，直到一组低位充填孔和高位充填孔充填结束。

7.2.3充填收尾阶段

充填收尾阶段的要求如下：

（a）水推充填材料：当流态化充填材料达到充填量后，泵送清水，将管道内多余的充填材料经废料孔排入采空区；

（b）压风推水管道清洗：排出清水后，停止泵送清水，打开清管阀，利用压风把管道内的清水及其他残留物吹出充填管，完成管道清洗工作。

7.2.4充填安全要求

充填安全要求如下：

（a）管道堵塞后，充填站应立即停止充填材料的制备和输送，管道内的流态化充填材料应泄入事故池中，处理堵管；

（b）事故池一般布置在充填管道最低处，事故池容量不小于管道容积量；

（c）在充填管道最低处应设置防浆阀门；

（d）采用高风压水联动清洗管路时，高压水管和风管必须固定牢靠。

8.矸石流态化充填效果监测

8.1扩散半径监测

流态化浆体扩散半径监测要求如下：

流态化浆体的扩散半径一般通过观察相邻低位充填孔中的浆体情况，可以判断出浆体的扩散半径，或者通过施工专用的观测孔进行观测，也可采用三维激光扫描等物探技术进行监测。

8.2地表变形监测

若矿井有控制地表下沉的需求，则地表变形监测要求如下：

（1）矸石流态化充填用于“三下”开采时，在开采前应进行地表沉降变形预计，预测煤层开采后对地表的危害程度，开采后应进行地表变形监测，具体方法见《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》和相应的设计方案。

（2）矸石流态化充填应在地面建立相应的测点和测站，按照《煤矿测量规程》进行地表变形观测，观测时间一般不少于2年（回采结束后）。

附录1 流态化充填材料的屈服应力测试方法

1.1仪器及原理

采用R/S桨式转子流变仪（软固流变仪）控制剪切速率法测试流态化充填材料的屈服应力，测试原理如图1所示。桨叶克服浆体的屈服应力转动，使周围一定区域内的浆体发生剪切作用，转子转动时剪切应力与扭矩关系式如式（1-1）所示。

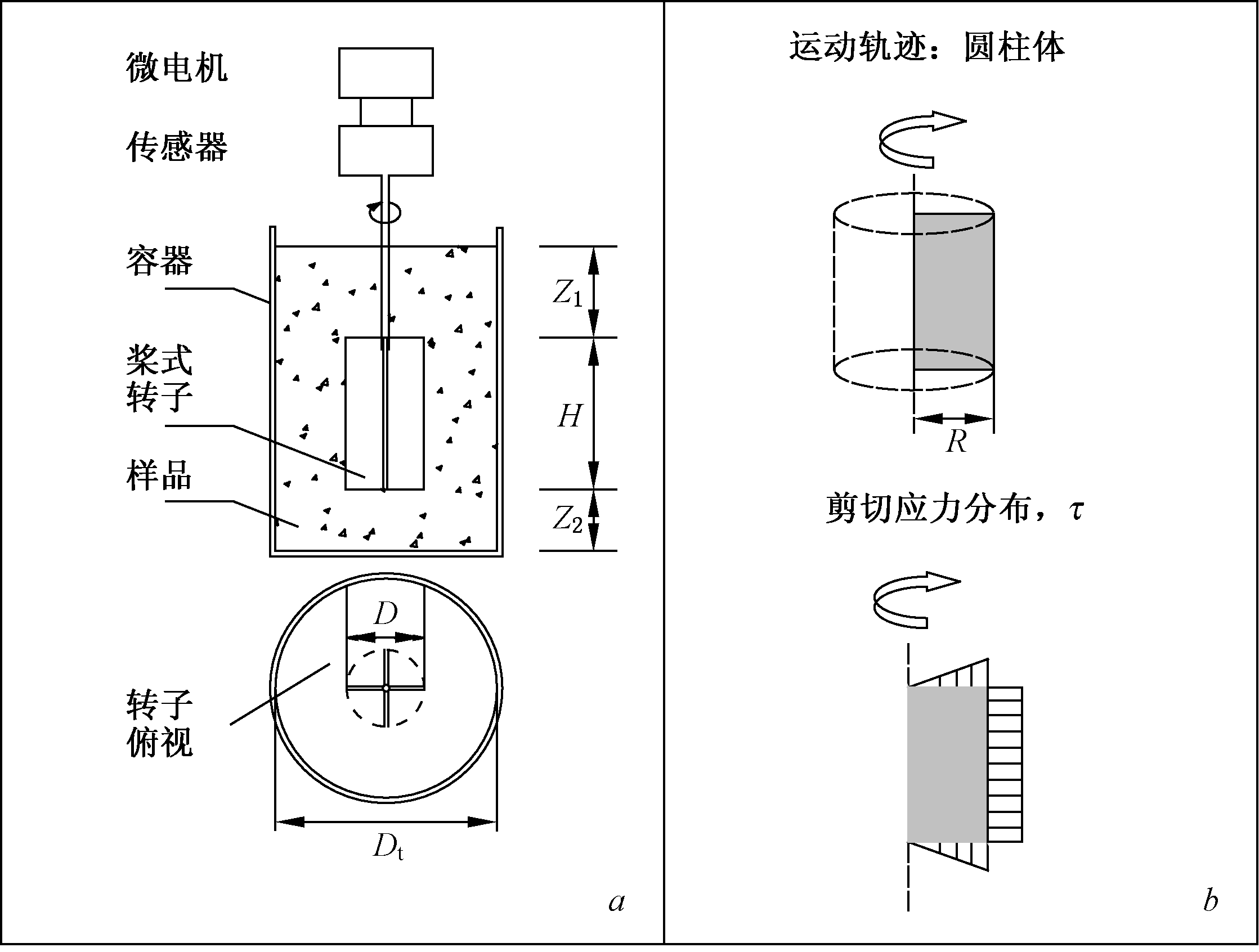


图1 桨式流变仪控制剪切速率法测量原理

 （1-1）

式中：

*T*—桨叶所受扭矩，单位为牛米（N·m）；

*D*—转子直径，单位为米（m）；

*H*—转子高度，单位为米（m）；

*τ*—浆体所受的剪切应力，单位为帕（Pa）。

1.2测试步骤

1.2.1 根据浆体流速范围*v*1~*v*2和管道内径*D*，按照式（1-2）计算浆体管道输送剪切速率，得到浆体管道输送剪切速率范围~。

 （1-2）

式中：

—浆体在管道内剪切速率，单位为每秒（s-1）；

*v*—浆体流速，单位为米每秒（m/s）；

D—管道内径，单位为米（m）。

1.2.2 根据浆体管道输送剪切速率范围~，设置测试仪器剪切速率由0s-1~线性增加，剪切时间t3=/（1s-1），其中≥。形成剪切应力-剪切速率曲线，典型剪切应力-剪切速率曲线如图2所示。

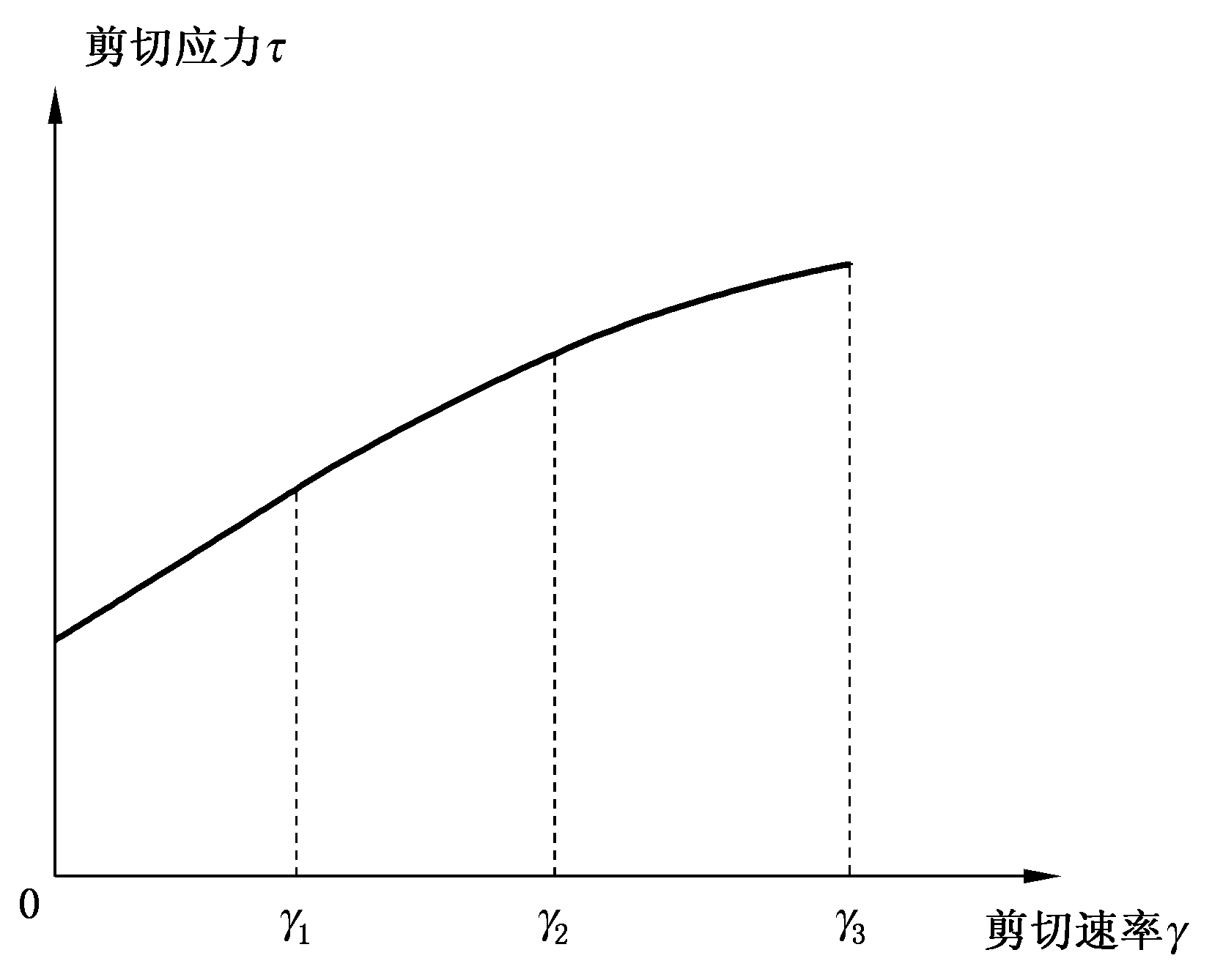


图2 典型剪切应力-剪切速率曲线

1.2.3 在搅拌容器内配置不同配比的测试浆体，并搅拌不少于5min。将搅拌好的浆体快速倒入测试容器，启动仪器开始测试。容器的尺寸与转子插入的深度应符合式（1-3）。

 （1-3）

式中：

—容器内径，单位为米（m）；

—转子直径，单位为米（m）；

—转子上端距离浆体表面的距离，单位为米（m）；

—转子下端距离浆体底部的距离，单位为米（m）；

1.2.4 选取图2中剪切速率为~时的剪切应力-剪切速率，根据宾汉姆模型，按照式（1-4）回归计算浆体屈服应力。

 （1-4）

式中：

*τ* —剪切应力，单位为帕（Pa）；

*τ*0 —屈服应力，单位为帕（Pa）；

*μ*B—塑性黏度，单位为帕秒（Pa·s）；

*γ*—剪切速率，单位为每秒（s-1）。