**中国工程建设标准化协会标准**

浆体长距离管道输送工程

设 计 规 程

CECS 98:XX

（征求意见稿）

**中国工程建设标准化协会标准**

浆体长距离管道输送工程

设 计 规 程

CECS 98:XX

主编单位：长沙有色冶金设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2019年X月X日

XXX出版社

2019 北京

**修订说明**

根据中国工程建设标准化协会《关于〈2017年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2017]031号）的要求，本规程由长沙有色冶金设计研究院有限公司、中冶长天国际工程有限责任公司会同有关单位对《浆体长距离管道输送工程设计规程》（CECS 98：98）进行全面修订而成。

本规程共分12章，主要技术内容包括：总则、术语、输送工艺、浆体水力计算、浆体制备与储存、管线、浆体输送泵站、浆体接收及消能设施、智能化与信息化、安全、环保与节能、配套设施、试验及其数据运用。

本规程修订的主要内容是：对规程原条文进行了全面修改；增加了浆体水力计算，浆体制备与储存，浆体接收及消能设施，智能化与信息化，安全、环保与节能五个章节。

本规程由中国工程建设标准化协会工业给水排水专业委员会负责日常管理，由长沙有色冶金设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至长沙有色冶金设计研究院有限公司技术发展部《浆体长距离管道输送工程设计规程》修订工作组（地址：长沙市雨花区木莲东路299号，邮编：410019），以供今后修订时参考。

本次修订的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：长沙有色冶金设计研究院有限公司

中冶长天国际工程有限责任公司

参编单位：中国恩菲工程技术有限公司

中铝国际工程股份有限公司

中煤科工集团武汉设计研究院有限公司

湖北华宁防腐技术股份有限公司

石家庄强大泵业集团有限责任公司

四川广汉科达管业有限责任公司

沈阳洪大管道输送设备有限责任公司

西姆流体技术（上海）有限公司

湖南胜利湘钢钢管有限公司

石家庄工业泵厂有限公司

长沙智能控制系统有限公司

郑州中海威环保科技有限公司

吉县古贤泵业有限公司

主要起草人：李绪忠等

主要审查人：XXX

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc3462309)

[2 术 语 3](#_Toc3462310)

[3 输送工艺 6](#_Toc3462311)

[3.1 一般规定 6](#_Toc3462312)

[3.2 管道材料及管径选择 6](#_Toc3462313)

[3.3颗粒级配及浓度选取 7](#_Toc3462314)

[4 浆体水力计算 8](#_Toc3462315)

[4.1 浆体流型及流态 8](#_Toc3462316)

[4.2 浆体流量及流速 10](#_Toc3462317)

[4.3 浆体摩阻损失 11](#_Toc3462318)

[4.4 浆体加速流及消能 11](#_Toc3462319)

[4.5 浆体水击 13](#_Toc3462320)

[5 浆体制备与储存 14](#_Toc3462321)

[5.1一般规定 14](#_Toc3462322)

[5.2制浆、调浆系统 14](#_Toc3462323)

[5.3储浆设施 14](#_Toc3462324)

[6 管线 16](#_Toc3462325)

[6.1管道线路选择 16](#_Toc3462326)

[6.2 管道敷设 18](#_Toc3462327)

[6.3 管道防腐与保温 21](#_Toc3462328)

[6.4 管道的连接与试压 22](#_Toc3462329)

[6.5管线附属工程 23](#_Toc3462330)

[6.6管线水工保护 24](#_Toc3462331)

[7 浆体输送泵站 26](#_Toc3462332)

[7.1一般规定 26](#_Toc3462333)

[7. 2 设备选择 26](#_Toc3462334)

[7. 3 泵站配置 29](#_Toc3462335)

[7.4辅助设施 30](#_Toc3462336)

[8 浆体接收及消能设施 31](#_Toc3462337)

[8.1一般规定 31](#_Toc3462338)

[8.2接收工艺及设施 31](#_Toc3462339)

[8.3消能设施 31](#_Toc3462340)

[9 智能化与信息化 32](#_Toc3462341)

[9.1 一般规定 32](#_Toc3462342)

[9.2 智能仪表检测与数据采集系统 32](#_Toc3462343)

[9.3 智能控制与信息化 33](#_Toc3462344)

[10 安全、环保与节能 34](#_Toc3462345)

[10.1 安全 34](#_Toc3462346)

[10.2 环保 34](#_Toc3462347)

[10.3 节能 34](#_Toc3462348)

[11 配套设施 35](#_Toc3462349)

[11.1 一般规定 35](#_Toc3462350)

[11.2 总图与道路 35](#_Toc3462351)

[11.3 土建 35](#_Toc3462352)

[11.4 给水排水、采暖通风与消防 35](#_Toc3462353)

[11.5 供配电 36](#_Toc3462354)

[12 试验及其数据应用 38](#_Toc3462355)

[12.1 一般规定 38](#_Toc3462356)

[12.2 基础试验 39](#_Toc3462357)

[12.3半工业环管试验 40](#_Toc3462358)

[12.4 试验数据的应用 41](#_Toc3462359)

[附录A 浆体管道输送试验项目 42](#_Toc3462360)

[附录B 牛顿体与宾汉体流变参数费祥俊计算公式 43](#_Toc3462361)

[附录C 物料颗粒沉速刘德忠计算公式 44](#_Toc3462362)

[附录D 宾汉体汉克斯过渡流速及摩阻系数计算公式 46](#_Toc3462363)

[附录E 浆体临界流速计算公式 48](#_Toc3462364)

[附录F 浆体水击计算公式 49](#_Toc3462365)

[本《规程》用词说明 51](#_Toc3462366)

[引用标准名录 52](#_Toc3462367)

附：条文说明

# 

# 1 总 则

1.0.1 浆体管道输送工程设计应符合国家有关方针、政策和法规、法令，为使浆体管道输送工程达到技术先进、经济合理、节能环保和运行可靠的要求，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于输送距离大于10km的新建、改扩建固液两相流似均质流浆体管道输送工程设计，对于其它固液两相流浆体管道工程设计，可参照本规程执行。

1.0.3 浆体管道输送工程设计除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行的有关标准、规范、规程的要求。

1.0.4 浆体管道输送工程设计应遵循以下原则：

1 建设规模和使用年限应与所服务的主体工程和项目总体规划相适应；

2 保护环境，节能降耗，节约土地；

3 采用成熟的新技术、新设备、新材料和新工艺；

4 应创建绿色、安全、数字化和智能化的管道工程。

1.0.5浆体管道工程设计，应根据工程规模、设计阶段、项目组成和重要性，宜收集下列基础资料：

1 项目所在地相关法律、法规及发展规划；

2 项目建设相关各种政策、批文、环境影响评价资料等；

3 管道主体及相关工程项目工艺及输送量、工作制度、服务年限等基本资料；

4 输送固体物料及浆体的理化性质和水力输送特性等试验资料；

5 管道首端、终端及沿线各站点供水、供电条件资料；

6 各站场及管道路由地形、地质、气象、水文、交通运输条件资料；

7 工程设施与管线占地、拆迁以及铁路、公路、河流等穿跨越工程相关部门的协议文件资料；

8 工程所在地的基础价格、税费等经济数据和有关经济政策等。

# 2 术 语

1. 首端 Initial Station

浆体管道系统的起始点，包括输送物料制浆及第一座泵站等整体设施。

1. 浆体管道输送 Slurry Pipeline Transportation

以水为介质，利用管道输送固体物料的运输方式，包含各种流态的固液两相流水力输送。

1. 间断输送 Uncontinual Transportation

管道系统非连续输送的一种方式，其工况为浆体的有计划的分期间断输送。

1. 终端 Terminal Station

浆体管道系统的输送终点，包括输送浆体的接收、储存等整体设施。

1. 摩阻损失 Friction Loss

流体在管道中与管壁摩擦产生的阻力损失，包括沿程摩阻损失和局部阻力损失两部分。

1. 密闭输送 Close Transportation

在输送系统中，前一泵站管段的浆体直接进入下一泵站主泵入口端接力输送。

1. 开式输送 Open Transportation

在输送系统中，前一泵站管段的浆体以自由出流形式进入下一级泵站的缓存装置过渡后加压输送。

1. 中间泵站 Booster Pump Station

浆体管道系统的中间接力加压泵站。

1. 加速流 Accelerated Flow

管道下坡段由于流体势能大于阻力损失，管道中流体自动加速形成的真空非满流。

1. 批量输送 Batch Transportation

不同性质的浆体或浆体与清水交替输送。

1. 颗粒级配 Partical Size Distribution

固体颗粒中每种粒径颗粒量的分布比例。

1. 上限粒径 Maximum Partical Size

浆体管道输送允许固体物料的d95粒径。

1. 流变特性 Rheological Properties

浆体剪切速率与剪切力之间的变化关系。

1. 宾汉体 Bingham Fluid

非牛顿流体的一种，当剪切应力超过某值时开始发生剪切变形，剪切力随剪切变形速率呈正变线性变化的流体。

1. 似均质流 Pseudohomogenous Flow

一定粒度、浓度的固液两相浆体，在一定流速时形成的管道断面各点浓度分布基本一致的流态。

1. 临界流速 Critical Velocity

固体颗粒在管道中由沉积状态过渡到完全悬浮状态的最低流速。

1. 消能站 Energy Dissipation Station

利用孔板、阀门和特殊管件，消耗管道多余势能，使管道满管输送，防止加速流和气蚀危害产生的安全防护站场。

1. 势能水头 Potential Waterhead

由管线敷设的地势高差引起的管道高低点断面的静压差。

1. 水击压力 Surge Pressure

密闭管道中流体因流速突然变化所产生的非定常压力。

1. 安全检测环管 Safety Test Loop

设置在首端泵站主泵入口前的检测环管，通过测量仪器仪表，检测进入泵站的浆体的各种特征参数，并可监测管道的磨腐蚀率。

1. 阀站 Valve Station

浆体管道系统线路中，由阀门、电控装置等组成的独立站房。

1. 管道智能系统 Pipeline Intelligent System

基于物联网和智能控制技术，采用计算机辅助设计、整合网络技术、大数据平台，建立浆体管道运行模型，实现管道的数字化巡检、GIS监控、防腐检测与评估、运营动态仿真、测堵测漏与水击安全保护、能耗控制、智能调度生产管理等综合功能的系统。

1. 半工业性环管试验 Semi-Industrial Loop Test

在实验室内以一定比例模型缩小的环管系统中，利用管道工程输送的浆体试样，进行摩阻损失、临界流速和管道操作特性等重要参数的模拟输送试验。

# 3 输送工艺

## 3.1 一般规定

3.1.1 浆体管道输送工程的建设规模和服务年限应通过可行性研究确定，并应与所服务的主体工程相适应。

3.1.2 输送系统的设计输送能力应按年输送量确定，并宜有5%～10%的富余量。

3.1.3浆体管道输送应根据各建设阶段和用户要求选择合适的输送方式。

3.1.4浆体管道输送宜采取定浓度、定流量的方式。

3.1.5 输送工艺系统的流程设计应满足连续、批量、间断输送运行等工况要求，并应根据试验资料或类似系统运行资料选取设计参数。

3.1.6浆体管道多级泵站输送工艺，宜采用密闭输送方式。在中间泵站场站内宜设置开路输送的配套设施。

3.1.7浆体管道输送工艺系统应设置防止管道超压、泄漏、堵管、加速流和气蚀的安全防护设施。

3.1.8首端应设置制浆和冲洗用水的供水设施。

3.1.9首端制浆浓度应不低于设计输送浓度。

## 3.2 管道材料及管径选择

3.2.1管道材料的选择应根据所输送的固体物料和浆体特性、管道设计压力、环境温度等因素，经技术经济比较后确定。

3.2.2浆体输送管道宜采用钢管。

3.2.3磨、腐蚀性较强的浆体输送管道，宜选择钢橡复合管、钢衬陶瓷复合管、钢塑复合管、双金属复合管。

3.2.4管径的选择应结合管道所服务项目的发展规划，依据输送规模、设计流速等水力参数，经技术经济比较后确定。

3.2.5浆体管道的管内径不应小于100mm。

3.2.6 钢管和钢制内衬复合管的尺寸规格应符合现行国家标准《焊接钢管尺寸及单位长度重量》GB/T 21835和《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395的规定，管道的外径和壁厚宜选用通用系列。

## 3.3颗粒级配及浓度选取

3.3.1 输送浆体应有完整的颗粒级配资料，应包含颗粒级配组成、上限粒径、中值粒径和平均粒径等主要数据。

3.3.2浆体输送粒径和浓度应根据浆体输送试验成果和类似工程实践经验综合确定。输送浓度的波动不宜超过±3%。

3.3.3浆体输送设计浓度宜满足首端制浆及终端用户对输送物料的使用要求。

3.3.4首端位于缺水地区的浆体管道输送工艺宜提高浓度进行输送。

# 4 浆体水力计算

## 4.1 浆体流型及流态

4.1.1管道输送浆体宜采用非牛顿宾汉体流型，宾汉体流变参数可根据试验、公式计算及类似运行浆体的流变参数综合分析确定。磨细物料宾汉体流变参数可按本规程附录B计算。

4.1.2管道输送浆体应选取似均质流态，浆体似均质流态判别标准为：

 （4.1.2-1）

式中：

—浆体相对体积浓度，*C*为距管内底0.92D处的体积浓度；

**—为管中心线0.5*D*处的体积浓度；

—物料粒径权重 0.95的相对体积浓度。

 （4.1.2-2）

 （4.1.2-3）

式中：

—物料粒径权重 (以小数计)的相对体积浓度；

—物料粒径的沉速按本规程附录C计算；

—修正卡门常数，=0.36；

—伊斯梅尔系数，=1；

—摩阻流速(m/s)。

摩阻流速按下式计算：

 （4.1.2-4）

按刘德忠公式计算：

 （4.1.2-5）

 （4.1.2-6）

 （4.1.2-7）

 （4.1.2-8）

 （4.1.2-9）

 （4.1.2-10）

 （4.1.2-11）

 （4.1.2-12）

式中：

—浆体设计流速（m/s）；

—达西摩阻系数；

—管道内壁粗糙度（mm），直缝新钢管=0.0508mm～0.0540mm；

—管道内径（m）；

**—宾汉体雷诺数；

—似均质浆体宾汉体刚度系数（Pa·s）；

—似均质浆体密度（kg/m3）；

—水密度（kg/m3）；

—某一粒级浆体体积浓度；

—某一粒级浆体似均质体积浓度；

—某一粒级浆体非均质体积浓度；

—全部浆体似均质体积浓度；

—全部浆体非均质体积浓度。

## 4.2 浆体流量及流速

4.2.1浆体流量及流速可按下列公式计算：

 （4.2.1 -1）

 （4.2.1 -2）

式中：

—浆体体积流量（m3/h）；

—浆体设计流速（m/s）；

—物料质量流量（kg/h）；

—物料密度（kg/m3）；

—浆体重量浓度。

4.2.2浆体管道输送应采用紊流输送，且设计流速应大于临界流速。浆体从层流到紊流的过渡流速可按本规程附录D计算，临界流速可参考本规程附录E计算。

## 4.3 浆体摩阻损失

4.3.1似均质流态浆体管道沿程摩阻损失可按下列公式计算：

 （4.3.1-1）

 （4.3.1-2）

式中：

—浆体密度（kg/m3）；

—浆体管道沿程摩阻损失（mH2O/m）。

4.3.2 达西沿程摩阻系数可根据宾汉体屈服应力大小按下列规定计算：

1当宾汉体屈服应力 条件下，则达西摩阻系数可按公式（4.1.2-5）计算，雷诺数计算中的浆体密度和刚度系数应是全部浆体的密度和全部浆体的刚度系数。

2 当宾汉体屈服应力条件下，范宁沿程摩阻系数和达西沿程摩阻系数λ可按本规程附录D计算。

## 4.4 浆体加速流及消能

4.4.1浆体加速流应按下式判别：

 (4.4.1)

式中：

—起点Ⅰ-Ⅰ断面位能（m）；

—终点Ⅱ-Ⅱ断面位能（m）；

—起点Ⅰ-Ⅰ断面压能浆体水头（m）；

—终点Ⅱ-Ⅱ断面压能浆体水头（m）；

—两断面间沿程摩阻损失（mH2O/m）；

—两断面间距离（m）。

4.4.2浆体管道输送设置孔板消能措施时，同轴管状厚型倒角孔板消能可按下列公式进行水力计算：

 (4.4.2-1)

 (4.4.2-2)

 (4.4.2-3)

式中：

—孔板消能水头 (m)；

—孔板流量消能系数 (h2/m5)；

—孔径比；

—孔口直径(m)。

4.4.3设计孔板消能时孔口流速宜小于30m/s，孔板的孔径比值宜大于0.3，串联孔板间距不应小于6D。

4.4.4浆体管道输送设置缩径消能措施时，可按下列公式进行水力计算：

 (4.4.4-1)

 (4.4.4-2)

式中：

—沿程缩径增阻管道消能水头 (m)；

—沿程缩径增阻管道流量消能系数 (h2/m5)；

—沿程缩径增阻管道达西摩阻系数；

—沿程缩径增阻管道长度(m)。

## 4.5 浆体水击

4.5.1浆体输送管道强度应能承受系统的水击压力。

4.5.2 浆体管道输送水击压力应按管段阀门关闭工况计算。阀门启闭浆体水击压力可按本规程附录F计算。

# 5 浆体制备与储存

## 5.1一般规定

5.1.1 输送系统的前端应设置制浆及调浆系统，制浆系统供应能力不宜小于系统输送能力的1.05倍。

5.1.2 制浆、调浆系统宜根据试验结果进行设置。

5.1.3 浆体制备系统宜设置浆体质量的检测和监控设施。

## 5.2制浆、调浆系统

5.2.1 浆体制备和调质设施宜包括粒度控制设施、浓度控制设施、pH调整设施、溶解氧去除设施。

5.2.2 在浆体管道输送系统的调制或储存设施之前应设安全筛，安全筛设置宜采用高频振动筛。

5.2.3浆体浓度低于输送浓度，宜设浆体浓缩设施，浓缩设施设计应符合下列规定：

1 应满足输送浓度和溢流水水质的要求；

2 浓缩设备的规格和数量应根据试验确定；

3 浓缩设备的排浆底流泵应设调速装置和浓度检测仪表，底流泵的排出管应设置返回浓缩设备的旁路系统。

5.2.4 浆体浓度高于输送浓度，应设置浆体稀释设施。

5.2.5 选用钢制管道，浆体的pH值宜大于7，且冲洗水宜投加除氧剂。

5.2.6 制浆系统中宜设置不合格浆体的回收设施。

## 5.3储浆设施

5.3.1浆体储存设施宜包含合格浆体和不合格浆体的收集、储存和处理设施。

5.3.2浆体储浆设施应设置在工业场地内，并应留有维护空间。

5.3.3 合格浆体的储存容积宜符合下列规定：

1 首端有效容积不宜少于8h的矿浆输送量，储槽数量不宜少于2座；

2 中间场站有效容积不宜小于1h的矿浆输送量；

3 终端有效容积不宜小于上游泵站至终端干线管道容积的总和。

5.3.4浆体储槽应设搅拌装置。

5.3.5储浆设施应提供主泵要求的喂浆压力。

5.3.6安全检测环管应设置在输送主泵喂料之前。

5.3.7输送物料具有磁团聚特性且影响水力输送时，应在首端浓缩设施和安全检测环管之间设置脱磁设备。

# 6 管线

## 6.1管道线路选择

6.1.1管道线路应根据管道工程建设的目的、资源和用户分布，结合沿线城镇、交通、水利、矿产和环境保护的现状及规划，并结合沿途地区的地形、地貌、水文、地质、气象、地震自然条件，通过综合分析和多方案技术经济比较后确定。

6.1.2管道线路选择的原则应符合下列要求：

1线路走向宜顺直平缓，以减少线路长度、提高安全性和节约投资；

2线路选择宜避免经过地形起伏过大地区，以减少泵站数量和加速流的产生；

3线路选择宜减少与天然和人工障碍物的交叉，当必须交叉时，宜垂直交叉，并充分利用现有穿跨越设施，方便施工和管理；

4线路选择宜充分考虑动力、供水、交通等因素。尽量选择水、电等供应较方便和靠近现有交通道路的线路；

5线路不宜通过人口密集的城区、水源一级保护区、机场、火车站、海（河）港码头、军事禁区、国家重点文物保护范围和自然保护区的核心区。当受条件限制必须通过时，应采取有效保护措施并征得有关部门批准；

6线路不宜通过厂矿企业地区、多年生经济作物区和基本农田及设施区域，如必须通过时，应取得相关部门的同意并应符合其规划与发展。

7线路宜避开滑坡、崩塌、沉陷、泥石流、沼泽等地质不良地区、地震烈度大于七度地区的活动断裂带及人口稠密区。当受条件限制必须通过时，应选择其危害程度较小的位置通过，并采取可靠防护措施；

8线路与已建矿浆及回水管道路由大致相同时，宜利用已建管道设施和用地，并行敷设。

6.1.3管道线路与地面建构筑物、电力、通信、公路、铁路，以及其他用途线路平行敷设时，应考虑下列间距要求：

1浆体管线与地面建构筑物的间距要求应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316的相关规定；

2浆体管道与架空输电线路平行敷设时，其距离应符合现行国家标准《66 kV及以下架空电力线路设计规范》GB 50061及国家现行标准《110kV～750kV架空输电线路设计规范》GB 50545的有关规定。管道与干扰源接地体的距离应符合现行国家标准《埋地钢制管道交流干扰防护技术标准》GB/T 50698的有关规定。埋地浆体管道与埋地电力电缆平行敷设的最小距离，应符合现行国家标准《钢制管道外腐蚀控制规范》GB/T 21447的有关规定；

3管线与埋地通信光缆平行敷设时，最小平面间距不宜小于10m。本管线附属的埋地通信光缆，其间距不受此限制，但应满足维修要求；

4管线与铁路并行敷设时，应符合《铁路安全管理条例》相关规定；

5管线与Ⅰ、Ⅱ级公路并行敷设时，管道应敷设在公路用地范围边线以外，管道与公路路肩间距不宜小于10m。对于与受限制公路并行的局部管段，在加强保护措施并征得公路管理部门同意后，可埋设在公路路肩以外的公路用地范围内；

6管线与其它管道并行敷设时，最小间距不宜小于6m，当条件限制不能满足本条要求时，应对已建管道采取加强保护措施。

## 6.2 管道敷设

6.2.1 浆体管道敷设宜采用地下埋设的方式。

6.2.2 浆体管道改变平面走向或纵向坡度时，可采用弹性弯曲管、冷弯管和热煨弯管，并应符合下列规定：

1 在平面转角较小或地形起伏不大的情况下，宜采用弹性弯曲敷设；

2 当采用热煨弯管时，其弯管半径不宜小于钢管外径的5倍，且应满足清管器和检测器顺利通过的要求；

3 当采用冷弯管改变平面走向或纵向坡度时，冷弯管最小弯管半径应符合表6. 2. 2 的要求。

### 表6.2.2 冷弯管的最小弯管半径（mm）

|  |  |
| --- | --- |
| 公称管径DN | 最小弯管半径R |
| ≤300 | 18D |
| 350 | 21D |
| 400 | 24D |
| 450 | 27D |
| 500 | 30D |
| 550≤DN≤1000 | 40D |
| ≥1050 | 50D |

注：D为管外径，弯管两端宜有2m左右的直管段。

6.2.3 埋地管道的埋设深度，应根据管道所经地段的冻土深度、地形和地质条件、地下水深度、地面车辆所施加的载荷及管道稳定性的要求等因素，经综合分析后确定。管顶的覆土层厚度不宜小于0.8m。

6.2.4 管沟沟底宽度应根据管道外径、同沟管道数量、开挖方式、组装焊接工艺及工程地质等因素确定，并应符合下列规定：

1 当深度在5m以内时，沟底宽度应按下式确定：

B=D0+b (6.2.4)

式中：B—沟底宽度（m)；

D0—钢管的结构外径（m），多管同沟敷设时D0取各管道结构外径之和加上管道净间距之和；

b—沟底加宽裕量（m），应按表6.2.4的规定取值。

2 当管沟深度大于或等于5m时，应根据土壤类别及物理力学性质确定管沟沟底宽度；

3 当管沟开挖需要加强支撑时，管沟沟底宽度应考虑支撑结构所占用的宽度；

4 用机械开挖管沟时，管沟沟底宽度应根据挖土机械切削尺寸确定，但不应小于按本规程公式（6.2.4）计算的宽度；

5 管沟沟底应平整，管道应紧贴沟底。

### 表6.2.4 沟底加宽裕量b（m）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 条件因素 | | 沟上焊接 | | | | 沟下手工电弧焊接 | | | 沟下半自动焊接处管沟 | 沟下焊接弯管及碰口出管沟 |
| 土质管沟 | | 岩石爆破管沟 | 热煨弯管、冷弯管出管沟 | 土质管沟 | | 岩石爆破管沟 |
| 沟中有水 | 沟中无水 | 沟中有水 | 沟中无水 |
| b值 | 沟深3m以内 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 1.5 | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 1.6 | 2.0 |
| 沟深3m~5m | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 1.6 | 2.0 |

6.2.5 管沟边坡坡度应根据试挖或土壤的内摩擦角、黏聚力、湿度、密度等物理力学性质确定。

6.2.6 管沟回填土设计应符合下列规定：

1 岩石、卵砾石、冻土段管沟，应在沟底先铺设细土或砂垫层，压实后的厚度不宜小于0.2m；

2 回填岩石、砾石、冻土段的管沟时，应先用细土或砂回填至管顶以上0.3m后，方可用原状土回填，回填土中的岩石和碎石块最大粒径不应超过250mm；

3 管顶和管底用的细土或砂的最大粒径应根据外防腐涂层的类型确定；

4 浆体管道出土端、进出泵站、阀站和固定墩前后段，回填土时应分层夯实；

5 管沟回填后，应恢复原地貌。

6.2.7 当浆体管道一侧邻近冲沟或陡坎时，应对冲沟的边坡、沟底和陡坎采取加固措施。

6.2.8 浆体管道采取土堤埋设时，宜按现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253的相关规定执行。

6.2.9 地上敷设的浆体管道宜采取措施补偿管道轴向变形。

6.2.10 埋地浆体管道同其他埋地管道或金属构筑物交叉时，垂直净距不应小于0.3m，两条管道的交叉角不宜小于30°；管道与电力、通信电缆交叉时，其垂直净距不应小于0.5m。

6.2.11管道跨越或穿越公路及铁路时应符合下列要求：

1 与铁路或公路宜垂直交叉；

2 穿越时，应首先利用已有的桥涵敷设；不能利用已有桥涵时，应设专用的涵管或套管。

6.2.12浆体管道与河流交叉设计时应符合下列要求：

1 与河流宜垂直交叉；

2 跨越河流宜利用已有的桥梁；

3 穿越河流宜敷设于河床稳定层内。

6.2.13 敷设浆体输送管道的隧道应满足管道施工安装及运行维护要求。

6.2.14 浆体输送管道其敷设坡度宜小于浆体颗粒在管内的下滑坡度。

## 6.3 管道防腐与保温

6.3.1 埋地管道外防腐层的性能、等级及外防护层的选用，应根据地质、环境条件需求确定。地上管道防腐层的技术性能应能满足现场环境要求。

6.3.2 浆体管道的内防腐应符合本规程3.2.3与5.2.5条有关规定。

6.3.3钢制浆体管道的外防腐宜采取外防腐层与阴极保护联合控制措施。

6.3.4 相邻并行的任一管道受到干扰影响时，不宜采取联合阴极保护措施。需要进行联合保护的，应在并行段两端受干扰的管道上采取绝缘隔离措施。

6.3.5 寒冷地区架空管道经热工计算温降过大或可能冻结时，应设置保温设施。

6.3.6浆体管道的保温层应符合现行国家标准《埋地钢质管道防腐保温层技术标准》GB/T 50538 的有关规定。

## 6.4 管道的连接与试压

6.4.1 管道的连接方式应根据管道的材质、管径、输送压力采用焊接连接、法兰连接、柔性管接头连接、承插口连接。

6.4.2浆体管道应进行压力试验，压力试验包括强度试验和严密性试验。

6.4.3 壁厚不同的管段宜分段试压，并应减少分段。

6.4.4 用于更换现有管道或改线的管段，在同原有管道连接前应单独试压，试验压力不应小于原管道的试验压力。同原管道连接的焊缝，应按规定进行100% 射线和100% 超声波无损检测。

6.4.5浆体输送系统的工艺设备和管线应单独进行试压，不同压力等级的管道系统应分别试压。

6.4.6 试压介质应采用无腐蚀性的清洁水。

6.4.7浆体管道强度试验和严密性试验应符合下列规定：

1浆体管道一般地段的强度试验压力不应小于管道设计内压力的1.25倍，通过人口稠密区的管道强度试验压力不应小于管道设计内压力的1.5倍；管道严密性试验压力不应小于管道设计内压力。强度试验持续稳压时间不应小于2h；当无泄漏时，可降低压力进行严密性试验，持续稳压时间不宜小于24h；

2 浆体输送泵站内管道及设备的强度试验压力不应小于管道设计内压力的1.5倍，严密性试验压力不应小于管道设计内压力。强度试验持续稳压时间不应小于1h；当无泄漏时，可降低压力进行严密性试验，持续稳压时间不应小于24h；

3 强度试验时，管线任一点的试验压力与静水压力之和所产生的环向应力不应大于钢管的0.9倍的最小屈服强度；

4 管道强度试验和严密性试验升压过程及合格条件应符合现行国家标准《矿浆管线施工及验收规范》GB50840 的相关规定。

6.4.8 分段试压合格的管段相互连接的接口焊缝，应进行100%射线和100%超声波无损检测，全线接通后可不再进行试压。

## 6.5管线附属工程

6.5.1 浆体管线穿跨越大型河流、湖泊、水源保护区和人口密集的重要城镇时，宜设置线路截断阀。

6.5.2 阀站应设置在不受地质灾害及洪水影响、交通便利、检修方便的位置，并应设阀室和安防设施。

6.5.3 截断阀宜选用全通径球阀或旋塞阀，阀门执行机构宜采用远程自动控制。

6.5.5管道沿线宜设置里程桩、标志桩、转角桩、阴极保护测试桩和警示牌等永久性标志，管道标志的标识、制作和安装参照现行行业标准《管道干线标记设置技术规定》SY/T6064的有关规定。

6.5.6 当管道采用地上敷设时，应在行人较多和易遭车辆碰撞的位置，设置标志并采取相应保护措施，标志应采用具有反光功能的涂料涂刷。

6.5.7管线在下列情况下宜设置锚固墩：

1 管道进、出场站处；

2 管道敷设长陡坡地段；

3 管道大型跨越两端、管道出入土端以及干线管道变径处。

6.5.8锚固墩宜为钢筋混凝土结构。

6.5.9 管道同锚固墩构件之间应设置良好的电绝缘设施。

6.5.10管线穿越土质河床及表面砂砾层较厚的河床时应设置配重块，配重块宜为混凝土结构。配重块设置应符合下列规定：

1 配重块埋深均在河流冲刷线以下；

2 配重块可采用马鞍型型式，间距宜小于50cm。

## 6.6管线水工保护

6.6.1 管线水工保护设计应符合区域性水土保持规划的要求，管道通过以下地段时应设置水工保护设施：

1 采用开挖方式穿越河流、沟渠段；

2 顺坡敷设和沿横坡敷设段；

3 通过田坎、地坎段；

4 通过不稳定的边坡和危岩段。

6.6.2 管线水工保护设计应在详细研究分析、调查管线沿途水文、气象、地形地貌及地质勘察等技术基础设计资料上进行；

6.6.3 水工保护工程措施应适应地形地貌的特点，宜采用柔性植物防护措施，并利于地貌恢复和水土保持；

6.6.4 水工保护设计应采取工程措施和生态措施相结合，永久措施和临时措施相结合，直接工程和间接工程相结合的方式。

# 7 浆体输送泵站

## 7.1一般规定

7.1.1泵站的总体布置应根据厂址的地形、水文、地质、交通、气候、环境等条件，结合输送物料上游生产工艺、配套设施，做到布置合理、便于施工、运行安全、管理方便、投资节省。

7.1.2浆体输送泵站位置的选择，应根据下列基本要求，通过技术经济比较确定：

1 有良好的工程地质条件；

2 施工、运行和维护方便；

3泵站的地坪标高应高出50年一遇的洪水位0.5m；

4 设置多级泵站时，中间泵站的位置应结合泵站处的地形、地质情况及交通、供水、供电等条件确定，并考虑泵、管道等设备的经济使用压力。

7.1.3浆体输送泵站的数量应根据不同工况的水力计算结果确定。

7.1.4浆体输送泵根据输送物料特性、浆体特性、流量、压力、运行维护等因素进行选择，应选用节水、节能型泵。同一管道系统宜选用同一种类型的泵。

7.1.5首端宜设于产区、转运站、矿山洗选厂等输送物料集中区域。当输送物料来源地较分散时，选址宜考虑物料的集运、转运交通便利。

## 7. 2 设备选择

7.2.1输送主泵的工作压力宜按批量输送、间断输送、连续输送及必要的事故应急进行核算确定。

7.2.2加压泵站的主泵选型应考虑泵的冲洗水和水封水对浆体浓度的稀释造成的影响。

7.2.3浆体输送主泵采用容积式泵时，每分钟冲程次数宜小于50次。

7.2.4输送主泵应设置备用泵，按泵的故障率和检修时间确定备用台数。泵的备用宜符合表7.2.4的规定。

### 表 7.2.4备用泵台数表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工作泵台数 | 泵的备用台数 | | | | |
| 隔膜泵 | 柱塞泵 | 活塞泵 | 油隔离泵 | 水隔离泵 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1-2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 2-3 | 3 |
| 4~6 | 1~2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

7.2.5 输送主泵应设调速装置。

7.2.6 管道起始端应设置清管器投入装置，管道末端应设置清管器的接收装置。

7.2.7 容积泵出口端主管道上应设超压保护装置和脉动缓冲装置。

7.2.8 主泵扬程应大于浆体管道输送所需的总扬程，总扬程可按下式计算：

 （7.2.8-1）

离心式泵的总扬程可按下列公式计算：

 （7.2.8-2）

 （7.2.8-3）

容积式泵的总扬程可按下式计算：

 （7.2.8-4）

式中： ——浆体管道输送总扬程（kPa）；

——扬送浆体的几何高度（m）；

 ——浆体密度（t/m3）；

 ——水密度（t/m3）；

 ——管道长度（m）；

 ——管道沿程摩阻损失（mH2O/m）；

 ——管道局部摩阻损失（kPa），可按管道沿程摩阻损失压力的5%～10%计；

 ——泵站内管道零件摩阻损失（kPa），可计算确定或每座泵站取30kPa～50kPa；

 ——终端剩余扬程kPa，每个排出口可取30kPa～ 50kPa；

——主泵输送浆体时的总扬程（kPa）；

——主泵扬送清水时扬程（kPa）；

——主泵输送浆体的扬程降低率；

——主泵磨蚀后扬程折减率，取值范围0.85～0.98；

——浆体重量浓度；

——泵的额定压力（kPa）；

——泵的压力富裕系数，容积式泵取值范围0.75～0.95。

7.2.9 离心式矿浆泵配用的电机功率可按下式计算：

 （7.2.9-1）

容积式矿浆泵配用的电机功率可按下式计算：

 （7.2.9-2）

式中：——泵所需电机功率（kW）；

——电机功率富裕系数 取1.1~1.2；

——泵输送浆体的计算流量（m3/s）；

——机组的传动效率，联轴器传动取1.0，三角皮带传动取0.95～0.96，齿轮传动取0.97～0.98；

——泵扬送清水时效率；

——泵容积效率，按制造厂提供的数值采用或取0.85～0.90；

 ——机械总效率，可取0.94。

## 7. 3 泵站配置

7.3.1 泵站平面布置应符合下列要求:

1 主泵基础间的距离不小于2.5m；

2 主泵机组超出基础部分的周围净宽度不小于1.5m；

3 辅助设备之间及其周围的净宽度不小于1.0m；

4 低压配电设备前的通道宽度不小于1.5m；

5 泵站应设检修场地。

7.3.2 泵站内应设起重设施，起重设备型式应满足安装和检修要求，起重量应按最大吊装部件重量确定。

7.3.3 泵站主跨的净高度应按起吊物底部与跨越物顶部之间的距离不小于0.5m确定，但不应小于4.5m；偏跨的净高度不应小于3.0m。

7.3.4 泵站主跨的大门尺寸宜按汽车运载最大设备或部件直接进入的要求确定。

7.3.5 泵站内泵、管道及阀门的布置应符合下列要求：

1 阀门的设置地点应考虑操作及检修方便，当阀门高出地面1.7m以上时，应设置操作平台；

2 管道配置应简洁；

3 管道应设置在地面或平台上，管壁与地面、墙壁间的净距不应小于0.3m，管道有碍通行时，应设跨越管道的走台；

4 管道的最低段宜设放空阀；

5 管道不宜在电气设备上方通过；

6 管道及阀门应设置必要的支撑设施。

## 7.4辅助设施

7.4.1浆体输送泵站应设置事故池及事故池清空设施。

7.4.2 输送系统应设置冲洗水设施。

7.4.3 泵站厂区内宜设置材料库、备品备件库、化学药剂库、维修站和生活设施，并应有足够的检修场地。

# 8 浆体接收及消能设施

## 8.1一般规定

8.1.1 浆体接收工艺应根据后处理系统及用户的产品需求，合理确定。

8.1.2终端浆体管道上宜装设计量装置和质量检测设施。

8.1.3 管道设计时应设置防止加速流和气蚀产生的消能设施。

## 8.2接收工艺及设施

8.2.1 浆体接收工艺宜设置浆体储槽、储水池及清管器接收装置。

8.2.2 管道终端宜设排入浆体储槽、储水池的接口，并具备自动切换功能。

8.2.3 浆体接收储槽宜与首端浆体储槽相同，并应设搅拌装置。

8.2.4 用于储存清水的储水池宜与场站内的其它水池统筹规划，联合建设。

## 8.3消能设施

8.3.1 浆体管道的消能方式应通过技术经济综合比较后确定，加速流防治的消能方式宜采用缩径消能、孔板站消能、调节阀消能、跌坎消能及组合消能。

8.3.2 消能站宜布置在管道终端，消能站内宜设置固定孔板和可调孔板集中消能。

8.3.3 浆体管道消能站内应设置超压保护和冲洗水装置。

# 9 智能化与信息化

## 9.1 一般规定

9.1.1 浆体管道输送应设置计算机控制系统，在计算机控制系统的组态界面上自动或手动控制整个管道输送过程。

9.1.2 浆体管道输送宜采用智能型检测仪表监测管道的运行情况，并将检测数据实时传输至计算机控制系统。

9.1.3 监测仪表和控制系统设备选型应统一，关键仪表宜有备用。

9.1.4 泵房宜设置控制室、机柜室及电源室。

9.1.5 管线沿途宜设置压力监测站，设置间隔宜小于20km。压力监测站内宜设置压力传感器、仪表阀、通信及供电装置，在管线关键位置的压力监测站内宜设置就地显示和远传显示控制。

## 9.2 智能仪表检测与数据采集系统

9.2.1 泵房仪表检测宜包括下列内容：

1浆体储槽液位、温度及pH值检测；

2喂料泵进、出口压力检测；

3喂料泵出口总管浆体流量、浓度及粒度检测；

4主泵吸入和排出压力检测；

5主泵出口总管浆体压力检测。

9.2.2 压力监测站应采用隔膜式压力变送器，重要位置宜设置冗余压力监测仪表；

9.2.3 终端设施仪表监测宜包括总管的压力、浓度、流量。

9.2.4 仪表检测信号宜采用光纤传输至计算机控制系统。

## 9.3 智能控制与信息化

9.3.1 浆体管道输送控制宜设置管道智能系统。

9.3.2 管道系统宜采用集中控制。

9.3.3 浆体管道输送宜设置管道测堵、测漏系统。

9.3.4 长距离管道输送宜设置系统异常工况报警和紧急事故的自动停运控制装置。

9.3.5 终端、阀站、压力监测站等管线附属工程宜采用冗余光纤接至计算机控制系统。

9.3.6 在外部管线一些重要点、易泄漏点应设置视频监控系统，视频信号通过光纤传输至控制室的视频管理站。

9.3.7 管道输送系统的通信设施宜具有调度电话、行政电话、巡线及应急通信和数据通信等功能。

9.3.8 管线的巡线维修和事故抢修的通信宜设置无线移动式装置。

9.3.9 通讯和数据传输方式应结合控制系统的要求确定，并应符合相关规定：

9.3.10 计算机控制系统应预留信息化建设所需的数据接口。

9.3.11 信息化建设内容宜包括文件管理系统、信息管理系统、信息数据库、EPR系统及工程管理报表系统。

# 10 安全、环保与节能

## 10.1 安全

10.1.1 泵站高压管道不应靠近人行道和重要设备。

10.1.2 控制系统应设置联锁装置。

10.1.3 设备的转动部分应设置可靠的防护装置。

10.1.4 泵站内平台、走桥、坑等应设置防护栏杆或盖板。

10.1.5 建筑防火设计按照《建筑设计防火规范》GB50016的有关规定实行。

10.1.6 管道系统的安全设计按照《工业金属管道设计规范》GB50316的有关规定实行。

## 10.2 环保

10.2.1事故池应设置清理设施，池内浆体应及时清理，不得外泄。

10.2.2 工艺系统中管道、输送设备的冲洗废水、事故状态下的溢流矿浆应排入储槽或事故池。生活污水应集中处理，达标后回用或外排。

10.2.3 设备选型应优先采用低噪音设备，噪声源应采取消声、隔音、减振措施。

10.2.4 输送泵站内的集中控制室宜采取隔音措施。

10.2.5 管道系统内应监控放射性装置和设备。

## 10.3 节能

10.3.1浆体管道输送工艺流程宜简化。

10.3.2设备、管道应选用节能型产品。

10.3.3 主输送泵宜采用变频调速。

# 11 配套设施

## 11.1 一般规定

11.1.1 浆体管道的配套设施宜与所服务的主体工程统一设置。

11.1.2配套设施的设计规模应与管道输送工艺相适应。

11.1.3配套设施除应满足工艺要求外，尚应符合国家现行相关规定。

## 11.2 总图与道路

11.2.1 站址选择及总图布置应满足浆体管道输送工艺流程和管理的要求，布置紧凑、减少占地。

11.2.2 站区内各建筑物间应满足防火间距以及设备运输和管线布置的要求。

11.2.3站外管线生产监测和维护抢修的道路应利用地区现有道路。新建道路不宜低于四级厂外道路。站内道路宜采用中级路面。

## 11.3 土建

11.3.1 土建工程应满足管道输送工艺的要求。

11.3.2 建筑抗震应按相关规定设防。大功率机泵应考虑减震和消声等措施。

11.3.3 大型跨越工程宜采用悬缆管、斜拉管、悬索管桥和其他形式管桥；中型跨越工程宜采用拱管、轻型托架与桁架管桥；小型跨越工程宜采用梁式管、拱管、八字刚架式与复壁管。

## 11.4 给水排水、采暖通风与消防

11.4.1 管道系统给水应利用所服务主体工程的给水设施或当地给水设施。无条件时，宜就近自建给水设施。

11.4.2 浆体管道各泵站宜设置分段冲洗的储水池，中间泵站应设置可容纳1～2倍下一管段冲洗所需水量的储水池。

11.4.3设备冷却水应循环使用。循环冷却水系统处理应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T 50050和《工业循环水冷却设计规范》GB/T50102的相关规定。

11.4.4 站区污水处理方案应根据污水水质确定处理工艺，处理后宜回用，当排放时应符合现行国家相关标准。

11.4.5 站区建筑物的采暖通风和空气调节设计应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019和《泵站设计规范》GB 50265的相关规定。

11.4.6 站区应设置消防设施，其设计应符合现行国家标准。

## 11.5 供配电

11.5.1 首端、中间泵站、阀站及终端供电电源的可靠性应与所服务的部门或主体工程中供给输送物料的主要车间的电源可靠性相同。应设保安电源或不间断电源(UPS)，提供紧急照明、报警和关键控制仪表的用电。

11.5.2 浆体管道系统的首端、中间泵站、阀站和终端的电源宜利用主体工程或地区的电力系统供电。无可利用电源时，可设自备电源或单独建设专用供电线路和变电站供电。

11.5.3变配电站的电压和设备供电电压宜符合下列规定：

1 变配电站的电源电压为6 kV～35kV；

2 主泵供电电压为10kV、6kV或380V；

3 其他辅助设施用电电压为380V和220V。

# 12 试验及其数据应用

## 12.1 一般规定

12.1.1浆体管道工程的主要设计参数，应由基础试验和半工业环管试验确定。

12.1.2 浆体管道工程主要设计参数如下：

1 物料基础特性：

物料密度（比重）、颗粒形状系数、物料硬度、物料化学成份及腐蚀特性；

2浆体的基础特性：

颗粒级配、浆体浓度、浆体沉降速度、浆体极限浓度、沉积板结性、浆体pH值、浆体流变特性（粘度或刚度系数、屈服切应力）、水和土壤的pH值及离子含量、浆体安息角和滑移角、浆体比热与导热系数；

3 管道输送工程设计参数：

管道临界流速、管道摩阻损失、管道磨蚀率和腐蚀率、管道中浆体温度、管道停输和再启动性能、管道沿线土壤电阻率、浆体泥化特性、管道加速流和水击的压力变化。

12.1.3浆体管道基础试验和半工业环管试验项目应按本规程附录A进行。

12.1.4 当在条件限制下不可能取得与被输送物料相同的物料与浆体时，可用代用的物料与浆体进行试验，代用物料和浆体的主要特性应与待输送的物料和浆体相近。

## 12.2 基础试验

12.2.1 各种试样均应按取样标准取样，并应具有充分的代表性。试样包括待输送的固体粒状物料试样、制浆用水试样及制出的浆体试样。

12.2.2 粒状物料和浆体的特性参数在实验室内用基础试验测定。测定的方法应参照有关标准选取，基础试验应做到使用仪表简单、方法简便、数据精准。

12.2.3对实验室基础试验，固体物料的取样数量不少于20kg，水样的取样数量不少于20L。

12.2.4 固体粒状物料和浆体的特性参数试验可用表12.2.4所列试验方法测定：

### 表12.2.4 固体粒状物料和浆体的特性参数试验方法

| 测定项目 | 试验方法 |
| --- | --- |
| 固体粒状物料 | |
| 密度 | 比重瓶法或密度计 |
| 颗粒级配 | 筛分法、水析法和激光分析仪法 |
| 颗粒形状系数 | 扫描电镜或显微镜观测法 |
| 硬度 | 硬度计法 |
| 化学成份 | 化学分析法 |
| 颗粒沉降速度 | 沉降法 |
| 浆体及其介质 | |
| 水的pH值 | pH计法 |
| 水的离子含量 | 化学分析法 |
| 浆体浓度 | 体积重量法 |
| 浆体安息角及滑移角 | 斜管沉降法 |

续表 12.2.4

|  |  |
| --- | --- |
| 测定项目 | 试验方法 |
| 浆体极限浓度 | 静置沉降法 |
| 流变特性 | 毛细管或旋转粘度计法 |
| 沉积板结性 | 穿透试验法 |
| 浆体腐蚀率 | 腐蚀测量计法 |

## 12.3半工业环管试验

12.3.1 半工业环管试验的各输送设计参数可用表12.3.1所列方法测定：

### 表12.3.1 输送设计主要水力参数测定方法

|  |  |
| --- | --- |
| 输送设计参数 | 测定方法 |
| 流量 | 容积法或流量计法 |
| 流速 | 按流量测定值换算 |
| 管道临界流速 | 透明管观察法或测淤传感器法 |
| 管道摩阻损失 | 压差法 |
| 管道磨蚀率 | 短管失重法 |
| 浆体温度 | 温度计法 |
| 管道停输和再启动性能 | 带浆重启参数测定法 |
| 管道沿线土壤电阻率 | 电导仪法 |

12.3.2 管道输送设计参数的半工业环管试验，环管的规格应不少于3种。试验用最大管径宜大于工程设计管径的1/2。有条件进行工业性试验时宜用与设计管径相同管道进行环管试验。

12.3.3环管试验用管道材质、粗糙度等宜与工程设计管道一致。

12.3.4 环管试验中浆体试样不断循环使用时，应定期检测试样的粒度分布，如其中粒状物料产生细化，应及时进行浆体试样的更换。

12.3.5 环管试验应考虑温度的影响。

12.3.6 环管试验中测定磨蚀率时，宜采取除氧措施，准确地模拟工程管道运行时的磨蚀条件。

## 12.4 试验数据的应用

12.4.1 半工业环管试验所取得的临界流速，管道摩阻损失和管道磨蚀率等工艺参数，须进行模型放大，放大到设计工程设计管径下的参数方可采用。

12.4.2 工程管道壁厚设计时，应计算浆体磨蚀率，环管试验中测定短管失重磨蚀率时，宜提供稳定工况阶段的磨蚀率作为设计参数。

# 附录A 浆体管道输送试验项目

### 表A 浆体长距离管道输送试验项目表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 试验内容 |
| 1 | 水特性 | 总酸度、总碱度、CO32-、HCO3-、S2-，Ca2+，Mg2+，SO42-，Ce-，K+，Na+，DO，pH值 |
| 2 | 物料特性 | 比重，粒径及分布，硬度，化学成分 |
| 3 | 浆体特性 | 沉降，极限浓度，流变参数，pH值 |
| 4 | 管道特性 | 临界流速，阻力损失，最佳浓度，最佳管径等 |
| 5 | 操作特性 | 停车启动流速，极限坡度 |
| 6 | 磨腐蚀特性 | 确定管道年磨腐蚀率 |
| 注：1 表中1、2、3项需矿样少，试验规模小，称基础试验；  2 表中4、5、6项需矿样多，试验规模大，称半工业环管试验。 | | |

# 附录B 牛顿体与宾汉体流变参数费祥俊计算公式

B.0.1 已知物料粒度组成条件和权重(小数)，计算牛顿体粘度。根据物料粒度组成条件按表B中(B.1)式和(B.2)式计算物料极限体积浓度和牛顿体与宾汉体分界浓度，当时，按表B中(B.3)式即可计算出牛顿体粘度。

B.0.2 当为非牛顿宾汉体，可按表B中(B.4)式计算出屈服应力，可按表B中(B.5)式计算出刚度系数。

### 表B 牛顿体与宾汉体流变参数费祥俊计算公式表

| 流型 | 参数名称 | 经验公式 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| 特征  浓度 | 极限体积  浓度 | (B.1) | (小数)粒级权重 |
| 牛顿体与宾汉体分界浓度 | (B.2) | 矿浆  煤浆 |
| 牛顿体 | 牛顿体粘度 | (B.3) | 水粘度  20℃ |
| 非牛顿  宾汉体 | 宾汉体  屈服应力 | (B.4) | 矿浆B=8.45  煤浆B=6.87 |
| 宾汉体  刚度系数 | (B.5)  (B.6) | 为系数 |
| 注：在di 粒径中需有d5(mm)、d10(mm) 以下的数值 | | | |

# 附录C 物料颗粒沉速刘德忠计算公式

C.0.1己知物料粒径**、物料密度、浆体密度、宾汉体刚度系数、重力加速度，计算该粒径沉速。

首先根据物料密度、浆体密度、宾汉体刚度系数、重力加速度己知条件，按表C中(C.1)式和(C.3)式计算出物料标准度量粒径和物料标准度量沉速。再按表C中(C.2)式和(C.4) 计算出颗粒粒径数和颗粒沉速数，其中物料粒径数是已知条件，再按表C中(C.5)式计算出颗粒沉速数，根据表C中(C.6)式计算出该粒径沉速。

**C.0.2**同理，若己知物料颗粒沉速，根据表C中(C.4)式得出颗粒沉速数，按表C中(C.7)式计算出物料颗粒粒径数，根据表C中(C.8)式计算出物料粒径。

C.0.3 物料颗粒雷诺数应按表C中(C.9)式计算。

### 表C 物料颗粒沉速刘德忠计算公式表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数名称 | 计算公式 | 符号说明 |
| 标准度量  粒径 | (C.1) | 物料密度(kg/m3)  似均质密度(kg/m3)  刚度系数(Pa·s)  重力加速度(m/s2)  标准度量粒径(m) |
| 颗粒  粒径数 | (C.2) | 粒径(m)  无因次粒径数 |
| 标准度量  沉速 | (C.3) | 标准度量沉速(m/s) |
| 颗粒  沉速数 | (C.4) | 沉速(m/s)  无因次沉速数 |
| 己知  求 | (C.5) |  |
| 求沉速 | (C.6) |  |
| 己知  求 | (C.7) |  |
| 求粒径 | (C.8) |  |
| 颗粒  雷诺数 | (C.9) | 无因次雷诺数 |

# 附录D 宾汉体汉克斯过渡流速及摩阻系数计算公式

D.0.1已知宾汉体屈服应力**和刚度系数**、浆体密度、管道内径条件，计算过渡流速**。

根据已知条件按表D中(D.1)式计算赫氏数*He*，根据表D中(D.3)式、(D.4)式计算过渡临界雷诺数**，再按表D中(D.5)式即可计算出过渡流速**。

D.0.2层流范宁摩阻系数可按表D中(D.6)式计算。

D.0.3 紊流范宁摩阻系数计算，设按(D.13)计算，使等于或近似等于设计雷诺数Re值，再按表D 中(D.8)式得出范宁摩阻系数。

D.0.4 已知范宁摩阻系数计算达西摩阻系数可按表D中(D.7)式计算。

### 表D 宾汉体汉克斯过渡流速及摩阻系数计算公式表

| 流态 | 参数  名称 | 计算公式 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| 过渡雷诺数  ReBC | 赫氏数 | （D.1） | 屈服应力(Pa)  刚度系数(Pa·s)  浆体密度(kg/m3)  管内径(m) |

续表 D

| 流态 | 参数  名称 | 计算公式 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 过渡时管壁切应力系数 | （D.2）  （D.3） | 过渡管壁切应力(Pa)  无因次数  过渡应力系数 |
| 过渡临界雷诺数 | （D.4） | 无因次数 |
| 过渡流速 | （D.5） | 过渡流速(m/s)。 |
| 层流区  Re≤ReBC | 范宁  摩阻  系数 | （D.6） | 范宁摩阻系数。 |
| 紊流区  Re＞ReBC | 范宁  摩阻  系数  f | （D.7）  （D.8）  设  （D.9）  （D.10）  （D.11）  （D.12）  （D.13）（D.14）  （D.15） | 达西摩阻系数；  过渡临界范宁  摩阻系数；  应力系数；  过渡系数；  设定系数；  系数；  系数；  修正卡门常数, K=0.36 |

# 附录E 浆体临界流速计算公式

### 表E 浆体管道临界流速计算公式表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公式  名称 | 计算公式 | 说明 |
| 刘德忠  公式 | (E.1) | 似均质中加权平均沉速(m/s)；  水中加权平均沉速(m/s)。 |
| E.J.瓦斯普公式 | (E.2) | 权重0.85粒径 (m)。 |
| 费祥俊  公式 | (E.3) | 权重0.90粒径 (m)。 |

# 附录F 浆体水击计算公式

F.0.1浆体水击波在浆体管道中传播速度按表F (F.1) 式计算。

F.0.2浆体水击波相长按表F (F.2) 式计算，浆体水击波周期按表F (F.3) 式计算。

F.0.3阀门关闭浆体水击升压系数按表F (F.4) 式连锁方程计算。

F.0.4阀门开启浆体水击降压系数按表F (F.8) 式连锁方程计算。

### 表F 浆体水击计算公式表

| 参数名称 | 计算公式 | 符号说明 |
| --- | --- | --- |
| 水击波  传播速度 | (F.1) | —水弹性模量(Pa) ；  —钢管弹性模量(Pa)；  —物料弹性模量(Pa)；  —钢管壁厚(mm)；  —管壁中心直径(m)。 |
| 水击波  相长 | (F.2) | —浆体水击相长(s)；  —浆体管道长度(m)；  —水击波速(m/s)。 |
| 水击波  周期 | (F.3) | —水击周期(s)。 |

续表 F

| 参数名称 | 计算公式 | 符号说明 |
| --- | --- | --- |
| 阀门关闭水击升压连锁方程 | (F.4) | —阀门初始开度；  —第1相末开度；  —第2相末开度；  —第n相末开度。 |
| 阀门开度 | (F.5) | —全开面积 (m2)；  —关闭面积 (m2)。 |
| 管道特性系数 | (F.6) | —恒定流最大初始流速 (m/s)；  —重力加速度(m/s2) |
| 相末相对升压系数 | (F.7) | —水击水头(m)；  —恒定流最大初始水头 (m)； |
| 阀门开启水击降压连锁方程 | (F.8) |  |
| 相末相对降压系数 | (F.9) |  |
| 注：1 弹性模量：水、钢管、  精矿、煤；  2. 钢管管壁中心径：；  3. 阀门开度：全开 ，全关 部分关或开：。 | | |

# 本《规程》用词说明

1 为便于执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

《工业金属管道设计规范》GB 50316

《焊接钢管尺寸及单位长度重量》GB/T 21835

《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395

《输油管道工程设计规范》GB 50253

《66 kV及以下架空电力线路设计规范》GB 50061

《110kV～750kV架空输电线路设计规范》GB 50545

《埋地钢制管道交流干扰防护技术标准》GB/T 50698

《钢制管道外腐蚀控制规范》GB/T 21447

《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448

《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》SY/T 0017

《埋地钢质管道防腐保温层技术标准》GB/T 50538

《矿浆管线施工及验收规范》GB50840

《Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries》ASME B31.4

《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268

《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974

《建筑结构荷载规范》GB50009

《建筑设计防火规范》GB50016

《油气输送管道跨越工程设计标准》GB/T 50459

《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T 50050

《工业循环水冷却设计规范》GB/T50102

《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962

《污水综合排放标准》GB8978

《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019

《泵站设计规范》GB 50265

《水煤浆试验方法》GB/T18856

《土工试验方法标准》GB/T50123

**中国工程建设标准化协会标准**

浆体长距离管道输送工程

设 计 规 程

CECS 98:XX

条文说明

（征求意见稿）

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc3464334)

[3 输送工艺 1](#_Toc3464335)

[3.1 一般规定 1](#_Toc3464336)

[3.2 管道材料及管径选择 1](#_Toc3464337)

[3.3颗粒级配及浓度选取 1](#_Toc3464338)

[4 浆体水力计算 1](#_Toc3464339)

[4.1 浆体流型及流态 1](#_Toc3464340)

[4.2 浆体流量及流速 1](#_Toc3464341)

[4.3 浆体摩阻损失 1](#_Toc3464342)

[4.4 浆体加速流及消能 1](#_Toc3464343)

[4.5 浆体水击 1](#_Toc3464344)

[5 浆体制备与储存 1](#_Toc3464345)

[5.1一般规定 1](#_Toc3464346)

[5.2制浆、调浆系统 1](#_Toc3464347)

[5.3储浆设施 1](#_Toc3464348)

[6 管线 1](#_Toc3464349)

[6.1管道线路选择 1](#_Toc3464350)

[6.2 管道敷设 1](#_Toc3464351)

[6.3 管道防腐与保温 1](#_Toc3464352)

[6.4 管道的连接与试压 1](#_Toc3464353)

[6.5管线附属工程 1](#_Toc3464354)

[6.6管线水工保护 1](#_Toc3464355)

[7 浆体输送泵站 1](#_Toc3464356)

[7.1一般规定 1](#_Toc3464357)

[7. 2 设备选择 1](#_Toc3464358)

[7. 3 泵站配置 1](#_Toc3464359)

[7.4辅助设施 1](#_Toc3464360)

[8 浆体接收及消能设施 1](#_Toc3464361)

[8.1一般规定 1](#_Toc3464362)

[8.2接收工艺及设施 1](#_Toc3464363)

[8.3消能设施 1](#_Toc3464364)

[9 智能化与信息化 1](#_Toc3464365)

[9.1 一般规定 1](#_Toc3464366)

[9.2 智能仪表检测与数据采集系统 1](#_Toc3464367)

[9.3 智能控制与信息化 1](#_Toc3464368)

[10 安全、环保与节能 1](#_Toc3464369)

[10.1 安全 1](#_Toc3464370)

[10.2 环保 1](#_Toc3464371)

[10.3 节能 1](#_Toc3464372)

[11 配套设施 1](#_Toc3464373)

[11.1 一般规定 1](#_Toc3464374)

[11.2 总图与道路 1](#_Toc3464375)

[11.3 土建 1](#_Toc3464376)

[11.4 给水排水、采暖通风与消防 1](#_Toc3464377)

[11.5 供配电 1](#_Toc3464378)

[12 试验及其数据应用 1](#_Toc3464379)

[12.1 一般规定 1](#_Toc3464380)

[12.2 基础试验 1](#_Toc3464381)

[12.3半工业环管试验 1](#_Toc3464382)

[12.4 试验数据的应用 1](#_Toc3464383)

# 1 总 则

1.0.1 本条说明制定本规程的目的。

1.0.2 本条说明了本规程的适用范围，由于浆体长距离管道输送物料种类和范围不断扩展，浆体流变特性越来越复杂，本规程修订后将适用于各类长距离固液两相流输送的似均质流体，对于膏体输送可参照本规程执行。

1.0.4 本条说明了浆体长距离管道工程设计应遵循的主要原则，浆体管道与其它运输工程一样，应符合国家节能降耗、生态环保的新时代中国发展理念，浆体管道工程应积极吸收和融入“四新”成果，充分利用智能化和信息化技术，创建绿色、安全、数字化和智能化的管道。

1.0.5 本条规定是参考了我国目前石油天然气长输管道工程设计建设所需工程资料，同时借鉴了我国自主设计建造的大型浆体管道工程设计所收集的工程资料。当浆体管道工程规模较小或作为其它主体项目的配套工程时，收集与项目主要相关的资料即可。

# 3 输送工艺

## 3.1 一般规定

3.1.1 浆体管道输送方式是在与其它运输方式比较择优的基础上确定的。管道工程的建设规模和服务年限是影响系统经济效益的主要因素，尤其作为单独的综合运输项目立项时，应根据输送物料的品种、产量及其逐年变化情况，在技术经济比较的基础上确定合理的建设规模和适当的服务年限，使系统既满足运量的要求，又能充分发挥效能。当作为主体工程的配套输送项目建设时，其建设规摸和服务年限应与主体工程协调一致。

3.1.2 连续输送系统输送能力宜有5%～10%的富余量。输送系统能力所留的富余量可以采取增加设计流量或增大输送浓度两种方式处理。采取增大输送浓度方式时不宜超过3%。

3.1.3 当输送系统为主体工程的配套输送项目时，应考虑与所服务的主体工程非达产期、达产期相适应。达产期宜采用连续输送方式，非达产期可采用批量或间断输送方式。管道终端用户对输送物料用量要求通常也有一定的波动性，如终端用户定期或不定期检修维护，规律性增加或减少产量等工况，也会要求管道相应调整运行制度和输送模式。

3.1.4 定流量、不定浓度输送方式，输送浓度允许在较大范围内变化，输送水力参数值变化范围也很大，必须按最不利浓度工况取值，输送流速和摩阻损失都要取高值，运输成本相对较高，同时浆体流态可能转变为非均质流，对输送的安全性和管道寿命有影响，但系统可以简化，无论物料输送量如何变化，都可按一定流量送出，一般在短距离管道输送工程中采用，可能是经济合理的。在长距离管道工程中，采取不定浓度输送方式，运行费用增加，加压泵站数目增多，管道输送的安全性降低，国内外浆体长距离压力管道输送工程均采用定浓度、定流量的输送方式。

3.1.5 条文中所要求满足的各种输送工况是浆体长距离管道都可能遇到的工况类型。输送工艺系统也应考虑事故应急状况，主要指管道带浆启动的运行。

3.1.6 管道多级泵站密闭输送方式可简化工艺流程、延缓腐蚀、节能、节水、节省投资，管道输送工艺设计应以密闭输送方式为主，完全密闭输送设计仍存在一定的风险和隐患，因此，大型的长距离管道接力输送中间泵站宜配套设计开式输送的设施，使多级泵站之间既能密闭输送也能开路输送，提高了管道系统的安全性和灵活性。本条规定参考了国内现有管道工程的设计和运行经验。

3.1.7 浆体管道超压、泄漏、堵管、加速流和气蚀等现象可导致管道寿命下降、造成停产停用、环境污染和人员伤害，在输送工艺设计时应采取相应措施。

3.1.8 长距离浆体管道应保证管道输送的连续性和安全性，首端供水设施水量应大于正常生产制浆用水量、管道检修冲洗和管道水推浆用水量之和。

3.1.9 首端制浆工艺产品浓度应在满足管道设计输送浓度范围前提下，宜高不宜低，因为制出的浆体稀释浓度容易，增高浓度较困难，目的是为了提高制浆的合格率，提高管道运行保证率和安全性。

## 3.2 管道材料及管径选择

3.2.2 长距离浆体管道大多是在高压状态下工作，且具有各种不同角度的转角要求,钢管是目前能较好满足这种压力要求和现场加工要求。采用钢管时宜符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB50316的有关规定。

3.2.4 本条规定针对物料输送规模变化较大的管道工程，应结合管道所服务项目的发展规划，作出经济合理的管径设计，如项目中远期规划能落实扩产的运量规模，设计不同管径的备用管道并一次性建设，能很大程度节省管道投资运行成本。

3.2.5 本条是对最小管内径的限制。小于100mm的管道，摩阻过大能耗高，且易于堵塞，降低了系统的安全运行可靠性，故不应采用。当流量不够，采用100mm管道不能保证一定的输送流速要求时,只能减少输送时间,加大流量,采用间断或批量输送方式。当按设计输送量在连续输送条件下计算的管内径小于100mm时，应采用最小管内径等于100mm的管道按间断或批量方式输送。

3.2.6 标准系列的管材制造工艺和生产成本都能简化和降低，尤其是选择管道管件和阀门等附属设施时，容易配套生产、采购，能节省管道投资成本，提高管道整体质量水平。为使管道造价低且能大量供货,多采用标准管径的管道，在无合适标准管径时应先落实制管厂供货的可能，才可选用非标准管径。无合适标准管径时,可在落实制造厂商后选用非标准管径或选用小一级的标准管径。

## 3.3颗粒级配及浓度选取

3.3.1 本条中的平均粒径可按下式计算：

(3.3.1)

式中： di — 某级粒径的大小（mm）；

pi— 某级粒径在固体颗粒总重量中所占比例。

3.3.2 浆体管道设计输送浓度要综合考虑多方面的因素确定，其中流变特性因素是最重要的因素，长距离浆体管道通常首先经过流变参数试验和输送流态分析，确定输送浓度范围。同时还要综合考虑经济效益、社会效益和环境效益。所谓“定浓度”是相对的，允许在设计输送浓度上下有一定波动，如下为国内工程输送浓度的情况：

陕西神渭管道输煤工程中重量浓度定为53%，允许波动±2%；

翁福磷矿工程中重量浓度定为57.5%，允许波动±2.5%；

大红山铁精矿工程中重量浓度定为65%，允许波动±3%；

尖山铁精矿工程中重量浓度定为65%，允许波动±2%；

白马铁精矿工程中重量浓度定为65%，允许波动±3%；

巴布亚新几内亚镍钴矿浆管道工程中重量浓度定为18%，允许波动±2%；

本条推荐重量浓度允许波动为不宜超过±3%。

浆体输送的物料上限粒径和输送重量浓度可参考表3.3.2的数值选取。

### 表3.3.2 浆体输送可采用的上限粒径和输送重量浓度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 固体物料 | 上限粒径 95（mm） | 输送重量浓度 |
| 煤 | 1.500 | 55% |
| 泥沙 | 1.000 | 60% |
| 石灰石 | 0.295 | 65% |
| 磷矿石 | 0.295 | 60% |
| 铜精矿 | 0.208 | 65% |
| 铁精矿 | 0.147 | 65% |

注：表3.3.2 表示各种输送物料的上限粒径95和输送重量浓度,由国内已建设运行的浆体管道工程设计及生产实践数据总结后推荐的。

3.3.3 浆体输送设计浓度还需结合首端制浆、终端存储、脱水等工艺要求和用户对输送物料的使用要求对输送浓度进行修正和优化。

3.3.4 对于缺水地区，取水成本较高，水源是制约管道建设的重要因素之一，因此，浆体管道输送工艺宜尽可能提高浆体输送浓度。

# 4 浆体水力计算

## 4.1 浆体流型及流态

4.1.1 水是牛顿体，在水中加入了物料颗粒增加了浆体粘度，大多数情况下会使浆体流型发生变化，从牛顿体转变为非牛顿体。

当物料浓度较低，物料颗粒较粗，如大于50μm，物料浆体具有牛顿体特性，其数学模型是，μ为粘度。当物料浓度较高，物料颗粒较细，如小于10μm～30μm，物料浆体具有非牛顿体特性。对物料浆体而言，大量试验结果表明，随着物料浆体浓度的提高，多数表现出宾汉体特性，其数学模型是，为屈服应力，为刚度系数。

由于浆体中有固体颗粒存在，增加了浆体流变参数测定的困难，虽然有旋转粘度计和毛细管粘度计可以测定流变参数，但测定误差较大，目前国内外尚没有浆体流变参数测定标准，因此设计非牛顿宾汉体流变参数应根据试验的流变参数、采用公式计算的流变参数、与设计浆体相类似的运行浆体流变参数经综合分析确定。

在浆体水力计算时用到的浆体流变参数，应通过试验测定具有代表性矿浆样品的宾汉体屈服应力曲线和宾汉体刚度系数曲线或回归出计算式以备应用。

4.1.2 长距离管道输送浆体流态应为似均质流态。似均质流态只是浆体流态之一，浆体流态定义如下：

1 浆体流态定义：

当管道浆体相对体积浓度时，定义为非均质流态，物料为粗颗粒，载体为水，浆体管道输送比较少见。

当管道浆体相对体积浓度时定义为复合流态，浆体管道中细颗粒似均质部分来输送粗颗粒非均质部分的组合流态称复合流态，尾矿浆体多数为复合流态。

当管道浆体相对体积浓度时定义为似均质流态，浆体接近均质流态，为区别单相均质流态，称似均质流态，物料为细颗粒，载体近似为全部浆体，该流态是浆体长距离管道输送工程设计和运行的目标流态。

2 浆体似均质流态定义来源:

浆体似均质流态定义采用相对体积浓度是对管道浆体细颗粒因素的考虑（详见瓦斯普等著黄河水利委员会科研所译《固体物料浆体管道输送》），其中是对管道浆体少量粗颗粒因素的考虑（详见王绍周等著《粒状物料的浆体管道输送》），本规程采用似均质流态判别标准即考虑了浆体中细颗粒含量要求，也考虑了少量粗颗粒含量要求，并具有可操作性。

3 对颗粒沉速计算的改进:

关于公式（4.1.2-3）中颗粒沉速的常规计算比较繁杂，通常按颗粒雷诺数大小确定沉速流区（层流区、介流区、紊流区），再按相应沉速流区公式计算。刘德忠提出标准度量粒径和标准度量沉速两个数理定义，将粒径除以、沉速除以得出无因次粒径数、沉速数，根据1979年Concha和Almendra颗粒阻力系数公式推导出了不分区和函数关系式，见本规程附录C，公式简化了沉速计算，使浆体流态判别更容易。

4 关于复合流态计算详见刘德忠在第二届全国尾矿工程与综合利用研讨会会刊发表《尾矿浆体管道流态判别及水力计算》的文章。

## 4.2 浆体流量及流速

4.2.2 浆体管道为了保持固体颗粒悬浮必须是紊流输送，浆体设计流速应留有10%～15%的安全余量，过渡流速可按本规程附录D计算，详见汉克斯和奥德著、路适等编译的《浆体管道水力学和设计简明教程》。关于临界流速经验公式计算问题，由于影响浆体管道临界流速的因素复杂，其中包括颗粒大小、粒径分布、颗粒形状、物料密度、浆体浓度、浆体流变参数、浆体流量及过流断面的边界条件等。国内外众多的试验研究及据此归纳出的经验公式都有一定局限性，本规程附录E介绍的浆体管道临界流速算公式可供设计参考。

## 4.3 浆体摩阻损失

4.3.1 当浆体浓度、设计流速和管道内径确定后，沿程摩阻损失主要决定于达西沿程摩阻系数。

4.3.2 当宾汉体屈服应力 条件下，可采用牛顿体达西沿程摩阻系数。

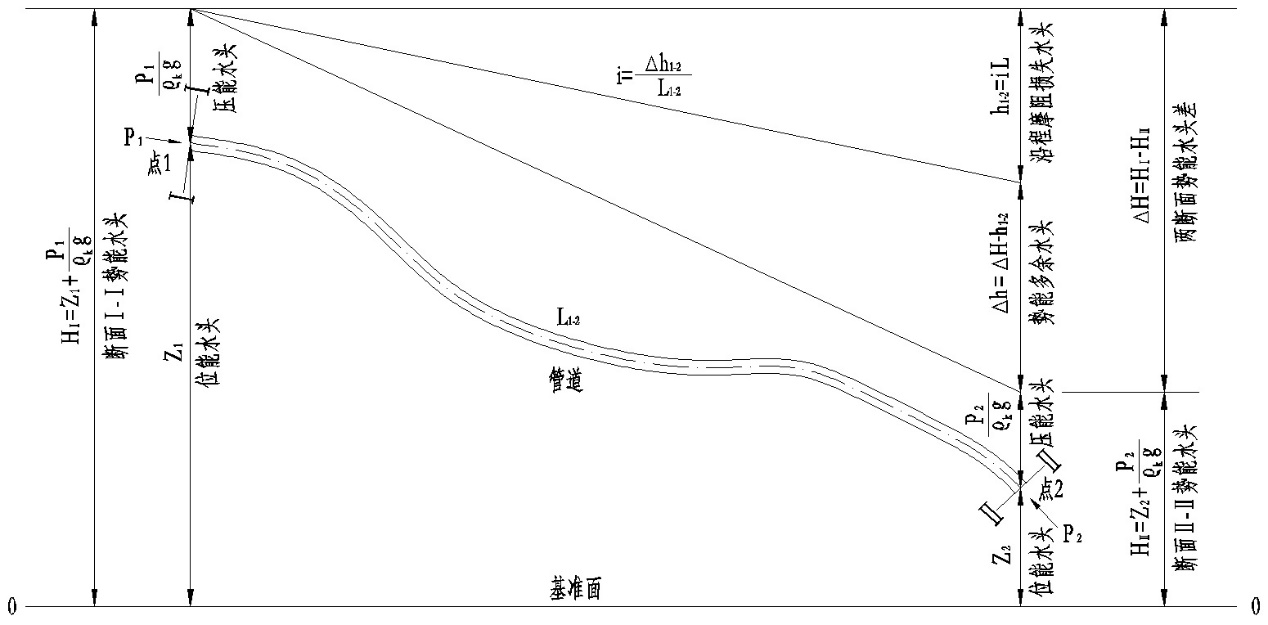
关于工业管道应用λ计算公式详见周积果发表的《似牛顿浆体几个摩阻系数计算公式的比较》。文章对国内外学者提出的广泛应用于工程界的一些常用牛顿浆体摩阻系数计算公式（科里布鲁克公式，哈兰德公式，阿里特苏里公式，刘德忠公式）进行了详细对比分析。针对上述几个公式，以工程设计界公认的科里布鲁克公式作为比较基准，以长距离浆体管道输送工程设计常用工况范围（雷诺数Re=1.0×104～1.0×107、相对粗糙度=1.0×10-3、5.0×10-4、2.5×10-4、2.0×10-4、1.5×10-4、1.0×10-4、7.5×10-5、5.0×10-5）为同等前提条件进行对比分析，哈兰德公式、阿里特苏里公式、刘德忠公式与科里布鲁克公式计算结果的数据偏差分析结果见表4.3.2。

### 表4.3.2 数据偏差分析表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公式 | 正误差个数 及所占比例 | 负误差个数 及所占比例 | 最大比值 偏差 | 平均比值 偏差 | 最小比值 偏差 | 比较结果 |
| 哈兰德  公式 | 33 | 191 | 0.208% | -0.667% | -1.426% | 较好 |
| 14.7% | 85.3% |
| 阿里特苏里公式 | 68 | 156 | 2.564% | -2.684% | -12.065% | 较差 |
| 30.4% | 69.6% |
| 刘德忠  公式 | 200 | 24 | 1.265% | 0.632% | -0.163% | 好 |
| 89.3% | 10.7% |

从表4.3.2可以看出：在3个显函数公式中刘德忠公式计算出的值与科里布鲁克公式计算出的值相比，正偏差多、负偏差少、且偏差小、具有较好安全可靠性，本规程值计算推荐采用刘德忠公式，即公式（4.1.2-5）。

## 4.4 浆体加速流及消能

4.4.1 根据伯努利方程导出浆体管道产生加速流的判别式，判别浆体产生加速流示意图解见图4.4.1。

### 图4.4.1判别浆体产生加速流示意图

4.4.3 设计消能孔板流速宜小于30m/s是根据某些工程实例中的孔板消能经验得出的。

## 4.5 浆体水击

4.5.1 钢管的允许水击压力可按钢管的许用应力1.1倍计算，即，详见汉克斯和奥德著、路适等编译的《浆体管道水力学和设计简明教程》，钢管许用应力为，未计钢管磨损与腐蚀，为钢管最小屈服强度。

4.5.2 管道终端阀门操作程序与泵型有关，离心泵可在关阀门时启泵，也可先关阀门后停泵；而容积泵严禁关阀启泵，也严禁先关阀门后停泵，否则会导致超压爆管等亊故。无论哪种泵型在管道充满浆或水条件下均会出现关阀升压水击，因此需进行水击计算，当浆体升压水击压力大于钢管时应对管道系统采取防护设施。

根据水流动量原理和水流连续原理导出水击偏微分方程，该偏微分方程是非线性的，可采用特征线法求解，解法比较复杂，但精度高。在非线性偏微分方程中若忽略相对小量和摩阻损失，则变为线性偏微分方程，可采用解析积分法求解。己知恒定流水头、恒定流流速、终端阀门初始条件和终端阀门过流的边界条件可推导出升压连锁方程和降压连锁方程，该方程计算简捷又偏于安全，故本规程采用水击连锁方程，详见附录F。该连锁方程既适用间接水击也适用直接水击。

# 5 浆体制备与储存

## 5.1一般规定

5.1.1 矿山开采出的矿物通常是块状或少数粉末状有杂质的固体，而输送系统需要的通常是符合粒度级配要求的浆体，因此需要设置浆体制备和调制设施，使粒度级配和浓度都满足输送范围要求。

5.1.2 由于矿浆的种类繁多、成分各不相同，浆体输送时的技术参数差异很大。即便是同一种矿物，其理化特性仍存在较大差异，输送技术参数不尽相同。针对浆体输送的参数选用，各行业的专家学者均提出了不同的经验公式，但均注明了所针对的物料种类及参数、适用性局限在一定范围内。

为确保浆体管道输送数据的针对性和准确性，在进行浆体管道输送项目设计前，现场取样进行物料和浆体的参数实验是非常必要的，以确保浆体具有良好的稳定性和较小的阻力，满足输送要求。通过基础试验和半工业环管试验后，提出工程设计的推荐参数，如：物料的粒度级配、浆体浓度、酸碱度（pH）、临界流速、摩阻损失等。

5.1.3 为了保证系统安全应对浆体质量进行监测，浆体质量主要包括浓度、颗粒级配、温度等。

## 5.2制浆、调浆系统

5.2.1 依据物料种类的不同，浆体在制备和调制环节的工艺流程有所差异。但宜包含如下设施：

1 粒度控制设施：应根据输送矿物原料的粒度分析资料，综合考虑管道输送的安全性和经济性、选矿工艺、终端用户对矿物的使用或后续处理工艺等因素，确定原料的粒度是否适合直接输送。对于粒度偏粗不适合直接输送的，应设单独的磨矿环节。磨矿工艺可根据实验室小型磨矿试验和流变试验的结果予以确定。粒度上限可采用安全筛等方式控制。

2 浓度控制设施：稀浆的浓缩设施或浓浆的稀释设施。

3 pH调整设施：依据矿浆特性参考同类其它项目决定是否选用；

4 溶解氧去除设施：依据矿浆特性参考同类其它项目决定是否选用，矿浆中的溶解氧会造成钢管一定程度的内腐蚀，增加干线管道材料的消耗，降低管道承压能力，因此早期建设的多数管道项目均设置有溶解氧的去除设施。

5.2.2 安全筛设于调制或储存设施之前，用于控制上限粒径，属于一种常规的做法。安全筛设于浓缩设施之前，有利于提高安全筛分效率，且筛上物返回磨料系统也比较方便，此外还不会影响进入管道系统的浆体浓度。当首端无浓缩设施时，安全筛宜设于储槽之前，筛除大于上限粒径的物料。

5.2.3 本规定是为了保证浆体管道输送浓度的重要措施。规定了浓缩设施设计选用的方法。经浓缩后的浆体浓度多采用底流泵调整转数加以控制。凡浓度不合格的浆体应通过旁路返回浓缩设施，当一级浓缩不能满足溢流水质要求时，可采用多级浓缩、分流浓缩或投加絮凝剂等处理方法。

5.2.4 当浆体浓度高于输送浓度，需要加入清水使浆体输送浓度处于合格运行范围，使稀释后的浆体浓度符合输送要求。

5.2.5 pH值调整剂宜采用碱溶液如石灰乳或氢氧化钠溶液，pH值调整剂的投加点宜设在浆体储槽入口。除氧剂宜采用亚硫酸钠溶液,除氧剂的投加点宜设在储存冲洗水水池排出管中，主要是为了除去冲洗水中的氧以防管道内腐蚀。

5.2.6 制浆系统不合格浆体应闭路返回磨矿或浓缩系统，重新再制成合格浆体后进入管道输送系统。因物料范围广泛，根据已有运行项目经验：煤浆管道项目，不合格浆体返回磨矿系统，其它矿浆管道项目，不合格浆体可返回浓缩系统或事故池。

## 5.3储浆设施

5.3.1 合格浆和不合格浆采用经济方式分开储存利于系统运行安全和整洁。

5.3.2 储存设施的设置应利于系统的使用和检修，应采取防止无关人员自由进出的措施以及方便设备出入的通道。

5.3.3 首端浆体储槽容积应根据来料和送料的匹配情况及不均衡性确定，并以最低限度8h储量来保证管道系统在一般情况下不受来料中断影响，保持连续运行作业。当系统设计为经常性的批量输送，则要求储槽有较大的容积，但不宜超过24h浆体输送量。

中间场站浆体储槽为确保启动、停机、浆推水或水推浆等运行状态切换时系统可靠性而设置，中间泵站储槽容量大于1h输送流量可满足要求。根据国内外已有项目情况，终端场站浆体储槽容量较大，主要是为确保输送系统可靠性和运行安全。

5.3.4 储槽内挡板形式对搅拌效果影响大，为确保搅拌效果，订货前通过实验提供挡板布置方式、尺寸以及搅拌器叶片形式、技术参数；

由于长距离浆体储槽容积较大，在目前多数高径比1:1的情况下高度很大，搅拌器的轴很长，叶片较宽，储槽启动前储槽静置浆面淹没搅拌时搅拌器的启动扭矩非常大，因此不宜直接启动，需采取辅助措施先搅动浓缩浆体，一般可用压缩空气搅动、或喂料泵循环、也可对搅拌装置增设提升设备等。搅拌器的搅拌方式可采用：顶进式搅拌器、侧进式搅拌器。电动搅拌器应设置调速装置，并应有在注满浆体时从静止状态启动的安全措施。

5.3.5 储浆设施包含储槽和喂料设施，喂料压力应根据主输送泵需求决定，对隔膜泵不小于0.3MPa；对水隔膜泵不小于0.15MPa；对有自吸能力的立式三陶瓷柱塞泵不小于0.04MPa。这是按国内外工程实例总结出来的数据。要充分发挥设备的性能，必须有足够的喂入压力，并防止吸入空气，避免气蚀、气塞等不安全工况的产生。

喂料压力可以由自然高差提供，也可采用喂料泵提供动力、喂料泵宜采用离心浆体泵，且应设置备用泵，为保证可靠性，留有少量的富裕数据。

5.3.6 安全检测环管是保证浆体符合管道输送质量的重要设施，也是安全正常运行的一个保证。

安全检测环管应采用与干线输送管道相同材质和外防腐处理的管道；环管壁厚应取用输送主管道中最小壁厚；环管的连接方式、弯管转角及曲率半径应与输送主管道一致；环管长度不宜少于200m，安全检测环管应符合下列要求：

1 试验环管上应装设差压计、流量计、底床探测器、取样装置或取样口等；

2 经试验环管检测，质量不合格的浆体应返回重新调制。

5.3.7 磁团聚性能多见于磁铁矿物料，它对浓缩处理有利而对管道输送不利，故要求在浓缩之后环管之前脱磁，因浓缩后浆体流量小，脱磁处理较有利。

# 6 管线

## 6.1管道线路选择

6.1.1 管道线路选择应符合国家的长远发展战略，重视生态环境保护，实现人与自然和谐发展的目标，本条规定了线路选择需要前期收集的资料和应考虑的各种因素，使浆体管道达到节能、环保、安全、经济和高效的目的。

6.1.2 长距离浆体管道一般都是高压力输送，单位管长投资较高，管线的安全可靠性非常重要，浆体长距离管道选线原则参考了《输油管道工程设计规范》GB 50253的选线准则，浆体虽然极少有易燃易爆的危险，但其输送的压力高，一旦泄漏对环境的潜在威胁不容忽视。浆体管道线路应力求顺直平缓，不仅能降低淤积堵管的风险也能节约投资，管线选择应避开人口密集区和重要的枢纽设施，主要从安全角度考虑。对于一些不良地质区、厂矿区和基本农田区等应避免通过，当条件限制必须通过时，应采取相应安全防护措施，同时可选择合适的位置并尽量缩小通过范围。国内部分浆体管道根据开发条件采用分期建设，从减少对地方规划、土地资源利用的影响和便于管道运行维护方面考虑，新建管道与已建矿浆及回水管道路由大致相同时，宜并行或同沟敷设。

6.1.3 本条规定主要参考了《输油管道工程设计规范》GB 50253的间距要求，管道同公路和铁路并行敷设的间距要求，是根据现行国家标准《公路安全保护条例》和《铁路安全管理条例》的相关规定和已有的工程建设经验提出的。浆体管道与已建管道并行敷设间距要求是从安全管理、减少土地利用、便于施工和管道运行维护方便等多方面考虑的。对不满足相关安全规定要求的，宜进行技术经济比较后确定。

## 6.2 管道敷设

6.2.1 根据长距离浆体管道同地面的相对位置，管道的敷设形式可分为埋地敷设、架空敷设和土堤敷设。各种方式均有其特点，应根据管道沿线的自然条件确定，在一般情况下，埋地敷设较其它敷设方式经济安全，少占耕地，不影响交通和农业耕作，维护管理方便，故应优先采用。在不良地质条件地区或其它特殊自然条件下，采用埋地敷设投资和工程量大或对管道安全和寿命有影响时，才考虑其它敷设方式。当受自然条件限制时，局部地段可采用土堤敷设或地上敷设。对于管道通过地质条件复杂、地形坡度大的山体时，宜采用隧洞或管桥。

6.2.2 考虑到国内长距离浆体管道口径一般不是很大，管道热煨弯管和施工安装不会像大口径管道那样困难，同时曲率半径较小，弯管制作时的削薄率相应要大，综合以上因素并保证清管器的正常通过要求，热煨弯管弯管半径要求不宜小于钢管外径的5倍。

在参考美国机械工程师协会标准《Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries》ASME B31.4规定的基础上，结合近五年国内管道工程实际应用情况，对冷弯管的最小弯管半径进行了明确和调整。对于大口径、高钢级管道，冷弯管的最小弯管半径适当放大。

6.2.3 管道埋设深度应能防止机械损伤和地面动荷载对管道造成的破坏，在安全经济的前提下，确定合适的埋深。在岩石地区可减少覆土厚度，但要保证管线不同受力条件下的稳定性。

6.2.4 确定管沟沟底宽度是结合浆体管道多年施工经验制定的。

6.2.5 管沟边坡坡度既要考虑经济，也要注意安全，结合现场土壤实际条件设计管沟边坡坡度。

6.2.6 本条主要参考了现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253的相关规定，为了保证管道安全对管沟回填提出了要求。

6.2.7 冲沟沟壁和沟床一般易受水流冲蚀坍塌，所以原则上管道应远离冲沟和陡坎，以免由于暴雨径流和山洪冲刷沟壁陡坎，危及管道安全。管道临近冲沟或穿越冲沟时，均应考虑对冲沟沟壁、沟床或陡坎采取可靠的保护措施。

6.2.10 本条规定了浆体管道与其他埋地管道或埋地电缆、通信光缆交叉时的交叉垂直间距，与其他埋地管道的交叉垂直间距是从管道安装和维护方面考虑的，与埋地电缆、通信光缆交叉垂直间距是从电绝缘方面考虑规定的。

6.2.11 长距离浆体管道与公路或铁路交叉时的相关要求是为了减小穿越施工工程量，同时保证输送管道不影响公路或铁路的正常运行。公路或铁路具有相应主管部门，管道与公路或铁路的交叉应取得有关部门的同意及符合其相关技术规范的要求。

6.2.12 长距离浆体输送管道与河流交叉时相关要求是为了减小穿越长度，同时保证输送管道不影响河道正常航运及泄洪。埋管穿越河流时设于河床稳定层内是保证管道不受河水所挟泥沙的冲刷等影响。

当河流有相应主管部门管理时，管道与河流交叉应取得有关部门的同意。

6.2.13 敷设浆体输送管道的隧道，隧道断面除应满足施工最小断面要求外，尚应满足走道宽度不小于0.6m、净高不小于1.8m，隧道洞壁与管壁之间以及管壁与管壁之间的净距不小于0.3m的要求。

6.2.14 浆体输送管道在停泵时不需排空，其敷设最大坡度要求是为防止浆体颗粒向管道低处下滑，沉积在此堵塞管道。

## 6.3 管道防腐与保温

6.3.3 浆体管道的外防腐蚀设计应符合现行国家标准《钢质管道外腐蚀控制规范》GB/T 21447 和《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的有关规定。采用强制电流保护方式时，应避免或抑制对邻近金属构筑物的干扰影响；采用牺牲阳极方式保护时，应考虑地质条件的限定影响；在交、直流干扰源影响区域内的管道，应按照国家现行标准《埋地钢质管道交流干扰防护技术标准》GB/T 50698 和《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》SY/T 0017 的相关规定，采取有效的排流保护或防护措施。

6.3.5管道中浆体的温降过大，会使输送中的管道摩阻损失显著增加；当发生冻结时，可能会导致管道停运，故应采取保温措施；在有冻结危险的管段还应采用伴热措施（如电伴热、蒸汽伴热等）。

## 6.4 管道的连接与试压

6.4.1 焊接连接适用于钢制管道，法兰连接适用于复合管的连接，柔性管接头适用于不均匀沉降处管道的连接，承插口连接主要用于采用承插口铸铁管的连接或抢修管道时的套管连接。在地质条件不良或地震烈度较高地区敷设管道时，容易产生不均匀沉陷，采用柔性管接头的应变能力强。

6.4.2 管道系统完工后必须进行强度试验和严密性试验。强度试验是为了保证管道的整体性，保证管道的安全运行。严密性试验是验证管道在运行时是否会产生世漏。

6.4.3 壁厚不同的管段一般属于不同的设计压力等级，因此应分别试压。有些地段考虑到虽然设计压力等级一样，但采取了不同的设计系数，因此管道壁厚不一致，但这些地段可以连为一体进行试压；另外有些相邻地段，虽然设计压力和管道壁厚均不一样，为减小试压分段，可以一起进行试压，试验压力以等级高的为准，但要保证薄管壁管段上的任意点在试压中的环向应力均不超过0.9倍最小屈服强度。

6.4.5 为不降低原管道系统的压力等级，用于更换或改线的钢管的试压标准应同原管道系统的标准一致。

6.4.6 本条规定，采用水作为试压介质，以利安全。当对不锈钢、镍及镍合金管道及设备进行试验时，水中氯离子含量不得超过25mg/L。如果水对管道或工艺有不良影响，有可能损坏管道时，可使用其它合适的无毒液体。

6.4.7 浆体管道线路及泵站内管道试压参考了现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253和美国机械工程师协会标准《Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries》ASME B31.4的相关规定。本规程的强度试验和严密性试验持续稳压时间参考了国内外长输管道试压规定并根据输送流体的性质和危险等级提出，国内外长输管道试压稳压时间详见表6.4.7。

### 表6.4.7 国内外长输管道试压稳压时间表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 持续稳压时间 | 《浆体长距离管道输送工程设计规程》CECS98：98 | 《输油管道工程设计规范》GB 50253 | 《Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries》ASME B31.4 | 《矿浆管线施工及验收规范》GB50840 | 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50208 | 《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 |
| 强度试验 | ≥4h | ≥4h | ≥4h | ≥8h | ≥45min | ≥30min |
| 严密性试验 |  | ≥24h |  | ≥30min | ≥24h |

注：持续稳压时间指试验压力达到规定数值后，保持压力的时间。

6.4.8 对分段强度试验的管道，在接通全线后，可不再进行强度试验。但对连接试压合格后的管段的焊缝，采用100%射线和100%超声波无损检测检查合格。

## 6.5管线附属工程

6.5.1 长距离浆体管道虽然没有油气管道易燃易爆的危害性，在此也不作等距设置要求，但是在穿跨越大型河流、湖泊、水源保护区和人口密集的重要城镇等重要、敏感区域管道一旦发生泄漏，同样也会造成严重的危害和污染事件，并可能对公众造成重大影响，因此，从安全、环保角度出发，长距离浆体管道在特殊位置也要求设置线路截断阀。

6.5.2 为了便于阀门的巡检、安装、操作和维护，截断阀应设置在不受地质灾害及洪水影响、交通便利、检修方便的位置，由于线路截断阀附属的电气控制仪表等设施较多，为了提高阀门的安全性，应设置专门的阀室，并配套相应的安全防护设施加以保护。

6.5.3 截断阀类型宜选用全通径球阀或旋塞阀，主要是为了减少管道阻力，避免浆体对阀门的冲刷磨蚀，同时使清管器和管内检测仪能顺利通过，主干线截断阀门由于在关键时期使用，为了提高执行机构的稳定可靠性，建议选用智能化和自动化程度更高的电液联动或电动执行机构。

6.5.5 本条规定主要参照现行行业标准《管道干线标记设置技术规定》SY/T6064和国内管道工程相关要求，管道标志的设计除应符合本规程要求外，尚应符合国家现行标准《矿浆管线施工及验收规范》GB50840的相关规定。

6.5.7 锚固墩的设置应严格按照管道应力计算分析设计尺寸规格，锚固墩的构造，除应满足本规程的要求外，尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009和《输油管道工程设计规范》GB50253的相关规定。

6.5.8 大口径管道锚固墩宜采用锚固法兰构造，其它可采用加强环构造，锚固法兰、加强环宜全部采用工厂预制。

6.5.9 金属管道与锚固墩构件保持良好的电绝缘是为了防止管道腐蚀，保证管道达到有效的阴极保护目的。

为了保证水下管道稳定，不发生管段漂浮和位移，应在管线穿越土质河床及河床表面砂砾层较厚的河床时应设置配重块。

## 6.6管线水工保护

6.6.4 本条规定主要参照现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB50253的相关规定和国内管道工程有关要求，做到安全可靠、经济实用、施工方便。

# 7 浆体输送泵站

## 7.1一般规定

7.1.1 本条规定泵站总体布置的原则。

7.1.2 浆体输送泵站位置选择正确与否，决定整个浆体输送系统的合理性，并对工程投资、建设周期和运行维护等方面产生直接的影响，需通过技术经济比较确定。特殊情况，应采取相应措施。

7.1.3 浆体输送泵站数量和泵型及技术参数有密切关系，宜尽量选择高扬程泵型，减少泵站数量，便于集中管理，减少工程投资。

7.1.4 浆体管道主输送泵选型应进行技术经济比较后综合确定，主泵的选型结合浆体特性、流量、压力、运行维护及其它因素。浆体输送泵应优先选用国家推荐的节能系列产品，当具有多种泵型可供选择时，应综合分析泵性能参数、工程投资和运行维护等因素，经技术经济比较后确定。目前应用较多的浆体泵性能比较见表7.1.4，同一系统，宜选择同规格的泵，使各工况点匹配，备品备件可以通用。

### 表7.1.4 输送主泵设备性能比较

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备类型 | | 输送  浓度 | 输送最大粒度 | 输送  粘度 | 单泵输送流量 | 喂料  压力 | 单级输送压力 |
| 离心式渣浆泵 | | 中 | 大 | 低 | 特大 | 低 | 低 |
| 柱塞泵 | | 特高 | 大 | 高 | 小 | 低 | 特高 |
| 油隔离泵 | | 中 | 很小 | 中 | 小 | 中 | 中 |
| 水隔离泵 | | 中 | 中 | 中 | 大 | 中 | 中 |
| 隔膜泵 | 活塞式 | 高 | 很小 | 高 | 大 | 高 | 特高 |
| 管道式 | 高 | 大 | 高 | 特大 | 中 | 高 |

7.1.5 本条规定首端泵站的选址应考虑物料集运的便利性，减少运输环节，保证物料供应的稳定性。

## 7. 2 设备选择

7.2.2 柱塞泵、离心泵都有冲洗水或水封水进入浆体。当泵站数量较多时，浆体浓度下降，使管道参数发生较大差异。当不可避免时，根据影响的程度，确定采取保持浆体浓度在允许范围的相应措施。当浓度下降过多而影响系统的经济和安全运行时，应采取相应措施或改选其它泵型。

7.2.3 容积式泵其运行泵速，即每分钟冲程次数，宜在50次/分钟以下，过高的冲次会使泵的整机和易损件的使用寿命显著下降，无维修的间隔时间会大大缩短。

7.2.4 泵的备用率与泵的可靠度及系统要求的可靠度有关。一般而言，容积式泵可靠度较高，其中又以隔膜泵可靠度最高，依次为柱塞泵，活塞泵和油隔离泵。

7.2.5 输送主泵的调速运行是适应停泵再启动时，从小流量向正常量逐步过渡的运行要求。可供选用的调速方式有变频器调速、液力耦合器等，应经技术经济比较确定。以变频器调速为主的方式在国内外浆体管道工程常见采用。

7.2.6 浆体长距离输送管道的内壁既可能被磨蚀，又有可能结垢和沉积物料。在运行若干时间后一般需要刮清管道。因此需要设置清管器的发送与接收装置。

## 7. 3 泵站配置

7.3.1 说明泵站机器间平面布置的一般要求。大型设备的间距可适当放大。

7.3.2 大多数浆体管道输送主泵都较为庞大，故应设起重设施。

7.3.3 说明泵站高度的一般要求。

7.3.4 一般按安装、检修要求确定大门尺寸，需按汽车装载最大部件进入泵站两边各留0.5m进行验算。如有困难或墙体拆装便利，亦可在安装后封墙和检修时拆墙进入。

## 7.4辅助设施

7.4.1 事故池一般设在泵站附近，以容纳浆体输送泵故障时排出的浆体。浆体输送泵站事故池容积通常采用10min～20min正常浆体量、倒空管段的浆体量之和。事故池一般采用浆体泵进行清空。

7.4.2 当浆体输送泵停产时，需进行泵和管路的冲洗。

7.4.3 鉴于中间泵多设在远离主体工程、首端和终端的地区，经常需更换的必要的易损件不宜频繁运输供应，本规定设置一定的库房。但为了节省建筑面积和保管工作量，对于更换不太经常的大中型易损件不应考虑在中间泵站库房存放。

# 8 浆体接收及消能设施

## 8.1一般规定

8.1.1 这是常用输送物料浆体管道系统的接收工序的内容。

8.1.3 若浆体管道纵剖面高低点两个横断面的势能水头差大于两个断面之间沿程浆体水头即产生加速流，会加剧管道振动、磨蚀，设计时应采取消能设施防止加速流产生。

## 8.2接收工艺及设施

8.2.2 管道终端接收装置用于接收浆体及清水。

8.2.4 同一类型的设施统一规划，联合建设，尽可能的提高系统利用效率。

## 8.3消能设施

8.3.1 消能方式的选择主要根据管线敷设地形，从技术和经济两方面综合比选，基本原理是提高陡坡段管道的运行背压，使管线高点低压处保持压力满管流输送，将高落差管线剩余的势能采用增大摩阻损失消耗掉或其它方式综合处理。目前，国内外浆体管道应用较多的主要消能方式有缩径消能、孔板站消能、调节阀消能、跌坎消能及组合消能，关于以上五种消能方式的基本原理和计算方法可详见陈光国发表的《高落差复杂地形浆体管道消能方式研究》文章。

8.3.2 浆体管道通常采用定流量定浓度输送，消能站宜设置在管道的终端位置，不仅安全可靠，也便于管道的集中控制和管理。孔板的布置需要满足一定流速下浆体输送、清水输送、水推浆、浆推水等多种复杂工况以及事故状态应急处理的紧急情况。消能站内通常设置多块不同孔径的孔板，既有串联在主干线的固定孔板，也需要设置并联环管安装可串入也可退出的可调孔板，使得整个消能站能灵活适应管道运行的各种工况。

8.3.3 消能站一般布置在终端管道低点，消能站入口总管工作压力较高，且消能站内阀门开关的频率较高，容易产生不同程度的水击，因此在消能站内应设置爆破片或安全阀等超压保护设施，同时浆体消能孔板一般采用中心开孔的形式，无论是在主干管还是在旁路上都应设置冲洗水装置，防止浆体在孔板前沉积堵塞。

# 9 智能化与信息化

## 9.1 一般规定

9.1.1 为了保证浆体长距离管道输送的安全运行，浆体长距离管道输送应考虑设置可靠的监测与控制系统。

9.1.2 智能型检测仪表已广泛应用于工业过程控制领域，该型检测仪表不仅能实时监测管道的运行情况，同时也能将测量参数，变化量，累计量等各个监测量实时传输至计算机控制系统。

9.1.3 在同一浆体长距离管道输送系统中，应使控制设备和仪表的品种、规格，尽可能取得统一， 以便于维护管理。对于易出现故障和关键的控制设备应有备用。

9.1.4 计算机控制系统的操作站一般放在泵房的控制室，控制机柜、电源放在专门的机柜室和电源室。

9.1.5 压力监测站作为长距离浆体管道的“眼睛”，在管道运行维护中起到非常重要的作用，本条对压力监测站的距离作了一般性要求，管线起伏高低点是压力变化较大，事故易发处，压力监测站应设置在高低起伏特殊点，重点监测。同时，压力监测站一般设置在野外，为了便于安装维护，周边有其它站点设施时，压力监测可与其合并建设。

## 9.2 智能仪表检测与数据采集系统

9.2.1 泵房仪表检测项目主要根据输送工艺的要求进行确定，该条文所列仪表检测项目可根据实际工艺要求合理增减。

9.2.2 在外部管线设置压力监测站，为了保证测量的准确性，重要位置如管线最高、最低点、大型穿跨越进出口等要求设置冗余压力监测仪表。

9.2.3 在终端设施处设置压力监测仪表、浓度计及自动控制阀，实现消能的最优控制。

## 9.3 智能控制与信息化

9.3.1 随着计算机及控制技术的进步，在一些复杂控制系统中采用管道智能系统来改善控制效果，在国内外一些浆体长距离管道输送系统中已采用管道智能系统，并取得了很好的控制效果。

9.3.2 浆体长距离管道输送一般超过10km，各控制分站相距较远，需才泵房设置中控室，对管道输送系统集中控制，不需要沿途设置多个控制站就近控制。

9.3.3 如果管线发生穿孔，将会导致浆体漏失、环境污染等一系列不良后果，巡线、停产、抢险、补漏，需动用大量人力物力，花费大量时间，其经济损失非常巨大。如果采取先进的科技手段，对输送管线进行实时监测，迅速准确的判断出管道堵塞或泄漏位置，就能使突发事件得到及时处理，使损失降到最低限度。并对不法分子形成强大的震慑和遏制作用，从而确保了国家财产免受损失和浆体输送的正常运行。

9.3.4 为减少管道输送系统异常工况和紧急事故造成的损失，在监测和控制系统中可包括报警和紧急停运功能。

9.3.5 外部管线一般地处偏远，无线通信信号微弱，不宜采用无线通信的方式，可在管道沿线敷设多芯单模光纤，将终端设施站、阀站、压力监测站等外部管线监测信号传输至泵房中控室，实现外部管线的远程控制。

9.3.6 可根据输送工艺的要求，在外部管线一些重要点，如管道大拐角处，法兰连接处等一些容易泄漏的地方设置视频监控系统，监测管道是否泄漏或正在人为破坏。

9.3.7 调度电话是为管道输送系统的管理中心及时掌握情况，协调指挥全线生产而设置的。行政电话是作为一般行政事务的联络而设置的。巡线通信是为了解全线情况而设的移动式设备。数据通信是为各站传输数据而用的通信设施。

9.3.8 管线全长数十甚至上百公里，对管线的巡视、维修和事故抢修，为保持与控制中心的联系，建议设置无线移动式通信设施。

9.3.10 智能制造是智能化发展的方向，在计算机控制系统中需要预留智能制造建设时所需的数据接口。

9.3.11 参考目前已建成的浆体长距离管道输送系统及输油、输水管道系统，信息化建设内容可包括文件管理系统、信息管理系统、信息数据库、EPR系统及工程管理报表系统等。

# 10 安全、环保与节能

## 10.1 安全

10.1.1 本条规定是为了防止矿浆泄漏对人和设备的伤害。

10.1.2 当操作者失误或设备一旦达到危险状态时，通过联锁装置来终止设备运行。

## 10.2 环保

10.2.1 事故池中的矿浆在系统恢复正常后应及时返回系统，线路中的事故池，矿浆返回系统确有困难，其中的水经处理达标后外排，渣返回系统。

10.2.5 浆体管道浓度测量目前大多应用核密度计仪表，泵站和管线设备及材料的无损检测也通常采用射线检测，因此，浆体管道工程中射线装置的使用应符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及其它国家现行的放射性物质安全环保管理规定。

## 10.3 节能

10.3.1 尽量减少物料转输，减少环节，减少运输距离，将能耗降到最低。

10.3.3 主输送泵采用变频调速，可以适应流量的变化或将压力保持在安全的范围内，同时降低能耗。

# 11 配套设施

## 11.1 一般规定

11.1.1 对浆体管道的配套工程如供配电、给排水、消防、通信、自动化、总图、土建等，为了节约投资，减少管理层次，除必要单独建设外，尽可能利用所服务的主体工程已有配套设施或尽可能合并设置。

11.1.2 所有配套设施是为管道输送工艺服务的。在建设标准与设计容量上应满足工艺要求，以免造成因不配套带来的达不到工艺要求标准的问题以及超出标准的经济浪费。

11.1.3 各配套设施在其设计中既要满足工艺要求，又应符合各专业国家现行标准的相关规定，以保证设计质量和安全，并充分发挥各配套设施的作用。

## 11.2 总图与道路

11.2.1 总图布置首先应满足工艺生产与管理要求。其他要求也应综合予以考虑。

11.2.2 这是一条各建筑物总图布置的基本原则,既要满足安全、生产，又要满足检修、消防的要求。

11.2.3 浆体长距离压力管道无论在建设施工时，还是在生产运行的巡察、监测和维护检修时，都需有一定方便的交通条件。为节约资金，首先应利用现有道路，对需新建道路时，推荐按本条规定的等级考虑。

因各地条件不同，站内道路只作了路面的规定，设计时可根据当地情况子以考虑。

## 11.3 土建

11.3.2 鉴于浆体长距离管道工程对主体工程的重要性,要求建筑物抗震严格按相关规定设防。对于主泵和大型搅拌储槽等功率较大的设施，应考虑减震和消声，以减少对建筑物的不良震动和环境的噪声。

11.3.3 本条所推荐的各类形式的穿跨越工程是目前国内外管道穿跨越设施的常用类型，跨越工程结构设计可参照现行国家标准《油气输送管道跨越工程设计标准》GB/T 50459的相关规定，同时应根据当地具体情况经技术经济比较后，选定合理的形式。

## 11.4 给水排水、采暖通风与消防

11.4.1 一般情况在首端，终端和有条件的加压泵站应利用主体工程给水系统和当地已有的给水系统或与之合建，这样减少了各站的操作管理工作，简化了运行条件，降低了投资。无条件利用和合建时，或利用和合建不经济时，才应就近自建给水系统。

11.4.2 本条规定是考虑管道冲洗水量一般都较大，应予充分重复利用，以减少浪费。贮水池的容积规定是考虑了满足下一管段的冲洗水量,同时还要考虑一次冲洗不一定能冲干净,需要适当延长冲洗时间,要有一定的余量,因此规定为1～2倍冲洗下一管段的蓄水量。

11.4.3 各站区的冷却水是经过了一定净化处理的清水，且用水量较大，考虑节能环保和降低经营费用，应设置水循环利用系统。

11.4.4 本条对各站区污水处理作出规定。

1 各站生产污水中含有一定输送物料沉渣和投入的各种药剂的污水，为避免污染环境，宜对生产污水要作必要的处理，处理后回用,其水质应符合输送生产工艺的要求；

2 当采用罐车外运时,其水质宜符合污水处理厂(站)等污水接受单位的进水控制指标的相关规定。同时,还宜在站内设置污水储存池(罐),有效储存容积宜按10d～15d生活污水量计算确定；

3 当接入城镇排水管道时,其水质宜符合《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962的有关规定；

4 当外排至沟渠或天然水体时,其水质宜符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978和地方有关部门的有关规定。

11.4.5 站区建筑物,其采暖、通风及空气调节设置条件以及室外气象参数的确定，应按照现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019执行。

11.4.6 应根据国家颁布的消防规范要求，站区内设置必要的消防设施。首端和终端宜与所服务的主体工程统一设置，中间泵站一般远离与所服务的主体工程，为保证安全，消防应考虑自救。

## 11.5 供配电

11.5.1 对上述各站供电电源可靠性应与主体工程或原料基地中供给输送物料的主要车间或部门的电源可靠性相一致，以便相互匹配。尽管在首端与终端有一定容量的浆体储槽，但还不足以来满足均衡较长时间的中断供电引起的输送不平衡。

由于储槽的搅拌设施、通信与控制系统及裸露防冻电伴热系统长时期非正常停电会引发设备与管道的事故，故规定应有保安电源,根据国内外长距离管道经验总结，一般较现实的选择是采用柴油机发电来作备用。

紧急照明、报警和关键控制仪表等一般不允许中断供电，以防止产生安全问题，故还应设不间断电源(UPS)来维持突然停电后一段较短时间内供电。

11.5.2 首端、中间泵站、阀站和终端的电源在地区电网可以利用时或所服务的主体工程有可能供应时应尽可能予以利用。首端多设在主体工程或生产输送物料的原料基地区域内，终端也多在按受物料设施的区域内，可以利用主体工程和接受设施区域内的电源，这不但可以节约投资，而且便于统一管理，保证电源与主体工程等的可靠性相一致。

中间泵站和阀站设在管线的途中，在不可能利用主体工程和当地的地区电源时，是建自备电源还是建专用输电线和变电站供电，鉴于费用较高且各地条件不同，故应进行技术经济论证，以确定最佳方案。

11.5.3 各站电动机额定电压在6kV及以上时，变电站电源电压宜为35kV，配电站电源电压宜为6kV，各站电动机额定电压在380V时，变电所电压宜为6 kV～10kV。

根据目前长距离浆体管道的主泵和其他辅助设施电动机实际供应情况，提出了主泵的电压要求和辅助设施用电电压要求。

# 12 试验及其数据应用

## 12.1 一般规定

12.1.1 浆体长距离管道输送技术发展至今，应用行业不断扩展，输送物料种类变化多样，长距离浆体管道输送理论仍停留在半理论半经验层面，尚未有通用的参数计算公式，管道工程主要设计参数仍需以实验室浆体基础试验和半工业环管试验为依据。规模较小、运距较短、投资运行费较低的管道工程可用基础试验和类似物料管道输送工程参数进行类比设计。

浆体长距离管道输送工程应做基础试验，以了解水、物料及浆体的物理化学性质。物料密度、物料粒度及组成是物料的重要特性，物料浆体的极限浓度和流变参数是工程设计的基础资料，是基础试验应做的项目。对重大及特殊浆体输送工程 （例如：规模大、颗粒粗、浆体粘性大、添加剂浆体等）还应做半工业性环管试验，以了解浆体输送的管道特性、操作特性和腐蚀特性，为工程设计提供依据。

12.1.2 浆体长距离管道输送工程主要设计参数由物料特性、浆体的基础特性和管道工程设计参数三大部分组成，物料及浆体基础特性是确定浆体基本参数和输送流态的重要依据，管道输送工程设计参数是管材和动力设备选型、管道运行安全防护的依据。大型的长距离浆体管道工程设计应包含上述主要设计参数。

12.1.3 本条规定充分收集了国内外长距离浆体管道工程设计资料，并参考国内长沙矿冶研究院有限公司、清华大学和中煤科工集团武汉设计研究院有限公司等现有的浆体管道实验室研究报告成果基础汇总得出。当浆体物料性质和管道工程条件有类似建成运行的工程成功经验可供借鉴，则半工业环管试验参数可参考现有的工程经验，并取安全的系数进行类比设计。

12.1.4 有些浆体管道工程在项目决策阶段尚不具备取样条件，或者工程分期建设，物料来源分散，特性相差较大时，取样面临困难条件下，试验物料可用与输送物料近似的代用物料进行试验，代用物料应与输送物料具有相似性，尤其是基础特性方面应有可参照性。

## 12.2 基础试验

12.2.1 作为进行实验室参数试验的物料试样，应在物料原产地选取具有代表性的原型物料和原水样并配制成试验浆体。试样的取样标准应按《水煤浆试验方法 第1部分：采样》GB/T18856.1进行。取样应考虑物料来源变化因素，按最不利可能工况考虑工程设计参数。

12.2.2 实验室基础试验内容宜按本规程附录A的有关规定，基础试验方法除应符合本规程的要求外，同时可参照《土工试验方法标准》GB/T50123和《水煤浆试验方法》GB/T18856的相关规定。

12.2.3 本条规定是依据管道基础实验的项目用料量之和估算，并参考国内现有管道实验室进行基础实验的用料基本情况并留有一定余量。半工业环管试验用料量须根据试验内容和环管规模计算确定，为了保证配置浆体进行环管试验的准确性，当物料在环管中多次运行后，粒径和流变参数均可能发生变化，故环管浆体试样需定期更换。

12.2.4 实验室基础试验推荐的试验方法是国内实验室通用的常规方法，本规程只做一般性推荐，随着测试技术的不断进步，同一参数测定项目可有多种不同的试验方法，为了保证试验结果的准确性，可用不同试验方法测试同一参数，进行对比验证。

## 12.3半工业环管试验

12.3.1 实验室半工业环管试验推荐的试验方法是国内实验室通用的常规方法，根据管道工程特点，环管试验测定参数可不仅限于本规程表7.3.5所规定内容。

12.3.2 由于管径对摩阻和临界流速等关键工程设计参数有直接影响，试验环管的管径一般达不到工业管道管径，所以3种规格以上的环管能反映出管径对设计参数的影响，便于进行数据比较和模型放大，试验环管管径越接近工业管道，试验数据越接近实际值。当有条件在实验室进行工业环管试验时，试验数据准确度更高，可直接应用于工业管道。

12.3.3 本条规定了试验环管材质、粗糙度等参数应与工程设计管道的一致性，可减小管材因素对试验参数的干扰，提高试验数据的可靠度。

12.3.4 本条规定是为了提高环管试验浆体试样的原样性，减小颗粒粒度变化因素对试验参数的影响，浆体试样不断循环使用，定会发生细化或者泥化现象，影响浆体的基础特性，对试验参数的模型放大会带来较大偏差，应及时进行试样的更换。

12.3.5 大量工程实践经验表明，浆体温度对管道输送参数有较敏感的影响，环管试验应重视试样的温度与管道工程现场的一致性，减小温度变化对试验参数的干扰，提高试验参数的准确性。

12.3.6 根据工程实践经验表明：浆体的氧腐蚀对管材壁厚损失影响很大，由于实验室场地限制，环管长度一般较短，为了使试验条件与工程管道更接近，降低有氧腐蚀的干扰，浆体磨蚀试验时，试样应采取除氧措施，更加真实反映浆体流动磨蚀对管壁的影响，提高试验磨蚀率的准确性。

## 12.4 试验数据的应用

12.4.1 实验室半工业环管管径一般都比工程设计管径要小，环管试验测定的试验参数须考虑管径的影响因素，因此必须采用一定的模型比例，将试验值放大到工程设计管径参数方可应用。试验所测定的临界流速、管道摩阻损失的放大宜采取系列模型放大原理，用数学模型方法放大到工程管道的规模。

12.4.2 计算工程管道壁厚时必须考虑年磨蚀率的影响，管壁磨蚀率的测定，应符合本规程12.3.6条的规定，通常管道初始磨蚀程度会远高于稳定工况阶段的磨蚀率，因此，环管磨蚀试验宜进行72h以上磨蚀时间，才能取得与工程实际工况相符的磨蚀率参数。