

浆体与密封容器

日本浆体输送研究会编著

《浆体与密封容器输送技术手册》

翻译组译

输送技术手册

新
子
和
初
學

PDG

浆体与密封容器输送 技术手册

日本浆体输送研究会 编著
《浆体与密封容器输送技术手册》翻译组 译

冶金工业出版社



聚体与密封容器输送技术手册

日本聚体输送研究会 编著

《聚体与密封容器输送技术手册》翻译组 译

冶金工业出版社 出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷19号)

新华书店总店科技发行所 经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 50 3/4 字数 1202 千字

1990年4月第一版 1990年4月第一次印刷

印数00,001~800册

ISBN 7-5024-0497-X

TD·86 定价29.40元

译者的话

本手册是根据日本浆体输送研究会编著于1983年出版的《スラリー・カプセル輸送技術要覧》一书翻译的。

全书分为三篇32章。第一篇基础理论7章，第二篇装备工作方法（第一部分浆体输送系统，第二部分密封容器输送系统）10章；第三篇规划生产实践15章。

本书系统地总结了浆体密封容器输送的有关基础理论及其研究、实践应用的技术成就，全书所涉及的技术问题和范围比较广，如包括了冶金、煤炭、建材、化工、电力、水利、港湾、湖泊、造田、环保和城市垃圾等方面的输送及疏浚工程技术。因此，可以说是当前有关浆体输送的一本内容较全面、资料较新颖、实用性较强、学术水平较高的书。该书的翻译出版，将对我国输送事业有所裨益。

本手册使用的计量单位及符号较多，翻译时仍按原文使用单位，但为了读者便于查找对照，凡书中所出现的单位不符合法定要求的，本译文后面附出了其相应的法定计量单位换算对照表。另对原文错处、个别字句和称呼也作了订正及删节。

本手册由北京有色冶金设计研究总院译校，参加翻译的有：张福慧〔序言、第二篇第一部分4、5，第三篇第二部分1、2(2·2、2·3)、3、6~10〕、张光德〔第一篇1~3、第三篇第二部分2(2·1)〕、邹克正〔第一篇4〕、肖雪庭〔第一篇5〕、李翠琴〔第一篇6〕，浦永铭〔第一篇7〕、徐赞生〔第二篇第一部分1〕、肖芳〔第二篇第一部分2、3〕、任宝英〔第二篇第一部分6、7，第三篇第二部分4、5〕、周以瑛〔第二篇第二部分1~3，第三篇第一部分1~5(5·1、5·2)〕，周详〔第三篇第一部分5(5·3~5·7)〕。参加校对的有：张富民、徐庆高、邹克正、肖芳、徐赞生、秦毅、周详、周以瑛、张福慧。最后由徐赞生、周以瑛、陈宏业、张福慧四同志进行全面整理，张富民同志进行总审校。

由于译校者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。



序

采用管路输送固体物料的方法，由于学术、技术上的不断进步，已得到了广泛应用，并发展成为与铁路、汽车、船舶等具有同等地位的运输方式。它被高度评价为对环境破坏少的输送方式。

利用管路输送的方法有浆体输送、密封容器输送、空气升液泵输送等方式。众所周知，该方法具有很多特征，它不但对环境影响小，而且噪音、粉尘飞扬等公害也少，管线敷设不受地形条件的限制，路线占地面积少，又能提高运输量和长距离输送效率。

利用管路输送固体物料，是人们很早以前就采用的技术。近年来以运送大量、长距离物料为目的的输送系统，又有了很大的进步。管道输送的应用范围也逐渐扩大，如于1981年，日本产业机械工业会所发行的《管路输送固体物料系统的多方面应用》一书中，其中仅就煤炭系统而言，涉及输送物料的就橡胶输送、甲烷煤、乙烷煤的输送、煤的液化碳酸气输送、煤炭、粉煤浆体的高浓度输送和块煤的浆体输送等。各种形式的输送系统的研究工作，也已部分地进入实际应用阶段。

最近，日本学术会议通过水力学、水理学研究联合会，连续召开混相流的学术研究会。作为工业、技术范畴的重要课题，综合地探讨了气体和液体、固体和气体、固体和液体两相流等的基础理论和应用技术问题。其探讨的范畴，除研究各类试验工厂内的流体输送外，同时，还例举了煤炭、砂土、谷物及工业制品方面的实际运输，并企图在理论方面，在具体应用方面将有更大的收获。

管路输送技术，经过前辈们多次的反复研究和实践，达到了目前的技术水平。关于管内流动的基础理论研究是做了很多的工作的，另外，对如破碎、分级、粒度调整、流量、浓度、温度调节以及脱水、分离等前后期的处理等。广范围的应用技术也在实践，通过理论和实践经验的积累，形成了浆体和密封容器输送的技术体系。

日本浆体输送学会是在1973年改组和扩大日本矿业学会的长距离浆体输送研究委员会时成立的，并和英国BHRA(British Hydromechanics Research Association)合作，召开过八次国际会议。此会每隔一年召开一次（第七次是在日本召开的）。

本手册是以十年前刊行的《浆体输送系统技术资料集》为基础，其后在学术、技术方面全面进步的情况下，增加了密封容器技术，重新执笔编写的。

其内容由有关的第一线研究人员，技术人员执笔。基础、装置、施工方法、计划、设计、生产实例各篇，大多数采用了最新的数据，为理论研究和设计施工方面人员提供了先进指标，活用了管路输送固体物料技术。确信本手册对本专业学科的发展定能做出更大的贡献。

最后，向在出版本手册中尽全力的执笔者，编辑委员会各位深表谢意。同时，为本书出版给予支持的（股份有限公司）开发问题研究所所长田村忠义先生、菅谷正明先生表示谢意。

浆体输送研究会会长

东北大学工学部教授

工学博士

川島俊夫

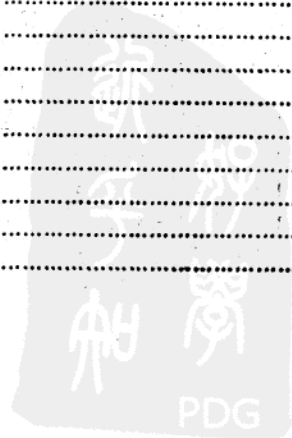
1984年1月10日



目 录

第一篇 基础篇

1 概论	1
1.1 管道输送	1
1.2 浆体输送的特点	1
1.3 密封容器输送的特点	2
1.4 术语	2
1.5 文献, 参考书等	4
2 物理性质	6
2.1 液体的物理性质	6
2.1.1 水的物理性质	6
2.1.2 海水的物理性质	8
2.1.3 酒精的物理性质	9
2.1.4 液化气的物理性质	9
2.1.5 其他液体的物理性质	10
2.2 细粉粒物体的物理参数	12
2.2.1 颗粒密度(比重)及其测定方法	13
2.2.2 粒度及其测定方法	17
2.2.3 粘度及其测定方法	24
2.3 疏浚的土质	35
2.3.1 疏浚土质的特性	35
2.3.2 调查方法和调查项目	36
2.3.3 疏浚土质的分类	45
2.4 颗粒在溶液中的性质	48
2.4.1 颗粒在溶液中的沉降	48
2.4.2 颗粒群在溶液中的沉降	56
2.4.3 水系统和非水系统的浆体流动性	59
3 浆体的流动	63
3.1 概论	63
3.2 牛顿流体	63
3.2.1 浆体流动特性和粒径的关系	63
3.2.2 浆体流动特性和流速的关系	69
3.2.3 管内速度分布及浓度分布	72
3.2.4 临界速度	74
3.3 非牛顿流体	84
3.3.1 流体按流态形式的分类	84
3.3.2 用毛细管法判别流动形式	84
3.3.3 各种流体模型	86
3.3.4 管内速度分布及流量公式	87



3.3.5 临界雷诺数	89
4 浆体的压力损失	94
4.1 概 论	94
4.2 牛顿流体	95
4.2.1 压力损失表示方法	95
4.2.2 压力损失公式	96
4.2.3 压力损失比例换算法	99
4.3 非牛顿流体	101
4.3.1 伪塑性流体压力损失表示方法	101
4.3.2 宾汉流体压力损失表示方法	105
4.3.3 赫谢尔-巴尔克利 (Hershel-Bulkley) 流体的压力损失表示方法	108
4.3.4 关于高分子稀薄溶液的压力损失表示方法	111
4.4 粗、细颗粒的混合流体	115
4.4.1 牛顿流体的情况	115
4.4.2 伪塑性流体的情况	116
4.4.3 宾汉流体的情况	118
5 浆体的热传导	122
5.1 概 论	122
5.1.1 在浆体输送系统中热传导的重要性	122
5.1.2 在浆体输送管中浆体的温降	123
5.1.3 浆体输送管的绝热和强制加温方法	125
5.1.4 输送管埋设的绝热效应和地热的物性值	127
5.2 管内浆体的热传导	133
5.2.1 关于热传导的无因次数	133
5.2.2 牛顿流体的热传导	133
5.2.3 非牛顿流体的热传导	134
5.2.4 含粗颗粒流体的热传导	136
5.2.5 气、液、固三相流的热传导	136
5.2.6 预测管内产生的冻结层和随着冻结层产生时流体的热传导	137
5.2.7 浆体有效热传导率	137
5.3 输送管内浆体温降及输送管路绝热施工效果的数值计算实例	138
5.3.1 计算程序	138
5.3.2 少量中距离输送的情况	138
5.3.3 大量长距离输送的情况	144
6 密封容器的流动	153
6.1 水力密封容器	155
6.1.1 在层流中的理论解析 (连续形式)	155
6.1.2 紊流的经验公式	159
6.1.3 每个密封容器运动的分析	162
6.1.4 静止的密封容器	165
6.2 空气密封容器	170
6.2.1 间隔大的情况	170

6.2.2 间隔小的情况	175
7 空气升液泵	184
7.1 概论	184
7.2 原理和特征	184
7.2.1 原理	184
7.2.2 形式	184
7.2.3 特征	184
7.3 基础理论方面的特点	185
7.3.1 流态形式	185
7.3.2 输送量曲线和效率	188
7.3.3 空隙率	191
7.3.4 压力损失	193
7.4 固体颗粒输送量的计算式	196

第二篇 装备·工作方法篇

第一部分 浆体输送系统

1 泵	201
1.1 概论	201
1.2 离心泵	202
1.2.1 前言	202
1.2.2 浆体泵和清水泵	202
1.2.3 离心浆体泵的用途与动向	202
1.2.4 叶轮形状和叶片数量	203
1.2.5 轴封	205
1.2.6 浆体泵的材质	206
1.2.7 磨损	207
1.2.8 性能变化	210
1.2.9 浆体泵的选择	210
1.2.10 实例及注意事项	215
1.2.11 潜水浆体泵	216
1.2.12 立式浆体泵	217
1.2.13 结语	217
1.3 往复泵	218
1.3.1 前言	218
1.3.2 往复式浆体泵的特征	218
1.3.3 各种往复式浆体泵	219
1.3.4 水阀(吸入阀及排出阀)	222
1.3.5 安全装置	222
1.3.6 驱动装置	223
1.3.7 经济效果	227
1.3.8 往复式浆体泵的订货条件	227

1.3.9 电动机规格计算方法	228
1.3.10 作业	228
1.4 管道泵	229
1.4.1 概论	229
1.4.2 原理	229
1.4.3 特征	231
1.4.4 输送实例	233
1.4.5 利用卧式管道泵时的输送系统	234
1.4.6 利用立式管道泵时的输送系统	236
1.5 混凝土输送泵	238
1.5.1 概论	238
1.5.2 混凝土输送泵的形式和构造	238
1.5.3 混凝土输送泵的性能	241
1.5.4 混凝土输送泵扬送实例	244
1.6 特殊泵	244
1.6.1 软管泵	244
1.6.2 螺杆泵	245
1.6.3 喷射泵	247
1.7 泵的选择	248
1.7.1 泵特性的研究	248
1.7.2 泵经济效果研究	249
2 配管和阀	251
2.1 概论	251
2.2 钢管	251
2.2.1 钢管的种类和强度	251
2.2.2 异形管种类和制造	258
2.2.3 钢管的磨损和腐蚀	261
2.3 耐磨管衬(聚氨酯)	273
2.3.1 聚氨酯种类和物理特性	273
2.3.2 聚氨酯的磨损	274
2.3.3 钢管内衬	275
2.4 阀	277
2.5 管接头	278
2.5.1 焊接接头	278
2.5.2 法兰盘接头	279
2.5.3 挠性接头	279
2.5.4 聚氨酯衬里钢管接头	280
3 配管法	282
3.1 管路选择	282
3.1.1 选管线的基本条件	282
3.1.2 选管线的程序	283
3.2 测量、调查	285

3-2-1 路线测量	285
3-2-2 测量图	286
3-2-3 障碍物调查	286
3-2-4 土质调查	286
3-2-5 预备调查	289
3-2-6 环境腐蚀调查	290
3-3 管路安装图	290
3-3-1 管线配置图	292
3-3-2 地基内的管道图	294
3-3-3 管路图设计	295
3-4 管路施工方法	295
3-4-1 一般埋入式	295
3-4-2 架空管道	302
3-4-3 横穿道路管道	303
3-4-4 横穿铁路管道	303
3-4-5 横穿河流管道	303
3-4-6 横穿海底管道	304
3-5 管路的连接	308
3-5-1 焊接接头	308
3-5-2 螺纹接头	309
3-5-3 法兰盘接头	309
3-5-4 挠性接头	309
4 通用机械	310
4-1 概论	310
4-2 粉碎机	310
4-2-1 粉碎理论	310
4-2-2 粒度分布规律	312
4-2-3 破碎机的分类和选择	312
4-2-4 粗碎机	312
4-2-5 中碎机	316
4-2-6 细磨机	318
4-2-7 粉碎系统	319
4-3 筛分机	320
4-3-1 标准筛	320
4-3-2 筛分作业及其目的	320
4-3-3 弧形筛	320
4-3-4 振动筛的振动条件	323
4-3-5 振动筛类型	323
4-3-6 圆振动筛	324
4-3-7 直线振动筛	324
4-3-8 椭圆振动筛	324
4-3-9 中等块度以下的筛面类型	325

4.3.10 筛子的处理量和筛分效率	325
4.4 湿式分级机	327
4.4.1 湿式分级机和分级机的类型	327
4.4.2 湿式分级机的选择	328
4.4.3 分级的有关要点及分级精度	329
4.4.4 湿式分级机的主要类型	329
4.5 沉降分离装置	336
4.5.1 沉降分离技术概要	336
4.5.2 浆体性质状态分类和设备规格选择	336
4.5.3 沉降分离装置的类型和基本构造	337
4.5.4 沉降分离装置各部分构造上的要点	339
4.6 脱水装置	342
4.6.1 脱水装置的分类	342
4.6.2 主要的脱水设备	342
4.6.3 脱水装置设计	346
4.6.4 实例	350
4.7 干燥装置	351
4.7.1 干燥装置选择及程序	351
4.7.2 实例	351
4.8 检测装置	361
4.8.1 流量测定	361
4.8.2 压力测定	363
4.8.3 浓度测定	365
4.8.4 粘度测定	366
4.9 管内清理系统	367
4.9.1 清管系统的分类	367
4.9.2 按清理作业形式区分	368
4.9.3 清管器系统	369
4.9.4 高压喷射系统	375
4.9.5 空气喷砂 (AS) 施工方法	376
4.9.6 洗管器系统	377
5 护板施工方法	378
5.1 护板施工方法概况	378
5.1.1 概论	378
5.1.2 护板机械的类型及构造	379
5.1.3 护板机械及适宜的土质	379
5.1.4 在护板掘进施工中的砂土输送	379
5.2 在护板掘进施工中的管路输送	382
5.2.1 泥水加压	382
5.2.2 手工挖掘、土压系护板	391
5.3 结束语	392
6 挖泥船	393

6.1 概论	393
6.2 泵挖泥船	393
6.2.1 主要内容	393
6.2.2 挖泥船专用设备	397
6.3 其他型式的水力挖泥船	407
6.3.1 吸泥挖泥船	407
6.3.2 喷射泵式挖泥船	412
6.3.3 气动泵式挖泥船	414
6.3.4 贮运船	415
6.4 挖泥用配管	416
6.4.1 挖泥用配管的特征	416
6.4.2 配管形式	416
6.4.3 陆面管线	417
6.4.4 水面管线	420
6.4.5 沉没管线	425
6.5 计量	426
6.5.1 含泥率表	426
6.5.2 流量表	430
6.5.3 其他检测装置	431
7 浆体船和装卸设施	434
7.1 装卸设施	434
7.1.1 运输的浆体品种	434
7.1.2 各种装卸方式	435
7.2 浆体船	436
7.2.1 浆体受船摆动的影响	436
7.2.2 船体的构造	437
7.2.3 动力装置	437
7.2.4 生产实例及远景规划	439
7.3 船内管道装备及技术环节	439
7.3.1 管道	439
7.3.2 泵	440
7.3.3 装载、脱水装置	440
7.3.4 扬送装置	440
7.4 陆地贮存设施	445
7.4.1 船停泊设施	445
7.4.2 贮存设施	447
7.4.3 规划实例	448
7.5 运输管理	449
7.5.1 装载	450
7.5.2 航海	450
7.5.3 扬送·卸载	450
7.5.4 装卸及检测	451

第二部分 密封容器输送系统

1 要点	453
1.1 分类	453
1.2 特征	454
1.3 研究发展的趋向	454
1.3.1 水力输送密封容器装置	454
1.3.2 空气输送密封容器装置	455
1.4 应用范围及今后研究课题	456
2 水力输送密封容器	458
2.1 有轮的密封容器输送系统	458
2.1.1 挖地道砂土用的单个密封容器的输送系统	458
2.1.2 超大量的土砂输送系统	460
2.2 无轮的密封容器输送系统	466
2.2.1 密封式容器输送系统	466
2.2.2 成型式密封容器输送系统	468
2.3 密封容器输送系统运行的控制	469
2.3.1 控制运行范围	469
2.3.2 中间试验装置概况	470
2.3.3 程序控制系统	472
3 空气输送密封容器	476
3.1 系统构成环节	476
3.1.1 密封容器	476
3.1.2 鼓风站	478
3.1.3 装卸装置	479
3.1.4 管路	481
3.1.5 管线转换装置	482
3.1.6 运转管理系统	483
3.2 密封容器的运行控制	484
3.2.1 在装卸站对密封容器的控制	484
3.2.2 间隔控制	485
3.2.3 速度控制	486

第三篇 规划·生产实践篇

第一部分 规 划

1 基础资料	488
1.1 输送系统	488
1.1.1 浆体输送工程	488
1.1.2 浆体调整(前期处理)	488
1.1.3 流动输送	489
1.1.4 后期处理	490

1.2 浆体输送的规划设计	491
1.2.1 规划的程序	491
1.2.2 流动输送的试算	493
2 控制和保养	496
2.1 控制	496
2.1.1 检测	496
2.1.2 泵	497
2.1.3 阀门	498
2.1.4 浆体性质的监测	498
2.2 保养	498
2.2.1 磨损·腐蚀	498
2.2.2 水锤	499
2.2.3 预测和防止沉淀堵塞	499
2.2.4 其他保养措施	501
4 经济效果	502
3.1 管道输送特点	502
3.2 浆体输送成本分析	503
3.2.1 成本的主要因素和单价	503
3.2.2 输送成本实例	505
环境问题	507
4.1 前言	507
4.2 环境保护	507
4.3 制定设计指标和长远指标	509
4.4 噪音、振动、粉尘产生根源	511
4.4.1 制定噪音标准	511
4.4.2 制定振动标准	516
4.4.3 制定粉尘产生量标准	516
4.5 环保措施	517
4.5.1 防止噪音措施	517
4.5.2 防止带式输送机噪音的措施	521
4.5.3 防止筛分、破碎车间噪音的措施	521
4.5.4 防止料斗、成品库噪音的措施	522
4.5.5 防止鼓风机噪音的措施	522
4.5.6 防止柴油机、柴油发电机噪音的措施	523
4.5.7 防止泵、压缩机噪音的措施	523
4.5.8 消除超低频噪音的措施	523
4.5.9 消除输送管路噪音的措施	524
4.5.10 消除振动的措施	524
4.5.11 防止粉尘的措施	525
4.5.12 污水处理	525
5 设计系统举例	527
5.1 石狩煤田的浆体输送设计	527

5.1.1 浆体输送设计	327
5.1.2 通过试验取得浆体输送设计资料	529
5.2 海外煤浆的输入	538
5.2.1 前言	538
5.2.2 煤·水浆体输送总系统的研讨	538
5.2.3 对各系统的评价	540
5.2.4 对系统的经济比较	544
5.3 除去坝的堆砂	557
5.3.1 前言	557
5.3.2 决定型式和条件	558
5.3.3 采集泥砂·卸船	560
5.3.4 处理前准备与贮存	562
5.3.5 从B坝向A坝附近的起点基地的输送	564
5.3.6 大输送量(185万 m^3/a)长距离(70km)的管路	565
5.3.7 终点堆集基地	566
5.3.8 经济效果研究	568
5.3.9 综合评价	569
5.3.10 结束语	570
5.4 大量砂土长距离输送系统	573
5.4.1 设计概况	573
5.4.2 输送设计	574
5.4.3 扬水及混合设施	579
5.4.4 浆体·泵	584
5.4.5 管道	588
5.4.6 充填造地	590
5.4.7 处理系统设计	592
5.4.8 工程费	593
5.5 人工造湖	593
5.5.1 概况	593
5.5.2 方案研究	593
5.5.3 通过泵船施工建造	594
5.5.4 通过抓斗船施工建造	604
5.5.5 通过港道船施工建造	605
5.5.6 管路施工方法的总评价	608
5.6 城市废弃物的浆体输送	611
5.6.1 前言	611
5.6.2 废弃物浆体管道输送的特性	611
5.6.3 城市垃圾浆体输送系统	618
5.6.4 下水污泥管路输送系统实例	624
5.6.5 结束语	630
5.7 木屑浆体输送系统	631
5.7.1 木屑浆体输送技术	631

5.7.2 木屑浆体输送系统概念设计.....	636
-------------------------	-----

第二部分 实 例

1 煤炭	645
1.1 三井砂川煤矿煤炭水力输送.....	645
1.1.1 输送概况.....	645
1.1.2 输送设备.....	646
1.1.3 水力输送方法.....	647
1.1.4 块煤输送实例.....	649
1.1.5 在水力采煤中伴生粉煤的处理.....	649
1.2 埃米尔·犹其特 (Emile Huchet) 发电厂粉煤浆体输送	652
1.2.1 浆体的调制.....	652
1.2.2 输送条件和设备.....	653
1.2.3 粉煤回收.....	653
1.3 俄亥俄州煤浆体输送.....	654
1.3.1 浆体输送线路和规模.....	655
1.3.2 浆体输送设备和操作实况.....	655
1.4 布莱克台地 (Blach Mesa) 煤炭管道输送.....	657
1.4.1 前言.....	657
1.4.2 概况.....	657
1.4.3 浆体调制和输送.....	659
1.4.4 管路运行控制监视.....	659
1.4.5 结束语.....	662
2 有色金属	664
2.1 大馆, 能代尾矿浆体输送.....	664
2.1.1 设计方案的形成过程.....	664
2.1.2 流动输送各种参数试验概况.....	664
2.1.3 设计要点.....	666
2.1.4 主要设备规格.....	668
2.1.5 检查及试运转.....	672
2.1.6 运转实际指标.....	672
2.1.7 流动输送成本.....	677
2.2 有色金属矿山的浆体输送.....	677
2.2.1 矿山浆体输送的用途.....	677
2.2.2 输送物料的组成及输送条件.....	678
2.2.3 浆体输送装备.....	678
2.2.4 不同用途的生产实例.....	683
2.2.5 其他.....	683
2.3 布干维尔 (Bougainville) 铜精矿管线	690
2.3.1 矿山规模.....	690
2.3.2 精矿浆的特性.....	690
2.3.3 管路设计.....	690