



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

矿建辅助系统

主 编 杨立云

副主编 吴仁伦 余德运



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

矿建辅助系统

主 编 杨立云
副主编 吴仁伦 余德运



北 京
冶金工业出版社
2016

内 容 提 要

本书系统地介绍了矿井建设期间的辅助系统,主要包括4篇。第1篇:提升与运输,重点介绍了矿井建设期间的提升与运输设备;第2篇:通风与安全,重点介绍了矿建期间的通风与安全;第3篇:通信与信号,重点介绍了矿井中的通信系统与信号系统;第4篇:地面工业广场,重点介绍了地面工业广场的布置和地面建(构)筑物。

本书可作为高等院校土木(矿建方向)专业本科生教材,也可供从事土木、矿建等矿井建设工程领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿建辅助系统/杨立云主编. —北京:冶金工业出版社,
2016. 10

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7333-4

I. ①矿… II. ①杨… III. ①矿山建设—辅助系统—
高等学校—教材 IV. ①TD2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第235187号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 赵亚敏 张耀辉 美术编辑 吕欣童 版式设计 杨 帆

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7333-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2016年10月第1版,2016年10月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15.25印张; 365千字; 230页

36.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

“矿建辅助系统”是土木工程专业矿井建设方向的一门专业课程，旨在满足现代化矿井建设的需要和满足学生将来从事与矿井建设行业相关工作岗位的任职需要，为学生介绍和讲授一些与矿井建设领域密切相关的其他专业知识和技术，培养全面复合型的现代矿井建设人才。

本书是在中国矿业大学（北京）近几年矿井建设辅助系统课程讲义的基础上，参考了兄弟院校的一些教材和研究成果编写而成，是定位于普通高等院校矿井建设课程的核心教材。本书力求涵盖国内外的提升与运输、通风与安全、井下通信与信号和地面工业广场等方面的设备、原理、技术与工艺知识内容，引导学生学以致用，掌握矿井建设领域多方面的知识，快速适应大型现代化矿井建设的业务和工作环境。

本书共分为4篇。第1篇（第1~8章：提升与运输）重点介绍了矿井建设期间的提升与运输设备；第2篇（第9~14章：通风与安全）重点介绍了矿建期间的通风与安全；第3篇（第15~16章：通信与信号）介绍了矿井中的通信系统与信号系统；第4篇（第17~18章：地面工业广场）重点介绍了地面工业广场的布置和地面建（构）筑物。

本书由中国矿业大学（北京）杨立云副教授主编。各章节分工为：余德运编写第1篇，吴仁伦编写第2篇，杨立云编写第3、4篇。全书由杨立云统稿和校订。

本书所参考的资料，不限于书后所列的文献资料，未能一一详尽提及。在此谨向提及与未提及的所有单位和文献作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2016年5月

目 录

绪论	1
----	---

第 1 篇 提升与运输

1 提升容器	3
1.1 箕斗	3
1.1.1 概述	3
1.1.2 箕斗结构	3
1.2 罐笼	6
1.2.1 概述	6
1.2.2 罐笼的结构	7
1.3 吊桶	7
1.3.1 概述	7
1.3.2 吊桶附属结构	9
2 提升机	12
2.1 提升机的类型与特点	12
2.2 单绳缠绕式提升机	13
2.3 多绳摩擦提升机	14
2.3.1 多绳摩擦提升机的组成	19
2.3.2 多绳摩擦提升机的特点	19
3 斜井提升	21
3.1 斜井串车提升	21
3.1.1 采用甩车场的单钩串车提升	21
3.1.2 采用甩车场的双钩串车提升	22
3.1.3 采用平车场的双钩串车提升	22
3.2 斜井箕斗提升	23
3.3 斜井带式输送机提升	23
4 提升钢丝绳	24
4.1 钢丝绳的结构、分类与特性	24

4.1.1	钢丝绳的结构	24
4.1.2	钢丝绳的分类、特性及应用	24
4.1.3	钢丝绳的标记方法	28
4.2	选型计算	29
4.2.1	单绳缠绕式(无尾绳)立井提升钢丝绳选择计算	30
4.2.2	多绳摩擦式提升钢丝绳计算特点	31
4.2.3	斜井提升钢丝绳的计算特点	32
4.3	某井筒施工凿井设备选型计算实例	33
4.3.1	基本数据	33
4.3.2	钢丝绳的选择计算	33
4.3.3	提升机的验算	36
5	刮板输送机	39
5.1	概述	39
5.2	主要部件的结构和技术要求	40
5.2.1	中部槽及附属部件	41
5.2.2	刮板链	42
5.2.3	紧链装置	43
6	带式输送机	44
6.1	概述	44
6.1.1	带式输送机的工作原理	44
6.1.2	带式输送机的适用条件	44
6.1.3	带式输送机的特点	45
6.1.4	带式输送机的分类	45
6.2	带式输送机的结构组成	47
6.2.1	输送带	47
6.2.2	托辊	49
6.2.3	其他组件	50
7	窄轨运输	55
7.1	牵引电机车	55
7.2	矿车	55
7.2.1	矿车的结构	56
7.2.2	矿车的类型	56
7.3	轨道	56
7.3.1	矿井轨道的结构	56
7.3.2	弯曲轨道	58
7.3.3	轨道的衔接	60

8 其他运输设备	62
8.1 单轨吊车	62
8.1.1 概述	62
8.1.2 单轨吊车的构造	64
8.2 卡轨车	64
8.2.1 概述	64
8.2.2 卡轨车的结构形式	67
8.3 胶套轮机车	69
8.4 黏着/齿轨机车	69
8.5 无轨运输车	70
8.6 架空乘人装置	72

第2篇 通风与安全

9 矿井通风	73
9.1 矿井空气	73
9.1.1 主要成分	73
9.1.2 矿井气候条件	74
9.2 矿井通风动力	77
9.2.1 自然风压	77
9.2.2 机械风压	78
9.3 矿井通风阻力	80
9.3.1 摩擦阻力	80
9.3.2 局部阻力	81
9.3.3 矿井通风阻力定律	82
9.4 需风量及风量调节	82
9.4.1 矿井需风量	82
9.4.2 通风构筑物	87
9.4.3 矿井风量调节	90
9.5 局部通风	91
9.5.1 局部通风方法	91
9.5.2 局部通风系统设计	96
9.5.3 局部通风安全措施	97
10 矿井瓦斯	99
10.1 矿井瓦斯的生成及赋存	99
10.1.1 矿井瓦斯的生成及赋存	99

10.1.2	影响瓦斯含量的因素	102
10.2	矿井瓦斯涌出	103
10.2.1	瓦斯涌出量及影响因素	104
10.2.2	矿井瓦斯涌出量预测	105
10.3	瓦斯喷出及其防治	106
10.3.1	瓦斯喷出的分类	106
10.3.2	瓦斯喷出的预防措施	106
10.4	煤(岩)与瓦斯突出及其防治	107
10.4.1	概述	107
10.4.2	突出的机理及规律	107
10.4.3	防治措施	109
10.5	瓦斯爆炸及其防治	113
10.5.1	瓦斯爆炸机理	113
10.5.2	瓦斯爆炸的预防措施	115
11	矿井火灾	117
11.1	火灾概述	117
11.1.1	矿井火灾的形成条件	117
11.1.2	矿井火灾的类型及其特性	117
11.1.3	矿井火灾的危害	119
11.2	外因火灾及其预防	120
11.2.1	外因火灾的特性	120
11.2.2	外因火灾的预防措施	122
11.3	内因火灾及其预防	122
11.3.1	煤炭自燃机理	122
11.3.2	煤炭自燃的条件及发生地点	124
11.3.3	影响煤炭自燃的因素	125
11.3.4	煤炭自燃预报	127
11.3.5	内因火灾的预防措施	129
12	矿尘	133
12.1	矿尘及其性质	133
12.1.1	矿尘的概念	133
12.1.2	矿尘的分类	133
12.1.3	矿尘的产生源	134
12.1.4	矿尘的性质	134
12.1.5	矿尘的危害	136
12.2	煤尘爆炸及其预防	136
12.2.1	煤尘爆炸机理	136

12.2.2	煤尘爆炸的特征	137
12.2.3	煤尘爆炸的条件	137
12.2.4	影响煤尘爆炸的主要因素	138
12.2.5	煤尘爆炸的预防措施	139
12.3	矿山综合除尘	143
12.3.1	通风除尘	143
12.3.2	湿式作业	143
12.3.3	净化风流	145
12.3.4	个体防护	146
13	矿井水害防治	147
13.1	概述	147
13.1.1	矿井水与矿井水灾	147
13.1.2	矿井涌水水源	148
13.1.3	矿井涌水通道	149
13.1.4	矿井充水程度	150
13.1.5	造成矿井水灾的主要原因	151
13.2	矿井水害防治	152
13.2.1	地表水防治	152
13.2.2	井下防治水	153
13.3	突水及其预测	156
13.3.1	突水的征兆	156
13.3.2	突水水源分析与判别	156
13.3.3	突水的影响因素与预测	157
14	矿山救护	160
14.1	矿山救护队	160
14.1.1	矿山救护队的组织	160
14.1.2	矿山救护队的任务	161
14.1.3	矿山救护的工作原则	161
14.1.4	矿山救护队常用技术装备	162
14.2	矿工自救	166
14.2.1	发生事故时在场人员的行动原则	167
14.2.2	矿工自救设施与设备	167
14.3	现场急救	172
14.3.1	对中毒、窒息人员的急救	172
14.3.2	对外伤人员的急救	173
14.3.3	对溺水者的急救	173
14.3.4	对触电者的急救	174

第3篇 通信与信号

15	井下通信	175
15.1	调度电话系统	175
15.2	煤矿 IP 调度电话系统	176
15.3	煤矿广播系统	177
15.4	矿井移动通信系统	178
15.5	通信联络系统建设原则	181
16	矿山信号	183
16.1	概述	183
16.1.1	矿山信号的分类	183
16.1.2	对矿山信号装置的要求	183
16.1.3	矿山信号系统的组成	184
16.2	生产信号	184
16.2.1	隔爆按钮	184
16.2.2	隔爆单击电铃与隔爆连击电铃	184
16.2.3	组合电铃	184
16.2.4	电笛	185
16.3	运输信号	185
16.4	调度信号	186
16.5	监测信号	188

第4篇 地面工业广场

17	煤矿地面工业广场的建筑	191
17.1	煤矿地面建筑基本知识	191
17.2	煤矿地面生产技术建筑物	192
17.2.1	井口房	192
17.2.2	提升机房	195
17.2.3	压风机房	195
17.2.4	扇风机房	196
17.3	通用性工业建筑物	197
17.3.1	变电所及锅炉房	197
17.3.2	矿井机修厂及仓库	200
17.4	非生产性建筑物	201

17.4.1 行政福利建筑	201
17.4.2 居住区建筑	202
17.5 矿井井架和井塔	203
17.5.1 矿井井架	203
17.5.2 井塔	209
17.6 煤仓	210
17.6.1 煤仓的类型与选型	210
17.6.2 煤仓的结构组成及作用	211
17.7 栈桥	213
17.7.1 钢筋混凝土栈桥	213
17.7.2 钢栈桥	214
17.7.3 砖石栈桥	215
18 煤矿地面工业广场的总体布置	217
18.1 场址选择	217
18.2 地面工业广场的总平面布置	218
18.2.1 广场总平面布置的原则	218
18.2.2 广场内建筑物及设施位置的确定	219
18.2.3 工业广场总平面布置的方式	220
18.3 工业广场的竖向布置	221
18.3.1 竖向布置的原则	221
18.3.2 竖向布置方式及合理标高的确定	222
18.4 场内地下技术管线及运输道路的布置	223
18.4.1 场内地下工程技术管线的布置	223
18.4.2 铁路	223
18.4.3 公路	224
18.5 建井期地面工业广场的布置	226
18.5.1 布置的要求及依据	227
18.5.2 布置的原则	227
18.5.3 永久建筑物及设备在建井中的应用	228
参考文献	230

绪 论

矿井建设 (mine construction) 主要是指矿山的规划与设计、井筒和巷道的设计、施工、管理, 涉及材料、爆破、测量、水文地质、岩土、工程管理等领域。国内大学设有矿井建设工程专业, 将其归为大土木类, 专业主干课程包括: “矿山规划与设计”、“矿井建设工程”、“岩石力学”、“爆破工程”、“井巷特殊施工”、“土木工程地质”、“工程测量”、“土木工程制图”、“工程经济学”、“土木工程材料”、“土木工程地质”、“钢筋混凝土与钢结构设计原理”等。

可见, 矿井建设包括整个矿井土建、机电、矿建三大工程。传统上习惯把矿建工程列为核心主体工程, 主要涉及 (主、副、风) 井筒、马头门、井底车场、大巷直到顺槽和采煤工作面。其他工程 (土建和机电工程) 为辅助工程。

1. 矿建工程涵义

矿建工程包括主副井筒、风井建设, 井底车场, 水仓, 变电室、等候室等硐室, 大巷, 上下山等和煤矿开拓、准备部分的相关矿井基础建设 (见图 1)。根据各项工程建设的时间顺序, 习惯上将矿建工程分为三个阶段:

一期工程: 从施工井筒开始到井底车场施工前的全部井下工程。

二期工程: 从施工井底车场开始, 到进入采区车场施工前的工程, 包括井底车场、石门、主要运输大巷、回风大巷、中央变电所、水泵房、水仓、井底煤仓、炸药库等。

三期工程: 从施工采区车场开始到整个采区布置的工程, 包括采区车场、采区上下山、采区变电所、采煤工作面、上下顺槽、切眼、运煤通道等。

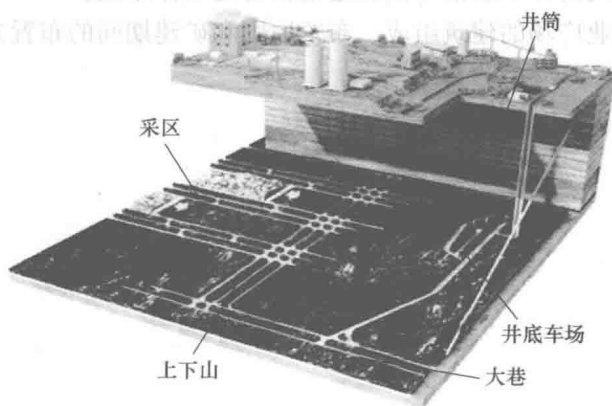


图 1 矿建工程

2. 矿建辅助系统的主要内容

从矿井建设的定义可知, 矿井建设包括矿建、土建、机电安装三类工程项目, 涉及地面和地下两大工程内容, 工程建设环境条件差、工程条件复杂, 施工安全要求高。因此,

对施工技术人员提出了更高的要求,不仅要求施工技术人员掌握本专业的核心技术工作,也要掌握相关配套辅助系统的技术和知识,满足现代化大型矿井建设的需要。

矿井建设辅助系统的研究范畴是非常广泛的,几乎涵盖了矿山企业的方方面面。本教材中矿井建设辅助系统主要包括以下四个方面:

A 提升与运输

第1章,提升容器;第2章,提升机;第3章,斜井提升;第4章,提升钢丝绳;第5章,刮板输送机;第6章,带式输送机;第7章,窄轨运输;第8章,其他运输设备(包括单轨吊、卡轨车、齿轨车和无轨胶轮车等)。

B 通风与安全

第9章,矿井通风;第10章,矿井瓦斯;第11章,矿井火灾;第12章,矿尘;第13章,矿井水害防治;第14章,矿山救护。

C 通信与信号

第15章,井下通信;第16章,矿山信号。

D 地面工业广场

第17章,煤矿地面工业广场的建筑;第18章,煤矿地面工业广场的总体布置。

3. 本课程的学习方法

本课程主要采用理论教学的方法开展教学工作。基于课程的综合性、通识性等特点,学生需要掌握矿井基础知识,了解矿井建设核心内容,查阅相关资料。同时,学生需要掌握职业应用型人才所必需的矿建方面的相关基本概念、基本理论和基本方法等知识与技能,主要包括:

- (1) 掌握国内外提升与运输机械的工作原理、选型方法;
- (2) 掌握矿建期间井筒和平巷的局部通风基本原理和方法;
- (3) 掌握矿建期间矿井的瓦斯、水、火、尘等灾害特点和治理预防原则及方法;
- (4) 掌握矿建期间的井下通信方法和通信设备的工作原理;
- (5) 掌握地面工业广场的建筑组成、布置原则和矿建期间的布置方法。

提升与运输

1 提升容器

矿井提升容器是直接提升矿石、废石，运送人员、材料及设备的用具。

按提升容器类型，提升容器分为箕斗、罐笼、箕斗罐笼、串车、台车、斜井人车和吊桶等。其中应用最为广泛的是罐笼和箕斗，其次是串车及斜井人车，后两种用于斜井，台车应用较少。凿井期间的主要提升容器为吊桶。

1.1 箕 斗

1.1.1 概述

箕斗是提升矿石或废石的单一容器。箕斗按卸载方式分为底卸式、翻转式和侧卸式箕斗。竖井提升主要采用底卸式和翻转式，其中多绳提升一般采用底卸式，单绳提升可采用底卸式，也可采用翻转式。

箕斗的优点是自重小，使提升机尺寸和电动机功率减小，效率高，井筒断面小，无须增大井筒断面就能在井下使用大尺寸矿车，箕斗装卸时间短，生产能力大，容易实现自动化，劳动强度较低。所以，一般日产量 1000t 以上、井深超过 200m 的矿山，大都在主井采用箕斗提升。

箕斗的缺点是必须在井下设置破碎系统，在井口设置矿仓，井下、井口设装卸载装置，井架高度增加，因此加大了投资。若需同时提升多种矿石时不易分类提升。另外箕斗不能运送人员，必须另设提升人员的副井。

1.1.2 箕斗结构

1.1.2.1 翻转式箕斗

翻转式箕斗的构造与卸载过程如图 1-1 所示。它主要由沿罐道运动的框架 1 与斗箱 2 组成（见图 1-1（a））。框架用槽钢或角钢焊成，罐耳和连接装置都固定在框架上。斗箱用钢板铆成，外面用角钢、槽钢或带钢加固，以增加其强度和刚度。

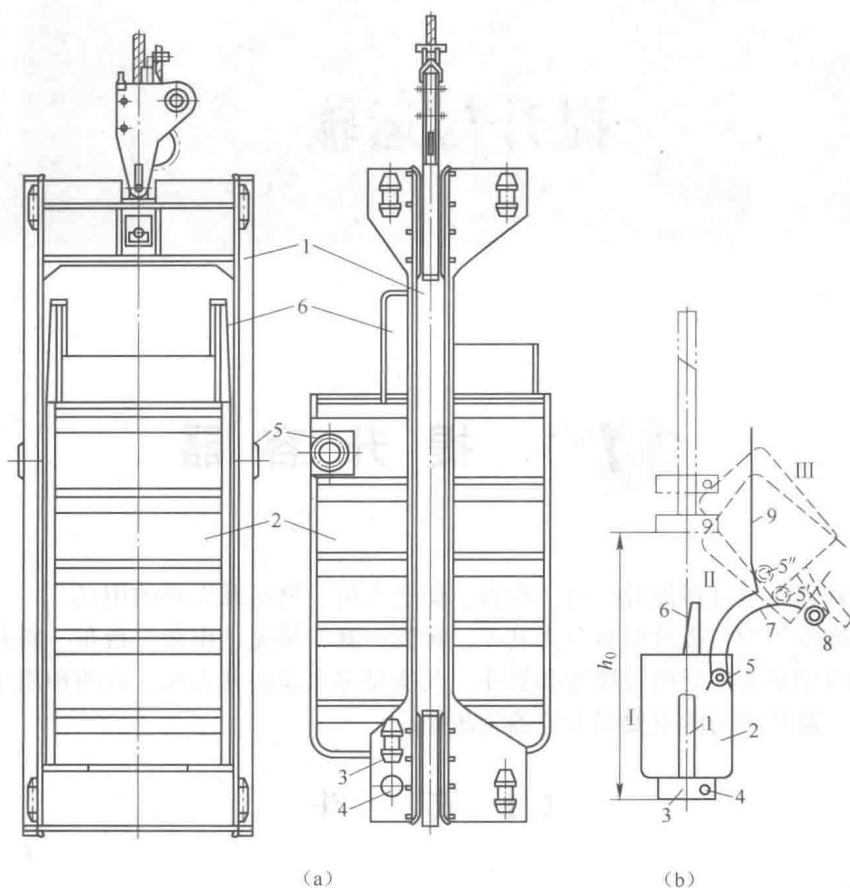


图 1-1 翻转式箕斗

(a) 翻转式箕斗构造; (b) 翻转式箕斗卸载示意图

1—框架; 2—斗箱; 3—底座; 4—旋转轴; 5—卸载滚轮; 6—角板; 7—卸载曲轨; 8—托轮;
9—过卷曲轨; I—箕斗卸载前位置; II—卸载位置; III—过卷位置

翻转式箕斗卸载过程如图 1-1 (b) 所示。当箕斗进入卸载位置时, 滚轮 5 进入卸载曲轨 7, 并使斗箱 2 向着储矿仓方向倾倒, 借旋转轴 4 作支点转动, 直到斗箱翻转 135° 时, 框架停止运行, 矿石靠自重卸入储矿仓。当箕斗下放时, 斗箱从曲轨中退出, 沿曲轨回到原来垂直状态。

1.1.2.2 底卸式箕斗

活动底卸式箕斗的结构和卸载过程如图 1-2 所示。当箕斗进入卸载点时, 框架立柱顶端进入楔形罐道, 下部卸载导轨槽嵌入卸载导轨, 使框架保持横向稳定。与此同时, 装在斗箱上导轮挂钩的导轮垂直进入安装在井塔上的活动卸载直轨 15 (见图 1-2 (b))。卸载直轨通过导轮使钩子绕自身的支点转动, 钩子与框架上的掣子脱开。当箕斗继续上升, 框架上部的行程开关曲轨 2 作用于固定在井塔上的开关, 使箕斗停止运行。这时, 通过电磁气控阀使活动卸载直轨上的气缸动作, 气缸通过卸载直轨将拉力作用在钩子的支承轴上, 拉动斗箱往外倾斜。箕斗底的托轮 8 则沿着框架底部的托轮曲轨 9 移动, 箕斗底打开, 开始卸载。随着气缸的拉动, 斗箱摆动至最外边时, 箕斗底的倾角为 50° 。

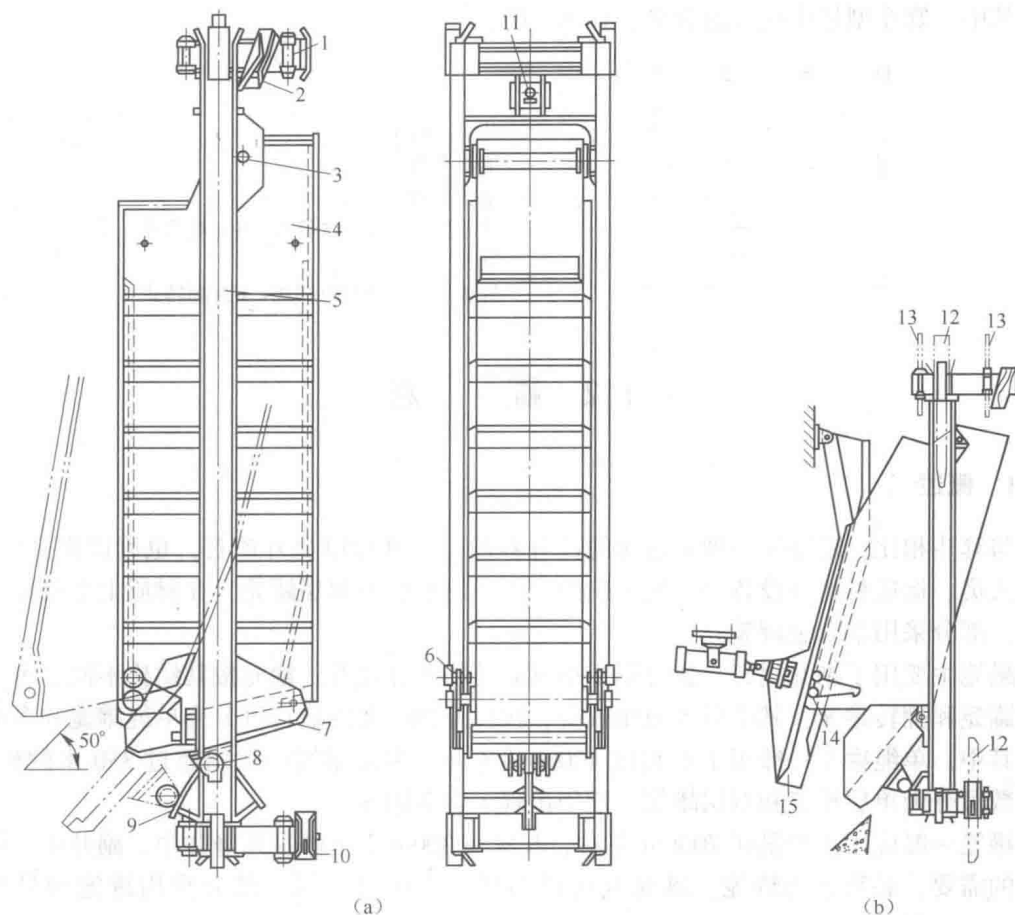


图 1-2 活动直轨底卸式箕斗

(a) 活动直轨底卸式箕斗结构; (b) 活动直轨底卸式箕斗卸载示意图

1—罐耳; 2—行程开关曲轨; 3—斗箱旋转轴; 4—斗箱; 5—框架; 6—导轮挂钩; 7—箕斗底; 8—托轮; 9—托轮曲轨; 10—导轨槽; 11—悬吊轴; 12—楔形罐道及导轨; 13—钢绳罐道; 14—导轮挂钩; 15—卸载直轨

卸载后, 电磁气控阀反向, 气缸推动活动直轨复位, 使斗箱和箕斗底也恢复到关闭位置。此时, 箕斗可以低速下放。在导轮挂钩的导轮离开卸载直轨后, 钩子在自重的作用下回转, 钩住框架上的掣子, 使斗箱与框架保持相对固定。

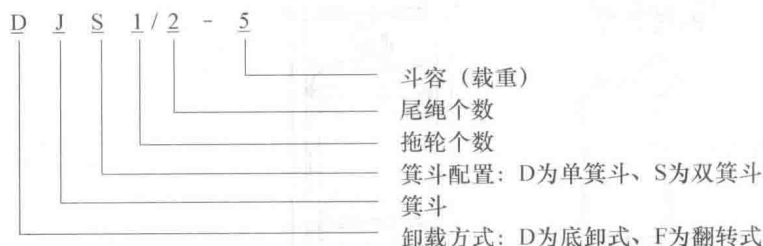
1.1.2.3 常用箕斗类型

国内常用箕斗类型见表 1-1。

表 1-1 国内常用竖井箕斗

型 号	容积/ m^3	断面/ $\text{mm} \times \text{mm}$	卸载方式	自重/t	载重/t
DJD1/2-3.2	3.2	1346×1214	底卸式	7.65	7
DJS1/2-5	5	1646×1204	底卸式	10.3	11
DJS2/3-9 I	9	1800×1388	底卸式	15.08	19
DJD2/3-11 II	11	1620×1808	底卸式	17.75	23.5
FTD2 (4)	2	1100×1000	翻卸式		4
FTD4 (8.5)	4	1400×1100	翻卸式		8.5

其中,箕斗型号中代号的含义,举例说明:



1.2 罐 笼

1.2.1 概述

与箕斗相比,罐笼是一种多用途的提升容器,它既可以提升矿石,也可以提升废石、升降人员、运送材料及设备等。我国矿山广泛采用单层及双层罐笼,在材质上主要采用钢罐笼,部分采用铝合金罐笼。

罐笼主要用于副井提升,也可用于小型矿井的主井提升。罐笼按其结构不同,可分为普通罐笼和翻转罐笼,其中后者应用较少;按提升钢丝绳的数目可分为单绳罐笼和多绳罐笼,其中,单绳罐笼一般用于不超过 400m 的矿井,多绳罐笼一般用超过 350 米的矿井。按层数可分为单层罐笼和双层罐笼。近年出现了合金罐笼。

罐笼一般应用在产量在 700t/d 左右,井深在 300m 上下的主井竖井中。副井由于提升人员的需要,必须选用罐笼。罐笼井可以出风,也可以入风。部分常用罐笼型号如表 1-2~表 1-5 所示。

表 1-2 煤矿类单绳罐笼系列

产品名称	型 号	矿车数/辆	提升绳直径/mm	允许乘人数	进出车方向	质量/kg
1t 单层单车罐笼	GLG (S) -1×1×1	1	31	12	双向	3630
1t 双层单车罐笼	GLG (S) -1×2×1	1	35	12	双向	4350
1t 单层单车罐笼	GLG (S) -1×1×1	1	31	12	双向	3160
1t 双层单车罐笼	GLG (S) -1×2×1	1	35	12	双向	4438
3t 单层单车罐笼	GLG (S) -3×1×1	1	35	28	双向	6534
3t 双层单车罐笼	GLG (S) -3×2×1	1	55	28	双向	8541
1t 双层单车罐笼	GLG (S) -1×2×2	2	37	11		3428
1.5t 双层单车罐笼	GLG (S) -1.5×2×2	2	43	17	单向	5471

表 1-3 煤矿类多绳系列

罐笼型号	矿车数量/辆	允许乘人数	罐体自重/kg	最大终端载荷/kN	提升直径/mm	钢丝绳根数
GDG-1/6/1/2	2	23	4656	157~279	22~32	4
GDG-1/6/2/2	2	20	4281	158~267	22~32	4
GDG-1/6/2/4	4	46	7959	282~381	28~32	4