

高等学校教学用书

张义儒 编

煤矿机械安全管理

7·168
1

中国矿业大学出版社

煤矿机械安全管理

张义儒 程绍先 编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书以煤炭工业部 1986 年颁布的《煤矿安全规程》为依据,系统地介绍了煤矿支护、采煤、掘进、运输、矿井提升、排水、通风和压气等机械设备的安全管理问题,并对《煤矿安全规程》的有关规定有针对性地作了介绍。本书力求吸收现场各类煤矿机械的管理经验和教训,尽可能地收集有关事故资料,并对某些典型事故案例进行分析。为了便于阅读,还简要介绍了液压传动和煤矿机械的基本知识。

本书是煤矿安全管理大专班的教学用书,也可供矿业院校、中专和从事煤矿安全管理、生产管理和技术管理工作的工程技术人员阅读,或作为培训班教材。

责任编辑 阎前辉

技术设计 周立钢

煤矿机械安全管理

张义儒 程绍先 编

中国矿业大学出版社 出版、发行

(江苏省徐州市中国矿业大学校内)

江苏新华书店经销 中国矿业大学印刷厂 印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13.125 字数 317 千字

1988 年 11 月第 1 版 1988 年 11 月第 1 次印刷

印份: 1—1000 册

ISBN 7-81021-078-5

TD·33(课)

定价: 2.65 元

前 言

我国煤矿事故率一直较高，其中由于机电设备不安全因素引起的事故在煤矿总事故中约占一半。因此，加强煤矿机械的安全管理，迅速改变我国机电事故多的状况，已成为当前我国煤矿发展中亟待解决的一个重要课题。

本书系统地介绍了煤矿支护、采煤、掘进、运输、矿井提升、排水、通风和压气等机械设备的安全管理问题，并对《煤矿安全规程》的有关规定有针对性地作了介绍。本书力求吸收现场管理各类煤矿机械的经验和教训，尽可能地收集有关事故资料，并对某些典型事故案例进行分析，以达到总结经验，吸取教训，制定防范措施，避免同类和相似事故发生的目的。

执笔编写本书的有张仪儒（第一、二、三、六、七、八、九、十章及第四章第一节）、程绍先（第五章及第四章第二节），最后由张仪儒结稿。

本书在编写过程中，曾得到煤炭部生产司、煤炭部安监局、中国矿业大学北京研究生部以及平顶山、潞安、阳泉、开滦、徐州等矿务局提供的有关资料及帮助，谨此表示感谢。

由于编者理论和实践水平所限，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

1987年7月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 煤矿机械安全管理的重要意义及其状况	(1)
第二节 煤矿机电事故案例剖析	(2)
第二章 液压传动基本知识	(8)
第一节 液体的性质及能量的传递	(8)
第二节 液压传动系统的组成及表示方法	(14)
第三节 液压油	(17)
第四节 油泵和油马达	(21)
第五节 油缸	(32)
第六节 液压阀	(34)
第七节 辅助元件	(41)
第三章 工作面液压支护设备	(46)
第一节 液压支架故障的预防及处理	(46)
第二节 单体液压支柱的安全管理	(57)
第三节 乳化液及乳化液泵站的安全管理	(64)
第四章 采煤机械	(74)
第一节 采煤机的安全管理	(74)
第二节 刨煤机常见事故的预防及处理	(91)
第五章 掘进机械	(97)
第一节 耙 装 机 的安全管理	(97)
第二节 掘进机的安全管理	(100)
第六章 运输机械	(109)
第一节 井下运输与安全	(109)
第二节 刮板输送机的安全管理	(109)
第三节 液力联轴器的安全管理	(114)
第四节 胶带输送机的安全管理	(118)
第五节 矿用电机车运输的安全管理	(123)
第七章 矿井提升设备	(131)
第一节 概述	(131)
第二节 防坠器的安全管理	(134)
第三节 提升钢丝绳及连接装置的安全管理	(137)
第四节 单绳缠绕式提升机的安全管理	(146)
第五节 多绳摩擦式提升机的安全管理	(152)
第六节 提升机制动装置的安全管理	(159)
第七节 提升机的检测与安全装置	(165)

第八章 矿井排水设备	(171)
第一节 概述	(171)
第二节 离心式水泵的结构原理	(173)
第三节 矿井排水设备的安全管理	(177)
第九章 矿井通风设备	(182)
第一节 矿井通风机及其附属装置	(182)
第二节 矿井通风设备的安全管理	(187)
第十章 矿山压气设备	(191)
第一节 矿山压气设备的组成与结构原理	(191)
第二节 两起空压机爆炸事故剖析	(197)
第三节 《煤矿安全规程》对矿山压气设备的有关规定	(199)
第四节 活塞式空压机的安全管理	(199)

第一章 概 述

第一节 煤矿机械安全管理的重要意义及其状况

煤炭是我国的主要能源，随着我国国民经济的发展和四化建设的深入，煤炭工业进入了一个新的时期。新的时期对煤炭工业提出了两个新的要求：第一，煤炭工业要有一个大发展。解放33年煤炭产量达到6亿多吨，1987年是9.255亿吨，到2000年将要增加到12亿吨。第二，煤炭工业要有一个大转变，转到稳产、安全生产、健康发展和经济效益比较好的新路子来。

为了实现煤炭工业的大发展和大转变，煤矿机电设备在煤炭工业总投资中占的比重愈来愈大。目前，统配煤矿机电设备和设施原值为200~245亿元，占煤炭工业固定资产总额的55~65%。机电系统在生产中所花费的资金占生产成本的40%以上。因此，在矿井生产手段、技术装备水平和技术装备数量等各方面，都比过去有了很大变化。如当前全国统配煤矿拥有主要设备达100多万台，比1957年增加了5倍以上。在技术装备水平方面，如提升、运输、装卸、通风、压气、排水等系统的各环节，不仅全都依靠机电设备来实现，而且越来越先进。机械化和综合机械化所占比重越来越大。在掘进工艺上也正在推广使用综合掘进机配可伸缩胶带输送机，代替人工掘、装、运三道工序。采煤机械化和掘进装载机械化程度1957年分别为4.12%和2%，1984年为41.8%和39.64%，1986年都接近50%，现在都在50%以上，争取在第七个五年计划期间提高到70%，并在本世纪末提高到80%。在这种情况下，机电设备的安全运转状况对现代化矿井的正常生产、企业的经济效益和煤矿生产的发展状况有着决定性的意义。

当前，煤炭系统的生产人员中有约1/6为机电人员。其中包括各类设备的司机、维修和运行人员。上述任何人员工作上的疏忽，都可能造成停工、停产或人身事故。所以，必须认真贯彻1986年新颁布的《煤矿安全规程》，确保煤矿机电设备安全运转，以完成煤炭工业大发展、大转变的任务。反之，如果机电设备经常出事故，矿井就不可能安全生产和稳步增产，甚至可能酿成重大事故。

以机电运输事故为例，据近几年的不完全统计，全国统配煤矿机电运输事故率有的高达5%以上，一般在2%左右。2%即相当于每天少出原煤近2万吨，相当于一个中型规模矿区的产量。所以，对煤矿机械安全管理的好坏，是关系到煤炭工业在四化建设中所肩负的历史重任的大事。据对1976年~1987年11年期间所发生事故的不完全统计，各类机电事故和由于机电原因而引起的其它事故约占矿井总事故的50%。也就是说，在矿井事故中有近一半事故是由于机电设备的不安全因素引起的。多年的统计资料还表明：井下重大火灾事故有80%以上是机电原因引起的；井下煤尘和瓦斯事故有40%是由电火花引起的。因此，加强安全管理，迅速改变我国煤炭工业事故多的形象，把事故率降下来，在机电安全管理方面的任务极其迫切和艰巨。

在1949年到1987年的38年中，我国煤炭产量约百亿吨，但煤矿平均百万吨死亡率却远高于先进国家。按年度分析，煤矿的死亡率有较大波动。如果把历年的事故死亡率绘

成曲线。这条曲线的特点是以 1960 年、1977 年和 1983 年上半年为高峰、以 1957 年和 1965 年为低谷的马鞍形曲线。

机电死亡事故在煤矿死亡事故中占较大比例。以机电运输死亡事故为例，对 1953~1981 年的 29 年的统计表明，全国煤矿机电运输事故死亡人数占全部事故死亡人数的 26.2%，其中运输事故死亡人数占 19.3%。同时，统配煤矿历年的机电运输事故死亡率的变化曲线也是马鞍形曲线，高峰分别在 1961 年、1970 年和 1983 年上半年，低谷分别是 1957 年和 1965 年，与全国煤矿死亡事故的曲线很相似。机电运输死亡率曲线的另一特点是，在“文革”后期和以后的几年中又出现了三次波动，即 1972 年、1975 年和 1980 年出现的事故死亡率的三次下降和随后的三次上升。1972 年初，煤炭部召开了全国重点煤矿设备制造和设备维修现场会，狠抓了机电管理和设备安全管理工作，使 1972 年的机电运输死亡率比 1971 年降低 10.1%；第二次下降是中央提出整顿企业管理的 1975，该年使机电运输死亡率比 1974 年下降了 21.8%；中央三中全会后，在一系列正确方针政策指引下，机电运输事故死亡率又逐年下降，1980 年较低。进入八十年代以来，煤矿机电运输事故死亡率在总事故中所占比重是呈现上升趋势，1982 年占 21.3%，1984 年占 21.4%，1986 年占 21.5%，1987 年占 22.2%。

建国以来的历史经验和教训表明，煤矿事故率的高低首先由社会政治形势、中央的方针政策决定；其次受安全管理工作好坏的影响。目前，有三中全会以来中央一系列正确的政策和安全第一的方针，有 1986 年新颁布的《煤矿安全规程》，认真吸取 38 年煤矿安全生产正反两方面的经验和教训，真正使机电安全管理工作跟上去，在煤矿机电安全生产上一定会出现一个崭新的局面。

第二节 煤矿机电事故案例剖析

了解和分析过去的机电事故典型案例，是为了总结经验，吸取教训，制定防范措施，避免同类事故重复发生，迅速改变我国机电事故多的状况。

一、代用人车跑车事故

某年，东北某矿代用人车发生跑车事故。

(一) 自然情况

该矿设计能力为年产 15 万吨，提人副斜井全长 209m，坡度 25° ，断面 5.28m^2 ，用 4 台矿车升降人员，无防坠器，使用 1.2mBJI 型绞车，钢丝绳直径为 22.5mm，为升降人员每班配备一名司机和一名跟车工。

(二) 事故经过

按规定每趟车最多乘坐 17 人，某日因跟车工擅自脱岗，工人急于下井，该趟车共乘坐 36 人。在无跟车工的情况下，乘车工人自行打点要求发车。而当班司机是在绞车房只学习了 3 天和只有半天操作经验的临时工。当他听到发车信号后，不送电就松闸放车，以致绞车下放速度越来越快，将电机线圈甩开。司机发觉后施紧急闸刹车，致使钢丝绳在距钩头 120m 处被拉断。人车继续下跑，撞倒棚子 35 架。乘车人员发觉后纷纷跳车。造成多人伤亡。

(三) 事故原因分析

1. 司机违章操作，不送电松闸放车，车辆自然下滑，致使绞车速度难以控制。以后又突然施紧急闸刹车，使钢丝绳产生过大的动应力而被拉断，这是造成跑车的直接原因。

2. 人车无防坠器，违反了《煤矿安全规程》第 337 条的规定，未能在提升钢丝绳被拉断时防止跑车。

3. БЛ型绞车保护装置不齐全，不符合升降人员的要求。

4. 领导重生产，轻安全，又不懂技术，是导致跑车的根本原因。擅自决定将未经培训和考核的临时工顶班当提人绞车司机，使用不符合升降人员规定的绞车升降人员，人车不配备防坠器，运输区无安全管理措施等等，都同领导轻视安全和不懂技术有着密切关系。

二、胶带打滑摩擦引起火灾事故

某日 18 点左右，某矿三采区胶带输送机巷第 8 部胶带发生一起机头传动滚筒打滑摩擦引起火灾的伤亡事故。

(一) 自然情况

该采区为集中运输方式运煤。运输平巷共安装 8 部胶带输送机。采区通风从胶带输送机巷进风，新鲜风流经工作面后由轨道平巷，采区总回风巷到西斜井排出地面。(图 1-1)

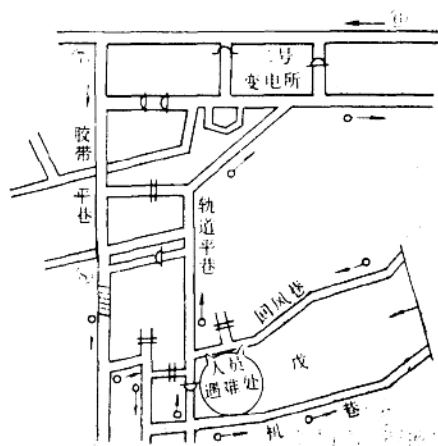


图 1-1 事故现场示意图

→新鲜风流;○→火烟风流;●胶带起火位置;b.风门;┆.调节风门;⊙.胶带机编号

(二) 事故经过

某日 18 点左右，正常开机 20 分钟后，采面工人闻到胶皮味。经与调度室联系，19 点多撤离工作面。当撤出采面回风巷时，浓烟呛人，迫使工人退到回风巷。除 5 人强行冲出灾区脱险和 2 人被救护队救出外，其余人员先后被熏倒在回风巷口以内约 15m 处。

(三) 事故原因分析

1. 事故发生后进行的模拟试验证明，胶带先是跑偏未及时处理，撒在底胶带上的煤末又被拉向机尾，致使机尾滚筒和胶带间所夹煤末厚达 70mm，造成机尾胶带跑偏（跑偏距离最大为 177.5mm）。因机尾胶带被钢丝绳吊挂卡死，而机头电机并未过负荷仍在继续

运转，致使转动的主、副传动滚筒与静止的（被压死）胶带发生打滑摩擦，产生高温，熔化了胶带的胶层，在供氧充分的情况下发生燃烧，引起胶带着火。

2. 胶带着火后，机巷司机先后撤离灾区，慌忙中打开了采面机巷与风巷的单道风门。使通风系统破坏，风流短路，浓烟和有害气体直接涌入轨道回风平巷，拦截了采面遇难人员的去路。

3. 平日机电设备管理水平差，安全技术工作漏洞多。例如，该着火胶带长 190m，165 组上托滚中有 9 组不合格，占总数的 5.4%，78 组下托滚中有 44 组不起作用，占总数的 52.5%；井下防火器材不全，消防用水设施不完善。发生事故时，胶带机头处有管无水，致使着火后不能及时扑灭。

4. 抢救措施不力。在得知采面有人时，没有迅速命令救护队员进入灾区救人。

三、主井箕斗坠落事故

某矿由于主井提升机司机误操作，导致重箕斗坠落的重大机电事故。在组织抢修过程中，空箕斗又坠入井底，扩大了事故，共影响生产 19 天。

(一) 该矿主井提升系统概况

井塔全高	58.08m
提升高度	424m
提升机型号	JKM2.8×4N-7.35
提升钢丝绳	6△(30)-28-155-特左右捻各二根
围包角	193°42′
提升容器	9t 双箕斗
防撞梁	设计防撞力 216kN

提升机运行方式 高压自动快车，手动快车，低频慢车，低频励磁方式分为自动和脚踏两种。

(二) 事故经过

某主司机接到开车信号后，起动提升机，当重斗提到减速终了时，由于司机误操作使滚筒发生倒转，司机慌忙施闸停车。随后司机又用“手动快车”方式上提重斗。但在操作中误将主令控制器手把方向送反，变成了重斗下放。当发现运行方向搞错时，就急忙断电施工作闸，随即“踩脚踏开关”施紧急闸。但已制动不住，致使重斗冲坏托罐梁坠入井底。

事故发生后，当即组织抢修，决定首先处理卡上面的空箕斗。井口用 8 根 36 号槽钢作梁，上面铺有两层 7cm 厚的木板和两层 15cm 见方的方木，用以封住井口并使下放空箕斗时便于操作。同时空斗上部系 $\phi 28\text{mm}$ 的钢丝绳套，把空箕斗悬挂在绞车大厅的 20 吨行车的钩头上。空斗下部用 10 吨稳车往下牵引。

次日，在往下拉空箕斗的过程中，箕斗上部的绳套抽脱，致使箕斗下坠。冲坏井口封闭平台，直落井底，砸坏井筒下面大部分钢梁，扩大了事故。

(三) 重箕斗坠落事故原因分析

1. 提升机司机操作错误。司机一开始就操作失误，造成中途停车。在认为可能超载时，没有执行有关规定，即未向机电科汇报，在无人监护的情况下，擅自处理。在开手动快车时，将主令手把方向送反，变重载提升为重载下放，使提升机的速度在很短时间内达到和超过额定最大速度 (9.8m/s)。虽然司机断定反转后，随即抱闸（事故后，闸盘已烧

得发蓝,说明闸起到一定作用),但终未制动住卷筒,造成了坠斗的严重后果。

2. 盘式制动器制动力矩不符合规定。当时试行的(1980年颁布)《煤矿安全规程》第382条规定“计算制动力矩时,闸轮与闸瓦的摩擦系数应根据实测确定,一般采用0.3~0.35。该绞车使用的闸瓦供货单位样本介绍摩擦系数 $\mu=0.25\sim 0.3$,若按0.3计算,该提升机制动力矩仅为静力矩的2.14倍,远不符合规程382条中3倍静力矩的规定。

洛阳矿山机器厂1977年6月编制的JKM型多绳摩擦提升机调整使用说明书中,已将JKM2.8/4多绳提升机的盘形闸制动器由4对改为6对; μ 值由0.45降为0.35。该矿主井的这台提升机用4对盘形闸, μ 值取0.45,显然是偏于不安全的。

3. 超速保护继电器不可靠。按设计要求,当超速15%时,超速保护继电器动作。这次事故中已超速15%,但未动作。

4. 楔形罐道、防撞梁、托罐梁等设施没有完全起到保护作用。事故后发现,楔形罐道被罐耳劈裂,防撞梁被挤到两侧,托罐梁被挤到井底。这说明上述设施均未经受住这次冲击,因而,扩大了这次事故的破坏程度。

(四) 空箕斗坠落事故原因分析

事故发生后,抢修工作领导不力。急于恢复生产,组织混乱,在安全措施未完善的情况下,就开始下放空箕斗。具体施工中,空箕斗上部用于悬吊的钢丝绳套插接长度仅30cm。在往下牵引的过程中,各工种配合不好,使上松,下拉不同步。上绳套承受不了空箕斗松动后产生的下冲力,致使空箕斗下坠,冲坏井口封闭平台,直落井底,扩大了事故。

四、液力联轴器使用不当引起井下特大火灾事故

(一) 事故经过

某矿掘进头第二部40T型刮板输送机机头着火,装在机头的液力联轴器喷出的油引燃了风筒巷道和电缆。当时在掘进头的工人被火封住,无法脱离火区。造成重大伤亡事故。并使300m的巷道和风筒受到损失。

(二) 事故原因分析

1. 液力联轴器的易熔塞换成了油堵螺丝。当输送机过负荷后,电动机超负荷运转,使液力联轴器内产生高温高压。由于易熔塞换成了油堵螺丝,液力联轴器失去了保护作用,已汽化的高温高压油液不能及时泄出,结果将联轴器壳体的开合面胶垫冲开,使已达到或超过闪点的混合气体迅速喷出,遇氧气而起火燃烧并将紧挨着的木支架风筒点燃,形成火灾。

2. 开溜子工睡觉,溜子过负荷后,没及时停车。

五、违章操作采煤机造成的死亡事故

某矿由于违章操作采煤机导致采煤机截齿伤人事故。

(一) 事故经过

该矿某综采面使用波兰KWB-3RDU型采煤机。早5点班,采煤机上配备正司机一人,副司机二人。停机时,正司机去机头关喷水笼头,一副司机外出找料,另一副司机换截齿。此时,移架工移好输送机,由尾部喊话要求开车。中部一记录工开了采煤机,机组的滚筒当即把换截齿的副司机绞死。

(二) 事故原因分析

此事故纯属违章作业造成。如：

1. 司机离岗时未切掉电源，也未告诉副司机；
2. 副司机换截齿前未打开离合器；
3. 非司机违章开车。

六、机电事故多的原因

解放以来，在煤矿的各类事故中，机电事故占有很大的比重，造成机电事故多的原因是多方面的，除了社会政治形势的因素外，归纳起来主要有以下几方面：

(一) 机电管理领导薄弱

现代化矿井中几乎每一个生产环节都使用机械，设备的运行状况对生产影响极大。但有些领导同志，至今仍未完全摆脱过去煤矿小生产方式，缺乏现代化矿井生产和管理知识，对大生产方式中机电工作的重要性认识不足。机电管理方面领导薄弱，主要表现在：

1. 有些领导常常片面强调机电工作为生产服务的一面，忽视了采掘为机电创造必要条件的一面；单纯追求产量，给设备必要的检修时间不足。设备工作条件不好，如溜子压在煤里，该处理不处理，强行运转；斜井提升中，本已超负荷运行，还要强令再增挂矿车等等，都带来了事故的隐患，严重影响设备的安全正常运转。

2. 安全管理工作松弛，规章制度贯彻不力，执法不严，如东北某煤矿某年上半年共发生跑车事故 13 次，其中由于脱轨和串插销跑车就有 11 次。同类事故一再发生，未能认真追查处理，也没有采取有效措施，防止事故重复发生。又如某年 12 月河南省某矿发生的瓦斯煤尘爆炸事故，违反安全规程多达 18 条。这 18 个关卡，只要有一个不开绿灯都不会造成上述恶性事故。如果我们加强安全管理，认真贯彻执行规程制度，很多事故是完全可以避免的。

3. 没有把机电安全管理工作，特别是机电运输工作提到应有的地位。在煤矿各类机电事故中，机电运输事故约占 70%。但不少单位对机电运输工作研究不够，机电运输人员配备不足，有些单位的矿井运输没有专业机构，也无专业人员管理；矿上虽然都有运输区，但不少运输区没有专业技术干部，有些矿务局没有职能部门全面抓井下运输管理工作；有些单位机电部门力量不足，造成有些工作该抓得没抓，积累问题较多。

(二) 队伍建设不适应生产需要

随着技术装备水平的提高，机电职工队伍必须相应加强，才能保证设备的安全运转。目前机电队伍特别是机电运输队伍存在两大问题：

第一是新工人补充不足。近年来，新工人都充实采掘第一线，机电运输部门新工人补充很少。多数单位把从采掘一线退下来的老、弱、病、残转到机电运输部门顶岗位。有的矿，这些人占机电运输工人总数的 1/4。他们的特点是级别高，技术低，年纪大，资格老，相当一部分人不能胜任本职工作。此外，机电运输部门有些工种配不上人，如提升机司机和井筒工等，他们的责任大，工资低，愿意干的人越来越少。某矿副井为汽车绞车，因司机配不上，经常只有一人当班。一次临时高一开电绞车的司机替班，由于不了解其性能，操作不熟练，造成过卷事故。还有的单位，提升机司机，大电机车司机该配的配不齐，无法按规定实行操作监护。

第二是工人素质差，质量上不适应生产要求。素质差的一个表现是责任心不强，工作中马虎失职现象屡有发生。司机开车思想不集中，提升机提人时副司机不实行监护，擅自

脱岗，井口把钩工不按规定打信号等，都是造成事故的直接原因。素质差的另一表现是技术水平低。据对1984年东北某矿务局有关煤矿的统计，主井提升机司机56人，其中三级以下的32人，占57%。河南省某矿井下采、掘、开各队机电工共183人，其中文盲和小学程度的128人，占70%。东北某矿综采队21名电钳工，能胜任工作的只有10人，还不到一半。据对全国煤矿近十年发生的100起运输死亡事故的分析，其中因司机和信号工不懂技术，违章操作的就有44起。

另外，采、掘、开一线机电工分工不明，责任不清，一些基层领导机电知识贫乏，生产中指挥不力，甚至瞎指挥，也是造成机电事故多的原因之一。

(三) 安全装备水平差，工程质量低

目前煤矿技术水平较低。如一些提升系统安全保护装备不完善，提升设备中该设动力制动的没设，有的过卷、限速、过载保护等装置配备不全，起不到应有的保护作用，给安全运行留下了隐患。

基本建设移交标准低，设备安装质量差，选用设备性能不可靠，造成先天不足，留下了事故隐患。如某矿副斜井，因井筒断面小，轨道距排水管的安全距离不够，造成掉道后撞到水管法兰盘上，造成人车断绳事故。又如某矿副井提升机，选用了某厂制造的JKD2.8×6型多绳摩擦轮提升机，配用该厂与某电器成套厂联合生产的可控硅直流供电控制设备，控制系统不合理，保护系统有严重缺陷，在安装试运转时发现有17条缺陷。为了不影响矿井移交，这台提升机只得边调试、边改进、边生产。结果移交不到一个月就发生了提升机过卷撞罐断绳死人的恶性事故。

第二章 液压传动基本知识

任何一部完整的机器都有原动机和工作机构。所谓传动，是指能量或动力由原动机向工作机构的传递。当前，把原动机的能量或动力传给工作机构的传动形式有：机械传动，电力传动，气体传动和液体传动。

液体传动按其工作原理，可分为液力传动和液压传动两类。

液力传动依靠液体的动能来传递能量。向下流动的水推动水轮机，刮板输送机上常用的液力联轴器内能量的传递等都属于这种传动。液力传动又称为动力式液体传动或动力式液压传动。

液压传动是利用液体的静压传递能量。因为它是利用密封的工作容积变化进行工作的，所以，又称为容积式液体传动或容积式液压传动。由于液压传动与其它传动相比有不少优点，因此，近30年来发展很快，在煤炭、冶金、工程、机床、航天、船舶以及国防等行业都得到了广泛的应用。

液压传动与液力传动有着本质上的区别，本章只介绍在煤矿机械中广泛应用的液压传动的基本知识。

第一节 液体的性质及能量的传递

一、静止液体的力学特性

(一) 液体的压力

液体的压力是指液体内部或液体与容器接触面之间液体单位面积上所承受的作用力，在物理学中称为压强，在液压传动中，简称为压力。

设液体在面积 A (m^2) 上所承受的作用力为 F (N)，则液体的压力为

$$p = \frac{F}{A} \quad (2-1)$$

压力的单位为帕斯卡(Pa)。1 m^2 的面积上，垂直均匀地作用1N的力，称为1Pa。因在工程上这个单位太小，不便应用，一般常采用兆帕(MPa)。

$$1\text{MPa} = 1\text{Pa} \cdot 10^6 = 10^6\text{N} / \text{m}^2$$

过去，在工程上常使用公斤力/厘米²(kgf / cm^2)或巴(bar)作为压力的单位(注：现已废除)，它们与MPa的换算关系为

$$1\text{MPa} = 10\text{bar} = 10.2\text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$1\text{bar} = 1.02\text{kgf} / \text{cm}^2 = 0.1\text{MPa}$$

$$1\text{kgf} / \text{cm}^2 = 0.98 / \text{bar} = 0.098 / \text{MPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

静止液体的压力有两个基本特性：一是液体的压力垂直作用于承压面，即始终垂直受压器壁的表面；二是在静止液体中，任意一点所受到的各方面的压力均相等(图2-1)。

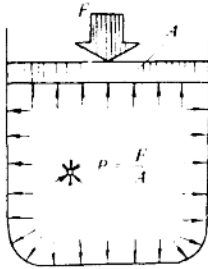


图 2-1 液体的压力

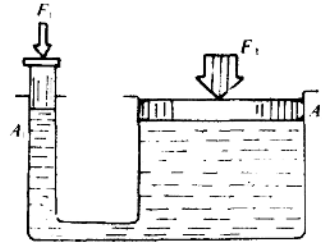


图 2-2 压力传递原理

液体的压力由液体本身的自重 γh 和外负载 F 产生。但由于液压油平均重度 $\gamma = 8640 \text{ N/m}^3$ ，当油柱高度 $h = 11.4 \text{ m}$ 时，其压力仅有 0.1 MPa 。在通常使用的液压机械中，油泵的吸油高度都在 1 m 以下，而煤矿机械液压传动系统的压力一般在 20 MPa 左右，所以，液压传动中，由于油液自重而产生的压力一般可以忽略不计，由外负载产生的压力 p 可按式 (2-1) 计算。

由式 (2-1) 可以看出，液体压力 p 的大小取决于外负载 F 和作用面积 A 。当 A 一定时，压力同外负载成正比。当外负载等于零，即 $F = 0$ 时，则压力 $p = 0$ ，亦即取消外负载后，压力也随即消失。

(二) 压力的传递规律——巴斯加原理

图 2-2 为由大活塞、小活塞、油缸和油管组成的密闭容积，里面充满液体，在大活塞上加一负载 F_2 ，此时如在小活塞上加一外力 F_1 ，则在液体中将产生压力 p 。根据静止液体压力的特性，这个压力 p 将传递到容器的所有各处，其值相等。换句话说作用在密闭容器中的静止液体部分边界面上的压力，能以相等的数值传递到整个液体内；更确切地讲，在密闭的平衡液体中，任意一点的压力如有变化，这个压力的变化将等值地传递给液体中的所有各点。这个静压力传递不变的原理通常称为巴斯加原理，是液压传动的基本原理。容积式液压传动的液压元件和液压系统都是根据这个原理工作的。

设小活塞面积为 A_1 ，大活塞面积为 A_2 ，则压力 p 为

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

即

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (2-2)$$

上式说明，连通器内液体作用在活塞上的作用力 F 与活塞面积 A 成正比。即在小活塞上加一个小的外力，可在大活塞上产生一个大的作用力，大活塞的面积越大，则它所能承受的负载就越大。这就是液压传动中力的放大原理。

(三) 相对压力、绝对压力和真空度

在讨论液体压力产生的原因时，并没有指出空气重量的影响。实际上空气是有重量的。我们所研究的液体表面，时时承受着大气（即空气）的压力。当不考虑大气压力的影

响时，用压力表测得的压力通常称为相对压力，也叫表压力或计算压力。液压传动中一般所说的压力，就是指的相对压力。当考虑大气压力的影响时，所得到的压力称为绝对压力，以 $p_{绝}$ 表示。

即

$$p_{绝} = p + P_0$$

式中 p —相对压力；

p_0 —大气压力。

在一个密闭容器内充满液体，如果使其密闭容器扩大，则容器会因补充不进液体，而使得内部压力 $p_{绝}$ 小于大气压力 p_0 。 p_0 和 $p_{绝}$ 的差值称为该容器的真空度，或称为负压。此时，容器中处于“真空”状态，而液体的相对压力 p 为负值。处在真空状态的容器如果与外界液体相通，那么，液体就会在大气压力作用下压入密封容积，补充其扩大后的空间，这就是液压传动中吸油的道理。

(四) 压力系列标准及其分类

压力是液压传动中的一个基本参数。为了在管理和选用液压元件时，有共同的标准可以遵循，提高标准化、系列化和通用化的水平，一机部标准 JOB24-66 规定了液压传动系统的公称压力系列和压力分类等级，其值分别见表 2-1 和表 2-2。例如，目前我国成批生产的几种主要油泵的额定工作压力分别为

- CB-B 型齿轮泵 2.5MPa(25kgf/cm²)
- YBC 型齿轮泵 7.9MPa(80kgf/cm²)
- CB-L 型齿轮泵 15.7MPa(160kgf/cm²)
- YB 型叶片泵(新系列) 6.2MPa(63kgf/cm²)
- Z※B 型轴向柱塞泵 15.7MPa(160kgf/cm²)
- CY14-1 型轴向柱塞泵 31MPa(320kgf/cm²)

表 2-1 液压传动系统公称压力系列参数(JB824-66)

公称压力 MPa / kgf/cm ²									
				0.25 / 2.5		0.4 / 4		0.6 / 6	
1.0 / 10		1.6 / 16		2.5 / 25		3.9 / 40		6.2 / 63	7.9 / 80
9.8 / 100	11.8 / 120	15.7 / 160	19.6 / 200	24.5 / 250	31.4 / 320	39 / 400	49.1 / 500	61.8 / 630	79 / 800
9.81 / 1000	24.5 / 250	157 / 1600	196 / 2000						

表 2-2 压力分级

压力分级		低压	中压	中高压	高压	超高压
压力范围	MPa	0~2.5	2.5~7.9	7.9~15.7	15.7~31	>31
	kgf/cm ²	0~25	25~80	80~160	160~320	>320

其它标准液压元件也和油泵一样，它们的额定工作压力也都要符合标准。而非标准压力一般只在老产品维修或引进产品配套时才被采用。

二、流动液体的基本特性

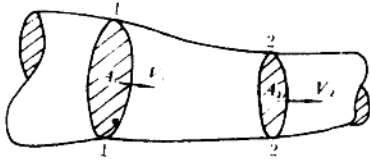


图 2-3 液流的连续性

(一) 液流的连续性

当理想液体在管道中作稳定流动时，根据物质不灭定律，液体在管内既不能增多，也不能减少，因此，在单位时间内流过管道每个横截面的液体质量一定是相等的。这就是液流的连续性原理。例如，在图 2-3 中，液体在不等截面的管道中流动，设截面 1 和截面 2 的直径分别为 d_1 和 d_2 ，面积分别为 A_1 和 A_2 ，在这两个截面中，液体流动的平均流速分别为 V_1 和 V_2 ；由于理想液体是不可压缩的，即在两个截面处液体的密度都是 ρ 。根据液流的连续性原理，流经截面 1 和截面 2 的液体质量应当相等，即

$$\rho V_1 A_1 = \rho V_2 A_2 = \rho V A = \text{常数}$$

上式称为液流的连续性方程。

根据液流的连续性方程，可以得到

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = V A = \text{常数}$$

或

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (2-3)$$

式 (2-3) 说明，通过管道内不同截面的液流速度与其截面积的大小成反比，即管道越细，流速越大；管道越粗，流速越小。

式中流速 V 与截面积 A 的乘积表示单位时间内流过该截面的液体体积。液压传动中称为流量，用 Q 表示，即

$$Q = V A \quad (2-4)$$

上式常用来计算液压系统管道或油缸中的流速或在已知流速时求所需的面积或流量。如果面积 A 不变，由于流量与流速成正比，若调节向大容器中的供液量（图 2-2），则可以调节和控制大容器中活塞的运动速度。大活塞的运动速度只取决于供入流量的多少，而与外负载无关。采煤机的速度就是根据这一原理进行调节的。

在液压系统的计算中，一般取流量 Q 的单位为 L/min ，面积 A 的单位为 cm^2 ，流速 V 的单位为 m/min 或 m/s ，经过单位换算，式 (2-4) 可改写为

$$V = \frac{10Q}{A}, m/min \quad (2-5)$$

$$V = \frac{Q}{6A}, m/s \quad (2-6)$$

(二) 流量系列标准

与压力系列标准一样，一机部的 JB824-66 也规定了液压传动系统和元件的公称流量系列标准（表 2-3）。目前几种国产液压泵的额定流量均符合 JB824-66 的规定。