主　审　耿兆瑞　李　志
主　编　徐纪亭　李伸志　苏书民
编写人　苏书民　徐纪亭　李伸志　刘瑞玺
　　韩景秀　刘友立　苗占有　节茂科
　　孔繁平　薛伟宏　赵玉兰　宋建国
　　徐大明

魏立新
王小凯
ABF 03/10

前　言

近年来我国煤炭工业发展迅速，但多数大型骨干矿井辅助运输仍然是薄弱环节，机械化程度很低，与先进产煤国家比较尚有较大差距。为了促进煤矿辅助运输的发展，中煤建设开发总公司委托邯郸煤炭设计研究院和河北煤炭科学研究所编写了此书。

本书介绍了国外新型辅助运输设备的发展情况，重点介绍了我国开发研制的现代高效辅助运输设备（单轨吊、卡轨车、齿轨车、齿轨卡轨车、无轨胶轮车）的结构性能、选型计算、配套设备等；同时也介绍了常规辅助运输设备中具有发展前景的代表产品（如液压绞车、双载胶带输送机）；最后附有一些有关辅助运输方面的规程规定。本书可供煤矿设计人员阅读使用，也可供煤矿工程技术人员阅读参考。

由于现代辅助运输仍处于发展完善阶段，编写本书资料尚受一定限制，加之我们的技术水平不高，可能存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正，以便今后修改补充。

在本书编写过程中，得到有关同事和专家的大力支持，在此表示衷心感谢。

目　录

总　论 …… 1

第一章　单轨吊 …… 8

第一节　概述 …… 8

第二节　防爆柴油机单轨吊机车 …… 18

第三节　防爆特殊型蓄电池单轨吊机车 …… 25

第四节　绳牵引单轨吊及活吊椅架空人车 …… 30

第五节　配套设备 …… 35

第六节　单轨及单轨道岔 …… 51

第七节　列车编组及牵引能力计算 …… 57

第八节　巷道断面及硐室 …… 62

第九节　单轨悬吊 …… 66

第十节　配风及劳动组织 …… 70

第十一节　单轨吊运输系统实例 …… 71

第二章　齿轨车、卡轨车、齿轨卡轨车 …… 80

第一节　概述 …… 80

第二节　柴油机齿轨卡轨机车 …… 93

第三节　绳牵引卡轨车 …… 102

第四节　卡轨车、齿轨卡轨车配套设备 …… 108

第五节　轨道装置 …… 115

第六节　列车编组及牵引能力计算 …… 124

第七节　巷道断面及坡度 …… 126

第三章　无轨胶轮车 …… 128

第一节　概述 …… 128

第二节　内燃机无轨胶轮车 …… 144

第三节　配套设备 …… 154
第四节　巷道 …… 154
第五节　车辆编组及牵引力与防滑计算 …… 156
第四章　胶套轮机车 …… 159
第一节　概述 …… 159
第二节　柴油机胶套轮机车(JX18KB型) …… 163
第三节　蓄电池胶套轮机车 …… 167
第四节　列车编组及其牵引力计算 …… 175
第五章　矿井辅助运输常规设备 …… 182
第一节　架线电机车选型及牵引网路计算软件 …… 182
第二节　矿用蓄电池机车选型计算 …… 191
第三节　普轨绞车选型及计算 …… 194
第四节　双载胶带输送机 …… 207
附录 1　《德国北莱茵威斯特伐利亚州最高矿山局有关煤矿井下使用柴油机牵引的单轨吊规程》（1979年 3 月23日颁布）摘录 …… 233
附录 2　《德国北莱茵威斯特伐利亚州矿山管理局煤矿井下使用钢丝绳牵引单轨吊车规程》摘录 …… 236
附录 3　中国《淄安矿务局漳村煤矿单轨吊运输系统工程验收标准》 …… 245
附录 4.　胶带输送机运人装备的建议——原西德煤矿协会编制 …… 250
附录 5　中华人民共和国行业标准（煤矿用防爆柴油机械排气中一氧化碳、氮氧化物检验规范）MT　220—90 …… 270

总　论

矿井辅助运输是指井下的材料、设备和人员的运输，有时也包括排矸运输。

近年来，我国煤炭开采技术取得较大发展。1991年统配煤矿采煤机械化程度达57.08%，其中综采为37.5%，掘进装载机械化为68.83%，其中综掘为8.24%。采掘工作面的单产单进和工效都有较大提高，出现了一批高产高效队组和现代化样板矿井。

随着矿井开采规模的不断扩大和井下开拓距离的不断延伸，上下井的材料设备和人员日益增多。特别是综合机械化采煤掘进的发展，生产的集中化程度日益提高，重型设备大量在采掘工作面应用，如何保证其不间断地连续高产稳产，高效地进行工作面设备搬家运输成为非常重要又急需解决的课题。

一、矿井辅助运输机械化的重要性

建国40多年来我国矿井辅助运输作业变化不大，基本上还是小绞车、无极绳、回柱绞车、小蓄电池机车在普通钢轨上牵引矿车、运料车或平板车，装卸利用手动葫芦撬棍，甚至人推肩扛，占用大量人力物力，严重阻碍着矿井产量进度和劳动生产率提高，与国外先进产煤国家相比差距很大。据调查，我国平顶山矿务局日产原煤4.5万t，辅助运输系统用工3562人，平均日产原煤1万t约需800人，大屯公司日产原煤8000t，辅助运输系统用工约1000人，折1万t约需1200人；

而德国威斯特发伦矿日产1.5万t，辅助运输系统用工不到100人，折日产1万t不到70人，只相当于我国矿井辅助运输系统用工量的1/12～1/8。

从综采设备安装搬家来看，由于液压支架、采煤机运输机等设备的重型化，每个综采工作面设备安装运输总重量常达1000～1200t。据对我国许多矿区调查，一套重型综采装备，用传统的运输设备和方法，从地面运至井下安装到工作面，一般约需8000～10000工班，最多的如某矿首次装用引进贝考瑞特重型支架运输机等重约1500t，从地面到井下工作面距离5km，用560人干了42天，花两万多元，连同材料消耗费用共22万多元。一般统计从原有综采工作面采完，全套设备搬到同1个盘区新工作面，拆除运搬安装总工作量约需4000～6000工班。开滦矿务局的典型调查1个综采工作面全套设备搬家约需3000～5000工班。而德国采用单轨吊或卡轨车等设备加上科学的劳动组织一般是2～3周，只需400～500工班。美国的综采设备井下搬家多采用无轨胶轮车，一般水平是4～5天，用工100个左右。最高记录是由本公司布莱克斯维尔2号矿（Blacksviele №2）创造的，只用46h，是用周末两天公休日完成的。从综采搬家工时用量1项对比，我国目前比德国、美国等先进矿井要多用10～50倍。

再从综采综掘工作面生产用工来看，我国综采队在工作面内（包括端头）的用工，先进队组一般为每班15～20人，圆班为50～60人，这与英国、德国、波兰的高产综采工作面基本相当或相差无几，而加上辅助运输等工人全队就需配备圆班150～200人，比国外高出1～2倍。我国许多综掘工作面尽管每班配备10来个人运送材料，仍然不能保证掘进机正常连续工作，不得不常常停工待料等候支护准备工作。严重限

制了掘进速度和效率的提高。

从人员上下井消耗时间来看，随着矿井开拓范围的不断增大，工人从入井到采掘工作面作业地点往往需要1～1.5h。有的还要爬斜井、上下山，体力消耗很大，工作时间、工作耐力受到很大影响。这种损失是无形的、巨大的。国外大型矿井近年来发展高速直达人车，保证在30～40min送到工作面，可以有效地提高工时利用和劳动能力。

从矿井安全生产的角度看，辅助运输环节的薄弱往往是造成煤矿伤亡事故的重点因素之一。近年来我国统配煤矿伤亡事故中，运输系统占26%～30%，仅次于顶板而居第二位。而辅助运输作业则属最易发生事故的薄弱环节。

综上所述可以看出，辅助运输的落后已成为建设现代化矿井和提高矿井全员效率的最大障碍之一。发展辅助运输机械化不仅可以大量节省人员，而且可以提高工时利用，增加采掘工作面产量进度，大量减少设备搬家停运时间提高设备利用率，从而节约设备折旧或租赁费用，还能改善采掘工人和辅助作业的劳动安全条件。确实是当前煤矿技术发展的关键和当务之急。

二、采用多种技术途径发展辅助运输机械化

我国煤矿地质条件多种多样，矿井规模大小各异，开拓布置和开采方式也不尽相同，因而解决辅助运输机械化问题必须采取多条技术途径，多种系统模式，多样技术装备，认真借鉴国内外成功经验，因地制宜地结合具体条件择优选用。不能设想简单地用一两种模式就可以包打天下。对于每个生产和新建矿井都应根据实际条件进行可行性研究和各种方案的比较，然后再作出在技术经济上最合理的决策。

目前，国内外矿井辅助运输设备已形成单轨吊，齿轨

车，卡轨车，齿轨卡轨车，无轨胶轮车和胶套轮机车几大类型。每种设备类型都有一定适用的条件和范围，都有其长处和优势，也有其短处和劣势。在一定条件下的优势在另一种条件下又可能变为重要的制约因素。因而对于各种矿井条件下选用何种设备和系统，需要认真分析，综合对比，进行全面地可行性研究后才能最后决策。本书1～4章详细介绍了国内外这几大类型从设备到选型计算等诸多方面的内容，为设计单位正确选用辅助运输方式提供依据。

三、发展辅助运输机械化需要注意的几个问题

1．辅助运输必须从系统工程的角度进行分析和决策

矿井辅助运输是1个完整的复杂的系统，必须从系统工程的角度加以研究分析和运筹决策。1个大型矿井的辅助运输系统包含材料、设备、人员以及矸石等各个子系统。而每个子系统中的负载或容器又从地面车间、仓库、料堆、排矸场起，经过入井、大巷运输、上下山和采区运输、各处中转转载直到工作地点卸载等环节，然后又反向运行，经上述系列环节出井才算完成1个循回。而同时各个子系统又根据运输负载对象的特点分成若干子系统，如材料运输就可分为支护材料（坑木、金属支柱、型钢和混凝土支架、锚杆背板等）、散装材料（水泥、砂子、石子、料石、砖、充填物料等）、长形物料（钢轨、管子、风筒）和液体材料（乳化液油脂等）。每个矿井辅助运输系统或子系统都有某些特定要求，但其共同的基本的要求是：

1）从供应地点到使用地点的直达运输，尽量减少转载、停顿和倒装环节。

2）使用结构和尺寸合理并便于机械化装卸的车辆、集装箱或其他容器，减少人工装卸工作量，降低物料损耗。

3）最大限度的保证运输系统安全可靠和快速重载，有完善的信号联络，制动停车和自动监控系统。

4）合理组织运输调度，根据矿井生产建设各地点的需要，有计划地编制作业图表，优化车次顺序和物料批量编组，提高运输效率，降低运输费用。

根据以上要求不论是新建矿井或改扩建矿井，都要在认真分析煤层地质条件矿井规模和开采设计的基础上，进行全面细致的技术经济可行性研究和方案对比，才能作出正确的决策。对于现有矿井特别是多水平多采区的大型矿井的辅助运输系统的技术改造，应采取既积极又慎重的态度，注意因地制宜，分期分步，从局部采区到全矿井，争取少花钱多办事，讲求整体的实际的经济效益。

2．发展辅助运输必须注意设备和设施的配套性

矿井的辅助运输系统需要多种设备和设施，不仅要用单轨吊、齿轨车、卡轨车，齿轨卡轨车，无轨胶轮车等主机设备，而且需要各种平板车、支架车、集装箱、铲车、人车、多用车、油罐车、各种地轨、吊轨、弯道、道岔、绳轮以及物料装卸存放硐室等设施；各种设备物料的吊装、卸载、倒运、打捆等机械化高效的机具装置；以及各种维修辅助运输设备的机车库、备件库、油库等。一个大型矿井往往需要几十台机车，有几十公里轨道，有的还可能是架线机车——单轨吊，架线机车——卡轨车，齿轨卡轨车，卡轨车——单轨吊，架线机车——无轨胶轮车等几种设备的混合系统。因而更需要各种设备互相很好地衔接和配套。配套不完善或辅助设施装置工具不全，往往难以发挥新型设备的作用，是辅助运输系统效率不高的重要原因，这是一个应该引起重视的问题。必须同步的配套的进行装备，同时建立相应的设施，才

能真正解决辅助运输机械化，提高全矿井的劳动生产率。

3．改进矿井设计和开拓部署，为实现辅助运输机械化创造条件

为保证安全可靠地搬运大型采掘设备、液压支架，满足高速运人的需要，在设计矿井巷道时应充分考虑选用机械化辅助运输设备的可能性和适应性，其要点是：

1）盘区上下山、层间联络斜井等倾斜运输巷道最好设计坡度为12°以下，因为现有多数新型机动运输设备（齿轨车、单轨吊、卡轨车、无轨胶轮车等）在运行重型设备（12t左右）合理的爬坡能力均在12°以下。对于只需运送载重较小的设备和人员的巷道坡度也应不超过18°～25°。必要时宁可把巷道打长些，也要降低坡度，这样尽管初期工程量和投资大一点，但生产运营费用可大量降低，效率可显著提高。

2）对弯道曲率半径要求，水平面一般应在6m以上，垂直面应在10m以上（对齿轨机车应在20m以上）。应消除现有坡道上下端“底翘”和“崩棱头”等拐死弯坡度过大的现象。

3）副井为斜井时，在条件许可时建议将坡度设计为12°以下，这样可采用自驱动的机车（齿轨车、单轨吊、卡轨车、无轨车）直接从地面牵引设备、材料、人员列车下井然后经大巷直达采区工作面。减少运输环节实现一条龙直达运输。

4）副井为立井的提升系统设计应考虑加大罐笼尺寸和提升能力，以便能整运重12t左右的液压支架上下井。可考虑单胖罐——平衡锤系统，罐笼内口应保证装入1.5m宽、4m长、2m高的液压支架。相应地需开发研究自重轻，耐

腐蚀的铝合金罐笼。

5）适当增大巷道宽度和高度，以保证运输设备和人车运行的间隙尺寸。采用轨道机车运输时，最好选用900轨距，这样对于采用齿轮机车和运送宽度1.5 m的支架比较有利，可保证高速运行稳定性并预留必要的会车间隙。

4．尽快开发适合中国矿井特点的新型辅助运输设备和配套装置

1）尽快研制和推广防爆柴油机驱动的30～66kW的单轨吊、卡轨车和齿轨卡轨车等设备及其配套的设备运输车、人车、集装箱以及吊装、转载倒运机具，形成系列并批量生产。同时完善钢丝绳牵引卡轨车和单轨吊系统设备。

2）进行辅助运输元部件攻关。包括辅助运输设备用的新型制动装置、闸衬材料和摩擦轮材料，防爆低污染柴油机、液压系统泵、马达及阀组元件，电控系统元件和通讯信号系统等，提高其安全性和可靠性。

3）加速开发柴油机无轨胶轮车辆，蓄电池胶套轮车、无轨铲车、单轨吊等系列设备。

4）在不同类型和条件的矿井，组织全矿井辅助运输系统采用单轨吊、卡轨车、齿轨车、齿轮卡轨车、无轨胶轮车及柴油机车与配套设备的试点，摸索经验，进行示范。为进一步改进和全面推广准备条件。

5）制订有关技术规范和检验标准，建立实验检测设施，对辅助运输设备的安全性和可靠性进行测试和批准性检验，以不断提高技术水平和产品质量。

第一章 单 轨 吊

第一节 概 述

单轨吊是将运送人员、物料的车辆悬吊在巷道顶部单轨上进行运输的系统。单轨指单轨吊运输系统的轨道。根据牵引方式的不同，单轨吊又分绳牵引单轨吊和机车牵引单轨吊（亦称机车单轨吊）。机车单轨吊的机车分防爆低污染柴油机单轨吊机车（柴油机单轨吊机车）和隔爆蓄电池单轨吊机车（蓄电池单轨吊机车）。单轨吊车是指机车单轨吊中的列车部分（有时亦指机车本身）。

单轨吊运输系统起源于德国。1954年第一部绳牵引（无极绳式）单轨吊用于平巷和斜巷的物料运输。1963年德国沙尔夫公司开始研制柴油机单轨吊机车。1967年德国正式制定规程许可煤矿井下使用单轨吊。1976年以后又研制了蓄电池单轨吊机车。目前，德国、英国、法国、独联体等国都大量生产绳牵引单轨吊和柴油机单轨吊机车，捷克则主要生产和使用柴油机单轨吊机车，但使用量和制造量最大的仍是德国。到1985年，德国共生产单轨吊1600多台套，其中绳牵引单轨吊约1000套，柴油机单轨吊机车580台，蓄电池单轨吊机车27台。近年来德国柴油机单轨吊机车使用台数增加较快，平均单台运距4.5km，而绳牵引单轨吊平均单套运距约为1km。我国已研制成功3种（15kW、30kW和66kW）防爆柴油机单轨吊机车，两种绳牵引单轨吊。柴油机单轨吊机

车和绳牵引单轨吊正在推广完善中。国外柴油机单轨吊机车和蓄电池单轨吊机车性能参数分别见表1-1和表1-2（国外绳牵引单轨吊的驱动部液压绞车参数可参照表2-2 绳牵 引卡轨车的驱动部液压绞车参数）。

一、单轨吊的特性

1．单轨吊的主要优点

（1）因单轨吊挂在顶板或支架上运送负载，不受底板变形及巷道物料堆集影响，能有效地利用巷道断面空间（最小通过断面1.8×1.5m）。

（2）可用于上下坡道（达18°～45°）运输，最大单件载重达12～16t，最小曲率半径水平4m、垂直10m。

（3）机车单轨吊具有机动灵活、一台机车可进入多条分支巷道运送物料的特点，可实现一条龙不转载直达运输。运行阻力较小，效率较高，用人较少。

（4）与同功能地轨式运输系统相比，初期投资少，运行维护费用较低。

2．单轨吊的缺点

（1）需要有可靠的悬吊单轨的吊挂承力装置。吊挂在拱形和梯形钢支架上时支架应装拉条加固。用锚杆悬吊时每个单轨吊挂点要用两根锚固力各90kN以上的锚杆。

（2）绳牵引单轨吊一套运距一般不超过1.5km，弯道需装大量绳轮且不能进分支岔道。

（3）柴油机单轨吊机车排气有少量污染和异味，一台66kW柴油机车运行的巷道中其通风量应不低于300m³/min。

二、单轨吊的适用性

1．最大吊运单件重量

这主要取决于单轨强度和悬吊装置的可靠程度以及巷道

表 1-1 国外矿用防爆柴油机

国别及厂家		德国沙尔夫	德国鲁尔塔勒
单轨吊型号		DZ66—3.1	HL—96H/3—H
内燃机	厂家型号	MWM D—916/6	MWMD—916/6
	功率（kW）	69	69
	转速（r/min）	2300	2300
	起动方式	气动或液压	气动或液压
传动系统	传动系统	液压传动齿轮减速	液压传动齿轮减速
	驱动轮对数×直径	3×450	3×φ330
	液压泵参数	通轴变量PV186	斜轴变量A_4U125
	液压马达参数	6台A_2F28定量	6台A_2F16（定量）
	液压系统压力（MPa）	27.5	34.0
制动装置	工作闸	闭式液压系统自锁	闭式液压系统自锁
	紧急制动闸	弹簧液压超速动作	弹簧液压超速动作
	停车闸	弹簧液压夹钳	弹簧液压夹紧闸瓦
运行系数	最大牵引力（kN）	65	50
	最大速度（m/s）	2(2.8)	2
	最大爬坡（°）	18(27)	18
	最大件载重（kN）	120	120
单轨	单轨规格	I 140 E	I 140 E
	水平曲率半径（m）	4	4
	垂直曲率半径（m）	10	8
机车尺寸	宽度（mm）	750	740
	轨下高度（mm）	1100	1200
	长度（mm）	9500	8150
机车重量（kg）		6500	5980

单轨吊机车性能参数

英国贝考瑞特	法国斯特凡努斯公司	
DML100—1.140	6—810	4—810
MWMD—916/6	MWMD—916/6	Perkins 4—236
63.5	73.5	55
2300	2500	2250
液压蓄能	液压蓄能	气动
全液压传动	全液压传动	全液压传动
2× ϕ440	3—4× ϕ420	3—4× ϕ420
Lucas HD2/3000DOW	变量143cm³/r	定量186cm³/r
4台最低速定量M1300	6—8台变量14—60cm³/r	8—8台变量14—50cm³/r
18.8	22.0	22.0
闭式液压系统自锁	闭式液压自锁	闭式液压自锁
弹簧液压超速动作	绞盘拉绳超速动作	绞盘拉绳超速动作
弹簧液压夹紧闸瓦	弹簧液压夹紧闸瓦	弹簧液压夹紧闸瓦
46	88（带齿轨时107.5）	75（带齿轨时94.5）
2.24	3.9	3.35
18	18(25)带齿轨27	18(25)带齿轨27
120	140	140
I 140 E	I 140 E	I 140 E
4	4	4
	7	7
900	875	875
1350	1100	1360
7880	10800	10000
5850	8860	7450

国别及厂家		捷克	
单轨吊型号		LZH50.3	LZH50.2
内燃机	厂家型号	Zetor7701	Zetor7001
	功率（kW）	50	44
	转速（r/min）	2200	2000
	起动方式	液压蓄能	液压蓄能
传动系统	传动系统	液压传动齿轮减速	液压传动齿轮减速
	驱动轮对数×直径	2－3×φ350	2—3×φ350
	液压泵参数	SPV—23	SPV—23
	液压马达参数	4—6台AM—16AE	4—6台AM—16AE
	液压系统压力（MPa）	20.0	32.0
制动装置	工作闸	闭式液压自锁	闭式液压自锁
	紧急制动闸	弹簧液压超速动作	弹簧液压超速动作
	停车闸	弹簧液压夹钳	弹簧液压夹钳
运行系数	最大牵引力（kN）	40	60
	最大速度（m/s）	2	1.3
	最大爬坡（°）	18—25	18—25
	最大件载重（kN）	120—87	120—87
单轨	单轨规格	I140E或I140	I140E或I140
	水平曲率半径（m）	4	4
	垂直曲率半径（m）	8	8
机车尺寸	宽度（mm）	800	800
	轨下高度（mm）	1250	1250
	长度（mm）	6500	6378
机车重量（kg）		3500	3500

续表

独	联	体
ДМВ 5 А	2 ДМД	3 ДМД
2Ч9.5/11(10П2)	РВ—4	
14.7	28	57
1800	1900	
电起动器	液压	液压
液压/齿轮	全液压传动	全液压传动
2× ϕ340	2× ϕ340	2× ϕ340
НП120	РНАС—125/320	РНАС—125/320
4 台ВП605	4 台МР—ϕ—400/250	4 台МР—ϕ—400/250
10.0	25.0	25.0
闭式液压自锁	闭式液压自锁	闭式液压自锁
弹簧液压超速动作	弹簧液压超速动作	弹簧液压超速动作
弹簧液压夹钳	弹簧液压夹钳	弹簧液压夹钳
29.4	34.3	69
3	3	4
18 (30)	20	35
100—80	120	120
У16	У16	У16
3	4.5	4.5
12	10	10
1000	1000	1050
1400	1250	1400
2900	5500	7000
2300	3500	4600

表 1-2 国外蓄电池单轨吊机车性能参数

国别	德国	德国	德国
公司	沙尔夫	贝考瑞特-鲁尔塔勒	克拉姆佩
机车型号	ZB—43—4—31	HL—40E/I	HK—34/2/4
直流电机功率（台数×kW）（小时制）	2×15.5 (30min2×21)	2×19	2×27
蓄电池容量 AH×电压V	(720) 600×108 (CSM高效)	455×108	600×108 (CSM高效)
电控系统	电子本安型控制，可控硅调速	电子可控硅控制，动力制动	电子可控硅控制，动力制动
驱动轮对数×直径	2×φ450	2×φ350	2×φ350
驱动轮传动方式	齿轮传动，弹簧/液压夹紧	差动齿轮传动，弹簧/液压夹紧	齿轮传动弹簧/液压夹紧
制动系统	工作（电）、紧急停车（弹簧液压）	工作（电）、紧急停车（弹簧液压）	工作(电)、紧急停车（弹簧液压）
牵引速度(m/s)	0—2 (0—1.6)	0—2	0—2
最大牵引力(kN)	45 (54)	45 (M=0.2)	45—52
最大爬坡倾角(°)	18	18	18
机车宽度(mm)	750(906)	700	800
轨下高度(mm)	1100	1200	1100
机车长度(mm)	10900	10200	10200
水平曲率半径(m)	4	4	4
垂直曲率半径(m)	10	10	10
单轨规格	I140E	I140E	I140E
机车重量(kg)	7300	7100	7800

顶板支架强度和稳定性。目前世界多数国家采用的标准化单轨为I140E型，即 155×68×6mm 的特种加厚工字钢，材质德国钢号为st52—3，每米重量 22.8kg。这种单轨在每节长 3 m两端吊挂的条件下，在安全系数为 5 时，许用的最大单点集中载荷为30kN（参照NCB545号单轨吊规范。德国标准DIN20593）。这样在9m长度内，均布 4 个吊挂行走滑车的吊运梁可吊起120kN 的重物。因而一般设计单轨吊的可靠的最大单件载重为 120kN，但也有的厂家（如法国斯特凡努斯公司）设计出能吊140kN的吊运梁。我国 160kN 的吊运梁也投入了实际运用，这实际是加密吊挂点和适当减少安全系数的结果。如果单轨换用强度较大的钢材或节长减短，悬吊点负载加大，在顶板支架条件允许的情况下，适当增大单件载重也是可行的。至于在坡道上的最大列车重量，那要看钢丝绳或机车的牵引能力及制动能力，通过验算来决定了。德国北莱茵——威斯特法伦州规程要求，一般柴油机单轨吊机车最大牵引负荷在倾角 4.5° 以下不超过 210kN，8° 时不超过 120kN。总的来看120kN左右的单件载重，对于矿井设备材料运输来说已基本能满足需要，因中厚煤层用液压支架一般整架重量不超过 120kN，而特高特重型液压支架，根据巷道高度也需要拆去顶梁来运送。至于采煤机掘进机等大型设备，由于尺寸庞大均需拆成部件运输。

2．最大上下坡能力

单轨吊机车的驱动装置按规程要求，一般都装有三套制动闸，即工作闸（液压闭式回路）停车闸（1.5 倍牵引力）和紧急闸（超速保护动作），因而是可以适应上下坡道的安全要求的。绳牵引单轨吊国外已实际用到 45°，法国洛林矿区1980年曾利用牵引力达100kN的绞车把质量14t支架吊运上

38° 大坡。柴油机单轨吊机车在捷克也实际用到 40°～45°。但德国北莱茵一威斯特法利亚州柴油机单轨吊机车规程限定用于坡度不大于18°，最大速度限定为 2m/s。法国带齿轨辅助驱动装置的柴油机单轨吊机车许用最大坡度为27°。

3．柴油机的安全防爆和排气污染

关于柴油机单轨吊机车的安全防爆和排气污染问题，是许多人十分关心的问题。矿用防爆低污染柴油机是专门根据煤矿井下的条件和安全要求而设计的，加装有进排气阻火器（防爆栅栏）、外壳管壁打压（1 MPa）、水冷降温（外壳＜150℃，排气＜70℃）、接合面加宽（不少于20mm）、油箱密封、防火灭火等措施。配套电气设备也都采用隔爆型和本安型，保证全面达到防爆要求，整机和部件经权威机关进行逐台防爆检验，因而在安全上是可靠的。英国煤管局（NCB）经过对英国各矿井25年间使用柴油机车和蓄电池机车统计分析，确认防爆柴油机车的安全性能优于蓄电池机车（其台年火灾事故次数比例为1:1.65）。故英国认为防爆柴油机车是井下唯一的全防爆机车，允许在沼气含量达1.25%的回风巷道内运行。我国1992年煤矿安全规程第321条规定，在高瓦斯矿井全压通风的主要运输巷道内，应使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。这种矿用柴油机还加装了涡流、预燃、净化、稀释等措施，使排出气体中的有害气体显著降低。各国规程一般要求排气中一氧化碳(CO)不大于1000～1500ppm，氮氧化物（NO_x）不大于750～1000ppm，但仍有少量的一氧化碳和氮氧化物排出，需要靠一定的风量加以稀释到符合矿井空气基本要求无害人体的程度。因此使用防爆柴油机车的巷道要求有良好的通风。美国、澳大利亚要求一般井下使用柴油机巷道风量不少于

$3m^3/(kW\cdot min)$。美国矿业安全局（MSHA）规定：当多台柴油机车辆在同一巷道中运行时，第1台按上述规定值配风，第2台按75%，3台及更多时，按每台加50%配风。英国要求不少于$5.44m^3/(kW\cdot min)$，德国、日本要求使用柴油机的配风量不少于$4\sim6m^3/(kW\cdot min)$。从根本上来说要求使用柴油机车辆的巷道中在距机车排气口5 m处经风流稀释后应符合矿井空气中有害气体含量的基本要求（我国煤矿安全规程106条规定CO不超过24ppm，NO不超过2.5ppm）。从我国现在大多数矿井的采区巷道配风量来看，在正常条件下，1个掘进工作面配用1台36kW柴油机单轨吊，1个回采工作面配用1台66kW柴油机单轨吊，不需额外增加风量。

4．蓄电池单轨吊机车的发展

1976年德国研制出第1台防爆蓄电池单轨吊机车。与柴油机单轨吊机车相比，其机动灵活性是相同的。优点是排气无污染，运转热量小，噪音低，易发展为自动控制运行。缺点是受蓄电池能/重比的限制，功率偏小（目前最大单机30kW左右），牵引力较小（45kN），重量较大（7～8t），每kW功率相当于柴油机的2.5倍，不利于载重爬坡。工作3～4 h后需换电池充电，造价较高（约比柴油机单轨吊机车高一倍）。近年来已研制出能量转换效率较高的CSM高效蓄电池，电池容量达600～720Ah，使蓄电池机车的性能有所改善。但预测近期仍难以达到柴油机的能/重指标。目前看来应发展功率较小、自重较轻、牵引力较小的机型作为通风较差、坡度不大的掘进巷道作材料人员运输用是合理的。这样有可能解决柴油机单轨吊机车排放污染问题，又保留其机动灵活的功能。当然这种蓄电池单轨吊机车在安全上也需要装有上下坡道必须的3套制动闸，还要研究解决蓄电池等

电气设备的防爆安全问题。其充电室应设在有充分新鲜风流的全负压通风的主要巷道内。从发展的观点看，这种设备是有前途的。

本章将着重介绍我国的柴油机单轨吊机车、蓄电池单轨吊机车和绳牵引单轨吊及其配套设备的性能参数、使用条件、结构简介及选型计算实例等，最后介绍1种新型的活吊椅架空人车运人无极绳设备。

第二节　防爆柴油机单轨吊机车

一、FND20Y型防爆柴油机单轨吊机车

FND20Y型单轨吊机车由河北煤炭科学研究所设计，长沙重型机器厂和石家庄煤矿机械厂制造，在平顶山一矿进行工业性试验，1986年通过鉴定，已批量生产。

1．结构及适用条件

本机车采用防爆柴油机，配套电气设备采用防爆和本安型，因而可用于高沼气和煤(岩)与沼气突出矿井的大巷及采区进回风巷道内。主要担负（1）综掘工作面后配套辅助运输；（2）采煤工作面生产中的物料运输；（3）普采工作面的搬家倒面运输等。

FND20Y型单轨吊机车采用整体结构，双向司机室操作，布置紧凑，运转灵活。主要由防爆柴油机及其附件、起动装置、联结装置、液压传动系统、司机室、制动装置、驱动装置、车体及电气部件组成（如图1-1）。

2．主要技术参数

机车主要技术参数：

柴油机型号	295FB
柴油机功率	15kW

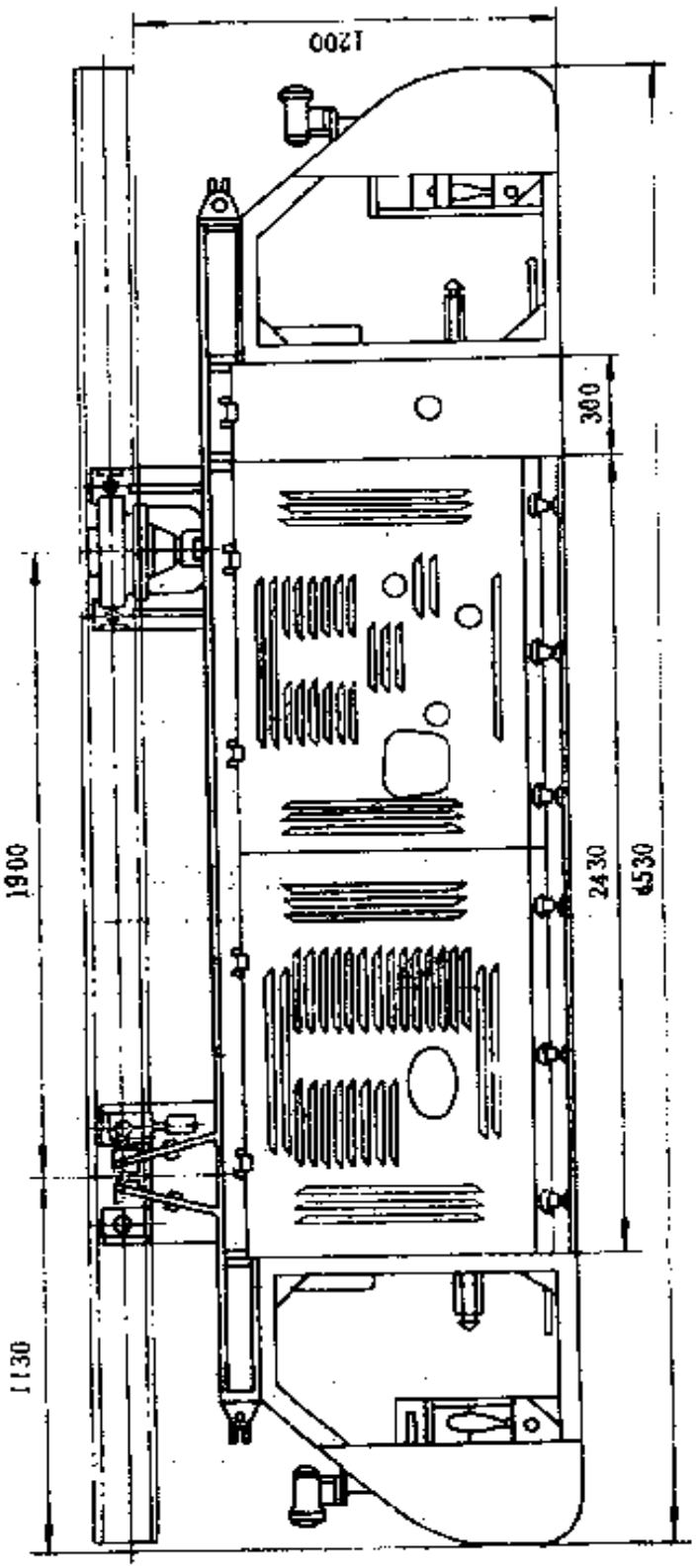


图 1-1 FND20Y型单轨吊机车

柴油油耗	258g/kW•h（其他型号柴油机同）
传动方式	液压
系统最高工作压力	13.73MPa
最大牵引力	11.7kN
最大制动力	>14.12kN
速度范围	0～1.8m/s
最大允许速度	2m/s
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥8m
最大外形尺寸	4.53×0.8×1.2m
主机重量	2500kg

FND20Y型单轨吊机车在不同坡度、不同速度时的牵引物料的重量见表1-3。应当说明的是：考虑到机车工作状态，列车长度，悬吊能力等因素，实际物料重量不应超过6t。

表 1-3 FND20Y型单轨吊机车牵引物料重量

速度 (m/s)	0°	3°	6°	9°	12°
	牵引物料重量 (t)				
0.74	16.33	10.83	5.92	3.66	2.37
1.2	15.29	5.72	2.69	1.3	0.5
1.8	9.28	2.94	0.94		

二、FND—40型防爆柴油机单轨吊机车

FND—40型单轨吊机车是我国研制的第1台防爆低污染柴油机单轨吊机车。由河北煤炭科学研究所研究设计，开滦矿务局、井陉机修厂等单位协作制造的。1984年在开滦矿务局荆各庄矿进行井下工业性试验，1985年通过鉴定。

1．结构及适用条件

该机型采用防爆低污染柴油机及防爆和本安型配套电气设备，可用于高沼气和煤（岩）与沼气突出矿井的井下各类巷道运输。能够担负综掘工作面的材料、设备、人员及矸石的运输；采煤工作面的辅助运输；普采工作面设备搬家及综采工作面运输巷道坡度较缓时的搬家运输。

该机车采用机械传动方式，其主机部分主要结构为：动力及附属件，传动系统，制动系统，操作系统，车体，司机室，照明和通讯系统。承载吊运装置的动力源来自单轨吊机车的主机部分，该装置的性能参数将在配套设备一节中介绍。机车简图见图1-2。

2．主要技术参数

机车主要技术参数：

柴油机功率	30kW
柴油机型号	X4105FB
传动方式	机械齿轮变速
最大牵引力	29.4kN
最大制动力	39.2kN
速度范围	0.514，0.785，1.575m/s
机车外形尺寸	8.8×0.87×1.4m
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥8m
机车重量	5.265t

FND—40 型单轨吊机车在不同坡度，不同速度时的牵引物料的重量见表1-4。由表看出，随着运输线路坡度的增加，速度的提高，其牵引的物料重量越小。确定坡度、速度、物料质量三者的关系是设备选型的关键。考虑到机车最佳工作

状态，制动能力，悬吊能力，列车长度等因素，牵引物料重量以不超过10t为比较合理，此时车速和爬坡能力比较理想。

三、FND—90型防爆柴油机单轨吊机车

FND—90 型单轨吊机车为我国开发研制的最大功率的单轨吊机型，是我国"七·五"国家科技攻关课题，由河北煤炭科学研究所和石家庄煤矿机械厂联合研制。1989年底开始在潞安矿务局漳村煤矿进行为期一年的井下工业试验，1990年6月通过鉴定，目前已较大批量投入生产。

1．结构及适用条件

FND—90 型单轨吊机车采用防爆低污染柴油机并配套防爆和本安型电气设备，故可用于高沼气和煤(岩)与沼气突出矿井的井下各类巷道运输。因机车功率较大，几乎可用于井下各种辅助运输。如采掘工作面的材料、设备、人员及矸石的运输；井下人员的集中长距离运输；尤其适于综采设备的搬迁运输，在大坡度（10°左右），综采支架质量较大（12t左右）的条件可实现支架不解体的连续长距离运送。

FND—90 型单轨吊机车的主要组成为：机车主、副司机室分设在列车两端，内设操纵手柄及各种显示装置；主体部分由柴油机及其附属装置，主油泵及液压控制站，液压油箱，液压起动装置，燃油箱，散热器，废气处理箱等组成；3 个驱动部，每个驱动部设有 1 对驱动装置，两对承载轮，两对导向轮和两对安全制动闸。各部间采用联接拉杆相连（如图1-3所示）。

该机车的电气系统除了供电、照明、音响显示外，安全保护功能有13种两大类。其中 9 种保护动作时，自动关闭柴油机，机车紧急制动。这 9 种保护为：（1）环境甲烷浓度超过1.5%；（2）柴油机转速超过2530r/min；（3）柴油

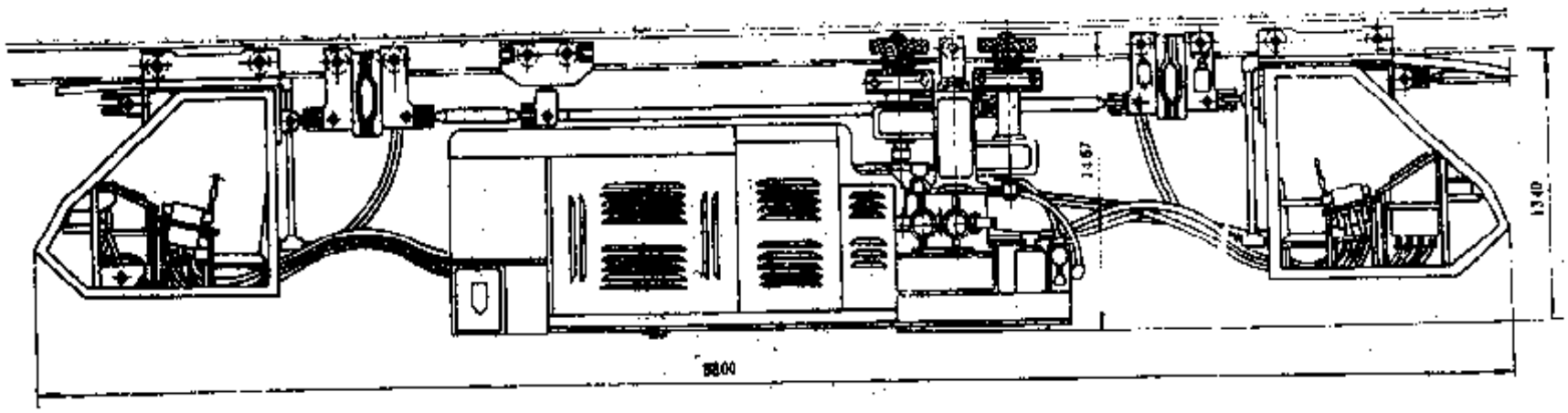


图 1-2　FND—40型单轨吊机车

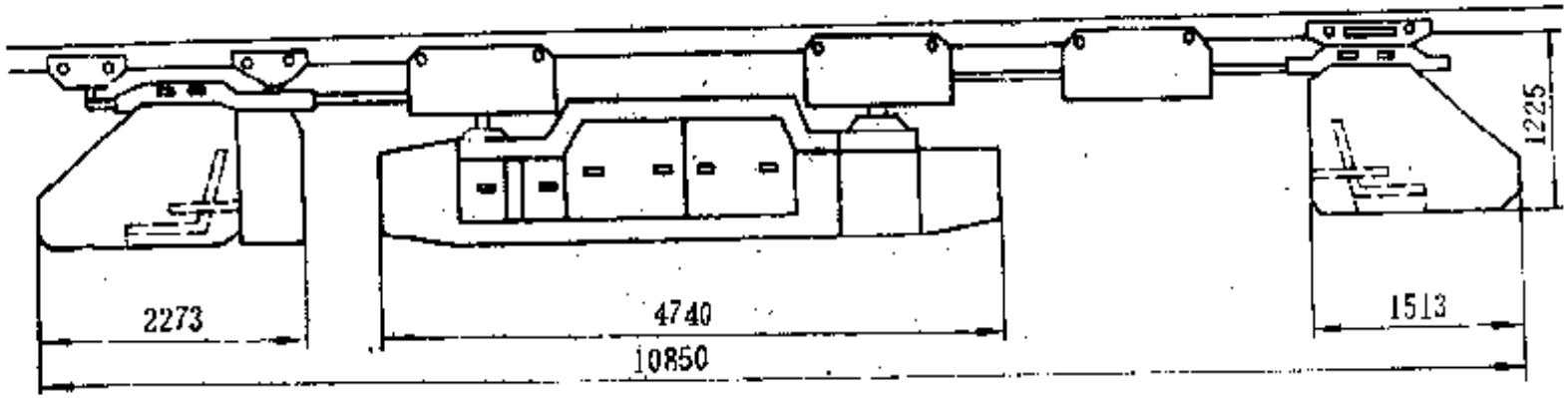


图 1-3　FND—90型单轨吊机车

表 1-4 FND—40型单轨吊机车牵引物料重量

速度 (m/s)	3°	6°	10°	12°	16°
	牵引物料重量(t)				
0.515	29.5	15.3	7.8	5.7	2.9
0.785	29.5	15.3	7.8	5.7	2.9
1.575	11.9	4.6	0.7		

机机油压力小于0.2MPa；（4）发电机电压达到28V；（5）柴油机润滑油温度达到115℃；（6）冷却水Ⅱ温度达到95℃；（7）排气温度达到70℃；（8）补油压力小于1.5MPa；（9）手动紧急停车。其余4种是运行安全保护：①冷却水Ⅰ温度达95℃；②主油箱油温达到95℃；③副油箱油温达到95℃；④制动控制压力小于2MPa。这4种保护动作时，机车紧急制动（柴油机仍在运转）。这些完善的保护功能为FND—90型单轨吊机车的安全可靠运行提供了保障。

2. 主要技术参数

机车主要技术参数：

柴油机型号	X6105FB型
柴油机功率	66kW
传动方式	液压
机车牵引力	60kN
机车最大速度	2.0m/s
离心释放限速	2.5m/s
爬坡能力	0～18°（载支架时不超12°）
制动力	90kN
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥10m

外形尺寸	10.85×0.8×1.225m
机车重量	6.3t

FND—90型单轨吊机车在不同坡度和用不同速度运行时，其牵引物料的重量见表1-5。实际进行列车编组时，还应考虑列车长度、机车最佳工作状态、悬吊能力、制动距离和巷道条件等多种因素。根据近几年的实践，FND—90型单轨吊机车的列车长度不应超过25m，在载运液压支架等大型设备时，线路坡度不应大于12°。另外表1-5中物料重量不包括吊运梁等装置的重量。

表1-5 FND—90型单轨吊机车牵引物料重量

速度 (m/s)	3°	5°	8°	10°	12°	15°	18°
	牵引物料重量(t)						
0.55	66.4	44.4	28.3	22.2	17.9	13.3	10.2
1.0	57.5	38.1	24.0	18.6	14.8	10.8	8.0
1.5	35.7	22.7	13.3	9.7	7.2	4.5	2.7
2.0	24.8	16.1	8.0	5.3	3.4	1.4	

第三节 防爆特殊型蓄电池单轨吊机车

一、XTD—7型防爆特殊型蓄电池单轨吊机车

XTD—7型蓄电池单轨吊机车由河南省煤炭科学研究所与平顶山矿务局科研所联合研制，河南济源煤炭高压开关厂和济源矿灯厂生产，在平顶山矿务局七矿做井下工业性试验，1989年通过鉴定，已批量生产，投入使用。

1．结构与适用条件

该机车功率较小，比较适合综掘工作面的后配套辅助运输和采面生产的辅助运输。因其可靠的防爆性能，使其在高沼气和煤（岩）与沼气突出矿井的采区巷道和掘进工作面进

出安全可靠。加之排气无污染，运转热量小，噪音低都为其在恶劣条件下的正常使用创造了条件。不过因其防爆蓄电池容量较小，适用条件受到一定的限制。

该机车主要由控制室1，驱动车2，紧急制动车3，电源车4等组成（如图1-4）。

2．主要技术参数

机车主要技术参数：

小时牵引力	7kN
最大牵引力	10.3kN
额定速度（平巷）	1.0m/s
速度范围	0.5～1.5m/s
标准配套时质量	1.58t
标准配套时外形尺寸	10×0.6×1.2m
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥7.0m
电源装置型号	XD_SI—220
直流电机型号	ZQ—5B
直流电机功率（小时制）	4.5kW
紧急制动力	≥12kN
有效载重（12°坡）	20kN

二、TXD—25型防爆特殊型蓄电池单轨吊机车

TXD—25型蓄电池单轨吊机车是我国“八五”重点企业技术开发课题，由河北煤炭科学研究所和六盘水煤矿机械厂联合开发研制。样机在汾西矿务局水峪矿进行井下工业性试验，1993年将进行技术鉴定。

1．结构及适用条件

该机车属于中等功率的蓄电池单轨吊机车，因此较XTD—7型蓄电池单轨吊机车适用范围要广。可用于综采或高

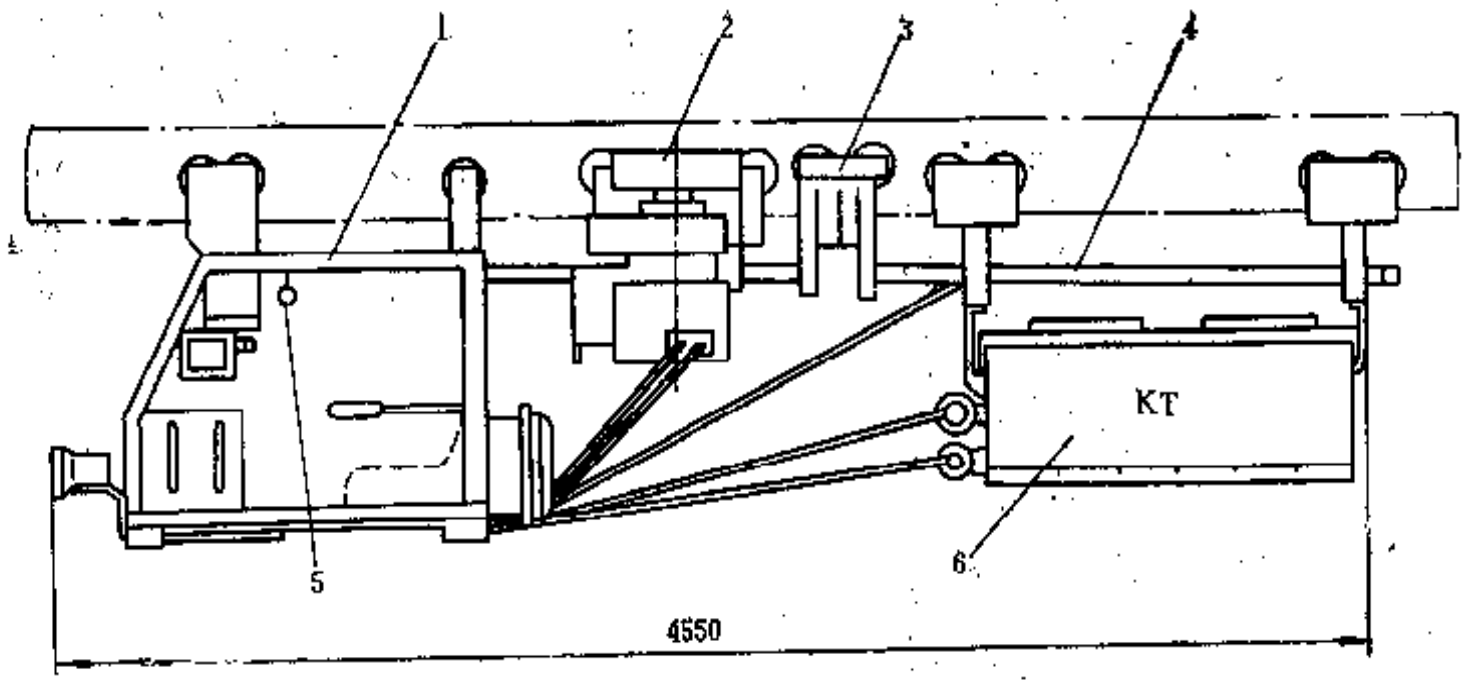


图 1-4 XTD—7型蓄电池单轨吊机车

1—控制室；2—驱动车；3—紧急制动车；4—电源车；5—紧急制动手柄；6—电源装置

档普采工作面正常生产的辅助运输；采煤工作面的设备搬家运输；综掘工作面的后配套辅助运输；因其可靠的防爆性能，使机车可在井下通风条件差的采区巷道进行材料、设备、人员运输，是高沼气和煤（岩）与沼气突出矿井理想的辅助运输设备。

该机车主要由防爆特殊型蓄电池动力源、两台直流防爆电机驱动的主机、前后各一的2个司机室、2套驱动部、2套制动装置、防爆特殊型蓄电池电源箱和吊梁等部件组成。通过牵引组件，连接杆，销轴将各部件铰接在一起（如图1-5）。机车还设置有电气系统、液压系统和制动系统。在后司机室与驱动部之间可编入承载吊运系统或人车，组成运输列车。

2．主要技术参数

机车主要技术参数：

最大牵引力	86kN
小时牵引力	26kN
最大速度	1.6m/s
限定速度	2.1m/s
直流电机型号	DZQ—d_f/12.5
直流电机功率	2×12.5kW（小时制）
蓄电池容量	385Ah
机车重量	6840kg
适应坡度	≤12°
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥10m
外形尺寸	10.6×0.8×1.2m
制动力	54kN
电源装置型号	TXD—120型
蓄电池型号	DG—385—KT型

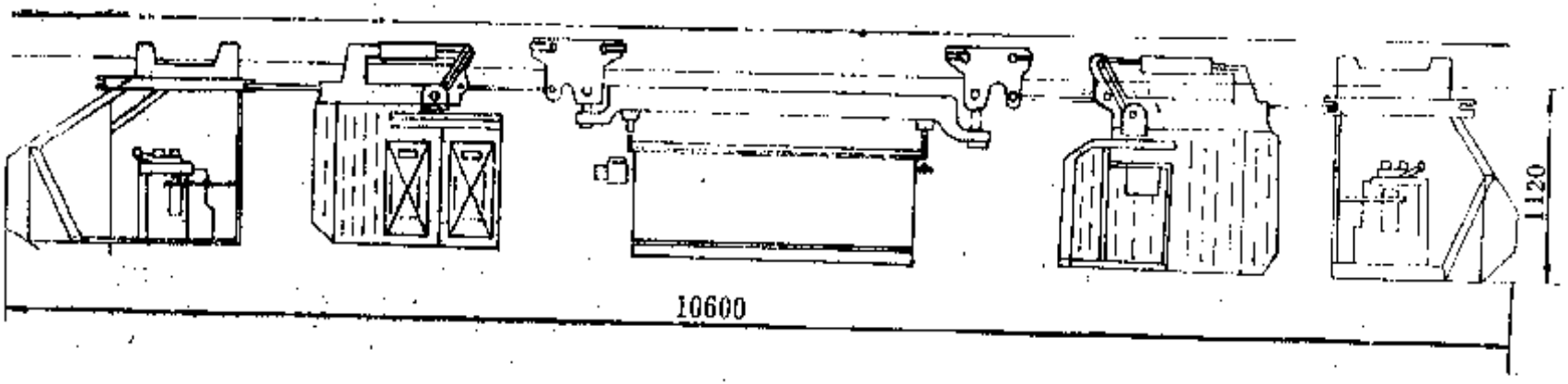


图 1-5 TXD—25型蓄电池单轨吊机车

表 1-6 TXD—25型蓄电池单轨吊机车牵引物料重量

最大牵引力 (kN)		36						
轨道坡度 (°)		0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°
物料重量 (t)	起动计算值	41.16	26.2	18.3	13.6	10.3	7.9	6.1
	使用限定值	14.16	14.2	14.2	11.7	9.7	7.7	6.1

表1-6 列出了TXD—25型蓄电池单轨吊机车在不同坡度条件下牵引物料重量的情况。需要说明的是，物料重量包括吊运梁、联接拉杆、手动葫芦等的重量。

第四节 绳牵引单轨吊及活吊椅架空人车

绳牵引单轨吊是将运送人员、物料的车辆悬吊在巷道顶部单轨上通过钢丝绳绞车牵引的一种运输方式它主要用于回采和掘进工作面的材料、设备、人员的运输。其特点是能适用于大坡道的巷道，不受巷道底板变形的影响，能有效地利用巷道断面空间，减少运输环节，减轻体力劳动。不足之处在于运距受限，岔道分支运输不方便。绳牵引单轨吊1940年起源于德国，1954年首次用于井下物料运输。目前我国已研制出DCY—3/14，DCY—6/14，DCY—9/14和GDD—140型共4种绳牵引单轨吊类型。

一、绳牵引单轨吊的主要结构

单轨通过圆环链悬吊在巷道顶部。吊挂在单轨上的吊运梁，用来吊挂集装箱或物料。吊运梁之间用连杆连接。由牵引车、吊运梁及载荷、制动车、回绳站、张紧装置、绞车等组成一个完整的钢丝绳牵引的单轨吊运输系统（如图1-6）。牵引车通过牵引臂上的锁紧装置与牵引钢丝绳联接，开动牵引绞车，靠无极绳摩擦传动或绞车牵引钢丝绳，实现绳牵引单轨吊运输。在发生紧急情况或断绳跑车事故时，通过制动车进行抱轨制动保护。

牵引钢丝绳由多组压绳轮、限绳轮严格控制在单轨两侧不能任意漂动。在牵引承载车上还装有限速制动器和讯号装置，以备在断绳等故障时，实现自动停车。

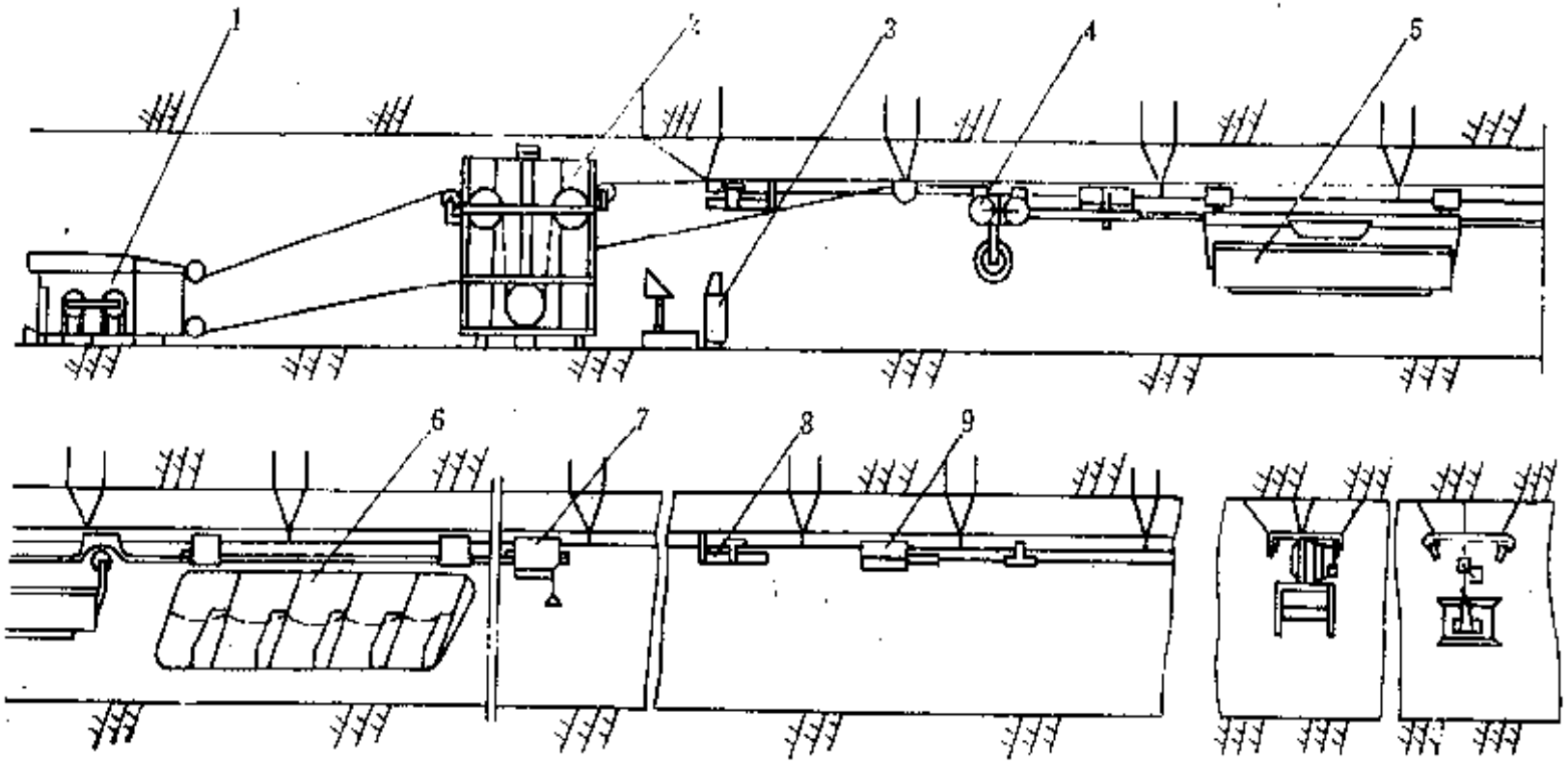


图 1-6 绳牵引单轨吊运输系统

1—绞车；2—张紧装置；3—操纵台；4—牵引车；5—集装箱；6—人车；7—制动车；8—阻车器；8—回绳站

二、绳牵引单轨吊适用条件

绳牵引单轨吊为绞车牵引，不受单轨与轮系间摩擦系数的影响，适应的坡度较大（一般可达30°）。可在底鼓，起伏不平，积水或有堆积物的巷道内做辅助运输。要求运输线段内的线路分支较少，线路长度较为固定，一般不超过1500m。绳牵引单轨吊除绞车房有电力做动力源外，其余都无需电力做动力源，故可用于甲烷浓度小于1%的采区巷道内的运输。

三、我国生产的几种绳牵引单轨吊

1。DCY型绳牵引单轨吊特征（见表1-7）

表 1-7 DCY型绳牵引单轨吊特征

型 号	牵引力 (kN)	上行坡度(°)	牵引速度 (m/s)	转弯半径 (m) 水平	转弯半径 (m) 垂直	绞车型号	制动最大限速 (m/s)
DCY—3/14	30	13	0～2.2	4	12	JCY—3000	2.5
DCY—6/14	30	16	0～2.2	4	12	JCY—5000	2.5
DCY—9/14	30	20	0～1.1	4	12	JCY—9000	2.0

2。GDD—140型绳牵引单轨吊

1）GDD—140型绳牵引单轨吊技术特征为：

最大运距	1000m
爬坡牵引力（当$\alpha \geqslant 12°$时）	30kN
吊轨下面到牵引中心的垂高	150mm
料车最大载重	20kN
人车标准乘人数	6 人
适用巷道最小断面	4.2m²
适用巷道最大倾角	12°
水平曲率半径	4m
垂直曲率半径	8m

托绳轮间距	24m
无极绳绞车型号	JW500/33
无极绳绞车功率	12kW
无极绳绞车电压	380/660V
最大静张力	12kN
最大静张力差	10kN
绳径	12.5mm
绳速	0.8m/s

2）GDD—140型绳牵引单轨吊

GDD—140型绳牵引单轨吊的主要结构为：

（1）驱动绞车，选用 JW—500/33 型摩擦轮传动的无极绳绞车。

（2）钢丝绳平衡站（张紧装置）：有两个固定导向轮和一个与重锤相连，依张力大小而上、下滑动的绳轮，可以在吊车运行和改变方向时，随时调整系统的张力，使钢丝绳在摩擦轮上的初张力保持恒定，从而充分利用电动机的容量。

（3）托绳架：每18～24m安装一组，对钢丝绳起托起和导向作用。分空绳侧托绳架和牵引绳侧托绳架两组。空绳侧托绳架有一对导向轮，绳在二轮间通过绳座可绕其固定螺栓轴旋转，并固定在任一位置上，从而调整绳与吊轨的相对位置；牵引绳侧托绳架为框架导绳滚结构，两水平绳滚和两立绳滚构成一闭合空间，绳在其中运行，上下左右均导向，其中一立滚为活动式，当绳的牵引臂通过时，由牵引臂将立滚托起，牵引臂过后，绳滚立即恢复原状。

（4）牵引吊车：靠牵引臂使列车和牵引绳系统相连，并由绳经牵引臂牵引列车运行，其下吊一储绳千米的储绳筒，在巷道变化时，可收放钢丝绳。绳头靠一楔式快速固绳装置

紧固，巷道在500m以内使用一个牵引车，超过500m应配备两个牵引车。

（5）导向轮组：将列车的负荷重新传递给单轨，靠两对滚轮在单轨下翼板上滚动运行。导向轮组有两种形式，其中牵引车、人车和单人座车的导向轮组有水平滚动的平衡轮，运行中可以与吊轨的垂直幅板接触，能调整列车横向平衡，兼有缓解列车运行中摆动的作用。另一种为侧压水平滚轮。

（6）制动吊车：自行设计的增阻式随车制动吊车，靠楔式摩擦块在无外力的情况下，实现自行增阻制动。经试验验证，制动可靠，可完成断绳保险制动，超速制动和事故情况下的手动制动。

（7）单人座车：供跟车工乘座。其上有手动阻车器，为在倾斜巷道中装卸物料时固定列车用。

（8）终端车挡（阻车器）：与装在人车上的防爆行程开关配合使用，可防止列车过卷，开关动作时，绞车立即停车抱闸。

（9）回绳轮装置：其后部有和端头立柱相连的手拉葫芦装置。在吊车安装时，可使牵引绳系统获得所需之初张力即满足平衡站的调整范围要求，在吊车拆除时，可使牵引绳系统解除张紧状态，以利于拆卸工作。

（10）其它安全装置：沿全巷道敷设KBH—1.8/127型安全火花型声光信号系统。绞车配有电磁制动闸。

四、活吊椅架空人车

活吊椅架空人车，类似于以往的猴车，不同之处在于乘人的车可从钢丝绳上摘下。这是河北煤炭科学研究所和峰峰矿务局薛村矿参照德国技术而研制的新型绳索运人装置。

该车的主要特点在于：

（1）人员静止上下。通过固定滑轨使吊椅滑上（或脱离）运行中的钢丝绳。

（2）可过弯道。通过在弯道处设置弯曲滑轨，使吊椅离开钢丝绳，挂到可自行滑动的弯曲滑轨上，通过弯道后再自行滑到运动着的钢丝绳上，继续运行。

（3）运载速度高。以往的猴车（吊椅是固定在钢丝绳上的）行驶速度不得超过1.0m/s，而此装置的运行速度可达3.0m/s（现场试验用到1.6m/s）。

（4）运载能力大。因活吊椅人车间的间隙小，每5m的钢丝绳上可吊1把吊椅，因此在1300m巷道中，可实现900人/h的运输能力。

活吊椅架空人车的主要技术参数（薛村矿）：

使用长度	1300m
绳速度	1.6m/s
运人能力	900人/h
最大倾角	16°
绞车功率	100kW

第五节 配套设备

一、KS—610型折叠司机室（图1-7）

KS—610型折叠司机室是井下单轨吊机车长距离运输不可缺少的主要配套设备，是为克服单轨吊机车长距离顶推运输和实现货物快速转换的必备设备，由河北煤炭科学研究所于1991年研制定型并通过技术鉴定，主要以机车提供的液压为动力，通过油缸推动四连杆机构达到折叠、放下动作。其整体结构采用角钢、钢板焊接而成。液压系统的叠加阀使油路紧凑，液压锁和节流阀，使折叠动作平稳、可靠。

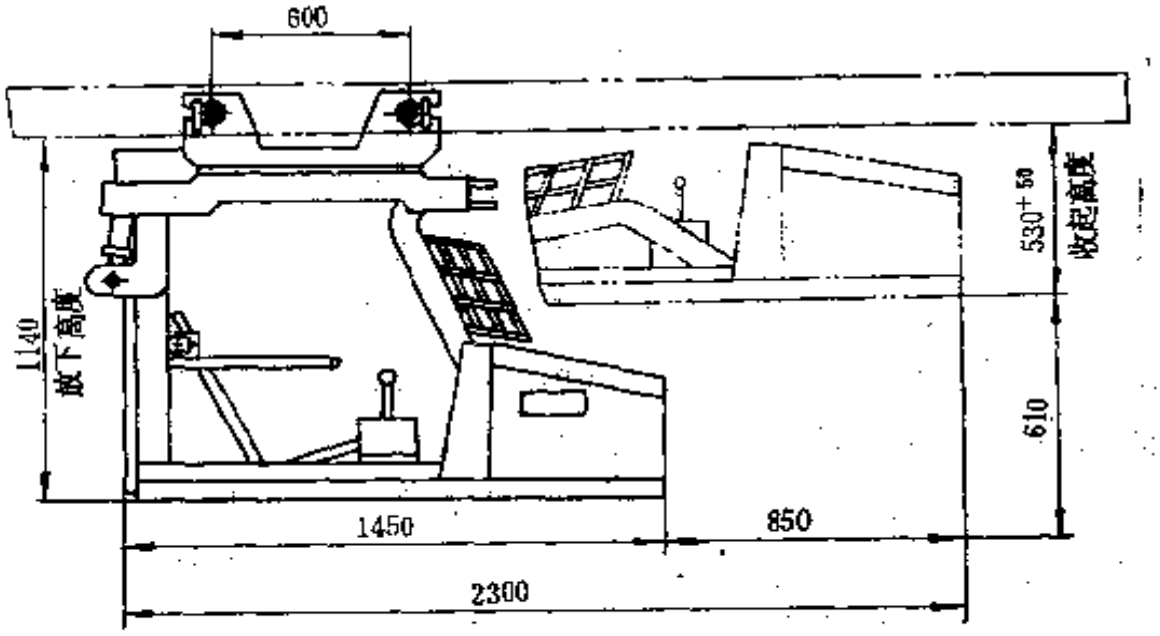


图 1-7 KS—610型折叠司机室

KS—610型折叠司机室主要技术参数为：

长度（折起）	2300mm
长度（撑开）	1450mm
宽度	800mm
高度（折起）	530mm
高度（撑开）	1140mm

二、安全制动车

不同型号的单轨吊机车，配备不同的安全制动车

1. FND20Y型单轨吊机车安全制动车

该制动车在列车超速（超过2m/s）情况下，由离心限速器控制释放阀自动起作用。它由吊挂架1和4个承载轮3组成的承载车吊挂在单轨的翼板上（如图1-8）。在承载车的两侧，通过销轴7铰接两组钳形闸杆2，闸杆2的上端铰接着镶有合金块的闸块4，下端铰接着外面套有弹簧的制动油缸10。在吊挂架1的侧板上，固定限速器5和释放阀6。限

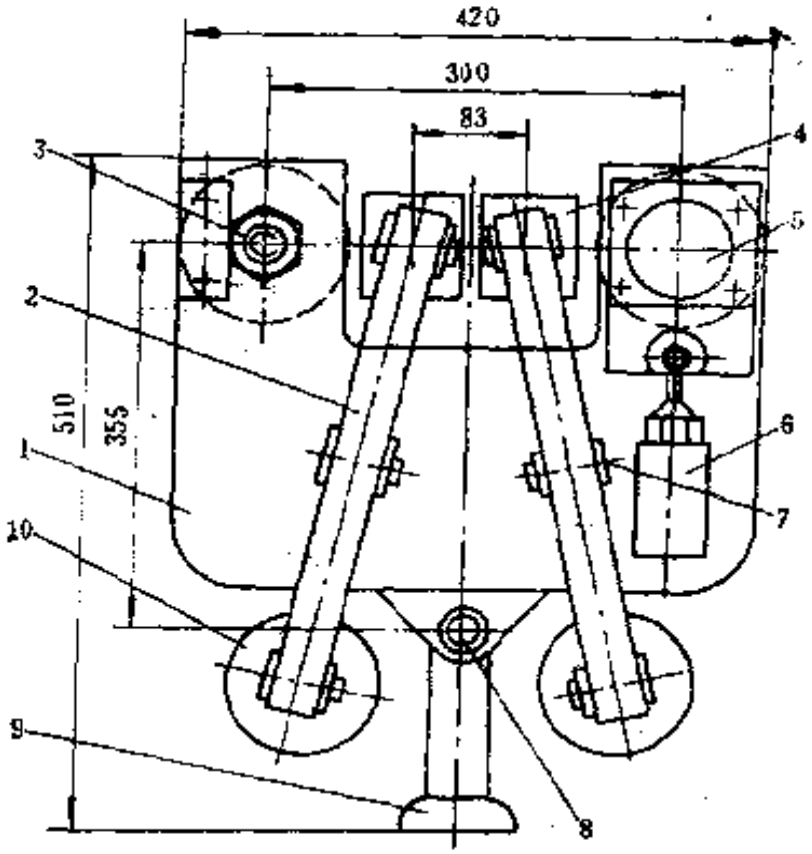


图 1-8 安全制动装置

1—吊挂架；2—闸杆；3—承载轮；4—闸块；5—限速器；6—释放阀；7、8—销轴；9—吊杆；10—油缸

速器 5 与承载轮转速同步，当车速超过2m/s 时，限速器5打开释放阀 6，泄掉制动油缸10内的压力油，在制动弹簧作用下，实现安全制动。

2．AZC/43型安全制动车

AZC/43 型安全制动车是单轨吊机车各种列车编组的安全制动设备，可适用于FND20Y型、FND—40型和FND—90型单轨吊机车，既可单车使用，也可两车或多车并接使用，由石家庄煤机厂制造。

该制动车分车体、手压泵、制动油缸、油箱、闸臂、液压系统、释放控制系统以及一些附属元件。其工作原理（如

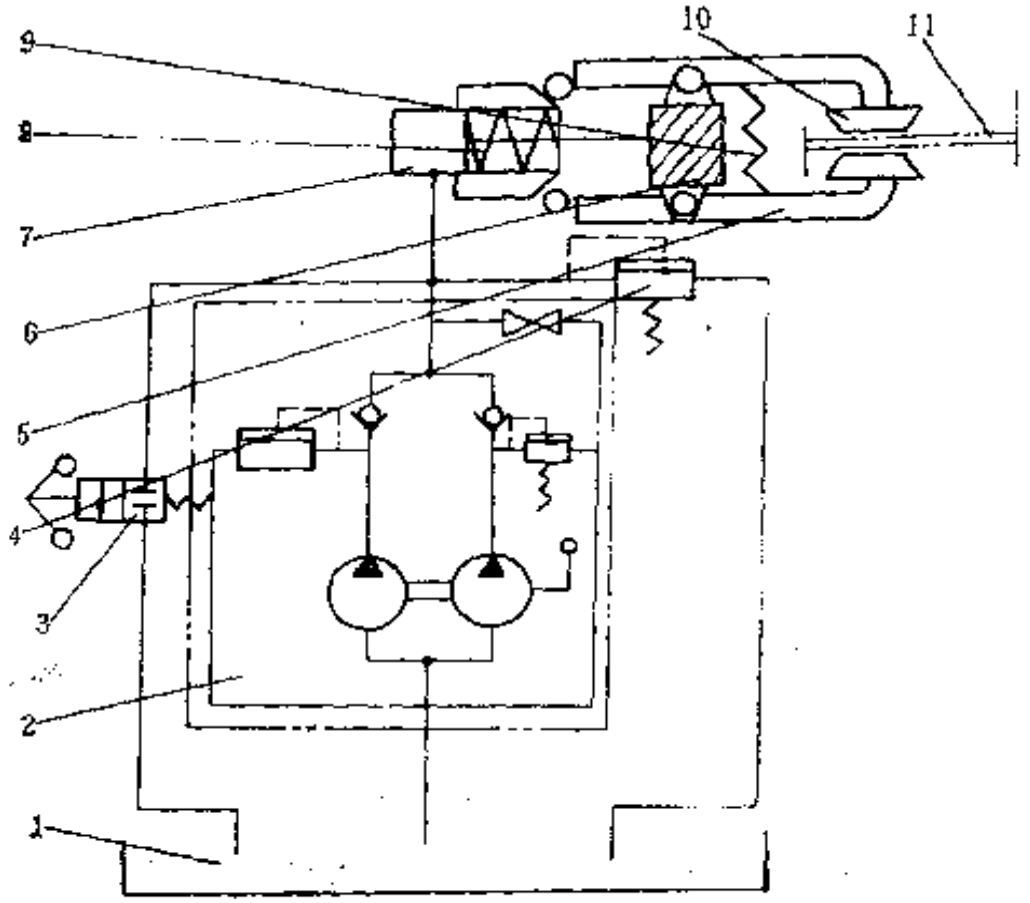


图 1-9　AZC/43型安全制动车原理

1—油箱；2—手压泵；3—限速释放阀；4—安全溢流阀；5—闸臂；6—车体；7—制动油缸；8—弹簧；9—复位弹簧；10—闸块；11—单轨

图1-9）可分 3 步。

（1）预备过程，即释放顶杆关闭释放阀，为下一步充液、加压松闸作准备；

（2）加油松闸过程，即摇动手压泵的手柄，使液压油进入制动油缸压缩弹簧，通过复位弹簧作用，使闸块脱离悬吊轨道，实现松闸；

（3）释放制动过程，当列车超速时，离心释放器通过

离心力的作用拨动释放顶杆（或手动释放顶杆）释放阀的钢球开启液压油回液压油箱，制动油缸动作，使闸块抱住单轨腹板，实现制动。

AZC/43型安全制动车主要技术参数为：

制动力	43kN
制动限速	2.6m/s
下坡制动减速度	1.37m/s²
液压系统压力	8MPa
重量	220kg
外形尺寸	690×426×512mm

三、吊运梁（亦称起吊梁）

1．DQ—3型吊运梁

DQ—3型吊运梁亦可称为单钩承载车。它由4个水平导向轮和4个竖向承载轮组成框架结构，下部设有吊挂手动葫芦的销轴和联接拉杆的耳座（如图1-10）。因该承载车不需动力源，故在蓄电池单轨吊机车、绳牵引单轨吊和FND20Y型单轨吊机车中使用很普遍。

DQ—3型吊运梁主要技术参数为：

起吊重量	30kN
提升高度	>500mm
与外接拉杆连接间距	520mm
拉杆中心距单轨下缘距离	200mm

2．DQ—6型（或YQD—6型）液压吊运梁

DQ—6型液压吊运梁是用于FND—90型单轨吊机车的配套设备，由河北煤炭科学研究所和石家庄煤矿机械厂共同研制，1990年通过鉴定，主要由梁体1，减速箱2，液压操纵装置3，回程轮4，链条总成5，滑轮6，承载车7和链条兜8等组成（如图1-11）。

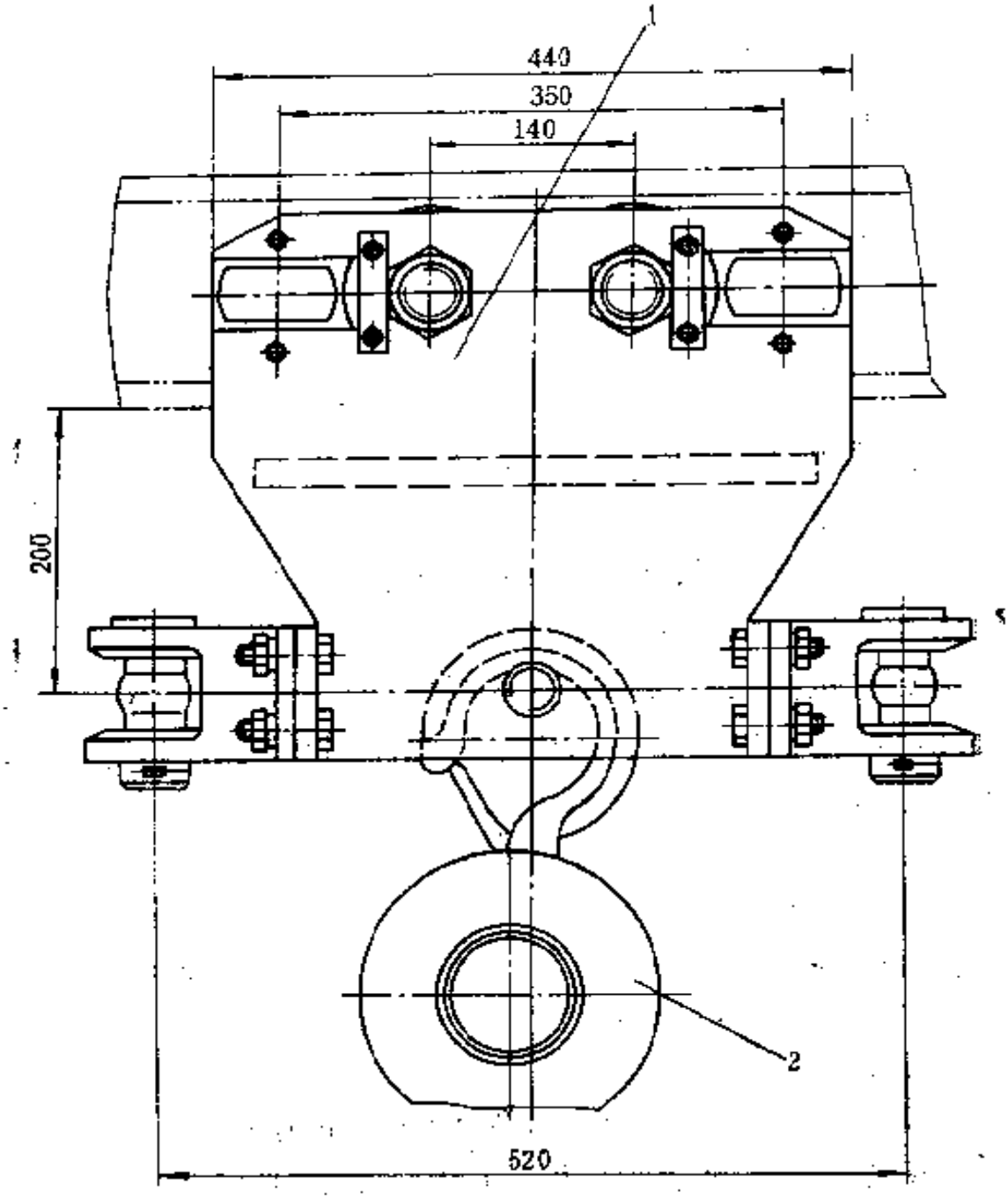


图 1-10　DQ—3型吊运架

1—承载车；2—手拉葫芦

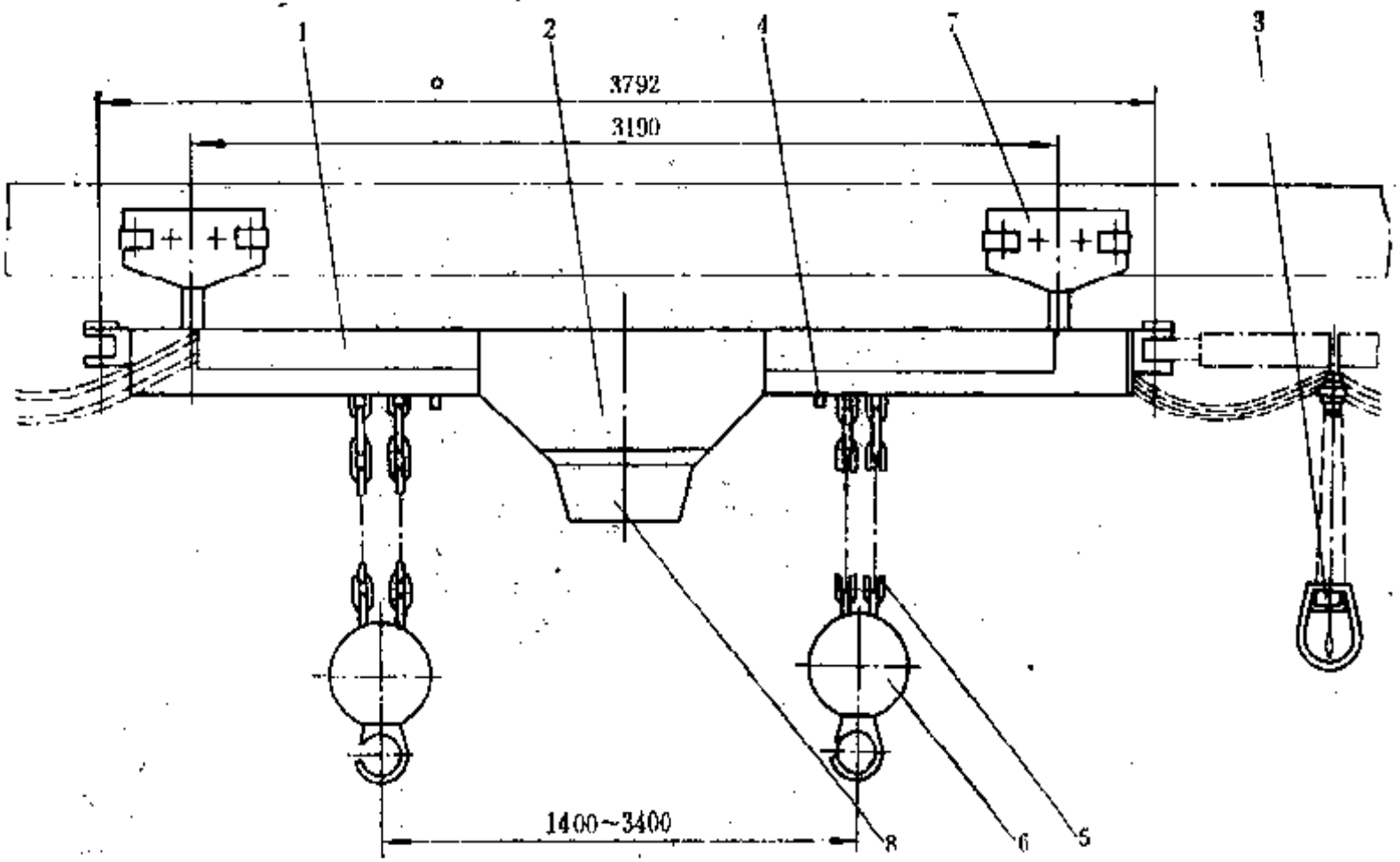


图 1-11 DQ—6型液压吊运梁

1—梁体；2—减速箱；3—液压控制装置；4—回程轮；5—链条总成；6—滑轮；7—承载车；8—链条兜

DQ—6型液压吊运梁主要技术参数为：

最大起吊力（两钩）	60kN
最大起吊力（单钩）	30kN
吊钩提升速度	1.4m/min
吊钩中心距（最大）	3.4m
吊钩中心距（最小）	1.4m
最大起吊高度	1.765m
外形尺寸	3.79×0.52×0.85m
重量	636.8kg

3. DQ—12型（或YQD—12型）液压吊运梁

DQ—12型液压吊运梁为FND—90型单轨吊机车在运送液压支架等单件大型设备时使用，由河北煤炭科学研究所和石家庄煤矿机械厂联合制造，1990年通过鉴定。

该吊运梁主要有梁体、副梁、液压葫芦、承载车等零部件组成（如图1-12）。梁体是吊运梁的主要承载件，它的截面形状为封闭的焊接框架结构，梁体上装有液压葫芦和液压管路，利用链条和副梁相连，副梁是吊运梁的吊起梁体，直接与液压支架连接后实现吊起功能，其上有6个等距孔可调整吊钩间距。液压葫芦是由液压马达和行星减速机组成。

DQ—12型液压吊运梁的主要技术参数为：

最大吊运重量	120kN
最大吊起速度	1.6m/min
提升高度	1.0m
适用水平转弯半径	≥4m
适用垂直曲率半径	≥10m
外形尺寸	4.65×0.5×0.48m
重量	1.475t

4. DQ—16型液压吊运梁

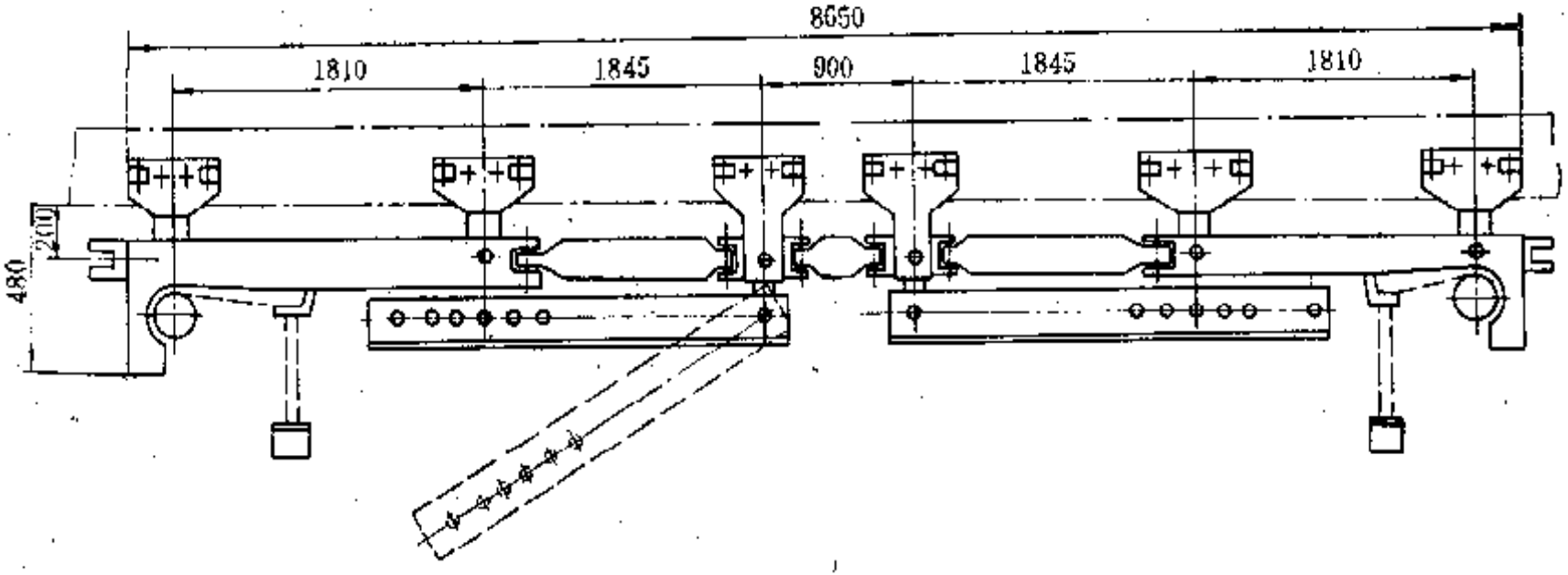


图 1-12　DQ—12型液压吊运梁

DQ—16型液压吊运梁由河北煤炭科学研究所研制，1991年通过技术鉴定，是为FND—90型单轨吊机车运载大型液压支架（重量超过120kN）而设计的产品。其构造与DQ—12型液压吊运梁类同（图1-13为该梁的总体示意图）。主要由液压葫芦1，梁体2，副梁3和承载车4等组成。其主要技术参数为：

最大吊运重量	160kN
吊起速度	1.6m/min
最大吊起高度	1.0m
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥10m
外形尺寸	9.56×0.5×0.68m
重量	1.6t

以上DQ系列液压吊运梁的动力都来源于柴油机单轨吊机车。

四、集装箱

集装箱是与DQ—6型吊运梁配合使用，运送矸石、零散物料和设备零部件的专用机具。该集装箱结构简单，容量大，重量小，能实现人工操纵下的自卸。其外形结构如图1-14所示。在无单轨地段该集装箱可放在地轨平板车上，由地轨车运输。

集装箱主要技术参数。

外形尺寸	2636×960×680mm
容积	1.2m³
重量	500kg

五、人车

1. RC—8型人车

RC—8型人车是八人座人车，由石家庄煤矿机械厂制造。

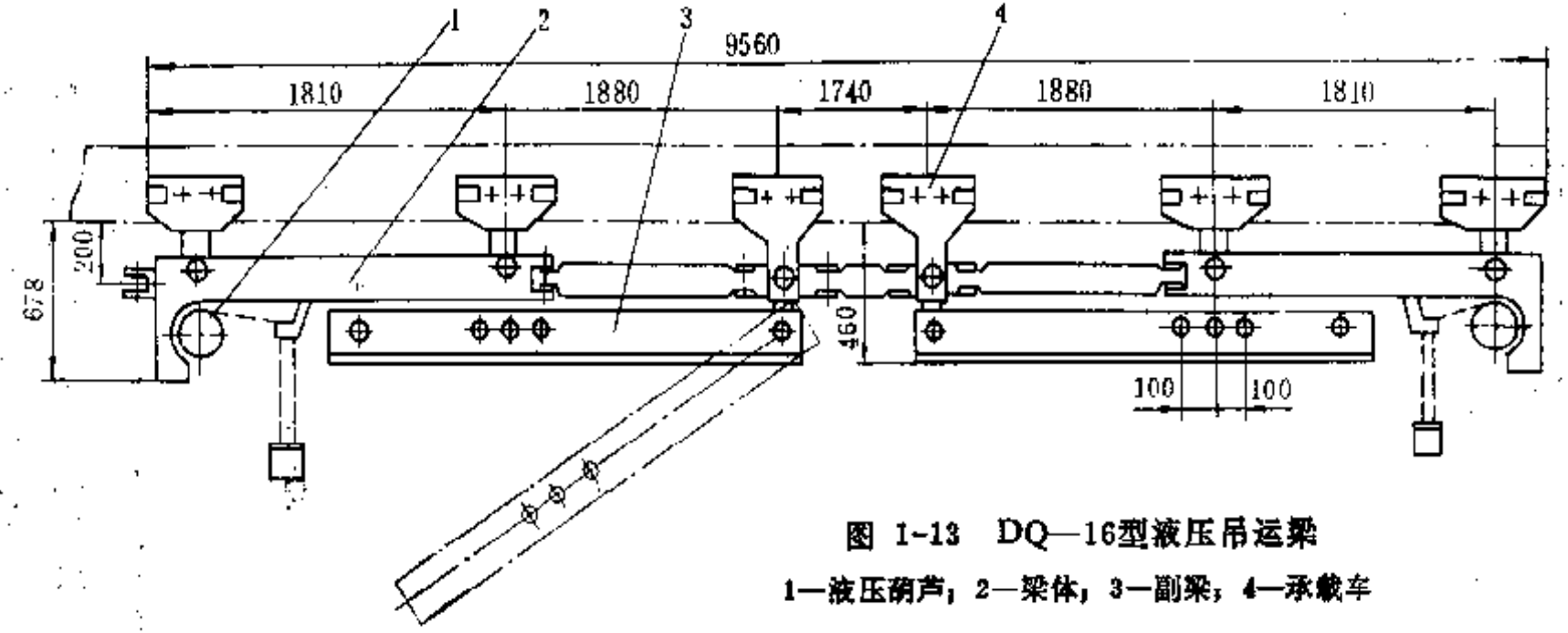


图 1-13 DQ—16型液压吊运梁

1—液压葫芦；2—梁体；3—副梁；4—承载车

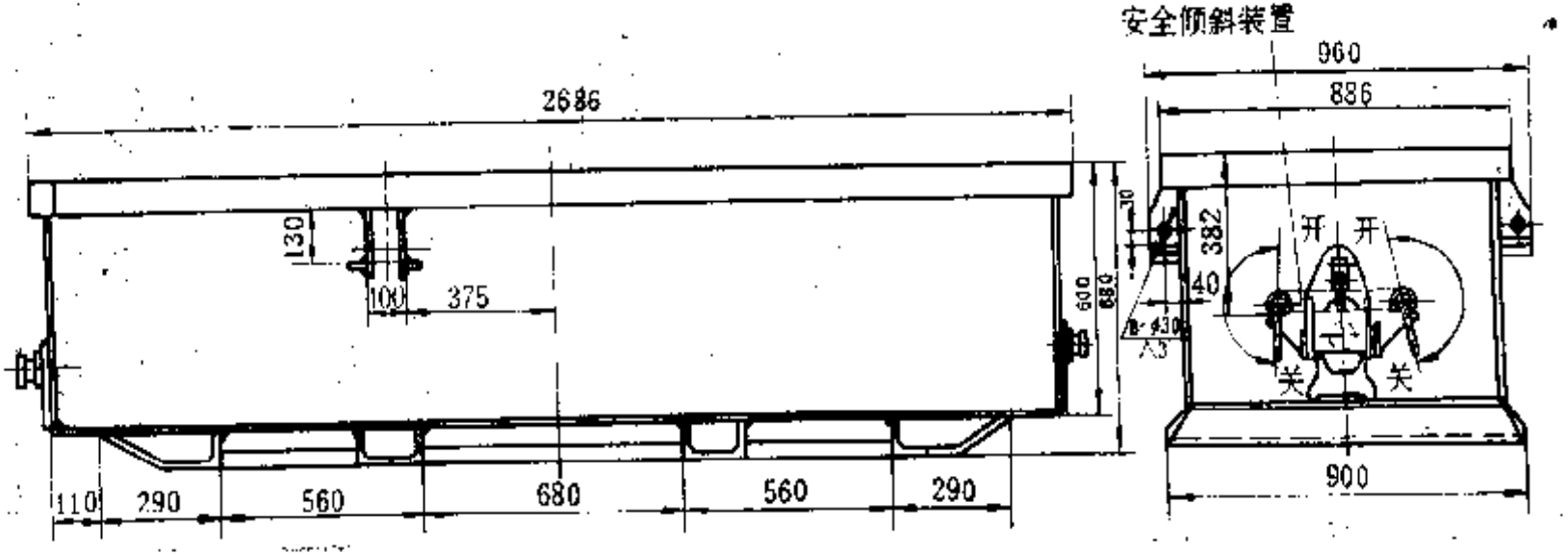


图 1-14 集装箱

因设计的座椅为活动形式，故乘座者可以保持面向列车运行方向就座（见图1-15）。

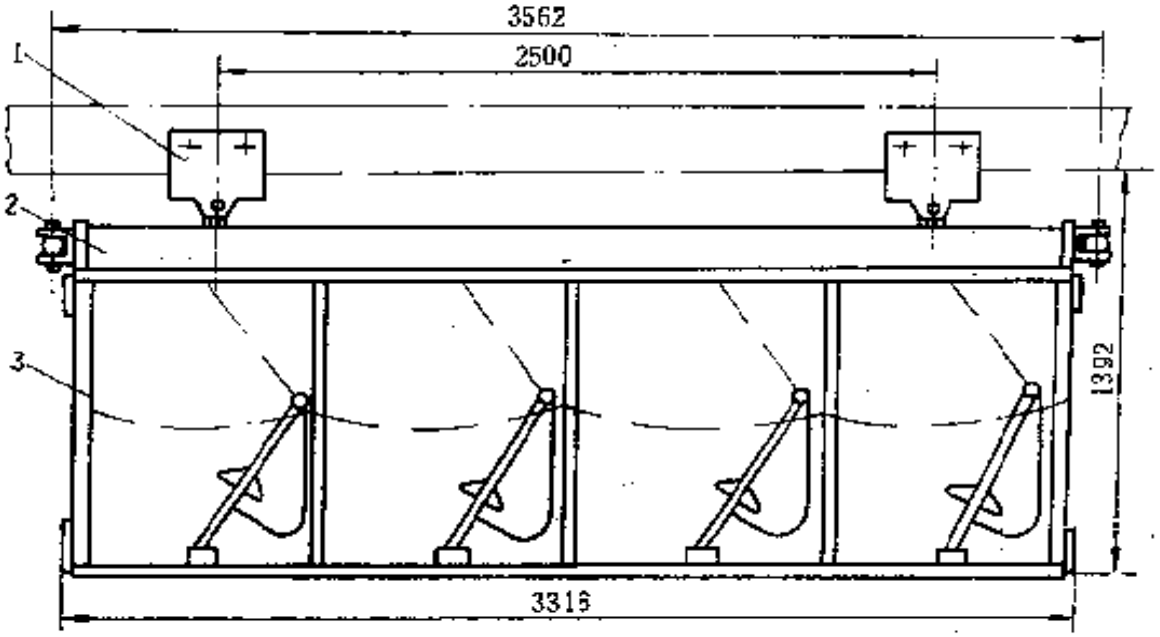


图 1-15 RC—8型人车

1—承载车；2—承载梁；3—车体

RC—8型人车主要技术参数：

人车座排	4 排 8 座
吊挂中心距	2500mm
外形尺寸	3316 × 940 × 1390mm
重量	500kg

2. RC—10型人车

RC—10型人车为河北煤炭科学研究所研制，1990年通过鉴定。该人车主要有承载车和车箱两大部分组成(见图1-16)。承载车与车箱的连接采用球形销轴，以适应于水平和垂直弯

曲轨道上运行。人车与单轨吊机车采用拉杆连接。人车座椅为固定架软靠背形式，在列车编组时有方向要求。

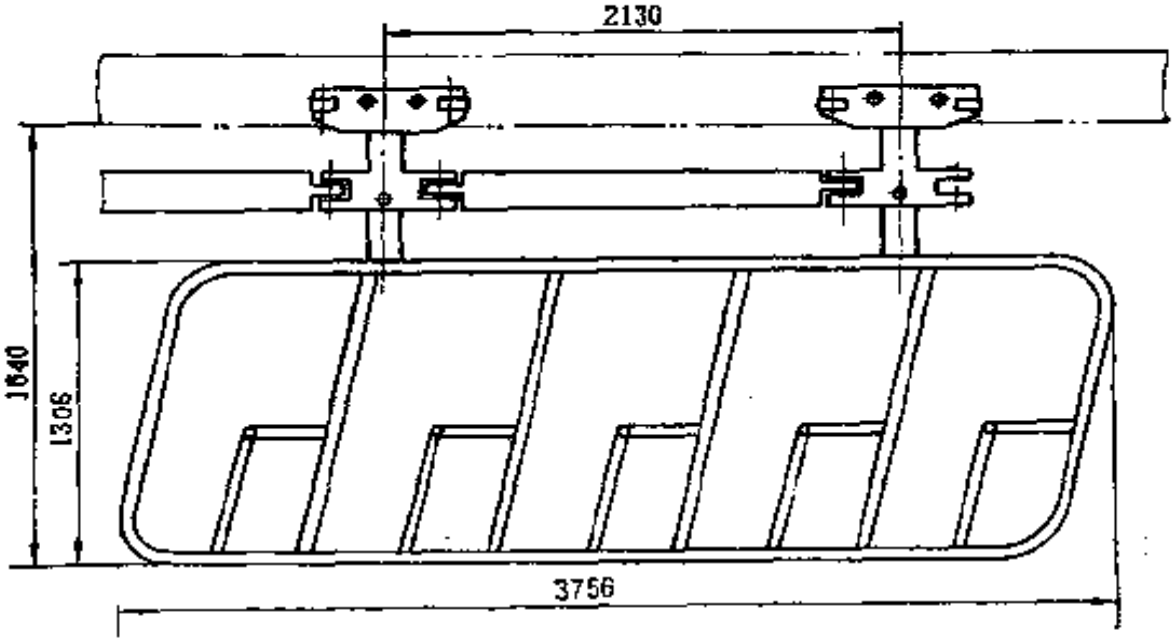


图 1-16 RC—10型人车

RC—10型人车主要技术参数为：

人车座排	5 排10座
吊挂中心距	2130mm
外形尺寸	3750 × 900 × 1640mm
重量	800kg

六、YG—1型油罐车

YG—1型油罐车是为柴油机单轨吊机车运送燃料的专用车，由河北煤炭科学研究所研制。它可在普通地轨上运行，也可由单轨吊机车吊运，主要由底盘 2 、油罐 1 、灭火器 3 等组成（见图1-17）。油罐为双层钢板卷制而成，可使吸排油时易燃气体在封闭的罐内，不会进入井下巷道，从而保证安全。目前井下使用的只有这一种规格的油罐车。符合我国煤炭行业矿车尺寸的油罐车系列正在研制。

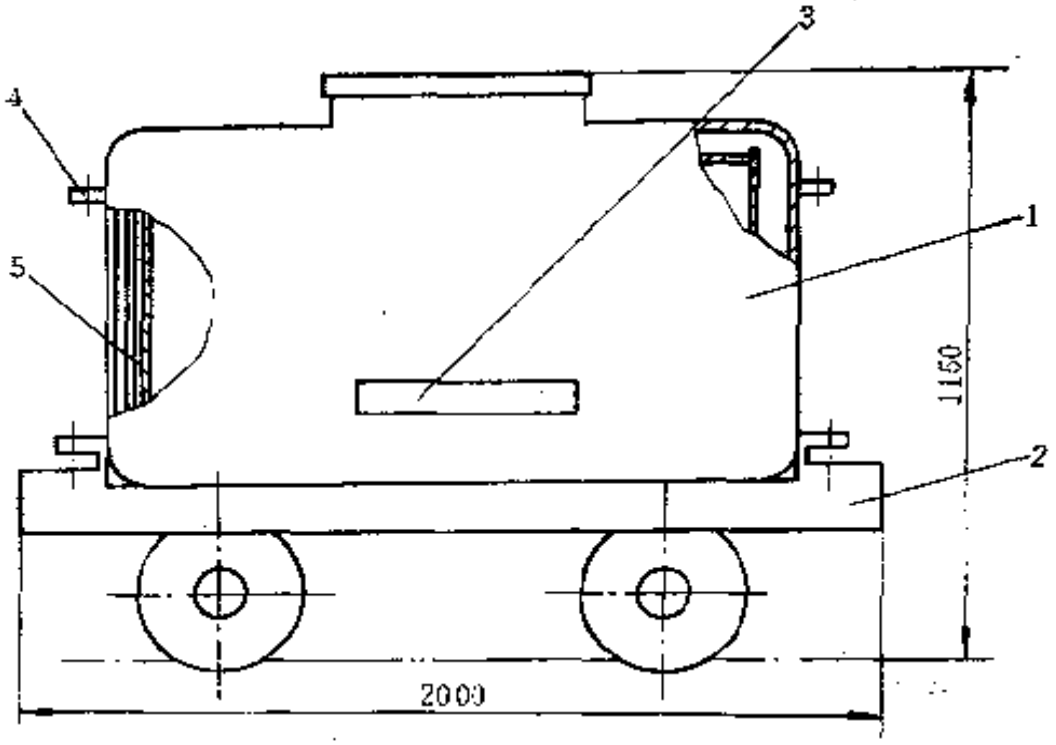


图 1-17　YG—1型油罐车

1—油罐；2—底盘；3—灭火器；4—吊运控制环；5—油位显示孔

YG—1型油罐车主要技术参数为：

有效容积	520L
加油速度	25L/min
手摇泵型号	ZH—100A
灭火器	MF—4
外形尺寸	2000×850×1150mm
质量	740kg
普轨轨距	600或900mm
底盘	1t标准矿车底盘

七、安装平台

安装平台是河北煤炭科学研究所研制的产品，主要用于单轨的安装、检修及拆卸工作。它由固定平台1、伸缩活动平台2、栅栏3、承轨车4等组成（见图1-18）。活动平台

全部伸出后的长度为2600mm，加上前承载车距 固定平台探出的长度1000mm，总探出约3600mm，对安装和拆卸仅3000mm的单轨较方便。

安装平台主要技术参数为：

平台调整长度范围	3700～6300mm
平台承载能力	3000kg
承载空间	3700×1100×600mm
平台至单轨（下翼板）间距	1200mm
吊挂中心距	2650mm
平台最大宽度	1220mm
水平曲率半径	≥4m
垂直曲率半径	≥8m
重量	960kg

八、DY—40型防爆电动调度吊车

DY—40型电动调度吊车是煤矿辅助运输配套设备，可用于单轨吊系统材料及小型设备运输，在固定近距离内做调度或运输车用，由河北煤炭科学研究所研制，1990年通过鉴定。它主要由电缆承载车1、磁力起动器2、牵引车4、承载车5及牵引杆3等组成（见图1-19）。

DY—40型调度吊车主要技术参数为：

牵引力	4kN
制动力	6.2kN
电机功率	2×3kW
运行速度	0.47m/s
适用坡度	0～5°
运行距离	70m
平道载重量	6t
5°坡道载重量	3t

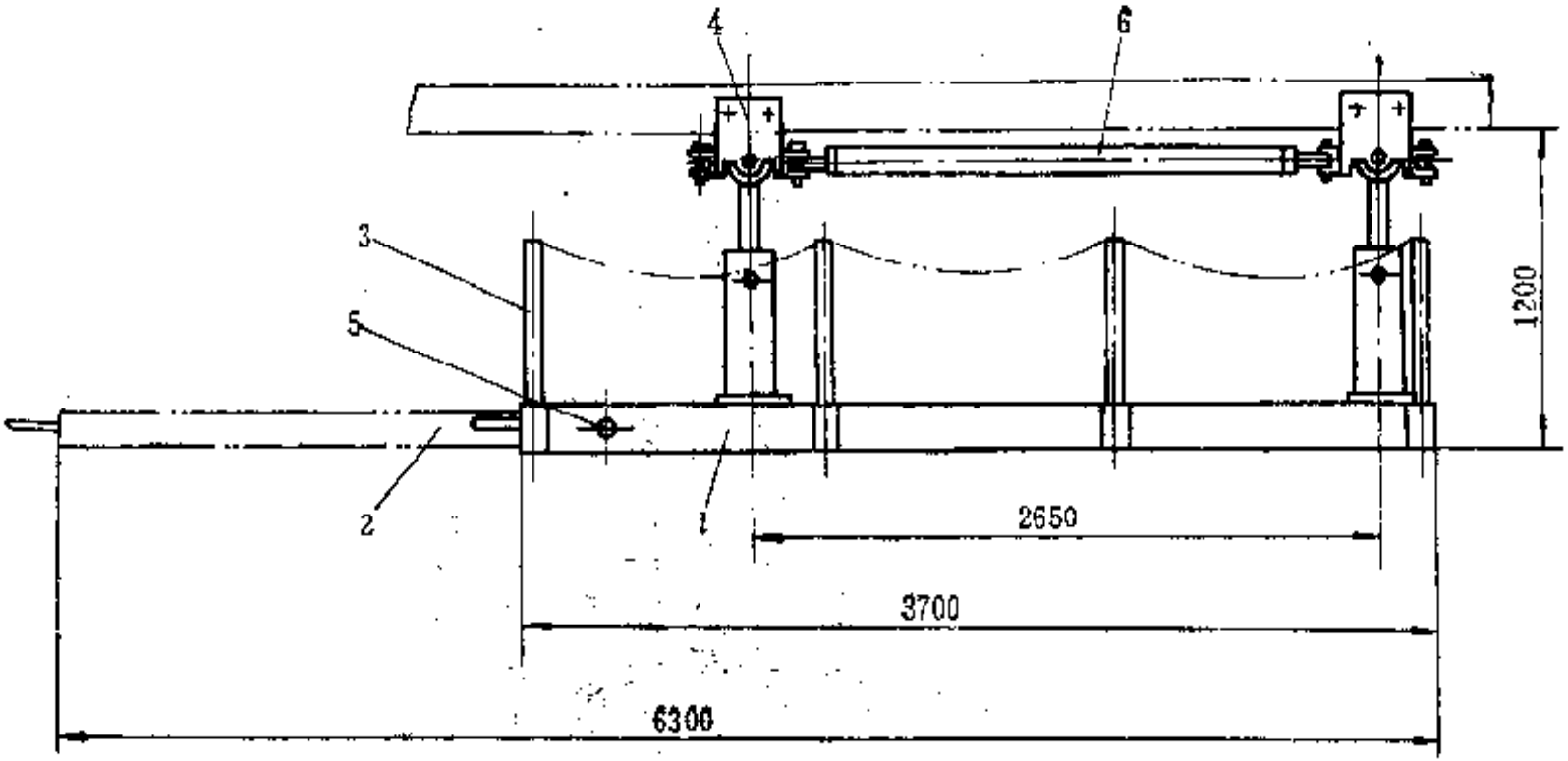


图 1-18 安装平台

1—固定平台；2—活动平台；3—栅栏；4—承载车；5—销轴；6—拉杆

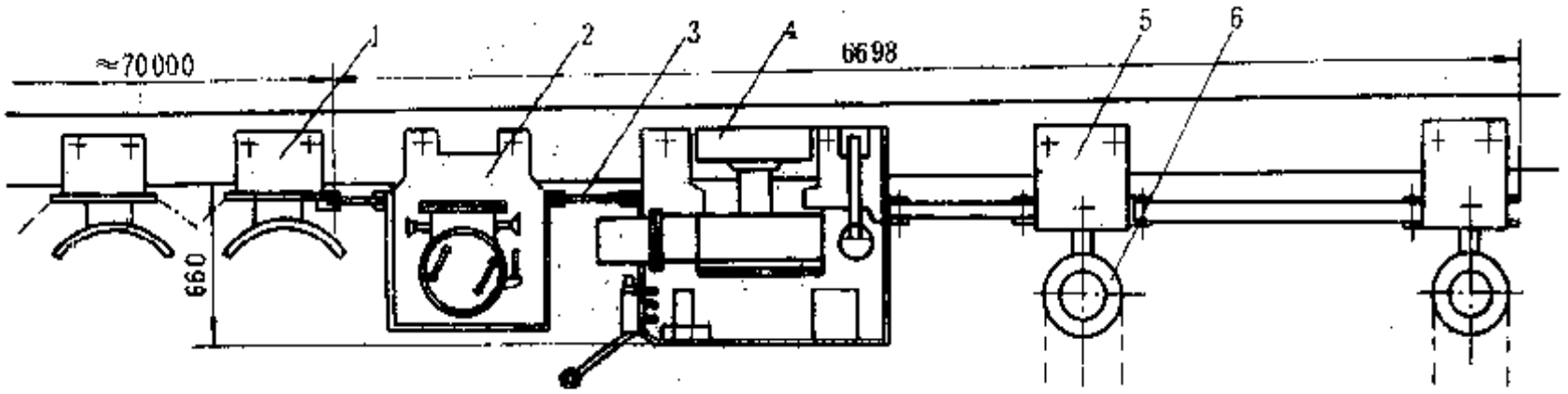


图 1-19 DY—40型调度吊车

1—电缆承载车；2—磁力起动器；3—牵引杆；4—牵引车；5—承载车；6—手动葫芦

第六节　单轨及单轨道岔

单轨包括单轨所用型材、单轨标准和单轨的连接。

一、单轨型材

国内外使用较多的单轨型材为I140E型钢，符合DIN 20593德国标准。I140E型钢截面尺寸及形状如图1-20所示。

I140E型钢的主要技术参数：

截面积	26.1cm²
每米长重量	22.8kg
外表面积	0.54m²/m
断面系数 W_y	1475cm³
断面系数 W_z	23.4cm³

鉴于我国目前尚未有I140E型钢，引进费用很高，因此在一定条件下可采用I140热轧普通工字钢来替代。在小功率机车单轨吊、载重量较小的绳牵引单轨吊系统均可采用。

二、单轨标准

采用I140E型钢加工成的单轨，其直轨长度不得超过3m；水平弯曲轨曲率半径不得小于4m，每节弧长不得大于2m，弧长超过1.6m时，在其中点增设一吊耳；竖直弯曲轨曲率半径不得小于10m，每节弧长不得大于3m，弧长超过1.6m的凸向弯轨，在其中点增设一吊耳。要求单轨及吊耳在其允许长度内承受150kN的集中载荷时不得破坏。

采用I140型钢加工的单轨竖直弯轨的弧长不得大于2m，其余与I140E单轨同。

三、单轨的连接

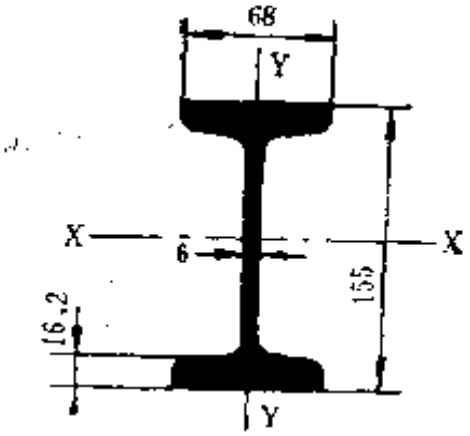


图 1-20　I140E单轨截面

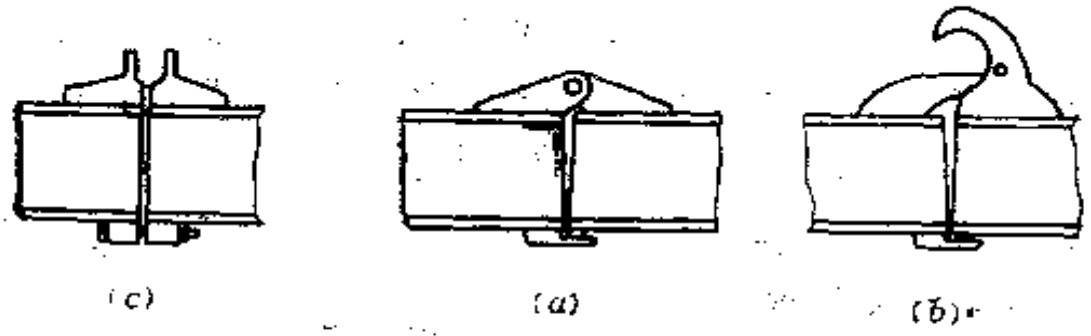


图 1-21　单轨连接

a—吊耳连接；b—搭式连接；c—法兰盘连接

单轨吊单轨的连接，直轨之间采用吊耳和搭式连接（见图1-21a、b）；弯轨与直轨，弯轨与弯轨之间要用法兰盘连接（见图 1-21 c）。要求各连接件不得自行松脱，并能保证在150kN静荷载的垂直拉力下不松脱、不破坏。通常到货时单轨已焊好联接装置。对于非标准单轨需另外备用连接装

置，以用于安装检修时随时组焊单轨。

四、单轨道岔

1．DDK型对称道岔

DDK型对称道岔是河北煤炭科学研究所研制的矿用一般型电动道岔，其工作原理是：按动按钮给转辙机送电，转辙机通过推杆将活动轨向另一位置推移，同时活动轨原位的阻车器在机械连动下落下呈阻车状态，另一位置的阻车器抬起可使单轨吊车通行。它主要由14号槽钢框架、活动轨、固定轨、承载导槽、推杆、阻车器、转辙机和配套的电气设备组成(见图1-22)。该道岔在停电或电气故障时，可实现手动。

DDK型对称道岔主要技术参数为：

活动轨摆角	10.5°
转辙机型号	DKZZ型
转辙机功率	0.2kW
道岔重量	455kg
外形尺寸	3200×1120×510mm

2．DDK（Y·Z）型单开道岔

DDK（Y·Z）型单开道岔分右（Y）单开和左（Z）单开两种，主要由14号槽钢框架、固定短轨、直、弯活动轨、活动轮导轮、导槽、转辙机、推杆、固定阻车器、手动装置等组成（见图1-23）。

DDK(Y·Z）型电动单开道岔主要技术参数为：

活动弯轨曲率半径	4m
转角角度	30°
转辙机型号	DKZZ型
转辙机功率	0.2kW

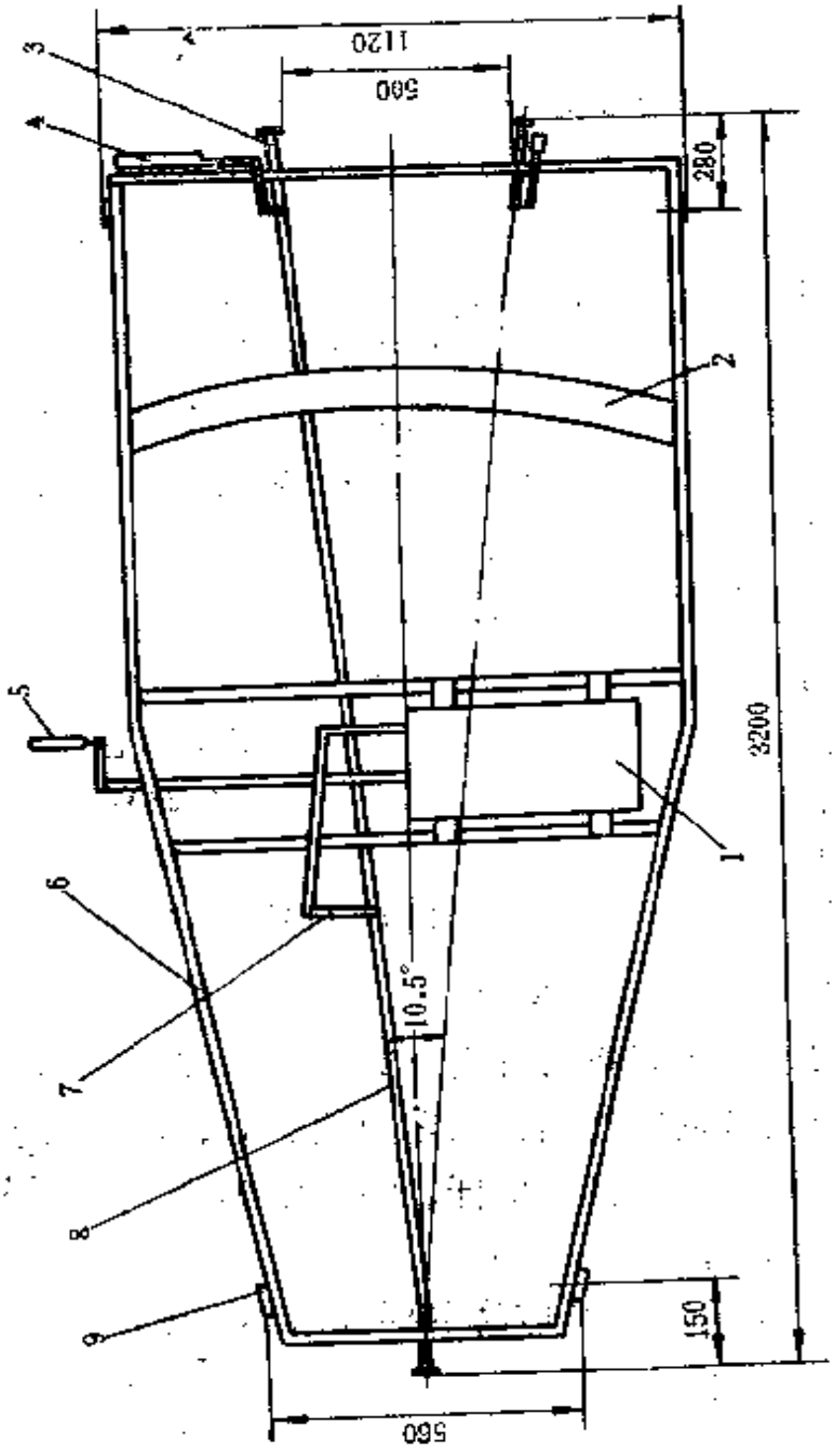


图 1-22 DDK型对称道岔

1—转辙机；2—导槽；3—固定短轨；4—阻车器；5—手摇把；6—横梁；7—推杆；8—活动轨；9—吊耳

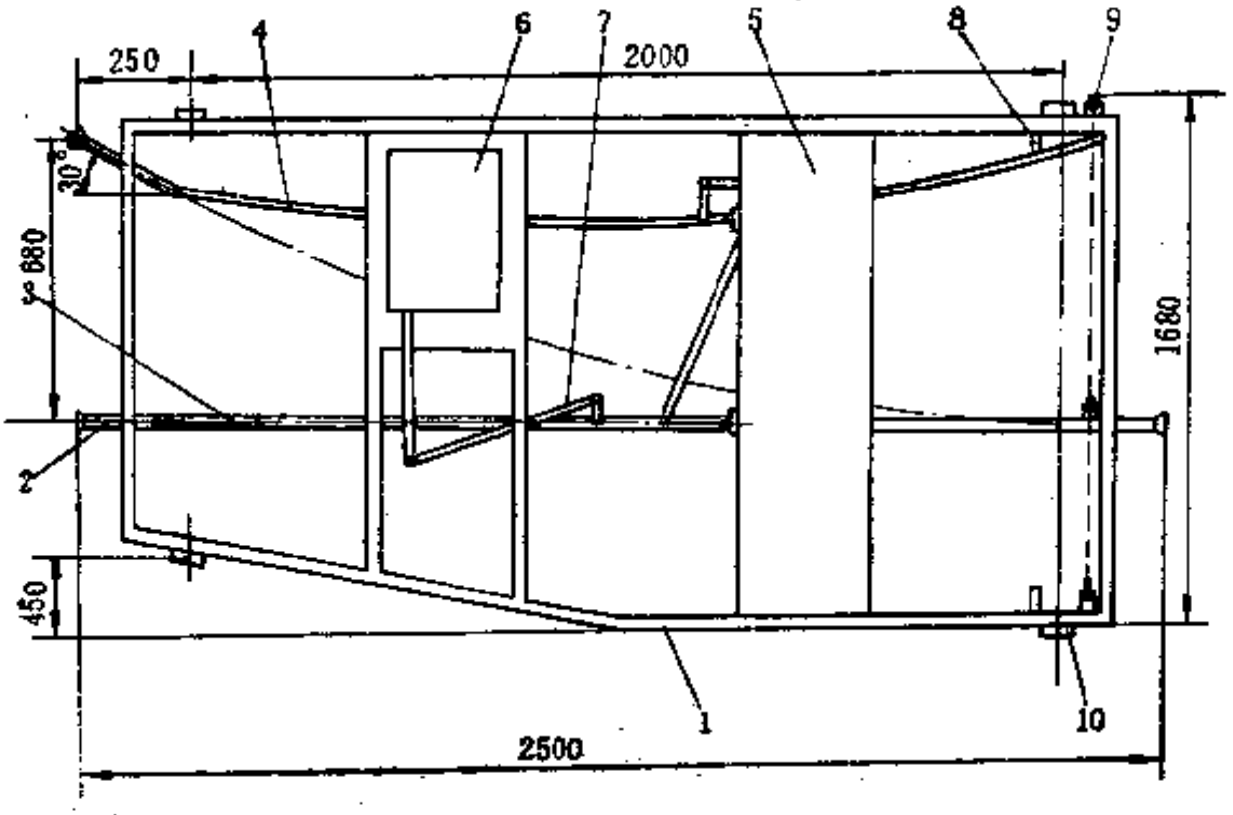


图 1-23 DDK (Y·Z) 型电动单开道岔

1—框架；2—固定短轨；3—活动直轨；4—活动弯轨；5—导槽；6—转辙机；7—推杆；8—阻车器；9—手动装置；10—吊耳

外形尺寸 2.5×1.68×0.5m

重量 530kg

本道岔停电后可用手动操作。因两活动轨的最小间隙稍小，框架较宽，在悬吊不平衡时易变形。

3．GBDD型防爆电动道岔

GBDD型防爆电动道岔是在DDK型道岔基础上经较多改进而研制成的，先后在潞安矿务局漳村煤矿井上和井下进行了工业试验，1992年通过鉴定。该道岔主要由14号槽钢框架、活动轨、固定轨、三面重锤式阻车器、转辙机、推拉杆、电磁铁定位、承载导轨和电控箱等零部件组成（见图1-

24)。其动作原理为：转辙机经推拉杆使活动轨动作，同时使阻车重锤升降，到位后定位(电磁铁断电伸出实现)。反向动作时，控制按钮使电磁铁带电吸回定位销解锁，同时转辙机反向转动，由推拉杆将活动轨推拉到新的位置，并同时升降阻车重锤，达到通车或阻车的目的。该道岔停电可手动操作。

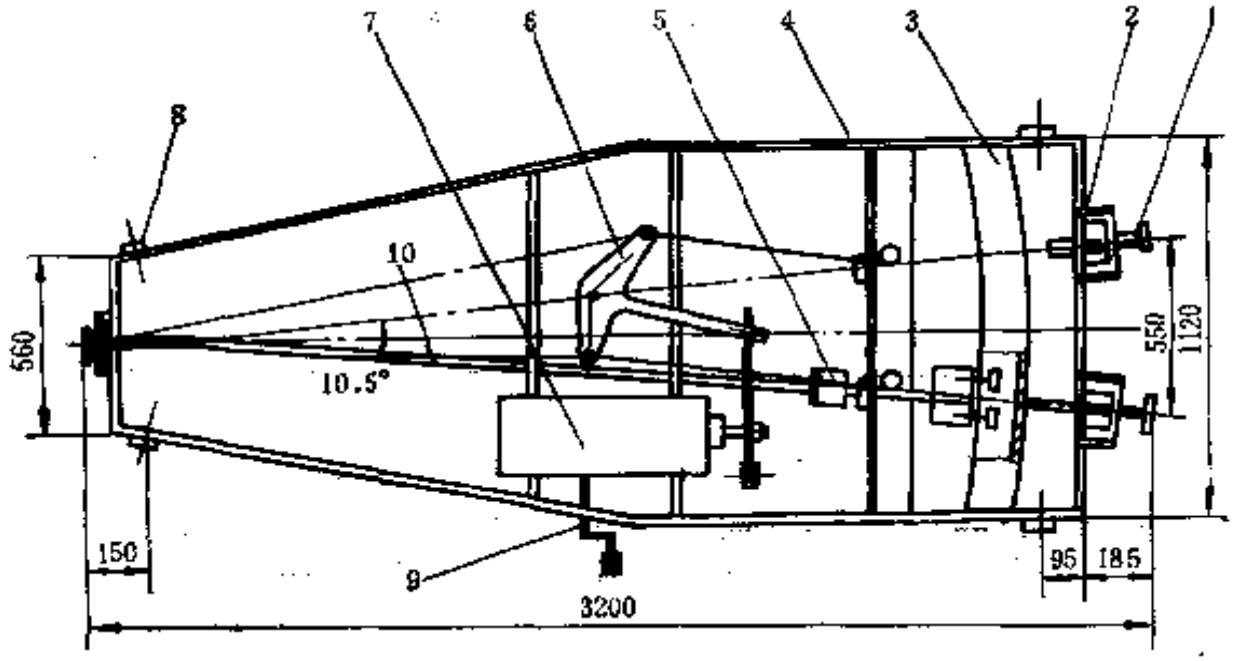


图 1-24 GBDD型防爆电动道岔

1—固定短轨；2—升降重锤；3—承载导轨导槽；4—框架；5—定位电磁铁；6—重锤升降控制爪；7—转辙机；8—吊耳；9—控制摇把；10—活动轨

GBDD型防爆电动道岔主要技术参数：

额定拖动力	1kN
最大拖动力	1.2kN
岔尖开距	500mm
活动轨摆角	10.5°

岔尖闭锁力	>10kN
转换时间	2s
外形尺寸	3200×1200×530mm
转辙机型号	XZDB
转辙机功率	0.2kW
阻车型式	三面重锤升降式
电控箱型号	DMD
道岔重量	621kg

第七节　列车编组及牵引能力计算

一、FND20Y型单轨吊机车列车编组

1．运人列车编组

FND20Y型单轨吊机车运人列车用于单轨倾角小于3°的巷道时，可牵引1～2节人车；如果巷道单轨倾角在3°～6°之间，可牵引1节人车。

2．货物列车编组

FND20Y型单轨吊机车运送货物时，由DQ—3型吊运梁实现货物（长材打捆，散材装集装箱）吊起，再由机车拖引运输。货物载量随坡度增加而减少，可按表1-8来确定。

二、FND—90型单轨吊机车列车编组

FND—90型单轨吊机车属长距离、大载量运输车型，因此要求列车编组时，切记列车两端都要求有司机室及制动车。为实现列车卸载后快速退出卸载区，列车其中一端的司机室采用折叠司机室比较有利。

1．运人列车编组

图1-25为FND—90型单轨吊机车运人列车编组。受液压管路的限制列车总长度不超过30m，可牵引6节RC—10型

人车，计60人。该列车编组适宜在12°以下巷道单轨坡度的人员运输。

2。货物列车编组

1）运送综采支架列车编组

目前我国使用的综采支架种类很多，整体质量也各不相同。为设计方便，将运输综采支架的列车编组的适应坡度与液压支架重量的关系列于表1-8。FND—90型单轨吊机车运送综采支架时的列车编组如图1-26所示。

表 1-8 综采支架重量与列车适应坡度关系

支架架型	整架支架重量（t）	适应最佳坡度（°）
ZY—35	12	12°
铺底网架	14	10°
4.5m支架	18	8°

2）运材料、矸石等列车编组（见图1-27）

运送材料如散材、零部件可用集装箱或普轨固定矿车（用专用吊具将固定矿车吊起），运长材如巷道支护梁、腿等可打捆运输。

三、其他单轨吊机车列车编组

对于FND—40型、XTD—7型、TXD—25型及引进的捷克LZH—50.2型、德国HL—90H/3—H型等单轨吊机车的列车编组，可依据机车本身的特性曲线和机车在不同坡度，用不同速度运行时的牵引货物重量来进行，并参照上述列车编组情况根据各自的具体条件来编组列车。

四、列车牵引能力计算

列车在牵引状态时，机车的牵引力F与列车运行的静阻

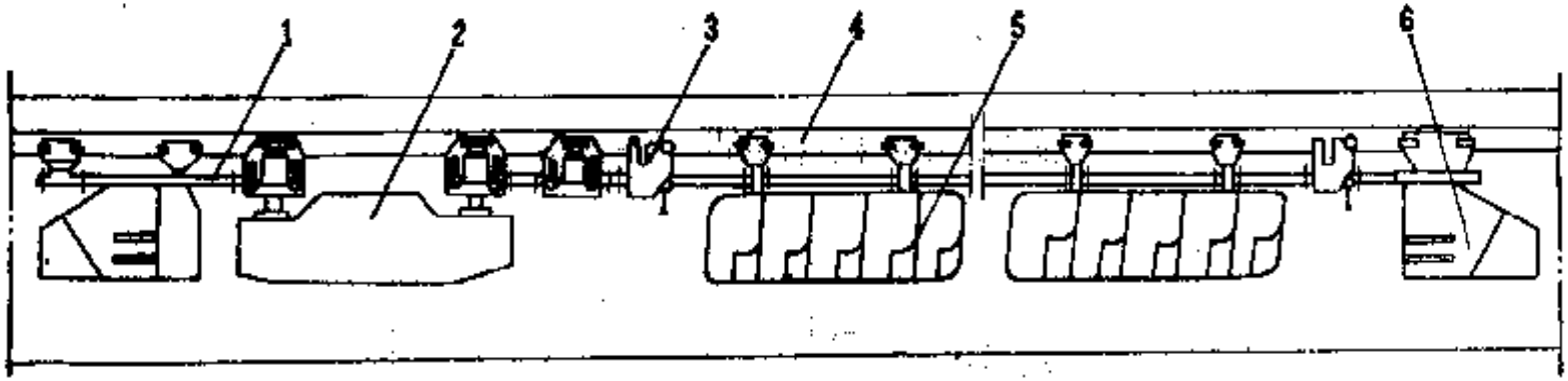


图 1-25　FND—90型单轨吊机车运人列车

1—拉杆；2—机车；3—制动车；4—单轨轨道系统；5—人车；6—司机室（可为折叠式）

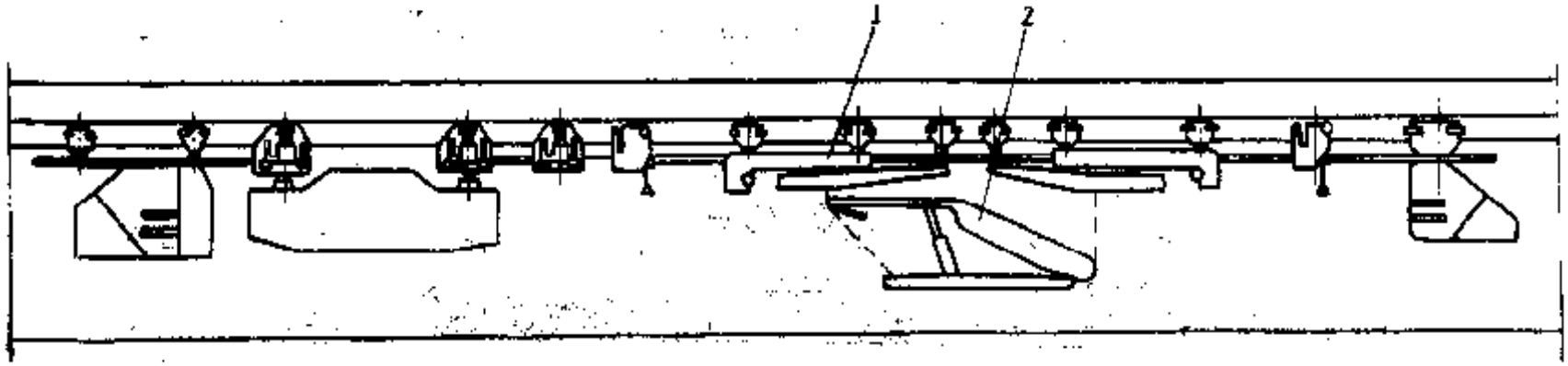


图 1-26　FND—90型单轨吊机车运支架列车

1—DQ—12型吊运梁；2—综采液压支架

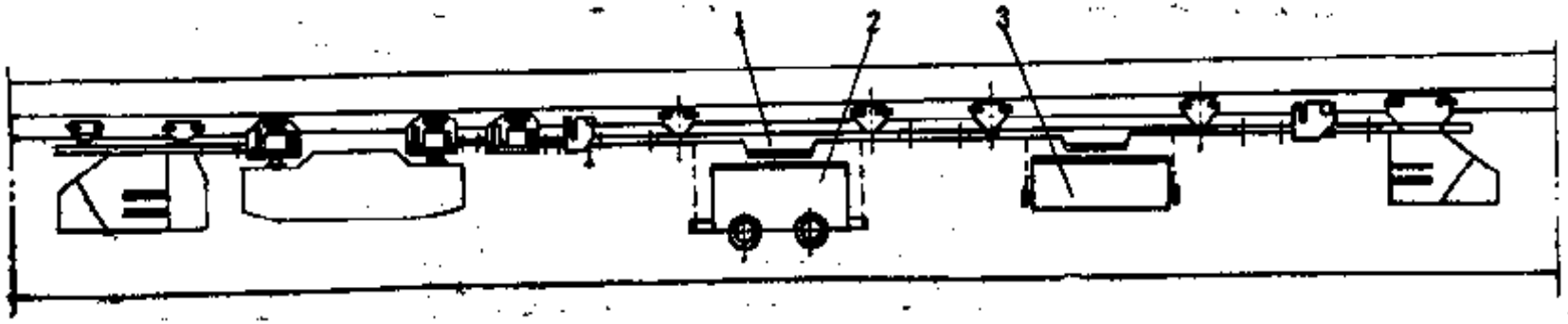


图 1-27　FND—90型单轨吊机车运货物列车

1—DQ—6型吊运梁；2—固定矿车；3—集装箱

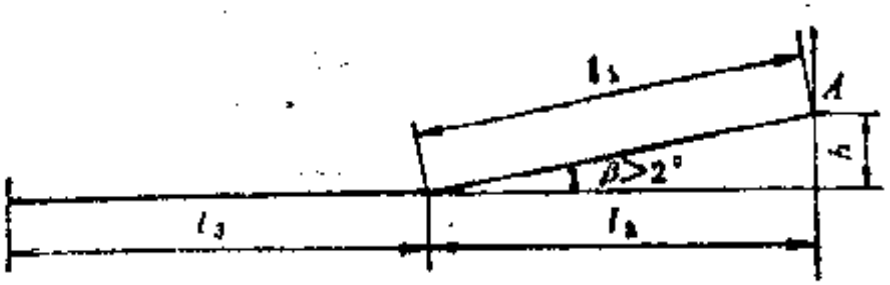


图 1-28　单轨吊承载车阻力试验坡

力W和惯性力W_a是平衡的。即

$$F-W-W_a=0 \tag{1-1}$$

静阻力W包括基本阻力W_0和坡道阻力W_i，所以

$$F=W_0+W_i+W_a \quad (\mathrm{N}) \tag{1-2}$$

基本阻力

$$W_0=(P+Q)g\omega \quad (\mathrm{N}) \tag{1-3}$$

式中 P——机车重量（kg）；

Q——货物重量（kg）；

g——重力加速度（$\mathrm{m/s^2}$）；

ω——列车运行阻力系数，如式（1-4）

$$\omega=\frac{h}{l_2+l_3} \tag{1-4}$$

h，l_2，l_3如图1-28所示。

试验时，将单轨吊承载车放到试验坡A位，然后让其自动下滑，测出水平滑行距离l_3，代入式（1-4）求得ω。据测定，承载车水平直道的阻力系数ω不大于0.03（按比阻计为300N/t），水平弯道阻力系数ω不大于0.055（按比阻计550N/t）。

坡道阻力

$$W_i=\pm(P+Q)g\cdot i \quad (\mathrm{N}) \tag{1-5}$$

式中 i——单轨坡度，$i=\mathrm{tg}\,\varphi$。

惯性力

$$W_a=m\gamma a \quad (\mathrm{N}) \tag{1-6}$$

式中 m——列车全部重量（kg），即

$$m=P+Q$$

γ——惯性系数，

$$\gamma = 1 + \frac{4Jg}{R^2 G_o} \qquad (1-7)$$

J——每个承载轮对其轴的转动惯量（kg·m·s²）；

R——承载轮半径（m）；

G_o——承载物体（包括吊运梁）重量（kg）；

a——列车运行加速度（m/s²）。

所以

$$W_a = (P+Q)\gamma a \ (\mathrm{N}) \qquad (1-8)$$

将式（1-3）、式（1-5）、式（1-8）代入式（1-2）得

$$F = (P+Q)(\omega g \pm ig + \gamma a) \ (\mathrm{N}) \qquad (1-9)$$

如要校核上坡重载条件下起动的牵引力则将式（1-9）转代为：

$$F = (P+Q)(\omega g + ig + \gamma a) \ (\mathrm{N}) \qquad (1-10)$$

如要计算在机车牵引力一定、最大上坡条件下所能运送的最大荷载，则如下式：

$$Q = \frac{F}{\omega g + ig + \gamma a} - P \ (\mathrm{kg}) \qquad (1-11)$$

在对单轨吊机车进行牵引能力计算的同时，还要保证单轨吊机车自身的工作制动力，要大于牵引力的1.5～2.0倍。

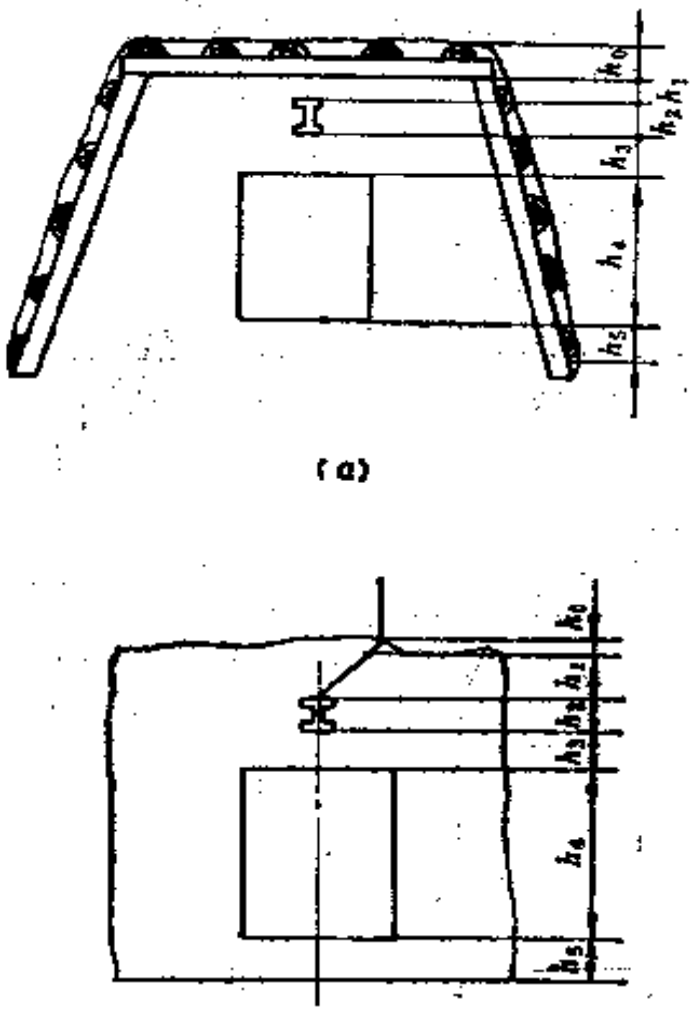
第八节　巷道断面及硐室

一、巷道高度的确定

井下巷道形式多样，有梯形、矩形、拱形等，支护形式有锚喷、砌碹、棚式、裸巷等。下面按梯形、矩形和拱形巷道形状，来确定行驶单轨吊时巷道高度的确定原则。

1、梯形、矩形巷道高度的确定

图1-29为梯形巷道和矩形巷道布置单轨时的高度组成参



(a)

(b)

图 1-29 梯形矩形单轨巷高度参数

数。巷道掘进高度

$$H \geqslant h_0 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \qquad (1\text{-}12)$$

式中 h_0——梯形棚为梁高加背板厚度，矩形锚喷巷为巷顶与锚杆露出长度，裸巷为零（mm）；

h_1——单轨上面至h_0下起点高度，可取400mm；

h_2——单轨高度（对于Ll40E为 155mm，对于14号工字钢为140mm）；

h_3——轨下面至货物顶面高度（一般取500mm）；

h_4——载重车或货物高度（人车为 1540mm，支架为1700mm，集装箱为680mm）；

h_5——载重车或货物离地高度，取300mm；如载重为综采支架，可取200mm。

2．拱形巷道高度的确定

拱形巷道包括半圆拱和三心拱，有砌碹和棚式支护两种，其高度的确定参见图1-30。掘进高度H可按下式确定。

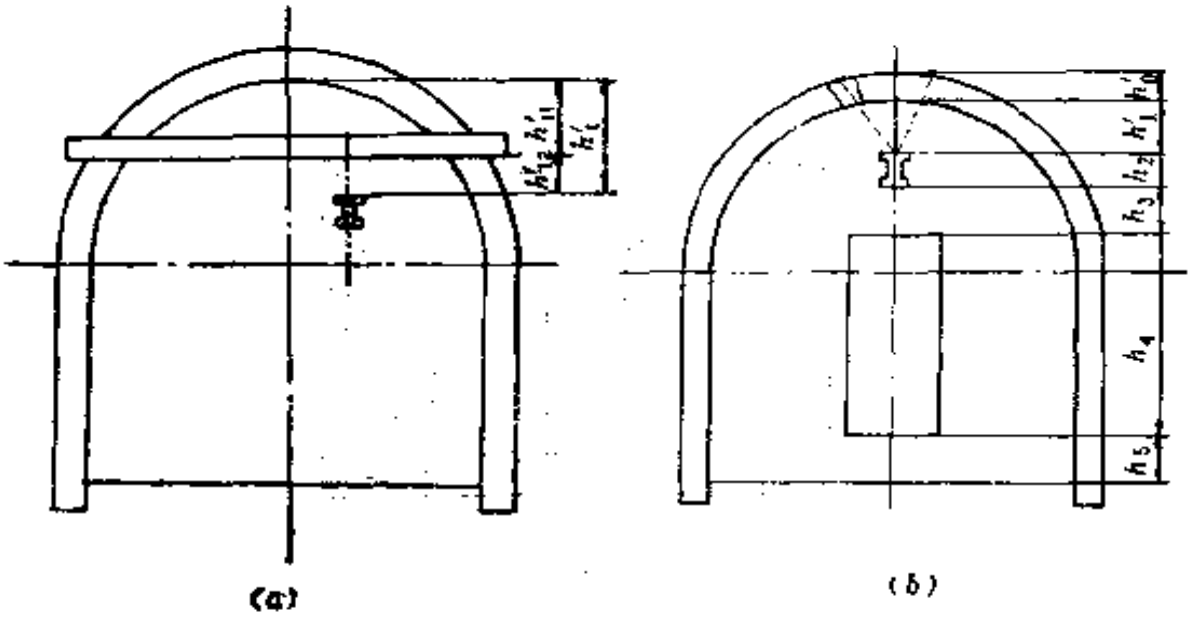


图 1-30 拱形单轨巷高度参数

$$H \geqslant h_0' + h_1' + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \qquad (1\text{-}13)$$

式中 h_0'——砌碹厚或U型支架及背板厚（mm）；

h_1'——悬吊高度（mm）；

h_2, h_3, h_4, h_5——同式（1-12）。

根据拱形巷道的跨度大小，悬吊单轨分拱顶预埋吊链（图1-30，b）方式和拱顶加担钢梁（图1-30，a）方式。对于前者h_1'一般取300～500mm；对于后者h_1'按式（1-14）

确定。

$$h_1' = h_{11}' + h_{12}' \qquad (1\text{-}14)$$

式中 h_{11}'——钢梁底面至拱顶高度（mm）；

h_{12}'——钢梁底面至单轨上面高度（mm），此值一般为400mm。

对于单轨、单轨和地轨换装站，单轨跨胶带运输机等巷道高度的确定还要另加换装高度和胶带运输机高度。

二、巷道宽度的确定

单轨吊是在巷道的中上部运行的，有些巷道如梯形巷、拱形巷都是上窄下宽，因此在进行单轨巷断面设计尤其是宽度设计时，不仅要严格遵从《煤矿安全规程》，还要从单轨吊这一运输形式的具体条件出发进行设计。为保证单轨吊车的运行安全，巷道掘进宽度以距底板1.8m高处为基准线来确定。

1．单根单轨巷道掘进宽度的确定

在井下运输能力、通过能力不大的巷道里，可设单根单轨进行单轨吊运输方式的运输。此种巷道的掘进宽度B_1可按式（1-15）确定（见图1-31）。

$$B_1 \geqslant 2b_0 + b_1 + b_2 + b_3 \qquad (1\text{-}15)$$

式中 b_0——对梯形巷，此值为腿厚加背板厚；对锚喷巷为锚杆露出长度；对砌碹巷为壁厚；对裸巷为零（mm）；

b_1——人行道侧宽度（mm）；

b_2——最大物料、人车等宽度（mm）；

b_3——物料、人车等距巷帮宽度（mm）。

2．双根单轨巷道掘进宽度的确定

在运输能力、通过能力大的巷道，要采用双根单轨的断

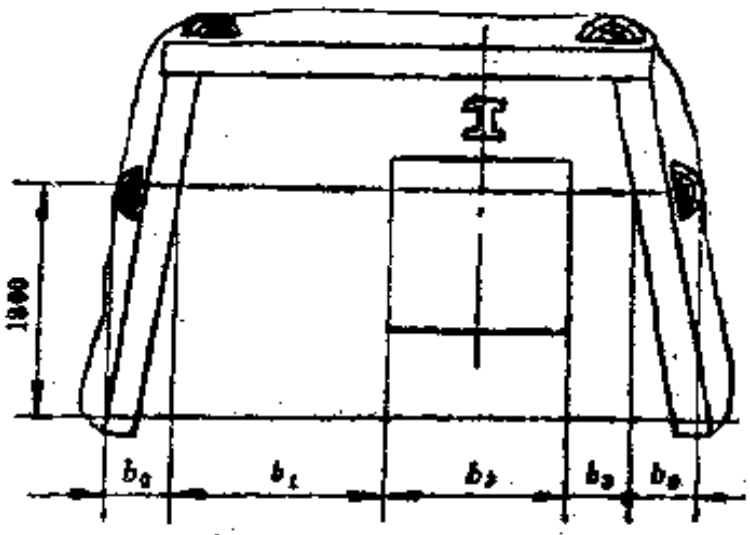


图 1-31 单轨巷宽度参数

面布置。此时巷道掘进宽度B_2可据式（1-16）来确定。

$$B_2 \geqslant 2b_0 + b_1 + b_2 + 2b_3 + b_4 \qquad (1\text{-}16)$$

式中 b_0、b_1、b_2、b_3——同式（1-15）；

b_4——运送另一物料、人车等最大宽度（mm）。

在求得巷道1.8m高处的掘进宽度后，再根据平面几何、三角函数关系来确定其它尺寸，如梯形巷的底宽、顶宽等。

三、硐室

机车单轨吊有关的硐室如人车场、加油站、车库、检修站等的巷道断面、长度的设计可参照井下相应硐室的设计参数，并依据上述巷道断面的设计尺寸来确定。

第九节 单轨悬吊

一、拱型砌碹巷道悬吊

对于半圆拱、三心拱等拱形砌碹巷道悬吊单轨的方法有两种：一是预埋吊链，一是加担钢梁。对于加担钢梁的巷道，要求钢梁首先能满足强度要求，即保证在钢梁中点承受

150kN的集中载荷不得产生屈服变形。同时要使钢梁两端伸出巷拱部分的长度不小于50mm，用不低于150号的混凝土浇注密实；钢梁两端高度误差不超 20mm；钢梁与钢梁的间距设计值允许误差不大于5mm；每10根钢梁间距的累积误差不得超过20mm。对于预埋吊链的单轨巷，要求吊链在90kN集中载荷拉力下不得破坏。要求双根吊链同时悬吊单轨，夹角不得超过60°。其它内容参照担钢梁的悬吊方法。

二、锚杆悬吊

锚喷巷、裸巷等均可采用锚杆来悬吊单轨。锚杆的锚固力不得小于90kN。锚杆与吊挂圆环链间由调长悬吊体相连（如图1-32），调长悬吊体的调节长度不得小于半个圆环链的长度。对锚杆及调长悬吊体在承受90kN的集中拉力下，不得产生松脱、拉坏螺纹等现象。要双锚杆共同悬吊单轨、悬吊夹角不得超过60°，其它内容参照担钢梁的悬吊方式。

三、吊钩悬吊和U型卡式悬吊

U型可缩金属支架因其大的承载能力和良好的让压性，在我国的使用范围越来越大。在U型可缩支架上悬吊单轨可采用如图1-33所示的吊钩悬吊方法。要求吊钩、吊挂圆环链、紧固件、连接件等的强度均不小于150kN，紧固件、连接件不得自行松脱。每架支架间要有沿巷纵向的若干根拉杆连接，以保持整个巷道支架的稳定。对于U型可缩金属支架还可采用U型卡式的悬吊方法（见图1-34）。同样要求U型卡式悬吊的悬吊件要能承受不少于150kN的拉力，不得自行松脱。

四、工字钢梯形支护巷道悬吊

1．顶梁直接悬吊

当工字钢梯形支护巷道的顶梁跨度较小（2 m以内），

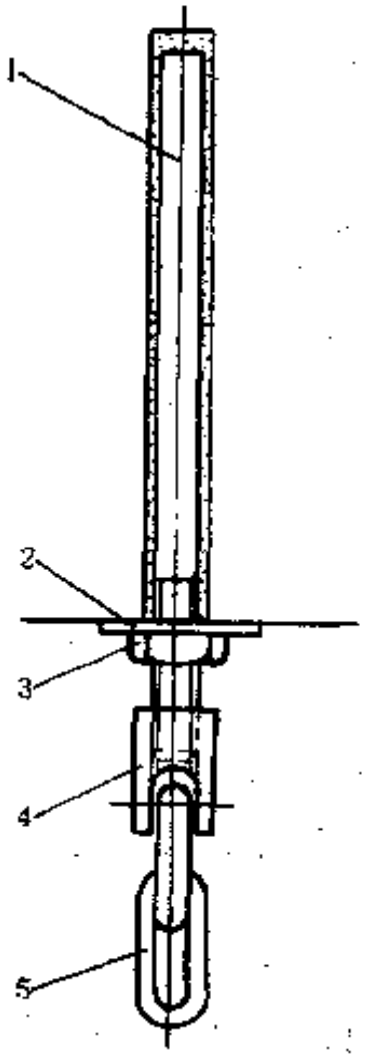


图 1-32 锚杆悬吊

1—杆体；2—托板；3—螺母；4—调长悬吊体；5—圆环链

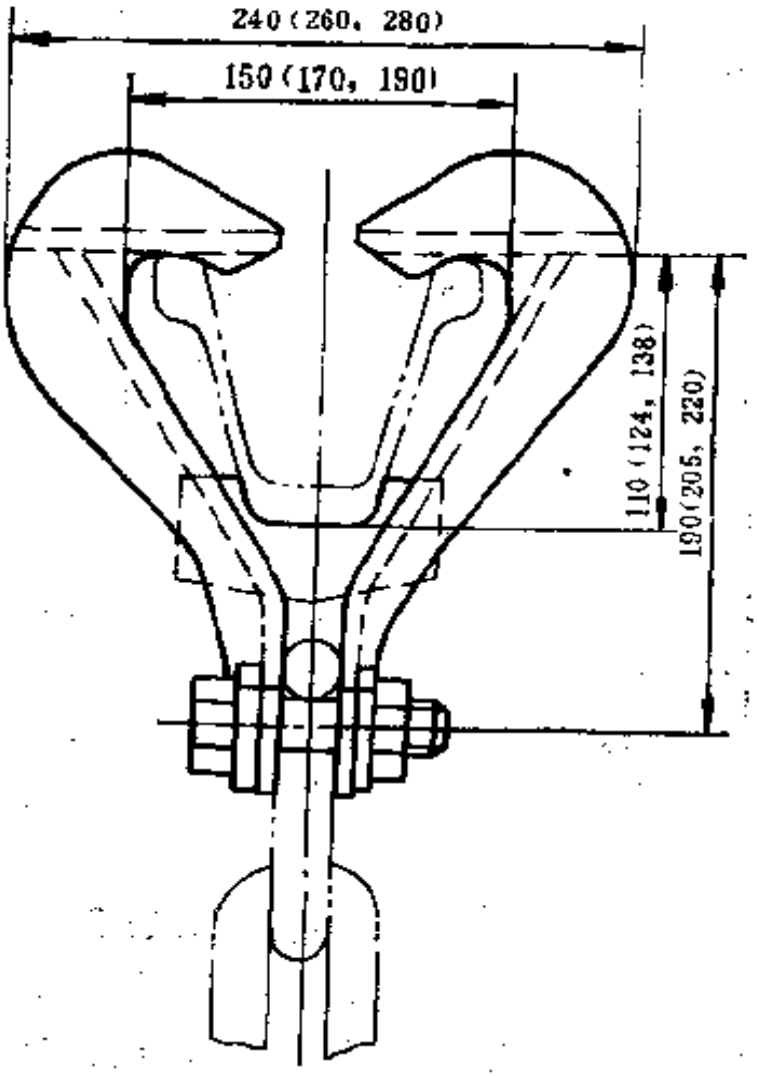


图 1-33 吊钩悬吊（25U支架）

括号内数分别为29U，36U可缩支架的吊钩尺寸

运载货物较轻（单轨单点承载重量不超过30kN）时，可以采用顶梁直接悬吊单轨的方式。此时可用圆环链直接从顶梁上绕过去来悬吊单轨，也可用U型卡式（见图1-34）的悬吊单轨方式。要保证工字钢支架间的纵向拉杆连接。

2．小短梁悬吊

当巷道跨度较大（大于2 m）时，可采用小短梁的悬吊

图 1-34 U型卡式悬吊

方法，即在两架工字钢梯形支护顶梁1的中间，加进同一工字钢型号的小短梁2（见图1-35），由此小短梁来悬吊单轨。此种方法不但增加了承载能力，而且还提高了巷道支架的整体稳定性。单轨可由圆环链从小短梁上绕过去来悬吊，也可由U型卡式悬吊。

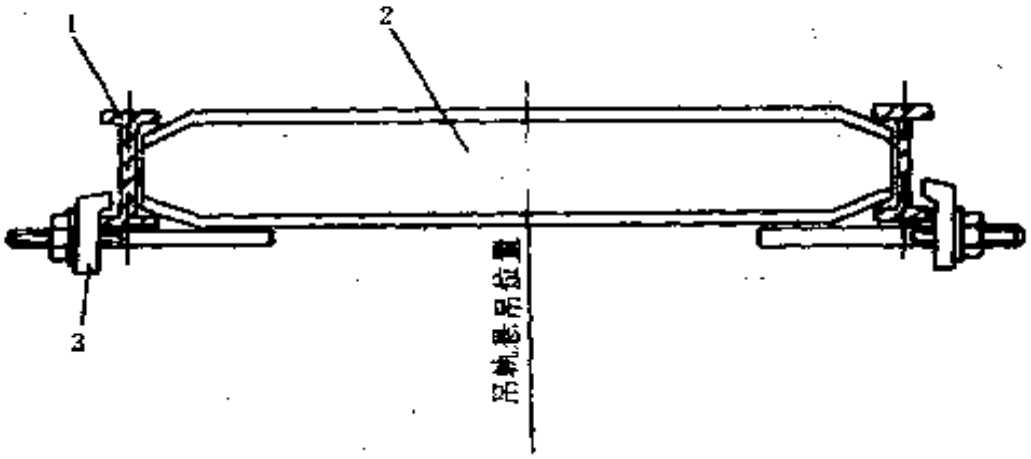


图 1-35 小短梁悬吊

1—顶梁；2—小短梁；3—卡紧装置

3．套梁悬吊

梯形巷道跨度超过3.5m时，要采用套梁悬吊方法（如图1-36）。即在原工字钢支架的下面附上一架用槽钢折成的套

梁 3，由紧固装置 4，将其与梯形支护的腿相连，以此达到提高支撑能力的目的。因为要求实现单轨与胶带运输机平行布置，因此此类跨度的巷道多是工作面下顺槽的布置方式。增加套梁后可用圆环链绕过顶梁进行单轨悬吊。也可用U型卡式悬吊单轨。

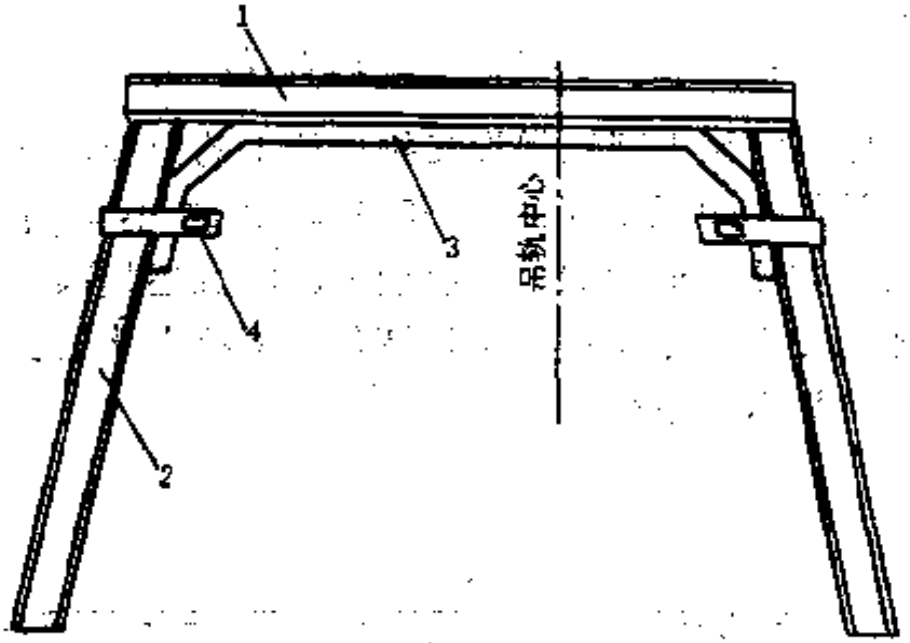


图 1-36 套梁悬吊

1—顶梁；2—腿；3—套梁；4—紧固装置

第十节 配风及劳动组织

一、配风

参照国外经验，结合我国矿井的实际条件，柴油机单轨吊机车的配风量应不小于 $4m^3/(min \cdot kW)$，超过两台时，第一台按单台配风量配风，第二台按第一台的75%配风，第三台及三台以上按第一台的50%配风。对相应的检修、加油、车库等硐室可按同时开动的单轨吊机车台数配风；蓄电池单

轨吊机车的配风按井下蓄电池电机车的配风标准执行；绳牵引单轨吊主要考虑绞车房的配风，可按井下绞车房配风标准执行。在按上述要求配风的同时，还应按《煤矿安全规程》的检验、测定制度对井下空气进行测试，如达不到规程规定的要求，要适当调整风量。

二、劳动组织

单轨吊是一种用人少的辅助运输技术。因此其运输效率高。如内燃机（或蓄电池）单轨吊机车只需机车司机和跟车工各一名即可工作，绳牵引单轨吊需绞车司机、牵引车司机、尾绳站岗位工共3人即可工作。其它人员如调度室，车库检修、加油站以及转载站等少量人员就能保证整个辅助运输系统安全、可靠地运转起来。

第十一节　单轨吊运输系统实例

1986年以来，我国一些煤矿先后采用单轨吊运输方式在井下运送材料、设备、人员，还特别用于综采液压支架的搬家。采用柴油机单轨吊机车进行矿井辅助运输的有潞安矿务局的漳村煤矿和汾西矿务局的水峪煤矿。采用绳牵引单轨吊在采区内进行辅助运输的有潞安矿务局的常村煤矿。下面仅介绍漳村煤矿的单轨吊运输系统。

一、矿井条件

漳村煤矿是由小矿几经改造发展起来的一座大型矿井。经技术改造后矿井的主要生产系统实现了机械化配套，采煤和掘进实现了综合机械化，煤流主运输系统从采区顺槽直到地面煤仓实现了胶带连续运输。

由于生产机械化程度的提高，采煤、掘进的速度加快，井下需用的材料设备的数量、品种、重量和运输距离在成倍

增加，下井人员的行走距离也在加长，这就要求担负材料、设备、人员、矸石等辅助运输系统必须高效安全，以确保采、掘、运系统生产能力的充分发挥。

该矿井原有辅助运输方式为从地面到井下全部使用无极绳绞车和小绞车牵引运输。系统环节多、速度慢、运输能力小，占用人员和设备台件多，安全程度较低，同时与采掘综合机械化能力不适应，尤其是综采设备搬运、综掘后配套运料等。下井人员从井底到各个工作面，往返行走5～8km，消耗工人体力，影响劳动效率。因此，无极绳绞车和小绞车运输方式已经成为直接影响矿井生产的薄弱环节，迫切要求改变辅助运输方式，实现矿井产量、工效和效益的提高。

1986年潞安矿务局漳村煤矿与河北煤炭科学研究所共同组织调研论证，提出对该矿井辅助运输系统进行技术改造，并确定采用内燃机单轨吊机车运输进行全系统设计和设备研制，试图在漳村矿形成我国第一条全矿井的机车单轨吊运输系统作业线。

1．矿井开采条件

漳村煤矿井田走向3.8km，倾斜宽4.5km，面积16.1 km^2。开采二迭纪山西组的3号煤层，可采厚度6.42m，倾角3°～6°。矿井为低沼气矿井，煤尘有爆炸危险，无自然发火现象。

该矿采用斜井盘片开拓，在井田东侧平行布置主斜井和副斜井各一条，斜长1500m，倾角一般小于5°，局部最大14°。由井底向南翼、北翼、西翼开拓运输大巷，分别布置各翼上下山采区。为实现全矿井单轨吊运输，在技术改造中新增设一条单轨吊运输斜井，斜长1500m，倾角一般小于

5°，局部最大11°。

全井田分为4个采区，全部采用长壁分层综合机械化采煤法和开天窗放顶煤一次采全高开采。工作面长150～230m，走向长1000～1600m。

矿井技术改造后，生产能力从150万t/a提高到280万t/a。

2。辅助运输方式

该矿原有的辅助运输方式是，从地面各集散点到井下各采区的材料设备全部采用无极绳绞车和小绞车牵引运输。运输线路为：地面料场设备库→地面广场线路→副斜井→南、北、西翼材料大巷→采区上下山及运料巷→回采工作面顺槽或掘进工作面。运输线路全长23000m，占用绞车54部，钢丝绳50000m，设备总功率达1800kW。

实现单轨吊运输后，从地面到各采区的采掘工作面可以直达不必转载运输。

3。运输重量及品种

该矿辅助运输包括井下各采区的采、掘、运、支护、通风、排水、供电、油液等系统需要的全部设备及部件，以及钢材、水泥、木料、砂石、炸药、油脂、掘进矸石等各种材料，每年辅助运输量6.9万t，其中大重型设备主要有ZY35型液压支架（每架重12t）、铺底网支架（每架重15t）、放顶煤支架（每架重17t）。下井人数每班最多500人，从井口到采区最长距离6000m。

4。矿井通风

该矿井为低沼气矿井，分区抽出式通风、全矿井风量200m^3/s。

二、高效辅助运输方式的确定

将矿井生产需要的材料、设备、人员及时安全地运送到井下各工作面，是实现采掘运连续生产的重要保证。尤其对生产技术先进，机械化装备水平较高的矿井，辅助运输与生产系统的协调配套显得更为重要。

漳村煤矿使用的无极绳绞车和小绞车运输，已经与生产系统不相适应。因此，选择高效安全的辅助运输设备和工艺，取代现有绞车运输方式，是提高该矿生产效率和技术发展的急需。

1. 系统改造的基本要求

针对漳村矿的生产技术条件，在不影响现有生产的情况下，要改造全矿井的辅助运输系统，首先要考虑以下基本要求：

（1）能够实现全矿井辅助运输机械化，既承担各种材料设备运输，又能进行人员运输。

（2）运载能力大，能够进行大重设备（如液压支架等）整体搬运。

（3）系统比较简化、动力尽可能单一，运输环节少，减少转载次数，道岔和弯道运行灵活，能够连续运行。

（4）装卸作业机械化，劳动强度低，生产效率高，安全可靠。

（5）设备和工艺系统实用、先进、可靠，经济合理。同时能够利用现有井巷工程设施，对矿井正常生产不产生干扰。

（6）运输设备的防爆和排气净化性能必须符合有关安全规程要求。

2. 方案确定

我国近年来研制出多种高效辅助运输设备，主要包括卡轨车、齿轨车、单轨吊、无轨胶轮车、胶套轮车等几种机型。根据这些设备的使用特性，结合漳村矿具体条件，经过技术经济论证比较，确定该矿的辅助运输系统改造方案为：从地面广场到井下各采区，全部使用柴油机单轨吊车运输，井底不设转载站，需用单轨吊机车8台。

3．巷道支架及单轨吊挂试验

机车单轨吊运输方式能够把材料、设备和人员从地面不经转载直接运往各工作面，对综采工作面设备搬家和综掘工作面的后配套运料会有明显的生产效率。

但是，这种吊挂单轨的运输方式，除要求机车设备性能可靠外，单轨的悬吊和支架安装也必须安全可靠。因此，针对漳村煤矿的巷道条件进行了不同类型的单轨吊挂可行性研究试验。

漳村煤矿井巷支护形式主要有料石砌碹、锚喷支护、料石墙加钢梁、11号工字钢梯形支架等类型，其中梯形支架巷道占80%。对不同支护形式的巷道采用不同的单轨吊挂方式，并分别进行试验。

（1）料石砌碹巷道进行加钢梁和预埋链条的强度和结构形式试验。这种钢梁或链条只受到机车运行载荷作用，不承受巷道压力影响。

（2）锚喷巷道进行锚杆吊挂试验。这种条件下的锚杆既受到机车运行载荷作用，又受巷道压力影响。

（3）料石墙加钢梁支护巷道，进行钢梁强度和加固方式的试验。这种情况下的钢梁受到机车载荷和巷道压力的共同作用。

（4）11号工字钢梯形支架巷道，进行单根梁和双根梁

吊挂试验，并进行支架加固或加强试验。这种支架受列车运行载荷和巷道压力作用，在采区巷道同时受采动影响。

通过以上单轨吊挂、支架加固、支护结构等试验，针对不同支护形式巷道提出了相应可靠的单轨吊挂方式。

三、巷道基本条件

漳村煤矿的巷道断面、坡度、支护和通风等基本条件对使用机车单轨吊运输能够满足。

1．单轨吊运输的巷道高度和宽度

巷道高度和宽度必须按轨道吊挂和运载物体的总高度以及车辆运行最大宽度考虑。运输设备至巷帮支架的距离，以及双轨运输时设备之间的距离必须符合煤矿安全规程要求。这个矿井巷道中有90％能够满足单轨吊运输要求，其余10％的巷道经过改造后（如卧底等）也能够适应单轨吊车运行。

2．巷道的倾斜角度

巷道倾斜角度对机车单轨吊运输有着重要影响。该矿井原有副斜井的最大角度14°，新开行人斜井的最大角度11°，其余巷道均在6°以下。按照单轨吊机车牵引力和制动能力计算，在行人斜井能够运载17 t 重的液压支架或其他设备，副斜井能够运输10 t 以下的材料设备。这样在行人斜井承担人员和重型设备或大部分材料设备运输同时，副斜井也可以担负部分材料运输。

3．巷道通风量

柴油机单轨吊车运输对巷道通风量有一定要求。根据该矿井的通风条件，井下运输巷道的通风量能够把柴油机运行过程中排出的废气稀释到安全规程规定的指标以内，不会形成对矿井安全和人员健康有害的影响。

漳村煤矿的井巷条件基本适合单轨吊车运输要求，巷道

支护和顶板状况及矿压情况都能够实现对单轨吊单轨的安全吊挂。因此该矿井采用单轨吊车运输是可行有效的。

这种运输方式在水平弯道、垂直弯道和有道岔的长运输距离、在12°～14°以下的不同支护形式的巷道使用，能够实现连续高效运输，尤其能够把液压支架从地面直接运到回采工作面。

四、单轨布置及设备选型

全矿井单轨吊运输是一个完整的运输系统，全系统的单轨线路包括地面、干线、采区三大部分，这三部分把地面料场设备库与井下采掘工作面连为一体。全系统选用的设备除主机设备外，还必须有相适应的配套车辆和配套设施。

1．单轨线路布置

根据运输任务和能力的不同，单轨采用不同的布置方式。

（1）主要干线运输，主要是斜井井筒和井下主要运输巷道的运输。这部分线路布置为，凡承担两个或两个以上采区运输任务的区段，而且运输能力较大的巷道均按双线路布置，如行人斜井、井底大巷和西翼运输巷等。在巷道交叉口布置电动自动道岔，在地面和井底设有永久性人车场。

布置双线路的巷道有行人斜井、井底大巷、西翼运输巷。巷道长度6300m，单轨安装9500m。

（2）采区巷道运输，主要是采区内运输巷道、上下山和联络巷及顺槽的运输。这部分巷道除采区车场设双根单轨线路外，其余均设单根单轨。巷道交叉点设电动或手动道岔。包括4个采区巷道，全长12000m，单轨安装14000m。

（3）地面广场运输，主要是设备库、材料场、修配车间、机车库到转载站，以及从转载站到斜井井口的运输。地

面单轨全部采用拱形支架吊挂，通过电动道岔把各条支线连成一体。单轨吊机车能够机动灵活地运行到各个区段。材料场、设备库以及液压支架维修车间至单轨吊车转载站的运输采用无轨胶轮车运输，液压支架使用无轨支架胶轮运输车进行整体运输。

地面运输系统主要包括单轨吊单轨线路、转载站、机车库、机修间、存车场、加油站等。地面单轨吊单轨安装长度为850m。

地面运输线路和干线运输线路设置了信号集中闭锁系统。

2．单轨吊机车设备选型

根据该矿井辅助运输的运量和运距，以及井巷条件的要求，结合我国研制生产的单轨吊机车类型，漳村矿单轨吊运输选用功率66kW的柴油机单轨吊机车5台，44kW机车2台，15kW机车1台，共计8台单轨吊机车。大功率机车主要承担液压支架、人员和其他材料设备运输，小功率机车承担一般材料和掘进后配套运料运输。

为单轨吊运输配套的设备，主要有双排10人座单轨吊人车60辆，单轨吊电动和手动道岔50部，吊运能力为6t、12t、16t的吊运梁24部，无轨支架胶轮运输车1台，信集闭系统1套，单轨吊平板车和集装箱30余台。

以上选用机车和配套车辆设备满足了该矿单轨吊运输需要。

五、单轨吊运输使用效果

漳村煤矿单轨吊运输系统从工程验收投入使用3年中，不仅承担了人员、材料设备的运输，同时完成7个不同类型液压支架的综采工作面的搬家，搬运12～17t/架液压支架达

500余架，使综采工作面搬家时间缩短，工作效率提高。该矿辅助运输实现了高效、安全的机械化运输，技术改造以后，1992年该矿井原煤产量达到280万t/a，全员生产工效8t/工。全矿井技术水平明显提高，生产系统和运输系统基本实现高效能机械化配套。

第二章 齿轨车、卡轨车、齿轨卡轨车

第一节 概 述

齿轨车、卡轨车、齿轨卡轨车是国外使用较为广泛的3种辅助运输系统，我国近期在卡轨车（主要是绳牵引卡轨车）和齿轨卡轨车技术上发展较快。3种辅助运输系统可由下列式子来表示：

$$\text{齿轨车} = \begin{matrix}\text{主机（柴油}\\\text{或蓄电池）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{配套车辆（普轨}\\\text{车辆、制动车）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{轨道（普}\\\text{轨、齿轨）}\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}\text{齿轨}\\\text{卡轨车}\end{matrix} = \begin{matrix}\text{主机（柴油}\\\text{或蓄电池）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{配套车辆（普轨车辆}\\\text{或专用车辆和制动车）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{轨道（普轨或}\\\text{专用轨和齿轨）}\end{matrix}$$

$$\text{卡轨车} = \begin{matrix}\text{机车}\\\text{卡轨车}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{绳牵引}\\\text{卡轨车}\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}\text{机车}\\\text{卡轨车}\end{matrix} = \begin{matrix}\text{主机（柴油、}\\\text{蓄电池）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{配套车辆（普轨车辆}\\\text{或专用车辆和制动车）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{轨道（普轨和}\\\text{护轨或专用轨）}\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}\text{绳牵引}\\\text{卡轨车}\end{matrix} = \begin{matrix}\text{绞车房设备}\\\text{（绞车牵引或}\\\text{无极绳牵引）}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{牵引车、配套车辆（普轨车}\\\text{辆或专用车辆和制动车）}\end{matrix} + \text{尾绳站} + \text{轮系} + \begin{matrix}\text{轨道（普轨和护轨或专用轨）}\end{matrix}$$

一、齿轨车

现有矿井大量采用的普通轨道机车——矿车运输系统的最大弱点是不能适应于起伏不平带坡度的巷道。一般来说，靠机车质量钢轮粘着力牵引列车的适用坡度范围不大于1/30，即3.3%或1.9°，英国规程规定最大不超过1/15即3.8°。

这主要是考虑安全制动的因素而规定的（我国现行规程规定制动距离不超过40m，人员列车不超过20m），因而一般矿井中机车运输只能限于大巷阶段平巷，而不能进入上下山斜巷和起伏不平的顺槽巷道。为了解决这个问题，英国发展了两种新型机车运输系统即齿轨车和胶套轮机车。

1. 英国齿轨车的发展概况

齿轨车运输系统是在两根普通钢轨中间加装一根平行的齿条作为齿轨，而在机车上除了车轮作粘着传动牵引外，另增加1～2套驱动齿轮（及制动装置）与齿轨啮合以增大牵引力和制动力。这样机车在平道上仍用普通轨道，仍用粘着力高速牵引列车，在坡道上则在轨道中间加装上齿轨，机车可以较低的速度用齿轮加粘着力牵引（实际上是以齿轮为主），或单用齿轨系统牵引。英国规定这种齿轨机车可适用于1/6的坡度（约10°）。这就能使机车牵引列车不摘钩直接进入上下山及顺槽巷道。

齿轨车在英国铁路（北威尔士的斯诺顿山区）已有100多年使用经验。1977年英国汉斯莱特(Hanslet)公司首先研制出用于井下的66kW防爆柴油机驱动齿轨机车，在地面通过了1/4坡度(14°)和曲率半径为10.6m弯道的示范试验。并在曼顿等矿井进行了井下试验，证明在1/6坡道上牵引80kN列车可以0.9m/s速度运行，在1/10坡道上牵引220kN列车可以1.35m/s速度运行。以后又继续研制成47kW、110kW防爆柴油机齿轨机车和50kW蓄电池齿轨机车及225kW架线高速齿轨机车。英国GMT公司也生产有62.5kW和118kW柴油机齿轨机车。英国80年代初投产的设计能力为1000万t/a的赛尔比矿井井下辅助运输系统主要采用齿轨车。目前英国井下使用的齿轨机车已超过百台。英国生产的矿用柴油机和蓄

表 2-1 英国矿用防爆柴油机和

厂家 / 性能项目 / 型号	汉斯莱特公司	
	柴油机64HP	柴油机 91HP
功　　率(kW)	48	67
柴油机型号	Parkins 6.354	Parkins 6.354
传动控制方式	液压/齿轨	液压/齿轮
最大牵引速度粘着/齿轨(km/h)	11/6.5	16/8
最大牵引力粘着/齿轨(kN)	22/30/53.5	25(35)/50
牵引坡度高/长比*		1/6,1/10,1/16
能力最大负载重量(t)		10　23　34
机车重量(t)	10	11.6
机车长度(mm)	4500	4540
机车高度(mm)	1430(1165)	1630(1370)
机车宽度(mm)	1220	1370
最小弯曲半径水平(m)	7	10
最小弯曲半径垂直(m)		23
轨　　距(mm)	604—914	604—914
使用情况		1985年已有40多台在英国井下使用

* 英国常用高度与长度的比表示坡度值：1/6约相当9.5°；1/8约相当7.1°；1/10

电池齿轨机车性能参数见表2-1。

2. 齿轨机车的优缺点和使用范围

（1）齿轨机车系统的最大优点是可以在近水平煤层以盘区开拓方式的矿井中，实现大巷——上下山——采区顺槽轨道机车牵引煤、矸和材料设备人员列车直达一条龙运输。机车上装有工作制动、紧急制动和停车制动 3 套系统，并可在牵引的列车上装制动闸，从机车上供压风同时操纵，可以保证在10°以内的上下坡道上可靠运行，其牵引特性、适用

蓄电池齿轨机车性能参数表

	GMT 公 司		汉斯莱特
柴油机150HP	柴油机85R	柴油机160RA	蓄电池50kW
112	63	125	2×25
Cat3306NA	MWM D196/8	MWM D916/8	
液压/齿轮	同 左	同 左	可控硅控制
28/14			13/6
41.3/63.5	30/50	37.5/70	14/40
1/6，1/8，1/10			
20 31 41			
14.6	10	15	4.6
5570			3950
1600			1650(1440)
1370			1370
12	6/10	6/10	10
760—916	600—916 塞尔比井用2台	600—916 3台用于Gascoigne wood矿	600—916

约相当5.7°；1/14约相当4.1°。

性和经济性较好的是柴油机驱动的齿轨机车。一台66kW柴油机齿轨机车可在8°坡道上牵引140kN列车，并以4km/h速度运行，在平巷上则可用粘着牵引以15km/h高速运行，可以满足一般矿井运输设备材料和人员的要求。

（2）行驶齿轨机车的轨道需要加固，选用钢轨不得小于22kg/m，轨距为600～914mm，在坡道上需用型钢轨枕并加装齿轨，进出齿轨区段装设特殊的弹簧矮齿轨。齿轨轨道也可过道岔。齿轨机车通过的弯道曲率半径，水平方向应不

小于10m，垂直方向应不小于23m。这对于采区顺槽巷道是有困难。

（3）齿轨机车重量较大(重量小则影响粘着牵引力)，造价较高，约比一般机车高1～2倍。齿轮轨道造价也较高，约比普通轨道高2倍，并要求安装稳固，需经常维修清理，否则在轨道上、下时不能正常啮合，造成出轨事故。总的来看，齿轨车系统只能是在水平大巷和相连的坡度不大的主要上下山巷道中使用。由于转弯半径要求较大，因此基本上不能用于采区巷道。

二、卡轨车

1. 卡轨车的发展概况

卡轨车运输系统是在普通窄轨车辆运输的基础上，用专用轨增加卡轨滚轮防止脱轨掉道，以提高其运输安全可靠性的新型运输系统，特别适用于重物和人员列车上下坡道及弯道运输。卡轨车早在50年代后期首先在英国和德国得到使用，是在无极绳绞车的轨道系统上发展起来的，这种卡轨车辆被称为“苦力车”。经过不断改进完善，特别是增加了专门带断绳超速保险器的制动车和采用液压绞车牵引后，于70年代初形成现代水平的钢丝绳牵引的新型卡轨车。70年代末期德国和英国又研制出柴油机卡轨车机车。

卡轨车的轨道是重型车辆运行抓卡和制动闸持的依托，必须结构坚固装设稳定，多以14号或18号槽钢作为轨道。两条槽钢轨道间以小槽钢或工字钢作为轨枕焊接，固定成3m 1节的梯子道及各种短节弯道（7.5°，15°，18°，20°等），每节端部焊上公母绞接对扣件，以保证节间联结可靠又能有一定容差偏角，并便于拆装。近年来德国克兰姆普公司研制出“巴利车”（Bulli-Truck），使用φ90钢管作轨道，以提高

车辆运行和转弯的平滑性。英国贝考瑞特公司和波克罗斯公司研制了使用普通钢轨的“定位卡轨车(Positrap)”，或称半卡轨车(Semi-Trap)，即在普通钢轨联结加固的基础上，在弯道和起伏坡道两侧加上护轨装置，并在运载车辆上装设带制动压板的双轮台车。当钢丝绳破断时可自动施闸以防止跑车。独联体国家多使用普通钢轨的卡轨车。

目前国外大量使用的卡轨车仍以绳牵引的占大多数。德国各矿井使用300多套绳牵引卡轨车，英国使用约100套，独联体使用200多套。机车牵引的卡轨车的实际使用台数，英国50多台，墨西哥10台，德国5台。我国已研制成功100kW牵引力为60kN的绳牵引卡轨车，在开滦唐山矿做综采搬家使用。牵引力为90kN的绳牵引卡轨车已在兖州矿区通过技术鉴定并推广应用。国外绳牵引卡轨车和英国柴油机卡轨机车代表产品性能参数见表2-2和表2-3。

2．卡轨车的主要优缺点

1）卡轨车的主要优点

（1）加固的重型双轨落实在巷道底板上，与支护条件无关，因而能以较高速度（达4m/s）安全可靠地运载单重较大的设备。德国沙尔夫公司的“双轨800”（Duorail800）型卡轨车可承重达30t的支架，以无极绳方式牵引时（双绳液压无极绳绞车牵引力达2×90kN）可爬上14°的坡道，以滚筒绞车方式牵引（ϕ32双绳牵引力达2×140kN）可爬29°的坡道。

（2）绳牵引卡轨车适用倾角较大。一般认为作无极绳传动时，可达25°。以滚筒绞车方式牵引时可达45°（有的厂家介绍最大可达58°）。可通过曲率半径4m弯道。

（3）柴油机车牵引的卡轨车机车具有机动灵活特点，

表 2-2 绳牵引卡轨车性能参数表

项目摘要 \ 国别厂家 / 型号		德国沙尔夫(scharf)公司		德国穆肯豪普特公司	英国贝考瑞特公司	苏联	
		双轨 800	双轨 500	400, 650, 900	400 600	ДКН—1	ДКН—2
卡轨类型		外卡槽钢	外卡槽钢	内卡槽钢	内卡槽钢	普通钢轨	
轨型		[180	[180或[140	[140 [180	同左	P24, P33	
轨距(mm)		内口 800	内口 500	400, 650, 900	外口400,650	600, 900	
钢绳直径(mm)		φ32或φ28	φ30	φ15.5～φ30	φ19～35	φ15	φ16.5
钢绳牵引力(kN)		2×60	45/60	30, 45, 60, 90	45～60～90	30	35
最大牵引速度(m/s)		2.6(4)	4	4	4.6	2.4	2
最大单车载重(t)		15～30	15	10, 13, 15, 20	12～23	15	9
最大倾角		14°～25°	30°～45°	25°～45°	45°	6°	20°
弯曲半径水平/垂直(m)		4/10	同左	4/10	同左	12/20	
制动系统		工作制动液压紧急制动车超速动作夹轨缘	同左	同左	同左	同左	
液压绞车	功率(kW)	240～330	110～240	66,110,160,330	90～300	90	90
	主油泵	轴向柱塞变量	同左	同左	同左	同左	同左
	液压马达	径向柱塞定量低速大扭矩	同左	同左	同左	同左	同左
	工作压力(MPa)	23	23				
	绳轮直径(mm)	800～1200	640～800	640～1200	900～1800	900	1000
制动能力(kN)		120～140	同左		100/200		
长×宽×高(mm)		9430×1440×2070(2535)	同左	8200×1240×1700			

表 2-3 英国矿用防爆柴油机卡轨车机车性能参数

项目摘要 \ 公司	贝考瑞特公司	
型号	RL100/400	RL50/400
柴油机型号	D916—62	PerkinsD4.203
柴油机功率(kW)	63.5	33.6
柴油机转速(rpm)	2300	2000
起动方式	液压蓄能	同 左
轨道类型	14槽钢轨距400mm	同 左
最大牵引力(kN)	28	21
最大速度(m/s)	5.45	5.8
最大爬坡	8°	8°
转弯半径水平/垂直(m)	4/10	同 左
制动系统	工作、停车、紧急三套制动系统	同 左
液压系统 油泵型式	轴向柱塞变量泵2pv 105TG	同 左 Dwomatic3
液压系统 工作压力(MPa)	24.6	24.6
液压系统 马达型式×台数	定量马达4台	同 左
外型尺寸长×宽×高(mm)	9368×1150×1365	7800×1070×1355
机车自重(t)	5.8	5.84
选装件	人车（8～30座）6/12t料车	同 左

可进入多条分支巷道运送物料。

2）卡轨车的主要缺点

（1）绳牵引卡轨车一个系统不能进入多条分支轨道，轨道上特别是弯道要装有众多托绳导绳轮。运输距离不能太长，一般不超过1500m，作无极绳运输时，随运距变化需要迁移倒装回绳轮。

（2）柴油机卡轨车机车自重较大，爬坡能力有限，一般不超过8°～10°。

（3）卡轨车系统投资较高，一般来说比单轨吊高

50%～80%。轨道钢丝绳系统安装、维修、清理工作量大。在有底鼓巷道不好使用。

3．卡轨车的适用性和技术发展

1）绳牵引卡轨车特别适用于需整体拉运重型设备（质量大于12t）、坡度大（大于12°）、弯道较少的运输系统。例如通过暗斜井或斜巷运输重型液压支架或大型机电设备材料。1978年德国萨尔矿区和法国洛林矿区均曾用沙尔夫公司的800型双轨卡轨车拉运重210-300kN的液压支架上下14°～20°坡道。但是如果单件重量不超过120kN(或可方便拆卸组装为120kN以下部件），运输坡度在12°～18°以下，就不一定选用这种投资高、重量大、安装维修费工、而又不够机动灵活的卡轨车设备。德国是单轨吊和卡轨车的发源地，多年使用优选的结果，到现在单轨吊和卡轨车台（套）数比例约为5:1，运距约为7:1。虽说有种种矿井具体条件的制约，但这个数字也能说明卡轨车的适用性能和经济性等一些倾向性的问题。

2）柴油机卡轨车机车消除了钢丝绳牵引带来的运距短，安装移设费工和不能分叉运输的一系列缺点，可以比较机动灵活地进入多条分支巷道运送物料人员。但由于构造上原因，机车质量较大、牵引力较小。现有的90～100型柴油机卡轨车机车牵引力一般不超过28～45kN，因而爬坡能力较小。英国一般使用在8°(1:7)以下的轨道上。为增加牵引力只得附加齿轨传动装置（与齿轨卡轨机车内容同），这又增加了轨道和驱动的复杂性。总的来看，同样功率的柴油机用于现有机型的卡轨车达不到用在单轨吊机车上所能发挥的牵引力和爬坡能力（大约为0.7:1），因此需要探索研制新型强制摩擦传动质量较强的普通轨柴油机卡轨机车。

3）普通轨卡轨车的发展。卡轨车主要解决了以较高速度安全可靠运输重载车辆和人车问题，可以有效地防止车辆掉道，可以在失控断绳等危险情况下安全制动停车，所依靠的是卡住并用闸夹住不同于一般钢轨的槽钢轨道，因而现有矿井传统的普通运输轨道就不得直接采用，现有矿车运输系统也难以通用。多年来人们希望能有适用普通轨道的卡轨车，英国、德国、独联体以及我国都有厂家研制出了这种产品，但总的来看，可靠性、经济性都不如用槽钢轨道或特种异型轨道好。主要问题是：

（1）普通轨轨头与中腰是圆角过渡，尺寸窄小，在弯道上很难用滚轮可靠卡住。故多采用在弯道、坡道加装护轨卡轮的方式，在平直道上就不再卡抓轨道，即所谓“半卡轨车”系统。如轨道经专门加工精制焊成槽钢轨道专用梯子轨，也可装卡轮，全程抓卡，但其造价投资高于槽钢轨道。

（2）由于普通钢轨上布置强迫夹钳式制动闸较困难，有的采用车辆自重压板式制动闸，制动能力有限，因而适用坡度较小。独联体规定不大于6°，英国认为不超过8°。为提高适用坡度需要研制专用的弹簧加压式垂直或横向夹钳轨头的新型制动闸。河北煤研所研制的这种双动作制动车1990年通过技术鉴定。

即使采用普通钢轨，若要可靠运载重物和人员，也需要采用重轨型（一般不应小于22kg/m），并加固轨道联结和道床结构，提高轨道装设的规格尺寸精度和平稳性，增加抗变形能力。而不是现有矿井常规轨道就可简单装用的，因而轨道改造的工作量和费用是省不了的。否则就达不到高速运行的目标。

三、齿轨卡轨车

在齿轨机车的基础上，为增加机车在较大坡度运行时的安全可靠性，而采用专用轨如槽钢轨、异型轨或圆钢管轨，使之与机车或配套车辆间，在运行过程中能始终卡住防止车辆脱轨，保证安全。这个辅助运输系统称为齿轨卡轨车，主机称齿轨卡轨机车。德国沙尔夫公司就研制出不对称异型轨

表 2-4 德国矿用防爆柴油机齿轮卡轨机车性能参数

性能项目 \ 公司 \ 型号		沙尔夫 DW—110—Z—69/86H	克兰姆普 Bulli Track
柴油机型号		MWM D916—6	
柴油机功率(kW)		69	75
柴油机转速(r/min)		2300	2300
起动方式		液压蓄能	液压蓄能
轨道类型		异型卡轨(轨距800mm) + 齿轨	φ90钢管卡轨 (轨距650mm) + 齿轨
最大牵引力(kN)		45(异型卡轨) 110(齿轨)	70 (齿轨)
最大载重单车/列车(t)		16/35	
最大速度(m/s)		3	2
最大爬坡		18°	27°
转弯半径，水平(m)		4	4
垂直(m)		10	10
制动系统		工作、停车、紧急三套	工作、停车、紧急三套
液压系统	油泵型式	轴向柱塞变量泵A4V90	轴向柱塞泵1台
	工作压力(MPa)	34	28
	马达型式×台数	轴向柱塞定量A2F28	径向柱塞低速大扭矩×2
外形尺寸：长×宽×高(mm)		7800×1150×1750	8400×1100×1600
机车自重(t)		11	6.2
选装件		人车（每车6—8人） 6—15t卡轨平板车	人车、料车

表 2-5 我国柴油机齿轨卡轨机车性能参数

项目	石家庄煤机厂	长沙重型机器厂	江苏溧阳市煤气成套设备制造工程公司	常州科研试制中心
	KZP—8/900(600)	JX—90	66kW机械变速四档行星动力换档	CK—66
柴油机型号	MWMD916	6106FB	6105FB	
柴油机功率(kW)	69	66	66	66
起动方式	弹簧起动	液压起动	液压起动	液压蓄能
轨道类型	外卡普通轨22kg	普通轨22kg	普通轨22kg	矿用11# 工字钢改制或普轨
最大牵引力(kN)	粘着/齿条 18.4/80	粘着/齿条 24/60	粘着/齿条 13.65/100	粘着/齿条 45/100
最大速度(m/s)	粘着/齿条 2.5/2	粘着/齿条 4.4/2.2		3
制动力(kN)	120 (粘着)			120
转弯半径水平/垂直(m)	6/15	10/23	10/18	6/12
制动系统	工作、紧急、安全三套制动系统	工作、紧急、安全三套制动系统	工作，紧急，安全三套制动系统	
液压系统工作压力(MPa)	23			25
最大坡度	带卡轨齿轨 14° 不带卡轨时齿轨 10°	卡轨齿轨0～14° 不设卡轨齿轨0～10°	装卡轨时 14° 不装卡轨时 3°	粘着6° 齿条14°
外型尺寸(mm)	9830×950×1650	$5600\times\frac{1140}{1360}\times1580$	6200×1100×1600	$8890\times\frac{1100}{1050}\times\frac{1600}{1500}$
机车自重(t)	7.5	12	12	14
齿轮模数	32	32	32	32
齿厚(mm)	25	25	25	25
选装件	人车、料车、平板车	人车、料车、平板车	人车、料车、平板车	人车、料车、平板车

表 2-8 我国绳牵引卡轨车性能参数

项目	石家庄煤机厂	常州科研试制中心	石家庄煤机厂	保定液压件厂
	KCY—6/900	F—1	KSP—6/600	KJS—$\frac{6}{7}$/600
卡轨类型	内卡	外卡	普轨	普轨
轨型	16 槽钢	16 槽钢	22kg	22kg
轨距(mm)	900	600	600	600
钢丝绳直径(mm)	ϕ20	ϕ21.5～ϕ24.5	ϕ20	≥ϕ21.5
钢丝绳牵引力(kN)	双马达并联 60 双马达串联 30	90	30～60	60
牵引速度(m/s)	双马达并联0～1 双马达串联0～2	0～1.5	0～2	0.5/1.0
最小转弯半径水平/垂直(m)	4/15	4～7（带梭车)/15	4/15	9/15
最大牵引坡度	20°	25°	20°	
制动力(kN)	120	135	120	90
最大限速(m/s)	2.5	2.5	2.5	2.0
系统工作压力(MPa)	16		16	
系统最大工作压力(MPa)	20		20	
电机型号	BJO_2—93—4	DBM—170S	BJO_2—93—4	JJW—60—0.5/1.0
电机功率(kW)	100	170	100	45/90
牵引长度(m)	1000～2000	3000	1000～2000	1000～2000

道（轨头内边似普通钢轨，外边似槽钢）的齿轨卡轨车和克兰姆普公司研制的φ90钢管轨道的齿轨卡轨车。前一种齿轨卡轨车克服了专用轨不能通过普轨车辆或易磨损的不足，并能使齿轨卡轨机车可靠地与异型轨卡住。两种齿轨卡轨机车的主要性能见表2-4。

本章后几节着重介绍我国生产的柴油机齿轨卡轨机车和绳牵引卡轨车的设备性能、技术参数、使用条件等，可供矿井设计、生产单位选型参考。我国目前生产的齿轨卡轨车、无极绳卡轨车性能参数见表2-5及表2-6。

第二节　柴油机齿轨卡轨机车

一、KZP—8/900(600)型齿轨卡轨机车

1．外形结构及适用条件

KZP—8/900(600)型齿轨卡轨机车外形结构见图2-1。

KZP—8/900(600)型齿轨卡轨机车适用于各种瓦斯矿井的大巷、上下山及采掘工作面等运输距离不限，坡度一般不大于10°，装设可靠的卡轨结构后最大坡度可达14°。防爆低污染柴油机1kW功率需用巷道风量不少于4m³/min。巷道底鼓或有积水，对齿轨卡轨车运输系统的卡轨或齿轨使用维护影响较大，一般不在这种巷道条件选用齿轨卡轨车运输。

2．主要技术参数

根据载重W与牵引力F和运行速度V的关系式$W=f(F\cdot V)$计算，该机车的牵引能力见表2-7。

机车主要技术参数：

卡轨型式	外卡
轨型	普通轨22kg/m
轨距	900/600mm

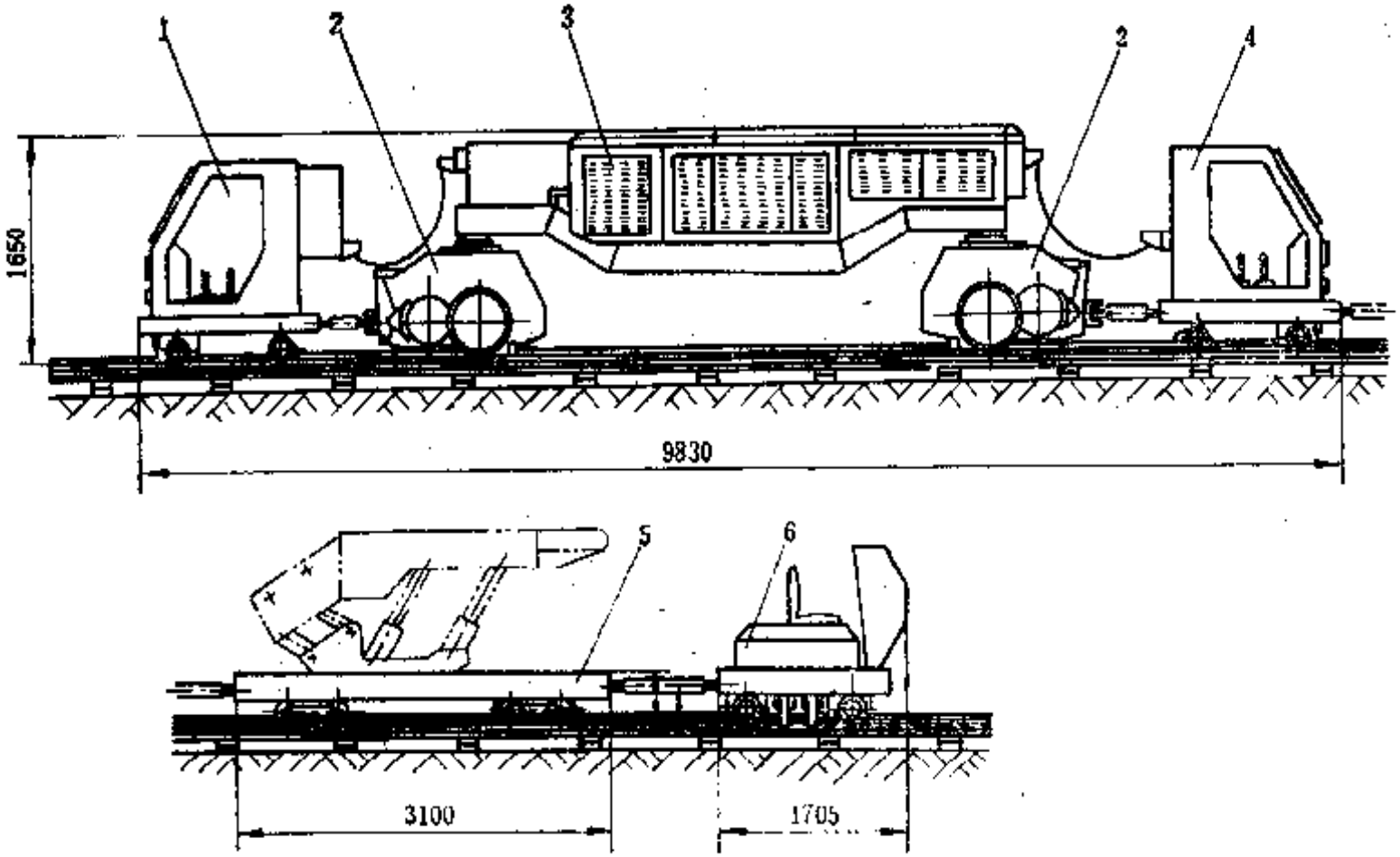


图 2-1 KZP—8/900(600) 型齿轨卡轨机车

1、4—司机室；2—驱动部；3—主机；5—平板车；6—制动车

表 2-7　KZP—8/900(600)型齿轨卡轨机车牵引能力

类别	速度 (m/s)	牵引力 (kN)	牵引重量（包括自重）(kN)				
			0°	5°	8°	10°	14°
齿轨	0.45	80	2660	680	474	360	295
	1	30	1200	310	213	160	133
	1.5	24	800	205	142	110	
	2	18.4	610	157	109		
粘着			附加配重(kN)	0°	1°	1.5°	2°
	2.5	14	0	700	373	303	254
	2	18.4	25	920	491	339	335
	1.7	21	0	1050	560	460	380

齿轮模数	32
柴油机型号	MWMD916—6
柴油机功率	69kW
起动方式	弹簧起动
传动方式	液压齿轮传动
最大牵引速度（粘着/齿条）	2.5/2m/s
制动方式	工作、停车、安全制动
最大牵引力（粘着/齿条）	18.4/80kN
弯道半径	
水平/垂直	10/15m
齿轨牵引最大坡度：	
带卡轨时齿轨	14°
不用卡轨时齿轨	10°
系统工作压力：	23MPa
制动车制动力：	120kN
主机外形尺寸：	9850×950×1650mm
机车重量：	
主机	7500kg

主司机室	750kg
副司机室	590kg

3．结构特点

KZP—8/900(600)型齿轨卡轨机车由石家庄煤矿机械厂研究制造，1992年在晋城矿务局凤凰山矿通过技术鉴定。该机车适用于不用鱼尾板连接的普通轨，卡轨类型为外卡型式。该系统由牵引机车、运载列车、和轨道等部分组成。

牵引机车由主、副司机室，驱动部及主机等部分组成。各部分之间用拉杆和球销联接。运载列车部分由承载车、人车和安全制动车组成。轨道系统由驱动齿轮、齿条、普通轨道、轨枕、齿轮导入装置和道岔等组成。

二、JX—90型齿轨卡轨机车

1．外形结构及适用条件

JX—90型齿轨卡轨机车外形结构见图2-2。

该机车的适用条件与KZP—8/900(600) 基本相同。

2．主要技术参数

机车牵引性能曲线见图2-3。

机车主要技术参数：

轨型	普通轨22kg/m
轨距	900(600)mm
齿轮模数	32
柴油机型号	6105FB
柴油机功率	66kW
传动方式	液压传动
最大牵引速度(粘着/齿条)	4.4/2.2m/s
最大牵引力(粘着/齿条)	24/60kN
最大适用坡度	
不设卡轨齿轨牵引	0～10°

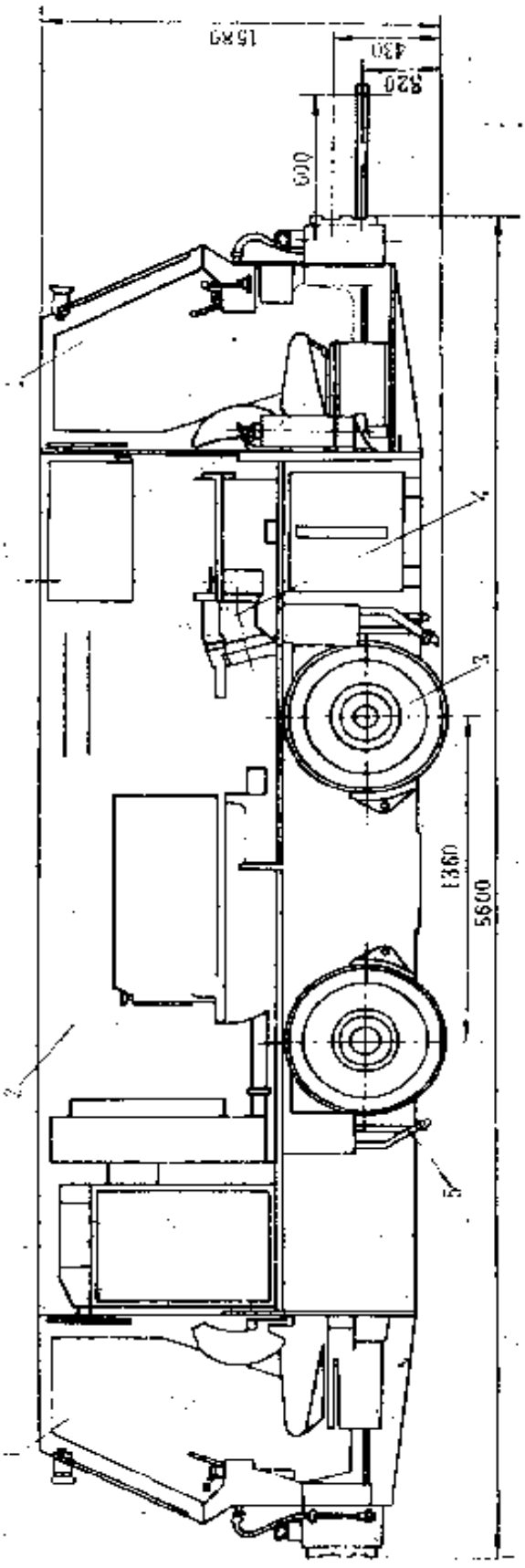


图 2-2 JX—90型齿轨卡轨机车

1—司机室；2—柴油机；3—轮对；4—传动系统；5—撒砂装置

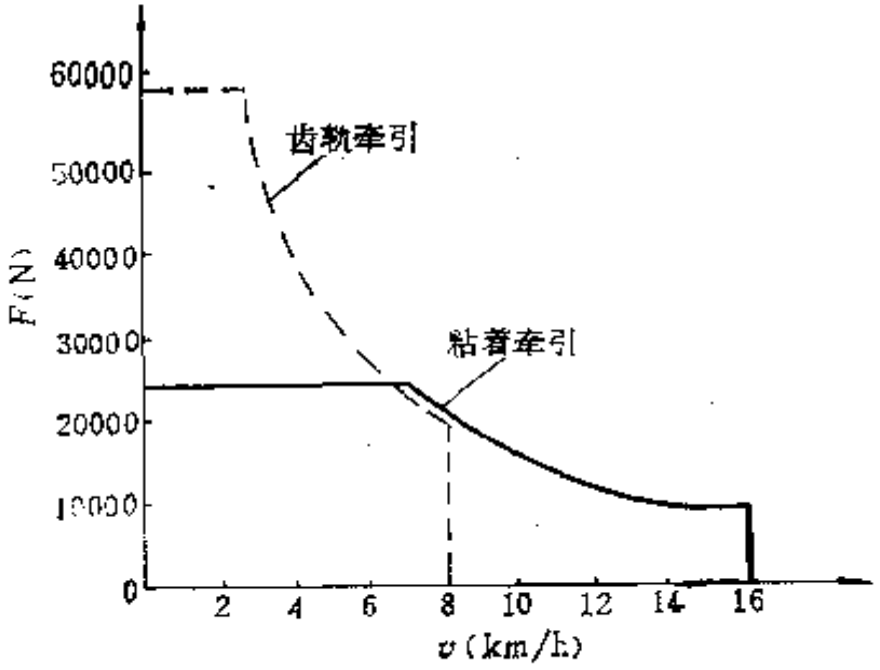


图 2-3 JX—90型齿轨卡轨机车牵引特性

设卡轨齿轨牵引	0～14°
最小弯道半径（水平/垂直）	10/23m
车钩高度	320、430mm
外形尺寸	$5600\times\frac{1140}{1360}\times1580$mm
机车重量	12000kg

3. 机车结构特点

JX—90型齿轨卡轨机车由长沙重型机器厂制造，采用液压泵——液压马达传动，实现粘着和齿条运行。该运输系统由机车部分、列车部分、轨道部分组成，同时附有撒沙装置。轨道为22kg的普通钢轨，在弯道变坡及道岔区段加设护轨。

三、66kW四档行星动力换档防爆柴油机齿轨卡轨机车

1. 适用条件

该机车适用于有瓦斯煤尘矿井，巷道最大坡度10°，装卡轨时局部可达14°。在大巷能够快速牵引矿车材料车或人车，上下坡道装设齿轨进行慢速牵引实现综采工作面的一条龙辅助运输。可以运送液压支架、各种材料设备、上下班人员等。配套车辆有人车、材料车和支架运载车等。

2．主要技术参数

轨距	600(900)mm
轮径	ϕ610mm
轴距	1500mm
齿轮模数	32
最大适应坡度	10°（设卡轨时14°）
最大粘着牵引力	
撒沙时	17.85kN
不撒沙时	13.65kN
最大齿轨牵引力	100kN
最大弯道半径（水平/垂直）	10/18(m)
柴油机型号	6105FB
柴油机功率	66kW
起动方式	液压起动
制动方式	
齿轨运行时	
工作制动	湿式摩擦片制动器
停车和安全制动	液压制动缸
粘着运行时	
工作制动	双腔气室前腔排气弹簧制动
停车和安全制动	双腔气室后腔排气弹簧制动
机车重量	12000kg
外形尺寸	6200×1100×1600(mm)

3．结构特点

66kW四挡行星动力换挡防爆齿轨卡轨机车的传动部分采用行星动力换挡变速箱和液力变矩器。有4个挡位，前进4挡，倒退4挡，传动效率较高，爬坡速度较快。

该机车由江苏省溧阳市煤气成套设备制造工程公司生产。

四、CK—66型齿轨卡轨机车

1．外形结构及适用条件

CK—66型齿轨卡轨机车外形结构见图2-4。

该机车适用于有沼气及煤尘爆炸危险矿井，既可在专用轨道上行驶，也可在22kg/m普通轨道上运行，可作为大巷运输机车，也可在采区的回采工作面或掘进工作面运输使用。矿井为平硐或斜井开拓时，机车可以从地面直接进入采区工作面。竖井开拓矿井，机车可以从井底车场直接进采区工作面，实现不转载连续运输，运距不受限制。该机车能够充分利用现有轨道、车辆，轨距为600mm或900mm、在专用轨道上现有车辆可以顺利通过。适应巷道坡度胶套轮粘着运行为最大6°，齿条齿轮运行最大14°。坡道运输最大载重20000kg。

2．主要技术参数

柴油机型号	6105FB
柴油机功率	66kW
最大牵引力（粘着/齿条）	45/100kN
最大速度	3m/s
最大使用坡度（粘着/齿条）	6°/14°
最大列车总重	35000kg
机车自重	12000kg
弯道最小半径（水平/垂直）	6/12m
系统工作压力	25MPa

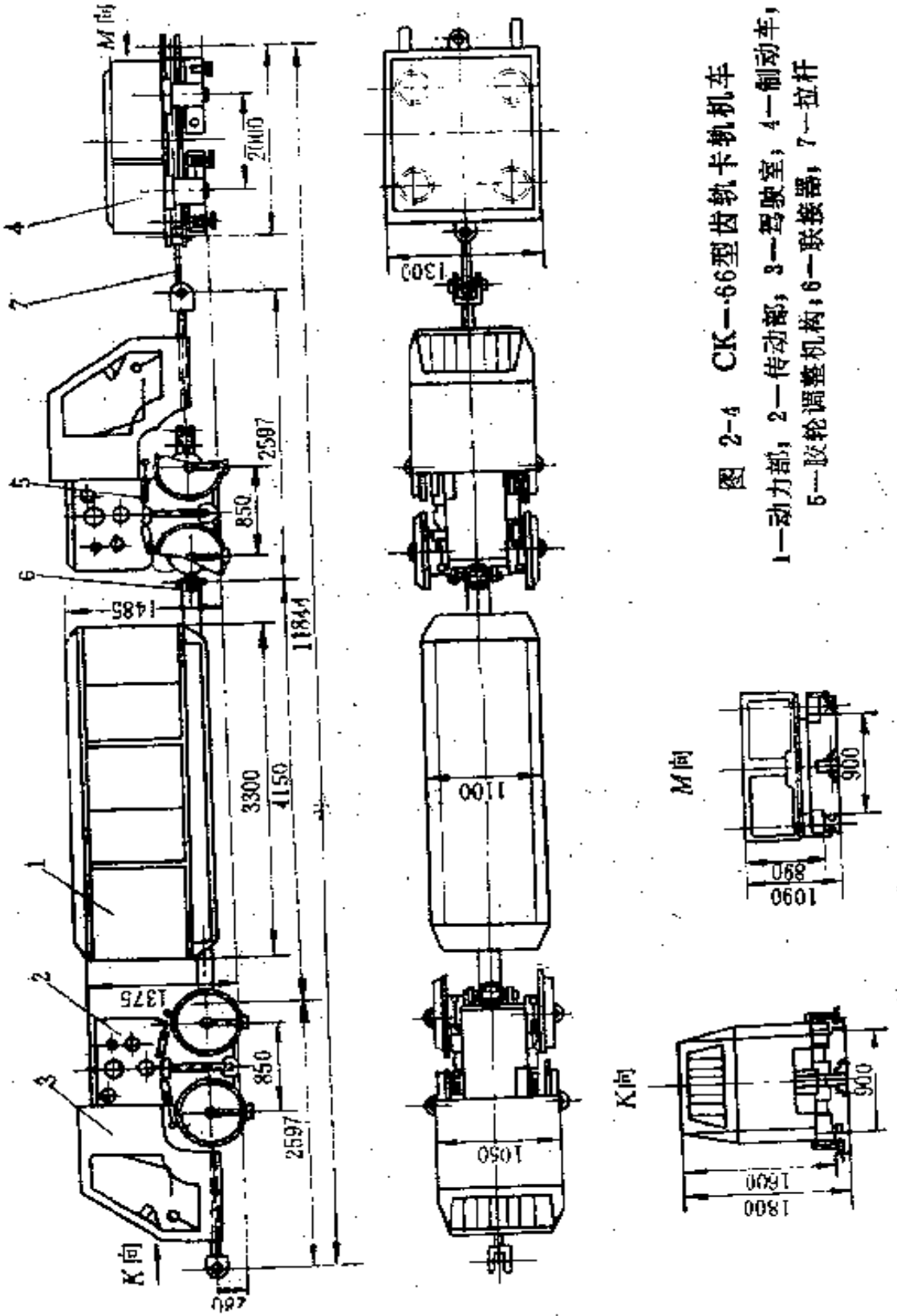


图 2-4 CK—66型齿轨卡轨机车

起动方式	液压、 能
制动力	120kN
轨距	900或600mm
机车外形尺寸	8890×1100×1600mm

3．结构特点

CK—66型齿轨卡轨机车由江苏常州科研试制中心制造，是以柴油机为动力的液压传动机车。主要有动力部、前后两个带驾驶室的传动部、牵引列车及轨道系统组成。动力部与传动部互相铰接，前后司机室底部装有安全制动装置，安全制动车和承载列车按规程挂接。列车部由材料车、平板车、人车及其他车辆组成，轨道系统可以用专用异形轨，也可以在22kg/m普通轨运行。在粘着驱动与齿轨驱动连接处装有齿轨导入器，在道岔处装有旋转道岔或平移道岔。旋转道岔用于无齿条的轨道，平移道岔用于有齿条的轨道。

第三节　绳牵引卡轨车

一、KCY—6/900型绳牵引卡轨车

1．主要结构及适用条件

该系统主要包括牵引储绳车、安全制动车、牵引载重车、人车等，同时可以根据运输物料不同进行车辆组合。该运输系统牵引能力大，能够整体运送液压支架，弯道半径小，爬坡能力强，可以连续运距达2000m。运输轨道采用槽钢组合而成，槽钢两翼相对形成内卡轨形式，3m一节，活节联接。

驱动系统、安全制动系统等主要部件采取特殊结构和加工工艺。安全性好，在出现超速或意外事故时可以实现自动刹车制动，不会出现脱轨掉道现象和跑车事故。

KCY—6/900型绳牵引卡轨车适用于综采工作面的设备搬家和高挡普采采区的材料设备运输。具有爬坡能力强，牵引载重量大的特点。

2. 主要技术参数

表 2-8 KCY—6/900型绳牵引卡轨车的牵引能力与坡度

马达联接	巷道坡度	0°	5°	10°	14°	20°
并联	牵引重量	96	34	21	15	12.5
串联	(t)	48	17	10.5	8	6.2

KCY—6/900 型绳牵引卡轨车的牵引能力见表2-8。其主要技术参数为：

轨道型式	18槽钢内卡
轨距	900mm
牵引力	
双马达并联	60kN
双马达串联	30kN
牵引速度	
双马达并联	0～1m/s
双马达串联	0～2m/s
最小弯道半径（水平/垂直）	4/15m
最大爬坡能力	20°
安全制动限速度	2.5m/s
安全制动车制动力	120kN
牵引钢丝绳直径	φ20mm
系统工作压力	16MPa
最大工作压力	20MPa

主电机型号	BJO_2-93-4
主电机功率	100kW
牵引距离	1000～2000m

3．结构特点

KCY—6/900型绳牵引卡轨车由河北煤炭科学研究所与石家庄煤矿机械厂共同设计，石家庄煤矿机械厂制造。卡轨车的结构型式为液压绞车驱动，无极绳牵引，槽钢轨内卡运行。卡轨车运输系统主要有绞车牵引部、载运列车部、轨道及绳轮导向和电气控制、联络信号及通讯系统等。牵引部包括泵站、操纵台、液压管路、液压绞车、钢丝绳和紧绳器等。列车部包括牵引储绳车、安全制动车、载重车、运人车、集装箱和连杆等。各种车辆之间以特制球销和专用拉杆连接。轨道和绳轮导向部分包括轨道、压绳轮、导绳轮、卡轨轮、阻车器、道岔等。电气控制部分包括隔爆电气控制箱、真空磁力起动器等。

二、F—1型绳牵引卡轨车

1．主要结构及适用条件

F—1型卡轨车由液压绞车钢丝绳无极牵引。牵引系统主要包括无极绳液压绞车、操纵台、钢丝绳、张紧装置、尾轮固定装置。列车系统主要包括牵引制动车、材料车、平板车、运人车或其他运载车辆。轨道及导绳轮系统主要包括每节3m的梯子结构直轨、弯轨、联接轨、凸轨、凹轨、道岔等。导绳轮有弯道导轮、平托轮、空绳导轮等。

F—1型绳牵引卡轨车适用于综采工作面和综掘工作面的材料设备运输配套，也适用于高档普采巷道的设备材料运输。液压绞车功率为170kW，最大牵引力为90kN，在20°坡道上能够运输18 t 重的液压支架。该系统有安全限速保护装

置。F—1型绳牵引卡轨车能和现有轨道系统连接，实现不转载运输。现有普通轨矿车也可以在卡轨轨道上使用。

2．主要技术参数

最大牵引力	90kN
牵引速度	0～1.5m/s
轨道型式	18槽钢外卡
轨距	600mm
最小弯道半径（水平/垂直）	4/15m
最大爬坡角度	20°
安全制动限度	2.5m/s
安全制动力	135kN
钢丝绳直径	φ21.5～φ24.5mm
电动机型号	DBM—170S
电动机功率	170kW
最大运距	3000m

3．结构特点

F—1型绳牵引卡轨车是江苏常州科研试制中心研究生产的。该卡轨车系统采用18槽钢或11矿用工字钢改制成异型断面加工成3m节梯子道作为轨道，液压绞车驱动，钢丝绳牵引，外卡式卡轨。全系统由牵引部、列车部、轨道和电气控制及通讯系统组成。牵引部包括泵站、操纵台、液压绞车、紧绳器等。列车部包括牵引制动车、卡轨轮系等，轨道部分包括各种用途的轨道、道岔、回绳站等。

三、KSP—8/600普通轨绳牵引卡轨车

KSP—8/600普通轨绳牵引卡轨车由石家庄煤矿机械厂生产，卡轨车运输系统与KCY—6/900型基本相同，驱动部都是液压无极绳绞车，但该绳牵引卡轨车适用于不用鱼尾板连接的普通轨道，牵引力80kN。

四、 KJS—$\frac{6}{7}$/600型普通轨绳牵引卡轨车

1. 适用条件

KJS—$\frac{6}{7}$/600型绳牵引卡轨车系统，是一种半卡轨形式，直接利用现有普通轨道，矿用车辆可以直接编入卡轨车的列车组内，所以能够在坡度不大于20°的采区巷道内直接使用。调速电绞车作为该系统的牵引动力，经济实用，而且牵引力大，爬坡能力强。在邢台矿务局东庞矿整架运输了4.5m和5m一次采全高液压支架多套，在峰峰矿务局万年煤矿实现了ZY400—1.8/3.8液压支架综采工作面的整套搬家。

2. 主要技术参数

KJS—$\frac{6}{7}$/600普通轨绳牵引卡轨车技术参数如下：

双速绞车型号	JJW—70—0.6/1.2型
双速电动机型号	KBYD550—110/55—4/8(变速电机)
电机功率	110/55kW
最大牵引力	70kN
牵引速度	0.6/1.2m/s
钢丝绳直径	不小于φ21.5mm
轨型	22kg/m
轨距	600(900)mm
弯道半径（水平/垂直）	9/15m
制动车制动力	90kN
制动最大限速	2.0m

KJS—$\frac{6}{7}$/600型普通轨绳牵引卡轨车牵引能力与坡度的关系见表2-9。

3. 结构特点

该系统主要有牵引部、列车运输部、轨道及绳轮、电器控制及通讯联络系统等组成。

表 2-9 KJS—7/600型普通轨绳牵引卡轨车
牵引能力与坡度的关系

坡　　度	0°	3°	5°	8°	10°	12°	14°
牵引重量(t)	148	60	43	34	30	25	22

牵引部主要包括调速电绞车、紧绳器和钢丝绳。由调速电绞车拖动、通过机械传动带动主滚筒转动，滚筒轮衬具有较高的摩擦系数，与牵引钢丝绳之间产生较大的摩擦力，实现固定在牵引车两端的松绳与紧绳的张力差，形成对车辆足够的牵引力。通过调速绞车达到大型设备（如综采支架）慢速平稳运输，轻型材料、设备快速安全运行的目的。

列车部分主要包括牵引储绳车、普通轨安全制动车、载重车、人车、连接杆等。根据用途不同可选用不同的载重车，但是制动车和牵引储绳车必须编入列车之中。制动车采用三面夹钳式制动普通钢轨轨头，为能通过道岔部分，加设了提升油缸。普通轨制动车既可由跟车司机操作释放阀手动制动，又可在车辆失控情况实现超速保护紧急安全制动。

轨道及绳轮导向部分主要有普通轨道、护轨、压绳轮、托绳轮、纠偏轮、弯道导绳组、阻车器和回绳站等组成。轨道为22kg/m普通轨，只有在弯道、起伏变坡和大坡度段加设卡轨护轨。

通讯联络和控制部分是在矿用人车信号感应电话基础上改装有急停功能，主要包括接收机、便携式发射机、供电器、充电器、继电器、感应线等。该系统能实现绞车司机和跟车人员之间声光信号及通话联络，同时在发现紧急情况时，跟车人员能够操作发射机，直接控制绞车实现紧急制动。

KJS $-\frac{6}{7}$/600型普通轨卡轨车，是河北煤炭科学研究所研制的。

第四节　卡轨车、齿轨卡轨车配套设备

一、安全制动车

齿轨卡轨车、绳牵引卡轨车运输系统都必须在运输列车编组中配备安全制动车，而且要同轨道产生制动作用，制动力不小于牵引力的1.5倍。

1．AZC/160型安全制动车

1）结构特点：

制动车主要由车体、油箱、手压泵、4个制动油缸、两套离心释放器和释放阀等部件组成。制动油缸为液压松开、弹簧卡紧机构，在机车运行超过最大限速时，离心释放器动作，制动油缸中蝶形弹簧推动活塞带动制动爪实现制动，通过手压泵供油解除制动。

AZC/160型安全制动车外形结构如图2-5所示。

该制动车由石家庄煤矿机械厂制造，主要配套在KCY—6/900型绳牵引卡轨车的列车编组中。如将轮系稍作改动即可用于KZP—8/900(600)齿轨卡轨车和KSP—8/600型绳牵引卡轨车的列车编组中。

2）主要技术参数

制动力	160kN
工作压力	8MPa
限速度	3.5m/s
轴距	1200mm
外形尺寸	1500×1330×680mm

2．F—1型牵引安全制动车

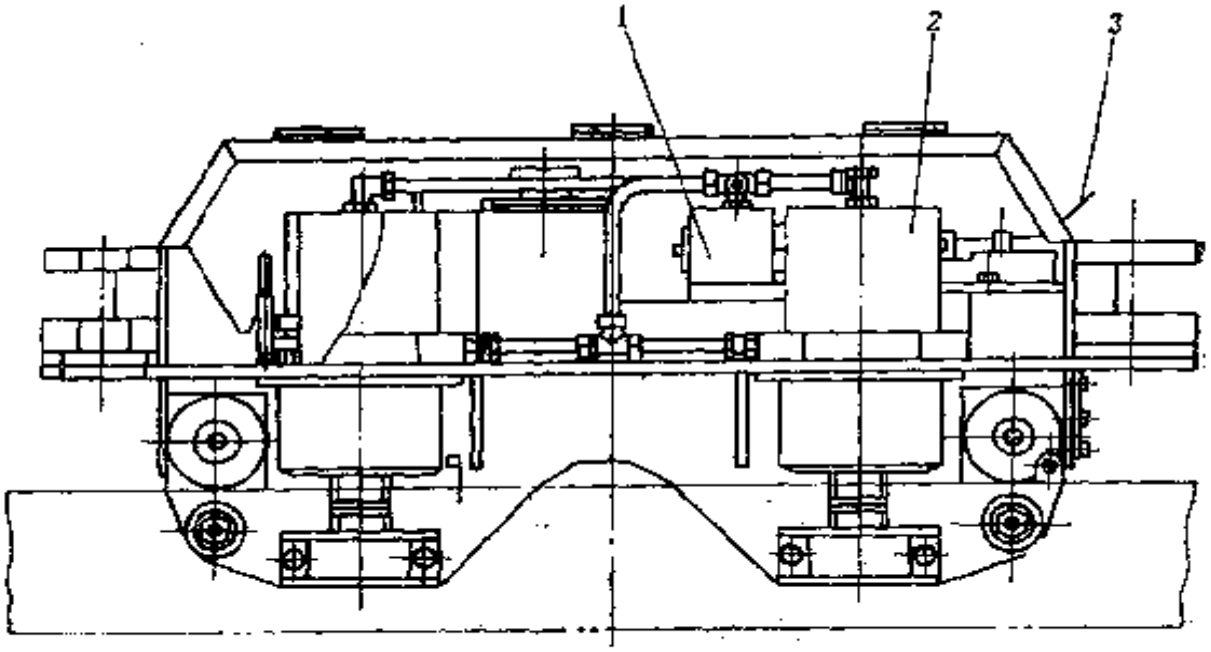


图 2-5 AZC/160型安全制动车

1—逻辑阀；2—油缸；3—拉绳

1）结构特点

整车为分段式结构，两司机室位于车体两端，钢丝绳夹持装置位于车体中间，把牵引车同安全制动车置于同一车体。外形结构见图2-6。

该牵引安全制动车由常州科试中心制造，用于 F—1型绳牵引卡轨车运输系统。

2）主要技术参数：

制动力	135kN
限速度	2.5m/s

3。KYZ—90P安全制动车

该制动车是在普通轨道上进行安全制动的制动车，它是卡轨车运输系统在牵引过程中发生断绳、脱钩等跑车现象时进行安全紧急抱轨制动设备。制动车应编组在列车组下部或列车两端。

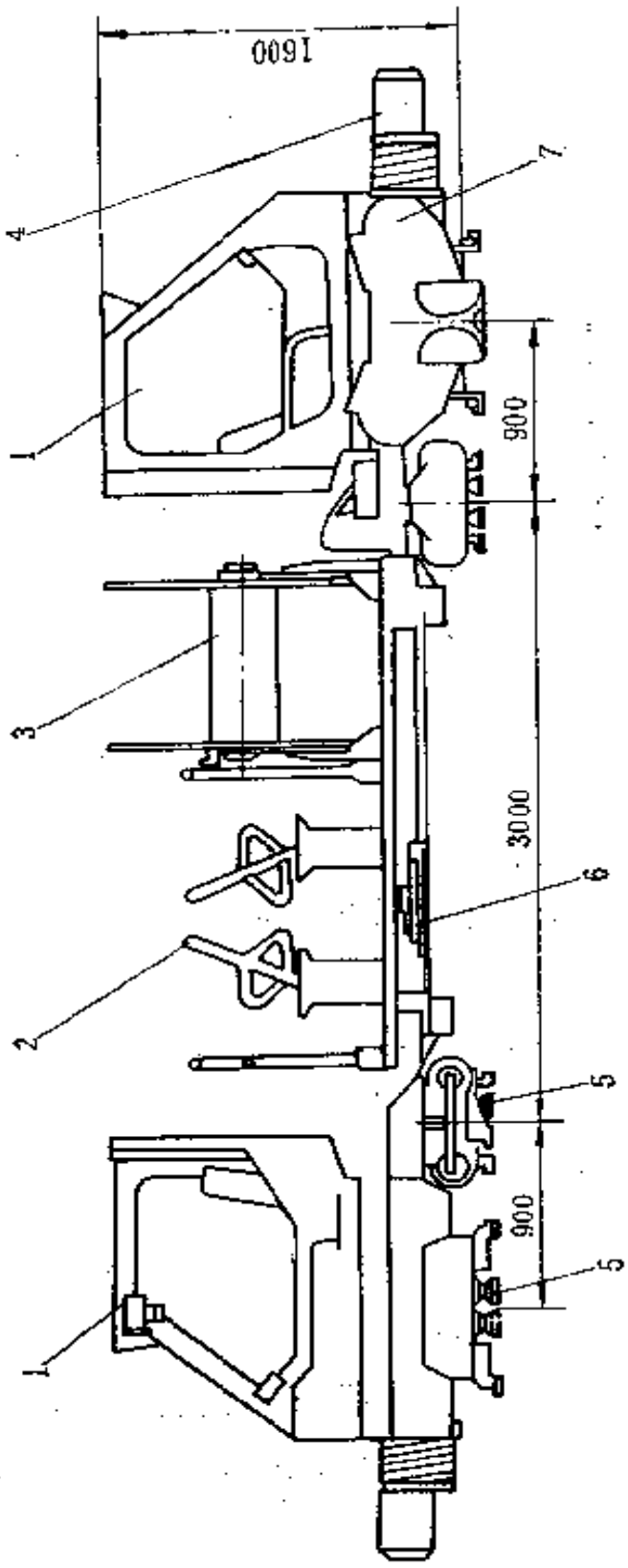


图 2-6 F—1牵引安全制动车

1—司机室；2—座椅；3—储绳筒；4—碰头；5—卡轨轮系；6—牵引夹持板；7—侧牵引夹持板

1）结构特点

KYZ—90P安全制动车主要由车架、液压系统、限速释放系统、提升机构、制动机构等组成。通过制动车轮轴的转动，传递到增速机构。增速机构与释放器联接，当车速达到限速度时，释放器动作，开启释放阀同时，卸掉逻辑阀控制的压力，使提升缸和制动缸的压力油压卸掉，这时油缸中的弹簧推动提升缸、制动缸，从轨道面及轨道两侧卡紧钢轨，产生摩擦力实现紧急制动。该制动车外形结构见图2-7。

2）主要技术参数

轨距	600、900mm
弯道半径	（水平）5/（垂直）12m
限速度	2.5m/s
制动力	90kN
系统工作压力	6.3MPa
外形尺寸	1850×984×830mm

使用条件：KYZ—90P安全制动车由河北煤炭科学研究所研制，保定液压件厂生产，用于KJS—6/600型和KJS—7/600型普通轨绳牵引卡轨车运输系统的列车编组中。

在制动车实现制动后，必须先把定位开闭阀拉出压下，再将释放阀复位。操纵手压泵加压，待制动钳口张开后，油压达到2MPa以上时，制动缸、提升缸全部打开。该制动车还可以由手拉释放器链环实现制动。

二、承载车

承载车是卡轨车运输系统列车编组中的载重车辆。根据用途不同分为平板式、箱体式等不同类型。运输大型设备（如液压支架）要用板式承载车，运输一般材料设备要用箱式承载车，运送人员就要使用人车。承载车或人车可以由现

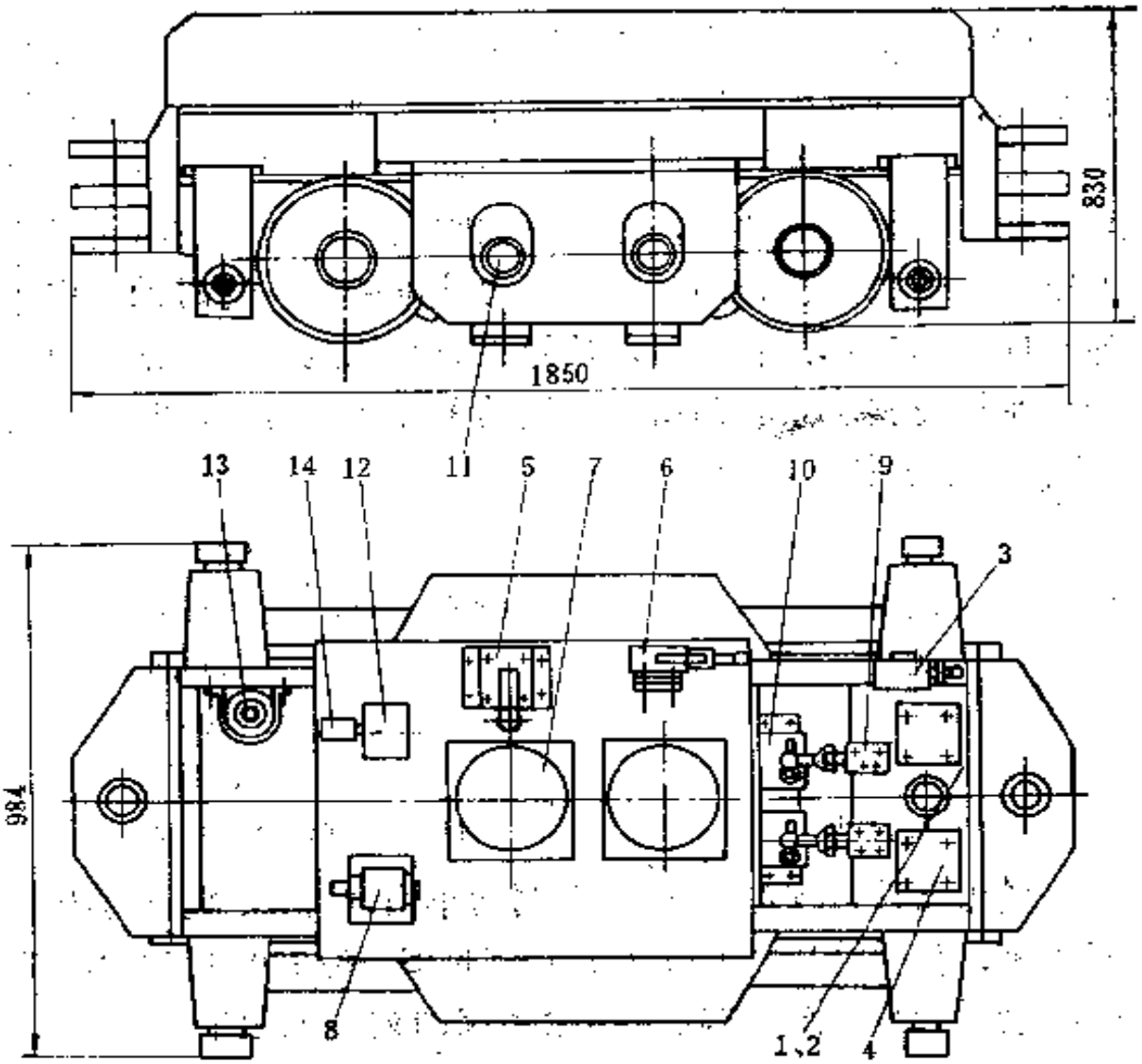


图 2-7 KYZ—90P安全制动车

1、2—油箱、吸油滤油器；3—手压泵；4—逆转阀；5—行程阀；6—定位开闭阀；7—提升缸；8—顺序阀；9—释放阀；10—释放器；11—制动缸；12—开关阀；13—蓄能器；14—压力表

有矿用平板车或平巷人车加装卡轨防跳轮改制，一般车辆也可以作为重载车编入列车运行。

F—1型、KCY—6/900型和KSP—8/600 型绳牵引卡轨车，为了运输液压支架或其他设备专门配备有牵引承载车，其主要结构见图2-8。

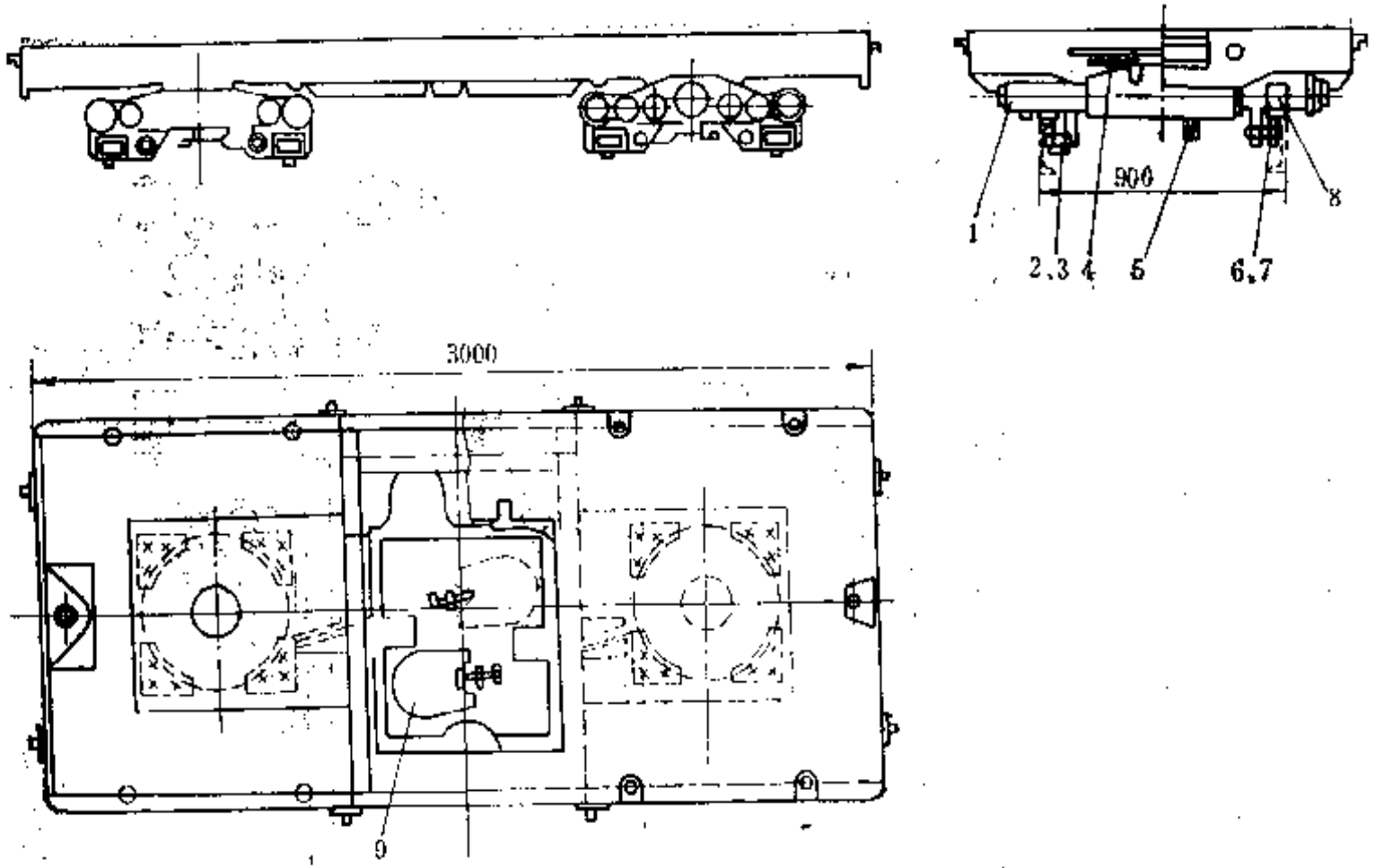


图 2-8　牵引承载车

1—横轴；2、3—卡轨轮及轴承；4—转盘；5—牵引臂；6、7—防跳轴、防跳轮；8—支承轮；9—夹持系统

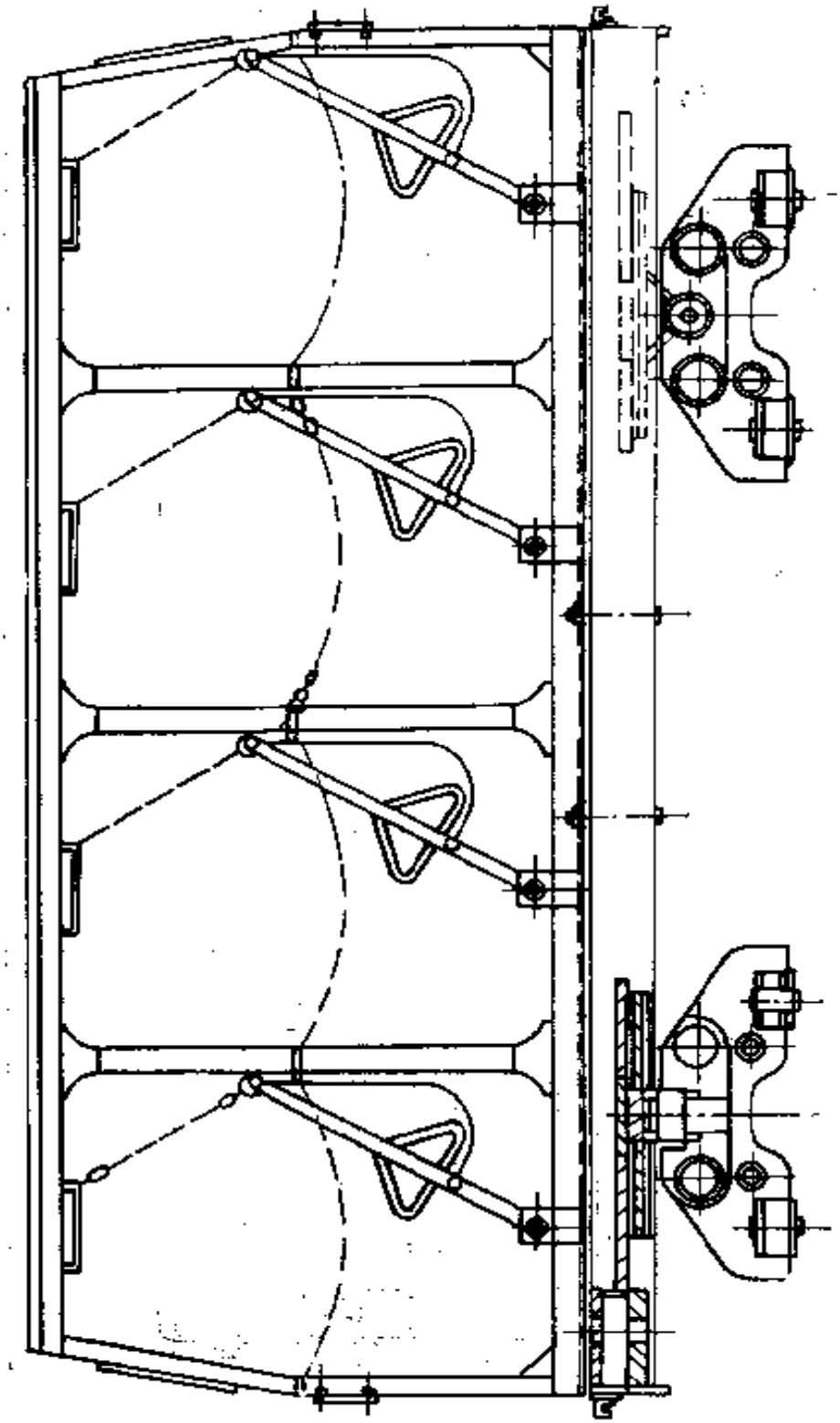


图 2-9　卡轨车运人车

牵引承载车主要由车体、行走部、钢丝绳夹持系统组成。行走部由横梁和轮系组成，轴与车体用转盘连接，由支撑轮、卡轨轮、防跳轮组成轮系，制约车辆沿轨道行驶。牵引钢丝绳的夹持系统包括导向块、楔板、牵引臂、压板等，钢丝绳通过牵引臂进入车体，由自销楔板压紧。

板式承载车的载重能力为5t、10t、15t、20t等。

齿轨卡轨机车牵引的承载车，如平板车、材料车、人车或其他专用车辆都应装设卡轨防跳轮，以实现卡轨安全运行。

三、运人车

卡轨车运输系统中运送人员的专用车辆——人车，由车体和行走部组成，车体由钢板焊制而成，行走部结构与承载车基本相同。两车轴能够在水平面内回转360°，前轴能够在垂直面内回转5°，车体自身装设防掉道卡轨装置。人车基本结构见图2-9。

人车根据轨道不同分为槽钢轨人车（如图2-9)和普通轨人车。按乘座人数又分为两人四排座、两人五排座、三人五排座等车型，其结构大致相同，外形尺寸一般为3100×1400×1650mm。每车乘人数8人、10人或15人。

绳牵引卡轨车或齿轨卡轨机车运输人员，每列车编组为4～5辆人车。

第五节 轨道装置

绳牵引卡轨车和齿轨卡轨车运输轨道的主要不同点在于是否有齿轨。槽钢轨、异型轨为专用卡轨轨道；普通轨在去掉鱼尾连接板后也可作为卡轨轨道；直接采用鱼尾板连接的普通轨在坡道较大（10° 以上）或弯道部分另加护轨，实现

局部线路段的卡轨运输。

一、普通轨

从经济和技术性能考虑，采用22kg/m普轨最为合理。因此KZP—8/900(600)型，JX—90型齿轨卡轨机车和KSP—8/600型绳牵引卡轨车均采用取消了鱼尾夹板，而用底板与压板对接的普轨连接型式。轨枕采用槽钢或预埋钢筋混凝土。KJS—$\frac{6}{7}$/600型绳牵引卡轨车能够在带鱼尾板的现有普通轨道上使用，只是在坡度较大或弯道部分另加护轨以实现局部卡轨运输。

二、异型轨

常州科研试制中心研制的CK—66型齿轨卡轨机车使用的轨道为异型轨。异型轨采用11号矿用工字钢经改制而成(见图2-10)。这种轨道适应于专用卡轨车辆运行，也能使普通矿车顺利行驶。

三、槽钢轨

槽钢轨为专用卡轨轨道，采用18号槽钢按3m1节焊接成梯子形整体结构，小槽钢焊成整体梯子道轨上做轨枕。KCY—6/900型绳牵引卡轨车用的是内卡式槽钢轨；F—1型绳牵引卡轨车采用的是外卡式槽钢轨。图2-11为3m1节的内卡槽钢直轨，图2-12为转角7.5°的内卡水平弯轨。

四、齿轨

为使齿轨卡轨机车能爬较大的坡度而在轨道中间增加了齿条——齿轨。由机车驱动的齿轮在齿轨上啮合行驶，这样便增大了牵引力。齿轨靠螺栓固定在轨枕中心位置，并在粘着驱动与齿条驱动连接处装有齿轨导入装置，使机车顺利进入齿轨段运行。齿轨导入装置见图2-13。

齿轨主要技术参数：

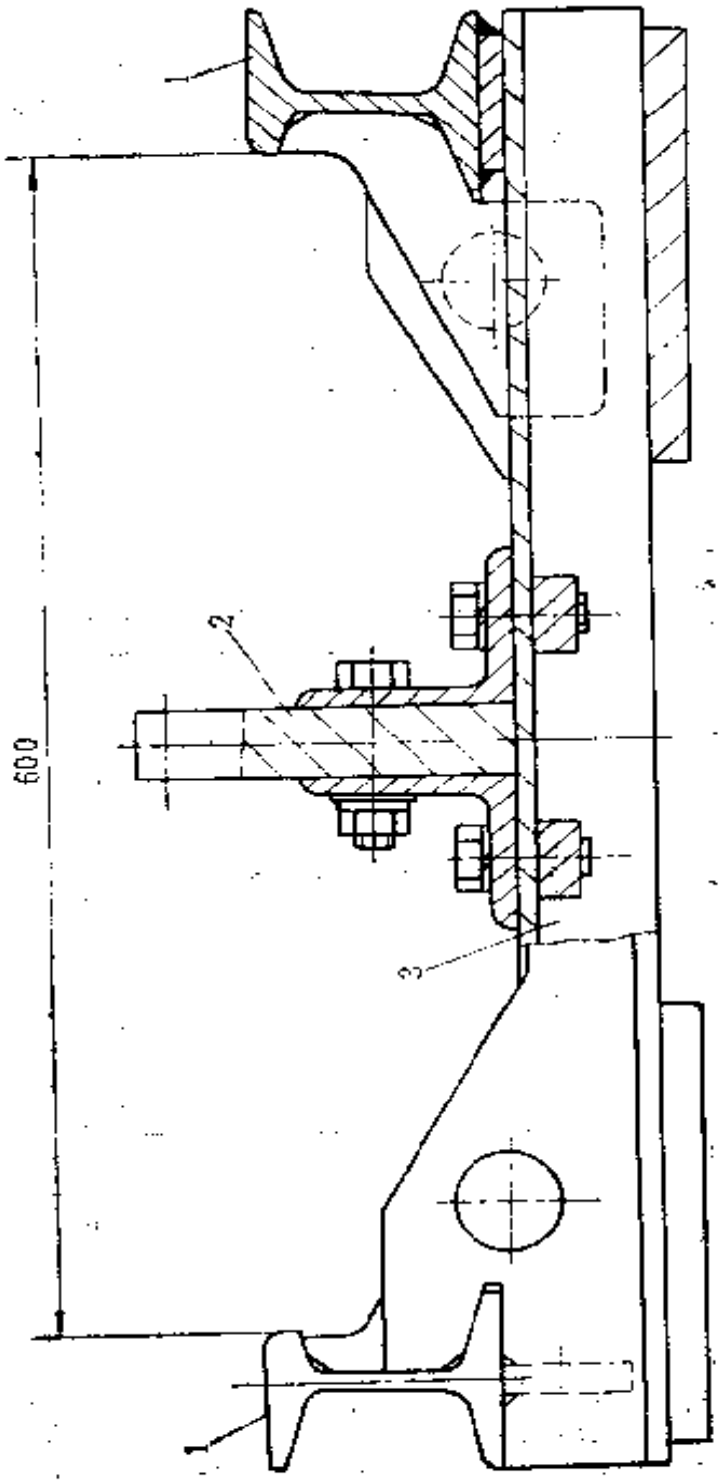


图 2-10　异型轨

1—改制异型轨；2—齿轨；3—槽钢轨枕

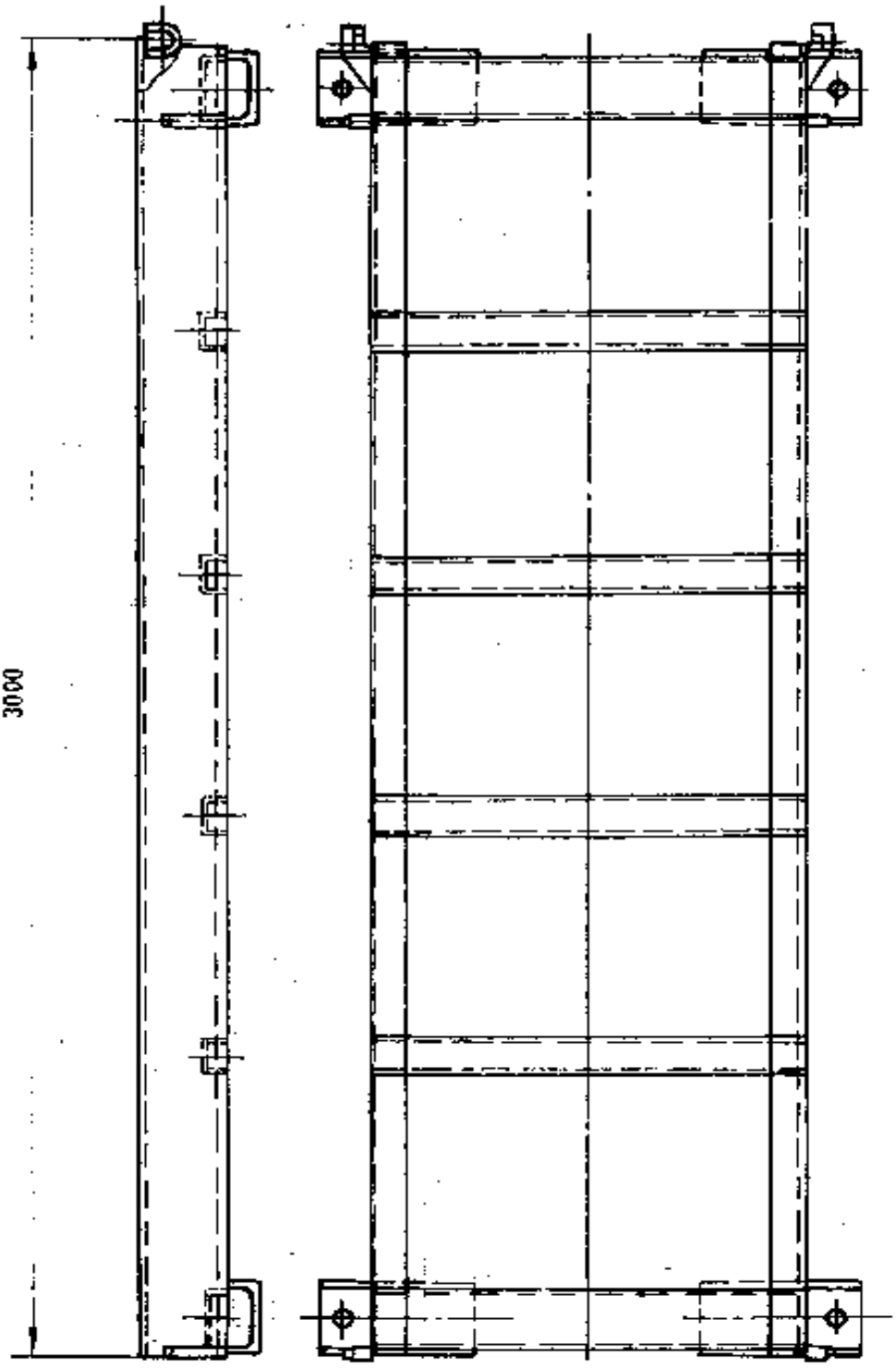


图 2-11　内卡槽钢直轨

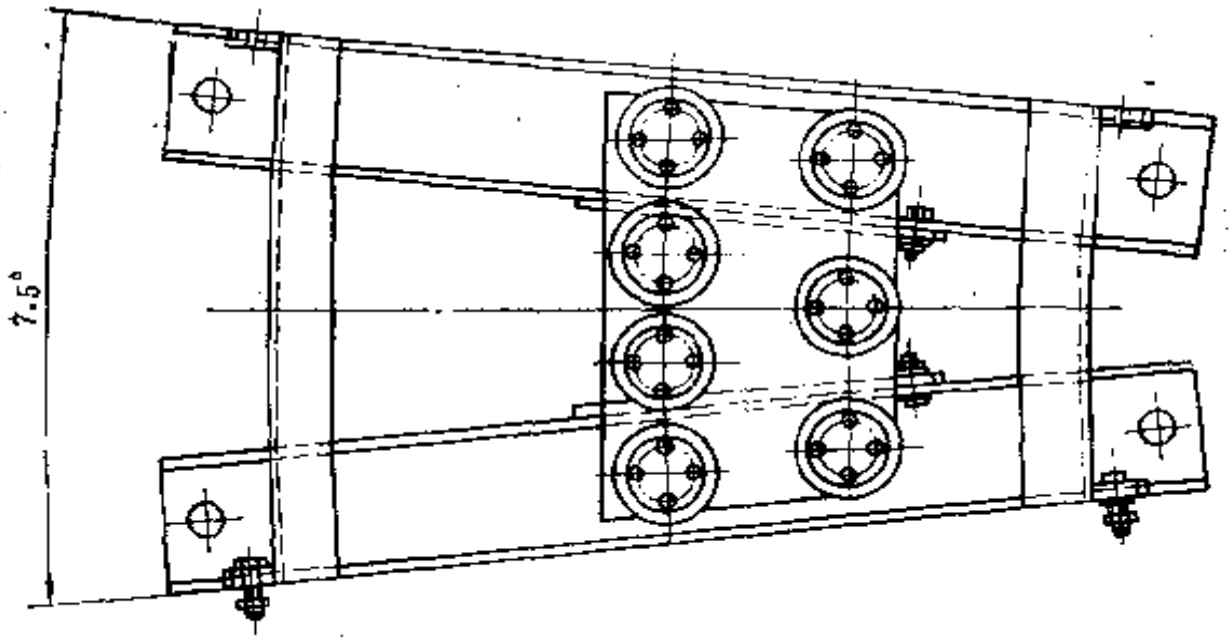


图 2-12　内卡槽钢弯轨

齿轨轮模数	32
齿条厚度	25mm
齿条长度	1;3;6m
齿顶高出轨面高度	49mm
水平弯齿条每节弧长	1m
垂直弯齿条每节弧长	3m

五、齿轨卡轨车道岔

齿轨卡轨车运行的轨道线路，在通过岔道时要配备专用道岔，其结构形式分为带齿条的平移道岔和不带齿条的旋转道岔，每种道岔又分为左开和右开两种。平移道岔为整体块式结构，主要包括直轨、弯轨及操纵机构。旋转道岔由连杆机构及活动轨等组成。

KZP—8/900(600) 型齿轨卡轨机车配套的平移 和旋 转道岔见图2-14和图2-15。其支撑轨为22kg/m普通轨。

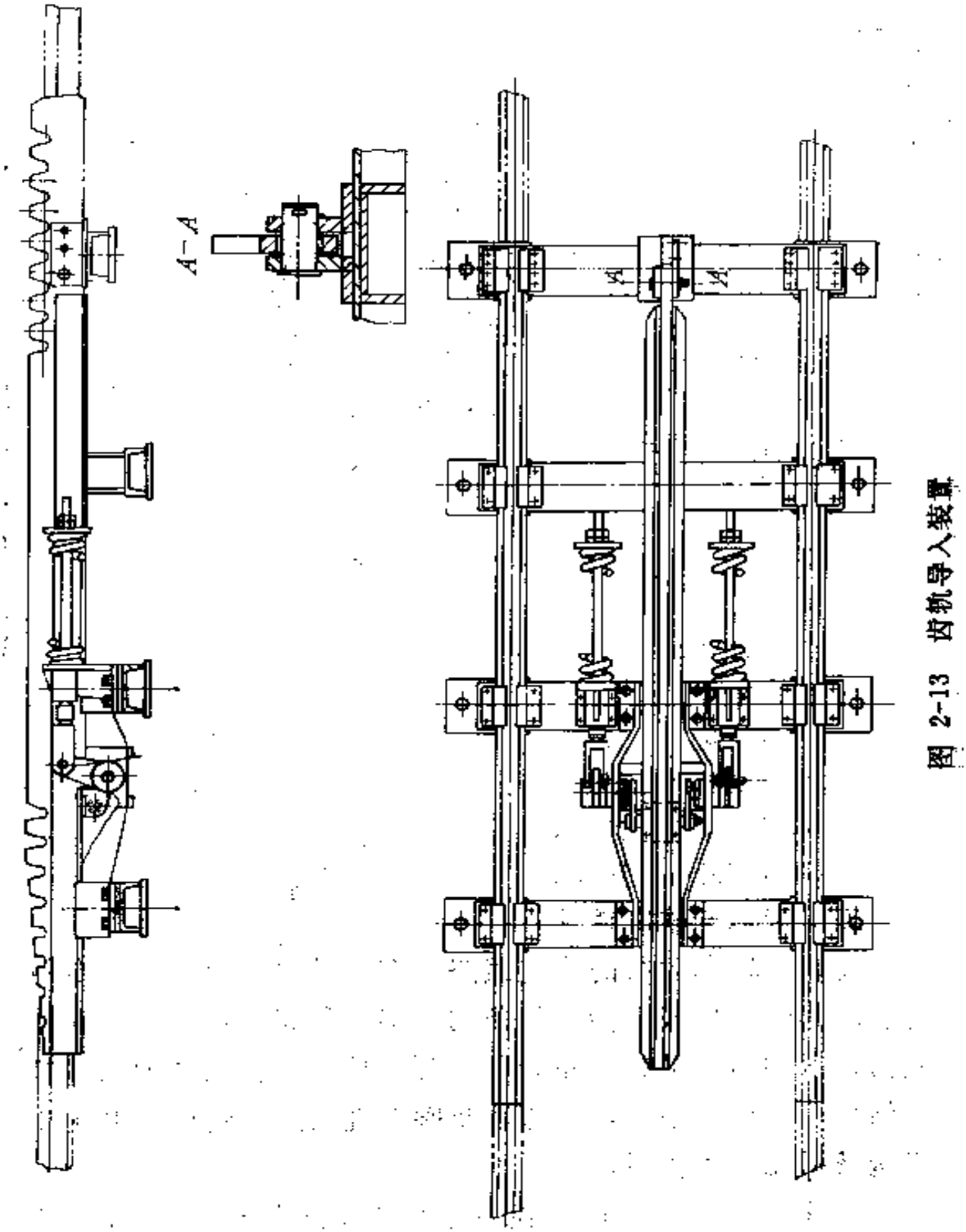


图 2-13 齿轨导入装置

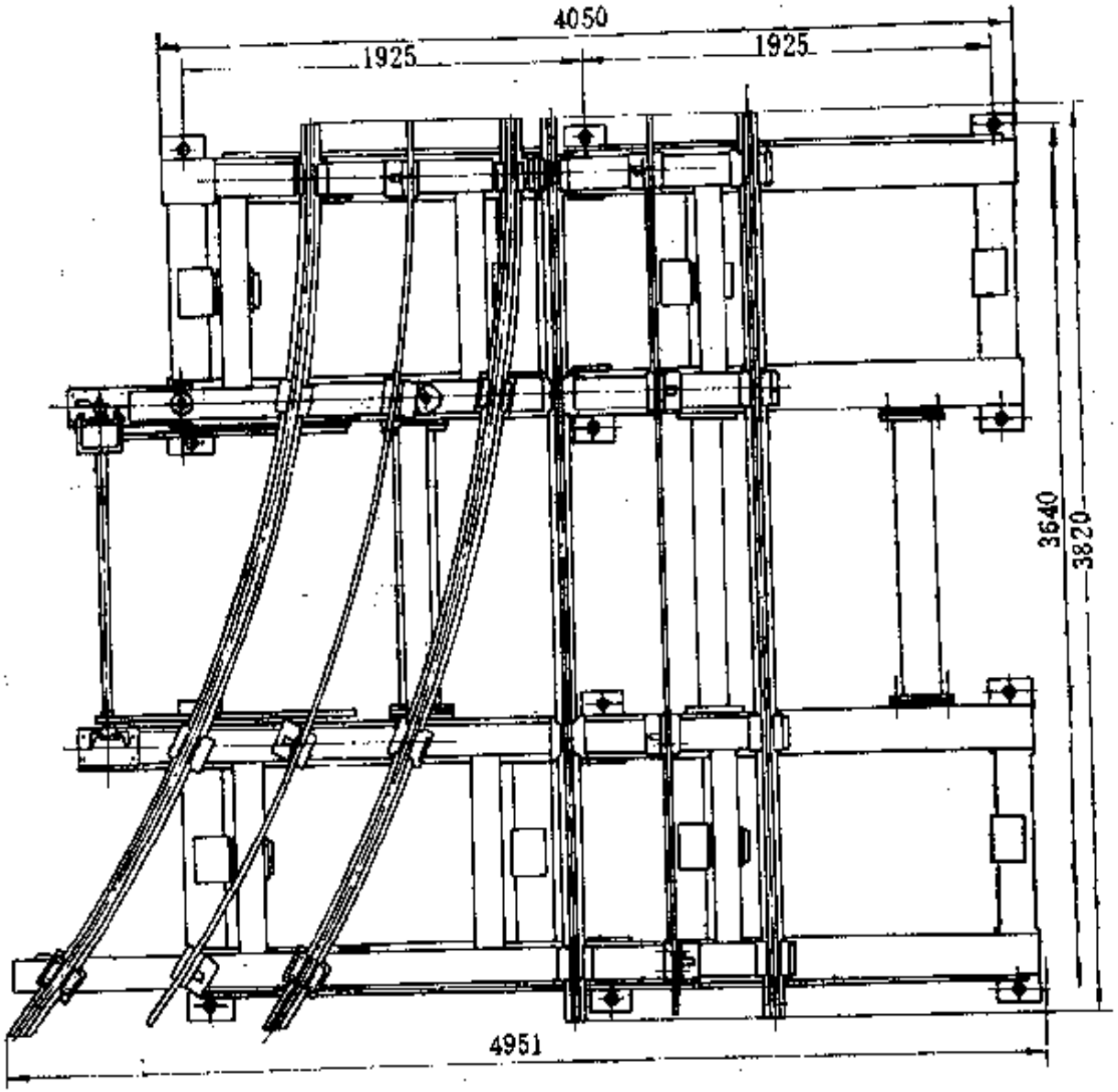


图 2-14　KZP带齿条平移道岔

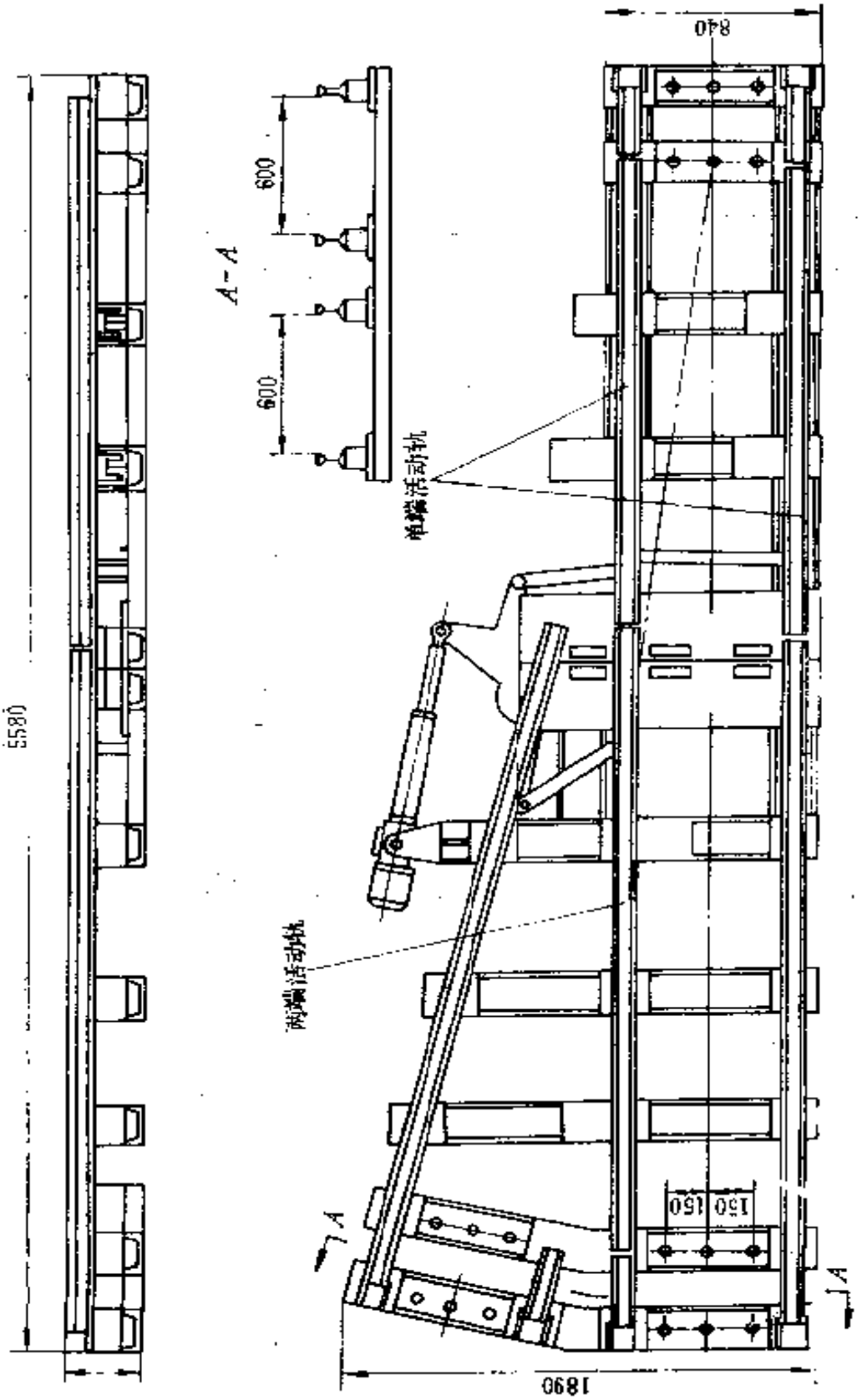


图 2-15 KZP不带齿条旋转道岔

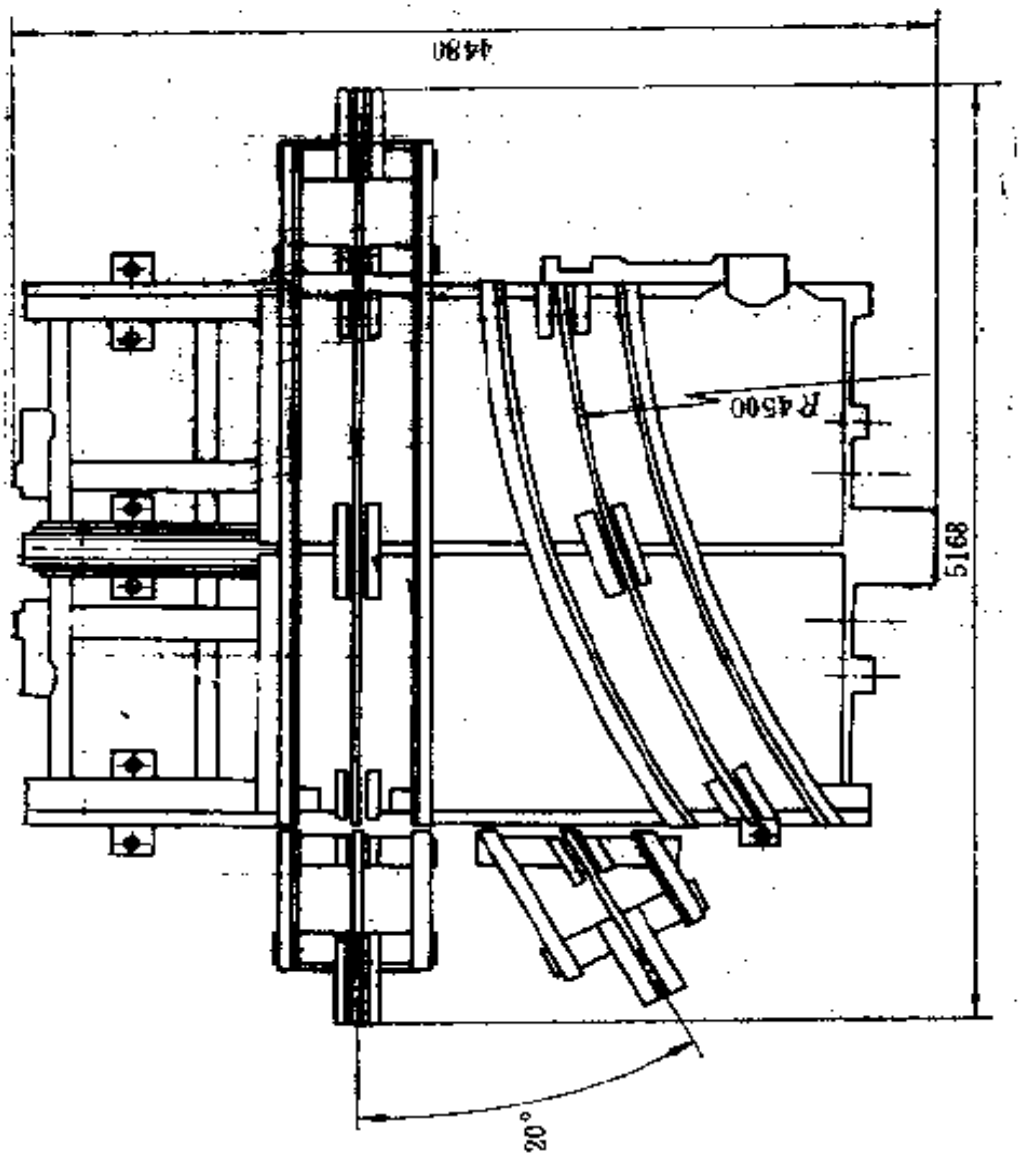


图 2-16 CK—66型平移道岔

CK—66 型齿轨卡轨机车配置使用的平移和旋转道岔见图2-16和图2-17。其支撑轨为11号矿用工字钢改制的异型轨。

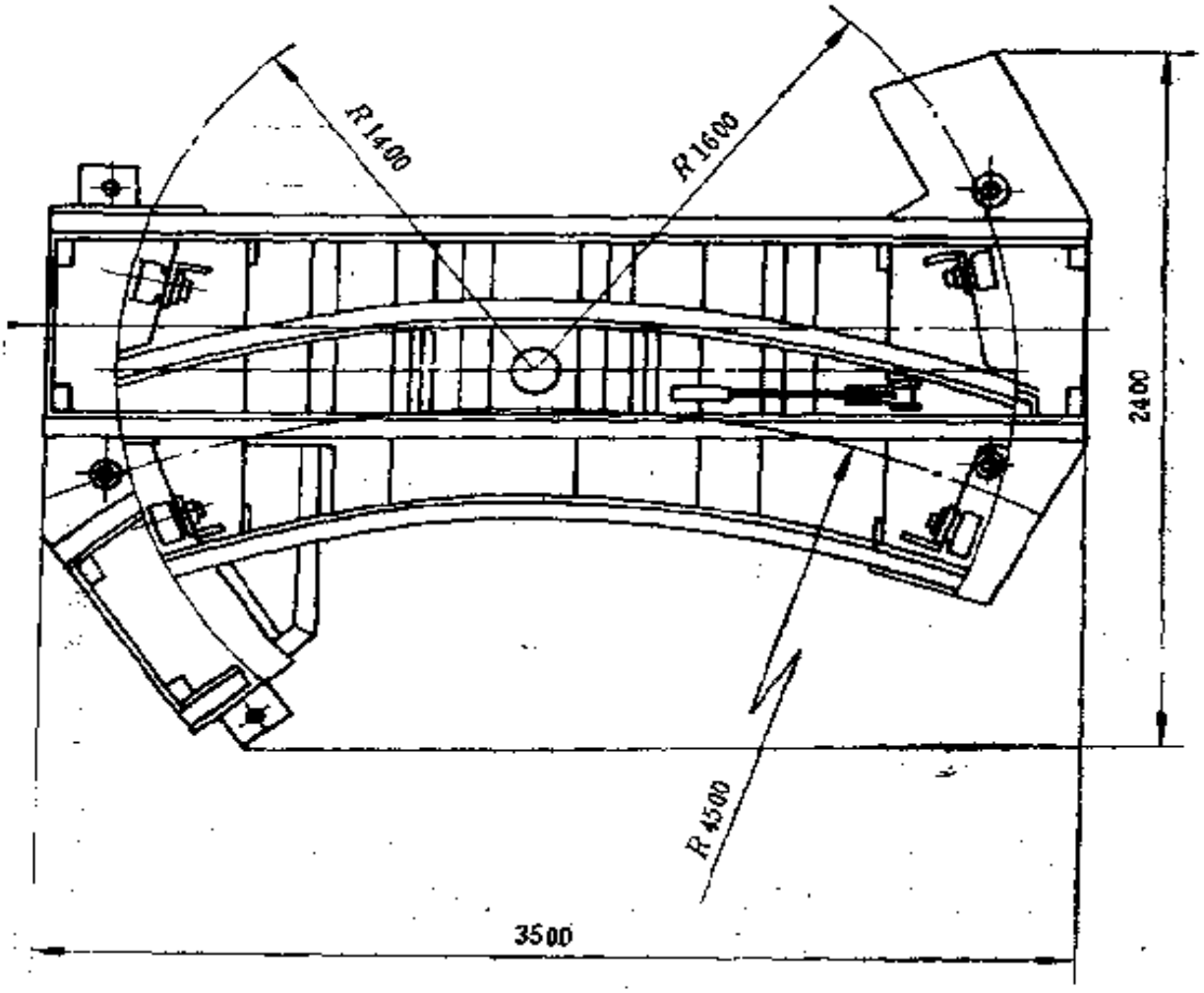


图 2-17　CK—66型旋转道岔

第六节　列车编组及牵引能力计算

本节按齿轨卡轨车和绳牵引卡轨车来说明列车组编，且由于齿轨卡轨车尚无较统一的牵引能力计算方法，因此只介绍绳牵引卡轨车的牵引能力计算方法。

一、齿轨卡轨车运输列车编组

1．散装材料运输

列车编组：牵引机车——载重列车（包括专用集装运输车、普通矿车，其连接车辆数和总载重按牵引能力确定）——安全制动车。

2．人员运输

列车编组：牵引机车——运人车（车辆数按机车牵引能力确定）——安全制动车。

3．综采液压支架运输

列车编组：牵引机车——支架承载车或矿用平板车——安全制动车。

二、绳牵引卡轨车运输列车编组

根据运输物料的不同，列车编组车辆也不相同。但是在列车中都必须有牵引储绳车和安全制动车。基本编组为：绞车——牵引储绳车（或牵引车-储绳车）——承载车（按运输内容不同分为材料承载车、运人车或重型承载车等）——安全制动车。

三、绳牵引卡轨车运输能力计算

我国近几年研制生产的绳牵引卡轨车，主要是无极绳型式。卡轨方式有内卡、外卡两种方式。轨道有槽钢轨、普通轨和异型轨3种轨型。这几种型式都是由钢丝绳与滚筒之间产生摩擦力而形成牵引能力。

1．绞车牵引力的计算

$$F = T_2 - T_1 = T_1(e^{\mu\alpha} - 1)$$

式中 F——绞车牵引力(kN)；

T_1——绞车松边侧钢丝绳张力，kN；

T_2——绞车紧边侧钢丝绳张力，kN；

μ——绞车滚筒与钢丝绳间摩擦系数，采用P·V·C轮衬取0.3，铸铁轮衬取0.15～0.18；

α——钢丝绳在绳轮上的围包角，rad。

2．绳牵引卡轨车运输能力的计算

$$W = \frac{F}{g(\sin\beta + f\cos\beta)}\eta$$

式中 W——运输能力，t；

F——绞车牵引力，kN；

g——重力加速度，m/s^2；

β——运输线路轨道坡度，(°)；

f——车辆运行阻力系数，取0.03～0.04；

η——综合效率。考虑钢丝绳的运行阻力及轨道质量对车辆运行的影响，取0.6～0.8。

该公式计算出的运输重量中，包括列车牵引储绳车、承载车、安全制动车等车辆的自重。因此在计算实际运载重量时，还应减去上述车辆的自重。

第七节 巷道断面及坡度

使用机车牵引齿轨卡轨车和绳牵引卡轨车的运输巷道断面，必须符合《煤矿安全规程》。巷道断面必须满足行人、运输、通风、安全设施、设备安装、检修和施工的需要。

运输巷道两侧和顶部与运输车辆最突出部分之间的距离不得小于0.3m。一般条件下，双轨运输巷道宽度应大于3.5m，单轨运输巷道宽度应大于2.2m。

巷道高度应根据运输设备外形尺寸确定。如液压支架或其他大型设备等需要巷道高度较大。对一般材料运输巷道高度不应小于2m。

机车牵引齿轨卡轨车运行巷道坡度，应根据牵引能力和列车制动性能来确定，仅靠粘着驱动的轨道运输坡度为

3‰～5‰；机车有胶套轮时粘着运行坡度一般不大于5°，10°以内时应用齿轨驱动运行，设卡轨装置的轨道坡度最大不应超过14°。

绳牵引卡轨车运行巷道坡度一般不应大于20°。

第三章 无轨胶轮车

第一节 概 述

无轨胶轮车是一种以柴油机、蓄电池为动力，不需专门轨道使用胶轮在道路上自由行驶的车辆。这种车辆是在铲运机的基础上演变而来的。柴油机驱动的铲运机早在50年代初期就在北美的金属矿井下应用，以后澳大利亚和南非也大量使用。随着柴油机防爆和排气性能的改善，1959年英国煤矿井下开始使用柴油机胶轮牵引车。到70年代初仅在美国和加拿大就有1000多台柴油机铲运机在非煤矿井中使用，同时在美国煤矿井下也开始使用柴油机胶轮车辆作为工作面煤炭和材料人员运输。以后又发展了蓄电池铲车作为辅助运输之用。1977年英国煤矿开始在开拓掘进巷道作业中直接使用柴油机铲运车运输煤矸。随着长壁综采重型设备的发展，工作面搬家作业费工费时成为提高工效的关键。为解决这一问题，美国英格索兰公司等研制出蓄电池支架铲车（美国布莱克维尔2号井曾利用这种铲车创46小时搬一个工作面液压支架的记录）。英国艾姆科和伽利克公司等研制出柴油机支架铲车。澳大利亚诺依斯公司则制出柴油机重型支架铲车（中国大同矿务局云岗矿曾用这种支架铲车10天搬完1个每架重17吨的120台液压支架的工作面，共用人工约400工班）。目前美国、澳大利亚、南非都有上千台无轨胶轮自行车辆在煤矿井下工作。西欧、独联体近年来都在研制发展这种运输

设备。

一、国外生产的无轨胶轮车性能

国外生产的矿用防爆柴油机无轨胶轮车性能参数见表3-1，国外生产的矿用蓄电池无轨胶轮车性能参数见表3-2。

二、无轨胶轮车的优缺点及适用范围

1）无轨胶轮车辆一般采用绞接车身，前部为牵引车，后部为承载车。这样可以在很小的曲率半径（3～6m左右）内转弯，能够机动灵活地在起伏不平的巷道底板上自由驾驶。机身较低（一般不超过1.5m），矮的不超过1m。使用重型充气或充泡沫塑料轮胎。带有可靠的制动系统，可重载爬坡达12°～14°。行驶速度，蓄电池车一般不超过2.5m/s，柴油机车最大可达4～6m/s。重型的可整运18～27t液压支架，轻型可运输材料人员，最多1车可运25～40人，运煤车可运载14～20t矸石，在20s内自卸。

2）车辆的前端工作机构可以快速更换，即可以在1～2min内，从铲斗换装成铲板、集装箱、散装前卸料斗、侧卸料斗或起底带齿铲斗。还可改为人坐车、救护车、修理车、牵引起吊车等。有的机上还可装设绞车、钻机、锚杆机等实现一机多功用。

3）蓄电池无轨胶轮铲车无排气污染，轻型可以运人运料，重型可运支架设备。在美国的长壁和房柱工作面使用很多。缺点是工作4～5h后需要更换电池充电，这对于运行不经常满载且次数不太频繁的辅助运输作业来说还是适合的。

4）无轨胶轮车一般车体较宽（1.5～3m），行驶中巷道两侧需要有不小于220～300mm间隙，因而需要巷道尺寸较宽，且最好是无棚腿支护，如锚杆支护、锚喷支护或砌碹巷道。底板抗压强度应不小于10～25N/cm²，最好的是砂岩

表 3-1 国外矿用防爆柴油机

性能项目	澳大利亚诺依斯公司	
	Model250	MPV—ME11
柴油机型号	Cat 3306（防爆）	Cat3304（防爆）
柴油机功率 标称（HP）	93(125)	75(100)
柴油机转速（r/min）	2000	2000
起动方式	压风	压风
传动方式	液力变矩器/齿轮 液压泵-马达	液力变矩器/齿轮 液压泵-马达
轮胎规格	14×24×20/14×20×16P	17.5×25×16P
轮胎个数	4（载重车）/2（机车）	4（铰接车身）
制动装置	两套独立操作油浴多盘 闸，液压/弹簧操作	工作及紧急闸，两套盘形 闸装于传动轴上液压操作
最大满载量（t）	27	8
最大速度（km/h）	6.8（满载上坡4.5）	7.2～28.2
重载最大爬坡能力	145（11°20'）	1#2.4（30°）
转弯半径内/外轮(m)	2.9/6.4	3.25/6.35
外形尺寸 长×宽×高(mm)	9864×3400(3300)×1500	7188×2360×1359
车重（t）	16.9	7.6
选装件	充填支车	人车（17～21人）料车 救护车起吊车修理车

无轨胶轮车性能参数表

澳大利亚道米课公司	英国艾姆科公司
MPV—MK11	FSV913C
MWM、916—4、916—6	Cat 3304防爆
46.5　73.5	82（110）
2500	2300
压风或液压	液压/手动
液力变矩器/齿轮液压泵-马达	液力变矩器/齿轮变速箱
12×24×18P/14×20×18P	17.5×25×16P
4（人车整身四轮）	4（叉车为6轮）
油路。盘式。四轮制动弹簧操作	轮装盘式弹簧液压
4.5	5.45（10）
3.5～35	10（15）
2.3/5.2（4.6/8.0整身）	2.75/6.15（45°×2）
6000×2210×1520 （整身7200×2360×1600）	8334×2400×1600 7800×1820×1990
8.1　9.5	12.7
乘人12名、铲斗、运料车	料车铲板、铲斗叉车

性能项目	英　国　艾	
	FSV912D	FSV911C
柴油机型号	MWM－D916—6	
柴油机功率 (kW(HP))	75(100)	44（60)
柴油机转速（r/min)	2500	2300
起动方式	液压/手动	液压/手动
传动方式	液力变矩器/齿轮变速箱	液力变矩器/齿轮变速箱
轮胎规格	17.5×25×16P	
轮胎个数	4（铰接车身）	4
制动装置	轮装盘式弹簧液压	轮装盘式弹簧液压
最大承载量（t)	3.0（7）	2.27（5）
最大速度（km/h)	10（15）	
重载最大爬坡能力		
转弯半径内/外轮(m)	2.67/4.8（45°×2）	
外形尺寸 长×宽×高（mm)	8880×1884×1716	6194×1220×1800
车重（t)	11.9	
选装件	料车、铲斗	料车、铲斗

续表

姆　　科　　公　　司	
913HLC	913BUS
Cat3304　MWM D916/6 MWM D932/48	Cat 3304PC（防爆）
75～112（100—150）	75（100）
2300（2500）	2300
液压/手动	液压/手动
液力变矩器/齿轮变速箱	液力变矩器/齿轮变速箱
25/65×25	445/65～19.5
4	4
轮装盘式弹簧液压	轮装盘式弹簧液压
20（14.6）	30人
1.7（3）	15
纵1:3.5(16°) 横1:8（7°）	纵1:4（14°） 横1:8（7°）
2.4/5.22	2.85/6.45
6290×2280×1944	8763×2002×1880
12.5	12.5
支架运输车	人车30座

性能项目	英国伽利克	
	MP—100	MP150
柴油机型号	D916—62（防爆）	MWM932—6（防爆）
柴油机功率(kW(HP))	70（94）	112
柴油机转速（r/min）	2300	2300
起动方式	液压蓄能	液压蓄能
传动方式	液力变矩器/齿轮	液力变矩器/齿轮
轮胎规格	15.5×25（17.5×25）	17.5×25
轮胎个数	4	4
制动装置	工作及紧急闸用盘式装于四轮液压操作	工作及紧急闸用盘式装于四轮液压操作
最大承载量(t)	15.4	20.6
最大速度（km/h）	12.5/16.6	12
重载最大爬坡能力	16°横7°	15°
转弯半径内/外轮(m)	铰接车身转角2×45°	铰接车身转角2×45°
外形尺寸 长×宽×高（mm）	8830×2200（1880）×1690	8830×2200×1700
车重（t）	15.8	19.2
选装件	铲板、料斗集装箱	铲板、料斗集装箱

续表

公　司	美国英格索兰公司	美国艾姆科公司
L-64D	S 450	935
D916—4	Cat 3304	Cat 3304
44 (60)	75	76
2300	2300	2300
液压蓄能	液压蓄能	液压蓄能
液力变矩器/齿轮	液力变矩器/齿轮	液力变矩器/齿轮
10.00×20	14.50×15×16P	
4	4	4
工作及紧急制用盘式 独于四轮液压操作	油浴盘式四轮闸， 液压操作弹簧制动	油浴盘式四轮闸， 液压操作弹簧制动
2 (6)	4.54 (8)	13.6
6.1～35.4	2.4～11.3	20(2.5)
16°	20°	15°(前8°)
2×35° 宽6350	2.44/5.66 (2×45°)	8.35/5.79
7040×1388×1700	7925×2488 (2184) ×4270	9159×2516×965
7.8	13.6	12.5
铲板、料斗集装箱	平铲斗	平铲斗

性能项目	美国艾姆科公司	美国华格
	936	LST—5S—14X
柴油机型号	Cat 3306	Cat 3306
柴油机功率（kW）	112	112
柴油机转速（r/min）	2300	2300
起动方式	液压蓄能	液压蓄能
传动方式	液力变矩器/齿轮	液力变矩器/齿轮
轮胎规格		
轮胎个数	4	4
制动装置	油浴盘式四轮闸，液压操作弹簧制动	油浴盘式四轮闸，液压操作弹簧制动
最大承载量（t）	18	12.7
最大速度（km/h）	17(1.8)～	13.5（3.3）
重载最大爬坡能力	16°（横8°）	25°/8°
转弯半径内/外轮(m)	3.45/6.56	2.28/6.43
外形尺寸 长×宽×高（mm）	9184×2970×1589	8700×2600×1220
车重（t）	16.5	16.6
选装件	平铲斗	铲斗、铲板

续表

纳 公 司		美国斯皮柯公司
LST—5S—25X	LST—5S—30X	200
Cat 3306	Cat 3306	Cat 3304
112	112	75
2300	2300	2300
液压蓄能	液压蓄能	液压蓄能
液力变矩器/齿轮	液力变矩器/齿轮	液力变矩器/齿轮
4	4	4
油浴盘式四轮闸，液压操作弹簧制动	油浴盘式四轮闸，液压操作弹簧制动	油浴盘式四轮闸，液压操作弹簧制动
22.7	27.2	10
13.5 (2.1)	13.5 (1.8)	
25°/8°	25°/8°	25°/8°
3.3/6.4	3.3/6.4	
9800×2950×1450	9800×2850×1450	9200×2600×1420
36.7	36.7	20
铲斗、铲板	铲斗、铲板	铲斗、铲板

性能项目	美国斯皮柯公司	前苏联
	260	ЕТЛ-3
柴油机型号	Cat 3306	
柴油机功率(kW)	112	57
柴油机转速 (r/min)	2300	
起动方式	液压蓄能	
传动方式	液力变矩器/齿轮	液压传动
轮胎规格		
轮胎个数	4	
制动装置	油浴盘式四轮闸，液压操作弹簧制动	
最大承载量(t)	17	3
最大速度 (km/h)		25 (6)
重载最大爬坡能力	25°/8°	12°
转弯半径内/外轮(m)		17.9
外形尺寸 长×宽×高 (mm)	9200×3330×3320	6760×1990×1460
车重 (t)	27	
选装件	铲斗、铲板	人车 (12座)、铲斗

续表

德国SCHOPF公司		德国GHH公司
T 103	F 66	HFP27
MWMD916—6	MWMD916—4	MWMD916—6
70	45	69
2300	2200	2300
液压蓄能	液压蓄能	液压蓄能
7920×2600×1650	5600×1800×2000	8960×2000×2060
铲斗	铲斗、人车	27座人车

表 3-2 国外矿用蓄电池

项目	美国英格索		
	610	602A	605
最大承载量(t)	20	12	18
铲斗容积 (m^3)	6	3.1	3.1
行走速度 (km/h)	5.05	5.8	5.8
车轮布置	四轮铰接车身	四轮铰接车身	四轮铰接车身
轮胎规格	18L×20×32P	14.5×15×24P	14.5×15×24P
机身高度 (mm)	1422	1060	1321
机身宽度 (mm)	2690	2640	2642
机身长度 (mm)	8949	8260	8196
地隙 (mm)	280/197	279/127	172/254
转弯半径内/外 (m)	4.0/6.81	4.26/7.13	3.88/6.73
制动系统	液压弹簧紧急停车闸	液压弹簧紧急停车闸	液压弹簧紧急停车闸
最大爬坡重车/空车	11.8°/32°	11.8°/32°	11.8°/32°
驱动电机(kW×VDC)	37.5×110	37.5×110	37.5×110
电机(kW)	12×110	12×110	12×110
蓄电池容量 (AH)	1200	900	1200
车重(t)	23.2	18.3	15.5
绞车牵引力 (kN)	155	135	155
选装件	铲斗、绞盘瓦斯监测、灭火器	铲斗、绞盘瓦斯监测、灭火器	铲斗、绞盘瓦斯监测、灭火器

无轨胶轮性能参数表

兰 公 司		英国艾姆科公司
488	482	912CLMS
3.63	2.72	8
8.85	7.72	6
四轮铰接车身	四轮铰接车身	四轮铰接车身
14.5×15×24P	16×10×20P	12.00×24
927/1092	678/889	1600
2743/2438	2896/2438	1560
8052	7709	8920
×238	152	
3.53/6.65	3.28/6.5	8.81/5.87
液压弹簧 紧急停车闸	液压弹簧 紧急停车闸	液压操纵多 片油浴弹簧闸
		14°(横向7°)
		2×18.5×114V
		7.5×114V
		1200 (136kWH)
14.38	11.34	
铲斗、灭火器瓦斯术	铲斗、灭火器瓦斯监测	铲板、铲斗

项　目	美　国　艾　姆		
	DLF—1N	500	582
最大承载量(t)	2.5	3.4	10.0
铲斗容积（m^3）	1.16	2.7	3.4
行走速度(km/h)	3.75/7.5	9.0	6.4
车轮布置	四轮铰接车身	四轮铰接车身	四轮铰接车身
轮胎规格		17.5×10×12 P	14.50×18
机身高度（mm）	686	660	1140
机身宽度（mm）	2000	2540	2640/2430
机身长度（mm）	5700	7880	8100/8230
地隙（mm）	128	152	254
转弯半径内/外（m）			3.8/6.8
制动系统	液压操纵多片油浴弹簧闸	液压操纵多片油浴弹簧闸	液压操纵多片油浴弹簧闸
最大爬坡能力/空车			10°
牵引电机（kW×V·DC）	18.6×96	18.6×128	39×128
电机（kW）	3.7×96	3.7/7.5×128	15×128
蓄电池容量（AH）		495	1200
车重（t）	5.9	12.1	19
铰车牵引力(kN)			
选装件	铲斗、灭火器瓦斯监测	铲斗、灭火器瓦斯监测	绞盘、铲斗、灭火器、瓦斯监测

续表

科　公　司		飞　尔　奇　公　司	
550	585	2684C	3584C
4.0	18.0	3.0	4.0
3.0		2.83	3.68
6.5	6.5	6	
四轮铰接车身	四轮铰接车身	四轮铰接车身	四轮铰接车身
660—724	1295	635	840
2286	2590	2480	2750
7620	9195	7600	8050
170～228	306	152	203
2.85/6.69	3.6/6.8	2.1/6.3	
液压操作油冷盘型闸	液压操作油冷盘型闸		
10"	10"		
24×128	39×128	15×128	30×128
15×128	15×128	7.5×128	11×128
585	1200	560	750
10.9	26.5	10.62	
13.5	13.5		
绞盘、铲斗灭火器、瓦斯监测	绞盘、铲斗灭火器、瓦斯监测	铲斗、灭火器瓦斯监测	铲斗、灭火器瓦斯监测

或砂页岩较完整的底板条件，有淋水时需降低使用坡度，底板较软或破碎时需经常铲平清理，有的甚至需要加打混凝土路面。总之这种车辆虽然不需专设轨道，但对巷道宽度和路面有一定要求，需要有技术熟练的司机驾驶，以确保安全快速地正常运行。

5）无轨胶轮车特别适用于赋存较浅，倾角不大的近水平煤层矿井，最理想的是12°左右斜副井，用这种车从地面到采区直接上下运送人员、材料、设备和矸石。例如可用柴油机无轨胶轮运煤车（如杰弗利公司的410HR）运掘进的煤和矸石，用支架叉车或铲车运送液压支架和大型设备，以多用途自由驾驶车（如诺依斯MPV-MKⅡ或艾姆科FSV913C）运送人员材料，实现井上下一条龙直达运输，从而大大提高全矿井效率。

第二节　内燃机无轨胶轮车

一、DZY—16型支架运输车

1．适用条件

DZY—16型支架运输车可为煤矿井下综采工作面搬运液压支架，具有载重能力大，运行速度快，机动灵活等特点。该车设有活动筋板，可通过工作油缸现场进行装拆，适用于多功能运输，如运送各种机电设备、材料集装箱、液压罐和人员等。

此车适合于巷道底板为较坚硬砂岩、砂页岩的矿井，供采用综合机械化采煤的采区运送液压支架用。该机车由上海交通机械厂制造，河北煤炭科学研究所设计。

2．主要技术参数

柴油机型号	6105FB

额定功率	66kW/2300r/min
驱动系统	液压与机械混合传动
空车重量	10t
最大载重量	16t
最高车速	12km/h
满载最大爬坡	12°
挂钩牵引力	53.92kN
燃油耗	≤258g/kW·h
最小转弯半径	外侧6235mm
	内侧2840mm
外形尺寸	8500×2790×1464mm

3．牵引特性

机车牵引力与车速的关系见表3-3。

从表中可以看出，在某一挡的速度下，随机车阻力的增大，牵引力也相应增大，牵引力的大小一般不影响机车的运行速度。

4．结构（见图3-1）

DZY—16型支架运输车采用静液压机械混合传动，绞接车架全液压动力转向。动力通过分动箱、静液压传动系统、变速箱、驱动桥、轮边减速传给车轮。前车为牵引车，安装有防爆柴油机及大部分液压件，以及安全运行的监控装置，还安置有适于井下使用的驾驶室。后车为承载车，车架基形为U型。对国内煤矿使用的液压支架而言，其外形尺寸不大于ZY35型皆可使用。在后车架前端设置了液压绞车，对拖拉支架极为方便。当在U型车架上安装专用底板及防护板组成车厢时，就可运送人员和物料。

二、WY—2型胶轮运输车

1．适用条件

表 3-3 DZY—16型支架运输车牵引力与车速的关系

牵引力 (kN)		2.45	3.43	4.41	5.39	6.37	8.22	9.36
速度 (km/h)	Ⅱ挡	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
	Ⅰ挡	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06
	Ⅱ挡+半排量	7.61	7.61	7.61	7.61	7.61	7.61	7.61
	Ⅱ挡+全排量	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
	Ⅰ挡+半排量	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36
	Ⅰ挡+全排量	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
牵引力(kN)		11.69	12.99	14.09	15.26	16.70	18.56	20.42
速度 (km/h)	Ⅱ挡	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	13.91	8.90
	Ⅰ挡	7.06	7.06	7.06	7.06	7.01	6.29	5.71
	Ⅱ挡+半排量	7.61	7.61	7.51	7.48	7.31	6.64	6.00
	Ⅱ挡+全排量	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.69	4.67
	Ⅰ挡+半排量	5.36	5.36	5.36	5.36	5.34	5.31	5.29
	Ⅰ挡+全排量	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
牵引力(kN)		22.27	24.13	25.36	27.90	30.44	32.97	35.35
速度 (km/h)	Ⅱ挡							
	Ⅰ挡	5.22	4.81	4.58	4.16	3.81	3.73	
	Ⅱ挡+半排量	5.47	5.08	4.78	4.33	3.96	3.65	3.40
	Ⅱ挡+全排量	4.65	4.63	4.61	4.56	4.14	3.80	3.53
	Ⅰ挡+半排量	5.22	5.07	4.80	4.34	3.94	3.62	3.37
	Ⅰ挡+全排量	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.62	3.54
牵引力(kN)			38.56	41.77	42.75	46.64	50.52	54.66
速度 (km/h)	Ⅱ挡							
	Ⅰ挡							
	Ⅱ挡+半排量	2.70						
	Ⅱ挡+全排量	3.22	2.96	2.69	2.64	2.43	2.25	
	Ⅰ挡+半排量	3.08	2.77	2.53				
	Ⅰ挡+全排量	3.22	2.95	2.87	2.62	2.41	2.22	

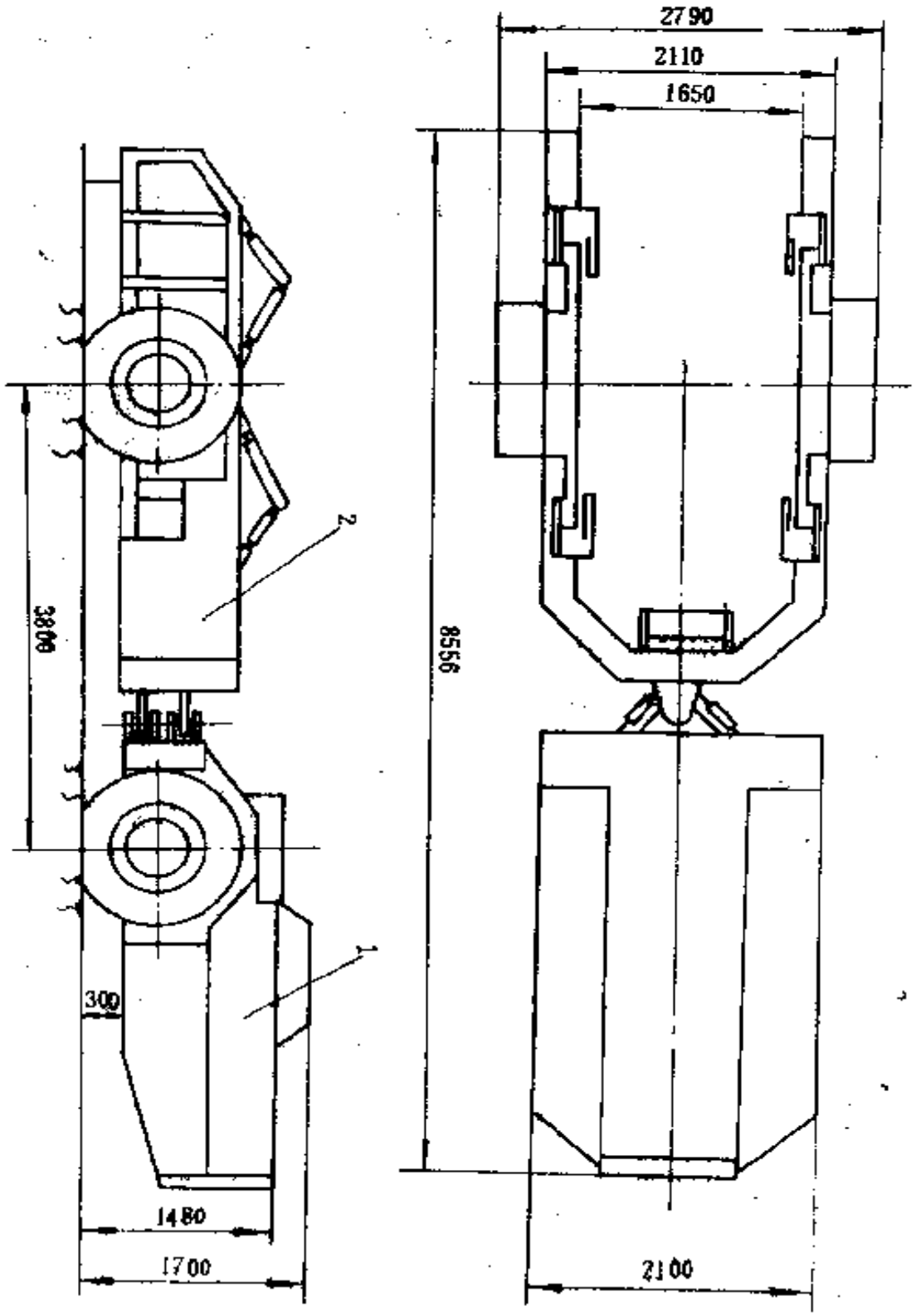


图 3-1 DZY—16型支架运输车

1—动车；2—后车

WY—2 型胶轮运输车适用于赋存较浅，倾角不大的近水平或缓倾斜矿井，巷道坡度在8°以下，巷道底板硬度系数不小于 4，且平整不易风化，积水少。巷道宽度和弯道半径比普通轨机车或单轨吊机车要求宽些。机车与巷帮间隙应大于0.3m。机车运行速度一般不超过15km/h。

WY—2 型胶轮运输车主要用于矿井或采区内的材料、设备和矸石运输，对缓倾斜和近水平煤层开采的小型矿井，也可以作为井下煤炭运输的承载车，对斜井开拓的小型矿井，还可以实现井上下机车运输。

该机车由河北煤研所研究设计，太原东风机械厂制造。

2．主要技术参数

柴油机型号	295FB
额定功率	15kW/2000r/min
驱动方式	液压(四轮驱动)
空车重量	4.6t
最大载重量	2t
最高车速	12km/h
最大爬坡度	8°
最小转弯半径	外侧5.7m
燃油耗	≤287g/kW·h
外形尺寸	5986×1500×1700mm

3．牵引特性

WY—2型胶轮运输车牵引特性及特性曲线见 图3-2和表3-4。

4．结构（见图3-3）

WY—2型胶轮运输车采用铰接车架、液压转向、双向驾驶、全液压传动、四轮驱动。前车为牵引车，后车为自卸式承载车。

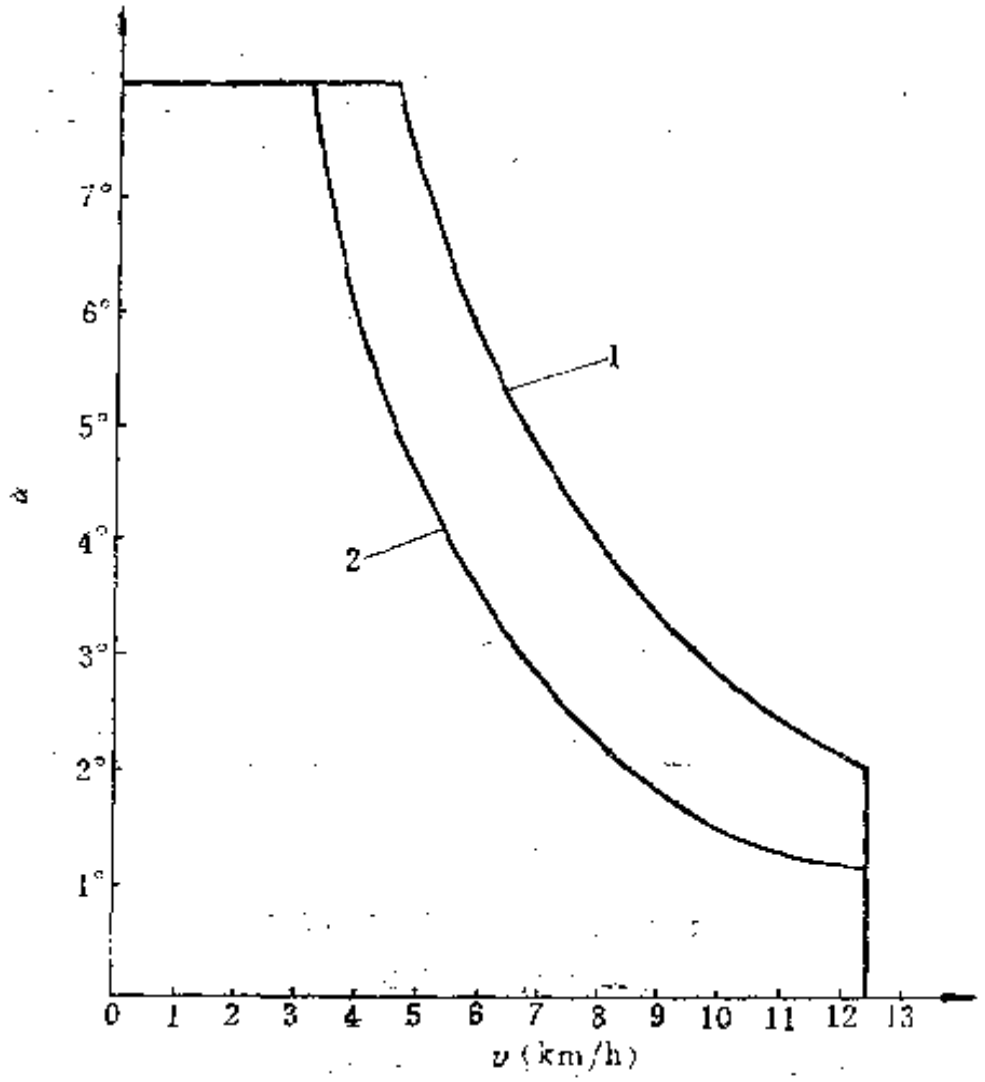


图 3-2 WY—2型胶轮运输车牵引特性曲线

1—空车；2—载重2t

表 3-4 WY—2型胶轮运输车牵引速度表 (km/h)

坡度	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
空载	12.5	12.5	12.5	9.61	7.85	6.63	5.74	5.07	4.54
载重2t	12.5	12.5	8.69	6.74	5.50	4.64	4.02	3.55	3.16

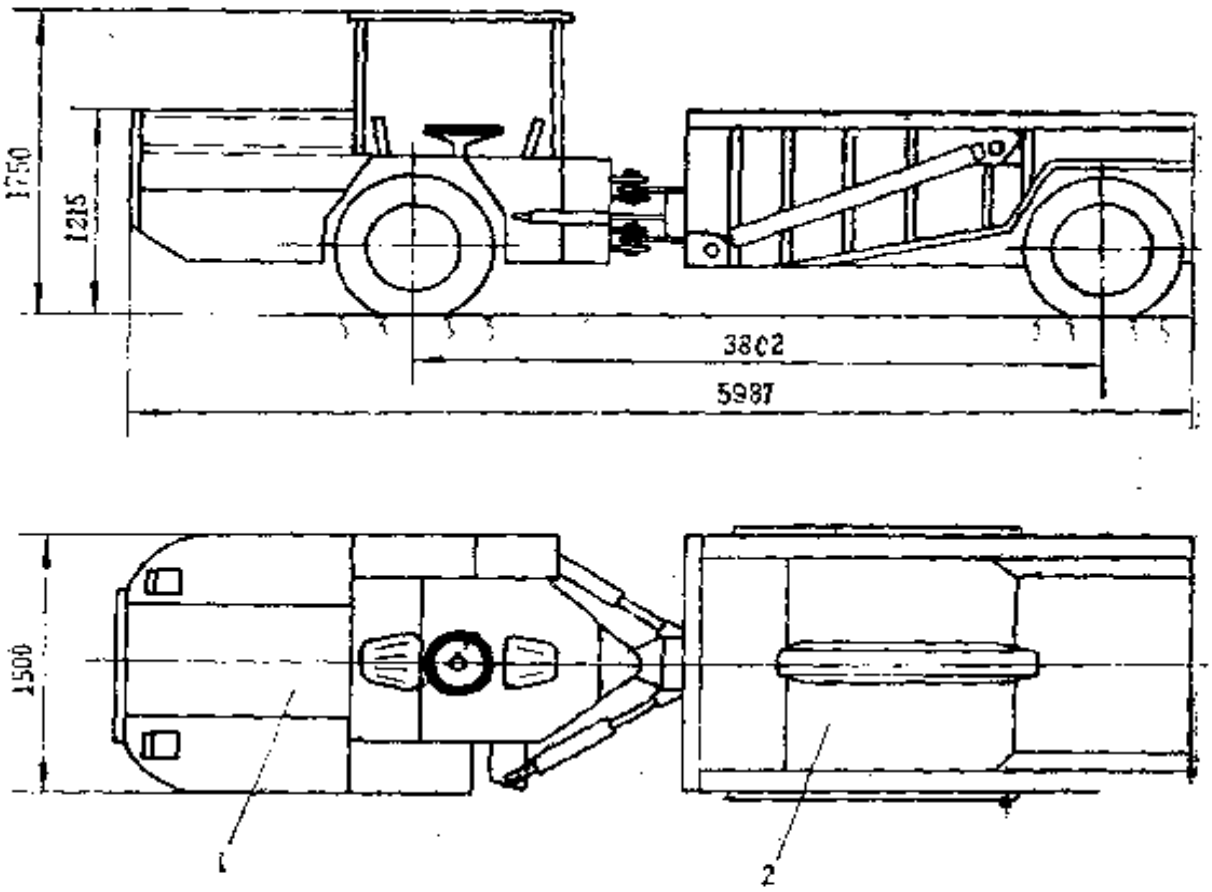


图 3-3 WY—2型胶轮运输车

1—前车，2—后车

该机车采用防爆低污染柴油机为动力，由液压主泵通过液压管路驱动装在前后车轮上的4个低速大扭矩马达，路面坡度小时仅以前轮或后轮两轮驱动，上坡重载或路面起伏较大时用 4 轮驱动。全液压传动系统由主回路和补油回路两部分组成。主回路中，手动伺服变量泵排出的高压油经主管路供给轮边上的 4 个低速大扭矩马达，马达带动车轮产生牵引力。马达排出的低压油经油管回到变量泵的进油口，从而形成一个全液压闭式系统。

三、WY—3型胶轮运输车

1、适用条件

WY—3型胶轮运输车，是在WY—2 型胶轮运输车基础上产生的又一种全液压无轨车辆，适用条件和主要结构与WY—2型基本相同，主要作为矿井或采区内的材料、设备和矸石运输车，机动灵活、装卸方便、不用铺设轨道，适应起伏不平巷道，速度较快，爬坡能力较强。

2．主要技术参数

柴油机型号	NJ385FB
额定功率	17kW/230r/min
驱动方式	液压（四轮或两轮驱动）
制动装置	液压马达带制动
空车重量	4.2t
最大载重量	3t
最高车速	10km/h
最大爬坡度	8°
最小转弯半径	外侧5.9m
燃油耗	≤288g/kW·h
外形尺寸	6550×1550×1700mm
车身联接	铰接

四、多用途矿车

1．适用条件

该车分为CY—20和CY—4两种型号，主要用于煤矿井下综采工作面搬运液压支架，也可在巷道掘进中运送设备、矸石、材料和清理巷道。车架安装上专用底板和护板可组成车箱，可运送其他设备、材料、人员。

此车适合于巷道底板较坚硬的煤层、砂页岩的矿井，供采用综合机械化采煤的采区运送液压支架、材料和设备。

2．主要技术参数

柴油机型式	6105FB
额定功率	66kW/2300r/min
燃油耗	≤258g/kW·h
排放指标	CO<1000ppm；NO_x<800ppm
最高车速	15km/h
适应最大坡度	14°
最小转弯半径	外侧5700mm
	内侧2600mm
牵引力	60kN
空车重量	20t (CY—20)
	7t (CY—4)
最大载重量	20t (CY—20)
外形尺寸	8900×2700×1700 (CY—20) (mm)
	8900×2100×1700 (CY—4) (mm)
驱动系统	液压、机械混合传动

表 3-5 CY—20多用途铲车牵引力与速度关系表

〔单位：V(km/h)，P(kN)〕

Ⅰ挡	P_1	174.3	168	156.6	147.9	130.9	115.6	95.5	76.5	0
	V_1	0	0.324	0.640	0.797	1.041	1.240	1.464	1.586	1.817
Ⅱ挡	P_2	91.3	88.4	82.0	77.4	68.5	60.6	50.0	40.1	0
	V_2	0	0.626	1.234	1.537	2.008	2.391	2.825	3.059	3.505
Ⅲ挡	P_3	41.3	40	37.1	35.0	31.0	27.4	22.6	18.1	0
	V_3	0	1.399	2.759	3.435	4.488	5.344	6.313	6.838	7.834
Ⅳ挡	P_4	84.4	81.7	75.8	71.6	63.3	56.0	46.2	37.0	0
	V_4	0	0.677	1.336	1.663	2.173	2.587	3.056	3.310	3.801
Ⅴ挡	P_5	44.2	42.8	39.7	37.5	33.2	29.4	24.2	19.4	0
	V_5	0	1.306	2.576	3.207	4.191	4.990	5.894	6.384	7.313
Ⅵ挡	P_6	20.1	19.4	18.0	17.0	15.1	13.3	11.0	8.8	0
	V_6	0	2.909	5.737	7.143	9.334	11.113	13.128	14.219	16.289

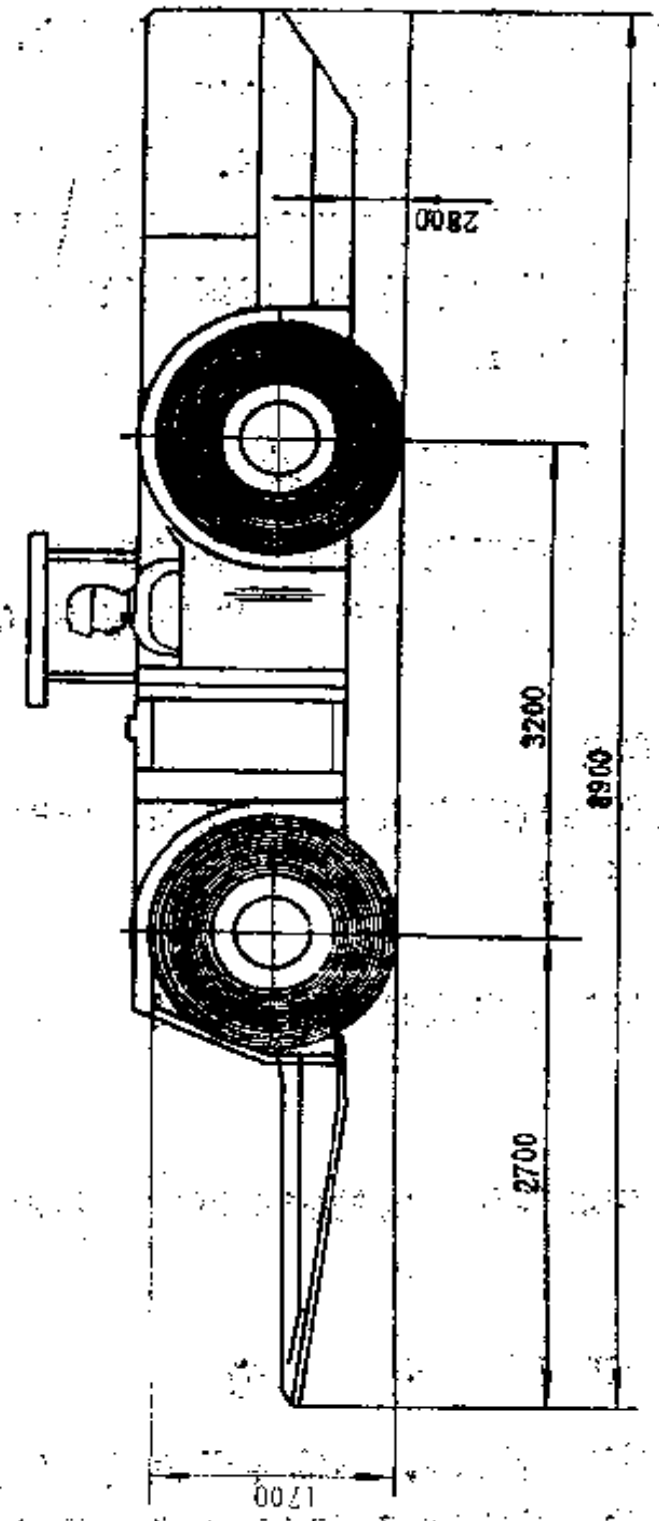


图 3-4 CY—20多用途矿车

3。牵引特性（见表3-5）

4。结构

CY—20型铲车采用液力机械传动，四轮驱动，侧向驾驶，由过桥箱、变矩器、变速箱和驱动桥组成传动系统。前车设有快速换装的铲运装置和液压铰车，更换不同的铲斗可达到铲运重型设备、散装材料、矸石和清理巷道的目的。采用塑料泡沫或橡胶充填的实芯轮胎。以增加承载能力和提高抗磨能力。其结构见图3-4。

第三节 配套设备

目前国内还没有进行无轨车配套设备的研制，在这里也不可能提出具体的技术参数，仅作一些简要的介绍以作参考。

一、U型支架车斗

该车斗挂在支架运输车主机后运输支架，同时也可用作材料车（装上活动底盘）。

二、人车

该车可由支架运输车主机带动用作人员运输，分为16人座和30人座。

三、铲斗

由多用途铲车带动各种不同的铲斗可实现各种材料的运输及巷道清理。

第四节 巷 道

无轨胶轮车具有运行灵活，不需专用轨道等优点。但是正因为没有固定轨道，对巷道宽度有较明确的要求，并且巷道最好是锚喷等形式的无棚腿支护，巷道底板条件要好。

一、行车间隙

根据设计要求及参考国外资料确定无轨胶轮车的行车间隙。

1）该车最突出部分距巷道壁的间隙为：

（1）在非行人侧，从巷道底面起1.6m的高度内必须留有不小于0.3m的间距；

（2）在行人侧，从巷道底面起1.6m的高度内必须留有不小于0.8m的间距；

（3）双线两车最突出部分之间的间隙不应小于0.4m。

2）该车最高部分距巷顶的最小距离应不小于0.3m。

二、路面铺设

无轨车对巷道要求平直，路面要平整，根据巷道的使用期限和其它因素分别采用永久路面和临时路面两种。

1．永久路面

对于开拓巷道等服务年限长的巷道，因其利用率高，时间长应铺设永久路面。它包括：

（1）混凝土路面：根据腐板材质，自然强度的大小适当地选用混凝土可筑成坚硬的底板，由于路面过硬，只适用于稳定的巷道而不适用于底鼓的巷道。

（2）沥青路面，可适用于某种限度的底鼓巷道。

（3）石膏石灰路面，对粘土质的巷道很有效。

对于巷道底板比较坚硬稳定，可以只加以平整、不需要再作铺设。

2．临时路面

对于回采巷道和部分采区巷道，因其服务时间短，可采用临时路面以降低费用。它包括碎石路面和平整压实自然地板等。这种路面是由原来路面铲掉150～200mm厚，然后用

铲掉的碎石块重铺，再压成新的巷道路面。

对于利用时间更短的路面，如工作面搬家以及不断变动的线路，可用塑料板、橡胶板、网纹板等，作业完后可回收70%。

三、巷道坡度

巷道坡度要根据机车的技术要求和其载重量具体计算，按现有的无轨车性能一般不超过12°，最大也不应大于14°。

第五节　车辆编组及牵引力与防滑计算

一、人员运输车辆的编组

将支架车的U型车斗换上人车盘，即可作为人员运输。根据运输量不同，有16人车盘和30人车盘2种，每辆1个车盘。需要的牵引力为：

$$F=(m_0+pm_1)(\sin\alpha+f\cos\alpha)\cdot g$$

式中　F——牵引力，N；

m_0——运人车辆的质量，kg；

g——重力加速度，m/s^2；

m_1——人体的质量，kg；

p——每车乘坐人员数，个；

α——车辆运行线路的坡度，(°)；

f——车辆与路面滚动摩擦系数。f取0.01～0.035，一般混凝土和沥青路面取0.01～0.012，处理后的碎石路面取0.012～0.02，碎石、砂石路面取0.015～0.025，泥土和砂路面取0.02～0.035。

根据牵引力大小，可查牵引平衡表确定车辆运行速度v。

这样车辆在该运输段的运行时间

$$T = K\frac{L}{v} + S$$

式中 K——车辆运行不平衡系数，取1.1～1.2；

L——运输区间单程长度，m；

S——上、下人员时间，s；

T——运行时间，s。

根据每辆车的运输人员数及维修保养有关规定的系数，确定该车所需的数量，保证在高峰期内，以规定的时间和车辆数量运送完井下人员。

二、材料(包括支架)运输车辆的编组

支架车和多用途铲车均可作为材料车进行长材和短材等的运输。当支架车运送支架时一般只拉一架支架。车辆需要的牵引力为：

$$F = (m_0 + m)(\sin\alpha + f\cos\alpha)\cdot g$$

式中 m_0——机车质量，kg；

m——每辆车所载质量，kg；

α——车辆运行线路坡度，(°)；

f——车辆与路面滚动摩擦系数；

F——牵引力，N。

根据牵引力大小，可查牵引平衡表确定车辆运行速度 v。

则车辆在该段的运行时间

$$T = K\frac{L}{v} + S$$

式中 K——车辆运行不平衡系数；

S——装卸载时间，s。

再根据工作地点材料的运输量确定材料车的数量。

综合人员和材料车的数量可确定该运输段的车辆数目。

三、牵引力计算

1．人员运输

车辆所需的最大牵引力

$$F_m = (m_0 + pm_1)(\sin\alpha + f \cdot \cos\alpha) \cdot g$$

式中 α——车辆运输段的最大坡度。

其它参数与车辆编组相同。

计算出的F_m必须小于机车所具有的最大牵引力。

2．材料运输

车辆所需的最大牵引力

$$F_m = (m_0 + m_m)(\sin\alpha + f \cdot \cos\alpha) \cdot g$$

式中 α——车辆运输段的最大坡度，(°)；

m_0——车辆的质量，kg；

m_m——车辆最大所载质量，kg。

计算出的F_m必须小于机车所具有的最大牵引力。

四、防滑计算

车辆的下滑力 $F_滑 = m\sin\alpha \cdot g$

车辆的摩擦力 $F_摩 = m \cdot f_摩 \cdot \cos\alpha \cdot g$

式中 m——车辆的总重量，kg；

α——运输段的最大坡度，(°)；

$f_摩$——车胎与路面的滑动摩擦系数，一般取0.6～0.8。

制动时，要求安全系数大于2，即$F_摩/F_滑 > 2$。

第四章　胶套轮机车

第一节　概　　述

胶套轮机车系统是在使用普通钢轨的基础上，将机车的钢轮套上一个胶质圈套作轮缘踏面，这样可以显著增加车轮与钢轨间的粘着系数，同时在机车制动系统中，加装新型制动闸，以有效地加大机车牵引能力和制动能力，使之能安全可靠地在起伏不平的巷道中运行。这种机车由英国克莱顿（Clayton）公司于60年代初期首创，称为“马驹”（Pony）机车，1968年在英国莱哈尔矿井试用了2.5t蓄电池胶套轮机车取得成功。随后1972年又研制出3.5t胶套轮蓄电池机车，可在1/10坡度（约5.7°）巷道牵引3.5t列车，并且受到广泛欢迎和迅速推广。以后克莱顿公司和英国贝考瑞特公司陆续生产出4t和10t蓄电池胶套轮机车，目前在英国已有40多个煤矿使用3140多台。英国安全健康委员会批准这种胶套轮机车可在不大于1/10的坡度上使用。英国生产的胶套轮蓄电池机车和性能参数见表4-1。

胶套轮蓄电池机车的优缺点和适用范围

（1）胶套轮机车是靠自重与胶轮的粘着力牵引和制动的，因而在上下坡道时直接受到机车自重的制约，再加上普通钢轨轨面较窄，胶轮比压有限，因而这种机车只能适用于5°以下轨道。但由于它结构紧凑，尺寸较小，不需改装普通轨道，可以机动灵活地使用在沿煤层掘进的起伏不平的巷

表 4-1 英国胶套轮蓄电池

国别厂家			英国NEI-clayton				
型号			CRT3$\frac{1}{2}$/4				
性能项目	机车重量(t)		4.2				
	电机功率，小时制(kW)		9			13	
	蓄电池	电压(DC、V)	(36组)			(57组)	
		容量	72 23kWh			114 25kWh	
		放电时间(h)	5			5	
	最大牵引力(kN)		20.5				
	牵引力（小时制）(kN)		8.1			8.1	
	牵引速度（小时制）(km/h)		3			4.8	
	牵引能力	最大坡度(高/长)	1/10,	1/12,	1/15,	1/15,	1/30,
		牵引重量(t)	4	5.5	7	11	23
	轮轴形式		二轴四轮（带闸鼓）				
	传动系统		正齿轮及伞齿差速传动各轮				
	转弯半径(m)		4				
	制动系统	工作闸	控制手把反向电制动				
		紧急制动	弹簧/电磁、盘式闸、超速动作				
		停车闸	手轮螺杆控制各轮闸瓦				
	轨距(mm)		502--914				
	机车长×宽×高(mm		3030×1016×1600(1220				
	控制系统		可控硅脉冲调速及制动				
	安全装置		撒沙、灭火、照明、警笛、速度里程表、检漏指示灯、过载保护				

道，是比较理想的掘进配套运输设备。也可以做为大巷和上下山齿轨机车系统的接力延伸系统。

机车性能参数表

英国NEI-clayton	英国Becorite	英国Becorite
BL065	BRT1814	BRT50/10
10 2×18.7	4 13(1180r/min)	10 2×18.7(2000r/min)
114 50kWh	114(57组) 219Ah	114(57组) 83.2kWh
50 20 6.26	20 8.23 5	50 10.45 11.4(最大16)
4/10,1/11,1/12,1/13,1/14 9.4 11 12.8 14.6 16.3		
四轴八轮（带闸鼓） 正齿轮及伞齿差速传动各轮 6	二轴四轮（带闸鼓） 蜗轮及差速箱传动各轮 4	四轴八轮 蜗轮及差速箱传动各轮 6
控制手把反向电制动 弹簧/风动、盘式制、超速动作 风动闸	控制手把动力制动 弹簧盘式闸 手轮螺杆控制各轮闸瓦	压风操作各轮闸瓦 弹簧盘式闸 风动闸
610—914 7584×1220×1600 可控硅脉冲调速及制动 撒沙、灭火、照明、警笛、速度里程表、检漏指示灯、过载保护	604—914 2880×1120×1606 可控硅脉冲调速及制动（并带微机监控诊断）	604—914 5660×1120×1825 可控硅脉冲调速及制动（并带微机监控诊断）

（2）轨道运行关键是制动可靠性，这种机车按规程也需装有工作、紧急和停车三套制动系统，除在车轮上的闸瓦

表 4-2 我国生产的胶套轮机车主要参数表

研制单位		河北煤炭科学研究所 长沙重型机械厂	河北煤炭科学研究所 山西平遥工矿电机厂	煤科总院上海分院 六盘水煤矿机械厂	河北煤炭科学研究所 徐州煤矿机械厂
型号		JX18KBJ	XKJ5—6/90	CDJ616	XKJ5--6/96
性能项目	牵引方式	内燃机	蓄电池	蓄电池	蓄电池
	机车重量(t)	4.5	5	6	5
	小时电功率或柴油机功率(kW)	18	7.5×2	12.5×2	10×2
	电源电压(V)		90	120	96
	最大牵引力(kN)	18	20	18	
	小时制牵引力(kN)		11	10.5	12
	牵引速度(km/h)	Ⅰ挡 3 Ⅱ挡 5 Ⅲ挡 7	4.5(小时制)	7(小时制)	5(小时制)
	牵引最大坡度	5.7°	5.7°	5.7°	5.7°
	最小转弯半径(m)	水平，7，垂直，15	水平7，垂直10	水平6.5，垂直34	水平7，垂直12
	轨距(mm)	600，900	600，900	600(762，900)	600，900
	外形尺寸(长×宽×高)(mm)	适用600，900轨距分别是 3280×1040×1600 3280×1360×1600	适用600，900轨距分别是 3470×1060×1600 3670×1360×1600	4000×1042×1550	3340×1060×1600
	传动型式	机械拨叉式传动	机械三级传动调速	机械传动	锥正二级＋差速器
	制动系统 工作闸	工作制动油缸	盘式涨闸、制动器4	控制手把	机械轮式
	制动系统 紧急制动	轨道制动	组液压，弹簧长效制	轨道制动	轨道制动
	制动系统 停车闸	控制各轮闸瓦	动与紧急制动闸共用	机械轮式	机械轮式

外，还在直流电机传动系统中装一套电磁弹簧动作的盘形闸。闸瓦可由丝杠式压风操作，还可通过压风管路操作所牵引列车（如人车）上的制动闸。工作闸常用可控硅脉冲控制直流电机调速和制动。

（3）胶套轮机车的关键部件和薄弱环节是胶轮套，要求它既有高的摩擦系数（一般干净轨道应大于0.45）又要有较大比压（不小于50MPa）并具有阻燃抗静电性能。还要耐磨耐用，目前英国产品可达一年寿命。并在结构上要求与钢轮毂既能牢固联结，又能便于拆换。

（4）目前国外胶套轮机车只有蓄电池直流电机驱动的，能力较小、效率较低，需经常充电、维修量和费用较高。

我国从80年代开始研制胶套轮机车，发展很快。从牵引方式上可分为柴油机胶套轮机车和蓄电池胶套轮机车。目前我国生产的胶套轮机车主要参数见表4-2。

第二节　柴油机胶套轮机车（JX18KB型）

1．适用条件

JX18KBJ型防爆柴油机胶套轮机车，主要适用于有沼气及煤尘爆炸危险的矿井，可以在坡度小于5.7°的煤层巷道掘进、普采和综采工作面中，做为辅助运输的牵引机车，用来运输机电设备、支护材料、矸石和人员等，也可以做为坡度小于5.7°起伏不平的大巷运输牵引机车。

适应巷道断面尺寸不得小于2×1.8m。

2．机车主要技术参数

整机重量	4.5t
轨距	600，900mm

轨道	22kg/m普通轨
轮径	φ450mm
轴距	900mm
最大粘着牵引力	18kN
运行速度：Ⅰ挡	3km/h
Ⅱ挡	5km/h
Ⅲ挡	7km/h
最大适应坡度	1/10 (5.7°)
水平转弯半径	7m
垂直转弯半径	15m
车钩高度	320mm
外形尺寸：	
600轨距	3280×1040×1600mm

表 4-3 不同坡度机车牵引吨位表

坡度	牵引重量(t)		
	Ⅰ挡	Ⅱ挡	Ⅲ挡
	3(km/h)	5(km/h)	7(km/h)
0	96	54	37
5‰	74	41	28
10‰	60	33	22
15‰	50	27	18
20‰	43	23	15
30‰	33	17	11
40‰	26	13	8
50‰	22	11	6
3°	21	10	5
4°	16	7	4
5°	12	5	3
5.71°	10	4	2

注：牵引重量系指除机车本身重量外的牵引物重。

900轨距	5280×1360×1600mm
柴油机型号	2105FB
柴油机功率	18kW
系统压力	5MPa
传动方式	机械
驱动方式	胶套轮
起动方式	液压
制动类型	工作制动，停车制动，紧急制动
工作制动力	17.65kN
停车制动力	20.84kN
紧急制动力	30kN

JX18KBJ型防爆柴油机胶套轮机车牵引特性曲线见图4-1。

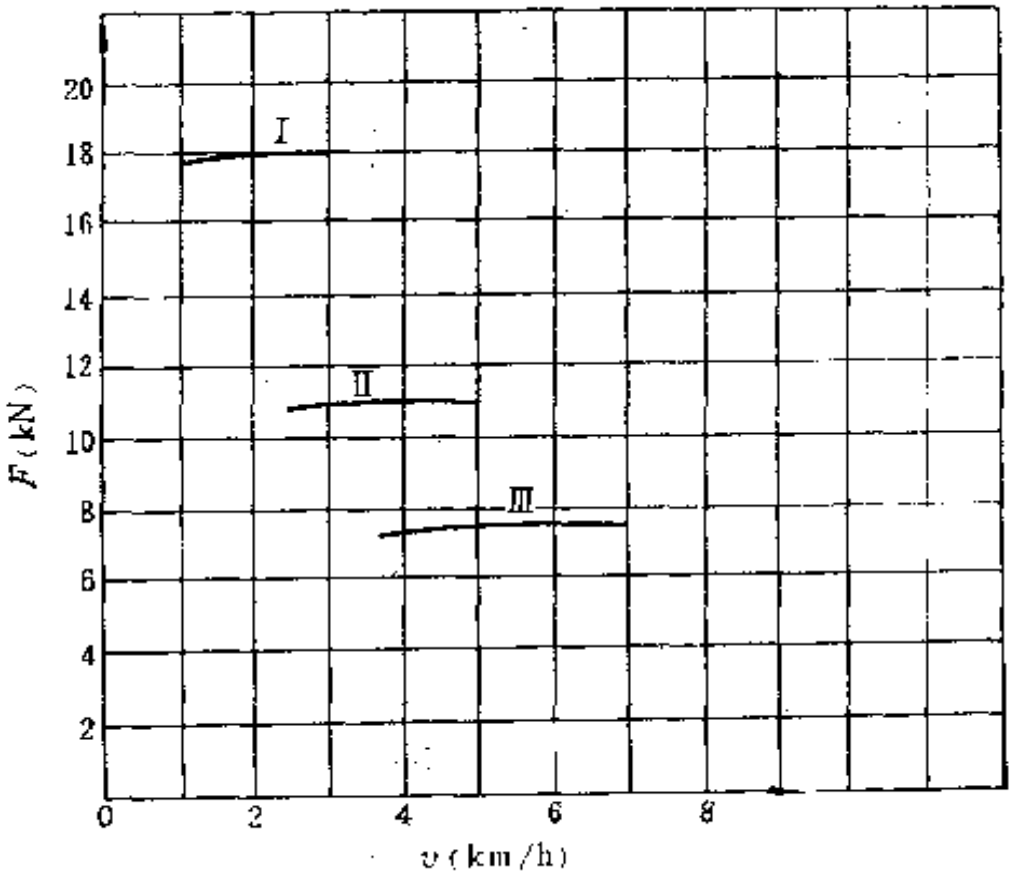


图 4-1 牵引特性曲线

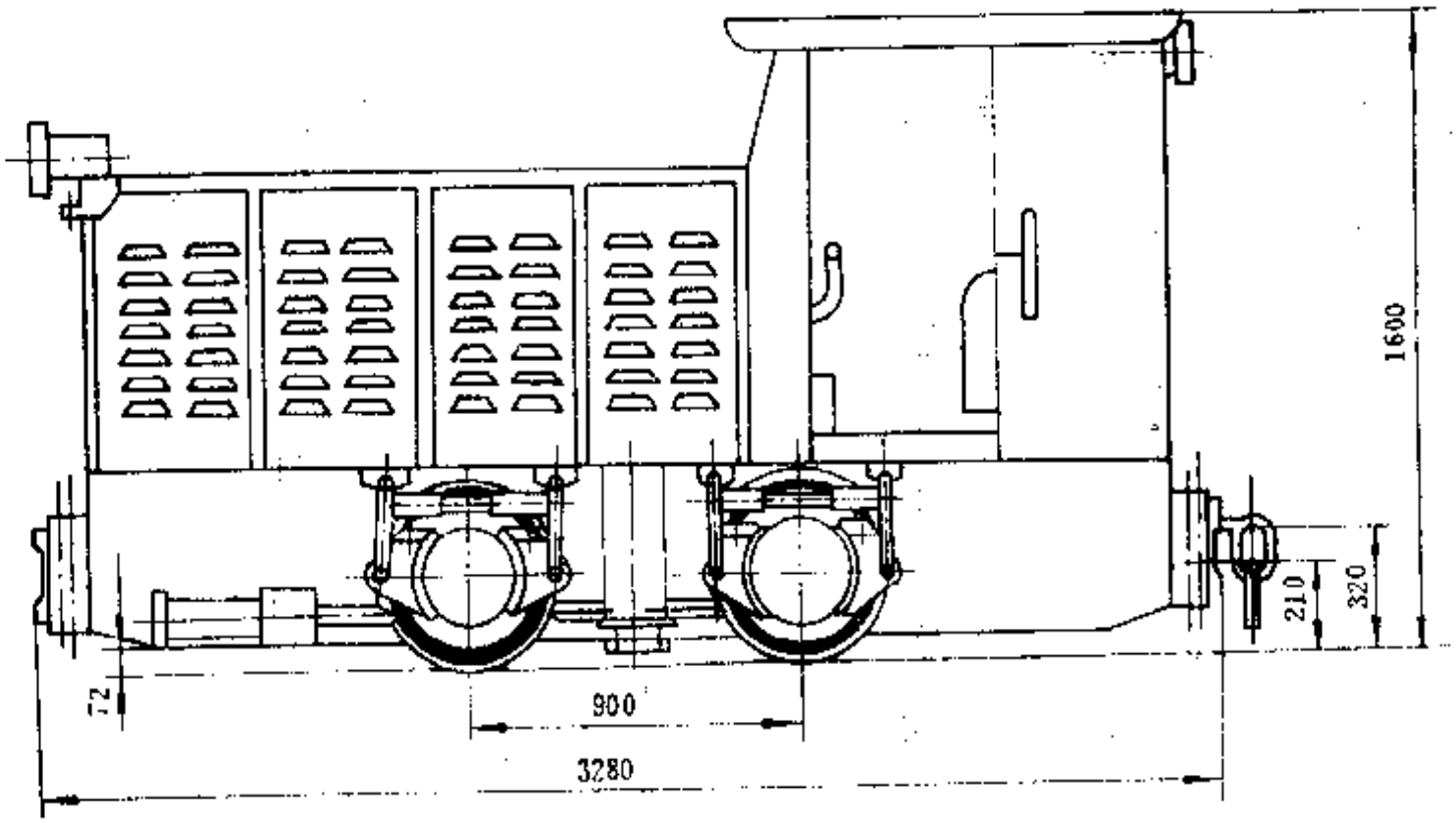


图 4-2　JX18KBJ型防爆低污染内燃机胶套轮机车

在不同坡度不同速度下的牵引能力如见表4-3。

3. 结构特点

JX18KBJ型机车由河北煤研所研究设计，长沙重型机械厂制造。JX18KBJ型防爆内燃机胶套轮机车由车体、动力装置、变速箱、换向箱、行走装置、工作制动装置、轨道制动、液压控制系统、电气系统和司机室等10个部分组成。具有体积小、结构紧凑、操作方便，安全可靠等特点。机车外形结构见图4-2。

第三节　蓄电池胶套轮机车

一、XKJ5—6/90防爆特殊型蓄电池胶套轮机车

1. 适用条件

XKJ5—6/90防爆特殊型蓄电池胶套轮机车主要适用于含有沼气及煤尘爆炸危险的矿井，可以在坡度小于5.7°，有沼气突出的综掘、炮掘巷道以及普采、综采工作面的普通轨运输系统中，做为辅助运输的牵引机车，用来运输设备、支护材料、矸石及人员等。也可作为坡度小于5.7°起伏不平的大巷运输牵引机车。

适应巷道断面尺寸不得小于2×1.8m。

2. 主要技术参数

整机重量	5t
轮对粘着质量	2.5×2t
轨距	600、900mm
轴距	950mm
轮径	φ500mm
最小水平弯道半径	7 m
最小垂直弯道半径	10m

外形尺寸	
600轨距	3470×1060×1600mm
900轨距	3670×1360×1600mm
最大牵引力（加速及短距离）	20kN
小时制牵引力	11kN
小时制速度	4.5km/h
长时制速度	6.8km/h
粘着系数（干燥轨道面）	≥0.4
牵引高度	320、430mm
最大适应坡度	5.7°(1/10)
电机功率	7.5×2kW
传动型式	机械三级调速
工作制动力	16kN
工作制动方式	盘式涨闸制动器4组
紧急制动方式	液压弹簧长效制动
紧急制动力	17.5kN
停车制动	司机操作控制与紧急制动闸共用
隔爆型电源装置	
电压	90V
外形尺寸	1492×1000×643mm
重量	1350kg
特殊型蓄电池	
电压	2V/个
个数	45个
容量5h功率	385Ah
隔爆直流牵引电动机	ZQ—8B型
额定功率	7.5kW

机车牵引特性曲线如图4-3。

机车在不同坡度、不同速度时牵引重量见表4-4。

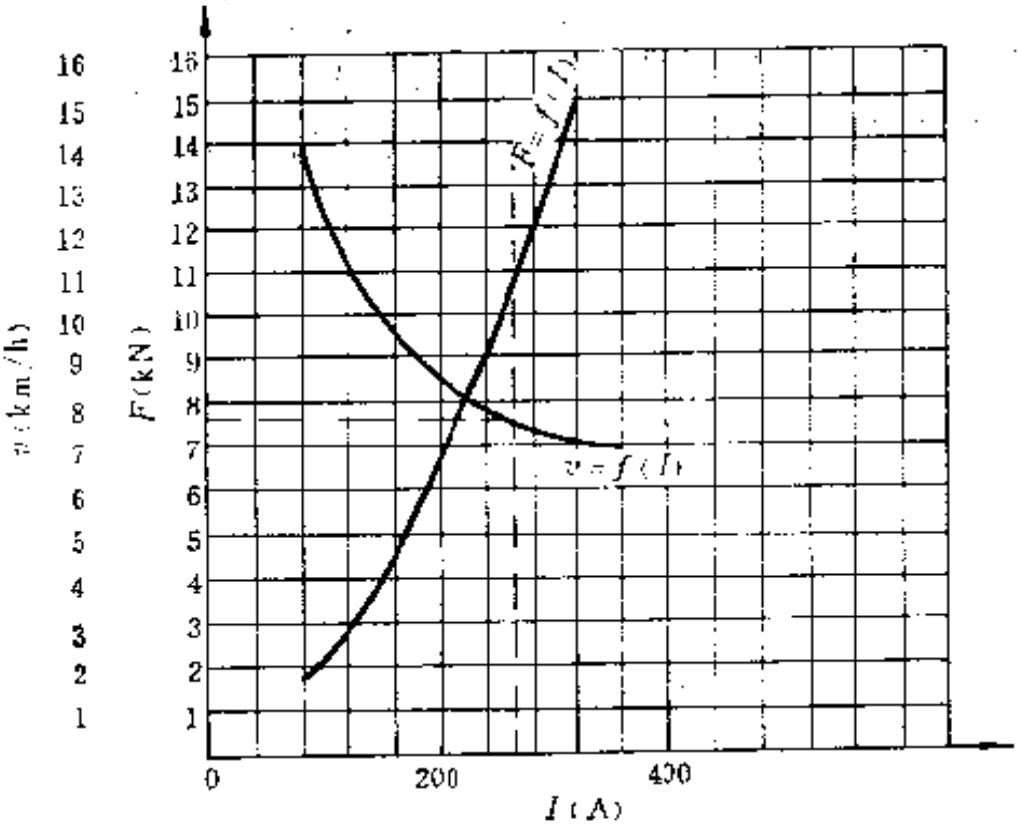


图 4-3 牵引特性曲线

表 4-4 XKJ5—6/90型机车在不同坡度下的牵引重量表

牵引工况	机车速度 (km/h)	机车电流 (A)	不同坡度牵引重量(t)							
			3‰	15‰	30‰	50‰	1/15	1/12	1/10	1/8
半小时制	3.6	340	108	63	40	26	20	16	12	10
小时制	4.5	222	101	45	25	15	10	7	5	—
长时制	6.8	90	24	9	—	—	—	—	—	—

3. 结构特点

XKJ5—6/90型防爆特殊型蓄电池胶套轮机车，由机械和电气两大部分组成。主要有车架装置、走行装置、工作制动装置、紧急制动装置、顶棚装置、缓冲器装置、液压控制系

统、电源装置、司机控制器、牵引电动机、插销连接器和照明灯等部分组成。机车外形结构见图4-4。该机车由河北煤研所研究设计，山西平遥工矿电机厂制造，现处在样机制造阶段。

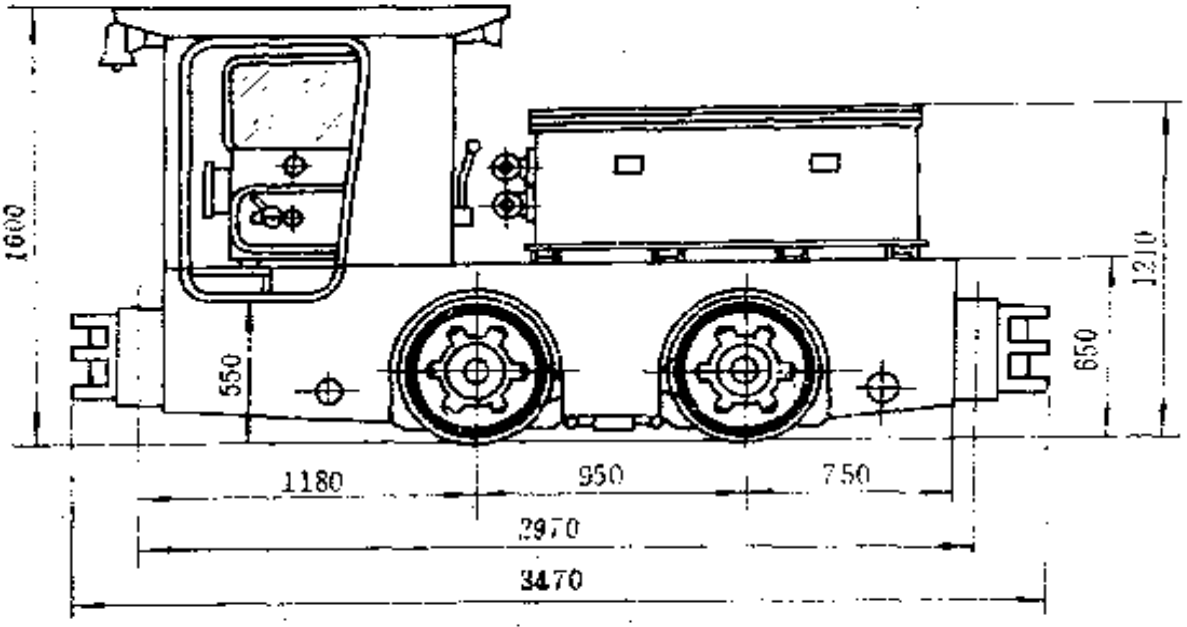


图 4-4 XKJ5—6/90型防爆特殊型蓄电池式胶套轮机车

二、CDJ6/6防爆特殊型胶套轮蓄电池机车

1．适用条件

CDJ6/6型煤矿防爆胶套轮电机车，主要适用于坡度在5.7°以下的起伏巷道中运输煤、矸石、材料、设备和人员。可以代替小绞车牵引矿车，也可用于井下大巷、采区平巷牵引矿车或编组列车，扩大了电机车的使用范围。取代对拉绞车牵引矿车运输时，其优越性更为突出。能够改变部分多台小绞车接力间断运输的落后状况，实现水平巷道和倾斜巷道牵引车辆的单一化。不仅节省多台设备、材料损耗、维护人员，而且能改善生产工艺和劳动组织，提高工效，实现安全连续运输，具有明显的经济效益和社会效益，是比较理想的

辅助运输设备之一。

适应巷道断面尺寸不得小于2×1.8m。

2. 主要技术参数

粘着重量	6t
小时牵引力	10.48kN
小时速度	7km/h
最大牵引力	18kN
牵引高度	320mm
轨距	600（762、900）mm
水平最小曲率半径	6.5m
垂直最小曲率半径	34m
爬坡能力（最大坡度）	5.7°
牵引电机功率	2×12.5kW
防爆特殊型电源装置电压	120V
外形尺寸	4000×1042×1550mm

牵引特性曲线见图4-5。

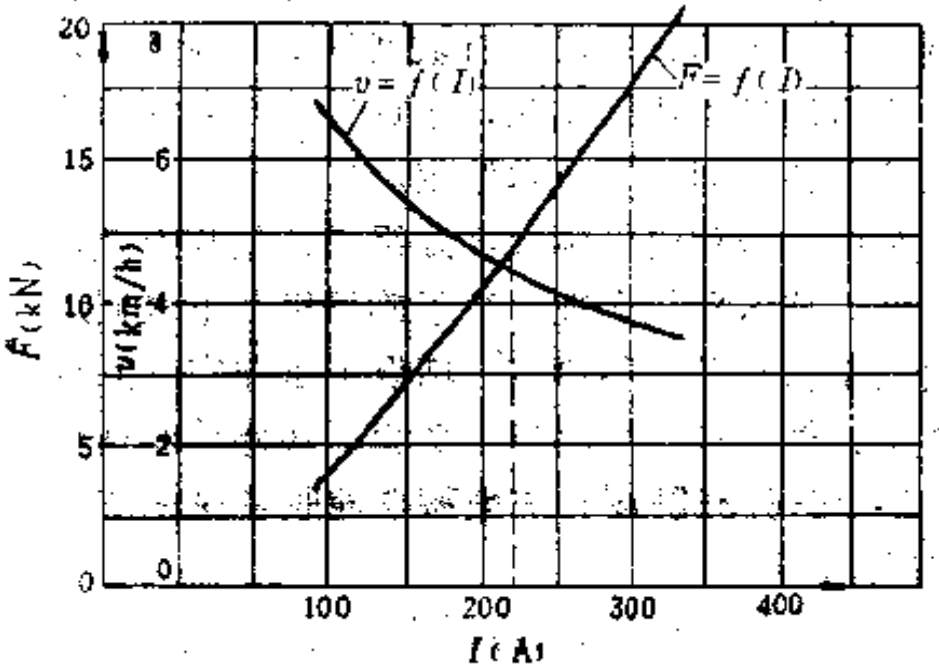


图 4-5 CDJ6/6型牵引特性曲线

不同坡度牵引吨位见表4-5。

表 4-5 不同坡度牵引吨位表

坡　度	牵引重量(t)
i=10‰(1:10)	6
i=83.3‰(1:12)	8
i=66.7‰(1:15)	11
i=50‰(1:20)	12
i=33.3‰(1:30)	13
i=25‰(1:40)	14
i=3‰(考虑40m制动距离)	17.6

注：25‰时胶套轮机车的速度减半为3.5km/h，3‰时胶套轮机车的速度为7km/h。

3．结构特点

CDJ6/6型煤矿防爆胶套轮电机车是由煤炭科学研究总院上海分院和六盘水煤矿机械厂联合开发的。根据目前国内采掘机械化发展的需要，为解决综采和综掘辅助运输问题而进行研制的新型产品，适用于有坡度的采区巷道运输。经兖州矿务局北宿煤矿工业性试验，于1991年5月26日由煤炭科学研究总院主持并通过了技术鉴定。

该机车由机械和电气两大部分组成，结构新颖，制动技术性能良好，技术参数合理。为了确保机车下坡制动安全可靠和在紧急制动时矿车不掉道，增设了压缩空气系统，同时实现气制动、气撒砂、气鸣笛等功能。其外形结构见图4-6。

三、XKJ5-6/96防爆特殊型蓄电池胶套轮机车

1．适用条件

XKJ5—6/96防爆特殊型蓄电池胶套轮机车，适用于坡度不大于5.7°的含有瓦斯气及煤尘爆炸危险的矿井及采区巷道。

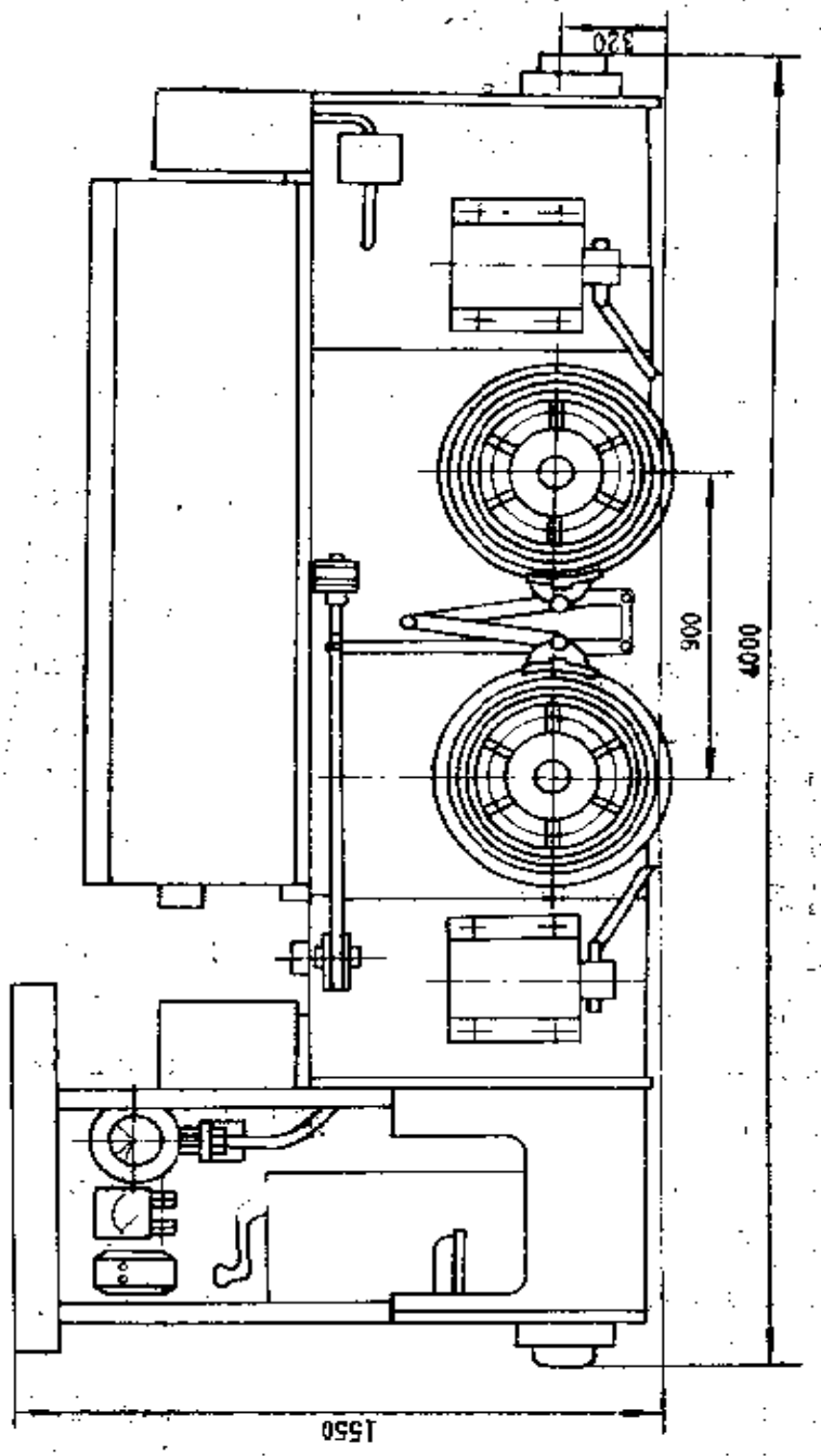


图 4-6 CDJ6/6防爆特殊型蓄电池胶套轮电机车外形图

主要用作综掘、炮掘巷道的后配套运料，以及综采、普采采区内材料设备运输的牵引机车，也可以用作起伏坡度不大于5.7°的大巷运输的牵引机车。

该机车适于在普通轨道上运行，巷道断面尺寸不应小于2×1.8m。

2. 主要技术参数

整机重量	5t
外形尺寸	3340×1060×1600mm
轮对粘着重量	2.5×2t
轨距	600、900mm
轴距	1040mm
轮径	φ520mm
最小水平弯道半径	7m
最小垂直弯道半径	12m
小时牵引力	12kN
小时速度	5km/h
粘着系数（干燥轨道）	≥0.4
牵引高度	210、320mm
适应最大坡度	5.7°
电机功率	10×2kW
传动方式	锥正三级＋差速器
工作制动方式	机械轮式
工作制动力	17.5kN
紧急制动方式	轨道制动
紧急制动力	18kN
停车制动方式	机械轮式
调速方式	可控硅脉冲调速
隔爆型电源装置	
电压	96V

外形尺寸	1998×1060×523mm
特殊型蓄电池	
电压	2V/个
个数	48个
容量5h功率	440Ah
电机型号	2QB—10
额定功率	10kW

3。结构特点

XKJ5—6/96 防爆特殊型蓄电池胶套轮机车的主要结构除与XKJ5—6/90型机车基本相同外，在机械传动系统中装备了差速器，紧急制动采用压轨式的轨道制动。该机型选用矮型蓄电池，降低了车体高度，车身长度也有所缩短。该机车由河北煤研所设计，徐州煤矿机械厂制造。

四、配套设备

各种型号的胶套轮机车的配套设备，主要有运人列车和运料专用列车；对柴油机胶套轮机车还应有油罐车辆。蓄电池胶套轮机车还应设有充电硐室和充电配套设备。胶套轮机车是在普通轨基础上主要改变牵引机车的牵引力和制动力，而其他配套系统和配套设备全不改变，所以目前矿上用的普通轨配套设备如人车、矸石车、料车、支架车、油罐车、轨道都可以通用。

第四节　列车编组及其牵引力计算

一、依据

1）JX18KBJ型机车的牵引力为18kN

XKJ5—6/90型机车的小时牵引力为11kN

CDJ616型机车的小时牵引力为10.48kN

XKJ5—6/96型机车的小时牵引力为12kN

2）线路最大坡度为α　（5.7°）

3）机车重量为m_1　kg

4）人车重量为m_2　kg

5）矸石车重量为m_3　kg

6）支架车重量为m_4　kg

7）净载重量假设为m　kg

8）重力加速度为g

9）机车运行滚动阻力系数

胶套轮和地轨之间　$f_1=0.02\sim0.03$

专用矿车与地轨之间　$f_2=0.007\sim0.01$

二、运送人员

若每人体重按75kg计，每列车乘人数为n'人，此时所需牵引力　　$m=n'\times75=75n'$

$$F_1=g(m_1+m_2+75n)\sin\alpha+g[f_1m_1+f_2(m_2+75n')]\cos\alpha$$

式中　n——人车数量。

列车编组为：

牵引机车——n辆 人 车

三、运送矸石

需用牵引力

$$F_2=g(m_1+m_3+m)\sin\alpha+g[f_1m_1+f_2(m+m_3)]\cos\alpha$$

式中　m——矸石净重，kg。

列车编组为：

牵引机车——n辆矸石车

四、运送支架或设备材料

需用牵引力

$$F_3=g(m_1+m_4+m)\sin\alpha+g[f_1m_1+f_2(m+m_4)]\cos\alpha$$

式中 m——支架或设备材料的重量，kg。

列车编组

牵引机车——支架车

五、牵引力验证

当选用JX18KBJ型和CDJ616型机车时要求牵引力 F_1、F_2、F_3分别小于18kN和10.5kN。

当选用 XKJ5—6/90 型和 XKJ5—6/96 型机时要求牵引力F_1、F_2、F_3分别小于11kN和12kN。

六、防滑计算

车辆的下滑力

$$F_{滑}=(m_1+m)\cdot g\sin\alpha$$

车辆的摩擦力为：

$$F_{摩}=(m_1f_轮+mf_2)\cdot g\cos\alpha$$

式中 $f_轮$——胶套轮和地轨之间滑动摩擦系数，取值一般不得小于0.4。

制动时，要求安全系数大于 2

即 $$F_{摩}/F_{滑}>2$$

在上述四章中，比较详细而系统地介绍了国内外现代矿井的辅助运输技术，对单轨吊、卡轨、齿轨车，无轨胶轮车和胶套轮车从使用条件、技术参数、结构特点、优缺点以及相应的配套设备有关参数、选型计算和工艺系统都分别做了介绍。为了在设计选用中，对这些设备能有个综合的认识，根据我们和有关专家的意见，对每种类型的辅助运输技术按安全性，经济性，机动性，主要参数，巷道条件等若干条款，分别进行了综合对比分析，其结果见表 4-6。应当说明的这种打分评定，只是代表了一些人的意见，可做为设计选型的参考。

表 4-6 矿井辅助运输

性能		柴油机单轨吊(46)	蓄电池单轨吊(37)
安全性	防爆防火	全部防爆防火(3)	防爆特殊型(2)
	卫生保证	排气有微量CO、NO_x(1)	清洁卫生噪音低(3)
	运行可靠性	全列车卡轨，制动可靠(3)	全列车卡轨，制动可靠(3)
经济性	投资费用	机车单轨投资低(3)	蓄电池及充电投资较高(2)
	运营费用	能耗低费用省(3)	电池充电及更新费用高(1)
	人员效率	只需正副司机用人少(3)	用人较多，需正副司机及充电工(2)
	维修量	维修量中等(2)	维修量中等(2)
机动性	分支岔道	可进入支岔道，实现直达运输(3)	可进支岔道实现直达运输(3)
	距离变化	距离不限，易于延长(3)	距离不限，易于延长(3)
	装卸转载	自带吊卸机具，不需转载(3)	自带吊卸机具，不需转载(2)
主要参数	驱动功率(kW)	15—73.5(2)	31—42(1)
	运行速度(m/s)	0.5—2—4(2)	≤2(1)
	最大牵引力(kN)	60—88(2)	45—52(1)
	单件最大质量(t)	12—14(2)	12(2)
	最大爬坡(°)	12—18—(25)带齿轨时30(2)	12—18(1)
巷道条件	通过断面宽×高(m)	2.0×2.0(2)	2.0×2.0(2)
	轨道规格	I140E(2)	I140E(2)
	水平曲率半径(m)	4(3)	4 (2)
	垂直曲率半径(m)	7	10
	巷道支架	型钢或锚杆(2)	型钢或锚杆(2)
代表产品		德国沙尔夫DZ66—3.1	德国沙尔夫ZB—43—4—31
		德国鲁尔塔勒HL—90H/3—E	德国贝考瑞特—鲁尔塔勒HL—40E/I
		法国斯特凡努斯6—810型	德国克拉姆佩HK—34/2M
		捷克LZH—50.2型	

设备性能综合对比一览表

绳牵引单轨吊(36)	绳牵引卡轨车(39)
防爆型设备(3)	防爆型设备(3)
无排气污染(2)	无排气污染(2)
有卡轨，有紧急制动(2)	有卡轨有紧急制动(2)
液压绞车绳轮投资较高(2)	绞车、钢丝绳、绳轮及双轨投资高(1)
钢绳及无功消耗大(2)	钢绳及无功消耗大(1)
用人较多(2)	用人最多(1)
维修量较大(1)	维修量较大(1)
不能直接分支岔道(1)	不能直接分支岔道(1)
距离受限，延长费工(1)	距离受限，延长费工(1)
专用车辆装卸点另设吊卸机具(1)	专用车辆装卸点另设吊卸机具(1)
160—200(3) ≤2(1) 60—90(2) 12—14(2) 45(3)	160—200(3) ≤4(2) 60×2，90×2(3) 80(3) 45(3)
2.0×2.0(2) I140E(2) 4 (2) 10 型钢或锚杆(2)	2.0×1.8(3) 双14号～18号槽钢或钢管(1) 4 (2) 10 无特殊要求(3)
德国沙尔夫 德国贝考瑞特 英国贝考瑞特	德国沙尔夫 德国贝考瑞特 英国贝考瑞特

性能		柴油机卡轨车(38)	柴油机齿轨机车(37)
安全性	防爆防火	防爆型设备(3)	防爆型设备(3)
	卫生保证	排气有微量CO,NO_x(1)	排气有微量CO、NO_x(1)
	运行可靠性	有卡轨、紧急制动(2)	无卡轨、有紧急制动(1)
经济性	投资费用	投资高，机车及双轨(1)	投资较高机车齿轨等(2)
	运营费用	自重功消耗大(2)	自重功消耗大(2)
	人员效率	正副司机及维修工(2)	正副司机及维修工(2)
	维修量	维修量中等(2)	维修量较小(1)
机动性	分支岔道	可进分支道岔直达运输(3)	可进分支道岔、直达运输(3)
	距离变化	距离不限，易于延长(3)	距离不限易于延长(3)
	装卸转载	专用车辆不转载(2)	普通车辆不转载(1)
主要参数	驱动功率(kW)	66(2)	66—120(2)
	运行速度(m/s)	≤3(5.6)(2)	4.5—8，齿轨2.2(3)
	最大牵引力(kN)	30—45带齿轨时100(2)	33—42，带齿轨48～58(1)
	单件最大质量(t)	坡道18(2)	坡道10—18(2)
	最大爬坡(°)	8—12(带齿轨时18)(1)	粘重3.5，带齿轨时10—14(1)
巷道条件	通过断面宽×高(m)	2.0×2.0(2)	2.0×1.8(3)
	轨道规格	双14号～18号槽钢或钢管(1)	普通钢轨+齿轮(2)
	水平曲率半径(m)	4	10—12
	垂直曲率半径(m)	10(2)	23齿轨6(1)
	巷道支架	无特殊要求(3)	无特殊要求(3)
代表产品		德国沙尔夫DW—110—2—69/86H	英国汉斯莱特柴油机91HP
		德国克兰姆普Bulli Track	英国汉斯莱特柴油机150HP
		英国贝考瑞特RL100/400	英国GMT柴油机160RA

续表

蓄电池/柴油机胶套轮机车(37)	柴油机无轨胶轮车(46)	蓄电池无轨胶轮车(39)
防爆特殊型(2)	防爆型设备(3)	防爆特殊型(2)
排气有微量CO、NO_x(2)	排气有微量CO，NO_x(1)	清洁卫生噪音低(3)
蓄电池无排气污染无卡轨，有紧急制动(1)	无轨制动可靠(2)	无轨制动可靠(2)
投资低普通轨(3)	投资低(3)	带电池充电投资较高(2)
电池充电费用高(1)	运营费用省能耗低(3)	电池充电费用高(1)
司机和充电工(2)	用人最少仅司机(3)	司机和充电工(1)
维修量中等(2)	维修量较小(3)	维修量中等(2)
可进分支道岔，直达运输(3)	可进分支道岔直达运输(3)	可进分支道岔，直达运输(3)
距离不限易于延长(3)	距离不限，易于延长(3)	距离不限，易于延长(3)
普通车辆不转载(1)	自带装吊机具不转载(3)	自带装吊机具不转载(3)
13—37(1)	70—93(2)	47(1)
1.33—4.5(2)	1.25—4.5(2)	1.4—3(2)
8—20(1)	较大(3)	中等(2)
坡道4—10(1)	10—27(3)	10—18(2)
5.7(1)	12—14(1)	10—12(1)
2.0×1.3(3)	3(3.5)×2.0(1)	3.0×1.8(1)
普通钢轨(2)	无轨路面(3)	无轨路面(3)
4—6(3)	4—6(3)	4—6(3)
无特殊要求(3)	锚杆或钢木棚(1)	锚杆或钢木棚(1)
英国NEI-clayton $CRT3\frac{1}{2}/4$	澳大利亚 125HP 100HP	美国英格索兰 601型 610型
英国NEI-clayton BL065	英国艾姆科 FSV913C	美国艾姆科 582型
英国贝考 瑞特BRT50/10	英国伽利克 MP100	

第五章　矿井辅助运输常规设备

没有现代化辅助运输设备之前，通常选用的辅助运输设备有架线电机车、蓄电池机车、防爆斜巷绞车、防爆柴油机车、无极绳绞车、调度绞车和回柱绞车等，有的设备以运煤为主兼作辅助运输。这些设备的选型计算手册、资料繁多，专业技术人员是轻车熟路，在此不再赘述。

本章重点介绍常规设备的现代设计选型手段，使用微机选型计算软件与绘图软件，同时介绍80年代在我国新发展的科技成果——双载胶带输送机。所谓双载即胶带输送机以运煤为主兼运材料或人员。

第一节　架线电机车选型及牵引网路计算软件

机车运输是矿井运输中极为重要的部分，是矿井水平巷道长距离运输的主要方式，而架线电机车具有使用方便、成本低、效率高的特点，因而得到了广泛的应用，但在选用时，要根据矿井沼气、煤尘等情况，满足《煤矿安全规程》的要求。

随着计算机高新技术的迅猛发展，软件的开发，使专业技术人员从繁重、重复、无味的计算中解脱出来，不但节省了大量的时间，而且提高了计算精度。架线电机车及牵引网络的计算，首先可根据矿井的实际情况及运输量初步确定电机车及矿车的型号及规格，再利用已开发的计算机软件计算出所需数据。下面介绍一下计算机软件的功能、适用范围、

数学模型及例举计算结果。

一、功能及适用范围

1．功能

本软件专为煤矿井下及地面电机车运输各种参数计算用。软件开始用主菜单形式供用户选项，其中包括：

（1）运煤列车组成

（2）运矸石列车组成

（3）运掘进煤列车组成

（4）运送人员电机车台数

（5）运送炸药、材料及其它杂项

（6）牵引计算结果

（7）牵引变流所负荷计算

（8）选择整流装置

（9）牵引网路计算

（10）选项结束

上述各项包括了机电专业对于电机车运输计算所需的所有参数，可以满足初步设计、施工图设计的要求，具体参数如下：

1）运煤、运矸石、运掘进煤参数

（1）单机牵引矿车数 n（辆）

（2）空车运行牵引力 F_o（kN）

（3）重车运行牵引力 F_L（kN）

（4）空车起动牵引力 F_{om}（kN）

（5）重车起动牵引力 F_{Lm}（kN）

（6）空车运行时牵引电动机的工作电流 I_o（A）

（7）重车运行时牵引电动机的工作电流 I_L（A）

（8）运行车速 v（m/s）

（9）平均运距 L（km）

（10）空车运行时间 T_e（min）

（11）重车运行时间 T_L（min）

（12）均方根工作电流 I（A）

（13）列车制动距离 L_R（m）

（14）运煤、运矸石、运掘进煤分别所需的电机车台数

（15）运人、运炸药、材料及其它杂项所需的电机车台数

（16）检修及备用的电机车台数

2）牵引变流所参数

（1）连续负荷

A．连续负荷 P（kW）

B．最大电流 I（A）

（2）最大负荷

A．最大功率 P_m（kW）

B．最大电流 I_m（A）

（3）单位电耗 a_W（kW·h/t）

（4）整流装置

A．直流输出额定电压 U_{Av}(V)

B．直流输出额定电流 I_N(A)

C．1min过载系数

3）牵引网路参数

（1）各翼正常运行平均工作电流（A）

（2）正常运行时电压降校验（V）

（3）严重情况下网路压降校验（V）

（4）馈电线、回流线及接触线选型

（5）最小短路电流（A）

（6）考虑经电弧短路时最小短路电流（A）

（7）整流装置出口自动开关整定电流 （A）

2．适用范围

本软件适用于煤矿井下、地面窄轨铁路运输的初步设计、施工图设计。稍做修改可用于城市轻轨铁路初步设计，实施方案设计等。

二、数学模型

数学模型见煤炭工业出版社出版的《煤矿电工手册》第四分册的《窄轨电机车及电气控制》篇，这里不再赘述。

三、实例

韩城矿务局象山煤矿井下机车运输计算

1．运煤

1）原始数据：

采区编号	1	2	3	4	5	6
运量(t)	2000.00	1166.67	833.33	0.00	0.00	0.00
运距(km)	2.55	2.32	1.71	0.00	0.00	0.00

$P=10t$　　$q_0=1.892t$　　$q=3t$

$\phi=0.24$　　$W_b=102.97N/t$　　$W_r=-29.42N/t$

$W_a=43.15N/t$　　$I_j=26.5A$　　$t_t=8min$

$n_m=2$　　$W_{bem}=88.26N/t$　　$W_{bL}=68.65N/t$

$K=1.35$　　$Q_s=4000t$　　$T_s=7h$

2）单机牵引矿车数　$n=22$辆

$F_e=3.038kN$

$F_L=2.307kN$

$I_e=26.4872A$

$I_L = 22.7624A$

3）车速限制在12.5km/h

$L = 2.305437km$

$T_t = 10.98106min$

$T_L = 14.75467min$

$I = 24.52957A$

$L_R = 39.58204m$

4）电机车台数小计：

运煤所需电机车台数 $n_2 = 7$台

2．运矸石

1）原始数据：

采区编号	1	2	3	4	5	6
运量(t)	2000.00	1166.67	833.33	0.00	0.00	0.00
运距(km)	2.55	2.32	1.71	0.00	0.00	0.00

$P = 10t$ $q_0 = 0.61t$ $q = 1t$

$\phi = 0.24$ $W_b = 132.39N/t$ $W_r = -29.42N/t$

$W_s = 43.15N/t$ $I_1 = 26.5A$ $t_t = 8min$

$n_m = 2$ $W_{bem} = 107.87N/t$ $W_{bL} = 88.26N/t$

$K = 1.35$ $Q_s = 4000t$ $T_s = 7h$

2）单机牵引矿车数 $n = 30$辆

$F_t = 1.943kN$

$F_L = 1.715kN$

$I_t = 20.905A$

$I_L = 19.745A$

3）车速限制在17km/h

$L=2.305423$km

$T_e=6.667295$min

$T_L=10.84905$min

$I=19.2416$A

$L_R=38.65444$m

4）电机车台数小计

运矸石所需电机车台数 $n_2=1$台

3．运送人员

$n_4=1$台

4．运送火药和其它杂项工作

$n_3=1$台

5．检修及备用电机车台数

$n_{pr}=3$台

井下运输所需电机车总台数为$n_6=13$台（其中不包括采区），如采用双机牵引，矿车数乘以2，电机车总台数不变。

6．牵引变流所负荷计算

1）连续负荷

$P=81$kW

$I=135$A

2）最大负荷

$P_m=120.75$kW

$I_m=201.25$A

3）单位电耗

$a_n=6.550206$E-02[(kW·h)/(t·km)]

7．整流装置

选用整流装置直流输出额定电压600 V，直流输出额定电流400A。

$n=2$台

1min过载系数为$\lambda=0.503125$

8．牵引网路计算

1）第一翼

正常运行平均工作电流：$I_{av}=73.87441A$

初选电缆：ZLQ_{20}—1000　$1\times16mm^2$　300m

初选接触线为：钢铝电车线　$126.5mm^2$　2300m

正常运行所选导线经压降校验合格，$U_{av}=81.26523V$

馈电线：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　300m

回流线：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　300m

接触线：GLCB—173　$173mm^2$　2300m

最小短路电流：$I_{K\cdot min}=541.2739A$

考虑经电弧短路时，最小短路电流：$I_{K\cdot min}=449.2987A$

自动开关整定电流：$I_{max}=147A$

2）第二翼

正常运行平均工作电流：$I_{av}=98.49921A$

初选电缆：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　200m

初选接触线为：钢铝电车线　$126.5mm^2$　1710m

正常运行所选导线经压降校验合格，$U_{av}=81.4943V$

严重情况下，网路压降校验合格，$U_{max}=101.7693V$

馈电线：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　200m

回流线：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　200m

接触线：GLC-126.5　$126.5mm^2$　1710m

最小短路电流：$I_{K\cdot min}=637.1737A$

考虑经电弧短路时，最小短路电流：$I_{K\cdot min}=528.9029A$

表 5-1 架线式电机车主要技术数据表

数据内容		电机车型号					
		$ZK_{1.5}\frac{6}{9}-7/100$	$ZK_{8}\frac{6}{9}-7/250$	$ZK_{10}^{7}\frac{6}{9}-7/250$	$ZK_{10}^{7}\frac{6}{9}-7/550$	$ZK_{14}-\frac{7}{9}/550$	$ZK_{20}-\frac{7}{9}/550$
粘着重量 (t)		1.5	3	7;10	7;10	14	20
轨距 (b) (mm)		600;762;900	600;762;900	600;762;900	600;762;900	762; 900	762; 900
最小曲线半径 (m)		5	6	7	7	10	25
受电器工作高度(mm)		1600～2000	1800～2200	1800～2200	1800～2200	2000～3200	2400～3400
连接器距轨面高(mm)		270;320	270;320	270;320;430	270;320;430	320;430	500
固定轴距 (mm)		650	816	1100	1100	1700	2500
主动轮直径 (mm)		460	650	680	680	760	840
传动比		18.4	6.43	6.92	6.92	14.4	14.4
制动方式		机械	机械	机械；电气	机械；电气	机械;电气;空气	机械;电气;空气
外形尺寸	长(L) (mm)	2100	2700	4500	4500	4900	7400
	宽(B) (mm)	920;920;1040	950; 1250	1060;1360;1360	1060;1360;1360	1355	1600
	高(H) (mm)	1550	1560	1550	1550	1550	1900
牵引力	小时制 (N)	强2550; 弱1873	4707	13043	15112	26674	41188
	长时制 (N)	强735; 弱 392	1510	3334	4325	9610	13043
速度	小时制 (km/h)	强4.54; 弱6.47	9.1	11	11	12.9	13.2
	长时制 (km/h)	强6.60; 弱12.5	12	16.9	16	17.7	19.7
	最 大 (km/h)			25	25	25	26

续表

数据内容		电机车型号					
		$ZK_{1.5}\frac{6}{9}-7/100$	$ZK3\frac{6}{9}-7/250$	$ZK\frac{6}{10}\frac{7}{9}-7/250$	$ZK\frac{6}{10}\frac{7}{9}-7/550$	$ZK14-\frac{7}{9}/550$	$ZK20-\frac{7}{9}/550$
牵引电动机	型号	ZQ—4—2	ZQ—12	ZQ—21	ZQ—24	ZQ—52	ZQ—82
	台数(台)	1	1	2	2	2	2
	电压(V)	97	250	250	550	550	550
	功率 小时制 (kW)	3.5	12.2	21	24	52	82
	功率 长时制 (kW)	1.35		7.4	9.6	25.5	38
	电流 小时制 (A)	45	58	95	50.5	105	162
	电流 长时制 (A)	18	25	34	19.6	50	75
	转数 小时制 (r/min)	960	480	600	600	1300	1200
	转数 长时制 (r/min)	1570		928	875	1820	1760
空压机	电动机功率 (kW)	—	—	—	—	1.9	5
	工作气压范围 (kPa)	—	—	—	—	141～588	539～637
生产单位		重庆动力机械厂	吉林市通用机械厂，大连电车工厂	湘潭电机厂，常州内燃机车厂，大连电车工厂，平遥工矿电机车厂	湘潭电机厂，常州内燃机车厂，大连电车工厂	常州内燃机车厂，重庆动力机械厂，平遥工矿机车厂	常州内燃机车厂

自动开关整定电流：$I_{max}=221A$

3）第三翼

正常运行平均工作电流：$I_{av}=123.124A$

初选电缆：ZLQ_{20}—1000　$1\times25mm^2$　1500m

正常运行所选导线经压降校验合格，$U_{av}=64.68936V$

严重情况下，网路压降校验合格，$U_{max}=86.16902V$

馈电线：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　100m

回流线：ZLQ_{20}—1000　$1\times50mm^2$　100m

接触线：GLCB—173　$173mm^2$　1500m

最小短路电流，$I_{K\cdot min}=946.6742A$

考虑经电弧短路时，最小短路电流，$I_{K\cdot min}=785.812A$

自动开关整定电流，$I_{max}=294A$

四、架线式电机车主要技术数据（见表5-1）

第二节　矿用蓄电池机车选型计算

一、蓄电池机车及矿车的初选

根据矿井的实际条件和使用地点的不同，可初选不同型号的机车，常用的有2.5t、5t、8t、12t等，矿车也可相应地定为1t、1.5t、3t等。

二、蓄电池机车牵引能力计算

蓄电池机车除按粘着重量、电机发热和制动距离来决定列车中的矿车数之外，还应按蓄电池组的容量来确定允许的列车重量。此外，对蓄电池组及充电台数也要通过计算确定。

蓄电池机车牵引能力的计算，详见已通过煤炭部级鉴定的《矿井辅助运输方式及参数最佳选择计算机软件》有关部分。

三、蓄电池式电机车主要技术数据（见表5-2）

表 6-2 蓄电池式电机车主要技术数据表

数据内容			电机车型号					
			XK2.5—6/48A—TH XK2.5—6/48—1A	XK2.5—9/48A—TH XK2.5—9/48—1A	XK8—6/110—1A	XK8—9/132—1A	XK8—6/100—1A	XK8—9/120—1A
粘着重量		(t)	2.5	2.5	8	8	8	8
轨距		(mm)	600	900	600	900	600	900
最小曲线半径		(m)	5	5	7	7	7	7
连着器距轨面高		(mm)	270;320	270;320	320;430	320;430	320;430	320;430
固定轴距		(mm)	650	650	1100	1100	1100	1100
主动轮直径		(mm)	460	460	680	680	680	680
传动比			19.5	19.5	6.92	6.92	6.92	6.92
制动方式			机械	机械	机械	机械	机械	机械
外形尺寸	长	(mm)	2100	2100	4500	4500	4500	4500
	宽	(mm)	920	1040	1060	1360	1060	1360
	高	(mm)	1550	1550	1550	1550	1550	1550
牵引力	小时制	(N)	2550	2550	11180	11180	11180	11180
	长时制	(N)			2942	2942	2942	2942
速度	小时制	(km/h)	4.54	4.54	6.2	7.6	5.7	6.8
	长时制	(km/h)	6.1	6.1	10.5	12.4	12.4	12.4
	最大	(km/h)	10	10	25	25	25	25

续表

数据内容			电机车型号					
			XK2.5—6/48A—TH XK2.5—6/48—1A	XK2.5—9/48A—TH XK2.5—9/48—1A	XK8—6/110—1A	XK8—9/132—1A	XK8—6/100—1A	XK8—9/120—1A
牵引电动机	型号		ZQ-4B	ZQ-4B	ZQ-11B	ZQ-11B	ZQ-11B	ZQ-11B
	台数	(台)	1	1	2	2	2	2
	电压	(V)	42	42	110	132	100	120
	功率	小时制 (kW)	3.5	3.5	11	11	11	11
		长时制 (kW)	1.37	1.37	4.3	4.3	4.3	4.3
	电流	小时制 (A)	105	103	112	112	112	112
		长时制 (A)	42	42	44	44	44	44
	转数	小时制 (r/min)	960	960	370	370	370	370
		长时制 (r/min)	1850	1850	580	580	580	580
蓄电池组	型号		6DG—308	6DG—308	DG—400	DG—400	TN—350	TN—350
	电压	(V)	48	48	110	132	100	120
	容量(5小时制)(Ah)		308	308	400	400	350	350
	电池个数		24	24	55	66	80	96
生产单位			湘潭电机厂 徐州煤矿机械厂	湘潭电机厂	湘潭电机厂	湘潭电机厂	湘潭电机厂	湘潭电机厂

第三节　普轨绞车选型及计算

用于井下倾斜巷道运输中的普轨绞车有两种，一种是无极绳绞车；另一种是单绳缠绕式绞车。

无极绳绞车具有设备结构简单、操作维护方便、投资省、施工快等优点，但其运输坡度较小，运行速度较低，一般只适用于小型矿井，其选型计算方法可查阅有关手册。

以单绳缠绕式防爆绞车为拖动力的串车运输系统，运输坡度可达30°，矿井斜巷运输中大多采用这种形式。目前矿井所使用的防爆绞车根据驱动方式可分为电绞车、液压绞车及液压—机械调速绞车3种。电绞车采用电阻调速，其配套的防爆电气设备复杂庞大，硐室较大，因而在新近设计的矿井中较少使用，取而代之的是液压绞车。液压绞车结构紧凑，调速性能好，是防爆绞车的一个发展方向。液压绞车有低速直联大扭矩液压马达驱动方式及高速马达带减速器驱动方式，其调速原理是调节进入马达的油量以调节速度。湖南煤矿专用机械厂已先后研制出ϕ1.2m、ϕ1.6m、ϕ2.0m防爆液压绞车。由湖南煤研所、湘潭煤矿机械厂等又共同研制出ϕ2.5m双筒防爆液压绞车。KSTB—1.6m绞车是由江西煤炭科研所与山西长治淮海机械厂共同研制的新型双机差动调速防爆绞车。该绞车克服了目前使用的防爆绞车耗能大、效率低、占用硐室大、价格贵、维修困难等缺点。它采用了两台防爆鼠笼电机与差速器巧妙配合，从而达到了防爆和恒转矩调速启动的目的。可以实现5级调速，并可以在任一级速度下长期稳定运行，还可按实际提升速度提供相应的功率，从而达到节能的目的。KSJB—1.2型绞车由江苏省江阴齿轮箱厂

表 5-3 无极绳绞车系列主要技术参数

型　　号	JW—500/33		JW—950/48		JW—1200/60		JW—1600/80		JW—2100/100	
滚筒直径(mm)	500		950		1200		1600		2100	
钢丝绳的最大静张力(kN)	11.76		24.50		34.30		58.80		117.60	
两绳的最大张力差(kN)	9.80		19.60		29.40		49.00		94.08	
钢丝绳直径(mm)	13.0		18.5		21.50		28.0		34.0	
钢丝绳钢丝的拉力总和(kN)	80.36		164.64		228.44		369.46		679.14	
绳速(m/min)	48	72	45	60	45	60	45	60	45	60
总减速比	32.73		48		60		80		100	
外形尺寸(mm)	1669×738×628		2060×1288×996		2568×1448×1320		3485×1720×1672		5585×3900×1640	
质量(不含电机)(kg)	585		1477		2286		4655		16121	
电动机功率(kW)	13	17	20	25	32	40	55	75	95	130
电动机转速(r/min)	1000	1500	720	980	730	920	730	970	730	980

生产厂：淮南煤矿机械厂。

表 5-4 JTB型防爆绞车技术性能表

型号	滚筒					钢丝绳			减速比	钢丝绳速度	电动机		机器重量
	个数	直径 (mm)	宽度 (mm)	缠绕层数	容绳量 (m)	最大静张力 (kN)	最大静张力差 (kN)	最大直径 (mm)		(m/s)	转速 (r/min)	功率 (kW)	(kg)
JTB1.2×1—24	1	1200	1000	4	600	29.4	19.6	20	24	1.84	737	45~75	5880
										2.5	985		
JTB1.2×1—30									30	1.5	735		
										2	985		
JTB1.2×1.2—24			1200		810				24	1.84	737		6150
										2.5	985		
JTB1.2×1.2—30									30	1.6	735		
										2	985		
2JTB1.2×0.8—24	2		800		520				24	1.84	735	37~55	7630
										2.5	985		
2JTB1.2×0.8—30									30	1.5	733		
										2	985		
2JTB1.2×1—24			1000		660				24	1.84	735		8120
										2.5	985		
2JTB1.2×1—30									30	1.5	733		
										2	983		

| | | |

续表

型号	滚筒					钢丝绳			减速比	钢丝绳速度	电动机		机器重量
	个数	直径 (mm)	宽度 (mm)	缠绕层数	容绳量 (m)	最大静张力 (kN)	最大静张力差 (kN)	最大直径 (mm)		(m/s)	转速 (r/min)	功率 (kW)	(kg)
2JTB1.6×0.9—20	2	1600	900	4	640	44.1	29.4	24.5	20	2.45	592	75～132	12540
										3.06	740		
										4	990		
2JTB1.6×0.9—24									24	2	591		
										2.5	740		
										3.4	990		
2JTB1.6×1.2—20			1200		880				20	2.45	592		15020
										3.06	740		
										4	990		
2JTB1.6×1.2—24									24	2	591		
										2.5	740		
										3.4	990		

JTB2×1.5—20	1	2000	1500	930	58.8	58.8	26.5	20	3.7	743	160~180	17790
JTB2×1.5—30								30	2.5	743		
									3.3	992		
JTB2×1.8—20			1800	1125				20	3.7	743		19460
JTB2×1.8—30								30	2.5	992		
									3.3	743		
2JTB2×1—20	2		1000	585				20	3.7	743	110~160	19680
									5	992		
2JTB2×1—30								30	2.5	741		
						39.2			3.3	992		
2JTB2×1.25—20			1250	755				20	3.7	743		21560
									5	992		
2JTB2×1.25—30								30	2.5	741		
									3.3	992		

生产厂：重庆矿山机器厂。

表 5-5 防爆液压

型号		JTY1.2/1B	JTY1.2/1.2B	JTY1.2/0.8BS	JTY1.2/1BS
卷筒	数量（个）	1		2	
	直径（mm）	1200			
	宽度（mm）	1000	1200	800	1000
负荷	最大静拉力（kN）	30			
	最大静拉力差（kN）	20			
钢丝绳	最大直径（mm）	20.5			
	总破断力（kN）	247			
提升距离	第一层（m）	145	174	116	145
	第二层（m）	335	402	268	335
	第三层（m）	530	636	424	530
	第四层（m）	690	828	552	690
电动机	功率（kW）	≤90		≤75	
	数量（台）	1			
钢丝绳速度（m/s）		0～2.5			
整机质量（t）		9.0	9.5	10.6	11.6
主机外形尺寸（m）长×宽×高		4.7×3.1×2.4	4.7×3.4×2.4	4.7×4.1×2.4	4.7×4.6×2.4

铰车技术性能表

JTY1.6/1.2B	JTY1.6/1.5B	JTY1.6/0.9BS	JTY1.6/1.2BS
1		2	
1600			
1200	1500	900	1200
45			
30			
24.5			
345			
175	237	131	175
405	525	303	405
640	825	480	640
880	1130	660	880
160 / 220	160 / 220	110 / 132	110 / 132
1			
0～3 / 0～4	0～3 / 0～4	0～3 / 0～4	0～3 / 0～4
14.5	15.2	17.5	18.9
5.6×3.5×2.6	5.6×3.8×2.6	5.6×4.2×2.6	5.6×4.5×2.6

型号		JKY2/1.5B	JKY2/1.8B	JKY2/1BS	JKY2/1.3BS
卷筒	数量（个）	1		2	
	直径（mm）	2000			
	宽度（mm）	1500	1800	1000	1300
负荷	最大静拉力（kN）	60			
	最大静拉力差（kN）	40			
钢丝绳	最大直径（mm）	26			
	总破断力（kN）	400			
提升距离	第一层（m）	280	310	155	200
	第二层（m）	610	700	350	480
	第三层（m）	950	1100	570	767
	第四层（m）	1310	1510	790	1061
电动机	功率（kW）	220 / 220 90	220 / 220 90	160 / 220	220
	数量（台）	1 / 各1	1 / 各1	1	1
钢丝绳速度（m/s）		0～3 / 0～4	0～3 / 0～4	0～3 / 0～4	0～4
整机质量（t）		22	24	27	29
主机外形尺寸 长×宽×高		6.8×4.6×2.6	6.8×4.5×2.6	6.8×4.6×2.6	6.8×5.0×2.6

生产厂：湖南煤矿专用机械厂；
湘潭煤矿机械厂。

续表

JKY2.5/2B	JKY2.5/2.3B	JKY2.5/1.2BS	JKY2.5/1.5BS
1		2	
2500			
2000	2300	1200	1500
80		90	
50		55	
31			
550			
410	480	215	295
870	1012	457	645
1340	1551	743	1000
≤220		≤160	
2			
0～4		0～5	
34	36.5	38	41
7.5×5.0×3.0	7.5×5.3×3.0	7.5×6.5×3.0	7.5×6.1×3.0

表 5-6 JKB JTY 型 矿

型号		2JKB—2/20	JKB—2/30	2JTY—1.2	JTY—1.2
卷筒	数量（个）	2	1	2	1
	直径（mm）	2		1.2	
	宽度（mm）	1.0	1.5	0.8	1.0
负荷	最大静拉力(kN)	58.8	57.3	29.4	
	最大静拉力差(kN)	39.2	57.3	19.6	29.4
钢丝绳	最大直径(mm)	26	24.5	20.5	
	总破断力(kN)	430.7	373.6	242.1	
提升距离	第一层（m）	159	306	93	126
	第二层（m）	346	669	230	296
	第三层（m）	565	1044	375	480
	第四层（m）	790		520	660
电动机	功率（kW）	185	185	55	90
	转速（r/min）	742	742	1500	
钢丝绳速度（m/s）		3.9	2.5	0～2.5	
整机质量（t）		24.5	27.87	7.5	7
主机外形尺寸（m）长×宽×高		5.7×7.1×2.9			

生产厂：洛阳矿山机器厂。

井防爆 电控液压 教 主

2JTY—1.6	JTY—1.6	2JTY—2	JTY—2
2	1	2	1
1.6		2	
0.9	1.2	1.0	1.5
44.1		58.8	
29.4	44.1	39.2	58.8
24.5			
981.2			
120	175	170	290
288	405	380	610
465	640	600	950
640	880	835	
132	160	200	250
1500			
0～3.06		0～3.3	
13	12	22	18
5.4×4.52×2.88	5.4×3.64×2.88	5.9×5.05×2.88	5.9×3.8×2.88

表 5-7 KSTB—1.6绞车技术规格表

卷筒个数 （个）	1
卷筒直径 （mm）	1600
卷筒宽度 （mm）	1200
最大提升长度 （m）	880
最大提升速度 （m/s）	2.45
最大静张力 （kN）	45
最大静张力差 （kN）	45
钢丝绳直径 （mm）	24.5
钢丝绳总破断力 （kN）	345
电源电压 （V）	660
总 功 率 （kW）	130
安装尺寸 （长×宽×高） （m）	4×4×1.9
总 重 量 （t）	15

各挡位牵引速度所需功率

挡 位	牵引速度 （m/s）	所需功率 （kW）
第 1 挡	0.28	14.5
第 2 挡	0.82	42.6
第 3 挡	1.36	70.6
第 4 挡	1.90	98.6
第 5 挡	2.45	127.0

生产厂：长治市淮海机械厂。

生产；KSJB—2.0型绞车目前正在试制中。

单绳缠绕式绞车的选型计算方法在所有提升手册中均可查阅到，由于斜井提升计算比较繁琐，手算很麻烦，而且方案比选不易做到充分。邯郸煤炭设计研究院编制了“斜井提升设备选型计算软件”，该软件包括了井下和地面斜井提升设备的计算选型。软件内储存了目前使用的各种设备，包括绞车、钢丝绳、电动机、矿车、箕斗等技术参数。输入采用

人机对话方式，输出满足初步设计说明书的要求。该软件已在“煤炭系统机电软件鉴选会”上通过。在本节后面附有该软件的简介，并附有各种绞车的结构性能及主要技术参数等（见表5-3～表5-7）。

第四节　双载胶带输送机

胶带输送机在煤炭工业中广泛应用，就现代矿井而言，从井下顺槽至地面装车站的煤流系统中，胶带输送机占有统治地位。70年代国外已将其使用范围扩大到辅助运输——人员和材料运输（即双载）。80年代我国煤矿已有数条运煤又运人或材料的双载胶带输送机投入使用。扩大胶带输送机使用范围，减少了运输设备、运输环节和劳动配备，减轻了工人的劳动强度，经济效益和社会效益显著。该型式正在发展完善中。

钢丝绳牵引的胶带输送机在煤矿主斜井提升煤兼运送人员，我国60～70年代应用达到高潮，但其机头和机尾部分占用巷道长、硐室工程量大、同样带宽的条件下，运输能力小等原因，不适合煤矿井下应用。因此本节不叙述这种型式的胶带输送机。

一、双载胶带输送机的材料运输

我国矿井煤巷掘进，使用较多的机械化作业线为掘进机——桥式胶带转载机——可伸缩胶带输送机。掘进与煤的运输可谓先进，效率很高，但支护材料——支架梁、支腿、背板、胶带输送机延伸所需的中间架、支腿、托辊等等，仍靠人力搬运，不仅投入的劳力多，工人劳动强度大，而且不安全，运料不及时，又影响掘进速度，如若安装辅助运输设备，即增加投资，利用率又很低。为此，利用可伸缩胶带机

加以改进，运煤又运料的双载胶带输送机应运而生。此种双载胶带输送机由徐州矿山设备制造二厂和中国矿业大学等单位研制。

双载胶带输送机的上带吊挂在巷道顶板上，向外运送掘进煤及矸石。下带支承在巷道底板上，向工作面运送各种支护材料和设备零部件，实现自动卸料，使运煤运料同步进行。或者采用双速双载胶带输送机，低速运送材料，高速运煤及矸石。双载胶带输送机解放了工人肩扛背驮的繁重体力劳动，减少了运输人员，并提高掘进效率10%以上。

1．SJ—A系列双载胶带输送机

主要技术参数见表5—8。

表 5-8 SJ—A系列双载胶带输送机主要技术参数

项目 \ 机型	SJ—650A	SJ—800A	项目 \ 机型	SJ—650A	SJ—800A
上胶带运量 (t/h)	~200	400	传动滚筒直径 (mm)	φ500	φ500
下胶带运量	满足支护要求		托辊直径(mm)	φ89	φ89
			贮带长度(m)	50(100)	50 (100)
带　宽(mm)	650	800	机尾搭接长度 (m)	12	
上胶带运距(m)	1000	600			
下胶带运距(m)	920	530			
带　速(m/s)	1.68	2.0	整机重量(t)	68.4	55.3
电机功率(kW)	40	2×40	价格（万元）	~50	~55
			备　注	91年价格	

该机装载安全、简便省力、不损伤胶带；运行中不跑偏；可自动卸料；经调整可从机身的任何一侧装卸。

SJ—650A型于1987年11月26日通过煤炭部技术发展司鉴定。样机在潞安矿务局王庄矿使用。

SJ—800A型于1989年11月26日通过原中国统配煤矿总公司技术发展局鉴定。样机在阳泉矿务局二矿使用。

SJ—A系列已在中国各大矿务局推广应用。

2. SSGJ800/2—40B掘进用双载胶带输送机

主要技术参数如下：

胶带宽度	800mm
胶带速度	0.785m/s、1.57m/s，双速
上胶带运输距离	1000m
上胶带运输量	200t/h
下胶带运输量	支护材料不少于2t/h
电动机功率	2×40kW
贮带长度	50(100)m
机尾搭接长度	12m
托辊直径	φ89mm
改向滚筒直径	φ320mm、φ200mm
传动滚筒直径	φ500mm
机头外形尺寸（宽×高）	1961×1443mm
整机重量	101000kg
价格	~92万元

该机装料部采用抽屉式结构，并配以摩擦传动装置，可平稳地将尺寸、重量较大，形状较为复杂的物料如拱形支架的梁、腿及胶带输送机的中间架、托辊等装入正在运行的胶带上，并自动卸料，对胶带输送机无冲击和磨损。低速运料、高速运煤。

该机于1990年9月28日通过原中国统配煤矿总公司技术发展局鉴定，由开滦矿务局和徐州矿山设备制造二厂研制，样机使用在开滦矿务局范各庄矿。

上述3种双载胶带输送机系徐州矿山设备制造二厂专利

产品，若上述3种机型不能满足设计选型要求或主要技术参数要求变更，须与厂家协商。

3．国外实例

在德国凤凰胶带厂的样本上、介绍鲁尔煤炭公司一老井改造工程，胶带输送机上带将原煤从井底（垂高1000m）运到地面选煤厂，下带将选煤厂洗矸及地面矸石山的矸石运回（垂高786m）井下，进行采空区充填。

胶带输送机主要技术特征如下：

上带运煤的输送能力	1800t/h
下带运矸石的输送能力	1000t/h
机长	3745m
倾角	12.33°
胶带宽度	1400mm
胶带强度	ST7500上覆盖胶10mm
	下覆盖胶12mm
胶带速度	5.5m/s
单滚筒传动，直径	ϕ2200mm
滚筒包角	190°
电动机功率	2×3100kW

该机的双载方式，为我们提供启发，但下带如何清扫没有说明，胶带运矸石的表面如无彻底清扫的装置，将影响推广使用。

二、双载胶带输送机的人员运输

中国大中型煤矿主斜井和暗斜井（上山和下山）选用胶带输送机运送煤炭已很普遍，双载运送人员的胶带输送机尚属起步阶段。目前在煤矿有数台胶带输送机使用在主斜井和暗斜井，但安全措施不完善，使用不理想。还有一台设计实例，即由德国蒙坦咨询公司为开滦矿务局东欢坨矿井采区

表 5-9 双般胶带输送机技术特征表

使用地点	矿井			输送机								
	设计能力 (万t/年)	实际能力 (万t/年)	投产时间 (年、月)	长度 (m)	带宽 (m)	倾角 (°)	带强 (N/mm)	输送能力 运煤 (t/h)	输送能力 运人 (人/h)	胶带速度 (m/s) 运煤	胶带速度 (m/s) 运人	胶带速度 (m/s) 验带
宝山矿太平井	60		87.8	1504	1	16.5	4000	340	472	2.0	1.6	0.6
灵泉矿三斜井	150		89.4	1300	1.2	16	3500	520	1370	3.15	1.25	0.65
小恒山矿	90		90.5	1229	1.2	17	4000	650	980	3.15	1.8	0.6
铁北矿主斜井	150		91.7	645/1220	1.2	16	2500	520	1440	3.15	1.25	0.65
张新矿井下			89	1213	1	17		140	450	1.25	1.25	
东欢坨矿采区上山	400			1600	1.2	16	3500	805	200	2.5	2.5	0.5

使用地点	电动机				减速机		驱动滚筒	制动器	主要电控
	型号	功率 (kW)	电压 (V)	转数 (r/min)	型号	速比	直径 (mm)	型式	型式
宝山矿太平井	JR157-8	320×2	6000	750	ZH250	30	φ1600	液压盘闸及推杆闸	交流可控硅调速
灵泉矿三斜井	JR158-8	380×4	6000	750	ZHLR—150K	20	φ1600	液压盘闸及推杆闸	交流可控硅调速
小恒山矿	ZD,65/29—5B	400×4	440	75	ZHLR—131K	20	φ1600	液压盘闸及推杆闸	直流可控硅
铁北矿主斜井	JR148-6	310×2	6000	1000	ZZL—70—20 直交轴	20	φ1400	液压盘闸及推杆闸	交流可控硅调速
张新矿井下		160×2			SS116直交轴			逆止器电磁闸	防爆型
东欢坨矿采区上山		160×4+55		1500	直交轴		φ1250	高速轴气动盘闸	防爆型

上山设计的胶带输送机。

运人的钢丝绳芯胶带输送机主要技术特征见表5-9。

已建成的按运人设计的胶带输送机均有共同的致命缺欠，即乘人电气保护装置不完善，因此铁北矿、灵泉矿建成后一直未乘人。已乘人的几台胶带输送机，为防止断带事故，定期对胶带接头进行X光照相，以防万一。

胶带输送机的设计计算，因系双载，以输送散状物料的DX型钢绳芯胶带输送机方式进行，辅以运人时的能力进行校核。设计选型计算见《运输机械手册》，在此不再重复。

胶带输送机的布置和设施，必须按运人的安全要求设计，遵守《煤矿安全规程》第351条的规定，可参考联邦德国煤矿协会编制的《胶带输送机运人装备的建议》，该建议附在本书后附录4。

我国目前还没有胶带输送机运人的规程、规范，有待于结合国内外实践经验起草规程、规范，促进其发展完善。

以张新矿DXB型为例，简述运人胶带输送机的布置和结构。

1．布置（见图5-1）

该机按矿井上下班时，用胶带输送机下带向下载人，上带向上载人，其它时间向上运煤设计。

2．结构

主要部件与DX型钢绳芯胶带输送机相同。

1）驱动装置

该胶带输送机按运行工况分别对应的功率值为：额定原煤输送功率282kW；额定人员向上输送功率128kW；额定人员向下输送功率负1kW。总装机功率选用2×160kW，驱动装置见图5-2。

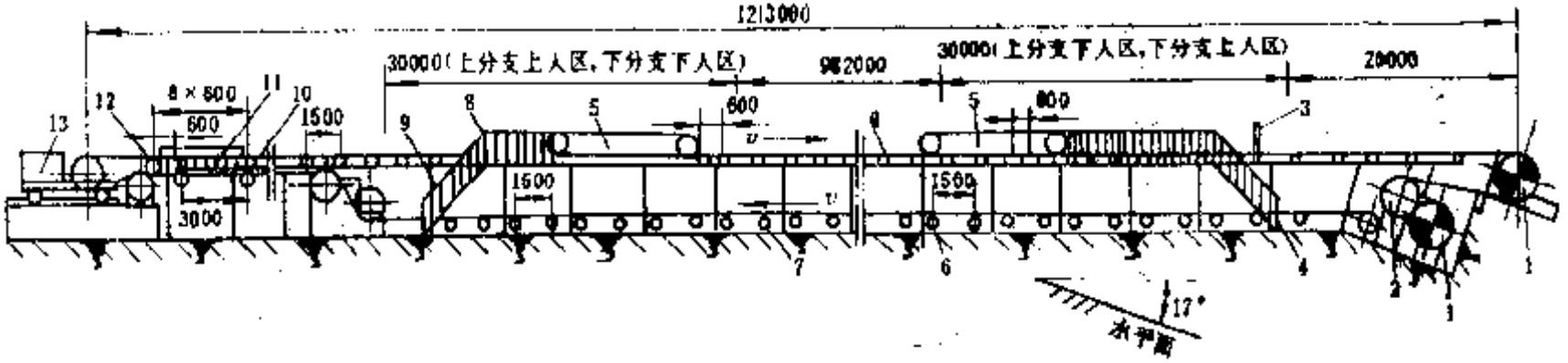


图 5-1 DXB型胶带输送机布置示意图

1—传动滚筒；2—改向滚筒；3—头部过站保护装置（铁链吊帘）；4—下人平台；5—自动扶手装置；6—承载托辊；7—回程平托辊；8—上人平台；9—尾部过站保护装置；10—回程V形托辊；11—导料槽；12—缓冲托辊；13—张紧重锤小车

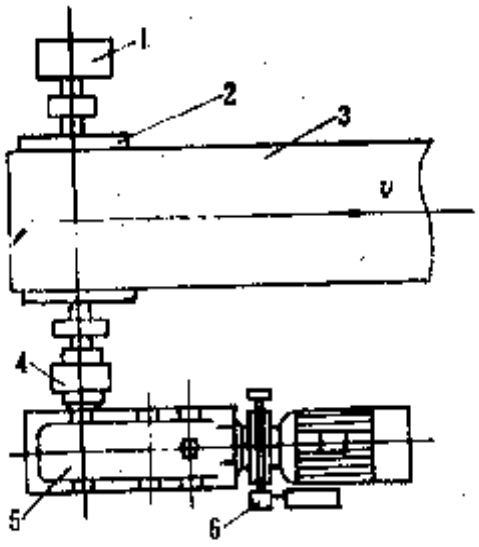


图 5-2 驱动装置布置图

1—逆止器；2—传动滚筒；3—输送带；4—弹性齿式联轴器；5—直交轴减速器；6—制动器

2）逆止及制动装置

逆止器设在低速轴，采用异型块式大扭矩逆止器。逆止器可防止运煤时，向上运送人员时停车后逆行。在驱动电机高速轴上装有电磁铁制动器，当向下运送人员时防止可能的飞车和停机减速的安全保护。该机的两套逆止器，两套制动器均可单独承担整机的全部负荷。

3）乘员过站的安全保护装置

在上、下带下站处的前方均设置对人员的安全保护装置。

上运时，规定在上带分别运煤和载人，但个别人有可能运煤时违章乘坐甚至睡觉，因此在机头部（见图5-1中3的位置）设置铁链吊帘，见图5-3所示，用铁链提醒搭乘人员，在吊帘前方装有紧急停车开关。

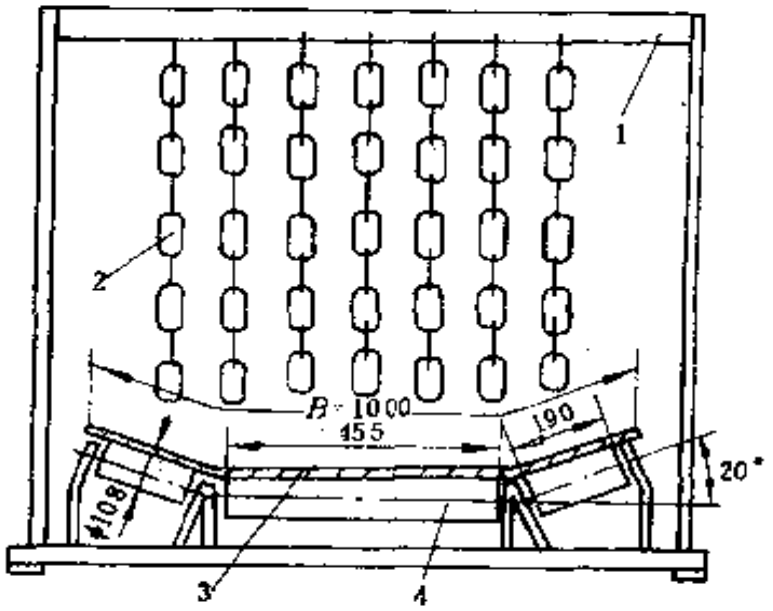


图 5-3 铁链吊帘

1—支架；2—铁链；3—输送带；4—槽形前倾托辊组（侧辊前倾1.5°）

下运时，在机尾部下带（见图5-1中9的位置）设置粘胶挡板的过站保护装置，见图5-4，如乘员过站，与挡板1碰撞后行程开关3使胶带输送机停车，从而保护人员的安全。

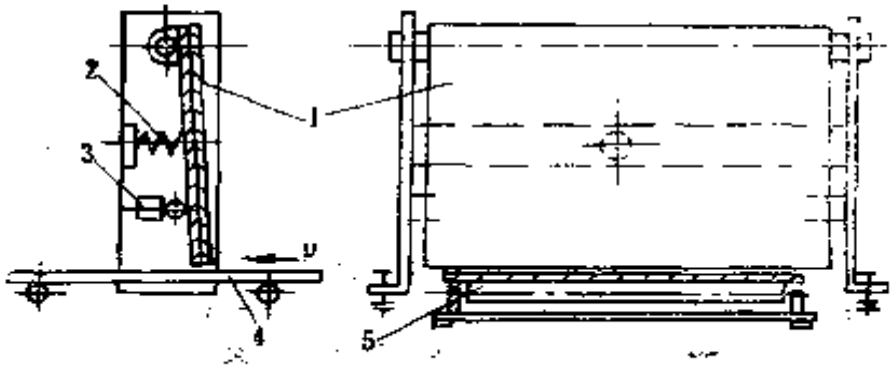


图 5-4 尾部过站保护装置

1—粘胶挡板；2—复位弹簧；3—行程开关；4—下分支输送带；5—平托辊

如输送带跑偏，或载人运行发生异常情况，可随时随地拉动沿线布置的紧急开关，使输送机停车。

4）同步自动扶手装置

为保证乘员上、下输送带的安全和方便，在输送机上带的上、下人处分别设置单侧同步自动扶手装置，见图5-5。扶手装置相对胶带输送机是独立的，具有自己的驱动系统，由电气控制保证与胶带输送机同步运行。下带离地面很近，在下带不设同步自动扶手装置。图5-5是安装在机尾的上人区。机头下人区见图5-1的同步自动扶手装置，与图5-5相似。

5）防爆电控装置

在煤矿井下使用，防爆电控装置是双载胶带输送机关键部份，目前还没有经过鉴定的适合于该种机型的产品，本机

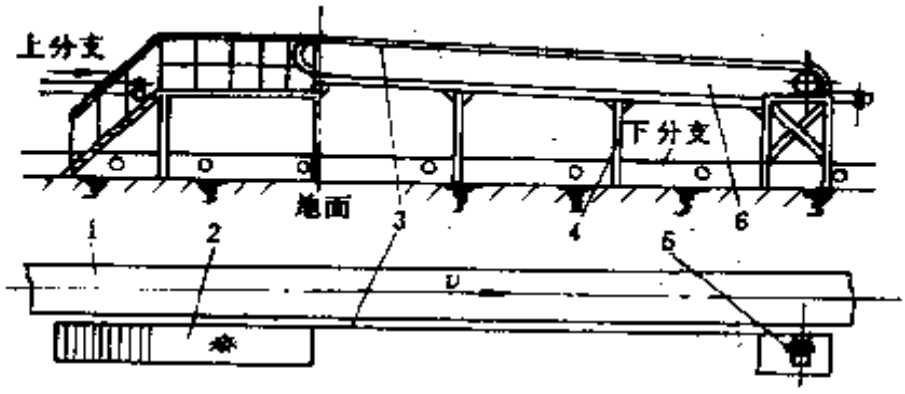


图 5-5 同步自动扶手装置

1—输送带；2—固定式平台；3—扶手胶带；4—独立扶手装置支架；5—扶手驱动装置；6—扶手胶带支承架

是利用现有的装置按本机要求进行的改装设计。

3. 人员上下输送带的安全规定

（1）凡初次乘坐的人员应首先了解本机的结构性能及载人的规章制度。

（2）在规定的载人时间内方可乘坐。

（3）只能单人上带。

（4）上带时与前面的人最少保持10 m距离。

（5）应在规定的上人位置上带，上行时扶住同步自动扶手跨上输送带或先用手撑，然后两脚先后跨入，见图5-6（*a*）。下行时手扶中间架1，两脚后跨入下输送带2，见图5-6（*c*）。

（6）上带后上行采取卧姿，下行为坐姿，面向运行方向，见图5-6（*b*）、（*d*）。运行中不许睡觉。

（7）在距下人位置15 m处，设有下带提示标志牌，让人有思想准备。

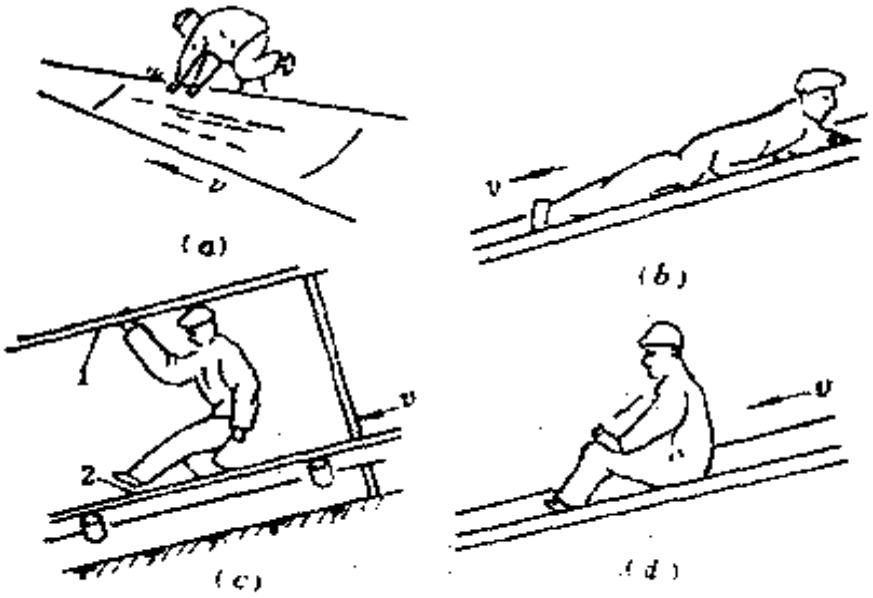


图 5-6 上带及乘坐姿势示意图
1—中间架；2—下分支输送带

（8）应在规定位置下带，上行时扶或不扶同步自动扶手逐渐站起，一步跨到下带平台。下行先蹲起作好下带准备，扶中间架跨下。

（9）下带后不准在平台停留。

张新矿DXB型运人胶带输送机，自投产以来、运行效果良好，上带托辊间距1.5m，乘员没有不舒服的感觉，上下人区的托辊间距0.6m，乘员可以方便乘降。由于输送带接头不直，易出现跑偏。

双载胶带输送机的生产厂家有沈阳起重运输机械厂、上海起重运输机械厂、唐山冶金矿山机械厂。

三、实例

以由德国蒙坦咨询公司为开滦矿务局东欢坨矿井采区上山设计的胶带输送机为例。该机仅在下带向上运送人员，上带不运人（下行人员乘坐与胶带输送机同巷布置的绳牵引卡

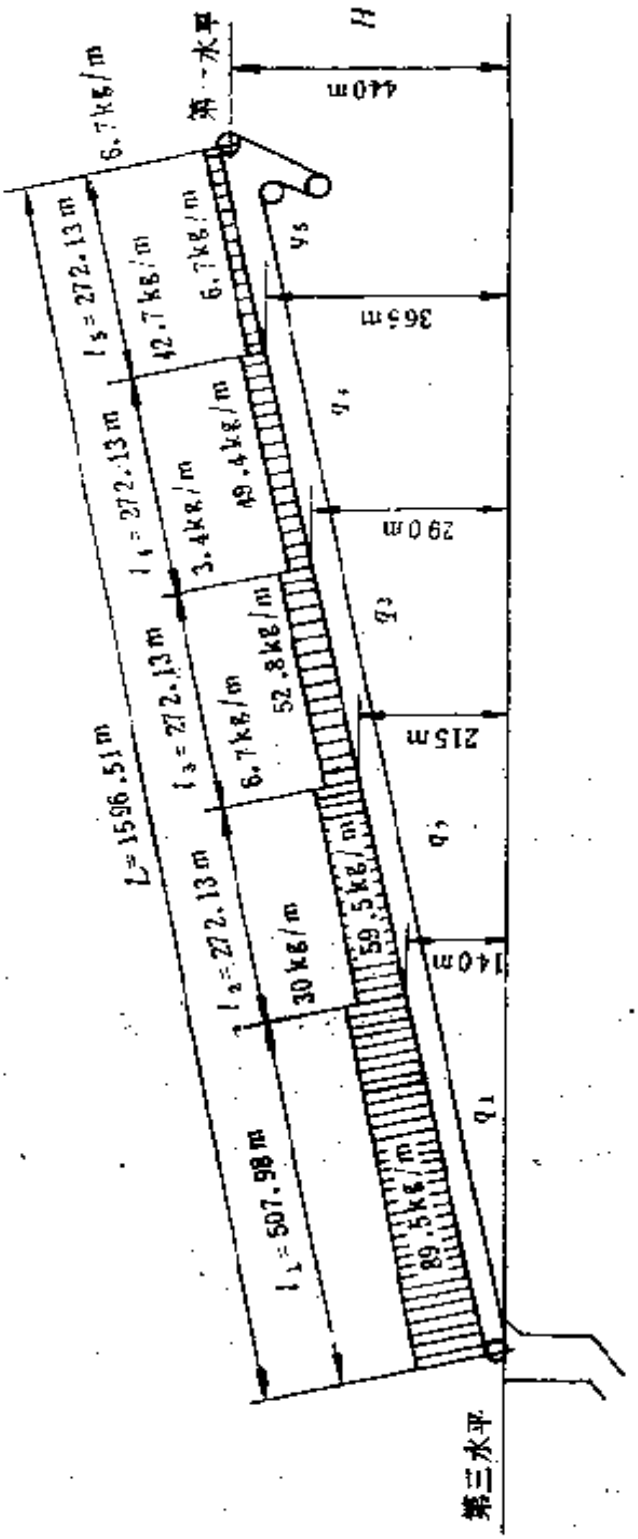


图 5-7 胶带输送机载荷图

表 5-10 上山胶带输送机设计计算原始数据

序号	项　目	符号	数　值	单　位	序号	项　目	符号	数　值	单　位
1	运送物料		原煤、人		12	阻力系数	c	1.05	
2	散比重	ρ	1.1	t/m³	13	阻力系数（满载）	f	0.016	
3	粒度		300	mm	14	阻力系数（空载）	f_1	0.028	
4	胶带机终端运量	Q_t	805	t/h	15	上托辊间距	a_s	1.25	m
5	胶带机终端运量	Q_m	732	m³/h	16	下托辊间距	a_u	2.5	m
6	带宽	B	1200	mm	17	托辊槽角	λ	35	(°)
7	带速	v	2.5	m/s	18	胶带机倾角	δ	16	(°)
8	运送距离	L	1596.51	m	19	倾角系数	K	0.89	
9	卸载站与驱动站间距	L_1		m	20	效率	η	0.8	
10	提升高度	H	-440	m	21	附加阻力	Z	200	kg
11	卸载站与驱动站高差	H_1		m	22	减速系数	Y	1.2	

注：平均运量　515t/h　8.58t/min。

表 5-11 上山胶带输送机设计计算书

序号	项　　目	公　　式	计　　算	数　　值	单　　位
1	胶带单位长度负载	$q=\frac{Q_t}{3.6\cdot v}$	$q=\frac{515}{3.6\times 2.5}$	57.22	kg/m
2	上托辊单位长度重量	$G_{ro}=\frac{G_r}{a_o}$	$G_{ro}=\frac{30.3}{1.25}$	24.2	kg/m
3	下托辊单位长度重量	$G_{ru}=\frac{G_r}{a_u}$	$G_{ru}=\frac{26.3}{2.5}$	10.5	kg/m
4	带重	ST3500	$G_b=$	66	kg/m
5	满载时上分支阻力	$W_o=C\cdot f\cdot L(q+G_b+G_{ro})-H(q+G_b)+Z$ $W_o=1.06\times 0.016\times 1596.51(57.22+66+24.2)+$ $+440(57.22+66)+200$ $W_{os}=C\cdot f\cdot L(q+G_b+G_{ro})+Z$ $W_{os}=26.82\times 147.42+200$		−50063 4153	kg
6	满载时下分支阻力	$W_u=C\cdot f\cdot L(G_b+G_{ru})+H\cdot G_b$ $W_u=26.82(66+10.5)+440\times 66$ $W_{us}=C\cdot f\cdot L(G_b+G_{ru})$ $W_{us}=26.82\times 76.5$		31091 2051	kg kg

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
7	满载时圆周力	$F_{us}=W_{os}+W_{ss}$ $F_u=W_o+W_u$	$F_{us}=4153+2051$ $F_u=-50063+31091$	6204 -18972	kg
8	满载时要求的轴功率	$P_s=\frac{F_u\cdot v}{102}$	$P_s=\frac{-18972\times 2.5}{102}$	465	kW
9	满载时要求的电机功率	$P_m=\frac{P_s}{\eta}$	$P_m=\frac{465}{0.8}$	581.3	kW
10	选用的电机	输出功率 转　数 型　号 尺　寸		4×160 1480	kW r/min
11	空载时上分支阻力	$W_o=C\cdot f_1\cdot L(G_h+G_{ro})-H\cdot G_h+Z$ $W_o=1.05\times 0.028\times 1596.51(66+24.2)-449\times$ $\times 66+200$ $W_{os}=C\cdot f_1\cdot L(G_h+G_{ro})+Z$ $W_{os}=46.937\times 90.2+200$		-24606 4433	kg kg
12	空载时下分支阻力	$W_u=C\cdot f_1\cdot L(G_h+G_{ru})+H\cdot G_h$ $W_u=46.937(66+10.5)+449\times 66$		32630	kg

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
12	空载时下分支阻力	$W_{x2}=C\cdot f\cdot L(G_h+G_{ro})$ $W_{x2}=46.937\times 76.5$		3590	kg
13	空载圆周力	$F_{u1}=W_0+W_0$ $F_{u1s}=W_{x2}+W_{x1}$	$F_{u1}=-24606+32630$ $F_{u1s}=4433+3590$	8024 8023	kg kg
14	空载时要求轴功率	$P_{z1}=\frac{F_{u1}\cdot v}{102}$	$P_{z1}=\frac{8024\times 2.5(0.5)}{102}$	196.7 (39.3)	kW
15	空载时电机功率	$P_{m1}=\frac{P_{z1}}{\eta}$	$P_{m1}=\frac{196.7}{0.8}\left(\frac{39.3}{0.8}\right)$	245.9 (49.1)	kW
16	空载制动减速行程$s=3$m 制动时间 制动减速度	$t=\frac{2s}{V}$ $-b=\frac{v}{t}$	$t=\frac{2\times 3}{2.5}$ $-b=\frac{2.5}{2.4}$	2.4 -1.04	s m/s²
17	假设减速行程 $s=3$m 空载制动惯性力	$F_v=F_{Bz}-F_{u1}=\frac{-b}{g}\cdot L(2G_h+G_{ro}+G_{ro})Y$	$=\frac{-1.04}{9.81}\times 1596.51(2\times 66+24.2+10.5)1.2$	-33857	kg

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
18	空载制动力 （在满载$F_{Br}<F_z$时，必须对满载计算）	$F_{Br}=F_v+F_{z1}$	$F_{Br}=-33857+8024$	-25833	kg
19	满载制动 在$b=0.3m/s^2$ 制动时间	$t=\frac{V}{b}$	$t=\frac{2.5}{0.3}$	8.33	s
	制动行程	$S=\frac{t\cdot v}{2}$	$S=\frac{8.33\times2.5}{2}$	10.41	m
20	满载$b=-0.3m/s^2$ 时制动惯性力	$F_v=F_{Br}-F_a=\frac{-b}{g}L(q+2G_b+G_{r0}+G_{r2})Y$	$F_v=\frac{-0.3}{9.81}\times1596.51(57.22+2\times66+24.2+10.5)1.2$	-13118	kg
21	满载制动力	$F_{Br}=F_v+F_b$	$F_{Br}=-13118+(-18972)$	-32090	kg
22	满载制动时W_0-5 W_z间均化系数	$X=\frac{F_v}{F_{z6}}$ $1-X$	$X=\frac{13118}{6204}$ $1-2.11$	2.11 -1.11	

续表

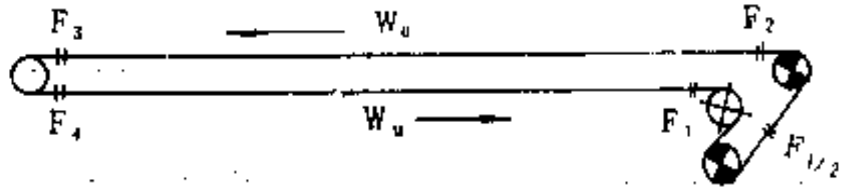
序号	项目	公式	计算	数值	单位
23	满载制动时滚动阻力 （考虑"X"系数）	$W_{\omega Br}=(1-X)W_{\omega}$ $W_{\mu Br}=(1-X)W_{\mu}$ $W_{\omega Br}=W_{\omega Br}-H(q+G_h)$ $W_{\mu Br}=W_{\omega Br}+H\cdot G_h$	$W_{\omega Br}=-1.11\times4153$ $W_{\mu Br}=-1.11\times2051$ $W_{\omega Br}=-4609-440\times(57.22+66)$ $W_{\mu Br}=-2276+440\times66$	-4609 -2276 -58825 26764	kg
24	满载时考虑X系数的制动力	$F_{Brv}=W_{\omega Br}+W_{\mu Br}$	$F_{Brv}=-58825+26764$	-32061	kg
25	具有相当于F_{Brv}恒定动量的空载制动力（从24项）惯性力	$F_{v1}=F_{Brv}-F_{a1}$	$F_{v1}=-32061-8024$	-40085	kg
26	减速度	$b=\dfrac{-g\cdot F_{v1}}{L(2G_h+G_{r\omega}+G_{r\mu})Y}$ $b=\dfrac{-9.81\times40085}{1596.51(2\times66+24.2+10.5)1.2}$		-1.23	m/s^2
27	制动时间 制动距离	$t=\dfrac{v}{b}$ $s=\dfrac{t\cdot v}{2}$	$t=\dfrac{2.5}{1.23}$ $s=\dfrac{2.03\times2.5}{2}$	2.03 2.53	s m

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
28	空载制动时W_o与W_u间的均化系数	$X=\frac{F_{vt}}{F_{uts}}$ $1-X$	$X=\frac{40085}{8023}$ $1-5$	5 -4	
29	具有恒定动量的空载制动时的阻力	$W_{osBr}=(1-x)W_{os}$ $W_{usBr}=(1-x)W_{us}$ $W_{oBr}=W_{osBr}-H\cdot G_b$ $W_{uBr}=W_{usBr}+H\cdot G_b$	$W_{osBr}=-4\times4433$ $W_{usBr}=-4\times3590$ $W_{oBr}=-17732-440\times\times66$ $W_{uBr}=-14360+440\times\times66$	-17732 -14360 -46772 14680	kg kg kg kg
30	具有恒定动量的空载制动力	$F_{Br1}=W_{oBr}+W_{uBr}$	$W_{Br1}=-46772+14680$	-32092	kg

序号	项目	符号	数值	单位
1	围包角	α_1	180	°
2	围包角	α_4	190	°
3	摩擦系数 滚筒/胶带	μ_{Br} μ	0.35 0.30	

胶带机示意图



序号	项　目	符　号	数　值	单　位	胶带机示意图
4	系数 $\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$		0.46		同　前
5	系数 $\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$		0.58		

序　号	项　目	公　式	计　算	数　值	单　位
31	在制动时下垂1.5%的胶带应力	$F_{o\min Br}=\frac{a_o(q+G_b)}{1.5\times0.08}$	$F_{o\min Br}=\frac{1.25(57.22+66)}{1.5\times0.08}$	1283	kg
32	正常运行下垂1.0%的胶带应力	$F_{o\min}=\frac{a_o(q+G_b)}{1.0\times0.08}$	$F_{o\min}=\frac{1.25(57.22+66)}{1.0\times0.08}$	1925	kg
33	1）满载制动时胶带张力 F_{Brv}见24项	$F_{1Br}=(F_{Brv}/a)\cdot\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$ $F_{3Br}=F_{1Br}-W_{uBr}$ $<F_{o\min Br}$	$F_{1Br}=32061/2\times0.46$ $F_{3Br}=7374-26764$	7374 -19390	kg kg
	$W_{oBr}+W_{uBr}$见23项	$F_{3Br}=F_{o\min Br}$	$F_{3Br}=1283$	1283	kg
	例： $a=2$　来自F_u 1+1	$F_{1Br}=F_{3Br}+W_{uBr}$ $F_{2Br}=F_{1Br}+F_{Brv}$	$F_{1Br}=1283+26764$ $F_{2Br}=28047+32061$	28047 60108	kg kg

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
	$a=1.5$来自$F_0$1:2	$F_{4Br}=F_{2Br}-W_{oBr}$	$F_{4Br}=60108-58825$	1283	kg
	总计	$\Sigma F_{Brv}=F_1+F_2+F_3+F_4$	$\Sigma F_{Brv}=$	90721	kg
	2）满载连续运转时胶带张力 F_u见7项 W_o和W_u见5.6项	$F_{1D}=F_u/a\cdot\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$	$F_{1D}=18972/2\times0.58$	5501	kg
		$F_{0D}=F_{1D}-W_u$	$F_{0D}=5501-31091$	−25589	kg
		$<F_{0min}$			
		$F_{3D}=F_{0min}$	$F_{3D}=1925$	1925	kg
		$F_{1D}=F_{3D}+W_u$	$F_{1D}=1925+31091$	33016	kg
		$F_{2D}=F_{1D}+F_u$	$F_{2D}=33016+18972$	51988	kg
		$F_{4D}=F_{2D}-W_o$	$F_{4D}=51988-50063$	1925	kg
	总计	$\Sigma F_{Dv}=F_1+F_2+F_3+F_4$	$\Sigma F_{Dv}=$	88854	kg
	3）空载制动时胶带张力 F_{Br1}见30项 W_o和W_u见29项	$F_{1Br}=(F_{Br1}/a)\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$	$F_{1Br}=32092/2\times0.46$	7381	kg
		$F_{0Br}=F_{1Br}-W_{uBr}$	$F_{0Br}=7381-14680$	−7299	kg
		$<F_{0minBr}$			
		$F_{3Br}=F_{0minBr}$	$F_{3Br}=1283$	1283	kg
		$F_{1Br}=F_{3Br}-W_{oBr}$	$F_{1Br}=1283+14680$	15963	kg
		$F_{2Br}=F_{1Br}+F_{Br1}$	$F_{2Br}=15962+32092$	48054	kg

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
		$F_{4Br}=F_{2Br}-W_{oBr}$	$F_{4Br}=48054-46772$	1282	kg
	总计	$\Sigma F_{Br1}=F_1+F_2+F_3+F_4$	$\Sigma F_{Br1}=$	66582	kg
33	4）空载连续运转时胶带张力 F_{u1}见13项 W_o和W_u见11，12项	$F_{1D}=(F_{u1}/a)\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$	$F_{1D}=8024/2\times0.58$	2327	kg
		$F_{3D}=F_{1D}-W_u$ $<F_{omin}$	$F_{3D}=2327-32630$	-30303	kg
		$F_{3D}=F_{omin}$	$F_{3D}=1925$	1925	kg
		$F_{1D}=F_{3D}+W_u$	$F_{1D}=1925+32630$	34556	kg
		$F_{2D}=F_{1D}-F_{u1}$	$F_{2D}=34555-8024$	26531	kg
		$F_{4D}=F_{3D}-W_o$	$F_{4D}=26531-24606$	1925	kg
	总计	$\Sigma F_{Dv}=F_1+F_2+F_3+F_4$	$\Sigma F_{Dv}=$	64936	kg
34					
35	静止空载时胶带张力	$F_3=\frac{\Sigma F_{Dv}}{4}-\frac{H\cdot G_b}{2}$	$F_3=\frac{64936}{4}-\frac{440\times66}{2}$	1714	kg
		$F_1=F_3+H\cdot G_b$	$F_1=1714+440\times66$	30754	kg
36					

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
37	胶带应力 1）满载制动	$\sigma_{b1}=\frac{0.01F_{maxBrew}}{B}\cdot\frac{1}{C}$	$\sigma_{b1}=\frac{0.01\times60108}{1.2}\times\frac{1}{0.85}$	589.29	kg/cm
	2）满载连续运转	$\sigma_{b2}=\frac{0.01\cdot F_{maxBvw}}{B}\cdot\frac{1}{C}$	$\sigma_{b2}=\frac{0.01\times51988}{1.2}\times\frac{1}{0.85}$	509.68	kg/cm
	3）空载制动	$\sigma_{b3}=\frac{0.01\cdot F_{maxBr}}{B}\cdot\frac{1}{C}$	$\sigma_{b3}=\frac{0.01\times48054}{1.2}\times\frac{1}{0.85}$	471.1	kg/cm
	4）空载连续运转	$\sigma_{b4}=\frac{0.01\cdot F_{maxDlw}}{B}\cdot\frac{1}{C}$	$\sigma_{b4}=\frac{0.01\times34555}{1.2}\times\frac{1}{0.85}$	338.77	kg/cm
38	选用胶带		ST3500	3500	kg/cm
39	安全系数 1）满载制动	$m_1=\frac{k_w}{\sigma_{b1}}$	$m_1=\frac{3500}{589.29}$	5.93	

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
	2）满载连续运转	$m_2=\frac{k_x}{\sigma_{b2}}$	$m_2=\frac{3500}{509.68}$	6.86	
39	3）空载制动	$m_3=\frac{k_x}{\sigma_{b3}}$	$m_3=\frac{3500}{471.1}$	7.42	
	4）空载连续运转	$m_4=\frac{k_x}{\sigma_{b4}}$	$m_4=\frac{3500}{338.77}$	10.33	
	6个制动盘，每个88.5 kg·m满载制动				
	1）制动力	$F_{Bre}=\frac{M_{Br}\cdot i}{R}$	$F_{Bre}=\frac{6\times 88.5\times 41}{0.64}$	34017	kg
	2）胶带张力	$F_{1Br}=F_{Bre}/2\times\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$	$F_{1Br}=34017/2\times 0.46$	7823	kg
	（W_{wBr}见23项）				
40		$F_{2Br}=F_{1Br}-W_{wBr}$ $<F_{0minBr}$	$F_{2Br}=7823-26764$	-18941	kg
		$F_{2Br}=F_{0minBr}$	$F_{2Br}=1283$	1283	kg
		$F_{1Br}=F_{2Br}+W_{wBr}$	$F_{1Br}=1283+26764$	28047	kg
		$F_{2Br}=F_{1Br}+F_{Bre}$	$F_{2Br}=28047+34017$	62064	kg
	3）胶带应力	$\sigma_b=\frac{0.01\times F_{1Br}}{B}\cdot\frac{1}{C}$	$\sigma_b=\frac{0.01\times 62064}{1.2\times 0.85}$	608.47	kg/cm

注：大的数值适用于胶带的额定强度，小的数值适用于接头强度。

续表

序号	项目	公式	计算	数值	单位
	胶带安全系数	$m=\frac{K_1}{\sigma_b}$	$m=\frac{3500}{608.47}$	5.75	
41	8个制动盘 每个88.5 kg·m满载制动				
	1) 制动力	$F_{Br4}=\frac{M_{Br}\times i}{R}$	$F_{Br4}=\frac{8\times 88.5\times 41}{0.64}$	45356	kg
	2) 胶带张力	$F_{1Br}=F_{Br4}/2\times\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}$	$F_{1Br}=45356/2\times 0.46$	10431	kg
		$F_{3Br}=F_{1Br}-W_{uBr}$ $<F_{3minBr}$	$F_{3Br}=10431-26764$	-16332	kg
		$F_{3Br}=F_{3minBr}$	$F_{3Br}=1283$	1283	kg
		$F_{1Br}=F_{3Br}+W_{uBr}$	$F_{1Br}=1283+26764$	28047	kg
		$F_{zBr}=F_{1Br}+F_{Br4}$	$F_{zBr}=28047+45356$	73403	kg
	3) 胶带应力	$\sigma_b=\frac{0.01\times F_{zBr}}{B}\cdot\frac{1}{c}$	$\sigma_b=\frac{0.01\times 73403}{1.2\times 0.85}$	719.63	kg/cm
	4) 紧急制动时胶带安全系数	$m=\frac{K_2}{\sigma_b}$	$m=\frac{3500}{719.63}$	4.86	

注：在紧急制动情况允许安全系数是3。

轨车）。其最大特点是煤炭下运，设计计算方法有参考价值。

该采区上山内设有5个供煤点，胶带输送机承担下述工作面生产的煤炭运输：

3个工作面的产量	8200t/d
5个掘进煤巷的产量	900t/d

采区装载点的煤仓容量为300t，辅助水平煤仓容量90t，并配有可调节给煤量的给煤设备。

胶带输送机平均负载（参见图5-7）：

$$q=\frac{q_1\times l_1+q_2\times l_2+q_3\times l_3+q_4\times l_4+q_5\times l_5}{L}$$

$$=\frac{89.5\times 507.98+272.13(59.5+59.8+49.4+6.7)}{1596.51}$$

$=57.18$ (kg/m)

平均煤流（运量）

$$Q_t=3.6qv=3.6\times 57.18\times 2.5=514.62 \text{ (t/h)}$$

卸载端的最大煤流（运量）

$$Q_{max}=3.6q_1v=3.6\times 89.5\times 2.5=805.5 \text{ (t/h)}$$

其他设计计算原始数据见表5-10。

整个设计计算过程见表5-11。

附录1　《德国北莱茵威斯特伐利亚州最高矿山局有关煤矿井下使用柴油机牵引的单轨吊规程》

（1979年3月23日颁布）摘录

1.1　适用范围：主要用来运送散装材料、单体材料、设备及运送人员。

1.2　列车组成：带有司机室的柴油机车、承载车、承载滑车及安全制动车。

1.3　坡度与列车最大总重量（包括自重）之间的关系：

5°	10°	15°	20°
21000kg	18000kg	15000kg	12000kg

只有在证实了当内燃机车列车各组件、钢轨轨接头及其悬吊装置、以及巷道支架确实增加了较高负荷后，紧急制动不会引起井下沼气点燃的危险情况下方能增加列车总重量。

2．最高运速不得大于2m/s。

2.1.1　列车组最宽处两侧的有效空间至少为0.3m，并应长期保证此值。

2.1.2　人员运输车下面的有效空间以及与输送机（如胶带输送机）相交处的有效距离不得小于0.3m。

2.2　使用柴油机车的矿井及巷道配风量：

$CH_4>0.5\%$	$CH_4>1\%$
风量≥6m³/kW·min	风量≥8m³/kW·min

当风流中沼气含量大于0.5%或1%时，要向司机报警。

2.3.1 单轨吊钢轨必须使用I140E型或同质钢轨，水平曲率半径不得小于4m，垂直曲率半径不得小于10m。

钢轨、轨接头、悬吊装置必须能承受柴油机车运行中产生的加载（列车的重力、内燃机车的驱动力、运行中的阻力等）。

钢轨、包括固定在上面的悬吊链以及钢轨和拉条之间的连接件，对于运行中产生的最大静加载力（机车和车辆重量加有效载荷）都必须有3倍以上的安全系数。

钢轨必须由其两端加以悬吊。钢轨接头和钢轨悬吊装置不得出现自行解脱现象。

单轨吊单轨应拉紧，以免翘起或侧翼摆动，否则会产生安全距离与摆动范围超限等问题。

只要巷道支架适合吊挂链条，并经计算验证支架不会被柴油机车的运行力拉倒，不会发生错动，就允许在支架上吊挂轨道。附加力最大允许值为验算出的支架承载力的1/3。

2.3.2 道岔

道岔必须能承受列车的过轨力。处于终止位的道岔，应采用连锁装置闭锁，不得自行开启。

道岔必须配有阻车器，以防开启后列车跑车。这种装置要求在无动力源时仍起作用。

2.4 在列车进行编组或分离的地段，轨道必须敷设成水平状态。在有跑车危险的情况下，在该区段的末端必须安装自动闭合的阻车器。

阻车器只允许在列车通行时开启，在无动力源情况下，也必须保证起作用。

2.5 弯道、道岔、阻车器、装车卸车点、轨道终点以及列车需要减速或停车的地段均应设置供司机识别的标记。

在巷道风流中沼气含量长期或暂时大于1%的区段，在入口处必须用牌子标明。运行区段中的标记必须使列车司机一目了然。

2.6 车辆进行保养及添加燃油和润滑油，必须设专用硐室。该硐室禁止使用点火器、焊接、气割、电锯或砂轮机等产生火源的设备。

硐室侧壁留有不小于0.5m的安全距离，底部应设维修地沟。

硐室的支架及悬吊件必须用耐火材料，采用通过式通风，风量不小于8m^3/kW·min。

2.7 列车上，除机车的紧急制动外，还要在列车尾部配一台安全制动装置，使挂在机车上的负载（扣除机车自重），在出现连接件断裂情况下自行置于停车状态。

附录2 《德国北莱茵威斯特伐利亚州矿山管理局煤矿井下使用钢丝绳牵引单轨吊车规程》摘录

1．巷道净断面

单轨吊车及其所运设备等过风门时不得受阻。

由于矿山岩石压力作用会使巷道断面缩小，设计时应保证净空间间隙不小于0.3m。

单轨吊车和连续式运输机交叉处下部净间隙至少为0.3m。

与带盖板的链板运输机交叉或重迭时，如果没有慢行段或停车点，其单轨吊车下部的净空间不小于0.3m。

单轨吊正常装卸载地点要留有安全操作空间。

工作面入口处及其它工作地点应设停车点。

2．单轨

2.1 轨道必须在其两端悬挂。悬挂时必须遵循德国工业标准的有关规定。只有经公认的专门检查部门认可，才允许使用其它悬挂方式。

轨道的连接及悬挂必须牢固，不得自行脱开。

轨道包括在其上面固定的悬挂件(轨道连接件)，以及轨道与支架之间的连接件的破断能力不得小于运行中列车产生的最大静负荷(自重及有效载重)的3倍，即安全系数不小于3。

轨道水平曲率半径不得小于4m。

巷道支架在不会由于单轨吊车传来的力而使之移动的条

件下，可用作单轨悬挂。来自单轨吊车运行的附加力最多为支架实际支承能力的1/3。

2.2 道岔的终端必须有闭锁装置。此装置要牢固，列车通过时不能自行张开。道岔必须能承受列车通过时产生的力。

道岔必须配备防跑车装置，此装置在断电时亦能起作用。

3. 阻车器

在单轨吊车运行轨道终点处须装设防跑车的安全装置（阻车器）。

在吊车彼此脱离或脱绳时有跑车危险的地点（例如装卸载地点）的下部设自动关闭的阻车器，即使是在断电情况下也起作用。

4. 运行吊车及连接装置

必须保证运行吊车不自行脱轨。

传递牵引力和压力的牵引吊车、制动车及承载吊车的各构件强度，按绞车许用额定牵引力计算，其安全系数不得小于6。

运行吊车之间不得使用辅助连接件或连结绳。伸缩杆亦不得使用。

连接运行吊车所用的部件，包括连接杆和吊车的受力部件其安全系数——破断力与斜向分力的比不得小于8。

单绳牵引巷道坡度相同时，应在车组尾部挂制动车，巷道坡度不同时，在车的两端各挂1辆制动车。

吊车与连接杆之间的连接必须牢固，不得自行松开。

吊车运行期间有可能松开的连接件，必须配防松安全装置。要经常注意防松装置是否处于咬合状态。

5. 制动装置

5.1 单轨吊列车必须带有紧急制动装置（1个或几个制动车）。制动车的制动能力必须与列车的最大和最小总负荷及轨道的坡度相适，必须适应列车的双向运行。

5.2 对于制动车的结构形式，必须有矿山管理局认可的专门机构发给的结构形式检验证书，方可使用。

5.3 在倾斜方向相同的条件下，单绳牵引的制动车必须置于列车的下方。

在倾斜方向不相同的条件下，单绳牵引的制动吊车须置于列车的一端，另一端是牵引吊车。如果牵引吊车不能放置在列车的一端，则应在列车两端各带1辆制动车。

由于坡度不同，采用两辆制动车，当脱绳时，每1辆制动车均能使具有最大总负荷的列车自动停下来。最大制动减速度不得超过$4m/s^2$。

5.4 双绳牵引的单轨吊车，必须配备两辆牵引车和两辆制动车。制动车必须能适应基本相同的最大和最小总负荷，制动速度也必须基本相同。

双向运行时，牵引车的位置必须保证运行吊车上的驱动力基本均匀。牵引车彼此不得直接相联。

制动车与牵引车在列车内的布置必须保证，在一连接件失灵的情况下，能有效地控制住列车所承受的总负荷。

6. 发生器及报警装置

单轨吊车必须配备1台声发生器或光亮报警装置。

报警装置可安装于列车的终端，即制动车的前面。

7. 承载容器和其它承载设备

承载容器必须带有侧板。其它承载设备（如集装箱）和滑动绳、链，以及提升皮带和制动链等，如果能够承受单轨吊车在运行中产生的力，也可以使用。承载物必须安放牢

固，在加速、减速和碰击时都不得自动松开。

承载设备的悬挂装置尺寸必须与运行吊车的其它设备的尺寸相协调。

悬挂装置在紧急制动时不得自动脱钩。

8. 钢丝绳

8.1 牵引钢丝绳的计算破断力不得小于运行中产生的最大斜向分力的6倍。钢丝绳的计算破断力是由钢丝绳的金属断面及钢丝的额定强度决定的。

钢丝绳的实际破断力不得低于计算破断力，但尽量不超过15%。

8.2 钢丝绳连接处、附设的绳卡及牵引臂入绳口均不得损坏钢丝绳。绳卡必须与钢丝绳直径相互协调。为避免钢丝绳打滑和脱绳，应该有逆止安全装置。

8.3 牵引臂及其夹紧装置、固定装置的破断力与绞车额定牵引力之比不得小于6。

8.4 钢丝绳必须借助于导向滑轮运行。导向滑轮的安装，必须保证钢丝绳在任何地点都不与支架及其它设备相摩擦。

钢丝绳导向滑轮及滑轮座，在曲线段（水平及垂直曲线）内的固定，必须能承受不小于3倍的钢丝绳的合力。

钢丝绳在小于5倍钢丝绳直径的滑轮上，最大偏转度为36°(托轮段)；在5～6.9倍钢丝绳直径的滑轮上，最大偏转度为9°；在相当于钢丝绳直径7～19.9倍的滑轮上，最大偏转度为15.3°；在比钢丝绳直径大19.9倍以上的滑轮上，最大偏转度为15.3°以上；在圆柱形的滑轮上，钢丝绳的最大偏转度为9°。

钢丝绳回绳轮或张紧轮的直径不得小于20倍的钢丝绳

直径。

8.5 钢丝绳回转轮固定装置的破断力，至少为绞车额定牵引力的6倍。

钢丝绳回转轮的固定，必须保证在钢丝绳破断时也不致于掉落下来。

如果钢丝绳回转轮上的预张力，最大时也达不到钢丝绳计算破断力的16%（每根钢丝绳为8%），为防止钢丝绳在绞车上打滑，必须在绞车旁装张紧装置。双绳牵引时，在任何情况下都必须有张紧装置。

9. 绞车

绞车的安装，必须保证其额定牵引力与钢丝绳的额定速度。

绞车固定装置的破断力至少为绞车额定牵引力的3倍，最小不得小于50kN。

9.1 制动装置。每台绞车必须有一个自动闭合的制动器。制动器为块式或盘式，并作用于钢丝绳滚筒上。制动力由重力或弹力产生。

绞车制动器的制动力不得小于绞车额定牵引力的1.5倍（安全系数）。

9.2 钢丝绳滚筒的直径不得小于钢丝绳直径的40倍。摩擦轮式绞车的导向轮直径必须不小于钢丝绳直径的28倍。

9.3 信号装置。每套单轨吊都必须有音响或视觉信号装置。信号至少能在装卸载地点之间、停车或工作地点与司机位置之间发出。信号在本单轨吊列车上不得混淆。

单轨吊车的起动，在钢丝绳整个运行线路上，必须以音响或视觉信号显示。该信号也适用于本巷道内的其它运输设备。

9.4 指示牌。装卸载地点的指示牌上，必须注明单轨吊车的组合、列车及运行吊车的允许负荷、运行吊车的最大数目及其间距。

信号及其含义必须公布在司机位置及装卸载点的指示牌上。

司机位置旁的指示牌上，必须注明最大允许速度、单轨吊车运行终点、停车点、慢行段及在慢行段的允许速度。

在绞车的运距指示牌上，除数字计数器外，还必须标明单轨吊车的运行终点、停车点及慢行段。使用数字计数器时，须将这些数据公布在指示牌上。

10. 使用

必须按规定使用单轨吊车。严禁用单轨吊车运输不属于单轨吊车运输的设备。

10.1 净空断面，必须保证运行吊车及悬挂运输材料随时畅通无阻。

10.2 钢丝绳的预张力，在绞车及钢丝绳回转轮上，均不得超过计算破断力的8%。

1根牵引钢丝绳上的两个纵向接点的间距，至少为钢丝绳直径的2000倍。

钢丝绳的搭接，必须按照钢丝绳检查站关于巷道运输用牵引钢丝绳的搭接规定进行。

钢丝绳连接件最长3个月须更换1次。

10.3 绞车的操作。司机在开始工作前，应检查绞车是否固定，制动器是否失灵。绞车起动后要观察钢丝绳是否有明显损坏。

不得超过允许的最大速度

在慢行段内必须保持允许的减速度。

单轨吊车的个别部件和整个设备、巷道的净空断面都必须每天检查1次。

要注意钢丝绳及制动块的磨损情况。制动装置在停车时必须抱闸。

10.4 钢丝绳的使用时间。如果检查确认牵引钢丝绳继续使用没有问题时，才可超过6个月的规定使用时间。检查的时间间隔最长为1月1次。

11. 用于轨道坡度18°以上的单轨吊

坡度在18°～27°以上的单轨吊车通过的轨道尽可能直线铺设。

绞车位置的选择，应能使钢丝绳牵引力尽可能小一些（如将绞车放置于轨道的最高点）。

在行车期间，坡度在18°以上的巷道内，吊车以下至少15m内不得有人停留。

单轨吊车最宽部位的侧面净空距离不得小于0.5m。

轨道包括固定在它上面的悬挂件，以及轨道与支座之间的连接件的破断力，在坡度为18°条件下至少为运行中最大静负荷（自重及有效负荷）的4倍；在27°条件下至少为5倍。

轨道在18°～27°区段内的吊挂支架，必须用抗拉抗压螺栓固定，并且每隔5m与岩壁固定1次。

轨道坡度超过27°，支架不能作支座用。

轨道坡度在18°以上的区段内禁止使用道岔。

运行吊车连接件，包括连接杆及传递吊车推力的部件，在任何情况下，破断力与斜向分力的比不得小于8。

12. 人员运输

12.1 人员运输要有专门的运人设备。

12.2 单轨吊列车最宽部位侧面、人员运输设备脚架下面、座箱式乘人车的下部，都至少应留0.3m的空间。

除座箱式乘人车外，其它运人设备的座位空间，朝1个方向或是对面坐，其座宽不得小于0.5m(从座面量起，总宽度不小于1.1m)。

在人员不会造成危害时，才可允许通过风门。

12.3 在装卸载地点、工作面入口处、以及其它工作地点前，必须设慢行段。

12.4 必须设置能使乘车人安全上、下车的上下车站。上下车站起点及终点必须设有指示牌。

12.5 每1台载人单轨吊车，必须在上、下车站和绞车司机处之间，安装有信号装置和通讯电话。

在专为运送人员的单轨吊车线路上，跟车人应随时能从其座位上发停车信号或直接使绞车停下来。

人员上下车站须有充足的照明设备。

12.6 运行吊车与乘人设备间的悬挂装置，其破断力与最大静负荷的比，不得小于10。连接件不得自行脱落。运人设备在行车中不得挂在提升设备上。

12.7 运行吊车之间的连接件，包括连接杆和吊车传递力的部件,其破断力与运人时的最大斜向分力比不得小于10。

12.8 钢丝绳的计算破断力与运人时产生的最大斜向分力之比不得小于10。

钢丝绳的导向必须保证不因钢丝绳捻股（打扭）而使乘车人受到伤害。

12.9 绞车制动装置，要具有绞车额定牵引力1.5倍的安全系数，同时要有与运人时产生的最大斜向分力3倍的安全系数。

12.10 用于人员运输的信号及其含义，以及准许乘人数和吊车允许载荷，必须在绞车司机处和上、下车处的指示牌上标出。

12.11 人员运输必须由专人负责出车和必要时发出信号。跟车人必须持有专用证件。

跟车人在每次发出行车信号前，应检查连接件是否牢靠，防自行松开的安全装置是否处于咬合状态，制动车的制动装置是否可靠。

跟车人应为最后一名上车人。

12.12 乘车人员在车停稳后才可上车或下车。

乘车人必须听从跟车人或开车司机的指挥。在列车运行中不得将身体的任何部分置于车外。不得携带妨碍和危及本人和他人安全的物品上车。必须防止携带物从车内掉出。

12.13 钢丝绳使用时间超过12个月时，必须由专人负责检查，并确定能否继续使用。

附录3　中国《潞安矿务局漳村煤矿单轨吊运输系统工程验收标准》

1．总则

1.1　为保证煤矿单轨吊运输系统的工程质量和安全生产，对漳村矿单轨吊运输系统工程特制定本验收标准。

1.2　本验收标准适用于潞安矿务局漳村矿单轨吊运输系统工程验收。

1.3　为保证煤矿单轨吊挂轨道质量经常处于良好状态，矿上应组织专人坚持日常检查和正常的维护使用。

1.4　与单轨吊运输系统配套的矿建、土建工程（包括斜井、人车场、候车室、车库、加油站、行人走廊、转载站等）应按现行有关质量标准验收。

1.5　本标准如与《煤矿安全规程》的规定有抵触时，以《煤矿安全规程》的规定为准。

2．质量标准

2.1　单轨安装质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
1．中心线距	轨道中心线与巷道中线间距不应超过设计值的50mm	选点挂中心线检查
2．双线吊轨间距	双轨中心线距不小于设计要求，不应超过设计值20mm	选点挂中心线检查
3．轨接头平整度	上下及两侧都不应超过2mm	选点用钢尺测量

续表

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
4．轨接头摆角	垂直摆角≤7度 水平摆角≤3度	选点检查，用钢尺量出摆距，再计算
5．轨接头	轨接头底面间隙≤3mm	选点用钢尺测量出最大间隙
6．弯轨曲率半径	不小于设计要求	见技术说明书

2.2 轨道质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检验方法及说明
1．材料	必须采用单轨吊标准轨道，不得用其它钢材代替	出厂说明书
2．结构	符合轨道加工设计要求，长度误差不得超过标准轨1.5%	抽检用钢尺测量
3．弯轨	水平曲率半径不得小于4米，竖直曲率半径不得小于8米	抽检用钢尺测量
4．连接件	吊耳、吊环、搭接件、焊缝强度要符合设计要求，有材料或加工件测试报告	提供试验报告
5．零部件要求	齐全、紧固	抽检

2.3 轨道悬吊件质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检验方法及说明
1．轨道吊环	符合设计要求，承载能力在15t以上	提供试验报告
2．轨道吊链	按设计要求选型，强度在15t以上	提供试验报告
3．螺栓	按设计要求选型，强度在15t以上	提供试验报告
4．焊缝	符合设计要求，焊接强度在15t以上	提供试验报告
5．吊钩	按设计要求选材质，强度在15t以上	提供试验报告
6．零件要求	垫圈、螺帽等齐全、紧固	抽检

2.4 锚杆悬吊质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检验方法及说明
1. 锚固情况	锚杆结构、强度和数量均要符合设计要求	提供锚固力试验报告
2. 锚杆安装左右偏差	锚杆两悬吊点左右偏差≤15mm	用钢尺测量
3. 锚杆安装前后偏差	锚杆两悬吊点前后偏差≤5mm 10组累积误差≤20mm	用钢尺测量
4. 锚固力	双锚杆锚固力达到15t以上，每一根最低≥6t	提供试验报告
5. 零件要求	托板、螺帽等部件齐全、紧固	选点抽查
6. 吊件	托板、吊耳、螺栓的承载力不小于锚固力，并提供强度试验报告	试验报告

2.5 预埋悬吊链质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
1. 预埋链结构	预埋链要用400°混凝土材料浇注密实，质量保证	检查施工记录
2. 长度偏差	要求两根预埋链长度等同、偏差不超过30mm	用钢尺测量
3. 链组偏差	两组预埋链之间误差不得大于5mm，10组累积误差不超过20mm	用钢尺测量
4. 强度要求	每组拉力在符合设计要求，各部件强度符合设计要求	提供试验报告
5. 零件	所有部件齐全，紧固	抽点检查

2.6 横梁安装质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
1. 平整度	横梁两端高差不超过20mm、(用水平尺找平)	用钢尺测量
2. 高度偏差	距巷道底板最小值要符合设计要求、最低偏差不超过30mm	用钢尺测量

续表

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
3. 横梁组间偏差	两组横梁之间误差不超过6mm 每10组横梁累积误差不超过20mm	用钢尺测量
4. 中心线偏差	横梁中点和巷道中心线偏差不超过30mm	用钢尺测量
5. 横梁强度	强度要符合设计要求，最大挠度不能超过13mm	提供试验报告
6. 安装固定	横梁埋装在碹拱部分，用混凝土浇注密实	见施工记录

2.7 道岔质量标准

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
1. 移动轨动作	灵活无蹩卡现象，动作准确无误，定位可靠	现场检查或见试验报告
2. 轨尖对接偏差	不超过±1mm	见试验报告
3. 道岔吊挂件	所有连接件要齐全，紧固	抽样检查
4. 平整度	所有吊链拉紧，每个吊点受力基本一致	检查吊链
5. 阻车器要求	灵活、可靠、起落自如	逐个检查
6. 强度要求	悬吊件、定位块等部件要符合设计要求	有试验报告
7. 零部件	所有零部件要齐全、拧紧	抽样检查

2.8 安全间隙要求

检查项目	质量要求及允许误差	检查方法及说明
1. 巷道及设备间隙	所有间隙要符合设计要求，偏差不超过30mm	用钢尺测量
2. 运行设备距底板间距	符合设计要求，偏差不超过30mm	用钢尺测量

3. 设备

3.1 机车。单轨吊机车的防爆、净化及其机械性能必须经有关检验机关检测，并具有合格证、许可证。

3.2 配套设备。人车、制动车必须具有性能检测报告，连接杆及各连接件具有强度检验报告。

4. 电控、信号、照明

4.1 行车线路（包括道岔）灯光信号齐全、显示可靠，逐个检查、区间安装闭锁信号灯。

4.2 车库、转载站、候车室、行人斜井、环行人车场等照明设施要符合设计要求。车库、加油站必须配备消防设施，并保证随时能够使用。

4.3 单轨吊系统选用的电器设备必须符合《煤矿安全规程》规定，要有安全性能检验合格证。

5. 组织与管理

5.1 单轨吊机车司机必须经过技术培训，并持有操作许可证。

5.2 建立使用维护组织机构，制定使用维护制度和检修规章办法。

5.3 维修班组有必需的维修工具。

6. 资料、图纸

6.1 设计文件、图纸齐全。

6.2 施工图纸及施工修改后的图纸、文件完整。

6.3 验收记录资料齐全、完整。

附录4　胶带输送机运人装备的建议

——原西德煤矿协会编制

1、序文

从人工控制、安全和经济的观点出发，在井下，尤其在采区，对机械设备进行载人运输提出了更多的要求。由于胶带输送机的连续性和较高的运输能力，使其有可能在更多的范围内得以使用。

在北莱茵——威斯特法伦地区的发展规划内，北莱茵——威斯特法伦地区最高矿山当局和矿山——职业同事会，制定了用胶带输送机运送人员的试行计划。其试验在矿山研究有限公司胶带输送机试验场普鲁萨哥煤矿的伊本毕伦矿井进行。试验目的是继续完善已经研制成的设备，并拟定出适合将来需要的新设备的设想。从试验中归纳的认识以及《胶带运输》设计的工作范围总结在建议中。

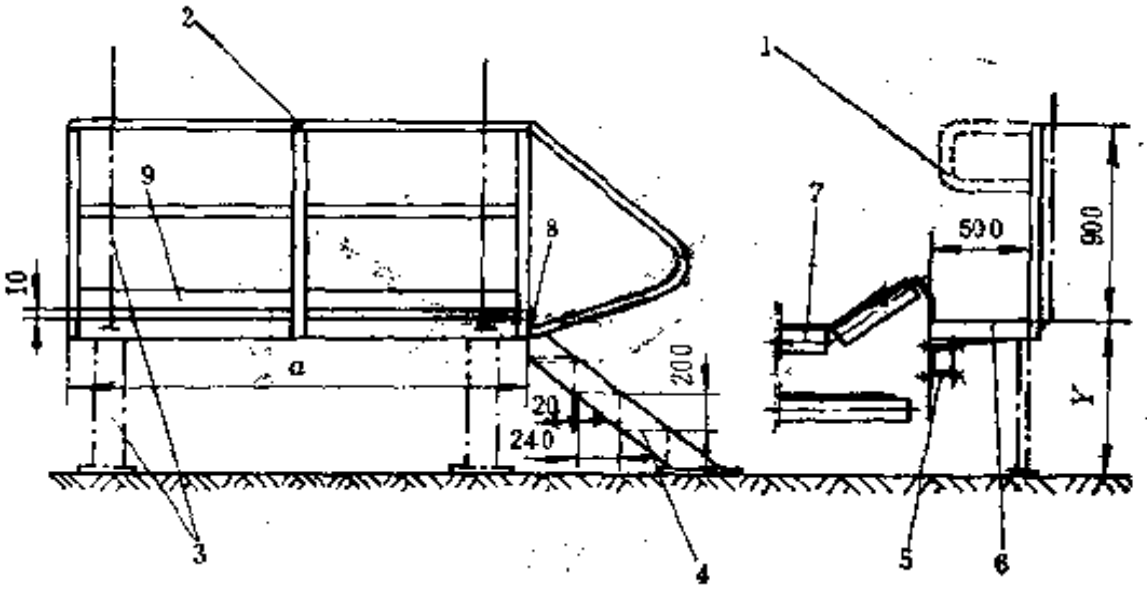
现有的建议适合水平、提升和下运（约5gon，相当于4.5°）等运人胶带输送机，且人在胶带输送机上卧式运送。胶带机可以在有载和空载情况下使用，同时要求运送的物料合乎规定粒度或破碎到规定的粒度。本建议只适应胶带速度为2.5m/s和胶带宽度为800～1400mm的情况，因为这个范围目前包括了井下使用的胶带输送机（90%）的大部分。此外，对照明和标牌说明的配置，安全拉绳的配置和规格等都做了图示和说明。

进一步实施向下运行、在其上为坐式运送的设备的计

划，其成果将在以后时间内发表。除此之外，对于带速大于2.5m/s及带宽大于1400mm的卧式和坐式运送所进行的试验成果，以后将作为本建议的补充。按此方法的预试验，已经说明了上、下胶带站的特殊意义。

2. 上、下带平台

2.1 主要尺寸（见附图1）

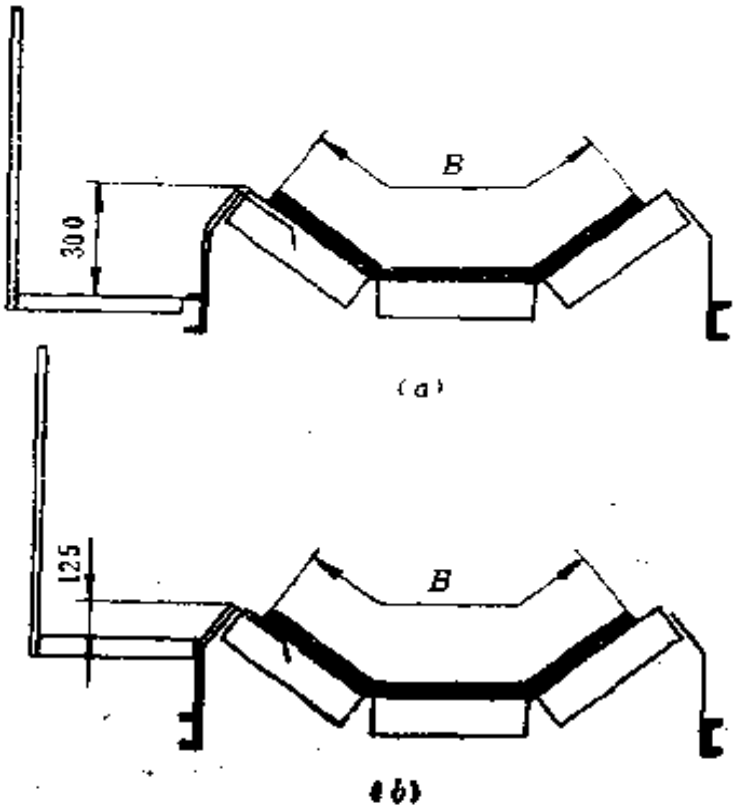


附图 1

1—与阶梯相对的边需要选择支承台；2—扶手DIN24533（B型），（管外直径48.3mm）；3—悬挂或固定支承；4—阶梯，按DIN24531，台阶踏面尽可能水平安装（需要时阶梯伸缩）；5—固定平台的支架；6—踏板材料硫网格板；7—胶带输送机；8—支点；9—脚踏板

尺寸a，上带平台1500mm，下带平台6000mm；尺寸y：如果y＜600mm并有其它措施防止人员坠落时在上带平台上可不设扶手。

2.2 上、下胶带平台布置（带宽 $B=800\sim1400$mm）（见附图2）



附图 2

a—上胶带平台；*b*—下胶带平台

3。上、下带站范围内的自由空间高度

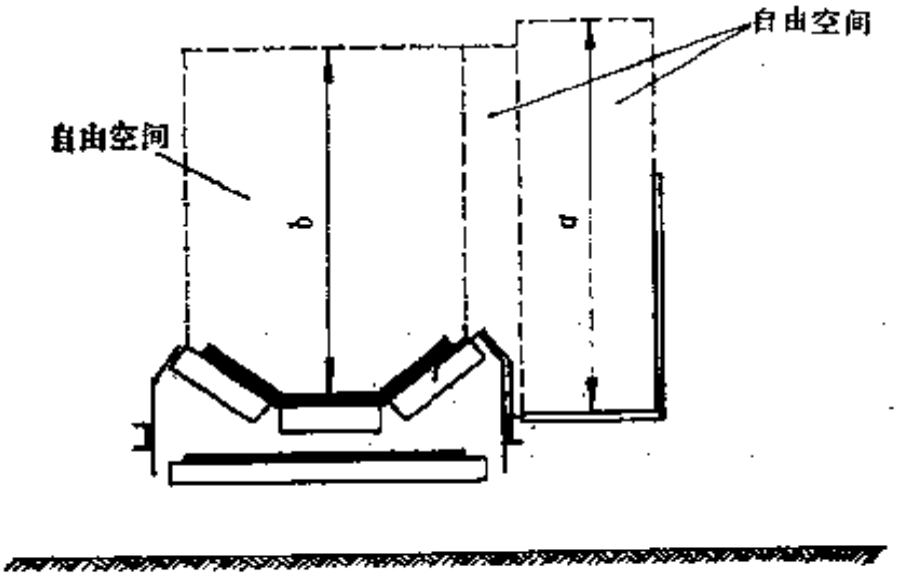
3.1 上胶带运人时（见附图3）

上带站自由空间高度：$a \geqslant 1500$mm，$b \geqslant 1100$mm；下带站自由高度：$a \geqslant 1600$mm；$b \geqslant 1600$mm。

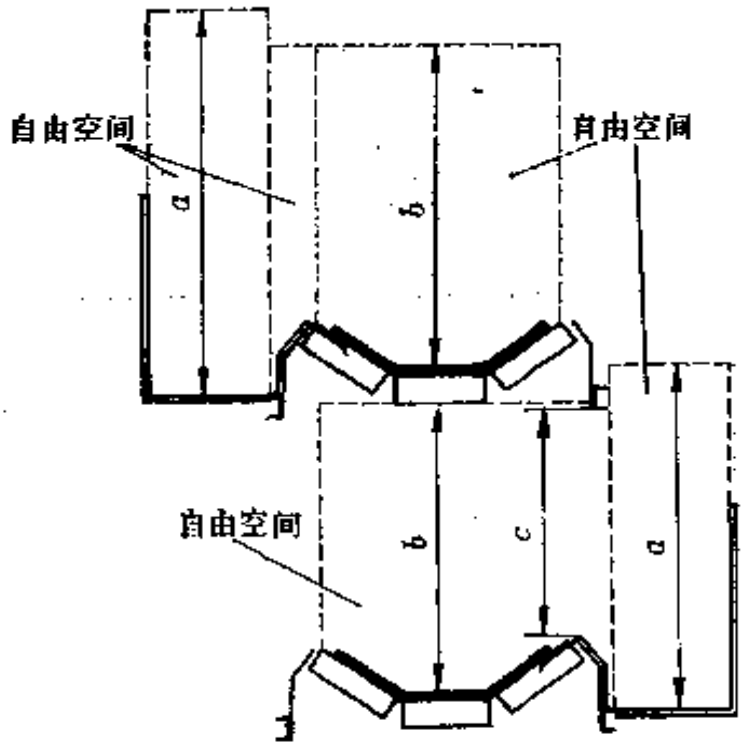
建议将上带站自由空间高度b的极限定为1500mm，以便使上带人员身体向前倾斜。

自由空间可保留向内突出的构件，例如凸缘，撑板等。图中a、b尺寸为与支架结构成直角的尺寸。

3.2 上下胶带、且下胶带运人时（见附图4）



附图 3



附图 4

上胶带站自由空间高度：$a \geqslant 1500mm$，$b \geqslant 1100mm$*，$c \geqslant 1000mm$；下胶带站自由空间高度：$a \geqslant 1600mm$，$b \geqslant$

1600mm，$c \geqslant 1500$mm。

建议自由空间高度b的极限定为1500mm，以便使上带人员身体向前倾斜。

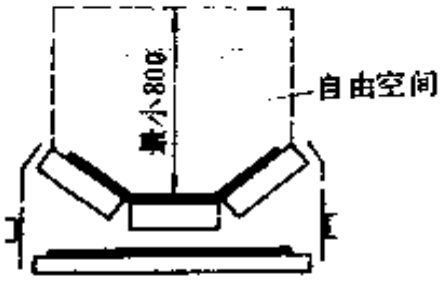
自由空间可保留向内突出的构件，例如凸缘、撑板等。

尺寸c为可变尺寸。

图中尺寸为与支架结构成直角的尺寸。

4．两上、下带站之间胶带的自由空间高度

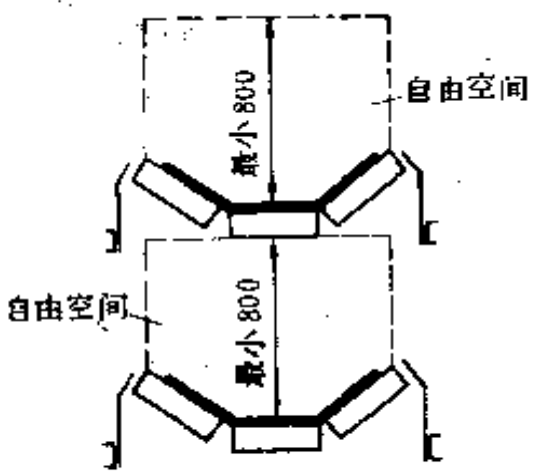
4.1　上胶带运人时（见附图5）



附图 5

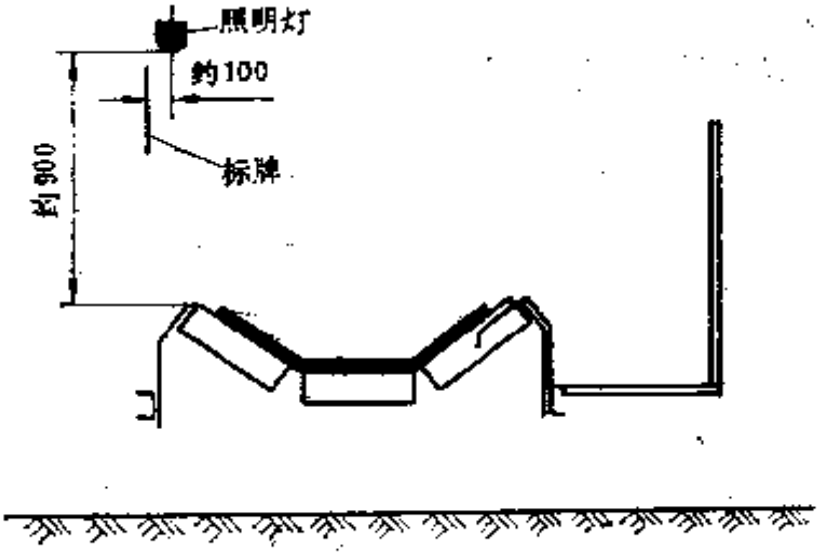
4.2　上下胶带、且下胶带运人时（见附图6）

5．照明配置

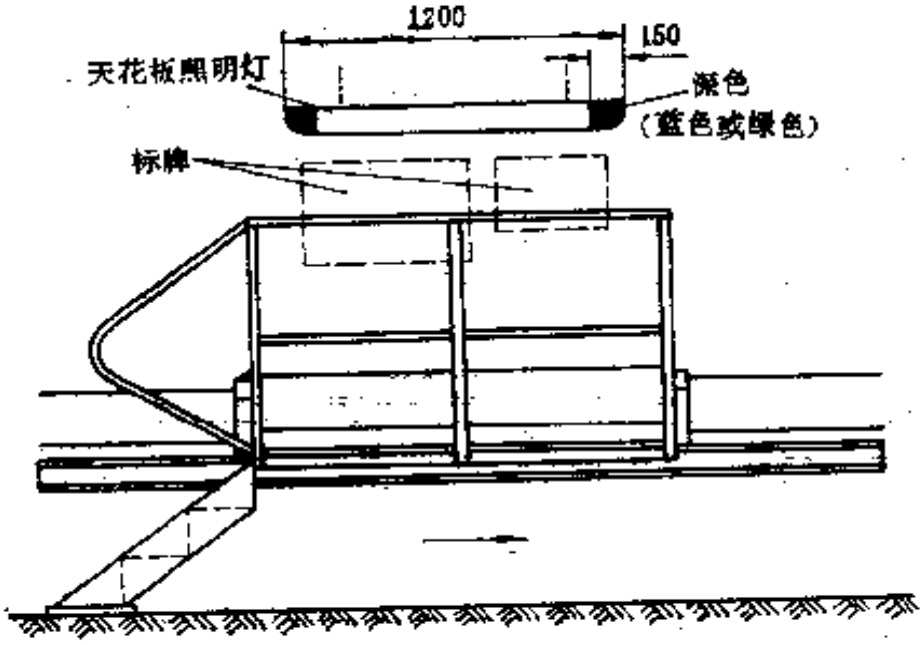


附图 6

5.1 上带站（见附图7和附图8）



(a)

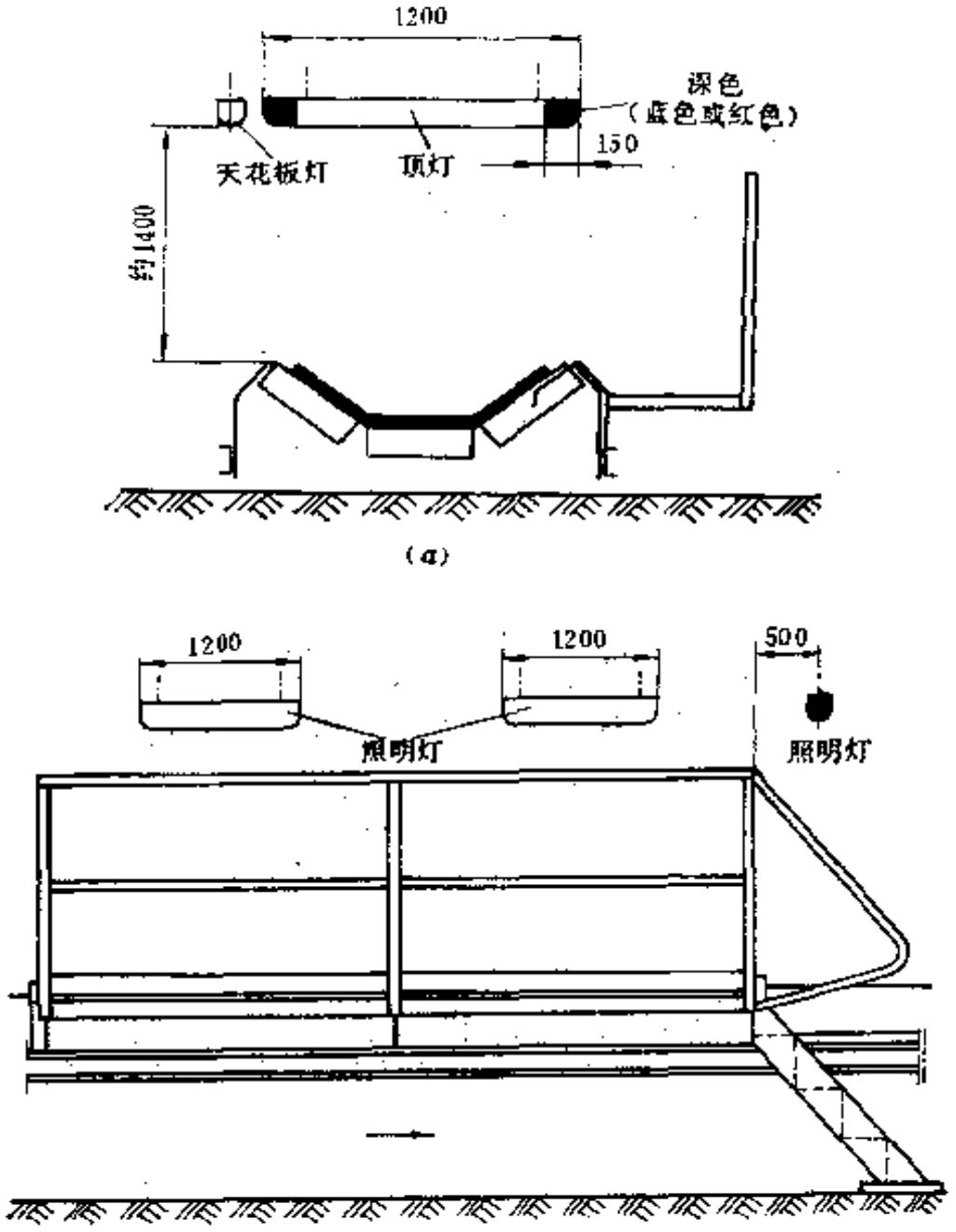


(b)

附图 7

天花板照明灯（40W）：与支架横梁平行地安装在上带站对面，端部涂色，由安全设备联接起来。灯光只允许在运人时点亮。

5.2 下带站（见附图8）

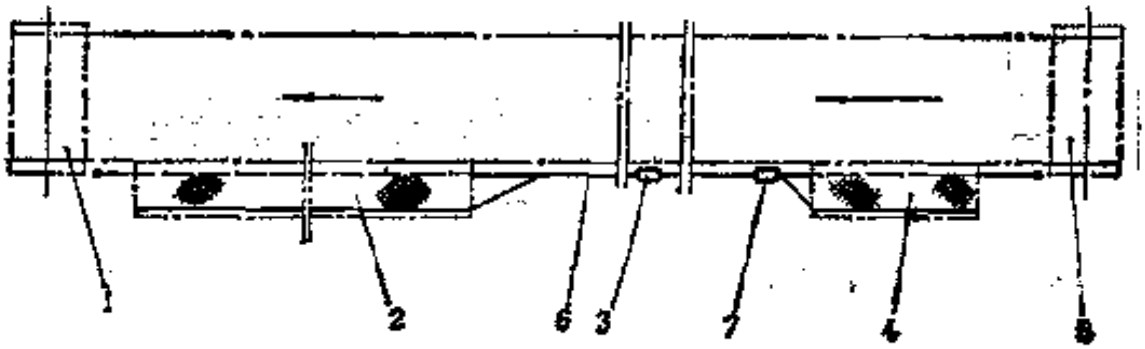


附图 8

天花板灯（40W）：平行于支架横梁，装在下带平台的对面，灯长明（台长3m1只顶灯）；顶灯（40W）装在下带平台的尾部，横穿行驶方向，且只允许在运人时点燃。

6．安全刹车装置

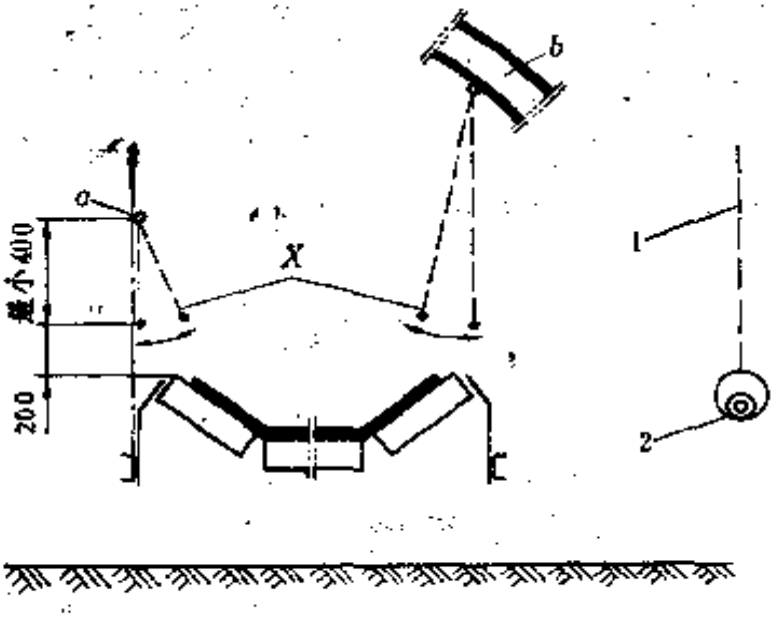
6.1 示意图（附图9）



附图 9

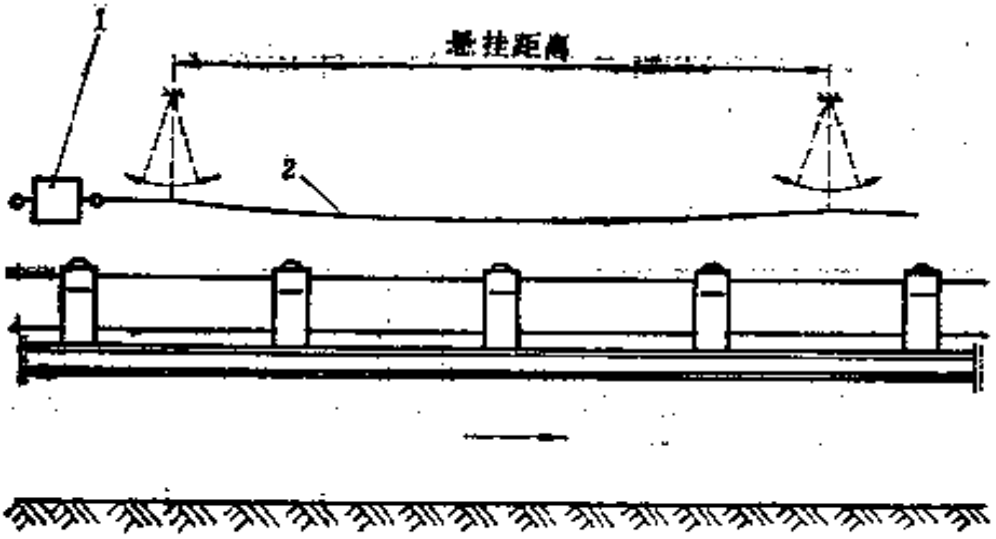
1—卸载滚筒；2—下带站；3，7—拉线开关；4—上带站；5—改向滚筒；6—安全拉绳

6.2 上、下带站之间的安全刹车装置，比如在支承a悬挂或支承b上固定（见附图10和附图11）



附图 10

1—悬挂链或吊环绳；2—安全拉绳，直径8mm、塑料包皮



附图 11

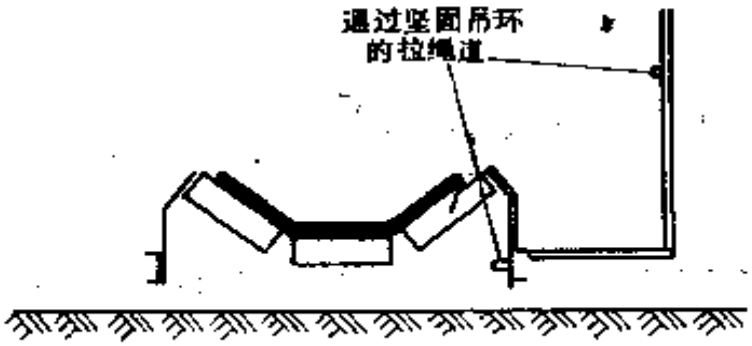
1—拉线开关；2—安全拉绳（自由悬挂）

安全拉绳的悬挂距离的确定，应使安全拉绳的垂度控制在最小。

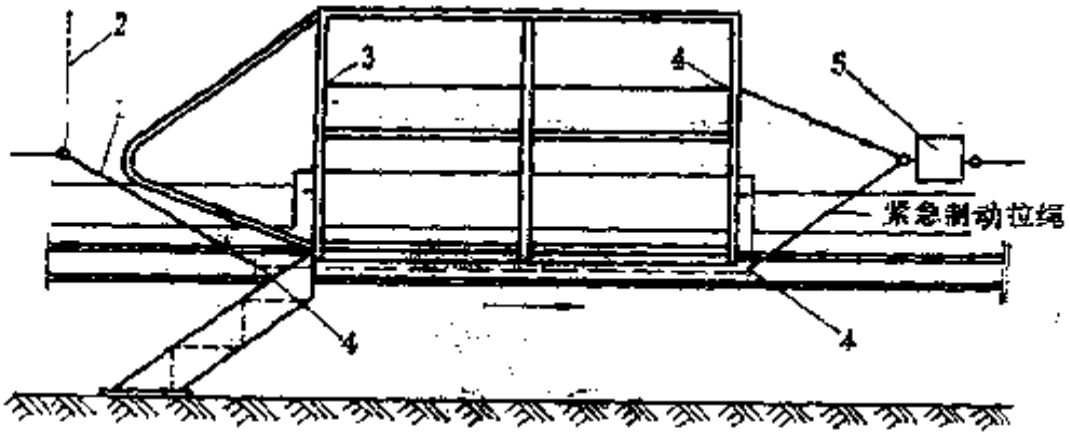
安全拉绳和拉线开关用红色标示或涂层。

双向运人时，上、下行段的安全拉绳应分开安装。

6.3 安装在上、下带站上的安全刹车装置与平台边沿的拉连接形式（见附图12～附图14）

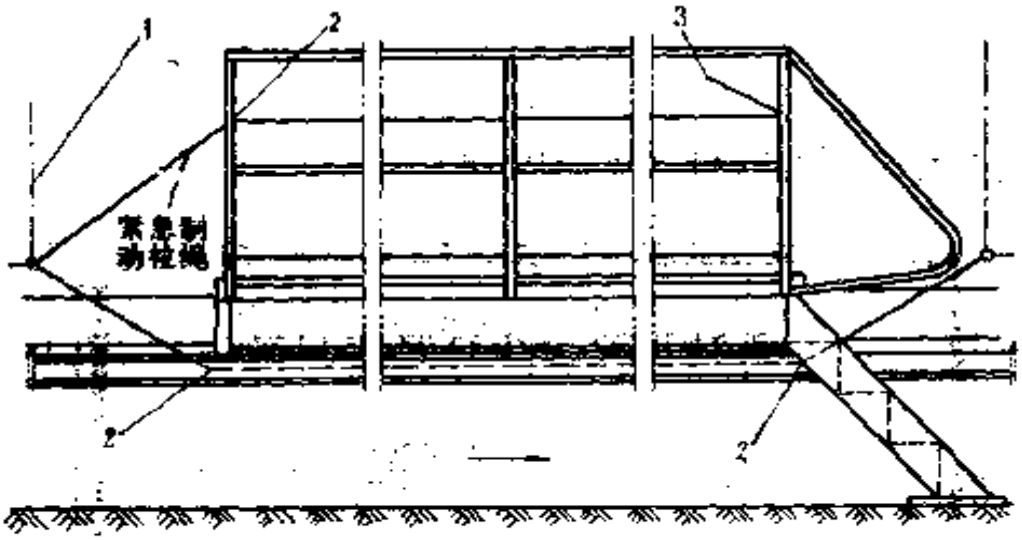


附图 12



附图 13

1—安全拉绳；2—拉绳悬挂；3—固定点；4—吊环；5—起双面作用的拉线开关



附图 14

1—安全拉绳；2—吊环；3—固定点

6.4 对安全刹车装置的要求

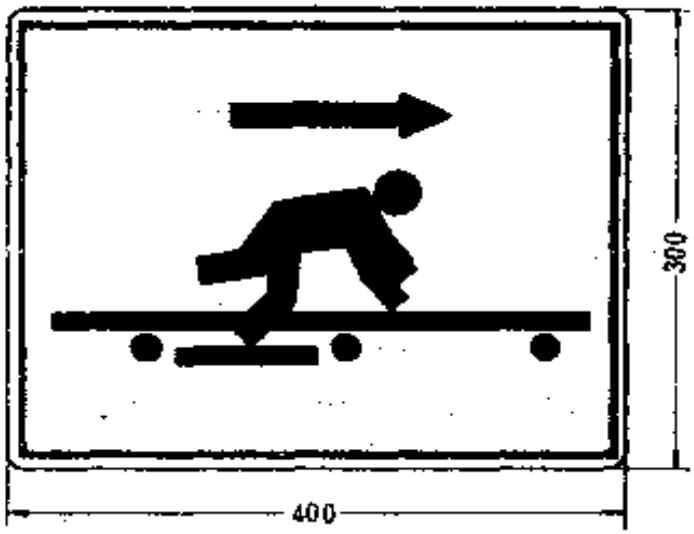
安全刹车装置和过站保护装置串联。

通过操纵安全刹车装置，电动机接触器必须立刻动作。开关必须自锁，复位后才能再运行。

7. 标牌说明

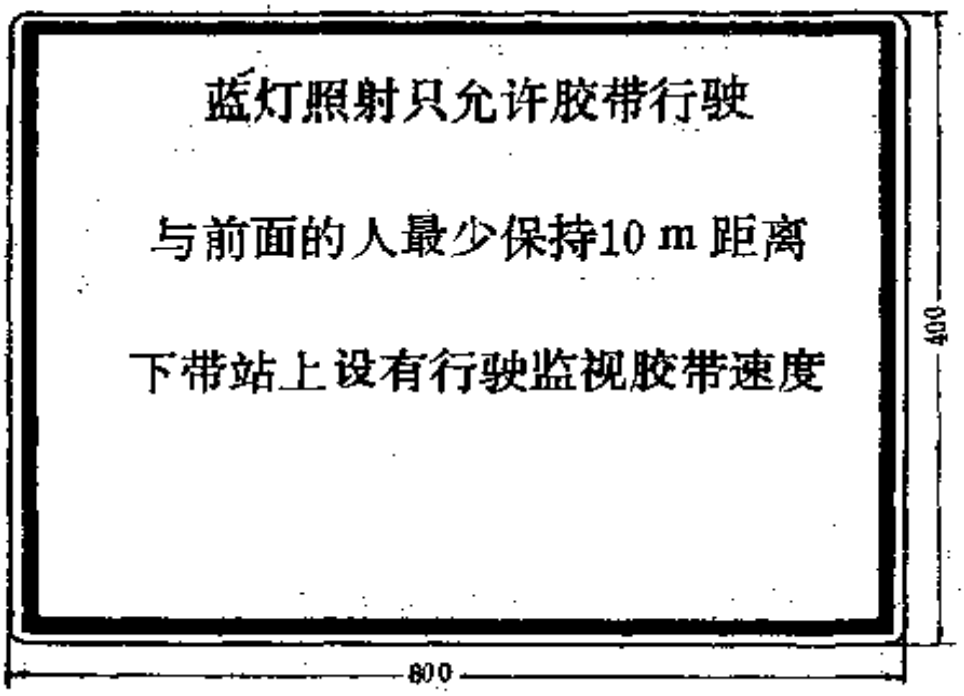
7.1 上带站

7.1.1 上带象形图（见附图15）



附图 15

7.1.2 一般说明（见附图16）



附图 16

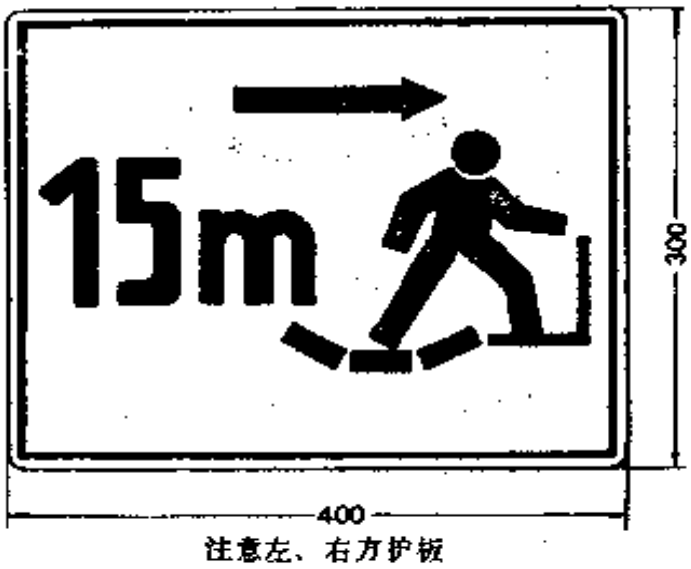
7.1.3 运行间距（见附图17）

位置：上胶带后10 m
形式：反射式

附图 17

7.2 下带站

7.2.1 下带象形图（见附图18）



注意左、右方护板

附图 18

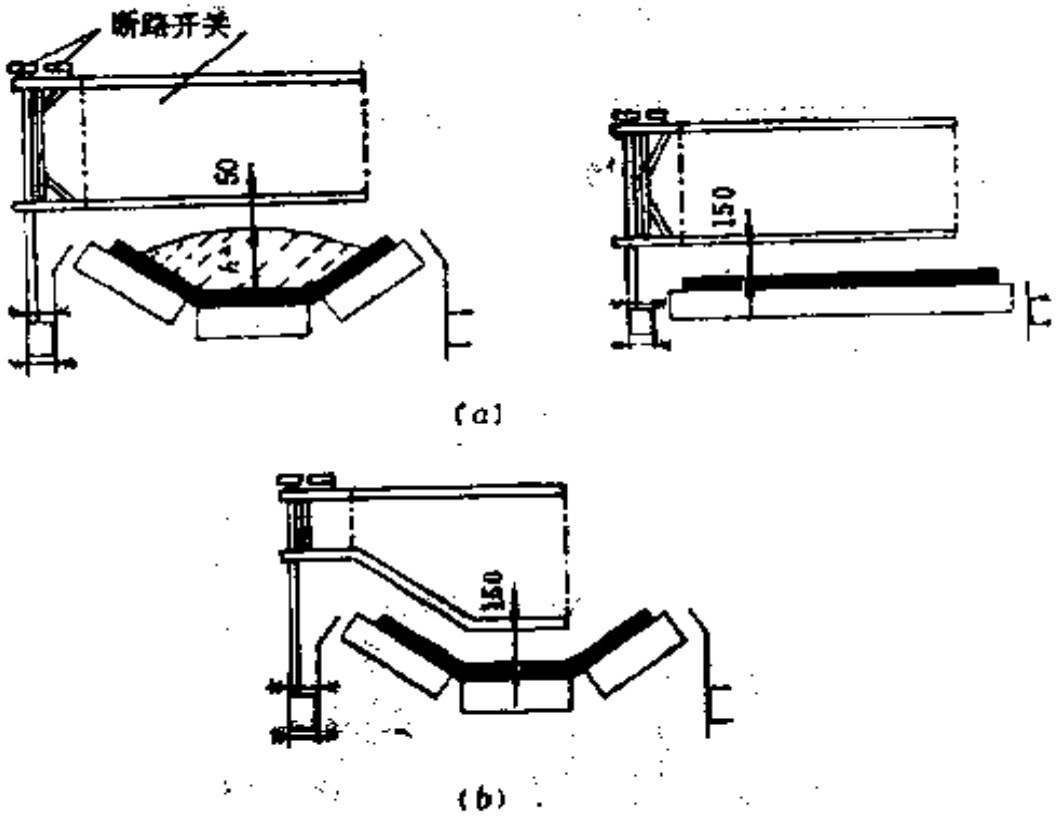
象形图说明到下带站的距离和下带端。

位置：上、下带站前15m，横对行驶方向；悬挂（摆动的）在自由空间内，同时，牌的下角装在自由空间800mm的边缘；牌子总是反光的。

8. 过站保护设备

8.1 结构形式

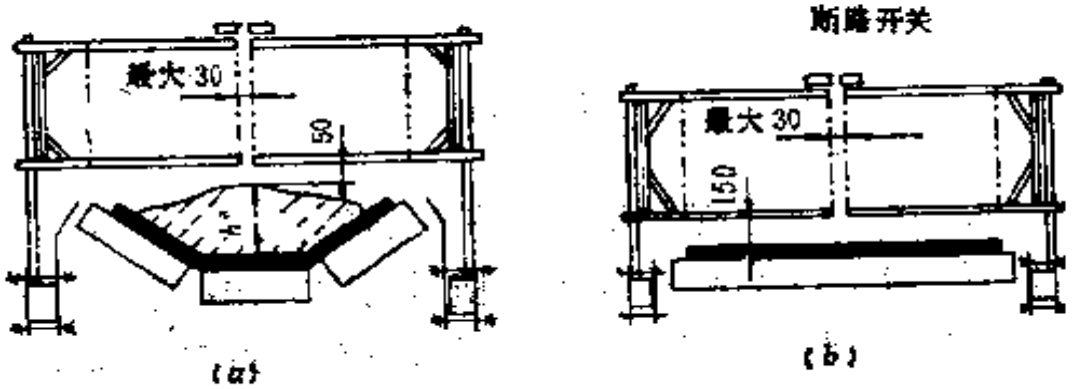
8.1.1 单保护板（见附图19）



附图 19

a—带挡板的过站保护；*b*—无货物堆存过站保护安装在槽上

8.1.2 双保护板（见附图20）



附图 20

h^*—正常装载高度（运行中得知）

双保护板用于新设备。

过站保护要醒目标明。断路开关涂红色。

8.2 对过站保护装置的要求

过站保护装置与安全刹车装置串联。

过站保护装置断路开关必须保证断开后不得擅自回位。

只能直接在过站保护装置上断开断路开关。

在大于5m的胶带超程长度上，可以安装两个断路开关，而且直接安装在过站设备上及超程长度加安全系数的端部上。

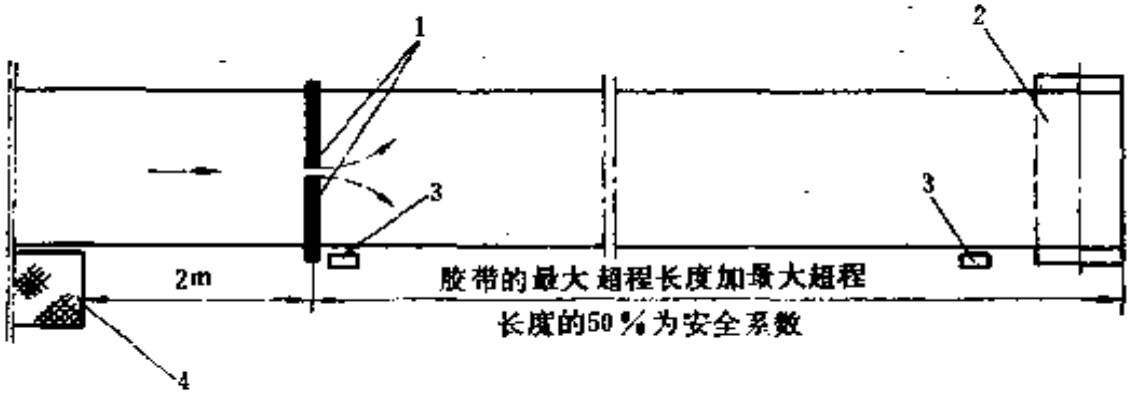
在重复出现的断、通电后，不允许过站保护装置自行失灵。

过站保护装置断开，即脱离安全位置（如下人平台，过站行驶）。

8.3 过站保护装置的安装

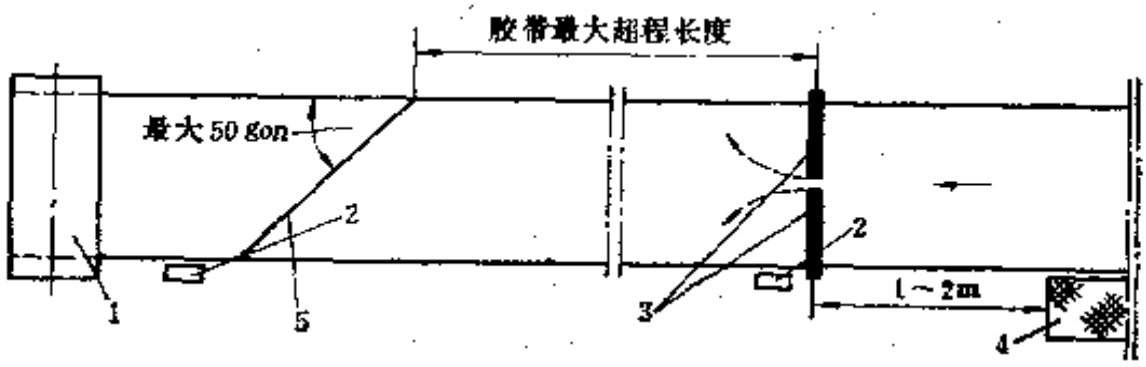
8.3.1 在上行段上运人（见附图21）

8.3.2 在下行段上运人（见附图22）



附图 21

1—过站保护装置；2—卸载轮；3—断开装置；4—下带平台吊挂

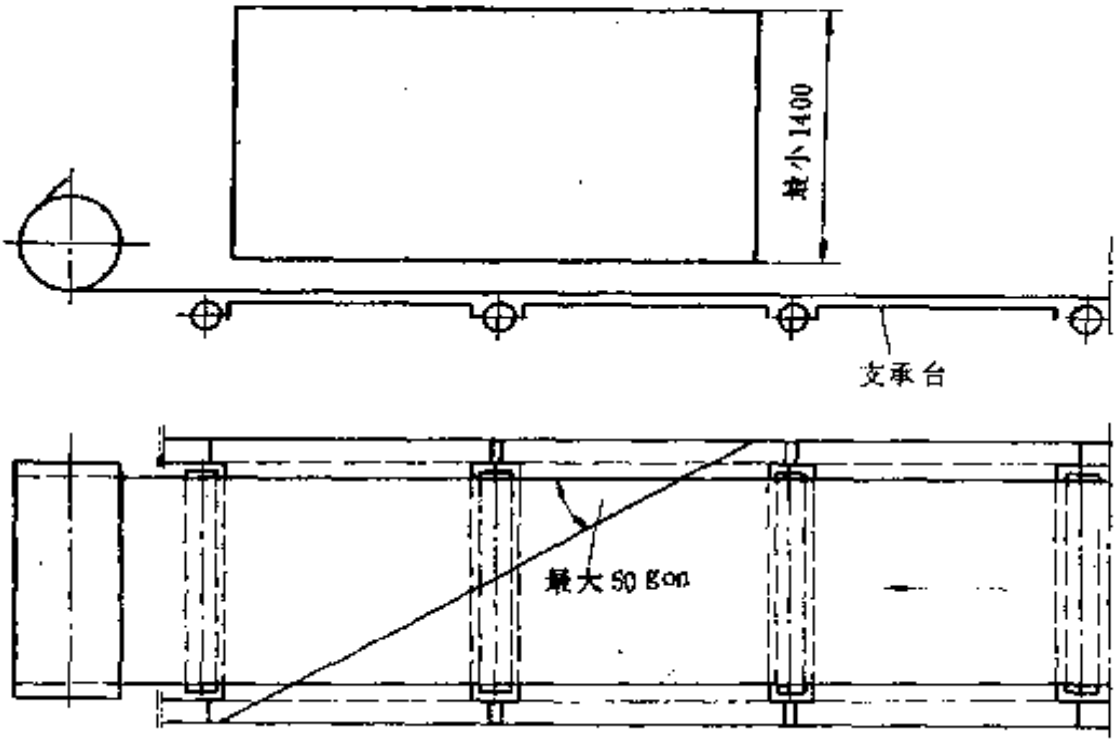


附图 22

1—反向轮；2—断开装置；3—过站保护装置；4—下带平台尾端；
5—安装在运行终端的运人保护装置（见附图23）

胶带的最大超程长度可以在最不利的载运状态中测量得出。

8.4 载人保护装置（见附图23）



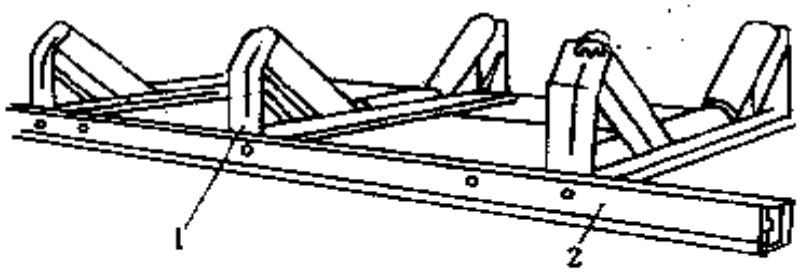
附图 23

为了避免在运人安全装置范围内胶带下垂，在托辊间安装分开的支承台或有挠度的支承台。

9. 上、下带站的结构

9.1 安装过程

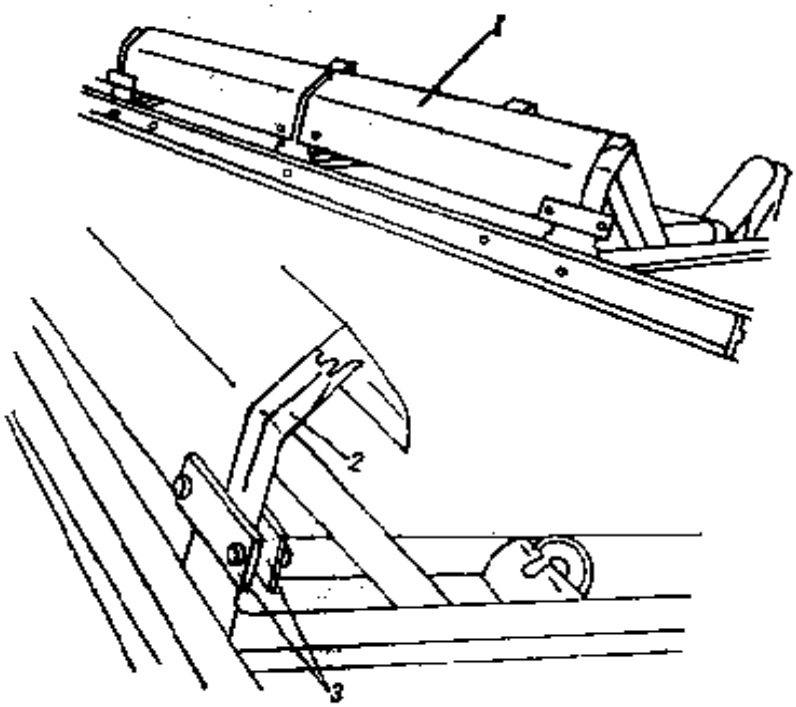
9.1.1 安装前的支架（见附图24）



附图 24

1—托辊架（成套的）；2—纵梁

9.1.2 托辊架保护板的安装（见附图25）

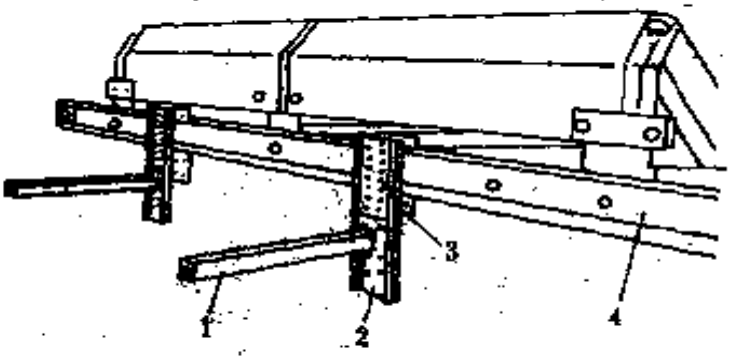


附图 25

1—托辊架护板的固定；2—托辊架；3—卡板

9.1.3 平台支架的安装（见附图26）

平台支架安装在纵梁上



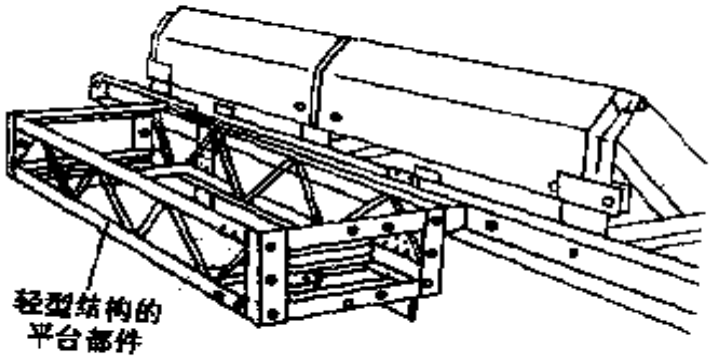
附图 26

1—横梁；2—穿孔板；3—夹板；4—纵梁

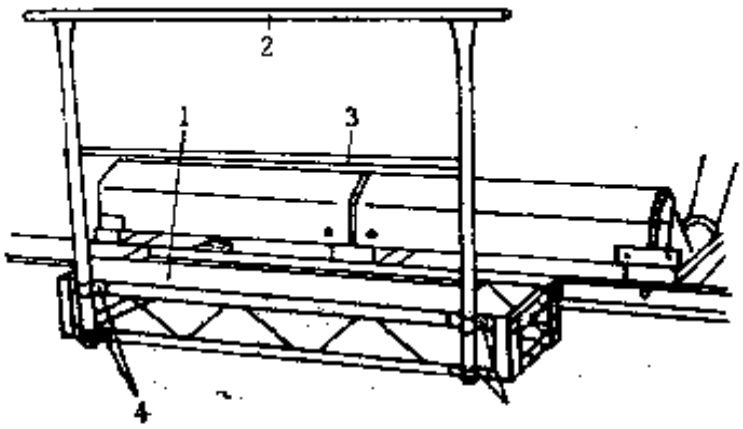
9.1.4 平台部件的安装（见附图27）

平台部件铆固在平台支架上（横梁）

9.1.5 平台扶手的安装（见附图28）



附图 27



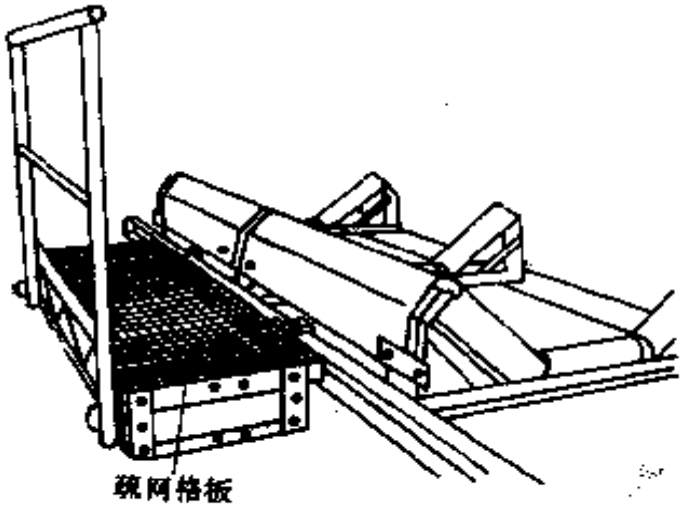
附图 28

1—底板；2—扶手；3—膝板；4—轻型结构的平台部件

9.1.6 疏网格板的安装（见附图29）

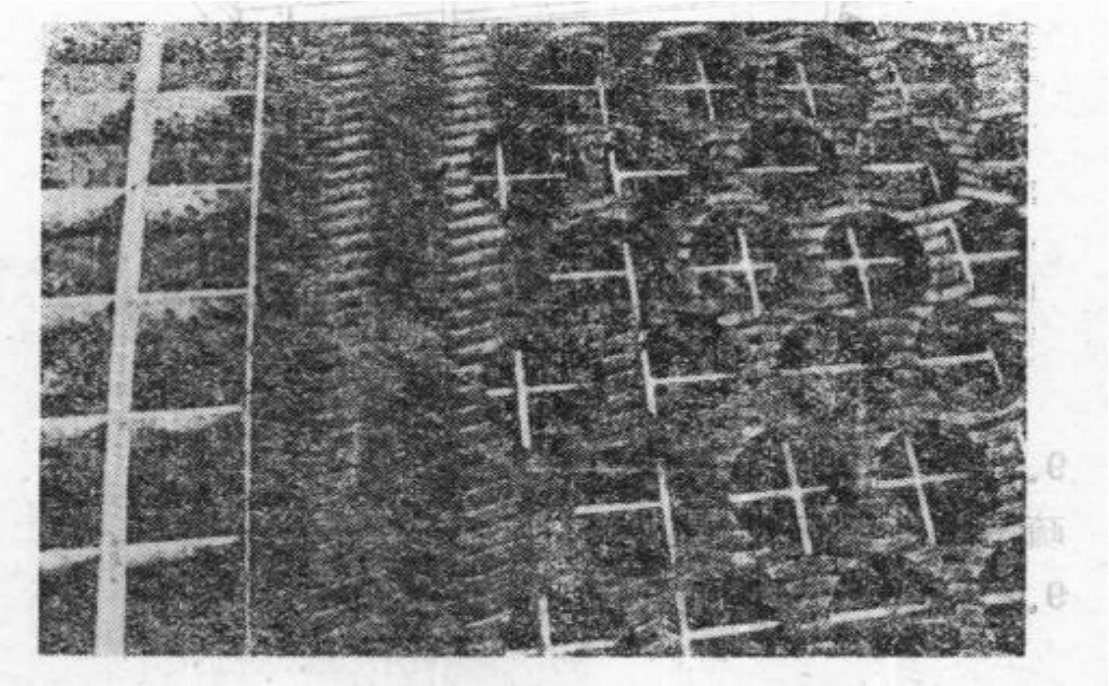
疏网格板按DIN1589B型

9.2 上、下带站的铺层（见附图30）



附图 29

适用条件：下运的胶带机
较大的湿度
较高的胶带速度
作用：增加使用寿命
缩短滑动距离



附图 30

防滑胶垫的技术要求：波纹剖面的SH7010·CN重量V级，宽度500mm，厚度12mm，孔直径25mm

10。胶带输送机运送人员的规定

——当胶带输送机上、下站台的灯亮时才允许运人。

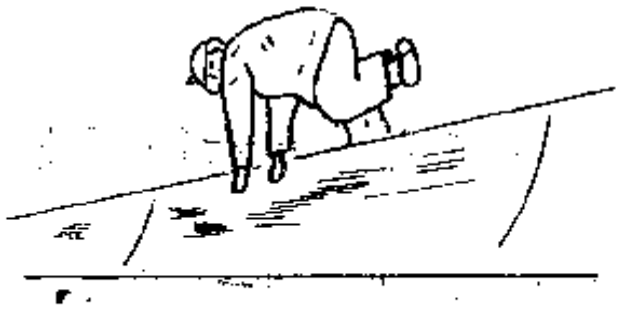
——被运人员不得携带对人身有碍和有害的物品。

——遵守上带站说明牌的要求。

——只能单个上带。

——上带时注意与前面的人保持10m的最小距离。

——上带时首先用手支撑（见附图31）。



附图 31

——上带后采取卧姿。

——在中途仍为卧姿。

——注意到达下带站的提示标牌。

——快到下带站平台前才稍微立起来，一步踏到下带平台上。

——马上离开下带平台。

遇到危险时操纵安全拉绳或过站保护装置，待消除危险后再重新开车。

11．遵循的标准（略）

附录5　中华人民共和国行业标准

（煤矿用防爆柴油机械排气中一氧化碳、氮氧化物检验规范）

MT　220—90

1．主题内容与适用范围

本标准规定了煤矿用防爆柴油机和柴油机车排气中一氧化碳（CO）和氮氧化物（NO_x）排放浓度的技术要求、检验规范和检测方法。

本标准适用于煤矿用防爆柴油机和以煤矿用防爆柴油机为动力的机车。

2．引用标准

GB1883往复活塞式内燃机名词术语

GB8188柴油机排放名词术语

GB1147内燃机通用技术条件

GB252轻柴油

GB1105.1～1105.3内燃机台架性能试验方法

GB8189柴油机排放试验方法　第二部分：地下矿、机车、船舶及其他工农业机械用

GB8190柴油机排气分析系统技术条件

GB6457柴油机排气中氮氧化物的测定　湿化学分析法

GB3836·1～3836·4爆炸性环境用防爆电气设备

GB7230气体检测管装置

MT142煤矿井下空气采样方法

3. 术语

3.1 矿用柴油机：满足煤矿井下防爆低污染要求的柴油机。

3.2 矿用柴油机车：以矿用柴油机为动力，具有自身行驶和承载或牵引功能的机车。

3.3 矿用柴油机和矿用柴油机车在排气检验中所用计量单位和符号按《中华人民共和国法定计量单位》的规定。

3.4 柴油机名词、术语按GB1883的规定。

3.5 柴油机排放的专用术语、符号按GB8188的规定。

4. 技术要求

4.1 提交排气检验的矿用柴油机和矿用柴油机车产品，应是按照经规定程序审批的产品图样和技术文件制造的煤矿用防爆低污染柴油机。性能指标必须达到制造厂技术文件和有关合同所规定的技术要求。

4.2 提交排气检验的柴油机，除符合4.1条的规定外，其他技术要求应符合GB1147的规定。

4.3 矿用柴油机和矿用柴油机车做排气检验时，必须使用GB252中规定的0号柴油。

4.4 矿用柴油机做排气检验时，其他条件应符合GB 1105·1～1105·3和GB8189中的有关规定。

4.5 排气检验时，用于计量器具的校正气、量距气和零气的精度，应符合GB8190中的有关规定。

4.6 新装配的矿用柴油机和矿用柴油机车，在正常运行条件下，在标定输出功率的范围内，吸入空气成分中CH_4含量为零时，未经稀释排气中CO、NO_x的排放浓度不得超过下列允许限值：

CO_2 1000ppm

NO_x：800ppm

4.7 矿用柴油机车在煤矿井下正常运行时，排气中CO、NO_x的排放浓度被巷道中风流稀释后，井下空气中的CO、NO_x不得超过下列规定：

CO：0.0024%（24ppm）

NO_x（换算成NO_2）：0.0025%（2.5ppm）

4.8 用于矿用柴油机和矿用柴油机车排气检验的计量器具，必须经法定计量检定机构进行检定，取得计量检定合格证书后，在规定的检定周期内使用。

5. 检验规定

5.1 在下列情况之一时，对各种类型的矿用柴油机和矿用柴油机车（包括国内产品和国外进口产品），必须经过国家指定的“矿用防爆柴油机械质量监督检验测试中心”的排气检验，取得排气检验合格证书后方准在煤矿井下使用。

（1）新设计定型的矿用柴油机和矿用柴油机车。

（2）产品的结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时。

（3）转厂生产的矿用柴油机和矿用柴油机车。

（4）国家指定的质量监督机构提出检验要求时。

5.2 矿用柴油机和矿用柴油机车经大修后的排气检验由国家指定的检验单位检测或监督检测，合格后方能投入使用。

5.3 矿用柴油机和矿用柴油机车的排气检验应遵照本规范执行，其他方面的检验应按有关国家或行业标准的规定执行。

6. 检测方法

6.1 矿用柴油机排气检测

6.1.1 检测条件

6.1.1.1 矿用柴油机的排气检测应在发动机试验台架上进行。

6.1.1.2 提交排气检测的矿用柴油机，必须带有维持本身正常运转所需要的附件（如风扇、散热水箱、清洗箱等）。

6.1.1.3 检测前，制造厂需向国家指定的检验单位提供下列技术资料：

（1）矿用柴油机使用说明书；

（2）矿用柴油机技术条件；

（3）矿用柴油机性能试验报告（包括试验数据表格和特性曲线图）、排气试验报告和磨合试验报告。

6.1.1.4 矿用柴油机排气检测时，除检测条件和项目要求需要调整外，不得对柴油机进行随意调整。检测时的其他要求应符合本规范 4 的有关规定。

6.1.2 检测仪器、装置及要求

6.1.2.1 用于矿用柴油机排气检测的仪器和装置必须能在下列条件中正常工作：

环境温度：5～35℃；

相对湿度：30%～90%；

电源电压：220 V ±10%。

6.1.2.2 采用不分光红外线分析仪（NDIR）检测矿用柴油机排气中CO的排放浓度。

6.1.2.3 采用化学发光分析仪（CLD）检测矿用柴油机排气中NO_x的浓度。化学发光法NO_x分析仪必须具备NO_2→NO转换性能，NO_2通过转换器转换成NO的转换效率不得低于90%（转换效率检查法见附录 4）。若无这种仪器，允许

采用GB6457规定的方法测定NO_x的排放浓度。

6.1.2.4 用于矿用柴油机排气检测的CO、NO_x分析仪，其主要技术指标应满足下列要求。

（1）精密度：不确定度不大于使用量程的±1%；

（2）零点漂移：8h内分析仪对零气响应的漂移应小于使用量程的±1%；

（3）量距漂移：8h内分析仪对量距气响应的漂移应小于使用量程的±1%；

（4）线性误差：分析仪使用的程的线性误差应小于示值范围的±2%。NDIR分析仪可采用线性电路；

（5）响应时间：分析仪在使用量程上，从仪器进气口引入量距气，示值达到最终数值的90% 时，其时间应小于15 s 。

6.1.2.5 用于矿用柴油机排气检测的分析仪，推荐的示值范围见表 1 。

表 1

分析仪	示值范围	单位
CO	0～500，0～1000，0～2000，0～3000	ppm
NO_x	0～100，0～500，0～1000，0～2500	ppm

6.1.2.6 采用直接连续取样法采集矿用柴油机的排气气样。取样系统的技术要求应符合GB8190中的有关规定。

6.1.2.7 所有接触气样或标准气的零部件应采用不锈钢或聚四氟乙烯材料制成。

6.1.3 检测程序

6.1.3.1 在矿用柴油机排气总管专用取气口上（此取

气口应设置在清洗箱之前排气总管的适当位置）安装取样探头，并接通取样系统和CO、NO_x分析仪（推荐的取样探头结构尺寸见附录B）。

6.1.3.2 按仪器使用说明书中的要求分别对CO和NO_x分析仪进行预热、零点调节和量程刻度标定，如果试验中需用多种量程检测CO和NO_x的排放浓度，则必须对所用的每种量程进行零点和量程刻度定标。

6.1.3.3 按产品使用说明书的规定起动矿用柴油机，并进行暖机运转，使冷却水温度、机油温度和机油压力等运转参数达到使用说明书中的要求后，方可进行CO、NO_x排放浓度的检测。

6.1.3.4 按表2规定的工况和顺序进行矿用柴油机排气检测。一次排气检测过程中，应连续进行，中间不得停机。

6.1.3.5 每一工况的负荷调整偏差应不大于全负荷的±2%。

6.1.3.6 每一工况的转速调整偏差应不大于50r/min。

6.1.3.7 排气检测时，每一工况运转10min，前5min用于改变矿用柴油机的转速和负荷以稳定水温、油温等运转参数，后5min为矿用柴油机的稳定运转时间。

6.1.3.8 在矿用柴油机的一次排气检测过程中，矿用柴油机或检测仪器设备如出现故障，应终止检测，已做的排气检测结果无效，待故障排除后再重新进行检测。

6.1.3.9 完成6.1.3.4条所规定的一次排气检测的最后一个工况后，应立即复核6.1.3.2条确定的CO、NO_x分析仪的零点和量程刻度标定，如各分析仪出现下列情况之一时，已做的排气检测结果无效，应重新进行检测。

表 2 矿用柴油机排气检测工况

工况序号	转速	负荷百分数(%)
1	最低空载稳定转速(怠速)	0
2	最低工作稳定转速	0
3	最低工作稳定转速	50
4	最低工作稳定转速	100
5	最大扭矩转速	0
6	最大扭矩转速	75
7	最大扭矩转速	100
8	标定转速	100
9	标定转速	75
10	标定转速	50
11	标定转速	0

注：表2中负荷百分数是指矿用柴油机在标定功率的速度特性曲线上相应转速下全负荷的百分数。

（1）零点漂移超过分析仪使用量程刻度的±2%。

（2）零点与量程刻度标定点的间距偏差超过分析仪使用量程刻度的±2%。

6.1.4 检测数据记录与结果计算。

6.1.4.1 将每一工况的CO、NO_x分析仪的输出信号连续地记录在长图记录仪上，记录仪的技术要求应符合GB8189中的有关规定。取每一工况最后1min测量记录曲线读数的算术平均值为该工况的CO、NO_x实测值。

6.1.4.2 在每一工况后5min稳定运转时间内测量和记录下列各项参数。

（1）柴油机转速，r/min；

（2）柴油机功率，kW；

（3）柴油机燃油消耗量，kg/h；

（4）柴油机空气消耗量，kg/h；

（5）大气压力，kPa；

（6）进气温度，℃；

（7）进气空气相对湿度，%；

（8）CO、NO_x实测值，ppm。

6.1.4.3 按公式（1）、（2）确定出每个工况的CO和NO_x湿基排放浓度。

$$V_{CO}(湿) = V_{CO}(实测)K_W \quad (1)$$

$$V_{NO_x}(湿) = V_{NO_x}(实测)K_w \quad (2)$$

式中 V_{CO}(湿)——每一工况的CO湿基排放浓度，ppm；

V_{NO_x}(湿)——每一工况的NO_x湿基排放浓度(ppm)；

V_{CO}(实测)——每一工况CO的实测值（ppm）；

V_{NO_x}(实测)——每一工况NO_x的实测值（ppm）；

K_W——干、湿基换算系数。

6.2 矿用柴油机车排气检测

6.2.1 检测条件

6.2.1.1 属于本规范5.1条规定的矿用柴油车排气检测，规定在国家指定的检验单位进行。

6.2.1.2 矿用柴油机车排气检测前，制造或使用单位应向检验单位提供下列技术资料：

（1）机车使用维护说明书；

（2）机车技术条件；

（3）机车出厂性能试验报告。

6.2.1.3 矿用柴油机车排气检验前，按制造厂使用维护说明书中有关规定对机车进行运行检查，在机车各项性能正常情况下，方能进行机车排气检测。

6.2.1.4 矿用柴油机车排气检测时的其他要求应符合

本规范第 4 条的有关规定。

6.2.1.5 矿用柴油机车在煤矿井下正常运行时，排气的日常检测工作，按本规范有关规定进行。

6.2.2 检测仪表、装置及要求

6.2.2.1 采用便携式气体检测仪表或比长式气体检测管检测矿用柴油机车排气中CO、NO_x的排放浓度。

6.2.2.2 便携式气体检测仪表或比长式气体检测管及装置，应在煤矿矿井下列条件中正常工作：

环境温度，0～40℃；

相对湿度，30%～95%。

6.2.2.3 便携式气体检测仪表或比长式气体检测管装置中的安全防爆性能应符合GB3836·1～3836·4中有关规定。

6.2.2.4 便携式气体检测仪或比长式气体检测管装置的精度不得低于10%。

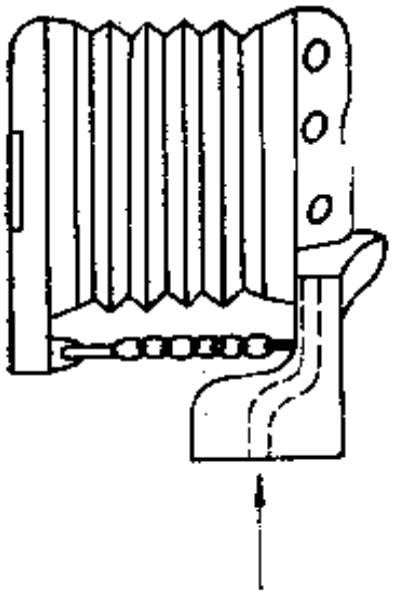
6.2.2.5 便携式气体检测仪或比长式气体检测管的示值范围应满足本规范4.6条规定限值的测量。

6.2.2.6 用比长式气体检测管装置检测矿用柴油机车排气中CO排放浓度时，CO气体检测管应同过滤管串联使用，过滤管应能过滤掉1%以上的饱和烃或不饱和烃类的气体。

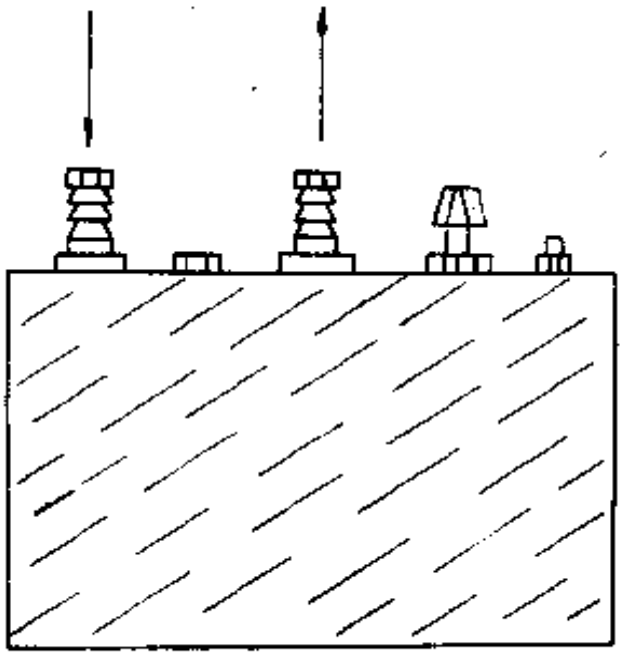
6.2.2.7 用比长式气体检测管装置检测矿用柴油机车排气中NO_x排放浓度时，NO_x气体检测管应同$NO \rightarrow NO_2$氧化管串联使用，$NO \rightarrow NO_2$氧化管的转化效率应在 90% 以上。

6.2.2.8 与比长式气体检测管配套使用的采样器，推荐使用以下两种（见附图32和附图33），可根据情况选用，但采样器采样体积的误差应不大于标定体积的±5%。

6.2.2.9 气体检测管装置的其他要求应符合GB7230中



附图32　负压吸入式采样器



附图33　电子气体自动采样器

的有关规定。

6.2.3　检测程序

6.2.3.1　对便携式气体检测仪或比长式气体检测管装置按各自使用说明书中的要求，用标准气进行标定和操作。

6.2.3.2　起动矿用柴油机车，使各处的工作温度、压力均达到制造厂规定的稳定状态。

6.2.3.3　在矿用柴油机车排气总管专用取气口上安装取样探头，并按附录E的要求完成取样管与便携式气体检测仪或比长式气体检测管装置的连接。

6.2.3.4　对矿用柴油机车排气中CO、NO_x排放浓度的检测按下列规定的运转状况和顺序进行：

（1）机车不运行，柴油机在最低空载稳定转速（简称怠速）时；

（2）机车不运行，柴油机在最高空载转速时；

（3）机车空载在水平直道以最大运行速度时；

（4）在大于或等于50%的机车标定牵引力或载荷，以相应的牵引速度时。

6.2.3.5 矿用柴油机车在煤矿井下正常运行时，机车排气日常检测工作，矿井通风部门应指定专职人员负责。

6.2.3.6 矿用柴油机车在煤矿井下正常运行时，专职人员应按6.2.3.4条的规定，每月对机车的运转状况进行一次排气中CO、NO_x排放浓度的全面检测。在机车运行巷道内，按下列规定的检测点，专职人员每周至少一次对巷道空气中CO、NO_x的含量进行检测。

（1）机车驾驶室司机面前呼吸位置；

（2）机车排气口顺风5m距底板高1.5m位置；

（3）井底车场工人候车室；

（4）机车运行巷道末端；

（5）其他必要检测点（由矿井通风部门根据生产情况和机车运行路线选定）。

6.2.3.7 对矿用柴油机车运行巷道内空气中CO、NO_x含量的检测，采样方法按MT142的有关规定进行。

6.2.3.8 在6.2.3.4和6.2.3.6条检测过程中，如机车或检测仪表及装置出现故障，所做检测结果无效，待故障排除后，应按6.2.3条规定的检测程序重新检测。

6.2.4 数据记录与结果处理

6.2.4.1 按6.2.3.4及6.2.3.6条的规定，对机车某一运转状况或巷道空气中某一位置连续检测两次，取两次检测结果的算术平均值作为检测结果，如两次检测结果相对误差超过平均值的±5%，应进行第三次检测，取其允许差值范围内

的两个算术平均值为检测结果。

6.2.4.2 用比长式气体检测管装置检测时，如超出厂家规定的温度范围，检测结果应按产品使用说明书中有关规定进行修正。

6.2.4.3 对机车某一运转状况CO、NO_x排放浓度的检测或对巷道空气中某一位置CO、NO_x含量的检测时，应记录下列各项参数。

（1）机车运转状况或巷道中检测位置；

（2）检测时环境温度；

（3）检测时环境大气压；

（4）检测时环境空气相对湿度；

（5）检测时环境空气中CH_4的含量；

（6）井下矿用柴油机车正常运行数量；

（7）井下检测位置通风量。

6.2.4.4 记录测量数据时，只保留一位不确定数字。

6.2.4.5 检测结果按数字修约规则进行修约处理。