

煤矿电工手册

MEIKUANG DIANGONG SHOUC

煤炭工业出版社

74. 6.073

3400821

煤矿电工手册

(第四分册)

窄轨电机车及电气控制

总 编：顾永辉 范廷瓚
主 编：容观海 胡本臣 王厚珊
徐 之 王永康
编写人：王绍义 王德才 王词昌
李秀玉 孙继先 张凤鸣

(以章次为序)

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是《煤矿电工手册》第四分册第十一专集。书中简要叙述了窄轨电机车运输的牵引计算,电机车的选型及供电(牵引交流所、牵引网路和蓄电池),电机车的控制及维修等。本书基本上总结了当前煤矿窄轨电机车运输的经验,其中较详细的介绍了牵引网路和可控硅脉冲调速技术。

本书可供从事窄轨电机车运输的工人、技术人员查阅使用,有关学校师生亦可参考。

煤 矿 电 工 手 册

窄轨电机车及电气控制

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₁₆ 印张16

字数 365 千字 印数11,001—21,875

1980年8月第1版 1984年8月第2次印刷

书号15035·2273 定价1.70元

前 言

为高速度发展煤炭工业，加快煤矿机械化、现代化的步伐，进一步满足广大煤矿电气工作人员查阅使用方便，特组织编写这部《煤矿电工手册》。

在手册编写过程中，我们曾多次召开专业性技术座谈会，认真调查研究，广泛搜集资料，并尽量吸取广大煤矿职工在生产和科学实验中的好经验。内容力求做到准确、实用，文字简练，通俗易懂，采用的公式、图表及测试方法等附有计算实例，便于读者掌握运用。

本《手册》是由部生产司、教育司、设计管理局、科技局、制造局和科技情报所共同负责组织编写的，共有三十五个单位，七十多位同志参加。

本《手册》共分四个分册十二个专集，先按专集出版单行本，而后合订成册。

第一分册《电机与电器》由辽宁省煤炭工业局组织，抚顺矿务局、中国矿业学院为主编单位；

第二分册《矿井供电》由山东省煤炭工业局组织，新汶矿务局、山东矿业学院、中国矿业学院为主编单位；

第三分册《煤矿固定设备电力拖动》由安徽省煤炭工业局组织，淮南矿务局、淮南煤炭学院为主编单位；

第四分册《采掘运机械的电气控制及通信》由江苏、山西省煤炭工业局组织，徐州、阳泉矿务局为主编单位。

《手册》编写工作，曾得到有关单位，特别是一机、冶金、水电和国防部门的大力支持，并提供了许多宝贵意见和资料，谨此表示衷心感谢。

本《手册》编写工作涉及的面广，专业性强，由于我们经验不足，水平有限，难免有不足之处，希广大读者提出批评、建议，便于在修订时改正。

一九七八年十一月

《手册》编委会成员:

姜岐山 刘焕民 边振邦 陈耕夫 韩时针 李 平

组织各分册的主要人员:

第一分册 王为勤 唐步岭 尹学瑞

第二分册 尤家炽 杨永保 李德志

第三分册 张新华 孟子荣 裴功元 郑雅棠 王 克

第四分册 郑庆金 刘正民 张瑞聪 徐岐瑞

《手册》名称及编写单位

分册名称	专 集 名 称	编 写 单 位
电机与电器	1. 电工、防爆基础 电工材料与仪表 2. 电动机 3. 变压器、高低压电器及特殊电机	抚顺、阜新、焦作、渡口矿务局，中国矿业学院、焦作矿业学院，抚顺煤矿研究所，抚顺煤矿电机厂
矿井供电	4. 地面供电 5. 井下供电及照明	新汶、枣庄、肥城、淄博、峰峰矿务局，山东矿业学院、中国矿业学院，沈阳、湖北煤矿设计院
煤备矿电固力定拖设动	6. 提升机电力拖动(交流部分) 7. 提升机电力拖动(直流部分) 8. 通风机、空压机、水泵的电力拖动 9. 钢丝绳胶带输送机电力拖动	淮南、淮北、资兴、本溪、鹤壁矿务局，淮南煤炭学院，安徽、河南、河北省煤矿设计院，沈阳煤矿设计院，上海煤矿机械研究所
采的及掘电运机控制信	10. 采掘机械和采区运输设备的电气控制 11. 窄轨电机车及电气控制 12. 通信及监测装置	徐州、阳泉、大同、西山、平顶山、淮南矿务局，沈阳煤矿设计院，北京煤矿学校

主 要 文 字 符 号

P 电机车粘着重量
 牵引电动机功率
 牵引变流所计算连续负荷
 一定比重的电解液的纯硫酸含量
 V 电机车速度
 要配制的稀硫酸的体积
 F 主动轮轮缘牵引力
 D 电机车主动轮直径
 M 牵引电动机转矩
 i 电机车传动比
 线路坡度的千分值
 η 电机车传动效率
 n 牵引电动机转数
 牵引变流所整流装置的台数
 每班所有电机车牵引往返总次数
 q_0 矿车自重
 q 矿车载重
 ϕ 电机车主动轮与钢轨之间的粘着系数
 土壤抗拔角
 W_r 坡道阻力系数
 W_b 列车运行基本阻力系数
 W_a 列车加速度阻力系数
 a 列车加速度
 α 调车系数
 温度系数
 I_{rms} 牵引电动机的均方根电流
 I_{em} 空列车运行时, 牵引电动机工作电流
 I_L 重列车运行时, 牵引电动机工作电流
 t_{em} 每一循环中, 空列车运行时间
 t_L 每一循环中, 重列车运行时间
 T 每一循环中, 列车运行总时间

直流断续器的工作周期
 接触线张力
 拉线拉力
 t_t 调车时间
 n_M 电机车牵引电动机数量
 F_{em} 空列车运行时, 牵引电动机的牵引力
 F_L 重列车运行时, 牵引电动机的牵引力
 W_{bem} 空列车运行时的基本阻力系数
 W_{bL} 重列车运行时的基本阻力系数
 L 运输距离
 电杆档距
 V_{em} 空列车运行速度
 V_L 重列车运行速度
 V_b 制动开始前列车运行速度
 L_{br} 电机车制动距离
 Q 列车牵引重量
 蓄电池的容量
 N_s 每班运输实际所需电机车台数
 T_s 电机车每班工作小时数
 Q_s 每班运煤量
 Q'_s 每班运矸石量
 K 运输不均衡系数
 接触线磨耗率
 换流回路损耗系数
 拉线基础稳定安全系数
 N_{pr} 检修及备用电机车台数
 N 电机车总台数
 K_s 电机车同时工作系数
 U_{av} 牵引网路平均电压
 电动机两端电压平均值
 I_{av} 电机车空重车平均工作电流
 K_r 需用系数

P_{hr} 电机车小时工作制容量
 P_{max} 牵引变流所最大负荷
 P_c 电机车长时制容量
 K_{ex} 经验系数
 U_N 额定输出电压
 I_n 网路内同时工作的电机车, 在各自运行状态下的电流
 R_n 网路内同时工作的电机车, 其所在位置与牵引变流所之间的电阻
 ΔU_z 辅助线并联后减少的电压降
 ΔU_p 最大允许电压降
 L_X 辅助线长度
 A_y 辅助线与接触线的总合截面
 A_{au} 辅助线的截面
 A_{TW} 接触线的截面
 ΔU_{ad} 增加辅助线后, 牵引网路的平均最大电压降
 $I_{K \cdot min}$ 牵引网路最小短路电流
 U_0 牵引变流所母线上的空载电压
 β 整流装置内部电压降的百分数
 拉线与地面夹角
 $\sum R$ 包括馈电线、接触线、轨道、回流线及整流装置内部电阻之和
 R_i 整流装置的内阻
 T_{max} 夏季最高温度
 t_{min} 冬季最低温度
 T_{min} 夏季最低温度
 t_{max} 冬季最高温度
 L_b 水平档距
 I_N 额定输出电流
 λ 整流装置的过载系数
 F_{st-L} 重列车起动时, 牵引电动机的牵引力
 F_{st-em} 空列车起动时, 牵引电动机的牵引力
 N_s 同时用电的电机车当量台数
 r_f 馈电线的电阻
 r_r 回流线的电阻
 ρ 导线的电阻系数

A 馈电线或回流线导线截面
 r_{TW} 接触线的电阻
 r_{Tr} 轨道电阻
 m 平行敷设的钢轨条数
 R 牵引网路的总电阻
 L_{TW} 接触线长度
 r 新电车线单位长度的电阻
 蓄电池的内阻
 L_f 馈电线长度
 L_{Tr} 轨道长度
 L_r 回流线长度
 ΔU_{av} 平均最大电压降
 ΔU_{max} 短时最大电压降
 L_V 垂直档距
 L_{V1} 1 档侧的半档垂直档距
 L_{V2} 2 档侧的半档垂直档距
 Δh_1 1 档侧导线悬挂点高差
 Δh_2 2 档侧导线悬挂点高差
 σ_{max} 最大荷重时导线应力
 g_{max} 最大荷重时导线比载
 f 导线弛度
 直流断续器工作频率
 g_1 导线自重比载
 原始溶液 1 的浓度
 σ_1 导线在自重比载下的应力
 A_{TW} 接触线截面
 h_B 拉线盘埋深
 t_1 一周期内直流断续器通电 (主可控硅导通) 的持续时间
 U 电源电压
 蓄电池端电压
 t_2 一周期内直流断续器关断 (主可控硅截止) 的持续时间
 C 换流电容器 (或转换电容器) 的电容量
 I_{max} 最大负载电流
 U_{min} 最低电源电压
 t_{off} 可控硅额定关断时间
 L_1 换流电抗器 (或转换电抗器) 电感

	量
L_z	反压电抗器(或限流电抗器)电感量
ΔU	滤波电容器 C_0 两端电压的脉动值
C_0	滤波电容
f_0	滤波器 L_0C_0 的固有频率
L_0	滤波电感
E	蓄电池的电动势
γ	电解液的比重
I_{ch}	充电电流
I_d	放电电流
Q_t	放电时电解液平均温度为 t 时所得的容量
t_d	放电时间
Q_{30}	蓄电池在 30°C 时的容量
η_e	电量效率
η_f	电能效率
t_{ch}	充电时间
U_d	放电电压

U_{ch}	充电电压
ρ_{15}	温度为 15°C 时的电阻系数
ρ_t	温度为 t 时的电阻系数
γ_{15}	标准温度时电解液的比重
γ_t	温度为 t 时电解液的比重
W	纯硫酸的重量
W_1	一定比重的电解液重量
W_2	蒸馏水的重量
P_1	浓硫酸中含酸的重量百分数
P_2	稀硫酸或水中含酸的重量百分数
P_S	需要配制的酸, 其含酸重量百分数
g	含纯硫酸的浓度
V_1	原始溶液1的体积
γ_1	原始溶液1的比重
V_2	原始溶液2的体积
γ_2	原始溶液2的比重
g_2	原始溶液2的浓度
X	波美度

目 录

主要文字符号

第五章 电机车选型及牵引计算	11-5-1
第一节 概述	11-5-1
一、电机车外形及主要技术数据	11-5-1
二、工矿窄轨架线电机车技术条件	11-5-1
三、工矿电机车系列型谱	11-5-6
四、矿车简介	11-5-9
第二节 电机车选型	11-5-9
一、电机车类型选择	11-5-9
二、电机车的轨距	11-5-10
三、架线式电机车的额定电压	11-5-10
四、架线式电机车受电器工作高度	11-5-10
五、电机车运行的等阻力坡度	11-5-10
六、牵引电动机主要技术数据	11-5-10
七、电机车解体最大部件运输重量	11-5-11
第三节 牵引计算	11-5-11
一、列车组成计算	11-5-11
二、电机车台数计算	11-5-14
三、牵引计算举例	11-5-19
第六章 牵引变流所	11-6-1
第一节 一般要求	11-6-1
一、牵引变流所的数量与位置	11-6-1
二、设备选择原则	11-6-1
三、设备保护	11-6-1
第二节 整流设备	11-6-1
一、整流变压器	11-6-1
二、成套整流装置	11-6-3
三、整流装置的电气原理图	11-6-5
四、整流装置产品技术条件	11-6-14
第三节 牵引变流所的负荷计算	11-6-15
一、连续负荷计算	11-6-15
二、最大负荷计算	11-6-16
三、电机车牵引电耗计算	11-6-17
第四节 牵引变流所整流装置选择	11-6-17
一、整流设备类型的选择	11-6-17
二、容量及数量选择	11-6-17
三、整流装置过载能力校验	11-6-18
四、牵引变流所设备选择举例	11-6-18

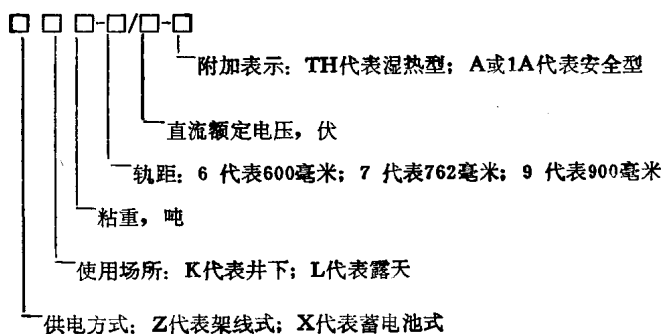
第五节 牵引变流所的主接线及布置	11-6-19
一、牵引变流所主接线	11-6-19
二、牵引变流所的布置	11-6-20
第七章 牵引网路	11-7-1
第一节 概述	11-7-1
第二节 牵引网路的电气部分	11-7-1
一、牵引网路的额定电压	11-7-1
二、牵引网路供电和分段	11-7-2
三、牵引网路导线选择	11-7-2
四、牵引网路电压降计算	11-7-3
五、馈电线的辅助线	11-7-5
六、牵引网路短路电流计算	11-7-6
七、牵引网路的绝缘	11-7-6
八、牵引网路的防雷及接地	11-7-7
九、电气部分计算举例	11-7-7
第三节 牵引网路的主要器材	11-7-9
一、电车线	11-7-9
二、镀锌铁线及钢绞线	11-7-9
三、瓷吊线器及金具	11-7-10
四、拉紧绝缘子	11-7-15
五、分区开关	11-7-15
六、警告信号	11-7-16
七、避雷器及放电间隙	11-7-16
八、分区绝缘器	11-7-17
九、轨端绝缘器	11-7-22
十、调节器	11-7-22
十一、接触线交叉压线管	11-7-23
十二、连线板	11-7-23
十三、接触线电连接	11-7-23
十四、接触线电压引出装置	11-7-23
十五、钢筋混凝土构件	11-7-24
十六、金属部件	11-7-29
第四节 牵引网路的结构部分	11-7-39
一、气象条件	11-7-39
二、馈电线	11-7-40
三、接触线	11-7-46
四、回流线	11-7-76
第五节 牵引网路的架设	11-7-79
一、一般要求	11-7-79
二、器材及其加工	11-7-80
三、接触线的施工	11-7-80
四、竣工验收	11-7-86
第六节 牵引网路的运行及维护	11-7-86

第七节 附录	11-7-87
一、牵引网路平面图图形符号及标注方法	11-7-87
二、架空馈电线铝绞线弛度曲线	11-7-90
三、地面接触线张力及弛度曲线	11-7-92
四、拉线盘埋深计算曲线	11-7-111
第八章 窄轨电机车电气设备及电气控制	11-8-1
第一节 电机车电气设备	11-8-1
一、牵引电动机	11-8-2
二、受电器	11-8-7
三、控制器	11-8-10
四、起动电阻器	11-8-16
五、自动开关	11-8-19
六、插销连接器	11-8-20
七、照明装置	11-8-23
第二节 电机车电气控制及电气接线图	11-8-23
一、电机车电气控制	11-8-23
二、电机车电气接线图	11-8-24
第三节 电气设备的日常维修及故障分析	11-8-31
一、电气设备的日常维修	11-8-31
二、电气设备故障分析	11-8-32
第九章 窄轨电机车可控硅脉冲调速及直流变压器	11-9-1
第一节 脉冲调速概述	11-9-1
一、脉冲调速的优点	11-9-1
二、脉冲调速原理与控制方式	11-9-1
第二节 可控硅脉冲调速线路	11-9-2
一、架线式电机车定频调宽脉冲调速线路	11-9-2
二、架线式电机车定宽调频脉冲调速线路	11-9-13
三、XK2.5-□/48 蓄电池电机车调宽调频脉冲调速线路	11-9-16
四、XK8-□/120 蓄电池电机车定频调宽脉冲调速线路	11-9-18
第三节 脉冲调速中的“失控”现象及防止措施	11-9-21
一、“失控”现象及克服措施	11-9-21
二、“失控”保护环节及其原理	11-9-22
第四节 直流断续器中 LC 参数及输入滤波器 L_0C_0 参数的选择	11-9-23
一、直流断续器中 LC 参数的选择	11-9-23
二、输入滤波器 L_0C_0 参数的选择	11-9-24
第五节 可控硅脉冲调速装置的统调要求与维护	11-9-25
一、统调要求	11-9-25
二、维护	11-9-25
第六节 可控硅直流变压器	11-9-27
一、常用可控硅直流变压器的特性	11-9-27
二、线路与工作原理	11-9-27
第十章 窄轨电机车用蓄电池组及其充电设备	11-10-1
第一节 概述	11-10-1

第二节 酸性蓄电池	11-10-2
一、酸性蓄电池的特性及主要参数	11-10-2
二、酸性电解液的性质	11-10-4
三、酸性电解液比重的选择	11-10-10
四、酸性电解液的配比计算	11-10-10
五、酸性电解液的配制	11-10-11
六、酸性蓄电池的维护	11-10-13
第三节 碱性蓄电池	11-10-16
一、碱性蓄电池的特性	11-10-16
二、碱性电解液的配制	11-10-16
三、碱性蓄电池的维护	11-10-19
第四节 蓄电池组充电设备	11-10-22
一、蓄电池组充电装置的比较	11-10-22
二、型号说明	11-10-22
三、GC、KGC 系列充电用硅整流及可控硅整流设备	11-10-22

第一节 概 述

一、电机车外形及主要技术数据



- 1) 海拔不超过1000米;
- 2) 周围空气最高温度为 $+40^{\circ}\text{C}$, 最低温度为 -30°C (采用电子元件的电机车最低温度为 -20°C);
- 3) 最湿月月平均最大相对湿度不大于90% (同月月平均最低温度不大于 $+25^{\circ}\text{C}$)。

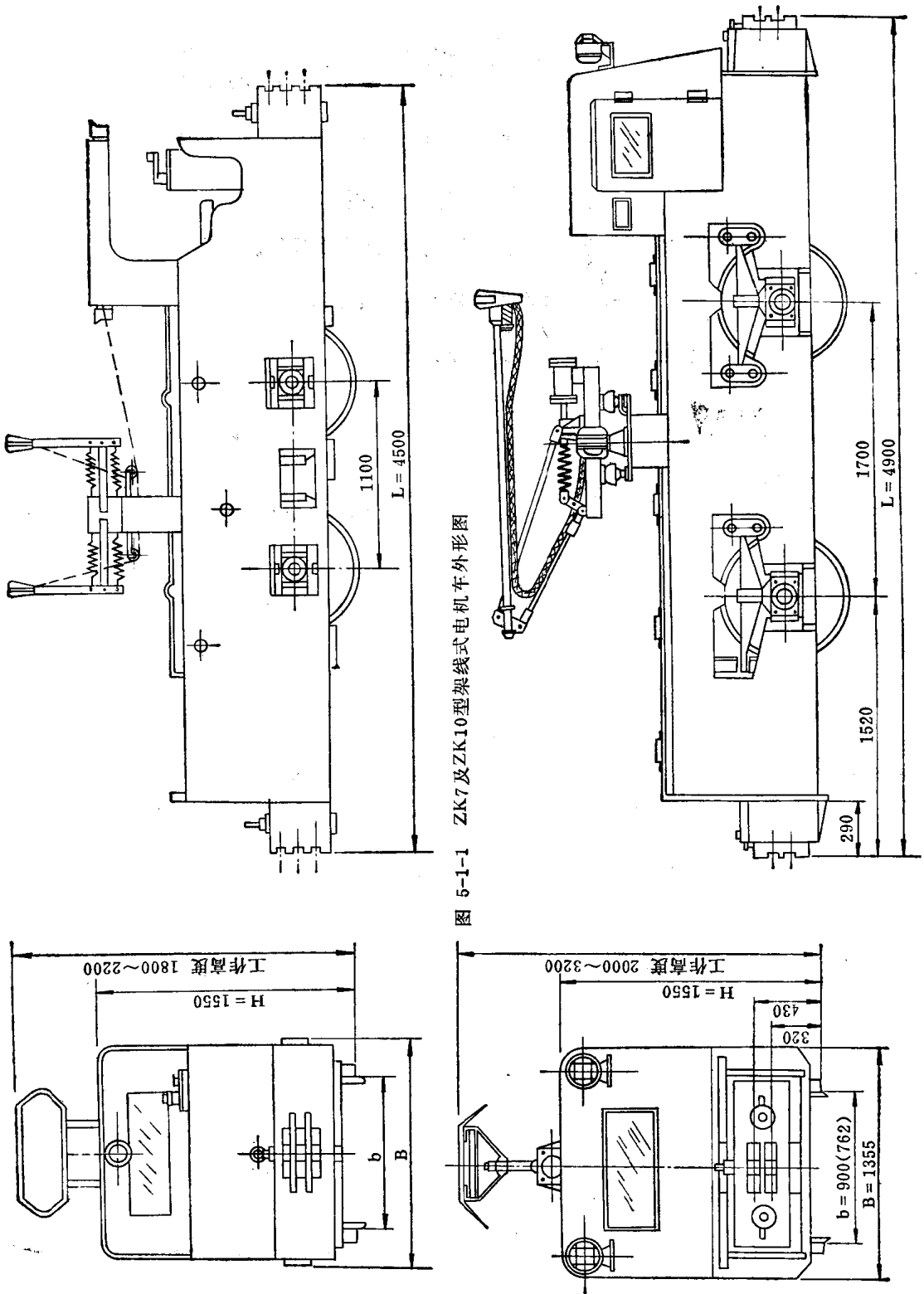


图 5-1-1 ZK7及ZK10型架线式电机车外形图

图 5-1-2 ZK14型架线式电机车外形图

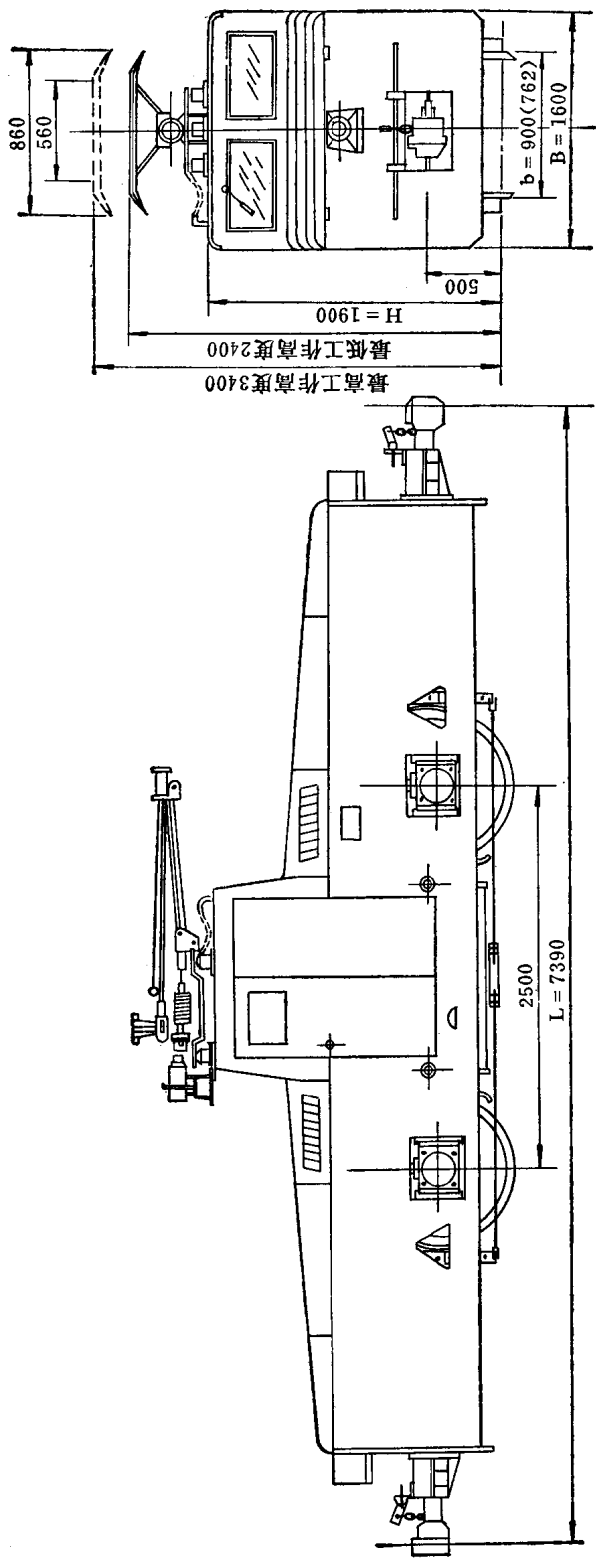


图 5-1-3 ZK20型架线式电机车外形图

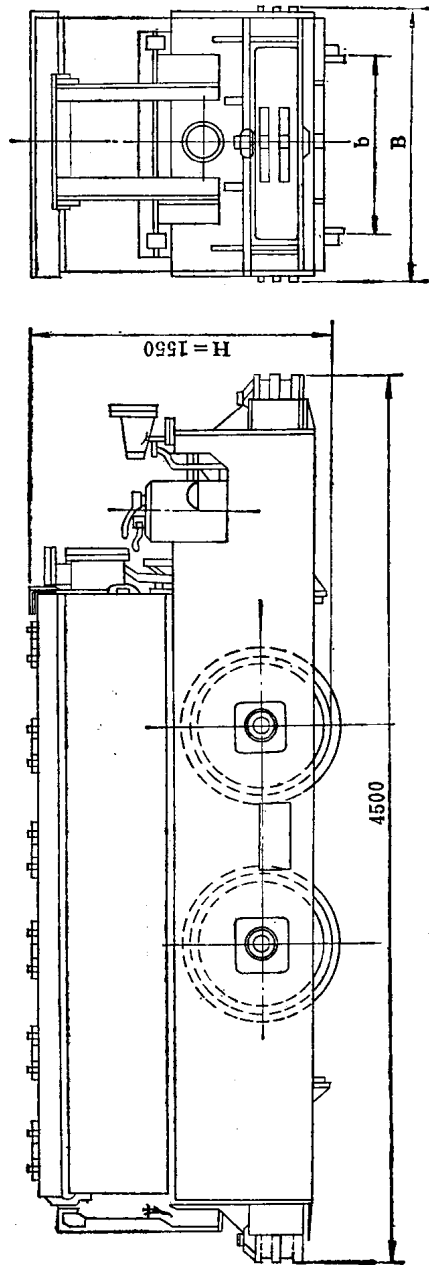


图 5-1-4 XK8型
蓄电池式电机车外形图

表 5-1-1 架线式电机车主要技术数据表

数据内容	数据单位	电机车型号				
		ZK1.5- $\frac{6}{7}$ / $\frac{9}{100}$	ZK3- $\frac{6}{7}$ / $\frac{9}{250}$	ZK7- $\frac{6}{7}$ / $\frac{9}{250}$	ZK7- $\frac{6}{7}$ / $\frac{9}{550}$	ZK14- $\frac{7}{9}$ / $\frac{550}{550}$
粘着重量 (b) 最小曲线半径 受电弓工作高度 连接器距轨面高 固定轴距 主动轮直径 传动比 制动方式	t mm m mm mm mm mm	1.5 600; 762; 900 5 1600~2000 270; 320 650 460 18.4 机械	3 600; 762; 900 6 1800~2200 270; 320 816 650 6.43 机械	7; 10 600; 762; 900 7 1800~2200 270; 320; 430 1100 680 6.92 机械; 电气	7; 10 600; 762; 900 7 1800~2200 270; 320; 430 1100 680 6.92 机械; 电气	14 762; 900 10 2000~3200 320; 430 1700 760 840 14.4 机械; 电气; 空气
外形尺寸	mm mm mm	2100 920; 920; 1040 1550	2700 950; 1250 1550	4500 1060; 1360; 1360 1550	4900 1355 1550	7400 1600 1900
牵引力	kg kg	强260; 弱191 强75; 弱40	480 154	1330 340	2720 980	4200 1330
速度	km/h km/h km/h	强4.54; 弱6.47 强6.60; 弱12.5	9.1 12	11 16.9 25	11 16 25	13.2 19.7 26
牵引电动机	型号	ZQ-4-2 1 97	ZQ-12 1 250	ZQ-21 2 250	ZQ-24 2 550	ZQ-52 2 550
	电压					
	功率	小时制 长时制	12.2 12.2	21 7.4	24 9.6	52 25.5
	电流	小时制 长时制	3.5 1.35	95 34	50.5 19.6	105 50
空压机	转数	小时制 长时制	45 18	600 926	600 875	1300 1820
	电动机功率 工作气压范围	kw kg/cm ²	— —	— —	— —	1.9 4.5~6
生产单位		重庆动力机械厂	吉林市通用机械厂 大连电车厂	湘潭电机厂, 常州内燃 机车厂, 大连电车厂, 平遥工矿电机车厂	湘潭电机厂, 常州内 燃机车厂, 大连电 动机车厂, 重 庆动力机械厂, 平遥工 矿电机车厂	常州内燃机车厂

表 5-1-2 蓄电池式电机车主要技术数据表

数据内容	数据单位	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	XK8-9/100-1A XK8-9/120-1A
粘着重量 轨距 最小曲线半径 连接轴距 固定轴距 主动轮直径 传动比 制动方式	t mm mm mm mm mm mm mm mm	2.5 600 5 270; 320 650 460 19.5 机械	2.5 900 5 270; 320 650 460 19.5 机械	8 600 7 320; 430 1100 680 6.92 机械	8 900 7 320; 430 1100 680 6.92 机械	8 900 7 320; 430 1100 680 6.92 机械
外形尺寸	mm mm mm	2100 920 1550	2100 1040 1550	4500 1060 1550	4500 1060 1550	4500 1060 1550
牵引力	kg kg	260	260	1140 300	1140 300	1140 300
速度	km/h km/h km/h	4.54 6.1 10	4.54 6.1 10	6.2 10.5 25	7.5 12.4 25	6.8 12.4 25
牵引电动机	型号	ZQ-4B 1 42	ZQ-4B 1 42	ZQ-11B 2 110	ZQ-11B 2 132	ZQ-11B 2 120
	台数	1	1	2	2	2
	电压	V	V	V	V	V
	功率	kW kW	3.5 1.37	11 4.3	11 4.3	11 4.3
电动机	小时制	小时制	小时制	小时制	小时制	小时制
	长时制	长时制	长时制	长时制	长时制	长时制
	电流	A A	105 42	112 44	112 44	112 44
	转数	r.p.m r.p.m	960 1850	370 580	370 580	370 580
蓄电池组	型号	6DG-308 48 308 24	6DG-308 48 308 24	DG-400 110 400 55	DG-400 132 400 66	TN-350 120 350 96
	容量(5小时制) 电池个数	V Ah	V Ah	V Ah	V Ah	V Ah
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