

桥式起重机能效评价规则

2023 - 08 - 07 发布

2023 - 11 - 06 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 评价程序 1

5 评价条件 3

6 数据采集 4

7 能效分级 8

附录 A（资料性） 桥式起重机能效评价报告样式 9

附录 B（资料性） 供给能采集仪器接线示意图示例 13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由河南省起重机械标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：河南新科起重机股份有限公司、河南省特种设备检验技术研究院、国家桥架类及轻小型起重机械质量检验检测中心（河南）、大连理工大学郑州研究院、长垣市起重装备制造行业协会、河南迈特智能装备有限公司、长垣市市场监督管理局、长垣市质量技术监督检验测试中心（河南省起重设备配件产品质量监督检验中心）、商丘市质量技术监督检验测试中心、河南长鸿信息技术有限公司。

本文件主要起草人：崔丽、贾森、刘彦楠、李进军、林发伟、段安智、张晓红、王俊涛、周小飞、卢增林、王洪波、于坦、臧琳、牛彦鹏、王旭、逯蓉、王波翔、曹凤武、吴亮善、杨文明、尚彦军。

桥式起重机能效评价规则

1 范围

本文件规定了桥式起重机（以下简称起重机）能源效率（以下简称能效）的评价程序、评价条件、数据采集和能效分级等。

本文件适用于桥式起重机（不包括冶金桥式起重机）的能效评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 6974.1 起重机 术语 第1部分：通用术语
- GB/T 6974.5 起重机 术语 第5部分：桥式和门式起重机
- GB/T 30028 电动葫芦能效测试方法
- GB/T 30222 起重机械用电力驱动起升机构能效测试方法
- GB/T 30223 起重机械用电力驱动运行机构能效测试方法

3 术语和定义

GB/T 6974.1和GB/T 6974.5界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

能效等级

起重机能效高低差别的一种分级方法，从高到低分为1级、2级和3级，1级能效性能最好。

3.2

供给能

起重机按规定的方法要求完成一个数据采集周期时，实际消耗的电能。

3.3

有效能标称值

起重机按规定的方法要求完成一个数据采集周期时，提供的有效能量。

3.4

能效标称值

起重机按规定的方法要求完成一个数据采集周期时，有效能标称值与供给能的比值。

4 评价程序

4.1 一般要求

4.1.1 开展起重机能效评价的机构应当具备所开展能效评价数据采集所需的仪器设备，在确保安全的前提下进行能效评价工作。

4.1.2 评价组至少由 2 名或以上专业技术人员组成，指定其中 1 名具有评价经验的专业人员担任负责人。

4.1.3 评价组应按照本文件规定的程序进行评价工作，对能效评价质量进行严格控制，使用单位应负责落实评价现场的安全措施并提供必要的现场条件。

4.1.4 使用单位内部宜对在用设备开展能效评价和节能管理工作，推广先进节能技术。

4.2 评价流程

本文件规定的能效评价的流程如图1所示。

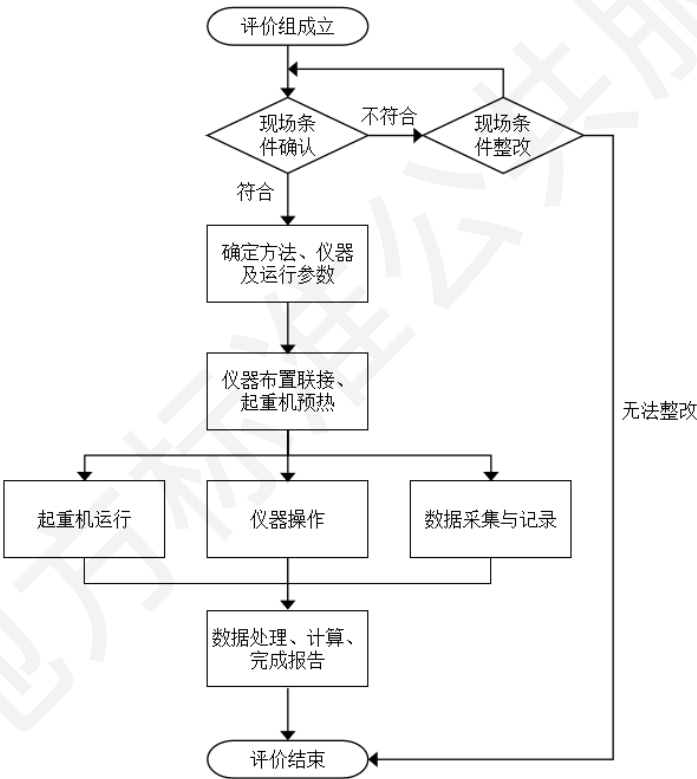


图 1 能效评价流程图

4.3 报告制定

4.3.1 评价组应根据设备实际情况填写“桥式起重机能效评价报告”，报告模板参考附录 A 制定。

4.3.2 能效评价报告至少应包含以下内容：

- a) 报告编号、评价地点及评价人员；
- b) 起重机使用环境状态的信息（电源电压、环境温湿度、供电方式等）；
- c) 起重机制造单位、型号、产品编号、制造日期及特征（吊具型式、额定起重量、工作级别、起升高度、跨度、整机质量、起升速度、运行速度等）；
- d) 能效数据采集的方法与本文件有偏离时，应对此进行说明；
- e) 采集数据；
- f) 其他需要说明的问题。

5 评价条件

5.1 样机要求

- 5.1.1 样机为能正常使用的合格产品，各部件及功能应齐全完备。
- 5.1.2 不应为提高能效而对起重机的参数进行调整。

5.2 环境条件

评价机构应在相应产品标准规定的工作条件下进行能效数据采集，且应满足以下要求：

- a) 环境温度应为+10℃~+30℃，有特殊要求的可按约定执行；
- b) 环境湿度应满足相关产品标准规定；
- c) 户外评价时，风速应小于3 m/s，并进行记录；
- d) 吊运载荷质量与规定值的偏差不应大于±5%，仲裁检验时偏差不应大于±1%，载荷质量的精度为±1%；
- e) 供电系统在起重机馈线接入处的电压波动不应超过额定值的±10%；三相电压不平衡率不应大于1.5%；
- f) 起重机运行轨道应平整，坡度不应大于2.5%，应尽量消除运行环境中的不利因素对能效结果的影响，无法消除时应在评价报告中备注。

5.3 仪器设备

- 5.3.1 仪器设备根据现场条件和方法需要进行选择，包括但不限于电量测试仪、互感器、激光测距仪、位移编码器、电能表、及常用电工工具等，仪器要求见表1。

表1 仪器设备及要求

序号	仪器设备名称	设备要求
1	电量测试仪	应具有记录反向电能功能，准确度不应低于0.5级，有效分辨力不应低于0.001度
2	互感器	准确度等级不应低于0.2级（满量程）
3	激光测距仪	测量精度不应低于0.001 m
4	位移编码器	解析度不应低于1024线
5	电能表	分辨力不应低于0.0001 kW·h
6	电工工具	符合现场使用要求

- 5.3.2 所用各种仪器设备应符合相关国家标准，且应在检定或校准有效期内。
- 5.3.3 选择仪表时，应根据现场条件需要尽量选择低量程仪表。
- 5.3.4 输入电压、输入电流、输入功率应采用数字方式记录，采样频率不应低于10000 Hz。
- 5.3.5 采集过程中起升和下降的实际高度与规定值偏差不应大于±5%，仲裁检验时偏差不应大于±1%，精度不应小于0.01 m。

5.4 操作要求

- 5.4.1 互感器或电能表等电能测量设备的接入位置应为起重机电气控制箱总隔离开关附近，接线示意图见附录B。

5.4.2 评价开始前应预热各工作机构，起重机吊运载荷，接入电能测量仪，按照采集周期规定的动作运行，待电机达到正常工作温度，并确认最后 3 次采集周期电能测量仪的读数与其平均值的误差小于 5%时方可开始采集。

5.4.3 采集过程中，应尽量保持载荷搬运的平稳，避免剧烈的抖动、摇摆等现象。

5.4.4 应在载荷平稳运行时再进行速度数据的采集。

5.4.5 采集过程中，辅助设备应暂停运转，如照明设备、空调等。

6 数据采集

6.1 总则

6.1.1 所需采集数据为起重机完成一个工作循环后，各工作机构的供给能和有效能标称值。

6.1.2 供给能可采用电能表或电流电压法两种方法进行测量。

6.1.3 有效能标称值通过测量载荷及起升、运行距离计算得出。起升、运行距离应采用激光测距仪法或编码器测量法测量。仲裁检验时应采用激光测距仪法。

6.1.4 对起重机械的起升机构、运行机构以及电动葫芦分别进行能效数据采集时，应按照 GB/T 30028、GB/T 30222、GB/T 30223 的要求进行。

6.2 采集要求与参数

6.2.1 参与采集的机构应为参与完成一个完整采集周期的所有工作机构。

6.2.2 采集周期为在规定条件下，起重机按照工况要求完成一次作业的工作循环。位置调整和吊具、载荷的装卸阶段能耗不计入采集周期。

6.2.3 用作载荷的物料特性应符合起重机的设计要求。载荷质量应包含起重机可分吊具和索具的质量。抓斗起重机载荷质量应为额定载荷的 85%，其他起重机为 75%。

6.2.4 起重机各工作机构速度根据调速情况分别选取。工作机构为单速时，速度按额定速度操作。双速或调速时，按工作机构的最大起重量时对应的最高速度操作。

6.2.5 起升高度的取值为起升机构以规定速度起升 1 min 的距离。当此距离大于起升机构起升高度的 60%时，按该起升机构起升高度的 60%作为数据采集所用的起升高度。

6.2.6 运行距离的取值为运行机构以规定速度运行 1 min 距离的 50%。当此距离大于运行机构有效行程的 80%时，取运行机构有效行程的 80%作为数据采集所用的运行距离。

6.2.7 数据采集时各工作机构的起升高度和运行距离均为一次通电所走过的路程。

6.2.8 按规定的采集周期进行数据采集，需要采集起升高度、运行距离、速度、供给能等数据，每个阶段至少重复 3 次，取其连续 3 次有效测量值的算术平均值为有效值。

6.3 采集周期

6.3.1 起重机一个采集周期是指：吊钩从载荷上方的初始位置开始空钩下降，吊起载荷，运送至指定位置，放下载荷，再空钩原路返回至初始位置。

可以按照图2分成下列8个阶段：

- 空载吊钩的初始位置位于图 2 的 A 点，起动起升机构，空载吊钩下降至 B 点；
- 带载竖直起升至 A 点；
- 小车带载水平运行至 D 点；
- 大车带载水平运行至指定位置；

- e) 带载吊钩竖直下降至 C 点；
- f) 空载吊钩起升至 D 点；
- g) 空载小车水平运行至 A 点；
- h) 大车空载水平运行至初始位置。

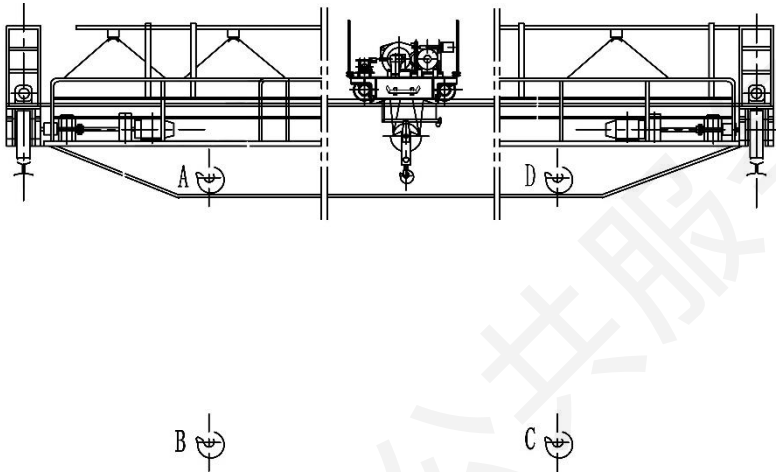


图 2 桥式起重机采集周期示意图

6.3.2 电磁吸盘、电动抓斗以及带回转机构的一些专用吊具，应考虑在采集周期内起吊、卸载、回转等动作对有效能标称值计算的影响。

6.4 供给能采集与计算

6.4.1 电能表法

通过数字式电能测量仪器（装置）测量供给能，并按公式（1）进行计算。

$$E_G = 3.6 \times 10^6 \sum_{i=1}^n D_i \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- E_G ——一个采集周期内的供给能，单位为焦耳（J）；
- n ——一个采集周期内包含的运行阶段数；
- D_i ——一个采集周期内第*i*个阶段数字式电能表（仪）测量值，单位为千瓦时（kW·h），测量值为负值时，为该机构向电网反馈能量。

6.4.2 电流电压法

6.4.2.1 基于三瓦特表法测量原理的测量仪器，按公式（2）或公式（3）进行计算。

$$E_G = \sum_{i=1}^n (P_{1i} + P_{2i} + P_{3i}) t_i \dots\dots\dots (2)$$

$$E_G = \sum_{i=1}^n \left(\int_{t_i} U_{1i} I_{1i} \cos \varphi_{1i} + \int_{t_i} U_{2i} I_{2i} \cos \varphi_{2i} + \int_{t_i} U_{3i} I_{3i} \cos \varphi_{3i} \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

t_i ——一个采集周期内第*i*个阶段的上升工作时间, 单位为秒 (s);
 P_{1i} 、 P_{2i} 、 P_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段三只表分别测得的功率值, 单位为瓦特 (W);
 U_{1i} 、 U_{2i} 、 U_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段三只表分别测得的电压值, 单位为伏特 (V);
 I_{1i} 、 I_{2i} 、 I_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段三只表分别测得的电流值, 单位为安培 (A);
 φ_{1i} 、 φ_{2i} 、 φ_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段三只表分别测得的电压与电流间的相位差角。

6.4.2.2 基于两瓦特表法测量原理的测量仪器, 按公式 (4) 或公式 (5) 进行计算。

$$E_G = \sum_{i=1}^n (P_{1i} + P_{3i}) t_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$E_G = \sum_{i=1}^n \left(\int_{t_i} U_{12i} I_{1i} \cos \varphi_{1i} + \int_{t_i} U_{32i} I_{3i} \cos \varphi_{3i} \right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P_{1i} 、 P_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段两只表分别测得的功率值, 单位为瓦特 (W);
 U_{12i} 、 U_{32i} ——一个采集周期内第*i*个阶段两只表分别测得的电压值, 单位为伏特 (V);
 I_{1i} 、 I_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段两只表分别测得的电流值, 单位为安培 (A);
 φ_{1i} 、 φ_{3i} ——一个采集周期内第*i*个阶段两只表分别测得的电压与电流间的相位差角。

6.5 有效能标称值计算

6.5.1 根据采集周期内各工作阶段的测量数据进行有效能标称值计算。

6.5.2 带载升降有效能标称值按公式 (6) 计算。

$$E_{ya} = 9.8(m + m_0)h \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

E_{ya} ——带载升降有效能标称值, 单位为焦耳 (J);
 m ——吊运载荷质量, 单位为千克 (kg);
 m_0 ——参与起升工作的吊具、索具等部件质量之和, 单位为千克 (kg);
 h ——带载升降时每次的实际起升高度, 单位为米 (m)。

6.5.3 小车带载运行有效能标称值按式 (7) 计算。

$$E_{yb} = 9.8(m + m_1)\mu s_1 + 0.5(m + m_1)v_2^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_{yb} ——小车带载运行有效能标称值, 单位为焦耳 (J);
 m_1 ——参与工作的小车质量之和, 单位为千克 (kg);
 μ ——阻力系数, 取0.006;
 s_1 ——小车运行的单程距离, 单位为米 (m);
 v_2 ——小车带载运行速度, 单位为米每秒 (m/s)。

6.5.4 大车带载运行有效能标称值按式 (8) 计算。

$$E_{yc} = 9.8(m + m_2)\mu s_2 + 0.5(m + m_2)v_3^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

E_{yc} —— 大车带载运行有效能标称值，单位为焦耳（J）；

m_2 —— 整机质量，单位为千克（kg）；

s_2 —— 大车运行的单程距离，单位为米（m）；

v_3 —— 大车带载运行速度，单位为米每秒（m/s）。

6.5.5 空载升降有效能标称值按式（9）计算。

$$E_{yd} = 9.8m_0h'_1 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

E_{yd} —— 空载升降有效能标称值，单位为焦耳（J）；

h'_1 —— 空载每次升降时的实际起升高度，单位为米（m）。

6.5.6 小车空载运行有效能标称值按式（10）计算。

$$E_{ye} = 9.8m_1\mu s_1 + 0.5m_1v_2'^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

E_{ye} —— 小车空载运行有效能标称值，单位为焦耳（J）；

v_2' —— 小车空载运行速度，单位为米每秒（m/s）。

6.5.7 大车空载运行有效能标称值按式（11）计算。

$$E_{yf} = 9.8m_2\mu s_2 + 0.5m_2v_3'^2 \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

E_{yf} —— 大车空载运行有效能标称值，单位为焦耳（J）；

v_3' —— 大车空载运行速度，单位为米每秒（m/s）。

6.5.8 电磁吸盘、电动抓斗以及带回转机构的专用吊具动作时，其有效能标称值可参照下列各式进行计算，其他特殊型式的吊具工作时有效能标称值可以参照下列计算方法进行估算：

a) 吊具为电磁吸盘或电磁挂梁的，按式（12）计算。

$$E_{yg} = 3.6 \times 10^6 PT \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

E_{yg} —— 专用吊具动作的有效能标称值，单位为焦耳（J）；

P —— 电磁吸盘冷态励磁功率之和，单位为千瓦（kW）；

T —— 电磁吸盘吸持载荷的时间，单位为小时（h）。

b) 吊具为电动抓斗的，抓斗开闭的有效能标称值按式（13）计算。

$$E_{yg} = 9.8(0.52m + 0.73m_3)(h_1 - h_2)/2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

m_3 —— 抓斗的质量，单位为千克（kg）；

h_1 —— 抓斗关闭后，颚板口算至中心铰处的高度，单位为米（m）；

h_2 —— 抓斗开启后，颚板口算至中心铰处的高度，单位为米（m）。

c) 吊具带回转机构的，带载回转时，按式（14）计算，空载回转时，按式（15）计算。

$$E_{yh} = 9.8(m + m_0)\mu\alpha D/2 + (m + m_0)D^2\omega_1^2/16 \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

D —— 回转轨道直径或回转支撑直径，单位为米（m）；

α ——回转角度，单位为弧度（rad）；

ω_1 ——带载时的回转速度，单位为弧度每秒（rad/s）。

$$E_{yh} = 9.8m_0\mu\alpha D/2 + m_0D^2\omega_2^2/1\epsilon \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

ω_2 ——空载时的回转速度，单位为弧度每秒（rad/s）。

6.5.9 起重机一个工作循环的有效能标称值按式（16）计算，当采用电磁吸盘、电动抓斗以及带回转机构的专用吊具时，需要参考 6.5.7 添加吊具动作的有效能标称值。

$$E_y = E_{ya} + E_{yb} + E_{yc} + E_{yd} + E_{ye} + E_{yf} + E_{yg} + E_{yh} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

E_y ——起重机一个采集周期内的有效能标称值，单位为焦耳（J）。

6.6 数据处理

起重机能效标称值按式（17）计算。

$$\eta_{ee} = \overline{E_y}/\overline{E_G} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中：

η_{ee} ——起重机的能效标称值；

$\overline{E_y}$ ——起重机3个采集周期内的有效能标称值的平均值，单位为焦耳（J）；

$\overline{E_G}$ ——起重机3个采集周期内的供给能的平均值，单位为焦耳（J）。

7 能效分级

根据计算获得起重机能效标称值 η_{ee} 后，对照表2，对该起重机的能效等级进行分级。

表2 桥式起重机能效等级表

吊具型式	能效等级		
	1级	2级	3级
吊钩	$\eta_{ee} > 0.68$	$0.68 \geq \eta_{ee} > 0.51$	$\eta_{ee} \leq 0.51$
回转吊具	$\eta_{ee} > 0.66$	$0.66 \geq \eta_{ee} > 0.49$	$\eta_{ee} \leq 0.49$
电磁吸盘	$\eta_{ee} > 0.63$	$0.63 \geq \eta_{ee} > 0.46$	$\eta_{ee} \leq 0.46$
抓斗	$\eta_{ee} > 0.65$	$0.65 \geq \eta_{ee} > 0.48$	$\eta_{ee} \leq 0.48$

附 录 A
(资料性)

桥式起重机能效评价报告样式

报告编号：

桥式起重机能效评价报告

设 备 品 种：_____

型 号 规 格：_____

制 造 单 位：_____

使 用 单 位：_____

评 价 日 期：_____

评价机构名称

桥式起重机能效评价报告首页

制造单位			制造单位住所						
生产许可证编号			样机制造日期						
使用单位地址			设备编号						
评价地点									
使用环境	☐ 一般； ☐ 绝缘； ☐ 防爆； 其他：_____								
温湿度	_____℃； _____%RH		风速	_____m/s					
电动机参数统计									
工作机构	工作级别	型号	工作制	接电持续率 /%	额定功率 /kW	额定电压/V	额定电流/A	数量	备注
其它主要用电设备描述：									
情况概述：									
备注：									
评价人员：				日期：		(评价机构签章)			
审核：				日期：					
						年 月 日			

能效评价报告表

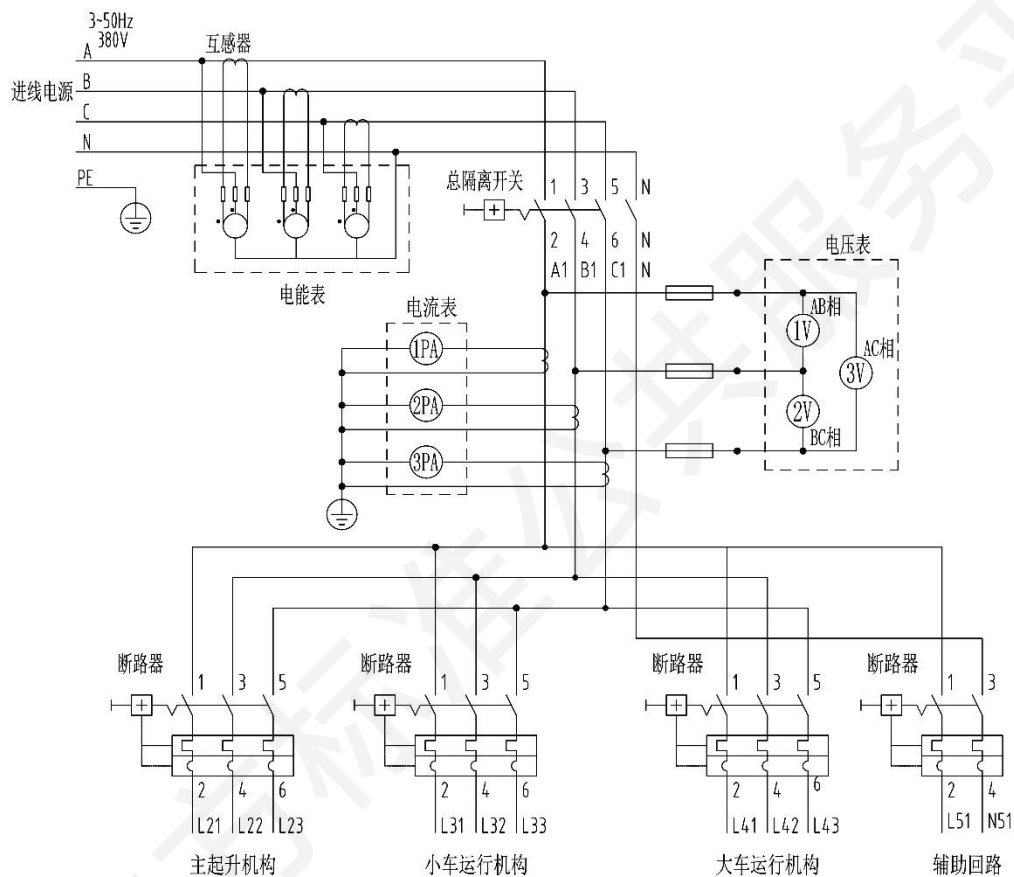
1.设备技术参数 吊具型式:				吊运载荷质量:				整机质量:				
额定起重量/t		工作级别		起升高度/m		跨度/m						
小车质量/kg		吊具质量/kg		可分吊具质量/kg		索具质量/kg						
大车有效行程/m		小车有效行程/m		起升速度/（m/s）		电磁吸盘数量						
大车运行速度/（m/s）		小车运行速度/（m/s）		回转速度/(rad/s)		电磁吸盘冷态功率/kW						
2.供电参数 调速方式： ☐ 双速 ☐ 定子调压 ☐ 变频 电能回馈方式： ☐ 带电能回馈装置												
供电电压		变压器接线方式		三相电压不平衡率								
3.数据												
工况	第一次				第二次				第三次			
	位移 （m）	速度 （m/s）	有效能 标称值（J）	供给能 （J）	位移 （m）	速度 （m/s）	有效能 标称值（J）	供给能 （J）	位移 （m）	速度 （m/s）	有效能 标称值（J）	供给能 （J）
空载下降												
吊具动作（可选择）												
带载上升												
小车带载运行												
大车带载运行												
带载下降												

吊具动作（可选择）																
空载上升																
小车空载运行																
大车空载运行																
电磁吸盘保持吸力时间/h（可选择）																
其他动作（可选择）																
结果	第一次结果				第二次结果				第三次结果							
能效标称值计算																
能效等级分级	☐ 符合 1 级能效要求； ☐ 符合 2 级能效要求； ☐ 符合 3 级能效要求。															
备注																

附 录 B
(资料性)

供给能采集仪器接线示意图示例

供给能采集仪器接线示意图 B. 1。



图B. 1 供给能采集仪器接线示意图示例

注：配电系统采用不同接地形式的起重机可参照执行。