

直流传动矿井提升机电控设备
第二部分 晶闸管电控设备

1 主题内容与适用范围

本标准规定了直流传动矿井提升机晶闸管电控设备的术语、技术要求、检验、标志、包装、运输与贮存。

本标准适用于摩擦式和缠绕式矿井提升机中，由晶闸管供电的直流电动机的控制设备(以下简称设备)。

本标准不适用于有防爆要求的设备，也不适用于提升信号设备。

2 引用标准

- GB 2681 电工成套装置中导线的颜色
- GB 2682 电工成套装置中指示灯和按钮的颜色
- GB 3047.1 面板、架和柜的基本尺寸系列
- GB 3797 电控设备 第二部分 装有电子器件的电控设备
- GB 3859 半导体电力变流器
- GB 3886 直流电动机调速用晶闸管电力变流器
- GB 3906 交流金属封闭开关设备
- GB 4205 控制电气设备的操作件标准运动方向
- GB 4208 外壳防护等级的分类
- GB 4588.1~4588.2 印制板技术条件
- GB 4720 电控设备 第一部分 装有低压电器的电控设备
- JB 3752 电控设备产品型号编制办法

3 术语

3.1 晶闸管电控设备(简称设备)

本标准所指的设备由晶闸管变流设备、提升控制设备和高低压开关设备组成。

3.2 晶闸管变流设备

晶闸管变流设备由晶闸管变流装置及其调节控制装置连同变流变压器、电抗器、直流快速开关组成。

3.3 速度图

由提升工艺所确定的提升速度与时间的关系曲线。

3.4 力图

满足某一提升工艺的速度图时，滚筒所承受的圆周力或该力折合到电动机轴上的负载力矩与时间的关系曲线。

3.5 安全闸

在提升系统发生异常现象，需要紧急停车时，能按预先给定程序施行紧急制动的装置。

3.6 工作闸

提升机正常操作控制用的制动装置。

3.7 提升控制

用以实现提升工艺的控制。

3.8 转矩变化率

提升电动机的转矩相对于时间的变化率。

3.9 控制精度

设备在规定的工作条件下,提升电动机实际速度与给定速度之差的绝对值与额定速度之比。

3.10 手动运行

提升机的运行状态完全由司机手动控制的一种运行方式。

3.11 半自动运行

提升机的启动由司机手动控制,加速、等速、减速、爬行及停车为自动控制的一种运行方式。

3.12 全自动运行

提升的运行状态按预先规定的程序及速度图自动运行的一种方式,这时,司机可以不介入提升机的操作。

3.13 应急操作

对于提升控制由可编程序控制器完成的设备,在可编程序控制器发生故障时,保留系统最主要的控制与保护功能,按手动操作方式使提升机完成紧急任务的运行方式。

4 技术要求

4.1 型号与基本参数

4.1.1 型号

设备的型号组成形式应符合 JB 3752 的有关规定。

4.1.2 额定电压

变流设备的额定输出电压推荐从下列数值中选取,或者与提升电动机额定电压相匹配。

220, 440, 630, 800, 1000 V。

4.1.3 额定电流

变流设备的额定输出电流推荐从下列数值中选取,或者与提升电动机额定电流相匹配。

500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000 A。

4.2 一般使用条件

符合本标准的电控设备均为户内安装,并能在下列条件下正常工作。

4.2.1 环境温度与湿度

环境温度不超过 40℃,并且 24 h 内的平均温度不超过 35℃,最低环境温度不得低于 -5℃。

相对湿度在最高温度为 40℃时不超过 50%,在较低温度时,允许有较高的相对湿度(如在 20℃时为 90%)。应注意由于温度变化而可能偶然发生的凝露。

注:当使用地区有凝露时,应由用户与制造厂协商增加防凝露措施。

4.2.2 空气污染

空气的污染程度不超过国家环境卫生的有关规定,不含有过量的尘埃、酸、碱、腐蚀性及爆炸性微粒和气体。

4.2.3 海拔

海拔不超过 1000 m。

4.2.4 振动

安装地基处允许的振动条件:振动频率为 10~150 Hz 时,最大振动加速度不应超过 5 m/s²。

4.2.5 安装倾斜度

安装倾斜度不得超过5%。

4.2.6 电网质量

交流电网质量应符合 GB 3797 第 3.2.6.1 条的规定。

4.3 特殊使用条件

对于使用条件不满足 4.2 条规定的,用户应在订货时提出,并与制造厂协商解决。

4.4 一般要求

4.4.1 元、器件

设备中所装用的元、器件,必须符合相应的标准和产品技术文件的要求,半导体器件必须经过老化、筛选处理。

4.4.2 印制板

设备中所装用的印制板,应符合 GB 4588.1~4588.2 的规定。

4.4.3 导线颜色

设备中所用导线的颜色,应符合 GB 2681 的规定。

4.4.4 指示灯和按钮的颜色

设备中所用指示灯和按钮的颜色,应符合 GB 2682 的规定。

4.4.5 控制单元

设备中所用控制单元应符合本标准所规定的试验考核条件(见第 5.1.3 条)。

4.5 性能指标

4.5.1 电气性能指标

设备的电气性能指标,应满足提升工艺的速度图、力图的要求。

4.5.1.1 调速范围

调速范围 D 是指在额定负载下,控制精度 S 不大于规定值时,提升电动机最高工作转速 n_{\max} 与爬行转速 n_{\min} 之比,即:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \dots\dots\dots (1)$$

式中: n_{\max} ——符合规定的控制精度时的最高工作转速, r/min;

n_{\min} ——符合规定的控制精度的爬行转速 r/min

设备的调速范围不小于 30。

4.5.1.2 控制精度

控制精度 S 是指在规定的工作条件下,提升电动机实际速度 n_2 与给定速度 n_1 之差的绝对值,与额定转速 n_n 之比,即:

$$S = \frac{|n_2 - n_1|}{n_n} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中: n_2 ——实际速度的瞬时值, r/min;

n_1 ——由速度图确定的给定值, r/min;

n_n ——电动机额定转速, r/min。

在等速段 S 应小于 1%;

在加减速阶段 S 应小于 5%。

4.5.1.3 转矩变化率

为了适应钢丝绳传动的要求,应该对电动机转矩变化率有所限制。

转矩变化率以电动机转矩由零变化到额定值所需的时间来衡量,该时间应不小于 0.3 s。

4.5.2 变流装置负载等级

应尽可能根据提升机的力图按照 GB 3859 选择相近的标准负载等级,当使用单位不能提供确切的力

图时,设备的负载等级可按 GB 3859 的标准负载 V 级考虑。

4.5.3 噪声

设备(指单柜)在正常工作时所产生的噪声,用声级计测量应不大于声压级 80 dB(A)。

4.6 设备系统组成的要求

4.6.1 电源进线

设备的电源应是双回路进线。

4.6.2 晶闸变流设备

设备中所用的晶闸管变流设备,应符合 GB 3859 和 GB 3886 的有关规定。

4.6.3 整流变压器、电抗器

整流变压器和电抗器应符合相应标准的有关规定。

4.6.4 快速开关

应采用快速开关作为变流器直流侧过电流保护和协调保护。

4.6.5 提升控制设备

提升控制设备可以是低压电器电控设备,也可以是由微处理器或可编程序控制器构成的设备,并应分别符合 GB 4720 和 GB 3797 的有关规定。

4.6.6 高压电气设备

设备所用的高压电气设备,应符合 GB 3906 的有关规定。

4.6.7 谐波限制

对电网电压正弦波形畸变和谐波电流的限制与补偿,由用户与制造厂根据有关规定协商解决。

谐波限制与补偿装置应符合相应的标准。

4.7 保护和联锁

4.7.1 紧急停车

在下列情况下,安全制动必须可靠动作并发出相应的声光报警信号,同时断开电动机电源或封锁调节系统;应对发生的事故内容进行记忆。

- a. 当提升机速度超过额定速度的 15% 时;
- b. 当提升电动机或晶闸管变流装置或整流变压器过电流时;
- c. 当提升容器过卷时;
- d. 当提升机在减速阶段速度超过限速保护范围时;
- e. 当提升机实际运行方向与给定方向相反时;
- f. 当深度指示器失效时;
- g. 当制动闸瓦磨损超过规定值时;
- h. 当制动油压过压时;
- i. 缠绕式提升机,当提升钢丝绳松弛超过规定值时;
- j. 当尾绳发生故障时;
- k. 提升容器是箕斗的,当箕斗被卡阻不能顺利通过卸载位置时;
- l. 当提升电动机电枢过电压时;
- m. 当提升电动机励磁电流故障时;
- n. 当提升电动机过载保护装置动作时;
- o. 当提升电动机堵转时;
- p. 当测速装置发生故障时;
- q. 当晶闸管变流器发生故障时;
- r. 当控制系统的交直流电源异常时;
- s. 当变压器、电抗器、提升电动机等设备温度超过极限规定值时;

- t. 当油浸式变压器发生重瓦斯故障时;
- u. 当提升钢丝绳打滑时;
- v. 当现场需要进行紧急停车操作时;

4.7.2 事故停车

对于事故停车,可以按以下两种方法之一处理:

1) 发出相应的声、光报警信号,若提升机处于运行状态,则在本次提升完成后,使提升机停止运转,不允许下次开车;若提升机处于停车状态,则不允许开车,待故障排除后方可恢复运行。

2) 发出相应的声光报警信号,若提升机处于运行状态,则进行电气制动,使提升机处于停车状态,则不允许开车,待故障排除后方可恢复运行。

- a. 当提升电动机、变流变压器、电抗器等设备温度异常时;
- b. 当变流器、提升电动机的冷却设备发生故障时;
- c. 当电枢回路对地漏电时;
- d. 当控制回路对地漏电时;
- e. 当制动油压力异常时;
- f. 当润滑油温度异常时;
- g. 当制动闸弹簧疲劳时;
- h. 当现场需要事故停车时。

4.7.3 报警

当设备非关键部分发生异常,但不影响提升机正常运行时,可发出声、光报警信号,由司机按实际情况采取措施,决定提升机是否继续运行。

4.7.4 控制系统的联锁

- a. 只有当速度给定为零,提升机在紧闸位置时,才允许接通安全回路;
- b. 只有接到提升信号,提升机才允许运转;
- c. 提升机在某一方向过卷后,只允许向与过卷方向相反的方向运行;
- d. 采用二级制动的提升机,当电网断电时,应能保持二级制动;
- e. 提升机在运行途中紧急停车后,应对原开车方向记忆,在恢复运行时,按原方向开车。若在运行途中要改变运行方向应首先停车,然后由司机手动操作改变提升机方向;
- f. 在自动定载提升的系统中,应考虑工作闸闭锁,即只有当电动机转矩建立到足以克服负载力矩时,工作闸方可松开;
- g. 当提升容器到达减速点时,应发出减速指令和声光信号,使提升机开始减速,并使有关控制环节及保护环节(如给定环节、限速保护环节等)投入工作;
- h. 当交流电源侧开关或提升电动机磁场回路开关跳闸时,电枢回路直流快速开关必须跳闸,并进行安全制动,但是电枢回路直流快速开关跳闸时,其他开关则可以不跳闸;
- i. 当安全回路保护动作时,应将调节系统封锁,待故障排除复原后,再解除封锁;
- j. 只有所有辅助设备按规定的运转状态及顺序投入正常工作时,才有可能使提升机系统投入工作。

4.7.5 运行方式


设备应具有手动和半自动运行方式,如果有特殊规定,也可以具有全自动运行方式。

4.7.6 防止触电的保护

必须采取保护措施防止人体意外地触及电压超过 50 V 的带电部件。对于装在柜(箱或台)内的电器元件,可采取下述一种或几种措施:

- a. 用绝缘材料遮盖带电部件;
- b. 外壳与被保护的带电体的电气间隙和漏电距离须符合本标准第 4.8 条的规定;
- c. 打开外壳必须使用专用工具或钥匙,钥匙必须能取下带走;

d. 旋钮和操作手柄等部件，应采用绝缘材料制作，与其连接的金属操作杆也不应带电。

e. 切断电路时，电荷能量在 0.1 J 的电容器应具有放电回路。2 s 以后的剩余电压应不超过 75 V (峰值)。在充电电压较高，在可能产生电击的电容器上，应标上红色闪电符号“”

4.7.7 安全接地

设备的安全接地应符合 GB 3797 第 3.10.7.1 条的规定。

4.8 电气间隙与爬电距离

a. 作为设备组成部分的电器元件及自成一体的单元，其电气间隙与爬电距离应符合各自标准的规定；

b. 高压电气设备的电气间隙与爬电距离应符合高压电气设备的有关标准规定；

c. 设备中不等电位的裸导体之间，以及带电的裸导体与金属零、部件或接地零、部件之间的电气间隙与爬电距离，应不小于表 1 的规定。

表 1 mm

额定绝缘电压 U_i (V)	额定电流 ≤ 63 A		额定电流 > 63 A	
	电气间隙	爬电距离	电气间隙	爬电距离
$U_i \leq 60$	2	3	3	4
$60 < U_i \leq 300$	4	6	6	10
$300 < U_i \leq 660$	6	12	8	14
$660 < U_i \leq 800$	10	14	10	20
$800 < U_i \leq 1500$	14	20	14	28

4.9 绝缘电阻与介电强度

4.9.1 绝缘电阻

设备中带电回路之间以及带电回路与地之间(在该回路不直接接地时)的绝缘电阻应不小于 1 M Ω 。绝缘电阻只作为介电试验时的参考，不考核。

4.9.2 介电强度

对主电路及与主电路直接连接的辅助电路，应能承受表 2 所规定的介电试验电压。

对不与主电路直接连接的辅助电路，应能承受表 3 所规定的介电试验电压。

表 2 V

额定绝缘电压	介电试验电压(有效值)
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 660$	2500
$660 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1200$	3500
直流 $1200 < U_i \leq 1500$	3500

表 3 V

额定绝缘电压 U_i	介电试验电压(有效值)
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2U_i + 1000$, 最低 1500

试验部位:

- a. 非电连接的两个独立的电路之间;
- b. 各带电回路与金属外壳(或地)之间。

4.9.3 高压电气设备的绝缘电阻与介电强度应符合高压电气设备的有关标准规定。

4.10 温升

设备内部各部件的温升用热电偶法或其他校验过的等效方法测量,不得超过表 4 的规定。

表 4 K

设备内的部件	母线材料及被覆层	温 升
电器元件及电力半导体器件	—	符合元件各自的标准
连接于一般低压电器的母线连接处的 母线	铜、无被覆层	60
	铜、搪锡	65
	铜、镀银	70
	铝、超声波搪锡	55
连接于半导体器件母线连接处的母线	铜、无被覆层	45
	铜、搪锡	55
	铜、镀银	70
	铝、超声波搪锡	35

连接到发热件(如管形电阻、板形电阻、瓷盘电阻等)上的导线应从元件的侧方或下方引出并需剥去适当长度的绝缘层,换套耐热瓷珠,使导线的绝缘端部温度不超过 65℃。

4.11 控制柜(箱、台)

- 控制柜(箱)的外形尺寸应符合 GB 3047.1 的规定。
- 控制柜(台)的柜(台)体的保护,应符合 GB 4208 的规定,防护等级不得低于 IP2X。
- 控制柜(箱、台)的制造要求,应符合 GB 3797 第 3.12 条的有关规定。

5 检验

5.1 检验分类

设备的检验分型式检验和出厂检验。对某些试验项目(如电气性能指标试验等),可根据用户与生产厂之间的协议在设备的运行现场进行。对设备进行检验前,各种控制单元应是经过检验合格的产品。

5.1.1 型式检验

型式检验是对产品进行全面的性能和质量考核,以检验该产品是否符合本标准中规定的技术要求。型式检验可以在同一台产品上进行,也可以在按相同设计而制造的同一批产品中的多台产品上分别进行。对系列设计产品可选取若干典型品种、规格进行型式检验。

在下列情况下应进行型式检验:

- a. 新产品试制定型时;
- b. 已定型的产品,当设计、工艺、主要电器元件或关键材料更改有可能影响到产品性能时;

- c. 产品停产五年以上恢复生产时；
- d. 批量生产的产品，每隔五年进行一次抽试；
- e. 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

型式检验有任一项不合格时，应经返修后再对该项目进行复试。若复试仍不合格，则该批产品为不合格品。

5.1.2 出厂检验

每台设备出厂前必须进行出厂检验，全部出厂检验项目检查合格后应发给合格证明书。

出厂检验中如有不符合本标准的地方，则该产品为不合格品，须返修并经再次试验合格后方可发给产品合格证书。

5.1.3 检验项目

表5中列出了设备的型式检验和出厂检验项目，对试验项目有特殊要求的可以在有关产品技术文件中作出说明。

检验项目	型式检验	出厂检验	试验方法	备 注
外观检验	✓	✓	GB 3797 第4.2条	仅对带可编程序控制器的设备
绝缘电阻检验	✓	✓	GB 3797 第4.3条	
介电强度试验	✓	✓	GB 3797 第4.4条	
空载试验	✓	✓	本标准第5.2.1条	
控制回路试验	✓	✓	本标准第5.2.2条	
连续运行试验	✓	✓	GB 3797 第4.6条	
低压电流试验	✓	✓	本标准第5.2.3条	
高低温循环试验	✓	✓	GB 3797 第4.11条	仅对控制单元
电气性能指标试验	✓	✓	本标准第5.2.4条	
外壳防护等级试验	✓		GB 4208 第6.2条	
温升试验	✓		GB 3797 第4.10条	
噪声试验	✓		GB 3797 第4.16条	
抗干扰试验	✓		GB 3797 第4.14条	
环境温度性能试验	✓		GB 3797 第4.13条	
耐振试验	✓		GB 3797 第4.14条	仅对控制单元
跌落冲击试验	✓		GB 3797 第4.17条	
运输试验	✓		GB 3797 第4.18条	
高温存放试验	✓		GB 3797 第4.12条	仅对控制单元

注：划✓者为需要进行的试验项目。

5.2 试验方法

5.2.1 空载试验

空载试验的目的在于检验设备的接线是否正确，检验设备的空载工作特性是否达到要求。

设备主回路的空载试验，应按照GB 3797第4.5条的要求进行

5.2.2 控制回路试验

控制回路也应在施加额定电压的条件下进行空载试验，按照电路图检查各电器元件和控制环节的动作，在规定的电压变化范围内，动作应准确、可靠，并符合产品技术文件规定的要求。

5.2.3 低压电流试验

低压电流试验的目的是检验设备在额定电流下工作是否正常,同时检验设备各并联支路的电流均衡度。设备的各级过流保护动作值,也可以在低压电流试验中加以整定。

低压电流试验时,设备的输出端应短接或接入一个低阻值的电阻器。主电路的输入端应通过变压器或调压器施加一个较低的电压,然后调整设备的输出电流,使其达到100%的额定电流。此时,设备的控制电路应接至电压为额定值的独立的电源上。

试验环境应符合正常的工作条件。

试验时应使设备在输出电流为额定值下连续运行的时间不得少于20 min。

对于若干支路并联工作的设备,应检验每个并联之路的电流均衡度。

均流系数 K_I 按式(3)计算:

$$K_I = \frac{\sum I_a}{n_p (I_a)_m} \dots\dots\dots (3)$$

式中: K_I ——电流均衡系数(即均流系数);

$\sum I_a$ ——各支路所测得的电流之和, A;

n_p ——并联支路数;

$(I_a)_m$ ——实际测得的电流最大支路电流值, A。

均流系数应不小于0.8。

5.2.4 电气性能指标试验

电气性能指标试验的目的是在空载试验合格的基础上,检验设备的各项工作性能指标是否达到产品规定的指标要求。

本项试验可以将被试设备向一台容量适当的电动机供电,电动机输出轴带动一个模拟负载,也可以在使用现场按提升机的实际工作要求试验。

试验时使提升机在空载、1/2直至额定负载下,按提升工艺要求运转,并在运转过程中检验下述各项性能指标。

5.2.4.1 调速范围

在提升机工作的高速段和爬行段,分别测量电动机的最高工作转速和爬行转速,按本标准4.5.1.1条规定的调速范围,应符合产品技术文件的规定。

转速测量可采用数字式测速仪。

5.2.4.2 控制精度

在提升工艺速度图的各阶段,用双踪示波器或信号记录仪分别测量电动机的实际转速信号与给定信号,按本标准第4.5.1.2条规定的控制精度应符合产品技术文件的规定。

5.2.4.3 转矩变化率

对电流闭环施加阶跃给定,用示波器或信号记录仪测量电动机电流的变化率,电流从零上升到额定值的时间应符合本标准第4.5.1.3条的规定。

6 标志、包装、运输与贮存

设备的标志、包装、运输与贮存应符合GB 3797第5条的有关规定。

附加说明:

本标准由天津电气传动设计研究所提出并归口。

本标准由天水电气传动研究所,湘潭牵引电器设备研究所,洛阳矿山机械研究院,上海电器成套厂起草。

本标准起草人马驰、袁孝传、潘成钧、高自政、刘澄辉。