

936/100

38217

炼油化工电力设计手册

(试用稿)

DJ—07

(五)

化工部电气设计技术中心站

北京·1979年

编 制 说 明

为了认真贯彻落实华主席抓纲治国的伟大战略决策，为了实现“在本世纪内把我国建设成为全面实现农业、工业、国防和科学技术现代化的社会主义强国”的号召，根据石化部(75)油化设字第91号文下达的任务，由化工部电气设计技术中心站组织编写的《炼油化工电力设计手册》，在各单位大力支持下已陆续完成“试用稿”。现按照原定计划分批出版，发送此“试用稿”至全国炼油化工设计部门试用。请各单位在试用一阶段后，组织专业同志进行讨论并提出修改意见，交编写单位再加修改。

本册内容为第六章车间控制及保护设备选择、第七章直流电源、第八章变配电所。希望结合炼油化工企业特点、及引进装置的运行情况，对各章内容提供你单位的经验、教训及技术资料、数据，以便在定稿时补充修改。

第六章

车间控制及保护设备选择

6—1 低压鼠笼型电动机降压起动设备的选择

一、选择降压起动设备要满足的条件

当由于母线电压水平要求或变压器过负荷倍数不允许采用直接起动时，才采用降压起动。

在选择降压起动设备时，需满足三个基本条件：

- 1、母线电压不超过允许值；
- 2、变压器的过热不超过允许值；
- 3、电动机的端子电压应满足起动转矩的要求。

$$U_{d*} \geq \sqrt{\frac{1.1M_{j*}}{M_{qd*}}} \quad (6-1)$$

式中： M_{j*} ——生产机械的起动初始静态力矩标么值

M_{qd*} ——电动机起动转矩标么值；

U_{d*} ——电动机端子电压标么值；

1.1——安全系数。

二、电动机降压起动方式比较

表 6-1

降压起动方式	电阻降压起动	自耦变压器起动	星——三角起动	延长三角——三角起动		
起动电压	KU_e	KU_e	$\frac{1}{\sqrt{3}}U_e$	$0.78U_e$	$0.71U_e$	$0.66U_e$
起动电流	KI_{qd}	K^2I_{qd}	$\frac{1}{3}I_{qd}$	$0.6I_{qd}$	$0.5I_{qd}$	$0.44I_{qd}$
起动力矩	K^2M_{qd}	K^2M_{qd}	$\frac{1}{3}M_{qd}$	$0.6M_{qd}$	$0.5M_{qd}$	$0.44M_{qd}$
定型起动设备	QJ ₁ 型电阻减压起动器。 PY—1型冶金控制屏。	QJ ₂ 、QJ ₃ 型手动自耦减压起动器。 GTN、XJO ₁ 型自耦减压起动器。	QX ₁ 、QX ₂ 、QX ₃ 型星——三角起动器。 QJ ₃ X系列手动油浸星——三角起动器 XJ ₁ 型减压起动控制箱。	XJ ₁ 型减压起动控制箱。		
各种起动方式的特征及优缺点	电动机定子回路串电阻降压起动，起动过程中把电阻短接。起动电流大，起动力矩较小。起动控制设备能否频繁起动由起动电阻容量决定。需起动电阻器且能量损耗较大，一般较少采用。	电动机定子接自耦变压器降压起动，起动过程中切除自耦变压器。起动电流小，起动力矩较大，起动控制设备不能频繁起动。需自耦变压器，造价较高，因起动力矩较大，经常采用。	电动机定子绕组起动时接成星形，起动过程中换接成三角形。起动电流小，起动力矩小，起动控制设备可以频繁起动。无需电阻及自耦变压器，价格较低，适用于定子绕组为三角形接线的电动机。起动电流及力矩小，一般用于小容量电动机起动。	电动机定子绕组起动时接成延长三角形，起动过程中换接成三角形。起动电流小，起动力矩较大。起动控制设备可以频繁起动，无需电阻及自耦变压器，起动力矩较大具有自耦变压器及星——三角起动方式两者之优点，是一种新型的起动设备。适用于定子绕组为三角形接线且有九个出线头的电动机，如J ₃ 、JO ₃ 系列。		

注: U_e ——额定电压。延长三角——三角启动时, U_e 由电动机定子绕组抽头决定。

I_{qd} ——电动机的额定启动电流;

M_{qd} ——电动机的额定启动转矩;

K ——启动电压/额定电压。

三、电阻降压启动

电动机容量在40KW以下的可采用QJ₁型电阻减压启动器。见表6—2。

表6—2

起 动 器 型 号	电 压 (伏)	配用电动机容量 (千瓦)
QJ ₁ —40	380	20 以下
QJ ₁ —75	380	28~40 以下

QJ₁型启动器的启动电阻为铸铁电阻(空气冷却式),可使电阻降压至额定电压的64%,但电阻每小时内通电时间不能超过20秒。容量大的电动机,其启动电阻选用ZX₁、ZX₂型电阻箱,可采用PY—1型冶金控制屏作为控制设备。启动电阻采用一级,其计算步骤如下:

1、求电动机启动时端子电压

根据机械启动时要求的启动初始静态转矩 M_{j_s} ,电动机的启动转矩 M_{qd_s} ,求电动机端子允许电压 U_{qd} 。

$$U_{qd} \geq U_{ed} \sqrt{\frac{M_{j_s}}{M_{qd_s}}} \quad (6-2)$$

式中: U_{ed} ——电动机额定电压(伏)

2、求电动机启动阻抗

$$Z_{qd} = \frac{380}{\sqrt{3} I_{qd}} \quad (\text{欧}) \quad (6-3)$$

式中: I_{qd} ——电动机启动电流(安)

电动机启动电抗: $X_{qd} = Z_{qd} \sin \varphi_{qd}$ (欧)

电动机启动电阻: $R_{qd} = Z_{qd} \cos \varphi_{qd}$ (欧)

电动机启动时,取功率因数 $\cos \varphi_{q,d} = 0.25 \sim 0.40$,则 $\sin \varphi_{q,d} = 0.97 \sim 0.92$ 。

3、求每相允许外加电阻

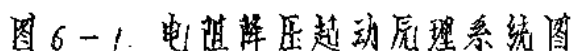
$$R_w = \sqrt{\left(\frac{Z_{q,d}}{K}\right)^2 - X_{q,d}^2} - R_{q,d} \quad (\text{欧}) \quad (6-4)$$

式中: $K = U_{q,d} / U_{e,d}$

4、扣除线路电阻 R_s ,求得降压启动电阻

$$R_d = R_w - R_s \quad (\text{欧}) \quad (6-5)$$

5、控制原理图见图(6—1)



用电阻降压起动不能保证足够的起动力矩和正常运行时,接成星形的电动机不能采用星—三角起动及其他起动方式的情况下,可采用自耦变压器降压起动,一般多用在电动机容量较大时。

设自耦变压器的变比为 K_1 并以 U_1 、 U_2 和 I_1 、 I_2 表示一次、二次绕组的电压和电流，根据变压器的关系得：

$$I_1 = I_2/K_i$$

由于定子上电压减少 K_1 倍，因此流入电动机的电流与直接接于电网时的电流比较，也减少 K_1 倍，即 $I_2 = I_1 / K_1$ ，所以自耦变压器主绕组上的电流较之直接起动时减少了 K_1^2 ，于是起动时电网电压的波动便大为削弱。

起动用自耦变压器的容量可按下式计标:

$$S_{b_{\cdot z}} = \frac{S_{q_{\cdot d}} N \cdot t_q}{2} \quad \text{或} \quad S_{b_{\cdot z}} = \frac{S_{q_{\cdot d}} t_{j_{\cdot s}}}{2} \quad (6-6)$$

$$S_{q,d} = \left(\frac{U_{q,d}}{U_{e,d}} \right)^2 K_{q,d} S_{ed} \quad \langle 6-7 \rangle$$

式中: $S_{q,d}$ ——电动机的起动容量(MVA);

$U_{q.d}$ —— 电动机的启动电压(KV);

$U_{\text{ед}}$ —— 电动机的额定电压 (KV);

 $K_{q,d}$ —— 电动机的起动电流倍数；

$S_{e,d}$ —— 电动机的额定容量 (MVA);

N ——电动机允许连续启动次数;

t_q ——电动机一次起动时间 $\langle \text{min} \rangle$;

$t_{j.s}$ ——电动机计蒜启动时间(min);

$$t_{j,s} = N t_q \langle \min \rangle_0$$

常用的手动自耦减压起动器有QJ₂及QJ₃系列，备有不同电压的抽头以供选择电压，QJ₂型的抽头分别为电源电压的33%、64%和85%（出厂时接在73%抽头），QJ₃型的抽头分别为电源电压的80%和65%。

自耦减压起动器内所有失压脱扣器和过载保护装置，各种容量电动机选用QJ₂、QJ₃型自耦减压起动器，见表6—3。

QJ₂、QJ₃型自耦减压起动器

表 6—3

型 号	额 定 电 压 (伏)	控 制 电 动 机 最 大 容 量 (瓩)	型 号	额 定 电 压 (伏)	控 制 电 动 机 最 大 容 量 (瓩)
QJ ₂ —10	380	10	QJ ₃ —10	380	10
QJ ₂ —14		14	QJ ₃ —14		14
QJ ₂ —20		20	QJ ₃ —20		20
QJ ₂ —28		28	QJ ₃ —28		28
QJ ₂ —40		40	QJ ₃ —40		40
QJ ₂ —55		55	QJ ₃ —55		55
QJ ₂ —75		75	QJ ₃ —75		75
QJ ₂ —100		100	QJ ₃ —100		100
QJ ₂ —110		110	QJ ₃ —125		125
QJ ₂ —130		130	QJ ₃ —300		135 (260安)
QJ ₂ —155			QJ ₃ —300		155 (300安)
			QJ ₃ —600		180 (350安)
			QJ ₃ —600		225 (420安)

自动式自耦减压起动器有XJO₁型、GTZ型，装有继电器、接触器自动切换，各种容量电动机选用XJO₁型自耦减压起动器见表6—4，选用GTZ型自耦减压起动器见表6—5、6—6，GTZ型自耦减压起动器控制原理见图6—2、6—3。

XJO₁ 型自耦减压起动器

表6—4

型 号	控制电动机功率 (瓩)	额定电压 (伏)	最大工作电流 (安)	自耦变压器功率 (瓩)	电流互感器 感 变 比	热继电器 整定电流 (参考值) (安)
XJO ₁ —14	14	380	28	14		28
XJO ₁ —20	20		40	20		40
XJO ₁ —28	28		56	28		56
XJO ₁ —40	40		80	40		80
XJO ₁ —55	55		110	55		110
XJO ₁ —75	75		142	75		142
XJO ₁ —100	100		200	100	300/5	3·2
XJO ₁ —115	115		230	115	300/5	3·8
XJO ₁ —135	135		270	135	600/5	2·2
XJO ₁ —190	190		370	190	600/5	3·1
XJO ₁ —225	225		410	225	800/5	2·5
XJO ₁ —260	260		475	260	800/5	3
XJO ₁ —300	300		535	300	800/5	3·5

GTZ—5301—5302 自耦减压起动器

表6—5

型 号	电 动 机 额 定 功 率 〈千瓦〉	电 动 机 定 子 电 流 〈安〉	自 耦 变 压 器 规 格 〈千瓦〉	电 流 互 感 器 变 比
GTZ—5301—43A ₃	75	142	75	200/5
GTZ—5301—43B ₃	80	152	115	300/5
	95	180	115	
	100	190	115	
	110	209	115	
	115	218	135	
GTZ—5301—43C ₃	125	238	135	400/5
	130	248	135	
	135	256	190	
GTZ—5302—53A ₃	150	285	190	750/5
	155	294		
	160	304		
	180	342		
	190	350		
GTZ—5302—53B ₃	200	370	225	750/5
	210	385		
	220	400		
	225	410		

型 号	电动机额定 功 率	定子最大 电 流	自耦变压器 额定功率
	<千瓦>	<安>	<千瓦>
GTZ-5303~13B ₃	14	28	14
GTZ-5303~13A ₃	20	40	20
GTZ-5304~33C ₃	28	58	28
GTZ-5304~33A ₃	40	77	40
GTZ-5304~33B ₃	55	110	55

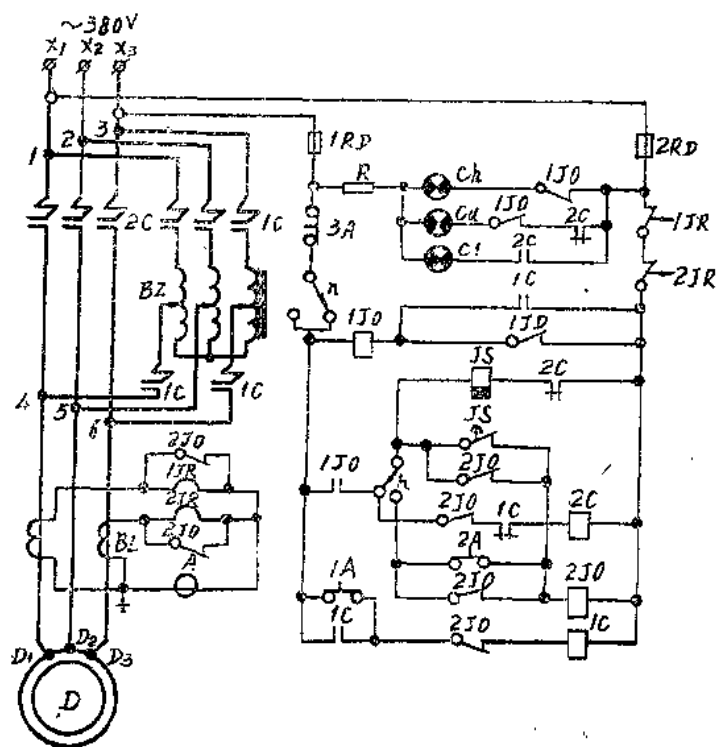


图 6-2 GTZ-5301-5302 原理系统图

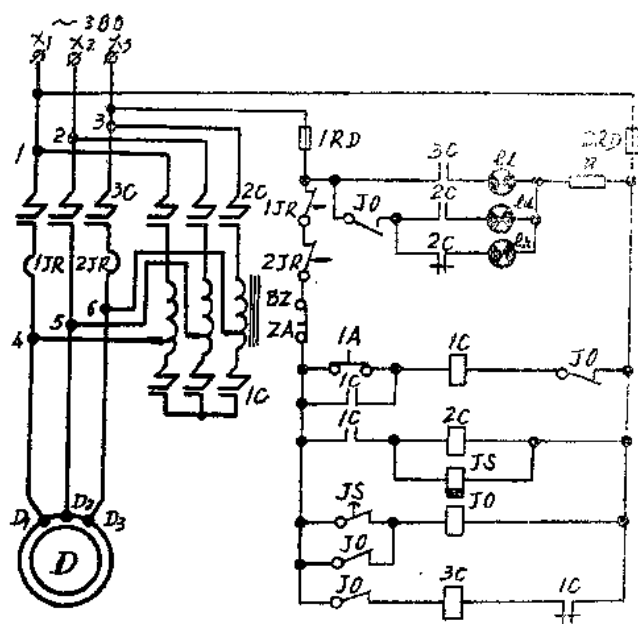


图 6-3 GTZ-5303~5304 原理系统图

五、星——三角形起动

对于在正常运转情况下,是三角形接线的笼鼠型电动机,可以应用星——三角形起动器降压起动。在起动时把定于绕组接成星形,而在起动完后再改接三角形。当定子绕组接成星形时,各相受到的电压降低到等于线电压的 $1/\sqrt{3}$, 起动电流(线电流)只等于三角形联接时起动的 $1/3$, 起动转矩也相应减小为 $1/3$, 因此,电动机应在空载或负荷很轻的情况下起动。

常用的手动星——三角形起动器有 QX₂、QJX₃, 型其选用见表 6—7。

表 6—7

型 号	容 量 (瓩)	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	控制电动机最大功率 (瓩)
QX ₂ —13	13		16	13
QX ₂ —30	30		40	30
QJX ₃ —40	30	380		30
QJX ₃ —80	55			55
QJX ₃ —150	125			125

自动星——三角起动器有QX₃型，其选用见表6—8。

表6—8

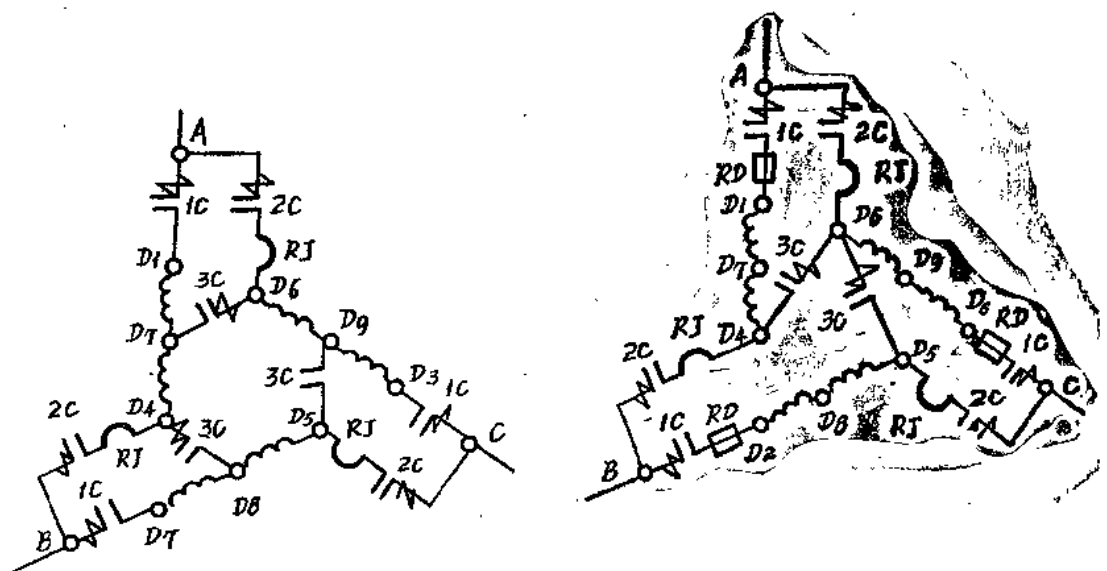
型 号	额 定 电 压 (伏)	控制电动机的最大功率 (瓩)		
		220伏	380伏	500伏
QX ₃ —13	500	7.5	13	13
QX ₃ —30		17	30	30

六、延长三角——三角形起动

延长三角——三角形起动及相应的XJ₁型减压起动器，适用于电压为660/380伏(Y/△)容量至132瓩的J₃、JO₃系列九个抽头鼠笼型异步电动机的减压起动。起动器内装有过负荷保护，可以代替自耦减压起动器，与星——三角起动器相比，又克服了起动力矩小的缺点。

延长三角——三角形起动的工作原理：

电动机定子绕组每相有一个中心抽头(共九个抽头)，起动时绕组接成延长三角形，工作时绕组接成三角形。起动时加在每一相绕组上的电压介于380伏与220伏之间，从而实现了降压起动，起动力矩可达全压起动的50~60%，见图6—4。



(a)作延长三角——三角形起动

(重载起动)

起动时：1C、3C闭合，

2C断开(延长三角形)

工作时：1C、2C闭合，

3C断开(△)

(b)作星——三角起动(轻载起动)

(轻载起动)

起动时：1C、3C闭合，

2C断开(Y)

工作时：1C、2C闭合，

3C断开(△)

图6—4 XJ₁系列减压起动器原理图

标准型号的XJ₁型减压起动器，控制电动机容量从11瓩至75瓩为自动控制，90瓩至132瓩有手动和自动两种。内有时间继电器，在60秒以内可以自由调节起动时间。

延长三角——三角形起动时，各种定子绕组抽头的减压百分比和起动力矩、起动电流的关系如表6—9。

表6—9

电动机定子 绕组抽头比 w_1/w_2	相当于自耦变压器 抽头电压百分比 %	起动力矩为全压 起动时的百分比 %	起动电流为额 定电流的倍数
1 : 1	70.6	50	3~3.5
1 : 2	77.5	60	3.6~4.2
2 : 1	65.5	42	2.58~3.05
星——三角形	58.0	34	1.98~2.31

XJ₁型减压起动器型号及控制电动机容量见表6—10

表6—10

型 号	控制电动机容量(瓩)	型 号	控制电动机容量(瓩)
XJ ₁ —11	11	XJ ₁ —45	45
XJ ₁ —15	15	XJ ₁ —55	55
XJ ₁ —18	18.5	XJ ₁ —75	75
XJ ₁ —22	22	XJ ₁ —90	90
XJ ₁ —30	30	XJ ₁ —110	110
XJ ₁ —37	37	XJ ₁ —132	132

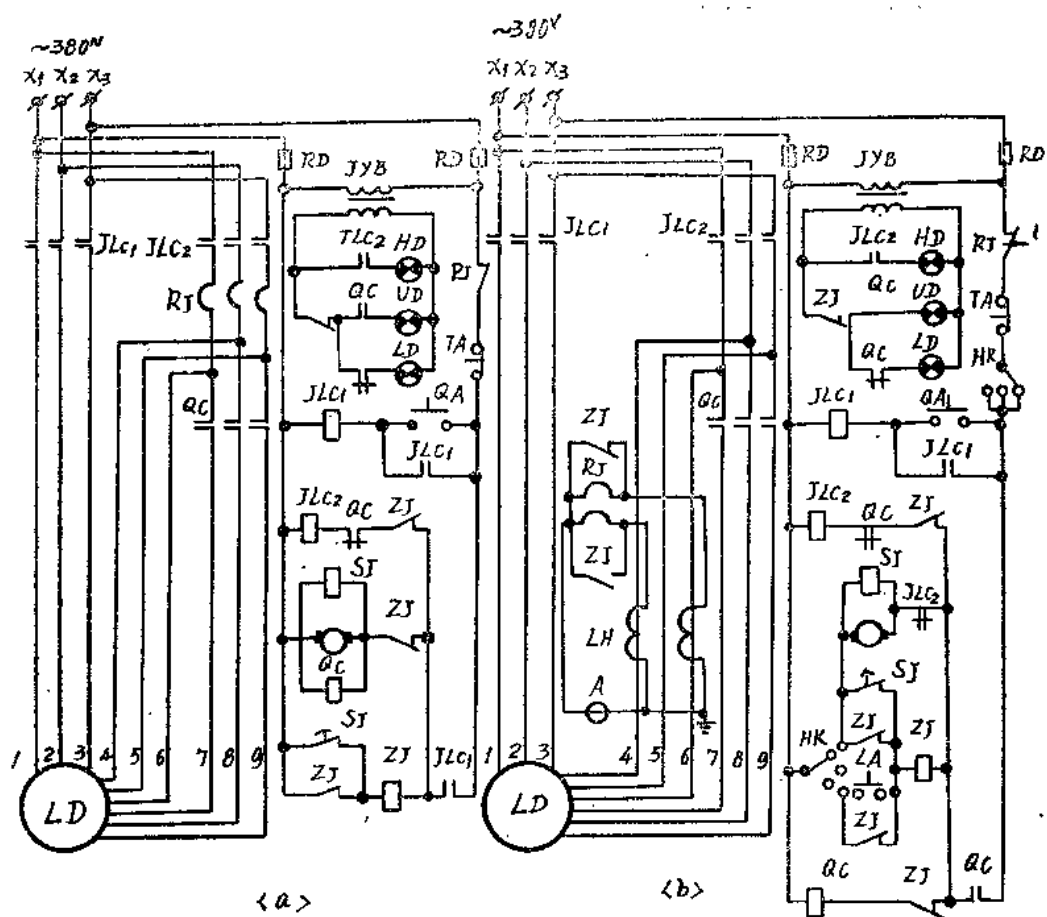


图 6-5. XJ₁ 系列减压起动的原理系统图

<a> — 控制电动机为 11~55kW

 — 控制电动机为 75~132kW

6—2 绕线电动机起动设备选择

一、频敏变阻器起动

1、目前生产的频敏变阻器有EP₁、BP₂、BP₃、BP₄等系列。

BP型频敏变阻器为三相结构，由铁心，轭铁及绕组组成，在铁心轭铁之间设有气隙，在绕组上留有几组抽头，改变气隙大小或绕组匝数，即能调整电动机的起动电流和起动转矩，从而改变其机械特性。

2、BP₁系列频敏变阻器的选择

BP₁系列频敏变阻器为叠片结构，其散热面积大，散热条件好。BP₁—200，BP₁—300型适用于偶而起动的传动设备，如水泵，空压机等，容量自22千瓦至2240千瓦，BP₁—0 □ □ B_P1—400，BP₁—500型适用于重复短时工作制的传动设备，如吊车，升降台等，容量自2.2千瓦至125千瓦。

本系列变阻器允许连续起动数次，但总起动时间对于轻载不得超过80秒，对于重载不得超过120秒。

根据生产机械的负载特性，按表6—11、12、13选择绕线型电动机起动用的频敏变阻器。

表6—11

起动负载性质		特 征	传动设备举例
偶 而 起 动	轻 载	起动力矩 $M_q \leq (0.6 \sim 0.8) M_e$ ，阻力矩 $M_f < 0.5 M_e$ ，折算至电动机轴上的 GD^2 较小，起动时间 $t_q \leq 20$ 秒	空压机、水泵
	重轻载	起动力矩 $M_q \leq (0.8 \sim 1.1) M_e$ ，阻力矩 $M_f < 0.8 M_e$ ，折算至电动机轴上的 GD^2 较大，起动时间 $t_q > 20$ 秒	锯床、真空泵
	重 载	起动力矩 $M_q \leq (1.2 \sim 1.4) M_e$ ，阻力矩 $M_f \leq 0.8 M_e$ ，折算至电动机轴上的 GD^2 不太大，起动时间介于轻载和重轻载之间	皮带机，球磨机
反 复 短 时 起 动	第一类	起动次数250次/时以下， $t_q \cdot Z < 400$ 秒次	$M_q \leq 1.5 M_e$
	第二类	起动次数 < 400 次/时， $t_q \cdot Z < 630$ 秒次	
	第三类	起动次数 < 630 次/时， $t_q \cdot Z < 1000$ 秒次	
	第四类	起动次数 > 630 次/时， $t_q \cdot Z < 1600$ 秒次	

注：① $t_q \cdot Z$ 值为每小时起动次数 Z （起动一次标一次，反接制动一次标三次，动力制动一次标一次）与每次起动时间 t_q 的乘积，无规则操作或操作极频繁的电动机，每次起动不一定升至额定转速，因此 $t_q \cdot Z$ 是一个折算值，凭经验和统计得出，在设计中一般可取 $t_q = 1.5 \sim 2$ 秒。

②表中所举例供参考，尚需视具体情况而定。

偶而起动用频敏变阻器选用表

表6-12

电动机		轻载起动用		重载起动用		重载起动用	
P _e (千瓦)	I _e (安)	型	号	组数及接法	型	号	组数及接法
22~28	51~63				BP ₁ -203/10005		1组
	64~80				BP ₁ -203/8006		1组
	81~100				BP ₁ -203/6308		1组
	101~125				BP ₁ -203/5010		1组
29~35	51~63				BP ₁ -206/10005		1组
	64~80				BP ₁ -206/8006		1组
	81~100				BP ₁ -206/6308		1组
	101~125				BP ₁ -206/5010		1组
36~45	51~63	BP ₁ -204/16003		1组	BP ₁ -208/10005		1组
	64~80	BP ₁ -204/12504		1组	BP ₁ -208/8006		1组
	81~100	BP ₁ -204/10005		1组	BP ₁ -208/6308		1组
	101~125	BP ₁ -204/8006		1组	BP ₁ -208/5010		1组
46~55	64~80	BP ₁ -205/12504		1组	BP ₁ -210/8006		1组
	81~100	BP ₁ -205/10005		1组	BP ₁ -210/6308		1组
	101~125	BP ₁ -205/8006		1组	BP ₁ -210/5010		1组
	126~160	BP ₁ -205/6308		1组	BP ₁ -210/4012		1组
56~70	126~160	BP ₁ -206/6308		1组	BP ₁ -212/4012		1组
	161~200	BP ₁ -206/5010		1组	BP ₁ -212/3216		1组
	201~250	BP ₁ -206/4012		1组	BP ₁ -212/2520		1组
	251~315	BP ₁ -206/3216		1组	BP ₁ -212/2025		1组
					BP ₁ -212/1632		1组

偶而启动用频敏变阻器选用表

续表6-12

电动机		轻载启动用		重载启动用		重载启动用	
P _e (千瓦)	I _{2e} (安)	型	号	组数及接法	型	号	组数及接法
71~90	160~200	BP ₁ —208/5010		1组	BP ₁ —305/5016		1组
	201~250	BP ₁ —208/4012		1组	BP ₁ —305/4020		1组
	251~315	BP ₁ —208/3216		1组	BP ₁ —305/3225		1组
	316~400	BP ₁ —208/2520		1组	BP ₁ —305/2532		1组
91~115	161~200	BP ₁ —210/5010		1组	BP ₁ —306/5016		1组
	201~250	BP ₁ —210/4012		1组	BP ₁ —306/4020		1组
	251~315	BP ₁ —210/3216		1组	BP ₁ —306/3225		1组
	316~400	BP ₁ —210/2520		1组	BP ₁ —306/2532		1组
120~140	201~250	BP ₁ —212/4012		1组	BP ₁ —308/4020		1组
	251~315	BP ₁ —212/3216		1组	BP ₁ —308/3225		1组
	316~400	BP ₁ —212/2520		1组	BP ₁ —308/2532		1组
	401~500	BP ₁ —212/2025		1组	BP ₁ —308/2040		1组
145~180	201~250	BP ₁ —305/6312		1组	BP ₁ —310/4020		1组
	251~315	BP ₁ —305/5016		1组	BP ₁ —310/3225		1组
	316~400	BP ₁ —305/4020		1组	BP ₁ —310/2532		1组
	401~500	BP ₁ —305/3225		1组	BP ₁ —310/2040		1组
185~225	201~250	BP ₁ —306/6312		1组	BP ₁ —312/4020		1组
	251~315	BP ₁ —306/5016		1组	BP ₁ —312/3225		1组
	316~400	BP ₁ —306/4020		1组	BP ₁ —312/2532		1组
	401~500	BP ₁ —306/3225		1组	BP ₁ —312/2040		1组