



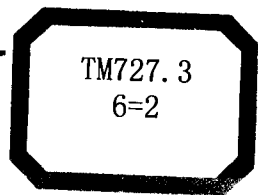
21 世纪普通高等教育规划教材

工厂供电

刘介才 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





21 世纪普通高等教育规划教材

工 厂 供 电

刘介才 编
简克良 审

机 械 工 业 出 版 社

本书是高等学校电气技术和工业电气自动化等专业教材。

本书共分十章,包括概论、电力负荷及其计算、短路电流及其计算、工厂变配电所及其一次系统、工厂电力线路、工厂供电系统的过电流保护、二次回路及自动装置与自动化、防雷接地与电气安全、电气照明、节约用电与计划用电等。

本书注重理论结合实际,尽量贯彻我国现行的标准规范,并力求反映现代供电技术的发展要求。本书在电能质量、低压电网短路计算、导线选择、微机保护、供电自动化和用电管理等方面均有一些新的论述。

本书论述力求清晰准确,深入浅出,便于自学。每章末附有复习思考题和习题,书末附有习题参考答案。

图书在版编目(CIP)数据

工厂供电/刘介才编. —北京:机械工业出版社,2003.7

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-12420-0

I. 工... II. 刘... III. 工厂—供电—高等学校—教材
IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 048033 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:韩雪清

责任编辑:韩雪清 苏颖杰 版式设计:张世琴 责任校对:董纪丽

责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版·第 3 次印刷

1000mm×1400mm B5·15.5 印张·604 千字

定价:36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是遵照普通高等教育机电类“十五”教材规划,根据本科电气技术和工业电气自动化等专业的要求,结合我国近年颁布的标准规范和供电技术的最新发展而编写的本科教材。

本书也适用于广播电视大学、职工大学、业余大学及其他高职高专学校选用,并可供有关工程技术人员参考。教材内容可根据专业要求和教学时数取舍,有些内容可布置给学生自学。

本书共分十章,包括概论,电力负荷及其计算,短路电流及其计算,工厂变配电所及其一次系统,工厂电力线路,工厂供电系统的过电流保护,二次回路及自动装置与自动化,防雷、接地与电气安全,电气照明,节约用电与计划用电等。

本书是在荣获 2002 年全国普通高等学校优秀教材二等奖的《工厂供电》(第 3 版)的基础上改编的,在电能质量、低压电网短路计算、导线选择、微机保护、供电自动化和用电管理等方面,作了一些新的论述,相应地补充了有关技术资料。

本书注重理论结合实际,注重贯彻我国的最新标准规范。论述力求清晰准确,深入浅出,便于自学。为便于学生更准确地理解有关专业术语和符号的含义,本书对部分专业术语在首次出现时加注了英文,并在本书前面列有中英含义对照的常用字符表。为便于学生复习和自学,每章末附有复习思考题和习题,书末附有习题参考答案。

本书由西南交通大学简克良教授主审。简克良教授对书稿提出了不少宝贵意见和建议,谨在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中,还得到不少单位和个人的大力支持和帮助,亦在此表示诚挚的谢意!

限于本人业务水平,书中错漏在所难免,敬请使用本书的师生和广大读者指正,本人不胜感激!

刘介才

本书常用字符表

一、电气设备的文字符号

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
A	装置	device	Z
A	放大器	amplifier	FD
APD	备用电源自动投入装置	auto-put-into device of reserve-source	BZT
AR	重合器	recloser	—
ARD	自动重合闸装置	auto-reclosing device	ZCH
C	电容;电容器	electric capacity;capacitor	C
F	避雷器	arrester	BL
FD(L)	跌落式熔断器(负荷型)	dropping fuse (load-type)	DR
FE	排气式避雷器	expulsion-type lightning arrester	PB
FG	保护间隙	protective gap	JX
FMO	金属氧化物避雷器	metal-oxide lightning arrester	—
FU	熔断器	fuse	RD
FV	阀式避雷器	valve-type lightning arrester	FB
G	发电机	generator	F
GN	绿色指示灯	green indicator lamp	LD
HL	指示灯,信号灯	indicator lamp, pilot lamp	XD
K	继电器;接触器	relay;contactor	J;C;JC
KA	电流继电器	current relay	LJ
KAR	重合闸继电器	auto-reclosing relay	CHJ
KG	瓦斯(气体)继电器	gas relay	WSJ
KH	热继电器	heating relay	RJ
KI	冲击继电器	impulsing relay	CJJ
KM	中间继电器;接触器	medium relay;contactor	ZJ;C;JC
KO	合闸接触器	closing contactor	HC
KR	干簧继电器	reed relay	GHJ
KS	信号继电器	signal relay	XJ
KT	时间继电器	time-delay relay	SJ
KV	电压继电器	voltage relay	YJ
L	电感;电抗器	inductance; reactor	L;DK

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
M	电动机	motor	D
N	中性线	neutral wire	N
PA	电流表	ammeter	A
PE	保护线	protective wire	—
PEN	保护中性线	protective neutral wire	—
PJ	电能表(电度表)	electric energy meter	Wh, Varh
PV	电压表	voltmeter	V
Q	电力开关	power switch	K
QF	断路器	circuit-breaker	DL
QK	刀开关	knife-switch	DK
QL	负荷开关	load-switch	FK
QM	手动操作机构辅助触点	auxiliary contact of manual operating mechanism	—
QS	隔离开关	switch-disconnector	GK
R	电阻;电阻器	resistance; resistor	R
RD	红色指示灯	red indicator lamp	HD
RP	电位器	potential meter	W
S	电力系统	power system	XT
S	起辉器	glow starter	S
SA	控制开关;选择开关	control switch; selector switch	KK; XK
SB	按钮	push-button	AN
SQ	限位(位置、行程)开关	limit switch	XK
T	变压器	transformer	B
TA	电流互感器	current transformer(CT)	LH
TAN	零序电流互感器	neutral-current transformer	LLH
TM	电力变压器	power transformer	DLB
TV	电压互感器	voltage (potential) transformer (PT)	YH
U	变流器;整流器	converter; rectifier	BL; ZL
V, VC	控制回路用电源的整流器	rectifier for control circuit supply	KZL
V, VD	半导体二极管	diode	D
V, VT	晶体管, 半导体三极管	transister, triode	T
W	母线;导线	busbar; wire	M; XL
WA	辅助小母线	auxiliary small-busbar	FM
WAS	事故音响信号小母线	accident sound signal small-busbar	SYM
WB	母线	busbar	M

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
WC	控制小母线	control small-busbar	KM
WF	闪光信号小母线	flash-light signal small-busbar	SM
WFS	预告信号小母线	forecast signal small-busbar	YXM
WH	白色指示灯	white indicator lamp	BD
WL	灯光信号小母线	lighting signal small-busbar	DM
WL	线路	line	XL
WO	合闸电源小母线	switch-on source small-busbar	HM
WS	信号电源小母线	signal source small-busbar	XM
WV	电压小母线	voltage small-busbar	YM
X	电抗	reactance	X
X	端子板,接线板	terminal board	DP
XB	连接片;切换片	link;switching block	LP;QP
YA	电磁铁	electromagnet	DC
YE	黄色指示灯	yellow indicator lamp	UD
YO	合闸线圈	closing operation coil	HQ
YR	跳闸线圈,脱扣器	opening operation coil, release	TQ

二、物理量下角标的文字符号

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
<i>a</i>	年	annual, year	<i>n</i>
<i>a</i>	有功	active	<i>yg</i>
Al	铝	Aluminium	Al, L
<i>al</i>	允许	allowable	<i>yx</i>
<i>av</i>	平均	average	<i>pj</i>
<i>C</i>	电容;电容器	electric capacity; capacitor	<i>C</i>
<i>c</i>	计算	calculate	<i>js</i>
<i>c</i>	顶棚,天花板	ceiling	DP
<i>cab</i>	电缆	cable	L
<i>cr</i>	临界	critical	<i>lj</i>
Cu	铜	Copper	Cu, T
<i>d</i>	需要	demand	<i>x</i>
<i>d</i>	基准	datum	<i>j</i>
<i>d</i>	差动	differential	<i>cd</i>
<i>dsq</i>	不平衡	disequilibrium	<i>bp</i>
<i>E</i>	地;接地	earth; earthing	<i>d; jd</i>
<i>e</i>	设备	equipment	<i>S, SB</i>

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
e	有效的	efficient	yx
ec	经济的	economic	j,ji
eq	等效的	equivalent	dx
es	电动稳定	electrodynanic stable	dw
f	地板	floor	DB
f	形状	form	x
FE	熔体	fuse-element	RT
Fe	铁	Iron	Fe
FU	熔断器	fuse	RD
h	高度	height	h
h	谐波	harmonic	—
<i>i</i>	任一数目	arbitrary number	<i>i</i>
<i>i</i>	电流	current	<i>i</i>
ima	假想的	imaginary	jx
k	短路	short-circuit(sc)	d
K	继电器	relay	J
<i>L</i>	电感	inductance	<i>L</i>
L	负荷,负载	load	H, fz
L	灯	lamp	D
l	线路,线	line	x
l	长延时	long-delay	l
M	电动机	motor	D
m	最大,幅值	maximum	m
man	人工的	manual	rg
max	最大	maximum	max, zd
min	最小	minimum	min, zx
N	标称,额定	nominal, rated	e
<i>n</i>	数目	number	<i>n</i>
nat	自然的	natural	zr
np	非周期性的	non-periodic, aperiodic	f-zq
oc	断路,开路	open circuit	dl
oh	架空线路	over-head line	K
OL	过负荷	over-load	gh
op	动作	operat	dz

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
OR	过流脱扣器	over-current release	TQ
p	有功功率	active power	p, yg
p	周期性的	periodic	zq
p	保护	protect	bh
pk	尖峰	peak	jf
q	无功功率	reactive power	q, wg
qb	速断	quick break	sd
QF	断路器	circuit-breaker	DL
r	无功	reactive	r, wg
RC	室空间	room cabin	RC
re	返回, 复归	return, reset	f, fh
rel	可靠	reliability	k
S	系统	system	XT
s	短延时	short-delay	s
saf	安全	safety	aq
sh	冲击	shock, impulse	cj, ch
st	起动	start	qd
step	跨步	step	kp
T	变压器	transformer	B
t	时间	time	t
TA	电流互感器	current transformer	LH
tou	接触	touch	jc
TR	热脱扣器	thermal release	RT
TV	电压互感器	voltage (potential) transformer	YH
u	电压	voltage	u
w	接线, 结线	wiring	JX
w	工作	work	gz
w	墙壁	wall	qb
WL	导线, 线路	wire, line	XL
x	某一数值	a number	x
XC	[触头]接触	contact	jc
α	吸收	absorption	α
ρ	反射	reflection	ρ
θ	温度	temperature	θ

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
Σ	总和	total, sum	Σ
τ	透射	transmission	τ
φ	相	phase	φ, xg
0	零, 无, 空	zero, nothing, empty	0
0	停止, 停歇	stopping	0
0	每(单位)	per(unit)	0
0	中性线	neutral wire	0
0	起始	initial	0
0	周围(环境)	ambient	0
0	瞬时	instantaneous	0
30	半小时[最大]	30min [maximum]	30

目 录

前言

本书常用字符表

第一章 概论 1

第一节 工厂供电及电力系统 的基本知识 1

一、工厂供电的意义和要求 1

二、工厂供电系统概况 2

三、发电厂和电力系统简介 5

第二节 电力系统的电压与电 能质量 11

一、概述 11

二、三相交流电网和电力设备的
额定电压 12

三、电压偏差与电压调整 14

四、电压波动及其抑制 17

五、三相不平衡及其改善 18

六、电网谐波及其抑制 20

七、工厂供电电压的选择 23

第三节 电力系统中性点运行 方式及低压配电系统 接地型式 25

一、电力系统的中性点运行方式 25

二、低压配电系统的接地型式 29

第四节 供电工程设计与施工 一般知识 32

一、供电工程设计与施工的一般
原则 32

二、供电工程设计的内容 33

三、供电工程设计的程序与要求 34

复习思考题 35

习题 36

第二章 电力负荷及其计算 38

第一节 电力负荷与负荷曲线 的有关概念 38

一、电力负荷的分级及其对供电的
要求 38

二、用电设备的工作制 39

三、负荷曲线及有关的物理量 40

第二节 三相用电设备组计算 负荷的确定 43

一、概述 43

二、按需要系数法确定计算负荷 44

三、按二项式法确定计算负荷 49

第三节 单相用电设备组计算 负荷的确定 51

一、概述 51

二、单相设备组等效三相负荷的
计算 52

第四节 工厂供电系统的功率 损耗和电能损耗 57

一、工厂供电系统的功率损耗 57

二、工厂供电系统的电能损耗 59

第五节 工厂的计算负荷和年 电能消耗量 61

一、工厂计算负荷的确定	61	电流影响	90
二、工厂的功率因数、无功补偿及 补偿后的工厂计算负荷	62	四、短路电流的热效应和热稳定 度校验	92
三、工厂年电能消耗量的计算	65	复习思考题	95
第六节 尖峰电流及其计 算	66	习题	96
一、概述	66	第四章 工厂变配电所及其一次 系统	97
二、用电设备尖峰电流的计算	66	第一节 工厂变配电所的任 务、类型及所址 选择	97
复习思考题	67	一、变配电所的任务与类型	97
习题	67	二、变配电所的所址选择	99
第三章 短路电流及其计算	69	第二节 电气设备中的电弧问 题及对触头的要求	101
第一节 短路与短路电流有关 概念	69	一、概述	101
一、短路的原因、后果及其形式	69	二、电弧的产生	101
二、无限大容量电力系统中三相短 路的物理过程	71	三、电弧的熄灭	102
三、与短路有关的物理量	73	四、对电气触头的基本要求	105
第二节 无限大容量电力系统 中三相短路电流的 计算	75	第三节 高压一次设备及其选 择	105
一、概述	75	一、概述	105
二、采用欧姆法进行短路计算	75	二、高压熔断器	106
三、采用标幺制法进行短路计 算	80	三、高压隔离开关	111
四、低压电网的短路计算	83	四、高压负荷开关	111
第三节 无限大容量电力系统 中两相和单相短路电 流的计算	86	五、高压断路器	113
一、两相短路电流的计算	86	六、高压开关柜	118
二、单相短路电流的计算	87	七、高压一次设备的选择	121
第四节 短路电流的效应和稳 定度校验	88	第四节 低压一次设备及其选 择	122
一、概述	88	一、概述	122
二、短路电流的电动效应和动 稳定度校验	88	二、低压熔断器	123
三、短路点附近交流电动机的反馈		三、低压刀开关和负荷开关	125
		四、低压断路器	127
		五、低压配电屏	133
		六、低压一次设备的选择	133
		第五节 电力变压器及其选	

择	134	习题	190
一、概述	134	第五章 工厂电力线路	191
二、电力变压器的结构、型号 及联结组别	135	第一节 工厂电力线路及其接 线方式	191
三、电力变压器的容量和过负 荷能力	140	一、电力线路的任务和类别	191
四、变电所主变压器台数和容量的 选择	143	二、高压线路的接线方式	191
五、电力变压器的并列运行 条件	144	三、低压线路的接线方式	192
第六节 互感器及其选择 ..	145	第二节 工厂电力线路的结构 和敷设	195
一、概述	145	一、架空线路的结构和敷设	195
二、电流互感器	146	二、电缆线路的结构和敷设	201
三、电压互感器	152	三、车间线路的结构和敷设	207
第七节 工厂变配电所的主 接线图	156	第三节 导线和电缆的选择计 算	208
一、概述	156	一、导线和电缆选择的一般 规定	208
二、高压配电站的主接线图	156	二、导线和电缆截面选择计算 的条件	210
三、车间和小型工厂变电所的 主接线图	162	三、按发热条件选择导线和电缆 截面	211
四、工厂总降压变电所的主接 线图	166	四、按经济电流密度选择导线 和电缆截面	213
第八节 工厂变配电所的布 置、结构及安装图 ..	170	五、线路电压损耗的计算	215
一、变配电所的总体布置	170	第四节 工厂电力线路的运行 维护	222
二、变配电所的结构	172	一、架空线路的运行维护	222
三、变配电所的电气安装图	181	二、电缆线路的运行维护	222
第九节 工厂变配电所及其 一次系统的运行维 护	183	三、车间配电线路的运行维护	223
一、变配电所的运行值班制度 与要求	183	四、线路运行中突然停电的 处理	223
二、变配电所的送电和停电 操作	185	复习思考题	224
三、电力变压器的运行维护	187	习题	224
四、配电装置的运行维护	188	第六章 工厂供电系统的过电 流保护	226
复习思考题	189	第一节 过电流保护的任 务	

和要求	226	六、有选择性的单相接地保护	263
一、过电流保护的类型和任务	226	七、线路的过负荷保护	266
二、对保护装置的基本要求	226	第六节 电力变压器的继电	
第二节 熔断器保护	227	保护	267
一、熔断器在供电系统中		一、概述	267
的配置	227	二、变压器低压侧短路时换算到	
二、熔断器熔体电流的选择	228	高压侧的穿越电流值	267
三、熔断器保护灵敏度的检验	231	三、变压器低压侧的单相短路保	
四、熔断器的选择与校验	231	护	270
五、前后熔断器之间的选择		四、变压器的过电流保护、电流速	
性配合	232	断保护和过负荷保护	271
第三节 低压断路器保护	234	五、变压器的差动保护	273
一、低压断路器在低压配电系统		六、变压器的瓦斯保护	277
中的配置	234	第七节 高压电动机的继电保	
二、低压断路器脱扣器的选择和		护	279
整定	235	一、概述	279
三、低压断路器过电流保护灵敏		二、高压电动机的相间短路保护	
度的检验	236	和过负荷保护	280
四、低压断路器的选择与		三、高压电动机的单相接	
校验	237	地保护	281
五、前后低压断路器之间及低压		第八节 晶体管继电保护	282
断路器与熔断器之间的选择		一、概述	282
性配合	238	二、晶体管继电保护的组成	282
第四节 常用的保护继电器	238	三、晶体管定时限过电流	
一、概述	238	保护电路(示例)	285
二、电磁式电流继电器和电压继		第九节 微机继电保护简介	288
电器	240	一、概述	288
三、电磁式时间继电器	242	二、微机保护的硬件	289
四、电磁式信号继电器	243	三、微机保护的软件	291
五、电磁式中间继电器	244	复习思考题	293
六、感应式电流继电器	245	习题	294
第五节 工厂高压线路的继电			
保护	249		
一、概述	249	第七章 工厂供电系统的二次	
二、继电保护装置的接线方式	249	回路和自动装置	296
三、继电保护装置的操作方式	251	第一节 二次回路及其操作电	
四、带时限的过电流保护	252	源	296
五、电流速断保护	260	一、概述	296

VIII

二、直流操作电源	296
三、交流操作电源	299
第二节 高压断路器的控制和信号回路	299
一、概述	299
二、采用手动操作的断路器控制和信号回路	300
三、采用电磁操作机构的断路器控制和信号回路	301
四、采用弹簧操作机构的断路器控制和信号回路	303
第三节 变配电所的中央信号装置	304
一、中央事故信号装置	304
二、中央预告信号装置	307
三、闪光信号装置	307
第四节 电测量仪表与绝缘监视装置	308
一、电测量仪表	308
二、绝缘监视装置	311
第五节 自动重合闸与备用电源自动投入装置	313
一、自动重合闸装置	313
二、备用电源自动投入装置	317
第六节 供电系统自动化基本知识	319
一、变电所自动化基本知识	319
二、配电线路自动化基本知识	324
第七节 二次回路的接线和接线图	326
一、二次回路的接线要求	326
二、二次回路接线图的绘制要求	327
三、二次回路接线图的绘制方法	327
复习思考题	331

习题	333
-----------------	------------

第八章 防雷、接地与电气安

全	334
第一节 过电压与防雷	334
一、过电压及雷电的有关概念	334
二、防雷设备	337
三、防雷措施	346
第二节 电气装置的接地	351
一、接地的有关概念	351
二、电气装置的接地及其接地电阻	354
三、接地装置的计算	356
四、接地装置的装设与布置	361
五、低压配电系统的接地故障保护和等电位联结	364
第三节 电气安全与触电急救	368
一、电气安全的有关概念	368
二、电气安全的一般措施	370
三、触电的急救处理	374
复习思考题	377
习题	378

第九章 工厂的电气照明

第一节 照明技术的基本概念	379
一、概述	379
二、照明技术的有关概念	379
第二节 工厂常用的电光源和灯具	382
一、工厂常用电光源的类型、特性及其选择	382
二、工厂常用灯具的类型及其选择与布置	389

第三节 照度标准与照度计算	394	其一般措施	427
一、工厂照明的照度标准	394	一、计划用电的意义	427
二、照度的计算	395	二、计划用电的一般措施	427
第四节 照明供电系统及其选择	402	第五节 用电管理与负荷预测	428
一、概述	402	一、用电管理的有关法规和重要规定	428
二、电气照明的平面布线图	404	二、电力负荷的预测	430
三、照明供电系统导线截面的选择	408	复习思考题	432
四、照明供电系统保护装置的选择	411	习题	432
复习思考题	411	附录	434
习题	412	附录表 1 用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数	434
第十章 工厂的节约用电与计划用电	413	附录表 2 部分工厂的全厂需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时参考值	435
第一节 节约用电的意义及其一般措施	413	附录表 3 三相线路导线和电缆单位长度每相阻抗值	436
一、节约用电的意义	413	附录表 4 三相矩形母线单位长度每相阻抗值	438
二、节约用电的一般措施	413	附录表 5 电流互感器一次线圈阻抗值	438
第二节 电力变压器的经济运行	417	附录表 6 低压断路器过电流脱扣线圈阻抗值	439
一、经济运行与无功功率经济当量的概念	417	附录表 7 低压开关触头接触电阻近似值	439
二、一台变压器运行的经济负荷计算	417	附录表 8 10kV 级 S9 和 SC9 系列电力变压器的主要技术数据	439
三、两台变压器经济运行的临界负荷计算	418	附录表 9 并联电容器的无功	
第三节 并联电容器的接线、装设、控制、保护及其运行维护	420		
一、并联电容器的接线	420		
二、并联电容器的装设位置	421		
三、并联电容器的控制与保护	423		
四、并联电容器的运行维护	426		
第四节 计划用电的意义及			

	补偿率 Δq_c	441		母线的允许载流量	451
附录表 10	部分并联电容器的主要技术数据	442	附录表 22	10kV 常用三芯电缆的允许载流量及校正系数	452
附录表 11	导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数	442	附录表 23	绝缘导线明敷、穿钢管和穿塑料管时的允许载流量	454
附录表 12	常用高压断路器的主要技术数据	443	附录表 24	GL-11、15、21、25 型电流继电器的主要技术数据及其动作特性曲线	463
附录表 13	部分万能式低压断路器的主要技术数据	444	附录表 25	普通阀式避雷器与主变压器间的最大电气距离	463
附录表 14	RM10 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	446	附录表 26	部分电力装置要求的工作接地电阻值	464
附录表 15	RT0 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	447	附录表 27	土壤电阻率参考值	464
附录表 16	LQJ-10 型电流互感器的主要技术数据	448	附录表 28	垂直管形接地体的利用系数值	465
附录表 17	外壳防护等级的分类代号	448	附录表 29	爆炸和火灾危险环境的分区	465
附录表 18	架空裸导线的最小截面	449	附录表 30	爆炸危险环境钢管配线的技术要求	466
附录表 19	绝缘导线芯线的最小截面	449	附录表 31	普通照明白炽灯的主要技术数据	466
附录表 20	LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯铝绞线的允许载流量	450	附录表 32	室内一般照明灯具距离地面的最低悬挂高度	466
附录表 21	LMY 型矩形硬铝				