

移动通信基站交、直流线缆的计算

罗青峰

天元瑞信通信技术股份有限公司, 陕西 西安 710075

[摘要] 针对移动通信基站交、直流线缆的计算方法进行核算, 分段进行线缆核算, 更精准的提供线缆规格用量, 从而实现投资的节约, 提升网络安全, 节省核算时间, 提高核算效率。

[关键词] 移动通信基站; 电力线缆; 压降; 供电回路

DOI: 10.33142/ec.v4i2.3314

中图分类号: TN91

文献标识码: A

Calculation of AC and DC Cables in Mobile Communication Base Station

LUO Qingfeng

Tianyuan Ruixin Communication Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710075, China

Abstract: According to the calculation method of AC and DC cables in mobile communication base station, the cable accounting is carried out in sections to provide more accurate cable specifications and consumption, so as to save investment, improve network security, save accounting time and improve accounting efficiency.

Keywords: mobile communication base station; power cable; voltage drop; power supply circuit

1 简介

移动通信基站交、直流供电系统由交流配电箱、开关电源、蓄电池等部分组成, 当市电中断时, 蓄电池单独给通信设备供电, 供电方式如下图。

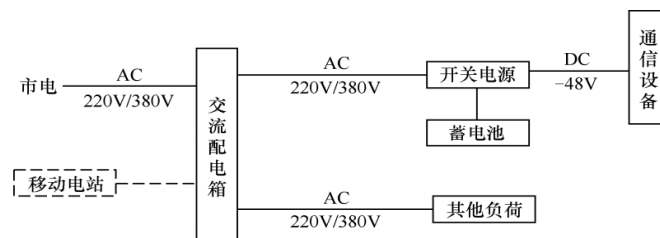


图1 供电方式图

在基站供电线缆使用场景中, 由于各段导线供电设备不同, 可分为充电线缆、放电线缆和供电线缆。基站不同供电部分的线缆选择, 需要根据线缆敷设方式、通过电流、通过电压、使用环境等条件, 确定线缆的规格及型号。然后结合经济效益进行验算, 选取最经济的材质和线缆截面积。线缆的材质根据工程要求进行选择, 线缆的截面积选取方式有多种, 移动基站线缆常用载流量的方式进行选择。

2 交流线缆

2.1 交流线缆的选择

交流线缆按照供电回路计算, 即实际线缆用量长度的 2 倍, 是指基站引电点至交流配电箱使用的 380V 或者 220V 交流线缆。

2.2 交流线缆的计算

交流线缆设计是根据最大发热量估算截面积。由于线缆特性, 各类线缆通电时, 由于线缆电阻功率损耗使线缆发热, 导致线缆温度升高, 当温度高于线缆容许温度, 线缆导体变软、机械强度降低、接头处氧化加剧, 大大降低使用年限, 严重时导致起火。

线缆截面选择: 按发热情况选择线缆截面应满足以下公式:

$$K_t \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot I \geq I_j \quad (1)$$

式中:

I_j : 最大计算负荷电流 (A) (应为基站的终期容量);

I : 考虑标准敷设条件 (空气温度为 25℃, 土壤温度为 15℃) 及线缆连续发热的容许温升而制定的导线持续容许电流 (A), 见表 1。

表 1 10kV 三芯电力线缆允许载流量表

10kV 三芯电力线缆允许载流量 (工作温度 90℃)						A
绝缘类型		交联聚乙烯				
铜铠护套		无		有		
敷设方式		空气中	直埋	空气中	直埋	
缆芯截面积 mm^2	25	100	90	100	90	
	35	123	110	123	105	
	50	146	125	141	120	
	70	178	152	173	152 (196)	
	95	219	182	214	182	
	120	251	205	246	205 (264)	
	150	283	223	278	219 (282)	
	185	324	252	320	247	
	240	378	292	373	292 (376)	
	300	433	332	428	328 (423)	
	400	506	378	501	374	
	500	579	428	574	424	
环境温度℃		40	25	40	25	
土壤热阻系数 $K \cdot \text{m/W}$			2.0		2.0	

注 1: 表中系铝芯线缆数值; 铜芯线缆的允许持续载流量值可乘以 1.29。
注 2: 缆芯工作温度大于 70℃ 时, 允许载流量的确定应符合以下规定: ①数量较多的该类线缆敷设于未装机械通风的隧道、竖井时, 应计入对环境温升的影响; ②线缆只埋敷在干燥或潮湿土壤中, 除实施换土处理等能避免水分迁移的情况外, 土壤热阻系数取值小于 2.0K · m/W。

K_t : 温度校正系数, 见表 2。

表 2 温度校正系数

敷设环境		空气中				土壤中			
环境温度℃		30	35	40	45	20	25	30	35
缆芯最高工作温度℃	60	1.22	1.11	1.0	0.86	1.07	1.0	0.93	0.85
	65	1.18	1.09	1.0	0.89	1.06	1.0	0.94	0.87
	70	1.15	1.08	1.0	0.91	1.05	1.0	0.94	0.88
	80	1.11	1.06	1.0	0.93	1.04	1.0	0.95	0.90
	90	1.09	1.05	1.0	0.94	1.04	1.0	0.96	0.92

注: 其它温度环境下载流量的校正系数 K 可按下式计算:

$$K = \sqrt{\frac{\theta_m - \theta_2}{\theta_m - \theta_1}}$$

式中: θ_m — 缆芯最高工作温度, ℃; θ_1 — 对应于额定载流量的基准环境温度, ℃, 在空气中取 40℃, 在土壤中取 25℃; θ_2 — 实际环境温度, ℃。

K_1 : 直埋多根并行敷设时线缆载流量校正系数, 见表 3。

表 3 直埋多根并行敷设时线缆载流量校正系数

并列根数 缆间净距 mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	1.00	0.9	0.85	0.80	0.78	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70
200	1.00	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78
300	1.00	0.93	0.90	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.83

注: 本表不适用于三相交流系统中使用的单芯线缆。

K_2 : 空气中单层多根并行敷设线缆载流量校正系数, 见表 4。

表 4 空气中单层多根并行敷设线缆载流量校正系数

并列根数		1	2	3	4	6
线缆中心 间距	s=d	1.00	0.90	0.85	0.82	0.80
	s=2d	1.00	1.00	0.98	0.95	0.90
	s=3d	1.00	1.00	1.00	0.98	0.96

注 1: s 为电力线缆中心间距, d 为电力线缆外径。本表按全部电力线缆具有相同外径条件制定, 当并列敷设的电力线缆外径不同时, d 值可近似地取电力线缆外径的平均值。本表不适用于三相交流系统中使用的单芯电力线缆。

3 直流线缆的计算

3.1 直流线缆的组成

直流线缆同样按照回路进行计算, 指开关电源至基站内全部直流用电设备的所有电力线缆, 如至蓄电池组、用户分配单元至通信设备的线缆。蓄电池组至通信设备的线缆按照容许电压降计算。

3.2 直流线缆的截面计算

根据允许压降计算选择直流线缆的截面, 常用方法为固定分配压降法、电流矩法和最小金属用量法, 通信基站线缆按照固定分配压降法进行计算, 具体计算方式如下。

线缆的设计应满足基站使用年限要求, 按基站终期容量进行线缆截面计算, 直流线截面积的计算如下:

$$S = \frac{I \times L}{K \times \Delta U} \quad (2)$$

式中:

S: 线缆截面积 (mm²)

ΔU: 线缆允许压降 (V) (回路)

I: 线缆负荷电流 (A)

L: 线缆回路长度 (m)

K: 线缆的导电率 (m/欧*mm²)

各类线缆导电率见表 5

表 5 各类线缆导电率表

线缆性质	铜线	铝线	钢线
导电率	57	34	7

各类电源允许的最大压降见表 6

表 6 各类电源允许的最大压降表

电源种类	24	-48
全程电压降 (V)	1.8	3.2

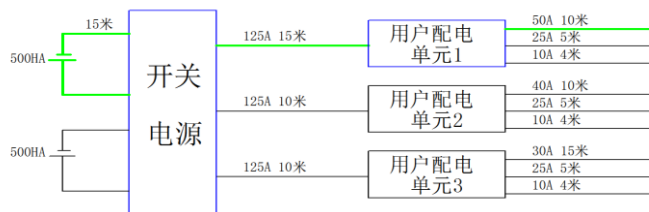
ΔU 总, 是指从蓄电池的输出端子到用电设备的进线端子的最大允许压降, 扣除设备和元器件的实际压降后, 剩余部分^[2]。

表 7 直流-48V 线缆回路全程允许压降分配表

区段	蓄电池	蓄电池-开关电源	开关电源	开关电源-用户配电单元	用户配电单元	用户配电单元-通信设备	合计
分配压 (V)	0.2	0.7	0.4	0.7	0.2	1	3.2

3.3 直流线缆的截面选取

直流线缆各段负荷电流、线缆长度见下图, 图中为单段线缆长度, 回路为单段线缆长度的 2 倍, 以绿色线段为本次线径和压降计算段落。


图 2 直流线缆各段负荷电流、线缆长度图

计算过程:

全程压降为 3.2V, 除设备压降 0.8V, 线缆总压降为 2.4V, 即 $\Delta U_{\text{总}}=2.4\text{V}$ 。

(1) 计算蓄电池至开关电源线缆线径

$$S_1 = \frac{\sum_{i=1}^n I_i L_i}{\gamma_1 \Delta U_{\text{总}}} \quad (3)$$

$= (500 \times 15 \times 2 + 125 \times 15 \times 2 + 125 \times 10 \times 2 + 125 \times 10 \times 2 + 50 \times 10 \times 2 + 25 \times 5 \times 2 \times 3 + 10 \times 4 \times 2 \times 3 + 40 \times 10 \times 2 + 30 \times 15 \times 2) / (57 \times 2.4) \approx 201 \text{mm}^2$
经计算, S_1 段线径为 201mm^2 , 即 S_1' 可以采用 240mm^2 铜线。

(2) 计算蓄电池至开关电源压降

$$\Delta U' = \frac{I L}{\gamma S_1'} = (500 \times 15 \times 2) / (57 \times 240) \approx 1.1\text{V} \quad (4)$$

由于表 4 中规定蓄电池至开关电源的压降需小于 0.7V, 所以此段压降过高, 需重新选定线缆, 加粗线缆到 370mm^2 即由 2 根 185mm^2 线缆并联, 经过计算压降为 0.71V, 即 $S_1' = 370 \text{mm}^2$, $\Delta U_1' = 0.71\text{V}$ 基本满足要求。

(3) 计算开关电源至用户配电单元线缆线径

开关电源至用户配电单元由 3 部分组成, 需要分段计算, 以绿色线段为例, 此时的全程压降为 $\Delta U_{\text{总}} - \Delta U_1' = 1.69\text{V}$ 。

$$S_2 = \frac{\sum_{i=2}^n I_i L_i}{\gamma_2 \sum_{i=2}^n \Delta U_i} = \frac{\sum_{i=2}^n I_i L_i}{\gamma_2 (\Delta U_{\text{总}} - \Delta U_1')} = (125 \times 15 \times 2 + 50 \times 10 \times 2 + 25 \times 5 \times 2 + 10 \times 4 \times 2) / (57 \times 1.69) \approx 52.7 \text{mm}^2 \quad (5)$$

经计算 S_2 为 52.7mm^2 , 选择 S_2' 为 70mm^2 的线缆。

(4) 计算开关电源至用户配电单元压降

$$\Delta U' = \frac{I L}{\gamma S_2'} = (125 \times 15 \times 2) / (57 \times 70) \approx 0.94\text{V} \quad (6)$$

由于表 4 中规定开关电源至用户配电单元的压降需小于 0.7V, 所以此段压降过高, 需重新选定线缆, 加粗线缆到 95mm^2 , 经过计算压降降到 0.69V, 即 $S_2' = 95 \text{mm}^2$, $\Delta U_2' = 0.69\text{V}$ 满足要求。

按照 (3) 和 (4) 的顺序方法分别计算剩余 2 个用户单元的线径和压降。

(5) 计算用户单元至通信设备线缆线径

用户单元至通信设备由 6 部分组成, 需要分段计算, 以绿色线段为例, 此段的压降为 $\Delta U_3 = \Delta U_{\text{总}} - \Delta U_1' - \Delta U_2' = 1\text{V}$ 。

$$S_3 = (I_3 \times L_3) / (\gamma_3 \times \Delta U_3) = (50 \times 10 \times 2) / (57 \times 1) \approx 17.6 \text{mm}^2$$

经计算, S_3 为 17.6mm^2 , 选择 S_3' 为 25mm^2 的线缆。

经过计算, 绿色线段各段线径及压降如下表:

表 8 绿色线段各段线径及压降表

区间	蓄电池—开关电源	开关电源—用户配电单元	用户配电单元—通信设备
线径 mm^2	370mm^2	95mm^2	25mm^2
压降 (V)	0.71	0.69	1

[参考文献]

[1] 宋国兵, 张宇轩, 张晨浩, 侯俊杰, 徐瑞东. 换流站传递特性及其对交直流电网保护影响[J]. 清华大学学报, 2021, 3(2): 1-13.

[2] 马艳丽. 交直流配电网可靠性比较测试系统设计[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(2): 115-117.

作者简介: 罗青峰 (1987-) 男, 河南省新蔡县人, 汉族, 大学本科学历, 中级工程师, 研究方向移动通信电源设计、5G 配套电源。