大型住宅小区负荷计算方法

由于负荷计算不准确和用户自身供电可靠性需要，使得报装容量比实际值偏大，造成电力资源浪费。在分析负荷类型时，将大型住宅小区的用电负荷分为住宅、商业和公共用地三种。阐述了负荷计算理论，采用负荷密度法和需要系数法分别计算小区不同类型的用电负荷，并以流程图的形式给出了具体计算步骤，最后列举实例说明了负荷计算方法的具体应用和科学有效性。该方法可为解决用户报装容量偏高和负荷计算准确度不高等问题提供参考。

杨雪凇[1] 安海军[2] 田铭兴[1] 陈 敏[1]/1.兰州交通大学自动化与电气工程学院 2.兰州供电公司

杨雪凇/硕士研究生

关键词/Keywords
负荷计算·
报装容量·
大型住宅小区·
具体应用·

随着社会的不断发展，大型住宅小区的数量和规模日益增加，用户大容量报装用电的特点逐渐涌现出来。为了满足自身的需要，用户往往尽可能地扩大申请用电，而电力公司又没有一个科学合理的理论依据来确定用电负荷，致使报装容量比实际值偏大，造成电力资源的不合理浪费，使城市配电网的供电可靠性和经济运行面临着巨大的挑战[1]。因此，本文对负荷密度法和需要系数法在大型住宅小区用电负荷计算中的应用展开研究，为解决供电负荷率低下、报装容量偏高以及负荷计算准确度不高等问题提供参考。

大型住宅小区负荷计算基本方法

现行大型住宅小区综合了民用住宅、商业以及公共用地等多个部分，应分别计算其负荷，最后进行叠加。在已知小区的建筑面积和居民户数的情况下，选择合适的计算方法尤为重要，再根据所选方法设计出详细计算流程。负荷计算的方法有很多，主要有负荷密度法（单位面积功率法）、需要系数法、二项式法、利用系数法和单位耗电量法等[2]。经实例证明，民用住宅和公共用地的负荷采用负荷密度法计算最为合理；商业用地的负荷计算则需分为以下两种情况：①可先知总设备容量，此时应采用需要系数法。②不可预知总设备容量，此时采用负荷密度法。

1. 负荷密度法

负荷密度法是常用于高层住宅类建筑负荷计算的方法。建筑面积乘以负荷密度可以求得有功负荷[3]，即

$$P_{(i)}=\frac{K_{(i)}A_{(i)}}{1\,000} \qquad (1)$$

式中，$P_{(i)}$为对应的各类型有功负荷，kW；$K_{(i)}$为各类型的负荷密度（用电指标），具体取值参照文献［4］的分类建筑综合用电指标，且考虑到面积因素，面积大的负荷密度取值小，面积小的负荷密度取值大，W/m^2；$A_{(i)}$为建筑面积，m^2；i为不同负荷类型的编号，取整数。在考虑居住用地的负荷密度选取时，利用公式平均每户建筑面积＝总建筑面积/居民户数，参照文献［4］将居住用地分为普通、中级和高级住宅，再进一步选取。普通住宅的平均每户建筑面积小于140 m^2，中级住宅在140～150 m^{2}之间，大于150 m^{2}属于高级住宅。

对于大型住宅小区而言，用户由于作息时间以及生活习惯有所差异，所有的用电设备不可能在同一时间内全部运

国家自然科学基金资助（51367010），甘肃省科技计划资助（1304WCGA181）。

行，即使全部运行也不可能同时以满负荷状态运行，所以在计算负荷时需要考虑一个需要系数。另外，不同类型的负荷也不可能同时出现，如民用住宅用电和商业用电之间需要一个同时系数，再计算出总的计算负荷，其计算公式为

$$P = K_t \sum_i K_{x(i)} P_{(i)} \quad (2)$$

$$S = P / \cos\varphi \quad (3)$$

$$I_c = \frac{S}{\sqrt{3} U_n} \quad (4)$$

式中，P为总计算负荷，kW；K_t为同时系数，一般取0.85～0.97；$K_{x(i)}$为各类型负荷的需要系数，取值同样参照文献［4］；S为总计算容量，kV·A；cos φ为功率因数，由于住宅小区用户多为电热和照明设备，所以功率因数取0.9 [5]；I_c为计算电流，A；U_n为配电变压器低压侧的线电压，kV。

2. 需要系数法

需要系数法计算方法简单、应用范围比较广泛且适用于设备较多的场合，如变、配电所，工厂生产和建筑临时施工用电等 [6]。

首先根据不同类型的负荷性质进行分类，再确定每组类型负荷的设备功率，乘以需要系数和同时系数就可算出计算负荷，计算如式（5）～式（8）所示

$$P_c = K_t \sum_i K_{x(i)} P_{e(i)} \quad (5)$$

$$Q_c = P_c \tan\varphi \quad (6)$$

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \quad (7)$$

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} U_n} \quad (8)$$

式中，P_c为有功计算负荷，kW；$P_{e(i)}$为各类型用电设备的有功功率，kW；Q_c为无功计算负荷，kvar；tan φ为功率因数角的正切值；S_c为视在功率。

上述两种负荷计算方法可分别计算出住宅、商业和公共用地的负荷。然而住宅可细分为普通、中级和高级住宅；商业可细分为小区内部商业和小区外部商业（如大型商场等）。最后将三类负荷相加求和便可计算出住宅小区的总负荷。

总负荷计算流程

由于大型住宅小区的负荷类型较多且复杂，仅仅根据负荷计算的基本方法无法准确、顺利地计算其负荷，所以得出负荷计算流程，如下图所示，其特点是直观、详细，包含了所有负荷计算的步骤，不仅适用于大型住宅小区，而且负荷类型属于住宅、商业和公共用地的场合均能使用。

实例

根据下图可知，不仅可以计算出各种不同类型、特点的住宅小区的用电负荷，甚至各类大型商场同样适用。下面以某小区和某商场为例进行具体分析。

某小区：建筑面积32.8万m^2，商业面积6 000 m^2，绿地面积5万m^2，居民2 700多户，原申请正式用电容量主供6 400 kV·A，备供3 200 kV·A。

根据已知条件，该小区分为住宅、商业和绿地，根据流程计算如下。

1）居民住宅负荷。采用负荷密度法，平均每户建筑面积＝建筑面积/户数＝121.48 m^2，可知其值小于140 m^2，属于普通住宅，所以查文献［4］可知，负荷密度$K_{(1)}$在30～50 W/m^{2}中选择，本例选择40 W/m^2；同时系数K_t取0.9；需要系数$K_{x(1)}$取0.35；住宅面积$A_{(1)}$为27.2万m^2。将以上数据代入式（1）和式（2）得

$$P_1 = [0.9 \times 0.35 \times (32.8 - 0.6 - 5) \times 40 \times 10^4 / 1000] \text{ kW} = 3427.2 \text{ kW}$$

2）商业负荷。由于商业的总设备容量不可预知，所以采用负荷密度法，同时商业在小区内部，则查文献［4］可知，负荷密度$K_{(2)}$取低值，即60～70 W/m^2，本例选择65 W/m^2；同时系数K_t取0.9；需要系数$K_{x(2)}$取0.85；$A_{(2)}$为6 000 m^2。将以上数据代入式（1）和式（2）得

$$P_2 = (0.9 \times 0.85 \times 6000 \times 65 / 1000) \text{ kW} = 298.35 \text{ kW}$$

3）道路、绿地负荷。采用负荷密度法，查文献［4］可知，负荷密度$K_{(3)}$在10～20 kW/km^{2}之间选取，本例选择15 kW/km^2；同时系数K_t取0.9；需

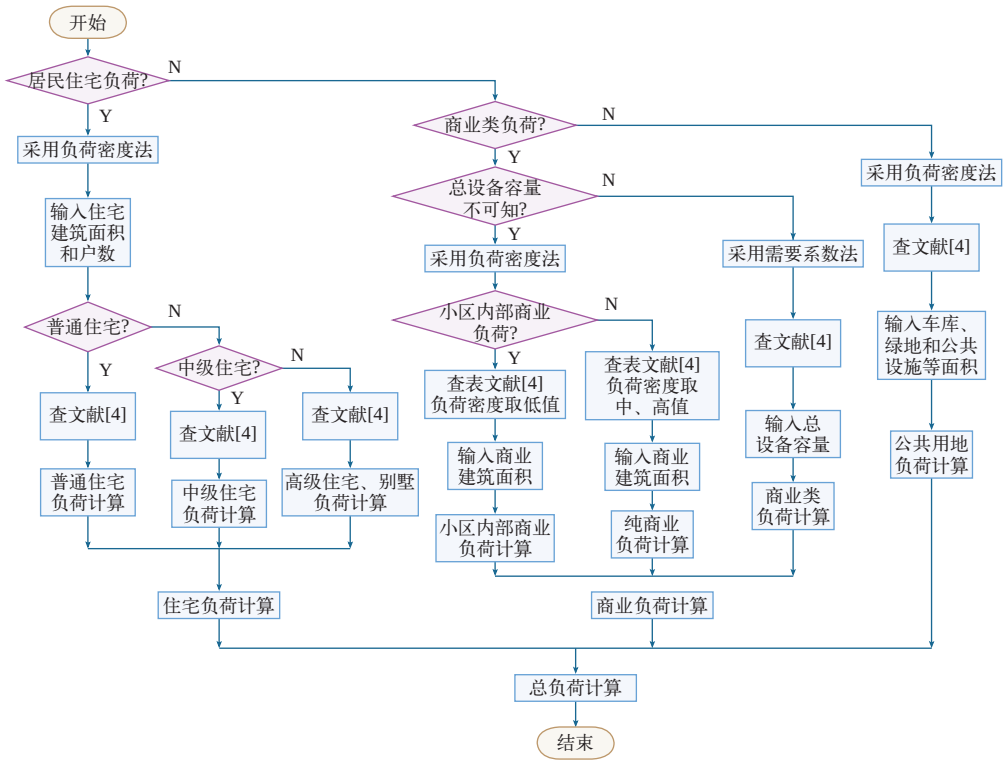

图　总负荷计算流程

要系数$K_{x(3)}$取0.85；$A_{(3)}$为5万m^2。将以上数据代入式（1）和式（2）得

$$P_3=(0.9\times0.85\times5\times10^4\times10^{-6}\times15)\ \text{kW}=0.573\,75\ \text{kW}$$

4）小区总配电变压器负荷。三类负荷结果相加得P=3 726.12 kW。

某商场：商业建筑面积12万m^2，营业面积8万m^2，原申请正式用电容量12 500 kV·A。

根据已知条件和流程计算如下。

只存在商业负荷，由于总设备容量不可预知，所以采用负荷密度法，同时商业在小区外部，即大型商场，则查文献［4］可知，负荷密度$K_{(2)}$取中、高值，由于商业面积很大，所以$K_{(2)}$取值应稍小些，本例选择80 W/m^2；同时系数K_t取0.9；需要系数$K_{x(2)}$取0.85；$A_{(2)}$为12万m^2。将以上数据代入式（1）和式（2）得

$$P=(0.9\times0.85\times12\times80\times10^4/1\,000)\ \text{kW}=7\,344\ \text{kW}$$

为了验证方法的有效性，对以上两例展开进一步计算。

将该小区的计算负荷P代入式（3），总计算容量S=4 140.14 kV·A。

根据查询实时监控运行最大电流为150 A，而配电变压器低压侧的线电压为10 kV，根据式（4）折算用电容量为

$$S'=\sqrt{3}U_nI_c=\sqrt{3}\times10\ \text{kV}\times150\ \text{A}=2\,600\ \text{kV·A}$$

按每年负荷增长5%考虑，则10年内[7]需要容量为

$$S_2=2\,600\ \text{kV·A}\times1.05^{10}=4\,235.13\ \text{kV·A}$$

与小区计算容量值接近。

报装容量虚高比率

$$S_p=\frac{S_1-S_2}{S_1}=\frac{6\,400\ \text{kV·A}-4\,235.13\ \text{kV·A}}{6\,400\ \text{kV·A}}\times100\%=33.8\%$$

将该商场的计算负荷P代入式（3），总计算容量S=8 160 kV·A。

根据查询实时监控运行最大电流为270 A，而配电变压器低压侧的线电压为10 kV，根据式（4）折算用电容量为

$$S'=\sqrt{3}U_nI_c=\sqrt{3}\times10\ \text{kV}\times270\ \text{A}=4\,676\ \text{kV·A}$$

按每年负荷增长5%考虑，则10年内需要容量为

$$S_2=4\,676\ \text{kV·A}\times1.05^{10}=7\,616.7\ \text{kV·A}$$

与商场计算容量值接近。

报装容量虚高比率

$$S_p = \frac{S_1 - S_2}{S_1} = \frac{12\,500\ \text{kV·A} - 7\,616.7\ \text{kV·A}}{12\,500\ \text{kV·A}} \times 100\% = 39.07\%$$

由以上计算可得典型大型住宅小区及商场负荷统计，如下表所示。

表　典型大型住宅小区及商场负荷统计表

	报装容量S_1 /kV·A	计算容量S /kV·A	需要容量S_2 /kV·A	虚高比S_p (%)
某小区	6 400	4 140.14	4 235.13	33.8
某商场	12 500	8 160	7 616.7	39.07

由上表可看出，10年内需要的容量与计算容量相近远小于其报装容量。

结束语

本文提出了负荷计算的理论方法及流程，一方面为供电公司的业扩报装业务提供了先期的科学依据，并给出实例验证了该方法的正确性；另一方面在保证用户用电可靠性和未来10年新增容量的同时，避免了因报装容量虚报造成的浪费。

参考文献

[1] 赵建保，孙志强，孙全德．电力居民用户报装容量合理性分析[J]．科技创新导报，2009，(28)：58．

[2] 中国航空工业规划设计院，等．工业与民用配电设计手册[M]．3版．北京：中国电力出版社，2005：1-11．

[3] 郝晓晓．住宅小区用电负荷及配变容量的测算[J]．华北电力技术，2011(8)：17-18．

[4] 李宏毅，金磊．建筑工程电气节能[M]．北京：中国电力出版社，2004：136-137．

[5] 夏国明，回海滨，崔增坤．城市居民住宅及小区用电负荷计算[J]．河北工程技术高等专科学校学报，2006(3)：7-8．

[6] 尉向荣．高层住宅配电设计的负荷计算研究[J]．大众科技，2005(4)：6．

[7] 胡导福，杜勇，徐颖娟，等．城市住宅小区配电变压器容量的合理选择[J]．湖北电力，2008，32(6)：30-31．

(收稿日期：2014－07－23) EA

☞信息动态

ABB与沪东中华造船联手拓展液化天然气船业务

2月2日，全球领先的电力和自动化技术集团ABB宣布，将为沪东中华造船（集团）有限公司新建的4条LNG船提供领先的电力推进系统。这4条LNG船由中国海洋石油总公司、中国液化天然气运输（控股）有限公司和全球油轮运营商Teekay集团共同投资和拥有，并由英国天然气集团全资子公司Methane Services Limited长期租赁和运营。

LNG船是全球公认的高技术难度和高附加值船舶，专门用在—162 OC的低温下运输液化气，它是一种“海上超级冷冻车”，被喻为世界造船业“皇冠上的明珠”。

根据协议，ABB将向这4条LNG船提供中压发电机、中压配电板、推进变频器、推进变压器、推进电动机和推进控制系统，并负责相关设备的安装、调试和人员培训。ABB提供的顶尖电力推进系统，兼顾环保和成本效益，支持LNG船实现更低油耗和排放以及更强大的操纵性能。

ABB集团过程自动化业务部船舶与港口业务单元负责人HeikkiSoljama表示：“通过在设计和建造LNG船方面的雄厚实力，中国已跻身世界造船大国的行列。作为海洋工业领域领先的电气系统供应商，ABB很高兴能够与沪东中华造船厂等客户不断深化合作，利用自身丰富的行业经验和领先的技术优势，支持中国造船业的不断发展。”

ABB拥有在LNG领域供应链中的丰富经验。通过整体的电力和自动化解决方案，ABB帮助客户实现LNG项目安全、环保及盈利的运营。ABB参与的LNG项目涵盖了从液化天然气生产、再气化到输配的全价值链，并能够为相关设备提供全生命周期服务。