



# 通信基站节能减排评估指标及评估方法研究\*

张高记,吕建东,陈文学

(西安邮电学院 西安 710061)

## 摘要

为了评估通信基站节能减排的效能,采用了层次分析评估模型以及专家调查的方法,通过对通信基站能耗构成要素的分析研究,建立了通信基站能耗模型,从而构建了以单位业务量能耗和通信基站 PUE 为核心指标的通信基站节能减排能效评估指标,提出了一种通信基站节能减排能效评估方法,并通过运营商现网实测数据进行了测试验证。实测证明:这种评估方法是切实可行的,对通信基站节能减排评估提供了一些有价值的方法依据。

**关键词** 通信基站;节能减排;指标体系;评估方法

## 1 引言

通信业是工业的基础产业,作为通信大国,我国每年通信业消耗的能源非常巨大,据初步统计,2009年三家电信企业的能耗总量将近290亿度,增幅约26%,折合440.7万吨标准煤,可见,通信业已发展为耗能大户,已作为重点用能单位纳入国家节能减排重点监管范围。从电信运营商能耗分布来看,渠道用房能耗约占7%、管理用房能耗约占6%、核心机房能耗约占24%,而基站机房能耗占比高达63%左右<sup>[1]</sup>。因此,移动通信基站的节能减排已经成为通信业节能减排的重中之重。2009年,随着我国3G牌照的发放,标志着我国通信业进入3G移动通信时代,移动通信基站的布设数量迅速增加。据统计,截止到2010年6月,我国移动用户数已经突破8亿户,达到8.05亿户,移动通信基站数已超过了120万个,这意味着移动通信基站能源消耗与日俱增。

近年来,随着环境气候的急剧变化,各国的通信业也越来越重视节能减排工作,建立了一系列节能减排管理体系与评估方法,主要有:国际节能效果测量和验证规程(IPMVP)<sup>[2]</sup>,由美国能源部支持,国际节能测量和认证规程委员会制定,提出了节能量测的基本方法、步骤、测量和认证方案,适用于通信业的节能改造项目评测;能效评估PUE指标,最早由美国绿格联盟提出,目前已经成为国际公认的数据中心设施电力效率标准,主要适用于IDC数据中心设施电力效率评估,也可推广到通信行业各类机房基础设施的能效评估;通信设备能效率(telecommunications equipment energy efficiency rating, TEEER)<sup>[3]</sup>,由美国Verizon通信公司最先提出,主要用来衡量、比较新产品和现有产品的能源消耗,目标是提高20%的能源效率。我国的电信运营商都非常重视通信基站的节能减排工作,相继也在努力推出设备采购的能耗要求和评估,但都是针对节能技术和项目的指标及评估方法,缺少科学合理的通信基站节能减排评估指标与评估方法,制约了节能新技术的研发及推广应用。为此,在全面分析研究通信基站能耗要素

\* 工业和信息化部“2010年通信软科学研究计划项目”(No.2010R57-2)



和能耗模型的基础上,构建了通信基站节能减排能效指标体系,提出了通信基站节能减排能效评估方法,为通信基站节能减排指标体系及评估方法提供了方法依据。

## 2 通信基站能耗模型

### 2.1 通信基站能耗要素分析

一个单一、完整的通信基站,其能耗因素主要从以下5个方面进行考虑<sup>[4,5]</sup>。

#### (1) 基站主设备

是指通信基站的无线设备,主要包括天馈系统、BTS以及BSC等。它是基站中耗电量最多的部分,这部分的能耗占通信基站总能耗的49%~51%。

#### (2) 机房环境设备

主要指空调、新风系统、热交换系统等温湿度调控设备。这部分的耗电量是基站耗电的另一个重点,这部分的能耗占通信基站总能耗的40%~46%。

#### (3) 电源系统

一般主要指开关电源、蓄电池以及发电机等,这部分的能耗占通信基站总能耗的3%~5%。

#### (4) 其他辅助设备

主要指数据传输、机房监控及照明设备等,这部分的能耗约占通信基站总能耗的3%。其特点是能耗较小,而且能耗一般是固定值。

#### (5) 机房建设能耗

主要指新建基站的机房建设能耗,其属于一次性能耗,在基站建成投入使用阶段便无须考虑。

因此,对通信基站进行节能减排评估时,可以对这5个主要的构成要素进行分析。

### 2.2 通信基站能耗模型

通过对通信基站能耗主要构成要素的分析,除去一次

性的机房建设能耗之外,通信基站的能耗主要由基站主设备、环境设备、供电系统和其他辅助设备这4个方面的因素决定。由此,给出了如图1所示的通信基站能耗模型<sup>[9]</sup>。

## 3 通信基站节能减排能效评估指标体系

### 3.1 通信基站节能减排能效评估指标体系构建

通过上述分析,通信基站能耗主要由基站主设备、环境设备、供电系统和其他辅助设备这4个方面的因素决定,其中,机房环境设备、供电系统和其他辅助设备构成了通信基站的配套设备。因此,可以将通信基站看作是由基站主设备和基站配套设备两个部分构成。这样,在对通信基站进行节能减排能效评估时,可将基站主设备能效、配套设备能效这两个要素定为一级评价指标,在此基础上进而细分,并结合国际上常用的通信业能效相关指标,得到衡量这两个要素的二级指标,因此,可以构建通信基站节能减排能效评估指标体系,见表1。

表1 通信基站节能减排评估指标体系

评估对象	一级指标	二级指标	度量项
通信基站 节能减排 能效(A)	基站主设备 能效(B1)	半载单位业务 量能耗(P1)	基站主设备能耗 半载业务量
		实际单位业务 量能耗(P2)	基站主设备能耗 实际业务量
	基站配套设 备能效(B2)	通信基站 PUE (P3)	基站总能耗
			基站主设备能耗

#### (1) 半载业务量

半载业务量是指基站配置业务量的一半,配置业务量指通信基站设备软硬件配置所能支持的最大业务量,可根据无线信道配置数量,按照取定的呼损指标,查找erl B表计算,对于混合业务可通过等效爱尔兰法、后爱尔兰法和坎贝尔法计算<sup>[7,8]</sup>。

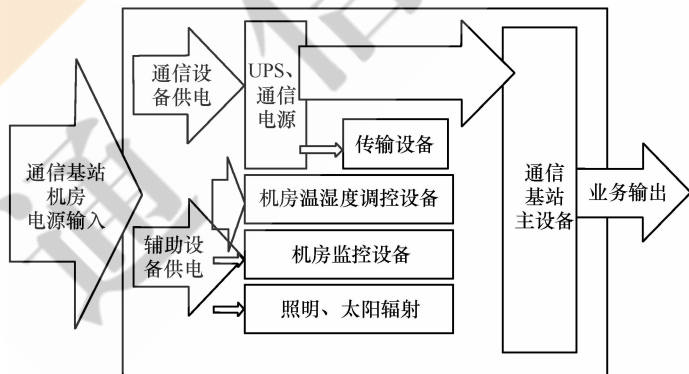


图1 通信基站机房能耗模型

(2)半载单位业务量能耗

半载单位业务量能耗是指基站主设备能耗与半载业务量之比,即:

$$\text{半载单位业务量能耗} = \frac{\text{基站主设备能耗}}{\text{半载业务量}}$$

(3)实际单位业务量能耗

实际单位业务量能耗是指基站主设备能耗与实际业务量之比,即:

$$\text{实际单位业务量能耗} = \frac{\text{基站主设备能耗}}{\text{半载业务量}}$$

(4)通信基站 PUE

通信基站 PUE 是指基站总能耗与基站主设备能耗之比,即:

$$\text{通信基站 PUE} = \frac{\text{基站总能耗}}{\text{基站主设备能耗}}$$

3.2 指标权重确定

一般来讲,评估指标体系确定后,首先要确定各级指标的权重,目前通用的指标权重获取方法主要有:专家调研法、二元比较法、客观计算的、方法等,这里采用了专家调研的方法来获得权重。根据专家调查问卷统计数据结果,可以得到 P1、P2、P3 指标的权重向量为:

$$W=(w_1, w_2, w_3)=(0.25, 0.25, 0.5)$$

3.3 指标基准值测算

根据二级指标讨论情况,其基准值(即度量标尺)主要有单位业务量能耗基准值和通信基站 PUE 基准值,具体测算方法如下。

(1) 单位业务量能耗基准值的测算方法

· 单位业务量能耗基准值计算

取各厂家通信基站主设备能耗的最优值作为基准,测算单位业务量能耗基准值,其计算公式如下:

$$\text{单位业务量能耗基准值} = \frac{\text{各厂家基站主设备能耗最优值}}{\text{半载业务量}}$$

· 各厂家基站主设备能耗最优值的确定

各厂家基站主设备能耗最优值参考业界对现网各主流设备的实际测试结果,选取最优能耗值作为评价基准。以 GSM 网络为例,根据某运营商对各主流 GSM 设备运行状态下的能耗测试情况,基站主设备耗电量见表 2。

按照以上结果,以能耗最低的厂家 1 单载频能耗可以计算出 GSM 典型基站 S2/2/2 设备能耗为 810 W,按照 2% 的呼损计算,该站型配置话务量为 24.6 erl(根据配置业务信道数查 erl B 表),以此来表征基站配置业务量,从而可测

表 2 某运营商基站主设备耗电量统计

厂商	2G 设备单载频		3G 设备单载扇	
	电流(A)	年电量(度)	电流(A)	年电量(度)
厂商 1	2.5	1 183	2.2	1 041
厂商 2	2.9	1 372	2.6	1 230
厂商 3	3.5	1 656	2.7	1 277
厂商 4	3.7	1 750	3.3	1 561
厂商 5	2.7	1 277	2.3	1 088
厂商 6	3.6	1 703		

算出 GSM 半载单位业务量能耗基准值为 0.06585 度/erl。

(2)通信基站 PUE 基准值的确定

大家知道,PUE 指标的理想值为 1,即基站主设备的能耗与基站总能耗相等,也就是说,基站配套设备不耗电,但实际通信基站的总能耗中,环境设备的能耗可以为 0,而电源、传输和照明等设备的能耗不可能为 0,总占有一定的比例,经测算,在环境设备能耗为 0 的情况下,电源、传输照明等配套设备能耗约占基站总能耗的 10%左右。因此,这里取通信基站 PUE 基准值为 1.1。

4 通信基站节能减排能效评估方法

4.1 通信基站节能减排能效评估模型

基于以上评估指标体系的分析,可得到通信基站节能减排能效评估模型如图 2 所示。

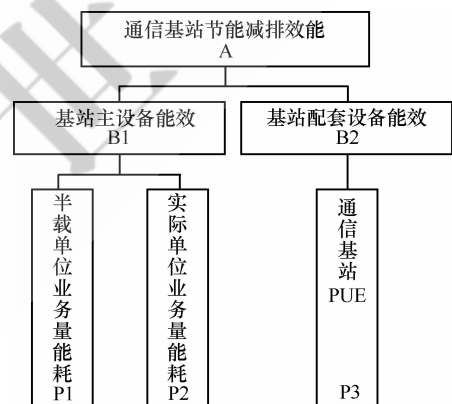


图 2 通信基站节能减排评估模型

模型中,半载单位业务量能耗用来评估基站主设备产品自身能效(P1),实际单位业务量能耗用来评估基站实际使用能效(P2),P1 和 P2 的综合评价构成基站主设备能效评估(B1)。另外,通信基站 PUE(P3)用来评估基站配套设备能效(B2),B1 和 B2 的综合评价构成通信基站节能减排能效评估结果。



## 4.2 通信基站节能减排能效评估方法

设  $A_i$  为某个待评估的通信基站,具体评估方法如下。

第一步,数据采集测算。

根据采集到的样本数据,测算通信基站的半载单位业务量能耗、实际单位业务量能耗以及通信基站 PUE。

第二步,基站主设备能效评价。

$$B1^i = w_1^i \times \frac{\text{半载单位业务量能耗}}{\text{单位业务量能耗基准值}} + w_2^i \times \frac{\text{实际单位业务量能耗}}{\text{单位业务量能耗基准值}}$$

第三步,基站配套设备能效评价。

$$B2^i = w_3^i \times \frac{1.1}{\text{通信基站 PUE}}$$

第四步,通信基站节能减排效能综合评价。

$$\text{Score}(A_i) = 100 \times (B1^i + B2^i)$$

## 4.3 评估方法实测例证

为验证基站能效评估方法,选择某运营商在网运行典

型基站进行了测试评估,具体如下。

(1) 被测对象

被测基站具体情况见表 3。

(2) 测试方法

测试时间为 2010 年 9 至 10 月,室外温度为 20~25℃,测试方法采取挂表分路测量方式,实际测量基站总能耗与主设备能耗,测算基站 PUE 值,按照基站硬件配置测算配置业务量,按照测试期间网管统计业务量记取实际业务量。

(3) 测试数据及综合评分

测试数据及综合评分结果见表 4。

(4) 评估结果分析

从各项得分来看,P1 得分中基站 2 最高,体现出了设备优势,但 P2 得分统一较高,说明主设备产品自身能耗相差不大,在目前技术情况下节能空间有限;P2 得分普遍较低,失分严重,这是因为业务负载率普遍较低,建议开启主设备软件节能技术,提高单位业务量能效指标;B2 得分中

表 3 被测基站相关信息

站点	基站 1	基站 2	基站 3	基站 4	基站 5
围护结构	砖混结构	彩钢板	彩钢板	彩钢板	砖混结构
基站主设备	GSM900、DCS1800、WCDMA 基站设备各 1 套	DCS1800、WCDMA 基站设备各 1 套	DCS1800、WCDMA 基站设备各 1 套	GSM900、DCS1800、WCDMA 基站设备各 1 套	GSM900、DCS1800、WCDMA 基站设备各 1 套
空调数量	2	1	1	2	2
已采取节能措施	关闭 1 台空调	无	无	电池恒温柜+机房升温	无
基站业务负荷情况	较高	一般	一般	较低	较低

表 4 测试数据及综合评分

站点	基站 1	基站 2	基站 3	基站 4	基站 5
基站主设备能耗(千瓦时/日)	96.16	43.29	32.66	85.5	87
基站总能耗(千瓦时/日)	125	73	62	111.3	157
24 小时配置业务量(erl)	3 552.72	1 456.08	989.52	2 873.52	3 523.92
24 小时实际业务量(erl)	854.45	276.34	158.09	382.02	347.24
业务负载率	24.05%	18.98%	15.98%	13.29%	9.85%
半载单位业务量能耗	0.054	0.059	0.066	0.060	0.049
实际单位业务量能耗	0.113	0.157	0.207	0.224	0.251
单位业务量能耗基准值	0.049	0.056	0.057	0.051	0.045
PUE	1.30	1.69	1.90	1.30	1.80
P1	0.898	0.946	0.857	0.858	0.918
P2	0.432	0.359	0.274	0.228	0.181
B1 得分	33.23	32.63	28.28	27.15	27.46
B2 得分(PUE)	42.31	32.61	28.97	42.25	30.48
评估总得分	75.54	65.24	57.25	69.40	57.94

基站1和基站4得分较高,基站1得益于机房围护结构优势,同时又有一台空调关闭,PUE较低,基站4得益于“机房升温+电池恒温柜”节能技术,PUE较低,建议对基站2、3和5引入自然冷源节能技术,以改善PUE值,提高B2得分。

综合来看,基站1得分最高,主要体现在PUE值较低,业务负载率较高;基站3和5,得分较低,主要体现在PUE值高,业务负载率太低;基站4虽然业务负载率较低,但由于机房使用了升温技术,改善了PUE值,所以总体得分适中。

从以上分析可以看出,各项评估得分以及基站综合得分,基本与实际相符,体现了产品优势、实际使用以及节能新技术应用情况等,可以满足通信基站节能评估要求。

## 5 结束语

通信业已作为重点用能单位纳入国家节能减排重点监管范围,而通信基站具有数量多、能耗占比大、节能潜力大的特点,必将成为通信业节能减排的重点。实测表明:通信基站节能减排能效评估指标体系及评估方法,可以有效量化基站节能指标、查找基站高能耗问题所在、评价节能

减排工作成效,为通信基站节能减排的科学评估提供可参考的依据,对通信基站节能减排监管、能效分级标准的建立以及节能减排新技术的研发与创新具有积极的推进意义。

## 参考文献

- 1 彭军.推动“绿色行动计划”营造健康产业环境.通信技术与标准,2010(4):26~38
- 2 国际节能测量和认证规程委员会.国际节能效果测量和验证规程(IPMVP),2002(3)
- 3 VZ TPR,9205.Verzion NEBSTM compliance:energy efficiency requirements for telecommunications equipment verzion technical purchasing,2008
- 4 秦延奎等.电信行业节能减排技术、方法与案例.北京:人民邮电出版社,2010
- 5 编委会.绿色行动计划——系统科学与中国移动节能减排实践.北京:机械工业出版社,2010
- 6 吴京文.通信电源与机房环境节能标准体系研究.通信技术与标准,2010(4):13~19
- 7 张慧瑜,杜明辉.WCDMA系统混合业务下的小区容量预测与仿真.微计算机信息,2006(22):186~187
- 8 杨畅.TD-SCDMA室分设计中的容量估算及小区配置.电信工程技术与标准化,2009(9):42~46

# Study on Energy Conservation and Emission Reduction's Evaluation Index and Methods about Communication Base Station

Zhang Gaoji, Lu Jiandong, Chen Wenxue

(Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China)

**Abstract** To evaluate the effectiveness of energy saving communication base station, in-depth analysis of the model was adopted, the energy consumption model of communication base station was established through studying the elements of communication base station's energy consumption, energy conservation and emission reduction's evaluation index about communication base stations were built, energy conservation and emission reduction's evaluation method was proposed, the method was tested and verified through the experimental data. This evaluation method is proved effective feasible, it provides some valuable basis for energy conservation and emission reduction's evaluation of communication base station.

**Key words** communication base station, energy conservation and emission reduction, index system, evaluation method

(收稿日期:2011-02-09)