把Sbat(t)单独分到y1,使得决策变量中，只有x和y1是纯0-1变量，其他的n,u,y,z全是连续变量

## 3.2 两阶段鲁棒模型及求解方法

### 3.2.1 两阶段鲁棒优化模型

（1） 模型预处理

由于2.1中的计算公式中存在“max”，因此需要将其转化为线性形式的约束条件，如下所示：

 （3-20）

（2） 等效模型和不确定集

为了解决微电网中风光出力和负荷功率的不确定性问题，将鲁棒优化的思想引入3.1中的确定型模型，构建了微电网的两阶段鲁棒优化容量配置模型，其一阶段目标函数为微电网的投资成本，二阶段目标函数为微电网的运行成本。将上文预处理过的约束条件分阶段归类后，两阶段鲁棒等效优化模型如下式：

 （3-21）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| n | —— | 一阶段决策变量，为微电网各微源的配置容量； |
| u | —— | 不确定变量，为微电网风光出力和负荷功率； |
| x | —— | 二阶段决策变量，为微电网各微源的0/1状态变量； |
| y | —— | 二阶段决策变量，为微电网各微源的时序出力； |
| y1 | —— | 电池储能日循环次数计数变量，为0/1变量； |
| z | —— | 二阶段决策变量，为电池储能的分段放电深度； |

一、二阶段决策变量及不确定变量的具体公式如下：

 （3-22）

由于在微网系统中风光出力和负荷存在不确定性，将其以上下界等比例缩放的盒式不确定U集表示，如下式：

 （3-23）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 风光出力和负荷功率的预测值，本文中代入聚类后得到的的 |

典型日数据；

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 不确定集的缩放比例，即两阶段鲁棒优化模型的不确定度。 |

（3）约束的抽象形式

将式（3-21）中的约束经合并整理后，产生了如下几类抽象约束模型（为避免表述过于繁琐，不等式约束仅写出形式）：

 （3-24）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ① | —— | 约束（3-18）的抽象形式； |
| ② | —— | 约束（3-4）和（3-5）的抽象形式； |
| ③ | —— | 约束（3-13）和（3-14）的抽象形式； |
| ④ | —— | 约束（3-16）的抽象形式； |
| ⑤ | —— | 约束（3-17）的抽象形式； |
| ⑥ | —— | 约束（3-19）的抽象形式； |
| ⑦ | —— | 约束（3-20）的抽象形式； |
| ⑧ | —— | 约束（2-8）第二式的抽象形式； |
| ⑨ | —— | 约束（2-8）第三式的抽象形式； |
| ⑩ | —— | 约束（2-6）的抽象形式。 |

### 3.2.2 求解方法

对于上述两阶段鲁棒模型，本章节采用C&CG算法将之分解为主问题和子问题，便于交替求解。另外，对于求解过程中遇到的一些数学问题，本章节也给出了单独说明。

主问题：

 （3-25）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 主问题目标函数中的微电网运行成本的辅助变量。 |

子问题：

 （3-26）

上述子问题中存在非线性项，需对其进行线性化处理，首先设，增加以下约束：

 （3-27）

用 KarushKuhn-Tucker(KKT)条件将max-min双层问题转换成max单层问题求解。

【晏鸣宇，艾小猛，张艺镨，等．考虑机组禁止运行区间的含风电鲁棒机组组合[J]．中国电机工程学报，2018，38(11)：3195-3203．】