Journal of System Simulation

Volume 29 | Issue 1

Article 25

6-1-2020

Reactive Power Coordinated Control to Reduce Grid Loss with Large-scale Wind Power Integration

Guo Peng

1. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources(North China Electric Power University), Beijing 102206, China; ;

Wenying Liu

1. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources(North China Electric Power University), Beijing 102206, China; ;

Yangqing Dan

2. State Grid Zhejiang Electric Power Company Economic and Technology Research Institute, Hangzhou 310007, China; ;

Yalong Li

1. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources(North China Electric Power University), Beijing 102206, China; ;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal

Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Reactive Power Coordinated Control to Reduce Grid Loss with Large-scale Wind Power Integration

Abstract

Abstract: It has been main mode in China that large-scale wind power has centralized into grid, but as the weakness of the grid and a lack of coordination among reactive power compensation devices, the grid loss problem outstands. Regarding to the effect of voltage reduction and reactive power flow on loss, based on characteristics of different reactive power compensation devices, *a two-stage coordinated control method was proposed. The method arranged slow discrete capacitors and reactors at long time scale whereas rapid successive static Var compensator(SVC) and static Var generator(SVG) at short time scale. By decomposition and coordination of reactive power compensation devices, it gradually has reached the target of loss reduction. Taking a grid with large-scale wind power integration as the case, the proposed control strategy can achieve a considerable loss reduction result.*

Keywords

reactive power/voltage, reactive power compensation, loss reduction, coordinated control

Authors

Guo Peng, Wenying Liu, Yangqing Dan, Yalong Li, and Liang Chen

Recommended Citation

Guo Peng, Liu Wenying, Dan Yangqing, Li Yalong, Liang Chen. Reactive Power Coordinated Control to Reduce Grid Loss with Large-scale Wind Power Integration[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(1): 190-199.

第29卷第1期 2017年1月

大规模风电接入电网的无功协调降损方法

郭鹏¹, 刘文颖¹, 但扬清², 李亚龙¹, 梁琛³

(1.新能源电力系统国家重点实验室(华北电力大学),北京 102206; 2. 国网浙江省电力公司经济技术研究院,杭州 310007;3. 国网甘肃省电力公司电力科学研究院,兰州 730050)

摘要: 大规模风电集中并网已经成为中国风电送出的主要模式,但由于电网的薄弱和无功补偿配合的不足,电网的损耗问题较为突出。针对电压降低和无功流动对损耗的附加作用,依据多无功补偿的调节特性,提出一种两阶段协调控制方法,将缓慢离散的电容器、电抗器在长时间尺度安排,将快速连续的静止无功补偿器(Static Var Compensator, SVC)、静止无功发生器(Static Var Generator, SVG)在短时间尺度安排,通过多无功补偿的分解协调,逐步实现降损的控制目标。以我国某大规模风电集中接入电网进行仿真计算,所提控制策略能够取得一定的降损效果。

关键词:无功电压;无功补偿;降损;协调控制

中图分类号: TP761 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2017) 01-0190-10 DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201701025

Reactive Power Coordinated Control to Reduce Grid Loss with Large-scale Wind Power Integration

*Guo Peng*¹, *Liu Wenying*¹, *Dan Yangqing*², *Li Yalong*¹, *Liang Chen*³

 (1. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources(North China Electric Power University), Beijing 102206, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Company Economic and Technology Research Institute, Hangzhou 310007, China;
 3. State Grid Gansu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Lanzhou 730050, China)

Abstract: It has been main mode in China that large-scale wind power has centralized into grid, but as the weakness of the grid and a lack of coordination among reactive power compensation devices, the grid loss problem outstands. Regarding to the effect of voltage reduction and reactive power flow on loss, based on characteristics of different reactive power compensation devices, *a two-stage coordinated control method was proposed. The method arranged slow discrete capacitors and reactors at long time scale whereas rapid successive static Var compensator(SVC) and static Var generator(SVG) at short time scale. By decomposition and coordination of reactive power compensation devices, it gradually has reached the target of loss reduction. Taking a grid with large-scale wind power integration as the case, the proposed control strategy can achieve a considerable loss reduction result.*

Keywords: reactive power/voltage; reactive power compensation; loss reduction; coordinated control

引言

近年来,随着风电的接入,电力系统运行呈现



收稿日期: 2016-08-30 修回日期: 2016-10-09; 基金项目:国家科技支撑计划(2015BAA01B04),国 家电网公司重大项目(52272214002C),中央高校基本 科研业务费专项资金(2015XS06): 作者简介:郭鹏(1988-),男,河北,博士,研究方 向为电力系统运行与控制。 出一些新的特征,如大规模风电从远离负荷中心的 送端电网集中接入,送端电网网架结构相对薄弱, 电压稳定性差;具有自动调压功能的发电厂和变电 站较少,电压支撑点少。在大规模风电远距离送出 的过程中,由于风电具有随机性与波动性,并且分 布在电网各汇集站、集群站的无功补偿设备控制特 性不同、缺乏有效的配合,容易引起电网附加损耗, 对无功电压降损控制提出了新的要求。

第 29 卷第 1 期 2017 年 1 月

在大规模风电集中接入电网的条件下,为了协 调不同接入点、不同变电站的连续变量(Static Var Compensator, SVC、Static Var Generator, SVG)与 离散变量(电容器、电抗器),以及将风电机组的无 功补偿能力纳入协调控制范畴,学者们提出了多种 无功电压协调控制方法。文献[1-4]提出了自动电压 控制(AVC)^[1]的模式、模型与系统,其核心在于将 控制目标、时间尺度、空间粒度3方面进行分解协 调,实现由经济性到安全性、长时间尺度到短时间 尺度和全局范围到局部范围的逐级推进^[2]。文献 [5]提出了两层电压优化方法,第一层以较长的间 隔单位对多种无功补偿进行优化,第二层在第一层 动作间隔内进一步对连续变量进行优化。文献[6] 提出了利用大容量离散变量对无功电压进行大幅 调节;连续变量补偿小幅波动的协调控制方法。文 献[7-8]设计了具有全网与局部、协作性与自治性辩 证逻辑的多 Agent 结构和算法,实现了不同场站无 功补偿的协调控制。而在考虑了风电机组的无功 调节功能后,分层控制的方法获得广泛应用,文 献[9-10]按照空间粒度由大到小建立场群层、子场 层和机组层的3层结构,设计了控制目标逐级分解 下发的控制逻辑。在变电站内部连续变量与离散变 量协调控制方面, 文献[11]提出了基于专家规则确 定调节方向、基于"离散设备优先动作,连续设备 精细调节"的控制原则确定调节量的控制方法, 文 献[12]提出了基于十三区图的控制方法。

文献[1-12]虽然就大规模风电接入条件下无功 电压控制问题展开专门研究并取得重要成果,但没 有专门从降损角度对无功电压控制问题进行论述, 没有分析无功电压对损耗的作用机理,没有深入研 究风电集中接入条件下多种类型无功补偿的降损 控制特性,因而缺乏针对性的降损控制方法和策 略。本文从无功电压对电网损耗的作用机理出发, 依据电网的多成分无功补偿需求,以及离散与连续 无功补偿的控制特性,提出一种两阶段协调降损控 制方法,以针对性解决含风电接入电网无功电压降 损控制问题。

1 大规模风电接入电网的损耗特性

1.1 无功电压对有功损耗的影响特性

设远距离交流高压线路单位长度阻抗、导纳为 $z_1 = r_1 + jx_1$, $y_1 = g_1 + jb_1$, 线路长度为 *l*, 距线路 末端长度为 *x* 处的电压、电流 \dot{U} , \dot{I} 为^[13]:

$$\begin{bmatrix} \dot{U} \\ \dot{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \gamma x & Z_{c} \sinh \gamma x \\ \frac{\sinh \gamma x}{Z_{c}} & \cosh \gamma x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_{2} \\ \dot{I}_{2} \end{bmatrix}$$
(1)

式中: \dot{U}_2 , \dot{I}_2 为线路末端的电压和电流; $Z_c = \sqrt{z_1/y_1}$ 是线路特性阻抗; $\gamma = \sqrt{z_1y_1} = \beta + j\alpha$ 是线路传播系数。线路的损耗

$$\begin{split} P_{\text{loss}} &= \int_{0}^{l} (r_{1} \left| \dot{l} \right|^{2} + g_{1} \left| \dot{U} \right|^{2}) dx = \\ &\int_{0}^{l} r_{1} \left| \frac{\sinh \gamma x}{Z_{c}} \dot{U}_{2} + \frac{\cosh \gamma x}{Z} \dot{U}_{2} \right|^{2} dx + \\ &\int_{0}^{l} g_{1} \left| \cosh \gamma x \dot{U}_{2} + \frac{Z_{c}}{Z} \sinh \gamma x \dot{U}_{2} \right|^{2} dx = \\ &\frac{\left| \dot{U}_{2} \right|^{2} r_{1}}{Z^{2} Z_{c}^{2}} \left[\frac{Z^{2}}{4} \left(\frac{\sinh 2\beta l}{\beta} - \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) + \\ &\frac{Z \dot{Z}_{c}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} + \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) + \\ &\frac{Z_{c}^{2}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l}{\beta} + \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) \right] + \\ &\frac{Z_{c}^{2}}{4} \left(\frac{\sinh 2\beta l}{\beta} + \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) \right] + \\ &\frac{Z \dot{Z}_{c}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} - \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) + \\ &\frac{Z \dot{Z}_{c}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} - \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) + \\ &\frac{Z \dot{Z}_{c}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} - \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) + \\ &\frac{Z \dot{Z}_{c}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} - \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) + \\ &\frac{Z \dot{Z}_{c}}{4} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} - \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) \right] \end{split}$$

式中: $Z=\dot{U}_2/\dot{I}_2$;上角标"^"指复数的共轭; P_{loss} 可表示成 U_2 的二次方、负二次方和常数项之和:

$$P_{\text{loss}} = k_1 \left| \dot{U}_2 \right|^2 + k_2 + k_3 \left| \dot{U}_2 \right|^2 \tag{3}$$

第 29 卷第 1 期	系统仿真学报	Vol. 29 No. 1
2017年1月	Journal of System Simulation	Jan., 2017

$$\begin{cases} k_{1} = \frac{1}{4} \left[\frac{r_{1}}{Z_{c}^{2}} \left(\frac{\sinh 2\beta l}{\beta} - \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) + \\ g_{1} \left(\frac{\sinh 2\beta l}{\beta} + \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) \right] \\ k_{2} = \operatorname{Re} \left\{ (P_{2} - jQ_{2}) \left[\frac{r_{1}}{2\hat{Z}_{c}} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} + \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) + \right. \\ \left. \frac{g_{1}\hat{Z}_{c}}{2} \left(\frac{\cosh 2\beta l - 1}{\beta} - \frac{\cos 2\alpha l - 1}{j\alpha} \right) \right] \right\} = (4) \\ \operatorname{Re} \left[(P_{2} - jQ_{2})(\alpha_{P} + j\alpha_{Q}) \right] = P_{2}\alpha_{P} + Q_{2}\alpha_{Q} \\ k_{3} = \frac{P_{2}^{2} + Q_{2}^{2}}{4} \left[r_{1} \left(\frac{\sinh 2\beta l}{\beta} + \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) + \right. \\ \left. g_{1}Z_{c}^{2} \left(\frac{\sinh 2\beta l}{\beta} - \frac{\sin 2\alpha l}{\alpha} \right) \right] \\ P_{2} + jQ_{2} = \dot{U}_{2}\hat{I}_{2} \end{cases}$$

以 6×LGJK-400 为例,作 U₂随 P₂变化曲线, 以及 P_{loss}各分量随 P₂和 Q₂变化曲线,如图 1 所示。



根据泰勒展开公式,当 U₂发生 b%的变化时, P_{loss}的变化率

$$\Delta P_{\rm loss}\% = 2b\% \frac{k_1 |\dot{U}_2|^2 - k_3 / |\dot{U}_2|^2}{P_{\rm loss}}$$
(5)

随着 P_2 的增加,一方面, U_2 下降(如图 1(a)); 另一方面, $k_3 与 P_{\text{Loss}}$ 快速增加(如图 1(b)),且 $k_3 / \left| \dot{U}_2 \right|^2$ 在 P_{loss} 的比重越来越大。电压下降 *b*%可 引起 P_{loss} 增加 2*b*%,是调压降损的关键。

如图 1(c)所示, Q₂在一定范围内负向增加能够 减少损耗。若 Q₂>0 或 Q₂<0 但绝对值很大,会引 起无功流动,产生附加损耗。

1.2 无功损耗的波动特性

在无功电压降损调节中,电压是主要的状态变 量,而无功损耗 Q_{loss} 能反映无功电压调节需求。 图 2 绘制了某大规模风电接入电网 Q_{loss} 的波动情 况。Q_{loss} 可分解为两个基本分量。其中,分量 Q_l 波动幅度小,周期短,如阵风掠过风电场引起 Q_{loss} 的小幅波动;而分量 Q₂波动幅度大,周期长,如风 电基地大面积来风或者停风引起 Q_{loss}的大幅波动。



Fig.2 The analysis of the fluctuation of Q_{Loss}

2 多无功补偿协调降损方法

2.1 多无功补偿协调降损策略

风电汇集站配有(低压)电容器、(低压)电抗器、

http://www.china-simulation.com

SVC, **SVG** 等无功补偿装置。其中, 电容器、电 抗器只能分组投切,操作耗时长、日动作次数受限, 具有离散控制特性, 适合响应 *Q*₂。

SVC, SVG 是利用晶闸管进行控制的无功补 偿设备,调节时间短,且调节次数不限,具有连续 控制特性,适合响应 *Q*₁。

在长时间尺度上,应用电容器、电抗器响应 *Q*₂,发挥支撑电压,兼顾减少无功流动的作用;在 短时间尺度上,SVC,SVG 响应 *Q*₁,起到减少无 功流动,同时跟踪中枢点电压的作用。多无功补偿 协调降损控制策略流程图如图 3 所示。





2.2 离散无功补偿控制方法

以小时级中枢点电压参考值^[14-15]作为离散无 功补偿的控制目标。控制分区^[16]进行,以便无功 就地平衡。首先优化各分区离散无功补偿的投切时 段和组数,以追踪参考电压,再在分区内确定离散 无功补偿的投切位置,减少无功流动。随着时间推 移,风电预测精度逐步提高,所以应当滚动修正离 散无功补偿的动作策略。

2.2.1 离散无功补偿投切时段和组数优化模型

各分区分别选取一个中枢点,设为 PV 节点, 给定节点电压为参考电压,潮流计算解得的节点注 入无功 Q 作为分区的无功补偿需求 Q_q(t)。

设 C_q(t)和 R_q(t)分别表示 t 时刻分区 q 投入的 电容器和电抗器组数。则优化模型的目标是离散无 功补偿的总输出接近于无功需求 Q_q(t),即:

$$\min g = \sum_{t=1}^{96} v[Q_q(t)] |Q_q(t) - C_q(t)Q_c + R_q(t)Q_r|$$
(6)

式中: $v[Q_q(t)]$ 是权重函数。当 $Q_q(t)$ 较大时,输送的风电通常较大,电压对网损的影响更突出。本文选用线性函数: $v[Q_q(t)]=kQ_q(t), k>0$ 。 Q_c 和 Q_r 分别是单组电容器和单组电抗器的容量。

离散无功补偿调整次数约束是:

$$\sum_{q=1}^{96} |C_q(t) - C_q(t-1)| \leq M_q$$
(7)

$$\sum_{q=1}^{96} |R_q(t) - R_q(t-1)| \leq N_q$$
(8)

式中: *M_q*和 *N_q*分别是分区 *q*日内电容器、电抗器 最多可调整的次数。

2.2.2 离散无功补偿优化模型的启发式求解方法

首先,采用经验模式分解^[17](EMD)滤除 $Q_q(t)$ 的高频分量。EMD 可将 $Q_q(t)$ 分解为若干个固有模式 函数(IMF)和一个残余项(r_n),即 $Q_q(t) = \sum_{i=1}^{n} \text{IMF}_i(t) + r_n(t)$ 。IMF 的定义是:

由线极点的数目和过零点的数目相等或相差1;

 2)极大值点和极小值点形成的上下包络线关 于横轴对称。残余项是原数据中的慢变量。

设 $Q_q(t)$ 的波动幅度为 h_Q , 分区 q 日内最大无 功调整量为 $M_qQ_c+N_qQ_r$, 可往返调整的次数为 $T_c = \left[\frac{M_qQ_c+N_qQ_r}{h_Q}\right]$, (「] 为取整运算), 设 IMF_i

第29卷第1期	系统仿真学报	Vol. 29 No. 1
2017年1月	Journal of System Simulation	Jan., 2017

过零点数目为 c_i,若

$$c_i \ge (3 \sim 5)T_{\rm c} \tag{9}$$

则 IMF_i为 $Q_q(t)$ 的高频分量。高频 IMF 的集合为

$$\widehat{Q}_q(t) = \sum_i \mathrm{IMF}_i(t), c_i \ge (3 \sim 5)T_c$$
(10)

离散无功补偿的响应对象

 $\tilde{Q}_q(t) = Q_q(t) - \hat{Q}_q(t) \tag{11}$

然后,考虑权重 $v[Q_q(t)]$,对时间进行压缩运 算,以减少风电小发时段的调整次数。设置两个阈 值 Q_{r1} 和 Q_{r2} ,划分出[Q_{r1} ,+∞), [Q_{r2} , Q_{r1}]和(-∞, Q_{r2}] 3 个区间。从 t=1开始,选取相邻的 3 个时段,若 [$\tilde{Q}_q(t)+\tilde{Q}_q(t+1)+\tilde{Q}_q(t+2)$]/3 \in (-∞, Q_{r2}],则将[$t\sim t+2$] 3 个时段合并为一个时段 \tilde{t} ,且 $\tilde{Q}_q(\tilde{t}) =$ [$\tilde{Q}_q(t) + \tilde{Q}_q(t+1)+\tilde{Q}_q(t+2)$]/3,t=t+3;若[$\tilde{Q}_q(t)+\tilde{Q}_q(t+1)+\tilde{Q}_q(t+2)$]/3 \in [Q_{r2} , Q_{r1}],则将[$t\sim t+1$]两个时段合并 为一个时段 \tilde{t} ,且 $\tilde{Q}_q(\tilde{t}) =$ [$\tilde{Q}_q(t)+\tilde{Q}_q(t+1)$]/2,t=t+2; 若 [$\tilde{Q}_q(t)+\tilde{Q}_q(t+1)+\tilde{Q}_q(t+2)$]/3 \in [Q_{r1} ,+∞),则 t=t+1。重复此步骤直至t=96。

最后,计算相邻时段无功需求的变化,即 $\Delta \tilde{Q}_q(2) = \tilde{Q}_q(2) - \tilde{Q}_q(1),...,\Delta \tilde{Q}_q(\tilde{t}) = \tilde{Q}_q(\tilde{t}) - \tilde{Q}_q(\tilde{t}-1)。$ 在第*m*步,选取 $\Delta \tilde{Q}_q$ 最大的*m*个时刻作为离散无 功补偿投切时刻,从而将一天划分成*m*+1 段。对 于起止时刻分别是 t_{n1} 和 t_{n2} 的分段*n*,其无功需求

 $\Delta \tilde{Q}_{q,\text{ave}} = \frac{\sum_{t'=t_{n1}}^{t_{n2}} \Delta \tilde{Q}_q(t')}{t_{n2} - t_{n1}} \text{ . 基于 } \Delta \tilde{Q}_{q,\text{ave}}$ 选取分段 *n* 离散

无功补偿的投入组数,从而确定 m 个时刻离散无 功补偿改变量。若离散无功补偿按照本步动作仍有 剩余动作次数,则增加分段数,进入下一步;否则, 将本步的分段结果和离散无功补偿投切组数作为 优化结果。

2.2.3 离散无功补偿控制策略

式(6)~(8)是日前对一天 96 点的优化模型。在 日内阶段依据滚动更新的风电预测,可滚动修正剩 余时段离散无功补偿投切时段和组数。那么式(6) 中的 96 个时刻应改为 96-t₀, t₀ 为当前时刻; M_q和 N_q应变为日剩余可动作次数 M'_q和 N'_q。随着预测 时间的减少,风电预测精度逐渐提高,使离散无功 补偿的投切策略趋于准确。

若分区 q 某时刻须投入 m_q 组电容器,设分区 q 电容器分布在变电站 1, 2, ..., P_q , 计算各变电站 高 压 侧 实 时 流入的 无 功 功 率 Q'(1), Q'(2), ..., $Q'(P_q)$ 。选取 $Q'(k_q)=\max[Q'(1), Q'(2), ..., Q'(P_q)]$,即无功最匮乏的变电站 $k_q \in [1, P_q]$ 作为优先投入电容器的变电站,达到减少无功流动的目的。之后,按照相同方法制定后续 m_q-1 组电容器的投入策略。类似地,可制定退出电抗器的策略。而相反地,投入电抗器时选取变电站实时流出的无功功率 $Q^{\gamma}(k_q)$ 最大的变电站做为优先动作的变电站。

2.3 连续无功补偿控制方法

短时间尺度的优化是分区进行的。首先应用 Ward 等值将区外电网简化。调节 SVC、SVG 响应 网络有功的随机变化,在维持中枢点电压在参考值 的基础上,减少无功流动。

2.3.1 Ward 分区等值

Ward 等值常应用于电力系统静态安全分析中,在掌握分区外的实时运行信息的条件下,等值 准确度大幅提高。Ward 等值的步骤是:

一、读取全网各节点复电压值;

二、确定分区的边界节点,形成局部节点导纳 矩阵

$$\begin{bmatrix} Y_{\rm EE} & Y_{\rm EB} \\ Y_{\rm BE} & Y_{\rm BB} \end{bmatrix}$$

其中,E 指区外节点集,B 指边界节点集。通过高 斯消元,得到仅包含边界节点的局部导纳阵

 $Y_{\rm BB} - Y_{\rm BE} Y_{\rm EE}^{-1} Y_{\rm EB}$

三、计算分区边界节点 i 上的等值注入 $P_i^{EQ} + jQ_i^{EQ}$, 公式是:

$$\begin{cases} P_i^{EQ} = \sum_{j \in i} [(U_i^0)^2 (g_{ij} + g_{i0}) - U_i^0 U_j^0 (g_{ij} \cos \theta_{ij}^0 + b_{ij} \sin \theta_{ij}^0)] \\ U_i^0 U_j^0 (g_{ij} \cos \theta_{ij}^0 + g_{ij} \sin \theta_{ij}^0) - (12) \\ Q_i^{EQ} = \sum_{j \in i} [U_i^0 U_j^0 (b_{ij} \cos \theta_{ij}^0 + g_{ij} \sin \theta_{ij}^0) - (12) \\ (U_i^0)^2 (b_{ij} + b_{i0})] \end{cases}$$

式中: U_i^0 , θ_i^0 指节点 *i* 的电压幅值和相角; $g_{ij} + jb_{ij}$ 为与节点 *i* 相连的各支路电纳; $g_{i0} + jb_{i0}$ 为支路 *i* 的对地支路导纳; $j \in i$ 表示节点 *j* 与节点 *i* 相临接。

2.3.2 短时间尺度降损模型

控制的目标函数是各分区的有功损耗最小化:

min
$$f = P_{\text{Loss}} = \sum_{k=1}^{S_{\text{B}}(q)} G_k (U_i^2 + U_j^2 - 2U_i U_j)$$
 (13)

式中: G_k 是支路 k 的电导; $S_B(q)$ 指分区 q 的支路集。

约束条件是功率方程约束、电压约束、中枢点 电压控制偏差约束、连续无功补偿无功输出约束:

$$\begin{vmatrix} P_{i} = U_{i} \sum_{j=1}^{S_{N}(q)} U_{j} (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \\ Q_{i} = U_{i} \sum_{j=1}^{S_{N}(q)} U_{j} (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \\ U_{i,\min} \leqslant U_{i} \leqslant U_{i,\max} \qquad i \in S_{N}(q) \\ \begin{vmatrix} U_{p} - U_{p}^{\text{ref}} \end{vmatrix} \leqslant \varepsilon \\ Q_{k\min} \leqslant Q_{k} \leqslant Q_{k\max} \qquad k \in S_{Q}(q) \end{vmatrix}$$
(14)

式中: $S_N(q)$ 是分区 q 所含的节点集合; $U_p \cap U_p^{ref}$ 是 中枢点电压及参考值, ε 是电压调节死区, $U_{i, max}$, $U_{i, min}$ 是节点 i 电压的边界, $S_Q(q)$ 是连续无功补偿装 置集合, Q_k , $Q_{k, max}$, $Q_{k, min}$ 分别是无功补偿装置 k的无功输出及边界。该数学模型采用内点法^[18]求解。

3 算例

3.1 算例来源

本文选取一个典型风电集中并网外送系统— 甘肃西部电网作为研究对象,如图 4 所示。截止 2015 年底,该地区风电装机 8 500 MW,通过敦煌 =酒泉=河西=甘肃主网与敦煌=青海两条 750 kV 通 道外送。应用文献[16]的方法,将甘肃西部电网分 区,结果如图 4 所示。分区①、分区②、分区③的 中枢点分别为敦煌 750 kV 变电站高压侧、酒泉 750 kV 变电站高压侧和河西 750 kV 变电站高压 侧。不失一般性,本节的算例主要针对分区①展开。 分区①的离散和连续无功补偿装置的配置情况分 别如表 1 所示。





Tab.1The configuration of reactive power compensation
devices at Zone(1)

(a) 离散无功补偿配置情况 /M							
厂立	站名称	电容器	史 中	电	电抗器		
敦	煌变	8×60		(6×60		
2 Î	合计	480			360		
	(b) 连续无功补	偿配置的	青况	/Mvar		
场站	类型	调节范围	场站	类型	调节范围		
干东	SVC	-22.5~126	安二	SVG	-40~40		
干西	SVC	-31.5~105	安马	SVG	-32~32		
桥西	SVC	-27~90	安四	SVG	-40~40		
桥东	SVG	-40~40	桥六	SVG	-40~40		
桥湾	SVC	-27.9~129.6					
干北	SVG	-32~32	总计	-332	2.9~674.6		

注: 以发出感性无功功率为正

3.2 离散无功补偿动作情况及控制效果展示

首先从全网角度,应用文献[14]的方法计算一日 电压中枢点的电压参考值。受篇幅所限,不再展示。

下面着重分析分区①的无功电压控制情况。根据中枢点电压参考值,首先计算各时段无功补偿需求如图 5(a)所示。图 5(b)应用 EMD 滤除无功补偿需求的高频分量。取 *Q*_{r1}=320 Mvar 和 *Q*_{r2}=160 Mvar,对无功需求少的时段进行压缩处理,如图 5(c)所示。敦煌变共有 8 组电容器,按照日最多调节次数为 12 进行控制,可确定调节时段为: 13:30, 13:00,23:00,9:00,12:30,14:30(2 组电容器动作),4:00,10:00,4:30,22:00 和 0:30,如图 5(d)所示。





图 5 离散无功补偿动作策略确定过程及效果图 Fig.5 The decision progress and effect of discrete reactive power source

按相同的办法制定分区②和③离散无功补偿 控制策略,可以得到调节后,分区①中枢点电压控 制结果和图4电网损耗变化情况,如图5(e)(f)所示。

通过对离散无功补偿控制,达到了提升电压的 控制目标,减少了损耗中 $k_3/|\dot{U}_2|^2$ 分量。

3.3 连续无功补偿动作情况及控制效果展示

在 1:30-1:55 以 5 min 为间隔对分区①的连续 无功补偿装置进行优化。1:30 分区①的母线、线路、 变压器及固定高压电抗器(不可投切)、电容器的数 据如附表 1~3 所示。1:35-1:55 分区①各母线的注 入功率如附表 4 所示。

对分区①首先进行 Ward 等值,等值前敦煌变 高压侧母线的自导纳为 16.720-587.551i (p.u.),等 值后为 0.369-200.584i(p.u.),附表 1,4 中该母线的 功率均为等值功率,加粗标示。 对分区①进行潮流计算时,在敦煌变高压侧增 设虚拟平衡机,其有功出力用于平衡微小的网损波 动量,无功出力的大小与其电压 V 有关。当潮流 计算经过2轮迭代后,每完成一步迭代后均根据计 算得到的无功输出Q按照ΔV=-kQ更新平衡节点的 电压 V,直至虚拟机的无功输出|Q|<ε,其中,k取 文献[7](4-4)式中的无功电压灵敏度。而2.3.2节的 优化模型本身弱化了平衡节点、PQ 节点的区分, 无需增设虚拟平衡机。

通过内点法获得不同变电站下连续无功补偿 动作情况如图 6(c)所示。控制后,一方面,如表 2(a)所示,能够减少各 330 kV 变电站向敦煌变注入 无功功率的幅值,降低了分区①内部无功流动引起 的损耗部分;1:30 的降损效果见表 2(a)最后一列下 方,1:35~1:55 降损效果如表 2(b)所示。另一方面, 如图 6(a)所示,经 3.2 节离散无功补偿控制后,中 枢节点电压仍偏离参考值,分区①中枢点敦煌变高 压侧电压偏低于参考电压,而分区②中枢点酒泉变 高压侧电压偏高于参考电压,从而诱发无功功率从 分区②流向分区①。当分区①和②均通过连续无功 补偿将中枢点控制到参考值时,可有效削减敦煌-酒泉线无功流动,削减情况及降损效果见表 2(c)。



reactive power source

第 29 卷第 1 期 2017 年 1 月

表 2 连续无功补偿控制过程及效果

Tab.2 The decision progress and effect of continuous reactive power source

(a) 1:30 多	变电站流向	J敦煌变的	无功功率	率及损耗/	'Mvar, MW
起始站	桥六	干北	干东	ŝ	干西
控制前	-28.6	7.6	34.6	5	-165.4
控制后	1.8	0.2	-0.7	7	0.2
起始站	桥西	桥东	布隆	吉 分	区①损耗
控制前	76.6	-17.3	123.	9	22.47
控制后	-0.5	-1.0	19.6	5	21.55
	(b) 1:	30~1:55 分	}区①损	耗对比	/MW
对比	1:35	1:40	1:45	1:50	1:55
控制前	23.41	22.01	21.87	24.67	24.09
控制后	22.30	20.90	20.95	23.59	23.10
(c)	敦煌-酒泉》	双回线无耳	力流动及	损耗 //	Mvar, MW
叶动	고부 나사	两侧	无功	- 出封	
时刻	刘妃	敦煌侧	川 泊	雪泉侧	坝杞
1.20	控制前	-816.1	1 –	-553.1	6.546
1.50	控制后	-695.7	7 –	-682.1	6.482
1.35	控制前	-870.1	1 –	-464.6	6.910
1.55	控制后	-680.8	8 –	-667.5	6.768
1.40	控制前	-887.5	5 –	459.3	6.816
1.40	控制后	-685.3	3 –	-671.9	6.680
1.45	控制前	-857.2	2 –	-515.1	6.549
1.45	控制后	-696.5	5 –	-683.0	6.466
1.50	控制前	-875.9) –	420.5	7.325
1.50	控制后	-663.5	5 –	-650.6	7.126
1.55	控制前	-861.6	- 5	455.1	7.100
1.55	控制后	-671.9) –	-658.8	6.948

注:表中线路的充电功率可由两侧变电站的固定电抗器平 衡;线路(单条)参数是:电阻为 3.77 Ω,电抗为 78.06 Ω, 1/2 电纳为 0.000 635 s.

通过精细调节连续型无功补偿,在分区①内部 通过潮流优化减少无功流动,在分区①②之间通过 跟踪参考电压减少无功流动,从而降损。连续无功 补偿作用后,图4网络在1:30~1:55的损耗变化如 图6(b)所示。

4 结论

本文提出了含大规模风电接入电网的多时间 尺度无功协调控制方法:

1)长时间尺度上,通过控制电容器、电抗器
 等离散无功补偿,达到提升中枢点电压、从而降低
 电网损耗的目的;

2) 短时间尺度上,通过控制 SVC, SVG 等连续无功补偿,达到减少无功流动、从而降低电网损耗的目的。

通过实例仿真分析表明,本文提出的方法能够 很好地协调离散和连续无功补偿的动作,有效提高 大规模风电接入电网的经济运行水平。

参考文献:

- 郭庆来,张伯明,孙宏斌,等. 电网无功电压控制模式 的演化分析 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, 48(1): 16-19.(GUO Qingl-ai, ZHANG Bo-ming, SUN Hong-bin. Analysis on evolution of reactive power and voltage control methods [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2008, 48(1): 16-19.)
- [2] 孙宏斌, 郭庆来, 张伯明, 等. 面向网省级电网的自动 电压控制模式 [J]. 电网技术, 2006, 30(增 2): 13-18.
 (Sun Hongbin, Guo Qinglai, Zhang Boming, et al. Automatic voltage control scheme for large-scale power networks [J]. Power System Technology, 2006, 30(S2): 13-18.)
- [3] 李端超,陈实,吴迪,等. 安徽电网自动电压控制 (AVC)系统设计及实现 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(8): 20-22.(LI Duan-chao, CHEN Shi, WU Di, et al. Design and Implementation of AVC System for Anhui Power Network [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(8): 20-22.)
- [4] 王智涛, 胡伟, 夏德明, 等. 东北 500 kV 电网 HAVC 系统工程设计与实现 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29(17): 85-88.(WANG Zhi-tao, HU Wei, XIA De-ming, et al. Design and application of HAVC system in the 500 kV power grid of northeast China [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(17): 85-88.)
- [5] 王洪涛,刘雪芳,贠志皓,等. 含风电场群的区域电网两层多阶段电压协调控制方法 [J]. 电力系统保护与控制,2012,40(22):1-7,13.(Wang Hongtao, Liu Xuefang, Yun Zhihao, et al. Two-tier and multi-stage voltage coordination control method for regional power grid with wind farms [J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(22): 1-7,13.)
- [6] 陈惠粉, 乔颖, 闵勇, 等. 风电场动静态无功补偿协调 控制策略 [J]. 电网技术, 2013, 37(1): 248-254. (Chen Huifen, Qiao Ying, Min Yong, et al. Study on coordinated control strategy of dynamic and static reactive compensation in wind farm [J]. Power System Technology, 2013, 37(1): 248-254.)
- [7] 吴耀昊. 基于多代理的风电集群接入电网无功电压控 制策略研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2014.(Wu Yao hao. Research on Reactive Voltage Control Strategy Wind Power Clustered Access Based on Multi-Agent [D].

第29卷第1期	系统仿真学报	Vol. 29 No. 1
2017年1月	Journal of System Simulation	Jan., 2017

Beijing, China: North China Electric Power University, 2014.)

- [8] 徐鹏, 刘文颖, 许园园, 等. 基于多代理的无功电压协 调控制模型在含风电场电网中的应用 [J]. 中国电力, 2015, 48(3): 133-138. (XU Peng, LIUWenying, XU Yuanyuan, et al. The Application of Reactive Power and Voltage Coordinated Control Based on Multi-agent in Grid Integrated with Wind Farms [J]. Electric Power, 2015, 48(3): 133-138.)
- [9] 崔杨, 彭龙, 仲悟之, 等. 双馈型风电场群无功分层协 调控制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(17):
 4300-4307. (CUI Yang, PENG Long, ZHONG Wuzhi, et al. Coordination strategy of reactive power control on wind farms based doubly fed induction generator[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(17): 4300-4307.)
- [10] Ahmidi A, Guillaud X, Besanger Y, et al. A multilevel approach for optimal participating of wind farms at reactive power balancing in transmission power system[J]. IEEE Systems Journal (S1932-8184), 2012, 6(2): 260-269.
- [11] 郭庆来,孙宏斌,张伯明,等.协调二级电压控制的研究 [J]. 电力系统自动化,2005,29(23):19-24.(Guo Qinglai, Sun Hongbin, Zhang Boming, et al. Study on coordinated secondary voltage control [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23):19-24.)
- [12] 信鹏飞,李鹏,杨世旺,等. 双馈式风力发电机与 VQC 的电压无功协调控制方法研究 [J]. 陕西电力, 2013, 41(7): 16-20. (XIN Pengfei, LI Peng, YANG Shiwang, et al. Study on coordinated control method for DFIG and VQC [J]. Shaanxi Electric Power, 2013, 41(7): 16-20.)
- [13] 陈珩. 电力系统稳态分析 [M]. 北京: 中国电力出版 社, 2007.(Chen Heng. Power system steady state analysis [M]. Beijing, China: China electric Power Press, 2007.)
- [14] 严正. 最优潮流新算法的研究-交叉逼近法的理论与实践[D]. 北京:清华大学, 1991.(YAN Zhen. A New Algorithm for Optimal Power Flow: Theory and Practice of Alternate Approximating Method [D]. Beijing, China: Tsinghua University, 1991.)
- [15] 郭庆来,孙宏斌,张伯明,等. 江苏电网 AVC 主站系统的研究和实现 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(22): 83-87.(Guo Qinglai, Sun Hongbin, Zhang Boming, et al. Research and development of AVC system for Jiangsu power networks [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(22): 83-87.)
- [16] 郭庆来,孙宏斌,张伯明,等. 基于无功源控制空间聚 类分析的无功电压分区 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29(10): 36-40, 54.(Guo Qinglai, Sun Hongbin, Zhang Boming, et al. Power network partitioning based on clustering analysis in Mvar control space [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(10): 36-40, 54.)
- [17] 刘兴杰, 米增强, 杨奇逊, 等. 一种基于 EMD 的短期 风速多步预测方法 [J]. 电工技术学报, 2010, 25(4):

165-170.(Liu Xingjie, Mi Zengqiang, Yang Qixun, et al. A novel multi-step prediction for wind speed based on EMD [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(4): 165-170.)

[18] 王锡凡,方万良,杜正春.现代电力系统分析 [M]. 北京:科学出版社,2003.(Wang Xifan, Fang Wanliang, Du Zhengchun. Modern electric power analysis [M]. Beijing, China: Technology Press, 2003.)

h	Ħ.	/ 1	1 =	Ŧ.	
	Ľ	2	$\overline{\mathbf{x}}$	K,	٠
				1	٠

附表 1	1:30 分区①的母线数据(MW, Mvar)
------	-------------------------

No.	5165 4	发	电	负荷		
		有功	无功	有功	无功	
1	桥西.330.1	0	0	0	0	
2	桥西.35.1	59.37	38.96	0.58	0	
3	桥西.35.2	100.5	10.37	0.99	0	
4	桥西.35.3	109.9	44.53	1.09	0.19	
5	敦煌.750.1	0	0	2504	394	
6	敦煌.330.1	0	0	-1.25	-35.6	
7	敦煌.60.1	0	0	0	0	
8	敦煌.60.2	0	0	0	0	
9	桥湾.330.1	0	0	0	0	
10	桥湾.35.1	156.5	23.84	1.56	0	
11	桥湾.35.2	105.5	24.03	1.05	0	
12	桥东.330.1	0	0	0	0	
13	桥东.35.1	172.3	-3.49	1.71	0	
14	桥东.35.2	51.08	-3.98	0.50	0	
15	干东.330.1	0	0	0	0	
16	干东.35.1	91.31	14.64	0.90	0	
17	干东.35.2	96.57	36.02	0.95	0.17	
18	干东.35.3	98.84	1.08	0.98	0	
19	干西.330.1	0	0	0	0	
20	干西.35.1	186.4	-81.2	1.85	0	
21	干西.35.2	67.62	-64.5	0.67	0	
22	桥湾.35.3	47.46	9.08	0.47	0.04	
23	干北.330.1	0	0	0	0	
24	干北.35.1	211.6	19.14	2.11	0	
25	干北.35.2	32.62	2.49	0.32	0	
26	安二.330.1	0	0	0	0	
27	安二.35.1	145.6	-20.6	0	0	
28	安二.35.2	145.6	-20.6	0	0	
29	安四.330.1	0	0	0	0	
30	安四.35.1	76.02	-0.35	0	0	
31	安四.35.2	76.02	-0.35	0	0	
32	安马.330.1	0	0	0	0	
33	安马.35.1	204.4	64.5	2.04	0	
34	桥六.330.1	0	0	0	0	
35	桥六.35.1	51.65	-13.5	0	0	
36	桥六.35.2	48.08	-3.02	0	0	
37	桥六.35.3	41.57	-9.87	0	0	
38	瓜州.330.1	0	0	-139	3.71	
39	红柳.330.1	0	0	0.89	-54.5	
40	布隆吉.330.1	0	0	-29.3	-24.3	
41	敦煌1变.0	0	0	0	0	
42	敦煌2变0	0	0	0	0	

第29卷第1期 2017年1月

郭鹏,等:大规模风电接入电网的无功协调降损方法

Vol. 29 No. 1 Jan., 2017

$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $			附表2 分图	区①的支路	数据(p.u.)			附表 3	3 分区①的非	并联电容	:、电抗数排	居
	支路	首末端	支路	支路	0.5 充电电	变比(分接头	序号	母线	电纳/p.u.	序号	母线	电纳/p.u.
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	문	母线号	山田	<u>一</u> 由	交由幼	在首端)	1	38	-0.744	6	7	0.6
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		(20	0.000.24	0.001.1	0.0064	1	2	5	-0.590	7	8	0.6
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	1	6-38	0.000 24	0.001 1	0.0064	1	3	7	0.6	8	8	0.6
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	2	6-38	0.000 23	0.001 7	0.0050	1	4	7	0.6	10	8	0.6
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	3	15-6	0.001 68	0.012 2	0.0762	1	<u>,</u> 注. 附丰 2	2 山由⁄城	0.0 利由粉店家州	前元	o 咸州取岛	由正其准佔玄列
5 1-6 0.003 0 0.0191 1 The product of the produ	4	19-6	0.001 89	0.013 7	0.0858	1	出: 門衣 2 为 750 kV 3	、5 千屯約 330 FV 110	リー 奴 直谷 口	いたい	恋住牧贝。 家其准估头	电压率间面积列
6 6 12 $\overline{RE4}$ \overline{RE} $\overline{RE4}$	5	1-6	0.000 42	0.003 0	0.0191	1	/у / 50 к v, .	550 K V, 110	/ K V, OU K V, J.	лк v , -9,1-	中生正山八	100 WI VA.
7 25.6 00018 00137 0.0877 1 \overline{RH} 1.33 1.40 1.43 1.40 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.43 1.44 0.57 1.44 0.57 2.55 1.44 0.52 1.44 0.57 1.44 0.57 2.55 1.44 0.52 0.447 1.44 0.57 1.55 1.17 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.55 1.37 1.44 0.57 1.45 1.55 1.37 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 0.57 1.44 1.45 1.44 1.45 1.44 1.45 1.44 1.45 1.44 1.45 <th1.45< th=""> 1.44 1.57 <</th1.45<>	6	6-12	0.002 02	0.012 6	0.0827	1		附表 4	各节点注入耳	力率变化	表(MW, M	var)
8 39-6 0.002 62 0.021 6 0.1383 1 2.74 b 75.5 99 2.04 86.50 91.81 9 33-6 0.002 64 0.021 6 0.1182 1 3.7 ft 10.1 10.8 10.4 10.41 0 0.002 64 0.001 2 0.0164 1 6.7 tt 1.5 1.14 10.7 1.44 0.57 2.5 tt 2 6.40 0.002 63 0.0162 2 0.102 61 1 1.6 ft 1.52 1.37 1.44 0.57 2.5 tt 13 40.32 0.001 80 0.004 4 0.0986 1 1.4 ft 1.4 ft 0.6 ft 1.82 1.37 1.44 0.57 2.2 st 14 40.29 0.001 80 0.001 61 0.0770 1 1.6 ft 88.75 10.12 9.4 ft 0.033 9.4 ft 87.5 9.4 ft 10.3 ft 10.3 ft 10.3 ft 10.3 ft 10.3 ft 10.3 ft 11.2 9.4 ft 10.3 ft <t< td=""><td>7</td><td>23-6</td><td>0.001 89</td><td>0.013 7</td><td>0.0857</td><td>1</td><td>项目</td><td>1:35</td><td>1:40</td><td>1:45</td><td>1:50</td><td>1:55</td></t<>	7	23-6	0.001 89	0.013 7	0.0857	1	项目	1:35	1:40	1:45	1:50	1:55
3 $36 - 0$ 0.002 6 0.0182 1 $3.6 + 3$ 99.19 92.04 86.50 91.81 10 6-40 0.002 64 0.016 2 0.0165 1 $5.6 + 3$ $2.5 + 2$ $2.25 - 2.51 - 2.61 0$ $2.600 - 2.600$ 11 40-32 0.002 14 0.016 2 0.016 1 10.6 + 3 $1.5 + 3.7 - 1.3 + 1.44$ $0.57 - 2.55$ 12 6-40 0.002 (3) 0.016 2 0.106 1 $11.6 + 3.8 - 3.7 + 3.7 + 3.8 + 3.9 + 3.7$	8	39-6	0.002.62	0 0 2 0 4	0 1383	1	2_有功	57.45	55.34	54.55	73.15	59.29
9 9-90 0.00264 0.00264 0.0162 0.1065 1 $\xi \pi \mu$ 10.15 11.61 10.90 10.44 0.57 2.55 2 6.40 0.00264 0.0162 0.1062 11.2 1.37 1.44 0.57 2.55 13 40.32 0.00124 0.0162 0.1026 1 1.6 40.91 1.52 1.37 1.84 0.57 2.55 14 40.22 0.0014 0.0162 0.1026 1 1.1 4.6 9.66 88.33 9.82 2.87 2.87.2 2.7.6 15 9.40 0.0018 0.0064 0.00770 1 1.6 6.4 87.5 10.13 9.49	0	30.6	0.002.60	0.020.6	0.1202	1	3_有功	95.55	99.19	92.04	86.50	91.81
10 0-40 0.0102 0.0162 1.0051 1 5.64 m -2.52 m -2.51 m -2.640 -2.640 11 40-25 0.0014 m 0.012 m 10.12 m 1.12 m 1.13 m 1.39 m 1.1 1.4 ft m 1.6 ft m 1.88 m 1.11 m 1.4 ft m 1.98 m 1.99 m 1.0 m 7.5 m 9.1 m 1.0 m 1.1 m 1.4 ft m 1.0 m 1.1 m <td>, j</td> <td>59-0</td> <td>0.002.00</td> <td>0.020 0</td> <td>0.1392</td> <td>1</td> <td>4_有功</td> <td>101.5</td> <td>116.1</td> <td>109.8</td> <td>106.4</td> <td>104.1</td>	, j	59-0	0.002.00	0.020 0	0.1392	1	4_有功	101.5	116.1	109.8	106.4	104.1
11 40-26 0.0148 0.0162 0.1026 1 0.6 Hy -1.30 1.37 1.378 1.371 1.472 1.371 1.371 1.372 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.371 1.	10	6-40	0.002 64	0.016 2	0.1065	1	5_有功	-2 542	-2 529	-2 512	-2 619	-2 600
12 6-40 0.014 0.026 1 0.743 1942 13.4 13.4 1942 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8 13.4 14.8	11	40-26	0.001 48	0.012 2	0.0816	1	6_有功	-1.50	1.37	1.44	0.57	2.55
13 40.32 0.001 4 0.004 4 0.0048 1 1.1 $12, 12$ 20.001 8 20.06 40.0498 1 1.1 $12, 12$ 20.01 20.01 20.01 20.01 60.00 40.0498 1 1.4 $41, 42$ 64.42 67.04 47.38 64.14 65.98 15 9-40 0.001 82 0.001 6 0.0070 1 1.6 43.3 87.51 110 94.79 91.18 87.72 16 6-34 0.002 16 0.035 8 0 1.1 12.4 43.9 100.22 34.91 100.3 97.5 18 1.3 0.000 9 0.058 8 0 1.1 12.4 43.9 109.4 17.2 193.4 145.7 1.4 0.000 9 0.058 8 0 1.1 12.4 43.9 13.71 142.2 13.34 148.8 21 9.10 0.000 9 0.058 8 0 1.1 22.6 43.9 137.1 142.2 13.4 14.8 13.71 142.2 13.4 14.8 14.8 13.7 13.1 142.2 13.4 14.8 13.7 <t< td=""><td>12</td><td>6-40</td><td>0.002 63</td><td>0.016 2</td><td>0.1026</td><td>1</td><td>10_有切</td><td>154.2</td><td>137.8</td><td>138.9</td><td>137.8</td><td>159.0</td></t<>	12	6-40	0.002 63	0.016 2	0.1026	1	10_有切	154.2	137.8	138.9	137.8	159.0
14 40-29 0.00 108 0.004 4 0.0498 1 14 f_{111} 6.4.1 67701 47.85 64.14 65.98 15 9-40 0.00 182 0.0116 0.00770 1 16 67.70 47.85 64.14 65.98 16 6-34 0.002 16 0.0135 0.0878 1 17.471 88.85 111.2 98.62 91.75 94.19 17 1-2 0.000 9 0.58.8 0 1.1 22.471 45.50 188.4 185.7 193.2 19 1.4 0.000 9 0.58.8 0 1.1 22.471 45.50 188.6 183.4 185.7 193.2 29 9.10 0.000 9 0.58.8 0 1.1 22.4713 45.07 13.70 31.29 31.4 148.7 21 2-14 0.002 5 0.54.6 0 1.1 31.6713 78.55 92.27 95.79 84.96 25 12-13	13	40-32	0.002 14	0.014 4	0.0986	1	11_1 句 13 有功	206.1	00.55 172.8	208.8	238.7	227.6
159-400.001 820.001 820.011 60.07701166.47088.75101.994.7991.8889.72166-340.002 160.013 50.0878117.76188.89111.298.6297.5794.191711-20.000 90.058801.112.6471198.3189.3189.3112.2193.4176.3181.30.000 90.058801.122.4471198.6183.449.1547.1545.83209-100.000 90.058801.122.447130.3131.1029.0731.7031.29219-110.000 90.058801.125.477130.3131.11142.2153.41488.82112-130.002 50.054 601.131.671176.3778.5592.2795.7984.962412-140.002 50.054 601.131.6711166.3555.9560.7452.4558.612715-170.000 90.058 801.135.671778.5592.2795.7984.962512-130.002 50.054 601.131.6711166.3555.9560.7452.4558.612715-170.000 90.058 801.135.671778.5592.2795.7984.962815-180.000 90.058 801.132.647115.10 <td>14</td> <td>40-29</td> <td>0.001 08</td> <td>0.006 4</td> <td>0.0498</td> <td>1</td> <td>15_F功 14 有功</td> <td>64 42</td> <td>67.04</td> <td>47.85</td> <td>64 14</td> <td>65.98</td>	14	40-29	0.001 08	0.006 4	0.0498	1	15_F功 14 有功	64 42	67.04	47.85	64 14	65.98
166-340.002 160.013 50.0878117 17 68.89111.298.6297.5794.19171-20.000 90.058 801.120 419 190.3171.2193.4176.3181-40.000 90.058 801.122 419 190.3171.2193.4176.3191-40.000 90.058 801.122 471 45.0546.7149.1547.1548.78209-100.000 90.058 801.124 471 20.59198.6183.4185.7193.2219-100.000 90.058 801.125 471 147.1142.2153.4148.82312-130.002 50.054 601.130 614 76.3778.5592.2795.7984.962512-130.002 50.054 601.131 417 76.3778.5592.2795.7984.962512-130.002 50.054 601.135 417 78.5592.2795.7984.962615-160.000 90.058 801.135 417 76.3778.5592.2795.7984.962715-170.000 50.058 801.137 413 46.0551.9143.3449.522815-180.000 90.058 801.137 4	15	9-40	0.001 82	0.011 6	0.0770	1	16 有功	88.75	101.9	94.79	91.18	89.72
171-20.000 90.058 801.118ftjj92.40102.884.91100.397.5181.30.000 90.058 801.121.47169.6178.1974.0469.3365.83191.40.000 90.058 801.122.47145.5046.7141.1544.78209.100.000 90.058 801.122.47145.5046.7141.1544.78219.110.000 90.058 801.125.47130.3131.1029.0731.7031.29229.100.000 90.058 801.125.47130.3131.11142.2153.4148.82312-130.002 50.054 601.131.471163.778.5592.2795.7984.962412-140.002 50.054 601.131.471163.778.5592.2795.7984.962512-130.002 50.054 801.135.471744.6346.8051.9192.4312.012615-160.000 90.058 801.135.471744.6446.8051.9143.3449.522815-180.000 90.058 801.134.671712.99147.649.2315.822919-200.000 90.058 801.13.7471444.6446.8051.9115.8229 <td>16</td> <td>6-34</td> <td>0.002 16</td> <td>0.013 5</td> <td>0.0878</td> <td>1</td> <td>17 有功</td> <td>88.89</td> <td>111.2</td> <td>98.62</td> <td>97.57</td> <td>94.19</td>	16	6-34	0.002 16	0.013 5	0.0878	1	17 有功	88.89	111.2	98.62	97.57	94.19
1 1 20 $\overline{1}$ 21 $\overline{1}$ <td>17</td> <td>1-2</td> <td>0.000.9</td> <td>0.058.8</td> <td>0</td> <td>11</td> <td></td> <td>92.40</td> <td>102.2</td> <td>84.91</td> <td>100.3</td> <td>97.5</td>	17	1-2	0.000.9	0.058.8	0	11		92.40	102.2	84.91	100.3	97.5
18 1.1 $21 - \pi \overline{\eta}$ 69 61 78.19 74.04 69.33 65.83 19 1.4 0.000 0.058 0 1.1 $22 \pi \overline{\eta}$ 45.50 46.71 49.15 47.15 47.78 20 9-10 0.000 0.058 0 1.1 $22 \pi \overline{\eta}$ 35.78 137.1 142.2 153.4 148.8 21 9-10 0.000 0.058 0 1.1 $22 \pi \overline{\eta}$ 37.8 137.1 142.2 153.4 148.8 23 12-13 0.0025 0.0546 0 1.1 $32 \pi \overline{\eta}$ 75.77 78.55 92.27 95.79 84.96 24 12-14 0.002 5 0.0546 0 1.1 $33 \pi \overline{\eta}$ 146.3 46.80 51.95 60.74 52.45 86.1 27 15.71 0.000 0.058 8 0 1.1 $32 \pi \overline{\eta}$ 149.41 132.94 148.34 49.52	10	1 2	0.000 0	0.050 0	0	1.1	20_有功	198.3	189.3	171.2	193.4	176.3
19 1-4 0.000^{-9} 0.058^{-8} 0 1.1 $22_4 fill$ 250^{-9} 198.6 183.4 185.7 193.2 21 9-11 0.000^{-9} 0.058^{-8} 0 1.1 $22_5 fill$ 30.31 34.10 290^{-7} 31.70 31.29 22 9-10 0.000^{-9} 0.658^{-8} 0 1.1 $22_5 fill$ 15.78 137.1 142.2 153.4 148.8 23 12-13 0.002^{-5} 0.054^{-6} 0 1.1 $32_6 fill$ 15.77 78.55 92.27 95.79 84.96 24 12-14 0.002^{-5} 0.054^{-6} 0 1.1 $32_6 fill$ 15.77 78.55 92.27 95.79 84.96 25 12-13 0.002^{-5} 0.058^{-6} 1.1 $32_6 fill$ 19.67 78.55 92.27 95.79 84.94 45.29 28 15-17 0.000^{-9} 0.058^{-8} 1.1	10	1-5	0.000 9	0.058.8	0	1.1	21_有功	69.61	78.19	74.04	69.33	65.83
209-100.000 90.058 801.124 ftj205 9198 6183.4185.7195.2219-100.000 90.058 801.127 ftj157.8137.1142.2153.4148.82312-130.002 50.054 601.128 ftj157.8137.1142.2153.4148.82412-140.002 50.054 601.131 ftj76.3778.5592.2795.7984.962512-130.002 50.054 601.133 ftj196.7207.017.99204.8210.12615-160.000 90.058 801.135 ftj54.6559.560.7452.4558.612715-170.000 90.058 801.138 ftj129.9147.6149.4132.9137.82815-180.000 90.058 801.138 ftj18.8-15.86.947.5515.823019-200.000 90.058 801.12.75.144.366.947.5515.823019-200.000 90.058 801.1 3_{-} 2_{-} 3_{-} 3.144.35.446.685.173119-210.000 90.058 801.1 3_{-} 3_{-} 44.364.32.34.36.548.1446.063223-240.000 90.058 801.1 5_{-} 3_{-}	19	1-4	0.000 9	0.058 8	0	1.1	22_有功	45.50	46.71	49.15	47.15	48.78
21 9.11 0.000 9 0.058 8 0 1.1 $27, f \eta_1$ 30.31 30.41 22.07 31.70 31.70 31.29 22 9.10 0.000 9 0.058 8 0 1.1 $27, f \eta_1$ 157.8 137.1 142.2 153.4 148.8 23 12.13 0.002 5 0.054 6 0 1.1 30, f \eta_1 76.37 78.55 92.27 95.79 84.96 24 12.14 0.002 5 0.054 6 0 1.1 31, f \eta_1 196.7 277.0 179.9 204.8 210.1 26 15.16 0.000 9 0.058 8 0 1.1 35, f \eta_1 44.63 46.80 51.91 43.34 49.52 28 15.18 0.000 9 0.058 8 0 1.1 39, f \eta_1 1.88 1.51.8 6.04 7.55 15.82 29 19.20 0.000 9 0.058 8 0 1.1 2 $\chi \chi \eta$ 44.4 36.46 35.13 43.53 40.24 30 19.20 0.000 9 0.058 8 0	20	9-10	0.000 9	0.058 8	0	1.1	24_有功	205.9	198.6	183.4	185.7	193.2
22 9.10 0.000 9 0.058 8 0 1.1 $22 - (14)$ 157.1 142.2 153.4 148.8 23 12-13 0.002 5 0.054 6 0 1.1 $30 - 6\pi$ 78.55 92.27 95.79 84.96 24 12-13 0.002 5 0.054 6 0 1.1 $33 - f\pi$ 78.55 92.27 95.79 84.96 25 12-13 0.002 5 0.054 6 0 1.1 $35 - f\pi$ 54.66 55.95 60.74 52.45 58.61 26 15-16 0.000 9 0.058 8 0 1.1 $32 - f\pi$ 54.6 51.91 43.34 49.52 28 15-18 0.000 9 0.058 8 0 1.1 $39 - f\pi$ 1.88 -15.8 6.94 7.55 15.82 30 19-20 0.000 9 0.058 8 0 1.1 $4 - \pi 33$ 34.64 35.13 34.24 16.68 5.17 31 19-20 0.0009	21	9-11	0.000 9	0.058 8	0	1.1	25_有功	30.31	34.10	29.07	31.70	31.29
23 12-13 0.002 5 0.054 6 0 1.1 $20 = 730$ 15/1 19/1 19/1 19/2 19/5 9/5 8/4/5 5/5 5/5 6/7 19/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5 10/5	22	9-10	0.000 9	0.058 8	0	1.1	2/_有切 28 右击	157.8	137.1	142.2	153.4	148.8
2412-140.002 50.054 601.1 $31_{1}^{-1}73_{1}^{-1}7_{1}^{$	23	12-13	0.002 5	0.054 6	0	1.1	28_有功 30 有功	157.8	137.1 78.55	02 27	05 70	148.8
2512-130.0020.054601.13374 π 196.7207.0179.9204.8210.12615-160.0000.05801.13574 π 154.655.9560.7452.4558.612715-170.0000.05801.13674 π 44.6346.8051.9143.3449.522815-180.0000.05801.13974 π 14.66149.413.29137.82919-200.0000.05801.13974 π 1.88-1.586.947.5515.823019-200.0000.05801.14074 π 34.6435.1343.5340.263119-210.0000.05801.1 $2\pi\pi$ 9.6411.7513.2416.685.17329.220.0000.05801.1 $2\pi\pi$ 34.6143.2343.6548.1446.063323-240.000 930.05801.1 $5\pi\pi$ 34.6934.7133.7434.1434.883523-250.000 90.05801.1 $1\pi\pi$ $5\pi\pi$ -30-13-33.1-3.15-2.33626-270.000 550.029101.1 $1\pi\pi$ 1.1 $5\pi\pi$ -33-1.33-3.31-3.15-2.33726-280.000 550.029101.1 $1\pi\pi\pi$ 1.63	24	12-14	0.002 5	0.054 6	0	1.1	30_F切 31 有功	76.37	78.55	92.27	95.79	84.96
26 $15\cdot16$ $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $35 \ \overline{f} dy$ 54.65 55.95 60.74 52.45 58.61 27 $15\cdot17$ $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $36 \ arb$ 51.01 57.62 49.23 55.40 28 $15\cdot18$ $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $38 \ arb$ 129.9 147.6 149.4 132.9 137.8 29 $19\cdot20$ $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $39 \ arb$ $188 \ -15.8$ 6.94 7.55 15.82 30 $19\cdot20$ $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $40 \ drah$ 22.22 27.05 23.43 22.48 28.90 31 $19\cdot21$ $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $3 \ Z T B$ 44 36.46 35.13 43.53 40.26 32 9.22 $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $4 \ Z T B$ 44 36.46 51.7 33 $23\cdot24$ $0.000 \ 93$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $5 \ T B T$ 43.61 413.23 43.65 48.14 46.06 34 $23\cdot24$ $0.000 \ 93$ $0.058 \ 8$ 0 1.14 $5 \ T T T$ 32.68 25.21 23.75 21.7 23.58 25.21 23.75 21.27 23.62 25.72 21.7 23.58 25.21 23.75 23.74 24.84 26.52 37 $26\cdot27$ $0.000 \ 55$ 0.291	25	12-13	0.002 5	0.054 6	0	1.1	33 有功	196.7	207.0	179.9	204.8	210.1
13661.13667.13667.17.6249.2355.402815-180.000 90.058 801.13774 3446.346.6361.9143.3449.522919-200.000 90.058 801.13967 31129147.614.94132.9137.82919-200.000 90.058 801.13967 311.88-15.86.947.5515.823019-200.000 90.058 801.144.4 36.143.2343.6543.5340.263119-210.000 90.058 801.132.74 1446.6651.1713.2416.685.17329-220.000 930.058 801.14 \pm .74 36.143.2343.6548.1446.063323-240.000 930.058 801.16 \pm .74 36.143.2343.6548.1446.063423-240.000 950.029 101.11 \pm .74 34.6934.7133.7434.1434.883523-250.000 950.029 101.113 \pm .75 3-1.93-3.31-3.15-2.33626-270.000 550.029 101.114 \pm .7444.2264.10.33-1.99-3.923826-280.000 520.030 201.040 518 <t< td=""><td>26</td><td>15-16</td><td>0 000 9</td><td>0.058.8</td><td>0</td><td>11</td><td>35_有功</td><td>54.65</td><td>55.95</td><td>60.74</td><td>52.45</td><td>58.61</td></t<>	26	15-16	0 000 9	0.058.8	0	11	35_有功	54.65	55.95	60.74	52.45	58.61
1 37 有功 44.63 46.80 51.91 43.34 49.52 28 15-18 0.000 9 0.058 8 0 1.1 38 有功 129.9 147.6 149.4 132.9 137.8 29 19-20 0.000 9 0.058 8 0 1.1 39 73 18.8 -15.8 6.94 7.55 15.82 30 19-20 0.000 9 0.058 8 0 1.1 2.73 44 36.46 35.13 43.53 40.26 31 19-21 0.000 9 0.058 8 0 1.1 4.73 44.63 46.80 51.31 43.53 40.26 33 23-24 0.000 93 0.058 8 0 1.1 5.73 -405 -403 -403 -403 -403 -396 34 23-25 0.000 9 0.058 8 0 1.1 1.73 3.74 34.14 48.69 35 23-25 0.000 55 0.029 1 <	20	15-17	0.000 9	0.058.8	ů 0	1.1	36_有功	51.10	52.71	57.62	49.23	55.40
25 15-18 0.000 9 0.008 8 0 1.1 38 (可) 1.1 38 (可) 1.1 39 (百) 1.19 1.19 1.14	27	15-17	0.000 0	0.050.0	0	1.1	37_有功	44.63	46.80	51.91	43.34	49.52
2919-200.000 90.058 801.139 f f f 1.88-15.86.947.5515.823019-200.000 90.058 801.140 f f f 26.2227.0523.4332.4828.903119-210.000 90.058 801.12 \mathcal{K} \mathcal{H} 4436.6435.1343.5340.26329-220.000 90.058 801.1 \mathcal{K} \mathcal{H} 40.6433.1343.6548.1446.063323-240.000 930.058 801.1 \mathcal{K} \mathcal{H} 405-415-403-403-3963423-240.000 930.058 801.045 510 \mathcal{K} \mathcal{H} 25.2521.723.5825.2128.773626-270.000 550.029 101.111 \mathcal{K} 11 \mathcal{K} -5.93-1.93-3.31-3.15-2.33726-270.000 550.029 101.114 \mathcal{K} 17 \mathcal{H} 19.4822.7222.620.123926-280.000 550.029 101.116 \mathcal{K} 7.787.5515.816.315.594129-310.000 520.030 201.040 518 \mathcal{K} 2.632.155.16.315.594129-310.000 590.028 901.117 \mathcal{K} 19.4822.7022.6620.124232.330.000 590.028 901.	28	15-18	0.000 9	0.058 8	0	1.1	38_有功	129.9	147.6	149.4	132.9	137.8
30 19-20 0.000 9 0.058 8 0 1.1 40 百分 26.22 27.05 23.43 32.48 28.90 31 19-21 0.000 9 0.058 8 0 1.1 2.元功 44 36.46 35.13 43.53 40.26 32 9-22 0.000 9 0.058 8 0 1.1 4.元功 43.23 43.65 48.14 46.06 33 23-24 0.000 93 0.058 8 0 1.1 5.元功 405 -415 -403 -4396 34 23-24 0.000 93 0.058 8 0 1.1 5.元功 34.69 34.71 33.74 34.14 34.88 35 23-25 0.000 95 0.029 1 0 1.1 11.2 12.万功 -5.93 -1.93 -3.31 -3.15 -2.3 37 26-27 0.000 55 0.029 1 0 1.1 14.元功 -4.62 -6.41 0.33 -1.99 -3.92 38 26-28 <t< td=""><td>29</td><td>19-20</td><td>0.000 9</td><td>0.058 8</td><td>0</td><td>1.1</td><td>39_有功</td><td>1.88</td><td>-15.8</td><td>6.94</td><td>7.55</td><td>15.82</td></t<>	29	19-20	0.000 9	0.058 8	0	1.1	39_有功	1.88	-15.8	6.94	7.55	15.82
3119-210.000 90.058 801.12.元功4436.4635.1341.53.340.26329.220.000 90.058 801.1 $3.\pi J$ 9.6411.7513.2416.685.173323-240.000 930.058 801.1 $5.\pi J$ 405415-403-403-3963423-240.000 930.058 801.1 $6.\pi J$ 34.6934.7133.7434.1434.883523-250.000 90.058 801.045 510.7 JJ25.2521.723.5825.2128.773626-270.000 550.029 101.111.7 JJ-5.93-1.93-3.31-3.15-2.33826-280.000 550.029 101.116.7 JJ19.4822.7222.620.123926-280.000 550.029 101.117.7 JJ37.9735.5137.8939.1038.384029-300.000 520.030 201.040 518.7 JJ-62.9-63.1-62.0-59.1-60.34129.310.000 590.028 901.122.7 JJ11.3211.3212.5015.7014.344332-330.000 590.028 901.122.7 JJ11.9311.3212.5015.7014.344332-330.000 590.028 901.122.7 JJ11.9311.3212.6	30	19-20	0.000 9	0.058 8	0	1.1	40_有功	26.22	27.05	23.43	32.48	28.90
329-220.000 90.058 801.1 $4 \exists \Delta J$ $43 d d d$ $43 23$ $44 d d d d d d d d d d d d d d d d d d $	31	19-21	0.000 9	0.058 8	0	1.1	2_尤切 2 工功	44	36.46	35.13	43.53	40.26
33 23.24 $0.000 \ 93$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $5 \ \pi 2 \ 3 \ 3$ 4.03 4.03 4.03 4.03 34 23.24 $0.000 \ 93$ $0.058 \ 8$ 0 1.1 $6 \ \pi 2 \ 3 \ 3$ 4.69 34.71 33.74 34.14 34.88 35 23.25 $0.000 \ 9$ $0.058 \ 8$ 0 $1.045 \ 5$ $10 \ \pi \ 3 \ 5 \ 2 \ 2 \ 1 \ 7$ 23.58 25.21 28.77 36 26.27 $0.000 \ 55$ $0.029 \ 1$ 0 1.1 $11 \ \pi \ 3 \ 2 \ 2 \ 5 \ 5 \ 2 \ 1 \ 7$ 23.58 25.21 28.77 36 26.27 $0.000 \ 55$ $0.029 \ 1$ 0 1.1 $11 \ \pi \ 3 \ 2 \ 5 \ 5 \ 3 \ -1.93$ -3.15 -2.3 37 26.27 $0.000 \ 55$ $0.029 \ 1$ 0 1.1 $16 \ \pi \ 1 \ 7 \ 1 \ 1 \ 7 \ 7 \ 3 \ 5 \ 1 \ 5 \ 1 \ 5 \ 1 \ 5 \ -3 \ 3 \ 1 \ -3 \ 1 \ 5 \ -2 \ 3 \ 3 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ 5 \ -2 \ 3 \ 3 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ 5 \ -2 \ 3 \ 3 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ 5 \ -2 \ 3 \ 3 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ 5 \ -2 \ 3 \ 3 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ -3 \ 1 \ -3 \ -3$	32	9-22	0.000 9	0.058 8	0	1.1	5_九切 4 无功	9.04 43.61	11.75	13.24	10.08	3.17
3423-240.000 930.058 801.1651.034.7133.7434.1434.883523-250.000 90.058 801.045 510 \mathbb{R} 功25.2521.723.5825.2128.773626-270.000 550.029 101.111 \mathbb{R} 力22.6820.6329.1428.3426.523726-270.000 550.029 101.113 \mathbb{R} 力4.62-6.410.33-1.99-3.923826-280.000 550.029 101.116 \mathbb{R} 力17.4119.4822.7222.620.123926-280.000 550.029 101.117 \mathbb{R} 力37.9735.5137.8939.1038.384029-300.000 520.030 201.040 518 \mathbb{R} 力-6.3-6.1-6.79-76.24129.310.000 520.030 201.040 520 \mathbb{R} 力-6.29-63.1-62.0-59.1-60.34232-330.000 590.028 901.122 \mathbb{R} 力11.9311.3212.5015.7014.344332-330.000 590.028 901.125 \mathbb{R} 力-24.4-25.7-25.8-22.9-22.24634-360.000 480.029 601.127 \mathbb{R} 力-24.4-25.7-25.8-22.9-22.2	33	23-24	0.000 93	0.058 8	0	1.1	- <u></u> 元功 5 无功	-405	-415	-403	-403	- 396
35 23-25 0.000 9 0.058 8 0 1.045 5 10元式功 25.25 21.7 23.58 25.21 28.77 36 26-27 0.000 55 0.029 1 0 1.1 11元功 22.68 20.63 29.14 28.34 26.52 37 26-27 0.000 55 0.029 1 0 1.1 13_元功 -5.93 -1.93 -3.31 -3.15 -2.3 38 26-28 0.000 55 0.029 1 0 1.1 16_元功 17.41 19.48 22.72 22.6 20.12 39 26-28 0.000 55 0.029 1 0 1.1 17_无功 37.97 35.51 37.89 39.10 38.38 40 29-30 0.000 52 0.030 2 0 1.040 5 18_元功 -62.3 2.15 5.1 6.31 5.59 41 29-31 0.000 59 0.028 9 0 1.1 22_元元功 11.93 11.32 12.50 15.70 14.34 <	34	23-24	0.000 93	0.058 8	0	1.1	6 五功	34.69	34.71	33.74	34.14	34.88
3626-270.000 550.029 101.1 $11 \pm \pi \pi$ 22.6820.6329.1428.3426.523726-270.000 550.029 101.1 $13 \pm \pi \pi$ -5.93-1.93-3.31-3.15-2.33826-280.000 550.029 101.1 $14 \pm \pi \pi$ -4.62-6.410.33-1.99-3.923826-280.000 550.029 101.1 $17 \pm \pi \pi$ 19.4822.7222.620.123926-280.000 550.029 101.1 $17 \pm \pi \pi$ 37.9735.5137.8939.1038.384029-300.000 520.030 201.040 5 $20 \pm \pi \pi$ -78.9-79.0-76.1-76.9-76.24129-310.000 520.030 201.040 5 $20 \pm \pi \pi$ -78.9-79.0-76.1-76.9-76.24232-330.000 590.028 901.1 $22 \pm \pi \pi$ 11.9311.3212.5015.7014.344332-330.000 590.028 901.1 $22 \pm \pi \pi$ 20.6621.7811.6311.9114.364432-330.000 590.028 901.1 $25 \pm \pi \pi$ -24.4-25.7-25.8-22.9-22.24634-360.000 480.029 601.1 $27 \pm \pi$ -24.4-25.7-25.8-22.9-22.24634-360.000 480.029 601.1 3	35	23-25	0.000 9	0.058.8	0	1.045.5	10 无功	25.25	21.7	23.58	25.21	28.77
3726-270.000 550.029 101.113元功 -5.93 -1.93 -3.31 -3.15 -2.3 3726-270.000 550.029 101.114 π , π -4.62 -6.41 0.33 -1.99 -3.92 3826-280.000 550.029 101.116 π , π 1.948 22.72 22.6 20.12 3926-280.000 550.029 101.1 17 π , π 77.41 19.48 22.72 22.6 20.12 4029-300.000 520.030 20 1.0405 18 π 79.7 35.51 37.89 39.10 38.38 4029-300.000 520.030 20 1.0405 20 π -78.9 -79.0 -76.1 -76.9 -76.2 4129-310.000 590.028 901.1 22 π π 11.32 12.50 15.70 14.34 4332-330.000 590.028 901.1 22 π π 11.63 11.91 14.36 4432-330.000 480.029 601.1 27 π π 27.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 34.36 0.000 480.029 601.1 27 π π 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 47 34.37 0.000 480.029 601.1 30 π	36	26-27	0.000.55	0.029.1	0	11	11_无功	22.68	20.63	29.14	28.34	26.52
37 2627 0.000 53 0.0291 0 1.1 14 $\pm 3\mu$ -4.62 -6.41 0.33 -1.99 -3.92 38 $26-28$ 0.000 55 0.0291 0 1.1 16 ± 17.41 19.48 22.72 22.6 20.12 39 $26-28$ 0.000 55 0.0291 0 1.1 17 ± 37.97 35.51 37.89 39.10 38.38 40 29.30 0.000 52 0.0302 0 1.0405 18 $\pm 3\mu$ 2.63 2.15 5.1 6.31 5.59 41 29.31 0.000 52 0.0302 0 1.0405 20 $\pm 3\mu$ -78.9 -79.0 -76.1 -76.9 -76.2 42 32.33 0.000 59 0.028 0 1.1 22 $\pm 3\mu$ 11.93 11.32 12.50 15.70 14.34 43 32.33 0.000 59 0.028 0 1.1 24 $\pm 3\mu$ 20.06 21.78 11.63 11.91 14.36 44 32.33 0.000 48 0.029 0 1.1 25 $\pm 3\mu$ 8.37 9.87 10.69 12.63 10.44 45 34.35 0.000 48 0.029 0 1.1 27 $\pm 3\mu$ -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 34.36 0.000 48 0.029 0 1.1 30 ± 3	27	26-27	0.000 55	0.0201	0	1.1	13_无功	-5.93	-1.93	-3.31	-3.15	-2.3
38 $26-28$ 0.000 55 0.029 1 0 1.1 16 无功 17.41 19.48 22.72 22.6 20.12 39 $26-28$ 0.000 55 0.029 1 0 1.1 17 无功 37.97 35.51 37.89 39.10 38.38 40 $29-30$ 0.000 52 0.030 2 0 1.040 5 18 无功 2.63 21.5 5.1 6.31 5.59 41 $29-31$ 0.000 52 0.030 2 0 1.040 5 20 无功 -78.9 -79.0 -76.1 -76.9 -76.2 42 $32-33$ 0.000 59 0.028 9 0 1.1 22 无功 11.93 11.32 12.50 15.70 14.34 43 $32-33$ 0.000 59 0.028 9 0 1.1 22 无功 20.06 21.78 11.63 11.91 14.36 44 $32-33$ 0.000 59 0.028 9 0 1.1 25 无功 8.37 9.87 10.69 12.63 10.44 45 $34-35$ 0.000 48 0.029 6 0 1.1 27 无功 -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 $34-36$ 0.000 48 0.029 6 0 1.1 30 无功 30.1 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 47 $34-37$ 0.000 48 0.029 6 0 1.1 31 无功 30.1 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 $5-41$ 0.000 02 0.009 6 0 1.02	20	20-27	0.000 55	0.029 1	0	1.1	14_无功	-4.62	-6.41	0.33	-1.99	-3.92
39 $26-28$ $0.000 55$ $0.029 1$ 0 1.1 17_{-} 先功 37.97 35.51 37.89 39.10 38.38 40 $29-30$ $0.000 52$ $0.030 2$ 0 $1.040 5$ 18_{-} 无功 2.63 2.15 5.1 6.31 5.59 41 $29-31$ $0.000 52$ $0.030 2$ 0 $1.040 5$ 20_{-} 无功 -78.9 -79.0 -76.1 -76.9 -76.2 42 $32-33$ $0.000 59$ $0.028 9$ 0 1.1 22_{-} 无功 11.93 11.32 12.50 15.70 14.34 43 $32-33$ $0.000 59$ $0.028 9$ 0 1.1 22_{-} 无功 10.93 11.32 12.50 15.70 14.34 44 $32-33$ $0.000 59$ $0.028 9$ 0 1.1 22_{-} 无功 20.06 21.78 11.63 11.91 14.36 44 $32-33$ $0.000 59$ $0.028 9$ 0 1.1 25_{-} 无功 -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 $34-36$ $0.000 48$ $0.029 6$ 0 1.1 30_{-} 无功 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 47 $34-37$ $0.000 48$ $0.029 6$ 0 1.1 31_{-} 无功 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 $5-41$ $0.000 02$ $0.009 6$ 0 1.02 33_{-} 无功 69.52 83.90 54.14 54.19 53.56 49 $6-41$ $0.000 07$ </td <td>38</td> <td>26-28</td> <td>0.000 55</td> <td>0.029 1</td> <td>0</td> <td>1.1</td> <td>16_无功</td> <td>17.41</td> <td>19.48</td> <td>22.72</td> <td>22.6</td> <td>20.12</td>	38	26-28	0.000 55	0.029 1	0	1.1	16_无功	17.41	19.48	22.72	22.6	20.12
4029-300.000 520.030 201.040 518182.632.155.16.315.594129-310.000 520.030 201.040 5 20 π -78.9 -79.0 -76.1 -76.9 -76.2 4232-330.000 590.028 901.1 22 π 11.93 11.3212.5015.7014.344332-330.000 590.028 901.1 24 π 20.6 21.7π 11.63 11.91 14.364432-330.000 590.028 901.1 25 π 8.37 9.87 10.69 12.63 10.44 4534-350.000 480.029 601.1 27 π -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 4634-360.000 480.029 601.1 30 π 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 4734-370.000 480.029 601.1 31 π 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 485-410.000 020.009 601.02 33 π 5.53 -11 -9.91 -5.08 -8.67 496-410.000 01 -0.001 01.019 3 35 π -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 507-410.000 020.009 601.02 38 π -3.11 -9.91 </td <td>39</td> <td>26-28</td> <td>0.000 55</td> <td>0.029 1</td> <td>0</td> <td>1.1</td> <td>17_无功</td> <td>37.97</td> <td>35.51</td> <td>37.89</td> <td>39.10</td> <td>38.38</td>	39	26-28	0.000 55	0.029 1	0	1.1	17_无功	37.97	35.51	37.89	39.10	38.38
4129-31 0.00052 0.0302 0 1.0405 $20 - 5.91$ -76.1 -76.1 -76.9 -76.1 4232-33 0.00059 0.0289 0 1.1 $22 - \pi \pi$ 11.93 11.32 12.50 15.70 14.34 43 $32-33$ 0.00059 0.0289 0 1.1 $22 - \pi \pi$ 11.93 11.32 12.50 15.70 14.34 44 $32-33$ 0.00059 0.0289 0 1.1 $24 - \pi \pi$ 20.06 21.78 11.63 11.91 14.36 45 $34-35$ 0.00048 0.0296 0 1.1 $25 - \pi \pi$ -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 $34-36$ 0.00048 0.0296 0 1.1 $28 - \pi \pi$ -3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 47 $34-37$ 0.00048 0.0296 0 1.1 $30 - \pi \pi$ 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 $5-41$ 0.00048 0.0296 0 1.1 $31 - \pi \pi$ 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 49 $6-41$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 $35 - \pi \pi$ -12.2 -14.7 -13.6 -8.7 -12.3 50 $7-41$ 0.00007 0.01811 0 0.9545 $36 - \pi \pi$ 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 $5-42$ 0.00007 0.01811 0 0.9545 <t< td=""><td>40</td><td>29-30</td><td>0.000 52</td><td>0.030 2</td><td>0</td><td>1.040 5</td><td>18_尤切 20 王功</td><td>2.63</td><td>2.15</td><td>5.1</td><td>6.31</td><td>5.59</td></t<>	40	29-30	0.000 52	0.030 2	0	1.040 5	18_尤切 20 王功	2.63	2.15	5.1	6.31	5.59
42 32.33 0.00059 0.0289 0 1.1 $22\pi\pi$ 102.5 -05.1	41	29-31	0.000 52	0.030 2	0	1.040 5	20_九功 21 无功	-/8.9	-/9.0	-/0.1	-/0.9	-/6.2
4332-330.000 590.028 901.124元功20.0611.5211.5311.6311.9114.364432-330.000 590.028 901.125元功8.379.8710.6912.6310.444534-350.000 480.029 601.127元功-24.4-25.7-25.8-22.9-22.24634-360.000 480.029 601.128元功-0.44-25.7-25.8-22.9-22.24734-370.000 480.029 601.13030.1-1.05-8.22-4.92-0.98485-410.000 020.009 601.0233335054.1454.1953.56496-410.000 01-0.00 101.019 335 π -12.2-14.7-13.6-8.7-12.3507-410.000 070.018 100.954 536 π -3.11-9.91-5.08-8.67515-420.000 01-0.00 101.019 339 π 54.6855.8054.7554.7154.93538-420.000 070.018 100.954 540 π 24.4125.5024.9723.6623.86	42	32-33	0.000 59	0.028 9	0	1.1	21_元功 22 无功	11.93	11 32	-02.0 12.50	15 70	14 34
44 $32-33$ 0.00059 0.0289 0 1.1 25 $\overline{\Sigma}$ 8.37 9.87 10.69 12.63 10.44 45 $34-35$ 0.00048 0.0296 0 1.1 27 $\overline{\Sigma}$ -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 $34-36$ 0.00048 0.0296 0 1.1 27 $\overline{\Sigma}$ -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 47 $34-37$ 0.00048 0.0296 0 1.1 30 $\overline{\Sigma}$ 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 $5-41$ 0.00002 0.0096 0 1.02 33 $\overline{\Sigma}$ \overline{D} -8.22 -4.92 -0.98 49 $6-41$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 35 $\overline{\Sigma}$ \overline{D} $-1.4.7$ -13.6 -8.7 -12.3 50 $7-41$ 0.00007 0.0181 0 0.9545 36 $\overline{\Sigma}$ 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 $5-42$ 0.00002 0.0096 0 1.02 38 $\overline{\Sigma}$ -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 38 $\overline{\Sigma}$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 39 $\overline{\Sigma}$ 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 $8-42$ 0.00007 0.0181 0 0.9545 40 $\overline{\Sigma}$ 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	43	32-33	0.000 59	0.028 9	0	1.1	<u></u> _元功 24 无功	20.06	21.78	11.63	11.91	14.36
45 $34-35$ 0.00048 0.0296 0 1.1 27 无功 -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 46 $34-36$ 0.00048 0.0296 0 1.1 28 无功 -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 47 $34-37$ 0.00048 0.0296 0 1.1 30 无功 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 47 $34-37$ 0.00048 0.0296 0 1.1 31 5.5 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 $5-41$ 0.00002 0.0096 0 1.02 33 5.5 83.90 54.14 54.19 53.56 49 $6-41$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 35 5.5 -12.2 -14.7 -13.6 -8.7 -12.3 50 $7-41$ 0.00007 0.0181 0 0.9545 36 5.5 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 $5-42$ 0.00002 0.0096 0 1.02 38 5.7 -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 52 $6-42$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 39 5.7 54.75 54.71 54.93 53 $8-42$ 0.00077 0.0181 0 0.9545 40 5.75 24.97 23.66 23.86	44	32-33	0.000 59	0.028 9	0	1.1	25 无功	8.37	9.87	10.69	12.63	10.44
4634-360.000 480.029 601.128<无功 -24.4 -25.7 -25.8 -22.9 -22.2 4734-370.000 480.029 601.1 30 50 301 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 485-410.000 020.009 601.02 33 50 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 496-410.000 01 -0.001 01.019 3 35 5 53 54.14 54.19 53.56 496-410.000 070.018 100.954 5 36 5 83.90 54.14 54.19 53.56 507-410.000 070.018 100.954 5 36 5 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 $5-42$ 0.000 020.009 60 1.02 38 $5x$ -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 38 5.42 0.000 01 -0.001 0 1.019 39 $5x$ 54.75 54.71 54.93 52 $6-42$ 0.000 01 -0.001 0 0.954 39 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 $8-42$ 0.000 070.0180 0.954 40 $5x$ 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	45	34-35	0.000 48	0.029.6	0	11	27_无功	-24.4	-25.7	-25.8	-22.9	-22.2
47 34-37 0.000 48 0.029 6 0 1.1 30_无功 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 47 34-37 0.000 48 0.029 6 0 1.1 31_无功 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 5-41 0.000 02 0.009 6 0 1.02 33_无功 69.52 83.90 54.14 54.19 53.56 49 6-41 0.000 01 -0.00 1 0 1.019 3 35_无功 -12.2 -14.7 -13.6 -8.7 -12.3 50 7-41 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 36_无功 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 5-42 0.000 02 0.009 6 0 1.02 38_无功 -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 38_无功 -3.11 -0.85 -4.38 4.71 2.98 52 6-42 0.000 01 -0.001 0 1.019 3 39_无功 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 8-42 0.00	15	34-36	0.000.49	0.029.6	ñ	1.1	28_无功	-24.4	-25.7	-25.8	-22.9	-22.2
47 $34-37$ 0.00048 0.0296 0 1.1 $31_{\overline{x}}$ 3.01 -1.05 -8.22 -4.92 -0.98 48 $5-41$ 0.00002 0.0096 0 1.02 $33_{\overline{x}}$ 69.52 83.90 54.14 54.19 53.56 49 $6-41$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 $35_{\overline{x}}$ -12.2 -14.7 -13.6 -8.7 -12.3 50 $7-41$ 0.00007 0.0181 0 0.9545 $36_{\overline{x}}$ 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 $5-42$ 0.00002 0.0096 0 1.02 $32_{\overline{x}}$ -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 52 $6-42$ 0.00001 -0.001 0 1.0193 $39_{\overline{x}}$ 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 $8-42$ 0.00007 0.0181 0 0.9545 40 \overline{x} 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	40	24-20	0.000 40	0.0290	0	1.1	30_无功	3.01	-1.05	-8.22	-4.92	-0.98
48 5-41 0.000 02 0.009 6 0 1.02 33_无功 69.52 83.90 54.14 54.19 53.56 49 6-41 0.000 01 -0.00 1 0 1.019 3 35_无功 -12.2 -14.7 -13.6 -8.7 -12.3 50 7-41 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 36_无功 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 5-42 0.000 02 0.009 6 0 1.02 38_无功 -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 52 6-42 0.000 01 -0.00 1 0 1.019 3 39_无功 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 8-42 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 40 无功 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	4/	54-57	0.000 48	0.029.6	U	1.1	31_无功	3.01	-1.05	-8.22	-4.92	-0.98
49 6-41 0.000 01 -0.00 1 0 1.019 3 35_太功 -12.2 -14.7 -13.6 -8.7 -12.3 50 7-41 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 36_无功 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 5-42 0.000 02 0.009 6 0 1.02 38_无功 -3.11 -9.91 -5.08 -8.67 52 6-42 0.000 01 -0.00 1 0 1.019 3 39_无功 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 8-42 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 40 无功 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	48	5-41	0.000 02	0.009 6	0	1.02	33_无功	69.52	83.90	54.14	54.19	53.56
50 7-41 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 36_尤功 0.24 2.32 5.45 3.43 3.83 51 5-42 0.000 02 0.009 6 0 1.02 37_无功 -8.53 -11 -9.91 -5.08 -8.67 52 6-42 0.000 01 -0.00 1 0 1.019 3 39_无功 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 8-42 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 40 无功 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	49	6-41	0.000 01	-0.00 1	0	1.019 3	35_尢功	-12.2	-14.7	-13.6	-8.7	-12.3
515-42 $0.000\ 02$ $0.009\ 6$ 0 1.02 $57\ -\Sigma\ 39$ -8.53 -11 -9.91 -5.08 -8.67 52 $6-42$ $0.000\ 01$ $-0.00\ 1$ 0 $1.019\ 3$ $38\ -\mathbb{R}\ J$ -3.11 -0.85 -4.38 4.71 2.98 53 $8-42$ $0.000\ 07$ $0.018\ 1$ 0 $0.954\ 5$ $40\ -\mathbb{R}\ J$ 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	50	7-41	0.000 07	0.018 1	0	0.954 5	56_尤切 27 工 ^社	0.24	2.32	5.45 0.01	5.43	5.83 0 47
52 $6-42$ $0.000\ 01$ $-0.00\ 1$ 0 $1.019\ 3$ $39_$ 无功 54.68 55.80 54.75 54.71 54.93 53 $8-42$ $0.000\ 07$ $0.018\ 1$ 0 $0.954\ 5$ $40\ $ 无功 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	51	5-42	0.000 02	0.009 6	0	1.02	31_兀坝 28 平市	-0.55	-11	-9.91	-5.08	-0.0/
53 8-42 0.000 07 0.018 1 0 0.954 5 40 无功 24.41 25.50 24.97 23.66 23.86	52	6-42	0.000 01	-0.00 1	0	1.019 3	30_九切 30 无功	-5.11 54.68	-0.85		4.71 54 71	2.90 54 93
	53	8-42	0.000 07	0.018 1	0	0.954 5	40 无功	24.41	25.50	24.97	23.66	23.86