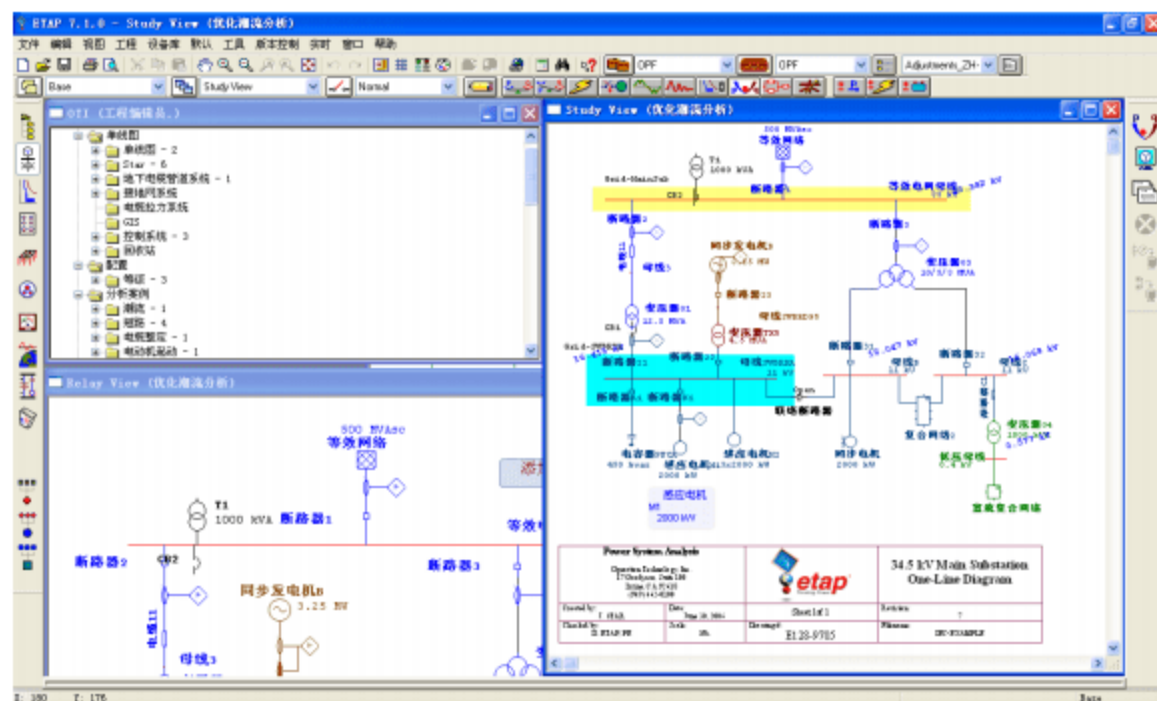


(Optimal Power Flow Analysis)

在对电力系统进行设计、规划和指导运行上，ETAP 的优化潮流程序（OPF）是一个非常强大的模拟软件。它在分析电力系统潮流的同时，进行系统运行条件的优化，自动调节各种控制设置，并确保符合系统运行的约束条件。系统优化可以降低安装和运行成本，提高系统的整体性能，增强系统的可靠性和安全性。除了可以减少运行和安装成本，程序还提供了各种优化目标，包括了一个真实电力系统所有的优化标准。电力系统的任何一个实际控制都可以通过计算来模拟，如调整变压器带载调压分接头、发电机自动电压调节控制、串并联补偿、甩负荷等。您可以选择母线电压的约束、各种不同类型的支路潮流（视在功率 MVA、有功 MW、无功 Mvar 和电流）、以及不同的控制、约束。OPF 采用最新的优化技术，结合最先进的和最有效的计算方法，得出可靠、有效的分析结果。经过 20000 母线以上大系统的测试，均能以极快的速度得出计算结果。



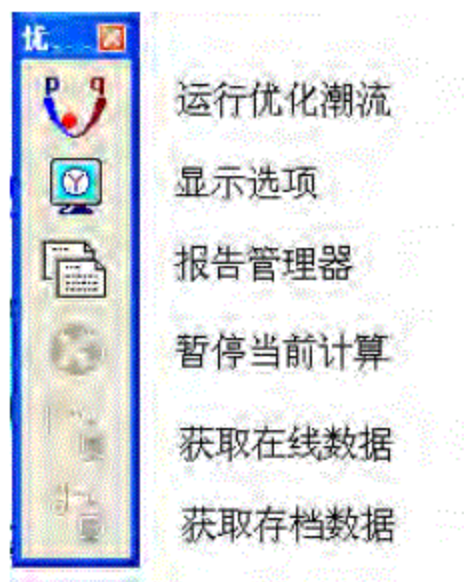
优化潮流（OPF）程序中的主要特性总结如下：

- 通用和集成数据库
- 完全继承三维数据结构包括无限显示图，无限的联接方式，多种数据版本
- 处理环形、辐射型或组合系统
- 多个平衡节点系统
- 含有孤岛子系统的系统
- 带有零阻抗支路系统
- 不带电母线及支路系统
- 根据运行温度自动调节电缆/线路电阻
- 根据容限自动调节过载加热器电阻
- 根据容限自动调节电缆/线路长度
- 根据容限自动调节变压器阻抗
- 根据容限自动调节限流电抗器阻抗
- 多种负荷类型
- 多种发电类型
- 负荷调整系数
- 精确的交流建模
- 最新的内部点算法
- 对数阻尼功能（包括等式和不等式的约束）
- 一次侧的双向搜寻方式
- 控制精度参数
- 系统有功功率损耗最小
- 系统无功功率损耗最小
- 平衡母线功率最小
- 并联无功补偿设备最少
- 燃料损耗最小
- 串联补偿最小
- 发电机成本最小
- 控制行动最少
- 控制调整最小
- 电压安全指标最大
- 潮流安全指标最大
- 电压曲线平坦化
- 用户自定义的目标函数
- 母线电压约束
- 线路潮流约束
- 控制限制约束
- 发电机无功限制约束
- 数据接口限制约束
- 任何变量的平滑函数
- 发电机有功 MW 和 无功 Mvar 控制
- 变压器带载调压分接头控制
- 变压器相移控制

- 并联补偿控制
- 串联补偿控制
- 开关电容控制

28.2 工具条(Study Toolbar)

进入优化潮流（OPF）程序的分析模式后，优化潮流（OPF）程序的分析工具条会出现在屏幕上，这个工具条有 6 个功能按钮，显示如下：



运行优化潮流（OPF）程序(Run Optimal Power Flow)

进入优化潮流（OPF）程序的分析模式后，在工具条的分析案例选一个分析案例，然后点击运行优化潮流（OPF）按钮，进行优化潮流（OPF）的分析。如果在输出报告列表中设定输出文件名为提示(Prompt)，这时就会弹出一个对话框要求您指定输出文件名。优化潮流（OPF）的分析结果将用单线图显示，也可以用文本和画图的形式来看输出报告。

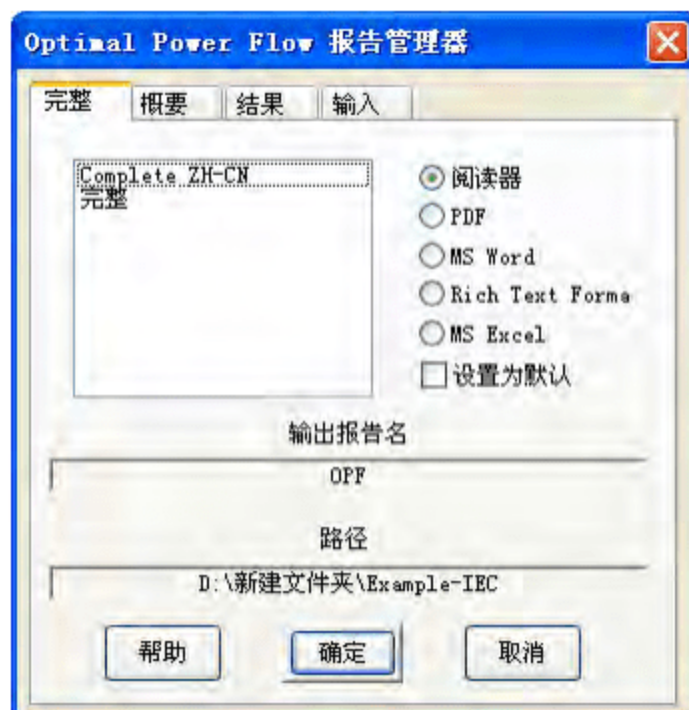
显示选项(Display Options)

在优化潮流（OPF）程序的分析模式中，点击这个图标来定义单线图注释的显示选项。更多信息参见显示选项部分。

报告管理器(Report Manager)

点击报告管理器按钮选择一个格式和查看优化潮流报告。优化潮流输出报告有水晶报告查看器，PDF，MS Word，Rich Text，MS Excel 格式。多个预先定义的报告在完全、输入、结果和总结页中。

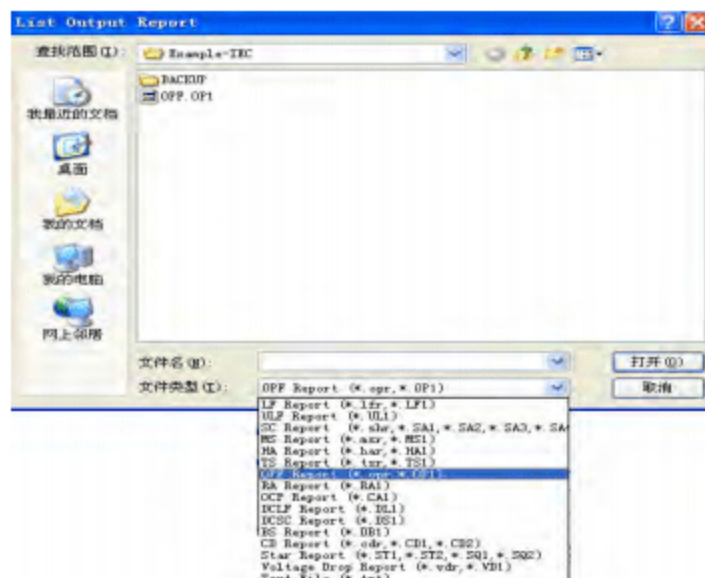
报告管理器提供四个属性页（完全、输入、结果和总结）用于查看输出报告的不同部分内容。Crystal 报告格式显示于 的报告管理器的每一页。



也可从输出报告下拉列标选择输出文件。



该栏包括所有的当前程序文件夹的所有的输出文件，而且有相同的扩展名。单击输出报告下拉列表旁的输出报告按钮可选择不同扩展名的输出文件。



的输出文件扩展名为 .OP1。

中断当前计算(Halt Current Calculation)

停止符按钮通常是不可用的。当优化潮流启动，这个按钮激活和显示红色停止标志。点击这个按钮可以停止当前运算。如果在计算完成前停止它，单线图显示和画图将不能用，输出报告不完整。

获取在线数据(Get On-Line Data)

ETAP 实时先进监测可用，这个按钮激活。点击这个按钮用实时值例如负荷，母线电压，等等，作为优化潮流的初始条件。

注意：这个功能允许优化系统已存在的操作。EMS 用 OPF 计算做在线优化 更多细节参看 EMS 一章。

获取存档数据(Get Archived Data)

当 ETAP 实时事件回放可用，这个按钮激活。点击这个按钮用档案数据例如负荷，母线电压，等等作为优化潮流的初始条件。

注意：用存档值给机会分析 ETAP 模块的以前运行条件和定义的替代方案。

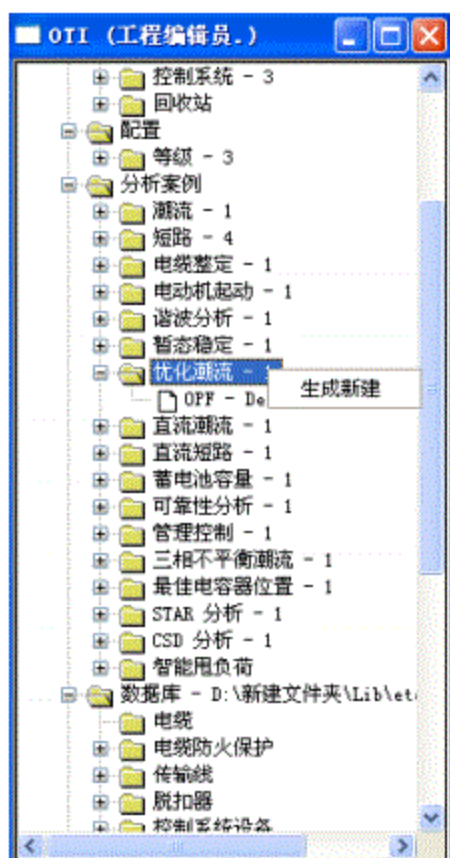
28.3 案例编辑器 (Study Case Editor)

28.3.1 案例编辑器-优化潮流 (Study Case Editor-OPF)

优化潮流 (OPF) 的分析案例编辑器包括精度控制变量、目标选择、约束设置、控制变量激活、系统负荷条件和报告选项。ETAP 可以让您在任何一种分析中建立和保存无数个分析案例。像任何其它的分析类型一样，您可以在不同的分析案例之间轻松切换。这一设计特点可以让您安排分析进程，节约您的时间。

分析案例可用于配置状态、单线图图形显示、基本/修正版本数据的任何组合。

要创建一个新的优化潮流的分析案例，进入项目编辑器，在分析案例的文件夹中右击优化潮流的子文件夹，选择新建。程序会在优化潮流的子文件夹中创建一个新的默认分析案例，它是默认分析案例的复制，加入优化潮流的子文件夹。



当您处于优化潮流的模式时，您可以点击分析案例工具条的分析案例按钮，进入优化潮流的分析编辑器。您也可以点击分析案例文件夹中的子文件夹来进入编辑器。

优化潮流的分析编辑器由信息属性页、目标属性页、母线电压约束属性页、支路潮流约束、变压器带载调压分接头属性页、发电机自动电压调节属性页、发电机有功属性页、并联补偿属性页、属性页共九个部分组成。

28.3.2 信息属性页 (Info Page)

分析案例标识(Study Case ID)

在分析案例标识输入框。您可以输入一个新的标识替代旧标识来重新命名一个分析案例。分析案例标识可以输入 12 个字符。使用编辑器底部的浏览按钮，可以从一个分析案例换到另一个分析案例。

精度参数(Solution Parameters)

限制精度因数(Barrier Factor)

限制因数是使用限制功能时的一个恒定数值。默认值是 0.0000001。程序启动时限制因素是 1，在循环计算中会自动减小。

不匹配潮流(Power Mismatch)

这是指不匹配潮流值。在 1MVA 基础上，默认值是每单位 0.001

最大迭代次数(Max. Iteration)

输入最大迭代次数。如果在给定的迭代次数下不能收敛，程序将终止运行并且通知用户。推荐和默认值为 50。

高级(Advanced)

点击该按钮可进入高级精度参数编辑器，给 设定附加的精度参数。

负荷类型>Loading Category

在这个分析案例中从 10 个负荷类型中选一种。选择类型后，ETAP 使用单个电动机负荷百分比和所选类型定义的其它的负荷。

注意：分别在铭牌属性页、负荷属性页或大多数负荷设备的额定值属性页分配负荷给 10 种负荷类型中的每一种。谐波滤波器负荷由它的参数计算出来。

运行 P, Q (Operating P, Q)

如果你的 ETAP 锁有在线功能这个选项可用。选择该选项框，在线数据或是由以前的潮流分析更新的运行负荷将用于潮流分析中。

发电类型 (Generation Category)

从当前 的十种发电类型里选择一类。在选择任何类型，ETAP 用发电机控制选择类型，如在发电机和电网编辑器的额定页指出的类型。根据发电机和电网操作模式发电机控制将不同。发电机和电网的操作模式在发电机和电网编辑器的信息页。这个表显示相对于运行模式的发电机控制。

运行模式	发电机种类控制
平衡	%V 和角度
电压控制	%V 和 MW
务工控制	MW 和 MVAR
功率因数控制	MW 和 PF

注意：在优化潮流计算，发电机或电网可以设置为自动电压调整和/或有功控制。在这种情况下，发电种类的发电机控制将被优化潮流控制设置替代。

运行 P,Q,V (Operating P, Q, V)

这个选项是当 ETAP 有在线特点时激活。当选中这个框，从在线数据或以前的潮流分析更新的发电机运行值将用在潮流计算里。

充电器负荷 (Charger Loading)**负荷类型 (Loading Category)**

选择该选项使用在充电器编辑器的负荷类型中为充电器设定的 P 和 Q。

运行负荷 (Operating Load)

选择该选项使用指定在充电器编辑器的运行负荷组的 P 和 Q。 注意：如果选中这个选项，为了估计充电器负荷它需要先运行直流潮流计算。

负荷调整系数 (Load Diversity Factor)

对基本的潮流还有谐波潮流和频率扫描分析应用适当的负荷调整系数。选择有：

无 (None)

选择“无”将使用所选的负荷类型所定义的百分比负荷，也就是不考虑调整系数。

最大值 (Bus Maximum)

当最大母线选项被选中，所有的电动机负荷和其他负荷均乘以直接相连的母线的最大调整系数。有这个选项，这样您在 中为有最大不同系数的每条母线定义初始负荷。当考虑到电力系统未来负荷，这个分析选项将很有帮助。

最小值 (Bus Minimum)

当选择最小母线负荷后，所有的电动机负荷和其他负荷均乘于直接相连的母线的最小调整系数。这样您可以在 中对有不同的最小调整系数的每一母线定义初始负荷。当需要调查照明负荷影响的情况下，这个分析选项将很有帮助。

全局调整系数 (Global Diversity Factor)

对全部的恒功率，恒阻抗，恒电流负荷和普通负荷输入调整系数。当你选择这个选项，ETAP 将对所有的电机，静态负荷，恒电流负荷和普通负荷的负荷种类乘以输入的各自负荷调整系数。

恒功率 (Constant kVA)

恒功率负荷包括感应电机，同步电机，常用等效负荷和不平衡等效负荷中的电机类负荷部分(%)，UPS 和充电器。

恒阻抗 (Constant Z)

恒阻抗负荷包括静态负荷，电容器组，滤波器，MOV 和常用等效负荷和不平衡等效负荷中的静态负荷部分。

恒电流 (Constant I)

恒电流负荷包括不平衡等效负荷中的恒电流部分(%)。

普通 (Generic)

普通负荷包括指数型，多项式型，全面型模型建立的等效负荷。

注意：电机的负荷乘数系数 125%意味着所有母线的电机负荷都比标称值增加 25%。该值可以小于或大于 100%。

初始条件(Initial Condition)

这节为潮流计算指定所有母线的电压和角度的初始条件。

使用母线电压(Use Bus Voltage)

选此选项来使用在母线编辑器的信息页中定义的母线电压和角度。用这个选项，你可以用母线电压设定潮流初始条件。

使用恒定电压值(Use Fixed Voltage)

这个选项允许你用固定的母线电压幅度和相角给所有母线设定潮流初始条件。当你选择固定初始条件选项，你必须输入初始电压值（电压标称值的百分数）。默认值是母线电压幅度的 100%和母线电压角度是零度。

燃料/能源成本 (Fuel / Energy Cost)

这部分用于选择一个发电机/等效电网燃料/能源成本类型。

成本图 (Cost Profile)

从列表中选择一种燃料/能源成本类型。所选择的燃料/能源成本函数用于燃料最小化计算中。

更新 (Update)

这部分是用 结果更新控制设定。

注意：如果从未更改设定的话，只有那些被当前分析案例激活的控制被更新。

发电机电压(Generator Voltage)

如果选中此选项，发电机电压和电网运行设置将会更新。

带载调压分接头(LTC)

如果选中此选项，变压器带载调压分接头设置将会更新。

发电机无功 VAR(Generator var)

如果选中此选项，发电机和电网运行 kvar/Mvar 将会更新。

发电机有功 MW(Generator MW)

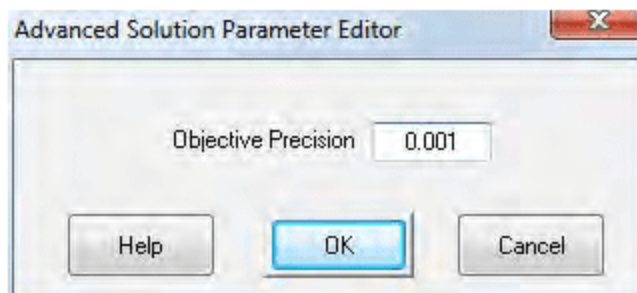
如果选中此选项，发电机和电网运行 kW/MW 将会更新。

并联补偿(Shunt Compensation)

如果选中此选项，并联补偿设备（电容和 SVC）的运行 kvar/Mvar 将会更新。

28.3.3 高级精度参数编辑器(Advanced Solution Parameter Editor)

在这个编辑器中当前仅有一个参数可用。

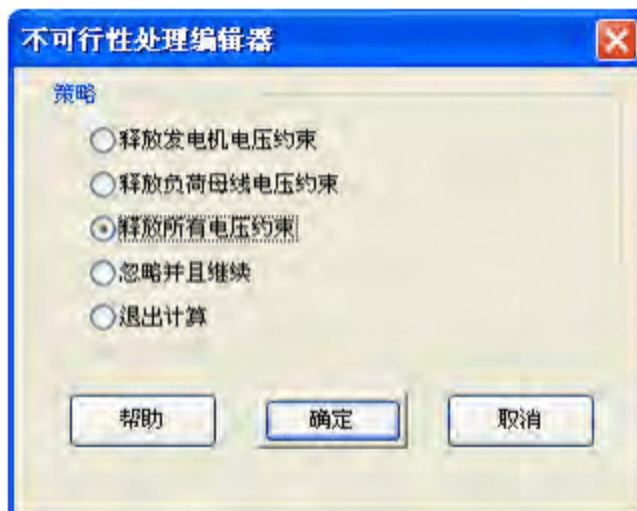


目标精度 (Objective Precision)

这个参数定义目标函数收敛的精度。缺省值是 0.001。在大多是案例中推荐不改变这个参数。

28.3.4 不可行处理编辑器(Inf feasibility Handling Editor)

单击不可行处理按钮打开编辑器。



策略(Strategy)

当优化潮流计算目标方程、约束、电力系统平衡方程遇到抵触时，此节提供了不可行处理的不同策略。在运算中一旦遇到不可行处理的情况发生，选中的策略将自动强制执行。

释放发电机电压约束(Relax Generator Voltage Constraints)

选择此项可以解除发电机和电网电压约束。

释放负荷母线电压约束(Relax Load Bus Voltage Constraints)

选择此项可以解除负荷母线电压约束。

释放所有电压约束(Relax All Voltage Constraints)

选择此项可以解除包括发电机母线，电网母线，和负荷母线的所有母线的电压约束。

忽略和继续(Ignore and Continue)

选择此项可继续优化，而不进行约束的释放。计算将一直进行，直到在给定的叠代次数内或达到最大重复次数找到可行的解。

退出计算(Quit Calculation)

选择此项，一旦遇到不可行的情况即退出计算。

28.3.5 目标属性页 (Objective Page)

在这一页您可以选择分析案例的目标。

优化潮流分析案例

发电机自动电压调节器 (AVR)	发电机有功	并列比较	调整
信息	目标	母线电压约束	支路潮流约束
			LTC

目标选择

	重量	指数
☒ 最小化有功损耗	100	
☐ 最小化无功损耗	100	
☐ 最小化平衡母线功率	100	
☐ 最小化并联无功设备	100	
☐ 最小化燃料成本	100	
☐ 最小化串联补偿	100	
☐ 最小化甩负荷	100	
☐ 最小化控制	☒ 运转 ☐ 调节	
☐ 优化电压安全指标	100	1
☐ 优化线路潮流安全指标	100	1
☐ 平坦电压曲线	100	

目标选择(Objective Selection)

为分析案例选择目标。您可以选择多个目标，用加权系数来组合它们。

有功功率损耗最小(Minimize Real Power Losses)

选择此项使系统有功功率损耗最小。

无功功率损耗最小(Minimize Reactive Power Losses)

选择此项使系统无功功率损耗最小。

平衡母线功率最小(Minimize Swing Bus Power)

选择此项使平衡母线的有功功率最小。

并联无功设备最少(Minimize Shunt var Devices)

选择此项可以优化来自并联无功控制设备产生的无功的利用。

注意：选择这项时，必须在并联补偿页指定某些并联设备(电容器)。

燃料成本最小(Minimize Fuel Cost)

选择此项使可用发电机的发电总成本最小。

注意：选择该项时，必须在发电机有功属性页设定发电机有功控制。

串型补偿最小(Minimize Series Compensation)

选择此项可以优化来自串联无功控制设备产生的无功的利用。这一目标暂不使用。

甩负荷最小(Minimize Load Shedding)

选择此项根据不同母线的甩负荷原则使用甩负荷最小。这一目标暂不使用。

最小控制(Minimize Control)

有两种最小控制方法。一种是控制动作最小。在这种情况下，控制动作总数将被调整到最小。另一种方法就是控制调节最小。在这种情况下，所有控制调节将被减到最小。分析案例的所有控制选择例如有载调压，并联补偿等被影响。

电压安全指标最大(Maximize Voltage Security Index)

选择优化母线电压安全指标。母线电压安全指标公式：

$$J = \sum_i^{\text{All Buses}} \left(\frac{V_i - V_{i,avg}}{dV_i} \right)^{2n}$$

其中

$$V_{i,avg} = (V_{i,max} + V_{i,min}) / 2$$

$$dV_i = (V_{i,max} - V_{i,min}) / 2$$

潮流安全指标最大(Maximize Line Flow Security Index)

选择潮流安全指标最大。潮流安全指标公式最小化为：

$$J = \sum_j^{\text{All Branches}} \left(\frac{P_j}{F_j} \right)^{2n}$$

这里 P_j 是线路， F_j 指线路（支路）限制的最大极限。

电压曲线平坦化(Flat Voltage Profile)

选择此项优化系统不同的控制设置，来使母线电压曲线平坦化。例如：最小化母线的电压幅值差异。

加权系数(Weight)

给每一个目标分配加权系数。一个更大的加权系数表示更高的权重并被赋予相关的目标。

指数(Exponent)

不同的 n 对应不同的母线电压和潮流指标方程。

28.3.6 带载调压分接头属性页 (LTC Page)

该页提供变压器带载调压分接头的控制和设置加权系数。最小分接头和最大分接头直接来自变压器带载调压参数。