一：结构脆弱性指标

在结构脆弱性评价中，使用了电气度、电气介数和PageRank值来评估各个节点对与电网结构的重要程度，进一步得出各个电网节点的脆弱程度。

电气度指标是综合考虑各节点连接数量和连接强度得到的脆弱性指标，其数值衡量的是节点在电网拓扑结构中承担的应力大小。

电气介数综合考虑了所连支路对其的影响。支路的电气介数则衡量了所有发电-负荷节点对支路潮流的影响，从而在分析时，不仅考虑了拓扑的影响而且增加了能量变化的考虑，使得结构的衡量更完善。电气介数不局限于能量、信息沿着网络的最短路径传播，更体现了电能在整个网络支路的分布情况。同时，电气介数还分别考虑了发电节点和负荷节点的变化影响，改变他们的容量，网络各节点的重要性也会发生变化。

PageRank最早是被应用于互联网网页结构的模型上的，是对所有网页的重要度进行量化评估的一种算法。和互联网类似，电网中，每条支路上的潮流是有确定方向的，所以可以被视为一个有向图。其中，每个母线节点被视为一个网页，母线节点之间的电气连接被视为网页中的超链接，根据电流的方向决定超链接的方向。所以根据PageRank算法的思想，我们认为潮流流向多的节点，对于电网的重要程度越大。

从以上结构脆弱性指标的描述来看，各指标从不同的方面来考虑的，其中结构脆弱指标的提出都有其比较权威的理论依据，因此，每个节点的脆弱性指标的数值能够衡量其在电网拓扑的重要程度。在选定归一化方法时，为了更好地衡量各节点在电网中的脆弱程度，不改变指标数值的原始分布，通过比较各类归一化方法后，采用离差标准化方法。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 节点序号 | 电气度指标 | 电气介数指标 | PageRank值 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39 | 0.086924952  0.507756514  0.212417624  0.260485416  0.518219694  1  0.309635969  0.319050739  0.047102245  0.644344321  0.321857272  0  0.313506292  0.294699744  0.150832887  0.702443253  0.203569872  0.08070881  0.613414417  0.316762885  0.445971669  0.653758374  0.462785664  0.194520487  0.408317466  0.303558847  0.119219078  0.210788875  0.670307453  0.105556919  0.306737872  0.29880342  0.283977411  0.22519754  0.302835147  0.246277315  0.237532647  0.387392146  0.015510059 | 0.230348929  0.713870587  0.711647114  0.572099497  0.226085642  0.503485706  0.277191576  0.608998063  0.451887203  0.690312667  0.424945152  0  0.252871293  0.244978418  0.380901879  1  0.207053465  0.182479179  0.676656584  0.692736421  0.664135765  0.687089744  0.693184789  0.383108926  0.66937866  0.402464484  0.33135194  0.25769646  0.683970816  0.510686205  0.026491918  0.690312667  0.68455485  0.665173423  0.690312667  0.676175494  0.673137612  0.690559802  0.695379301 | 0.131020681  0.298554703  0.639183338  1  0.209128679  0.314075081  0.179009284  0.462906823  0.514658016  0.121158521  0.114064772  0.052371565  0.110080368  0.187549614  0.508650374  0.782654015  0.332121968  0.32250596  0.121158521  0.183458526  0.204129549  0.121158521  0.141174112  0.241158154  0.121158521  0.370358706  0.516940852  0.144614587  0.121158521  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0.791086603 |

PQ节点也称负荷节点，属于这一类的节点有纯负荷节点（如变电所母线），有功功率和无功功率都给定的发电机节点（包括节点上带有负荷）和联络节点（注入有功功率都等于0），由于联络节点的负荷在平衡点处负荷为0，因此。其在稳定运行点范围内电网有功损耗不变，故认为这类节点的灵敏度为0.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 节点序号 | 电压裕度指标 | 灵敏度指标 | PageRank值 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29 | 0  0.627763605  0.868532753  0.681365198  0.548173985  0.513990896  0.493134944  0.440628844  0.234327507  0.615287695  0.585145902  0.52049683  0.64839947  0.742688646  0.643616556  0.69500044  0.831020315  0.885074662  1  0.221686653  0.473735759  0.411534686  0.345775724  0.622365665  0.460615009  0.748966045  0.657596651  0.490373345  0.588829917 | 0.333864456  0  0.173992035  0.175148734  0  0  0.187816277  0.243415763  0.318257774  0  0  0.113091151  0  0  0.04447175  0.106956156  0  0.0783821  0  0.413774827  0.256847857  0  0.509079018  0.111699933  0.776181665  0.443079199  0.150193042  0.753896625  1 | 0.131020681  0.298554703  0.639183338  1  0.209128679  0.314075081  0.179009284  0.462906823  0.514658016  0.121158521  0.114064772  0.052371565  0.110080368  0.187549614  0.508650374  0.782654015  0.332121968  0.32250596  0.121158521  0.183458526  0.204129549  0.121158521  0.141174112  0.241158154  0.121158521  0.370358706  0.516940852  0.144614587  0.121158521 |