

ICS 19.020  
CCS K85

# 团体标准

T/CSEE XXXX—YYYY  
代替 T/XXXX

## 架空输电线路结构可靠性鉴定标准

Specification for structure appraisal of overhead transmission  
lines tower

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电机工程学会 发布

## 前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准共分 11 章和 4 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、调查与检测、结构分析与校核、杆塔构件及节点的鉴定评级、杆塔结构体系的鉴定评级、地基基础的鉴定评级、拉线系统的鉴定评级、单元的综合鉴定评级及鉴定报告等。

本标准由中国电机工程学会负责管理，由……提出，由……负责日常管理，由中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

参编单位：武汉中电工程检测有限公司

中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

湖北省电力勘测设计院有限公司

重庆大学

国家电网公司华中分部

国家电网公司湖北省电力有限公司

武汉大学

湖北工业大学

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

中国电力科学研究院有限公司

国网河南省电力公司电力科学研究院

主要起草人：

主要审查人：

## 目 次

1	总 则.....	1
2	术语、符号.....	2
2.1	术 语 .....	2
2.2	符 号 .....	3
3	基本规定.....	4
3.1	一般规定 .....	4
3.2	鉴定程序及其工作内容 .....	4
3.3	鉴定评级标准 .....	7
3.4	鉴定评级步骤 .....	10
4	调查与检测.....	14
4.1	一般规定 .....	14
4.2	使用条件的调查与检测 .....	15
4.3	现状的调查与检测.....	17
5	结构分析与校核.....	21
6	杆塔构件及节点的鉴定评级.....	22
6.1	杆塔构件及节点安全性等级评定 .....	22
6.2	杆塔构件及节点使用性等级评定 .....	27
6.3	杆塔构件及节点可靠性等级评定 .....	28
7	杆塔结构体系的鉴定评级.....	29
7.1	杆塔结构体系的安全性等级评定 .....	29
7.2	杆塔结构体系的使用性等级评定 .....	29
7.3	杆塔结构体系的可靠性等级评定 .....	30
8	地基基础的鉴定评级.....	31
8.1	地基基础的安全性等级评定 .....	31

8.2	地基基础的使用性等级评定 .....	32
8.3	地基基础的可靠性等级评定 .....	33
9	拉线系统的鉴定评级.....	34
9.1	拉线系统的安全性等级评定 .....	34
9.2	拉线系统的使用性等级评定 .....	34
9.3	拉线系统的可靠性等级评定 .....	34
10	单元的综合鉴定评级.....	35
10.1	自立式杆塔单元的综合鉴定评级 .....	35
10.2	拉线塔单元的综合鉴定评级 .....	35
11	鉴定报告.....	35
附录 A	老龄混凝土回弹值龄期修正的规定 .....	37
附录 B	塔材构件腐蚀的检测 .....	38
附录 C	角钢构件整体弯曲状态下轴压承载力折减系数 .....	40
附录 D	钢构件腐蚀程度等级 .....	42
	本标准用词说明.....	42
	引用标准名录.....	44

# 架空输电线路结构可靠性鉴定标准

## 1 范围

1.1 为了适应架空输电线路结构可靠性鉴定的发展和需要，保证鉴定质量，保障既有架空输电线路安全，制定本标准。

1.2 本标准适用于既有架空输电线路结构的可靠性鉴定，包括自立式杆塔、拉线杆塔及其基础。

1.3 地震区、特殊地基土地区或特殊环境中既有架空输电线路结构的可靠性鉴定，除应执行本标准外，尚应遵守国家有关标准规范的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 既有架空输电线路结构

已建成的、为输送电能服务的架空输电线路杆塔、拉线和基础。

#### 2.1.2 可靠性鉴定

对既有架空输电线路杆塔和基础的安全性、正常使用性所进行的调查、检测、分析验算和评定等一系列活动。

#### 2.1.3 目标工作年限

既有架空输电线路杆塔和基础鉴定时所期望的后续工作年限。

#### 2.1.4 调查

通过查阅文件，现场观察和询问等手段进行的信息收集活动。

#### 2.1.5 检测

对既有架空输电线路杆塔和基础的状况或性能所进行的检查、测量和检验等工作。

#### 2.1.6 监测

对既有架空输电线路杆塔和基础的状况或作用所进行的经常性或连续性的观察或测量。

#### 2.1.7 评定

根据调查、检测和分析验算结果，对既有架空输电线路杆塔和基础的安全性和正常使用性按照规定的标准和方法所进行的评价。

#### 2.1.8 构件

结构系统的基本鉴定单位，一般是指承受各种作用的结构部件，如角钢、节点板、螺栓、基础立柱等。

#### 2.1.9 重要构件

其自身失效导致其他构件失效并危及结构系统安全工作的构件，主要指杆塔塔身主材、受力斜材或拉线、基础等。

#### 2.1.10 次要构件

其自身失效并不一定会导致其他构件失效，主要指杆塔非受力斜材及辅助材。

#### 2.1.11 结构系统

鉴定单元中根据架空输电线路结构的不同使用功能所细分的鉴定单元，对架空输电线路结构一般可分为地基基础、杆塔结构及拉线三个结构系统。

#### 2.1.12 鉴定单元

对于自立式杆塔，鉴定单元可取一基杆塔及地基基础；对于拉线杆塔，鉴定单元可取一基杆塔、地基基础和拉线系统。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 结构性能及作用效应：

$R$  --结构或构件的抗力；

$R'_G$  --考虑锈蚀和弯曲折减后的结构或构件抗力；

$R'_L$  --考虑腐蚀、紧固和缺失折减后的螺栓抗力；

$S$  --结构或构件的作用效应；

$\gamma_0$  --结构重要性系数。

### 2.2.2 鉴定评级：

$a_a, b_a, c_a, d_a$  --构件及连接的安全性鉴定等级；

$a_s, b_s, c_s$  --构件及连接的使用性鉴定等级；

$a, b, c, d$  --构件及连接的可靠性鉴定等级；

$A_a, B_a, C_a, D_a$  --杆塔结构体系、地基基础及拉线系统的安全性鉴定等级；

$A_s, B_s, C_s$  --杆塔结构体系、地基基础及拉线系统的水平位移鉴定等级；

$A, B, C, D$  --杆塔结构体系、地基基础及拉线系统的可靠性鉴定等级；

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 架空输电线路结构的可靠性鉴定，应符合下列要求：

1 在下列情况下，应进行可靠性鉴定：

- 1) 达到设计工作年限拟继续使用时；
- 2) 用途或工作环境改变时；
- 3) 利用原杆塔结构进行改造；
- 4) 遭受灾害或事故受损时；
- 5) 存在较严重的质量缺陷或者出现较严重的腐蚀、损伤、变形时。

2 在下列情况下，宜进行可靠性鉴定：

- 1) 维护工作中需要进行常规检测鉴定时；
- 2) 需要进行全面、大规模维修时；
- 3) 其他需要掌握结构可靠性水平时。

3.1.2 鉴定对象可以是架空输电线路杆塔构件、构件组成的杆塔体系、拉线系统和地基基础。

3.1.3 鉴定对象的目标工作年限，应根据架空输电线路结构的工作历史、已工作年限、当前的技术状况和今后的维修计划，由委托方和鉴定方共同商定。

### 3.2 鉴定程序及其工作内容

3.2.1 架空输电线路结构可靠性鉴定，应按下列规定的程序（图 1）进行。

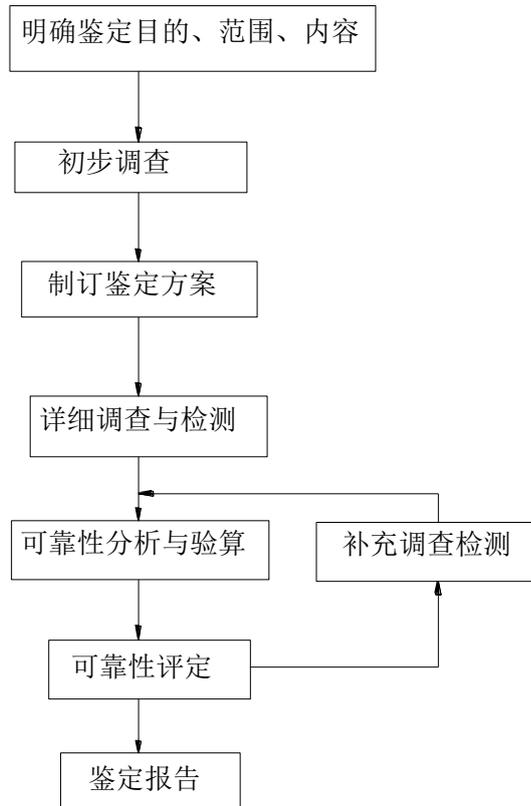


图1 可靠性鉴定程序

3.2.2 鉴定的目的、范围和内容，应在接受鉴定委托时根据委托方提出的鉴定原因和要求，经协商后确定。

3.2.3 初步调查应包括下列基本工作内容：

a) 查阅图纸资料，包括工程地质勘察报告、设计图、竣工资料、检查观测记录、历次加固和改造图纸和资料、事故处理报告等。

b) 调查架空输电线路的历史情况，包括施工、维修、加固、改造、用途变更、工作条件改变以及受灾害等情况。

c) 考察现场，调查架空输电线路杆塔和基础的实际状况、工作条件以及目前存在的问题。

d) 确定详细调查与检测的工作大纲，拟定鉴定方案。

3.2.4 鉴定方案应根据鉴定对象的特点、初步调查结果、鉴定目的和要求制订。其内容应包括检测鉴定的依据、详细调查与检测的工作内容、检测方案和主要检测方法、工作进度计划及需由委托方完成的准备工作等。

3.2.5 详细调查与检测宜根据实际需要选择下列工作内容：

1 详细研究相关文件资料。

2 详细调查结构上的作用和环境中的不利因素，以及它们在目标工作年限内可能发生的变化，必要时测试结构上的作用或作用效应。

3 检查结构布置和构造、支撑系统、结构构件及连接情况，详细检测结构存在的缺陷和损伤，包括杆塔主材构件、斜材构件、辅助材构件、拉线及其连接节点存在的缺陷和损伤。

4 检查或测量基础的裂缝、位移或变形。

5 调查和测量地基的变形，检测地基变形对上部杆塔的影响。

6 检测结构材料的实际性能和构件的几何参数。

3.2.6 可靠性分析与验算，应根据详细调查与检测结果，对架空输电线路杆塔和基础的整体和各个组成部分的可靠度水平进行分析与验算，包括结构分析、结构或构件安全性和正常使用性校核分析、所存在问题的原因分析等。

3.2.7 当既有架空输电线路建成时间较短时，经与委托者协商可不进行检测，可靠性鉴定以原线路竣工图为依据开展工作。

3.2.8 架空输电线路结构的可靠性鉴定评级，划分为构件、结构系统、鉴定单元三个层次，包括安全性等级和使用性等级评定，并由此综合评定其可靠性等级；安全性分四个等级，使用性分三个等级，各层次的可靠性分四个等级，并按表 1 规定的评定项目分层次进行评定。

表 1 架空输电线路结构可靠性鉴定评级的层次、等级划分及项目内容

层次	I	II		III	
层名	鉴定单元	结构系统		构件	
等级	一、二、三、四	A、B、C、D		a、b、c、d	
可靠性鉴定	自立式杆塔单元、拉线塔单元	安全性评定	等级	Aa、Ba、Ca、Da	aa、ba、ca、da
			地基基础	地基变形、斜坡稳定性	—
				承载力	—
			上部杆塔结构	整体性	—
		承载能力		构件及节点承载能力	
		正常使用性评定	等级	As、Bs、Cs	as、bs、cs
地基基础	完整性		—		
上部杆塔结构	影响电气间隙的整体变形		构件及节点变形、腐蚀		

3.2.9 架空输电线路可靠性鉴定工作完成后，应提出鉴定报告。鉴定报告的编写应符合本标准第 10 章的要求。

### 3.3 鉴定评级标准

3.3.1 杆塔构件及节点的可靠性应按安全性、使用性分别鉴定，并按下列规定评定等级。

① 杆塔构件及节点的安全性，分为 aa、ba、ca、da 四级，评级标准应符合表 2 的规定。

表 2 构件及节点的安全性评级标准

级别	分级标准	是否采取措施
aa 级	符合国家现行标准规范的安全性要求，不影响整体安全	不必采取措施
ba 级	略低于国家现行标准规范的安全性要求，仍能满足结构安全性的下限水平要求，不影响安全	可不必采取措施

ca 级	不符合国家现行标准规范的安全性要求，影响安全	应采取措施
da 级	极不符合国家现行标准规范的安全性要求，已严重影响安全	必须立即采取措施

② 杆塔构件及节点的的使用性分为 as、bs、cs 三级，评级标准应符合表 3 的规定。

表 3 构件及节点的使用性评级标准

级别	分级标准	是否采取措施
as 级	符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标工作年限内能正常使用	不必采取措施
bs 级	略低于国家现行标准规范的正常使用要求，在目标工作年限内尚不明显影响正常使用	可不必采取措施
cs 级	不符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标工作年限内明显影响正常使用	应采取措施

③ 杆塔构件及节点的的可靠性分为 a、b、c、d 四级，评级标准应符合表 4 的规定。

表 4 构件及节点的可靠性评级标准

级别	分级标准	是否采取措施
a 级	符合国家现行标准规范的可靠性要求，安全，在目标工作年限内能正常使用或尚不明显影响正常使用	不必采取措施
b 级	略低于国家现行标准规范的可靠性要求，仍能满足结构可靠性的下限水平要求，不影响安全，在目标工作年限内能正常使用或尚不明显影响正常使用	可不必采取措施
c 级	不符合国家现行标准规范的可靠性要求，或影响安全，或在目标工作年限明显影响正常使用	应采取措施
d 级	极不符合国家现行标准规范的可靠性要求，已严重影响安全	必须立即采取措施

3.3.2 杆塔结构体系的可靠性应按安全性、使用性分别鉴定，并按下列规定评定等级。

① 杆塔结构体系的安全性评级标准

Aa 级 符合国家现行标准规范的安全性要求，不影响整体安全，可能有个别次要构件宜采取适当措施；

**Ba 级** 略低于国家现行标准规范的安全性要求，仍能满足结构安全性的下限水平要求，尚不显著影响整体安全，可能有极少数构件应采取措施；

**Ca 级** 不符合国家现行标准规范的安全性要求，影响整体安全，应采取措施，且可能有极少数构件必须立即采取措施；

**Da 级** 极不符合国家现行标准规范的安全性要求，已严重影响整体安全，必须立即采取措施。

### ② 杆塔结构体系的使用性评级标准

**As 级** 符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标工作年限内不影响整体正常使用，可能有个别次要构件宜采取适当措施；

**Bs 级** 略低于国家现行标准规范的正常使用要求，在目标工作年限内尚不明显影响整体正常使用，可能有极少数构件应采取措施；

**Cs 级** 不符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标工作年限内明显影响整体正常使用，应采取措施。

### ③ 杆塔结构体系的可靠性评级标准

**A 级** 符合国家现行标准规范的可靠性要求，不影响整体安全，在目标工作年限内不影响或不明显影响整体正常使用，可能有个别次要构件宜采取适当措施；

**B 级** 略低于国家现行标准规范的可靠性要求，仍能满足结构可靠性的下限水平要求，尚不显著影响整体安全，在目标工作年限内不影响或尚不显著影响整体正常使用，可能有极少数构件应采取措施；

**C 级** 不符合国家现行标准规范的可靠性要求，或影响整体安全，或在目标工作年限内影响整体正常使用，应采取措施，且可能有极少数构件必须立即采取措施；

**D 级** 极不符合国家现行标准规范的可靠性要求，已严重影响整体安全，必须立即采取措施。

### 3.3.3 地基基础的可靠性按下列规定评定等级。

**A 级：**符合国家现行标准规范的安全性要求，不影响整体安全；

**B 级：**略低于国家现行标准规范的安全性要求，仍能满足结构安全性的下限水平要求，尚不显著影响整体安全，可不必采取措施；

C级：不符合国家现行标准规范的安全性要求，影响整体安全，应采取地基基础修复或加固措施；

D级：极不符合国家现行标准规范的安全性要求，已严重影响整体安全，必须立即采取修复或加固措施。

3.3.4 拉线系统的可靠性按下列规定评定等级。

A级：符合国家现行标准规范的安全性要求，不影响整体安全，可能有个别次要构件宜采取适当措施；

B级：略低于国家现行标准规范的安全性要求，仍能满足结构安全性的下限水平要求，尚不显著影响整体安全，可能有极少数构件应采取适当措施；

C级：不符合国家现行标准规范的安全性要求，影响整体安全，应采取适当措施，且可能有极少数构件必须立即采取适当措施；

D级：极不符合国家现行标准规范的安全性要求，已严重影响整体安全，必须立即采取适当措施。

3.3.5 鉴定单元的可靠性按下列规定评定等级。

一级：符合国家现行标准规范的可靠性要求，不影响整体安全，在目标工作年限内不影响整体正常使用，可能有极少数次要构件宜采取适当措施；

二级：略低于国家现行标准规范的可靠性要求，仍能满足结构可靠性的下限水平要求，尚不明显影响整体安全，在目标工作年限内不影响或尚不明显影响整体正常使用，可能有极少数构件应采取适当措施，极个别次要构件必须立即采取适当措施；

三级：不符合国家现行标准规范的可靠性要求，影响整体安全，在目标工作年限内明显影响整体正常使用，应采取适当措施，且可能有极少数构件必须立即采取适当措施；

四级：极不符合国家现行标准规范的可靠性要求，已严重影响整体安全，必须立即采取适当措施。

## 3.4 鉴定评级步骤

3.4.1 对杆塔构件及节点的可靠性鉴定评级，应结合安全性等级、使用性等级（包含适用性和耐久性）分别评定的结果来综合确定，评级步骤如下图 2 所示。

- 1 杆塔构件及节点的安全性分项评估 (aa, ba, ca, da)，应符合本标准第 6.1 节的相关规定。
- 2 杆塔构件及节点的使用性分项评估, 主要包括适用性 (ass, bss, css) 和耐久性 (asn, bsn, csn) 的评级, 应符合本标准第 6.2 节的相关规定。
- 3 杆塔构件及节点的可靠性等级 (a, b, c, d)，应符合本标准第 6.3 节的相关规定。

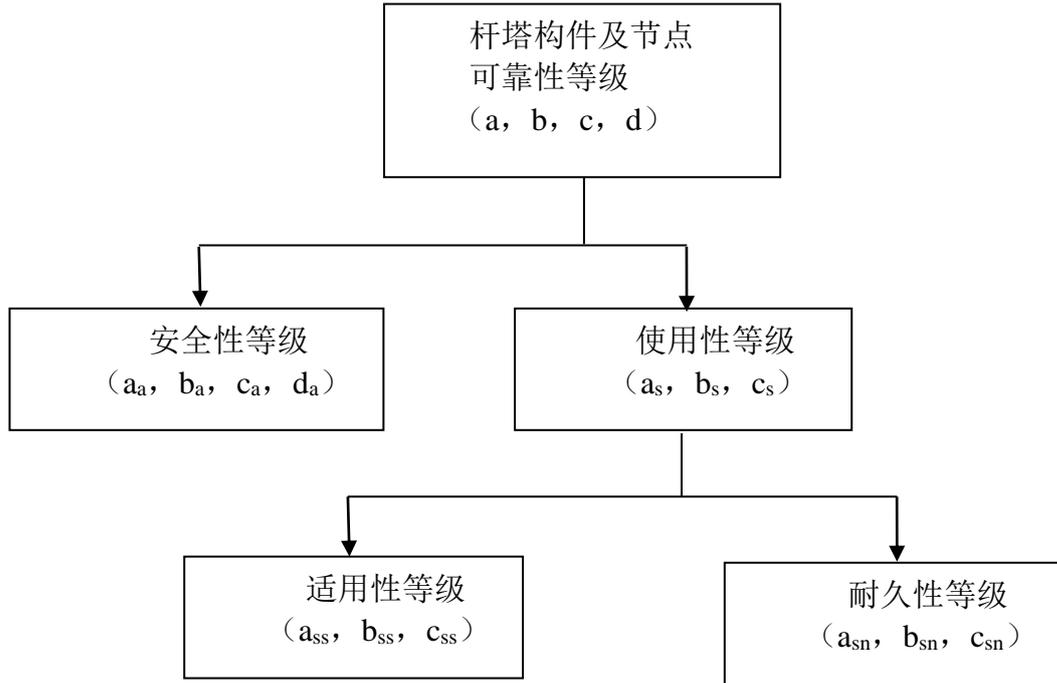


图 2 构件及节点的可靠性鉴定评级步骤图

3.4.2 对杆塔结构体系的鉴定评级, 应结合安全性等级、使用性等级 (包含使用状况和水平位移等级) 分别评定的结果来确定, 评级步骤如下图 3 所示。

- 1 杆塔结构体系的安全性分项评估 (Aa, Ba, Ca, Da)，应符合本标准第 7.1 节的相关规定。
- 2 杆塔结构体系的使用性分项评估, 主要包括使用状况 (Asz, Bsz, Csz) 和水平位移 (Ass, Bss, Css) 的评级, 应符合本标准第 7.2 节的相关规定。
- 3 杆塔结构体系的可靠性等级 (A, B, C, D)，应符合本标准第 7.3 节的相关规定。

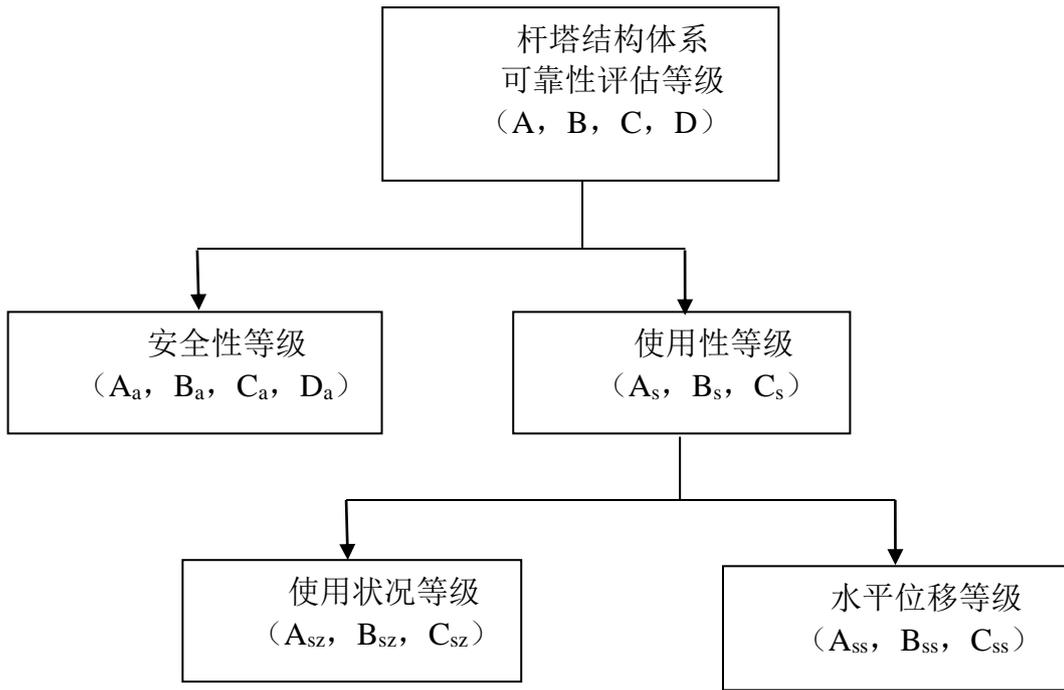


图3 杆塔结构体系的可靠性鉴定评级步骤图

3.4.3 对地基基础的鉴定评级，应结合安全性等级和使用性等级分别评定的结果来确定，评级步骤如下图4所示。

- 1 地基基础的安全性分项评估（Aa, Ba, Ca, Da），应符合本标准第8.1节的相关规定。
- 2 地基基础的使用性分项评估（As, Bs, Cs），应符合本标准第8.2节的相关规定。
- 3 地基基础的可靠性等级（A, B, C, D），应符合本标准第8.3节的相关规定。

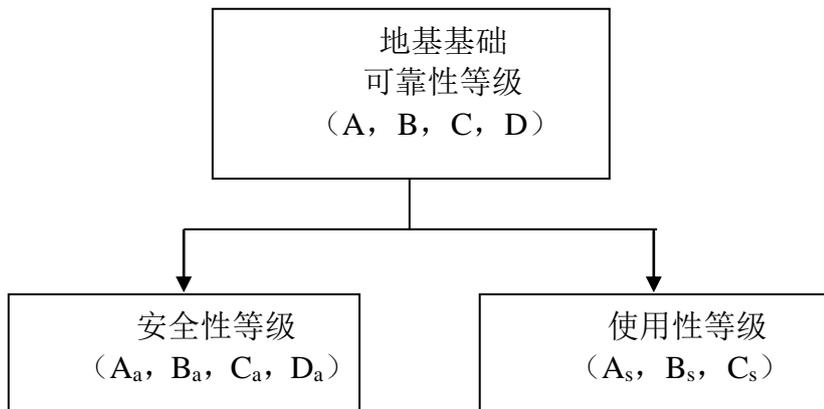


图4 地基基础的可靠性鉴定评级步骤图

3.4.4 对拉线系统的鉴定评级，应结合安全性等级和使用性等级分别评定的结果来确定，评级步骤如下图 5 所示。

- 1 拉线系统的安全性分项评估 (A<sub>a</sub>, B<sub>a</sub>, C<sub>a</sub>, D<sub>a</sub>)，应符合本标准第 9.1 节的相关规定。
- 2 拉线系统的使用性分项评估 (A<sub>s</sub>, B<sub>s</sub>, C<sub>s</sub>)，应符合本标准第 9.2 节的相关规定。
- 3 拉线系统的可靠性等级 (A, B, C, D)，应符合本标准第 9.3 节的相关规定。

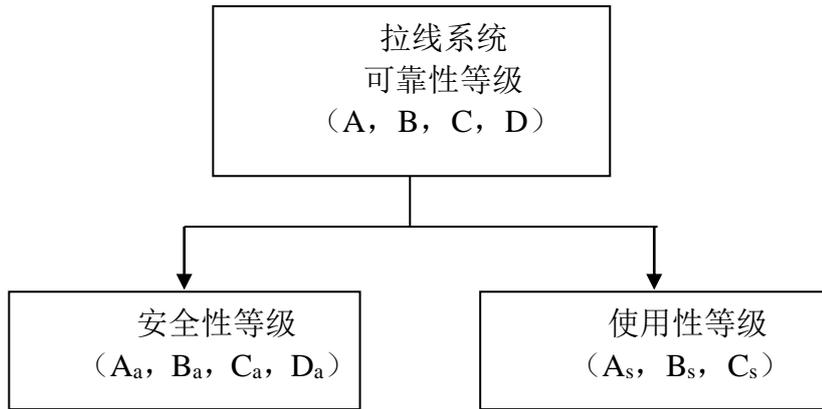


图 5 拉线系统的可靠性鉴定评级步骤图

3.4.5 鉴定单元的综合鉴定评级，应综合考虑地基基础、杆塔结构体系、拉线系统等组件共同确定。

(1) 对于自立式杆塔，鉴定单元为一基杆塔及地基基础作为整体，其综合鉴定评级由杆塔结构体系可靠性 (A, B, C, D)，地基基础可靠性 (A, B, C, D) 的评定结果来确定，最终给出自立式杆塔鉴定单元的综合鉴定评级 (一, 二, 三, 四)；

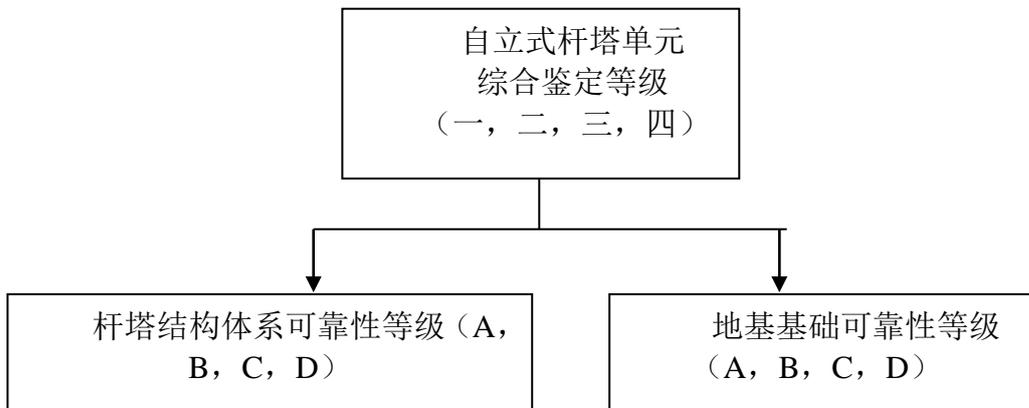


图 6 自立式塔单元的综合鉴定评级步骤图

(2) 对于拉线杆塔，鉴定单元为一基杆塔、地基基础和拉线系统作为整体，其综合鉴定评级由杆塔结构体系（A，B，C，D），地基基础（A，B，C，D），拉线系统（A，B，C，D）的评定等级来确定，最终给出拉线杆塔单元的综合鉴定评级（一，二，三，四）；

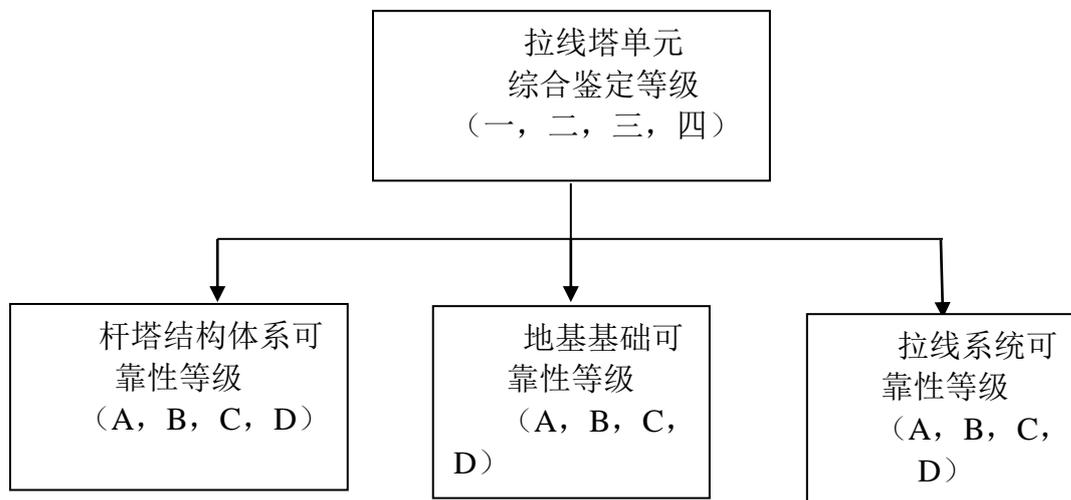


图7 拉线塔单元的综合鉴定评级步骤图

## 4 调查与检测

### 4.1 一般规定

4.1.1 架空输电线路结构鉴定前，应查阅工程图纸、搜集资料，并应对输电线路结构使用条件、使用环境、结构现状等进行现场调查、检测，必要时应进行监测。其工作的范围、内容、深度和技术要求，应满足鉴定工作的需要。

4.1.2 当架空输电线路结构的工程图纸和资料不全或已失真时，应进行现场详细核查和检测。

4.1.3 架空输电线路结构鉴定前的结构调查、检测与监测，应符合下列规定：

- a) 应采用适合结构现状和现场作业的检测和监测方法；
- b) 当架空输电线路结构取样量受条件限制时，应作为个案通过专门研究进行处理；
- c) 架空输电线路结构构件的材料性能检测 results 和变形、损伤的检测、监测结果，应能为结构鉴定提供可靠的依据。检测、监测结果未经综合分析，不得直接作出鉴定结论；

d) 应采取措施保障现场检测、监测作业安全，并应制定应急处理预案；

4.1.4 现场检测结束后，应及时修补因检测造成的结构或构件局部的损伤。修补后的结构构件，应满足承载力的要求。

4.1.5 架空输电线路结构的检测和鉴定应以单基塔为独立的鉴定单元。测定材料尺寸、物理力学性能指标时可按下列原则进行组批检验：

a) 对于基础、拉线系统应以单基塔所含构件为一个检验批；

b) 当结构工作环境无明显差异、未曾发生材料劣化损坏现象或迹象时，对于塔材，同类构件、同性能等级作为一个检验批，有依据时，可以按照工程材料进场时的检验批组批。

4.1.6 对于结构现场检测的抽样方法和抽样原则，应符合《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定。检验批的计数检测项目抽检的最小样本容量不应低于《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 中检测类别 A，对于一次随机抽样不合格的检测项目可参照检测类别 B 进行扩大抽样，当输电线路结构存在很多问题时可采用 C 类检测类别。

4.1.7 检测过程中，发现检测数据数量不足或检测数据出现异常情况时，应进行补充检测。

4.1.8 当既有架空输电线路建成时间较短时，可通过调查相关图纸资料和结构现状进行鉴定。如果资料不足或对资料有怀疑，以及结构现状不良，应进行检测。

4.1.9 当采用何种规范进行鉴定存在争议时，可遵从委托单位意见。

## 4.2 使用条件的调查与检测

4.2.1 使用条件的调查和检测应包括结构上的作用、使用环境和使用历史的调查和检测，调查中应考虑使用条件在目标工作年限内可能发生的变化。

4.2.2 结构上作用的调查可选择表 5 的相应项目。

表 5 结构上作用的调查

作用类别	调查项目
永久作用	1. 导线及地线、绝缘子及其附件、杆塔结构、各种固定设备、基础以及土体等的重力作用； 2. 拉线或纤绳的初始张力、土压力及预应力等作用。
可变作用	1. 风和冰(雪)作用；

	2. 导线、地线及拉线的张力; 3. 安装检修的各种附加作用; 4. 结构变形引起的次生荷载以及各种动力作用。
偶然作用	1. 地震作用; 2. 火灾、爆炸、撞击; 3. 台风、龙卷风、飏线风等极端力作用; 4. 滑坡、泥石流等其他作用。

#### 4.2.3 结构上的荷载标准值应按下列规定取值:

1 经调查符合现行行业标准《架空输电线路荷载规范》DL/T 5551 规定取值者, 应按规定选用;

2 当现行行业标准《架空输电线路荷载规范》DL/T 5551 未作规定或按实际情况难以直接选用时, 可根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 有关的原则规定确定。架空输电线路结构的使用环境可按表 6 所列的项目进行调查。

表 6 架空输电线路结构使用环境调查

项次	使用环境	调查项目
1	气象条件	大气温湿度、降水量、降雪量、霜冻期、风向风速、土壤冻结等
2	地理环境	地形、地貌、工程地质, 线路方位、周围建筑等
3	工作环境	结构与构件所处局部环境、温度、湿度、构件表面温度、侵蚀介质种类与浓度、干湿交替、冻融交替情况等
4	灾害环境	冰雪、飓风、洪水, 地震、滑坡、崩塌、泥石流、塌陷、湿陷、地面沉降等地质灾害, 线路周围存在的爆炸、火灾、撞击源

4.2.5 架空输电线路结构所处的环境类别和作用等级, 可依据表 7 的规定进行调查。其他环境可按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的规定确定环境类别、环境作用等级和计算参数。当需要评估混凝土构件的耐久年限时, 对大气环境普通混凝土结构可按《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144 附录 B 的规定确定环境类别、环境作用等级和计算参数。

表 7 环境类别和作用等级

环境类别		作用等级	环境条件	说明和结构构件示例
I	一般环境	A	室内正常环境	室内正常环境, 低湿度环境中的室内构件
		B	露天环境、室内潮湿环境	一般露天环境、室内潮湿环境
		C	干湿交替环境	频繁与水或冷凝水接触的室内、外构件
II	冻融环	C	轻度	微冻地区混凝土高度饱水; 严寒和寒冷地区

	境			混凝土中度饱水，无盐环境
		D	中度	微冻地区盐冻；严寒和寒冷地区混凝土高度饱水，无盐环境；混凝土中度饱水，有盐环境
		E	重度	严寒和寒冷地区的盐冻环境：混凝土高度饱水，有盐环境
III	海洋氯化物环境	C	水下区和土中区	桥墩、基础
		D	大气区（轻度盐雾）	涨潮岸线 100m~ 300m 陆上室外靠海构件、桥梁上部构件
		E	大气区（重度盐雾）；非热带潮汐区、浪溅区	涨潮岸线 100m 以内陆上室外靠海构件、桥梁上部构件、桥墩、码头
		F	炎热地区潮汐区、浪溅区	桥墩、码头
IV	其他氯化物环境	C	轻度	受除冰盐雾轻度作用混凝土构件
		D	中度	受除冰盐水溶液轻度溅射作用混凝土构件
		E	重度	直接处在含氯离子的生产环境中或先天掺有超标氯盐的混凝土构件
V	化学腐蚀环境	C	轻度（气体、液体、固体）	一般大气污染环境；汽车或机车废气；弱腐蚀液体、固体
		D	中度（气体、液体、固体）	酸雨 pH 值>4.5；中等腐蚀气体、液体、固体
		E	重度（气体、液体、固体）	酸雨 pH 值≤4.5；强腐蚀气体、液体、固体

注：表中化学腐蚀环境，可根据工业建筑鉴定的需要按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 或《岩土工程勘察规范》GB 50021，进一步详细确定环境类别和环境作用等级。

4.2.6 架空输电线路结构的使用历史调查应包括架空输电线路的设计、施工和验收情况；使用情况、用途变更；维修、加固、改扩建；灾害与事故；超载历史、动荷载作用历史等其他特殊使用情况。

### 4.3 现状的调查与检测

4.3.1 架空输电线路结构杆塔与基础现状的调查与检测，应包括地基与基础、上部杆塔结构和拉线系统三个部分。

4.3.2 地基与基础现状调查与检测应符合以下规定：

a) 对架空输电线路结构地基基础的调查，应查阅岩土工程勘察报告及有关图纸资料，应调查地基基础现状、荷载变化、沉降量和沉降稳定情况、不均匀沉降等情况。当地基基础资料不足时，可根据国家现行有关标准的规定，对场地地基补充勘察或沉降观测。

b) 地基的岩土性能标准值和地基承载能力特征值，应根据调查和补充勘察结果按现行国家标准《架空输电线路基础设计技术规程》DL/T 5219 的规定取值。

c) 基础的种类和材料性能，应通过查阅图纸资料确定；当资料不足时或对资料有怀疑时，可开挖基础检测，验证基础的种类、材料、尺寸及埋深；检查基础变位、开裂、腐蚀或损坏程度等，并应测试基础材料性能。

d) 混凝土基础强度检验宜采用取芯、回弹、超声回弹等方法综合确定，各检测方法应符合现行国家和行业标准的有关规定。采用钻芯法检测混凝土强度时，钻取芯样后应及时对取芯孔进行修补，修补材料强度不应低于原材料强度。

e) 混凝土基础与保护帽的老化可通过外观检查、混凝土中性化测试、钢筋锈蚀检测、劣化混凝土岩相与化学分析、混凝土表层渗透性测定等确定。

f) 混凝土中钢筋的配置情况，可通过查阅图纸资料确定；当资料不足或资料基本齐全但可信度不高时，应进行现场抽查。

g) 地基及基础的外观检测内容应包括基础有无破损、裂纹、露筋、基础变形、上部堆载及其它不良现象等；当基础出现裂纹时，应对其分布位置、形态、长度、宽度和深度进行检测，并应获取裂缝形态的实景照片；应调查基础周边不良地质情况，必要时，应描述塔位周围不良地质现象及影响。

h) 对基础相对高差和基础塔腿相对位移进行测量时应符合《电力工程施工测量技术规范》DL/T 5445 的相关规定。

i) 基础预埋件的检测应符合下列规定：

1) 对于插入式角钢基础，检测项目应参照 4.3.3 节塔材检测，应重点调查角钢与基础接触部位腐蚀情况；

2) 对于地脚螺栓性能检测，应通过查阅图纸资料确定；当资料不足时或基础保护帽破损对其锈蚀程度存疑时，可抽检部分基础的地脚螺栓尺寸、强度、锚固长度、锈蚀情况等。当资料完全缺失时且对基础地脚螺栓承载能力存疑时，应对地脚螺栓承载力进行验证性试验。

4.3.3 杆塔结构检测应包括结构构件的材料性能、几何尺寸、变形、缺陷和损伤等内容，并应符合下列规定：

a) 结构材料性能的检验，当图纸资料有明确说明且无怀疑时，可进行现场抽样验证；当无图纸资料或对资料有怀疑时，应按国家现行有关检测技术标准的规定，通过现场取样至试验室进行检测。现场取样时，应尽量避免在结构受力较大的部位，取样后应及时修补，修补材料力学性能不应低于原材料。结构材料性能的检验应优先采用在结构构件上直接取样进行试验检测，也可采用其他无损或微损方法进行检测。

b) 当发现钢材材料存在明显的偏析、受到灾害的影响或需要了解钢材化学成分时，应进行钢材化学成分的分析。

c) 对于构件几何尺寸的检测，当图纸资料齐全完整时，可进行现场抽检复核；当图纸资料残缺不全或无图纸资料时，可按鉴定工作需要进行现场详细测量。对于构件的尺寸检测应在被测构件不少于 3 个不同部位测点进行测量，检测结果应提供实测构件尺寸代表值。构件厚度测量时应考虑涂覆层厚度的影响，并在最终结果中予以扣除。

d) 结构整体倾斜和构件变形的测量，应在对结构或构件变形状况普遍观察的基础上，选择在起控制作用的部位上进行。结构倾斜测量应包括沿线路方向倾斜测量和垂直于线路方向倾斜测量。重要构件的变形检测宜包括构件的平面垂直度、弯曲变形、跨中挠度等项目。

e) 构件及其节点的缺陷、损伤和腐蚀的调查，在外观上应进行全数检查，并应详细记录缺陷和损伤的部位、范围、程度和形态。当构件存在腐蚀或锈损时，应增加对腐蚀或锈损部位的检测工作。构件腐蚀的检测可参照附录 B 的方法进行检测。

f) 杆塔构件表面为镀锌层时，其检测方法应符合《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694 的相关规定；采用防腐涂料时，其厚度检测应符合《钢结构现场检测技术标准》GB50621 的相关规定。

g) 节点板和螺栓连接的有效性，应依据螺栓直径、个数、连接有无松动、脱落、节点板有无变形等方面的检测结果加以判断。当对结构螺栓成品承载力存疑时，宜参照现行行业标准《输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母》DL/T 284 的规定进行承载力复验。

h) 焊缝连接的部位，应检测焊缝外观质量、焊缝构造及其尺寸和焊缝缺陷。焊缝外观检查应选取现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 规定的适用方法。

焊缝裂纹可采用渗透探伤或磁粉探伤的方法进行检测，焊缝内部缺陷应采用超声波探伤的方法进行检测，检测方法均应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的有关规定。

i) 对制作和安装偏差及其他施工缺陷的检测，应依据现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 有关规定进行。

j) 对结构构件缺失情况应进行全数普查。根据天气状况可采用高倍摄像仪器观察的方式或采用无人机摄影方法进行普查。对于缺件情况，应具体说明缺件的编号、位置、规格及数量等。对于螺栓连接的缺件情况，应说明螺栓缺损的位置、数量和空孔情况进行详细描述。

k) 鉴定工作中需获取结构构件性能、结构动态特性、动力反应以及其他相关材料性能参数时，可根据现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 等的规定进行相关检测。

4.3.4 拉线系统应包括拉棒、拉索及 UT 线夹等锈蚀情况、拉线基础外观质量、拉线张紧度及拉棒金具完整性情况，并应符合以下规定：

a) 拉棒、拉索及 UT 线夹等锈蚀情况检测应清除表面污物、锈皮等杂物，应在锈蚀部位不少于 3 个测点进行，取 3 个值的最小值作为锈蚀后尺寸代表值。

b) 拉线及拉线棒检测：

1) 检测拉线及上、下端连接固定金具有无断股、锈蚀、老化、断裂等情况。

2) 检测 X 型拉线交叉点有无磨损、拉线尾线有无滑移、抽脱等情况。

3) 检测拉线的松紧情况。当鉴定工作需要时，应对拉线张力进行测试，测试时应选不少于 3 个测点进行，取 3 个值的平均值作为该拉线的张力值。

c) 拉线基础外观质量检测应符合 4.3.2 节第 7 款的有关规定，鉴定工作有必要时，可对拉线基础混凝土性能进行检测，检测应符合 4.3.2 节第 4 款的有关规定。

d) 拉线盘及拉线基础应重点调查基础附近土壤缺失、塌陷等不良地质现象以及基础沉降和移位等情况。

## 5 结构分析与校核

5.1 结构或构件应按承载能力极限状态进行校核，必要时还应按正常使用极限状态进行校核。

5.2 当结构受到不可忽略的地基变形、施工误差等作用时，应考虑附加作用效应。

5.3 结构或构件使用条件未发生变化时，可利用原设计中的承载力冗余度，并考虑构件的几何参数及材料强度实测值，构件的变形、损伤和腐蚀等影响综合确定承载力冗余度。

5.4 杆塔使用条件发生变化时，杆塔结构分析与校核应符合下列规定：

a) 当结构加固、改变用途或延长工作年限时，杆塔结构分析与校核应按照不低于原线路设计时的相关规范要求进行。

b) 结构分析所采用的计算模型，应符合结构的实际受力、构造状况和边界条件。

c) 结构上的作用标准值应按本标准第 4.2.3 条的规定取值。

d) 材料强度的标准值，应根据结构构件的实际状况和已获得的检测数据按下列原则取值：

1) 当材料的种类和性能符合原设计要求时，可根据原设计取值；

2) 当材料的种类和性能与原设计不符，或材料性能已显著退化时，应根据实测数据按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》（GB/T 50344）等的规定确定。

e) 结构或构件的几何参数应取实测值，并应考虑结构实际的变形、偏差以及裂缝、缺陷、损伤、腐蚀、老化等影响。

f) 通过计算确定个杆塔构件或基础的承载力冗余度。

## 6 杆塔构件及节点的鉴定评级

### 6.1 杆塔构件及节点安全性等级评定

6.1.1 杆塔构件及节点的安全性等级应通过承载能力的校核 ( $R/\gamma_0 S$ ) 分析评定。

6.1.2 杆塔结构构件及节点分为重要构件和次要构件，应按如下流程进行安全性评级：

- a) 结合竣工图完成既有杆塔结构计算分析，确定每根构件的承载力冗余度。
- b) 考虑构件实际的材料性能、缺陷损伤、腐蚀、过大变形和偏差等因素的影响，对承载力冗余度进行修正。
- c) 按表 8 所列原则进行构件安全性评级。

表 8

杆塔构件及节点分项检测内容及评级依据

检测项目	检测内容	等级	评级依据
主要构件及其连接节点 (杆塔主材、 受力斜材)	1、针对构件： (1) 强度等级 (2) 尺寸规格 (3) 锈蚀情况 (4) 杆件缺失 (5) 杆件弯曲 (6) 镀锌厚度	a	1、针对构件： (1) 杆件无缺失； (2) 杆件有轻微腐蚀~弱腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数； (3) 杆件有轻微弯曲，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数； 综合考虑锈蚀和弯曲的影响计算 $R'_G/S_G$ ； 2、针对连接节点： 节点螺栓有微腐蚀~弱腐蚀、缺失，计算螺栓承载力折减系数； 节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数； 综合考虑锈蚀、缺失的影响计算 $R'_L/S_L$ ； $\min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) \geq 1.0$ 。
	2、针对连接节点 (主要为螺栓及节点板)： (1) 强度等级 (2) 尺寸规格 (3) 锈蚀情况 (4) 紧固情况 (5) 螺栓缺失	b	1、针对构件： (1) 杆件无缺失； (2) 杆件有轻腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数； (3) 杆件有弯曲，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数； 综合考虑锈蚀和弯曲的计算 $R'_G/S_G$ ； 2、针对连接节点： 节点螺栓有轻腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数； 节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数； 综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的计算 $R'_L/S_L$ ； $1 > \min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) \geq 0.95$ 。

检测项目	检测内容	等级	评级依据
		c	<p>1、针对构件：</p> <p>(1) 杆件无缺失；</p> <p>(2) 杆件有中腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>(3) 杆件弯曲较严重，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>综合考虑锈蚀和弯曲的计算 <math>R'_G/S_G</math> ；</p> <p>2、针对连接节点：</p> <p>节点螺栓有中腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数；</p> <p>节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数；</p> <p>综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的计算 <math>R'_L/S_L</math> ；</p> <p><math>0.95 &gt; \min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) \geq 0.90</math> 。</p>
		d	<p>1、针对构件：</p> <p>(1) 杆件无缺失；</p> <p>(2) 杆件有重腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>(3) 杆件弯曲较严重，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>综合考虑锈蚀和弯曲的计算 <math>R'_G/S_G</math> ；</p> <p>2、针对连接节点：</p> <p>节点螺栓有重腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数；</p> <p>节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数；</p> <p>综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的计算 <math>R'_L/S_L</math> ；</p> <p><math>\min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) &lt; 0.90</math> 。</p>

检测项目	检测内容	等级	评级依据
次要构件及其对应的连接节点 (非受力斜材、辅助材)	1、针对构件： (1) 强度等级 (2) 尺寸规格 (3) 锈蚀情况 (4) 杆件缺失 (5) 杆件弯曲 (6) 镀锌厚度	a	1、针对构件： (1) 杆件无缺失； (2) 杆件有轻微腐蚀~弱腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数； (3) 杆件有轻微弯曲，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数； 综合考虑锈蚀和弯曲的影响计算 $R'_G/S_G$ ； 2、针对连接节点： 节点螺栓有微腐蚀~弱腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数； 节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数； 综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的影响计算 $R'_L/S_L$ ； $\min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) \geq 1.0$ 。
	2、针对连接节点： (主要为螺栓及节点板) (1) 强度等级 (2) 尺寸规格 (3) 锈蚀情况 (4) 紧固情况 (5) 螺栓缺失	b	1、针对构件： (1) 杆件无缺失； (2) 杆件有轻腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数； (3) 杆件有弯曲，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数； 综合考虑锈蚀和弯曲的影响计算 $R'_G/S_G$ ； 2、针对连接节点： 节点螺栓有轻腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数； 节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数； 综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的影响计算 $R'_L/S_L$ ； $1 > \min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) \geq 0.92$ 。

检测项目	检测内容	等级	评级依据
		c	<p>1、针对构件：</p> <p>(1) 杆件无缺失；</p> <p>(2) 杆件有中腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>(3) 杆件弯曲较严重，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>综合考虑锈蚀和弯曲的影响计算 <math>R'_G/S_G</math>；</p> <p>2、针对连接节点：</p> <p>节点螺栓有中腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数；</p> <p>节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数；</p> <p>综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的影响计算 <math>R'_L/S_L</math>；</p> <p><math>0.92 &gt; \min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) \geq 0.87</math>。</p>
		d	<p>1、针对构件：</p> <p>(1) 杆件无缺失；</p> <p>(2) 杆件有重腐蚀，根据腐蚀情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>(3) 杆件弯曲较严重，根据弯曲情况计算杆件承载力折减系数；</p> <p>综合考虑锈蚀和弯曲的影响计算 <math>R'_G/S_G</math>；</p> <p>2、针对连接节点：</p> <p>节点螺栓有重腐蚀、紧固不牢固或缺失，计算螺栓承载力折减系数；</p> <p>节点板根据实际尺寸（考虑蚀后厚度）、强度等级等确定承载力系数；</p> <p>综合考虑锈蚀、紧固不牢固或缺失的影响计算 <math>R'_L/S_L</math>；</p> <p><math>\min(R'_G/S_G, R'_L/S_L) &lt; 0.87</math>。</p>

备注： $R'_G$ 为修正后的构件抗力； $S_G$ 为构件内力； $R'_L$ 为修正后的螺栓抗力； $S_L$ 为螺栓内力；

6.1.3 构件出现弯曲变形或缺陷损伤后的承载力，应按以下原则进行承载力计算：

a) 构件弯曲变形或缺陷损伤后的承载力，宜通过计算确定。

b) 当采用构件出现整体弯曲缺陷时，可采用承载力折减系数来表征弯曲缺陷对其承载力的削弱不利影响。构件整体弯曲时其轴压承载力折减系数可简化按附录 C 确定。

6.1.4 构件腐蚀损伤对其承载力存在削弱作用，应按以下原则进行承载力计算：

a) 构件承载能力按行业标准《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》DL/T5468 计算，其截面积和抵抗矩的取值应考虑腐蚀损伤对截面的削弱，稳定系数可不考虑腐蚀损伤的影响。

b) 构件承载能力计算时，截面几何性质按实际厚度和公称厚度的较小者计算。

c) 当腐蚀后的残余厚度不大于 5mm 或腐蚀损伤量超过初始厚度的 25% 时，钢材质量等级应按降低一级考虑。

## 6.2 杆塔构件及节点使用性等级评定

6.2.1 杆塔构件及节点的使用性等级（as、bs、cs）：结合适用性等级（ass、bss、css）和耐久性等级（asn、bsn、csn）加以评定，取上述较低等级作为其使用性等级。

a) 适用性等级（ass、bss、css），主要依据杆塔构件及节点的变形定，其中变形包括施工、运行使用过程中存在的偏差和永久变形等，应符合表 9 的规定。

表 9 杆塔构件及节点适用性评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
构件及连接变形	构件及连接变形	ass	满足国家及现行相关施工验收规范的要求： (1) 主材弯曲值小于 1/750L； (2) 螺栓紧固率不低于 97%；

检测项目	检测内容	等级	评级依据
			(3) 节点板轻微受损或变形不超过 5/1000。
		b <sub>ss</sub>	超过了 a <sub>ss</sub> 级要求, 尚不明显影响正常使用。
		c <sub>ss</sub>	超过了 a <sub>ss</sub> 级要求, 对正常使用有明显影响。

b) 耐久性等级 (a<sub>sn</sub>、b<sub>sn</sub>、c<sub>sn</sub>)，主要依据构件及连接的腐蚀和防腐措施加以评定，应符合表 10 的规定。

表 10 杆塔构件及节点耐久性评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
构件及连接腐蚀	构件及连接腐蚀	a <sub>sn</sub>	没有腐蚀且防腐措施完备。
		b <sub>sn</sub>	已出现腐蚀但截面还没有明显削弱, 或防腐措施不完备。
		c <sub>sn</sub>	已出现较大面积腐蚀并使截面有明显削弱, 或防腐措施已破坏失效。

### 6.3 杆塔构件及节点可靠性等级评定

杆塔构件及节点的可靠性鉴定评级 (a、b、c、d)，结合其安全性等级和使用性等级进行评定，按下列原则确定：

a) 当杆塔构件及节点的使用性等级为 cs、安全性等级不低于 ba 时，可靠性等级宜定为 c 级。其他情况应根据安全性等级确定；

b) 对于关键性部位的杆件及节点（如主材及其节点），可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定或调整。

## 7 杆塔结构体系的鉴定评级

### 7.1 杆塔结构体系的安全性等级评定

7.1.1 输电杆塔构件按重要性区分为：重要构件集（主要构件及其连接节点）或次要构件集（次要构件及其连接节点）。每种构件集的安全性等级，以该种构件集中所含构件集的安全性等级所占百分比按下列规定确定：

a) 重要构件集：

A 级：构件集中不含 b 级、c 级、d 级构件；

B 级：构件集中不含 d 级构件，可含 c 级构件且含量不多于 5%；

C 级：构件集中含 c 级构件且含量不多于 50%，或含 d 级构件且含量少于 10%；

D 级：构件集中含 c 级构件且含量多于 50%，或含 d 级构件且含量不少于 10%。

b) 次要构件集

A 级：构件集中不含 b 级、c 级、d 级构件；

B 级：构件集中不含 d 级构件，可含 c 级构件且含量不多于 10%；

C 级：构件集中含 c 级构件且含量不多于 50%，或含 d 级构件且含量少于 20%；

D 级：构件集中含 c 级构件且含量多于 50%，或含 d 级构件且含量不少于 20%。

7.1.2 输电杆塔整塔的安全性等级（A，B，C，D），宜按重要构件集的等级确定，当次要构件集的最低安全性等级比重要构件集的最低安全性等级低二级或三级时，其安全性等级可按重要构件集的安全性等级降一级或降二级确定。

### 7.2 杆塔结构体系的使用性等级评定

7.2.1 杆塔结构体系的使用性等级（As、Bs、Cs）应按照杆塔结构体系使用状况（使用状况等级 Asz、Bsz、Csz）和结构水平位移（水平位移等级 Ass、Bss、Css）两个项目评定，并取其中较低评定等级作为杆塔结构体系的使用性等级。

a) 使用状况等级 (Asz、Bsz、Csz)，根据其所含构件使用性等级的百分比确定，应符合表 11 的规定。

表 11 杆塔结构体系使用状况的评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
杆塔腐蚀、构件变形	(1) 杆塔腐蚀 (2) 构件变形	Asz	不含 cs 级构件，可含 bs 级构件且含量不多于 35%；
		Bsz	可含 cs 级构件且含量不多于 25%；
		Csz	含 cs 级构件且含量多于 25%。

b) 水平位移等级 (Ass、Bss、Css)：主要考虑结构位移对杆塔使用的影响来综合评定，应符合表 12 的规定。

表 12 杆塔结构体系水平位移评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
整塔变形	(1) 沿线路方向位移 (2) 垂直线路方向位移	Ass	整塔位移未超过输电杆塔验收规范限值，一般塔结构倾斜小于 0.3%塔高，高塔结构倾斜小于 0.15%塔高。
		Bss	整塔位移超过输电杆塔验收规范限值，但仍能满足电气间隙要求。
		Css	整塔位移不满足电气间隙要求。

注：高塔指塔高在 100m 以上的铁塔。

### 7.3 杆塔结构体系的可靠性等级评定

7.3.1 杆塔结构体系的可靠性等级 (A、B、C、D)，根据结构体系的安全性等级和使用性等级进行评定，按照下列原则确定：

a) 当杆塔结构体系的使用性等级为 Cs、安全性等级不低于 Ba 级时，杆塔结构体系的可靠性宜定为 C 级；

b) 其他情况，应根据安全性等级确定。

## 8 地基基础的鉴定评级

### 8.1 地基基础的安全性等级评定

8.1.1 地基基础的安全性等级（Aa、Ba、Ca、Da），应结合基础尺寸、基础完整性、基础砼强度等级、基础顶面相对高差、基础相对水平位移、基础裂缝宽度、基础周边环境等因素综合确定，可按表 13 的规定来评定

表 13 地基基础安全性评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
地基基础	(1) 基础尺寸 (2) 基础完整性 (3) 基础砼强度等级 (4) 基础顶面相对高差 (5) 基础相对水平位移 (6) 基础裂缝宽度 (7) 基础周边环境	Aa	同时满足以下要求时，评为 A <sub>a</sub> 级： (1) 基础砼强度不低于原设计强度等级； (2) 基础尺寸不低于原设计尺寸； (3) 基础周边地基土体稳定，无不良地质条件； (4) 基础完整性好，无破损或者表面轻微破损； (5) 直线塔基础顶面相对高差不大于 5mm，转角塔和终端塔基础满足设计预偏值要求； (6) 基础相对水平位移（测点根开）不大于设计值 3%； (7) 基础表面无受力裂缝。
		Ba	满足混凝土强度不低于原设计强度等级的前提下，属于下列情况之一评为 B <sub>a</sub> 级： (1) 基础尺寸低于原设计尺寸，经验算满足承载力要求； (2) 基础周边地基存在局部或少量扰动； (3) 基础完整性较好，局部轻微破损（破损面积不大于 20cm*20cm）； (4) 基础顶面相对高差（不含基础预偏值）大于 5mm，且小于 6‰L（H <sub>g</sub> ≤50m）；小于 5‰L（50m≤H <sub>g</sub> ≤100m）；L 为根开值； (5) 基础相对位移（测点根开）大于设计值 3%，未引起杆塔构件变形； (6) 基础表面存在受力裂缝且裂缝宽度不大于 0.2mm。

检测项目	检测内容	等级	评级依据
		C <sub>a</sub>	属于下列情况之一评为 C <sub>a</sub> 级： 基础混凝土强度等级、基础尺寸不满足承载力要求； (2) 基础周边土壤严重扰动，周围地基土体受力情况已发生较大改变； (3) 基础完整性较差，破损面积大于 20cm*20cm；或出现结构性裂缝，裂缝宽度大于 0.2mm，但裂缝发展未至主筋深度； (4) 基础顶面相对高差（不含基础预偏值）大于 6‰L（H <sub>g</sub> ≤ 50m）；大于 5‰L（50m ≤ H <sub>g</sub> ≤ 100m）； L 为根开值； (5) 基础相对水平位移大于设计根开值的 3‰，已引起少部分构件变形，但杆塔仍处于稳定状态。
		D <sub>a</sub>	属于下列情况之一评为 D <sub>a</sub> 级： (1) 基础混凝土强度等级、基础尺寸严重不满足承载力要求； (2) 基础周边土壤存在不良条件等危及塔基安全； (3) 基础存在多条结构性裂缝或露筋严重，影响基础安全； (4) 基础顶面相对高差大于 6‰L（H <sub>g</sub> ≤ 50m）；大于 5‰L（50m ≤ H <sub>g</sub> ≤ 100m），且严重影响铁塔安全； L 为根开值； (5) 基础相对水平位移大于设计根开值的 3‰，已引起大部分构件变形，杆塔处于危险状态。

## 8.2 地基基础的使用性等级评定

8.2.1 地基基础的使用性等级评定，应结合基础保护层厚度、基础砼碳化深度等因素综合确定，可按表 14 的规定来评定。

表 14 地基基础使用性评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
地基基础	(1) 基础保护层厚度 (2) 基础砼碳化深度	A <sub>s</sub>	同时满足以下要求时，评为 A <sub>s</sub> 级： (1) 碳化深度不超过基础钢筋保护层厚度的 10%； (2) 基础钢筋保护层厚度合格率不低于 90%；
		B <sub>s</sub>	属于下列情况之一评为 B <sub>s</sub> 级： (1) 碳化深度在基础钢筋保护层厚度的 10% 至 25% 之间； (2) 基础钢筋保护层厚度合格率不低于 75%；
		C <sub>s</sub>	属于下列情况之一评为 C <sub>s</sub> 级： (1) 碳化深度超过基础钢筋保护层厚度的 25%； (2) 基础钢筋保护层厚度合格率低于 75%。

### 8.3 地基基础的可靠性等级评定

8.3.1 地基基础的可靠性等级（A、B、C、D），应根据地基基础的安全性等级和使用性等级进行评定，按照下列原则确定：

a) 当地基基础的使用性等级为 Cs、安全性等级不低于 Ba 级时，地基基础的可靠性等级宜定为 C 级；

b) 其他情况，应根据安全性等级确定。

## 9 拉线系统的鉴定评级

### 9.1 拉线系统的安全性等级评定

9.1.1 拉线系统的安全性等级评定，应结合拉棒、拉索及 UT 线夹等元件的承载力及其锈蚀情况等综合判定。

9.1.2 拉线系统的安全性等级（A<sub>a</sub>、B<sub>a</sub>、C<sub>a</sub>、D<sub>a</sub>），应根据拉线系统的抗力 R 和作用效应 S 及结构安全系数  $\gamma$  计算确定，可按表 15 的规定来评定。

表 15 拉线系统安全性评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
拉线系统	拉棒、拉索及 UT 线夹等锈蚀情况	A <sub>a</sub>	$R/\gamma S \geq 1.00$
		B <sub>a</sub>	$1 > R/\gamma S \geq 0.95$
		C <sub>a</sub>	$0.95 > R/\gamma S \geq 0.90$
		D <sub>a</sub>	$0.90 > R/\gamma S$

### 9.2 拉线系统的使用性等级评定

9.2.1 拉线系统的使用性等级（A<sub>s</sub>、B<sub>s</sub>、C<sub>s</sub>），应结合拉棒、拉索及 UT 线夹等锈蚀以及拉索张紧情况等因素，按表 16 的规定进行评定。

表 16 拉线系统使用性评定等级

检测项目	检测内容	等级	评级依据
拉线系统	(1) 拉棒、拉索及 UT 线夹等锈蚀情况 (2) 拉索张紧情况	A <sub>s</sub>	拉索张紧度好，未锈蚀或仅有锈迹。
		B <sub>s</sub>	拉索张紧度好，有一定程度的锈蚀。
		C <sub>s</sub>	拉索松弛或拉线系统锈蚀严重，已严重影响杆塔受力。

### 9.3 拉线系统的可靠性等级评定

9.3.1 拉线系统的可靠性等级（A、B、C、D）评定，应根据拉线系统的安全性等级和使用性等级中较低的等级确定。

## 10 单元的综合鉴定评级

### 10.1 自立式杆塔单元的综合鉴定评级

自立式杆塔单元的综合鉴定，应根据地基基础和杆塔结构体系的可靠性等级来综合确定，其评级结果取两者中较低等级。

### 10.2 拉线塔单元的综合鉴定评级

拉线塔单元的综合鉴定，根据地基基础、杆塔结构体系和拉线系统的可靠性评定等级来综合确定，其评级结果以地基基础和杆塔结构体系作为基准，同时考虑拉线系统的影响，可按如下原则确定：

1 当拉线系统与地基基础和杆塔结构体系的等级相差不大于一级时，可按地基基础和杆塔结构体系中的较低等级作为鉴定单元（整体结构体系）的可靠性等级；

2 当拉线系统与地基基础和杆塔结构体系的较低等级低二级时，可按地基基础和杆塔结构体系中的较低等级降一级作为鉴定单元（整体结构体系）的可靠性等级；

3 当拉线系统与地基基础和杆塔结构体系的较低等级低三级时，可根据本条款第 2 款的原则和实际情况，按地基基础和杆塔结构体系中的较低等级降一或二级作为鉴定单元（整体结构系统）的可靠性等级。

## 11 鉴定报告

**11.1** 架空输电线路结构可靠性鉴定报告应包括下列内容：

- a) 工程概况；
- b) 鉴定的目的、内容、范围及依据；

- c) 调查、检测、分析结果；
- d) 评定等级或评定结果；
- e) 结论与建议。

**11.2** 鉴定报告编写应符合下列规定：

a) 鉴定报告中应指出被鉴定架空输电线路结构各鉴定单元存在的问题及产生的原因。

b) 鉴定报告中应明确总体鉴定结果，指明被鉴定架空输电线路结构各鉴定单元的最终评定等级或评定结果，且仅应作为技术管理或制订维修计划的依据。

c) 鉴定报告中应对各鉴定单元安全性评为 c 级和 d 级构件及 C 级和 D 级结构系统的数量、所处位置作出详细说明，并应提出处理措施建议。

d) 鉴定报告中宜针对必要的图纸或照片在附件中列出。

**11.3** 架空输电线路结构专项鉴定报告除应符合本标准第 11.1 条规定外，尚应包括有关专项问题或特定要求的鉴定内容。

## 附录 A 老龄混凝土回弹值龄期修正的规定

A.1 本规定适用于龄期已超过 1000d、且由于结构构造等原因无法采用取芯法对回弹检测结果进行修正的混凝土结构构件。本附录不适用于仲裁性检验。

A.2 当采用本规定的龄期修正系数对回弹法检测得到的测区混凝土抗压强度换算值进行修正时，应符合下列条件：

- a) 龄期已超过 1000d，但处于干燥状态的普通混凝土；
- b) 混凝土外观质量正常，未受环境介质作用的侵蚀；
- c) 经超声波或其他探测法检测结果表明，混凝土内部无明显的不密实区和蜂窝状局部缺陷；
- d) 混凝土抗压强度等级在 C20 级~C50 级之间，且实测的碳化深度已大于 6mm。

A.3 混凝土抗压强度换算值可乘以表 A.1 的修正系数  $\alpha$  予以修正。

表 A.1 测区混凝土抗压强度换算值龄期修正系数

龄期 d	1000	2000	4000	6000	8000	10000	15000	20000	30000
修正系数 $\alpha$	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93	0.92	0.89	0.86	0.82

## 附录 B 塔材构件腐蚀的检测

**B.1** 结构构件腐蚀检测的内容应包括腐蚀损伤程度、腐蚀速度。

**B.2** 构件腐蚀情况的检测应满足以下规定：

a) 对腐蚀或锈损后的构件厚度进行检测时，对需要量测的部位，应先清除待测表面积灰、油污、锈皮等，可采用钢丝刷、砂轮等工具进行清理，直到露出金属光泽。

b) 对全面均匀腐蚀情况，测量腐蚀损伤构件的厚度时，应沿其长度方向至少选取 3 个腐蚀较严重的区段，每个区段选取 8~10 个测点测量构件厚度。腐蚀严重时，测点数应适当增加。取各区段算术平均量测厚度的最小值作为该构件实际厚度代表值。

c) 对局部腐蚀情况，测量腐蚀损伤构件的厚度时，应在其最严重腐蚀部位选取 1~2 个截面，每个截面选取 8~10 个测点测量构件厚度。腐蚀严重时，测点数可适当增加。取各截面算术平均测量厚度的最小值作为该构件实际厚度代表值，并记录测点的位置。

d) 对构件焊缝腐蚀情况的测量，在测量焊缝厚度时，应根据焊缝的腐蚀状况，沿焊缝长度均匀布点 3~10 个，逐点测量焊缝厚度，取算术平均测量厚度作为焊缝实际厚度，并记录焊缝长度。

**B.3** 构件腐蚀损伤量为初始厚度减去实际厚度。初始厚度为构件未腐蚀部分实测厚度。初始厚度应取下列两个计算值的较大者：

a) 所有区段全部测点的算术平均值加上 3 倍的标准差；

b) 公称厚度减去允许负公差的绝对值。

**B.4** 构件腐蚀速度可根据构件腐蚀程度、受腐蚀的时间以及腐蚀环境扰动等因素综合确定，并结合结构的后续目标工作年限，判断构件在目标工作年限内的腐蚀剩余厚度。

**B.5** 对于均匀腐蚀，目标工作年限内的使用环境基本保持不变时，构件的腐蚀耐久性年限可根据剩余腐蚀牺牲层厚度和年腐蚀速度确定。

## 附录 C 角钢构件整体弯曲状态下轴压承载力折减系数

单角钢构件出现整体弯曲时，其弯曲后轴压承载力折减系数可按表 C.1 和表 C.2 取值确定。

表 C.1 单角钢轴压构件整体弯曲—承载力折减系数对应表（长细比 30–80）

弯曲矢高与杆件 长度之比	长细比					
	30	40	50	60	70	80
1/1000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/950	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/900	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/850	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
1/800	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95
1/750	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/700	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/650	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90
1/600	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90
1/550	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90
1/500	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90
1/450	0.95	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85
1/400	0.95	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85
1/350	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85
1/300	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85
1/250	0.90	0.85	0.80	0.75	0.75	0.75
1/200	0.85	0.80	0.75	0.70	0.70	0.70
1/150	0.85	0.80	0.70	0.65	0.65	0.65
1/100	0.80	0.70	0.60	0.60	0.55	0.55
1/50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.45	0.45

表 C.2 单角钢轴压构件整体弯曲—承载力折减系数对应表（长细比 90-200）

弯曲矢 高与杆 件长度 之比	长细比											
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
1/1000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/950	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/900	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/850	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1/800	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/750	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/700	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/650	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/600	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1/550	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95
1/500	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95
1/450	0.85	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
1/400	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
1/350	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
1/300	0.90	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
1/250	0.75	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.85
1/200	0.70	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80
1/150	0.65	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
1/100	0.55	0.55	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70
1/50	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50	0.50	0.50	0.55	0.55

## 附录 D 钢构件腐蚀程度等级

D.1 输电线路钢构件主要受大气腐蚀为主，其腐蚀程度可以分为 A、B、C、D、E、F 共 6 个等级，具体见附表 D.1 所示。

表 D.1 钢构件腐蚀程度等级

腐蚀等级	腐蚀状况描述
A	防腐涂层完整且现状完好，钢材无锈蚀
B	防腐涂层局部出现脱落、起泡、开裂，但涂层脱落、起泡、开裂总面积不超过 30%，且钢材尚未锈蚀或仅为表面轻微锈蚀，不存在坑蚀或层蚀现象
C	防腐涂层大面积脱落、起泡、开裂，且涂层脱落、起泡、开裂总面积超过 30%，但钢材尚未锈蚀或仅为表面轻微锈蚀，不存在坑蚀或层蚀现象
D	钢材存在肉眼可见的坑蚀或层蚀，但目测锈蚀损伤程度不足杆件截面厚度的 15%
E	钢材存在肉眼可见的坑蚀或层蚀，且目测锈蚀损伤程度超过杆件截面厚度的 15%，但不超过杆件截面厚度的 50%
F	钢材存在肉眼可见的坑蚀、层蚀，且目测锈蚀损伤程度超过杆件截面厚度的 50%，或锈穿锈断

D.2 其中，钢构的锈蚀程度达到 D 级或以上时，会严重降低构件的力学性能，因此，腐蚀程度等级达到 D 级或以上的钢构件不允许使用。

### 本标准用词说明

a) 为便于在执行本规定条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

b) 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

下列文件对于本标准的应用是必不可少的，以下引用文件均未标注日期，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- a) 《工业建筑可靠性鉴定标准》 GB 50144
- b) 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB50153
- c) 《架空输电线路荷载规范》 DL/T 5551
- d) 《钢结构设计规范》 GB50017
- e) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》 GB 50545
- f) 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- g) 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046
- h) 《架空输电线路基础设计技术规程》 DL/T 5219
- i) 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
- j) 《钢结构现场检测技术标准》 GB/T 50621

# 架空输电线路结构可靠性鉴定标准

编 制 说 明

## 目 次

1 编制背景.....	1
2 编制主要原则.....	2
3 主要工作过程.....	2
4 标准结构和内容说明.....	4
5 相关标准对比说明.....	8
6 标准实施措施说明.....	9

## 1 编制背景

本标准是根据《中国电机工程学会印发“中国电机工程学会2021年标准计划（第一批）”的通知》（电机咨[2021]278号），为推进中国电机工程学会（以下简称“学会”）标准工作，决定开展“中国电机工程学会标准”（简称“CSEE 标准”）《架空输电线路结构可靠性鉴定标准》的编制工作，计划编号202102230005。由中国电力工程顾问集团中南电力设计院单位负责起草。

架空输电线路的杆塔及基础支撑体系作为输电系统的重要组成部分，其在全寿命周期内的安全健康状况是至关重要的。截止至2019年，全国220kV以上输电线路共754785公里，湖北220kV以上输电线路超过28220公里，其中2000年前建设7757公里，占比27.5%。超大的输电线路保有量意味着我国已逐步迈入输电线路维护、改造、更新的阶段。根据《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144-2019中强制性条文规定：工业建筑在达到设计使用年限拟继续使用时、使用用途或环境改变时、进行结构改造或扩建时、遭受灾害或事故后、存在较严重的质量缺陷或者出现较严重的腐蚀、损伤、变形时，应进行可靠性鉴定。因此在输电线路维修或改造之前，必须经过鉴定来了解结构的健康状态和可靠性，但是针对输电线路杆塔及基础结构的可靠性鉴定尚无统一技术原则，既无国标也无行标。其他建设行业也面临着类似的问题，纷纷开展了结构可靠性鉴定方面的研究，并编制了相应的标准，如高耸钢结构、通信塔架、风电塔筒等，相比之下电力行业已经有些落后。为此，制定《架空输电线路结构可靠性鉴定标准》，对既有输电线路的

运行维护和技术改造具有重大工程价值，既是市场发展的必然趋势，也是输电线路技术发展的必然趋势。

中南电力设计院有限公司承担了湖北省多个老旧线路的技改和评估工作，如：500kV葛军线改造、500kV葛双I回、II回改造等，积累了丰富的既有线路结构可靠性评价的数据和经验，近期正在进行公司重大科技专项《架空输电线路结构可靠性鉴定及寿命预测研究》的研究，深入研究影响结构可靠性鉴定的检测项目及其相应的技术要求、基于输电线路结构腐蚀及弯曲的损伤累积和抗力退化模型，将形成基于可靠度的杆塔结构构件、节点、整体结构，乃至杆塔和基础体系可靠性评级准则，研究成果可为编制团体标准《架空输电线路结构可靠性鉴定标准》提供有利技术支撑，确保标准编制的科学性和实用性。

## 2 编制主要原则

2.1 本标准适用于架空输电线路钢结构杆塔和基础，包括角钢塔、钢管塔、单管杆，不包括水泥杆及组合结构。

2.2 标准编制应贯彻国家的基本建设方针和技术经济政策，执行国家的有关法律、法规、标准和规范，达到安全可靠、先进适用、经济合理、资源节约、环境友好的目标。

2.3 以《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144-2019 为基准，参照其他行业检测鉴定标准，结合近年来工程设计、检测鉴定、施工和运行经验，针对架空输电线路结构可靠性鉴定标准进行编制。

2.4 收集调研包括架空输电线路铁塔和基础设计使用年限、铁塔和基础常见缺陷、铁塔和基础调查、检测及可靠性鉴定方法、铁塔和基础常用加固方案等相关内容汇总，形成调研内部资料，为规定条文的

编写提供技术支撑。

2.5 根据近年来输电线路铁塔和基础运维情况，对在运行中涌现的常见缺陷进行总结，将相关内容纳入有关章节。

2.6 对比国外架空输电线路铁塔和基础检测和鉴定的有关最新标准、资料和信息，结合我国国情，将具有国际先进水平的内容补充到规定的有关条文之中，使规定与国际水平接轨。

2.7 研究相关规范，编制的条文内容与现行相关标准相协调。

2.8 编写格式：按照《工程建设标准编制指南》（住房和城乡建设部标准定额司）、《工程建设标准编写规定》（建标[2008]182号）执行。

### 3 主要工作过程

在 2022 年 4 月，由中南电力设计院组织相关参编单位对编制大纲进行了评审，明确了任务分工，并在 10 月完成了编制、校核和交互审核工作，形成了《架空输电线路结构可靠性鉴定标准》征求意见稿。

表 1 标准编制任务分工

章节编号	章节名称	编制/校核	交互审核
A 调研	调研报告及相关收集的资料	所有单位	
B 标准			
	前言、目次	中南院	华中分部
1	总则	中南院	湖北电力公司
2	术语和符号	华北院	中国电科院
3	基本规定	中南院	华北院
4	调查与检测	中电检测	中国电科院
5	结构分析与校核	中南院	华北院

章节编号	章节名称	编制/校核	交互审核
6	杆塔构件及节点的鉴定评级	中南院	西南院
7	杆塔结构体系的鉴定评级	中南院	西南院
8	地基基础的鉴定评级	湖北院	湖工大
9	拉线系统的鉴定评级	湖北院	武大
10	单元的综合鉴定评级	中南院	武大
11	鉴定报告	中国电科院	中电检测
附录 A:	角钢构件整体弯曲状态下轴压承载力折减系数	中南院	重大
附录 B:	钢构件腐蚀程度评估分级	西南院	重大
附录 X	根据章节内容增减	同章节	同章节
	标准用词说明	河南电科院	中国电科院
	引用标准名录	河南电科院	中国电科院
	附：条文说明	相应章节	相应章节

#### 4 标准结构和内容说明

架空输电线路结构可靠性鉴定标准正文共分 11 个章节，每个章节的编写内容如下：

##### 前言

制订标准的任务来源；概述标准编制的主要工作和主要技术内容；说明标准的管理部门、日常管理机构，以及具体技术内容解释单位名称、邮编和通信地址；标准的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人员名单。

##### 目次

中文和英文目次。

##### 1 总则

制定标准的目的；标准的适用范围；标准的共性要求；执行相关标准的要求。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

对标准中采用的术语作出规定和说明。

### 2.2 符号

对标准中采用的符号作出规定和说明。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

对架空输电线路结构在何种情况下应进行可靠性鉴定，鉴定评级的层次、等级划分等作出规定。

### 3.2 鉴定程序及其工作内容

对鉴定工作基本程序、调查及鉴定工作的内容作出规定。

### 3.3 鉴定评级标准

对杆塔构件及节点和结构系统安全性评级标准、使用性评级标准和可靠性评级标准作出规定。

### 3.4 鉴定评级步骤

对鉴定评级的步骤作出规定。

## 4 调查与检测

### 4.1 使用条件的调查与检测

对使用条件的调查和检测内容作出规定，包括结构上的作用和使用历史调查。

### 4.2 现状的调查与检测

对输电线路结构现状的检测作出规定，包括分项检测和整体检测

两部分内容，以及监测工作的安全要求。

#### 4.3 检测成果的要求

对输电线路结构现状的检测项目和成果标准提出要求。

### 5 结构分析与校核

结合构件的变形、损伤和腐蚀等影响，对架空输电线路结构进行承载力鉴定计算作出规定。

### 6 杆塔构件及节点的鉴定评级

#### 6.1 杆塔构件及节点安全性等级评定

通过杆塔构件及节点承载能力（构件的抵抗力  $R$  与作用效应  $\gamma_{os}$  的比值  $R/\gamma_{os}$ ）的校核分析评定，对杆塔构件及节点安全性等级评定作出规定。

#### 6.2 杆塔构件及节点使用性等级评定

结合杆塔构件及节点适用性等级和耐久性等级，对杆塔构件及节点使用性等级评定作出规定。

#### 6.3 杆塔构件及节点可靠性等级评定

结合杆塔构件及节点安全性等级和使用性等级，对杆塔构件及节点可靠性等级评定作出规定。

### 7 杆塔结构体系的鉴定评级

#### 7.1 杆塔结构体系的安全性等级评定

输电杆塔构件按重要性区分为：重要构件集（主要构件及其连接节点）或次要构件集（次要构件及其连接节点）。每种构件集的安全性等级，以该种构件集中所含构件集的安全性等级所占百分比，对杆塔结构体系安全性等级评定作出规定。

#### 7.2 杆塔结构体系的使用性等级评定

结合杆塔结构体系使用状况和结构水平位移两个项目评定等级，对杆塔结构体系使用性等级评定作出规定。

### 7.3 杆塔结构体系的可靠性等级评定

结合结构体系的安全性等级和使用性等级，对杆塔结构体系可靠性等级评定作出规定。

## 8 地基基础的鉴定评级

### 8.1 地基基础的安全性等级评定

结合基础尺寸、基础完整性、基础砼强度等级、基础顶面相对高差、基础相对水平位移、基础周边环境等因素，对地基基础安全性等级评定作出规定。

### 8.2 地基基础的使用性等级评定

结合基础保护层厚度、基础砼碳化深度、保护帽完整性等因素，对地基基础使用性等级评定作出规定。

### 8.3 地基基础的可靠性等级评定

结合地基基础的安全性等级和使用性等级，对地基基础可靠性等级评定作出规定。

## 9 拉线系统的鉴定评级

### 9.1 拉线系统的安全性等级评定

结合拉线系统的抗力效应  $R$  和作用效应  $S$  及结构安全系数  $\gamma$ ，对拉线系统安全性等级评定作出规定。

### 9.2 拉线系统的使用性等级评定

结合拉棒、拉索及 UT 线夹等锈蚀情况以及拉索张紧情况等，对拉线系统使用性等级评定作出规定。

### 9.3 拉线系统的可靠性等级评定

结合拉线系统的安全性等级和使用性等级，对拉线系统可靠性等级评定作出规定。

## 10 单元的综合鉴定评级

### 10.1 自立式杆塔单元的综合鉴定评级

将自立式杆塔及地基基础作为一个鉴定单元，对杆塔和基础体系实用评级准则作出规定。

### 10.2 拉线塔单元的综合鉴定评级

将拉线塔及地基基础作为一个鉴定单元，对杆塔、拉线系统和基础体系实用评级准则作出规定。

## 11 鉴定报告

对鉴定报告内容和编写要求作出规定。

## 5 相关标准对比说明

输电线路杆塔及基础的检测项目和内容、评估等级及依据等在电力行业内尚无依据可循，实际工程的检测评估及鉴定较多的参考《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144-2019，但输电杆塔拓扑形式复杂，该标准对于输电线路杆塔并不完全适用。《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008-2016对于构件的鉴定基本与《工业建筑可靠性鉴定标准》相同，对于高耸钢结构的可靠性鉴定基本直接套用多高层钢结构和大跨度及空间钢结构，相应条款十分粗略，操作性不强。《移动通信钢塔桅结构检测鉴定规范》YD/T 3029-2016几乎照搬了《工业建筑可靠性鉴定标准》的框架和主要鉴定要求，对于体系可靠性鉴定的主要参数完全相同，未对钢桅结构的拓扑结构做深入研究，参考价值有限。《输电线路钢结构腐蚀安全评估导则》DL/T 2055-2019建立了输电

线路杆塔、金具、钢绞线、接地材料等关键部件的腐蚀安全评估体系，仅仅针对腐蚀进行了评估，未对其他构件缺陷和整体的承载力或适用性进行评价，具有一定局限性。此外，国网已发布了《变电站构筑物可靠性鉴定及加固技术规程》Q/GDW 11962-2019，对于输电线路的结构可靠性鉴定规程正在准备立项。

## 6 标准实施措施说明

中南院正在进行公司重大专项的研究与开发，将形成基于可靠度的构件、节点、整体结构，乃至杆塔和基础体系可靠性评级方法，可为《架空输电线路结构可靠性鉴定标准》提供技术支撑，确保团标的科学性和实用性。

武汉中电工程检测有限公司承担了500千伏宜都-江陵I、II回，500kV葛军线，500kV葛双I、II回和恒潘线110kV线路改造工程等多个项目杆塔及基础检测工作，具有丰富的杆塔及基础检测数据和经验。

国家电网公司华中分部、湖北省电力有限公司，作为业主单位，开展了500千伏葛洲坝-双河、500千伏葛洲坝-军山、500千伏渔宜改接朝阳等老旧线路的改造工作，积累了丰富的既有线路结构运检数据和改造经验。

西南院牵头包括中南院在内的7家设计院承担《架空输电线路铁塔设计使用年限初步研究》，开展对输电线路运行状态调研和使用年限的研究，对本标准编制可以提供部分研究数据和成果。

湖北院牵头完成了《输电线路杆塔运行寿命评估关键技术》和《输电杆塔运行寿命评估技术应用与决策》研究，开展对输电线路运行状

态评估和剩余使用年限的研究，对本标准编制可以提供部分研究数据和成果。

重庆大学主持了《基于时变可靠度的特高压输电塔结构设计与维护方法研究》和《高强钢输电塔线体系腐蚀疲劳损伤的多尺度随机演化研究》等国家自然科学基金项目，开展了输电杆塔可靠度与构件力学性能的大量研究，对本标准编制可以提供部分研究数据和理论支撑。