



中华人民共和国国家标准

GB/T 18037—2008
代替 GB/T 18037—2000

带电作业工具基本技术要求与设计导则

Technical requirements and design guide for live working tools

2008-09-24 发布

2009-08-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
带电作业工具基本技术要求与设计导则
GB/T 18037—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 68 千字
2008年12月第一版 2008年12月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-34995 定价 28.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 18037-2008

前 言

本标准代替 GB/T 18037—2000《带电作业工具基本技术要求与设计导则》。

本标准与 GB/T 18037—2000 相比主要差异如下：

- 增加了防潮绝缘绳索和高强度绝缘绳索的指标要求；
- 增加了有关 750 kV 交流线路的带电作业工具电气设计原则及要求；
- 增加了制作绝缘防护用具材料的选材原则、设计原则和要求；
- 对工具库房设计部分进行了修改。

本标准附录 A、附录 B 为规范性附录，附录 C 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国带电作业标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：国网武汉高压研究院、锦州供电公司、葫芦岛供电公司。

本标准主要起草人：方年安、胡毅、薛岩、肖坤、王力农、徐莹。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 18037—2000。

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 带电作业工具选材原则 2

5 机械设计原则及要求 9

6 电气设计原则及要求 12

7 工艺结构设计要求 17

8 包装设计要求 19

9 工具库房的设计 20

10 工具试验 20

附录 A (规范性附录) 机械验算 21

附录 B (规范性附录) 主要工具的系列 33

附录 C (资料性附录) 带电作业间隙的海拔校正 35

带电作业工具基本技术要求与设计导则

1 范围

本标准规定了交流 10 kV~750 kV、直流±500 kV 带电作业工具应具备的基本技术要求,提出了工具的设计、验算、保管、检验等方面的技术规范及指导原则。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 311.1 高压输变电设备的绝缘配合(GB 311.1—1997, neq IEC 60071-1:1993)

GB/T 14286 带电作业工器具设备术语(GB/T 14286—2008, IEC 60743:2001, MOD)

DL 409 电业安全工作规程

DL/T 974 带电作业用工具库房

3 术语和定义

GB/T 14286 确定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 工具名称

3.1.1

硬质绝缘工具 insulating rigid tool

以硬质绝缘板、管、棒及各种异型材为主构件制成的工具,包括通用操作杆、承力杆、硬梯、托瓶架、作业平台、滑车、斗臂车、抱杆等。

3.1.2

软质绝缘工具 insulating flexible tool

以柔性绝缘材料为主构件制成的工具,包括各种绳索及其制成品和各种软管、软板、软棒的制成品。

3.1.3

防护用具 protecting tool

带电作业人员使用的安全防护用具的总称,包括绝缘遮蔽用具、绝缘防护用具和电场屏蔽用具。

3.1.4

绝缘防护用具 insulating protecting tool

用绝缘材料制成的供带电作业人员专用的安全防护用品,包括绝缘手套、绝缘袖套、绝缘鞋、绝缘毯等。

3.1.5

电场屏蔽用具 electric field shielding tool

用导电材料制成的屏蔽强电场的用品,包括屏蔽服装、防静电服装、导电鞋、导电手套等。

3.1.6

绝缘遮蔽用具 insulating cover

用于隔离操作者与带电体,并满足一定绝缘水平的遮蔽用具,包括各种软、硬质的遮蔽罩、挡板、绝缘覆盖物等。

3.1.7

绝缘杆 insulating pole

杆状结构的绝缘件,分为承力杆及操作杆两类。

承力杆是承受轴向导、地线水平张力或垂直荷重的工具,例如紧线拉杆、吊线杆等。

3.1.8

载人器具 worker-bearing tool

承受作业人员体重及随身携带工具重量的承载器具,例如软梯、硬梯、吊篮、斗臂车等。

3.1.9

牵引机具 towing tool

手动或机动产生机械牵引力、起吊力的施力机具,例如紧线丝杠、液压收紧器、卷扬机等。

3.1.10

固定器具(卡具) holding tool

在承力系统中起锚固作用的非运动器具,例如翼型卡、夹线器、角钢固定器等。

3.1.11

载流器具 current-passing tool

导通交、直流电流的接触线夹及导线的组合体,例如接引线夹、直联线等。

3.1.12

消弧工具 arc suppression tool

具有一定载流量和灭弧能力的携带型开合器具,例如消弧绳、气吹消弧棒等。

3.1.13

雨天作业工具 raining working tool

能在一定淋雨条件下带电作业时使用的专用工具,例如雨天操作杆、防雨吊线杆、水冲洗杆等。

3.2 各类系数

3.2.1

安全系数(n) safety coefficient

材料的极限应力与许用应力之比,即为安全系数。

3.2.2

分配系数(K_f) distribution coefficient

两个或两个以上并列受力部件,理论上分配总荷载的系数。

3.2.3

不平衡系数(K_b) unbalance coefficient

修正均匀分配荷载中可能出现不平衡受力的系数。

3.2.4

冲击系数(K_c) shock coefficient

在静荷载基础上考虑因运动、操作而产生横向或纵向冲击作用力叠加效果的系数。

4 带电作业工具选材原则

4.1 绝缘材料电气性能指标要求

本导则推荐环氧树脂玻璃纤维增强型复合材料和蚕丝绳、锦纶(尼龙)绳等作为制作带电作业工具的主绝缘材料;推荐橡胶、硅橡胶、塑料及其制成品等作为带电作业工具的辅助绝缘材料,表1~表9列出了部分绝缘材料的主要电气性能指标。

4.1.1 绝缘板材

绝缘板材的主要电气性能指标见表1。

表 1 绝缘板材电气性能指标要求

表面电阻系数/ Ω		常态 $\geq 1.0 \times 10^{13}$
		浸水 $\geq 1.0 \times 10^{11}$
体积电阻系数/ $(\Omega \cdot \text{cm})$		常态 $\geq 1.0 \times 10^{13}$
		浸水 $\geq 1.0 \times 10^{11}$
平行层向绝缘电阻/ Ω		常态 $\geq 1.0 \times 10^{10}$
		浸水 $\geq 1.0 \times 10^8$
50 Hz 介质损失角正切		< 0.01
垂直层向击穿强度 ^a / (kV/mm)	厚度 0.5 mm~1 mm	≥ 22
	厚度 1 mm~2 mm	≥ 20
	厚度 2.1 mm~3 mm	≥ 18
	厚度 > 3 mm	≥ 17
平行层击穿强度 ^a /kV		≥ 30
^a 置于 90 °C $\pm$ 2 °C 的变压器油中。		

4.1.2 绝缘管材

绝缘管材的主要电气性能指标见表 2。

表 2 绝缘管材电气性能指标要求

体积电阻系数/ $(\Omega \cdot \text{cm})$		常态 $\geq 1.0 \times 10^{12}$
		浸水 $\geq 1.0 \times 10^{10}$
平行层向绝缘电阻/ Ω		常态 $\geq 1.0 \times 10^{10}$
		浸水 $\geq 1.0 \times 10^7$
50 Hz 介质损失角正切		< 0.01
垂直层向 5min 耐受电压 ^a / kV/mm	壁厚 1.5 mm	$> 7^b$ $> 12^c$
	壁厚 2.0 mm	$> 10^b$ $> 14^c$
	壁厚 2.5 mm	$> 13^b$ $> 16^c$
	壁厚 3.0 mm	$> 15^b$ $> 18^c$
^a 置于 90 °C $\pm$ 2 °C 的变压器油中； ^b 绝缘管材内径为 6 mm~25 mm； ^c 绝缘管材内径不小于 26 mm。		

4.1.3 泡沫填充绝缘管

泡沫填充绝缘管的主要电气性能指标见表 3。

表 3 泡沫填充绝缘管电气性能指标要求

干燥状态泄漏电流 ^a / μA	<10
168 h 受潮后泄漏电流 ^b / μA	<21
1 h 淋雨试验 ^c	无滑闪、击穿、烧伤及明显温升
a 100 kV,管径 32 mm,管长 300 mm; b 100 kV,管径 32 mm,管长 300 mm; c 100 kV,管长 1 m,雨量 1 mm/min~1.5 mm/min,水电阻率 100 Ω·m。	

4.1.4 绝缘棒材

绝缘棒材的主要电气性能指标见表 4。

表 4 绝缘棒材电气性能指标要求

平行层向绝缘电阻 / Ω	常态 $\geq 1.0 \times 10^{10}$
	浸水 $\geq 1.0 \times 10^7$
平行层击穿强度 ^a / kV	>15
a 置于 90 ℃±2 ℃的变压器油中。	

4.1.5 绝缘绳索

绝缘绳索的主要电气性能指标见表 5。

表 5 绝缘绳索电气性能指标要求

常规型绝缘绳索高湿度下泄漏电流 ^a / μA	≤300
防潮型绝缘绳索持续高湿度下工频泄漏电流 ^b / μA	≤100
防潮型绝缘绳索浸水后工频泄漏电流 ^c / μA	≤500
防潮型绝缘绳索淋雨工频闪络电压 ^d / kV	≥60
防潮型绝缘绳索 50%断裂负荷拉伸后,高湿度下工频泄漏电流 ^b / μA	≤100
防潮型绝缘绳索经漂洗后,高湿度下工频泄漏电流 ^b / μA	≤100
防潮型绝缘绳索经磨损后,高湿度下工频泄漏电流 ^b / μA	≤100
工频干闪电压 ^e / kV	≥170
a 相对湿度 90%,温度 20 ℃,24 h,施加工频电压 100 kV,试品长度 0.5 m; b 相对湿度 90%,温度 20 ℃,168 h,施加工频电压 100 kV,试品长度 0.5 m; c 水电阻率 100 Ω·m,浸泡 15 min,抖落表面附着水珠,施加工频电压 100 kV,试品长度 0.5 m; d 雨量 1 mm/min~1.5 mm/min,水电阻率 100 Ω·m; e 试品长度 0.5 m。	

4.1.6 绝缘橡胶

绝缘橡胶的主要电气性能指标见表 6。

表 6 绝缘橡胶电气性能指标要求

交流耐受电压/ kV	厚度 1.4 mm±0.3 mm	>10
	厚度 2.2 mm±0.3 mm	>20
	厚度 2.8 mm±0.3 mm	>30
直流耐受电压/ kV	厚度 1.4 mm±0.3 mm	>40
	厚度 2.2 mm±0.3 mm	>40
	厚度 2.8 mm±0.3 mm	>70

4.1.7 热塑性塑料

热塑性塑料的主要电气性能指标见表 7。

表 7 热塑性塑料电气性能指标要求

表面电阻系数/ Ω	$\geq 1.0 \times 10^{12}$
体积电阻系数/ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$\geq 1.0 \times 10^{11}$
50 Hz 介质损失角正切	<0.01
击穿强度/ (kV/mm)	>15

4.1.8 高分子聚合物塑料薄膜

高分子聚合物塑料薄膜的主要电气性能指标见表 8。

表 8 高分子聚合物塑料薄膜电气性能指标要求

体积电阻系数/ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$\geq 1.0 \times 10^{15}$
---	---------------------------

4.1.9 绝缘漆

绝缘漆的主要电气性能指标见表 9。

表 9 绝缘漆电气性能指标要求

表面电阻系数/ Ω	$\geq 1.0 \times 10^{12}$
体积电阻系数/ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	常态 $\geq 1.0 \times 10^{14}$
	浸水 $\geq 1.0 \times 10^{13}$

4.2 绝缘材料理化指标要求

4.2.1 密度

带电作业常用的环氧树脂玻璃纤维增强复合型绝缘材料的密度,是间接反映同类型材料机电性能的综合性指标。制作带电作业工具的这类材料的密度,一般不得低于表 10 的要求。

表 10 绝缘材料密度要求

承力、载人器具的主绝缘部件/ (g/cm^3)	板材	≥ 1.8
	管材	≥ 1.6
	棒材	≥ 1.7

4.2.2 吸水性

绝缘材料的吸水性要求见表 11。

表 11 绝缘材料吸水性要求

绝缘板、棒材	$\leq 0.1\%$
绝缘管材	$\leq 0.2\%$
雨天作业工具的外表材料	$\leq 0.02\%$

4.2.3 马丁耐热性

绝缘材料的马丁耐热性要求见表 12。

表 12 绝缘材料马丁耐热性要求

承力、载人器具的绝缘材料/ ℃	≥ 200
非承力工具的主绝缘材料/ ℃	≥ 100

4.2.4 绝缘绳索的初始延伸率

软梯、滑车组、保护绳用绝缘绳索的初始延伸率要求见表 13。

表 13 绝缘绳索初始延伸率要求

天然纤维绳索	$\leq 20\% \sim 44\%$
合成纤维绳索	$\leq 40\% \sim 58\%$
高机械强度绝缘绳索	$\leq 20\%$

满足上述初始延伸率的绳索,应施加 2.5 倍以上使用荷载拉出初伸长,卸载后的残留延伸率不得超过下列数值:

表 14 绝缘绳索残留延伸率要求

软梯、滑车组用绝缘绳索	$\leq 10\%$
保护绳、传递绳	$\leq 15\%$
拉、吊绳	$\leq 20\%$

4.3 绝缘材料机械性能指标要求

4.3.1 制作承力及载人工具的绝缘板材

制作承力及载人工具的绝缘板材的机械性能指标要求见表 15。

表 15 绝缘板材机械性能指标要求

抗张强度/ (N/cm ²)	纵向 $\geq 35\,000$
	横向 $\geq 2\,500$
抗弯强度/ (N/cm ²)	纵向 $\geq 40\,000$
	横向 $\geq 3\,000$
抗冲击强度/ (N·cm/cm ²)	纵向 $\geq 1\,500$
	横向 $\geq 1\,000$

4.3.2 制作承力及载人工具的绝缘管材

制作承力及载人工具的绝缘管材的机械性能指标要求见表 16。

表 16 绝缘管材机械性能指标要求

抗张强度/ (N/cm ²)	≥18 000
抗弯强度/ (N/cm ²)	≥1 500
抗压强度/ (N/cm ²)	≥7 000

4.3.3 制作承力及载人工具的绝缘棒材

制作承力及载人工具的绝缘棒材的机械性能指标要求见表 17。

表 17 绝缘棒材机械性能指标要求

抗张强度/ (N/cm ²)	≥20 000
抗弯强度/ (N/cm ²)	≥35 000

4.3.4 绝缘绳索的抗张强度

绝缘绳索的抗张强度要求见表 18。

表 18 各类绝缘绳索抗张强度要求

天然纤维绳索/ (N/cm ²)	≥8 300
合成纤维绳索/ (N/cm ²)	≥11 000
高机械强度绝缘绳索/ (N/cm ²)	≥22 100

4.3.5 制作绝缘防护用具的高分子聚合物塑料薄膜

高分子聚合物塑料薄膜的机械性能指标要求见表 19。

表 19 高分子聚合物塑料薄膜机械性能指标要求

抗张强度/(N/cm ²)	≥1 000
---------------------------	--------

4.4 选材原则

4.4.1 承力工具

- a) 用于承力工具的层压绝缘材料,其纵向和横向都应具有较高的抗张强度,但横向强度可略低于纵向,两者之比可控制在 1.5 : 1 以内;
- b) 用于承力工具的绝缘材料,应具有较好的纵向机械加工和接续性能,在连接方式确定后,材料应具有相应的抗剪、抗挤压及抗冲击强度;
- c) 绝缘承力部件只能选用纵向有纤维骨架(玻璃纤维或其他高强度不导电纤维)的层压及模压、卷制及引拔工艺生产的环氧树脂复合材料。严禁使用无纤维骨架的纯合成树脂材料(例如塑料硬板)制作承力部件;
- d) 用于承力工具的金属材料,除高强度铝合金外,不允许使用其他脆性金属材料(例如一般铸铁)。

4.4.2 载人器具

- a) 承受垂直荷重的部件(例如挂梯、软梯、蜈蚣梯)应选用有较高抗张强度(抗压强度)的绝缘材料制作,承受水平荷重的横置梁型部件(例如水平硬梯、转臂梯)则应选用具有较高抗弯强度的绝缘材料制作;
- b) 硬质载人工具,推荐采用环氧树脂玻璃布层压板、矩形管及其他模压异形材制作,严禁使用无纤维骨架的绝缘材料制作载人工具;
- c) 软质载人工具及其配套索具,推荐采用具有一定阻燃性、防水性的桑蚕丝绳索、锦纶绳索及锦纶帆布制作;
- d) 载人工具的承力金属部件也应按 4.4.1d) 的要求选材;
- e) 斗臂车的动力底盘应有良好的稳定性、越野性,在海拔 1 000 m 以上地区使用的斗臂车还应具备在高原行驶和作业中不会熄火的性能;
- f) 斗臂车的绝缘臂应选择绝缘性能优良、吸水性低的整体玻璃钢管(圆型或矩型)制作;在高原地区使用的斗臂车,海拔每增加 1 000 m,整体绝缘水平应相应增加 10%;
- g) 斗臂车的液压动力装置应具备回转、伸缩、变幅等两种以上同时工作的操作性能,各种操作具有良好的微调性和稳定性。

4.4.3 托瓶工具

制作托瓶工具材料的选用原则,可参照 4.4.2 a) 的有关要求。

4.4.4 牵引机具

- a) 金属机具的承力部件(例如丝杠的螺旋体和螺线;液压工具的活塞杆)应选用抗张强度高、有一定冲击韧性及耐磨性的优质结构钢制作,其他非承力部件(例如外壳、手柄),可选用较轻便的铝合金制作;
- b) 绝缘机具应按其发力方式(例如杠杆装置、扁带收紧装置、滑车组),选用有相应机械强度的绝缘材料制作主要发力部件(例如滑车的承力板及带环板应用 3240 绝缘板制作)。

4.4.5 固定器具(卡具)

- a) 凡具有双翼力臂的卡具,除个别荷载较小的允许使用绝缘材料制作外,一般都应选用高强度铝合金或结构钢制作;
- b) 由塔上电工和等电位电工安装使用的卡具,应优先选用轻合金材料(例如高强铝合金)制作;
- c) 无强力臂作用或塔下电工安装使用的各类固定器,可选用一般金属材料制作,但不允许使用铸铁等脆性材料(可锻铸铁除外)。

4.4.6 绝缘操作杆(含绝缘夹钳)

- a) 较长的操作杆可选用不等径塔型连接方式的环氧树脂玻璃布空心管及泡沫填充管制作,短的操作杆则可用等径圆管制作;
- b) 绝缘操作杆的接头及堵头应尽可能使用绝缘材料(例如环氧树脂玻璃布棒)制作。一般也允许使用金属制作活动接头,其选材应注重耐磨性及防锈蚀性;
- c) 10 kV 及以下电压等级的手持操作杆应考虑全部使用绝缘材料制作(销钉等较小部件除外)。

4.4.7 通用小工具

一般小工具应根据工具的功能选用金属或绝缘材料制作。有冲击性操作的小工具(例如开口销拔出器)应选用优质结构钢制作。1 kV 及以下电压等级通用小工具应尽可能使用绝缘材料制作,或者采用金属骨架外包覆绝缘护套的方法制作。

4.4.8 载流工具

- a) 接触线夹应按其接触导线的材质分别选用铸造铝合金或铸造铜基合金制作,接触线夹的螺栓部件可选用防蚀性较好的结构钢制作;
- b) 载流导体通常选用编织型软铜线或多股挠性裸铜线制作。10 kV 及以下电压等级的载流引线

应使用有绝缘外皮的多股软铜线制作。

4.4.9 消弧工具

- a) 消弧绳一般选用具有阻燃性、防潮性的桑蚕丝绳索或锦纶绳索制作,其引流段应选用编织软铜线制作,导电滑车应全部选用导电性能良好的金属材料制作;
- b) 自产气消弧棒的产气管体一般选用有机玻璃管或其他产气管(例如刚纸管)制作。依靠外施压缩空气消弧者,应采用耐内压强度高的绝缘管材制作绝缘储气缸。

4.4.10 索具

作主绝缘的索具应选用桑蚕丝绳索或锦纶复丝绳索制作;专用绝缘滑车套推荐选用编织定型圆绳制作;地面使用的围栏绳可采用塑料绳或其他绳索。

4.4.11 水冲洗工具及雨天作业工具

可使用玻璃纤维引拔棒-硅橡胶复合型绝缘管制作工具主体,主体工具上的防雨罩可选用硅橡胶等材料制作。

4.4.12 绝缘遮蔽用具

- a) 硬质绝缘隔板推荐采用环氧树脂玻璃布层压板及玻璃纤维模压定型板制作;
- b) 软质绝缘隔板、罩及覆盖物,推荐采用绝缘性能良好、非脆性、耐老化的橡胶制作。低压(220 V 及以下)隔离套可用一般绝缘橡胶制作。

4.4.13 电场屏蔽用具

- a) 屏蔽服装及防静电服装应选用不锈钢纤维(或其他导电纤维、导电细金属丝)与阻燃性良好的天然纤维或合成纤维的衣料制作;
- b) 屏蔽服装的上衣、裤子、帽子、手套、袜子及导电鞋垫,均应选用屏蔽效率高、电阻小、有足够载流量的屏蔽衣料制作。导电鞋的鞋底应采用导电橡胶制作;
- c) 屏蔽服装各部的导电连接线应采用有足够机械强度、足够载流量及防锈蚀性好的多股软铜线制作。

4.4.14 绝缘防护用具

- a) 绝缘服、绝缘披肩、绝缘毯外表层应选用憎水性好、防潮性能好、沿面闪络电压高并具有足够机械强度的材料;内衬材料应选用高绝缘性能(特别是层向击穿电压高)、憎水性好、柔软并具有一定机械强度的塑料薄膜材料;
- b) 绝缘袖套、绝缘手套、绝缘靴、橡胶绝缘毯(垫)一般应选用绝缘性能良好、耐老化、具有足够机械强度的橡胶类材料制成。

5 机械设计原则及要求

5.1 带电作业气象条件组合

组合气象条件是带电作业工具机械设计的主要依据,合理选择气象条件组合,可提高工具的通用性,降低工具的重量。

带电作业工具一般按下列三类组合气象区进行机械设计,特殊地区可按具体情况另行组合。全国通用的带电作业工具,则应按三个气象区中最苛刻的气象条件作设计。

表 20 各气象区气象条件

气象区域	I	II	III
最低气温/ ℃	-25	-15	-5
最大风速/ (m/s)	10	10	10

使用在覆冰地区的带电作业工具,机械设计中还应适当考虑一定厚度的覆冰后的综合风压。

5.2 工具额定设计荷重

工具的机械强度按额定设计荷重设计、验算。额定荷重按工具预期适用范围确定,并尽可能形成系列。不能形成系列的额定设计荷重按 5.2.1~5.2.4 推荐的方法确定。

5.2.1 紧线工具的额定设计荷重(P_s)

本标准推荐按导线机械特性曲线确定常规紧线工具额定荷重的计算方法(一般情况下,可不再考核过牵引引起的附加荷重)。

- 代表档距(L_D)。按工具的预期通用范围(以导线总张力为基础)选择有代表性的典型线路或线段,根据其线路档距明细表选取满足 95% 通用范围(除个别孤立档外)并最接近临界档距的代表档距 L_D ,作为确定带电作业中最大导线应力(σ_d)的依据。
- 导线应力及其修正。若导线特性曲线中“安装条件”下的气象条件与带电作业组合气象条件相差无几时,可直接使用安装曲线按 L_D 确定最大导线张力 σ_d (N/mm²),若两种条件相差较大,则将两种气象条件的参数代入导线状态方程修正应力,如式(1):

$$\sigma_d \frac{L_D^2 g_d}{24\beta\sigma_d^2} = \sigma \frac{L_D^2 g}{24\beta\sigma^2} - \frac{\alpha}{\beta}(t_d - t) \quad (1)$$

式中: σ_d 、 g_d 、 t_d 和 σ 、 g 、 t 分别为“带电作业”和“安装条件”两种组合气象条件下的应力、导线比载、气温; α 和 β 为导线温度线膨胀系数和弹性伸长系数。

- 悬挂点应力修正:导线弛度点的应力一般较导线悬挂点低 6%~8%,可乘以 1.1 系数予以修正。
- 工具额定设计荷重 P_s 按式(2)计算并取为整数:

$$P_s = 1.1nS\sigma_d \quad (N) \quad (2)$$

式中:

S ——一条导线的全截面积(钢芯铝绞线则为铝部与钢芯两部分截面之和,即综合截面积);
 n ——作用于工具上的导线根数。

- 孤立档或大跨越档紧线工具特殊荷重的确定原则:一般孤立档的张力不会超过紧线工具的额定设计荷重(但应经过验算),该工具可在孤立档上通用。特殊大跨越耐张段的工具,应根据大跨越段的实际张力确定设计荷重,设计专用的紧线工具。

5.2.2 吊线工具的额定设计荷重(Q_s)

本导则推荐按线路最大垂直档距中的垂直及水平荷重确定吊线工具额定设计荷重的方法(即水平荷重不按水平档距确定)。

- 垂直档距(L_C)按吊线工具预期通用范围选择典型线路或线段(大跨越除外)的最大垂直档距,作为确定导线最大垂直荷重及水平荷重的依据;
- 垂直荷重按导线自重比载 g_1 (或覆冰时的综合比载 $g_1 + g_2$)依式(3)计算:

$$G = g_1 L_C \text{ 或 } G = (g_1 + g_2) L_C \quad (N) \quad (3)$$

- 风压荷重按 10 m/s 风速计算导线的风压比载 g_3 (含覆冰层增加的风压比载)依式(4)计算:

$$T = g_3 L_C \quad (N) \quad (4)$$

- 工具额定设计荷重按式(5)计算取整数:

$$Q_s = \sqrt{G^2 + T^2} \quad (N) \quad (5)$$

- 大跨越档内使用的吊线工具,按实际荷重参照以上步骤确定额定设计荷重,设计专用吊线工具。

5.2.3 载人工具的额定设计荷重(Q_n)

- 人体重量:按每人 $G_1 = 700$ N 标准体重计算;
- 携带工具用品的重量:按每人 $G_2 = 150$ N 计算;

c) 载人工具的冲击系数 K_c 一般按表 21 取值;

表 21 载人工具冲击系数

垂直攀登	1.6~2.0
水平迁移	1.5
骑飞车	1.8
机动提升	2.5

d) 载人工具的荷重按 $Q_r = (70 + 15)n = 85n$ 计算。其中, n 为工具允许载人的个数;

e) 载人工具的额定设计荷重按式(6)计算取整数:

$$Q_{rs} = K_c Q_r \quad (N) \quad \dots\dots\dots (6)$$

f) 斗臂车的额定设计荷重在考虑以上人体和随身携带工具的荷重外,还应考虑作业斗的自重。斗臂车若兼作起重吊车(包括允许带电起吊导线工作),应按照额定起吊重量和冲击系数的乘积作为额定设计荷重。

5.2.4 托瓶架的额定设计荷重(Q_{ts})

a) 绝缘子串自重按预期通用范围内的最高吨位绝缘子的自重 G_j 及最大串长片数 n ,按式(7)计算取整数;

b) 冲击系数 K_c 按表 22 取值;

表 22 托瓶架荷重冲击系数

在托瓶架上单个更换绝缘子	1.1
在托瓶架上整串拖动绝缘子(滚动)	1.2
在托瓶架上整串拖动绝缘子(滑动)	1.6
随托瓶架整体起落绝缘子	1.8~2.0

c) 托瓶架的额定设计荷重按式(7)计算取整数:

$$Q_{ts} = K_c n G_j \quad (N) \quad \dots\dots\dots (7)$$

5.2.5 其他工具的额定设计荷重

a) 与承力工具配套的牵引机具,按 5.2.1 及 5.2.2 确定的额定设计荷重加大 1.2 倍确定额定设计荷重,其他牵引机具可向有关工具的系列额定荷重标准靠拢确定;

b) 与承力工具配套的卡具、夹具,按 5.2.1 及 5.2.2 确定的额定设计荷重确定,其他卡具、夹具向有关工具的系列额定荷重标准靠拢确定;

c) 手持操作工具的额定冲击荷重根据经验按表 23 取值;

表 23 手持操作工具额定冲击荷重

拨开口销	1 000 N • cm
敲击性工作	500 N • cm

d) 手持操作工具额定扭转荷重根据经验按表 24 取值;

表 24 手持操作工具额定扭转荷重

拆装螺母	1 000 N • cm
拧绑线结	300 N • cm
取弹簧销(旋转型)	300 N • cm
扳动紧线丝杠	2 500 N • cm

e) 手持操作工具(夹钳)的额定握力为 1 000 N。

5.3 各种材料的许用应力

5.3.1 塑性材料与脆性材料

按材料延伸率 δ 的数值划分, $\delta \leq 5\%$ 的为脆性材料, $\delta > 5\%$ 的为塑性材料。带电作业经常使用的玻璃纤维-环氧树脂复合材料一般作为脆性材料对待, 绝缘绳索和塑料薄膜为塑性材料, LC_4C_5 铝合金的 $\delta = 5\%$, 视为脆性材料。

5.3.2 各种安全系数 n 取值

a) 塑性材料取屈服极限 σ_s , (或条件屈服极限 $\sigma_{0.2}$) 为极限应力计算许用应力, 即 $[\sigma] = \sigma_s / n_s$ (n_s 为塑性材料安全系数), 可按表 25 取值;

表 25 塑性材料安全系数

轧、锻件	1.5~2.2
铸钢件	1.8~2.5

当构件承受动荷重或冲击荷重时, n_s 取值还应再增加 1.5~2 倍;

b) 脆性材料取拉伸破坏强度 σ_b 为极限应力计算许用应力, 即 $[\sigma] = \sigma_b / n_c$ 为脆性材料安全系数, 一般取 $n_c = 2.0 \sim 3.5$;

当构件承受动荷重或冲击荷重时, n_c 取值还应再增大 1.5 倍~2.0 倍;

c) 绝缘绳索因延伸率较大, 一般安全系数取 $n = 4 \sim 5$, 取绳索的额定拉断应力为极限应力计算许用应力。

5.3.3 分配系数取值

在 n 个并列件均匀分配总荷重时的取值为 $K_f = 1/n$; 2 个并列件不均匀分配总荷重时, K_f 按并列件的计算力臂比取值。

5.3.4 不平衡系数取值

一般取 $K_b = 1.1$, 受力部件按总荷重作 n 次分配时, 取 $K_b = 1.1^n$ 。

5.3.5 冲击效应一般可在确定材料安全系数时考虑(详见 5.3.2)。个别情况下也可在确定构件荷重时考虑。冲击受力特别严重的部件必要时可作双重考虑。冲击系数一般取值为 $K_c = 1.2 \sim 1.8$ 。

5.3.6 金属材料的剪切、挤压、弯曲、扭转等许用应力一般应按照生产厂家或有关技术手册提供的具体数据计算确定。特殊情况可按拉伸许用应力与这些应力间的近似关系参照表 26:

表 26 许用应力近似关系

材料性质	弯曲 $[\sigma_w]$	剪切 $[\tau_q]$	挤压 $[\tau_{jy}]$	扭转 $[\tau_t]$
塑料材料	$1.0 \sim 1.2[\sigma]$	$0.6 \sim 0.8[\sigma]$	$1.5 \sim 2.5[\sigma]$	$0.5 \sim 0.6[\sigma]$
脆性材料	$1.0[\sigma]$	$0.6 \sim 0.8[\sigma]$	$0.9 \sim 1.5[\sigma]$	$0.8 \sim 1.0[\sigma]$

5.3.7 绝缘层压板、卷制管、引拔棒及其他异型材, 如果制造厂已给出拉伸、挤压、弯曲、剪切强度指标, 其相应的许用应力可按极限应力值除以安全系数的方法推算; 制造厂没有给出这些指标时, 不可草率参照 5.3.6 的有关近似关系推算, 必须按绝缘材料的实际受力情况作强度试验, 按试验数据确定这些材料的许用应力。

5.4 机械强度验算

本标准的附录 A 提供了部分带电作业常用工具构件的机械强度验算项目及公式(详见附录 A)。特殊构件的机械强度验算项目(例如斗臂车的稳定性计算)可参照有关机械设计手册进行。

6 电气设计原则及要求

6.1 电气强度设计中的有关参数

6.1.1 气象参数

a) 标准气象条件: 带电作业绝缘工具的绝缘强度及有关作业距离的电气试验, 均在标准气象条件下进行, 标准气象条件如表 27 所示;

表 27 标准气象条件

气温	20 ℃
气压	0.101 3 MPa
湿度	11 g/m ³

在非标准条件下使用的带电作业绝缘工具的绝缘强度,应按 GB 311.1 修正试验数据;
b) 雨天带电作业工具电气试验的淋雨条件如表 28 所示。

表 28 带电作业工具电气试验淋雨条件

雨水电阻率	20 ℃时,100 Ω·m±15 Ω·m
淋雨强度	垂直与水平分量平均值各为 1.0 mm/min~2.0 mm/min
淋雨角度	淋雨方向与水平面近似成 45°角

6.1.2 人体感知电流水平

人体感知电流水平如表 29 所示。

表 29 人体感知电流水平值

稳态交流电	1 mA
稳态直流电	5 mA

6.1.3 人体感知工频电场水平

人体感知工频电场水平 2.4 kV/cm。

6.2 带电作业工具的电气强度设计依据

注: 6.2 中的数值适用于海拔 1 000 m 及以下地区,海拔 1 000 m 以上地区应作相应的海拔校正。

6.2.1 设计中起控制作用的内部过电压水平

设计中起控制作用的内部过电压水平如表 30 所示。

表 30 各电压等级内部过电压水平

电压等级/ kV	内部电压水平
10 及以下	44 kV
35~66(非直接接地系统)	4 U_{xg}
110(非直接接地系统)	3.5 U_{xg}
110~220(直接接地系统)	3 U_{xg}
330	2.38 U_{xg}
500	2.18 U_{xg}
±500(DC)	1.7 U_g
750	1.8 U_{xg}
注: U_{xg} 为系统最高运行相电压; U_g 为最高运行极电压。	

6.2.2 空气间隙的安全值

a) 单间隙如表 31 所示;