

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

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

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。

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

不均衡系数(K_b) unbalance coefficient

修正均匀分配荷载中可能出现不均衡受力的系数。

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 $90 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 $90 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 ≥ 1.0 × 10 ¹⁰ 浸水 ≥ 1.0 × 10 ⁷
平行层击穿强度 ^a / kV	>15
a 置于 90 °C ± 2/5 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 °C,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 °C,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)。

- a) 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。
- b) 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):

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

式中: σ_d, g_d, L_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。

- c) 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。
- d) 工具额定设计荷重 P_s 按式(2)计算并取为整数:

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

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。

- e) 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)。

- a) 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;
- b) 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:

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

- c) 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:

$$T = g_3 L_c \quad (N) \quad \dots\dots\dots (4)$$

- d) 工具额定设计荷重按式(5)计算取整数:

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

- e) 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)

- a) 人体重量:按每人 $G_1 = 700$ N 标准体重计算;
- b) 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:

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

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_1 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:

$$Q_{ts} = K_c n G_1 \quad (\text{N}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

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

拔开口销	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 $K_i = 1/n$; 2 个并列件不均匀分配总荷重时, K_i 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 $K_b = 1$, 受力部件按总荷重作 n 次分配时, 取 $K_b = 1.1$ 。

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 $[\tau_s]$	挤压 $[\tau_w]$	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;

表 31 各电压等级安全距离值

电压等级/ kV	相对地安全距离/ cm	相间安全距离/ cm
6~10	40	60
35	60	80
63(66)	70	90
110	100	140
220	180	250
330	260	350
500	340	500
±500(DC)	340	—
750	430	650

b) 组合间隙如表 32 所示；

表 32 各电压等级组合间隙值

电压等级/ kV	组合间隙/ cm
110	120
220	210
330	310
500	400
±500(DC)	380
750	440

c) 电位转移间隙如表 33 所示；

表 33 各电压等级人体面部对带电体最小距离

电压等级/ kV	人体面部对带电体最小距离/ cm
35~63(66)	20
110~220	30
330~500	40
±500(DC)	40
750	50

d) 保护间隙整定值如表 34 所示；

表 34 各电压等级保护间隙整定值

电压等级/ kV	间隙尺寸/ cm
220	70~80
330	100~110
500	160~250

e) 自恢复绝缘(空气间隙)放电危险率(R)的安全指标。

带电作业工具若涉及空气间隙的安全考核,一般以 $R=10^{-5}$ 为判据。间隙在过电压下经过海拔修正后的放电危险率 $R \leq 10^{-5}$ 时被认为是安全的。

6.2.3 有效绝缘长度

a) 绝缘工具

绝缘工具的有效绝缘长度见表 35。

表 35 绝缘工具有效绝缘长度

电压等级/ kV	操作杆/ cm	支、拉、吊、紧线杆及绳索/ cm
10	70	40
35	90	60
63(66)	100	70
110	130	100
220	210	180
330	310	280
500	400	370
±500(DC)	370	340
750	500	500

b) 良好绝缘子最少片数

各电压等级良好绝缘子最少片数见表 36。

表 36 良好绝缘子最少片数要求

电压等级/ kV	绝缘子型号	良好个数要求/ 片
35	XP-70	2
63(66)	XP-70	3
110	XP-70	5
220	XP-70	9
330	XP-100,XP-160	16
500	XP-160,XP-210	23
±500(DC)	XZP1-160	22
750	XWP-210(170 mm)	26

注：其他型号绝缘子片数可根据良好绝缘子总长进行换算。

6.3 绝缘工具的电气强度设计计算

6.3.1 绝缘工具的操作冲击耐受水平

330 kV 及以上交流系统绝缘工具的操作冲击耐压强度,按耐受 15 次操作冲击电压设计(220 kV 及以下绝缘工具不考核操作冲击强度)。操作冲击的峰值电压,按式(8)计算,计算结果向标准系列电压值靠拢取整。

$$U_{ca} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}K_2} U_H K_1 K_3 \quad (\text{kV, 幅值}) \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- U_H ——系统额定电压;
- K_1 ——过电压倍数,按 6.2.1 节规定取值;
- K_2 ——海拔修正系数,例如 1 000 m 时取 $K_2=0.91$;
- K_3 ——安全裕度系数,一般取 $K_3=1.1$ 。

6.3.2 绝缘工具的工频耐受水平

- a) 220 kV 及以下绝缘工具的工频耐压强度按 1 min 工频耐受电压设计。1 min 工频耐受电压为 250 kV/m 平均电位梯度和有效绝缘长度的乘积。
- b) 330 kV 及以上绝缘工具的工频耐压强度按 5 min 工频耐受电压设计。5 min 工频耐受电压按式(9)计算,向系列电压值靠拢取整。

$$U_{GF} = \frac{U_H}{\sqrt{3}K_2} K_3 K_G K_X \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- K_G ——工频动态过电压倍数,均取 $K_G=1.5$;
- K_X ——型式试验系数,取 $K_X=1.1$ 。

6.3.3 绝缘工具长度的设计

绝缘工具的总长度按式(10)设计:

$$L_2 = L_1 + L_2 + L_3 + \Delta L \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- L_1 ——有效绝缘长度,按 6.2.3 规定取值;
- L_2 ——握手长度,操作杆的握手长度一般取 60 cm 为基本长度,随电压等级上升按绝缘工具的总长度适当加长(参照附录 B)。绝缘紧线杆、绝缘吊线杆等承力工具,不考虑握手长度;
- L_3 ——金属接头长度(包括端部金具长度)。纯绝缘接头不计接头长度,可作为有效绝缘对待;
- ΔL ——调整长度,在杆塔净空距离较大的地方,为方便工具安装、操作而增加的工具长度。虽然这部分长度并不作为有效绝缘长度,但仍需使用绝缘材料制作。

6.3.4 绝缘工具表面泄漏距离的设计

一般按 6.3.3 设计的绝缘工具,其表面泄漏距离都能满足正常气候条件(无雨、雾)的安全要求(泄漏电流远远小于 1 mA)。为了提高绝缘工具作业中遇到意外降雨时的湿闪电压,通常采用绝缘工具加装防雨罩,来增大绝缘杆泄漏距离,提高绝缘工具的湿闪电压。

- a) 防雨绝缘承力工具及操作杆可在一般绝缘杆件(管或板)外表包裹硅橡胶外套并加装硅橡胶防雨罩,按 1.6 cm/kV 泄漏比距设计防雨罩个数;
- b) 塑料绝缘件加装防雨罩(一般在“短水枪”水冲洗工具中采用),即在用聚碳酸酯工程塑料制作的水枪上加装若干个聚乙烯防雨罩,可降低水冲洗组合绝缘的泄漏电流。

6.3.5 载流工具的设计

- a) 以载流工具预期适用的最大截面导线的允许工作电流(工作温升不超过 85 °C)为载流工具的额定流量,按额定载流量选择过引线截面积;
- b) 接触线夹按被接最大导线的外径设计活动接触面,该接触面的宽度应大于该导线直径的 1.5 倍。线夹与过引线的固定接触面按照载流工具采用的导线截面设计,一般采用 1~3 枚螺栓(视导线载流量大小而定)压紧;
- c) 载流工具的规格应形成系列,按适用导线截面积分段确定型号,前一规格与后一规格的适应范围应适当重叠。

6.3.6 绝缘遮蔽用具的绝缘设计

- a) 以绝缘板、管作为主绝缘的绝缘遮蔽用具,其直接接触带电体的绝缘部件的层间绝缘水平应满

足 6.2.1 的要求。橡胶、塑料等材料的击穿强度随其厚度的增加而提高,但应注意击穿强度的提高小于材料厚度的变化比例;

- b) 绝缘遮蔽用具的外表面,应标明允许作业人员接触的区域,该区域至带电体的沿面闪络电压也应满足 6.2.1 的要求;
- c) 与带电体保持一定距离的绝缘隔离用具,该距离(空气间隙)的绝缘与绝缘板、管的层间绝缘组成了组合绝缘,其绝缘强度应满足 6.2.1 要求;
- d) 使用塑料薄膜叠层作绝缘覆盖物,应尽量采用同一种材料制作,需要使用不同材质叠层(即串联组合)时,应注意这些材料的介电常数不要相差太大。

6.3.7 保护间隙的绝缘设计

- a) 固定型保护间隙的对地绝缘水平应满足 6.2.1 要求,其保护间隙的尺寸可按 6.2.2d) 整定试验;
- b) 携带型保护间隙投入前后,操作人员握手点至保护间隙与带电体接触点间的绝缘水平,应满足 6.2.1 的要求;
- c) 根据保护间隙放电试验数据,计算带电作业加装保护间隙前、后的危险率(R_0 与 R_1), R_1 应满足带电作业的安全水平要求[参照 6.2.2 e) 的要求];保护间隙本身的放电危险率 R_2 的数值也不可太低,避免增加电力系统的跳闸率;
- d) 在逐步积累经验的基础上,完善保护间隙动热稳定设计及指标。

6.3.8 绝缘梯的绝缘设计

绝缘梯的绝缘水平除满足一般绝缘工具的要求外,还应考虑作业人员在等电位过程中,人体短接并不断移动的尺寸和电位转移时的火花放电距离,即绝缘梯的最小长度 L_{\min} 应满足式(11)的要求:

$$L_{\min} \geq L_1 + L_r + S_f \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

L_1 ——有效绝缘长度,参照 6.2.3 a) 的数值;

L_r ——人体在绝缘体短接的尺寸,在水平梯上 $L_r=60$ cm;在软梯等垂直状态绝缘梯上 $L_r=180$ cm;

S_f ——电位转移距离,参照 6.2.2 c) 的数值。

6.3.9 绝缘工具接头的电性能设计

- a) 绝缘接头在电气上不直接降低绝缘工具的绝缘水平。空心绝缘管的绝缘接头应尽量采用封闭式接头,封闭式接头应能防止潮气及灰尘侵入;如采用开敞式接头,其接头结构应便于管内的定期清扫及管内壁的干燥工作,必要时应设计配套的专用检测装置;
- b) 金属接头的纵向尺寸应尽可能地短,接头的结构应尽可能防止发生尖端放电和电晕;接头的体积也应尽可能地小,减轻杂散电容造成的分布电压不均匀程度;
- c) 绝缘板的螺栓式接头上的金属螺栓,其两端的棱角应尽可能光滑,螺栓在绝缘板两侧不要过于突出,处于带电体一端的螺栓部件,必要时可加装屏蔽环,防止绝缘端部电场过强而出现局部放电。

6.3.10 屏蔽工具的设计

- a) 屏蔽服的屏蔽效率按 40 dB、屏蔽面罩屏蔽效率按 20 dB 设计制作;
- b) 屏蔽服的载流量按 5 A 进行设计制作;
- c) 屏蔽服加筋线在满足载流量要求的基础上,还应考虑足够的机械强度。

6.3.11 绝缘防护用具的绝缘设计

对于成品绝缘服,为了防止因连接而造成局部的绝缘性能下降,应采取必要的措施加强电气绝缘性能,可以采用特殊的压接工艺或采用复叠方式。

7 工艺结构设计要求

7.1 器具的工艺设计要求

7.1.1 搬运长度

根据作业人员携带工具在高杆农作物田地、树林等地区行走方便的需要,对工具正常分解后的纵向

长度如表 37 的要求：

表 37 可搬运工具长度要求

单人携带(包括乘公用交通工具)	≤1.8 m
两人搬运(普通货车运输)	≤2.5 m

7.1.2 单元工具质量

为了减轻作业人员负重行走、登坡和高空作业的体能消耗,工具正常分解后的单元工具质量如表 38 的要求：

表 38 单元工具质量要求

单人使用及安装	≤100 N
两人使用及安装	≤150 N
高空等电位人员使用及安装	≤50 N

7.1.3 高空作业状态下单人使用、组装的工具,其部件的连接结构应设计成易于装拆并在连接过程中不出现分离件(例如螺栓、螺母、开口销等),地面使用或两人以上共同安装使用的工具可不受此限。

7.1.4 铝合金工具的结构尺寸变化宜圆弧过渡,避免尺寸直角过渡造成应力集中。

7.1.5 设计、使用绝缘子卡具应避免采用瓷件直接受压、受挤的工况。绝缘子钢帽受集中压力的区域,应验算钢帽的挤压应力,防止因钢帽局部变形损伤内部瓷件或浇铸物。

7.1.6 以导线或绝缘子连接金具的销杆为支持点的卡具,必须验算卡具工作中给该销杆增加剪切荷重是否超载(与销杆承受的起始荷重叠加后判断)。

7.1.7 直接卡在导线上的握着型夹具,必须验算夹具产生的挤压力是否会导致导线线股的永久变形,同时判断夹具是否会发生沿面滑动而刮伤导线。

7.1.8 各种杆塔上使用的工具,设计中应有意识地预留供传递绳索捆绑的孔或钩。

7.1.9 设计高强度铝合金 Ω 型翼形卡具,应提出锻造工件毛坯的技术要求,保证金属纤维不会因机械切割而发生断裂,其他铝合金翼形卡具,应根据卡具造型确定是否需要锻造毛坯。

7.2 通用性与轻便化原则

通用性体现“一具多用、一具广用”的原则,轻便化体现“单元工具或组合工具重量轻、安装使用方便”的原则,工具的通用性与轻便化应按以上原则综合考虑。

7.2.1 功能相近的工具(例如紧线拉杆与吊线杆;同一吨位的瓷质绝缘子卡具与玻璃绝缘子卡具;双串直线绝缘子的前、后卡具与耐张二联串绝缘子的前、后卡具等),应尽量设计成通用型工具。

7.2.2 功能相同,纵向尺寸不同的工具(例如不同长度绝缘子串上使用的紧线拉杆),应尽量设计成积木式组合工具,用调整组合件数的方法做到一具广用。

7.2.3 纵向尺寸长、横向尺寸宽的工具,应尽量采用折叠式结构,在不增加装拆工作量前提下方便工具组装、运输和保管。

7.2.4 绝缘结构件以减轻重量为目的的“漏空”设计应慎重采用。只有在不降低受力件截面机械强度,不过多增加受力件横切割面的条件下才能考虑使用这种减轻办法。

7.2.5 带电作业工具的金属部件,在满足机械强度的前提下,应尽量采用轻合金材料(例如超硬铝合金)制作。

7.2.6 各种通用工具的接口(例如操作杆前端工具座和接头),应尽量采用耐磨性好、结合缝隙小、接拆快捷、互换性强的标准接口件(例如锁销型、花键型接头)。

7.2.7 在机械强度允许的情况下,应尽量采用适用范围广、便于携带的绳索一滑车组作为牵引装置。

7.3 工具的表面处理

7.3.1 黑色金属部件的表面处理按不同部位可采用表 39 的处理工艺：

表 39 金属部件的表面处理工艺

公差配合精的部件(例如丝杆有丝母)	发兰或发黑
经常触摸的部件(例如操作把、柄)	镀铬抛光
卡具及绝缘构件的配件等	热镀锌
经常接触地面的部件(例如地锚杆)	热镀锌

7.3.2 铝合金工具的表面处理,按不同部位可采用表 40 的处理工艺:

表 40 铝合金工具的表面处理工艺

耐磨工作面	硬质阳极化
一般卡具、器具	彩色阳极化
腐蚀环境用的器具	涂防腐漆

7.3.3 绝缘工具的表面处理

- 绝缘板经机械切割的断面,应涂刷、浸渍 1 次~2 次绝缘漆,绝缘材料未受破损的原有光滑表面,不作浸漆处理;
- 绝缘管、棒的车削加工面,不论内壁、外壁需作 1 次~2 次浸漆处理(视原表面状况而定);
- 玻璃纤维引拔棒的表面一般应采用硅橡胶密封处理,也可采用浸渍绝缘漆处理工艺;
- 工程塑料模压件的表面去除毛刺后,不需再作表面处理;
- 操作杆上的安全警戒标志线,应采用绝缘性能好的红色绝缘漆喷刷(在绝缘杆表面处理后喷刷)。

7.4 工具系列化要求

7.4.1 型号的标志法

定型工具的型号用三位及三位以下汉语拼音字母和二位及二位以下数字表达工具名称和规范,组成型号的首部;

在“—”号后由不超过三位的数字和字母表达工具的特征,组成型号的尾部,其结构如下:

名称 规范 特征

名称举例:操作杆—CZG;
测试杆—CSG;
绝缘滑车—JH;
绝缘子自封门卡具—JZK;
三角紧线器—SJQ。

型号举例:“CSG22-3.4Z”表示 220 kV 测试杆,长度 3.4 m,锥型管;

“JH5-1B”表示 5 t 绝缘滑车,单滑轮,闭合金属钩;

“SJQ25-70”表示三角紧线器,适用于 25 mm²~70 mm² 导线。

7.4.2 通用性强的绝缘操作杆、测试杆,按电压等级、标称长度、管型形成系列(详见附录 B)。

7.4.3 通用性强的绝缘滑车,按额定荷重、滑轮个数、挂钩型式形成系列(详见附录 B)。

7.4.4 通用性强的绝缘子卡具,按额定荷重、封门方式形成系列;用于首、末端绝缘子的配套卡具,按额定荷重、适用金具型号、封门方式归入绝缘子卡具系列内(详见附录 B)。

7.4.5 通用性强的三角紧线器,按适用导线截面区域形成系列(详见附录 B)。

7.4.6 其他通用型工具可参照 7.5.1~7.5.5 原则形成系列。类别繁多、通用性差的工具暂不形成系列。

8 包装设计要求

绝缘工具、轻合金工具及具有活动部件的机具,在设计工具时应同时设计其包装物。

8.1 防潮包装

8.1.1 绝缘工具、铝合金工具及具有活动部件的机具在出厂时应用聚乙烯或其他吹塑薄膜的热合封口包装。

8.1.2 每件绝缘工具均应设计与工具外形相适应的、便于装取的帆布工具袋。工具袋应具备有封口盖及供使用者背、扛、提、拿的背带或提梁。

8.1.3 两件及以上部件组成的细长工具,在 7.1.2 的质量范围内按整套组合工具设计工具袋,每件工具间应设隔离垫,工具袋展开后可兼作现场铺地的苫布使用。

8.1.4 绝缘绳索应具有背包型软包装袋,其容积应按 7.1.2 的质量要求设计。

8.1.5 绝缘绳索还应配备供现场使用的防潮、防污塑料硬桶,作业人员可将地面上多余的绳索盛入桶内。塑料桶应设提梁,用完后能叠套在一起运输、保管。

8.2 运输包装

8.2.1 绝缘工具长途运输(包括汽车、火车托运)应使用专用的木箱包装,按长度及有关运输规章所限定的质量设计木箱的容量。每件工具在箱内应加以固定,包装箱上应有明显的“防潮”、“轻放”标志。出厂运输的包装箱上还应标明工具名称、规范、数量、出厂日期、质量等。

8.2.2 铝合金工具、表面硬度较低的卡具、夹具及不宜磕碰的金属机具(例如丝杠)、运输时应有专用的木质或皮革工具箱,每箱容量以一套工具数量为限,零散部件在箱内应予固定。

8.2.3 一般金属器具,可使用草绳作运输包装,有条件时也可设计通用的木质包装箱。

8.2.4 通用小工具的包装物应设计成便于操作者在杆塔上使用的背带包,包内能定位摆放整套的小工具。工具袋使用后可兼作运输包装物。

9 工具库房的设计

设计成套带电作业工具时要配套设计工具库房,工具库房的设计应满足 DL/T 974 的规定。

10 工具试验

10.1 带电作业工具产品试验分为型式试验、出厂试验及抽查试验。

10.1.1 有下列情况之一的工具应进行型式试验:

- a) 新产品定型;
- b) 定型产品转厂生产;
- c) 结构设计有重大变动的产品。

10.1.2 出厂试验应逐件进行,试验合格后出具产品合格证书。

10.1.3 用户购买产品发现有质量问题,有权要求生产厂家进行抽查试验,在用户的参与下由有关技术监督部门仲裁结论。

10.2 带电作业工具试验项目及方法按有关试验标准进行,试验结果应符合工具设计要求。

附录 A
(规范性附录)
机械验算

本标准仅提供常用工具构建机械验算项目及公式,其他项目的验算可参照有关机械设计手册进行。

A.1 螺栓联接承拉板件的强度验算

a) 单孔联接

项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_t = (b-d)a$	$P_s/S_t \leq [\sigma]$	
挤压	$S_r = ad$	$P_s/S_r \leq [\sigma_r]$	
剪切	$S_q = 2at$	$P_s/S_q \leq [\tau_q]$	

b) 单排双孔及多孔联接(孔数=n)

项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_{t1} = (b-d_1)a$	$\sigma_{t1} = P_s/S_{t1} \leq [\sigma]$	
挤压	$S_r = nad$	$\frac{K_f^{n-1} P_s}{S_r} \leq [\sigma_r]$	
剪切	$S_q = 2nat$	$\frac{K_f^{n-1} P_s}{S_q} \leq [\tau_q]$	

注:单排多孔联接只能加大挤压和剪切面积,降低材料挤压、剪切应力。不能改善承拉板的拉伸强度。由于金属螺栓增加会降低电性能故应慎用。

c) 双排四孔联接

项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_{11} = (b-d)a$	$\sigma_{11} = P_s / S_{11} \leq [\sigma]$	
	$S_{22} = (b-2d)a$	$\sigma_{22} = 3P_s / 4S_{22} \leq [\sigma]$	
挤压	$S_r = 4ac$	$\frac{K_t^3 P_s}{S_r} \leq [\tau_r]$	
剪切	$S_q = 14at$	$\frac{K_t^3 P_s}{S_q} \leq [\tau_q]$	

注：双排四孔联接对降低材料的剪切应力效果明显，但会降低电性能，故应慎用。

A.2 螺栓联接承拉管材的强度验算

a) 圆管双孔联接

项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4} (D_2 - d_2) - d_1 (D - d)$	$\sigma_{11} = \frac{P_s}{S_L} \leq [\sigma]$	
挤压	$S_r = (D-d)d_1$	$\frac{K_t P_s}{S_r} \leq [\sigma_r]$	
剪切	$S_q = 4(D-d)t$	$\frac{K_t P_s}{S_q} \leq [\sigma_q]$	

b) 扁管双孔联接

项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) (b - d_1) (D - d)$	$\frac{P_s}{S_L} \leq [\sigma]$	
挤压	$S_r = (D-d)d_1$	$\frac{K_t P_s}{S_r} \leq [\sigma_r]$	
剪切	$S_q = 4(D-d)t$	$\frac{K_t P_s}{S_q} \leq [\sigma_q]$	

A.3 螺扣联接承拉棒材强度验算

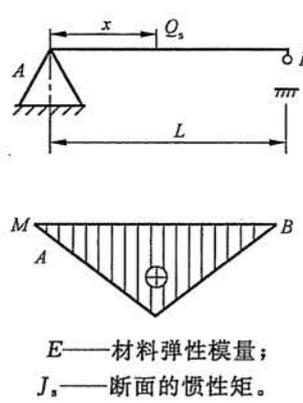
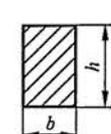
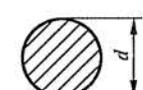
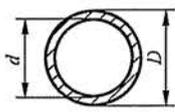
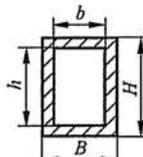
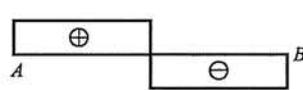
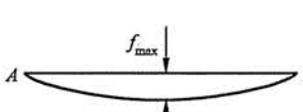
项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4} d^2$	$\frac{P_s}{S_L} \leq [\sigma]$	<p>注: 螺扣联接承拉圆管件的强度验算, 可参照本节及 A.2a) 有关项目进行。</p>
牙部挤压	$S_s = \frac{\pi H}{4t} (d_2^2 - d_1^2)$	$\frac{P_s}{S_s} \leq [\sigma_r]$	
牙部剪切	$S_q = \pi d_1 H$	$\frac{P_s}{S_q} \leq [\tau_s]$	
牙部弯曲	$\frac{\pi d_1 h^2}{6}$	$\frac{P_s (d_2 - d_1)}{4W} \leq [\sigma_w]$	

A.4 楔型联接承拉引拔棒的强度验算

项目	危险断面积 S	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4} d^2$	$\frac{P_s}{S_L} \leq [\sigma]$	<p>$d = \text{tg}^{-1} \left(\frac{D-d}{2H} \right)$</p>
挤压	$S_r = \frac{\pi H}{2 \cos \alpha} (D+d)$	$\frac{P_s}{S_r} \leq [\sigma_r]$	
剪切	$S_q = \pi d H$	$\frac{P_s}{S_q} \leq [\tau_s]$	

A.5 弯曲杆件的强度验算

a) 弯曲梁集中受力

项目	公式			强度条件	示意图
弯矩	$M_x = \frac{Q_s x(L-x)}{L} \quad M_{\max} = \frac{Q_s L}{4}$				 <p>E—材料弹性模量; J_s—断面的惯性矩。</p>
截面积及截面系数	断面	F	W	$\frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma_w]$	
		bh	$\frac{bh^2}{6}$		
		$\frac{\pi}{4} d^2$	$\frac{\pi}{32} d^3$		
	$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$	$\frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$			
		BH - bh	$\frac{BH^3 - bh^3}{bH}$		
剪力	$Q = \frac{Q_s}{2}$			$\frac{Q}{F} \leq [\tau_q]$	
挠度	$f_{\max} = \frac{Q_s L^3}{48EJ_s}$			$f_{\max} \leq [f]$	

该方法适用于两端有支持物的水平梯及水平轨道等工具的验算。

b) 简支梁均压受力

项目	公式	强度条件	示意图
弯矩	$M_x = \frac{qL}{2}x - \frac{q}{2}x^2$ $M_{\max} = \frac{qL^2}{8}$	$\frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma_w]$ $Q = \frac{qL}{2}$ $\frac{Q}{F} \leq [\tau_q]$	
截面积及截面系数	参照 A. 5a)		
挠度	$f_{\max} = \frac{5qL^4}{384EJ_z}$		
注：该方法适用于桥式托瓶架等工具。			

c) 悬臂梁集中受力

项目	公式	强度条件	示意图
弯矩	$M_x = -Q_2 x$ $M_{\max} = -Q_2 L$	$\frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma_w]$ $\frac{Q_2}{F} \leq [\tau_q]$	
截面积及截面系数	参照 A. 5a)		
挠度	$f_{\max} = \frac{Q_2 L^3}{3EJ_z}$	$f_{\max} \leq [f]$	
注：该方法适用于无吊绳转臂水平梯等工具。			

d) 悬臂梁均匀受力

项目	公式	强度条件	示意图
弯矩	$M_{\max} = -\frac{qL^2}{2}$	$\frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma_w]$ $-\frac{qL}{F} \leq [\tau_q]$	
截面积及截面系数	参照 A. 5a)		
挠度	$f_{\max} = \frac{qL^4}{8EJ_z}$	$f_{\max} \leq [f]$	
注：该方法适用于单吊点的托瓶架等工具。			

A.6 兼受两种负荷杆件的强度验算

a) 拉伸—弯曲组合受力

项目	公式	强度条件	示意图
力矩	$M_{\max} = \frac{qL^2}{8}$	$\frac{M_{\max}}{W} + \frac{P_s}{F} \leq [\sigma]$ $\frac{qL}{F} \leq [\tau_q]$	
截面积及截面系数	参照 A.5a)		
挠度	参照 A.5b)		

注：该方法适用于紧线拉杆兼托瓶架形式的工具。

b) 拉伸—扭转组合受力

项目	公式		强度条件	示意图
截面积及抗扭截面模数	断面	F	W_n	
		bh	—	
		$\frac{\pi}{4}d^2$	$\frac{\pi}{16}d^3$	
		$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$	$\frac{\pi}{16D}(D^4 - d^4)$	

注：该方法适用于丝杠与丝杠联接无防扭措施的紧线杆、吊线杆等工具。

A.7 双翼卡具强度验算

a) 绝缘子前(后)卡具(以前卡为例)

项目	公式	强度条件	示意图
弯曲	$M_m = \frac{P_s L}{4}$ $M_n = \frac{P_s (L-D)}{4}$	$\frac{M_m}{W_m} < [\sigma_w]$ $\frac{M_n}{W_n} < [\sigma_w]$	<p> d——钢帽突台外径; d_1——牙口外径; d_2——端孔外径; d_3——耳缘直径; d_4——耳孔直径;$t=H/4$。 </p>
牙根部 剪切	$S_{j1} = \frac{\pi d h}{K_1}$ <p>($K_1=1.0\sim 1.5$)</p>	$\frac{P_s}{S_{j1}} < [\tau_q]$	
端部 剪切	$S_{j2} = (a - d_2)b$	$\frac{K P_s}{S_{j2}} < [\tau_q]$	
耳孔 剪切	$S_{j3} = 4(d_3 - d_4)t$ <p>($K_2=0.5\sim 1.0$)</p>	$\frac{K_2 P_s}{S_{j3}} < [\tau_q]$	
端孔 挤压	$S_{s2} = 2d_2 b$	$\frac{P_s}{S_{s2}} < [\sigma_{jr}]$	
耳孔 挤压	$S_{s3} = 4d_4 t$	$\frac{K_2 P_s}{S_{s3}} < [\sigma_{jr}]$	

注 1: 双翼 A、B 若采用异形断面, 应抽查验算某断面的弯曲程度(取危险断面, 例如托瓶架安装孔的断面)。

注 2: 根据具体结构, 酌情增减验算项目。

注 3: 端孔、耳孔的穿销强度, 参照 5.4.9 验算。

注 4: K_1 及 K_2 系牙根及钢帽外张力负载分担系数, 具体取值时应说明依据。

注 5: 双翼上的托瓶孔的垂直荷重 Q_T 和 P_s 相差 90° , 若该荷重过大, 应增加该方向的弯曲验算项目。

b) Ω型双翼夹具

项目	公式	强度条件	示意图
弯曲	$M_m = \frac{P_s L}{4}$ $M_n = \frac{P_s(L-a)}{4}$	$\frac{M_m}{W_m} < [\sigma_w]$ $\frac{M_n}{W_n} < [\sigma_w]$	
端孔剪切	参照 A. 7a)	参照 A. 7a)	
端孔挤压	参照 A. 7a)	参照 A. 7a)	

注：下部穿销一般仅作保险装置，弯曲验算时可以考虑它分配的弯曲荷载。若用作受力部件，则应增加相应的验算项目(例如用于倒装线夹的Ω型夹具)。

c) 分离式螺栓对接双翼夹具

项目	公式	强度条件	示意图
弯曲	$M_m = \frac{P_s(L-\delta-2b)}{4}$	$\frac{M_m}{W_m} < [\sigma_w]$	
螺栓孔剪切	$S_{j1} = 2(a-d_2)b$	$\frac{P_s}{S_{j1}} < [\tau_s]$	
螺栓拉伸	$T = \frac{P_s(L-\delta)}{8H}$ $S_L = \frac{\pi}{4}d^2$	$\frac{K_1 T}{S_L} < [\sigma]$	
端孔剪切与挤压	参照 A. 7a)	参照 A. 7a)	

注 1: W_m 截面系数计算按有关手册进行。
 注 2: 螺栓压紧力用 K 加以修正, K 取 1.1~1.2。

A.8 紧线丝杠强度验算

a) 实心丝杠(T型扣)

项目	公式	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4} d_1^2$	$\frac{P_s}{S_L} < [\sigma]$	<p>螺母</p> <p>工作圈数; 牙根宽; 螺距; 螺纹升角; 螺扣间摩擦系数; 丝杠 g 座间摩擦系数; 螺纹均径; 扳把有效长度。</p>
螺扣剪切	$S_j = n\pi d_1 b$	$\frac{P_s}{S_j} < [\tau_q]$	
螺扣弯曲	$M_b = \frac{P_s(d - d_1)}{4}$ $W_b = \frac{\pi d_1 b^2}{6}$	$\frac{M_b}{W_b} < [\sigma_w]$	
螺面挤压	$S_c = \frac{n\pi}{4}(d^2 - d_1^2)$	$\frac{P_s}{S_c} < [\sigma_r]$	
螺杆扭转 (扳把) 收紧力矩	摩擦力 $F_f = (f_1 \cos \alpha + f_2) P_s$ 提升力 $F_1 = P_s \sin \alpha$ 扳把操作力 $F_2 = \frac{(F_1 + F_f) d_1}{2L}$ 扭力 $M_n = PL$	$\frac{M_n}{W_n} < [\tau]$ $(W_n = \frac{\pi}{16} d_1^3)$	

b) 空心丝杠(T型扣)

项目	公式	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2)$	$\frac{P_s}{S_L} < [\sigma]$	
其余项目同 A. 8a)	参照 A. 8a)	参照 A. 8a)	

注：筒丝杠与实心丝杠配套时，只验算 S_L 较小者。

c) 筒丝母

项目	公式	强度条件	示意图
拉伸	$S_L = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_1^2)$	$\frac{P_s}{S_L} \leq [\sigma]$	
螺扣剪切及挤压	参照 A. 8a) (计算摩擦力 F 时没有 f_s 的影响)	参照 A. 8a) 及 b), 其中: $W_n = \frac{\pi}{16D}$ $(D^4 - d_1^4)$	
螺扣弯曲			
扭转			

注: 该方法适用于双向收紧丝杠的筒丝母。

A.9 销杆的强度验算

a) I 型插销(普通型)

项目	公式	强度条件	示意图
剪切	$S_{jA} = S_{jB} = \frac{\pi}{4} d^2$ $S_j = 2S_{jA} = \frac{\pi}{2} d^2$	$\frac{P_s}{S_j} \leq [\tau_q]$	
挤压	$S_{r1} = 2da$ $S_{r2} = 2db$ } 取较小者验算	$\frac{P_s}{S_r} \leq [\sigma_r]$	

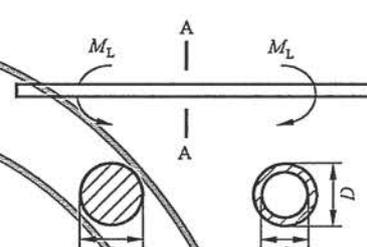
b) II 型插销(特殊型)

项目	公式	强度条件	示意图
剪切	$S_{jA} = S_{jB} = S_{jC} = S_{jD} = \frac{\pi}{4} d^2$ $S_j = 4S_{jA} = \pi d^2$	$\frac{P_s}{S_j} \leq [\tau_q]$	
挤压	$S_r = 2bd$	$\frac{P_s}{S_r} \leq [\sigma_r]$	

注: 该方法适用于有凸台的承拉件穿销。

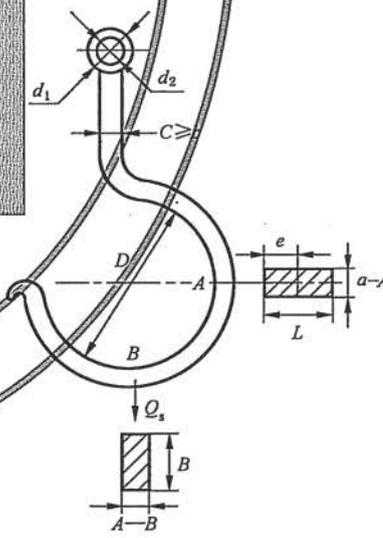
A.10 其他受力强度验算

a) 受扭杆件

项目	公式	强度条件	示意图
杆件	$W_n = \frac{\pi D^3}{16}$		
管件	$W_n = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{16D}$	$\frac{M_n}{W_n} \leq [\tau]$	

注：该方法适用于操作杆拧螺母，缠绕器内旋杆等，其扭矩值参照 5.2.5d)。

b) 吊瓶钩

项目	公式	强度条件	示意图
A-A 截面	$F_A = ab$	$\frac{2Q_1 e}{E_A K_A D} \leq [\sigma_w]$	
B-B 截面	$F_B = AB$	$\sigma_B = \frac{Q_2 e}{E_B K_B D}$ $\tau_B = \frac{Q_2}{2F_B}$ $\sigma = \sqrt{\sigma_B^2 + \tau_B^2} \leq [\sigma]$	

e ——截面重心至内边距离；
 $K K$ ——截面形状系数。

注：该方法适用于各类吊瓶钩、钩瓶钩、绝缘滑车绝缘钩等。吊耳($d_1 \times d_2$)验算可参照 A.1a)。

c) 三角吊架

项目	公式	强度条件	示意图
AB 件拉伸	$F_{AB} = Q_s$ (按 $\theta = 60^\circ$ 考虑)	$\frac{F_{AB}}{S_{AB}} \leq [\sigma]$	
BC 件压缩	$F_{BC} = Q_s$ (按 $\theta = 60^\circ$ 考虑)	$\frac{F_{BC}}{S_{BC}} \leq [\sigma]$	
AC 件	无拉线时(按 $\theta = 60^\circ$) $M_c = F_{AB} \cos 30^\circ L_{AB}$ 有双拉线时(压缩) $F_{AC} = Q_s$	$\frac{M_c}{W_{AC}} \leq [\sigma_w]$ $\frac{F_{AC}}{S_{AC}} \leq [\sigma]$	

注：该方法适用于转臂吊瓶架，吊、支杆组合受力件等。

d) 直立支持件的纵弯曲

项目	公式	强度条件	示意图
下端固定 上端铰链 (A)	$P_c = \frac{2\pi^2 EJ}{H^2}$	$Q_s \leq \frac{P_c}{n}$ ($n = 1.8 \sim 3.0$)	
下端固定 上端自由 (B)	$P_c = \frac{\pi^2 EJ}{4H^2}$		

E——材料的弹性模量；
J——断面 AA 的惯性矩。

注 1：项目(A)相当于下端有固定座或插入泥土地，上端打拉线的直立硬梯、扒杆及蜈蚣梯。项目(B)相当于垂直升降台（无挂绳）及人字梯的梯身等。
注 2：有拉绳者，拉绳的拉力 T 折算成垂直压力 $T \cos \theta$ ，应视作 Q_s 的一部分。

附录 B
(规范性附录)
主要工具的系列

B.1 通用性的绝缘操作杆,按电压等级及标称杆长形成系列。

a) 圆管(包括泡沫填充管)操作杆

型号	电压等级/ kV	标称杆长/ m	握手部分/ m	管内径/mm			
				第一节	第二节	第三节	第四节
CZG1-1.3	10	1.3	0.6	φ20/φ26	—	—	—
CZG3-1.6	35	1.6	0.6	φ20/φ26	—	—	—
CZG6-2.0	60	2.0	0.6	φ23/φ29	—	—	—
CZG11-2.6	110	2.6	0.7	φ20/φ26	φ23/φ29	—	—
CZG22-3.6	220	3.6	0.9	φ20/φ26	φ23/φ29	φ27/φ29	—
CZG33-3.6	330	4.8	1.0	φ20/φ26	φ23/φ29	φ27/φ29	—
CZG50-6.5	500	6.5	1.5	φ20/φ26	φ23/φ29	φ27/φ29	φ30/φ36
CZG75-	750	7.5	1.5	φ20/φ26	φ23/φ29	φ27/φ29	φ30/φ36
CZG100-	1 000	9	1.5	φ20/φ26	φ23/φ29	φ27/φ29	φ30/φ36

b) 锥形管测试杆

型号	电压等级/ kV	标称杆长/ m	握手部分/ m	管首端直径/mm			
				第一节	第二节	第三节	第四节
CSG22-3.4	220	3.4	0.9	φ18	φ30	—	—
CSG33-4.5	330	4.5	1.0	φ18	φ30	φ40	—
CSG50-6.5	500	6.5	1.5	φ18	φ30	φ40	φ50

B.2 通用性强的绝缘滑车可按额定荷载、滑轮个数及钩形形状形成系列。

型号	额定荷载/kN	滑轮个数	挂钩结构
JH5-1B	5	1	闭合钩(金属)
JH5-1K	5	1	开口钩(金属)
JH5-2D	5	2	短钩(金属)
JH5-2X	5	2	钩导线(金属)
JH5-2J	5	2	绝缘钩
JH5-3D	5	3	短钩(金属)
JH5-3X	5	3	钩导线(金属)
JH10-2D	10	2	短钩(金属)
JH10-2C	10	2	长钩(金属)
JH10-3D	10	3	短钩(金属)
JH10-3C	10	3	长钩(金属)
JH15-5D	15	4	短钩(金属)
JH15-4C	15	4	长钩(金属)
JH20-4D	20	4	短钩(金属)
JH20-4C	15	4	长钩(金属)

B.3 通用性强的绝缘子卡具,可按额定荷载及封门方式形成系列,用于首末端与绝缘子卡具配套的卡具,按适用金具型号及封门方式和额定荷载,划入绝缘卡具类形成系列。

型号	额定荷载/kN	适用绝缘子卡具及金具型号	封门方式
JZK-20	20	XP-6,XP-7,LXP-7	自封门
JJK-20	20	XP-6,XP-7,LXP-7	间接自封门
ZHK-20	20	Z-69 直角挂板,WS 双联碗头	活页封门
LXK-20	20	L-118 二联板	斜插入
JZK-45	45	XP-16,XP-21,LXP-30	自封门
JJK-45	45	XP-16,XP-21,LXP-30	间接自封门

B.4 通用性强的三角紧线器,按适用导线截面积形成系列。

型号	适用导线牌号或截面积	导线外径/mm
SJQ-70	LGJ-25, LGJ-70	12~14
SJQ95-120	LGJ-95, LGJ-120	16~20
SJQ150-240	LGJ-150, JGJ-185, LGJ-240	22~24
SJQ300	LGQ-300, LGJJ-300	26~28
SJQ400	LGJQ-400, LGJJ-400	30~32

附录 C

(资料性附录)

带电作业间隙的海拔校正

海拔校正因数可由式 C.1 确定:

$$K_a = \frac{1}{1.0 - mH \times 10^{-4}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

H ——海拔高度,单位为米(m);

m ——操作冲击的海拔校正因数的修正因子。

不同海拔高度的带电作业间隙校正步骤如下:

根据间隙在标准气象条件下的操作冲击放电电压值,计算得出不同海拔高度下的校正因数 K_a 。将各带电作业间隙的放电电压值乘以海拔校正因数 K_a ,再求得相应海拔高度下的带电作业间隙距离。

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