



连接器与电线电缆连接的设计

- 机械式永久连接的要求
- 电线电缆结构及功能
- 电线电缆工艺原理
- 电缆类型
- 卷曲 (crimp) 连接
- 卷曲端子和工装实例设计
- 绝缘位移连接 (IDC)

数据、案例、图片、图示培训时提供



机械式永久连接的要求

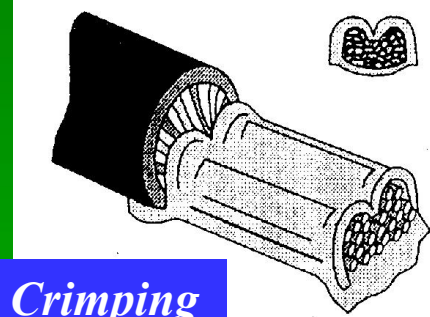
- 有分离界面必定有永久连接需求
- 永久连接没有插拔次数要求和插入力限制
- 两类永久连接方式: 机械式和冶炼式 (metallurgic)
 - 机械式: 接线-卷曲 (crimp), IDC; 接PCB-过盈配合, 绕线.
 - 机械式连接的作用原理: 冷焊和回弹力
 - 冶炼式: 钎焊 (solder), 银焊 (brazing), 焊接 (weld)
- 机械式永久连接的要求---相当于电线电缆的延伸
- 足够的接触面积---不小于被连接导体的截面积
 - 当正向力较小时, 接触电阻主要取决于正向力, 当正向力较大时, 接触电阻主要取决于接触面积
 - 接触电阻应与被连接长度的导体有相同的数量级
 - 接触面积不小于被连接导体的截面积---对被连接导体来说不存在收缩电流
- 气密性接触界面---保证界面不被腐蚀
- 机械稳定性---要求能承受一定应力载荷, 决定于具体设计 (e.g. 应变保护特征)
- 控制变形
 - 较大变形产生较大接触面积
 - 较大变形削弱机械强度 (e.g. 卷曲连接的导线)



电线电缆连接方式

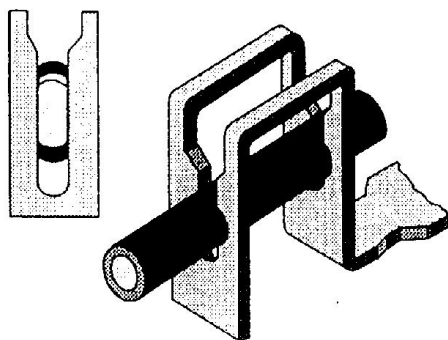
连接方式

1. 端子压接 Crimping
2. 缠绕 Wrapping
3. 绝缘层刺破 IDC
4. 焊接 Soldering
5. 其他: Twist, Screw, Weld

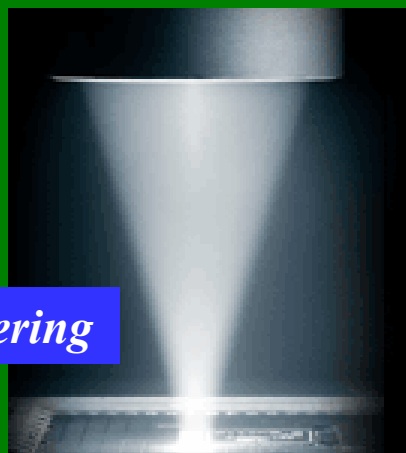


Crimping

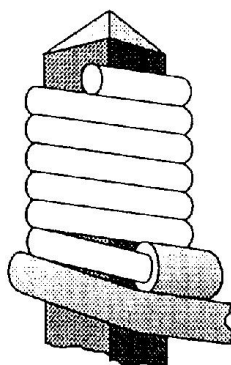
(a)



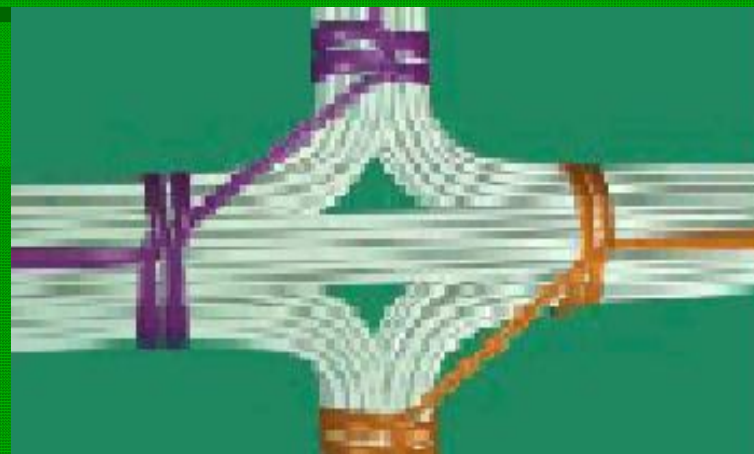
IDC



Soldering



Wrapping



Encnn *enables connection!*



接触电阻的分析

Encnn

Encnn *en*ables *con*nection!



接触电阻的计算



被连接导体不存在收缩电流

Encnn

D是小导体直径，实现最小接触电阻

小导体不存在电流受限情况

Encnn *enables connection!*



电线电缆结构及功能

- 电线: 带绝缘或不带绝缘的导体
- 电缆: 带有机机械保护护层和/或电磁波屏蔽层的一根或多根电线集合体
- 导体:
- 绝缘层:
- 屏蔽层:
- 电线电缆性能

温度对电阻的影响

电线电缆的载流能力 (ampacity)

抗拉强度, 铜导体按70N/平方毫米, 铝导体按52 70N/平方毫米设计



电线电缆导体

定义:电线电缆中的导电部分, 导体包括:

- a) 实心导体——由单根圆形截面的金属线构成;
- b) 绞合导体——由若干根圆形截面, 没有绝缘层的金属线经同心层式绞合或束绞在一起构成.

材料:导体材料的选择基于导电性, 机械强度, 制造工艺性, 成本, 重量. 具体应用要求决定哪些是主导因素

铜导体: 大小上限-缺乏柔软性; 大小下限-机械强度. 质别 (temper)
影响机械强度, 导电性, 柔韧性. 铜导体抗拉性能

铜合金: 改善机械性能, 导电性降低

铝导体: -----

铜包钢: 改善机械性能, 导电性降低

铜包铝: 减轻重量

导体电镀:

锡: 防腐蚀保护-尤其在高温施敷绝缘层时; 防绝缘层与导体反应; 改善焊接性能; 改善机械连接性能; 增加成本 (相对未镀); 在高频场合电阻增加 (趋肤效应)

银: 防腐蚀保护-尤其在高温施敷绝缘层时; 防绝缘层与导体反应; 增加成本 (相对未镀); 高频场合电阻降低 (趋肤效应)



铜导体抗拉性能



铜合金导体

Encnn

机械性能 导电性能数据 (比较)



铝导体

优点: 比重轻, 导电性尚可

缺点:

连接 (termination) 性能不佳

表面生成极难去除的氧化膜

阻碍锡与铝形成金属间化合物, 焊接性能
(solderability) 不好

阻碍金属/金属界面形成, 机械连接性能不好

抗蠕变性能不好

界面需弹性支撑

低疲劳强度

弯曲性能寿命不好

主要应用于重载线缆 (有些场合需钢材线芯加强强度, e. g. 高架电缆)



电线电缆导体

导体电镀:

镍:防腐蚀保护-尤其在高温施敷绝缘层时;防绝缘层与导体反应;高达250° 的防氧化性能;焊接性能不佳;机械连接性能不如锡;增加成本(相对未镀);在高频场合电阻增加(趋肤效应);带磁性,高频性能不好

导体涂层方式:

Tinned or Heavy Tinned coatings can be applied by either a hot dip or electroplating process. To qualify as “tinned” 40 microinches (1 micrometer) of tin must remain on each strand. Tinned conductors are low in cost but sometimes require the additional step of twisting and solder dipping after stripping of the insulation and prior to termination. To be considered “heavy tinned” 100 microinches (2.5 microns) of tin must remain on each strand. Heavy tinned conductors can be used with automatic stripping equipment.

ENCN enables connection!



电线电缆导体

导体涂层方式:

Prefused or Prebonded is a method in which the heavy tinned twisted strands of a copper conductor are fused together by heating. As a result, no special equipment is required by the wire user to bond the strands of the conductor after stripping the insulation. It is less flexible than other types, is restricted to 16 through 26 AWG and is not available in bunched constructions.

Overcoated conductor is composed of tinned copper strands twisted together followed by an overall tin coating. The individual copper strands are bonded along their entire length. Overcoated conductors have many of the same advantages (and disadvantages) of prefused and are available in all conductor strandings, including bunched.

Topcoated conductors are composed of bare copper strands twisted together and which are then given an over-all coating of metal, typically tin. Topcoated conductors are similar in characteristics to overcoated but are less expensive.



电线电缆导体

外径规格:

$$\sqrt[39]{\frac{0.4600}{0.0050}} = 1.122932$$

#36 4/0

导体结构:

实心导体:

优势: 更低的电阻率, 更低的成本, 较好的散热能力, 较好的导电能力

劣势: 较差的柔韧性和弯曲性能, 较差的剥线性能(易划伤), 缺口敏感性较高

绞合导体: 就是将若干相同直径的铜(或铝, 或铝合金线等其它类型的)单线, 按一定方向和一定规则绞合在一起成为整体, 即所谓绞线.

优势: 较好的柔韧性和弯曲性能, 程度决定于具体结构, 较好的剥线性能, 缺口不会扩展-局限于受损股线.

制造绞线最基本的方法是“绞合”。绞合工艺是裸电线和绝缘电线电缆生产中的重要环节, 而且这种绞合原理和方法还应用于电线电缆绝缘线芯的绞制和钢丝铠装。电线电缆生产中的绕包、编织等工艺与此也有密切关系。因此, 绞合工艺是电线电缆生产技术中广泛应用的一项基本工艺.



电线电缆导体

绞线结构

- 1) 同心层绞 这是绞线最基本的结构形式。构成绞线的单线是一层一层有秩序地绞合在绞线中心的周围，相邻绞层绞向相反。绞线中心可由单根或几根单线组成，最常见的是单根圆线。同心层绞又称为正规绞合，其优点是结构稳定，几何尺寸容易表达，缺点是材料利用系数低。同心绞层还有unilay和equilay的变异形式。
- 2) 束绞 构成绞线的各根单线虽然也是绞合在绞线中心周围，但各单线的绞向都相同，很难分出层次，单线排列也不是很有秩序。这种结构常用于根数很多的细单线的绞合。用束绞方法制成的称为束线。束绞也称为束制或非正规绞合。其优点是柔软性好，材料利用系数高，缺点是结构不规正，几何尺寸不容易表达。
- 3) 同心复绞 绞合形式与同心层绞相同，所不同的是以股线代替同心层绞中的单线。股线为同心层绞的绞线或束线。
- 4) 特种结构 不属于上述三种的其他结构。



绞线结构

Encnn

扭绞或不扭
绞柔性最好，
成本最低

用于高股数

Encnn *en*ables *con*nection!



绞线结构

ENCNN

unilay同心层绞:将绞向相同导体围绕著同一个中心轴的导体形成的内部结构,每一层的绞向相同和绞距相同
柔性最好,成本最低,最不稳定

equilay同心层绞:将绞向相同导体围绕著同一个中心轴的导体形成的内部结构每一层的绞向相反和绞距都相同

同心层绞:将绞向相同导体围绕著同一个中心轴的导体形成的内部结构,每一层的绞向都与上一层的绞向相反,在各个层上导体绞距不断增加. 最稳定, 适合IDC连接, 成本最高,

Encnn *enables connection!*



电线电缆导体

绞线的稳定性:

绞线的稳定性不如单线，其原因是：绞线中的每根单线都与绞线轴向成一定角度，使绞线在生产、敷设及使用过程中受到张力后，产生旋转，造成各根单线松散。绞线中各层单线，如都按一个方向绞合，上述现象就更为严重，而且未被拉紧的绞线很容易卷曲，增加架设等工作困难；同时，外一层的单线也容易嵌入其内一层的单线缝隙中，破坏原有结构。所以，束线不单独用作裸电线。又如有钢芯的绞线，若各层采用同一绞向，还会增加单线中的电能损耗，绞线的电气性能恶化；若各层采用不同绞向，不但可提高稳定性，而且电能损耗也会减少。对于相邻层绞向相反的绞线，层数增加，剩余扭转力矩减小，所以绞线层数越多，稳定性越好。在复绞线中，股线的绞向与复绞方向相反，对提高绞线的稳定性也相当有利。

绞线浸锡增加刚度,提高稳定性,有利于IDC连接.

绞合节距: 单线沿绞线轴线旋转一周所前进的距离，称为绞合节距。

节径比: 绞合节距与绞线直径之比

绞入系数: 绞入系数是指在绞线的一个节距内，单线实际长度与绞线节距长度之比

减少绞距,降低柔性,增加电阻-长度增加.

Encnn **enables connection!**



电线电缆绝缘层

功能作用:机械功能 — 主要机械功能是保护导体不至于磨损;

电气功能 — 对于电线来说,主要电气功能是绝缘.

机电性能相对重要性取决于应用场合和要求.

机械性能要求:硬度;挠曲强度/抗拉强度;摩擦系数;韧性.

由于尺寸和导体数量的差异,电缆绝缘层的所受的应力往往比电线绝缘层的应力大,故电缆绝缘层的机械性能要求比电线高.小线径的电线绝缘层是机械载荷的主要承受组分,故机械性能要求也较高.

— 对于压接(crimp)连接,剥线性能是重要关注因素

对于IDC连接,绝缘剥移性能是重要关注因素

电气性能要求:低频 — 耐电压;高频 — 时延(介电常数)和特征阻抗(介电常数和几何结构)

高温性能/化学性能:抗溶剂,氧化,组分丧失;可燃性;高温稳定性.

绝缘层工作温度范围.



Encnn

绝缘层工作温度范围

Encnn *en*ables *con*nection!



电线电缆绝缘层 - 材料

主要绝缘层(wire)

PVC: 普遍性源于合理的价格和规格多样化带来的优良整体性能: 系列的柔性, 韧性, 磨损性能, 能辐射交联改善抗磨损性能, 高绝缘性(不利于高频应用), 典型规格-20~80° 特殊规格-55 ~105°

PE: LDPE (low-density), 韧性, 柔性好, 低介电常数(尤其是发泡)-高频, 耐温80°, HDPE, 较好韧性, 耐磨损性, 耐温90° ,

PTFE/PFEP/PVDF: 高温性能好, 高电气性能, 高机械性能, 高成本

绝缘皮材料性能比较

第二绝缘层(cable)

聚氯丁烯(polychloroprene/PCR): 规格多, 韧性好, 防火性能好, 抗油抗溶剂.

乙丙橡胶(ethylene-propylene rubber/EPR): 良好的机械电气性能, 抗老化, 酸碱, 溶剂

聚氨酯甲酸脂(polyurethane/PU/PUR): 优良机械性能, 耐撕裂耐冲击

热塑性弹性体(thermoplastic elastomer/TPE): (低温) 柔性好, 介电常数小且稳定, 塑性好.

尼龙(Polyamide): 摩擦系数小, 韧性好, 抗溶剂.

第二绝缘皮材料比较



绝缘皮材料性能

厂家和制程对性能产生一定的影响



第二绝缘皮材料性能



电缆屏蔽层

功能作用： 提供有效的管理电磁干扰(EMI) 的方式 - 屏蔽外来干扰, 也屏蔽内部对外部干扰; 兼作电线层; 具有稳定特征阻抗提高高频性能作用。

当电磁场出现于屏蔽层时, 屏蔽层便产生干扰电流. 入射的能量被部分反射, 部分被吸收, 部分渗透到电缆内部. 渗透的能量在电缆的信号导体上产生干扰电压, 干扰的电压越小, 屏蔽的效果越好.

除了屏蔽作用外, 电缆屏蔽层需满足其他电气, 机械, 化学性能要求和成本要求. 故出现了各种屏蔽方式.

铝箔屏蔽(foil shield)

斜包屏蔽(spiral shield)

编织屏蔽(braided shield)

金属管屏蔽：

铜管： 拥有这种结构的电缆，一般尺寸较大，主要用在馈线和跳线上。外导体刚性好、强度高，机械性能非常稳定，并拥有极佳的屏蔽性、极低的衰减值、低驻波比，功率高的优点。缺点是铜管的弯曲较困难，而且次数有限。

波纹铜管： 分环形和螺旋形两种。外导体采用高精度轧纹铜管, 具有衰减低, 电压驻波比小, 温度系数低, 抗腐蚀性, 良好的横向水密封性, 高功率容量等特点; 环形与螺旋形相比有更大的功率容量，但柔性弱于螺旋形。拥有螺旋形状的电
缆是一种超柔性电缆，弯曲半径小、耐弯曲次数多。



铝箔屏蔽

铝箔往往带有0.5毫米的聚酯纤维层用来加强机械强度
有3种结构,“Z”型叠效果最好:100%覆盖,没有泄露.

一根镀锡的加蔽线/排扰线(drain wire)与铝箔相连,便于端接
接地

优点

100%覆盖

低成本

容易连接(termination)

柔软性好

高频屏蔽效果好

缺点

机械强度不好

弯曲寿命不好

低频,屏蔽效果较差

铝箔面朝内

铝箔面朝外

“Z”型叠



温度对电阻的影响

温度对电阻的影响的计算公式

$$R_t = R_o [1 + a (T - T_o)]$$

R_t , T 温度的电阻

R_o , T_o 温度的电阻

a , 铜导体温度系数0.00393/度



电缆载流能力

- 电缆的最大工作电流决定于导体的大小, 电缆内导体的数目, 电缆的最高工作温度, 环境温度, 空气流动状况.
- 通过附表能查到电缆的最大工作电流
- 步骤:
 - 确定导体的大小
 - 确定允许的温升
 - 电缆内的导体数目
 - 找出标准导体的载流能力
 - 再乘以修正系数

表中数据是在25° 静止空气中用铜导体测得



斜包(spiral)屏蔽

编织成往往是32到40AWG铜线

覆盖率一般是80-97%.

往往用于音频, microphone, 柔性要求高, 弯曲寿命高的场合

优点

柔性好

弯曲寿命好

缺点

高频性能差



编织屏蔽

编织成往往是32到40AWG铜线

覆盖率一般是60-90%, 覆盖率越高往往屏蔽效果越好

一根镀锡的加蔽线/排扰线(drain wire)与铝箔相连, 便于接地

优点

低频屏蔽效果较好

机械强度好

弯曲寿命好

缺点

增加成本

不容易连接(termination)

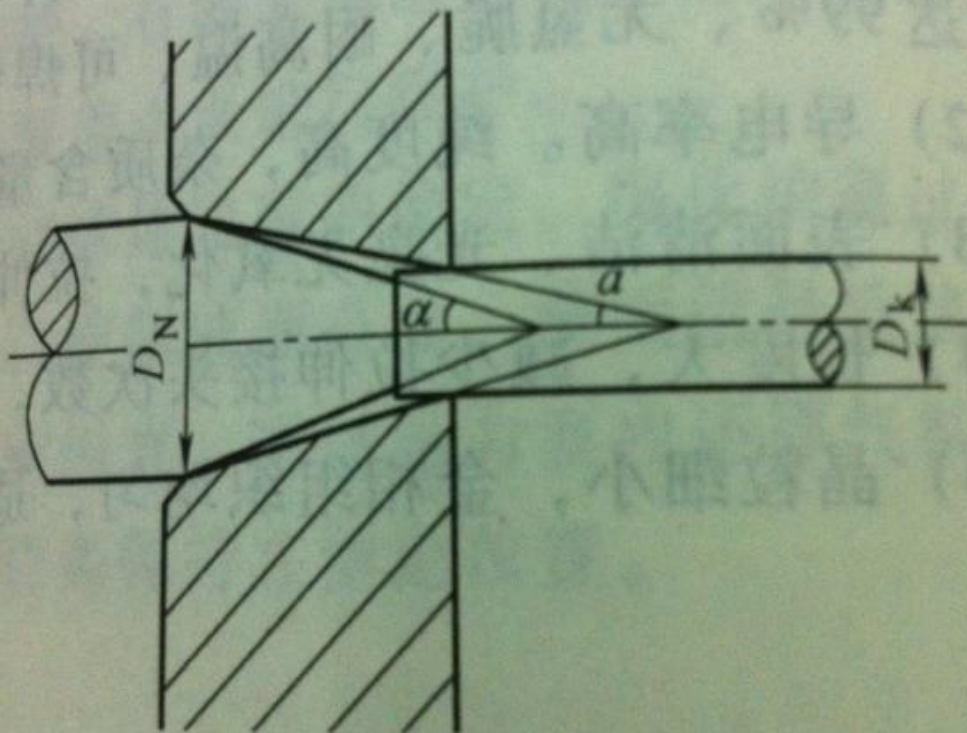
双屏蔽

单层屏蔽



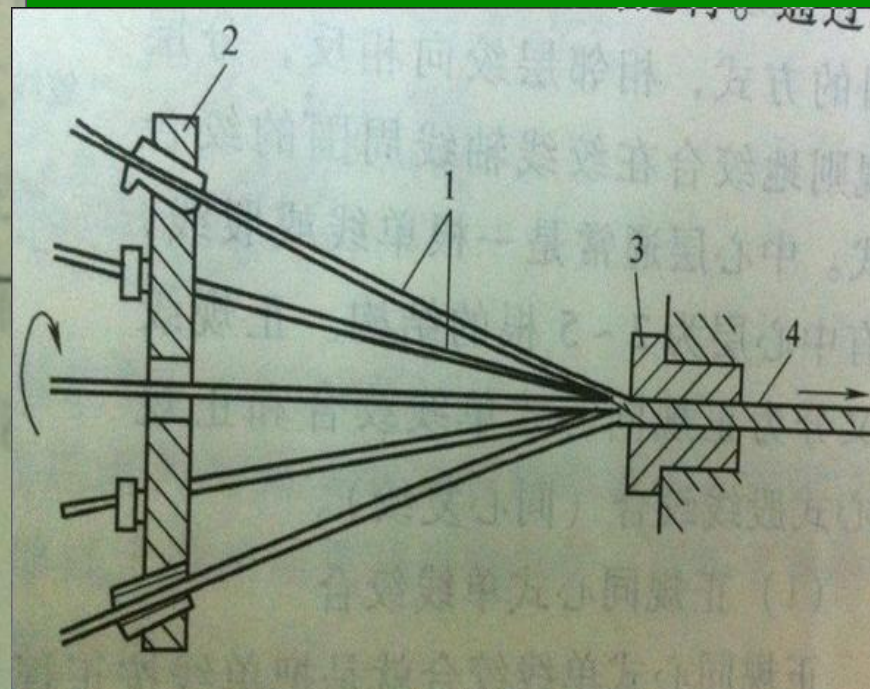
电线电缆工艺原理

内导体生产工艺: 拉丝 (drawn) / 退火, 合股 / 绞线



Wire drawing

拉线过程示意图



Stranding 绞合原理图

1—单线 2—分线板 3—并线模 4—绞线

绝缘层生产工艺:

挤塑(extrusion)-工艺难点:
同心度, 壁厚的均匀程度; 后处理-
热处理(产生交联结构), 包胶-双
层绝缘皮.

浸漆(dip coating): 将绝缘材
料溶解后施敷, 烘干, 适用于焊接
(受热挥发), 适用于实心导体-多
股线易产生气泡

包胶带(tape wrapping): 用于
不可挤塑的绝缘材料, 胶带螺旋包
覆于导体上进行熔合.

编织(braided): 纤维螺旋包覆
于导体上进行熔合. 后续往往进
行包胶或挤塑

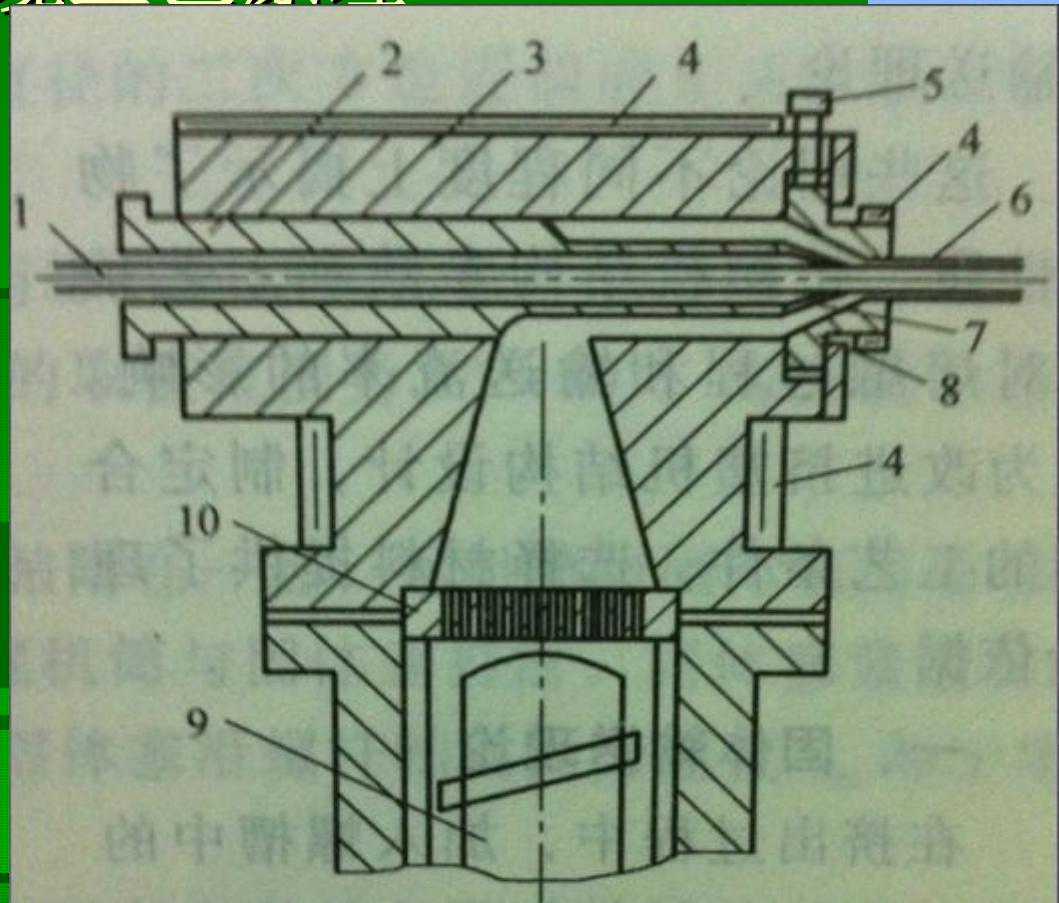


图 5-27 挤塑机机头结构示意图

- 1—电缆线芯 2—内套筒 3—机头体 4—加热器
5—调节螺钉 6—挤包层 7—模芯 8—模套
9—螺杆 10—多孔板



电缆类型

各领域电缆特点

电子电缆非电子电缆

扁平电缆(flat cable)

特征阻抗受控电缆

屏蔽电缆和同轴电缆

双绞线

双轴电缆

USB3.0电缆

IEEE1394电缆

Display-port 电缆

SATA 电缆

LVDS 电缆

高速电缆传输补偿-均衡技术



各领域电缆特点

军用: 苛刻的高低温, 弯曲, 辐射, 机械性能要求, 带镀层铜导体, 高耐热性能, 化学性能, 机械性能绝缘材料, 全尺寸规格.

电气: 较高压, 较大电流, 成本意识较强, 常用两大类扁平电缆 (flat cable): ribbon cable 和 flat flexible cable (FFC)

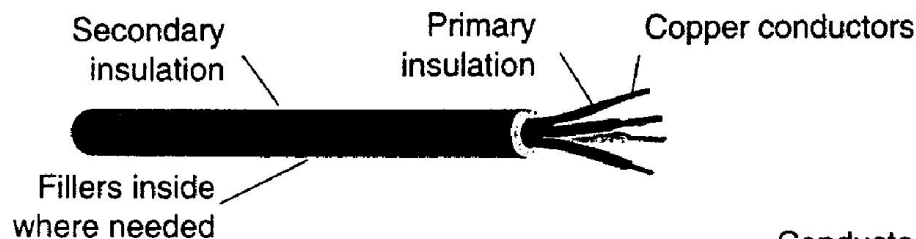
电子: 导线数量多-传输信号多; 要求一定的传输性能-需控制特征阻抗

汽车: 低电压, 大电流, 苛刻的高低温和机械性能 (冲击和振动) 要求, 卷曲技术是主流

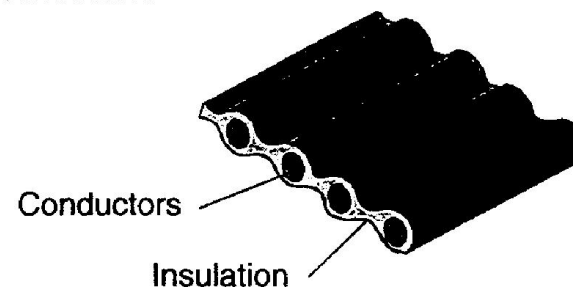


电子电缆非电子电缆

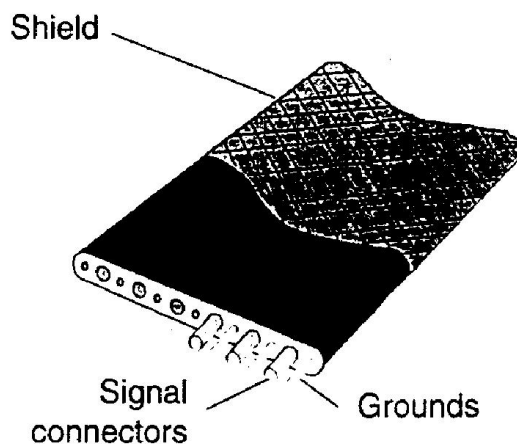
■ 多电线电缆 (提供机械保护或方便携带)



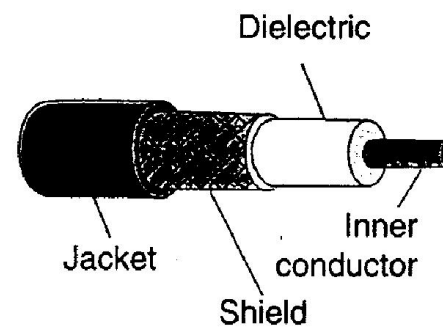
Jacketed Cable



Flat Cable



Shielded Cable



Coaxial Cable

■ 特殊性能电缆 (e. g. 屏蔽传输线, 同轴线缆)

Encnn **enables connection!**



带状电缆和扁形柔性电缆

Ribbon cable 一般是圆导体

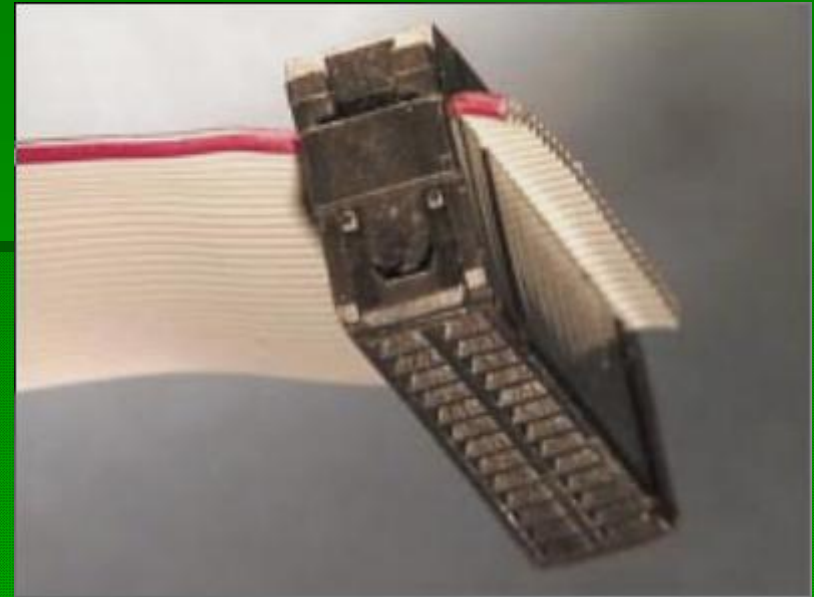
Ribbon cable

Flat flexible cable/FFC



带状电缆和扁形柔性电缆

带状电缆在个人电脑应用特别广泛，在大型通信系统也有应用，主要是解决总线传输问题，因为带状电缆为非屏蔽的，因此使用的场合有要求，不能用在恶劣的电磁环境中，也不能用于高速系统中，带状线缆的使用中遇到的主要问题是信号与地线的分配问题。合理分配带状电缆的地线有利于系统信号的稳定可靠，一般对于信号和地线的分配有4类



1, 信号与地随机分配, 而且只用一根线作为地线

这种方法的特点是用线最少, 但信号导线与它们的地回路之间有大的环路面积, 容易导致辐射发射和敏感度的问题。其次, 只用一根接地线, 会产生公共阻抗的耦合, 此外信号导线之间还存在串扰的问题, 这是最不科学的方法。



带状电缆和扁形柔性电缆



2. 信号和地线交错排列(即一根信号线配一根地线)这样,每一根信号线都有一个单独的接地回路,公共阻抗的耦合就不存在;而且导线间的串扰也减至最小。但所用的导线数目比上一方法几乎多了一倍,但这是一种最好的接线方式。

3. 按一根地线、两根信号线、再一根地线与再两根信号线的方法排列这种方式与上面的方法相比用线可减少25%,也能做到每一根信号线旁有一根地线,因此环路面积也很小。但因为是两根信号线共用一根地线(即在地线的左、右各有一根信号线),存在一些公共阻抗的耦合问题。而且并排的两根信号线之间,多少也有点串扰问题,但多数情况下,此法也可满足防护要求。

4. 紧贴带状电缆设置一块接地平板

带状电缆专走信号,接地和去耦由接地平板解决,较好防护效果,但由于电缆线的端接比较困难,不常用。



特征阻抗受控线缆

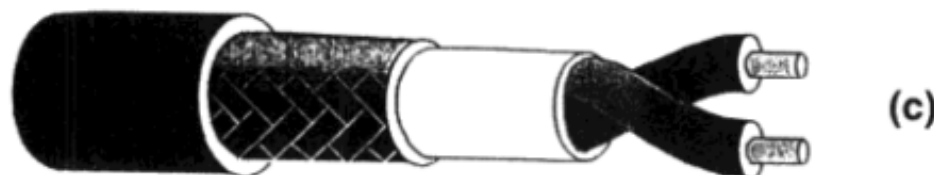
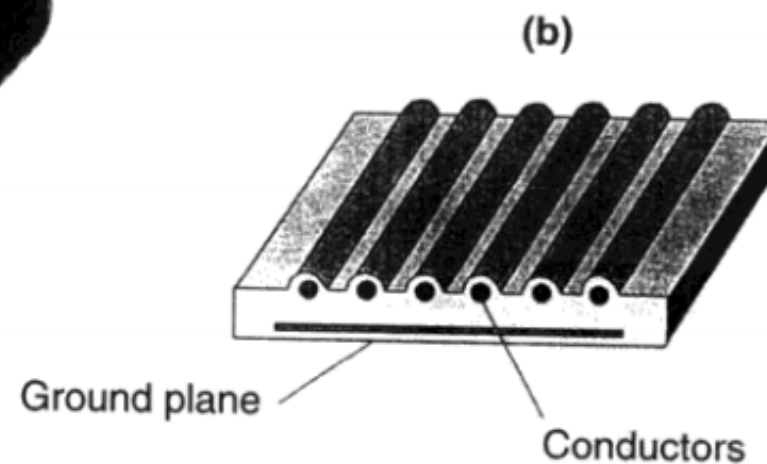
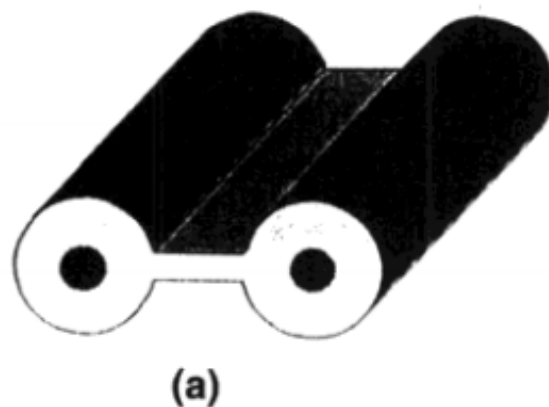
ENCNN

天线电缆

Antenna cable

微带传输线电缆

Microstrip transmission line cable



Twinax
cable

Encnn *en*ables *con*nection!



屏蔽线缆和同轴线缆

- 外形相似
- 同心度和尺寸精度要求不一样



同轴线缆

Encnn

典型四组分：

内导体；

屏蔽层(可以多层, 甚至补充金属
薄膜加强屏蔽)；

绝缘层；

护套

Antenna cable

特征阻抗：

$$Z_o = 60 \epsilon^{1/2} \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

范围, 35-185,

常见类型, 50, 75, 93 ohm

阻抗匹配, VSWR, 反射系数

绝缘介质(介电常数)决定传播速
度,

内外导体传播电流



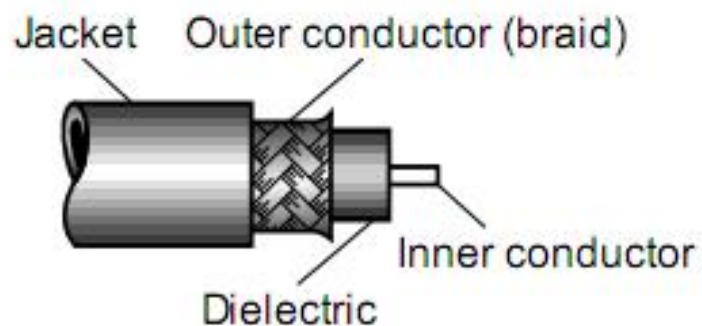
同轴线缆

同轴线缆类型

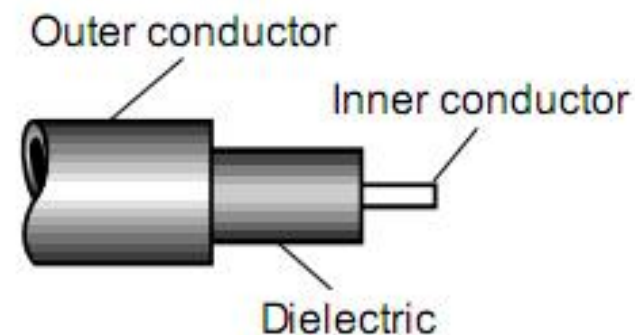
柔性电缆

柔性电缆

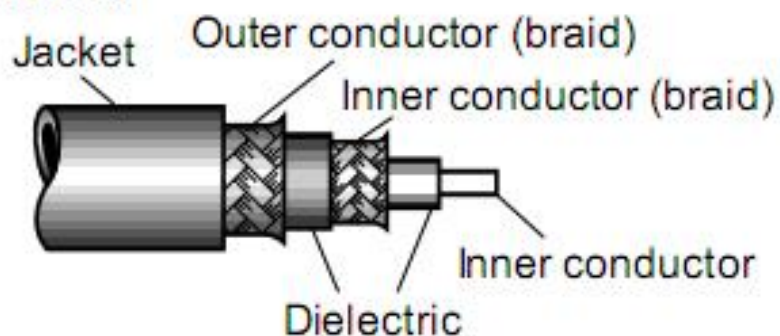
Flexible coax



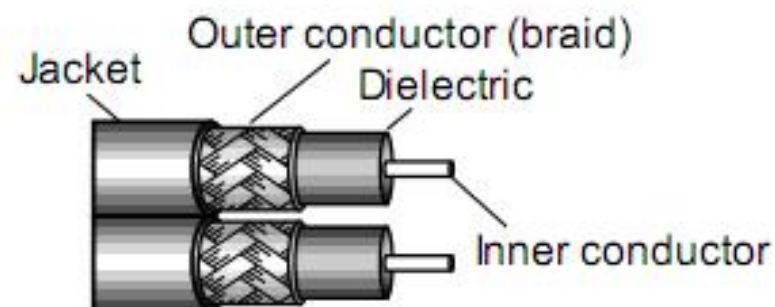
Semirigid coax



Triaxial



Dual coaxial



三同轴电缆

并排同轴电缆
Dual coaxial

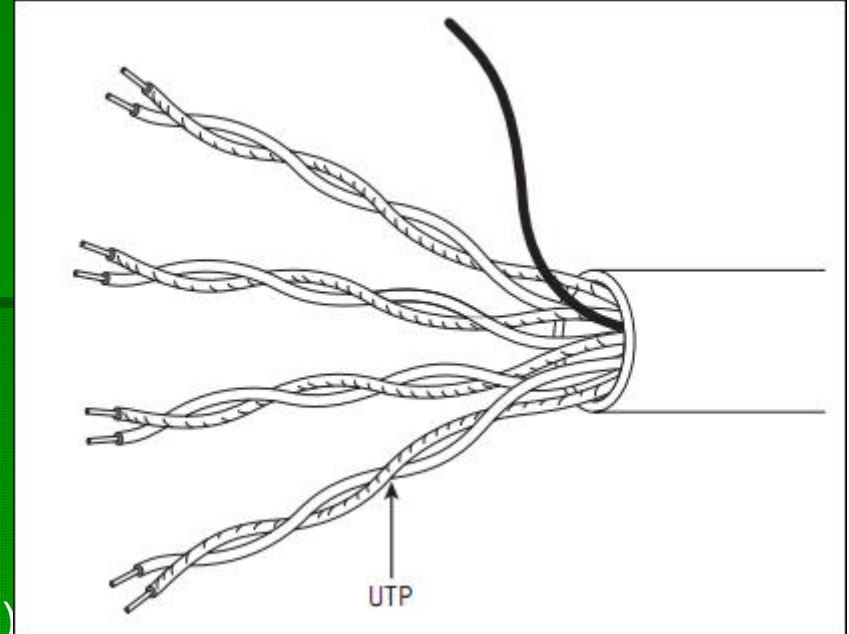
Encnn *enables connection!*



双绞线-UTP

Encnn

In traditional installations, the most economical and widely installed cabling today is twisted-pair wiring. Not only is twisted-pair wiring less expensive than other media, installation is also simpler, and the tools required to install it are not as costly. Unshielded twisted-pair (UTP) and shielded twisted-pair (STP) are the two primary varieties of twisted-pair on the market today. Screened twisted-pair (ScTP) is a variant of STP. Though it has been used for many years for telephone systems, unshielded twisted-pair (UTP) for LANs first became common in the late 1980s with the advent of Ethernet over twisted-pair wiring and the 10Base-T standard. UTP is cost effective and simple to install, and its bandwidth capabilities are continually being improved



UTP cabling typically has only an outer covering (jacket) consisting of some type of noncon-ducting material. This jacket covers one or more pairs of wire that are twisted together.. Four-pair cable is the most commonly used horizontal cable in network installations today. The characteristic impedance of UTP cable is 100 ohms plus or minus 15 percent, though 120-ohm UTP cable is sometimes used in Europe and is allowed by the ISO/IEC 11801 Ed. 2 cabling standard.

Encnn **en**ables **con**nection!



双绞线-UTP



A typical UTP cable is shown. This simple cable consists of a jacket that surrounds four twisted pairs. Each wire is covered by an insulation material with good dielectric properties. For data cables, this means that in addition to being electrically nonconductive, it must also have certain properties that allow good signal propagation.

UTP cabling seems to generate the lowest expectations of twisted-pair cable. Its great popularity is mostly due to the low cost and ease of installation. With every new generation of UTP cable, network engineers think they have reached the limits of the UTP cable's bandwidth and capabilities. However, cable manufacturers continue to extend its capabilities. During the development of 10Base-T and a number of pre-10Base-T proprietary UTP Ethernet systems, critics said that UTP would never support data speeds of 10Mbps. Later, the skeptics said that UTP would never support data rates at 100Mbps. After that, the IEEE approved the 1000Base-T (1 Gb/s) standard in July 1999, which allows Gigabit Ethernet to run over Category 5 cable. Just when we thought this was the end of copper UTP-based applications, in 2006 the IEEE approved the 10GBase-T standard, which allows 10 Gigabit Ethernet over unshielded Category 6 and 6A cable!

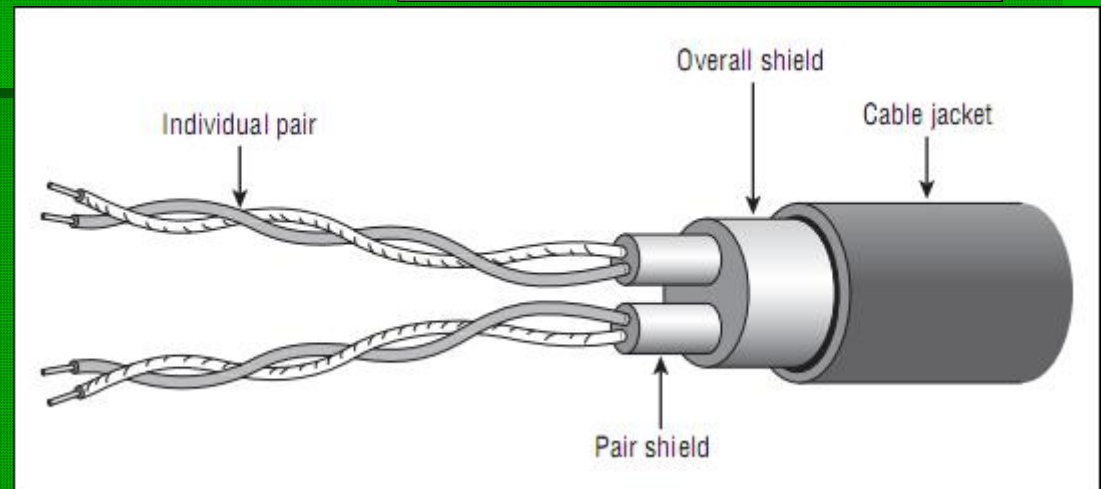
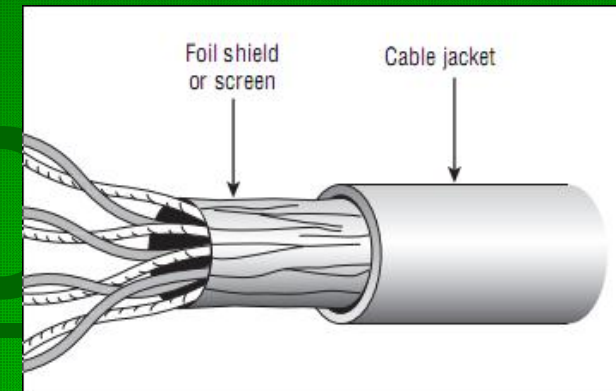
Encnn *en*ables *conn*ection!



双绞线-STP

Shielded twisted-pair (STP) cabling was first made popular by IBM when it introduced type classification for data cabling. Though more expensive to purchase and install than UTP, STP offers some distinct advantages. The current ANSI/TIA-568-C cabling standard recognizes IBM Type 1A horizontal cable, which supports frequency rates of up to 300MHz, but does not recommend it for new installations. STP cable is less susceptible to outside electromagnetic interference (EMI) than UTP cabling because all cable pairs are well shielded

Some STP cabling, such as IBM types 1 and 1A cable, uses a woven copper-braided shield, which provides considerable protection against EMI. Inside the woven copper shield, STP consists of twisted pairs of wire (usually two pairs) wrapped in a foil shield. Some STP cables have only the foil shield around the wire pairs.





双绞线 – ScTP&S/STP

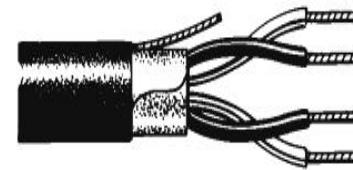
Encnn

A recognized cable type in the ANSI/TIA-568-C standard is screened twisted-pair (ScTP) cabling, a hybrid of STP and UTP cable. ScTP cable contains four pairs of unshielded 24 AWG, 100 ohm wire surrounded by a foil shield or wrapper and a drain wire for grounding purposes. Therefore, ScTP is also sometimes called foil twisted-pair (FTP) cable because the foil shield surrounds all four conductors. This foil shield is not as large as the woven copper-braided jacket used by some STP cabling systems, such as IBM types 1 and 1A. ScTP cable is essentially STP cabling that does not shield the individual pairs; the shield may also be smaller than some varieties of STP cabling.

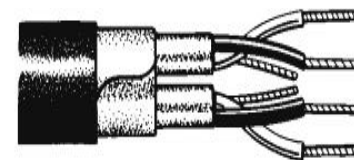
S/STP cabling, also known as screened fully shielded twisted-pair (S/FTP), contains four individually shielded pairs of 24 AWG, 100 ohm wire surrounded by an outer metal shielding covering the entire group of shielded copper pairs. This type of cabling offers the best protection from interference from external sources, and also eliminates alien crosstalk (discussed later), allowing the greatest potential for higher speeds.

Category 7 is an S/STP cable standardized in ISO 11801 Ed. 2, which offers a usable bandwidth to 600MHz. Its intended use is for the 10 Gigabit Ethernet, 10GBase-T application.

Encnn enables connection!



分组无屏蔽层电缆设一总屏蔽层



分组各具屏蔽层电缆设一总屏蔽层



双绞线-分类

RJ45接头及电缆分类





双绞线/IBM电缆

Encnn

Encnn *en*ables *con*nection!



双绞线性能



编织的密度决定允许的频率和柔性

通常2-8对

分为屏蔽(STP) 非屏蔽(UTP)

工作于差分和非差分方式

处于差分方式时, 长度单位绞数越高, 高频性能越好

Category	Impedance	Attenuation dB/1000 ft	NEXT*	Mutual Capacitance Maximum
3 LAN & Medium Speed Data	100 ohm $\pm$ 15% 1-16 MHz	7.8 @ 1 MHz 17 @ 4 MHz 30 @ 10 MHz 40 @ 16 MHz	41 dB @ 1 MHz 32 dB @ 4 MHz 26 dB @ 10 MHz 23 dB @ 16 MHz	20 pF/ft
4 Extended Distance LAN	100 ohm $\pm$ 15% 1-20 MHz	6.5 @ 1 MHz 13 @ 4 MHz 22 @ 10 MHz 27 @ 16 MHz 31 @ 20 MHz	56 dB @ 1 MHz 47 dB @ 4 MHz 41 dB @ 10 MHz 38 dB @ 16 MHz 36 dB @ 20 MHz	17 pF/ft
5 High Speed LAN	100 ohm $\pm$ 15% 1-100 MHz	6.3 @ 1 MHz 13 @ 4 MHz 20 @ 10 MHz 25 @ 16 MHz 28 @ 20 MHz 32 @ 25 MHz 36 @ 31.25 MHz 52 @ 62.5 MHz 67 @ 100 MHz	62 dB @ 1 MHz 53 dB @ 4 MHz 47 dB @ 10 MHz 44 dB @ 16 MHz 42 dB @ 20 MHz 41 dB @ 25 MHz 40 dB @ 31.25 MHz 35 dB @ 62.5 MHz 32 dB @ 100 MHz	17 pF/ft

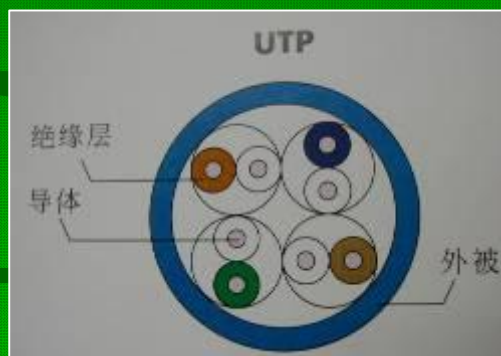
Encnn *enables connection!*



双绞线特性阻抗

无屏蔽对称电缆（UTP）的特性阻抗(Z_c):

$$ZC = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln\left(\frac{2 * a - d}{d}\right) \quad \text{或} \quad ZC = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_e}} \lg\left(\frac{2 * a - d}{d}\right)$$



其中:

Z_c -特性阻抗

a -两导体的中心距(mm)

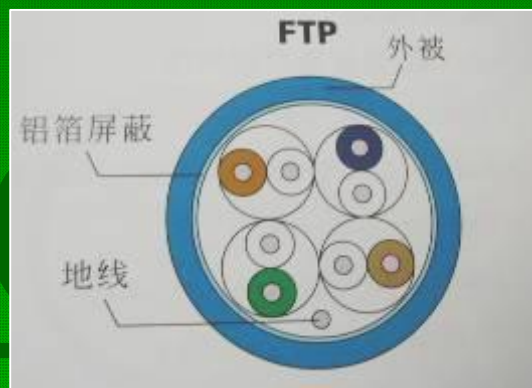
d -中心导体的直径(mm)

ϵ_e -绝缘材料的等效介电常数

双绞线特性阻抗

屏蔽对称电缆（STP）的特性阻抗(Z_c):

$$ZC = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln\left(\frac{2 * a}{d} * \frac{D_s^2 - a^2}{D_s^2 + a^2}\right) \text{ 或 } ZC = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_e}} \lg\left(\frac{2 * a}{d} * \frac{D_s^2 - a^2}{D_s^2 + a^2}\right)$$



其中:

Z_c : 特性阻抗

a : 两导体的中心距 (mm)

d : 中心导体的直径 (mm)

D_s : 屏蔽层内径 (mm)

ϵ_e : 绝缘材料的等效介电常数



双绞线特性阻抗

对称电缆中心导体为绞线结构，屏蔽为编织的特性阻抗(Z_c):

$$ZC = \frac{276}{K3 * \sqrt{\epsilon_e}} \lg\left(\frac{2 * a}{K1 * d} * \frac{D_s^2 - a^2}{D_s^2 + a^2}\right)$$

其中:

Z_c :特性阻抗

a :两导体的中心距(mm)

d :中心导体的直径(mm)

D_s :屏蔽层内径(mm)

ϵ_e :绝缘材料的等效介电常数

K_3 : 编织影响的经验修正系数, 取值为0.98-0.99

K_1 : 导体修正系数, 导体结构修正系数 K_1 与导体根数之间的关系:

绞线内导体的导线根数	N	1	3	7	12	19
内导体结构的修正系数	K1	1.000	0.871	0.939	0.957	0.970
绞线内导体的导线根数	N	27	37	50	70	90
内导体结构的修正系数	K1	0.976	0.980	0.983	0.986	0.988



双绞线特性阻抗

影响对称电缆特性阻抗的因素

影响 Z_c 的因素	影响因素与 Z_c 的变化关系		
	影响因素的变化	Z_c 的随之变化	
等效介电常数	↑	↓	
	↓	↑	
导体直径	↑	↓	
	↓	↑	
导体中心距	↑	↑	
	↓	↓	
对地距离	↑	↓	
	↓	↑	
对绞绞距	↑	↑	
	↓	↓	



双绞线特性阻抗



导体直径

导体直径的波动会影响电感和电容的大小，进而成为影响特性阻抗 Z_c ，这是不可忽视的因素。要想控制好导体直径，模具的精度至关重要，拉丝出线模的直径偏差一般应控制在0.002mm以下，在设备运行状况良好的条件下，导体直径偏差不可超0.003mm，只有这种精度才能够满足电缆对特性阻抗的要求。因此，在拉丝生产过程中应经常关注拉丝机的运行状况及拉丝模精度的控制。另外还要严格控制好导体的退火状态及其拉断伸长率，如果导体的退火过度，造成导体伸长率过大，在后续加工过程中就难以控制和容易变形，所以导体伸长率波动范围应严格控制在小于 $\pm 1.5\%$ 为宜。

绝缘线芯外径偏差和同心度

绝缘线芯外径偏差和同心度是绝缘单线生产过程中最不易控制因素，而绝缘线芯外径的波动和偏心会导致两导线间距离的变化，这种变化的结果使特性阻抗 Z_c 值发生变化，两导线间距离变化越大特性阻抗 Z_c 值波动就越大，严重时会的远远偏离标称值。绝缘层的厚度偏差应控制在 ± 0.03 mm以内，同心度不得小于95%。要想得到比较均匀的特性阻抗，就要保证生产出的绝缘线芯的绝缘厚度和同心度都很好。在生产时挤塑模具的选用也是非常重要的（因为挤塑模具会给绝缘线芯外径和偏心带来直接的影响）

屏蔽层的半径

屏蔽层距离大小对电感的影响也很大，因此，在屏蔽生产过程中，屏蔽层的质量至关重要，导线与屏蔽层越靠近时，回路的电容就越大，相反，则越小，回路电容的或大或小会直接影响特性阻抗值。因此，纵包屏蔽或绕包屏蔽带时要松紧适当，屏蔽层的圆整性和一致性应成为生产过程中控制的重点。另外，在对绞过程中，收放线张力的均匀性和线对节距的一致性也会对回路导线中心间的距离及线组直径的大小有一定的影响。

Encnn **en**ables **con**nection!



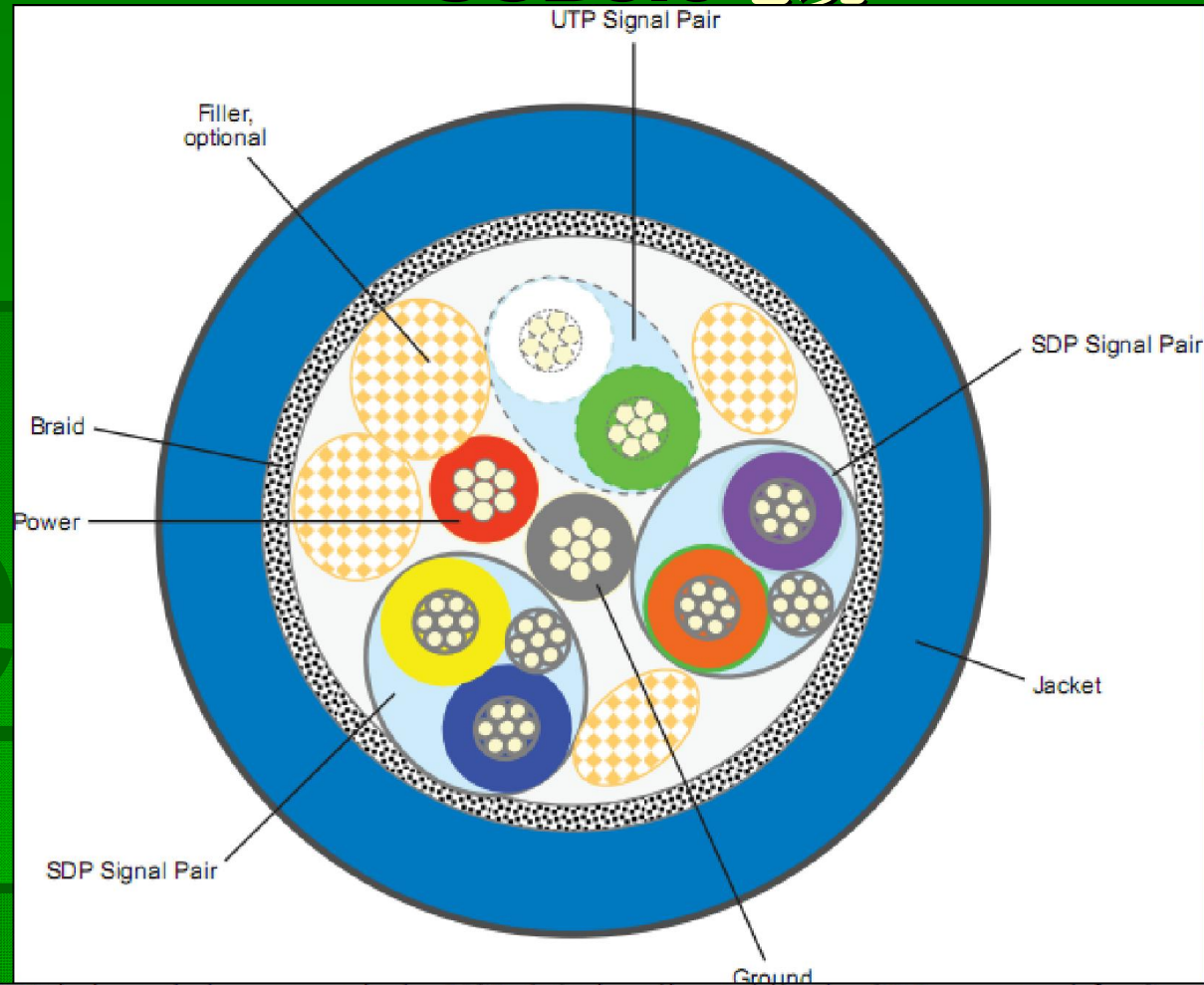
双轴电缆

双轴电缆, 中心两导体或平行或是绞线结构
(外形像屏蔽绞线), 公差要求很高, 特征阻抗
控制较好, 用于高速传输



USB3.0 电缆

Encnn

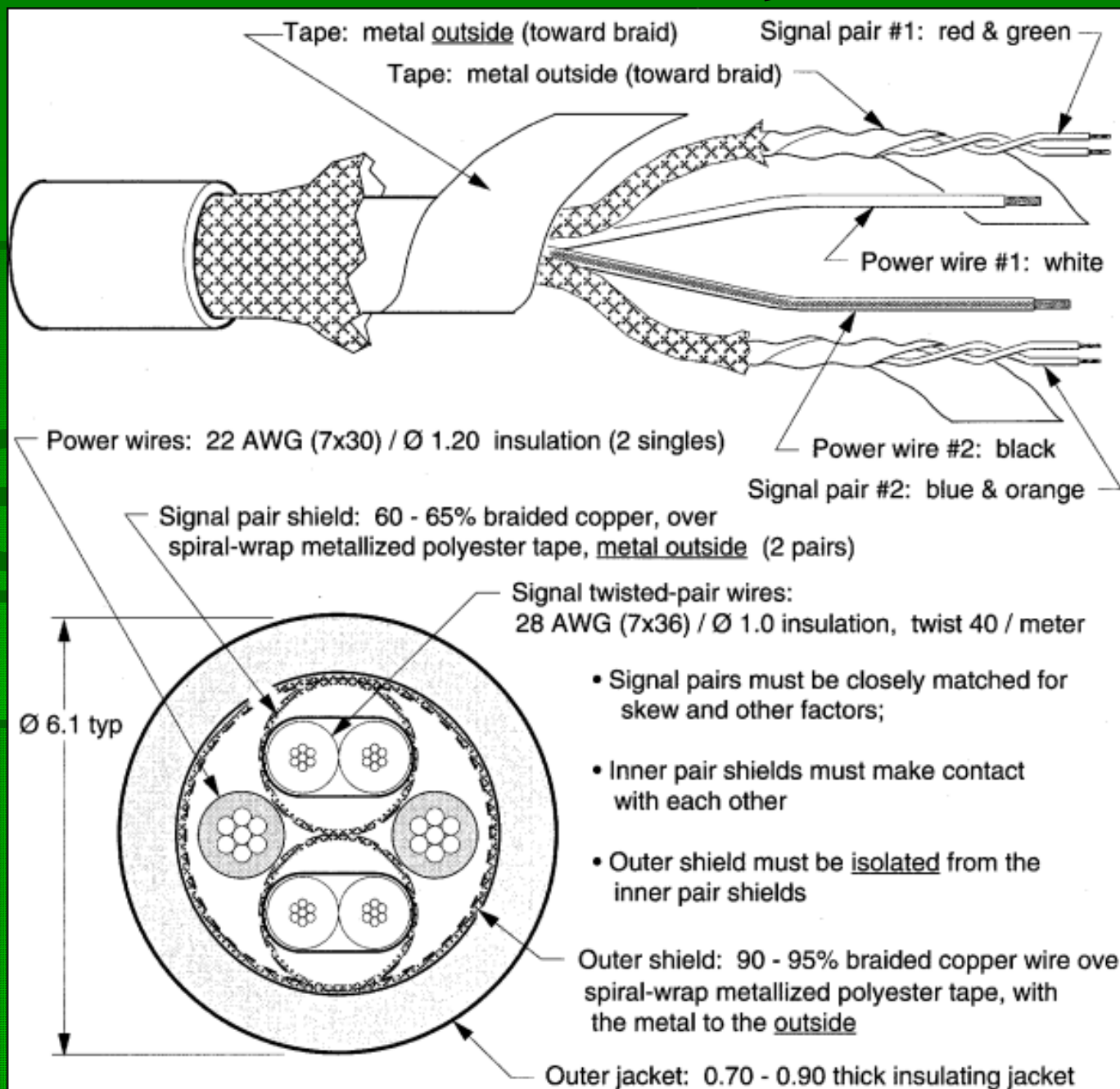


SDP:
Shielded
differential pair
-STP
Or twin-ax

The UTP is intended to transmit the USB 2.0 signaling while the SDPs are used for SuperSpeed; the shield is needed for the SuperSpeed differential pairs for signal integrity and EMI performance. Each SDP is attached with a drain wire, which is eventually connected to the system ground through the GND_DRAIN pin(s) in the connector.

A metal braid is required to enclose all the wires in the USB 3.0 cable. The braid is to be terminated to the plug metal shells, as close to 360° as possible, to contain EMI.

Encnn *enables connection!*

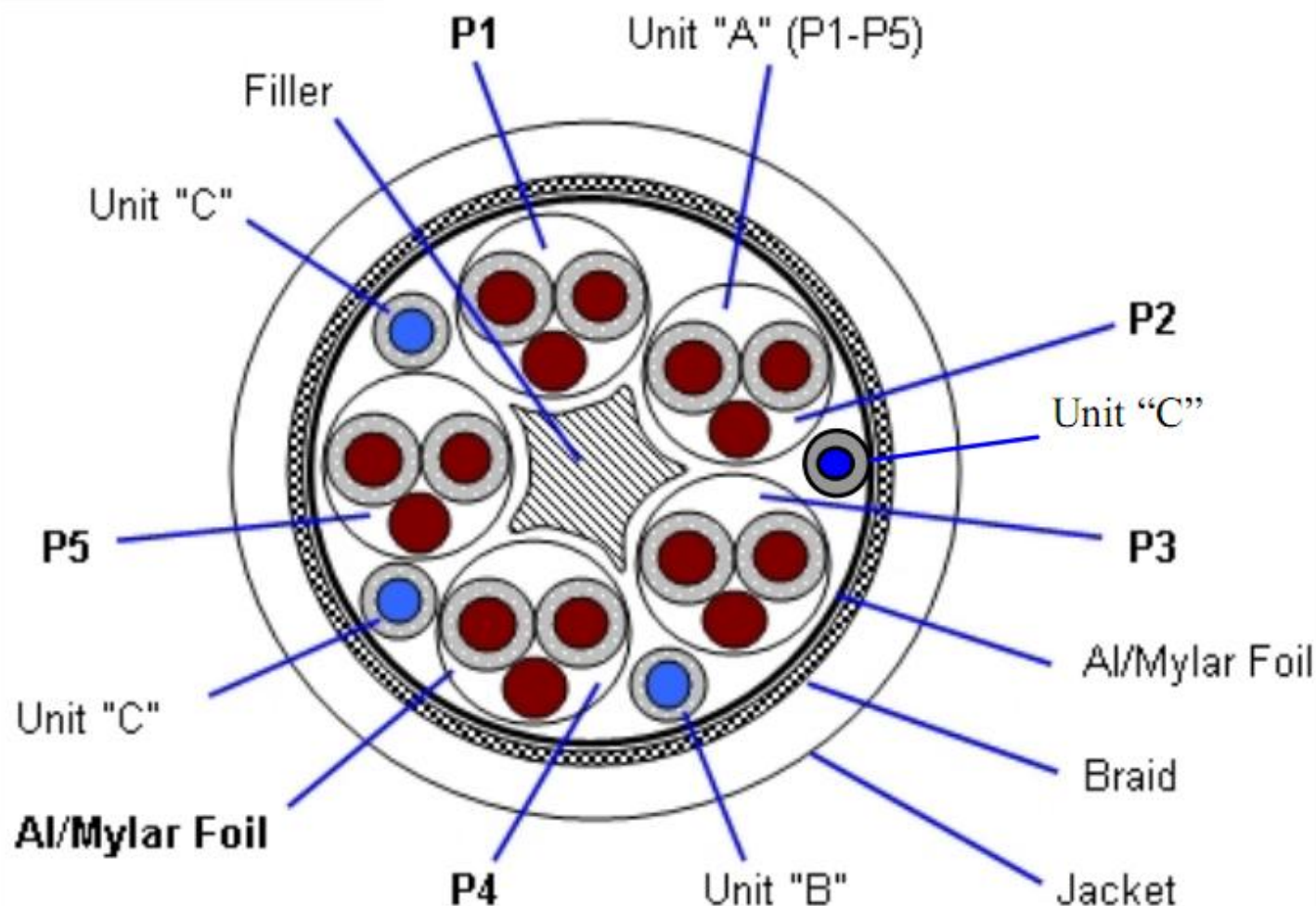




Display-port 电缆

ENCNN

Cable construction:



Unit "A": P1-P5 'STP' or 'Twinax' # 30 AWG insulated stranded conductors, with # 30 AWG drain conductor

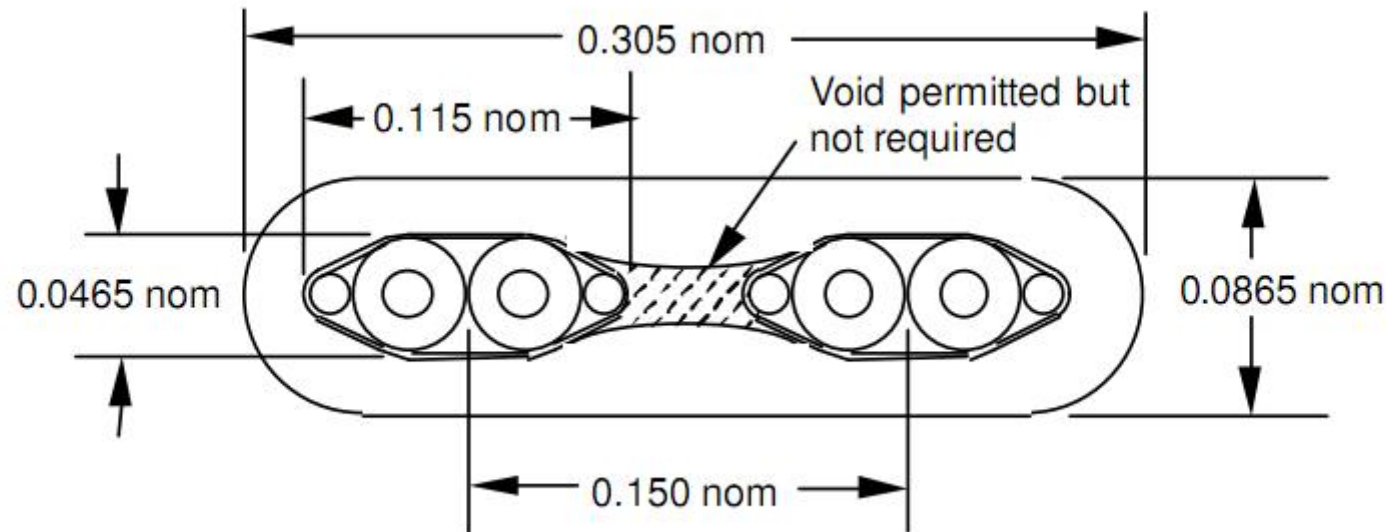
Unit "B": Unshielded, # 30 AWG single insulated stranded conductor.

Unit "C": Unshielded, # 28 or # 30AWG single insulated stranded conductor.



SATA电缆

Encnn



Electrical

Impedance: $100 \pm 5 \Omega$ (differential)
Capacitance: 42 pf/M nominal
Prop delay: 4.25 ns/M nominal
Skew (within pair): TBD (TDT method, drains grounded) (differential 50%-50%, Tektronix 11801, SD-24/SD-26 sampling heads)
Attenuation (nominal): TBD db/M @ 4.5 GHz

Physical

(2) shielded pairs
26 AWG solid tinned copper
0.0435 nom diameter foam polyolefin, white
Parallel pair with (2) drains, 28 AWG solid tinned copper
0.001 aluminized polyester, foil in, 0.035 inch min overlap
Blue typical longitudinal wrap, heat sealed

Jacket: 0.020 nom wall PVC, red

All dimensions are inches unless otherwise noted

Encnn *enables connection!*



LVDS接口标准对电缆的规定

5.3.1 Cable media

The cable media shall conform to the following electrical requirements:

5.3.1.1 Maximum dc loop resistance (DCR):

50 Ω is the maximum dc loop resistance of the cable. This corresponds to a voltage drop of 125 mV assuming minimum generator current of 2.5 mA.

5.3.1.2 Characteristic impedance:

110 Ω +/- 20% from 10 MHz to the application upper frequency limit.

5.3.1.3 Additional parameters

Additional parameters not specified which are application dependent (see Annex A) are: Maximum Attenuation, Maximum Propagation Delay, Maximum Propagation Delay Skew, Maximum Near End Crosstalk (NEXT), and Maximum Far End Crosstalk (FEXT). Crosstalk, skew, and related pair balance parameters may impact applications with multiple signal transmission lines.



LVDS 电缆

LVDS 接口标准电缆指南



A.1 Interconnecting cable

The following section provides further information to Section 5.3 and is additional guidance concerning operational constraints imposed by the cable media parameters of length and termination.

Generally, if more than one signal transmission line is required for an interface, twisted pairs are necessary to balance coupling reactance between individual conductors of adjacent pairs and thus reduce crosstalk.

A.1.1 Length

The length of the cable separating the generator and the load is based on a maximum loop resistance of $50\ \Omega$, and a corresponding 125 mV loss of the signal.

The following examples given take only the dc effects into account in determining the maximum cable length. This would pertain to low speed operation only. The ac effects will limit the maximum cable length before the dc resistance for high speed applications. See A.2.

For the following cables gauges, the corresponding maximum length for a 50 mV signal loss is:

28 AWG	50 meters	(164 feet),
24 AWG	150 meters	(492 feet)

Longer lengths are possible, if the voltage attenuation is allowed to decrease the minimum generator differential output voltage to the maximum receiver threshold voltage (250 mV to 100 mV) for a 150 mV voltage attenuation or -7.9 dB. For the following cables gauges, the corresponding maximum length at a 150 mV signal loss is:

28 AWG	150 meters	(492 feet),
24 AWG	450 meters	(1,476 feet)

Encnn *enables connection!*



LVDS 电缆

LVDS接口标准电缆指南



A.1.2 Typical cable characteristics

A.1.2.1 Parallel interface cable

The following characteristics apply to common parallel interface cable (as used for TIA/EIA-613, and other I/O interface standards) consisting of 25 twisted pairs surrounded by an overall shield:

A.1.2.1.1 Parallel cable, physical characteristics

Conductor	28 AWG, 7 strands of 36 AWG, tinned annealed copper, nominal diameter 0.38 mm (0.015 inch)
Insulation	Polyethylene or polypropylene; 0.24 mm (0.010 inch) nominal wall thickness; 0.86 mm (0.034 inch) outside diameter
Foil Shield	0.051 mm (0.002 inch) nominal thickness aluminum/polyester laminated tape helically wrapped around the core
Braid Shield	braided 36 AWG, tinned copper with 80% minimum coverage, in electrical contact with the aluminum surface of the foil shield
Diameter	nominal overall cable diameter 9.5 mm (0.375 inch)

A.1.2.1.2 Parallel cable, electrical characteristics

DC Resistance	221 Ω / km (67.5 Ω /1000 feet)
Mutual Capacitance	43 pF/m (13 pF/ft) at 1 kHz
Impedance	(characteristic, differential mode) 110 Ω nominal at 50 MHz
Propagation Delay	4.8 ns/m (1.46 ns/ft)
Attenuation	0.28 dB/m (0.085 dB/ft) at 50 MHz
Skew	(propagation delay) 0.115 ns/m (0.035 ns/ft)
Maximum Crosstalk	(Near End, NEXT) 30 dB at 50 MHz

Encnn *enables connection!*



LVDS 电缆

LVDS 接口标准电缆指南



A.1.2.2 Serial interface cable

The following characteristics apply to a common Category 5 serial interface cable (as used for TIA/EIA-422-B, and other I/O interface standards) consisting of 4 unshielded twisted pairs surrounded by an overall jacket:

A.1.2.2.1 Serial cable, physical characteristics

Conductor	24 AWG, 7 strands of 32 AWG, tinned annealed copper, nominal diameter 0.61 mm (0.024 inch)
Insulation	Polyethylene or polypropylene; 0.18 mm (0.007 inch) nominal wall thickness; 0.97 mm (0.038 inch) outside diameter
Foil Shield	optional
Braid Shield	optional
Diameter	nominal overall cable diameter 5.6 mm (0.22 inch)

A.1.2.2.2 Serial cable, electrical characteristics

DC Resistance	84.2 Ω / km (25.7 Ω /1000 feet)
Mutual Capacitance	48 pF/m (14.5 pF/ft) at 1 kHz
Impedance	(characteristic, differential mode) 100 Ω nominal at 50 MHz
Propagation Delay	4.8 ns/m (1.46 ns/ft)
Attenuation	0.17 dB/m (0.051 dB/ft) at 50 MHz
Maximum Crosstalk	(Near End, NEXT) 36.8 dB at 50 MHz

A.1.3 Cable termination

The characteristic impedance of twisted pair cable is a function of frequency, wire size and type as well as the kind of insulating materials employed. For example, the characteristic impedance of average 28 AWG, copper conductor, plastic insulated twisted pair cable, to a 50 MHz sine wave will be on the order of 110 Ω .

The range of 90 Ω to 132 Ω allows for a range of media characteristic impedance to be specified. The nominal media characteristic impedance is restricted to the range of 100 Ω to 120 Ω to allow for impedance variations within the media. Depending upon the balanced interconnecting media specified, the termination impedance should be within 10% of the nominal media characteristic impedance.

Encnn *enables connection!*



LVDS 电缆

LVDS 接口标准电缆指南



A.2 Cable length vs. data signaling rate guidelines

The maximum permissible length of cable separating the generator and the load is a function of data signaling rate and is influenced by the tolerable signal distortion, the amount of longitudinally coupled noise and common potential differences introduced between the generator and the load circuit commons as well as by cable balance. Increasing the physical separation and the interconnecting cable length between the generator and the load interface points increases exposure to common mode noise, signal distortion, and the effects of cable imbalance. Accordingly, users are advised to restrict cable length to a minimum, consistent with the generator to load physical separation requirements.

To determine the maximum data signaling rate for a particular cable length the following calculations / testing is recommended. First, the maximum DCR of the cable length (loop resistance) should be calculated, then the resulting signal attenuation should be calculated at the load. The voltage at the load must be greater than the receiver thresholds of 100 mV. For a conservative design, a maximum attenuation of 50 mV is recommended. Next eye patterns are recommended to determine the amount of jitter at the load at the application data signaling rate and comparing that to system requirements. Typically maximum allowable jitters tolerances range from 5% to 20% depending upon actual system requirements. This testing should be done in the actual application if possible, or in a test system that models the actual application as close as possible. Parameters that should be taken in account include: balanced interconnect media characteristics, termination, protocol and coding scheme, and worst case data patterns (pseudo random for example). The generator / receiver manufacturers and also the media manufacturers should provide additional guidance in predicting data signaling rate versus cable length curves for a particular generator / receiver and a particular media as this relationship is very dependent upon the actual characteristics of the selected devices and media.

When generators are supplying symmetrical signals to clock leads, the period of the clock, rather than the unit interval of the clock waveform, shall be used to determine the maximum cable lengths (e.g., though the clock rate is twice the data rate, the same maximum cable length limits apply).

A.3 Co-directional and contra-directional timing information

With co-directional (same direction as data) timing, there are minimal problems with proper clocking of the data bits since the difference between data and clock edges is mostly the result of generator and receiver skew and not the transmission line.

With contra-directional timing, the user is advised that generator and receiver skew are not the only items to be taken into account. The cable delay and skew must also be considered.

In both cases the clock should transition as close to the center of the data bit as possible.

Encnn *enables connection!*



电缆等化技术

Equalizer Circuit

- Equalizer is the application of frequency selective gain or attenuation to compensate for distortion
- Capable to extend cable length with same cable gauge and bandwidth
- RLC (high pass) circuit (passive equalizer) to mirror the low pass response of the cable
- Active equalizer circuit is able to extend cable length with same cable gauge and bandwidth but require external power

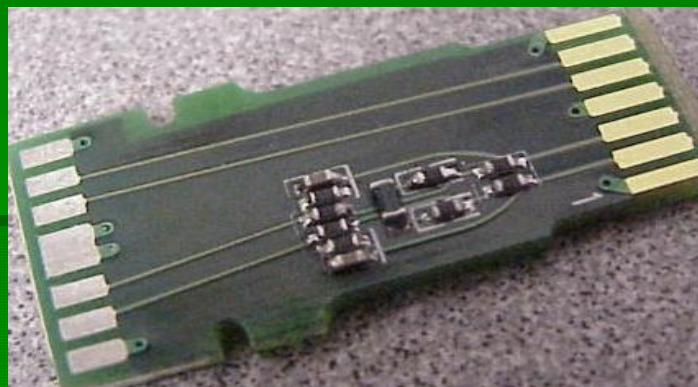
Active Equalizer

- Equalizes differential or single-ended signals
- Automatically adjusts to attenuation caused by skin-effect losses
- Effectively extends the usable length of copper cable in high frequency interconnect applications

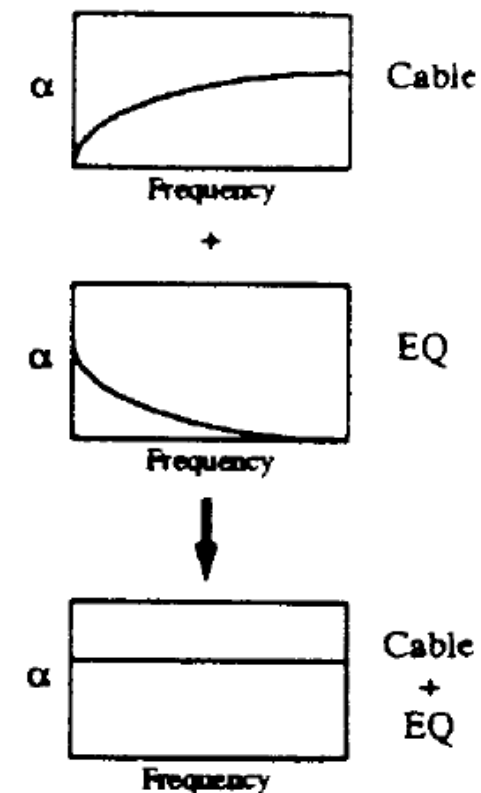
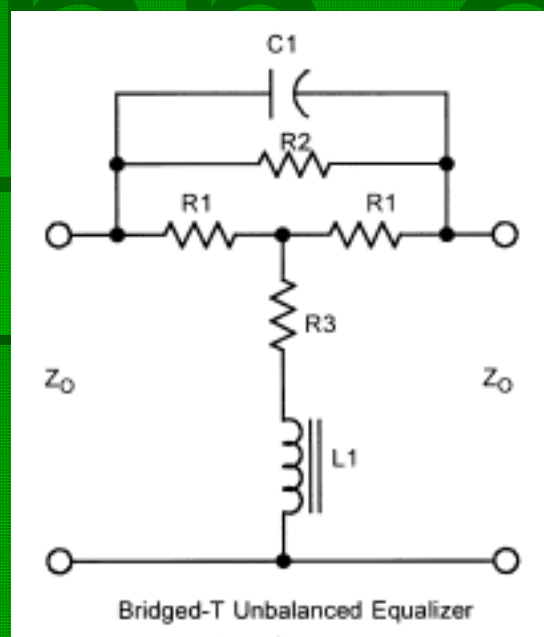
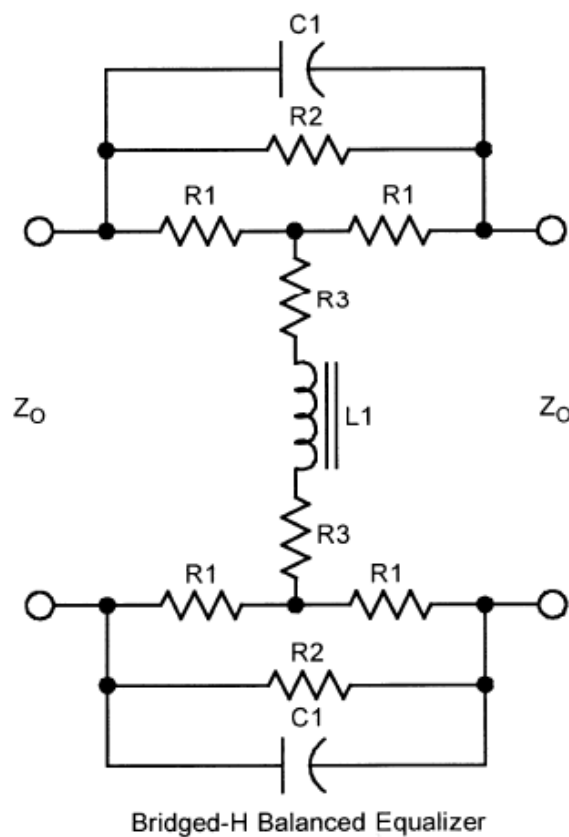
Encnn **en**ables **con**nection!



电缆均衡技术



EQ Board of Infiniband 1x Cable



Encnn *enables connection!*



卷曲(**crimp**)连接

- 卷曲连接系统的组成
- 电线的要求
- 端子
- 工装

- 卷曲过程的力学特点
- 卷曲过程的电性能特点
- 如何决定卷曲的变形程度/卷曲高度(crimp height)
- 卷曲变形的机理
- 卷曲端子内表面的齿状特征
- 卷曲连接截面无缝隙(voidless)要求

本要求的用意在于保证界面气密性和全面积接触(full area contact),很多情况下即使截面不是无缝隙,卷曲变形已实现全面积接触和界面气密性要求

- 卷曲连接的焊接(soldering)

焊接降低卷曲连接性能:焊接温度影响;对焊接助焊剂的清洗产生的腐蚀;降低多股线的柔性(抗振动性能和稳定性)

- 卷曲连接的检验/监控

- 1,外观检验; 2,卷曲高度检验
- 3,拉伸强度:“夹断”失效方式; 绝缘夹持不应卷曲
- 4,其他方式:自动化设备-自动调整卷曲高度,监控卷曲力(crimp force)



卷曲连接系统的组成

Encnn

- 端子
- 电线
- 工具

端子和线芯变形适当:

- 产理想接触界面(线芯间, 线芯与端子)
- 保持理想的界面稳定性
- 适当的变形源于合适的端子, 合适的电线, 合适的工具(和压入深度)

Encnn *enables connection!*



电线的要求

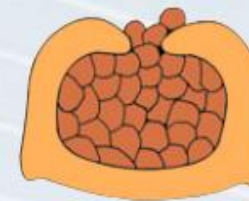
Encnn

- 绝大多数的crimp连接采用多股线
- 合适的电线和端子组合, 否则:
 - 端子无法合拢
 - 无法产生合适的变形, 连接失效
- 合适的剥线长度, 否则产生连接缺陷
- 不能咬伤和剪断线芯
- 剥线时保持多股线形状
- 端子往往适用两种或多种电线规格, 需注意crimp高度

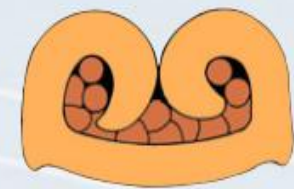
Incorrect terminal / wire selection

Wire size to large

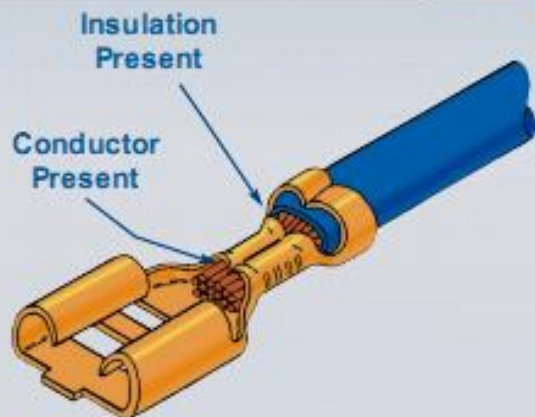
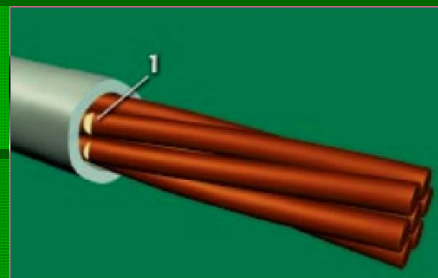
Wire size to small



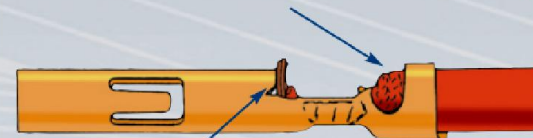
Crimp barrel does not close



Legs too close to bottom of crimp.
Insufficient deformation of strands, showing voids.



Insulation inside the wire crimp



Conductor Brush protruding into terminal body

Encnn *enables connection!*



端 子

闭环
和
开环
端子

开环端子通过落料和成形工艺生产;导线易于放置,生产效率高,适宜批量生产.

闭环端子通过落料和成形工艺生产(有缝,可焊接视应用要求和端子尺寸)或切削加工(无缝),常用于散件结构(loose piece),常见于军品.

端子电镀:不镀,镀锡,镍,金. 镀锡较为普遍:金属/金属界面易建立;润滑作用



端 子

Encnn

端子绝缘夹持部分

- 改善连接的稳定性
- 提高拉伸强度, 尤其是小线

enc

- 与线芯夹持部分共用工具
- 与线芯夹持部分同一行程完成
- 与线芯夹持部位的变形程度不一样

Encnn *en*ables *con*nection!



端 子

Encnn

Encnn *enables connection!*



端 子

具有绝缘皮的结构

- 使端子与其他带电体或导体绝缘
- 主要应用于闭环结构
- 卷曲时,载荷作用于绝缘皮,故要求绝缘皮有相当的机械强度和韧性



工装/设备种类繁多, 从简单的手工钳到复杂的多功能自动化设备:

- 测量剥线长度;
- 按长度要求剥线;
- 监控卷曲过程;
- 监控卷曲力; 监控卷曲高度;

卷曲过程:

- 按要求剥线
- 将导线放置于端子内
- 启动工装
- 合模于一定高度/卷曲高度



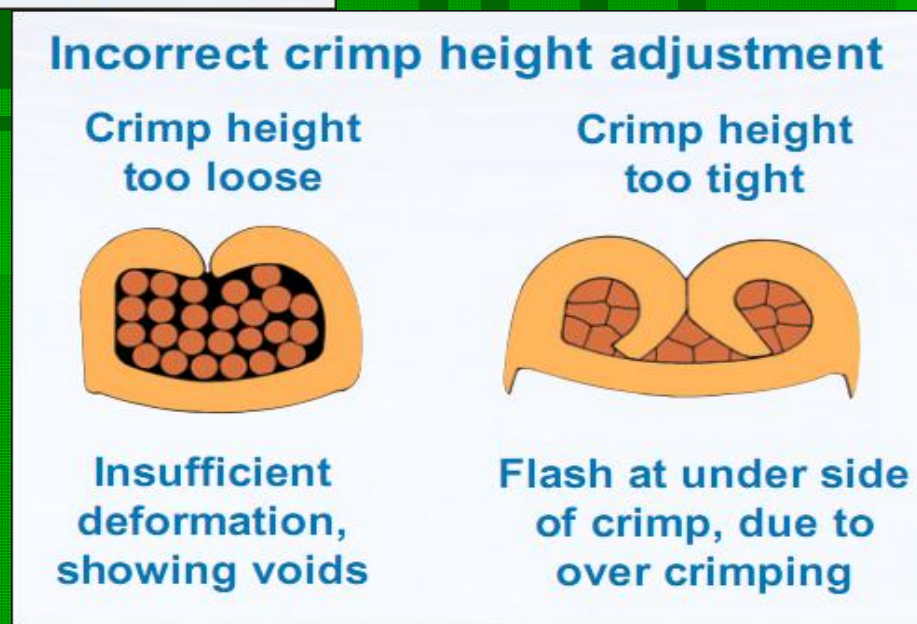
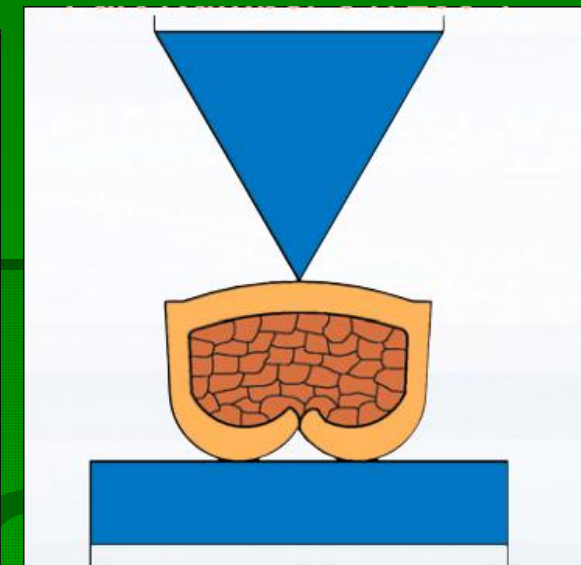
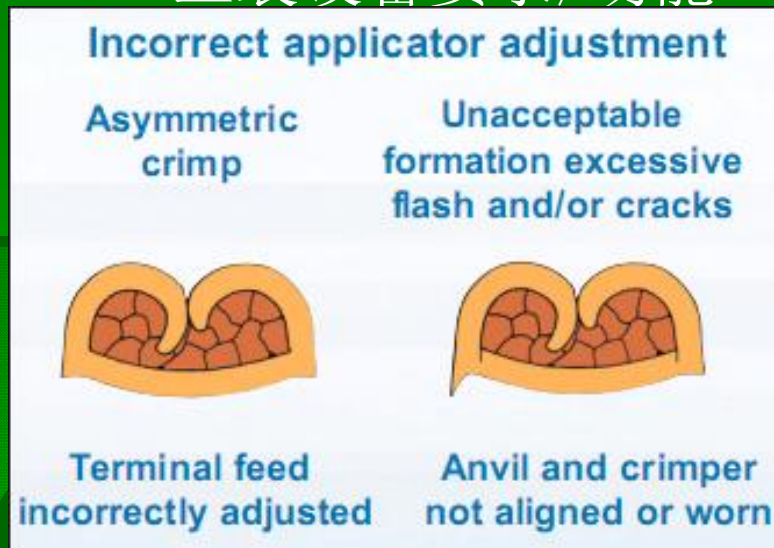
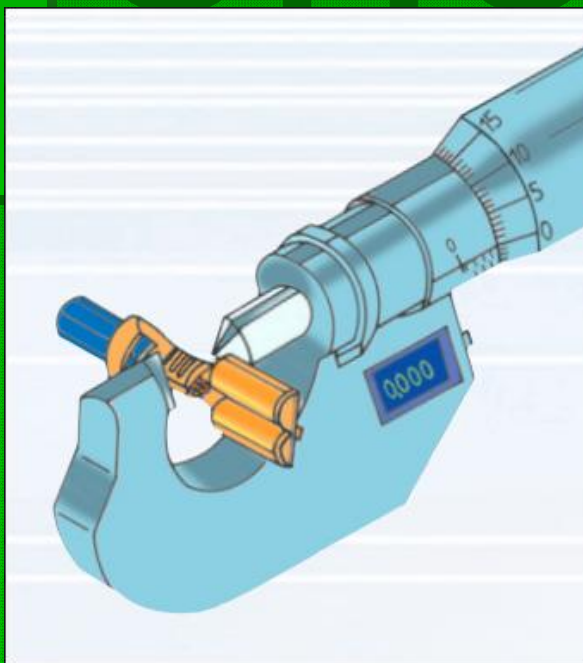
工装设备

工装设备要求/功能

Encnn

- 使导线位于正确位置

- 控制变形
A, 适当的卷曲高度



Encnn *enables connection!*



工装设备

工装设备要求/功能

B, 适当的工装几何形状, 匹配的端子和电线(一)



工装设备

工装设备要求/功能

B
适当的
工装几
何形状,
匹配的
端子和
电线
(二)



Encnn

crimp的检验

Encnn *en*ables *con*nection!



卷曲过程的力学特点



变形出现后, 导线间及导线和端子产生摩擦力, 出现较低的拉脱强度-曲线的开始
导线和端子产生横向和纵向变形, 建立金属/金属接触(冷焊)

变形继续进行, 拉脱强度继续增加直到端子与导体的截面积小于导体最初的截面积, 此时拉脱强度达到最大(曲线的顶峰), 此后拉脱强度开始减小

卷曲受拉的两种失效方式:

- A, 导体被拉脱, 变形程度未到产生最大拉脱强度的程度
- B, 导体被“夹断”-部分导体保留在端子中, 变形程度已过产生最大拉脱强度的程度



卷曲过程的电性能特点

变形出现后, 导线间及导线和端子产生接触, 这时接触电阻很大-曲线的开始.

导线和端子产生横向和纵向变形, 建立金属/金属接触(冷焊), 接触电阻明显下降. 变形继续进行, 接触电阻继续下降直到端子与导体的截面积小于导体最初的截面积, 此时接触电阻达到最小(曲线的谷底), 此后接触电阻开始增大.

纵观整个卷曲过程的电性能特点, 不难发现, 变形开始后电阻急速下降, 随后下降的速度趋于平缓, 这是由于决定接触电阻的瓶颈因素发生变化. 这明显与力学性能特点不一样.



卷曲连接的变形要求

上面提到(右图也显示). 在卷曲变形过程中, 电气性能(接触电阻)比机械性能(拉脱强度)提升得快;随着卷曲继续进行, 电气性能比机械性能下降的慢(电气性能在中间一段变形期变化不大)

故我们需平衡电气性能和机械性能优化出卷曲连接的变形标准(体现为卷曲高度)

历史上曾以拉脱的失效方式作为卷曲连接的设计出发点

考虑到要保证产品后期性能(用老化试验模仿)现在的设计往往以“夹断”为设计出发点



卷曲连接的变形要求

卷曲变形的程度往往用面积指数来表述, 面积指数指卷曲变形后的截面积与变形前的截面积的比值, 连接器业界对于最佳面积指数范围不仅相同, 有的认为是65%到85%也有认为应该是65%到85%(Tyco为代表)

无疑的是适当的面积指数决定于下因素:

- 电线的规格
- 端子的规格
- 卷曲的工装

一旦卷曲连接系统确定, 卷曲变形的程度(面积指数)只决定于卷曲高度, 故在实际生产中控制卷曲高度至关重要, 由于卷曲连接后的端子不太规则, 需留意卷曲高度的测量方式.

由于应用场合不同, 对卷曲连接的机械性能和电气性能的要求也会不同, 有的侧重机械性能, 有的侧重电气性能. 对于电气性能要求较高的可以将卷曲高度调低些, 对机械性能要求较高则反之.



卷曲连接的机理

冷焊现象

导线间及导线与端子间在卷曲过程中产生相互错动(横向和纵向),这种错动是在高应力状态下发生,金属表面的各种膜,氧化物,污染物会被移开,形成金属里层的“嫩肉”与“嫩肉”的接触,产生冷焊

冷焊的佐证:

A, 干净, 平整(使冷焊更为明显)的金属存在压力时相互间产生摩擦和磨损;

B, 将由铜(硬)和银(软)组成的导体卷曲连接到黄铜(硬)的端子, 解剖后对银导线进行电子扫描, 锌元素(来自黄铜)和铜元素出现在银导体中



卷曲连接的机理

残余回弹力

在卷曲连接完成后, 电线和端子都有回弹(横向和纵向)的趋势, 要保证卷曲连接的稳定性, 需让电线比端子产生更大的回弹使卷曲连接实现有利的残余回弹力(见附图)



卷曲连接的机理

实现有利的残余回弹力的办法

选择合适的端子材料和电线线芯材料,使线芯的弹性模量小于端子的弹性模量,线芯的屈服强度高于端子的屈服强度,这个条件往往不易满足,但要确保端子的有效弹性模量小于线芯有效弹性模量(参考几何弹性模量)

工装使端子夹持部位的两端产生钟形口形状,“锁住”线芯的纵向回弹从而产生有利的残余应力分布.端子夹持部位的钟形口形状是卷曲连接的检验项目之一.



卷曲连接的机理

实现有利的残余回弹力的办法

几何弹性模量(右图解释什么是几何弹性模量):使端子在几何形状上比电线线芯具有更小的弹性模量.当线芯的弹性模量大于端子的弹性模量时确保端子的有效弹性模量(材料和几何形状的综合弹性模量)小于线芯的有效弹性模量.

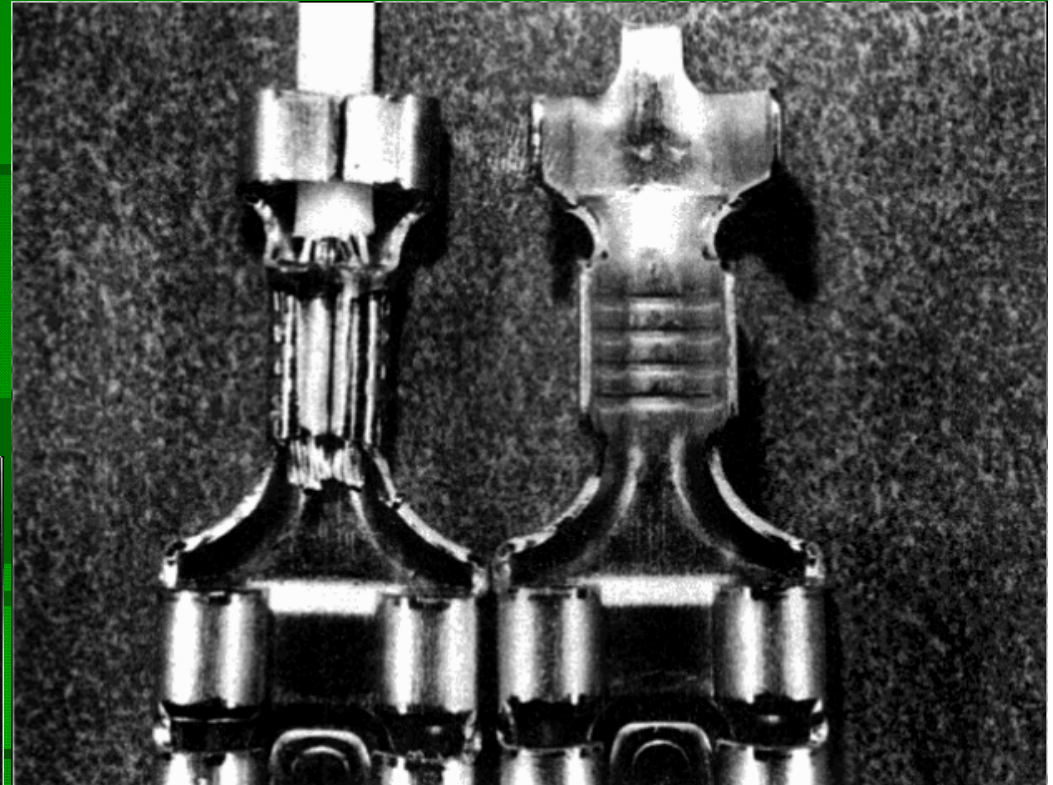
端子的有效弹性模量的计算是极为复杂的工程技术问题,用传统的方式很难计算,可借助有限元分析来求解



卷曲端子内表面齿状特征

ENCNN

齿状槽阻碍与它接触的电线线芯在端子内部的流动, 加剧线芯与端子以及线芯间的摩擦, 加强金属/金属接触, 提高冷焊效果(机械性能), 降低接触电阻(提高电气性能)



Encnn *enables connection!*



卷曲端子内表面齿状特征

Encnn

电线线芯被“锁在”在端子内部的齿状槽, 提高卷曲连接抗蠕变强度, 提高卷曲连接稳定性, 若有效弹性模量设计得当, 齿状槽之间的线芯被施加拉伸应力, 使卷曲连接处于有利的回弹力, 提高卷曲连接的稳定性.

Encnn *en*ables *con*nection!



卷曲端子和工装实例设计(参见相关专题培训)

材料厚度的确定

宽度的确定

底部圆弧的确定

展开尺寸的确定

长度的确定

卷曲高度的确定

卷曲高度与导线截面面积的曲线关系

钟形口尺寸的确定

齿状槽的类型, 位置, 数量, 长度, 深度,

卷曲连接强度分析

卷曲工装结构和各尺寸的确定

剥线长度的确定

有限元分析卷曲连接的力学特点



绝缘位移连接 (IDC)

IDC概述

IDC压入过程

线芯的压入深度

IDC端子的设计

IDC保护设计

实心线与多股线对IDC的影响

设计合适的装置分析仿真所需的端子(机构)

IDC端子的有限元分析

IDC设计专题培训(参见相关专题培训)



绝缘位移连接(IDC)概述

- 连接前不用剥线皮, 连接过程中端子将绝缘皮剥移
- 低压入力
- 可同时压入多根导线
- 效率高, 成本低
- 相对于crimp-snap方式具有防错功能
- 工装简单
- IDC连接系统:
 - 导线
 - 端子
 - 工具/连接器



IDC压入过程



端子具有台阶槽(上宽下窄)

电线被往下压过程中线皮在槽的过渡部分附近被剥移

在下压完成时线芯与端子的槽壁建立金属/金属的接触,实现良好的电气性能(接触电阻很小);线芯与端子产生一定的变形,之间具有一定的保持力

Encnn *enables connection!*



IDC压入过程

影响因素:

电线,

绝缘材料:硬度/厚度/摩擦系数/与线芯的结合-
决定绝缘剥移的难易程度-线皮(工艺)不同需重新认证

线芯:尺寸和稳定性[e. g. 线芯类型(实心VS多股);
绞线方式(束绞VS同心绞, unilay, equilay, true);
线芯股数多少]-决定端子的变形/正向力/绝缘剥移的难易程度/金属界面建立及其稳定性

端子,

影响摩擦力的因素:

槽过渡处(ramp)--角度, 是否有缺口(nicking),
缺口尺寸, 侧面是否倒角, 倒角尺寸,
表面粗糙度,

(是否)电镀(规格),

端子尺寸:槽宽, 槽深, 力臂高度和宽度(原材厚度)

- 大摩擦力有利于剥移绝缘层
- 大摩擦力意味着大压入力和线芯(稳定性)易受损
- 摩擦力需优化, 诸多因素需平衡

工装:保证线芯稳定性(e. g. 圆周夹持);保证压入深度

Encnn **enables connection!**



线芯稳定性对IDC的影响

Encnn

线芯稳定性不好影响IDC连接

Encnn *enables connection!*



IDC端子设计

IDC端子常见结构



Encnn *en*ables *con*nection!



IDC端子设计

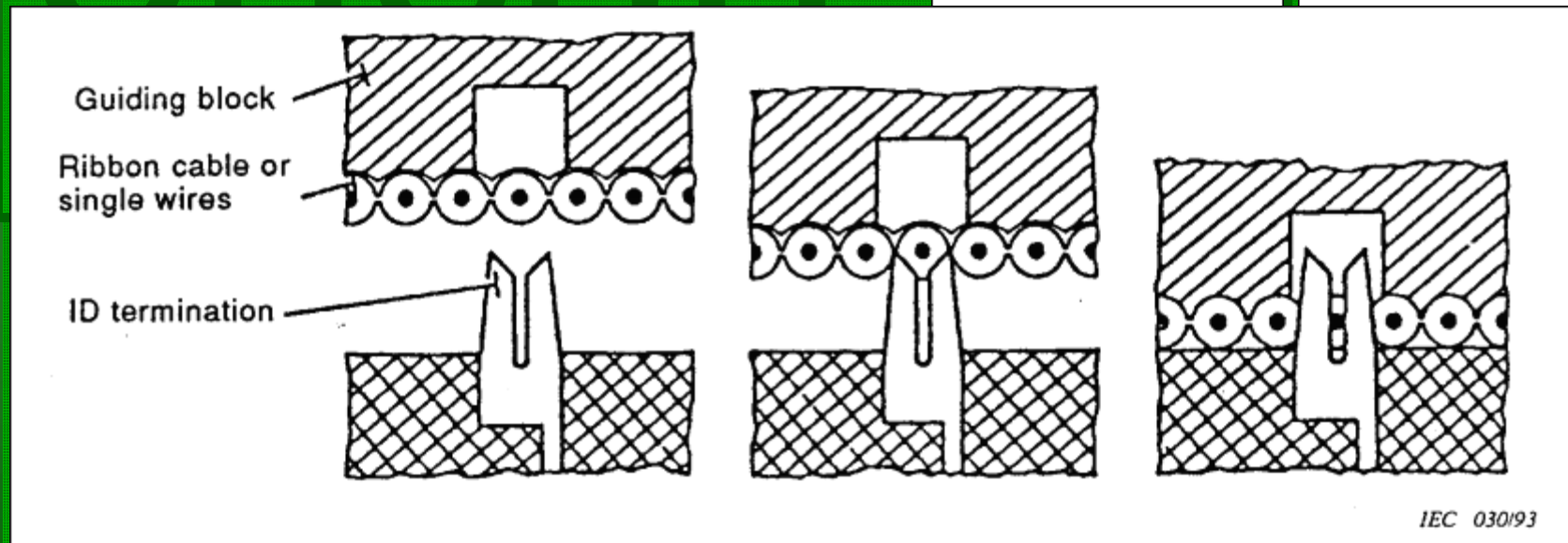
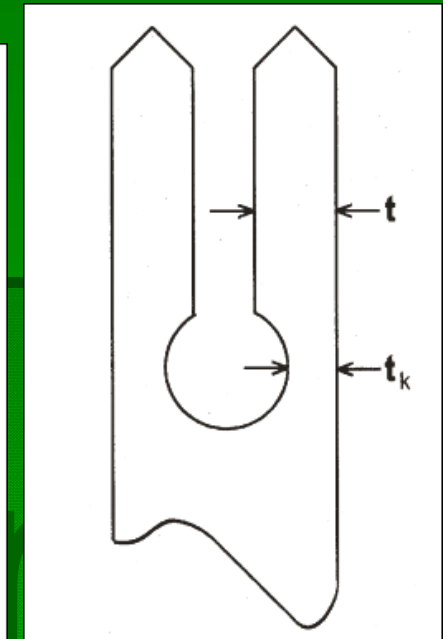
简单开槽梁结构:

主要用于带状电缆(ribbon cable)

尖顶结构便于刺破线皮, 台阶槽便于剥移绝缘皮和优化线芯变形

没有成形工艺, 便于冲压生产

端子的柔性取决于端子的几何形状, 特别是线芯槽的深度和力臂的高度(见图t), 槽根部开钥匙孔(见图)也利于提高柔性



Encnn *enables connection!*



IDC端子设计

U形双槽结构:

可将双槽设计成都用于连接线芯, 保证连接的电气稳定性, 或一槽用于连接线芯另一槽用于夹持线皮, 增加机械稳定性.

双槽用来连接线芯对于多股线来说提升电气性能的意义如下:

a, 两处同时夹持多股线有利于保持线芯的形状 (e. g. 同心绞线)-稳定性

b, 不同接触部位可能接触不同线股 (strand)

双槽结构主要应用于分立导体和电线便于分离的线缆



IDC端子设计



双槽盒结构：
对于多股线
具有双槽结
构的优势
相对于U形双
槽结构，壁厚
较薄，具有更
好的柔性，但
变形更复杂



IDC端子设计



开槽桶结构：
最具柔性的设计-
力臂最长，能适用
于更广的电线规格；
在桶中部开槽，可
将端子分成上下两
部分，用于连接两
根电线（两根电线
规格可不相同）
大部分IDC端子往
往最多能接7股线
而开槽桶结构能接
19股电线



IDC端子设计



0槽宽端子：
特点类似于简单开槽梁结构，但适
用于小线径电线



IDC端子设计

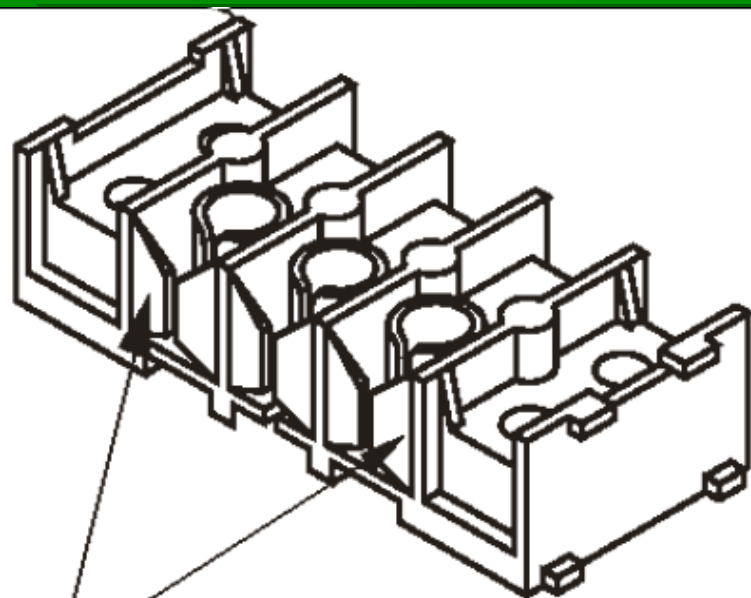
端子各种对IDC保护结构

IDC低的压入力意味着低的保持力, 为了加强IDC的稳定性端子被设计成各种带有保护特征



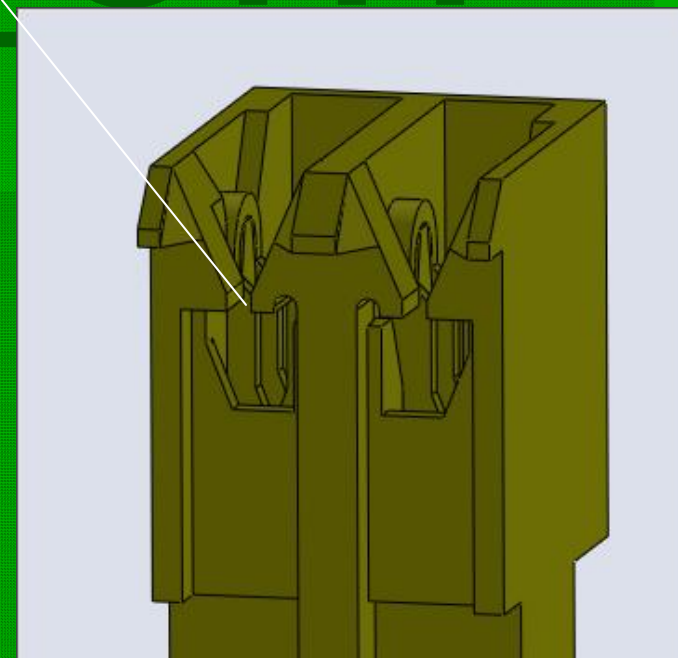
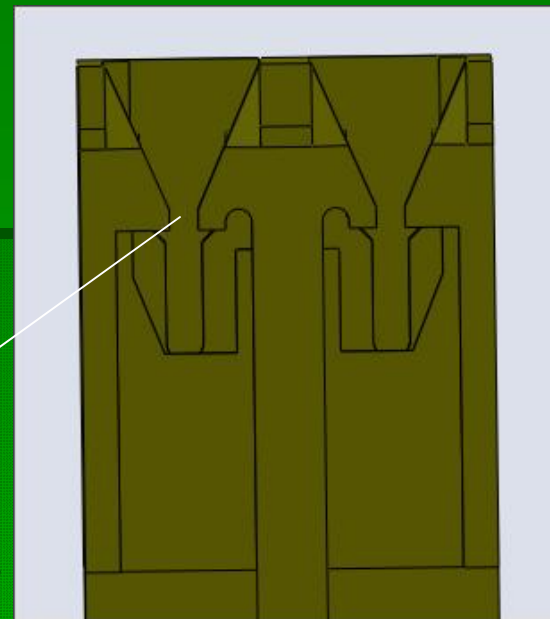
IDC 塑胶件设计

Housing 特征提供IDC保护



Support
Slots

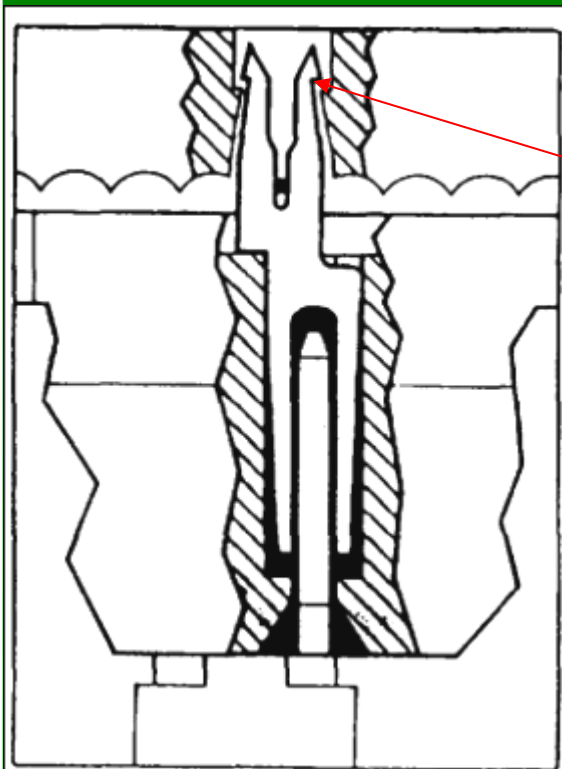
电线压入
时保护槽
被撑开，
压入后，
台阶槽将
电线卡住



Encnn *enables connection!*

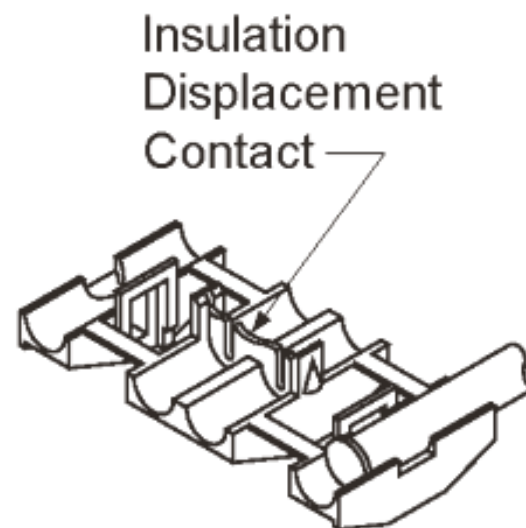
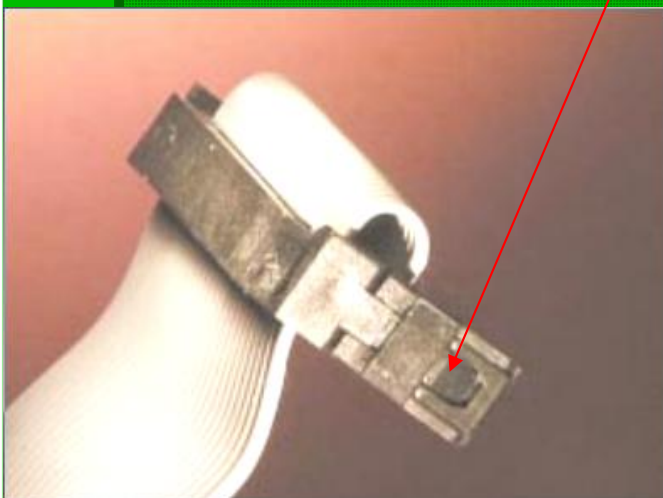


IDC 塑胶件设计

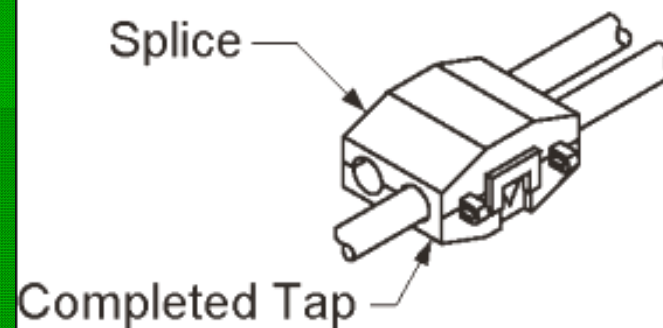


通过端子扣位
将上盖扣到
塑胶外壳

通过上盖的扣位
将上盖扣到塑胶
外壳



ELECTRO-TAP
Splice



Encnn *enables connection!*



IDC各种保护设计

Encnn

Encnn *enables connection!*



多股线与实心线规格对IDC的影响

由于实心线的结构稳定,一致性好,实心线的IDC更为简单,一致性好

多股线的IDC更为复杂,更具变异性,决定于如下因素:

- 线股的数量-电线线径相同时,股数越多则线股的线径越小,越易损伤或剪断,线股间更易相互错动(丧失稳定性)-端子变形量减小,线芯正向力变小,IDC稳定性降低;线股是否损失或剪断决定于端子和工装的设计,对于小线股若支撑不恰当压入时的应力足以将它们剪断;端子毛刺对小线股的损伤也比大线股严重
- 绞线的类型-主要是绞线方式,绞距更小稳定性更好
- IDC端子的设计(e. g. 柔性,开槽的数量)-柔性好的端子降低降低线股错位的可能性;两槽结构的端子比单槽结构的IDC更稳定
- IDC的压入工装-圆周夹持和纵向多处夹持有利于降低线股错位,提高IDC稳定性
- 实心线的IDC比多股线IDC性能稳定
- 镀锡的电线的IDC比不镀锡的性能更好
- 端子是否电镀对IDC性能影响不大



设计合适的装置分析模仿所需的端子

Encnn

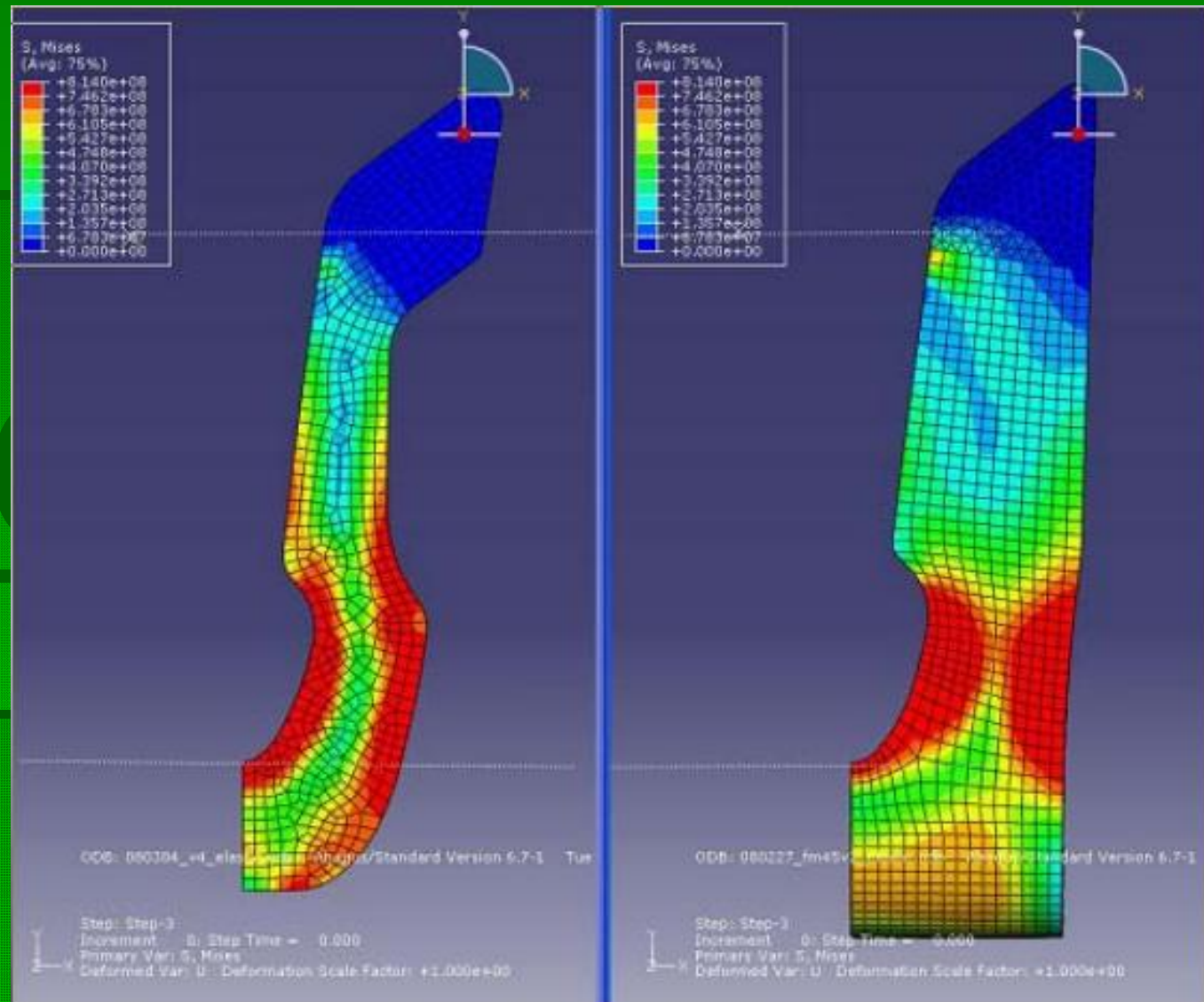
通过合适的装置分析模仿什么样力学性能的端子(结构)与目标的电线才能实现理想的IDC性能

Encnn *enables connection!*



IDC端子有限元分析

IDC端子的变形是极为复杂的工程技术问题, 用传统的方法很难计算出较为精确的端子的力学特点. 借助先进的应力应变分析软件能较快优化出所需的端子结构



Encnn *enables connection!*



IDC端子设计专题培训

端子结构形式

电源端子设计

信号端子设计

设计因素：

- 材料选择
- 电线因素
- 电线的压入
- 塑件的设计
- IDC保护设计
- 关键参数的确定：
 - 材料厚度
 - 过渡圆角
 - 根部高度
 - 臂长和臂宽
 - 过渡角度
 - 槽宽

塑胶的刚度设计

应力分析