

国际标准分类号 ICS  
中国标准文献分类号 CCS

HGJ

# 中国石油和化工勘察设计协会团体标准

T/HGJ XXXXX-YYYY

## 石油化工仪表电缆选型设计标准

Design standard for instrument cable selection in petrochemical  
industry

(征求意见稿)

20YY-MM-DD 发布

20YY-MM-DD 实施

中国石油和化工勘察设计协会发布



# 前 言

本标准根据中国石油和化工勘察设计协会《关于印发2019年第一批团体标准制订项目计划的通知》（中石化勘设协[2019]58号）的要求，自控中心站负责组织，由中国五环工程有限公司会同有关单位组成标准编写组共同编制完成。

本标准在编制过程中，标准编写组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本标准（规范、规程）的主要技术内容是：一般规定；仪表电缆技术规格选择；仪表电缆线芯截面积计算；本质安全电路电缆参数匹配；采购；电缆技术规格书模板及示例。

本标准（规范、规程）由中国石油和化工勘察设计协会负责管理，由全国化工自控中心站负责日常管理，由中国五环工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国五环工程有限公司（地址：湖北武汉东湖新技术开发区民族大道1019号，邮编：430223，电子邮件：[liangda@cwcec.com](mailto:liangda@cwcec.com)），以便今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、参加单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国五环工程有限公司

参编单位：安徽天康（集团）股份有限公司  
安徽省众和电仪科技有限公司

主要起草人：梁 达 孟 铎 梁 钰 陈 曼 谢艳华  
安铁夫 彭 晶 李贻春

# 目 次

1	总则	1
2	术语	1
3	一般规定	2
4	仪表电缆技术规格选择	3
4.1	模拟信号电缆	3
4.2	开关量信号电缆	4
4.3	供电电缆	4
4.4	热电偶电缆	4
4.5	接地电缆	5
4.6	数字通讯电缆	6
4.7	特定场合电缆	6
5	仪表电缆线芯截面积计算	7
6	本质安全电路电缆参数匹配	7
7	采购	9
7.1	规格要求	9
7.2	检验	9
7.3	供货商资料要求	10
	附录 A 电缆技术规格书模板	12
	附录 B 电缆数据表模板	15
	附录 C 电缆绝缘材质长期最高工作温度及最低敷设温度	16
	附录 D 电缆护套材质长期最高工作温度及最低敷设温度	17
	附录 E 典型仪表用电缆最大敷设长度	18
	本标准用词说明	19
	引用标准名录	20
	条文说明	21

# Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms.....	1
3	Basic requirements.....	2
4	Instrumentation cable specification.....	3
4.1	Analogue signal cable.....	3
4.2	On-off signal cable.....	4
4.3	Power cable.....	4
4.4	Thermocouple cable.....	4
4.5	Grouding cable.....	5
4.6	Digital communication signal cable.....	6
4.7	Special-purpose cable.....	6
5	Cross-sectional area calculation of cable.....	7
6	Electrical parameter of Intrinsic safety cable.....	7
7	Purchase.....	7
7.1	Specification requirements.....	7
7.2	Inspection.....	8
7.3	Vendor documents requirements.....	9
Annex A	Example of technical specification for cable.....	10
Annex B	Example of cable datasheet.....	13
Annex C	Maximum temperature for long time running and minimum temperature for layout of cable insulating material.....	14
Annex D	Maximum temperature for long time running and minimum temperature for layout of cable sheath material.....	15
Annex E	Maximum length for typical instrumentation cable.....	16
	Explanation of wording in this standard.....	17
	Normative standards.....	18
	Addition: Explanation of provisions.....	19



## 1 总则

- 1.0.1 为了规范石油化工装置中仪表电缆的使用，保障仪表系统安全、可靠和高效地运行，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于石油化工企业新建、扩建和改建工程中仪表电缆的选型设计及采购工作。
- 1.0.3 石油化工装置中仪表电缆的设计和采购除符合本标准的要求外，尚应符合国家现行有关管理规定和标准规范的要求。

## 2 术语

- 2.0.1 实心导体 solid conductor  
一根单线构成的导体。
- 2.0.2 绞合导体 stranded conductor  
由若干根单线或股线组成的导体，通常全部或部分单线或股线呈螺旋状。
- 2.0.3 软导体 flexible conductor  
由直径足够小的单线绞合成的适于软电缆使用的绞合导体。
- 2.0.4 仪表电缆 instrument cable  
仪表系统正常运行所使用的电缆。包括仪表信号传输用电缆、热电偶延伸电缆、热电偶补偿电缆、供电用电缆、接地用电缆（线）、通讯电缆、光缆等。
- 2.0.5 热电偶补偿电缆 thermocouple compensation cable  
具有与热电偶不同材质的导体，但在给定温度范围内其热电特性产生的误差在规定限值内的电缆。
- 2.0.6 热电偶延伸电缆 thermocouple extension cable  
具有与热电偶元件相同材质的导体，延伸至基准连接点，并且在其整个使用温度范围内具有与该热电偶相同热电性能的电缆。
- 2.0.7 非对绞电缆 unbalanced cable  
由一根以上绝缘线芯束合在一起构成的电缆。
- 2.0.8 线对 pair/triad  
由两个或三个相互绝缘的导体对绞组成，分别称为两线对和三线对。
- 2.0.9 对绞电缆 balanced cable  
由一个或多个线对组成的电缆，分别称为单对对绞电缆和多对对绞电缆。
- 2.0.10 基金会现场总线电缆 foundation fieldbus cable  
用于连接基金会总线控制系统中主控制系统和现场设备的专用电缆。
- 2.0.11 软电缆 flexible cable  
使用时要求柔软，并且其结构和材质均能满足这一要求的电缆。
- 2.0.12 节距 length of lay  
电缆某一部件形成的完整螺旋的轴向长度。
- 2.0.13 护套 sheath  
均匀连续的金属或非金属材料管状包覆层，通常挤出形成。

#### 2.0.14 铠装层 armor

由金属带或金属丝组成的包覆层，通常用来保护电缆不受外界的机械力作用。

#### 2.0.15 屏蔽 screen

能够将电场控制在绝缘内部的一层或组合在一起的多层导电层。

#### 2.0.16 总屏蔽 common screen

包覆在电缆所有绝缘线芯之外的电气屏蔽。

#### 2.0.17 分屏蔽 group screen

对于多对对绞电缆，包覆在每个线对上的电气屏蔽。

#### 2.0.18 主电缆 main cable

从现场接线箱到控制室、现场机柜室机柜端子的电缆。

#### 2.0.19 支电缆 branch cable

从现场仪表到现场接线箱端子的电缆。

#### 2.0.20 阻燃电缆 flame retardant cable

具有规定的阻燃性能（如阻燃特性、烟密度、烟气毒性、耐腐蚀性）的电缆。

#### 2.0.21 耐火电缆 fire resistant cable

具有规定的耐火性能（如线路完整性、烟密度、烟气毒性、耐腐蚀性）的电缆。

### 3 一般规定

3.0.1 仪表电缆的制造及电气特性应满足相关标准规范的要求。

3.0.2 仪表电缆导体材质应为退火铜线，导体中的单线可以不镀锡或镀锡。

3.0.3 仪表电缆应根据电缆的敷设方式、敷设环境和用途选用不同类型的导体。

1 固定敷设的仪表电缆的导体宜采用绞合导体，也可采用实心导体；

2 当电缆的敷设环境为高腐蚀的场合，宜选用实心导体，导体应使用镀锡铜导体；

3 当电缆用于振动场合时，宜选用绞合导体；

4 移动敷设用电缆应选用软导体；

5 室内敷设的电缆可选用软导体。

3.0.4 实心导体、绞合导体和软导体应分别符合 GB/T 3956 的第 1 种、第 2 种和第 5 种导体的要求。

3.0.5 电缆线芯截面积的选择应考虑电缆机械强度和电路对线路阻抗匹配的要求，并进行线路压降计算和本质安全参数匹配后确定。

1 3 芯及以下线芯仪表电缆的最小线芯截面积宜为  $1.5\text{mm}^2$ ，3 芯以上线芯仪表电缆的最小线芯截面积宜为  $0.75\text{mm}^2$ ；

2 在爆炸性环境下，仪表电缆多股导线股线的直径应不小于  $0.1\text{mm}$ ；除本质安全电路外，3 芯及以下线芯仪表电缆在 1 区、20 区和 21 区的线芯截面积应不小于  $2.5\text{mm}^2$ ，在 2 区和 22 区时应不小于  $1.5\text{mm}^2$ ；3 芯以上线芯仪表电缆，其线芯截面积应不小于  $1.0\text{mm}^2$ ；

3 本质安全电路电缆的分布电容、电感等参数匹配应符合本标准第 6 章中的各项规定。

3.0.6 本质安全电路与非本质安全电路不应使用同一根电缆。

- 3.0.7 仪表屏蔽电缆宜采用金属带绕包或纵包结构的屏蔽，对于防止低频干扰为主的场合或对电缆弯曲度和机械保护性能有要求的场合也可采用金属丝编织结构的屏蔽。软电缆应采用铜丝编织屏蔽。
- 3.0.8 仪表电缆选用铠装电缆时，宜选用钢带铠装电缆。埋地敷设时应选用钢带铠装电缆；用于抗拉力的场合时，应选用钢丝铠装电缆。
- 3.0.9 支电缆宜选用铠装电缆；主电缆采用架空槽式电缆桥架等能防止机械损伤且具有一定屏蔽效果的敷设方式时，宜选用非铠装电缆。
- 3.0.10 绝缘材质应根据操作温度的限制进行选择。
- 3.0.11 护套材质的选择应主要考虑电缆敷设方式、敷设温度、机械应力、环境条件、气候条件、阻燃及防火要求、着色和标记要求，常用的护套材质有聚氯乙烯，硅橡胶，氟塑料、无卤低烟阻燃聚烯烃等。
- 3.0.12 火灾危险场所架空敷设的电缆，应选用阻燃电缆。
- 3.0.13 耐火电缆的选择应考虑下列因素：
- 1 在火灾时仍需要保持一定时间安全运行时，应选用耐火电缆；
  - 2 参与消防联动的电缆宜选用耐火电缆；
  - 3 用于紧急隔离阀门、安全连锁励磁动作的电缆宜选用耐火电缆。
- 3.0.14 仪表电缆的线芯绝缘层及线对应有标识。5 芯及以下的非对绞电缆及对绞电缆的线芯绝缘层宜采用着色标识；5 芯以上的非对绞电缆的线芯绝缘层及对绞电缆的线对应采用阿拉伯数字标识。电缆标识应不迁移、不褪色。
- 3.0.15 本质安全电路电缆应采用天蓝色外护套标识，以区别非本质安全电路电缆。如果天蓝色标识的电缆再用于其他目的，则使用方法和场所应不会导致混淆或降低鉴别本质安全电路的效果。
- 3.0.16 当本质安全电路电缆与非本质安全电路电缆一起敷设时，外护套的颜色应与非本质安全电路电缆的颜色一致。
- 3.0.17 电缆的任何结构材料中不应含有石棉成分。
- 3.0.18 盘内或盘间接线可采用电线。电线的导体、绝缘及电性能也应满足本标准的要求。
- 3.0.19 光缆宜采用松套层填充式结构，同一根光缆内应采用同一类型的光纤。
- 3.0.20 单模和多模光纤的选用应满足信号传输速率和距离的要求。厂区内信号传输宜采用多模光纤，传输距离较长时也可采用单模光纤。
- 3.0.21 光缆宜采用聚乙烯护套并带加强构件。
- 3.0.22 在电缆沟或其他有机械保护要求的场所敷设时，宜选用铠装光缆。
- 3.0.23 光缆外护套颜色宜与电缆外护套颜色区分。
- 3.0.24 火灾危险场所敷设的光缆，应选用阻燃型光缆。

## 4 仪表电缆技术规格选择

### 4.1 模拟信号电缆

- 4.1.1 模拟信号用电缆应选用对绞电缆，单个信号传输的时宜选用单对对绞电缆，多个信号同时传输时应选用多对对绞电缆。

- 4.1.2 两线对的线芯绝缘层颜色标识宜分别为黑色和白色，三线对的线芯绝缘层颜色标识宜分别为黑色、白色和红色。
- 4.1.3 单对对绞电缆宜选用屏蔽电缆。多对对绞电缆宜选用总屏蔽电缆，也可选用分屏蔽电缆。
- 4.1.4 当防雷工程中采用电缆屏蔽作为防雷外屏蔽层时，单对对绞电缆宜选用双层屏蔽电缆；多对对绞电缆宜选用分屏蔽加总屏蔽电缆。
- 4.1.5 电缆外护套颜色标识宜为黑色或灰色，耐火电缆外护套颜色标识应为红色。本质安全电路电缆应满足 3.0.15 和 3.0.16 的要求。
- 4.1.6 对绞电缆的线芯绝缘应满足 300/500V 的电压等级要求。
- 4.1.7 主电缆宜留有备用线对，备用线对宜为使用线对的 10~20%。

#### 4.2 开关量信号电缆

- 4.2.1 开关量信号电缆宜选用非对绞电缆，也可选用对绞电缆。
- 4.2.2 非对绞电缆或单对对绞电缆可选用屏蔽电缆，多对对绞电缆可选用总屏蔽电缆。
- 4.2.3 当防雷工程中采用电缆屏蔽作为防雷外屏蔽层时，非对绞电缆或单对对绞电缆宜选用双层屏蔽电缆；多对对绞电缆宜选用分屏蔽加总屏蔽电缆。
- 4.2.4 电缆外护套颜色标识宜为黑色或灰色，耐火电缆外护套颜色标识应为红色。本质安全电路电缆应满足 3.0.15 和 3.0.16 的要求。
- 4.2.5 对绞电缆的线芯绝缘应满足 300/500V 的电压等级要求；非对绞电缆的线芯绝缘应满足 450/750V 的电压等级要求。
- 4.2.6 主电缆选用非对绞电缆时，宜有留备用线芯；主电缆选用对绞电缆时，宜留有备用线对。备用线芯或备用线对宜为使用线芯或线对的 10~20%。

#### 4.3 供电电缆

- 4.3.1 24V DC 直流供电电缆宜选用 2 芯非对绞电缆，36V 及以上电压等级供电电缆宜选用 3 芯非对绞电缆。
- 4.3.2 2 芯供电电缆的线芯颜色标识，宜分别为红色、黑色。3 芯电缆的线芯颜色标识，宜分别为红色、黑色、黄绿双色。颜色应不迁移、不褪色。
- 4.3.3 220V 及以上电压等级的供电电缆的绝缘应满足 600/1000V 的电压等级要求。
- 4.3.4 当现场仪表采用接线箱方式供电时，主电缆宜选用非对绞电缆，支电缆应满足 4.3.1 和 4.3.2 的要求。
- 4.3.5 供电电缆外护套颜色标识宜为黑色。

#### 4.4 热电偶电缆

- 4.4.1 热电偶电缆宜选用普通级。当要求精度较高时，应选用精密级热电偶电缆。
- 4.4.2 热电偶电缆的型号应与热电偶的分度号相匹配。当有补偿型和延伸型两种电缆产品时，宜选用热电偶补偿电缆。
- 4.4.3 热电偶电缆宜采用对绞电缆，支电缆或单支热电偶的连接电缆宜采用单对热电偶电缆；主电缆或多支热电偶的连接电缆宜选用多对热电偶电缆。

- 4.4.4 多对热电偶电缆的最小线芯截面积应为  $1.0\text{mm}^2$ 。
- 4.4.5 一般场合下，热电偶电缆可选用实心导体。当使用在振动场合时，宜选择绞合导体。
- 4.4.6 单对热电偶电缆宜选用屏蔽电缆；多对热电偶电缆宜选用分屏蔽加总屏蔽电缆。
- 4.4.7 热电偶电缆的线芯和外护套颜色标识宜采用表 1 所示的 GB/T 4989 着色规定，也可遵循表 2 所示的 IEC 60584-3 推荐的着色要求。

表 1 GB/T 4989 着色规定

热电偶分度号	补偿导线型号	绝缘层着色		护套着色			
		正极	负极	一般用		耐热用	
				普通级	精密级	普通级	精密级
S	SC	红	绿	黑	灰	黑	黄
R	RC	红	绿	黑	灰	黑	黄
K	KCA 或 KCB	红	蓝	黑	灰	黑	黄
	KX	红	黑	黑	灰	黑	黄
N	NC 或 NX	红	灰	黑	灰	黑	黄
E	EX	红	棕	黑	灰	黑	黄
J	JX	红	紫	黑	灰	黑	黄
T	TX	红	白	黑	灰	黑	黄

表 2 IEC 60584-3 推荐的着色要求

分度号	热电偶电缆型号	绝缘层着色		护套着色
		正极	负极	
S	SC	橙	白	橙
R	RC	橙	白	橙
K	KX 或 KC	绿	白	绿
N	NX 或 NC	粉红	白	粉红
E	EX	紫	白	紫
J	JX	黑	白	黑
T	TX	棕	白	棕

- 4.4.8 如果本质安全电路用热电偶电缆的护套已标识为蓝色，则应以其它方式标识热电偶电缆型号，如印刷电缆型号或彩色标签等。彩色标签的颜色应符合 4.4.7 的规定。

#### 4.5 接地电缆

- 4.5.1 仪表接地可选用电缆，也可选用电线。
- 4.5.2 仪表接地用电缆、电线宜选用绞合导体。
- 4.5.3 接地电缆、电线的导体截面积应根据接地系统类型和连接电阻的要求来选择，应满足 HG/T 20513 或其它设计标准的要求。
- 4.5.4 接地电缆的导体截面积选择时还应考虑可能流过的故障电流，当该导体还被当作回路导体使用时，还应考虑该导体的正常电流和电压降。

4.5.5 保护接地的电缆、电线的颜色标识宜为绿-黄双色组合，信号回路接地和屏蔽接地的颜色标识宜为绿色。

4.5.6 绝缘宜满足 300/500V 的电压等级要求。当接地电缆选用软电缆时，绝缘宜满足 450/750V 的电压等级要求。

#### 4.6 数字通讯电缆

4.6.1 数字通讯电缆的选择应考虑通讯网络的拓扑结构、特性阻抗、布线距离、通讯速率、工程需求、投资大小等因素。可选择各种总线或通讯网络的专用电缆。

4.6.2 数字通讯电缆应选用对绞电缆。

4.6.3 数字通讯电缆宜选用屏蔽电缆。如果没有严重的电磁干扰，Profibus-DP 也可使用非屏蔽电缆。

4.6.4 数字通讯电缆选用铠装电缆时宜采用钢丝编织铠装。

4.6.5 数字通讯电缆的绝缘材料宜采用皮泡皮物理发泡 FPE 绝缘。

4.6.6 基金会现场总线 (FF) 电缆的绝缘层颜色标识宜橙色和蓝色；Profibus 总线电缆的绝缘层颜色标识宜为红色和绿色；RS485 通信电缆的绝缘层颜色标识宜为黑色和白色。

4.6.7 基金会现场总线 (FF) 电缆的外层护套宜为橙色；RS485 通信电缆的外层护套宜为灰色；Profibus 总线电缆的外层护套宜为紫色。本质安全用数字通讯电缆外层护套宜为蓝色或相应电缆特征色加蓝色条纹。

4.6.8 室外敷设的数字通讯电缆宜采用防紫外线型外护套。

4.6.9 数字通讯也可采用光缆。光缆宜有 50% 的备用芯数。

#### 4.7 特定场合电缆

4.7.1 高温、低温场合使用的电缆，应考虑电缆允许使用的温度范围，宜选用耐高温、低温的电缆。对于低温天气下运输或敷设的电缆，还应考虑电缆在低温下抗打击和弯曲的能力。

4.7.2 敷设在有化学腐蚀场合的电缆宜选用铅护套或多层护套。

4.7.3 应用在紫外线强度较强场合的电缆宜选用防紫外线型护套；

4.7.4 若项目所在地易遭受鼠害，可选用铠装电缆；若蚁害严重，宜选用防蚁害护套电缆和带防蚁外被层的光缆。

4.7.5 用于分体式电磁流量计、超声波流量计等仪表传感器与变送器之间的连接电缆，应根据仪表制造商的要求选择。

4.7.6 用于传输脉冲信号的电缆宜选用屏蔽电缆。选用多对对绞电缆时，宜选用分屏蔽加总屏蔽电缆。

4.7.7 在雷害或强电危害严重地区，宜选用无金属光缆。

4.7.8 寒冷地区及高温、低温场所，应考虑光缆的允许使用温度范围。

4.7.9 用于火炬装置耐高温环境的点火电缆宜采用耐高温专用电缆。

## 5 仪表电缆线芯截面计算

5.0.1 对现场仪表设备供电用的仪表电缆，包括仪表供电电缆、对电磁阀供电的开关量信号电缆等，线芯截面应根据仪表的耗电量和导线绝缘材质的允许温升及导线上允许电压降来选择。

5.0.2 在已知电缆长度的情况下，可根据下式计算电缆导体 20℃时的最大允许电阻值，并通过查询相关标准或电缆产品样本，选择电缆的最小线芯截面：

(1)

式中：  $P$  —— 现场仪表设备的有功功率，W；

$R_{20}$  —— 20℃时导体电阻， $\Omega/\text{km}$ ；

$U$  —— 现场仪表设备的额定供电电压，V；

$U_{pe}$  —— 现场仪表设备的最小工作电压；

$t$  —— 电缆导体工作温度，℃；

$l$  —— 电缆最大敷设长度，m。

5.0.3 如果已选定电缆线芯截面，也可根据上式验算电缆的最大敷设长度。

## 6 本质安全电路电缆参数匹配

6.0.1 本质安全电路电缆应通过限制线路的分布电容和分布电感来保证电路的本质安全性能。

6.0.2 本质安全电路中，电气设备和仪表电缆的电气参数应满足下列不等式：

$$C_0 l \omega + C_i \quad (2)$$

(3)

式中：  $C_0$  —— 安全栅允许外部分布电容， $\mu\text{F}$ ；

$L_0$  —— 安全栅允许外部分布电感， $\text{mH}$ ；

$C_i$  —— 仪表设备分布电容， $\mu\text{F}$ ；

$L_i$  —— 仪表设备分布电感， $\text{mH}$ ；

$C_c$  —— 单位长度电缆分布电容， $\mu\text{F}/\text{m}$ ；

$L_c$  —— 单位长度电缆分布电感， $\text{mH}/\text{m}$ ；

$l$  —— 电缆最大敷设长度， $\text{m}$ 。

6.0.3 本质安全电路中，仪表电缆的最大长度应满足下列公式：

## 7 采购

### 7.1 规格要求

- 7.1.1 电缆采购时，应以技术规格书和材料清单的形式描述电缆的技术规格。
- 7.1.2 电缆的技术规格要求至少应包含以下参数：
  - 1 导体材质；
  - 2 导体结构；
  - 3 线芯截面积；
  - 4 电缆芯数；
  - 5 电缆绞合和线对要求；
  - 6 绝缘材质；
  - 7 护套材质；
  - 8 绝缘和护套标识要求；
  - 9 屏蔽结构及材质要求；
  - 10 铠装结构及材质要求；
  - 11 电缆耐压等级
  - 12 防火或阻燃要求。
- 7.1.3 如果项目有要求，还应对电缆的填充物和隔离层的技术要求作出规定。
- 7.1.4 对于热电偶电缆，应标明分度号、电缆型号以及测量精度的要求。
- 7.1.5 光缆的技术规格至少包含对以下几方面的技术要求：
  - 1 光纤
  - 2 松套管及其阻水材料
  - 3 加强构件
  - 4 护套
  - 5 外护套
  - 6 防火或阻燃要求

### 7.2 检验

- 7.2.1 除了电缆/光缆制造厂应按相关标准规范和工厂质量管理体系要求对生产的电缆/光缆进行质量检验外，对于关键场所使用的电缆/光缆或项目有要求时，买方应在出厂前对所采购的电缆/光缆进行出厂检验。出厂检验要求应在电缆/光缆供货合同中作出安排和要求。
- 7.2.2 电缆/光缆出厂检验可以抽查的方式进行，抽样数量由买方与供货商双方协议确定。如果抽样项目不合格时，应加倍抽样对不合格项目进行第二次试验，仍不合格时，应 100%进行检验。

7.2.3 电缆出厂检验至少应包括下列检查和试验，检验方法和最终结果应满足相关标准及电缆制造厂质量管理体系的要求。具体检验项目应由买方与电缆供货商协商确定。

- 1 结构尺寸：
  - 1) 导体
  - 2) 绝缘厚度
  - 3) 绞合节距
  - 4) 屏蔽
  - 5) 成缆
  - 6) 铠装
  - 7) 护套厚度
- 2 绝缘机械物理性能；
- 3 护套机械物理性能；
- 4 电性能：
  - 1) 导体电阻（20℃）
  - 2) 电压试验
  - 3) 绝缘电阻
- 5 标识；
- 6 交货长度。

7.2.4 光缆出厂检验至少应包括下列检查和试验，检验方法和最终结果应满足相关标准及光缆制造厂质量管理体系的要求。具体检验项目应由买方与供货商协商确定。

- 1 光缆结构完整性及外观；
  - 2 识别色谱：
    - 1) 光纤识别色谱
    - 2) 松套管识别色谱
    - 3) 颜色不迁移和不褪色
  - 3 内护套（若有）和外套的厚度；
  - 4 光纤衰减系数；
  - 7 金属防潮层和铠装层的电气导通性；
  - 8 聚乙烯套完整性（电火花）
  - 9 渗水性能；
  - 10 标志的完整性和可识别性；
- 7.2.5 交货长度。

7.2.6 出厂检验前电缆/光缆供货商应提交出厂检验计划，包括时间安排、人员计划、抽样数量、检验项目、检验方法及应达到的指标等。出厂检验计划应在检验实施前得到买方的认可和批准。

### 7.3 供货商资料要求

7.3.1 电缆/光缆供货商提交的技术资料应至少包括以下内容：

- 1 产品样本；

- 2 出厂检验报告；
  - 3 近三年类似型号及规格电缆、光缆的型式试验报告；
  - 4 产品合格证；
  - 5 产品清单；
  - 6 产品技术规格书；
  - 7 电缆/光缆结构图；
  - 8 材质证明；
  - 9 电缆内、外径尺寸。
- 7.3.2 对供货商资料有特殊要求时，应在技术规格书中明确说明，或在订货合同中约定。

## 附录 A 电缆技术规格书模板 (资料性附录)

电缆技术规格书是电缆采购文件的重要组成部分，内容如下例所示，供参考。

示例：

### 电缆技术规格书

#### 1 总则

本技术规格书适用于 XX 公司 XX 项目的仪表电缆供货的最低技术要求和规定。

本技术规格书中说明了各类仪表电缆应符合的技术标准和技术规定，当这些标准和规定之间出现不一致或与卖方的执行标准不一致时，应按较高标准执行。

#### 2 环境条件

本工程项目的仪表电缆敷设于室内和室外。

使用的环境温度： XX°C~XX°C

夏季最高相对湿度： XX%

年平均相对湿度： XX%

室外敷设时最低温度： XX°C

#### 3 技术要求

##### 3.1 执行标准

EN50288.7	Multi-element metallic cables used in analogue and digital communication and control - Part 7: Sectional specification for instrumentation and control cables
GA 306.1	阻燃及耐火电缆:塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求
GB/T 2951	电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法
GB/T 2952	电缆外护套
GB/T 3048	电线电缆电性能试验方法
GB/T 3836.15	爆炸性环境 第15部分:电气装置的设计、选型和安装
GB/T 3953	电工圆铜线
GB/T 3956	电缆的导体
GB/T 4909	裸电线试验方法
GB/T 6995	电线电缆识别标志方法
GB/T 12666.1	单根电线电缆燃烧试验方法 第1部分:垂直燃烧试验
GB/T 12666.2	单根电线电缆燃烧试验方法 第2部分:水平燃烧试验
GB/T 12666.3	单根电线电缆燃烧试验方法 第3部分:倾斜燃烧试验

- GB/T 17650.1 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第1部分:卤酸气体总量的测定
- GB/T 17650.2 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第2部分:用测量pH值和电导率来测定气体的酸度
- GB/T 17651.1 电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第1部分:试验装置
- GB/T 18380 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验
- GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆通则
- JB/T 8137 电线电缆交货盘
- JB/T 13486 计算机与仪表屏蔽电缆

### 3.2 主要技术描述

- 3.2.1 仪表电缆应采用高质量的材料制造,并且能达到所规定的电压等级、信号兼容性、载流能力、信号抗噪和环境保护的要求。
- 3.2.2 仪表电缆应适合在使用地点的环境极限温度及相对湿度条件下长期连续工作。
- 3.2.3 仪表电缆的任何结构材料中不应含有石棉成分。
- 3.2.4 导体
- 1 导体采用符合 GB/T 3953 要求的 TR 型软圆铜线,其结构为 7 根绞合铜导体,其组成、性能和外观符合 GB/T 3956 第 2 种导体的规定。软电缆应采用 GB/T 3956 中第 5 种软导体。
  - 2 导体表面光洁、无油污、无损伤屏蔽及绝缘的毛刺、锐边等,无凸起或断裂的单线。
- 3.2.5 绝缘
- 1 绝缘采用聚氯乙烯绝缘料紧密挤包在导体上。绝缘材料具有良好的机械性能、防潮、介电常数小等特性,挤包在导体的绝缘性能符合 JB/T 13486 标准中的规定。
  - 2 绝缘标称厚度应满足 JB/T 13486 标准中的规定。绝缘厚度平均值不小于规定的标称值,绝缘层横断面上任一点最薄点的厚度不小于标称厚度的 90%~0.1mm。
  - 3 绝缘层应紧密挤包在导体上且容易剥离,绝缘层应色泽均匀、表面平整、无机械损伤。
  - 4 绝缘线芯应能经受 GB/T 3048.9 中规定的工频交流火花试验,且绝缘上每一点经受时间不少于 0.1 秒。
  - 5 绝缘线芯的识别方法:  
对绞电缆芯线绝缘层应采用不同的颜色加以识别。不同线对采用阿拉伯数字识别。  
绝缘颜色规定如下:
    - 两线对:白、黑
    - 三线对:白、黑、红
- 3.2.6 绝缘线芯对绞、分屏蔽
- 1 将二根或三根绝缘线芯绞合成线对,1.5mm<sup>2</sup>及以下绞合节距不大于 100mm,2.5mm<sup>2</sup>及耐火型电缆绞合节距不大于 120mm,绞合后采用聚酯带绕包扎紧;单对对绞电缆对绞时间隙处需用非吸湿性材料填充圆整。
  - 2 分屏蔽采用彩色铝塑复合带绕包屏蔽,复合膜金属的一面朝内,并在内侧纵向平拖一根 7/0.2mm 镀锡铜绞合线作为电气引流线。
- 3.2.7 总成缆

- 1 二个及以上分屏蔽线对需按顺序绞合在一起，并用一层合适的绕包带重叠绕包扎紧，最外层绞合方向为右向。总成缆节距长度不大于  $20D_0$  ( $D_0$  - 成缆后的缆芯直径)，且节距应基本均匀一致。
- 2 为使电缆外观圆整，总成缆时根据不同电缆规格适当填充成缆间隙，填充材料应为非吸湿性的材料，并能满足电缆工作温度需要。

#### 3.2.8 内护套（针对铠装型电缆）

采用聚氯乙烯护套料挤包，厚度不小于 1.0mm，护套表面光洁、圆整。

#### 3.2.9 铠装层（针对铠装型电缆）

采用镀锌钢带铠装。

#### 3.2.10 外护套

- 1 外护套根据电缆耐温等级采用 70℃或 90℃阻燃聚氯乙烯护套料挤包，护套表面光洁、圆整。护套标称厚度符合 JB/T 13486 标准中规定，任一点最小厚度不小于标称值的 85%~0.1mm（铠装型电缆任一点最小厚度不小于标称值 80%~0.2mm）。性能符合 JB/T 13486 规定。
- 2 外护套表面光洁、圆整，其横断面无肉眼可见的砂眼、杂质和气泡以及未塑化好和焦料等现象。
- 3 电缆的不圆度应符合《电缆检测工艺学》中规定的不大于 15%。
- 4 本质安全电路电缆的外层护套为天蓝色；非本质安全电路电缆的外层护套应为黑色；耐火电缆的外层护套为红色。

#### 3.2.11 仪表电缆分屏蔽之间，分屏蔽与铠装层之间应隔相绝缘。

### 3.3 主要电气指标

3.3.1 20℃时导体最大允许直流电阻，应符合 GB/T 3956 的规定。

3.3.2 交流电压试验：在室温下，成品电缆的导体之间，导体与屏蔽之间施加工频交流 1500V，1 分钟时，绝缘不击穿。

3.3.3 相邻线芯之间的工作电容在 1KHz 下分屏蔽电缆截面  $1.0\text{mm}^2$  不超过 280pF/m， $1.5\text{mm}^2$  不超过 280pF/m， $2.5\text{mm}^2$  不超过 280pF/m。

3.3.4 电缆的阻燃性能满足 GB/T 19666 中规定的阻燃要求。

## 4 电缆标志

成品电缆的护套上至少应喷印有：制造厂名、产品型号、规格（芯数×导体截面）、额定电压、计米长度等连续标志（其它标志如：制造年份，按合同中要求喷印），前后两个完整标志间的距离应不大于 1 米，标志应字迹清楚、准确，容易辨认、耐擦。

## 5 文件资料

略

## 6 验收

略

## 附录 B 电缆数据表模板

### (资料性附录)

可以用电缆数据表代替技术规格书作为电缆采购文件的组成部分，内容如下例所示，供参考。

示例：

**表 B.1 仪表电缆数据表**

通用	电缆代码	IC-MiA-2		IC-CPA-2		IAC-TiAK-1		
	电缆用途	模拟量（本安）		开关量		补偿电缆		
	电缆型号							
	电缆规格	7 x 2 x 1.0		10 x 1.0		2 x 1.5		
	电缆长度	见电缆清单		见电缆清单		见电缆清单		
	电缆外径 mm							
	室外敷设时最低温度 °C	5		5		5		
	制造商							
线芯	导体规格&正负极材料	1.0mm <sup>2</sup>	镀锡铜	1.0mm <sup>2</sup>	镀锡铜	1.5mm <sup>2</sup>	镍铬/镍硅	
	导体型式	绞合导体(第2种)		绞合导体(第2种)		实心导体(第1种)		
	绞合节距 mm	<100		<100				
	20°C时直流电阻 Ω/km	≤18.2		≤18.2		≤730（往复）		
	L/R 比值 μH/Ω	25						
	电容 pF/m	≤280				≤80		
	分布电感 μH/m	≤0.6				≤0.6		
	额定电压	300/500V		450/750V				
	绝缘材料&厚度(mm)	PVC	≥0.6	PVC	≥0.6	PE	≥0.6	
	绝缘试验电压							
	成缆形式	对绞电缆		非对绞电缆		对绞电缆		
	线对&数量/线芯数量	两线对	7	—	10	两线对	1	
	绝缘颜色	白/黑		白+数字		红/黑		
线对	分屏蔽&覆盖率	—	—	—	—	—	—	
	屏蔽型式	—		—		—		
	引流线及规格(mm <sup>2</sup> )	—	—	—	—	—	—	
	导流线材质	—		—		—		
	线对标识	数字		—		—		
总屏蔽	总屏蔽&覆盖率	带	115	带	115	带	115	
	屏蔽型式	铝塑复合带		铝塑复合带		铝塑复合带		
	导流线材质及规格(mm <sup>2</sup> )	圆铜线	≥0.5	圆铜线	≥0.5	圆铜线	≥0.5	
护套	内护套	护套材质及厚度(mm)	—	—	—	PVC	≥1	
		颜色&直径	—	—	—	—	黑	
	外护套	外护套材料及厚度(mm)	PVC	≥1.3	PVC	≥1.3	PVC	≥1.3
		颜色&直径	蓝		灰		蓝+型号	
		护套性能	C级阻燃		C级阻燃		C级阻燃	
铠装形式&材料		—	—	—	—	双钢带	镀锌碳钢	

## 附录 C 电缆绝缘材质长期最高工作温度及最低敷设温度

表 C.1 电缆绝缘材质长期最高工作温度及最低敷设温度

绝缘材质	电缆长期最高工作温度℃	最低敷设温度℃
聚氯乙烯	70	0
改良聚氯乙烯	90/105	0
聚乙烯	70	-40
无卤低烟阻燃聚烯烃	70	0
交联聚乙烯	90	-40
硅橡胶	180	-40
氟塑料	200	-40
物理发泡聚乙烯	70	-15

注：电缆的敷设温度以电缆护套材质耐低温等级为主，电缆绝缘的最低敷设温度做参考。

## 附录 D 电缆护套材质长期最高工作温度及最低敷设温度

表 D.1 电缆护套材质长期最高工作温度及最低敷设温度

护套材质	电缆长期最高工作温度℃	最低敷设温度℃
-40℃耐寒聚氯乙烯	70	-40 <sup>注</sup>
无卤低烟阻燃聚烯烃	70	0
聚氯乙烯	70	0
硅橡胶	180	-40
氟塑料	200	-40

注：虽然在实验室中通过了-40℃冷弯试验，然而根据经验，敷设时环境温度为-15℃以上为宜。

## 附录 E 典型仪表用电缆最大敷设长度

表 E.1 典型仪表用电缆最大敷设长度

仪表名称	品牌	型号	额定电压	额定功率	最低允许工作电压	电缆线芯截面积 mm <sup>2</sup>	线路电阻 Ω/km	最大电缆敷设长度 m
减功耗电磁阀	ASCO	8327 系列	24VDC	3.7W	21.6V	1.0	18.1	371.6
						1.5	12.1	555.9
						2.5	7.41	907.7
						4.0	4.61	1459.1
普通型电磁阀	ASCO	8327 系列	24VDC	11.6W	21.6V	1.0	18.1	118.5
						1.5	12.1	177.3
						2.5	7.41	289.5
						4.0	4.61	465.3
						6.0	3.08	696.6
电磁流量计 (供电)	Emerson	8700 系列	24VDC	10W	10.8V	1.0	18.1	756.2
						1.5	12.1	1131.2
						2.5	7.41	1847.2
质量流量计 (供电)	Krohne	OPTIMASS 1300	24VDC	12W	10.8	1.0	18.1	630.2
						1.5	12.1	942.7
						2.5	7.41	1539.4

注：电缆以安徽天康（集团）股份有限公司生产的铜绞合导体的对绞电缆为例。电缆导体工作温度 t 取 60℃。

## 本标准用词说明

- 1 为便于在使用本规范条文时能区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《电缆的导体》GB/T 3956

《热电偶用补偿导线》GB/T 4989

《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型3: PROFIBUS规范 第2部分: 物理层规范和服务定义》GB/T 20540.2

《计算机与仪表屏蔽电缆》JB/T 13486

《仪表系统接地设计规范》HG/T 20513

《Industrial communication network - fieldbus specifications - Part 2: Physical layer specification and service definition》IEC 61158-2

中国石油和化工勘察设计协会团体标准

# 石油化工仪表电缆选型设计标准

T/HGJ XXXXX-YYYY

条文说明

## 2 术语

2.0.7 为了与标准题目相对应，在本标准中仪表电缆泛指仪表工程中所用的所有电缆，有别于 GB/T 2900.10《电工术语 电缆》中对仪表电缆的定义。

GB/T 2900.10-2013 对仪表电缆的定义为：

*仪表电缆 measuring cable; instrument cable*

*将传感器输出信号传输到其相应测量仪器的多芯电缆。*

2.0.10~2.0.12 仪表电缆通常采用两种结构的电缆，一种是两至三根线芯相互绞合成线对，然后多个线对组合成缆的电缆，也就是俗称的计算机电缆；一种是非对绞束合的多芯电缆，也就是控制电缆。GB/T 2900.10-2013 中对控制电缆的定义未明确电缆的结构特征，且与本标准的用途不符，本标准未采纳；GB/T 2900.10-2013 对计算机电缆没有定义。

GB/T 2900.10-2013 对多芯电缆和控制电缆的定义为：

*多芯电缆 multicore cable*

*有一根以上绝缘线芯的电缆。*

*控制电缆 control cable*

*在电气装置中传输控制、测量和指示信号的多芯电缆。*

本标准依据 GB 50311-2016《综合布线系统工程设计规范》，对仪表电缆用到的两种结构进行了定义，将对绞成线对结构的电缆定义为对绞电缆，而非对绞结构的多芯电缆定义为非对绞电缆。

## 3 一般规定

3.0.5 本条对电缆最小线芯截面积的要求主要考虑电缆的强度。危险场所非本质安全电路电缆的要求依据 GB 50058-2014《爆炸危险环境电力装置设计规范》第 5.4.1 条。在危险场所一旦电缆损坏有可能引起火灾或爆炸，因此对电缆强度的要求更高。对股线的要求依据 GB 3836.18-2017《爆炸性环境 第 18 部分：本质安全电气系统》第 9.1 节。

3.0.7 铝/塑复合薄膜屏蔽适用于高频干扰的场合，铜丝编织屏蔽更适合低频干扰的场合。铜丝编织屏蔽电缆弯曲性较好，具有良好的机械保护性能，但由于不可避免地有空隙，屏蔽性能相对较低，当电磁波频率高于 100MHz 以后，屏蔽效能明显下降。

API 552 Transmission system 第 7.6 节推荐仪表屏蔽电缆选用铝/塑复合薄膜屏蔽电缆。

3.0.8 电缆铠装层是对电缆提供防止机械损伤的防护。钢带铠装电缆的抗纵向挤压能力优于钢丝铠装电缆，而钢丝铠装电缆的抗横向牵拉能力优于钢带铠装电缆。仪表电缆敷设按规范应采用桥架、托架等进行保护和支撑，对抗拉力的要求不高，因此推荐选用更加经济适用的钢带铠装电缆。

3.0.12 现行的阻燃电缆标准有很多，阻燃性能的等级和类别及采用的试验方法也各不相同，在选择时应根据火灾概率、电缆数量、安全要求、投资大小、项目采用的防火规范、电缆供货商所遵循的标准等因素选择适用的阻燃电缆。

1. 国家标准《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验》GB/T 18380.31~36-2008（等同采用 IEC 60331-3-10、21、22、23、24、25；2000 版本），该系列标准分别对垂直安装的成束电线

电缆火焰垂直蔓延试验的试验装置、A F/R类、A类、B类、C类、D类阻燃电缆试验要求做出了详细规定，对应标准如下：

- 1) 《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 31 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 试验装置》 GB/T 18380.31；
  - 2) 《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 32 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A F/R类》 GB/T 18380.32；
  - 3) 《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 33 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A 类》 GB/T 18380.33；
  - 4) 《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 34 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 B 类》 GB/T 18380.34；
  - 5) 《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C 类》 GB/T 18380.35；
  - 6) 《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 36 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 D 类》 GB/T 18380.36；
2. 国家标准《阻燃和耐火电线电缆通则》GB/T 19666-2005 对阻燃定义、燃烧特性代号、阻燃类别、成束阻燃性能要求、无卤性能、低烟特性等作了详细规定。产品代号：有卤阻燃 A 类（ZA）、有卤阻燃 B 类（ZB）、有卤阻燃 C 类（ZC）、有卤阻燃 D 类（ZD）和无卤低烟阻燃 B 类（WDZB）、无卤低烟阻燃 C 类（WDZC）、无卤低烟阻燃 D 类（WDZD）。
3. 国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247-2014 是对电缆及光缆燃烧性能的最新分级标准。其中对 A 级，试验方法采用现行国家标准《建筑材料及制品的燃烧性能 燃烧热值的测定》GB/T 14402，以总热值 PCS $\leq$ 2.0MJ/kg 为分级判据达到 A 级；对 B<sub>1</sub> 级和 B<sub>2</sub> 级，试验方法采用现行国家标准《电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法》GB/T 31248-2014（其中采用的试验装置符合现行国家标准《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 31 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 试验装置》GB/T 18380.31-2008 的规定）和《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 12 部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1kW 预混合型火焰试验方法》GB/T 18380.12，供火时间均为 1200s（即 20min），电缆及光缆燃烧性能等级见表 1。

表 1 电缆及光缆的燃烧性能等级

燃烧性能等级	说明
A	不燃电缆（光缆）
B <sub>1</sub>	阻燃 1 级电缆（光缆）
B <sub>2</sub>	阻燃 2 级电缆（光缆）
B <sub>3</sub>	普通电缆（光缆）

电缆及光缆燃烧性能等级判据见表 2。

表 2 电缆及光缆燃烧性能等级判据

燃烧性能等级	试验方法	分级判据
A	GB/T 14402	总热值 PCS $\leq$ 2.0 MJ/kg*
B <sub>1</sub>	GB/T 31248-2014 (20.5 kW 火焰)  且	火焰蔓延 FS $\leq$ 1.5 m; 热释放速率峰值 HRR 峰值 $\leq$ 30 kW; 受火 1 200 s 内的热释放总量 THR <sub>1200</sub> $\leq$ 15 MJ; 燃烧增长速率指数 FIGRA $\leq$ 150 W/s; 产烟速率峰值 SPR 峰值 $\leq$ 0.25 m <sup>2</sup> /s; 受火 1 200 s 内的产烟总量 TSP <sub>1200</sub> $\leq$ 50 m <sup>2</sup>
	GB/T 17651.2 且	烟密度 (最小透光率) I <sub>t</sub> $\geq$ 60%
	GB/T 18380.12	垂直火焰蔓延 H $\leq$ 425 mm
B <sub>2</sub>	GB/T 31248-2014 (20.5 kW 火焰)  且	火焰蔓延 FS $\leq$ 2.5 m; 热释放速率峰值 HRR 峰值 $\leq$ 60 kW; 受火 1 200 s 内的热释放总量 THR <sub>1200</sub> $\leq$ 30 MJ; 燃烧增长速率指数 FIGRA $\leq$ 300 W/s; 产烟速率峰值 SPR 峰值 $\leq$ 1.5 m <sup>2</sup> /s; 受火 1 200 s 内的产烟总量 TSP <sub>1200</sub> $\leq$ 400 m <sup>2</sup>
	GB/T 17651.2 且	烟密度 (最小透光率) I <sub>t</sub> $\geq$ 20%
	GB/T 18380.12	垂直火焰蔓延 H $\leq$ 425 mm
* 对整体制品及任何一种组件 (金属材料除外) 应分别进行试验, 测得的整体制品的总热值以及各组件的总热值均满足分级判据时, 方可判定为 A 级。		

同时该标准还增加了附加分级, 包括:

- 1) 燃烧滴落物/微粒等级 (d<sub>0</sub>、d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>), 依据《电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法》GB/T 31248-2014;
  - 2) 烟气毒性等级 (t<sub>0</sub>、t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>), 依据《材料产烟毒性危险分级》GB/T 20285-2006。
4. 行业标准《阻燃及耐火电缆 塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第 1 部分: 阻燃电缆》GA 306.1-2007 规定了塑料绝缘阻燃电缆的定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志及包装。阻燃级别及技术要求如表 3 所示。

国家标准《电缆及光缆燃烧特性分级》GB 31247 分级标准中采用的试验标准《电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法》GB/T 31248-2014, 是修改采用欧盟标准《电缆在受火条件下的通用试验方法 电缆在火焰传播试验中的热释放和产烟特性测试 试验装置、程序和结果》(英文版) EN 50399:2022, 而行业标准《阻燃及耐火电缆 塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第 1 部分: 阻燃电缆》GA 306.1 分级标准采用的试验标准《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验》GB/T 18380.31~36-2008, 分别等同采用 IEC 60332-3-10、21、22、23、24、25; 2000 版。

国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247 分级标准与行业标准《阻燃剂耐火电缆 塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求 第 1 部分：阻燃电缆》GA306.1 分级标准试验方法、供火时间和判据不同，两种阻燃电缆分级标准目前均有效，分别参照 EN 和 IEC 标准。

表 3 阻燃级别及技术要求

阻燃级别	技术要求					
	阻燃特性		烟气毒性	烟密度(最小透光率)/%	耐腐蚀性	
	试验条件	炭化高度/m			pH 值	电导率/( $\mu$ S/mm)
IA 级	满足 GB/T 18380.3 中 A 类规定的要求		符合 GB/T 20285 ZA <sub>2</sub> 级	≥80	≥4.3	≤10
IB 级	满足 GB/T 18380.3 中 B 类规定的要求					
IC 级	满足 GB/T 18380.3 中 C 类规定的要求					
IIA 级	满足 GB/T 18380.3 中 A 类规定的要求		≤2.50	≥60	—	—
IIB 级	满足 GB/T 18380.3 中 B 类规定的要求					
IIC 级	满足 GB/T 18380.3 中 C 类规定的要求					
IIIA 级	满足 GB/T 18380.3 中 A 类规定的要求		符合 GB/T 20285 ZA <sub>3</sub> 级	≥20	—	—
IIIB 级	满足 GB/T 18380.3 中 B 类规定的要求					
IIIC 级	满足 GB/T 18380.3 中 C 类规定的要求					
IVA 级	满足 GB/T 18380.3 中 A 类规定的要求		—	—	—	—
IVB 级	满足 GB/T 18380.3 中 B 类规定的要求					
IVC 级	满足 GB/T 18380.3 中 C 类规定的要求					

3.0.13 耐火电缆是具有规定的耐火性能（如线路完整性、烟密度、烟气毒性、耐腐蚀性）的电缆，与阻燃电缆有显著区别。耐火电缆的标准如下：

- (1) 《阻燃和耐火电线电缆通则》GB/T 19666-2005；
- (2) 《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验 第 11 部分 试验装置——火焰温度不低于 750℃ 的单独供火》GB/T 19216.11-2003（等同 IEC 60331-11:1999）
- (3) 《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验 第 12 部分 试验装置——火焰温度不低于 830℃ 的供火并施加冲击》GB/T 19216.12-2008（等同 IEC 60331-12:2002）
- (4) 《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验 第 21 部分 试验步骤和要求——额定电压 0.6/1.0kV 及以下电缆》GB/T 19216.21-2003（等同 IEC 60331-21:1999）
- (5) 《阻燃及耐火电缆 塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第 2 部分：耐火电缆》GA306.2-2005。

《阻燃和耐火电线电缆通则》GB/T 19666-2005 中对耐火定义、燃烧特性代号、耐火产品类别、耐火性能要求、无卤性能、低烟特性等作了详细规定。产品代号：有卤耐火类（N）、有卤阻燃 A 类耐火（ZAN）、有卤阻燃 B 类耐火（ZBN）、有卤阻燃 C 类耐火（ZCN）、有卤阻燃 D 类耐火（ZDN）和无卤低烟阻燃耐火（WDZN）、无卤低烟阻燃 A 类耐火（WDZAN）、无卤低烟阻燃 B 类耐火（WDZBN）、无卤低烟阻燃 C 类耐火（WDZCN）、无卤低烟阻燃 D 类耐火（WDZDN）。

现行行业标准《阻燃及耐火电缆 塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第2部分：耐火电缆》GA306.2-2007规定了塑料绝缘耐火电缆的定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志及包装。耐火性能级别及技术要求如表4所示。

表4 耐火性能级别及技术要求

耐火级别	技术要求					
	耐火特性		烟气毒性	烟密度(最小透光率)/%	耐腐蚀性	
	试验条件	线路完整性			pH值	电导率/( $\mu$ S/mm)
I级	供火温度：750℃~800℃	满足 GB/T 19216.21 的规定要求	符合 GB/T 20285 ZA <sub>2</sub> 级	≥80	≥4.3	≤10
IA级	供火温度：950℃~1 000℃			≥60		
II级	供火温度：750℃~800℃		符合 GB/T 20285 ZA <sub>3</sub> 级	≥20	—	
IIA级	供火温度：950℃~1 000℃					
III级	供火温度：750℃~800℃		—	—	—	
IIIA级	供火温度：950℃~1 000℃					
IV级	供火温度：750℃~800℃		—	—	—	
IVA级	供火温度：950℃~1 000℃					

3.0.16 本质安全电路电缆与非本质安全电路电缆在特定条件下可以一起敷设，此时，本质安全电路电缆外护套不需要特别标识。

GB/T 3836.15-2017《爆炸性环境 第15部分：电气装置的设计、选型和安装》12.2.2.5.1在提出的防止本质安全电路电缆不能因疏忽而连接到非本质安全电路电缆上的措施中，除第a)条要求不同类型的电路应隔离外，还可采用其他措施，第c)条为：

*特定类型的电路使用铠装、金属护套或屏蔽电缆（例如，所有非本质安全电路使用铠装电缆，或所有本质安全电路铠装）。*

GB/T 3836.15-2017《爆炸性环境 第15部分：电气装置的设计、选型和安装》12.2.2.6：

*如果所有本质安全电路或所有非本质安全电路电缆铠装、加金属护套或屏蔽，则本质安全电路不需要标示。*

NFPA 70 National Electrical Code 504.30 在要求本质安全电路电缆与非本质安全电路电缆在桥架敷设时应隔离的同时，也提出了4种例外，其中之一便是：

*所有本质安全电路电缆或所有非本质安全电路电缆带金属护套或金属外层，金属护套或外层接地以便将有害电流导入地下。*

HG/T 20512-2014《仪表配管配线设计规范》8.3.3对此也有要求。

3.0.20 单模光纤采用固体激光器做光源，成本较高，但传输频带宽、传输距离长。多模光纤通常采用发光二极管做光源，成本较低，但传输距离短。仪表装置数字通讯传输速率在1Gb/s以下，普通50 $\mu$ m多模光纤传输距离可达500m以上，对于新型50 $\mu$ m多模光纤传输距离可达1000m以上。本标准对装置内通讯优先推荐采用多模光纤。如果通讯距离超过多模光纤支持的应用长度，或通讯接口有要求时，应采用单模光纤。

3.0.23 光缆的外护套材质一般为聚乙烯、低烟无卤，颜色为黑色，且不易改变。为了区分光缆和电缆，通常将电缆外护套颜色采用其他颜色，如灰色等。

## 4 仪表电缆技术规格选择

### 4.4 热电偶电缆

4.4.5 依据 API 552 Transmission system 第 7.3 节要求。

### 4.5 接地电缆

4.5.4 当没有相关数据时，应向设备制造厂（商）索取推荐值。

4.5.5 GB 7947-2010/IEC 60446: 2007 《人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识》 5.3.2 “保护导体应使用绿-黄双色组合标识”，“绿-黄双色是唯一公认的用于标识保护导体的颜色组合”。

GB/T 16895.10-2010/IEC 60364-4-44:2007 《低压电气装置 第 4-44 部分：安全防护电压骚扰和电磁骚扰防护》 44.5.5 “接地导体规定的黄/绿色组合的颜色标识不应用于功能接地导体。”

工程项目中电气专业的保护接地线通常也是采用绿-黄组合标识。因此，本标准也将保护接地线的颜色标识规定为绿黄双色组合。

### 4.6 数字通讯电缆

4.6.1 石油化工领域仪表工程常用现场总线为现场基金会总线 FF H1、FF HSE、Profibus-DP、Profibus-PA；控制系统之间的通讯还会采用 RS 485 串行通讯。

IEC 61158 是国际电工委员会（IEC）制定的现场总线规范，规范了 20 多种总线标准。其中：

- Type 3 Profibus 现场总线
- Type 5 FF HSE 现场总线
- Type 9 FF H1 现场总线

IEC 61158-2 是现场总线物理层规范，规定了各种类型总线的接口和传输媒介标准，推荐了标准一致性测试电缆的电气性能要求。采用与标准测试电缆电气性能一致的电缆将给总线带来最佳的性能和最远的传输距离。为了节省投资和方便安装施工，也可根据项目的实际需求采用标准规定的其他类型电缆。

IEC 61158-2 将 FF H1 和 Profibus PA 所使用的 31.25kbs 电压模式总线电缆分为 A、B、C、D 四种类型，并给出了每种类型电缆的最大允许布线长度：

- A 型：全屏蔽单对对绞电缆，最大布线长度 1900m。用于标准一致性测试的首选电缆；
- B 型：全屏蔽多对对绞电缆，最大布线长度 1200m；
- C 型：非屏蔽单对或多对非屏蔽对绞电缆，最大布线长度 400m；
- D 型：全屏蔽非对绞电缆，最大布线长度 200m。

石油化工装置优先采用 A 型总线电缆，也可根据项目的需求采用其他类型的总线电缆。

国家标准 GB/T 20540.2-2006 《测量和控制数字数据通讯 工业控制系统用现场总线 类型 3：PROFIBUS 规范 第 2 部分：物理层规范和服务定义》修改采用 IEC 61158-2 Type 3: 2003。

IEC 61158-2:2014 中对通讯速率为 31.25kbit/s；电压模式，Types 1 和 Types 3 现场总线标准测试电缆 25℃的电气性能要求如表 5 所示。

表 5 FF H1 与 Profibus-PA 总线电缆（25℃时）的电气性能要求

电缆参数	特性
截面	0.8mm <sup>2</sup>
在 $f_r$ (31.25kHz) 条件下的阻抗	100 (1±20%) Ω
在 1.25 $f_r$ (39kHz) 条件下最大衰减	3.0dB/km
对屏蔽的最大非平衡电容	2.0nF/km
每根导线导体最大直流电阻 (20℃)	24 Ω/km
由 0.25 $f_r$ 改变至 1.25 $f_r$ 最大传播延迟	1.7 μs/km
最小屏蔽覆盖率	90%

异步传输 Types 3 现场总线电缆的电气性能要求如表 6、表 7、表 8、表 9 所示，此类电缆用于 Profibus-DP:

表 6 PROFIBUS-DP 总线电缆的电气性能要求

电缆参数	特性	
	Type A	Type B
最小截面	0.34mm <sup>2</sup>	0.22mm <sup>2</sup>
特性阻抗	135~165 Ω ( $f = 3\sim 20\text{MHz}$ )	100~130 Ω ( $f > 100 \text{kHz}$ )
最大电容	30nF/km	60nF/km
最大直流电阻 (回路电阻)	110 Ω/km	-

表 7 PROFIBUS-DP 总线电缆不同传输速率下的最大允许长度

项目	单位	数值								
		9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	3000	6000	12000
通讯速率	kbit/s	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	3000	6000	12000
Type A 电缆	m	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100
Type B 电缆	m	1200	1200	1200	600	200	70	不允许		

表 8 本质安全 PROFIBUS-DP 总线电缆的电气性能要求

电缆参数	特性
	Type A
特性阻抗	135~165 Ω ( $f = 3\sim 20\text{MHz}$ )
最小截面	0.34mm <sup>2</sup>
最小线径	0.64mm
最大 L/R 比值	15 μH/Ω
最大电容	30nF/km
最大直流电阻 (回路电阻)	110 Ω/km

表 9 本质安全 PROFIBUS-DP 总线电缆不同传输速率下的最大允许长度

项目	单位	数值					
通讯速率	kbit/s	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500
Type A 电缆	m	1200	1200	1200	1000	400	200

RS485 电缆应采用线芯截面积不小于 0.22 mm<sup>2</sup> 的对绞电缆，电缆的特性阻抗为 100 Ω 至 120 Ω。安徽省众和电仪科技有限公司生产的 RS485 专用电缆的电气性能如表 10 所示：

表 10 RS485（25℃时）通讯电缆的电气性能

电缆参数		特性
截面		≥0.5mm <sup>2</sup>
衰减（39kHz）		≤5.0dB/km
最大电容		80nF/km
特性阻抗（31.25kHz）		100±20 Ω
对屏蔽的最大非平衡电容		2.0nF/km
最大分布电感		1.0mH/km
耐压试验	芯-芯	1000V，1 分钟不击穿
	芯-屏蔽	1000V，1 分钟不击穿
工作电压		300/500V

目前各电缆制造厂均生产符合 IEC 61158-2 标准的各种现场总线和通讯网络的通讯电缆，在工程中可以直接选用。

表 11 是安徽省众和电仪科技有限公司生产的 FF 总线 A 型（铠装）数字通讯电缆的产品规格，供编制技术规格书时参考。

表 11 FF 总线电缆技术规格

序号	项目	技术规格
1	产品名称	FF 总线 A 型
2	制造商代码	ZR-FFAFPE92-1X18A
3	规格	1×2×18AWG
4	额定电压 (V)	300/500V
5	执行标准	IEC61158-2
6	导体材料	无氧圆铜丝
7	导体结构 (mm)	7/0.40
8	绝缘材料	皮泡皮物理发泡 FPE 绝缘
9	厚度(mm)	0.6
10	颜色	橙色、蓝色
11	多线对识别方法	/
12	分屏材料	彩色铝塑复合带 (100%) + 镀锡 TC 导体
13	总屏材料	镀锡铜丝编织屏蔽
14	总屏密度	90%
15	内护套厚度 (mm)	1.0
16	内护套材质	聚氯乙烯
17	铠装材料	镀锌钢丝编织式铠装 (密度 ≥ 80%)
18	外护套材料	阻燃聚氯乙烯护套
19	厚度 (mm)	1.3
20	颜色	橙色
21	外形尺寸 (mm)	/
22	电缆近似重量 (kg/km)	/
23	电缆表面标志	厂名、型号、规格、电压等
24	电缆阻燃性能	满足 GB/T18380-2001、IEC60332-3 标准要求

4.6.3 数字屏蔽电缆对屏蔽要求较高, IEC 61158-2 对通讯速率为 31.25kbit/s, 电压模式, Types 1 和 Types 3 现场总线电缆的屏蔽要求为屏蔽覆盖率不低于总长的 90%, 因此通常单对电缆采用双层屏蔽结构, 多对电缆采用分屏加总屏结构。并且多种屏蔽方式组合, 常见为第一层为金属带绕包或纵包结构的屏蔽, 第二层为金属丝编织结构的屏蔽。

4.6.4 数字通讯电缆由于其线径较细, 材质柔软, 铠装层一般选用柔软性较好的细钢丝编织式铠装, 既能满足抗拉抗压性能, 又保证产品整体结构的柔软性。

4.6.5 根据有关资料, 发泡聚乙烯绝缘较其他材料对信号传播速度影响较小。

表 12 各种绝缘材料对信号传播速度的影响

绝缘材料	发泡 PE	固体 PE	XPE	FEP	PFA
信号传播速度 [C <sub>0</sub> 百分比]	77	66	66	69	71

4.6.7 数字通讯电缆外护套颜色标识为当前工程建设中常用颜色, 与规范要求可能会有些差异。

4.6.8 数字总线电缆外护套颜色一般为轻彩色, 容易在强日光照射下褪色, 所以要求防紫外线。

## 4.7 特定场合电缆

4.7.1 对于低于 $-15^{\circ}\text{C}$ 的寒冷地区运输或施工的电缆，绝缘和护套宜采用聚乙烯或耐低温聚氯乙烯材料（ $-40^{\circ}\text{C}$ 冷弯试验）、聚全氟乙丙烯（ $-55^{\circ}\text{C}$ 冷弯试验）、聚氨酯（ $-60^{\circ}\text{C}$ 冷弯试验）。

钢带铠装在低温环境中运输及安装容易导致护套开裂，必须在低温下运输和敷设的电缆应慎选用钢带铠装电缆。

对 $105^{\circ}\text{C}$ 及以下高温电缆根据长期环境温度采用 $90^{\circ}\text{C}$ 或 $105^{\circ}\text{C}$ 聚氯乙烯材料控制外护套。对于 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 长期环境温度采用硅橡胶、氟塑料等材料控制绝缘及外护套。

4.7.9 耐高温的点火电缆导体采用多股镀镍软铜线绞合，绝缘采用氟塑料材料，标识为红色、黑色，整体结构采用绝缘编织加缆芯编织结构，护套采用黑色氟塑料控制，整体结构设计可长期耐 $260^{\circ}\text{C}$ 高温。

## 5 仪表电缆线芯截面积计算

5.0.2 计算公式主要参考了《工业与民用供配电设计手册》第9.4.2节及GB/T 3956-2008《电缆的导体》附录B。由于仪表设备以阻性负载为主，此处忽略了交流供电的功率因数对电压降的影响。

电缆产品样本及相关标准均有不同结构、不同截面积导体在 $20^{\circ}\text{C}$ 时的导体最大电阻值，如GB/T 3956-2208/IEC 60228: 2004《电缆的导体》中表1至表4列出了不同结构导体的 $20^{\circ}\text{C}$ 时的导体最大电阻值。

## 6 本质安全电路电缆参数匹配

6.0.3 由于电缆的分布电感 $L_c$ 远小于最大外部电感 $L_e$ ，因此我们在计算本质安全电路电缆长度时通常以满足本质安全电路的电容匹配条件不等式作为计算依据。