

「电线电缆」

一起BV验收误判的原因分析及处理

文/江苏中辰电缆有限公司 柏庆梅

针对一起客户依据导体的外径验收BV线，并认为导体实际有效截面与导体直流电阻存在唯一直接关系这一误解，同时所依据的标准本身存在着不严谨性，进而误判了优质电线。对该事件原因进行了分析，提出了一些建议，为今后的验收工作提供了实际帮助，也为如何选用优质电线电缆提供了正确的方向。

在电力系统中，导体电阻的数据大小决定了其传输性能的品质与安全裕度，而电阻的大小与导体的材料（不同材料有不同的电阻率 ρ ）、截面面积、长度及温度（除特殊材料外，一般温度越低，电阻越小）有关。如何判断电阻的合格性并不能依据电线外径的大小而应通过专业检测机构的检测来判定。

事件简述

2016年5月28日，某客户在验收电线BV 2.5、BV 4等相关规格时，依据GB 50411—2007《建筑节能工程施工质量验收规范》，发现某公司产品导体外径及采用单丝外径都不符合要求，判断此批电线电缆不合格，产品与验收规范导体参数比较如表1所示。

表1 产品与验收规范导体比较

标称截面/mm ²	数量/根	单线标称直径/mm	允许偏差（%）	要求导体外径/mm	我公司导体外径/mm
1.5	1	1.38	$\pm 1\%d$	1.38	1.35
2.5	1	1.78	$\pm 1\%d$	1.78	1.74
4	1	2.25	$\pm 1\%d$	2.25	2.22
6	1	2.76	$\pm 1\%d$	2.76	2.73
10	7	1.35	$\pm 1\%d$	4.02	3.81
16	7	1.7	$\pm 1\%d$	5.07	4.82

事件分析

本着解决问题、尊重客户的原则，通过现场的沟通与取样，得知客户依据GB 50411—2007《建筑节能工程施工质量验收规范》12.2.2的内容，即低压配电系统选择的电缆、电线截面不得低于设计值，进场时应对其截面和每芯导体电阻值进行见证取样送检，每芯导体电阻值应符合表12.2.2的规定，如表2所示。

通过截面的换算，导体的外径及构成如表3

所示。

这里有必要指出标准中所述电缆、电线截面的设计值，与标称截面是一个定义，纵观国家标准GB/T 3956—2008《电缆的导体》（本标准前言中所述，等同采用IEC 60228—2004《电缆的导体》英文第3版，电阻执行的最权威版本）中描述标称截面积的定义：确定导体特定尺寸的数值，但并不受直接测量影响。本标准中导体的每个特定尺寸应符合最大电阻值的要求。此描述中非常清晰，也就

表2 不同标称截面的电缆、电线每芯导体最大电阻值

标称截面/mm ²	20℃时导体最大电阻圆铜导体（不镀金属）/（Ω/km）
0.5	36.0
0.75	24.5
1.0	18.1
1.5	12.1
2.5	7.41
4	4.61
6	3.08
10	1.83
16	1.15
25	0.727
35	0.524
50	0.387
70	0.268
95	0.193
120	0.153
150	0.124
185	0.0991
240	0.0754
300	0.0601

表3 客户对导体的要求

标称截面/mm ²	数量/根	单线标称直径/mm	允许偏差（%）	导体外径/mm	允许偏差/mm
0.75	1	0.97	±1% <i>d</i>	0.97	±0.01
1	1	1.13	±1% <i>d</i>	1.13	±0.01
1.5	1	1.38	±1% <i>d</i>	1.38	±0.01
2.5	1	1.78	±1% <i>d</i>	1.78	±0.01
4	1	2.25	±1% <i>d</i>	2.25	±0.01
6	1	2.76	±1% <i>d</i>	2.76	±0.01
10	7	1.35	±1% <i>d</i>	4.02	±0.01
16	7	1.7	±1% <i>d</i>	5.07	±0.01
25	7	2.14	+1% <i>d</i>	6.36	±0.01
35	7	2.52	±1% <i>d</i>	7.56	±0.01
50	19	1.78	±1% <i>d</i>	8.80	±0.01
70	19	2.14	±1% <i>d</i>	10.60	±0.01
95	19	2.52	±1% <i>d</i>	12.50	±0.01
120	37	2.03	±1% <i>d</i>	14.14	±0.01
150	37	2.25	±1% <i>d</i>	15.68	±0.01
185	37	2.52	±1% <i>d</i>	17.50	±0.01
240	61	2.25	±1% <i>d</i>	20.16	±0.01
300	61	2.52	±1% <i>d</i>	22.68	±0.01

是说不管多大的外径必须符合最大电阻的要求，但外径不作指标考核，另GB/T 12706.1《挤包绝缘电力电缆及附件 第1部分 额定电压1 kV（ $U_m=1.2$ kV）和3 kV（ $U_m=3.6$ kV）电缆》中附录A（规范性附录）所述：假设直径或标称直径仅用来确定护套和电缆护层的尺寸，不是代替精确计算标称直径

所需的实际过程，实际标称直径计算应分开计算。这种计算方法忽略形状和导体的紧压程度而根据导体标称截面积，绝缘标称厚度和电缆芯数，利用公式来计算假设直径。而标准中对电缆导体的试验项目只有直流电阻的要求，而没有外径要求，当然电阻也是执行GB/T 3956—2008《电缆的导体》。

实际上导体的直流电阻与导体的材料、横截面面积、长度的计算公式（恒温20℃时）为

$$R=\frac{\rho L}{S}$$

式中， R 为电阻值，单位为 Ω ； ρ 为电阻率，单位为 $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ； S 为横截面面积，单位为 mm^2 ； L 为导线的长度，单位为 m 。

而影响铜线电阻率的因素如下。

1) 含铜量（铜丝一般含铜量在99%以上，无氧铜含铜量更高），不同材质具有不同的电阻率，所以含杂质（性能一般比铜差）越多，电阻率越大。

2) 铜线本身的退火程度（退火程度好，电阻

率低，由各厂家设备及工艺决定）。

3) 铜线本身保存状态（如铜线氧化，电阻率会变大）。

4) 如果不考虑折算回温度为20℃时的电阻率的话，那温度也会影响电阻率（温度越高，电阻率越大）。

综上所述在保证直流电阻合格的情况下，导体材料在20℃时电阻率越小且退火工艺越好，面积（导体外径）就越小，反之亦然。若导体的直流电阻比标准越小其电性能越好，电线电缆长期运行的安全裕度越大。通过长期的试验与工艺改进，该公司部分试验数据与正规选用方案如表4所示。

表4 优质与劣质铜材导体直流电阻的比较

试样	标称截面 /mm ²	电阻率 /（ $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ）	导体外径 /mm	圆铜导体（不镀金属）20℃时电阻 /（ Ω/km ）	与标准电阻的比较
1#	2.5	0.016 65	1.74	7.25	小2.3%
2#	2.5	0.017 240	1.78	7.40	小0.13%
3#	4	0.016 86	2.23	4.55	小1.3%
4#	4	0.017 250	2.26	4.64	大0.65%且不合格
5#	6	0.016 66	2.72	2.98	小3.2%
6#	6	0.017 240	2.78	3.09	大0.3%且不合格
7#	50	0.016 66	8.20（19/1.78）	0.379	小2.1%
8#	50	0.017 240	8.80（19/1.76）	0.386	小0.2%
9#	120	0.016 66	12.90（37/2.00）	0.149	小2.6%
10#	120	0.017 240	14.14（37/2.03）	0.154	大0.6%

预防与解决措施

1. 要看

1) 要看认证标志、工厂代码、认证编号、型号规格、额定电压、电线长度、生产日期、检验者、执行标准、厂名、厂址和固定电话等。

2) 要看铜导体，优质铜导体的颜色是光亮偏红，色泽均匀，柔韧性好，而劣质的铜导体为紫玄色，偏黑、偏黄或偏白，硬度较大。对于软电线，用掌心轻触铜丝的顶端，感觉应平整，且无刺痛感，手感较为柔软。

3) 要看成品表面，电线的塑料外皮软且平滑，颜色均匀。

2. 要试

1) 可取一根电线头用手反复弯曲，凡是手感柔软、疲劳强度好、塑料手感弹性大且电线绝缘体上无龟裂的就是优等品。伪劣电线绝缘层看上去好像很厚实，实际上大多是用再生塑料制成的，只要稍用力挤压，挤压处会成白色状，弯曲4~6次就有断线现象。

2) 取一根电线剥开在任一断截面上用白纸轻搓下，若有黑色残留物，说明是劣质铜材，反之为优质。

3. 比价格

电线电缆竞争非常激烈，是微利行业。如果价格比市场上其他品牌价格偏离太大，则有可能是劣质产品。

4. 送权威机构检测

若对以上有疑点直接送权威机构检测，不合格者所有费用由供方承担。

结束语

导体的标称截面（或外径）只是一个特定的尺寸数值，并不做考核，而导体的直流电阻数值的大小才是导体的电气性能的关键指标，通过以上分析与处理，可以看出优质材料与精湛工艺做出的合格产品是电线电缆在安全使用中的最大保障。EA

（收稿日期：2016.05.30）

（编辑：刘群彦）