

团 体 标 准
额定电压 1 kV ($U_m=1.2$ kV) 及以下
气吹型光纤复合低压电缆

T / CSEE 0165 — 2020

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2020 年 1 月第一版 2020 年 1 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 1.5 印张 51 千字

*

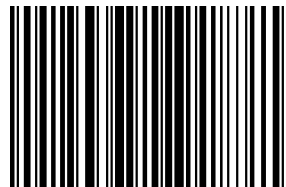
统一书号 155198·1909 定价 38.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.1909

团 体 标 准

T/CSEE 0165 — 2020

额定电压 1 kV ($U_m=1.2$ kV) 及以下 气吹型光纤复合低压电缆

Optical fiber for installation by blowing composite low-voltage cable for
rated voltages up to and including 1 kV($U_m=1.2$ kV)



2020-01-15 发布

2020-03-15 实施

中国电机工程学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 额定电压	2
5 型号、代号、规格和标记	2
6 材料	4
7 技术要求	5
8 标志	9
9 交货长度	9
10 试验	9
11 检验规则	17
12 包装	18
13 安装	18
14 运输和贮存	19
附录 A (资料性附录) BOPLC 结构示意图	20
附录 B (资料性附录) BOPLC 气吹型光单元结构示意图	21
附录 C (资料性附录) 气吹保护管常用参考尺寸	22

前 言

本标准按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电机工程学会提出。

本标准由中国电机工程学会电力信息化专业委员会技术归口并解释。

本标准起草单位：国网辽宁省电力有限公司、上海电缆研究所有限公司、江苏亨通电力电缆有限公司、北京国电通网络技术有限公司、上海国缆检测中心有限公司、北京中电飞华通信股份有限公司、上海睿迅检测技术有限公司。

本标准主要起草人：郭毅、廉果、于晶、胡博、郭昆亚、周桂平、范军丽、邓伟、金鹏、丛培贤、孟凡博、李斌、伏丽娜、管新元、郭栋、王磊、黄宇、吕永胜、宋继高、孔祥余、王飞、石兵峰、万育萍。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

额定电压 1 kV ($U_m=1.2$ kV) 及以下气吹型光纤复合低压电缆

1 范围

本标准规定了额定电压 0.6/1 kV ($U_m=1.2$ kV) 气吹型光纤复合低压电缆 (简称 BOPLC) 的结构尺寸、技术要求、试验项目和试验方法, 以及包装、运输和贮存。

本标准适用于光纤接入的智能电网及多网融合配网用电缆。不包括用于特殊安装和运行条件的电缆, 例如用于架空线路、采矿工业、核电厂 (安全壳内及其附近), 以及用于水下或船舶的场所。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本 (包括所有的修改单) 适用于本文件。

GB/T 156 标准电压

GB/T 2951.11—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 11 部分: 通用试验方法 厚度和外形尺寸测量 机械性能试验

GB/T 3048.9—2007 电线电缆电性能试验方法 第 9 部分: 绝缘线芯火花试验

GB/T 3048.10—2007 电线电缆电性能试验方法 第 10 部分: 挤出护套火花试验

GB/T 3956—2008 电缆的导体

GB/T 6995.2—1986 电线电缆识别标志方法 第 2 部分: 标准颜色

GB/T 6995.3 电线电缆识别标志方法 第 3 部分: 电线电缆识别标志

GB/T 6995.5 电线电缆识别标志方法 第 5 部分: 电力电缆绝缘线芯识别标志

GB/T 7424.2—2008 光缆总规范 第 2 部分: 光缆基本试验方法

GB/T 9771 (所有部分) 通信用单模光纤

GB/T 12357 (所有部分) 通信用多模光纤

GB/T 12706.1—2008 额定电压 1 kV ($U_m=1.2$ kV) 到 35 kV ($U_m=40.5$ kV) 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

GB/T 15972.40—2008 光纤试验方法规范 第 40 部分: 传输特性和光学特性的测量方法和试验程序衰减

GB/T 15972.46—2008 光纤试验方法规范 第 46 部分: 传输特性和光学特性的测量方法和试验程序透光率变化

GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆通则

JB/T 8137 (所有部分) 电线电缆交货盘

YD/T 979 光纤带技术要求和检验方法

YD/T 1118 (所有部分) 光纤用二次被覆材料

YD/T 1460.1—2006 通信用气吹微型光缆及光纤单元 第 1 部分: 总则

YD/T 1954 接入网用弯曲损耗不敏感单模光纤特性

IEC 60794-1-21: 2015 光缆 第 1-21 部分: 总规范 光缆基本试验程序 机械试验方法 (Optical fibre cables-Part 1-21: Generic specification-Basic optical test procedures-Mechanical test methods)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气吹型光纤复合低压电缆 **blowing installation optical fiber composite low-voltage cable; BOPLC**
一种在电力电缆内含有气吹型光单元用保护管的光纤复合低压电缆。

3.2

气吹保护管 **protective ducts for installation by blowing**
与电力芯线单元同步绞合，用来容纳以气吹方式布放光传输单元的保护管。

3.3

气吹型光单元 **optical transmission unit for installation by blowing**
由气吹保护管和光传输单元构成的部件，材料通常为非金属。

4 额定电压

BOPLC 的额定电压 $U_0/U (U_m)$ 为 0.6/1 (1.2) kV。

其中：

U_0 ——BOPLC 设计用的导体对地或金属屏蔽之间的额定工频电压；

U ——BOPLC 设计用的导体间的额定工频电压；

U_m ——设备可承受的“最高系统电压”的最大值，按 GB/T 156 规定的要求。

5 型号、代号、规格和标记

5.1 型号

BOPLC 的型号由 6 部分组成，各部分均用代号表示，如图 1 所示。

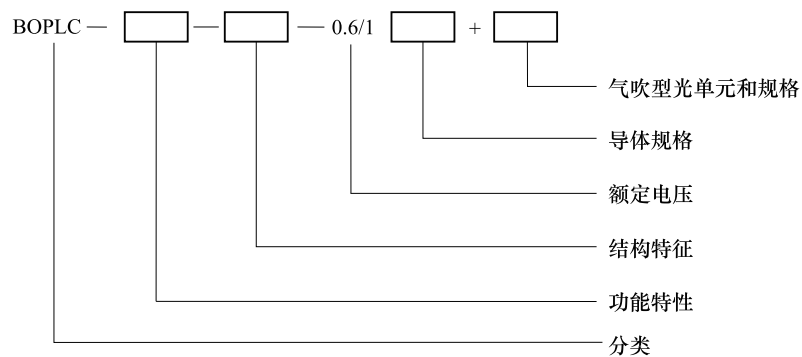


图 1 BOPLC 的型号构成

5.2 代号

5.2.1 分类代号及其意义

BOPLC——气吹型光纤复合低压电缆。

5.2.2 功能特性代号及其意义（如有特殊要求时）

燃烧特性代号按 GB/T 19666 的规定命名。

5.2.3 结构特征代号及其意义

5.2.3.1 导体代号及其意义

(T) 省略——铜导体；

R——软铜导体；

L——铝导体。

5.2.3.2 绝缘代号及其意义

V ——聚氯乙烯绝缘；

YJ——交联聚乙烯绝缘。

5.2.3.3 护套代号及其意义

V ——聚氯乙烯护套；

Y ——聚乙烯或聚烯烃护套；

S ——钢塑纵包综合护套；

A ——铝塑纵包综合护套。

5.2.3.4 铠装代号及其意义

2 ——双钢带铠装；

3 ——细圆钢丝铠装；

4 ——粗圆钢丝铠装。

5.2.3.5 外护套代号及其意义

2 ——聚氯乙烯护套；

3 ——聚乙烯或无卤低烟阻燃聚烯烃护套。

5.2.4 气吹型光单元代号及其意义

5.2.4.1 气吹型光单元由气吹微管及吹入的光传输单元结构代号两部分组成，中间用“/”隔开。

5.2.4.2 气吹保护管结构代号及其意义：

B——气吹保护管结构。

光传输单元结构代号及其意义如表 1 所示。

表 1 光传输单元结构代号及其意义

结构代号	名 称
G	层绞全干式光传输单元
GT	层绞填充式光传输单元
GX	中心管全干式光传输单元
GXT	中心管填充式光传输单元
GQ	其他类型
注：G——光传输单元。X——松套中心管式结构；（省略）——松套层绞式结构。T——油膏填充；（省略）——全干式填充。Q——其他结构。	

5.2.5 光纤代号及其意义

光纤的类型应按 GB/T 9771 和 GB/T 12357 的规定要求，典型的光纤类型有以下几种：

A ——多模光纤；

B1.1——非色散位移单模光纤（ITU-T G.652A 和 ITU-T G.652B 光纤）；

B1.3——波长段扩展的非色散位移单模光纤（ITU-T G.652C 和 ITU-T G.652D 光纤）；

B6 ——弯曲损耗不敏感光纤；

B6a ——弯曲损耗不敏感 A 类光纤（ITU-TG.657A 光纤）；

B6b ——弯曲损耗不敏感 B 类光纤（ITU-TG.657B 光纤）。

5.3 规格

BOPLC 的规格应由绝缘线芯和气吹型光单元的规格组成。绝缘线芯的规格包括芯数、导体标称截面积。气吹型光单元的规格包括光纤芯数和光纤类别。

5.4 标记

BOPLC 的标记由型号和规格组成。

示例 1：包含 24 芯 B1 类光纤层绞全干式光传输单元的铜芯聚氯乙烯绝缘钢带铠装聚乙烯护套气吹型光纤复合低压电缆，额定电压为 0.6/1 kV，3+1 芯，主线芯标称截面积 25 mm²，中性线芯标称截面积 16 mm²，表示为 BOPLC-VV22-0.6/1 3×25+1×16+B/G-24B1。

示例 2：包含 4 芯 B1 类光纤非金属中心管填充式光传输单元的铜芯交联聚乙烯绝缘无卤低烟阻燃 C 类聚烯烃护套气吹型光纤复合低压电缆，额定电压为 0.6/1 kV，2 芯，主线芯标称截面积 6 mm²，表示为 BOPLC-WDZC-YJY—0.6/1 2×6+B/GXT-4B1。

5.5 其他

中性线芯和保护线芯导体标称截面应符合 GB/T 12706.1—2008 中表 D.2 的规定。

6 材料

6.1 绝缘混合料

绝缘混合料、代号及导体最高工作温度见表 2。

表 2 绝缘混合料、代号及导体最高工作温度

绝缘混合料		代号	导体最高工作温度 ℃	
			正常运行	短路（最长持续 5 s）
聚氯乙烯	导体截面积 ≤ 300 mm ²	PVC/A	70	160
	导体截面积 > 300 mm ²		70	140
交联聚乙烯		XLPE	90	250

6.2 护套混合料

护套混合料、代号和 BOPLC 正常运行时导体最高温度见表 3。

表 3 护套混合料、代号和 BOPLC 正常运行时导体最高温度

护套混合料	代号	正常运行时导体最高温度 ℃
聚氯乙烯	ST1	80
	ST2	90
聚乙烯	ST3	80
	ST7	90
无卤阻燃材料	ST8	90

7 技术要求

7.1 概述

BOPLC 结构主要由导体、绝缘层、气吹型光单元、填充物、外护套、可能存在的铠装层和内衬层等部分组成。结构示意图参见附录 A，也可以是其他的结构设计形式，但应满足本标准的相关性能要求。

7.2 导体

导体应符合 GB/T 3956—2008 的第 1 种或第 2 种镀金属层或不镀金属层退火铜导体或铝导体，或者第 5 种裸铜导体或镀金属层退火铜导体。

7.3 绝缘

7.3.1 材料

绝缘应符合表 2 所列的一种挤包成型的介质。

无卤电缆的绝缘应符合 GB/T 12706.1—2008 中的相关规定。

7.3.2 绝缘厚度

绝缘标称厚度见表 4。任何隔离层的厚度不应包括在绝缘厚度之中。

表 4 绝缘标称厚度

导体标称截面积 mm ²	绝缘标称厚度 mm	
	聚氯乙烯 (PVC/A)	交联聚乙烯 (XLPE)
1.5、2.5	0.8	0.7
4、6	1.0	0.7
10、16	1.0	0.7
25、35	1.2	0.9
50	1.4	1.0
70	1.4	1.1
95	1.6	1.1
120	1.6	1.2
150	1.8	1.4
185	2.0	1.6
240	2.2	1.7
300	2.4	1.8
400	2.6	2.0
500	2.8	2.2
630	2.8	2.4
800	2.8	2.6
1000	3.0	2.8

注：不推荐任何小于以上给出的导体标称截面积。

7.3.3 BOPLC 绝缘线芯标志

BOPLC 绝缘线芯标志应符合 GB/T 6995.5 的相关规定。

7.3.4 绝缘线芯火花试验

BOPLC 绝缘线芯应符合 GB/T 3048.9—2007 规定的火花试验。

7.4 气吹型光单元

7.4.1 概述

光传输单元宜为非金属松套管结构，光纤数量应满足用户要求。如有要求，光传输单元也可采用光纤带及非金属保护材料。光纤可为光纤束，也可为光纤带。

7.4.2 光传输单元结构

7.4.2.1 光传输单元结构可以是圆形或其他结构。其中圆形光传输单元结构主要有层绞式和中心管式二种。典型光传输单元结构图参见附录 B。

7.4.2.2 层绞式光传输单元应由含多根光纤或光纤带的松套管及可能有的塑料填充绳绕中心加强件绞合而成，绞合方式为 SZ 螺旋绞或螺旋绞。

7.4.2.3 中心管式光传输单元应为含多根光纤或光纤带的松套管、护套和可能有的加强材料。

7.4.3 光纤

7.4.3.1 单模光纤特性应符合 GB/T 9771 或 YD/T 1954 的有关规定，光纤带的特性应符合 YD/T 979 的有关规定。

7.4.3.2 松套管中的光纤应采用全色谱来识别，其标志颜色应符合 GB/T 6995.2—1986 的规定，并且不褪色、不迁移。光纤标志颜色的优先顺序见表 5，当单套管中光纤芯数超过 12 芯时，用环状色标或成束识别。光纤带的色谱识别应符合 YD/T 979 的有关规定。原始的色码在整个光缆的设计寿命期内应可清晰辨认。

表 5 光纤标志颜色的优先顺序

优先序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
颜色	蓝	橙	绿	棕	灰	白	红	黑	黄	紫	粉红	青绿

7.4.4 松套管

7.4.4.1 涂覆光纤应放置在热塑性材料构成的松套管中，光纤在松套管中的余长应均匀稳定。

7.4.4.2 松套管材料可用聚对苯二甲酸丁二醇酯（简称 PBT）塑料或其他合适的塑料，应具有良好的机械性能、耐水解性能、耐老化性能和加工性能。PBT 应符合 YD/T 1118 的规定。

7.4.4.3 对于层绞式光传输单元，其松套管宜采用全色谱来识别，其标志颜色应符合表 5 的规定，也可采用红绿或红蓝领示色谱来识别，领示色可以是松套管或填充绳。

7.4.5 阻水材料

如有阻水要求，光传输单元可采用合适的阻水材料填充。阻水材料应与其相邻的其他光传输单元相容，应不损害光纤传输特性和使用寿命。

7.4.6 填充绳

填充绳用于在非金属层绞式光传输单元结构中填补空位，其外径应使光传输单元结构圆整。填充绳应是圆形塑料绳，它的表面应圆整光滑。允许用阻水纱作填充绳。

7.4.7 加强构件

加强构件应具有足够的截面、杨氏模量和弹性应变范围，用以增强光传输单元的机械性能。玻璃纤维增强塑料圆杆（简称 GFRP）的杨氏模量宜不低于 50 GPa，芳纶纤维增强塑料圆杆（简称 KFRP）的杨氏模量宜不低于 50 GPa，芳纶丝束杨氏模量宜不低于 90 GPa。在制造长度范围内，GFRP 和 KFRP 不允许接头；而芳纶丝每束允许有 1 个接头，但在任意 200 m 光传输单元长度内只允许 1 个丝束接头。其他材质加强构件应满足相关标准规定。

7.4.8 护套

7.4.8.1 光传输单元应具有足够保证其光传输性能的挤包护套层。

7.4.8.2 护套可采用聚乙烯材料、无卤低烟阻燃聚烯烃材料或聚氯乙烯材料，表面应光滑圆整、无裂缝、无气泡、无砂眼和机械损伤等，其性能应符合本标准中相关规定。

7.5 气吹保护管

7.5.1 气吹保护管材料及结构尺寸

气吹保护管可以是高密度聚乙烯或硅塑复合材料。保护管宜为小型、柔软、轻质的管子，常用的结构尺寸参数可参见附录 C。保护管中的气吹型光单元尺寸结构应参照 YD/T 1460.1—2006 中表 1 的规定。

保护管的内径和光传输单元的外径之比宜在 1.3~1.5 范围内，宜根据光单元的尺寸及其所能承受的气吹牵引力来选择。

7.5.2 保护管的识别

为保证施工中能从端面识别管道，保护管外表面宜使用全色区分，颜色应是符合 GB/T 6995.2—1986 规定的蓝、橙、绿、棕、灰、白、红、黑、黄、紫、粉红或青绿色。经制造商和用户商定也可使用其他易于识别的颜色。颜色应在使用寿命期内可识别。在能保证从端面可识别的情况下，也可使用色条来加以识别，色线的颜色应从表 5 中选择。

7.6 缆芯和填充物

圆形结构 BOPLC 的绝缘线芯与光传输单元以适宜的方式绞合成缆芯，成缆间隙可用非吸湿性材料填充圆整。

7.7 内衬层

7.7.1 结构

内衬层可以挤包或绕包。只有在绝缘线芯和光传输单元间的间隙被密实填充时，才可采用绕包内衬层。挤包内衬层前允许用合适的带子扎紧。

7.7.2 材料

用于内衬层和填充物的材料应适合 BOPLC 的运行温度并和 BOPLC 绝缘材料相容。

7.7.3 挤包内衬层的厚度

挤包内衬层的近似厚度应从表 6 中选取。

缆芯假设直径应按照 GB/T 12706.1—2008 中附录 A 的规定计算。

表 6 挤包内衬层的近似厚度

单位：mm

缆芯假设直径 d	挤包内衬层厚度近似值
$d \leq 25$	1.0
$25 < d \leq 35$	1.2
$35 < d \leq 45$	1.4
$45 < d \leq 60$	1.6
$60 < d \leq 80$	1.8
$80 < d$	2.0

7.7.4 绕包内衬层厚度

缆芯假设直径为 40 mm 及以下时，绕包内衬层的近似厚度取 0.4 mm；缆芯假设直径大于 40 mm 时，绕包内衬层的近似厚度取 0.6 mm。

7.8 金属铠装

金属铠装应符合 GB/T 12706.1—2008 中第 12 章的规定。

7.9 外护套

7.9.1 概述

所有 BOPLC 都应有外护套。外护套通常为黑色，也可按照制造方和买方协议采用其他颜色，以适应 BOPLC 使用的特殊环境。含金属层的外护套应符合 GB/T 3048.10—2007 规定的火花试验。

7.9.2 材料

外护套可采用聚乙烯材料、无卤低烟阻燃聚烯烃材料或聚氯乙烯材料。

如果要求在火灾时 BOPLC 能阻止火焰的燃烧、发烟少以及没有卤素气体放出，应采用无卤型护套材料。

注：在特殊条件（例如为了防鼠、防白蚁）时使用的外护套，可能有必要使用化学添加剂，但这些添加剂不应含有对人类及环境有害的材料。

7.9.3 厚度

若无其他规定，挤包护套标称厚度值应按式（1）计算：

$$T_s = 0.035D + 1.0 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T_s ——挤包护套标称厚度值，单位为毫米（mm）。

D ——挤包护套前 BOPLC 的假设直径（见 GB/T 12706.1—2008 附录 A），单位为毫米（mm）。

注：按式（1）计算出的数值应修约到 0.1 mm（见 GB/T 12706.1—2008 附录 A）。

护套的标称厚度不应小于 1.8 mm。

7.10 撕裂绳

用户要求时，可在光传输单元护套内、挤包内衬层下面、BOPLC 外护套下面放置撕裂绳。撕裂绳应连续贯通整根 BOPLC 长度，不吸湿，不吸油，并具有足够的强度。

8 标志

8.1 BOPLC 的外护套表面沿长度方向应有明显标志，标志应符合 GB/T 6995.3 的相关规定。

8.2 标志的内容应包括：

- a) BOPLC 产品型号规格（可不含标准编号）；
- b) 计米长度；
- c) 制造厂名称（或代号）或（和）商标；
- d) 制造年份。

8.3 标志应清晰，并与护套黏附牢固，经过擦拭试验后仍可辨认。

8.4 标志中计米长度的误差应在 $\pm 0.5\%$ 范围内。

9 交货长度

BOPLC 交货盘长度应为订货合同中所要求的配盘长度，不允许有负偏差。

10 试验

10.1 总则

BOPLC 试验项目及检验规则见表 7。

表 7 BOPLC 试验项目及检验规则

序号	试验项目	技术要求	试验类型		试验方法
1	气吹性能				
1.1	气吹效能	10.2.5	R	T	10.2.5
1.2	气吹前后光纤附加衰减	10.3.5	S	T	10.3.5
2	结构尺寸和识别色谱				
2.1	结构尺寸				
2.1.1	导体	7.3	S	T	10.3.2.2
2.1.2	绝缘和非金属护套厚度	7.3.2、7.7.3 和 7.7.4	S	T	10.3.2.3
2.1.3	铠装金属丝和金属带	7.8	S	T	10.3.2.4
2.1.4	BOPLC 外径	10.3.2.5	S	T	10.3.2.5
2.2	识别色谱				
2.2.1	绝缘线芯识别色谱	7.3.3	S	T	10.3.3
2.2.2	光纤识别色谱	7.4.3.2	S	T	10.3.2 和 10.3.3
2.2.3	松套管识别色谱	7.4.4.3	S	T	10.3.2 和 10.3.3
2.2.4	气吹保护管识别色谱	7.5.2	S	T	10.3.3
3	BOPLC 标志				

表 7 (续)

序号	试验项目	技术要求	试验类型		试验方法
3.1	标志的完整性及可识别性	8.1 和 8.2		T	8.1 和 8.2
4	交货长度	9		T	9
5	光纤光学和传输性能				
5.1	衰减系数	10.2.4	R	T	10.2.4
5.2	模场直径	10.4.7.3		T	10.4.7.3
5.3	截止波长	10.4.7.4		T	10.4.7.4
5.4	宏弯敏感特性	10.4.7.5		T	10.4.7.5
6	光纤尺寸参数				
6.1	包层直径	10.4.7.2		T	10.4.7.2
6.2	包层不圆度	10.4.7.2		T	10.4.7.2
6.3	同心度误差	10.4.7.2		T	10.4.7.2
7	绝缘和护套非电气性能	10.4.4		T	10.4.4
8	电气性能				
8.1	导体电阻	10.2.2	R	T	10.2.2
8.2	绝缘电阻	10.4.3.1 和 10.4.3.2		T	10.4.3.1 和 10.4.3.2
8.3	电压试验	10.2.3	R	T	10.2.3
8.4	4 h 电压试验	10.4.3.4		T	10.4.3.4
9	BOPLC 机械性能				
9.1	拉伸	10.4.5.2	S	T	10.4.5.2
9.2	压扁 ^a	10.4.5.3	S	T	10.4.5.3
9.3	冲击 ^b	10.4.5.4	S	T	10.4.5.4
9.4	弯曲	10.4.5.5	S	T	10.4.5.5
10	BOPLC 环境性能				
10.1	衰减温度特性	10.4.6.2		T	10.4.6.2
10.2	耐热特性	10.4.6.3		T	10.4.6.3
10.3	渗水性能 ^c	10.3.4	S	T	10.3.4
10.4	有填充的光单元复合物滴流 ^d	10.4.6.4		T	10.4.6.4
10.5	燃烧性能 ^e	10.4.6.5		T	10.4.6.5

注：R 为例行试验，S 为抽样试验，T 为型式试验。

^a 适用于单根导体截面积小于 16 mm² 的 BOPLC。

^b 适用于外径小于 25 mm 的 BOPLC。

^c 有要求时。

^d 有要求时。

^e 适用于阻燃 BOPLC。

10.2 例行试验

10.2.1 概述

例行试验通常应在每一个 BOPLC 制造长度上进行。根据购买方和制造方达成的质量控制协议，可以减少试验 BOPLC 的根数。

标准例行试验项目包括：

- a) 导体电阻；
- b) 电压试验；
- c) 光纤的衰减系数；
- d) 气吹效能。

10.2.2 导体电阻

导体电阻应符合 GB/T 12706.1—2008 的有关规定。

10.2.3 电压试验

电压试验应符合 GB/T 12706.1—2008 的有关规定。

10.2.4 光纤的衰减特性

10.2.4.1 试验方法

应按 GB/T 15972.40—2008 附录 B 中的方法 B 进行试验。

10.2.4.2 验收要求

单模光纤的衰减系数应符合表 8 的规定。多模光纤的衰减系数应符合 GB/T 12357 中的相关要求。

表 8 单模光纤的衰减系数

单位：dB/km

光纤类别	B1.1 和 B1.3		B6	
	松套	带纤	A 类	B 类
最大衰减系数（1310 nm）	0.40	0.50	0.40	0.50
最大衰减系数（1550 nm）	0.30	0.40	0.30	0.40

注：适用于单根光纤长度不小于 1 km。

10.2.5 气吹效能

气吹效能应符合 IEC 60794-1-21：2015 方法 E23 的有关规定。

10.3 抽样试验

10.3.1 概述

标准抽样试验项目包括：

- a) 结构尺寸及色谱识别；
- b) BOPLC 环境及机械性能试验（见表 7）；
- c) 光传输单元渗水性能。

10.3.2 结构尺寸及识别色谱

10.3.2.1 概述

BOPLC 结构检查应在距 BOPLC 不少于 100 mm 处，用目力检查 BOPLC 结构的完整性、色谱，并取样检查结构尺寸。

10.3.2.2 导体

导体检查应符合 GB/T 12706.1—2008 的相关规定。

10.3.2.3 绝缘和非金属护套厚度的测量

绝缘和非金属护套厚度（包括挤包隔离套但不包括挤包内衬层）的测量应符合 GB/T 12706.1—2008 的相关规定。

10.3.2.4 铠装金属丝和金属带的测量

铠装金属丝和金属带的测量应符合 GB/T 12706.1—2008 的相关规定。铠装前 BOPLC 假设直径大于 15 mm 的 BOPLC，扁金属线的标称厚度应取 0.8 mm。BOPLC 假设直径 15 mm 及以下时，不应采用扁金属线铠装。

10.3.2.5 BOPLC 外径测量

如果抽样试验中要求测量 BOPLC 外径，则应按 GB/T 2951.11—2008 进行。

10.3.3 光纤带的结构、尺寸、色谱特性

光纤带的结构、尺寸、色谱特性应符合 YD/T 979 的有关规定。

10.3.4 渗水试验（光传输单元）

注：渗水试验用于评定光传输单元的阻水性能。

10.3.4.1 试样制备

截取一段 1 m 长的 BOPLC 光传输单元试样。

10.3.4.2 试验方法

渗水试验用于评定光传输单元的阻水性能，试验方法见 GB/T 7424.2—2008 中方法 F5B。

10.3.4.3 验收要求

试验完毕，在试样末端如无水渗出，则判定为合格。若第一个试样不合格，则另取 BOPLC 光传输单元临近的两段 1 m 试样重做试验，如果测试均合格，则判定为合格；如果有任意一个试样失败，则判定为不合格。

10.3.5 气吹前后光纤附加衰减

气吹前后光纤附加衰减应符合 YD/T 1460.1—2006 中 7.2.2 的有关规定。

10.4 型式试验

10.4.1 概述

标准型式试验项目包括：

- a) BOPLC 标志;
- b) BOPLC 电气性能;
- c) BOPLC 绝缘和护套的非电气性能;
- d) BOPLC 机械性能;
- e) BOPLC 环境性能;
- f) BOPLC 光学性能。

10.4.2 BOPLC 标志

成品电缆的护套表面应有制造厂名称、产品型号、额定电压及制造年份的连续标志，标志应字迹清楚、容易辨认、耐擦。

成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3 的规定。

电缆绝缘线芯标志应符合 GB/T 6995.5 的规定。

10.4.3 BOPLC 电气性能

10.4.3.1 概述

取成品电缆试样长度 10 m 到 15 m，应依次进行下列试验：

- a) 环境温度下的绝缘电阻测量;
- b) 正常运行时导体最高温度下绝缘电阻测量;
- c) 4 h 电压试验。

最多同时试验三个绝缘线芯。

10.4.3.2 环境温度下的绝缘电阻测量

环境温度下的绝缘电阻测量应符合 GB/T 12706.1—2008 的有关规定。

10.4.3.3 正常运行时导体最高温度下绝缘电阻测量

正常运行时导体最高温度下绝缘电阻测量应符合 GB/T 12706.1—2008 的有关规定。

10.4.3.4 4 h 电压试验

4 h 电压试验应符合 GB/T 12706.1—2008 的有关规定。

10.4.4 BOPLC 绝缘和护套的非电气性能

BOPLC 绝缘和护套的性能应符合 GB/T 12706.1—2008 中第 18 章的有关规定。

10.4.5 BOPLC 机械性能

10.4.5.1 总则

BOPLC 的机械性能应包括 BOPLC 的拉伸、压扁、冲击、U 形弯曲项目。

下列规定的各试验方法及试验条件用于验证 BOPLC 的机械性能，其试验结果符合规定的验收要求时，方可判为合格。

机械性能试验中光纤衰减变化的检测应在 1550 nm 波长上进行，试验方法应符合 GB/T 15972.46—2008 的规定。在试验期间，检测系统的稳定性引起的检测结果不确定度应优于 0.03 dB。试验中光纤衰减变化量的绝对值不超过 0.05 dB 时，可判为无明显附加衰减。允许衰减有某些数值的变化时，应理解

为该数值已包含不确定度在内。

光纤拉伸应变宜采用相移法进行检测，其系统的精确度应优于 0.01%。试验中检测到的光纤应变不大于 0.01%时，可判为无明显应变。BOPLC 拉伸应变采用机械方法或传感方法进行检测，其系统的精确度应优于 0.05%。试验中检测到的 BOPLC 应变不大于 0.05%时，可判为无明显应变。

每项机械性能试验后，试样还应按本标准进行电压试验。

10.4.5.2 拉伸

10.4.5.2.1 试验要求

- a) 对于铜导体 BOPLC，长期允许拉伸负荷为 $20 \text{ MPa} \times S_{\text{Cu}}$ ，短暂拉伸负荷为 $70 \text{ MPa} \times S_{\text{Cu}}$ ；对于铝导体 BOPLC，长期允许拉伸负荷为 $10 \text{ MPa} \times S_{\text{Cu}}$ ，短暂拉伸负荷为 $40 \text{ MPa} \times S_{\text{Cu}}$ 。
- b) 受试长度： $\geq 10 \text{ m}$ 。
- c) 拉伸速率：10 mm/min。
- d) 持续时间：5 min。

10.4.5.2.2 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 规定的试验方法进行。

10.4.5.2.3 验收要求

对于 BOPLC，在长期允许拉伸负荷下，光纤应无明显附加衰减和应变；在短暂拉伸负荷下，光纤附加衰减应不大于 0.2 dB，应变不大于 0.3%，在去除此拉力后，光纤应无明显残余附加衰减和应变；护套应无目力可见开裂；对该试样进行成品电压试验，应符合 10.2.3 的要求。

10.4.5.3 压扁

10.4.5.3.1 试验要求

试验要求如下：

- a) BOPLC 压扁特性应符合表 9 的规定。
- b) 持续时间为 10 min。

表 9 BOPLC 压扁特性

结构	长期压扁力		短暂压扁力	
	允许力 N/dm	光纤附加衰减	允许力 N/dm	光纤附加衰减
无铠装	300	光纤无明显附加衰减	1000	$\leq 0.1 \text{ dB}$
带铠装	1000	光纤无明显附加衰减	3000	$\leq 0.1 \text{ dB}$

10.4.5.3.2 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 试验方法 E3 进行试验。

10.4.5.3.3 验收要求

护套应无目力可见开裂；在长期允许压扁力下光纤应无明显附加衰减；在短暂允许压扁力下光纤附加衰减应不大于 0.10 dB，在去除此压扁力后，光纤应无明显的残余附加衰减；对该试样进行成品电

压试验，应符合 10.2.3 的要求。

10.4.5.4 冲击

10.4.5.4.1 试验要求

试验要求如下：

- a) 冲锤重量：非铠装型 BOPLC 为 450 g，铠装型 BOPLC 为 1 kg；
- b) 冲锤落高：1 m；
- c) 冲击柱面半径：12.5 mm；
- d) 冲击次数：至少 5 次。

10.4.5.4.2 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 试验方法 E4 进行试验。

10.4.5.4.3 验收要求

护套应无目力可见开裂，光纤应无明显的残余附加衰减；对该试样进行成品电压试验，应符合 10.2.3 的要求。

10.4.5.5 弯曲

10.4.5.5.1 试验要求

试验要求如下：

- a) 芯轴半径：对于无铠装结构 BOPLC，芯轴半径应不大于 $12D$ ；铠装结构 BOPLC，芯轴半径应不大于 $10D$ 。
- b) 循环次数：不少于 5 次。

注： D 为 BOPLC 外径。

10.4.5.5.2 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 试验方法 E11B 进行试验。

10.4.5.5.3 验收要求

护套应无目力可见开裂，光纤应无明显的残余附加衰减。对该试样进行成品电压试验，应符合 10.2.3 的要求。

10.4.6 BOPLC 环境性能

10.4.6.1 总则

下列规定的各试验方法及其试验条件用于验证 BOPLC 的环境性能，其试验结果符合规定的验收要求时，判为合格。

10.4.6.2 衰减温度特性

10.4.6.2.1 试验要求

衰减温度特性试验用于评定 BOPLC 中光传输单元的适用温度范围及其温度附加衰减特性。试验要

求如下：

- a) BOPLC 的衰减温度特性应符合表 10 的规定。
- b) BOPLC 长度应不小于 100 m，光纤可以串联熔接以获得足够的测试精度；如果使用向后散射法测试光功率变化，则每一测试回路串联光纤的总长度不小于 1 km；如果使用传输功率法测试光功率变化，则每一测试回路串联光纤的总长度不小于 200 m。
- c) 试验温度范围的低限 T_A 和高限 T_B 应符合表 10 的规定。
- d) 恒温时间 (t_1) 应足以使试样温度达到稳定，不应少于 24 h。
- e) 测试光纤数至少为 12 根光纤，当光纤数小于 12 根时，应全部测试。
- f) 循环次数为 2 次。

表 10 BOPLC 衰减温度特性

适用温度范围 ℃		单模光纤允许光纤附加衰减 dB/km
低限 T_A	高限 T_B	
-15	+70	≤0.40
可根据用户使用要求，另行规定温度范围。 注：BOPLC 温度附加衰减为适用温度下相对于 20℃ 下的光纤衰减差。		

10.4.6.2.2 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 规定的试验方法 F1 进行试验。

宜按 GB/T 15972.46—2008 规定的测试方法进行衰减监测。在试验期间，监测仪表的重复性引起的监测结果的不确定度应优于 0.02 dB/km。试验中光纤衰减变化量的绝对值不超过 0.02 dB/km 时，判为衰减无明显变化。允许衰减有某数值的变化时，应理解为该数值已包括不确定度在内。B1 和 B6 单模光纤衰减变化监测应在 1310 nm 和 1550 nm 两个波长上进行，以两者中较差的监测结果来评定温度附加衰减等级。

10.4.6.2.3 验收要求

应符合表 10 的规定。

10.4.6.3 耐热试验

10.4.6.3.1 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 规定的试验方法 F1 进行试验。

在完成温度循环试验后，将 BOPLC 置于 (85 ± 2) ℃ 的环境中，240 h 后取出，检查 BOPLC 各部分结构的完整性并测试光纤衰减。光纤附加衰减的初始值应在之前测量记录，光纤残余附加衰减应在导体温度恢复至不超过室温 2℃ 时测量记录。

试验后，还应按对该试样进行电压试验，应符合 10.2.3 的要求。

10.4.6.3.2 验收要求

按照以上方法试验后，BOPLC 外护套无目力可见开裂，各部分标记完好，光纤附加衰减不大于 0.40 dB/km。试验后，还应对该试样进行成品电压试验，应符合 10.2.1.2 的要求。

10.4.6.4 有填充的光单元滴流试验

10.4.6.4.1 试验要求

有填充的光单元滴流试验用于评定 BOPLC 光传输单元中填充复合物和涂覆复合物的滴流性能。

滴流试验温度见表 11，恒温时间为 24 h。

表 11 滴流试验温度

绝缘类型	试验温度 ℃
聚氯乙烯 (PVC/A)	70
交联聚乙烯 (XLPE)	90

10.4.6.4.2 试验方法

按照 GB/T 7424.2—2008 规定的试验方法 F6 进行试验。

10.4.6.4.3 验收要求

在试验结束后，用目力检查是否有填充复合物从缆芯或缆芯与护套的界面流出或滴出。

10.4.6.5 燃烧试验

BOPLC 燃烧性能应符合 GB/T 12706.1—2008 的有关规定。

10.4.7 BOPLC 光学性能

10.4.7.1 总则

下列规定的各试验方法及其试验条件用于验证 BOPLC 的光学性能，其试验结果符合规定的验收要求时，判为合格。

10.4.7.2 单模光纤尺寸参数

单模光纤的尺寸参数应符合 GB/T 9771 的相关规定。

10.4.7.3 单模光纤的模场直径

单模光纤模场直径应符合 GB/T 9771 的相关规定。

10.4.7.4 光缆截止波长

光缆截止波长应符合 GB/T 9771 的相关规定。

10.4.7.5 单模光纤宏弯敏感特性

单模光纤宏弯敏感特性应符合 GB/T 9771 或 YD/T 1954 的相关规定。

11 检验规则

11.1 总则

出厂前，BOPLC 产品应经质量检验部门进行检验，检验合格的产品方可出厂。每件出厂交收的 BOPLC 产品应附有制造厂的产品质量合格证。厂方应向买方提交产品的出厂检验报告。如买方有要求时，厂方应提供 BOPLC 的其他有关试验数据。

BOPLC 产品检验分例行试验、抽样试验和型式试验，试验项目及检验规则见表 7。

除非在订货合同中另行规定，检验规则应按照本章规定。

11.2 出厂检验

检验项目是 BOPLC 产品交货时应进行的各项检验，至少包括例行试验、抽样试验（抽样比例按 GB/T 12706.1—2008 表 12 执行）。

11.3 型式试验

11.3.1 试验项目

型式试验是对产品质量进行全面考核，试验项目见表 7。

11.3.2 检验周期

BOPLC 产品在下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) BOPLC 产品定型鉴定时；
- b) 正式生产后，如果结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，应每三年进行一次；
- d) 停产一年以上，恢复生产时；
- e) 出厂检验（参照表 7）结果与上次型式试验有较大差异时；
- f) 主管质量监督机构提出进行型式试验要求时；
- g) 大批量产品的买方要求在验收中进行型式试验时。

12 包装

12.1 BOPLC 产品应装在交货盘上出厂，盘装 BOPLC 每盘宜是一个制造长度，BOPLC 交货盘筒体直径宜不小于 BOPLC 外径的 15 倍。

12.2 盘装 BOPLC 的最外层与缆盘侧板边缘的距离不应小于 60 mm。BOPLC 两端应密闭和具有表示端别的颜色标志，A（内）端为红色，B（外）端为绿色。BOPLC 两端应固定在盘子内，其 A（内）端预留可移出光传输单元长度各不少于 1.5 m，以供测试、施工使用。

12.3 BOPLC 盘应按 JB/T 8137 的规定，并能满足有关要求。

BOPLC 盘上应有标记：

- a) 制造厂名称和产品商标；
- b) 产品标记；
- c) 长度；
- d) 毛重（kg）；
- e) 制造年、月；
- f) 表示缆盘正确旋转方向的箭头；
- g) 保证贮运安全的其他标记。

13 安装

13.1 BOPLC 安装时的环境要求

具有聚氯乙烯绝缘或聚氯乙烯护套的 BOPLC，安装时的环境温度不低于 0℃，气吹时保护管内相对湿度宜符合 YD/T 1460.1—2006 中 7.2.1.1 的相关要求。

13.2 BOPLC 安装时的最小弯曲半径

BOPLC 安装时的最小允许弯曲半径应不小于 300 mm 弯曲半径要求，见表 12。

表 12 BOPLC 安装时的最小弯曲半径

项 目	无铠装	有铠装
安装时的 BOPLC 最小弯曲半径	15D	12D
靠近连接盒和终端的 BOPLC 最小弯曲半径（但弯曲要小心控制，例如采用成型导板）	12D	10D
注：D 为电缆外径。		

13.3 安装性能

气吹系统的安装性能受光传输单元和保护管的物理特性（例如尺寸、重量、硬度等）、气吹安装设备、压缩空气的流速、周围环境空气的条件（温度、湿度等）、路由现状和路由长度等因素的影响。有关安装性能的试验方法和相应的合格判断依据，在 YD/T 1460.1—2006 的第 7 章中进行规定。

光传输单元出厂时在使用波长上的光纤衰减应不超过本标准的规定。

在气吹安装结束后，光传输单元在 1550 nm 波长的允许光纤附加衰减应不超过表 13 的规定，或不超过用户和制造商协商的值。

表 13 气吹安装允许附加衰减

用途	气吹型光单元	1550 nm 的允许光纤附加衰减 dB/km		
		B1.1 类	B1.3 类	B4 类
短途（小于等于 1 km）、接入网或长途城域网用	微型光缆	≤0.05		
注 1：气吹安装附加衰减为气吹安装后相对于安装前的光纤衰减差。 注 2：气吹安装允许附加衰减不包括光纤的接续衰减。 注 3：当距离不大于 1 km 时，允许光纤附加衰减应按 1 km 指标要求。				

13.4 使用性能

光传输单元系列产品在整个设计寿命期内的使用性能参考 YD/T 1460.1—2006 的规定，包括合适的机械和环境性能试验方法和相应的合格判据。相应的试验方法见 YD/T 1460.1—2006 的第 7 章。

14 运输和贮存

BOPLC 运输和贮存时应注意：

- a) 不得使缆盘处于平放方位，不得堆放；
- b) 盘装 BOPLC 应按缆盘标明的旋转方向滚动，但不得做长距离滚动；
- c) 不得遭受冲撞、挤压和任何机械损伤；
- d) 应避免露天存放，防止受潮和长时间暴晒；
- e) 贮运温度应控制在 $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 范围内，如果超出这个温度范围，交付使用前应进行复检。

附录 A
 (资料性附录)
 BOPLC 结构示意图

BOPLC 结构示意图参见图 A.1~图 A.4。

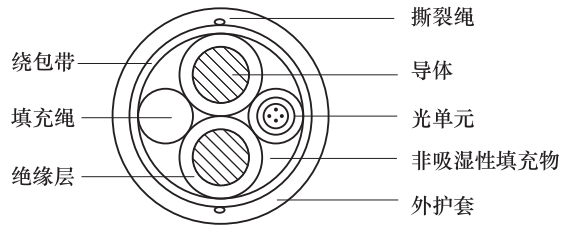


图 A.1 含两芯绝缘导体的 BOPLC 结构示意图

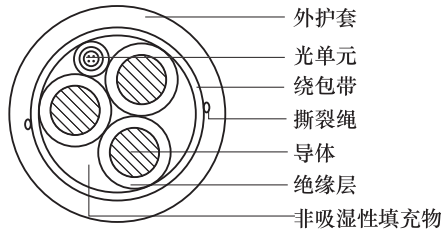


图 A.2 含三芯绝缘导体的 BOPLC 结构示意图

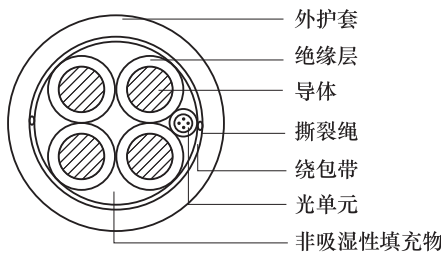


图 A.3 含四芯绝缘导体的 BOPLC 结构示意图

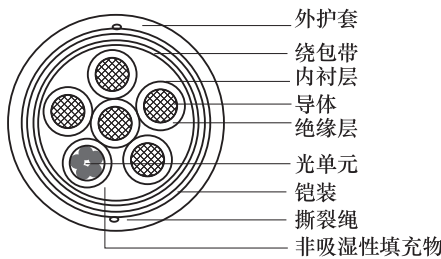


图 A.4 含五芯绝缘导体的 BOPLC 结构示意图

附录 B
(资料性附录)

BOPLC 气吹型光单元结构示意图

BOPLC 气吹型光单元结构示意图参见图 B.1~图 B.4。

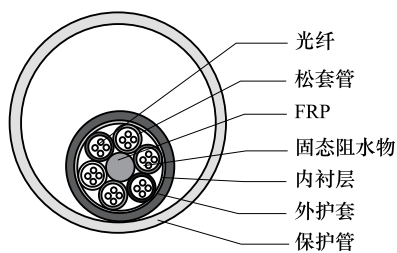


图 B.1 B/G—层绞全干式光传输单元

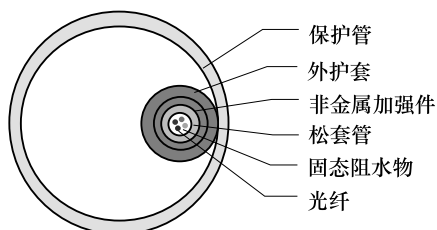


图 B.2 B/GX—中心管全干式光传输单元

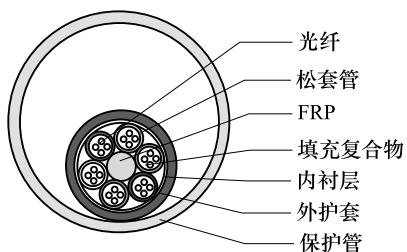


图 B.3 B/GT—层绞填充式光传输单元

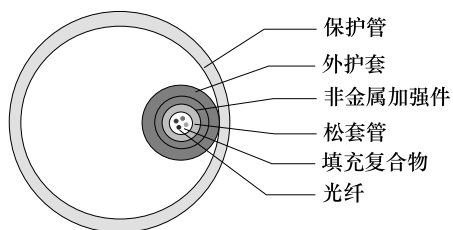


图 B.4 B/GXT—中心管填充式光传输单元

附 录 C
(资料性附录)
气吹保护管常用参考尺寸

气吹保护管常用参考尺寸见表 C.1。

表 C.1 气吹保护管常用参考尺寸

规格 mm ²	气吹保护管参考尺寸 外径/内径 mm	规格 mm ²	气吹保护管参考尺寸 外径/内径 mm	规格 mm ²	气吹保护管参考尺寸 外径/内径 mm
2×10	5.0/3.5	3×10	5.0/3.5	4×10	5.0/3.5
2×16	5.0/3.5	3×16	5.0/3.5	4×16	5.0/3.5
2×25	5.0/3.5	3×25	5.0/3.5	4×25	5.0/3.5
2×35	5.0/3.5	3×35	5.0/3.5	4×35	5.0/3.5
2×50	5.0/3.5	3×50	5.0/3.5	4×50	5.0/3.5
2×70	7.0/5.5	3×70	5.0/3.5	4×70	5.0/3.5
2×95	7.0/5.5	3×95	7.0/5.5	4×95	5.0/3.5
2×120	7.0/5.5	3×120	7.0/5.5	4×120	5.0/3.5
2×150	10.0/8.0	3×150	7.0/5.5	4×150	7.0/5.5
2×185	10.0/8.0	3×185	7.0/5.5	4×185	7.0/5.5
2×240	12.0/10.0	3×240	10.0/8.0	4×240	7.0/5.5
2×300	12.0/10.0	3×300	10.0/8.0	4×300	10.0/8.0
2×400	12.0/10.0	3×400	12.0/10.0	4×400	10.0/8.0
3×10+1×6	5.0/3.5	3×10+2×6	5.0/3.5	4×10+1×6	5.0/3.5
3×16+1×10	5.0/3.5	3×16+2×10	5.0/3.5	4×16+1×10	5.0/3.5
3×25+1×16	5.0/3.5	3×25+2×16	5.0/3.5	4×25+1×16	5.0/3.5
3×35+1×16	5.0/3.5	3×35+2×16	5.0/3.5	4×35+1×16	5.0/3.5
3×50+1×25	5.0/3.5	3×50+2×25	7.0/5.5	4×50+1×25	7.0/5.5
3×70+1×35	5.0/3.5	3×70+2×35	7.0/5.5	4×70+1×35	7.0/5.5
3×95+1×50	5.0/3.5	3×95+2×50	7.0/5.5	4×95+1×50	7.0/5.5
3×120+1×70	5.0/3.5	3×120+2×70	10.0/8.0	4×120+1×70	10.0/8.0
3×150+1×70	7.0/5.5	3×150+2×70	12.0/10.0	4×150+1×70	12.0/10.0
3×185+1×95	7.0/5.5	3×185+2×95	12.0/10.0	4×185+1×95	12.0/10.0
3×240+1×120	7.0/5.5	3×240+2×120	12.0/10.0	4×240+1×120	12.0/10.0
3×300+1×150	10.0/8.0	3×300+2×150	16.0/13.5	4×300+1×150	16.0/13.5
3×400+1×185	10.0/8.0	3×400+2×185	16.0/13.5	4×400+1×185	16.0/13.5
5×10	5.0/3.5	5×70	7.0/5.5	5×240	12.0/10.0
5×16	5.0/3.5	5×95	7.0/5.5	5×300	16.0/13.5
5×25	5.0/3.5	5×120	10.0/8.0	5×400	16.0/13.5
5×35	5.0/3.5	5×150	12.0/10.0	—	—
5×50	7.0/5.5	5×185	12.0/10.0	—	—