

电力电缆预制复合材料顶管技术条件

Technical specifications of prefabricated composite jacking pipe for
electric power cable

(与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

2022-12-11 发布

2023-01-01 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 电力电缆预制复合材料顶管	2
3.2 玻璃纤维增强塑料顶管	2
3.3 连续缠绕工艺	2
3.4 环刚度	2
3.3 长期弯曲应变 S_b	2
3.4 允许顶力	2
4 分类和标记	2
4.1 分类	2
4.2 标记	2
5 使用要求	3
5.1 电力 GRP 顶管在施工前提前做好勘察	3
5.2 电力 GRP 顶管用于隧道时，主体结构使用寿命及耐火极限应符合 DL/T 5484 和 GB 50838 的规定	3
5.3 电力 GRP 顶管的电缆支架宜采用内张式电缆支架，电缆支架应符合 GB 50217 和 DL/T 5221 的规定，并满足单侧敷设不均匀载荷要求；电缆支架装配方法参见附录 D	3
5.4 电力 GRP 顶管内部所需辅助设施等特殊预埋件由供需双方协商确定	3
6 顶管材料	3
6.1 增强材料	3
6.2 树脂	3
6.3 填料	3
7 顶管连接	3
7.1 连接方式	3
7.2 套筒接头和接地支架	4
8 技术要求	6
8.1 外观质量	6
8.2 尺寸	6
8.3 巴柯尔硬度	8
8.4 氧指数	8
8.5 耐火极限	8
8.6 弯曲负载热变形温度	8
8.7 导热系数	8
8.8 落锤冲击试验	8
8.9 抗渗性能	8
8.10 套筒接头连接密封性	8
8.11 初始力学性能	8
8.12 加速老化试验	12
8.13 环保性能	12

[状态]

8.14 长期弯曲应变 Sb	12
9 试验方法.....	12
9.1 外观质量.....	12
9.2 尺寸.....	12
9.3 巴柯尔硬度.....	13
9.4 氧指数.....	13
9.5 耐火极限.....	13
9.6 弯曲负载热变形温度.....	13
9.7 导热系数.....	13
9.8 落锤冲击试验.....	13
9.9 抗渗性能.....	13
9.10 套筒接头连接密封性.....	13
9.11 初始力学性能.....	13
9.12 加速老化试验.....	14
9.13 环保性能.....	15
9.14 长期弯曲应变 Sb	15
10 检验规则.....	15
10.1 检验分类.....	15
10.2 出厂检验.....	15
10.3 型式检验.....	16
10.4 长期性能试验.....	16
11 标志、包装、运输及起吊、贮存和出厂证明书.....	16
11.1 标志.....	16
11.2 包装.....	16
11.3 运输及起吊.....	17
11.4 贮存.....	17
11.5 出厂证明书.....	17
附录 A (规范性) 树脂的性能要求	18
附录 B (规范性) 初始环向拉伸强力试样	19
附录 C (规范性) 顶力计算方法	20
附录 D (资料性) 电缆支架装配方法	21
附录 E (资料性) 管廊接地电阻计算方法	22
参考文献.....	23

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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

本文件由浙江省电力学会提出并解释。

本文件起草单位：浙江华云电力工程设计咨询有限公司、浙江华丰新材料股份有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力公司杭州供电公司、国网浙江省电力公司嘉兴供电公司。

本文件主要起草人：龚坚刚 丁祥 李小刚 龚迪阳 覃喜 徐崇玉 周志鹏 李国强 楼佳悦 王少华 黄肖为、蒋理想。

本文件为首次发布。

电力电缆预制复合材料顶管技术条件

1 范围

本文件规定了电力电缆预制复合材料顶管的术语和定义、分类和标记、使用要求、顶管材料、顶管连接、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及起吊、贮存和出厂证明书。

本文件适用于连续缠绕成型玻璃纤维增强塑料的电力电缆预制复合材料顶管（电力 GRP 顶管）。电力 GRP 顶管也可用于直埋式施工。使用环境温度不超过 50℃。

公称直径、环刚度等级不在本文件范围内的电力 GRP 顶管也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 50217 电力工程电缆设计标准
- GB 50838 城市综合管廊工程技术规范
- GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1448 纤维增强塑料压缩性能试验方法
- GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能测试方法
- GB/T 1458 纤维缠绕增强塑料环形试样拉伸试验方法
- GB/T 1634.2 塑料负荷变形温度的测定第 2 部分：塑料、硬橡胶和长纤维增强复合材料
- GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 2573 玻璃纤维增强塑料老化性能试验方法
- GB/T 3139 纤维增强塑料导热系数试验方法
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法
- GB/T 5351 纤维增强热固性塑料管短时水压失效压力试验方法
- GB/T 5352 纤维增强热固性塑料管平行板外载性能试验方法
- GB/T 8237 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂
- GB/T 8924 纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法
- GB/T 9978.1 建筑构件耐火试验方法 第 1 部分：通用要求
- GB/T 14152 热塑性塑料管材耐外冲击性能试验方法 时针旋转法
- GB/T 18369 玻璃纤维无捻粗纱
- GB/T 21238 玻璃纤维增强塑料夹砂管
- GB/T 21492 玻璃纤维增强塑料顶管
- GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
- DL/T 5221 城市电力电缆线路设计技术规定
- DL/T 5394 电力工程地下金属构筑物防腐技术导则
- DL/T 5484 电力电缆隧道设计规程
- HG/T 20537.4 化工装置用奥氏体不锈钢大口径焊接钢管技术要求
- T/CEC 523-2021 六氟化硫高压电器设备用三元乙丙橡胶密封圈

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

42 3.1

43 电力电缆预制复合材料顶管 prefabricated composite jacking pipe for electric power
44 cable

45 采用连续缠绕工艺生产的玻璃纤维增强塑料顶管及其组件构成用于电力电缆廊道的复合材料顶管
46 (简称电力 GRP 顶管)。

47

48 3.2

49 玻璃纤维增强塑料顶管 glass fiber reinforced plastics jacking pipes

50 玻璃钢顶管

51 以玻璃纤维及其制品为增强材料、以不饱和聚酯树脂等为基体材料、以石英砂为及碳酸钙等无机非
52 金属材料为填料,采用定长缠绕工艺、离心浇铸工艺、连续缠绕工艺、立式震动工艺方法制成的用于顶
53 进施工法的管道。

54 【GB/T 21492-2019, 定义 3.1】。

55 3.3

56 连续缠绕工艺 continuous advancing mandrel method

57 在连续输出的模具上,把树脂、连续纤维、短切纤维和石英砂按一定要求采用环向缠绕方法连续铺
58 层,并经固化后切割成一定长度管材的一种生产方法。

59 【GB/T 21238-2016, 定义 3.5】。

60 3.4

61 环刚度 ring stiffness

62 指单位长度的管环在外压作用下,在一定径向变形下所承受的荷载大小。它表征管环在外荷载下
63 抵抗变形能力。按下式计算: $S=EI/D^3$, 其中 S 为环刚度,通常以 N/m^2 作单位; EI 为沿管道轴向单位
64 长度内管壁环向弯曲刚度; D 为管道计算直径。

65 【GB/T 21238-2016, 定义 3.2】。

66 3.5

67 长期弯曲应变 S_b long-term ring-bending strain

68 对一组规格相同的电力 GRP 顶管试样,通过平行板施加不同的恒定外载荷,或通过平行板施加外载
69 荷并保持不同的恒定直径变化值,测出每个试样的破坏时间,换算出相应的弯曲应变,再由回归曲线外
70 推至 100 年 ($8.76 \times 10^5 h$) 后管弯曲应变即为长期弯曲应变。

71 【GB/T 21238-2016, 定义 3.8】。

72 3.6

73 允许顶力 permissible jacking force

74 在顶进施工过程中允许施加在 GRP 顶管管端的最大轴向荷载值。

75 【GB/T 21492-2019, 定义 3.3】。

76 4 分类和标记

77 4.1 分类

78 4.1.1 电力 GRP 顶管按公称直径和环刚度等级进行分类。

79 4.1.2 公称直径 DN (mm): 600、700、800、900、1 000、1 200、1 400、1 500、1 600、1 800、2
80 000、2 200、2 400、2 600、2 800、3 000、3200、3400、3 600、3 800、4 000。

81 4.1.3 环刚度等级 SN (N/m^2): 15 000、20 000、30 000、40 000、50 000、75 000、100 000。

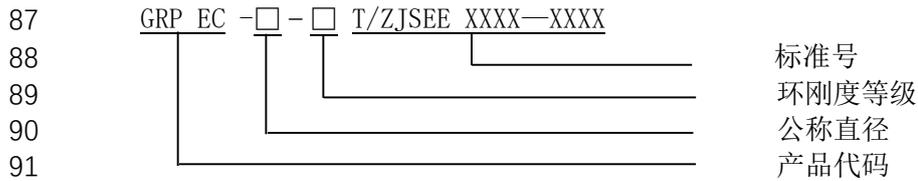
82 4.2 标记

83 电力 GRP 顶管的标记方法如下:

84

85

86



92

93 示例：公称直径为 1 200 mm、环刚度等级为 40 000 N/m²，按本标准生产的电力 GRP 顶管标记为：

94 GRP EC-1 200-40 000 T/ZJSEE XXXX—XXXX。

95 5 使用要求

96 5.1 电力 GRP 顶管在施工前提前做好勘察。

97 5.2 电力 GRP 顶管用于隧道时，主体结构使用寿命及耐火极限应符合 DL/T 5484 和 GB 50838 的规定。

98 5.3 电力 GRP 顶管的电缆支架宜采用内张式电缆支架，电缆支架应符合 GB 50217 和 DL/T 5221 的规

99 定，并满足单侧敷设不均匀载荷要求；电缆支架装配方法参见附录 D。

100 5.4 电力 GRP 顶管内部所需辅助设施等特殊预埋件由供需双方协商确定。

101 6 顶管材料

102 6.1 增强材料

103 应采用无碱玻璃纤维及其制品制造管体。所采用的无碱无捻玻璃纤维纱应符合 GB/T 18369 的规定。

104 无碱玻璃纤维制品应符合相应的国家或行业标准的规定。

105 6.2 树脂

106 6.2.1 所采用的不饱和聚酯树脂应符合 GB/T 8237 的规定，其他树脂应符合相应的国家或行业标准的

107 规定。

108 6.2.2 内衬层树脂应采用阻燃型树脂。

109 6.2.3 树脂浇铸体的性能要求见附录 A。

110 6.3 填料

111 填料为石英砂，最大粒径不大于 2.5mm。其中 SiO₂ 含量应大于 95%，含水量应不大于 0.2%。

112 7 顶管连接

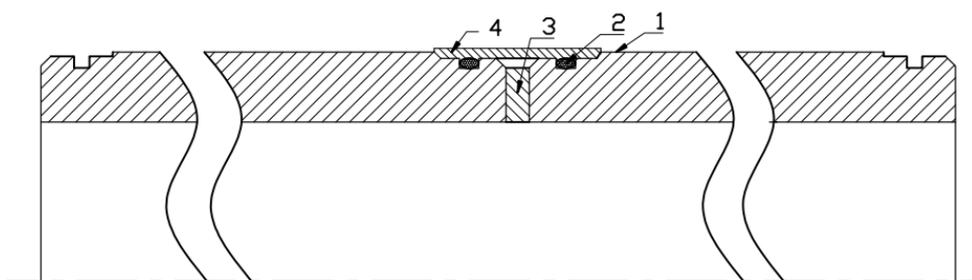
113 7.1 连接方式

114 7.1.1 电力 GRP 顶管应采用不锈钢套筒接头连接，顶管连接结构图见图 1。

115 7.1.2 套筒接头偏转角应符合 GB/T 21238-2016 附录 D 表 D.1 的要求。

116 7.1.3 橡胶密封圈应采用三元乙丙橡胶密封圈；橡胶密封圈应符合 T/CEC 523-2021 标准的要求。

117

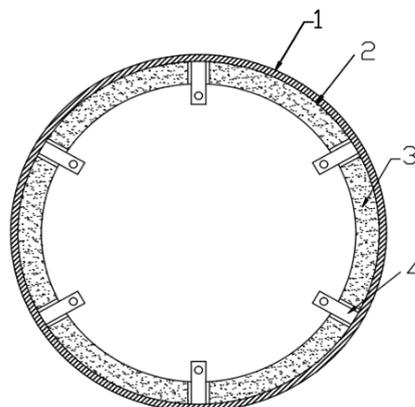


注：1—顶管管体；2—密封圈；3—缓冲垫木；4—不锈钢套筒接头

图 1 顶管连接结构图

7.2 套筒接头和接地支架

7.2.1 套筒接头材料采用不锈钢，不锈钢应符合 GB/T 3280 的要求；抗拉强度不小于 515MPa。套筒经卷管后焊接成型，接地支架应满焊，焊缝内表面应平整光滑，焊接应符合 HG/T 20537.4 的规定；焊接抗拉强度不小于 480MPa。套筒接头与接地支架安装见图 2。



注：1—套筒接头；2—顶管管体；3—缓冲垫木；4—接地支架

图 2 套筒与接地支架简图

7.2.2 套筒接头尺寸要求

套筒接头的内径尺寸由生产厂家设计确定，其他尺寸应满足表 1 的要求。

表 1 套筒接头尺寸要求

单位为毫米

公称直径	不锈钢套筒最小宽度	不锈钢套筒最小厚度
600	250	5
700		
800		
900		
1 000		
1 200		
1 400	6	
1 500		
1 600		

表 1 (续)

公称直径	不锈钢套筒最小宽度	不锈钢套筒最小厚度
1 800	280	7
2 000		
2 200		
2 400		
2 600		
2 800		
3 000		
3 200	300	8
3 400		
3 600		
3 800		
4 000		

注：电力GRP顶管作为隧道使用时，不锈钢套筒厚度增加1mm.

133

134 7.2.3 接地支架要求

135 电力 GRP 顶管每个套筒应配置金属接地支架。

136 当采用套筒作为通道接地极时，接地支架应带坡口与套筒满焊连接，接地支架可作辅助设施的安
 137 支撑。接地支架的材质和截面，应计及设计使用年限内的腐蚀，通过热稳定校验确定。接地支架采用扁
 138 钢时，扁钢最小尺寸不小于 50mm×5mm，每个套筒节点的并联接地支架不小于 4 根。接地支架露出顶管
 139 内壁应不小于 50mm。

140 7.2.4 顶管接地电阻

141 电力 GRP 顶管内接地线与接地支架应可靠接地，工频接地电阻应不大于 1Ω；接地套筒接头总长度
 142 应不小于表 2 的要求。当套筒接头接地电阻不满足要求时需设置独立接地装置。

143

表 2 接地套筒接头最小总长度

套筒接头公称直径 mm	接地套筒接头总长度 m
600	50
700	50
800	50
900	50
1 000	50
1 200	45
1 400	45
1 500	45
1 600	45
1 800	45
2 000	45

144

表 2 (续)

套筒接头公称直径 mm	接地套筒接头总长度 m
2 200	40
2 400	40
2 600	40
2 800	40
3 000	40
3 200	40
3 400	40
3 600	40
3 800	35
4 000	35

145

146 7.2.5 套筒接头和接地支架防腐要求

147 套筒接头和接地支架材料应采用奥氏体不锈钢（根据地质环境可选用 304/316L；一般环境可使用
148 304；沿海地区、高盐度环境可采用 316L）。防腐技术应符合 DL/T 5394 的要求。

149 8 技术要求

150 8.1 外观质量

151 电力 GRP 顶管的内表面应光滑平整，但允许有规则的钢带压痕；无对使用性能有影响的龟裂、分
152 层、针孔、杂质、贫胶区、气泡和纤维浸润不良等现象；管端面应平齐，外表面应有短切纤维和表面毡
153 或聚酯网格布等材料增强的外保护层且无明显缺陷。

154 8.2 尺寸

155 8.2.1 直径

156 电力 GRP 顶管采用内径系列，内直径及偏差应符合表 3 的规定。

157

表 3 内直径及偏差

单位为毫米

公 称 直 径	顶 管 内 直 径	偏 差
600	600	±4.0
700	700	±4.0
800	800	±4.0
900	900	±5.0
1 000	1 000	±5.0
1 200	1 200	±5.0
1 400	1 400	±5.0
1 500	1 500	±5.0
1 600	1 600	±5.0
1 800	1 800	±6.0

表 3 (续)

公称直径	顶管内直径	偏差
2 000	2 000	±6.0
2 200	2 200	±6.0
2 400	2 400	±6.0
2 600	2 600	±7.0
2 800	2 800	±7.0
3 000	3 000	±7.0
3 200	3 200	±7.0
3 400	3 400	±7.0
3 600	3 600	±8.0
3 800	3 800	±8.0
3 000	3 000	±7.0
3 200	3 200	±7.0
3 400	3 400	±7.0
3 600	3 600	±8.0
3 800	3 800	±8.0
4 000	4 000	±8.0

注：可根据客户实际情况采用其他内径系列尺寸，但其偏差应不低于与其最接近的公称直径的偏差要求。

159

160 8.2.2 长度

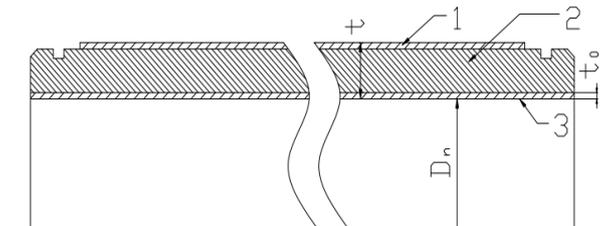
161 8.2.2.1 电力 GRP 顶管的有效长度一般为：2.0m、2.5m、3.0m、6.0m。如果需要特殊长度的管道，
162 在供货时由供需双方共同商定。

163 8.2.2.2 电力 GRP 顶管的长度偏差：±20mm。

164 8.2.3 管壁厚度

165 电力 GRP 顶管由内衬层、结构层和外表层组成，管体结构图见图 3；管壁厚度 t 为顶管设计壁厚，
166 由生产厂家通过设计确定，并在设计文件中给出；任一截面顶管平均厚度不小于设计值的壁厚，最小壁
167 厚不小于设计厚度的 90%；最大平均壁厚不大于 $(t+4)$ mm。内衬层厚度应不小于 1.2mm。

168



169 注：1——外表层；2——结构层；3——内衬层； D_n ——顶管内直径； t ——管壁壁厚； t_o ——内衬层厚度
170

171 图 3 管体结构图

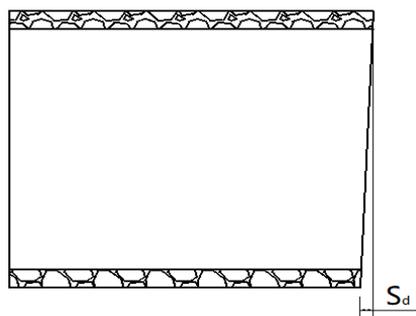
172 8.2.4 管端面垂直度

173 管端面垂直度应不大于表 4 的规定。管端面垂直度见图 4。

174 表 4 管端面垂直度要求 单位为毫米

公称直径	管端面垂直度 S_d 偏差
DN<1 000	≤2.0
1 000≤DN<3 000	≤3.0
DN≥3 000	≤4.0

175



176 注: S_d —管端面垂直度。

177 图 4 管接头端面垂直度示意图

179 8.3 巴柯尔硬度

180 电力 GRP 顶管内表面的巴柯尔硬度应不小于 40。

181 8.4 氧指数

182 电力 GRP 顶管管体内衬层的氧指数不小于 26%。

183 8.5 耐火极限

184 电力 GRP 顶管管体内衬层的耐火极限应符合 DL/T 5484 的要求。

185 8.6 弯曲负载热变形温度

186 电力 GRP 顶管管体弯曲负载热变形温度 (1.80MPa) 应大于 160℃。

187 8.7 导热系数

188 电力 GRP 顶管的导热系数应大于 0.24W/(m·K)。

189 8.8 落锤冲击试验

190 试样内外结构不应有明显的分层、裂痕或断裂。

191 8.9 抗渗性能

192 管体外表面不应有渗水、湿斑。

193 8.10 套筒接头连接密封性

194 套筒接头连接处不应渗水、漏水。

195 8.11 初始力学性能

196 8.11.1 初始环刚度

197 电力 GRP 顶管初始环刚度应不小于表 5 相应的环刚度等级值。

198

199

200

表 5 环刚度等级要求

公称直径 mm	环刚度等级 N/m ²
600~700	100 000
800~900	75 000
1 000~1 200	50 000
1 400~1 500	40 000
1 600~1 800	30 000
2 000~2 600	20 000
2 800~4 000	15 000

201

202 8.11.2 初始环向拉伸强力

203 电力 GRP 顶管初始环向拉伸强力参考 GB/T 21238 和 GB/T 21492 不小于表 6 的规定。

204

表 6 初始环向拉伸强力

公称直径 mm	初始环向拉伸强力 kN/m
600	756
700	882
800	1 008
900	1 134
1 000	1 260
1 200	1 512
1 400	1 764
1 500	1 890
1 600	2 016
1 800	2 268
2 000	2 520
2 200	2 772
2 400	3 024
2 600	3 276
2 800	3 528
3 000	3 780
3 200	4 032
3 400	4 284
3 600	4 536
3 800	4 788
4 000	5 040
3 800	4 788
4 000	5 040

205

206 8.11.3 初始轴向拉伸强力

207 电力 GRP 顶管初始轴向拉伸强力参考 GB/T 21238 和 GB/T 21492 不小于表 7 的规定。

208

表 7 初始轴向拉伸强力

公称直径 mm	初始轴向拉伸强力 kN/m
600	130
700	140
800	155
900	165
1 000	180
1 200	205
1 400	230
1 500	245
1 600	255
1 800	280
2 000	305
2 200	335
2 400	360
2 600	385
2 800	410
3 000	435
3 200	460
3 400	490
3 600	520
3 800	550
4 000	580
2 600	385
2 800	410
3 000	435
3 200	460
3 400	490
3 600	520
3 800	550
4 000	580

209

210 8.11.4 初始环向弯曲强度

211 电力 GRP 顶管管壁的初始环向弯曲强度 F_{tm} 应根据工程设计来确定，但其最小值根据式 (1) 确定：

212
$$F_{tm} = 4.28 k E_p t \Delta / (D + \Delta/2)^2 \dots\dots\dots (1)$$

213 式中:

214 F_{tm} ——管壁初始环向弯曲强度, 单位为兆帕 (MPa);

215 k ——环向弯曲强度专项系数, k 取 1.2;

216 t ——管壁实际测试厚度, 单位为毫米 (mm);

217 Δ ——管材初始挠曲性检验达到挠曲水平 B 时的径向变形量, 单位为毫米 (mm);

218 D ——管的计算直径, 单位为毫米 (mm), $D = D_w - t$; 其中: D_w ——管的外直径, 单位为毫米 (mm);

219 E_p ——管壁环向弯曲弹性模量, 单位为兆帕 (MPa); 根据式 (2) 确定:

220
$$E_p = 12 \times 10^{-6} S_0 D^3 / t^3 \dots\dots\dots (2)$$

221 式中:

222 S_0 ——初始环刚度, 单位为牛每平方米 (N/m²);

223 E_p 、 D 、 t 同式 (1)。

224 注: 当通过试验得到了长期弯曲应变 S_0 后, 压力等级和刚度等级相同的产品检验时可不进行初始环向弯曲强度的检
225 验。

226 **8.11.5 初始轴向压缩强度**

227 电力 GRP 顶管初始轴向压缩强度应不小于 80MPa。

228 **8.11.6 允许顶力**

229 电力 GRP 顶管允许顶力应不小于表 8 的规定。如果需要特殊允许顶力的管道, 在供货时由供需双方
230 共同商定。

231 **表 8 允许顶力**

公称直径 DN (mm)	允许顶力 kN
600	1 200
700	1 500
800	1 800
900	2 200
1 000	2 600
1 200	3 100
1 400	3 800
1 500	4 400
1 600	5 100
1 800	6 100
2 000	7 100
2 200	8 400
2 400	9 500
2 600	10 800
2 800	11 770
3 000	12 500

232

表 8 (续)

公称直径 DN (mm)	允许顶力 kN
3 200	13 300
3 400	14 100
3 600	15 000
3 800	16 300
4 000	17 800

233

234 8.12 加速老化试验

235 电力 GRP 顶管加速老化的环向弯曲强度保留率不小于 80%。

236 8.13 环保性能

237 电力 GRP 顶管管体中限用物质的含量应符合 GB/T 26572 的要求。

238 8.14 长期弯曲应变 S_b 239 由回归曲线外推至 100 年 ($8.76 \times 10^5 h$) 后管弯曲应变即长期弯曲应变 S_b 值应满足式(3)的要求。

240
$$S_b \geq 4.28 \frac{\Delta_s t}{(D + \Delta_s / 2)^2} \dots\dots\dots(3)$$

241 式中:

242 S_b ——长弯曲应变;243 Δ_s ——管材初始挠曲性检验达到挠曲水平B时的径向压缩变形量 Δ 的60%, 单位为毫米(mm);244 D 、 t ——同式(1)。

245 9 试验方法

246 9.1 外观质量

247 目测顶管的内、外表面及两端面情况。

248 9.2 尺寸

249 9.2.1 内直径

250 用精度为 0.1mm 的内径测量尺测出同一截面上沿圆周至少测量 4 次, 测点均布, 取 4 次测量结果的
251 算术平均值作为内直径。

252 9.2.2 有效长度

253 将电力 GRP 顶管放在平面上, 用精度为 1mm 的钢卷尺沿管的母线测量其长度, 取 4 条母线长度的
254 算术平均值作为管材有效长度。

255 9.2.3 管壁厚度

256 垂直切割顶管的端部, 用精度为 0.02mm 的游标卡尺沿圆周至少测量 4 次, 测点均布, 取 4 次测量
257 结果的算术平均值作为截面平均厚度; 截面平均厚度为管壁厚度。

258 9.2.4 内衬层厚度

259 垂直切割顶管的端部, 沿用细度为 0.074mm (或更细) 的砂纸将切口打磨平滑, 用水洗净后用精度
260 为 0.02mm 的游标卡尺测量内结构层厚度 4 次, 测点均布, 取 4 次测量结果的算术平均值。

261 9.2.5 管端面垂直度

262 用 T 形尺和精度为 0.02mm 的游标卡尺测定外直径端面垂直度；用直角尺和精度为 0.02mm 的游标
263 卡尺测定管壁端面垂直度。

264 9.3 巴柯尔硬度

265 按 GB/T 3854 的规定进行测试。

266 9.4 氧指数

267 试验按 GB/T 8924 的规定执行。

268 9.5 耐火极限

269 试验按 GB/T 9978.1 的规定执行。

270 9.6 弯曲负载热变形温度

271 按 GB/T 1634.2 的规定进行，测试试样在受最大弯曲应力为 1.80MPa 时的热变形温度，试样应直
272 接在管道上沿纵向取样。

273 9.7 导热系数

274 按 GB/T 3139 的规定进行测定。

275 9.8 落锤冲击试验

276 按 GB/T 14152 的规定进行，取环向长 200mm, 轴向宽 100mm 的环片至少 10 片，落锤质量 15kg, 冲
277 击高度 1.2m, 锤头直径 25mm; 冲击位置外壁最高点，每个试样冲击一次，试样内外结构不应有明显的分
278 层、裂痕或断裂。

279 9.9 抗渗性能

280 按 GB/T 5351 进行试验，试样为一根顶管；将管道连接于水压试验机，向管内施加 0.2MPa 的内水
281 压力，保持 15min。管体外表面不应有渗水、湿斑。

282 9.10 套筒连接密封性

283 按 GB/T 5351 进行试验，将两根电力 GRP 顶管通过套筒接头连接（采用非对称密封圈时，内水压试
284 验的密封圈安装应与实际使用的方向相反）；将管道连接于水压试验机，向管内施加 0.2MPa 的内水压
285 力，保持 15min。

286 9.11 初始力学性能

287 9.11.1 初始环刚度

288 测试设备、测试环境及试样按 GB/T 5352 的规定，加载速度按式（4）确定。初始环刚度 S_0 按式（5）
289 进行计算，取 3 个试样初始环刚度的算术平均值作为测试结果。

290
$$V = 3.50 \times 10^{-4} D^2 / t \quad \dots\dots\dots (4)$$

291 式中：

292 V ——加载速度，取整数，管径大于 500 mm 时可修约到个位数为 0 或 5，单位为毫米每分钟(mm/min)；
293 D 、 t ——同式（1）。

294
$$S_0 = (0.0186 + 0.025\Delta_r/D)F/\Delta_r \quad \dots\dots\dots (5)$$

295 式中：

296 Δ_r ——管径向变形量，刚度等级不大于 50 000 N/m²，取计算直径的 2.5%；当刚度等级大于 50 000

297 N/m^2 但不大于 100 000 N/m^2 时；取计算直径的 2.0%；刚度等级大于 100 000 N/m^2 时，取计算直径的
298 1.0%，单位为米（m）；

299 F ——与 Δ_r 相对应的线载荷，单位为牛每米（N/m）。

300 D ——同式（1）；

301 S_0 ——同式（2）；

302 9.11.2 初始环向拉伸强力

303 9.11.2.1 初始环向拉伸强力按下述方法之一进行：

304 方法A：按GB/T 1458进行测试，其中试样厚度为管壁厚度，直径为管环直径，试样宽度为20mm，并
305 且在水平直径的两端试样两侧各开一个直径为10mm的半圆。每根管的有效试样不少于5个，所有有效试
306 样测试结果的算术平均值作为测试结果。

307 方法 B：按GB/T 1447 进行测试，试样型式和试样尺寸见附录B，加载速度取（2~5）mm/min，每
308 根管的有效试样不少于5个，所有有效试样测试结果的算术平均值作为测试结果。

309 9.11.2.2 当公称直径不大于 2 000mm 时，仲裁试验按方法 A 进行；当公称直径大于 2 000mm 时，仲
310 裁试验按方法 B 进行。

311 9.11.3 初始轴向拉伸强力

312 按 GB/T 1447 的规定进行测试，试样为直条状，其宽度取 20mm。每根管的有效试样不少于 5 个。
313 所有有效试样测试结果的算术平均值作为测试结果。

314 9.11.4 初始环向弯曲强度

315 9.11.4.1 弯曲强度按下述方法之一进行：

316 a) 方法 A：按 GB/T 1449 进行测试，试样宽度取 20mm，当管壁厚度超过 20mm 时，试样宽度取为管
317 壁厚度（个位数取约为 0 或 5 的整数）。试验时试样的凹面向下放置在支座上，支承跨距为 20
318 倍的管壁厚度。每根管的有效试样不少于 5 个，所有有效试样测试结果的算术平均值作测试结
319 果。

320 b) 方法 B：按 GB/T 5352 进行测试，加载速度同 9.10.1。每根管的有效试样不少于 3 个，弯曲强
321 度可按式(6)计算，所有有效试样测试结果的算术平均值作为测试结果。

$$322 \quad F_{tm} = 3F_1 D / \pi t^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

323 式中：

324 F_{tm} ——管壁环向初始弯曲强度，单位为兆帕（MPa）；

325 F_1 ——管环沿轴向单位长度所承受的最大线荷载，单位为千牛每米（kN/m）；

326 D 、 t ——同式(1)。

327 9.11.4.2 仲裁试验

328 仲裁试验按方法 B 进行。

329 9.11.5 初始轴向压缩强度

330 按 GB/T 1448 的规定进行测试，试样为直条状，高度方向为电力 GRP 顶管的轴线方向，其长度、宽
331 度等于管壁厚度，高度为 2 倍的管壁厚度，每组的有效试样不少于 5 个。所有有效试样测试结果的算术
332 平均值作为测试结果。

333 9.11.6 允许顶力

334 按附录 C 的规定进行计算确定。

335 9.12 加速老化试验

336 按照 GB/T 2573 中“4.4 耐水性加速试验”。要求在 60℃ 的蒸馏水或去离子水中进行浸泡。周期数

337 选取“4.4.4.5中b)聚酯树脂基玻璃纤维增强塑料周期数(个)为:1/3,1/2,1,2,3,6”;测试按9.10.4
 338 中方法A进行;浸泡后的弯曲强度与浸泡前的初始环向弯曲强度的比值即为加速老化的弯曲强度保留
 339 率。

340 9.13 环保性能

341 按GB/T 26572的规定进行试验。

342 9.14 长期弯曲应变 Sb

343 按GB/T 21238附录C的规定进行试验。

344 10 检验规则

345 10.1 检验分类

346 检验分出厂检验和型式检验;检验项目及检验类别见表9。

347 表9 检验项目及检验类别

序号	检验项目		型式检验	出厂检验	试验方法
1	外观质量		√	√	9.1
2	尺寸	长度	√	√	9.2.1
3		内直径	√	√	9.2.2
4		管壁厚度	√	√	9.2.3
5		内衬层厚度	√	√	9.2.4
6		管端面垂直度	√	√	9.2.5
7	巴柯尔硬度		√	√	9.3
8	氧指数		√	—	9.4
9	耐火极限		√	—	9.5
10	弯曲负载热变形温度		√	—	9.6
11	导热系数		√	—	9.7
12	落锤冲击试验		√	√	9.8
13	抗渗性能		√	√	9.9
14	套筒接头连接密封性		√	—	9.10.1
15	初始环刚度		√	√	9.10.2
16	初始环向拉伸强力		√	—	9.10.3
17	初始轴向拉伸强力		√	—	9.10.4
18	初始环向弯曲强度		√	√	9.10.5
19	初始轴向压缩强度		√	√	9.10.6
20	允许顶力		√	—	9.11
21	加速老化性能		√	—	9.12
22	环保性能		√	—	9.13

348

349 10.2 出厂检验

350 10.2.1 检验方案

- 351 10.2.1.1 外观质量、尺寸、巴柯尔硬度项目，每一根均应进行检验。
- 352 10.2.1.2 落锤冲击试验、抗渗性能、初始环刚度、初始环向弯曲强度、初始轴向压缩强度项目，以相
353 同材料、相同工艺、相同规格尺寸的 100 根电力 GRP 顶管为一个批次(不足 100 根的作一个批次)，随
354 机抽样一根进行检验。
- 355 10.2.2 判定规则
- 356 10.2.2.1 外观质量、尺寸、巴柯尔硬度均应达到相应要求，否则判该根顶管不合格。
- 357 10.2.2.2 落锤冲击试验、抗渗性能、初始环刚度、初始环向弯曲强度、初始轴向压缩强度检验中不合
358 格项超过 2 项，判该批产品不合格；如不合格项不多于 2 项，应对不合格项加倍抽样、复检，复检项目
359 应全部达到要求，否则，判该批产品不合格。
- 360 10.3 型式检验
- 361 10.3.1 检验条件
- 362 有下列情况之一时，应进行型式检验：
- 363 a) 产品定型鉴定时；
- 364 b) 正式投产后，当产品的材料、结构、工艺有较大改变可能影响产品性能时；
- 365 c) 正常生产时，应每年进行一次检验；
- 366 d) 产品长期停产（3 个月以上）再恢复生产时；
- 367 e) 出厂检验结果与最近一次型式检验结果有较大差异时。
- 368 10.3.2 检验方案
- 369 10.3.2.1 外观质量、尺寸(不含内衬层厚度)、巴柯尔硬度项目，以相同材料、相同工艺、相同规格尺
370 寸的 300 根电力 GRP 顶管为一个批次（不足 100 根的也作一个批次），随机抽样 6 根进行检验。
- 371 10.3.2.2 其他项目，以相同材料、相同工艺、相同规格尺寸的 100 根电力 GRP 顶管为一个批次（不
372 足 100 根的也作一个批次），抽样数量为 3 根（其中 2 根样品进行接头连接密封性检验）。
- 373 10.3.3 判定规则
- 374 10.3.3.1 外观质量、尺寸和巴柯尔硬度均应达到相应的要求，判型式检验合格，否则判型式检验不合
375 格。
- 376 10.3.3.2 其他项目均达到相应的要求，判型式检验合格；如有不合格项（初始力学性能各分项均作一
377 项）不超过 2 项时，可对不合格项进行二次抽样检验，第二次抽样检验仍有不合格项，判型式检验不合
378 格。
- 379 10.4 长期性能试验
- 380 新产品投产后或产品的材料、工艺有较大改变后，各生产厂应在 3 年内完成长期性能试验。
- 381 11 标志、包装、运输及起吊、贮存和出厂证明书
- 382 11.1 标志
- 383 每根电力 GRP 顶管至少应在一处做上耐久标志。标志不应损伤管壁，在正常装卸和安装中字迹仍应
384 保持清楚。标志应包括下列内容：
- 385 a) 生产厂名称(或商标)；
- 386 b) 产品标记；
- 387 c) 批号及产品编号；
- 388 d) 生产日期。
- 389 11.2 包装

390 11.2.1 电力 GRP 顶管发运前应用发泡塑料膜等柔性包装物对顶管两端的管端面和外侧承插面进行包
391 装。

392 11.2.2 包装宽度应比顶管外侧承插面宽度大 100mm。

393 11.3 运输及起吊

394 11.3.1 电力 GRP 顶管的起吊宜用柔性绳索,若用铁链或钢索起吊,应在吊索与管道棱角处填橡胶或其
395 他柔性物。

396 11.3.2 电力 GRP 顶管起吊时应采用双点起吊,严禁单点起吊。

397 11.3.3 电力 GRP 顶管起吊及装卸时,应轻吊轻放,严禁抛掷。

398 11.3.4 电力 GRP 顶管运输时应固定牢靠,应采用卧式堆放。

399 11.3.5 在运输和装卸过程中应不受到剧烈的撞击。

400 11.4 贮存

401 11.4.1 电力 GRP 顶管应按类型、规格、等级分类堆放。

402 11.4.2 堆放场地应平整。顶管的叠层堆放应满足表 8 的要求。堆放处应远离热源,不宜长期露天存
403 放。

404 表 10 电力 GRP 顶管的最大堆放层数

公称直径 mm	600~700	800~1200	≥ 1400
最大层数	3	2	1

405
406 11.4.3 电力 GRP 顶管堆放时应设置管座,层与层之间应该用垫木隔开。

407 11.5 出厂证明书

408 11.5.1 每批电力 GRP 顶管出厂时应附有出厂证明书。

409 11.5.2 出厂证明书应包括下列内容:

- 410 a) 生产厂名称;
 - 411 b) 产品规格;
 - 412 c) 生产日期;
 - 413 d) 合格证。
- 414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427

428
429
430
431

附 录 A
(规范性)
树脂的性能要求

432 A.1 内衬层树脂

433 对于内衬层树脂应达到表 A.1 的要求。

434 表A.1 内衬层树脂的性能

项 目	指 标	测 试 方 法
拉伸强度 MPa	≥ 45	GB/T 2567
拉伸弹性模量 GPa	≥ 2.0	
断裂伸长率 %	≥ 2.5	
弯曲强度 MPa	≥ 90	
加速老化的弯曲强度保留率 %	≥ 60	见附录 A 中 A.3

435

436 A.2 结构层、外表层树脂

437 对于结构层、外表层树脂应达到表 A.2 的要求。

438 表A.2 结构层、外表层树脂的性能

项 目	指 标	测 试 方 法
拉伸强度 MPa	≥ 60	GB/T 2567
拉伸弹性模量 GPa	≥ 3.0	
断裂伸长率 %	≥ 2.5	
弯曲强度 MPa	≥ 110	
热变形温度 ℃	≥ 70	GB/T 1634.2-2019 (A法)
加速老化的弯曲强度保留率 %	≥ 65	见附录 A 中 A.3

439

440 A.3 加速老化的弯曲强度保留率

441 A.3.1 按照GB/T 2567 要求制作树脂浇铸体弯曲试样 1 组。

442 A.3.2 按照GB/T 2573-2008 中 4.3 要求在 60℃的蒸馏水或去离子水中进行浸泡，并测试浸泡 2 周后
443 的弯曲强度。

444 A.4 浸泡 2 周后的弯曲强度与浸泡前的弯曲强度的比值即为加速老化的弯曲强度保留率。
445

446

447

448

449

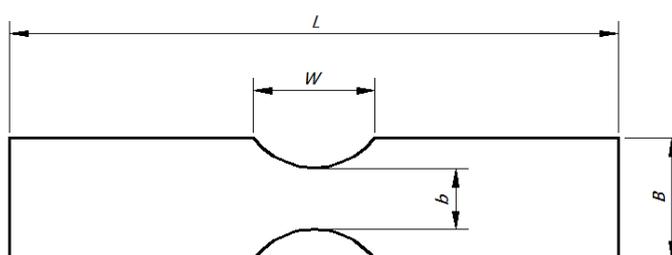
附录 B
(规范性)
初始环向拉伸强力试样

450 B.1 电力GRP顶管的初始环向拉伸强力试样如图B.1所示, 试样尺寸见表B.1

451 B.2 首先沿管的环向切割出符合规定宽度的板条, 然后在其两侧的中间部位开半椭圆形槽。试验时夹
452 持面为试样的侧面

453 注: 若需提高试样夹持段的强度, 可对试样夹持面进行加强。

454



455

456

注: L —试样长度; W —开口长度; B —试样宽度; b —开口处宽度

457

图 B.1 初始环向拉伸强力试样

458

表 B.1 初始环向拉伸强力试样尺寸

459

单位为毫米

公称直径范围 DN	试样长度 L	试样宽度 B	开口长度 W	开口处宽度 b
DN 600	110~130	15	10	6
600 < DN ≤ 1 200	120~140	20	15	8
DN ≥ 1 200	140~160	20	20	10

460

461
462
463
464
465

附录 C
(规范性)
顶力计算方法

466 C.1 极限顶力按公式 (C.1) 进行计算:

467
$$F_b = \pi D t_x \sigma / 1\,000 \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

468 式中:

- 469 F_b ——极限顶力, 单位为千牛 (kN) ;
470 σ ——管的轴向压缩强度, 单位为兆帕 (MPa) ;
471 D ——管的计算直径, $D=D_i+t_x$ (D_i 为管道内直径), 单位为毫米 (mm) ;
472 t_x ——管壁最小横截面处的平均壁厚, 一般指管端橡胶密封圈部位的厚度, 单位为毫米 (mm)

473 C.2 允许顶力按公式 (C.2) 进行计算:

474
$$F = F_b / K_j \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

475 式中:

- 476 F_b ——极限顶力, 单位为千牛 (kN) ;
477 K_j ——顶力安全系数, 由工程设计确定, 但应不小于3.5。若无特殊说明, 参照本标准给出的允许
478 顶力的安全系数均为 3.5。
479

480
481
482
483
484

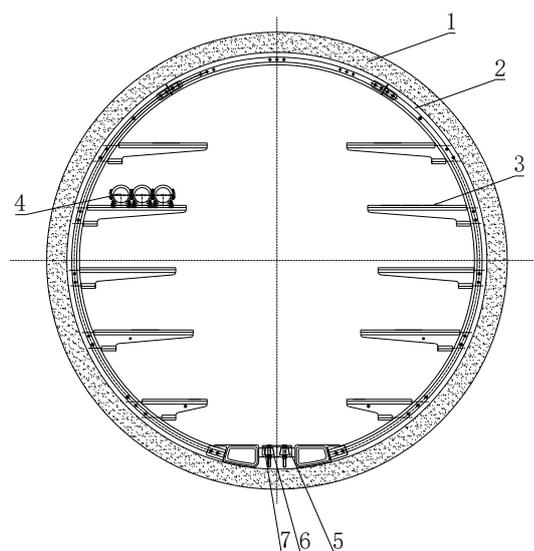
附录 D (资料性) 电缆支架装配方法

485 D.1 电缆支架装配方法

486 电缆支架装配见图 D.1，圆弧支架沿电力顶管内壁采用内张力技术固定，电力顶管内每只弧形支架
487 包含整圈的圆弧支架和相应的托架、连接件、拉杆及调节块等。

488 D.2 结构要求

489 电缆支架结构应符合相应标准且满足负载要求，电缆支架间距根据电缆规格设置，一般为 3~6m。
490



491
492
493

注：1—管廊； 2—弧形支架； 3—托架； 4—电缆线夹； 5—调节匣； 6—调节块； 7—垫块

图 D.1 电力支架装配图

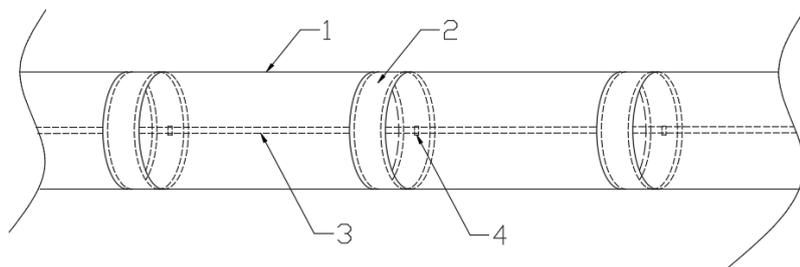
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505

506
507
508
509
510

附录 E
(资料性)
管廊接地电阻计算方法

511 E.1 管廊接地电阻计算方法

512 为考虑经济性和技术性，管廊优先利用套筒作为通道接地极。套筒与接地导体及圆周固定架简图如
513 图 1 所示。



514
515
516

注：1—管廊管体；2—不锈钢套筒；3—通长接地体；4—不锈钢接地导体及圆周固定架

517 图 E.1 套筒与接地导体及圆周固定架简图

518 采用套筒接地时，接地电阻计算公式

519
$$R = \rho / 2\pi L \cdot \ln(L^2 / DH) \dots\dots\dots (E. 1)$$

520 式中：

- 521 ρ ——土壤电阻率，单位为欧姆·米（ $\Omega \cdot m$ ）；
- 522 L ——套筒总长度，单位为米（m）；
- 523 D ——套筒外直径，单位为米（m）；
- 524 H ——套筒埋深，单位为米（m）；
- 525 管廊接地电阻应符合下式要求，且不宜大于 1 Ω 。

526
527
$$R \leq 2000 / I \dots\dots\dots (E. 2)$$

528 式中：

- 529 R ——计及季节变化的最大接地电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
- 530 I ——计算流经接地极入地的短路电流，单位为安培（A）。

531
532
533
534
535
536
537

538

参 考 文 献

539 [1] BS ISO:25780-2011 有压和无压供水,灌溉,排水用塑料管道系统.基于不饱和聚酯(UP)树脂
540 的玻璃纤维增强热固性塑料(GRP)系统.用顶升技术安装带有柔性接头的管子。

541 [2] ISO 10467:2018 压力和无压力排水和排污塑料管道系统.基于不饱和聚酯树脂的玻璃增强
542 热固性塑料(GRP)系统。

543 [3] ISO 10639:2004 压力和无压力给水塑料管道系统.基于不饱和聚酯树脂的玻璃增强热固性
544 塑料(GRP)系统。

545

546

547
