

# 大口径 GRV 玻璃钢管接口压层施工应用研究

## Research on Lamination Joint Construction Application of Large-diameter GRV Glass Steel Pipe

姚涛 郑文举

Tao Yao Wenju Zheng

中国水利水电第三工程局有限公司 中国·陕西 西安 710000

Sinohydro Bureau 3 Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

**摘要:** 玻璃钢管以其优良的性能和优点,广泛地应用在船舶及港工工程中,通过  $\phi 1800\text{ mm}/2000\text{ mm}$  GRV 玻璃钢管在沙特国王港项目泵房结构内的实践应用,介绍此管道的特点及优势、施工工艺及质量控制要点。

**Abstract:** Glass steel tube is widely used in ship and port engineering because of its excellent performance and advantages. Through the practical application of  $\phi 1800\text{ mm}/2000\text{ mm}$  GRV glass steel pipe in the pump house structure of the Saudi King Port project, to introduce the characteristics and advantages of GRV glass steel pipe, construction technology and quality control points.

**关键词:** GRV 玻璃钢管;性能特点;优势;接口缠绕压层;质量控制要点

**Keywords:** GRV glass steel pipe; performance characteristics; advantages; interface winding pressure layer; quality control point

**DOI:** 10.12346/etr.v4i9.7057

## 1 引言

在过去的数十年里,世界的基础设施有了很大的发展,由于腐蚀的问题,仍有数千公里的给排水管道需要修复。玻璃钢管这种非金属管道的出现,它以抗酸、抗腐蚀、材质轻便、易于连接和施工等优点广泛应用于给排水行业,使用寿命超过 50 年,同时也迅速地在化工、油田、电站、烟囱、造纸、通风等领域推广<sup>[1]</sup>。

论文结合沙特萨拉曼国王国际港务综合设施项目的船坞泵站排水管道系统,介绍大口径 GRV 玻璃钢管的特性及接头处理方法。

## 2 工程概况

沙特萨拉曼国王国际港务综合设施项目位于沙特东部的波斯湾沿岸,该项目包含三个干船坞、两个泵房,其中 4&5# 干船坞共用一个泵房,当船坞内注满海水之后,通过泵房内的主排水泵将海水通过 GRV 玻璃钢管排入海中。

连接主排水泵的 GRV 玻璃钢管直径为 1800mm、2000mm,设计压力 2 barg,运行压力 1.05 barg,水压试验压力 3 barg。

## 3 GRV 管道性能特点及优势

GRV 玻璃钢管全称为玻璃纤维增强乙烯基酯树脂管 (Glass Reinforced Vinylester, GRV),是采用玻璃纤维、乙烯基酯树脂等复合而成的增强材料。

### 3.1 具有良好的耐腐蚀性

GRV 玻璃钢管的设计使用寿命长,不需要任何形式、类型的防护,如内衬、涂层、阴极防蚀或任何形式的防腐保护,不同于传统的材料,这使得 GRV 管实现了较低的维护成本。

### 3.2 重量轻、管段长

GRV 管的重量是铸铁管的四分之一,混凝土管道的十分之一,有效降低了运输和搬运设备的费用。标准管道的长度为 3 m、6 m、12 m,最长可达 18 m,减少了接头连接数量,从而减少安装时间和成本,有助于提高施工效率。

### 3.3 内壁非常光滑

在 GRV 管与主泵相连接段,由于管道具有非常光滑的内壁,这样减少了流体流动带来的摩擦损失,能显著地减少流体的水头损失,提高液体的输送能力,降低泵送流体的养护、运维成本,同时也有助于最大限度地减少管道内黏液、

【作者简介】姚涛 (1987-),男,中国陕西西安人,本科,工程师,从事工程技术研究。

沉渣积聚、降低管道清理成本。

### 3.4 柔韧、弹性耦合连接

在 GRV 管与主泵连接处，采用外侧包裹氯丁橡胶、内侧三元乙丙橡胶的具有柔韧、弹性的聚酯纤维布做连接接头，使用弹性垫圈密封，消除管道系统的渗透。泄露，同时允许管道方向发生微小偏差，减少管道配件的使用，方便组装连接，减少安装时间。

### 3.5 设计灵活，改型周期短

根据项目的具体设计情况，可对管道的具体性能、不同直径、形状、功能进行设计、排产<sup>[2]</sup>。

①依据不同的设计压力值，可对管道壁厚进行设计，满足管道承受不同的内外压。

②可对管道形状进行设计，以满足不同角度、不同变径，不同形状的需求。

③根据接头方式进行设计，适用不同环境条件下的安装，以提高管道安装速度。

## 4 GRV 管道接头相关工器具及材料

### 4.1 辅助工器具及消耗品

卷尺 / 折尺、游标卡尺、水平尺、记号笔、小型切膜机、砂轮盘、砂纸、抹刀、油漆刷、湿度计、数字温度计、吹风机、滚轴刷、量筒、电子秤、帐篷、个人安全防护用品等。

### 4.2 接头处理材料

管道连接材料由厂家统一提供，具体如下。

#### 4.2.1 乙烯基酯树脂

乙烯基酯树脂材料采用铁皮桶封装，应存放在 0℃~35℃ 的温度、阴凉干燥的室内，最好是存在在恒温的密闭库房内，不得暴露在直射的阳光下。如果存储的温度与环境温度相差较大，注意树脂露点，让材料逐渐适应环境温度。在低于 20℃ 的温度下树脂会发生结晶，外观变成乳白色，表面比较坚固，通过重新加热之后可以再次变成液体，加热温度控制在 40℃~50℃。当树脂与其他化学材料混合使用前，必须充分搅拌。

#### 4.2.2 固化剂

采用白色塑料桶封装，存放温度在 10℃~30℃、阴凉干燥的室内，避免阳光直射。

#### 4.2.3 延缓剂

延缓剂的存储方式与环境与固化剂保持一致。

#### 4.2.4 硅石粉

采用袋装封闭，应存放在干燥、无尘的室内，避免因潮湿环境导致无法使用。

#### 4.2.5 玻璃纤维无捻粗纱布、玻璃纤维绒布、带条

玻璃纤维无捻粗纱布等应储存在干燥、清洁、无尘的遮蔽环境中，避免阳光直射。

所需要的玻璃纤维无捻粗纱布的类型见表 1 所示。

表 1 玻璃纤维无捻粗纱布类型

种类	重量 (g/m <sup>2</sup> )	宽度 (mm)
类型 1	270	100
类型 2	270	130
类型 3	360	160
类型 4	580	160

## 5 GRV 管道安装及接口缠绕施工工艺

GRV 管段接头采用层叠缠绕法将两个直管段进行连接，两个管段的锯口安装在一起，管段首先由适应黏结层连接，然后是结构压层<sup>[3]</sup>。典型对缝缠绕轮廓见图 1 所示。

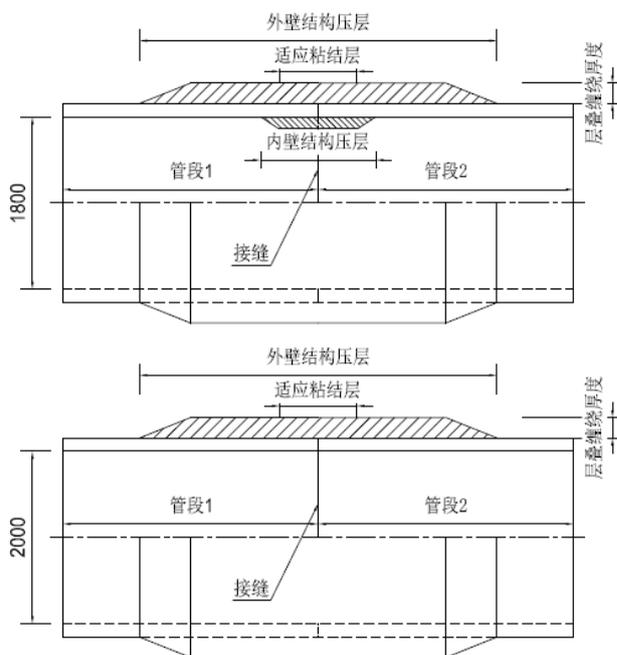


图 1 φ 1800 mm、2000 mm 典型对缝缠绕轮廓

### 5.1 管道的制备

在管道吊装至安装位置之前，首先进行“环绕”标记选定的管道，使用金刚石砂轮切磨机对管道切口进行切割、打磨，在切磨时，确保管道轴线完全垂直。

依据直径 1800 mm 管道层叠缠绕要求，分别对管段外壁层叠缠绕的适应黏结层 (FL)、内壁层叠缠绕的适应黏结层 (IBL) 进行标记、打磨，长度分别为 FL=100 mm、IBL=150 mm，以保证管道内外壁在施工层叠缠绕时有效粘粘。

针对直径 2000 mm GRV 管，在管道内部不需要进行层叠缠绕处理，因此只分别进行管外壁层叠缠绕的适应黏结层 (FL) 标记、打磨，长度为 FL=150 mm。

### 5.2 管段装配

依据设计的施工图纸及方案，对切磨完成的管道确定安装位置，按照正确的位置对管道平面位置、高程测量放点，

然后采用膨胀螺栓对管道临时钢支座进行安装、加固。在泵房内部采用塔基及吊带将管道吊入正确的位置，两段管道切口的内壁在水平、垂直、轴线方向保持一致并平顺对接，同时采用绷带和紧固件对管道进行加固，确保管安装过程中无偏移。

### 5.3 管段接头缠绕施工

玻璃纤维无捻粗纱布做层叠缠绕施工前，应再次按照图纸复核管道位置、管轴线是否正确，确保管道中轴线在安装规范的误差范围内，如超出误差范围，松动绷带和紧固件，采用木块矫正并再次加固。

#### 5.3.1 管段间缝隙封堵

封堵缝隙的腻子材料及配合比，依据层叠缠绕配方，由硅石粉、乙烯基酯树脂、固化剂混合配制而成，具体配合比见表 2 所示。采用抹刀将腻子塞进并填充管段缝隙，待腻子固化后，采用砂纸进行人工磋磨，保证缝隙两侧清洁，填充面光滑。

表 2 腻子材料配合比

GRV 管径 (mm)	材料名称	重量 (kg)
1800	硅石粉	0.218
	乙烯基酯树脂	1.419
	固化剂	0.021
2000	硅石粉	0.243
	乙烯基酯树脂	1.580
	固化剂	0.024

#### 5.3.2 适应黏结层层叠缠绕

在管段制备、装配完成后，已标记、打磨的管段外壁、内壁的适应黏结层会在管段安装过程中受到灰尘污染，在进行清理中，采用吹风机、湿抹布通过人工的形式完成。

适应黏结层采用类型 1 的玻璃纤维无捻粗纱布进行层叠缠绕，按照适应黏结层的配方要求，所需使用的黏结混合料配合比如表 3 所示，将乙烯基酯树脂与固化剂按照比重进行混合均匀，形成混合料；玻璃纤维无捻粗纱布从一根管段打磨的最外边缘开始向另外一根管段的最外边缘，采用螺旋缠绕法进行层叠缠绕，层叠重叠面积为 50%，层数为 6 层，缠绕从一侧至另外一侧为 2 层；在缠绕的过程中，采用滚轴刷将混合料均匀地涂抹在缠绕材料表面，同时挤出气泡，使混合料充分浸润缠绕在管段接口的玻璃纤维无捻粗纱布。

表 3 适应黏结层黏结混合料配合比

GRV 管径 (mm)	材料名称	重量 (kg)
1800	乙烯基酯树脂	1.488
	固化剂	0.022
2000	乙烯基酯树脂	2.479
	固化剂	0.037

#### 5.3.3 管外壁层叠缠绕

一旦适应黏结层固化，按照配方从适应黏结层中间开始测量每个管段的外壁层叠长度（ $\phi 1800$  mm 管 BL=465

mm， $\phi 2000$  mm 管 BL=515 mm），打磨外部层叠区域及所需要的黏合缠绕长度，以确保随后使用的粗砂布与管段有效粘合。打磨一个小时内需进行层叠缠绕施工。

按照配方要求， $\phi 1800$  mm、2000 mm 管段接口缠绕使用的粗砂布顺序为类型 1、类型 3、类型 3、类型 4、类型 3，直径 1800 层数分别为 2 层、12 层、8 层、8 层、2 层；直径 2000mm 层数分别为 2 层、12 层、24 层、26 层、2 层，管外壁层叠缠绕黏结混合料配合比见表 4 所示。

表 4 外壁层叠缠绕黏结混合料配合比

GRV 管径 (mm)	材料名称	重量 (kg)
1800	乙烯基酯树脂	52.776
	固化剂	0.839
	缓凝剂	0.264
2000	乙烯基酯树脂	150.058
	固化剂	2.309
	缓凝剂	0.750

在层叠之前，用不含溶剂的干净抹布对打磨区域清理。层叠重叠面积与适应黏结层保持一致，层叠厚度在管段接口两侧逐渐以锥形渐变为零，实际锥形长度基于接口缠绕配方。当完成缠绕之后，采用类型 3 粗砂布和乙烯基酯树脂作为最终的密封层。

#### 5.3.4 管内壁层叠缠绕

清理打磨面，用腻子混合料将管段接头的缝隙进行封堵，待硬化之后，将类型 2 的粗砂布切割成与管道周长相等的长度，按照配方要求进行缠绕，层叠重叠面积与上述一致，层数为 25 层，黏结混合料的涂刷与粗砂布缠绕同步进行，再用玻璃纤维维布进行缠绕 2 层，缠绕完成后用乙烯基酯树脂涂抹并完全渗透，最终形成光滑的管接口面。管内壁层叠缠绕黏结混合料配合比见表 5 所示。

表 5 内壁层叠缠绕黏结混合料配合比

GRV 管径 (mm)	材料名称	重量 (kg)
1800	乙烯基酯树脂	9.067
	固化剂	0.136

## 6 质量控制要点及要求

### 6.1 GRV 管接头黏结人员取证

GRV 管道接头施工前需经过厂家对相关人员进行培训，确保正确的使用化学材料和接口的处理。

培训的内容包括管道安装要求、接口打磨、管段缝隙封堵、接口缠绕及化学粘结剂的配合使用、接口缠绕粘过程注意事项、管道打压。培训完成后由厂家颁发培训证书。

由于该项目业主属于沙特阿美公司，按照要求，所有培训的人员必须向阿美提交取得的证书，获取阿美质量部门的审查和同意，然后向获取证书的人员颁发工作认证卡 (JCC)，同时要求在施工中保证“人证合一”。

## 6.2 材料质量控制

在管段接头施工前,需检查 GRV 管道系统中所使用的所有管道、配件或部件是否损坏。不合格材料应与未损坏材料分开,避免意外使用。

所有粘结相关的化学材料在使用前必须进行检查,不得泄露,不得在有效期过后使用,同时必须符合存储要求。

## 6.3 管段间缝隙控制

在管段装配对接完成后,采用游标卡尺对两个管段间的缝隙进行量测,严格控制管段间缝隙小于等于 6 mm。

## 6.4 管段内外壁黏结区域打磨

在施工过程中需保证最小打磨长度的情况下,对管段多打磨 50 mm,使得缠绕黏结终端有足够的粗糙度,保障缠绕黏结区与管内外壁平顺衔接。

## 6.5 施工环境监测

应每天监测环境温度和天气条件,确定环境温度、相对湿度和露点是否在允许范围内,以便对管道平面端部进行现场层叠缠绕或进一步处理。

如果环境的相对湿度大于 75%、有雾或者有任何形式的降水(如雨、雪、冰雹),易发生不完全固化的现象,必须采取预防措施,创造一个可以进行黏结缠绕接头的环境,未完全固化的黏结接头浸湿、浸水或淋雨后必须彻底返工。

现场层叠缠绕黏结的过程中,环境温度范围 15 °C ~ 45 °C 且高于露点 3 °C 以上为最好,可以保证管道接头施工质量。

## 6.6 固化时间控制

根据环境温度的不同,固化过程可能需要 6 到 24 小时才能达到所需要的机械性能,以承受诱导的应力。

## 6.7 缠绕压实及气泡控制

管段缠绕过程中,黏结混合料必须完全浸透玻璃纤维无捻粗纱布,每缠绕一段沁润一段,每缠绕黏结一层需用滚轴刷将气泡驱除,气泡过多会影响接头黏结质量和防渗漏性能<sup>[4]</sup>。

## 7 结语

GRV 玻璃钢管以其耐腐蚀、质轻、管长、不结垢、使用寿命长、设计生产灵活等优点在港工排水结构中具有良好的使用前景,在新形势下,玻璃钢管的应用行业将进一步扩展。结合本项目在泵房排水结构中的应用,通过对  $\phi 1800$  mm、2000 mm GRV 管安装及接头处理的描述,希望对类似项目的技术人员具有一定借鉴作用。

## 参考文献

- [1] 吉明,张荣勇,王芳.大口径玻璃钢管在港工排水结构中的应用[J].港工技术,2022(1):59.
- [2] 雷文.玻璃钢管道的技术特点及在我国的应用现状分析[J].玻璃钢/复合材料,1999(1):4.
- [3] 刘红莉,郭兴峰.带织物层叠缠绕玻璃钢管的设计与缠绕成型[J].产业用纺织品,2013,31(2):4.
- [4] 董良.玻璃钢管缠绕安装质量控制研究[J].材料:生产与工艺,2020,21(9):2.