

提高 CAP1400超大口径循环水玻璃钢管道安装效率

山东电建二公司超凡 QC小组

概述：

由山东电建二公司承建的国核压水堆示范工程，位于山东省荣成市，该工程循环水管道为玻璃钢管外包钢筋混凝土复合结构，循环水玻璃钢管母管规格为 DN4000mm，单节管道最重约 12t，长为 6 至 14m，安装位置距离履带吊站位约 50m，吊装落差 10m 以上，且对口调整时管道底部外壁距离钢筋支架仅 50mm，安装难度大。



一、小组简介

图 1 循环水管道吊装

表 1 QC 活动小组基本信息统计表

项 目 部		国核压水堆示范工程		单 位		汽机工程公司	
小组名称		超凡 QC小组		课题类型		攻关型	
成立时间		2015年 6 月 22日		登 记 号		2015-RC-JW-001	
QC教育情况		小组共有 11名成员，人均课题接受 QC培训 40课时以上					
小 组 成 员 概 况	姓 名	性 别	年 龄	文化程度	职 务	组内分工	
	党超	男	29	本科	组长	全面负责	
	吕辉全	男	29	本科	副组长	技术指导	
	李燕杰	男	39	大专	副组长	课题指导	
	赵乐超	男	28	本科	副组长	技术指导	
	赵常东	男	27	本科	组员	课题策划	
	单拓	男	26	本科	组员	资料收集，成果总结	
	王在练	男	45	中专	组员	施工协调	
	王恺	男	23	本科	组员	对策实施	
	王浩	男	23	本科	组员	对策实施	
	李志浩	男	23	专科	组员	现场施工	
	孙金业	男	23	专科	组员	现场施工	

制表：王恺 2015.06.28

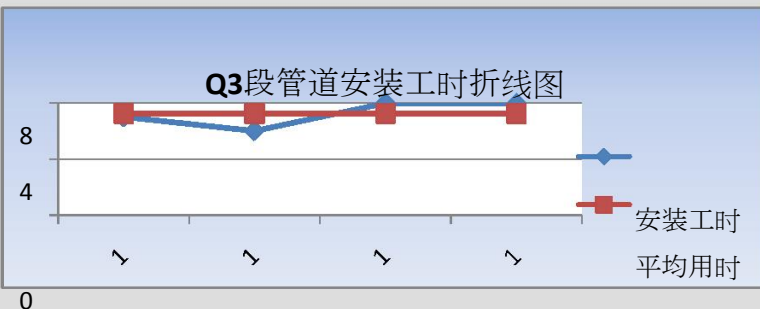
二、课题选择

工程设计

本工程管道为 **DN4000mm**，是目前国内口径最大玻璃钢管道，本标段共有管道 **1800m**，承插口 **181** 只，现场手糊口 **58** 只。

施工现状

管段号	1-17 (SN1) -4	1-35 (SN1) -1	1-17 (SN1) -2	1-35 (SN1) -2	平均
用时 (工日)	7	6	8	8	7.25



前期已施工完成的管道，单节管道施工平均用时 **7.25** 个工日，照此测算，需 **4** 年的时间方能完成本标段管道的施工，严重滞后工期要求。

选定课题

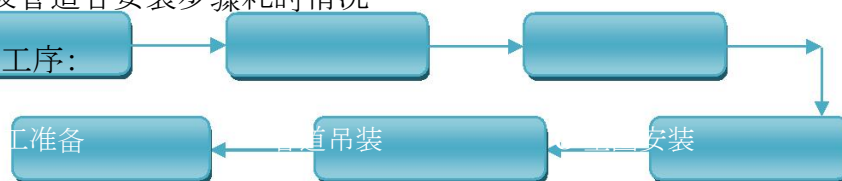
提高 CAP1400 超大口径循环水玻璃钢管道安装效率

三、现状调查

针对单节管道施工平均用时需要 7.25 个工作日，效率低的问题，我们展开调查：

调查一：Q3 段管道各安装步骤耗时情况

1、管道安装工序：



2、我们对 Q3 段 4 节管道各工序安装用时情况进行统计，数据如表：

表 3 Q3 段 4 节管道安装时间统计表

序号	工序名称	1-17 (SN1) -4	1-35 (SN1) -1	1-17 (SN1) -2	1-35 (SN1) -2	平均
1	施工准备	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2	循环水管道吊装	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
3	O 型圈安装	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2

4	循环水管道承插	2.8	2.9	3.8	3.7
5	循环水管道垂直/水平度调整	1.5	1	1.9	2.1
6	循环水管道压力试验	2	1.5	1.5	1.5

表 4 循环水管道 Q3 段 4 节管道各施工步骤用时统计表

序号	施工步骤	平均耗时（工日）	占平均总用时比例	累计频率
A	循环水管道承插	3.3	45.5%	45.5%
B	循环水管道垂直/水平度调整	1.625	22.4%	67.9%
C	循环水管道压力试验	1.625	22.4%	90.3%
D	循环水管道吊装	0.25	3.4%	93.7%
E	O 型圈安装	0.25	3.4%	97.1%
F	施工准备	0.2	2.8%	100%

制表/图：单拓 2015.07.11

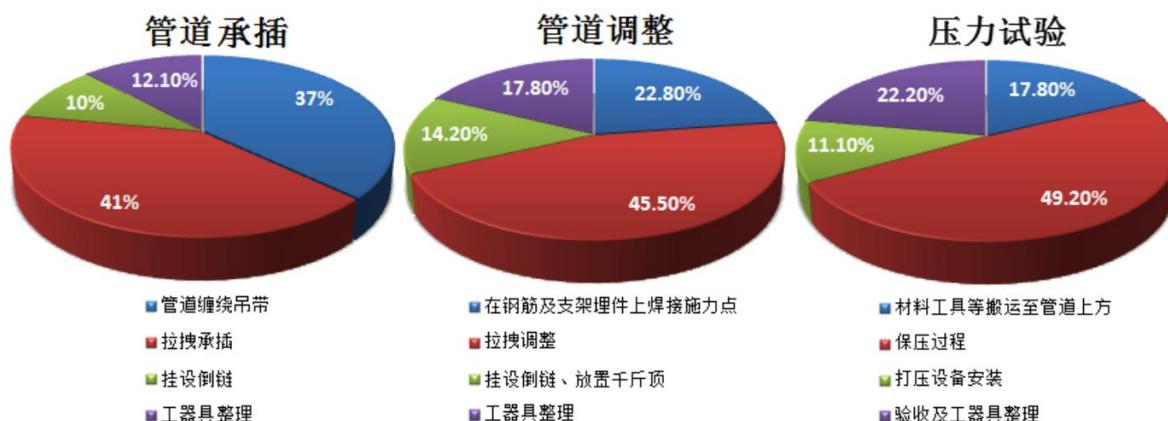


从上排列图可以看出，管道承插、压力试验以及垂直/水平度调整三个工序占总施工时间的 90.3%。

调查二：为进一步找出问题，对三个工序进行细分，再次统计数据并做饼分图如下：

施工步骤	步骤分解	平均耗时（工日）	用时比例
管道承插	管道缠绕吊带	1.22	37%
	挂设倒链	0.33	10%
	拉拽承插	1.35	41%
	工器具整理	0.4	12.1%
管道调整	在钢筋及支架埋件上焊接施力点	0.37	22.8%
	挂设倒链、放置千斤顶	0.23	14.2%
	拉拽调整	0.74	45.5%

	工器具整理	0.29	17.8%
压力试验	材料工具等搬运至管道上方	0.29	17.8%
	打压设备安装	0.18	11.1%
	保压过程	0.80	49.2%
	验收及工器具整理	0.36	22.2%



制图/表：单拓 2015.07.11

结论：“拉拽承插，拉拽调整，保压过程”三个环节用时长是本次活动要解决的主要问题。

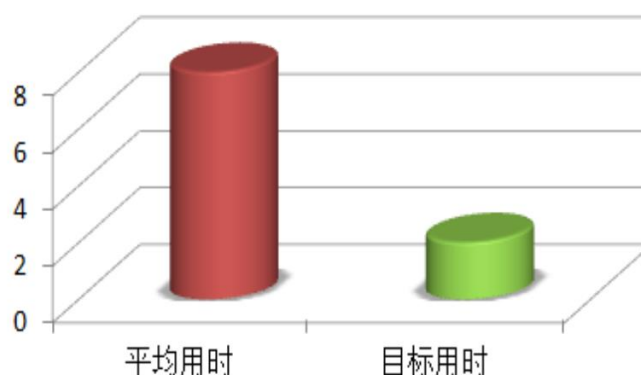
四、设定目标

1、目标测算：将管道承插与垂直/水平度调整两个步骤同时进行，避免管道调整工序，并采取相应措施将吊带缠绕、拉拽承插用时减少 80%。另外可以将压力试验中工具搬运、验收及工器具整理、设备安装用时过程时间减少 80%。则安装用时=7.25×
 $(1-22.4\%-45.5\% \times 37\% \times 0.8-45.5\% \times 41\% \times 0.8-22.4\% \times 17.8\% \times 0.8-22.4\% \times 22.2\% \times 0.8-22.4\% \times 11.1\% \times 0.8) = 2.903$ 。

(2) 据统计，我公司其它工地类似工程管道压力试验保压过程仅为 0.15 工日。

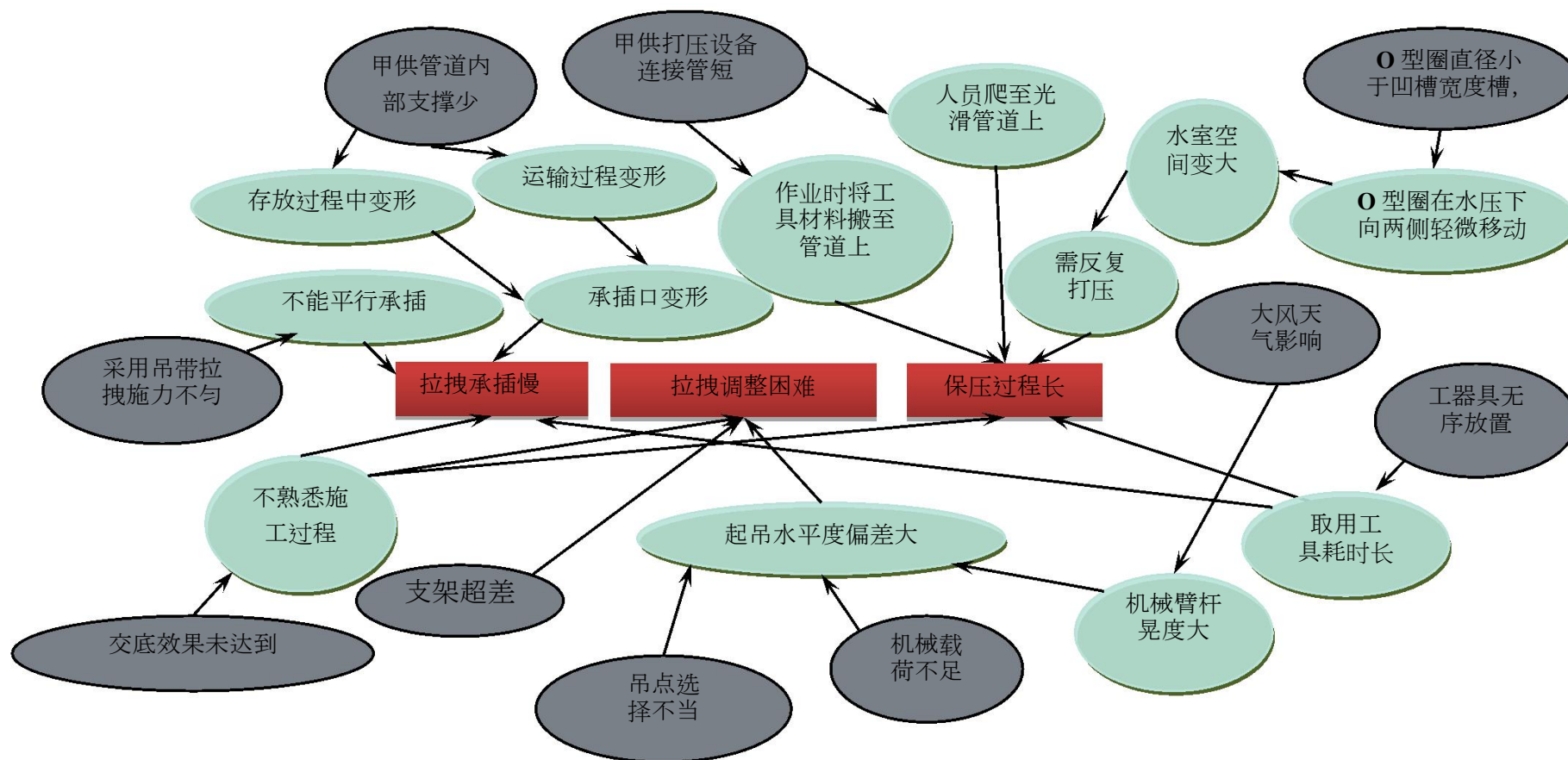
因此总用时=2.903-0.8+0.15=2.253。

设定目标：单节管道施工由平均 8 个工作日，降低到平均 3 个工作日。



五、原因分析

针对影响施工进度主要步骤，本活动小组深入分析各影响因素，做出如下所示的关联图。



通过上述关联图，可得出如下 10 条末端原因：

- ①机械载荷不足；②吊点选择不当；
- ③甲供管道内部支撑少；④采用吊带拉拽施力不均；
- ⑤大风天气影响；⑥工器具无序放置；
- ⑦O 型圈直径小于凹槽宽度；⑧甲供打压设备连接管较短；
- ⑨支架超差；⑩交底效果未达到。

六、要因确认

表 6 要因确认表

末端因素	确认内容	确认方法	确认标准	负责人	完成日期
机械载荷不足	查看现场施工使用的机械	调查、分析	吊装半径 50m 情况下载荷是否小于 85%	王 浩	7.22
吊点选择不当	现场查看吊装过程	现场查看	吊装过程平稳，吊件无倾斜	孙金业	7.22
甲供管道内部支撑少	检查管道变形情况	现场测量	承口位置与插口位置椭圆度不超过 20mm 的标准	赵常东	7.23
采用吊带拉拽施力不均	观察现场施工情况	调查、分析	拉拽过程施力均匀、不存在打滑现象	赵乐超	7.24
大风天气影响	查看相关资料	调查、分析	确认风力等其它天气对安装的影响（6 级及 6 级以上大风天气、雷雨天气不施工）	王恺	7.25
工器具无序放置	工器具存放、摆放情况	现场验证	工具摆放有序	赵乐超	7.26
O 型圈直径小于凹槽宽度	测量尺寸	现场测量、分析	测量 O 型圈直径是否小于管道凹槽尺寸	单拓	7.27
甲供打压设备连接管较短	调查打压过程	调查、分析	连接管长度是否影响施工效率	王恺	7.27
支架超差	观察现场情况、交接记录	调查、分析	是否有支架超差影响施工的情况	王浩	7.28
交底效果未达到	交底效果是否达理想	调查、分析	交底后施工人员熟悉施工流程及注意事项	赵乐超	7.28

制表：赵乐超 2015.07.18

在吊装过程中，管道平稳，无明显倾斜。



(a) 管道上吊点标识



(b) 管道吊装平稳，无倾斜

结论：吊点选择不当是非要因

制表：孙金业 2015.07.22

确认三：甲供管道内部支撑少

确认方法：现场测量

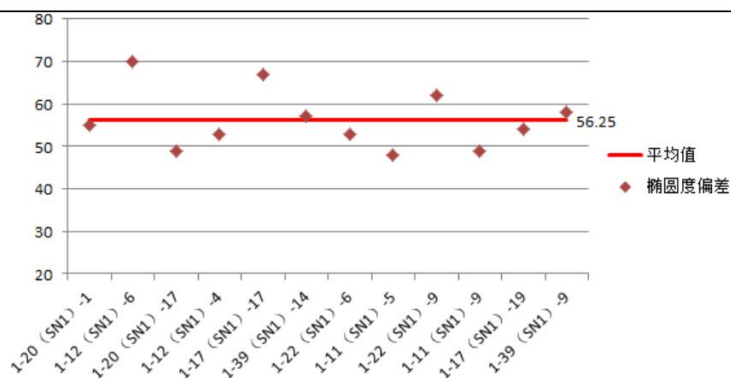
确认人：赵常东

验证时间：7月23日

经调查：

由于部分甲供管道到货较早，尽管出厂时设有内部支撑防止变形，然而由于支撑较少，且离管口较远，玻璃钢管道由于自重原因导致承插部分存在椭圆变形，7月23日，QC小组成员对现场存放的部分管道进行抽样测量，结果如下列图表：

序号	管口号	椭圆度偏差	序号	管口号	椭圆度偏差
1	1-20 (SN1) -1	55mm	7	1-22 (SN1) -6	53mm
2	1-12 (SN1) -6	70mm	8	1-11 (SN1) -5	48mm
3	1-20 (SN1) -17	49mm	9	1-22 (SN1) -9	62mm
4	1-12 (SN1) -4	53mm	10	1-11 (SN1) -9	49mm
5	1-17 (SN1) -17	67mm	11	1-17 (SN1) -19	54mm
6	1-39 (SN1) -14	57mm	12	1-39 (SN1) -9	58mm



管道平均椭圆度变形量为 56.25mm，超过说明书要求的安装前变形量小于 20mm 的要求，影响管道承插安装。



(a) 管道到货时内部支撑 (b) 现场测量 (c) 现场测量记录

结论：甲供管道内部支撑少是要因

制表：赵常东 2015.07.23

确认四：采用吊带拉拽施力不均

确认方法：调查、分析

确认人：赵乐超

验证时间：7 月 24 日

经调查：

目前对口方式使用吊带缠绕玻璃钢管道配合倒链拉拽，利用摩擦力将玻璃钢管道拉紧直至插口完全插入承口。我们对拉拽过程进行了统计，其中吊带由于管道底部与钢筋距离较近而缠绕不便，导致缠绕平均用时 1.22 工日。且吊带拉拽施力不均，导致无法平行承插，导致平均承插时间 1.35 工日。



(a) 管道与钢筋距离 (b) 缠绕吊带 (b) 拉紧对口

结论：采用吊带拉拽施力不均是要因

制表：赵乐超 2015.07.24

确认五：大风天气影响

确认方法：调查、分析	确认人：王恺	验证时间：7月25日
------------	--------	------------

经调查：

循环水管道安装为室外作业，在雷雨天气无法施工，由于吊装作业的特殊性，6级及6级以上大风天气严禁施工。荣成市属暖温带大陆性季风气候，温度适中，四季分明，年均降雨量40mm，每年6级及6级以上大风天气平均25天。另外，由于循环水管道在冬季不施工，因此气候对循环水管道安装影响不大，此条为非要因。

全年平均气温	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
日均最高气温(℃)	2℃	4℃	9℃	16℃	22℃	26℃	28℃	28℃	25℃	19℃	12℃	5℃
日均最低气温(℃)	-3℃	-2℃	1℃	7℃	13℃	18℃	21℃	22℃	18℃	13℃	6℃	-1℃
平均降水总量(mm)	12	12	19	36	47	63	69	89	67	38	21	12

荣成市2014年天气气象局网站截图

荣成历史风力统计 (2011-01-01到2015-10-01)			
4-5级 (708天)	3-4级 (463天)	5-6级~4-5级 (94天)	4-5级~5-6级 (91天)
5-6级 (69天)	3-4级~4-5级 (65天)	4-5级~3-4级 (57天)	3-4级~5-6级 (39天)
5-6级~3-4级 (27天)	4-5级~6-7级 (16天)	5-6级~6-7级 (14天)	6-7级~5-6级 (11天)
6-7级~4-5级 (10天)	6-7级 (5天)	3-4级~6-7级 (2天)	4-5级~7-8级 (1天)
7-8级~4-5级 (1天)	7-8级~5-6级 (1天)	7-8级~6-7级 (1天)	

荣成市2011年至2015年风力统计气象局网站截图

结论：大风天气影响是非要因

制表：王恺 2015.07.25

确认六：工器具无序放置

确认方法：现场验证	确认人：赵乐超	验证时间：7月26日
经调查： 荣成项目部严格按照6S管理要求，工器具、物项均按照规定位置摆放整齐并加以标识。有效减少寻找物品的时间，因此不存在工器具放置不妥，取用不便的情况。   (a) 工器具摆放整齐 (b) 倒链存放于专用存放架上		
结论：工器具无序放置是非要因		

制表：赵乐超 2015.07.26

确认七：O 型圈直径小于凹槽宽度

确认方法：现场测量、分析	确认人：单拓	验证时间：7 月 26 日
经调查： 在试验时，小组成员发现保压困难，在无泄露情况下始终有 0.02MPa 的压降。分析得出以下原因，O 型圈无法填满凹槽，在水压下向两侧轻微移动，导致两 O 型圈之间的空间变大，压力有所缓慢下降，设计试验时忽略该因素，导致压力试验时需反复打压以最终保压，影响效率。   (a) 凹槽均宽 60mm (b) O 型圈直径 48.1mm 结论：O 型圈直径小于凹槽宽度是要因		

制表：单拓 2015.07.26

确认八：甲供打压设备连接管较短

确认方法：调查、分析	确认人：单拓	验证时间：8 月 27 日
经调查： 采用甲供打压设备打压时，压力表直接安装在管道上方，连接管较短，打压泵、水、工具等均要搬至光滑的管道上部，，试验过程及验收人员也均需要爬至管道上方，操作不便的同时还存在高空坠落/坠物的安全隐患，该条为要因。   (a) 压力表安装位置 (b) 人员设备均在管道上部 结论：甲供打压设备连接管较短是要因		

制表：单拓 2015.07.27

确认九：支架超差

确认方法：调查、分析	确认人：王浩	验证时间：7 月 28 日
经调查：		

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/968105017053007005>