

热烈祝贺

茅以升科技教育基金会第二十一届颁奖大会

隆重举行



中国船级社实业公司

2014年5月25日



茅以升科技教育基金会

第二十一届颁奖大会暨第四届桥隧论坛

---

# 港珠澳大桥钢箱梁制造关键技术 及其质量控制

程志虎博士 Dr. Zhihu Cheng



中国船级社实业公司 副董事长



中美隆英风险管理咨询有限公司 总经理

May 25, 2014

---

2014年5月25日, 四川成都

第一部分

# 白色旋风 跨海越江

-----从事桥梁工程监理检测的实践

## White Tornado, From Sea to River

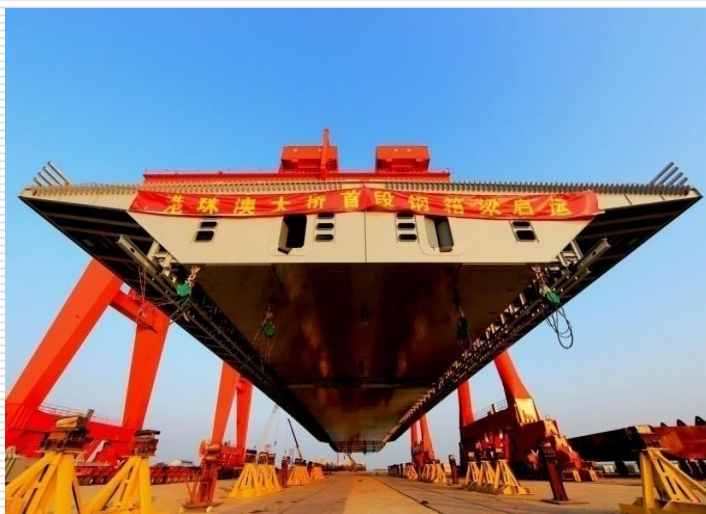
-----The main achievement on bridge steel structure engineering supervision & NDT project



第二部分

# 案例分析

-----港珠澳大桥钢结构工程监理



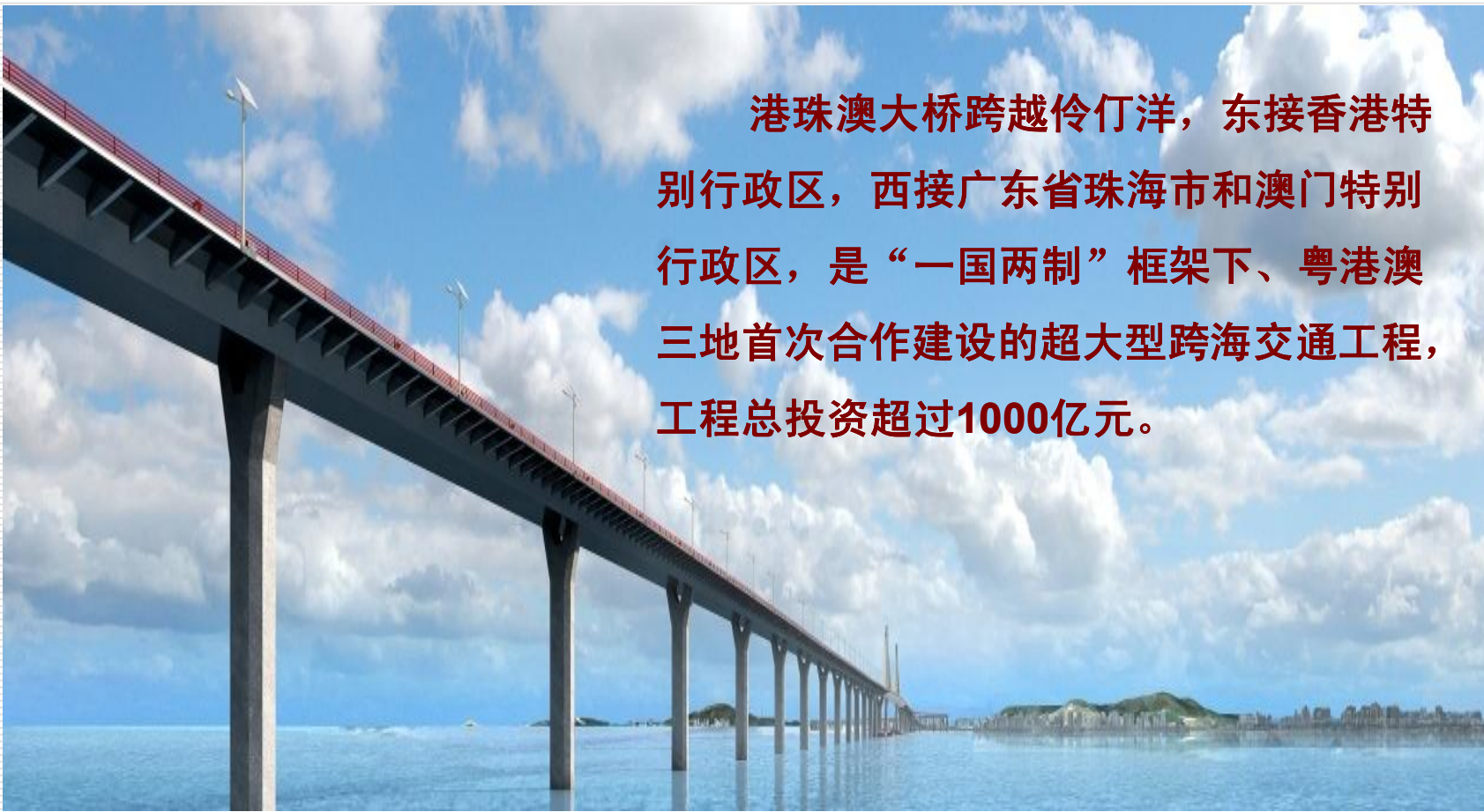
## Case Analysis

----- The supervision of the steel structure engineering for Hong Kong-Zhuhai-Macao bridge





# 港珠澳大桥工程的总体概况



港珠澳大桥跨越伶仃洋，东接香港特别行政区，西接广东省珠海市和澳门特别行政区，是“一国两制”框架下、粤港澳三地首次合作建设的超大型跨海交通工程，工程总投资超过**1000**亿元。





The background of the slide features a silhouette of a bridge tower and its cables against a vibrant sunset sky. The sun is low on the horizon, casting a warm orange and red glow over the water and the bridge structure. The overall scene is serene and dramatic.

# 港珠澳大桥CB01标钢箱梁制造过程介绍

(动画片, 12分钟)

# 港珠澳大桥钢箱梁制造关键技术分析





# 1、数控等离子切割下料



应用新型数控空气等离子切割机床和新型数控火焰切割机床。所有数控切割设备均具有自动划线、写号功能，取消了人工划线、写号，减少了影响划线、写号精度和准确性等各种因素。

## 2、U形肋坡口成型技术-数控铣床



确保坡口钝边偏差不超过0.5mm，有效解决坡口面微观裂纹。表面粗糙度不低于Ra12.5。坡口角度在 $\pm 0.5^\circ$ 范围内。解决了原来传统剪切工艺坡口面微观裂纹和坡口尺寸不稳定的难题，是有效保证U形肋焊缝80%的焊接熔深的前提。



### 3、U形肋板单元自动组装定位技术



U形肋板单元自动组装定位机床



板肋板单元自动组装定位机床



# U形肋板单元自动组装定位技术



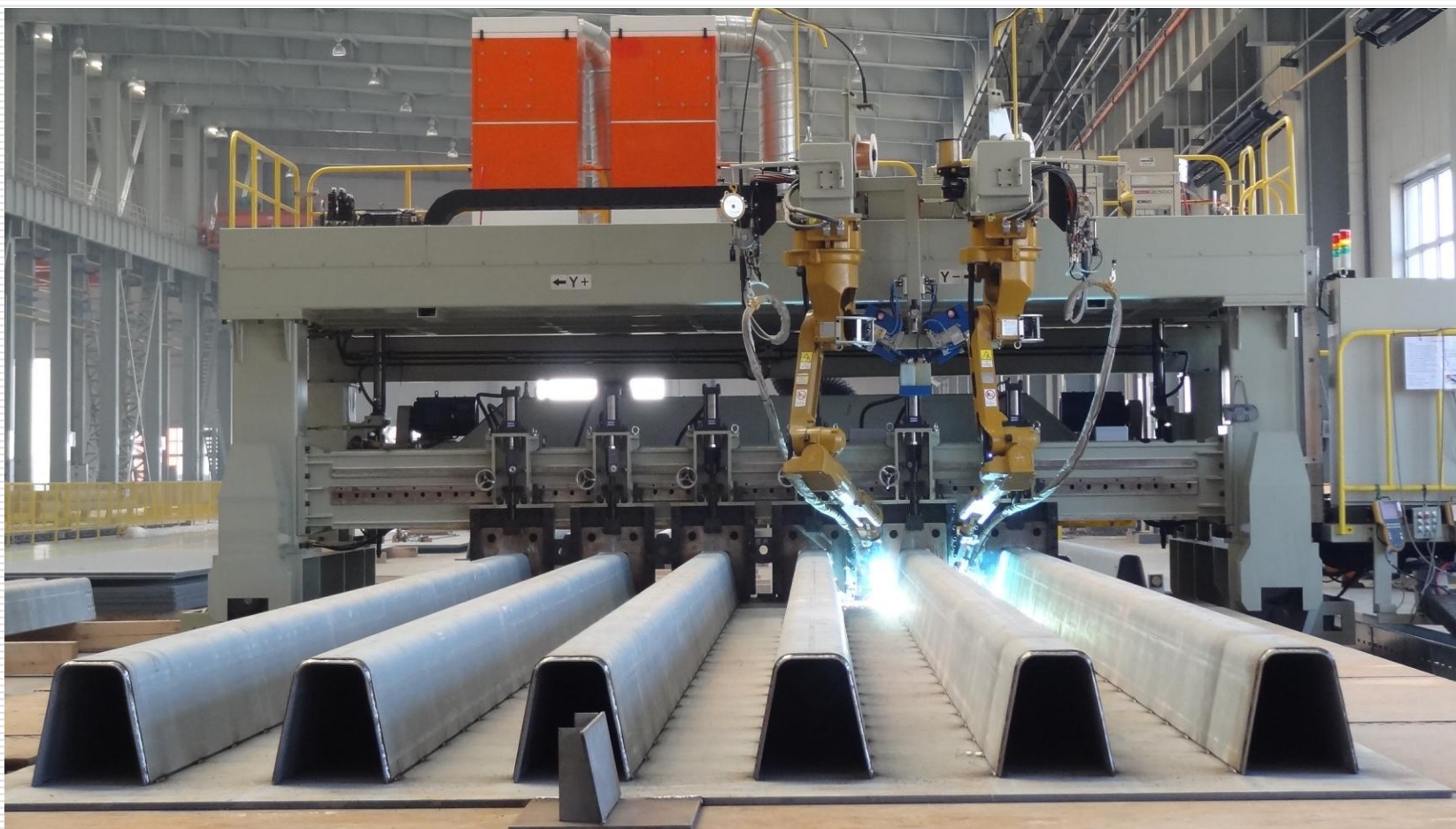
# U形肋板单元自动组装定位



任意两根U形肋中心距偏差在 $\pm 1\text{mm}$ 内；U形肋定位直线度偏差不超过 $1\text{mm}$ ；压紧后U形肋与面部间间隙不超过 $0.5\text{mm}$ 。



# U形肋板单元自动组装定位



- 机器人进行定位焊接



## 5、板肋板单元自动组装定位



- 打磨、除尘

## 5、板肋板单元自动组装定位



- 自动加紧、定位、点焊



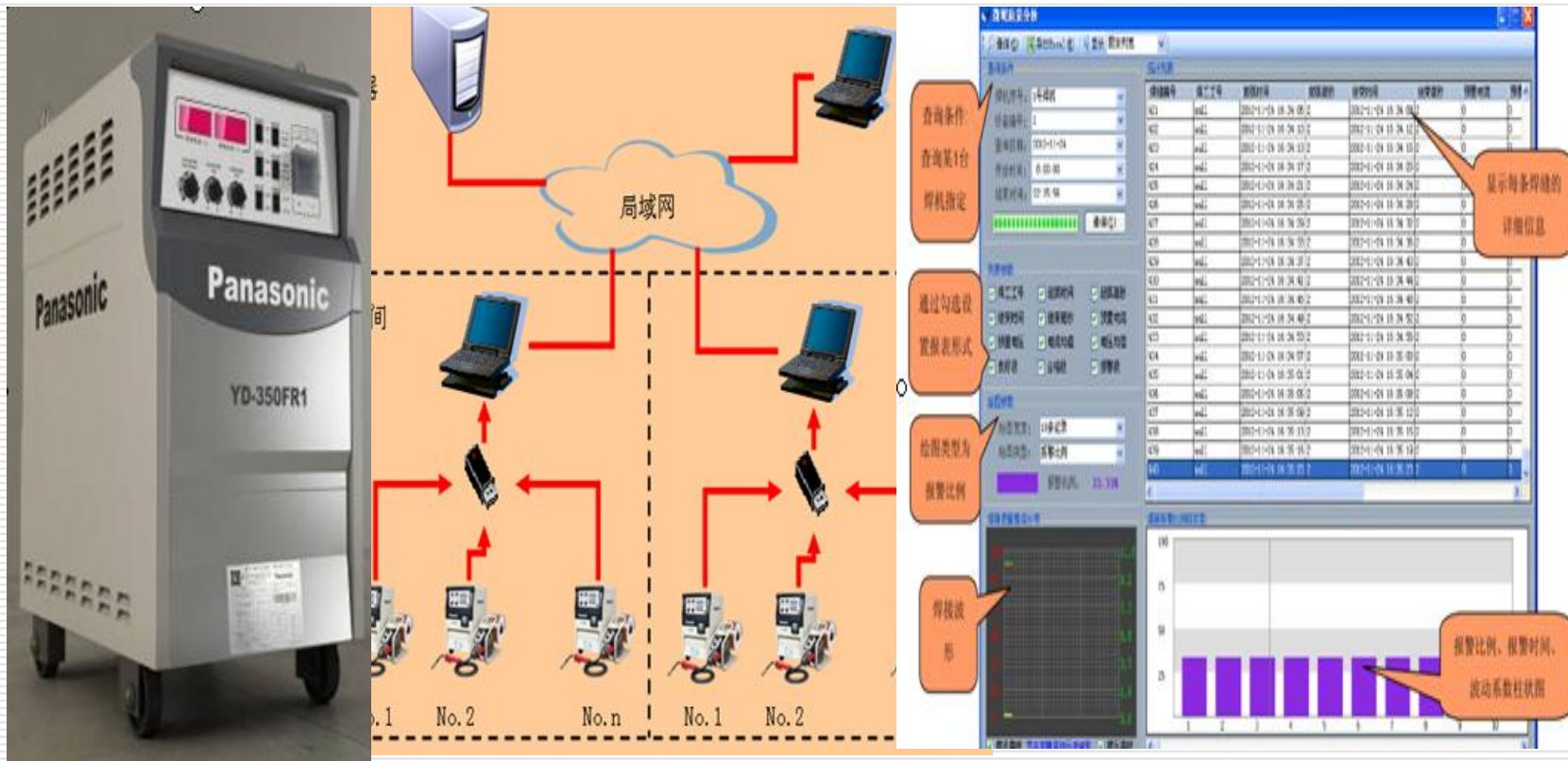
## 6、反变形多头机器人焊接-电弧跟踪技术



通过焊接过程中机器手的摆动，感知焊接电流和电弧电压的变化，实现对焊缝的跟踪，同时对跟踪结果产生记忆，在往复多层多道焊中，可利用第一层焊接时获取的工件变化信息，利用控制系统整理计算，将结果直接作用于后道工序。



# 7、焊接数据信息化管理



通过专用输入器输入，除焊接工程师外任何人无法对焊接参数进行调整，同时对施焊过程的焊接电流、电压、施焊速度等参数实现在线监控和记录，使每条焊缝的焊接质量具有永久可追溯性。





# 焊接数据信息化管理-质量分析

**查询条件:**  
查询某1台焊机指定

**通过勾选设置报表形式**

**绘图类型为报警比例**

**焊接波形**

**显示每条焊缝的详细信息**

**报警比例、报警时间、波动系数柱状图**

**统计列表**

焊缝编号	焊工工号	起弧时间	起弧毫秒	结束时间	结束毫秒	预置电流	报警
421	null	2012-11-24 16:34:06	2	2012-11-24 16:34:09	2	0	0
422	null	2012-11-24 16:34:10	2	2012-11-24 16:34:12	2	0	0
423	null	2012-11-24 16:34:13	2	2012-11-24 16:34:16	2	0	0
424	null	2012-11-24 16:34:17	2	2012-11-24 16:34:20	2	0	0
425	null	2012-11-24 16:34:21	2	2012-11-24 16:34:24	2	0	0
426	null	2012-11-24 16:34:25	2	2012-11-24 16:34:28	2	0	0
427	null	2012-11-24 16:34:29	2	2012-11-24 16:34:32	2	0	0
428	null	2012-11-24 16:34:33	2	2012-11-24 16:34:36	2	0	0
429	null	2012-11-24 16:34:37	2	2012-11-24 16:34:40	2	0	0
430	null	2012-11-24 16:34:41	2	2012-11-24 16:34:44	2	0	0
431	null	2012-11-24 16:34:45	2	2012-11-24 16:34:48	2	0	0
432	null	2012-11-24 16:34:49	2	2012-11-24 16:34:52	2	0	0
433	null	2012-11-24 16:34:53	2	2012-11-24 16:34:56	2	0	0
434	null	2012-11-24 16:34:57	2	2012-11-24 16:35:00	2	0	0
435	null	2012-11-24 16:35:01	2	2012-11-24 16:35:04	2	0	0
436	null	2012-11-24 16:35:05	2	2012-11-24 16:35:08	2	0	0
437	null	2012-11-24 16:35:09	2	2012-11-24 16:35:12	2	0	0
438	null	2012-11-24 16:35:13	2	2012-11-24 16:35:15	2	0	0
439	null	2012-11-24 16:35:16	2	2012-11-24 16:35:19	2	0	0
440	null	2012-11-24 16:35:20	2	2012-11-24 16:35:23	2	0	0

**列表参数**

- 焊工工号
- 起弧时间
- 起弧毫秒
- 结束时间
- 结束毫秒
- 预置电流
- 预置电压
- 电流均值
- 电压均值
- 良好段
- 合格段
- 报警段

**绘图参数**

绘图宽度: 10条记录

绘图类型: 报警比例

报警比例: 33.33%

**焊接质量整体分布**

**报警比例柱状图**

# 焊接数据信息化管理-报表统计

月报表统计

查询(S) 打印(P) 导出Excel(E) 显示 固定列宽

查询选项  
 查询日期: 2011年10月 焊机位置: 所有位置 焊机序号: 所有焊机 设备编号: 所有焊机 查询(S)

统计列表

焊机位置	焊机序号	设备编号	班组号	作业者	累计焊接时间	累计工作时间	焊丝消耗 (Kg)	电能消耗 (KWh)	气体消耗 (L)
123	1号焊机	103	第1班	null	0:27:26	2:39:1	0	0	25.05
			第2班	null	0:28:43	0:34:22	0	0	0
	合计				0:56:11	3:13:23	0	0	25.05
	2号焊机	104	第1班	null	1:3:7	2:38:48	0	0	75.3
			第2班	null	0:57:39	1:4:16	0	0	0
	合计				2:0:46	3:43:4	0	0	75.3
	3号焊机	105	第1班	null	1:14:50	2:32:31	0	0	226.65
			第2班	null	0:41:8	0:45:41	0	0	0
	合计				1:55:58	3:18:12	0	0	226.65
	4号焊机	106	第1班	null	0:44:16	1:55:11	0	0	106.2
			第2班	null	0:27:37	0:31:38	0	0	0
	合计				1:11:53	2:26:49	0	0	106.2
	5号焊机	361-1706	第1班	null	0:53:41	2:29:7	0	0	69.9
			第2班	null	0:50:53	1:1:36	0	0	0
	合计				1:44:34	3:30:43	0	0	69.9
	6号焊机	361-1709	第1班	null	0:45:39	1:47:5	0	0	78.3
			第2班	null	0:52:56	0:55:31	0	0	0
	合计				1:38:35	2:42:36	0	0	78.3
	7号焊机	361-1690	第1班	null	1:15:9	2:11:57	0	0	676.35
			第2班	null	0:26:44	0:37:31	0	0	240.6
	合计				1:41:53	2:49:28	0	0	916.95
	8号焊机	361-1705	第1班	null	0:42:4	1:53:54	0	0	378.6
			第2班	null	0:46:20	0:58:35	0	0	417
	合计				1:28:24	2:52:29	0	0	795.6
	9号焊机	361-1692	第1班	null	0:59:11	1:43:18	0	0	532.85
			第2班	null	0:0:6	0:0:13	0	0	0.9
	合计				0:59:17	1:43:31	0	0	533.55
	10号焊机	361-1696	第1班	null	0:0:1	0:31:7	0	0	0.15
			第2班	null	1:16:31	1:30:28	0	0	688.65
	合计				1:16:32	2:1:35	0	0	688.8
	11号焊机	361-1694	第1班	null	1:56:7	2:27:58	0	0	1045.05
			第2班	null	0:0:0	0:0:0	0	0	0



## 8、相控阵检测技术



第三部分

# 总监的关注

-----桥梁钢结构工程的质量控制

## Attention

----- Quality Control of the  
Bridge Steel structure  
Engineering





# 我们的关注

-----对桥梁钢结构工程的质量控制

## 桥梁钢结构工程必须关注的六大问题：

材料性能问题（强韧性、拉伸、弯曲、冲击性能、焊接性能等）

精度问题（下料、加工、组装等精度）

变形问题（加工变形，焊接变形，运输变形，使用过程中的变形）、

焊接质量（焊缝是一种特殊的隐蔽工程）、

疲劳问题（疲劳源、疲劳裂纹及其扩展、结构失稳）、

腐蚀问题（一个不可避免的永久问题）。

本次交流，从钢结构工程的监理、检测角度，  
核心关注精度问题、变形问题、焊接质量问题、腐蚀防护等问题。

当然还有一些其它问题，同样值得关注。

# 总监的关注

-----对桥梁钢结构工程的质量控制

## 16个关注点

- 1、对标准规范的关注；
- 2、对设计的关注；
- 3、对制造厂家的期待；
- 4、原材料的控制；
- 5、单元件的制作与运输；
- 6、梁段制造、预拼装的控制；
- 7、工厂焊接的控制；
- 8、无损检测的控制（NDT）
- 9、涂装与防腐；
- 10、钢箱梁的海上运输与吊装；
- 11、工地焊接与无损检测；
- 12、施工管理与协调；
- 13、生态环境保护；
- 14、专业分包；
- 15、农民工问题；
- 16、台风影响。



结束语

# 基于风险分析与风险控制的监理检测技术

风险贯穿于桥梁工程的每一个过程和环节之中

桥梁工程监理检测的业务属性是：

风险管理

桥梁工程监理检测的核心内容是：

安全质量

将风险管理的理念与方法，以及风险分析、风险控制技术，运用到监理检测项目之中，对于确保桥梁工程的安全质量，意义重大。

